Generel vodního hospodářství krajiny České republiky

2014-2017

Kapitoly 1-3 – Základní část
Kapitoly 4-7 – Pilotní studie

Obsah

1 Popis současného stavu 23
1.1 Související výzkumné aktivity a právní normy 23
1.2 Revize provedených KoPÚ a stavu realizace navržených opatření 25
1.3 Zkušenosti a způsoby řešení ze zahraničí 29
1.4 Vyhodnocení dostupných datových podkladů 31
1.5 Vyhodnocení zpracovaných analýz v oblasti problematiky změny klimatu 32
1.6 Degradace půd 36
1.7 Průzkum současného využití odvodnění, jeho technického stavu a doby životnosti 45
1.8 Závlahová zařízení v České republice 48
1.9 Vyhodnocení vlivu nastavení legislativně-ekonomického rámce na výsledný stav krajiny 50
2 Predikce negativních dopadů změny klimatu a efekty socio-ekonomických vlivů 54
2.1 Posouzení jednotlivých faktorů 54
2.1.1 Dopady klimatické změny na vodohospodářskou soustavu v dílčích povodích 54
2.1.2 Intenzita srážek a jejich časoprostorová distribuce 57
2.1.3 Extrémní hydrologické jevy 60
2.1.4 Změna komplexu půdních vlastností 67
2.1.5 Rozsah oblastí ohrožených zemědělským suchem 73
2.1.6 Předpokládané dopady na výnosy hlavních polních plodin 78
2.1.7 Odhad požadavků na potřebu vody pro zemědělské závlahy 81
2.1.8 Rozsah oblastí ohrožených hydrologickým suchem 85
2.1.9 Predikce důsledků negativních socioekonomických dopadů změny klimatu 89
2.1.10 Predikce důsledků negativních socio-ekonomických vlivů na krajinu a vodní hospodářství 91
2.2 Multikriteriální analýza zranitelných území – vymezení zranitelných pozemků 93
2.2.1 Pozemky ohrožené zemědělským suchem a desertifikací 94
2.2.2 Oblasti ohrožené hydrologickým suchem 97
2.2.3 Erozní smyv 98
2.2.4 Dráhy soustředěného odtoku 99
2.2.5 Ohrožení obydlených území povodněmi z přívalových srážek 103
2.2.6 Současná a očekávaná produktivita území 108
2.2.7 Současná a očekávaná dostupnost vodních zdrojů 113
2.2.8 Multikriteriální mapa ohrožených území 116
2.3 Ekonomické dopady významných suchých epizod do hospodaření podniků v pilotním území 122
3 Hierarchie cílů při řešení generelu vodního hospodářství krajiny ČR 124

3.1 Krátkodobé cíle ... 124
3.2 Střednědobé cíle (do 10-15 let) ... 124
3.3 Dlouhodobé cíle (více než 20 let) ... 125
4 Pilotní farma Bulhary ... 126
4.1 Postup prací v rámci pilotní studie ... 126
4.2 Pilotní studie v konkrétních územích - Bulhary ... 126
4.3 Vyhodnocení stávajícího stavu v zájmovém území Bulhary ... 128
4.3.1 Základní agroklimatické podmínky území ... 130
4.3.2 Počet dní se stresem suchem a se sníženou dostupností vláhy ... 133
4.3.3 Charakteristika půdních poměrů v zájmovém území ZD Bulhary ... 136
4.3.4 Kritické body a přispívající plochy drah soustředěného odtoku ... 146
4.3.5 Detail multikriteriální analýzy v zájmové oblasti ZD Bulhary ... 148
4.4 Změna klimatu jako rizikový faktor ... 149
4.5 Vláhová potřeba a posun výrobních oblastí ... 150
4.6 Očekávané změny klíčových faktorů ... 152
4.7 Návrh organizačních a agrotechnických opatření pro omezení erozních jevů s ohledem na riziko sucha ... 158
4.7.1 Nulová varianta - současný stav ... 159
4.7.2 Návrh variantních ochranných a adaptačních opatření ... 168
4.7.3 Maximální varianta ... 181
4.8 Možná opatření pro zmírnění dopadů sucha ... 190
4.8.1 Posouzení přínosu zvýšení retenční schopnosti ... 190
4.8.2 Dostupné zdroje vody ... 190
4.8.3 Agrotechnická doporučení ... 192
4.8.4 Návrh změn agrotechnických postupů při pěstování klíčových polních plodin ... 194
4.9 Odhad dopadů změny klimatu na produkční schopnost a na klíčové indikátory produktivity ... 198
4.10 Ekonomické vyhodnocení navržených opatření a odhadovaný efekt na ekonomiku podniku ... 200
4.11 Spolupráce s vedením podniku a se zástupci AK ... 201
4.12 Shrnutí ... 202
4.13 Příloha - Obrazová dokumentace Bulhary ... 205
5 Pilotní farma Vraný ... 208
5.1 Postup prací v rámci pilotní studie ... 208
5.2 Pilotní studie zemědělského podniku ZD Vraný ... 208
5.3 Vyhodnocení stávajícího stavu v zájmovém území Vraný ... 209
5.3.1 Základní agroklimatické podmínky území ... 210

5.3.2 Počet dní se stresem suchem a sníženou dostupností vláhy 215
5.3.3 Vláhová potřeba a posun výrobních oblastí..... 218
5.3.4 Charakteristika půdních poměrů v zájmovém území Agros Vraný..... 219
5.3.5 Kritické body a přispívající plochy drah soustředěného odtoku..... 230
5.3.6 Detail multikriteriální analýzy v zájmové oblasti Agros Vraný 233
5.3.7 Očekávaná změna produktivity 234
5.4 Změna klimatu jako rizikový faktor 235
5.4.1 Vláhová potřeba a posun výrobních oblastí..... 235
5.4.2 Očekávaná změny klíčových faktorů..... 237
5.5 Návrh organizačních a agrotechnických opatření pro omezení erozních jevů s ohledem na riziko sucha 242
5.5.1 Nulová varianta – současný stav 242
5.6 Osevní postup – bilance organické hmoty..... 243
5.6.2 Návrh variantních ochranných a adaptačních opatření..... 251
5.7 Možná opatření pro zmírnění dopadů sucha..... 268
5.7.1 Posouzení přínosu zvýšení retenční schopnosti..... 268
5.7.2 Dostupné zdroje vody..... 269
5.8 Návrh změn agrotechnických postupů při pěstování klíčových polních plodin..... 272
5.9 Ekonomické hodnocení dopadů cost-benefit analýzy pro zemědělský podnik Agros Vraný 274
5.9.1 Metoda a postup prací..... 275
5.10 Výsledky..... 287
5.11 Odhad dopadů změny klimatu na produkční schopnost a klíčové indikátory produktivity. 288
6 Pilotní farma - Chrášťany 290
6.1 Postup prací v rámci pilotní studie 290
6.2 Pilotní studie v konkrétních územích – Chrášťany..... 290
6.3 Vyhodnocení stávajícího stavu v zájmovém území Chrášťany..... 291
6.3.1 Základní agroklimatické podmínky území 291
6.3.2 Počet dní se stresem suchem a se sníženou dostupností vláhy 296
6.3.3 Vláhová potřeba a posun výrobních oblastí..... 298
6.3.4 Charakteristika půdních poměrů v zájmovém území Lupofyt Chrášťany..... 300
6.3.5 Detail multikriteriální analýzy v zájmové oblasti Lupofyt Chrášťany 302
6.3.6 Očekávaná změna produktivity 303
6.4 Očekávané změny klíčových faktorů..... 304
6.5 Návrh organizačních a agrotechnických opatření pro omezení erozních jevů s ohledem na riziko sucha 310
6.5.1 Nulová varianta - současný stav 310

6.5.2 Osevní postup - bilance organické hmoty 312
6.5.3 Posouzení souladu stávajícího způsobu hospodaření s požadavky plnění standardů DZES 5 a současná rizika erozního ohrožení 315
6.6 Návrh variantních ochranných a adaptačních opatření 319
6.6.1 Realistická varianta - přehled navrhovaných opatření 319
6.6.2 Maximální varianta 332
6.7 Možná opatření pro zmírnění dopadů sucha 341
6.7.1 Posouzení přínosu zvýšení retenční schopnosti 341
6.7.2 Dostupné zdroje vody 342
6.7.3 Návrh změn agrotechnických postupů při pěstování klíčových polních plodin 347
6.8 Ekonomické hodnocení dopadů cost-benefit analýzy pro zemědělský podnik Lupofyt Chrášťany 348
6.8.1 Metoda a postup prací 349
6.8.2 Výsledky 360
6.9 Příloha - Obrazová dokumentace Chrášťany 362
7 Pilotní farma Ostrožsko 365
7.1 Postup prací v rámci pilotní studie 365
7.2 Pilotní studie v konkrétních územích – Ostrožsko 365
7.3 Vyhodnocení stávajícího stavu v zájmovém území Ostrožsko 365
7.3.1 Základní agroklimatické podmínky území 366
7.3.2 Počet dní se stresem suchem a sníženou dostupností vláhy 371
7.3.3 Vláhová potřeba a posun výrobních oblastí 374
7.3.4 Charakteristika půdních poměrů v zájmovém území Ostrožsko, a.s. 375
7.3.5 Kritické body a přispívající plochy drah soustředěného odtoku 386
7.3.6 Detail multikriteriální analýzy v zájmové oblasti Agros Ostrožsko 387
7.3.7 Očekávaná změna produktivity 388
7.4 Změna klimatu jako rizikový faktor 389
7.5 Vláhová potřeba a posun výrobních oblastí 395
7.6 Návrh organizačních a agrotechnických opatření pro omezení erozních jevů s ohledem na riziko sucha 396
7.6.1 Nulová varianta – současný stav 396
7.6.2 Návrh variantních ochranných a adaptačních opatření 401
7.6.3 Operativní agrotechnická opatření 412
7.6.4 Agrotechnická opatření včetně uplatnění protierozních agrotechnologií na orné půdě (AGT) 415
7.7 Možná opatření pro zmírnění dopadů sucha 416
7.7.1 Posouzení přínosu zvýšení retenční schopnosti 416
7.7.2 Dostupné zdroje vody 416

7.8 Návrh změn agrotechnických postupů při pěstování klíčových polních plodin 421
7.9 Příloha - Obrazová dokumentace Ostrožsko 422

Seznam map a obrázků

Obr. 1.1: Příklad uspořádání pozemků před a po pozemkové úpravě 26

Obr. 1.2: Stav lokality po realizaci retenční nádrže v k.ú. Němčice 26

Mapa 1.1: Přehled počtu a polohy katastrálních území s rozpracovanými a ukončenými komplexními pozemkovými úpravami v rámci okresů a krajů ČR k 30. 11. 2014 27

Mapa 1.2: Přehled podílu katastrálních území s ukončenými komplexními pozemkovými úpravami vzhledem k celkovému počtu katastrálních území v rámci okresů a krajů ČR k 30. 11. 2014 27

Mapa 1.3: Přehled podílu katastrálních území s rozpracovanými komplexními pozemkovými úpravami vzhledem k celkovému počtu katastrálních území v rámci okresů a krajů ČR k 30. 11. 2014 28

Obr. 1.3: Příklad komplexní ochrany půdy v USA 30

Mapa 1.4: Změna vodní bilance jako rozdíl mezi srážkami a referenční evapotranspirací pro současné klima (1961-2000) – nahoře, pro zvýšení teploty o 1 °C - vlevo dole, a zvýšení teploty o 2 °C vpravo dole pro území ČR. Záporné hodnoty ukazují na oblasti s negativní roční vodní bilancí 34

Mapa 1.5: Ohroženost půdy vodní erozí vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace, tříd erozního ohrožení a stupňů erozního ohrožení půd na území ČR 38

Mapa 1.6: Potenciální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí 39

Mapa 1.7: Potenciální ohroženost zemědělské půdy dehumifikací 40

Mapa 1.8: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením 41

Mapa 1.9: Potenciální zranitelnost půd acidifikací 42

Mapa 1.10: Zamokřené půdy 43

Mapa 1.11: Vysýchavé půdy na území ČR 44

Mapa 1.12: Vymezení odvodněných lokalit podle kategorie stáří 47

Obr. 1.4: Odběry vody pro pěstování obilovin, zeleniny, netrvalých plodin a množení rostlin. Pozn. Kódy NACE jsou následující: (11100 – pěstování obilovin, 11000 - netrvalých plodin, 11300 – zeleniny a 13000 - množení rostlin) 49

Obr. 1.5: Odběry vody pro pěstování obilovin, zeleniny, netrvalých plodin a množení rostlin (ve sloupcích jsou uvedeny jednotlivé činnosti, v řádcích jednotlivé roky). Pozn. Kódy NACE jsou následující: (11100 – pěstování obilovin, 11000 - netrvalých plodin, 11300 – zeleniny a 13000 – množení rostlin) 49

Obr. 1.6: Závlahové systémy v České republice v roce 2012 50

Mapa 2.1: Současný stav vodohospodářské soustavy 56

Mapa 2.2: Výhledový stav vodohospodářské soustavy k období 2071-2010 56

Mapa 2.3: 5-letá průměrná intenzita srážkové události 58

Obr. 2.1: Hyetogramy srážkových událostí 58

Mapa 2.4: 5letá průměrná suma srážkové události 59

Mapa 2.5: Odtokové poměry pro výhledová období 61

Mapa 2.6: Regionalizovaný faktor erozní účinnosti přívalového deště na orné půdě za období 2003 až 2012 63

Mapa 2.7: Faktor ochranného vlivu vegetace půdních bloků vedených v LPIS – model 2020 – 2050 . 64

Mapa 2.8: Ohroženost půdy vodní erozí vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace, tříd erozního ohrožení a stupňů erozního ohrožení půd na území ČR 66

Mapa 2.9: Půdní klima v období 1961-2000 reprezentované vlhkostními (hydrickými) a teplotními (termickými) režimy 68

Mapa 2.10: Odhadované půdní klima za předpokladu zvýšení globální teploty o cca 2 °C oproti období 1961-2000 reprezentované vlhkostními (hydrickými) režimy pro 3 globální cirkulační modely 69

Mapa 2.11: Počet dní s půdní vlhkostí pod 50 % disponibilní pro rostliny dostupné zásoby vypočtené jako medián za období 1961-2014 a to pro celý rok a období duben-červen (první část vegetační sezóny) a červenec-září (druhá polovina vegetační sezóny). Hodnota půdníé vlhkosti je vypočtena pro celý profil, tj. 0-100 cm. 74

Mapa 2.12: Počet dní s půdní vlhkostí pod 30 % disponibilní pro rostliny dostupné zásoby vypočtené jako medián za období 1961-2014, a to pro celý rok, a období duben-červen (první část vegetační sezóny) a červenec-září (druhá polovina vegetační sezóny). Hodnota půdní vlhkosti je vypočtena pro povrchovou část půdního profilu (0-40 cm). 75

Mapa 2.13a: Vyjádření trendů tří klíčových složek vodní bilance v období duben-září (a) referenční evapotranspirace reálného krajinného krytu v daném gridu; (b) trend klimatologické vodní bilance vypočtené jako rozdíl srážek a referenční evapontranspirace; (c) trend zásoby půdní vláhy. Všechny trendy vyjadřují změnu v mm za sledované období, tj. 1961-2014. Hodnota půdní vlhkosti je vypočtena pro hloubku 0-100 cm. 76

Mapa 2.13b: Počet dní s relativním nasycením povrchové vrstvy půdního profilu (0-40 cm) nižším než 50 % v období duben-červen pro období 1961-1990 a 1991-2014. Mapa vpravo zachycuje rozdíl obou map v levé polovině. 77

Mapa 2.14: Odhad změny průměrných výnosů pšenice ozimé (horní řada) a ječmene jarního (dolní řada) pro období kolem roku 2050 vzhledem k období 1961-1990. Mapy zachycují situaci v případě zohlednění vlivu změny klimatických faktorů včetně zvýšené koncentrace CO_2 (vlevo) a bez započítání přímého vlivu CO_2 (vpravu) (upraveno dle Eitzinger et al., 2013) 79

Mapa 2.15: Odhadované množství vody (modelem SoilClim) nutné pro udržení půdní vláhy alespoň na hranici 50% retenční kapacity (v hloubce 0-40 cm) od setí do zralosti. V mapách jsou vyneseny mediány pro plochy s ornou půdou z jednotlivých sezón 1981-2010. Jarní a ozimé plodiny reprezentují obilniny (ječmen jarní a pšenici ozimou). 83

Obr. 2.2: Modelem Hermes odhadované průměrné množství závlahou dodané vody (mm) pro udržení půdní vláhy alespoň na hranici 50% retenční kapacity (v hloubce 0-40 cm) od setí do zralosti pro lokalitu Lednice (jižní Morava), Věrovany (Haná) a Domanínek (Vysočina) na základě současných a budoucích klimatických podmínek (dle 5 scénářů změny klimatu). Šipky nahoru a dolů jsou použity v případech, kdy je předpoklad nárůstu resp. poklesu meziroční variability ve spotřebě vody. 84

Obr. 2.3: Distribuce hydrologického sucha v České republice v roce 1947 (Vlnas, 2010) 86

Obr. 2.4: Distribuce hydrologického sucha v České republice v roce 2003 (Vlnas, 2010) 86

Obr. 2.5: Oblasti ohrožené hydrologickým suchem (standardizované maximální nedostatkové objemy) 87

Mapa 2.16: Odtokové poměry pro výhledová období 88

Mapa 2.17: Zranitelnost ekosystémů z hlediska poskytování jejich služeb 90

Mapa 2.18: Vpravo je zachycen medián počtu dní ve vegetační sezóně (duben-září) s relativním nasycením povrchové části půdního profilu (0-40 cm) nižším než 30 % (tedy pod úroveň považovanou za hranici, kdy projevy stresu suchem začínají kriticky ovlivňovňovat růst a vývoj zemědělských plodin i

trvalých kultur). Vlevo je pak zachycena hodnota Z-skóre. Horní mapy zachycují informace agregované na úroveň katastrálních území a dolní pár map pro povodí IV. řádu. 94

Mapa 2.19: Vpravo je zachycen medián počtu dní v první polovině vegetační sezóny (duben-červen) s relativním nasycením povrchové části půdního profilu (0-40 cm) nižším než 30 % (tedy pod úroveň považovanou za hranici, kdy projevy stresu suchem začínají kriticky ovlivňovat růst a vývoj zemědělských plodin i trvalých kultur). Vlevo je pak zachycena hodnota Z-skóre. Horní mapy zachycují informace agregované za úroveň katastrálních území a dolní pár map pro povodí IV. řádu. 95

Mapa 2.20: Vpravo je zachycen medián počtu dní v první polovině vegetační sezóny (červenec-srpen) s relativním nasycením povrchové části půdního profilu (0-40 cm) nižším než 30 % (tedy pod úroveň považovanou za hranici, kdy projevy stresu suchem začínají kriticky ovlivňovat růst a vývoj zemědělských plodin i trvalých kultur). Vlevo je pak zachycena hodnota Z-skóre. Horní mapy zachycují informace agregované za úroveň katastrálních území a dolní pár map pro povodí IV. řádu. 96

Mapa 2.21: Vpravo je zachycen podíl vysýchavých půd na rozloze daného katastrálního území resp. povodí IV. řádu. Vlevo je pak zachycena hodnota Z-skóre. Horní mapy zachycují informace agregované na úroveň katastrálních území a dolní pár map pro povodí IV. řádu. 97

Mapa 2.22: Míra ohrožení území hydrologickým suchem vyjádřená jako Z-skóre (hlavní mapa) a potenciální dostupnost vodních zdrojů (pomocná mapa) vyjádřená v mm. Pozn. pro současnou verzi generelu nebylo možné s ohledem na dostupnost dat zpracovat míru ohrožení území (tyto locality zahrnují např. část jižní Moravy) 98

Mapa 2.23: Vpravo je zachyceno procento území, kde dochází k překročení přípustné hodnoty erozního smyvu. Vlevo je pak zachycena hodnota Z-skóre získaná postupem uvedeným v části 2.2. Horní mapy zachycují informace agregované na úroveň katastrálních území a dolní pár map pro povodí IV. řádu 99

Obr. 2.6: Erozní rýha v dráze soustředěného odtoku (DSO) v povodí Luhy 100

Mapa. 2.24a: Celková délka potencionálně erozně ohrožených DSO na km^2 plochy orné půdy v povodích IV. řádu 101

Mapa 2.24b: Vpravo je zachycena rozloha orné půdy spadající do přispívajících ploch drah soustředěného odtoku. Vlevo je pak zachycena hodnota Z-skóre získaná postupem uvedeným v části 2.2. Horní mapy zachycují informace agregované na úroveň katastrálních území a dolní pár map pro povodí IV.řádu 101

Obr. 2.7: Vymezení kritických bodů a přispívajících ploch v ČR 105

Mapa 2.25: Kategorie území podle poměru rozlohy přispívajících ploch KB k rozloze plochy povodí III. řádu 106

Mapa 2.26: Hodnoty váženého průměru ukazatele kritických podmínek 106

Mapa 2.27: Vpravo je zachycen podíl přispívajících ploch kritických bodů na celkové ploše jednotlivých katastrálních územích, resp. na celkové ploše jednotlivých povodí IV. řádu. Vlevo je pak uvedena hodnota Z-skóre získaná postupem uvedeným v části 2.2 107

Mapa 2.28: Rozložení výrobních oblastí na základě klimatologických dat 1961-1990 podle Němce (2001) 109

Mapa 2.29: Odhad agroklimatických podmínek na území ČR v období okolo roku 2020 podle modelů NCAR, HadCM a ECHAM za předpokladu emisního scénáře SRES-A2 a vysoké citlivosti klimatického systému na nárůst koncentrací CO2, což odpovídá přibližně nárůstu teploty o 1 °C oproti období 1961-1990, resp. nárůstu teploty o 0,5 °C oproti 1961-2000 (Dubrovský et al., 2005) 110

Mapa 2.30: Odhad agroklimatických podmínek na území ČR v období okolo roku 2050 podle modelů NCAR, HadCM a ECHAM za předpokladu emisního scénáře SRES-A2 a vysoké citlivosti klimatického

systému na nárůst koncentrací CO2, což odpovídá přibližně nárůstu teploty o 2,5 °C oproti období 1961-1990 resp. nárůstu teploty o 2°C oproti 1961-2000 (Dubrovský et al., 2005).....111

Mapa 2.31: Bodové hodnocení výnosnosti zemědělské půdy.....112

Mapa 2.32: Dostupnost vodních zdrojů v České republice v současných podmínkách.....114

Obr. 2.8: Schéma hodnocení vodních zdrojů v podmínkách klimatické změny 114

Obr. 2.9: Hodnocení vodních zdrojů dle REMO_EH5 pro rok 2025.....115

Mapa 2.33: Souhrn vstupních parametrů (Z-skóre) pro první variantu multikriteriální analýzy založené na 4 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území.....116

Mapa 2.34: Souhrn vstupních parametrů (Z-skóre) pro první variantu multikriteriální analýzy založené na 4 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro povodí IV. řádu.....116

Mapa 2.35: Souhrn vstupních parametrů (Z-skóre) pro druhou variantu multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území.....117

Mapa 2.36: Souhrn vstupních parametrů (Z-skóre) pro druhou variantu multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro povodí IV. řádu.....118

Obr. 2.10: Stupně ohrožení.....119

Mapa 2.37: Výsledky první varianty multikriteriální analýzy založené na 4 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území.....120

Mapa 2.38: Výsledky první varianty multikriteriální analýzy založené na 4 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro povodí IV. řádu.....120

Mapa 2.39: Výsledky druhé varianty multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území.....121

Mapa 2.40: Výsledky druhé varianty multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro povodí IV. řádu.....121

Obr. 4.1: Pořadí krajů podle podílu vysoce ohrožených a extrémně ohrožených katastrálních území 127

Mapa 4.1: Ukázka terénních poměrů v oblasti hospodaření ZD Bulhary 128

Mapa 4.2: Ukázka terénních poměrů v oblasti hospodaření ZD Bulhary a vylišení jednotlivých kultur 128

Obr. 4.2: Na jižní části k. ú. obce Bulhary převládají pozvolně se svažující větší půdní bloky členěné liniovými stromovými větrolamy. V pozadí snímku je zachycena postřiková závlaha pozemku s vojtěškou 129

Obr. 4.3: Pro Zemědělské družstvo Bulhary je perspektivní pěstování révy vinné, jak dokládá snímek výše. Nové vinice jsou vysazovány s řádky směrem po vrstevnici, pokud je tento způsob umožněn řešením vlastnických vztahů na pronajatých pozemcích. Snímek níže pak zobrazuje úpravu koryta řeky Dyje na hranici zastavěného území obce po sesuvu půdy vyvolaného vydatnými dešťovými srážkami v září 2014 130

Obr. 4.4: Průměrná roční teplota vzduchu a teplota vzduchu ve vegetačním období v lokalitě Bulhary v období 1961-2014 a její lineární trend (nahoře). Průměrný roční chod srážek za období 1961-2014 (uprostřed). Roční úhrny srážek za období 1961-2014 a její lineární trend (dole).....131

Obr. 4.5: Průměrný vývoj relativního nasycení půdy (z hlediska dostupnosti půdní vláhy pro rostliny) za jednotlivé měsíce období 1961-1990 a 1991-2014 na území obhospodařovaném ZD Bulhary 134

Mapa.4.3: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro

rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy v profilu 0-100 cm) za rok v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované ZD Bulhary vč. přilehlého okolí..... 134

Mapa 4.4: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení v půdním profilu 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované ZD Bulhary vč. přilehlého okolí 135

Mapa 4.5: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní s výskytem stresu suchem" pro rostliny (tj. pod 30 % relativního nasycení půdy v profilu 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované ZD Bulhary vč. přilehlého okolí..... 135

Mapa 4.6: Hloubka půdy..... 136

Mapa 4.7: Třídy ochrany ZPF..... 137

Mapa 4.8: Hydrologické skupiny půd..... 138

Mapa 4.9: Potenciální zranitelnost zemědělské půdy acidifikací..... 139

Mapa 4.10: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením..... 140

Mapa 4.11: Vysýchavé půdy..... 141

Mapa 4.12: Ohroženost orné půdy vodní erozí vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace Cp..... 143

Mapa 4.13: Stupně erozního ohrožení půd na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu..... 144

Mapa 4.14: Kategorie erozní ohroženosti dle DZES 5..... 145

Mapa 4.15: Dráhy soustředěného odtoku v oblasti hospodaření ZD Bulhary..... 147

Mapa 4.16: Kritické body a jejich přispívající plochy v oblasti hospodaření ZD Bulhary..... 147

Mapa 4.17: Detail výsledků multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech pro oblast ZD Bulhary - průměrné Z-skóre. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území..... 148

Mapa 4.18: Klimatické vymezení výrobních oblastí na základě metody publikované Trnkou et al. (2009) pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab.4.9..... 151

Mapa 4.19: Odhad spotřeby vody pro udržení relativního nasycení půdy ve vrstvě 0-40 cm na úrovni nad 50 % na základě metodiky Integrovaného systému pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Vyneseny jsou hodnoty mediánů za sezóny 1981-2010 pro jarní obilovinu..... 151

Mapa 4.20: Průměrná délka vegetační sezóny, vyjádřená jako období s průměrnou teplotou nad 5 °C, pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9..... 152

Mapa 4.21: Klimatologická vodní bilance vyjádřená jako rozdíl úhrnu srážek a potřeby krajiny (potenciální evapotranspirace) v mm mezi dubnem a zářím pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9..... 153

Mapa 4.22: Počet dní s dostatečnou potenciální produktivitou pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9..... 153

Mapa 4.23: Stres suchem (počet dní) v období duben-červen v povrchové vrstvě (0-40 cm) pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 154

Mapa 4.24: Stres suchem (počet dní) v období duben-září v povrchové vrstvě (0-40 cm) pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 155

Mapa 4.25: Průměrný počet tropických dní, tj. dny s maximální denní teplotou vyšší než 30 °C, pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 155

Mapa 4.26: Průměrný počet dní s maximální denní teplotou vyšší než 32 °C v měsíci červenci pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 156

Mapa 4.27: Průměrný počet dní v tzv. horké vlně, tj. v období, kdy denní maximální teplota přesáhne alespoň na 3 dny teplotu 30 °C a neklesne pod 25 °C. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 156

Mapa 4.28: Průměrný počet dní se sněhem. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 157

Mapa 4.29: Odhad změny průměrných výnosů pšenice ozimé a ječmene jarního pro období kolem roku 2050 vzhledem k období 1961-1990. Mapy zachycují situaci v případě zohlednění vlivu změny klimatických faktorů včetně zvýšené koncentrace CO_2 (tzv. kombinovaný vliv) a bez započítání přímého vlivu CO_2 (tzv. nepřímý vliv). 158

Obr. 4.6a: Vývoj POH a jejich trendy pro varianty A a B a pro pozemky s půdou v KP1 a KP2 162

Obr. 4.6b: Rozdělení pozemků podle kategorií půdy. Na pozemcích označených modře je vhodné upravit strukturu osevního postupu. 162

Mapa 4.30: Vrstva erozní ohroženosti vedená v LPIS a DPB užívané ZD Bulhary 164

Mapa 4.31: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro ZD Bulhary - varianta současný stav R 40 (květen 2016) 165

Mapa 4.32: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro ZD Bulhary - varianta klimatická změna - R 60 (květen 2016). 166

Mapa 4.33: Aktuální stav kultur a rozdělení do půdních bloků v ZD Bulhary 167

Mapa 4.34: Varianta RV základních protierozních opatření pro ZD Bulhary (květen 2016) 170

Mapa 4.35: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 40 (květen 2016). 171

Mapa 4.36: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 60 (květen 2016). 172

Obr. 4.7: Vertikální zpracování půdy s částečným zapravením rostlinných zbytků 177

Obr. 4.8: Přímé setí kukuřice do vymrzlé meziplodiny. 178

Obr. 4.9: Schéma zatravněné údolnice 178

Obr. 4.10: Dráha soustředěného povrchového odtoku po tání sněhu 179

Obr. 4.11: Dráha soustředěného povrchového odtoku po stabilizaci 179

Obr. 4.12: Doporučený postup osetí DSO 181

Mapa 4.37: Varianta MV základních protierozních opatření pro ZD Bulhary (květen 2016) 183

Mapa 4.38: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 40 (květen 2016) 184

Mapa 4.39: Míra erozního ohrožení po návrhu PEO varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 60 (květen 2016) 185

Obr. 4.13: Vliv založení porostu kukuřice na její stav při nedostatku srážek (červenec 2015): vlevo orba + kompaktor, vpravo setí do hrubé brázdy 187

Obr. 4.14: Povolené hodnoty odběrů (červeně) a skutečně odebraná voda v zemědělském sektoru (modře) 191

Obr. 4.15: Odběry na povodí Dyje po uzávěrný profil DBCN 480400 Nové Mlýny pod nádrží 192

Obr. 4.16: Délka kořenů kukuřice (fáze 10. listu) v půdním profilu při různém hnojení při setí 195

Obr. 4.17: Pásové zpracování půdy s aplikací hnojiv 196

Obr. 4.18: Hodnoty vlhkosti půdy stanovené gravimetricky (průměr vrstvy 0-0,3 m) v řádku a v meziřádku kukuřice (fáze 10. listu, 2015) 196

Obr. 4.19: Výnos čerstvé hmoty silážní kukuřice 196

Obr. 4.20: Plečkování cukrovky s použitím speciálních nástrojů 198

Mapa 4.40: Identifikace výnosově podprůměrných a nadprůměrných míst na pozemcích a jejich procentuální vyjádření vztažené vždy k průměrné hodnotě vegetačního indexu EVI (100 %) 204

Obr. 4.21:Údolnice na pozemku 3501/2 nacházejícím se v jižní části zájmové lokality 205

Obr. 4.22: Pohled na pozemek 3501/2 (63 ha) se vzcházejícím ječmenem jarním (duben 2016) ukazuje na výraznou členitost reliéfu terénu, která při současném způsobu hospodaření na pozemku a při současném směru zakládání porostů může představovat riziko z hlediska výskytu eroze vodní půdy. 205

Obr. 4.23: Stejný pozemek (3501/2) při pohledu směrem na sever, s jasně zřetelným směrem založení porostu ječmene jarního 206

Obr. 4.24: Pohled na pozemek 3501/10 (35 ha) s porostem pšenice ozimé 206

Obr. 4.25: Představení navrženého řešení v sídle Zemědělského družstva Bulhary 207

Obr. 4.26: … a konzultace opatření přímo v terénu s vedením zemědělského podniku 207

Mapa 5.1: Ukázka terénních poměrů (vlevo) v oblasti hospodaření Agros Vraný a vylišení jednotlivých kultur (vpravo) 209

Obr. 5.1: Vlevo: řada pozemků obhospodařovaných v k.ú. obce Páleč vykazuje výraznou variabilitu půdních podmínek, která se projevuje lokálními změnami v porostu plodin. V kombinaci s utuženou půdou na souvratích jednoznačně ovlivňuje růst rostlin. Vpravo: Zvyšování povrchového odtaoku vody s nežádoucími erozními projevy napomáhají v některých místech take nevhodně provedené pozemkové úpravy. Na obrázku je nově vybudovaní asfaltová cesta u obce Šlapanice vedená po spádnici, která má sloužit pro pohyb zemědělské mechanizace. Před realizací pozemkových úprav zde všao byl jeden půdní celek bez manipulační komunikace. 210

Obr. 5.2: Usychání rostlin kukuřice na vyvýšeném místě pozemku u obce Páleč v průběhu suché epizody v červenci 2015 210

Obr. 5.3: Průměrná teplota vzduchu v lokalitě Vraný pro tři zvolená období (1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015; nahoře) a časový chod průměrných ročních teplot za celé období 1961-2015 (dole) 211

Obr. 5.4: Srážkové úhrny v lokalitě Vraný pro tři zvolená období (1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015; nahoře) a vývoj srážek za celé období 1961-2015 (dole) 212

Obr. 5.5: Úhrny základní vláhové bilance v lokalitě Vraný pro období 1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015 (nahoře) a časový průběh ročních úhrnů potenciální evapotranspirace za období 1961-2015 (dole) 214

Obr. 5.6: Průměrný vývoj relativního nasycení půdy (z hlediska dostupnosti půdní vláhy pro rostliny) za jednotlivé měsíce v období 1961-1990 a 1991-2014 na území obhospodařovaném podnikem Agros Vraný 215

Mapa 5.2: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) počtu „dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy v profilu 0-100 cm) za rok v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Agros Vraný vč. přilehlého okolí 216

Mapa 5.3: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Agros Vraný vč. přilehlého okolí..... 217

Mapa 5.4: Medián (nejméně polovina hodnot je menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní s výskytem stresu suchem" pro rostliny (tj. pod 30 % relativního nasycení půdy 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Agros Vraný vč. přilehlého okolí 217

Mapa 5.5: Klimatické vymezení výrobních oblastí na základě metody publikované Trnkou et al. (2009) pro období 1961-2000 a odhad pro období okolo roku 2020 a 2050 podle modelů ECHAM, HadCM a NCAR za předpokladu emisního scénáře SRES-A2 a vysoké citlivosti klimatického systému na nárůst koncentrace CO_2 (toto do roku 2020 odpovídá přibližně nárůstu teploty o 0,5 °C a 2,0 °C oproti 1961-2000) 218

Mapa 5.6: Odhad spotřeby vody pro udržení relativního nasycení půdy ve vrstvě 0-40 cm na úrovni nad 50 % na základě metodiky Integrovaného systém pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Vyneseny jsou mediány za sezóny 1981-2010 pro jarní obilovinu. 219

Mapa 5.7: Skupiny půdních typů 220

Mapa 5.8: Hloubka půdy 221

Mapa 5.9: Třídy ochrany ZPF 222

Mapa 5.10: Hydrologické skupiny půd 223

Mapa 5.11: Potenciální zranitelnost zemědělské půdy acidifikací 224

Mapa 5.12: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením 225

Mapa 5.13: Vysýchavé půdy 226

Mapa 5.14: Ohroženost vodní erozí na orné půdě vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty 227

Mapa 5.15 Stupně erozního ohrožení půd na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu 228

Mapa 5.16: Kategorie erozní ohroženosti dle DZES 5 229

Mapa 5.17: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí 230

Mapa 5.18: Dráhy soustředěného odtoku v oblasti hospodaření Agros Vraný 232

..... 232

Mapa. 5.19: Kritické body a jejich přispívající plochy v oblasti hospodaření Agros Vraný 232

Mapa 5.20: Detail výsledků multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech pro oblast Agros Vraný – průměrné Z-skóre. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území. 233

Mapa 5.21: Odhad změny průměrných výnosů pšenice ozimé a ječmene jarního pro období kolem roku 2050 vzhledem k období 1961-1990. Mapy zachycují situaci v případě zohlednění vlivu změny klimatických faktorů včetně zvýšené koncentrace CO_2 (tzv. kombinovaný vliv) a bez započítání přímého vlivu CO_2 (tzv. nepřímý vliv) 234

Mapa 5.22: Klimatické vymezení výrobních oblastí na základě metody publikované Trnkou et al., (2009) pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 236

Mapa 5.23: Odhad spotřeby vody pro udržení relativního nasycení půdy ve vrstvě 0-40 cm na úrovni nad 50 % na základě metodiky Integrovaného systému pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Vyneseny jsou hodnoty mediánů za sezóny 1981-2010 pro jarní obilovinu. 236

Mapa 5.24: Průměrná délka vegetační sezóny vyjádřené jako období s průměrnou teplotou nad 5 °C a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz. Tabulka 4.9 237

Mapa 5.25: Klimatologická vodní bilance vyjádřená jako rozdíl úhrnu srážek a potřeby krajiny (potenciální evapotranspirace) v mm mezi dubnem a zářím pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9) 238

Mapa 5.26: Počet dní s dostatečnou potenciální produktivitou pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9)..... 238

Mapa 5.27: Stres suchem (počet dní) v období duben-červen v povrchové vrstvě (0-40 cm) pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (Viz Tab. 4.9)..... 239

Mapa 5.28: Stres suchem (počet dní) v období duben-září v povrchové vrstvě (0-40 cm pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9)..... 240

Mapa 5.29: Průměrný počet tropických dní, tj. dny s maximální denní teplotou vyšší než 30 °C pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9)..... 240

Mapa 5.30: Průměrný počet dní, tj. dny s maximální denní teplotou vyšší než 32 °C v měsíci červenci pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modeů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9) 241

Mapa 5.31: Průměrný počet dní v tzv. horké vlně, tj. období, kdy denní maximální teplota přesáhne alespoň na 3 dny teplotu 30 °C a neklesne pod 25 °C. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9)..... 241

Mapa 5.32: Průměrný počet dní se sněhem. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9). 242

Obr. 5.7: Vývoj POH a jejich trendy pro varianty A a B a pro pozemky s půdou v KP1, KP2 a KP3 245

Obr. 5.8: Rozdělení pozemků podle kategorie půdy 246

Mapa 5.33: Vrstva erozní ohroženosti vedená v LPIS a DPB užívané ZD Vraný..... 247

Mapa 5.34: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro ZD Vraný – varianta současný stav R 40 (květen 2016) 248

Mapa 5.35: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro ZD Vraný – varianta klimatická změna - R 60 (květen 2016) 249

Mapa 5.36: Varianta RV základních protierozních opatření 253

Mapa 5.37: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 40 (květen 2016) 254

Obr. 5.9: Schéma zatravněné údolnice 259

Obr. 5.10: Dráha soustředěného povrchového odtoku po tání sněhu 259

Obr. 5.11: Dráha soustředěného povrchového odtoku po stabilizaci 259

Obr 5.12: Doporučený postup osetí DSO 261

Mapa 5.38: Varianta MV základních protierozních opatření pro ZD Vraný 264

Mapa 5.39: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 40 (květen 2016) 265

Mapa 5.40: Míra erozního ohrožení po návrhu PEO varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 60 (květen 2016) 266

Mapa 5.41: Průměrné roční odtokové výšky se zvýrazněním modelového povodí (černá linie) 269

Obr. 5.13: Povrchové odběry (zeleně), podzemní odběry (hnědě) a vypouštění (oranžově) v tis.m^3·měsíc^{-1} 270

Obr. 5.14: Nakládání s vodami na povodí Bakovského potoka 270

Mapa 5.42: Lokalizované nakládání s vodami v roce 2014 v tis. m3· rok-1 271

Obr. 5.15: Odtoky, minimální zůstatkový průtok a nedostatkové objemy na řešeném území 272

Mapa 6.0: Základní situační mapa zachycující oblast hospodaření podniku Lupofyt Chrášťany 291

Obr. 6.1: Průměrná teplota vzduchu v lokalitě Chrášťany pro tři zvolená období (1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015; nahoře) a vývoj teplot za celé období 1961-2015 (dole) 292

Obr. 6.2: Srážkové úhrny v lokalitě Chrášťany pro tři zvolená období (1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015; nahoře) a vývoj srážek za celé období 1961-2015 (dole) 293

Obr. 6.3: Úhrny základní vláhové bilance v lokalitě Chrášťany pro období 1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015 (nahoře) a časový průběh ročních úhrnů potenciální evapotranspirace za období 1961-2015 (dole) 295

Mapa 6.1: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) počtu „dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy v profilu 0-100 cm) za rok v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Lupofyt Chrášťany vč. přilehlého okolí. 296

Mapa 6.2: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Lupofyt Cgrášťany vč. přilehlého okolí. 297

Mapa 6.3: Medián (nejméně polovina hodnot je menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní s výskytem stresu suchem" pro rostliny (tj. pod 30 % relativního

nasycení půdy 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Lupofyt Chrášťany vč. přilehlého okolí. 298

Mapa 6.4: Klimatické vymezení výrobních oblastí na základě metody publikované Trnkou et al. (2009) pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 pro modely MRI, BNU, CNMR, IPSL a HadGEM za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 a střední citlivosti klimatického systému na nárůst koncentrace CO_2 299

Mapa 6.5: Odhad spotřeby vody pro udržení relativního nasycení půdy ve vrstvě 0-40 cm na úrovni nad 50 % na základě metodiky Integrovaného systému pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Vyneseny jsou mediány za sezóny 1981-2010 pro jarní obilovinu..... 300

Mapa 6.6: Skupiny půdních typů 301

Mapa 6.7: Detail výsledků multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech pro oblast Lupofyt Chrášťany - průměrné Z-skóre. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území. 302

Mapa 6.8: Odhad změny průměrných výnosů pšenice ozimé a ječmene jarního pro období kolem roku 2050 vzhledem k období 1961-1990. Mapy zachycují situaci v případě zohlednění vlivu změny klimatických faktorů včetně zvýšené koncentrace CO_2 (tzv. kombinovaný vliv) a bez započítání přímého vlivu CO_2 (tzv. nepřímý vliv) 303

Mapa 6.9: Průměrná délka vegetační sezóny vyjádřené jako období s průměrnou teplotou nad 5 °C, a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 305

Mapa 6.10: Klimatologická vodní bilance vyjádřená jako rozdíl úhrnu srážek a potřeby krajiny (potenciální evapotranspirace) v mm mezi dubnem a zářím, a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9..... 305

Mapa 6.11: Počet dní s dostatečnou potenciální produktivitou, a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 306

Mapa 6.12: Stres suchem (počet dní) v období duben-červen v povrchové vrstvě (0-40 cm), a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 306

Mapa 6.13: Stres suchem (počet dní) v období duben-září v povrchové vrstvě (0-40 cm), a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9..... 307

Mapa 6.14: Průměrný počet tropických dní, tj. dny s maximální denní teplotou vyšší než 30 °C, a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 308

Mapa 6.15: Průměrný počet dní, tj. dny s maximální denní teplotou vyšší než 32 °C v měsíci červenci, a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9..... 308

Mapa 6.16: Průměrný počet dní v tzv. horké vlně, tj. v období, kdy denní maximální teplota přesáhne alespoň na 3 dny teplotu 30 °C a neklesne pod 25 °C. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9..... 309

Mapa 6.17: Průměrný počet dní se sněhem. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 309

Obr. 6.4: Vývoj POH a jejich trendy pro varianty A a B a pro pozemky s půdou v KP1, KP2 a KP3 314

Mapa 6.18: Rozdělení pozemků podle kategorie půdy 315

Mapa 6.19: Vrstva erozní ohroženosti vedená v LPIS a DPB užívané Lupofyt, s. r. o. Chrášťany..... 316

Mapa 6.20a: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro Lupofyt Chrášťany - varianta současný stav R 40..... 317

Mapa 6.20b: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro Lupofyt Chrášťany - varianta současný stav R 40..... 318

Mapa 6.21a: Varianta RV základních protierozních opatření_1 320

Mapa 6.21b: Varianta RV základních protierozních opatření_2 321

Mapa 6.22a: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 40_1 323

Mapa 6.22b: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 40_2 324

Obr. 6.5: Schéma zatravněné údolnice 328

Obr. 6.6: Dráha soustředěného povrchového odtoku po tání sněhu 329

Obr. 6.7: Dráha soustředěného povrchového odtoku po stabilizaci 329

Obr. 6.8: Doporučený postup osetí DSO 331

Mapa 6.23a: Varianta MV základních protierozních opatření pro Lupofyt Chrášťany_1 333

Mapa 6.23b: Varianta MV základních protierozních opatření pro Lupofyt Chrášťany_2 334

Mapa 6.24a: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 40_1 335

Mapa 6.24b: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 40_2 336

Mapa 6.25a: Míra erozního ohrožení po návrhu PEO varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 60_1 337

Mapa 6.25b: Míra erozního ohrožení po návrhu PEO varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 60_2 338

Mapa 6.26: Průměrné roční odtokové výšky se zvýrazněním modelového povodí (černá linie) a půdních bloků společnosti Lupofyt Chrášťany 342

Obr. 6.9: Povrchové odběry (zeleně), podzemní odběry (tmavě zeleně) a vypouštění (oranžově) v tis. m3·měsíc-1 343

Mapa 6.27: Lokalizované nakládání s vodami v roce 2014 v tis. $m^3.rok^{-1}$ - povrchové odběry (zeleně), podzemní odběry (tmavě zeleně) a vypouštění (oranžově) 344

Obr. 6.10: Odtoky, minimální zůstatkový průtok a nedostatkové objemy na řešeném území - odtokové výšky (červeně), vypočtená limitní hodnota (modře), vypouštění (hnědě) a odběr z podzemních vod (fialově) 344

Obr. 6.11: Vlevo průměrné hodnoty měsíčních odtoků za použití současného nakládání s vodou a průměrné hodnoty nedostatkových objemů na Rakovnickém potoce. Vpravo detail měsíčního chodu posledních 8 let. 345

Mapa 6.28: Přehled navržených nádrží v povodí Rakovnického potoka 346

Obr. 6.12: Heterogenita porostu ozimé pšenice (Chrášťany, červen 2016) v důsledku jarního přísušku 362

Obr. 6.13: Detail porostu poškozeného suchem (Chrášťany, červen 2016) 362

Obr. 6.14: Polní den (Chrášťany 2016) s ukázkou využití dronů pro diagnostiku porostů polních plodin 363

Obr. 6.15: Polní den (Chrášťany 2016) - prohlídka odrůdových pokusů s ozimou pšenicí 364

Mapa 7.0: Základní situační mapa hospodaření pilotní farmy Osrožsko a.s. 366

Obr. 7.1: Průměrná teplota vzduchu v oblasti Ostrožsko pro tři zvolená období (1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015; nahoře) a vývoj teplot za celé období 1961-2015 (dole) 367

Obr. 7.2: Srážkové úhrny v oblasti Ostrožsko pro tři zvolená období (1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015; nahoře) a vývoj srážek za celé období 1961-2015 (dole) 368

Obr. 7.3: Úhrny základní vláhové bilance v oblasti Ostrožsko pro období 1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015 (nahoře) a časový průběh ročních úhrnů potenciální evapotranspirace za období 1961-2015 (dole) 370

Mapa 7.1: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) počtu „dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy v profilu 0-100 cm). Hodnoty jsou uvedeny jako suma za rok v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Ostrožsko vč. přilehlého okolí. 372

Mapa 7.2: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Ostrožsko vč. přilehlého okolí. 373

Mapa 7.3: Medián (nejméně polovina hodnot je menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní s výskytem stresu suchem" pro rostliny (tj. pod 30 % relativního nasycení půdy 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Ostrožsko vč. přilehlého okolí. 373

Mapa 7.4: Klimatické vymezení výrobních oblastí na základě metody publikované Trnkou et al., 2009 a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. 374

Mapa 7.5: Odhad spotřeby vody pro udržení relativního nasycení půdy ve vrstvě 0-40 cm na úrovni nad 50 % na základě metodiky Integrovaného systém pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Vyneseny jsou mediány za sezóny 1981-2010 pro jarní obilovinu. 375

Mapa 7.6: Skupiny půdních typů 376

Mapa 7.7: Hloubka půdy 377

Mapa 7.8: Třídy ochrany ZPF 378

Mapa 7.9: Hydrologické skupiny půd 378

Mapa 7.10: Potenciální zranitelnost zemědělské půdy acidifikací 380

Mapa 7.11: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením 381

Mapa 7.12: Vysýchavé půdy 381

Mapa 7.13: Ohroženost vodní erozí na orné půdě vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace Cp 383

Mapa 7.14: Stupně erozního ohrožení půd na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu 384

Mapa 7.15: Kategorie erozní ohroženosti dle DZES 5 385

Mapa 7.16: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí 386

Mapa 7.17: Dráhy soustředěného odtoku v oblasti hospodaření Ostrožsko a.s.. 387

Mapa 7.18: Detail výsledků multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech pro oblast Agros Ostrožsko – průměrné Z-skóre. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území. 388

Obr. 7.4: Odhad změny průměrných výnosů pšenice ozimé a ječmene jarního pro období kolem roku 2050 vzhledem k období 1961-1990. Mapy zachycují situaci v případě zohlednění vlivu změny klimatických faktorů včetně zvýšené koncentrace CO_2 (tzv. kombinovaný vliv) a bez započítání přímého vlivu CO_2 (tzv. nepřímý vliv) 389

Mapa. 7.19: Průměrná délka vegetační sezóny vyjádřené jako období s průměrou teplotou nad 5°C, a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz. Tab. 4.9. 390

Mapa. 7.20: Klimatologická vodní bilance vyjádřené jako rozdíl úhrnu srážek a potřeby krajiny (potenciální evapotranspirace) v mm mezi dubnem a zářím, a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 391

Mapa. 7.21: Počet dní s dostatečnou potenciální produktivitou a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz. Tab. 4.9. 391

Mapa 7.22: Stres suchem (počet dní) v období duben-červen v povrchové vrstvě (0-40 cm), a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz. Tab. 4.9. 392

Mapa: 7.23: Stres suchem (počet dní) v období červenec-září v povrchové vrstvě (0-40 cm), a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. 393

Mapa 7.24: Průměrný počet tropických dní tj. dny s maximální denní teplotou vyšší než 30°C, a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. 394

Mapa 7.25: Pravděpodobnost výskytu sezóny s denní průměrnou teplotou vyšší než 10°C následované výskytem mrazového dne pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modeů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9. 394

Mapa 7.26: Průměrný počet dní se sněhem. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz. Tab. 4.9. 395

Mapa 7.27: Odhad spotřeby vody pro udržení relativního nasycení půdy ve vrstvě 0-40 cm na úrovni nad 50 % na základě metodiky Integrovaného systému pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Vyneseny jsou mediány za sezóny 1981-2010 pro jarní obilovinu. 396

Mapa 7.28: Aktuální stav kultur a rozdělení do půdních bloků Ostrožsko a.s. 398

Mapa 7.29: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro Ostrožsko a.s. – varianta současný stav R 40 (listopad, 2016) 399

Mapa 7.30: Erozní ohrožení před návrhem protierozních opatření pro Ostrožsko a.s. – varianta klimatická změna - R 60 (listopad, 2016) 400

Mapa 7.31: Varianta RV základních protierozních opatření 401

Mapa 7.32: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 40 (listopad, 2016) 402

Mapa 7.33: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 60 (listopad, 2016) 403

Obr. 7.5: Schéma zatravněné údolnice 406

Obr 7.6: Dráha soustředěného povrchového odtoku po tání sněhu 406

Obr. 7.7: Dráha soustředěného povrchového odtoku po stabilizaci 406

Mapa 7.34: Varianta MV základních protierozních opatření pro Ostrožsko a.s. 411

Mapa 7.35: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 40 (listopad, 2016) 411

Mapa 7.36: Míra erozního ohrožení po návrhu PEO varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 60 (listopad, 2016) 412

Mapa 7.37: Průměrné roční odtokové výšky se zvýrazněním modelového povodí (černá linie) 417

Obr. 7.8: Povrchové odběry(světle zeleně), podzemní odběry (zeleně) a vypouštění (oranžově) v tis. m^3/měsíc 418

Obr. 7.9: Nakládání s vodami v povodí Moravy 419

Mapa 7.38: Lokalizované nakládání s vodami v roce 2014v tis. m^3/rok 419

Obr. 7.10: Parapluh pro orbu bez obracení půdy 422

Mapa 7.39: Identifikace výnosově podprůměrných a nadprůměrných míst na pozemcích a jejich procentuální vyjádření vztažené vždy k průměrné hodnotě vegetačního indexu EVI (100 %) 423

Představení Generelu vodního hospodářství krajiny České republiky

Účelem Generelu vodního hospodářství krajiny České republiky (dále jen generelu) je vypracování koncepčního návrhu ochranných a adaptačních opatření ke zmírnění negativních účinků extrémních hydrologických jevů (povodňové epizody vyvolané extrémními příčinnými srážkami) a půdního resp. hydrologického sucha ve vazbě na výhledové požadavky uživatelů vody. Cílem autorů je ve spolupráci s objednateli a zainteresovanými subjekty navrhnout soustavu opatření vedoucí ke koncepčnímu hospodaření s vodou v krajině s ohledem na vytvoření podmínek pro potravinovou soběstačnost dle prohlášení vlády pro rok 2014 a pro zabezpečení zásobování vodou obyvatel, zemědělství a průmyslu. Současně budou ve druhé etapě Generelu diskutovány nástroje legislativně – ekonomického charakteru, které by usnadnily prosaditelnost a zajistily udržitelnost navrhovaných opatření. Vypracování generelu je vedené snahou zainteresovaných subjektů o vedení věcné diskuse nad komplexem rizik a příležitostí v rámci agrárního sektoru, které jsou navíc silně ovlivňovány měnícími se klimatickými podmínkami.

První část generelu se zaměřuje na shrnutí existujících poznatků a s jejich pomocí vymezí nejvíce ohrožené regiony. V pilotních studiích jsou pak pro vybraná ohrožená území zpracovány návrhy možných adaptačních opatření a současně navržen způsob jejich realizace. Jak autoři generelu, tak Státní pozemkový úřad (jako objednatel) i Agrární komora ČR (jako iniciátor) jsou současně přesvědčeni, že tato verze generelu je jen prvním krokem. Ten by měl a musí být doprovázen jak testováním, tak i implementací v něm navržených opatření v konkrétních územích a objektivním vyhodnocováním jejich účinnosti. Současně bude samotný generel v pravidelných cyklech aktualizován s tím, jak se bude dařit získávat nové poznatky a zkušenosti tak, aby šlo o materiál živý, který bude platformou věcné diskuse nad tématem hospodaření s vodou v krajině mezi všemi participujícími stranami.

Každá z kapitol v úvodní části generelu je uvedena shrnutím klíčových informací, po níž následuje podrobnější popis včetně mapové a obrazové dokumentace. Na závěr každé kapitoly jsou nejprve uvedeny související části generelu, které přímo na danou kapitolu navazují. Následně jsou identifikovány výzkumné i aplikační priority, jimž je nutné věnovat pozornost. Druhou část generelu (kapitoly 4 až 7) tvoří případové studie jednotlivých pilotních farem. Bilance vodních zdrojů, které jsou k dispozici pro závlahy, pak byly připraveny jako samostatná část tohoto koncepčního materiálu.

Za široký kolektiv autorů Generelu vodního hospodářství krajiny ČR uvádíme koordinátory za jednotlivé instituce:

prof. Ing. Mgr. Miroslav Trnka, Ph.D. *Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i. Mendelova univerzita v Brně,.– vedoucí pracovní skupiny*

Ing. Karel Drbal, Ph.D., *Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.*

prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc. *Vysoké učení technické v Brně*

Ing. Ivan Novotný*, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i.*

prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D. *Mendelova univerzita v Brně, Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.*

Ing. Adam Vizina, Ph.D., *Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.*

Ing. Filip Chuchma, Ph.D., *Český hydrometeorologický ústav*

Ing. Pavel Růžek, Ph.D. *– Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i.*

Ing. Marie Trantinová, Ph.D. *– Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky v.v.i.*

1 Popis současného stavu

1.1 Související výzkumné aktivity a právní normy

- **Základními zákonnými normami na úseku vodního hospodářství jsou s účinností od 1. ledna 2001 vodní zákon (č. 254/2001 Sb.) a zákon o vodovodech a kanalizacích (č. 274/2001 Sb.).**
- **Zákony (č. 695/2004 Sb., č. 201/2012 Sb., č. 73/2012 Sb.) či vyhlášky (č. 12/2009 Sb. č. 287/2010 Sb.) týkající se změny klimatu jsou směřovány do oblasti emisí (obchodování či inventarizace) skleníkových plynů a dopadů změny klimatu.**
- **Problematika hospodaření s vodou ve vazbě na klima je sice součástí koncepčních materiálů od vlády (např. programové prohlášení) až po regiony, dopady však nejsou řešeny v legislativních podkladech.**
- **Materiál „Národní program na zmírnění dopadů změny klimatu v České republice" (= strategický dokument z hlediska ochrany klimatu v ČR), který byl schválen usnesením vlády ČR č. 187 ze dne 3. března 2004, je zastaralý a nevychází z aktuálních poznatků.**
- **Na Evropské úrovni lze za základní koncepční materiál považovat „National adaptation policy processes in European countries — EEA Report No 4/2014.**

- **Z hlediska střednědobého a dlouhodobého je koncepce vývoje vodního hospodářství řešena na úrovni především výzkumných projektů, kde však zřídka dochází ke skutečnému propojení všech klíčových sektorů.**
- **Výzkumem problematiky vodního hospodářství ve vazbě na měnící se klima se zabývají univerzity resp. vysoké školy, rezortní výzkumné ústavy i ústavy akademie věd, jejichž činnost vedla ke vzniku nejen teoretických (vědecké publikace), ale i praktických výstupů (monitor sucha, mapy povodňových rizik, návrhy adaptačních opatření pro řadu lokalit).**

Motivací přípravy generelu vodního hospodářství je evidentní zvýšení hydrometeorologických extrémů a jejich dopadů do krajiny. Konkrétně se jedná o častější výskyt meteorologického, zemědělského, hydrologického a socio-ekonomického sucha a současně i povodní. Z analýzy výstupů Globálních cirkulačních modelů (GCM) a Regionálních cirkulačních modelů (RCM), ze kterých jsou odvozovány tzv. scénáře změny klimatu, je zřejmé, že výrazným dopadem změny klimatu ve střední Evropě může být a velmi pravděpodobně i bude vyšší výskyt sucha a povodní, což jsou extrémy, které mají významný dopad na krajinu a její produkční i mimoprodukční ekosystémové služby. Kromě několika spíše metodických materiálů (např. „Příručka ochrany proti vodní erozi"), starších koncepcí (např. „Národní program na zmírnění dopadů změny klimatu v České republice") a několika zákonů a vyhlášek, které se problematikou dopadů změny klimatu na vodní hospodářství okrajově zabývají, musí být právě výzkumná činnost hlavním zdrojem analýz se zaměřením na dopady sucha a povodní. Problematika sucha a jeho dopadů byla a je v ČR řešena z pohledu meteorologického sucha a zemědělského resp. půdního sucha. Výzkum meteorologického sucha se výrazně inovoval ve spolupráci s National Drought Mitigation Centre při University of Nebraska Lincoln (USA), kdy byl v ČR sestaven široký výzkumný multidisciplinární tým (projekt *EE2.3.20.0248 - Vytvoření interdisciplinárního vědeckého týmu se zaměřením na výzkum sucha*). Současně byly v daném projektu vyvinuty metody hodnocení jak meteorologického sucha (výzkum např. navázal na projekt *ME 844 - Vývoj a testování metod pro klimatické hodnocení a prognózu meteorologického sucha v podmínkách ČR a vybraných oblastech USA*), tak i zemědělského resp. půdního sucha. Výstupem těchto projektů je funkční monitor sucha (www.intersucho.cz), který nabízí aktuální a prakticky orientované informace o meteorologickém a zemědělském (půdním) suchu. Značná pozornost je věnována té části hydrologie, která se věnuje nejen hydrologickému suchu (*7AMB12SK167 - Vyhodnocení současných a možných budoucích období sucha v podmínkách malých a středních povodí ČR a SR, SP/1A6/125/08 - Časová a plošná*

variabilita hydrologického sucha v podmínkách klimatické změny na území České republiky), ale i povodní (*SP/1C2/121/07 - Mapy rizik vyplývajících z povodňového nebezpečí v ČR, GAP209/11/2045 - Kontrola vnitřních stavů systému při kontinuálních simulacích četnosti povodní na základě terénních dat o nasycenosti povodí VÚV, GA13-32133S - Retenční potenciál pramenných oblastí ve vztahu k hydrologickým extrémům*). Navazujícím směrem výzkumu je dopad povodní (*QH71201 - Spolehlivost a bezpečnost vodohospodářských děl v měnících se klimatických podmínkách, GAP209/10/0309 - Vliv historických klimatických a hydrometeorologických extrémů na svahové a fluviální procesy v oblasti Západních Beskyd a jejich předpolí, běžící projekt GA14-18675S - Pokročilé modely srážkových extrémů a jejich aplikace v simulacích klimatických modelů s vysokým rozlišením*), resp. adaptačních opatření na dopady povodní, na velké nádrže (*QH81331 - Výzkum adaptačních opatření pro eliminaci dopadu klimatické změny v regionech ČR*), na malé nádrže (*QI92A139 - Výzkum metod zvyšujících vodohospodářskou účinnost malých vodních nádrží s ohledem na rizika předpokládaných klimatických změn*), a další adaptační opatření (např. *VG20102014026 - Dopady povodní na kontaminaci půd a potravních řetězců rizikovými látkami*). Výstupem projektu (*QH81331 - Výzkum adaptačních opatření pro eliminaci dopadu klimatické změny v regionech ČR*) je dokonce metodika posuzování a eliminace dopadů klimatické změny a postupy pro vypracování návrhu adaptačních opatření v oblasti vodního hospodářství. Tato problematika byla řešena i několika dalšími konkrétně zaměřenými projekty (*TA02020320 - Podpora dlouhodobého plánování a návrhu adaptačních opatření v oblasti vodního hospodářství v kontextu změn klimatu, GA526/09/0567 - Integrovaný vliv změn klimatu, kvality ovzduší a lesnického hospodaření na vodní ekosystémy v pramenných povodích, TA01020508 - Udržitelné využívání vodních zdrojů v podmínkách klimatických změn, TA02020395 - Vysychání toků v období klimatické změny: predikce rizika a biologická indikace epizod vyschnutí jako nové metody pro management vodního hospodářství a údržby krajiny*). V oblasti vodního hospodářství je výzkum dotažen až do socio-ekonomických dopadů (*QH91257 - Socioekonomická analýza dopadů klimatické změny ve vazbě na vodní hospodářství ČR – efektivnost nákladů vodohospodářských služeb a nástroje jejich regulace* případně*EE2.3.30.0056 - Vytvoření týmu pro komplexní posouzení biofyzikálních a socioekonomických dopadů adaptačních opatření k podmínkám změny klimatu*).

Grantový výzkum v oblasti vodního hospodářství je, až na drobné výjimky (dofinancování), ze 100 % financován z veřejných zdrojů. To znamená, že výstupy jsou relativně snadno dostupné. Je nutné konstatovat, že prakticky všechny ukončené projekty v oblasti vodohospodářského výzkumu byly hodnoceny jako vynikající nebo alespoň splněné. Je to především tím, že výstupem projektů byly schválené/zrealizované publikace. Nejvýznamnější agentury poskytující tyto prostředky jsou v oblasti základního výzkumu GAČR, v oblasti aplikovaného výzkumu TAČR a rezortní agentury hlavně MŠMT a MZe. Pozitivní roli sehrály i projekty Operačního programu OPVK. Významnou roli hrají ve výzkumu evropské projekty a především zapojení českých vědeckých institucí do rámcových programů EU (např. ENSEMBLES, CECILIA, ADAGIO, CLIMSAVE).

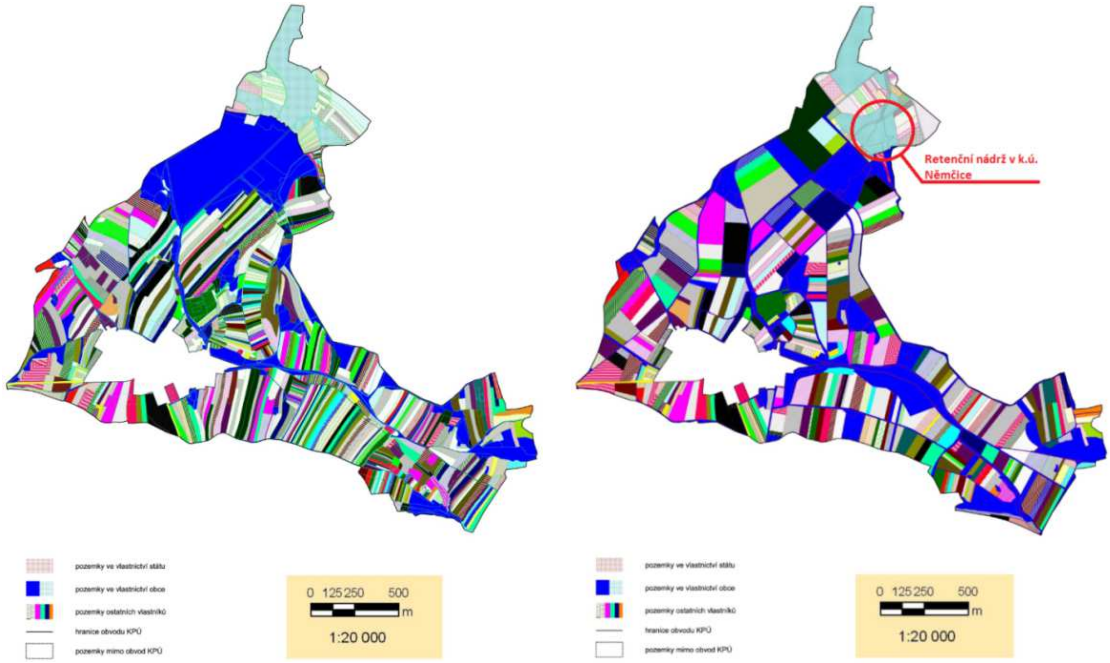
- **Kapitolu 1. 1. rozšiřuje kapitola 1.5 a částečně na ni navazuje kapitola 2.1.6.**
- **ČR doposud nemá jednoznačnou a obecně akceptovanou koncepci hospodaření s vodou ve vazbě na změnu klimatu.**
- **Není legislativní podklad řešící dopady změny klimatu ve vazbě na vodní hospodářství komplexně včetně zohlednění zájmů agrárního sektoru.**
- **Musí nastat fáze využití a propojení výsledků dílčích studií.**

Autoři: *prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D. (MENDELU&CzechGlobe), prof. Ing. Mgr. Miroslav Trnka, Ph.D. (MENDELU&CzechGlobe), a kolektiv spoluautorů Generelu*

1.2 Revize provedených KoPÚ a stavu realizace navržených opatření

- **Cílem pozemkových úprav je nové prostorové a funkční uspořádání, zabezpečení přístupnosti a vyrovnání hranic pozemků tak, aby byly vytvořeny co nejlepší podmínky k jejich užívání.**
- **Jedná se o opatření vedoucí ke stabilizaci a zlepšení stavu životního prostředí, vodního režimu v krajině a ochraně půdního fondu.**
- **Kapitola shrnuje aktuální stav proběhlých a probíhajících komplexních pozemkových úprav na našem území.**

Komplexní pozemkové úpravy (KoPÚ) řeší nové uspořádání vlastnických vztahů v celém katastrálním území (kromě intravilánu), tzn. nejen zemědělskou půdu a liniové stavby, ale např. také lesy. Do obvodu pozemkových úprav jsou zahrnuty pozemky zpravidla jednoho katastrálního území bez ohledu na způsob využití. Cílem pozemkových úprav je nové prostorové a funkční uspořádání, zabezpečení přístupnosti a vyrovnání hranic pozemků tak, aby byly vytvořeny co nejlepší podmínky k jejich užívání. Současně jsou, a to v neposlední řadě, řešena opatření pro stabilizaci a zlepšování stavu životního prostředí, vodního režimu v krajině, ochranu půdního fondu a zvýšení ekologické stability. Proces pozemkových úprav je dlouhodobý. Za celou dobu platnosti zákona o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech bylo zapsáno do katastru nemovitostí 1800 komplexních pozemkových úprav. Pozemkové úpravy se dají řešit i formou tzv. jednoduchých pozemkových úprav, ale ty jsou většinou voleny v situacích, kdy je nezbytné rychle umožnit vlastníkům samostatně hospodařit nebo je nutné vyjasnit vlastnické vztahy vzhledem k nedostatkům v evidenci nemovitostí v územích s nedokončeným přídělovým či scelovacím řízením. V tomto případě nejsou většinou řešena společná zařízení. Jednoduchá pozemková úprava se dá ovšem použít jako nástroj k vyřešení vlastnických vztahů v části katastrálního území hlavně v návaznosti na činnost stavebníka (liniová stavba, protierozní a protipovodňová opatření). Pozemkové úpravy umožňují ve veřejném zájmu prostorově a funkčně uspořádat pozemky, scelit je nebo rozdělit, zabezpečit jejich přístupnost a umožnit lepší hospodaření na nich. Základním podkladem pro zpracování návrhu nového uspořádání pozemků je katastrální mapa doplněná o pozemky evidované ve zjednodušené evidenci. Pozemkový úřad stanoví obvod pozemkových úprav, ze kterého jsou zpravidla vyloučeny pozemky v zastavěné části obce a lesní pozemky. Průzkumem jsou zjištěny údaje o aktuálním stavu řady jevů v území. Územní plán spolu s údaji o erozním ohrožení, detailním zaměřením skutečného stavu terénu a aktuální vlastnickou mapou jsou základními podklady pro návrh pozemkové úpravy. Pro všechny vlastníky, jejichž pozemky se nacházejí v obvodu pozemkových úprav, je zpracován soupis nároků, ve kterém je u každého pozemku uvedena výměra evidovaná v katastru nemovitostí, základní cena a vzdálenost od určeného bodu (zpravidla od přirozeného středu obce), jež tvoří základní tři kritéria přiměřenosti kvality pozemků stanovená zákonem. Návrh plánu společných zařízení zahrnuje síť prvků sloužících ke zpřístupnění pozemků, prvky ke zvýšení ekologické stability krajiny (ekologická síť) a protierozní a vodohospodářská opatření. Návrh společných zařízení je úzce spjat s územním plánem obce a je schvalován obecním zastupitelstvem. Návrh nového uspořádání pozemků je výsledkem celého procesu pozemkových úprav. Vychází ze skutečného stavu území, zjištěných zájmů v území a požadavků vlastníků. Všechny pozemky jsou jednoznačně majetkově určeny a jsou pevně dány jejich hranice. Zároveň jsou vymezeny pozemky pro společná zařízení. Nové umístění pozemků je projednáváno se všemi vlastníky. O návrhu pozemkových úprav rozhoduje pozemkový úřad na základě souhlasu vlastníků nejméně 75 % výměry řešeného území. Platný návrh je podkladem pro obnovu katastrálního operátu a pro vyhotovení digitální katastrální mapy (Obr. 1.1). Výsledná mapa pak vytváří příznivé podmínky pro vytýčení pozemků a realizaci majetkoprávně vypořádaných prvků plánu společných zařízení. Příklad uspořádání pozemků před a po pozemkové úpravě včetně návrhu retenční nádrže v k. ú. Němčice uvádí Obr. 1.1.

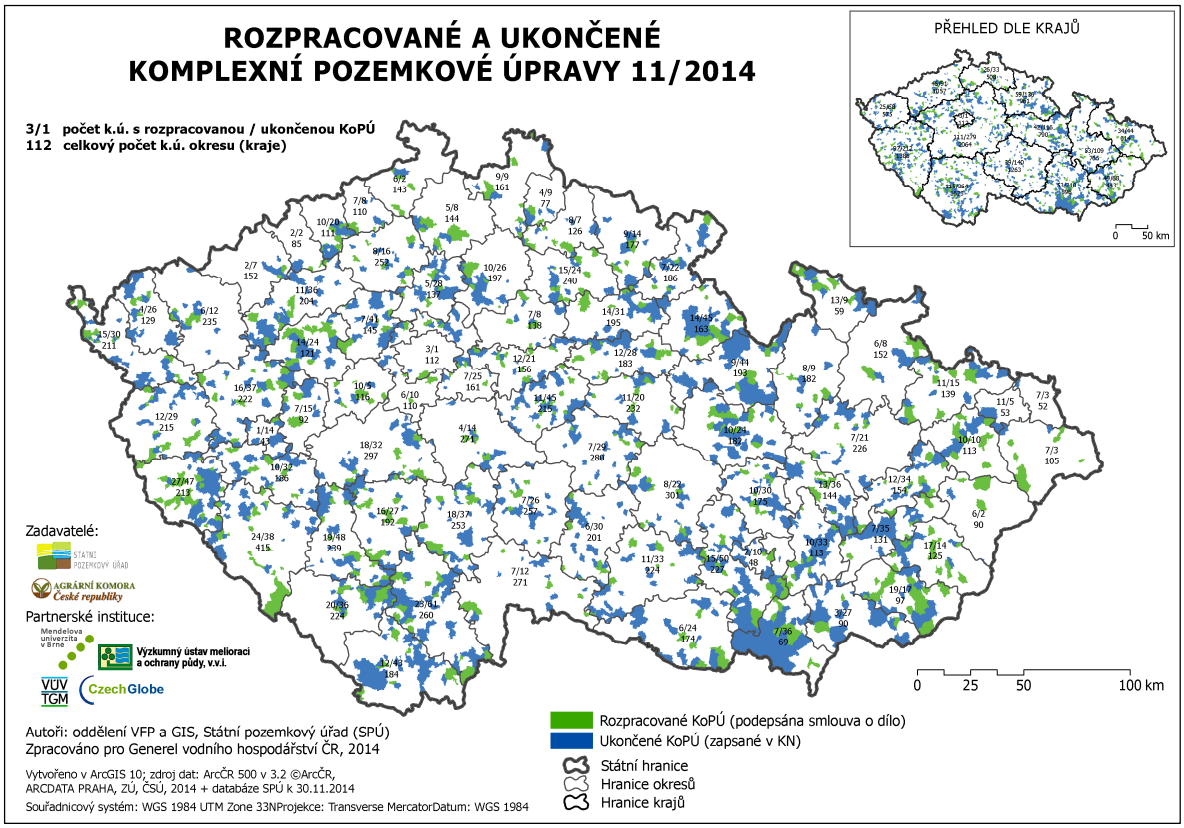


Obr. 1.1: Příklad uspořádání pozemků před a po pozemkové úpravě

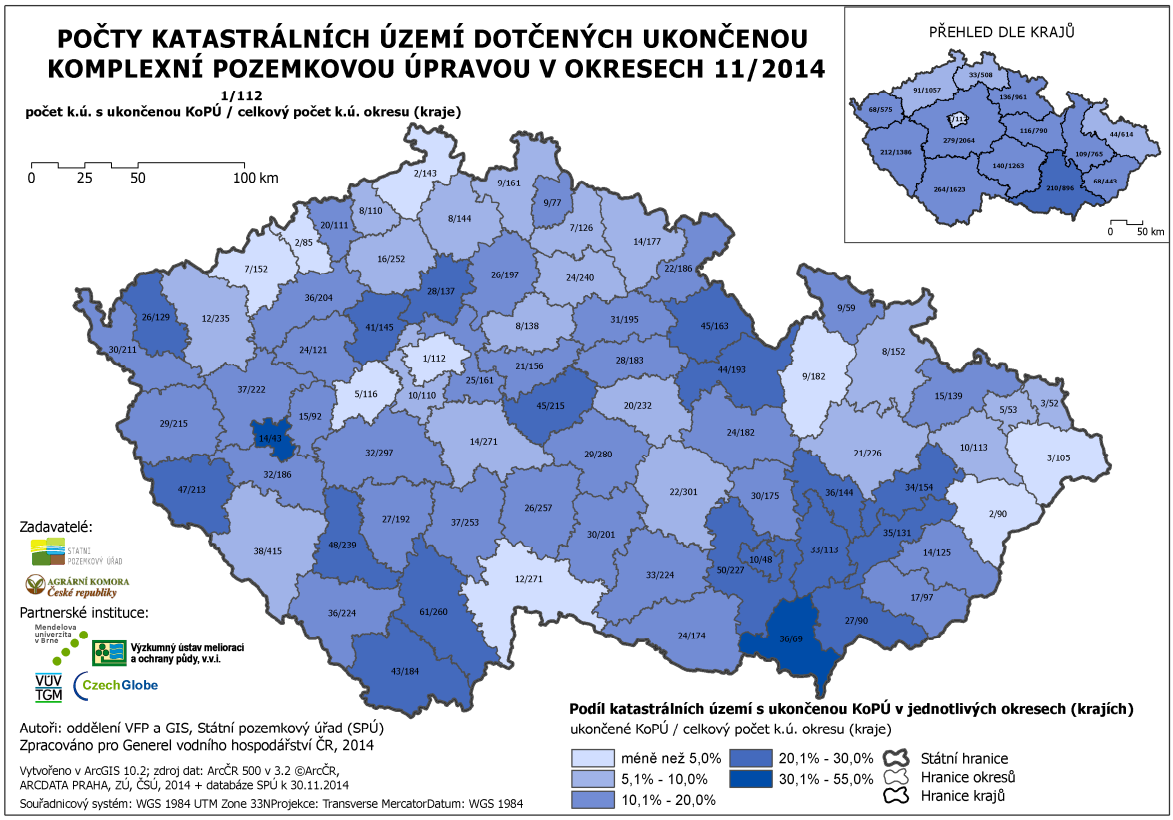
Po zápisu do katastru nemovitostí je možné přistoupit k realizaci, na níž je možno využít různé dotační tituly a obnovit tak v krajině některé prvky, které jsou prokazatelným přínosem jak pro zemědělské uživatele, tak pro obyvatele v ní žijící i pro samotnou krajinu. Příkladem takového společného zařízení je pohled na realizaci vodní nádrže (Obr. 1.2), která má za cíl ochranu území pod nádrží, především městyse Sloup, a před ničivými následky povodní vyvolaných přívalovými srážkami. Stavba výrazně zvýšila retenční schopnost intenzivně zemědělsky obhospodařovaného území. Společně s dokončeným ozeleněním bude tvořit lokální biocentrum a významný krajinotvorný prvek a značně přispěje ke zvýšení ekologické stability celé oblasti. Stavba byla vybudovaná v souladu se schváleným plánem společných zařízení.

Obr. 1.2: Stav lokality po realizaci retenční nádrže v k.ú. Němčice

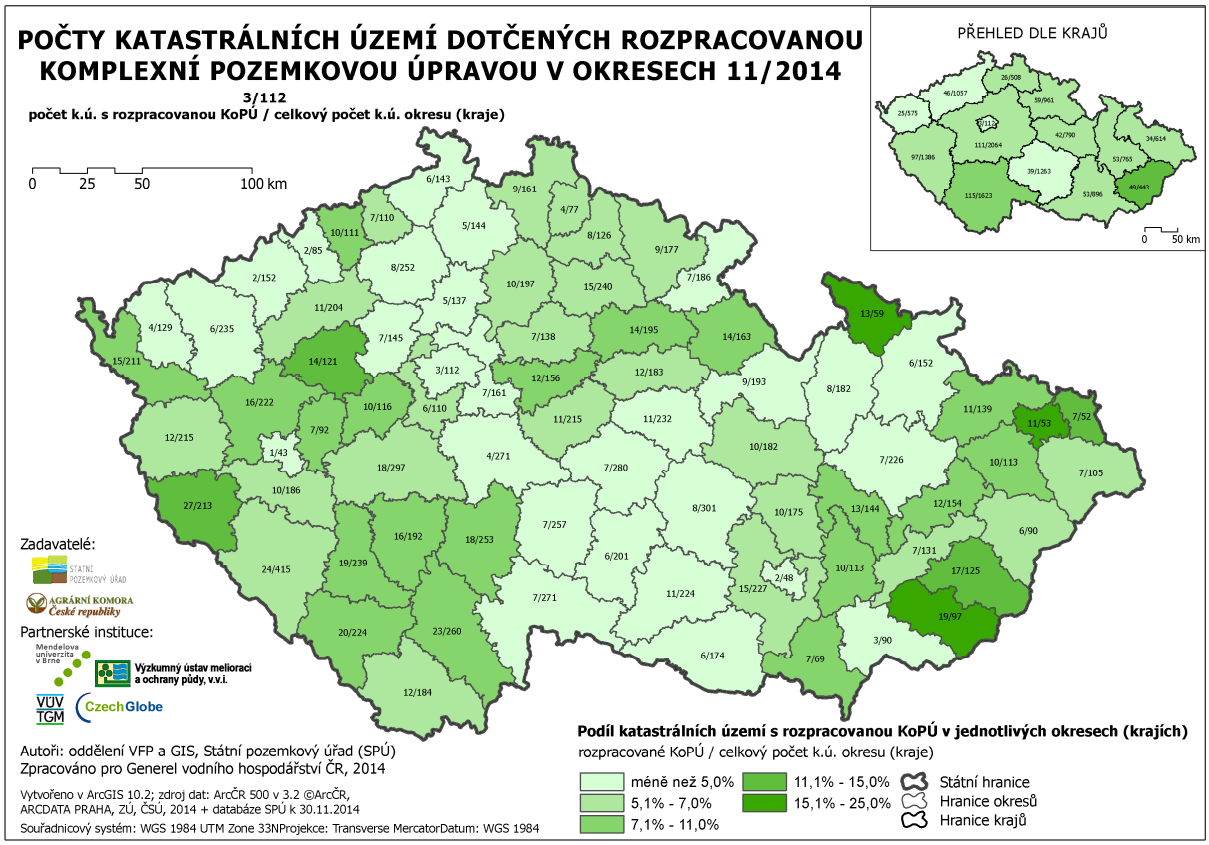
Počty, polohu a podíl katastrálních území s ukončenými a rozpracovanými komplexními pozemkovými úpravami v rámci okresů a krajů České republiky uvádí Mapy 1.1 až 1.3.



Mapa 1.1: Přehled počtu a polohy katastrálních území s rozpracovanými a ukončenými komplexními pozemkovými úpravami v rámci okresů a krajů ČR k 30. 11. 2014



Mapa 1.2: Přehled podílu katastrálních území s ukončenými komplexními pozemkovými úpravami vzhledem k celkovému počtu katastrálních území v rámci okresů a krajů ČR k 30. 11. 2014



Mapa 1.3: Přehled podílu katastrálních území s rozpracovanými komplexními pozemkovými úpravami vzhledem k celkovému počtu katastrálních území v rámci okresů a krajů ČR k 30. 11. 2014

- **Tato kapitola shrnuje základní cíle a principy pozemkových úprav a představuje rámec kapitolám 1.3 a předpokládaným kapitolám v Etapě II.**
- **Mapy č. 1 až 3 uvádí přehled k.ú. s rozpracovanými a dokončenými KoPÚ v rámci ČR k 30.11.2014.**
- **Při návrhu nových KoPÚ je třeba vycházet i z prognóz budoucích klimatických podmínek, a pro tyto podmínky volit dostatečně účinná opatření vedoucí k efektivnějšímu hospodaření s vodou v krajině, zvýšené protierozní a protipovodňové ochraně při zachování stability a produkčních funkcí krajiny.**
- **Návrh KoPÚ by měl vycházet z nejnovějších vědeckých poznatků a pro úspěšnou a funkční realizaci je nezbytné vyčlenit dostatečné finanční prostředky.**

Autoři: *Ing. František Pavlík, Ph.D. (SPÚ), Ing. Renata Šmahelová, (SPÚ)*

1.3 Zkušenosti a způsoby řešení ze zahraničí

- **Základem strategie ochrany půdy v zahraničí (zejména ve Spojených státech) je dobrovolné přijetí půdo-ochranných technologií zemědělci.**
- **Cíle strategií a přístupy zodpovědných orgánů se výrazně liší v závislosti na environmentální citlivosti a produkční schopnosti konkrétních chráněných území a také na základě schopnosti a ochoty jednotlivých zemědělců přijmout a aplikovat protierozní opatření.**

Z hlediska citlivosti ke škodám na životním prostředí (ŽP) a produkční schopnosti se území rozdělují na 4 kategorie:

1. území s vysokou citlivostí ke škodám na ŽP a vysokou produkční schopností,
2. území s vysokou citlivostí ke škodám na ŽP a nízkou produkční schopností,
3. území s nízkou citlivostí ke škodám na ŽP a vysokou produkční schopností,
4. území s nízkou citlivostí ke škodám na ŽP a nízkou produkční schopností.

Největší akcent v rámci problematiky a priority v alokaci finančních prostředků na řešení protierozní ochrany je dáván v územích charakterizovaných vlastnostmi uvedenými v bodu č. 1. Na to navazuje cílení strategií a programů na různé skupiny zemědělců také na základě jejich schopnosti a ochoty přijmout a aplikovat protierozní opatření. Rozdílný přístup je aplikován u jednotlivých zemědělců se zohledněním kategorií specifikovaných v těchto 4 kategoriích (Nowak, 1992):

1. jsou schopni a zároveň ochotni přijmout a realizovat protierozní opatření,
2. jsou schopni, ale nejsou ochotni přijmout a realizovat protierozní opatření,
3. nejsou schopni, ale jsou ochotni přijmout a realizovat protierozní opatření,
4. nejsou schopni a zároveň nejsou ani ochotni přijmout a realizovat protierozní opatření.

Zemědělci si nejsou vždy vědomi nebo nerozumí problematice degradace půdy a jejím nepříznivým důsledkům, které vznikají při užívání jejich konvenčních technologií. Transformace z konvenčního na půdo-ochranné zemědělství vyžaduje značné odborné a manažerské dovednosti zemědělce a zahrnuje investice do nového vybavení. Také se často obávají, že přijetí půdo-ochranných postupů může snížit výnosy plodin a zhoršit jejich ekonomické podmínky, nebo jim chybí odpovídající odborné a manažerské dovednosti.

V této souvislosti jsou jednotlivým zemědělcům doporučovány vzdělávací programy zajišťující poskytnutí dostatečného množství informací o erozních a ostatních degradačních procesech s negativními dopady jednak na pozemky samotné, ale zejména na okolní krajinu. Následně by měli být schopni přijmout a prakticky realizovat nabízené komplexní půdo-ochranné programy.

Významnou úlohu v tomto směru hrají realizovaná tzv. demonstrační území, která slouží jako jeden z nejúčinnějších nástrojů v systému vzdělávání. Přestože zřízení a provozování demonstračního území vyžaduje mnoho invence, času a úsilí, jejich užitečnost se významně projevuje. Zemědělci mají možnost vidět praktickou aplikaci systémů opatření ("vidět znamená věřit") v sobě blízkých místních podmínkách. Mohou pozorovat ukázky a účinky nejnovějších technologií a postupů, které mohou aplikovat na svých konkrétních pozemcích (Obr. 1.3).

Ke zvýšení ochoty zemědělců slouží programy zajišťující technickou a finanční asistenci.

Studie analyzující světovou literaturu v oblasti aplikace ochranných opatření (Knowler a Bradshaw, 2007) extrahovala řadu proměnných, které mohou ovlivnit přijetí ochranných opatření ze strany zemědělců. Většina z nich nebyla statisticky významná s výjimkou proměnných, které zahrnují vzdělání, velikost hospodářství, ekonomické podmínky, dostupnost komplexních ochranných programů a technické pomoci

a povědomí o možnostech ohrožení životního prostředí v důsledku konvenčních agrotechnologií a ukazují většinou pozitivní korelace.

Odborné úřady (např. NRCS USDA) poskytují technickou pomoc na federální, státní, okresní a lokální úrovni prostřednictvím návrhů strategií a půdo-ochranných programů, odborných konzultací včetně projektování a technické asistence při realizaci opatření a zprostředkování finančních pobídek a kompenzací ve formě tzv. "sdílení nákladů", výhodných úvěrů a pojištění, včetně možnosti podílet se na realizaci navržených půdo-ochranných opatření. Důležitým systémovým krokem je projektování studií a prováděcích dokumentací s následnou realizací na pozemcích konkrétního zemědělce s technickou asistencí poskytovanou odborným úřadem na míru danému subjektu a místním podmínkám. Akcent je přitom kladen na přizpůsobení navržených ochranných agrotechnologií a dalších opatření podmínkám konkrétního zemědělského subjektu.

Obr. 1.3: Příklad komplexní ochrany půdy v USA

- **V oblasti půdoochraných opatření je podceněná role vzdělávání a osvěty.**
- **Je žádoucí a potřebné využít kvalitních zahraničních zkušeností.**

LITERATURA:

1. Knowler, D., Bradshaw, B. (2007): Farmer's Adoption of Conversation Agriculture: A Review and Synthesis of Recent Research. Food Policy, 32: 25-48
2. Nowak, P. (1992): Why farmers adopt soil conservatiom technologies, Journal of Soil and Water Conservation January/February 1992 vol. 47 no. 1 14-16

Autor: *prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc. (VUT v Brně)*

1.4 Vyhodnocení dostupných datových podkladů

- **Kvalita, šíře a dostupnost podkladů pro zpracování generelu je obecně na velmi dobré úrovni nicméně v některých oblastech narážíme na neaktuální nebo nedostupná data.**
- **Příprava generelu představuje příklad aktivního propojení a sdílení datových podkladů napříč třemi rezorty a prokazuje, že takové propojení je možné a současně přínosné.**

Spolupráce na generelu vedla k přímé spolupráci institucí a týmů, které v tomto složení doposud nepracovaly. Umožnila katalogizaci dostupných datových zdrojů tak, jak je jednotlivé instituce vytvářely v rámci vlastních výzkumných aktivit. Z následujících kapitol je zřejmé, že v ČR disponujeme kvalitními vstupními informacemi, které umožňují přípravu generelu v zásadě tak, jak předpokládají požadavky zadavatele (SPÚ), a zejména zájem odborné veřejnosti reprezentovaný Agrární komorou ČR. Nicméně je třeba poukázat na některé nedostatky, kterými dostupné datové podklady trpí a které do jisté míry omezují činnost autorského kolektivu.

Důraz při zpracování této studie byl kladen na včasnost zpracování. Celková doba, která byla na přípravu těchto materiálu k dispozici, se pohybovala v řádu měsíců. Proto bylo nutné využívat ta data a podklady, která byla k dispozici v říjnu roku 2014 na pracovištích spolupracujících subjektů. Jednotlivé podklady byly zpracovávány v různém rozlišení (od úrovně 5 m až do stovek km^2) a současně často vycházely z různých referenčních časových období (např. 1961-1990; 1961-2010 či 1981-2010). Stejně tak se lišily použité dodatečné zdroje dat. Ještě významnějším omezením byl dosti odlišný způsob zpracování studií pro očekávané klimatické podmínky. Ve většině případů jsou k dispozici odhady dopadů změny klimatu (případně účinnosti adaptačních opatření) pro několik scénářů změny klimatu a několik globálních cirkulačních modelů. Nicméně jen zřídka byly použity stejné scénáře a klimatické modely. Pro řadu parametrů byly k dispozici odhady pro obvyklé časové horizonty tj. 2050 a také 2025. Většinou postrádáme odhady pro horizont 2035. Tato situace komplikuje zejména zpracování části 2.2 a představuje jedno ze zásadních omezení této studie, které vyplývá ze samotného zadání. Proto autoři navrhují, aby pro další cykly přípravy generelu vznikla rámcová dohoda a společná metodika přípravy podkladních dat a jejich sdílení tak, aby ve druhém cyklu přípravy tohoto materiálu byly všechny podklady mezi sebou maximálně kompatibilní. Jako důležitá se jeví aktivní účast dalších subjektů (např. Českého hydrometeorologického ústavu či podniků Povodí) na přípravě dalších verzí tohoto materiálu.

- **Tato kapitola úzce souvisí zejména s analýzami v části 2.2.**
- **Existující podklady nejsou zcela kompatibilní, zejména pokud jde o jejich časové rozlišení, a to jak pro popis současného stavu, tak pro popis očekávaných klimatických podmínek.**
- **Jako žádoucí se jeví společné plánování pro další cykly přípravy generelu tak, aby bylo zajištěno využívání shodných výchozích datových podkladů.**

1.5 Vyhodnocení zpracovaných analýz v oblasti problematiky změny klimatu

- **ČR má kvalitně vedený výzkum pro stanovení scénářů změny klimatu založených na GCM i RCM, čeští experti byli členové týmů řady klíčových evropských projektů.**
- **Aplikace scénářů na ekosystémy poukazuje na zvyšující se problémy se suchem, povodněmi a kvalitou půdy.**
- **Očekáváme zvyšující se deficit vodní bilance i vyšší riziko výskytu agrometeorologických extrémů.**
- **Je nutné počítat s výraznými změnami vodního a teplotního režimu půd s dopadem na biologické, chemické a fyzikální procesy v půdě, ale také zvýšené riziko eroze.**
- **Mění se agroklimatické podmínky, což se projevuje např. ve změně výrobních oblastí rezultující v pokles jejich produktivity, jak je uvedeno např. v části 2.2.6.**

Výzkum vývoje vodního hospodářství v kontextu řízených ekosystémů ovlivněných měnícími se klimatickými podmínkami vždy směřoval k popisu stávajících a očekávaných dopadů s cílem navrhnout adaptační opatření. Především v 90. letech bylo zastřešující organizací v oblasti výzkumu dopadů změn klimatu v ČR sdružení šestnácti právnických osob s názvem Národní klimatický program (NKP), které v desítkách publikací rozpracovalo problematiku klimatické změny i z pohledu vodní bilance. Jen v období 1991-2002 vzniklo přes třicet prací na úrovni monografií včetně těch, které byly věnovány výhradně hydrologickým tématům. I když NKP mělo své zasedání ještě v roce 2008, lze jeho činnost považovat vzhledem k úbytku výstupů za ukončenou. Jednou z příčin snižující se intenzity práce NKP byl vznik a stabilizace grantových agentur na českém „vědeckém“ trhu a začátek soutěžení jednotlivých subjektů (právnických osob) ve výrazně menších týmech. Tento fakt vedl k částečnému rozpadu kompaktní a navzájem propojené výzkumné linie a k individuálnímu přístupu.

V této kapitole je přehledově zhodnoceno třicet tři nejvýznamnějších v poslední dekádě řešených projektů souvisejících s cíli Generelu. Jedná se o projekty úspěšně obhájené, projekty národní, nebo mezinárodní s českou participací. Celkový počet projektů je přibližně dvojnásobný.

Základem výzkumu dopadů klimatu nové éry bylo poznání podnebí v minulosti, kdy bylo dosaženo prodloužení a homogenizace datových řad teploty vzduchu až do roku 1771 a srážek do roku 1803 (*GAP209/10/0605 - Kolísání klimatu České republiky v období přístrojových pozorování na základě homogenních sekulárních řad*). Samotná očekávaná změna klimatu je popisována a predikována prostřednictvím tzv. scénářů změny klimatu, vymezující časové a prostorové stavy klimatu, které mohou za specifikovaných podmínek (např. změně koncentrace radiačně aktivních plynů) nastat. Do roku 2007 se využívalo tzv. globálních cirkulačních modelů (CGM), kdy denní a měsíční řady byly odvozeny stochastickým generátorem (*IAA300420806 - Pravděpodobnostní scénáře klimatu pro Českou republiku*), statistickým downscalingem (*LD12059 - Vývoj, validace a implementace metod statistického downscalingu*) nebo propojením obou metod (*LD12029 - Downscaling globálních klimatických modelů pomocí stochastického meteorologického generátoru*). V současné době se spíše používají regionální klimatické modely (RCM), jejichž prostorové rozlišení se pohybuje mezi 10 a 25 km (*GAP209/11/2405 - Vývoj regionálního klimatického modelu pro velmi vysoké rozlišení* nebo *LD14043 - Validace a korekce výstupů regionálních klimatických modelů na území České republiky pro potřeby impaktových studií*). Tyto modely (jako je např. ALADIN-Climate/CZ) byly využity i pro rekonstrukci minulého klimatu střední Evropy pro období 1701-2010 (*GAP209/11/0956 - Globální a regionální modelové simulace klimatu ve střední Evropě v 18.-20. století v porovnání s pozorovaným a rekonstruovaným klimatem*). Vědci z ČR se podíleli i na evropských projektech, zabývajících se regionálními scénáři změny klimatu pro větší územní celky, jako byl např. ENSEMBLE - http://www.ensembles-eu.org/). Součástí výzkumu v oblasti klimatu nejsou však jen středně či dlouhodobé (2020, 2050, 2075, 2100) horizonty, ale orientuje se i na současnost, a to na riziko

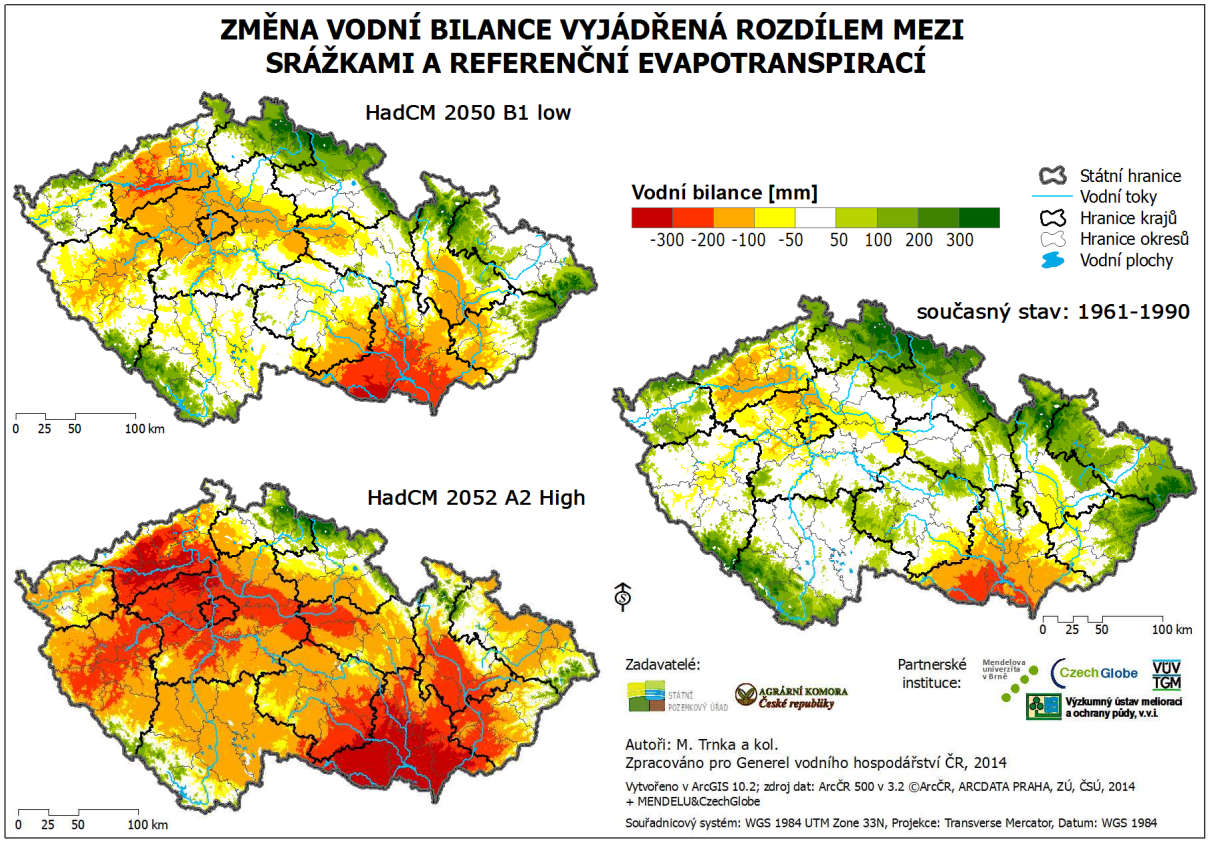
extrémů (*ME09033 - Velmi krátkodobá srážková a hydrologická předpověď zaměřená na prognózu přívalových povodní*).

Praktickým cílem výzkumu změny klimatu je určit její dopad na krajinu, jednotlivé ekosystémy, jejich služby a na sociální vazby a ekonomiku dílčích sektorů i celého státu. V posledních pěti letech bylo řešeno několik komplexních „dopadových projektů" nahlížející na krajinu jako celek (*VaV – SP/1a6/108/07 Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření* resp. projekt typu výzkumného záměru *MSM 6215648905 Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu*). Tyto komplexní studie využívají širokého týmu odborníků a kromě obecných závěrů nabízí řadu konkrétně cílených a regionálně zaměřených „case studies". Řada z nich je podrobně popsána v publikaci Žalud et al. (2009). Výstupem výzkumného záměru je klimatická redefinice výrobních oblastí (zčásti prezentovaná v části 2.2.6), kde je konstatována změna zastoupení jednotlivých oblastí. Tedy mizí obilnářsko-bramborářská oblast (obě mají stejné klimatické vymezení) a výrazně se zvětšuje plocha oblasti kukuřičné. Významné poznatky zahrnující evropský prostor byly získány zapojením se do rámcových projektů EU (např. CECILIA - http://www.cecilia-eu.org/; ADAGIO - http://www.adagio-eu.org/, či CLIMSAVE - http://www.climsave.eu/). Propojení v ČR validovaných nástrojů a získaných výstupů s evropskými databázemi umožňuje vytvářet adaptační strategie v kontextu s jednotnou zemědělskou politikou EU. V České republice je výzkum dopadů značně roztříštěn, což má na jedné straně negativní a na druhé straně pozitivní dopad. Negativem je, že nejsou propojeny kapacity z různých odborností. Pozitivem na druhé straně paradoxně to, že díky specializaci vědeckých týmů a částečně odlišným přístupům má ČR k dispozici řadu různě pojatých detailních studií v rozdílných zájmových oblastech. V další etapě je však nanejvýš žádoucí propojení výzkumných kapacit.

Klíčovým a zásadním výrobním prostředkem spojující aktivity nejen zemědělců, ale i lesníků, hydrologů, krajinářů apod. je půda. Výzkum dopadů změny klimatu na její kvalitu a možnosti udržitelného hospodaření na ní je dlouholetou a podporovanou prioritou. Prakticky kontinuálně probíhá sledování našich půd (např. *QH92030 - Hodnocení půd z hlediska jejich produkčních a mimoprodukčních funkcí s dopady na plošnou a kvalitativní ochranu půd České republiky*), posuzování jejich změn (*QH92023 - Vývoj a rozsah degradačních procesů půd České republiky*) a nápravy negativních dopadů (*QJ1230066 - Degradace půdy a její vliv na komplex půdních vlastností včetně návrhu nápravných opatření k obnově agroekologických funkcí půdy*). Zjištěné degradační procesy nejsou jen důsledkem nesprávného hospodaření na půdě špatně zvolenými technologiemi či nedodržováním zásad správného hospodaření, ale jsou často spojovány právě se změnou klimatu (*QJ1230056 - Vliv očekávaných klimatických změn na půdy České republiky a hodnocení jejich produkční funkce*). Detailněji zaměřený výzkum v oblasti půdy související s vodní bilancí směřuje především do dvou oblastí, a to zvyšující se aridity (*2B08020 - Modelový projekt zamezení biologické degradace půd v podmínkách aridního klimatu*, nebo *QI91C054 - Atlas půdního klimatu České republiky - Vymezení termických a hydrických režimů a jejich vliv na produkční schopnost půd*) a nebezpečí zvýšené eroze půdy (*QI91C008 - Optimalizace postupu navrhování technických protierozních opatření* či *QH92298 - Systém přírodě blízkých protierozních a protipovodňových opatření a jeho optimalizace v procesu pozemkových úprav* nebo *QJ1320157 - Erozní procesy a jejich vliv na produkční schopnost půd a navrhování protierozních opatření v procesu pozemkových úprav*) sahajících až do širšího řešení pomocí pozemkových úprav (*QI91C200 - Hodnocení účinnosti realizace komplexních pozemkových úprav, TD020241 - Příprava a zavedení metodických postupů pro řešení rozvoje venkovské krajiny opatřeními pozemkových úprav v kontextu realizace společných politik EU*).

Na klimaticky orientovaný výzkum posuzující kvalitu a vlastnosti půdy přímo navazují badatelské aktivity v oblasti řízených ekosystémů, a to především agrosystému. Jedním ze zásadních projektů a výzkumných aktivit v oblasti zemědělství a lesnictví udělený v ČR byl projekt (*QI112A174 - Lesnické a zemědělské aspekty řízení vodní komponenty v krajině*), který formuloval kvantitativně i kvalitativně zákonitosti vodní bilance pro lesnické a zemědělské aspekty řízení vodních komponentů v krajině. Základem výzkumu dopadů na podmínky pěstování a výnos konkrétních plodin byly projekty

(*GP521/03/D059 - Využití možnosti prostorové analýzy pro odhad rizik a návrh adaptačních opatření pro produkci jarního ječmene ve změněných klimatických podmínkách* resp. *GA521/02/0827 - Prostorová analýza výnosového potenciálu pšenice ozimé pro současné a změněné klima v České republice*), které byly základem pro historické analýzy vztahu klimatu a výnosů (*GA521/08/1682 - Vliv klimatické variability a meteorologických extrémů na produkci vybraných plodin v letech 1801-2007*). Současnou metodou posuzování dopadů na výnosy je využití růstových modelů, které jsou využívány v koordinaci s mezinárodním projektem JPI MACSUR (http://www.macsur.eu/). V ČR se jedná o na něj navazující výzkum (*QJ1310123 - Růstové modely jako nástroj pro zvýšení produkčního potenciálu a potravinové bezpečnosti ČR v podmínkách změny klimatu*) s cílem vyvinout a aplikovat metodu, která umožní použití ansámblu růstových modelů pro posouzení produkčního potenciálu hlavních plodin v současném i očekávaném klimatu a získat podklady pro strategické rozhodování na regionální i národní úrovni. Veškeré dosažené výsledky vykazují, že lze očekávat vysokou variabilitu výnosů a zvyšující se vliv agroklimatických extrémů (Trnka, 2014) - tedy roky s velmi nízkým výnosem způsobeným vymrzáním (malá nebo žádná sněhová pokrývka a výskyt silných holomrazů) a především zvyšujícím se agronomickým suchem v období jarních měsíců. Obdobně lze očekávat nárůst ploch s negativní vodní bilancí s výrazným dopadem na aktivity v oblasti pěstování polních plodin (Mapa 1.4). I v oblasti dopadů změny klimatu na zemědělství jsou čeští vědci, kromě zmíněných FP EU, členové mezinárodních aktivit např. *COST 734 Action Impacts of Climate Change and Variability on European Agriculture (CLIVAGRI*) s cílem evaluovat dopady změny a variability klimatu na zemědělství nebo *Cost ESSEM COST Action ES1106 Assessment of EUROpean AGRIculture WATer use and trade under climate change (EURO-AGRIWAT)* se zaměřením na využití vody a virtuální obchod s vodou související s klíčovými zemědělskými a nezemědělskými produkty.



Mapa 1.4: Změna vodní bilance jako rozdíl mezi srážkami a referenční evapotranspirací pro současné klima (1961-2000) – nahoře, pro zvýšení teploty o 1 °C - vlevo dole, a zvýšení teploty o 2 °C vpravo dole pro území ČR. Záporné hodnoty ukazují na oblasti s negativní roční vodní bilancí

Propojení závěrů všech uvedených a úspěšně obhájených projektů nabízí významný potenciál pro cíle stanovené v kapitole 3 Generelu vodního hospodářství krajiny ČR. Podle zkušeností ze zahraničí je nutné maximálně agregovat získané poznatky o stavu vývoje krajiny do prostorových vrstev, jejich vzájemným překrytím vytipovat zvláště ohrožená území a na nich provést praktická opatření vedoucí k zefektivnění využití vody v krajině, k zmírnění dopadů hydrometeorologických extrémů a zabezpečení udržitelnosti ekosystémových služeb. Současně je nutné podpořit diseminaci výsledků mezi stakeholders a decision makers s cílem stanovit strategii konkrétních kroků od podpory závlah, pokračování protipovodňových opatření, redefinice LFA či dotačních titulů. Významným faktorem je zaměření se na vzdělávání hospodářů krajiny, stejně jako aplikace poznatků do pedagogického procesu na středních a vysokých školách.

- **Na tuto kapitolu úzce navazují části 2.1.4 a 2.1.6.**
- **Informace je nutné začít propojovat, tak malý stát jako ČR si nemůže dovolit v další etapě výzkumu tříštit badatelské kapacity.**

LITERATURA:

1. Trnka, M., Rotter, R. P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K.-C., Olesen, J. E., Žalud, Z., Semenov, M. A. (2014): Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. Nature Climate Change 4, 7, 637-643
2. Trnka, M., Eitzinger, J., Semerádová, D., Hlavinka, P., Balek, J., Dubrovský, M., Kubu, G., Štěpánek, P., Thaler, S., Žalud, Z., (2009a): Changes in Agroclimatic Conditions in Central Europe. September 2011, Volume 108, Issue 1-2, pp 261-289
3. Žalud, Z. (ed) (2009): Změna klimatu a české zemědělství – dopady a adaptace, Folia Universitas Agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis, Brno, 155 pp.

Autoři: *prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), prof. Mgr. Ing. Miroslav Trnka, Ph.D., (MENDELU, CzechGlobe), doc. Ing. Petr Hlavinka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), Ing. Daniela Semerádová, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe).*

1.6 Degradace půd

- **Vodní erozí je ohroženo téměř 65 % plochy zemědělské půdy ČR.**
- **Větrnou erozí je ohroženo více než 18 % plochy zemědělské půdy ČR.**
- **Dehumifikace půdy je opomíjeným problémem, který poškozuje veškeré půdní vlastnosti, snižuje úrodnost půdy a odolnost krajiny vůči projevům sucha a retenci přívalových srážek.**
- **Zábor půdy znamená definitivní ztrátu veškerých funkcí, které půda plní.**

Z dlouhodobých výzkumů a terénních šetření provedených VÚMOP, v.v.i. vyplývá, že kromě záboru půdy je hlavním degradačním faktorem vodní eroze, kterou je ohroženo téměř 65 % zemědělských půd ČR. Jedná se o proces rozrušování půdního povrchu působením vody, transportu půdních částic na jiné místo a jejich následného usazování. K rozvoji vodní eroze přispívá nadměrná velikost půdních bloků a absence krajinných prvků, které by zrychlenou erozi účinně omezovaly (meze, zatravněné údolnice, polní cesty, rozptýlená zeleň apod.). Pokud se k tomuto stavu přidá nesprávné zpracování půdy na svažitých pozemcích a pěstování erozně nebezpečných plodin, dochází k intenzivní vodní erozi. Na vznik vodní eroze má největší vliv sklonitost a délka pozemku po spádnici, dále pak vegetační pokryv, vlastnosti půdy, přítomnost protierozních opatření a četnost výskytu přívalových srážek (Novotný *et al*., 2014).

Hlavním důsledkem vodní eroze je zmenšení mocnosti půdního profilu a ochuzení zemědělské půdy o její nejúrodnější část. Dochází k přímému poškozování pěstovaných rostlin a ztrátám osiv, sadby, čímž se snižují hektarové výnosy. Snižuje se obsah humusu a minerálních živin v půdě. Zhoršuje se infiltrační schopnost půdy pro vodu. Vodou unášené půdní částice, a na nich vázané látky (uvolněné hnojiva a pesticidy), zanášejí vodní toky a akumulační prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují podmínky pro vodní organismy a zvyšují náklady na úpravu vody a čištění vodních nádrží od usazenin. V extrémních případech mohou být způsobeny vážné škody na stavbách a dalším majetku v blízkosti erozí postiženého pozemku. V celém kontextu dochází ke změně půdního prostředí a půdy samotné, a to i s ekonomickými důsledky - poklesu ceny půdy/pozemku. Nutné je i podotknout, že díky snižování mocnosti půdního profilu tak výrazně klesá schopnost akumulace vody v půdních pórech.

Ohroženost půdy vodní erozí lze vyjádřit pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy USLE (Wischmeier, Smith, 1978). Pro potřeby generelu je využit faktor erozní účinnosti srážek R=40 $N \cdot ha^{-1}$, hodnoty přípustného smyvu pro středně hluboké (30−60 cm) a hluboké půdy (nad 60 cm) G_p=4 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$, mělké půdy (do 30 cm) G_p=1 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Ohroženost půdy vodní erozí je pak vyjádřena jako Maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace (Tab. 1.1, Mapa 1.5), Kategorie erozního ohrožení půd (Tab. 1.2, Mapa 1.5) a na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu pomocí Stupňů erozního ohrožení půd (Tab. 1.3, Mapa 1.5).

Maximální přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace C_p slouží jako podklad určující vhodný rámcový způsob hospodaření na půdních blocích nebo jejich částech, při kterém ještě nedochází k projevům nadlimitní ztráty půdy vodní erozí.

Třídy erozního ohrožení vychází z výpočtu dlouhodobého průměrného smyvu půdy s využitím faktoru ochranného vlivu vegetace na základě optimálního zastoupení plodin dle klimatických regionů. Jednotlivé třídy vycházejí z upravené kategorizace podle Dýrové (VÚT Brno, 1988) s ohledem na přípustnou průměrnou roční ztrátu půdy G_p.

Stupně erozního ohrožení vycházející ze tříd erozního ohrožení zohledňují i přípustnou průměrnou roční ztrátu půdy G_p. Stupně tak kategorizují území podle x-násobku překročení hodnot přípustného erozního smyvu.

Přípustná hodnota C_p	**Doporučený rámcový management**	**Zastoupení (%)**	**Výměra (ha)**
do 0,005	převedení na trvalé travní porosty	0,02	397
0,005–0,02	pěstování jetele, vojtěšky	0,82	19 801
0,02–0,2	vyloučení pěstování erozně nebezpečných kultur	38,57	936 366
0,2–0,6	erozně nebezpečné kultury jen s půdoochrannými technologiemi	34,71	842 690
nad 0,6	bez omezení	25,89	628 513
Celkem	–	**100,00**	**2 427 767**

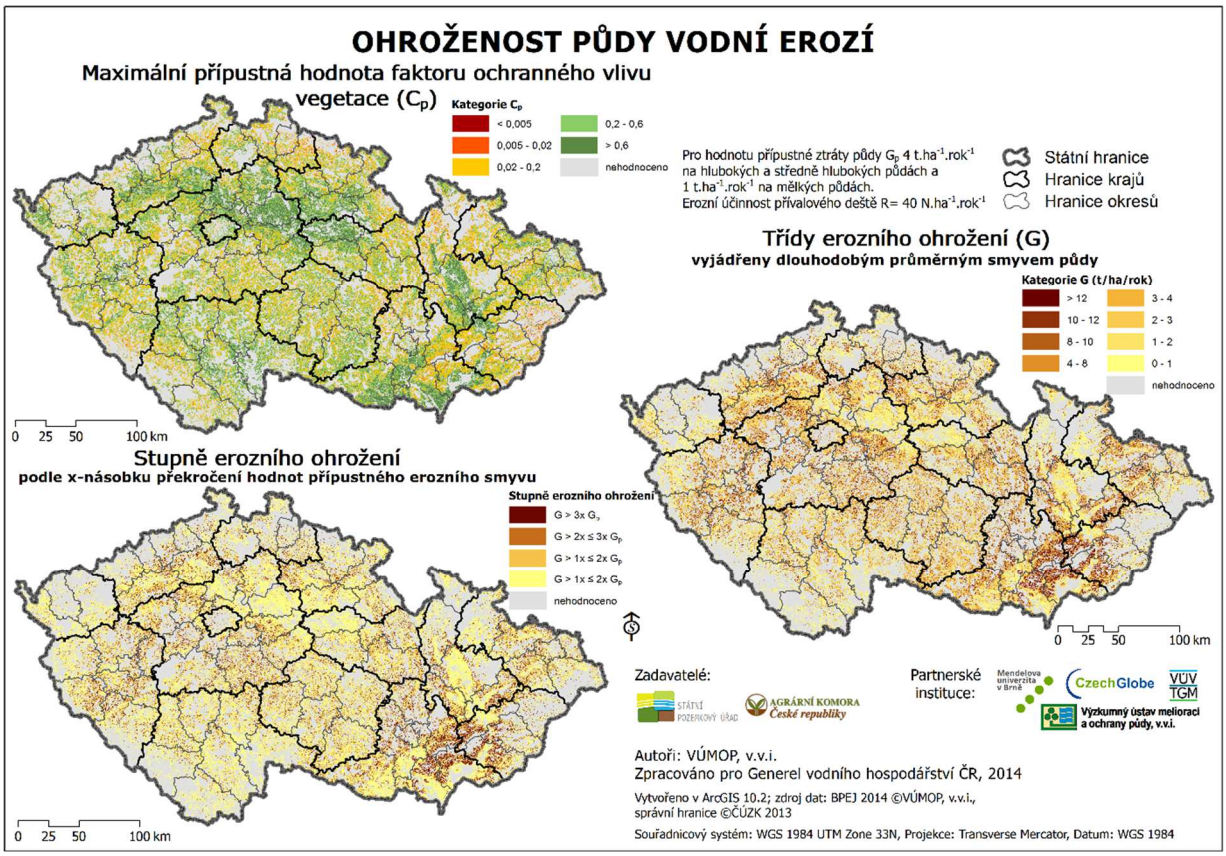
Tab. 1.1: Ohroženost vodní erozí na orné půdě vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace C_p

Hodnoty dlouhodobé průměrné ztráty půdy (G) [t/ha/rok]	**Zastoupení (%)**	**Výměra (ha)**
více než 12	9,76	407 348
10–12	2,82	117 606
8–10	4,05	169 046
4–8	15,57	650 175
3–4	7,37	307 554
2–3	10,89	454 782
1–2	14,36	599 616
méně než 1	35,19	1 469 190
Celkem	**100,00**	**4 175 317**

Tab. 1.2: Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí vyjádřená dlouhodobým průměrným smyvem půdy (upraveno podle: Dýrová, 1988)

Překročení G_p (v násobku)	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
$G > 3x\ G_p$	11,02	460 002
$G > 2x \leq 3x\ G_p$	6,97	290 949
$G > 1x \leq 2x\ G_p$	15,64	653 202
$G \leq 1x\ G_p$	66,37	2 771 157
Celkem	**100,00**	**4 175 310**

Tab. 1.3: Stupně erozního ohrožení půd na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu za rok (upraveno podle: Dýrová, 1988)



Mapa 1.5: Ohroženost půdy vodní erozí vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace, tříd erozního ohrožení a stupňů erozního ohrožení půd na území ČR

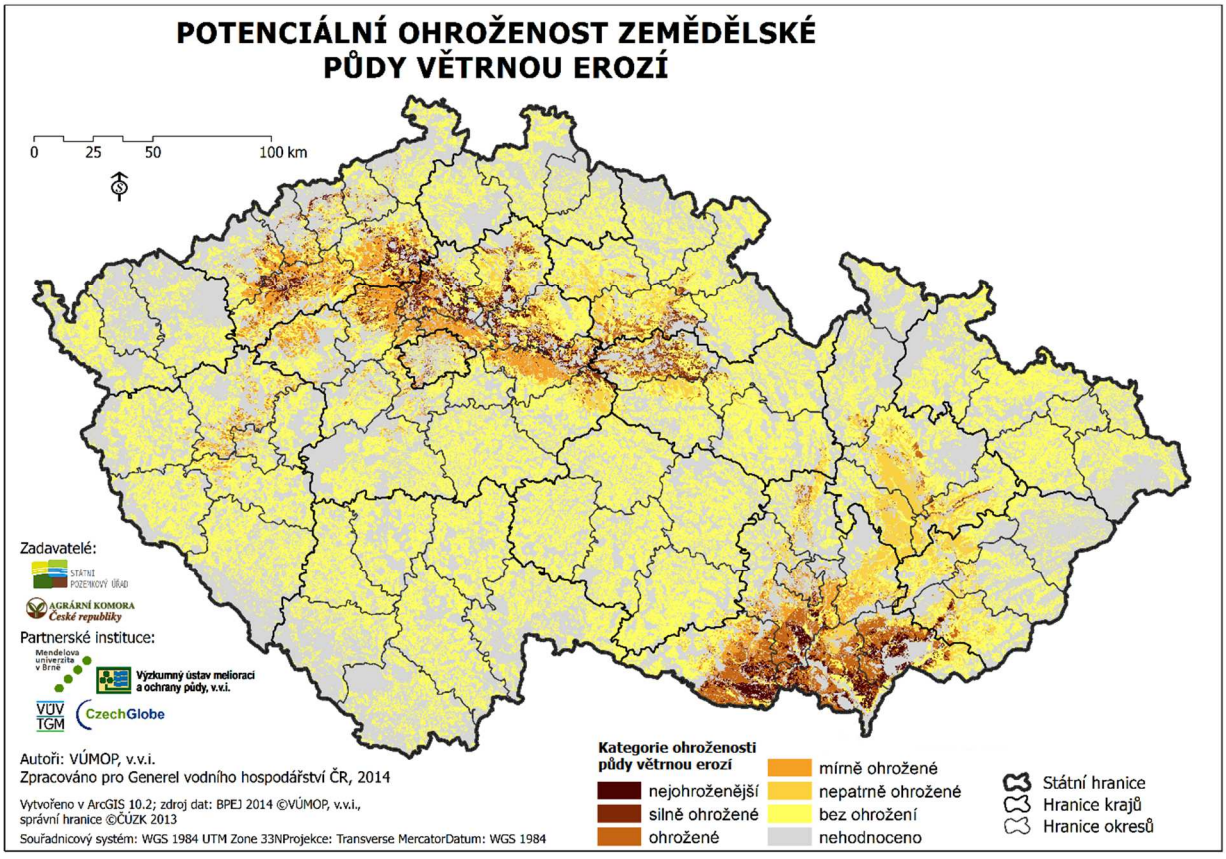
Větrnou erozí půdy je ohroženo přes 18 % půd ČR. Dochází k odnosu půdních částic z povrchu půdy mechanickou silou větru, transportu půdních částic na jiné místo a jejich následnému usazování. Rozhodující jsou zde především faktory klimatické (intenzita, směr, četnost a vlhkost větru) a půdní struktura půdy, drsnost půdního povrchu a vlhkost půdy). Větrná eroze je typickým jevem v aridních oblastech, ale vyskytuje se i v humidních oblastech na vysychavých místech nekrytých vegetací, případně i na půdách extrémně těžkých (např. Litoměřicko). Příčiny vzniku větrné eroze jsou zejména nadměrná velikost pozemků s jedním druhem plodiny, chybějící větrolamy ať již přirozené či uměle vysazované aleje, remízky apod.

Důsledky jsou podobné vodní erozi. Jedná se o zmenšení mocnosti půdního profilu, zejména úbytku ornice. Dále je to poškození fyzikálních i chemických vlastností půd, a s tím související snížení úrodnosti půd. V případě větrné eroze dochází k výraznému zanášení komunikací, příkopů a výrazně se zvyšuje prašnost ovzduší. Jemné půdní částice obsahující různé zbytky agrochemikálií se pak dostávají do dýchacího ústrojí člověka i ostatních živočichů. Z hlediska pěstování zemědělských plodin bývá nejškodlivější větrná

eroze na jaře po suché zimě, kdy poškozuje mladé porosty. Rozsah a výskyt půd ohrožených v ČR větrnou erozí shrnuje Tab. 1.4 a Mapa 1.6.

Potenciální ohroženost větrnou erozí	Stupeň ohroženosti	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
více než 23,1	půdy nejohroženější	3,21	80 290
17,1–23,0	půdy silně ohrožené	1,81	45 379
11,1–17,0	půdy ohrožené	5,74	143 690
7,1–11,0	půdy mírně ohrožené	7,39	185 092
4,1–7,0	půdy náchylné	7,00	175 423
méně než 4	bez ohrožení	73,61	1 844 028
nehodnoceno	nehodnoceno	1,24	31 156
Celkem	**-**	**100,00**	**2 505 058**

Tab. 1.4: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí



Mapa 1.6: Potenciální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí

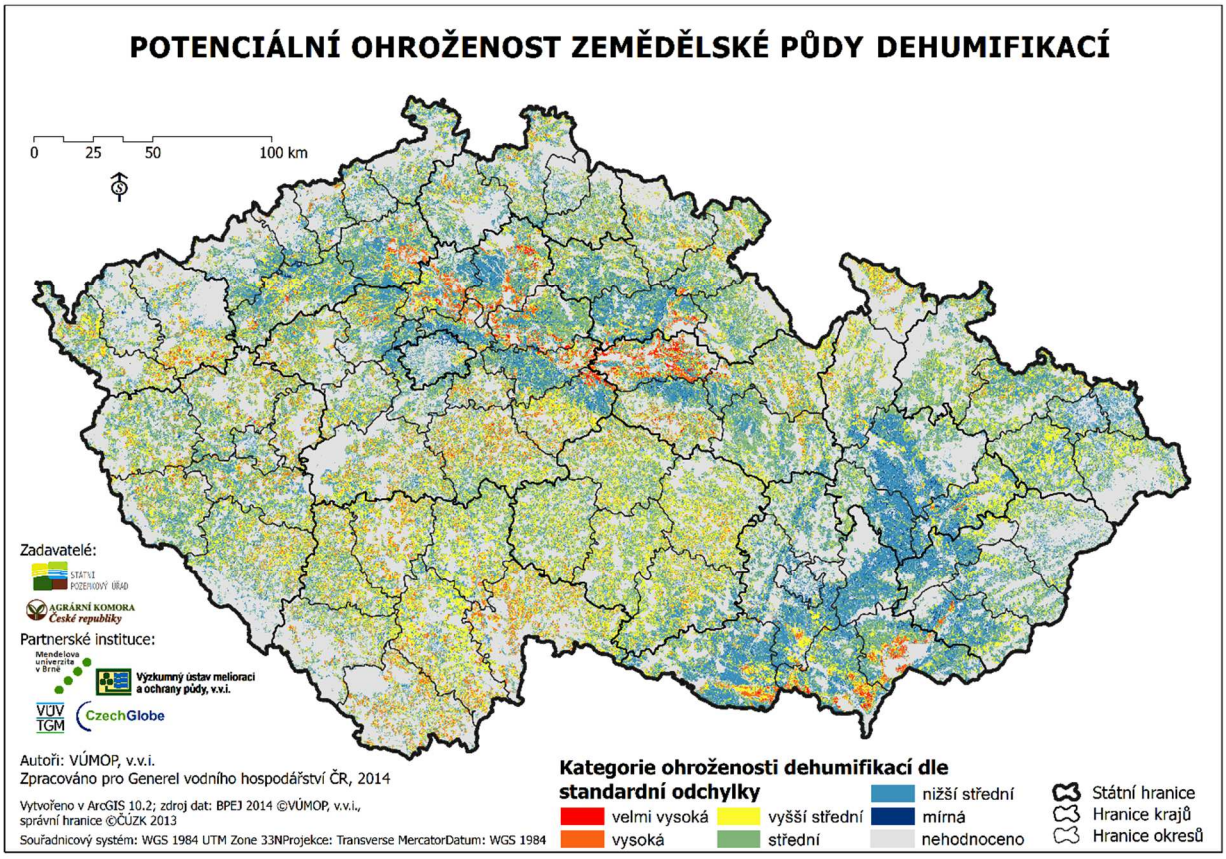
Dehumifikací rozumíme úbytek obsahu humusu v půdě. Dochází k němu intenzivním zpracováním půdy bez dostatečného přísunu organických hnojiv. Dále je tento pokles umocňován působením eroze vodní i větrné, zvýšenou mineralizací po odvodnění pozemku, zavlažováním půdy nebo zvýšenou aerací půdy po rozorání luk a pastvin. Zásadní vliv na obsah humusu má využití půdy, kdy vyšší obsah vykazují půdy zatravněné, než půdy pravidelně orané (Orlov et al., 2003).

Důsledkem úbytku půdní organické hmoty je zhoršení stability půdní struktury, vysoká zranitelnost erozí a acidifikací, snížení infiltrační a retenční schopnosti půdy – půda je nestabilní a je snadno zhutnitelná, zvýšení pohyblivosti kontaminujících látek, horší poutání živin, zvýšení obsahu dusičnanů v půdě s časově

omezeným vlivem na výživu rostlin a negativním dopadem na hydrosféru. Významný vliv úbytku organické hmoty v půdě je i na půdní edafon a jeho činnost. Tyto faktory vedou ke snížení produkční schopnosti půdy. Míru dehumifikace zemědělských půd shrnuje Tab. 1.5. Výskyt dehumifikací ohrožených půd je patrný z Mapy 1.7.

Potenciální ohroženost dehumifikací	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
velmi vysoká	0,55	23 104
vysoká	7,05	296 775
vyšší střední	27,96	1 177 186
střední	33,98	1 430 561
nižší střední	29,21	1 229 723
mírná	1,26	53 017
Celkem	**100,00**	**4 210 366**

Tab. 1.5: Potenciální ohroženost zemědělské půdy dehumifikací

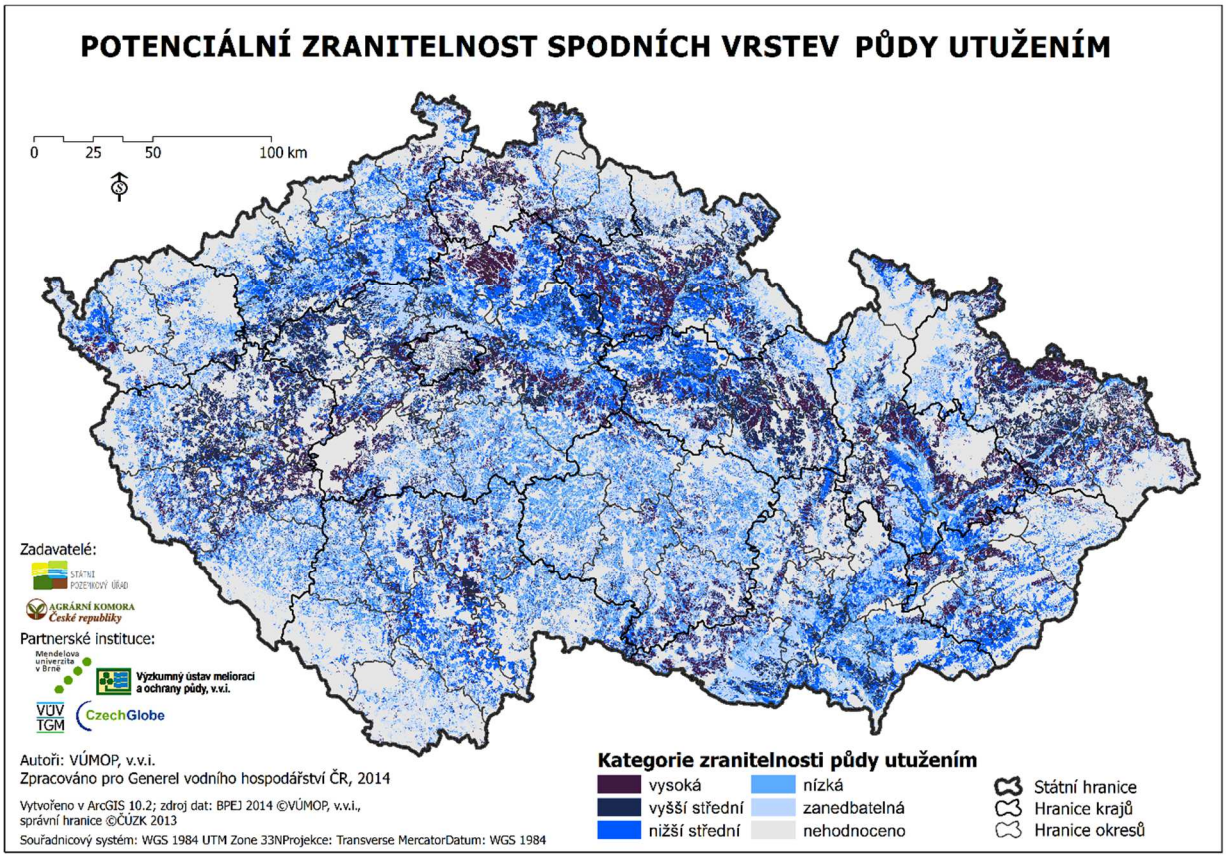


Mapa 1.7: Potenciální ohroženost zemědělské půdy dehumifikací

Utužením půdy trpí asi 40 % půd ČR. Je především důsledkem intenzivního hospodaření. Stlačování půdy opakovanými přejezdy těžkou zemědělskou technikou, orba do stejné hloubky, absence víceletých pícnin v osevním postupu apod. vede ke snížení pórovitosti půdy, a tím také ke snížení propustnosti, retenční schopnosti i úrodnosti půdy (Lhotský, 2000). Potenciální zranitelnost zemědělských půd ČR utužením je znázorněna v Tab. 1.6 a Mapě 1.8.

Utužení	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
vysoká	16,32	680 689
vyšší střední	16,81	701 147
nižší střední	21,46	894 919
nízká	23,76	990 855
zanedbatelná	19,51	813 737
nehodnoceno na ZPF	2,14	89 422
Celkem	**100,00**	**4 170 769**

Tab. 1.6: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením



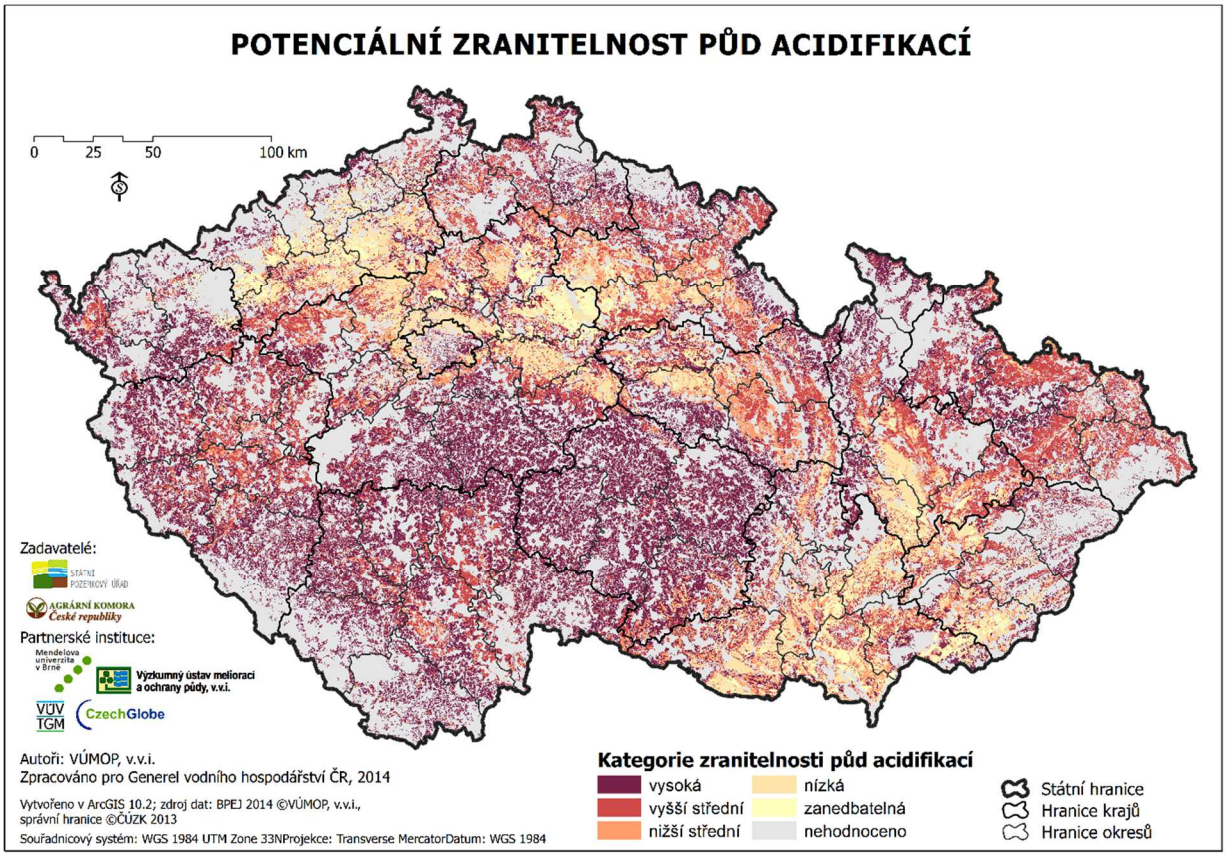
Mapa 1.8: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením

Acidifikaci je možné definovat jako snížení pufrační schopnosti půdy. Acidifikace navazuje zpravidla na debazifikaci, tj. na snížení obsahu uhličitanů v půdě a půdním roztoku. Tento přírodní proces poklesu půdní reakce je ještě urychlován antropogenní činností. Ta se negativně projevuje používáním kysele působících průmyslových hnojiv, působením imisí a kyselých dešťů, odebíráním bazických prvků (především Ca) z půdy plodinami, intenzivními závlahami nebo nízkým zastoupením víceletých pícnin a vysokým podílem obilovin v osevních postupech (Vopravil et al., 2010). Potenciální zranitelnost zemědělských půd acidifikací shrnuje Tab. 1.7 a Mapa 1.9.

Acidifikace	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
vysoká	46,36	1 933 445
vyšší střední	24,21	1 009 582

nižší střední	9,77	407 531
nízká	13,06	544 600
zanedbatelná	5,12	213 650
nehodnoceno na ZPF	1,49	61 961
Celkem	**100,00**	**4 170 769**

Tab. 1.7: Potenciální zranitelnost zemědělské půdy acidifikací

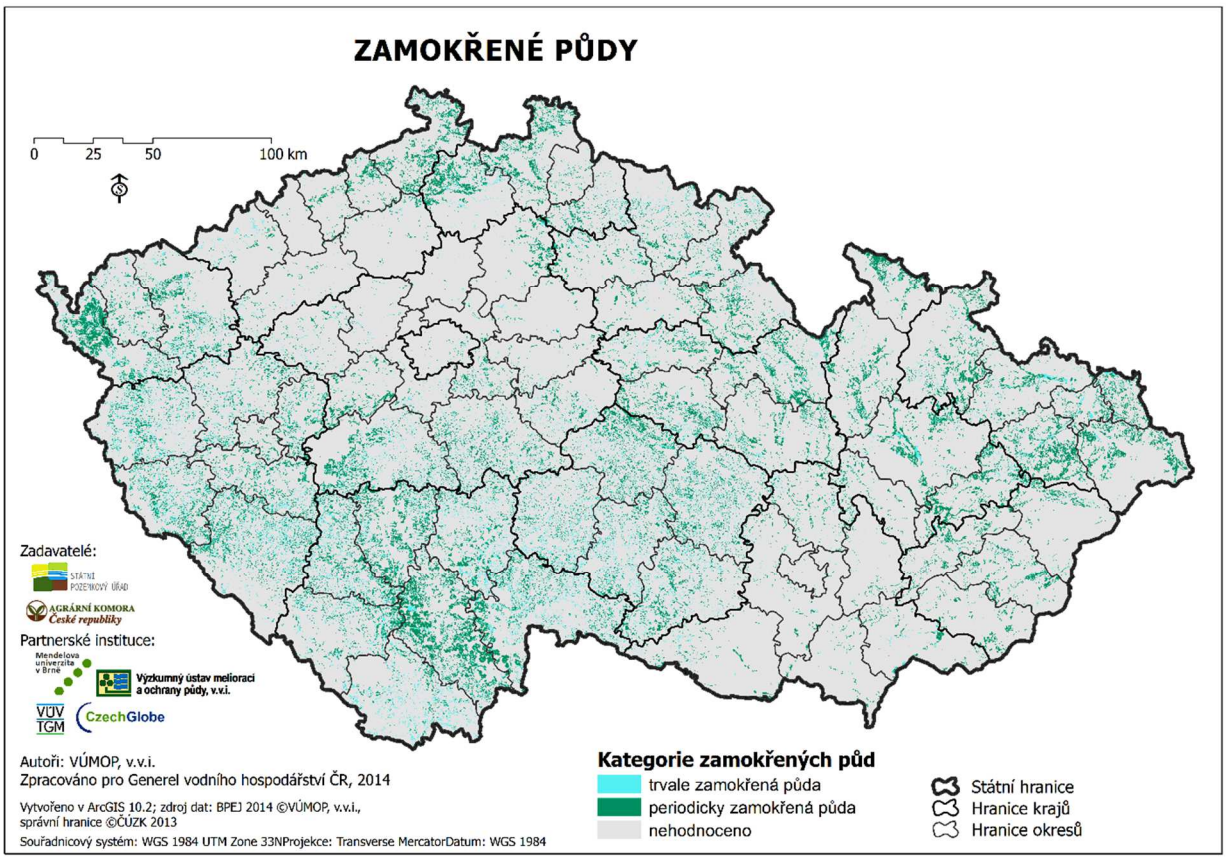


Mapa 1.9: Potenciální zranitelnost půd acidifikací

Podmáčení půdy je lokálním problémem v oblastech se zvýšenou hladinou podzemní vody či dlouhodobým převlhčením povrchu půdy. Podmáčené půdy byly vymezeny na základě tzv. trvale a periodicky zamokřených půd. Typickým představitelem trvale zamokřených půd jsou gleje a stagnogleje. Glej je charakterizovaný výskytem v dlouhodobě vodou nasycené zóně (vysoká hladina podzemní vody). Stagnoglej vzniká při dlouhodobém povrchovém převlhčení půdního profilu. Periodicky zamokřenou půdou je pseudoglej, který se vytváří v podmínkách střídání povrchového zamokření a vysušení. V podmáčených půdách je nevyvážený poměr mezi vodou a vzduchem v půdních pórech. Nedostatek kyslíku zde výrazně omezuje mineralizaci ve prospěch anaerobních rozkladných procesů. Plodiny pěstované na podmáčené půdě trpí nedostatkem vzduchu v půdě. Při povrchovém přemokření dochází k uhnívání a odumírání rostlin. Rozloha a výskyt zamokřených půd v ČR je znázorněna v Tab. 1.8 a Mapě 1.10.

Zamokřené půdy	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
trvale zamokřené půdy	4,73	197 238
periodicky zamokřené půdy	16,03	668 652
ostatní zemědělská půda	79,24	3 304 879
Celkem	**100,00**	**4 170 769**

Tab. 1.8: Zamokřené půdy

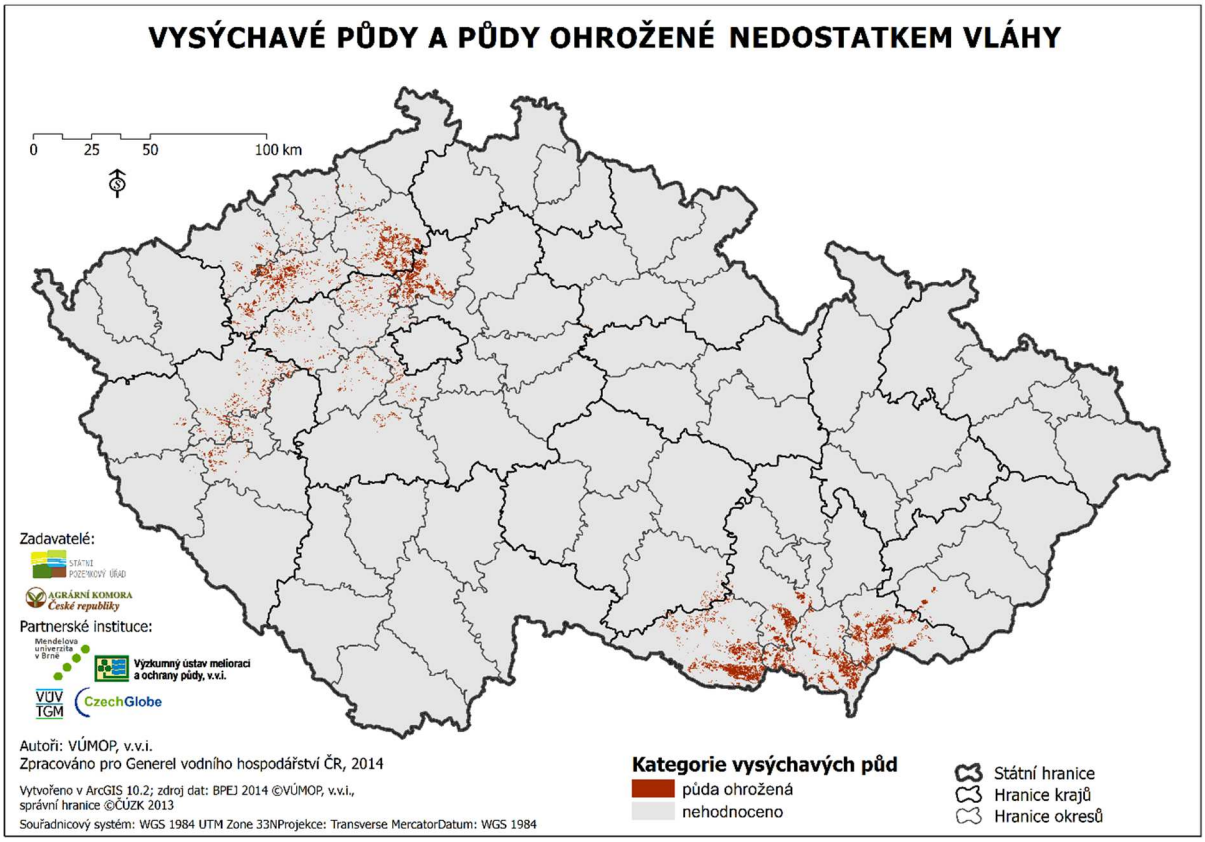


Mapa 1.10: Zamokřené půdy

Desertifikace půdy je způsobena dlouhodobým nedostatkem vody v půdě a intenzivní mineralizací organické hmoty, čímž dochází k poklesu úrodnosti půdy a postupné přeměně území na poušť. V ČR se tato problematika týká některých území situovaných zejména na jižní Moravu, tato území se však stále rozšiřují a to úměrně s intenzitou procesu eroze. Některé půdy, zejména kvalitní černozemě jsou za několik desítek let tak zerodovány, že jsou již obsaženy podložní substráty – v lepším případě spraš, v horším případě písčité substráty z původního dna moře. K problému přispívají i postupné klimatické změny se stále častějším výskytem dlouhých období sucha a nedostatek statkových hnojiv, kterými by měla být dodávána organická hmota do půdy. Výskyt půdních bloků ohrožených desertifikací lze odvodit podle zrnitosti půdy a klimatických podmínek stanoviště. Na základě těchto charakteristik byly vymezeny vysýchavé půdy (Tab. 1.9, Mapa 1.11).

Vysýchavé půdy	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
Vysýchavé půdy	3,00	125 180
Ostatní zemědělská půda	97,00	4 045 589
Celkem	**100,00**	**4 170 769**

Tab. 1.9: Vysýchavé půdy na území ČR



Mapa 1.11: Vysýchavé půdy na území ČR

Zasolování půdy spočívá v akumulaci rozpustných solí v půdě v aridních oblastech. Zdrojem solí může být v našich podmínkách především závlahová voda, podzemní voda vzlínající půdním profilem nebo aplikace průmyslových hnojiv. Zasolením se zhoršuje většina půdních vlastností a zhoršuje se schopnost příjmu živin z půdy rostlinami. V ČR se jedná jen o lokální problém vázaný na aridní oblasti, případně na intenzivně zavlažované kultury (zelenina).

Kontaminace půdy může být způsobena různými látkami od rizikových prvků, přes ropné látky, po perzistentní organické polutanty. Zdrojem jsou imise z atmosféry, hnojiva a pesticidy aplikované na zemědělskou půdu či pěstované plodiny, úniky provozních kapalin zemědělských strojů apod. V ČR se jedná o lokální problém obvykle vázaný na průmyslové oblasti. Zvýšené obsahy kontaminantů jsou nalézány v některých fluvizemích v blízkosti vodních toků (Němeček et al., 2010) a především v okolí měst či průmyslové činnosti.

Zábor půdy je vážným degradačním faktorem, který způsobuje úplnou a trvalou ztrátu schopnosti půdy plnit své produkční i ekologické funkce. Při výběru pozemků pro výstavbu jsou často prioritní zcela jiná hlediska než kvalita půdy, která bude znehodnocena. Skrývka ornice a její převoz na jiné místo řeší tento problém jen velmi omezeně (Vopravil et al., 2010). Tab. 1.10 ilustruje úbytek zemědělské půdy jejím záborem pro nezemědělské využití.

Rok	Výměra ZPF celkem k 31. 12. (ha)	Meziroční úbytek (ha)
2013	4 218 165	6 224
2012	4 224 389	4 778
2011	4 229 167	4 334
2010	4 233 501	5 474
2009	4 238 975	5 111
2008	4 244 086	5 093
2007	4 249 179	5 227
2006	4 254 406	

Tab. 1.10: Úbytek zemědělské půdy na území ČR

LITERATURA:

1. Dýrová, E. (1988): Ochrana a organizace povodí – Návody ke komplexnímu projektu, výběrovému předmětu a diplomnímu semináři, učební text, Ediční středisko VUT Brno, Brno, 5. vyd. přepracované, ISBN 55-615-88, 190 s.
2. Lhotský, J. (2000): Zhutňování půd a opatření proti němu. Studijní informace ÚZPI - Rostlinná výroba, 7, 61 s.
3. Němeček, J, Vácha, R., Podlešáková, E. (2010): Hodnocení kontaminace půd v ČR, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 148 s.
4. Novotný et al. (2014): Příručka ochrany proti vodní erozi. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 73 s.
5. Orlov, S., Trofimov, S. Ya., Biryukova, O. N., Sukhanova, N. L., Rozanova, M. S. (2003): Dehumification of Plowed Soils. Euroasian Soil Science, 36 (1): 811-824.
6. Vopravil, J. et al. (2010): Půda a její hodnocení v ČR, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 148 s.
7. Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. Agr. Handbook, 537, US Dept. of Agriculture, Washingt.

Autoři: *Ing. Ivan Novotný, Ing. Jan Vopravil, Ph.D., Ing. Marek Batysta, Ph.D., Mgr. Eliška Skokanová (VÚMOP)*

1.7 Průzkum současného využití odvodnění, jeho technického stavu a doby životnosti

- **Odvodněná je asi čtvrtina plochy zemědělské půdy ČR, to představuje kolem 13 % celé rozlohy ČR.**
- **Téměř 83 % odvodňovacích systémů v ČR je starší 30 let.**
- **Většina melioračních soustav je neudržovaných, některé jsou již nefunkční a způsobují zamokření půdních bloků.**

Odvodnění mělo a má za cíl zejména úpravu vodního a vzdušného režimu, tj. optimalizaci vlhkosti a provzdušenosti půd z hlediska potřeb zemědělských plodin, zpracovatelnosti půdy a její únosnosti pro zemědělské mechanismy. Odvodnění ovlivňuje vodní bilanci saturované a nesaturované zóny, hydrologický režim mělkého podpovrchového, povrchového i podzemního odtoku a návazně hydrochemii podpovrchových a povrchových vod, z dlouhodobého hlediska i některé parametry půd a následně všechny další složky životního prostředí (Doležal a Kvítek, 2004; Fučík *et al.*, 2010). Vybudované systémy odvodnění se v ČR dotýkají kolem čtvrtiny výměry zemědělských půd ČR a asi kolem 13 % celé rozlohy ČR (Kulhavý

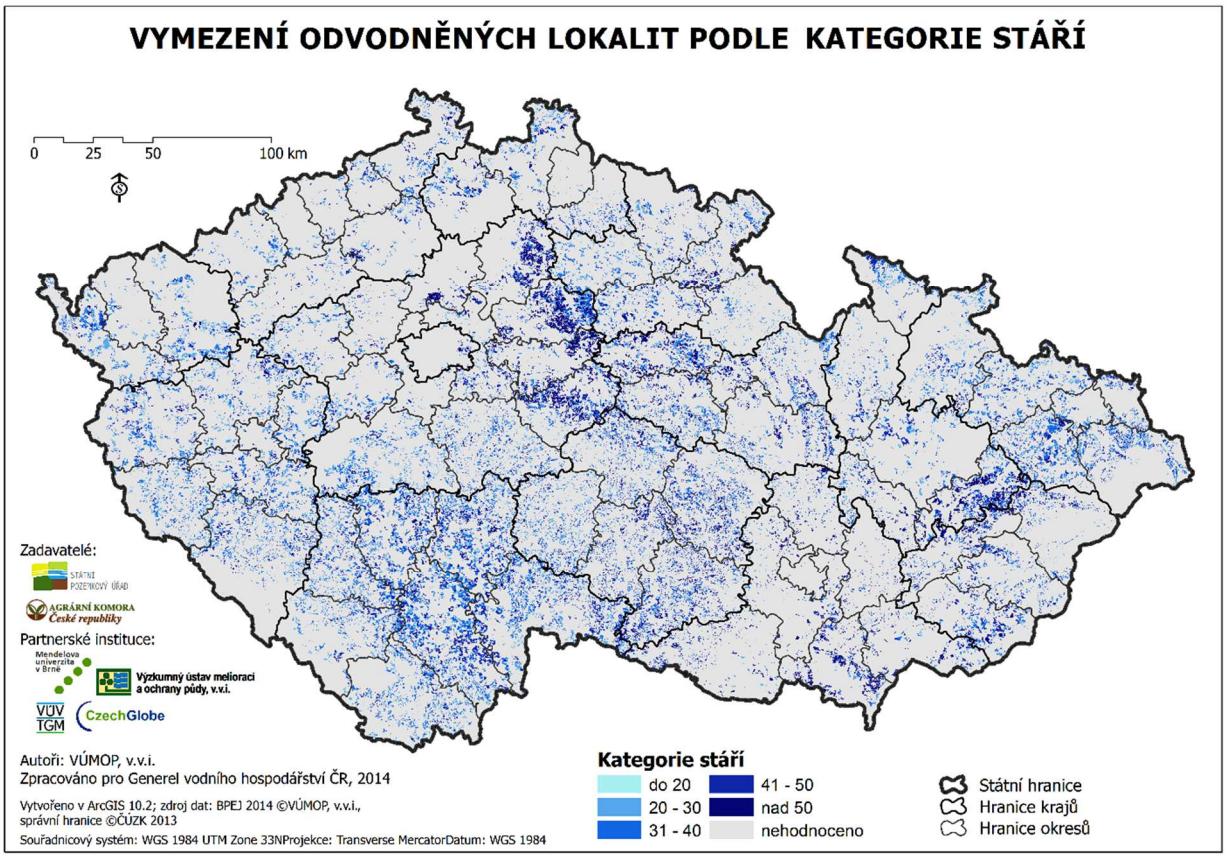
et al., 2007). Plošná intenzita odvodnění z hlediska zastoupení v jednotlivých okresech ČR je různá a pohybuje se od 3,3 % (okres Vyškov) až po 34,5 % (okres Hradec Králové).

V uplynulých přibližně třiceti letech nebyla věnována patřičná pozornost provozu, sledování stavu a údržbě těchto staveb (včetně související agrotechniky). Proto docházelo často nepozorovaně k poškozování i destrukci staveb a objektů odvodnění, a to jak HOZ (hlavní odvodňovací zařízení), tak POZ (podrobné odvodňovací zařízení). V jiných případech změna uživatelských nároků na půdu nerespektovala projektované parametry systému a ten nyní neplní funkci, jaká je od něho očekávána. Přesto drenážní systémy i po více než 25-30 letech od výstavby více či méně plní odvodňovací funkci, což se projevuje při transformaci odtoku srážek z pozemku ve formě soustředěného drenážního odtoku z drenážní skupiny. Jsou dokladovány stavby, které překračují stáří 100 let, a přesto jsou plně funkční. U odvodňovacích zařízení se však vyskytuje stále větší počet lokálních závad funkčnosti, zejména v souvislosti s absencí údržby či poškozováním odvodnění křížením liniovými stavbami pozemního stavitelství či telekomunikacemi a energetikou (souvisí s nezahrnutím staveb odvodnění do procesu územního plánování), zanášením (produkty vnitro-půdní eroze, organickými látkami či sloučeninami železa) nebo jiným poškozením (eroze, mechanické poničení, zarůstání, atd.).

Stavby odvodnění byly v ČR budovány v několika postupných etapách, nejintenzivněji v letech 1935-1940 a 1965-1985. Vymezení odvodněných lokalit podle stáří shrnuje Tab. 1.11 a Mapa 1.12. Pro navrhování těchto opatření byly postupně aktualizovány a upřesňovány metodické a normativní podklady. Z těchto podkladů je třeba nadále vycházet při současném popisu stavu a hodnocení funkce odvodnění i v případech, kdy změnou využití pozemku nebo zohledněním environmentálních hledisek dochází ke změnám potřeby odvodnění co do plnění funkcí v konkrétní lokalitě nebo co do projevů odvodnění v širších, hydrologických či krajinných souvislostech. Vhodně navržené, a realizované stavby odvodnění je vhodné zachovat a udržovat, a to za účelem zlepšení produkčních i mimoprodukčních funkcí půdy (např. možnost zachycení srážkových vod, pokud půda není zcela nasycena vodou ještě před příchodem srážek).

Stáří odvodnění	**Výměra (ha)**
do 20 let	468
21–30 let	184 983
31–40 let	368 644
41–50 let	275 518
nad 50	242 271
Celkem	**1 071 884**

Tab. 1.11: Vymezení odvodněných lokalit podle kategorií stáří



Mapa 1.12: Vymezení odvodněných lokalit podle kategorie stáří

Velmi důležitou problematikou je v této souvislosti i existence, stav a dostupnost podkladů v podobě původních materiálů k realizovaným dílům. Jedná se zejména o technickou zprávu, obsahující hydropedologické průzkumy, rozbory půdy a vody, mapové a výkresové podklady (návrhové nebo prováděcí výkresy, situace), hydrotechnické výpočty, ekonomické a stavební zprávy (deníky) a další údaje. Tyto materiály jsou cenným, a často jediným, zdrojem informací k dané stavbě a slouží jako podklady pro posouzení stavu a pro návrhy různých typů opatření (rekonstrukcí a modernizací). Část těchto dokladů je dostupná, ale dokumentace odvodnění mnohých lokalit je prakticky nedohledatelná. VUMOP, v.v.i. ve spolupráci z SPÚ vytvořil v roce 2012 Informační systém meliorační staveb, který je připraven k použití.

LITERATURA:

1. Doležal, F., Kvítek, T. (2004): The role of recharge zones, discharge zones, springs and tile drainage systems in peneplains of Central European highlands with regard to water quality generation processes. Physics and Chemistry of the Earth, 29: 775–785.
2. Fučík, P., Kaplická, M., Zajíček, A., Kvítek, T. (2010): Vyhodnocení monitoringu jakosti vod v malém zemědělsko–lesním povodí: diskrétní a kontinuální přístup. Vodní Hospodářství, 8: 213–217.
3. Kulhavý, Z., Soukup, M. Doležal, F., Čmelík, M. (2007): Zemědělské odvodnění drenáží. Racionalizace využívání, údržby a oprav. VÚMOP, v.v.i.

Autoři: *Ing. Ivan Novotný, Ing. Jan Vopravil, Ph.D., doc. Ing. Zbyněk Kulhavý, CSc., RNDr. Pavel Novák (VÚMOP)*

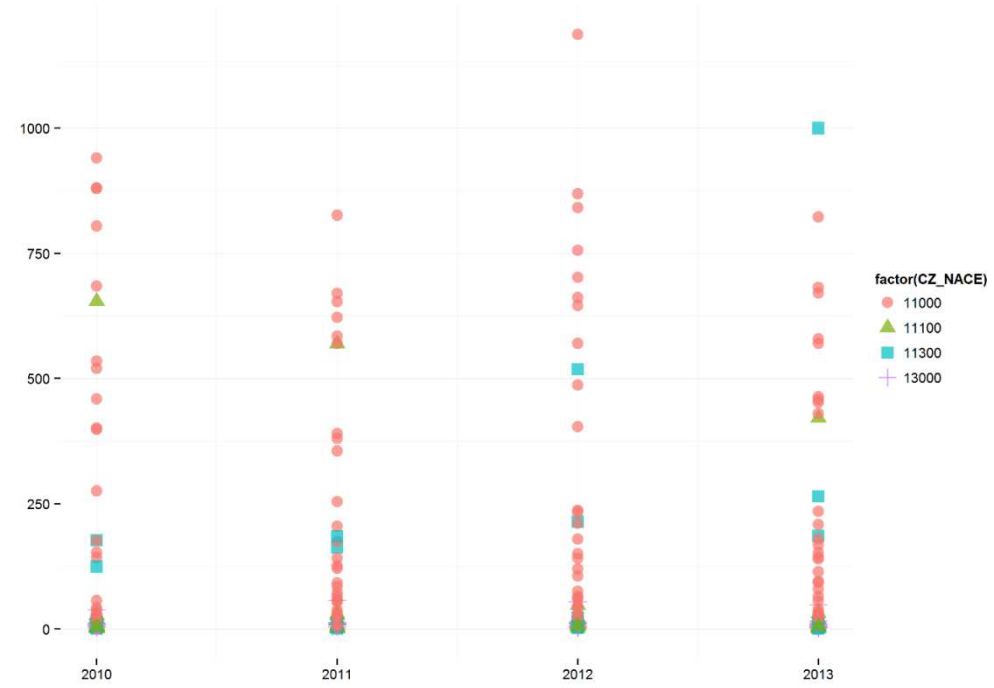
1.8 Závlahová zařízení v České republice

- **Hlavním výstupem je sumarizace odběrů vody pro zavlažování za období 2010-2013.**
- **Výsledky vycházejí z databáze VÚV T.G.M., v.v.i. pro stanovení vodohospodářské bilance.**
- **Po roce 1990 je v České republice znatelný pokles využívání závlahových systémů.**

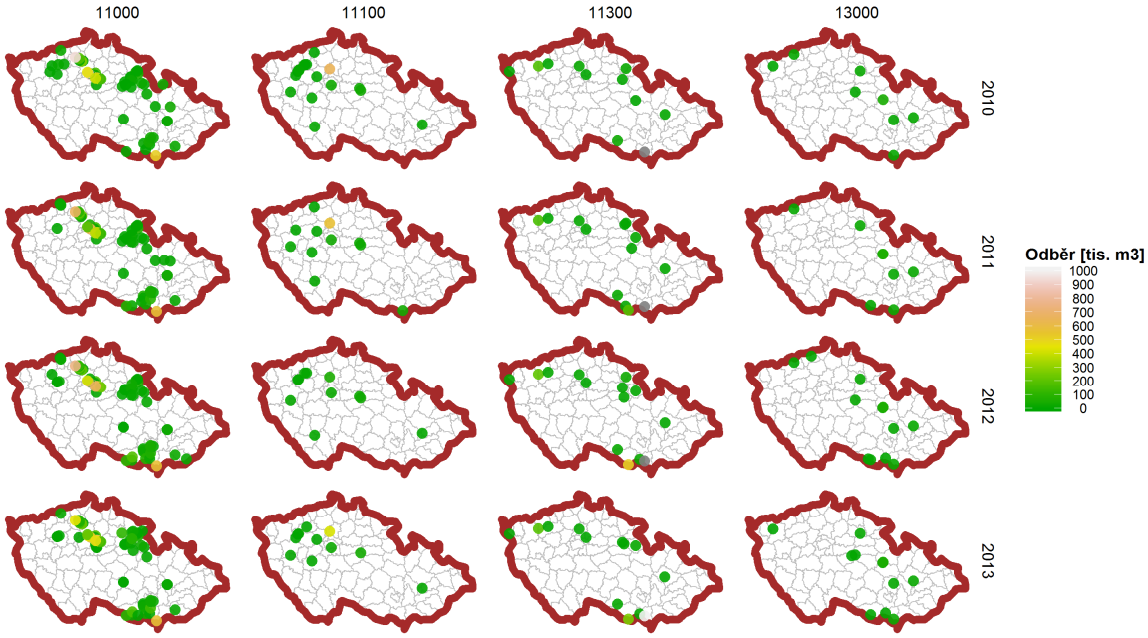
Závlahy se řadí do skupiny vodohospodářských zásahů, kterými se v dlouhodobém horizontu upravuje úrodnost půd a zlepšuje mikroklima krajiny, především zvýšením relativní vzdušné vlhkosti a částečně snížením teploty vzduchu zejména v době horkých letních dnů. Závlahy byly v minulosti vybudovány především v oblastech s největším deficitem vodních srážek (viz část 2.1.5). Celková výměra vybudovaných závlah v ČR je 155 tis. ha zemědělské půdy, tj. 3,65 % zemědělské půdy, z toho v Čechách 81 tis. ha (53 %) – oblasti: Mělnická, Litoměřická Žatecká a na Moravě 74 tis. ha (47 %) – oblasti: Znojemská, Břeclavská, Brněnská a Hodonínská. Výstavba závlah byla ukončena v průběhu 90. let (Rožnovský, 2010). Privatizace závlahových systémů v roce 1989 znamenala mimo jiné i vyřešení vlastnických vztahů do té doby již vybudovaných závlahových systémů. Státní majetek, zahrnující hlavní závlahová zařízení, od nápustného zařízení počínaje až po hydrant na poli konče, byl v roce 1991 vložen pod správu nově založené instituce Pozemkového fondu České republiky. Tím stát přerušil financování provozování závlahového zařízení. S postupem privatizace se snižovalo využívání závlahových systémů. Zatímco v roce 1989 zemědělské podniky využívaly závlahové systémy na 75-80 % zavlažovatelné plochy, v roce 1994 to bylo 35-40 % a v roce 1998 toto využití kleslo na 12-15 %. V současné době je dle informací plošné využití na 25-30 % zavlažovatelné plochy. Závlahy jsou většinou omezeny na kultury a plodiny, které nelze bez zavlažování vypěstovat, nebo které zavlažováním získávají větší hodnotu (zelenina, sady, vinice, chmelnice, brambory apod.). Rozhodující zlom nastal v letech 1998-2000, kdy většina zavlažovacích systémů byla v rámci privatizace převedena do rukou nových vlastníků (Rožnovský, 2010).

Na Obr. 1.4 a 1.5 jsou vybrány činnosti s největším počtem odběrů. Jedná se o pěstování: obilovin (11100), netrvalých plodin (11000), zeleniny (11300) a množení rostlin (13000). Na Obr. 1.4 jsou hodnoty rozděleny podle roků. Na ose y je objem odebrané vody v tisících m^3. Z grafu je patrné, že nejvíce odběrů je použito pro pěstování obilovin. Obr. 1.5 poskytuje prostorovou představu o umístění jednotlivých odběrů.

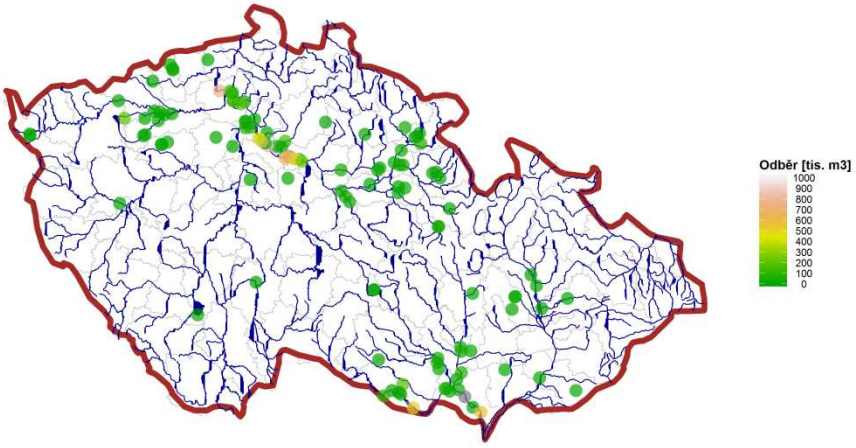
Pro hodnocení závlahových zařízení byla využita databáze o užívání vody Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G.M., který je dle zákona zpracovatelem vodohospodářské bilance, do které tyto hodnoty vstupují. V databázi jsou evidovány odběry, jejichž objem je větší než 500 $m^3 \cdot rok^{-1}$ nebo 6000 $m^3 \cdot rok^{-1}$. Dále jsou v databázi jednotlivé odběry evidovány dle ekonomické činnosti (OKEC) a kódu CZ NACE. Pro studii byly vybrány činnosti zabývající se zemědělstvím (pěstováním rostlin), konkrétně to jsou kódy CZ NACE: 11100 – pěstování obilovin, 12100 – pěst. vína, 11000 – pěst. netrvalých plodin, 11300 – pěst. zeleniny, 12900 – pěst. trvalých plodin, 12500 – pěst. ovocných keřů, 12700 – pěst. plodin pro výrobu nápojů, 12400 – pěst. peckovin, 13000 – množení rostlin a 11900 – pěst. ostatních rostlin. Výsledky pro roky 2010 až 2013 jsou shrnuty na následujících obrázcích. Na Obr. 1.6 jsou zobrazeny závlahy v roce 2012 pro všechny již zmíněné činnosti (dle CZ NACE) zabývající se pěstováním rostlin.



Obr. 1.4: Odběry vody pro pěstování obilovin, zeleniny, netrvalých plodin a množení rostlin. Pozn. Kódy NACE jsou následující: (11100 – pěstování obilovin, 11000 - netrvalých plodin, 11300 – zeleniny a 13000 - množení rostlin)



Obr. 1.5: Odběry vody pro pěstování obilovin, zeleniny, netrvalých plodin a množení rostlin (ve sloupcích jsou uvedeny jednotlivé činnosti, v řádcích jednotlivé roky). Pozn. Kódy NACE jsou následující: (11100 – pěstování obilovin, 11000 - netrvalých plodin, 11300 – zeleniny a 13000 – množení rostlin)



Obr. 1.6: Závlahové systémy v České republice v roce 2012

- **Doplnění údajů o drobné zavlažovací systémy.**
- **Vytvoření jednotné databáze, která by evidovala všechny zavlažovací systémy, v jakém jsou stavu atd.**

Autoři: *Ing. Adam Vizina, Ph.D. (VÚV T.G.M)*

LITERATURA:

1. Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): „Voda v krajině“, Lednice 31.5. – 1.6.2010, ISBN 978-80-86690-79-7, str. 73-78.

1.9 Vyhodnocení vlivu nastavení legislativně-ekonomického rámce na výsledný stav krajiny

- **Řízené zemědělské ekosystémy poskytují celou řadu klíčových ekosystémových služeb a nahrazují služby poskytované původními přirozenými ekosystémy na našem území, proto by dosažení udržitelného způsobu hospodaření na zemědělské půdě mělo být celonárodní prioritou.**
- **Probíhající změna klimatu do značné míry ztěžuje udržení tempa nárůstu produktivity klíčových plodin a znesnadňuje odhady budoucího vývoje.**
- **Výrazné socio-ekonomické tlaky na okamžité zvýšení efektivity přispěly k rozšíření nevhodných agrotechnických postupů a rezignaci na středně a dlouhodobé uvažování s dramatickými dopady na krajinu a její vodní režim.**

Přibližně před 8000 lety dosáhla lidská populace hranice 10 mil. (Meadows, 1992) a tento doposud pozvolný proces prudce akceleroval neolitickou zemědělskou „revolucí“, která umožnila nárůst počtu obyvatel až na 800 mil. okolo roku 1750. Během tohoto období postupně klesala závislost člověka na podmínkách prostředí. Průmyslová revoluce započatá v Anglii v polovině 18. století pak nahradila doposud používané zdroje energie fosilními palivy (zpočátku zejména uhlím), což umožnilo dramatické zvýšení produktivity a tím i počtu obyvatel na více než 6 miliard. Souběžně s tím se krajina ocitla pod mimořádným tlakem zvyšující se populační hustoty a řada původních ekosystémů směřuje k postupnému zániku (Brown *et al*., 1995). Reflexe těchto skutečností vedla v průběhu druhé poloviny 80. let

20. století ke snahám o omezení negativních sociálních a ekologických důsledků dosavadního ekonomického rozvoje, protože lidská společnost je stále závislá na ekosystémových službách, a to i v rámci intenzivně obhospodařované krajiny ČR. Mezi těmito službami vynikají zejména služby produkční (tj. produkce potravin, vody, paliv a dalších surovin), regulační (tj. regulace klimatu, opylování apod.), kulturní (tj. duchovní, rekreační a estetické hodnoty samotných ekosystémů) a konečně služby podpůrné (např. půdotvorné procesy, koloběh prvků a energií atd.). Tyto služby zajišťují nejen základní předpoklady k životu, ale ovlivňují výrazně i socio-ekonomické a mezilidské vztahy. Není náhodou, že devastace krajiny se následně (nebo souběžně) projevuje i v socioekonomických parametrech regionu.

Dnešní tvář střední Evropy (a většiny vyspělých zemí) vznikla postupnou substitucí přirozených ekosystémů ekosystémy řízenými (tj. do velké míry člověkem ovlivňovanými a závislými na jeho přítomnosti, s oslabenou funkcí autonomní regulace). Když pomineme lesy s primárně produkční funkcí a lidská sídla, dominuje řízeným systémům v naší krajině zemědělsky využívaná půda spolu s regulovanými vodními toky a umělými nádržemi. Tyto systémy jsou výrazně jednodušší a uniformnější co do struktury než ekosystémy přirozené. Jsou zpravidla jednostranně orientovány na produkci. Jde přitom o systémy se značnou energetickou náročností a ve své základní podobě jsou zřídkakdy slučitelné s principy udržitelného rozvoje. Zároveň se v probíhajících procesech optimalizace (např. za pomoci využití biotechnologií, schopností autoregulace apod.) skrývají rezervy, které mohou přispět ke zvrácení obecně nepříznivých trendů.

Klasickým příkladem trvale neudržitelného řízeného systému je intenzivní (na kvantitu produkce orientované) zemědělství s širokým využitím minerálních hnojiv, pesticidů a zemědělské techniky, které způsobuje postupnou destabilizaci agroekosystémů a znečištění prostředí. To bylo ostatně patrné i na území ČR v období 1970-1990. V průběhu 80. let postupně narůstalo uvědomění, že problémy, které tento způsob využití krajiny přinášel, nelze řešit případ od případu *ad hoc*, ale že je třeba chápavějšího, celostního a udržitelného přístupu k zemědělství. Bylo navrženo několik nových přístupů, např. trvale udržitelný způsob hospodaření), integrované a alternativní (ekologické) zemědělství. Tyto přístupy a nové chápání role řízených systémů (zejména zemědělských) byly postupně vtěleny mj. i do velmi vlivného nástroje, kterým je Společná zemědělská politika EU (CAP), a jsou velmi dobře vyjádřeny v závěrech Rady EU pro zemědělství (EU-Commission, 1997; 2005): „*Evropské zemědělství jako ekonomický sektor musí být pestré, udržitelné, konkurenceschopné a zároveň přítomné po celé Evropě (včetně LFA a horských oblastí). Musí být schopné nejen udržovat ráz venkovské krajiny, ochraňovat přírodní bohatství a přispívat k životaschopnosti venkovských komunit, ale musí zároveň vyhovět poptávce po kvalitních a bezpečných potravinách při dodržení norem na ochranu životního prostředí a hospodářských zvířat.*“

Komplexnost problematiky je umocněna probíhající globální klimatickou změnou, která bude alternovat základní podmínky prostředí a tedy i udržitelnost dosavadních systémů. Ostatně samotná klimatická změna je přímým důsledkem průmyslové revoluce a důkazem neudržitelnosti dosavadního přístupu k využívání přírodním zdrojů. V zásadě jde o exploataci produkční ekosystémové služby na úkor služeb regulačních. Její fyzikální příčinou je zesilování skleníkového efektu, které je způsobeno dramatickým nárůstem radiačně aktivních plynů, a to především CO2, CH4, N2O a freonů. První důsledky změny klimatu se výrazněji projevily již v průběhu 90. let 20. století (IPCC, 2013). I když v geologické minulosti došlo k řadě výkyvů klimatického systému (vč. pro kvartér typického střídání glaciálů a interglaciálů), nemá tato antropogenně vyvolaná změna obdobu v posledních 1200 letech (Osborn, Briffa, 2006). Alternace relativně stabilních teplotních a srážkových poměrů vážně postihne všechny řízené ekosystémy na území střední Evropy, ale rovněž i zbytky ekosystémů přirozených, neboť v řadě případů jde za hranici jejich biologicko-fyzikální udržitelnosti. Dosavadní úroveň produkce bude výrazně ovlivněna v globálním měřítku se značným nárůstem disparity mezi regiony (Parry *et al.*, 2004), ale i v rámci jednotlivých klimaticko-půdních regionů střední Evropy (Trnka *et al.*, 2004). S vysokou pravděpodobností lze předpokládat, že např. dřívější dosažení teplotních sum vedoucí k akceleraci teplotně podmíněného fenologického vývoje, razantního zvýšení počtu tropických dní (maximální denní teplota rovna nebo vyšší než 30°C), zvýšení hodnot potenciální evapotranspirace či častější výskyt suchých bezesrážkových period

se stanou meteorologickými limitem optimálního průběhu produkčního procesu s přímým dopadem na výnos a kvalitu plodin. To povede ke gradientovému posunu pěstebních ploch směrem k vyšším nadmořským výškám, tlaku na zavedení nových plodin a technologií, k rozšíření současných a introdukci nových chorob a škůdců, ke změnám v aktivitě půdního edafonu, změnám vodního režimu půd a řadě dalších důsledků, které směřují k nutnosti výrazných modifikací v pěstitelských technologiích (viz část 2.1). Nárůst teplot a zejména vyšší pravděpodobnost výskytu horkých vln si vynutí změny i v systému chovu hospodářských zvířat. Změny teploty povrchových vod a intenzivnější srážky mohou narušit dosavadní vazby v řízených vodních ekosystémech. V průběhu předchozích 60 let vzrostly výnosy řady plodin v Evropě díky inovacím a vyšší intenzitě o více než 300 %. Současně platí, že u většiny plodin nebylo dosaženo hranice potenciálního výnosu. Existují tedy významné rezervy pro zvýšení produkce. Nicméně s ohledem na zpomalení tempa nárůstu výnosů v předchozích 20 letech v řadě zemí Evropské unie a očekávané negativní důsledky probíhající klimatické změny (např. Trnka et al., 2014) je udržení tempa nárůstu produktivity nepravděpodobné.

Ačkoliv zemědělství naprosto zásadním způsobem přetvářelo krajinu, je zřejmé, že socio-ekonomické procesy ve společnosti naopak formovaly nároky na zemědělství. České zemědělství, které prošlo během uplynulého čtvrtstoletí hlubokými majetko-právními, strukturálními a organizačními změnami, je toho dobrým příkladem. Zemědělské subjekty se postupně musely přizpůsobit:

- razantnímu úbytku pracovních sil,
- způsobu privatizace potravinářského průmyslu,
- začlenění zemědělství do zákona o významné tržní síle,
- nastavené dotační politice národní a evropské,
- globalizaci světové ekonomiky,
- volnému obchodu se zemědělskými komoditami a potravinářskými výrobky,
- nástupu nadnárodních obchodních řetězců.

Reakcí na tyto “tlaky” bylo postupné podřízení se agrárního sektoru vnitřním i vnějším faktorům, což vedlo k postupné změně struktury zemědělské výroby, snížení počtu pěstovaných plodin, odklonu od zásad střídání plodin v osevním postupu i výrazné redukci chovaných hospodářských zvířat na hektar orné půdy. Tlak na krátkodobou efektivitu vedl ke zvětšování velikosti honů a tendenci k používání těžké mechanizace a změnám technologie zpracování a přípravy půdy. To vedlo a vede k postupnému snížení produktivity půd a snížení její retenční schopnosti díky snižování obsahu humusu a významných živin v půdě, zhutnění půd a nadměrné ohroženosti půd vodní a větrnou erozí (viz část 1.6). K tomu přistupuje zanedbávání funkčnosti melioračních a závlahových systémů (viz 1.7). Ve svém důsledku je pak omezován socio-ekonomický potenciál krajiny. V některých oblastech začíná být problém zajistit dostatek kvalitní vody pro zásobování obyvatel a pro průmyslové a zemědělské využití. Stejně tak došlo k ohrožení potravinové soběstačnosti v základních komoditách.

Ačkoliv je zřejmé, že pojetí zemědělské výroby má naprosto zásadní důsledky pro krajinu střední Evropy a ovlivňuje většinu dalších sektorů národního hospodářství, klíč k vysvětlení negativních (i pozitivních) tendencí a chování zemědělských subjektů je často nutné hledat mimo agrární sektor. Jedním z úkolu dalších verzí tohoto materiálu bude tyto faktory pojmenovat a kvantifikovat jejich dopad.

LITERATURA:

1. Brown R.L., Lenssen N., Kane H. 1995. Vital Signs:The Trends That Are Shaping Our Future 1995-1996. London: Zed Books
2. Meadows D., Meadows D., Randers J. 1992, Beyond the Limits, London: Earthscan Publications, 319 pp.
3. Osborn T.J., Briffa K.R. 2006. The spatial extent of 20th century warmth in the context of the last 1200 years. Science 311, 841-844.
4. Parry, M.L., C. Rosenweig, A. Iglesias, M. Livermore, and G. Fischer, 2004: Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 14 (1), 53-67
5. Trnka, M., Dubrovský, M., Semerádová, D., Žalud, Z.: Projections of uncertainties in climate change scenarios into expected winter wheat yields, Theoretical and Applied Climatology, Volume 77, Issue 3-4 p. 229 – 249, 2004
6. Trnka, M., Rotter, R. P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K.-C., Olesen, J. E., Žalud, Z., Semenov, M. A. (2014) Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. Nature Climate Change 4, 7, 637-643

Autoři: *Ing. Václav Hlaváček, CSc. (AK ČR), prof. Ing. Mgr. Miroslav Trnka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe)*

2 Predikce negativních dopadů změny klimatu a efekty socio-ekonomických vlivů

2.1 Posouzení jednotlivých faktorů

2.1.1 Dopady klimatické změny na vodohospodářskou soustavu v dílčích povodích

- **Pro vyhodnocení byl použit simulační model vodohospodářských soustav.**
- **Hlavním výstupem jsou mapové výstupy posuzující současný a výhledový stav dílčích vodohospodářských soustav.**
- **Výsledky vycházejí z projektů zabývajících se dopady klimatické změny na vodohospodářskou soustavu.**
- **Ve většině negativních dopadů nebude možné problémy eliminovat pouhou změnou manipulačních pravidel na nádržích.**

Následující výsledky jsou syntézou studií zaměřených na dopad klimatické změny na vodohospodářskou soustavu v dílčích povodích. Vstupem do vodohospodářského simulačního modelu byla současná hydrologie, která je založená na pozorovaných datech a na výhledech, které byly modelovány modelem Bilan dle vybraných klimatických modelů a emisních scénářů. U použitého scénáře (RCAO B2), který bylo možno označit za blízký středu rozsahu používaných scénářů, se projevují zřetelné změny hydrologického režimu, zejména pokles průměrných průtoků o 15-20 %. Důležitou změnou je rozkolísanost průtoků, hlavně minimálních, které často nebudou dosahovat potřebných ekologických minimálních hodnot. Tyto průtoky přinesou vážné problémy v oblasti ochrany kvality vod způsobené především zhoršením podmínek pro ředění zbytkového znečištění vypouštěného z čistíren odpadních vod. Rozbor je udělán po jednotlivých povodích a je graficky znázorněn na Mapě 2.1 (současný stav) a na Mapě 2.2 (výhledový stav).

Povodí Moravy

V oblasti povodí Moravy, v dílčím povodí Dřevnice, se na připravených průtocích dotčených klimatickými změnami výrazně snižuje kapacita vodárenské nádrže Slušovice, která by nepokryla ani relativně nízké požadavky na vodu realizované v roce 2005. Další vodárenské nádrže, Karolinka na Stanovnici a Opatovice na Malé Hané, by i ve výhledovém období požadavky na vodu z roku 2005 těsně zvládly (Drbal *et al*., 2008).

Povodí Labe

Změny hydrologického režimu se projeví zmenšením možnosti celkového nadlepšení průtoků při zachování zásobních objemů stávajících nádrží o cca 10 až 40 %. Pokles bude v relativním měřítku mírnější v horských povodích, významnější v povodích střední nadmořské výšky a největší v povodí s nejmenší průměrnou nadmořskou výškou. Z výsledků studií dále vyplývá, že zatímco za současných podmínek jsou požadavky na užívání vody a zachování minimálních průtoků dostatečně zabezpečeny, pro varianty řad průtoků vycházejících ze scénářů klimatických změn dojde ke značnému dopadu na zásobní funkci vodohospodářské soustavy. Z uvedených poznatků je zřejmé, že nepříznivé dopady klimatické změny na hydrologický režim v povodí Labe nebude v dostatečné míře možné vyřešit případnou změnou manipulačních pravidel pro řízení odtoku. Pokud taková situace nastane, bude ji možné řešit nebo zmírnit její dopady pouze realizací dalších opatření, při samozřejmém předpokladu racionalizace ve sféře užívání vody a vytvoření podmínek pro optimalizaci vodního režimu krajiny. Všechny posuzované odběry vody zajišťované vodními nádržemi jsou dostatečně zabezpečeny. Určitý problém může nicméně představovat odběr pro elektrárnu Opatovice, kdy v profilu Opatovice na Labi nejsou dostatečně zajištěny požadované minimální průtoky v Labi a v Opatovickém kanálu. Průtok v profilu Opatovice je nadlepšován z nádrže

Rozkoš. Naopak u odběrů z vodních toků je zajištěn pouze odběr Kárané (Jizera). Dostatečně není zabezpečen zejména odběr pro ÚV Příkrý (Kašpárek *et al.,* 2008).

Povodí Odry

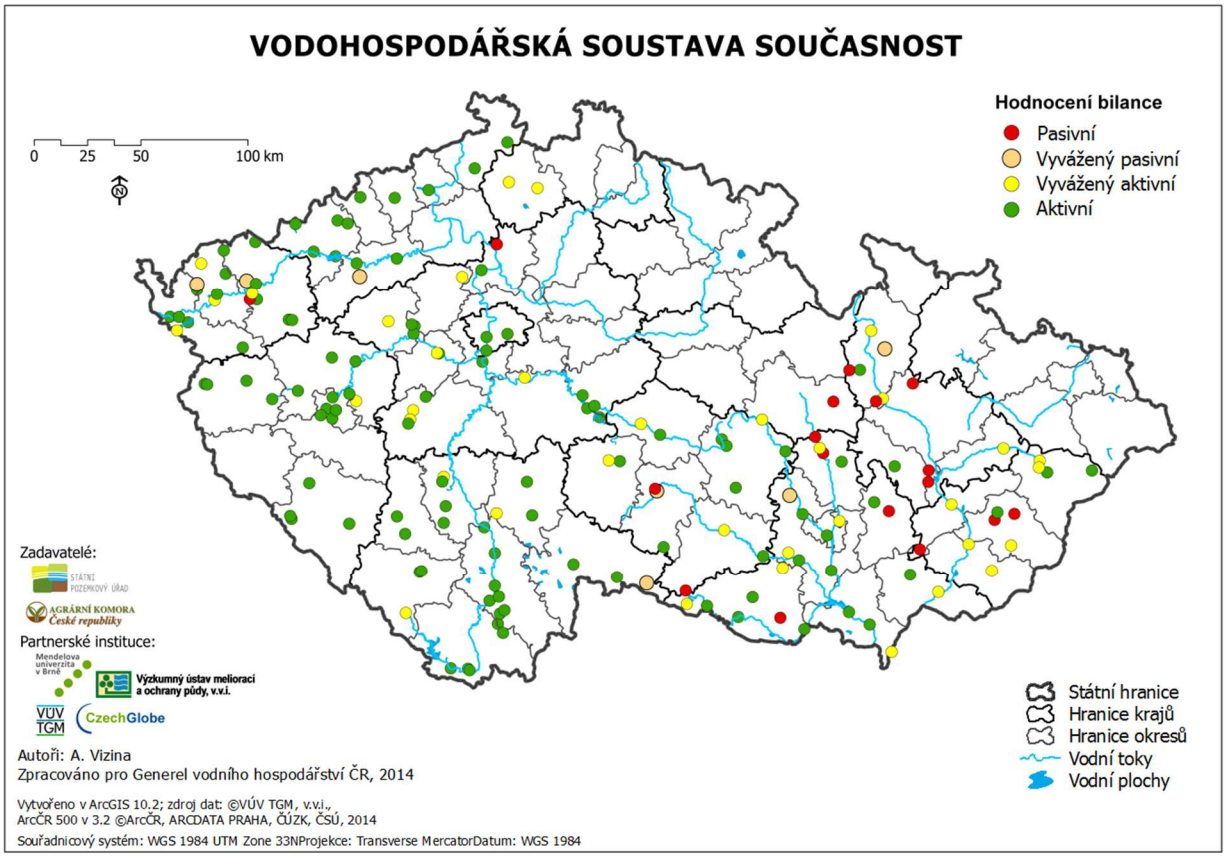
Odhady změn klimatu a na ně navazující modelová šetření naznačují, že by se zvládnutí dosavadní zabezpečenosti neobešlo bez nutnosti zřízení nových umělých akumulací, zachycujících vody z doby jejich přebytku do dob nedostatku. Možné klimatické změny, pokud by nastaly, by se dotkly poměrů v celé oblasti povodí a svými důsledky by se - pokud jde o zásobování vodou - jejich účinky více negativně projevily v podoblasti ležící mimo dosah působnosti vodohospodářské soustavy povodí Odry. Územně lze tedy čekat, že nejmarkantněji by se jejich nepříznivé ovlivnění projevilo na Jablunkovsku, ale rovněž i dále na Jesenicku a nejspíše i v povodí střední Odry nad Ostravou, které leží mimo dosah vlivu vodohospodářské soustavy. I v podoblasti ovládané soustavou se předpokládá, že by klimatické změny byly provázeny negativními dopady. Z namodelované 500leté umělé hydrologické řady průměrných měsíčních průtoků v síti příslušných relevantních stanic v oblasti, při ovlivnění předpokládanými klimatickými změnami, při fungování celé vodohospodářské soustavy v podobě, jak dnes existuje, a při scénáři dnešních nároků na vodu plyne, že tyto změny by i zde vyvolaly poměrně vážné poruchy. Docházelo by k nim i přesto, že jinak bez vlivu klimatických změn by (podle modelových simulací) do roku 2050 dnešní soustava zvládla i hypoteticky předpokládaný nárůst odběrů vody o 20 %, aniž by bylo třeba jejího dalšího doplnění o nové akumulace. Při změně hydrologie oblasti povodí v důsledku změny klimatu a při stagnaci odběrů na současných hodnotách by podle toho do roku 2050 mělo dojít k narušení některých funkcí údolních nádrží v soustavě. Narušena by byla i možnost jejich spolupráce v soustavě (POPOd, 2010).

Povodí Ohře

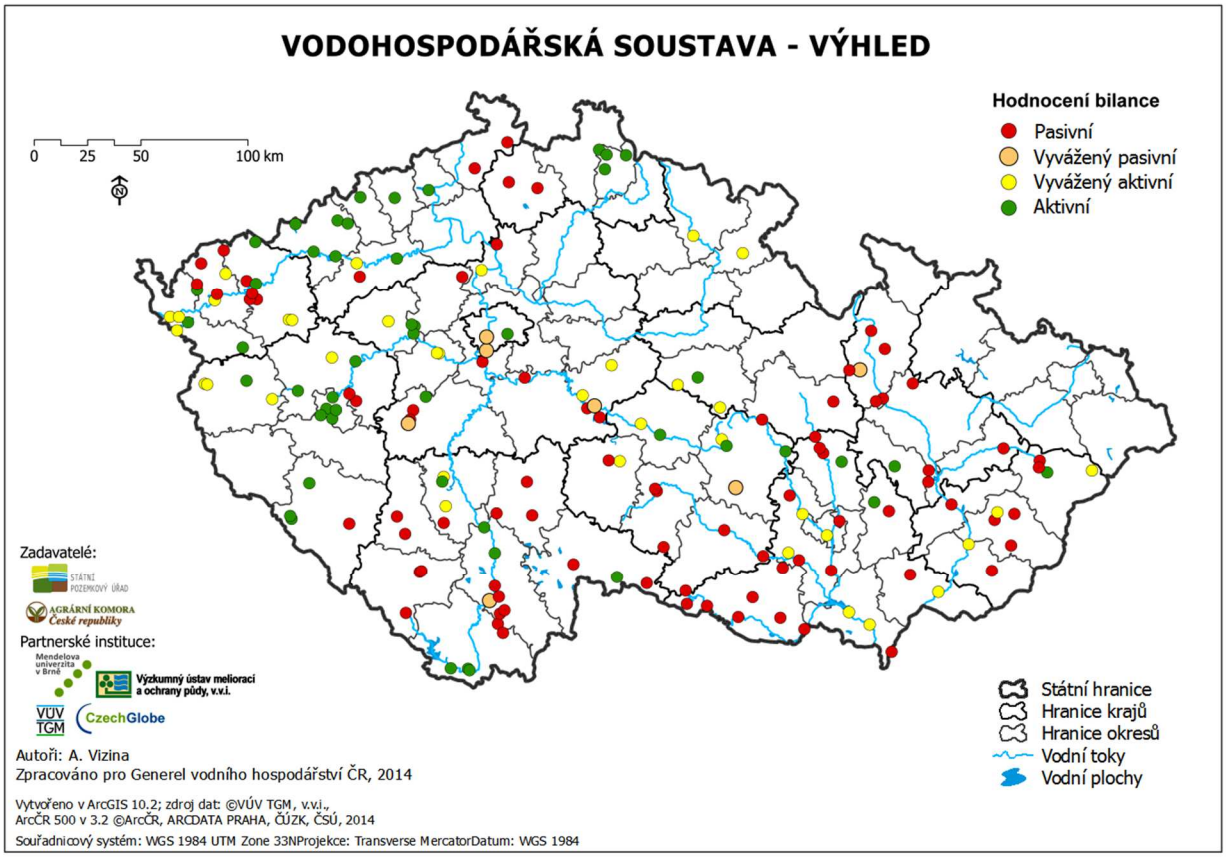
Možný nepříznivý dopad klimatické změny na vodní zdroje je patrný zejména v dolním povodí Teplé, včetně zajištění vodárenských odběrů z vodní nádrže Stanovíce, částečně v povodí levobřežních přítoků Ohře v západní části oblasti povodí (Rolava, Svatava), v povodí Blšanky a Liboce a u pravobřežních přítoků Labe (Ploučnice, Liběchovka, Kamenice, Pšovka), včetně zajištění vodárenských odběrů z vodní nádrže Chřibská (Chřibská Kamenice). Naopak dostatečně jsou zajištěny požadavky na odběry a minimální průtoky v profilech vodních nádrží Mariánské Lázně, Jesenice, Horka, Myslivny, v nádržích vodohospodářské soustavy SHP, v nádržích Kadaň a Nechranice, ve vodohospodářské soustavě NOD, v nádrži Všechlapy a na samotném toku Ohře (Vyskoč *et al*., 2010).

Povodí Vltavy

Za současných hydrologických podmínek jsou požadavky na užívání vody a zachování minimálních průtoků dostatečně zabezpečeny s výjimkou menších problémů u aktivit zajišťovaných vodními nádržemi Pilská a Obecnice v oblasti povodí Berounky. Varianty vycházející ze scénářů klimatických změn ukazují, že mohou nastat situace, které by byly stávajícími zdroji vody neřešitelné. Požadavky na užívání vody a zajištění minimálních průtoků nejsou zajištěny u 24 % hodnocených profilů pro variantu RCAO-B2, u 51 % profilů pro variantu RCAO-A2, u 63 % profilů pro variantu HIRHAM-B2 a 73 % profilů pro nejnepříznivější variantu HIRHAM-A2. Z dalších významných nádrží je na tom nejlépe vodní nádrž Lipno I, nejhůře vodní nádrž Švihov. Nádrže Orlík a Slapy jsou v tomto ohledu přibližně rovnocenné (Kašpárek et al., 2007).



Mapa 2.13: Současný stav vodohospodářské soustavy



Mapa 2.2: Výhledový stav vodohospodářské soustavy k období 2071-2010

- **Kapitola navazuje na kapitolu 2.1.3.1.**
- **Byla by vhodná aktualizace výsledků na aktuálních simulacích klimatických modelů (především emisních scénářů RCP).**
- **Provedení sjednocení výsledků pro Českou republiku.**
- **Volba podrobnějšího časového rozlišení, a to především v období nedostatku vodních zdrojů.**

Autoři: *Ing. Adam Vizina, Ph.D., Ing. Ladislav Kašpárek, CSc., Ing. Petr Vyskoč (všichni VÚV T.G.M)*

LITERATURA:

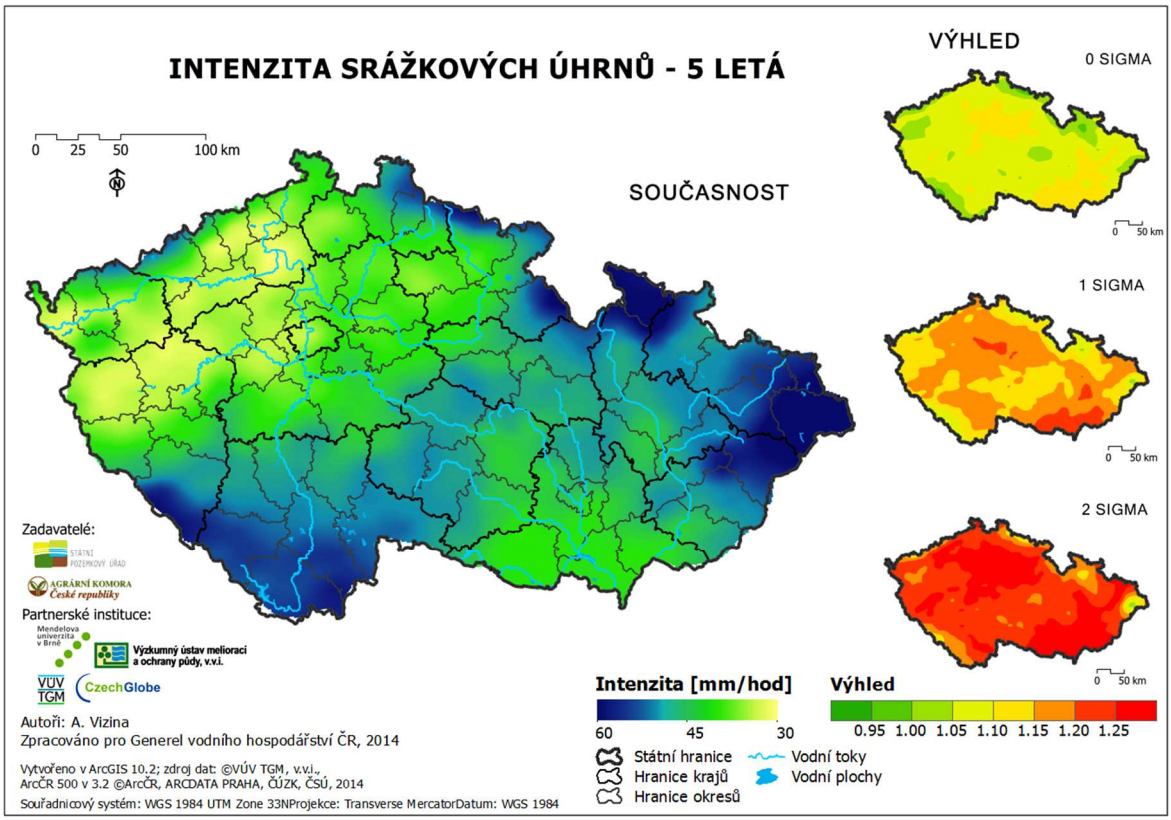
1. Drbal, K. et al. (2008): Studie posouzení dopadů klimatické změny na vodohospodářskou soustavu v povodí Moravy, závěrečná zpráva, VÚV T.G.M.
2. Kašpárek, L. et al. (2007): Posouzení dopadů klimatické změny na vodohospodářskou soustavu na povodí Vltavy, závěrečná zpráva, počet stran: 155, VÚV T.G.M.
3. Kašpárek, L. et al. (2008): Posouzení dopadů klimatické změny na vodohospodářskou soustavu na povodí Labe, závěrečná zpráva, počet stran: 69, VÚV T.G.M.
4. POPOd (2010): Plán oblasti povodí Odry 2010-2015.
5. Vyskoč, P. et al. (2010): Výhledová studie potřeb a zdrojů vody v oblasti povodí Ohře a Dolního Labe, závěrečná zpráva, VÚV T.G.M.

2.1.2 Intenzita srážek a jejich časoprostorová distribuce

- **Hlavním výstupem jsou mapy s intenzitou a průměrným srážkovým úhrnem dobou opakování 5 let pro současné a výhledové podmínky.**
- **Větší změny (poměru) intenzity srážkových úhrnů se dle simulací očekávají v Polabí a na jižní Moravě.**

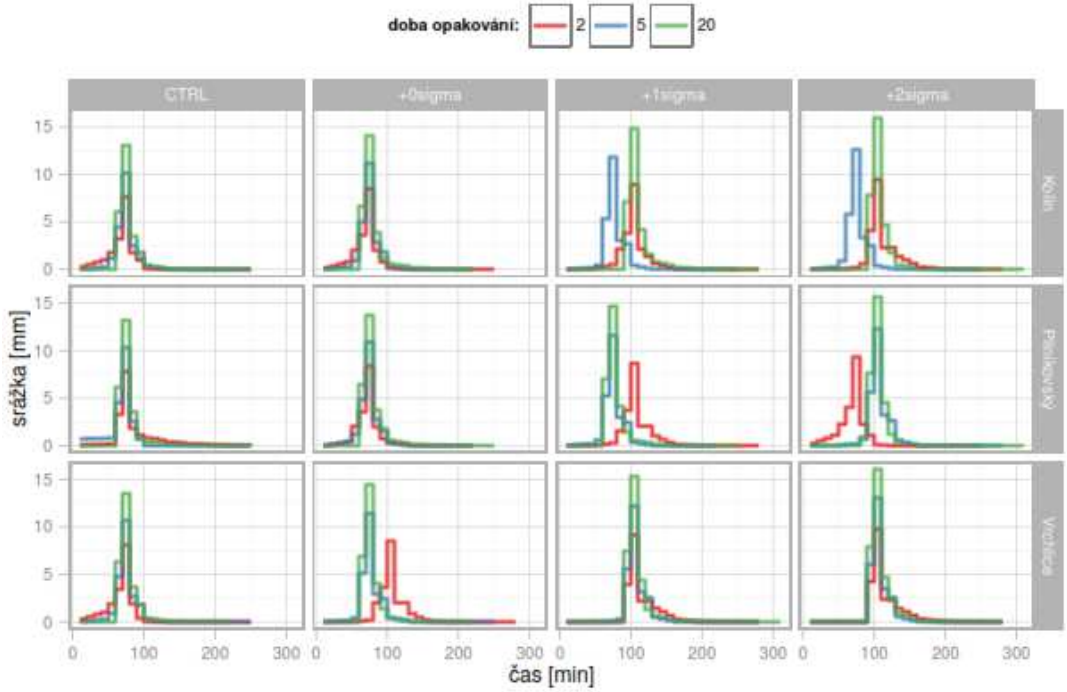
Z různých datových zdrojů byly získány simulace regionálních klimatických modelů v hodinovém rozlišení pokrývající období 1980-2010, 2020-2049 a 2070-2099. První období zhruba odpovídá období, pro které byly k dispozici měřená data (1989-2003). Na pozorovaných datech byla provedena standardní kontrola kvality. Prostorové rozlišení je pro různé simulace odlišné (10, 15, 25 nebo 50 km). Část simulací byla vytvořena v rámci EU projektu ENSEMBLES, část v rámci navazujícího projektu CORDEX. Hlavním rozdílem mezi výstupy z těchto projektů, je využití různých scénářů koncentrací skleníkových plynů: zatímco projekt ENSEMBLES využíval emisní scénáře SRES (konkrétně SRES A1B), simulace z projektu CORDEX již pracují se scénáři koncentrací RCP. Pro každou simulaci a každý výpočetní bod byly identifikovány erozivní srážkové události dle standardní metodiky pro stanovení eroze (Wischmeier, 1978). Pro každou z těchto událostí byl spočítán průměrný úhrn srážek, průměrná intenzita srážkových úhrnů, maximální 60 min intenzita a kinetická energie dle vzorce, který navrhuje (Van Dijk, 2002). Srážková událost je definována: (1) minimálním úhrnem 12,7 mm, (2) intenzitou 6,35 mm za 15 minut a (3) mezi událostmi je prodleva minimálně 6 hodin.

Na mapě 2.3 je zobrazena 5letá intenzita srážkových úhrnů pro současné a výhledové podmínky (2020-2050) ve třech variantách. Varianta 0 SIGMA reprezentuje střed ensemblu klimatických modelů a varianty 1 SIGMA a 2 SIGMA odpovídají extrémnějším dopadům. Současnost je zde prezentována v absolutních hodnotách v $mm \cdot hod^{-1}$, výhledová období relativní změnou (scénář/současnost), kdy změny pro variantu 0 SIGMA se pohybují v rozmezí 0,92-1,15 a vyšší hodnoty se nacházejí v Polabí a na jižní Moravě.



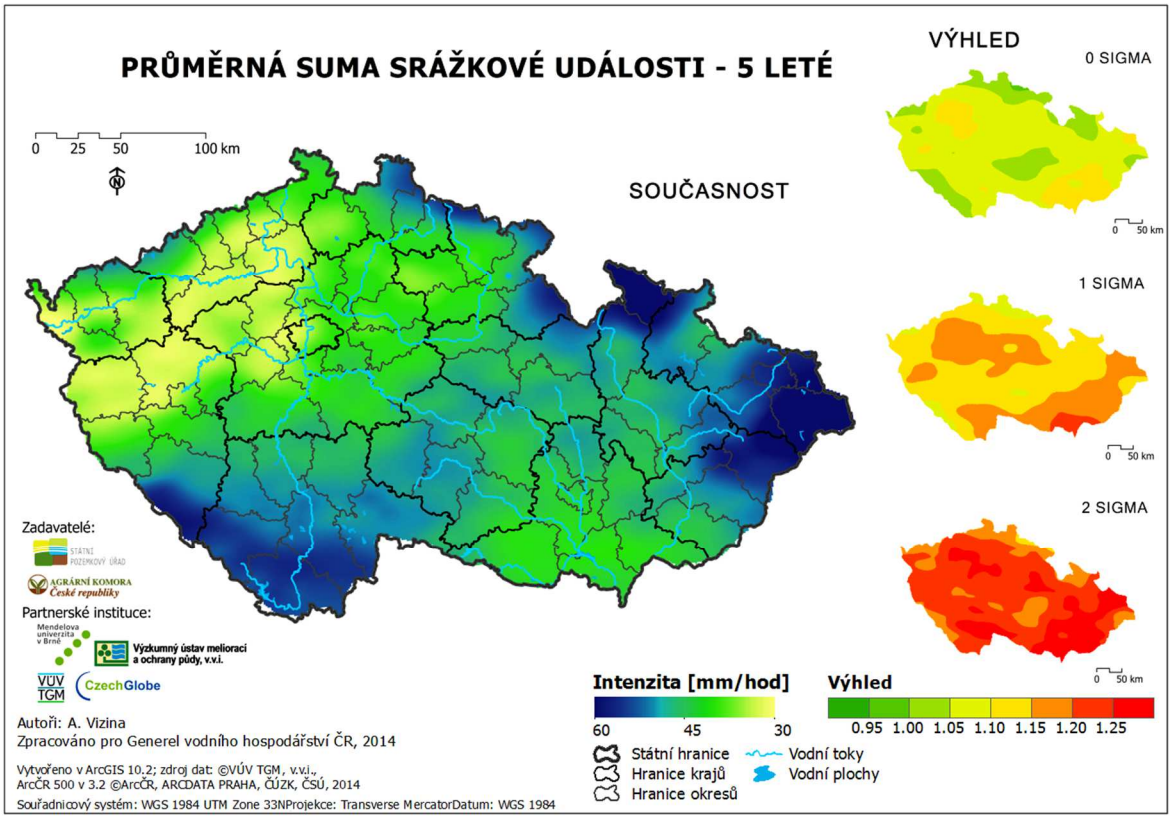
Mapa 2.3: 5-letá průměrná intenzita srážkové události

Na Obr. 2.1 jsou zobrazeny hyetogramy srážkových událostí s dobou opakování 2, 5 a 10 let pro vybraná povodí Kolín, Vrchlice a Pilníkovský potok. Výsledky jsou zobrazeny pro současnost (CTRL) a výhledová období.



Obr. 2.1: Hyetogramy srážkových událostí

Analogicky s intenzitou srážek jsou zobrazeny na Mapě 2.4 průměrné 5leté sumy jednotlivé srážkové události. Hodnoty pro současnost se pohybují v rozmezí 17,6-32,3 mm a nejnižší jsou ve srážkovém stínu Krušných hor.



Mapa 2.4: 5letá průměrná suma srážkové události

- **Kapitola vychází z řešení projektu *"VG20122015092 Erozní smyv – zvýšené riziko ohrožení obyvatel a jakosti vody v souvislosti s očekávanou změnou klimatu"*.**
- **Propojení výpočetní databáze s automatickými meteorologickými stanicemi s následnou homogenizací dat.**
- **Posouzení změn krátkodobých srážkových událostí v simulacích klimatických modelů umožňující fyzikální popis konvekce (tzv. convection permitting models).**

***Autoři**: Ing. Adam Vizina, Ph.D. (VÚV), doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D. (VÚV)*

LITERATURA:

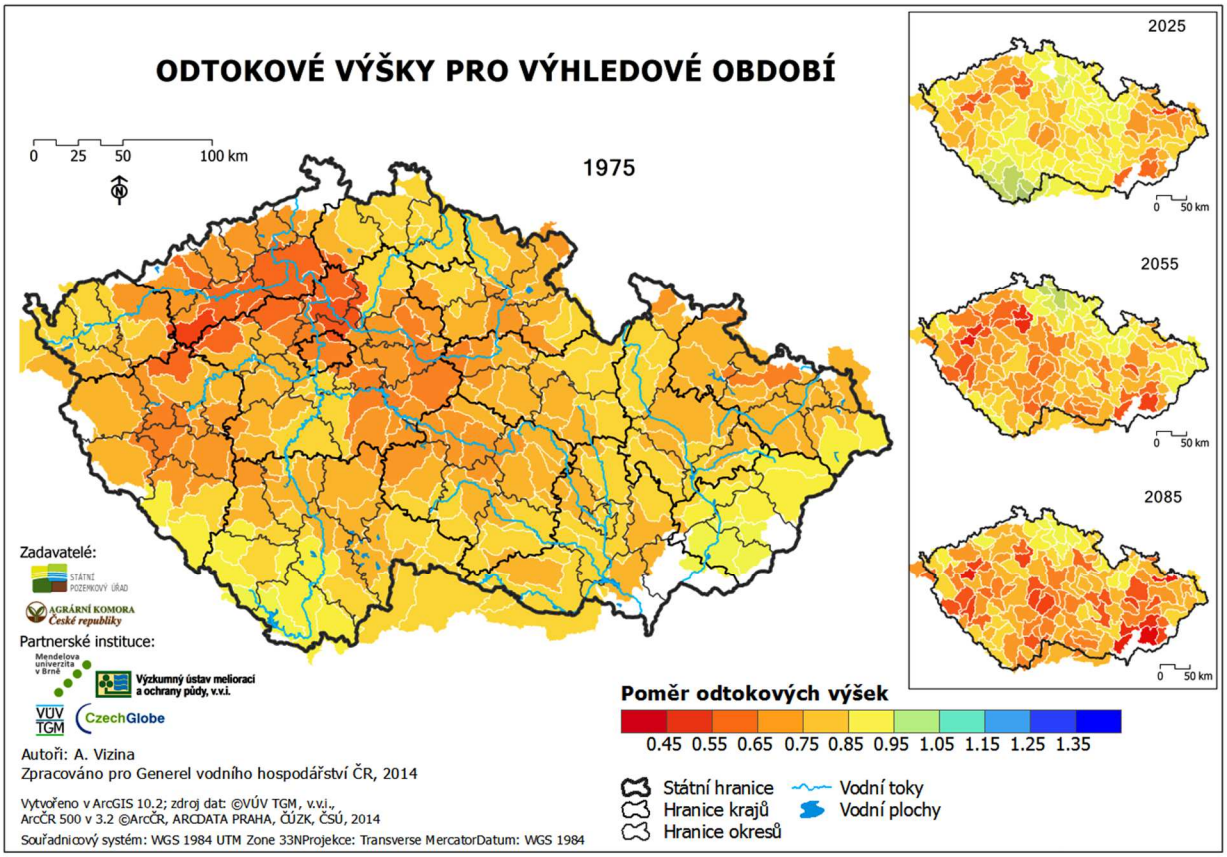
1. Van Dijk, A., Bruijnzeel, L., Rosewell, C. (2002): Rainfall intensity–kinetic energy relationships: A critical literature appraisal. Journal of Hydrology, 261(1), 1–23.
2. Wischmeier, W., Smith, D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. US Department of Agriculture, Washington DC, Agricultural Handbook, (537), 58.

2.1.3 Extrémní hydrologické jevy

- **Pokles odtoků pro výhledové horizonty 2025, 2055 a 2085 je způsoben především nárůstem teplot vzduchu (zvýšená evapotranspirace) a poklesem srážkových úhrnů v letních měsících.**
- **Mapa v kapitole zobrazuje výhledový stav průměrných odtoků pro výhledové období 2011-2040.**
- **Výsledky vycházejí z projektů TA02020320 (Hanel, 2014) a TA01020508 (Vizina, 2014).**

V současnosti existuje obrovská řada dostupných simulací globálních a regionálních klimatických modelů, jež je možné pomocí řady metod transformovat do scénářů změn klimatu. Z tohoto důvodu byly v rámci (Hanel, 2014) vytvořeny referenční scénáře změn klimatu s cílem poskytnout rámec zajišťující porovnatelnost jednotlivých studii dopadů změny klimatu v podobě jednoduché sady tři scénářů. Pro výběr bylo uvažováno 15 regionálních klimatických modelů (RCM) z projektu ENSEMBLES a simulace modelu ALADIN-CLIMATE/CZ provedena na ČHMU. Jako negativní scénář byla vybrána simulace ALADINCLIMATE/CZ, jež je typickým reprezentantem kategorie s nejvýraznějšími dopady a zároveň jako simulace, pro niž byla k dispozici korigovaná verze pomocí kvantilové metody. Jako relativně pozitivní scénář byla vybrána simulace REMO_EH5, která reprezentuje skupinu simulaci s nejméně negativními dopady a zároveň se v ní nevyskytuji abnormálně vysoké či nízké změny srážek a teploty pro jednotlivé měsíce. Jako střední scénář byl vybrán CLM_Q0 řízený modelem britského Hadley Centre. Simulace ALADIN-CLIMATE/CZ (rScen1) byla k dispozici již zkorigována pomoci kvantilové metody (korekce byla provedena Českým hydrometeorologickým ústavem). Stejnou metodou byly zkorigovány i simulace CLM_Q0 (rScen2) a REMO_EH5 (rScen3). Jako emisní scénář byl použit A1B (IPCC, 2000).

Průměrné roční relativní změny (scénář/současnost) odtoku ze souboru regionálních klimatických modelů pro výhledová období jsou uvedeny na Mapě 2.5. Obdobně byly zpravovány výsledky pro další referenční období a roční sezóny. Změny odtoku jsou konzistentní pro všechny časové horizonty – zpravidla můžeme konstatovat růst odtoku v zimním období a jejich pokles po zbytek roku a pro velkou část našeho území i v roční bilanci. K větším poklesům zpravidla dochází v jižní polovině našeho území. V roční bilanci se tak může podle simulací regionálních klimatických modelu očekávat pro časový horizont 2025 stagnaci odtoku v severní a západní části našeho území a pokles (většinou do 10 %) v jižní a jihovýchodní části republiky. Nicméně je nutno konstatovat, že tyto odhady (zejména nízký pokles letních a podzimních odtoků) nejsou zcela v souladu s pozorovanými změnami. To může být způsobeno nedokonalostí klimatických modelů. Druhým vysvětlením je, že odhadované změny klimatu pro toto období nejsou natolik výrazné (růst ročních srážkových úhrnu kolem 3 % a teplot kolem 1 °C), aby nemohly být převáženy přirozenou variabilitou srážek a teploty. Pro časové horizonty 2055 a 2085 je možno jasně rozlišit období růstu odtoku v zimě (většinou 5-10 %, místy 20 % i více) a poklesu v ostatních obdobích, nejvíce v létě (20-40 %), v roční bilanci zpravidla 5-20 %. Rozdíly mezi horizonty 2055 a 2085 nejsou tak významné jako mezi horizonty 2025 a 2055, což je pravděpodobně způsobeno množstvím emisí odhadovaných podle použitého emisního scénáře.



Mapa 2.5: Odtokové poměry pro výhledová období

- **Kapitola je podkladem pro kapitolu 2.2.7 "Současná a očekávaná dostupnost vodních zdrojů".**
- **Výsledky vyházejí z projektu TA02020320 „Podpora dlouhodobého plánování a návrhu adaptačních opatření v oblasti vodního hospodářství v kontextu změn klimatu“ a jeho metodiky.**
- **Pro podrobnější vyhodnocení (větší množství povodí) dopadů změn klimatu na odtokové poměry, především v lokalitách, kde se očekává dopad s většími následky.**

Autoři: *Ing. Adam Vizina, Ph.D. (VÚV), doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D. (VÚV)*

LITERATURA:

1. Hanel, M. et al. (2014): Podpora dlouhodobého plánování a návrhu adaptačních opatření v oblasti vodního hospodářství v kontextu změn klimatu. Průběžná zpráva 2014. TA02020320.
2. IPCC (2000): Special Report on Emissions Scenarios – SRES. http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf.
3. Vizina, A. et al. (2014): Udržitelné využívání vodních zdrojů v podmínkách klimatické změny. Průběžná zpráva 2014. TA0102508.

2.1.3.1 Erozní poměry

Klimatické změny se projeví pravděpodobně zvýšením extrémních projevů počasí, tedy i srážkových úhrnů. Lze očekávat změny nejen v četnosti výskytu erozně nebezpečných dešťů, ale též v sezonalitě jejich výskytu v jednotlivých měsících, vydatnosti, intenzitě a době trvání. Z hlediska ohrožení půd vodní erozí by mohlo být naopak příznivé mírné oteplení prostředí a nižší intenzita sněhových srážek. Rychlé tání sněhu v předjarním období má totiž na erozní procesy značný vliv. Kromě změny intenzity a množství srážek mohou mít klimatické změny vliv i na jednotlivé faktory, které erozi ovlivňují (např. vliv na vegetační kryt a vlastnosti půd). Nejvíce bude očekávanou klimatickou změnou ovlivněna pravděpodobně vlhkost půdy, která má vliv na infiltrační schopnost půdy a tím i na povrchový odtok.

Pro potřeby generelu je pro popis současného stavu využit faktor erozní účinnosti srážek R=40 $N \cdot ha^{-1}$, a to na základě pokynu ústřední ředitelky Státního pozemkového úřadu čj.: 554682/2014-1184/Ma. Otázka současného R-faktoru pro Českou republiku byla během roku 2014 aktivně diskutována v celé české komunitě odborníků zabývajících se výzkumem eroze a protierozní ochranou (Kobzová ed., 2014). V současné době existují minimálně 2 podklady, které umožňují odhadnout skutečný aktuální R-faktor pro ČR (Dostál et al., 2014):

- R-faktor odvozený ve VÚV T.G.M., v. v. i. Hanelem (2013) v rámci projektu zaměřeného na rizika ohroženosti intravilánu erozí při klimatické změně. Hanel mapu odvodil původní metodikou Wischmeiera s novějším určením kinetické energie deště dle Van Dijka et al. (2002) z ombrogramových záznamů z období 1989-2003. Výpočet byl proveden pro 96 ombrografických stanic, průměrná hodnota pro ČR z uvedené mapy činí 64 ($N \cdot ha^{-1}$).
- Vyhodnocení bylo provedeno ČHMÚ ve spolupráci s ČVUT v Praze a VÚMOP, v.v.i. za období 2002-2013. K analýze byla použita databáze ČHMÚ ze sítě 245 automatických stanic měřících parametry srážek v 1 minutovém kroku. Zpracovány byly srážkové intenzity dostupné v databázi Clidata v prosinci 2012. Po všech kontrolách výpadků a analýze dat bylo k přímému výpočtu R-faktoru využito 106 stanic, zbylé stanice byly využity pro interpolační doplnění chybějících hodnot u vybraných stanic v případě chyb v datech v některých letech. Výsledkem je podrobná mapa R-faktoru pro období 2003-2012 ukazující na poměrně výrazné regionální rozdíly v R-faktoru na území ČR (Mapa 2.6). Hodnoty průměrného R-faktoru v řešených stanicích se pohybují v rozmezí 37-239 ($N \cdot ha^{-1}$), nicméně hodnoty přesahující 100 se vyskytují výhradně v horských stanicích (s výjimkou stanice Radostín nedaleko Žďárských vrchů). Hodnoty v mapě se proto pohybují v rozmezí 40-110 ($N \cdot ha^{-1}$).

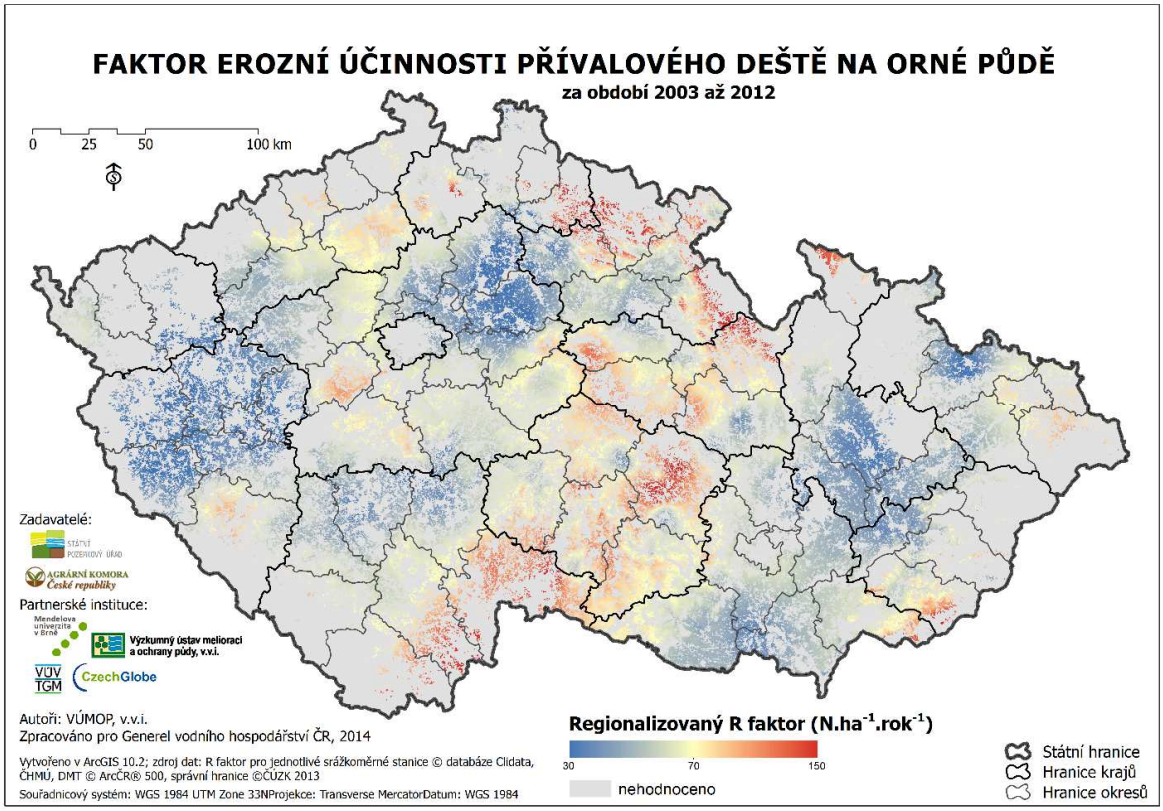
Pro zpracování kapitoly týkající se Predikce negativních dopadů změny klimatu na erozní poměry, se tedy nabízí využít vyhodnocení provedené ČHMÚ ve spolupráci s ČVUT v Praze a VÚMOP, v.v.i. za období 2002-2013.

Dále je možné využít dílčího výstupu úkolu NAZV QJ1230056 „Vliv očekávaných klimatických změn na půdy České republiky a hodnocení jejich produkční funkce“. V rámci tohoto úkolu bylo připraveno několik verzí map faktoru ochranného vlivu vegetace C, všechny testované přístupy výpočtu hodnoty C-faktoru pro modelový rok 2050 však potvrdily, že hodnoty oproti současnosti budou narůstat.

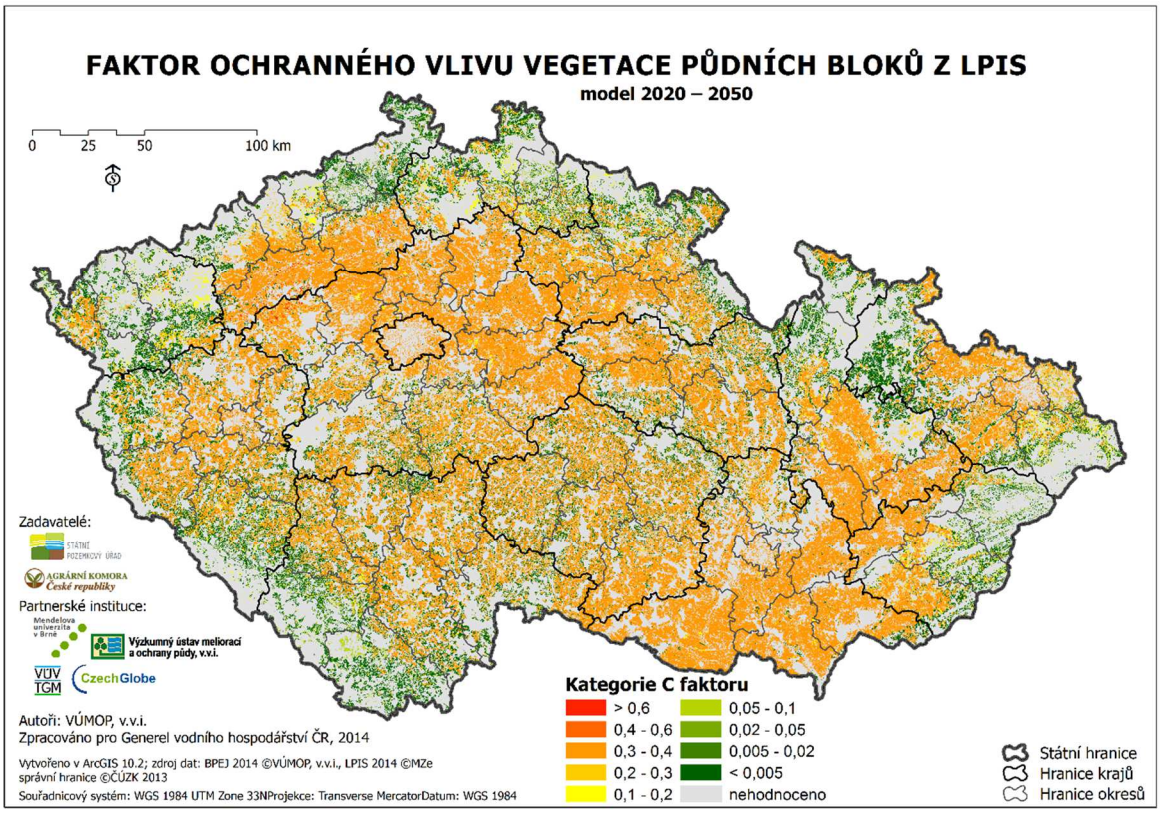
- Při uvažování optimálních osevních postupů a změn zastoupení plodin podle změny klimatických regionů, narůstají hodnoty o desítky procent (někde ale i o 50 a více procent). Tyto výrazné změny C-faktoru nastávají v podhorských oblastech a na Vysočině. Tam, pokud se nachází zemědělská půda, dochází se změnou klimatu ke změně podmínek pro pěstování zemědělských plodin v tom smyslu, že předpokládáme zvýšení podílu osevních ploch plodin s vyšší hodnotou C-faktoru, zejména v neprospěch trvalých travních porostů.
- V případě stanovení C faktoru dle současného skutečného zastoupení plodin a předpokladu,

že se jejich zastoupení v budoucnu nebude výrazně měnit, je nárůst hodnot nižší, a to maximálně o 20 %.

Vzhledem k tomu, že na rozložení osevních ploch v rámci ČR má vliv také řada jiných faktorů než pouze klimatických, např. vlivy ekonomické (světová tržní cena zemědělských produktů, paliv i jiných surovin) i politické (státní intervence, politika EU), a se znalostí strategických dokumentů EU i ČR, kdy lze usuzovat, že i v následujících dvou programovacích obdobích budou trvalé travní porosty chráněny proti rozorání, považujeme za vhodnější pro analýzu zvolit druhý postup (Mapa 2.7).



Mapa 2.6: Regionalizovaný faktor erozní účinnosti přívalového deště na orné půdě za období 2003 až 2012



Mapa 2.7: Faktor ochranného vlivu vegetace půdních bloků vedených v LPIS – model 2020 – 2050

Ohroženost půdy vodní erozí v rámci predikce negativních dopadů změny klimatu na erozní poměry je vyjádřena pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy USLE (Wischmeier, Smith, 1978) s využitím regionalizovaného faktoru erozní účinnosti srážek (Rožnovský *et al.*, 2013) a Mapy C-faktoru půdních bloků vedených v LPIS - model 2020- 2050 (Mistr *et al*., 2015).

Ohroženost půdy vodní erozí je pak vyjádřena jako Maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace (Tab. 2.1, Mapa 2.8), Kategorie erozního ohrožení půd (Tab. 2.2, Mapa 2.8) a na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu Stupně erozního ohrožení půd (Tab. 2.3, Mapa 2.8).

Maximální přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace C_p slouží jako podklad určující vhodný rámcový způsob hospodaření na půdních blocích nebo jejich částech, při kterém ještě nedochází k projevům nadlimitní ztráty půdy vodní erozí.

Třídy erozního ohrožení vychází z výpočtu dlouhodobého průměrného smyvu půdy s využitím faktoru ochranného vlivu vegetace pro období 2020-2050 (Mistr *et al.*, 2015). Jednotlivé třídy vycházejí z upravené kategorizace podle Dýrové (VÚT Brno, 1988) s ohledem na přípustnou průměrnou roční ztrátu půdy G_p.

Stupně erozního ohrožení vycházející ze tříd erozního ohrožení zohledňují i přípustnou průměrnou roční ztrátu půdy G_p. Stupně tak kategorizují území podle x-násobku překročení hodnot přípustného erozního smyvu.

Přípustná hodnota C_p	**Doporučený rámcový management**	**Zastoupení (%)**	**Výměra (ha)**
do 0,005	převedení na trvalé travní porosty	0,08	1 895
0,005-0,02	pěstování jetele, vojtěšky	2,82	69 681
0,02-0,2	vyloučení pěstování erozně nebezpečných kultur	52,69	1 300 780
0,2-0,6	erozně nebezpečné kultury jen s půdoochrannými technologiemi	16,07	396 640
nad 0,6	bez omezení	13,05	540 975
Celkem	–	**100,00**	**2 468 524**

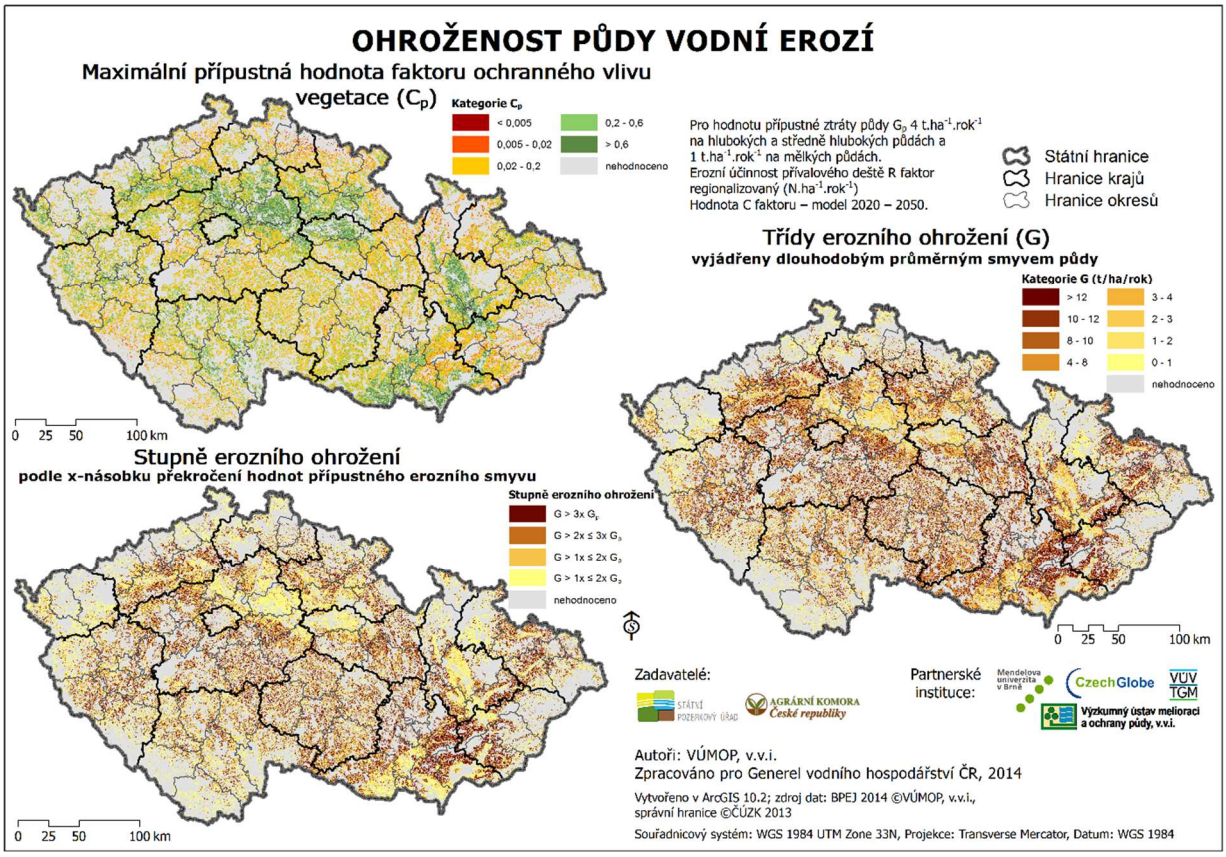
Tab. 2.1: Ohroženost vodní erozí na orné půdě vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace C_p (použit regionalizovaný R faktor)

Hodnoty dlouhodobé průměrné ztráty půdy (G) [t/ha/rok]	**Zastoupení (%)**	**Výměra (ha)**
více než 12	26,26	1 085 837
10-12	4,17	172 292
8-10	5,24	216 846
4-8	16,77	693 472
3-4	5,69	235 296
2-3	6,18	255 739
1-2	8,05	332 745
méně než 1	27,65	1 143 416
Celkem	**100,00**	**4 135 644**

Tab. 2.2: Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí vyjádřená dlouhodobým průměrným smyvem půdy (použit regionalizovaný R faktor a C faktor pro 2020-2050)

Překročení G_p (v násobku)	**Zastoupení (%)**	**Výměra (ha)**
$G > 3x\ G_p$	27,62	1 142 463
$G > 2x \leq 3x\ G_p$	9,41	389 138
$G > 1x \leq 2x\ G_p$	16,69	690 155
$G \leq 1x\ G_p$	46,28	1 913 890
Celkem	**100,00**	**4 135 646**

Tab. 2.3: Stupně erozního ohrožení půd na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu v roce (upraveno podle: Dýrová, 1988)



Mapa 2.8: Ohroženost půdy vodní erozí vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace, tříd erozního ohrožení a stupňů erozního ohrožení půd na území ČR

- **V současném řešení chybí zahrnutí vlivu změny klimatu na faktor erodovatelnosti půdy K, toto téma je v současné době řešeno NAZV QJ1230056 „Vliv očekávaných klimatických změn na půdy české republiky a hodnocení jejich produkční funkce“.**

LITERATURA:

- Dostál, T. et al. (2014): Vliv očekávaných klimatických změn na půdy v ČR a hodnocení jejich produkční funkce. Výzkumná zpráva, Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství.
- Hanel, M. (2013): Erozní smyv – zvýšené riziko ohrožení obyvatel a jakosti vody v souvislosti s očekávanou změnou klimatu. Informace autora – nepublikovaný výpočet v rámci projektu VG20122015092, VÚV TGM, Praha.
- Janeček, M. et al. (2012): Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha, Fakulta životního prostředí. ISBN 978-80-87415-42-9, 113 s.
- Kobzová, D., (ed) (2014): Zápis z jednání, předmět: Prezentace mapy „Regionalizace faktoru erozní účinnosti deště, místo konání: VÚMOP, v.v.i., 21.7.2014.
- Mistr, M. et al. (2015): Mapa faktoru ochranného vlivu vegetace půdních bloků vedených v LPIS - model 2020 - 2050: mapa s odborným obsahem, výstup projektu QJ1230056, Praha, VÚMOP, v.v.i.
- Rožnovský, J., Středová, H., Středa, T. (2013): Analýza souboru podkladů k určení a výpočtu R faktoru, přehled dosavadních postupů, výzkumná zpráva, ČHMÚ, Brno.
- Van Dijk, A., Bruijnzeel, L., Rosewell, C. (2002): Rainfall intensity–kinetic energy relationships: A critical literature appraisal. Journal of Hydrology, 261(1), 1–23.
- Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. Agr.Handbook No.537, US Dept.of Agriculture, Washington.

2.1.4 Změna komplexu půdních vlastností

2.1.4.1 Změna půdního klimatu

- **Půdně klimatický režim ČR se v podmínkách změny klimatu bude vyvíjet směrem k sušším půdně klimatickým režimům.**
- **Dramaticky poklesne rozsah půdně klimatických režimů s pozitivní srážkovou bilancí, a to bez ohledu na zvolený scénář změny klimatu.**
- **Nástup sušších půdně klimatických režimů postihne postupně všechny klíčové produkční oblasti ČR, nicméně dynamika tohoto postupu závisí na konkrétním scénáři změny klimatu.**
- **Zásadním způsobem (a to o řád) stoupá pravděpodobnost ročníků s výskytem téměř absolutního nedostatku pro rostliny dostupné vláhy.**

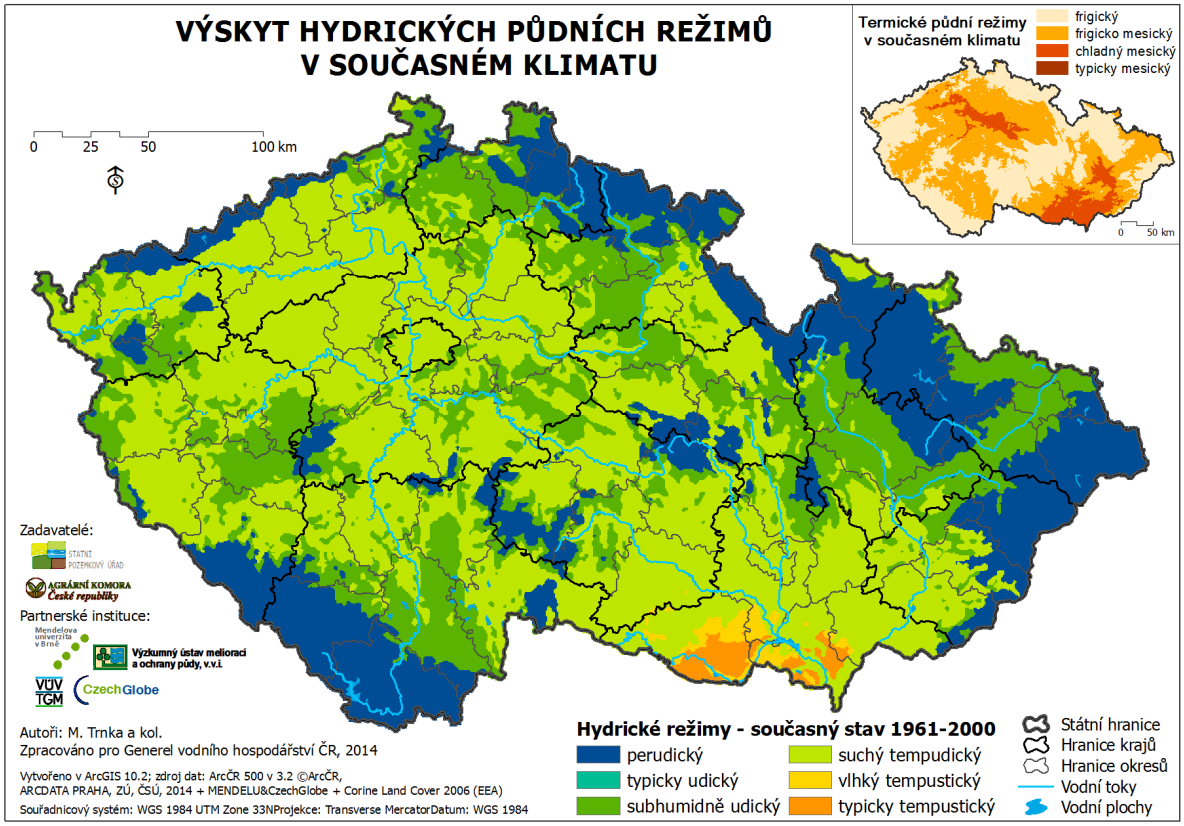
Půda, jeden ze základních předpokladů zemědělství, prochází neustálým dynamickým vývojem a nelze ji vnímat jako statický útvar. Vlhkostní a teplotní režim půd nejen výrazně ovlivňuje samotný proces vzniku půdy, ale závisí na něm téměř všechny klíčové biologické, chemické a fyzikální procesy, které v půdě probíhají (např. Cook, 1983) včetně např. rychlosti mineralizace dusíku či emisí skleníkových plynů z půdy. Pochopitelně na půdně klimatickém režimu závisí i charakter pěstovaných plodin, ale také složení edafonu či výskyt a rozvoj některých chorob a škůdců.

Identifikace jednotlivých půdně klimatických režimů využitá v této práci vychází z klasifikace United States Department of Agriculture (USDA) (Soil Survey Staff, 1975). Půdně vlhkostní (hydrické) režimy popisují přítomnost nebo absenci půdní vody dostupné pro rostliny ve specifických půdních horizontech v průběhu definovaných období roku (Soil Survey Staff, 1975). K tomuto účelu byl ve spolupráci Mendelovy univerzity v Brně a Centra výzkumu globální změny AV ČR (dnes Ústav výzkumu globální změny AV ČR) vyvinut model SoilClim, který byl následně aplikován pro potřeby této studie na území ČR. V této studii vychází analýza půdního klimatu z denních pozorovaných meteorologických dat z období 1961-2000 na 125 stanicích v ČR a 20 stanicích v Rakousku. Rakouské stanice byly využity pro testování krajových (hraničních) efektů pro výběr správné interpolační techniky a validaci systému v podmínkách, které se v ČR doposud nevyskytují. Kvalitní klimatologická data byla doplněna informacemi o retenční schopnosti půd založené na kombinaci několika zdrojů (Trnka *et al.*, 2013), přičemž model bral v úvahu skutečný krajinný kryt (EEA, Copenhagen, 2007) a charakteristiku terénu (Farr *et al.*, 2007). V případě orné půdy bylo uvažováno, že je v daném pixelu pěstována ozimá pšenice, jarní ječmen a kukuřice v poměru 50:40:10 % plochy.

Z celkového počtu 12 půdně klimatických režimů se na našem území v období 1961-2000 vyskytovalo 5. Jejich detailnější popis je součástí Tab. 2.4. Dominantním režimem v tomto období byl tzv. suchý tempudický režim (49 % území), který se vyznačuje příznivými vlhkostními poměry po většinu roku. Tento režim pokrýval spolu s dalšími dvěma relativně vlhkými půdně klimatickými režimy, tj. subhumidně udickým (27 %) a perudickým (22 %), naprostou většinu území. Jak je zřejmé z Mapy 2.9, v oblastech s perudickým půdně klimatickým režimem se nacházejí pramenné oblasti většiny našich řek. Naopak relativně suché tempustické režimy reprezentovaly v období 1961-2000 méně než 2% území a defacto zahrnovaly pouze nejsušší části jižní Moravy. Je třeba ale zdůraznit, že i některé oblasti v severozápadních Čechách (Žatecko, Lounsko a Rakovnicko) se hodnotám tempustického režimu výrazně blíží, zejména pokud uvažujeme období 90. let minulého století. Z časového hodnocení je patrná tendence k nárůstu výskytu sušších půdně klimatických režimů. Tento trend je vysledovatelný na většině našeho území v posledních 50 letech a nabývá potenciálně velmi znepokojivých rozměrů v relativně blízké budoucnosti.

Režim	Základní popis vlhkostních klimatických režimů s výskytem na území ČR
Perudický	Rozdíl mezi dlouhodobými průměry srážek a referenční evapotranspirací je ve všech měsících včetně letních vyšší než 0 mm
Typický udický	Rozdíl mezi ročním úhrnem srážek a referenční evapotranspirací se pohybuje mezi 175-449 mm a současně počet dní, ve kterých je půdní profil nasycen na více než 2/3 své retenční schopnosti, je alespoň 330.
Subhumidně udický	Rozdíl mezi ročním úhrnem srážek a referenční evapotranspirací je menší než 175 mm a současně počet dní, ve kterých je půdní profil nasycen na více než 2/3 své retenční schopnosti, je alespoň 330.
Suchý tempudický	Počet dní, ve kterých je půdní profil nasycen na více než 2/3 své retenční schopnosti, se pohybuje mezi 171 a 229.
Vlhký tempustický	Počet dní, ve kterých je půdní profil nasycen na více než 2/3 své retenční schopnosti, je menší než 270. Současně je podíl suchých dnů s půdní teplotou (v hloubce 0,5 m) nad 5°C k celkovému počtu dní s teplotou půdy nad 5°C menší než 50 %, přičemž nejdelší zaznamenané období s kritickým nedostatkem vláhy po letním slunovratu nepřekročilo 45 dní.
Typický tempustický	Počet dní, ve kterých je půdní profil nasycen na více než 2/3 své retenční schopnosti, je menší než 270. Současně podíl suchých dnů s půdní teplotou (v hloubce 0,5 m) nad 5 °C k celkovému počtu dní s teplotou půdy nad 5 °C je menší než 50 %, přičemž nejdelší zaznamenané období s kritickým nedostatkem vláhy po letním slunovratu bylo delší než 45 dní.

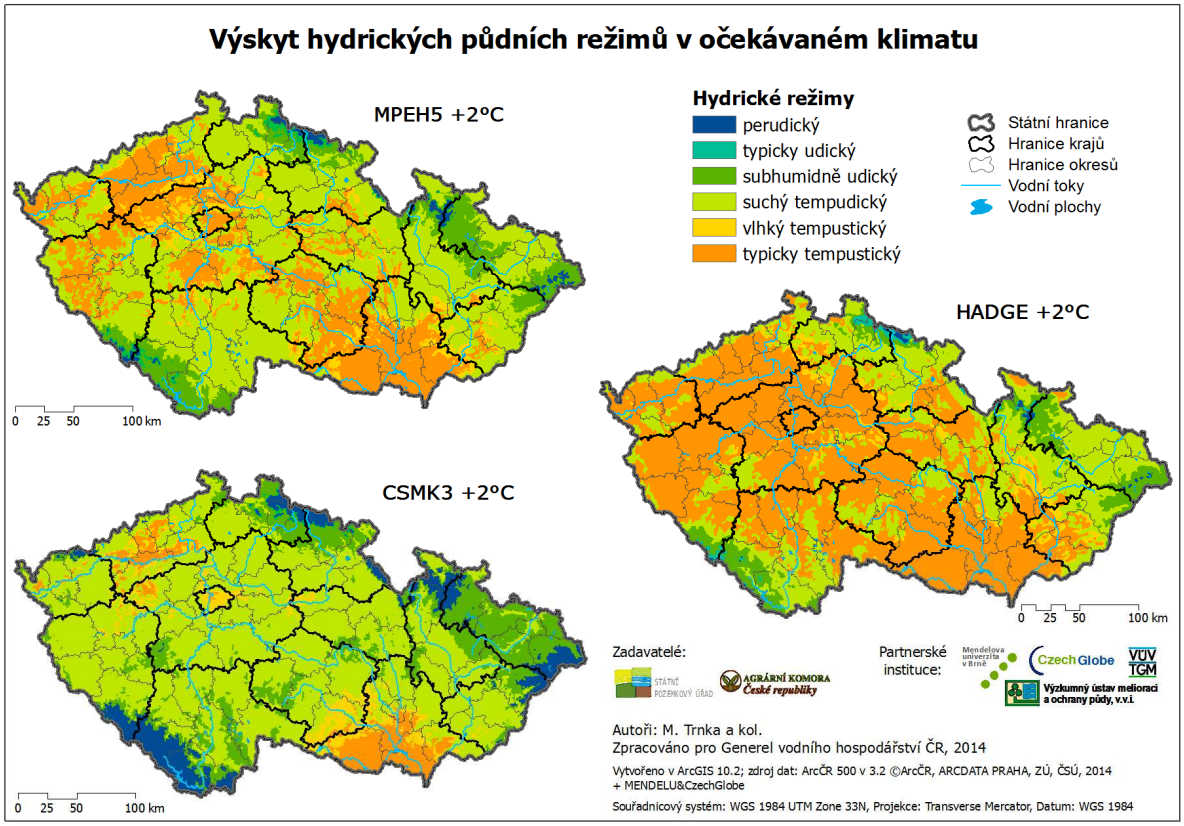
Tab. 2.4: Popis základních kritérií pro definici půdně klimatického vlhkostního režimů



Mapa 2.9: Půdní klima v období 1961-2000 reprezentované vlhkostními (hydrickými) a teplotními (termickými) režimy

Při udržení současného tempa růstu emisí tzv. skleníkových plynů (zejména CO_2) lze realisticky očekávat zvýšení globální teploty o 2°C oproti období 1961-2000 v horizontu roku 2050. Mapa 2.10 ukazuje, k čemu takováto změna klimatických podmínek může vést v případě půdně klimatických režimů. V současné době existuje více než 30 globálních cirkulačních modelů, z nichž modely HadGE (Velká Británie) a MPEH5 (Německo) se výhledově jeví jako modely dobře vystihující dlouhodobé chování klimatického systému

ve střední Evropě, přičemž třetí zvolený model reprezentuje tu skupinu modelů, které jsou z pohledu vodní bilance pro střední Evropu pozitivnější. Jak vidno, všechny modely se shodují na zásadní redukci rozsahu perudického a vlhkých udických půdně klimatických režimů. Frekvence perudického režimu se snižuje na polovinu až jednu patnáctinusoučasných hodnot. Současně klesá frekvence subhumidně udického režimu na 1/3 až 1/2. Výrazný nárůst zaznamenává zejména typický temustický režim, který v současné době zaujímá méně než 1 %. Právě tento režim se podle modelu HadGE stává dominantní (56 %), zatímco podle odhadů zbývajících 2 modelů by dominantním režimem měl být suchý tempudický půdně klimatický režim (51-54 %).



Mapa 2.10: Odhadované půdní klima za předpokladu zvýšení globální teploty o cca 2 °C oproti období 1961-2000 reprezentované vlhkostními (hydrickými) režimy pro 3 globální cirkulační modely

Navíc v regionech, které již v současnosti vnímáme jako suché, zásadně narůstá pravděpodobnost výskytu sezónního vyčerpání dostupné půdní vláhy (v letních měsících), jež je poměrně typické pro středomořské klima.

Evidentní a všem scénářům společný je úbytek rozsahu perudického režimu, což se jeví jako problematické pro horní toky všech našich řek. Bez ohledu na použitý cirkulační model se suché půdně klimatické režimy nacházejí na jihovýchodě a severozápadě ČR. Obecně platí, že oblast severních Čech a zejména střední a severní Moravy se jeví býti ohrožena méně, než jih území.

- **Tato kapitola tvoří nedílný celek s kapitolami v částech 2.1 a 2.2. Detaily metodického postupu jsou k dispozici v práci Trnka et al. (2013).**
- **Studium půdně klimatického režimu bylo doposud prováděno pouze pro období 1961-2000. Jako vhodné se jeví porovnání vývoje půdně klimatického režimu mezi léty 1961-1990 vs. 1991-2015, kdy existuje možnost spolupráce s partnery ve VÚMOP a dalších institucí v celém rozsahu ověřit modelované tendence a zejména jejich reálné důsledky.**

LITERATURA:

1. Cook BI, Miller, RL, Seager, R (2009) Amplification of the North American "Dust Bowl" drought through human-induced land degradation. Proc Natl Acad Sci USA 106: 4997-5001
2. Farr T.G., Rosen P.A., Caro E., Crippen R., Duren R., Hensley S., Kobrick M., Paller M., Rodriguez E., Roth L., Seal D., Shaffer S., Shimada J., Umland J., Werner M., Oskin M., Burbank D., Alsdorf D. (2007): The Shuttle Radar Topography Mission. Review of Geophysics, 45: RG2004. DOI:10.1029/2007JD008451
3. Newhall, F., Berdanier, C.R., (1996): Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. Soil Survey Investigations Report No. 46, National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service,
4. SOIL SURVEY STAFF, (1975): Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. USDA soil conservation service, Agric. Handbook No 436. US Gov´t Printing Office. Washington, D.C.
5. Trnka M, Kersebaum KC, Eitzinger J, Hayes M, Hlavinka P, Svoboda M, Dubrovský M, Semerádová D, Wardlow B, Pokorný E, Možný M, Wilhite D, Žalud Z. (2013): Consequences of climate change for the soil climate in Central Europe and the central plains of the United States. *Climatic Change*.

***Autoři**: prof. Ing. Mgr. Miroslav Trnka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), doc. Ing. Petr Hlavinka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe); Ing. Daniela Semerádová, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe); Dr. Ing. Martin Možný (ČHMÚ, MENDELU); prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe)*

2.1.4.2 Dopady klimatické změny na jednotlivé degradační faktory

- **Klimatické změny přinášejí extrémní projevy počasí (sucha a přívalové deště).**
- **Lze očekávat změny v četnosti výskytu erozně nebezpečných dešťů, v jejich vydatnosti, intenzitě a době trvání a také v sezonalitě jejich výskytu v jednotlivých měsících, což bude mít vliv i na intenzitu vodní eroze.**
- **Lze očekávat zvýšení intenzity větrné eroze na dlouhodobě vyschlé půdě.**
- **Klima ovlivňuje dynamiku půdního organického uhlíku – s vyššími teplotami souvisí intenzivnější mineralizace vedoucí k dehumifikaci až desertifikaci půdy.**

Vodní eroze: Klimatické změny se projeví pravděpodobně zvýšením extrémních projevů počasí, tedy i srážkových úhrnů. Lze očekávat změny nejen v četnosti výskytu erozně nebezpečných dešťů, ale též v sezonalitě jejich výskytu v jednotlivých měsících, vydatnosti, intenzitě a době trvání. Z hlediska ohrožení půd vodní erozí by mohlo být naopak příznivé mírné oteplení prostředí a nižší intenzita sněhových srážek. Rychlé tání sněhu v předjarním období má totiž na erozní procesy značný vliv. Kromě změny intenzity a množství srážek mohou mít klimatické změny vliv i na jednotlivé faktory, které erozi ovlivňují (např. vliv na vegetační kryt a vlastnosti půd). Nejvíce bude očekávanou klimatickou změnou ovlivněna pravděpodobně vlhkost půdy, která má vliv na infiltrační schopnost půdy a tím i na povrchový odtok.

Větrná eroze: Ze sledování meteorologických údajů vyplývá, že rychlost větru na našem území se ve sledovaném období (od roku 1961) nezvyšuje (Brázdil, 2008). Svou roli zde však hraje zvyšování teploty prostředí. Toto zvýšení potvrzuje rostoucí lineární trend průměrných měsíčních teplot vzduchu za sledované období 1961 až 2003 u všech analyzovaných klimatologických stanic. Teplota vzduchu ovlivňuje evapotranspiraci, a tím i vlhkost půdy. Obecně lze konstatovat, že čím nižší je vlhkost půdy, tím větší je její náchylnost k větrné erozi. Je tedy zřejmé, že dopad očekávané klimatické změny se projeví na výrazném rozšíření půd ohrožených větrnou erozí. Podle empirického modelu pro simulaci ztráty půdy erozí zvýšení teploty vzduchu o 1 °C zvýší větrnou erozi v průměru o 31 $t \cdot km^{-2} \cdot rok^{-1}$.

Dehumifikace půdy

Dynamika organické hmoty má klíčovou roli při změnách půdních vlastností způsobených změnou klimatu. Změny obsahu a kvality organické hmoty ovlivňují většinu ostatních půdních vlastností. Proto také intenzita změn půdních vlastností závisí do značné míry na počátečním obsahu organické hmoty. Vliv změn klimatu je menší u půd s nízkým obsahem organické hmoty.

Otázkou je, zda zvýšení či snížení obsahu organické hmoty, bude mít za následek zlepšení či zhoršení schopnosti půdy plnit své funkce. Na tuto otázku lze obtížně odpovědět. Např. mikrobiální aktivita roste s teplotou, ale může se také snížit s nárůstem obsahu vody v půdě. Proto je vždy potřeba brát v úvahu místní podmínky stanoviště (Madena *et al.*, 2012).

Obecně lze říci, že v sušším a teplejším klimatu jsou vhodné podmínky pro mineralizaci půdní organické hmoty a dochází k jejím ztrátám. Předpokládá se však, že negativní účinky na tvorbu půdní organické hmoty při vyšších teplotách by mohly být částečně kompenzovány větším množstvím biomasy z vegetace a plodin, které by měly mít intenzivnější růst při vyšší fotosyntéze (fertilizační efekt CO_2). Na druhé straně hrozí zvýšený výskyt desertrifikačních jevů, jako je vysušování krajiny spojené s působením limitujících faktorů (nedostatek vody v půdě, utlumení filtračních, transformačních a výměnných procesů), jež může způsobit degradaci půdy (Sobocká *et al.*, 2005).

Utužení půdy

Vzhledem ke změnám v teplotních poměrech a rozložení srážek, lze jednoznačně očekávat výrazný negativní posun a zhoršení již současně špatného stavu. Tím lze předpokládat výrazné zvyšování rizika povodní a dlouhodobého sucha, včetně snižování rostlinné produkce.

Acidifikace půdy

Klimatické změny mohou acidifikaci ovlivňovat především změnami teploty prostředí a množstvím srážek. Při vyšší teplotě jsou lepší podmínky pro zvětrávání, a tedy relativně vyšší přísun látek ze zvětralin do půd. To je pozitivní jev provázený doplňováním bazických kationtů (Ca, Mg, Na, K) do půdního sorpčního komplexu. Při vysokých srážkových úhrnech dochází naopak k většímu vyplavování kationtů z půdy do podzemních a povrchových vod. V místech s vysokými srážkami je také trvale vlhká půda a dobré podmínky pro tvorbu huminových kyselin a fulvokyselin, které přirozeně okyselují půdní profil (zvláště u lesních půd).

Podmáčení půdy

Působí přímo, ale existují rozdílné scénáře vývoje. Velmi záleží na sledované lokalitě. Obecně lze říci, že klimatické změny spějí k extrémům – střídání suchých období s přívalovými dešti. Lze tedy předpokládat i extrémy v půdní vlhkosti. Vliv klimatické změny je v této souvislosti nutno dále sledovat (Fischer, 1990).

Desertifikace půdy

Klimatické změny s sebou přinášejí stále častější výskyt období zemědělského sucha. Zejména v suchých a teplých oblastech (např. jižní Morava), kde se navíc vyskytují půdy hospodařící pouze se srážkovou vodou. Tento trend výskytu dlouhých období bez deště k desertifikaci jednoznačně přispívá.

Zasolování půdy

Důsledkem rostoucích teplot a nevyrovnaných srážkových úhrnů mohou dominovat salinizační a alkalizační procesy, tvorba krusty a kompakce půdy s postupnou přeměnou fyzikálních, chemických a biologických půdních vlastností. Zvyšování teploty vzduchu podporuje výpar vody z půdy, čímž se proces zasolování urychluje. Následné přívalové srážky není půda schopna pojmout, proto dochází k odplavení solí jen částečně. Je prokázán přímý vliv klimatu na pohyb solí a bilanci solí v půdě. Nepřímo pak ovlivňuje dynamiku solí změna využití pozemků jako důsledek klimatické změny, např. zvýšení rozlohy závlah (Sobocká et al., 2005).

Alkalizace a salinizace půd jsou v podstatě opačné problémy než acidifikace. Přirozeně alkalické půdy vznikají v suchém klimatu, kde nedostatek srážek způsobuje hromadění kationtů (Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} a K^+), dvojmocné se mohou za určitých okolností vysrážet jako nerozpustné sloučeniny (sírany, uhličitany) a ve výměnném komplexu pak převládnou ionty Na^+. Takové půdy mají podstatně zhoršené vlastnosti. V zemědělství je významné zasolení vzniklé jako důsledek nesprávného řízení závlah zejména v teplých oblastech, kde dochází spíše ke vzlínání použité závlahové vody spolu se solemi v ní obsaženými nebo používáním závlahové vody špatné kvality. K místní alkalizaci také může dojít dlouhodobým používáním fyziologicky alkalických hnojiv (KNO_3, $NaNO_3$, vápenatá hnojiva), z nichž rostliny přijímají hlavně anionty, zatímco kationty zůstávají v půdě.

Kontaminace půdy

Přímá vazba neexistuje.

Zábor půdy

Přímá vazba neexistuje, rozsáhlá výstavba však zpětně ovlivňuje mikroklima, odtokové poměry apod.

LITERATURA

1. Brázdil, R., Chromá, K., Dobrovolný, P., Tolasz, R. (2008): Climate fluctuations in the Czech Republic during the period 1961-2005. Journal of Climatology, 29 (2): 223-242.
2. Fischer, W. R. (1990): Influence of climatic change on development of problem soils, especially in the alluvial domains. In Soils on a Warmer Earth. Amsterdam: Elsevier. Chapter 8, s. 89–99.
3. Madena, K., Bormann, H., Giani, L. (2012): Soil functions – today's situation and further development under climate change. Erdkunde, 66 (3): 221–237.
4. Sobocká, J., Šurina, B., Torma, S., Dodok, R. (2005): Klimatická zmena a jej možné dopady na pôdny fond Slovenska. Výstupy z výskumu, vývoja a odborných úloh. VÚPOP, Bratislava, 48 s.

Autoři: *Ing. Marek Batysta, Ph.D., Ing. Ivan Novotný, Ing. Jan Vopravil, Ph.D.*

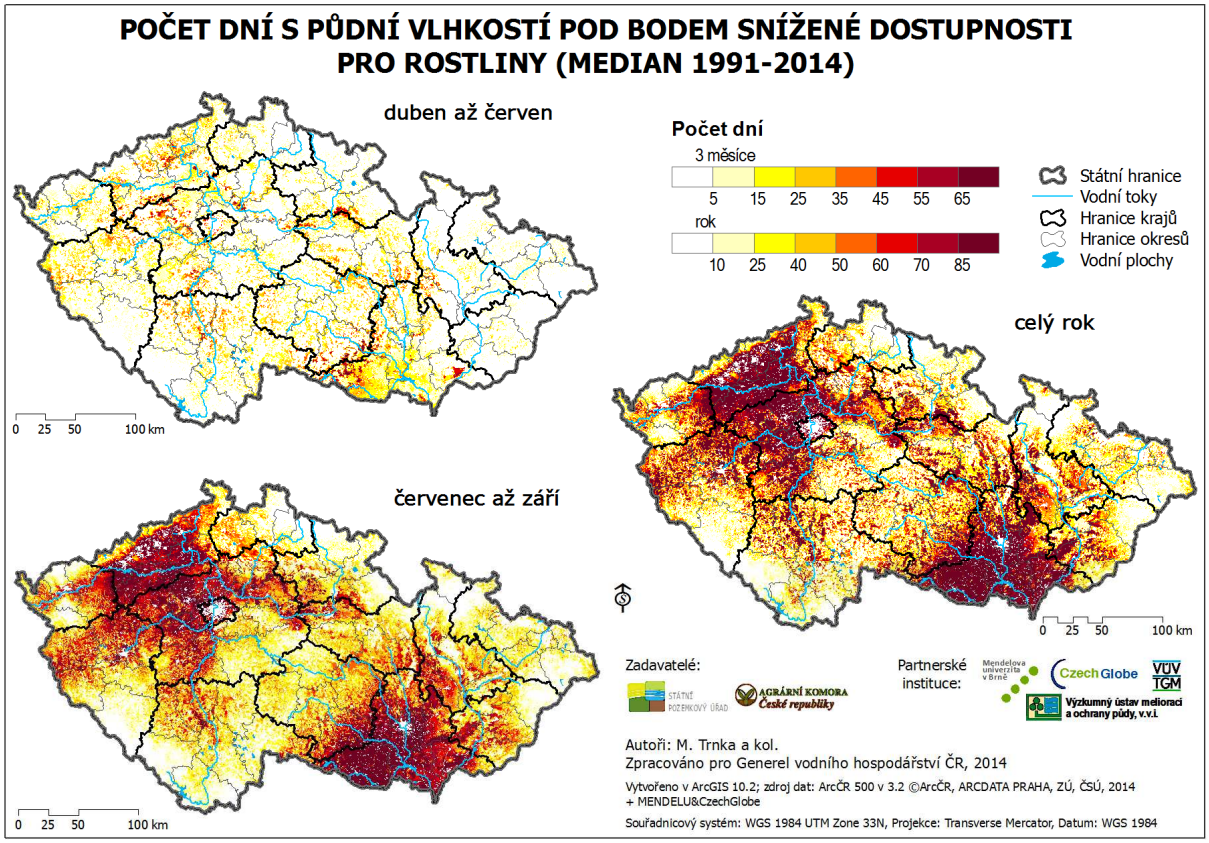
2.1.5 Rozsah oblastí ohrožených zemědělským suchem

- **Definice oblastí ohrožených suchem vyžaduje multikriteriální přístup a vysoké rozlišení.**
- **Za suchem zvláště ohrožené regiony lze považovat ty s běžným výskytem nedostatku půdní vláhy v první části vegetační sezóny (duben-červen).**
- **Trendy základních parametrů vodní bilance v období 1961-2014 ukazují na rostoucí riziko výskytu sucha téměř na celém území.**

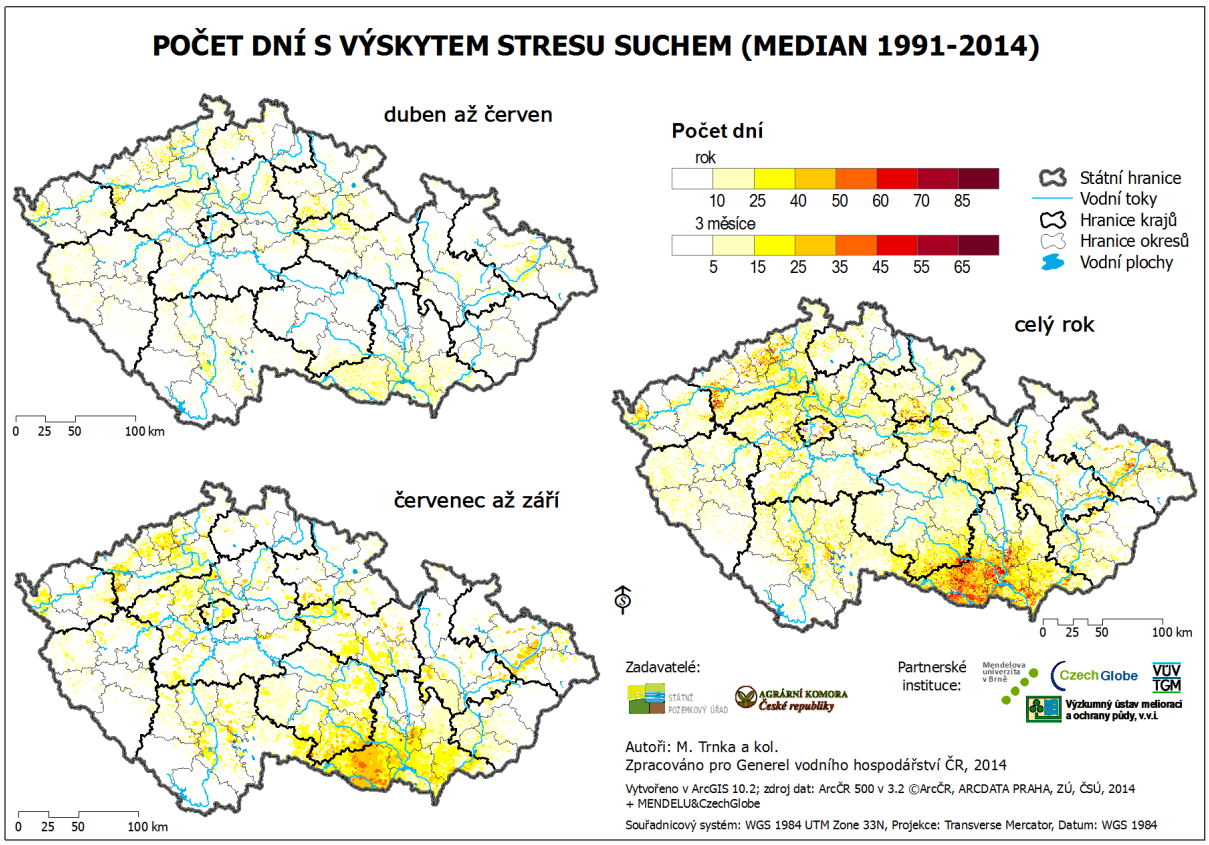
Ačkoliv je sucho mimořádně významným agrometeorologickým jevem, jehož důsledky působí v některých sezónách škody v řádu jednotek až desítek miliard korun, neexistuje souhrnná a všeobecně platná definice. To do značné míry ztěžuje jeho monitoring a prognózu a stejně tak i ztěžuje regionalizaci našeho území podle ohrožení výskytem sucha. Z pohledu zemědělství je klíčem k definici sucha obsah vody v kořenové vrstvě, za kterou můžeme s jistým zjednodušením považovat půdní profil do hloubky 1 m. Pro účely této studie je za první kardinální bod považováno snížení zásoby vody v celém půdním profilu (0-100 cm) a v některých případech v povrchové vrstvě půdy (0-40 cm) pod 50 % maximální retenční kapacity, která je definovaná jako rozdíl mezi tzv. polní kapacitou a bodem vadnutí. Jinými slovy za počátek období, kdy se může nedostatek vláhy projevovat (a kdy se podle terénních sledování, měření dopadů i empirických studií skutečně projevuje), se považuje moment, kdy rostliny vyčerpaly více než 50 % disponibilní vody vázané v půdě. Při poklesu relativního nasycení profilu přibližně pod tuto hranici dochází k postupnému zhoršování dostupnosti vody pro kořeny rostlin, a tím může docházet k snižování primární produkce. Při poklesu obsahu půdní vláhy pod hodnotu 30 % disponibilní vody pozorujeme u rostlin obvykle příznaky tzv. stresu suchem a primární produkce se dramaticky snižuje. Tato hodnota byla stanovena na základě řady experimentálních a empirických studií u hlavních zemědělských plodin. V této studii ji používáme pro odhad počátku období, kdy jsou rostliny vystaveny stresu z nedostatku vláhy. Dlouhodobé přetrvávání půdní vlhkosti pod hodnotou 30% dostupné vláhy vede k zásadnímu propadu výnosů (jak např. ukázala situace z roku 2012). Informace o obsahu vody v půdě a její dostupnosti pro rostliny může být získána měřením pomocí řady metod a různých principů (např. gravimetrickou metodou, měřením sacího potenciálu půdy či nepřímo měřením dielektrických vlastností půdního prostředí). Těmito metodami lze získat cenné, avšak na lokální podmínky vázané údaje. S ohledem na náklady není prakticky možné pomocí zmíněných metod provádět kontinuální a dlouhodobá sledování v síti stanic, které by byly dostatečně reprezentativní, jako je tomu v případě teplot a do jisté míry i srážek. V případech, kdy je třeba získat informaci o pravděpodobném obsahu půdní vláhy z míst, která nejsou vybavena měřicí technikou (od úrovně lokalit až po rozsáhlé regiony), mají svůj nezastupitelný význam matematické modely půdní vlhkosti. Tyto nástroje vycházejí z definice a kvantifikace jednotlivých složek volní bilance půdního profilu, případně jeho jednotlivých vrstev (např. Allen et al., 1998). Takovým modelem je i SoilClim, který byl za účelem odhadu půdní vlhkosti v denním kroku vyvinut na Ústavu agrosystémů a bioklimatologie na Mendelově univerzitě v Brně a Centru výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i. (nyní Ústav výzkumu globální změny) (Hlavinka et al., 2011). Tento nástroj při svém výpočtu bere v potaz výskyty sněhové pokrývky, dynamiku vývoje vegetačního krytu včetně změny fenologických fází, ale také sklonitost, expozici či zastínění horizontu. Model pracuje s hloubkou půdy, jakož i s její retenční schopností a zohledňuje i potenciální vliv vyšší hladiny podzemní vody. Všechny výpočty jsou prováděny v denním kroku v rozlišení 500×500 m.

Výskyt dnů se sníženou dostupností půdní vláhy je normální součástí klimatického režimu a tyto podmínky se vyskytují ve všech hlavních zemědělských oblastech (Tab. 2.5). Mapa 2.11 ukazuje, že nejvyšší počty těchto dnů najdeme v severozápadních Čechách, v západní části Středočeského kraje a na jižní Moravě. Mapa 2.11 dále ukazuje, že snížená dostupnost půdní vláhy je typická pro druhou polovinu vegetační sezóny (červenec-září), kdy většina zemědělských plodin ukončila hlavní část svého vývoje a využila proto zásoby vody v půdě nashromážděné v průběhu zimních a časných jarních měsíců.

V závislosti na lokálních podmínkách (zejména v místech s mělkými a lehkými půdami) je možné pozorovat vyčerpání zásob dostupné vláhy již v období dubna-června (Mapa 2.12), přičemž oblast jihozápadu Jihomoravského kraje se jeví v tomto ohledu jako zvláště problematická, neboť je postižen celý region, nejen určité půdní bloky. Nedostatek vláhy v období od dubna do června je zásadním předpokladem pro ekonomicky rentabilní produkci a případný nedostatek vláhy v tomto období představuje obvykle zásadní problém (např. Hlavinka et al., 2009). Sama snížená dostupnost vláhy nemusí vést k propadu výnosu. V kombinaci s jinak příznivým průběhem povětrnostních podmínek může mít v určitých fázích vývoje i pozitivní dopad, např. díky potenciálně stimulačnímu vlivu na rozvoj kořenového systému či zlepšené dostupnosti pozemků, která umožňuje provádět nezbytné agrotechnické zásahy v požadovaných termínech a kvalitě. Sušší charakter počasí, který vývoj takového vláhového deficitu provází, je obvykle doprovázen i vyššími úhrny globální radiace, což je další klíčový předpoklad pro dosažení vyšších výnosů u řady plodin. Nicméně pokles disponibilní půdní vláhy pod 30 % již vede k projevům stresu suchem a stagnaci růstu. Jak ukazuje Mapa 2.12 (zachycující situaci v povrchové vrstvě do 40 cm), nejde o jev, který by se na našem území jako celku vykytoval ve vysoké intenzitě (Tab. 2.5). Omezuje se zejména na oblast jižní Moravy, avšak setkáme se s ním v určitém rozsahu prakticky ve všech důležitých produkčních oblastech. Mapa 2.12 ukazuje, že výskyt stresu suchem je typický spíše pro druhou polovinu vegetačního období. Jak je patrné z Mapy 2.12, opět je to jižní Morava, kde se stres suchem v povrchové vrstvě půdy projevuje nejvíce (a také nejdříve).



Mapa 2.11: Počet dní s půdní vlhkostí pod 50 % disponibilní pro rostliny dostupné zásoby vypočtené jako medián za období 1961-2014 a to pro celý rok a období duben-červen (první část vegetační sezóny) a červenec-září (druhá polovina vegetační sezóny). Hodnota půdníé vlhkosti je vypočtena pro celý profil, tj. 0-100 cm.



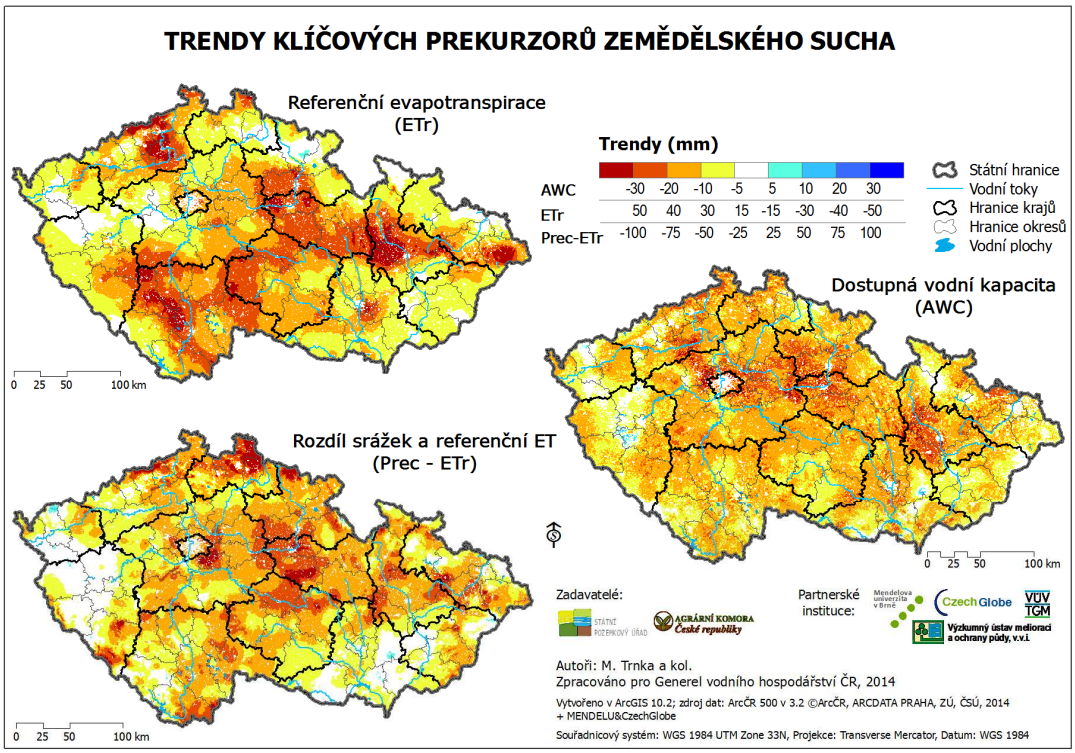
Mapa 2.12: Počet dní s půdní vlhkostí pod 30 % disponibilní pro rostliny dostupné zásoby vypočtené jako medián za období 1961-2014, a to pro celý rok, a období duben-červen (první část vegetační sezóny) a červenec-září (druhá polovina vegetační sezóny). Hodnota půdní vlhkosti je vypočtena pro povrchovou část půdního profilu (0-40 cm).

Počet dní (kategorie)	Podíl území ČR s výjimkou vodních a zastavěných ploch (%)			
	Snížená dostupnost vláhy v hlavní kořenové zóně (0-100 cm)		Nedostatek vláhy v povrchové vrstvě (0-40 cm)	
	duben-červen	červenec-září	duben-červen	červenec-září
0-5	64.6	19.9	78.0	53.5
15	16.2	14.6	18.1	28.5
25	8.9	14.0	3.3	13.1
35	5.3	13.3	0.5	4.4
45	2.9	10.0	0.0	0.5
55	1.1	8.7	0.0	0.0
65	0.6	7.3	0.0	0.0
> 65	0.3	12.1	0.0	0.0

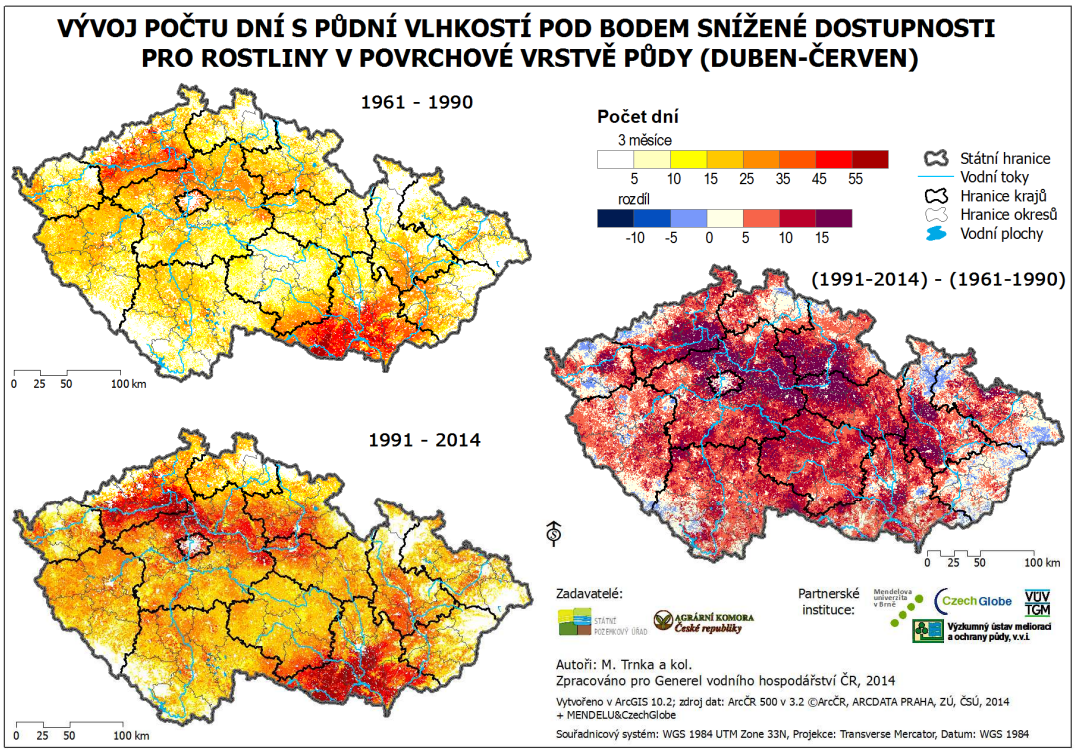
Tab. 2.5: Rozdělení území do kategorií podle počtu dní se sníženou dostupností půdní vláhy (pod 50 % disponibilní zásoby) v celém půdním profilu a nedostatkem vláhy (pod 30 % disponibilní zásoby) v povrchové vrstvě

Jakkoliv Mapy 2.11 a 2.12 vymezují území, kde se v současné době můžeme setkat s nedostatkem půdní vláhy, jsou to existující trendy klíčových parametrů determinující vodní bilanci, které si vyžadují mimořádnou pozornost. Jak ukazuje Mapa 2.13a, naprostá většina našeho území vykazovala v období 1961-2014 nárůst hodnot referenční evapotranspirace v období od dubna do září, a to i více než 50 mm. Zároveň na většině území pozorujeme negativní tendenci tzv. klimatologické vodní bilance (tj. rozdílu mezi srážkami a referenční evapotranspirací). Tento parametr vykazuje signifikantní pokles hodnot. Roste tak

vodní deficit, který výrazně zvyšuje riziko nedostatku půdní vláhy. Tyto trendy se následně projevují na průměrné zásobě disponibilní vody v hlavní kořenové zóně, která na většině území v období 1961-2014 klesla o 10 až 40 mm. Tyto trendy jsou výrazné, prostorově koherentní a mají svoje jasné příčiny, jak dokládají studie Brázdila et al. (2014) a Trnky et al. (2014 a, b). Ostatně velmi dobře tyto trendy dokládá Mapa 2.13b, která zachycuje rozdíl v počtu dní se sníženou dostupností vláhy v povrchové vrstvě mezi obdobími 1961-1990 a 1991-2014. Tendence k nárůstu frekvence suchých epizod je evidentní zvláště z rozdílové mapy.



Mapa 2.13a: Vyjádření trendů tří klíčových složek vodní bilance v období duben-září (a) referenční evapotranspirace reálného krajinného krytu v daném gridu; (b) trend klimatologické vodní bilance vypočtené jako rozdíl srážek a referenční evapontranspirace; (c) trend zásoby půdní vláhy. Všechny trendy vyjadřují změnu v mm za sledované období, tj. 1961-2014. Hodnota půdní vlhkosti je vypočtena pro hloubku 0-100 cm.



Mapa 2.13b: Počet dní s relativním nasycením povrchové vrstvy půdního profilu (0-40 cm) nižším než 50 % v období duben-červen pro období 1961-1990 a 1991-2014. Mapa vpravo zachycuje rozdíl obou map v levé polovině.

- **Tato kapitola tvoří nedílný celek s kapitolou 2.1.4 a zejména 2.2.1. Detaily metodického postupu jsou k dispozici v práci Trnka et al. (2014a,b).**
- **Vymezení oblastí ohrožených zemědělským suchem je stále předmětem odborné diskuse, nicméně kromě odhadů založených na modelování půdní vlhkosti je nutné posuzovat míru ohrožení jak na základě měření (in situ nebo metodami dálkového průzkumu Země), tak zejména vyhodnocováním skutečných dopadů těchto epizod sucha.**

LITERATURA

1. Brázdil, R., Dobrovolný, P., Trnka, M., Kotyza, O., Řezníčková, L., Valášek, H., Zahradníček, P., Štěpánek, P. (2013): Droughts in the Czech Lands, 1090–2012 AD. Climate of the Past 9: 1985–2002. DOI:10.5194/cp-9-1985-2013.
2. Hlavinka, P., Trnka, M., Balek, J., Semerádová, D., Hayes, M., Svoboda, M., Eitzinger, J., Možný, M., Fischer, M., Hunt, E., Žalud, Z. (2011): Development and evaluation of the SoilClim model for water balance and soil climate estimates. Agriculture and Water Management 98: 1249–1261. DOI: 10.1016/j.agwat.2011.03.011.
3. Hlavinka, P., Trnka, M., Semerádová, D., Dubrovský, M., Žalud, Z., Možný, M. (2009): Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. Agricultural and Forest Meteorology 149: 431–442. DOI: 10.1016/j.agrformet.2008.09.004.
4. Trnka, M., Brázdil, R., Možný, M., Štěpánek, P., Dobrovolný, P., Zahradníček, P., Balek, J., Semerádová, D., Dubrovský, M., Hlavinka, P., Eitzinger, J., Wardlow, B., Svoboda, M., Hayes, M., Žalud, Z. (2014a): Soil moisture trends in the Czech Republic between 1961 and 2012. International Journal of Climatology,
5. Trnka, M., Brázdil, R., Balek, J., Semerádová, D., Hlavinka, P., Možný, M., Štěpánek, P.,

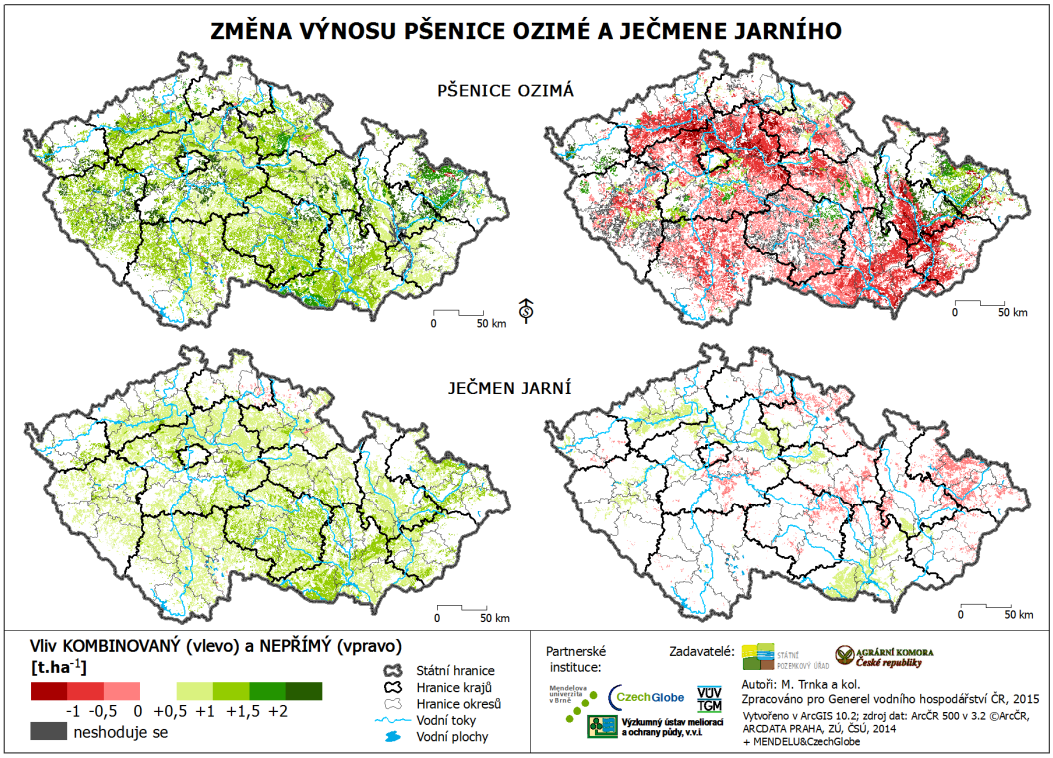
Dobrovolný, P., Zahradníček, P., Dubrovský, M., Eitzinger, J., Fuchs, B., Svoboda, M., Hayes, M., Žalud, Z. (2014b). Drivers of soil drying in the Czech Republic between 1961 and 2012, International Journal of Climatology DOI: 10.1002/joc.4167

***Autoři**: prof. Ing. Mgr. Miroslav Trnka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), doc. Ing. Petr Hlavinka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe); Ing.. Daniela Semerádová, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe); Dr. Ing. Martin Možný (ČHMÚ, MENDELU); prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), Mgr. Petr Štěpánek, Ph.D.(CzechGlobe), Mgr. Pavel Zahradníček, Ph.D. (CzechGlobe), Bc. Jan Balek (MENDELU, CzechGlobe).*

2.1.6 Předpokládané dopady na výnosy hlavních polních plodin

- **Změna klimatu ovlivňuje řadu procesů určujících výnosy zemědělských plodin.**
- **Dopady na výnosy se budou v jednotlivých regionech ČR a pro různé plodiny významně lišit.**
- **Na základě provedených analýz lze předpokládat nárůst průměrných výnosů pšenice ozimé a ječmene jarního pro období kolem roku 2050 (viz Mapa 1).**
- **Očekávaný nárůst výskytu a intenzity nepříznivých agrometeorologických situací bude mít v některých letech a oblastech na výnosy zničující dopady.**
- **Je očekávaná vyšší meziroční variabilita výnosů.**

Obecně je v důsledku měnícího se klimatu ovlivňován široký komplex mechanizmů a procesů určujících úroveň výnosů v rámci rostlinné výroby (např. Žalud et al., 2009). Kombinují se zde jak pozitivní, tak negativní vlivy, jejichž poměr a význam se bude dále vyvíjet. Mezi pozitivní faktory můžeme zařadit například vzrůstající úroveň atmosférické koncentrace CO_2 stimulující fotosyntézu a vedoucí k efektivnějšímu hospodaření rostlin s vodou (tzv. WUE), možnost vyšších sum teplot či delšího vegetačního období. Na druhé straně mezi negativa patří větší pravděpodobnost výskytu a intenzity sucha, rychlejší vývoj vegetace (to se projeví kratší dobou k tvorbě biomasy v případě stávajících odrůd), vyšší riziko stresu vysokými teplotami v průběhu citlivých vývojových fází, vyšší riziko výskytu povodní či negativně působících intenzivních srážkových situací. Změnu průměrné úrovně výnosů pro pšenici ozimou a ječmen jarní na základě aplikace vybraného růstového modelu pro období okolo roku 2050 dle studie Eitzingera et al. (2013) uvádí Mapa 2.14. Při uvážení možných klimatických podmínek i pozitivního vlivu vyšší koncentrace CO_2 lze pro obě významné obiloviny předpokládat nárůst průměrných výnosů až o 1,5 (ječmen jarní) a 2,0 (pšenice ozimá) $t \cdot ha^{-1}$ v některých regionech. Z uvedených analýz rovněž vyplývá, že pokud by nebyl započítán přímý vliv CO_2 (stimulace fotosyntézy a zvýšení WUE), došlo by pravděpodobně k poklesu výnosů pšenice ozimé na většině orné půdy (v některých regionech i o více než 1,0 $t \cdot ha^{-1}$).



Mapa 2.14: Odhad změny průměrných výnosů pšenice ozimé (horní řada) a ječmene jarního (dolní řada) pro období kolem roku 2050 vzhledem k období 1961-1990. Mapy zachycují situaci v případě zohlednění vlivu změny klimatických faktorů včetně zvýšené koncentrace CO_2 (vlevo) a bez započítání přímého vlivu CO_2 (vpravu) (upraveno dle Eitzinger et al., 2013)

Dále je zřejmé, že situace bude v jednotlivých regionech odlišná, přičemž bude docházet k nárůstu významu nepříznivých situací v již suchých a teplých regionech, zatímco v chladnějších regionech budou příznivější podmínky. Zvýhodněny budou teplomilné plodiny a odrůdy. Studie Hlavinky et al. (2015) upozorňuje na situaci, kdy v případě naplnění sušších scénářů změny klimatu bude velmi komplikované v nejteplejších oblastech ČR udržet současnou úroveň průměrných výnosů analyzovaných plodin (ječmen jarní, pšenice ozimá, kukuřice, řepka ozimá). Současně je pro takové scénáře očekáván nárůst ročníků s dramatickými propady výnosů (kromě kukuřice). Dále bude v některých letech díky nedostatku vody problematické úspěšné pěstování meziplodin. Ty mohou díky spotřebované půdní vláze způsobit problém následující cílové plodině. Ve vyšších polohách je očekáván nárůst průměrné úrovně výnosů nejvýznamnějších plodin. Situace na jednotlivých pozemcích pak bude ovlivněna stávajícími půdními vlastnosti z hlediska retenční kapacity, celkové úrodnosti půdy, případně charakterem terénu. Výsledky uvedených analýz (viz Mapa 2.14) vycházejí z předpokladu udržení kvality půd ve stejném stavu jako v současnosti. Pokud by však došlo ke zhoršení půdních vlastností, lze očekávat negativní vliv na budoucí výnosy. V důsledku změny dostupnosti půdní vláhy pak v některých oblastech bude problematická i stabilní produkce trvalých travních porostů.

Z výsledků nedávných studií rovněž vyplývá, že lze očekávat nárůst meziroční variability výnosů zemědělských plodin díky zvýšené frekvenci a intenzitě nepříznivých situací pro rostlinou produkci jako jsou významné epizody sucha, výskyt stresu vysokými teplotami v citlivých vývojových fázích, poškození nízkými teplotami apod. Toto se v konečném důsledku může projevit až fatálními následky v případě některých sezón a regionů. Je otázkou do jaké míry dokáží růstové modely přesně predikovat dopady těchto velmi negativních budoucích situací (vzhledem k problematické kalibraci za současných podmínek). Situaci je možné do jisté míry predikovat pomocí hodnocení agroklimatických podmínek a výskytu nepříznivých situací. Trnka et al. (2014) varuje na příkladu ozimé pšenice před významnými problémy, které lze do budoucna očekávat při pěstování polních plodin.

Otázkou zůstává, jak významný bude tlak chorob a škůdců, které pro prognózy budoucích výnosů zatím rovněž nejsou přímo zahrnuty. Trendy však lze usuzovat na základě výskytu příznivějších podmínek (vč. klimatických) pro daný patogen. Další neznámou z hlediska budoucnosti jsou vlastnosti nových odrůd. I přes svá omezení hraje modelování budoucích agroklimatických podmínek bezesporu nezastupitelnou úlohu v definování nejvýznamnějších očekávaných rizik, na která by výzkum, vývoj (včetně šlechtitelských aktivit - odolnost k suchu, odolnost k vysokým teplotám) a praxe (např. využití lokálních závlah, větší zastoupení teplomilných plodin – kukuřice, slunečnice, sója) měli reagovat.

- **Tato kapitola navazuje na části generelu 2.1.4 a 2.1.5 přičemž se opírá zejména o studii publikovanou Eitzingerem et al. (2013).**
- **Hodnocení dopadů změny klimatu na výnosy by mělo být průběžně aktualizováno s využitím aktualizovaných informací a širší škály nástrojů, kdy současným trendem jsou analýzy pomocí více růstových modelů najednou, což umožňuje získat výstup o nejistotě predikcí.**
- **Je třeba pomocí dostupných agrometeorologických metod průběžně kvantifikovat význam adaptačních opatření, způsobů zpracování půdy a hospodaření.**

LITERATURA:

1. Eitzinger, J., Trnka, M., Semerádová, D., Thaler, S., Svobodová, E., Hlavinka, P., Šiška, B., Takáč, J., Malatinská, L., Nováková, M., Dubrovský, M., Žalud, Z. (2013): Regional climate change impacts on agricultural crop production in Central and Eastern Europe – hotspots, regional differences and common trends. Journal of Agricultural Science, 151, 787–812.
2. Hlavinka, P., Kersebaum, K.C., Dubrovský, M., Fischer, M., Pohanková, E., Balek, J., Žalud, Z., Trnka, M. (2015): Water balance, drought stress and yields for field crop rotations under present and future conditions in the Czech Republic. Climate Research (submitted).
3. Trnka, M., Rötter, R.P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K.C., Olesen, J.E., Žalud, Z., Semenov, M.A. (2014): Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. Nature Climate Change, 4, 637–643.
4. Žalud, Z.(ed) (2009): Změna klimatu a české zemědělství – dopady a adaptace, Folia Universitas Agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis, Brno, 155 pp.

Autoři: *doc. Ing. Petr Hlavinka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), prof. Ing. Mgr. Miroslav Trnka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), Ing. Daniela Semerádová, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe).*

2.1.7 Odhad požadavků na potřebu vody pro zemědělské závlahy

- **Závlahy jsou stabilizujícím opatřením v rostlinné výrobě.**
- **Závlahy patří mezi klíčová adaptační opatření pro zmírnění aridizace podmínek v důsledku probíhající změny klimatu.**
- **Modely vodní bilance a růstové modely umožňují detailně kvantifikovat rozdíly v potřebě závlahové vody z hlediska jednotlivých plodin, lokalit a regionů.**
- **V důsledku probíhající aridizace lze v průběhu tohoto století očekávat nárůst ploch, u kterých by byl vhodný provoz závlahových zařízení.**

Závlahy patří mezi zemědělská meliorační opatření přinášející možnost čelit negativním dopadům nerovnoměrného rozložení srážek či nedostatečným úhrnům pro udržení požadované úrovně rostlinné produkce. Dostupnost závlah umožňuje dodávat plodinám odpovídající množství vody načasované vzhledem k průběhu vývojových fází. Tímto způsobem mohou být stabilizovány výnosy na úrovni nejúrodnějších roků. Vzhledem k tomu, že v rámci měnících se klimatických podmínek dochází k nárůstu deficitu půdní vláhy dostupné pro rostliny a dle aktuálních poznatků lze předpokládat, že tento negativní trend se bude dále prohlubovat, představují závlahy jedno z významných adaptačních opatření. Je však zřejmé, že jak problematika využívání a dalšího rozvoje závlah i potřebné infrastruktury, tak otázky dopadů budoucích klimatických podmínek jsou velmi komplikované. Ambicí této kapitoly je uvést základní fakta o současném stavu a představit možnosti budoucího vývoje v této oblasti. Kapitola tak navazuje na část 1.8 obsahující inventuru současných odběrů a jejich prostorového rozmístění na území ČR. Aktualizované informace jsou pak součástí studie s názvem Bilance vodních zdrojů pro závlahy (2016) připravené stejným kolektivem autorů jako návazná studie Generelů I a II.

Největší výstavba závlahových soustav se na našem území prováděla v šedesátých až osmdesátých letech minulého století. Velkoplošné závlahy byly v rámci ČR vybudovány především v nejúrodnějších oblastech nížin (v případě dostupných zdrojů vody) pro pěstování polních plodin, zeleniny a speciálních plodin (sadů, vinic, chmele apod.). Po roce 1989 nastalo transformační období v rámci zemědělského sektoru, kdy došlo i k privatizaci závlahových staveb a zařízení (např. Králová, 2005) a do současné doby původní uvedená výměra významně poklesla. Na druhou stranu v posledních zhruba dvanácti letech byly vybudovány závlahy asi na 3-4 tis. ha (jednalo se o kapkové závlahy hlavně chmele, sadů, vinohradů, zelenin a brambor) (MZe, 2012). V roce 2010 bylo Českým statistickým úřadem (ČSÚ) provedeno šetření (Agrocenzus, 2010), při kterém byly aktualizovány údaje o rozsahu zavlažovaných půd v ČR (Tab. 2.6). Zavlažovatelná plocha činila 32 226 ha (v roce 2005 to bylo 46 678 ha), výměra zavlažované plochy byla zjištěna na úrovni 19 196 ha (v roce 2005 to bylo 17 113 ha) a odhadovaná celková spotřeba vody od října 2009 do září 2010 byla 11 147 tis. m^3.

Tzv. doplňková závlaha slouží ke zlepšení vláhového stavu v půdě dodávkou vody potřebné pro pěstované rostliny. Norma ČSN 75 0434 platí pro stanovení potřeby závlahové vody při navrhování a posuzování staveb a zařízení sloužících k doplňkové závlaze. Zavlažuje se zejména jednorázově (zejména v kritických obdobích rostlinného vývoje) nebo opakovaně na základě skutečné vláhové potřeby. Řízení závlahového režimu, tj. stanovení velikosti a termínů dávek, by mělo vést k úsporám vody, elektrické energie, dusíkatých hnojiv a přitom k dosažení optimálních a kvalitních výnosů tržního produktu plodin a ke snížení rizika kontaminace podzemních vod dusičnany, rezidui pesticidů a jinými cizorodými látkami (např. Spitz a Zavadil, 2010). Za tímto účelem lze využít dostupné meteorologické, fyziologické a hydropedologické metody včetně měření či modelování (bilancování) půdní vlhkosti. Mezi důležité faktory můžeme zařadit např. aktuální meteorologické podmínky, charakter stanoviště, stav porostu, množství vzlínající podzemní vody v některých regionech atd. U polních plodin se nižší hodnoty závlahového množství vztahují k půdám s větší retenční kapacitou (vyšší využitelnost srážek). Celkové dodané množství vody pak závisí i na úrovni ztrát. Příklady tzv. směrných hodnot závlahového množství pro vybrané plodiny uvádí Tab. 2.7.

	Výměra (ha)
Zavlažovatelná plocha	32 226
Zavlažovaná plocha celkem	19 196
Obiloviny na zrno	1 528
Kukuřice (na zrno i píci)	1 309
Luskoviny na zrno	99
Brambory	3 323
Cukrovka	1 091
Řepka a řepice	54
Slunečnice	221
Zelenina, jahody	4801
Dočasné a trvalé travní porosty	179
Ostatní plodiny na orné půdě	1 852
Ovocné sady vč. bobulovin	2 932
Vinice	318
Ostatní	1 488

Tab. 2.6: Rozsah zavlažovaných půd v rámci plošného šetření ČSÚ (Agrocenzus, 2010)

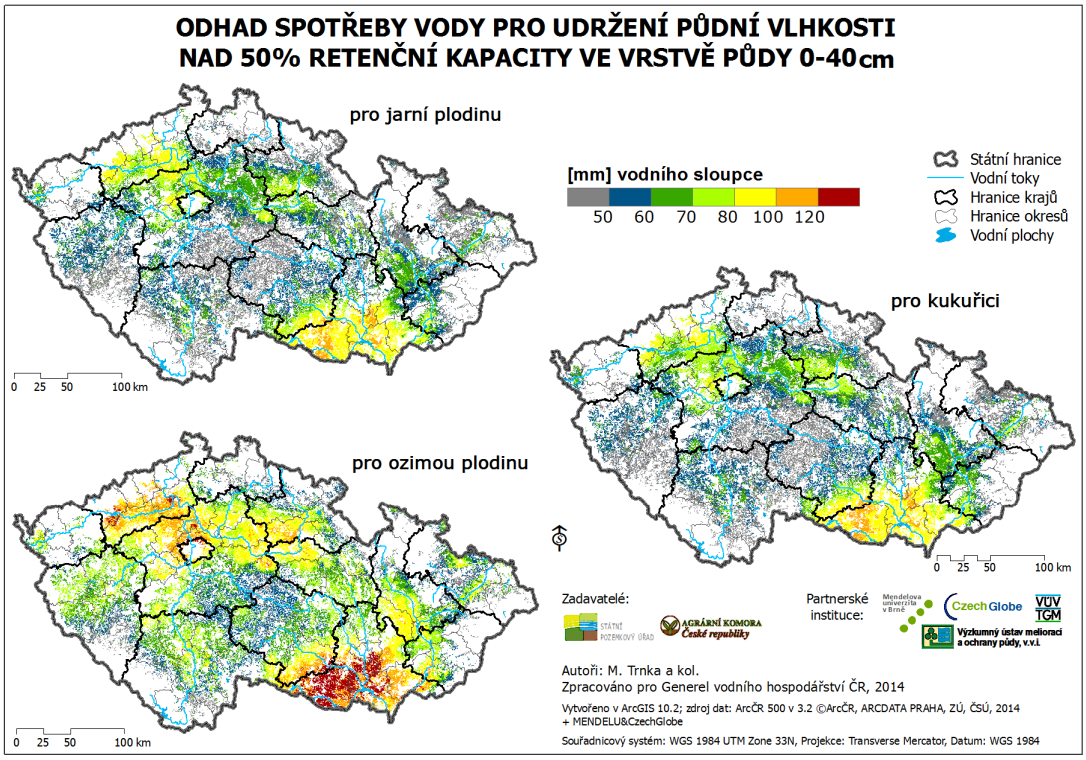
Plodiny	Polabí	Jižní Morava
Pšenice ozimá a žito	30-70	50-90
Jarní pšenice, ječmen	40-70	40-80
Kukuřice na zrno	90-150	100-150
Cukrovka	120-170	140-200
Brambory rané	70-100	80-110
Brambory pozdní	80-130	100-150
Jabloně	200	250
Meruňky	100	150
Broskve pozdní	200	270
Jahody	150	180
Chmelnice	80	80
Vinice (stolní odrůdy)	70	90

Tab. 2.7: Příklady směrných hodnot závlahového množství (mm) pro vybrané plodiny při závlaze postřikem na rovině v průměrném roce (dle ČSN 75 0434)

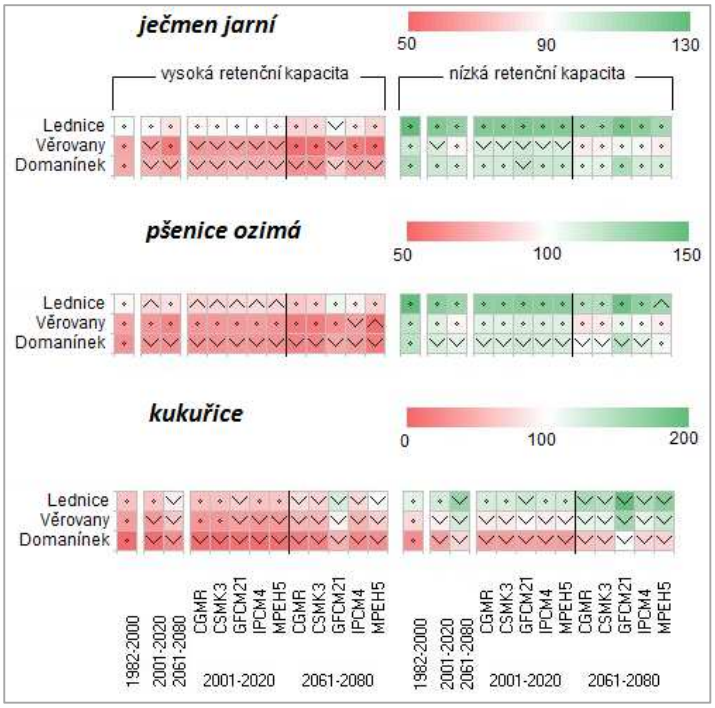
Z hlediska prognóz budoucího stavu lze využít některé z dostupných agroklimatických či růstových modelů. Tyto nástroje umožňují pro zvolené scénáře změny klimatu a časové horizonty odhadnout chování systému. V případě růstových modelů může být mezi výstupními údaji i odhad budoucího výnosu či celkové biomasy při daném způsobu závlahového režimu. Několik studií se prognózou budoucího vývoje závlah v ČR do jisté míry zabývalo, přičemž při pesimistických variantách změny klimatu upozorňovaly na význam rozvoje zavlažovaných ploch a odpovídajícího zázemí pro ně. I zde je však nutné vycházet ze situace, že tento systém půda-rostlina-atmosféra je komplikovaný a existuje v něm mnoho různých vazeb. Do budoucna lze například kromě nárůstu teploty (vedoucí k vyššímu výparu) očekávat i zvýšenou koncentraci CO_2, která má vliv na efektivnější hospodaření rostlin s vodou.

Výsledky modelu SoilClim (Hlavinka *et al.*, 2011) aplikovaného pro odhad množství vody nutné pro udržení půdní vláhy alespoň na hranici 50% retenční kapacity v půdě od 0-40 cm zachycuje Mapa 2.15. Výpočet byl proveden na plochách s ornou půdou (bez ohledu na dostupnost či nedostupnost vodních zdrojů) na základě klimatických podmínek 1981-2010 a vynesené hodnoty odpovídají mediánu závlahové potřeby. V rámci výpočtu je zohledněna rozdílná retence půd v jednotlivých regionech, svažitost a expozice pozemku. Odhad potřeby vody pro udržení půdní vlhkosti ve stejné hloubce na stejné úrovni (tj. alespoň 50% retenční kapacity) pomocí růstového modelu Hermes (např. Kersebaum, 1995) zachycuje Obr. 2.2. Tento odhad velmi

dobře koresponduje s výsledky modelu SoilClim. Využití modelu HERMES umožňuje nejen vyhodnocení vodní bilance, ale i celkové produkční schopnosti území. V tomto případě byl výpočet proveden pro tři vzorové lokality: Lednice (jižní Morava), Věrovany (Haná) a Domanínek (Vysočina) na základě současných a budoucích klimatických podmínek (dle 5 scénářů změny klimatu: CGMR, CSMK3, GFCM21, IPCM4, MPEH5 ve spojení s emisním scénářem RCP4.5). V rámci analýzy byly zpracovány výstupy tří plodin na dvou různých půdách s retenční kapacitou 270 mm (vysoká retenční kapacita) a 100 mm (nízká retenční kapacita). Modelem Hermes bylo hodnoceno jak období od nedávné minulosti do současnosti, tak byl proveden i výhled možného vývoje do blízké budoucnosti (přibližně do roku 2020) a druhé poloviny tohoto století (vyneseny průměrné hodnoty za období 2061-2080. Do prognóz potřeby závlahové vody pro udržení půdní vlhkosti alespoň na definované hodnotě byl zohledněn kompenzační vliv zvýšené koncentrace CO_2 (ovlivní vodivost průduchů a zefektivní hospodaření rostlin s vodou), tak možnost dřívějšího setí jarních plodin či nástupu jarního růstu u ozimých plodin. Tento efekt v důsledku oteplení přinese při zachování srovnatelného charakteru odrůd časnější nástup zralosti, a tak částečné snížení vlivu nepříznivé vodní bilance v pozdějších fázích růstu plodin. Výsledky modelu naznačují, že uvedené vlivy by umožnily udržení přijatelných hodnot půdní vlhkosti se stejným nebo jen mírně vyšším množstvím závlahové vody oproti současným podmínkám u ozimé pšenice a ječmene jarního. Naopak v případě kukuřice (a to na obou uvažovaných typech půd) lze očekávat nárůst spotřeby vody. Do prezentovaných analýz nejsou zahrnuty některé vlivy, jako např. dostupnost a vlastnosti nových odrůd v budoucnu, neboť to přesahuje zaměření této analýzy.



Mapa 2.15: Odhadované množství vody (modelem SoilClim) nutné pro udržení půdní vláhy alespoň na hranici 50% retenční kapacity (v hloubce 0-40 cm) od setí do zralosti. V mapách jsou vyneseny mediány pro plochy s ornou půdou z jednotlivých sezón 1981-2010. Jarní a ozimé plodiny reprezentují obilniny (ječmen jarní a pšenici ozimou).



Obr. 2.2: Modelem Hermes odhadované průměrné množství závlahou dodané vody (mm) pro udržení půdní vláhy alespoň na hranici 50% retenční kapacity (v hloubce 0-40 cm) od setí do zralosti pro lokalitu Lednice (jižní Morava), Věrovany (Haná) a Domanínek (Vysočina) na základě současných a budoucích klimatických podmínek (dle 5 scénářů změny klimatu). Šipky nahoru a dolů jsou použity v případech, kdy je předpoklad nárůstu resp. poklesu meziroční variability ve spotřebě vody.

- **Tato kapitola navazuje zejména na části 1.5, 1.8, 2.1.4, 2.1.5, 2.1.6.**
- **Řešení problematiky využívání a případného plošného rozšíření závlah v budoucích podmínkách vyžaduje zásadní, multidisciplinární a mezirezortní odbornou diskusi, neboť se jedná o mimořádně komplexní záležitosti.**
- **Strategická rozhodnutí v této oblasti by se měla opírat o cíleně provedené studie vycházející z nejnovějších poznatků a prognóz změn klimatických podmínek.**
- **Kromě rozšíření zavlažovatelných ploch by měl být důraz kladen na obnovu a modernizaci již vybudovaných závlahových zařízení s cílem zvýšit jejich efektivitu.**

LITERATURA:

1. Agrocenzus (2010). Český statistický úřad, Praha 2011.
2. ČSN 75 0434 (1993). Meliorace. Potřeba vody pro doplňkovou závlahu. Český normalizační institut, 32 pp.
3. Hlavinka, P., Trnka, M., Balek, J., Semerádová, D., Hayes, M., Svoboda, M., Eitzinger, J., Možný, M., Fischer, M., Hunt, E., Žalud, Z. (2011): Development and evaluation of the SoilClim model for water balance and soil climate estimates. Agricultural and Water Management, 98, 1249–1261.
4. Kersebaum, K.C. (1995): Application of a simple management model to simulate water and nitrogen dynamics. Ecological Modelling, 81, 145–156.
5. Králová, H. (2005): Vodní hospodářství krajiny I, část II – závlahy. Vysoké učení technické v Brně, Brno, 120 pp.
6. Ministerstvo zemědělství (2012). Situační výhledová zpráva: Půda. Praha, 83 pp. ISBN 879-80-

7434-088-8
7. Spitz, P., Zavadil, J. (2010): Závlahový režim zemědělských plodin a jeho řízení. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): „Voda v krajině“, Lednice 31.5. – 1.6.2010, ISBN 978-80-86690-79-7.

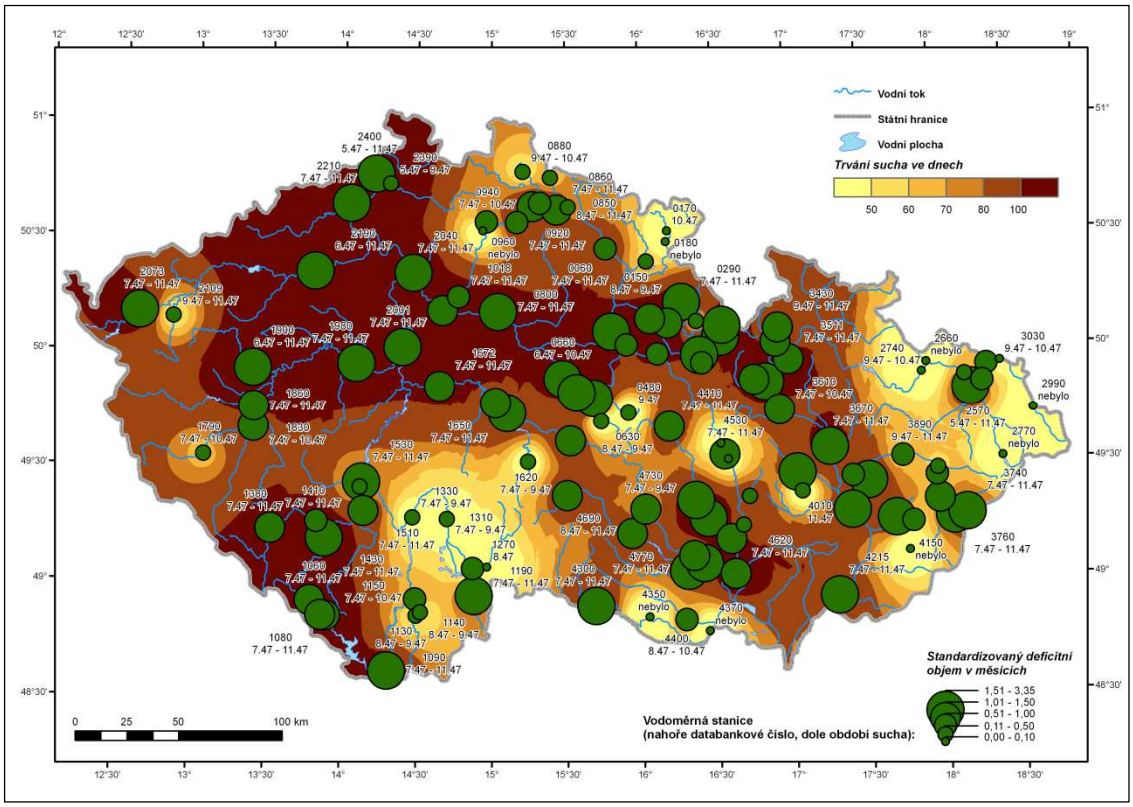
Autoři: *doc. Ing. Petr Hlavinka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), prof. Mgr. Ing. Miroslav Trnka, Ph.D., (MENDELU, CzechGlobe), prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), Ing. Daniela Semerádová, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe).*

2.1.8 Rozsah oblastí ohrožených hydrologickým suchem

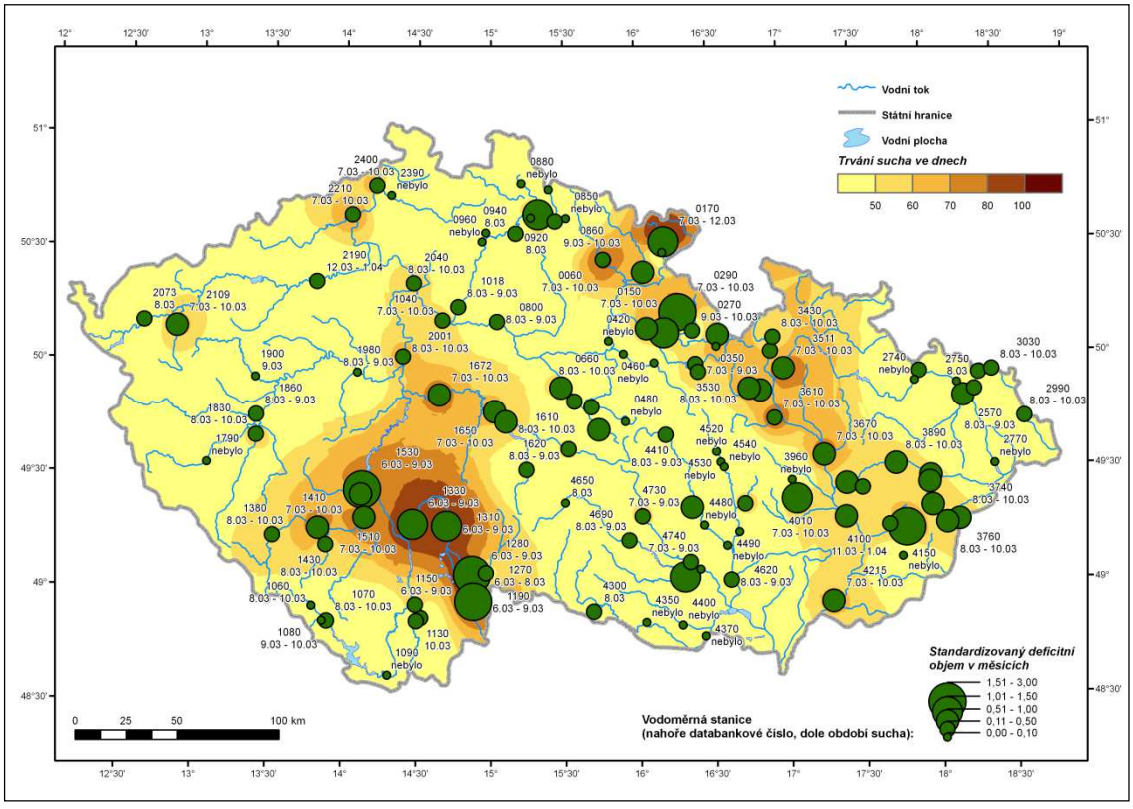
- **Nejvýznamnější hydrologická sucha se vyskytla v ČR letech 1947, 1953 a 2003.**
- **Pro vyhodnocení byly použity deficitní ukazatele.**
- **Hlavním výstupem jsou mapové podklady řešící časoprostorovou variabilitu hydrologického sucha.**
- **Výsledky vycházejí z projektu Časová a plošná variabilita hydrologického sucha v podmínkách klimatické změny na území České republiky.**

Hydrologické sucho je spojováno s důsledky bezesrážkových období na povrchové a podzemní vody. Extremita, intenzita a frekvence hydrologického sucha je obvykle definována v měřítku povodí. Ačkoli každé sucho má původ v nedostatku srážek, hydrologie se více zabývá jeho dopady na tvorbu odtoku. Hydrologické sucho obvykle reaguje na meteorologické a zemědělské sucho s jistým zpožděním a je spojeno s poklesem průtoků a současně s poklesem hladin podzemní vody a jejích zásob. Hydrologické sucho se vyvíjí postupně, neboť odtok ve vodních tocích je doplňován odtokem ze zásob podzemní vody, které ubývají zvolna, i když nedochází k infiltraci. Hydrologické sucho se může objevit nebo pokračovat také v zimním období jako důsledek akumulace srážek ve sněhové pokrývce a nízkých teplot. Pro hodnocení se primárně rozlišují charakteristiky malých průtoků a deficitní ukazatele. Mezi charakteristiky malých průtoků patří např. určitý kvantil křivky překročení průtoku nebo nejmenší průtok v určitém časovém úseku jako je třeba roční minimum odtoku. Další charakteristiky poskytuje tzv. „base flow index“ či analýza výtokových čar. Deficitní charakteristiky zahrnují metodu „threshold level“ či „sequent peak“ algoritmus. Obě spočívají v určení prahové (threshold) hodnoty průtoku, pod níž je odtok považován za probíhající v režimu sucha. Sucho končí při zvětšení průtoku nad prahovou úroveň. Mezi charakteristiky takto definovaného sucha patří jeho velikost (nedostatkový objem), délka trvání a intenzita.

Na Obr. 2.3 a 2.4 jsou zobrazeny mapy reprezentující sucho v létě 1947 a v létě 2003. Sucha nesměla být kratší než 7 dní a období oddělující jednotlivá sucha musela být delší než 5 dní. Nedostatkové objemy jsou standardizované z důvodu možnosti porovnání různých toků. Doby trvání jsou v mapách interpolovány (Vlnas, 2010). Např. z Obr 2.3 je patrné, že v roce 1947 bylo území ČR suchem postiženo téměř celoplošně. Výjimkou byla pouze severovýchodní část území a povodí Lužnice. Ve většině stanic bylo trvání delší než 80 dní. Z pohledu závažnosti převažují nedostatkové objemy větší než 1,4 (průměr za celou ČR 1,1). Jako nejpostiženější se jeví povodí Orlice, středního a dolního Labe, Jihlavy, Svratky a Moravy. V roce 2003 (Obr. 2.3) se objevilo sucho v povodí horního Labe, Otavy, Lužnice, dolního Labe a Moravy. V průměru trvalo 43 dní. Oproti předcházejícím suchům bylo sucho v roce 2003 nejmenší. Plošná a časová proměnlivost nedostatkových objemů a trvání sucha v měsíčních řadách odtoku byla šetřena pomocí programu ExDevmb (Vlnas, 2010).

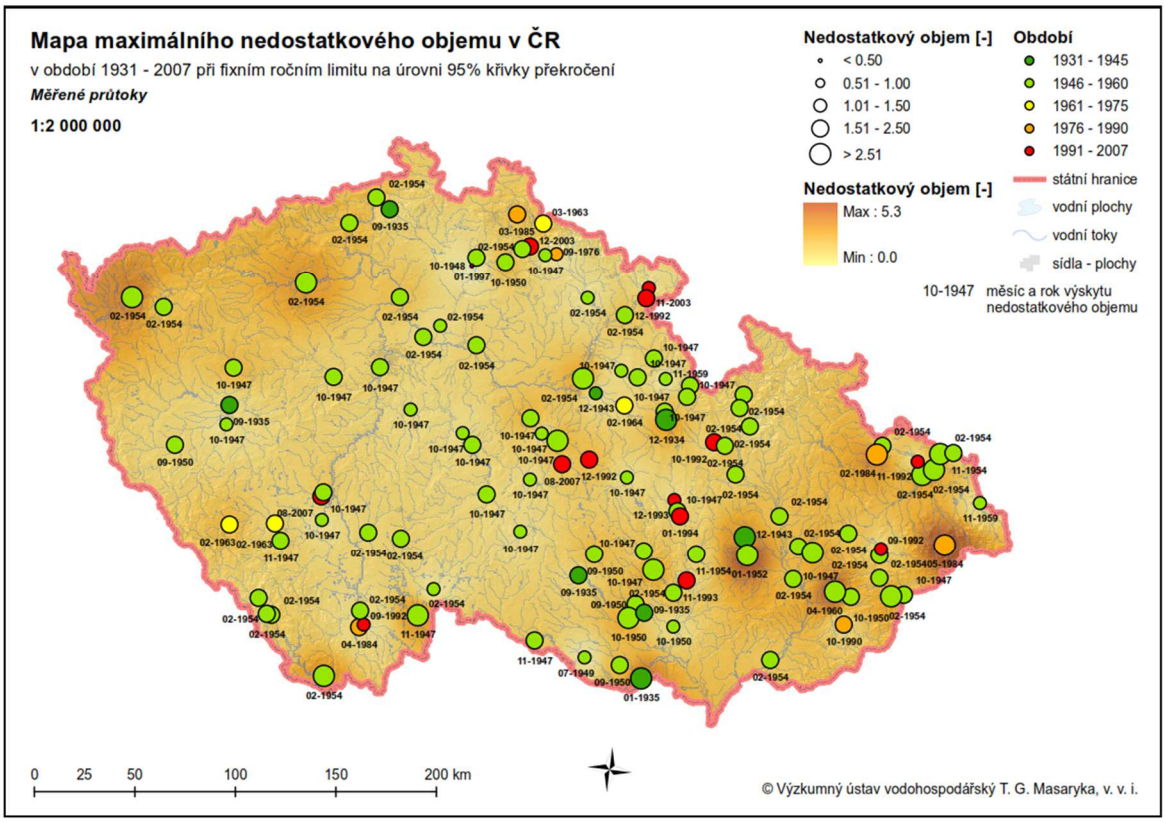


Obr. 2.3: Distribuce hydrologického sucha v České republice v roce 1947 (Vlnas, 2010)



Obr. 2.4: Distribuce hydrologického sucha v České republice v roce 2003 (Vlnas, 2010)

Na Obr. 2.5 jsou uvedeny standardizované maximální nedostatkové objemy v České republice pro jednotlivá období.

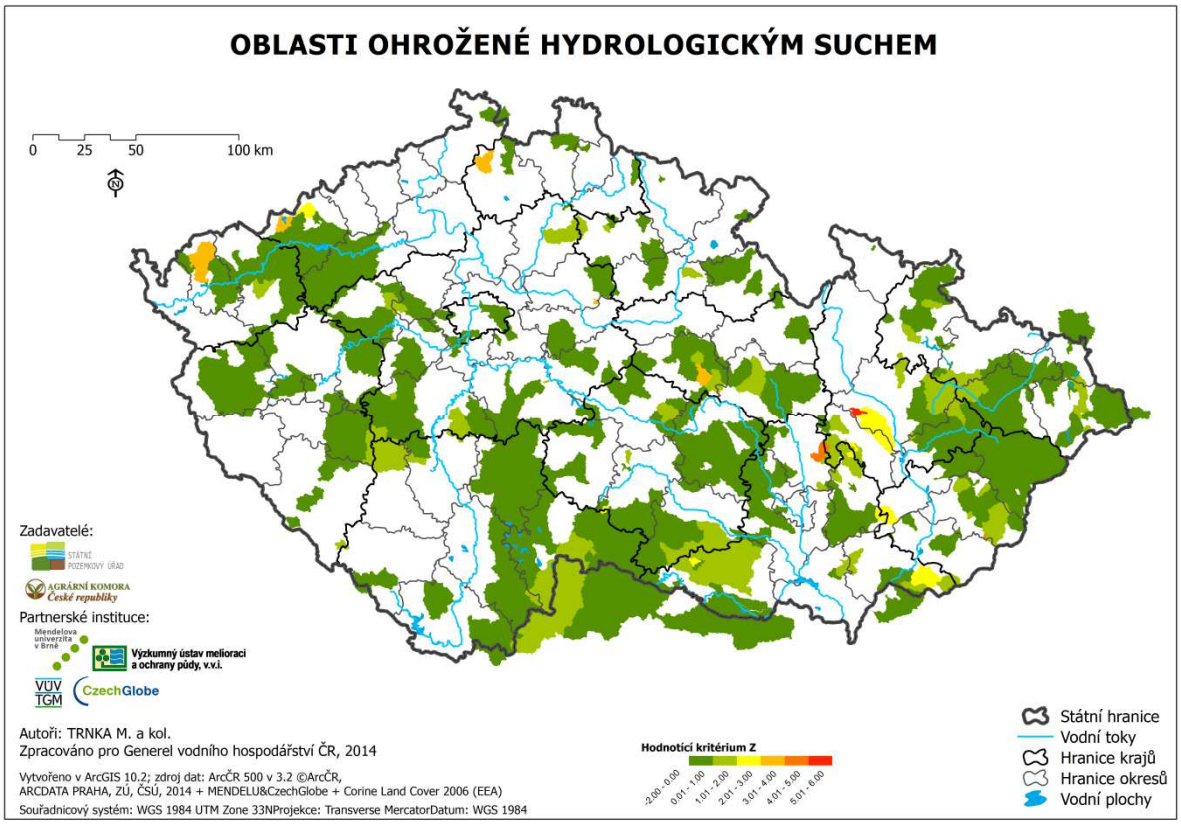


Obr. 2.5: Oblasti ohrožené hydrologickým suchem (standardizované maximální nedostatkové objemy)

Pro 70% zabezpečenost odtoku byla nejvýraznější sucha v následujících letech: 1953, 1947, 2003, 1992, 1983, 1962, 1950, 1990, 1951 a v letech jim blízkých. Maximální přirozená sucha se vyskytují do hodnoty nedostatkových objemů kolem hodnoty 7 až 8 a maximální trvání se vyskytují v délce do 20 měsíců. Pro 95% zabezpečenost odtoku byla nejvýraznější sucha v následujících letech: 1947, 1953, 2003, 1992, a dále 1950, 1983, 1990, 1962, 2004, 1951 a v letech jim blízkých. Maximální přirozená sucha se tak vyskytují do hodnoty nedostatkových objemů kolem hodnoty 2,8 až 3,0 a maximální trvání se vyskytují do 7 měsíců. V nedostatkových objemech je zřejmá tendence k opakování v 10letých cyklech s vrcholem přibližně ve třetím roce každého desetiletí.

Analýza průtoků na Labi v Děčíně od roku 1851 ukázala, že maximální sucha s nedostatkovými objemy s hodnotou 3 až 3,2 nejsou v dlouhodobém horizontu výjimkou a můžeme je očekávat každých několik desetiletí. Výsledky ukazují, jak v mnoha případech existence nádrže na vodním toku významně eliminuje vliv suchého období na úseku toku pod nádrží nadlepšováním průtoku, a to jak pod limitem Q95 i pod limitem Q70. Pod limitem Q70 jsou nejvýrazněji nadlepšovány stanice na Vltavě, Malši, Sázavě, Opavici, Opavě, Ostravici, Hloučele, Dyji, Svratce, Křetínce a příslušné nedostatkové objemy jsou tak významně omezovány. Pod limitem Q95 jsou prakticky zcela eliminovány nedostatkové objemy na D. Orlici, Vltavě, Malši, Sázavě, Ohři, Labi, Ostravici, Odře, Hloučele, Dyji, Svratce, Křetínce, Svitavě, Oslavě a Jihlavě. Případy, kdy manipulace na nádrži prohloubí průběh sucha, jsou výjimečné.

Na mapě 2.16 jsou zobrazeny ohrožené lokality hydrologickým suchem, kdy vstupem pro analýzu byly standardizované nedostatkové objemy pro současné podmínky (pozorování).



Mapa 2.16: Odtokové poměry pro výhledová období

Modelování výhledových období naznačují rostoucí trend velikosti nedostatkových objemů, četnosti v jednotlivých třídách závažnosti i jejich trvání. Výraznější prohloubení sucha je zřetelné při použití variabilního měsíčního limitu, což ukazuje na větší snížení průtoků v období minim v létě a raném podzimu oproti zbytku roku.

- **Pro detailnější porozumění je vhodné vyhodnotit nedostatkové objemy na malých a neměřených tocích, především v problematických lokalitách.**
- **Vyhodnocení hydrologického sucha dle vegetačních sezón.**
- **Propojení meteorologických indexů s indexy hydrologickými (např. Standardized Precipitation Index - SPI s indexem SRI - Standardized Runoff Index).**

Autoři: *Ing. Adam Vizina, Ph.D., Ing. Radek Vlnas (všichni VÚV T.G.M)*

LITERATURA:

Vlnas, R. et al. (2010): Časová a plošná variabilita hydrologického sucha v podmínkách klimatické změny na území České republiky. Závěrečná zpráva. 174 stran.

2.1.9 Predikce důsledků negativních socioekonomických dopadů změny klimatu

- **Socioekonomické dopady změny klimatu, které se již v současnosti významně projevují v oblasti vodního hospodářství, ovlivní (mimo zemědělství) zejména lesnictví, biodiverzitu a dodávky ekosystémových služeb.**
- **Zvýšený výskyt extrémních srážek by v důsledku znečištění vodních zdrojů mohl vést ke zvýšeným ekonomickým nákladům na úpravu pitné vody.**
- **V souvislosti s růstem průměrných teplot se očekává, že změna klimatu negativně ovlivní rozvoj infekčních onemocnění.**
- **Přes 5 % území ČR je velmi a přes 17 % je středně zranitelné z hlediska poskytování ekosystémových služeb.**

Socioekonomické dopady změny klimatu se na území České republiky (mimo agrární sektor) nejvýznamněji projeví v oblastech vodního hospodářství, lesnictví, biodiverzity a ekosystémových služeb, zdraví obyvatelstva, dopravy, infrastruktury, průmyslu a energetiky. Klimatická změna by sebou mohla přinést i významná ekonomická rizika, vyplývající ze snížené dostupnosti surovin a pěstovaných plodin a následného ovlivnění cen potravin a exportu.

Probíhající klimatická změna již v současnosti významně ovlivňuje hydrologický režim prostřednictvím zvýšených a snížených průtoků a má za následek změny v četnosti a intenzitě výskytu extrémních událostí (povodní, sucha). Prognózy odhadují snížení průměrných průtoků v českých povodích o zhruba 15-20 %, případně až o 25-40 % v druhé polovině 21. století. K prohloubení deficitů vody by mohlo dojít zejména v letních a podzimních měsících (ČHMÚ, 2011). Za nejvýznamnější negativní dopady lze považovat extrémní záplavy a s nimi související znečištění vodních zdrojů v důsledku zvýšeného výskytu přívalových srážek a následných úniků odpadní vody z kanalizačních systémů. Další dopady mohou zahrnovat zvýšený nárůst řas ve vodních útvarech, vyšší koncentraci nerozpustných látek a kontaminujících prvků, a s tím související větší ekonomické náklady na úpravu vody pro dodávky pitné vody.

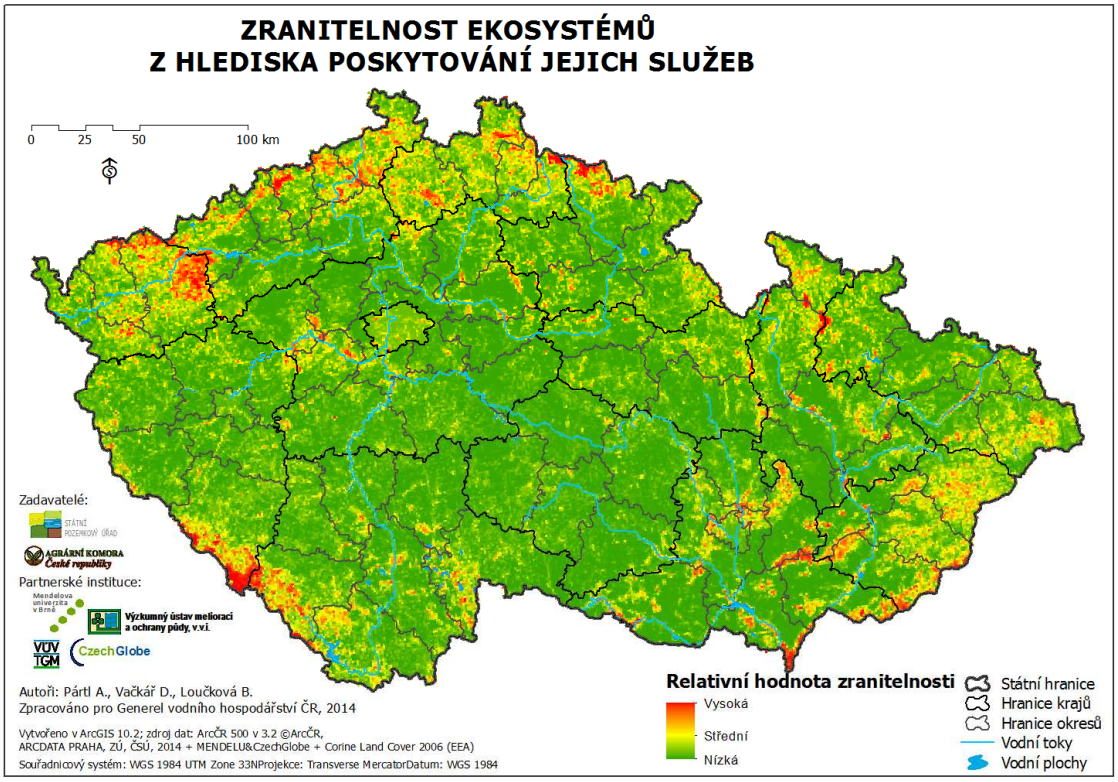
Zvyšující se teplota a koncentrace oxidu uhličitého spolu se změnami v distribuci srážek bude mít významné dopady na růst a zdravotní stav lesních ekosystémů a biologickou a ekonomickou životaschopnost dřevin. Predikovaný posun areálu ekonomicky významné dřeviny smrku ztepilého (*Picea abies)* v důsledku vyšších teplot v prostoru střední Evropy směrem do vyšších zeměpisných šířek a nadmořských výšek by podle odhadů mohl mít za následek snížení hodnoty lesních pozemků v průměru o 28 % do roku 2100 (Hanewinkel *et al.,* 2013). Monokulturní plochy smrku v České republice se vyznačují poměrně nízkou odolností vůči vlivům prostředí, změna klimatu by proto mohla mít významné negativní ekonomické důsledky.

Měnící se klima spolu s antropogenním tlakem představuje významné riziko pro biologickou rozmanitost a dodávky služeb, které poskytují lidské společnosti ekosystémy. Změny v hydrologických a teplotních režimech ovlivní fungování především zásobovacích a regulačních ekosystémových služeb, jako jsou např. dodávky potravin, vlákniny, léků a pitné vody, opylování plodin, filtrace znečišťujících látek a ochrana před živelními pohromami.

Jednou z dalších součástí vzrůstajícího rizika je i zranitelnost – tedy určitá expozice vůči změnám klimatu, citlivost vůči jejich účinkům a adaptivní kapacita, která představuje schopnost se s těmito účinky vyrovnat. Modelování zranitelnosti v kontextu poskytování ekosystémových služeb na základě fragmentace krajiny a hustoty obyvatelstva ukazuje, že přes 5 % území ČR je velmi a přes 17 % středně zranitelné (Mapa 2.17).

Z hlediska dopadů na lidské zdraví se kromě následků extrémních událostí očekává, že změna klimatu významně ovlivní i rozvoj infekčních onemocnění v důsledku zvýšení míry reprodukce přenašečů (Semenza, Menne, 2009). V souvislosti s nárůstem průměrných teplot na území České republiky došlo v posledních dvou desetiletích k expanzi populace klíštěte obecného *(Ixodes ricinus)* do vyšších nadmořských výšek a současně i k hojnějšímu výskytu ve svém původním areálu (Materna *et al.,* 2008). Zranitelnost populace je

také významně ovlivňována demografickými faktory - současný trend stárnutí populace by se v budoucnu mohl projevit např. zvýšeným podílem osob ohrožených vlnami veder.



Mapa 2.17: Zranitelnost ekosystémů z hlediska poskytování jejich služeb

Výskyt negativních dopadů změny klimatu v sektorech dopravy, infrastruktury, průmyslu a energetiky se podle prognóz projeví spíše ve středně až dlouhodobém horizontu. V důsledku nárůstu výskytu extrémních vln veder a sucha by mohlo docházet ke zvýšeným energetickým nárokům na klimatizaci, k přerušení dodávek energií a čisté vody, k snížení dostupnosti vody pro energetické účely a škodám na majetku a infrastruktuře.

LITERATURA:

1. ČHMÚ (2011): Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření. Technické shrnutí výsledků projektu 2007-2011. Český hydrometeorologický ústav, Praha.
2. Hanewinkel, M., Cullmann, D.A., Schelhaas, M.J., Nabuurs, G.J., Zimmermann, N.E. (2013): Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. Nature Climate Change, 3, 203-207.
3. Materna, J., Daniel, M., Metelka, L., Harčarik, J. (2008): The vertical distribution, density and the development of the tick Ixodes ricinus in mountain areas influenced by climate changes (The Krkonose Mts., Czech Republic). International Journal of Medical Microbioly, 298, 25–37.
4. Semenza, J.C., Menne, B. (2009): Climate change and infectious diseases in Europe. The Lancet Infectious Diseases, 6, 365–375.

Autoři: *Mgr. Blanka Loučková, Ph.D., Ing. Adam Pártl, MSc., Mgr. David Vačkář, Ph.D. (CzechGlobe)*

2.1.10 Predikce důsledků negativních socio-ekonomických vlivů na krajinu a vodní hospodářství

- **Socio-ekonomické procesy (nárůst populace, zvýšená spotřeba přírodních zdrojů, urbanizace, změny ve využívání půd) zvyšují zranitelnost krajiny již při současných klimatických podmínkách a předpokládaná změna klimatu stávající environmentální problémy ještě prohloubí.**
- **V souvislosti s růstem průměrných teplot se očekává, že by vodní režim krajiny mohl být ještě více negativně ovlivněn nadměrnými odběry vody pro hospodářské účely.**
- **Snížení vodních průtoků v důsledku nadměrného čerpání vody by mohlo mít za následek vyšší koncentrace znečišťujících látek ve vodních tocích a následné nezvratné změny ve fungování řady vodních a mokřadních ekosystémů.**

Vodní hospodářství čelí značným výzvám kvůli klimatické změně a také v důsledku rychle se měnících socio-ekonomických podmínek. Socio-ekonomické procesy (populační růst a s ním související zvýšená spotřeba vody a využívání přírodních zdrojů, urbanizace, změny ve využívání půd, odlesňování, změny ve vodním režimu krajiny) zvyšují zranitelnost krajiny již za současných klimatických podmínek. V České republice došlo v období 2000-2006 na základě analýzy současně dostupných datových zdrojů (Corine Land Cover) k nárůstu rozlohy urbanizovaného území o více než 37 216 ha. Předpokládané změny klimatu prohloubí stávající environmentální problémy (související zejména s nadměrným využíváním přírodních zdrojů a ekosystémů), které následně ovlivní lidskou společnost zhoršením kvality života a snížením ekonomického růstu.

Nejvýznamnější rizika spojená s klimatickou změnou představují zejména změny v četnosti a intenzitě výskytu extrémních událostí, kterými jsou intenzivní srážkové úhrny, povodně, vlny horka a sucha.

Socio-ekonomické aktivity v záplavových zónách a změny ve využívání půdy v povodích jsou hlavním činitelem způsobujícím pravděpodobný nárůst povodňových rizik v budoucnu.

Dalším významným budoucím rizikem podle současných prognóz je snížení vydatnosti vodních zdrojů v důsledku prohlubující se nerovnováhy mezi poptávkou po vodě a její dostupností (Quevauviller, 2011). Podle simulací by se průměrné průtoky na mnoha povodích v České republice mohly v průběhu 21. století snížit o zhruba 15-20 %, a to zejména v letních a podzimních měsících (ČHMÚ 2011).

Socio-ekonomické dopady sucha již v současné době významně ovlivňují vodní režim krajiny a fungování řady vodních a mokřadních ekosystémů. Do budoucna se očekává, že by mohly být ještě více ovlivněny následkem nadměrných odběrů v zemědělství, průmyslu a energetice. Nadměrné odběry vody pro hospodářské účely v obdobích sucha způsobují trvalé a nevratné změny ve vodním režimu krajiny a ve fungování řady ekosystémů. Snížení průtoků na minimální stavy mohou mít za následek vyšší koncentrace znečišťujících a toxických látek a následné zamoření půdy a vodních zdrojů v povodí. Vysoké odběry vody představují riziko také pro podzemní vody, kde může docházet k vyčerpání zvodní v důsledku nadměrného užívání. Významné jsou také dopady na půdní prostředí, kde dochází ke změnám v bonitě půdy, které následně vedou k její degradaci a erozi (Schmidt *et al.*, 2012).

Negativní dopady v souvislosti se změnou klimatu a následnými socioekonomickými vlivy by mohly nastat i v důsledku intenzifikace zemědělství a nahrazení stávajících hospodářských technologií novými, které by mohly způsobit negativní změny v ekosystémech (např. zavedení nových odrůd v zemědělství, nových těžebních technologií, nadměrné zavlažování).

Sucha v kombinaci s vlnami veder mohou představovat také významnou hrozbu lesních požárů, které mají hluboké a mnohdy trvalé dopady (výrazné snížení kvality života obyvatel v postižené oblasti, snížení turismu, snížení estetické a rekreační hodnoty místní krajiny a prostředí).

Autoři: *Mgr. Blanka Loučková, Ph.D., Ing. Adam Pártl, MSc., Mgr. David Vačkář, Ph.D. (CzechGlobe)*

LITERATURA:

1. ČHMÚ (2011): Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření. Technické shrnutí výsledků projektu 2007-2011. Český hydrometeorologický ústav, Praha.
2. Quevauviller, P. (2011): Adapting to climate change: reducing water-related risks in Europe – EU policy and research considerations. Environmental Science & Policy 14 (7), 722–729
3. Schmidt, G., Benítez, J.J., Benítez, C. (2012): Working definitions of Water scarcity and Drought. European Commission, Intecsa-Inarsa s.a.

2.2 Multikriteriální analýza zranitelných území – vymezení zranitelných pozemků

V rámci přípravy generelu vodního hospodářství byly jako ukazatele pro multikriteriální analýzu vybrány následující parametry:

- stupeň ohrožení výskytem zemědělského sucha ve vegetační sezóně (tj. duben-září),
- podíl vysýchavých půd v území (viz část 1.6, Mapa 2.11 a částečně část 2.2.1),
- procento území, náležející do přispívajících ploch kritických bodů,
- procento území výrazně ohrožené erozním smyvem.

Jako druhá varianta multikriteriální analýzy bylo použito celkem 6 kritérií, a to:

- stupeň ohrožení výskytem zemědělského sucha v první polovině vegetační sezóny (tj. duben-červen),
- stupeň ohrožení výskytem zemědělského sucha ve druhé polovině vegetační sezóny (tj. červenec-srpen),
- podíl vysýchavých půd v území (viz část 1.6, Mapa 2.11 a částečně část 2.2.1),
- procento území, náležející do přispívajících ploch kritických bodů,
- procento území, náležející do přispívajících ploch drah soustředěného odtoku,
- procento území výrazně ohrožené erozním smyvem.

Jako pomocná kritéria v dalších krocích analýzy pak bude sloužit míra ohrožení území hydrologickým suchem, dostupnost zdrojů vody a také produkční schopnost území. Každý z výše uvedených parametrů byl zpracován v jiném rozlišení (od řádově m po km^2), a proto byly jako základní jednotky použity jak katastrální území (KU) tak povodí IV. řádu (P_IV). Zatímco z pohledu návrhu adaptačních opatření, hodnocení hydrologického sucha, přispívajících ploch kritických bodů či drah soustředěného odtoku se využití P_IV jeví jako jediné správné, pracuje generel i s agregací na úrovni KU. Je tomu tak proto, že na rozdíl od P_IV představují KU funkční a zažitý administrativní celek s jasně danými a v rámci území známými hranicemi. Pro návrh adaptačních opatření i vymezení pilotních území bude vycházeno z map pracujících s agregací pro P_IV. Pro účely státní správy se jevilo jako vhodné připravit podklady i v rozlišení pro jednotlivá KU.

Pro všechny zmiňované parametry byly hodnoty agregovány do území KU či P_IV a následně byl proveden výpočet tzv. Z-skóre, kdy hodnota Z-skóre pro dané území byla vypočtena jako:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma},$$

kde:

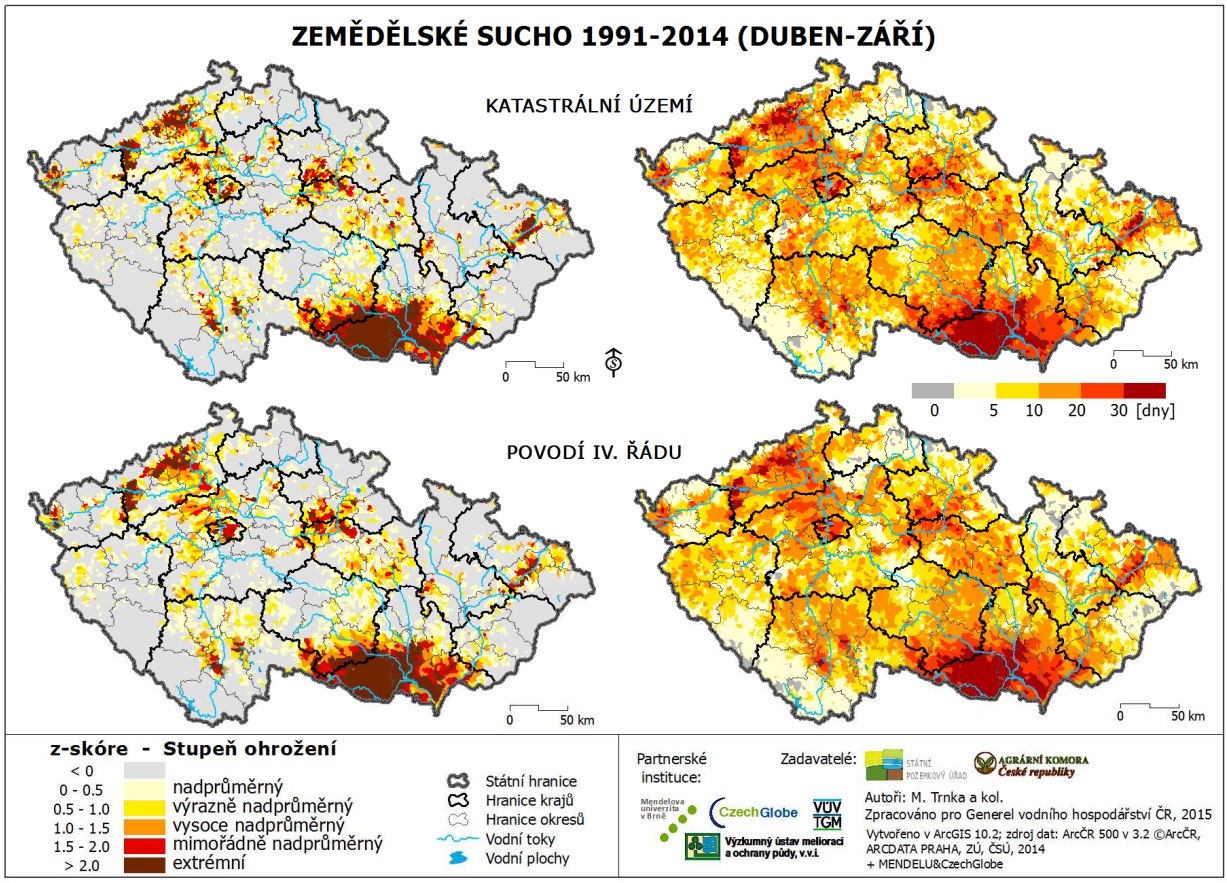
x je hodnota parametru v daném KU či P_IV
μ je průměrná hodnota pro všechny KU či P_IV
σ STD pro všechny KU či P_IV

Podle hodnoty Z-skóre pak bylo území klasifikováno podle stupně ohrožení následujícím způsobem:

- nadprůměrné ($0 < Z\ skóre \leq 0{,}5$),
- výrazně nadprůměrné ($0{,}5 < Z\ skóre \leq 1{,}0$),
- vysoce nadprůměrné ($1{,}0 < Z\ skóre \leq 1{,}5$),
- mimořádně nadprůměrné ($1{,}5 < Z\ skóre \leq 2{,}0$),
- extrémní ($Z\ skóre > 2.0$).

2.2.1 Pozemky ohrožené zemědělským suchem a desertifikací

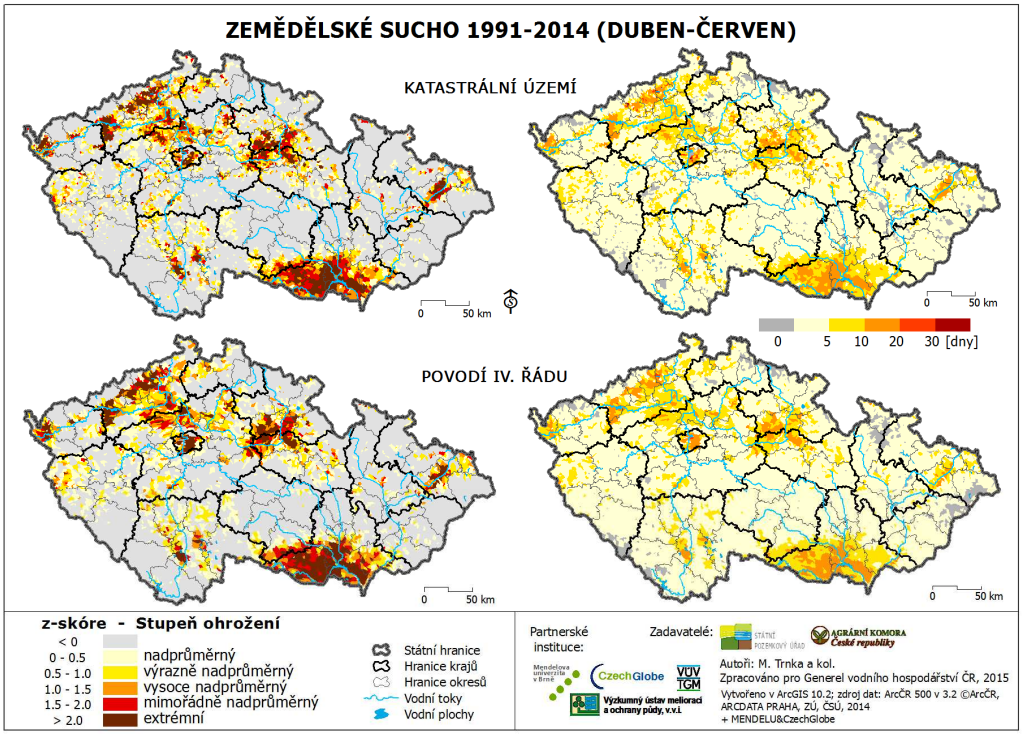
Základní informace o výskytu zemědělského sucha a o použité metodice je obsaženo v kapitole 2.1.5. Pro účely multikriteriální analýzy byla využita hodnota mediánu počtu dní, po které byla půda v povrchové vrstvě půdy nasycena na méně než 30 % maximálního stavu. Tato hodnota je považována za úroveň, pod kterou fyziologické procesy v rostlině začínají být výrazně limitovány nedostatkem vody (např. Larcher, 2003). Zatímco při poklesu relativního nasycení půdy pod 50% hranici rostlina zpomaluje příjem vody, při hodnotách pod 30 % již není schopná vykrývat svoji potřebu a růst rostlin stagnuje. Jak ukazuje Mapa 2.18 je medián počtu těchto dní v suchem nejvíce postižených oblastech vyšší než 30 dní v roce, pokud uvažujeme celou vegetační sezónu. Pro většinu orné půdy je tato hodnota vyšší než 10 dní v roce, přičemž maximální hodnoty jsou dosahovány nejen na jižní Moravě, ale i v části severní Moravy, v oblasti severozápadu středních Čech, v Pardubickém, Hradeckém a Ústeckém kraji a také v kraji Jihočeském. Mezi nejvíce postižené tímto rizikovým faktorem patří i jižní okraj kraje Vysočina. Tento ukazatel převedený na Z-skóre ukazuje na rozsáhlou oblast na jihovýchodě ČR a dále na řadu menších regionů, u kterých lze riziko výskytu zemědělského sucha považovat za mimořádně až extrémně nadprůměrné s ohledem na zbytek území ČR.



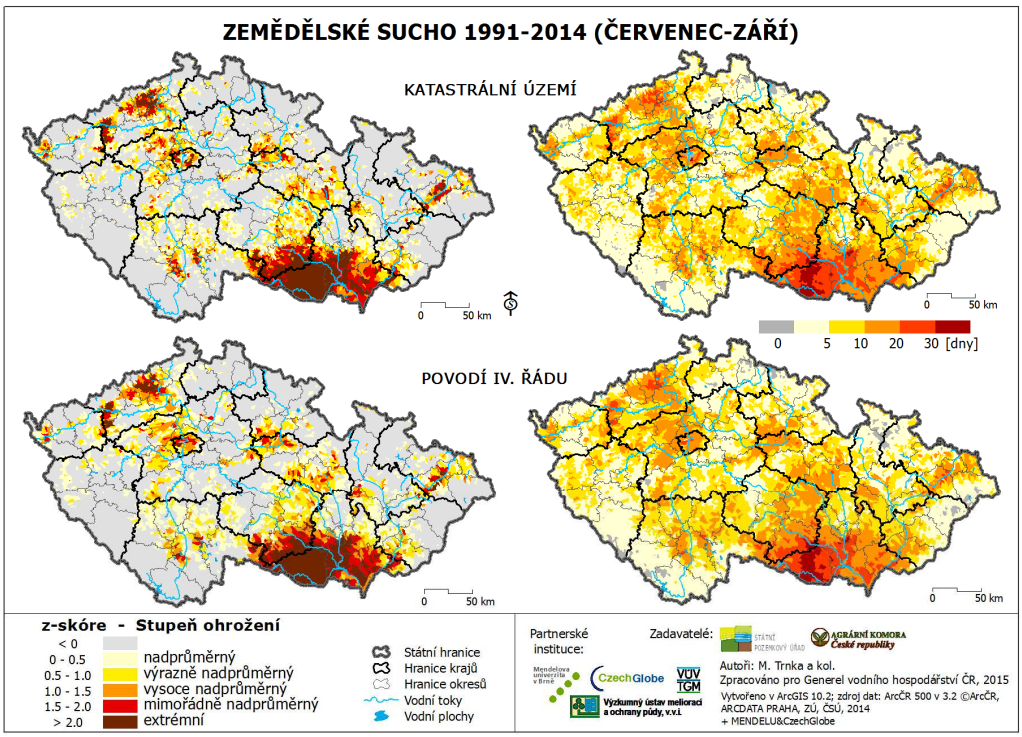
Mapa 2.18: Vpravo je zachycen medián počtu dní ve vegetační sezóně (duben-září) s relativním nasycením povrchové části půdního profilu (0-40 cm) nižším než 30 % (tedy pod úroveň považovanou za hranici, kdy projevy stresu suchem začínají kriticky ovlivňovňovat růst a vývoj zemědělských plodin i trvalých kultur). Vlevo je pak zachycena hodnota Z-skóre. Horní mapy zachycují informace agregované na úroveň katastrálních území a dolní pár map pro povodí IV. řádu.

Nicméně je třeba vnímat, že výskyt zemědělského sucha závisí i na části vegetačního období, ve kterém se vykytuje. Práce Hlavinky et al. (2009) jednoznačně ukázala, že pro většinu obilnin (pšenice, žito, ječmen) a olejnin (např. řepka) je kritický nedostatek vláhy v období dubna až června. Naopak sucho v období července až září kromě trvalých travních porostů, víceletých pícnin a trvalých kultur ovlivňuje negativně i produkci kukuřice, cukrové řepy či brambor. Proto jsme pro druhou variantu multikriteriální analýzy

rozdělily vegetační období na dvě části (Mapa 2.19 a 2.20). Z výsledků analýz je evidentní rozdíl mezi rizikem zemědělského sucha v jednotlivých regionech. V první půlce vegetační sezóny je zasažené území v součtu vyšší na západě území ČR, zatímco ve druhé polovině území je relativní míra ohrožení suchem dramaticky vyšší na východě ČR.

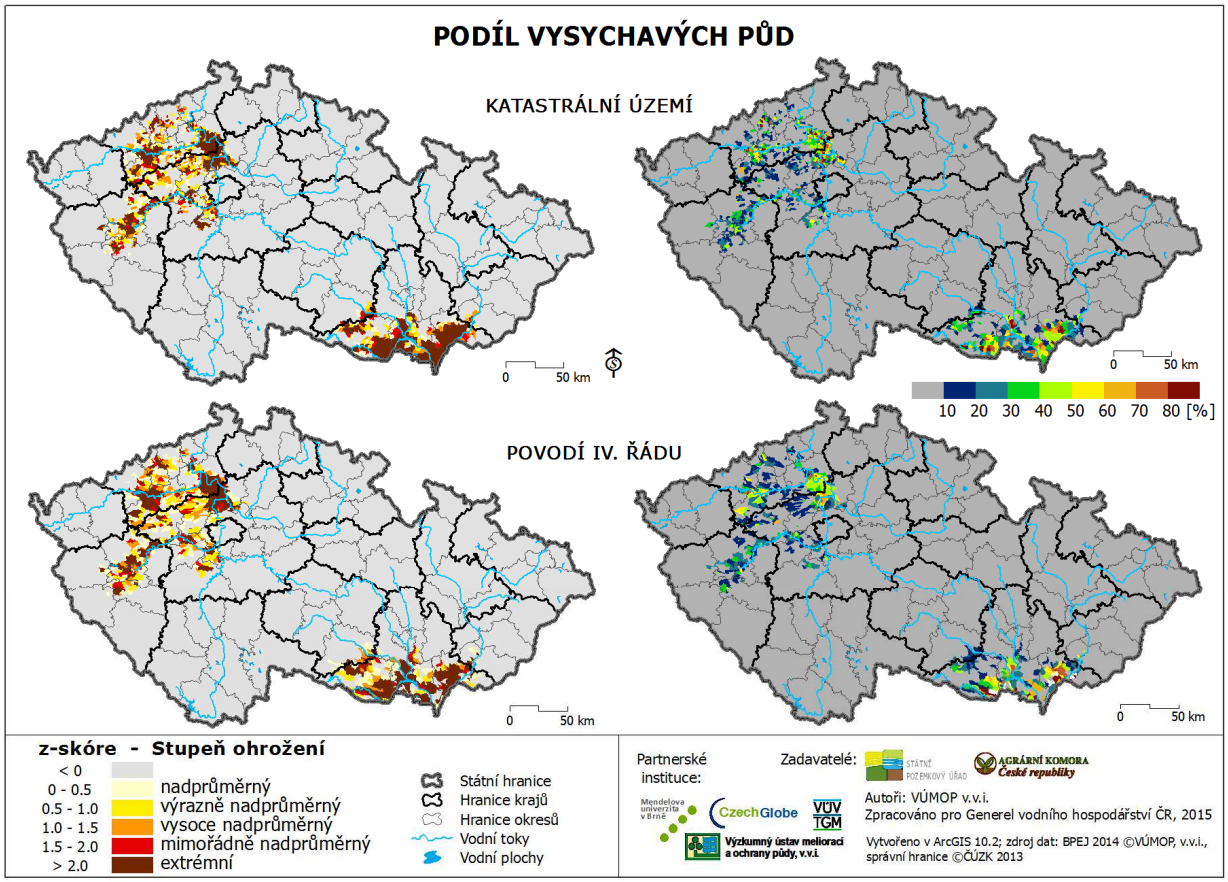


Mapa 2.19: Vpravo je zachycen medián počtu dní v první polovině vegetační sezóny (duben-červen) s relativním nasycením povrchové části půdního profilu (0-40 cm) nižším než 30 % (tedy pod úroveň považovanou za hranici, kdy projevy stresu suchem začínají kriticky ovlivňovat růst a vývoj zemědělských plodin i trvalých kultur). Vlevo je pak zachycena hodnota Z-skóre. Horní mapy zachycují informace agregované za úroveň katastrálních území a dolní pár map pro povodí IV. řádu.



Mapa 2.20: Vpravo je zachycen medián počtu dní v první polovině vegetační sezóny (červenec-srpen) s relativním nasycením povrchové části půdního profilu (0-40 cm) nižším než 30 % (tedy pod úroveň považovanou za hranici, kdy projevy stresu suchem začínají kriticky ovlivňovat růst a vývoj zemědělských plodin i trvalých kultur). Vlevo je pak zachycena hodnota Z-skóre. Horní mapy zachycují informace agregované za úroveň katastrálních území a dolní pár map pro povodí IV. řádu.

Podíl vysýchavých půd byl zvolen jako další kritérium pro stanovení míry ohrožení území výskytem sucha. Toto kritérium v sobě zohledňuje postupný pokles úrodnosti území v důsledku dlouhodobého nedostatku vody, kdy dochází k poklesu půdní úrodnosti (viz část 1.6). V ČR jsou nejvíce postižená území soustředěna na jižní Moravu a dále v obdobném rozsahu pak západní části kraje Středočeského a v některých regionech kraje Ústeckého a Plzeňského, tato území se však stále rozšiřují a je to v úměře s intenzitou procesu eroze (Mapa 2.21).



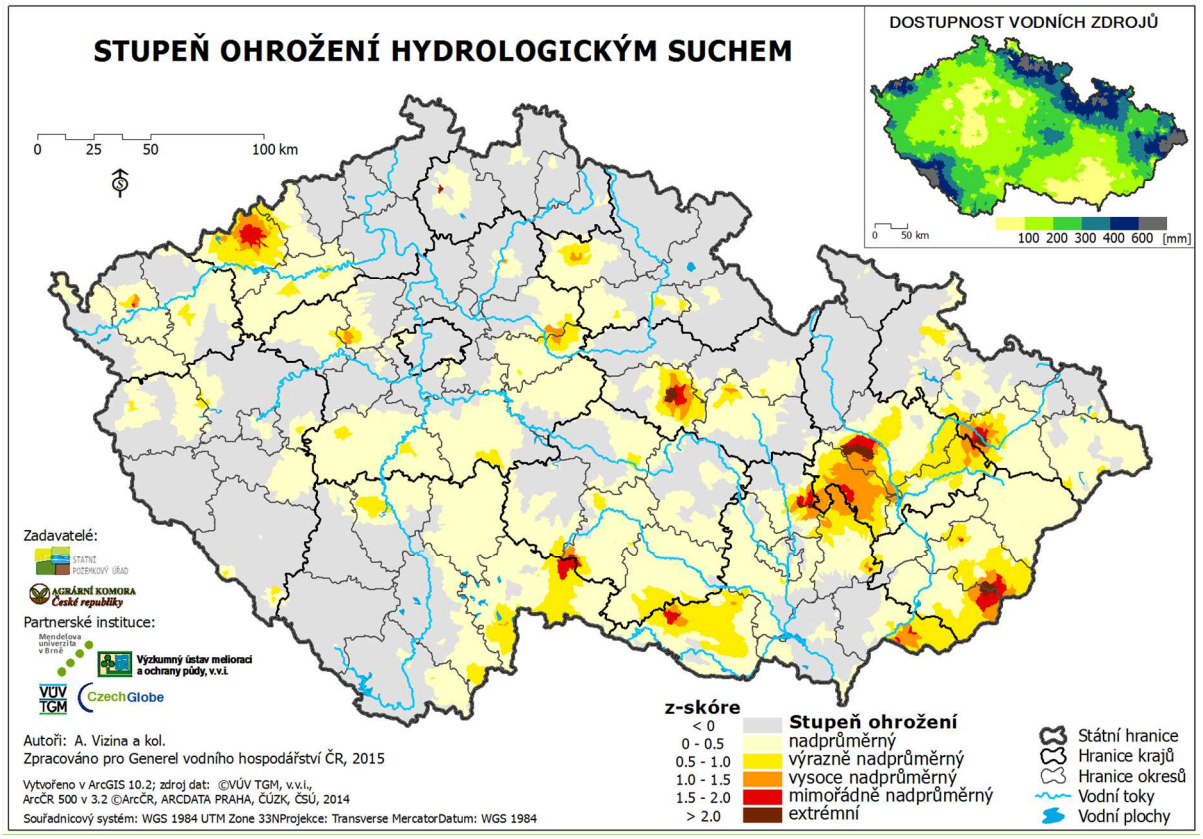
Mapa 2.21: Vpravo je zachycen podíl vysýchavých půd na rozloze daného katastrálního území resp. povodí IV. řádu. Vlevo je pak zachycena hodnota Z-skóre. Horní mapy zachycují informace agregované na úroveň katastrálních území a dolní pár map pro povodí IV. řádu.

***Autoři**: prof. Ing. Mgr. Miroslav Trnka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), doc. Ing. Petr Hlavinka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe); Ing. Daniela Semerádová, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe); Dr. Ing. Martin Možný (ČHMÚ,MENDELU); prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), Ing. Ivan Novotný (VÚMOP), Ing. Jan Vopravil, Ph.D. (VÚMOP)*

2.2.2 Oblasti ohrožené hydrologickým suchem

Jako doplňkové kritérium bylo zvoleno ohrožení území hydrologickým suchem. Hydrologické sucho je spojováno s důsledky bezesrážkových období na povrchové a podzemní vody. Extremita, intenzita a frekvence hydrologického sucha je obvykle definována v měřítku povodí přičemž v tomto případě jsme pracovali s úrovní povodí IV. řádu. Ačkoli každé sucho má původ v nedostatku srážek, hydrologie se více zabývá jeho dopady na tvorbu odtoku. Hydrologické sucho obvykle reaguje na meteorologické a zemědělské sucho s jistým zpožděním a je spojeno s poklesem průtoků a současně s poklesem hladin podzemní vody a jejích zásob. Hydrologické sucho se vyvíjí postupně, neboť odtok ve vodních tocích je doplňován odtokem ze zásob podzemní vody, které ubývají zvolna, i když nedochází k infiltraci. Hydrologické sucho se může objevit nebo pokračovat také v zimním období jako důsledek akumulace srážek ve sněhové pokrývce a nízkých teplot. Pro účely multikriteriální analýzy nemohlo být prozatím kritérium ohrožení území výskytem hydrologického sucha zařazeno do plošné analýzy, neboť nejsou doposud vyhotoveny studie pro všechna povodí v rámci ČR. Ačkoliv více než 2/3 území již byly analyzovány, některé z klíčových oblastí

např. v severozápadních Čechách či na jižní Moravě stále nejsou dokončeny, přesto poskytuje Mapa 2.22 základní představu o nejohroženějších regionech a také o dostupnosti vodních zdrojů.

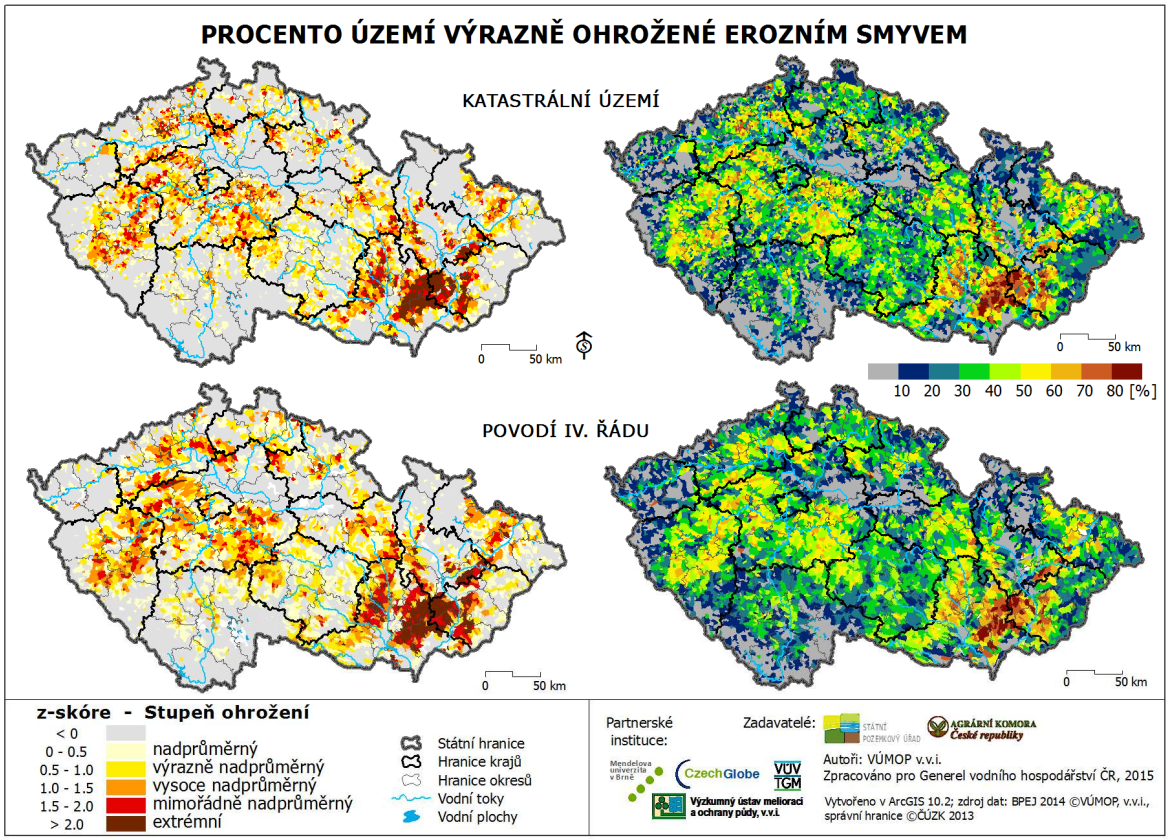


Mapa 2.22: Míra ohrožení území hydrologickým suchem vyjádřená jako Z-skóre (hlavní mapa) a potenciální dostupnost vodních zdrojů (pomocná mapa) vyjádřená v mm. Pozn. pro současnou verzi generelu nebylo možné s ohledem na dostupnost dat zpracovat míru ohrožení území (tyto locality zahrnují např. část jižní Moravy)

Autoři: *Ing. Adam Vizina, Ph.D. (VÚV), doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D. (VÚV)*

2.2.3 Erozní smyv

Základní informace o ohroženosti půdy vodní erozí a o použité metodice jsou obsaženy v kapitole 1.6 a 2.1.3.2. Pro účely multikriteriální analýzy byla ohroženost půdy vodní erozí vyjádřena pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy USLE (Wischmeier, Smith, 1978), faktor erozní účinnosti srážek byl použit R=40 N·ha^{-1}, hodnoty přípustného smyvu pro středně hluboké (30-60 cm) a hluboké půdy (nad 60 cm) G_p=4 t·ha^{-1}·rok^{-1}, mělké půdy (do 30 cm) G_p=1 t.ha^{-1}·rok^{-1}. Za hranici výrazného erozního smyvu byla zvolena dlouhodobá průměrná ztráta půdy 4 t·ha^{-1}·rok^{-1}. V jednotlivých katastrálních územích a povodích IV. řádu bylo následně spočteno procento území výrazně ohrožené erozním smyvem. Pro potřeby multikriteriální analýzy byly hodnoty relativního zastoupení normalizovány pomocí Z-skóre a území bylo klasifikováno podle stupně ohrožení způsobem uvedeným v kapitole 2.2. Výsledky identifikace oblastí výrazného erozního ohrožení ukazuje Mapa 2.23.



Mapa 2.23: Vpravo je zachyceno procento území, kde dochází k překročení přípustné hodnoty erozního smyvu. Vlevo je pak zachycena hodnota Z-skóre získaná postupem uvedeným v části 2.2. Horní mapy zachycují informace agregované na úroveň katastrálních území a dolní pár map pro povodí IV. řádu

2.2.4 Dráhy soustředěného odtoku

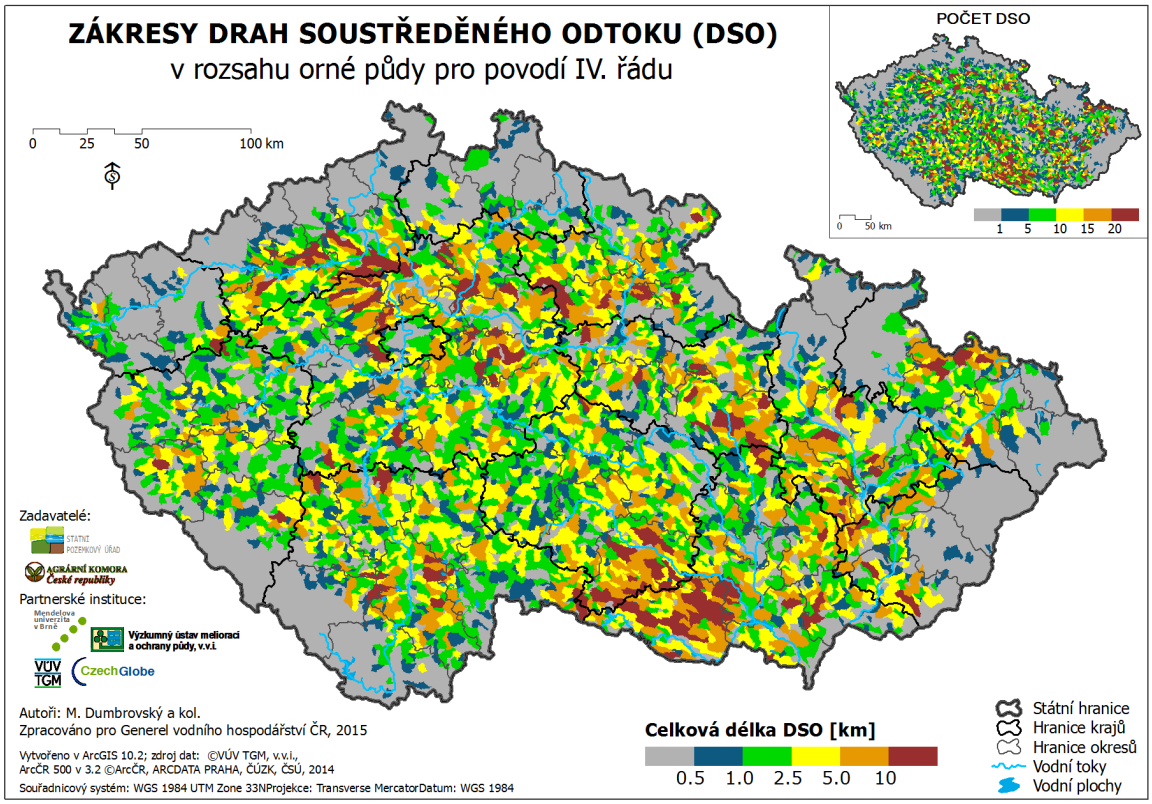
- **Vedle klasických erozních rýh v ploše svahu se na pozemcích orné půdy vyskytují také hluboké erozní rýhy v drahách soustředěného odtoku v literatuře označované termínem „ephemeral gullies“.**
- **Identifikace a zákres potencionálních drah soustředěného odtoku byly provedeny na základě modelování akumulace odtoku z jejich sběrných ploch, interpretace charakteru terénu a vizuální interpretace ortofotomapy na dotčených půdních blocích.**
- **Bylo identifikováno přes 29 000 drah soustředěného povrchového odtoku o celkové délce téměř 11 963 km.**

Vedle klasických erozních rýh v ploše svahu se na pozemcích orné půdy vyskytují také hluboké rýhy v drahách soustředěného odtoku v literatuře označované termínem „ephemeral gullies“, které se liší od klasických erozních rýh velikostí průřezové plochy, která je větší než 1 čtvereční stopa (Morgan, 2005). Objevují se v místech, kde v povodí dochází k soustřeďování povrchově odtékající vody (Obr. 2.6).

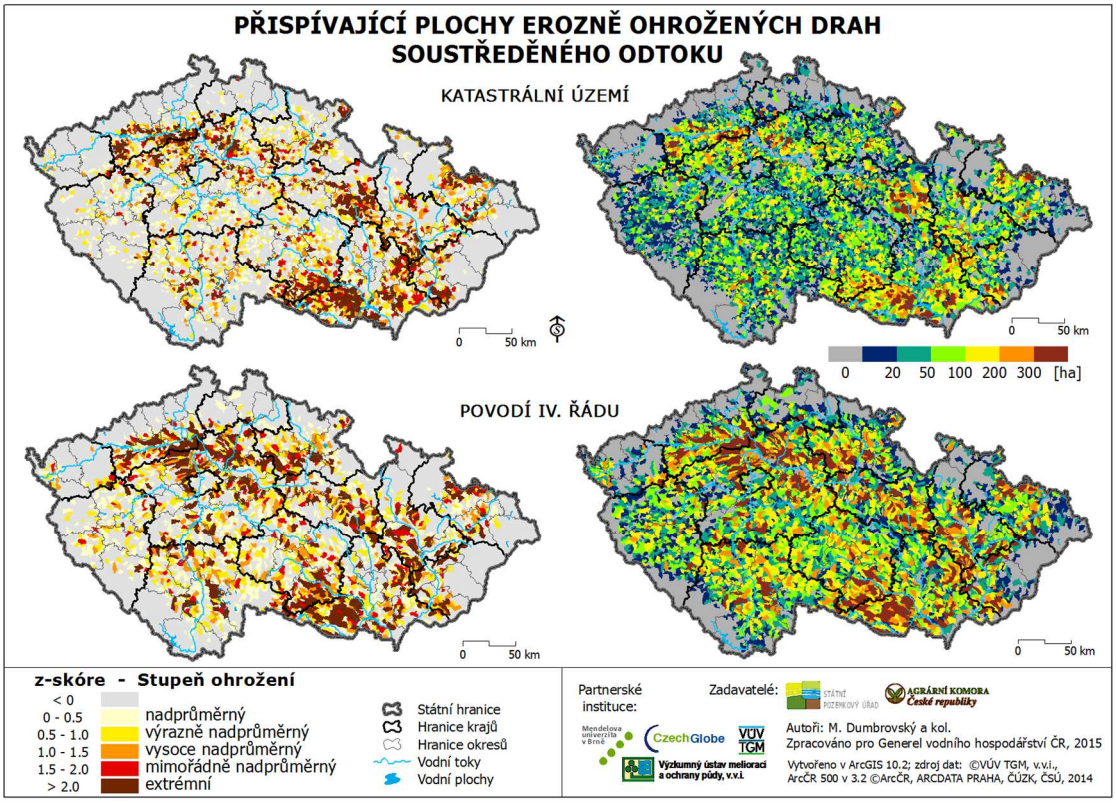
Obr. 2.6: Erozní rýha v dráze soustředěného odtoku (DSO) v povodí Luhy

Může se jednat buď o přirozené údolnice, nebo o místa podél jiných lineárních krajinných prvků, jako jsou hranice pozemků, rýhy vytvořené zemědělskou praxí či podél polních cest. Termín *efemérní* (pomíjející) vyjadřuje dočasnost těchto prvků, které jsou každoročně sanovány agrotechnikou na konci vegetačního období a dochází k jejich znovuobjevení na stejném místě v rámci dalšího vegetačního období.

Vlivem soustředěného povrchového odtoku a proudění vody v místech heterogenity sklonu dochází k vytvoření zprvu malých depresí. V těchto depresích dochází ke koncentraci odtoku a k jejich zvětšování. Toto zvětšování probíhá až do chvíle, kdy dojde ke spojení několika depresí a tím i k formování rýhy. Erozní rýha se začíná tvořit na začátku deprese, kde vznikají téměř svislé stěny a projevuje se zde bystřinné proudění. V malé míře dochází k odnosu materiálu z plochy stěny erozní rýhy. Významnějším zdrojem splavenin je však dno deprese. Odnosem materiálu ze dna deprese dochází k prohlubování rýhy na začátku deprese, čímž dochází k oslabení její stability a finálně zborcení do prostoru deprese (Vandalee, et al., 1996). Pro potřebu MZe ČR byla v roce 2010 vypracovaná identifikace drah soustředěného odtoku z půdních bloků na území celé České republiky (Ekotoxa a Dumbrovský, 2011). Identifikace a zákres potencionálních drah soustředěného odtoku byly provedeny na základě modelování akumulace odtoku vody z jejich sběrných (přispívajících) ploch, interpretace charakteru terénu a vizuální interpretace ortofotomapy na dotčených půdních blocích. Součástí výstupu je databáze se stanovenou strukturou položek, které charakterizují lokalizaci a charakter jednotlivých identifikovaných a zakreslených drah soustředěného odtoku vody. Vymezení přispívajících ploch proběhlo automatizovaně generováním směrů a akumulace odtoku nad digitálním modelem terénu s manuální korekcí s využitím rastrových topografických map a leteckých ortofotomap (Dumbrovský, 2011). Bylo identifikováno přes 29 000 drah soustředěného povrchového odtoku o celkové délce téměř 11 963 km (Mapa 2.24a). V současné době neexistuje v ČR metoda pro identifikaci výskytu a predikci erozních odnosů z erozních rýh v drahách soustředěného povrchového odtoku. Přitom jejich kvantifikovaný podíl na celkovém objemu produktů eroze-splavenin činí 20 až 40 %, jak bylo zjištěno v podmínkách sprašových pokryvů jižní Moravy a Zlínska. V současné době je do bilance erozního smyvu započítáván pouze erozní smyv ze svahových ploch. Jeho hodnota je potom srovnávána s hodnotou tzv. přípustného smyvu. Na tuto hodnotu jsou potom navrhovány systémy ochranných opatření pro eliminaci produkce splavenin, které řeší pouze protierozní ochranu erodovaných svahů. Započítáme-li však do bilance hodnotu erozních odnosů z drah soustředěného odtoku, bude nutno na to reagovat návrhem opatření stabilizujícím dráhy soustředěného odtoku. Protierozní opatření formou stabilizace drah soustředěného odtoku by u nás měla být ve větší míře navrhována a realizována v souladu s řadou států, kde jejich stabilizace představuje základní prvek systému ochranných opatření. Z tohoto důvody byla plocha území náležejícího do přispívajícího území drah soustředěného odtoku zahrnuta do jedné varianty multikriteriální analýzy. Jak dokumentuje Mapa 2.24b, významně ohrožená území se nacházejí ve všech klíčových produkčních oblastech ČR.



Mapa. 2.24a: Celková délka potencionálně erozně ohrožených DSO na km^2 plochy orné půdy v povodích IV. řádu



Mapa 2.24b: Vpravo je zachycena rozloha orné půdy spadající do přispívajících ploch drah soustředěného odtoku. Vlevo je pak zachycena hodnota Z-skóre získaná postupem uvedeným v části 2.2. Horní mapy zachycují informace agregované na úroveň katastrálních území a dolní pár map pro povodí IV.řádu

LITERATURA:

1. Morgan, R.P.C. 2005. Soil Erosion and Conservation. Third Edition. Oxford: Blackwell Publishing. 304 p.
2. Vandalee, K., et al. 1996**.** Geomorphic threshold condition for ephemeral gully inicision.Geomorphology. Sv. 16, 161-173 p.
3. Ekotoxa, Dumbrovský, M. 2011**.** Vymezení přispívajících ploch nad závěrovými profily erozně ohrožených drah odtoku na orné půdě pro potřeby. Rámcové směrnice pro vodní politiku 2000/60/ES. 2011

- **Ekotoxa, Dumbrovský, M. 2011. Vymezení přispívajících ploch nad závěrovými profily erozně ohrožených drah odtoku na orné půdě pro potřeby. Rámcové směrnice pro vodní politiku 2000/60/ES. 2011.**

2.2.5 Ohrožení obydlených území povodněmi z přívalových srážek

- **Povodně z přívalových srážek jsou jevem, který v posledních letech má v ČR na svědomí ztráty lidských životů a významné materiální škody.**
- **Metoda kritických bodů (KB) představuje opakovatelný postup preventivní identifikace urbanizovaných území, která mohou být postižena projevy tohoto typu povodňového nebezpečí (ohrožení obcí soustředěným povrchovým odtokem a transportem splavenin).**
- **Identifikace KB je zpracována za Českou republiku a pro další analýzy budou využívány kategorie území podle poměru přispívajících ploch KB k rozloze povodí III. řádu a dále hodnoty váženého průměru ukazatele kritických podmínek.**

Příčinným jevem extrémního povodňového nebezpečí na území České republiky jsou přívalové srážky. Charakterizovány jsou vysokými srážkovými úhrny za kratší doby trvání, tj. vysokou intenzitou a omezeným plošným rozsahem. Obecně platí, že potenciálně nebezpečné srážky jsou obvykle svázány s přechodem frontálních poruch nebo přílivem teplého vlhkého vzduchu, který podporuje vývoj konvektivní oblačnosti. Pravděpodobnost výskytu přívalových srážek zvyšují horská pásma, která vytvářejí návětrné efekty ve směru proudění vzduchu. Výsledné povodňové průtoky jsou vedle intenzity, trvání příčinného deště a velikosti zasažené plochy také závislé na fyzicko-geografických charakteristikách zasaženého území. Hlavní faktory zde představují velikost a tvar povodí, sklonitostní poměry terénu, propustnost půd a způsob využití území. Významný vliv má také nasycenost povodí předcházejícími srážkami, i když za podmínek, kdy intenzity extrémních srážek výrazně přesahují maximálně možné rychlosti vsaku do půdy, dochází k nebezpečnému povrchovému odtoku a následným povodňovým projevům i v podmínkách nenasyceného půdního profilu. Lokální rozsah negativních důsledků povodní tohoto typu je zesilován nesprávnými způsoby užívání území. Po soustředění odtoku do říční sítě působí povodňová vlna svojí dynamickou silou, která je ještě umocněna neseným materiálem, působí značné škody na majetku a ohrožuje životy osob v postiženém území. Poměrně často situaci zhoršuje ucpání propustků či mostních profilů, příp. vytváření bariér.

Nebezpečí přívalových povodní, které se vyskytují hlavně na malých tocích nebo i mimo říční síť, spočívá zejména v jejich rychlém nástupu. Silně ničivými účinky se projevují zvláště v horských oblastech, kde se vlivem velkého spádu zvyšuje rychlost odtékající vody, která nabývá velké kinetické energie a projevuje se silnou erozí půdy i toků. V důsledku tak vznikají výmoly ve dně a nebezpečné břehové nádrže. Pokud jsou výrazně podmáčeny přilehlé svahy, může docházet i k sesuvům, zejména v oblastech, které jsou geologicky tvořeny erozně málo odolným flyšovým podložím.

Daleko závažnější jsou tragické důsledky povodní z přívalových srážek, kdy za období 1970 až 2013 si události tohoto typu vyžádaly 81 přímých či nepřímých obětí na životech. Vysoké jsou rovněž materiální škody. Jen povodňová situace z června a července 2009 znamenala škody za 8,4 mld. Kč.

V některých případech povodňových situací regionálního charakteru, které jsou způsobeny déletrvajícími méně vydatnými srážkami, dochází k výraznému zhoršení průběhu povodně v zasaženém území právě vypadnutím lokálně omezené přívalové srážky. Příkladem je povodeň v povodí Jeřice v srpnu 2010, nebo průběh povodně na Polečnici na Českokrumlovsku při povodni v srpnu 2002. K podobné kombinaci příčinných jevů se závažnými důsledky došlo za povodňové situace v červnu 2013 na řadě míst ČR.

Vedle extrémních přívalových srážek se jako významný příčinný faktor lokálních povodní uplatňuje vysoký podíl orné půdy, zejména na plošně rozsáhlých svažitých pozemcích a ve většině případů bez jakýchkoli protierozních opatření. Druhým významným nepříznivým faktorem, který velmi ovlivňuje charakteristiky přímého povrchového odtoku, je vysoký podíl půd s nízkou intenzitou vsaku, neboť pro vznik odtoku je dále základní charakteristikou rychlost infiltrace, která je vyjádřena plošným zastoupením a rozložením hydrologických skupin půd (HSP) v povodí. Existují případy lokalit, kde se přes nižší procento plošného zastoupení orné půdy a vyššího zastoupení travních porostů, výrazně nepříznivě projevuje zejména

morfologie území daná vyšší sklonitostí pozemků v kombinaci s výše uvedeným faktorem výraznějšího plošného zastoupení půd s nízkou schopností infiltrace a to také u lesních pozemků i v horních částech povodí.

Ničivé účinky přívalových povodní se projevují především v povodích menších toků, jejichž koryta nejsou dostatečně kapacitní k převedení extrémních průtoků, takže dochází k vybřeení vody do okolního terénu, případně si přívalový průtok vytvoří koryto nové. V důsledku intenzivních srážek dochází k soustředění plošného povrchového odtoku do jindy suchých úžlabí a příkopů, tzv. drah soustředěného odtoku (DSO). Proudící voda, popř. s vysokým obsahem erodovaného materiálu a plaví, se tak objevuje v místech, kde nikdy předtím nebyla pozorována a vznikají značné nicméně obtížně předvídatelné škody. V extravilánu se jedná o devastaci nejníže položeného pruhu území, vznik tzv. efemerních rýh vodní erozí, dochází k poškození vegetace, komunikací atd. Mnohdy katastrofální i tragické jsou důsledky přívalových povodní v zastavěných územích a to zejména v takových lokalitách, kde jsou místní vodoteče často nevhodně upraveny, dokonce zatrubněny nebo tam, kde dochází k vytváření bariér z neseného materiálu a hrozí ucpání propustků a mostů. Nárůst rizika vzniku značných materiálních škod i ztrát na lidských životech zvyšuje tedy nejen nekoncepční zatrubnění linií ve směru drah soustředěného odtoku na vstupu do intravilánu spolu s nedostatečně naddimenzovanými vtokovými objekty, které jsou navíc někde opatřeny nevhodně situovanými česlemi, ale také nedostatečná nebo žádná údržba úseků drobných toků v urbanizovaných územích.

Kritické body a jejich stanovení

Katastrofální povodně v povodích Luhy a Jičínky (pravostranné přítoky Odry) v roce 2009 a následně obdobné události v dalších letech názorně a tragickými důsledky ukázaly a potvrdily, že k povodňovému ohrožení zastavěného území obcí může docházet také v místech, kde neprochází žádný vodní tok. V rámci výzkumných prací prováděných po povodňových událostech včetně podrobných terénních průzkumů (Drbal, 2009; Dumbrovský, 2009) bylo ověřeno přes sto míst v povodích Luhy a Jičínky, kde povrchový odtok vnikal do intravilánu dotčených obcí. Jako problematické byly stanoveny závěrové profily sběrných ploch s výměrou už od 5 ha, kdy zejména transportované splaveniny způsobovaly dílčí škody na majetku. K výrazným škodám na majetku (výrazné poškození nemovitosti) však docházelo až v úsecích pod závěrovými profily s přispívajícími plochami vyššími než 0,3 km^2. U stanovených závěrových profilů v povodí Luhy a Jičínky, jakož i na řadě dalších profilů v minulosti dotčených povodněmi z přívalových srážek, byly vyhodnoceny všechny příčinné faktory rozhodující z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku a transportu splavenin, a na základě kriteriální analýzy byly stanoveny parametry tzv. kritických bodů (KB). Jednalo se o místa, kde linie drah soustředěného odtoku vnikají do zastavěné části obcí. Kritický bod je tedy určen průsečíkem určené hranice zastavěného území obce (intravilánu) s linií dráhy soustředného odtoku s velikostí přispívající plochy $\geq$ 0,3 km^2. Z hlediska plošného rozsahu příčinného jevu přívalových srážek a primárně lokálních důsledků následných povodní se dále uvažují ty kritické body, jejichž přispívající plocha nepřesáhne velikost rozlohy 10 km^2.

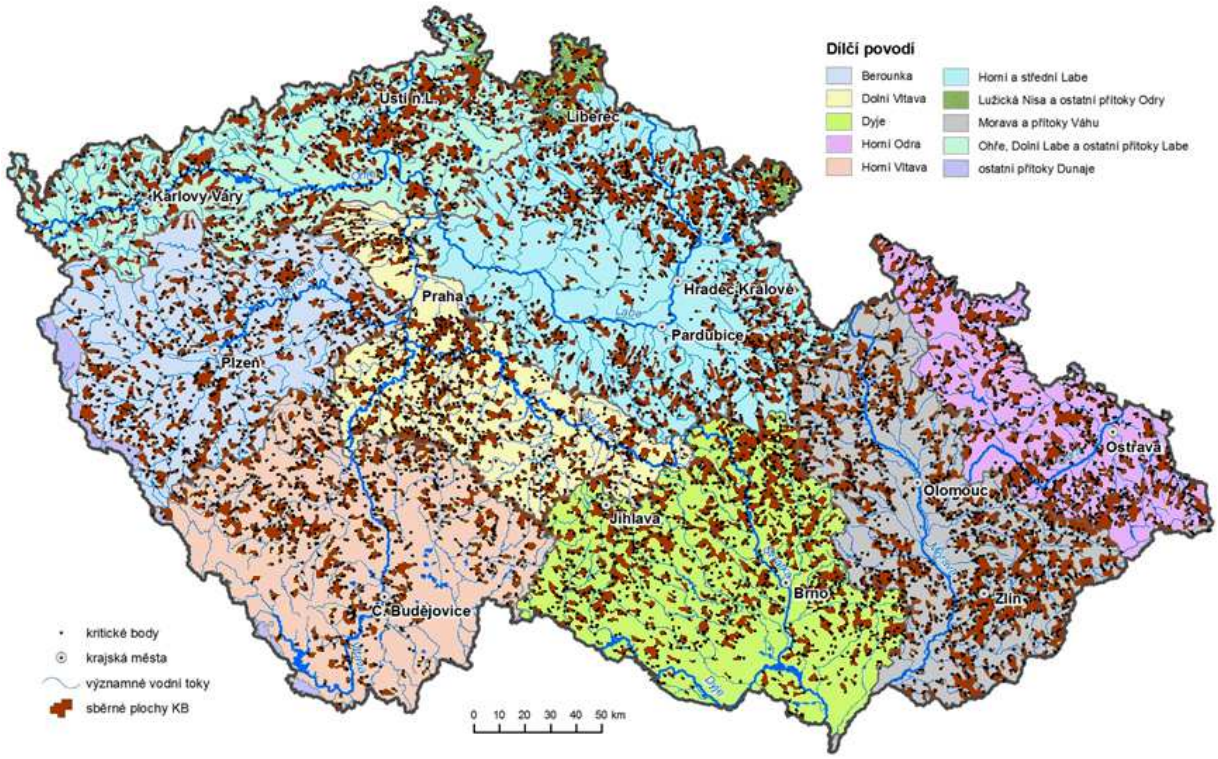
Uvedené bylo reakcí na skutečnost, že přívalové povodně způsobené intenzivními lokálními srážkami se na našem území vyskytují v letním období poměrně často a příčinné srážky tohoto typu se mohou objevit prakticky kdekoli. Současně problematická časoprostorová lokalizace příčinného jevu přívalových povodní a vysoká míra nejistot pravděpodobnostního vyjádření (doby opakování) jejich výskytu pro určitou lokalitu byly důvodem vývoje metody tzv. kritických bodů (Drbal a Dumbrovský, 2009). Principiálně se jedná o opakovatelný postup identifikace rozhodujících ploch z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku s cílem stanovit v zastavěném území obcí tzv. kritické body jako pomocnou metriku ohrožení soustředěným povrchovým odtokem a transportem splavenin z přívalových srážek. Pro každou přispívající plochu je vypočtena hodnota tzv. ukazatele kritických podmínek vzniku negativních projevů povodní z přívalových srážek (Drbal, 2009; Drbal a Dumbrovský, 2009).

Výsledky aplikace metody KB v rámci ČR

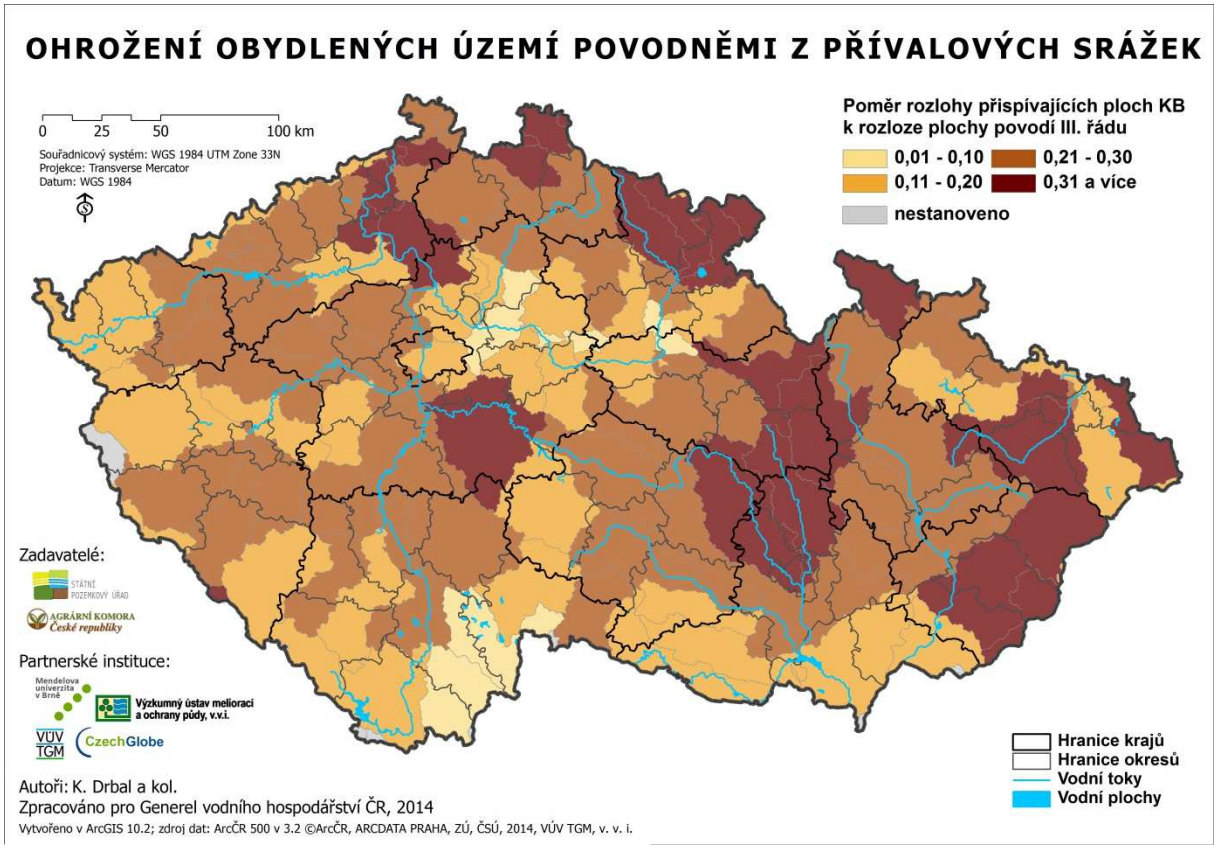
Z aplikace navrženého postupu na území celého státu vyplynulo (Drbal, 2009), že pro 6248 obcí v ČR bylo přes sledované fyzicko-geografické charakteristiky a nastavená kritéria celkem identifikováno 35 437 průsečíků DSO s hranicemi intravilánu. Jako kritické body z hlediska vyšší (neznámé) pravděpodobnosti vzniku negativních důsledků povodní z přívalových srážek bylo pomocí kombinovaného kritéria vybráno celkem 9261 bodů, tj. 26,1 % (viz Obr. 2.7).

Celková rozloha přispívajících ploch vybraných kritických bodů s vazbou na zastavěná území obcí v ČR je 18 112,2 km^2, což odpovídá 23 % rozlohy území státu (78 867,81 km^2 – ZABAGED). Uvedené výsledky jsou orientační, neboť s ohledem na možné neurčitosti ve vstupních datech za celou ČR je třeba výstupy získané uvedeným postupem podrobit kontrole korektnosti zejména z hlediska vztahu ploch intravilánů obcí s drahami soustředěného odtoku.

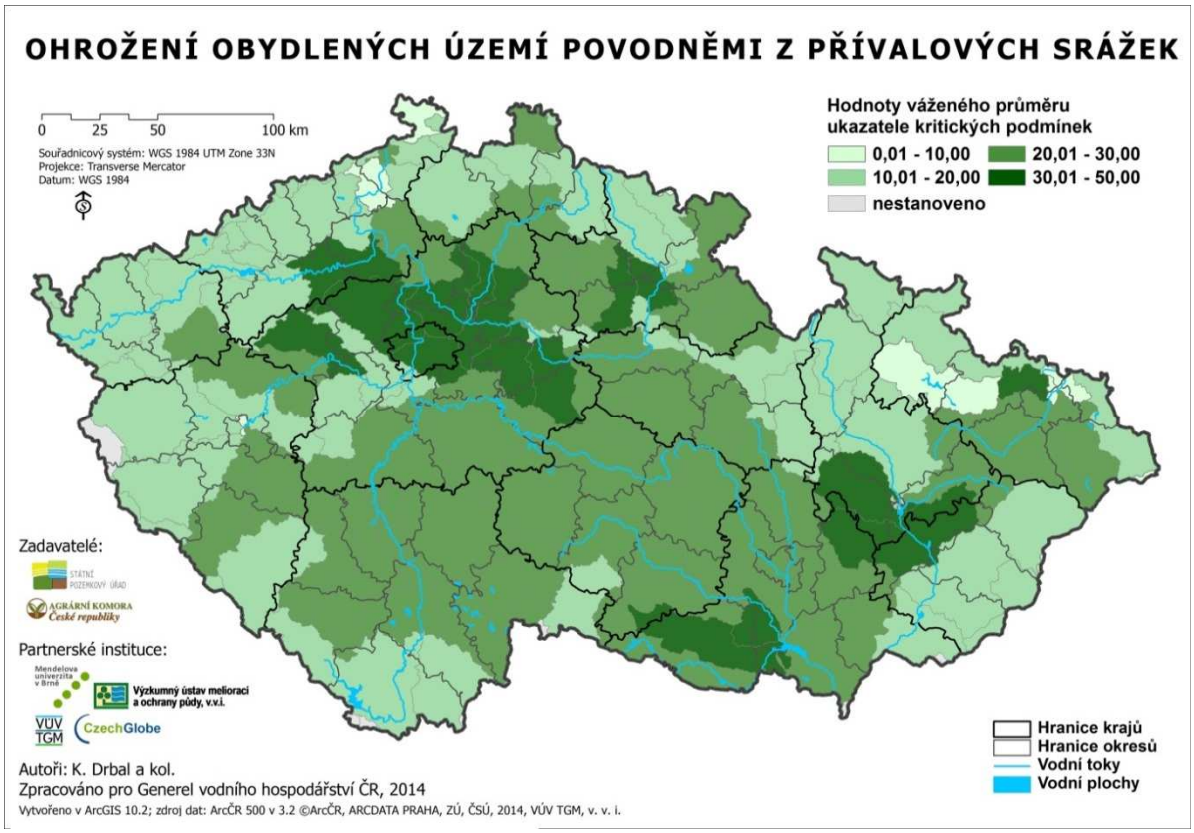
Lokalizace KB, jejich počet (či hustota) závisí jak na fyzicko-geografických podmínkách a dalších výše uvedených faktorech, ale také významně na míře urbanizace příslušných hydrologických celků. Mapa 2.25 zobrazuje poměr rozlohy přispívajících ploch kritických bodů k rozloze povodí III. řádu. Variační rozpětí hodnot se pohybuje v intervalu 2,4 až 46,6 %. Hodnoty váženého průměru ukazatele kritických podmínek, které se pro jednotlivá povodí III. řádu pohybují v rozmezí 2,99 – 44,92 (Mapa 2.26). Území s vyšší hodnotou představují potenciálně vyšší nebezpečí pro urbanizované lokality.



Obr. 2.7: Vymezení kritických bodů a přispívajících ploch v ČR



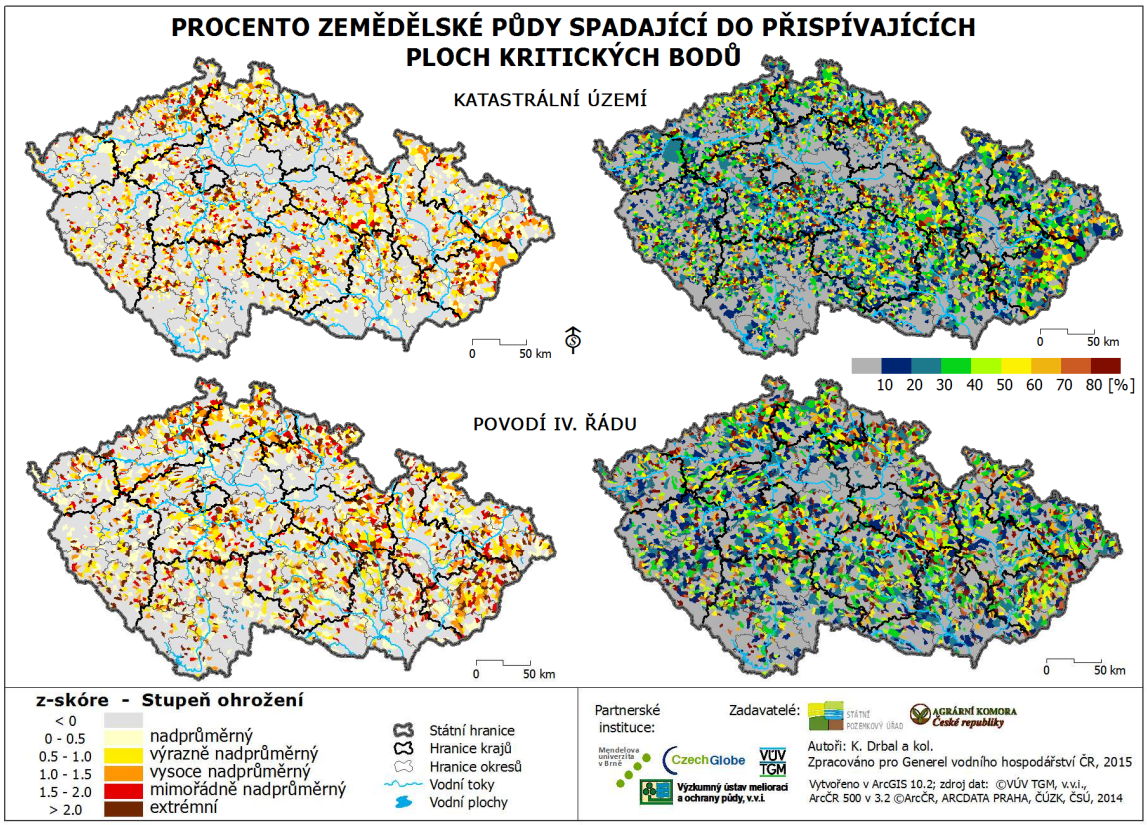
Mapa 2.25: Kategorie území podle poměru rozlohy přispívajících ploch KB k rozloze plochy povodí III. řádu



Mapa 2.26: Hodnoty váženého průměru ukazatele kritických podmínek

Pro účely Generelu vodního hospodářství ČR bylo využito kritérium podílu území daného katastru resp. povodí IV. řádu, které náleží do přispívajících ploch kritických bodů a to za celé území bez ohledu

na využití krajiny. Na rozdíl od drah soustředěného odtoku či ohrožení erozním smyvem jsou tak zohledněny i zalesněná a jinak využívaná území. Mapa 2.27 zachycuje území s relativně největším podílem přispívajících ploch kritických bodů.



Mapa 2.27: Vpravo je zachycen podíl přispívajících ploch kritických bodů na celkové ploše jednotlivých katastrálních územích, resp. na celkové ploše jednotlivých povodí IV. řádu. Vlevo je pak uvedena hodnota Z-skóre získaná postupem uvedeným v části 2.2

- **Drbal, K. et al . (2009): Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky, DÚ: Metodika mapování povodňového rizika. VÚV TGM, Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 85 s.**

1. Drbal, K. et al. (2009): Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky, DÚ: Metodika mapování povodňového rizika. VÚV TGM, Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 85 s.
2. Drbal, K., Dumbrovský, M. et al. (2009): Metodický návod pro identifikaci KB. Brno: Ministerstvo životního prostředí ČR, 7 s.

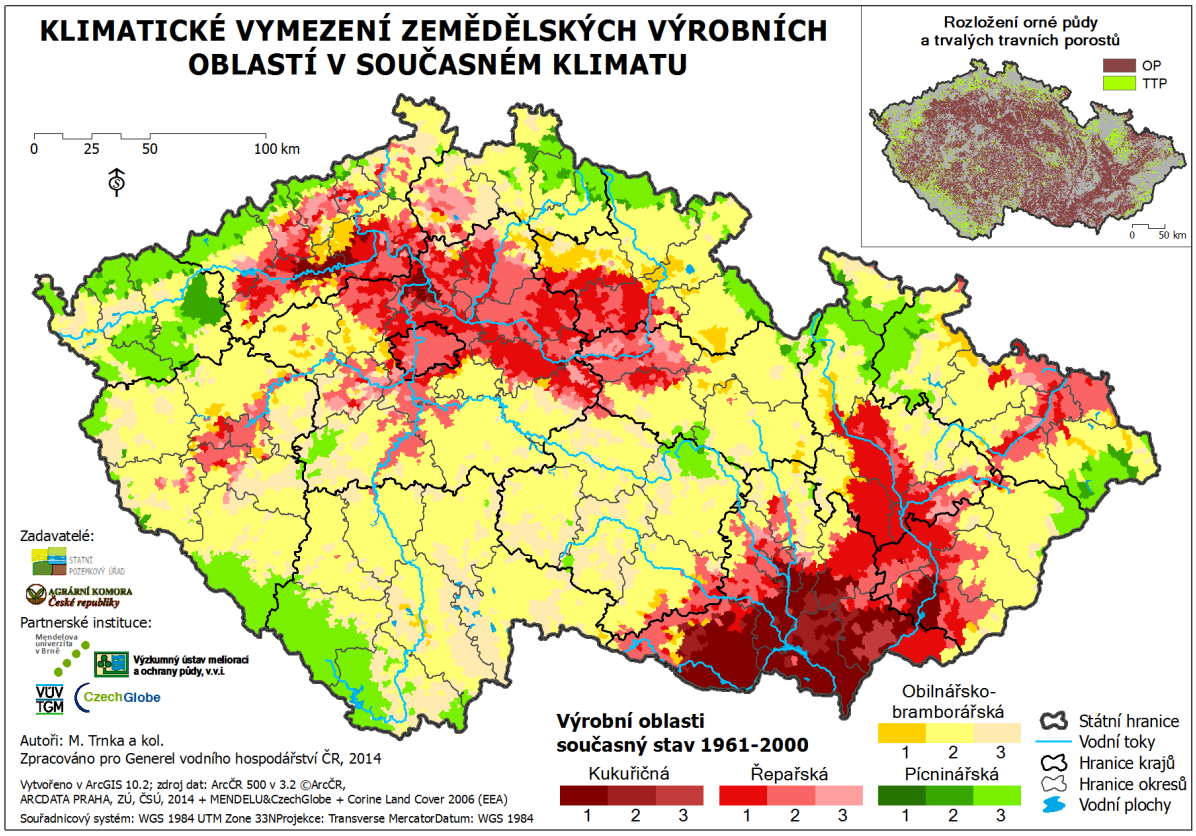
Autoři: *Ing. Karel Drbal, Ph.D., Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D. (VÚV TGM)*

2.2.6 Současná a očekávaná produktivita území

- **Klimatická změna povede k dramatickému zvětšení plochy kukuřičné a řepařské výrobní oblasti a ústupu podmínek oblastí obilnářsko-bramborářské a pícninářské.**
- **Tyto změny jsou v kontextu moderního zemědělství ve střední Evropě bezprecedentní jak co do rozsahu, tak rychlosti.**
- **V krátkodobé perspektivě (do 2020) může tato změna v některých oblastech výrazně zvýšit produkční potenciál, nicméně současně negativně postihne (postihuje) poklesem potenciální produktivity tradičně nejproduktivnější regiony.**
- **V dlouhodobém výhledu (do roku 2050) dojde na většině území k citelnému zhoršení agroklimatických podmínek.**

Během uplynulých 150 let se na našem území ujala myšlenka agroklimatické zonace a přešla postupně do širokého povědomí zemědělské veřejnosti. Jedním z prvních pokusů byla práce prof. Kořistky (1860), který rozdělil Předlitavskou část Rakousko-Uherska na tzv. přirozené hospodářské oblasti. Jeho metoda byla s různými úpravami používána přes 60 let. Ačkoliv Kořistkova klasifikace vycházela z řady agroklimatických indikátorů (jako byla délka vegetace či dostupnost vláhy), byla subjektivní a dodržovala administrativní a nikoliv přirozené hranice. V důsledku toho začala být od 20. let 20. století nahrazována zonacemi novými, které se orientovaly na škálu základních plodin a snažily se respektovat přirozené hranice agroklimatických regionů. Uvedené snahy vyvrcholily v 70. letech stanovením nových objektivních hydro-termických charakteristik, které byly aplikovány na území bývalého Československa Kurpelovou *et al.* (1975). Tato klasifikace rozdělila území tehdejší ČSSR do 10 agroklimatických zón, které se vyznačovaly podobnými agroklimatickými podmínkami pro produkci polních plodin (blíže např. Petr, 1991). S využitím agroklimatických zón byly v zásadě empirickými postupy definovány tzv. výrobní oblasti a pojmenovány podle typických plodin. Agroklimatická klasifikace pozemku se pak mj. projevila i v daňové politice státu, přičemž podobný přístup byl aplikován i v sousedním Rakousku. Dělení území do výrobních oblastí je pravděpodobně nejrozšířenějším agroklimatickým produktem používaným v zemědělské praxi, a díky tomu i velmi vhodným nástrojem pro přiblížení možných dopadů klimatické změny. Za tímto účelem byl řešitelským kolektivem (Trnka et al., 2009) vytvořen algoritmus pro objektivní definování výrobních oblastí na základě klimatický parametrů (teplotních poměrů a vodní bilance), který co nejvíce respektuje původní metodiky, avšak odstraňuje subjektivní vliv zpracovatele na výsledek nepřipouštěním zásahů ex-post a např. obilnářská a bramborářská výrobní oblast byly sloučeny do jedné (Mapa 2.28). Agroklimatické podmínky zdaleka nedefinují potenciál zemědělské produkce samy o sobě, a proto byly v úvahu vzaty i další charakteristiky, které je možné relativně snadno objektivně klasifikovat. Půdy na zkoumaném území byly rozděleny do tří skupin podle půdního typu a retenční schopnosti. Do první skupiny patří půdy vynikajících a velmi dobrých vlastností, které umožňují zemědělskou výrobu bez zásadních opatření a mají relativně vysokou retenční kapacitu (nad 200 mm v kořenové vrstvě, která je definována buď hloubkou matečné horniny, nebo limitem 150 cm). Mezi tyto půdy patří např. černozemě, hnědozemě nebo šedozemě. Ve druhé skupině jsou zařazeny půdy, které lze pro zemědělské hospodaření použít podmíněně (např. po odvodnění, vápnění apod.), ale které jsou po takových zásazích obvykle schopné poskytnout rentabilní produkci a vykazují přijatelnou retenční schopnost mezi 140-200 mm. Ve třetí skupině jsou půdy, jejichž rentabilní zemědělské využití je takřka vyloučeno. Kromě kvality půdy je třeba zohlednit i svažitost území, která výrazně ovlivňuje možnost efektivního nasazení techniky a zároveň náchylnost pozemků k erozi. Za velmi vhodná jsou pak považována území se sklonitostí do 3°, za méně vhodná území s mírným resp. vysokým rizikem erozního poškození se sklonitostí v intervalech 3-7° a 7-12°. Sklonitost nad 12° pak bez dalších úprav (např. terasování) neumožňuje nasazení standardní zemědělské techniky. Výsledky klasifikace byly agregovány z původního rozlišení 500×500 m na úroveň nejnižších správních jednotek tj. katastrálních území (Mapa 2.28). V období 1961-1990, které prezentuje výše uvedená Mapa 2.28,

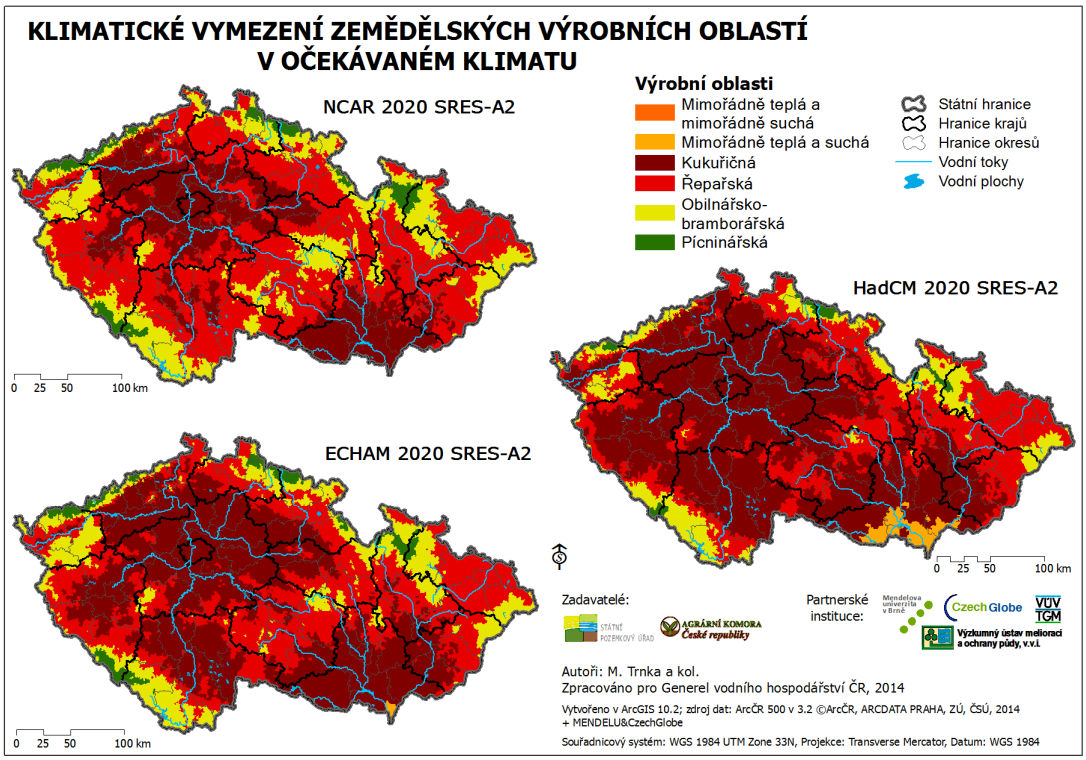
dominují územní (bez ohledu na využití území a kvalitu půdy) podmínky obilnářsko-bramborářské výrobní oblasti (takřka 3/5 území), následované řepařskou (23%), pícninářskou (12%) a kukuřičnou výrobní oblastí (5 %). Agroklimatické podmínky charakterizující nejproduktivnější tj. řepařskou výrobní oblast v kombinaci s kvalitními půdami přitom zaujímaly 9,2% území a půdách podmíněně vhodných dalších téměř 12 % území. V případě kukuřičné výrobní oblasti na kvalitních půdách se jednalo o 4,2 % území ČR.



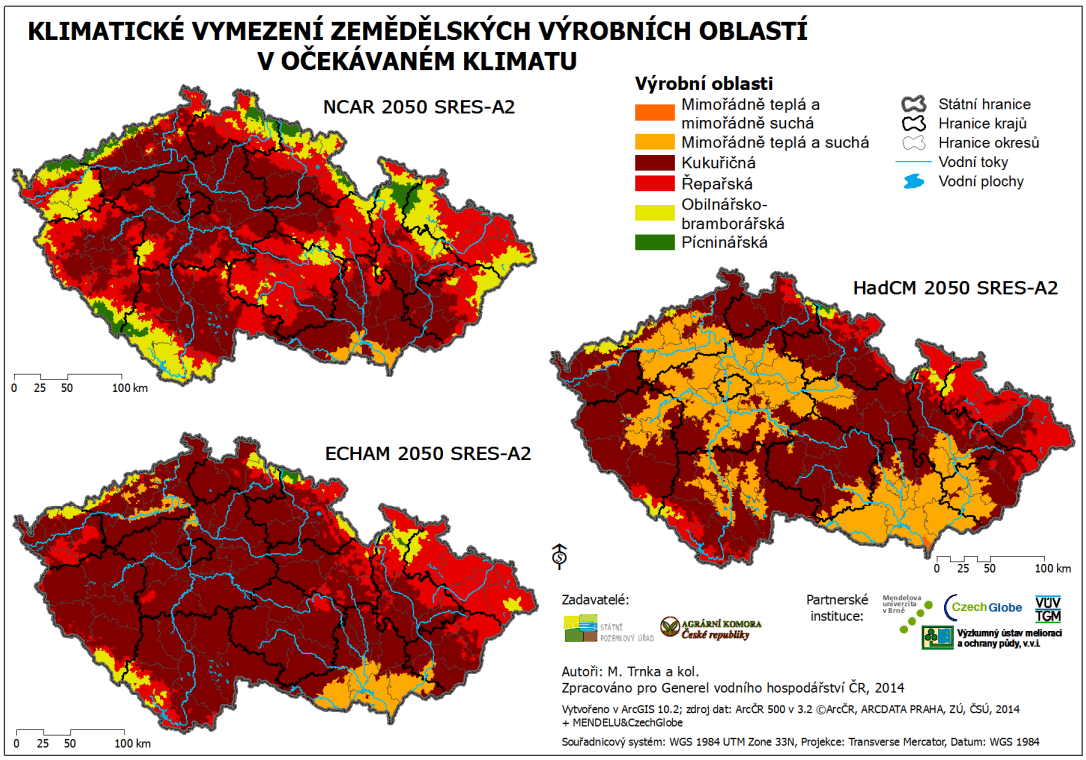
Mapa 2.28: Rozložení výrobních oblastí na základě klimatologických dat 1961-1990 podle Němce (2001)

Dopady globální klimatické změny na agroklimatické podmínky v ČR budou značné a jejich rozsah je jednoznačně patrný z Map 2.29 a 2.30. Jak plyne z porovnání mapových podkladů, dojde nepochybně k ústupu agroklimatických podmínek pícninářské a obilnářsko-bramborářské výrobní oblasti, a to ústupu zásadnímu a dramatickému. Současně s tím se bude zvětšovat plocha s podmínkami oblasti řepařské a kukuřičné (podle některých odhadů až na 4/5 území). Na území jižní Moravy se již v horizontu příští dekády začínají objevovat agroklimatické podmínky, charakterizované velmi vysokou teplotní sumou nad 10 °C v kombinaci s výrazným vodním deficitem, tedy podmínky, jež z našeho území doposud neznáme a bude tak nutné nalézt vhodné pojmenování těchto výrobních oblastí (pokud bude podobný typ klasifikace vůbec smysluplné používat). Na první pohled je změna v agroklimatických podmínkách relativně příznivá, neboť zóny se suboptimálními teplotami (pícninářská a obilnářsko-bramborářská) jsou střídány oblastmi s lepším agroklimatem řepařské výrobní oblasti. Zároveň ale dochází k „pronikání“ kukuřičné výrobní oblasti a sušších agroklimatických režimů do klíčových oblastí střední Moravy a Polabí, kde se v současnosti setkáváme téměř s optimální kombinací klimatických a půdních podmínek pro bezzávlahové zemědělství, tj. řepařskou výrobní oblastí na kvalitních půdách. Oblasti, ve kterých dochází k přechodnému zlepšení agroklimatických podmínek, se co do kvality půdy nemohou s oblastí Hané ani Polabí měřit. Nástup teplejších, leč povětšinou sušších ročníků znamená vyšší riziko výskytu sucha během letních měsíců a problémy s obděláváním půdy na konci léta i v oblastech, kde jsme těmto problémům doposud nemuseli čelit. Pěstování plodin bez využití závlah se postupně bude stávat v oblastech úvalů a Podunajské nížiny nerentabilní za předpokladu realizace v současnosti uznávaných scénářů vývoje budoucího klimatu. Na druhé

straně lze očekávat, a současné výsledky tomu nasvědčují, že oblasti doposud produkčně okrajové (např. Českomoravská vrchovina) budou z této změny do jisté míry profitovat, neboť odpadne řada klimatických limitů pro pěstování zemědělských plodin. Co však musíme vzít v úvahu, je fakt, že naplněním výše uvedených odhadů dojde k posunu agroklimatických podmínek, který nemá minimálně v novodobých dějinách zemědělství na našem území obdoby. Změna nastane nikoli během století, ale spíše několika dekád a adaptace bude ztížena jak panující nejistotou v odhadech budoucího vývoje klimatu (Mapy 2.29 a 2.30), tak důsledky očekávaných změn koncentrace oxidu uhličitého. Využití map výrobních oblastí pro projekci potenciálních důsledků změny klimatu umožňuje velmi efektivně zachytit hlavní charakter očekávaných změn klimatu na zemědělskou výrobu a v hlavních rysech souhlasí s pozorovanými změnami v ČR v posledních 15 letech.



Mapa 2.29: Odhad agroklimatických podmínek na území ČR v období okolo roku 2020 podle modelů NCAR, HadCM a ECHAM za předpokladu emisního scénáře SRES-A2 a vysoké citlivosti klimatického systému na nárůst koncentrací CO2, což odpovídá přibližně nárůstu teploty o 1 °C oproti období 1961-1990, resp. nárůstu teploty o 0,5 °C oproti 1961-2000 (Dubrovský et al., 2005)



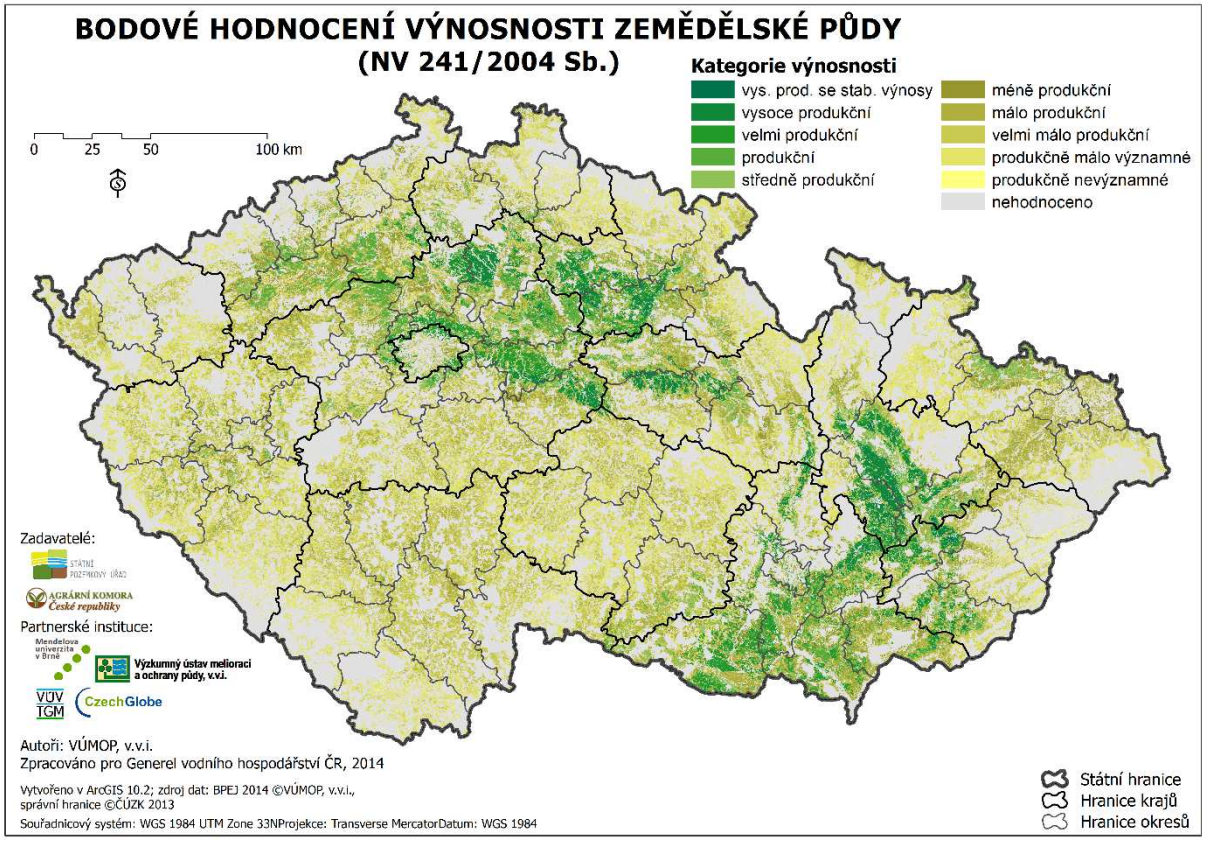
Mapa 2.30: Odhad agroklimatických podmínek na území ČR v období okolo roku 2050 podle modelů NCAR, HadCM a ECHAM za předpokladu emisního scénáře SRES-A2 a vysoké citlivosti klimatického systému na nárůst koncentrací CO2, což odpovídá přibližně nárůstu teploty o 2,5 °C oproti období 1961-1990 resp. nárůstu teploty o 2°C oproti 1961-2000 (Dubrovský et al., 2005)

Jako druhý postup hodnocení produkční schopnosti půd, zejména pro účely analýzy současného stavu, bylo využito metody hodnocení zemědělských půd bodovou metodou. To vychází z integrace dostupných dlouhodobých informací o zemědělském území. Výchozím podkladem je BPEJ včetně jejich ekologických a ekonomických charakteristik (půdně-klimatické podmínky, výnosy hlavních zemědělských plodin). Pro indikaci produkční schopnosti půdy byly užity výnosy hlavních zemědělských plodin pěstovaných v ČR (obiloviny, kukuřice, cukrovka, brambory, řepka, krmné plodiny, travní porosty). Pro indikaci výnosnosti půdy z ekonomického hlediska, byla produkce jednotlivých BPEJ vyjádřena v cenách hlavních zemědělských plodin. Základem pro bodové hodnocení zemědělských půd je hrubý roční rentní efekt (HRRE), který je stanoven pro jednotlivé BPEJ nákladově-výnosovou metodou. HRRE byl stanoven jako rozdíl mezi hodnotou produkce z 1 ha v Kč (při dané struktuře plodin) při daných hektarových výnosech a souhrnem vstupů pro jejich výrobu (Vopravil *et al.*, 2011; Němec, 2001).

Celkové rozpětí HRRE se stalo základem pro stanovení bodové (indexní) hodnoty zemědělské půdy v rozsahu 6-100 bodů. Nejnižší hodnotu 6 bodů má travní porost v chladném, vlhkém klimatickém regionu s průměrnou roční teplotou pod 5 °C, kde se vyskytují hluboké strže s velmi příkrými svahy nad 30 %. Půda je zde nevhodná pro zemědělskou výrobu a měla by být zalesněna. Nejvyšší hodnotu 100 bodů má černozem na spraši, středně těžká, hluboká více než 60 cm. Tyto půdy s příznivým vodním režimem, v teplém, mírně vlhkém klimatickém regionu s průměrnou roční teplotou 8-9 °C, na úplné rovině bez možnosti plošné vodní eroze jsou vhodné pro pěstování intenzivních tržních plodin. Vymezení bodové výnosnosti je znázorněno v mapě 2.31 a v tabulce 2.8.

Kategorie výnosnosti	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
vysoce produkční se stabilizovanými výnosy	0,17	7 223
vysoce produkční	3,56	148 625
velmi produkční	4,85	202 490
produkční	4,87	203 189
středně produkční	6,21	259 132
méně produkční	4,53	188 771
málo produkční	15,77	657 630
velmi málo produkční	27,99	1 167 398
produkčně málo významné	31,07	1 295 671
produkčně nevýznamné	0,97	40 646
Celkem	**100,00**	**4 170 773**

Tab. 2.8: Bodové hodnocení výnosnosti zemědělské půdy



Mapa 2.31: Bodové hodnocení výnosnosti zemědělské půdy

- **Tato kapitola tvoří nedílný celek s kapitolou 2.1.6. Detaily metodického postupu jsou k dispozici v práci Trnka et al. (2009).**

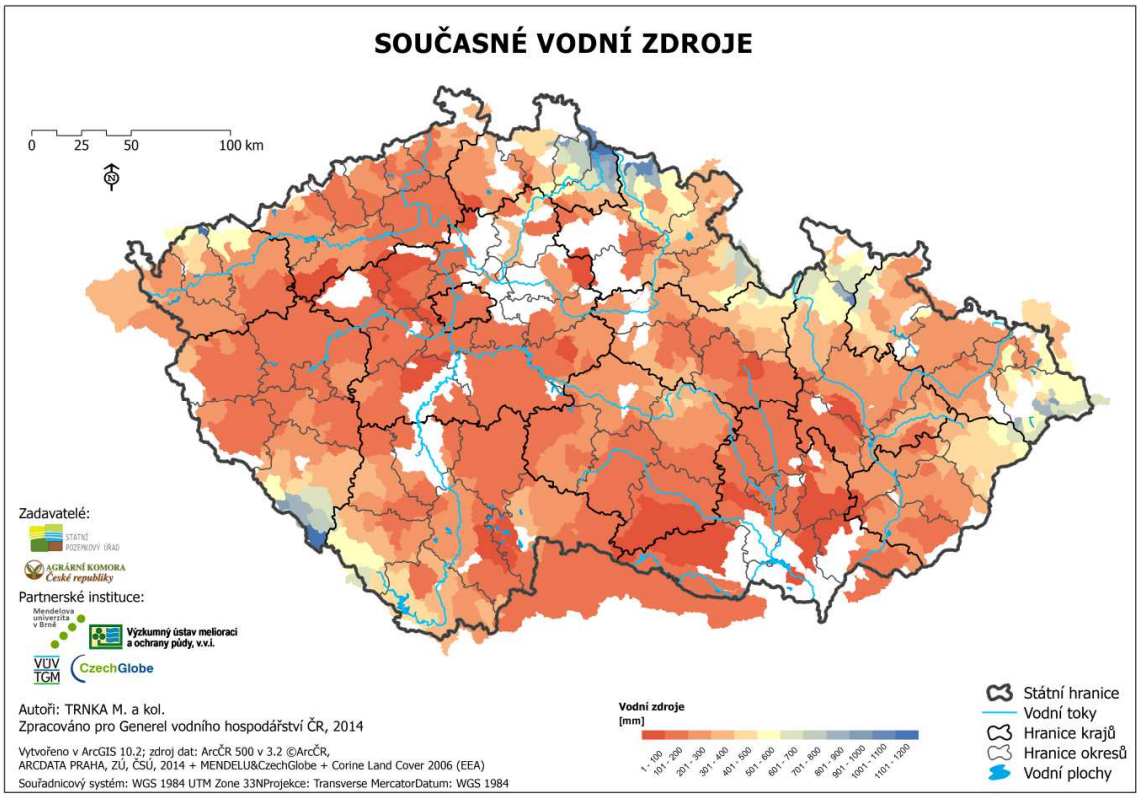
***Autoři**: prof. Ing. Mgr. Miroslav Trnka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), doc. Ing. Petr Hlavinka, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe); Ing. Daniela Semerádová, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe); Ing. Martin Možný (ČHMÚ, MENDELU); prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D. (MENDELU, CzechGlobe), RNDr. Martin Dubrovský, Ph.D. (CzechGlobe), Ing. Ivan Novotný (VÚMOP), Ing. Jan Vopravil, Ph.D. (VÚMOP)*

LITERATURA:

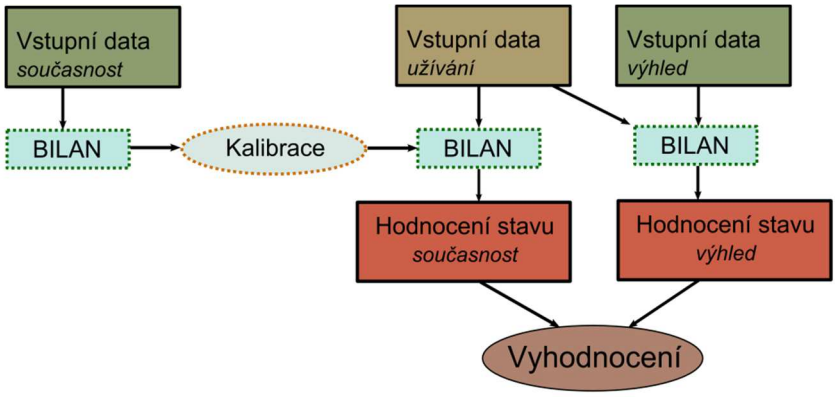
1 Vopravil, J. et al. (2011): Půda a její hodnocení v ČR – Díl II. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., ISBN: 978-80-87361-08-5.
2 Němec, J. (2001): Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky. Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky Praha. ISBN: 80-85898-90-X.

2.2.7 Současná a očekávaná dostupnost vodních zdrojů

Hodnocení vodních zdrojů v prostředí České republiky se hodnotí dle Vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 431/2001 Sb. o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a údajích pro vodní bilanci § 6 a ČSN 75 2405. V této kapitole jsou však popsána v trochu komplexnějšímu přístupu hodnocení, která jsou především zaměřena na kvantifikaci událostí nedostatku vody pro současné a výhledové podmínky v České republice. Pro současné podmínky jsou vodní zdroje zobrazeny na Mapě 2.32. Hodnocení výhledového stavu je podmíněno uspokojením nároků na užívání vody, tzn. odběrů z povrchových vod, podzemních vod a vypouštění vody. Tyto nároky se však liší dle lokality a není úplně zřejmé, jaké budou ve výhledech několika desetiletí. Z těchto důvodů je užívání vody řešeno variantně pro výhledová období. Princip hodnocení je znázorněn na Obr. 2.8, který je možné shrnout do následujících bodů: (1) kalibrace modelu na současných podmínkách, (2) úprava vstupních dat o užívání vody a klimatických scénářů, (3) modelování bilance pro současné a výhledové podmínky a (4) vyhodnocení stavu povrchových a podzemních vod (Vizina, 2014).

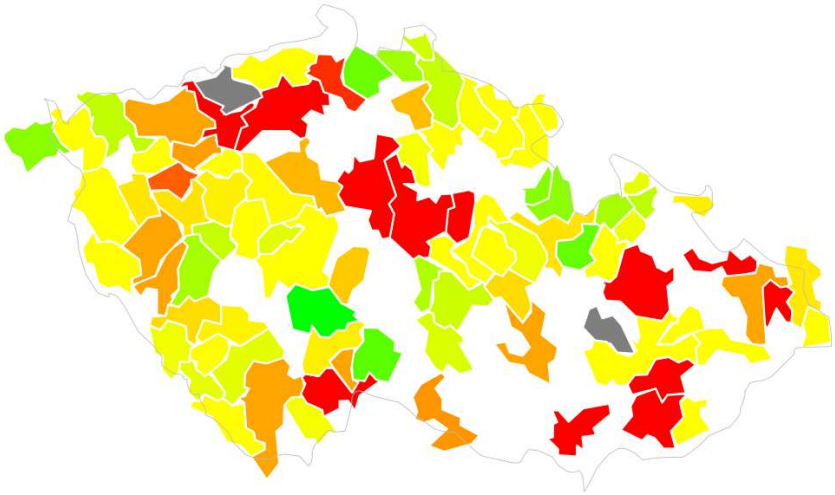


Mapa 2.32: Dostupnost vodních zdrojů v České republice v současných podmínkách



Obr. 2.8: Schéma hodnocení vodních zdrojů v podmínkách klimatické změny

Pro hodnocení stavu jsou vstupními veličinami: (1) zabezpečenost dodávky vody, (2) nedostatkový objem, (3) maximální délka poruchy, (4) maximální nedostatkový objem a (5) parametr polohy rozdělení GEV. Na základě tohoto hodnocení jsou jednotlivá povodí rozdělena do 4 kategorií: (a) aktivní - zelená, (b) aktivní vyvážený - žlutá, (c) pasivní vyvážený - oranžová a (d) pasivní - červená. Na Obr. 2.9 jsou zobrazeny výsledky pro model REMO_EH5 a výhledový horizont k roku 2025 při současném užívání vody.



Obr. 2.9: Hodnocení vodních zdrojů dle REMO_EH5 pro rok 2025

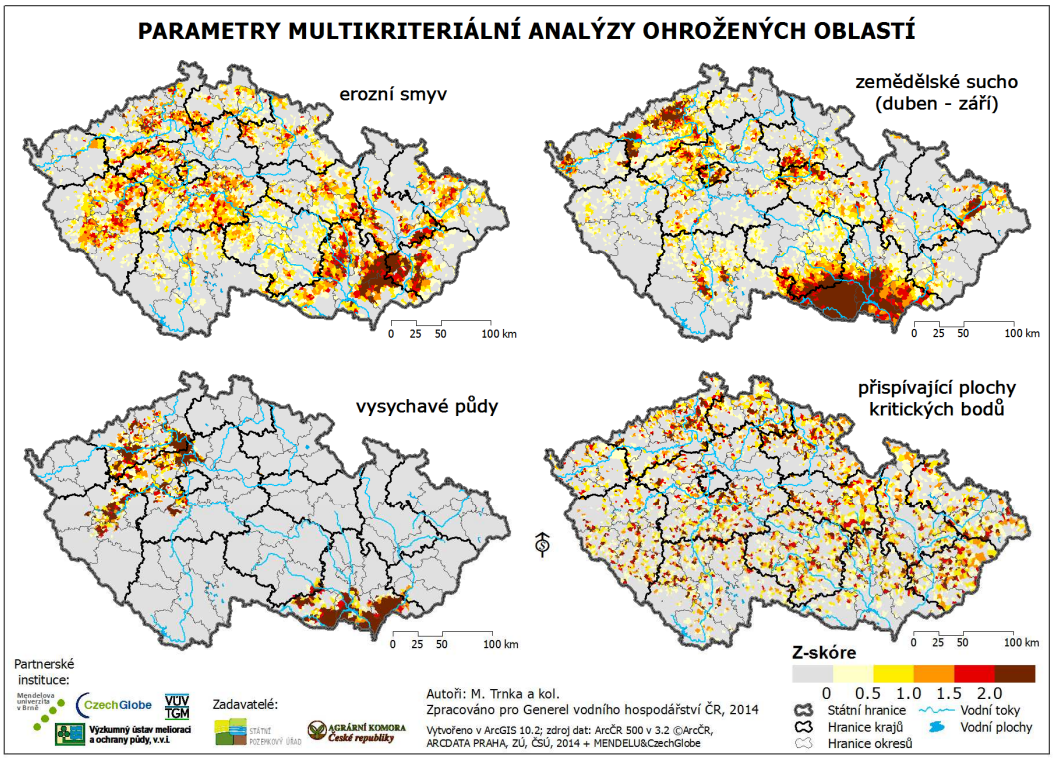
Dle předpokladu se problémové lokality nacházejí v místech, kde již v současných podmínkách je snížená dostupnost vodních zdrojů a ve většině případů to jsou lokality s nízkým srážkovým úhrnem (jižní Morava, střední Čechy). Tyto lokality i dle simulací z klimatických modelů budou problematické a zřejmě tento problém bude závažnější než za současných podmínek.

- **Kapitola navazuje na kapitolu 2.1.1 a 2.1.8.**
- **Podkladem je studie řešená v rámci projektu TA01020508 "Udržitelné využívání vodních zdrojů v podmínkách klimatické změny".**
- **Doplnění chybějících oblastí.**
- **Vyhodnocení výhledových dopadů dle scénářů založených na RCP.**

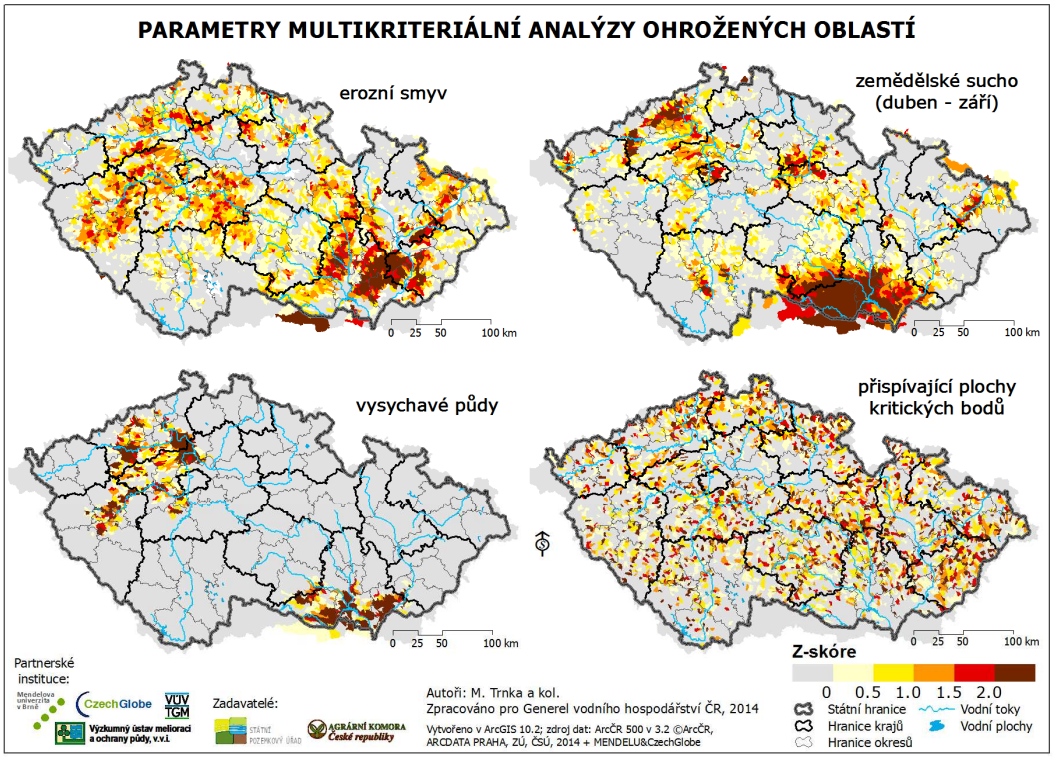
***Autoři**: Ing. Adam Vizina, Ph.D. (VÚV), doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D. (VÚV)*

2.2.8 Multikriteriální mapa ohrožených území

2.2.8.1 Multikriteriální analýza – varianta 4 vstupních faktorů

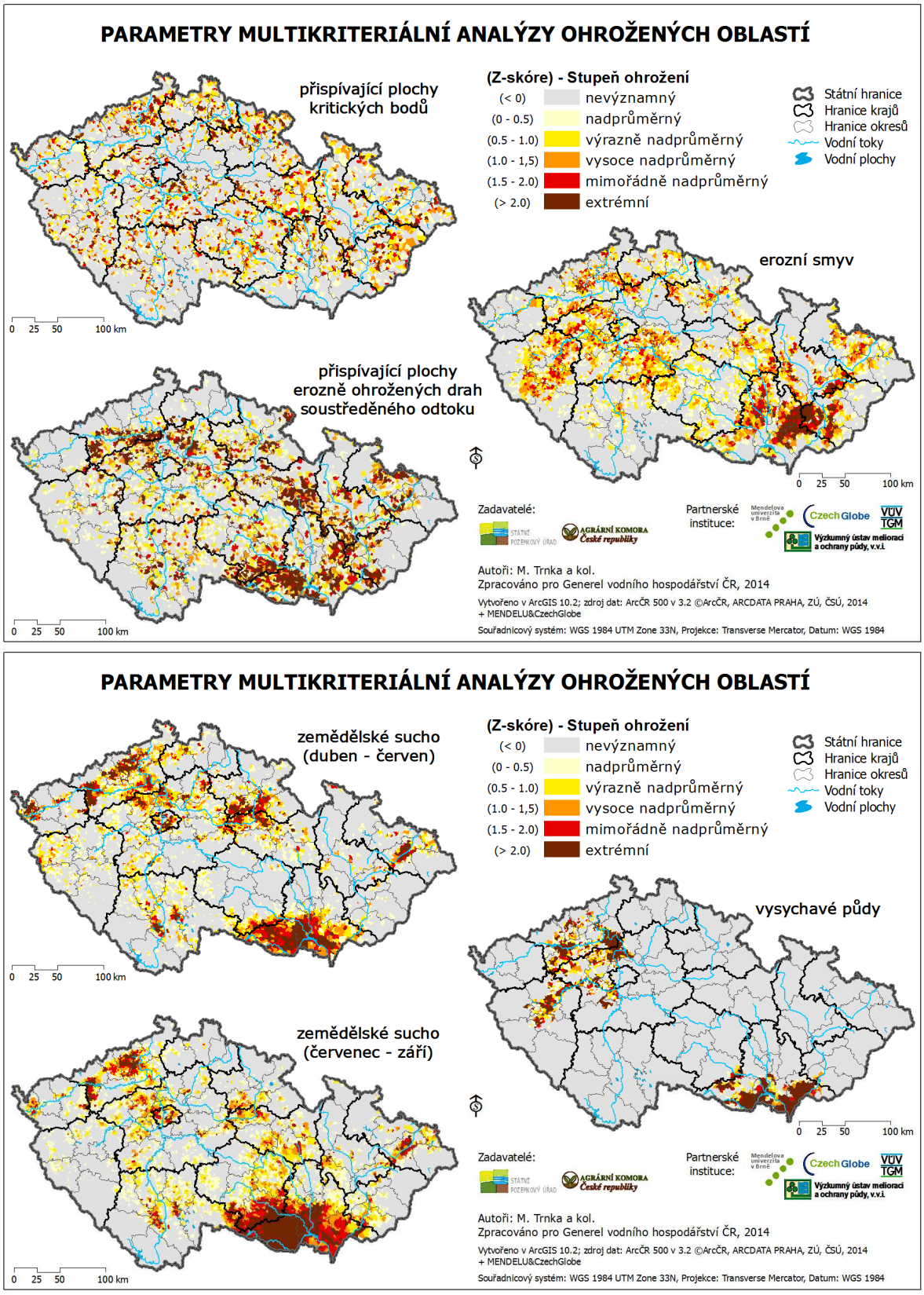


Mapa 2.33: Souhrn vstupních parametrů (Z-skóre) pro první variantu multikriteriální analýzy založené na 4 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území.

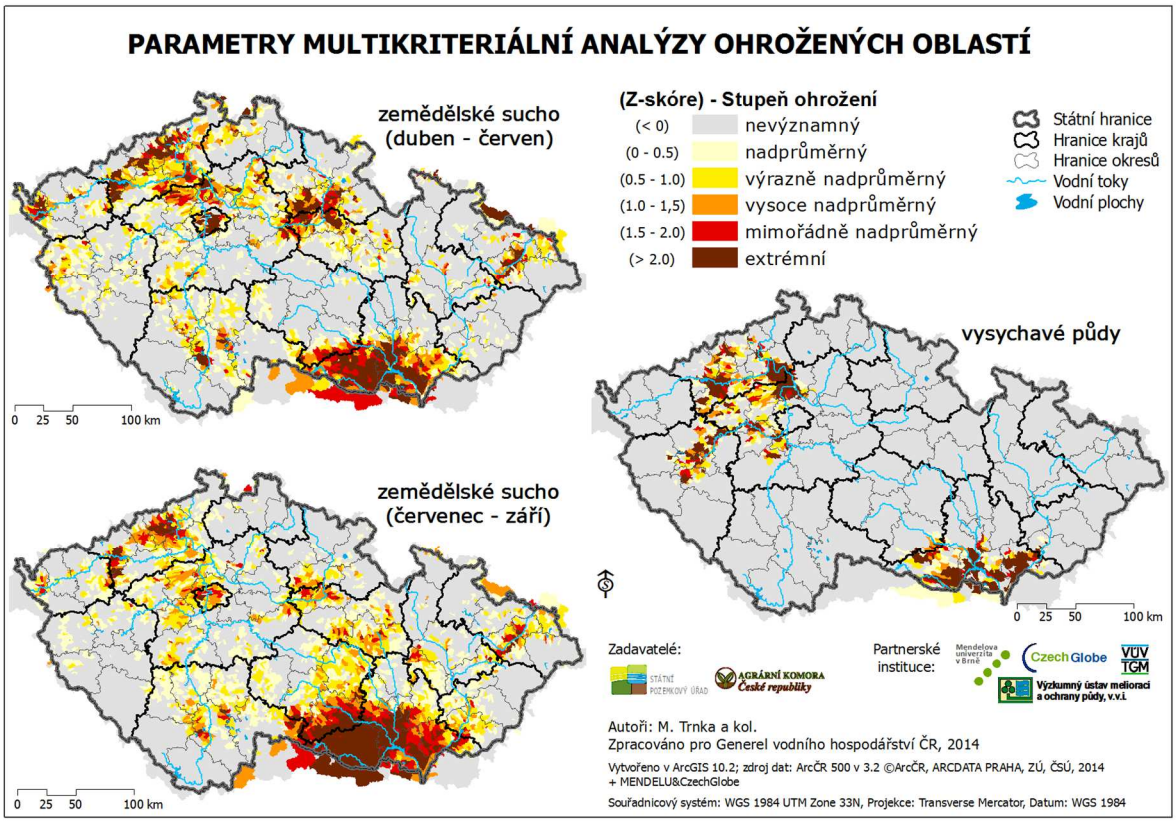


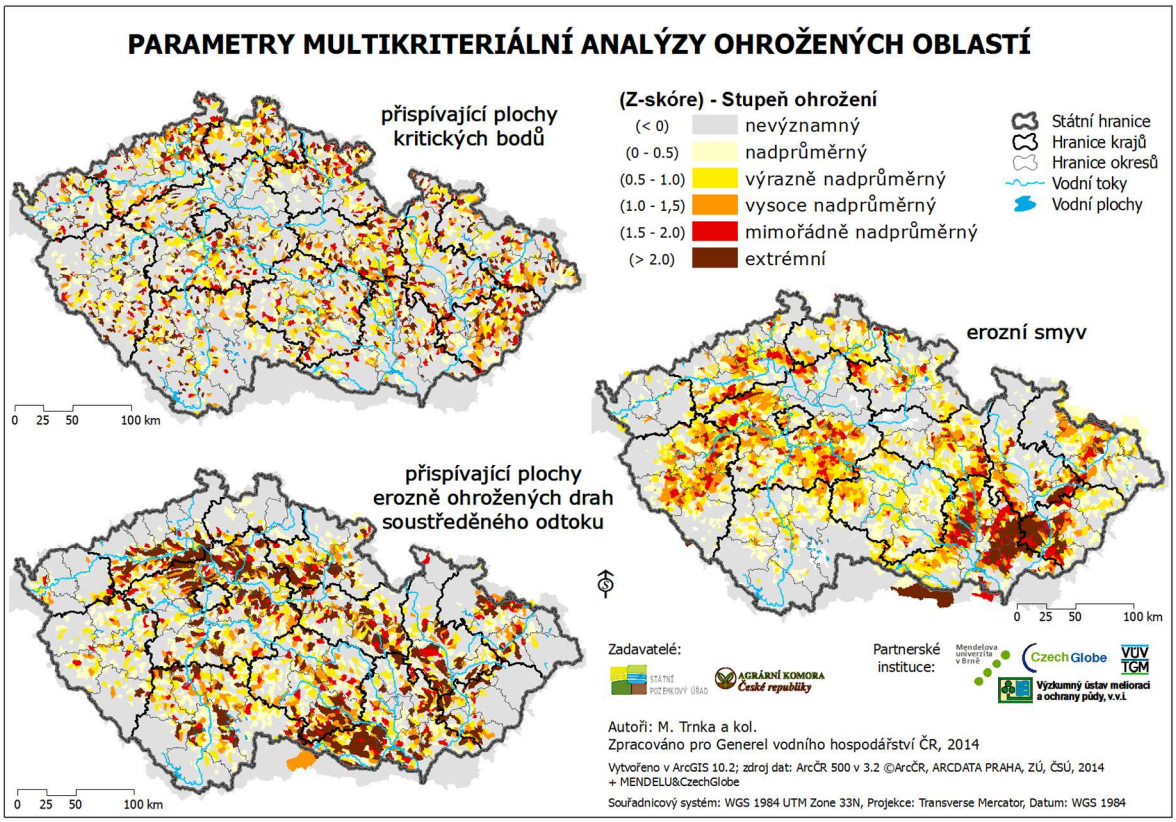
Mapa 2.34: Souhrn vstupních parametrů (Z-skóre) pro první variantu multikriteriální analýzy založené na 4 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro povodí IV. řádu.

2.2.8.2 Multikriteriální analýza – varianta 6 vstupních faktorů



Mapa 2.35: Souhrn vstupních parametrů (Z-skóre) pro druhou variantu multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území.

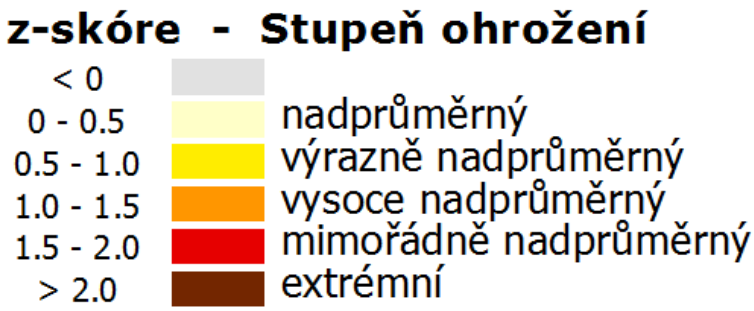




Mapa 2.36: Souhrn vstupních parametrů (Z-skóre) pro druhou variantu multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro povodí IV. řádu.

2.2.8.3 Výstupy multikriteriální analýzy

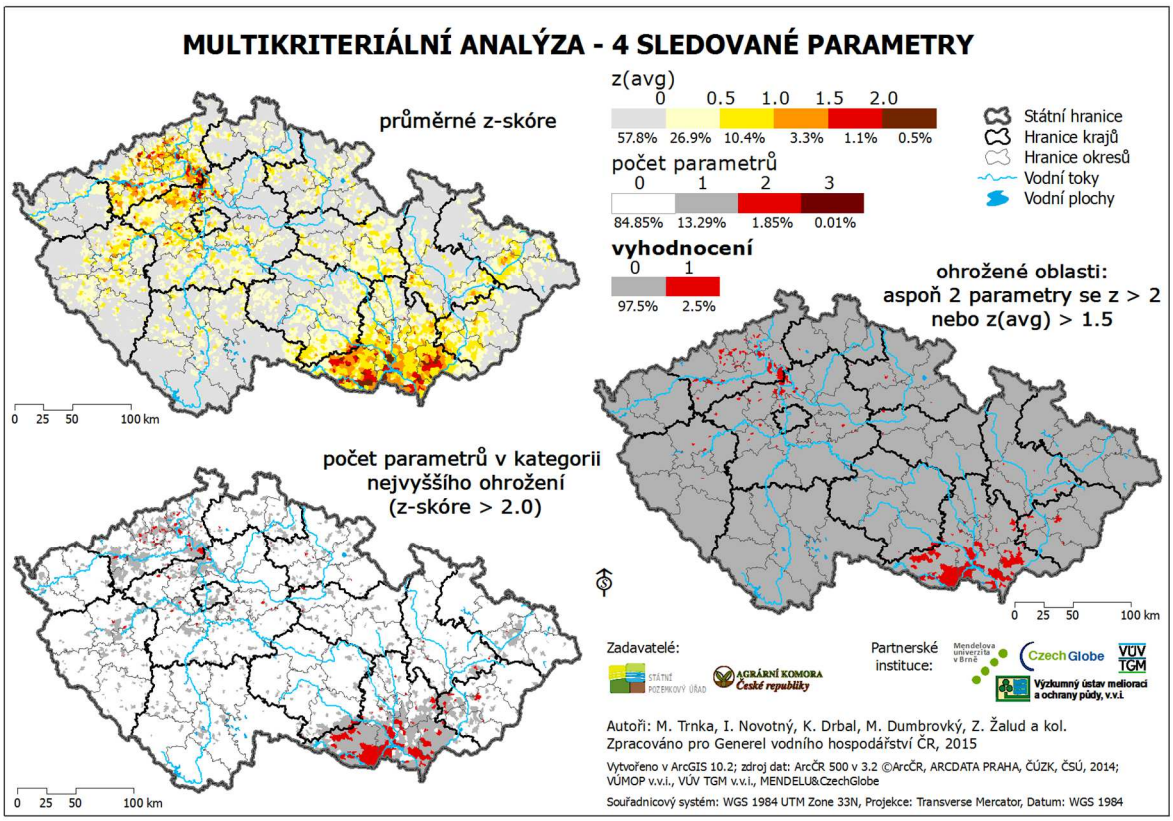
Multikriteriální analýza byla vypracována ve 2 variantách tj. se čtyřmi (Mapy 2.37 a 2.38) a šesti (Mapy 2.39 a 2.40) základními vrstvami, které do analýzy přímo vstupují. Byla zvolena kritéria reprezentující náchylnost území k ohrožení projevy sucha a přívalových srážek. Přičemž tato analýza zahrnovala oba dva typy jevů současně. Mapy 2.37 a 2.39 zachycují výsledky agregované pro úroveň katastrálních území a Mapy 2.38 a 2.40 výsledky pro úroveň povodí IV. řádu. Prvním krokem multikriteriální analýzy byl výpočet průměrné hodnoty Z-skóre prostým aritmetickým průměrem. Na základě Z-skóre lze oblasti rozčlenit na následující stupně podle průměrné míry ohrožení:



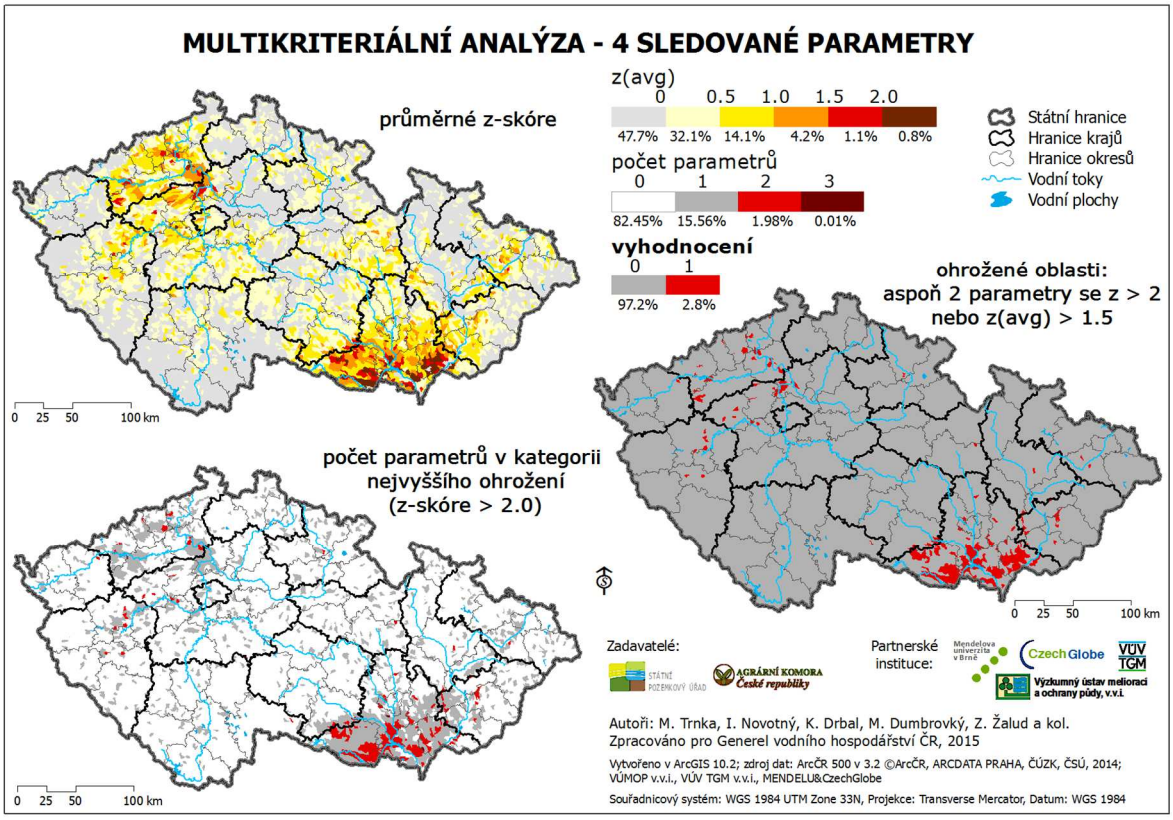
Obr. 2.10: Stupně ohrožení

Procento území náležející do nejvyšších 3 stupňů ohrožení se pohybuje od 4,9 % území (při využití 4 kritérií a agregace pro katastrální území) po 8,0 % (při využití 6 kritérií a agregace pro povodí IV. řádu). Plocha náležející do většiny kategorií ohrožení je vyšší při využití agregace pro povodí IV. řádu. Současně platí, že využití 6 kritérií zvyšuje velikost území, které lze považovat za vysoce až extrémně ohrožené o cca 1/3 až 2/5. V rámci multikriteriální analýzy bylo současně zkoumáno, jak velká část území ČR dosahuje alespoň v jednom z kritérií extrémního stupně ohrožení. Použitím vyššího počtu základních parametrů se tento ukazatel zvyšuje, nicméně poskytuje poměrně dobrou představu o oblastech ohrožených významně více než zbytek území. Posledním krokem této analýzy bylo vymezení území, které lze považovat za mimořádně ohrožené. Za takové jsme považovali to území, kde průměrná hodnota Z-skóre byla vyšší než 1,5 a/nebo v případě 4-kriteriální analýzy bylo Z-skóre u nejméně 2 kritérií vyšší než 2,0. V případě 6 kriteriální analýzy byla pro zařazení do takto klasifikovaného území požadována průměrná hranice Z-skóre nad 1,5 nebo hodnota Z-skóre u nejméně 3 kritérií vyšší než 2. Tato kritéria naplnilo mezi 2,5-3,7 % území ČR, přičemž platí shoda na regionech s nejvyšším zastoupením nejohroženějších katastrálních území resp. povodí IV. řádu. Tyto nejvíce ohrožené regiony vymezují místa, kam by měla být primárně napřena pozornost. Nicméně tuto analýzu je třeba brát jako pokus o objektivní aproximaci nejohroženějších regionů a i rozdíly mezi jednotlivými variantami ukazují, že ačkoliv se jedná o metodu robustní, její absolutizace by mohla vést k nežádoucím konsekvencím. Proto je vhodné v případě vymezování ohrožených území pracovat s územími ve všech kategoriích ohrožení.

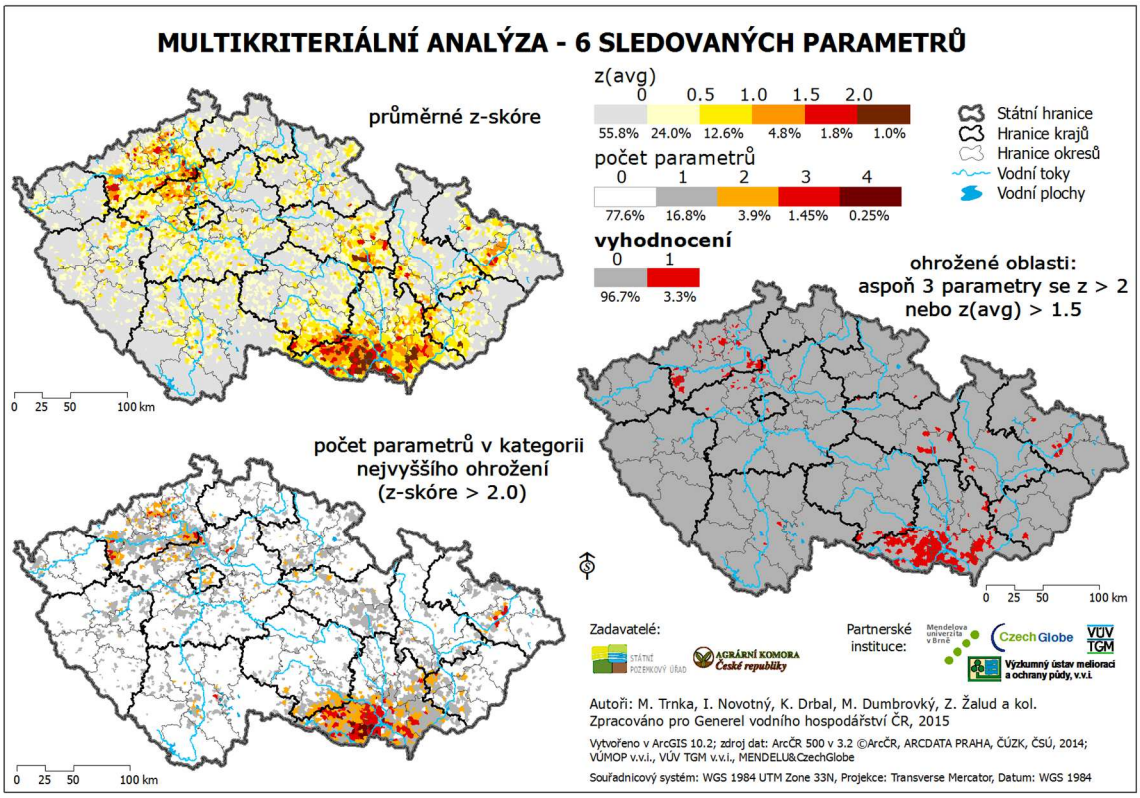
Prezentovaná multikriteriální analýza se pokouší vymezit zvláště ohrožená území v ČR z pohledu vodního hospodářství. Kromě relativně „typických“ ohrožených oblastí, mezi něž patří oblast severozápadu Čech a jihu Moravy, se zvláště podle analýzy založené na 6 kritériích ukazují jako ohrožené regiony ve východních a jižních Čechách a na severní Moravě. Analýza dostupnosti vodních zdrojů a hydrologického sucha (viz Mapa 2.22 a 2.32) jednoznačně ukazuje, že zvláště oblast jižní Moravy i severozápadu Čech patří mezi lokality významně ohrožené výskytem hydrologického sucha a současně jako oblasti s nejmenší potenciální dostupností vodních zdrojů. Tato území se rovněž nacházejí v podmínkách agroklimaticky náležejících do kukuřičné a také řepařské výrobní oblasti (Mapa 2.28). Mapa zachycující produkční schopnost půdy (Mapa 2.31) ukazuje, že nejvíce území, multikriteriální analýzou vytipovaná jako nejvíce ohrožená, mají poměrně značný produkční potenciál. Proto snížení rizika výskytu extrémních projevů nedostatku/nadbytku vláhy v těchto lokalitách skýtá potenciálně nejvyšší přínos.



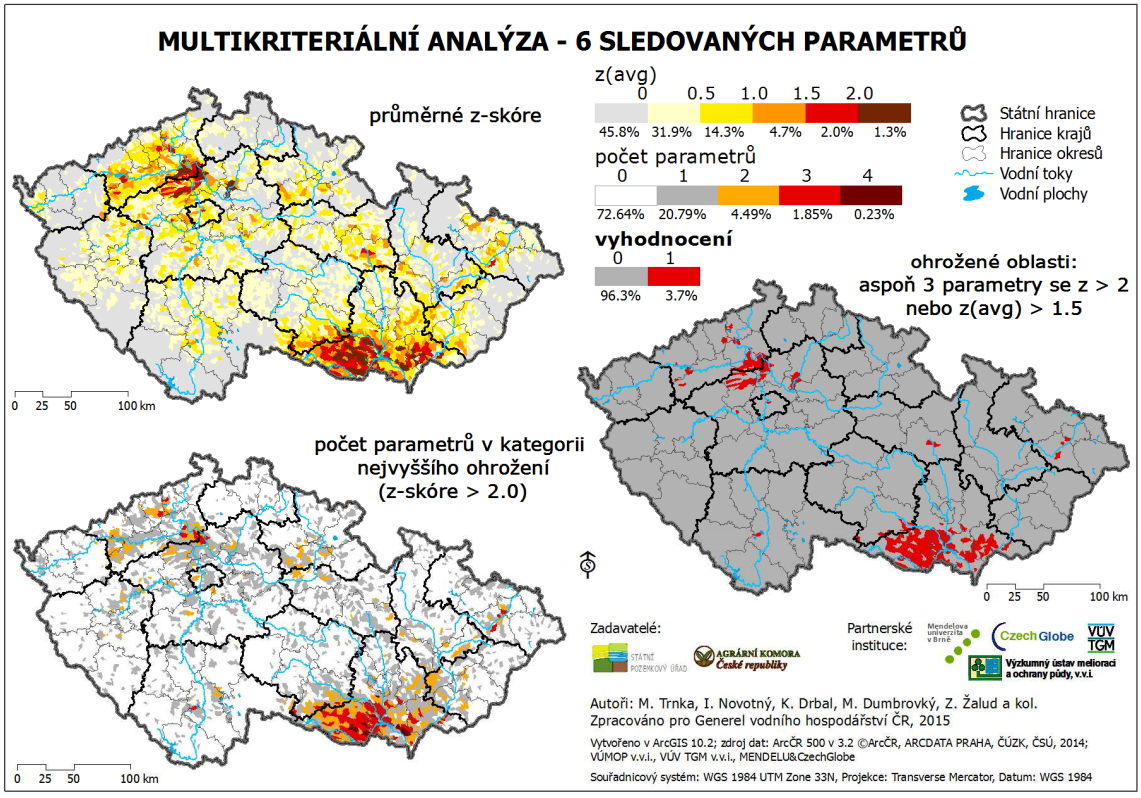
Mapa 2.37: Výsledky první varianty multikriteriální analýzy založené na 4 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území.



Mapa 2.38: Výsledky první varianty multikriteriální analýzy založené na 4 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro povodí IV. řádu.



Mapa 2.39: Výsledky druhé varianty multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území.



Mapa 2.40: Výsledky druhé varianty multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech. Vstupní parametry jsou agregované pro povodí IV. řádu.

2.3 Ekonomické dopady významných suchých epizod do hospodaření podniků v pilotním území

Na základě výše popsané studie „Možnosti řešení degradace půdy a její ovlivnění změnou klimatu na příkladu aridních oblastí“ (viz úvod do kapitoly 4) byly hodnoceny ztráty ve výnosech způsobené suchem. Sledovány byly suchem nejvíce ohrožené oblasti (střední Čechy a jižní Morava). Hodnocení se zaměřilo na rok 2012, který byl z hlediska sucha extrémní. V okrese Břeclav byly výnosy v tomto roce nižší, ve srovnání s průměrem Jihomoravského kraje zejména u žita, ovsa a ječmene jarního. V případě okresu Kladno je situace poněkud odlišná. Nižší výnos ve srovnání s celou ČR byl v okrese Kladno u ječmene jarního, ovsa a řepky, a to nikterak významně, výrazně však u ječmene ozimého. Ostatní sledované plodiny vykázaly výnos průměrný či dokonce vyšší ve srovnání se Středočeským krajem i s celou ČR.

Výpočet ekonomické újmy v aridních oblastech v roce 2012 vycházel z dosud uváděných odhadovaných výnosů (ČSÚ) v jednotlivých sledovaných okresech (údaje od Agrární komory ČR) v rámci příslušného kraje a celé ČR. Pro výpočet byly použity průměrné realizační ceny, a to u obilovin 5500,-- Kč·t^{-1} a u řepky 11.000,-- Kč·t^{-1} .

Výsledná ekonomická újma způsobená suchem (v Kč na hektar) vychází ze srovnání daného okresu s příslušným krajem (Kladno – Středočeský kraj, Břeclav – Jihomoravský kraj) a s celou ČR. Výsledky tohoto výpočtu shrnuje Tab. 2.9.1, ze které je patrné, že (až na výjimky) dopadlo toto srovnání pro sledované oblasti dosti nelichotivě. Tab. 2.9.1 je zpracována ve dvou verzích: a) v Kč.ha^{-1} (pro vytvoření reálné představy o finančních ztrátách podniků), b) v % (pro vyloučení vlivu ceny a tedy zajištění obecnější platnosti údajů).

Z uvedené tabulky je patrné, že v okrese Břeclav je výpadek vlivem sucha enormní, a to zejména u řepky, ozimého ječmene a vzhledem k rozsahu pěstování i u pšenice ozimé. Celkově obiloviny vykazují propad v rámci kraje 8580,-- Kč·ha^{-1} a ve srovnání s celou ČR dokonce 13.475,-- Kč·ha^{-1}, řepka ještě více a to 10.010,-- Kč·ha^{-1} resp. 15.510,-- Kč·ha^{-1}.

Plodina	Jednotka	Břeclav/JM kraj	Břeclav/ČR	Kladno/Stř. kraj	Kladno/ČR
pšenice ozimá	Kč·ha^{-1}	8 085	14 080	935	2 090
pšenice jarní	Kč·ha^{-1}	7 480	11 495	2 090	1 485
ječmen ozimý	Kč·ha^{-1}	10 780	14 135	385	330
ječmen jarní	Kč·ha^{-1}	9 075	12 265	1 815	1 100
žito	Kč·ha^{-1}	7 425	12 595	7 370	6 485
oves	Kč·ha^{-1}	6 050	8 195	4 070	4 400
triticale	Kč·ha^{-1}	7 260	13 530	4 345	4 730
průměr obilovin	Kč·ha^{-1}	8 580	13 475	220	1 155
řepka	Kč·ha^{-1}	10 010	15 510	880	440

Tab. 2.9.1a: Suchem způsobená ekonomická újma (červenou barvou) a zisk (černou barvou) v Kč·ha^{-1} v okrese Břeclav a Kladno ve srovnání s Jihomoravským a Středočeským krajem a s celou ČR v roce 2012

Plodina	Jednotka	Břeclav/JM kraj	Břeclav/ČR	Kladno/Stř. kraj	Kladno/ČR
pšenice ozimá	%	55,9	42,1	103,7	108,6
pšenice jarní	%	59,5	48,9	91,0	93,4
ječmen ozimý	%	43,4	36,9	101,7	101,5
ječmen jarní	%	57,1	49,7	92,8	95,5
žito	%	64,1	52,2	72,4	73,5
oves	%	64,5	57,3	78,8	77,1

triticale	%	60,2	44,8	82,0	80,7
průměr obilovin	%	54,9	43,7	100,9	104,8
řepka	%	60,6	49,8	97,2	98,6

Tab. 2.9.1b: Suchem způsobená ekonomická újma (červenou barvou) a zisk (černou barvou) v % okrese Břeclav a Kladno ve srovnání s Jihomoravským a Středočeským krajem a s celou ČR v roce 2012

O něco příznivější je situace v okresu Kladno, kde se u ozimých obilovin projevila vyšší odolnost proti suchu (v závislosti na odolnosti odrůd) a ekonomickou újmu nevykazují, ale zřetelná situace je u všech jarních obilovin a řepky. Nejvyšší ztrátovost je patrná u méně pěstovaných plodin a to je žito a triticale. Významnou položkou tohoto sledování je ječmen jarní, pšenice jarní a řepka, kdy se celkový výpadek negativně projevil u všech zemědělských podniků.

Celkově je nutné konstatovat, že nedostatek vláhy a špatné klimatické podmínky byly hlavní příčinou výrazné ztrátovosti u většiny pěstovaných plodin, jak v okresu Kladno, ale zejména ve výrazně postiženém okresu Břeclav. Provedená analýza dokladuje významnou závislost tržní produkce zemědělské výroby z jednotky plochy v závislosti na srážkových poměrech dané oblasti.

***Autoři**: Ing. Ivan Novotný (VÚMOP), Ing. Jan Vopravil, Ph.D. (VÚMOP)*

3 Hierarchie cílů při řešení generelu vodního hospodářství krajiny ČR

3.1 Krátkodobé cíle

- Zpracovat a udržovat aktuální Generel vodního hospodářství krajiny České republiky, jako podklad pro tvorbu koncepce vodního hospodářství ČR v probíhající změně klimatu.
- V rámci generelu pak:
    - definovat základní problémy se zaměřením na extrémy (povodně a sucho) a především dopadů těchto extrémů na ekosystémové služby s důrazem na služby směřující k poskytování statků (produkční služby) a regulační (zdroje vody a ochrana půdy);
    - analyzovat současný stav poznání a akumulace dostupných poznatků v oblasti popisu změny klimatu (scénáře) a dopadů na vodohospodářské soustavy (povodí Dyje a Moravy), pěstování plodin (výnosy), půdní klima (teplotní a vlhkostní režimy), půdní vlastnosti (utužení půdy, eroze), ohrožení suchem (pozemní a satelitní monitoring), dopady na klimatologickou vodní bilanci (výpar versus srážky), požadavků na vodu pro zemědělství a změnu výrobních oblastí;
    - odhadnout vývoj ekosystémů bez realizace účinných ohraných a adaptačních opatření;
    - provést multikriteriální analýzu zvláště ohrožených regionů;
    - vymezit tři pilotní území v nejvíce ohrožených oblastech a provést první návrh ochranných a adaptačních opatření.
- Zahájit věcnou a objektivními daty podloženou debatu o definici a vymezení LFA.
- Zpracovat variantní řešení pro zvýšení resilience krajiny při výskytu hydrometeorologických extrémů s důrazem na decentralizovanou síť malých a středních nádrží v kombinaci s agronomickými a organizačními opatřeními A/NEBO výstavbou velkých investičních celků.

3.2 Střednědobé cíle (do 10-15 let)

- vytvořit legislativní rámec a finanční zajištění pro realizaci adaptačních opatření na vybraných územích s důrazem na primární roli zemědělce jako aktivního subjektu (např. systém daňových úlev a technické podpory vs. dotace);
- realizovat opatření na pilotních farmách a průběžně vyhodnocovat jejich účinnost;
- navrhnout a podpořit výstavbu soustav malých a středních vodních nádrží s protierozní a protipovodňovou funkcí a současně jako zdroj vody pro období půdního (agronomického) sucha;
- podpořit rozvoj efektivně využitelných závlah;
- důsledně prosazovat moderní postupy v oblasti zpracování půdy s důrazem na zachování resp. zvýšení její produkční schopnosti v rámci dané sezóny, ale také dlouhodobě a současně zlepšení mimo-produkčních funkcí;
- navrhnout dotační tituly, které by zajistily udržitelnost navržených a uplatněných opatření v čase – musí mít motivační charakter pro změnu přístupu správce krajiny (zemědělec, vodohospodář, lesník) a ne jako součást zisku;
- realizovat komplexní systém pojištění rizik (se zaměřením na zvýšení odolnosti sektoru zemědělství);
- vytvořit legislativní rámec a finanční zajištění efektivního systému kontroly – zpětná vazba;
- rozvinout systém regionálních skupin zaměřených na „vzdělání – demonstraci – asistenci – restrikci“.

3.3 Dlouhodobé cíle (více než 20 let)

Zabezpečit pro území ČR zásobování vodou jako výsledek:

- souhry existujících monitorovacích a prognostických nástrojů (srážky, sucho, vodní bilance, kondice vegetace, erozní modely, modely potřeby vody);
- optimalizace jejího zadržení a distribuce jako důsledek již realizovaných změn (agrotechnických, technických, legislativních);
- minimalizace zranitelnosti krajiny vůči extrémům, minimalizace zranitelnosti zájmových skupin (farmáři, vodohospodáři, lesníci apod.) řízených ekosystémů (agrosystémy, vodní plochy, lesy, TTP) vůči dopadům hydrometeorologických extrémů především povodní a sucha.

4 Pilotní farma Bulhary

4.1 Postup prací v rámci pilotní studie

Lokalita Bulhary je prvním ze zpracovávaných pilotních území, jenž bylo vybráno z důvodu vysoké míry ohrožení kraje (Obr. 4.1), samotného podniku, vysokého zájmu o aktivní spolupráci, dobré dostupnosti dat a reprezentativnosti pro širší region.

Základní kroky kap. 4 části zahrnují:

1. vymezení specifik ZD Bulhary s ohledem na širší region a ČR,
2. návrh vedoucí ke snížení erozního rizika a ke zpomalení povrchového odtoku vody z území,

společná debata nad výčtem možných organizačních a technických opatření v souladu s body 1. a 2.,

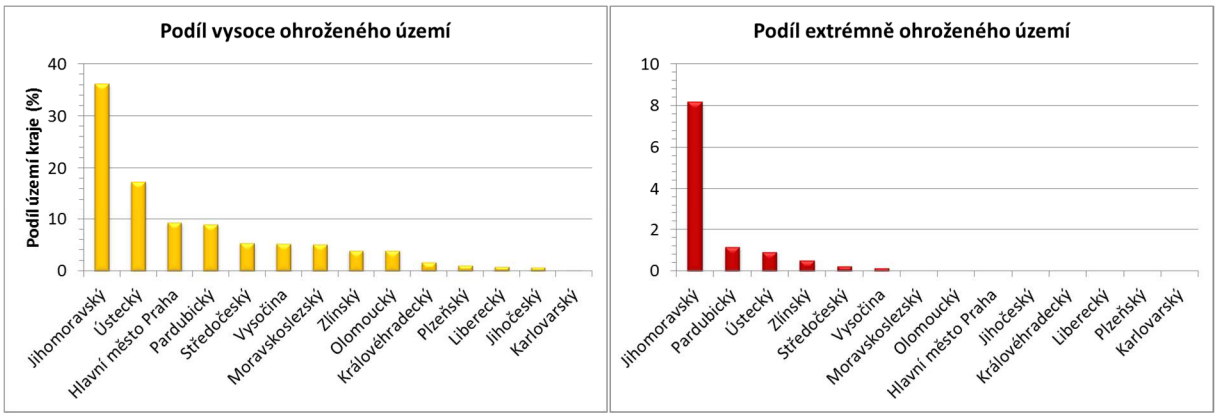
3. variantní návrh řešení erozního rizika a zpomalení povrchového odtoku vody z území,
4. projednání návrhů pracovníky podniku,
5. návrh organizačních opatření pro stabilizaci produkce v souladu s návrhy pro snížení erozního rizika,
6. odhad dopadů změny klimatu na produkční schopnost a na klíčové indikátory produktivity,
7. ekonomické vyhodnocení navržených opatření a odhadovaný efekt na ekonomiku podniku,
8. projednání závěrů s vedením podniku a se zástupci AK a JMK,
    a. analýza možností využití a revitalizace závlahových systémů,
    b. analýza možností revitalizace větrolamů,
    c. analýza možností zvýšení podílu trvalých kultur,
    d. identifikace hlavních problémů pro strategické rozhodování v oblasti investic do zvýšení odolnosti území vůči suchu a vůči dalším nepříznivým jevům,
    e. posouzení realizovatelnosti navržených opatření a existujících legálních, legislativních, organizačních a technických překážek,
    f. posouzení potenciální ekonomické výkonnosti po přijetí adaptačních opatření.
9. návrh realizace konkrétních opatření (JPÚ, demonstrace agrotechniky),

4.2 Pilotní studie v konkrétních územích - Bulhary

Na základě multikriteriální analýzy, uvedené v kapitole 2 v hlavní části (např. Mapa 2.39), bylo vyhodnoceno zastoupení vysoce ohrožených a extrémně ohrožených území vzhledem k celkové ploše kraje. Současně je však třeba hodnotit význam zemědělské produkce v jednotlivých krajích (jak absolutně, tak relativně s ohledem na ekonomickou sílu kraje, resp. okresu) a také k velikosti kraje (např. Středočeský kraj je nejen největším, ale i nejlidnatějším krajem ČR). Pilotní území následně byla volena podle následujících kritérií:

- v pilotních územích musí být zastoupeny podniky hospodařící v nepříznivých až extrémních podmínkách, ale rovněž podniky s nízkou úrovní rizika,
- pilotní území by měla pokrývat nejméně čtyři z nejvíce ohrožených krajů,
- pilotní území reprezentují hlavní produkční regiony ČR,
- v pilotních územích hospodaří podnik(y) ochotný(é) dlouhodobě spolupracovat.

Mezi další kritéria pak patří přibližná srovnatelnost podniků. Jedná se tedy o firmy hospodařící na plochách mezi cca 1 až 4 tis. hektary a přednost je dávána podnikům s rostlinnou i živočišnou výrobou, ideálně s významným podílem kultur s vyšší přidanou hodnotou (např. chmelnice či vinná réva). V rámci první Etapy Generelu bylo provedeno šetření na 2 pilotních územích. Na těchto pilotních územích bylo provedeno jak terénní šetření, tak analýza existujících databází a konfrontace s reálnými podmínkami. Byla testována ochota podniků sdílet data a zkušenosti a rovněž byl zkoumán soulad mapových podkladů s reálnými podmínkami.

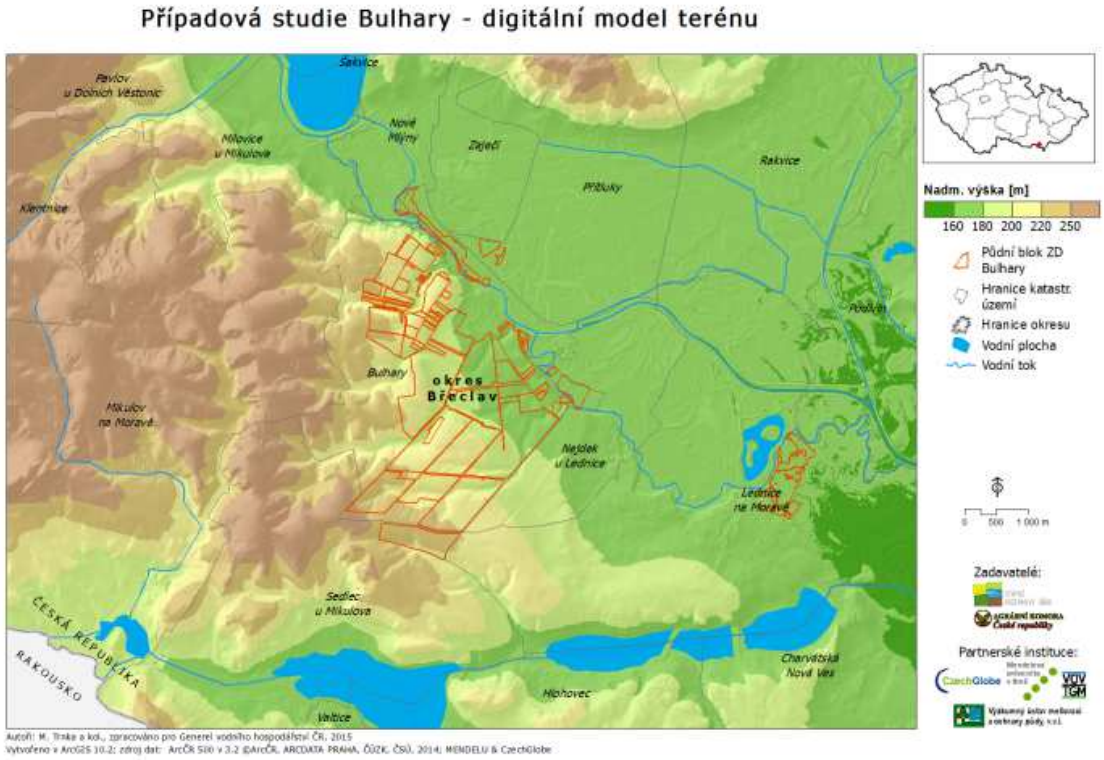


Obr. 4.1: Pořadí krajů podle podílu vysoce ohrožených a extrémně ohrožených katastrálních území

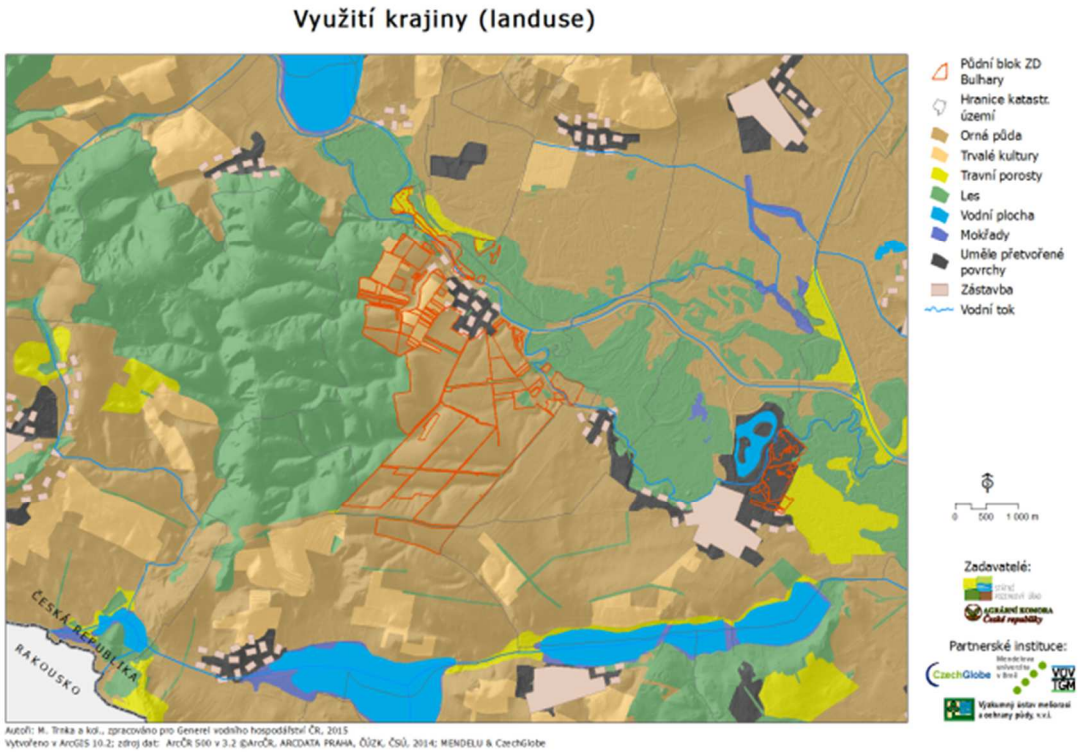
Jako první testovací území byl zvolen podnik ZD Bulhary v Jihomoravském kraji, který má největší relativní i absolutní podíl území vysoce ohroženého a extrémně ohroženého. Druhým podnikem bylo družstvo vlastníků Agros Vraný, které leží ve Středočeském kraji při hranicích s rizikovým územím v Ústeckém kraji. Výběr těchto podniků pro potřeby generelu byl veden i snahou navázat na projekt s názvem „Možnosti řešení degradace půdy a její ovlivnění změnou klimatu na příkladu aridních oblastí“, který byl, pod záštitou Ministerstva zemědělství ČR a Celostátní sítě pro venkov, realizován institucemi VÚMOP, v.v.i. a ČHMÚ. Tento projekt vycházel z informací o: 1) struktuře pěstovaných plodin, 2) rozsahu živočišné výroby, 3) škodách způsobených suchem či jinými nepříznivými faktory (eroze, záplavy apod.), 4) hospodářských výsledcích konkrétních zemědělských subjektů, přičemž tyto klíčové údaje byly získány na základě účelově sestaveného dotazníku. K ekonomickému vyhodnocení byly využity údaje o výnosech plodin Českého statistického úřadu a Agrární komory ČR. Sledovány byly výnosy pšenice, ječmene, žita, ovsa, triticale a řepky. U plodin, jejichž výnosy se uvádějí odděleně pro ozimou a jarní variantu, byl vypočten vážený průměr výnosů podle velikosti ploch jednotlivých variant. V rámci aktivit týmu GVHK byla provedena revize dostupných dat a současně bylo provedeno místní šetření ve spolupráci s vedením obou zmíněných podniků. V další etapě pak byly připraveny první návrhy vhodných organizačních a technických opatření a byla diskutována jejich proveditelnost (technická i ekonomická), ale zejména ochota podniků tyto změny provést, resp. předpoklady podniků pro zavedení těchto změn.

4.3 Vyhodnocení stávajícího stavu v zájmovém území Bulhary

Zemědělské družstvo Bulhary je podnikem hospodařícím v poměrně členitém terénu na dolním toku řeky Dyje v těsném sousedství CHKO Pálava a Lednicko-valtického areálu.



Mapa 4.1: Ukázka terénních poměrů v oblasti hospodaření ZD Bulhary



Mapa 4.2: Ukázka terénních poměrů v oblasti hospodaření ZD Bulhary a vylišení jednotlivých kultur

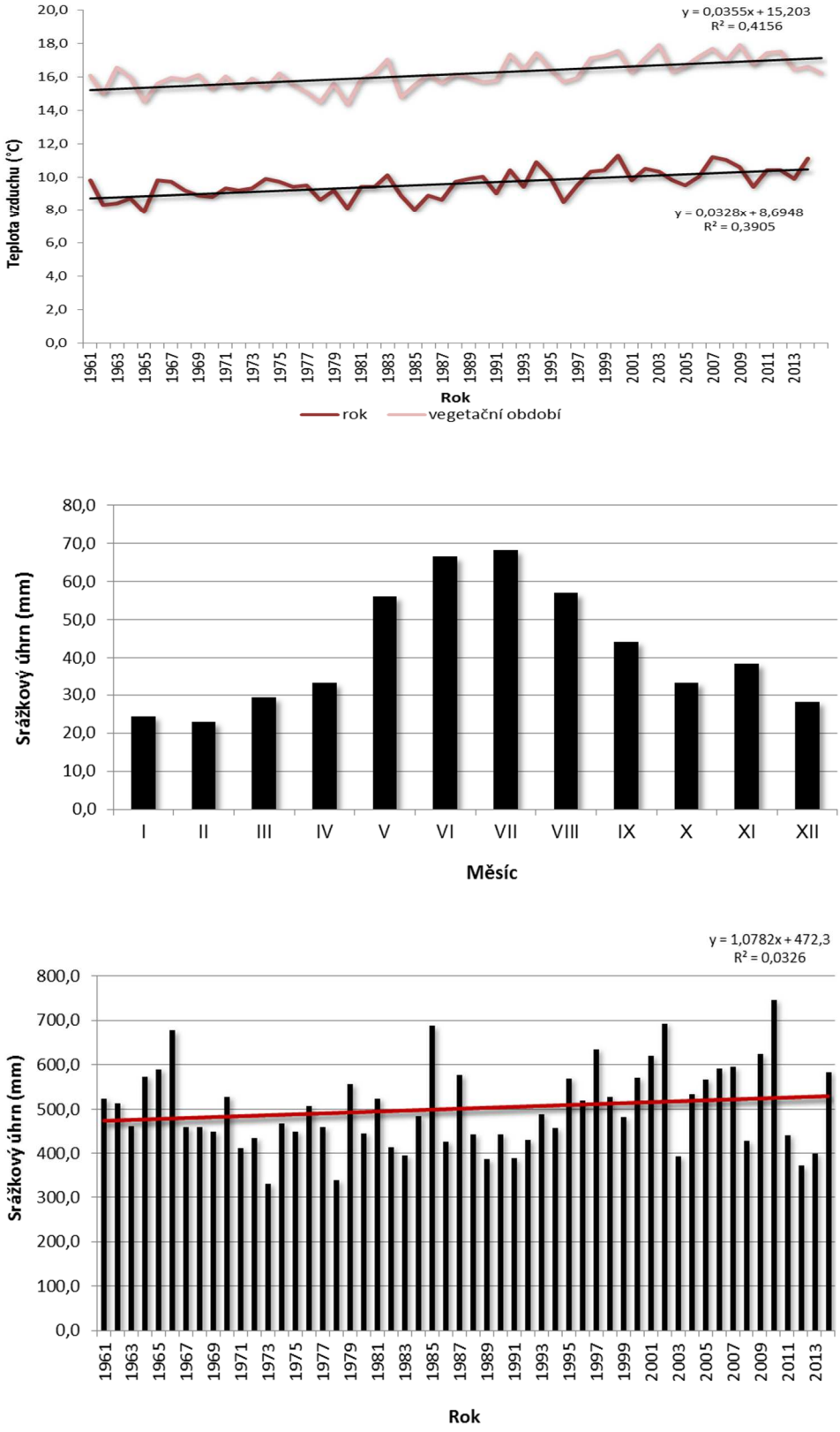
V současné době podnik hospodaří na cca 820 ha, z toho cca 780 ha pokrývá zemědělská půda a zbývající část pak areál Lednického parku. Přibližně z 20 % se jedná o vlastní půdu. Páteřní infrastruktura podniku pochází z let 1975-1980. Mezi základní plodiny patří pšenice ozimá (cca 240 ha), dále pak kukuřice na siláž (cca 140 ha), vojtěška (cca 100 ha), jarní sladovnický ječmen (cca 100 ha) a cca 40 ha ozimého ječmene. Hospodaření významně doplňují vinice (cca 80 ha). V minulosti podnik pěstoval pod závlahou zeleninu, ale odbytové možnosti to nyní znemožnily. Podnik se orientuje na živočišnou výrobu (ŽV) s produkcí mléka, s přibližnou velikostí stáda 770 kusů, a v menší míře pak na chov prasat. Funkční závlahové systémy se nachází v k. ú. Bulhary a potenciálně mohou pokrýt až 250 ha zemědělské půdy, nicméně obvykle je využíváno cca 50 ha pro zajištění dostatku objemového krmiva pro ŽV (Obr. 4.2). V podniku je jednoznačně preferována orba před minimalizací, pravidelně je aplikováno organické hnojení hnojem a relativně uspokojivý je i podíl víceletých pícnin v osevním postupu. Kvalita půd je vnímána jako dobrá. Podnik vnímá riziko sucha jako významný faktor omezující hospodaření, i když největší brzdou rozvoje je nízký podíl vlastní půdy. Jako příklad adaptačních opatření, která již byla zmíněna adokumentována, lze uvést závlahy (Obr. 4.3) a také porosty vinic, které jsou primárně orientovány po vrstevnici (Obr. 4.3), aby byla zvýšena retenční schopnost těchto kultur. V současné době podnik experimentuje s hybridními odrůdami pšenic, mj. jako reakci na měnící se podmínky. Vedení podniku vnímá zvýšení teplot, úbytek půdní vláhy, mírnější průběh zimy a také zkrácení doby růstu plodin, a tedy delší dobu, kdy půda zůstává bez ochrany. Po ukončení podpory upustil podnik od využívání meziplodin (zejména svazenky). V území dochází k lokálním erozním projevům, a to zejména v místech modelových drah soustředěného odtoku. ZD přímo hospodaří v oblasti postižené výraznými sesuvy půdy po srážkách v září 2014 (Obr. 4.3). Jeho důchodová situace byla v době šetření kladná (a zůstává taková i v roce 2014 a 2015), je však velmi napjatá s omezenou možností pořizování nových investic. Celkovou situaci pravděpodobně zhorší výrazné snížení cen mléka.

Obr. 4.2: Na jižní části k. ú. obce Bulhary převládají pozvolně se svažující větší půdní bloky členěné liniovými stromovými větrolamy. V pozadí snímku je zachycena postřiková závlaha pozemku s vojtěškou

Obr. 4.3: Pro Zemědělské družstvo Bulhary je perspektivní pěstování révy vinné, jak dokládá snímek výše. Nové vinice jsou vysazovány s řádky směrem po vrstevnici, pokud je tento způsob umožněn řešením vlastnických vztahů na pronajatých pozemcích. Snímek níže pak zobrazuje úpravu koryta řeky Dyje na hranici zastavěného území obce po sesuvu půdy vyvolaného vydatnými dešťovými srážkami v září 2014

4.3.1 Základní agroklimatické podmínky území

Území, na kterém hospodaří ZD Bulhary, je charakteristické vyššími průměrnými ročními teplotami vzduchu. Průměrná roční teplota vzduchu v lokalitě za období 1961-2014 byla 9,6 °C. V posledních 15 letech dochází k nárůstu teplot, přičemž průměrná roční teplota vzduchu i průměrná teplota vzduchu za vegetační období vykazují výrazný časový vývoj, který je dokumentován existencí statisticky významného pozitivního trendu. Rostoucí trend byl zaznamenán jak pro celé období 1961-2014, tak i v jednotlivých třicetiletích, i pro období 1981-2014. Nejsilnější kladný trend byl zaznamenán v období 1981-2010, kdy průměrná roční teplota vzduchu dosáhla nárůstu o 0,5 °C/10 let a průměrná teplota vzduchu za vegetační období vzrostla dokonce o 0,6 °C/10 let.



Obr. 4.4: Průměrná roční teplota vzduchu a teplota vzduchu ve vegetačním období v lokalitě Bulhary v období 1961-2014 a její lineární trend (nahoře). Průměrný roční chod srážek za období 1961-2014 (uprostřed). Roční úhrny srážek za období 1961-2014 a její lineární trend (dole)

Podobný průběh má i vývoj maximálních a minimálních teplot vzduchu. Roční průměr denních maximálních teplot vzduchu za období 1961-2014 činí 14,6 °C a v řadách hodnot panuje statisticky

významný pozitivní lineární trend pro rok i pro vegetační období. Nejsilnějšího trendu bylo obdobně jako v případě průměrné teploty vzduchu dosaženo v období 1981-2010, kdy nárůst pro rok i pro vegetační období dosáhl hodnoty 0,5 °C/10 let. Roční průměr denní minimální teploty vzduchu za období 1961-2014 dosahuje hodnoty 4,7 °C a dle analýzy lineárního trendu byl zjištěn nárůst průměru minimální teploty vzduchu pro rok i pro vegetační období, který překračuje hranici statistické významnosti pro všechna období s výjimkou třicetiletí 1961-1990. Rostoucí trend je ve všech případech silnější pro vegetační období. Nejvýraznější je trend v období 1981-2010, kdy dosahuje pro rok 0,3 °C/10 let a pro vegetační období 0,5 °C/10 let. Podobně silný je trend při prodloužení na období 1981-2014. Nárůst za celé studované období 1961-2014 pak tedy činí 0,3 °C/10 let jak pro rok, tak i pro vegetační období.

Co se týká letních dnů (tj. dnů s maximální denní teplotou vzduchu větší nebo rovnou 25 °C), běžně se vyskytují v období od dubna do října, výjimečně i v březnu. Průměrná roční četnost výskytu podle údajů za výše uvedené období činí 64 dní. Při hodnocení trendu byl statisticky významný nárůst v počtu letních dní zaznamenán pro období 1961-2014 a také pro období 1981-2014, který v obou případech dosahoval přibližně hodnoty 4 dny/10 let. U počtu tropických dnů je to podobné, přičemž statisticky významný nárůst počtu tropických dní byl dosažen pro období 1961-2014, 1981-2010 a 1981-2014. V období 1971-2000 nárůst nedosahuje hranice statistické významnosti a v období 1961-1990 se projevuje statisticky významný pokles. Nejsilnější nárůst je za období 1981-2010 a činí přibližně 4 dny/10 let. Naopak počet mrazových dní za období 1961-2014 prodělal statisticky významný pokles.

Dle údajů o srážkových úhrnech za období 1961-2014 napadne v oblasti průměrně 501,9 mm srážek za rok, s maximem v ročním chodu v červenci a s minimálním průměrným úhrnem v únoru, což odpovídá běžným poměrům ČR. Zajímavým rysem průměrného ročního chodu srážek je přechodné zvýšení srážkového úhrnu mezi říjnem a listopadem. Srážková vydatnost sezon v jednotlivých letech však může být variabilní a podle uplatnění různých meteorologických situací může být rozložení srážek značně odlišné od průměru. Trendy u srážkových řad jsou zpravidla statisticky nevýznamné, většinou převládá variabilita nad dlouhodobým trendem. Analýza trendu pro jednotlivá třicetiletí v rámci studovaného období (tj. 1961-1990, 1971-2000 a 1981-2010) však ukazuje, že zatímco v prvním období (1961-1990) se u ročních srážkových sum i sum za vegetační období uplatňuje statisticky nevýznamný klesající trend, v následujících dvou obdobích obě charakteristiky vykazují statisticky významný nárůst. Nejvýraznější trend ročních srážkových úhrnů je v období 1981-2010, kdy se projevuje nárůst cca o 50 mm/10 let. Tento silný nárůst je však výrazně ovlivněn vlhkým rokem 2010. Při prodloužení období až ke konci časové řady (tj. 1981-2014) trend sice zůstává kladný, avšak je slabší a dosahuje hodnoty přibližně 23 mm/10 let. Tento trend však již nedosahuje statistické významnosti.

Za účelem podrobnějšího průzkumu srážek v lokalitě byla provedena analýza počtu dnů s charakteristickým úhrnem srážek, která umožňuje zjistit případné četnosti výskytu bezesrážkových období, jež mohou v kombinaci s dalšími faktory (zvýšená teplota, nadměrný výpar) vyústit v ohrožení lokality suchem, nebo naopak četnosti výskytu vydatných srážek, způsobujících erozní události na zemědělských plochách. Srážkových dní s úhrnem větším nebo rovným 1 mm se vyskytuje průměrně asi 84 za rok a 46 za vegetační období. Jejich rozložení v rámci roku je vcelku rovnoměrné, určité zvýšení je nicméně zřetelné v období od května do srpna a také v listopadu. Výskyt srážkových dní s úhrnem alespoň 1 mm je v čase vcelku stabilní, o čemž svědčí i výsledky analýzy trendu, které ukazují, že počet srážkových dní za rok v období 1961-2014 i v jednotlivých třicetiletích (viz výše) většinou mírně narůstá, avšak daný nárůst nepřekračuje hranici statistické významnosti. Výjimku tvoří pouze období 1981-2010, kdy počet srážkových dní za rok vykazuje kladný trend.

Při vymezení limitem denního srážkového úhrnu 10 mm průměrný počet dní za rok dosahoval 13 a za vegetační období 9. Průměrný roční chod je jasně vyjádřen maximem v červenci a minimem v lednu. Vývoj počtu dní s daným srážkovým úhrnem v čase je výraznější než v případě limitů 1 mm. Zatímco při zohlednění celého studovaného období 1961-2014 je trend rostoucí a staticky nevýznamný, v období 1961-1990 počet dní s úhrnem alespoň 10 mm významně klesal (přibližně o 1,8 dne/10 let). Naopak

v obdobích 1971-2000 i 1981-2010 počet srážkových dní s daným úhrnem významně rostl, a to o 1,8 dne/10 let, resp. 2,2 dne/10 let.

Průměrný počet dní se srážkovým úhrnem větším nebo rovným 20 mm činí 4 za rok a 3 za vegetační období. Průměrný roční chod vykazuje zřetelné maximum v červenci a minimum v únoru. Statisticky významný nárůst v počtu těchto srážkových dní je patrný jak pro celé období 1961-2014, tak i v rámci jednotlivých obdobích 1971-2000, 1981-2010 i v období 1981-2014. Nejsilnější trend byl zaznamenán v období 1981-2010 (cca 1 den/10 let). Naopak v období 1961-1990 se projevil statisticky nevýznamný pokles. Trend pro vegetační období se chová podobně, s tou výjimkou, že v posledním období 1981-2014 je sice také kladný, avšak statisticky nevýznamný.

Na analýzu klimatických charakteristik navazuje i vyhodnocení vypočtených agroklimatických a půdně-vlhkostních charakteristik. Průměrný roční úhrn potenciální evapotranspirace travního porostu v lokalitě Bulhary za období 1961-2010 byl 558,4 mm, za vegetační období (duben-září) pak v období 1961-2010 docházíme k hodnotě 453,5 mm. V ročních hodnotách potenciální evapotranspirace je za celé období 1961-2014 patrný statisticky významný vzrůstající trend, v jednotlivých měsících je pak patrný nárůst hodnot hlavně v dubnu a v červenci.

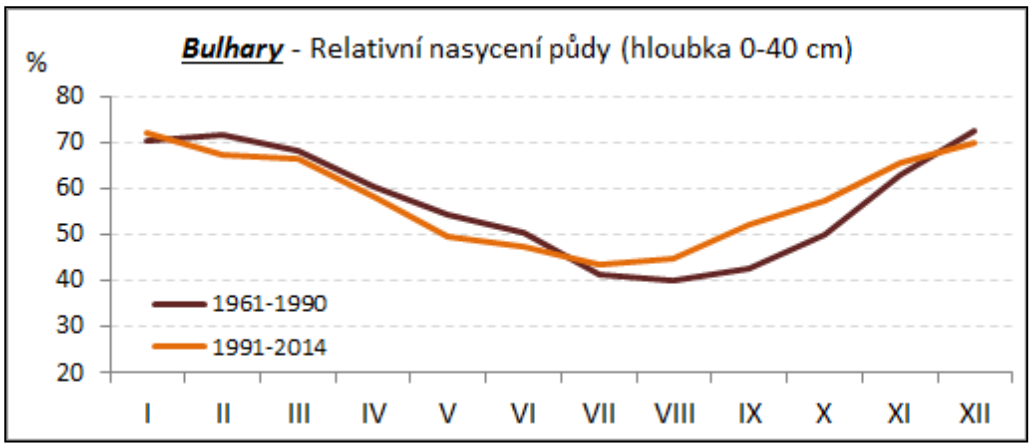
Průměrné roční modelové hodnoty aktuální evapotranspirace travního porostu kolísaly v období 1961-2010 v rozmezí od 446,1 mm do 598,6 mm, přičemž průměrná roční hodnota za toto období byla 522,5 mm a průměrná suma za vegetační období byla kolem 424,7 mm, s nejvyššími průměrnými úhrny v červnu a v červenci. U aktuální evapotranspirace je stejně jako u potenciální evapotranspirace v období 1961-2010 patrný statisticky významný trend růstu ročních hodnot. U měsíčních hodnot je zjevný také vzrůstající lineární trend vývoje úhrnů v období 1961-2010, a to nejvíce v měsících duben a červenec.

Roční hodnoty základní vláhové bilance, tedy rozdílu srážek a potenciální evapotranspirace, se v období 1961-2010 pohybovaly v rozmezí -234,1 až 184,6 mm, přičemž průměrná roční hodnota byla -54,2 mm a průměrná hodnota vláhové bilance za vegetační období byla -130,9 mm. V obou případech, tedy za rok i za vegetační období, je trend vývoje statisticky nevýznamný. Variabilita bilančních úhrnů v jednotlivých měsících je vysoká a výrazně nejvyšší v letních měsících. V řadách hodnot základní vláhové bilance byly kromě jednoho případu zaznamenané trendy statisticky nevýznamné. Jedinou výjimkou je zde prosinec se statisticky významným pozitivním trendem na hladině 10 %.

S hodnotami výparu a vláhové bilance souvisí i hodnocení zásoby využitelné vody v půdě. V období 1961-2010 jsou nejnižší průměrné modelové hodnoty v měsících srpen a září. Pro začátek léta, tedy pro měsíc červen, je zjevný statisticky významný negativní trend, kdy dochází k poklesu hodnot o asi 3 % VVK/10 let, u dalších měsíců a také u ročních hodnot byl pak zjištěný trend statisticky nevýznamný.

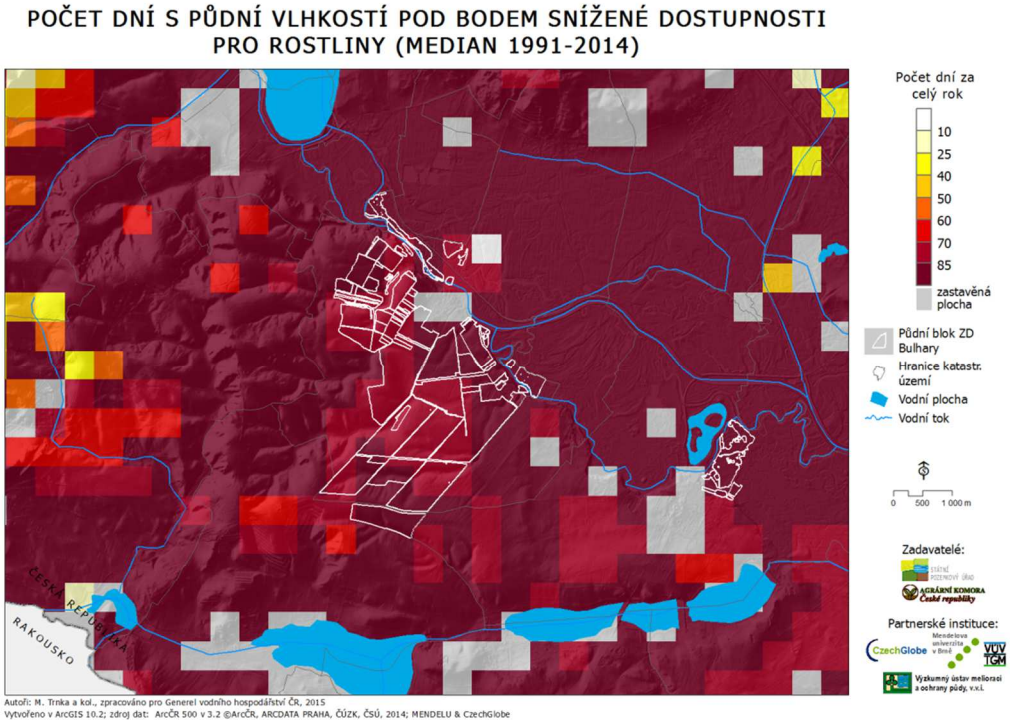
4.3.2 Počet dní se stresem suchem a se sníženou dostupností vláhy

Z hlediska pěstování polních plodin je jednou z klíčových podmínek dostupnost půdní vláhy v době růstu biomasy a tvorby výnosotvorných prvků. Na Obr. 4.5 je vykresleno průměrné měsíční relativní nasycení půdy (z hlediska dostupnosti vody pro rostliny) ve vrstvě 0-40 cm (0 % odpovídá bodu vadnutí, 100 % polní kapacitě). Znázorněné hodnoty jsou založeny na modelování vodní bilance metodou, která je využita v rámci Integrovaného systému pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Z výsledků srovnávajících období 1961-1990 s obdobím 1991-2014 je patrný odhadovaný pokles relativního nasycení půdy v první polovině roku, zatímco ve druhé polovině roku podmínky vedly k vyšším zásobám vody v uvedené půdní vrstvě.

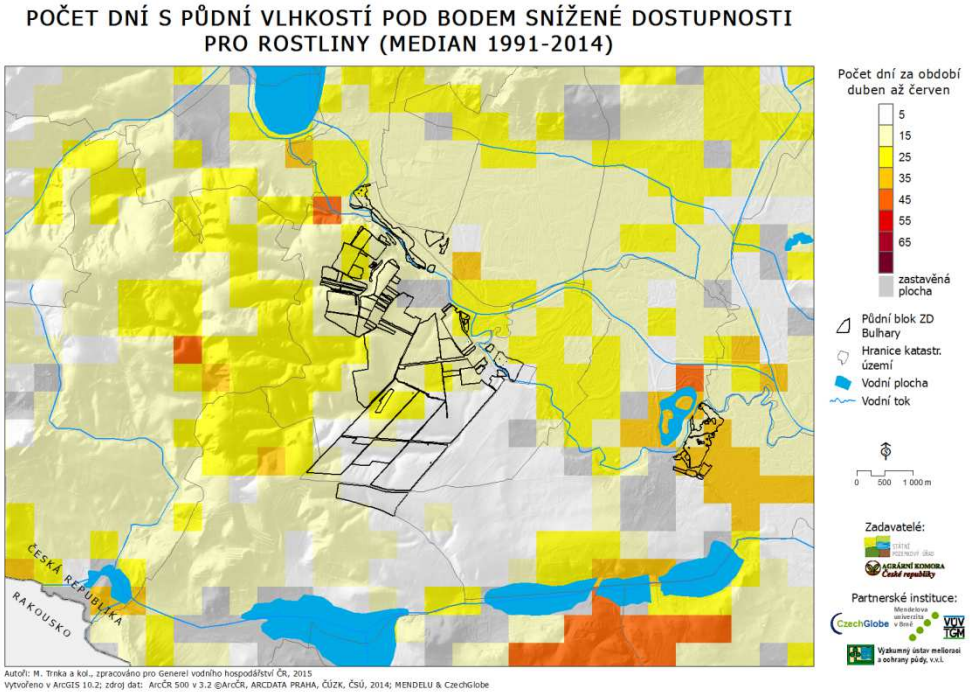


Obr. 4.5: Průměrný vývoj relativního nasycení půdy (z hlediska dostupnosti půdní vláhy pro rostliny) za jednotlivé měsíce období 1961-1990 a 1991-2014 na území obhospodařovaném ZD Bulhary

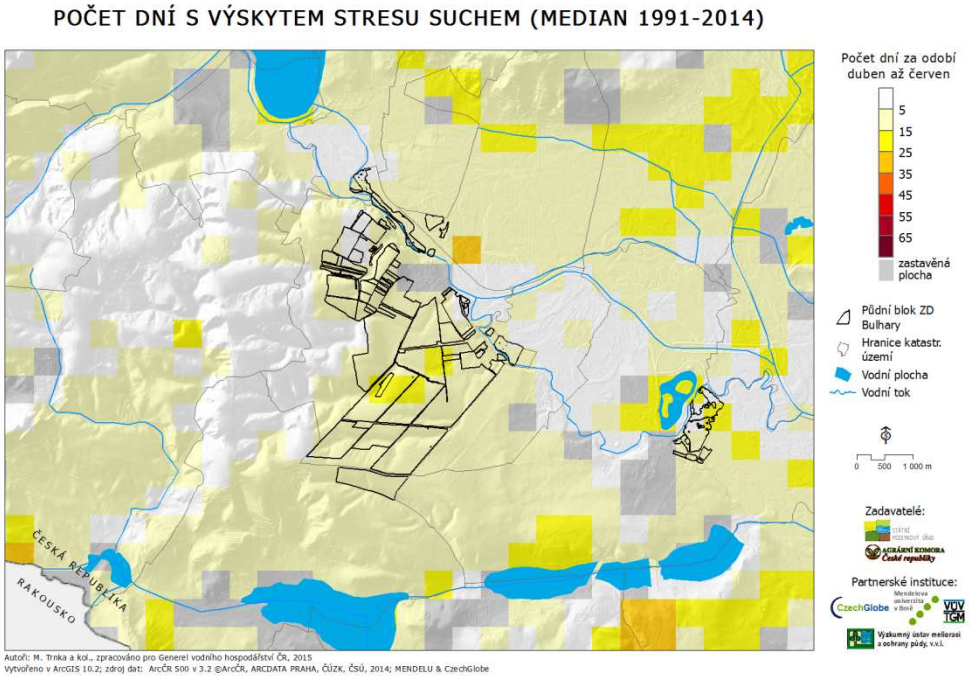
Při poklesu půdní vlhkosti pod určité hodnoty dochází ke snížení dostupnosti vody pro rostliny. Medián počtu dní za rok, označovaných jako „dny se sníženou dostupností půdní vláhy“, kdy relativní nasycení půdy v období 1991-2014 kleslo (v profilu od 0-100 cm) pod 50 %, se na pozemcích ZD Bulhary pohybuje mezi 70 a 85 případy, u některých pozemků je to vlivem retenční kapacity půdy i více než 85 dní (viz Mapa 4.3). Za období duben až červen činil medián počtu takových dní až 25 (viz Mapa 4.4). Medián počtu „dní se stresem suchem“ (v profilu 0-100 cm je relativní nasycení půdy pod 30 %) za duben až červen se u některých pozemků v období 1991-2014 rovněž dostal k 25 dnům (viz Mapa 4.5).



Mapa.4.3: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti” pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy v profilu 0-100 cm) za rok v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované ZD Bulhary vč. přilehlého okolí



Mapa 4.4: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení v půdním profilu 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované ZD Bulhary vč. přilehlého okolí



Mapa 4.5: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní s výskytem stresu suchem" pro rostliny (tj. pod 30 % relativního nasycení půdy v profilu 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované ZD Bulhary vč. přilehlého okolí

Z uvedených výsledků je zřejmé, že dostupnost půdní vláhy je v dané oblasti jedním z nejvíce limitujících faktorů pro produkci polních plodin, jejichž růst, vývoj a výnosy jsou negativně ovlivňovány případným výskytem významných epizod sucha. Současně je zřejmé, že v rámci pozemků

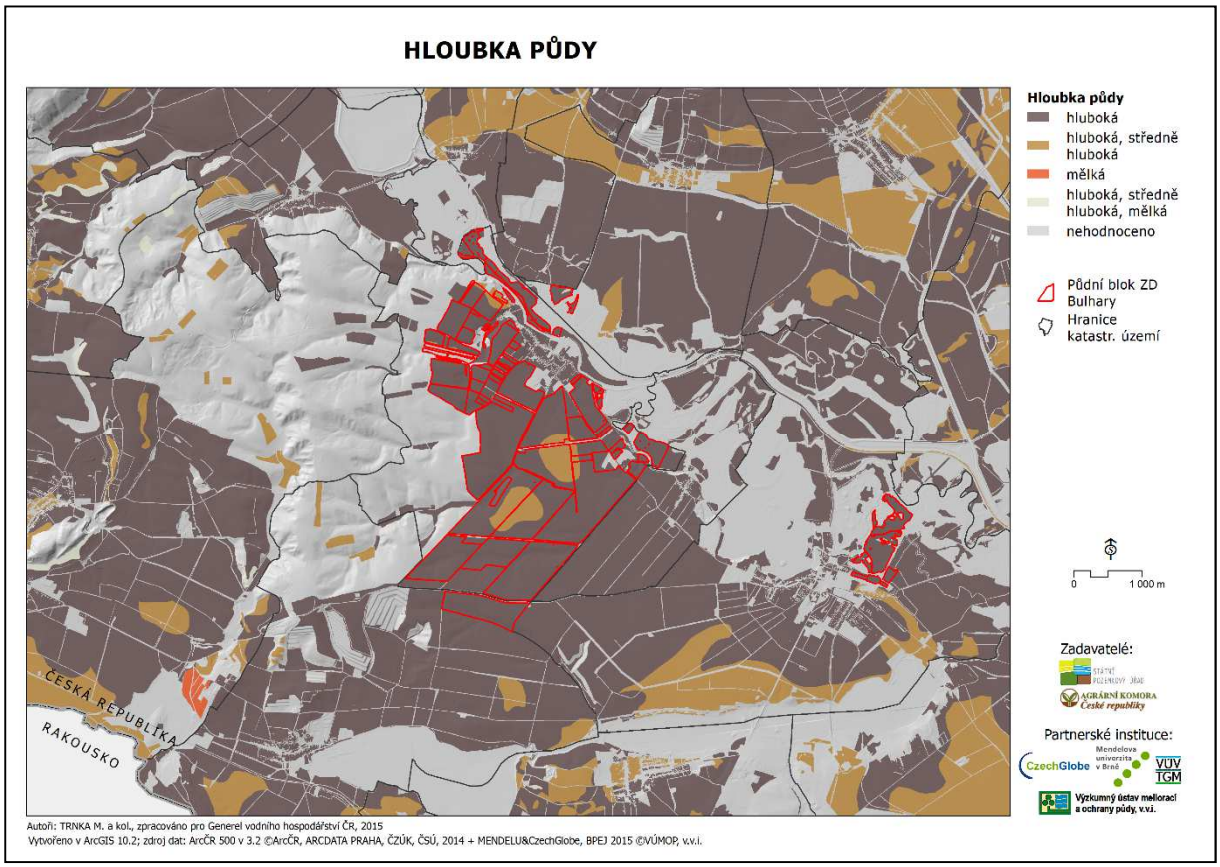
obhospodařovaných podnikem ZD Bulhary existují i jisté rozdíly v počtu dní se stresem suchem. Díky tomu mohou být dosažené výsledky využity jako podpůrný materiál při sestavování osevního postupu, při volbě odrůd či při volbě způsobu hospodaření.

4.3.3 Charakteristika půdních poměrů v zájmovém území ZD Bulhary

Základní charakteristiky BPEJ

Během bonitačního průzkumu bylo vymezeno 2199 BPEJ, které byly dále rozřazeny do 13 skupin půdních typů. V zájmovém území Bulhary převažují černozemě, kdy se jedná téměř o 88 % oblasti, které spolu s černicemi (10 %) tvoří většinu půdního fondu.

Hloubka půdy je důležitým půdním limitem. Je definována jako mocnost půdního profilu, kterou omezuje v určité hloubce buď pevná skála, nebo její rozpad, silná skeletovitost (> 50 %) nebo ustálená hladina podzemní vody. Zjednodušeně lze za hloubku půdy považovat prostor pro zdárný růst rostlin. Hloubka půdy je posuzována ve 4 kategoriích. Na území zemědělského družstva (ZD) Bulhar převažují půdy hluboké s cca 92% zastoupením (Mapa 4.6).



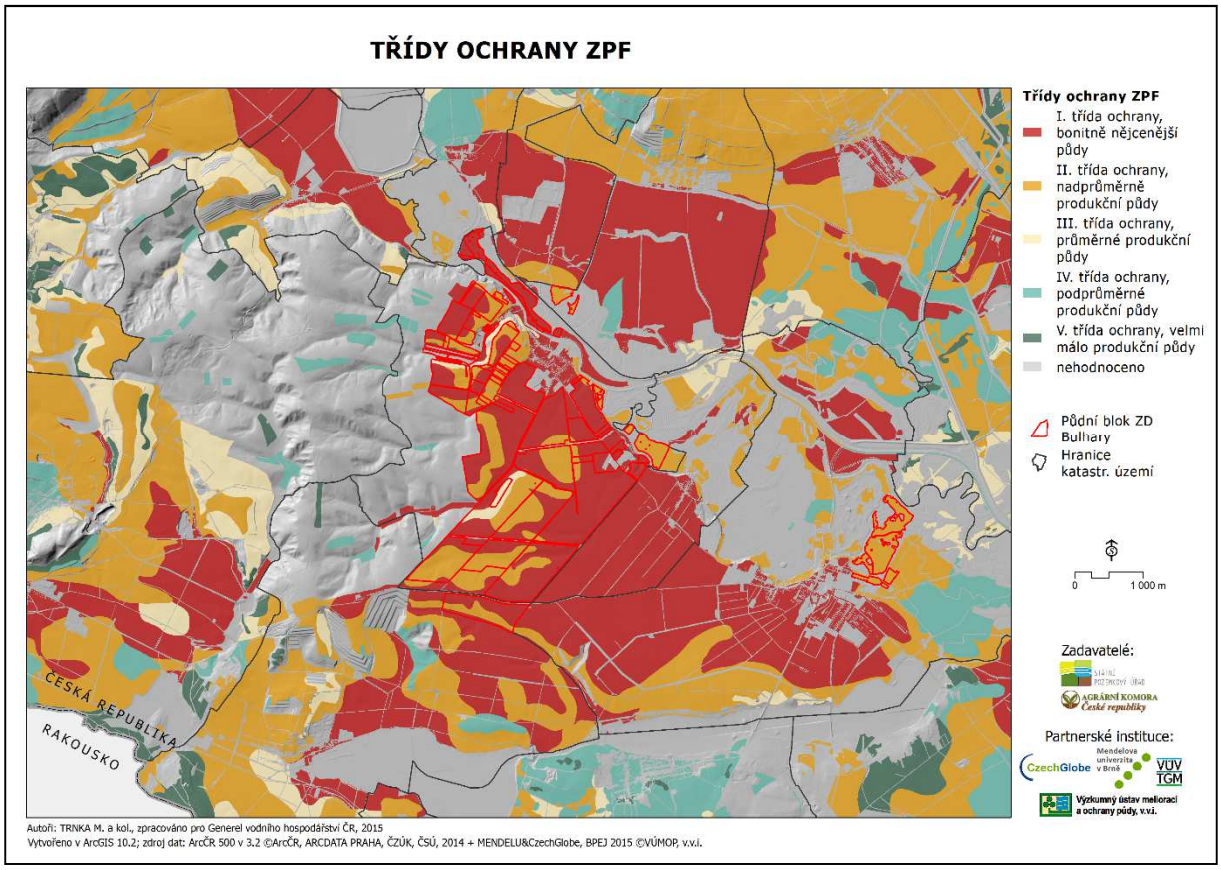
Mapa 4.6: Hloubka půdy

Skeletovitost půdy vyjadřuje komplexní hodnocení štěrkovitosti a kamenitosti podle obsahu v ornici a v podorničí. Obsah skeletu se uvádí v objemových procentech půdní hmoty, a to formou zlomku, v němž se do čitatele dosazuje skeletovitost v ornici a do jmenovatele se uvádí skeletovitost v podorničí. Štěrkem se rozumí pevné částice hornin velikosti 4-30 mm, kámen je představován pevnými částicemi o velikosti 30-300 mm. Nad 300 mm se jedná o balvany. V posuzovaném území Bulhary převládají půdy bezskeletovité (92 %).

Ochrana zemědělského půdního fondu je zajišťována na základě tzv. tříd ochrany ZPF. Rozlišují se bonitně nejcennější půdy (1. třída ochrany ZPF) až půdy s velmi nízkou produkční schopností (5. třída ochrany ZPF). Na území ZD Bulhar se vyskytuje přes 60 % půd spadajících do kategorie bonitně nejcennějších půd (Tab. 4.1, Mapa 4.7)

Třídy ochrany	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
1. třída - bonitně nejcennější půdy	61,21	501
2. třída - půdy s nadprůměrnou produkční schopností	36,11	295
3. třída - půdy s průměrnou produkční schopností	2,57	21
4. třída - půdy s převážně podprůměrnou produkční schopností	0,00	0
5. třída - půdy s velmi nízkou produkční schopností	0,11	1
Celkem	**100,00**	**818**

Tab. 4.1: Třídy ochrany ZPF



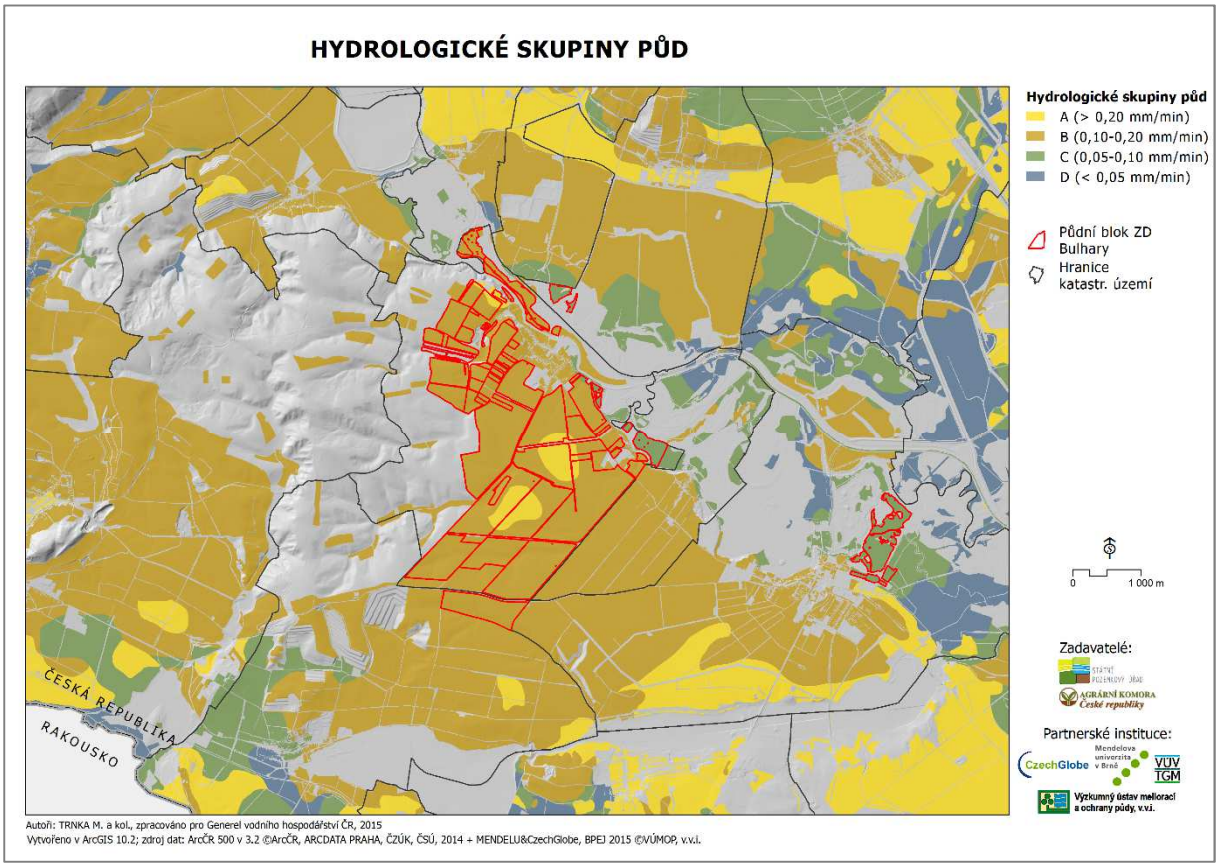
Mapa 4.7: Třídy ochrany ZPF

Půdy se podle svých hydrologických vlastností rozdělují do 4 hydrologických skupin A, B, C, D na základě minimální rychlosti infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení. Půdy ve skupině A mají vysokou rychlost infiltrace (> 0,20 mm·min^{-1}), půdy ve skupině D jsou charakteristické nízkou rychlostí infiltrace (< 0,05 mm·min^{-1}). Infiltrační schopností půd rozumíme schopnost povrchu půdy pohlcovat vodu. Obecně by měla být infiltrační schopnost půdy střední až vysoká, aby se minimalizoval povrchový odtok vody a vodní eroze, ne však extrémně vysoká, neboť na příliš propustných půdách s promyvným vodním režimem hrozí rychlé vyplavování živin a polutantů do podloží a do podzemních vod. Na infiltrační schopnost půdy mají vliv klimatické poměry (intenzita, množství a časové rozložení srážek, teplotní poměry a roční doba), pedologické poměry - zejména fyzikální vlastnosti půd (tj. zrnitost, struktura, pórovitost a humóznost), stav svrchní vrstvy půdy, vlhkostní poměry půd (tj. půdní vlhkost, sací tlak, hydraulická vodivost a výška hladiny podzemní vody), kořenový systém a podpovrchové systémy chodbiček půdních živočichů. V neposlední řadě je důležitý způsob využití půdy a poměry území. Na území podniku

převažuje hydrologická skupina B (cca 84 %) a dále skupiny A a C (obě cca 8 %), jak dokládá Tab. 4.2 a Mapa 4.8.

Hydrologické skupiny půd	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
A	8,05	65
B	83,88	681
C	8,07	66
D	0,00	0
Celkem	**100,00**	**812**

Tab. 4.2: Hydrologické skupiny půd



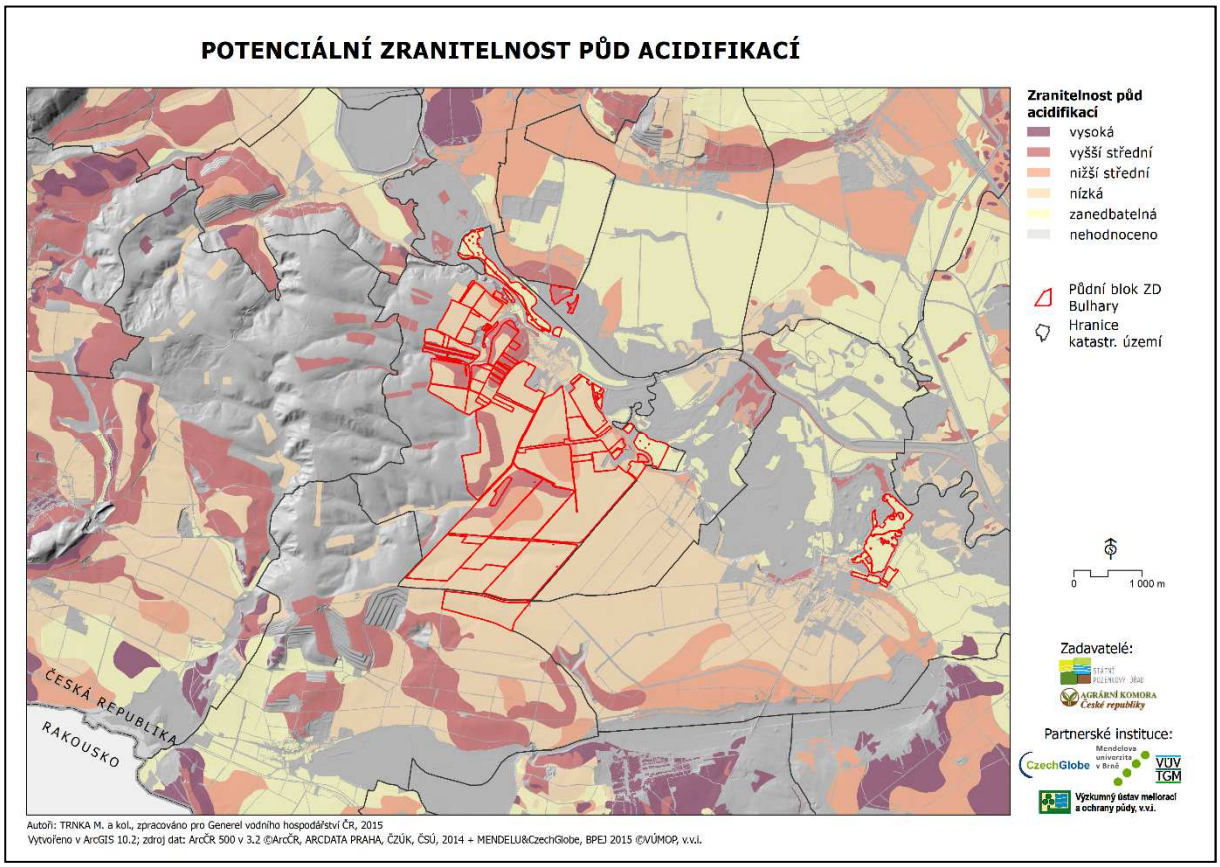
Mapa 4.8: Hydrologické skupiny půd

Limity využití území

Acidifikace je degradační proces, při kterém dochází k okyselování půdy. To má mimo jiné vliv na přístupnost živin, na jejich pohyb v půdě (včetně pohybu těžkých kovů), na růst rostlin, na biologické oživení půdy, na tvorbu a na kvalitu humusu a na další půdotvorné procesy. Acidifikace navazuje zpravidla na debazifikaci, tj. na snížení obsahu uhličitanů (bazických iontů) v půdě a v půdním roztoku. Dochází k ní působením přirozených půdních procesů při illimerizaci (posunu jílu níže profilem půdy) a při podzolizaci, zvláště v humidnějších podmínkách. Dalším faktorem jsou antropogenně podmíněné procesy. Ty zahrnují používaní kysele působících minerálních hnojiv (ale i nekvalitních statkových hnojiv), účinky imisí akyselých dešťů, intenzivní závlahy, ale i monokultury nebo nízké zastoupení víceletých pícnin s vysokým podílem obilovin (Vopravil et al., 2010). Potenciální zranitelnost zemědělských půd acidifikací shrnuje Tab. 4.3 a Mapa 4.9. Z Tab. 4.3 vyplývá, že vyšším středním rizikem okyselení je ohroženo 11 % půd.

Acidifikace	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
vysoká	0,11	1
vyšší střední	11,13	91
nižší střední	8,25	68
nízká	69,60	569
zanedbatelná	10,91	89
nehodnoceno na ZPF	0,00	0
Celkem	**100,00**	**818**

Tab. 4.3: Potenciální zranitelnost zemědělské půdy acidifikací

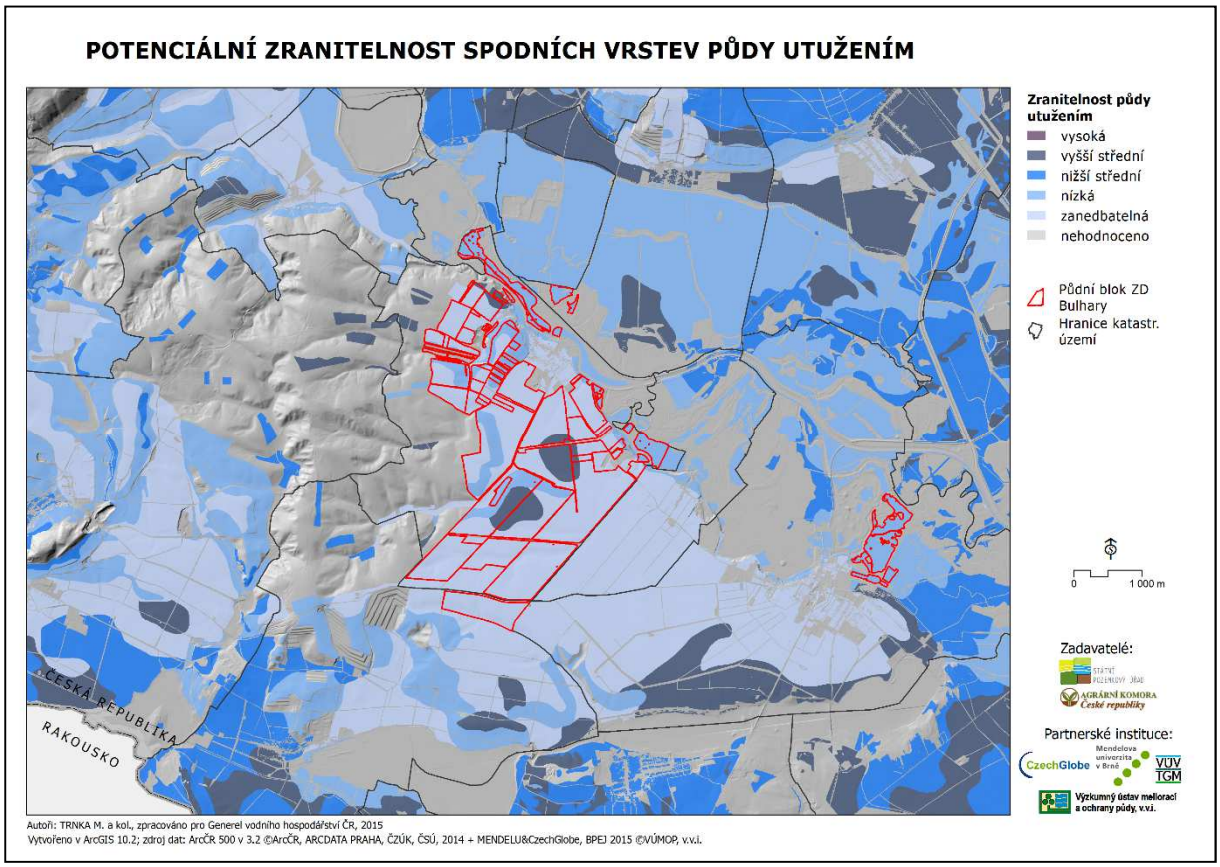


Mapa 4.9: Potenciální zranitelnost zemědělské půdy acidifikací

Degradace fyzikálních vlastností půdy a z ní vyplývající utužení podorničí a spodin a tvorba krust na povrchu půdy negativně ovlivňují produkční a mimoprodukční funkce půdy. Tato degradace pak omezuje infiltraci, urychluje povrchový odtok a zvyšuje erozi, zmenšuje retenční vodní kapacitu a využitelnou vodní kapacitu půdy, omezuje účinnou hloubku půdního profilu a potlačuje biologickou aktivitu zhoršením vzdušného, vodního a termického režimu půdy. Utužením půdy trpí v současné době asi 40 % zemědělských půd ČR. Je především důsledkem intenzivního hospodaření, jako je např. stlačování půdy opakovanými přejezdy těžkou zemědělskou technikou, orba do stejné hloubky, absence víceletých pícnin v osevním postupu (Lhotský, 2000). Potenciální zranitelnost zemědělských půd ČR utužením je znázorněna v Tab. 4.4 a Mapě 4.10. Na základě Tab. 4.4 je zřejmé, že potenciální zranitelností utužením je v zájmovém území Bulhary ohroženo 8 % půdy.

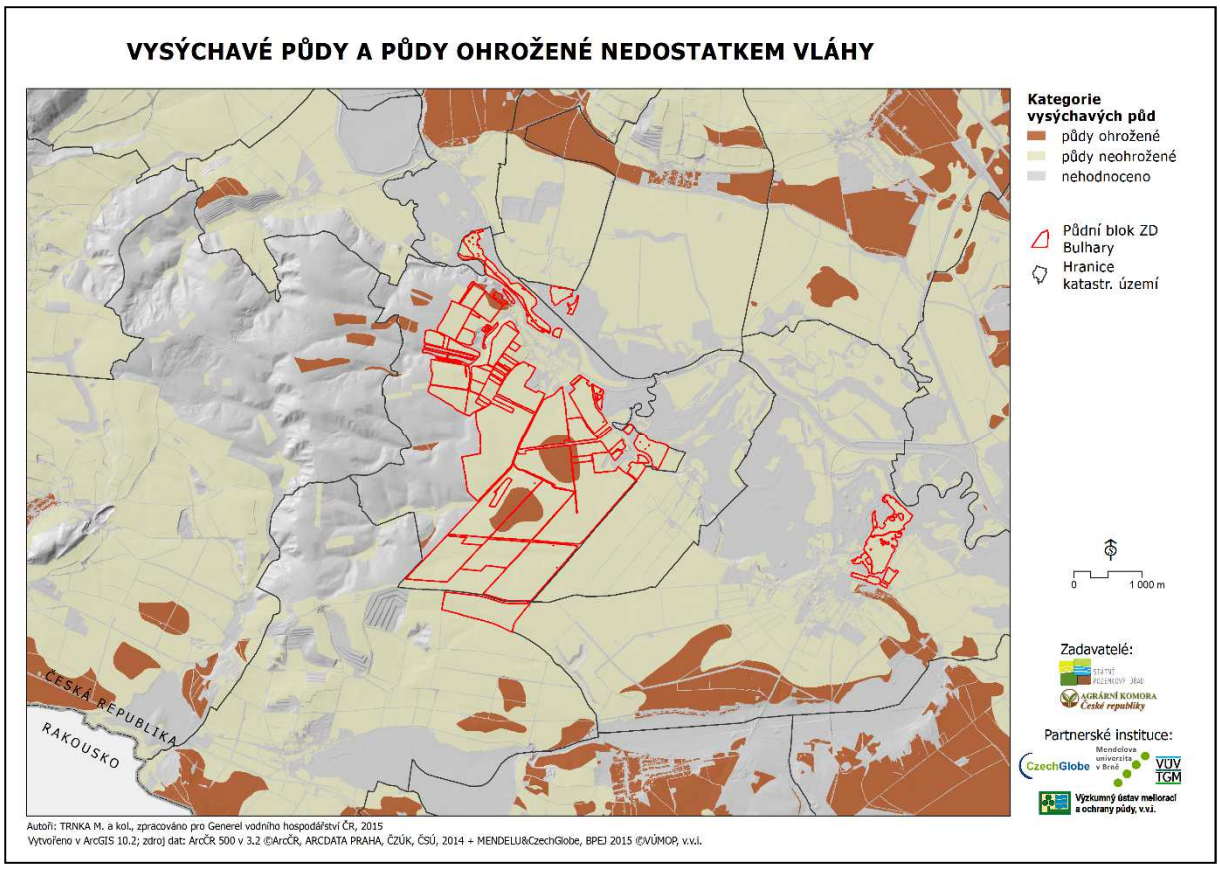
Utužení	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
vysoká	0,00	0
vyšší střední	7,99	66
nižší střední	0,00	0
nízká	22,41	183
zanedbatelná	69,60	569
nehodnoceno na ZPF	0,00	0
Celkem	**100,00**	**818**

Tab. 4.4: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením



Mapa 4.10: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením

Při dlouhodobém nedostatku vody v půdě a intenzivní mineralizací organické hmoty dochází k poklesu úrodnosti půdy a k její postupné přeměně na poušť. Díky procesu eroze se území postižená desertifikací neustále rozšiřují, přitom v největším měřítku se tento typ degradace projevuje na území jižní Moravy. Některé půdy, zejména kvalitní černozemě, jsou za několik desítek let tak zerodovány, že jsou obnaženy podložní substráty - v lepším případě spraš, v horším písčité substráty z původního dna moře. Výskyt půdních bloků ohrožených desertifikací lze odvodit podle zrnitosti půdy a podle klimatických podmínek stanoviště. Na vznik vysýchavých půd mají vliv klimatické změny se stále častějším výskytem dlouhých období sucha a nedostatek statkových hnojiv, kterými by měla být dodávána organická hmota do půdy. Vymezení kategorie vysýchavých půd je znázorněno na Mapě 4.11. Na území ZD Bulhar je zastoupení vysýchavých půd 8 %.



Mapa 4.11: Vysýchavé půdy

Podmáčení půdy je lokálním problémem na přibližně 6 ha.

Vodní eroze

Z dlouhodobých výzkumů a z terénních šetření provedených VÚMOP, v. v. i. vyplývá, že kromě záboru půdy je hlavním degradačním faktorem vodní eroze, kterou je ohroženo téměř 65 % zemědělských půd ČR. Jedná se o proces rozrušování půdního povrchu působením vody, transportu půdních částic na jiné místo a jejich následného usazování. K rozvoji vodní eroze přispívá nadměrná velikost půdních bloků a absence krajinných prvků, které by zrychlenou erozi účinně omezovaly (meze, zatravněné údolnice, polní cesty, rozptýlená zeleň apod.). Pokud se k tomuto stavu přidá nesprávné zpracování půdy na svažitých pozemcích a pěstování erozně nebezpečných plodin, dochází k intenzivní vodní erozi. Na vznik vodní eroze má největší vliv sklonitost a délka pozemku po spádnici, dále pak vegetační pokryv, vlastnosti půdy, přítomnost protierozních opatření a četnost výskytu přívalových srážek (Novotný *et al.*, 2014).

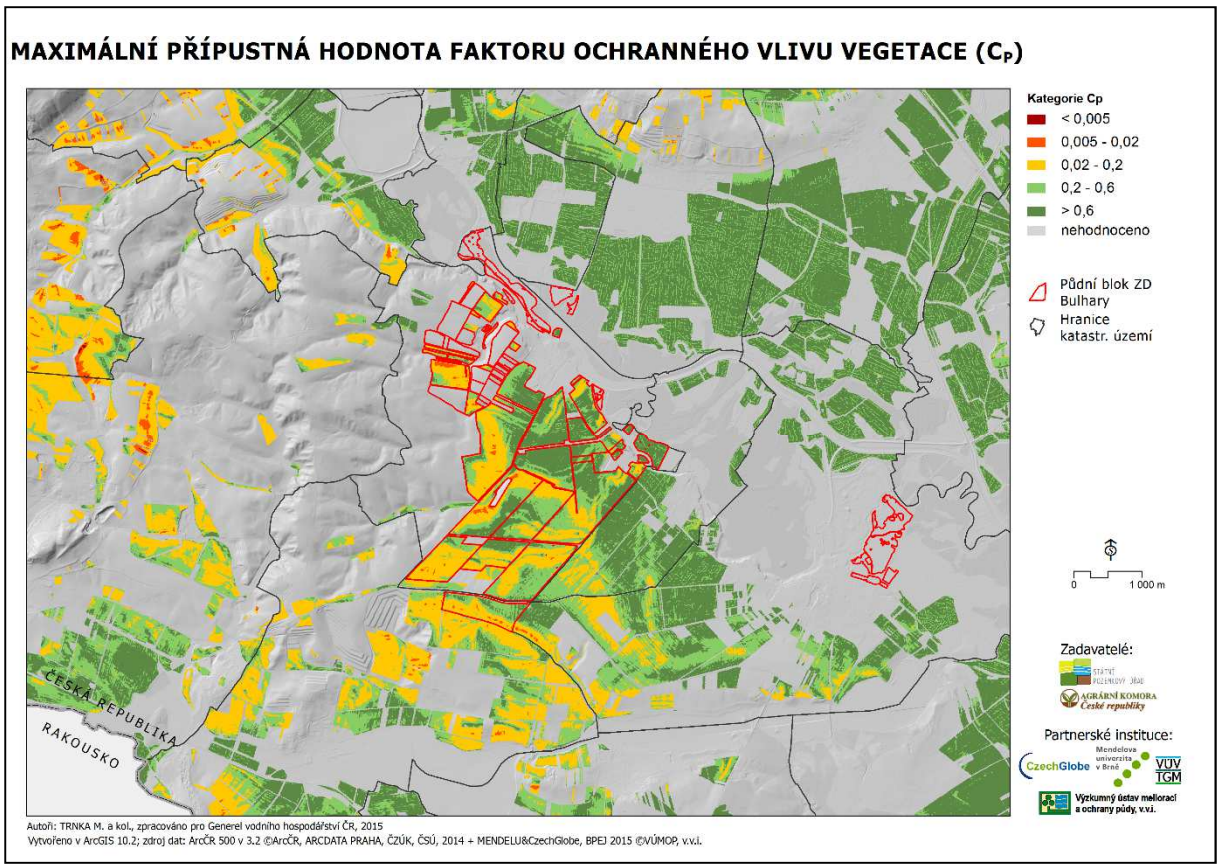
Hlavním důsledkem vodní eroze je zmenšení mocnosti půdního profilu a ochuzení zemědělské půdy o její nejúrodnější část. Dochází k přímému poškozování pěstovaných rostlin a ke ztrátám osiv, sadby, čímž se snižují hektarové výnosy. Snižuje se také obsah humusu a minerálních živin v půdě. Zhoršuje se také infiltrační schopnost půdy pro vodu. Vodou unášené půdní částice a na nich vázané látky (uvolněná hnojiva a pesticidy) zanášejí vodní toky a akumulační prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují podmínky pro vodní organismy a zvyšují náklady na úpravu vody a na čištění vodních nádrží od usazenin. V extrémních případech mohou být způsobeny vážné škody na stavbách a na dalším majetku v blízkosti erozí postiženého pozemku. V celém kontextu dochází ke změně půdního prostředí a půdy samotné, a to i s ekonomickými důsledky - pokles ceny půdy/pozemku. Nutné je i podotknout, že díky snižování mocnosti půdního profilu tak výrazně klesá schopnost akumulace vody v půdních pórech.

Ohroženost půdy vodní erozí lze vyjádřit pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy USLE (Wischmeier, Smith, 1978). Pro potřeby generelu je využit faktor erozní účinnosti srážek R=40 N·ha^{-1}, hodnoty přípustného

smyvu pro středně hluboké (30-60 cm) a hluboké půdy (nad 60 cm) G_p=4 t·ha^{-1}·rok^{-1}, mělké půdy (do 30 cm) G_p=1 t·ha^{-1}·rok^{-1}. Ohroženost půdy vodní erozí je pak vyjádřena jako Maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace (Tab. 4.5, Mapa. 4.12) a na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu pomocí Stupňů erozního ohrožení půd (Tab. 4.6, Mapa 4.13). Maximální přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace C_p slouží jako podklad určující vhodný rámcový způsob hospodaření na půdních blocích nebo jejich částech, při kterém ještě nedochází k projevům nadlimitní ztráty půdy vodní erozí. Stupně erozního ohrožení vycházející ze tříd erozního ohrožení zohledňují i přípustnou průměrnou roční ztrátu půdy G_p. Stupně tak kategorizují území podle x-násobku překročení hodnot přípustného erozního smyvu. Třídy erozního ohrožení vychází z výpočtu dlouhodobého průměrného smyvu půdy s využitím faktoru ochranného vlivu vegetace na základě optimálního zastoupení plodin dle klimatických regionů. Jednotlivé třídy vycházejí z upravené kategorizace podle Dýrové (VÚT Brno, 1988), s ohledem na přípustnou průměrnou roční ztrátu půdy G_p.

Přípustná hodnota C_p	**Doporučený rámcový management**	**Zastoupení (%)**	**Výměra (ha)**
do 0,005	převedení na trvalé travní porosty	0,00	0
0,005-0,02	pěstování jetele, vojtěšky	1,11	7
0,02-0,2	vyloučení pěstování erozně nebezpečných kultur	35,21	231
0,2-0,6	erozně nebezpečné kultury jen s půdoochrannými technologiemi	33,42	219
nad 0,6	bez omezení	30,26	198
Celkem	–	**100,00**	**655**

Tab. 4.5: Ohroženost vodní erozí na orné půdě vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace C_p



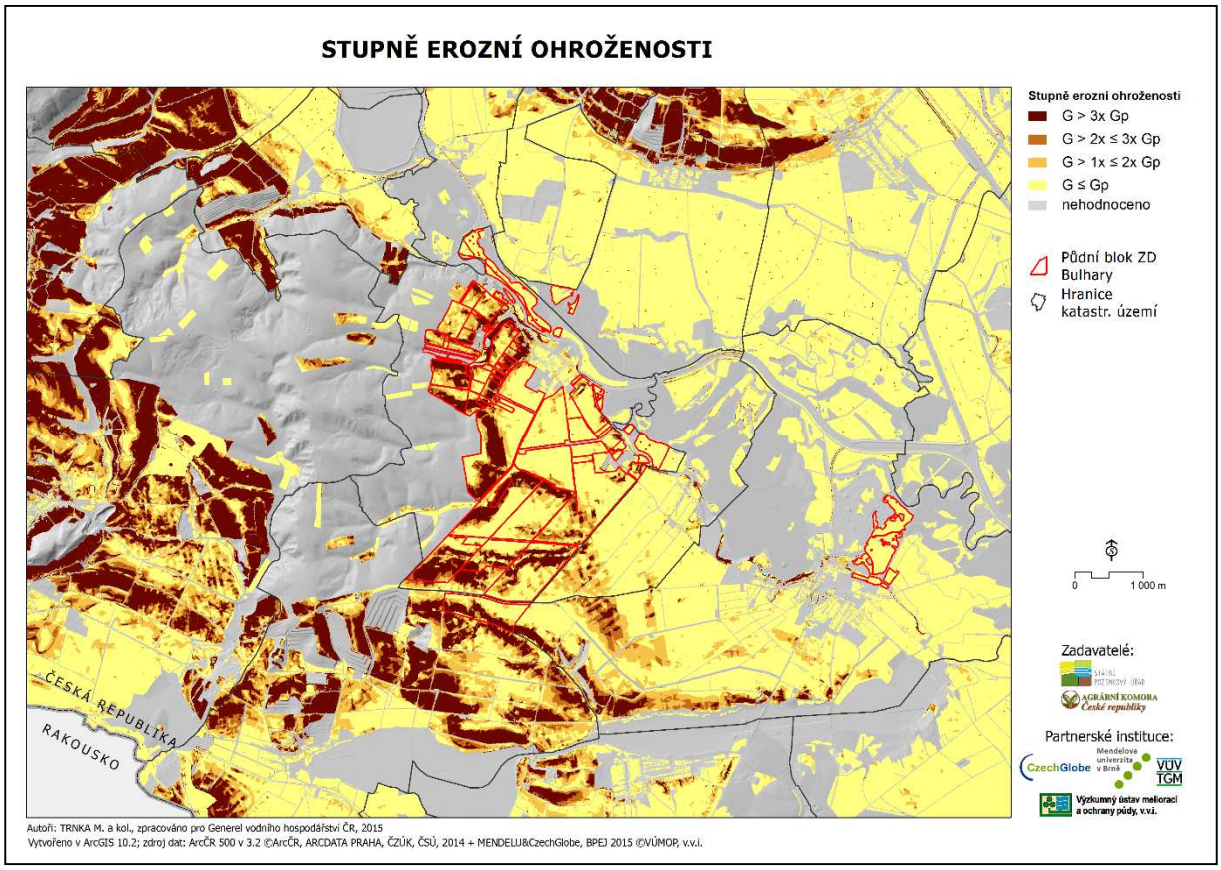
Mapa 4.12: Ohroženost orné půdy vodní erozí vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace Cp

Překročení G_p (v násobku)	**Zastoupení (%)**	**Výměra (ha)**
$G > 3x\ G_p$	18,67	151
$G > 2x \leq 3x\ G_p$	7,99	65
$G > 1x \leq 2x\ G_p$	15,99	130
$G \leq 1x\ G_p$	57,35	465
Celkem	**100,00**	**811**

Tab. 4.6: Stupně erozního ohrožení půd na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu (upraveno podle: Dýrová, 1988)

Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu DZES (dříve GAEC), v české legislativě stanoveny nařízením vlády 309/2014 Sb., mají za cíl zajistit zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí (ŽP). Hospodaření v souladu se standardy DZES je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých plateb, některých podpor z Programu rozvoje venkova a některých podpor společné organizace trhu s vínem.

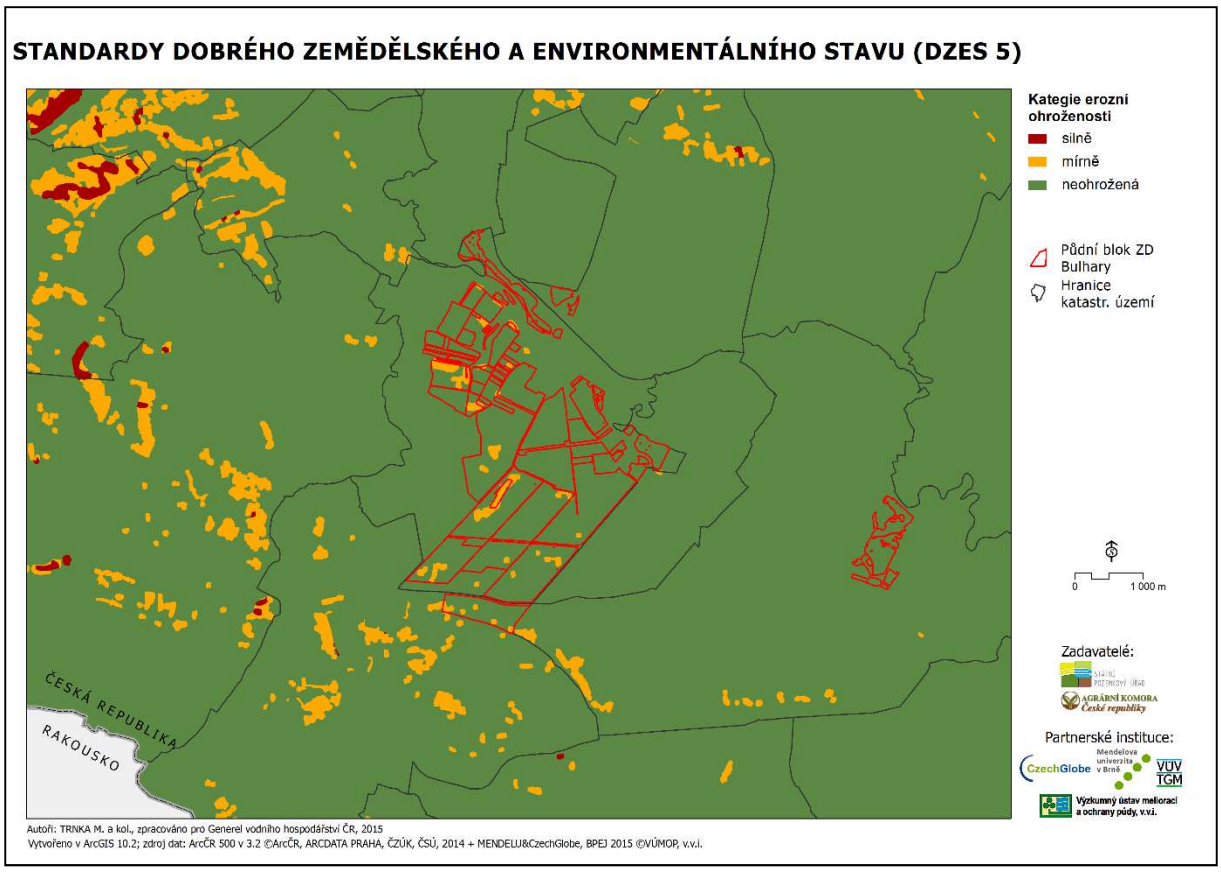
Standard **DZES 5** (dříve GAEC 2) vstoupil v platnost 1. ledna 2010 a jeho cílem je především ochrana půdy před vodní erozí a snaha omezit negativní působení důsledků eroze. Tento standard řeší problematiku protierozní ochrany půdy stanovením požadavků na způsob pěstování vybraných hlavních plodin na silně erozně ohrožených a na mírně erozně ohrožených půdách. Ty je možné identifikovat na základě vrstvy erozní ohroženosti půd, která vychází z mapy Maximálních přípustných hodnot faktoru ochranného vlivu vegetace C_p a vznikla výraznou generalizací a především úpravou kategorií ohroženosti zohledněním a úpravou limitů pro vymezení erozně ohrožených ploch zohledněním dalších aspektů ze strany Ministerstva zemědělství. Vymezení kategorií erozní ohroženosti a jejich výskyt na území ZD Bulhary znázorňuje Tab. 4.7 a Mapa 4.14.



Mapa 4.13: Stupně erozního ohrožení půd na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu

Hodnota C_p	**Kategorie erozní ohroženosti**	**Zastoupení (%)**	**Výměra (ha)**
do 0,02	silně erozně ohrožená (SEO)	0,00	0
0,02-0,10	mírně erozně ohrožená (MEO)	5,42	45
nad 0,10	erozně neohrožená (NEO)	94,58	786
Celkem	–	**100,00**	**831**

Tab. 4.7: Kategorie erozní ohroženosti dle DZES 5



Mapa 4.14: Kategorie erozní ohroženosti dle DZES 5

Větrná eroze

Větrnou erozí půdy je ohroženo přes 18 % půd ČR a její rozloha neustále roste. Při větrné erozi dochází k odnosu půdních částic z povrchu půdy mechanickou silou větru, k transportu půdních částic na jiné místo a k jejich následnému usazování. Na vznik větrné eroze mají vliv faktory klimatické (intenzita, směr, četnost a vlhkost větru) a půdní struktura půdy, drsnost půdního povrchu a vlhkost půdy. Větrná eroze je typickým jevem v aridních oblastech, ale vyskytuje se i v humidních oblastech na vysychavých místech nekrytých vegetací, případně i na půdách extrémně těžkých. Příčiny vzniku větrné eroze jsou zejména nadměrná velikost pozemků s jedním druhem plodiny a nezachovávání současných liniových prvků v krajině (větrolamy, aleje, remízky).

Jedním z důsledků větrné eroze je zmenšení mocnosti půdního profilu, zejména úbytku ornice. Dále je to poškození fyzikálních i chemických vlastností půd a s tím související snížení úrodnosti půd. Při větrné erozi dochází k výraznému zanášení komunikací, příkopů a výrazně se zvyšuje prašnost ovzduší. Z hlediska pěstování zemědělských plodin bývá větrná eroze nejškodlivější na jaře po suché zimě, kdy poškozuje mladé porosty. Z Tab. 4.8 je patrné, že se na území ZD Bulhary vyskytují v největší míře půdy ohrožené větrnou erozí (70-99 %).

Potenciální ohroženost větrnou erozí	Stupeň ohroženosti	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
více než 23,1	půdy nejohroženější	7,90	65
17,1-23,0	půdy silně ohrožené	0,00	0
11,1-17,0	půdy ohrožené	70,26	575
7,1-11,0	půdy mírně ohrožené	0,00	0
4,1-7,0	půdy náchylné	0,00	0
méně než 4	bez ohrožení	2,03	16
nehodnoceno	nehodnoceno	19,81	162
Celkem	–	**100,00**	**818**

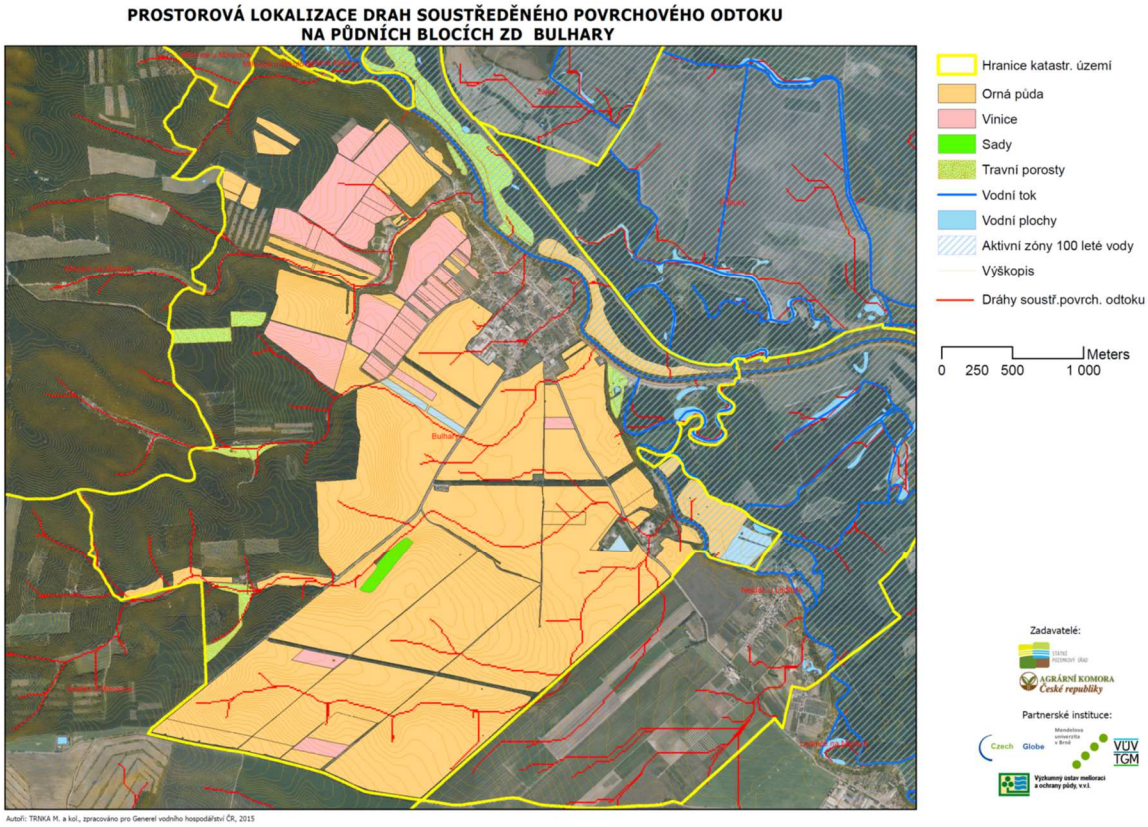
Tab. 4.8: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí

4.3.4 Kritické body a přispívající plochy drah soustředěného odtoku

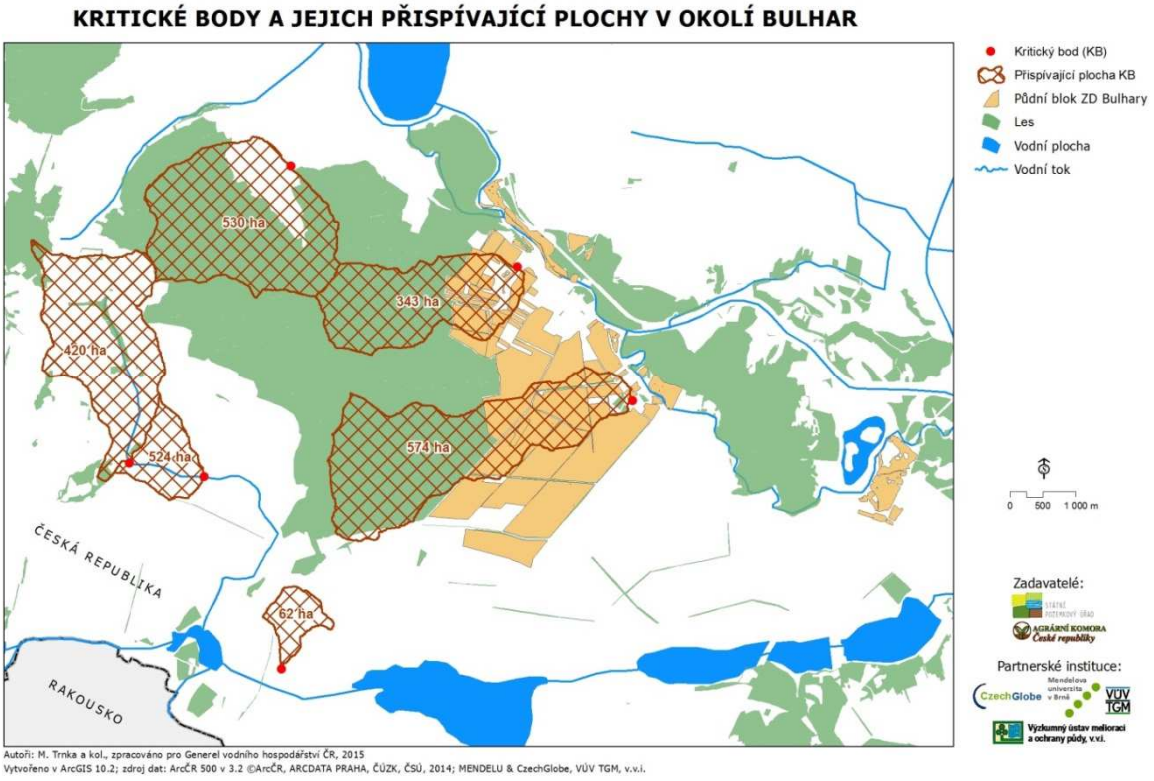
Vedle klasických erozních rýh v ploše svahu byly v rámci modelového území identifikovány také hluboké rýhy v drahách soustředěného odtoku, v literatuře označované termínem „ephemeral gullies“, které se liší od klasických erozních rýh velikostí průřezové plochy a s tím souvisejícím objemem erozního odnosu. Hluboké erozní rýhy vznikající v drahách soustředěného povrchového odtoku jsou významnou formou vodní eroze, která však dosud není v ČR bilancována ve výpočtech míry erozního ohrožení pro srovnávání s hodnotou přípustného smyvu. Identifikace a prostorová lokalizace drah soustředěného odtoku byla provedena na základě digitálního modelu terénu modelováním akumulace odtoku vody z jejích sběrných (přispívajících) ploch a vizuální interpretací na dotčených půdních blocích. Rozhodující kritická velikost přispívající plochy použitá pro modelování vzniku hlubokých erozních rýh v drahách soustředěného povrchového odtoku byla 5 ha.

V modelových územích, na kterých hospodaří ZD Bulhary, byly na půdních blocích v k. ú. Bulhary v jeho jihovýchodní části (Mapa 4.15) identifikovány 4 významné dráhy DSO. Zvláště významné je riziko vzniku DSO při pěstování erozně nebezpečných plodin bez použití protierozních agrotechnologií při výskytu přívalových srážek, kdy v nejzranitelnějším období (tj. v navazujícím časovém úseku od zahájení agrotechnických operací po dobu dvou měsíců, kdy nebyl ještě dostatečně vytvořen vegetační pokryv, a tím nebyla zmírněna degradační schopnost kinetické energie dopadajících kapek a následujícího povrchového odtoku) dojde ke vzniku erozních rýh a k významným erozním odnosům. Termín efemerní (pomíjející, prchavý) vyjadřuje dočasnost těchto prvků, které jsou každoročně sanovány agrotechnikou na konci vegetačního období a dochází k jejich znovuobjevení na stejném místě v rámci dalšího vegetačního období. Na těchto identifikovaných rozhodujících DSO navíc k jejich zapravení (sanaci) uživatel pozemků použije půdu z jeho bezprostředního okolí, a tím způsobí další tzv. antropogenní erozi. Takto znovu vyplněná erozní rýha je poté v následujícím roce často znovu erodována. Je doporučeno tyto DSO stabilizovat zatravněním.

Půdní bloky, které obhospodařuje ZD Bulhary v katastrálním území stejného jména, leží částečně v přispívajících plochách dvou kritických bodů (Mapa 4.16). Obě přispívající plochy svojí horní částí zasahují na hřeben Pálavských vrchů do nadmořské výšky přes 300 m. Vlastní kritické body k těmto plochám byly identifikovány v nadmořské výšce necelých 200 m. Přispívající plocha jižně od obce Bulhary má rozlohu 574 ha, z čehož je téměř 50 % orné půdy, kterou obdělává ZD Bulhary. Průměrný sklon celé přispívající plochy je 8,7 %. Druhá přispívající plocha, ležící východně od obce Bulhary, má rozlohu 343 ha a orná půda je zastoupena na 20 % plochy a je také téměř všechna v užívání ZD Bulhary. Průměrný sklon této přispívající plochy je 11,2 %.



Mapa 4.15: Dráhy soustředěného odtoku v oblasti hospodaření ZD Bulhary

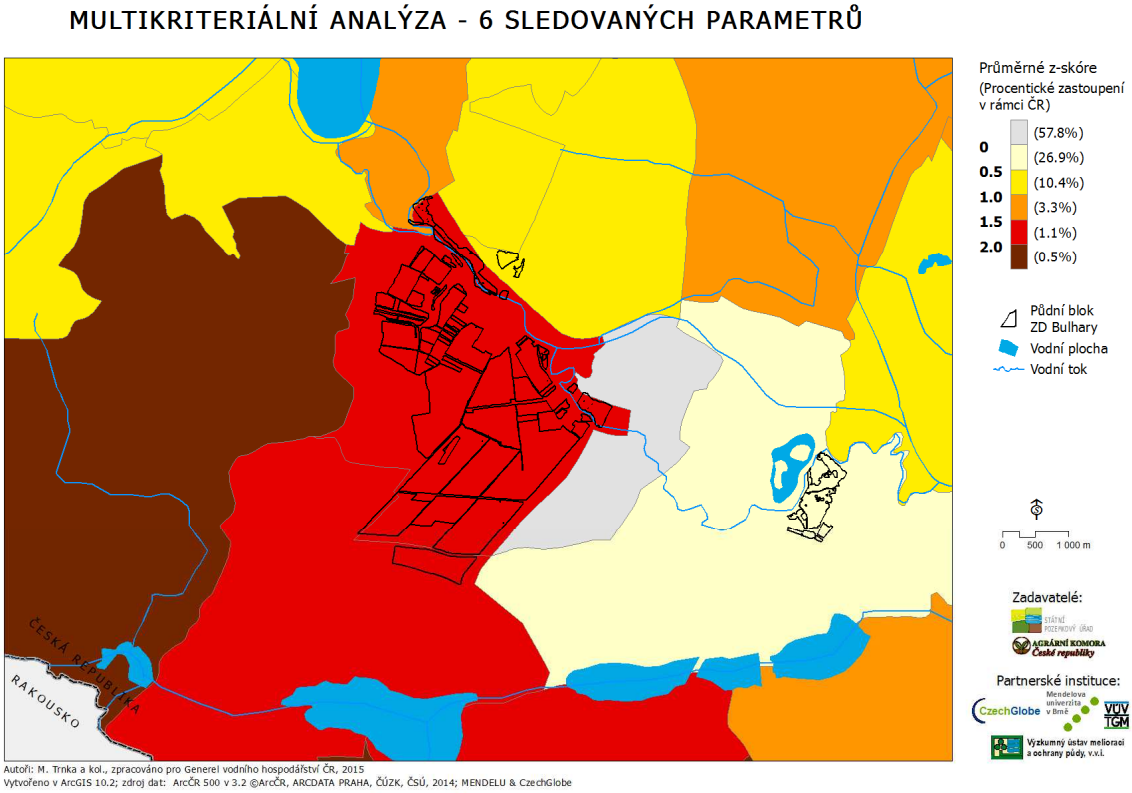


Mapa 4.16: Kritické body a jejich přispívající plochy v oblasti hospodaření ZD Bulhary

4.3.5 Detail multikriteriální analýzy v zájmové oblasti ZD Bulhary

Kompletní metodika multikriteriální analýzy je popsána v části 2.2. Mapa 4.17 zachycuje průměrné Z-skóre (tedy anomálii) s ohledem na zbytek území ČR jako průměr Z-skóre těchto parametrů:

- stupeň ohrožení výskytem zemědělského sucha v první polovině vegetační sezóny (tj. duben-červen),
- stupeň ohrožení výskytem zemědělského sucha ve druhé polovině vegetační sezóny (tj. červenec-srpen),
- podíl vysýchavých půd v území (viz část 1.6, Mapa 2.11 a částečně část 2.2.1),
- procento území, náležející do přispívajících ploch kritických bodů,
- procento území, náležející do přispívajících ploch drah soustředěného odtoku,
- procento území výrazně ohrožené erozním smyvem.



Mapa 4.17: Detail výsledků multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech pro oblast ZD Bulhary - průměrné Z-skóre. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území.

Z výsledků vyplývá, že se prakticky celé území, na kterém ZD Bulhary hospodaří, vyznačuje mimořádně nadprůměrnou hodnotou Z-skóre a patří mezi cca 1 % nejvíce ohrožených katastrů v rámci ČR. Tento výsledek předurčují výše popsané agroklimatické, půdní a geomorfologické podmínky. Oblast se vyznačuje kombinací vysokého ohrožení suchem, výskytem vysýchavých půd, vysokým rizikem eroze (i větrné, která nebyla zohledněna) včetně výskytu drah soustředěného odtoku. Současně se zde vyskytují kritické body, přičemž téměř polovinu přispívající plochy přímo obhospodařuje ZD Bulhary. Jedná se tedy z pohledu GVHK o modelový příklad výskytu kombinace rizikových faktorů spolu s poměrně napjatou ekonomickou situací (viz dále) právě v důsledku takto nepříznivých podmínek.

4.4 Změna klimatu jako rizikový faktor

Scénáře změny klimatu byly odvozeny z výstupů 40 globálních klimatických modelů z databáze CMIP5 (Taylor et al., 2012), která byla použita pro poslední vyhodnocovací zprávu IPCC (IPCC, 2013). Z každého GCM byla použita jedna simulace. V případě, že z daného GCM bylo k dispozici více simulací, vzali jsme první simulaci s dostupnými daty (hodnoty srážek a teplot pro období 1961-2099), tedy simulaci s nejnižším pořadovým číslem "běhu". Oficiální akronymy analyzovaných modelů v nomenklatuře CMIP5 jsou: ACCESS1-0, ACCESS1-3, bcc-csm1-1, bcc-csm1-1-m, BNU-ESM, CanESM2, CCSM4, CESM1-BGC, CESM1-CAM5, CESM1-WACCM, CMCC-CESM, CMCC-CM, CMCC-CMS, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3-6-0, EC-EARTH, FGOALS-g2, FIO-ESM, GFDL-CM3, GFDL-ESM2G, GFDL-ESM2M, GISS-E2-H, GISS-E2-H-CC, GISS-E2-R, GISS-E2-R-CC, HadGEM2-AO, HadGEM2-CC, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR, MIROC5, MIROC-ESM, MIROC-ESM-CHEM, MPI-ESM-LR, MPI-ESM-MR, MRI-CGCM3, MRI-ESM1, NorESM1-M, NorESM1-ME. Na základě výběrové metody bylo zvoleno 6 GCM modelů, a to modely BNU-ESM, CNRM-CM5, HadGEM2-AO, IPSL-CM5A-LR, MIROC5 a MPI-ESM-LR, z nichž modely HadGEM2 a MPI-ESM-LR reprezentují modely s velmi dobrou shodou s pozorovanými klimatickými podmínkami v referenčním období, zatímco další 4 modely byly voleny tak, aby co nejlépe pokryly variabilitu odhadu změn teplotních a srážkových charakteristik.

Ke konstrukci scénářů zobrazených na mapách a v grafech v této zprávě a v této kapitole jsme použili výstupy ze simulací pro emisní scénáře RCP 4.5, přičemž v některých případech je pracováno i se scénářem RCP 8.5. Scénáře byly definovány jako změny klimatických charakteristik vzhledem k referenčnímu období 1981-2010 pro období let 2021-2040. Změny teplot jsou definovány rozdílem průměrných hodnot pro budoucí a pro referenční období. Změny srážek jsou definovány jako procentuální změny vzhledem k referenčnímu období.

Pro ilustraci očekávaných změn v oblasti ZD Bulhary slouží Tab. 4.9 a 4.10, v nichž je uvedena odchylka hodnot teplot a srážek od hodnoty v referenčním období (1991-2010).

MAXIMÁLNÍ TEPLOTA - Změna oproti období 1991-2010 (°C)													
Model	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Rok**
BNU_RCP45	1.4	1.1	0.8	1.0	1.1	1.4	1.8	1.9	1.7	1.3	1.1	1.3	**1.3**
BNU_RCP85	1.5	1.3	0.9	1.1	1.2	1.5	2.1	2.1	1.9	1.5	1.2	1.4	**1.5**
CNRM_RCP45	1.5	1.9	1.1	0.9	0.5	0.9	1.1	1.3	1.0	0.9	1.4	1.4	**1.2**
CNRM_RCP85	1.7	2.1	1.3	1.0	0.5	1.0	1.3	1.4	1.1	1.0	1.5	1.5	**1.3**
HadGEM2_RCP45	1.3	1.4	1.5	1.1	1.0	1.3	2.0	2.6	2.6	2.3	1.7	1.2	**1.7**
HadGEM2_RCP85	1.5	1.6	1.7	1.3	1.1	1.4	2.3	2.9	2.9	2.5	1.9	1.3	**1.9**
IPSL_RCP45	0.9	1.2	1.0	1.0	1.2	2.0	1.7	1.6	1.6	1.7	1.1	1.1	**1.4**
IPSL_RCP85	1.0	1.3	1.1	1.1	1.3	2.3	1.9	1.8	1.8	1.9	1.3	1.2	**1.5**
MIROC5_RCP45	2.1	2.5	2.9	2.2	2.5	2.0	2.2	2.4	2.2	2.2	2.5	1.9	**2.3**
MIROC5_RCP85	2.3	2.7	3.2	2.4	2.7	2.2	2.4	2.7	2.4	2.5	2.7	2.1	**2.5**
MRI_RCP45	1.1	0.8	0.6	0.6	0.6	0.5	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	**0.8**
MRI_RCP85	1.2	0.9	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	**0.9**

Tab. 4.9: Změna hodnot t_{max} (°C) v jednotlivých měsících a v celém roce na území JMK pro 6 GCM modelů vyjádřená jako odchylka parametru v letech 2021-2040 vs. 1991-2010

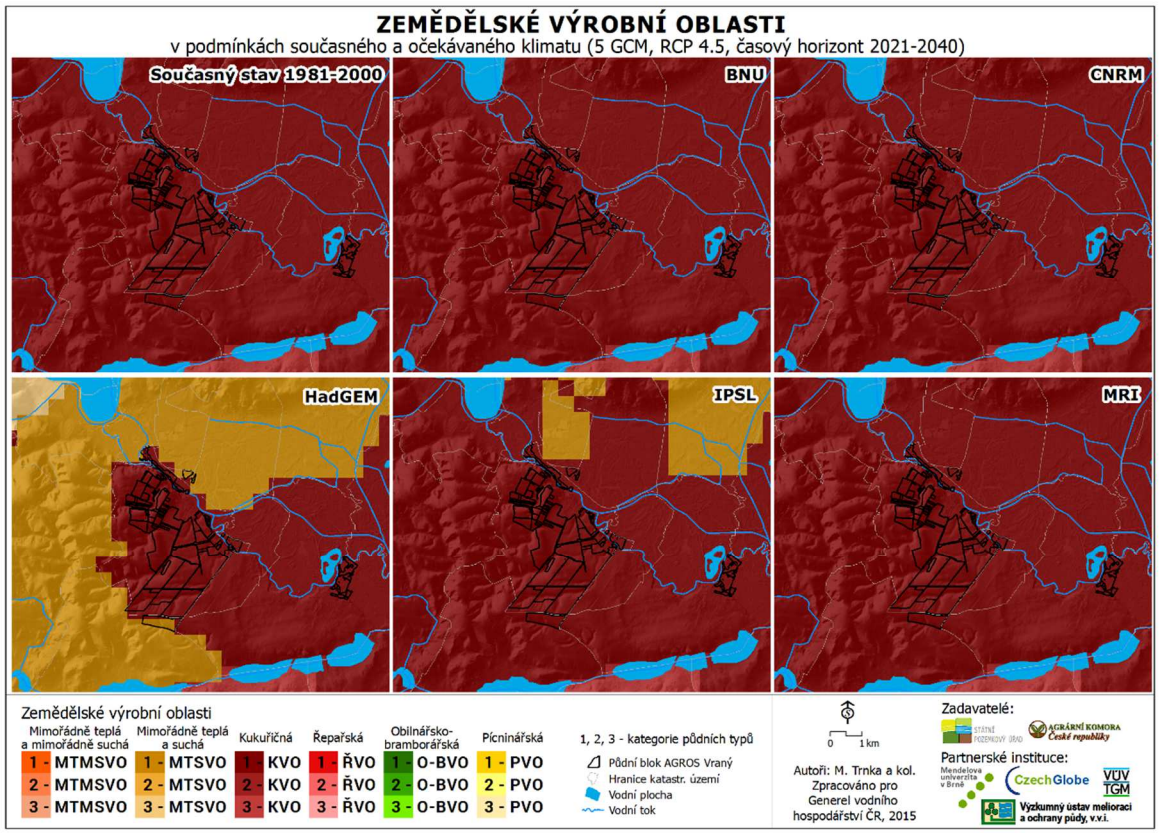
SRÁŽKY - Změna oproti období 1991-2010 (%)													
Model	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Rok**
BNU_RCP45	-4%	-2%	-2%	0%	-4%	4%	0%	4%	-6%	-4%	-3%	-2%	**-2%**
BNU_RCP85	-4%	-2%	-2%	0%	-4%	5%	0%	5%	-6%	-4%	-3%	-3%	**-2%**
CNRM_RCP45	1%	11%	9%	10%	8%	5%	1%	6%	13%	11%	6%	7%	**7%**
CNRM_RCP85	1%	12%	10%	12%	9%	6%	2%	6%	14%	12%	6%	8%	**8%**
HadGEM2_RCP45	5%	13%	5%	10%	8%	3%	-5%	-12%	-13%	-8%	-3%	1%	**0%**
HadGEM2_RCP85	5%	14%	6%	11%	8%	3%	-5%	-14%	-14%	-9%	-3%	1%	**0%**
IPSL_RCP45	3%	3%	2%	1%	-4%	-9%	-5%	1%	-7%	4%	5%	6%	**0%**
IPSL_RCP85	3%	3%	2%	1%	-4%	-10%	-6%	1%	-7%	4%	6%	7%	**0%**
MIROC5_RCP45	8%	5%	15%	4%	4%	6%	-1%	4%	5%	9%	5%	7%	**6%**
MIROC5_RCP85	9%	5%	16%	4%	5%	7%	-1%	5%	5%	10%	5%	8%	**7%**
MRI_RCP45	12%	14%	8%	3%	5%	3%	8%	-2%	0%	-2%	-4%	7%	**4%**
MRI_RCP85	14%	15%	9%	4%	5%	4%	8%	-2%	0%	-2%	-4%	8%	**5%**

Tab. 4.10: Změna hodnot srážek (%) v jednotlivých měsících a v celém roce na území JMK pro 6 GCM modelů vyjádřená jako odchylka parametru v letech 2021-2040 vs. 1991-2010

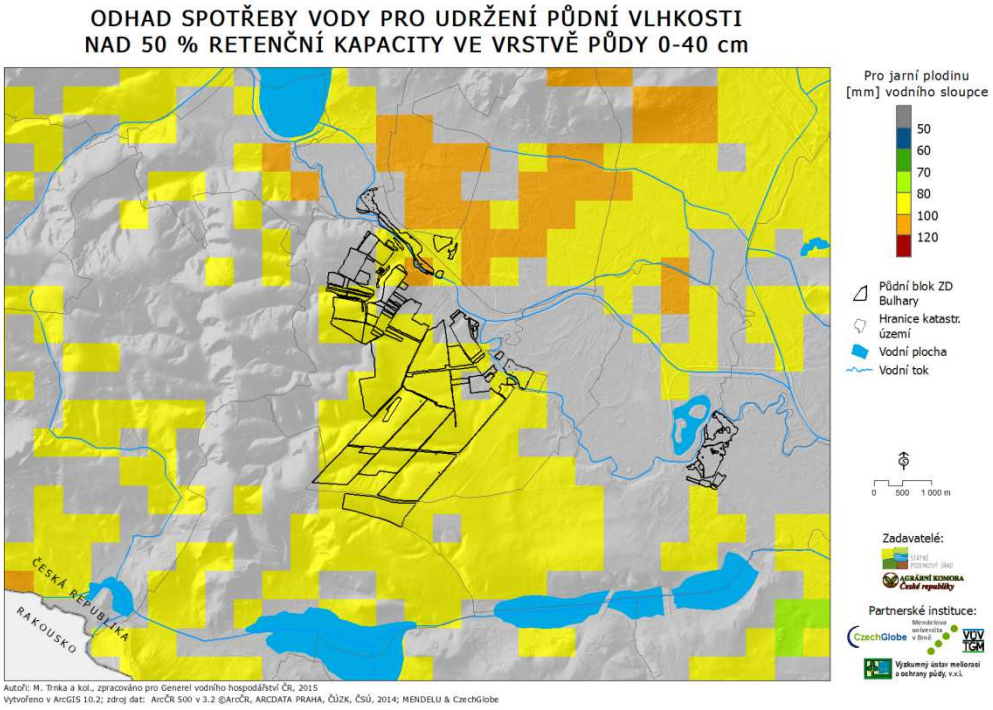
4.5 Vláhová potřeba a posun výrobních oblastí

Mezi zástupci zemědělské praxe i odbornou veřejností je často využívanou charakteristikou zařazení daného území do tzv. výrobních oblastí. Podle metody vyvinuté Trnkou et al. (2009), využívající k objektivní klasifikaci klimatické parametry, a to teplotní poměry a vodní bilanci, spadá zájmové území, na kterém hospodaří ZD Bulhary v současných podmínkách do kukuřičné výrobní oblasti. Současně toto území náleží do tzv. skupiny 1 s dobrými půdními podmínkami. Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám však lze v budoucnu očekávat změnu, kdy bude možné území definovat místo kukuřičné výrobní oblasti jako tzv. mimořádně teplou a suchou výrobní oblast. S touto variantou lze počítat, pokud by se v období 2021-2040 naplnila prognóza dle Globálního cirkulačního modelu HadGEM (UK), ale i dle několika dalších. Daleko dramatičtější změny jsou pak očekávané v horizontu 2050 (Mapa 4.19).

Očekávané změny agroklimatických podmínek bude nutné reflektovat v zastoupení pěstovaných plodin a ve způsobu hospodaření. Pro zmírnění dopadů vyšších teplot vzduchu a pro zmírnění dopadů prohloubení deficitu vodní bilance bude nutné přijmout nezbytná adaptační opatření. Jedním z takových opatření může být snaha lépe hospodařit s vodou v půdě, udržení či zvýšení kvality a retenčních schopností půd nebo zavedení či častější využívání závlahových systémů. Jejich reálná aplikace v podmínkách rostlinné výroby však bude záviset na řadě faktorů, kdy mezi nejvýznamnější budou patřit ekonomické ukazatele (výše investičních a provozních nákladů vzhledem k dosažitelnému nárůstu tržeb), ale i dostupnost dostatečného množství vody, což v letech s hydrologickým suchem může být limitující. Na základě analýz provedených metodikou Integrovaného systému pro sledování sucha k odhadu potřeby vody pro závlahová zařízení vyplynulo, že na většině pozemků obhospodařovaných ZD Bulhary bylo k udržení půdní vlhkosti nad 50 % relativního nasycení v hloubce 0-40 cm (dle mediánu sezón 1981-2010) potřeba 80-100 mm závlahové vody při pěstování jarní obiloviny (v době od zasetí po zralost). Pro ozimé obiloviny byly výsledné hodnoty přibližně o 20 mm vyšší (Mapa 4.18).



Mapa 4.18: Klimatické vymezení výrobních oblastí na základě metody publikované Trnkou et al. (2009) pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab.4.9



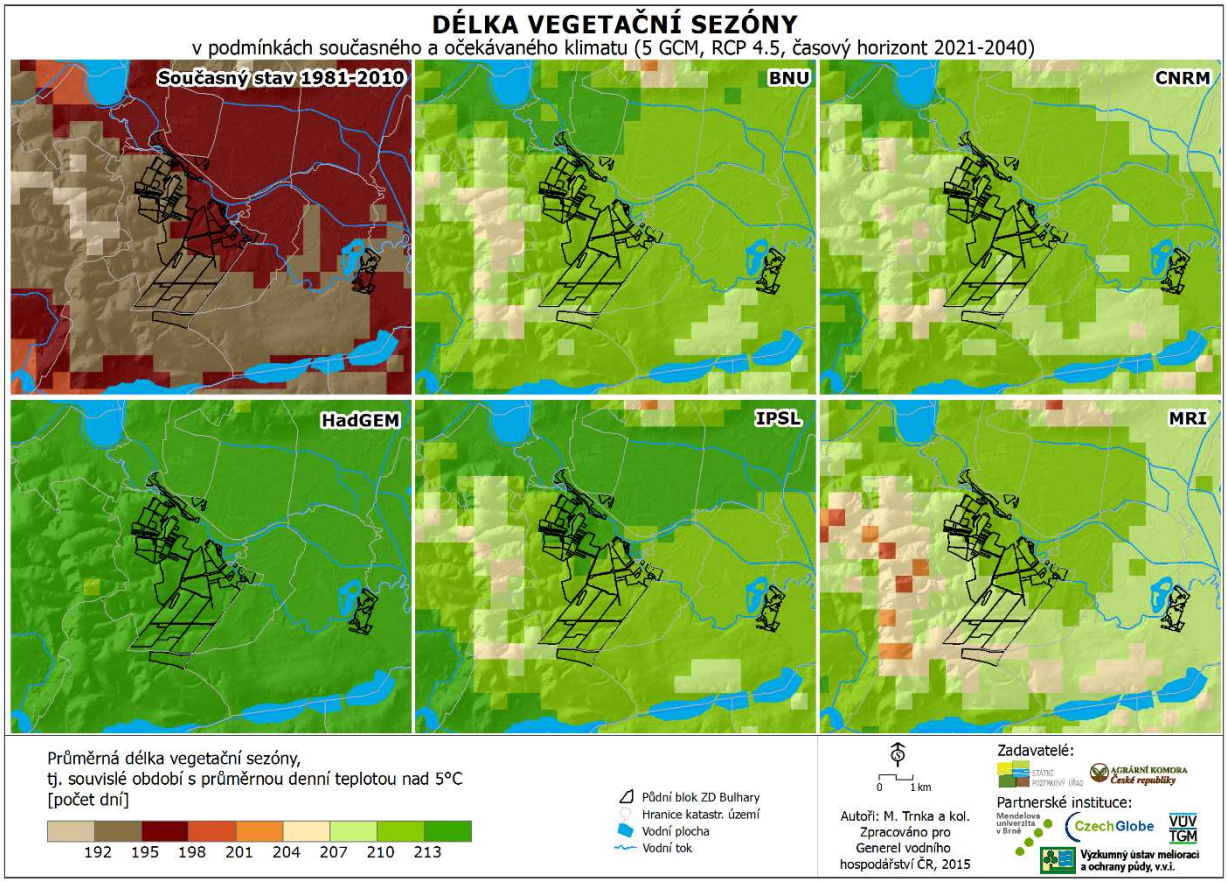
Mapa 4.19: Odhad spotřeby vody pro udržení relativního nasycení půdy ve vrstvě 0-40 cm na úrovni nad 50 % na základě metodiky Integrovaného systému pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Vyneseny jsou hodnoty mediánů za sezóny 1981-2010 pro jarní obilovinu.

4.6 Očekávané změny klíčových faktorů

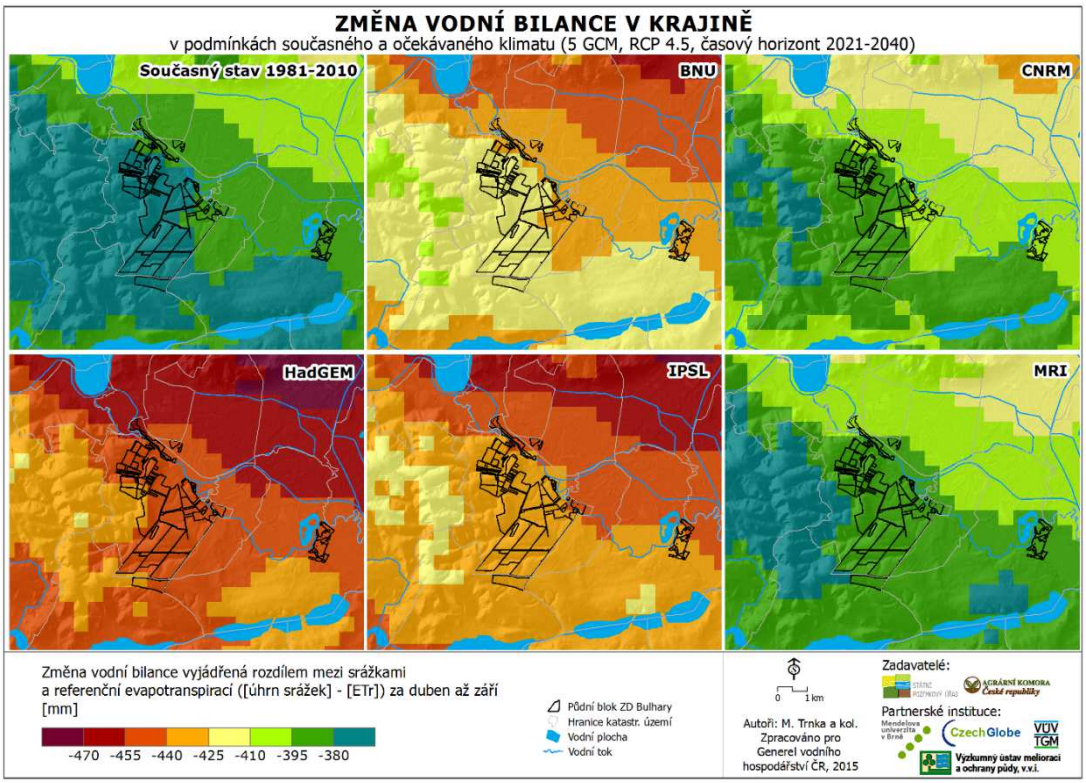
V důsledku probíhající změny klimatických podmínek je ovlivňován široký komplex procesů určujících úroveň výnosů polních plodin. Ve výsledku se jedná a bude jednat o bilanci negativních a pozitivních vlivů. Tato bilance není přirozeně konstantní v rámci jednotlivých ročníků. Dle známých souvislostí lze předpokládat, že do budoucna se však kromě nárůstu meziroční variability budou podmínky i trendově měnit. O tom, zda tento trend bude mít spíše negativní, případně neutrální či pozitivní dopad na výnosy, rozhodne opět řada faktorů. Jednou z možností, jak realizovat predikce budoucí produkční schopnosti v daných půdně klimatických podmínkách, je využití kritických agrometeorologických faktorů, které poskytují poměrně dobrou představu o charakteru očekávaných změn.

Je nepochybné, že délka vegetační sezóny (vyjádřená jako období s průměrnou teplotou trvale nad 5 °C) se výrazně prodlouží, jak dokumentuje Mapa 4.20. Toto prodloužení bude v řádu přibližně 2 týdnů. Současně ale dojde k prohloubení deficitu klimatologické vodní bilance (Mapa 4.21), přičemž míra změny závisí na klimatickém modelu. Model IPSL reprezentuje střední odhad všech uvažovaných GCM modelů a jeho změny (spolu s dalšími 4 modely) jsou zachyceny v Tab. 4.9.

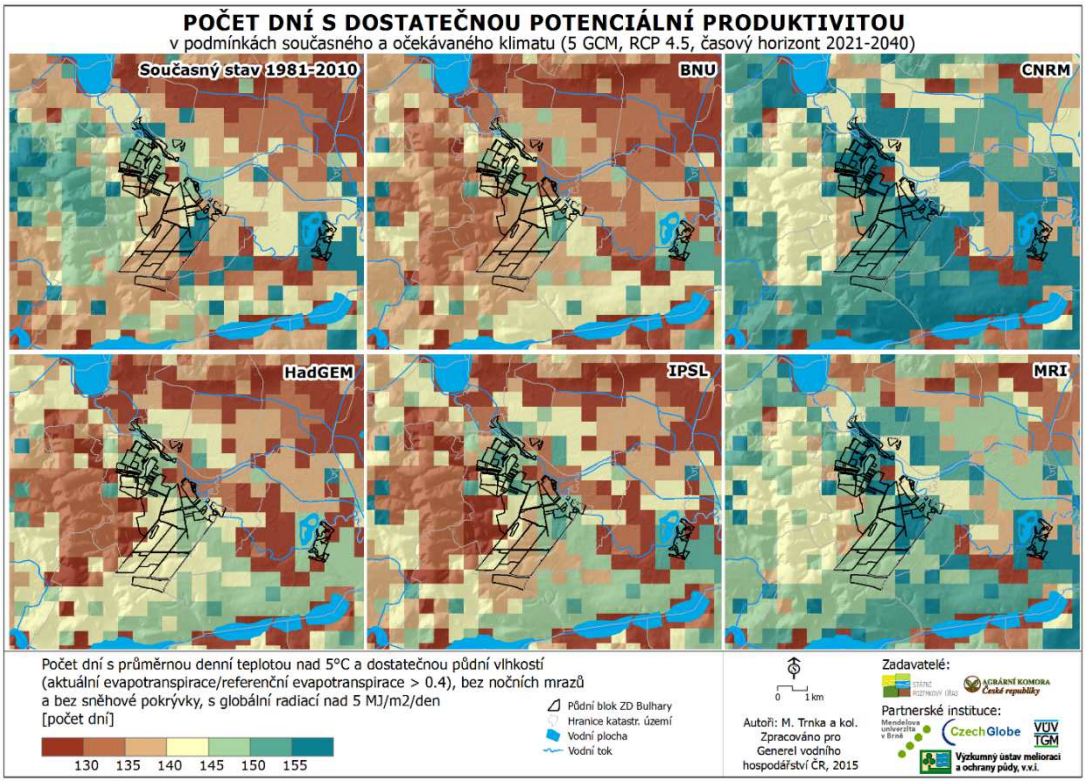
Výsledkem změn dostupnosti vláhy, délky vegetační sezóny a celkových agroklimatických poměrů je ukazatel na Mapě 4.22. Ten dokumentuje počet dní s vhodnými podmínkami pro růst polních plodin, tj. dní s dostatečně vysokou teplotou, s minimálním množstvím slunečního záření a s dostatkem vody v půdě. Je evidentní, že podle modelů BNU, IPSL a zvláště pak dle modelu HadGEM lze očekávat zhoršení situace, naopak 2 z 5 modelů naznačují možnost zvýšení počtu těchto dní.



Mapa 4.20: Průměrná délka vegetační sezóny, vyjádřená jako období s průměrnou teplotou nad 5 °C, pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.



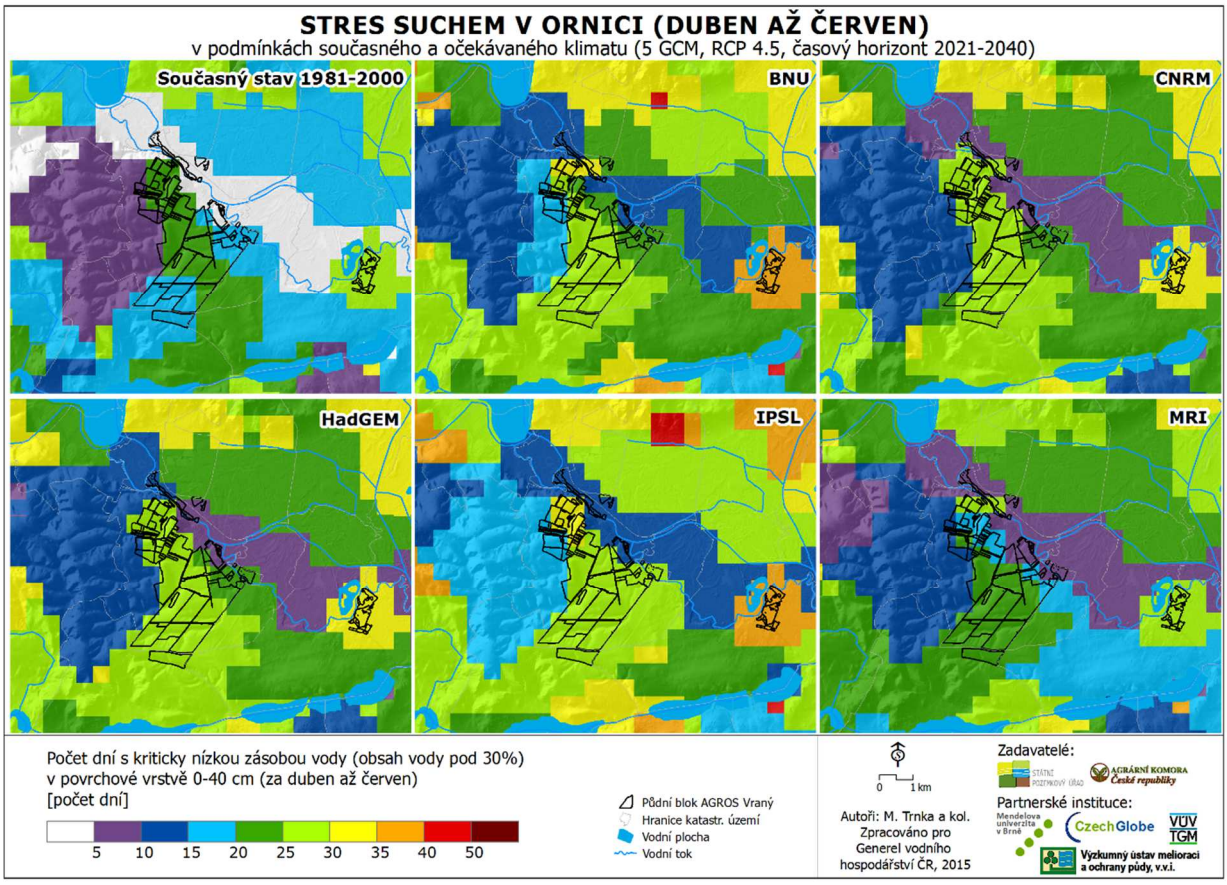
Mapa 4.21: Klimatologická vodní bilance vyjádřená jako rozdíl úhrnu srážek a potřeby krajiny (potenciální evapotranspirace) v mm mezi dubnem a zářím pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.



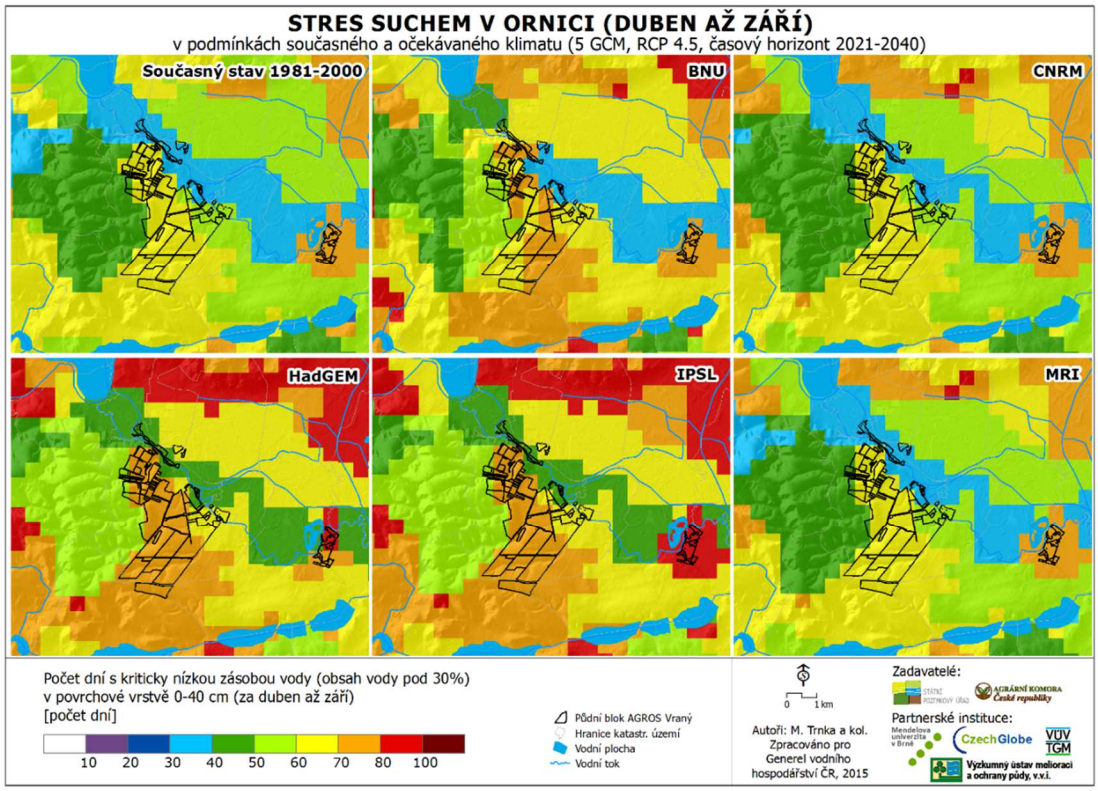
Mapa 4.22: Počet dní s dostatečnou potenciální produktivitou pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.

Na rozdíl od Mapy 4.22 se všechny modely shodují na výrazném riziku stresu suchem, a to jak v první půlce vegetačního období (Mapa 4.23), tak v tomto období jako celku (Mapa 4.24). Negativní vývoj je nejmarkantnější u modelu HadGEM, ale také u modelu IPSL, kde je v první části vegetačního období dokonce nejrazantnější. Obecně lze říci, že i v případě realizace scénářů s příznivým rozložením srážek a s nízkým nárůstem teplot (CNMR a MRI) je nutné očekávat vyšší riziko suchých epizod.

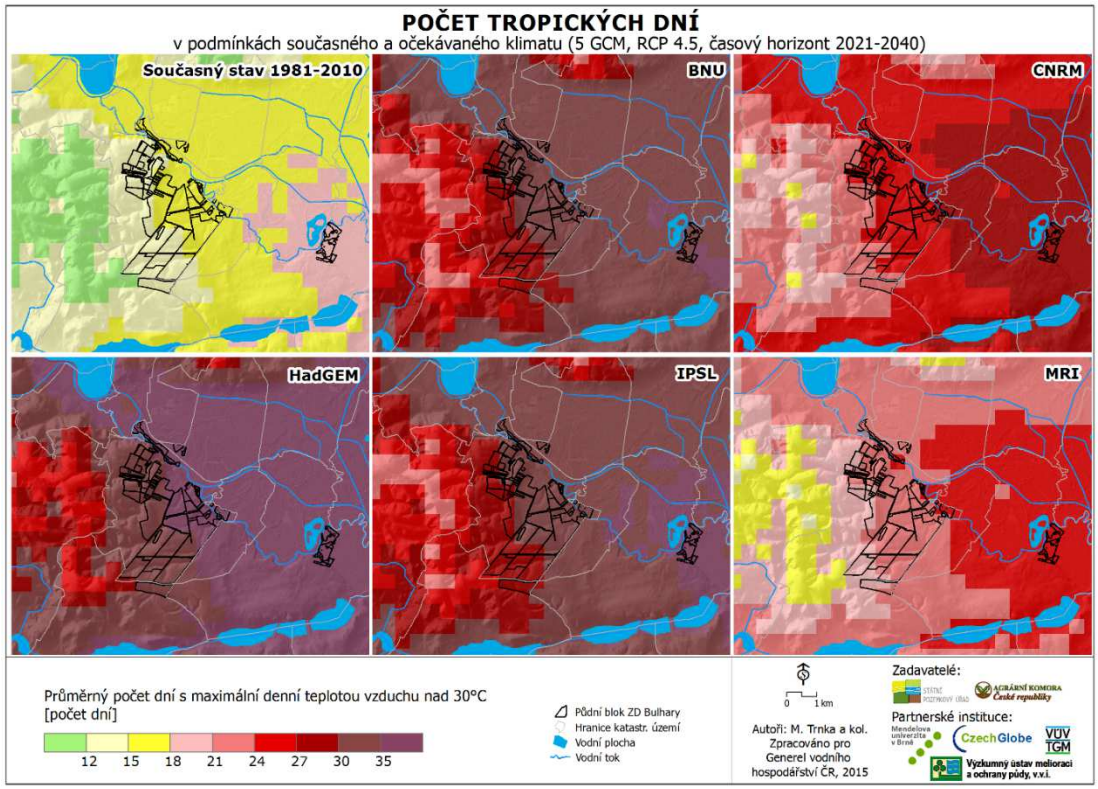
Z pohledu rizika výskytu extrémně teplých dní lze očekávat poměrně dramatické změny, a to již v krátkém časovém horizontu. Výrazně narůstá počet tropických dní (Mapa 4.25), ale výrazně se zvyšuje i počet dní s teplotou nad 32 °C, která je problematická jak pro produkci některých pícnin (včetně kukuřice na zrno), tak pro chovaná hospodářská zvířata, kdy lze v důsledku stresu suchem očekávat potenciální snížení užitkovosti. Toto riziko pak narůstá zvláště v období souvislých horkých vln. Jak ukazuje Mapa 4.26, vzroste riziko postižení horkou vlnou naprosto zásadně. Naopak v zimním období se výrazně sníží délka trvání sněhové pokrývky, a to více než o třetinu a podle scénáře CNMR až o polovinu oproti současnému období (Mapa 4.27).



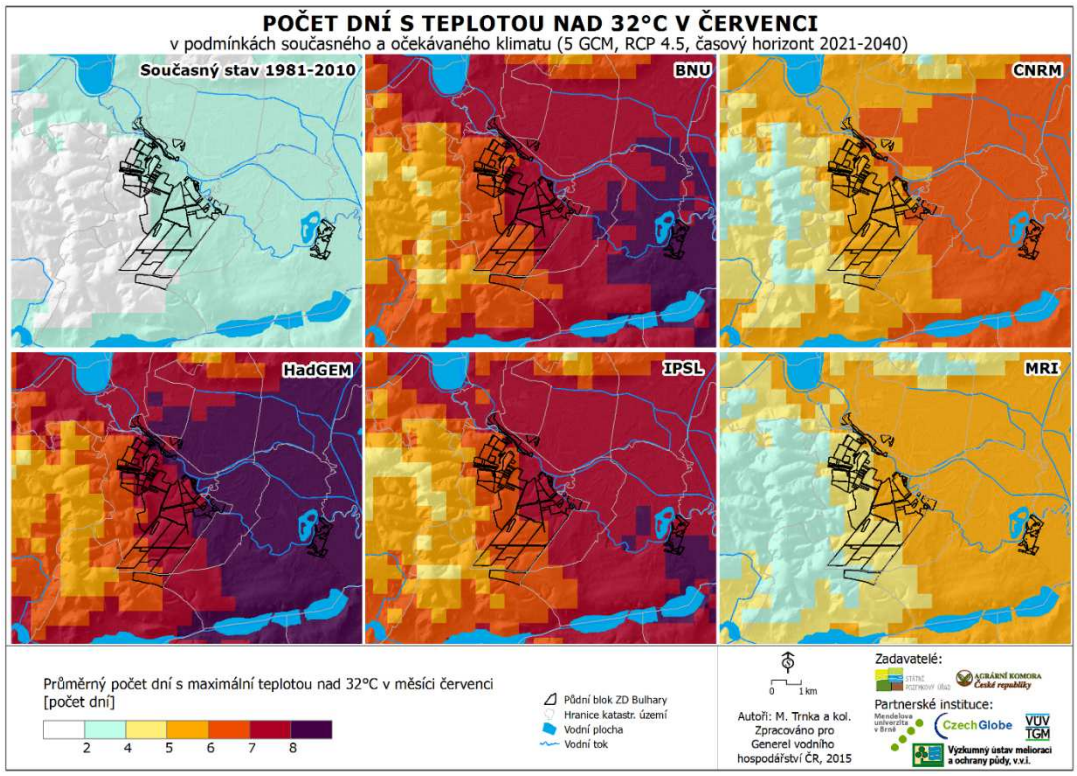
Mapa 4.23: Stres suchem (počet dní) v období duben-červen v povrchové vrstvě (0-40 cm) pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.



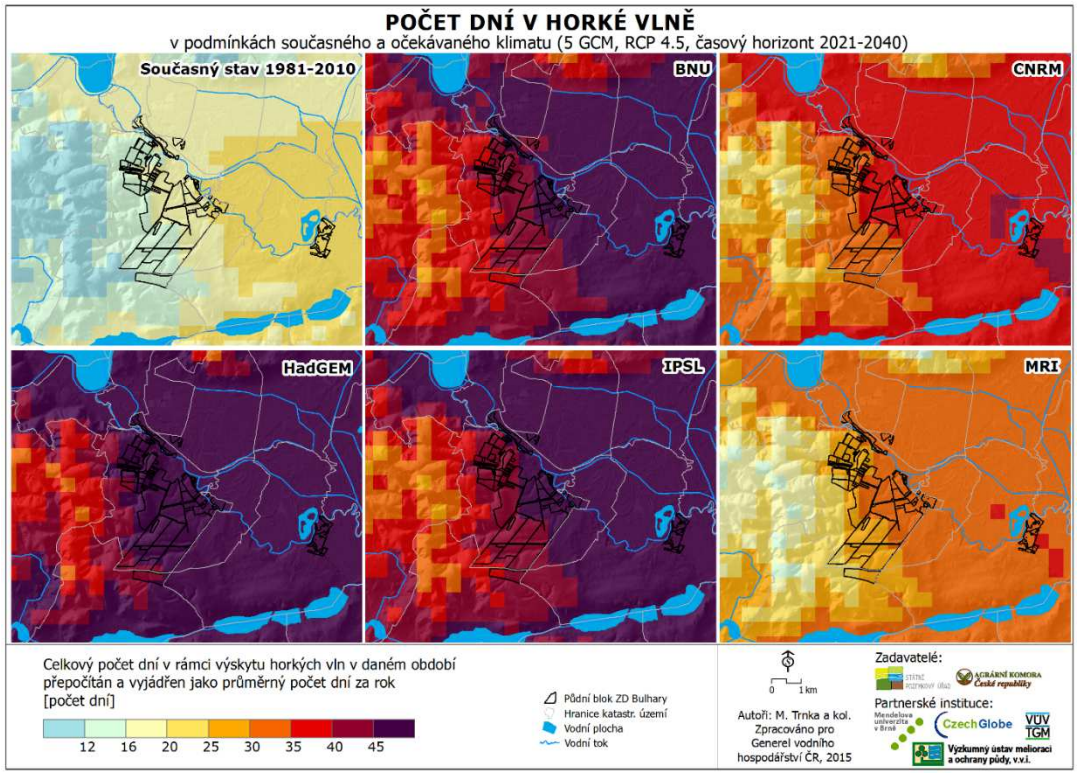
Mapa 4.24: Stres suchem (počet dní) v období duben-září v povrchové vrstvě (0-40 cm) pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.



Mapa 4.25: Průměrný počet tropických dní, tj. dny s maximální denní teplotou vyšší než 30 °C, pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.

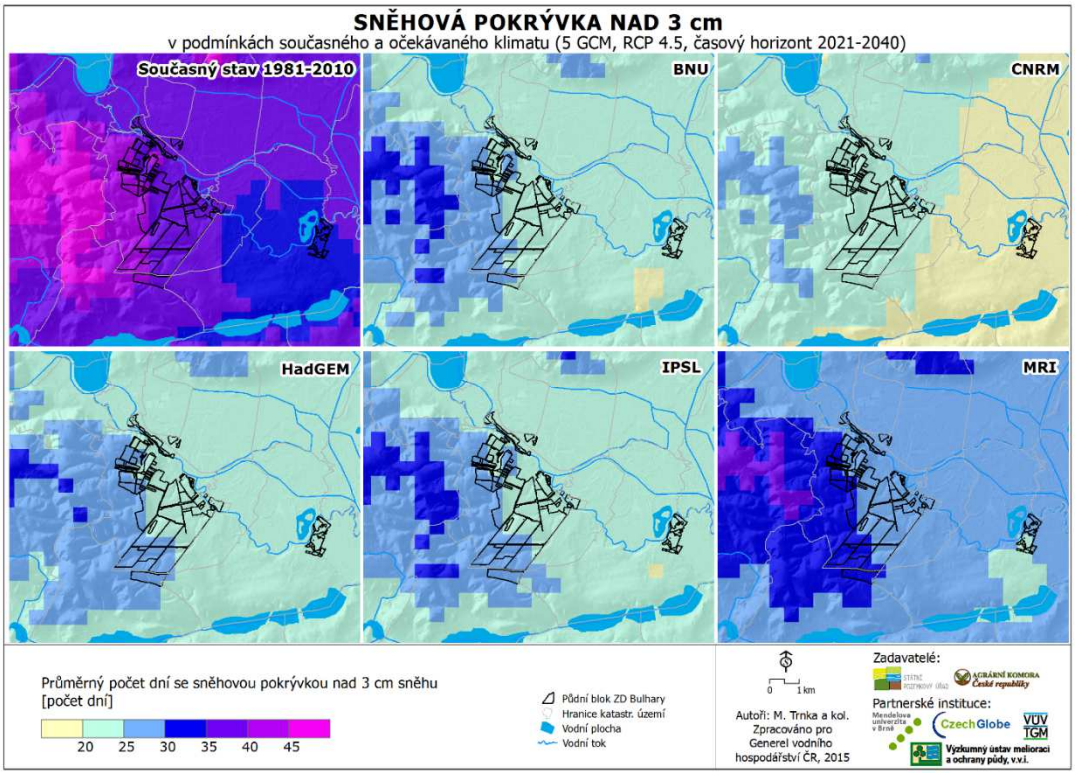


Mapa 4.26: Průměrný počet dní s maximální denní teplotou vyšší než 32 °C v měsíci červenci pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.

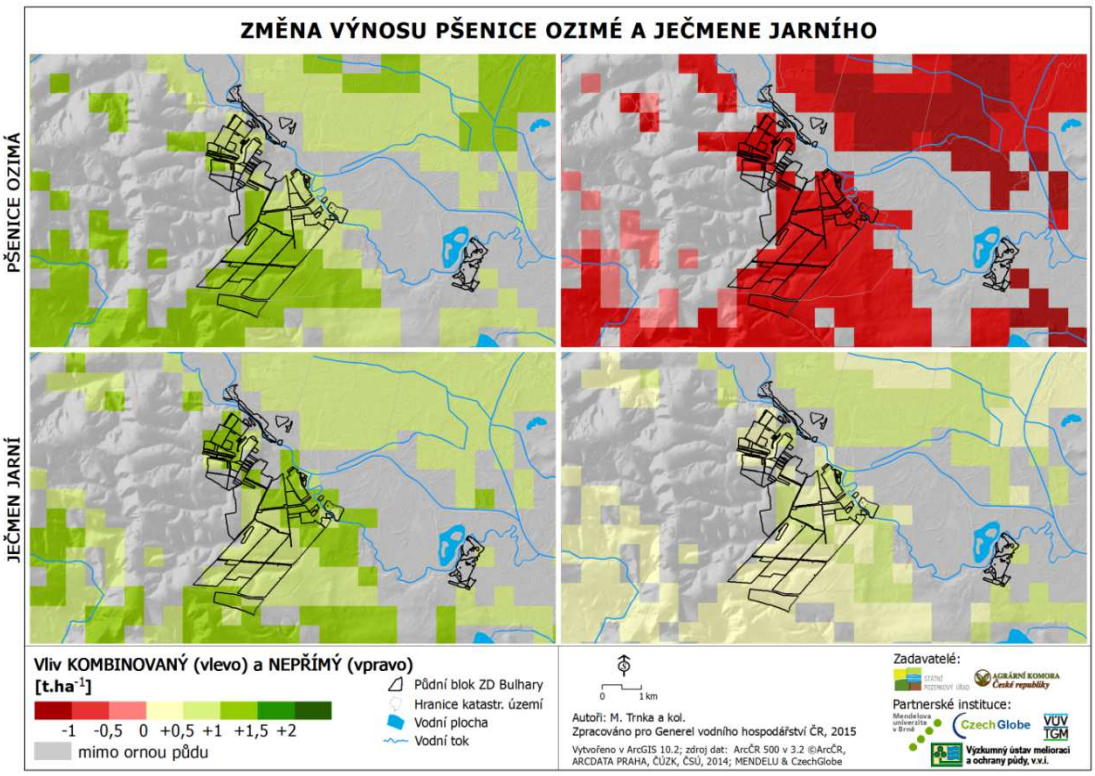


Mapa 4.27: Průměrný počet dní v tzv. horké vlně, tj. v období, kdy denní maximální teplota přesáhne alespoň na 3 dny teplotu 30 °C a neklesne pod 25 °C. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.

Pokud jde o změnu výnosové úrovně, je třeba navíc započítat pozitivní vliv zvýšené koncentrace CO_2 v ovzduší (tzv. hnojivý vliv s dopadem na fotosyntézu a využití vody rostlinami). Tyto odhady lze provádět např. díky dynamickému růstovému modelu CERES. Na základě jeho výsledků lze předpokládat nárůst výnosů ječmene jarního na většině zájmového území o 1,0 $t \cdot ha^{-1}$ (lokálně až o 1,5 $t \cdot ha^{-1}$) a v případě pšenice ozimé pak většinou průměrný nárůst výnosů o 1,5 $t \cdot ha^{-1}$ (Mapa 4.29). Uvedené výsledky byly dosaženy bez využití závlah a za předpokladu udržení půdní úrodnosti. Současně je třeba zdůraznit, že se jedná o průměrné hodnoty, přičemž dle známých předpokladů lze očekávat nárůst rozdílů mezi jednotlivými sezónami. V praxi to může být tak, že velmi dobré ročníky budou střídat problematičtější sezóny. Navíc na základě různých studií existuje předpoklad nárůstu tzv. agrometeorologicky nepříznivých událostí, jejichž negativní dopady mohou zcela rozhodnout o výnosové úrovni a úspěšnosti celého ročníku (např. problémy s přezimováním, vlny veder, extrémní epizody sucha, poléhání porostů díky přívalovým srážkám v kombinaci s vyšší rychlostí větru nebo komplikace sklizně díky vyšším srážkovým úhrnům).



Mapa 4.28: Průměrný počet dní se sněhem. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.



Mapa 4.29: Odhad změny průměrných výnosů pšenice ozimé a ječmene jarního pro období kolem roku 2050 vzhledem k období 1961-1990. Mapy zachycují situaci v případě zohlednění vlivu změny klimatických faktorů včetně zvýšené koncentrace CO_2 (tzv. kombinovaný vliv) a bez započítání přímého vlivu CO_2 (tzv. nepřímý vliv).

4.7 Návrh organizačních a agrotechnických opatření pro omezení erozních jevů s ohledem na riziko sucha

Organizační a agrotechnická opatření zajišťují pokryvnost půdy a její retenční schopnost v průběhu výskytu přívalových srážek a výrazně tak eliminují nepříznivé důsledky povrchového odtoku. Mezi takové důsledky řadíme erozní smyv a transport splavenin, které způsobují výrazné škody jak na samotném pozemku, tak mimo plochu pozemku. Způsobují škody na hydrografické síti, na vodních nádržích v zastavěném území a na dopravních stavbách. Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době přívalových srážek (duben-říjen). Proto dokonalou protierozní ochranu představují porosty trav a jetelovin, zatímco běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny (kukuřice, slunečnice, okopaniny, konvenčně obdělávané ovocné výsadby a vinice s kypřeným meziřadím) chrání půdu nedostatečně.

Výše zmíněná opatření mají rozhodující vliv na snížení erozního smyvu i na zvýšení retenční schopnosti půdy a krajiny. Návrhem těchto opatření dojde k pozitivnímu zvýšení retenční schopnosti půdy prostřednictvím snížení hodnot odtokových křivek. Současně tím dojde ke snížení základních charakteristik přímého odtoku, tj. zejména kulminačního průtoku a objemu přímého odtoku.

Rozhodující účinnost agrotechnických a organizačních opatření spočívá v zajištění vegetačního pokryvu v průběhu nejzranitelnější etapy pěstování plodin - období od přípravy půdy k setí do 1 měsíce po zasetí. Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje jednak přímo ochranou povrchu půdy před destruktivním působením kinetické energie dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku, jednak nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména pórovitost a propustnost včetně omezení možnosti zanášení pórů rozplavenými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem.

4.7.1 Nulová varianta - současný stav

Komplexní analýza stávajícího stavu včetně charakteristiky půdních poměrů v zájmovém území ZD Bulhary je popsána v kapitole 4.3. Z detailních výsledků multikriteriální analýzy 6 významných parametrů (viz Mapa 4.17) vyplývá, že oblast ZD Bulhary se vyznačuje kombinací vysokého ohrožení suchem, výskytem vysýchavých půd svysokým rizikem větrné a vodní eroze. Z uvedených výsledků vyplývá, že prakticky celé území, na kterém ZD Bulhary hospodaří, se vyznačuje mimořádně nadprůměrnou hodnotou Z-skóre a patří mezi cca 1 % nejvíce ohrožených katastrů v rámci ČR. Tento výsledek předurčují výše popsané agroklimatické, půdní a geomorfologické podmínky. Jedná se tedy z pohledu GVHK o modelový příklad výskytu kombinace rizikových faktorů, které mají mimo jiné také vliv na méně stabilní ekonomickou situaci a na podnikatelská rizika při investování do nových strojů, zařízení a technologií, které by byly nutné při požadovaných změnách hospodaření na půdě. Ke stabilizaci výrobních podmínek by mohly ve větší míře přispět závlahy (potenciálně zavlažovaná plocha 250 ha), které jsou v současné době využívány jen na přibližně 50 ha ke stabilizaci výroby krmiv v suchých letech.

4.7.1.1 Osevní postup - protierozní efekt

V roce 2016 je v ZD Bulhary plánován osev tržních i krmných plodin (viz Tab. 4.11), které odpovídají osevnímu postupu (viz Tab. 4.12).

Plodina	Plocha (ha)	Zastoupení (%)
cukrovka	25	4
ječmen jarní	100	15
ječmen ozimý dvouřadý	40	6
kukuřice na siláž	140	22
kukuřice na zrno	10	2
pšenice ozimá	230	35
vojtěška setá	100	15
hořčice	6	1
Celkem	651	100

Tabulka 4.11a: Osevy a procentuální zastoupení plodin v roce 2016

V internetové aplikaci „Protierozní kalkulačka“[1] byla orientačně vyhodnocena vhodnost tohoto osevního postupu a používaných technologií. Pro hodnocení osevního postupu sestaveného dle procentuálního zastoupení plodin (viz Tab. 4.11a) byla uvažována stávající agrotechnika (zpracování půdy s podmítkou, s orbou a s předseťovou přípravou). U 6 půdních bloků (Tab. 4.11b) byla překročena přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace a pro tyto bloky budou dále navržena protierozní opatření.

Číslo DPB	Výměra [ha]	Plodina (osev 2015)	Hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace		
			vypočtená	přípustná	překročení
3204	20,12	vojtěška setá	0,244	0,182	**0,062**
2106/4	1,06	ječmen jarní	0,244	0,134	**0,110**
3104/7	0,65	ječmen jarní	0,244	0,140	**0,104**
3107/3	0,41	ječmen jarní	0,244	0,231	**0,013**
3203/5	5,66	ječmen jarní	0,244	0,209	**0,035**
3501/10	35,73	ječmen jarní	0,244	0,171	**0,073**

Tabulka 4.11b: Půdní bloky, pro které stávající osevní postup nemá dostatečný půdoochranný efekt

[1] Protierozní kalkulačka je dostupná na http://kalkulacka.vumop.cz

Je třeba zdůraznit, že podnik hospodaří v suché a v teplé oblasti, a proto je v minulosti používané zpracování půdy orbou rizikové z hlediska intenzivní aerace půdy a podpory rozkladu organických látek v půdě spojeného často s nárůstem emisí CO_2. Během letního období je vhodnější konzervační zpracování půdy s ponecháním posklizňových zbytků na povrchu. Omezení výparu a prohřívání půdy je součástí návrhových variant.

4.7.1.2 Osevní postup - bilance organické hmoty

Dále byla na orné půdě posouzena bilance půdních organických hmot (POH). Statková hnojiva jsou aplikována na orné půdě a také na vinicích, proto bude zohledněno celkové hospodaření se statkovými hnojivy. Byl využit sestavený 6 letý osevní postup. Pro všechny plodiny je používáno klasické (konvenční) zpracování půdy. Statková hnojiva (s hlavním zastoupením hnoje skotu) jsou aplikována před kukuřicí nebo před cukrovou řepou v dávce 30 $t \cdot ha^{-1}$. Zemědělské družstvo je zaměřeno na rostlinnou i živočišnou produkci. Sláma obilnin je využívána v živočišné výrobě, která představuje cca 750 VDJ odpovídající produkci hnoje cca 7500 $t \cdot ha^{-1} rok^{-1}$.

K výpočtu bilance POH byla použita online aplikace dostupná na webovém portálu www.organickahmota.cz. Výpočet vychází ze slovenské metodiky[2] a byl doplněn o specifika prostředí České republiky. Pro výpočet bilance POH je uvažován konvenční způsob hospodaření. Bilance POH je počítána ze vztahu:

$$B_C = (u \,.\, K_C) + (D_H \,.\, C_H) + Q_Z - (C_m \,.\, K_m),$$

kde:

- B_C .....bilance uhlíku v t $C \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$,
- u .....výnos hlavního produktu v t $\cdot ha^{-1}$,
- K_C .....koeficient množství uhlíku plodiny při uvažovaném výnosu hlavního produktu v t C na 1 tunu výnosu,
- D_H .....použitá (resp. plánovaná) dávka organického hnojiva v t $\cdot ha^{-1}$,
- C_H .....koeficient přepočtu dávky organického hnojiva na množství uhlíku v t $C \cdot ha^{-1}$,
- Q_Z.....vstup uhlíku z plodiny zeleného hnojení (meziplodiny) v t $C \cdot ha^{-1}$,
- C_m .....základní ztráty uhlíku v příslušné kategorii půd v t $C \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$,
- K_m .....koeficient vlivu plodiny na ztrátu uhlíku v příslušné půdní skupině plodin.

Rok	**Plodina**	**u**	**K_c**	**D_H**	**C_H**	**Q_Z**	**C_m**	**K_m=1**	**B_c (Km=1)**	**K_m=2**	**B_c Km=2)**
1.	vojtěška setá								**0**		**0**
2.	vojtěška setá	10	0,29				0,6	2,81	**1,2**	4,27	**0,3**
3.	pšenice ozimá	5	0,522				1	2,81	**-0,2**	4,27	**-1,7**
4.	kukuřice na siláž	35	0,065				1,1	2,81	**-0,8**	4,27	**-2,4**
5.	cukrová řepa (chlévský hnůj)	50	0,009	30	0,17		1,1	2,81	**2,5**	4,27	**0,9**
6.	ječmen jarní	4	0,444				1	2,81	**-1,0**	4,27	**-2,5**
Celková bilance									**1,6**		**-5,4**

Tabulka 4.12a: Osevní postup ZD Bulhary varianta A pro pozemek s půdou KP1 a KP2

[2] Bielek P., Jurčová O. (2010): *Metodika bilancie pôdnej organickej hmoty a stanovenia potreby organického hnojenia poľnohospodárskych pôd*. Výzkumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy. Druhé doplnené vydanie. Bratislava. ISBN 978-80-89128-80-8.

Ve výpočtu je zohledněna charakteristika půdy koeficientem Cm, vyjadřujícím ztrátu uhlíku podle kvality půdy. Charakteristiky půdy jsou rozděleny do 3 kategorií. Pozemky spadající do správy ZD Bulhary se nacházejí především na půdách 1. kategorie (419 ha, 64 % plochy) a 2. kategorie (238 ha, 36 %). Půdní bloky se většinou nacházejí na více kategoriích půdy, proto je nutné výpočet provádět pomocí webové aplikace, ve které jsou zahrnuty specifika pozemku, vybraného pro výpočet, a ve které je rovněž možné navolit přesné osevní postupy včetně výnosů z daného pozemku.

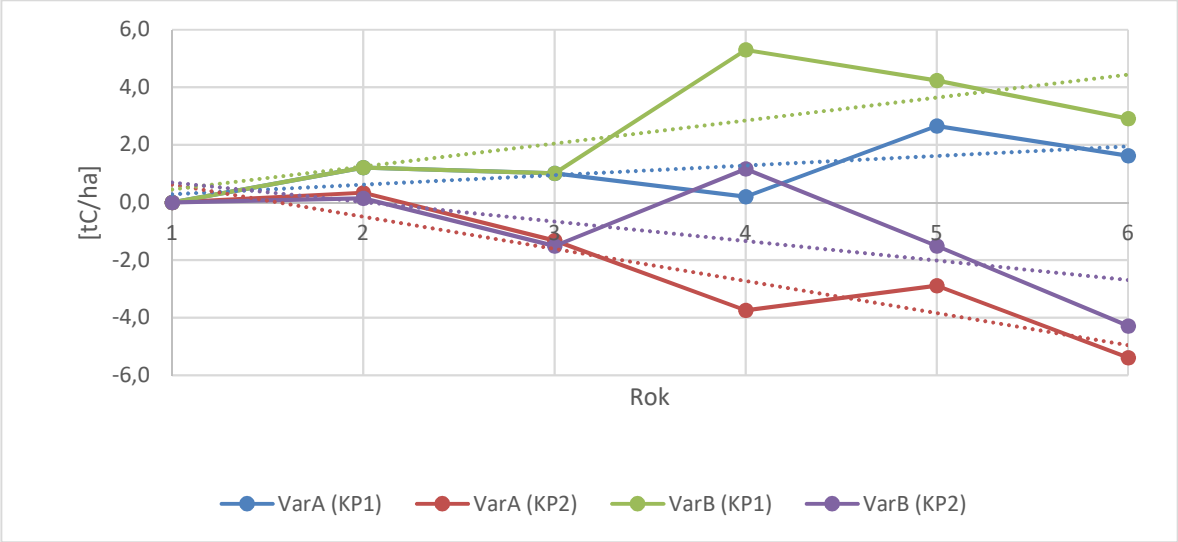
V rámci této studie byl prováděn výpočet bilance POH pro dvě typické struktury osevního postupu zemědělského družstva (označené jako varianta A a varianta B) a pro obě zastoupené kategorie půdy (označené jako KP1 a KP2). Osevní postupy a výpočty bilance POH jsou uvedeny v následujících tabulkách, celkový vývoj POH pak na Obr. 4.6a.

Z bilance POH je možné pozorovat, že osevní postup se zahrnutím pšenice (varianta A) je výhodnější oproti osevnímu postupu se zapojením cukrové řepy. Při pěstování na pozemcích v KP1 dochází k mírnému zvýšení POH. Oproti tomu na pozemcích v KP2 je patrný celkový pokles POH. K zamezení úbytku POH je proto na pozemcích KP2 doporučeno upravit sled plodin, zahrnout meziplodiny nebo aplikovat více statkových nebo organických hnojiv. K úbytku POH dochází i vlivem zpracování půdy. ZD Bulhary používá konvenční technologie. V případě použití minimalizačních technologií dojde k nižší, tzv. základní, ztrátě POH a celková bilance může být poté příznivější.

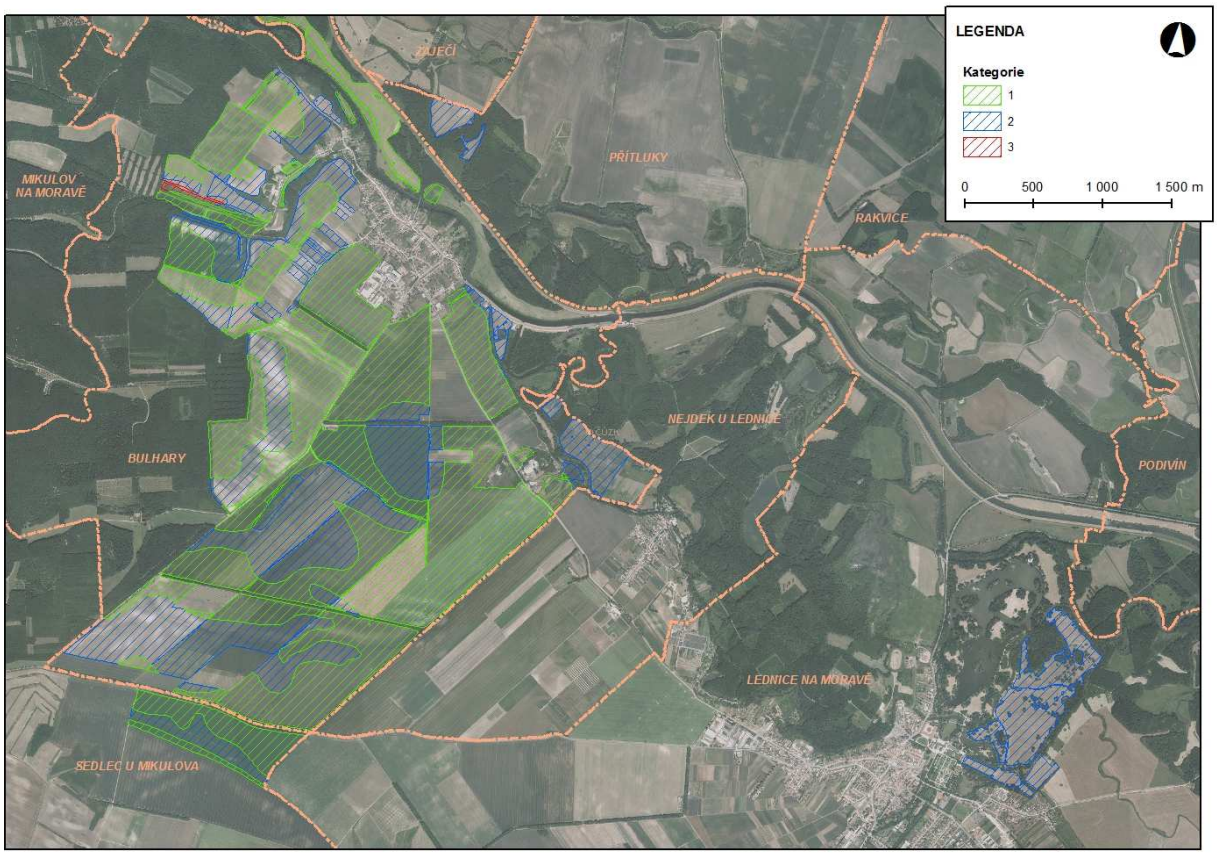
Současně je z bilance organické hmoty zřejmé, že při dávkách hnoje 30 $t \cdot ha^{-1}$ v 6 letém cyklu je ročně spotřebováno 3300 t chlévského hnoje. Celková produkce hnoje ZD Bulhary je odhadována na 7500 $t \cdot rok^{-1}$. Při hnojení vinic jednou za dva roky v dávce 20 $t \cdot ha^{-1}$ je spotřebováno 800 $t \cdot rok^{-1}$. K vyrovnání deficitu u varianty A (KP2) s nejvyšším úbytkem POH je potřeba dávka chlévského hnoje 32 $t \cdot ha^{-1}$. Z údajů je patrné, že zemědělskému družstvu bude zbývat 3400 $t \cdot rok^{-1}$, proto je reálné navýšení dávek hnoje při dodržování pravidel nitrátové směrnice a dalších závazných norem platících pro jednotlivé pozemky ve zranitelných oblastech ochrany vod.

Rok	**Plodina**	**u**	**K_c**	**D_H**	**C_H**	**Q_Z**	**C_m**	**K_m=1**	**B_c (Km=1)**	**K_m=2**	**B_c (Km=2)**
1.	vojtěška setá								**0**		**0**
2.	vojtěška setá	10	0,29				0,6	2,81	**1,2**	4,59	**0,1**
3.	pšenice ozimá	5	0,522				1	2,81	**-0,2**	4,27	**-1,7**
4.	kukuřice na siláž (chlévský hnůj)	35	0,065	30	0,17		1,1	2,81	**4,3**	4,27	**2,7**
5.	pšenice jarní	4	0,507				1,1	2,81	**-1,1**	4,27	**-2,7**
6.	ječmen ozimý	5	0,298				1	2,81	**-1,3**	4,27	**-2,8**
Celková bilance									**2,9**		**-4,3**

Tab. 4.12b: Osevní postup ZD Bulhary varianta B pro pozemek s půdou KP1 a KP2



Obr. 4.6a: Vývoj POH a jejich trendy pro varianty A a B a pro pozemky s půdou v KP1 a KP2



Obr. 4.6b: Rozdělení pozemků podle kategorií půdy. Na pozemcích označených modře je vhodné upravit strukturu osevního postupu.

4.7.1.3 Posouzení souladu stávajícího způsobu hospodaření s požadavky plnění standardů DZES 5

Na užívaných půdních blocích musí být plněny požadavky Dobrého zemědělského a environmentálního stavu, které jsou definovány v Nařízení vlády č. 309/2014 Sb. Standard DZES 5 požaduje, aby na ploše mírně erozně ohrožené byly erozně nebezpečné plodiny kukuřice, cukrová řepa, bob setý, sója, slunečnice a čirok zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií.

Vrstva erozní ohroženosti půd je přístupná v LPIS prostřednictvím Portálu farmáře. LPIS poskytuje jak vlastní vymezení ohrožených půd, tak doporučený management pro půdní blok.

Půdní bloky obhospodařované ZD Bulhary spadají do skupiny mírně ohrožených (Mapa 4.31), na kterých je třeba použít některou z obecných půdoochranných technologií pro erozně nebezpečné plodiny, jako jsou

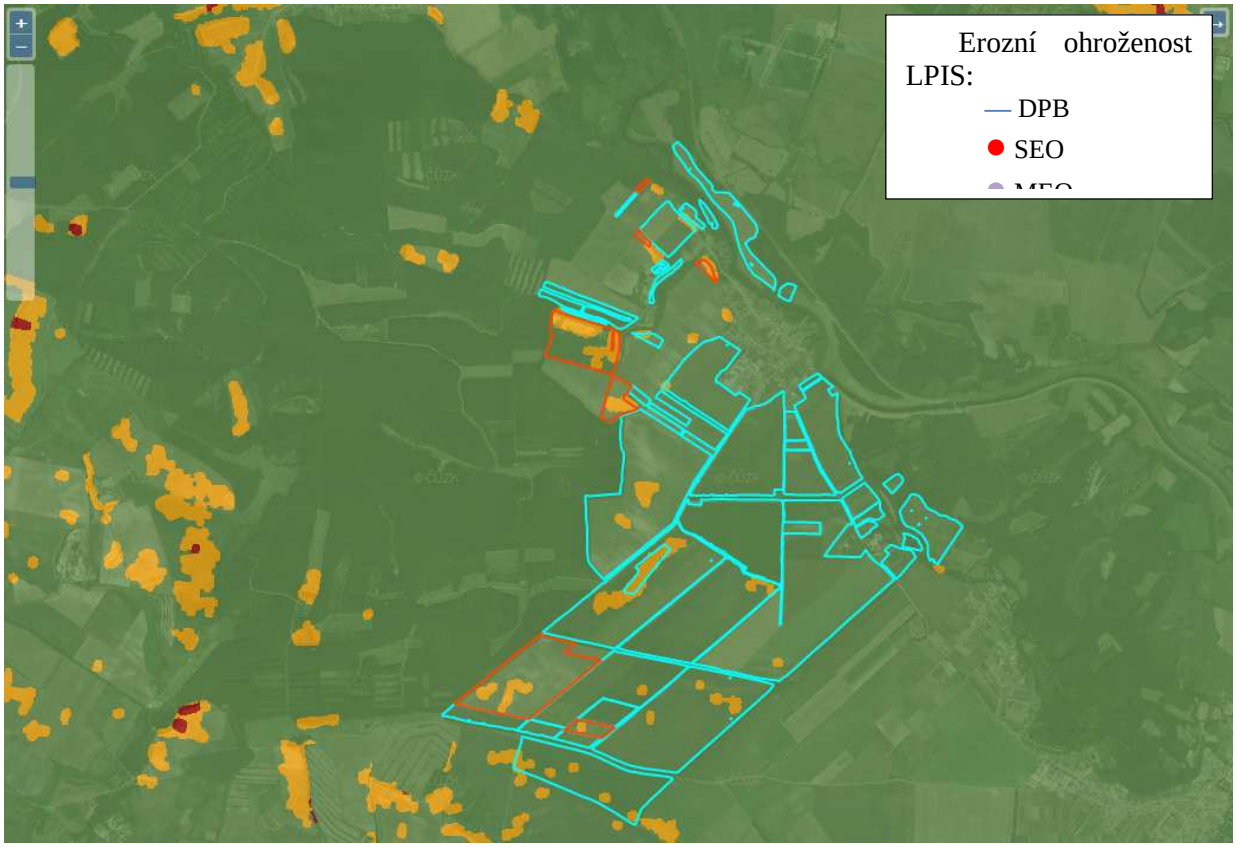
- bezorebné setí/sázení (technologie přímého setí do nezpracované půdy),
- setí/sázení do mulče,
- setí/sázení do mělké podmítky s ponecháním části rostlinných zbytků na povrchu půdy,
- setí/sázení do ochranné plodiny (např. do vymrzající meziplodiny - svazenka vratičolistá, hořčice bílá),

nebo specifické půdoochranné technologie, kterými jsou

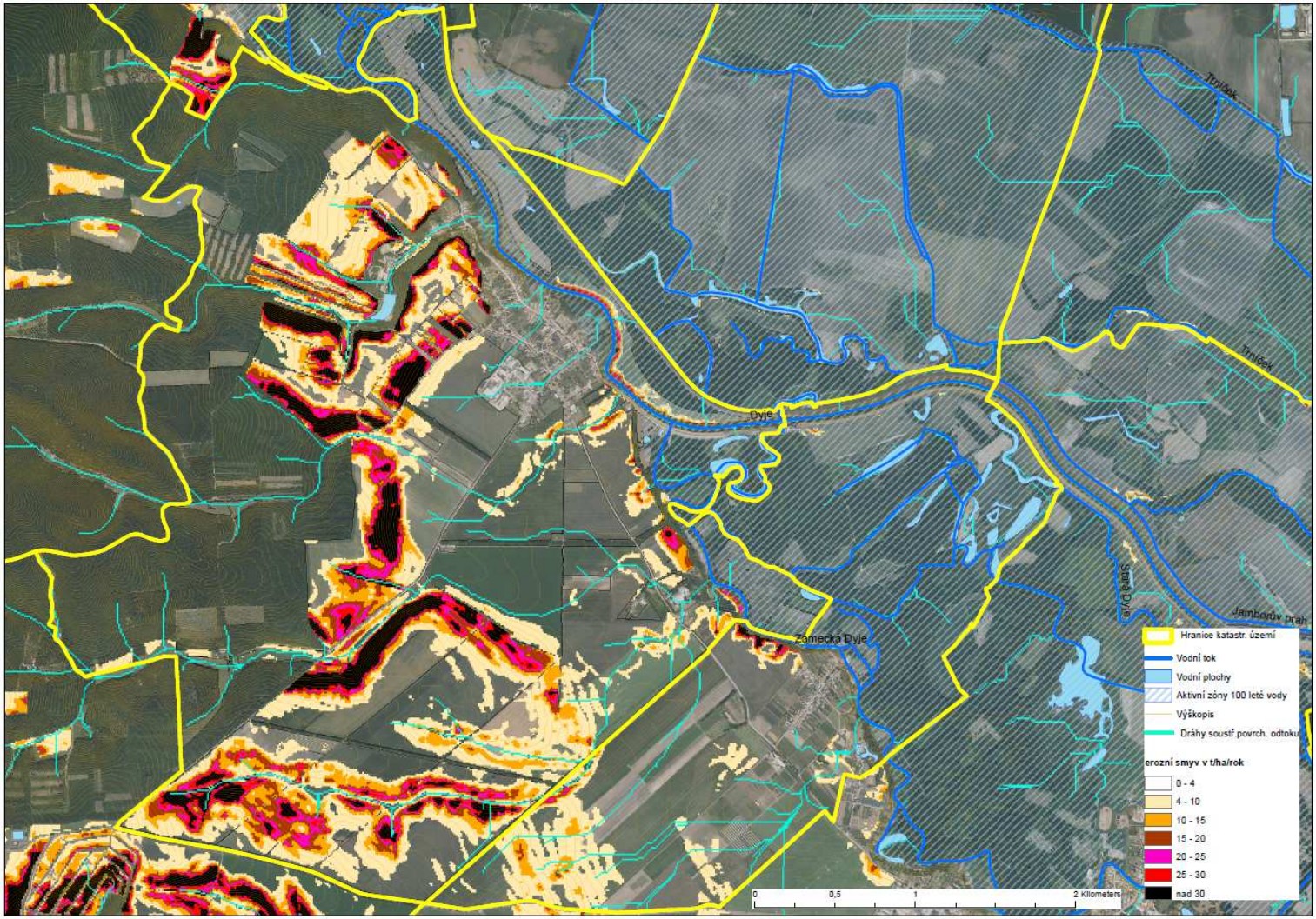
- přerušovací pásy,
- zasakovací pásy,
- osetí souvratí,
- setí/sázení po vrstevnici,
- odkameňování,
- podrývání u cukrové řepy,
- pěstování luskoobilných směsí (LOS),
- důlkování a hrázkování,
- pásové zpracování půdy (strip-till),
- pěstování kukuřice s šířkou řádku do 45 cm bezorebným způsobem.

Míra erozního rizika je však plošně velmi variabilní a vyžaduje komplexní řešení, jak dokládají Mapy 4.32 a 4.33.

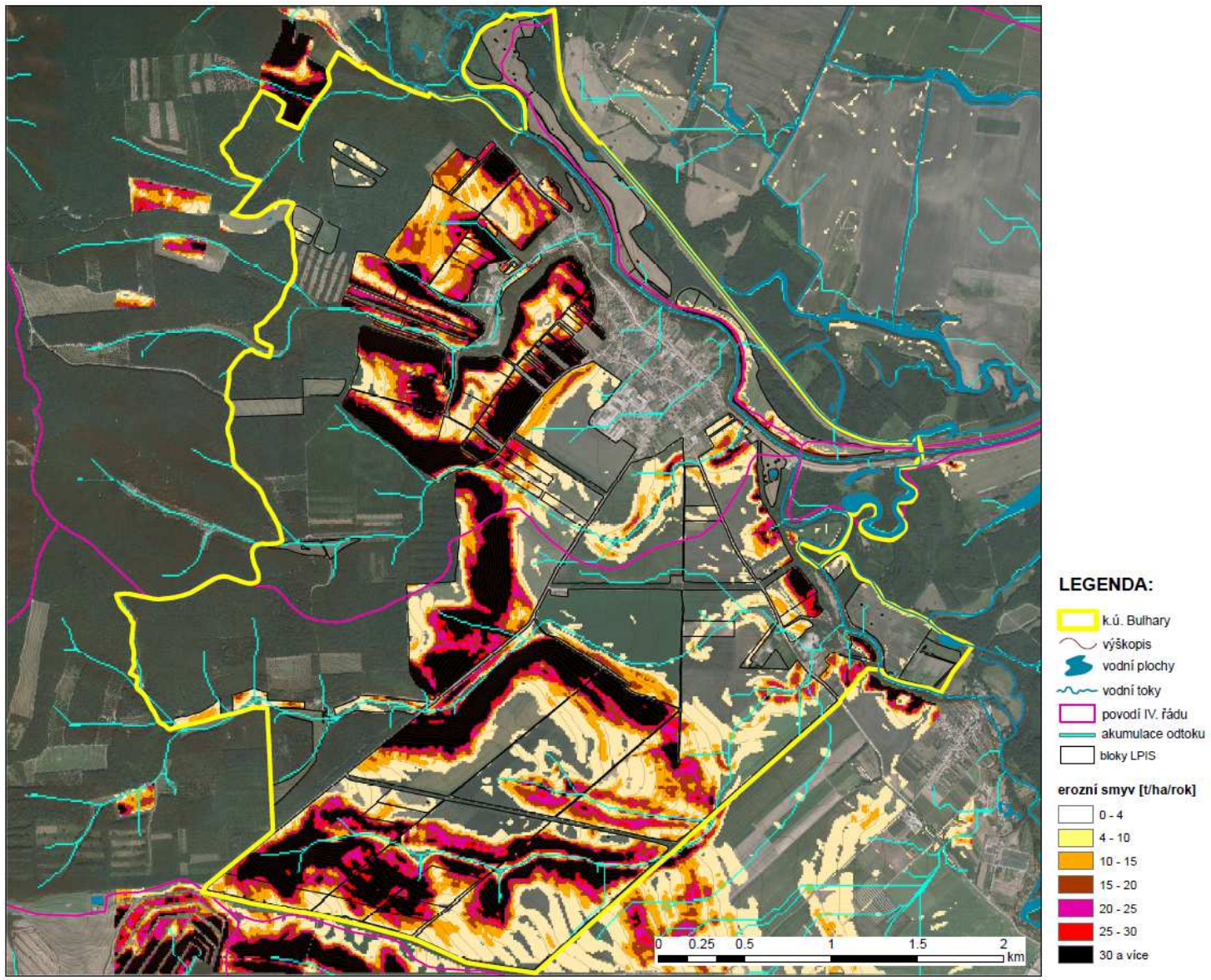
V současné době nejsou v podniku využívány žádné obecné půdoochranné technologie, plnění standardů GAEC je realizováno přerušovacími pásy a osetím souvratí. Výše navrhovaná organizační i agrotechnická opatření byla ve všech třech variantách navrhována tak, aby dostatečně plnila protierozní ochranu a aby rovněž odpovídala požadavkům standardu DZES 5.



Mapa 4.30: Vrstva erozní ohroženosti vedená v LPIS a DPB užívané ZD Bulhary



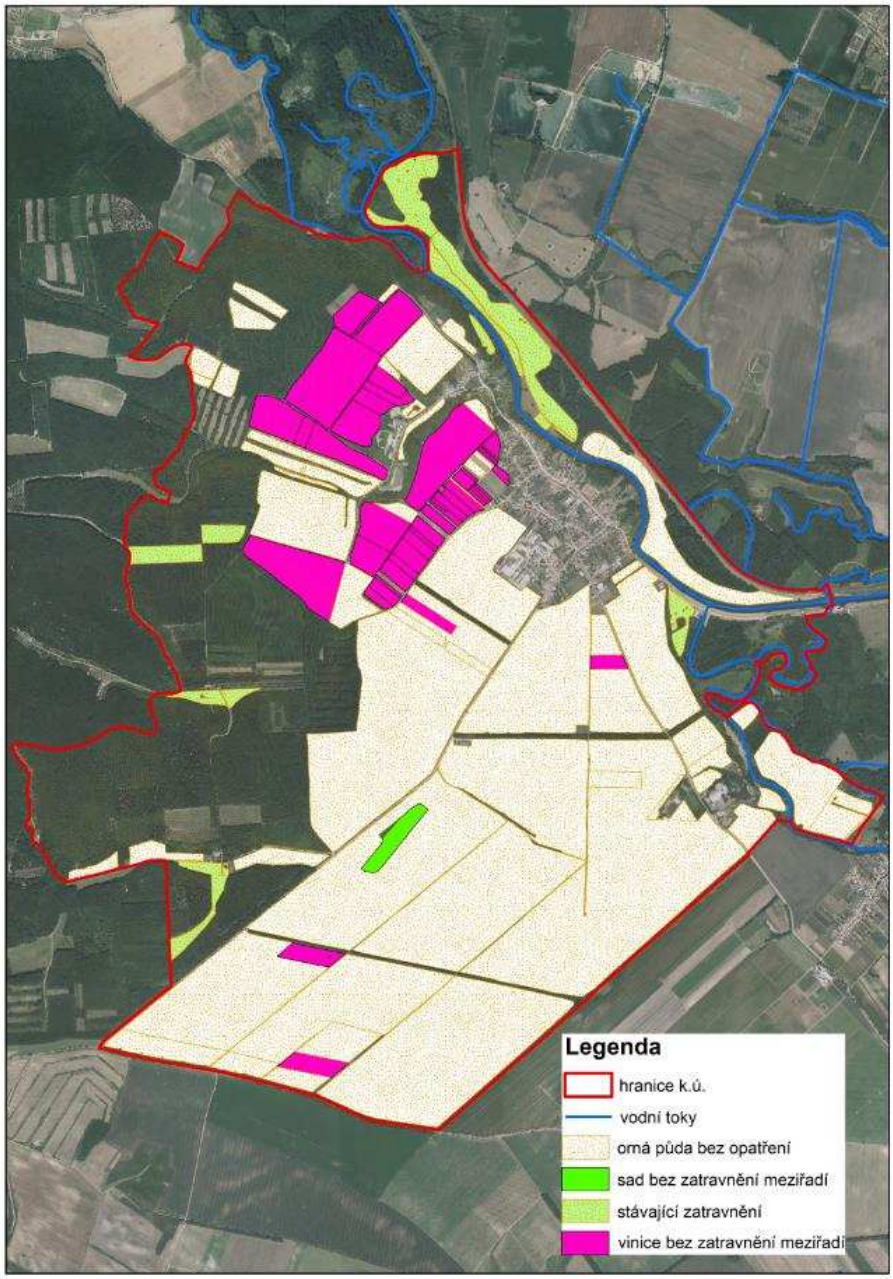
Mapa 4.31: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro ZD Bulhary - varianta současný stav R 40 (květen 2016)



Mapa 4.32: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro ZD Bulhary - varianta klimatická změna - R 60 (květen 2016)

4.7.1.4 Shrnutí pro nulovou variantu - současný stav

Z uvedených údajů vyplývá, že na některých půdních blocích hrozí, při stávajícím stavu hospodaření na půdě, značné ztráty půdy erozí (Mapa 4.30) a přibližně na 170 ha půdy je nutné i při současném stavu (velikost a tvar pozemků, používané osevní postupy, zemědělská technika (Tab. 4.13)) uplatnit agrotechnická opatření, která by omezila riziko eroze.



Mapa 4.33: Aktuální stav kultur a rozdělení do půdních bloků v ZD Bulhary

Zároveň se zavedením účinnějších protierozních opatření je třeba na většině pozemků s polními plodinami zlepšit zadržení vody ze srážek, hospodaření s vodou v půdě, strukturu porostů u obilnin, výběr plodin a odrůd s větší tolerancí k suchu a s vyšší odolností k chorobám a škůdcům, zvýšit využití živin z aplikovaných hnojiv a z půdy rostlinami apod. s cílem zvýšit stabilitu výnosů pěstovaných plodin. Při nedostatku srážek během vegetace rostlin dochází k nízkému využití živin z aplikovaných hnojiv (viz Tab. 4.13). Například po suchém roce 2015 byla při setí jarního ječmene na jaře 2016 zjištěna velmi vysoká zásoba N_{min} v půdní vrstvě 0-0,9 m (286 kg $N \cdot ha^{-1}$ po kukuřici a 213 kg $N \cdot ha^{-1}$ po cukrovce).

Lepšího využití dusíku z aplikovaných hnojiv rostlinami lze dosáhnout změnami v rozdělení dávek a ve způsobu aplikace dusíkatých hnojiv a stanovením dávek dusíku na základě zjištěného obsahu N_{min} v půdě. Optimalizace dávek dusíkatých minerálních hnojiv přispěje k omezení rozkladu organických látek v půdě, ke zlepšení povrchové struktury půdy, ke zvýšení diversity půdních organismů včetně vyšší aktivity nesymbiotických fixátorů dusíku (např. Azotobacter).

Mezi pozitivní stránky současného stavu hospodaření na půdě patří pěstování vojtěšky, která je v rámci osevního postupu zařazena jedenkrát za 6 let a hnojení chlévským hnojem z chovu dojnic, který je však v posledních letech z ekonomických důvodů z části prodáván. Produkce hnoje v ZD Bulhary odpovídá přibližně 1 dojnici na hektar, což je ve srovnání s běžným stavem v ČR nadprůměrné, a to zejména v nižších polohách a v aridních podmínkách. Dodávání organických látek do půdy ve formě hnoje (pozvolný rozklad, biologicky aktivní substrát) a posklizňových zbytků, včetně do hloubky rozvinutého kořenového systému po vojtěšce, velmi příznivě působí na strukturu půdy a na prevenci proti zhutnění, na biologickou aktivitu půdy spojenou s vysokou diversitou mikroorganismů a makroedafonu, s pozitivním vlivem na vytváření drobtovité struktury půdy s vysokou stabilitou půdních agregátů a biopórů v půdě podporujících infiltraci srážkové vody do hlubších vrstev půdy a vytváření akumulačních prostorů pro zadržení vody v půdním profilu. Jak pěstování vojtěšky, tak i produkce hnoje jsou existenčně spojené s chovem dojnic, který je v současné době, vzhledem k nízké ceně mléka, nerentabilní a přispívá k ekonomické nestabilitě ZD.

4.7.2 Návrh variantních ochranných a adaptačních opatření

Návrh ochranných a adaptačních opatření byl navržen ve dvou variantách - Realistická varianta a Maximální varianta. Rozdíly mezi variantami spočívají v návrhu interakčních prvků (10 m zatravněné pásy doplněné ozeleněním) a v návrhu ochranného sadu na části pozemku 3401/1 u varianty MV. Technická opatření nebyla v řešeném území navrhována nejen z důvodů již proběhlých KPÚ. Pro zajištění protipovodňové ochrany je již realizována ochranná nádrž a z hlediska protierozní ochrany není optimální navrhovat technická opatření tam, kde zároveň neplní funkci protipovodňové ochrany. V morfologicky členitém terénu bloku 3501 nejsou ani prakticky realizovatelná. Jako biotechnická opatření jsou navrženy ke stabilizaci 4 DSO.

U varianty RV jsou problémy s erozí, se zadržením vody ze srážek v půdě a se stabilitou výnosů pěstovaných plodin řešeny bez významnějších změn spojených s ekonomickou újmou v hospodaření ZD Bulhary (omezení pěstování některých plodin, zatravnění větších ploch svažitých pozemků na orné půdě apod.) a bez větších investic do nákupu nových strojů, zařízení a technologií. Základem je uplatnění organizačních a agrotechnických opatření, vedoucích ke změnám ve velikosti a ve tvaru pozemků, v protierozním rozmísťování pěstovaných plodin, ve stabilizaci drah soustředěného povrchového odtoku, ve zlepšení bilance organické hmoty v půdě, v agrotechnických postupech.

U varianty MV je navrženo setí erozně nebezpečných širokořádkových plodin do krycí plodiny a také vrstevnicové obdělávání silně svažitých pozemků vyžadujících investice do nákupu nových strojů, zařízení a technologií s využitím metod precizního zemědělství. Tato varianta není ekonomicky udržitelná při stávající úrovni dotací a podpoře od státu.

4.7.2.1 Realistická varianta

Organizační opatření

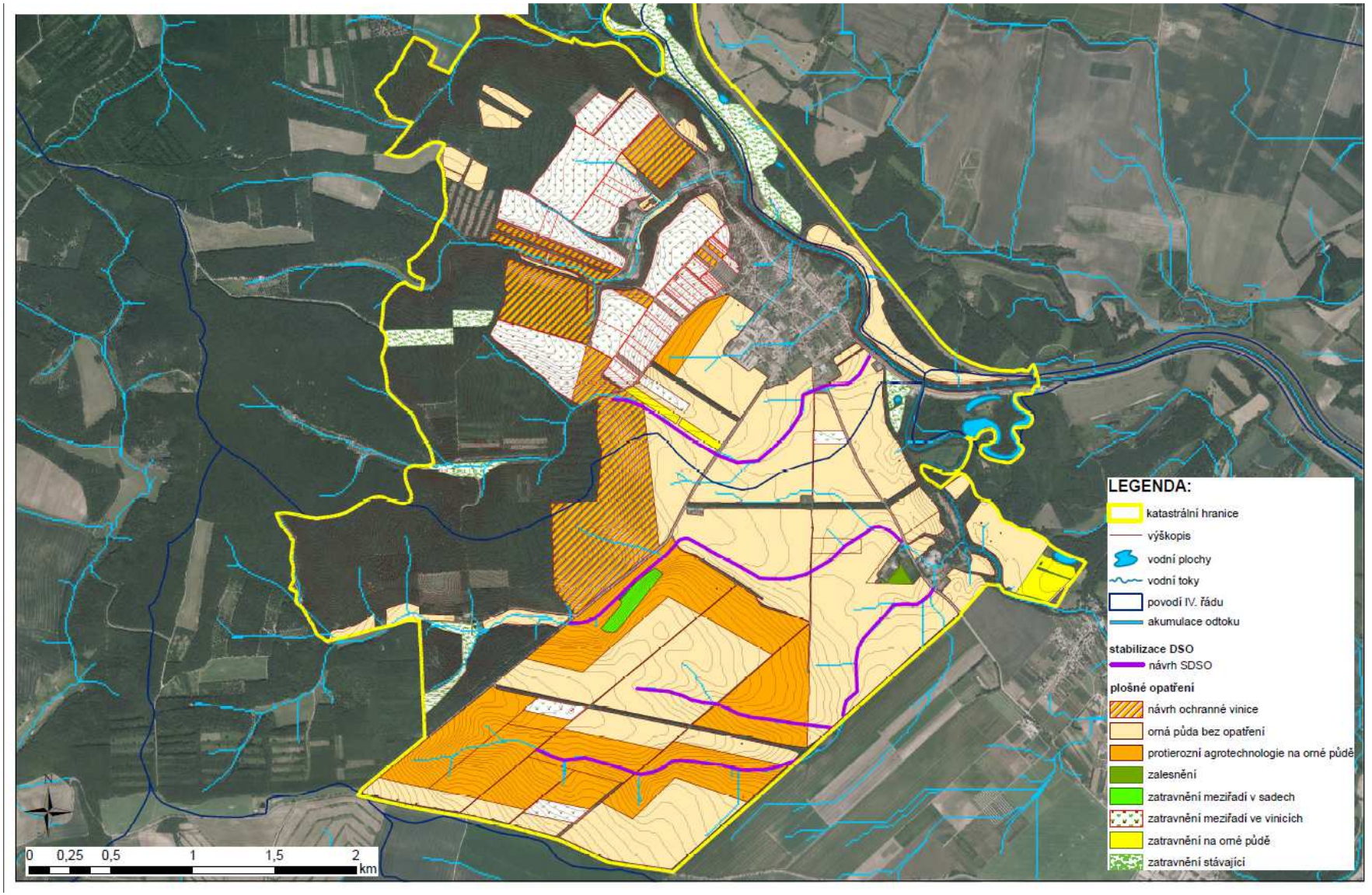
V modelovém území k. ú. Bulhary byla navržena opatření:

- velikost a tvar pozemku,
- delimitace druhu pozemku,
- protierozní rozmísťování plodin a protierozní osevní sledy.

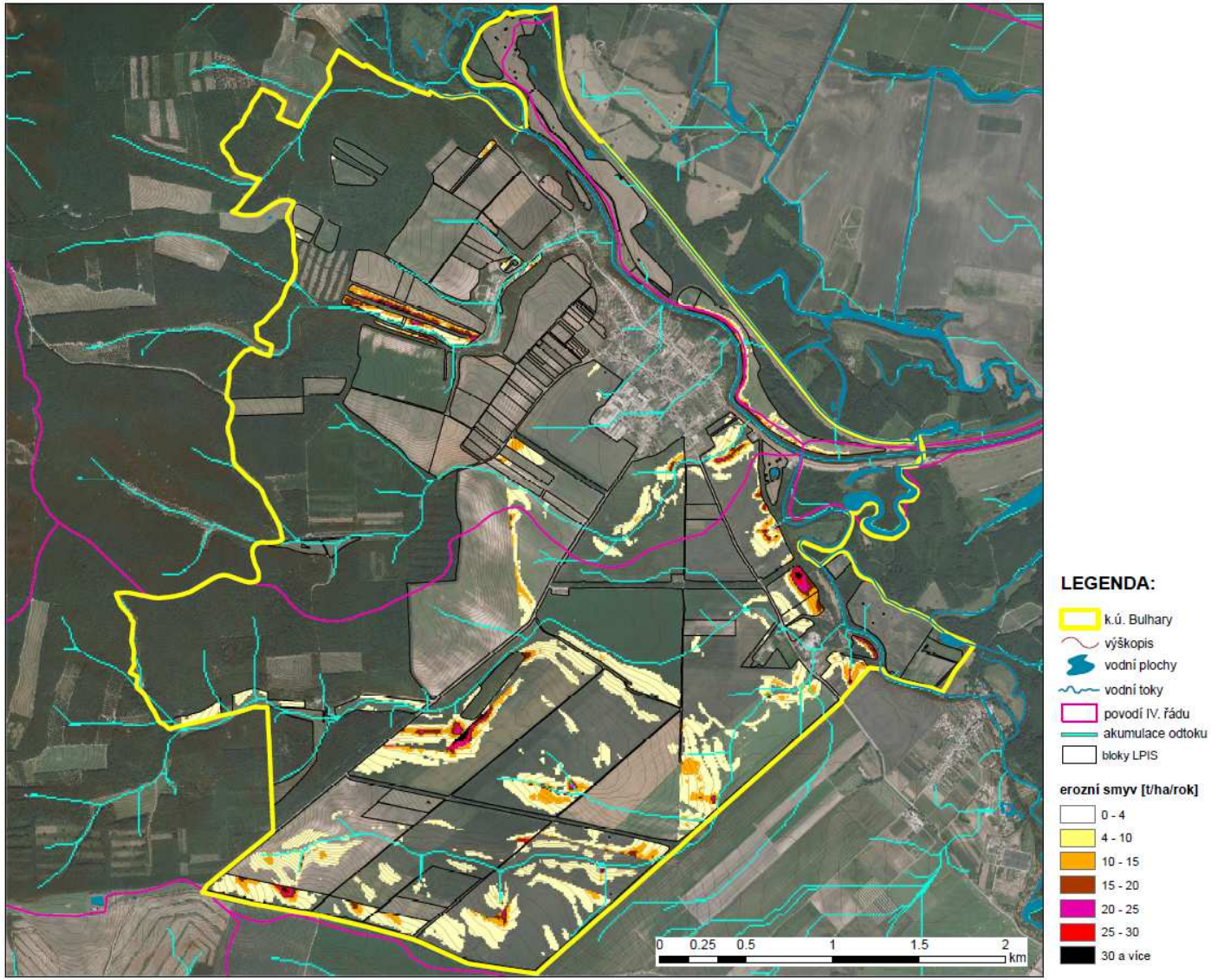
Velikost a tvar pozemku

Výchozí stav zachycují mapy 4.30-4.33. Změna tvaru a velikosti pozemku je navrhována na produkčním bloku LPIS 3501 rozdělením bloku na 4 cca 40ha pásy (Mapy 4.34 až 4.36). Rozdělení pozemku je uspořádáno na pásy s delší stranou situovanou tak, aby byl nahrazen dřívější spádnicový směr obdělávání blíže vrstevnicovému. Přitom budou tvar a rozměry pozemků optimalizovány také z hlediska záběru používané zemědělské techniky, aby nedocházelo k tvorbě zbytečných souvratí.

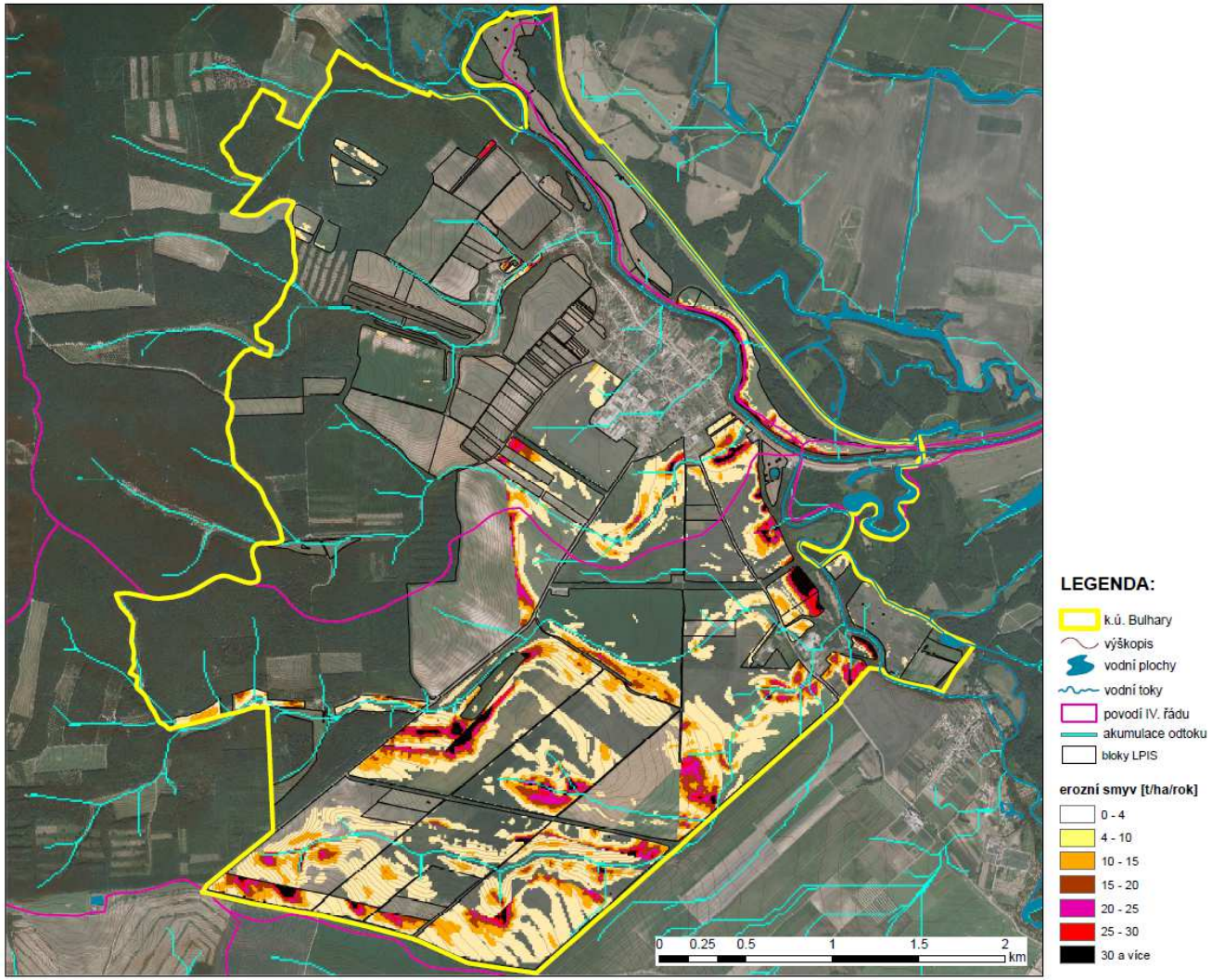
Na jednotlivých pásech je navrženo pěstování různých plodin s různou úrovní protierozní agrotechniky.



Mapa 4.34: Varianta RV základních protierozních opatření pro ZD Bulhary (květen 2016)



Mapa 4.35: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 40 (květen 2016)



Mapa 4.36: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 60 (květen 2016)

Protierozní rozmísťování plodin

Na bloku LPIS 3501 je navrženo protierozní rozmísťování plodin formou střídání plodin s různým protierozním účinkem. Protierozní rozmístění plodin na svazích patří k obecným zásadám protierozní ochrany půdy. Vychází z protierozního účinku plodin, který je dán charakteristikou vzrůstu, olistěním, rychlostí vývinu a typem pěstování (úzkořádkové a širokořádkové). Jednotlivé plodiny lze na základě protierozní ochrany při tradičním pěstování sestavit do řady se stoupající erozní ohrožeností: travní porost - vojtěška - obilnina ozimá - obilnina jarní - hrách - řepka ozimá - slunečnice - cukrovka - kukuřice.

Vyloučení pěstování erozně nebezpečných plodin (VENP)

Opatření formou VENP, kdy jsou z osevní rotace vyloučeny erozně nebezpečné plodiny (kukuřice, slunečnice, sója, cukrovka, bob setý), se navrhují jen na pozemku (2202/4) lokalizovaném nad zastavěným územím.

Návrh protierozní ochrany v sadech a ve vinicích

Na pozemcích s kulturou vinice či sadu je v obou variantách v případě obnovy navrženo protierozní situování řad sadu ve směru vrstevnic a meziřadí je navrženo k zatravnění. Provedenou protierozní ochranou dojde nejen ke snížení erozního smyvu, ale také ke zvýšení retenční schopnosti a ke snížení objemu odtoku a kulminačního průtoku v daném sub-povodí. Zatravnění stávajících vinic je navrženo na ploše cca 74,76 ha. Zatravnění meziřadí sadu je navrženo na bloku 3401/2 na ploše 4,23 ha. Při zatravnění je nutné vybírat druhy trav s nízkými nároky na vodu a na spotřebu živin.

Ochranné sady a vinice

Ochranné vinice se navrhují na pozemcích číslo 3203/5, 3204, 3301 na ploše cca 105,4 ha, ochranný sad je navržen na části pozemku 3401/1 o výměře 33,6 ha.

Ochranné sady a vinice mají zatravněná meziřadí a jsou situovány ve směru vrstevnic. Vyvýšené příkmenné pásy představují formu malé hrázky, zvyšující retenční schopnost území. Pro zatravnění bude kromě klasických travních porostů ověřována druhově bohatá směs (např. GreenMix) umožňující optimální infiltraci vody, určená k víceletému ozelenění meziřadí vinic. Předpokládané trvání porostu na stanovišti je 8 (případně i více) let. Byliny obsažené ve směsi vytváří velké množství organické hmoty, a to jak v nadzemní části, tak kořenovým systémem. Díky tomu je půda efektivně prokypřována až do hloubky cca 1 m. Navíc v důsledku zvýšeného množství organické hmoty se v takto osetých meziřadích několikanásobně zvyšuje množství makroedafonu, který dále zúrodňuje a prokypřuje půdu a zpřístupňuje révě potřebné živiny. Kořenový systém hluboce kořenících bylin v povrchové vrstvě půdy navíc částečně konkuruje kořenům révy vinné a nutí tak révu ve zvýšené míře kořenit hlouběji. Tento efekt je zčásti analogický mechanickému podrývání kořenů révy v meziřadí. Byliny významně podporují mykorhizní houby žijící v symbióze s révou vinnou. Složení směsi zajišťuje po celou vegetační dobu jak protierozní ochranu, tak produkcí nektaru a pylu kvetoucími rostlinami podporuje stovky druhů užitečného hmyzu ve vinici. Tyto efekty je však třeba ověřit v provozních podmínkách lokality, přičemž je nutné vyvinout funkční systém hnojení a případného zapravení hnoje a je rovněž nezbytné vypořádat se s faktem, že travní porost v prvních letech po založení vinice bez závlahy může vinné révě konkurovat, což v extrémně suchých letech může mít výrazné až fatální důsledky pro hlavní výsadbu. Při kontrolních odběrech vzorků půd v roce 2016 (červen, do hloubky 1 m) z plečkovaného pásu vinice byla zjištěna, ve srovnání se sousedním zatravněným nebo osetým (druhově bohatá směs) pásem, vyšší vlhkost půdy a obsah přijatelných živin.

Agrotechnická opatření

Také u této varianty je doporučováno uplatňování agrotechnických opatření navržených v předcházející nulové variantě. Kromě toho na půdním bloku LPIS č. 3501 dochází k rozdělení na 4 pozemky (Mapa 4.33), přičemž na dvou krajních pásech je v případě pěstování erozně rizikových plodin navrhována technologie setí do posklizňových zbytků nebo do hrubé brázdy. Na zbývajících

pásech je doporučen výsev do vymrzlé meziplodiny (nebo do meziplodiny ošetřené herbicidem) nebo do krycí plodiny. Protierozní účinnost osevního postupu a použitých agrotechnických opatření by měla být vždy ověřena, například pomocí internetové aplikace „Protierozní kalkulačka“[3]. U varianty s krycí plodinou je nutné vycházet z vláhové bilance, aby krycí plodina nesnížila dostupnost vody pro hlavní plodinu a aby v důsledku toho nedošlo k omezení růstu a ke snížení výnosu.

Vlastní protierozní agrotechnika, tj. způsob obdělávání půdy (zejména orba, setí a ostatní kultivační i sklizňové operace), by měla být prováděna, pokud to sklon a použitá technika dovolí, ve směru vrstevnic nebo nejvýše s malým odklonem od tohoto směru. Tento požadavek může přinášet problémy na vlhké půdě, kdy technika na kolech „ujíždí“ po svahu a vytváří široké koleje s utuženou nestrukturní půdou (plošné narušení vertikálních pórů také v okolí kol), čímž dochází ke zhoršení infiltrace srážkové vody do půdy a k urychlení povrchového odtoku. Kromě toho se chyby v napojení řádků při setí nebo sázení nepříznivě projeví v následujících agrotechnických opatřeních (překrytí nebo místa bez ošetření zejména při aplikaci herbicidů, insekticidů, morforegulátorů růstu, kapalných hnojiv apod.). V PEO se účinně uplatňují podsevy nebo meziplodiny, které se vysévají po sklizni hlavní plodiny. Tomu je třeba přizpůsobit zpracování půdy po sklizni, aby nedošlo k proschnutí horní vrstvy půdy. Jako meziplodiny jsou nejčastěji používány svazenka a hořčice, které přes zimu zpravidla vymrznou. Používání jednoděložných plodin (jílek, žito, popř. další obilniny) a výdrolu po obilninách s sebou přináší zejména při suchém a teplém podzimním období (často typické pro aridní oblasti) rizika přenosu viróz na vyseté porosty ozimých obilnin a zvyšuje náklady na chemickou ochranu. Ve srovnání s výsevem do zorané půdy snižuje bezorebný výsev kukuřice do meziplodiny smyv půdy na čtvrtinu až desetinu podle hustoty meziplodin. Bezorebné setí obilnin, zvláště na mělkých půdách na sklonech nad 15 %, snižuje smyv půdy na třetinu až desetinu při nižší spotřebě pohonných hmot, ale vyžaduje větší operativnost a preciznost ve výživě a v ochraně rostlin. V ZD Bulhary se před setím kukuřice půda hnojí hnojem, který se zaorává v pozdním podzimu (nízká intenzita mineralizačních procesů v půdě), a tak má příznivý vliv na infiltraci vody v půdním profilu, strukturu půdy, aktivitu mikroflóry a makroedafonu apod., což se mimo jiné projeví také lepším růstem kořenů a nadzemní části rostlin. V tomto případě lze doporučit setí kukuřice do hrubé brázdy (ověřováno v roce 2016), setí spolu s krycí plodinou s nízkým odběrem vody nebo aplikaci hnoje již k předplodině a setí kukuřice do strniště, do mulče z posklizňových zbytků předplodiny, do ošetřeného výdrolu nebo do meziplodiny.

Operativní agrotechnická opatření

Kromě návrhu poměrně zásadních organizačních opatření současného, ale ne zcela optimálního, stavu (Tab. 4.13) je přiložen i návrh agrotechnických opatření pro lepší zadržení a hospodaření se srážkovou vodou v půdě a pro zvýšení stability výnosů pěstovaných plodin při současném stavu hospodaření na půdě. Tato opatření jsou shrnuta v následujícím textu a v Tab. 4.14:

- omezení postupů ve zpracování půdy a v hnojení, které podporují rozklad organických látek v půdě (omezení intenzivního kypření půdy včetně orby v letním období při vyšších teplotách, ponechání části posklizňových zbytků na povrchu půdy po sklizni plodin s cílem omezit výpar a prohřívání půdy, omezení aplikace hnojiv s jednomocnými kationty, tedy K^+, NH_4^+, Na^+ apod., na povrch půdy bez zapravení, omezení plošné aplikace dusíkatých hnojiv na povrch půdy v době intenzivních mineralizačních procesů apod.),

[3] Protierozní kalkulačka je dostupná na http://kalkulacka.vumop.cz

Rok	Plodina	Termín zpracování půdy a použitá technologie	Termín hnojení	Technologie zapravení	Rizika
1.	vojtěška setá	podzimní orba, jaro smyk, kompaktor	nehnojeno		riziko eroze při orbě po svahu, setí bez krycí plodiny - pomalé zapojení porostu - riziko eroze
2.	vojtěška setá				
3.	pšenice ozimá	orba, kompaktor	0,1 t NPK. ha^{-1} před setím	předseťová příprava	při přikulení po setí po svahu určité riziko eroze
4.	kukuřice na siláž	podzimní orba, jaro smyk nebo kompaktor	hnojení hnojem 30 $t.ha^{-1}$, 0,2 t/ha močoviny před setím + směsné hnojivo při setí	hnůj orbou, močovina předseťovou přípravou, lokálně podpovrchově při setí	na svažitých pozemcích značné riziko eroze, zejména při zpracování půdy a při setí po svahu
5.	cukrová řepa/pše-nice	podzimní orba, jaro kompaktor; u pšenice orba, smyk	určuje cukrovar U o.p. 0,1 t NPK před setím	předseťová příprava	vzhledem k riziku eroze cukrovka pěstována na pozemcích s minimální svažitostí
6.	ječmen jarní	podzimní orba, jaro smyk nebo kompaktor	0,1 t NPK před setím	předseťová příprava	při přikulení po setí po svahu určité riziko eroze

Tab. 4.13: Současný stav zpracování půdy a hnojení

- pravidelné hnojení statkovými (organickými) hnojivy a jejich kvalitní zapravení do půdy z důvodu rychlejšího rozkladu organických látek v povrchové vrstvě půdy. Při dlouhodobé nižší vlhkosti půdy a při intenzivní mineralizaci půdní organické hmoty dochází k poklesu úrodnosti půdy a ke snížení její retenční schopnosti,
- zakládání porostů zemědělských plodin při minimalizaci utužení a poškození půdy a při omezení ztrát vody z půdy (optimalizace přejezdů techniky, slučování agrotechnických opatření s využitím pasivních nástrojů na zpracování půdy, mělká předseťová příprava půdy bez narušení seťového lůžka apod.),
- na erozně ohrožených plochách (viz Mapa 4.31, cca 160 ha) je vzhledem k eliminaci eroze a vzhledem ke zvýšení retenční schopnosti krajiny doporučen výsev kukuřice do mulče po meziplodině nebo do výdrolu,
- vytváření hrubé povrchové struktury půdy (omezení paušálního válení půdy po zasetí - na základě skutečných vláhových podmínek a předpovědi srážek, válení rynglovacími válci po vrstevnicích, plečkování porostů cukrovky a kukuřice s vytvořením hrubé povrchové struktury půdy),
- stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku (navrženy 4 DSO ke stabilizaci, viz Mapa 4.31),
- aplikace hnojiv a pesticidů s využitím diagnostických metod (např. AZP, N_{min}, ARR, hodnocení výskytu chorob a škůdců, používání monitorovacích lapačů škůdců apod.),
- pěstování vhodných plodin a odrůd včetně hybridů s určitou tolerancí k suchu a s dobrým zdravotním stavem (snížení nákladů na ochranu rostlin), větší uplatnění C_4 rostlin v osevních postupech.

Rok	Plodina	Termín zpracování půdy a použitá technologie	Termín hnojení	Technologie zapravení	Rizika
1.	vojtěška setá	podzimní orba, jaro smyk, kompaktor, zakládání do krycí plodiny	před setím 0,2 t NPK	předseťová příprava	snížení rizika eroze rychlejším zapojením porostu
2.	vojtěška setá				
3.	pšenice ozimá	bezorebný systém zpracování půdy	hnojení N v průběhu jarní vegetace na základě N_{min} v půdě		snížení rizika ztráty půdní vláhy, snížení rizika eroze na svažitých pozemcích
4.	kukuřice na siláž	podzimní orba při zapravení hnoje, pásové zpracování půdy	hnojení hnojem 40 $t.ha^{-1}$ + 0,1 $t.ha^{-1}$ močoviny před setím + směsné hnojivo NP při setí + N při plečkování; při pásovém zpracování hnojení P lokálně podpovrchově na podzim	při hnojení hnojem orbou	v případě rizika eroze na svažitých půdách setí do hrubé brázdy nebo pásové zpracování půdy
5.	cukrová řepa/pšenice	podzimní orba, jaro kompaktor; u pšenice orba, smyk	u cukrovky podle doporučení cukrovaru; u o.p. 0,2 t NPK před orbou	Orbou a předseťovou přípravou	
6.	ječmen	podzimní orba, jaro smyk nebo kompaktor	0,2 t NPK před setím	Předseťová příprava	v případě rizika eroze na svažitých půdách případné přikulení po setí ryngl. válci po vrstevnici

Tab. 14: Doporučené změny pro optimalizaci zpracování půdy a hnojení

Protierozní agrotechnologie na orné půdě (AGT)

Jedná se o výsev většinou širokořádkové plodiny do ochranné plodiny, do strniště nebo do mulče z posklizňových zbytků a do výdrolu předplodiny. Tato technologie je často spojena s omezeným zpracováním půdy. K protierozní ochraně se využívá rostlinného materiálu v různých formách, který je ponechán na povrchu půdy nebo je částečně zapraven a zabraňuje tak volnému povrchovému odtoku. V suchých a v teplých oblastech přispívá také k menšímu prohřívání půdy v letním období. Při aplikaci protierozních agrotechnologií se využívá zásada, že s množstvím vegetačního krytu na povrchu půdy roste protierozní účinek. Rostlinnými zbytky zdrsněný povrch pozemku zpomaluje povrchový odtok a zlepšuje podmínky pro zasakování srážek. K částečnému zapravení posklizňových zbytků do půdy jsou používány

kypřiče půdy (Obr. 4.7) a podmítače s pasivními pracovními orgány (většinou dlátové a radličkové kypřiče).

Obr. 4.7: Vertikální zpracování půdy s částečným zapravením rostlinných zbytků

Agrotechnická opatření, spojená s technologií výsevu plodin do ochranné plodiny, do strniště, či do posklizňových zbytků, jsou často spojena s omezeným zpracováním půdy (např. Obr. 4.8). K protierozní ochraně se využívá rostlinného materiálu v různých formách, který je ponechán na povrchu půdy nebo je částečně zapraven a zabraňuje tak volnému povrchovému odtoku.

Podrobnější popis protierozních technologií přináší literatura (Uživatelská příručka VÚMOP[4], Nové technologie v ochraně půdy, případně katalog PEO).

Zvýšení aplikace organické hmoty vyprodukované v ŽV

Z nulové (současné) varianty vychází větší produkce hnoje, než je následně aplikováno na zemědělské pozemky. V této realistické variantě bude uvažována stabilizace bilance POH aplikací vyšší dávky hnoje u pozemků kategorie 2. U pozemků kategorie 1 nebude změněna struktura osevního postupu.

[4] Dostupná on-line na http://knihovna.vumop.cz/documents/843

Obr. 4.8: Přímé setí kukuřice do vymrzlé meziplodiny

Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku

Přirozené dráhy soustředěného povrchového odtoku, zpevněné vegetačním krytem, jsou schopny bezpečně bez projevů eroze odvést povrchový odtok, ke kterému dochází v důsledku morfologické rozmanitosti krajiny, zejména na příčně zvlněných pozemcích, v úžlabinách a v údolnicích v době přívalových dešťů nebo jarního tání, kdy voda, soustředěně odtékající po povrchu, v těchto místech zpravidla způsobuje erozní rýhy (srovnej Obr. 4.9 a 4.10). Je proto nezbytné tyto potenciální dráhy soustředěného odtoku upravit tak, aby jejich příčný profil umožnil neškodné odvedení veškeré, po povrchu odtékající, vody (Obr. 4.9). Vedle snížení hodnot erozních odnosů a minimalizace formování efemerních strží zatravněním stabilizovaná dráha soustředěného odtoku umožní také zachycení rostlinných živin, popř. agrochemikálií, na erodovaných půdních částicích. Kapacita přírodních parabolických profilů bude většinou adekvátní a bude třeba jen definovat rozsah zatravnění.

Nejvhodnější ochranou těchto exponovaných míst je vegetační kryt, nejlépe zatravnění. Stabilizace drah soustředěného odtoku v této variantě navazuje na navržené DSO v předcházejících variantách a ke stabilizaci jsou navrženy 4 DSO o šířce 15 m a celkové výměře 12,9 ha (Mapa 4.34, 4.37). Předpokládaná životnost opatření je 10 let.

Obr. 4.9: Schéma zatravněné údolnice

Zásady navrhování

1. Při realizaci zatravněných drah soustředěného odtoku (údolnic) bude využito daného profilu přirozené údolnice.
2. Uživatel či vlastník pozemku provede stabilizaci dráhy soustředěného povrchového odtoku zatravněním.
3. Dráhu soustředěného povrchového odtoku v údolnici uživatel přesně v terénu identifikuje, vymezí a označí po jarním tání sněhu či po první srážce vyšší intenzity.
4. V období mimo výskyt přívalových srážek provede osetí 20 m širokým pásem doporučené směsi výběžkatých trav se středem v identifikované trase (viz bod 2.).

Obr. 4.10: Dráha soustředěného povrchového odtoku po tání sněhu

Obr. 4.11: Dráha soustředěného povrchového odtoku po stabilizaci

5. Pro rychlejší zapojení ochranného vegetačního krytu se seje (optimálně v září) do krycí plodiny, případně ve směsi současně s jinými plodinami zajišťujícími rychlý nástup ochranného účinku do doby vytvoření stabilního travního porostu (Tab. 4.15).

Vegetační kryt údolnice ovlivňuje rychlost pohybu vody v údolnici. Kořenový systém v závislosti na své hustotě a kvalitě zpevňuje půdu a redukuje odnos půdních částic rostlinných živin a agrochemikálií.

Ochranný účinek trav proti vodní erozi spočívá především v útlumu kinetické energie, ve snížení rychlosti a množství povrchově stékající vody projevujících se ve snížení její vymílací a transportní schopnosti a také v mechanickém zpevnění půdy kořenovým systémem.

6. Při zakládání, hnojení a ošetřování porostů je třeba vycházet z komplexního posouzení vzájemných vztahů stanovištních podmínek, ze složení porostu a ze specifičnosti jeho funkce. Vegetační kryt, který je pěstován a udržován v prostoru údolnice, je nejdůležitější částí tohoto protierozního opatření. V druhovém složení jsou preferovány trávy výběžkaté, tvořící pevný drn.

7. Vypracování návrhu na složení směsi spočívá ve výběru a ve stanovení poměru vhodných druhů. Složení směsi se vyjadřuje obvykle procentuálním podílem jednotlivých druhů. Z vybraných druhů se určí druhy hlavní (1-2), ostatní jsou pak doplňující. Dostatečný podíl výběžkatých trav musí být základem každého porostu určeného k protierozní funkci, protože právě výběžkaté druhy mají nejvyšší účinek a zajišťují vytrvalost porostu. Protože tyto trávy mají zpravidla pomalý počáteční vývoj, doplňují se druhy s rychlejším růstem.

DRUH	**%**	**kg osiva.100 m^2**
kostřava luční	20	0,24-0,40
kostřava červená výběžkatá	35	0,53
kostřava červená trsnatá	15	0,23-0,30
jílek vytrvalý	15	0,23
lipnice luční	15	0,15

Tab. 4.15: Směs s vysokým protierozním účinkem, vhodná na stanoviště sušší, s nižší zásobou živin

Vypracování návrhu na složení směsi spočívá ve výběru a ve stanovení poměru vhodných druhů. Při zakládání vegetačního zpevnění DSO zatravněním se doporučuje při setí postupovat způsobem postupných kroků dle Obr. 4.12 a)-c). Dvě třetiny navržené šířky se osejí v podélném směru podél vnějších stran navrženého rozsahu zatravnění (viz Obr. 4.12 a)), následně se třetina šířky podél osy vysévá napříč (viz Obr. 4.12 b)-c)).

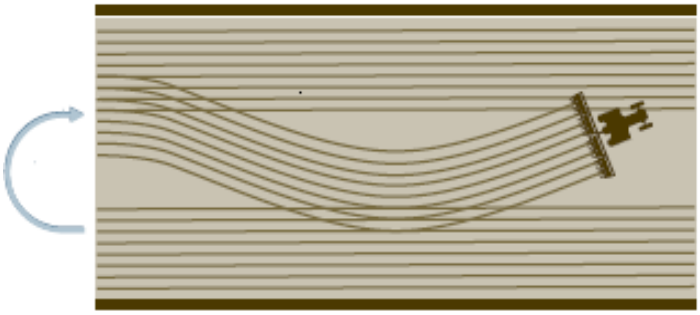
8. Při realizaci zatravněných drah soustředěného odtoku (údolnic) je nutno pečlivě zajistit napojení navazujících částí pozemku (sběrných ploch) a vyvarovat se vytvoření brázdy či vyjetých kolejí podél zatravněné údolnice.

9. Zatravněná stabilizovaná dráha soustředěného povrchového odtoku je protierozní opatření, které potřebuje údržbu, aby zůstala zachována jeho schopnost - bezpečně bez erozních procesů odvést povrchový odtok. Systém údržby spočívá zejména v:

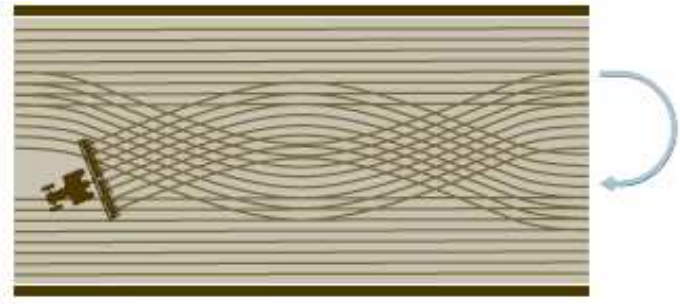
- pravidelném sečení minimálně dva až třikrát ročně tak, aby výška porostu v době po sečení byla 8-10 cm (dlouhé stonky mají tendenci vířit a vibrovat v proudu, a tím mohou způsobovat zvýšenou turbulenci s následnou možností poškození profilu údolnice),
- pravidelném kosení rovněž za účelem zajištění bohatého, pevného, odolného a stabilního porostu,
- přihnojování porostu během vegetace, které je velmi důležité pro dosažení kvalitního stabilního porostu,
- odstraňování akumulovaného sedimentu,
- bezprostředním odstraňování škod vzniklých při provádění agrotechnických operací zejména odstranění paralelní rýhy.

a)

b)



c)



Obr. 4.12: Doporučený postup osetí DSO

4.7.3 Maximální varianta

Tato varianta navazuje na předcházející variantu a předpokládá významnější omezení pěstování erozně rizikových plodin na svažitých pozemcích, více pozemků určených k zatravnění, rozdělení svažitých pozemků na pásy s pěstováním plodin po vrstevnicích, investice do nákupu nových strojů, zařízení a technologií s využitím metod precizního zemědělství. Předpokládá se také rozšíření ploch se závlahami a obnova, popř. rozšíření sadů a vinic. Jak již bylo uvedeno, tato varianta není v současné době ekonomicky udržitelná ani při využití stávajících dotací a podpor od státu, ale vede k výraznému zlepšení situace (Mapy 4.37-4.39). Obdobně jako u předcházejících variant je základním předpokladem pro omezení rizik eroze lepší zadržení vody ze srážek a stabilizace výnosů v suchých oblastech, uplatnění organizačních a agrotechnických opatření, vedoucích ke změnám ve velikosti a ve tvaru pozemků, vytvoření protierozních osevních postupů, stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku, zlepšení bilance kvalitní organické hmoty v půdě, agrotechnické postupy.

Přehled navrhovaných opatření

Organizační opatření

V modelovém území k. ú. Bulhary byla navržena následující opatření:

- velikost a tvar pozemku,
- delimitace druhu pozemku,
- protierozní osevní postupy.

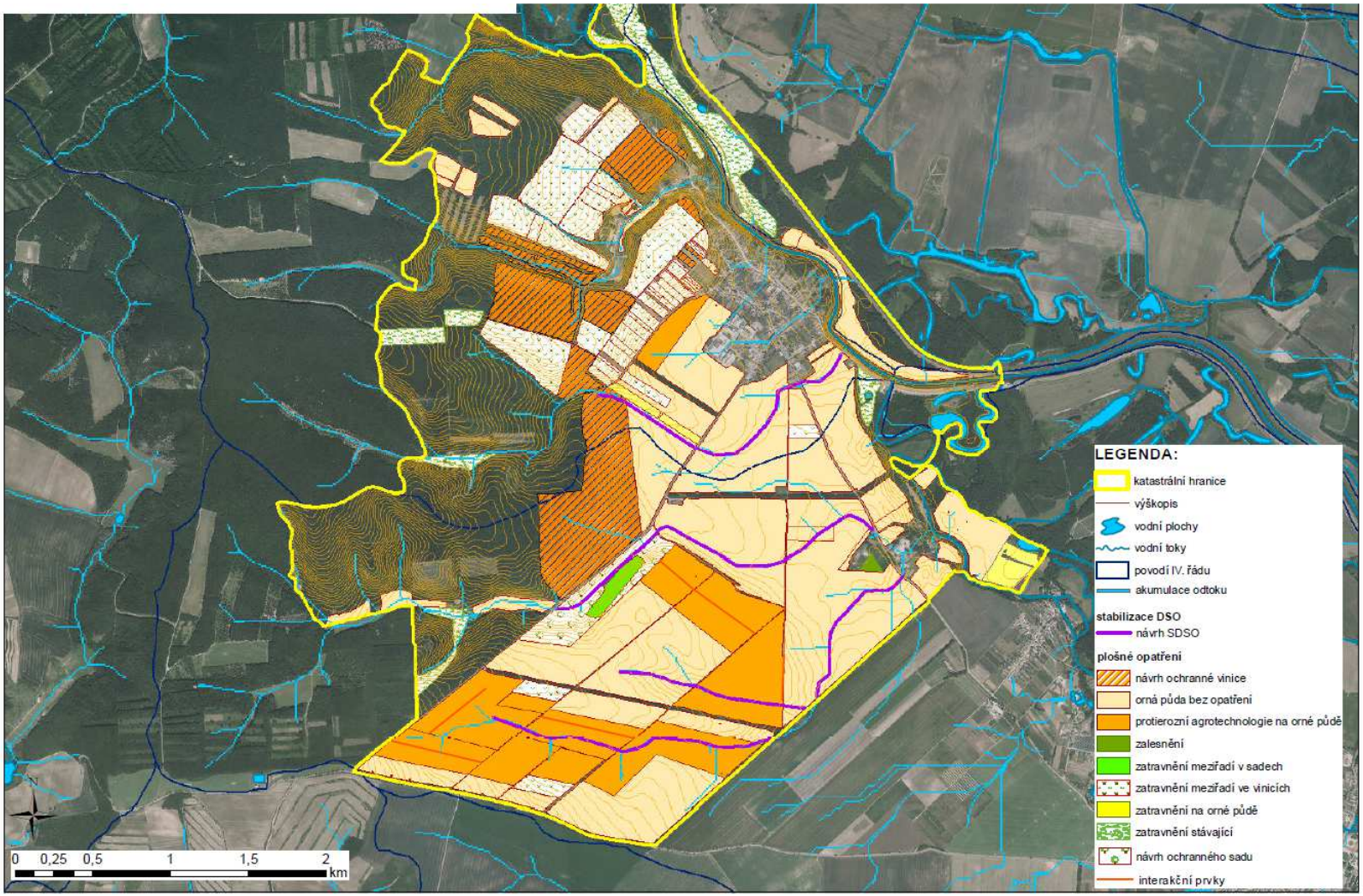
Výkaz výměr navržených opatření v celém k. ú. Bulhary je uveden v Tab. 4.16 a 4.17. Specifikace bloků ZD Bulhary, s návrhem ochranných a adaptačních opatření a jejich výměr, jsou uvedeny v Tab. 4.11a-b. U obou variant je pro ZD Bulhary navržena stabilizace DSO a pro variantu MV jsou navrženy interakční prvky a ochranný sad o výměře 18,0 ha na bloku č. 3401/1.

	plocha (ha)
zatravnění meziřadí ve vinicích	105,8
zatravnění meziřadí v sadech	4,2
protierozní agrotechnologie na orné půdě	172,3
ochranná vinice - návrh	99,3
ztatravnění údolnic	12,9
CELKEM	394,5

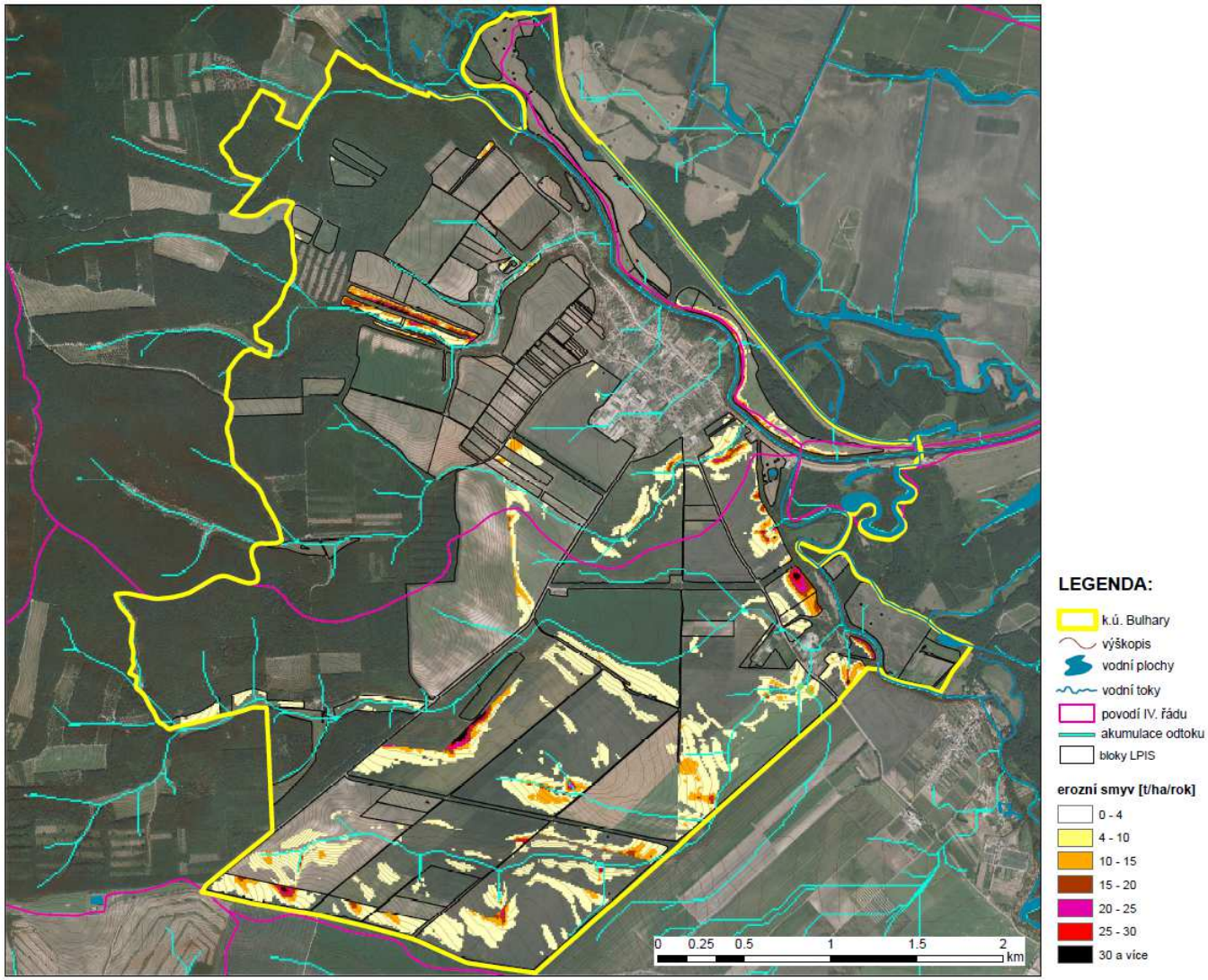
Tab. 4.16: Výkaz výměr navržených opatření u realistické varianty RV

	plocha (ha)
zatravnění meziřadí ve vinicích	105,8
zatravnění meziřadí v sadech	4,2
protierozní agrotechnologie na orné půdě	154,3
ochranná vinice - návrh	99,3
ochranný sad - návrh	18,0
interakční prvky	2,7
zatravnění údolnic	12,9
CELKEM	397,2

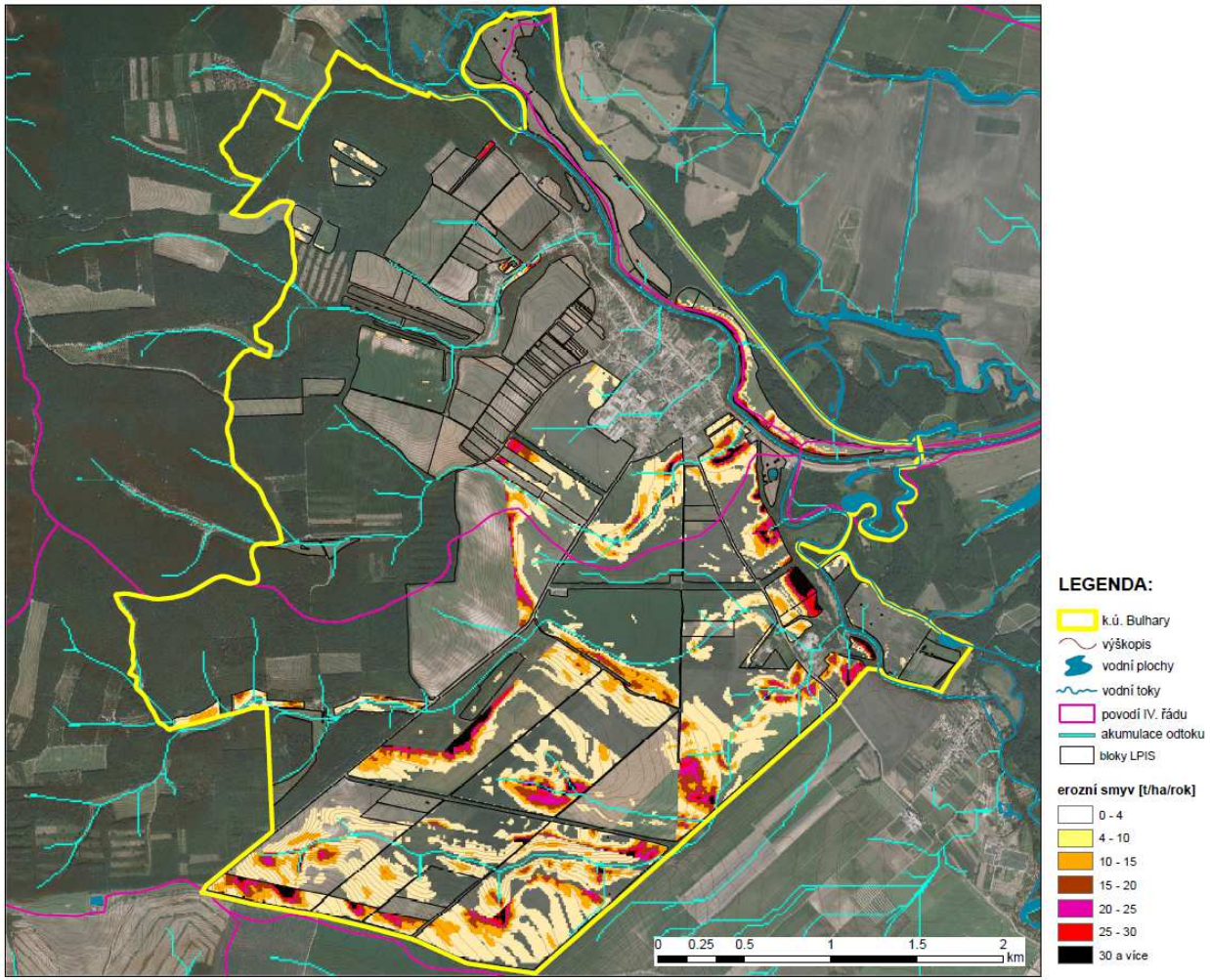
Tab. 4.17: Výkaz výměr navržených opatření u max. varianty MV



Mapa 4.37: Varianta MV základních protierozních opatření pro ZD Bulhary (květen 2016)



Mapa 4.38: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 40 (květen 2016)



Mapa 4.39: Míra erozního ohrožení po návrhu PEO varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 60 (květen 2016)

Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku

Nejvhodnější ochranou těchto exponovaných míst je vegetační kryt, nejlépe zatravnění, a je navrženo v podobném rozsahu jako v RV (Mapa 4.37). Předpokládaná životnost opatření je 10 let.

Návrh protierozní ochrany v sadech a ve vinicích

Tento typ protierozní ochrany v maximální variantě kopíruje variantu realistickou.

Agrotechnická opatření včetně uplatnění protierozních agrotechnologií na orné půdě (AGT)

Agrotechnická opatření navazují na základní pěstitelské postupy pro lepší zadržení a hospodaření se srážkovou vodou v půdě a pro zvýšení stability výnosů pěstovaných plodin v suchých oblastech, které jsou uvedeny a popsány v nulové variantě, zachycující současný stav hospodaření na půdě v ZD Bulhary. Cílem agrotechnických opatření je, s využitím nových pěstebních technologií, analytických a diagnostických metod hodnocení půdního prostředí a rostlin, zvýšit efektivnost vstupů a omezit rizika zhoršení úrodnosti půd (utužení, zasolení, degradace vodní erozí apod.) a snížení dostupnosti vody pro rostliny.

Vzhledem k nejistotě efektivních investic do agrotechnických opatření (zpracování půdy, hnojení, aplikace pesticidů apod.) v důsledku rizik spojených s absencí srážek a s vysokými teplotami bude intenzita vstupů regulována v částech pozemků s nižší vláhovou jistotou a s nižší stabilitou výnosů. Regulace intensity vstupů na základě variability půdy a dostupnosti vody pro rostliny omezí náklady na málo produktivních částech honu a současně tím budou snížena rizika zhoršení kvality půdy a znečištění podzemních a povrchových vod.

Doporučena je inovace stávajících agrotechnických postupů se zaměřením na omezení počtu přejezdů techniky a na lepší zadržení srážkové vody v půdě a na omezení vodní eroze:

- vytvoření hrubé struktury na povrchu půdy (setí do hrubé brázdy po orbě - Obr. 4.13, plečkování, ponechání částí posklizňových zbytků na povrchu půdy apod.),
- pásové zpracování půdy po vrstevnicích a setí do zpracovaných pásů,
- omezení rozkladu organických látek v půdě (přesun intenzivního zpracování půdy a aerace půdy v letních měsících do pozdějšího období, snížení plošné aplikace N-hnojiv na povrch půdy v době s vysokou mineralizační aktivitou půdy,
- větší uplatnění podpovrchové, lokální a zonální aplikace hnojiv,
- používání hnojiv s dobrou rozpustností ve vodě a s dobrou pohyblivostí živin v půdním profilu, která mají ve srovnání s běžnými hnojivy vyšší účinnost při nedostatku srážek.

Inovace některých stávajících postupů je limitována podmínkami v ZD Bulhary a úzkou návazností pěstování polních plodin na potřeby živočišné výroby a na produkci hnoje. Například při protierozních opatřeních při pěstování kukuřice se musí na většině plochy brát v úvahu zapravení hnoje orbou. Při mělčím zapravení hnoje do půdy, s využitím bezorebných půdoochranných systémů zpracování půdy, dochází v teplých a v suchých oblastech k rychlejšímu rozkladu dodaných organických látek a k vyšším emisím oxidu uhličitého do ovzduší. Po orbě lze doporučit na mírně svažitých pozemcích setí kukuřice do hrubé brázdy, které bylo ověřeno na části pozemku v ZD Bulhary v roce 2016.

Pásové zpracování půdy při zakládání porostů širokořádkových plodin na svažitých pozemcích

Při pěstování polních širokořádkových plodin (zejména kukuřice) na svažitých pozemcích bude v ZD Bulhary ověřeno pásové zpracování půdy (strip till) s ponecháním části posklizňových zbytků, strniště, mulče po meziplodině apod. v pásech na povrchu půdy a setím do zpracovaných pásů s cílenou podpovrchovou aplikací hnojiv do různých hloubek půdního profilu. Protierozní účinnost této technologie

byla ověřena VÚMOP a byla schválena jako jedna ze specifických půdoochranných technologií v rámci DZES 5.

Pásové zpracování půdy je rozumnou alternativou k orbě a ve srovnání s půdoochrannými technologiemi bez zpracování půdy nebo s mělkým kypřením půdy vytváří příznivější podmínky pro vsakování srážkové vody do prokypřeného pásu, pro prohřívání a provzdušnění půdy, pro růst kořenů do hlubších vrstev a pro využití živin z podpovrchově aplikovaných hnojiv. Čím více je povrch půdy pokryt rostlinnými zbytky a čím mělčí vrstva půdy se zpracovává, tím narůstá význam a zvyšuje se efektivnost lokální podpovrchové aplikace hnojiv do blízkosti kořenů rostlin. Ponecháním zbytků rostlin na povrchu půdy nebo v její horní vrstvě se zvyšuje biologická aktivita půdy v povrchové vrstvě, která se mimo jiné projevuje vyšší imobilizací živin (zejména N a P) z aplikovaných hnojiv. Ve srovnání s orbou je u bezorebných technologií zpracování půdy účinnost plošné aplikace menších dávek těchto živin většinou nižší.

Při lokální aplikaci vyšší dávky hnojiva jen z jedné strany osiva dochází často k nerovnoměrnému rozmístění kořenů v půdě ve prospěch většího prokořenění v okolí hnojiva. Větší hustota kořenů je většinou spojena také s větším odběrem vody z blízkosti hnojiva, což může mít negativní vliv na využití živin rostlinami, a to zejména při nedostatku srážek. Při absenci srážek po aplikaci hnojiv a při proschnutí půdy může mít vyšší lokální koncentrace některých živin (např. amonný dusík) v místě uložení hnojiva nepříznivý vliv na růst kořenů, zejména v počátečních fázích růstu rostlin. V suchém roce 2015, vzhledem k proschnutí půdy a k omezení růstu nadzemní části i kořenů rostlin v důsledku nepříznivých vláhových podmínek v půdě a vysokých teplot vzduchu, byla zjištěná délka kořenů v půdním profilu podstatně nižší než ve srážkově příznivějších předcházejících letech. Ani pozdější srážky v průběhu měsíce srpna neměly výraznější vliv na růst kořenů kukuřice.

Obr. 4.13: Vliv založení porostu kukuřice na její stav při nedostatku srážek (červenec 2015): vlevo orba + kompaktor, vpravo setí do hrubé brázdy

Ekonomické náklady (na pořízení nových strojů na pásové zpracování půdy, na cílenou diferencovanou aplikaci minerálních hnojiv do různých hloubek a na přesné setí do zpracovaných pásů) jsou plně či částečně kompenzovány větší stabilitou výnosů v jednotlivých letech, vyšším využitím živin

z aplikovaných hnojiv i za méně příznivých vláhových podmínek, snížením spotřeby pohonných hmot (o 14-29 % oproti konvenčním způsobům zpracování půdy). Dalším významným ekonomickým aspektem je i zkrácení pracovního času při zpracování půdy v důsledku vyšší pracovní rychlosti a větší šířky záběru nových typů strojů pro diferencované zpracování půdy, především ve srovnání s klasickou orbou, a to až o 30 %. Sloučením operace zpracování půdy s aplikací hnojiv dochází k úspoře minimálně jednoho přejezdu po pozemku.

Výběr vhodných odrůd tolerantních k suchu a setí směsí odrůd, popř. druhů polních plodin pro zvýšení diversity produkce a stability výnosů

Vhodné odrůdy polních plodin (Tab. 4.18) jsou doporučovány na základě víceletých výsledků zkoušení odrůd pro registraci podle metodik ÚKZÚZ na stanovištích s nízkými srážkami a s vyššími teplotami (např. Branišovice, Chrlice, Jaroměřice nad Rok., Lednice, Znojmo, Žabčice) a na základě dalších odrůdových pokusů prováděných na sušších stanovištích např. MENDELU, VÚRV, v. v. i., šlechtitelskými stanicemi apod. Například u ozimé pšenice lze na základě těchto výsledků a na základě konzultace se šlechtiteli doporučit následující odrůdy tolerantnější k suchu: Annie, Dagmar, Fakir, Forhand, Gordian, Julie, Lavantus, Rumor, Virriato. Přitom vhodnější jsou odrůdy s dobrým zdravotním stavem, které je možné pěstovat při nižší intenzitě vstupů (např. u odrůdy Virriato stačí 1 fungicid). Na sušších stanovištích je třeba věnovat větší pozornost jak výběru vhodné odrůdy, tak i optimálním agrotechnickým opatřením. Vytvoření správné struktury porostu patří k největším rezervám v naplňování výnosového potenciálu rostlin. Zejména vyšší hustota porostu, než je optimální počet rostlin, přináší rizika zhoršení zdravotního stavu rostlin, polehnutí porostu a zhoršení kvality produkce. Na základě víceletých výsledků z odrůdových pokusů s ozimou pšenicí lze do oblastí ohrožených suchem doporučit odrůdy kompenzačního typu se střední odnožovací schopností, s vyšším počtem zrn v klasu v kombinaci se střední HTZ a se stabilní objemovou hmotností zrna. Kompenzaci výnosové deprese nebo některého jakostního parametru zrna u dané odrůdy ozimé pšenice, pěstované v oblasti ohrožené suchem, lze také řešit setím ve směsi s tzv. kompenzační odrůdou, která je v požadovaných vlastnostech excelentní:

Rok	Plodina	Současné odrůdy	Současný výsevek	Doporučené odrůdy	Doporučený výsevek	Poznámky
1.	vojtěška setá	Vlasta	15 kg·ha^{-1}	Vlasta	15 kg·ha^{-1}	odrůda Vlasta je vhodná do této oblasti
2.	vojtěška setá					
3.	pšenice ozimá	Genius, Diadem, Bohemia, Athlon, Hyfi, Lukulus	220-230 kg/ha (kromě hybridu Hyfi)	Virriato, Julie, Dagmar, Athlon, Gordian Lukulus	3,5-4 MKS	výsevek dosud používán paušálně bez zohlednění HTZ
4.	kukuřice na siláž	NK Octet Mas 47.P	88 300 s./ha	NK Octet Mas 40.F	85-88 tis. semen.ha^{-1}	odrůda NK Octed se velmi osvědčila
5.	cukrová řepa/pšenice	odrůdu vybírá cukrovar				
6.	ječmen jarní	Xanadu	200 kg·ha^{-1}	Xanadu	3,3-3,7 MKS	výborná sladovnická kvalita, tolerance k suchu, garantován odbyt

Tabulka 4.18: Současné a doporučené odrůdy

- stabilizace výnosů v suchých oblastech: paralelní setí méně výnosných odrůd s vyšší odolností k suchu v kombinaci s výnosnějšími odrůdami se střední odolností snižuje rozdíly ve výnosech a v kvalitě produkce v jednotlivých letech. Při nejistotě srážek a při setí do proschlé půdy s horší strukturou je možné zvolit také různou hloubku setí sudými a lichými botkami. Setí běžné výnosné odrůdy (např. Tobak) s krycí vyšší osinatou odrůdou (např. Annie) chrání výnosnou odrůdu před nepříznivým vlivem výsušných větrů.
- Snížení výsevku a zlepšení struktury porostu: paralelní setí dvou různých výsevků umožňuje optimalizovat strukturu porostů a omezit riziko při zakládání porostu s nízkým výsevkem (např. u hybridních odrůd ozimé pšenice).

Používání minerálních hnojiv s regulovaným uvolňováním živin

V teplejších a v sušších oblastech a na půdách s vyšší biologickou aktivitou (kromě promyvných půd s písčitým a se štěrkovitým podložím) je vhodné aplikovat vyšší dávky dusíku k ozimým plodinám na začátku jarní vegetace rostlin. Později aplikované dávky, vzhledem k častým přísuškům nebo vzhledem k větší imobilizaci N půdní mikroflórou (např. při posklizňových zbytcích na povrchu půdy), mají nižší účinnost. Pro toto hnojení jsou velmi vhodná hnojiva s regulovaným uvolňováním dusíku, jako například UREA^{stabil} = močovina s inhibitorem ureázy, který zpomaluje hydrolýzu močoviny, čímž omezuje ztráty únikem amoniaku a prodlužuje dobu, kdy může být nehydrolyzovaná močovina po srážkách transportována ke kořenům rostlin. Na rozdíl od nitrátového dusíku, který je také dobře pohyblivý v půdě, nerozložená močovina je velmi pomalu přijímána kořeny rostlin, a tak nedochází např. u ozimé pšenice k tvorbě většího počtu odnoží a k zahuštění porostu, což může být v suchých oblastech nepříznivé. Při hnojení vyššími dávkami dusíku před setím jarních plodin (např. kukuřice, cukrovka) s možností zapravení hnojiva do půdy při předseťové přípravě nebo při podpovrchové lokální aplikaci do půdy je vhodné používat hnojiva s dobrou rozpustností a s živinami dobře pohyblivými v půdě, aby nedocházelo k následné vyšší koncentraci živin v povrchové vrstvě půdy, což může mít nepříznivý vliv na růst kořenů do hloubky. Živiny málo pohyblivé v půdním profilu (P, K) musí být aplikovány a zapraveny do půdy již na podzim nebo při jarní aplikaci musí být zapraveny nejlépe do pásků do hlubších vrstev půdy (15 -25 cm).

Návrhy vyšších dávek hnojiv u realistické varianty mohou být po výpočtu vláhové bilance doplněny o pěstování meziplodin. Například může být vhodné zařadit do osevního postupu svazenku vratičolistou nebo hořčici bílou před zasetím kukuřice. Návrh na zvýšení aplikace organické hmoty byl posouzen opět výpočtem bilance půdních organických hmot (POH). Příklad výpočtu byl uskutečněn pro nejméně příznivou strukturu osevního postupu varianty A na pozemcích kategorie půdy 2. Po zahrnutí meziplodiny do struktury osevního postupu je výsledná bilance POH na nejméně příznivé variantě A na pozemku KP2 téměř bez deficitu.

Varianty byly uvažovány beze změny pěstovaných hlavních plodin. Vyšší množství POH by bylo možné provést úpravou osevního postupu při volbě jiných hlavních plodin.

4.8 Možná opatření pro zmírnění dopadů sucha

4.8.1 Posouzení přínosu zvýšení retenční schopnosti

V zájmové oblasti k. ú. Bulhary byl hodnocen potenciální vliv změny retenční schopnosti na vodní bilanci v území. Pro výpočet byl využit zjednodušený postup, kdy bylo kalkulováno s konstantní retenční schopností pro období od března do listopadu a současně byly posuzovány reálné průběhy srážek mezi léty 2001-2010 při rovnoměrném rozdělení srážek na celém k. ú. Tab. 4.19 ukazuje, že s ohledem na hluboce deficitní vodní bilanci je efekt zvýšené retence při návrhu opatření zanedbatelný. Hlavní příčinou tohoto jevu je fakt, že srážky v regionu obvykle dopadají na půdu nenasycenou předchozí srážkou a v naprosté většině případů retenční schopnost území výrazně přesahuje dostupné srážky. Přestože jsou agrotechnická a protierozní opatření vedena snahou zajistit vysokou retenční (a také infiltrační) schopnost území, samotný dopad zvýšené retence v půdě bude epizodický bez znatelného dopadu na produkci, a proto ani není uvažován v cost-benefit analýze.

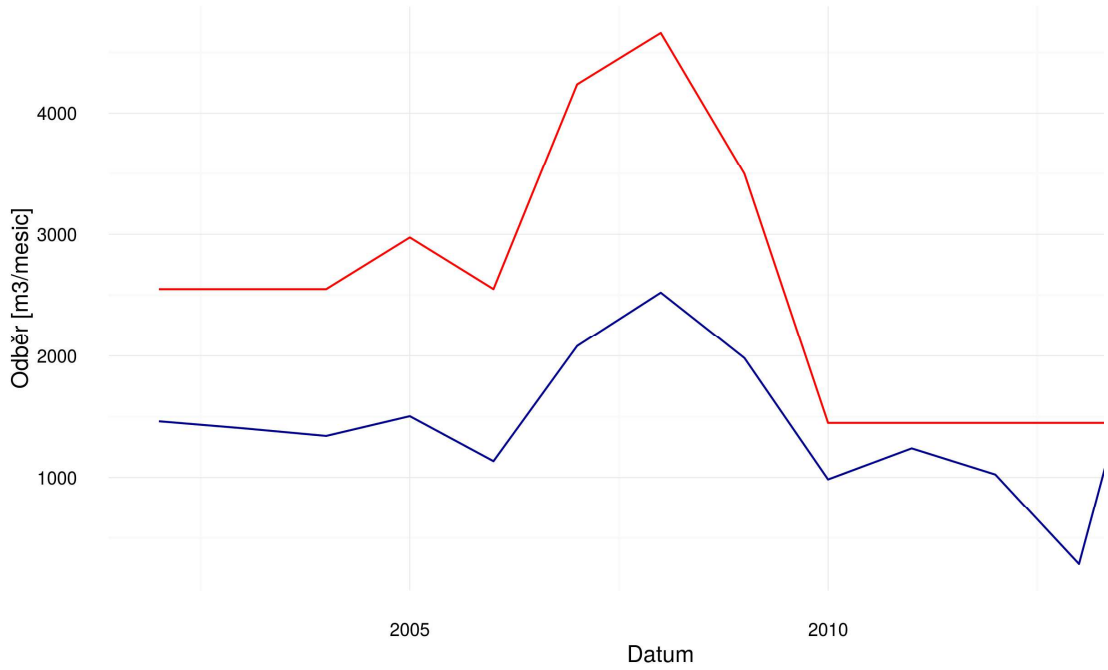
plocha k. ú.	plocha orné + ttp na orné + úhoru	skutečný stav				po návrhu opatření				rozdíl		
		průměrné CN v k. ú.	přímý odtok	reálná retence		průměrné CN v k. ú.	přímý odtok	reálná retence		reálná retence (průměrně)		
PLOCHA [km^2]	ORNA [ha]	CN_prum	H0 [mm/období]	A_r [mm/období]	A_r [m^3/období]	CN_prum	H0 [mm/období]	A_r [mm/období]	A_r [m^3/období]	A_r [mm/období]	A_r [m^3/období]	A_r [m^3/ha]
15.161		69.9	11	454	6 883 094	67.6	9	455	6 898 255	1	15 161	10

Tab. 4.19: Průměry srážek na stanici Bulhary z let 2001-2010 pro období od března do listopadu za předpokladu neměnného CN během roku a rovnoměrného rozložení srážek na celém území

4.8.2 Dostupné zdroje vody

V zájmové lokalitě k. ú. Bulhary je deficit přírodních vodních zdrojů (vypočtený na základě rozdílu mezi srážkovým úhrnem a potenciální evapotranspirací). Hodnoty dosahují vysokých negativních hodnot, okolo -210 mm·rok^{-1} (tzn. pro vyrovnanou bilanci, při které by byly naplněny hodnoty PET, je zapotřebí cca 3,2 mil. m^3 vody). Tuto úvahu je však potřebné brát pouze jako orientační, ale je zřejmé, že posílení vodních zdrojů pro zemědělské účely je možné pouze pomocí odběrů povrchové vody z toku Dyje, která danou lokalitou protéká a jejíž zdrojová plocha povodí je více než 12 tis. km^2.

Hodnoty užívání vod v zemědělství na řešeném území a v okolí byly převzaty z databáze vodohospodářské bilance, kde jsou ze zákona evidovány odběry, které jsou větší než 500 m^3·měsíc^{-1} nebo 6000 m^3·rok^{-1}. Selekce byla provedena na základě seznamů OKEČ a CZ-NACE pro jednotlivé činnosti. Na řešeném území a v jeho okolí jsou pro zemědělské účely evidovány pouze odběry povrchové vody. Po vyhodnocení databáze je zřejmé, že velikost povolených odběrů v posledních letech klesá a ani tyto hodnoty nejsou uživateli naplňovány. Na Obr. 4.14 jsou znázorněny povolené a skutečné odběry v zemědělském sektoru.



Obr. 4.14: Povolené hodnoty odběrů (červeně) a skutečně odebraná voda v zemědělském sektoru (modře)

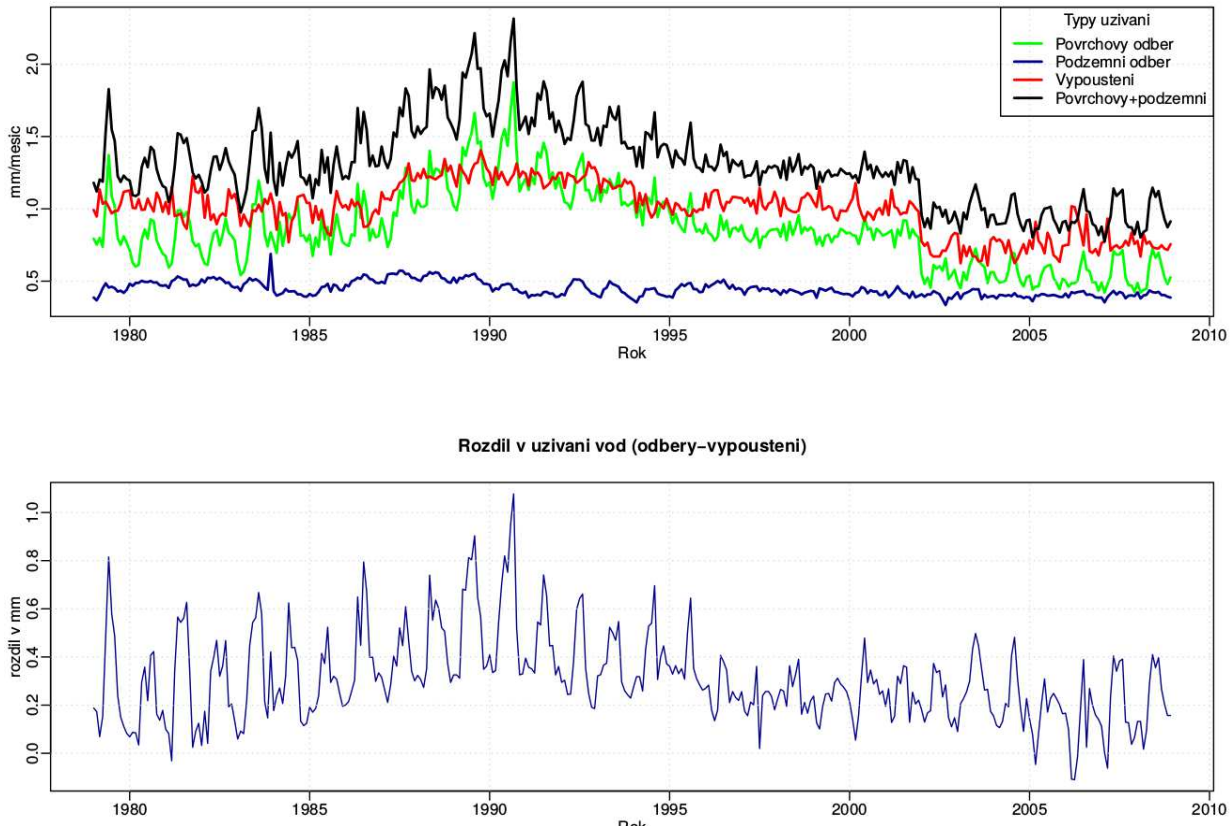
Z pohledu celkových odběrů na povodí Dyje po profil Nové Mlýny pod nádrží, tj. DBCN 480400, lze pozorovat pokles průměrných odběrů (povrchových i podzemních) řádově o více než 0,5 mm/měsíc oproti roku 1990. Tato hodnota odpovídá řádově rozdílu 2,2 $m^3 \cdot s^{-1}$. Celkový vývoj od roku 1980 je možné vidět na Obr. 4.15. V horním grafu jsou znázorněny všechny odběry a v dolním je znázorněn rozdíl odběry-vypouštění, přičemž v současné době je tento rozdíl cca 0,2 $mm \cdot měsíc^{-1}$ (cca 0,9 $m^3.s^{-1}$). Avšak i tento rozdíl poklesl cca na polovinu.

Vodohospodářská bilance byla modelována na soustavě po profil DBCN 479500 - Nové Mlýny pod nádrží. Z výsledků vodohospodářské bilance lze uvést následující poznatky:

- jako problémové lokality (bilanční profily, úseky toků, vodní nádrže) byly identifikovány všechny bilanční profily, kde není průtok nadlepšován vodními nádržemi.
- Za rizikové lokality lze do jisté míry považovat Veverskou Bítýšku na Svratce, Dalešice-Mohelno a Ivančice na Jihlavě, Boskovice na Bělé a Vranov, Trávní Dvůr a Znojmo na Dyji. U těchto lokalit rovněž nelze předpokládat potenciál pro zajištění případných zvýšených požadavků na odběry vod.
- Jako bilančně aktivní lze naopak identifikovat profily Židlochovice a Brno-Poříčí na Svratce a Nové Mlýny a Břeclav-Ladná na Dyji. U těchto profilů dosahuje zabezpečenost stávajících minimálních průtoků (resp. odtoků z vodních nádrží) nejméně hodnoty 97,5 %.

Uvedené úseky vodních toků či vodní nádrže tak poskytují určitý potenciál pro zajištění případných zvýšených požadavků na odběry vod. Pro zájmové území Bulhary výsledky znamenají zajištění současných hodnot povolených odběrů i ve výhledu (nádrže soustavy Nové Mlýny disponují velikým potenciálem pro zvýšení odběrů vody). Pokud by měla být zodpovězena otázka, jak velký je disponibilní objem vody využitelný v budoucnosti, resp. o kolik je možné očekávat zvýšení odběru ve střednědobém výhledu, pak je nezbytné iterativně zvyšovat požadavky na odběry a opakovat výpočet VH bilance. Nicméně takto pojímaná úloha, uživatelsky vázaná na jednu lokalitu - Bulhary, má svá interpretační úskalí, neboť neznámá zvýšení potřeby odběrů vody se v současné době dají očekávat na více místech

a pro různé účely. Proto se jako klíčové jeví integrované posouzení disponibilních zdrojů vody v místech existujících i potenciálních odběrů. Výhledové požadavky na odběry vod pro sektor zemědělství nebyly v době řešení úlohy k dispozici.



Obr. 4.15: Odběry na povodí Dyje po uzávěrný profil DBCN 480400 Nové Mlýny pod nádrží

4.8.3 Agrotechnická doporučení

Navrhovaná opatření navazují na organizační a agrotechnická opatření, zaměřená na ochranu půdy proti erozi, která je nutné v rámci zemědělského podniku vzájemně integrovat. Hlavní pozornost je věnována zadržení vody ze srážek v půdě a efektivnímu hospodaření s ní včetně omezení výparu z povrchu půdy. Také v suchých a v teplých oblastech má významnou roli v hospodaření s vodou v půdě organická hmota, která však v těchto podmínkách často podléhá intenzivnějším mineralizačním procesům, proto je nutné omezit postupy ve zpracování půdy a při hnojení, které podporují rozklad organických látek v půdě, a to zejména v době, kdy je intenzita těchto procesů vysoká. V ZD Bulhary je doporučováno uplatnění obecných ekonomických, organizačních a technických opatření pro zvýšení stability hospodaření v zemědělských podnicích v oblastech ohrožených suchem, a to konkrétně následující:

- důkladná ekonomická analýza vstupů a výstupů,
- optimalizace intenzity vstupů při nestabilitě výnosů (např. snížení nákladů na nákup hnojiv, morforegulátorů růstu, pesticidů a zvýšení investic do zemědělské techniky, do nákupu kvalitních osiv apod.),
- větší diversifikace činností včetně poskytování služeb (souvisí s investicemi do výkonných zemědělských strojů),
- uplatňování diagnostických metod (např. půda) a postupů precizního zemědělství s regulací vstupů na základě prostorové variability půdy,
- slučování agrotechnických opatření a optimalizace přejezdů techniky na půdě,

- uplatňování nových agrotechnických postupů v pěstebních technologiích (např. strip till, setí do mulče, setí směsí kompenzačních odrůd nebo druhů polních plodin apod.).

Při provádění agrotechnických opatření budou dodržovány následující zásady správné zemědělské praxe pro hospodaření na půdě v suchem ohrožených oblastech:

- správným zpracováním půdy a hnojením omezovat intenzivní rozklad organické hmoty v půdě, zadržet co nejvíce srážkové vody a omezit výpar z půdy,
- dodávat organické látky do půdy v kvalitních statkových a organických hnojivech s optimálním poměrem C:N a s využitím aplikační techniky šetrné k půdě,
- při aplikaci hnojiv zvýšit využití živin rostlinami (např. lokálně podpovrchově), nezhoršovat povrchovou strukturu půdy (např. plošnou aplikací hnojiv s jednomocnými kationty, jako jsou NH_4^+ či K^+, na povrch půdy, a tím následně nesnižovat infiltraci vody do půdy) a neurychlovat rozklad organických látek v půdě,
- omezit plošnou aplikaci hnojiv na povrch půdy bez zapravení v období s vysokou aktivitou mineralizačních procesů v půdě a optimalizaci dávek dusíku provádět na základě obsahu N_{min} v půdě (+ korekce na základě rozborů rostlin),
- zakládání porostů zemědělských plodin při optimalizaci přejezdů zemědělské techniky a při minimalizaci ztrát vody z půdy,
- pěstovat vhodné plodiny a odrůdy s určitou tolerancí k suchu, větší uplatnění C_4 rostlin v osevních postupech.

Lepší zadržení srážkové vody v půdě a hospodaření s ní je možné ovlivnit novými technologickými postupy při zpracování půdy, při zakládání porostů zemědělských plodin, při hnojení minerálními a statkovými hnojivy. Pro zlepšení současných podmínek bude v ZD Bulhary nutné kromě změn velikosti a tvaru pozemků a protierozních opatření zvýšit množství organické hmoty dodávané do půdy ve statkových a organických hnojivech, což však závisí na ekonomické stabilizaci podniku, a to zejména v nepříznivých letech. Pro stabilizaci výnosů polních plodin a ekonomiky ZD Bulhary bude nutné část pozemků zavlažovat, což souvisí s investicemi do závlahového systému, avšak dobrou zprávou je, že v rámci k. ú. lze předpokládat dobrou zabezpečenost zdroji vody.

Z hlediska potřeby vody na tvorbu biomasy jsou do suchých oblastí vhodnější C_4 rostliny s nižším evapotranspiračním koeficientem, jako jsou například kukuřice a čirok, než C_3 rostliny (většina ostatních plodin). V ZD Bulhary se zvyšuje spotřeba vody na tvorbu jednotky sušiny v následujícím pořadí: čirok, kukuřice, cukrovka, pšenice, ječmen. Z tohoto hlediska vhodná a v suchých oblastech z C_4 rostlin nejvíce rozšířená plodina kukuřice patří mezi širokořádkové plodiny a je omezeno její pěstování na svažitých pozemcích (DZES). Tolerantnější k suchu jsou také plodiny a odrůdy, které dokáží v průběhu vegetace lépe korigovat výpadky jednotlivých výnosotvorných prvků (např. obilniny a kompenzační typy odrůd). Rozdíly v potřebě vody a v efektivnosti jejího využití rostlinami jsou významnější mezi jednotlivými druhy polních plodin než mezi odrůdami. Například údaje z našich podmínek ukazují, že čirok má o 1/4 až 1/3 nižší potřebu vody na produkci 1 kg sušiny v průběhu vegetace než kukuřice. Čirok však nepříznivě reaguje na nedostatek vody v půdě a na nízké teploty v době klíčení. Po vytvoření kořenového systému dokáže s vodou velmi dobře hospodařit. Bylo prokázáno, že v obdobích sucha rostliny čiroku pozastavily svůj růst a opětovně začaly vegetovat až po deštích. V současné době se čirok v ČR pěstuje na několika stovkách ha pro využití v bioplynových stanicích, v menší míře také jako meziplodina. Čirok je možné vysévat v užších řádcích a jeho pěstování nepodporuje tolik vodní erozi půdy jako širokořádkové plodiny včetně kukuřice. Další plodinou, která je proslulá svou suchovzdorností, je bér vlašský. Obě plodiny patří k pozdně setým obilninám a jejich agrotechnika je obdobná jako u kukuřice. Obilky obou plodin neobsahují lepek a jsou tak vhodnou alternativou pro stále více se zvyšující poptávku po bezlepkových potravinách. Obě uvedené plodiny jsou vhodné pro produkci biomasy, ale mají potenciál

i pro potravinářský průmysl a pro krmivářství, a to zejména v podmínkách, kdy pěstování kukuřice ohrožuje kvalitu půdy, zvyšuje riziko eroze a vyplavování živin z půdy.

Zastoupení jednotlivých plodin v osevních sledech určuje mimo jiné vyčerpání a potřebu vody pro obnovení půdní zásoby na podzim a v průběhu zimy. Na půdách s dostatečnou vodní kapacitou je potřeba zvažovat spotřebu vody předplodinou nebo meziplodinou a potřebu vody pro následnou plodinu. Především druhy, které mají vysokou spotřebu vody i v pozdním létě a počátkem podzimu (cukrovka, vojtěška, kukuřice, čirok, travní porost, přezimující nebo později vymrzající meziplodina) vyčerpávají zásobu vody i z hlubokých vrstev půdy, jejíž doplnění je zvláště v posledních letech s teplými a se suchými zimami nedostatečné. Půdy v sušších oblastech jsou náchylnější k vyčerpání zásoby vody v půdě v důsledku nerovnoměrných srážek v posledních letech a dopady sucha jsou i z tohoto důvodu větší. Zastoupení meziplodin v osevním sledu závisí především na půdně-klimatických podmínkách konkrétního stanoviště, na vypočítané vodní bilanci pro pěstované plodiny a na ekonomických a na organizačních možnostech zemědělského podniku. I když se při založení porostů meziplodin často uplatňují minimalizační technologie, dochází v suchých letech k odčerpání zásoby vody v půdě, což se může projevit poklesem výnosů následných plodin. Z dosažených víceletých výsledků, publikovaných v odborné literatuře, vyplývá, že jistota odpovídajících výnosů meziplodin v sušší kukuřičné a v řepařské oblasti je jen 30-45 %.

4.8.4 Návrh změn agrotechnických postupů při pěstování klíčových polních plodin

1) Kukuřice

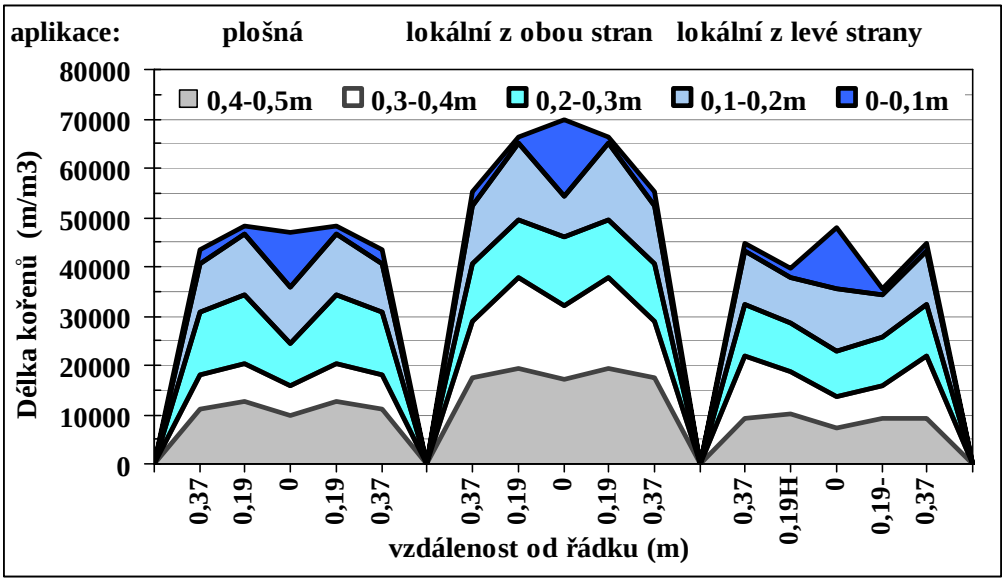
U kukuřice budou na pozemcích ZD Bulhary ověřeny různé způsoby zakládání porostů kukuřice a hnojení, které by měly podpořit lepší hospodaření s vodou v půdě včetně zvýšení zadržení srážkové vody a podpory růstu kořenů, který se (kromě nedostatku srážek) významně podílel na dosažených výnosech v roce 2015. V roce 2016 bylo ověřeno setí do hrubé brázdy po orbě s podpovrchovou lokální aplikací hnojiv. Bude ověřeno pásové zpracování půdy včetně aplikace málo pohyblivých živin (P, K) do hlubších vrstev půdy pod budoucí řádky v podzimním období a následné jarní setí kukuřice s aplikací startovací dávky živin. Zároveň bude ověřeno setí kukuřice v kombinaci s podpovrchovou aplikací hnojiv po obou stranách osiva přímo do nezpracované půdy po podzimní orbě. Převážná část dusíku bude ke kukuřici aplikována na základě stanovení N_{min} v půdě a na základě jeho rozložení v půdním profilu, přičemž dusík bude aplikován v závislosti na srážkách v jarním období před setím, aby nedošlo k vyšší koncentraci dusíku v horní vrstvě půdy a k ovlivnění růstu kořenů v půdním profilu. Budou ověřeny různé kombinace hnojiv včetně použití rychle rozpustných hnojiv s dobře pohyblivými živinami v půdě, která jsou vhodná do suchých oblastí.

Na základě našich poznatků je aplikace větších dávek málo pohyblivých živin, jako např. fosforu, do mělké vrstvy půdy (do 0,1 m) v oblastech s častými přísušky málo efektivní. I v těchto oblastech je však v zemědělské praxi často k lokální aplikaci při setí používán Amofos v poměrně vysoké dávce (80-100 $kg \cdot ha^{-1}$), což je odůvodnitelné jen na půdách s nízkou zásobou fosforu a s hodnotou pH nad 7, kde může být příjem fosforu z půdní zásoby omezen. Na rozdíl od vlhčích oblastí, kde jsou během vegetace pěstovaných plodin většinou vyšší srážky, je nutné vybrat vhodné systémy pro lokální aplikaci hnojiv do různé hloubky půdy a do různé vzdálenosti od osiva, pro stanovení optimální dávky hnojiva s vhodnou formou živin. Do horních 50-100 mm půdy je výhodné aplikovat při setí tzv. startovací hnojiva s nízkou koncentrací a s optimálním poměrem živin pro danou plodinu, nebo běžná minerální hnojiva s živinami dobře pohyblivými v půdě. Při lokální aplikaci vyšší dávky hnojiva jen z jedné strany osiva dochází často k nerovnoměrnému rozmístění kořenů v půdě ve prospěch většího prokořenění v okolí hnojiva. Větší hustota kořenů je spojena také s větším odběrem vody z blízkosti hnojiva, což může mít negativní vliv na využití živin rostlinami, a to zejména při nedostatku srážek. Proto je důležité směrovat lokální aplikaci minerálních hnojiv do míst s větší vláhovou jistotou včetně diferencovaného vertikálního hnojení do různých hloubek půdy při hlubokém zpracování půdy. Vzhledem k vysoké koncentraci roztoku

v místě lokální aplikace minerálních hnojiv, zejména při setí širokořádkových plodin, lze toto riziko při aplikaci vyšších dávek minerálních hnojiv snížit umístěním hnojiva po obou stranách osiva nejlépe do pásků, kde je větší kontakt hnojiva s okolní půdou. Tato aplikace přispívá k rychlejšímu poklesu koncentrace půdního roztoku a živiny jsou především v počátečních fázích růstu rostlinami lépe využívány. Na Obr. 4.13 a 4.16 je znázorněn příznivý vliv aplikace hnojiva UREA^{stabil}, vdávce 130 kg hnojiva. ha^{-1} (což odpovídá60 kg N·ha^{-1}) do pásků po obou stranách osiva při setí, na růst kořenů kukuřice (fáze 10. listu, Sazená u Velvar, 2013) ve srovnání s aplikací hnojiva na jednu stranu od osiva nebo s plošným hnojením na povrch půdy.

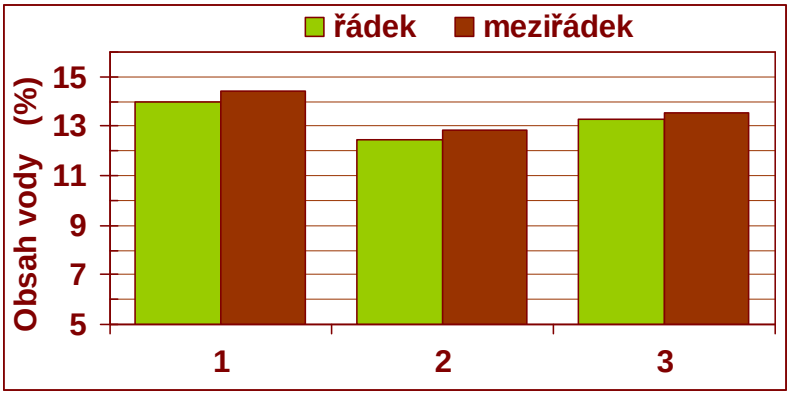
Při lokální aplikaci minerálních hnojiv do horní vrstvy půdy má na využití živin rostlinami, zejména v sušších oblastech, významný vliv vodní režim půdy. Ten je odrazem daného způsobu zpracování a předseťové přípravy, při které často dochází ke zbytečným ztrátám vody. Na Obr. 4.16 je znázorněn vliv rozdílných způsobů zakládání porostů kukuřice na obsah vody v půdě v řádku pod rostlinami a mezi řádky ve fázi 10. listu v suchém roce 2015. Z výsledků vyplývá, že po podzimní orbě a následné předseťové přípravě půdy kompaktorem byla nejnižší zásoba vody v půdě ve srovnání s ostatními variantami. Produkce suché nadzemní biomasy byla na sledovaných variantách obdobná a pohybovala se v rozmezí 1,1-1,25 t· ha^{-1}. Při pásovém zpracování půdy provedeném v podzimním období (Obr. 4.17) byla vlhkost půdy vyšší než na orané ploše. Vzhledem k následujícímu suchému období se vyšší vlhkost půdy projevila také ve výnosech čerstvé hmoty silážní kukuřice, které byly v korelaci s hodnotami obsahu vody v půdě (Obr. 4.18-19).

Při zakládání porostů kukuřice do krycí plodiny je nutné vycházet z bilance vody na daném stanovišti. Například v suchém roce 2015 došlo na některých stanovištích ke snížení výnosů kukuřice při zakládání porostů po sklizni ozimého žita nebo při vysévání krycí plodiny do meziřadí při setí kukuřice, což bylo způsobeno nižší dostupností vody pro kukuřici.

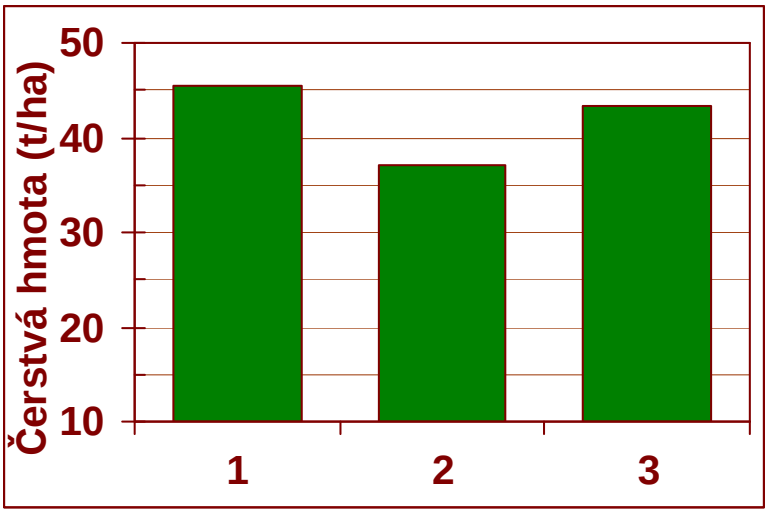


Obr. 4.16: Délka kořenů kukuřice (fáze 10. listu) v půdním profilu při různém hnojení při setí

Obr. 4.17: Pásové zpracování půdy s aplikací hnojiv



Obr. 4.18: Hodnoty vlhkosti půdy stanovené gravimetricky (průměr vrstvy 0-0,3 m) v řádku a v meziřádku kukuřice (fáze 10. listu, 2015)



Obr. 4.19: Výnos čerstvé hmoty silážní kukuřice

Varianty zpracování půdy uvedené v Obr. 4.14 a 4.15:
1 - strip till – podzim,
2 - orba podzim + kompaktor před setím
3 - orba jaro - setí do hrubé brázdy.

2) Obilniny - ozimá pšenice

Při pěstování ozimé pšenice, popř. i dalších obilnin, budou doporučeny odrůdy tolerantnější k suchu na základě odrůdových pokusů na sušších stanovištích (na základě dosavadních výsledků např. Virriato, Julie, Gordian, Dagmar, Athlon). Na základě víceletých výsledků těchto pokusů by odrůdy ozimé pšenice měly pro suché oblasti splňovat následující požadavky:

- kvalitní osivo z oblasti bez stresů - nutná znalost provenience osiva, velmi dobrá klíčivost a vysoká energie klíčení,
- kompenzační typy odrůd s nižší odnožovací schopností, s vysokým počtem zrn v klasu a s vyšší průměrnou HTZ,
- menší atraktivnost pro přenašeče viróz (křísek polní),
- dobrá zimovzdornost a odolnost k vyjarování, spojená s rychlou jarní regenerací rostlin,
- nevyžaduje vyšší dávku morforegulátoru růstu (optimálně do 1 l přípravků s CCC v BBCH 30),
- dobrý zdravotní stav, dostačující jedno fungicidní ošetření ve fázi BBCH 39-61 bez výraznějšího „green efektu“,
- menší plocha horních listů a případná regulace metabolismu při vysokých teplotách snižováním aktivní plochy listů, vosková vrstva na povrchu listů,
- vysoká a stabilní objemová hmotnost zrna.

Pro vybrané vhodné odrůdy budou vypracovány odrůdové technologie pro pěstování ozimé pšenice v oblastech ohrožených suchem. Na sušších stanovištích jsou většinou neefektivní aplikace vyšších dávek dusíku s dělenou aplikací, fungicidů a regulátorů růstu, proto budou ověřovány odrůdy, které poskytují dobré výnosy a kvalitu zrna také při nízkých vstupech. Dávka dusíku bude korigována na základě obsahu N_{min} v půdě. Po suchém roce 2015 zůstalo po některých plodinách v půdě velké množství nevyužitého (reziduálního) dusíku. Například při setí jarního ječmene na jaře 2016 byla zjištěna velmi vysoká zásoba N_{min} v půdní vrstvě 0-0,9 m (286 kg $N \cdot ha^{-1}$po kukuřici a 213 kg $N \cdot ha^{-1}$ po cukrovce), kterou ječmen nemůže plně využít a nadbytek dusíku může zvýšit obsah N-látek v zrnu, a tím zhoršit kvalitu sladovnického ječmene. Lepšího využití dusíku z aplikovaných hnojiv rostlinami je možné dosáhnout změnami v rozdělení dávek a ve způsobu aplikace dusíkatých hnojiv a stanovením dávek dusíku na základě zjištěného obsahu N_{min} v půdě.

Po sklizni obilnin bude ověřován vhodný způsob zpracování půdy s cílem omezit ztráty vody výparem z půdy, prohřívání půdy během velmi teplých letních dnů spojených s vyšší intenzitou mineralizačních procesů v půdě.

Nové technologie zakládání porostů obilnin vhodné pro aridní oblasti:

Ve spolupráci s českými výrobci zemědělských strojů, hnojiv apod. budou ověřovány nové technologické postupy vhodné pro oblasti s častými přísušky, zaměřené na větší zadržení srážkové vody, na podporu rozvoje kořenů rostlin a na efektivnější využití vody rostlinami. Například modulární secí stroj Falcon od firmy Farmet (oceněný hlavní cenou na veletrhu zemědělské techniky TECHAGRO 2014) je originální v tom, že dokáže paralelně do lichých a sudých řádků sít 2 odrůdy nebo 2 druhy zemědělských plodin s různými výsevky a různou hloubkou uložení osiva, což přispívá mimo jiné ke stabilizaci výnosů a kvality produkce v suchých oblastech. Pěstování méně výnosných odrůd s vyšší tolerancí k suchu (např. některé osinaté odrůdy) v kombinaci s výnosnějšími odrůdami se střední tolerancí snižuje rozdíly ve výnosech a v kvalitě produkce v jednotlivých letech. Při nejistotě srážek a při setí do proschlé půdy s horší strukturou je možné zvolit různou hloubku setí sudými a lichými botkami.

3) Cukrovka

Porosty cukrovky jsou v ZD Bulhary zakládány v kooperaci s cukrovarem, který zabezpečuje většinu agrotechnických opatření. Bude konzultována optimalizace hnojení cukrovky v podzimním a v jarním období a dále také případné podzimní podrývání půdy s cílem prokypřit půdu do hlubších vrstev pod úroveň orby a s cílem zlepšit zadržení vody ze srážek. Zároveň bude konzultováno a případně ověřeno

speciální plečkování cukrovky, které vytváří na povrchu půdy hrubou strukturu a směruje srážkovou vodu směrem ke kořenům rostlin (Obr. 4.20).

Obr. 4.20: Plečkování cukrovky s použitím speciálních nástrojů

4) Shrnutí

Zásadní opatření jsou shrnuta v Tab. 4.20.

Plodina	**Hlavní doporučení**
vojtěška setá	ověřit zakládání porostu do luskoobilní směsky
pšenice ozimá	ověření doporučených odrůd a výpočet výsevku podle MKZ
kukuřice na siláž	na svažitých pozemcích setí po vrstevnicích do hrubé brázdy, aplikace startovacích živin při setí, plečkování s přihnojením a s vytvořením hrubé struktury půdy, ověření zakládání porostů kukuřice při pásovém zpracování půdy
cukrová řepa	ověření plečkování s vytvořením hrubé struktury půdy na povrchu
ječmen	hnojení N podle N_{min} v půdě, výpočet výsevku podle MKZ, případné přikulení po setí neprovádět paušálně a když prováděno paušálně, tak po vrstevnici ryngl. válci

Tabulka 4.20: Shrnutí zásadních doporučení

4.9 Odhad dopadů změny klimatu na produkční schopnost a na klíčové indikátory produktivity

Možné dopady měnících se klimatických podmínek na rostlinnou produkci lze hodnotit na základě celé řady metod a indikátorů. Jednou z možností je například kvantifikace počtu dní s dostatečnou produktivitou, kdy je překročena požadovaná hranice pro teplotu vzduchu a je k dispozici nezbytné množství slunečního záření a vody v půdě. Z vybraných 5 hodnocených klimatických scénářů lze u tří (BNU, IPSL a HadGEM) do budoucna očekávat v zájmovém území snížení počtu takových dní a u dvou scénářů (CNRM, MRI) naopak zvýšení (viz část 4.6). Pro předpovídání pravděpodobných dopadů v důsledku probíhající změny klimatu se pak často používají tzv. růstové modely. Po jejich nastavení

a po ověření funkčnosti v daných podmínkách je lze využít k získání odpovědí na otázky, co se stane, když dojde ke změně klíčových podmínek (včetně počasí) o určité hodnoty definované např. na základě již zmíněných globálních klimatických modelů a na základě příslušné varianty emisních scénářů (viz část 4.4).

V cílové oblasti byl úspěšně testován a následně byl pro predikce indikátorů produktivity (dle možných scénářů budoucího vývoje) využit růstový model HERMES (např. Hlavinka *et al*., 2014 a 2015). Hodnocen byl zejména vývoj jednotlivých složek vodní bilance, pravděpodobnost změny termínů zakládání porostů a načasování vývojových fází, dále míra stresu suchem a výnosy cílových plodin pro různé půdní podmínky. Takto byly detailně hodnoceny plodiny, jejichž růst a vývoj byl simulován v nepřerušeném osevním postupu (sekvence plodin: pšenice ozimá, ječmen jarní, kukuřice na siláž, pšenice ozimá, řepka ozimá). Tento postup se liší od postupu používaného ZD Bulhary přítomností řepky ozimé a naopak absencí vojtěšky a cukrovky. Přesto však tento modelový osevní postup poskytuje poměrně dobrou představu o rizicích, které změna klimatu přinese. Pro hodnocení vývoje klimatu a následných dopadů na rostlinnou produkci byly využity scénáře s postupnou změnou meteorologických prvků na základě 5 GCM modelů. Jednalo se zejména o MPEH5, CSMK3, CGMR, GFCM21, IPCM4 ve spojení s emisním scénářem RCP 4.5. Z dosažených výsledků jsou patrné velké rozdíly v případě podmínek s kvalitní půdou (s vyšší retenční kapacitou) a s méně kvalitní půdou (s nízkou retenční kapacitou). Průměrné odhadované hodnoty aktuální evapotranspirace (ETa) za rok z konce minulého století se v oblasti pohybovaly kolem 478 mm v případech podmínek s lepší půdou. Pro druhou polovinu 21. století je např. predikován 10% pokles ETa v případě nejsuššího scénáře dle GFCM21 v důsledku nedostatku vody. Jednou z oblastí, kde se změna agrometeorologických podmínek projeví, pak bude i načasování polních operací a termínů nástupu vývojových fází polních plodin. Díky časnějšímu nástupu jarního oteplení bude např. možné dříve zpracovávat půdu a zakládat jarní porosty. Zejména v případě jarního ječmene můžeme v budoucnu očekávat dřívější setí díky urychlení nástupu optimálních teplot a optimální vlhkosti půdy a toto urychlení bude patrnější na půdách s menší retenční kapacitou. Tento posun může do poloviny tohoto století dosáhnout v průměru dvou týdnů, přičemž částečně umožní plodinám vyhnout se obdobím s vysokou teplotou vzduchu a umožní také eliminovat dopady sucha. Pokud by k tomuto posunu nemohlo dojít, vyšší teploty by znamenaly nižší výnosy díky výraznému zkrácení období růstu plodin a menšímu času pro tvorbu a akumulaci biomasy. Změna agrometeorologických podmínek přinese i změnu délky trvání vegetace jednotlivých plodin (tj. čas od zasetí či vzejití po zralost). I v případě možnosti dřívějšího termínu setí lze do budoucna očekávat kratší trvání vegetace ječmene jarního, a to až o 17 dní. V případě kukuřice na siláž je předpoklad zkrácení o 20 dní, pokud by byl stejný termín setí. V případě využití možnosti dřívějšího setí by redukce trvání vegetace byla o něco menší. Je však nutné upozornit na fakt, že se v rámci prezentovaných prognóz jedná o výsledky při použití stejných odrůd jako v současnosti. Na druhou stranu je pravděpodobné, že pěstitelé budou reagovat výběrem odrůd s různou raností. Vzhledem k již suchým podmínkám v zájmové oblasti představuje velké riziko naplnění některého ze sušších scénářů (např. GFCM21). Pokud by se prognózy dle scénáře GFCM21 v následujících dekádách naplnily (včetně redukce srážek od května do září), měly by tyto podmínky velmi silné negativní dopady, které mohou být očekávány relativně brzy. Pro lokality v zájmovém území lze dle odhadů modelu HERMES, v případě tohoto suchého scénáře, očekávat, že v cca 20 % ročníků by byly výnosy ozimé řepky, ječmene jarního a cca v 50 % případů také u ozimé pšenice pod úrovní 50 % průměrných výnosů z období 1982-2000, a to přes zachování stávající kvality půdy. Pozitivní vlivy vzrůstající koncentrace CO_2 a změny termínu setí jsou z tohoto hlediska dle výsledků schopny eliminovat ztráty na výnosech pouze v řádech stovek kilogramů na hektar. Jako významný výsledek lze rovněž zmínit, že ve velmi suchých budoucích podmínkách může osevní postup s meziplodinami znamenat určitou redukci výnosů následné cílové plodiny díky navýšení vodního stresu v důsledku spotřeby vláhy meziplodinou. Otázkou bude ale samotný průběh vegetace meziplodin, které mohou být v případě suchého průběhu léta v některých ročnících rovněž silně stresovány. Stabilnější

situace je očekávána pro výnosy kukuřice na siláž, a to i bez uvážení přechodu na vhodnější FAO čísla pro teplejší podmínky.

V rámci uvedených odhadů nebyl zohledněn vliv chorob a škůdců a obecně byly využity vlastnosti současných odrůd a pouze částečně je zohledněn vliv extrémních podmínek, přičemž je možné, že oproti modelu budou reálné škody, např. v důsledku působení vysokých teplot v době citlivých růstových fází, vážnější. To je dáno faktem, že tuto část modelů bývá ve většině případů těžké správně parametrizovat a následně testovat (vzhledem k malé četnosti těchto situací v současných podmínkách). Bohužel výskyt nepříznivých podmínek lze v budoucnu dle studie Trnka et al. (2014) očekávat stále častěji, a to i v případě optimističtějších scénářů vývoje klimatu. I dle simulací modelu HERMES lze, zejména pro sušší scénáře ve spojení se sníženou retenční kapacitou půdy, očekávat nárůst variability výnosů. To může v reálných podmínkách probíhat tak, že výnosově příznivé roky budou střídány poměrně špatnými ročníky. Odhadovanou změnu průměrné úrovně výnosů pro pšenici ozimou a pro ječmen jarní pro Českou republiku a pro období okolo roku 2050 dle studie Eitzinger et al. (2013) (viz upravené výstupy pro zájmové území) uvádí kapitola 4.6. Výsledky uvedených analýz vycházejí z předpokladu udržení kvality půd ve stejném stavu jako v současnosti, nicméně ze simulací modelu HERMES v zájmovém území vyplývá, že lze postupně v průběhu tohoto století očekávat pokles obsahu organické hmoty ve standardních osevních postupech (v modelovém příkladu nebyly zařazeny víceleté pícniny), a to i přes značný rozsah zapravování posklizňových zbytků, zařazování meziplodin a využívání chlévského hnoje. Nejhorší situace je z tohoto pohledu predikována pro způsoby hospodaření bez navracení veškerých posklizňových zbytků do půdy, bez pravidelné aplikace chlévského hnoje a bez pěstování meziplodin.

4.10 Ekonomické vyhodnocení navržených opatření a odhadovaný efekt na ekonomiku podniku

Detailní ekonomická analýza tvoří přílohu této zprávy a informace obsažené v této kapitole musí být interpretovány s přihlédnutím k použité metodice a zejména k jejím omezením. Ekonomická analýza pracovala se 4 variantami vývoje, které se odlišovaly od variant návrhu protierozních opatření. Dvě kritéria pro tvorbu variant zahrnovala přijetí/nepřijetí opatření v podobě maximální varianty a situaci s/bez uvážení dopadů klimatické změny Tab. 4.21.

	Bez změny klimatu	Se změnou klimatu
Bez opatření	Varianta 1	Varianta 2
S opatřením	Varianta 3	Varianta 4

Tab. 4.21: Přehled použitých variant

- Varianta 1 - neuvažuje realizaci žádných opatření, počítá se zachováním stávající situace, tj. ignoruje případné dopady klimatické změny, zahrnuje jen současná rizika.
- Varianta 2 - neuvažuje realizaci žádných opatření, počítá s dopady klimatické změny.
- Varianta 3 - uvažuje realizaci adaptačních opatření navrhnutých pro ZD Bulhary a počítá se zachováním stávající situace, tj. ignoruje případné dopady klimatické změny, zahrnuje jen současná rizika.
- Varianta 4 - uvažuje realizaci adaptačních opatření navrhnutých pro ZD Bulhary a počítá s dopady klimatické změny.

Na základě výpočtu nákladů a přínosů (Tab. 4.22) pro jednotlivé varianty byl vyjádřen čistý společenský přínos jednotlivých variant jako rozdíl přínosů a nákladů vyjádřených v současné hodnotě.

Současné dopady eroze ve variantách 3 a 4 jsou uvedeny ve stavu po adaptaci opatření a rozdíl následně tvoří přínos, zatímco u variant 1 a 2, kdy se nerealizují opatření, jsou přínosy nulové. Jak v případě zachování stávajícího stavu eroze, tak při zvýšení erozní činnosti vlivem klimatické změny dochází k záporným společenským užitkům, tedy společenské ztrátě. Klimatická změna tuto ztrátu ještě více prohlubuje. Naopak u scénářů 3 a 4 se jedná o společensky přínosný efekt realizovaných opatření, kde přínosy plynoucí z úspor nákladů převyšují náklady na realizaci opatření a náklady ze zbylých dopadů eroze, která i přes realizaci v omezené míře stále působí a má na území dopady. Je nutné zdůraznit, že nebyly započteny všechny společenské přínosy a náklady, které ve skutečnosti nastanou jak z celospolečenského hlediska, tak přímo pro hospodařící subjekt. Zatím zde nebyly vyčísleny hlavní dopady klimatické změny a opatření pro produkci plodin (výnosy, náklady na výrobu jednotky produkce, dopady na kvalitu produkce, vybrané ekosystémové služby aj.).

	Náklady (C)	Užitky (B)	Čistý společenský přínos	Poměr přínosů a nákladů
Varianta 1	181 476	0	-181 476	0
Varianta 2	229 981	0	-229 981	0
Varianta 3	133 979	143 419	9 441	1,070459
Varianta 4	140 448	185 455	45 007	1,320453

Tab. 4.22: Čistý společenský přínos jednotlivých scénářů (v tis. Kč)

Z pohledu společenského je nejpřínosnější realizovat adaptační opatření, která budou mít čistý společenský přínos ve výši 9,44 mil. Kč, kdy si naopak nerealizace opatření vyžádá společenskou ztrátu ve výši 181,48 mil. Kč. To platí za předpokladu zachování stávající erozní činnosti (varianta 1 a 3) a na celkovou dobu 25 let na ploše ZD Bulhary. V případě, že budou započteny předpokládané změny klimatu po dobu 25 let (varianty 2 a 4), tj. zvýšení extrémních situací přívalových dešťů a zhutnění půd, bude rozdíl hodnot ještě vyšší. Čistá společenská ztráta si vyžádá náklad ve výši 229,98 mil. Kč a v případě implementace opatření je čistý společenský přínos ve výši 45,01 mil. Kč. V obou případech (ať již dojde k dopadům klimatické změny, nebo zůstane zachována stávající situace) je výhodnější realizovat adaptační opatření, čímž bude dosaženo čistého společenského přínosu a dojde k vyvarování se společenským ztrátám. Zemědělec může v této situaci namítnout, že „půda ho nic nestojí“. Ale stále více je třeba připomínat celospolečenská hlediska dopadů degradace půd, které způsobují většinou nevratné změny a působí nemalé problémy současné generaci i generacím budoucím.

4.11 Spolupráce s vedením podniku a se zástupci AK

Přístup vedení podniku k navrhovaným opatřením lze charakterizovat jako „podmíněně pozitivní“, přičemž realizace obou variant je omezena jejich ekonomickou výhodností nikoliv z pohledu CBA analýzy, ale zejména z hlediska dopadu na cash-flow podniku. Nicméně se jasně prokázal zájem klíčových pracovníků podniku diskutovat a především v provozních podmínkách ověřovat doporučená adaptační opatření. Bylo zahájeno testování některých inovací agrotechnických postupů i protierozně efektivních způsobů obdělávání, jejichž výsledky budou k dispozici ke konci roku 2016.

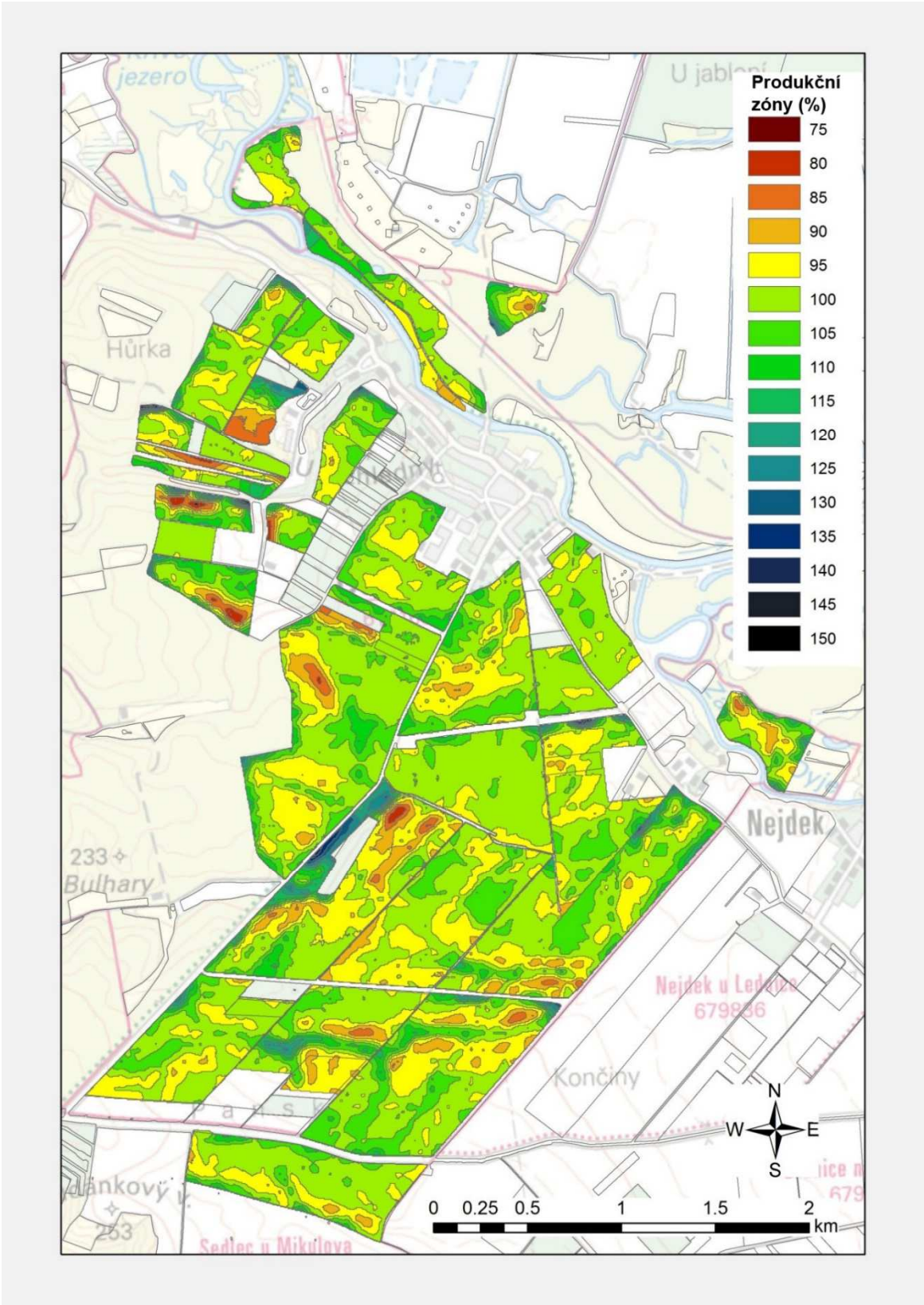
V případě revitalizace závlahových systémů existuje zájem na jejím využití pro vinohrady, zatímco v případě produkce polních plodin jsou závlahy používány především pro stabilizaci krmivové základny. Předběžné analýzy ekonomických toků v rámci podniku ukazují na „atraktivnost“ variant se sníženou živočišnou produkcí, což má ale přímé dopady na zaměstnanost a na socio-ekonomickou roli podniku v obci. Nelze pochybovat o tom, že současný cenový vývoj tento tlak dále zvýší.

4.12 Shrnutí

Klíčové poznatky z aplikace metodik Generelu VHK ČR na území mimořádně nadprůměrně ohroženém kombinací vysokého erozního ohrožení s výskytem sucha lze shrnout následujícím způsobem:

- přes současný neudržitelný stav v oblasti zajištění protierozní ochrany existuje možnost, jak poměrně rychle tento stav zásadním způsobem změnit. Nicméně v řadě případů to vyžaduje reorganizaci půdních bloků povětšinou pronajaté půdy. Stabilita nájemních vztahů představuje zásadní překážku v investicích do půdy a v ochotě podstupovat zásadní organizační změny;
- existující osevní postup umožnuje při redukci eroze zajistit udržitelnou bilanci organické hmoty v půdě a dobrou půdní strukturu, zejména díky značnému podílu víceletých pícnin (především vojtěšky) v osevním postupu. Naopak pěstování meziplodin je, s ohledem na výrazný vodní deficit, poměrně rizikové a nejisté;
- vysoké zastoupení pícnin je podmíněno jejich využitím např. stejně jako v současnosti v živočišné výrobě, která je v aktuálních podmínkách neudržitelná. Bez vysokého podílu víceletých pícnin v osevním postupu dojde ke zhoršení bilance organické hmoty, ke zvýšení erozního rizika a ke zhoršování půdních vlastností;
- přestože zvýšení okamžité retenční schopnosti a zabránění rozsáhlým erozním jevům kladně přispívá k menším dopadům extrémních srážkových situací, nemohou opatření pro zvýšení retence vláhy samy o sobě zásadním způsobem zvýšit produktivitu hospodaření. Vláhový deficit je dlouhodobě o řád větší než přínos opatření na zvýšení retence, proto považujeme případné soustředění prostředků na retenci vody v půdě za problematické, neboť samo o sobě nepřinese dlouhodobé řešení, ale je ho třeba vnímat jako jedno z klíčových opatření, které se může spolupodílet na stabilizaci produkce, ale přitom nemůže stabilitu samo o sobě zajistit;
- zásadnější roli musí hrát soustředění se na šetření vláhy, a to zejména vhodným časováním polních operací, využíváním pouze vhodných typů zásahů (a zvoleného postupu a souslednosti prací), hlavních plodin a meziplodin, podporu opatření na snižování rychlostí větru (s ohledem na jejich vysokou výsušnou schopnost). Jsou navržena konkrétní opatření a pěstební postupy, které by podle aktuálních experimentálních výstupů mohla přinést pozitivní efekt, nicméně ve všech případech se jedná o přínosy relativně malé a pouze jejich souběh v komplexu opatření může mít hmatatelný efekt;
- výrazně vyšší roli musí hrát operativní optimalizace vstupů a využívání přístupů precizního zemědělství i s ohledem na výraznou proměnlivost podmínek v rámci jednotlivých honů;
- s optimalizací přístupů k produkci polních plodin lze dosáhnout znatelného pokroku v ekonomice jejich pěstování, nicméně strategie podniku soustředit se na využití potenciálu v produkci vinné révy (případně sadů v podobě sadů ochranných) je klíčová a bez jejich rozvoje v podobě instalace závlah a rozšíření nelze hospodaření podniku stabilizovat. Nicméně pro tato opatření aktuálně existují zdroje vody;
- jako ukázku potenciálu využití nových technologií předkládáme na Mapě 4.40 vymezení produkčních zón v rámci jednotlivých půdních bloků vypočtených z víceleté časové řady družicových dat. Jedná se o identifikaci výnosově podprůměrných a nadprůměrných míst na pozemcích a jejich procentuální vyjádření vztažené vždy k průměrné hodnotě vegetačního indexu EVI (100 %). Zdrojovými daty je 8letá řada snímků EVI z družice Landsat 5 a 8, vybraných z období května až června. Snímky jsou atmosféricky korigované a je použita maska výskytu oblačnosti ve scéně. Ačkoli jsou původní data v prostorovém rozlišení 30 m, finální produkt je vyhlazen na 5 m na pixel. Prostorové vymezení ploch je dáno půdními bloky z LPIS, které ale ne vždy odpovídají rozmístění plodin. Pokud byly za sledované období dosaženy vyšší hodnoty EVI, je daná oblast považována za potenciálně více výnosnou a naopak. Relativní vyjádření vůči průměrné hodnotě vegetačního indexu pro každý

pozemek umožňuje identifikovat heterogenitu a vymezit produkční zóny, z důvodu rotace plodin ale nelze porovnávat produktivitu pozemků mezi sebou. Výsledek lze využít pro plánování hospodaření na půdních blocích nebo pro návrh konkrétních pěstitelských zásahů (hnojení, ochrana rostlin, setí atp.), jejichž intenzita je měněna s ohledem na rozmístění produkčních zón.



Mapa 4.40: Identifikace výnosově podprůměrných a nadprůměrných míst na pozemcích a jejich procentuální vyjádření vztažené vždy k průměrné hodnotě vegetačního indexu EVI (100 %)

4.13 Příloha - Obrazová dokumentace Bulhary

Obr. 4.21:Údolnice na pozemku 3501/2 nacházejícím se v jižní části zájmové lokality

Obr. 4.22: Pohled na pozemek 3501/2 (63 ha) se vzcházejícím ječmenem jarním (duben 2016) ukazuje na výraznou členitost reliéfu terénu, která při současném způsobu hospodaření na pozemku a při současném směru zakládání porostů může představovat riziko z hlediska výskytu eroze vodní půdy.

Obr. 4.23: Stejný pozemek (3501/2) při pohledu směrem na sever, s jasně zřetelným směrem založení porostu ječmene jarního

Obr. 4.24: Pohled na pozemek 3501/10 (35 ha) s porostem pšenice ozimé

Obr. 4.25: Představení navrženého řešení v sídle Zemědělského družstva Bulhary

Obr. 4.26: … a konzultace opatření přímo v terénu s vedením zemědělského podniku

5 Pilotní farma Vraný

5.1 Postup prací v rámci pilotní studie

Základní kroky v této části zahrnují:

1. vymezení specifik ZD Vraný s ohledem na širší region a ČR,
2. návrh vedoucí ke snížení erozního rizika a zpomalení povrchového odtoku vody z území,
3. společná debata nad výčtem možných organizačních a technických opatření v souladu s body 1. a 2.,
4. variantní návrh řešení erozního rizika a zpomalení povrchového odtoku vody z území,
5. projednání návrhů pracovníky podniku,
6. návrh organizačních opatření pro stabilizaci produkce v souladu s návrhy pro snížení erozního rizika,
7. odhad dopadů změny klimatu na produkční schopnost a klíčové indikátory produktivity,
8. ekonomické vyhodnocení navržených opatření a odhadovaný efekt na ekonomiku podniku,
9. projednání závěrů s vedením podniku a zástupci AK a JMK,
    a. analýza možností využití a revitalizace závlahových systémů,
    b. analýza možností revitalizace větrolamů,
    c. analýza možností zvýšení podílu trvalých kultur,
    d. identifikace hlavní problémů pro strategické rozhodování v oblasti investic do zvýšení odolnosti území vůči suchu a dalším nepříznivým jevům,
    e. posouzení realizovatelnosti navržených opatření a existujících legálních, legislativních, organizačních a technických překážek,
    f. posouzení potenciální ekonomické výkonnosti po přijetí adaptačních opatření,
10. návrh realizace konkrétních opatření (JPÚ, demonstrace agrotechniky),

5.2 Pilotní studie zemědělského podniku ZD Vraný

Na základě multikriteriální analýzy v kapitole 2 v hlavní části (např. Mapa 2.39) bylo vyhodnoceno zastoupení vysoce ohrožených a extrémně ohrožených území vzhledem k celkové ploše kraje. Současně je však třeba hodnotit význam zemědělské produkce v jednotlivých krajích (jak absolutně tak relativně s ohledem na ekonomickou sílu kraje resp. okresu) a také k velikosti kraje (např. Středočeský kraj je nejen největším, ale i nejlidnatějším krajem ČR). Pilotní území byla pak volena podle následujících kritérií:

- v pilotních územích musí být zastoupeny podniky hospodařící v nepříznivých až extrémních podmínkách, ale rovněž podniky s nízkou úrovní rizika,
- pilotní území by měla pokrývat nejméně čtyři z nejvíce ohrožených krajů (Obr. 5.1),
- pilotní území reprezentují hlavní produkční regiony ČR,
- v pilotních územích hospodaří podnik(y) ochotný(é) k dlouhodobé spolupráci.

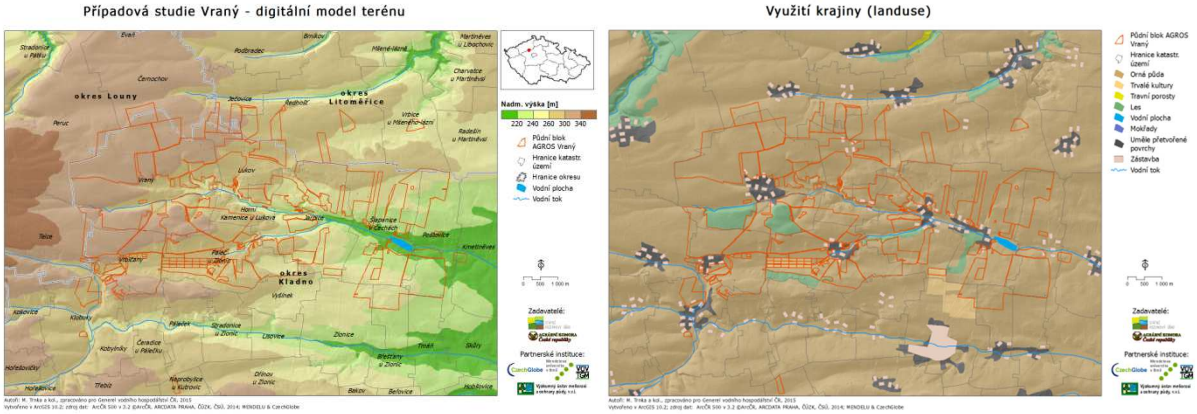
Mezi další kritéria pak patří přibližná srovnatelnost podniků. Jedná se tedy o firmy hospodařící na plochách mezi cca 1 až 4 tis. hektary a přednost byla u prvních dvou pilotních studií dána podnikům s rostlinou i živočišnou výrobou, ideálně s významným podílem kultur s vyšší přidanou hodnotou (např. chmelnice či vinná réva). Na těchto pilotních území bylo provedeno jak terénní šetření tak analýza existujících databází a konfrontace s reálnými podmínkami. Byla testována ochota podniků sdílet data a zkušenosti a také soulad mapových podkladů s reálnými podmínkami.

Druhým podnikem zařazeným do pilotní studie bylo družstvo vlastníků Agros Vraný, který leží ve Středočeském kraji při hranicích s rizikovým územím v Ústeckém kraji. Výběr těchto podniků pro potřeby generelu byl veden i snahou navázat na projekt VÚMOP, v.v.i. a ČHMÚ „Možnosti řešení

degradace půdy a její ovlivnění změnou klimatu na příkladu aridních oblastí“ pod záštitou Ministerstva zemědělství ČR a Celostátní sítě pro venkov. Tento projekt se opíral o informace o struktuře pěstovaných plodin, rozsahu živočišné výroby, škodách způsobených suchem či jinými nepříznivými faktory (eroze, záplavy apod.) a zejména o hospodářských výsledcích konkrétních zemědělských subjektů získaných na základě dotazníku, připraveného za tímto účelem. V rámci aktivit týmu GVHK, byla provedena revize dostupných dat v podniku ZD Vraný opakovaným šetřením na místě a zejména úzkou spoluprací s vedením firmy a agronomem.

5.3 Vyhodnocení stávajícího stavu v zájmovém území Vraný

Zemědělský podnik Agros Vraný, družstvo vlastníků, se nachází ve Středočeském kraji (okres Kladno) na hranici s Ústeckým krajem v klimaticky, z pohledu sucha, exponované oblasti, kde voda do značné míry limituje produkci. Mapa 5.1 a Obr. 5.1 a 5.2 dokumentují poměrně výraznou členitost v rámci podniku s výskytem svahů s vysokým erozním potenciálem a také výraznou variabilitou půdních podmínek.



Mapa 5.1: Ukázka terénních poměrů (vlevo) v oblasti hospodaření Agros Vraný a vylišení jednotlivých kultur (vpravo)

Podnik hospodaří na téměř 3000 ha zemědělské půdy, z toho přes 2/3 jsou v držení vlastníků nebo samotného podniku. Prioritou podniku je získání stabilní půdní držby a její konsolidace. Páteřní infrastruktura, zejména v živočišné výrobě, prošla intenzivní modernizací, která zajišťuje rentabilitu živočišné výroby. Podobně, nicméně prozatím bez možnosti využívat technologii precizního zemědělství, se výrazné investice dotkly mechanizace. Více než polovinu osevních ploch zaujímá ozimá pšenice (cca 1000 ha) a ozimá řepka (cca 600 ha). Výrazné jsou plochy sladovnického ječmene (cca 400 ha) s dlouhodobými kontrakty pro předního výrobce piva v ČR. Podstatná je i plocha cukrové řepy (cca 260 ha). Přibližně 300 ha pak zaujímá vojtěška, 200 ha kukuřice na siláž a 130 ha luskoobilná směska na senáž. Podnik je významným producentem chmele s plochou chmelnic přes 48 ha. Živočišná výroba je postavena na stádu cca 1000 dojnic (chov s uzavřeným obratem stáda) a cca 140 prasnic. V podniku je jednoznačně preferována orba s podrýváním před minimalizací. Pravidelně je aplikováno organické hnojení hnojem a relativně uspokojivý je i podíl víceletých pícnin v osevním postupu. Kvalita půd je vnímána jako poměrně dobrá, nicméně s výskytem výrazných málo bonitních stanovišť. Erozní rizika jsou vnímána jako podstatná s ohledem na ročník, zejména pak v sušších obdobích. Podnik v minulosti (do roku 1989) využíval závlahové systémy, které jsou ale v současné době nepoužitelné. Podobně jako ZD Buhlary je Agros Vraný významným zaměstnavatelem s počty přesahujícími 80 stálých zaměstnanců. Podnik podle odhadů základní ekonomické analýzy tratí vlivem suchých podmínek a dlouhodobého srážkového stínu asi 4,5 mil. Kč ročně. Tyto ztráty jsou způsobeny mimo jiné vyššími náklady do specifické agrotechniky, nutností používat speciální osiva a ochrany proti zvýšenému výskytu chorob a škůdců a do obtížnějších sklizňových postupů.

Obr. 5.1: Vlevo: řada pozemků obhospodařovaných v k.ú. obce Páleč vykazuje výraznou variabilitu půdních podmínek, která se projevuje lokálními změnami v porostu plodin. V kombinaci s utuženou půdou na souvratích jednoznačně ovlivňuje růst rostlin. Vpravo: Zvyšování povrchového odtaoku vody s nežádoucími erozními projevy napomáhají v některých místech take nevhodně provedené pozemkové úpravy. Na obrázku je nově vybudovaní asfaltová cesta u obce Šlapanice vedená po spádnici, která má sloužit pro pohyb zemědělské mechanizace. Před realizací pozemkových úprav zde všao byl jeden půdní celek bez manipulační komunikace.

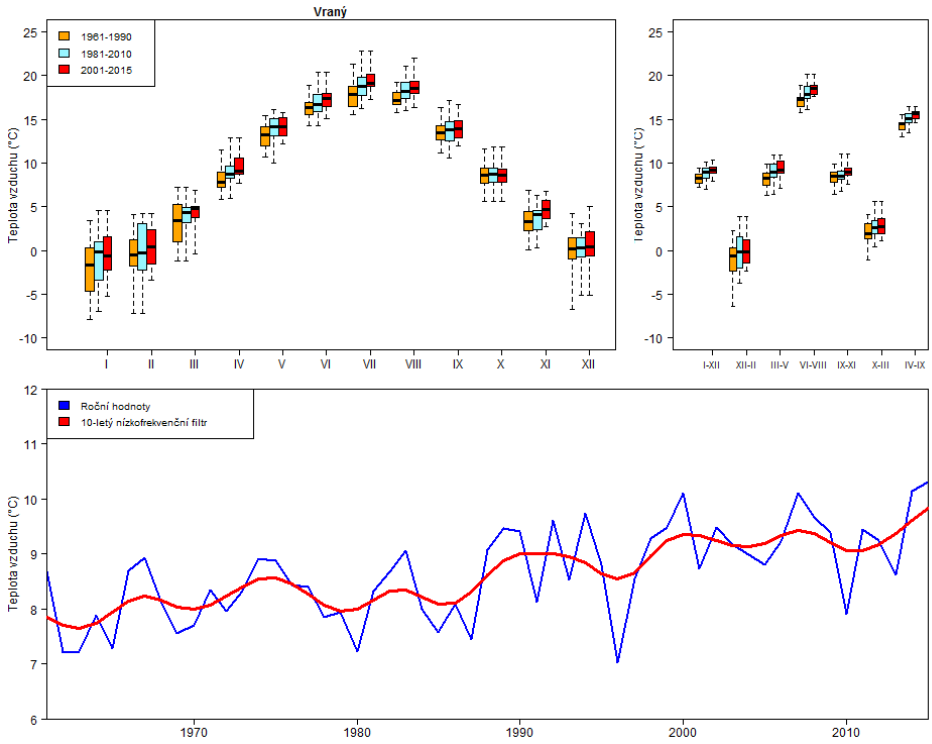
Obr. 5.2: Usychání rostlin kukuřice na vyvýšeném místě pozemku u obce Páleč v průběhu suché epizody v červenci 2015

5.3.1 Základní agroklimatické podmínky území

Pro oblast, ve které hospodaří podnik Agros Vraný, byla průměrná teplota vzduchu (Obr. 5.3) 8,6 °C za období 1961-2015, přičemž posledních 15 let je teplejších o 1,1 °C proti období 1961-1990 a trend zvyšování průměrné teploty vzduchu je kolem 0,32 °C/10 let. Statisticky významné trendy jsou pozorovány i u všech sezón. Nejméně roste teplota na podzim, a to o 0,15 °C/10 let. Naopak nejvýraznější

je rostoucí trend u zimních měsíců, a to o 0,38 °C/10 let. Z jednotlivých měsíců pak roste teplota nejrychleji v lednu, prosinci, červenci a srpnu (0,41-0,57 °C/10 let).

Od toho se odvíjí i vývoj maximálních a minimálních teplot, kdy maximální teploty jsou v posledních patnácti letech vyšší v průměru o 1,3 °C než v období 1961-1990 a trend nárůstu je rychlejší než u průměrných teplot. Maximální teploty vzduchu výrazněji stoupají na jaře (0,49 °C/10 let), létě (0,47 °C/10 let) a ve vegetační sezóně (0,41°C/10 let). Z jednotlivých měsíců je pozorován nejvyšší rostoucí trend maxim ve Vraném v měsíci srpnu (0,59 °C/10 let). Průměrná roční minimální teplota se v posledních 15 letech ve srovnání s obdobím 1961-1990 zvedla v průměru o 1 °C a trend růstu je kolem 0,29 °C/10 let. Trend je vyšší u zimní sezóny a v i celém zimním půlroce. K nejprudšímu zvýšení minimální teploty vzduchu dochází v lednu a to o 0,64 °C/10 let. Minimální teplota vzduchu je důležitým ukazatelem pro nástup pozdních jarních nebo brzkých podzimních mrazů.

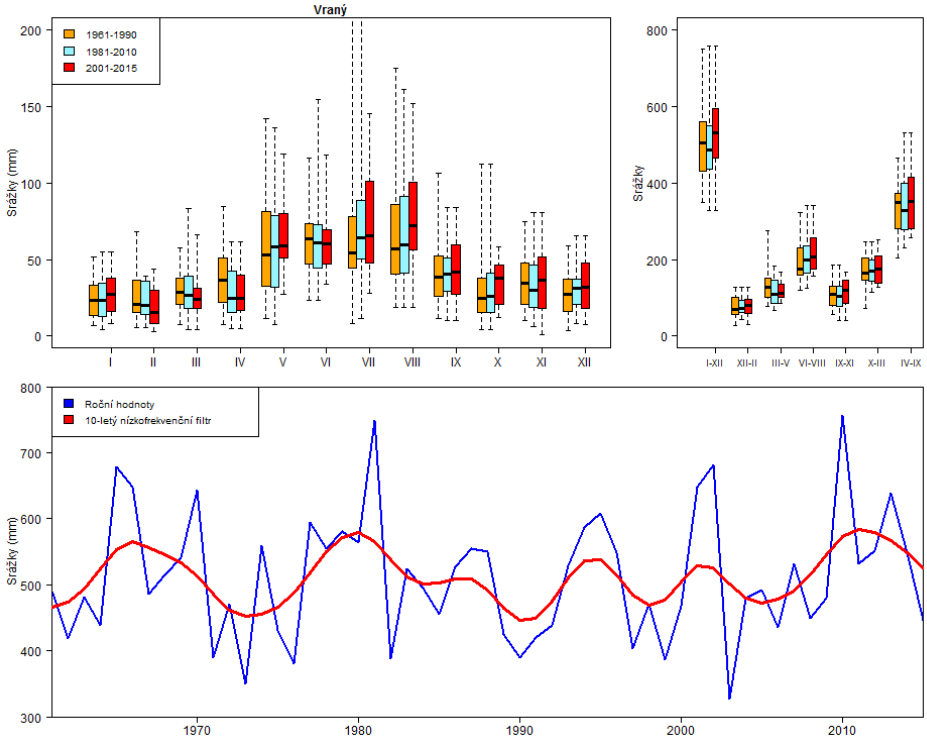


Obr. 5.3: Průměrná teplota vzduchu v lokalitě Vraný pro tři zvolená období (1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015; nahoře) a časový chod průměrných ročních teplot za celé období 1961-2015 (dole)

U počtu letních dnů byl v období 1961-2015 zjištěn statisticky významný pozitivní lineární trend u ročních a letních hodnot (sezóna i půlrok), u jednotlivých měsíců pak převážně v červenci a srpnu. Ročně tak roste počet letních dnů o 4,5 dne za 10 let. U počtu tropických dní je to podobné, kdy se projevuje statisticky významný nárůst také v ročních a letních hodnotách. U ročních hodnot byl zjištěn lineární trend okolo 2,0 dnů/10 let. Počet mrazových dnů vykazuje naopak negativní lineární trend způsobený hlavně oteplením v zimních měsících. U ročních hodnot je pokles zhruba o 3,6 dne/10 let a statisticky významný pokles panuje i u hodnot za zimní půlrok.

Roční srážkové úhrny se v lokalitě Vraný pohybují okolo 510 mm za období 1961-2015 (Obr. 5.4). Posledních 15 let (2001-2015) bylo na průměrný úhrn srážek bohatší než referenční období 1961-1990 a 1981-2010. V letním půlroce pak napršelo zhruba dvojnásobné množství srážek než v zimním půlroce. Z jednotlivých měsíců je nejdeštivější srpen, naopak nejméně srážek spadne v únoru. Trendy u srážkových řad jsou až na jednu výjimku vždy statisticky nevýznamné, většinou převládá variabilita nad dlouhodobým trendem, nicméně v měsíci dubnu byl zaznamenán významný pokles srážek, a to o 4 mm/10 let.

Pro poznání např. míry výskytu bezesrážkových období, jež mohou v kombinaci s dalšími faktory (zvýšená teplota, nadměrný výpar) vyústit v ohrožení lokality suchem, nebo naopak možného rizika výskytu vydatných srážek způsobujících erozní události na zemědělských plochách, byla provedena analýza počtu dnů s charakteristickým úhrnem srážek. Počet dnů, kdy neprší nebo pouze minimálně (méně než 1 mm) je kolem 270 za rok. V období 2001-2015 nebyl zaznamenán rozdíl oproti období 1961-1990, přičemž více těchto dnů připadá na zimní půlrok než na vegetační období, ale rozdíly nejsou dramatické. Nejméně těchto dnů nastává v létě, což je dáno hlavně konvektivní činností a vznikem bouřek. Statisticky významný vzestup počtu dnů se srážkou menší než 1 mm je v lokalitě pozorován jak v celém vegetačním období (1,4 dne/10 let), tak i na jaře (1,0 dne/10 let).



Obr. 5.4: Srážkové úhrny v lokalitě Vraný pro tři zvolená období (1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015; nahoře) a vývoj srážek za celé období 1961-2015 (dole)

Počet dnů, které se vyskytují v suché periodě (minimálně 10 dní po sobě nespadne více než 0,1 mm), je v průměru 47 dní za rok za období 1961-2015. Z toho 2/3 dnů spadají do zimního půlroku. V letech 2001-2015 počet těchto dnů vzrostl v průměru o 7 dní za rok. Srážkové úhrny minimálně 10 mm za den se vyskytují v průměru 11-12krát do roka. Jelikož tyto srážkové dny jsou zpravidla způsobeny bouřkovou činností, tak je většina těchto dnů ve vegetačním období (cca 80 %). V letech 2001-2015 byl o 12 % větší výskyt těchto dnů než tomu bylo v letech 1961-1990. Srážkové úhrny nad 20 mm za den nejsou v lokalitě příliš časté a vyskytují se jen zhruba ve 2-3 případech za rok a jejich výskyt je vázán hlavně na bouřkovou činnost. Zde je důležitý poznatek, že v lokalitě Vraný došlo v období 2001-2015 k významnému nárůstu počtu těchto dní asi o 66 % oproti období 1961-1990. U těchto dnů byl zjištěn pozitivní trend 0,4 dne/10 let u ročních hodnot. Dále existuje u počtu dnů se srážkou nad 20 mm pozitivní statisticky významný trend ve vegetačním období, v létě, na podzim, v červenci a září. Jinak je podobně jako u srážkových úhrnů většina trendů statisticky nevýznamná.

V souladu s výsledky analýzy klimatických charakteristik je i vyhodnocení vypočtených agroklimatických a půdně-vlhkostních charakteristik. Průměrný roční úhrn potenciální evapotranspirace travního porostu v lokalitě Vraný za období 1961-2015 byl 573,2 mm, s tím, že hodnoty se pohybovaly od 466,4 mm až k maximu 709,1 mm. Za vegetační období (duben až září) je pak průměrná hodnota 464,6 mm. Za posledních 15 let se průměrná roční suma zvýšila proti období 1981-2010 o 30 mm a proti

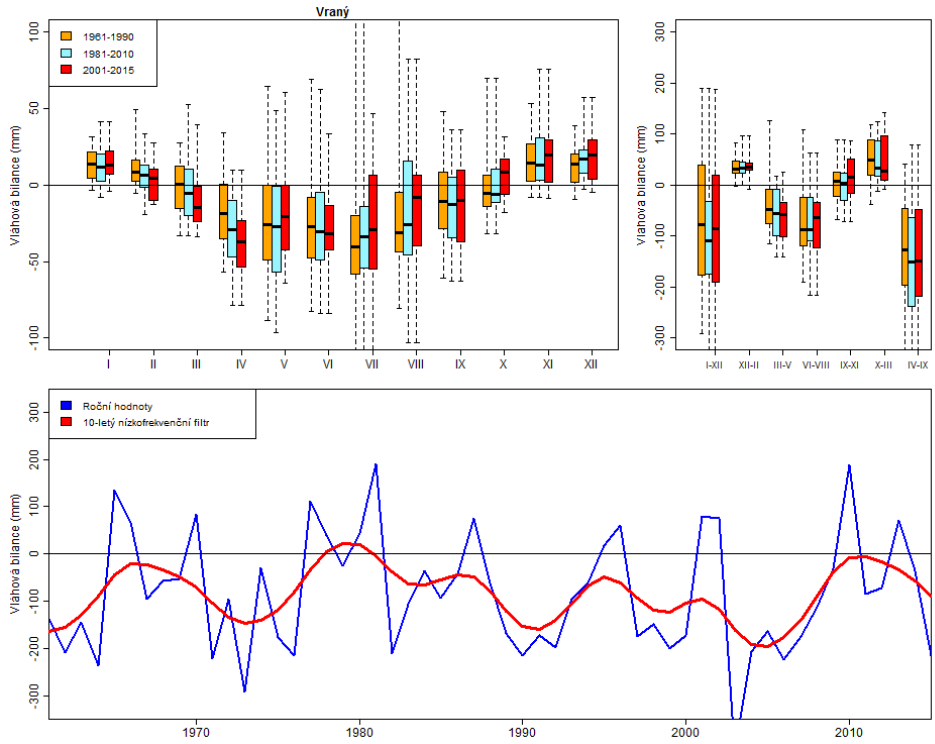
období 1961-1990 o 58 mm, kdy k výraznému zvýšení hodnot potenciální evapotranspirace došlo hlavně v teplém půlroce a to především v měsících červenci a srpnu. To samozřejmě úzce souvisí s deklarovaným nárůstem teplot, na jejichž hodnotách je chod potenciální evapotranspirace silně závislý.

V ročních hodnotách potenciální evapotranspirace je za celé období 1961-2015 patrný statisticky významný trend, kdy dochází ke zvýšení o 12 mm/10 let. Pokud vezmeme v potaz pouze období 1981-2010 zde je trend nárůstu ještě vyšší, a to kolem 27 mm/10 let. Statisticky významný nárůst hodnot potenciální evapotranspirace je možno pozorovat převážně v měsících dubnu a srpnu, a to kolem 2,3 mm/10 let. Pozitivní statisticky významný trend se projevuje také v období od ledna do března, což může v kombinaci s neexistencí sněhové pokrývky a nedostatkem srážek znamenat potenciální problém v zajištění dostatku vláhy pro začátek růstu rostlin.

Průměrné roční modelové hodnoty aktuální evapotranspirace travního porostu kolísaly v období 1961-2015 v rozmezí od 435,1 mm do 589,4 mm, přičemž průměrná roční hodnota za toto období byla 508,7 mm a průměrná suma za vegetační období byla kolem 411 mm. V současné době připadají nejvyšší průměrné měsíční úhrny na měsíc červenec, na rozdíl od období 1961-1990, kdy nejvyššími hodnotami se vyznačoval spíše červen. To je způsobeno kombinací faktorů zvýšení teploty a také vyššími srážkovými úhrny. Pokud srovnáme hodnoty v letech 2001-2015 s obdobím 1961-1990, zjistíme, že došlo k nárůstu hodnot aktuální evapotranspirace v ročním průměru přibližně o 45 mm.

Stejně jako u potenciální evapotranspirace, tak i u aktuální evapotranspirace je v období 1961-2015 patrný statisticky významný trend růstu hodnot. Průměrné roční hodnoty mají pozitivní nárůst o 10 mm/10 let a vyšší trend je patrný jak v teplém, tak i v chladném půlroce, přičemž nejvýraznější nárůst je zaznamenán v červenci. Dále je možné pozorovat statisticky významný trend v období leden až duben, vyznačujícím se mírným nárůstem průměrných měsíčních hodnot aktuální evapotranspirace. Tento stav může v důsledku vést k suchu v jarních měsících, což může mít negativní vliv na některé plodiny.

Roční hodnoty základní vláhové bilance (Obr. 5.5), tedy rozdílu srážek a potenciální evapotranspirace, se v období 1961-2015 pohybovaly v rozmezí -419,4 až 190,2 mm, přičemž průměrná roční hodnota byla -84,6 mm a průměrná hodnota vláhové bilance za vegetační období byla -134,3 mm. Z chodu ročních hodnot za období 1961-2015 je patrné, že v lokalitě Vraný převažují v jednotlivých letech negativní hodnoty vláhové bilance, ukazující na z dlouhodobého pohledu na deficitní vláhové podmínky v dané oblasti.



Obr. 5.5: Úhrny základní vláhové bilance v lokalitě Vraný pro období 1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015 (nahoře) a časový průběh ročních úhrnů potenciální evapotranspirace za období 1961-2015 (dole)

V období 1961-1990 byl měsíc s průměrně nejnižšími hodnotami vláhové bilance červenec a je to i měsíc s dlouhodobě nejnižší průměrnou hodnotou za celé období 1961-2015. V posledních 15 letech jsou ale nejnižší průměrné měsíční hodnoty zaznamenány spíše v červnu. Chladný půlrok se pak vyznačuje pozitivní průměrnou hodnotou vláhové bilance kolem 50 mm. Toto množství ovšem obvykle není schopné saturovat deficit vzniklý v teplém půlroce. Letní měsíce se také vyznačují velkou variabilitou hodnot základní vláhové bilance.

V lokalitě Vraný v řadách hodnot základní vláhové bilance kromě dvou případů byly zaznamenané trendy statisticky nevýznamné. Statisticky významný trend byl zaznamenán v období 1961-2015 pouze v měsících únor a duben, kdy byl zaznamenán pokles hodnot o 2,4 mm/10 let v únoru a o 5,2 mm/10 let v dubnu. To spolu se změnou průměrné měsíční hodnoty vláhové bilance v dubnu z -17,3 mm v období 1961-2010 na -36 mm v období 2001-2015 ukazuje na negativní ovlivnění dostupné vody v první polovině roku v dané oblasti.

S tím souvisí i modelované hodnoty stavu zásoby využitelné vody v půdě pod travním porostem, kdy v období 1961-2015 se v lokalitě Vraný průměrné roční hodnoty zásoby pohybovaly od 36,4 % VVK do 89,9 % VVK, přičemž průměrná hodnota za celé období byla 62,8 % VVK. Ve vegetačním období v letech 1961-2015 byla potom průměrná hodnota 54,3 % VVK. Průměrně nejnižší hodnoty zásoby využitelné vody jsou v měsíci září a to 35,8 % VVK. Z výsledků je patrný rozdíl mezi obdobím 1961-1990 a 2001-2015, kdy došlo v jarních a letních měsících ke snížení průměrné zásoby využitelné vody o zhruba 6-7 % VVK (Obr. 5.5).

V období 1961-2015 byl zjištěn negativní lineární trend u jarních měsíců, kdy došlo ke snížení asi o 2,1 % VVK/10 let. Z jednotlivých měsíců je pozorován statisticky významný trend v období od února do května, kdy v květnu došlo ke snížení průměrné měsíční hodnoty o 3,2 % VVK/10 let. U dalších měsíců a také u ročních hodnot byl zjištěn statisticky nevýznamný trend.

S ohledem na riziko plynoucí z nedostatku zásoby využitelné vody v půdě byly pro lokalitu Vraný za období 1961-2015 analyzovány počty dnů s hodnotami zásoby půdní vody pod 50 % VVK, což ukazuje

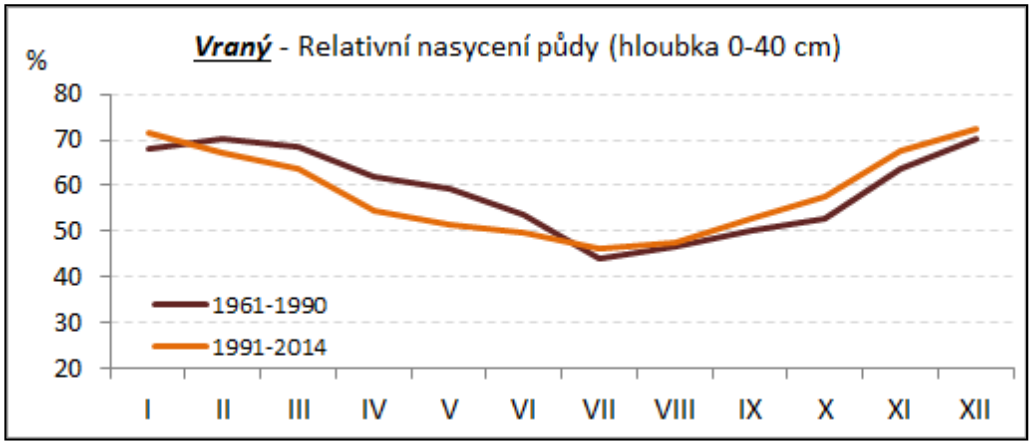
na sníženou dostupnost půdní vláhy pro rostliny a také počty dnů s hodnotami zásoby půdní vody pod 30 % VVK, znamenající stres suchem.

Průměrný roční počet dní s hodnotou zásoby využitelné vody v půdě pod 50 % VVK byl v období 1961-2015 135 dní, za vegetační období duben až září potom 78 dní. Při srovnání třicetiletí 1961-1990 a 1981-2010 je patrný nárůst průměrných hodnot počtu dnů za rok o zhruba 22 dní. V období 1961-2015 nebyl pro počty dnů se zásobou využitelné vody v půdě pod 50 % VVK až na výjimky zjištěn statisticky významný trend. Pouze na jaře byl zaznamenán trend nárůstu o 1,7 dne/10 let. Z jednotlivých měsíců pak byl zaznamenán statisticky významný nárůst v květnu o 1,7 dne/10 let.

Podobná je situace i u počtu dnů s hodnotou zásoby půdní vody pod 30 % VVK, kdy průměrná hodnota za rok v období 1961-2015 byla 75,1 dne, ve vegetačním období pak 43 dní. Při srovnání třicetiletí 1961-1990 a 1981-2010 je opět patrný nárůst průměrných hodnot počtu dnů za rok o zhruba 17 dní a ve vegetačním období o 11,6 dne. Nejvyšší průměrný počet dní byl dle předpokladů zaznamenán v teplém půlroce v období 1961-2015. Co se ovšem týká analýzy trendu, tak pro řady hodnot počtu dní se zásobou využitelné vody v půdě pod 30 % VVK nebyl v období 1961-2015 zaznamenán statisticky významný trend.

5.3.2 Počet dní se stresem suchem a sníženou dostupností vláhy

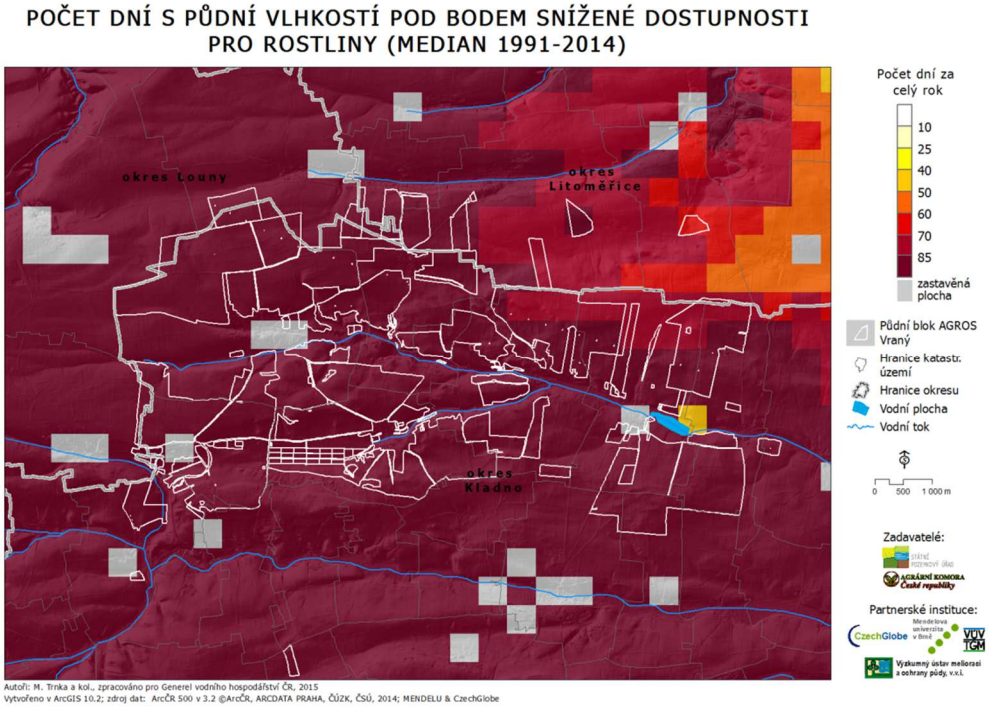
Z hlediska pěstování polních plodin je jednou z klíčových podmínek dostupnost půdní vláhy v době růstu biomasy a tvorby výnosotvorných prvků. V rámci Obr. 5.6 je vykresleno průměrné měsíční relativní nasycení půdy (z hlediska dostupnosti vody pro rostliny) ve vrstvě 0-40 cm (0 % odpovídá bodu vadnutí, 100 % polní kapacitě). Znázorněné hodnoty jsou založeny na modelování vodní bilance metodou, která je využita v rámci Integrovaného systému pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Z výsledků v období 1961-1990 vs. 1991-2014 je patrný odhadovaný pokles dostupnosti půdní vláhy v první polovině roku, zatímco ve druhé polovině roku se tento stav díky navýšení srážkových úhrnů v průměru kompenzoval. Z uvedeného vyplývá posun podmínek ke snížené dostupnosti půdní vláhy pro plodiny sklízené v letních měsících.



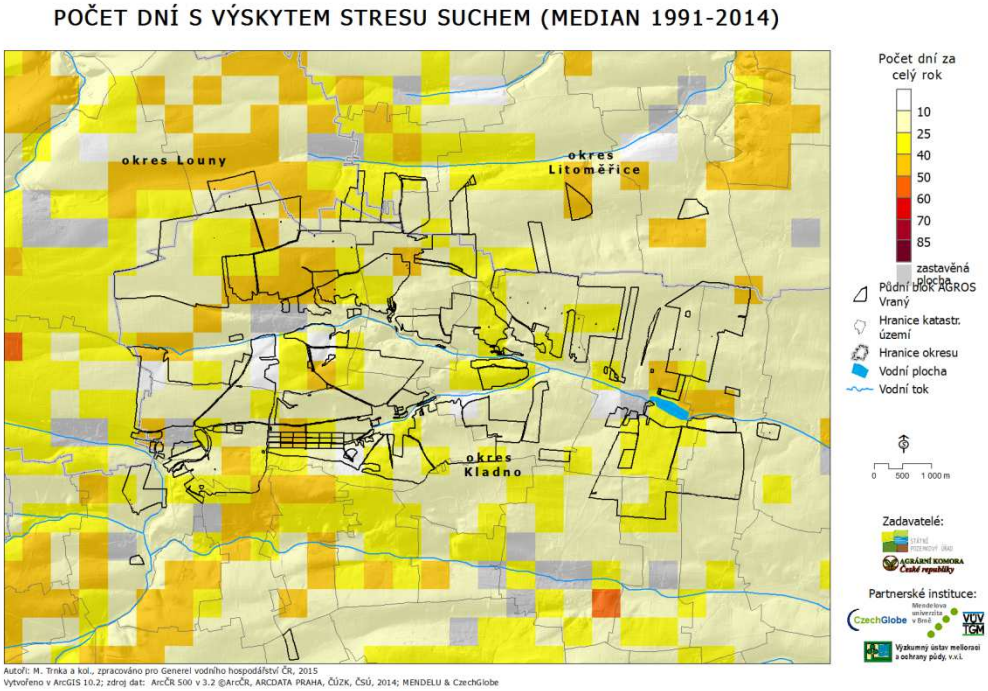
Obr. 5.6: Průměrný vývoj relativního nasycení půdy (z hlediska dostupnosti půdní vláhy pro rostliny) za jednotlivé měsíce v období 1961-1990 a 1991-2014 na území obhospodařovaném podnikem Agros Vraný

Počet dní (vyjádřený pomocí mediánu) za rok, kdy relativní nasycení půdy v období 1991-2014 kleslo (v profilu 0-100 cm) pod 50 %, se na většině pozemků podniku Agros Vraný pohyboval nad hranicí 85 dnů za rok (Mapa 5.2). V tomto případě se jedná o tzv. „dny se sníženou dostupností půdní vláhy“ pro rostliny. Za období duben až červen medián počtu takových dní vykazoval větší prostorovou proměnlivost dle půdních podmínek (viz Mapa 5.3). Medián počtu „dní se stresem suchem“ (relativní nasycení půdy pod 30 % v profilu 0-100 cm) za duben až červen byl u většiny pozemků do 15 dní v roce

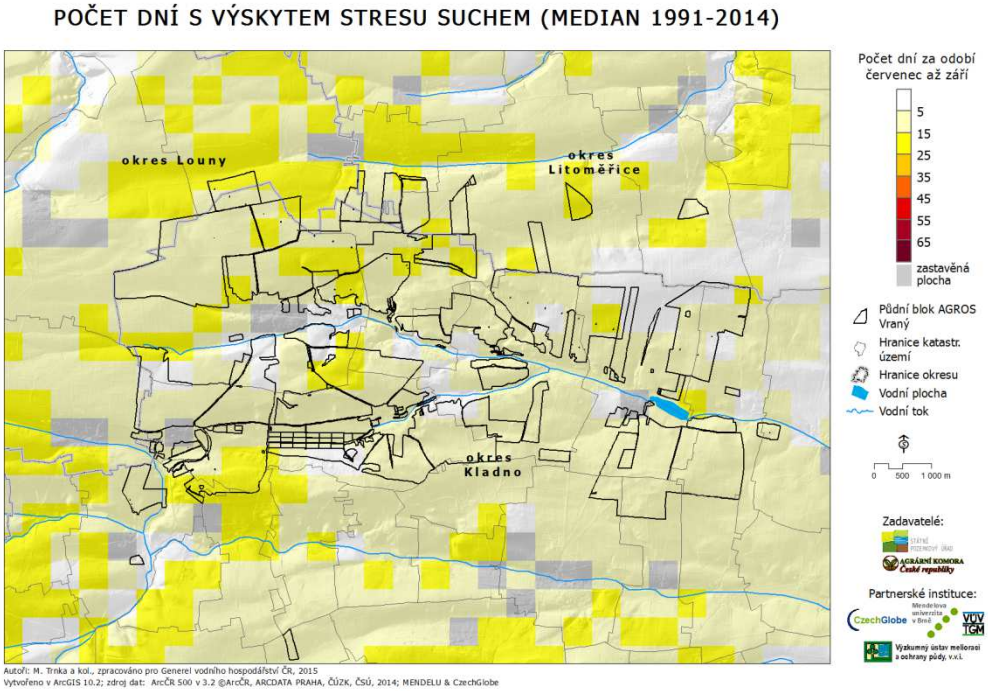
(viz Mapa 5.4) nicméně v tomto směru byly vyhodnoceny i určité rozdíly mezi jednotlivými pozemky. Z uvedených výsledků je zřejmé, že dostupnost půdní vláhy je v dané oblasti významným limitujícím faktorem pro produkci polních plodin a v případě významných epizod sucha má vážné dopady na růst, vývoj a výnosy polních plodin. Současně je zřejmé, že prostorově existují v rámci obhospodařovaných pozemků podnikem Agros Vraný i jisté rozdíly. Díky tomu mohou být dosažené výsledky využity jako podpůrný materiál při sestavování osevního postupu, volbě odrůd či způsobu hospodaření.



Mapa 5.2: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) počtu „dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy v profilu 0-100 cm) za rok v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Agros Vraný vč. přilehlého okolí



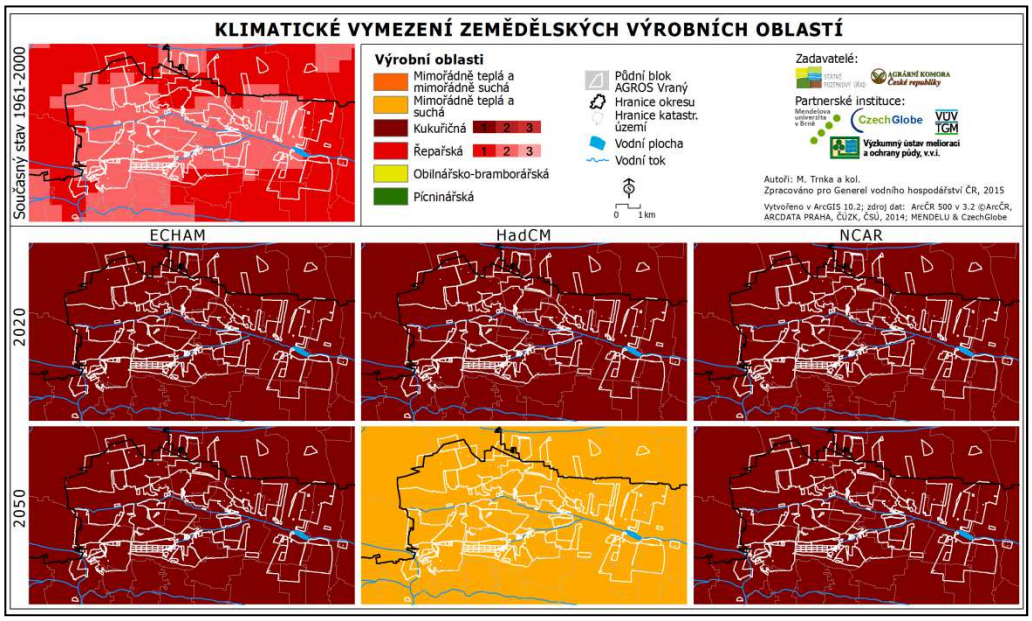
Mapa 5.3: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Agros Vraný vč. přilehlého okolí



Mapa 5.4: Medián (nejméně polovina hodnot je menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní s výskytem stresu suchem" pro rostliny (tj. pod 30 % relativního nasycení půdy 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Agros Vraný vč. přilehlého okolí

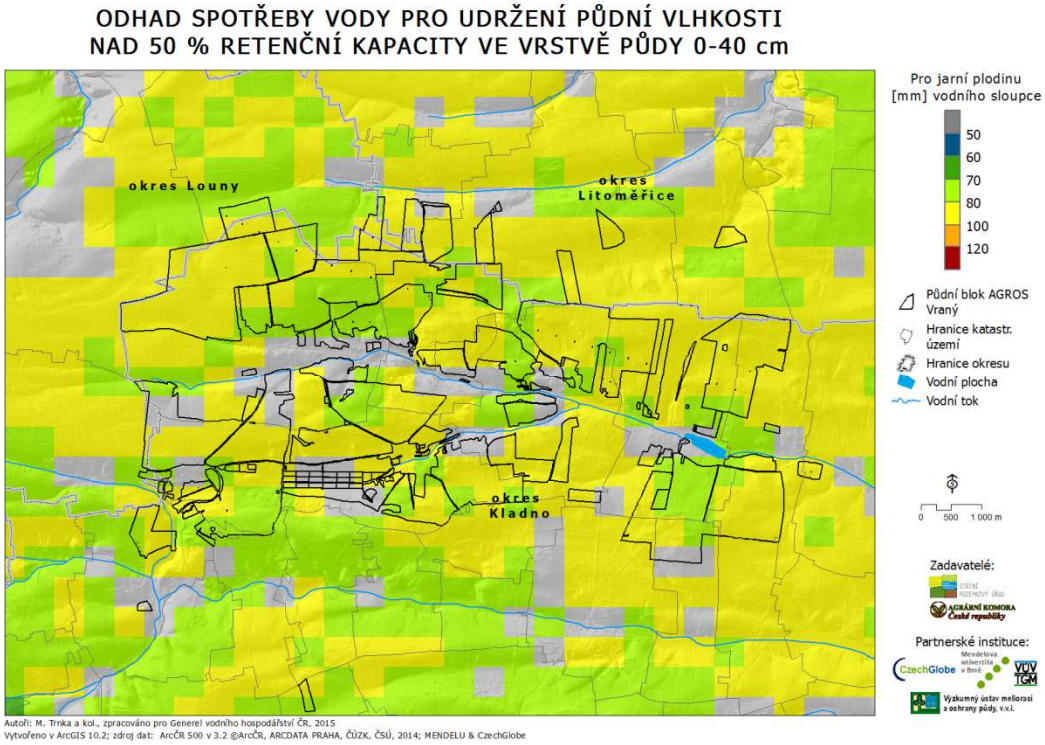
5.3.3 Vláhová potřeba a posun výrobních oblastí

Podle metody vyvinuté Trnkou et al. (2009) využívající k objektivní klasifikaci tzv. výrobních oblastí klimatických parametrů (teplotní poměry a vodní bilanci) spadá zájmové území, na kterém hospodaří podnik Agros Vraný v současných podmínkách do řepařské výrobní oblasti (Mapa. 5.5). Současně obhospodařované pozemky spadají většinou do tzv. skupiny 2 (tj. se zhoršenými půdními podmínkami) částečně pak do skupiny 1 (tj. s příznivými půdními podmínkami). Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám však lze očekávat posun výrobních oblastí způsobem, kdy bude možné území definovat pro blízkou budoucnost (období okolo 2020) jako kukuřičnou výrobní oblast. Na tomto závěru se shoduje prognóza vypracovaná na základě tří různých scénářů změny klimatu pomocí Globálních cirkulačních modelů HadCM (UK), ECHAM (Německo) a NCAR (USA). Výsledkem je posun k agroklimaticky teplejším a sušším podmínkám. Pro období okolo roku 2050 dokonce prognóza na základě modelu HadCM předpokládá výskyt tzv. mimořádně teplé a suché výrobní oblasti (viz Mapa. 5.5). Očekávané změny agroklimatických podmínek bude nutné reflektovat v zastoupení pěstovaných plodin a způsobu hospodaření. Pro zmírnění dopadů vyšších teplot vzduchu a prohloubení deficitu vodní bilance bude nutné přijmout nezbytná adaptační opatření. Jedním z takových opatření může být maximální snaha zachovat či zlepšit kvalitu a retenční schopnost půdy, či snížit úhrny povrchového odtoku. Otázkou je vzhledem k dostupnosti vodních zdrojů a ekonomickým okolnostem i možnost využití závlahových systémů na části území apod.



Mapa 5.5: Klimatické vymezení výrobních oblastí na základě metody publikované Trnkou et al. (2009) pro období 1961-2000 a odhad pro období okolo roku 2020 a 2050 podle modelů ECHAM, HadCM a NCAR za předpokladu emisního scénáře SRES-A2 a vysoké citlivosti klimatického systému na nárůst koncentrace CO_2 (toto do roku 2020 odpovídá přibližně nárůstu teploty o 0,5 °C a 2,0 °C oproti 1961-2000)

Na základě analýz provedených metodikou Integrovaného systém pro sledování sucha k odhadu potřeby vody pro závlahová zařízení vyplynulo, že na většině pozemků obhospodařovaných podnikem Agros Vraný by bylo k udržení půdní vlhkosti nad 50 % relativního nasycení ve vrstvě 0-40 cm dle mediánu sezón 1981-2010 potřeba 70-80 mm a na řadě pozemků až 100 mm závlahové vody při pěstování jarní obiloviny (v době od zasetí po zralost). Pro ozimé obiloviny byly výsledné hodnoty přibližně o 20 mm vyšší (Mapa 5.6).

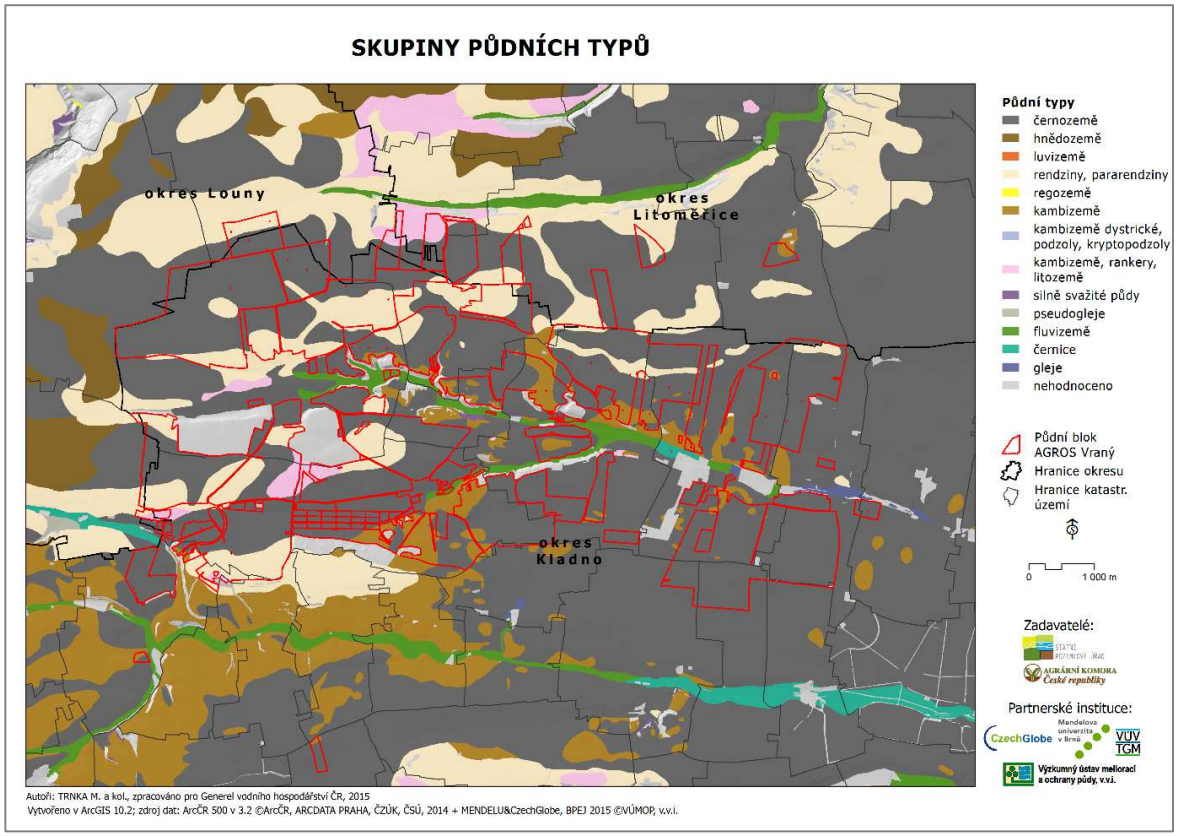


Mapa 5.6: Odhad spotřeby vody pro udržení relativního nasycení půdy ve vrstvě 0-40 cm na úrovni nad 50 % na základě metodiky Integrovaného systém pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Vyneseny jsou mediány za sezóny 1981-2010 pro jarní obilovinu.

5.3.4 Charakteristika půdních poměrů v zájmovém území Agros Vraný

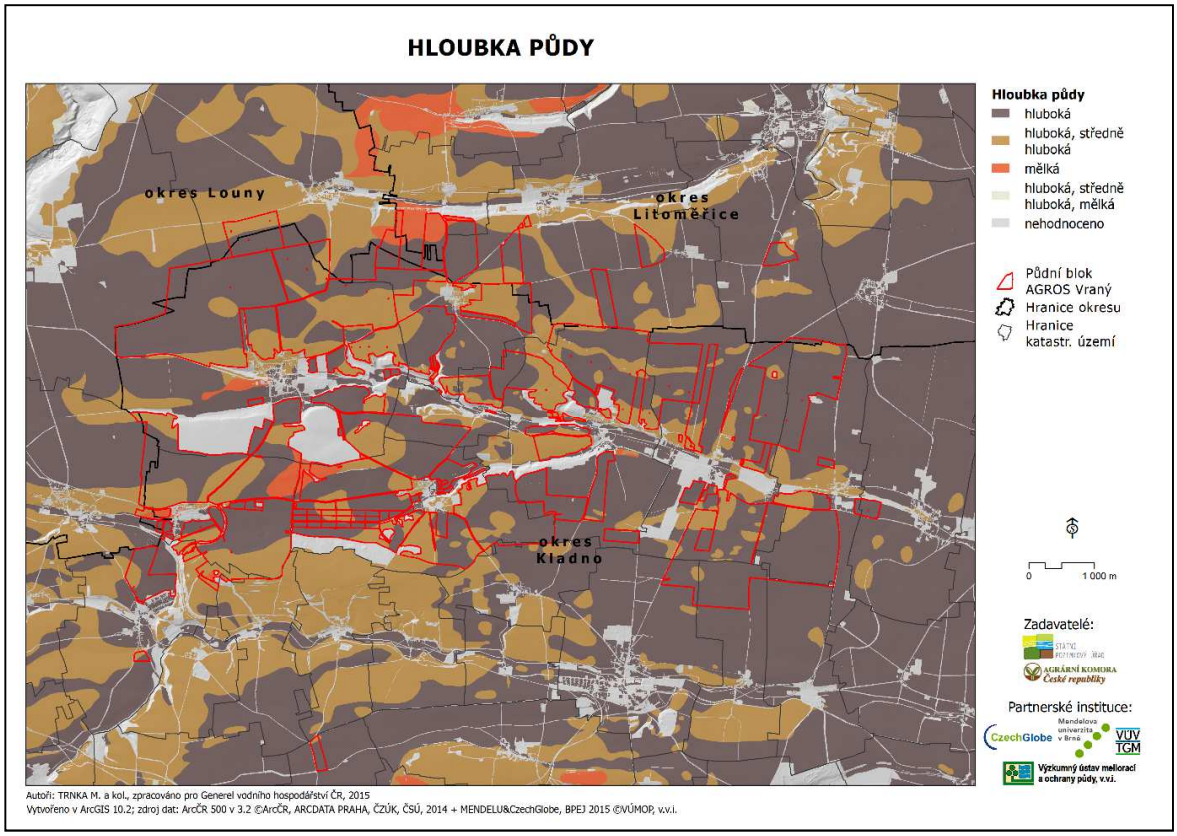
Základní charakteristiky BPEJ

Během bonitačního průzkumu bylo vymezeno 2199 BPEJ, které byly dále rozřazeny do 13 skupin půdních typů. V zájmovém území Vraný dominují ze 75 % černozemě. Nicméně poměrně výrazně (16 %) jsou zastoupené rendziny a pararendziny (Mapa 5.7).



Mapa 5.7: Skupiny půdních typů

Hloubka půdy je důležitým půdním limitem. Je definována jako mocnost půdního profilu, kterou omezuje v určité hloubce buď pevná skála, nebo její rozpad, silná skeletovitost (> 50 %) nebo ustálená hladina podzemní vody. Na území zemědělského družstva Agros Vraný převažují půdy hluboké s cca 68% zastoupením (Mapa 5.8) a současně dominují bezskeletovité půdy.

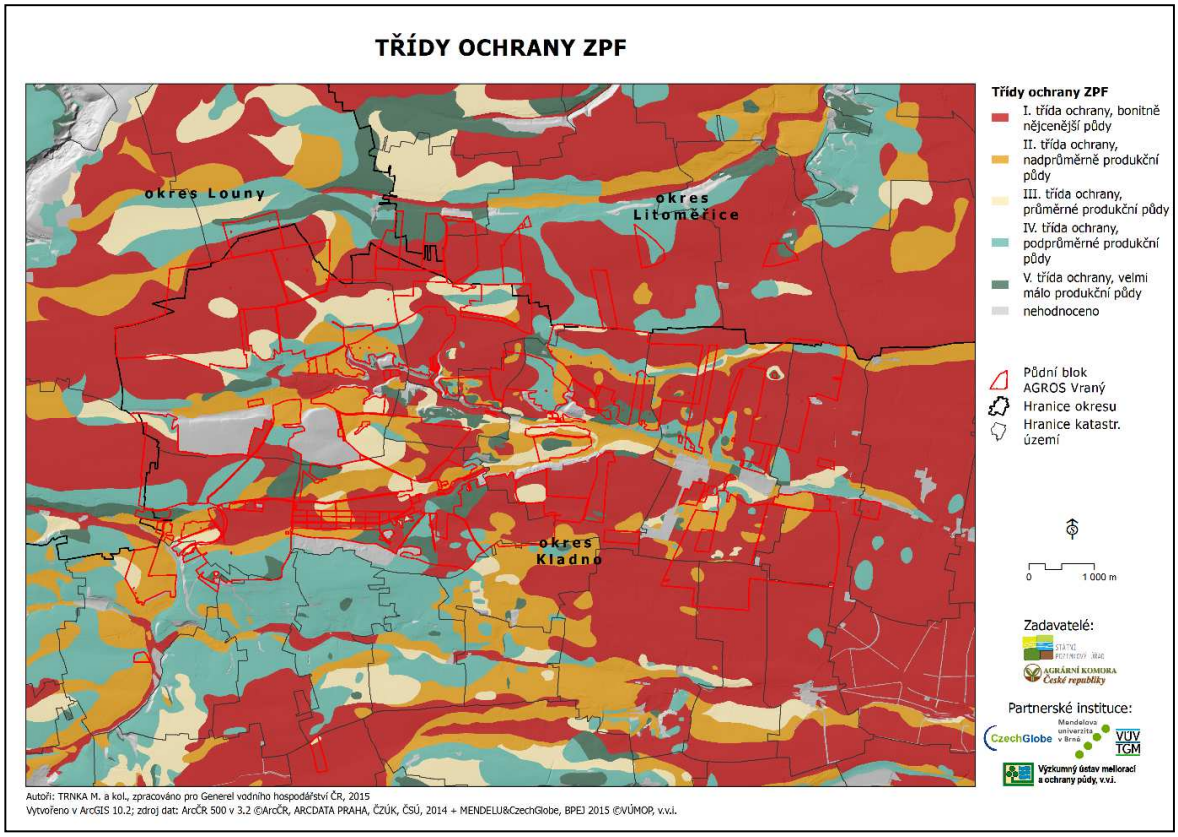


Mapa 5.8: Hloubka půdy

Pokud jde o třídy ochrany ZPF, tak se na území Agros Vraný vyskytuje mírná většina (cca 56 %) půd spadajících do kategorie bonitně nejcennějších půd (Mapa 5.9, Tab. 5.1), nicméně téměř pětinu výměry tvoří půdy dvou nejnižších produkčních kategorií.

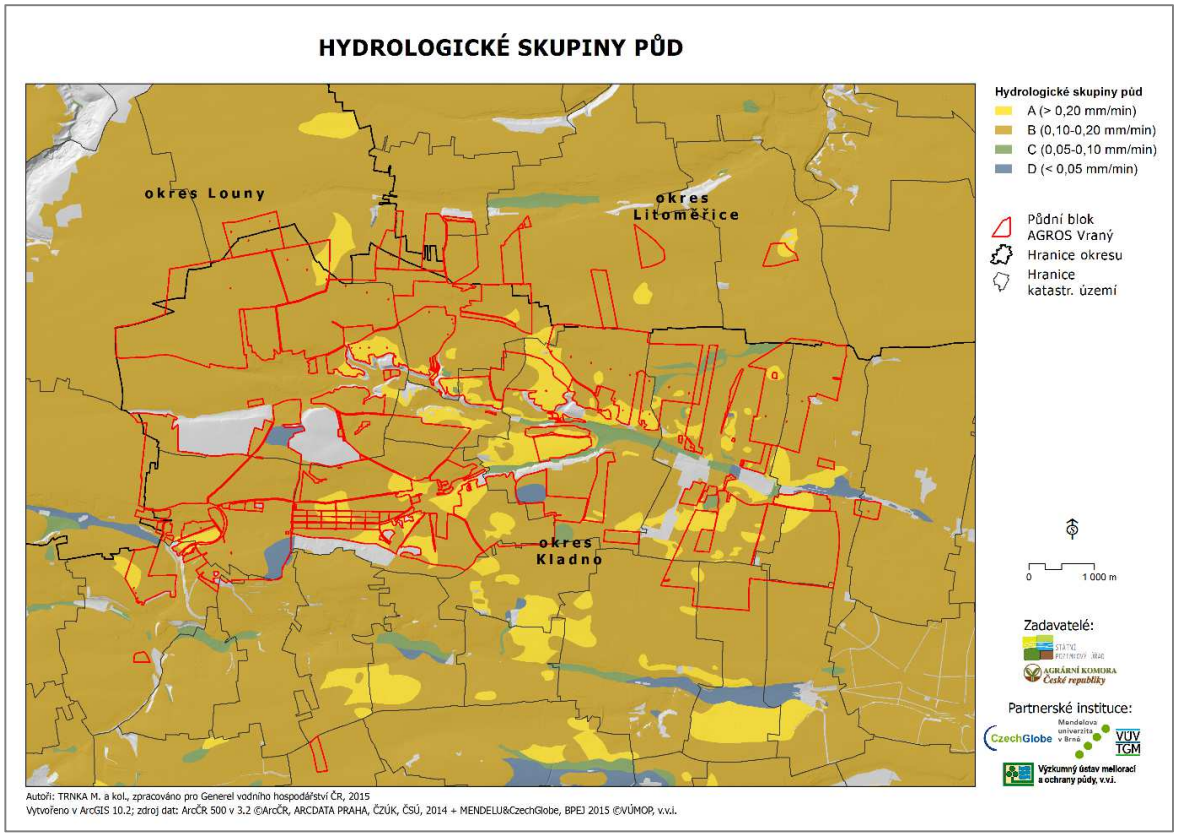
Třídy ochrany	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
1. třída - bonitně nejcennější půdy	56,35	1 676
2. třída - půdy s nadprůměrnou produkční schopností	16,52	491
3. třída - půdy s průměrnou produkční schopností	9,50	283
4. třída - půdy s převážně podprůměrnou produkční schopností	12,38	368
5. třída - půdy s velmi nízkou produkční schopností	5,25	156
Celkem	**100,00**	**2 974**

Tab. 5.1: Třídy ochrany ZPF



Mapa 5.9: Třídy ochrany ZPF

Půdy se podle svých hydrologických vlastností rozdělují do 4 hydrologických skupin A, B, C a D na základě minimální rychlosti infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení. Půdy ve skupině A mají vysokou rychlost infiltrace (> 0,20 $mm.min^{-1}$), půdy ve skupině D jsou charakteristické nízkou rychlostí infiltrace (< 0,05 $mm.min^{-1}$). Infiltrační schopností půd rozumíme schopnost povrchu půdy pohlcovat vodu. Obecně by měla být infiltrační schopnost půdy střední až vysoká, aby se minimalizoval povrchový odtok vody a vodní eroze, ne však extrémně vysoká, neboť na příliš propustných půdách s promyvným vodním režimem hrozí rychlé vyplavování živin a polutantů do podloží a do podzemních vod. Na infiltrační schopnost půdy mají vliv klimatické poměry (intenzita, množství a časové rozložení srážek, teplotní poměry a roční doba), pedologické poměry – zejména fyzikální vlastnosti půd (tj. zrnitost, struktura, pórovitost a humóznost), stav svrchní vrstvy půdy, vlhkostní poměry půd (tj. půdní vlhkost, sací tlak, hydraulická vodivost a výška hladiny podzemní vody), kořenový systém a podpovrchové systémy chodbiček půdních živočichů. V neposlední řadě je důležitý způsob využití půdy a poměry území. Z pohledu zastoupení hydrologických skupin půd mají největší zastoupení (cca 87 %) půdy se střední rychlostí infiltrace spadající do skupiny B (Mapa 5.10).



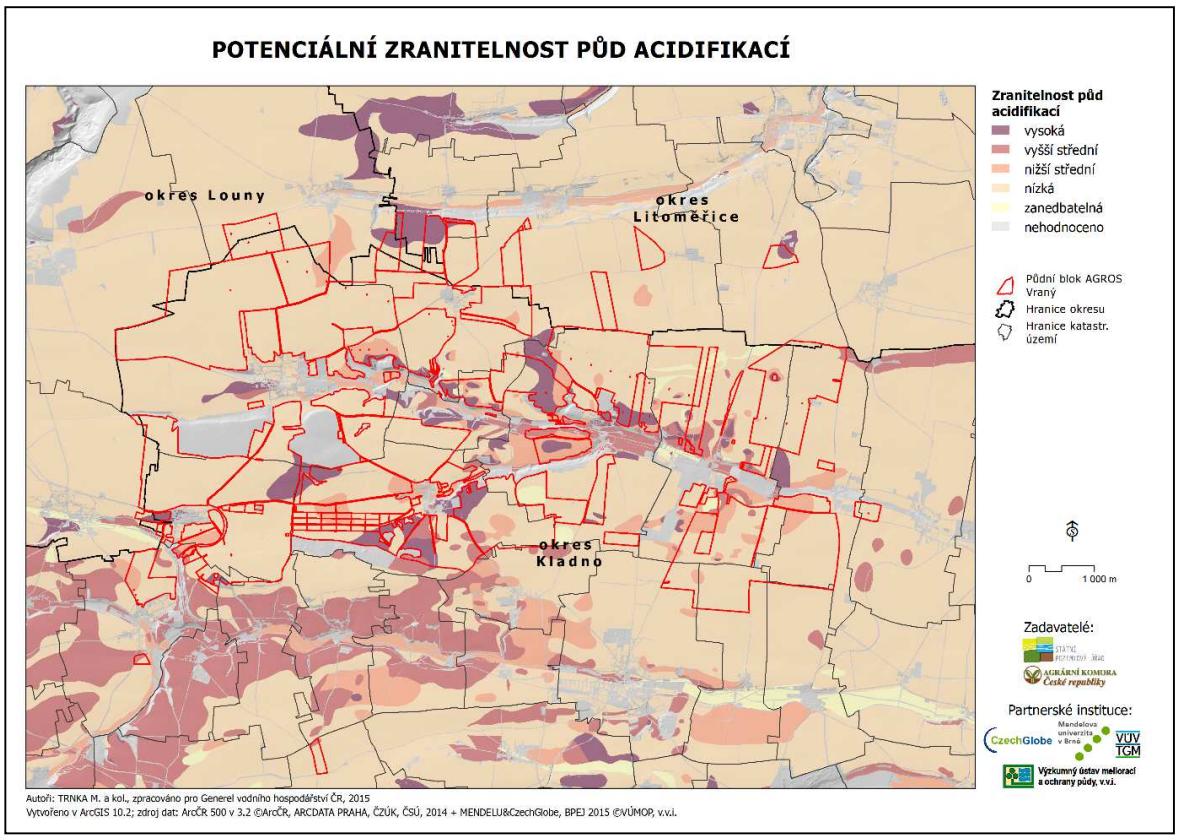
Mapa 5.10: Hydrologické skupiny půd

Limity využití území

Acidifikace je degradační proces, při kterém dochází k okyselování půdy. To má mimo jiné vliv na přístupnost živin, jejich pohyb v půdě (včetně pohybu těžkých kovů), růst rostlin, biologické oživení půdy, tvorbu a kvalitu humusu a další půdotvorné procesy. Acidifikace navazuje zpravidla na debazifikaci, tj. na snížení obsahu uhličitanů (bazických iontů) v půdě a půdním roztoku. Dochází k ní působením přirozených půdních procesů při illimerizaci (posunu jílu níže profilem půdy) a podzolizaci, zvláště v humidnějších podmínkách. Dalším faktorem jsou antropogenně podmíněné procesy. Ty zahrnují používaní kysele působících průmyslových hnojiv (ale i nekvalitních statkových hnojiv), účinky imisí a kyselých dešťů, intenzivní závlahy, ale i monokultury nebo nízké zastoupení víceletých pícnin a vysokým podílem obilovin (Vopravil et al., 2010). Potenciální zranitelnost zemědělských půd acidifikací shrnuje Tab. 5.2 a Mapa 5.11. Z Tab. 5.2 vyplývá, že vyšším středním až vysokým rizikem okyselení je ohroženo necelých 9 % půd na území Agros Vraný. Díky vysokému pH má tak spíše podnik problémy s obsahem pro rostliny dostupných stopových prvků a také mobilního železa, vápníku a hořčíku.

Acidifikace	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
vysoká	6,09	181
vyšší střední	2,80	83
nižší střední	7,37	219
nízká	82,86	2464
zanedbatelná	0,87	26
nehodnoceno na ZPF	0,01	1
Celkem	**100,00**	**2974**

Tab. 5.2: Potenciální zranitelnost zemědělské půdy acidifikací

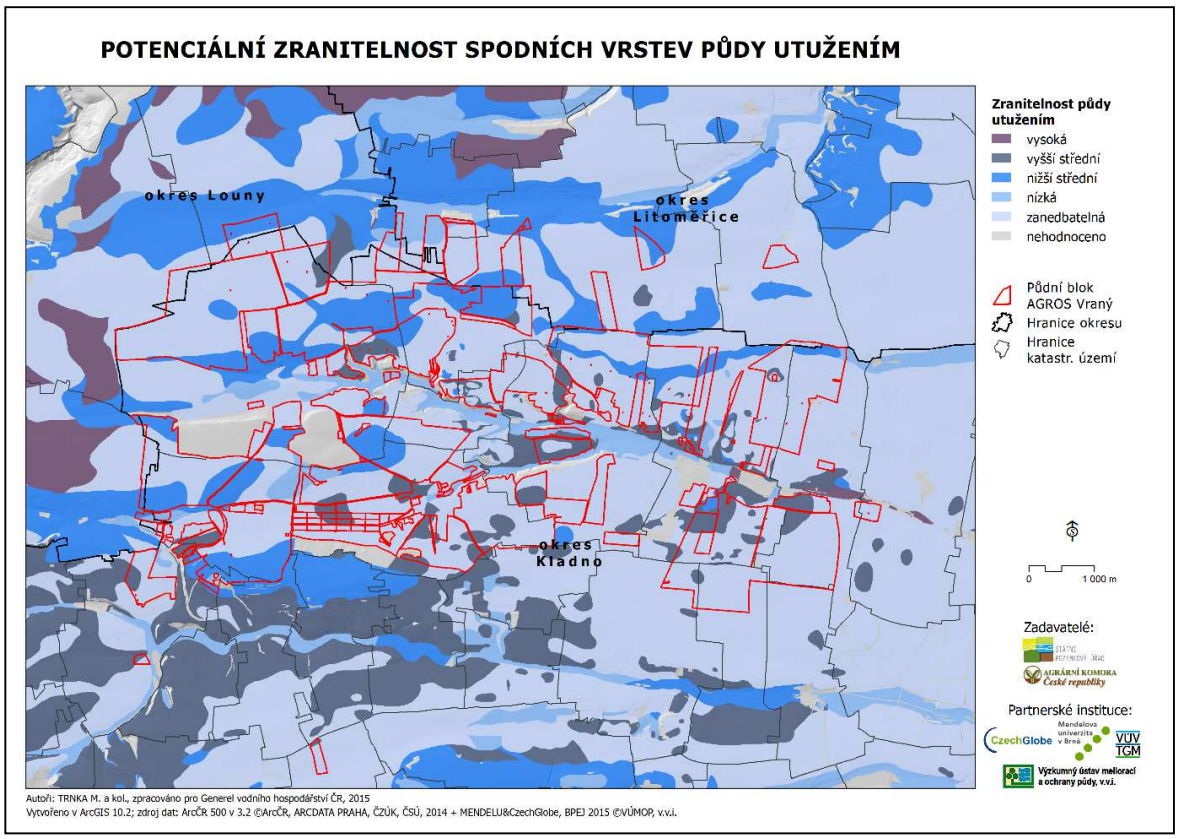


Mapa 5.11: Potenciální zranitelnost zemědělské půdy acidifikací

Degradace fyzikálních vlastností půdy a z ní vyplývající utužení podorničí a spodin a tvorba krust na povrchu půdy negativně ovlivňují produkční a mimoprodukční funkce půdy. Riziko degradace si v podniku uvědomují a jako zvláště rizikové se jeví sklizňové operace při pěstování cukrové řepy. Utužení pak omezuje infiltraci, urychluje povrchový odtok a zvyšuje erozi, zmenšuje retenční vodní kapacitu a využitelnou vodní kapacitu půdy, omezuje účinnou hloubku půdního profilu a potlačuje biologickou aktivitu zhoršením vzdušného, vodního a termického režimu půdy. Utužením půdy trpí v současné době asi 40 % zemědělských půd ČR. Je především důsledkem intenzivního hospodaření, jako je např. stlačování půdy opakovanými přejezdy těžkou zemědělskou technikou, orba do stejné hloubky či absence víceletých pícnin v osevním postupu (Lhotský, 2000). Potenciální zranitelnost zemědělských půd na území podniku Agros Vraný utužením je dokumentována v Tab 5.3 a Mapě 5.12. Na základě Tab. 5.3 je zřejmé, že vyšší střední potenciální zranitelností utužením je v zájmovém území Agros Vraný ohroženo téměř 10 % půdy.

Utužení	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
vysoká	0,01	0
vyšší střední	9,87	294
nižší střední	16,60	494
nízká	2,76	82
zanedbatelná	70,76	2104
nehodnoceno na ZPF	0,00	0
Celkem	**100,00**	**2974**

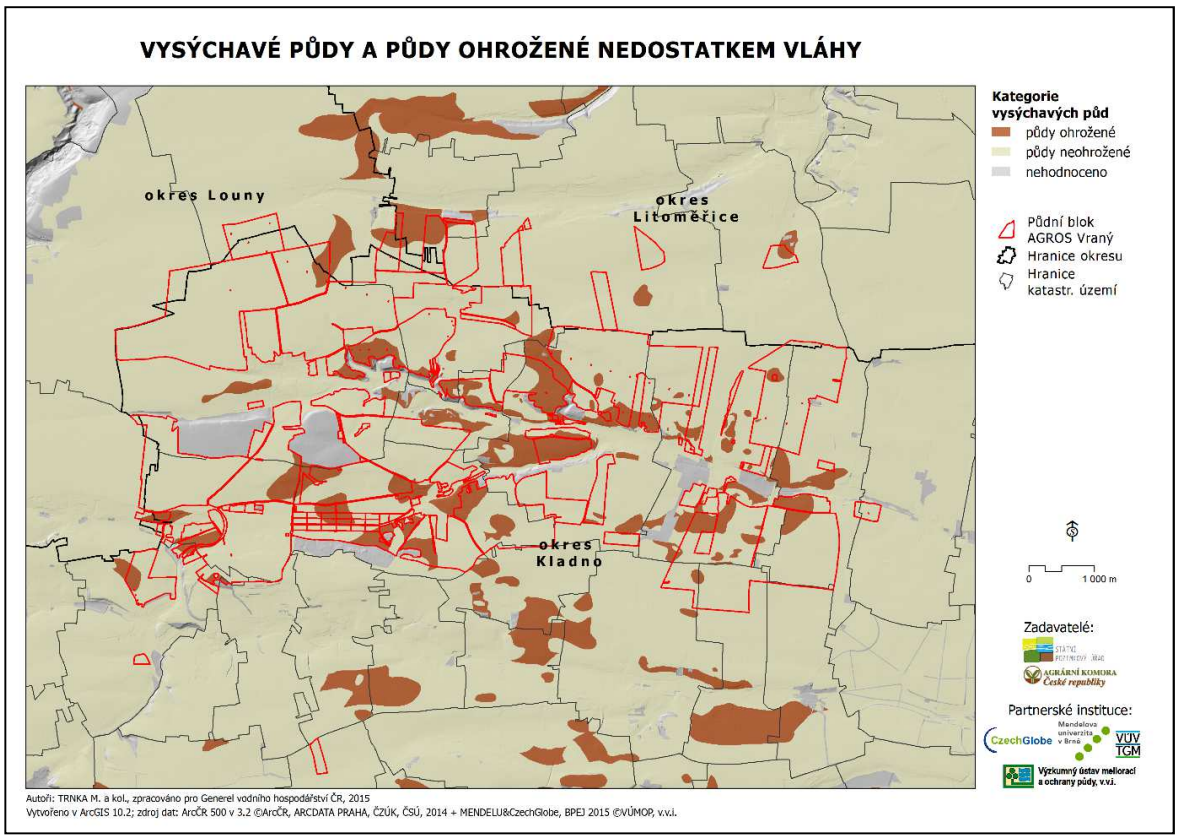
Tab. 5.3: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením



Mapa 5.12: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením

Při dlouhodobém nedostatku vody v půdě a intenzivní mineralizací organické hmoty dochází k poklesu úrodnosti půdy a její postupné přeměně na poušť. Díky procesu eroze se území postižená desertifikací neustále rozšiřují, přitom v největším měřítku se tento typ degradace projevuje na území jižní Moravy. Některé půdy, zejména kvalitní černozemě, jsou za několik desítek let tak zerodovány, že jsou obnaženy podložní substráty – v lepším případě spraš, v horším písčité substráty z původního dna moře. Výskyt půdních bloků ohrožených desertifikací lze odvodit podle zrnitosti půdy a klimatických podmínek stanoviště. Na vznik vysýchavých půd mají vliv klimatické změny se stále častějším výskytem dlouhých období sucha a nedostatek statkových hnojiv, kterými by měla být dodávána organická hmota do půdy. Vymezení kategorie vysýchavých půd je znázorněno v Mapě 5.13. Na území Agros Vraný je zastoupení vysýchavých půd přes 13 %, což je značně vysoké číslo.

Podmáčení půdy je lokálním problémem v oblastech se zvýšenou hladinou podzemní vody či dlouhodobým převlhčením povrchu půdy a na pozemcích se prakticky nevyskytuje.



Mapa 5.13: Vysýchavé půdy

Vodní eroze

Z dlouhodobých výzkumů a terénních šetření provedených VÚMOP, v.v.i. vyplývá, že kromě záboru půdy je hlavním degradačním faktorem vodní eroze, kterou je ohroženo téměř 65 % zemědělských půd ČR. Jedná se o proces rozrušování půdního povrchu působením vody, transportu půdních částic na jiné místo a jejich následného usazování. K rozvoji vodní eroze přispívá nadměrná velikost půdních bloků a absence krajinných prvků, které by zrychlenou erozi účinně omezovaly (meze, zatravněné údolnice, polní cesty, rozptýlená zeleň apod.). Pokud se k tomuto stavu přidá nesprávné zpracování půdy na svažitých pozemcích a pěstování erozně nebezpečných plodin, dochází k intenzivní vodní erozi. Na vznik vodní eroze má největší vliv sklonitost a délka pozemku po spádnici, dále pak vegetační pokryv, vlastnosti půdy, přítomnost protierozních opatření a četnost výskytu přívalových srážek (Novotný *et al*., 2014).

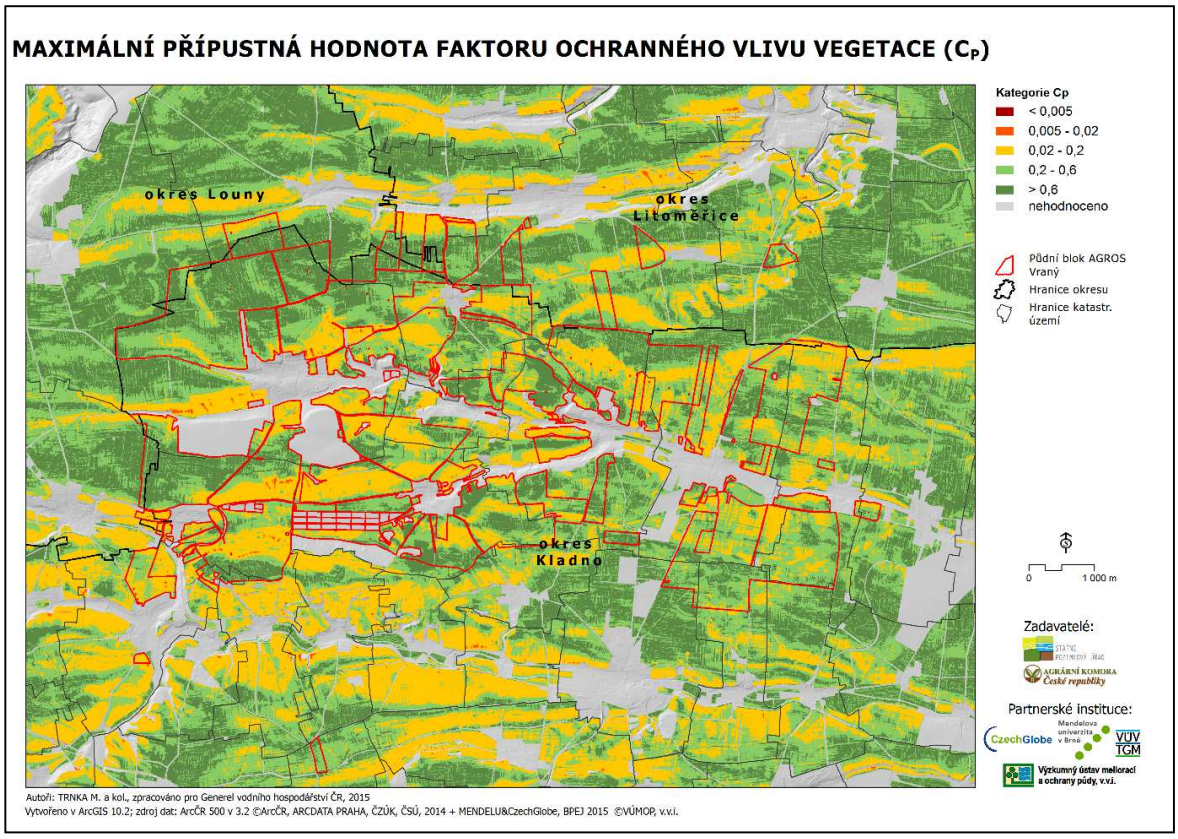
Hlavním důsledkem vodní eroze je zmenšení mocnosti půdního profilu a ochuzení zemědělské půdy o její nejúrodnější část. Dochází k přímému poškozování pěstovaných rostlin a ztrátám osiv, sadby, čímž se snižují hektarové výnosy. Snižuje se také obsah humusu a minerálních živin v půdě. Zhoršuje se také infiltrační schopnost půdy pro vodu. Vodou unášené půdní částice a na nich vázané látky (uvolněná hnojiva a pesticidy) zanášejí vodní toky a akumulační prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují podmínky pro vodní organismy a zvyšují náklady na úpravu vody a čištění vodních nádrží od usazenin. V extrémních případech mohou být způsobeny vážné škody na stavbách a dalším majetku v blízkosti erozí postiženého pozemku. V celém kontextu dochází ke změně půdního prostředí a půdy samotné, a to i s ekonomickými důsledky - poklesu ceny půdy/pozemku. Nutné je i podotknout, že díky snižování mocnosti půdního profilu tak výrazně klesá schopnost akumulace vody v půdních pórech.

Ohroženost půdy vodní erozí lze vyjádřit pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy USLE (Wischmeier, Smith, 1978). Pro potřeby generelu je využit faktor erozní účinnosti srážek R = 40 $N \cdot ha^{-1}$, hodnoty přípustného smyvu pro středně hluboké (30-60 cm) a hluboké půdy (nad 60 cm) $G_p = 4\ t.ha^{-1} \cdot rok^{-}$

[1], mělké půdy (do 30 cm) G_p=1 t·ha^{-1}·rok^{-1}. Ohroženost půdy vodní erozí je pak vyjádřena jako Maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace (Tab. 5.4, Mapa 5.14) a na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu pomocí Stupňů erozního ohrožení půd (Tab. 5.4 a 5.5, Mapa 5.15). Maximální přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace C_p slouží jako podklad určující vhodný rámcový způsob hospodaření na půdních blocích nebo jejich částech, při kterém ještě nedochází k projevům nadlimitní ztráty půdy vodní erozí. Stupně erozního ohrožení vycházející ze tříd erozního ohrožení, zohledňují i přípustnou průměrnou roční ztrátu půdy G_p. Stupně kategorizují území podle x-násobku překročení hodnot přípustného erozního smyvu. Třídy erozního ohrožení vychází z výpočtu dlouhodobého průměrného smyvu půdy s využitím faktoru ochranného vlivu vegetace na základě optimálního zastoupení plodin dle klimatických regionů. Jednotlivé třídy vycházejí z upravené kategorizace podle Dýrové (VÚT Brno, 1988) s ohledem na přípustnou průměrnou roční ztrátu půdy G_p.

Přípustná hodnota C_p	**Doporučený rámcový management**	**Zastoupení (%)**	**Výměra (ha)**
do 0,005	převedení na trvalé travní porosty	0,00	0
0,005-0,02	pěstování jetele, vojtěšky	0,25	7
0,02-0,2	vyloučení pěstování erozně nebezpečných kultur	28,14	804
0,2-0,6	erozně nebezpečné kultury jen s půdoochrannými technologiemi	41,68	1192
nad 0,6	bez omezení	29,93	855
Celkem	–	**100,00**	**2858**

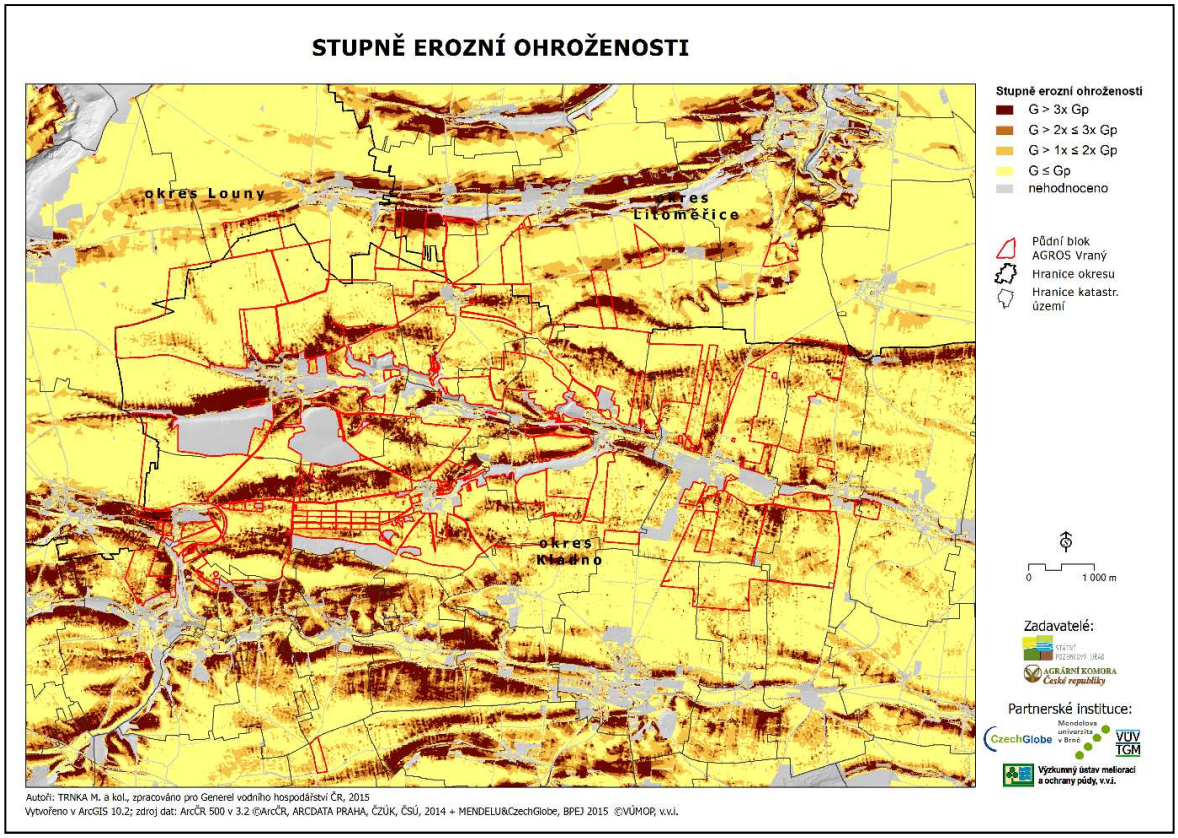
Tab. 5.4: Ohroženost vodní erozí na orné půdě vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace C_p



Mapa 5.14: Ohroženost vodní erozí na orné půdě vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty

Překročení G_p (v násobku)	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
$G > 3x\ G_p$	10,20	303
$G > 2x \leq 3x\ G_p$	8,34	248
$G > 1x \leq 2x\ G_p$	21,58	641
$G \leq 1x\ G_p$	59,88	1779
Celkem	**100,00**	**2971**

Tab. 5.5: Stupně erozního ohrožení půd na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu (upraveno podle Dýrová, 1988)

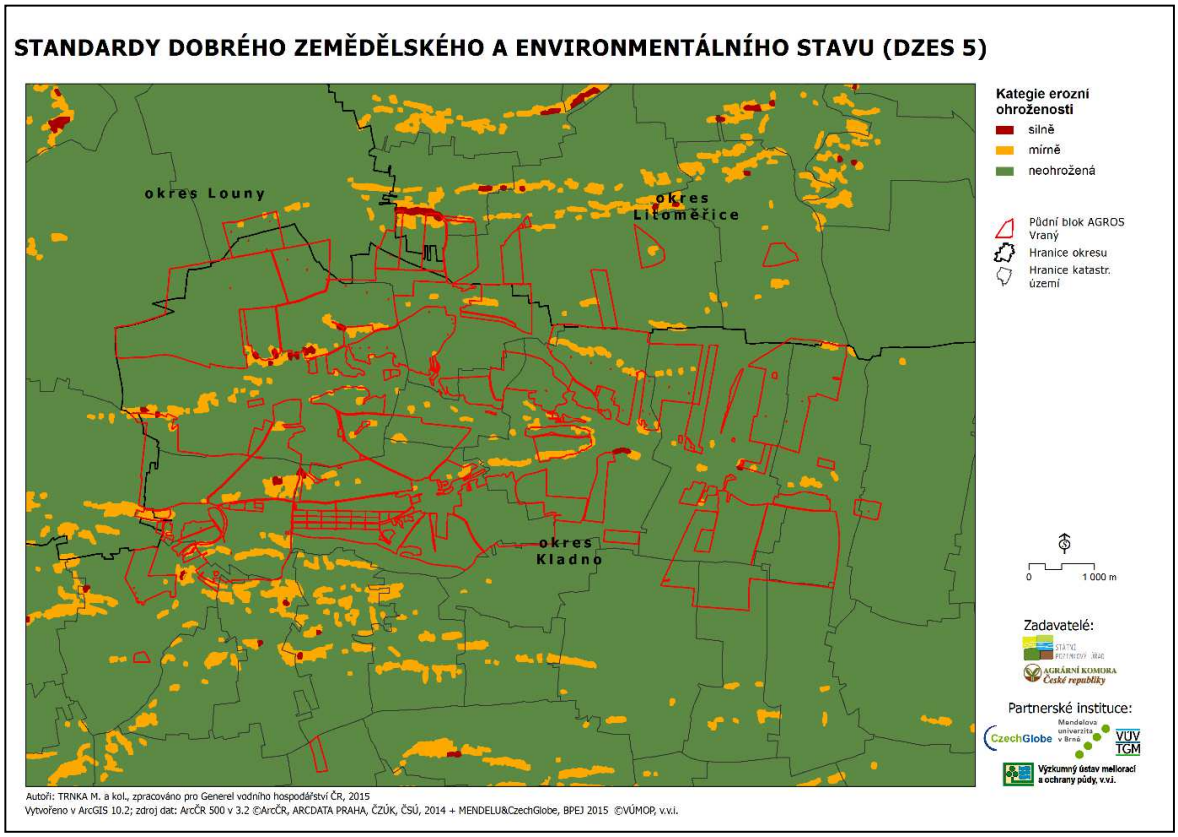


Mapa 5.15 Stupně erozního ohrožení půd na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu

Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu DZES (dříve GAEC), v české legislativě stanoveny nařízením vlády 309/2014 Sb., mají za cíl zajistit zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí (ŽP). Hospodaření v souladu se standardy DZES je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých plateb, některých podpor z Programu rozvoje venkova a některých podpor společné organizace trhu s vínem. Standard DZES 5 (dříve GAEC 2) vstoupil v platnost 1. ledna 2010 a jeho cílem je především ochrana půdy před vodní erozí a snaha omezit negativní působení důsledků eroze. Tento standard řeší problematiku protierozní ochrany půdy stanovením požadavků na způsob pěstování vybraných hlavních plodin na silně erozně ohrožených a mírně erozně ohrožených půdách. Ty je možné identifikovat na základě vrstvy erozní ohroženosti půd, která vychází z mapy Maximálních přípustných hodnot faktoru ochranného vlivu vegetace C_p a vznikla výraznou generalizací a především úpravou kategorií ohroženosti a úpravou limitů pro vymezení erozně ohrožených ploch zohledněním dalších aspektů ze strany Ministerstva zemědělství. Vymezení kategorií erozní ohroženosti a jejich výskyt na území Vraný znázorňuje Tab. 5.6 a Mapa 5.16.

Hodnota C_p	Kategorie erozní ohroženosti	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
do 0,02	silně erozně ohrožená (SEO)	0,33	10
0,02-0,10	mírně erozně ohrožená (MEO)	4,63	139
nad 0,10	erozně neohrožená (NEO)	95,04	2847
Celkem	–	**100,00**	**2996**

Tab. 5.6: Kategorie erozní ohroženosti dle DZES 5



Mapa 5.16: Kategorie erozní ohroženosti dle DZES 5

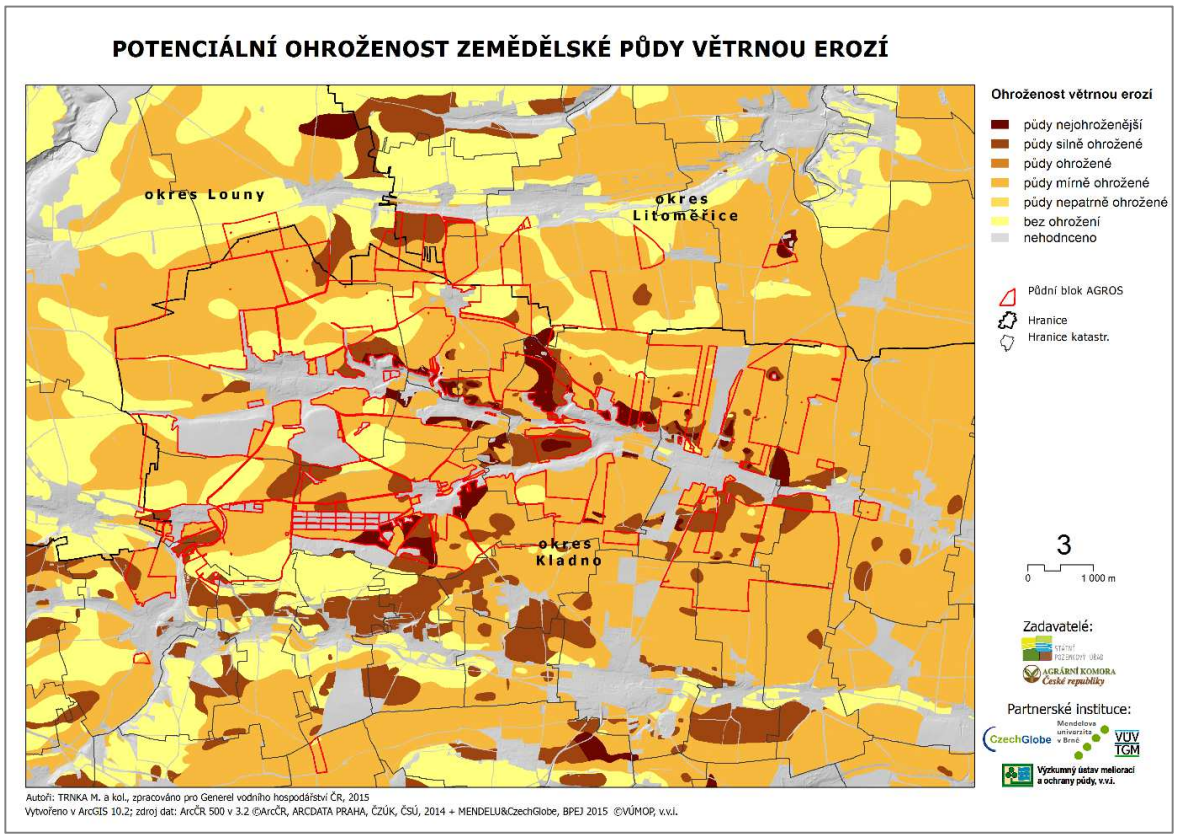
Větrná eroze

Větrnou erozí půdy je ohroženo přes 18 % půd ČR a její rozloha neustále roste. Při větrné erozi dochází k odnosu půdních částic z povrchu půdy mechanickou silou větru, transportu půdních částic na jiné místo a jejich následnému usazování. Na vznik vodní eroze mají vliv faktory klimatické (intenzita, směr, četnost a vlhkost větru) a struktura půdy, drsnost půdního povrchu a vlhkost půdy. Větrná eroze je typickým jevem v aridních oblastech, ale vyskytuje se i v humidních oblastech na vysychavých místech nekrytých vegetací, případně i na půdách extrémně těžkých. Příčiny vzniku větrné eroze jsou zejména nadměrná velikost pozemků s jedním druhem plodiny a neúdržba současných liniových prvků v krajině (větrolamy, aleje, remízky).

Jedním z důsledků větrné eroze je zmenšení mocnosti půdního profilu, zejména úbytku ornice. Dále je to poškození fyzikálních i chemických vlastností půd a s tím související snížení úrodnosti půd. Při větrné erozi dochází k výraznému zanášení komunikací, příkopů a výrazně se zvyšuje prašnost ovzduší. Z hlediska pěstování zemědělských plodin bývá větrná eroze nejškodlivější na jaře po suché zimě, kdy poškozuje mladé porosty. Rozsah a výskyt půd ohrožených na území hospodaření podniku Agros Vraný větrnou erozí shrnuje Tab. 5.7, přičemž převažují půdy mírně ohrožené větrnou erozí (67 %), nicméně i podíl ohrožených půd není zanedbatelný (Mapa 5.17).

Potenciální ohroženost větrnou erozí	Stupeň ohroženosti	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
více než 23,1	půdy nejohroženější	4,01	119
17,1-23,0	půdy silně ohrožené	10,48	312
11,1-17,0	půdy ohrožené	0,00	0
7,1-11,0	půdy mírně ohrožené	66,66	1982
4,1-7,0	půdy náchylné	0,00	0
méně než 4	bez ohrožení	17,25	513
nehodnoceno	nehodnoceno	1,60	48
Celkem	–	**100,00**	**2974**

Tab. 5.7: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí



Mapa 5.17: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí

5.3.5 Kritické body a přispívající plochy drah soustředěného odtoku

Vedle klasických erozních rýh v ploše svahu byly v modelovém území identifikovány také hluboké rýhy v drahách soustředěného odtoku v literatuře označované termínem „ephemeral gullies“, které se liší od klasických erozních rýh velikostí průřezové plochy a s tím souvisejícím objemem erozního odnosu. Hluboké erozní rýhy vznikající v drahách soustředěného povrchového odtoku jsou významnou formou vodní eroze, která však dosud není v ČR bilancována ve výpočtech míry erozního ohrožení pro srovnávání s hodnotou přípustného smyvu. Identifikace a prostorová lokalizace drah soustředěného odtoku byla provedena na základě digitálního modelu terénu modelováním akumulace odtoku vody z jejích sběrných (přispívajících) ploch a vizuální interpretace na dotčených půdních blocích. Rozhodující kritická velikost přispívající plochy použitá pro modelování vzniku hlubokých erozních rýh v drahách soustředěného povrchového odtoku byla 5 ha.

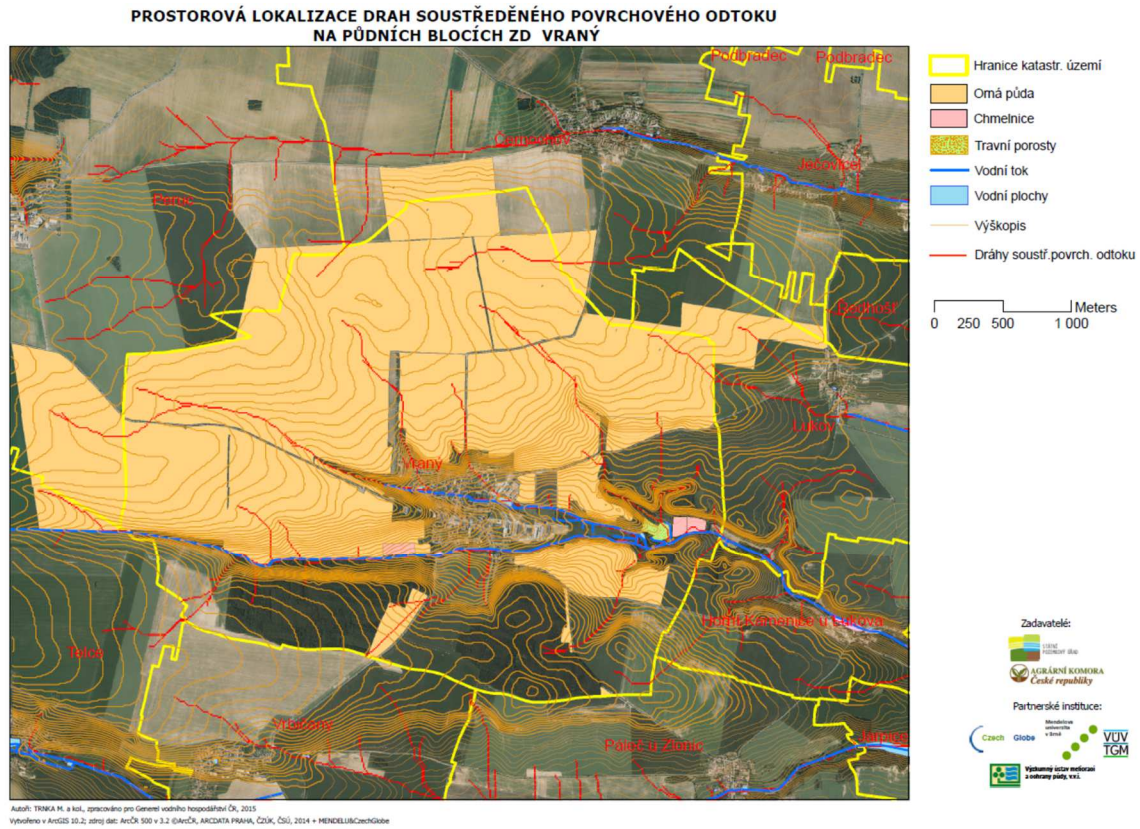
V modelových územích, na kterých hospodaří Agros Vraný, bylo na půdních blocích v dotčených k.ú identifikováno 5 významných drah (Mapa 5.18). Hlavním rizikovým faktorem je pěstování erozně nebezpečných plodin bez použití protierozních agrotechnologií při výskytu přívalových srážek v nejzranitelnějším období (tj. v navazujícím časovém úseku od zahájení agrotechnických operací po dobu dvou měsíců, kdy nebyl ještě dostatečně vytvořen vegetační pokryv a tím nebyla zmírněna degradační schopnost kinetické energie dopadajících kapek a následujícího povrchového odtoku) dojde ke vzniku erozních rýh a k významným erozním odnosům.

Termín efemerní (pomíjející, prchavý) vyjadřuje dočasnost těchto prvků, které jsou každoročně sanovány agrotechnikou na konci vegetačního období a dochází k jejich znovuobjevení na stejném místě v rámci dalšího vegetačního období. Na těchto identifikovaných rozhodujících DSO navíc k jejich zapravení-sanaci uživatel pozemků použije půdu z jejich bezprostředního okolí a tím způsobí další tzv. antropogenní erozi. Takto znovu vyplněná erozní rýha je potom často v následujícím roce znovu erodována. Je doporučeno tyto DSO stabilizovat zatravněním.

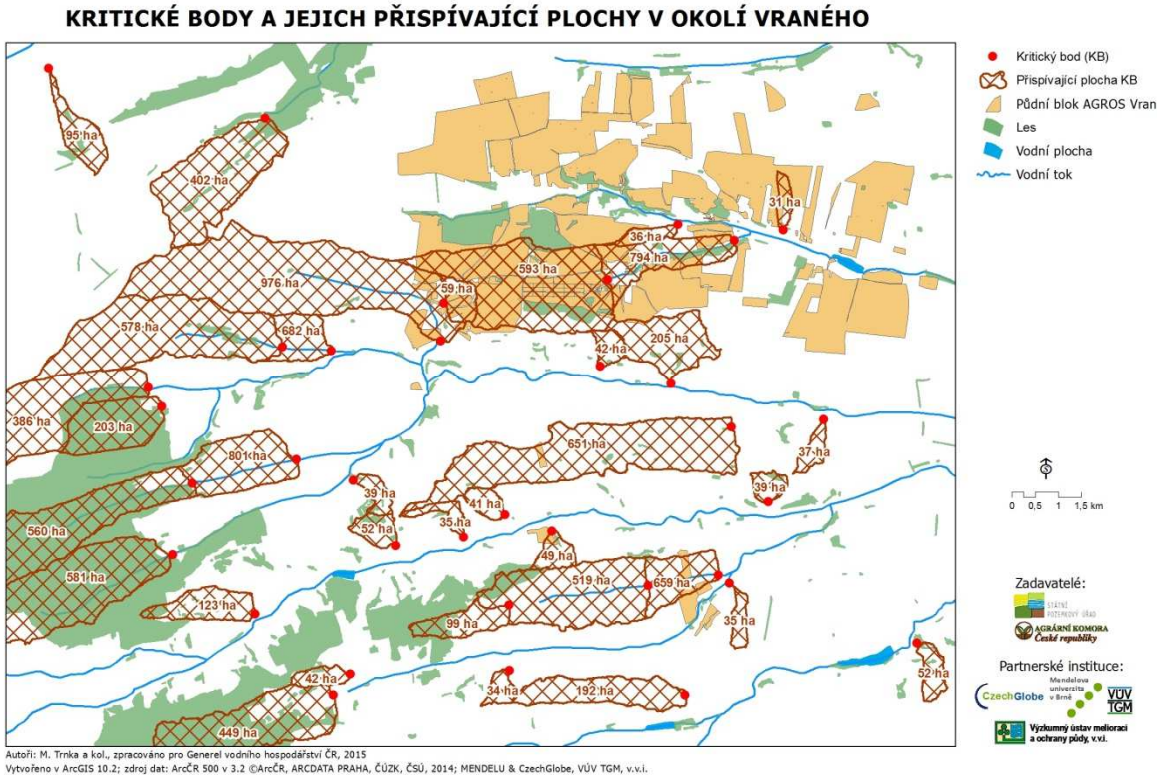
Většina kritických bodů a jejich přispívajících ploch v oblasti Vraného, do kterých zasahují pozemky užívané družstvem Agros Vraný, leží na jih od Vranského potoka (Mapa 5.19), celkem 8 kritických bodů a jejich přispívajících ploch. Do některých z nich však půda využívaná družstvem Agros Vraný zasahuje jen minimálně. Pouze jedna relativně malá přispívající plocha (31 ha) lokalizovaná na hranici katastrálních území Jarpice a Šlapanice v Čechách leží na sever od Vranského potoka. Do přispívajícících ploch kritických bodů zasahují nejvíce půdy obdělávané družstvem Agros Vraný v katastrálním území Páleč u Zlonic a Vrbičany. Je možné konstatovat, že významná část (u k.ú. Vrbičany téměř 100 %) těchto katastrálních území leží v přispívajících plochách kritických bodů. Charakteristiky přispívajících ploch s významným zastoupením zemědělské půdy užívané družstvem Agros Vraný je uveden v následující Tab. 5.8:

Plocha (ha)	**Sklon (%)**	**Podíl orné půdy (%)**	**Obec**
31	4,21	96,1	Šlapanice
59	6,35	77,6	Vrbičany
36	3,94	99,2	Jarpice
593	4,92	86,5	Páleč
794	5,57	83,1	Jarpice
976	4,32	88,4	Klobuky

Tab. 5.8: Přispívající plochy kritických bodů na ploše obhospodařované podnikem Agros Vraný



Mapa 5.18: Dráhy soustředěného odtoku v oblasti hospodaření Agros Vraný



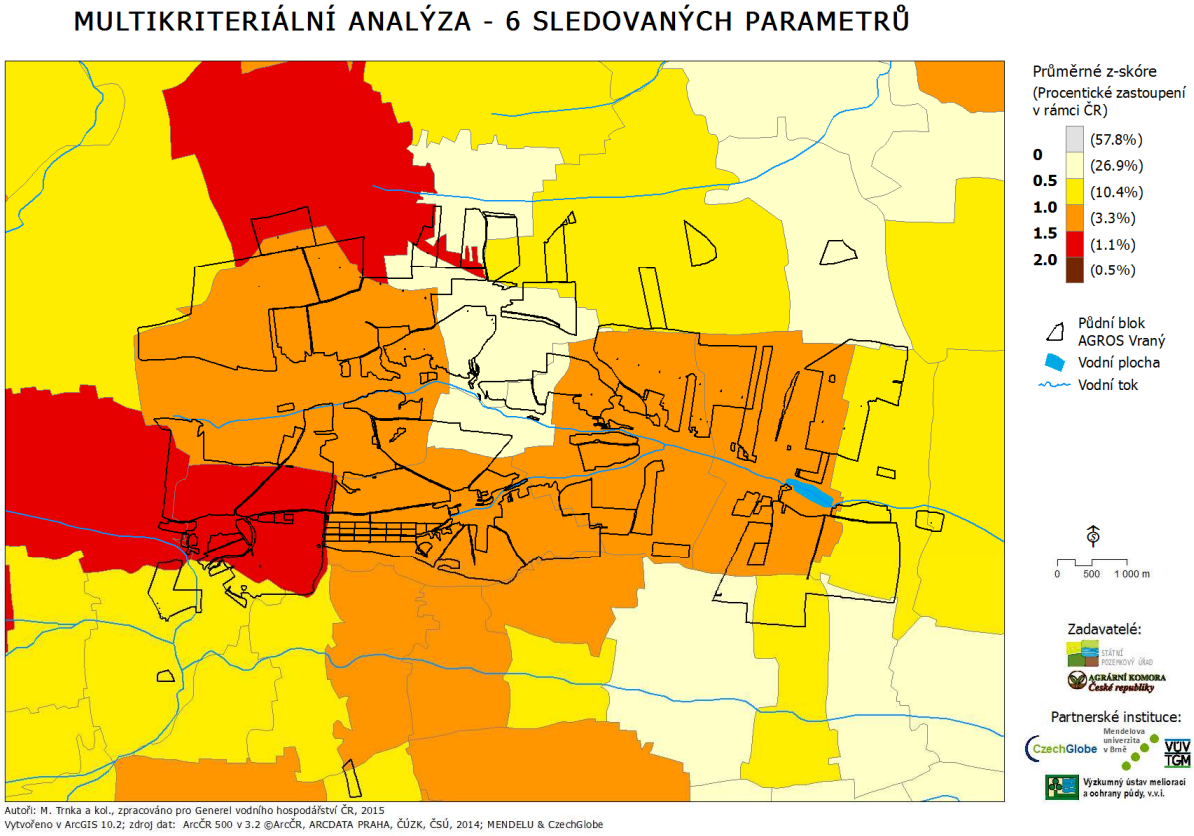
Mapa. 5.19: Kritické body a jejich přispívající plochy v oblasti hospodaření Agros Vraný

V jednom případě byly dva kritické body vymezeny na stejné dráze soustředěného odtoku a jejich přispívající plochy se částečně překrývají (jedna je úplnou podmnožinou druhé). Jedná se o kritické body v obcích Páleč (plocha 593 ha) a Jarpice (794 ha).

5.3.6 Detail multikriteriální analýzy v zájmové oblasti Agros Vraný

Kompletní metodika multikriteriální analýzy je popsána v kapitole 2.2. Mapa 5.20 zachycuje průměrné Z-skóre (tedy anomálii) s ohledem na zbytek území ČR jako průměr Z-skóre těchto parametrů:

- stupeň ohrožení výskytem zemědělského sucha v první polovině vegetační sezóny (tj. duben-červen),
- stupeň ohrožení výskytem zemědělského sucha ve druhé polovině vegetační sezóny (tj. červenec-srpen),
- podíl vysýchavých půd v území (viz kapitola 1.6 Mapa 2.11 a částečně kapitola 2.2.1),
- procento území náležející do přispívajících ploch kritických bodů,
- procento území náležející do přispívajících ploch drah soustředěného odtoku,
- procento území výrazně ohrožené erozním smyvem.



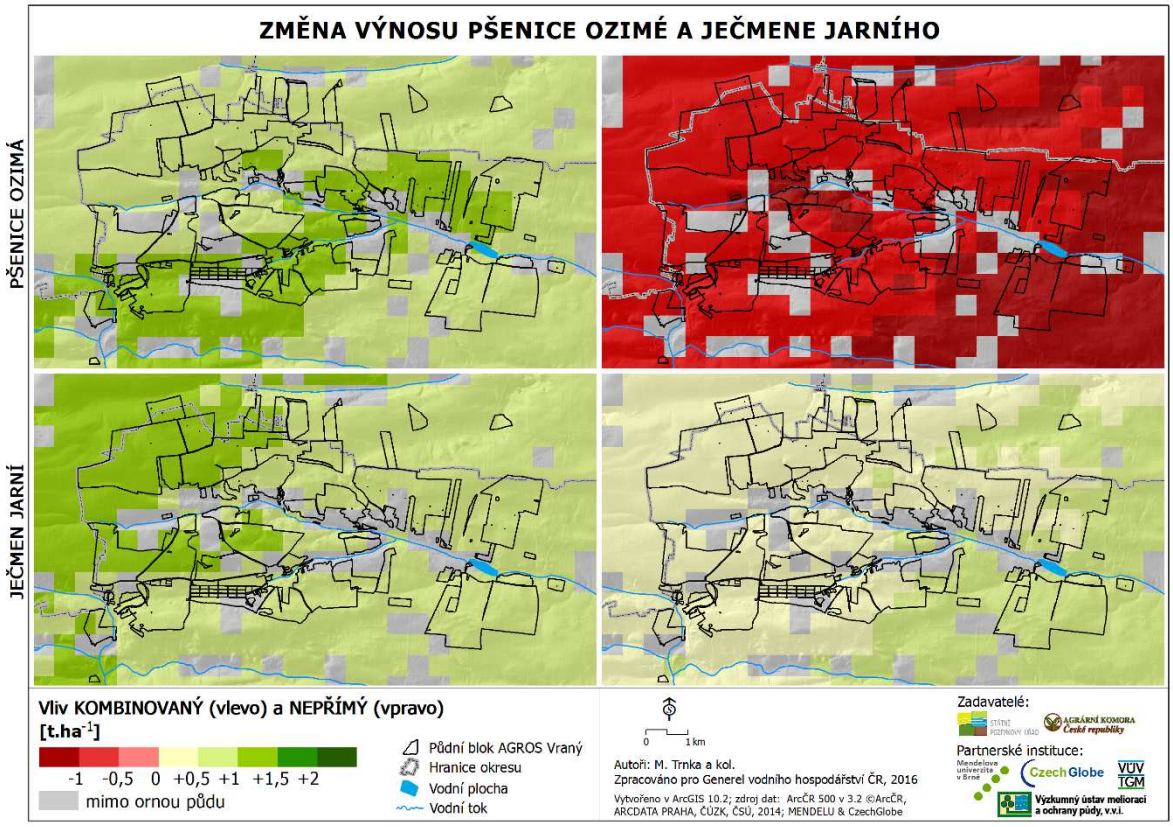
Mapa 5.20: Detail výsledků multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech pro oblast Agros Vraný – průměrné Z-skóre. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území.

Z výsledků vyplývá, že území, na kterém Agros Vraný hospodaří, se vyznačuje vysoce a na západě mimořádně nadprůměrnou hodnotou Z-skóre a patří mezi cca 3 resp. 1 % nejvíce ohrožených katastrů v rámci ČR. Tento výsledek předurčují výše popsané agroklimatické, půdní a geomorfologické podmínky. Oblast se vyznačuje kombinací poměrně vysokého ohrožení suchem, výskytem vysýchavých půd, značným rizikem eroze (a to včetně větrné, která nebyla zohledněna) a také výskytem drah soustředěného odtoku a v části území i kritickými body. Jedná se z pohledu GVHK o vhodný modelový

příklad výskytu kombinace rizikových faktorů u podniku s vysokým podílem vlastních pozemků, moderní živočišnou výrobou a solidní ekonomickou situací.

5.3.7 Očekávaná změna produktivity

Jednou z možností, jak realizovat predikce budoucí produkční schopnosti v daných půdně klimatických podmínkách, je aplikace tzv. růstových modelů. Na základě růstového modelu CERES lze při uvážení změny teplot a vodní bilance očekávat do období okolo roku 2050 (vzhledem k 1961-1990) stagnaci či mírný nárůst výnosů jarního ječmene až o 1,0 $t \cdot ha^{-1}$ (platí pro východní část zájmového území) a pokles výnosů pšenice ozimé v průměru až o 1,0 $t \cdot ha^{-1}$ a na některých pozemcích v centrální a jihovýchodní části zájmového území i větší pokles. Za současného započítání pozitivního vlivu zvýšené koncentrace CO_2 v ovzduší lze dle modelu CERES předpokládat nárůst výnosů ječmene jarního na většině zájmového území o 1,0 $t \cdot ha^{-1}$ a v severozápadní části zájmového území až o 1,5 $t \cdot ha^{-1}$. V případě pšenice ozimé se předpokládá podobný rozsah nárůstu průměrných výnosů, nicméně větší nárůst je možné očekávat na některých pozemcích v pásu vedoucím přes jihozápadní, centrální a východní části zájmového území. Uvedené výsledky byly dosaženy bez využití závlah a za předpokladu udržení půdní úrodnosti. Současně je třeba zdůraznit, že se jedná o průměrné hodnoty, přičemž dle známých předpokladů lze očekávat nárůst rozdílů mezi jednotlivými sezónami. V praxi to může být tak, že budou velmi dobré ročníky střídány roky s významným propadem výnosů. Navíc na základě různých studií existuje předpoklad nárůstu tzv. agrometeorologicky nepříznivých událostí, jejichž negativní dopady mohou zcela rozhodnout o výnosové úrovni a úspěšnosti celého ročníku (např. problémy s přezimováním, vlny veder, extrémní epizody sucha, poléhání porostů díky přívalovým srážkám v kombinaci s vyššími rychlostmi větru, komplikace sklizně díky vyšším srážkovým úhrnům). Dopady těchto jevů jsou vzhledem k jejich problematické povaze do Mapy 5.21 zohledněny jen částečně.



Mapa 5.21: Odhad změny průměrných výnosů pšenice ozimé a ječmene jarního pro období kolem roku 2050 vzhledem k období 1961-1990. Mapy zachycují situaci v případě zohlednění vlivu změny

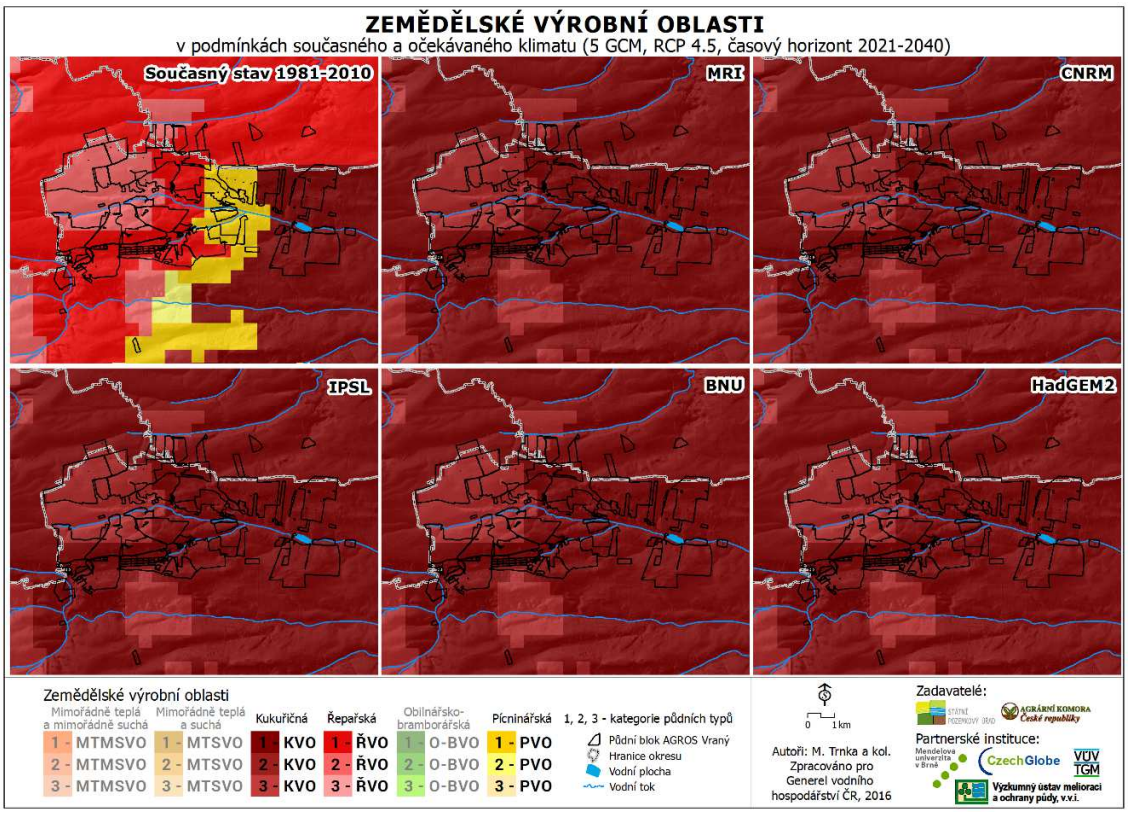
klimatických faktorů včetně zvýšené koncentrace CO_2 (tzv. kombinovaný vliv) a bez započítání přímého vlivu CO_2 (tzv. nepřímý vliv)

5.4 Změna klimatu jako rizikový faktor

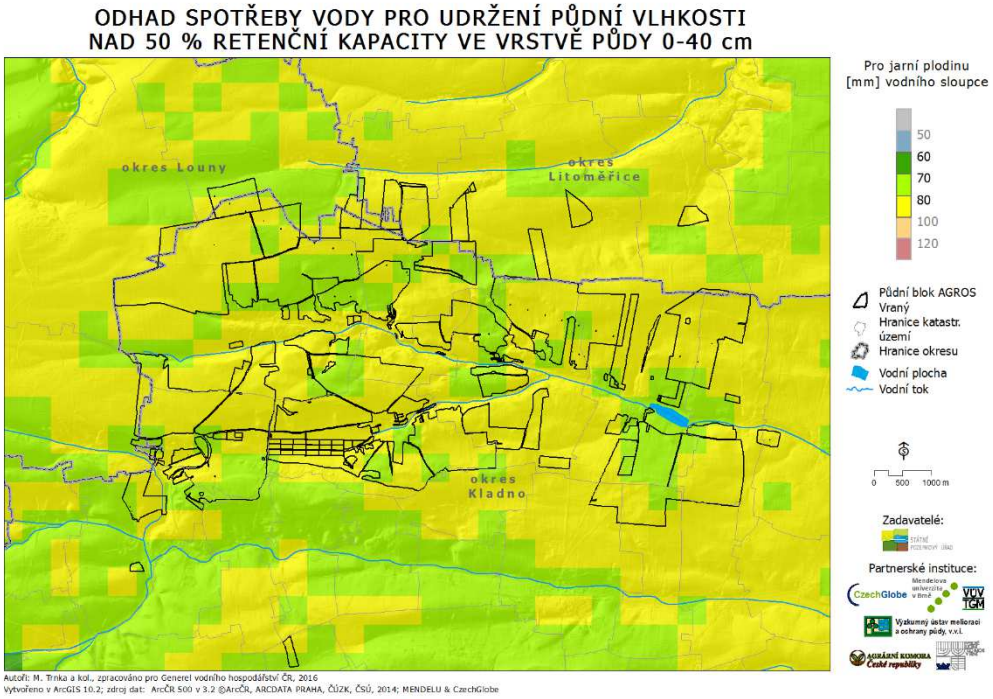
5.4.1 Vláhová potřeba a posun výrobních oblastí

Mezi zástupci zemědělské praxe i odbornou veřejností je často využívanou charakteristikou zařazení daného území do tzv. výrobních oblastí. Podle metody vyvinuté Trnkou et al. (2009), využívající k objektivní klasifikaci klimatických parametrů (teplotních poměrů a vodní bilanci), spadá zájmové území, na kterém hospodaří ZD Vraný, v současných podmínkách převážně do řepařské a zčásti do kukuřičné výrobní oblasti. Současně toto území náleží do tzv. skupiny 1 s dobrými půdními podmínkami, ale objevuje se i značné procento půd s podmínkami výrazně horšími. Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám však lze v budoucnu očekávat změnu, kdy bude možné brát území převážně jako kukuřičnou výrobní oblast, i když celkový posun není tak dramatický jako v případě ZD Bulhary.

Očekávané změny agroklimatických podmínek bude nutné reflektovat v zastoupení pěstovaných plodin a způsobu hospodaření. Pro zmírnění dopadů vyšších teplot vzduchu a prohloubení deficitu vodní bilance bude nutné přijmout nezbytná adaptační opatření. Jedním z takových opatření může být snaha lépe hospodařit s vodou v půdě, udržení či zvýšení kvality a retenčních schopnosti půd nebo zavedení či častější využívání závlahových systémů. Jejich reálná aplikace v podmínkách rostlinné výroby bude však s ohledem na nedostupnou páteřní infrastrukturu problematická. Nicméně ZD Vraný v minulosti závlah využíval pro stabilizaci výnosu chmelnic a to soustavou dvou menších nádrží rybničního typu. Na základě orientačních výpočtů provedených metodikou Integrovaného systému pro sledování sucha k odhadu potřeby vody pro závlahová zařízení vyplynulo, že na většině pozemků obhospodařovaných ZD Vraný bylo k udržení půdní vlhkosti nad 50 % relativního nasycení v hloubce 0-40 cm dle mediánu sezón 1981-2010 potřeba 70-80 mm závlahové vody při pěstování jarní obiloviny (v době od zasetí po zralost). Pro ozimé obiloviny byly výsledné hodnoty přibližně o 20 mm vyšší (Mapa 5.23).



Mapa 5.22: Klimatické vymezení výrobních oblastí na základě metody publikované Trnkou et al., (2009) pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5

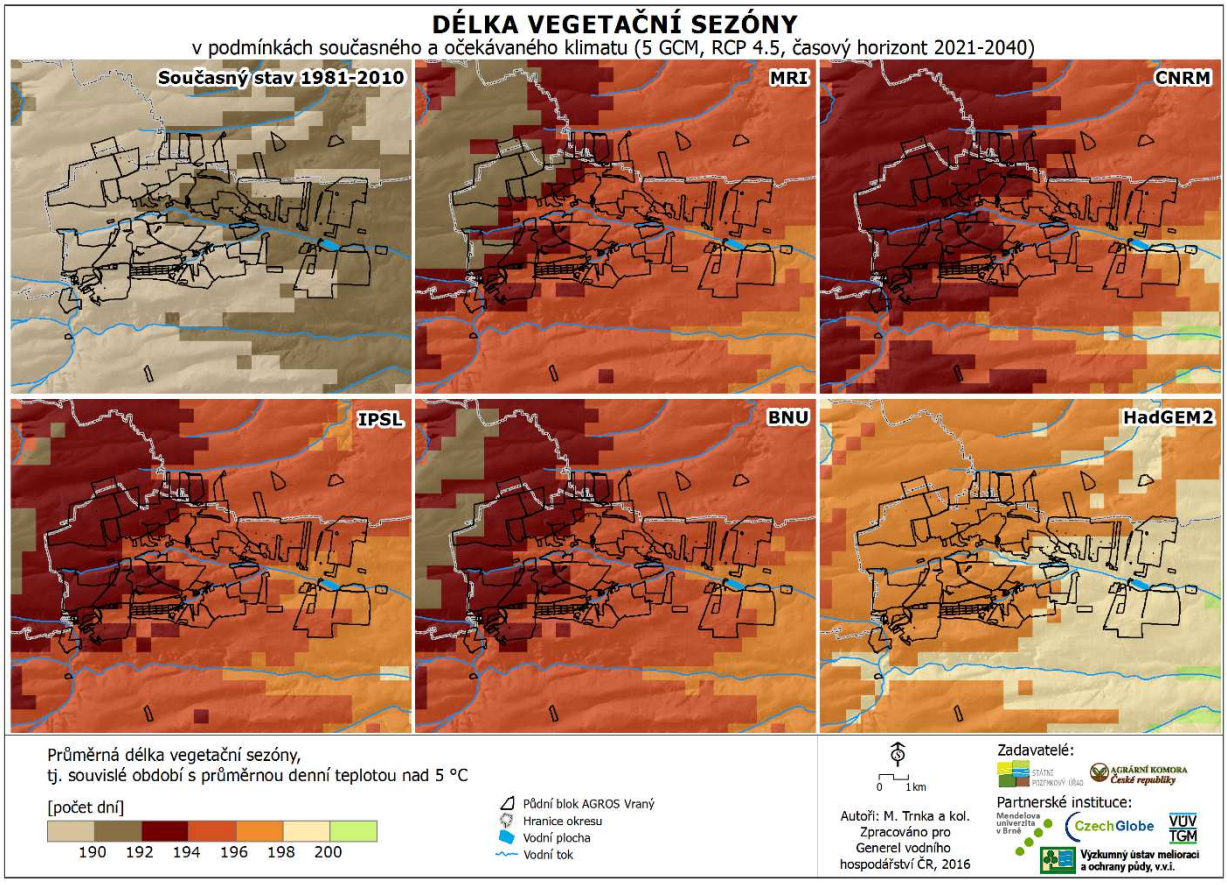


Mapa 5.23: Odhad spotřeby vody pro udržení relativního nasycení půdy ve vrstvě 0-40 cm na úrovni nad 50 % na základě metodiky Integrovaného systému pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Vyneseny jsou hodnoty mediánů za sezóny 1981-2010 pro jarní obilovinu.

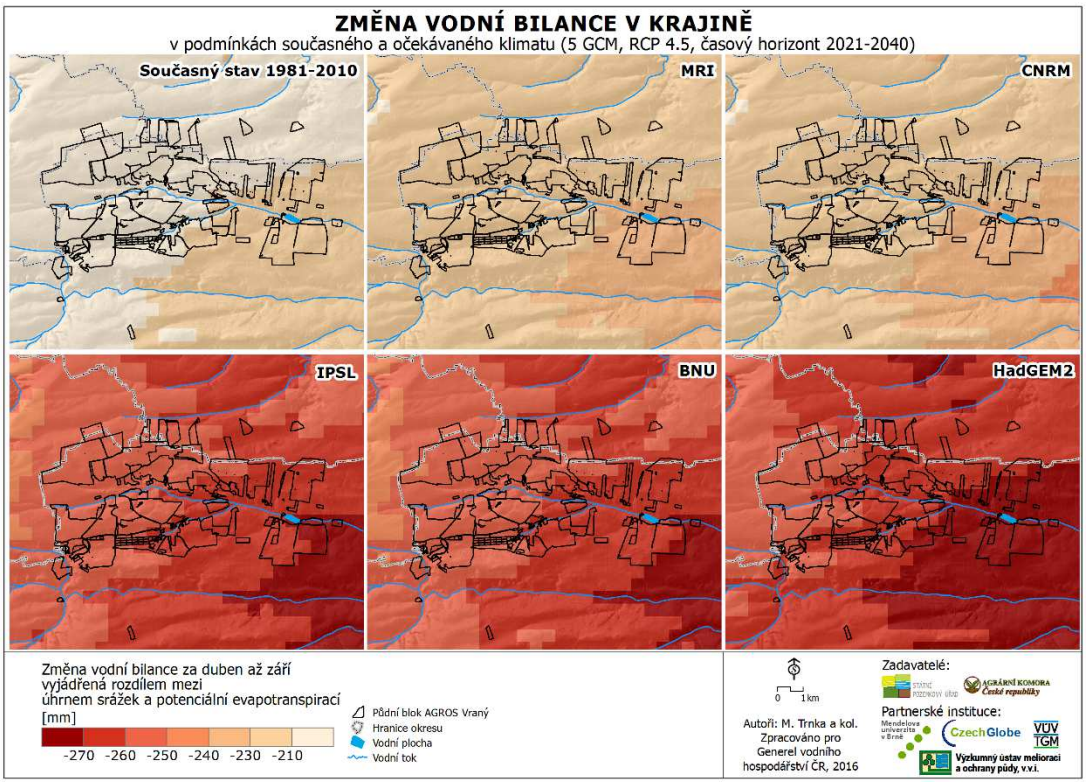
5.4.2 Očekávaná změny klíčových faktorů

V důsledku probíhající změny klimatických podmínek je ovlivňován široký komplex procesů určujících úroveň výnosů polních plodin. Ve výsledku se jedná a bude jednat o bilanci negativních a pozitivních vlivů. Z analyzovaných dat je zřejmé, že délka vegetační sezóny (vyjádřené jako období s průměrnou teplotou trvale nad 5 °C) se výrazně prodlouží, jak dokumentuje Mapa 5.24. Toto prodloužení bude v řádu přibližně jednoho až dvou týdnů. Současně ale dojde k prohloubení deficitu klimatologické vodní bilance (Mapa 5.25) v období dubna až září, přičemž míra změny závisí na klimatickém modelu. Model IPSL s deficitem -260 mm, reprezentuje jakýsi střední odhad všech uvažovaných GCM modelů a jeho změny (spolu s dalšími 4 modely) jsou zachyceny v Tab. 4.9.

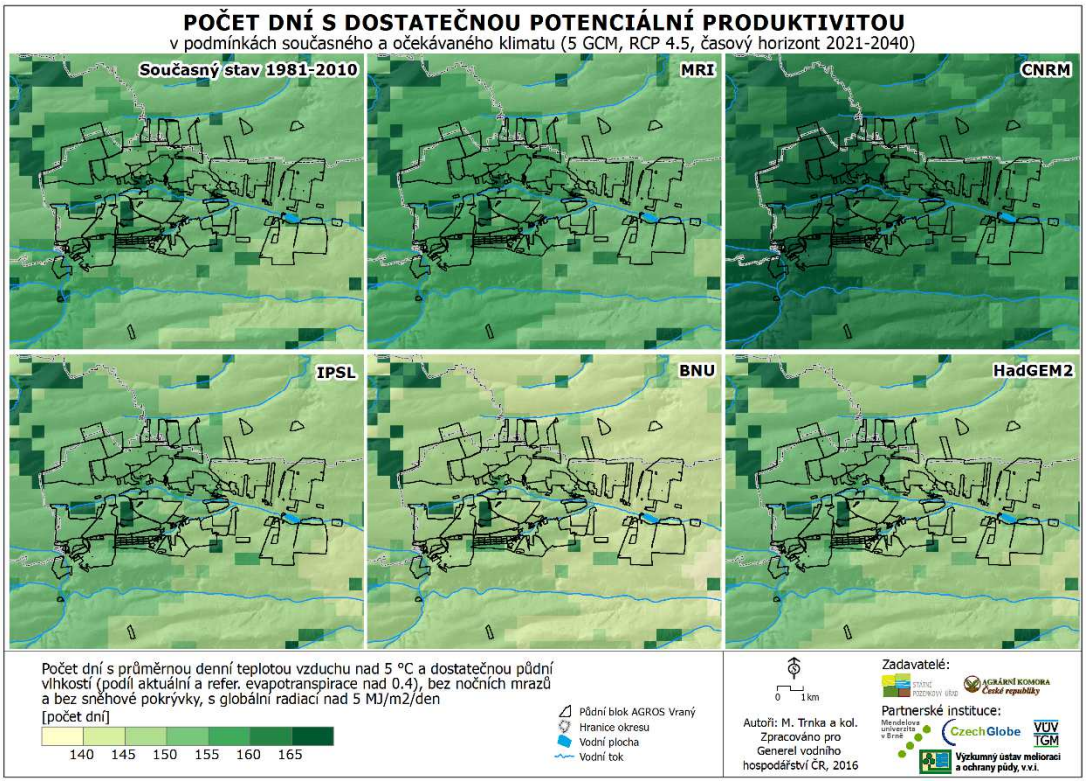
Výsledkem změn dostupnosti vláhy, délky vegetační sezóny a celkových agroklimatických poměrů je ukazatel na Mapě 5.26. Ten dokumentuje počet dní s vhodnými podmínkami pro růst polních plodin, tj. dostatečně vysoká teplota, minimální množství slunečního záření a dostatek vody v půdě. Je evidentní, že podle modelů BNU a HadGEM lze očekávat zhoršení situace. Podle modelů IPSL spíše mírné zhoršení a naopak 2 z 5 modelů naznačují možnost zvýšení počtu těchto dní. Nicméně, jak ukazuje Mapa 5.27, půjde o prodloužení celkového počtu dní, které ovšem nemusí tvořit souvislé období. Vegetační sezóna bude s ohledem na nárůst intenzity sucha rozdělena spíše na dvě produktivní části, tj. jarní a podzimní, které se prodlouží, zatímco v letním období se nebude dostávat dostatku srážek pro minimálně některé typy plodin.



Mapa 5.24: Průměrná délka vegetační sezóny vyjádřené jako období s průměrnou teplotou nad 5 °C a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz. Tabulka 4.9



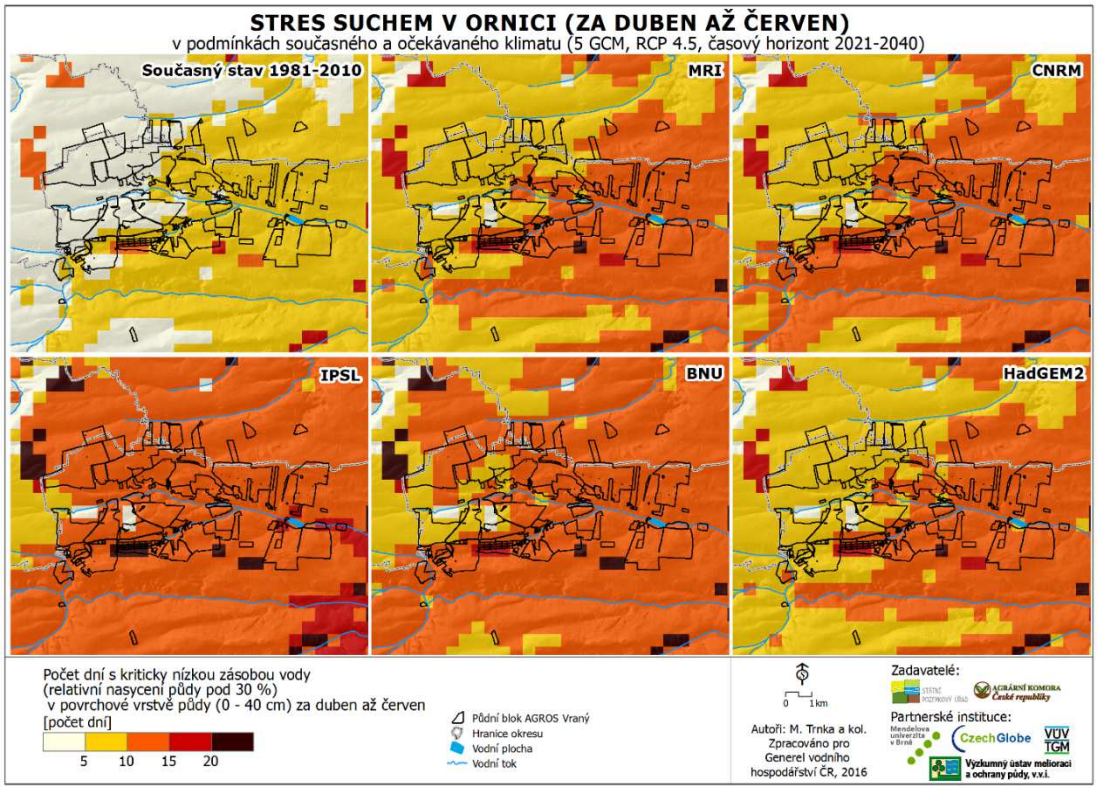
Mapa 5.25: Klimatologická vodní bilance vyjádřená jako rozdíl úhrnu srážek a potřeby krajiny (potenciální evapotranspirace) v mm mezi dubnem a zářím pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9)



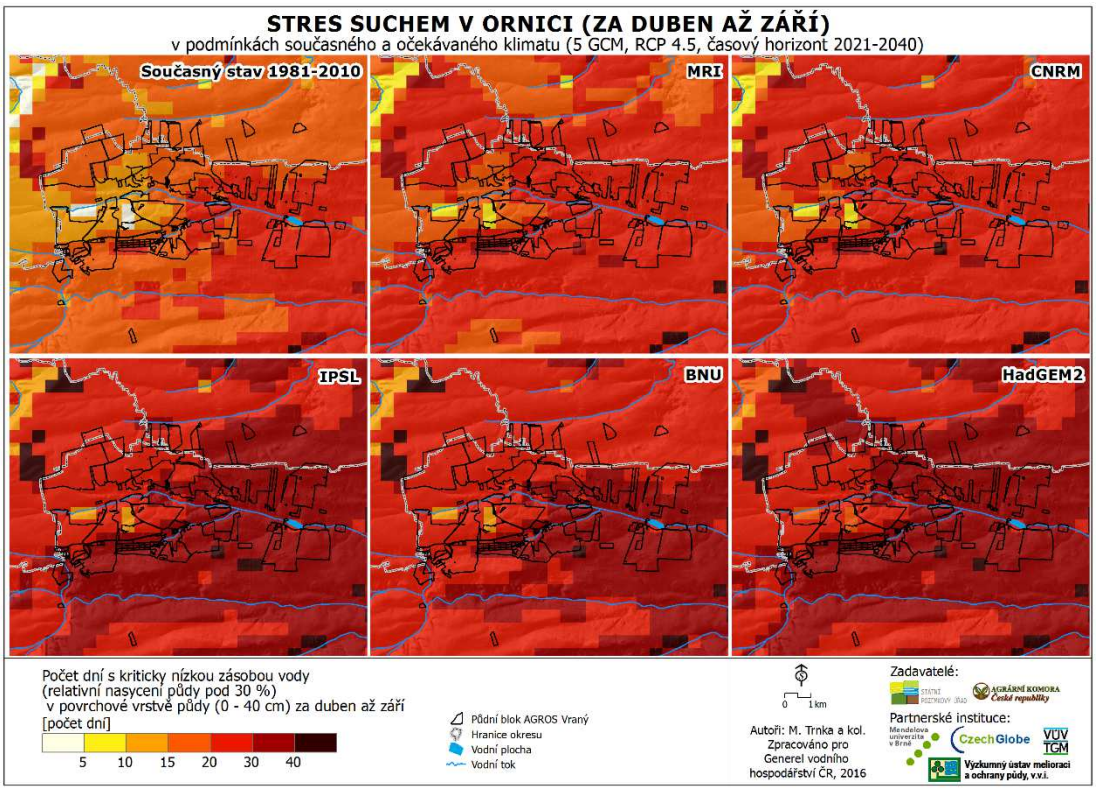
Mapa 5.26: Počet dní s dostatečnou potenciální produktivitou pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9)

Na rozdíl od Mapy 5.26 se všechny modely shodují na výrazném riziku stresu suchem a to jak v první půlce vegetačního období (Mapa 5.27), tak v tomto období jako celku (Mapa 5.28). Negativní vývoj je nejmarkantnější u modelu HadGEM, ale také u modelů BNU a HadGEM, kde je v první části vegetačního období dokonce nejrazantnější. Obecně lze říci, že i v případě realizace scénářů s příznivým rozložením srážek a nízkým nárůstem teplot (CNMR a MRI) je nutné očekávat vyšší riziko suchých epizod.

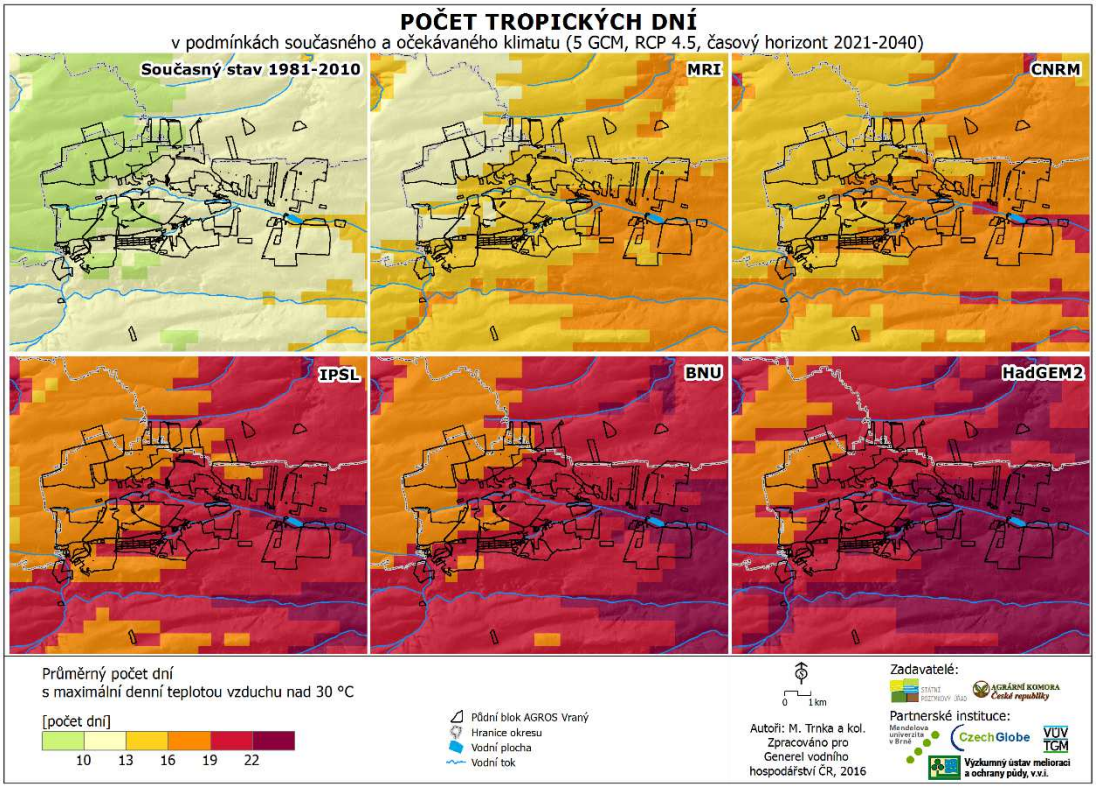
Z pohledu rizika výskytu extrémně teplých dní lze očekávat poměrně dramatické změny a to již v krátkém časovém horizontu. Výrazně narůstá počet tropických dní (Mapa 5.29), ale výrazně se zvyšuje i počet dní s teplotou nad 32 °C, která je problematická jak pro produkci některých pícnin (včetně kukuřice na zrno), což dokládá Mapa 5.30, tak pro chovaná hospodářská zvířata, kdy lze v důsledku stresu suchem očekávat potenciální snížení užitkovosti. Toto riziko narůstá zvláště pak v období souvislých horkých vln. Jak ukazuje Mapa 5.31, vzroste riziko postižení horkou vlnou naprosto zásadně, což s ohledem na orientaci podniku na chov hospodářských zvířat vynutí investice do úpravy mikro-klimatických podmínek ve stájích. Naopak v zimním období se výrazně sníží délka trvání sněhové pokrývky, a to více než o třetinu a podle scénáře CNMR až o polovinu oproti současnému období (Mapa 5.32).



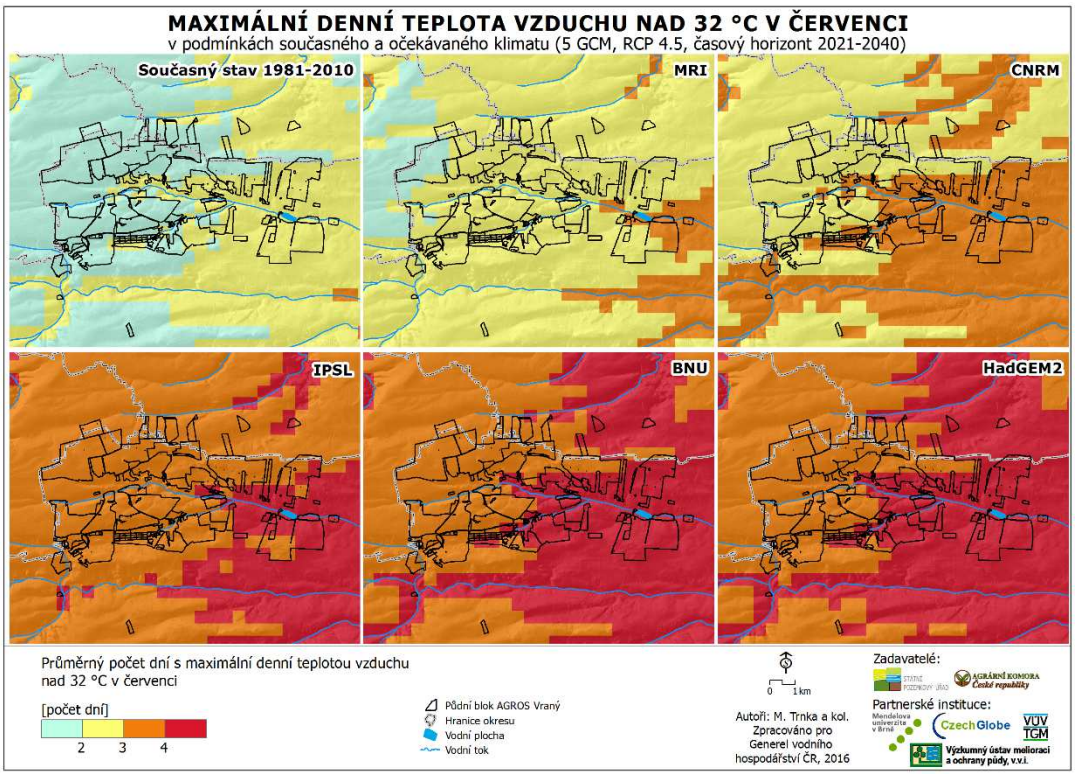
Mapa 5.27: Stres suchem (počet dní) v období duben-červen v povrchové vrstvě (0-40 cm) pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (Viz Tab. 4.9)



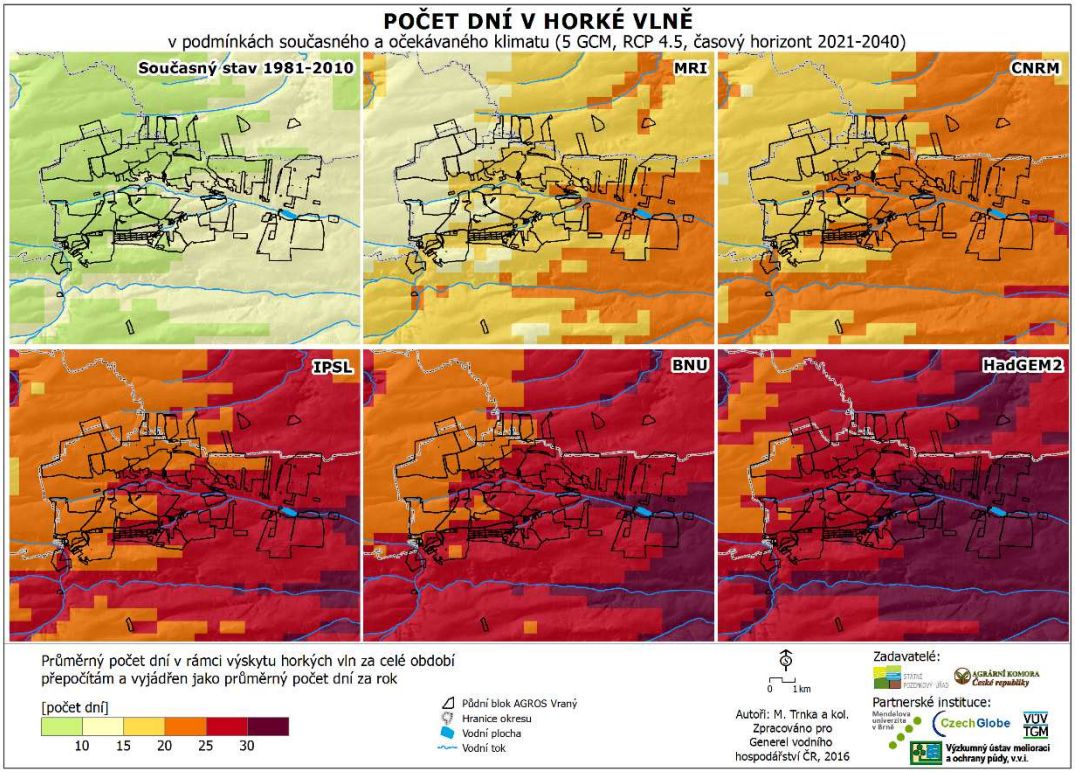
Mapa 5.28: Stres suchem (počet dní) v období duben-září v povrchové vrstvě (0-40 cm pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9)



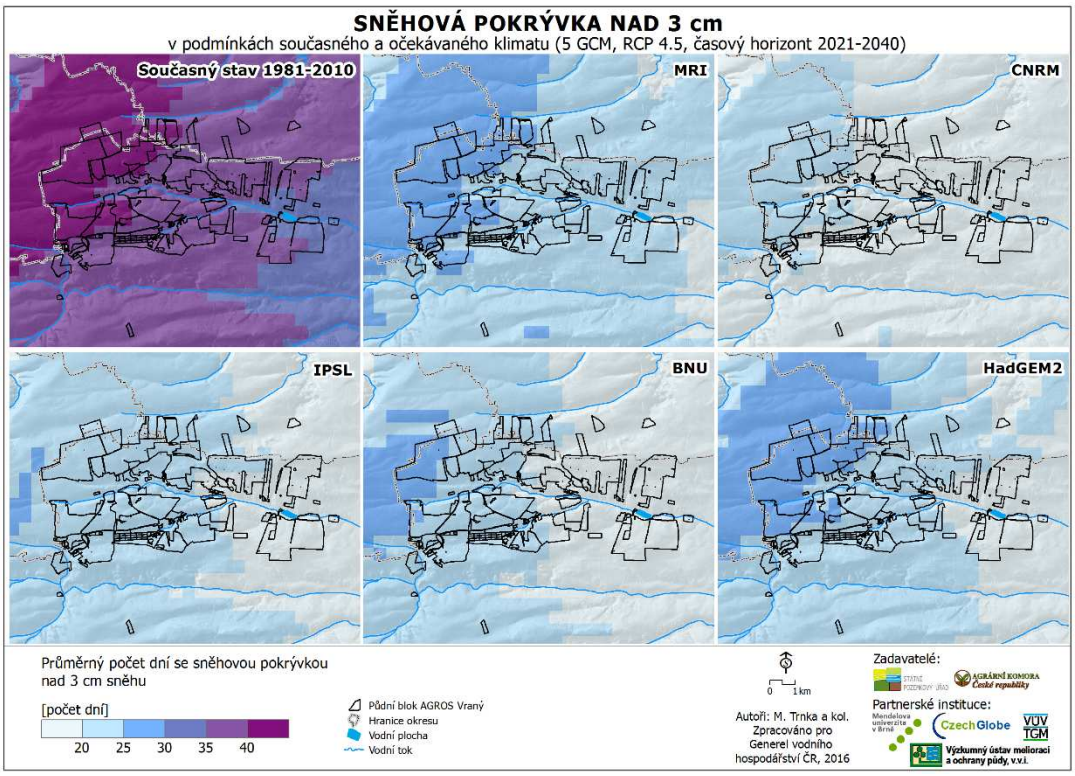
Mapa 5.29: Průměrný počet tropických dní, tj. dny s maximální denní teplotou vyšší než 30 °C pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9)



Mapa 5.30: Průměrný počet dní, tj. dny s maximální denní teplotou vyšší než 32 °C v měsíci červenci pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modeů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9)



Mapa 5.31: Průměrný počet dní v tzv. horké vlně, tj. období, kdy denní maximální teplota přesáhne alespoň na 3 dny teplotu 30 °C a neklesne pod 25 °C. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9)



Mapa 5.32: Průměrný počet dní se sněhem. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 (viz Tab. 4.9).

5.5 Návrh organizačních a agrotechnických opatření pro omezení erozních jevů s ohledem na riziko sucha

5.5.1 Nulová varianta – současný stav

V Tab. 5.9 je uveden osev tržních i krmných plodin v Agros Vraný dle údajů uvedených v Jednotné žádosti pro rok 2015.

Plodina	Plocha (ha)	Zastoupení (%)
bojínek hlíznatý	1,21	0,04
brambory konzumní	4	0,14
cukrovka	283,4	9,77
ječmen jarní	377	12,99
kukuřice na siláž	233,98	8,07
pšenice setá jarní	1,07	0,04
pšenice setá ozimá	926	31,92
řepa krmná	1,7	0,06
řepka ozimá	578,79	19,95
směsky luskovin	249	8,58
vojtěška setá	245	8,44

Tab. 5.9: Osevy a procentuální zastoupení plodin v roce 2015 (dle údajů v jednotné žádosti)

Vhodnost tohoto osevního postupu a používaných technologií bylo ověřeno v internetové aplikaci „Protierozní kalkulačka“[5]. Pro hodnocení osevního postupu sestaveného dle procentuálního zastoupení plodin (viz tab. 5.9) byla uvažována stávající agrotechnika (zpracování půdy s podmítkou, orbou předseťovou přípravou a setí jařin s podsevem). U 5 půdních bloků (Tab. 5.10) byla překročena přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace a u dvou půdních bloků s výměrou 78,2 ha (DPB 7304/10) a 15,09 (DPB4403/5) je vypočtená hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace na hranici hodnoty povolené a zařazování erozně nebezpečných plodin na tyto půdní bloky (78,2 ha kukuřice na siláž na DPB 7304/10 v roce 2015) představuje velké riziko eroze.

Číslo DPB	Výměra (ha)	Plodina	Hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace		
		(osev 2015)	vypočtená	přípustná	překročení
9406	6,73	vojtěška setá	0,22	0,047	**0,173**
8002/3	12,85	ječmen jarní, řepka ozimá	0,22	0,148	**0,072**
3306/1	12,44	vojtěška setá	0,22	0,175	**0,045**
0702/13	2,98	řepka ozimá	0,22	0,196	**0,024**
5206/8	19,71	pšenice ozimá	0,22	0,199	**0,021**
7304/10	78,02	kukuřice na siláž	0,22	0,228	**-0,008**
4403/5	15,09	pšenice ozimá	0,22	0,229	**-0,009**

Tab. 5.10: Půdní bloky, pro které stávající osevní postup nemá dostatečný půdoochranný efekt

5.6 Osevní postup – bilance organické hmoty

Dále byla na orné půdě posouzena bilance půdních organických hmot (POH). Agros Vraný hospodaří s rostlinnou i živočišnou výrobou, z toho důvodu je sláma z obilovin z pozemků odvážena a využita v živočišné výrobě, která představuje cca 600 VDJ odpovídající produkci hnoje cca 6000 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Je používáno klasické (konvenční) zpracování půdy pro všechny plodiny a nejsou používány meziplodniny. V rostlinné výrobě je pěstován chmel na 48 ha, ostatní orná plocha je v rozloze 2942 ha. Bilanci POH je vhodné počítat pro jednotlivé půdní bloky, na které je zvolen konkrétní sled plodin a při výpočtu jsou zahrnuty půdní podmínky pozemku. Pro účely této studie byly vytvořeny dvě varianty sedmiletého osevního postupu a byly počítány pro všechny kategorie půdy vyskytujících se na pozemcích s kulturou orná půda v zastoupené v kategorii 2 (2485 ha) a 3 (457 ha). Vzhledem k rozloze pozemků a množství živočišné produkce vychází aplikace chlévské hnoje jednou v sedmiletém osevním cyklu v dávce přibližně 15 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ na 1/7 plochy pozemků.

K výpočtu bilance POH byla použita online aplikace dostupná na webovém portálu www.organickahmota.cz. Výpočet vychází ze slovenské metodiky[6] a byl doplněn o specifika prostředí České republiky. Pro výpočet bilance POH je uvažován konvenční způsob hospodaření. Bilance POH je počítána ze vztahu:

$$B_C = (u \,.\, K_C) + (D_H \,.\, C_H) + Q_Z - (C_m \,.\, K_m),$$

kde:

B_C .....bilance uhlíku v $t\ C \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$,

[5] Protierozní kalkulačka je dostupná na http://kalkulacka.vumop.cz

[6] Bielek P., Jurčová O. (2010): *Metodika bilancie pôdnej organickej hmoty a stonovenia potreby organického hnojenia poľnohospodárskych pôd*. Výzkumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy. Druhé doplnené vydanie. Bratislava. ISBN 978-80-89128-80-8.

u .....výnos hlavního produktu v $t \cdot ha^{-1}$,
K_C .....koeficient množství uhlíku plodiny při uvažovaném výnosu hlavního produktu v t C na 1 tunu výnosu,
D_H .....použitá (resp. plánovaná) dávka organického hnojiva v $t \cdot ha^{-1}$,
C_H .....koeficient přepočtu dávky organického hnojiva na množství uhlíku v $t\ C \cdot ha^{-1}$,
Q_Z.....vstup uhlík z plodiny zeleného hnojení (meziplodiny) v $t\ C \cdot ha^{-1}$,
C_m .....základní ztráty uhlíku v příslušné kategorii půd v $t\ C \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$,
K_m .....koeficient vlivu plodiny na ztrátu uhlíku v příslušné půdní skupině plodin.

Ve výpočtu je zohledněna charakteristika půdy koeficientem C_m, vyjadřující ztrátu uhlíku podle kvality půdy. Charakteristiky půdy jsou rozděleny do 3 kategorií. Pozemky spadajících do správy podniku se nacházejí na půdách 2. (2485 ha, 84 %) a 3. (457 ha, 16 %) kategorie. Půdní bloky se většinou nacházejí na více kategoriích půdy, proto je nutné výpočet provádět konkrétně za pomoci webové aplikace, ve které jsou zahrnuty specifika pozemku vybraného pro výpočet a je možné navolit přesné osevní postupy včetně výnosů z daného pozemku (Obr. 5.8).

V rámci této studie byl prováděn výpočet bilance POH pro dvě typické struktury osevního postupu (Tab. 5.11) zemědělského družstva (označení varianta A a varianta B) a pro obě zastoupené kategorie půdy (označení KP1, KP2 a KP3). Osevní postupy a výpočty bilance POH jsou uvedeny v následujících tabulkách celkový vývoj POH v grafu.

Rok	**Plodina**	**u**	**K_c**	**D_H**	**C_H**	**C_m**	**K_m**	**B_c (KP1)**	**K_m**	**B_c (KP2)**	**K_m**	**B_c (KP3)**
1.	vojtěška setá							**0**		**0**		**0**
2.	vojtěška setá	10	0,29			0,6	2,81	**1,2**	4,27	**0,3**	4,59	**0,1**
3.	pšenice ozimá	5	0,522			1	2,81	**-0,2**	4,27	**-1,7**	4,59	**-2,0**
4.	řepka ozimá	2	2,63			1	2,81	**2,5**	4,27	**1,0**	4,59	**0,7**
5.	cukrová řepa, chlévský hnůj	50	0,009	15	0,17	1,1	2,81	**-0,1**	4,27	**-1,7**	4,59	**-2,0**
6.	ječmen jarní	4	0,444			1	2,81	**-1,0**	4,27	**-2,5**	4,59	**-2,8**
7.	kukuřice na siláž	50	0,046			1,1	2,81	**-0,8**	4,27	**-2,4**	4,59	**-2,7**
Celková bilance								**1,5**		**-6,9**		**-8,8**

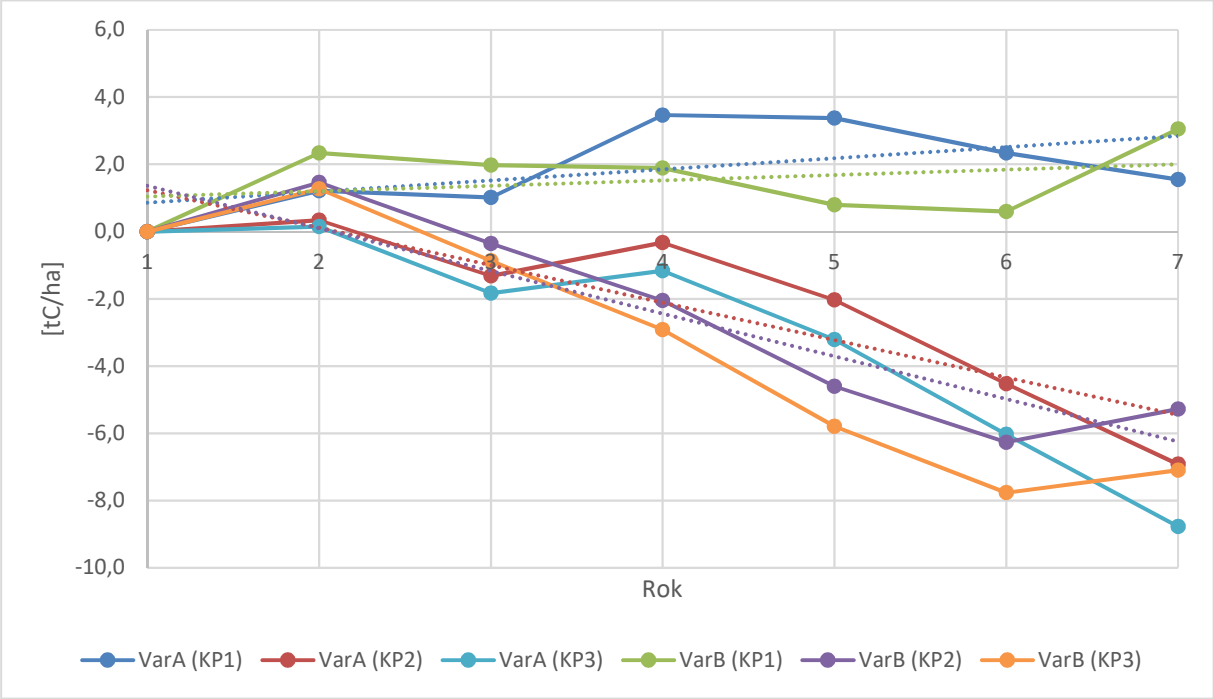
Tab. 5.11a: Osevní postup AGROS Vraný varianta A pro pozemek s půdou KP1, KP2 a KP3

Rok	**Plodina**	**U**	**K_c**	**D_H**	**C_H**	**C_m**	**K_m**	**B_c (KP1)**	**K_m**	**B_c (KP2)**	**K_m**	**B_c (KP3)**
1.	vojtěškotr. směs							**0**		**0**		**0**
2.	vojtěškotr. směs	9	0,447			0,6	2,81	**2,3**	4,27	**1,5**	4,59	**1,3**

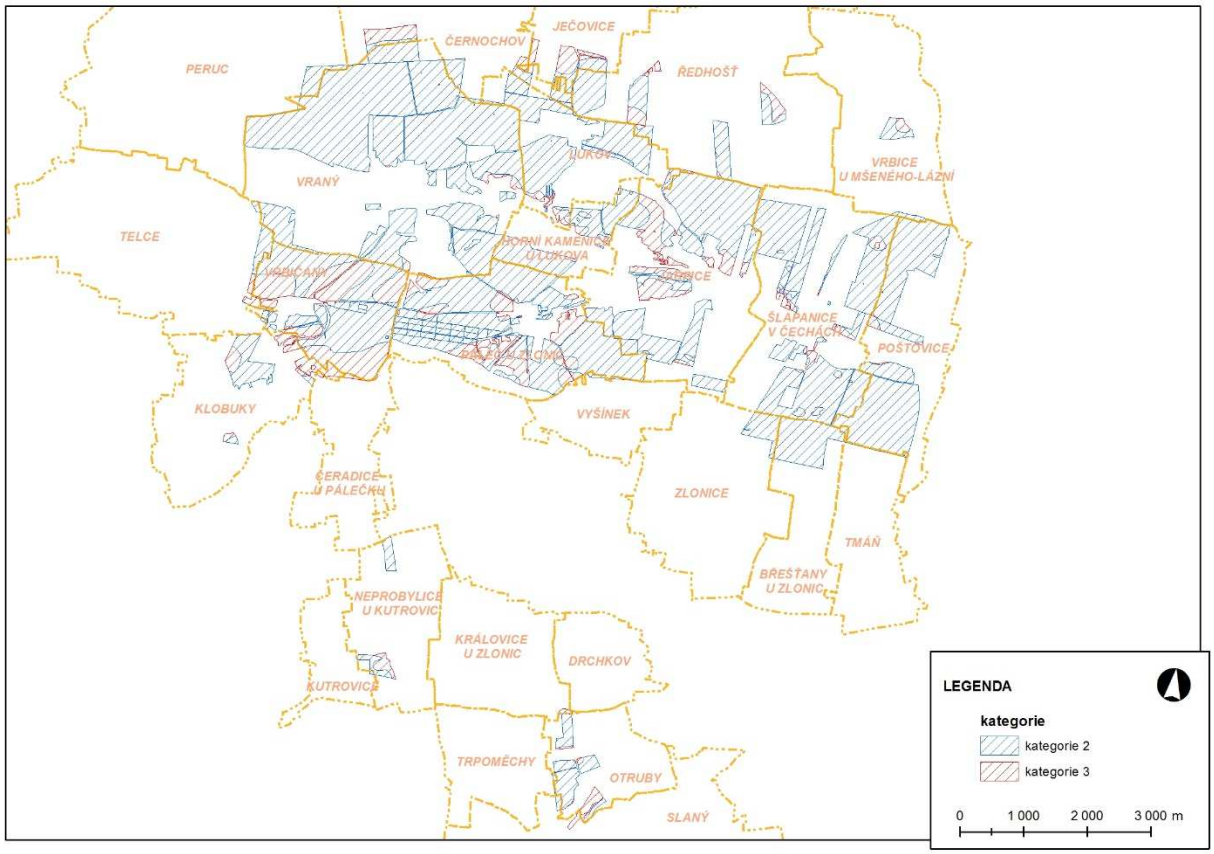
3.	pšenice ozimá	5,5	0,446			1	2,81	**-0,4**	4,27	**-1,8**	4,59	**-2,1**
4.	cukrová řepa, chlévský hnůj	50	0,009	15	0,17	1,1	2,81	**-0,1**	4,27	**-1,7**	4,59	**-2,0**
5.	ječmen jarní	4,5	0,382			1	2,81	**-1,1**	4,27	**-2,6**	4,59	**-2,9**
6.	pšenice ozimá	5	0,522			1	2,81	**-0,2**	4,27	**-1,7**	4,59	**-2,0**
7.	řepka ozimá	2	2,63			1	2,81	**2,5**	4,27	**1,0**	4,59	**0,7**
Celková bilance								**3,0**		**-5,3**		**-7,1**

Tab. 5.11b: Osevní postup AGROS Vraný varianta B pro pozemek s půdou KP1, KP2 a KP3

Z bilance POH je možné pozorovat, že osevní postup varianty A je výhodnější oproti osevnímu postupu varianty B (Obr. 5.7). Při pěstování na pozemcích v KP1 dochází k mírnému zvýšení POH. Oproti tomu na pozemcích v KP2 a především KP3 je patrný významný celkový pokles POH. K zamezení úbytku POH je proto na pozemcích KP2 a KP3 doporučeno upravit sled plodin, zahrnout meziplodiny nebo aplikovat vyšší dávky organických nebo statkových hnojiv. V současné době podnik aplikuje všechna vyprodukovaná statková hnojiva, proto by bylo nutné ke zvýšení dávek hnoje najít jiné zdroje hnojiva. K vyrovnání deficitu na pozemku s nejvyšším úbytkem POH by byla zapotřebí dávka chlévského hnoje 52 $t \cdot ha^{-1}$ při dodržování pravidel nitrátové směrnice a dalších závazných norem platící pro jednotlivé pozemky ve zranitelných oblastech dusičnany ZOD. K úbytku POH dochází i vlivem zpracování půdy. Podnik Agros Vraný používá konvenční technologie. V případě použití minimalizačních technologií dojde k nižší tzv. základní ztrátě POH a celková bilance poté bude příznivější.



Obr. 5.7: Vývoj POH a jejich trendy pro varianty A a B a pro pozemky s půdou v KP1, KP2 a KP3

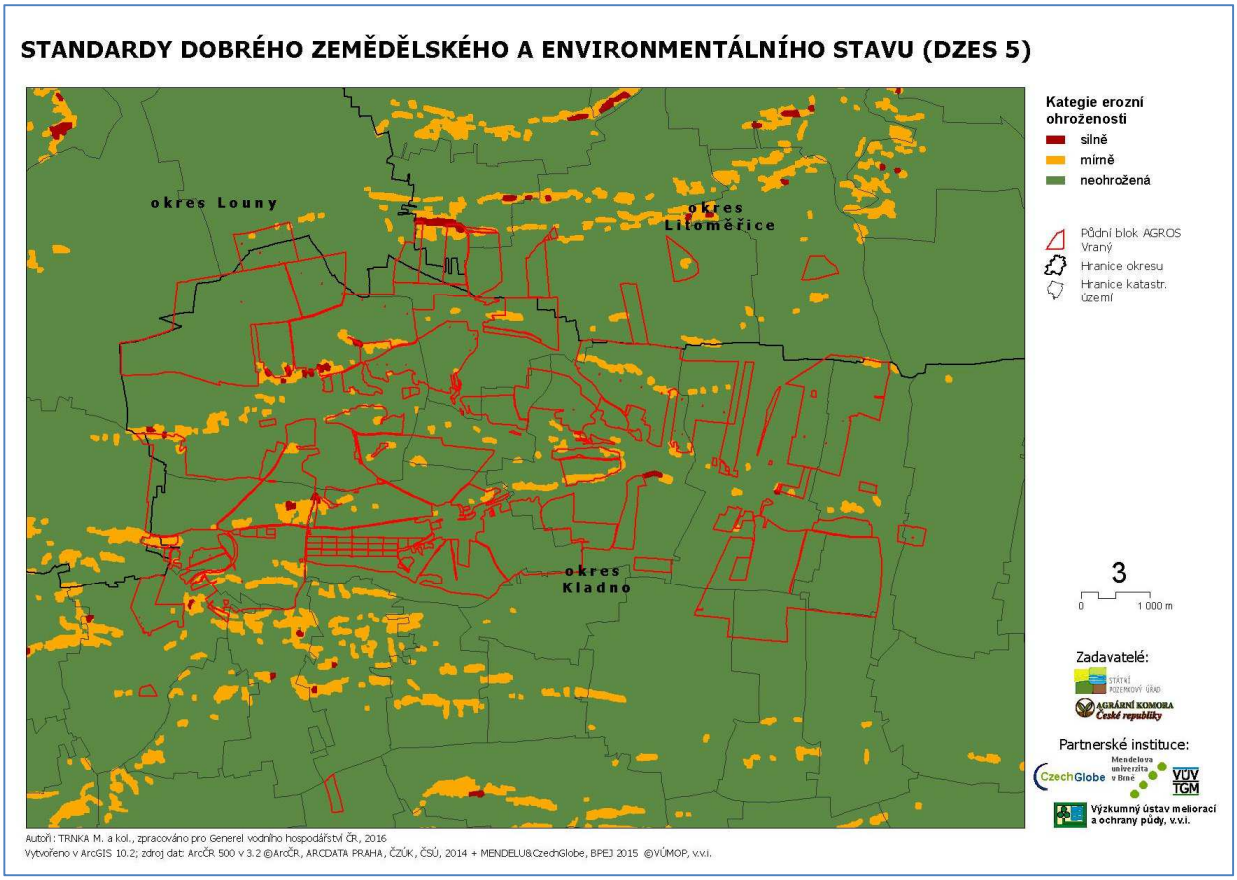


Obr. 5.8: Rozdělení pozemků podle kategorie půdy

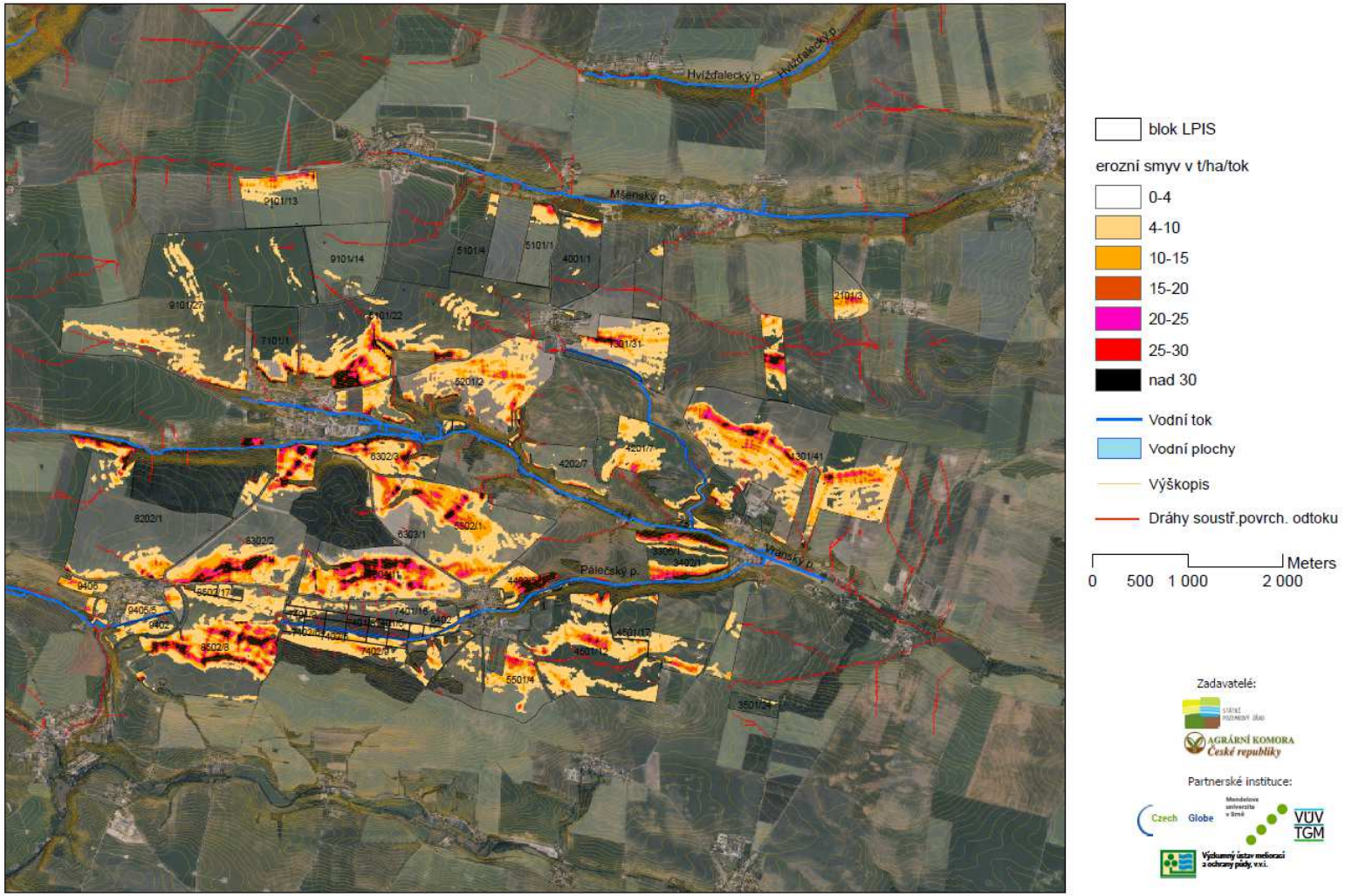
5.6.1.1 Posouzení souladu stávajícího způsobu hospodaření s požadavky plnění standardů DZES 5

Na užívaných půdních blocích (Mapa 5.33) musí být plněny požadavky dobrého zemědělského a environmentálního stavu definované v Nařízení vlády č. 309/2014 Sb. Standard DZES 5 požaduje, aby na ploše mírně erozně ohrožené byly erozně nebezpečné plodiny kukuřice, cukrová řepa, bob setý, sója, slunečnice a čirok zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií. Vrstva erozní ohroženosti půd je přístupná v LPIS prostřednictvím Portálu farmáře. LPIS poskytuje jak vlastní vymezení ohrožených půd, tak doporučený management pro půdní blok. Jak dokládají Mapy 5.34 a 5.35 je riziko plošného smyvu značné.

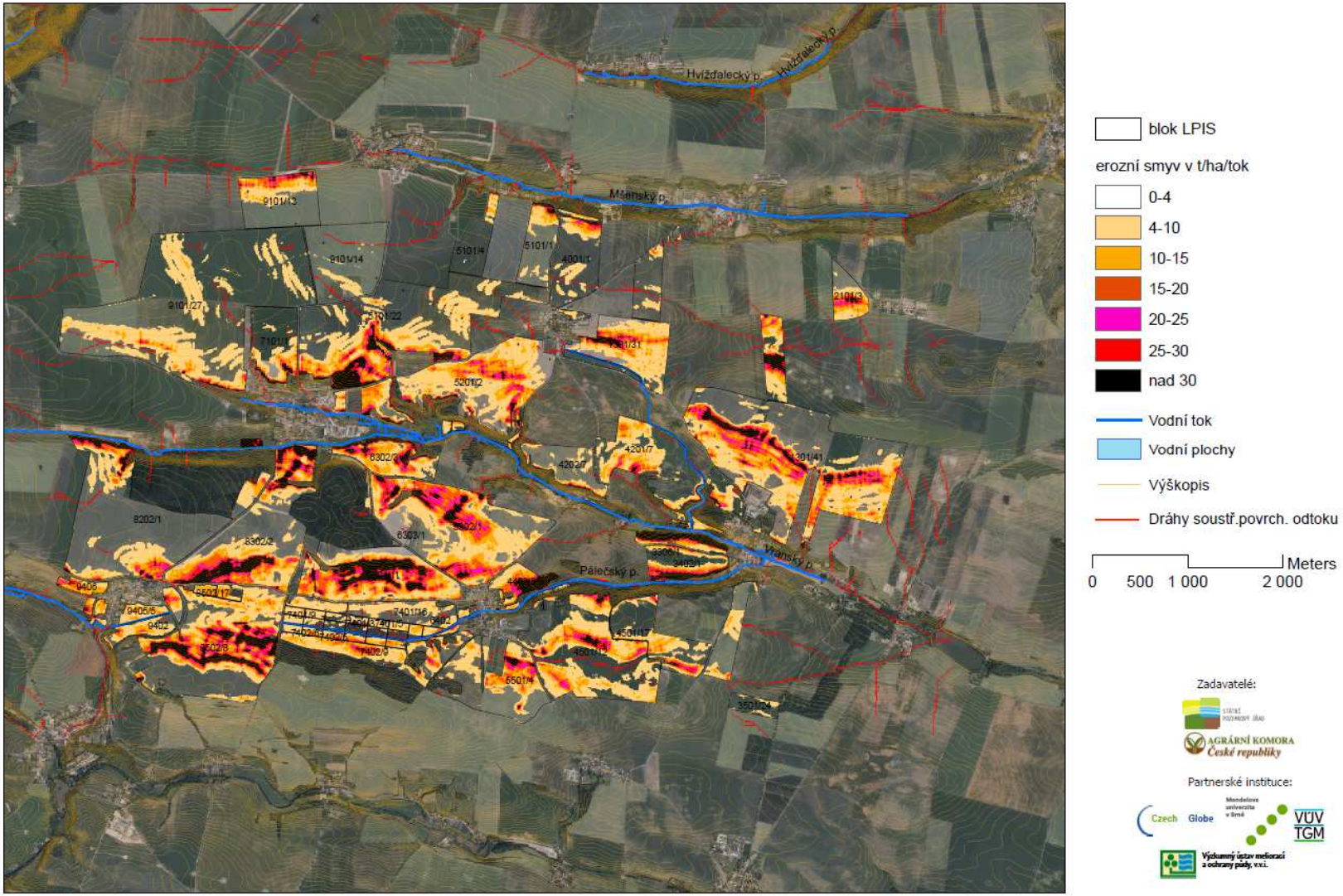
Agros Vraný používá standardní zpracování půdy založené na orbě, i když v posledních letech zkouší postupy založené na minimalizaci zpracování půdy, a to hlavně z důvodu zlepšení vláhové bilance. Pro plnění standardu DZES 5 využívá převážně specifické půdoochranné technologie.



Mapa 5.33: Vrstva erozní ohroženosti vedená v LPIS a DPB užívané ZD Vraný



Mapa 5.34: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro ZD Vraný – varianta současný stav R 40 (květen 2016)



Mapa 5.35: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro ZD Vraný – varianta klimatická změna - R 60 (květen 2016)

5.6.1.2 Shrnutí pro nulovou variantu – současný stav:

Agros Vraný patří v současné době k velmi dobrým zemědělským podnikům intenzivně hospodařícím v oblastech ohrožených suchem. Nejlepších výsledků dosahuje při pěstování řepky ozimé (několikrát oceněn v rámci ČR). I u dalších plodin (vojtěška, ozimá pšenice) dosahuje v rámci okresu nadprůměrných výsledků (průměrné výnosy řepky v roce 2016 činily 4 $t \cdot ha^{-1}$ při poškození 2/3 porostů kroupami, u ozimé pšenice 8,2 $t \cdot ha^{-1}$ při poškození 1/2 porostů a u jarního ječmene 6,7 $t \cdot ha^{-1}$ při poškození 1/3 porostů). K dobrému stavu půdní úrodnosti a její stabilizaci přispívá vysoké zastoupení půd s nadprůměrnou produkční schopností (3/4, převážně černozemě), široký osevní postup se 7 hlavními plodinami včetně vojtěšky, pravidelné hnojení hnojem a dalšími stájovými hnojivy z živočišné výroby (0,44 $VDJ \cdot ha^{-1}$). Dodávání organických látek do půdy ve formě hnoje (pozvolný rozklad, biologicky aktivní substrát) a posklizňových zbytků včetně u vojtěšky do hloubky rozvinutého kořenového systému velmi příznivě působí na strukturu půdy a prevenci proti zhutnění a na biologickou aktivitu půdy, která je spojena s vysokou diversitou mikroorganismů a makroedafonu s pozitivním vlivem na vytváření drobtovité struktury půdy s vysokou stabilitou půdních agregátů a biopórů v půdě podporujících infiltraci srážkové vody do hlubších vrstev půdy a vytváření akumulačních prostorů pro zadržení vody v půdním profilu. Zadržení vody ze srážek a optimální hospodaření s vodou v půdě (omezení ztrát vody při zpracování půdy, omezení výparu, včasná likvidace výdrolu, vhodné osevní sledy apod.) se stává limitujícím faktorem při hospodaření na půdě v suchých oblastech. Na rozdíl od ZD Bulhary chov dojnic (500 ks ve srovnání s více než 700 ks v ZD Bulhary) a v současné době ztrátová výroba mléka, vzhledem k menšímu podílu výnosů (ztráty) z prodeje mléka k celkovým výnosům, se zatím výrazněji neprojevil v omezování vstupů do rostlinné výroby. Vzhledem k rizikům hospodaření v oblasti ohrožené suchem je snahou provádět opatření v optimální agrotechnické lhůtě s využitím výkonné zemědělské techniky pro zpracování půdy, setí, hnojení a ochranu rostlin. I přes výkonnou techniku (možnost setí více než 100 ha denně) se při nepříznivých podmínkách pro zakládání porostů ozimé pšenice, např. v roce 2016, nepodařilo zasít část porostů na těžších půdách v agrotechnické lhůtě. To může mít při nedostatku srážek v jarním období nepříznivý vliv na dosažené výnosy a kvalitu zrna. Velmi kladně lze hodnotit vlastní poloprovozní odrůdové pokusy s ozimou pšenicí (25 odrůd), ozimou řepkou (10), kukuřicí (25) a s jarním ječmenem (10), na jejichž základě jsou vybírány vhodné odrůdy pro provozní plochy. Kromě toho jsou pro okolní agronomy a zemědělskou veřejnost každoročně organizovány 2 polní dny a jarní praktické instruktáže v porostech hlavních plodin.

Jak vyplývá z analýz v předcházejících kapitolách je dostupnost půdní vláhy na pozemcích Agros Vraný významným limitujícím faktorem pro produkci polních plodin a v případě významných epizod sucha má toto vážné dopady na růst a vývoj rostlin a dosažené výnosy polních plodin. Přitom zastoupení vysýchavých půd je více než 13%, což je poměrně vysoká hodnota. Kromě vysýchavých půd je 70 % půd ohrožených vodní a 81 % větrnou erozí. Zejména západní část katastru se vyznačuje vysoce nadprůměrnou hodnotou Z-skóre a patří mezi cca 1-3 % nejvíce ohrožených katastrů v rámci ČR. Tento stav předurčují výše popsané agroklimatické, půdní a geomorfologické podmínky. Celkově se území obhospodařované zemědělským podnikem Agros Vraný vyznačuje kombinací poměrně vysokého ohrožení suchem, výskytem vysýchavých půd, značným rizikem eroze a také výskytem drah soustředěného odtoku a v části území i kritickými body. To představuje zejména při vysoké intenzitě výroby značná rizika spojená s rentabilitou vstupů v letech s nepříznivými povětrnostními podmínkami. Navíc existují reálné předpoklady nárůstu tzv. agrometeorologicky nepříznivých událostí v příštích letech, jejichž negativní dopady mohou významně ovlivnit výnosy a kvalitu produkce pěstovaných plodin, což může mít zásadní vliv na ekonomické ukazatele (např. větší rizika spojená s přezimováním ozimů, častějšími jarními přísušky, vysokými teplotami vzduchu v průběhu vegetace, s problémy v ochraně rostlin proti některým rychle se šířícím škůdcům, chorobám kořenů rostlin a dosud nepříliš významným plevelům, s poléháním porostů v důsledku přívalových srážek v kombinaci s vyššími rychlostmi větru a s komplikacemi sklizňových a dalších sezonních prací v důsledku vyšších srážkových úhrnů). Jedním

z nejvýznamnějších opatření je zvýšení retenční schopnosti půdy. Infiltrační schopnost půdy by obecně měla být střední až vysoká, aby se minimalizoval povrchový odtok vody a vodní eroze. Na infiltraci srážkové vody do půdy mají vliv klimatické a povětrnostní podmínky (intenzita, množství a časové rozložení srážek, teplotní poměry a roční doba), pedologické poměry – zejména fyzikální vlastnosti půd (tj. zrnitost, struktura, pórovitost a humóznost), stav povrchové vrstvy půdy, vlhkostní poměry půd (tj. půdní vlhkost, sací tlak, hydraulická vodivost a výška hladiny podzemní vody), utužení půdy po přejezdech techniky, kořenový systém, podpovrchové systémy chodbiček půdních živočichů, zapravené posklizňové zbytky a statková a organická hnojiva.

Agros Vraný používá v současné době konvenční systémy zpracování půdy založené na orbě, ale v posledních letech ověřuje postupy založené na minimalizaci zpracování půdy, a to hlavně z důvodu zlepšení vláhové bilance v půdě, větší stability půdní organické hmoty a ochrany půdy proti erozi. Přitom jen 30 % půd není ohroženo vodní erozí, na 28 % půdy by neměly být pěstovány erozně nebezpečné plodiny jako kukuřice a cukrovka a na 42 % půdy by měly být tyto širokořádkové plodiny pěstovány jen s využitím půdoochranných technologií zpracování půdy (viz Tab. 5.11). Širokořádkové plodiny jsou pěstovány přibližně na 520 ha, což představuje 18 % orné půdy (Tab. 5.10). Z toho vyplývá, že na většině ploch vhodných pro pěstování kukuřice a cukrovky by měly být uplatněny půdoochranné technologie a v osevním postupu by pak tyto plodiny byly zastoupeny jedenkrát za 4 roky, což kromě zapravení hnoje nepředstavuje významnější problémy. Hnůj je v současné době aplikován k cukrovce a kukuřici a do půdy je zapraven orbou, což je podle požadavků DZES vyhovující jen pro 30 % půd.

Z analýzy současného stavu používaných pěstebních technologií vyplývá, že pro zlepšení stability výnosů polních plodin je třeba větší pozornost věnovat lepšímu zadržení vody ze srážek v půdě včetně omezení rizika eroze a zlepšení hospodaření s vodou v půdě a její efektivní využití rostlinami (zatím nízké uplatnění půdoochraných technologií na půdách ohrožených vodní a větrnou erozí, v některých případech zbytečné ztráty vody z půdy při zpracování půdy a předseťové přípravě, rezervy ve struktuře porostů obilnin a hnojení dusíkatými hnojivy, začínající problémy s výskytem některých plevelů jako truskavec ptačí, béry, rdesno ptačí, chundelka, dosud neuplatňovány metody precizního zemědělství apod.).

5.6.2 Návrh variantních ochranných a adaptačních opatření

Očekávané změny agroklimatických podmínek bude nutné reflektovat v zastoupení pěstovaných plodin a způsobu hospodaření na půdě. Pro zmírnění dopadů vyšších teplot vzduchu a prohloubení deficitu vodní bilance bude nutné přijmout nezbytná adaptační opatření. Jedním z takových opatření může být snaha lépe hospodařit s vodou v půdě a zvýšit její retenční schopnost.

Některá opatření pro zvýšení infiltrační schopnosti půdy a efektivní hospodaření s vodou v půdě je možné bez větších investic zavést již v současné době: optimalizace přejezdu zemědělské techniky po polích, pozvolné rozjíždění techniky na kolech a významné zpomalení pohybu při zatáčení nebo otáčení (zejména na souvratích), flotační pneumatiky, dlátování při orbě za kolem traktoru jedoucím v brázdě, omezení paušálního přikulování povrchu půdy po zasetí (provádění po vrstevnici), setí do půdy s hrubou povrchovou strukturou (např. hrubá brázda po orbě) na svažitých pozemcích, zpracování půdy po vrstevnících, rozšíření půdoochranného zpracování půdy s ponecháním části posklizňových zbytků na povrchu apod. Větší pozornost je nutné věnovat také struktuře porostů, např. vyšší hustota porostu a podpora neproduktivních odnoží u ozimé pšenice hnojením dusíkatými hnojivy přispívá k možným následným problémům se zasycháním porostů a regulací výnosotvorných prvků při absenci srážek.

Samotný návrh ochranných a adaptačních opatření byl navržen ve dvou variantách – Realistická varianta (RV) a maximální varianta (MV). Rozdíly mezi variantami spočívají v návrhu interakčních prvků (10m zatravněné pásy doplněné ozeleněním) a návrhem protipovodňových průlehů u varianty MV. Technická opatření byla v řešeném území navrhována z důvodů ochrany zastavěného území obce Vraný. Z hlediska protierozní ochrany nebyla navrhována technická opatření. Byla navržena jen tam, kde zároveň

plní funkci protipovodňové ochrany. Technická opatření a interakční prvky doplněné krajinnou zelení vyžadují úpravu vlastnických vztahů v procesu pozemkových úprav. Pro zajištění protipovodňové ochrany jsou navrženy ochranné nádrže. Jako biotechnická opatření byly navrženy v RV i MV zasakovací travní pásy a stabilizace DSO. U MV byly navíc navrženy interakční prvky - protierozní meze a protipovodňové průlehy. U obou variant jsou základem protierozní ochrany navržená organizační a agrotechnická opatření spočívající v aplikaci protierozních agrotechnologií (výsev do krycí plodiny či strniště), ochranném zatravnění a v protierozním rozmísťování pěstovaných plodin (určení ploch kde je navrženo vyloučení erozně nebezpečných širokořádkových plodin).

5.6.2.1 Realistická varianta – přehled narhovaných opatření

Základem protierozní ochrany jsou navržená agrotechnická a organizační opatření spočívající v aplikaci protierozních agrotechnologií (výsev do krycí plodiny či strniště), ochranném zatravnění a v protierozním rozmísťování pěstovaných plodin (určení ploch, kde je navrženo vyloučení erozně nebezpečných širokořádkových plodin). Agrotechnická a organizační opatření jsou doplněna o stabilizaci drah soustředěného povrchového odtoku a návrh zasakovacích travních pásů.

Přehled navrhovaných opatření

Organizační opatření

V modelovém území k.ú. Vraný byla navržena opatření, která jsou znázorněna v Mapě 5.36:

- delimitace druhu pozemku,
- protierozní rozmísťování plodin a protierozní osevní rotace.

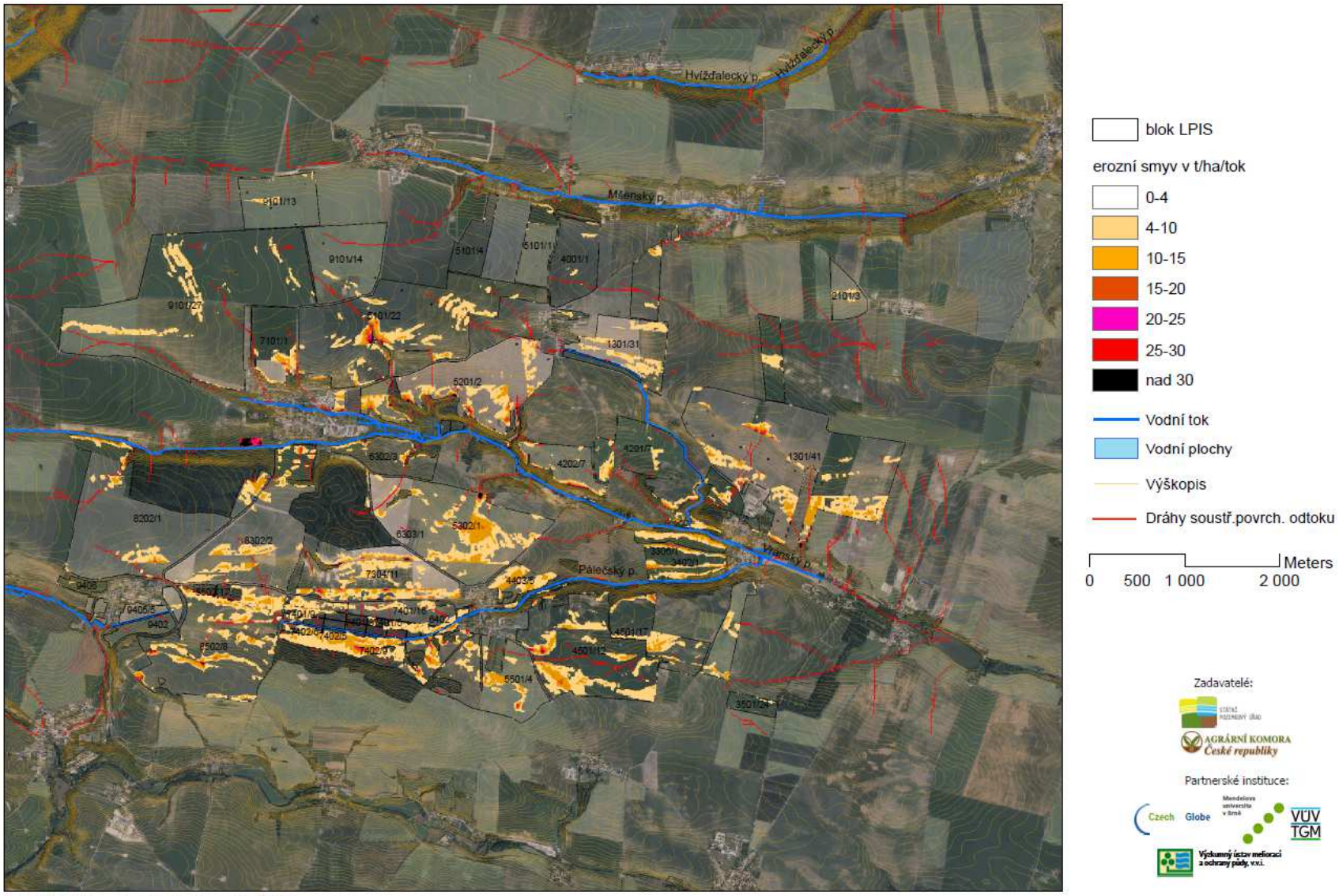
Protierozní rozmísťování plodin

Na erozně ohrožených pozemcích je navrženo protierozní rozmísťování plodin formou střídání plodin s různým protierozním účinkem včetně určení ploch, kde je navrženo vyloučení erozně nebezpečných širokořádkových plodin (VENP). Protierozní rozmístění plodin na svazích patří k obecným zásadám protierozní ochrany půdy. Vychází z protierozního účinku plodin, který je dán charakteristikou vzrůstu, olistěním, rychlostí vývinu a typem pěstování (úzkořádkové a širokořádkové). Jednotlivé plodiny lze na základě protierozní ochrany při tradičním pěstování sestavit do řady se stoupající erozní ohrožeností: travní porost – vojtěška – obilnina ozimá – obilnina jarní – hrách – řepka ozimá – slunečnice – cukrovka – kukuřice.

Opatření formou VENP, kdy z osevní rotace jsou vyloučeny erozně nebezpečné plodiny (kukuřice, slunečnice, sója, cukrovka, bob setý), byly navrhovány jen na erozně ohrožených pozemcích lokalizovaných nad zastavěným územím obce.

Protierozní rozmisťování plodin je navrženo na ploše 109 ha a celkové dopady zachycuje Mapa 5.37 a Tab. 5.12-13

Mapa 5.36: Varianta RV základních protierozních opatření



Mapa 5.37: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 40 (květen 2016)

Varianta č. 2 - RV	plocha (ha)
protierozní agrotechnologie na orné půdě	583,8
VENP	109,0
návrh TTP	31,6
PEO ve Chmelnici	8,1
Celkem	732,5

Tab. 5.12: Výkaz výměr navržených opatření u realistické varianty RV v ploše

Varianta č. 2 - RV	plocha (ha)
zatravnění údolnic	6,50
zasakovací pásy	19,9
Celkem	26,40

Tab. 5.13: Výkaz výměr navržených opatření u realistické varianty RV – speciální opatření

Návrh protierozní ochrany ve chmelnicích

Ohrožení půdy vodní erozí při pěstování chmele je způsobeno tím, že půda ve chmelnicích je nejméně chráněná v raném stádiu růstu, bezprostředně po zavedení rostlinek, které nechrání povrch půdy před působením dešťových kapek. Chmel vyžaduje intenzivní obdělávání a častými pojezdy při této činnosti se půda mezi řadami zhutňuje a dochází ke snížení vsaku vody do půdy a ke vzniku povrchového odtoku a eroznímu smyvu půdy. Častým mělkým kypřením vzniká nakypřená svrchní vrstva, která snadno podléhá vodní erozi. Ke snížení eroze při pěstování chmele se doporučuje nové chmelnice zakládat vrstevnicově. Je třeba zajistit zvýšený přísun organické hmoty do půdy, meziplodin a posklizňových zbytků pro zvýšení tvorby humusu. Nutné je omezit zpracování půdy a hloubkové kypření na podzim a využít systému zeleného hnojení. Doporučuje se chránit meziřadí krátkodobými porosty v meziřadí či mulčováním.

Protierozní ochrana ve chmelnicích je navržena na ploše 8,1 ha.

Agrotechnická opatření

Na erozně ohrožených plochách byla navržena agrotechnická opatření na ploše cca 583,8 ha. K eliminaci eroze a zvýšení retenční schopnosti krajiny byl na celé ploše doporučen výsev do krycí plodiny. Vlastní protierozní agrotechnika, tj. způsob obdělávání zemědělské půdy, kam v prvé řadě patří směr orby, setí a všechny ostatní kultivační i sklizňové operace, by mělo být vždy prováděno, pokud to sklon a systém mechanizačních prostředků dovolí, ve směru vrstevnic či s určitým odklonem od tohoto směru daným dle členitosti morfologie terénu.

V PEO se velmi účinně uplatňují podsevy nebo meziplodiny, které se vysévají po sklizni hlavní plodiny. K tomu se hodí např. hořčice, svazenka apod., jejichž porosty přes zimu vymrznou. Je možno rovněž použít ozimý ječmen a žito nebo jílek mnohokvětý, jejichž porosty je nutno před výsevem hlavní plodiny na jaře umrtvit herbicidy, pokud možno bez dalších reziduálních účinků. Ve srovnání s výsevem do zorané půdy snižuje bezorebný výsev kukuřice do meziplodiny smyv půdy na čtvrtinu až desetinu podle hustoty meziplodin.

Mezi základní doporučená agrotechnická opatření patří:

- výsev do ochranné plodiny či strniště,
- výsev do mulče či posklizňových zbytků.

Protierozní agrotechnologie na orné půdě (AGT)

Protierozní agrotechnologie navržené v řešeném území představují výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče nebo posklizňových zbytků. Tato technologie je často spojena s omezeným zpracováním

půdy. K protierozní ochraně se využívá rostlinného materiálu v různých formách, který je ponechán na povrchu půdy nebo je částečně zapraven a zabraňuje tak volnému povrchovému odtoku. Při aplikaci protierozních agrotechnologií se využívá zásada, že s množstvím vegetačního krytu na povrchu půdy roste protierozní účinek. Rostlinnými zbytky zdrsněný povrch pozemku zpomaluje povrchový odtok a zlepšuje podmínky pro zasakování spadlých srážek. K aplikaci protierozních agrotechnologií se doporučuje využívat částečně zapravené posklizňové zbytky předplodiny nebo meziplodiny. K částečnému zapravení posklizňových zbytků do půdy jsou používány kypřiče půdy a podmítače s pasivními pracovními orgány (většinou dlátové a radličkové kypřiče).

U plodin s vyššími předpoklady k eroznímu poškození se využívá jako mulčovací materiál sláma z předplodiny: obilovina příp. kukuřice, chemicky umrtvená ozimá plodina nebo vymrzlá jarní meziplodina setá na podzim.

Agrotechnická opatření spojená s technologií výsevu plodin do ochranné plodiny, strniště, či posklizňových zbytků je často spojena s omezeným zpracováním půdy. K protierozní ochraně se využívá rostlinného materiálu v různých formách, který je ponechán na povrchu půdy nebo je částečně zapraven a zabraňuje tak volnému povrchovému odtoku. Podrobnější popis protierozních technologií přináší literatura (Uživatelská příručka VÚMOP, Nové technologie v ochraně půdy, případně katalog PEO).

Celková agrotechnická opatření

Navrhovaná agrotechnická opatření v rámci realistické varianty vychází z analýzy současného stavu hospodaření na půdě. Některá tato opatření pro zlepšení hospodaření s vodou v půdě a stabilizaci výnosů pěstovaných plodin je možné bez větších investic zavést již v současné době: optimalizace přejezdu zemědělské techniky po polích, flotační pneumatiky, snížení počtu pracovních operací při zpracování půdy, setí do půdy s hrubší povrchovou strukturou na svažitých pozemcích, zpracování půdy po vrstevnících, rozšíření půdoochranného zpracování půdy s ponecháním části posklizňových zbytků na povrchu apod. Další navržená opatření budou vyžadovat investice do nové zemědělské techniky: pásové zpracování půdy se zonální aplikací hnojiv, plečkování kukuřice a cukrovky (ozimé řepky) s vytvořením hrubé povrchové struktury půdy, variabilní aplikace hnojiv a pesticidů – uplatnění metod precizního zemědělství, setí směsí kompenzačních odrůd apod.

Operativní agrotechnická opatření

Požadované změny v agrotechnice jsou shrnuty v Tab. 5.14 a budou vyžadovat preciznější a operativnější přístupy s využitím diagnostických metod pro zjištění výživného a zdravotního stavu rostlin a s regulací vstupů na základě aplikačních map. Výrazně vyšší roli musí hrát operativní optimalizace vstupů a využívání přístupů precizního zemědělství i s ohledem na výraznou proměnlivost podmínek v rámci jednotlivých honů. Optimalizace dávek minerálních (zejména dusíkatých) hnojiv přispěje k omezení rozkladu organických látek v půdě, zlepšení povrchové struktury půdy, zvýšení diversity půdních organismů včetně vyšší aktivity nesymbiotických fixátorů dusíku (např. Azotobacter). V následující tabulce je u jednotlivých plodin popsán současný stav a navrženy doporučené změny ve zpracování půdy a hnojení při minimálních požadavcích na investice (1) a při nákupu nových strojů a zařízení (2).

Plodina	**Popis současného stavu a navržených změn**
vojtěška setá	V současné době je vojtěška setá s příměsí travního hybridu jako podsev do luskoobilní směsky, při likvidaci porostu jsou používány 2× disky + hluboké kypření nebo orba, což může způsobit ztrátu vody pro následnou plodinu a v důsledku zvýšené aerace půdy urychlit mineralizaci posklizňových zbytků po vojtěšce a tvorbu nitrátů v půdě (80-140 kg $N \cdot ha^{-1}$) které nemohou být následující plodinou (ozimá pšenice) během podzimu využity.

	1. Postřik likvidované vojtěšky neselektivním herbicidem (Roundup) a zpracování půdy k následné plodině max. 2 operacemi. Následnou plodinu na podzim nehnojit dusíkem a na základě stanovení N_{min} v půdě korigovat jarní dávku dusíku.
pšenice ozimá	Většina porostů zakládána po ozimé řepce (600 ha) – nyní většinou 2× disky + hlubší kypření Vario do 15-20 cm + následné hnojení 2 q NPK před setím. Na jaře hnojeno 250 kg LAD·ha^{-1} + 150 l DAM + 100 l DAM·ha^{-1}. 1. Ověřit mulčování strniště horizontálním mulčovačem po sklizni řepky a v případě vlhké povrchové vrstvy půdy nechat vzejít výdrol bez podmítky a zapravit disky již vzrostlý výdrol. Zpracování půdy omezit na 2 operace, před setím zpravidla nemá význam dodávat v hnojivech dusík, protože po ozimé řepce (také po vojtěšce) je dostatek rostlinami využitelného dusíku v půdě. Hnojení dusíkatými hnojivy směrovat i ve vyšších dávkách do začátku jarní vegetace (před ozimou řepkou vyšší dávky N včetně přihnojení na začátku metání 60 kg N·ha^{-1}). Při nevyužití dusíku v případě následného přísušku je zbytkový dusík využit rostlinami ozimé řepky – lepší stav porostu na podzim. 2. Setí do půdy s mulčem na povrchu, setí směsí kompenzačních odrůd, z toho 1 odrůda tolerantní k suchu. Variabilní regulace vstupů (minerální hnojiva, pesticidy) na základě aplikačních map integrujících zjištěná data o půdě a stavu porostu (dostupnost vody pro rostliny, výnosové mapy, DPZ, výživný stav půdy a rostlin apod.). V místech s nízkou dostupností vody pro rostliny v době přísušků (např. štěrkovité nebo mělké půdy) významně omezit intenzitu vstupů. Při pořizování postřikovače možnost instalace aplikačních trubic ve vzdálenosti 25 cm pro pozdní přihnojení porostů kapalným hnojivem DAM – významné omezení rizika popálení porostu.
kukuřice na siláž	Kukuřice následuje po jarním ječmeni nebo ozimé pšenici. Po sklizni je provedena mělká podmítka, před zimou je aplikován hnůj, který je zaorán. Na jaře následuje smyk + brány, hnojení Alzon (225 kg·ha^{-1}), při setí 100 kg Polydap·ha^{-1}. 1. Na svažitých pozemcích lze doporučit setí kukuřice do půdy s hrubou povrchovou strukturou, setí spolu s krycí plodinou s nízkým odběrem vody nebo aplikaci hnoje již k předplodině nebo meziplodině a setí kukuřice do strniště, mulče z posklizňových zbytků předplodiny, ošetřeného výdrolu nebo meziplodiny. Dusíkaté minerální hnojivo Alzon s inhibitorem nitrifikace používat jen na mělkých promyvných půdách. Vzhledem k omezení tvorby nitrátů zůstává N koncentrován na povrchu nebo v horní vrstvě půdy, což může mít v některých letech (2015) nepříznivý vliv na růst kořenů do hlubších vrstev půdy. Doporučuje se místo hnojiva Alzon použít močovinu se zapravením do půdy nebo hnojivo UREA^{stabil}, obsahující inhibitor ureázy, který omezuje ztráty N únikem amoniaku a vytváří vhodné podmínky pro pohyb nehydrolyzované močoviny v půdě. Při setí je lepší v sušších oblastech aplikovat menší dávku hnojiva Polydap (20-50 kg·ha^{-1}) v kombinaci s močovinou nebo UREA^{stabil} pro podporu počátečního růstu rostlin. Jestliže není příjem fosforu z půdy rostlinami omezen (např. karbonátové půdy, nízká nebo vysoká hodnota pH, nízká zásoba P v půdě), je lepší aplikovat fosforečná hnojiva před podzimní orbou a při setí použít jen nízkou startovací dávku P spolu s N, popř. dalšími živinami. 2. Pro zvýšení infiltrace srážkové vody do půdy a omezení eroze lze doporučit pásové zpracování půdy (strip till) s vertikální zonální aplikací hnojiv a plečkování porostu kukuřice plečkou, která vytváří na povrchu půdy hrubou strukturu a zároveň umožňuje aplikovat minerální hnojiva ke kořenům rostlin. Také je možné doporučit setí kukuřice společně s krycí plodinou do meziřádků nebo po meziplodině, ale v těchto případech je třeba vyhodnotit bilanci vody.
cukrová řepa	Cukrová řepa následuje většinou po ozimé pšenici. Po sklizni je provedena mělká podmítka, před zimou je aplikován hnůj, který je zaorán. Na jaře následuje smyk + brány, hnojení 300 kg NPK a 100 kg Alzon·ha^{-1}, předseťová příprava půdy kompaktorem. 1. U orby se doporučuje použít kypřící dláta za kolem traktoru jedoucím v brázdě nebo při kompaktním utužení podorniční vrstvy půdy podrývák. Obdobně jako u

	kukuřice je třeba volit hnojiva s formami živin, která jsou dobře pohyblivá v půdním profilu nebo jsou zapravena do hlubších vrstev půdy (při hlubokém kypření, orbě apod.). Dávku dusíku korigovat na základě zásoby N_{min} v půdě do hloubky 0,9 m. V sušších oblastech se doporučuje dusík k cukrové řepě aplikovat s dostatečným odstupem před setím v dobře rozpustných hnojivech s nitrátovou nebo močovinovou formou dusíku, které jsou dobře pohyblivé v půdním profilu. 2. Plečkování porostu cukrové řepy plečkou, která vytváří na povrchu půdy hrubou strukturu a zároveň umožňuje aplikovat kapalná dusíkatá minerální hnojiva ke kořenům rostlin.
jarní ječmen	Jarní ječmen následuje po cukrovce nebo ozimé pšenici. Po cukrovce jsou po sklizni použity disky a před zimou podrývák do hloubky 35 cm. Na jaře je hnojeno 200 kg NPK a následuje předseťová příprava kompaktorem. Ve 3 listech přihnojeno 100 l DAM. 1. Hloubku podrývání je třeba určit podle skutečné hloubky utužené vrstvy půdy. Pro upřesnění jarního hnojení N je nutné zjistit zásobu N_{min} v půdě. Do kapalného hnojiva DAM je vhodné přidat inhibitor ureázy (Stabiluren).
ozimá řepka	Po sklizni ozimé pšenice podmítka disky s následnou orbou nebo při pozdější sklizni přímo orba. Před setím 200 kg NPK·ha^{-1}, zapraveno kompaktorem, na jaře 300 kg DASA·ha^{-1}, 150 a 100 l DAM·ha^{-1}. Při hnojení hnojivem DASA na vlhkou půdu po zimě může docházet ke zhoršení povrchové struktury půdy a snížení její infiltrační schopnosti 1. Po sklizni ozimé pšenice přikulit podmítku pro podporu vzejití výdrolu. Ověřit založení porostu řepky secím strojem Kinze s přesným setím při vzdálenosti řádků 37,5 cm. Aplikaci hnojiva DASA na půdách s horší půdní strukturou pokud možno provést až v časném 2. přihnojení, kdy již bývá lepší struktura půdy, popř. nahradit jiným hnojivem (např. močovina se sírou). 2. Přesné setí na vzdálenost řádků 37,5 cm s následným plečkováním a vytvořením hrubé struktury na povrchu půdy (působí protierozně do zapojení porostu) a s možností přihnojení kapalnými minerálními hnojivy ke kořenům rostlin.

Tab. 5.14: Doporučené změny ve zpracování půdy a hnojení

Biotechnická opatření

Biotechnická opatření byla v této variantě navržena formou stabilizace drah soustředěného odtoku (navrženy na ploše 6,50. ha) a zasakovacích pásů (včetně interakčních prvků navrženy na ploše 19,9 ha).

Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku

Přirozené dráhy soustředěného povrchového odtoku zpevněné vegetačním krytem (Obr. 5.9) jsou schopny bezpečně bez projevů eroze odvést povrchový odtok, ke kterému dochází v důsledku morfologické rozmanitosti krajiny, zejména na příčně zvlněných pozemcích, v úžlabinách a údolnicích v době přívalových dešťů nebo jarního tání, kdy soustředěně po povrchu odtékající voda v těchto místech zpravidla způsobuje erozní rýhy (Obr 5.10 a 5.11). Je proto nezbytné tyto potenciální dráhy soustředěného odtoku stabilizovat zatravněním tak, aby po zatravnění směsí výběžkatých trav umožnily neškodné odvedení povrchového odtoku z jejich sběrných ploch. Vedle snížení hodnot erozních odnosů a minimalizace formování efemerních strží, zatravněním stabilizovaná dráha soustředěného odtoku umožní zachycení také rostlinných živin, popř. agrochemikálií na erodovaných půdních částicích. Kapacita přírodních parabolických profilů údolnic bude většinou adekvátní a bude třeba jen definovat rozsah zatravnění.

Nejvhodnější ochranou těchto exponovaných míst je vegetační kryt, nejlépe zatravnění. Předpokládaná životnost opatření je 10 let.

Obr. 5.9: Schéma zatravněné údolnice

Zásady navrhování

1. Při realizaci zatravněných drah soustředěného odtoku (údolnic) bude využito daného profilu přirozené údolnice.
2. Uživatel či vlastník pozemku provede stabilizaci dráhy soustředěného povrchového odtoku zatravněním.
3. Dráhu soustředěného povrchového odtoku v údolnici uživatel přesně v terénu identifikuje, vymezí a označí po jarním tání sněhu či první srážce vyšší intenzity.

Obr. 5.10: Dráha soustředěného povrchového odtoku po tání sněhu

4. V období mimo výskyt přívalových srážek provede osetí 20 m širokým pásem doporučené směsi výběžkatých trav se středem v identifikované trase (viz bod 2.).

Obr. 5.11: Dráha soustředěného povrchového odtoku po stabilizaci

5. Pro rychlejší zapojení ochranného vegetačního krytu se osetí provede (optimálně v září) do krycí plodiny, případně ve směsi současně s jinými plodinami zajišťujícími rychlý nástup ochranného účinku do doby vytvoření stabilního travního porostu.

   Vegetační kryt údolnice ovlivňuje rychlost pohybu vody v údolnici. Kořenový systém v závislosti na své hustotě a kvalitě zpevňuje půdu a redukuje odnos půdních částic rostlinných živin a agrochemikálií.

   Ochranný účinek trav proti vodní erozi spočívá především v útlumu kinetické energie, ve snížení rychlosti a množství povrchově stékající vody, projevujících se ve snížení její vymílací a transportní schopnosti a také v mechanickém zpevnění půdy kořenovým systémem.
6. Při zakládání, hnojení a ošetřování porostů je třeba vycházet z komplexního posouzení vzájemných vztahů stanovištních podmínek, složení porostu a specifičnosti jeho funkce. Vegetační kryt, který je pěstován a udržován v prostoru údolnice, je nejdůležitější část tohoto protierozního opatření. V druhovém složení jsou preferovány trávy výběžkaté, tvořící pevný drn.
7. Vypracování návrhu na složení směsi (např. Tab. 5.15) spočívá ve výběru a stanovení poměru vhodných druhů. Složení směsi se vyjadřuje obvykle procentuálním podílem jednotlivých druhů. Z vybraných druhů se určí druhy hlavní (1-2), ostatní jsou pak doplňující. Dostatečný podíl výběžkatých trav musí být základem každého porostu určeného k protierozní funkci, protože právě výběžkaté druhy mají nejvyšší účinek a zajišťují vytrvalost porostu. Protože tyto trávy mají zpravidla pomalý počáteční vývoj a doplňují se druhy s rychlejším růstem.

Druh	**%**	**kg osiva.100 m^{-2}**
kostřava luční	20	0,24-0,40
kostřava červená výběžkatá	35	0,53
kostřava červená trsnatá	15	0,23-0,30
jílek vytrvalý	15	0,23
lipnice luční	15	0,15

Tab. 5.15: Směs s vysokým protierozním účinkem, vhodná na sušší stanoviště s nižší zásobou živin

Vypracování návrhu na složení směsi spočívá ve výběru a stanovení poměru vhodných druhů. Při zakládání vegetačního zpevnění DSO zatravněním se doporučuje při setí postupovat způsobem postupných kroků dle Obr. 5.12a-c. Dvě třetiny navržené šířky se osejí v podélném směru podél vnějších stran navrženého rozsahu zatravnění (viz Obr. 5.12a), následně se třetina šířky podél osy vysévá napříč (viz Obr. 5.12b-c).

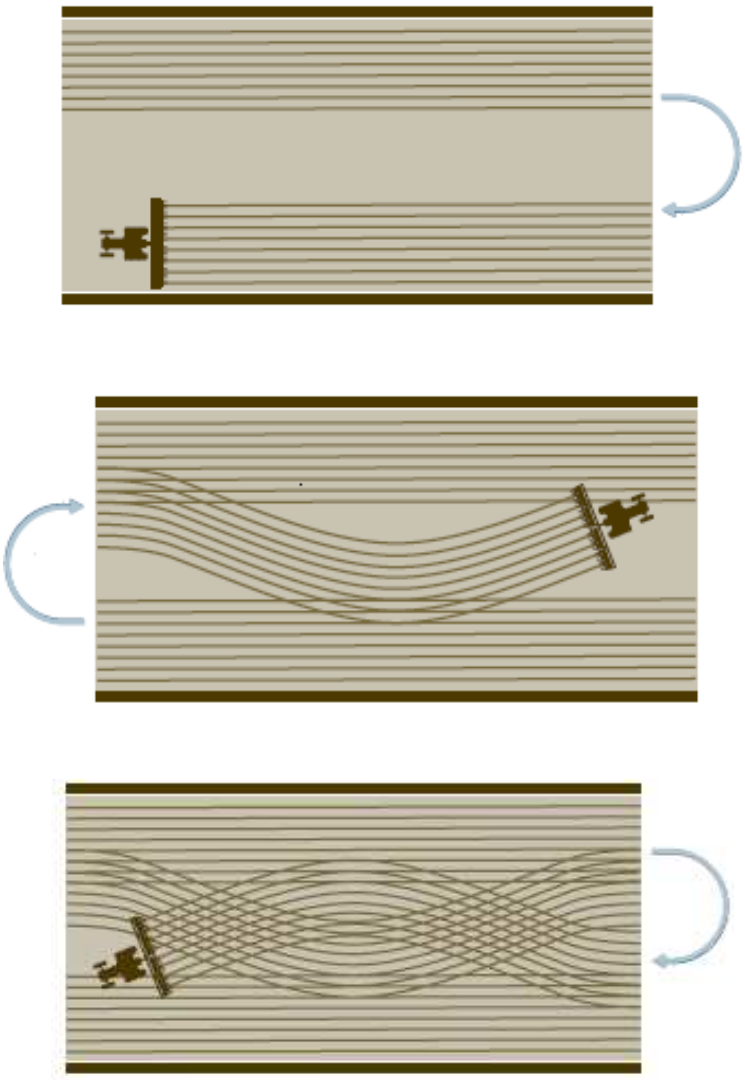
8. Při realizaci zatravněných drah soustředěného odtoku (údolnic) je nutno pečlivě zajistit napojení navazujících částí pozemku (sběrných ploch) a vyvarovat se vytvoření brázdy či vyjetých kolejí podél zatravněné údolnice.
9. Zatravněná stabilizovaná dráha soustředěného povrchového odtoku je protierozní opatření, které potřebuje údržbu, aby zůstala zachována jeho schopnost bezpečně bez erozních procesů odvést povrchový odtok. Systém údržby spočívá zejména v:

- pravidelném sečení minimálně dva až třikrát ročně tak, aby výška porostu v době po sečení byla 8-10 cm (dlouhé stonky mají tendenci vířit a vibrovat v proudu a tím mohou způsobovat zvýšenou turbulenci s následnou možností poškození profilu údolnice),
- pravidelném kosení rovněž za účelem zajištění bohatého, pevného, odolného a stabilního porostu,
- přihnojování porostu během vegetace je velmi důležité pro dosažení kvalitního stabilního porostu,
- odstraňování akumulovaného sedimentu,
- bezprostředním odstraňování škod vzniklých při provádění agrotechnických operací, zejména se odstraní paralelní rýhy.

a)

b)

c)



Obr 5.12: Doporučený postup osetí DSO

Interakční prvky

Na erozně ohrožených pozemcích, kde jsou navrženy interakční prvky (IP) budou v této variantě aplikovány jako zasakovací pásy (šířka 30 m) tzn. nebudou tvořit překážku povrchovému odtoku a nepřeruší délku svahu – nesníží se LS. V případě řešení PÚ se tyto již vytyčené a realizované zasakovací pásy doplní krajinnou zelení a záchytnými prvky a budou plnit funkci prvku přerušujícího délku svahu. Tento typ IP je v této variantě plošně bilancován jako zasakovací pásy.

Zasakovací pásy

Navrhují se v rámci komplexu opatření jako liniové prvky protierozní ochrany o min. šířce 30 m. Zasakovací pásy se navrhují na erozně ohrožených svažitých blocích LPIS vrstevnicově či s částečným odklonem od vrstevnic. Nejčastěji se navrhují jako zatravněné, mohou být také doplněny krajinotvornou zelení. Často však také po jejich zatravnění dochází k jejich samovolnému ozelenění. Svým situováním vymezují směr obdělávání a umožňují rozdělení bloku LPIS na díly, kde se mohou střídat plodiny ochranné s erozně nebezpečnými. Zasakovací travní pásy se také navrhují podél vodních toků v minimální šířce 10 m. Do plošné bilance zasakovacích pásů byly také zařazeny IP. Tato opatření (IP + zasakovací pásy) byla v této reálné variantě navržena na ploše 19,9 ha.

5.6.2.2 Maximální varianta – přehled narhovaných opatření

Tato varianta rozvíjí předcházející variantu a předpokládá také významné omezení pěstování erozně rizikových plodin na svažitých pozemcích konvenčním způsobem, rozdělení svažitých pozemků na díly s pěstováním plodin po vrstevnicích, investice do nákupu nových strojů, zařízení a technologií s využitím metod precizního zemědělství. Podobně jako u varianty RV, základem protierozní ochrany jsou navržená agrotechnická a organizační opatření spočívající v aplikaci protierozních agrotechnologií, ochranném zatravnění a v protierozním rozmísťování pěstovaných plodin. Předpokládá se také rozšíření ploch se závlahami. Obdobně jako u předcházející varianty je aplikace ochranných a adaptačních opatření základním předpokladem pro omezení rizik eroze, lepší zadržení vody ze srážek a stabilizaci výnosů v suchých oblastech a zlepšení bilance kvalitní organické hmoty v půdě. Oproti RV jsou v MV navržena biotechnická opatření formou interakčních prvků (plochy zasakovacích pásů jsou doplněny krajinnou zelení) a návrhem technických opatření formou protipovodňových průlehů u varianty MV, jak dokumentuje Mapa 5.38, a přínos těchto opatření pak zobrazují Mapy 5.39-40. Technická opatření byla v řešeném území navrhována jen z důvodů ochrany zastavěného území obce Vraný.

Výkaz výměr navržených opatření v celém řešeném je uveden v Tab. 5.16 a 5.17.

Přehled navrhovaných opatření

Organizační opatření

V modelovém území k.ú. Vraný byla navržena opatření:

- delimitace druhu pozemku (ochranné zatravnění),
- protierozní rozmísťování plodin a protierozní osevní sledy,
- protierozní osevní postupy.

Protierozní rozmísťování plodin

Protierozní rozmisťování plodin je navrženo ve stejném rozsahu jako u RV na ploše 109 ha.

Návrh protierozní ochrany ve chmelnicích

Tento typ speciální protierozní ochrany v MV kopíruje variantu realistickou. Protierozní ochrana ve chmelnicích je navržena na ploše 8,1 ha.

Agrotechnická opatření

Na erozně ohrožených plochách byla navržena agrotechnická opatření v podobném rozsahu jako u RV na ploše cca 583,8 ha.

Varianta č. 3 - popis MV	**plocha (ha)**
protierozní agrotechnologie na orné půdě	583,8
VENP	109,0
návrh TTP	31,6
PEO ve Chmelnici	8,1

Tab. 5.16: Výkaz výměr navržených opatření u max. varianty MV – v ploše

Varianta č. 3 - popis MV	**plocha (ha)**
zatravnění údolnic	6,50
zasakovací pásy	3,70
interakční prvky	16,2
protipovodňové průlehy	1,9

Tab. 5.17: Výkaz výměr navržených opatření u max. varianty MV – speciální opatření

Biotechnická opatření

Biotechnická opatření byla v této variantě navržena formou stabilizace drah soustředěného odtoku (navrženy na ploše 6,50 ha) a zasakovacích pásů (navrženy na ploše 19,9 ha).

Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku

Stabilizace údolnic formou zatravnění (navržena na ploše 6,5 ha) je navržena v podobném rozsahu jako v RV (Mapa 5.38).

Zasakovací pásy

Svým situováním vymezují směr obdělávání a umožňují rozdělení bloku LPIS na díly, kde se mohou střídat plodiny ochranné s erozně nebezpečnými. Zasakovací pásy byly v této variantě navrženy na ploše 3,7 ha.

Interakční prvky - Protierozní meze

Jsou navrhovány jako překážka povrchového odtoku s funkcí odváděcí s hrázkami či průlehy ve spodní nebo horní části či bez uvedených liniových prvků jako zasakovací. Vlastní profil meze je tvořen zasakovacím pásem nad mezí, vlastním tělesem meze a odváděcím prvkem.

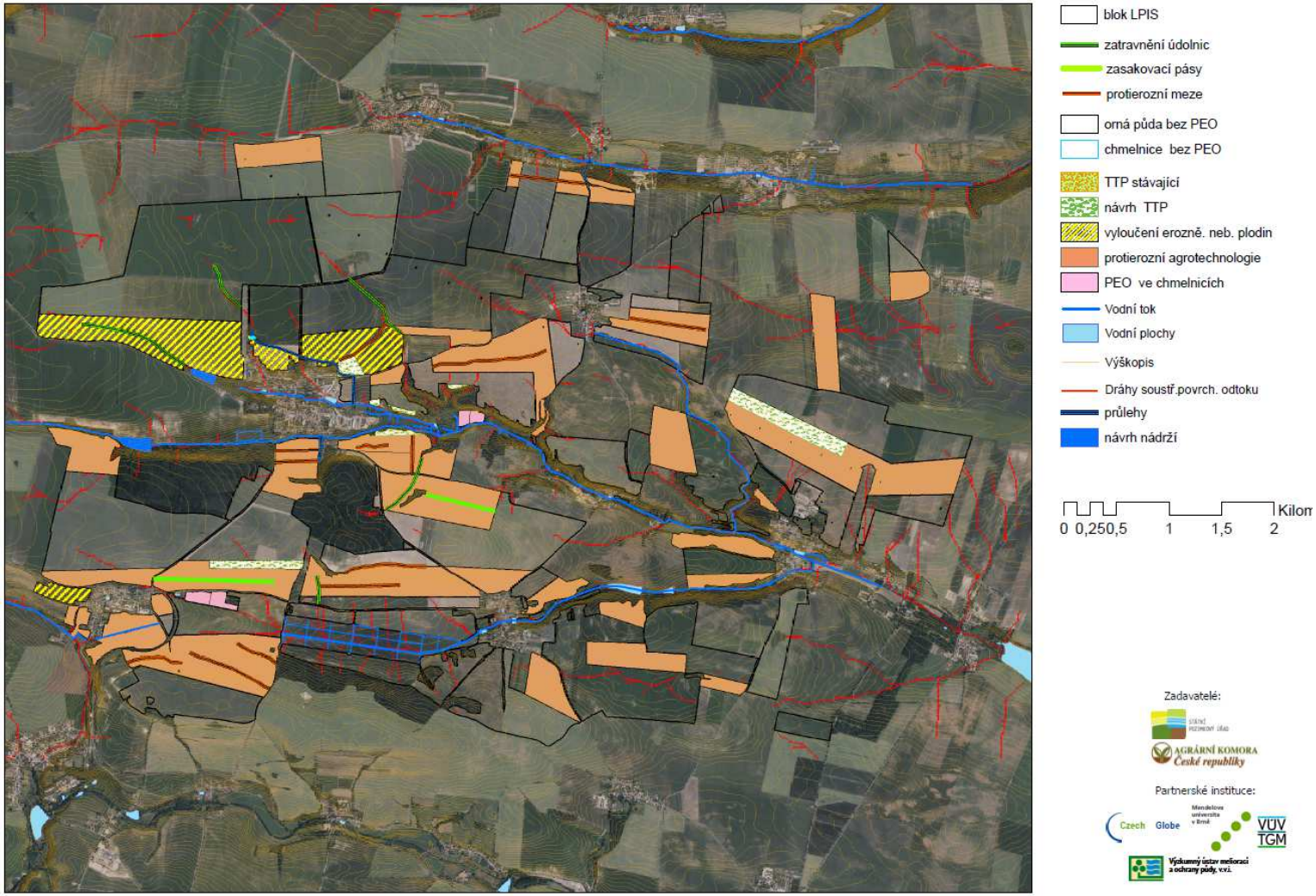
Vedle základní protierozní funkce mají meze a dřevinná zeleň na nich rostoucí (zařazovány jako interakční prvky do ÚSES) význam také z hlediska krajině estetického i jako hnízdiště a migrační zóny drobné zvěře, hmyzu, rostlin a další bioty. Navržený systém protierozních mezí - interakčních prvků působí v krajině jako doplněk lokálních biokoridorů a biocenter – ÚSES. Vlastní realizace protierozních mezí začíná vytyčením směru meze buď vrstevnicově, nebo s mírným odklonem od vrstevnic tak, aby bylo zajištěno nejen zadržení povrchového odtoku, ale i jeho neškodné odvedení do vhodného recipientu. Interakční prvky byly v této variantě navrženy na ploše 16,2 ha.

Interakční prvky tohoto typu budou v této variantě působit jako překážka povrchového odtoku - přeruší délku svahu - sníží se LS faktor - realizují se v KPÚ.

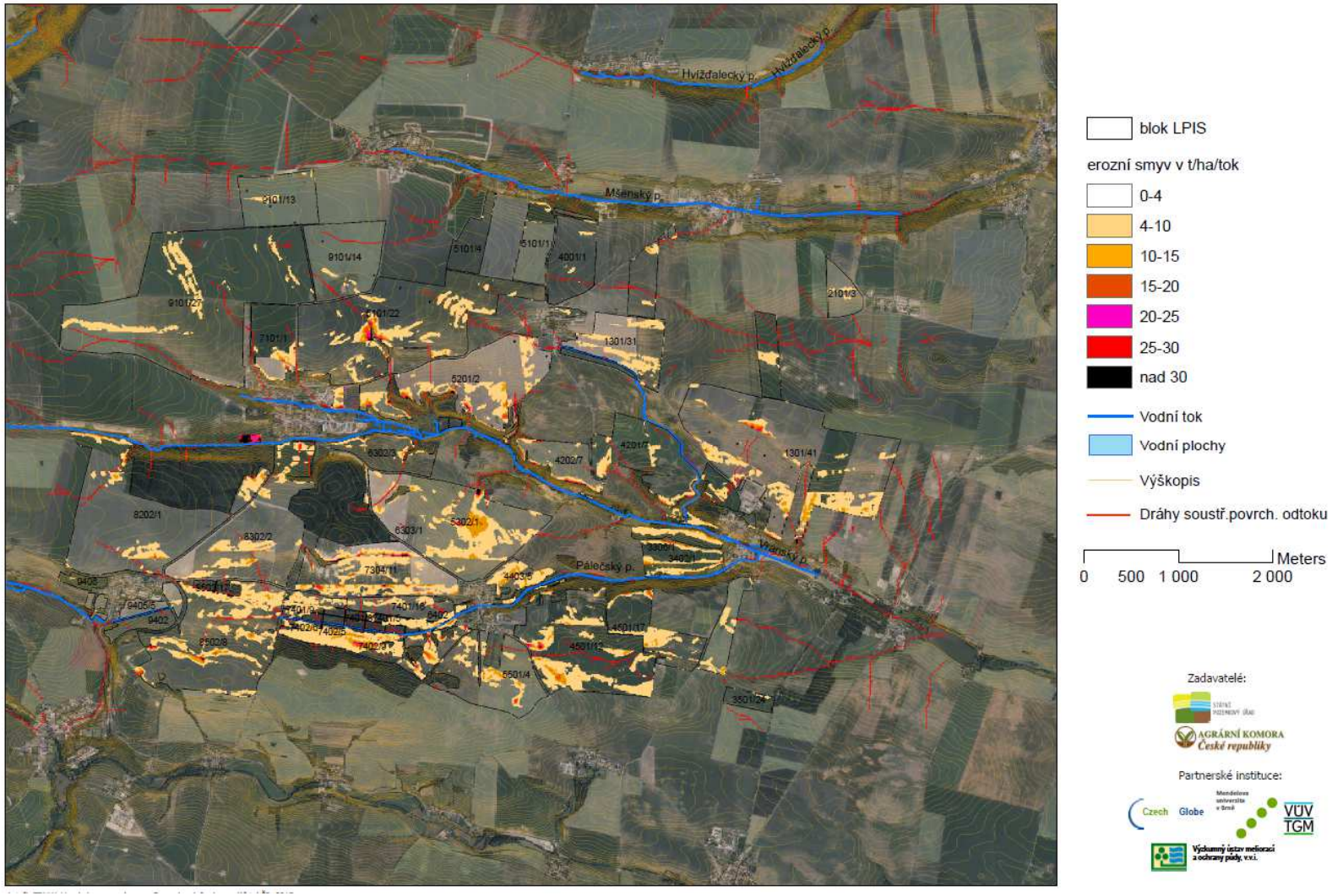
Protipovodňové průlehy

Technická opatření formou průlehů (navržená v rozsahu 1,9 ha) se navrhují zejména na pozemcích, kde nepříznivé důsledky povrchového odtoku ohrožují zastavěnou část obce. Průleh je mělký, široký příkop s mírným sklonem svahů, založený zpravidla s malým podélným sklonem, kde se povrchově stékající voda zachycuje a je neškodně odváděna. Podle funkce protierozní průlehy rozdělujeme na záchytné a svodné.

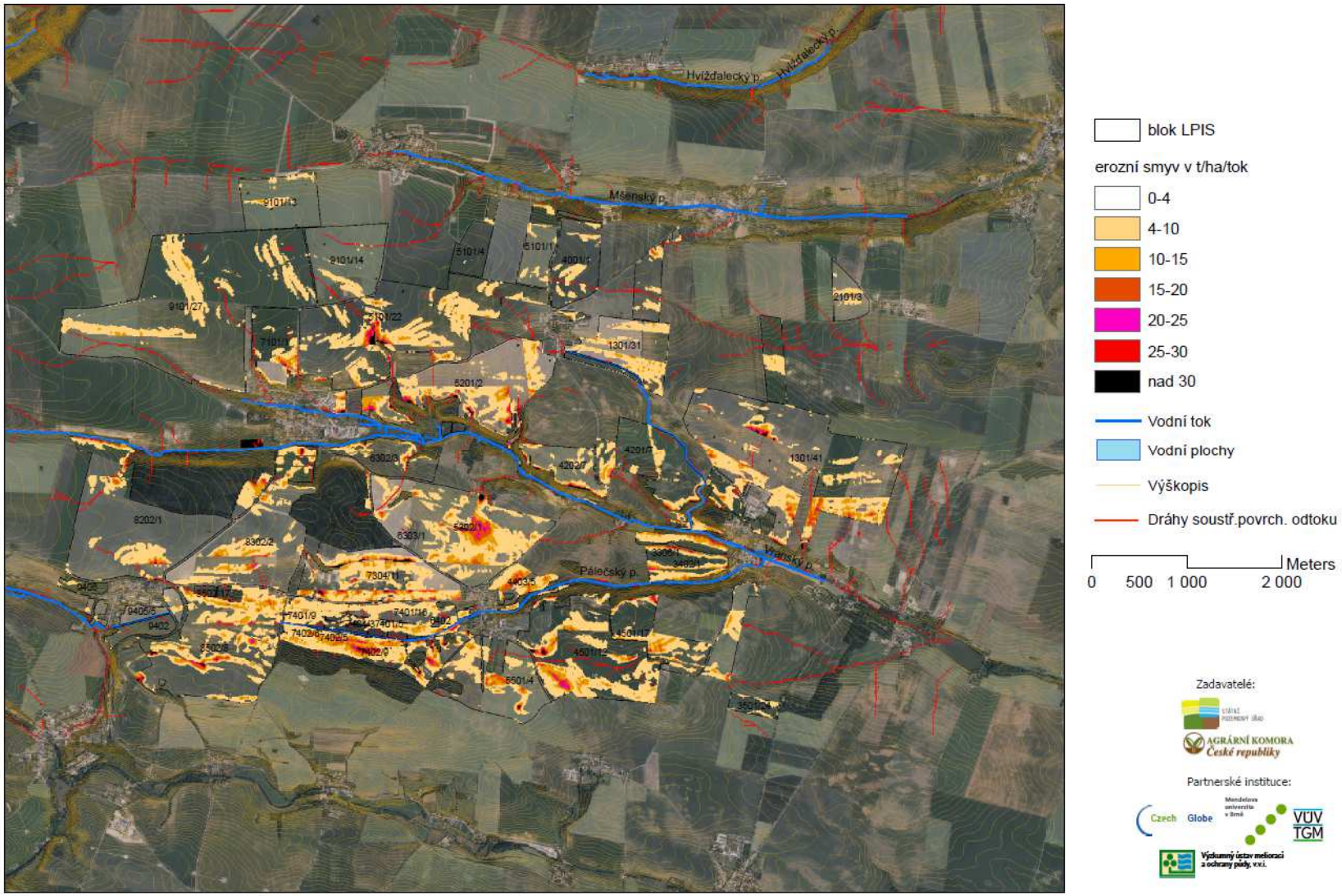
U záchytných průlehů je jejich záchytná funkce kombinována s funkcí odváděcí. Jsou zaústěny do svodných příkopů, průlehů či do stabilizovaných údolnic.



Mapa 5.38: Varianta MV základních protierozních opatření pro ZD Vraný



Mapa 5.39: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 40 (květen 2016)



Mapa 5.40: Míra erozního ohrožení po návrhu PEO varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 60 (květen 2016)

Agrotechnická opatření včetně uplatnění protierozních agrotechnologií na orné půdě (AGT)
Doporučená agrotechnická opatření zachycuje přehledně Tab. 5.18.

Rok	Plodina	Současné odrůdy	Současný výsevek	Doporučené odrůdy	Doporučený výsevek	Poznámky
1.	vojtěška	české i zahraniční	14 kg + ½ kg travního hybridu (Perun)	odrůdy jen českého šlechtění	beze změn	u českých odrůd lepší přizpůsobení našim podmínkám včetně mrazu
2.	ozimá pšenice	Julie, Rebel, Evina, Reform, Avenue, Arkeos	4 MKS	**Julie, Reform,** Rebel, Avenue, Gordian, Arkeos Virriato – osinatá do sucha – poblíž lesů	podle termínu setí a předplodiny 3,5-4 MKS	Navýšení ploch u odrůd Julie (ne na těžší půdě s horší strukturou) a Reform, větší pozornost věnovat kvalitě a původu osiva
3.	cukrová řepa	Gallant, Panorama, BTS 710, Aviso	1,2 výsevní jednotky	Panorama BTS 710 (Poseidon)		Panorama – v ČR nejvíce prodávaná nematodní odrůda Poseidon – při výskytu rizoktonie
4.	jarní ječmen	Bojos, Laudis	3,75 MKS	Bojos, Laudis	podle termínu setí a předplodiny 3,5-4 MKS	obě uvedené odrůdy mají výbornou sladovnickou kvalitu a jsou žádané sladovnami a pivovary a jsou vhodné pro výrobu českého piva
5.	ozimá řepka	Marathon, DK Exquisite DK Exception	0,95 výsevní jednotky	DK Exception DK Explicit Marathon	podle termínu setí, kvality připravené půdy a předpovědi srážek 0,9-1,1 výsevní jednotky	odrůdy jsou poměrně rychle obměňovány podle výsledků odrůdových pokusů, větší pozornost věnovat kvalitě osiva, lepší vyšší HTS
6.	kukuřice na siláž	Celate Rivoxx	85 000 zrn.ha^{-1}	Rivoxx Celate Cegrand	od 80 000 zrn.ha^{-1} (Rivoxx) do 90 000 zrn.ha^{-1} při zhoršených podmínkách při setí	odrůdy vybírány na základě výsledků vlastních odrůdových pokusů

Tab. 5.18: Přehled doporučení pro jednotlivé plodiny

5.7 Možná opatření pro zmírnění dopadů sucha

5.7.1 Posouzení přínosu zvýšení retenční schopnosti

V zájmové oblasti, kde hospodaří Agros Vraný byl hodnocen potenciální vliv změny retenční schopnosti na vodní bilanci v území. Pro výpočet byl využit zjednodušený postup, kdy byly posuzovány reálné průběhy srážek mezi léty 1981-2015 při rovnoměrném rozdělení srážek na celé k.ú. a pro každou srážku vyskytující se na řešeném území v uvedeném období byl porovnáván objem spadlé srážky s vypočítaným objemem přímého odtoku vniklým po dopadu této srážky na půdu s daným využitím území.(5 variant využití území – viz popis variant v uvedených tabulkách) Výchozí stav se kterým jsou porovnávány varianty ochranných opatření představuje nejnepříznivější stav při pěstování širokořádkových plodin v přímých řádcích po svahu (CN81). Tabulka 5.19 ukazuje, že s ohledem na hluboce deficitní vodní bilanci efekt zvýšené retence při návrhu opatření není výrazný. Jak ukázal rozbor srážkových dat, srážky v hodnoceném období převážně dopadají na půdu nenasycenou předchozí srážkou (index předchozích srážek - IPS I) a ve většině případů retenční schopnost území převyšuje objem dopadající srážky. Ačkoliv agrotechnická a protierozní opatření jsou (vedle ochrany půdy před degradací negativními účinky vodní eroze) vedena snahou výrazněji zvýšit retenční (a také infiltrační) schopnost území, samotný dopad zvýšené retenční schopnosti v půdě bude epizodický bez znatelného dopadu do produkce a proto ani není uvažován v cost-benefit analýze. Variantně byla také hodnocena retenční schopnost území při vyšší nasycenosti území předchozí srážkou (IPS II) v tabulce 5.20.

Popis variant	CN	mm/období přímý odtok H_0	mm/období reálná retence A_r
CN širokořádkové, přímé řádky	81	12,6	423
CN širokořádkové - vrstevnicově a poskl. Zbytky	74	8	428
CN úzkořádkové	76	9,1	427
CN úzkořádkové - vrstevnicově a poskl. zbytky	72	7,1	429
CN sady se zatravněným meziřadím	58	2,8	433

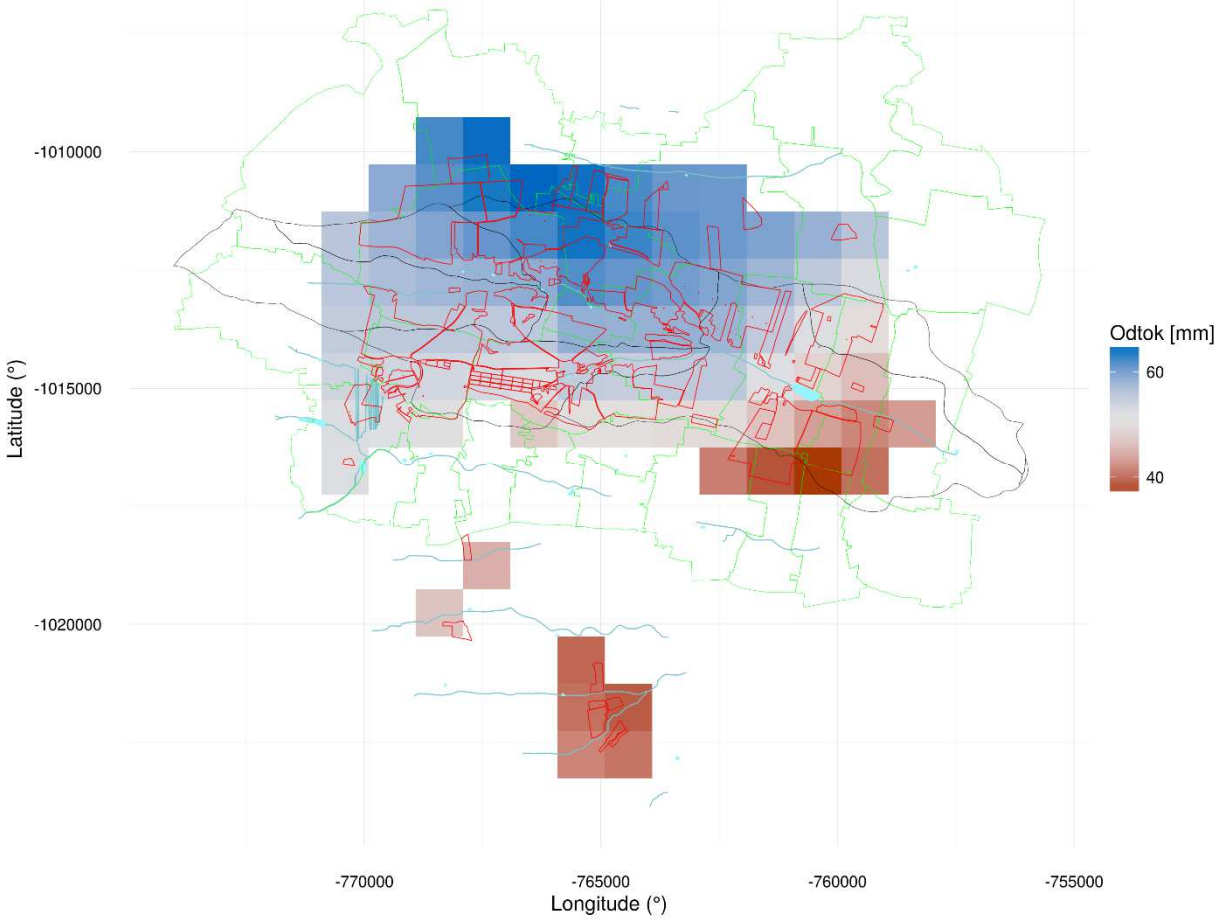
Tab. 5.19: Období březen - listopad, průměr srážek na lokalitě Vraný z let 1981-2015, předpoklad neměnného CN během roku a rovnoměrného rozložení srážek po celém území. (index předchozích srážek IPS I)

Popis variant	CN	mm/období přímý odtok H_0	mm/období reálná retence A_r
CN širokořádkové, přímé řádky	81	11,0	425
CN širokořádkové - vrstevnicově a poskl. Zbytky	74	3,9	432
CN úzkořádkové	76	5,2	431
CN úzkořádkové - vrstevnicově a poskl. zbytky	72	2,9	433
CN sady se zatravněným meziřadím	58	0,4	435

Tab. 5.20: Jako 5.19 ale při vyšší nasycenosti území v době dešťových srážek

5.7.2 Dostupné zdroje vody

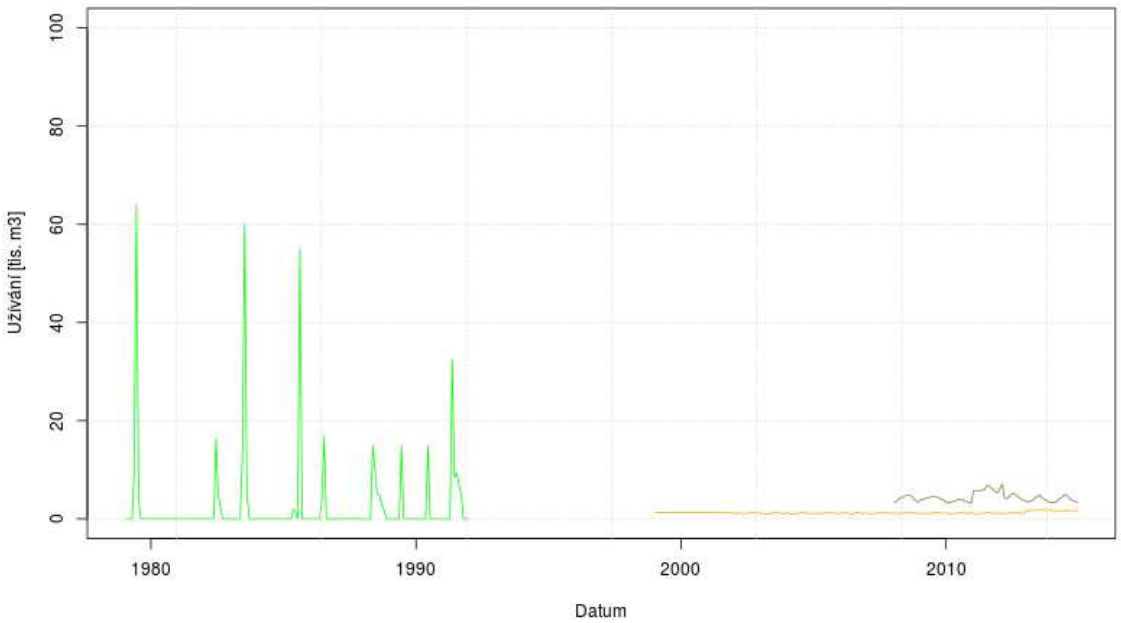
V zájmové lokalitě Agros Vraný je deficit přírodních vodních zdrojů (vypočtený na základě rozdílu mezi srážkovým úhrnem a potenciální evapotranspirací). Hodnoty dosahují vysokých negativních hodnot od 140 mm·rok^{-1} do 200 mm·rok^{-1} (tzn. pro vyrovnanou bilanci, při které by byly naplněny hodnoty PET, jsou zapotřebí desítky mil. m^3 vody). Tuto úvahu je však potřebné brát pouze jako orientační, ale je zřejmé, že posílení vodních zdrojů pro zemědělské účely je možné pouze pomocí odběrů povrchové vody. Varianta, která je zde uvedena uvažuje využití Vranského potoka. Na Mapě 5.41 je uvedena zájmová oblast s rozvodnicí daného povodí (černá linie) a průměrné hodnota odtokových výšek v mm·rok^{-1} pro období 1981-2010. Vranský potok, který danou lokalitou protéká a jeho zdrojová plocha povodí (černá linie) je více než 59 km^2. Odtokový součinitel dané oblasti se pohybuje okolo 0,1 (pouze 10 % srážkových úhrnů proteče závěrným profilem daného povodí).



Mapa 5.41: Průměrné roční odtokové výšky se zvýrazněním modelového povodí (černá linie)

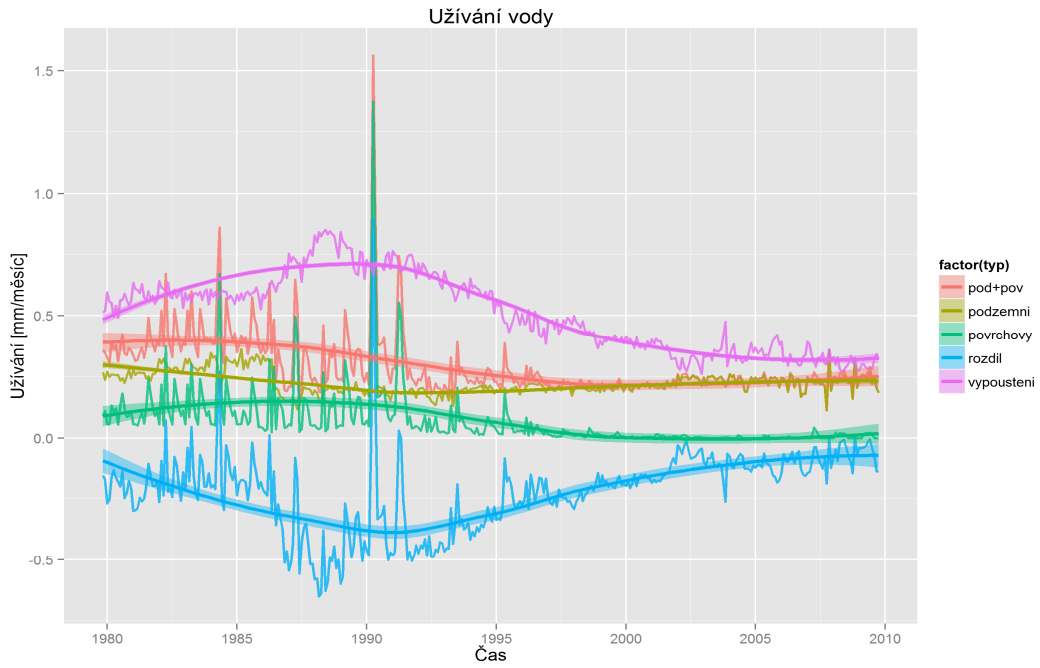
Na daném území se nevyskytuje bilanční profil ČHMÚ, z těchto důvodů byla použita pro kalibraci hydrologického modelu Bilan (Vizina, 2015) doplňková data profilu DBCN 202300 Velvary na Bakovském potoce se zdrojovou plochou povodí cca 294 km^2, u kterého jsou k dispozici průtokové řady. Pro modelování hydrologické bilance byly použity časové řady za období 1961-2015 a hodnoty užívání, které je popsáno níže.

Hodnoty užívání vod na řešeném území a okolí bylo vybráno z databáze vodohospodářské bilance, kde jsou ze zákona evidovány odběry, které jsou větší než 500 m^3.měsíc^{-1} nebo 6000 m^3·rok^{-1}. Selekce byla provedena na základě seznamů OKEČ a CZ-NACE pro jednotlivé činnosti. Na Obr. 5.13 jsou uvedeny evidované odběry za období 1980-2014 na zájmovém povodí. Lze pozorovat, že v současné době nejsou evidovány žádné povrchové odběry. Historické odběry povrchových vod měly tehdejší JZD Vraný a cukrovar Klobuky na Zlonickém potoce.



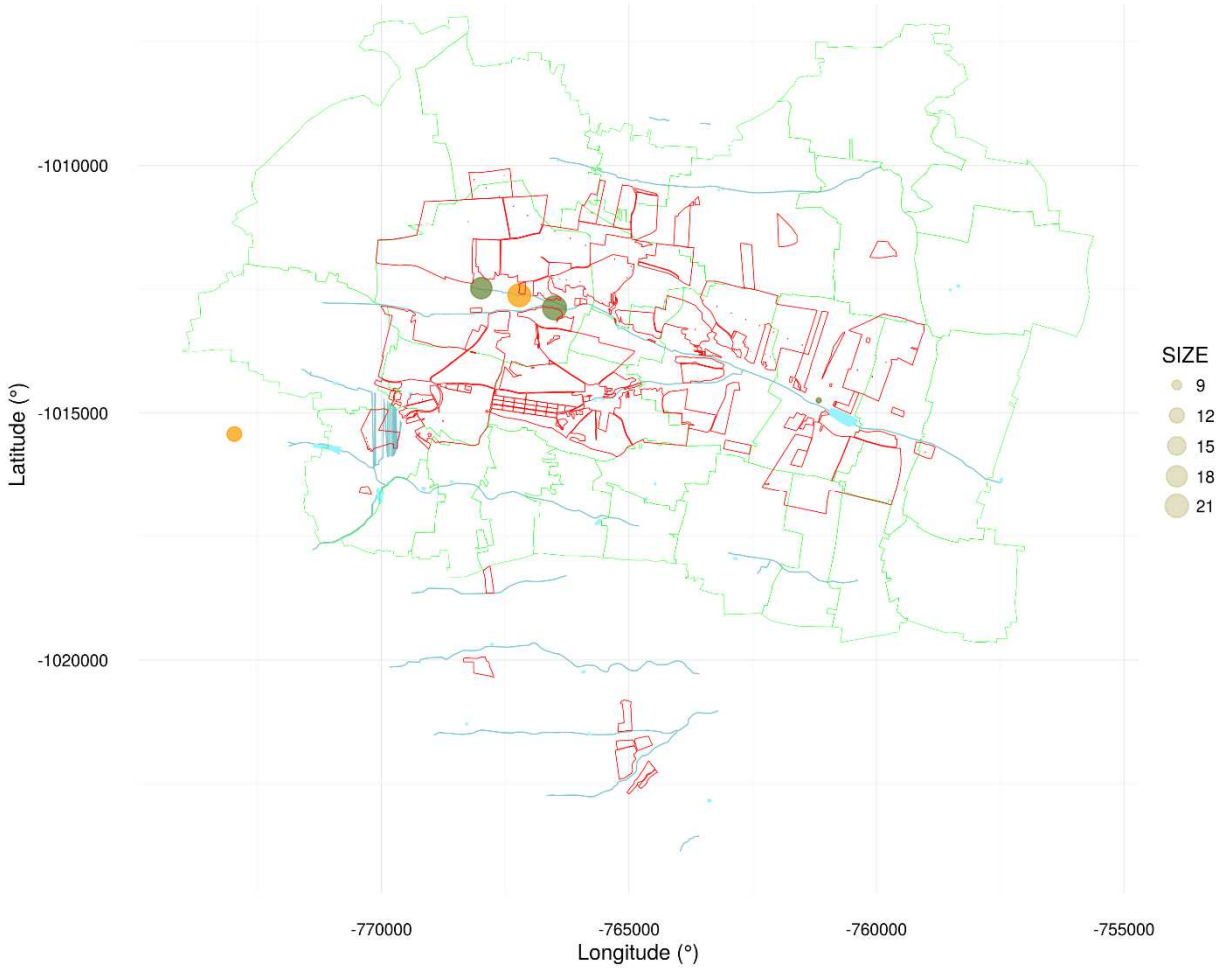
Obr. 5.13: Povrchové odběry (zeleně), podzemní odběry (hnědě) a vypouštění (oranžově) v tis.m^3·$měsíc^{-1}$

Na Obr. 5.14 je sumarizováno celkové užívání na povodí Bakovského potoka, kde lze v posledních letech pozorovat nárůst podzemních odběrů.



Obr. 5.14: Nakládání s vodami na povodí Bakovského potoka

Na Mapě 5.42 je zobrazeno nakládání s vodami v roce 2014 v tis. m^3·rok^{-1} (zeleně - odběry podzemní vody a oranžově - vypouštění).

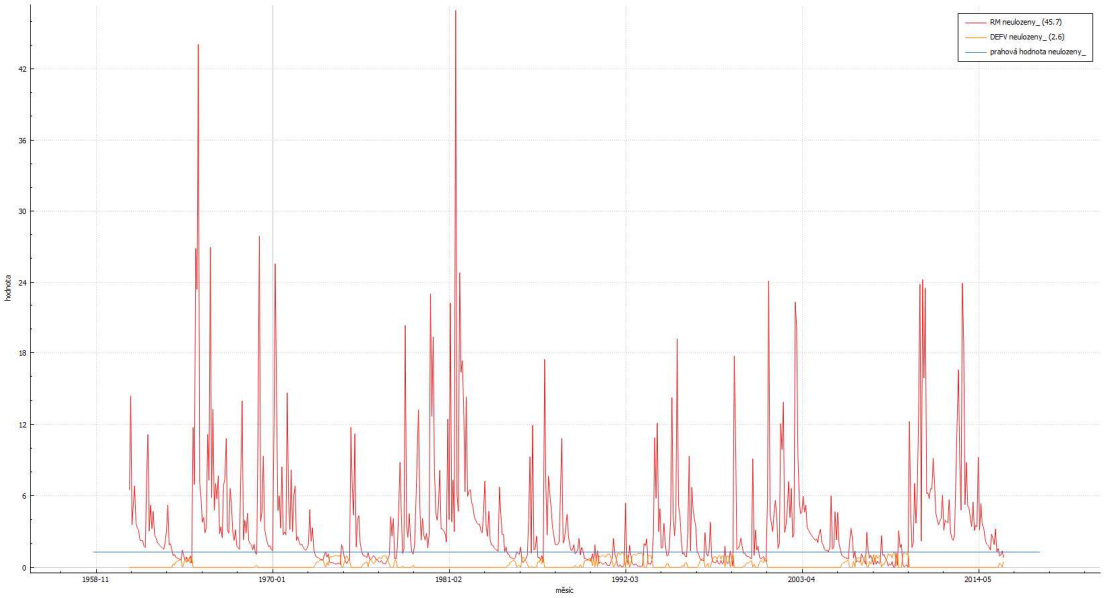


Mapa 5.42: Lokalizované nakládání s vodami v roce 2014 v tis. m3·rok-1

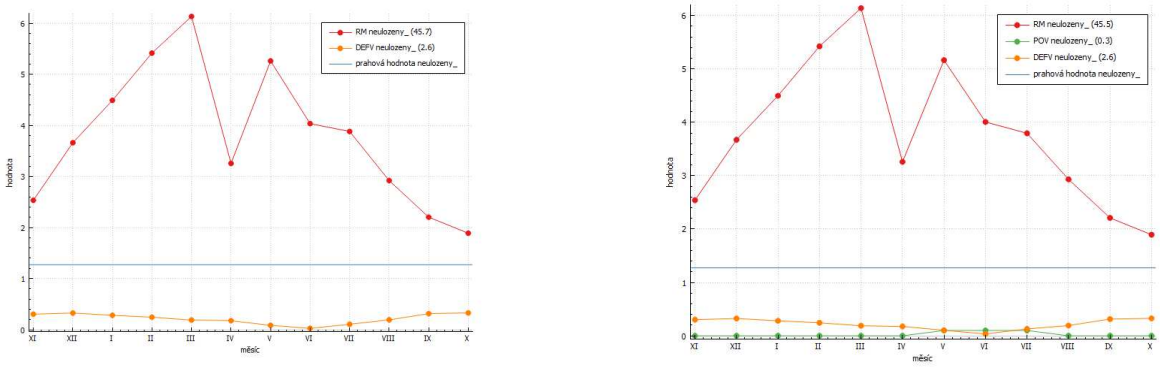
Pro modelování disponibilních vodních zdrojů byl použit model Bilan v měsíčním časovém kroku. Za limitní hodnotu byl použit odvozený minimální zůstatkový průtok pro měsíční řady dle vzorce:

$$MZP = kvantil10\%Q * 0{,}73.$$

Hodnota MZP byla tedy zvolena pro modelované území 0,0296 $m^3 \cdot s^{-1}$. Pro tuto hodnotu byly napočteny nedostatkové objemy při průměrném užívání vody v roce 2014. Výsledek modelování je zobrazen na Obr. 5.15 (červeně - modelovaný odtok, modře - minimální zůstatkový průtok a oranžově nedostatkové objemy). Průměrné nedostatkové objemy jsou 2,6 $mm \cdot rok^{-1}$, avšak v období květen-červenec jsou prakticky nulové. Průměrné hodnoty jsou zobrazeny na Obr. 5.16, kdy v levé části jsou zobrazeny při současném užívání a v pravé části je modelový příklad s navýšením povrchových odběrů v období květen-červenec o 0,1 $mm \cdot měsíc^{-1}$ resp. cca 6000 $m^3 \cdot měsíc^{-1}$. Lze pozorovat, že toto navýšení neovlivní hydrologický režim a hodnoty nedostatkových objemů jsou téměř totožné. Toto řešení je limitováno přímým odběrem z vodního toku Vranského potoka. Tuto možnost též potvrzují historické odběry povrchové vody, které byly pouze ve vegetačním období. Další možností je výstavba malé vodní nádrže pro akumulaci vody (využitelné pouze pro závlahy), kdy vodní tok by měl být schopný tuto nádrž naplnit (průměrný průtok je cca 0,1 $m^3 \cdot s^{-1}$, tzn. zjednodušenou úvahou při akumulaci 0,05 $m^3 \cdot s^{-1}$ je nádrž schopná zadržet 130 tis. $m^3 \cdot měsíc^{-1}$). Obdobné řešení bylo navrženo na povodí Rakovnického potoka, které se nachází poblíž a má podobný charakter. Na tomto povodí byl také navržen převod vody z Ohře, který je reálný i na řešeném území, avšak toto opatření s sebou nese vysoké investiční náklady.



Obr. 5.15: Odtoky, minimální zůstatkový průtok a nedostatkové objemy na řešeném území



Obr. 5.16: Průměrné hodnoty měsíčních odtoků a nedostatkových objemů. Vlevo za použití současného nakládání s vodou a vpravo při navýšení povrchového odběru přímo z toku.

5.8 Návrh změn agrotechnických postupů při pěstování klíčových polních plodin

Plodina	Hlavní doporučení
vojtěška setá	Současné agrotechnické postupy jsou u vojtěšky plně vyhovující, vojtěška je seta s příměsí travního hybridu do luskoobilní směsky, ponechána až 4 roky, při likvidaci porostu po 2. až 3. seči je třeba věnovat větší pozornost optimalizaci zpracování půdy z hlediska ztráty vody pro následnou ozimou pšenici (nyní 2× disky + hluboké kypření nebo orba). Doporučuje se pěstovat české odrůdy s lepším přizpůsobením našim podmínkám včetně mrazu.
pšenice ozimá	Většina porostů zakládána po ozimé řepce (600 ha) – je třeba ověřit snížení intenzity zpracování půdy vzhledem ke ztrátě vody (nyní 2× disky + hlubší kypření Vario), ověřit mulčování strniště horizontálním mulčovačem po sklizni řepky a v případě vlhké povrchové vrstvy půdy nechat vzejít výdrol bez podmítky a zapravit disky již vzrostlý výdrol. Větší pozornost věnovat kvalitě osiva (provenience, HTZ, energie klíčení, moření včetně přenašečů viróz apod.) a určení správného výsevku v MKZ. Hnojení dusíkatými hnojivy směrovat i ve vyšších dávkách do začátku jarní vegetace (před ozimou řepkou vhodné vyšší dávky N včetně přihnojení na začátku metání 60 kg $N \cdot ha^{-1}$). Jako předplodiny pro ozimou řepku vybírat rané odrůdy (Avenue, Julie) s dobrou kvalitou zrna, po sklizni bezprostředně provést mělkou podmítku s přikulením pro podporu vzejití výdrolu. Kromě uvedených raných odrůd lze doporučit pro pěstování v této oblasti následující odrůdy: Reform, Rebel, Gordian, Arkeos, Virriato.
kukuřice na siláž	Na svažitých pozemcích lze doporučit setí kukuřice do půdy s hrubou povrchovou strukturou, setí spolu s krycí plodinou s nízkým odběrem vody nebo aplikaci hnoje již k předplodině nebo meziplodině a setí kukuřice do strniště, mulče z posklizňových zbytků předplodiny, ošetřeného výdrolu nebo meziplodiny. Pro zvýšení infiltrace srážkové vody do půdy a omezení eroze lze doporučit pásové zpracování půdy (strip till) s vertikální zonální aplikací hnojiv a plečkování porostu kukuřice plečkou, která vytváří na povrchu půdy hrubou strukturu a zároveň umožňuje aplikovat minerální hnojiva ke kořenům rostlin. Jako vhodné lze doporučit odrůdy Rivoxx, Celate a Cegrand.
cukrová řepa/pšenice	U orby k cukrovce se doporučuje použít kypřící dláta za kolem traktoru jedoucím v brázdě nebo při kompaktním utužení podorniční vrstvy půdy podrývák. Pro zvýšení infiltrační schopnosti půdy lze doporučit plečkování porostu cukrové řepy plečkou, která vytváří na povrchu půdy hrubou strukturu a zároveň umožňuje aplikovat kapalná dusíkatá minerální hnojiva ke kořenům rostlin. Při hnojení je třeba volit hnojiva s formami živin, které jsou dobře pohyblivé v půdním profilu nebo jsou zapraveny do hlubších vrstev půdy (při hlubokém kypření, orbě apod.). Dávku dusíku korigovat na základě zásoby N_{min} v půdě do hloubky 0,9 m. Jako vhodné lze doporučit odrůdy Panorama a BTS 710.
jarní ječmen	Hloubku podrývání po cukrovce neprovádět paušálně, ale podle skutečné hloubky utužené vrstvy půdy. Hnojení N zejména po cukrovce provádět podle N_{min} v půdě, výpočet výsevku podle MKZ.
ozimá řepka	Po sklizni ozimé pšenice přikulit podmítky pro podporu vzejití výdrolu. Větší pozornost věnovat kvalitě osiva, zejména HTS při setí za sucha. Přesné setí na vzdálenost řádků 37,5 cm s následným plečkováním a vytvořením hrubé struktury na povrchu půdy (působí protierozně do zapojení porostu) a s možností přihnojení kapalnými minerálními hnojivy ke kořenům rostlin. Jako vhodné odrůdy je možné doporučit DK Exception, DK Explicit, Marathon.

Tab. 5.21: Finální doporučení shrnující zásadní poznatky pro ZD Vraný

5.9 Ekonomické hodnocení dopadů cost-benefit analýzy pro zemědělský podnik Agros Vraný

Cílem předkládané studie je posouzení ekonomických dopadů navržených adaptačních opatření pro zemědělský podnik Agros Vraný, v rámci Generelu vodního hospodářství krajiny České republiky. Popis podniku je uveden detailně v předchozí výše, jen ve stručnosti:

- Agros Vraný hospodaří na téměř 3000 ha zemědělské půdy z toho přes 2266,7 ha je orné půdy a chmelnice. Z toho bylo na většině plochy navrženo nějaké adaptační opatření (celkem 1 988,8 ha).
- 2/3 půdy je v držení vlastníků nebo samotného podniku. Prioritou podniku je získání stabilní půdní držby a její konsolidace. Páteřní infrastruktura zejména v živočišné výrobě prošla intenzivní modernizací, která zajišťuje rentabilitu živočišné výroby. Podobně se výrazné investice dotkly mechanizace nicméně prozatím bez možnosti využívat technologii precizního zemědělství

V textu je uveden postup, část dílčích výsledků a konečný výsledek zpracované cost-benefit analýzy (CBA) s textovou interpretací. Analýza nákladů a přínosů je zaměřena na adaptační opatření pro zmírnění dopadů klimatické změny na vodní erozi půdy na plochách zemědělského podniku. Další dopady jako například zmírnění sucha, zvýšení retence vody v půdě či krajině, změna estetické hodnoty krajiny, změna dopadů větrné eroze, biodiverzity a řady dalších dopadů nebylo provedeno. Důvodem je skutečnost, že dosud neumíme navržená opatření vyhodnotit tak, abychom s únosnou mírou spolehlivosti mohli říci, jak a zejména o kolik zavedení opatření ovlivní další ekosystémové služby a externality. Změna dopadů, mimo vodní eroze, je stále velmi neprobádaná oblast vědění. Bezesporu je to jistým nedostatkem této analýzy, která je právě postavena tak, že se změny převádí na finanční toky. V podobných případech, kdy neexistuje znalost přímých dopadů, volí se metoda nepřímá[7], která ovšem nese vyšší náklady a časové požadavky, než bylo možno provést pro účely tohoto Generelu. Ale i s tímto nedostatkem je to posun k posouzení dopadů, který zahrnuje náklady a přínosy zároveň a posuzuje je v časovém rozměru.

CBA navazuje na datové podklady zpracované VUT Brno, kde byly druhy a rozsah opatření stanoveny a obsahují technickou stránku propočtů postavených na příslušných teoriích a návodech z literatury a vychází z výstupů projektu EHP-CZ02-OV-1-039-2015 AdapdaN.

Pro účely Generelu by bylo vhodné se dále zaměřit na ocenění vody v krajině, vody půdě a doplnit dále dopady sucha na produkci zemědělských plodin včetně chmelnice, popřípadě na živočišnou výrobu, změnu skleníkových plynů v ovzduší, bilanci uhlíku, dusíku, posoudit také některé další příležitosti diverzifikace zemědělství, jako rozšíření příjmů podniku v oblasti rekreace apod.

[7] Willing to pay, willing to access,

5.9.1 Metoda a postup prací

5.9.1.1 Metodický úvod

Popis území zemědělského podniku je proveden v předcházejících kapitolách. Doplňující informace k vymezenému území jsou následující:

- Do zpracování dat CBA byly zahrnuty data půdních dílů nad 2 ha výměry. Tato hranice byla konzultována se spoluřešiteli a je dnes navržená jako hraniční pro vymezení DZES 5.
- Do zpracování jsou zahrnuty jen ty půdní díly, kde byla také navržena adaptační změna, není opodstatněné pracovat s celou výměrou podniku, protože u půdních dílů bez návrhů opatření se změna neprojeví.
- Příspěvek na úhradu fixních nákladů a zisku byl vypočten na základě dat šetření ÚZEI, průměr let 2012, 2013, 2014 (nákladová část, ceny komodit).
- Výše nákladů na adaptační opatření byla konzultována s řešiteli, vycházela z projektu AdaptaN, a částečně byla vypočteny nově (opatření v chmelnicích, interakční prvky s výskytem stromů).

CBA pracuje s ukazateli, kde jeden z klíčových ukazatelů je „Čistá současná hodnota (NPV)“. Jedná se o ukazatel, který počítá pouze a jen s budoucím cashflow. Vlastně říká, kolik peněz za zvolenou dobu životnosti projektu daný projekt přinese anebo vezme. Nezajímá se tedy o účetní položky, jako jsou výnosy a náklady, nezajímá se o nějakou hodnotu společnosti, ale řeší pouze a jen peněžní toky, které nám daná investice nebo obecně vzato jakýkoliv projekt/opatření přinese. NPV se hodí více pro hodnocení spíše v krátkém a středním období pro hodnocení taktických aktivit společnosti. Při zavedení nové technologie, která se budete provozovat x let, pomůže NPV zhodnotit, jestli do toho jít a v případě více variant i kterou si vybrat.

U jednotlivých variant dochází k vyjádření čisté současné hodnoty společenských přínosů do roku 2040. Pro vyhodnocení výsledků se nejčastěji používá metoda čistý přínos opatření a poměr užitků a nákladů. Čistý přínos opatření bývá vyjadřován v absolutní míře pomocí NPV:

$$NPV = \sum_{t-1}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t},$$

kde NPV je čistá současná hodnota, B_t – jsou užitky v roce t, C_t – jsou náklady v roce t, r – úroková míra. Aby bylo opatření přijato, musí být NPV větší než nula. Pokud tuto podmínku splňuje více variant, vybírá se ta s nejvyšší NPV.

Vedle nákladů a užitků, které jsou kvantifikovány a vyjádřeny v peněží hodnotě, jsou pro každou variantu uvedené i specifické kategorie, které nejsou vyjádřeny v peněžní hodnotě. Vzhledem k tomu, že finanční prostředky s časem ztrácí na hodnotě, jsou náklady i přínosy zatíženy diskontním koeficientem, který upravuje finanční hodnoty na současnou hodnotu během celé doby sledování nákladů a přínosů. Výsledky tak částečně závisí na použité diskontní míře.

V rámci projektu AdaptaN, kde byly posuzovány velmi podobné příklady dopadů klimatické změny a adaptační opatření na 36 katastrálních územích, byla provedena citlivostní analýzy (Macháč, J., 2016) kde byla testována diskontní míra 1%, 4%, a 8%. Zde se ukázalo, že nejvhodnější diskontní míra pro tuto dobu hodnocení (24 let) je 4%. Tato míra diskontní sazby je navíc pro takovéto časové období obvyklá[8].

[8] *Stanovení diskontu může být mnoha způsoby, například na základě úrokové sazby, kterou platíme u dlouhodobého cizího kapitálu. Znamená to tedy, že naše banka, která má jistě se stanovováním rizika letité zkušenosti a má na to kvalitní odborníky, hodnotí míru naší rizikovosti na 2%. K 2%, je možno přidat nejvyšší úrokovou míru, kterou jsme schopni dostat uložením peněz do bezrizikových instrumentů (státních pokladničních poukázek nebo na spořicím účtu) a k tomu všemu ještě eventuálně přičíst nějakou kompenzační odměnu za to, že*

Diskontní faktor diskontní faktor se počítá podle vzorce:

$$Diskontní\ \ faktor = \frac{1}{(1+r)^t}$$

r – diskontní míra

t – doba trvání projektu (splatnosti),

Postup prací byl následující:

a) První práce v tomto ekonomickém posouzení je věnována identifikaci a kvalifikaci nákladů a přínosů. Tato fáze byla provedena ve spolupráci VUT a MZLU s Prof. M. Dumbrovským a Prof. M. Trnkou jako přípravné fázi studie, jsou zde stručně představeny uvažované varianty ve vztahu k území.

b) Následovala fáze kvantifikace nákladů a přínosů z opatření na naturální jednotky, která probíhala ve spolupráci VUT a ÚZEI a převedení navržených nákladů a přínosů na finanční jednotky pomocí valuačních metod a datového zázemí ÚZEI Sledování náklady zemědělských plodin 2012–2014, šetření projektů zalesnění ploch v rámci KPÚ, výstupy projektu EHP-CZ02-OV-1-039-2015 Adaptan 2015-2016.

c) Diskontování nákladů a užitků

d) Výpočet 6-ti scénářů, ukazatelé CBA.

e) Ekonomického posouzení CBA pak přináší závěry, doplnění kvalitativních nákladů a přínosů.

V této analýze bylo zvoleno 6 základních scénářů, které vycházely z realizace opatření a stavu klimatické změny. Níže jsou podrobněji popsány.

5.9.1.2 Zvolení scénářů

Pro lepší představu budoucích kroků zemědělského podniku je vhodné uvažovat ve variantách a porovnat jejich výsledky.

Základním kritériem pro tvorbu scénářů byla volitelná podmínka, kdy zemědělec zváží možnost, zda jednu nebo druhou alternativu opatření provede nebo zda neudělá nic z navržených opatření.

Dalším kritériem bylo, zda připustíme, že klimatická změna proběhne, nebo ne. Toto kritérium není nijak závislé na chování zemědělce, ale je použitý jako teoretická úvaha.

Dvě zvažované varianty s adaptačními opatřeními se příliš nemění, jsou zpravidla na stejných půdních dílech a v podobném nebo stejném rozsahu. Výraznější rozdíl je u opatření interakčních prvků (IP).

U varianty 2 je IP, navržen v šířce zatravněného pásu 20 m a bez stromů nebo keřového patra, jedná se o scénáře 4 a 4. U varianty opatření 3 jsou IP široké 10 m a na zatravněných pásech jsou řídce vysazeny stromy a keře.

Přehled variant a scénářů je uvedeny v tabulce 5.22.

	bez změny klimatu	**Se změnou klimatu**
Bez opatření	scénář 1	scénář 2
Varianta s opatřením 2	Scénář 3	scénář 4
Varianta s opatřením 3	Scénář 5	scénář 6

Tab. 5.22: Přehled použitých variant

peníze nebudou k dispozici (např. průměrnou míru inflace za posledních x let). Celá konstrukce diskontu pak může vypadat jako: 2% (riziková prémie naší banky) + 0,75% (úrok na spořicím účtu) + 2,25% (průměrná míra inflace) = 5,0% . Pro účely této práce se nezapočítal úrok na spořicím účtu.

Zdroj: Vlastní zpracování

V rámci požadavků zadání VUT v Generelu bude docházet k porovnání celkových nákladů a přínosů vyjádřených v současné hodnotě k 1. 7. 2016 s časovým horizontem do roku 2040.

Podrobnější popis čtyři variant:

- Scénář 1 – neuvažuje realizaci žádných opatření, počítá se zachováním stávající situace, tj. ignoruje případné dopady klimatické změny, zahrnuje jen současná rizika
- Scénář 2 – neuvažuje realizaci žádných opatření, počítá s dopady klimatické změny
- Scénář 3 – uvažuje realizaci adaptačních opatření 2 navrhnutých v pro Agros Vraný a počítá se zachováním stávající situace, tj. ignoruje případné dopady klimatické změny, zahrnuje jen současná rizika
- Scénář 4 – uvažuje realizaci adaptačních opatření 2 navrhnutých v pro Agros Vraný a počítá se s dopady klimatické změny.
- Scénář 5 - – uvažuje realizaci adaptačních opatření 3 navrhnutých v pro Agros Vraný a počítá se zachováním stávající situace, tj. ignoruje případné dopady klimatické změny, zahrnuje jen současná rizika
- Scénář 6 - – uvažuje realizaci adaptačních opatření 3 navrhnutých v pro Agros Vraný a počítá se s dopady klimatické změny.

V případě klimatické změny se při výpočtu dopadů pracovalo se zvýšení míry návrhové srážky a utužení půdy. Tato změna byla propočtena do výše splavené zeminy v rámci půdního dílu, nebo zcela mimo půdní díl, blok. Použitý výpočet CBA nevyužívá přímo modelové zpracování klimatické změnu v průběhu celého období, ale využívá údaje o erozi o aktuální situaci (2016) a o stavu po realizaci opatření (2040). Byl stanoven stav v roce 2016 a 2040. na ostatní roky byl dopad propočten lineárně. Nebyla modelována retence vody v půdě, ani v krajině.

Přehled dopadů eroze a ploše jednotlivých bloků, kde byly navrženy adaptační opatření, poskytuje údaje o erozním smyvu pro varianty současného stavu (2016), klimatické změny (rok 2040), a situací, kdy dojde k realizaci opatření za současného stavu a při klimatické změně (2040), (Tabulka 5.23). V této tabulce jsou rovněž uvedeny rozdíly hodnot v tunách za rok na půdním bloku, které vzniknou v případě, že se neprovedou adaptační opatření. Tím, že se opatření provedou, naopak vzniká přínos (hodnota se však započítává jen jednou, protože nemůže figurovat v součtu jako náklad i jako přínos).

Do zpracování CBA byly na doporučení VUT zařazeny pouze půdní bloky větší než 2 ha. Důvodem je to, že plochy pod 2 ha už vlastně nejsou pro dopady eroze tak významné a také jsou vyřazeny pro návrhy opatření u správné zemědělské praxe DZES 5.

půdní díl	plocha	bez opatření		Varianta opatření 2		Varianta opatření 3	
ZKODFB	ha	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040
5101/1	27,07	3,62	5,44	1,78	2,67	1,80	2,70
2101/3	16,57	6,23	9,35	1,76	2,64	1,76	2,64
4001/1	42,03	3,08	4,62	1,94	2,91	1,94	2,91
3101/11	21,28	1,94	2,90	1,95	2,93	1,95	2,93
3001/3	0,33	2,38	3,57	2,55	3,82	2,55	3,82
3001/4	1,09	2,29	3,43	2,60	3,90	2,60	3,90
1301/35	19,84	9,59	14,38	1,56	2,34	1,56	2,34
3501/3	22,33	2,40	3,61	2,42	3,63	2,42	3,63
4201/7	62,87	3,84	5,77	1,96	2,94	1,96	2,94
3402/1	24,3	9,87	14,81	3,87	5,81	3,87	5,81
3303	0,66	4,72	7,08	4,95	7,42	4,95	7,42

půdní díl	plocha	bez opatření		Varianta opatření 2		Varianta opatření 3	
ZKODFB	ha	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040
4501/17	40,54	3,91	5,87	3,06	4,59	3,06	4,59
2301	1,78	1,70	2,55	1,69	2,54	1,69	2,54
3306/1	12,1	24,56	36,83	4,32	6,48	4,32	6,48
3302/1	11,14	4,56	6,85	2,76	4,14	2,76	4,14
1301/41	205,3	6,11	9,17	2,46	3,69	2,46	3,69
3304	1,9	6,09	9,14	6,11	9,16	6,11	9,16
3201/7	0,46	1,70	2,55	1,72	2,58	1,72	2,58
3501/24	9,44	1,83	2,75	1,84	2,77	1,84	2,77
3307/2	0,64	5,12	7,68	5,65	8,48	5,65	8,48
9402	11,36	5,02	7,52	0,83	1,25	0,83	1,25
8502/16	2,35	7,86	11,79	0,09	0,13	0,09	0,13
8502/17	2,7	7,81	11,72	0,09	0,13	0,09	0,13
8502/8	130,36	9,13	13,69	3,01	4,52	3,06	4,58
8202/1	135,57	4,11	6,17	1,84	2,76	1,84	2,76
9405/5	7,01	5,71	8,57	0,98	1,47	0,98	1,47
9401/8	1,6	11,36	17,04	1,97	2,95	1,97	2,95
9407/1	2,79	7,33	10,99	1,24	1,86	1,24	1,86
8401/1	4,66	6,93	10,40	2,05	3,07	2,05	3,07
7201/1	2,3	7,17	10,76	7,10	10,65	7,70	11,55
5203/2	1,33	4,55	6,82	0,06	0,09	0,06	0,09
6303/1	0,36	0,69	1,04	0,74	1,11	0,74	1,11
8302/2	107,04	10,26	15,40	2,37	3,56	2,37	3,55
9101/27	266,46	2,38	3,57	1,57	2,36	1,57	2,36
6301	1,34	4,83	7,24	4,65	6,97	4,65	6,97
6302/3	30	13,66	20,49	1,85	2,78	1,90	2,85
9101/13	43,99	4,27	6,41	1,44	2,16	1,44	2,16
5101/22	168,9	6,27	9,41	2,65	3,97	2,68	4,01
7101/1	34,56	4,63	6,95	2,44	3,65	2,36	3,54
8301	7,97	4,57	6,86	4,48	6,71	4,48	6,71
8202/30	2,01	29,73	44,59	30,87	46,31	30,87	46,31
9101/14	59,56	1,26	1,90	1,26	1,89	1,26	1,89
6201/4	12,79	8,61	12,92	4,30	6,46	4,30	6,46
5203/1	1,29	4,12	6,18	0,05	0,07	0,05	0,07
9406	6,43	9,44	14,17	1,68	2,52	1,68	2,52
7401/14	1,9	3,01	4,51	3,00	4,51	3,00	4,51
5404/1	0,35	7,59	11,39	6,05	9,08	6,05	9,08
7402/7	1,87	7,29	10,94	7,10	10,65	7,10	10,65
7401/5	1,93	3,43	5,15	3,50	5,25	3,50	5,25
4404	1	3,52	5,28	3,12	4,69	3,12	4,69
7402/4	1,69	3,68	5,53	3,65	5,47	3,65	5,47
7401/16	23,64	3,03	4,54	3,04	4,56	3,04	4,56
5405	0,93	4,31	6,46	4,52	6,77	4,52	6,77
5302/1	126,11	7,73	11,60	3,37	5,06	3,36	5,03

půdní díl	plocha	bez opatření		Varianta opatření 2		Varianta opatření 3	
ZKODFB	ha	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040
7402/8	1,79	7,88	11,82	7,75	11,63	7,75	11,63
7401/3	2	2,59	3,89	2,64	3,95	2,64	3,95
7304/11	77,52	13,14	19,71	4,05	6,08	4,24	6,35
7401/15	1,98	2,19	3,29	2,19	3,28	2,19	3,28
7401/17	1,66	5,68	8,52	5,71	8,57	5,71	8,57
7402/3	1,8	6,28	9,41	6,02	9,03	6,02	9,03
7402/6	1,79	6,25	9,37	6,09	9,13	6,09	9,13
4501/12	113,78	4,78	7,17	3,07	4,61	3,07	4,61
7401/10	1,89	4,90	7,35	5,04	7,56	5,04	7,56
6402	1,1	6,61	9,92	6,33	9,49	6,33	9,49
7401/8	1,88	4,85	7,28	5,10	7,65	5,10	7,65
7401/11	1,95	2,84	4,26	2,91	4,37	2,91	4,37
4403/5	14,57	17,46	26,19	5,58	8,38	5,58	8,38
7402/5	1,89	5,90	8,85	5,69	8,54	5,69	8,54
7402/9	37,9	5,58	8,37	5,53	8,30	5,53	8,30
7401/18	2,19	4,94	7,42	4,89	7,33	4,89	7,33
5501/4	62,36	4,28	6,42	2,42	3,62	2,42	3,62
5403	1,2	4,11	6,17	3,96	5,94	3,96	5,94
7401/4	1,83	1,59	2,38	1,62	2,43	1,62	2,43
7401/12	1,85	4,75	7,13	4,91	7,37	4,91	7,37
7401/7	1,87	1,86	2,79	1,86	2,79	1,86	2,79
7401/6	1,98	1,67	2,51	1,67	2,51	1,67	2,51
7401/13	1,87	3,82	5,73	3,82	5,73	3,82	5,73
7401/9	7,18	3,97	5,95	3,97	5,95	3,97	5,95
4101/1	1,99	3,11	4,67	3,15	4,72	3,15	4,72
5201/10	0,24	5,77	8,65	7,22	10,83	7,22	10,83
4203	4,77	1,25	1,88	1,27	1,91	1,27	1,91
1301/31	48,04	6,80	10,21	2,73	4,10	2,76	4,14
5201/2	90,19	6,33	9,50	2,93	4,40	2,95	4,42
4202/7	27,68	2,76	4,15	2,82	4,23	2,82	4,23
5307/1	0,08	4,80	7,19	3,31	4,97	3,31	4,97
4302/2	0,3	3,28	4,93	3,50	5,24	3,50	5,24
5101/4	21,77	1,63	2,44	0,97	1,45	0,97	1,46
celkem	**2 266,71**						

Tab. 5.23: Statistika eroze (množství odnosu zeminy v t za rok), Agros Vraný
Zdroj: podklady VUT, vlastní zpracování

Tyto výchozí údaje o množství odnesené půdy z pozemků byly upraveny pro použití výše uvedených šest scénářů. Podle součtu ročního odnosu splavenin za podnik v roce 2017 i v roce 2040 je vidět, že rozdíl navržených dvou variant není v dopadu nijak významný, ale je naopak významný v porovnání scénáře bez opatření a s opatřením. Množství odnesené půdy u variant bez opatření 12 453 tun za rok 2017 a 18 679 v roce 2040, v případě klimatické změny. Při provedení opatření se eroze sníží více jak o polovinu, viz tabulka 5.24.

Situace v roce:	Bez opatření	Opatření varianta 2	Opatření varianta 3	rozdíl mezi variantou 2 a bez opatření	rozdíl mezi variantou 3 a bez opatření
	t/rok	t/rok	t/rok	t/rok	t/rok
2017	12 453	4 937	4 962	7 516	7 491
2040	18 679	7 405	7 443	11 274	11 236
rozdíl mezi roky 2040 a 2017 s uvažovanou klimatickou změnou	6 226	2 468	2 481		

Tab. 5.24: Srovnání ročního odnosu půdy ze zemědělského podniku Agros Vraný

5.9.1.3 Adaptační opatření, nálady a přínosy

Hodnocení nákladů

Seznam a popis jednotlivých opatření, která byla navržena přímo pro zemědělský podnik Agros Vraný je uvedena v tabulce 5.25.

Opatření	**Způsob výpočtu nákladů**
Zatravnění	jedná se o vícenáklad, který je spojen s náklady na setí 1x za 5 let + ušly zisk, který je uvažován na dobu 5 let a vypočten z osevního postupu a výnosů plodin (PÚ[9] a ztráta zisku).
Opatření v chmelnici	setí směsky a mulčování, každoročně
AGT (agrotechnologie)	Náklady mají podobu vícenákladů na bázi každoročních provozních nákladů. Výpočet nákladů počítá s využitím svazenky jako krycí plodiny a s jejím vymrznutím. Vícenáklady jsou spojeny s náklady na setí včetně osiva. Dle AGC (2015) je potřeba na 1 ha přibližně 12 kg svazenky.
Zatravněné pásy	Jedná se o vícenáklad, který je spojen s náklady na setí 1x za 5 let + ušly zisk, který je uvažován na dobu 5 let a vypočten z osevního postupu a výnosů plodin (PÚ a ztráta zisku).
IP2 (mez travnatá)	jedná se o vícenáklad, který je spojen s náklady na setí 1x za 5 let + ušly zisk, který je uvažován na dobu 5 let a vypočten z osevního postupu a výnosů plodin (PÚ a ztráta zisku).
IP3 (mez travnatá)+ stromy	Jedná se o vícenáklad, který je spojen s náklady na setí 1x za 5 let + ušly zisk, který je uvažován na dobu 5 let a vypočten z osevního postupu a výnosů plodin (PÚ a ztráta zisku).
Průleh	Náklady mají podobu investičních nákladů a ušlého zisku. Obdobně jako v případě hrázky se náklady na vybudování pojí především se zemními pracemi: sejmutí ornice s vodorovným přemístěním, odkopávky, prokopávky nezapažené s naložením výkopu, vodorovné přemístění výkopku, úprava pláně se zhutněním, rozprostření a urovnání ornic a zpevnění pomocí výsadby zeleně. Dále se počítá se zatravněním.
Dráha soustředěného odtoku (DSO)	Jedná se o vícenáklad, který je spojen s náklady na setí 1x za 5 let + ušly zisk, který je uvažován na dobu 5 let a vypočten z osevního postupu a výnosů plodin (PÚ a ztráta zisku).
Vyloučení erozně nebezpečných plodin (VENP)	Náklady mají podobu ušlého zisku, která je uvažovaná každoročně. V reálné situaci je reakce podniků na vyloučení plodin velmi různorodá a je závislá na velikosti podniku, jeho struktuře plodin, účelu pěstování kukuřice, zda chová hospodářská zvířata, poměru erozně ohrožených ploch atd. Kukuřice bývá nahrazena jinou plodinou. Dopad může být od 0 Kč/ha až po plnou ztrátu Příspěvku na úhradu zisku u kukuřice. Zde byl uvažován 50 % příspěvek na úhradu.

Tab. 5.25: Přehled opatření a výpočtu nákladů

Přehled navržených opatření obou variant na půdních dílech je uveden v tabulce 5.26.

[9] PÚ – příspěvek na úhradu fixních nákladů

		varianta 2							varianta 3							
		Zatrav.	AGT	VENP	DSO	IP TTP	AGT chmel	Zatr. pásy	Zatrav.	AGT	VENP	DSO	IP TTP	AGT chmel	Zatr. pásy	Průleh
ZKOD_DPB	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
5101/1	27,07		5,070							5,33						
2101/3	16,57		9,51							9,51						
4001/1	42,03		7,85							7,85						
1301/35	19,84		19,84							19,84						
4201/7	62,87		22,04							22,04			0,17			
3402/1	24,3		8,01							8,01						
4501/17	40,54		4,840							4,84						
3306/1	12,44		12,44							12,44						
3302/1	11,14		1,97							1,97						
1301/41	205,3	17,18	63,72						17,18	63,72						
9402	11,36		11,94							11,94						
8502/16	2,35						2,51							2,51		
8502/17	2,7						2,80							2,80		
8502/8	130,36		52,15			3,60				53,94			1,79			
8202/1	135,57		34,260							34,26						
9405/5	7,36		7,36							7,36						
9407/1	2,79		3,04							3,04						
8401/1	4,66		3,21							3,21						
7201/1	2,3															1,41
5203	2,78						2,78							2,78		
8302/2	107,04	7,02	50,35		2,30	1,68			7,02	49,91		3,45	0,84			0,24
9101/27	266,46			64,80	3,15						64,80	2,74				
6302/3	30	1,80	27,36		1,26	1,38			1,80	28,06			0,7			
9101/13	43,99		18,19							18,19						
5101/22	168,9	3,71	8,69	30,10	1,48	1,18			3,61	8,69	30,25	1	0,59			
7101/1	34,56			7,36							7,09					
6201/4	12,79	1,40	4,10						1,40	4,10						
9406	6,43			6,70							6,70					
5302/1	126,11		50,40					1,37		49,72		0,56			2,15	
7304/11	77,52		40,80		0,56	3,15				41,97			1,57			
4501/12	113,78		26,750							26,750						
4403/5	14,57		8,29							8,29						
5501/4	62,36		15,28							15,28						
1301/31	48,04		20,27			1,50				21,01			0,75			
5201/2	90,19	0,52	41,82			2,22			0,52	42,92		2,15	1,12			
5101/4	21,77		2,53							2,63						
celkem	**1988,84**	**31,63**	**582,08**	**108,96**	**8,75**	**14,71**	**8,09**	**1,37**	**31,53**	**586,82**	**108,84**	**9,9**	**7,53**	**8,09**	**2,15**	**1,65**

Tab. 2.26: Přehled navržených opatření var2 a var. 3 pro Agros Vraný

Zdroj: VUT Brno

V rámci ekonomické analýzy a zde bylo provedeno ocenění navržených opatření a výsledek je uveden v tabulce 5.27 pro opatření varianty 2 (scénář 3 a 4) a Tabulka 5.28 uvádí náklady varianty opatření 3 (scénář 5 a 6).

Typ opatření	***Náklady celkem (Kč)***
zatravnění (PÚ 5 let)	1 469 846
obnova TTP co 5 let	1 130 456
agrotechnologie	51 283 576
VENP	2 531 686
DSO (PÚ 5 let)	406 613
DSO (co 5 let obnova)	312 725
agrotechnologie chmel	1 273 690
zatravněné pásy (PÚ 5 let)	75 295
obnova pásů TTP co 5 let	48 964
interakční prvek bez stromů (PÚ)	808 462
interakční prvek bez stromů (obnova)	525 735
celkem náklady var. 2	**59 867 047**

Tab. 5.27: Náklady za období 2017 – 2040, bez diskontování (var. 2)

Typ opatření	***Náklady celkem (Kč)***
zatravnění (PÚ 5 let)	1 465 199
obnova TTP co 5 let	1 126 882
agrotechnologie	51 701 189
VENP	2 528 897
DSO (PÚ 5 let)	460 053
DSO (co 5 let obnova)	353 826
agrotechnologie chmel	1 273 690
zatravněné pásy (PÚ 5 let)	118 164
obnova pásů TTP co 5 let	76 841
interakční prvek se stromy (PÚ)	413 849
interakční prvek se stromy (obnova)	269 122
interakční prvek výsadba stromů	331 463
interakční prvek péče o stromy 5 let	191 074
Průleh investice do vybudování	2 583 900
Průleh údržba	90 684
celkem náklady var. 3	**62 984 833**

Tab. 5.28: Náklady za období 2017–2040, bez diskontování (var. 3)

Přehled zdrojů dat pro stanovení nákladů:

- Šetření ÚZEI o nákladech – výpočet příspěvku na úhradu fixních nákladů a zisku (PÚ)
- Agronormativy, projekty KPÚ, ceník stavebních prací RTS (podklady získané z ÚZEI)
- Převzetí nákladů z dosud prováděných opatření (data partnerů v projektu – VUT Brno),

Pokud se náklady na opatření přepočtou na současnou hodnotu s pomocí diskontní míry 4 %, bude konečná hodnota nákladů za celé období nižší, protože hodnota peněz klesá, což celkově představuje snížení cca o 30 %. Viz tabulka č. 5.28.

Rok	**Opatření celkem var. 2**	**Opatření celkem var. 3**
2017	3 651 842	6 541 568
2018	3 123 333	3 135 453
2019	3 003 205	3 014 858
2020	2 887 697	2 898 902
2021	2 776 632	2 787 406
2022	2 131 637	2 114 507
2023	1 730 699	1 744 451
2024	1 664 133	1 677 356
2025	1 600 128	1 612 843
2026	1 538 585	1 550 810
2027	1 752 050	1 737 971
2028	1 422 508	1 433 811
2029	1 367 796	1 378 665
2030	1 315 189	1 325 639
2031	1 264 605	1 274 653
2032	1 440 057	1 428 485
2033	1 169 198	1 178 488

Rok	Opatření celkem var. 2	Opatření celkem var. 3
2034	1 124 229	1 133 162
2035	1 080 989	1 089 579
2036	1 039 413	1 047 672
2037	1 183 622	1 174 111
2038	960 996	968 632
2039	924 034	931 376
2040	888 494	895 554
Celkem	**41 041 072**	**44 075 951**

Tab. 5.29: Výše nákladů podle jednotlivých let v současné hodnotě v Kč za celkovou plochu zemědělského podniku

Současná hodnota je součet všech budoucích toků (cash flow) plynoucích z investice převedených na jejich současnou hodnotu. Převod na současnou hodnotu diskontováním očišťuje budoucích toky o alternativní náklady kapitálu. Tak je možné převést budoucí částky na cenu, kterou má pro nás tento obnos inkasovaný v budoucnu dnes.

Pokud by zemědělský podnik tyto navržené opatření neuplatnil, nejsou mu započteny žádné náklady, ale je třeba si uvědomit, že pozitivní dopady opatření budou ve skutečnosti daleko větší než pouze ty, které byly započteny jako záchrana zeminy u eroze půdy.

Hodnocení přínosů

Přínosy[10] tvořilo množství půdy a živin, které budou zachráněné díky navrženým opatřením. Po konzultaci s odborným řešitelem na erozi půdy bylo započteno 50% ztráty půdy, která zůstane na půdním díle a přesune se z horní části na dolní a 50 % půdy a živin je splavena mimo půdní díl, např. do příkopů, vodních toků a nádrží.

Vyjádření současné hodnoty přínosů je provedeno obdobně jako v případě nákladů, to znamená, že jsou převedeny na současnou hodnotu pomocí diskontního faktoru v jednotlivých letech 2017–2040. Součtem současných hodnot v jednotlivých letech vznikl celkový přínos. U scénářů 1, 3 a 5 byla uvažována eroze na stejné úrovni v jednotlivých letech a u scénářů 2, 4 a 6, byl uvažován tendenční vývoj erozní činnosti způsobené klimatickou změnou. Tím docházelo každý rok k odlišným přínosům v jednotlivých letech.

V rámci studie pro došlo k převedení 4 druhů přínosů na finanční toky a všechny vychází z dopadů eroze, k jiným dopadům (např. objem zadržené vody v půdě, vliv na rostliny, biodiverzita) nebyly k dispozici nezbytné údaje. V tomto případě dopadů eroze se pak přímo jednalo o dodatečné přínosy z úspor nákladů na navrácení splavené ornice zpět na půdní bloky, úspory nákladů na odstranění splavené ornice z vodních toků a nádrží, úspory nákladů na ztracenou zeminu a náhradu živin (viz tabulka 8). Zbývající přínosy identifikované ve velmi podobném zadání projektu o dopadech klimatických změn na zemědělské hospodaření, a to v rámci dílčí studie Koutná (2016) a Slavíková (2016), Macháč (2016), nebylo s ohledem na dostupnost dat a časové omezení možné kvantifikovat. Přínos je tedy započítán jako úspora nákladů v případě, že došlo k realizaci opatření a tím se zvýšila ochrana půdy oproti původní situaci (Tab. 5.30). Další přínosy či náklady, které nebyly vyjádřeny v peněžních tocích, jsou popsány na konci této zprávy.

[10] Někdy se používá výraz užitky, nebo benefity.

přínos/náklad spojené s:	**výše v cenách roku 2015**
navrácení splavené ornice zpět na půdní bloky	**204 Kč/t**
odstranění splavené ornice z vodních toků a nádrží	**650 Kč/t**
nákup ztracené zeminy	**205 Kč/t**
náhrada živin	**5188 Kč/t**

Tab. 5.30: Výše dílčích přínosů v cenách roku 2015
Zdroj: Koutná, Slavíková 2016, projekt AdaptaN

Při výpočtu přínosu zadržené zeminy díky opatřením je část dílčích přínosů snížena v několika důvodech, protože, jak bylo výše uvedeno, jen část odnesené zeminy opustí půdní blok a je tak možná vypočítat náklad na její odstranění z vodních toků a nádrží. Vzhledem k tomu, že tento údaj nebyl součástí výpočtu, byla odhadovaná část splavenin, které opustí půdní blok, 50 %. Tím se pak u 50% podílu půdy, který opustí půdní díl (pole), započítával náklad na nákup ztracené zeminy.

Náhrada živin byla na základě citlivostní analýzy dat snížena na jednu pětinu. Důvodem je jednat to, že nakoupená zemina také obsahuje živiny a přemístěná rovněž. Tedy odnos živin je také brán jako odhad na základě jiných studií. Navrácení splavené ornice zpět na půdní blok z dolní části na horní bylo započteno podílem 50 %.

V tabulce 5.31 jsou uvedeny hodnoty ceny přínosů v jednotlivých letech, které byly podle scénářů s promítnutím klimatické změny nebo bez ní vynásobený příslušnou mírou splavené zeminy.

Rok	Navrácení splavené ornice (v Kč/t)	Odstranění splavené ornice z toků (v Kč/t)	Nákup ztracené zeminy (v Kč/t)	Náhrada živin (v Kč/t zeminy)	Náklady celkem
2017	204	650	205	5 188	6 247
2018	196	625	197	4 988	6 007
2019	189	601	190	4 797	5 776
2020	181	578	182	4 612	5 554
2021	174	556	175	4 435	5 340
2022	168	534	168	4 264	5 135
2023	161	514	162	4 100	4 937
2024	155	494	156	3 942	4 747
2025	149	475	150	3 791	4 565
2026	143	457	144	3 645	4 389
2027	138	439	138	3 505	4 220
2028	133	422	133	3 370	4 058
2029	127	406	128	3 240	3 902
2030	123	390	123	3 116	3 752
2031	118	375	118	2 996	3 607
2032	113	361	114	2 881	3 469
2033	109	347	109	2 770	3 335
2034	105	334	105	2 663	3 207
2035	101	321	101	2 561	3 084
2036	97	309	97	2 462	2 965
2037	93	297	94	2 368	2 851
2038	90	285	90	2 277	2 741
2039	86	274	87	2 189	2 636

Rok	Navrácení splavené ornice (v Kč/t)	Odstranění splavené ornice z toků (v Kč/t)	Nákup ztracené zeminy (v Kč/t)	Náhrada živin (v Kč/t zeminy)	Náklady celkem
2040	83	264	83	2 105	2 535
celkem	*3 235*	*10 307*	*3 251*	*82 265*	*99 058*
snížení	o 50%	o 50%	o 50%	o 80%	
Reálná hodnota	**1 618**	**5 154**	**1 626**	**16453**	**24 850**

Tab. 5.31: Současné hodnoty přínosů v jednotlivých letech (v Kč na jednotku= tunu zeminy)
Zdroj: VUT, Vlastní analýza

Scénář	Popis scénáře	tun
1	bez opatření a bez klimatické změny	298 870
2	bez opatření a s klimatickou změnou	372 549
3	s opatřením, bez klimatické změny var.2	118 484
5	s opatřením, bez klimatické změny var.3	119 089
4	s opatřením, s klimatickou změnou v 2	147 693
6	s opatřením, s klimatickou změnou var. 3	148 447

Tab. 5.32: Přehled vypočtených tun, splavených v letech 2017–2040 za zemědělský podnik

5.10 Výsledky

Náklady spojené s erozí jsou ve všech případech zahrnuty na straně nákladů v rámci CBA, na straně přínosů jsou uspořené náklady, ke kterým dojde realizací adaptačních opatření. V případě užitků se tedy jedná o rozdíl nákladů na odstraňování dopadů eroze v případě ne realizace opatření a v případě realizace opatření. Tabulka 5.33 srovnává vypočtené hodnoty nákladů a přínosu pro jednotlivé varianty a dva různé návrhy. Oba návrhy (var. 2 a 3) byly srovnány se stavem bez opatření.

	Scénář 1		Scénář 2		Scénář 3		Scénář 4		Scénář 5		Scénář 6	
tis. Kč	Scénář 1, bez klimatické změny bez opatření		Scénář 1 s klimatickou změnou bez opatření		bez klimatické změny s opatřením varianty 2		bez klimatické změny s opatřením varianty 3		s klimatickou změnou s opatřením varianty 2		s klimatickou změnou s opatřením varianty 3	
Užitek/náklad spojené s:	náklady	užitky	náklady	užitky	náklady	užitky	náklady	užitky	náklady	užitky	náklady	užitky
realizace opatření	0	0	0	0	41 041	0	44 076	0	41 041	0	44 076	0
navrácení splavené ornice zpět na půdní	20 141	0	24 289	0	7 985	12 157	8 026	12 116	9 629	14 660	9 678	14 611
odstranění splavené ornice z vodních toků a	64 176	0	77 392	0	25 442	38 734	25 572	38 604	30 681	46 711	30 838	46 554
nákup ztracené zeminy	20 240	0	24 408	0	8 024	12 216	8 065	12 175	9 676	14 732	9 726	14 683
náhrada živin	204 888	0	247 084	0	81 226	123 663	81 640	123 248	97 954	149 130	98 454	148 630
celkem	**309 445**	**0**	**373 174**	**0**	**163 717**	**186 769**	**167 379**	**186 143**	**188 982**	**225 233**	**192 772**	**224 478**

Tab. 5.33: Současná hodnota užitků a nákladů jednotlivých scénářů (v tis. Kč)
Zdroj: Vlastní analýza

Na základě výpočtu nákladů a přínosů pro jednotlivé scénáře byl vyjádřen čistý společenský přínos jednotlivých scénářů jako rozdíl přínosů a nákladů vyjádřených v současné hodnotě, který je pak uveden v tabulce 5.34.

	Náklady (tis. Kč)	**Užitky** (tis. Kč)	**Čistý společenský přínos** (tis. Kč)
Scénář 1	309 445	0	**-309 445**
Scénář 2	373 174	0	**-373 174**
Scénář 3	163 717	186 769	**23 052**
Scénář 4	167 379	186 143	**18 764**
Scénář 5	188 982	225 233	**36 252**
Scénář 6	192 772	224 478	**31 706**

Tab. 5.34: Čistý společenský přínos jednotlivých scénářů (tis. v Kč) pro uvažované scénáře

Současné dopady eroze ve scénářích s adaptačními opatřeními (3, 4, 5, 6) z pohledu eroze v dlouhodobém výhledu vytváří a kladný společenský přínos. Je navíc nutné opět připomenout, že se jedná pouze o jeden vyčíslený přínos z mnoha dalších, které zatím nedokážeme dobře vyčíslit v peněžních jednotkách. Například pozitivní dopady se budou projevovat ve stabilitě krajiny, a to jak vodním režimu půdy, tak zlepšení biodiverzity a ušetřené desítky tisíc tun ornice by se možná měly vyčíslit ještě vyšší cenou, pokud například zohledníme i organickou složku půdy, která rovněž podléhá splavení vodní erozí. Takové ocenění však dosud nikdo neudělal a bylo by jistě nesmírně složité pro finanční ocenění.

Rovněž nebyly započteny všechny společenské přínosy, které ve skutečnosti nastanou i pro hospodařící subjekt (stabilizace výnosů) tak i celospolečensky. Vyšší hodnoty estetické stránky krajiny.

Z pohledu společenského je realizace adaptačních opatření obou variant 2 a 3 velmi podobné, nevykazují ani velké rozdíly v dopadech na finanční návratnost investice.

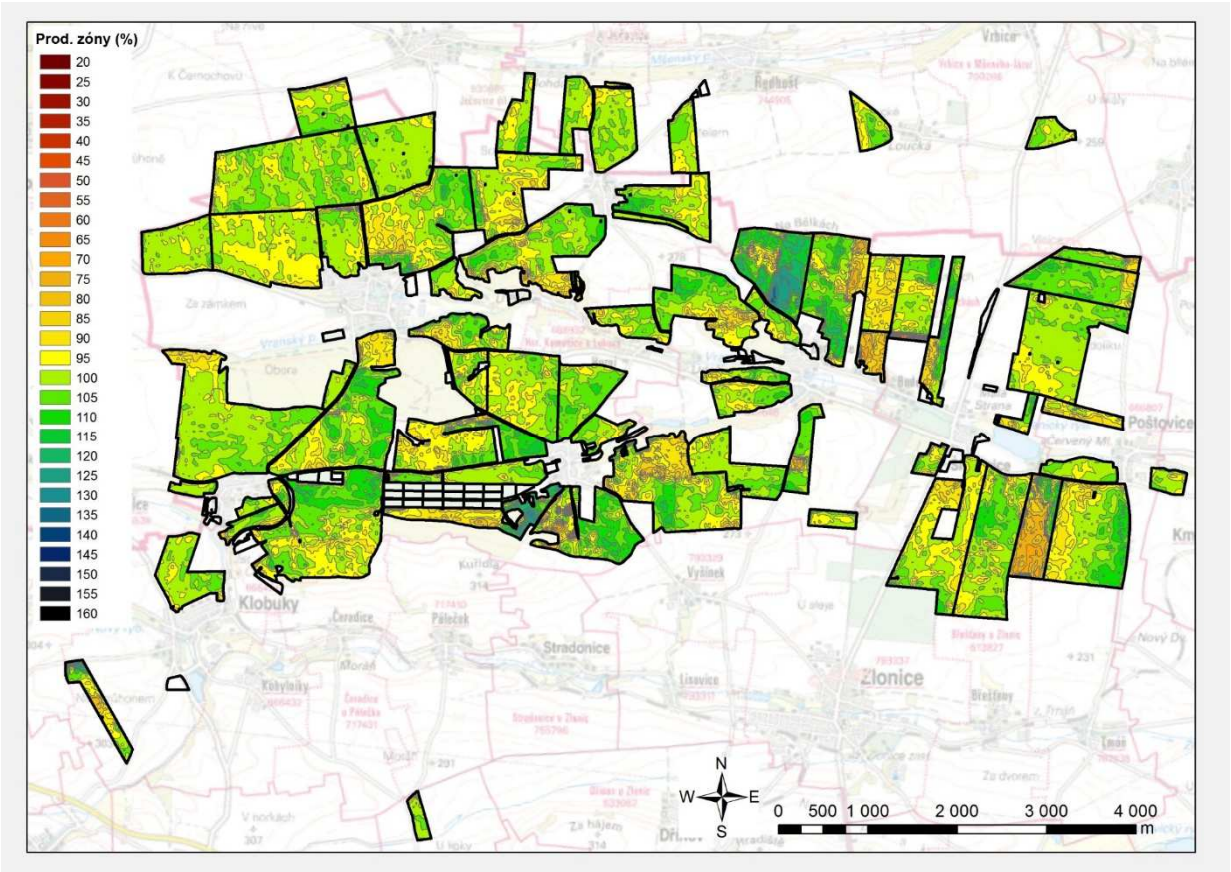
Bylo zjištěno, že z pohledu eroze se z vložené koruny vrátí přibližně 1,11 až 1,90 Kč. Nejedná se tedy o vysoké zhodnocení vložené investice do opatření. Na zváženou ale je, zda se nedají některé

agrotechnologie pořídit levněji, nebo výsadbu stromů realizovat např. pomocí dotací. V každém případě se investice do ochrany půdy projeví kladně a záleží na ochotě hospodáře nastavit si cíl, jak se vyrovnat se stávající situací a chtít respektovat krajinu, ve které hospodaří a dává mu příležitost podnikat, a to i pro budoucí generace

5.11 Odhad dopadů změny klimatu na produkční schopnost a klíčové indikátory produktivity

Možné dopady měnících se klimatických podmínek na rostlinnou produkci lze hodnotit na základě celé řady metod a indikátorů. Jednou z možností je například kvantifikace počtu dní s dostatečnou produktivitou, kdy je překročena požadovaná hranice pro teplotu vzduchu a k dispozici nezbytné množství slunečního záření a vody v půdě. Z vybraných 5 hodnocených klimatických scénářů lze u tří (BNU, IPSL a HadGEM) do budoucna očekávat v zájmovém území snížení počtu takových dní a u dvou scénářů (CNRM, MRI) naopak mírné zvýšení (viz Kapitola 5.4). To naznačuje nárůst meziroční variability agroklimatických podmínek. Jako zásadní se nám však jeví dramatický nárůst výskytu extrémně teplých dní a také dní s výrazným stresem suchem oproti současnosti. To spolu s poměrně komplikovaným terénem, vysokou variabilitou půdních podmínek a nepříliš vydatnými vodními zdroji pro případné závlahy bude nutit ZD Vraný k podstatným změnám způsobu hospodaření. Nicméně, jak dokládají navržené varianty, existují možnosti, jak poměrně účinně snížit riziko půdní eroze a současně zvýšit retenci území a existuje i potenciál pro vybudování závlahových zařízení byť v relativně omezeném rozsahu, který by však mohl umožnit stabilizovat produkci chmelnic.

Klíčové pro úspěšné hospodaření bude jednak adaptace podniku (včetně živočišné výroby) na měnící se klimatické podmínky a také maximální využití potenciálu, které toto území poskytuje při minimalizaci dopadů na životní prostředí. Příkladem může být využití metod dálkového průzkumu pro optimalizaci výnosového potenciálu a redukci vstupů. Jedná se o Mapu 5.43 znázorňující vymezení produkčních zón v rámci jednotlivých půdních bloků vypočtených z víceleté časové řady družicových dat. Jedná se o identifikaci výnosově podprůměrných a nadprůměrných míst na pozemcích a jejich procentuální vyjádření vztažené vždy k průměrné hodnotě vegetačního indexu EVI (100 %). Zdrojovými daty je 8 letá řada snímků EVI z družice Landsat 5 a 8 vybraných z období května až června. Snímky jsou atmosféricky korigované a je použita maska výskytu oblačnosti ve scéně. Ačkoli jsou původní data v prostorovém rozlišení 30 m, finální produkt je vyhlazen na 5 m na pixel. Prostorové vymezení ploch je dáno půdními bloky z LPIS, které ale ne vždy odpovídají rozmístění plodin. Pokud byly za sledované období dosaženy vyšší hodnoty EVI, je daná oblast považována za potenciálně více výnosnou, a naopak. Relativní vyjádření vůči průměrné hodnotě vegetačního indexu pro každý pozemek umožňuje identifikovat heterogenitu a vymezit produkční zóny, z důvodu rotace plodin ale nelze porovnávat produktivitu pozemků mezi sebou. Výsledek lze využít pro plánování hospodaření na půdních blocích nebo pro návrh konkrétních pěstitelských zásahů (hnojení, ochrana rostlin, setí), jejichž intenzita je měněna s ohledem na rozmístění produkčních zón. Zvláště v kombinaci s výnosovými mapami umožní výrazně zvýšit ekonomickou i environmentální udržitelnost hospodaření v území.



Mapa 5.43: Identifikace výnosově podprůměrných a nadprůměrných míst na pozemcích a jejich procentuální vyjádření vztažené vždy k průměrné hodnotě vegetačního indexu EVI (100 %)

6 Pilotní farma - Chrášťany

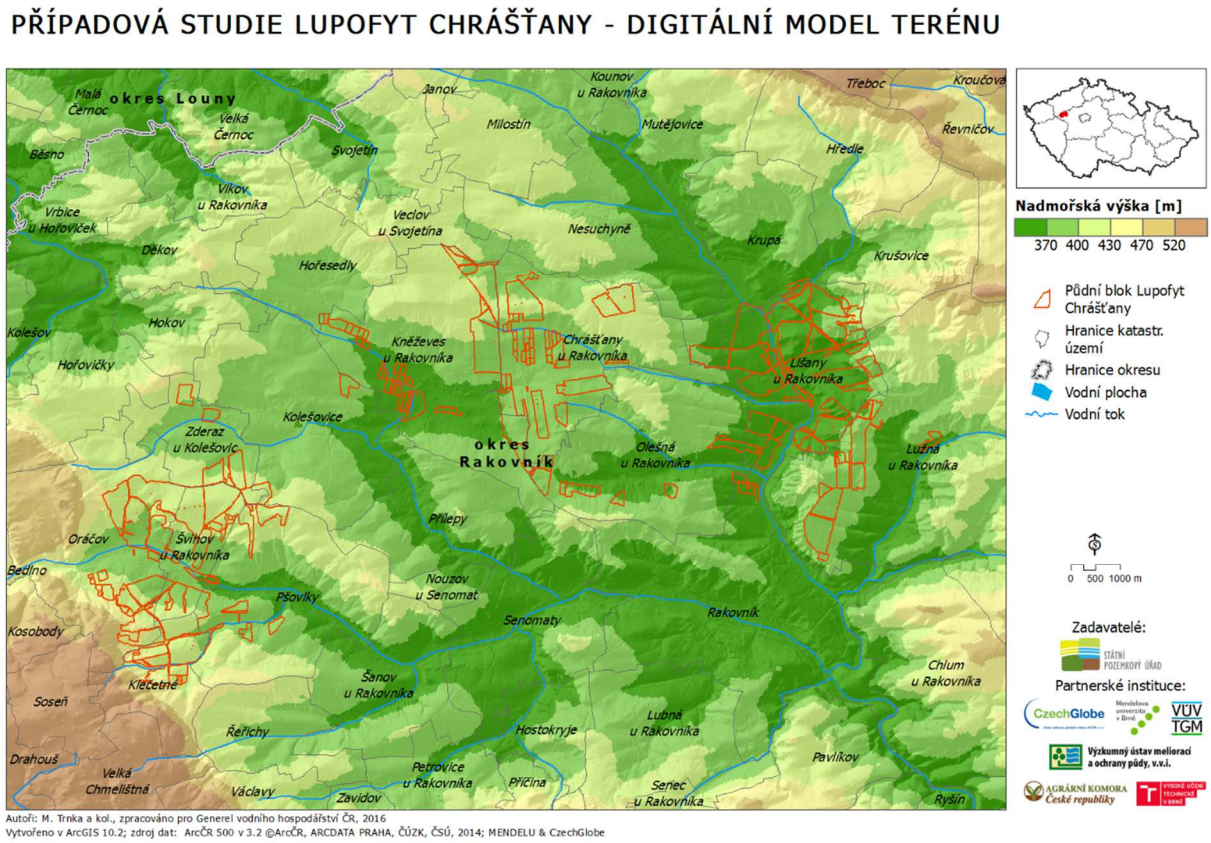
6.1 Postup prací v rámci pilotní studie

Základní kroky v této části zahrnují:

1. vymezení specifik Lupofyt Chrášťany s ohledem na širší region a ČR,
2. návrh vedoucí ke snížení erozního rizika a zpomalení povrchového odtoku vody z území,
3. společná debata nad výčtem možných organizačních a technických opatření v souladu s body 1. a 2.,
4. variantní návrh řešení erozního rizika a zpomalení povrchového odtoku vody z území,
5. projednání návrhů pracovníky podniku,
6. návrh organizačních opatření pro stabilizaci produkce v souladu s návrhy pro snížení erozního rizika,
7. odhad dopadů změny klimatu na produkční schopnost a klíčové indikátory produktivity,
8. ekonomické vyhodnocení navržených opatření a odhadovaný efekt na ekonomiku podniku,
9. projednání závěrů s vedením podniku a zástupci AK a JMK,
    a. analýza možností využití a revitalizace závlahových systémů,
    b. analýza možností revitalizace větrolamů,
    c. analýza možností zvýšení podílu trvalých kultur,
    d. identifikace hlavní problémů pro strategické rozhodování v oblasti investic do zvýšení odolnosti území vůči suchu a dalším nepříznivým jevům,
    e. posouzení realizovatelnosti navržených opatření a existujících legálních, legislativních, organizačních a technických překážek,
    f. posouzení potenciální ekonomické výkonnosti po přijetí adaptačních opatření,
10. návrh realizace konkrétních opatření (JPÚ, demonstrace agrotechniky),

6.2 Pilotní studie v konkrétních územích – Chrášťany

Třetím podnikem zařazeným do GVHK je podnik Lupofyt Chrášťany, s.r.o., který reprezentuje podniky s intenzivní rostlinnou výrobou (bez výroby živočišné) hospodařící v relativně nepříznivých podmínkách a na velkém území, což dokládá mapa 6.0. Ačkoliv podle výsledků multikriteriální analýzy tento podnik hospodaří spíše v relativně méně ohrožených oblastech (mezi 10-25 % nejohroženějších KÚ), jedná se o území výrazně ohrožené suchem, a současně území, kde jsou vodní zdroje pro zajištění závlah, byť jen části produkce, značným problémem. V rámci aktivit týmu GVHK byla provedena revize dostupných dat a současně bylo provedeno místní šetření ve spolupráci s vedením obou zmíněných podniků. V další etapě pak byly připraveny první návrhy vhodných organizačních a technických opatření a byla diskutována jejich proveditelnost (technická i ekonomická), ale zejména ochota podniků tyto změny provést, resp. předpoklady pro jejich zavedení.

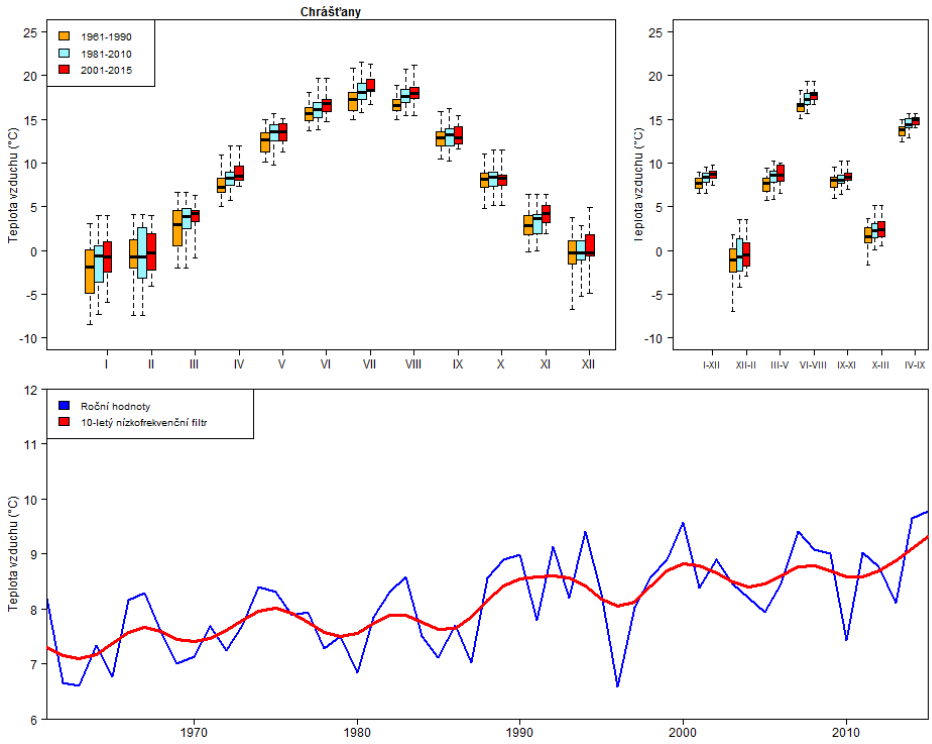


Mapa 6.0: Základní situační mapa zachycující oblast hospodaření podniku Lupofyt Chrášťany

6.3 Vyhodnocení stávajícího stavu v zájmovém území Chrášťany

6.3.1 Základní agroklimatické podmínky území

Pro oblast Chrášťan je průměrná teplota vzduchu 8,1 °C za období 1961-2015, přičemž ze tří zkoumaných období 1961-1990, 1981-2010 a 2000-2010 vychází jako nejteplejší posledních 15 let, a to o 1,0 °C oproti období 1961-1990 (Obr. 6.1). Dlouhodobě je zde nejteplejším měsícem červenec a nejchladnějším leden. Průměrná roční teplota vzduchu roste o 0,32 °C/10 let a statisticky významné trendy jsou pozorovány i u všech sezón, kdy nejméně roste teplota na podzim, a to o 0,16 °C/10 let, nejvíce pak v zimních měsících o 0,37 °C/10 let. Z jednotlivých měsíců pak roste teplota nejrychleji v lednu, v prosinci, v červenci a v srpnu (0,41-0,56 °C/10 let).



Obr. 6.1: Průměrná teplota vzduchu v lokalitě Chrášťany pro tři zvolená období (1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015; nahoře) a vývoj teplot za celé období 1961-2015 (dole)

Z hlediska hodnot maximální teploty vzduchu bylo nejchladnější ze všech zkoumaných období 1961-1990. Naopak nejteplejší bylo období posledních 15 let s maximy vyššími v průměru o 1,2 °C než v období 1961-1990. Nejvyšší maxima jsou obecně dosahována v červenci, kde je pozorovaný značný nárůst v posledních 15 letech. Trend růstu maximálních teplot vzduchu je rychlejší než u průměrných hodnot a na rozdíl od průměrných teplot vzduchu nemá maximální teplota vzduchu statisticky významný trend na podzim. Výrazněji maximální teplota vzduchu stoupá na jaře (0,49 °C/10 let), v létě (0,42 °C/10 let) a ve vegetační sezóně (0,37 °C/10 let). Z jednotlivých měsíců je pozorován nejvyšší rostoucí trend maxim v dubnu (0,54 °C/10 let).

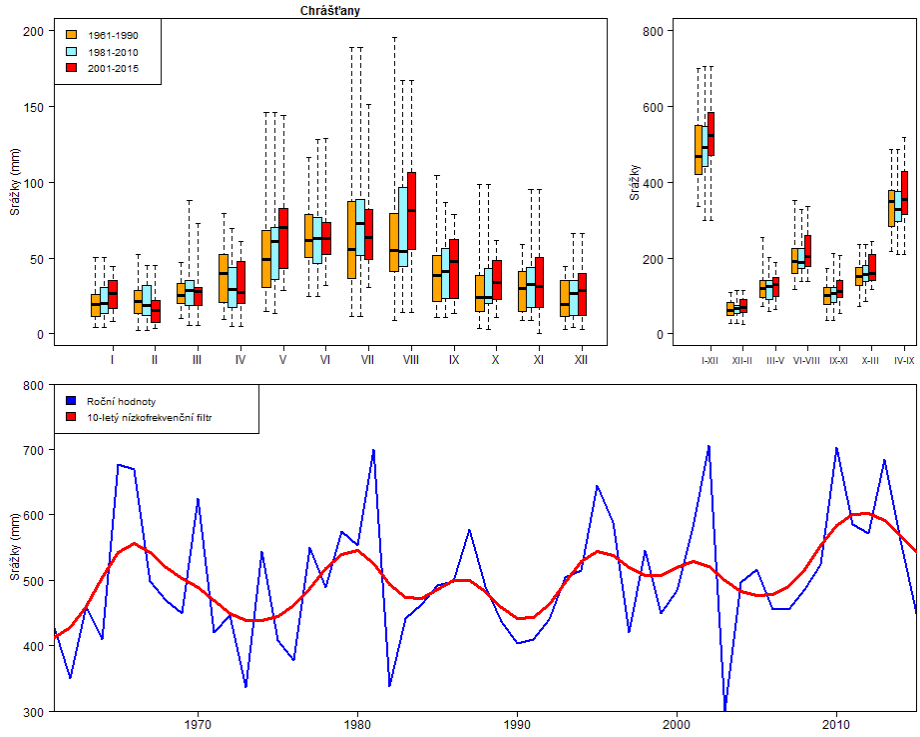
U průměrné minimální teploty vzduchu je posledních 15 let teplejších, než tomu bylo vreferenčním období 1961-1990, nárůst hodnot je v průměru o 1,2 °C. Nejvyšší průměrná minima jsou hlavně opět v červenci a nejnižší v lednu a pod bod mrazu klesají v lednu, v únoru, v březnu a také v prosinci. U minimálních teplot vzduchu byl v období 1961-2015 zaznamenaný statisticky významný trend, kdy se průměrná roční minimální teplota vzduchu zvyšuje o 0,35 °C/10 let. Trend je vyšší u zimní sezóny i v celém zimním půlroce. Největší zvýšení minimální teploty vzduchu bylo zaznamenáno v lednu, a to o 0,73 °C/10 let.

V Chrášťanech dochází v posledních 15 letech k výraznému nárůstu počtu letních dnů oproti referenčnímu období 1961-1990. V období 2001-2015 pozorujeme o 40 % více těchto dnů. U počtu tropických dní je potom nárůst v období 2001-2015 oproti 1961-1990 ještě znatelnější. V posledních 15 letech se zvedl počet tropických dnů na dvojnásobek. Průměrně za celé období 1961-2015 nastalo 6,9 tropických dnů za rok. Hlavně v tropických dnech se pak výrazně zvedá výpar a je zvýšená tendence k prohlubování nebo nastartování sucha. Naopak mrazové dny se nejčastěji vyskytují v zimní sezóně. Výskyt těchto dnů je nebezpečný pro zemědělce v dubnu-květnu (pozdní jarní mrazy) a září-říjnu (brzké podzimní mrazy). U mrazových dnů pozorujeme v posledních 15 letech pokles oproti referenčnímu období 1961-1990, a to o 15 %. Na jaře a také na podzim došlo v letech 2001-2015 k významnějšímu poklesu mrazových dnů oproti 1961-1990 pouze v měsíci dubnu.

V období 1961-2015 byl zjištěn u počtu letních dnů pozitivní lineární trend. Ten je statisticky významný u ročních a letních hodnot (sezóna i půlrok). Z jednotlivých měsíců je pozorován statisticky významný trend u Chrášťan pouze v srpnu. Ročně potom roste počet ledních dnů o 3,5 dne za 10 let. U počtu tropických dní se projevuje statisticky významný nárůst také v ročních a letních hodnotách. U ročních hodnot byl zjištěn lineární trend od 1,5 dne/10 let. Počet mrazových dnů vykazuje naopak negativní lineární trend způsobený hlavně oteplením v zimních měsících. U ročních hodnot je pokles zhruba 6 dní/10 let. U studované oblasti Chrášťany je statisticky významný pokles jak u zimní sezóny nebo půlroku, tak i na jaře a na podzim. To by mohlo poukazovat na menší riziko jak pozdních jarních mrazů, tak i brzkých podzimních mrazů.

Roční srážkové úhrny (Obr. 6.2) se v lokalitě pohybují okolo 503 mm v období 1961-2015. Posledních 15 let (2001-2015) bylo, co se týká průměrného úhrnu srážek, bohatší než obě referenční období 1961-1990 a 1981-2010. V období 2001-2015 spadlo v průměru za rok o 53 mm více srážek než v letech 1961-1990. Z jednotlivých měsíců je nejdeštivější srpen, naopak nejméně srážek spadne v únoru. Trendy u srážkových řad jsou až na jednu výjimku vždy statisticky nevýznamné. V Chrášťanech statisticky významně rostou pouze lednové srážky, a to o 1,8 mm/10 let.

Jelikož změna klimatu u srážek v oblasti střední Evropy se projevuje hlavně v rozložení srážek během roku než celkovou změnou úhrnů, byla pro poznání např. míry výskytu bezesrážkových období, jež mohou v kombinaci s dalšími faktory (zvýšená teplota, nadměrný výpar) vyústit v ohrožení lokality suchem, nebo naopak možného rizika výskytu vydatných srážek způsobujících erozní události na zemědělských plochách, provedena analýza počtu dnů s charakteristickým úhrnem srážek. Počet dnů, kdy neprší nebo prší pouze minimálně (méně než 1 mm) je kolem 270 za rok. V období 2001-2015 nebyl zaznamenán rozdíl oproti referenčnímu období 1961-1990. Více těchto dnů připadá na zimní půlrok než na vegetační období, ale rozdíly nejsou dramatické. Nejméně těchto dnů nastává v létě, což je dáno hlavně konvektivní činností a vznikem bouřek. Počet dnů, které se vyskytují v suché periodě, je 47 za rok. Z toho 2/3 dnů spadá do zimního půlroku. V letech 2001-2015 počet těchto dnů mírně klesl oproti referenčnímu období 1961-1990.



Obr. 6.2: Srážkové úhrny v lokalitě Chrášťany pro tři zvolená období (1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015; nahoře) a vývoj srážek za celé období 1961-2015 (dole)

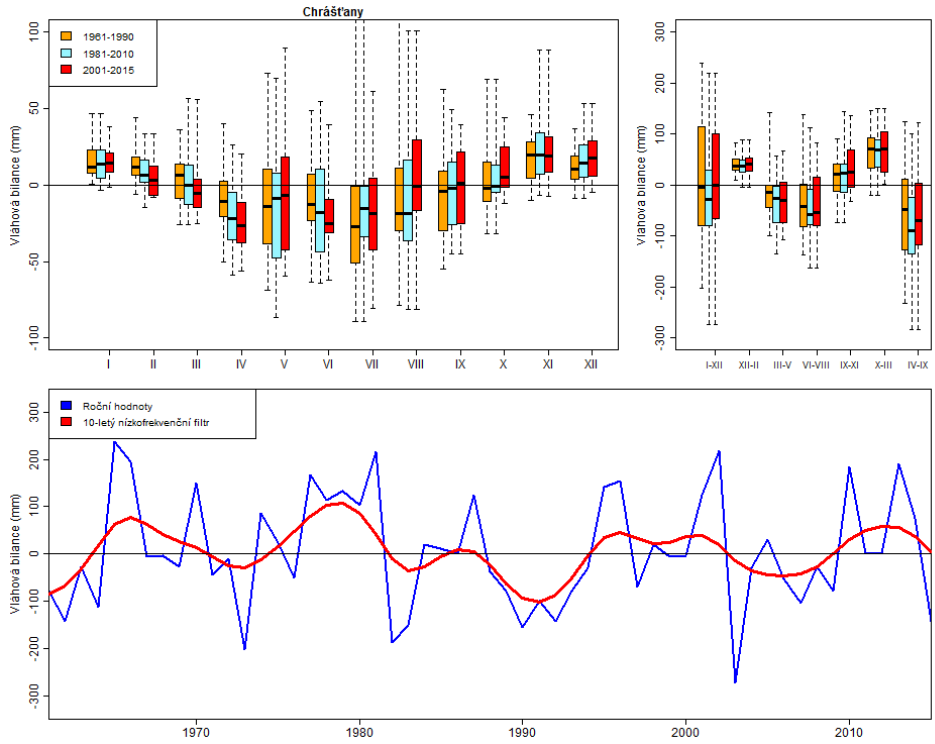
Naopak srážkové úhrny minimálně 10 mm za den se vyskytují v průměru 11-12krát do roka. Jelikož tyto srážkové dny jsou zpravidla způsobeny bouřkovou činností, většinou se vyskytují ve vegetačním období (cca 80 %). V letech 2001-2015 byl o 20 % větší výskyt těchto dnů, než tomu bylo v letech 19611990. Srážkové úhrny nad 20 mm za den byly zaznamenány zhruba ve 2-3 případech za rok a jejich výskyt je vázán hlavně na bouřkovou činnost. Jejich počet se v posledních letech nijak razantně nezměnil. Podobně jako u srážkových úhrnů je většina trendů statisticky nevýznamná pouze na pár výjimek. Například u počtu dnů se srážkou nad 10 mm se zvýšil jejich počet o 0,5 dne/10 let v letní sezóně.

V rámci analýzy je potřeba se podívat i na vypočtené agroklimatické a půdně-vlhkostní charakteristiky. Průměrný roční úhrn potenciální evapotranspirace travního porostu v lokalitě Chrášťany za období 1961-2015 byl 510 mm a za posledních 15 let se průměrná roční suma zvýšila ve srovnání s obdobím 1961-1990 o 31,8 mm. K výraznému zvýšení došlo hlavně v teplém půlroce, a to především v jarních měsících, ale současně také v chladném půlroce. To samozřejmě úzce souvisí s deklarovaným nárůstem teplot, na jejichž hodnotách je chod potenciální evapotranspirace silně závislý. V ročních hodnotách je pak za celé období 1961-2015 patrný statisticky významný trend, kdy dochází ke zvýšení o 9,8 mm/10 let. Z jednotlivých měsíců mají statisticky významný pozitivní trend měsíce leden až květen, přičemž v květnu byl nárůst za období 1961-2015 kolem 2,1 mm/10 let. Pozitivní statisticky významný trend růstu hodnot potenciální evapotranspirace v období od ledna do května může následně, v kombinaci s neexistencí sněhové pokrývky v zimě a s nedostatkem srážek v tomto období, znamenat potenciální problém v zajištění dostatku vláhy pro důležité fáze růstu některých plodin.

Průměrný roční úhrn aktuální evapotranspirace v období 1961-2015 byl 478,2 mm a z výsledků je patrné, že období 1981-2010 mělo roční úhrn ve srovnání s léty 1961-1990 průměrně o 28 mm vyšší. V období 1961-2015 je patrný statisticky významný růst hodnot, přičemž průměrné roční hodnoty se zvyšují o 9,1 mm/10 let (Obr. 6.3). Pozitivní trend je patrný jak v teplém, tak i v chladném půlroce, přičemž nejvýraznější nárůst je zaznamenán v dubnu, a to 1,9 mm/10 let. Dále je možné pozorovat statisticky významný trend v období leden až květen, vyznačující se mírným nárůstem průměrných měsíčních hodnot aktuální evapotranspirace. Tento stav zvyšování odběru vody evapotranspirací v důsledku vyšších teplot může následně vést k výskytu sucha v jarních a v letních měsících. To může mít negativní vliv na některé plodiny.

Roční hodnoty základní vláhové bilance se v období 1961-2015 pohybovaly v rozmezí -273,4 až 238,2 mm, přičemž průměrná roční hodnota za toto období činila 4,8 mm. Ve vegetačním období byla poté průměrná hodnota vláhové bilance negativní, a to -63,6 mm. Na základě výše uvedených výsledků a také z analýzy chodu ročních hodnot vláhové bilance v období 1961-2015 můžeme hovořit o celkově vyrovnané základní vláhové bilanci v lokalitě Chrášťany.

V období 1961-2015 byl měsíc s průměrně nejnižšími hodnotami vláhové bilance červenec. Měsíce červenec a srpen mají také nejvyšší variabilitu průměrných hodnot základní vláhové bilance. V posledních 15 letech došlo ve vegetačním období, přesněji tedy v červenci, k mírnému zvýšení hodnot vláhové bilance. Podobně tomu bylo i v květnu a v srpnu. To jen dokazuje poznatek o zvýšení průměrných úhrnů srážek v těchto měsících. Naopak statisticky významný pokles hodnot vláhové bilance byl zaznamenán v průměrných hodnotách za duben a červen o 15,2 mm, respektive o 9,3 mm. Chladný půlrok se v lokalitě Chrášťany vyznačuje pozitivní průměrnou hodnotou vláhové bilance kolem 69 mm, což v rámci celého roku kompenzuje ztráty vody vzniklé v teplém půlroce. Kromě dvou případů byly trendy u řad vláhové bilance statisticky nevýznamné. Statisticky významný trend byl zaznamenán v období 1961-2015 pouze v měsících únor a duben, kdy byl zaznamenán pokles hodnot o 2,3 mm/10 let v únoru a o 4,8 mm/10 let v dubnu. Tyto skutečnosti, společně se změnou průměrné měsíční vláhové bilance v dubnu z hodnoty -7,8 mm v období 1961-1990 na -23 mm v období 2001-2015, ukazují na možné negativní ovlivnění v podmínkách dostupné vody v první polovině roku v dané oblasti.



Obr. 6.3: Úhrny základní vláhové bilance v lokalitě Chrášťany pro období 1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015 (nahoře) a časový průběh ročních úhrnů potenciální evapotranspirace za období 1961-2015 (dole)

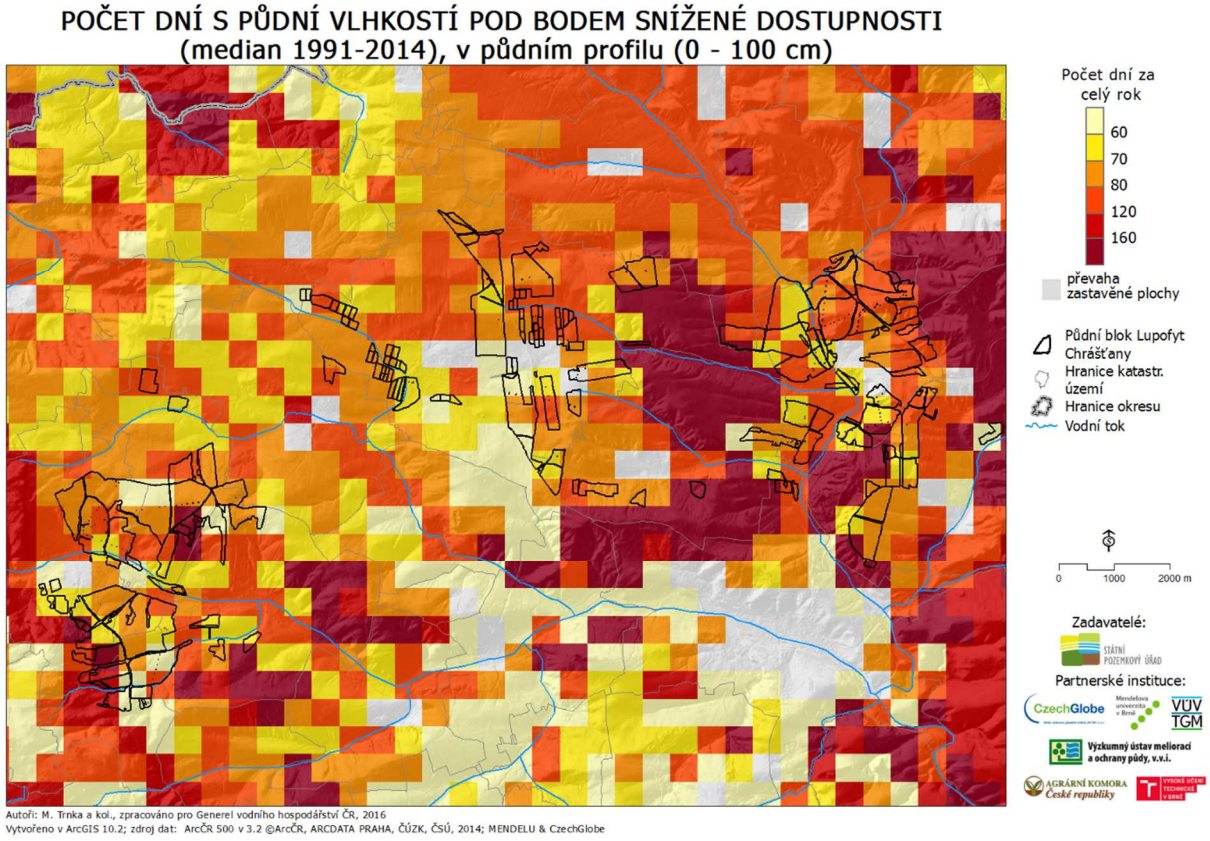
Dle analýzy se průměrné roční hodnoty modelované zásoby využitelné vody v půdě pod travním porostem v období 1961-2015 v lokalitě Chrášťany pohybovaly od 41,3 % VVK do 94,4 % VVK, přičemž průměrná hodnota za celé období byla 73,4 % VVK. V řadách průměrných hodnot zásoby využitelné vody v půdě v daných sezónách a v měsících nejsou mezi jednotlivými zkoumanými obdobími nijak dramatické rozdíly, pouze je patrný mírný pokles hodnot směrem k současnosti v teplém půlroce. V období 1961-2015 byl zjištěn negativní lineární trend u jarních měsíců, kdy došlo k mírnému snížení asi o 1,6 % VVK/10 let. Z jednotlivých měsíců je potom pozorován statisticky významný trend v měsících leden až červen, kdy největší zaznamenaný trend poklesu průměrné měsíční hodnoty byl zaznamenán v červnu, a to o 3,3 % VVK/ 10 let. U dalších měsíců a také u ročních hodnot byl zjištěný trend statisticky nevýznamný.

S tím souvisí i analýza počtu dnů s hodnotami zásoby půdní vody pod 50 % VVK, která ukazuje na sníženou dostupnost půdní vláhy pro rostliny a také na počet dnů s hodnotami zásoby půdní vody pod 30 % VVK, což znamená stres suchem. Průměrný roční počet dní s hodnotou zásoby využitelné vody v půdě pod 50 % VVK byl v období 1961-2015 84 dní, za vegetační období duben až září potom 50,7 dne. Při srovnání třicetiletí 1961-1990 a 1981-2010 je patrný nárůst průměrných hodnot udávající počet dnů o 14,7 dne. V období 1961-2015 nebyl pro počty dnů se zásobou využitelné vody v půdě pod 50 % VVK až na jednu výjimku zjištěn statisticky významný trend. Pouze v červnu byl zaznamenán trend nárůstu o 1,9 dne/10 let.

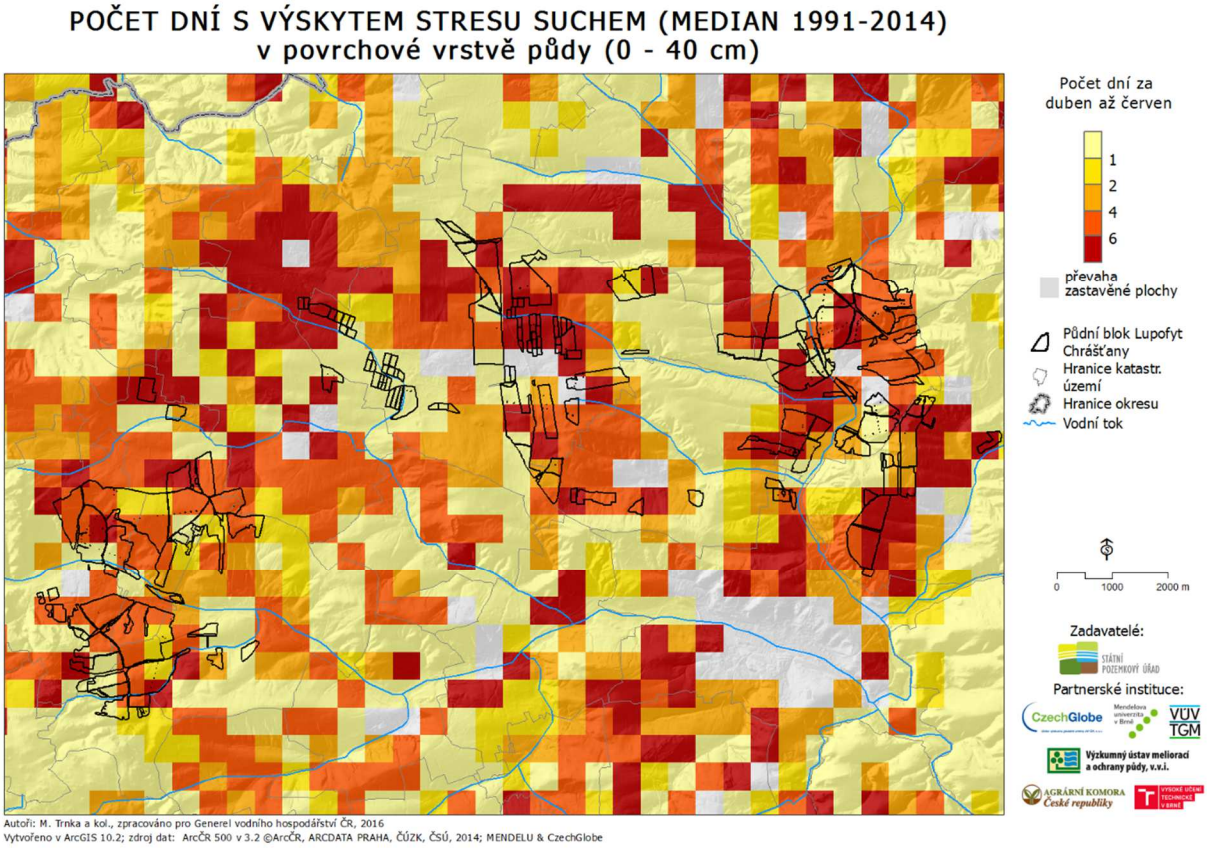
Trochu odlišná je situace u počtu dnů s hodnotou zásoby půdní vody pod 30 % VVK, kdy při srovnání třicetiletí 1961-1990 a 1981-2010 byl zaznamenán pouze nepatrný nárůst průměrných hodnot počtu dnů za rok, asi o 1-2 dny. Stejné je to i u vegetačního období. V posledních 15 letech došlo spíše ke snížení počtu dnů, a to převážně v chladném půlroce. Při analýze trendů v řadách hodnot počtu dní se zásobou využitelné vody v půdě pod 30 % VVK ovšem nebyl zaznamenán v období 1961-2015 žádný statisticky významný trend.

6.3.2 Počet dní se stresem suchem a se sníženou dostupností vláhy

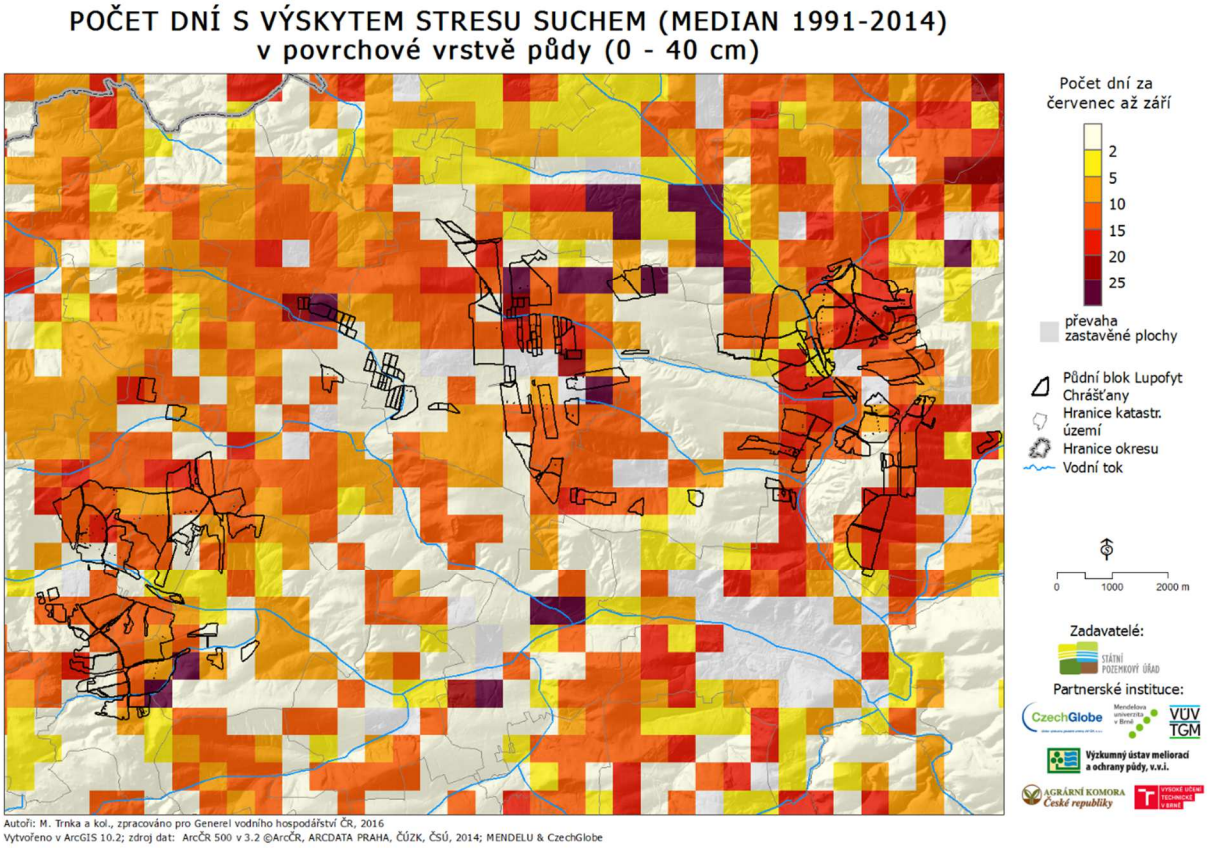
Počet dní (vyjádřený pomocí mediánu) za rok, kdy relativní nasycení půdy v období 1991-2014 kleslo (v profilu 0-100 cm) pod 50 %, se na většině pozemků podniku Lupofyt Chrášťany pohyboval nad hranicí 85 dnů za rok (Mapa 6.1). V tomto případě se jedná o tzv. „dny se sníženou dostupností půdní vláhy“ pro rostliny. Za období duben až červen medián počtu takových dní vykazoval větší prostorovou proměnlivost dle půdních podmínek (viz Mapa 6.2). Medián počtu „dní se stresem suchem“ (relativní nasycení půdy pod 30 % v profilu 0-100 cm) za duben až červen byl u většiny pozemků do 15 dní v roce (viz Mapa 6.3), nicméně v tomto směru byly vyhodnoceny i určité rozdíly mezi jednotlivými pozemky a bylo dosahováno i výrazně vyšších hodnot. Z uvedených výsledků je zřejmé, že dostupnost půdní vláhy je v dané oblasti významným limitujícím faktorem pro produkci polních plodin, kdy významné epizody sucha mají za následek vážné dopady na růst, vývoj a na výnosy polních plodin. Současně je zřejmé, že prostorově existují, v rámci obhospodařovaných pozemků podnikem Lupofyt Chrášťany, značné rozdíly, což koresponduje se zkušenostmi agronomů i s průzkumem na místě.



Mapa 6.1: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) počtu „dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti” pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy v profilu 0-100 cm) za rok v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Lupofyt Chrášťany vč. přilehlého okolí.



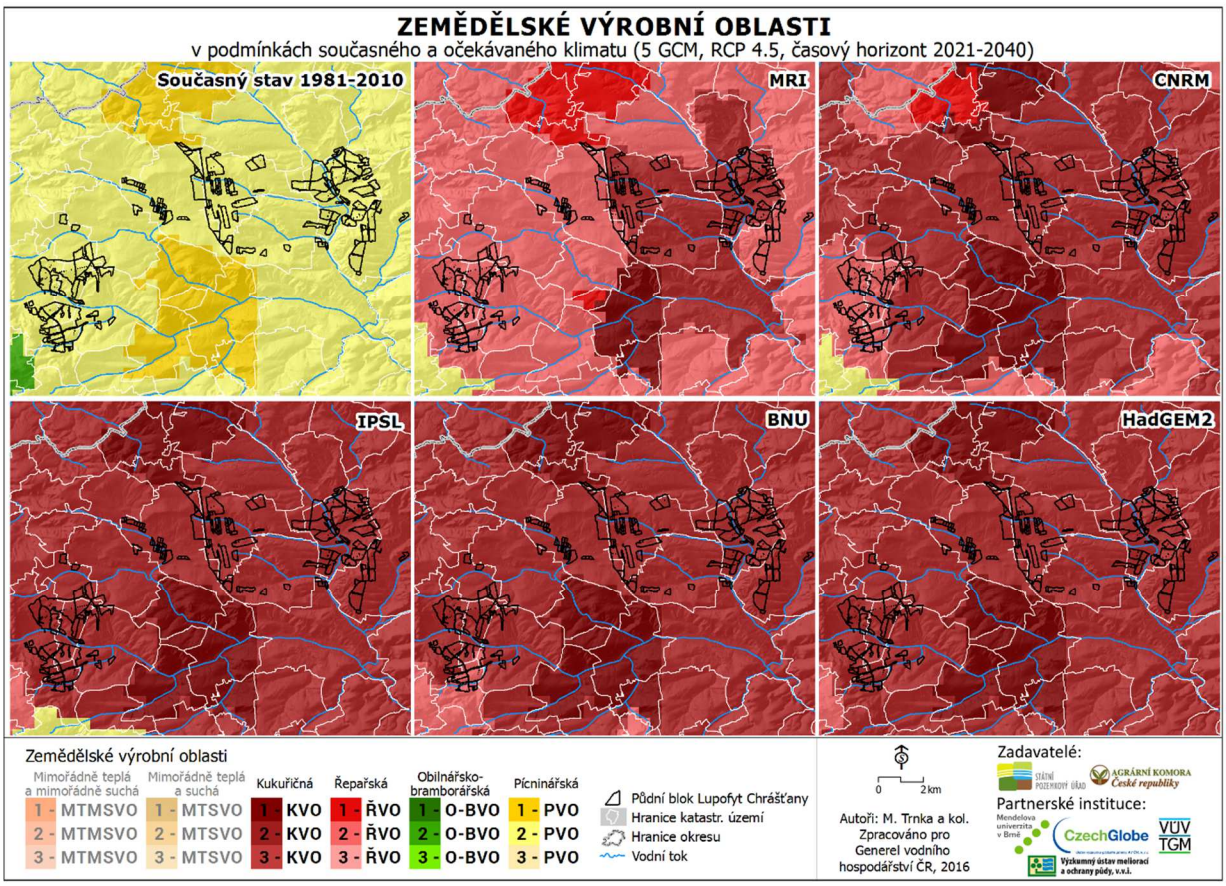
Mapa 6.2: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Lupofyt Cgrášťany vč. přilehlého okolí.



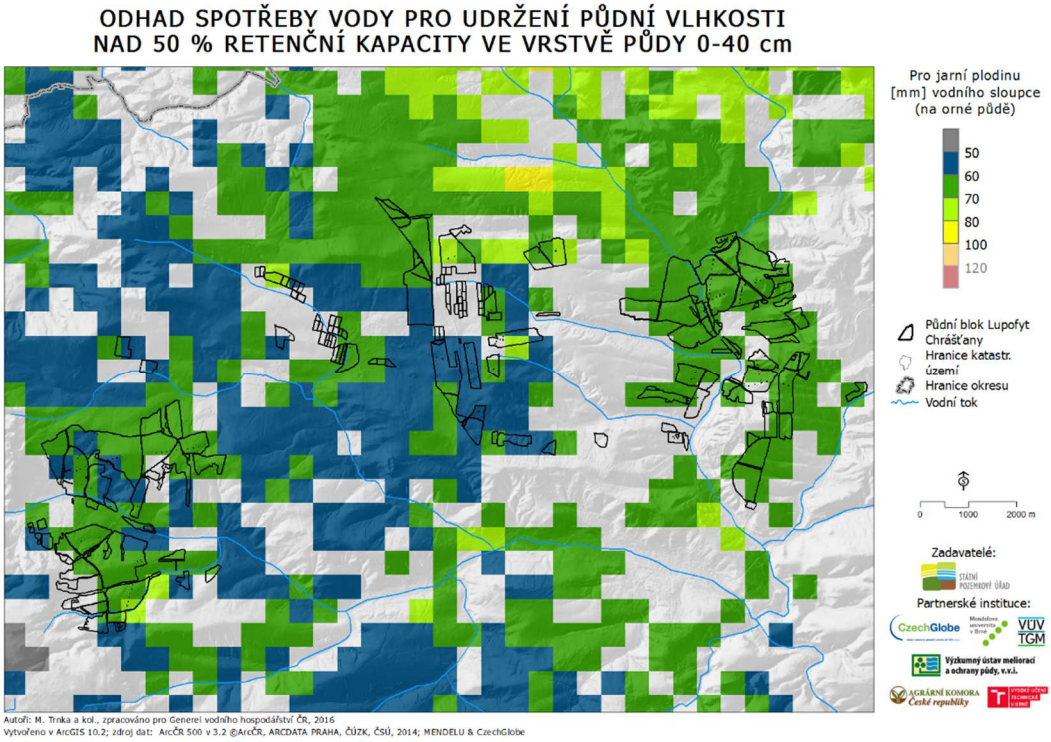
Mapa 6.3: Medián (nejméně polovina hodnot je menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní s výskytem stresu suchem" pro rostliny (tj. pod 30 % relativního nasycení půdy 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Lupofyt Chrášťany vč. přilehlého okolí.

6.3.3 Vláhová potřeba a posun výrobních oblastí

Podle metody vyvinuté Trnkou et al. (2009) využívající k objektivní klasifikaci tzv. výrobních oblastí klimatických parametrů (teplotní poměry a vodní bilanci) spadá zájmové území, na kterém hospodaří podnik Lupofyt Chrášťany, v současných podmínkách do obilnářské výrobní oblasti (viz Mapa 6.4). Současně obhospodařované pozemky spadají většinou do tzv. skupiny 2 (tj. se zhoršenými půdními podmínkami) a jen nepatrná část pak do skupiny 1 (tj. s příznivými půdními podmínkami). Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám však lze očekávat posun výrobních oblastí způsobem, kdy bude možné území definovat pro blízkou budoucnost (období okolo 2020) jako kukuřičnou výrobní oblast. Na tomto závěru se shoduje prognóza čtyř z pěti globálních cirkulačních modelů, z nichž IPSL představuje hodnotu pomyslného středního odhadu z cca 40 uvažovaných. Model HadGEM představuje suchou variantu s výraznou změnou teploty, zatímco model CNMR je jejím „vlhkým" protipólem. Díky nižšímu nárůstu teplot podle modelu MRI by změna dle tohoto modelu měla posunout území do podmínek řepařské výrobní oblasti. Celkovým výsledkem však patří k agroklimaticky teplejším a sušším podmínkám. Pro období okolo roku 2050 dokonce prognóza na základě modelu HadGEM předpokládá výskyt tzv. mimořádně teplé a suché výrobní oblasti (viz hlavní studie). Očekávané změny agroklimatických podmínek bude nutné reflektovat v zastoupení pěstovaných plodin a ve způsobu hospodaření. Pro zmírnění dopadů vyšších teplot vzduchu a dopadů prohlubování deficitu vodní bilance bude nutné přijmout nezbytná adaptační opatření. Jedním z takových opatření může být maximální snaha zachovat či zlepšit kvalitu a retenční schopnost půdy či snížit úhrny povrchového odtoku. Otázkou je, vzhledem k dostupnosti vodních zdrojů a ekonomickým okolnostem, i možnost využití závlahových systémů na části území apod.



Mapa 6.4: Klimatické vymezení výrobních oblastí na základě metody publikované Trnkou et al. (2009) pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 pro modely MRI, BNU, CNMR, IPSL a HadGEM za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5 a střední citlivosti klimatického systému na nárůst koncentrace CO_2

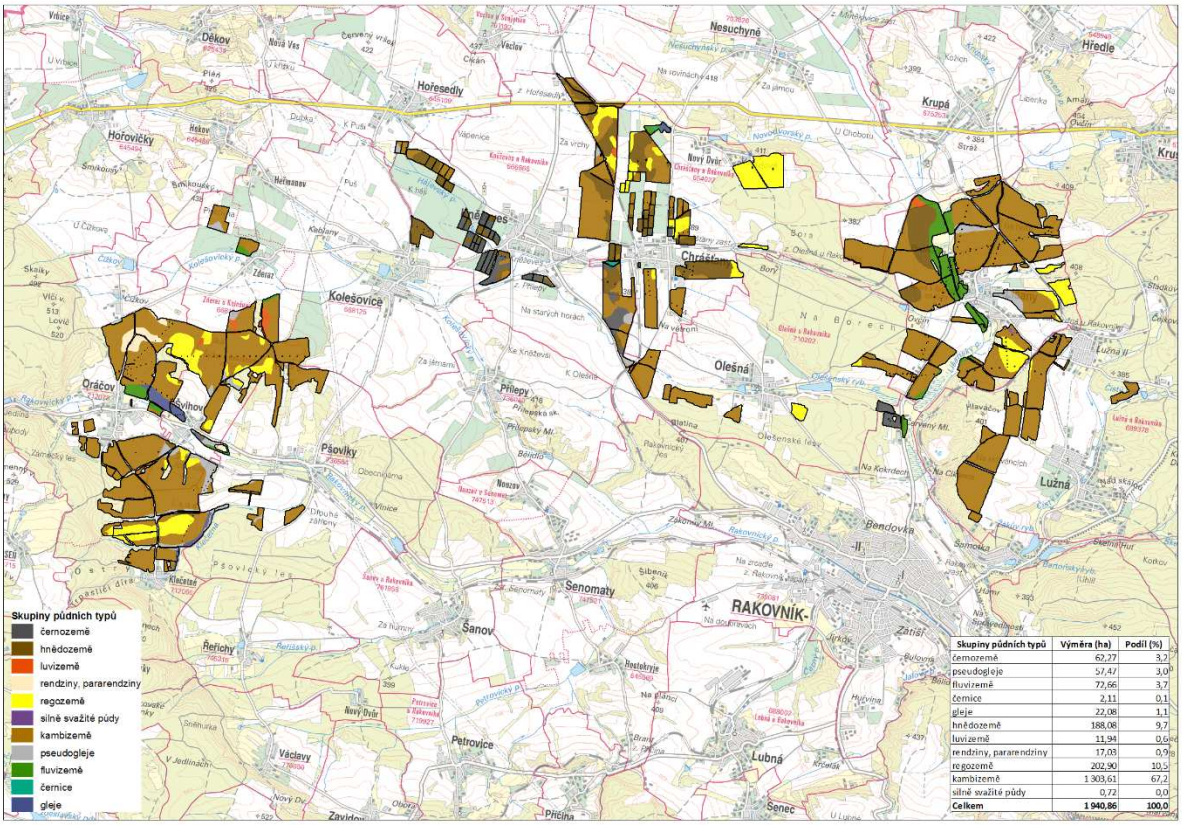


Mapa 6.5: Odhad spotřeby vody pro udržení relativního nasycení půdy ve vrstvě 0-40 cm na úrovni nad 50 % na základě metodiky Integrovaného systému pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Vyneseny jsou mediány za sezóny 1981-2010 pro jarní obilovinu.

Na základě analýz provedených metodikou Integrovaného systému pro sledování sucha k odhadu potřeby vody pro závlahová zařízení vyplynulo, že na většině pozemků, obhospodařovaných podnikem Lupofyt Chrášťany, by bylo k udržení půdní vlhkosti nad 50 % relativního nasycení ve vrstvě 0-40 cm dle mediánu sezón 1981-2010 potřeba 50-70 mm vody při pěstování jarní obiloviny (v době od zasetí po zralost). Pro ozimé obiloviny by byly výsledné hodnoty přibližně vyšší o 20 mm.

6.3.4 Charakteristika půdních poměrů v zájmovém území Lupofyt Chrášťany

Pro půdní bloky obhospodařované společností Lupofyt s.r.o. Chrášťany byla zpracována mapka a tabulka plošného zastoupení skupin půdních typů (Mapa 6.6, Tab. 6.1).



Mapa 6.6: Skupiny půdních typů

Skupiny půdních typů	Výměra (ha)	Podíl (%)
černozemě	62,27	3,2
pseudogleje	57,47	3,0
fluvizemě	72,66	3,7
černice	2,11	0,1
gleje	22,08	1,1
hnědozemě	188,08	9,7
luvizemě	11,94	0,6
rendziny, pararendziny	17,03	0,9
regozemě	202,90	10,5
kambizemě	1 303,61	67,2
silně svažité půdy	0,72	0,0
Celkem	**1 940,86**	**100,0**

Tab. 6.1: Zastoupení jednotlivých skupin půdních typů

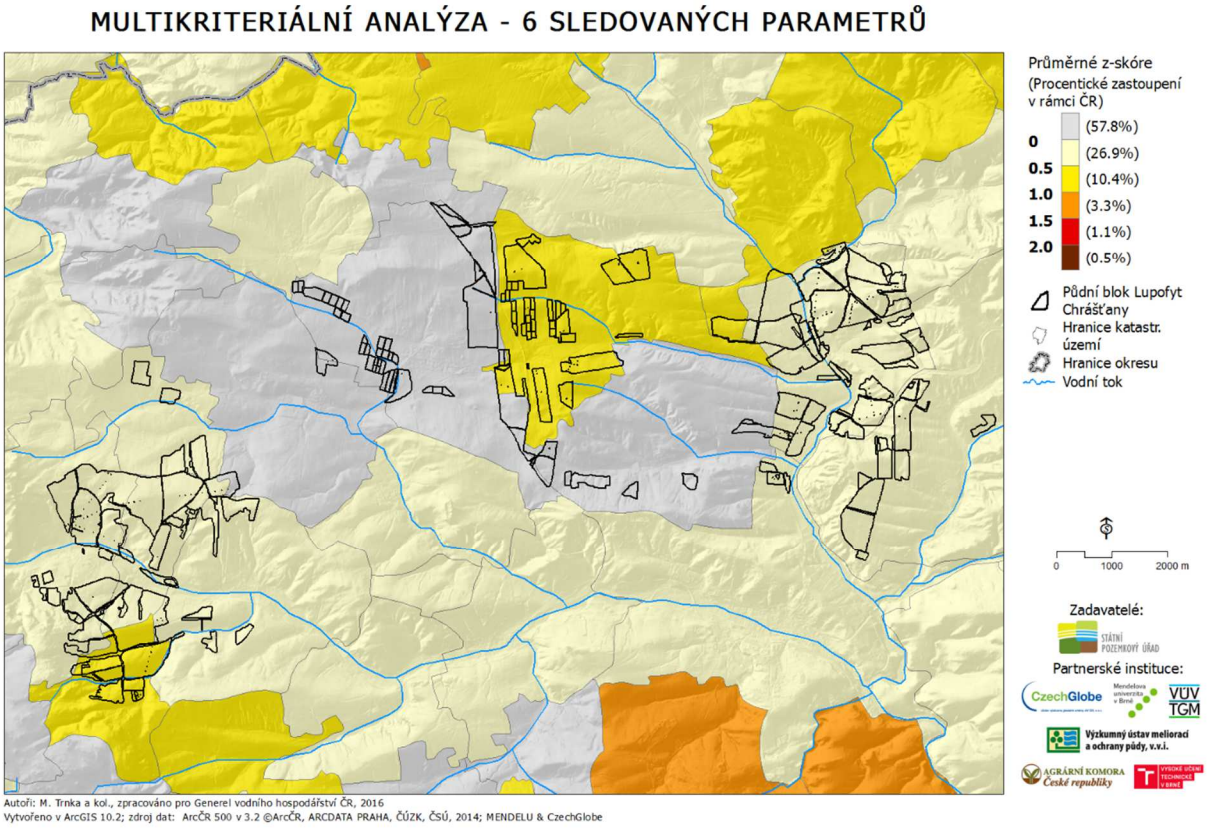
Dominantním půdním typem jsou nejběžnější půdy v ČR - kambizemě. Jedná se o půdy vyvinuté na substrátech různých zrnitostních charakteristik, a tedy o půdy s různými parametry. Kambizemě jsou půdy s přirozeně nižší hodnotou půdní reakce a s nižším obsahem organických látek, což vyžaduje pravidelné vápnění i péči o vstup organických látek. Půdy na svazích jsou náchylné k vodní erozi, pro vyšší polohy mohou být půdy skeletovité. Dalšími zástupci významných půdních typů jsou regozemě a hnědozemě. V případě regozemí je profil zrnitostně homogenní s ostrým přechodem do půdotvorného substrátu. Půdy jsou většinou zrnitostně lehčí s výrazným mineralizačním potenciálem a s potřebou pravidelného organického hnojení. Jedná se o půdy vysýchavé a je nutné uplatnění šetrného hospodaření

s vláhou. Hnědozemě reprezentují půdy produkční, avšak náchylné na erozi a částečně vysýchavé. Posuny částic díky procesu illimerizace způsobují vylehčení svrchní části profilu a její ochuzení o humusové látky, což je příčinou erozního ohrožení především na svažitých plochách. Přirozená tvorba podorničního zrnitostně těžkého horizontu vyžaduje péči o fyzikální stav podorničí. Ostatní typy půd odrážejí místní podmínky - blízkost toku, depresní polohy a dílčí zamokření, případně jsou zde okrajově zastoupeny i nejúrodnější půdy, černozemě.

6.3.5 Detail multikriteriální analýzy v zájmové oblasti Lupofyt Chrášťany

Kompletní metodika multikriteriální analýzy je popsána v kapitole 2.2. Mapa 6.7 zachycuje průměrné Z-skóre (tedy anomálii) s ohledem na zbytek území ČR jako průměr Z-skóre těchto parametrů:

- stupeň ohrožení výskytem zemědělského sucha v první polovině vegetační sezóny (tj. duben-červen),
- stupeň ohrožení výskytem zemědělského sucha ve druhé polovině vegetační sezóny (tj. červenec-srpen),
- podíl vysýchavých půd v území (viz kapitola 1.6 Mapa 2.11 a částečně kapitola 2.2.1),
- procento území, náležející do přispívajících ploch kritických bodů,
- procento území, náležející do přispívajících ploch drah soustředěného odtoku,
- procento území výrazně ohrožené erozním smyvem.



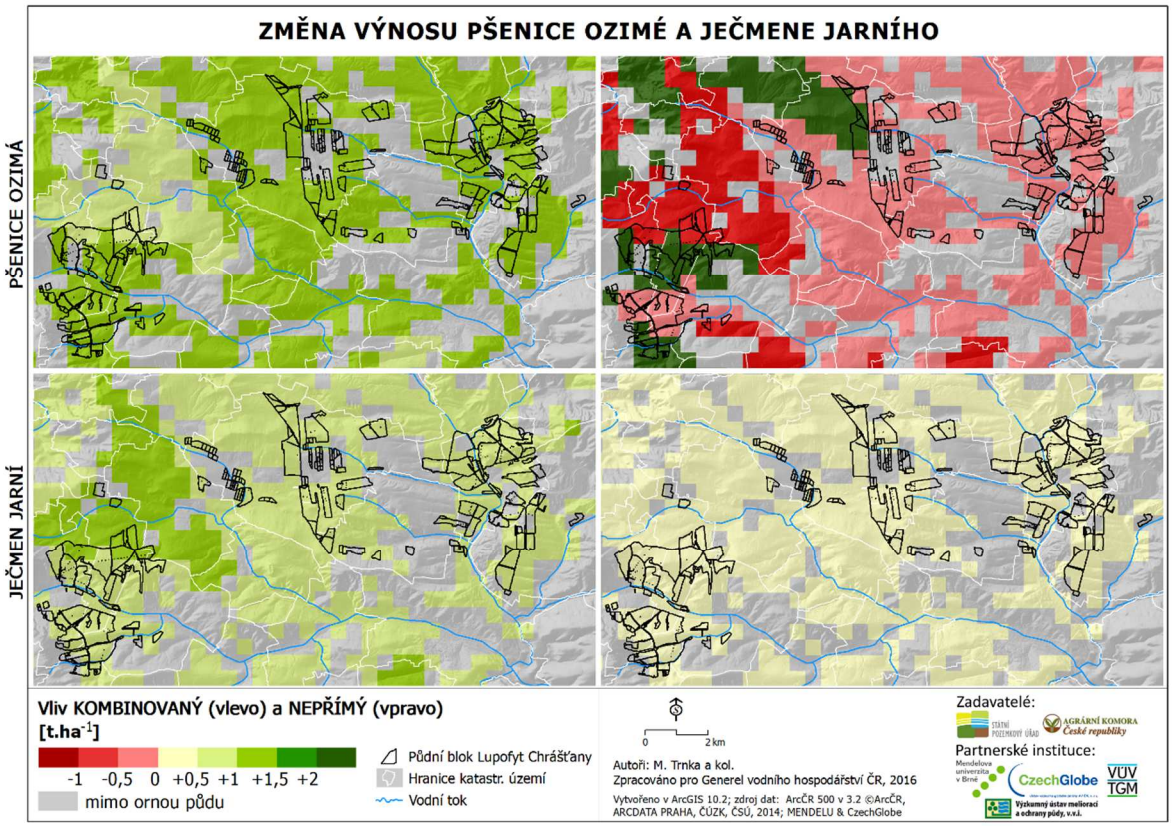
Mapa 6.7: Detail výsledků multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech pro oblast Lupofyt Chrášťany - průměrné Z-skóre. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území.

Z výsledků vyplývá, že se území, na kterém Lupofyt Chrášťany hospodaří, vyznačuje vysokou a na západě mimořádně nadprůměrnou hodnotou Z-skóre a patří mezi cca 10 % nejvíce ohrožených katastrů v rámci ČR. Tento výsledek předurčují výše popsané agroklimatické, půdní a geomorfologické podmínky. Oblast se vyznačuje kombinací poměrně vysokého ohrožení suchem a výskytem vysýchavých

půd. Nicméně erozní ohrožení je zde nižší než v území ZD Bulhary a Agros Vraný. Jedná se o, z pohledu GVHK, vhodný modelový příklad výskytu výrazného rizika sucha s vysokým podílem vlastních pozemků, moderní a netradičně pojatou rostlinnou výrobou zaměřenou na olejniny a chmel a s velmi solidní ekonomickou situací.

6.3.6 Očekávaná změna produktivity

Jednou z možností, jak realizovat predikce budoucí produkční schopnosti v daných půdně klimatických podmínkách, je aplikace tzv. růstových modelů pro dvě modelové plodiny. Na základě růstového modelu CERES lze při uvážení změny teplot a vodní bilance očekávat do období okolo roku 2050 (vzhledem k 1961-1990) stagnaci či mírný nárůst výnosů jarního ječmene až o 1,0 $t \cdot ha^{-1}$ (platí pro východní část zájmového území) a pokles výnosů pšenice ozimé v průměru až o 1,0 $t \cdot ha^{-1}$ a na některých pozemcích v západní části zájmového území i větší pokles. Za současného započítání pozitivního vlivu zvýšené koncentrace CO_2 v ovzduší lze dle modelu CERES předpokládat nárůst výnosů ječmene jarního na většině zájmového území o 0,5-1,0 $t \cdot ha^{-1}$ a v západní části zájmového území až o 1,5 $t \cdot ha^{-1}$. V případě pšenice ozimé se předpokládá podobný rozsah nárůstu průměrných výnosů. Větší nárůst je možné očekávat na některých pozemcích v centrální a ve východní části zájmového území. Uvedené výsledky byly dosaženy bez využití závlah a za předpokladu udržení půdní úrodnosti. Současně je třeba zdůraznit, že se jedná o průměrné hodnoty, přičemž dle známých předpokladů lze očekávat nárůst rozdílů mezi jednotlivými sezónami. V praxi to může být tak, že budou velmi dobré ročníky střídány s roky s významným propadem výnosů. Navíc na základě různých studií existuje předpoklad nárůstu tzv. agrometeorologicky nepříznivých událostí, jejichž negativní dopady mohou zcela rozhodnout o výnosové úrovni a o úspěšnosti celého ročníku (např. problémy s přezimováním, vlny veder, extrémní epizody sucha, poléhání porostů díky přívalovým srážkám v kombinaci s vyššími rychlostmi větru, komplikace sklizně díky vyšším srážkovým úhrnům). Dopady těchto jevů jsou, vzhledem k jejich problematické povaze, v prezentované mapě (Mapa 6.8) zohledněny jen částečně.



Mapa 6.8: Odhad změny průměrných výnosů pšenice ozimé a ječmene jarního pro období kolem roku 2050 vzhledem k období 1961-1990. Mapy zachycují situaci v případě zohlednění vlivu změny

klimatických faktorů včetně zvýšené koncentrace CO_2 (tzv. kombinovaný vliv) a bez započítání přímého vlivu CO_2 (tzv. nepřímý vliv)

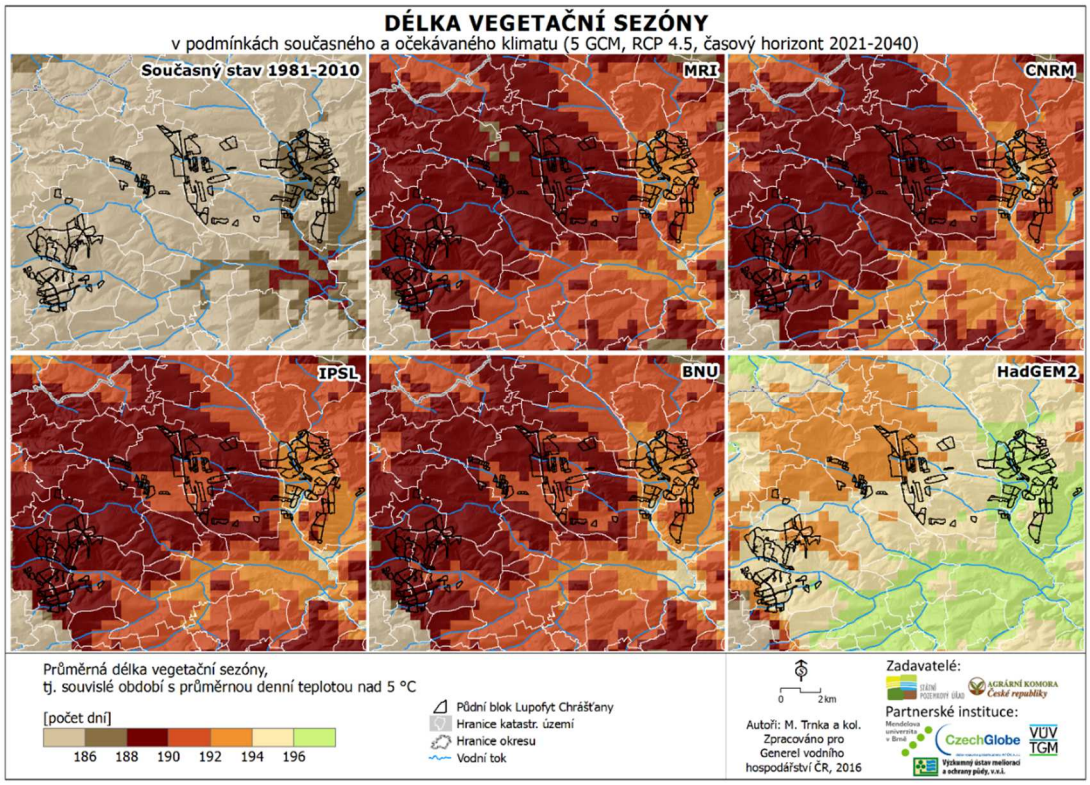
6.4 Očekávané změny klíčových faktorů

V důsledku probíhající změny klimatických podmínek je ovlivňován široký komplex procesů určujících úroveň výnosů polních plodin. Ve výsledku se jedná a bude jednat o bilanci negativních a pozitivních vlivů. Tato bilance není přirozeně konstantní v rámci jednotlivých ročníků. Dle známých souvislostí lze předpokládat, že do budoucna se však kromě nárůstu meziroční variability budou i podmínky trendově měnit. O tom, zda tento trend bude mít spíše negativní, případně neutrální či pozitivní dopad na výnosy, rozhodne opět řada faktorů. Jednou z možností, jak realizovat predikce budoucí produkční schopnosti v daných půdně klimatických podmínkách, je využití kritických agrometeorologických faktorů, které poskytují poměrně dobrou představu o charakteru očekávaných změn.

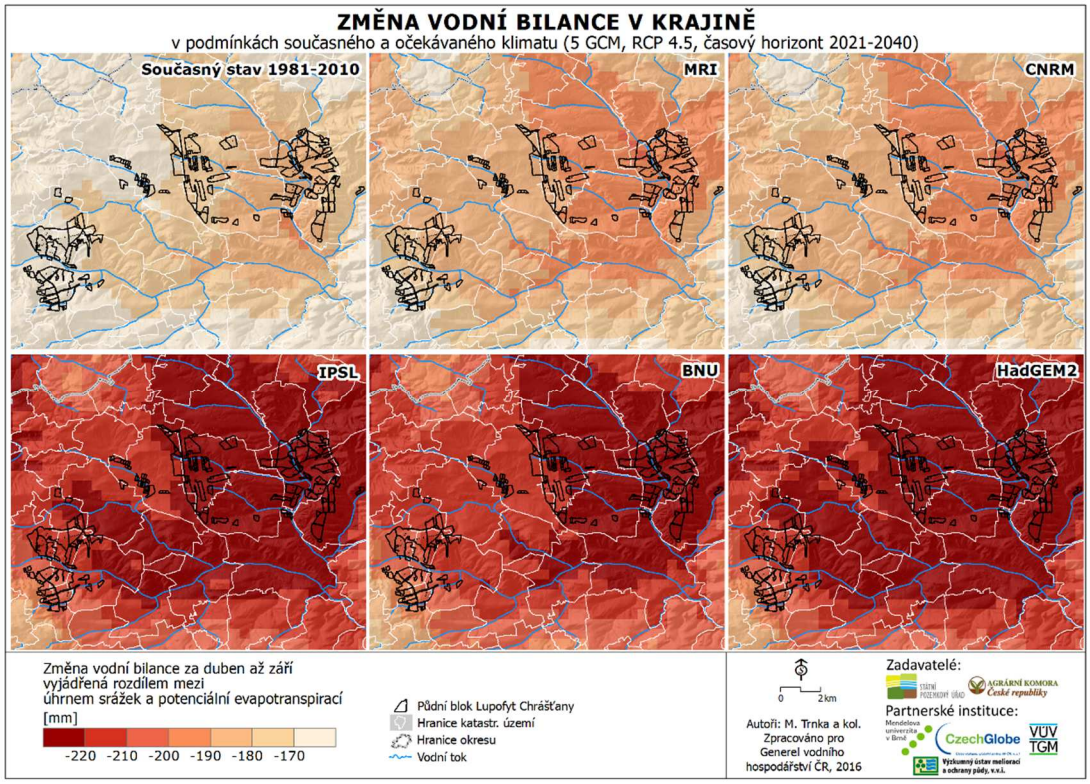
Je nepochybné, že délka vegetační sezóny (vyjádřená jako období s průměrnou teplotou trvale nad 5 °C) se výrazně prodlouží, jak dokumentuje Mapa 6.9. Toto prodloužení bude v horizontu let 2021-2040 v řádu přibližně 2 týdnů. Současně ale dojde k prohloubení deficitu klimatologické vodní bilance (Mapa 6.10), přičemž míra změny závisí na klimatickém modelu. Model IPSL reprezentuje jakýsi střední odhad všech uvažovaných GCM modelů a jeho změny (spolu s dalšími 4 modely) jsou zachyceny v Tab. 4.9. Je evidentní, že 3 z 5 modelů předpokládají výrazné prohloubení vodního deficitu, a to až o 50 mm za vegetační sezónu (duben-září). V kombinaci s půdními podmínkami bude tento fakt, dle našich odhadů, představovat zásadní problém pro udržení vysoké rentability produkce.

Výsledkem změn dostupnosti vláhy, délky vegetační sezóny a celkových agroklimatických poměrů je ukazatel na mapě Mapa 6.11. Ten dokumentuje počet dní s vhodnými podmínkami pro růst polních plodin, tj. dostatečně vysoká teplota, minimální množství slunečního záření a dostatek vody v půdě. Je evidentní, že podle modelů BNU, IPSL a HadGEM lze očekávat jen mírnou změnu situace, naopak 2 z 5 modelů naznačují možnost zvýšení počtu těchto dní. Zatímco Mapa 6.9 naznačuje výrazné prodloužení doby vegetace, a tedy pozitivní trend z pohledu produktivity. Hodnoty zásoby vody v půdě budou dosti výrazně klesat (Mapa 6.10). Proto je třeba vnímat zvýšení počtu produktivních dní v kombinaci s rizikem sucha.

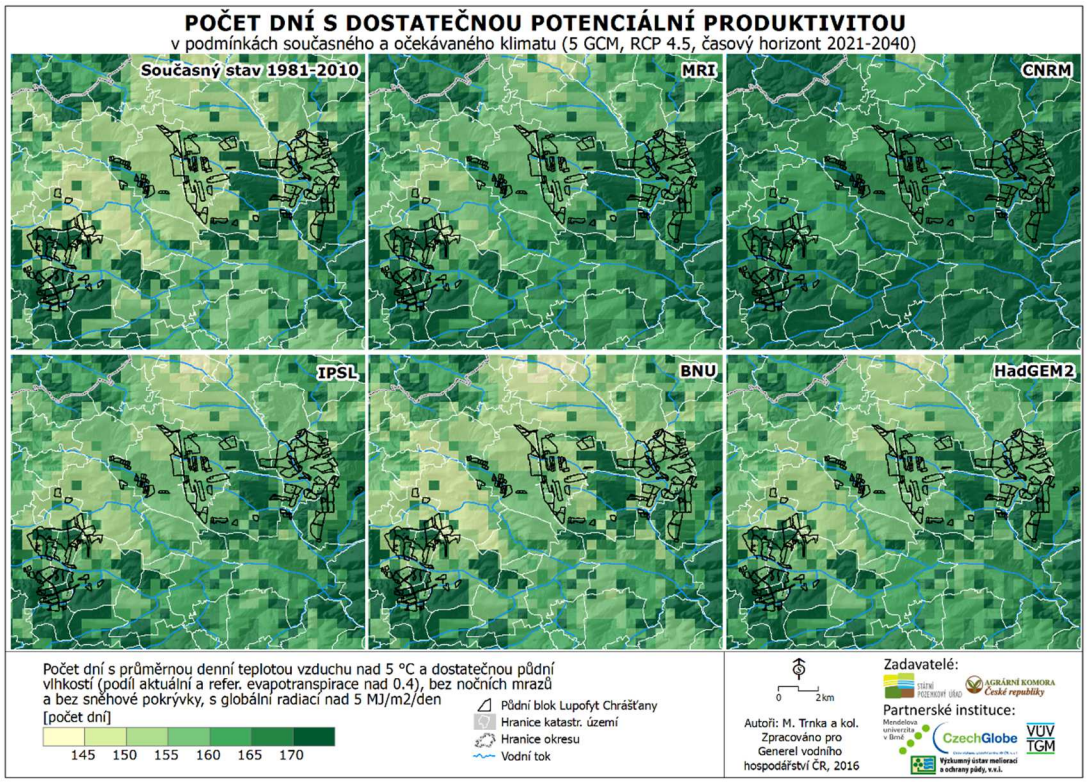
Všechny klimatické modely se shodují na výrazném riziku stresu suchem, a to jak v první půlce vegetačního období (Mapa 6.12), tak v tomto období jako celku (Mapa 6.13). Negativní vývoj je nejmarkantnější u modelu ISPL v období duben-červen a u modelů BNU a HadGEM, kde je ve druhé části vegetačního období dokonce nejrazantnější. Obecně lze říci, že i v případě realizace scénářů s příznivým rozložením srážek a s nízkým nárůstem teplot (CNMR a MRI) je nutné očekávat vyšší riziko suchých epizod.



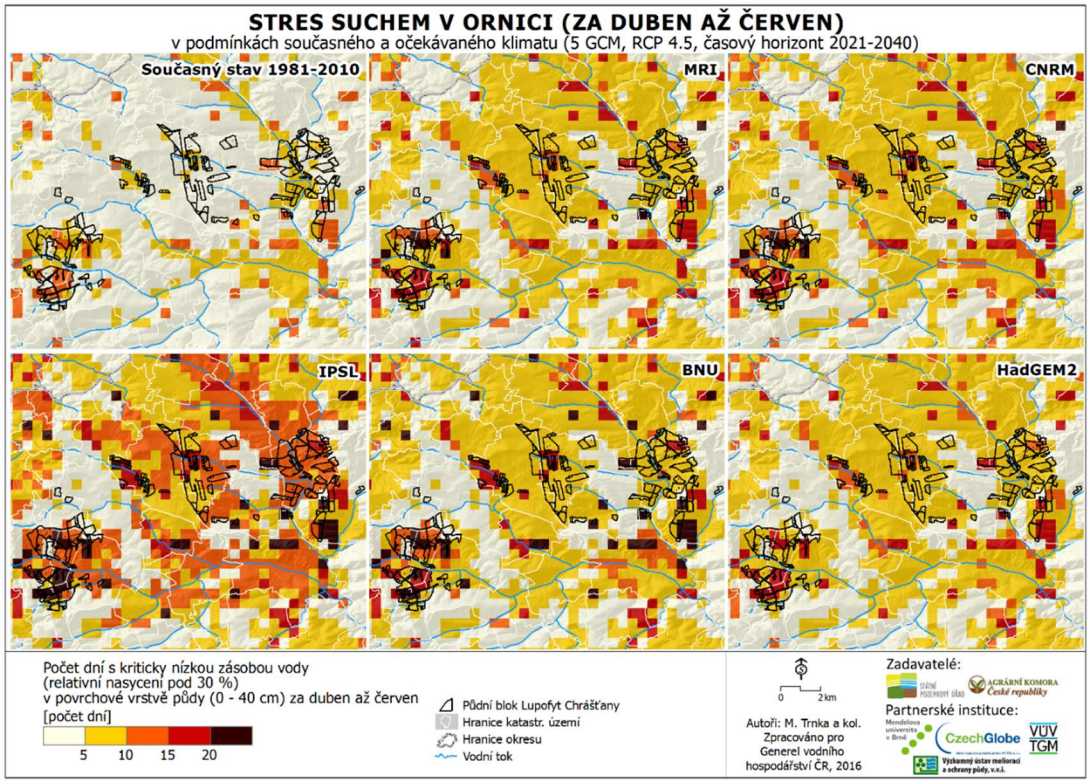
Mapa 6.9: Průměrná délka vegetační sezóny vyjádřené jako období s průměrnou teplotou nad 5 °C, a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.



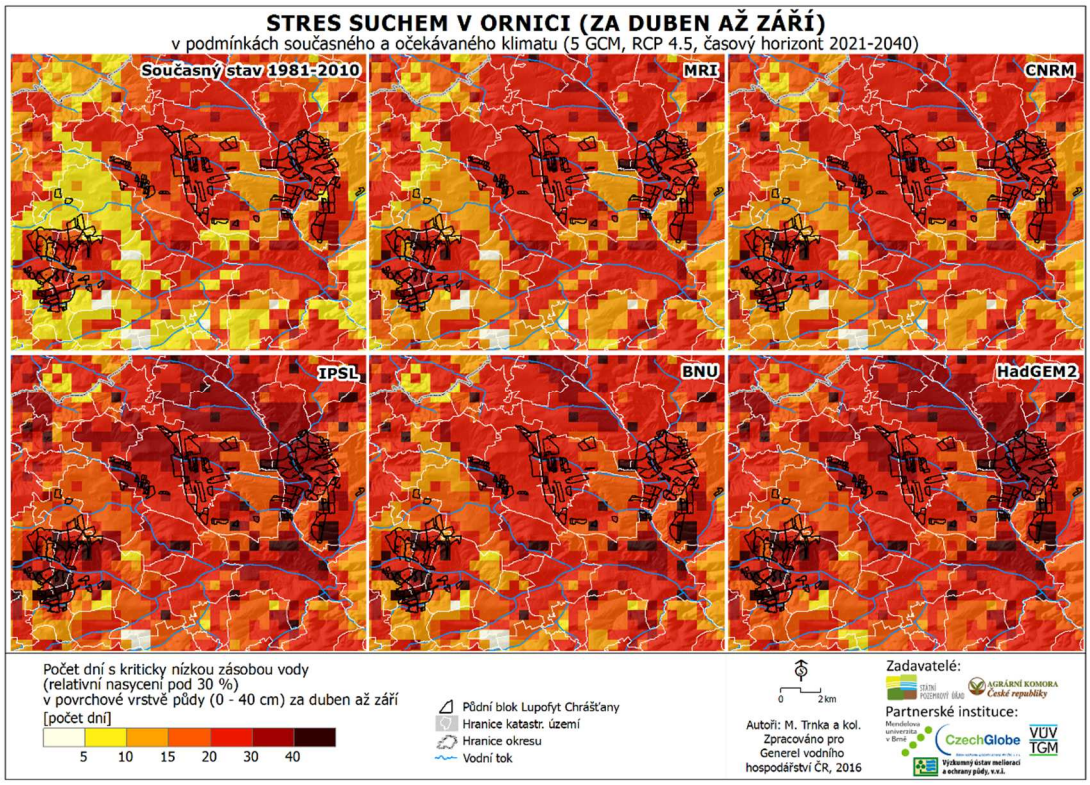
Mapa 6.10: Klimatologická vodní bilance vyjádřená jako rozdíl úhrnu srážek a potřeby krajiny (potenciální evapotranspirace) v mm mezi dubnem a zářím, a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.



Mapa 6.11: Počet dní s dostatečnou potenciální produktivitou, a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.

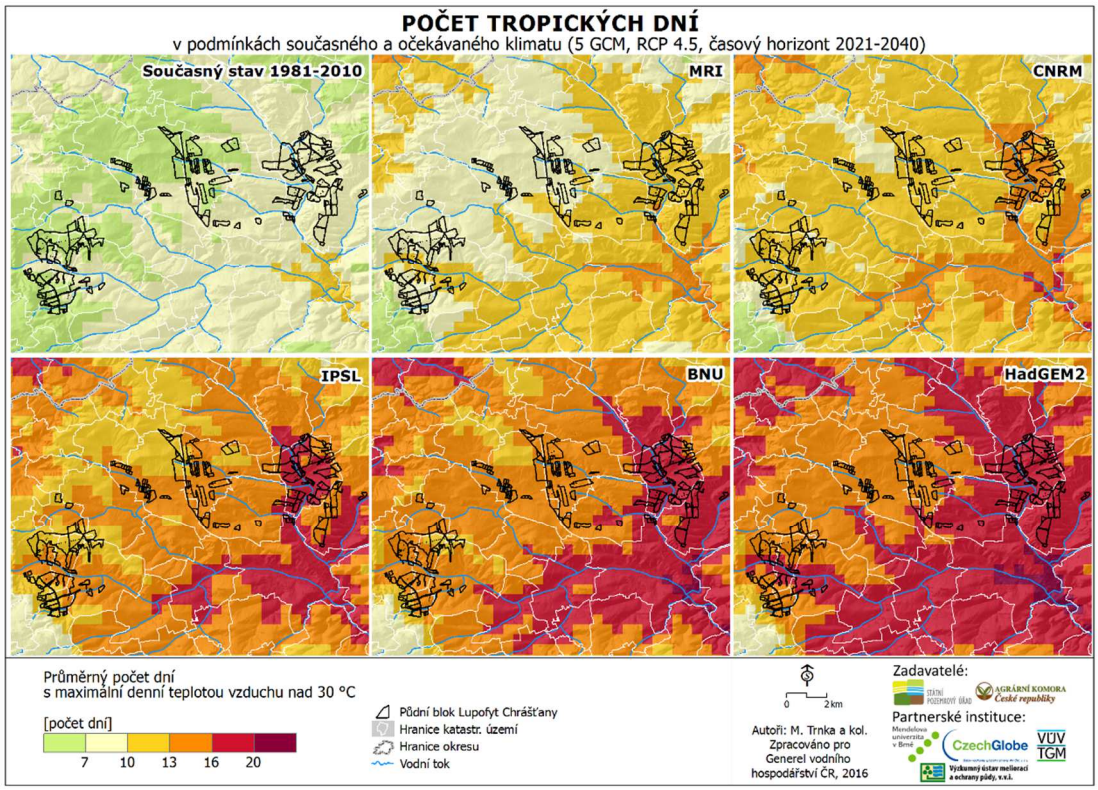


Mapa 6.12: Stres suchem (počet dní) v období duben-červen v povrchové vrstvě (0-40 cm), a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.

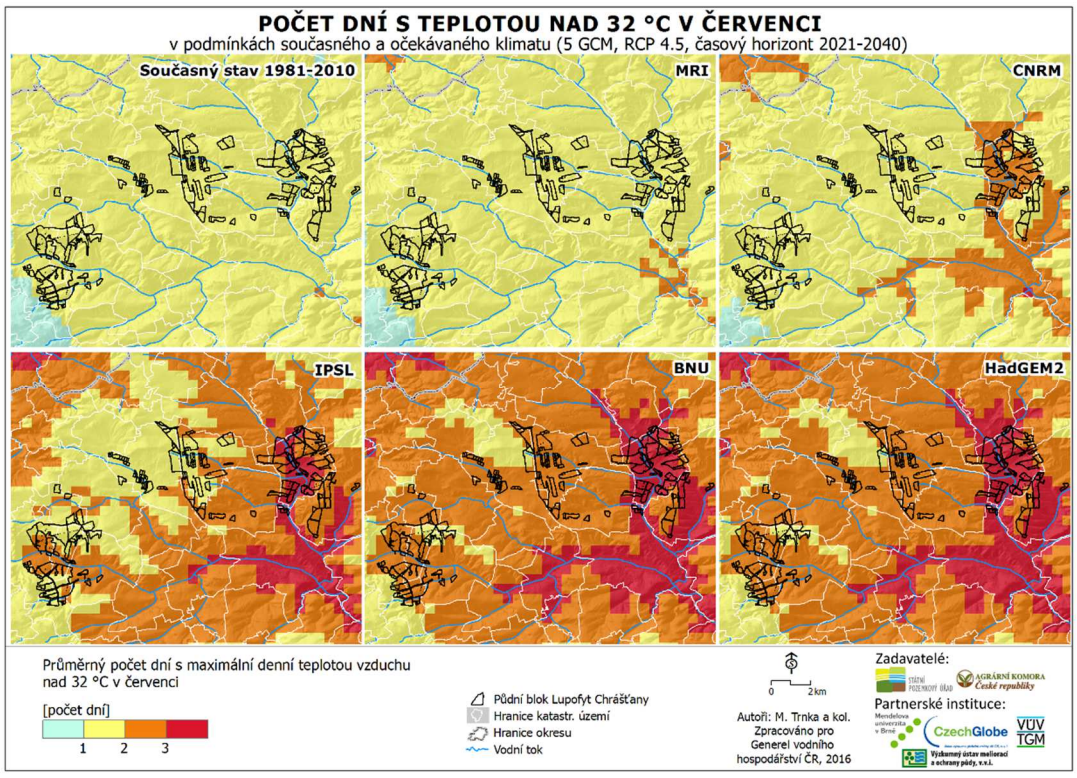


Mapa 6.13: Stres suchem (počet dní) v období duben-září v povrchové vrstvě (0-40 cm), a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.

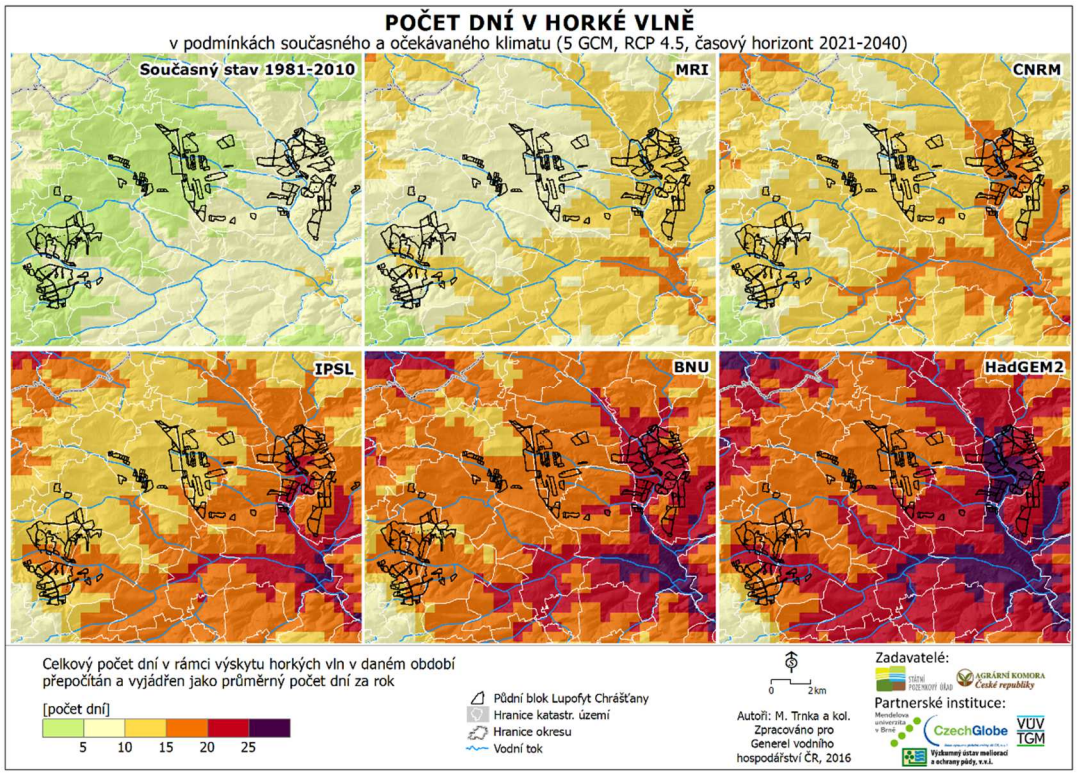
Z pohledu rizika výskytu extrémně teplých dní lze očekávat poměrně dramatické změny, a to již v krátkém časovém horizontu. Výrazně narůstá počet tropických dní (Mapa 6.14), ale výrazně se zvyšuje i počet dní s teplotou nad 32 °C (Mapa 6.15), která je problematická jak pro produkci některých pícnin (včetně kukuřice na zrno), tak potenciálně pro pěstování chmele. Toto riziko narůstá zvláště pak v období souvislých horkých vln, kdy v kombinaci s nedostatkem vody může docházet jak k poklesu výnosu, tak i ke snížení kvality. Jak ukazuje Mapa 6.16, vzroste riziko postižení horkou vlnou naprosto zásadně. Naopak v zimním období se výrazně sníží délka trvání sněhové pokrývky, a to více než o třetinu a podle scénáře CNMR až o polovinu oproti současnému období (Mapa 6.17). To, s ohledem na vysoké zastoupení řepky olejky a s významem sněhové pokrývky pro úspěšné přezimování, bude představovat další komplikaci budoucího hospodaření.



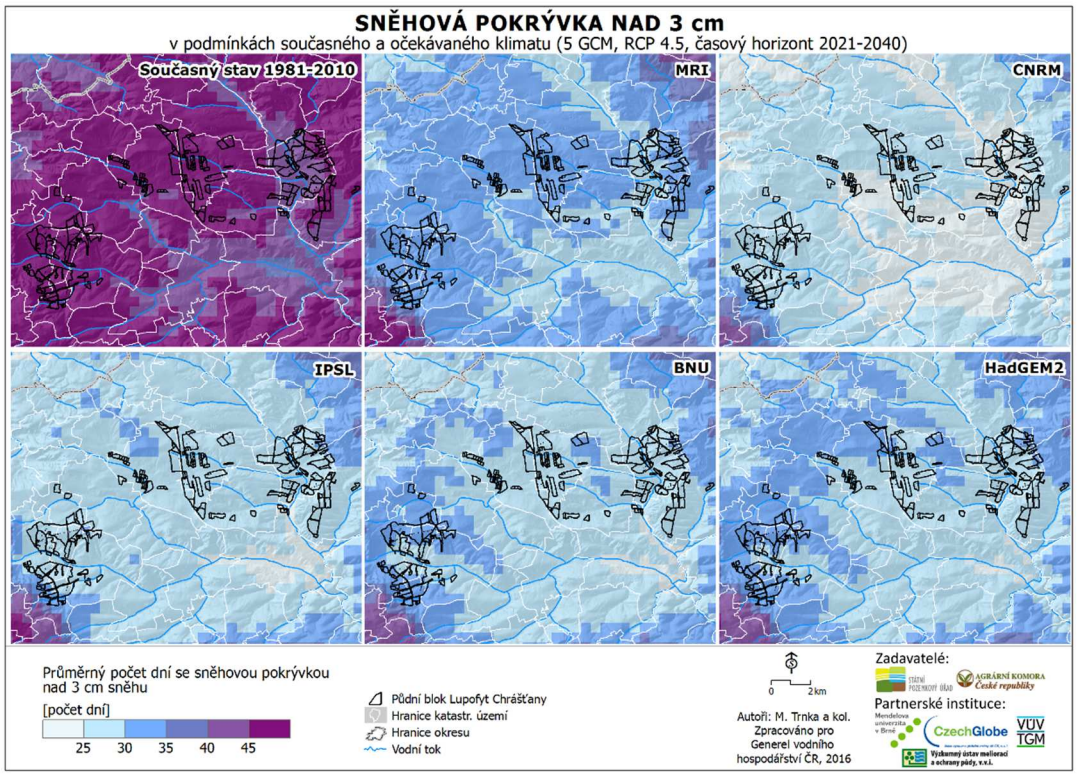
Mapa 6.14: Průměrný počet tropických dní, tj. dny s maximální denní teplotou vyšší než 30 °C, a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.



Mapa 6.15: Průměrný počet dní, tj. dny s maximální denní teplotou vyšší než 32 °C v měsíci červenci, a to pro období 1981-2010, a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.



Mapa 6.16: Průměrný počet dní v tzv. horké vlně, tj. v období, kdy denní maximální teplota přesáhne alespoň na 3 dny teplotu 30 °C a neklesne pod 25 °C. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.



Mapa 6.17: Průměrný počet dní se sněhem. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.

6.5 Návrh organizačních a agrotechnických opatření pro omezení erozních jevů s ohledem na riziko sucha

6.5.1 Nulová varianta - současný stav

Lupofyt**,** s. r. o. Chrášťany, rozvíjející svou činnost od roku 1992 (750 ha z. p.), nyní hospodaří na 1982 ha zemědělské půdy, z toho 1831 ha je půda orná. Nejvíce používaný osevní postup je: ozimá pšenice (ozimý ječmen) - ozimá řepka - ozimá pšenice (jarní ječmen) - mák nebo ozimá řepka. Lupofyt**,** s. r. o., na rozdíl od ZD Bulhary a Agros Vraný, hospodaří bez živočišné výroby, která je v současné době zatížena ztrátovou výrobou mléka. Vzhledem k tomu jsou v Lupofytu zpravidla dosahovány lepší ekonomické výsledky, což umožňuje více investovat do zemědělské techniky, do nákupu půdy a do intenzity pěstování plodin. V posledních letech bylo ztrátové pěstování chmele (nyní 75 ha), u kterého byly, na rozdíl od ostatních plodin, dosahovány nižší výnosy než v okolních zemědělských podnicích. V roce 2016 byla proto přijata komplexní opatření spojená se zvýšením intenzity výroby a s obnovou a s rozšířením ploch chmelnic (z toho část pod závlahou). Ve srovnání se ZD Bulhary a s podnikem Agros Vraný jsou v Lupofytu vyšší provozní náklady na přejezdy techniky vzhledem k větší vzdálenosti pozemků (až 35 km, celkem 3 střediska: Chrášťany, Lišany a Oráčov). Také úrodnost půdy je nižší, přičemž nejvíce zastoupené jsou kambizemě (67 %), následují regozemě (10,5 %) a hnědozemě (9,7 %). Společnost Lupofyt Chrášťany hospodaří v řepařské a v bramborářské výrobní oblasti, která se vyznačuje kombinací poměrně vysokého ohrožení suchem, výskytem vysýchavých půd a nižším rizikem eroze v porovnání se ZD Bulhary a s podnikem Agros Vraný (v LPIS vedeno 195 dílů půdních bloků, z nichž pouze 11 = 10,5 ha je vymezených jako mírně erozně ohrožená plocha, silně erozně ohrožená plocha je v nízkém zastoupení, a to jen na 2 pozemcích - uplatnění zasakovacích pásů). Na rozdíl od ZD Bulhary a Agros Vraný nejsou v Lupofytu pěstovány erozně nebezpečné plodiny jako kukuřice a cukrovka, a proto je plnění standardu DZES 5 bez problémů.

Lupofyt Chrášťany při pěstování polních plodin dosahuje dlouhodobě velmi dobrých výsledků, z nichž některé patří mezi špičkové, jak v rámci okresu Rakovník, tak i v rámci celé ČR. Za tyto výsledky byl v posledních letech opakovaně oceněn, mimo jiné byl již pětkrát vyhlášen TOP podnikem Zemědělského svazu ČR. Jednatel společnosti Ing. Jaroslav Mikoláš získal v roce 2005 prestižní ocenění nejúspěšnější manažer v odvětví zemědělství a lesnictví (vyhlašuje Česká manažerská asociace se Svazem průmyslu). V roce 2016 byly dosaženy vysoké výnosy pěstovaných plodin, přestože až do měsíce května byl nedostatek srážek, který se nepříznivě projevil zejména na velmi raných odrůdách ozimé pšenice (viz příloha). U ozimé pšenice byl průměrný výnos 7,92 $t \cdot ha^{-1}$ (průměr okresu 6,22 $t \cdot ha^{-1}$), u ozimého ječmene 7,5 $t \cdot ha^{-1}$ (průměr okresu 6,4 $t \cdot ha^{-1}$), u jarního ječmene 7,38 $t \cdot ha^{-1}$ (průměr okresu 4,75 $t \cdot ha^{-1}$), u ozimé řepky 4,1 $t \cdot ha^{-1}$ (průměr okresu 3,47 $t \cdot ha^{-1}$).

Vzhledem k rizikům hospodaření v oblasti ohrožené suchem je snahou provádět opatření v optimální agrotechnické lhůtě s využitím výkonné zemědělské techniky pro zpracování půdy, setí, hnojení, ochranu rostlin a sklizeň a s uplatněním nejnovějších poznatků v daném oboru. Velmi kladně lze v tomto směru hodnotit úzkou spolupráci se zemědělskými univerzitami (zejm. ČZU), s výzkumnými ústavy (zejm. VÚRV Praha, ZVÚ Kroměříž) a s různými firmami (AGRA Střelské Hoštice, MJM Litovel a další) při zavádění nových technologických postupů, při výběru odrůd pěstovaných plodin, při optimalizaci hnojení včetně používání metod precizního zemědělství. Ve spolupráci s uvedenými subjekty Lupofyt provozuje na svých pozemcích odrůdové pokusy s ozimou pšenicí (14 odrůd) a s ozimou řepkou (28 odrůd), na jejichž základě jsou vybírány vhodné odrůdy pro provozní plochy. Výsledky odrůdových pokusů jsou prezentovány také dalším agronomům na různých odborných akcích (odborný seminář, polní den, prohlídky porostů) pořádaných ve spolupráci s Okresní agrární komorou Rakovník. Ve spolupráci s MJM Litovel a s dalšími odbornými partnery jsou uplatňovány postupy precizního zemědělství: variabilní aplikace hnojiv na základě rozborů půd (odběry jednou za 3 roky), automatické navádění techniky po pozemku, regulace přestřiků na souvratích apod. S využitím systémů GPS jsou eliminovány

nepřesnosti způsobené lidským faktorem. Společnost Lupofyt disponuje moderní výkonnou zemědělskou technikou, jako jsou např. pásový traktor J.D. 8345RT, velmi výkonné disky Swisster 10XE, sklízecí mlátičky LEXION 550 a 750 (na pásech) s tvorbou výnosových map a další. Vzhledem k vysokým výnosům a k odběru živin z půdy rostlinami je uplatňována vysoká intenzita hnojení minerálními hnojivy (303 kg č. ž·ha^{-1}, z toho 197 kg N·ha^{-1}), přičemž dávky živin jsou optimalizovány podle rozborů půd a rostlin s využitím metod N_{min}, AZP, ARR a senzorů N. Pravidelně je prováděno vápnění půd dolomitickým vápencem.

Jak vyplývá z analýz v předcházejících kapitolách, je dostupnost půdní vláhy na pozemcích Lupofytu limitujícím faktorem pro produkci polních plodin a v případě významných epizod sucha má toto vážné dopady na růst a na vývoj rostlin a na dosažené výnosy polních plodin. Tento stav předurčují výše popsané agroklimatické, půdní a geomorfologické podmínky. To představuje, zejména při vysoké intenzitě výroby, značná rizika spojená s rentabilitou vstupů v letech s nepříznivými povětrnostními podmínkami. Zejména ozimá řepka vyžaduje vzhledem k většímu zastoupení v osevním postupu (více než 30 %) vysoké náklady především na intenzivní ochranu rostlin. Navíc v příštích letech existují reálné předpoklady nárůstu tzv. agrometeorologicky nepříznivých událostí, jejichž negativní dopady mohou významně ovlivnit výnosy a kvalitu produkce pěstovaných plodin, což může mít zásadní vliv na výsledky hospodaření (např. větší rizika spojená s přezimováním ozimů, s častějšími jarními přísušky, s vysokými teplotami vzduchu v průběhu vegetace, s problémy v ochraně rostlin s nárůstem škodlivosti některých chorob a škůdců včetně napadení kořenů rostlin a dosud nepříliš významných plevelů, s poléháním porostů v důsledku přívalových srážek v kombinaci s vyššími rychlostmi větru a s komplikacemi sklizňových a dalších sezonních prací v důsledku vyšších srážkových úhrnů v daném období).

Jedním z nejvýznamnějších opatření je zvýšení retenční schopnosti půdy, do kterého v současné době Lupofyt již investuje nemalé prostředky (technika na pásech, podrývání utužených půd, pravidelné vápnění apod.). Zadržení vody ze srážek a optimální hospodaření s vodou v půdě (omezení ztrát vody při zpracování půdy, omezení výparu, včasná likvidace výdrolu, vhodné osevní sledy, kladná bilance organické hmoty v půdě apod.) se stává jedním z rozhodujících faktorů při hospodaření na půdě v suchých oblastech. Vzhledem k tomu, že podnik nemá živočišnou výrobu, jsou pro zachování kladné bilance půdní organické hmoty všechna sláma a další rostlinné zbytky včetně výdrolu řepky zapravovány do půdy. K nežádoucímu úbytku POH může docházet vlivem zpracování půdy, kdy konvenční postupy s orbou urychlují mineralizaci POH, zatímco při použití minimalizačních technologií je celková bilance příznivější. Čím více kypříme a provzdušňujeme půdu, a to zejména v době, kdy probíhají v půdě intenzivně mineralizační procesy, tím více bychom do ní měli vracet organických látek. Proto se v Lupofytu v posledních letech snižuje podíl v letním období oraných půd pro řepku a orba se provádí až před zimou pro jařiny. Způsob hospodaření s ponecháním rostlinných zbytků na pozemku se příznivě projevuje na kvantitě POH oproti případům, ve kterých je sláma odvážena z polí především pro potřeby chovu zvířat. Tím se zvýší celkový obsah POH, ale nemusí dojít ke zlepšení její kvality.

Z analýzy současného stavu používaných pěstebních technologií vyplývá, že pro zlepšení stability výnosů polních plodin je třeba větší pozornost věnovat lepšímu zadržení vody ze srážek v půdě, zlepšení hospodaření s vodou v půdě a její efektivní využití rostlinami (v některých případech zbytečné ztráty vody z půdy při jejím zpracování včetně předseťové přípravy, omezení utužení půdy optimalizací přejezdů techniky, rezervy ve struktuře porostů obilnin a hnojení dusíkatými hnojivy apod.). Vzhledem k vysokému zastoupení některých plodin v osevním postupu (30-40 % řepky ozimé a celkem až 60 % olejnin) je nutné také věnovat pozornost zdravotnímu stavu, zejména u ozimé řepky, a operativní ochraně rostlin proti chorobám a škůdcům a výběru odrůd s vyšší odolností proti nejvýznamnějším chorobám.

V tabulce Tab. 6.2 je uveden osev tržních plodin ve společnosti Lupofyt, s.r.o. Chrášťany dle údajů uvedených v Jednotné žádosti pro rok 2015. Vhodnost osevního sledu plodin a používaných technologií

byla ověřena v internetové aplikaci „Protierozní kalkulačka“[11]. Pro hodnocení osevního sledu sestaveného dle procentuálního zastoupení plodin (viz Tab. 6.2) byla uvažována stávající agrotechnika (zpracování půdy s podmítkou, s orbou a s předseťovou přípravou u řepky ozimé a u jarních obilovin, vertikální zpracování půdy u ozimých obilovin). Vzhledem k tomu, že podnik nemá živočišnou výrobu, jsou pro zachování kladné bilance organické hmoty rostlinné zbytky a sláma zapravovány zpět do půdy. V podniku nejsou pěstovány erozně nebezpečné plodiny, a proto vodní eroze nezpůsobuje zásadní problém v podniku. Pouze u dvou půdních bloků (Tab. 6.3) byla mírně překročena přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace, a to u DPB 9002 o 0,001 a u DPB o 0,028.

Plodina	Plocha (ha)	Zastoupení (%)
ječmen jarní	91	4,69
ječmen ozimý dvouřadý	84	4,33
jetelotravní směs	91	4,69
mák	201	10,35
pšenice setá ozimá	736	37,90
řepka ozimá	664	34,19
chmelnice	75	3,86

Tab. 6.2: Osevy a procentuální zastoupení plodin v roce 2015 (dle údajů v jednotné žádosti)

Číslo DPB	Výměra (ha)	Plodina (osev 2015)	Hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace		
			vypočtená	přípustná	překročení
9002	14,43	zelený úhor	0,296	0,297	**-0,001**
8802/1	8,47	pšenice setá ozimá	0,296	0,324	**-0,028**

Tab. 6.3: Půdní bloky, pro které stávající osevní postup nemá dostatečný půdoochranný efekt

6.5.2 Osevní postup - bilance organické hmoty

Dále byla na orné půdě posouzena bilance půdních organických hmot (POH). Lupofyt, s.r.o. Chrášťany hospodaří s rostlinnou výrobou bez živočišné produkce, z toho důvodu je sláma na pozemcích ponechána. Je používáno klasické (konvenční) zpracování půdy pro všechny plodiny a nejsou používány meziplodiny. V rostlinné výrobě je pěstován chmel na ploše 84 ha, ostatní orná plocha je v rozloze 1857 ha z toho 1,7 ha tvoří trvalý travní porost a 88,6 ha je vedeno v LPIS jako úhor. Podnik má nadprůměrné výnosy plodin. Bilanci POH je vhodné počítat pro jednotlivé půdní bloky, na které je zvolen konkrétní sled plodin při zahrnutí půdních podmínek pozemku.

Pro účely této studie byly vytvořeny dvě varianty 4 a 6 letého osevního postupu (Tab. 6.4), přičemž rozdělení pozemků je součástí mapy (Mapa 6.18). K výpočtu bilance POH byla použita online aplikace dostupná na webovém portálu www.organickahmota.cz. Výpočet vychází ze slovenské metodiky[12] a byl doplněn o specifika prostředí České republiky. Pro výpočet bilance POH je v souladu se skutečným stavem uvažován konvenční způsob hospodaření. Bilance POH je počítána ze vztahu:

$$B_C = (u \,.\, K_C) + (D_H \,.\, C_H) + Q_Z - (C_m \,.\, K_m),$$

[11] Protierozní kalkulačka je dostupná na http://kalkulacka.vumop.cz

[12] Bielek P., Jurčová O. (2010): *Metodika bilancie pôdnej organickej hmoty a stonovenia potreby organického hnojenia poľnohospodárskych pôd*. Výzkumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy. Druhé doplnené vydanie. Bratislava. ISBN 978-80-89128-80-8.

kde:

B_C .....bilance uhlíku v t $C \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$,
u.....výnos hlavního produktu v $t \cdot ha^{-1}$,
K_C .....koeficient množství uhlíku plodiny při uvažovaném výnosu hlavního produktu v t C na 1 tunu výnosu,
D_H .....použitá (resp. plánovaná) dávka organického hnojiva v $t \cdot ha^{-1}$,
C_H .....koeficient přepočtu dávky organického hnojiva na množství uhlíku v t $C \cdot ha^{-1}$,
Q_Z.....vstup uhlíku z plodiny zeleného hnojení (meziplodiny) v t $C \cdot ha^{-1}$,
C_m .....základní ztráty uhlíku v příslušné kategorii půd v t $C \cdot h^{-1} \cdot rok^{-1}$,
K_m .....koeficient vlivu plodiny na ztrátu uhlíku v příslušné půdní skupině plodin.

Půdy obhospodařované ZD spadají z pohledu základní ztráty půdy (koeficient C_m – viz dále), která odráží její charakter (kvalitu), do 2 kategorií - kategorie 2 (368 ha, 21 %) a kategorie 3 (1397 ha, 79 %). Bilance tedy byla provedena variantně pro tyto dvě kategorie (KP2 a 3).

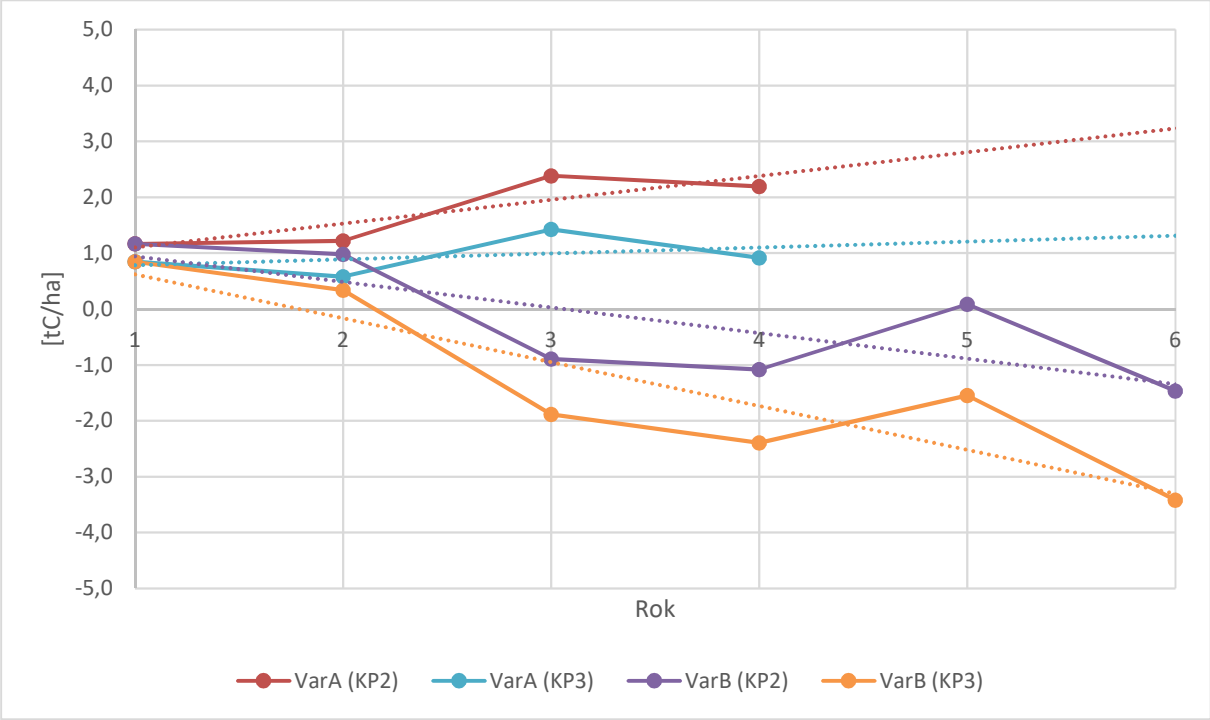
V rámci této studie byl prováděn výpočet bilance POH pro dvě typické struktury osevního postupu zemědělského družstva (označení varianta A a varianta B) a pro obě zastoupené kategorie půdy (označení KP2 a KP3). Osevní postupy a výpočty bilance POH jsou uvedeny v následujících tabulkách, celkový vývoj POH v Obr. 6.4.

Rok	**Plodina**	**u**	**K_c**	**C_m**	**K_m**	**B_c (KP2)**	**K_m**	**B_c (KP3)**
1.	řepka ozimá	3	1,812	1	4,27	**1,2**	4,59	**0,8**
2.	ječmen ozimý	5,5	0,786	1	4,27	**0,1**	4,59	**-0,3**
3.	řepka ozimá	3	1,812	1	4,27	**1,2**	4,59	**0,8**
4.	pšenice ozimá	5,5	0,742	1	4,27	**-0,2**	4,59	**-0,5**
Celková bilance					-	**2,2**	-	**0,9**

Tab. 6.4a: Osevní postup Lupofyt Chrášťany, varianta A pro pozemek s půdou KP2 a KP3

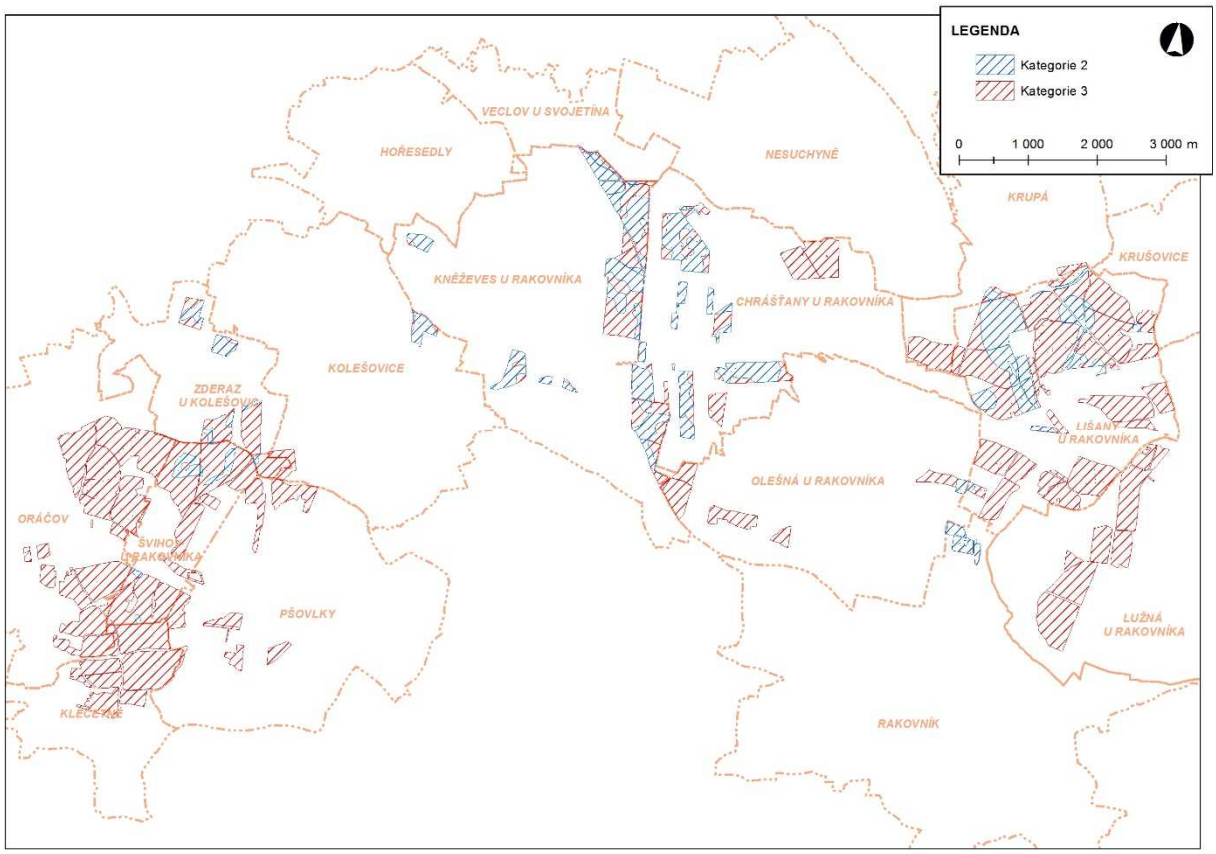
Rok	**Plodina**	**u**	**K_c**	**C_m**	**K_m**	**B_c (KP2)**	**K_m**	**B_c (KP3)**
1.	řepka ozimá	3	1,812	1	4,27	**1,2**	4,59	**0,8**
2.	pšenice ozimá	5,5	0,742	1	4,27	**-0,2**	4,59	**-0,5**
3.	mák setý	0,55	5,142	1,1	4,27	**-1,9**	4,59	**-2,2**
4.	pšenice ozimá	5,5	0,742	1	4,27	**-0,2**	4,59	**-0,5**
5.	řepka ozimá	3	1,812	1	4,27	**1,2**	4,59	**0,8**
6.	ječmen jarní	5	0,544	1	4,27	**-1,6**	4,59	**-1,9**
Celková bilance					-	**-1,5**	-	**-3,4**

Tab. 6.4b: Osevní postup Lupofyt Chrášťany, varianta A pro pozemek s půdou KP1, KP2 a KP3



Obr. 6.4: Vývoj POH a jejich trendy pro varianty A a B a pro pozemky s půdou v KP1, KP2 a KP3

U varianty osevního postupu A, který je aplikován na cca 700 ha území, není z modelu patrný pokles POH ani pro nejméně příznivou kategorii půdy 3. U varianty B je pro půdy KP2 a KP3 patrný úbytek POH. Úbytek není kritický, přesto z dlouhodobého pohledu představuje významný pokles a negativní trend. Pro tyto pozemky by bylo vhodné upravit sled plodin, zahrnout meziplodiny nebo aplikovat organická nebo statková hnojiva. K vyrovnání deficitu na pozemku s nejvyšším úbytkem POH by byla zapotřebí dávka chlévského hnoje 20 $t \cdot ha^{-1}$ při dodržování pravidel nitrátové směrnice a dalších závazných norem platících pro jednotlivé pozemky ve zranitelných oblastech (ZOD). K úbytku POH dochází i vlivem zpracování půdy, kdy konvenční způsob urychluje mineralizaci POH. V případě použití minimalizačních technologií je celková bilance z pohledu základní ztráty POH příznivější. Způsob hospodaření s ponecháním posklizňových zbytků na pozemku se příznivě projevuje na kvantitě POH oproti případům, ve kterých je sláma odvážena především pro potřeby živočišné produkce. Tím se zvýší celkový obsah POH, ale nemusí dojít ke zlepšení kvality POH, kdy jsou živiny pro rostliny ve špatně dostupné formě. Při zaorání slámy je následně často nutné optimalizovat poměr C:N aplikací minerálních hnojiv.



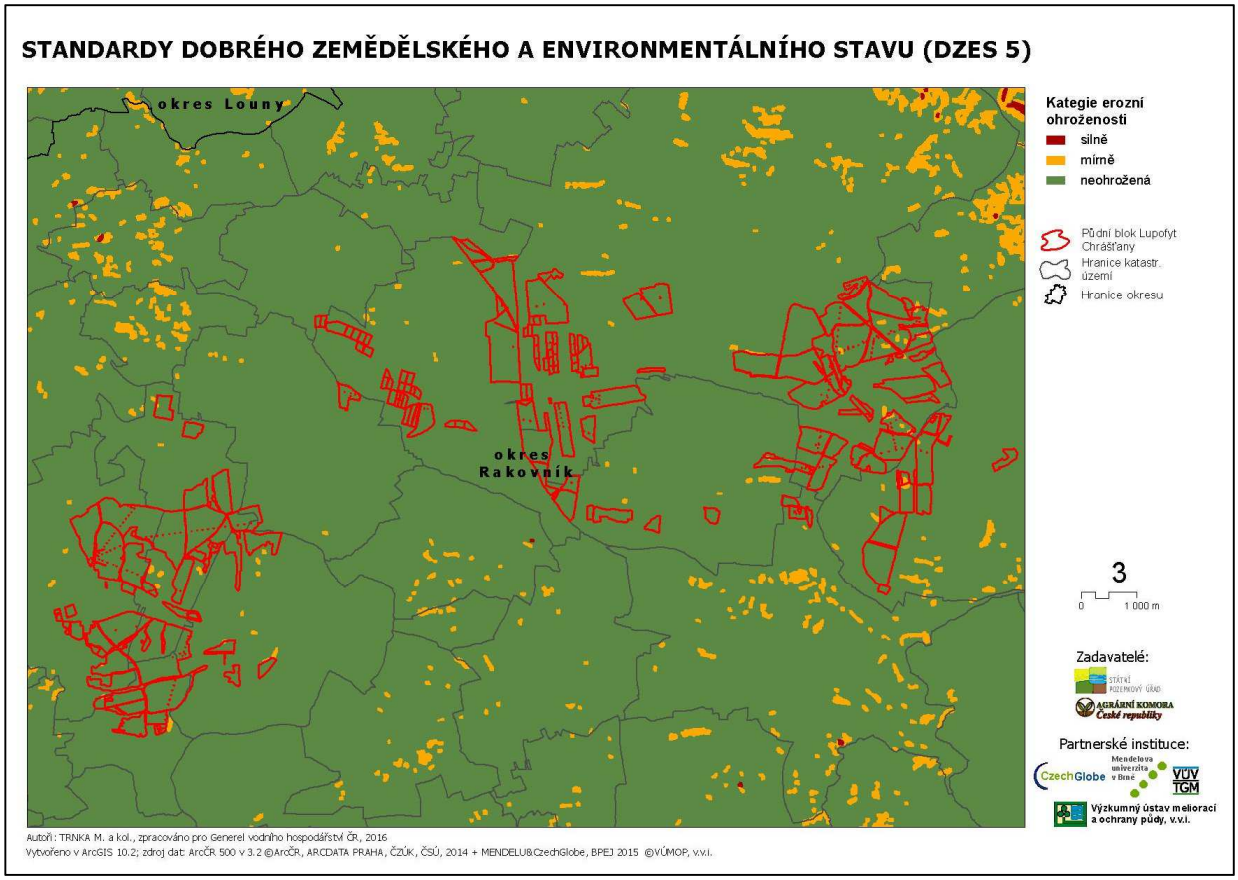
Mapa 6.18: Rozdělení pozemků podle kategorie půdy

6.5.3 Posouzení souladu stávajícího způsobu hospodaření s požadavky plnění standardů DZES 5 a současná rizika erozního ohrožení

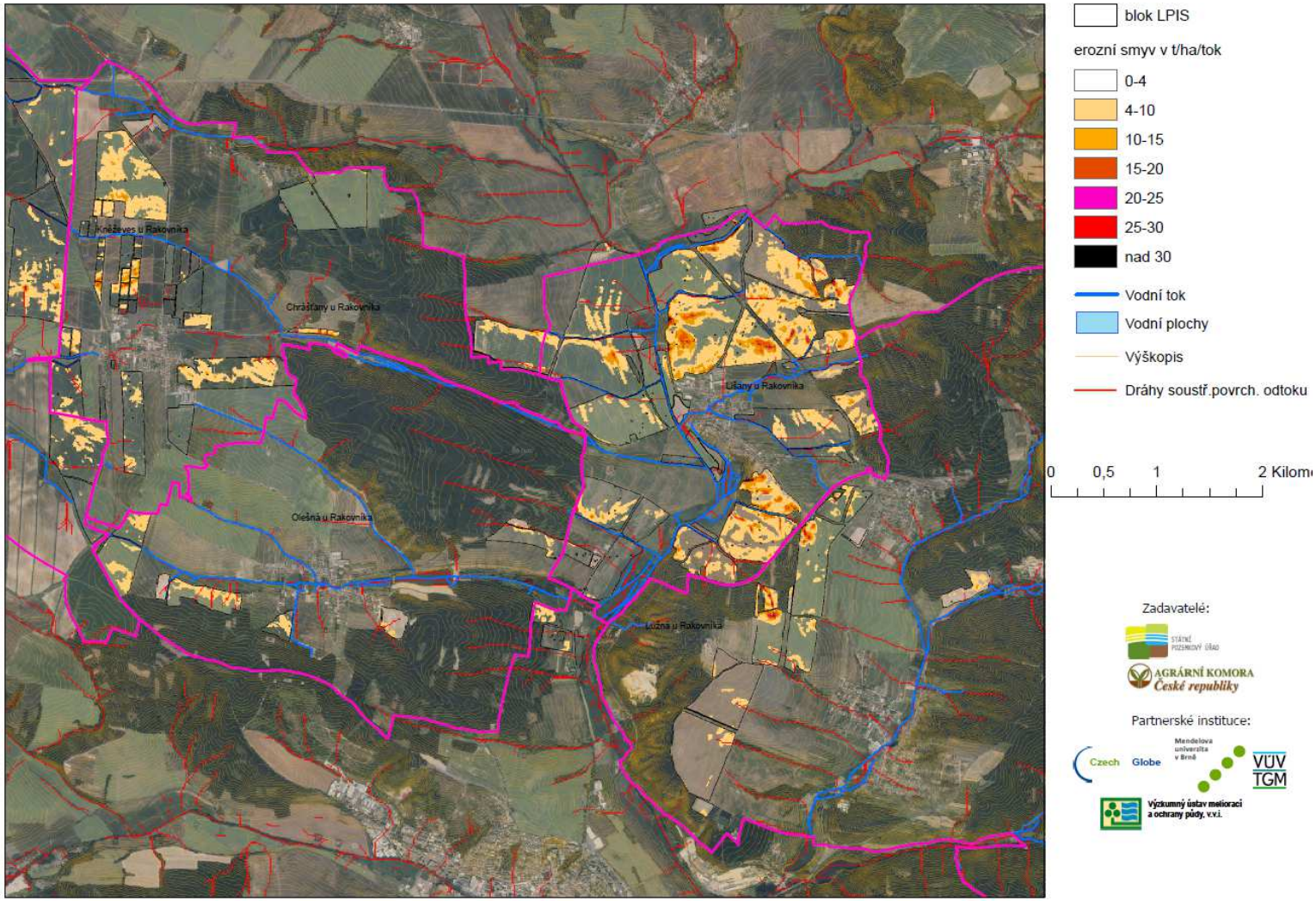
Na užívaných půdních blocích musí být plněny požadavky dobrého zemědělského a environmentálního stavu definované v Nařízení vlády č. 309/2014 Sb. Standard DZES 5 požaduje, aby na ploše mírně erozně ohrožené byly erozně nebezpečné plodiny kukuřice, cukrová řepa, bob setý, sója, slunečnice a čirok zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií.

Vrstva erozní ohroženosti půd je přístupná v LPIS prostřednictvím Portálu farmáře. LPIS poskytuje jak vlastní vymezení ohrožených půd, tak doporučený management pro půdní blok.

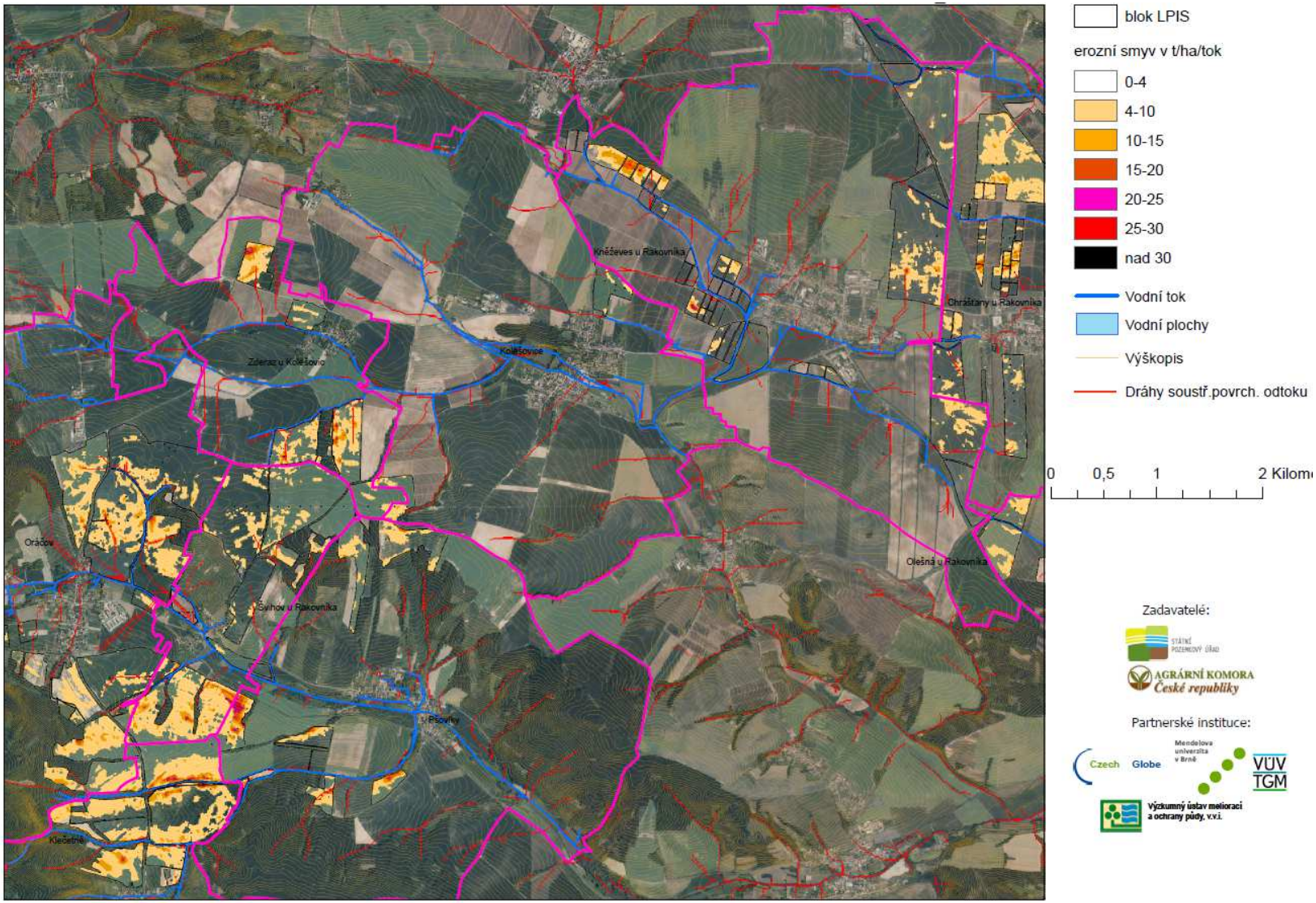
Společnost Lupofyt, s.r.o. Chrášťany má v LPIS vedeno 195 dílů půdních bloků, z nichž pouze na 11 DPB je vymezena mírně erozně ohrožená plocha v celkové ploše 10,53 ha, silně erozně ohrožená plocha (SEO) není vymezena na žádném DPB. Vzhledem k tomu, že v podniku nejsou pěstovány erozně nebezpečné plodiny, plnění standardu DZES 5 není zásadní problém (Mapa 6.19). Nicméně Mapy 6.20a-b dokládají lokální ohrožení erozí, které je součástí řešení.



Mapa 6.19: Vrstva erozní ohroženosti vedená v LPIS a DPB užívané Lupofyt, s. r. o. Chrášťany



Mapa 6.20a: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro Lupofyt Chrášťany - varianta současný stav R 40



Mapa 6.20b: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro Lupofyt Chrášťany - varianta současný stav R 40

6.6 Návrh variantních ochranných a adaptačních opatření

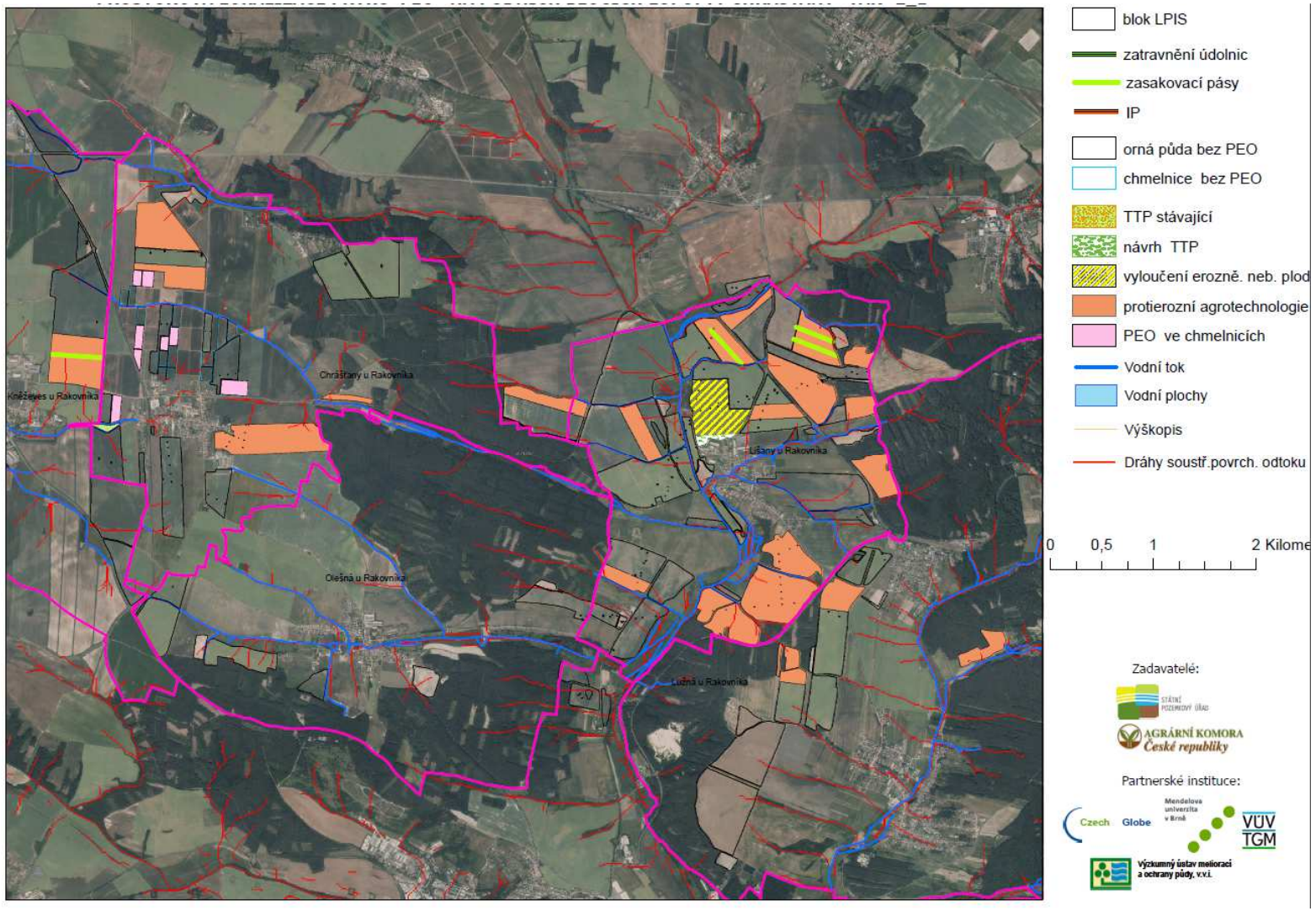
Návrh ochranných a adaptačních opatření byl navržen ve dvou variantách - realistická varianta (RV) a maximální varianta (MV). Rozdíly mezi variantami spočívají v návrhu interakčních prvků (10 m zatravněné pásy doplněné ozeleněním) a v návrhu protipovodňových průlehů u var. MV. Technická opatření nebyla v řešeném území navrhována. Z hlediska protierozní ochrany nebyla navrhována technická opatření. Byla navržena jen tam, kde zároveň plní funkci protipovodňové ochrany. Interakční prvky doplněné krajinnou zelení vyžadují úpravu vlastnických vztahů v procesu pozemkových úprav. Jako biotechnická opatření byly navrženy v RV i MV zasakovací travní pásy. U MV byly navíc navrženy interakční prvky – protierozní meze. U obou variant jsou základem protierozní ochrany navržená organizační a agrotechnická opatření spočívající v aplikaci protierozních agrotechnologií (výsev do krycí plodiny či do strniště), v ochranném zatravnění a v protierozním rozmísťování pěstovaných plodin (určení ploch, kde je navrženo vyloučení erozně nebezpečných širokořádkových plodin).

6.6.1 Realistická varianta - přehled navrhovaných opatření

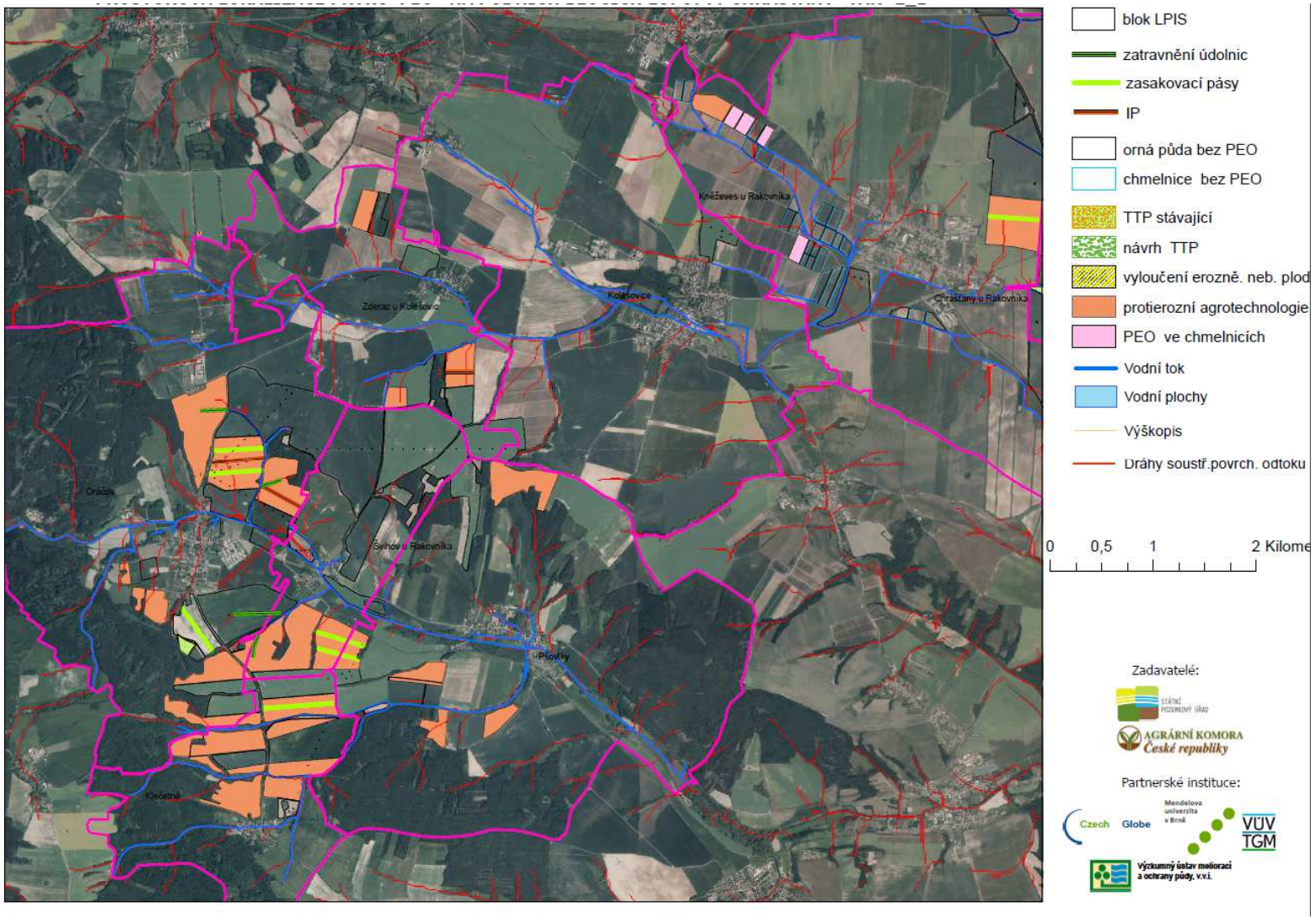
Základem protierozní ochrany jsou navržená agrotechnická a organizační opatření spočívající v aplikaci protierozních agrotechnologií (výsev do krycí plodiny či do strniště), v ochranném zatravnění a v protierozním rozmísťování pěstovaných plodin (určení ploch, kde je navrženo vyloučení erozně nebezpečných širokořádkových plodin). Agrotechnická a organizační opatření jsou doplněna o návrh zasakovacích travních pásů. Celkový přehled navrhovaných opatření obsahuje Mapa 6.21a-b a výkaz výměr v Tab. 6.5.

Varianta č. 2 - RV	**plocha (ha)**
protierozní agrotechnologie na orné půdě	583,1
VENP	23,0
návrh TTP	2,4
PEO ve Chmelnici	25,3
zatravnění údolnic	2,4
zasakovací pásy	12,4
CELKEM	648,6

Tab. 6.5: Výkaz výměr navržených opatření u realistické varianty RV



Mapa 6.21a: Varianta RV základních protierozních opatření_1



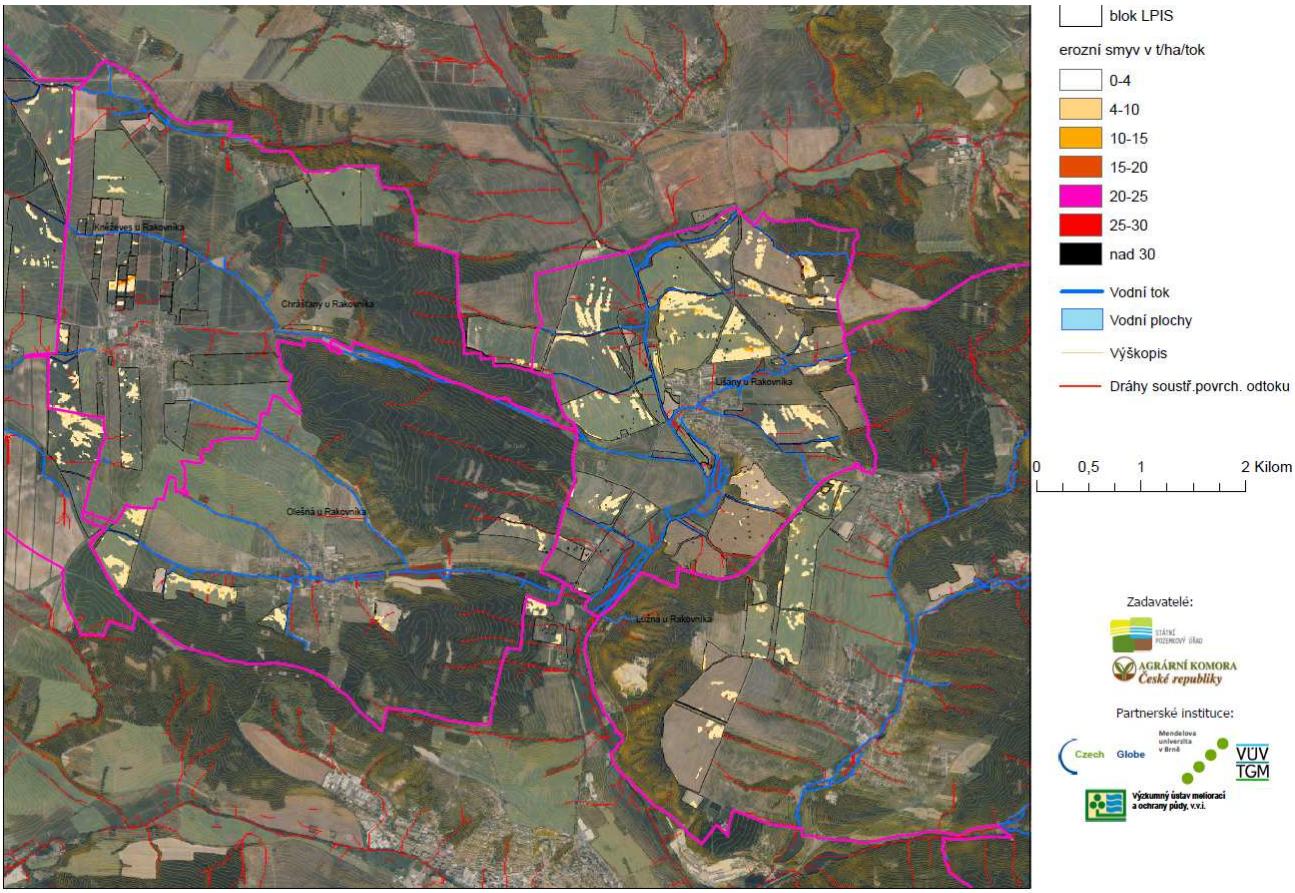
Mapa 6.21b: Varianta RV základních protierozních opatření_2

Protierozní agrotechnologie na orné půdě (AGT)

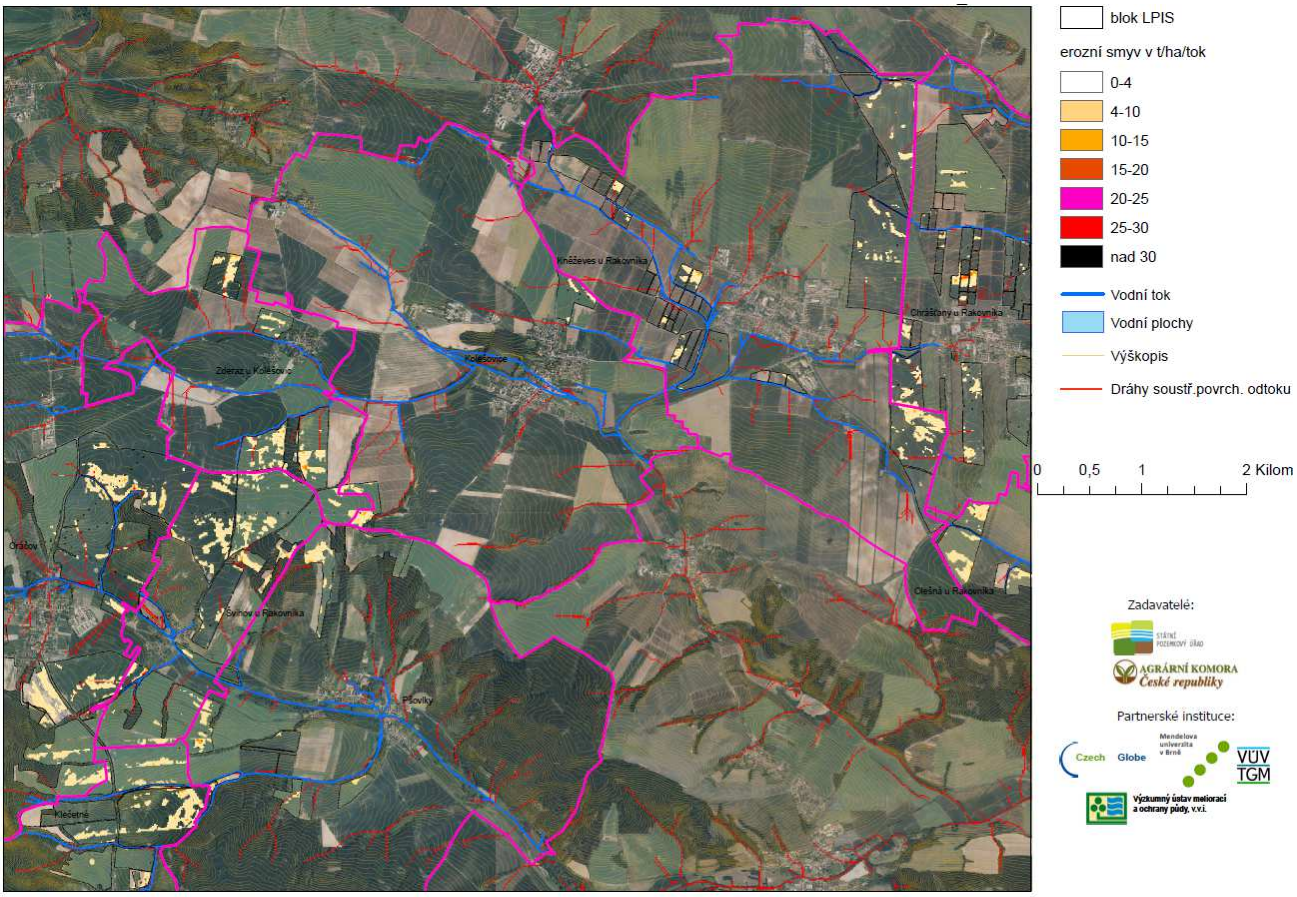
Protierozní agrotechnologie navržené v řešeném území představují výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče nebo do posklizňových zbytků. Tato protierozní agrotechnologie je často spojována s omezeným zpracováním půdy. K protierozní ochraně se využívá rostlinného materiálu v různých formách, který je ponechán na povrchu půdy nebo je částečně zapraven a zabraňuje tak volnému povrchovému odtoku. Při aplikaci protierozních agrotechnologií se využívá zásada, že s množstvím vegetačního krytu na povrchu půdy roste protierozní účinek. Zdrsněný povrch pozemku rostlinnými zbytky zpomaluje povrchový odtok a zlepšuje podmínky pro zasakování spadlých srážek. K aplikaci protierozních agrotechnologií se doporučuje využívat částečně zapravené posklizňové zbytky předplodiny nebo meziplodiny. K částečnému zapravení posklizňových zbytků do půdy jsou používány kypřiče půdy a podmítače s pasivními pracovními orgány (většinou dlátové a radličkové kypřiče).

U plodin s vyššími předpoklady k eroznímu poškození se využívá jako mulčovací materiál sláma z předplodiny: obilovina, příp. kukuřice, chemicky umrtvená ozimá plodina nebo vymrzlá jarní meziplodina setá na podzim.

Agrotechnická opatření spojená s technologií výsevu plodin do ochranné plodiny, do strniště, či do posklizňových zbytků jsou často spojena s omezeným zpracováním půdy. K protierozní ochraně se využívá rostlinného materiálu v různých formách, který je ponechán na povrchu půdy nebo je částečně zapraven a zabraňuje tak volnému povrchovému odtoku. Podrobnější popis protierozních technologií přináší literatura (Uživatelská příručka VÚMOP, Nové technologie v ochraně půdy, případně katalog PEO). Propočtené výsledky navržených opatření jsou zachyceny na mapách (viz Mapa 6.22a-b).



Mapa 6.22a: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 40_1



Mapa 6.22b: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 40_2

Přehled navrhovaných opatření

Organizační opatření

V modelovém území Lupofyt Chrášťany byla navržena opatření:

- delimitace druhu pozemku,
- protierozní rozmísťování plodin a protierozní osevní rotace.

Protierozní rozmísťování plodin

Na erozně ohrožených pozemcích je navrženo protierozní rozmísťování plodin formou střídání plodin s různým protierozním účinkem včetně určení ploch, kde je navrženo vyloučení erozně nebezpečných širokořádkových plodin (VENP). Protierozní rozmístění plodin na svazích patří k obecným zásadám protierozní ochrany půdy. Vychází z protierozního účinku plodin, který je dán charakteristikou vzrůstu, olistěním, rychlostí vývinu a typem pěstování (úzkořádkové a širokořádkové). Jednotlivé plodiny lze na základě protierozní ochrany při tradičním pěstování sestavit do řady se stoupající erozní ohrožeností: travní porost – vojtěška – obilnina ozimá – obilnina jarní – hrách – řepka ozimá – slunečnice – cukrovka – kukuřice.

Opatření formou VENP, kdy jsou z osevní rotace vyloučeny erozně nebezpečné plodiny (kukuřice, slunečnice, sója, cukrovka, bob setý), byly navrhovány jen na erozně ohrožených pozemcích lokalizovaných nad zastavěným územím obce.

Protierozní rozmísťování plodin je navrženo na ploše 23,0 ha.

Návrh protierozní ochrany ve chmelnicích

Ohrožení půdy vodní erozí při pěstování chmele je způsobeno tím, že půda ve chmelnicích je nejméně chráněná v raném stádiu růstu, bezprostředně po zavedení rostlinek, které nechrání povrch půdy před působením dešťových kapek. Chmel vyžaduje intenzivní obdělávání a častými pojezdy při této činnosti se půda mezi řadami zhutňuje a dochází ke snížení vsaku vody do půdy a ke vzniku povrchového odtoku a k eroznímu smyvu půdy. Častým mělkým kypřením vzniká nakypřená svrchní vrstva, která snadno podléhá vodní erozi. Ke snížení eroze při pěstování chmele se doporučuje nové chmelnice zakládat vrstevnicově. Je třeba zajistit zvýšený přísun organické hmoty do půdy, meziplodin a posklizňových zbytků pro zvýšení tvorby humusu. Nutné je omezit zpracování půdy a hloubkové kypření na podzim a využít systému zeleného hnojení. Doporučuje se chránit meziřadí krátkodobými porosty v meziřadí či mulčováním.

Protierozní ochrana ve chmelnicích je navržena na ploše 25,3 ha.

Agrotechnická opatření

Na erozně ohrožených plochách byla navržena agrotechnická opatření na ploše cca 583,1 ha. K eliminaci eroze a ke zvýšení retenční schopnosti krajiny byl na celé ploše doporučen výsev do krycí plodiny. Vlastní protierozní agrotechnika (tj. způsob obdělávání zemědělské půdy), v prvé řadě směr orby, setí a všechny ostatní kultivační i sklizňové operace, by měly být vždy prováděny, pokud to sklon a systém mechanizačních prostředků dovolí, ve směru vrstevnic či s určitým odklonem od tohoto směru daným dle členitosti morfologie terénu.

V PEO se velmi účinně uplatňují podsevy nebo meziplodiny, které se vysévají po sklizni hlavní plodiny. K tomu se hodí např. hořčice, svazenka apod., jejichž porosty přes zimu vymrznou. Je možno rovněž použít ozimý ječmen a žito, nebo jílek mnohokvětý, jejichž porosty je nutno před výsevem hlavní plodiny na jaře umrtvit herbicidy, pokud možno bez dalších reziduálních účinků.

Mezi základní doporučená agrotechnická opatření patří:

- výsev do ochranné plodiny/strniště,
- do mulče či posklizňových zbytků.

Operativní agrotechnická opatření

Požadované změny v agrotechnice budou vyžadovat preciznější a operativnější přístupy s využitím diagnostických metod pro zjištění zdravotního a výživného stavu rostlin a s regulací vstupů na základě aplikačních map. Výrazně vyšší roli musí hrát operativní optimalizace vstupů a využívání přístupů precizního zemědělství s ohledem na výraznou proměnlivost podmínek v rámci jednotlivých honů. Části honů, kde jsou ve více letech dosahovány velmi nízké výnosy, budou určeny na ozelenění s výběrem rostlin, které by mohly tento stav zlepšit. Vzhledem k vysokému zastoupení ozimé řepky v osevním postupu a předpokládanému nárůstu problémů se škůdci a s chorobami v příštích letech bude nutné snížit její zastoupení v osevním postupu pod 30 % a místo ní zařadit zlepšující plodiny (např. inkarnát, lupina apod.).

Uplatnění nových technologických postupů při hnojení rostlin, spojených s omezením plošné aplikace hnojiv na povrch půdy (zejména dusíkatých) a s používáním hnojiv s regulovaným uvolňováním živin, přispěje k omezení rozkladu organických látek v půdě, zlepšení povrchové struktury půdy či ke zvýšení diversity půdních organismů včetně vyšší aktivity nesymbiotických fixátorů dusíku (např. Azotobacter). Budou podporována opatření k ochraně půdy a zvýšení její retenční schopnosti (používání techniky na pásech, pravidelné vápnění s pozvolným účinkem, určování hloubky zpracování půdy na základě diagnostiky půdního profilu apod.) V Tab. 6.6 je u jednotlivých plodin popsán současný stav a jsou navrženy doporučené změny ve zpracování půdy a v hnojení při minimálních požadavcích na investice (1) a při nákupu nových strojů a zařízení (2).

Plodina	**Popis současného stavu a navržených změn**
pšenice ozimá	Většina porostů je zakládána po ozimé řepce - nyní většinou 2× disky (první do 8 cm, pak Roundup na výdrol, 2. disky do 12 cm), hnojení fosforečnými a hořečnatými hnojivy (Amofos, Kieserit) a nepravidelně také draselnými hnojivy (DS). Dávky určovány dle rozborů půd a hnojiva aplikovány variabilně dle aplikačních map. Před setím kompaktor. Na jaře hnojeno dusíkatými hnojivy (LAD, DAM, UREA^{stabil}), dávky určovány na základě rozborů půd a rostlin (většinou 160-200 kg N·ha^{-1}). 1. Ověřit mulčování strniště horizontálním mulčovačem po sklizni řepky a v případě vlhké povrchové vrstvy půdy nechat vzejít výdrol bez podmítky a zapravit disky již vzrostlý výdrol. Hnojení dusíkatými hnojivy směřovat i ve vyšších dávkách do začátku jarní vegetace v návaznosti na hustotu porostu a stav rostlin (upřesnění vhodné formy N). Výživný stav rostlin včetně stopových prvků v průběhu vegetace je optimalizován na základě rozborů rostlin aplikací kapalných a listových hnojiv. Před ozimou řepkou pěstovat rané odrůdy s dobrou kvalitou zrna, vyšší obsah N-látek v zrnu podpořit vyšší pozdní dávkou N (min. 60 kg N·ha^{-1}) nejpozději na začátku metání. V případě přísušku a nevyužití aplikovaného N ke zvýšení obsahu bílkovin v zrnu má zbytkový dusík nevyužitý ozimou pšenicí příznivý vliv na výživu ozimé řepky a stav porostu v podzimním období. Větší pozornost věnovat provenienci osiva, energii klíčení a stanovení výsevku ve vztahu k termínu setí a k cílené struktuře porostu. 2. Setí do půdy s mulčem na povrchu, setí směsí kompenzačních odrůd, z toho 1 odrůda tolerantní k suchu. Variabilní regulace vstupů (minerální hnojiva, pesticidy) na základě aplikačních map integrujících zjištěná data o půdě a stavu porostu (dostupnost vody pro rostliny, výnosové mapy, DPZ, výživný stav půdy a rostlin apod.). V místech s nízkou dostupností vody pro rostliny v době přísušků (např. štěrkovité nebo mělké půdy) významně omezit intenzitu vstupů. Při pořizování postřikovače možnost instalace aplikačních trubic ve vzdálenosti 25 cm pro pozdní přihnojení porostů kapalným hnojivem DAM - významné omezení rizika popálení porostu. Větší uplatnění hnojiv s regulovaným uvolňováním živin a zvyšování ploch s lokální aplikací minerálních hnojiv na úkor plošné aplikace na povrch půdy.
řepka ozimá	Po sklizni ozimé pšenice aplikace dusíku na slámu (100-150 kg N·ha^{-1} v síranu amonném), variabilní aplikace hnojiv P, K, Mg (nebo po podmítce podle vytíženosti techniky a traktoristů), mělká podmítka radličkami nebo disky max. do 8 cm, pak 2.

	podmítka do 20 cm disky, kompaktor a setí. Během podzimu přihnojení porostů 30-45 kg $N \cdot ha^{-1}$ v $UREA^{stabil}$. Na jaře hnojeno dusíkatými hnojivy (LAD, DASA, $UREA^{stabil}$, Amisan, DAM) v celkové dávce 150-180 kg $N \cdot ha^{-1}$ dle stavu porostu a průběhu povětrnosti. Při hnojení hnojivem DASA na vlhkou půdu po zimě může docházet ke zhoršení povrchové struktury půdy a ke snížení její infiltrační schopnosti. Výživný stav rostlin včetně stopových prvků v průběhu vegetace je optimalizován na základě rozborů rostlin aplikací kapalných a listových hnojiv. 1. Po zkušenostech se vzcházením a vyrovnaností porostů v roce 2016 je nutná lepší homogenizace posklizňových zbytků (zejména v místech ležáků). Po sklizni ozimé pšenice přikulit 1. podmítku pro podporu vzejití výdrolu. Na některých půdách vhodné přikulení také 2. podmítky (méně hrud, lepší struktura půdy po kompaktoru). Porovnat různé způsoby zakládání porostů řepky s hlubokým kypřením a setím do širších řádků s využitím stávající techniky nebo formou služeb, popř. ve spolupráci s firmami prodávajícími tuto techniku. Jarní aplikaci hnojiva DASA na půdách s horší povrchovou strukturou půdy, pokud možno provést až v časném 2. přihnojení, kdy již bývá lepší struktura půdy, popř. nahradit jiným hnojivem (např. močovina se sírou). 2. Po sklizni ozimé pšenice homogenizace posklizňových zbytků a slámy horizontálním mulčovačem se sacím efektem, popř. mulčovacími branami. Přesné setí do širších řádků (např. 37,5 cm) s následným plečkováním a s vytvořením hrubé struktury na povrchu půdy (působí protierozně do zapojení porostu) a s možností přihnojení kapalnými minerálními hnojivy ke kořenům rostlin. Ověřit ponechání větší části posklizňových zbytků na povrchu půdy (omezuje výpar a prohřívání půdy v letním období), pásové zpracování půdy s hlubokým kypřením a s aplikací minerálních hnojiv, přesné setí do širších řádků.
mák	Předplodinou je ozimá pšenice nebo jarní ječmen. Po sklizni předplodiny mělká podmítka disky, před orbou na konci podzimu variabilní aplikace minerálních hnojiv (P, Mg, K) dle rozborů půd, urovnání povrchu půdy. Na jaře brány nebo kompaktor, hnojení 100 $kg \cdot ha^{-1}$ v močovině nebo $UREA^{stabil}$, ve 2.-3. lístku přihnojení 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ v $UREA^{stabil}$. V průběhu jarní vegetace přihnojení listovými hnojivy na základě rozborů rostlin. 1. Více pozornosti věnovat všem opatřením, která mají vliv na povrchovou strukturu půdy: určení správné hloubky orby (většinou mělčí orba - nevyorat na povrch nestrukturní vrstvu půdy např. po utužení) nebo hluboké kypření, omezení přejezdů techniky zejména na vlhčí půdě, kladná bilance POH, pravidelné vápnění apod. Pokud to není nutné, neaplikovat hnojiva s K^+ nebo NH_4^+ (K hnojit k předplodině, NH_4^+ pouze se zapravením do půdy). Aplikace minerálních hnojiv s pozvolným uvolňováním živin, při aplikaci N na povrch půdy použít jen ledek vápenatý nebo $UREA^{stabil}$ (resp. močovinu před deštěm).
ječmen jarní	Jarní ječmen následuje po řepce ozimé a je pěstován na osivo. Po sklizni předplodiny mělká podmítka disky, před orbou na konci podzimu variabilní aplikace minerálních hnojiv (P, Mg, K) dle rozborů půdy. Na jaře kompaktor, hnojení N na základě zjištěné zásoby N_{min} v půdě před setím (LAD, močovina, $UREA^{stabil}$), případné přihnojení ve 2.-3. lístku, celková dávka N většinou 80-100 kg $N \cdot ha^{-1}$. V průběhu jarní vegetace přihnojení listovými hnojivy na základě rozborů rostlin. 1. Vzhledem ke stabilizaci odnoží zařadit do pěstební technologie přihnojení ve 2. listu 40-50 kg $N \cdot ha^{-1}$ v $UREA^{stabil}$ (před deštěm možné v močovině).
ječmen ozimý	Ozimý ječmen následuje po řepce ozimé a je pěstován na osivo. Po sklizni předplodiny mělká podmítka disky, likvidace výdrolu Roundup, před 2. hlubší podmítkou variabilní aplikace minerálních hnojiv (P, Mg, K) dle rozborů půdy, předseťová příprava půdy kompaktorem a setí. Na jaře hnojeno dusíkatými hnojivy (LAD, DAM, $UREA^{stabil}$), dávky určovány na základě rozborů půd a rostlin (většinou 120-140 kg $N \cdot ha^{-1}$). 1. Ověřit mulčování strniště horizontálním mulčovačem po sklizni řepky a v případě vlhké povrchové vrstvy půdy nechat vzejít výdrol bez podmítky a zapravit disky již vzrostlý výdrol. Hnojení dusíkatými hnojivy směrovat obdobně jako u ozimé pšenice do začátku jarní vegetace (podpora zahuštění porostu). Výživný stav rostlin včetně

	stopových prvků v průběhu vegetace je optimalizován na základě rozborů rostlin aplikací kapalných a listových a hnojiv.

Tab. 6.6: Doporučené změny ve zpracování půdy a hnojení

Biotechnická opatření

Biotechnická opatření byla v této variantě navržena formou stabilizace drah soustředěného odtoku (navrženy na ploše 2,4 ha) a zasakovacích pásů (včetně interakčních prvků navrženy na ploše 12,4 ha).

Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku

Přirozené dráhy soustředěného povrchového odtoku zpevněné vegetačním krytem (Obr. 6.5, 6.7) jsou schopny bezpečně bez projevů eroze odvést povrchový odtok, ke kterému dochází v důsledku morfologické rozmanitosti krajiny, zejména na příčně zvlněných pozemcích, v úžlabinách a v údolnicích v době přívalových dešťů nebo v době jarního tání, kdy soustředěně po povrchu odtékající voda v těchto místech zpravidla způsobuje erozní rýhy (Obr. 6.6). Je proto nezbytné tyto potenciální dráhy soustředěného odtoku stabilizovat zatravněním tak, aby po zatravnění směsí výběžkatých trav umožnily neškodné odvedení povrchového odtoku z jejich sběrných ploch. Vedle snížení hodnot erozních odnosů a minimalizace formování efemerních strží, zatravněním stabilizovaná dráha soustředěného odtoku umožní zachycení také rostlinných živin, popř. agrochemikálií na erodovaných půdních částicích. Kapacita přírodních parabolických profilů údolnic bude většinou adekvátní a bude třeba jen definovat rozsah zatravnění.

Nejvhodnější ochranou těchto exponovaných míst je vegetační kryt, nejlépe zatravnění. Předpokládaná životnost opatření je 10 let.

Obr. 6.5: Schéma zatravněné údolnice

Zásady navrhování

1. Při realizaci zatravněných drah soustředěného odtoku (údolnic) bude využito daného profilu přirozené údolnice.
2. Uživatel či vlastník pozemku provede stabilizaci dráhy soustředěného povrchového odtoku zatravněním.
3. Dráhu soustředěného povrchového odtoku v údolnici uživatel přesně v terénu identifikuje, vymezí a označí po jarním tání sněhu či po první srážce vyšší intenzity.
4. V období mimo výskyt přívalových srážek provede osetí 20 m širokým pásem doporučené směsi výběžkatých trav se středem v identifikované trase (viz bod 2.).

Obr. 6.6: Dráha soustředěného povrchového odtoku po tání sněhu

Obr. 6.7: Dráha soustředěného povrchového odtoku po stabilizaci

5. Pro rychlejší zapojení ochranného vegetačního krytu se osetí provede (optimálně v září) do krycí plodiny, případně ve směsi současně s jinými plodinami zajišťujícími rychlý nástup ochranného účinku do doby vytvoření stabilního travního porostu.

   Vegetační kryt údolnice ovlivňuje rychlost pohybu vody v údolnici. Kořenový systém v závislosti na své hustotě a kvalitě zpevňuje půdu a redukuje odnos půdních částic rostlinných živin a agrochemikálií.

   Ochranný účinek trav proti vodní erozi spočívá především v útlumu kinetické energie, ve snížení rychlosti a množství povrchově stékající vody, projevujících se ve snížení její vymílací a transportní schopnosti a také v mechanickém zpevnění půdy kořenovým systémem.
6. Při zakládání, hnojení a ošetřování porostů je třeba vycházet z komplexního posouzení vzájemných vztahů stanovištních podmínek, ze složení porostu a ze specifičnosti jeho funkce. Vegetační kryt, který je pěstován a udržován v prostoru údolnice, je nejdůležitější část tohoto protierozního opatření. V druhovém složení jsou preferovány trávy výběžkaté, tvořící pevný drn (viz Tab. 6.7).
7. Vypracování návrhu na složení směsi spočívá ve výběru a stanovení poměru vhodných druhů. Složení směsi se vyjadřuje obvykle procentuálním podílem jednotlivých druhů. Z vybraných druhů se určí druhy hlavní (1-2), ostatní jsou pak doplňující. Dostatečný podíl výběžkatých trav musí být základem každého porostu určeného k protierozní funkci, protože právě výběžkaté druhy mají nejvyšší účinek a zajišťují vytrvalost porostu. Protože tyto trávy mají zpravidla pomalý počáteční vývoj a doplňují se druhy s rychlejším růstem.

Druh	**%**	**kg osiva na 100 m^2**
kostřava luční	20	0,24-0,40
kostřava červená výběžkatá	35	0,53

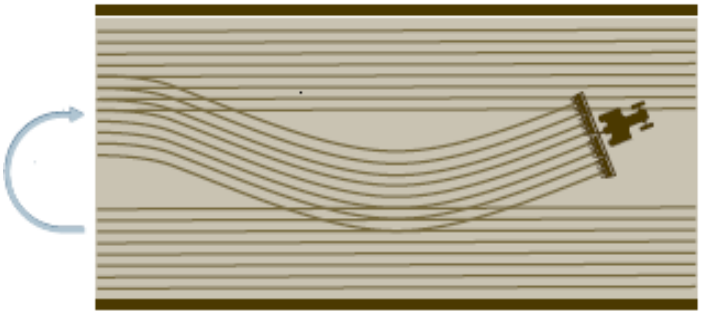
kostřava červená trsnatá	15	0,23-0,30
jílek vytrvalý	15	0,23
lipnice luční	15	0,15

Tab. 6.7: Směs s vysokým protierozním účinkem, vhodná na sušší stanoviště s nižší zásobou živin

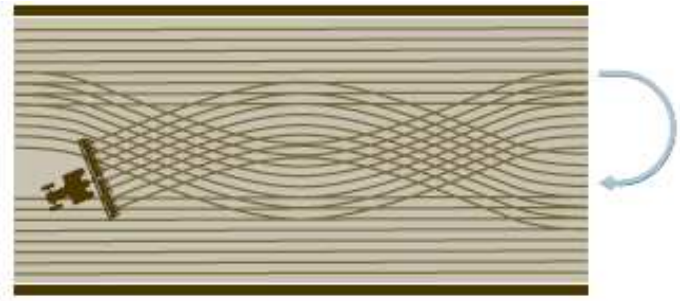
Při zakládání vegetačního zpevnění DSO zatravněním se doporučuje při setí postupovat způsobem postupných kroků dle Obr. 6.8 a-c. Dvě třetiny navržené šířky se osejí v podélném směru podél vnějších stran navrženého rozsahu zatravnění (viz Obr. 6.8a), následně se třetina šířky podél osy vysévá napříč (viz Obr. 6.8 b-c).

a)

b)



c)



Obr. 6.8: Doporučený postup osetí DSO

8. Při realizaci zatravněných drah soustředěného odtoku (údolnic) je nutno pečlivě zajistit napojení navazujících částí pozemku (sběrných ploch) a vyvarovat se vytvoření brázdy či vyjetých kolejí podél zatravněné údolnice.
9. Zatravněná stabilizovaná dráha soustředěného povrchového odtoku je protierozní opatření, které potřebuje údržbu, aby zůstala zachována jeho schopnost bezpečně, bez erozních procesů, odvést povrchový odtok. Systém údržby spočívá zejména v:

- pravidelném sečení minimálně dva až třikrát ročně tak, aby výška porostu v době po sečení byla 8-10 cm (dlouhé stonky mají tendenci vířit a vibrovat v proudu a tím mohou způsobovat zvýšenou turbulenci s následnou možností poškození profilu údolnice),
- pravidelném kosení rovněž za účelem zajištění bohatého, pevného, odolného a stabilního porostu,
- přihnojování porostu během vegetace, které je velmi důležité pro dosažení kvalitního stabilního porostu,
- odstraňování akumulovaného sedimentu,
- bezprostředním vzniklých odstraňování škod při provádění agrotechnických operací (zejména odstranění paralelní rýhy).

Interakční prvky

Na erozně ohrožených pozemcích, kde jsou navrženy interakční prvky (IP), budou tyto prvky v této variantě aplikovány jako zasakovací pásy (šířka 30 m), tzn. nebudou tvořit překážku povrchovému odtoku a nepřeruší délku svahu (nesníží se LS). V případě řešení PÚ se tyto již vytyčené a realizované zasakovací pásy doplní krajinnou zelení a záchytnými prvky a budou plnit funkci prvku přerušujícího délku svahu. Tento typ IP je v této variantě plošně bilancován jako zasakovací pásy.

Zasakovací pásy

Zasakovací pásy se navrhují v rámci komplexu opatření jako liniové prvky protierozní ochrany o min. šířce 30 m. Dále se navrhují na erozně ohrožených svažitých blocích LPIS vrstevnicově či s částečným odklonem od vrstevnic. Nejčastěji jsou zatravněné, mohou ale také být doplněny krajinotvornou zelení. Často však také po jejich zatravnění dochází k jejich samovolnému ozelenění. Svým situováním vymezují směr obdělávání a umožňují rozdělení bloku LPIS na díly, kde se mohou střídat plodiny ochranné s erozně nebezpečnými. Zasakovací travní pásy se také navrhují podél vodních toků v minimální šířce 10 m. Do plošné bilance zasakovacích pásů byly zařazeny i IP. Tato opatření (IP + zasakovací pásy) byla v této reálné variantě navržena na ploše 12,4 ha.

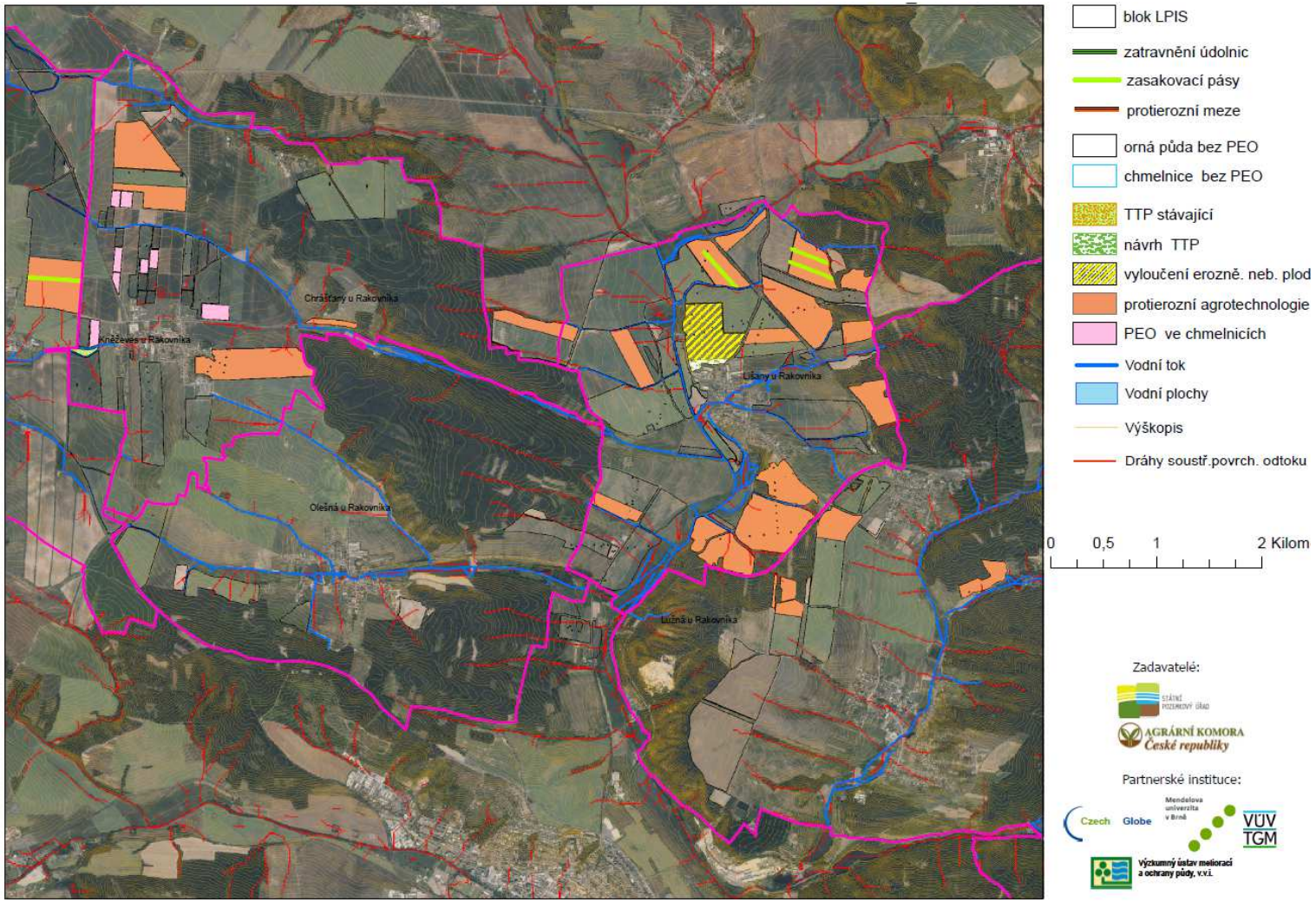
6.6.2 Maximální varianta

Tato varianta navazuje na předcházející variantu a předpokládá také významné omezení pěstování erozně rizikových plodin na svažitých pozemcích konvenčním způsobem, rozdělení svažitých pozemků na díly s pěstováním plodin po vrstevnicích, investice do nákupu nových strojů, zařízení a technologií s využitím metod precizního zemědělství. Podobně jako u varianty RV jsou základem protierozní ochrany navržená agrotechnická a organizační opatření spočívající v aplikaci protierozních agrotechnologií, v ochranném zatravnění a v protierozním rozmísťování pěstovaných plodin. Předpokládá se také rozšíření ploch se závlahami. Obdobně jako u předcházející varianty je aplikace ochranných a adaptačních opatření základním předpokladem pro omezení rizik eroze, pro lepší zadržení vody ze srážek a pro stabilizaci výnosů v suchých oblastech a pro zlepšení bilance kvalitní organické hmoty v půdě. Oproti RV jsou v MV navržena biotechnická opatření formou interakčních prvků (plochy zasakovacích pásů jsou doplněny krajinnou zelení).

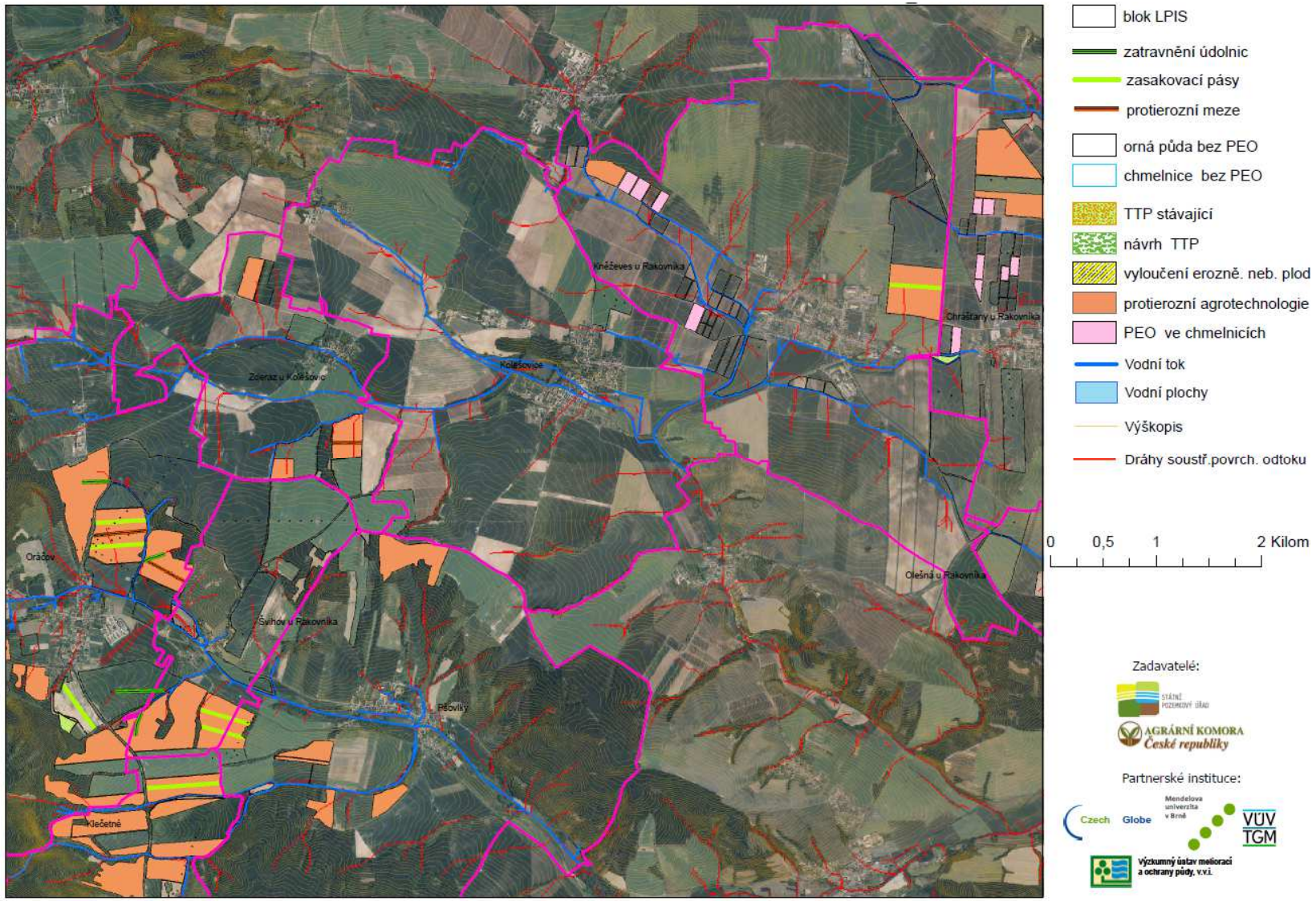
Výkaz výměr všech navržených opatření u MV je uveden v Tab. 6.8. Specifikace bloků s návrhem ochranných a adaptačních opatření a jejich výměr je přehledně na Mapách 6.23a-b a výsledný efekt na plošný erozní smyv je pak patrný z Map 6.24a-b. S ohledem na relativně nízké současné riziko se daří držet nízkou úroveň plošného smyvu i při faktoru R-60 (Mapy 6.25a-b).

Varianta č. 3 - popis MV	plocha (ha)
protierozní agrotechnologie na orné půdě	583,8
VENP	109,0
návrh TTP	31,6
PEO ve Chmelnici	8,1
zatravnění údolnic	2,4
zasakovací pásy	15,1
interakční prvky	1,2
protipovodňové průlehy	1,9
Celkem	753,1

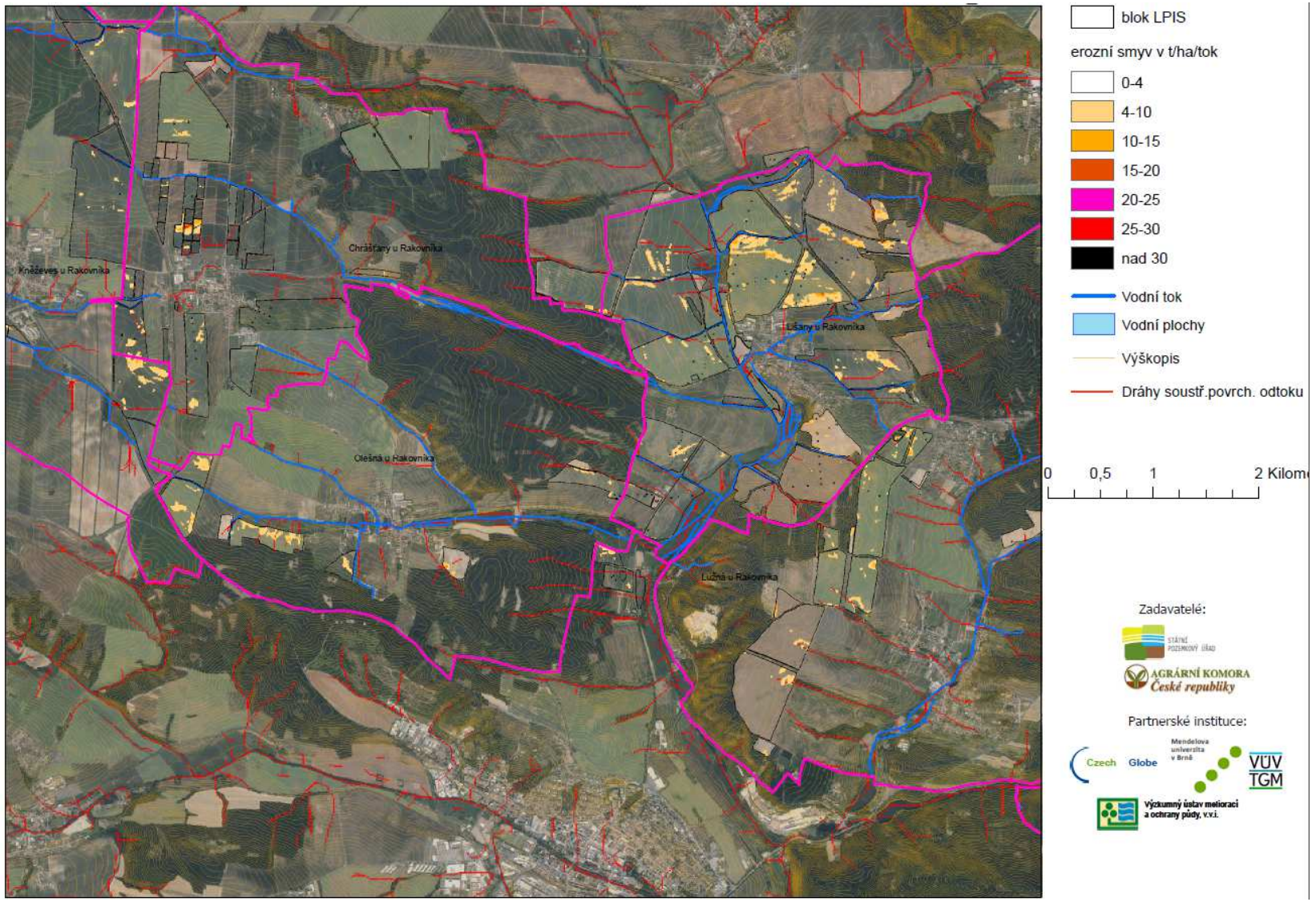
Tab. 6.8: Výkaz výměr navržených opatření u max. varianty MV



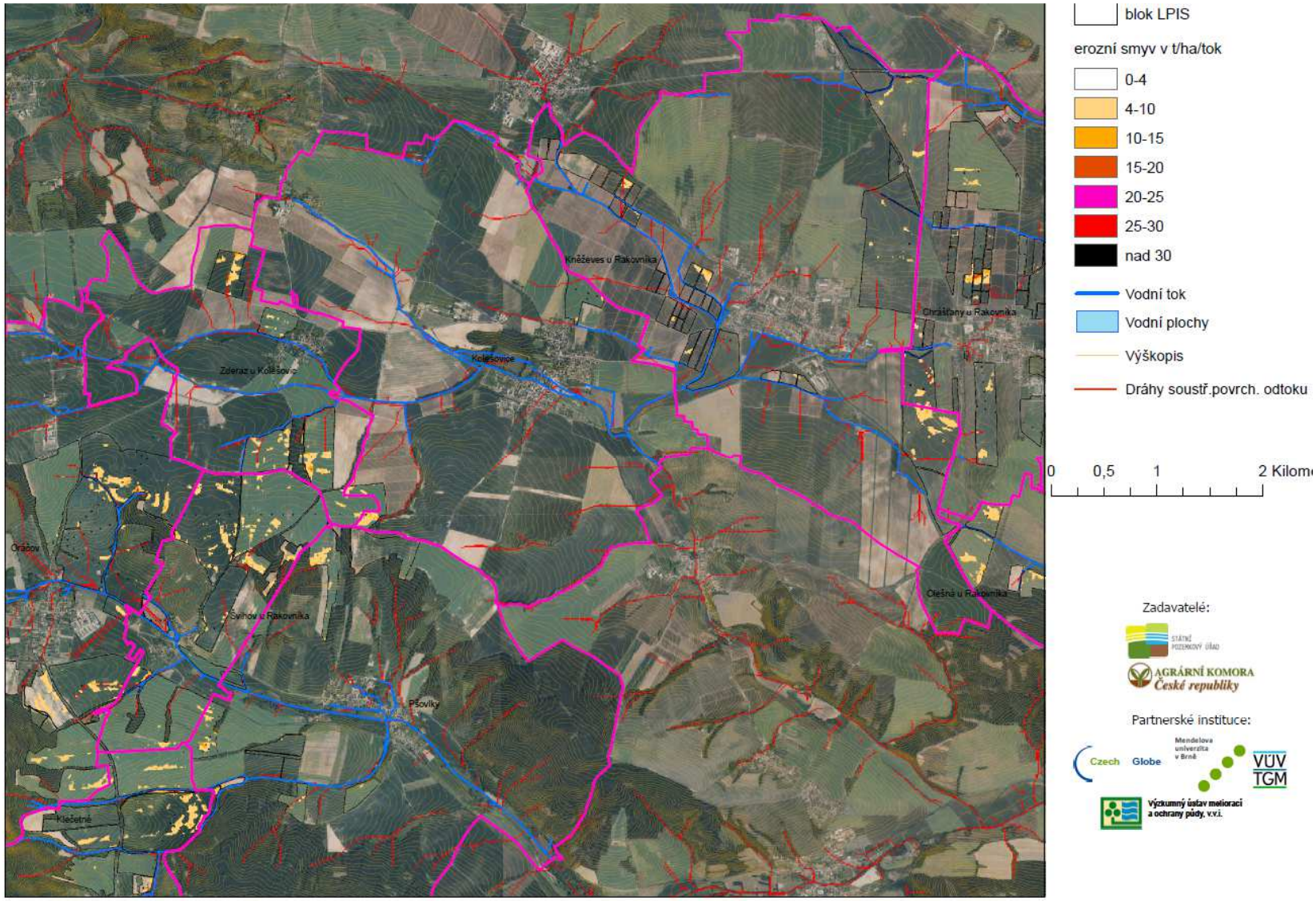
Mapa 6.23a: Varianta MV základních protierozních opatření pro Lupofyt Chrášťany_1



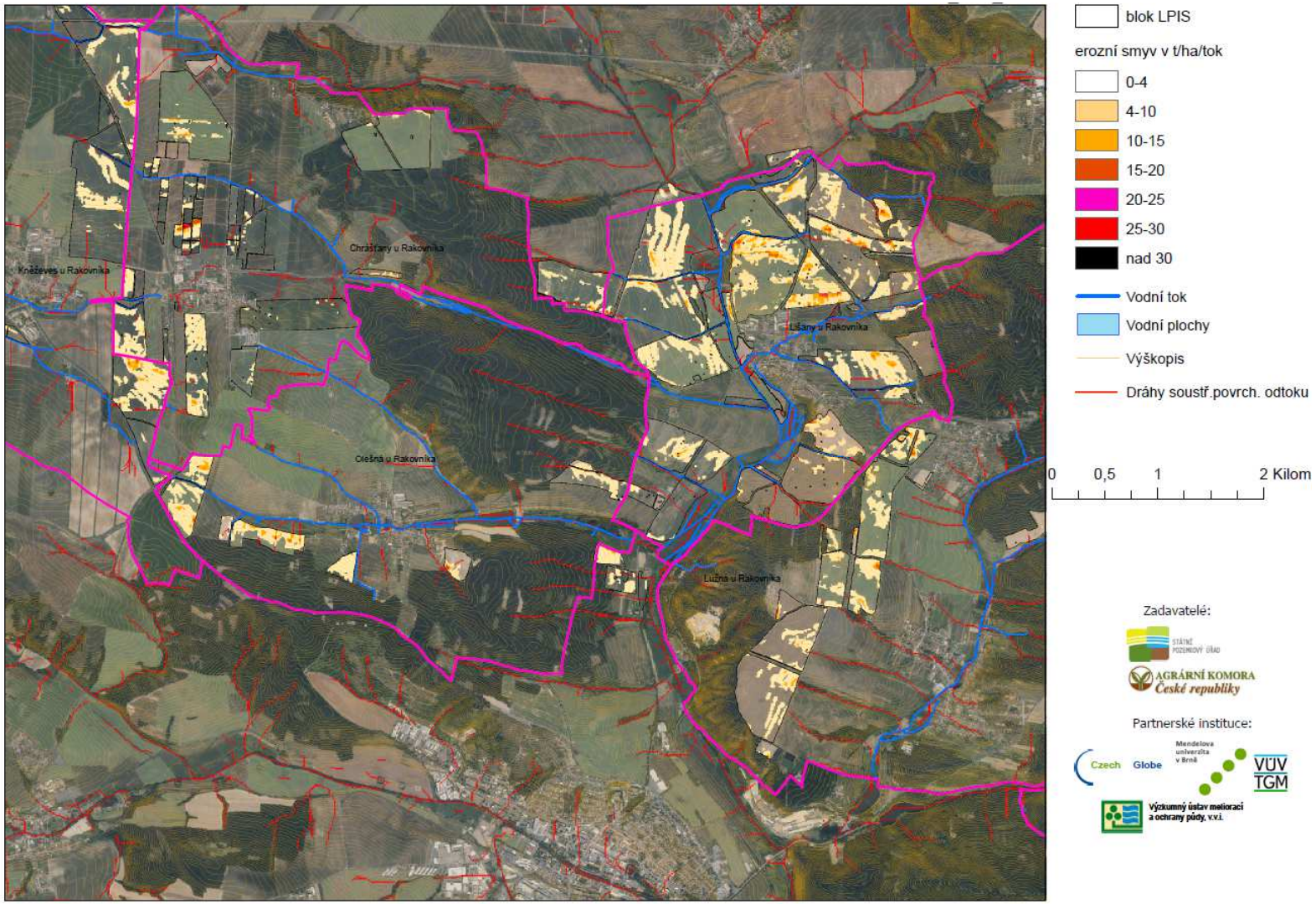
Mapa 6.23b: Varianta MV základních protierozních opatření pro Lupofyt Chrášťany_2



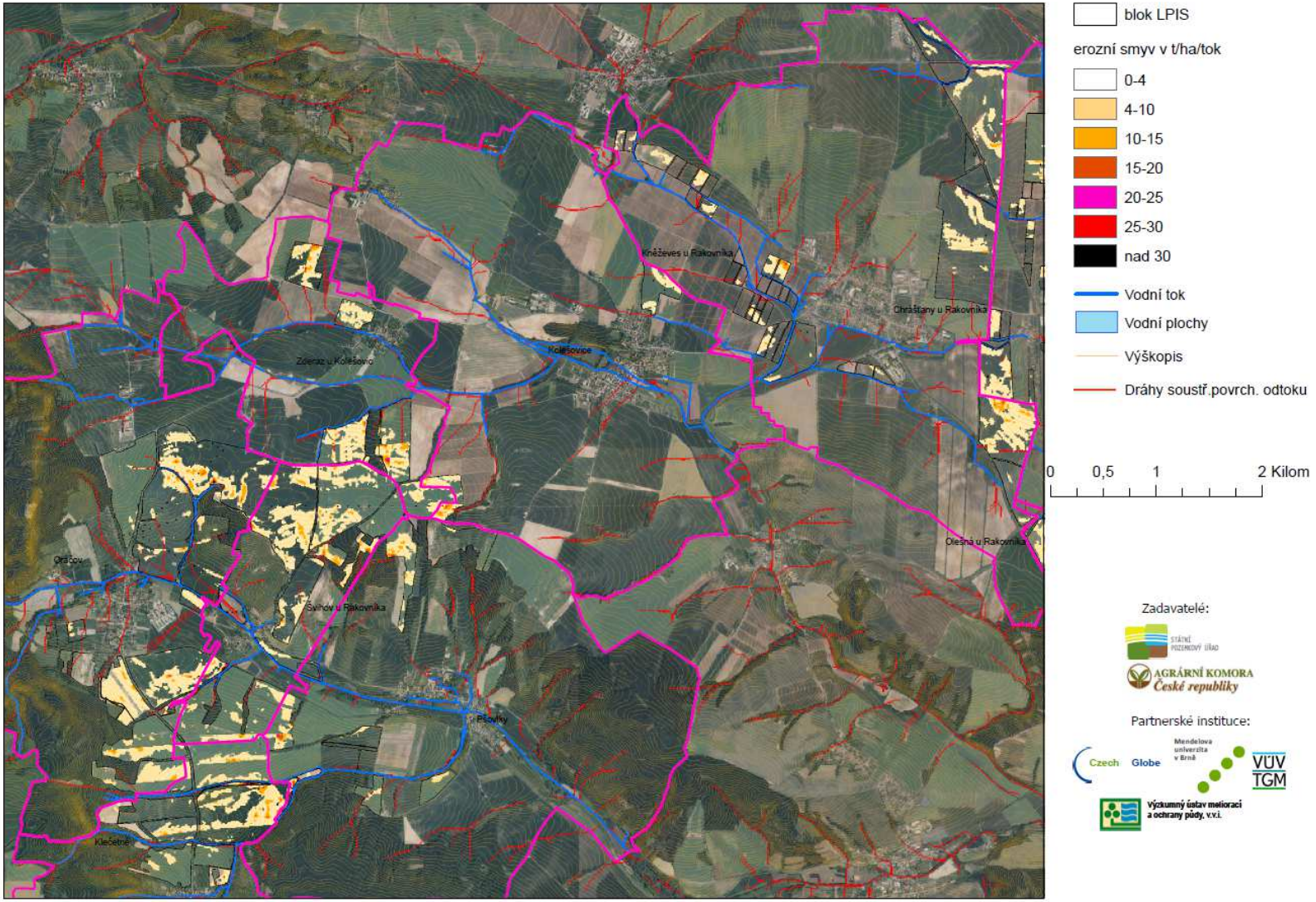
Mapa 6.24a: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 40_1



Mapa 6.24b: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 40_2



Mapa 6.25a: Míra erozního ohrožení po návrhu PEO varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 60_1



Mapa 6.25b: Míra erozního ohrožení po návrhu PEO varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 60_2

Přehled navrhovaných opatření

Organizační opatření

V modelovém území k. ú. Vraný byla navržena opatření:

- delimitace druhu pozemku (ochranné zatravnění),
- protierozní rozmísťování plodin a protierozní osevní sledy,
- protierozní osevní postupy.

Protierozní rozmísťování plodin

Protierozní rozmísťování plodin je navrženo ve stejném rozsahu jako u RV, tedy na ploše 23,0 ha.

Návrh protierozní ochrany ve chmelnicích

Tento typ speciální protierozní ochrany v MV kopíruje variantu realistickou. Protierozní ochrana ve chmelnicích je navržena na ploše 25,3 ha.

Agrotechnická opatření

Na erozně ohrožených plochách byla navržena agrotechnická opatření v podobném rozsahu jako u RV na ploše cca 583,1 ha.

Biotechnická opatření

Biotechnická opatření byla v této variantě navržena (v podobném rozsahu jako v RV) formou stabilizace drah soustředěného odtoku (navrženy na ploše 2,4 ha) a formou zasakovacích pásů (včetně interakčních prvků navrženy na ploše 12,4 ha).

Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku

Stabilizace údolnic formou zatravnění (navržena na ploše 2,4 ha) je navržena v podobném rozsahu jako v RV.

Zasakovací pásy

Svým situováním vymezují směr obdělávání a umožňují rozdělení bloku LPIS na díly, kde se mohou střídat plodiny ochranné s erozně nebezpečnými. Zasakovací pásy byly v této variantě navrženy na ploše 15,1 ha.

Interakční prvky - protierozní meze

Jsou navrhovány jako překážka povrchového odtoku s funkcí odváděcí s hrázkami či průlehy ve spodní nebo horní části či bez uvedených liniových prvků jako zasakovací. Vlastní profil meze je tvořen zasakovacím pásem nad mezí, vlastním tělesem meze a odváděcím prvkem.

Vedle základní protierozní funkce mají meze a dřevinná zeleň na nich rostoucí (jsou zařazovány jako interakční prvky do ÚSES) význam také z hlediska krajině estetického i jako hnízdiště a migrační zóny drobné zvěře, hmyzu, rostlin a další bioty. Navržený systém protierozních mezí (interakčních prvků) působí v krajině jako doplněk lokálních biokoridorů a biocenter - ÚSES. Vlastní realizace protierozních mezí začíná vytyčením směru meze buď vrstevnicově, nebo s mírným odklonem od vrstevnic tak, aby bylo zajištěno nejen zadržení povrchového odtoku, ale i jeho neškodné odvedení do vhodného recipientu. Interakční prvky byly v této variantě navrženy na ploše 1,2 ha.

IP tohoto typu budou v této variantě působit jako překážka povrchového odtoku - přeruší délku svahu -sníží se LS faktor - realizují se v KPÚ.

Agrotechnická opatření včetně uplatnění protierozních agrotechnologií na orné půdě (AGT)

Očekávané změny agroklimatických podmínek bude nutné reflektovat v zastoupení pěstovaných plodin a ve způsobu hospodaření na půdě. Pro zmírnění dopadů vyšších teplot vzduchu a pro zmírnění prohloubení deficitu vodní bilance bude nutné přijmout nezbytná adaptační opatření. Jedním z takových opatření může být lepší hospodaření s vodou v půdě a zvýšení její retenční schopnosti a pěstování C4 rostlin (kukuřice, čirok apod.), které mají nižší spotřebu vody na jednotku sušiny. Základní doporučení pro hlavní pěstované plodiny obsahuje Tab. 6.9.

Rok	**Plodina**	**Současné odrůdy**	**Současný výsevek**	**Doporučené odrůdy**	**Doporučený výsevek**	**Poznámky**
1.	pšenice ozimá	Avenue, Bodyček, Jindra, Cubus, JB Asano, Fakýr Tobak	3,2-3,7 MKZ	Avenue, Julie, Fakýr, Reform, Rebel, Virriato - osinatá do sucha a poblíž lesů	podle termínu setí a předplodiny 3,0-4,0 MKZ (při přesném setí významné snížení)	navýšení ploch u odrůd Reform a Virriato, větší pozornost věnovat kvalitě a původu osiva
2.	řepka ozimá	Marathon, DK Explicit DK Exception DK Sensei	1 výsevní jednotka	DK Exception DK Explicit DK Expression Marathon Atora	podle termínu setí, kvality připravené půdy a předpovědi srážek 0,9-1,1 výsevní jednotky, při přesném setí nebo při setí do širších řádků snížit výsevek	odrůdy jsou poměrně rychle obměňovány podle výsledků odrůdových pokusů, větší pozornost věnovat kvalitě osiva, lepší vyšší HTS
3.	mák	Major, Opex	1,8 kg/ha	Major, Aplaus	1,8 kg.ha^{-1}	velkou pozornost věnovat provenienci a kvalitě osiva
4.	ječmen jarní	Irina (na osivo)	3,7-4 MKZ	Irina (na osivo), popř. jiná odrůda	3,5-3,8 MKZ podle doby setí	na kvalitní pozemky s nevysycha-vými půdami
5.	ječmen ozimý	Ariane (na osivo)	3,4 MKZ	Ariane (na osivo), popř. jiná odrůda	3,2-3,5 MKZ podle termínu setí	

Tab. 6.9: Přehled základních doporučení pro hospodaření Lupofytu Chrášťany

Některá opatření pro zvýšení infiltrační schopnosti půdy a efektivní hospodaření s vodou v půdě se provádí nebo může provádět již v současné době bez potřeby významnějších investic: optimalizace přejezdu zemědělské techniky po polích, pozvolné rozjíždění techniky na kolech a zpomalení pohybu při zatáčení nebo otáčení techniky (zejména na souvratích), flotační pneumatiky, dlátování při orbě za kolem traktoru jedoucím v brázdě, omezení paušálního přikulování povrchu půdy po zasetí (provádění

po vrstevnici), setí do půdy s hrubší povrchovou strukturou, zpracování půdy po vrstevnících, využití rostlinných zbytků na povrchu půdy k omezení výparu a k lepšímu zadržení vody ze srážek.

Z analýzy půdních bloků vyplývá, že na pozemcích obhospodařovaných Lupofytem Chrášťany existuje jen nízké riziko eroze. V LPIS je vedeno 195 dílů půdních bloků, z nichž pouze 11 = 10,5 ha je vymezeno jako mírně erozně ohrožená plocha, silně erozně ohrožená plocha je v nízkém zastoupení, a to jen na 2 pozemcích, kde jsou uplatněny zasakovací pásy. Na rozdíl od ZD Bulhary a Agros Vraný nejsou pěstovány erozně nebezpečné plodiny jako kukuřice a cukrovka, a proto je plnění standardu DZES 5 bez problémů. Větší pozornost je nutné věnovat také výběru vhodných odrůd a struktuře porostů, např. vyšší hustota porostu a podpora neproduktivních odnoží u ozimé pšenice hnojením dusíkatými hnojivy přispívá k možným následným problémům se zasycháním porostů a regulací výnosotvorných prvků při absenci srážek.

6.7 Možná opatření pro zmírnění dopadů sucha

6.7.1 Posouzení přínosu zvýšení retenční schopnosti

V zájmové oblasti, kde hospodaří Lupofyt Chrášťany byl hodnocen potenciální vliv změny retenční schopnosti na vodní bilanci v území. Pro výpočet byl využit zjednodušený postup, kdy byly posuzovány reálné průběhy srážek mezi léty 1981-2015 při rovnoměrném rozdělení srážek na celé k.ú. a pro každou srážku vyskytující se na řešeném území v uvedeném období byl porovnáván objem spadlé srážky s vypočítaným objemem přímého odtoku vniklým po dopadu této srážky na půdu s daným využitím území.(5 variant využití území – viz popis variant v uvedených tabulkách 6.10 a 6.11) Výchozí stav se kterým jsou porovnávány varianty ochranných opatření představuje nejnepříznivější stav při pěstování širokořádkových plodin v přímých řádcích po svahu (CN81). Tabulka ukazuje, že s ohledem na hluboce deficitní vodní bilanci efekt zvýšené retence při návrhu opatření není výrazný. Jak ukázal rozbor srážkových dat, srážky v hodnoceném období převážně dopadají na půdu nenasycenou předchozí srážkou (index předchozích srážek - IPS I v tabulce 6.10) a ve většině případů retenční schopnost území převyšuje objem dopadající srážky. Ačkoliv agrotechnická a protierozní opatření jsou (vedle ochrany půdy před degradací negativními účinky vodní eroze) vedena snahou výrazněji zvýšit retenční (a také infiltrační) schopnost území, samotný dopad zvýšené retenční schopnosti v půdě bude epizodický bez znatelného dopadu do produkce a proto ani není uvažován v cost-benefit analýze. Variantně byly také hodnoceny retenční schopnost území při vyšší nasycenosti území předchozí srážkou (IPS II) v tabulce 6.11.

	CN	mm/období přímý odtok H_0	mm/období reálná retence A_r
CN širokořádkové, přímé řádky	81	11,8	424
CN širokořádkové - vrstevnicově a poskl. zbytky	74	7,6	428
CN úzkořádkové	76	8,6	427
CN úzkořádkové - vrstevnicově a poskl. zbytky	72	6,6	429
CN sady se zatravněným meziřadím	58	2,5	433

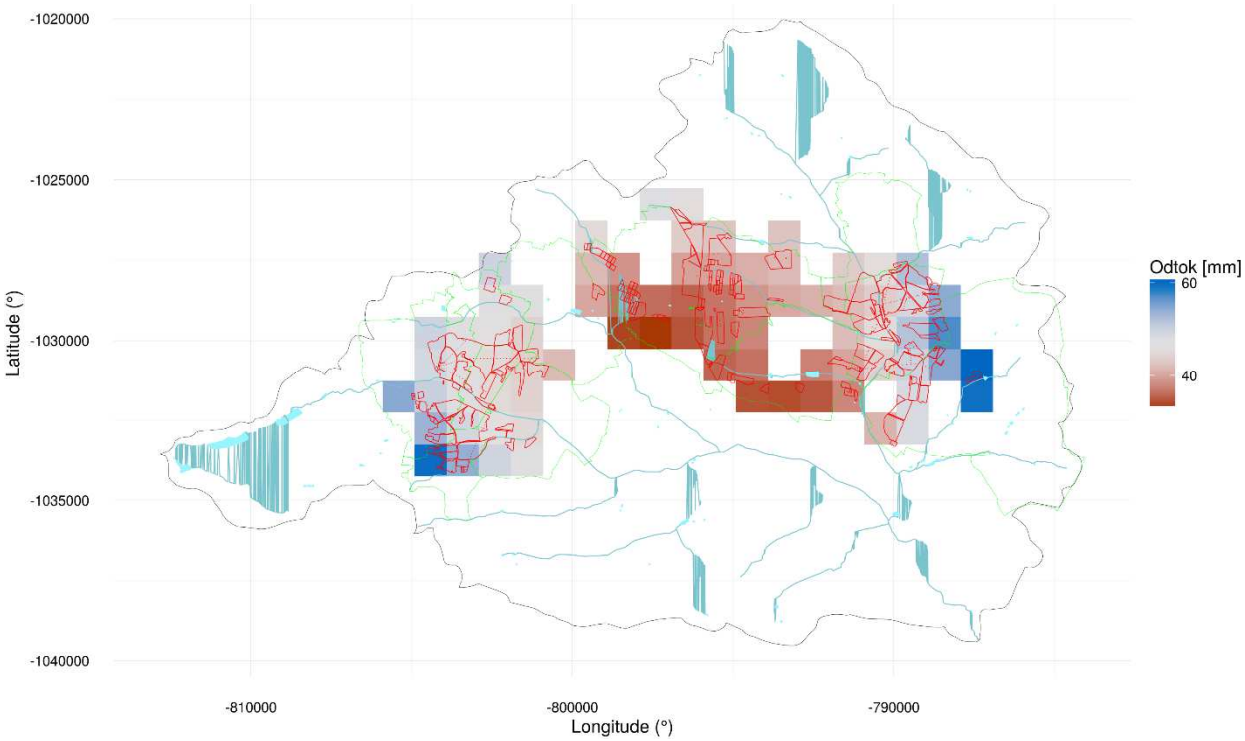
Tab. 6.10: Období březen - listopad, průměr srážek na lokalitě Vraný z let 1981-2015, předpoklad neměnného CN během roku a rovnoměrného rozložení srážek po celém území. (index předchozích srážek IPS I)

	CN	mm/období přímý odtok H_0	mm/období reálná retence A_r
CN širokořádkové, přímé řádky	81	10,7	425
CN širokořádkové - vrstevnicově a poskl. zbytky	74	3,7	432
CN úzkořádkové	76	5,0	431
CN úzkořádkové - vrstevnicově a poskl. zbytky	72	2,7	433
CN sady se zatravněným meziřadím	58	0,3	435

Tab. 6.11: Jako 6.10, ale při vyšší nasycenosti území v době dešťových srážek

6.7.2 Dostupné zdroje vody

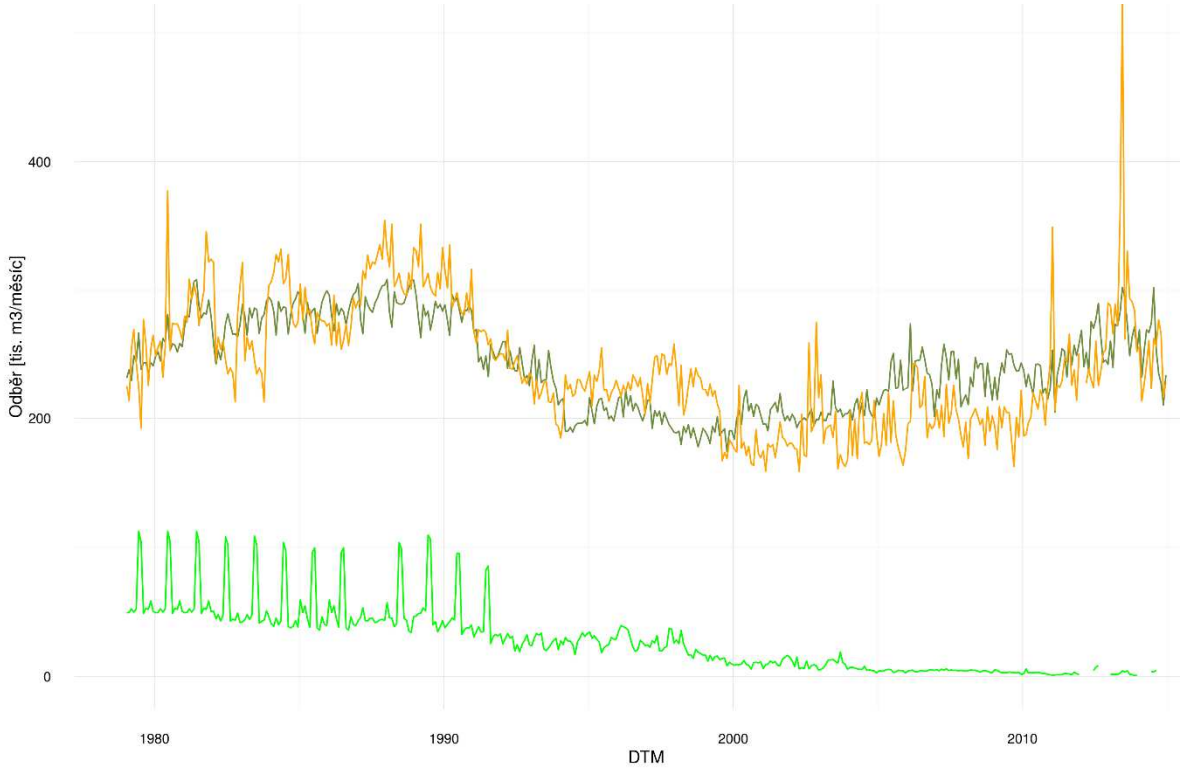
V zájmové lokalitě Lupofyt Chrášťany je deficit přírodních vodních zdrojů (vypočtený na základě rozdílu mezi srážkovým úhrnem a potenciální evapotranspirací). Hodnoty dosahují vysokých negativních hodnot od 110 mm·rok^{-1} do 165 mm·rok^{-1} (tzn. pro vyrovnanou bilanci, při které by byly naplněny hodnoty PET, jsou zapotřebí desítky mil. m^3 vody). Tuto úvahu je však potřeba brát pouze jako orientační, ale je zřejmé, že posílení vodních zdrojů pro zemědělské účely je možné pouze pomocí odběrů povrchové vody. Na Mapě 6.26 je uvedena zájmová oblast s rozvodnicí daného povodí (černá linie) a průměrné hodnoty odtokových výšek v mm·rok^{-1} pro období 1981-2010. Odtokový součinitel dané oblasti se pohybuje okolo 0,1 (pouze 10 % srážkových úhrnů proteče závěrným profilem daného povodí).



Mapa 6.26: Průměrné roční odtokové výšky se zvýrazněním modelového povodí (černá linie) a půdních bloků společnosti Lupofyt Chrášťany

Na daném území se nevyskytuje bilanční profil ČHMÚ, z těchto důvodů byla použita pro kalibraci hydrologického modelu Bilan (Vizina, 2015) doplňková data profilu DBCN 1918 Rakovník na Rakovnickém potoce se zdrojovou plochou povodí cca 303 km^2, u kterého jsou k dispozici průtokové řady. Pro modelování hydrologické bilance byly použity časové řady za období 1961-2015 a hodnoty užívání, které jsou popsány níže.

Hodnoty užívání vod na řešeném území a okolí byly vybrány z databáze vodohospodářské bilance, kde jsou ze zákona evidovány odběry, které jsou větší než 500 $m^3 \cdot měsíc^{-1}$ nebo 6000 $m^3 \cdot rok^{-1}$. Selekce byla provedena na základě seznamů OKEČ a CZ-NACE pro jednotlivé činnosti. Na Obr. 6.9 jsou uvedeny evidované odběry za období 1980-2014 na zájmovém povodí. Lze pozorovat, že v současné době nejsou evidovány téměř žádné povrchové odběry, avšak dochází ke zvyšování odběrů podzemní vody.



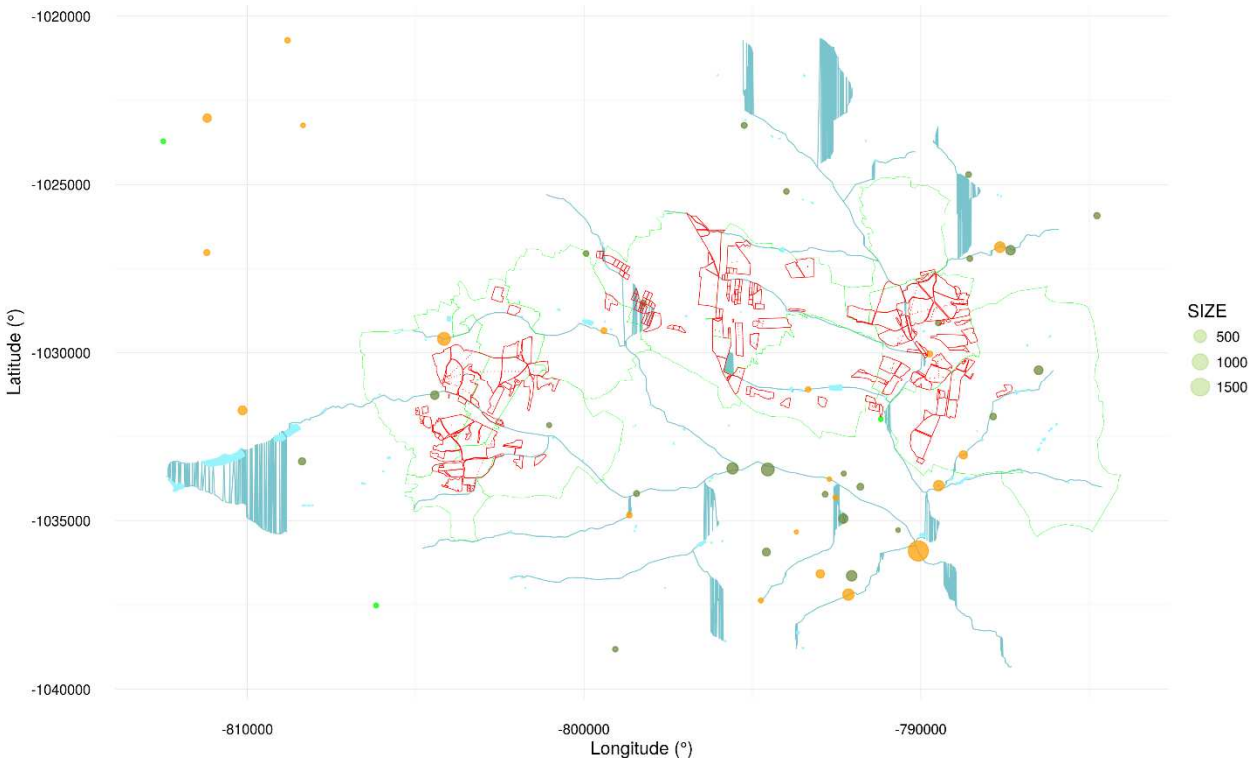
Obr. 6.9: Povrchové odběry (zeleně), podzemní odběry (tmavě zeleně) a vypouštění (oranžově) v tis. m3·měsíc-1

Na Mapě 6.27 je zobrazeno nakládání s vodami v roce 2014 v tis. $m^3 \cdot rok^{-1}$ (zeleně - odběry podzemní vody a oranžově - vypouštění).

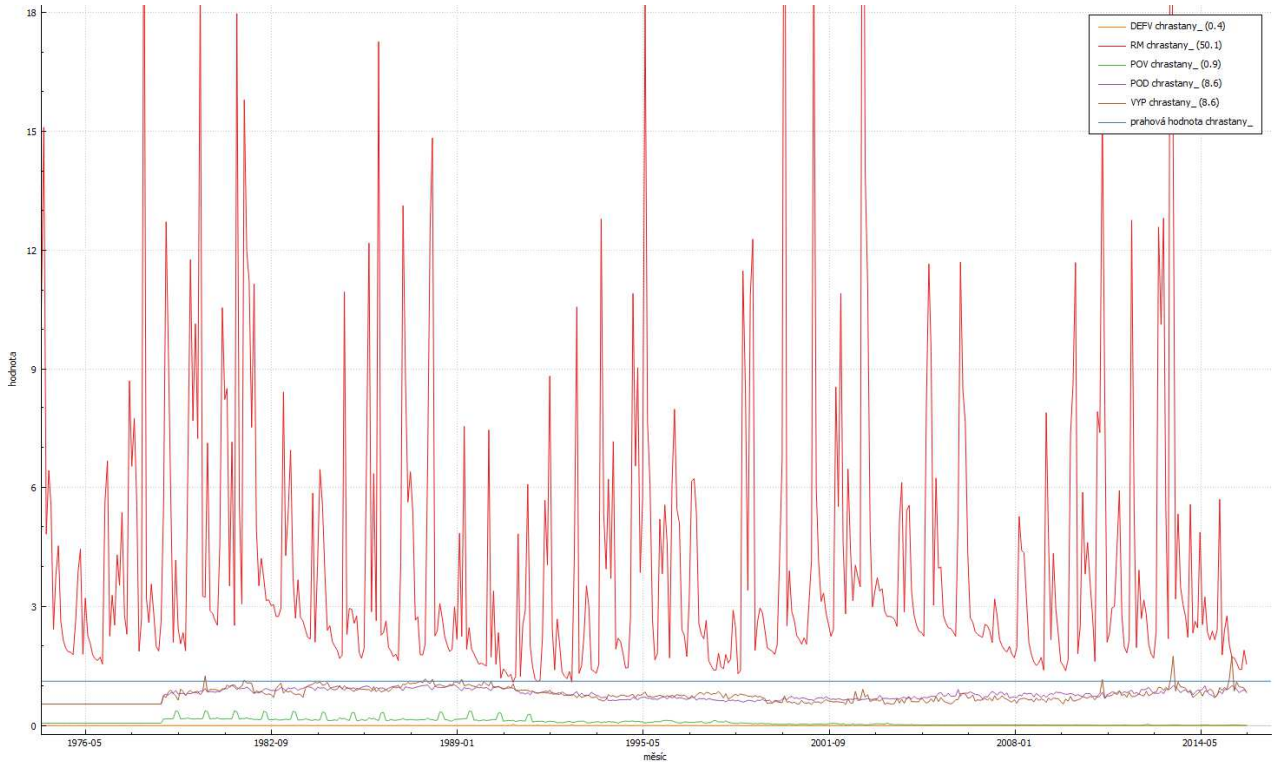
Pro modelování disponibilních vodních zdrojů byl použit model Bilan v měsíčním časovém kroku. Za limitní hodnotu byl dosazen odvozený minimální zůstatkový průtok pro měsíční řady dle vzorce:

$$MZP = kvantil10\%Q * 0{,}73.$$

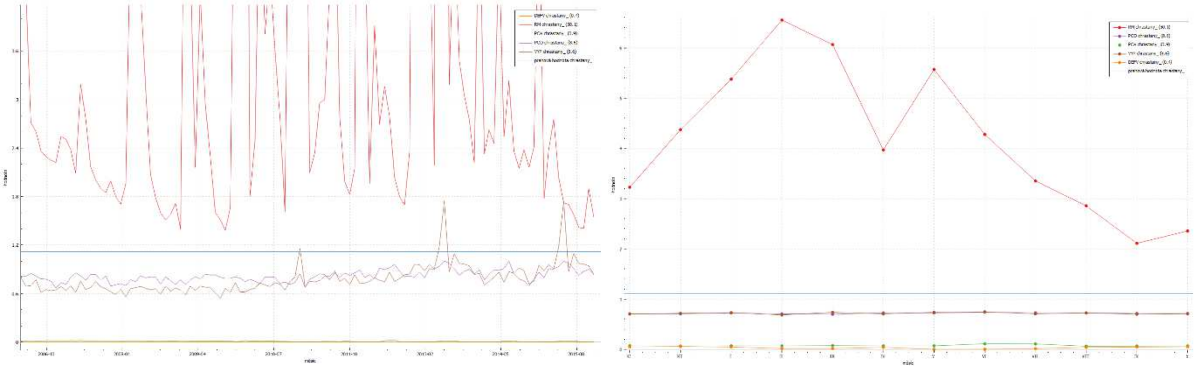
Hodnota MZP byla tedy zvolena pro modelované území 0,132 $m^3 \cdot s^{-1}$. Pro tuto hodnotu byly napočteny nedostatkové objemy při průměrném užívání vody v roce 2014 pro období 1961-1979, pro následující období bylo využito nakládání s vodami z vodohospodářské bilance. Výsledek modelování je zobrazen na Obr. 6.10 (červeně je znázorněn modelovaný odtok, modře minimální zůstatkový průtok a oranžově nedostatkové objemy). Průměrné hodnoty odtokových výšek a odběrů jsou zobrazeny na Obr. 6.11 vlevo. Vpravo je poté detail chodu za posledních 8 let, na kterém lze vidět velký vliv nadlepšení z vypouštění, který v současné době dosahuje téměř hodnoty zabezpečení minimálního zůstatkového průtoku. V tomto případě však může dojít ke konfliktu s kvalitou vody.



Mapa 6.27: Lokalizované nakládání s vodami v roce 2014 v tis. $m^3.rok^{-1}$ - povrchové odběry (zeleně), podzemní odběry (tmavě zeleně) a vypouštění (oranžově)



Obr. 6.10: Odtoky, minimální zůstatkový průtok a nedostatkové objemy na řešeném území - odtokové výšky (červeně), vypočtená limitní hodnota (modře), vypouštění (hnědě) a odběr z podzemních vod (fialově)



Obr. 6.11: Vlevo průměrné hodnoty měsíčních odtoků za použití současného nakládání s vodou a průměrné hodnoty nedostatkových objemů na Rakovnickém potoce. Vpravo detail měsíčního chodu posledních 8 let.

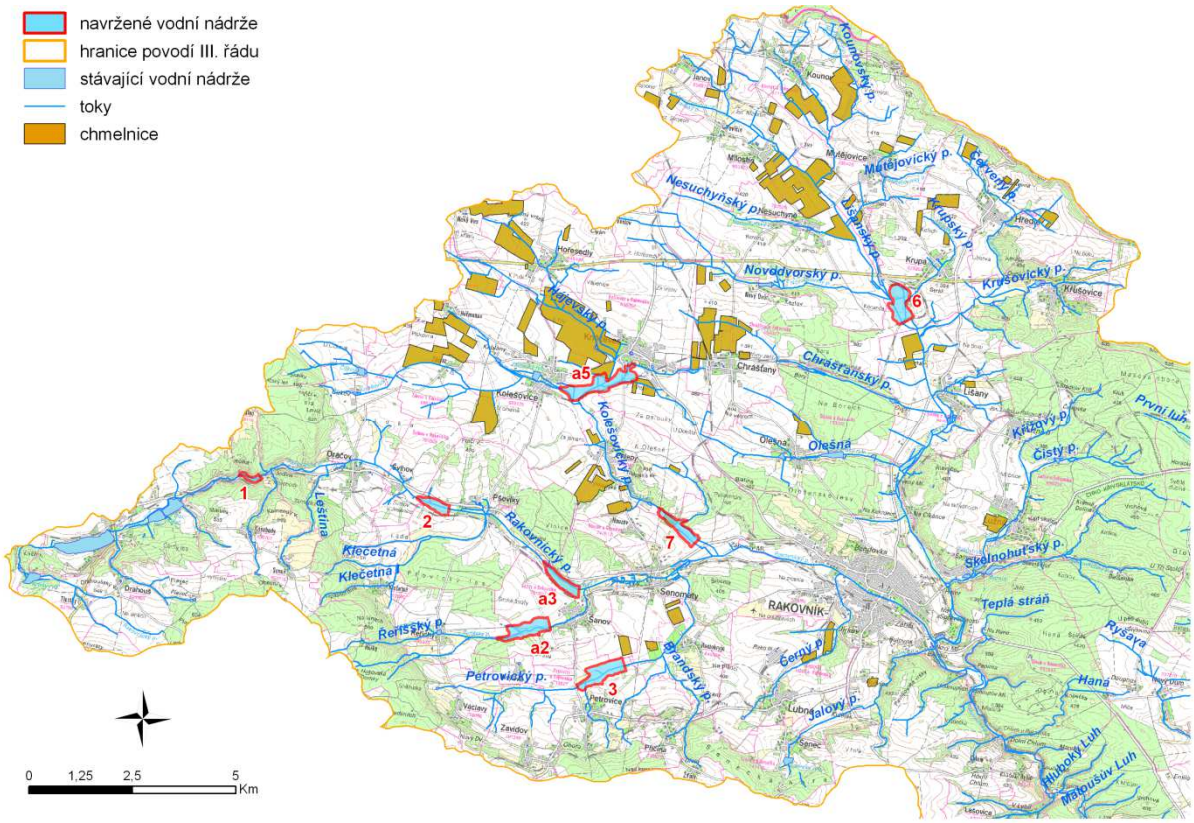
Možnosti akumulace vody v nádržích a nalepšování průtoků

Hodnocením s návrhem možných adaptačních opatření na povodí Rakovnického potoka se zabýval projekt NAZV *QH91247 „Možnosti zmírnění současných důsledků klimatické změny zlepšením akumulační schopnosti v povodí Rakovnického potoka“*, který byl řešen ve VÚV TGM v Praze spolu s Českou zemědělskou univerzitou. V následujícím textu jsou uvedeny závěry, které z projektu vyplývají.

Na základě publikace „Jak je to s rybníky na Rakovnicku“ z roku 1964 a s využitím historických map byly identifikovány lokality zrušených rybníků. Následně byl proveden terénní průzkum s cílem nalézt hráze zrušených rybníků nebo jejich zbytky. Pro každou lokalitu byla posouzena případná možnost obnovy. Celkem bylo nalezeno 12 lokalit, v několika případech existují zachované hráze. Získané informace byly využity jako jeden z podkladů při vyhledání možných lokalit pro akumulační prostory v povodí.

Pomocí prostředků GIS byly vyhledány lokality potenciálně vhodné pro zřízení nových akumulačních nádrží. Výběr byl proveden pouze z hlediska morfologie terénu a využití území (v budoucích zátopách až na výjimky není zástavba, souvislý les, silnice nebo železnice). Na základě 171 hydrometrických měření provedených v závěrových profilech bylo posouzeno rozdělení 18 dílčích povodí odtoku na ploše povodí v hydrologickém roce 2009. Analogií k průtokům ve vodoměrné stanici Rakovník byly pro profily potenciálních nádrží průtokové řady.

Na základě provedených průzkumů a posouzení zejména z hlediska velikostí průtoků bylo pro další úvahy a posuzování vybráno osm lokalit, ve kterých přichází v úvahu výstavba malých vodních nádrží s akumulační funkcí. Nádrže jsou uvažovány na Rakovnickém potoce i na jeho hlavních přítocích tak, aby bylo možné ovlivňovat odtok z podstatné části celého povodí. Součet maximálních, morfologicky omezených objemů všech nádrží je cca 6 mil. m^3. Pro akumulaci a nalepšování průtoků by bylo z tohoto objemu možné využít jen část, nádrže by měly mít i objem stálého nadržení, do úvahy přichází i možnost využití části celkového objemu pro ochranu před povodněmi. Přehled navržených nádrží je uveden na Mapě 6.28.



Mapa 6.28: Přehled navržených nádrží v povodí Rakovnického potoka

Pro uvažované lokality bylo provedeno základní rámcové vodohospodářské řešení zásobní funkce pro současné hydrologické poměry i pro průtokové řady odpovídající klimatickým scénářům. Součet nalepšení účinkem všech posuzovaných nádrží pro současné hydrologické podmínky je 190 $l \cdot s^{-1}$. Předpokládat, že budou všechny uvažované nádrže současně zřízeny, není reálné. I při redukovaném výběru, např. když uvažujeme jen čtyři větší nádrže v povodí nad Rakovníkem, lze zajistit nalepšení Rakovnického potoka v Rakovníku cca 80 $l \cdot s^{-1}$. Pro současné hydrologické podmínky tedy lze pomocí akumulačních nádrží podstatně zvětšit minimální průtoky Rakovnického potoka v Rakovníku. Nalepšení minimálních průtoků by také přibližně dvojnásobně zvětšilo minimální průtoky v profilu vypouštění odpadních vod z ČOV Rakovník, takže ředění odpadních vod by bylo podstatně příznivější.

Pokud by se klimatická změna v povodí Rakovnického potoka projevovala dalším oteplováním bez zvětšení atmosférických srážek, klesaly by dále přirozené i nádržemi ovlivněné minimální průtoky. Pro období, ve kterém by průměrná teplota stoupla proti výchozímu stavu o 2 °C, by pokleslo nalepšení o cca 37 %, tj. pro uvedenou redukovanou soustavu na 50 $l \cdot s^{-1}$, což by ještě znatelně režim minimálních průtoků zlepšovalo. Pro zvýšení teploty o 4 °C by uvažovaná sestava nádrží poskytla nalepšení jen 37 $l \cdot s^{-1}$. Když uvážíme značnou nejistotu všech použitých řešení, můžeme usuzovat, že pro tyto podmínky by již redukovaná soustava patrně nepostačovala a bylo by ji třeba posílit, patrně převodem vody z jiného povodí.

Uvedené poznatky vyplynuly ze studie změn hydrologické bilance s využitím scénářů klimatické změny. Nepočítalo se však s tím, že by se v povodí Rakovnického potoka podstatně zvětšovaly odběry vody pro závlahy. Pokud by tuto spotřebu vody další oteplení vyvolalo, byly by odhady zvětšení minimálních průtoků nejpříznivější.

U všech nádrží byla stanovena hladina maximální (H_{max}), která byla vždy navržena 0,6 m pod korunou hráze. Hladina normální stanovena nebyla, protože její výška závisí na volbě scénáře

a na velikosti retenčního prostoru. K hladině maximální byly vztaženy všechny výpočty a parametry, včetně geomorfologických ukazatelů.

Jako základ pro posouzení byly převzaty výsledky průtoků odvozených pro současný stav na povodí. Pro porovnání byly použity také průtoky vypočtené po aplikaci reálných protierozních opatření na povodí. Vypočtené hodnoty průtoků z modelu HEC-HMS byly z hodinového kroku upraveny lineární interpolací na čtvrthodinový krok.

Možnosti převodů vody

Reálnou alternativou k výstavbě akumulačních nádrží je posílení vodohospodářské bilance převodem vody z jiného povodí. Posouzeny byly varianty využívající převod vody z Ohře, buď z nádrže Nechranice, nebo z profilu pod přítokem Blšanky. Odhadnuté investiční náklady pro převod 60 $l \cdot s^{-1}$ jsou cca 125 mil. Kč a jsou srovnatelné s náklady na odpovídající zajištění nalepšení průtoků soustavou navrhovaných nádrží (cca 150 mil. Kč.) Další možností, v projektu již neposouzenou, je převod vody z nádrže Nechranice společný pro povodí Blšanky (situace je obdobná jako v povodí Rakovnického potoka) a z Rakovnického potoka.

Pro řešení problémů vznikajících při téměř nulovém průtoku Rakovnického potoka v Rakovníku v období hydrologického sucha byla posouzena i možnost převodu („recyklace“) vody uvnitř povodí Rakovnického potoka - z dolní části Lišanského potoka nad Rakovník. Investiční náklady by byly cca 30-40 mil. Kč. Jeden ze zásadních problémů - nedostatečné ředění vod vypouštěných z ČOV Rakovník v době hydrologického sucha - by pouze pomocí tohoto převodu nebylo možné vyřešit, určitého efektu by bylo možno dosáhnout kombinací s akumulační nádrží, např. v dolním úseku Kolešovického potoka, do které by se voda čerpala.

6.7.3 Návrh změn agrotechnických postupů při pěstování klíčových polních plodin

Plodina	Hlavní doporučení
pšenice ozimá	Většina porostů zakládána po ozimé řepce - je třeba ověřit mulčování strniště horizontálním mulčovačem po sklizni řepky a v případě vlhké povrchové vrstvy půdy nechat vzejít výdrol bez podmítky a pak zapravit disky. Hnojení dusíkatými hnojivy směrovat i ve vyšších dávkách do začátku jarní vegetace v návaznosti na hustotu porostu a stav rostlin (upřesnění vhodné formy N). Před ozimou řepkou pěstovat rané odrůdy s dobrou kvalitou zrna (např. Avenue, Julie) a vyšší obsah N-látek v zrnu podpořit vyšší pozdní dávkou N (min. 60 kg $N \cdot ha^{-1}$) nejpozději na začátku metání (případný nevyužitý N podpoří růst řepky). Větší pozornost věnovat kvalitě osiva (provenience, HTZ, energie klíčení, moření včetně přenašečů viróz apod.), určení správného výsevku v MKZ a výběru vhodných odrůd: Reform, Rebel, Virriato, Fakýr. V příštích letech je třeba ověřit setí směsí kompenzačních odrůd (1 odrůda ve směsi tolerantní k suchu) a variabilní regulaci vstupů (minerální hnojiva, pesticidy) na základě aplikačních map integrujících zjištěná data o půdě a o stavu porostu (dostupnost vody pro rostliny, výnosové mapy, DPZ, výživný stav půdy a rostlin apod.). Větší uplatnění hnojiv s regulovaným uvolňováním živin a zvyšování ploch s lokální aplikací minerálních hnojiv na úkor plošné aplikace na povrch půdy. Do softwaru pro variabilní aplikaci hnojiv na základě rozborů půd a dalších faktorů začlenit výnosové mapy a data o dostupnosti vody pro rostliny.
řepka ozimá	Větší pozornost věnovat kvalitě osiva, zejména HTS při setí za sucha. Jako vhodné odrůdy je možné doporučit DK Exception, DK Explicit, Atora. Po zkušenostech se vzcházením a vyrovnaností porostů řepky v roce 2016 je nutná lepší homogenizace posklizňových zbytků po ozimé pšenici (zejména v místech ležáků) - např. použití

	horizontálního mulčovače s nasávacím efektem. Po sklizni ozimé pšenice přikulit podmítku pro podporu vzejití výdrolu. Na reprezentativních půdách porovnat různé způsoby zakládání porostů řepky s hlubokým kypřením a s přesným setím do širších řádků - ve spolupráci s výrobci nových strojů. Ověřit v místních podmínkách ponechání větší části posklizňových zbytků po předplodině na povrchu půdy (omezuje výpar a prohřívání půdy v letním období), následně provést pásové zpracování půdy s hlubokým kypřením a s aplikací minerálních hnojiv do různých hloubek a přesné setí do širších řádků. Vzhledem k vysokému zastoupení ozimé řepky v osevním postupu a předpokládanému nárůstu problémů se škůdci a chorobami v příštích letech bude nutné snížit její zastoupení v osevním postupu pod 30 % a místo ní zařadit zlepšující plodiny (např. inkarnát, lupina apod.).
mák	Větší pozornost věnovat provenienci osiva a jeho celkové kvalitě (zkouška klíčivosti). Pro pěstování máku pokud možno vybírat pozemky s vyšším obsahem POH a s dobrou povrchovou strukturou půdy, která se nerozplavuje a nevytváří na povrchu krustu. Pokud to není nutné, neaplikovat hnojiva s K^+ nebo s NH_4^+ (K hnojit k předplodině, NH_4^+ pouze se zapravením do půdy). Maximálně omezit ztrátu vody z půdy při předseťové přípravě. Doporučuje se aplikace minerálních hnojiv s pozvolným uvolňováním živin, při aplikaci N na povrch půdy použít jen ledek vápenatý nebo $UREA^{stabil}$ (resp. močovinu před deštěm). Při přípravě pozemku k setí je třeba minimalizovat přejezdy techniky a maximálně omezit ztrátu vody z půdy při předseťové přípravě.

Tab. 6.12: Shrnutí zásadních doporučení

6.8 Ekonomické hodnocení dopadů cost-benefit analýzy pro zemědělský podnik Lupofyt Chrášťany

Cílem této podkapitoly je posouzení ekonomických dopadů navržených adaptačních opatření pro zemědělský podnik Lupofyt Chrášťany a to metodou podobnou té použité v kapitole 5 a zčásti 4. Nicméně s ohledem na přehlednost jsou zopakovány některé základní metodické postupy. V textu je uveden postup, část dílčích výsledků a konečný výsledek zpracované cost-benefit analýzy (CBA) s textovou interpretací. Analýza nákladů a přínosů je zaměřena na adaptační opatření pro zmírnění dopadů klimatické změny na vodní erozi půdy na plochách zemědělského podniku. Další dopady jako například zmírnění sucha, zvýšení retence vody v půdě či krajině, změna estetické hodnoty krajiny, změna dopadů větrné eroze, biodiverzity a řady dalších dopadů nebylo provedeno. Důvodem je skutečnost, že dosud neumíme navržená opatření vyhodnotit tak, abychom s únosnou mírou spolehlivosti mohli říci, jak a zejména o kolik zavedení opatření ovlivní další ekosystémové služby a externality a i to lze považovat za jeden z klíčových závěrů doposud uzavřených kapitol GVHK. Změna dopadů, mimo vodní eroze, je stále velmi neprobádaná oblast vědění. Bezesporu je to jistým nedostatkem této analýzy, která je právě postavena tak, že se změny převádí na finanční toky. V podobných případech, kdy neexistuje znalost přímých dopadů, volí se metoda nepřímá[13], která ovšem nese vyšší náklady a časové požadavky, než bylo možno provést pro účely tohoto Generelu. Ale i s tímto nedostatkem je to posun k posouzení dopadů, který zahrnuje náklady a přínosy zároveň a posuzuje je v časovém rozměru.

CBA navazuje na datové podklady zpracované VUT Brno, kde byly druhy a rozsah opatření stanoveny a obsahují technickou stránku propočtů postavených na příslušných teoriích a návodech z literatury a vychází z výstupů projektu EHP-CZ02-OV-1-039-2015 AdapdaN.

[13] Willing to pay, willing to access,

Pro účely Generelu by bylo vhodné se dále zaměřit na ocenění vody v krajině, vody půdě a doplnit dále dopady sucha na produkci zemědělských plodin včetně chmelnice, popřípadě na živočišnou výrobu, změnu skleníkových plynů v ovzduší, bilanci uhlíku, dusíku, posoudit také některé další příležitosti diverzifikace zemědělství, jako rozšíření příjmů podniku v oblasti rekreace apod.

6.8.1 Metoda a postup prací

6.8.1.1 Metodický úvod

Popis území zemědělského podniku je proveden v předcházejících kapitolách. Doplňující informace k vymezenému území jsou následující:

- Do zpracování dat CBA byly zahrnuty data půdních dílů nad 2 ha výměry. Tato hranice byla konzultována se spoluřešiteli a je dnes navržená jako hraniční pro vymezení DZES 5.
- Do zpracování jsou zahrnuty jen ty půdní díly, kde byla také navržena adaptační změna, není opodstatněné pracovat s celou výměrou podniku, protože u půdních dílů bez návrhů opatření se změna neprojeví.
- Příspěvek na úhradu fixních nákladů a zisku byl vypočten na základě dat ÚZEI (nákladová část, ceny komodit) a podnikové výnosy podniku Lupofyt.
- Výše nákladů na adaptační opatření byla konzultována s řešiteli, vycházela z projektu AdaptaN, a částečně byla vypočteny nově (opatření v chmelnicích, interakční prvky s výskytem stromů).

CBA pracuje s ukazateli, kde jeden z klíčových ukazatelů je „Čistá současná hodnota (NPV)“. Jedná se o ukazatel, který počítá pouze a jen s budoucím cashflow. Vlastně říká, kolik peněz za zvolenou dobu životnosti projektu daný projekt přinese anebo vezme. Nezajímá se tedy o účetní položky, jako jsou výnosy a náklady, nezajímá se o nějakou hodnotu společnosti, ale řeší pouze a jen peněžní toky, které nám daná investice nebo obecně vzato jakýkoliv projekt/opatření přinese. NPV se hodí více pro hodnocení spíše v krátkém a středním období pro hodnocení taktických aktivit společnosti. Při zavedení nové technologie, která se budete provozovat x let, pomůže NPV zhodnotit, jestli do toho jít a v případě více variant i kterou si vybrat.

U jednotlivých variant dochází k vyjádření čisté současné hodnoty společenských přínosů do roku 2040. Pro vyhodnocení výsledků se nejčastěji používá metoda čistý přínos opatření a poměr užitků a nákladů. Čistý přínos opatření bývá vyjadřován v absolutní míře pomocí NPV,

$$NPV = \sum_{t-1}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t},$$

kde NPV je čistá současná hodnota, B_t – jsou užitky v roce t, C_t – jsou náklady v roce t, r – úroková míra. Aby bylo opatření přijato, musí být NPV větší než nula. Pokud tuto podmínku splňuje více variant, vybírá se ta s nejvyšší NPV.

Vedle nákladů a užitků, které jsou kvantifikovány a vyjádřeny v peněží hodnotě, jsou pro každou variantu uvedené i specifické kategorie, které nejsou vyjádřeny v peněžní hodnotě. Vzhledem k tomu, že finanční prostředky s časem ztrácí na hodnotě, jsou náklady i přínosy zatíženy diskontním koeficientem, který upravuje finanční hodnoty na současnou hodnotu během celé doby sledování nákladů a přínosů. Výsledky tak částečně závisí na použité diskontní míře.

V rámci projektu AdaptaN, kde byly posuzovány velmi podobné příklady dopadů klimatické změny a adaptační opatření na 36 katastrálních územích, byla provedena citlivostní analýzy (Macháč, J., 2016)

kde byla testována diskontní míra 1%, 4%, a 8%. Zde se ukázalo, že nejvhodnější diskontní míra pro tuto dobu hodnocení (24 let) je 4%. Tato míra diskontní sazby je navíc pro takovéto časové období obvyklá[14].

Diskontní faktor diskontní faktor se počítá podle vzorce:

$$Diskontní\ \ faktor = \frac{1}{(1+r)^t}$$

r – diskontní míra

t – doba trvání projektu (splatnosti),

Postup prací byl následující:

a) První práce v tomto ekonomickém posouzení je věnována identifikaci a kvalifikaci nákladů a přínosů. Tato fáze byla provedena ve spolupráci VUT a MZLU s Prof. M. Dumbrovským a Prof. M. Trnkou jako přípravné fázi studie, jsou zde stručně představeny uvažované varianty ve vztahu k území.

b) Následovala fáze kvantifikace nákladů a přínosů z opatření na naturální jednotky, která probíhala ve spolupráci VUT a ÚZEI a převedení navržených nákladů a přínosů na finanční jednotky pomocí valuačních metod a datového zázemí ÚZEI Sledování náklady zemědělských plodin 2012 – 2014, šetření projektů zalesnění ploch v rámci KPÚ, výstupy projektu EHP-CZ02-OV-1-039-2015 Adaptan 2015-2016.

c) Diskontování nákladů a užitků.

d) Výpočet 6-ti scénářů, ukazatelé CBA.

e) Ekonomického posouzení CBA pak přináší závěry, doplnění kvalitativních nákladů a přínosů.

V této analýze bylo zvoleno 6 základních scénářů, které vycházely z realizace opatření a stavu klimatické změny. Níže jsou podrobněji popsány.

6.8.1.2 Zvolení scénářů

Pro lepší představu budoucích kroků zemědělského podniku je vhodné uvažovat ve variantách a porovnat jejich výsledky.

Základním kritériem pro tvorbu scénářů byla volitelná podmínka, kdy zemědělec zváží možnost, zda jednu, nebo druhou alternativu opatření provede nebo zda neudělá nic z navržených opatření.

Dalším kritériem bylo, zda připustíme, že klimatická změna proběhne, nebo ne. Toto kritérium není nijak závislé na chování zemědělce, ale je použitý jako teoretická úvaha.

Dvě zvažované varianty s adaptačními opatřeními se příliš nemění, jsou zpravidla na stejných půdních dílech a v podobném nebo stejném rozsahu. Výraznější rozdíl je u opatření interakčních prvků (IP).

[14] *Stanovení diskontu může být mnoha způsoby, například na základě úrokové sazby, kterou platíme u dlouhodobého cizího kapitálu. Znamená to tedy, že naše banka, která má jistě se stanovováním rizika letité zkušenosti a má na to kvalitní odborníky, hodnotí míru naší rizikovosti na 2%. K 2%, je možno přidat nejvyšší úrokovou míru, kterou jsme schopni dostat uložením peněz do bezrizikových instrumentů (státních pokladničních poukázek nebo na spořicím účtu) a k tomu všemu ještě eventuálně přičíst nějakou kompenzační odměnu za to, že peníze nebudou k dispozici (např. průměrnou míru inflace za posledních x let). Celá konstrukce diskontu pak může vypadat jako: 2% (riziková prémie naší banky) + 0,75% (úrok na spořicím účtu) + 2,25% (průměrná míra inflace) = 5,0% . Pro účely této práce se nezapočítal úrok na spořicím účtu.*

U varianty 2 je IP, navržen v šířce zatravněného pásu 20 m a bez stromů nebo keřového patra, jedná se o scénáře 4 a 4. U varianty opatření 3 jsou IP široké 10 m a na zatravněných pásech jsou řídce vysazeny stromy a keře.

Přehled variant a scénářů je uvedeny v tabulce 6.13.

	Bez změny klimatu	**Se změnou klimatu**
Bez opatření	scénář 1	scénář 2
Varianta s opatřením 2	Scénář 3	scénář 4
Varianta s opatřením 3	Scénář 5	scénář 6

Tab. 6.13: přehled použitých variant
Zdroj: Vlastní zpracování

V rámci požadavků zadání VUT v Generelu bude docházet k porovnání celkových nákladů a přínosů vyjádřených v současné hodnotě k 1. 7. 2016 s časovým horizontem do roku 2040.

Podrobnější popis čtyři variant:

- Scénář 1 – neuvažuje realizaci žádných opatření, počítá se zachováním stávající situace, tj. ignoruje případné dopady klimatické změny, zahrnuje jen současná rizika
- Scénář 2 – neuvažuje realizaci žádných opatření, počítá s dopady klimatické změny
- Scénář 3 – uvažuje realizaci adaptačních opatření 2 navrhnutých v pro Chrášťany a počítá se zachováním stávající situace, tj. ignoruje případné dopady klimatické změny, zahrnuje jen současná rizika
- Scénář 4 – uvažuje realizaci adaptačních opatření 2 navrhnutých v pro Chrášťany a počítá se s dopady klimatické změny.
- Scénář 5 - – uvažuje realizaci adaptačních opatření 3 navrhnutých v pro Chrášťany a počítá se zachováním stávající situace, tj. ignoruje případné dopady klimatické změny, zahrnuje jen současná rizika
- Scénář 6 - – uvažuje realizaci adaptačních opatření 3 navrhnutých v pro Chrášťany a počítá se s dopady klimatické změny.

V případě klimatické změny se při výpočtu dopadů pracovalo se zvýšení míry návrhové srážky a utužení půdy. Tato změna byla propočtena do výše splavené zeminy v rámci půdního dílu, nebo zcela mimo půdní díl, blok. Použitý výpočet CBA nevyužívá přímo modelové zpracování klimatické změnu v průběhu celého období, ale využívá údaje o erozi o aktuální situaci (2016) a o stavu po realizaci opatření (2040). Byl stanoven stav v roce 2016 a 2040. na ostatní roky byl dopad propočten lineárně. Nebyla modelována retence vody v půdě, ani v krajině.

Přehled dopadů eroze a ploše jednotlivých bloků, kde byly navrženy adaptační opatření, poskytuje údaje o erozním smyvu pro varianty současného stavu (2016), klimatické změny (rok 2040), a situací, kdy dojde k realizaci opatření za současného stavu a při klimatické změně (2040), (Tab. 6.14). V této tabulce jsou rovněž uvedeny rozdíly hodnot v tunách za rok na půdním bloku, které vzniknou v případě, že se neprovedou adaptační opatření. Tím, že se opatření provedou, naopak vzniká přínos (hodnota se však započítává jen jednou, protože nemůže figurovat v součtu jako náklad i jako přínos).

Do zpracování CBA byly na doporučení VUT zařazeny pouze půdní bloky větší než 2 ha. Důvodem je to, že plochy pod 2 ha už vlastně nejsou pro dopady eroze tak významné a také jsou vyřazeny pro návrhy opatření u správné zemědělské praxe DZES 5.

půdní díl	plocha	bez opatření		opatření 2		opatření 3	
ZKODFB	ha	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040
2205/12	89,67	540,47	810,70	149,21	223,82	148,51	222,76
6701/4	61,85	182,41	273,62	93,85	140,77	93,90	140,86
3002/1	44,35	182,52	273,77	63,82	95,74	60,22	90,33
0806/2	43,71	287,18	430,77	113,22	169,83	115,00	172,50
2301/2	42,48	200,67	301,01	115,19	172,78	115,24	172,86
5704/1	42,32	177,96	266,95	54,38	81,57	54,39	81,58
8801/3	38,46	250,01	375,02	90,49	135,73	90,82	136,23
0907/2	36,98	106,33	159,49	65,42	98,12	66,39	99,58
4001/1	31,14	130,03	195,04	25,90	38,85	26,14	39,21
3104/11	29,43	113,02	169,53	33,59	50,39	31,36	47,05
1803	28,95	87,79	131,68	49,46	74,19	49,59	74,39
4901/2	28,69	116,67	175,01	23,24	34,86	23,48	35,21
8104/3	27,73	88,10	132,15	49,98	74,98	50,75	76,13
9003	27,64	153,69	230,54	30,61	45,92	30,75	46,12
8801/4	27,43	128,32	192,48	51,25	76,88	50,33	75,50
0805	25,03	58,61	87,92	25,26	37,89	25,22	37,82
0003	21,00	64,21	96,32	42,70	64,05	43,13	64,69
3301/1	20,84	98,70	148,04	47,34	71,01	48,43	72,65
3203	20,78	109,23	163,85	43,99	65,99	44,37	66,56
1901/2	19,81	108,79	163,18	51,18	76,77	49,14	73,72
9801/1	19,28	128,49	192,74	79,13	118,70	80,22	120,33
1101/13	17,79	59,69	89,54	11,89	17,83	12,24	18,35
9704	16,33	78,29	117,43	42,71	64,07	42,69	64,03
2902/2	16,13	71,40	107,11	51,00	76,51	52,04	78,06
3303/1	14,59	89,75	134,62	17,88	26,81	17,94	26,92
9002	14,53	127,58	191,37	25,41	38,11	25,74	38,62
9101/1	13,54	54,00	81,00	28,42	42,63	28,27	42,41
4303	13,44	65,33	98,00	13,01	19,52	13,13	19,70
4201/3	13,03	54,07	81,10	50,36	75,55	49,24	73,86
0008/4	12,91	42,01	63,02	8,37	12,55	8,48	12,72
2801/2	11,60	86,77	130,16	36,42	54,64	37,30	55,94
8903	11,47	49,12	73,69	9,78	14,68	9,91	14,86
3304	9,40	39,28	58,91	23,41	35,12	23,61	35,42
8802/1	8,47	55,98	83,97	18,67	28,00	19,56	29,34
3302/1	7,84	43,24	64,86	8,61	12,92	8,99	13,48
7103/2	7,56	7,25	10,88	1,44	2,17	1,64	2,46
8703/7	6,81	40,97	61,46	8,16	12,24	8,18	12,28
0007	6,72	26,34	39,51	5,25	7,87	5,10	7,65
2206/2	6,47	29,56	44,35	5,89	8,83	6,41	9,61

půdní díl	plocha	bez opatření		opatření 2		opatření 3	
ZKODFB	ha	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040	bez klim. zm. 2016	s klim. zm. 2040
4202/2	6,46	18,92	28,37	3,77	5,65	3,80	5,69
1301/5	5,69	30,73	46,10	6,12	9,18	6,22	9,34
1303/2	5,62	33,97	50,95	6,76	10,15	6,71	10,06
4303/1	4,11	26,16	39,24	5,21	7,82	5,36	8,04
4803/3	3,88	19,87	29,81	0,23	0,34	0,23	0,34
8804/5	3,20	16,69	25,03	0,19	0,28	0,19	0,29
9101/18	2,99	26,60	39,90	5,30	7,95	5,46	8,19
3804	2,61	19,02	28,54	3,79	5,68	4,24	6,37
8703/5	2,55	21,19	31,78	0,24	0,36	0,25	0,38
8703/6	2,46	29,94	44,91	0,34	0,51	0,35	0,53
5814/5	2,40	13,02	19,53	0,15	0,22	0,15	0,23
celkem	**978,17**	**4589,95**	**6884,93**	**1698,01**	**2547,01**	**1700,83**	**2551,24**

Tab. 6.14: Statistika eroze (množství odnosu zeminy v t za rok)
Zdroj: podklady VUT, vlastní zpracování

Tyto výchozí údaje o množství odnesené půdy z pozemků byly upraveny pro použití výše uvedených šest scénářů. Již u tohoto výpočtu dopadů je patrné, že velký rozdíl u opatření 2 a 3 není příliš rozdílné. Později byly ještě vyčísleny náklady na tyto scénáře.

Rozdíl odnesené půdy celkem u variant, kdy nedojde ke klimatické změně je cca 2 890 t za rok, v případě klimatické změny by byl v roce 2040 rozdíl stavu bez opatření a s opatřením již téměř dvojnásobný, tj. cca 4 330 tun za rok.

6.8.1.3 Adaptační opatření, nálady a přínosy

Hodnocení nákladů

Seznam a popis jednotlivých opatření, která byla navržena přímo pro zemědělský podnik Lupofyt je uvedena v tabulce 6.15.

Opatření	Způsob výpočtu nákladů
Zatravnění	jedná se o vícenáklad, který je spojen s náklady na setí 1x za 5 let + ušly zisk, který je uvažován na dobu 5 let a vypočten z osevního postupu a výnosů plodin (PÚ[15] a ztráta zisku).
Opatření v chmelnici	setí směsky a mulčování, každoročně
AGT (agrotechnologie)	Náklady mají podobu vícenákladů na bázi každoročních provozních nákladů. Výpočet nákladů počítá s využitím svazenky jako krycí plodiny a s jejím vymrznutím. Vícenáklady jsou spojeny s náklady na setí včetně osiva. Dle AGC (2015) je potřeba na 1 ha přibližně 12 kg svazenky.
Zatravněné pásy	Jedná se o vícenáklad, který je spojen s náklady na setí 1x za 5 let + ušly zisk, který je uvažován na dobu 5 let a vypočten z osevního postupu a výnosů plodin (PÚ a ztráta zisku).
IP2 (mez travnatá)	jedná se o vícenáklad, který je spojen s náklady na setí 1x za 5 let + ušly zisk, který je uvažován na dobu 5 let a vypočten z osevního postupu a výnosů plodin (PÚ a ztráta zisku).
IP3 (mez travnatá)+ stromy	Jedná se o vícenáklad, který je spojen s náklady na setí 1x za 5 let + ušly zisk, který je uvažován na dobu 5 let a vypočten z osevního postupu a výnosů plodin (PÚ a ztráta zisku).
Průleh	Náklady mají podobu investičních nákladů a ušlého zisku. Obdobně jako v případě hrázky se náklady na vybudování pojí především se zemními pracemi: sejmutí ornice s vodorovným přemístěním, odkopávky, prokopávky nezapažené s naložením výkopu, vodorovné přemístění výkopku, úprava pláně se zhutněním, rozprostření a urovnání ornic a zpevnění pomocí výsadby zeleně. Dále se počítá se zatravněním.

Tab. 6.15: Přehled opatření a výpočtu nákladů

Přehled navržených opatření obou variant na půdních dílech je uveden v tabulce 6.16.

		varianta 2					**varianta 3**				
	PLOCHA	Zatrav.	AGT	AGT chmel	Zatr. pásy	IP (ha)	Zatrav.	AGT	AGT chmel	Zatr. pásy	IP (ha)
ZKODFB	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
2205/12	89,67		66,95		3,20			66,95		4,80	
6701/4	61,85		24,99		1,04			24,99		1,56	
3002/1	44,35		25,13		2,03	1,01		25,13		3,05	0,51
0806/2	43,71	2,35	23,00				2,35	23,00			
2301/2	42,48		14,93					14,93			
5704/1	42,32		32,04					32,04			
8801/3	38,46		27,19					27,19			

[15] PÚ – příspěvek na úhradu fixních nákladů

		varianta 2					varianta 3				
	PLOCHA	Zatrav.	AGT	AGT chmel	Zatr. pásy	IP (ha)	Zatrav.	AGT	AGT chmel	Zatr. pásy	IP (ha)
ZKODFB	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
0907/2	36,98		9,24					9,24			
4001/1	31,14		31,14					31,14			
3104/11	29,43		19,15			0,87		19,15			0,43
1803	28,95		9,75					9,75			
4901/2	28,69		28,69					28,69			
8104/3	27,73		9,31					9,31			
9003	27,64		27,64					27,64			
8801/4	27,43		14,62		1,81			14,62		2,72	
0805	25,03		13,13		0,90			13,13		1,35	
0003	21,00		5,93					5,93			
3301/1	20,84		10,98					10,98			
3203	20,78		12,11					12,11			
1901/2	19,81		10,98			0,54		10,98			0,27
9801/1	19,28		6,40					6,40			
1101/13	17,79		17,79					17,79			
9704	16,33		4,61					4,61			
2902/2	16,13		3,87					3,87			
3303/1	14,59		14,59					14,59			
9002	14,53		14,53					14,53			
9101/1	13,54		3,43					3,43			
4303	13,44		13,44					13,44			
4201/3	13,03				1,04					1,56	
0008/4	12,91		12,91					12,91			
2801/2	11,60		6,39					6,39			
8903	11,47		11,47					11,47			
3304	9,40		2,40					2,40			
8802/1	8,47		5,93					5,93			
3302/1	7,84		7,84					7,84			
7103/2	7,56		7,56					7,56			
8703/7	6,81		6,81					6,81			
0007	6,72		6,72					6,72			
2206/2	6,47		6,47					6,47			
4202/2	6,46		6,46					6,46			
1301/5	5,69		5,69					5,69			
1303/2	5,62		5,62					5,62			
4303/1	4,11		4,11					4,11			
4803/3	3,88			3,88					3,88		
8804/5	3,20			3,20					3,20		
9101/18	2,99		2,99					2,99			
3804	2,61		2,61					2,61			
8703/5	2,55			2,55					2,55		
8703/6	2,46			2,46					2,46		

		varianta 2					varianta 3				
	PLOCHA	Zatrav.	AGT	AGT chmel	Zatr. pásy	IP (ha)	Zatrav.	AGT	AGT chmel	Zatr. pásy	IP (ha)
ZKODFB	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
5814/5	2,40			2,40					2,40		
suma	**978,17**	**2,35**	**597,54**	**14,49**	**10,02**	**2,42**	**2,35**	**597,54**	**14,49**	**15,04**	**1,21**

Tab. 6.16: Přehled navržených opatření var. 2 a var. 3 pro Lupofyt Chrášťany
Zdroj: VUT Brno

V rámci ekonomické analýzy a zde bylo provedeno ocenění navržených opatření a výsledek je uveden v tabulce 6.17 pro opatření varianty 2 (scénář 3 a 4) a tabulka 6.18 uvádí náklady varianty opatření 3 (scénář 5 a 6).

Typ opatření	***Náklady celkem (Kč)***
zatravnění (PÚ 5 let)	126 148
obnova TTP co 5 let	83 989
agrotechnologie	52 645 664
agrotechnologie chmel	2 281 306
zatravněné pásy (PÚ 5 let)	715 077
obnova TTP co 5 let	358 115
interakční prvek bez stromů (PÚ)	172 703
interakční prvek bez stromů (obnova)	86 491
celkem náklady var. 2	**56 469 493**

Tab. 6.17: Náklady za období 2017 – 2040, bez diskontování (var. 2)

Typ opatření	***Náklady celkem (Kč)***
zatravnění (PÚ 5 let)	126 148
obnova TTP co 5 let	83 989
agrotechnologie	52 645 664
agrotechnologie chmel	2 281 306
zatravněné pásy (PÚ 5 let)	1 073 330
obnova TTP co 5 let	537 530
interakční prvek se stromy (PÚ)	86 352
interakční prvek se stromy (obnova)	43 245
interakční prvek výsadba stromů	53 263
interakční prvek péče o stromy 5 let	30 704
celkem náklady var. 3	**56 961 530**

Tab. 3.18: Náklady za období 2017–2040, bez diskontování (var. 3)

Přehled zdrojů dat pro stanovení nákladů:

- Šetření ÚZEI o nákladech – výpočet příspěvku na úhradu fixních nákladů a zisku (PÚ)
- Agronormativy, projekty KPÚ, ceník stavebních prací RTS (podklady získané z ÚZEI)
- Převzetí nákladů z dosud prováděných opatření (data partnerů v projektu – VUT Brno),

Pokud se náklady na opatření přepočtou na současnou hodnotu s pomocí diskontní míry 4 %, bude konečná hodnota nákladů za celé období nižší, protože hodnota peněz klesá, což celkově představuje snížení cca o 30 %. Viz tabulka 6.19.

Rok	Opatření celkem var. 2	Opatření celkem var. 3
2017	2 597 128	2 738 146
2018	2 395 586	2 453 779
2019	2 303 448	2 359 403
2020	2 214 854	2 268 657
2021	2 129 667	2 181 401
2022	1 967 975	1 990 359
2023	1 808 733	1 808 733
2024	1 739 166	1 739 166
2025	1 672 275	1 672 275
2026	1 607 957	1 607 957
2027	1 617 532	1 635 930
2028	1 486 646	1 486 646
2029	1 429 468	1 429 468
2030	1 374 488	1 374 488
2031	1 321 623	1 321 623
2032	1 329 493	1 344 615
2033	1 221 915	1 221 915
2034	1 174 918	1 174 918
2035	1 129 729	1 129 729
2036	1 086 278	1 086 278
2037	1 092 747	1 105 176
2038	1 004 325	1 004 325
2039	965 697	965 697
2040	928 555	928 555
Celkem	**37 600 204**	**38 029 240**

Tab. 6.19: Výše nákladů podle jednotlivých let v současné hodnotě v Kč za celkovou plochu zemědělského podniku.

Současná hodnota je součet všech budoucích toků (cash flow) plynoucích z investice převedených na jejich současnou hodnotu. Převod na současnou hodnotu diskontováním očišťuje budoucích toky o alternativní náklady kapitálu. Tak je možné převést budoucí částky na cenu, kterou má pro nás tento obnos inkasovaný v budoucnu dnes.

Pokud by zemědělský podnik tyto navržené opatření neuplatnil, nejsou mu započteny žádné náklady, ale je třeba si uvědomit, že pozitivní dopady opatření budou ve skutečnosti daleko větší než pouze ty, které byly započteny jako záchrana zeminy u eroze půdy.

Hodnocení přínosů

Přínosy tvořilo množství půdy a živin, které budou zachráněné díky navrženým opatřením. Po konzultaci s odborným řešitelem na erozi půdy bylo započteno 50% ztráty půdy, která zůstane na půdním díle a přesune se z horní části na dolní a 50 % půdy a živin je splavena mimo půdní díl, např. do příkopů, vodních toků a nádrží. Vyjádření současné hodnoty přínosů je provedeno obdobně jako v případě nákladů, to znamená, že jsou převedeny na současnou hodnotu pomocí diskontního faktoru v jednotlivých letech 2017–2040. Součtem současných hodnot v jednotlivých letech vznikl celkový přínos. U scénářů 1, 3 a 5 byla uvažována eroze na stejné úrovni v jednotlivých letech a u scénářů 2, 4

a 6, byl uvažován tendenční vývoj erozní činnosti způsobené klimatickou změnou. Tím docházelo každý rok k odlišným přínosům v jednotlivých letech.

V rámci studie pro došlo k převedení 4 druhů přínosů na finanční toky a všechny vychází z dopadů eroze, k jiným dopadům (např. objem zadržené vody v půdě, vliv na rostliny, biodiverzita) nebyly poskytnuty údaje. V tomto případě dopadů eroze se pak přímo jednalo o dodatečné přínosy z úspor nákladů na navrácení splavené ornice zpět na půdní bloky, úspory nákladů na odstranění splavené ornice z vodních toků a nádrží, úspory nákladů na ztracenou zeminu a náhradu živin (viz tabulka 6.20). Zbývající přínosy identifikované ve velmi podobném zadání projektu o dopadech klimatických změn na zemědělské hospodaření, a to v rámci dílčí studie Koutná (2016) a Slavíková (2016), Macháč (2016), nebylo s ohledem na dostupnost dat a časové omezení možné kvantifikovat. Přínos je tedy započítán jako úspora nákladů v případě, že došlo k realizaci opatření a tím se zvýšila ochrana půdy oproti původní situaci. Další přínosy či náklady, které nebyly vyjádřeny v peněžních tocích, jsou popsány na konci této zprávy.

přínos/náklad spojené s:	**výše v cenách roku 2015**
navrácení splavené ornice zpět na půdní bloky	**204 Kč/t**
odstranění splavené ornice z vodních toků a nádrží	**650 Kč/t**
nákup ztracené zeminy	**205 Kč/t**
náhrada živin	**5188 Kč/t**

Tab. 6.20: Výše dílčích přínosů v cenách roku 2015
Zdroj: Koutná, Slavíková 2016, projekt AdaptaN

Při výpočtu přínosu zadržené zeminy díky opatřením je část dílčích přínosů snížena v několika důvodech, protože, jak bylo výše uvedeno, jen část odnesené zeminy opustí půdní blok a je tak možná vypočítat náklad na její odstranění z vodních toků a nádrží. Vzhledem k tomu, že tento údaj nebyl součástí výpočtu, byla odhadovaná část splavenin, které opustí půdní blok, 50 %. Tím se pak u 50% podílu půdy, který opustí půdní díl (pole), započítával náklad na nákup ztracené zeminy. Náhrada živin byla na základě citlivostní analýzy dat snížena na jednu pětinu. Důvodem je jednat to, že nakoupená zemina také obsahuje živiny a přemístěná rovněž. Tedy odnos živin je také brán jako odhad na základě jiných studií. Navrácení splavené ornice zpět na půdní blok z dolní části na horní bylo započteno podílem 50 %. V tabulce 6.21 jsou uvedeny hodnoty ceny přínosů v jednotlivých letech, které byly podle scénářů s promítnutím klimatické změny nebo bez ní vynásobený příslušnou mírou splavené zeminy (Tab. 6.22).

Rok	Navrácení splavené ornice (v Kč/t)	Odstranění splavené ornice z toků (v Kč/t)	Nákup ztracené zeminy (v Kč/t)	Náhrada živin (v Kč/t zeminy)	Náklady celkem
2017	204	650	205	5 188	6 247
2018	196	625	197	4 988	6 007
2019	189	601	190	4 797	5 776
2020	181	578	182	4 612	5 554
2021	174	556	175	4 435	5 340
2022	168	534	168	4 264	5 135
2023	161	514	162	4 100	4 937
2024	155	494	156	3 942	4 747
2025	149	475	150	3 791	4 565
2026	143	457	144	3 645	4 389

Rok	Navrácení splavené ornice (v Kč/t)	Odstranění splavené ornice z toků (v Kč/t)	Nákup ztracené zeminy (v Kč/t)	Náhrada živin (v Kč/t zeminy)	Náklady celkem
2027	138	439	138	3 505	4 220
2028	133	422	133	3 370	4 058
2029	127	406	128	3 240	3 902
2030	123	390	123	3 116	3 752
2031	118	375	118	2 996	3 607
2032	113	361	114	2 881	3 469
2033	109	347	109	2 770	3 335
2034	105	334	105	2 663	3 207
2035	101	321	101	2 561	3 084
2036	97	309	97	2 462	2 965
2037	93	297	94	2 368	2 851
2038	90	285	90	2 277	2 741
2039	86	274	87	2 189	2 636
2040	83	264	83	2 105	2 535
celkem	*3 235*	*10 307*	*3 251*	*82 265*	*99 058*
snížení	o 50%	o 50%	o 50%	o 80%	
Reálná hodnota	**1 618**	**5 154**	**1 626**	**16453**	**24 850**

Tab. 6.21: Současné hodnoty přínosů v jednotlivých letech (v Kč na jednotku= tunu zeminy)
Zdroj: VUT, Vlastní analýza

Scénář	**Popis scénáře**	**tun**
1	bez opatření a bez klimatické změny	110 159
2	bez opatření a s klimatickou změnou	137 316
3	s opatřením, bez klimatické změny var.2	69 407
5	s opatřením, bez klimatické změny var.3	69 339
4	s opatřením, s klimatickou změnou v 2	86 517
6	s opatřením, s klimatickou změnou var. 3	86 433

Tab. 6.22: Přehled vypočtených tun, splavených v letech 2017–2040 za zemědělský podnik

6.8.2 Výsledky

6.8.2.1 Stanovení celkových nákladů a přínosů v současné hodnotě

Náklady spojené s erozí jsou ve všech případech zahrnuty na straně nákladů v rámci CBA, na straně přínosů jsou uspořené náklady, ke kterým dojde realizací adaptačních opatření. V případě užitků se tedy jedná o rozdíl nákladů na odstraňování dopadů eroze v případě ne realizace opatření a v případě realizace opatření. Tabulka 6.23 srovnává vypočtené hodnoty nákladů a přínosu pro jednotlivé varianty a dva různé návrhy. Oba návrhy (var. 2 a 3) byly srovnány se stavem bez opatření.

	Scénář 1		**Scénář 2**		**Scénář 3**		**Scénář 4**		**Scénář 5**		**Scénář 6**	
tis. kč	Bez klimatické změny bez		S klimatickou změnou bez		Bez klimatické změny s opatřením		Bez klimatické změny s opatřením		S klimatickou změnou s		S klimatickou změnou s	
Užitek/náklad spojené s:	náklady	užitky	náklady	užitky	náklady	užitky	náklady	užitky	náklady	užitky	náklady	užitky
realizace	0	0	0	0	37 600	0	38 029	0	37 600	0	38 029	0
navrácení splavené ornice zpět na půdní	7 424	0	8 953	0	4 677	2 746	4 673	2 751	5 641	3 312	5 635	3 317
odstranění splavené ornice z vodních toků a	23 654	0	29 607	0	14 904	8 751	14 889	8 765	17 973	11 634	17 955	11 652
nákup ztracené	7 460	0	8 997	0	4 700	2 760	4 696	2 764	5 668	3 328	5 663	3 334
náhrada živin	75 519	0	91 071	0	47 581	27 937	47 535	27 984	57 380	33 691	57 324	33 747
celkem	114 057	0	138 628	0	109 463	42 194	109 822	42 264	124 263	51 965	124 607	52 050

Tab. 6.23: Současná hodnota užitků a nákladů jednotlivých scénářů (v tis. Kč)
Zdroj: Vlastní analýza

Na základě výpočtu nákladů a přínosů pro jednotlivé scénáře byl vyjádřen čistý společenský přínos jednotlivých scénářů jako rozdíl přínosů a nákladů vyjádřených v současné hodnotě, který je pak uveden v tabulce 6.24.

	Náklady (tis. Kč)	**Užitky** (tis. Kč)	**Čistý společenský přínos** (tis. Kč)
Scénář 1	114 057	0	-114 057
Scénář 2	138 628	0	-138 628
Scénář 3	109 463	42 194	-67 269
Scénář 4	109 822	42 264	-67 558
Scénář 5	124 263	51 965	-72 297
Scénář 6	124 607	52 050	-72 557

Tab. 6.24: Čistý společenský přínos jednotlivých scénářů (tis. v Kč) pro uvažované scénáře

Současné dopady eroze ve scénářích s adaptačními opatřeními (3, 4, 5, 6) z pohledu eroze v dlouhodobém výhledu nevytváří a kladný společenský přínos. Je ale nutné opět připomenout, že se jedná pouze o jeden vyčíslený přínos z mnoha dalších, které zatím nedokážeme dobře vyčíslit v peněžních jednotkách. Například pozitivní dopady se budou projevovat ve stabilitě krajiny, a to jak vodním režimu půdy, tak zlepšení biodiverzity a ušetřené desítky tisíc tun ornice by se možná měly vyčíslit ještě vyšší cenou, pokud například zohledníme i organickou složku půdy, která rovněž podléhá splavení vodní erozí. Takové ocenění však dosud nikdo neudělal a bylo by jistě nesmírně složité.

Rovněž nebyly započteny všechny společenské přínosy, které ve skutečnosti nastanou i pro hospodařící subjekt (stabilizace výnosů) tak i celospolečensky. Vyšší hodnoty estetické stránky krajiny.

Z pohledu společenského je realizace adaptačních opatření obou variant 2 a 3 velmi podobné, nevykazují ani velké rozdíly v dopadech na finanční návratnost investice. Bylo zjištěno, že z pohledu eroze, se z vložené koruny vrátí přibližně 40 haléřů. Na zváženou ale je, zda se nedají některé agrotechnologie pořídit levněji, nebo výsadbu stromů realizovat např. pomocí dotací. V každém případě se investice do ochrany půdy projeví kladně a záleží na ochotě hospodáře nastavit si cíl, jak se vyrovnat se stávající situací a chtít respektovat krajinu, ve které hospodaří a dává mu příležitost podnikat, a to i pro budoucí generace

6.9 Příloha - Obrazová dokumentace Chrášťany

Obr. 6.12: Heterogenita porostu ozimé pšenice (Chrášťany, červen 2016) v důsledku jarního přísušku

Obr. 6.13: Detail porostu poškozeného suchem (Chrášťany, červen 2016)

Obr. 6.14: Polní den (Chrášťany 2016) s ukázkou využití dronů pro diagnostiku porostů polních plodin

Obr. 6.15: Polní den (Chrášťany 2016) - prohlídka odrůdových pokusů s ozimou pšenicí

7 Pilotní farma Ostrožsko

7.1 Postup prací v rámci pilotní studie

Základní kroky v této části zahrnují:

1. Vymezení specifik pilotní farmy Ostrožsko a.s. s ohledem na širší region a ČR.
2. Návrh vedoucí ke snížení erozního rizika a zpomalení povrchového odtoku vody z území;
3. Společná debata nad výčtem možných organizačních a technických opatření v souladu s body 1 a 2;
4. Variantní návrh řešení erozního rizika a zpomalení povrchového odtoku vody z území;
5. Projednání návrhů pracovníky podniku.
6. Návrh organizačních opatření pro stabilizaci produkce v souladu s návrhy pro snížení erozního rizika.
7. Odhad dopadů změny klimatu na produkční schopnost a klíčové indikátory produktivity.
8. Projednání závěrů s vedením podniku a zástupci AK a JMK.
    a. Analýza možností využití a revitalizace závlahových systémů.
    b. Analýza možností zvýšení podílu trvalých kultur.
    c. Identifikace hlavní problémů pro strategické rozhodování v oblasti investic do zvýšení odolnosti území vůči suchu a dalším nepříznivým jevům.
    d. Posouzení realizovatelnosti navržených opatření a existujících legálních, legislativních, organizačních a technických překážek;
    e. Posouzení potenciální ekonomické výkonnosti po přijetí adaptačních opatření.
9. Návrh realizace konkrétních opatření (JPÚ, demonstrace agrotechniky).

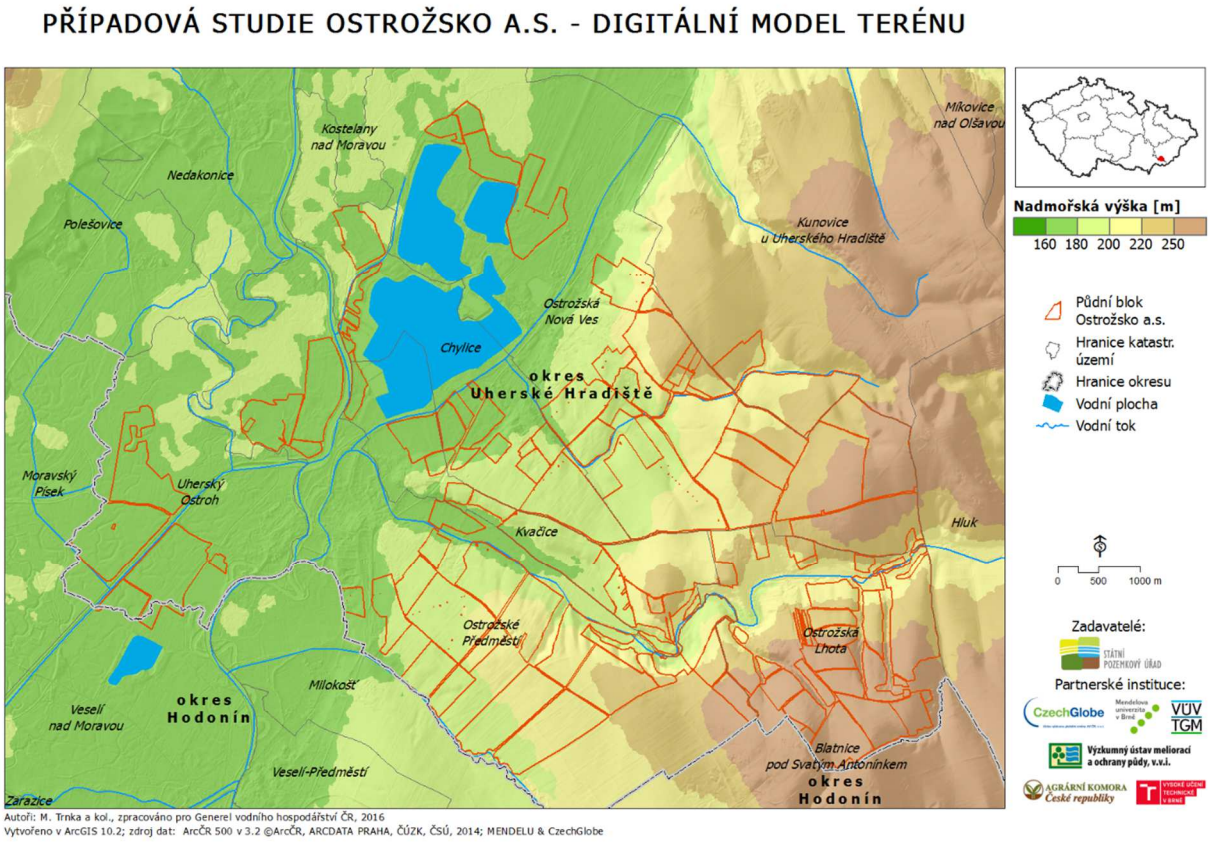
7.2 Pilotní studie v konkrétních územích – Ostrožsko

Na analýzu podniků ZD Bulhary, Agros Vraný a Lupofytu-Chrášťany navazuje práce v zájmovém území Ostrožsko a.s. Který leží ve Zlínském kraji v okrese Uherské Hradiště. Výběr tohoto podniku byl proveden Agrární komorou s cílem prezentovat i podnik zaměřený na široké portfolio plodin. Současně jde o podnik hospodařící v poměrně rozmanitých podmínkách (Mapa 7.0) a v kraji s výrazným podílem suchem a erozí ohroženého území (viz. Kapitola 2). V rámci aktivit týmu GVHK, byla provedena revize dostupných dat a současně provedeno místní šetření ve spolupráci s vedením zmíněného podniku. V dalším etapě pak byly připraveny první návrhy vhodných organizačních a technických opatření a diskutována jejich proveditelnost (technická i ekonomická), ale zejména ochota podniku tyto změny provést resp. předpoklady pro jejich zavedení.

7.3 Vyhodnocení stávajícího stavu v zájmovém území Ostrožsko

Ostrožsko, a.s. hospodaří na 2 661 ha zemědělské půdy, z toho 800 ha vlastní a zbývající je pronajatá. Na rozdíl od ZD Bulhary, Agros Vraný, Lupofyt Chrášťany má širší plodinovou skladbu, pěstuje celkem 15 plodin včetně zeleniny, ovoce a vinné révy, s čímž souvisí větší počet zaměstnanců (80). Společnost hospodaří v 6 katastrech, má živočišnou výrobu (500 býků výkrm na hluboké podestýlce) a provozuje obchod zaměřený na prodej vlastních i cizích produktů. Z pěstovaných plodin zaujímá největší plochu ozimá pšenice (1 071 ha = 40,2 %), cukrovka (268 ha = 10 %), kukuřice na zrno (248 ha = 9,3 %), ječmen jarní (239 ha =9 %), vojtěška setá (207 ha =7,8 %), mák setý (198 ha = 7,4 %), TTP (96 ha = 3,6 %), ostatní plodiny na orné půdě (pšenice jarní, vikev panonská ozimá, hořčice bílá, pohanka, slunečnice,

kmín, krmná řepa – 221 ha = 8,3 %), zelenina (92 ha = 3,4 %, z toho nejvíce tykev obecná, zelí a cibule), ovoce (jabloň + broskvoň = 8,7 ha = 0,3 %), réva vinná (9 ha = 0,3 %).

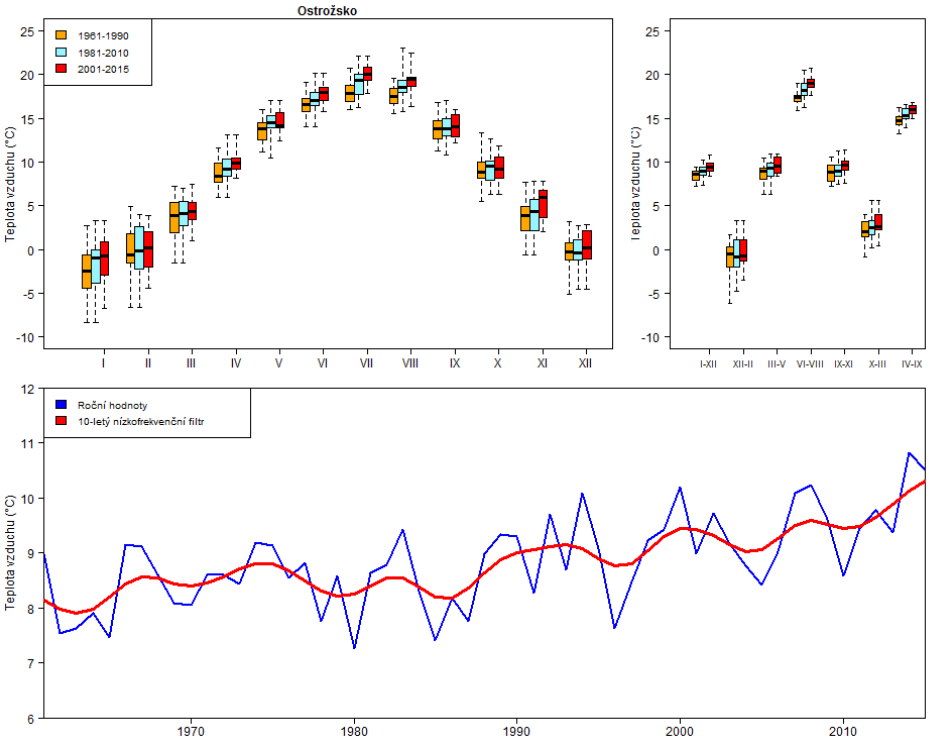


Mapa 7.0: Základní situační mapa hospodaření pilotní farmy Osrožsko a.s.

7.3.1 Základní agroklimatické podmínky území

Pro oblast Ostrožska je průměrná teplota vzduchu za celé zkoumané období 1961-2015 8,9°C. Ze tří zkoumaných období pak vychází jako neteplejší posledních 15 let a to o 1,0°C než období 1961-1990. V dané lokalitě je nejteplejším měsícem červenec a nejchladnějším leden (Obr. 7.1). Ve zkoumané oblasti roste průměrná teplota vzduchu o 0,31°C/10 let. Statisticky významné trendy jsou pozorovány i u všech sezón. Nejméně roste teplota na podzim a to o 0,17°C/10 let. Naopak nejvíce je pozorován rostoucí trend u letních měsíců a to 0,45°C/10 let. Z jednotlivých měsíců roste teplota nejrychleji v lednu, červenci a srpnu (0,50 - 0,56°C/10 let).

Z hlediska hodnot maximální teploty vzduchu bylo ze všech zkoumaných období nejchladnější třicetiletí 1961-1990. Naopak nejteplejší bylo posledních 15 let s maximy vyššími v průměru o 1,4°C než v období 1961-1990. Nejvyšší maxima jsou dosahována v červenci a je zde pozorovaný značný nárůst v posledních 15 letech. Nejnižší maximální teploty vzduchu jsou v lednu a to 1,1°C za celé období 1961-2015. Stejně jako u průměrné teploty vzduchu, tak statisticky významně roste také průměrná roční maximální teplota vzduchu. Trend maximálních teplot vzduchu je rychlejší než u průměrných hodnot. Na rozdíl od průměrných teplot vzduchu, tak maximální teplota vzduchu nemá statisticky významný trend na podzim. Výrazněji maximální teplota vzduchu stoupá na jaře (0,43°C/10 let), v létě (0,55°C/10 let) a ve vegetační sezóně (0,44°C/10 let). Z jednotlivých měsíců je pozorován nejvyšší rostoucí trend maxim na Ostrožsku v dubnu (0,54°C/10 let), červenci (0,66°C/10 let) a srpnu (0,63°C/10 let).



Obr. 7.1: Průměrná teplota vzduchu v oblasti Ostrožsko pro tři zvolená období (1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015; nahoře) a vývoj teplot za celé období 1961-2015 (dole)

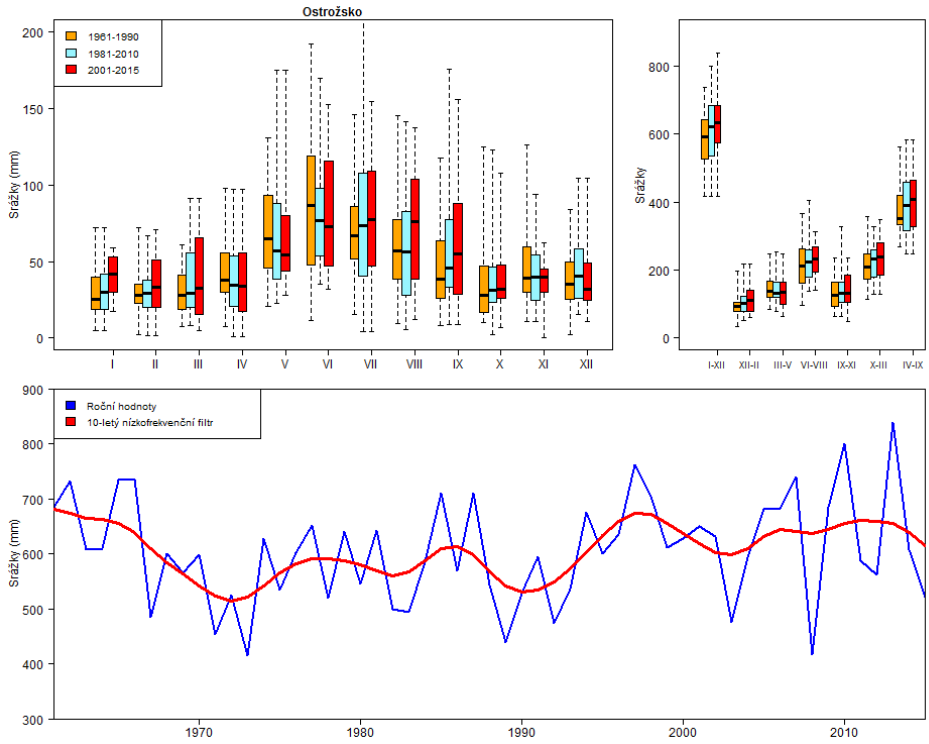
Průměrná minimální teplota vzduchu za období 1961-2015 je v Ostrožsku 4,2°C. Posledních 15 let je zde teplejších, než tomu bylo v referenčním období 1961-1990. Minimum se pak zvedlo v průměru o 0,9°C. Nejvyšší průměrná minima jsou opět v červenci a nejnižší v lednu. Průměrné minimální teploty vzduchu klesají pod bod mrazu v lednu, únoru, březnu a také v prosinci. Také u minimálních teplot vzduchu je zaznamenaný statisticky významný trend. V oblasti Ostrožska roste průměrná roční minimální teplota vzduchu o 0,28°C/10 let. Ze sezón k nejvyššímu nárůstu minimální teploty došlo v letních měsících. K nejprudšímu zvýšení minimální teploty vzduchu dochází v červenci a srpnu a to o 0,47-0,56°C/10 let. Naopak v zimě zde nebyl statisticky významný růst minimálních teplot vzduchu zaznamenán.

V oblasti Ostrožska dochází v posledních 15 let k výraznému nárůstu počtu letních dnů oproti referenčnímu období 1961-1990. V období 2001-2015 pozorujeme o 43 % více těchto dnů. Nejvíce letních dnů nastává logicky v červenci a srpnu. U počtu tropických dní je nárůst v období 2001-2015 oproti 1961-1990 ještě znatelnější. V posledních 15 letech se zvedl počet tropických dnů na trojnásobek. Průměrně za celé období 1961-2015 nastalo 10,6 tropických dnů za rok. Hlavně v tropických dnech se výrazně zvedá výpar a je zvýšená tendence k prohlubování nebo nastartování sucha. Naopak mrazové dny se nejčastěji vyskytují v zimní sezóně a výskyt těchto dnů je hlavně nebezpečný pro zemědělce v dubnu-květnu (pozdní jarní mrazy) a září-říjnu (brzké podzimní mrazy). Mrazové dny se logicky nejčastěji vyskytují v zimní sezóně a celkově jich je v průměru 106,6 dní za rok. U mrazových dnů pozorujeme v posledních 15 letech pokles oproti referenčnímu období 1961-1990 a to o 10 %.

V období 1961-2015 byl zjištěn u počtu letních dnů pozitivní lineární trend. Ten je statisticky významný u ročních a letních hodnot (sezóna i půlrok). Z jednotlivých měsíců je pak pozorován statisticky významný trend jen v měsících červen až srpen. Ročně roste počet ledních dnů o 4,9 dne za 10 let. U počtu tropických dní se projevuje statisticky významný nárůst také v ročních hodnotách, ze sezónních pak na jaře a v létě. U ročních hodnot byl zjištěn lineární trend nárůstu o 3,1 dne/10 let. Počet mrazových dnů

vykazuje naopak negativní lineární trend způsobený hlavně oteplením v chladném půlroce, přesněji v zimních měsících prosinci a lednu. U ročních hodnot je pokles zhruba o 3,4 dní/10 let.

Roční srážkové úhrny se pohybují okolo 605 mm v období 1961-2015. Posledních 15 let (2001-2015) bylo, co se týká průměrného úhrnu srážek, bohatší než obě referenční období 1961-1990 a 1981-2010 (Obr. 7.2). Na Ostrožsku, spadlo v období 2001-2015 v průměru za rok o 45 mm více srážek než v letech 1961-1990. V letním půlroce je pak zhruba dvojnásobné množství srážek než v zimním půlroce. Z jednotlivých měsíců je nejdeštivější červen, naopak nejméně srážek spadne v únoru. Trendy u srážkových řad jsou až na výjimky vždy statisticky nevýznamné. V oblasti Ostrožsko statisticky významně rostou lednové srážky a to o 2,8 mm/10 let, v září o 7,2 mm/10 let a v zimní sezoně o 6,2 mm/10 let.



Obr. 7.2: Srážkové úhrny v oblasti Ostrožsko pro tři zvolená období (1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015; nahoře) a vývoj srážek za celé období 1961-2015 (dole)

Jelikož změna klimatu u srážek v oblasti Střední Evropy se projevuje hlavně v rozložení srážek, než celkovou změnou úhrnů byla pro poznání např. míry výskytu bezesrážkových období, jež mohou v kombinaci s dalšími faktory (zvýšená teplota, nadměrný výpar) vyústit v ohrožení lokality suchem, nebo naopak možného rizika výskytu vydatných srážek způsobujících erozní události na zemědělských plochách, provedena analýza počtu dnů s charakteristickým úhrnem srážek. Počet dnů, kdy neprší nebo pouze minimálně (méně než 1 mm) je kolem 268 za rok. V období 2001-2015 nebyl zaznamenán rozdíl oproti referenčnímu období 1961-1990. O trochu více těchto dnů připadá na zimní půlrok než na vegetační období, ale rozdíly nejsou dramatické. Nejméně těchto dnů nastává v létě, což je dáno hlavně konvektivní činností a vznikem bouřek. Počet dnů, které se vyskytují v suché periodě, je 64 za rok. V letech 2001-2015 na Ostrožsku počet těchto dnů mírně vzrostl oproti referenčnímu období 1961-1990.

Srážkové úhrny minimálně 10 mm za den se vyskytují v průměru 16 krát do roka. Vzhledem k tomu, že jsou vázány převážně na bouřkovou činnost, tak je většina těchto dnů ve vegetačním období (cca 75 %). V letech 2001-2015 byl o 11 % větší výskyt těchto dnů než tomu bylo v letech 1961-1990. Srážkové úhrny nad 20 mm za den jsou pak zaznamenány zhruba ve 2-3 případech za rok. Stejně jako u předešlého indexu je jejich výskyt vázán hlavně na bouřkovou činnost. V oblasti Ostrožska se jejich počet nijak

v posledních letech nezměnil. Podobně jako u srážkových úhrnů je většina trendů až na výjimky statisticky nevýznamná. Například v případě počtu dnů se srážkou nad 10 mm se zvýšil jejich počet o 0,3 dne/10 let v zimní sezóně.

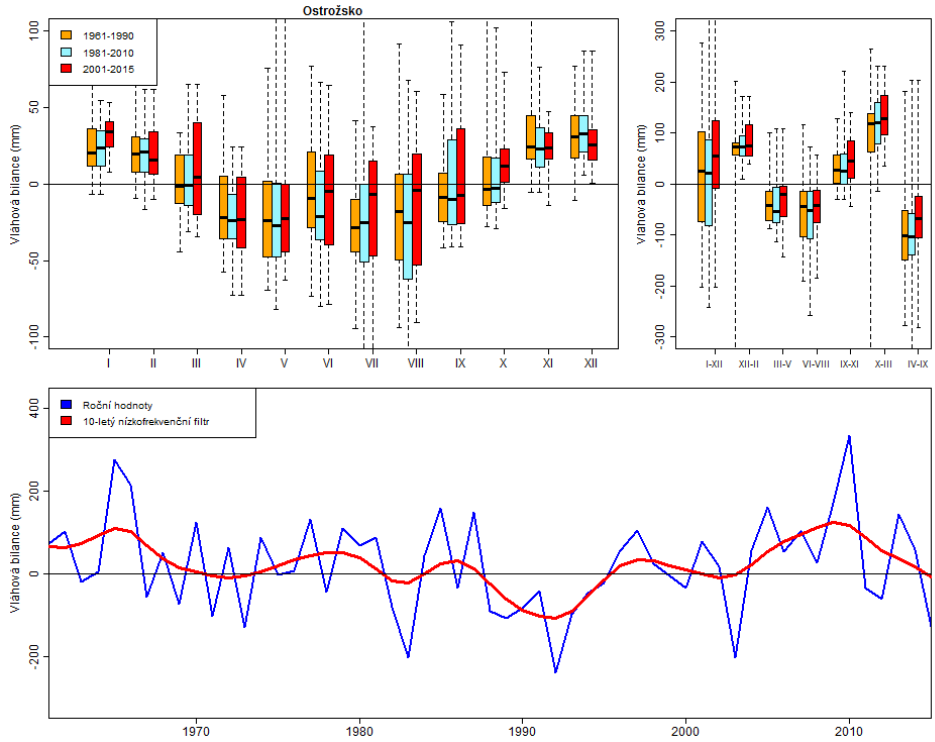
Průměrný roční úhrn potenciální evapotranspirace v oblasti Ostrožska za období 1961-2015 byl 582,6 mm, za vegetační období (duben až září) je pak průměrný úhrn 471,8 mm. Nejvyšší průměrné měsíční hodnoty připadají v dané lokalitě na červenec, nejnižší jsou poté v průměru v lednu. V období 1981-2010 se průměrná roční hodnota zvýšila o 22,8 mm proti třicetiletí 1961-1990, naopak v posledních 15 letech je patrný pokles v ročních úhrnech ve srovnání s obdobím 1981-2010 průměrně o 38 mm. Nejvyšší variabilitu hodnot potenciální evapotranspirace mají letní měsíce. V ročních hodnotách potenciální evapotranspirace není v období 1961-2015 patrný statisticky významný trend. Statisticky významný nárůst hodnot potenciální evapotranspirace je ovšem možno pozorovat převážně v období 1961-1990 v zimních měsících prosinci až únoru se změnou kolem 3,1 mm/10 let a také na jaře kdy došlo k nárůstu o zhruba 8 mm/10 let. Negativní statisticky významný trend se projevuje v období 1961-2015 převážně na podzim (září až listopad), kdy se setkáváme s trendem poklesu hodnot potenciální evapotranspirace o 3 mm/10 let, v období 1981-2010 pak o 8,1 mm/10 let.

Průměrná roční hodnota aktuální evapotranspirace za období 1961-2015 byla 526,0 mm, ve vegetační období potom 423,8 mm, kdy nejvyšší průměrné měsíční úhrny připadají na měsíce červen a červenec, což koresponduje s teplotami a také hlavně s vyššími srážkovými úhrny v těchto měsících. Pokud srovnáme hodnoty v letech 1981-2010 s obdobím 1961-1990, zjistíme, že došlo k nárůstu hodnot aktuální evapotranspirace v ročním průměru přibližně o 10 mm. V období 2001-2015 obdobně jako u potenciální evapotranspirace došlo k mírnému poklesu v úhrnech aktuální evapotranspirace, mimo měsíc srpen kdy jsou průměrné hodnoty v tomto období nejvyšší. Stejně jako u potenciální evapotranspirace, tak i u aktuální evapotranspirace není v období 1961-2015 zaznamenán statisticky významný trend v ročních hodnotách. Statisticky významný růst hodnot je patrný v období 1961-1990 v zimních a hlavně pak v jarních měsících o 6,9 mm/10 let. V posledních letech je možno sledovat v podzimní části roku trend spíše opačný, kdy v podzimních měsících docházelo k poklesu o 1,9 mm/10 let, v období 1981-2010 až o 5,2 mm/10 let.

Roční hodnoty základní vláhové bilance se v období 1961-2015 pohybovaly rozmezí -241,1 až 335,2 mm, přičemž průměrná roční hodnota za toto období činila 21,5 mm. To ukazuje na značnou variabilitu v ročních hodnotách vláhové bilance (Obr. 7.3). To v důsledku ukazuje na velmi meziročně proměnlivé vláhové podmínky oblasti, kdy dle aktuálního srážkového úhrnu panují v oblasti příznivé podmínky s pozitivní vláhovou bilancí, nebo naopak při deficitu srážek může v oblasti hrozit sucho. To ukazují i hodnoty ve vegetačním období, kdy je průměrná hodnota vláhové bilance negativní a to -94,9 mm. Chladný půlrok se naopak v průměru vyznačuje pozitivní hodnotou vláhové bilance kolem 116,9 mm, což obvykle kompenzuje ztráty vody vzniklé v teplé polovině roku. Z chodu ročních hodnot za období 1961-2015 je patrné, že v lokalitě Ostrožsko převažují v jednotlivých letech mírně pozitivní hodnoty vláhové bilance, ukazující z dlouhodobého hlediska na spíše příznivé vláhové podmínky v dané oblasti.

V období 1961-2015 byly měsíce s průměrně nejnižšími hodnotami vláhové bilance červenec a srpen. Ve srovnání jednotlivých období se ale ukazuje, že v posledních 15 letech jsou nejnižší průměrné měsíční hodnoty zaznamenány v dubnu a to -23 mm, což je o 0,2 mm nižší hodnota než průměrná hodnota za srpen. Letní měsíce se pak v této lokalitě vyznačují značnou variabilitou hodnot základní vláhové bilance ve všech zkoumaných obdobích. Tento fakt v důsledku ukazuje v případě déle trvajícího srážkového deficitu na predispozici území k možnému ohrožení suchem. Co se týká trendu, tak v lokalitě Ostrožsko v řadách hodnot základní vláhové bilance převládá spíše meziroční variabilita nad dlouhodobým trendem. Statisticky významný trend byl zaznamenán v ročních hodnotách za období 1981-2010, kdy byl zaznamenán výrazný nárůst hodnot o 56,9 mm/10 let s tím, že v chladném půlroce je statisticky významný nárůst v tomto období o 22,2 mm/10 let. To spolu se změnou průměrné roční

hodnoty vláhové bilance z 10,8 mm v období 1981-2010 na 51,5 mm v období 2001-2015 ukazuje na pozitivní změnu vláhových podmínek v posledních letech v dané oblasti. Projevují se na tomto faktu převážně vydatnější srážkové úhrny, které pokrývají ztrátu vody způsobenou výparem díky zvyšování teplot vzduchu.



Obr. 7.3: Úhrny základní vláhové bilance v oblasti Ostrožsko pro období 1961-1990, 1981-2010 a 2001-2015 (nahoře) a časový průběh ročních úhrnů potenciální evapotranspirace za období 1961-2015 (dole)

Dle analýzy se průměrné roční hodnoty modelované zásoby využitelné vody v půdě pod travním porostem v období 1961-2015 se v lokalitě Ostrožsko pohybovaly od 50,4 % VVK do 91,6 % VVK, přičemž průměrná hodnota za celé období byla 69,0 % VVK. Ve vegetačním období v letech 1961-2015 byla potom průměrná hodnota 58,9 % VVK. Nejnižší hodnoty zásoby využitelné vody se vyskytují v srpnu a to v průměru za měsíc 41,9 % VVK. Z výsledků je patrný rozdíl mezi obdobím 1961-1990 a 1981-2010, kdy došlo v letních měsících ke snížení průměrné zásoby využitelné vody o zhruba 5 % VVK. Naopak v měsících září až listopad došlo v posledních 15 letech ve srovnání s obdobím 1981-2010 k nárůstu průměrné hodnoty o 4,9 % VVK. Letní a podzimní měsíce se také vyznačují velkou meziroční variabilitou hodnot zásoby využitelné vody v půdě. Co se týká trendu, tak v období 1961-2015 nebyl u ročních ani měsíčních hodnot zjištěn statisticky významný nárůst ani pokles hodnot a převažuje spíše výrazná meziroční variabilita jak u sezónních tak měsíčních hodnot, hlavně tedy u letních měsíců.

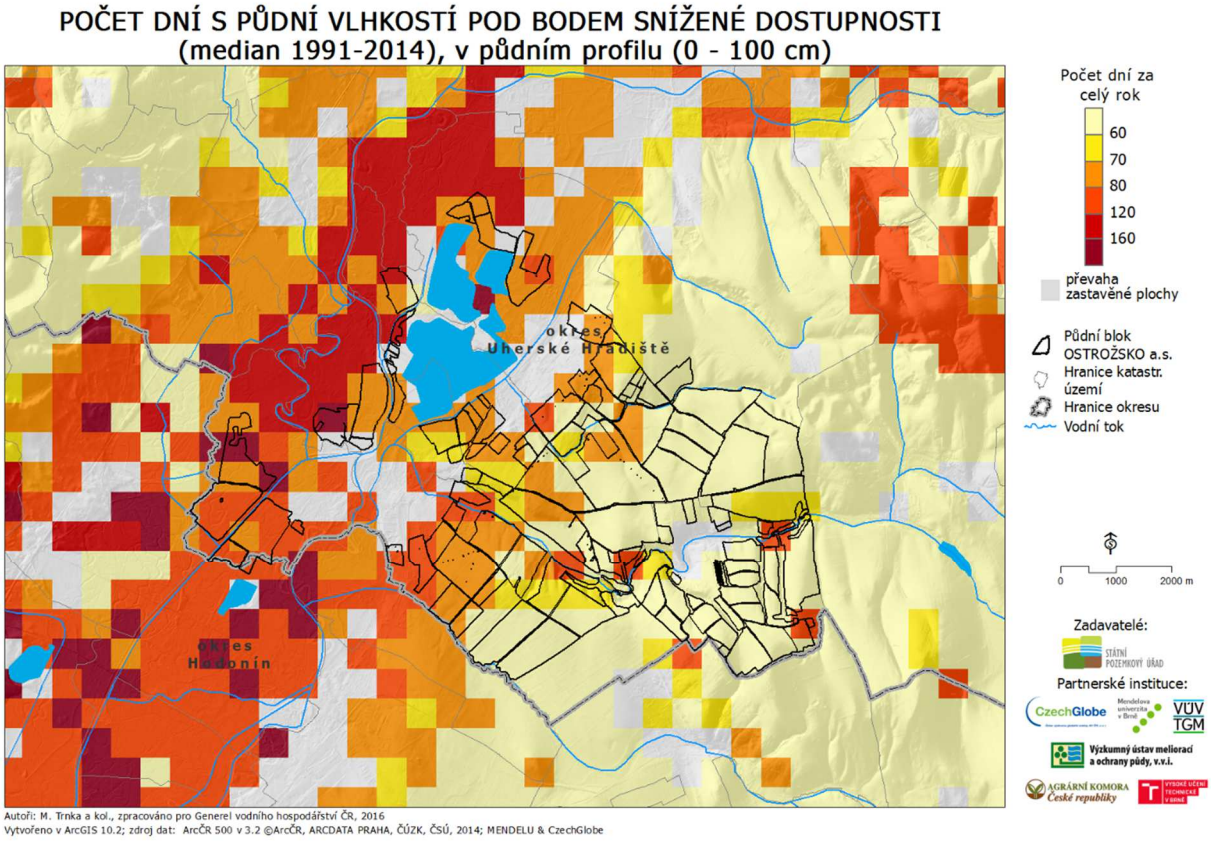
S ohledem na riziko plynoucí z nedostatku zásoby využitelné vody v půdě byly pro oblast Ostrožska za období 1961-2015 analyzovány také počty dnů s hodnotami zásoby půdní vody pod 50 % VVK, což může být ukazatelem snížené dostupnost půdní vláhy pro rostliny a také počty dnů s hodnotami zásoby půdní vody pod 30 % VVK, znamenající stres suchem. Průměrný roční počet dní s hodnotou zásoby využitelné vody v půdě pod 50 % VVK byl v období 1961-2015 91,7 dní, za vegetační období duben až září pak 65,5 dne. Při srovnání třicetiletí 1961-1990 a 1981-2010 je patrný nárůst průměrných hodnot počtu dnů za rok o 16,7 dní. V měsících září až březen naopak v posledních 15 letech došlo ke snížení průměrného počtu dní vzhledem k období 1981-2010 o 7,1 dní. V období 1961-2015 nebyl pro počty dnů se zásobou využitelné vody v půdě pod 50 % zjištěn statisticky významný trend. Z chodu

ročních počtů dnů lze ale i poté co vezmeme do úvahy značnou variabilitu v posledních 30 letech usuzovat na mírné zvyšovaní počtu dnů s hodnotou zásoby využitelné vody v půdě pod 50 % VVK a to zhruba od konce 80. let.

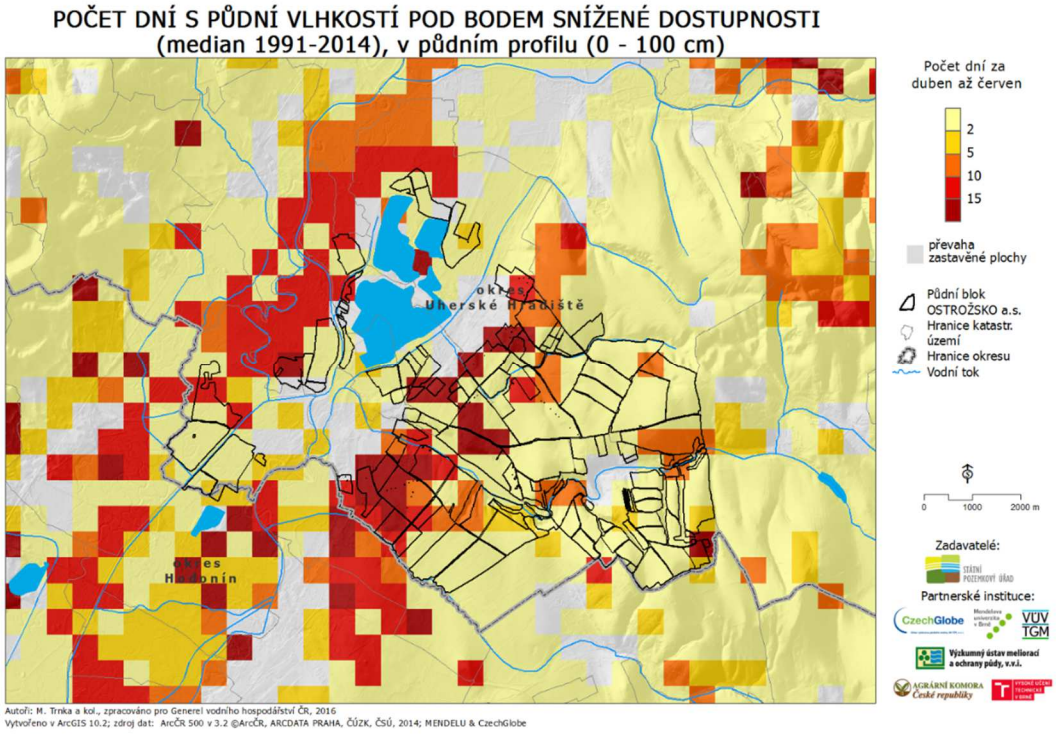
Podobná je situace i u počtu dnů s hodnotou zásoby půdní vody pod 30 % VVK, kdy průměrná hodnota za rok v období 1961-2015 byla 37,1 dní, ve vegetačním období poté 27,1 dní. Při srovnání třicetiletí 1961-1990 a 1981-2010 je opět patrný mírný nárůst průměrných hodnot počtu dnů za rok o zhruba 5 dní, ve vegetačním období pak o 5,4 dne. Nejvyšší průměrný počet dní byl tedy v období 1961-2015 dle předpokladů zaznamenán v teplém půlroce, přesněji v měsíci srpnu. Co se týká analýzy trendu, tak pro řady hodnot počtu dní se zásobou využitelné vody v půdě pod 30 % VVK nebyl až na jednu výjimku v období 1961-2015 zaznamenán statisticky významný trend. Statisticky významný nárůst počtu dnů se zásobou využitelné vody v půdě pod 30 % VVK můžeme identifikovat v červnu a to o 0,8 dne/10 let.

7.3.2 Počet dní se stresem suchem a sníženou dostupností vláhy

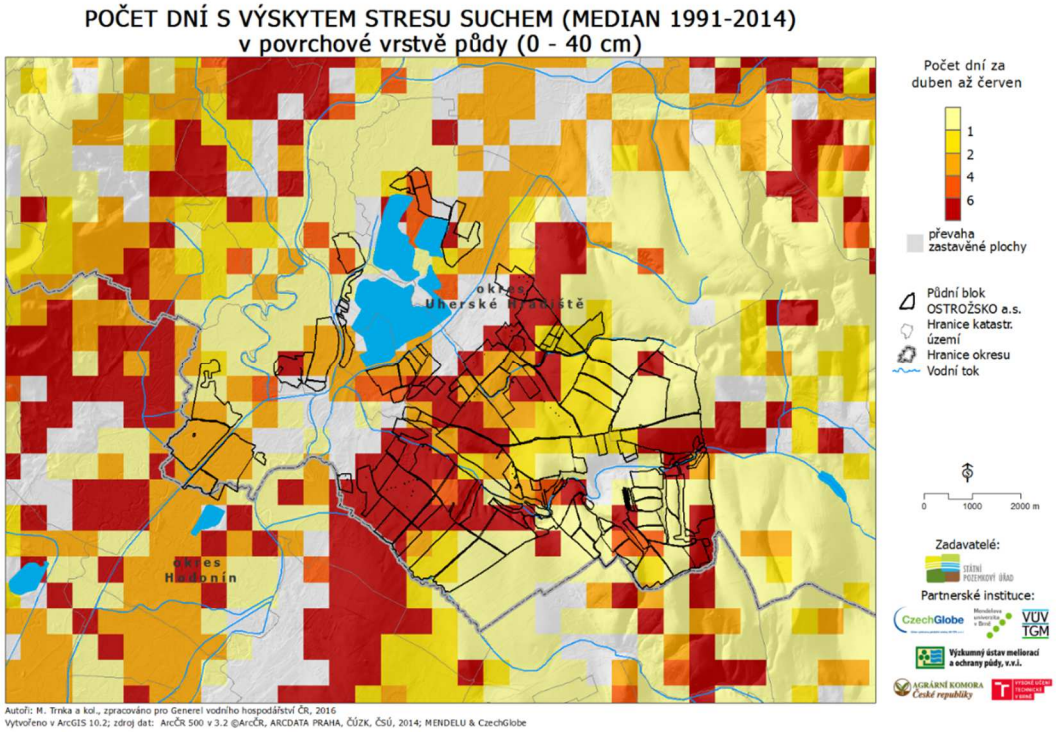
Z hlediska pěstování polních plodin je jednou z klíčových podmínek dostupnost půdní vláhy v době růstu biomasy a tvorby výnosotvorných prvků. Z výsledků v období 1961-1990 vs. 1991-2014 je patrný odhadovaný pokles dostupnosti půdní vláhy v první polovině roku, zatímco ve druhé polovině roku se tento stav díky navýšení srážkových úhrnů v průměru kompenzoval. Z uvedeného vyplývá posun podmínek ke snížené dostupnosti půdní vláhy pro plodiny sklízené v letních měsících. Počet dní (vyjádřený pomocí mediánu) za rok, kdy relativní nasycení půdy v období 1991-2014 kleslo (v profilu 0-100 cm) pod 50% se na většině pozemků podniku Ostrožsko pohyboval nad hranicí 60 dnů za rok (Mapa 7.1). V tomto případě se jedná o tzv. „dny se sníženou dostupností půdní vláhy“ pro rostliny. Za období duben až červen medián počtu takových dní vykazoval větší prostorovou proměnlivost dle půdních podmínek (viz. Mapa 7.2.). Medián počtu „dní se stresem suchem“ (relativní nasycení půdy pod 30 % v profilu 0-100 cm) za duben až červen byl u většiny pozemků do 8 dní v roce, nicméně v tomto směru byly vyhodnoceny i určité rozdíly mezi jednotlivými pozemky. Z uvedených výsledků je zřejmé, že dostupnost půdní vláhy je v dané oblasti významným limitujícím faktorem pro produkci polních plodin. Nicméně výsyt sucha je spíše intermitentní v některých sezónách jak ukazuje i celkové agrometeorologické vyhodnocení v kapitole 7.3.1. Nicméně v případě významných epizod sucho má toto vážné dopady na růst, vývoj a výnosy polních plodin. Současně je zřejmé, že prostorově existují v rámci obhospodařovaných pozemků podnikem Ostrožsko i jisté rozdíly zvláště mezi východní a západní částí. Díky tomu mohou být dosažené výsledky využity jako podpůrný materiál při sestavování osevního postupu, volbě odrůd či způsobu hospodaření.



Mapa 7.1: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) počtu „dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy v profilu 0-100 cm). Hodnoty jsou uvedeny jako suma za rok v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Ostrožsko vč. přilehlého okolí.



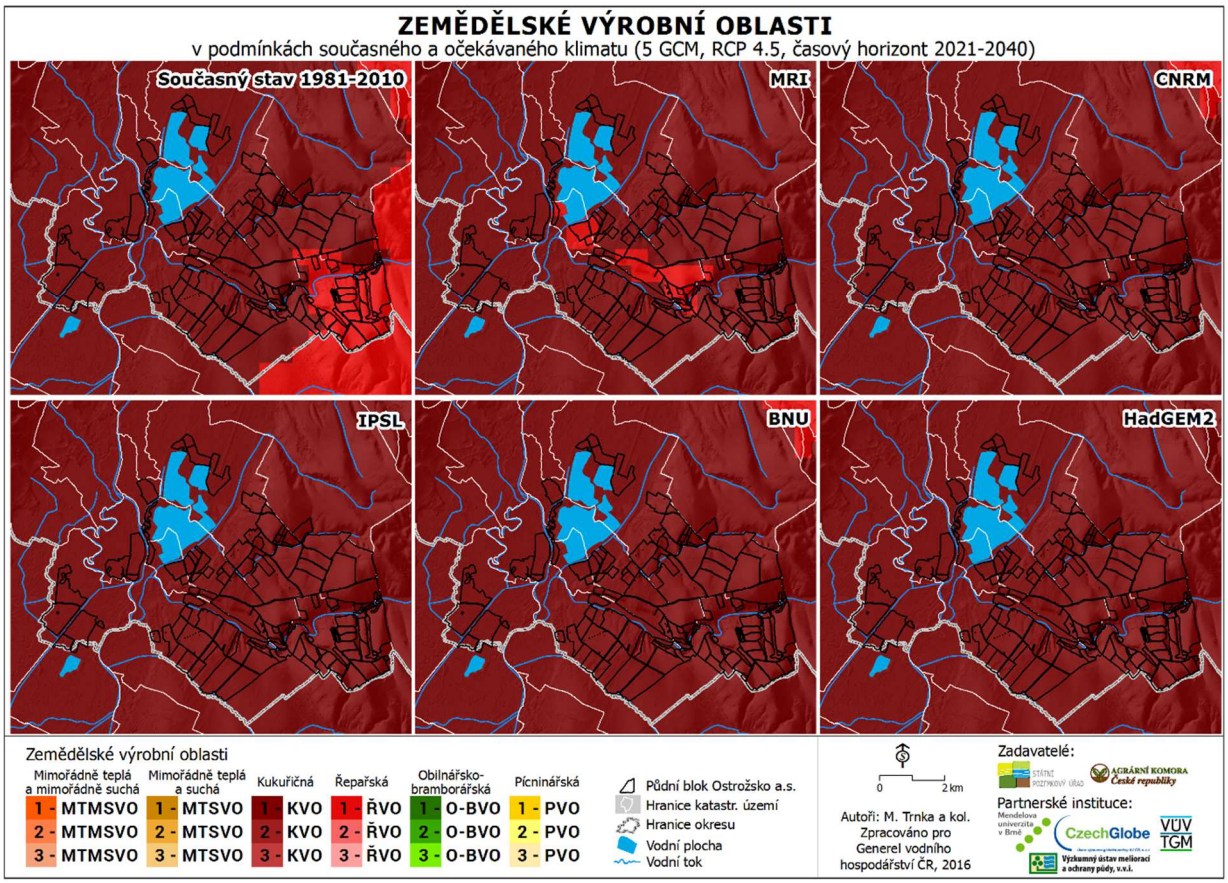
Mapa 7.2: Medián (za dané období je nejméně polovina hodnot menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní se sníženou dostupností půdní vlhkosti" pro rostliny (tj. pod 50 % relativního nasycení půdy 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Ostrožsko vč. přilehlého okolí.



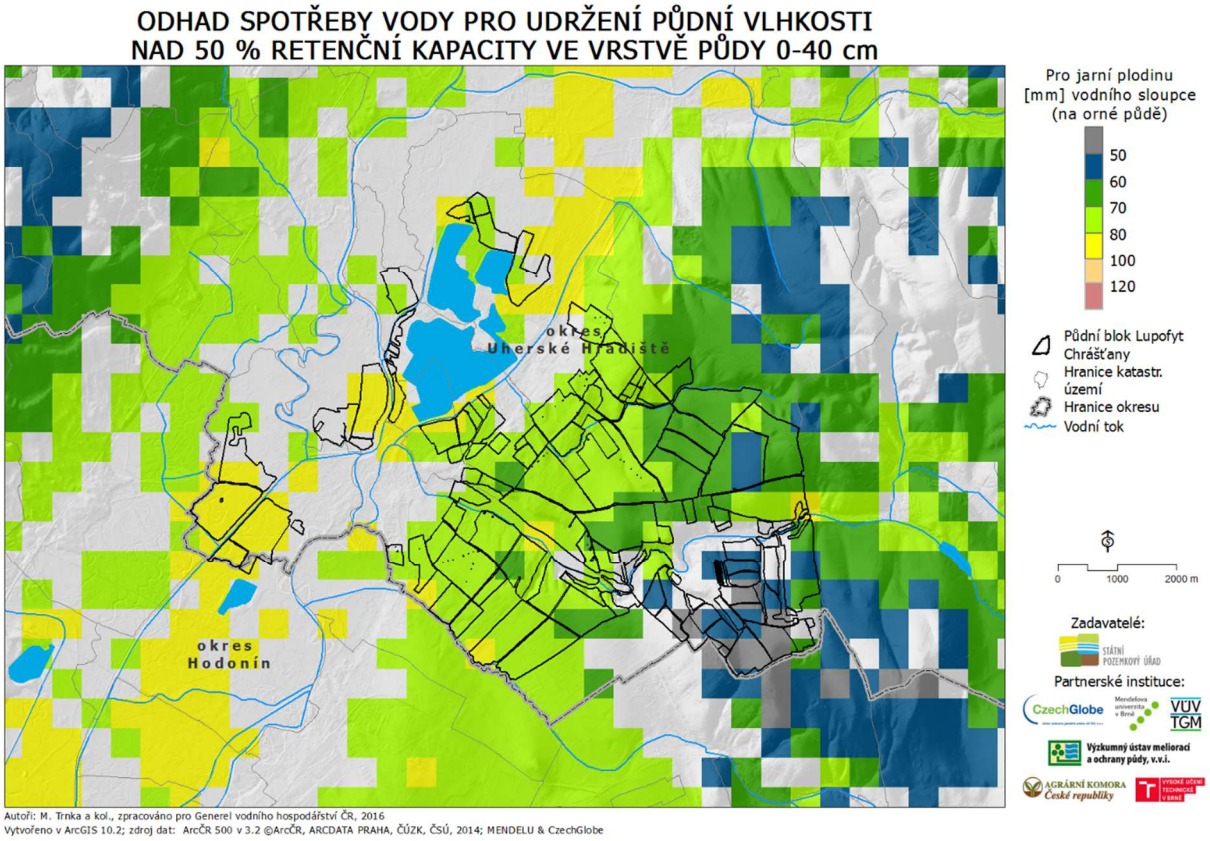
Mapa 7.3: Medián (nejméně polovina hodnot je menších nebo rovných a nejméně polovina hodnot je větších nebo rovných než medián) „počtu dní s výskytem stresu suchem" pro rostliny (tj. pod 30 % relativního nasycení půdy 0-100 cm) za duben až červen v období 1991-2014 pro pozemky obhospodařované podnikem Ostrožsko vč. přilehlého okolí.

7.3.3 Vláhová potřeba a posun výrobních oblastí

Podle metody vyvinuté Trnkou et al. (2009) využívající k objektivní klasifikaci tzv. výrobních oblastí klimatických parametrů (teplotní poměry a vodní bilanci) spadá zájmové území, na kterém hospodaří podnik Ostrožsko v současných podmínkách do řepařské výrobní oblasti. Současně obhospodařované pozemky spadají většinou do tzv. skupiny 2 (tj. se zhoršenými půdními podmínkami) částečně pak do skupiny 1 (tj. s příznivými půdními podmínkami). Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám však lze očekávat posun výrobních oblastí způsobem, kdy bude možné území definovat pro blízkou budoucnost (období okolo 2020) jako kukuřičnou výrobní oblasti. Na tomto závěru se shoduje prognóza vypracovaná na základě pěti různých scénářů změny klimatu pomocí Globálních cirkulačních modelů. Pro období okolo roku 2050 dokonce prognóza na základě modelu HadCM předpokládá výskyt tzv. mimořádně teplé a suchá výrobní oblasti (viz. Kapitola 2). Očekávané změny agroklimatických podmínek bude nutné reflektovat v zastoupení pěstovaných plodin a způsobu hospodaření. Pro zmírnění dopadů vyšších teplot vzduchu a prohloubení deficitu vodní bilance bude nutné přijmout a nezbytná adaptační opatření. Jedním z takových opatření může být maximální snaha zachovat či zlepšit kvalitu a retenční schopnost půdy, či snížit úhrny povrchového odtoku. Otázkou je vzhledem k dostupnosti vodních zdrojů a ekonomickým okolnostem i možnost využití závlahových systémů na části území apod.



Mapa 7.4: Klimatické vymezení výrobních oblastí na základě metody publikované Trnkou et al., 2009 a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5.



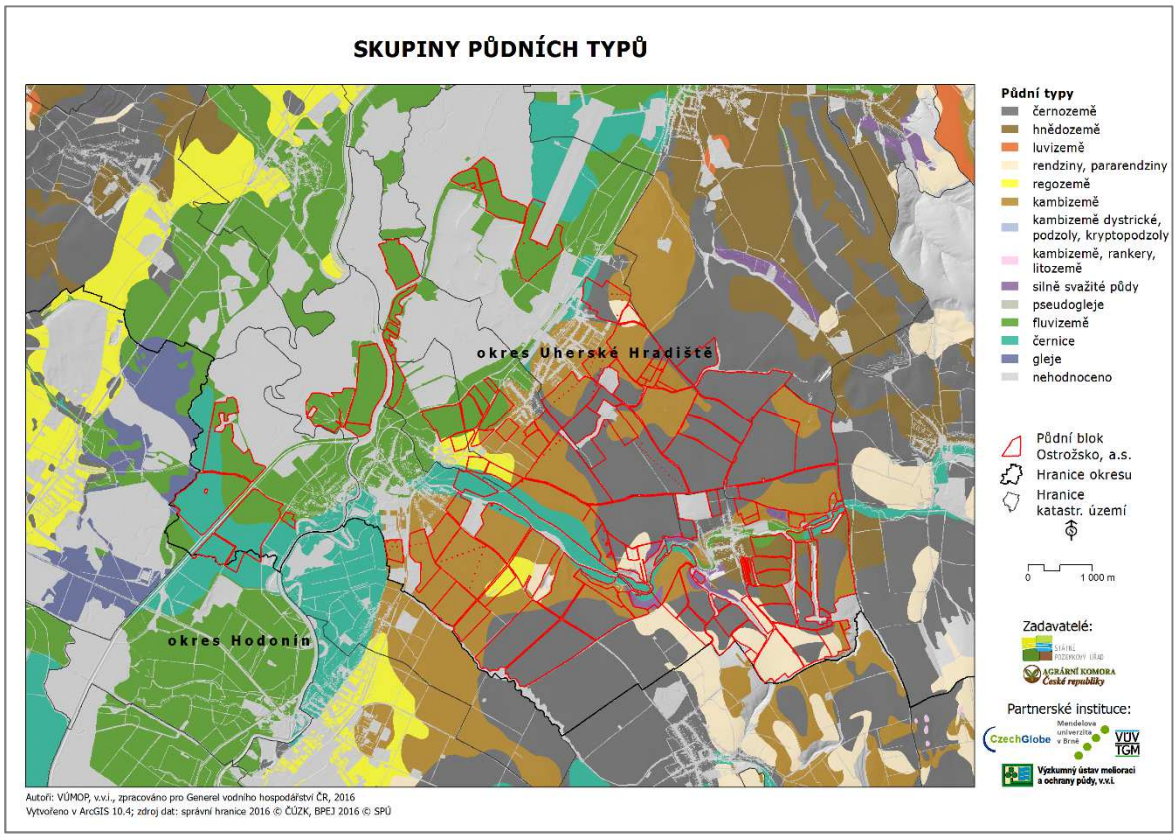
Mapa 7.5: Odhad spotřeby vody pro udržení relativního nasycení půdy ve vrstvě 0-40 cm na úrovni nad 50 % na základě metodiky Integrovaného systém pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Vyneseny jsou mediány za sezóny 1981-2010 pro jarní obilovinu.

Na základě analýz provedených metodikou Integrovaného systém pro sledování sucha k odhadu potřeby vody pro závlahová zařízení vyplynulo, že na většině pozemků obhospodařovaných podnikem Ostrožsko by bylo k udržení půdní vlhkosti nad 50 % relativního nasycení ve vrstvě 0-40 cm dle mediánu sezón 1981-2010 potřeba 60-70 mm a na řadě pozemků až 90 mm závlahové vody při pěstování jarní obiloviny (v době od zasetí po zralost). Pro ozimé obiloviny byly výsledné hodnoty přibližně o 20 mm vyšší (Mapa 7.5).

7.3.4 Charakteristika půdních poměrů v zájmovém území Ostrožsko, a.s.

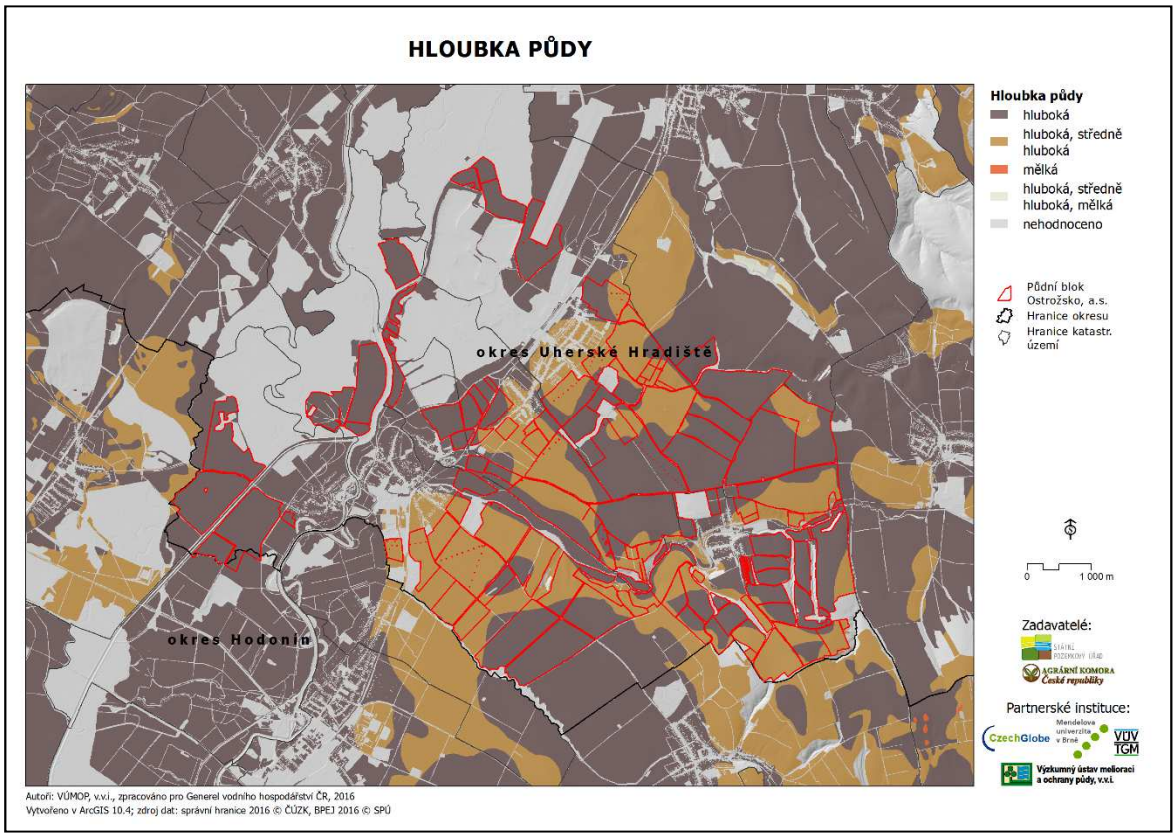
Základní charakteristiky BPEJ

Během bonitačního průzkumu bylo vymezeno 2 199 BPEJ, které byly dále rozřazeny do 13 **skupin půdních typů**. V zájmovém území Ostrožsko dominují z 38 % černozemě. Nicméně poměrně výrazně (28 %) jsou zastoupeny kambizemě (Mapa 7.6).



Mapa 7.6: Skupiny půdních typů

Hloubka půdy je důležitým půdním limitem. Je definována jako mocnost půdního profilu, kterou omezuje v určité hloubce buď pevná skála, nebo její rozpad, silná skeletovitost (> 50%) nebo ustálená hladina podzemní vody. Na území zemědělského družstva Ostrožsko, a.s. převažují půdy hluboké s cca 66% zastoupením (Mapa 7.7).

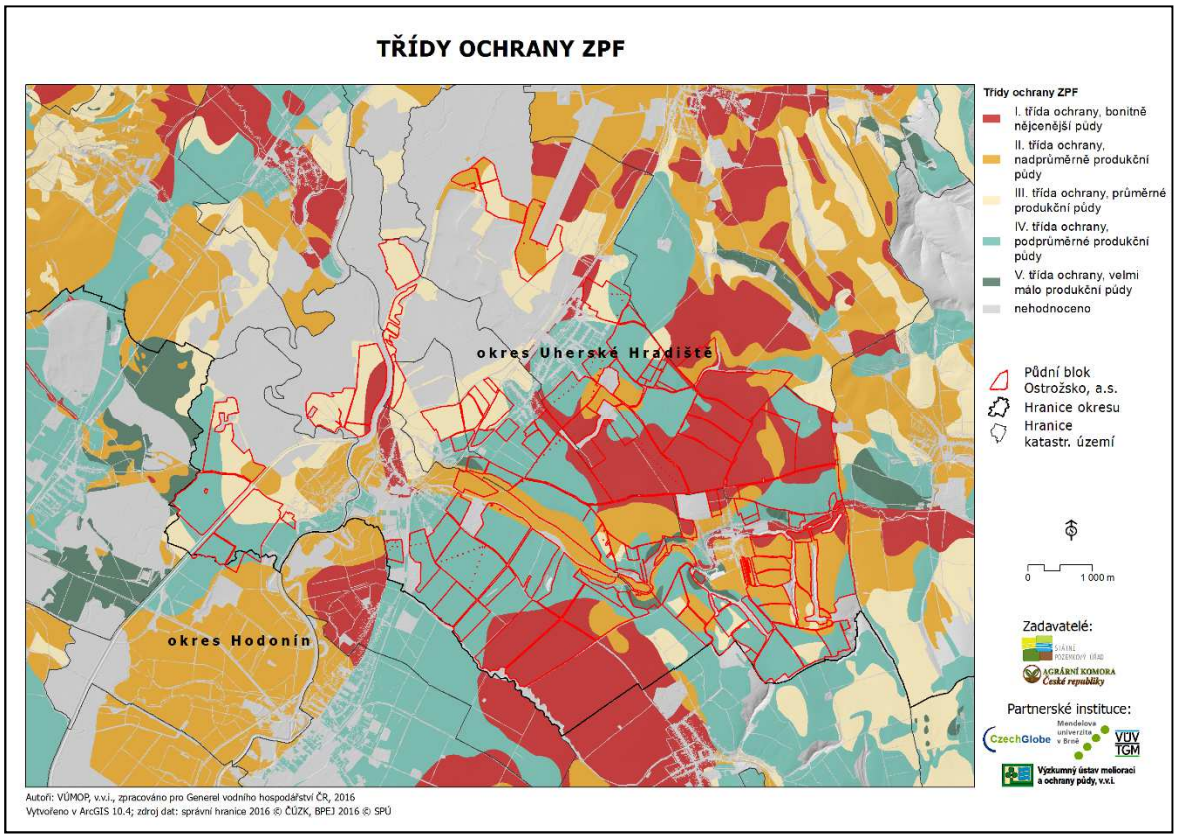


Mapa 7.7: Hloubka půdy

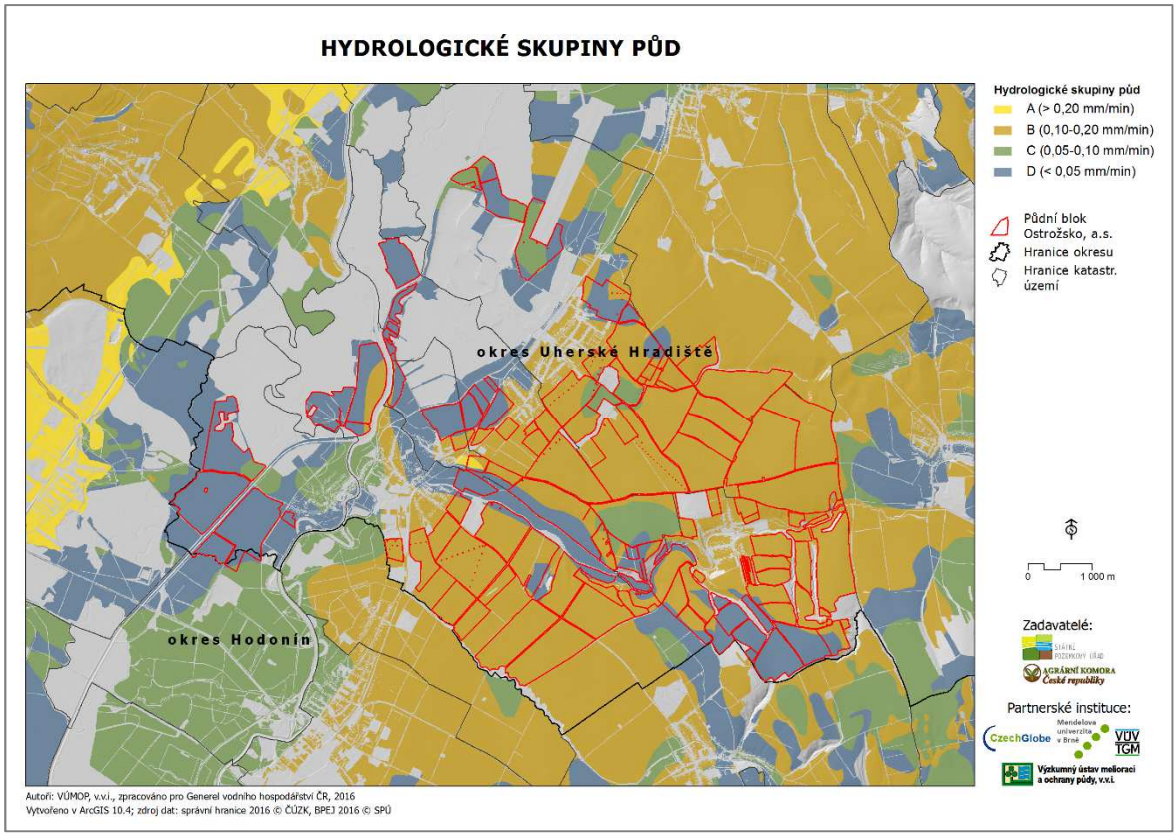
Pokud jde o třídy ochrany ZPF, tak se na území Ostrožska vyskytuje cca 40 % půd spadajících do kategorie podprůměrné produkční půdy (Mapa 7.8, Tab. 7.1.), nicméně hned na druhém místě s 26 % je zájmové území tvořeno bonitně nejcenějšími půdami.

Třídy ochrany	**Zastoupení (%)**	**Výměra [ha]**
1. třída - bonitně nejcennější půdy	26,24	684
2. třída - půdy s nadprůměrnou produkční schopností	19,06	497
3. třída - půdy s průměrnou produkční schopností	13,60	354
4. třída - půdy s převážně podprůměrnou produkční schopností	40,26	1 049
5. třída - půdy s velmi nízkou produkční schopností	0,84	22
Celkem	**100,00**	**2 606**

Tab. 7.1: Třídy ochrany ZPF



Mapa 7.8: Třídy ochrany ZPF



Mapa 7.9: Hydrologické skupiny půd

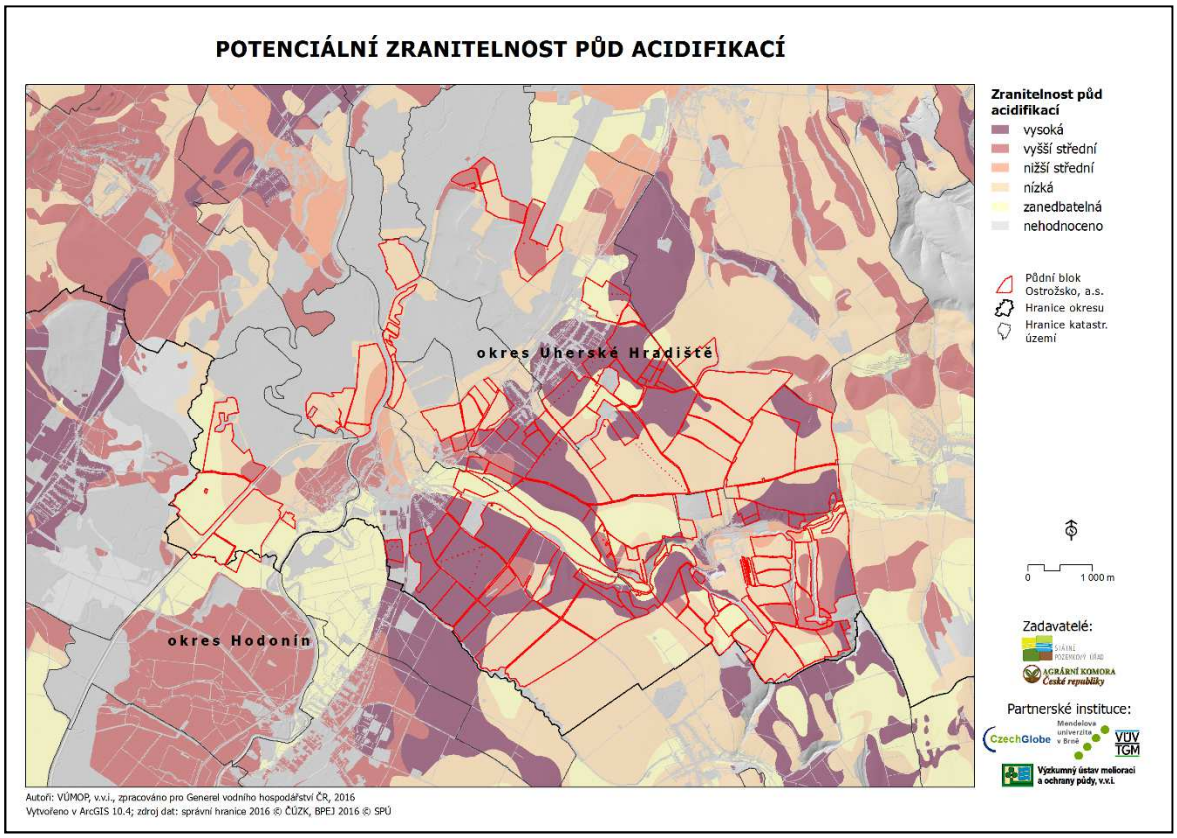
Půdy se podle svých hydrologických vlastností rozdělují do 4 **hydrologických skupin** A, B, C, D na základě minimální rychlosti infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení. Půdy ve skupině A mají vysokou rychlost infiltrace (> 0,20 mm/min), půdy ve skupině D jsou charakteristické nízkou rychlostí infiltrace (< 0,05 mm/min). Infiltrační schopností půd rozumíme schopnost povrchu půdy pohlcovat vodu. Obecně by měla být infiltrační schopnost půdy střední až vysoká, aby se minimalizoval povrchový odtok vody a vodní eroze, ne však extrémně vysoká, neboť na příliš propustných půdách s promyvným vodním režimem hrozí rychlé vyplavování živin a polutantů do podloží a do podzemních vod. Na infiltrační schopnost půdy mají vliv klimatické poměry (intenzita, množství a časové rozložení srážek, teplotní poměry a roční doba), pedologické poměry – zejména fyzikální vlastnosti půd (tj. zrnitost, struktura, pórovitost a humóznost), stav svrchní vrstvy půdy, vlhkostní poměry půd (tj. půdní vlhkost, sací tlak, hydraulická vodivost a výška hladiny podzemní vody), kořenový systém a podpovrchové systémy chodbiček půdních živočichů. V neposlední řadě je důležitý způsob využití půdy a poměry území. Z pohledu zastoupení hydrologických skupin půd mají největší zastoupení (cca 67 %) půdy se střední rychlostí infiltrace spadající do skupiny B (Mapa 7.9.).

Limity využití území

Acidifikace je degradační proces, při kterém dochází k okyselování půdy. To má mimo jiné vliv na přístupnost živin, jejich pohyb v půdě (včetně pohybu těžkých kovů), růst rostlin, biologické oživení půdy, tvorbu a kvalitu humusu a další půdotvorné procesy. Acidifikace navazuje zpravidla na debazifikaci, tj. na snížení obsahu uhličitanů (bazických iontů) v půdě a půdním roztoku. Dochází k ní působením přirozených půdních procesů při illimerizaci (posunu jílu níže profilem půdy) a podzolizaci, zvláště v humidnějších podmínkách. Dalším faktorem jsou antropogenně podmíněné procesy. Ty zahrnují používaní kysele působících průmyslových hnojiv (ale i nekvalitních statkových hnojiv), účinky imisí a kyselých dešťů, intenzivní závlahy, ale i monokultury nebo nízké zastoupení víceletých pícnin a vysokým podílem obilovin (Vopravil et al. 2010). Potenciální zranitelnost zemědělských půd acidifikací shrnuje Tab. 7.2 a Mapa 7.10. Z Tab. 7.2 vyplývá, že vyšším středním až vysokým rizikem okyselení je ohroženo cca 36 % půd na území Ostrožska.

Acidifikace	**Zastoupení (%)**	**Výměra [ha]**
vysoká	29,03	757
vyšší střední	6,99	182
nižší střední	1,19	31
nízká	47,89	1 248
zanedbatelná	14,89	388
nehodnoceno na ZPF	0,00	0
Celkem	**100,00**	**2 606**

Tab. 7.2: Potenciální zranitelnost zemědělské půdy acidifikací

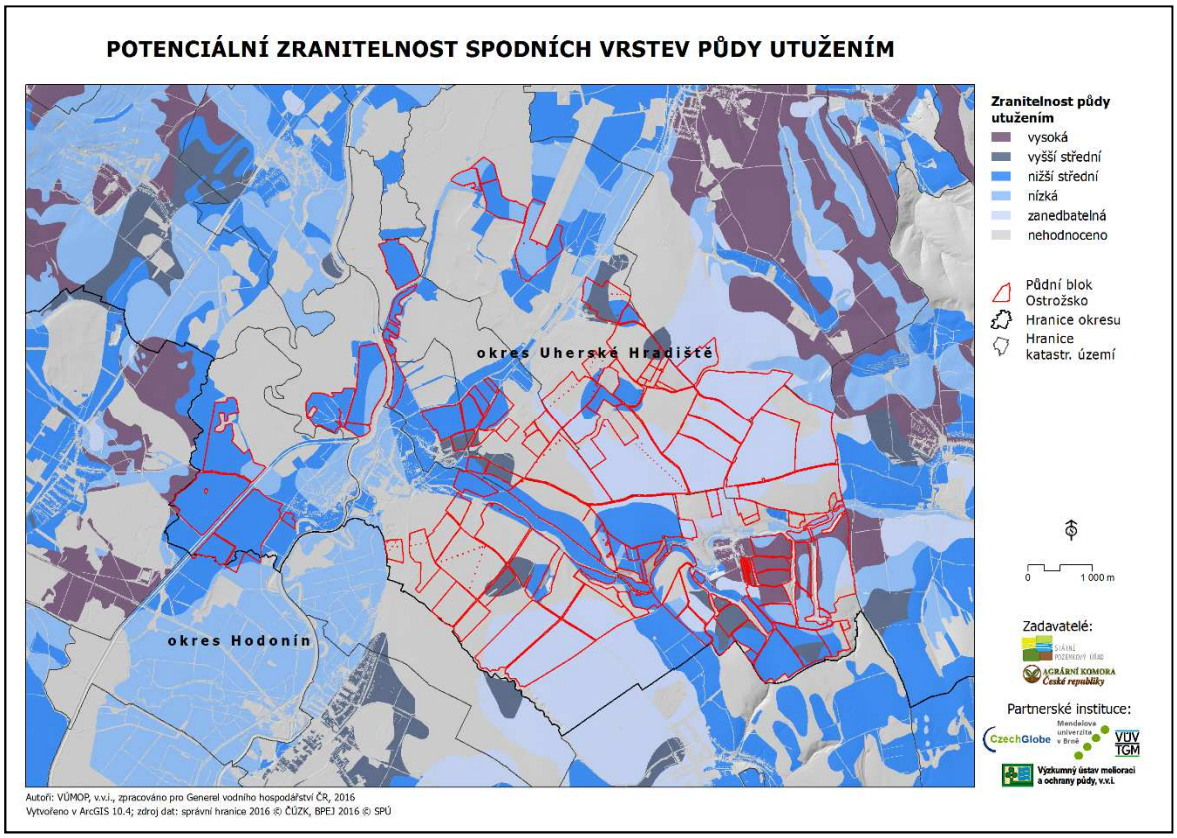


Mapa 7.10: Potenciální zranitelnost zemědělské půdy acidifikací

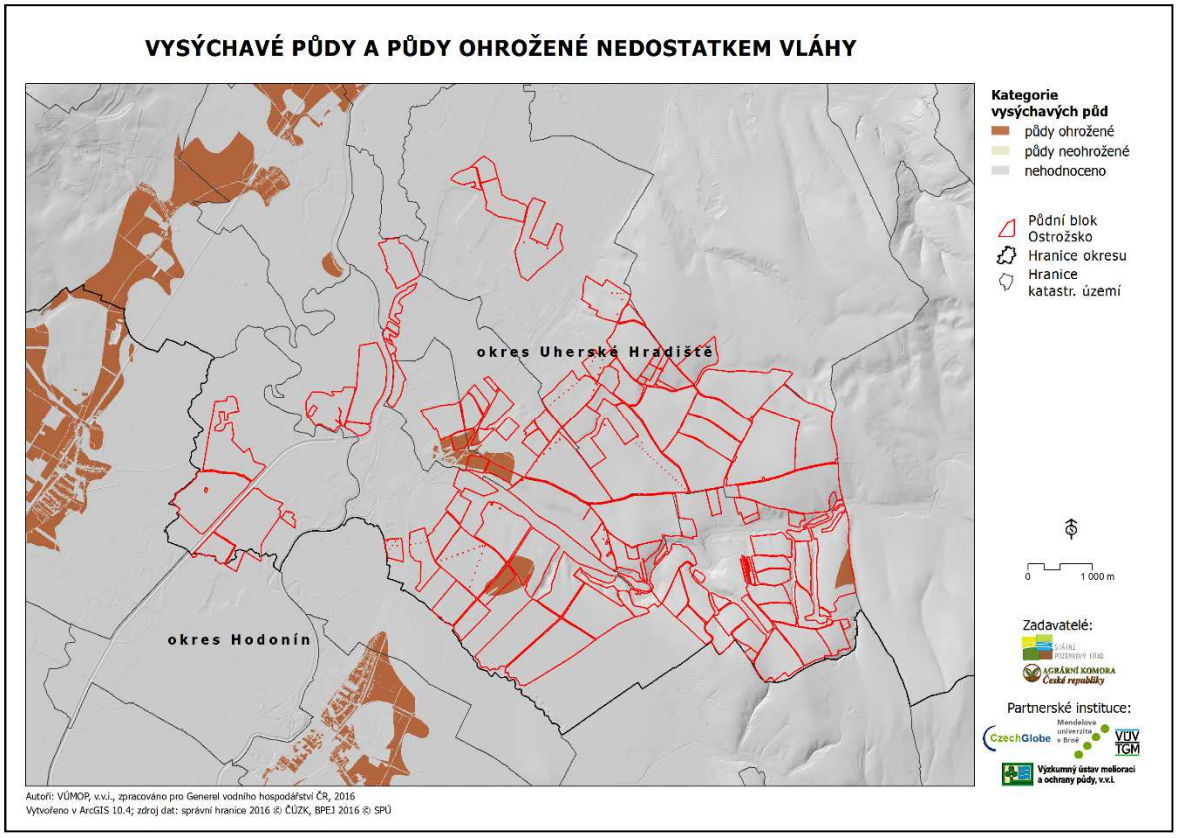
Degradace fyzikálních vlastností půdy a z ní vyplývající **utužení** podorničí a spodin a tvorba krust na povrchu půdy negativně ovlivňují produkční a mimoprodukční funkce půdy. Riziko degradace si v podniku uvědomují a jako zvláště rizikové se jeví sklizňové operace při pěstování cukrové řepy. Utužení pak omezuje infiltraci, urychluje povrchový odtok a zvyšuje erozi, zmenšuje retenční vodní kapacitu a využitelnou vodní kapacitu půdy, omezuje účinnou hloubku půdního profilu a potlačuje biologickou aktivitu zhoršením vzdušného, vodního a termického režimu půdy. Utužením půdy trpí v současné době asi 40 % zemědělských půd ČR. Je především důsledkem intenzivního hospodaření, jako je např. stlačování půdy opakovanými přejezdy těžkou zemědělskou technikou, orba do stejné hloubky, absence víceletých pícnin v osevním postupu (Lhotský, 2000). Potenciální zranitelnost zemědělských půd utužením na území podniku Ostrožsko, a.s. je dokumentována v Tab 7.3 a Mapě 7.11. Na základě Tab. 4.11 je zřejmé, že nižší střední potenciální zranitelností utužením je v zájmovém území ohroženo téměř 29 % půdy.

Utužení	**Zastoupení (%)**	**Výměra [ha]**
vysoká	3,06	80
vyšší střední	4,05	106
nižší střední	28,97	755
nízká	7,28	190
zanedbatelná	28,83	751
nehodnoceno na ZPF	27,81	725
Celkem	**100,00**	**2 606**

Tab. 7.3: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením



Mapa 7.11: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením



Mapa 7.12: Vysýchavé půdy

Při dlouhodobém nedostatku vody v půdě a intenzivní mineralizací organické hmoty dochází k poklesu úrodnosti půdy a její postupné přeměně na poušť. Díky procesu eroze se území postižená **desertifikací** neustále rozšiřují, přitom v největším měřítku se tento typ degradace projevuje na území jižní Moravy. Některé půdy, zejména kvalitní černozemě, jsou za několik desítek let tak zerodovány, že jsou obnaženy podložní substráty – v lepším případě spraš, v horším písčité substráty z původního dna moře. Výskyt půdních bloků ohrožených desertifikací lze odvodit podle zrnitosti půdy a klimatických podmínek stanoviště. Na vznik vysýchavých půd mají vliv klimatické změny se stále častějším výskytem dlouhých období sucha a nedostatek statkových hnojiv, kterými by měla být dodávána organická hmota do půdy. Vymezení kategorie vysýchavých půd je znázorněno v Mapě 7.12, ze které je zřejmé, že zastoupení vysýchavých půd na území zemědělského družstva Ostrožsko, a.s. není příliš velké, cca 2 % území.

Podmáčení půdy je lokálním problémem v oblastech se zvýšenou hladinou podzemní vody či dlouhodobým převlhčením povrchu půdy a na pozemcích se prakticky nevyskytuje.

Vodní eroze

Z dlouhodobých výzkumů a terénních šetření provedených VÚMOP, v.v.i. vyplývá, že kromě záboru půdy je hlavním degradačním faktorem vodní eroze, kterou je ohroženo téměř 65 % zemědělských půd ČR. Jedná se o proces rozrušování půdního povrchu působením vody, transportu půdních částic na jiné místo a jejich následného usazování. K rozvoji vodní eroze přispívá nadměrná velikost půdních bloků a absence krajinných prvků, které by zrychlenou erozi účinně omezovaly (meze, zatravněné údolnice, polní cesty, rozptýlená zeleň apod.). Pokud se k tomuto stavu přidá nesprávné zpracování půdy na svažitých pozemcích a pěstování erozně nebezpečných plodin, dochází k intenzivní vodní erozi. Na vznik vodní eroze má největší vliv sklonitost a délka pozemku po spádnici, dále pak vegetační pokryv, vlastnosti půdy, přítomnost protierozních opatření a četnost výskytu přívalových srážek (Novotný et al., 2014).

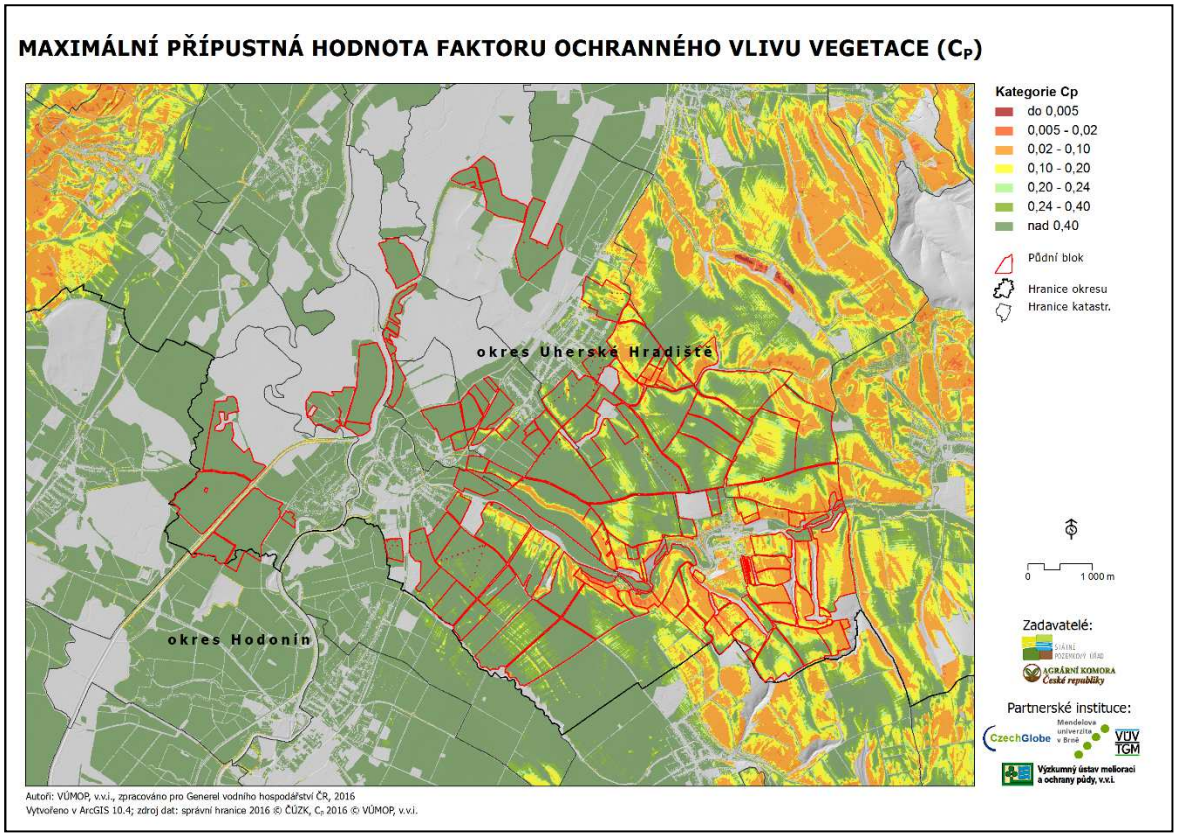
Hlavním důsledkem vodní eroze je zmenšení mocnosti půdního profilu a ochuzení zemědělské půdy o její nejúrodnější část. Dochází k přímému poškozování pěstovaných rostlin a ztrátám osiv, sadby, čímž se snižují hektarové výnosy. Snižuje se také obsah humusu a minerálních živin v půdě. Zhoršuje se také infiltrační schopnost půdy pro vodu. Vodou unášené půdní částice a na nich vázané látky (uvolněné hnojiva a pesticidy) zanášejí vodní toky a akumulační prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují podmínky pro vodní organismy a zvyšují náklady na úpravu vody a čištění vodních nádrží od usazenin. V extrémních případech mohou být způsobeny vážné škody na stavbách a dalším majetku v blízkosti erozí postiženého pozemku. V celém kontextu dochází ke změně půdního prostředí a půdy samotné, a to i s ekonomickými důsledky - poklesu ceny půdy/pozemku. Nutné je i podotknout, že díky snižování mocnosti půdního profilu tak výrazně klesá schopnost akumulace vody v půdních pórech.

Ohroženost půdy vodní erozí lze vyjádřit pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy USLE (Wischmeier, Smith, 1978). Pro potřeby generelu je využit faktor erozní účinnosti srážek R=40 $N.ha^{-1}$, hodnoty přípustného smyvu pro středně hluboké (30−60 cm) a hluboké půdy (nad 60 cm) G_p=8 $t.ha^{-1}.rok^{-1}$, mělké půdy (do 30 cm) G_p=1 $t.ha^{-1}.rok^{-1}$. Ohroženost půdy vodní erozí je pak vyjádřena jako Maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace (Tab. 7.4, Mapa 7.13) a na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu pomocí Stupňů erozního ohrožení půd (Tab. 7.5, Mapa 7.14). Maximální přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace C_p slouží jako podklad určující vhodný rámcový způsob hospodaření na půdních blocích nebo jejich částech, při kterém ještě nedochází *k projevům nadlimitní ztráty půdy vodní erozí. Stupně erozního ohrožení vycházející ze tříd erozního ohrožení zohledňují i přípustnou průměrnou roční ztrátu půdy G_p. Stupně tak kategorizují území podle x-násobku překročení hodnot přípustného erozního smyvu. Třídy erozního ohrožení vychází z výpočtu dlouhodobého průměrného smyvu půdy s využitím faktoru ochranného vlivu vegetace

na základě optimálního zastoupení plodin dle klimatických regionů. Jednotlivé třídy vycházejí z upravené kategorizace podle Dýrové (VÚT Brno 1988) s ohledem na přípustnou průměrnou roční ztrátu půdy G_p.

Přípustná hodnota C_p	Rámcový popis osevních postupů a agrotechnik	Zastoupení (%)	Výměra [ha]
do 0,005	ochranné zatravnění	0,00	0
0,005 – 0,02	víceleté pícniny nebo ochranné zatravnění	0,26	7
0,02 – 0,10	vyloučení erozně nebezpečných plodina vyšší zastoupení víceletých pícnin	11,24	293
0,10 – 0,20	vyloučení erozně nebezpečných plodin a použití půdoochranných technologií	14,49	378
0,20 – 0,24	pásové střídáníplodin nebo vyloučení erozně nebezpečných plodin	5,11	133
0,24 – 0,40	erozně nebezpečné plodiny pěstovány s půdoochrannými technologiemi	14,71	384
nad 0,40	bez omezení	54,20	1414
Celkem	–	**100,00**	**2 608**

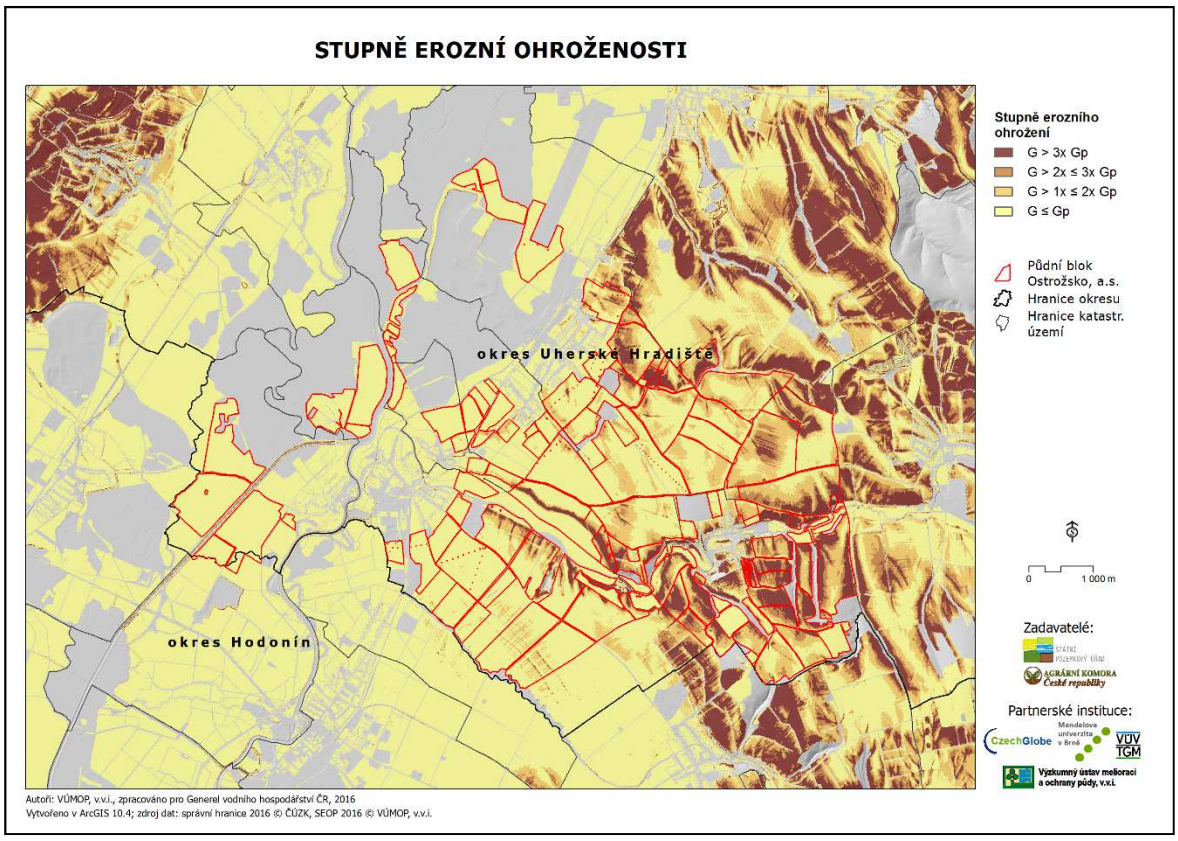
Tab. 7.4: Ohroženost vodní erozí na orné půdě vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace C_p



Mapa 7.13: Ohroženost vodní erozí na orné půdě vyjádřená pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace Cp

Překročení G_p (v násobku)	**Zastoupení (%)**	**Výměra [ha]**
$G > 3x\ G_p$	8,47	221
$G > 2x \leq 3x\ G_p$	7,10	185
$G > 1x \leq 2x\ G_p$	18,17	474
$G \leq 1x\ G_p$	66,27	1 728
Celkem	**100,00**	**2 608**

Tab. 7.5: Stupně erozního ohrožení půd na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu (upraveno podle: Dýrová, 1988)

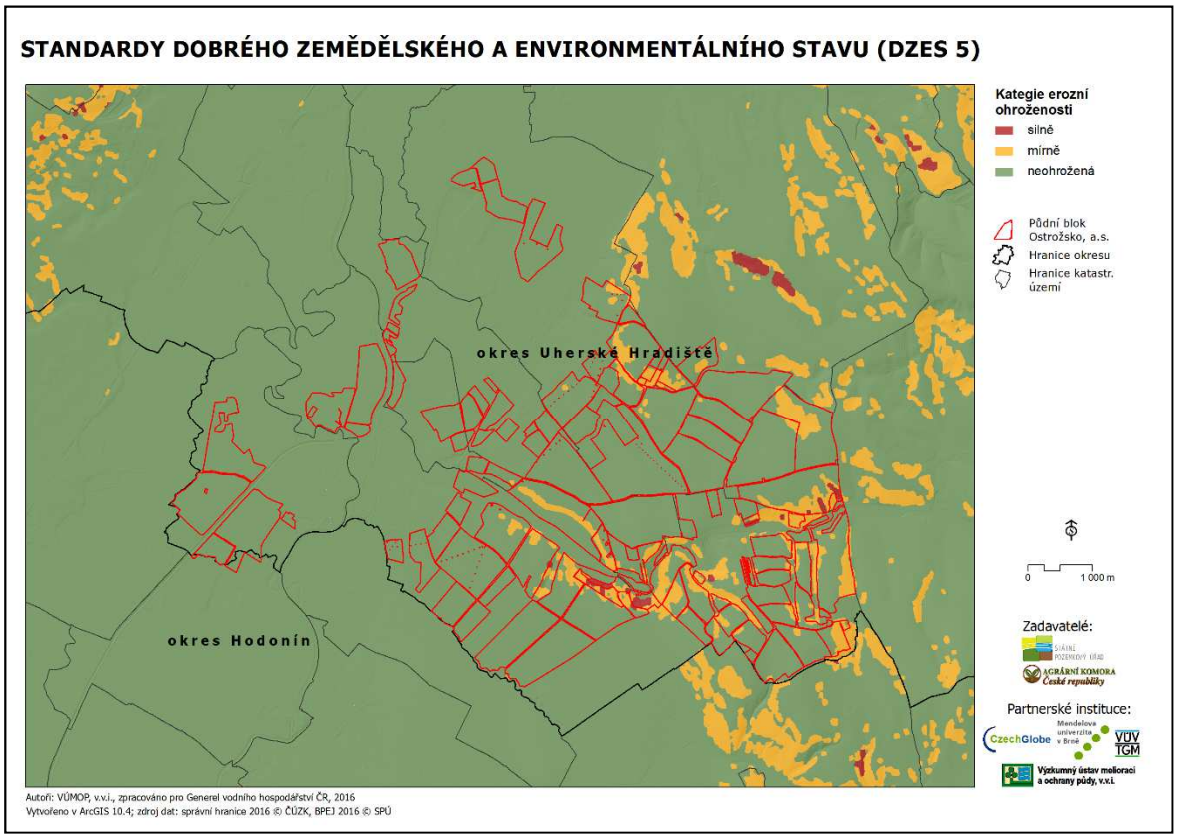


Mapa 7.14: Stupně erozního ohrožení půd na základě x-násobků překročení hodnot přípustného erozního smyvu

Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu DZES (dříve GAEC), v české legislativě stanoveny nařízením vlády 309/2014 Sb., mají za cíl zajistit zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí (ŽP). Hospodaření v souladu se standardy DZES je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých plateb, některých podpor z Programu rozvoje venkova a některých podpor společné organizace trhu s vínem. Standard **DZES 5** (dříve GAEC 2) vstoupil v platnost 1. ledna 2010 a jeho cílem je především ochrana půdy před vodní erozí a snaha omezit negativní působení důsledků eroze. Tento standard řeší problematiku protierozní ochrany půdy stanovením požadavků na způsob pěstování vybraných hlavních plodin na silně erozně ohrožených a mírně erozně ohrožených půdách. Ty je možné identifikovat na základě vrstvy erozní ohroženosti půd, která vychází z mapy Maximálních přípustných hodnot faktoru ochranného vlivu vegetace C_p a vznikla výraznou generalizací a především úpravou kategorií ohroženosti zohledněním a úpravou limitů pro vymezení erozně ohrožených ploch zohledněním dalších aspektů ze strany Ministerstva zemědělství. Vymezení kategorií erozní ohroženosti a jejich výskyt na území Ostrožska znázorňuje Tab. 7.6 a Mapa 7.15.

Hodnota C_p	**Kategorie erozní ohroženosti**	**Zastoupení (%)**	**Výměra [ha]**
do 0,02	silně erozně ohrožená (SEO)	0,50	13
0,02 − 0,10	mírně erozně ohrožená (MEO)	8,96	234
nad 0,10	erozně neohrožená (NEO)	90,54	2 361
Celkem	−	**100,00**	**2 608**

Tab. 7.6: Kategorie erozní ohroženosti dle DZES 5



Mapa 7.15: Kategorie erozní ohroženosti dle DZES 5

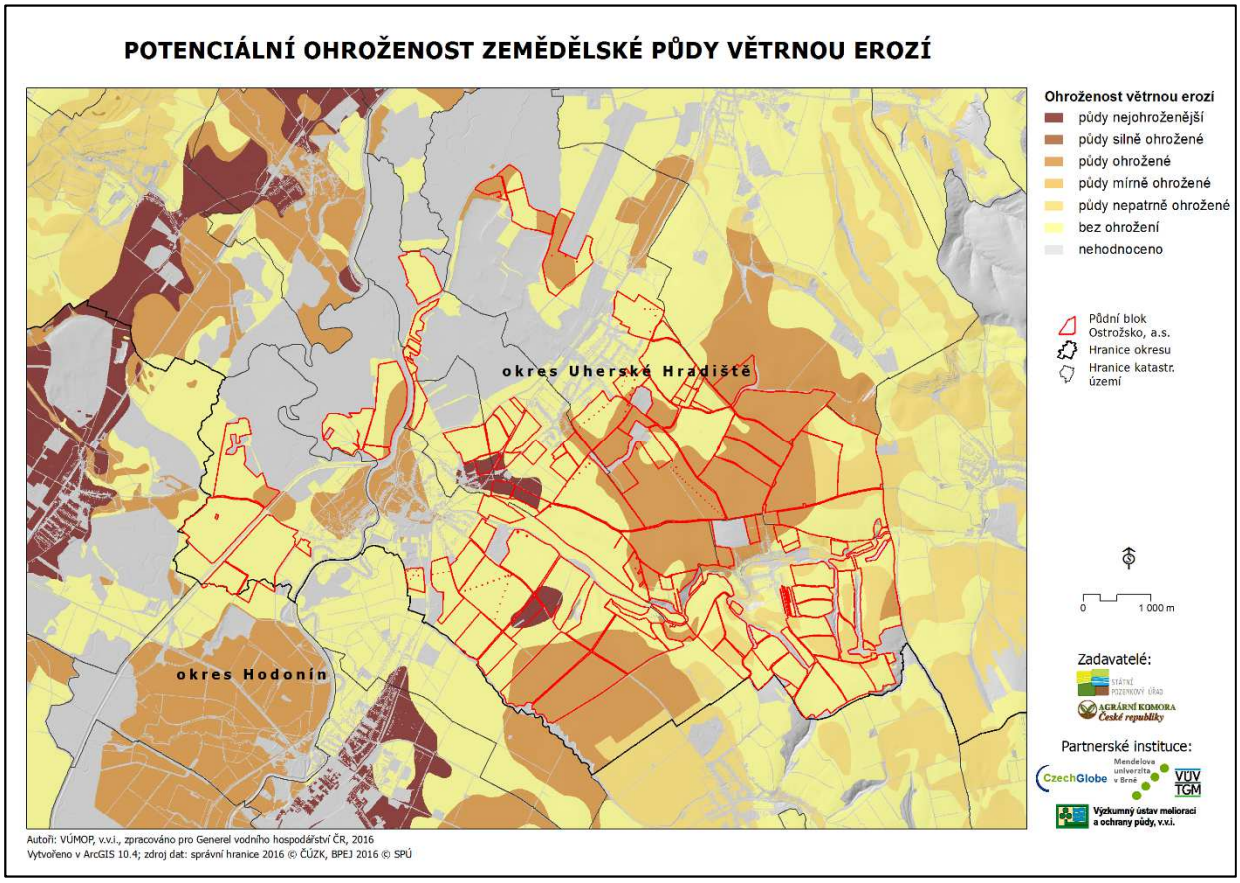
Větrná eroze

Větrnou erozí půdy je ohroženo přes 18 % půd ČR a její rozloha neustále roste. Při větrné erozi dochází k odnosu půdních částic z povrchu půdy mechanickou silou větru, transportu půdních částic na jiné místo a jejich následnému usazování. Na vznik vodní eroze mají vliv faktory klimatické (intenzita, směr, četnost a vlhkost větru) a půdní struktura půdy, drsnost půdního povrchu a vlhkost půdy. Větrná eroze je typickým jevem v aridních oblastech, ale vyskytuje se i v humidních oblastech na vysychavých místech nekrytých vegetací, případně i na půdách extrémně těžkých. Příčiny vzniku větrné eroze jsou zejména nadměrná velikost pozemků s jedním druhem plodiny a neúdržba současných liniových prvků v krajině (větrolamy, aleje, remízky).

Jedním z důsledků větrné eroze je zmenšení mocnosti půdního profilu, zejména úbytku ornice. Dále je to poškození fyzikálních i chemických vlastností půd, a s tím související snížení úrodnosti půd. Při větrné erozi dochází k výraznému zanášení komunikací, příkopů a výrazně se zvyšuje prašnost ovzduší. Z hlediska pěstování zemědělských plodin bývá větrná eroze nejškodlivější na jaře po suché zimě, kdy poškozuje mladé porosty. Rozsah a výskyt půd ohrožených na území hospodaření podniku Ostrožsko, a.s. větrnou erozí shrnuje Tab. 7.7, přičemž převažují půdy bez ohrožení větrnou erozí (58 %). Podíl ohrožených půd (32 %) v zájmovém území také není zanedbatelný (Mapa 4.16).

Potenciální ohroženost větrnou erozí	Stupeň ohroženosti	Zastoupení (%)	Výměra [ha]
více než 23,1	půdy nejohroženější	1,60	42
17,1 - 23,0	půdy silně ohrožené	0,00	0
11,1 - 17,0	půdy ohrožené	32,38	844
7,1 - 11,0	půdy mírně ohrožené	0,00	0
4,1 - 7,0	půdy nepatrně ohrožené	7,76	202
méně než 4	bez ohrožení	58,25	1 518
nehodnoceno	nehodnoceno	1,60	48
Celkem	–	**100,00**	**2 606**

Tab. 7.7: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí



Mapa 7.16: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí

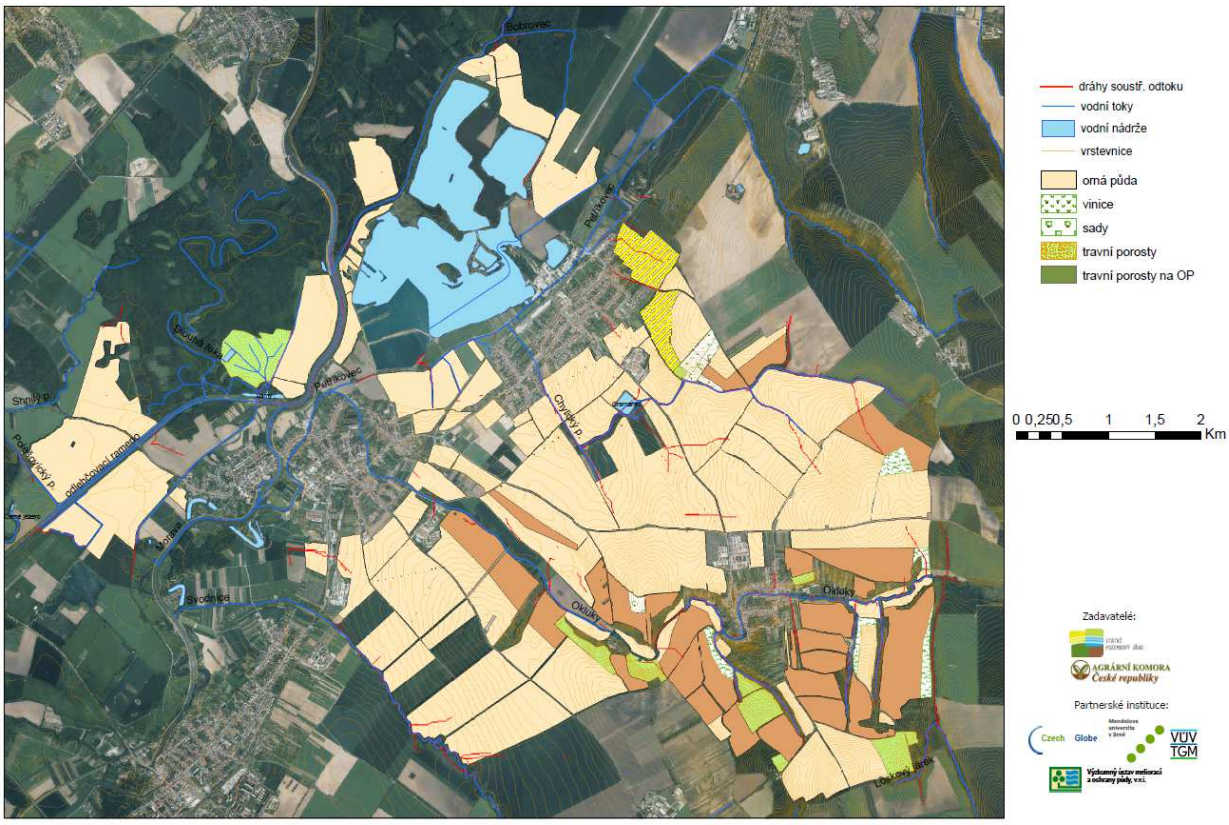
7.3.5 Kritické body a přispívající plochy drah soustředěného odtoku

Vedle klasických erozních rýh v ploše svahu byly v modelovém území identifikovány také hluboké rýhy v drahách soustředěného odtoku v literatuře označované termínem „ephemeral gullies“, které se liší od klasických erozních rýh velikostí průřezové ploch a s tím souvisejícím objemem erozního odnosu. Hluboké erozní rýhy vznikající v drahách soustředěného povrchového odtoku jsou významnou formou vodní eroze, která však dosud není v ČR bilancována ve výpočtech míry erozního ohrožení pro srovnávání s hodnotou přípustného smyvu. Identifikace a prostorová lokalizace drah soustředěného odtoku byla provedena na základě digitálního modelu terénu modelováním akumulace odtoku vody z jejích sběrných (přispívajících ploch) a vizuální interpretace na dotčených půdních blocích. Rozhodující kritická velikost

přispívající plochy použitá pro modelování vzniku hlubokých erozních rýh v drahách soustředěného povrchového odtoku byla 5 ha.

V modelových územích na kterých hospodaří Ostrožsko a.s. bylo na půdních blocích v dotčených k.ú. identifikováno 5 významných drah (Mapa 7.17), které byly v návrhu opatření (ZU1-ZU5) stabilizovány zatravněním na celkové ploše 5,94 ha . Hlavním rizikovým faktorem je pěstování erozně nebezpečných plodin bez použití protierozních agrotechnologií při výskytu přívalových srážek v nejzranitelnějším období (tj. v navazujícím časovém úseku od zahájení agrotechnických operací po dobu dvou měsíců kdy nebyl ještě dostatečně vytvořen vegetační pokryv a tím nebyla zmírněna degradační schopnost kinetické energie dopadajících kapek a následujícího povrchového odtoku) dojde ke vzniku erozních rýh a k významným erozním odnosům.

Termín efemerní (pomíjející, prchavý) vyjadřuje dočasnost těchto prvků, které jsou každoročně sanovány agrotechnikou na konci vegetačního období a dochází k jejich znovuobjevení na stejném místě v rámci dalšího vegetačního období. Na těchto identifikovaných rozhodujících DSO navíc k jejich zapravení-sanaci uživatel pozemků použije půdu z jejích bezprostředního okolí a tím způsobí další tzv. antropogenní erozi. Takto znovu vyplněná erozní rýha je potom často v následujícím roce znovu erodována. Je doporučeno, tyto DSO stabilizovat zatravněním.



Mapa 7.17: Dráhy soustředěného odtoku v oblasti hospodaření Ostrožsko a.s..

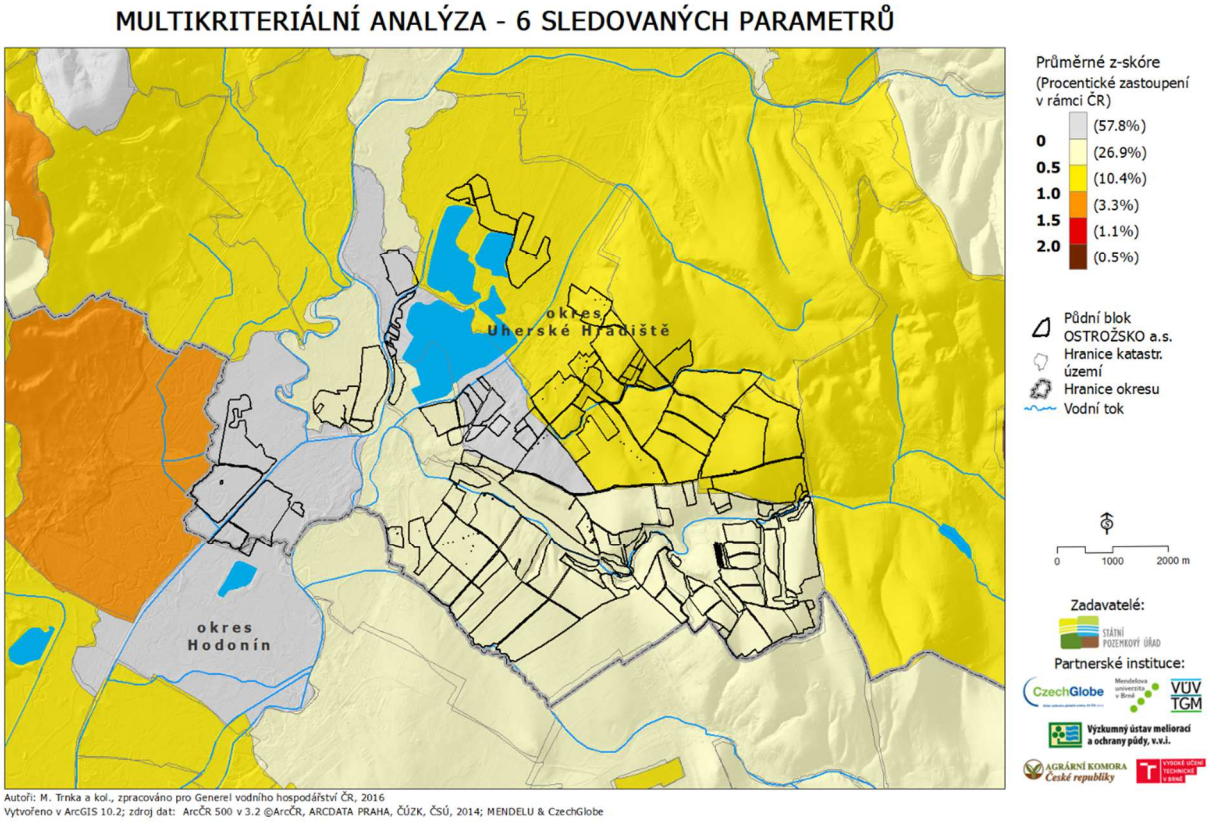
7.3.6 Detail multikriteriální analýzy v zájmové oblasti Agros Ostrožsko

Kompletní metodika multikriteriální analýzy je popsána v kapitole 2.2. Mapa 4.40 zachycuje průměrné Z-skóre (tedy anomálii) s ohledem na zbytek území ČR jako průměr Z-skóre těchto parametrů:

- Stupeň ohrožení výskytem zemědělského sucha v první polovině vegetační sezóny (tj. duben-červen);
- Stupeň ohrožení výskytem zemědělského sucha ve druhé polovině vegetační sezóny

(tj. červenec-srpen);

- Podíl vysýchavých půd v území (viz. kap. 1.6, Mapa 2.11. a částečně kap. 2.2.1);
- Procento území, náležející do přispívajících ploch kritických bodů;
- Procento území, náležející do přispívajících ploch drah soustředěného odtoku;
- Procento území výrazně ohrožené erozním smyvem.



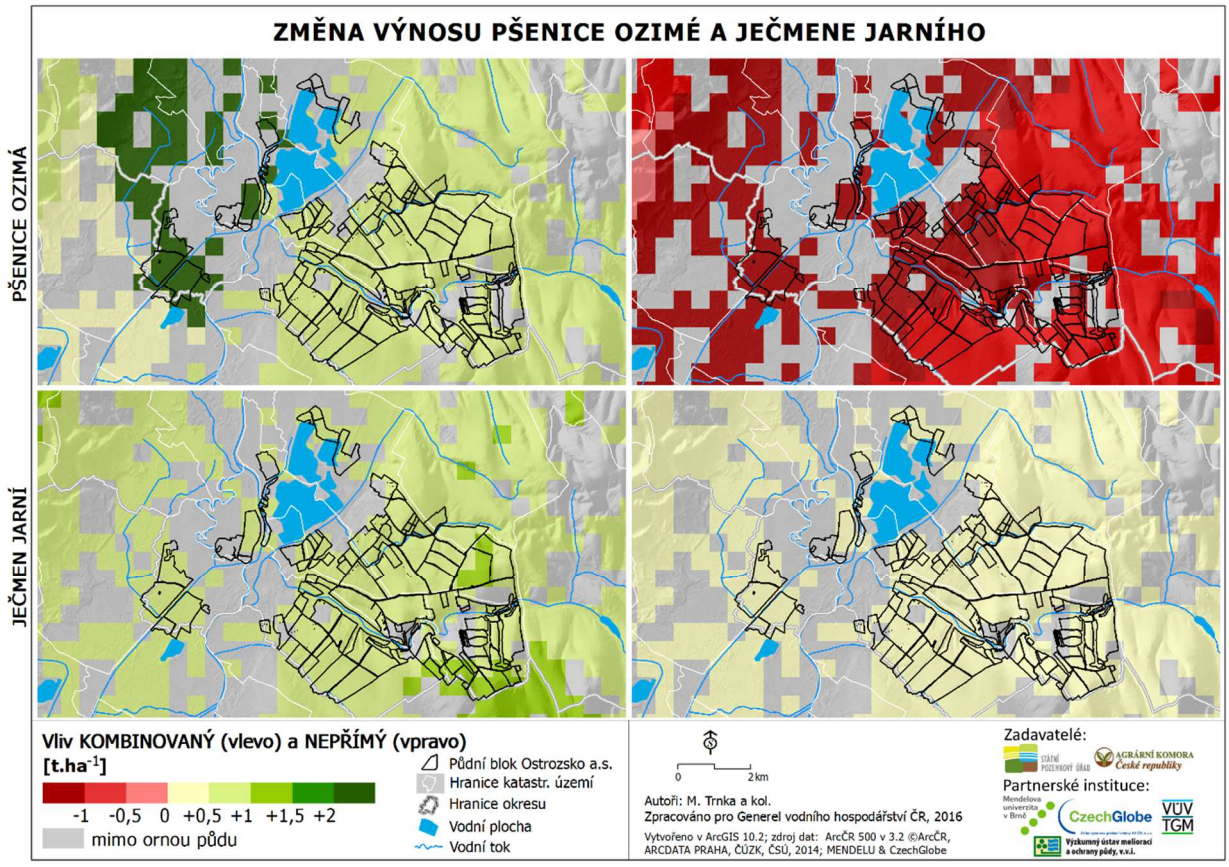
Mapa 7.18: Detail výsledků multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech pro oblast Agros Ostrožsko – průměrné Z-skóre. Vstupní parametry jsou agregované pro katastrální území.

Z výsledků vyplývá, že severní část území, na kterém podnik Ostrožskoa,s, hospodaří, se vyznačuje nadprůměrnou hodnotou Z-skóre a patří mezi cca 10% nejvíce ohrožených katastrů v rámci ČR. Tento výsledek předurčují výše popsané agroklimatické, půdní a geomorfologické podmínky. Oblast se vyznačuje kombinací poměrně vysokého ohrožení suchem, menším vysýchavých půd a lokálně zvýšeným rizikem eroze (a to včetně větrné, která nebyla zohledněna) a také výskytem drah soustředěného odtoku na druhé straně území není výrazně zatíženo kritickými body. Jedná se o z pohledu GVHK o další vhodný modelový příklad výskytu kombinace podniku s velkou plouchou v rozmanitých podmínkách, s výskytem rizikových faktorů u podniku s velmi rozmanitou plodinovou skladbou, nezanedbatelnou živočišnou výrobou a solidní ekonomickou situací.

7.3.7 Očekávaná změna produktivity

Jednou z možností jak realizovat predikce budoucí produkční schopnosti v daných půdně klimatických podmínkách je aplikace tzv. růstových modelů. Na základě růstového modelu CERES lze při uvážení změny teplot a vodní bilance očekávat do období okolo roku 2050 (vzhledem k 1961-1990) stagnaci či mírný nárůst výnosů jarního ječmene až o 1,0 t/ha (platí pro východní část zájmového území) a pokles výnosů pšenice ozimé v průměru až o 1,0 t/ha a na některých pozemcích v centrální

a jihovýchodní části zájmového území i větší pokles. Za současného započítání pozitivního vlivu zvýšené koncentrace CO_2 v ovzduší lze dle modelu CERES předpokládat nárůst výnosů ječmene jarního na většině zájmového území o 1,0 t/ha a v severozápadní části zájmového území až o 1,5 t/ha. V případě pšenice ozimé se předpokládá podobný rozsah nárůstu průměrných výnosů, nicméně větší nárůst je možné očekávat na některých pozemcích v pásu vedoucím přes jihozápadní, centrální a východní části zájmového území. Uvedené výsledky byly dosaženy bez využití závlah a za předpokladu udržení půdní úrodnosti. Současně je třeba zdůraznit, že se jedná o průměrné hodnoty, přičemž dle známých předpokladů lze očekávat nárůst rozdílů mezi jednotlivými sezónami. V praxi to může být tak, že budou velmi dobré ročníky střídány roky s významným propadem výnosů. Navíc na základě různých studií existuje předpoklad nárůstu tzv. agrometeorologicky nepříznivých událostí, jejichž negativní dopady mohou zcela rozhodnout o výnosové úrovni a úspěšnosti celého ročníku (např. problémy s přezimováním, vlny veder, extrémní epizody sucha, poléhání porostů díky přívalovým srážkám v kombinaci s vyššími rychlostmi větru, komplikace sklizně díky vyšším srážkovým úhrnům). Dopady těchto jevů jsou vzhledem k jejich problematické povaze do obr. 7.4 zohledněny jen částečně.



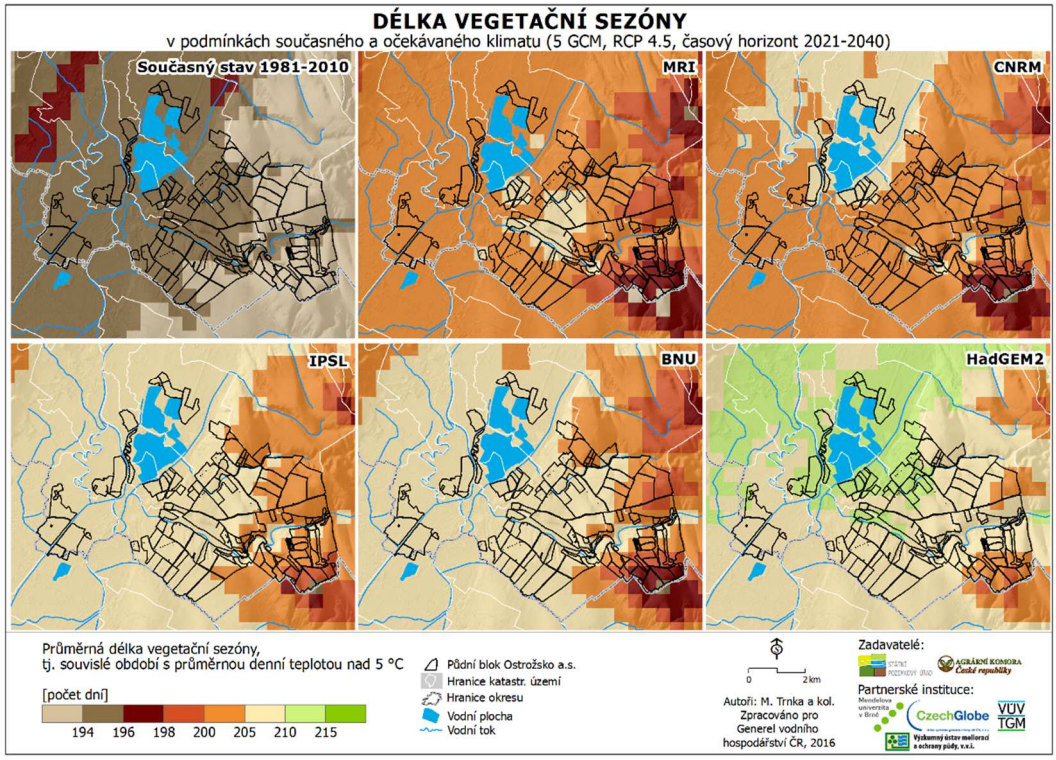
Obr. 7.4: Odhad změny průměrných výnosů pšenice ozimé a ječmene jarního pro období kolem roku 2050 vzhledem k období 1961-1990. Mapy zachycují situaci v případě zohlednění vlivu změny klimatických faktorů včetně zvýšené koncentrace CO_2 (tzv. kombinovaný vliv) a bez započítání přímého vlivu CO_2 (tzv. nepřímý vliv)

7.4 Změna klimatu jako rizikový faktor

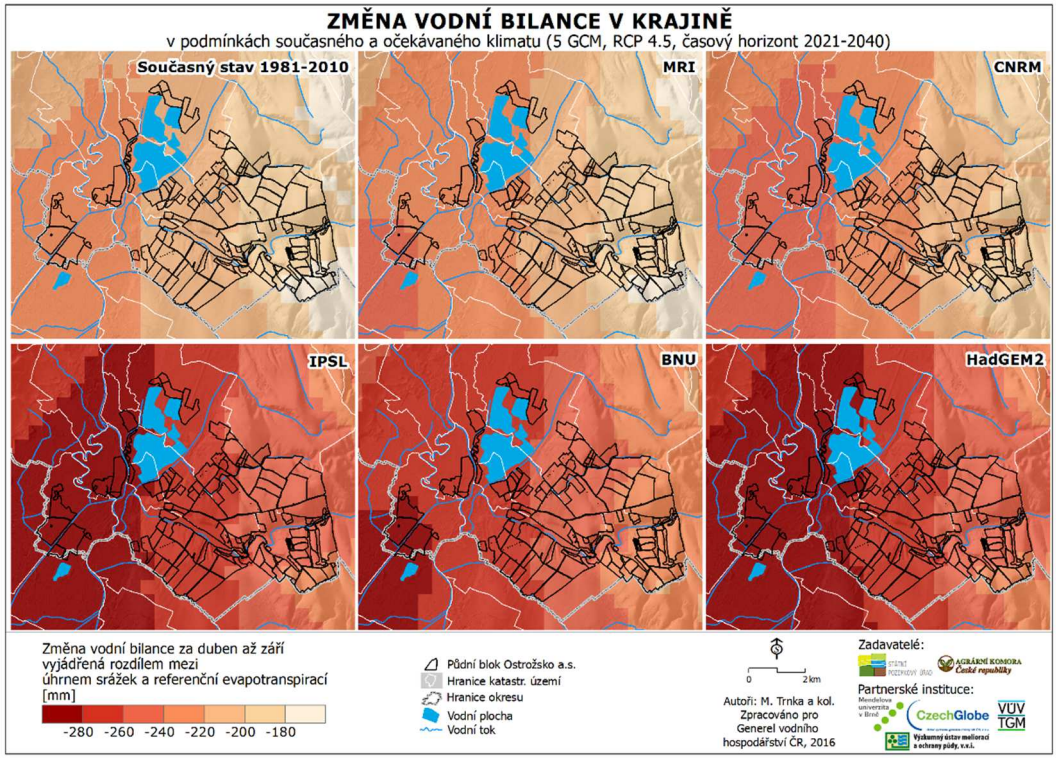
V důsledku probíhající změny klimatických podmínek je ovlivňován široký komplex procesů určujících úroveň výnosů polních plodin. Ve výsledku se jedná a bude jednat o bilanci negativních a pozitivních vlivů. Tato bilance není přirozeně konstantní v rámci jednotlivých ročníků. Dle známých souvislostí lze předpokládat, že do budoucna se však kromě nárůstu meziroční variability budou

podmínky i trendově měnit. O tom zda tento trend bude mít spíše negativní, případně neutrální či pozitivní dopad na výnosy rozhodne opět řada faktorů. Jednou z možností jak realizovat predikce budoucí produkční schopnosti v daných půdně klimatických podmínkách je využití kritických agrometeorologických faktorů, které poskytují poměrně dobrou představu o charakteru očekávaných změn.

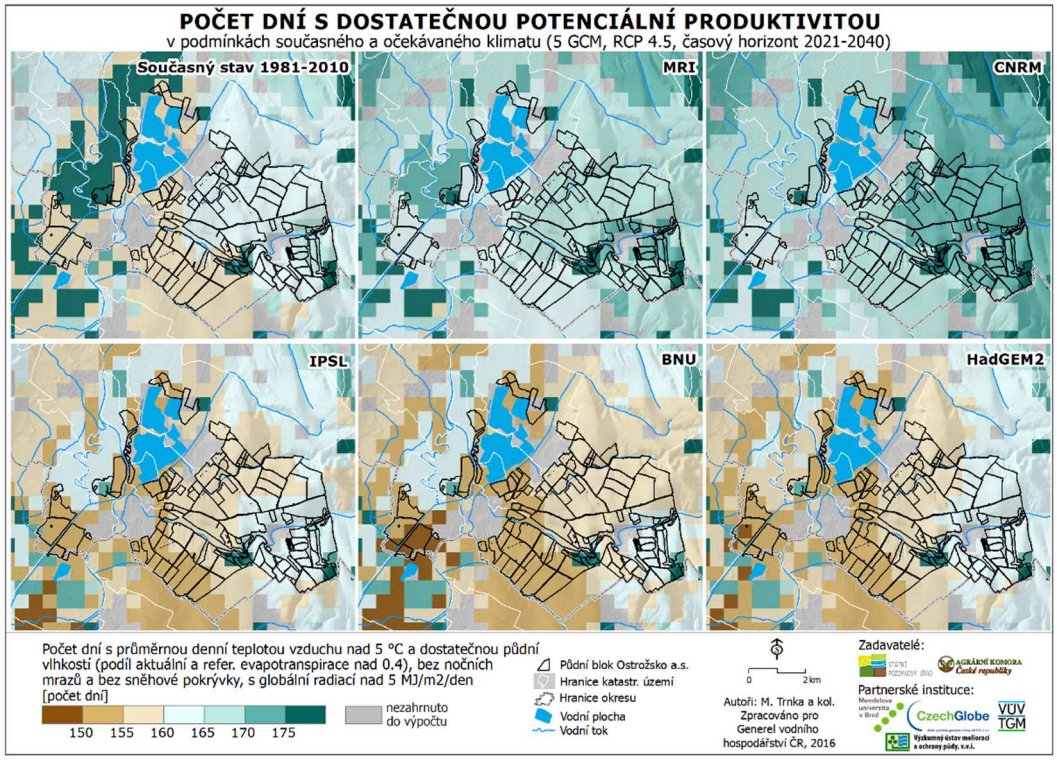
Je nepochybné, že délka vegetační sezóny (vyjádřené jako období s průměrnou teplotou trvale nad 5°C) se výrazně prodlouží, jak dokumentuje Mapa 7.19, a to jako u všech ostatních pilotních farem. Toto prodloužení bude v řádu přibližně 2-3 týdnů v závislosti na nadmořské výšce. Současně ale dojde k prohloubení deficitu klimatologické vodní bilance (Mapa 7.20), přičemž míra změny závisí na klimatickém modelu. Výsledkem změn dostupnosti vláhy, délky vegetační sezóny a celkových agroklimatických poměrů je ukazatel na mapě 7.21. Ten dokumentuje počet dní s vhodnými podmínkami pro růst polních plodin tj. dostatečně vysoká teplota, minimální množství slunečního záření a dostatek vody v půdě. Je evidentní, že podle modelů BNU, IPSL a zvláště HadGEM lze očekávat zhoršení situace, naopak 2 z 5 modelů naznačují možnost zvýšení počtu těchto dní, což by z pohledu produktivity znamenalo příznivé zprávy.



Mapa. 7.19: Průměrná délka vegetační sezóny vyjádřené jako období s průměrou teplotou nad 5°C, a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz. Tab. 4.9.



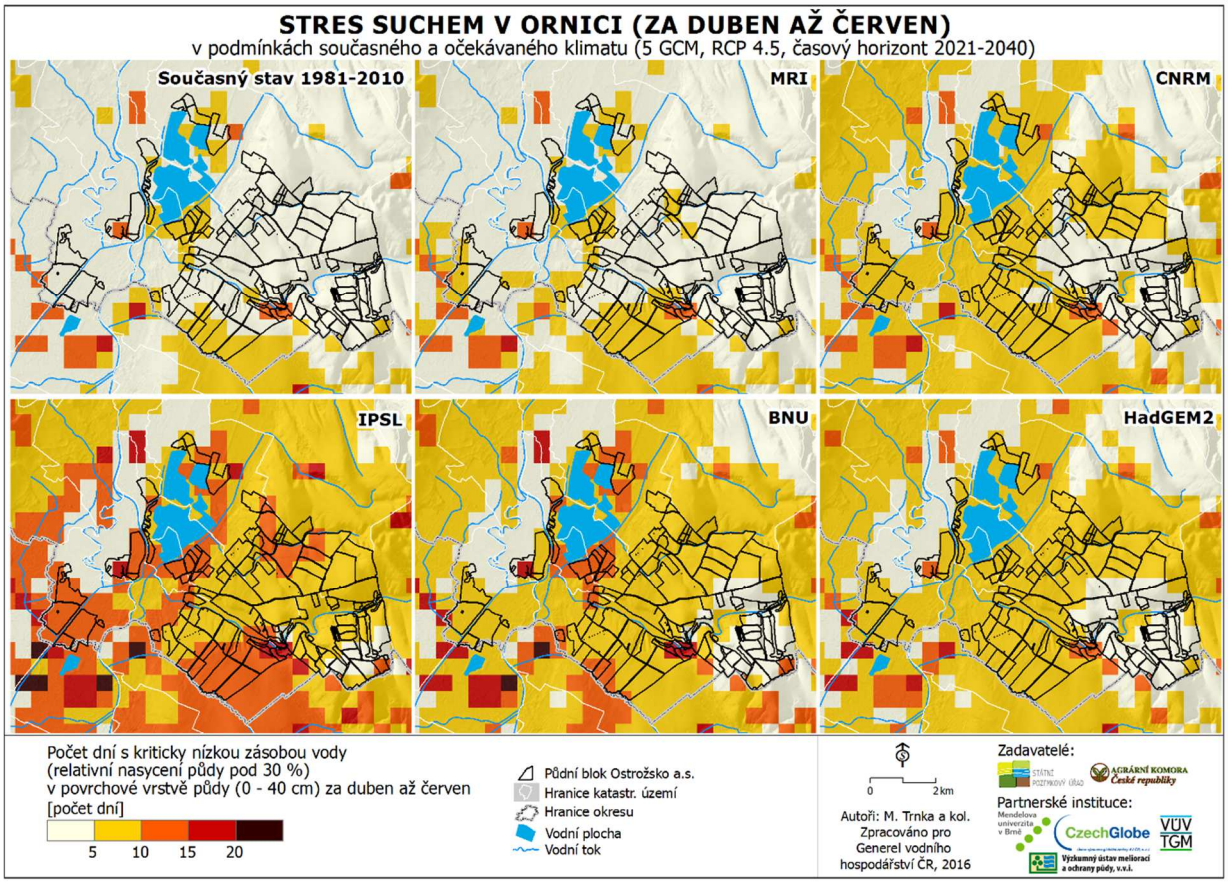
Mapa. 7.20: Klimatologická vodní bilance vyjádřené jako rozdíl úhrnu srážek a potřeby krajiny (potenciální evapotranspirace) v mm mezi dubnem a zářím, a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.



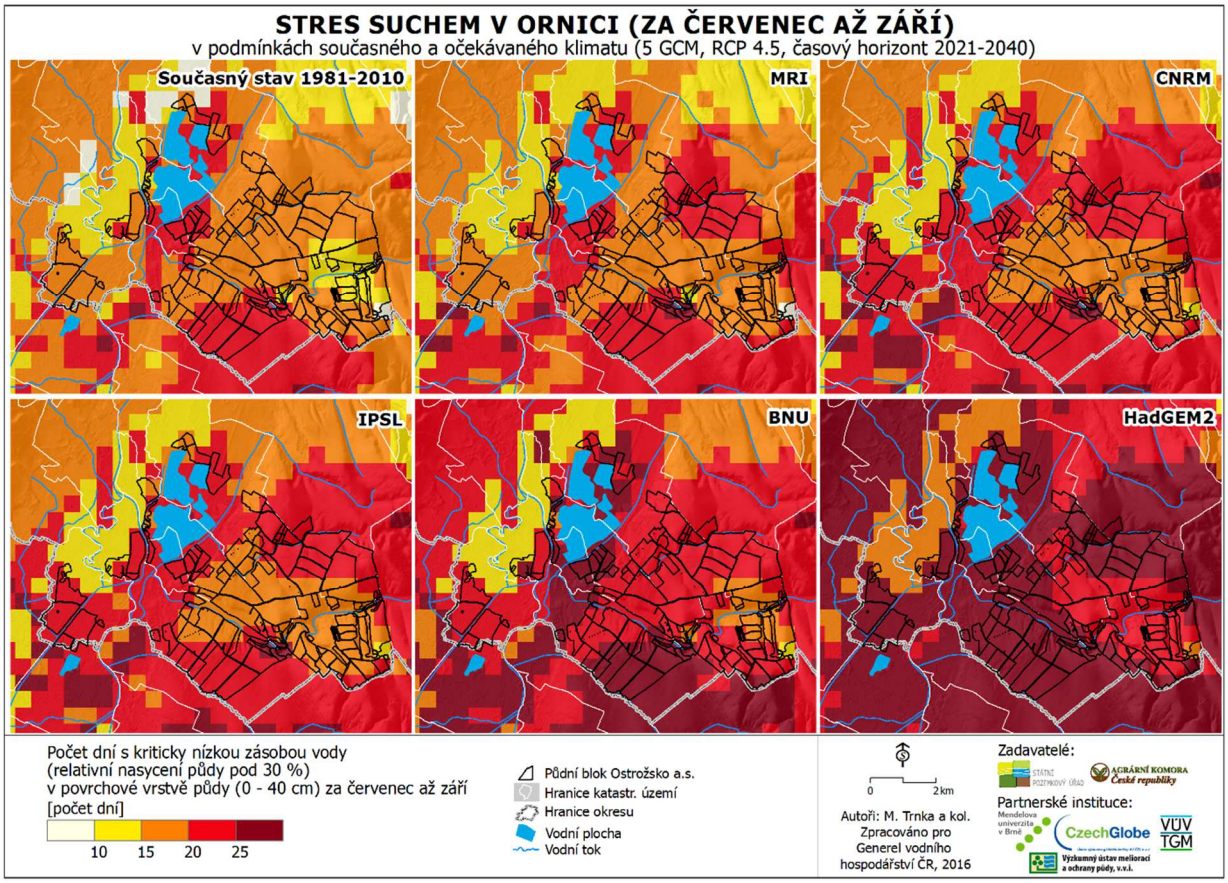
Mapa. 7.21: Počet dní s dostatečnou potenciální produktivitou a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz. Tab. 4.9.

Na rozdíl od mapy 7.21 se všechny modely shodují na výrazném riziku stresu suchem a to jak v první půlce vegetačního období (mapa 7.22) tak v jeho druhé polovině (mapa 7.23). Negativní vývoj je nejmarkantnější u modelu HadGEM, ale také u modelu IPSL kde je v první části vegetačního období dokonce nejrazantnější. Obecně lze říci, že i v případě realizace scénářů s příznivým rozložením srážek a nízkým nárůstem teplot (CNMR a MRI) je nutné očekávat vyšší riziko suchých epizod.

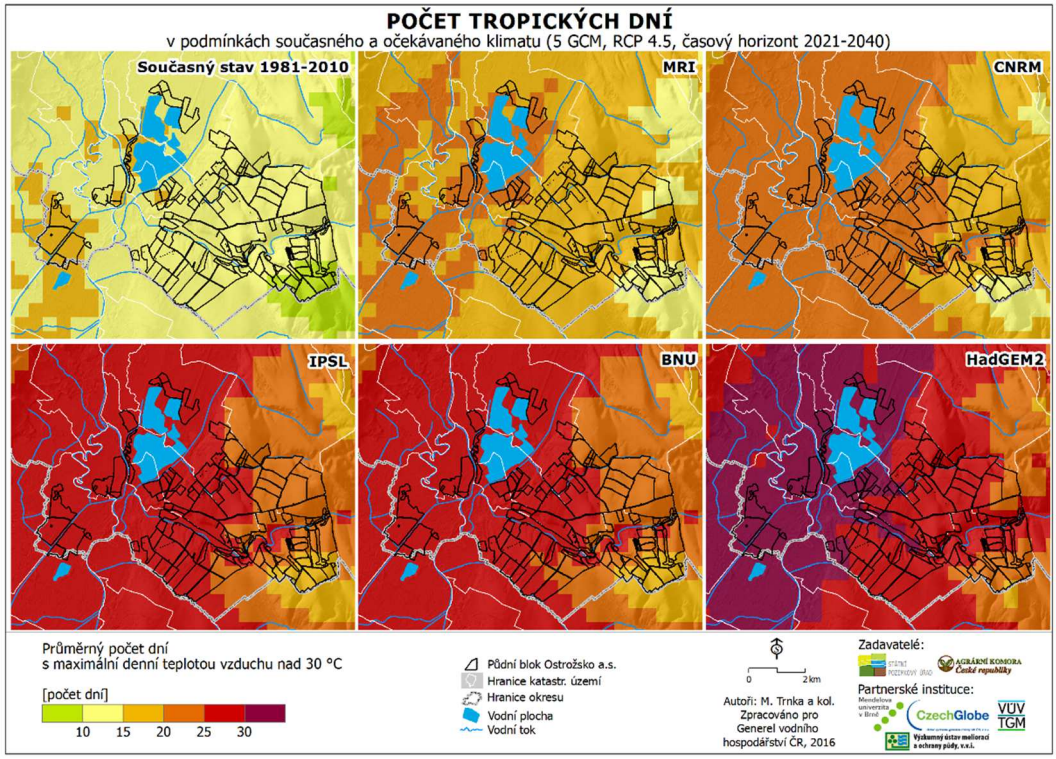
Z pohledu rizika výskytu extrémně teplých dní lze očekávat poměrně dramatické změny a to již v krátkém časovém horizontu. Výrazně narůstá počet tropických dní (Mapa. 7.24), ale výrazně se zvyšuje i počet dní s teplotou nad 32°C, která je problematická jak pro produkci některých pícnin (včetně kukuřice na zrno), tak pro chovaná hospodářská zvířata, kdy lze v důsledku stresu suchem očekávat potenciální snížení užitkovosti. Toto riziko narůstá zvláště pak v období souvislých horkých vln. Jak ukazuje mapa 7.25, naprosto zásadně vzroste riziko výskytu pozdního mrazu. Tento parametr byl použit u pilotního podniku Ostrožsko naprosto záměrně s ohledem na vysokou diverzitu pěstovaných plodin včetně zelenin. V zimním období se také výrazně sníží délka trvání sněhové pokrývky a to více než o třetinu a podle scénáře CNMR až o polovinu oproti současnému období (mapa 7.26).



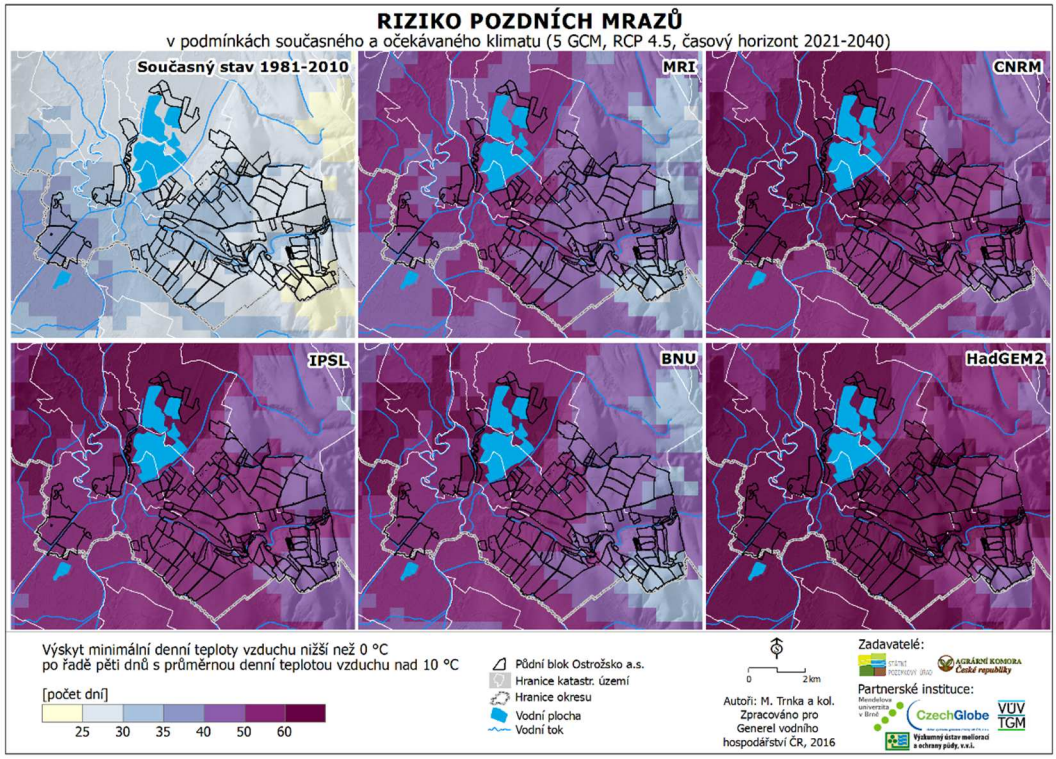
Mapa 7.22: Stres suchem (počet dní) v období duben-červen v povrchové vrstvě (0-40 cm), a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz. Tab. 4.9.



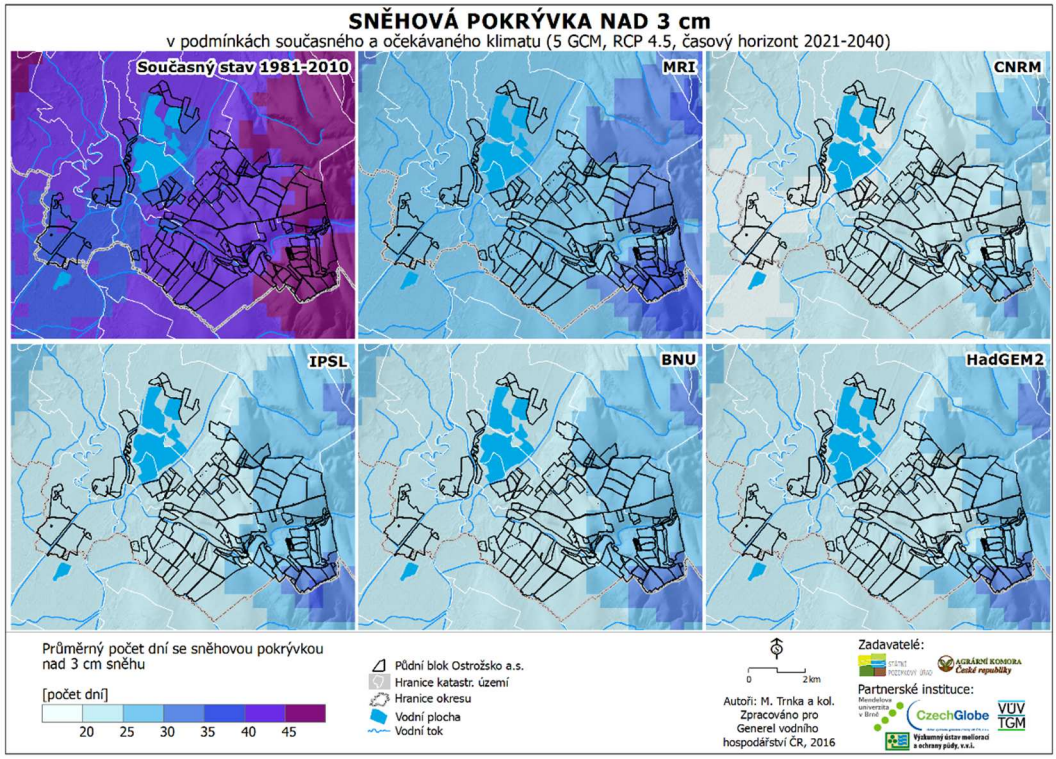
Mapa: 7.23: Stres suchem (počet dní) v období červenec-září v povrchové vrstvě (0-40 cm), a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5.



Mapa 7.24: Průměrný počet tropických dní tj. dny s maximální denní teplotou vyšší než 30°C, a to pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5.



Mapa 7.25: Pravděpodobnost výskytu sezóny s denní průměrnou teplotou vyšší než 10°C následované výskytem mrazového dne pro období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modeů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz Tab. 4.9.

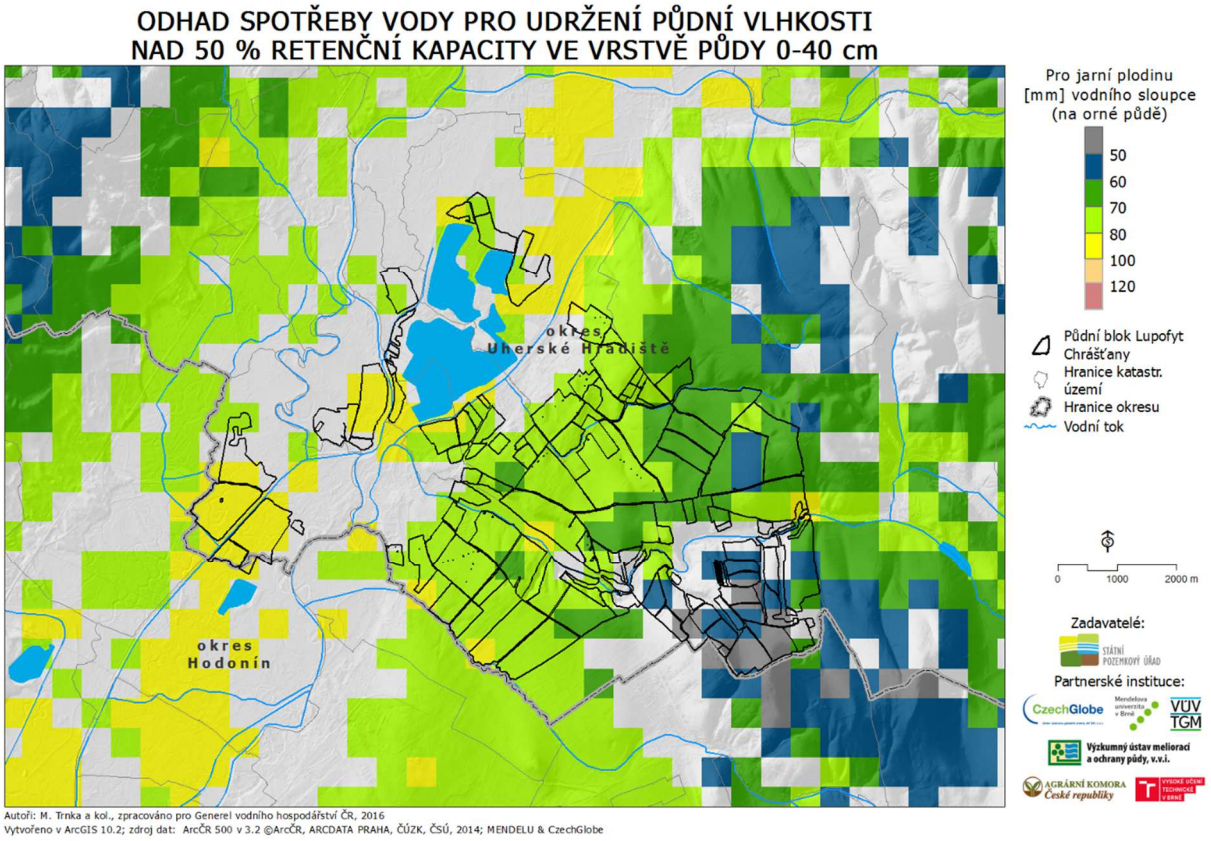


Mapa 7.26: Průměrný počet dní se sněhem. Mapy zachycují období 1981-2010 a odhad pro období okolo roku 2021-2040 podle modelů BNU, CNMR, HadGEM, IPSL a MRI za předpokladu emisního scénáře RCP 4.5. Viz. Tab. 4.9.

7.5 Vláhová potřeba a posun výrobních oblastí

Mezi zástupci zemědělské praxe i odbornou veřejností je často využívanou charakteristikou zařazení daného území do tzv. výrobních oblastí. Podle metody vyvinuté Trnkou et al. (2009) využívající k objektivní klasifikaci klimatických parametrů (teplotních poměrů a vodní bilanci) spadá zájmové území, na kterém hospodaří ZD Bulhary, v současných podmínkách do kukuřičné výrobní oblasti. Současně toto území náleží do tzv. skupiny 1 s dobrými půdními podmínkami. Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám však lze v budoucnu očekávat změnu, kdy bude možné území definovat místo kukuřičné jako tzv. mimořádně teplou a suchou výrobní oblast. S touto variantou lze počítat, pokud by se v období 2021-2040 naplnila prognóza dle Globálního cirkulačního modelu HadGEM (UK), ale i několika dalších. Daleko dramatičtější změny jsou pak očekávané v horizontu 2050.

Očekávané změny agroklimatických podmínek bude nutné reflektovat v zastoupení pěstovaných plodin a způsobu hospodaření. Pro zmírnění dopadů vyšších teplot vzduchu a prohloubení deficitu vodní bilance bude nutné přijmout nezbytná adaptační opatření. Jedním z takových opatření může být snaha lépe hospodařit s vodou v půdě, udržení či zvýšení kvality a retenčních schopnosti půd nebo zavedení či častější využívání závlahových systémů. Jejich reálná aplikace v podmínkách rostlinné výroby však bude záviset na řadě faktorů, kdy mezi nejvýznamnější budou patřit ekonomické ukazatele (výše investičních a provozních nákladů vzhledem k dosažitelnému nárůstu tržeb), ale i dostupnost dostatečného množství vody, což v letech s hydrologickým suchem může být limitující. Na základě analýz provedených metodikou Integrovaného systému pro sledování sucha k odhadu potřeby vody pro závlahová zařízení vyplynulo, že na většině pozemků obhospodařovaných podnikem Ostrožsko by bylo k udržení půdní vlhkosti nad 50 % relativního nasycení v hloubce 0-40 cm dle mediánu sezón 1981-2010 potřeba 50-80 mm závlahové vody při pěstování jarní obiloviny (v době od zasetí po zralost). Pro ozimé obiloviny byly výsledné hodnoty přibližně o 20 mm vyšší (Mapa 7.27).



Mapa 7.27: Odhad spotřeby vody pro udržení relativního nasycení půdy ve vrstvě 0-40 cm na úrovni nad 50 % na základě metodiky Integrovaného systému pro sledování sucha (www.intersucho.cz). Vyneseny jsou mediány za sezóny 1981-2010 pro jarní obilovinu.

7.6 Návrh organizačních a agrotechnických opatření pro omezení erozních jevů s ohledem na riziko sucha

7.6.1 Nulová varianta – současný stav

Ostrožsko, a.s. hospodaří na 2 661 ha zemědělské půdy (Mapa 7.28), z toho 800 ha vlastní a zbývající je pronajatá. Na rozdíl od ZD Bulhary, Agros Vraný, Lupofyt Chrášťany má širší plodinovou skladbu, pěstuje celkem 15 plodin včetně zeleniny, ovoce a vinné révy, s čímž souvisí větší počet zaměstnanců (80). Společnost hospodaří v 6 katastrech, má živočišnou výrobu (500 býků výkrm na hluboké podestýlce) a provozuje obchod zaměřený na prodej vlastních i cizích produktů. Z pěstovaných plodin zaujímá největší plochu ozimá pšenice (1 071 ha = 40,2 %), cukrovka (268 ha = 10 %), kukuřice na zrno (248 ha = 9,3 %), ječmen jarní (239 ha =9 %), vojtěška setá (207 ha =7,8 %), mák setý (198 ha = 7,4 %), TTP (96 ha = 3,6 %), ostatní plodiny na orné půdě (pšenice jarní, vikev panonská ozimá, hořčice bílá, pohanka, slunečnice, kmín, krmná řepa – 221 ha = 8,3 %), zelenina (92 ha = 3,4 %, z toho nejvíce tykev obecná, zelí a cibule), ovoce (jabloň + broskvoň = 8,7 ha = 0,3 %), réva vinná (9 ha = 0,3 %). V letošním roce, který byl srážkově příznivý, byly dosaženy vysoké výnosy u pšenice ozimé (8,3 t/ha), ječmen jarní na slad 7 t/ha), slunečnice (4 t/ha), kukuřice na zrno (12,3 t/ha), cukrovka 76 t/ha. Přitom nejvíce rentabilní bylo pěstování sladovnického ječmene.

Vzhledem k rizikům hospodaření v oblasti ohrožené suchem je snahou provádět opatření v optimální agrotechnické lhůtě s využitím zemědělské techniky pro zpracování půdy, setí, hnojení a ochranu rostlin a sklizeň a s uplatněním nejnovějších poznatků v daném oboru. Velmi kladně lze v tomto směru hodnotit

úzkou spolupráci se zemědělskou univerzitou (MENDELU) a Výzkumným ústavem rostlinné výroby, která zahrnuje také zlepšení péče o půdu. Právě komplexní péče o kvalitu půdy, zvýšení její infiltračních schopností a zlepšení hospodaření se zadrženou vodou ze srážek bude mít rozhodující vliv na udržitelnost hospodaření na půdě v této oblasti ohrožené suchem.

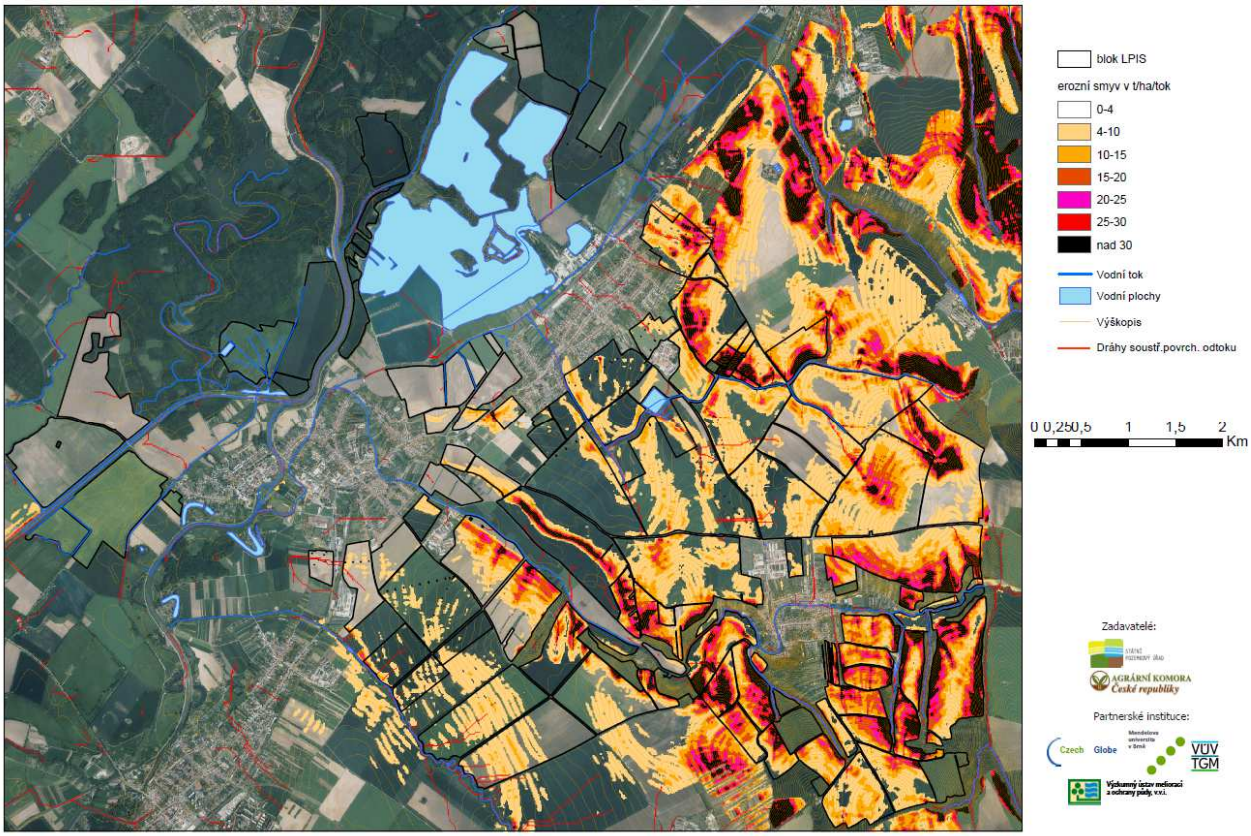
Jak vyplývá z analýz v předcházejících kapitolách, je dostupnost půdní vláhy na pozemcích Ostrožsko, a.s. limitujícím faktorem pro produkci zelenin a dalších polních plodin, a v případě významných epizod sucha má toto vážné dopady na růst a vývoj rostlin a dosažené výnosy. Tento stav předurčují výše popsané agroklimatické, půdní a geomorfologické podmínky. To představuje zejména při vysoké intenzitě výroby značná rizika spojená s rentabilitou vstupů v letech s nepříznivými povětrnostními podmínkami. Zejména pěstování zeleniny vyžaduje vysoké vstupní náklady, které se vzhledem k předpokládaným vyšším nákladům do ochrany rostlin budou v příštích letech dále zvyšovat. Přitom při pěstování zeleniny bez závlahy bude návratnost některých vstupů nejistá. Již v současné době je pěstování zeleniny na hranici rentability. Z polních plodin patří mezi další rizikové plodiny z hlediska sucha mák, pšenice jarní a naopak rozšířit plochy bude možné u kukuřice na zrno a slunečnice. Navíc v příštích letech existují reálné předpoklady nárůstu tzv. agrometeorologicky nepříznivých událostí, jejichž negativní dopady mohou významně ovlivnit výnosy a kvalitu produkce pěstovaných plodin, což může mít zásadní vliv na výsledky hospodaření (např. větší rizika spojená s častějšími jarními přísušky, vysokými teplotami vzduchu v průběhu vegetace, s problémy v ochraně rostlin s nárůstem škodlivosti některých chorob a škůdců včetně napadení kořenů rostlin a dosud nepříliš významných plevelů, s poléháním porostů v důsledku přívalových srážek v kombinaci s vyššími rychlostmi větru a s komplikacemi sklizňových a dalších sezonních prací v důsledku vyšších srážkových úhrnů v daném období).

Jedním z nejvýznamnějších opatření, kterým je nutné již v současné době věnovat pozornost je zvýšení retenční schopnosti a kvality půdy, do kterého bude nutné v příštích letech investovat nemalé prostředky (technika na pásech, podrývání utužených půd, podpovrchová aplikace hnojiv, variabilní hnojení apod.). Zadržení vody ze srážek a optimální hospodaření s vodou v půdě (omezení ztrát vody při zpracování půdy, omezení výparu, včasná likvidace výdrolů, vhodné osevní sledy, kladná bilance organické hmoty v půdě apod.) se stává jedním z rozhodujících faktorů při hospodaření na půdě v suchých oblastech.

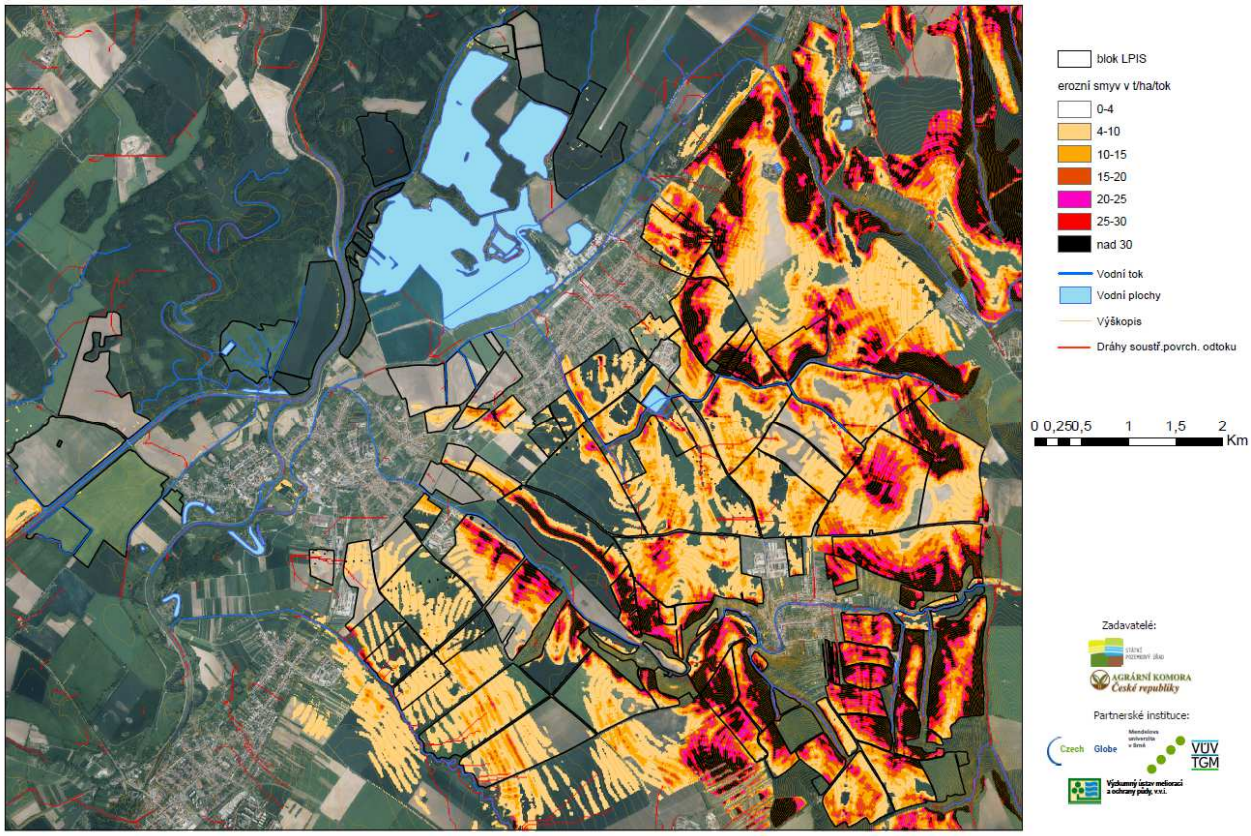
Vzhledem k tomu, že živočišná výroba (490 VDJ) produkuje jen omezené množství statkových hnojiv (zejména pro hnojení cukrovky a kukuřice), je pro zachování kladné bilance půdní organické hmoty nutné zapravit zbývající slámu a další rostlinné zbytky (po slunečnici, cukrovce a zelenině) do půdy, přestože některé z těchto zbytků s úzkým poměrem C : N nebudou mít na zlepšení bilance organických látek v půdě pozitivní vliv. Z tohoto hlediska lze kladně hodnotit výrobu kompostu z rostlinných zbytků, hnoje a zelené hmoty z první seče vojtěšky, u které je nutné optimalizovat poměr C : N směsi vstupních surovin a případně doplnit potřebný uhlík slámou. . K nežádoucímu úbytku POH může docházet vlivem zpracování půdy, kdy konvenční postupy s orbou urychlují mineralizaci POH, zatímco při použití minimalizačních technologií je celková bilance většinou příznivější. Z tohoto hlediska bude třeba posoudit vliv parapluhu (pořízeny 2 ks, viz obrazová příloha), který půdu neobrací, ve srovnání s klasickým pluhem. Čím více kypříme a provzdušňujeme půdu, a to zejména v době, kdy probíhají v půdě intenzivně mineralizační procesy, tím více bychom do ní měli vracet organických látek. Proto se doporučuje při zpracování půdy po lepších předplodinách (luskoviny, jeteloviny, mák apod.) posunout termín intenzivnějšího (např. orbou) zapravení rostlinných zbytků do pozdějšího období s nižšími teplotami vzduchu s ohledem na termín setí následující plodiny. Způsob hospodaření s ponecháním převážné části rostlinných zbytků na pozemku se příznivě projevuje na kvantitě POH oproti případům, ve kterých je sláma odvážena z polí především pro potřeby chovu zvířat. Tím se zvýší celkový obsah POH, ale nemusí dojít ke zlepšení její kvality.

Z analýzy současného stavu používaných pěstebních technologií vyplývá, že pro zlepšení stability výnosů polních plodin je třeba větší pozornost věnovat lepšímu zadržení vody ze srážek v půdě, zlepšení hospodaření s vodou v půdě a její efektivní využití rostlinami (v některých případech zbytečné ztráty vody z půdy při jejím zpracování včetně předseťové přípravy, omezení utužení půdy optimalizací přejezdů techniky, rezervy ve stanovení výsevků a následně ve struktuře porostů obilnin, optimalizace hnojení dusíkatými a fosforečnými hnojivy, vápnění apod.). Míru ohrožení pozemků plošnou erozí zachycují Mapy 7.29 - 7.30.

Mapa 7.28: Aktuální stav kultur a rozdělení do půdních bloků Ostrožsko a.s.



Mapa 7.29: Míra erozního ohrožení před návrhem protierozních opatření pro Ostrožsko a.s. – varianta současný stav R 40 (listopad, 2016)



Mapa 7.30: Erozní ohrožení před návrhem protierozních opatření pro Ostrožsko a.s. – varianta klimatická změna - R 60 (listopad, 2016)

7.6.2 Návrh variantních ochranných a adaptačních opatření

Návrh ochranných a adaptačních opatření byl navržen ve dvou variantách – Realistická varianta (RV) a maximální varianta (MV) v textu a mapových přílohách značené jako RV a MV. Rozdíly mezi variantami spočívají v návrhu průlehů-mezí, které byly navrženy v MV. V RV byly navržené trasy průlehů-mezí navrženy jako zasakovací travní pásy o šířce 30m. Z hlediska protierozní ochrany nebyla navrhována technická opatření. Jako biotechnická opatření byly navrženy v RV i MV zasakovací travní pásy. U MV byly navíc navrženy interakční prvky-protierozní meze. U obou variant jsou základem protierozní ochrany navržená organizační a agrotechnická opatření spočívající v aplikaci protierozních agrotechnologií (výsev do krycí plodiny či strniště), ochranném zatravnění a v protierozním rozmísťování pěstovaných plodin (určení ploch kde je navrženo vyloučení erozně nebezpečných širokořádkových plodin).

7.6.2.1 Realistická varianta – přehled narhovaných opatření

Organizační opatření

Základem protierozní ochrany jsou navržená agrotechnická a organizační opatření spočívající v aplikaci protierozních agrotechnologií (výsev do krycí plodiny či strniště), ochranném zatravnění a v protierozním rozmísťování pěstovaných plodin (určení ploch kde je navrženo vyloučení erozně nebezpečných širokořádkových plodin). Agrotechnická a organizační opatření jsou doplněna o návrh zasakovacích travních pásů. Celkový přehled navrhovaných opatření obsahuje Mapa 7.31 a jejich dopad pak Mapy 7.32-7.33. Tabulka výměr je zachycena v Tab. 7.8.

Mapa 7.31: Varianta RV základních protierozních opatření

Mapa 7.32: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 40 (listopad, 2016)

Mapa 7.33: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty RV po zatížení erozním smyvem při R 60 (listopad, 2016)

Varianta č.2 - RV	plocha [ha]
protierozní agrotechnologie na orné půdě	605,79
VENP	54,58
Návrh TTP	28,64
Zatravnění meziřadí ve vinici	8,99
Zatravnění meziřadí v sadech	5,39
Zatravnění údolnic	5,94
Zasakovací pásy	17,07
CELKEM	**726,40**

Tab. 7.8 : Výkaz výměr navržených opatření u realistické varianty RV

Organizační opatření

V modelovém území Ostrožsko a.s. byla navržena opatření:

- delimitace druhu pozemku,
- protierozní rozmísťování plodin a protierozní osevní rotace
- zatravnění meziřadí ve vinicích a sadech

Delimitace druhu pozemku

Na erozně ohrožených pozemcích byla navržena delimitace druhu pozemku formou ochranného zatravnění na ploše 28,64 ha.

Protierozní rozmísťování plodin

Na erozně ohrožených pozemcích je navrženo protierozní rozmísťování plodin formou střídání plodin s různým protierozním účinkem včetně určení ploch, kde je navrženo vyloučení erozně nebezpečných širokořádkových plodin (VENP). Protierozní rozmístění plodin na svazích patří k obecným zásadám protierozní ochrany půdy. Vychází z protierozního účinku plodin, který je dán charakteristikou vzrůstu, olistěním, rychlostí vývinu a typem pěstování (úzkořádkové a širokořádkové). Jednotlivé plodiny lze na základě protierozní ochrany při tradičním pěstování sestavit do řady se stoupající erozní ohrožeností: travní porost – vojtěška – obilnina ozimá – obilnina jarní – hrách – řepka ozimá – slunečnice – cukrovka – kukuřice.

Opatření formou VENP, kdy z osevní rotace jsou vyloučeny erozně nebezpečné plodiny (kukuřice, slunečnice, sója, cukrovka, bob setý), byly navrhovány jen na erozně ohrožených pozemcích lokalizovaných nad zastavěným územím obce.

Protierozní rozmisťování plodin je navrženo na ploše 54,58 ha.

Zatravnění meziřadí ve vinicích a v sadech

Na pozemcích s kulturou vinice či sad je v obou variantách v případě obnovy navrženo protierozní situování řad sadu ve směru vrstevnic a meziřadí je navrženo k zatravnění. Provedenou protierozní ochranou dojde nejen ke snížení erozního smyvu ale také ke zvýšení retenční schopnosti a snížení objemu odtoku a kulminačního průtoku v daném sub-povodí. Zatravnění stávajících vinic je navrženo na ploše cca 8,99 ha. Zatravnění meziřadí sadu je navrženo na ploše 5,39 ha

Agrotechnická opatření

Na erozně ohrožených plochách byla navržena agrotechnická opatření na ploše cca 605,79 ha. K eliminaci eroze a zvýšení retenční schopnosti krajiny byl na celé ploše doporučen výsev do krycí plodiny. Vlastní protierozní agrotechnika, tj. způsob obdělávání zemědělské půdy, v prvé řadě směr orby,

setí a všechny ostatní kultivační i sklizňové operace by měly být vždy prováděny, pokud to sklon a systém mechanizačních prostředků dovolí, ve směru vrstevnic či s určitým odklonem od tohoto směru daným dle členitosti morfologie terénu.

V PEO se velmi účinně uplatňují podsevy nebo meziplodiny, které se vysévají po sklizni hlavní plodiny. K tomu se hodí např. hořčice, svazenka apod., jejichž porosty přes zimu vymrznou. Je možno rovněž použít ozimý ječmen a žito, ječmen nebo jílek mnohokvětý, jejichž porosty je nutno před výsevem hlavní plodiny na jaře umrtvit herbicidy, pokud možno bez dalších reziduálních účinků.

Mezi základní doporučená agrotechnická opatření patří:

- výsev do ochranné plodiny, strniště
- do mulče či posklizňových zbytků

Protierozní agrotechnologie na orné půdě (AGT)

Protierozní agrotechnologie navržené v řešeném území představují výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče nebo posklizňových zbytků. Technologie výsevu plodin do ochranné plodiny, strniště, mulče či posklizňových zbytků je často spojena s omezeným zpracováním půdy. K protierozní ochraně se využívá rostlinného materiálu v různých formách, který je ponechán na povrchu půdy nebo je částečně zapraven a zabraňuje tak volnému povrchovému odtoku. Při aplikaci protierozních agrotechnologií se využívá zásada, že s množstvím vegetačního krytu na povrchu půdy roste protierozní účinek. Rostlinnými zbytky zdrsněný povrch pozemku zpomaluje povrchový odtok a zlepšuje podmínky pro zasakování spadlých srážek. K aplikaci protierozních agrotechnologií se doporučuje využívat částečně zapravené posklizňové zbytky předplodiny nebo meziplodiny. K částečnému zapravení posklizňových zbytků do půdy jsou používány kypřiče půdy a podmítače s pasivními pracovními orgány (většinou dlátové a radličkové kypřiče).

U plodin s vyššími předpoklady k eroznímu poškození se využívá jako mulčovací materiál sláma z předplodiny: obilovina příp. kukuřice, chemicky umrtvená ozimá plodina nebo vymrzlá jarní meziplodina setá na podzim.

Agrotechnická opatření spojená s technologií výsevu plodin do ochranné plodiny, strniště, či posklizňových zbytků je často spojena s omezeným zpracováním půdy. K protierozní ochraně se využívá rostlinného materiálu v různých formách, který je ponechán na povrchu půdy nebo je částečně zapraven a zabraňuje tak volnému povrchovému odtoku. Podrobnější popis protierozních technologií přináší literatura (Uživatelská příručka VÚMOP, Nové technologie v ochraně půdy, případně katalog PEO). Propočtené výsledky navržených opatření jsou zachyceny na Mapách 7.32-7.33.

Biotechnická opatření

Biotechnická opatření byla v této variantě navržena formou stabilizace drah soustředěného odtoku (navrženy na ploše 5,94. ha) a zasakovacích pásů (včetně zatravněných tras navržených průlehů a mezí) navrženy na ploše 17,07 ha).

Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku

Přirozené dráhy soustředěného povrchového odtoku zpevněné vegetačním krytem (Obr. 7.5-7.7) jsou schopny bezpečně bez projevů eroze odvést povrchový odtok, ke kterému dochází v důsledku morfologické rozmanitosti krajiny, zejména na příčně zvlněných pozemcích, v úžlabinách a údolnicích v době přívalových dešťů nebo jarního tání, kdy soustředěně po povrchu odtékající voda v těchto místech zpravidla způsobuje erozní rýhy (obr. 7.5). Je proto nezbytné tyto potenciální dráhy soustředěného odtoku stabilizovat zatravněním tak, aby po zatravnění směsí výběžkatých trav umožnily neškodné odvedení povrchového odtoku z jejich sběrných ploch. Vedle snížení hodnot erozních odnosů a minimalizace formování efemerních strží, zatravněním stabilizovaná dráha soustředěného odtoku umožní zachycení také rostlinných živin, popř. agrochemikálií na erodovaných půdních částicích. Kapacita přírodních parabolických profilů údolnic bude většinou adekvátní a bude třeba jen definovat rozsah zatravnění.

Nejvhodnější ochranou těchto exponovaných míst je vegetační kryt, nejlépe zatravnění. Předpokládaná životnost opatření je 10 let

Obr. 7.5: Schéma zatravněné údolnice

Zásady navrhování

1. Při realizaci zatravněných drah soustředěného odtoku (údolnic) bude využito daného profilu přirozené údolnice.
2. Uživatel či vlastník pozemku provede stabilizaci dráhy soustředěného povrchového odtoku zatravněním.
3. Dráhu soustředěného povrchového odtoku v údolnici uživatel přesně v terénu identifikuje, vymezí a označí po jarním tání sněhu či první srážce vyšší intenzity.

Obr 7.6: Dráha soustředěného povrchového odtoku po tání sněhu

4. V období mimo výskyt přívalových srážek provede osetí 20 m širokým pásem doporučené směsi výběžkatých trav se středem v identifikované trase (viz bod 2).

Obr. 7.7: Dráha soustředěného povrchového odtoku po stabilizaci

5. Pro rychlejší zapojení ochranného vegetačního krytu se osetí provede (optimálně v září) do krycí plodiny, případně ve směsi současně s jinými plodinami zajišťujícími rychlý nástup ochranného účinku do doby vytvoření stabilního travního porostu.

   Vegetační kryt údolnice ovlivňuje rychlost pohybu vody v údolnici. Kořenový systém v závislosti na své hustotě a kvalitě zpevňuje půdu a redukuje odnos půdních částic rostlinných živin a agrochemikálií.

   Ochranný účinek trav proti vodní erozi spočívá především v útlumu kinetické energie, ve snížení rychlosti a množství povrchově stékající vody, projevujících se ve snížení její vymílací a transportní schopnosti a také v mechanickém zpevnění půdy kořenovým systémem.
6. Při zakládání, hnojení a ošetřování porostů je třeba vycházet z komplexního posouzení vzájemných vztahů stanovištních podmínek, složení porostu a specifičnosti jeho funkce. Vegetační kryt, který je pěstován a udržován v prostoru údolnice, je nejdůležitější část tohoto protierozního opatření. V druhovém složení jsou preferovány trávy výběžkaté, tvořící pevný drn viz Tab. 7.9.
7. Vypracování návrhu na složení směsi spočívá ve výběru a stanovení poměru vhodných druhů. Složení směsi se vyjadřuje obvykle procentuálním podílem jednotlivých druhů. Z vybraných druhů se určí druhy hlavní (1–2), ostatní jsou pak doplňující. Dostatečný podíl výběžkatých trav musí být základem každého porostu určeného k protierozní funkci, protože právě výběžkaté druhy mají nejvyšší účinek a zajišťují vytrvalost porostu. Protože tyto trávy mají zpravidla pomalý počáteční vývoj, doplňují se druhy s rychlejším růstem.

Tab 7.9. Směs s vysokým protierozní, účinkem, vhodná na stanoviště sušší, s nižší zásobou živin

DRUH	**%**	**kg osiva . 100 m^2**
Kostřava luční	20	0,24 – 0,40
Kostřava červená výběžkatá	35	0,53
Kostřava červená trsnatá	15	0,23 – 0,30
Jílek vytrvalý	15	0,23
Lipnice luční	15	0,15

Tab. 7.9: Směs s vysokým protierozní, účinkem, vhodná na stanoviště sušší, s nižší zásobou živin

Vypracování návrhu na složení směsi spočívá ve výběru a stanovení poměru vhodných druhů.
Při zakládání vegetačního zpevnění DSO zatravněním se doporučuje při setí postupovat způsobem postupných kroků dle postupu uvedeném v kapitole 4.

8. Při realizaci zatravněných drah soustředěného odtoku (údolnic) je nutno pečlivě zajistit napojení navazujících částí pozemku (sběrných ploch) a vyvarovat se vytvoření brázdy či vyjetých kolejí podél zatravněné údolnice
9. Zatravněná stabilizovaná dráha soustředěného povrchového odtoku je protierozní opatření, které potřebuje údržbu, aby zůstala zachována jeho schopnost bezpečně, bez erozních procesů, odvést povrchový odtok. Systém údržby spočívá zejména v:

- pravidelném sečení minimálně dva až třikrát ročně tak, aby výška porostu v době po sečení byla 8-10 cm (dlouhé stonky mají tendenci vířit a vibrovat v proudu a tím mohou způsobovat zvýšenou turbulenci s následnou možností poškození profilu údolnice),
- pravidelném kosení rovněž za účelem zajištění bohatého, pevného, odolného a stabilního porostu,
- přihnojování porostu během vegetace je velmi důležité pro dosažení kvalitního stabilního porostu,
- odstraňování akumulovaného sedimentu,
- bezprostředním odstraňování škod vzniklých při provádění agrotechnických operací, zejména se odstraní paralelní rýhy.

- Doporučený postup je popsán v předchozích kapitolách.

Průlehy-meze jako zasakovací pásy

Na erozně ohrožených pozemcích kde jsou navrženy průlehy-meze tak tyto budou v této variantě RV aplikovány jako zasakovací pásy (šířka 30m) tz- nebudou tvořit překážku povrchovému odtoku a nepřeruší délku svahu- nesníží se LS. V případě řešení PÚ se tyto již vytyčené a realizované zasakovací pásy doplní krajinnou zelení a záchytnými prvky a budou plnit funkci prvku přerušujícího délku svahu. Tento typ IP je v této variantě plošně bilancován jako zasakovací pásy.

Zasakovací pásy

Navrhují se v rámci komplexu opatření jako liniové prvky protierozní ochrany o min. šířce 30 m. Zasakovací pásy se navrhují na erozně ohrožených svažitých blocích LPIS vrstevnicově či s částečným odklonem od vrstevnic. Nejčastěji se navrhují jako zatravněné, mohou být také doplněny krajinotvornou zelení. Často však také po jejich zatravnění dochází k jejich samovolnému ozelenění. Svým situováním vymezují směr obdělávání a umožňují rozdělení bloku LPIS na díly, kde se mohou střídat plodiny ochranné s erozně nebezpečnými. Do plošné bilance zasakovacích pásů byly také zatravněné trasy-průlehů-mezí (PM). Tato opatření (PM + zasakovací pásy) byla v této reálné variantě navržena na ploše 17,07 ha.

7.6.2.2 Maximální varianta

Přehled navrhovaných opatření

Tato varianta navazuje na předcházející variantu a předpokládá také významné omezení pěstování erozně rizikových plodin na svažitých pozemcích konvenčním způsobem, rozdělení svažitých pozemků na díly s pěstováním plodin po vrstevnicích, investice do nákupu nových strojů, zařízení a technologií s využitím metod precizního zemědělství. Podobně jako u varianty RV, základem protierozní ochrany jsou navržená agrotechnická a organizační opatření spočívající v aplikaci protierozních agrotechnologií, ochranném zatravnění a v protierozním rozmísťování pěstovaných plodin. Předpokládá se také rozšíření ploch se závlahami. Obdobně jako u předcházející varianty je aplikace ochranných a adaptačních opatření základním předpokladem pro omezení rizik eroze, lepší zadržení vody ze srážek a stabilizaci výnosů v suchých oblastech a zlepšení bilance kvalitní organické hmoty v půdě. Oproti RV jsou v MV navržena biotechnická opatření formou protierozních průlehů-mezí.

Výkaz výměr navržených opatření v celém řešeném je uveden v tab. 7.10. Specifikace bloků s návrhem ochranných a adaptačních opatření a jejich výměr je přehledně na mapách 7.34 a výsledný efekt na plošný erozní smyv je pak patrný z map 7.35-7.36 S ohledem na relativně nízké současné riziko se daří držet nízkou úroveň plošného smyvu i při faktoru R-60 (Mapy 7.36).

Přehled navrhovaných opatření

Organizační opatření

V modelovém území k.ú Vraný byla navržena opatření:

- delimitace druhu pozemku (ochranné zatravnění),
- protierozní rozmísťování plodin a protierozní osevní sledy,
- protierozní osevní postupy,
- zatravnění meziřadí vinic a sadů.

Protierozní rozmísťování plodin - VENP

Protierozní rozmisťování plodin je navrženo ve stejném rozsahu jako u RV na ploše 23,0 ha.

Zatravnění meziřadí ve vinicích

Tento typ speciální protierozní ochrany v MV kopíruje variantu realistickou. Protierozní ochrana ve chmelnicích je navržena na ploše 54,58 ha

Zatravnění meziřadí ve vinicích a sadech

Tento typ protierozní ochrany je v maximální variantě kopíruje variantu realistickou na ploše 5,39 ha.

Agrotechnická opatření

Na erozně ohrožených plochách byla navržena agrotechnická opatření v podobném rozsahu jako u RV na ploše cca 605,79 ha.

Biotechnická opatření

Tento typ protierozní ochrany je v maximální variantě kopíruje variantu realistickou. Oproti RV jsou v MV navržena biotechnická opatření formou protierozních průlehů-mezí.

Zatravnění údolnic

Nejvhodnější ochranou těchto erozně ohrožených drah soustředěného povrchového odtoku je vegetační kryt, nejlépe zatravnění a je navrženo v podobném rozsahu jako v RV na ploše 5,94 ha (mapa ..). Předpokládaná životnost opatření je 10 let.

Zasakovací pásy

Zasakovací pásy se navrhují na erozně ohrožených svažitých blocích LPIS na celkové ploše 6,42 ha vrstevnicově či s částečným odklonem od vrstevnic. Nejčastěji se navrhují jako zatravněné, mohou být také doplněny krajinotvornou zelení. Do plošné bilance zasakovacích pásů nebyly orroti variantě RV zahrnuty zatravněné trasy-průlehů-mezí (PM).

Protierozní průlehy-meze

Protierozní průlehy-meze jsou navrženy na celkové ploše 3,56 ha. Jejich prostorová lokalizace je zobrazena v mapě č. 7.34.

Průlehování pozemků je jedno z nejvhodnějších a nejdůležitějších podpůrných opatření na orné půdě, zejména použité v kombinaci s agronomickými a organizačními protierozními opatřeními. Průleh je mělký, široký příkop na rozdíl od protierozních příkopů s mírným sklonem svahů, založený s malým, příp. až nulovým podélným sklonem, kde se povrchově stékající voda zachycuje nebo je neškodně odváděna. V řešeném území jsou průlehy navrhované s funkcí svodnou. Jejich kapacita a opevnění bude navrhováno na základě hydrotechnických výpočtů, pro daný návrhový průtok a tečné napětí.

Protierozní meze s funkcí záchytnou, retenční (vsakovací) a odváděcí se navrhují za účelem neškodného odvedení vody zejména při ochraně intravilánů či jiných chráněných území a staveb s cílem zamezit přítoku vnější vody na pozemek. Musí být vždy napojeny na systém svodných prvků a hydrografickou síť v povodí. Navrhují se samostatně, případně v kombinaci s dalšími liniovými prvky technického charakteru (mělký průleh nebo příkop). Hrázkou protierozní meze se vytvoří retenční prostor pro zachycení a neškodné odvedení odtoku ze sběrného území (do 15 ha).

Protierozní meze, navrhované s průlehy ve své spodní části jsou trvalou překážkou soustředěného povrchového odtoku a v případě návrhu bez průlehů přispívají k rozptýlení soustředěného povrchového odtoku. Optimálně jsou složeny ze tří základních částí: zasakovacího pásu nad mezí, vlastního tělesa meze a odváděcích prvků.

Vedle základní protierozní funkce (trvalá překážka povrchovému odtoku) mají meze a dřevinná zeleň na nich rostoucí velký význam také z hlediska krajinně estetického i jako hnízdiště a migrační zóny drobné zvěře, hmyzu, rostlin a všech živých organizmů a zároveň zvyšují průchodnost krajiny. Navržený systém protierozních mezí včetně navržené zeleně s protierozní funkcí může fungovat v krajině i jako nezbytná součást územních systémů ekologické stability.

Doporučuje se, aby většina dosud stávajících mezí byla ponechána a vhodným způsobem doplněna nebo znovu vybudována tam, kde v důsledku zvětšování bloků orné půdy byly meze zrušeny.

Protierozní mez se navrhuje dle sklonu svahu vysoká cca 1 - 1,5 m, ve sklonu 1 : 1,5. Zatravní se a zároveň osází i keři. Keře musí co nejrychleji vytvořit dobrý zápoj, aby zamezily růstu plevelů.

Nejlépe je budovat meze v podélném sklonu 2 – 5 % s napojením na svodný prvek, např. příkop, průleh, stabilizovanou dráhu soustředěného odtoku, strž apod. Přetíná-li však protierozní mez údolnici s nepříliš rozsáhlým sběrným územím, je možné zajistit odvádění vody místní terénní urovnávkou, případně vložením vhodného vtokového objektu v kombinaci s patřičně dimenzovaným flexibilním svodným drénem, např. typové objekty NRCS-USDA. Nebude-li toto řešení stačit, je třeba v údolnici vytvořit zatravněný průleh a do něj oboustranně svést zachycenou vodu.

Ozelenění protierozních mezí

Pro zlepšení protierozní, ekologické stability i jiné funkce mezí je nutno realizovat jejich ozelenění.

Návrh ozelenění vychází z těchto zásad:

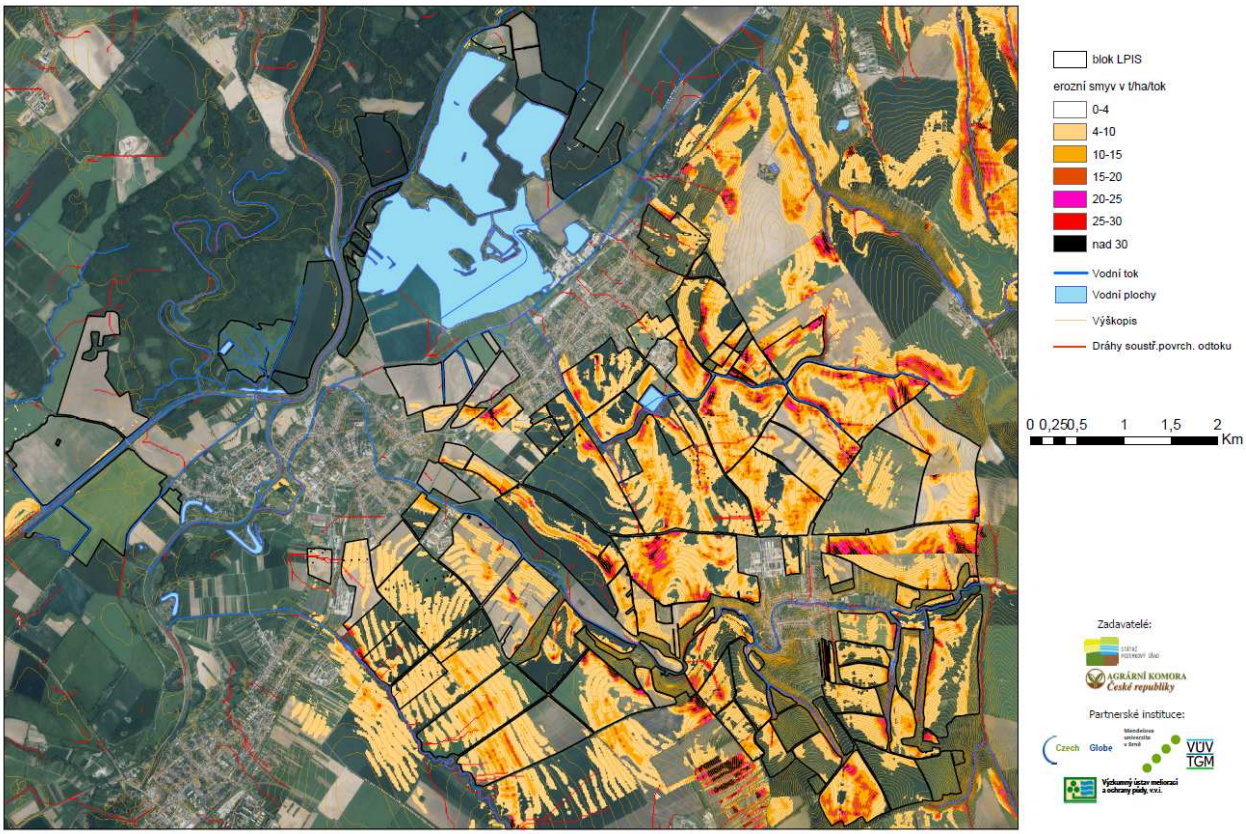
- vychází z přirozené druhové skladby rozptýlené zeleně v daném území;
- kořenový systém musí zajišťovat zpevnění meze a podporovat zasakovací funkci;
- zápoj dřevin musí být souvislý, dosahující místy až neprůchodnosti, keřové patro pak umožní osídlení polní zvěří a biologickým predátorům.

Varianta č.3 - MV	**plocha [ha]**
protierozní agrotechnologie na orné půdě	605,79
VENP	54,58
Návrh TTP	28,64
Zatravnění meziřadí ve vinici	8,99
Zatravnění meziřadí v sadech	5,39
Zatravnění údolnic	5,94
Zasakovací pásy	6,42
Průlehy-meze	3,56
CELKEM	**719,31**

Tab. 7.10: Výkaz výměr navržených opatření u max. varianty MV

Mapa 7.34: Varianta MV základních protierozních opatření pro Ostrožsko a.s.

Mapa 7.35: Míra erozního ohrožení po návrhu varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 40 (listopad, 2016)



Mapa 7.36: Míra erozního ohrožení po návrhu PEO varianty MV po zatížení erozním smyvem při R 60 (listopad, 2016)

7.6.3 Operativní agrotechnická opatření

Jedním z nejvýznamnějších operativních opatření je inovace agrotechnických postupů zaměřená na zvýšení retenční schopnosti půdy (investice do techniky na pásech, podrývání utužených půd, plečkování s přihnojením a vytvořením hrubé povrchové struktury půdy, pravidelné vápnění apod.).

Požadované změny v agrotechnice budou vyžadovat preciznější a operativnější přístupy s využitím diagnostických metod pro zjištění zdravotního a výživného stavu rostlin a s regulací vstupů (na základě aplikačních map). Výrazně vyšší roli musí hrát operativní optimalizace vstupů a využívání přístupů precizního zemědělství s ohledem na výraznou proměnlivost podmínek v rámci jednotlivých honů. Uplatnění nových technologických postupů při hnojení rostlin spojené s omezením plošné aplikace hnojiv na povrch půdy (zejména dusíkatých) a používání hnojiv s regulovaným uvolňováním živin přispěje k omezení rozkladu organických látek v půdě, zlepšení povrchové struktury půdy, zvýšení diversity půdních organismů včetně vyšší aktivity nesymbiotických fixátorů dusíku (např. Azotobacter). V tabulce 7.11 je u jednotlivých plodin popsán současný stav a navrženy doporučené změny ve zpracování půdy a hnojení při minimálních požadavcích na investice (1) a při nákupu nových strojů a zařízení (2).

Plodina	**Popis současného stavu a navržených změn**
Pšenice ozimá	Většina porostů je zakládána po ozimé pšenici, máku a kukuřici. Menší část po vojtěškách, luskovinách a zelenině. Zpracování půdy je letní mělká orba do 18 cm a následně 2 x disky (10-12 cm), tato technologie se používá i po vojtěškách s orbou do 22 cm. Po ostatních předplodinách následuje podmítka do 8 cm a následně 2 x disky. Dle AZP následuje zásobní hnojení PK 20-30 v dávkách 200-250 kg/ha. Herbicidní, fungicidní a insekticidní OR je prováděna na jaře. Hnojení dusíkatými hnojivy je rozděleno časně z jara na regenerační hnojivem LAV 27, produkční DAM a kvalitativní LAV 27. Celková dávka N u potravinářské pšenice se pohybuje okolo

	170 Kg N/ha. Výsevek 200 – 250 kg/ha. Většina ploch je pěstována jako potravina menší část na osivo. 1. Vzhledem ke ztrátám vody a podpoře rozkladu organických látek v půdě při opakovaném zpracování je nutné snížit počet operací. Po sklizni ozimé pšenice a máku provést mělkou podmítku + přikulení pro podporu vzejití výdrolu. Půda by měla být pokryta posklizňovými zbytky, které omezují prohřívání půdy a výpar vody z půdy. Orbu nebo hlubší kypření disky provést až 3 týdny před setím ozimé pšenice. Hnojení dusíkatými hnojivy s určením celkové dávky N na základě stanovení Nmin v půdě směrovat i ve vyšších dávkách do začátku jarní vegetace v návaznosti na hustotu porostu a stav rostlin (upřesnění vhodné formy N). Výživný stav rostlin včetně stopových prvků v průběhu vegetace je optimalizován na základě rozborů rostlin aplikací kapalných a listových a hnojiv. Kvalitativní dávku N u ozimé pšenice pro potravinářské účely aplikovat před metáním. U ozimé pšenice na osivo aplikovat N jen ve 2 dávkách. Výsevek snížit na 3,4 – 4 MKS, větší pozornost věnovat provenienci osiva, energii klíčení a stanovení výsevku ve vztahu k termínu setí a cílené struktuře porostu. Na lepších pozemcích s větší vláhovou jistotou pěstovat na osivo. Větší kvalita osiva se většinou projeví rychlejším a vyrovnanějším vzcházením, vyšší tolerantností k suchu a vyšší stabilitou výnosů zrna. 2. Setí do půdy s mulčem na povrchu, setí směsí kompenzačních odrůd, z toho 1 odrůda tolerantní k suchu. Variabilní regulace vstupů (minerální hnojiva, pesticidy) na základě aplikačních map integrujících zjištěná data o půdě a stavu porostu (dostupnost vody pro rostliny, výnosové mapy, DPZ, výživný stav půdy a rostlin apod.). V místech s nízkou dostupností vody pro rostliny v době přísušků (např. štěrkovité nebo mělké půdy) významně omezit intenzitu vstupů. Při pořizování postřikovače možnost instalace aplikačních trubic ve vzdálenosti 25 cm pro pozdní přihnojení porostů kapalným hnojivem DAM – významné omezení rizika popálení porostu. Větší uplatnění hnojiv s regulovaným uvolňováním živin a zvyšování ploch s lokální aplikací minerálních hnojiv na úkor plošné aplikace na povrch půdy.
Jarní ječmen	Jarní ječmen následuje po cukrové řepě, ječmen je pěstován na slad a menší část na osivo. Po sklizni předplodiny následuje podrývání do hloubky 35 cm. Hnojení NPK následuje na jaře hnojivem Eurofertil v dávce 200 – 250 kg/ha. Na jaře používáme kypřič nebo těžké brány, následuje finální příprava kompaktorem a setí. Hnojení N ve 2. – 3. lístku, celková dávka N nepřesahuje 80 kg N/ha. V průběhu jarní vegetace přihnojení listovými hnojivy. 1. U podrývání volit hloubku podle skutečného stavu půdy, aby spodní část pracovního nástroje nekončila na utužené nebo převlhčené vrstvě půdy, ale vždy by měla končit ve vrstvě s lepší strukturou půdy. Po cukrové řepě je důležité nastartovat počáteční růst ječmene včetně odnožování rychle působícím dusíkem, což hnojivo Eurofertil nemusí plně splňovat, pokud je po zimě nízká zásoba Nmin. v půdě. Proto lze doporučit upřesnit dávku dusíku a její rozdělení do jedné předseťové nebo 2 dávek na základě Nmin v půdě (0-0,3 m a 0,3-0,6m). Uvážlivě také přistupovat k přihnojení listovými hnojivy, které musí být opodstatněné. U 3. kolejového řádku je vhodné vynechat 30 m i více postřiku kvůli srovnání. Při zpracování půdy kompaktorem věnovat pozornost správné hloubce vytvořeného seťového lůžka a při setí volit optimální hloubku setí, zpravidla 2,5 – 3 cm. Pro setí jarního ječmene na osivo aplikovat celou dávku dusíku před setím se zapravením do půdy. 2. Při nákupu secího stroje požadovat výsevní jednotku s přesným setím a lokální aplikací hnojiv, což přispívá k tvorbě silných a vyrovnaných odnoží. Zejména u fosforu lze doporučit variabilní hnojení podle obsahu P v půdě, výnosových map a dostupnosti vody pro rostliny.
Cukrová řepa	Cukrová řepa následuje po ozimé pšenici. Nejprve je odvezena sláma a provedena podmítka. Před orbou je provedena aplikace PK 20-30 v dávce 200 – 250 kg/ha, následně je provedeno hnojení chlévským hnojem, který je zapraven disky do 12 cm. Na podzim následuje orba do hloubky 25 – 30 cm. Na jaře je používán kypřič, následuje finální příprava kompaktorem a setí. Hnojení N je provedeno ve fázi 2. listů

	LAV 27 v dávce 200 kg/ha. Následně jsou v průběhu vegetace aplikována listová hnojiva. 1. U orby se doporučuje použít kypřící dláta za kolem traktoru jedoucím v brázdě. V sušších oblastech se doporučuje dusík k cukrové řepě aplikovat s dostatečným odstupem před setím v dobře rozpustných hnojivech s nitrátovou nebo močovinovou formou dusíku, které jsou dobře pohyblivé v půdním profilu. Dávku dusíku korigovat na základě zásoby N_{min} v půdě do hloubky 0,9 m. Při případném přihnojení během vegetace je vhodné aplikovat kapalná hnojiva při plečkování nebo 150 - 200 kg rychle rozpustného a rychle působícího ledku vápenatého, který i přes vyšší cenu N dokáže cukrovou řepu nastartovat, a to zejména při poškození nebo pomalém růstu porostu (poškození nízkými teplotami, kroupami, apod.). 2. Plečkování porostu cukrové řepy plečkou, která vytváří na povrchu půdy hrubou strukturu a zároveň umožňuje aplikovat kapalná dusíkatá minerální hnojiva ke kořenům rostlin.
mák	Předplodinou je jarní ječmen. Po sklizni předplodiny mělká podmítka disky. Dle AZP následuje zásobní hnojení PK 20-30 v dávkách 200-250 kg/ha. Na likvidaci výdrolu je používán glyfosát. Na podzim je provedena orba do 25 cm a na jaře otevření půdy kypřičem nebo těžkými bránami, následuje finální příprava kompaktorem a setí. Hnojení LAV 27 ve fázi 2-3 listů. V průběhu vegetace následuje aplikace listových hnojiv. 1.Podmítku provést velmi mělkou (radličkou) a vzcházení výdrolu případně podpořit přikulením. Po vzejití výdrolu následuje 2. podmítka disky nebo postřik glyfosátem zejména v případě výskytu vytrvalých plevelů. Více pozornosti věnovat všem opatřením, která mají vliv na povrchovou strukturu půdy: určení správné hloubky orby, omezení přejezdů techniky zejména na vlhčí půdě, kladná bilance POH, pravidelné vápnění apod. Zejména při dobrém stavu půdy část dusíku aplikovat před setím např. v močovině nebo LAV s následným zapravením kompaktorem. Ve 2. – 3. lístku přihnojení 200 kg ledku vápenatého/ha (zejména u slabších nebo poškozených porostů) nebo 40 kg N/ha v UREA^{stabil}, to znamená hnojivy, která nezhoršují povrchovou strukturu půdy, jsou rychle rozpustná a N v nich obsažený je ve formách dobře pohyblivých v půdě. V průběhu jarní vegetace přihnojení listovými hnojivy na základě rozborů rostlin.
zelenina	V rámci produkce zeleniny jsou pěstovány okurky nakladačky, cibule, cibule sazečka, červené a bílé zelí, červená řepa a tykev. Předplodina pro zeleninu je ozimá pšenice. Nejprve je odvezena sláma a provedena podmítka. Před orbou je provedena aplikace PK 20-30 v dávce 200 – 250 kg/ha a pomocné půdní látky PRP Sol 180 kg/ha pro zlepšení struktury půdy. Na podzim následuje orba do 25 cm, na jaře používán kypřič s následnou finální přípravou půdy kompaktorem a setí. Hnojení se provádí na jaře hnojivem Eurofertil 150 kg/ha. Hnojení N se provádí na základě rozboru půdy na Nmin a hnojí se hnojivem LAV 27, u zelí se rozděluje na tři aplikace a celková dávka N se pohybuje okolo 170 kg N/ha, u cibule se hnojí ve dvou dávkách a celková dávka se pohybuje okolo 100 kg N/ha, u červené řepy se rozděluje na dvě aplikace a celková dávka se pohybuje okolo 75 kg N/ha, u okurek se rozděluje na dvě aplikace a celková dávka se pohybuje okolo 90 kg N/ha, tykev se hnojí pouze jednorázově hnojivem DAM před setím v dávce 100 kg N/ha. V průběhu vegetace se provádí aplikace listových hnojiv. Dále se provádí plečkování a ruční okopávání. 1. Více pozornosti věnovat obdobně jako u máku všem opatřením, která mají příznivý vliv na povrchovou strukturu půdy: určení správné hloubky orby, omezení přejezdů techniky zejména na vlhčí půdě, kladná bilance POH, pravidelné vápnění apod. Při dělené dávce zvýšit dávku N aplikovanou před setím se zapravením do půdy. Při hnojení během vegetace na půdách s horší strukturou používat ledek vápenatý, ve kterém je dusík dražší než ve srovnatelných dusíkatých hnojivech, ale má vyšší účinnost, je dobře rozpustný a rychle přijatelný rostlinami.

Tab. 7.11: Doporučené změny ve zpracování půdy a hnojení

7.6.4 Agrotechnická opatření včetně uplatnění protierozních agrotechnologií na orné půdě (AGT)

Očekávané změny agroklimatických podmínek bude nutné reflektovat v zastoupení pěstovaných plodin a způsobu hospodaření na půdě. Pro zmírnění dopadů vyšších teplot vzduchu a prohloubení deficitu vodní bilance bude nutné přijmout nezbytná adaptační opatření. Jedním z takových opatření může být lepší hospodaření s vodou v půdě a zvýšení její retenční schopnosti a pěstování C4 rostlin (kukuřice, čirok apod.), které mají nižší spotřebu vody na jednotku sušiny.

Některá opatření pro zvýšení infiltrační schopnosti půdy a efektivní hospodaření s vodou v půdě se provádí nebo může provádět již v současné době bez potřeby významnějších investic: optimalizace přejezdu zemědělské techniky po polích, pozvolné rozjíždění techniky na kolech a zpomalení pohybu při zatáčení nebo otáčení techniky (zejména na souvratích), flotační pneumatiky, dlátování při orbě za kolem traktoru jedoucím v brázdě, omezení paušálního přikulování povrchu půdy po zasetí (provádění po vrstevnici), setí do půdy s hrubší povrchovou strukturou, zpracování půdy po vrstevnících, využití rostlinných zbytků na povrchu půdy k omezení výparu a lepšímu zadržení vody ze srážek. Větší pozornost je nutné věnovat také výběru vhodných odrůd a struktuře porostů, např. vyšší hustota porostu a podpora neproduktivních odnoží u ozimé pšenice hnojením dusíkatými hnojivy přispívá k možným následným problémům se zasycháním porostů a regulací výnosotvorných prvků při absenci srážek.

Na úrodnějších půdách s dobrou dostupností vody pro pěstované plodiny lze doporučit pěstování polních plodin na osivo, které mají vzhledem ke kvalitnějšímu osivu rychlejší vzcházení a počáteční růst, lepší prokořenění a větší odolnost k suchu. Základní doporučení pro hlavní pěstované plodiny obsahuje tabulka 7.12.

Rok	Plodina	Současné odrůdy	Současný výsevek	Doporučené odrůdy	Doporučený výsevek	Poznámky
1.	Pšenice ozimá	Avenue, Evina, Julie, Dagmar, Arkeos, Jindra, Judita	200 - 250 kg/ha	Avenue, Evina Julie, Dagmar, Arkeos, Reform, Virriato – osinatá do sucha a poblíž lesů	Podle termínu setí a předplodiny 3,0 – 4,0 MKZ	Snížení výsevku a jeho určení na základě termínu setí. Zlepšení struktury porostů. Navýšení ploch u odrůd Reform a Virriato, větší pozornost věnovat kvalitě a původu osiva
3.	Ječmen jarní	Overture, Malz	200 kg/ha	Overture, Malz	3,5 – 3,8 MKZ podle termínu setí	Větší pozornost věnovat správné struktuře porostu, při pěstování na osivo orientovat na kvalitnější pozemky s nevysychavými půdami
4.	Mák	Opál	2 kg/ha	Kromě odrůdy Opál ověřit odrůdy Major, Aplaus	1,8 - 2 kg/ha podle termínu setí	Velkou pozornost věnovat provenienci a kvalitě osiva

Tab. 7.12: Přehled základních doporučení pro hospodaření Ostrožsko a.s.

7.7 Možná opatření pro zmírnění dopadů sucha

7.7.1 Posouzení přínosu zvýšení retenční schopnosti

V zájmové oblasti, kde hospodaří Ostrožsko a.s. byl hodnocen potenciální vliv změny retenční schopnosti na vodní bilanci v území. Pro výpočet byl využit zjednodušený postup, kdy byly posuzovány reálné průběhy srážek mezi léty 1981-2015 při rovnoměrném rozdělení srážek na celé k.ú. a pro každou srážku vyskytující se na řešeném území v uvedeném období byl porovnáván objem spadlé srážky s vypočítaným objemem přímého odtoku vniklým po dopadu této srážky na půdu s daným využitím území.(5 variant využití území – viz popis variant v uvedených tabulkách) Výchozí stav se kterým jsou porovnávány varianty ochranných opatření představuje nejnepříznivější stav při pěstování širokořádkových plodin v přímých řádcích po svahu (CN81). Tabulka 7.13.. ukazuje, že s ohledem na hluboce deficitní vodní bilanci efekt zvýšené retence při návrhu opatření není výrazný. Jak ukázal rozbor srážkových dat, srážky v hodnoceném období převážně dopadají na půdu nenasycenou předchozí srážkou (index předchozích srážek - IPS I) a ve většině případů retenční schopnost území převyšuje objem dopadající srážky. Ačkoliv agrotechnická a protierozní opatření jsou (vedle ochrany půdy před degradací negativními účinky vodní eroze) vedena snahou výrazněji zvýšit retenční (a také infiltrační) schopnost území, samotný dopad zvýšené retenční schopnosti v půdě bude epizodický bez znatelného dopadu do produkce a proto ani není uvažován v cost-benefit analýze. Variantně byly také hodnoceny retenční schopnost území při vyšší nasycenosti území předchozí srážkou (IPS II) viz Tabulka 7.14.

Popis variant	CN	mm/období přímý odtok H_0	mm/období reálná retence A_r
CN širokořádkové, přímé řádky	81	20,1	452
CN širokořádkové - vrstevnicově a poskl. zbytky	74	12,3	460
CN úzkořádkové	76	14,2	458
CN úzkořádkové - vrstevnicově a poskl. zbytky	72	10,7	462
CN sady se zatravněným meziřadím	58	3,5	469

Tab. 7.13: Období březen - listopad, průměr srážek na lokalitě Vraný z let 1981-2015, předpoklad neměnného CN během roku a rovnoměrného rozložení srážek po celém území. (index předchozích srážek IPS I)

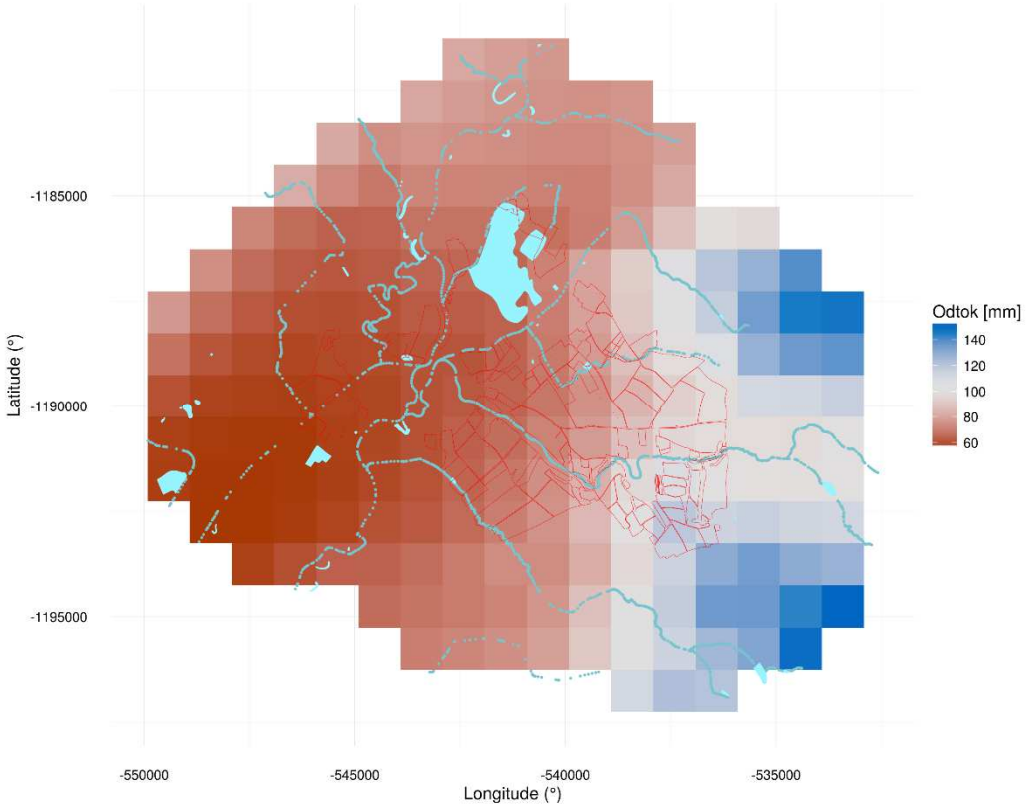
Popis variant	CN	mm/období přímý odtok H_0	mm/období reálná retence A_r
CN širokořádkové, přímé řádky	81	15,7	457
CN širokořádkové - vrstevnicově a poskl. zbytky	74	5,5	467
CN úzkořádkové	76	7,5	465
CN úzkořádkové - vrstevnicově a poskl. zbytky	72	4,0	468
CN sady se zatravněným meziřadím	58	0,2	472

Tab. 7.14: Jako 7.13, ale při vyšší nasycenosti území v době dešťových srážek

7.7.2 Dostupné zdroje vody

V zájmové lokalitě Ostrožsko a.s. je vysoký deficit přírodních vodních zdrojů (vypočtený na základě rozdílu mezi srážkovým úhrnem a potenciální evapotranspirací) a hodnoty dosahují negativních hodnot od 100 mm/rok na východě řešeného území do 180 mm/rok na západě (tzn. pro vyrovnanou bilanci, při které by byly naplněny hodnoty PET, jsou zapotřebí desítky mil. m^3 vody). Tuto úvahu je však potřebné brát pouze jako orientační, ale je zřejmé, že posílení vodních zdrojů pro zemědělské účely je možné pouze pomocí odběrů povrchové vody.

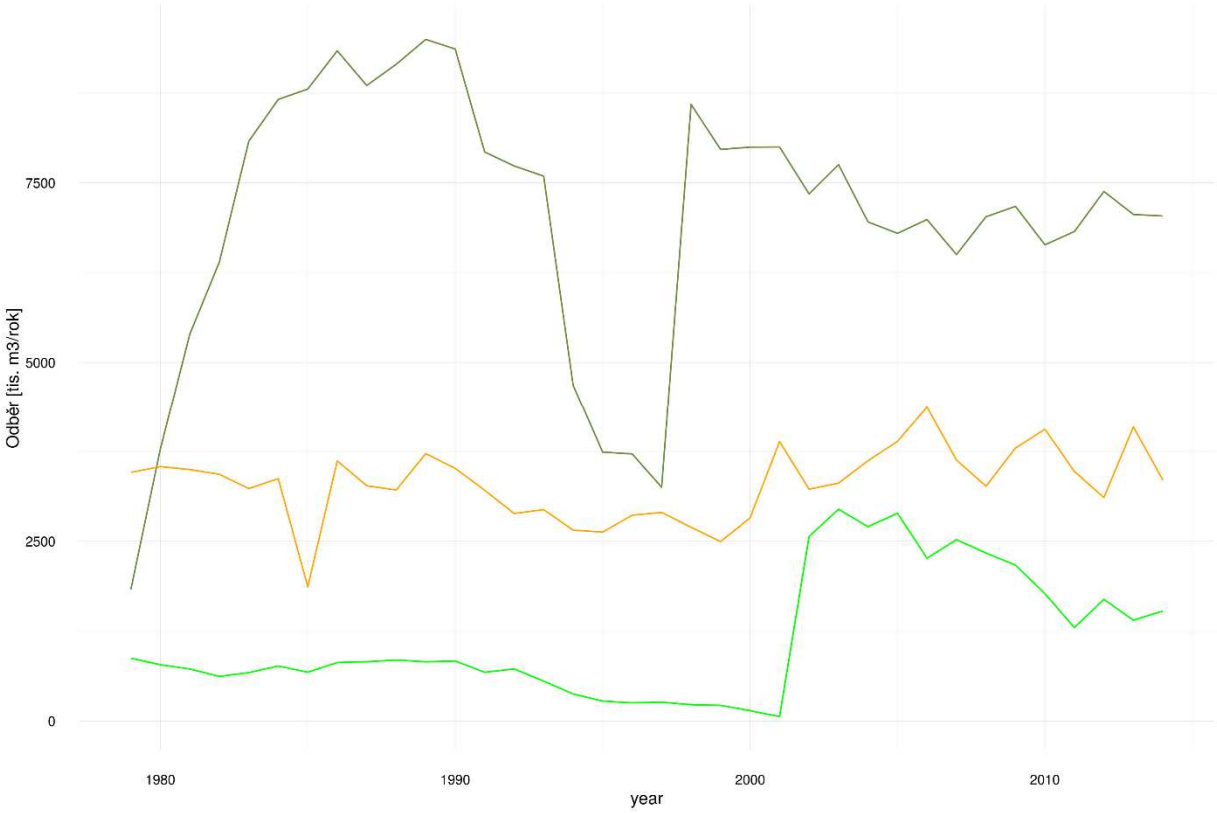
Pro vyhodnocení dostupných vodních zdrojů se jeví jako ideální zhodnotit potenciál řeky Moravy. Dále zájmovou lokalitou protékají menší toky, jako je Chylický potok, Okluky a Svodnice, které je také možné využít pro zemědělské účely. Varianta, která je zde uvedena uvažuje využití potenciálu řeky Moravy. Na mapě 7.37. je uvedena zájmová oblast a průměrné hodnoty odtokových výšek v mm/rok pro období 1981-2010. Odtokový součinitel (poměr odtoku ku srážkám) v zájmové oblasti se pohybuje od 0,11 v západní části (pouze 11 % srážkových úhrnů proteče závěrným profilem daného povodí) do 0,21 ve východní části. Průměrné srážkové úhrny jsou pro zmíněné oblasti cca 540 mm/rok a 640 mm/rok.



Mapa 7.37: Průměrné roční odtokové výšky se zvýrazněním modelového povodí (černá linie)

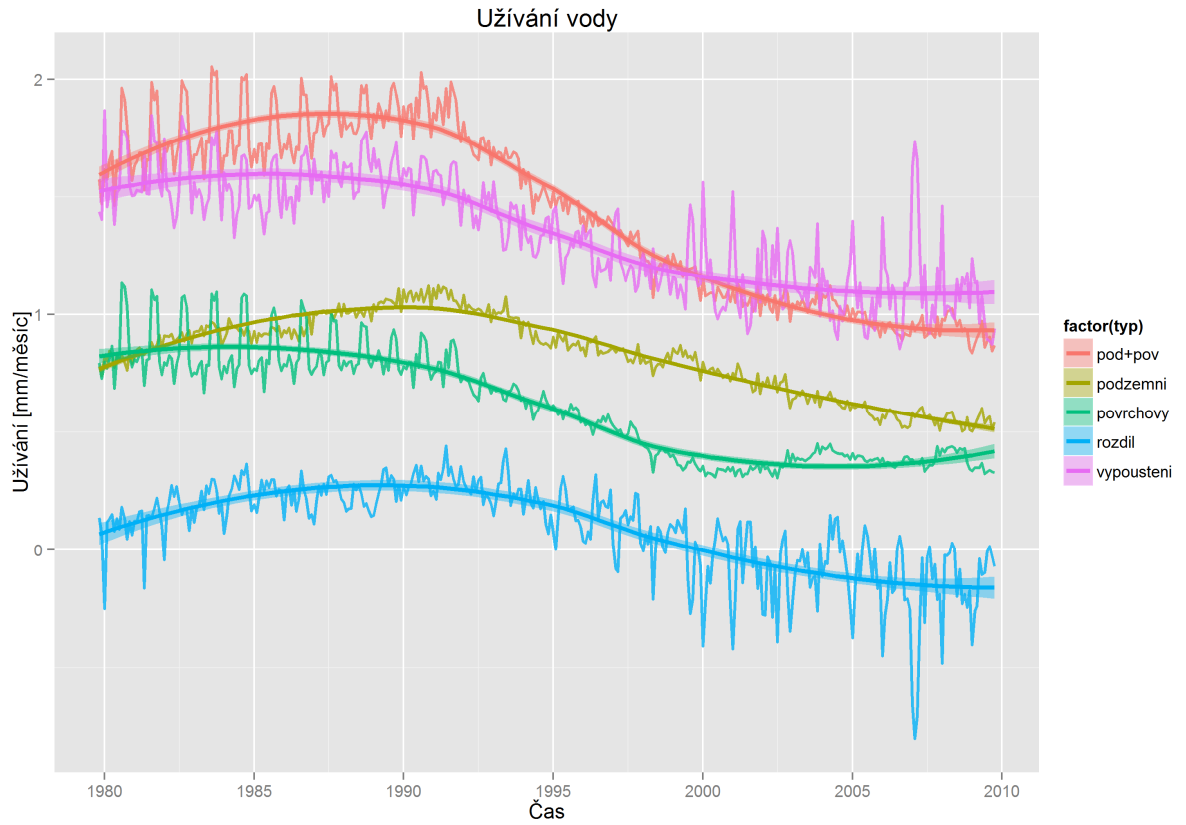
Na daném území se nevyskytuje bilanční profil ČHMÚ, z těchto důvodů byla použita pro kalibraci hydrologického modelu Bilan (Vizina a kol., 2015) doplňková data profilu DBCN 421500 Strážnice na Moravě se zdrojovou plochou povodí cca 9144 km^2, u kterého jsou k dispozici průtokové řady. Pro modelování hydrologické bilance byly použity časové řady za období 1961-2015 a hodnoty užívání, které je popsáno níže.

Hodnoty užívání vod na řešeném území a okolí bylo vybráno z databáze vodohospodářské bilance, kde jsou ze zákona evidovány odběry, které jsou větší než 500 m^3/měsíc nebo 6000 m^3/rok. Selekce byla provedena na základě seznamů OKEČ a CZ-NACE pro jednotlivé činnosti. Na obrázku 7.8 jsou uvedeny evidované odběry za období 1980-2014 na zájmovém povodí. Lze pozorovat relativně vyrovnaný chod s mírným poklesem v posledních letech užívání vody v dané oblasti (zájmová oblast, pro kterou jsou odběry sumarizovány je uvedena na mapě 7.37). Odběry podzemních vod výrazně převažují nad odběry podzemními.



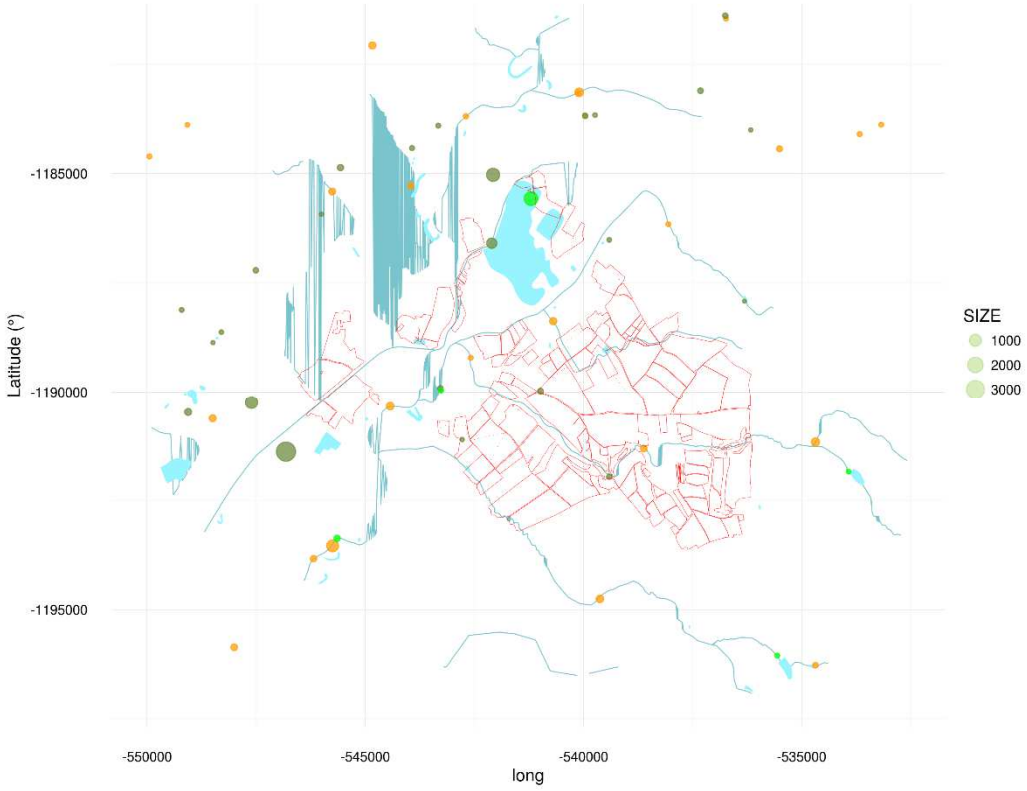
Obr. 7.8: Povrchové odběry(světle zeleně), podzemní odběry (zeleně) a vypouštění (oranžově) v tis. m^3/měsíc

Na obrázku 7.9 je poté sumarizované celkové povolené užívání vody na povodí Moravy po profil Strážnice, kde lze v posledních letech pozorovat nárůst povrchových odběrů a mírný pokles podzemních odběrů. Jedná se o povolené hodnoty, které mohou být zkresleny a bývají většinou naplněny 60-70 procenty povolení. Povolené hodnoty vypouštění jsou nadhodnocené (nemají v zásadě negativní vliv na vodní režim).



Obr. 7.9: Nakládání s vodami v povodí Moravy

Na mapě 7.39 je zobrazeno nakládání s vodami v roce 2014 v tis. m^3/rok (zeleně-odběry podzemní vody, světle zeleně povrchové odběry a oranžově-vypouštění).



Mapa 7.38: Lokalizované nakládání s vodami v roce 2014v tis. m^3/rok

Pro modelování disponibilních vodních zdrojů byl použit model Bilan v měsíčním časovém kroku. Za limitní hodnotu byl použit odvozený minimální zůstatkový průtok pro měsíční řady dle vzorce:

$$MZP = kvantil10\%Q * 0{,}73.$$

Tato data byla vstupem do modelu vodohospodářské soustavy. Hodnota MZP byla tedy zvolena pro modelované území Moravy po profil Strážnice 7,455 $m^3.s^{-1}$. Pro tuto hodnotu byly napočteny nedostatkové objemy při průměrném užívání vody v roce 2014. Průměrné roční ovlivnění průtoku (vypouštění minus odběry) je 0,617 $m^3.s^{-1}$. V tabulce 7.15 jsou uvedeny průtoky s danou zabezpečeností. Varianta SH označuje současný stav a varianty V1, V2 a V3 výhledové varianty pro období 2021-2050 (V1 – pesimistický scénář, V2 – střední scénář a V3 - optimistický). Lze pozorovat výrazný pokles průtoků s danou zabezpečeností pro výhledové scénáře. Nicméně pro současné podmínky jsou hodnoty průtoků se zabezpečeností téměř dvojnásobné než je hodnota MZP a profil je bilančně aktivní. Po odečtení MZP od daných průtoku dostaneme zjednodušeně disponibilní vodní zdroje. Pro výhledové podmínky se však bilanční profil Strážnice jeví jako problémový, jelikož průtok není nadlepšován vodními nádržemi a dochází v určitých měsících k výraznému snížení dostupnosti vodních zdrojů.

				Průtoku překročený s uvedenou pravděpodobností %							
				[$m^3.s^{-1}$]							
Název profilu	**Vodní tok**	**MQ [$m^3.s^{-1}$]**	**Varianta**	**95%**	**90%**	**85%**	**80%**	**75%**	**70%**	**65%**	**60%**
Strážnice	Morava	7,455	SH	15,322	19,453	23,844	27,543	30,259	32,539	36,251	39,079
Strážnice	Morava	7,455	V3	5,848	13,894	18,195	21,718	23,994	25,571	27,79	31,133
Strážnice	Morava	7,455	V2	5,619	12,507	17,157	19,123	21,9	23,63	25,329	27,878
Strážnice	Morava	7,455	V1	4,606	11,396	15,101	17,769	20,04	22,338	23,724	26,363

Tab. 7.15: 1 Průtoky s danou zabezpečeností

Výsledky řešení a jejich interpretace jsou zatížena následujícími nejistotami:

Modelování řad průtoků v podmínkách klimatické změny se podrobněji věnuje například článek (), kde jsou popsány nejistoty.

Významnou nejistotu ve výsledcích vodohospodářské bilance představují možné budoucí změny ve způsobu stanovení minimálních zůstatkových průtoků (vůči hodnotám minimálních průtoků je klasifikován bilanční stav a vyhodnocovány případné „rezervy“ pro potenciální zvýšení odběrů vody oproti současnému stavu). Ve vodohospodářské bilanci uvažované hodnoty jsou zpracovány podle dosud platného Metodického pokynu odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí. V současné době je připravováno nařízení vlády, které by mělo způsob stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků přiblížit požadavkům Rámcové směrnice pro vodní politiku EU a směrným dokumentům pro její implementaci.

V současné době rovněž nejsou v dostatečné podrobnosti údaje o požadavcích na užívání vod ve střednědobém výhledu. To se týká nejen odběrů vod ale i zejména případného dalšího využití vodních nádrží (povodňová ochrana, hydroenergetika, rekreace apod.). Vodohospodářské řešení vychází ve všech řešených variantách ze stávajících objemů zásobních prostorů vodních nádrží a jako prioritní je uvažováno zajištění zásobní funkce (tj. zajištění odběrů vody přímo z vodních nádrží nebo nadlepšování průtoku pod vodními nádržemi).

Uvedené dílčí výsledky této kapitoly vycházejí z různých výzkumných úkolů řešených na VÚV TGM, v.v.i.

7.8 Návrh změn agrotechnických postupů při pěstování klíčových polních plodin

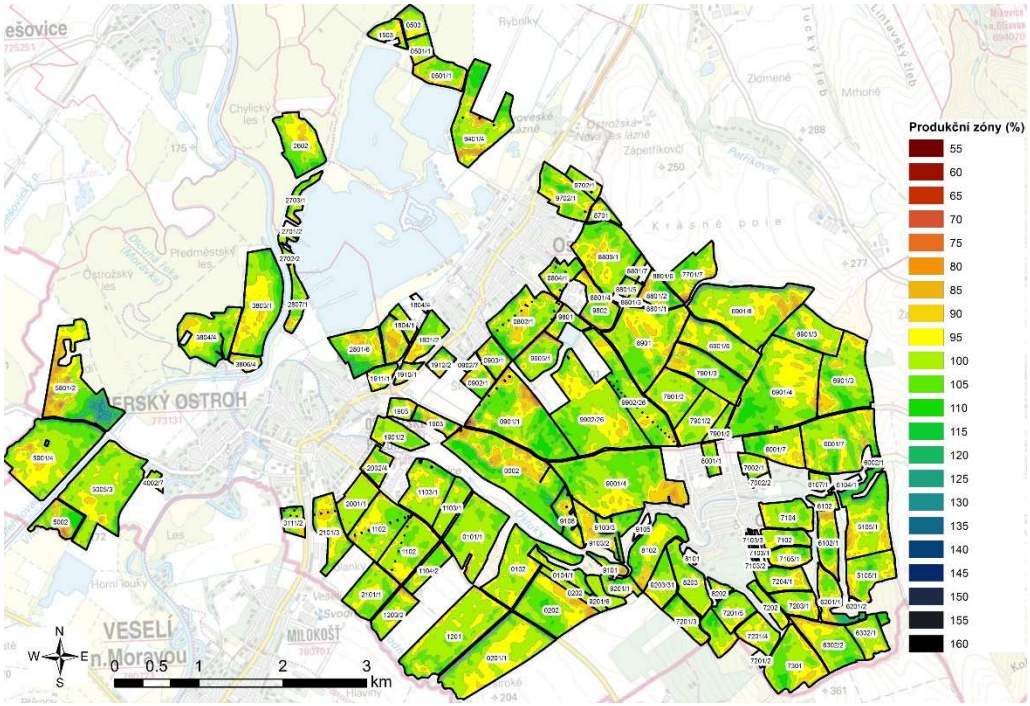
Plodina	Hlavní doporučení
Pšenice ozimá	Většina porostů zakládána po ozimé pšenici, máku a kukuřici. Vzhledem ke ztrátám vody a podpoře rozkladu organických látek v půdě při opakovaném zpracování půdy (orba + 2xdisky nebo mělká podmítka + 2x disky) je nutné snížit počet operací. Hnojení dusíkatými hnojivy a určení celkové dávky N optimalizovat na základě stanovení Nmin v půdě na začátku jarní vegetace (zejména po máku, vojtěšce, luskovinách a zelenině). Kvalitativní dávku N u ozimé pšenice pro potravinářské účely aplikovat již před metáním. U ozimé pšenice pěstované na osivo aplikovat N jen ve 2 dávkách. Větší pozornost věnovat kvalitě osiva (provenience, HTZ, energie klíčení, moření včetně přenašečů viróz apod.), určení správného výsevku v MKZ a ověření doporučených vhodných odrůd : Reform, Virriato. V příštích letech v souvislosti s dalším oteplováním a častějšími přísušky je třeba ověřit setí směsí kompenzačních odrůd (1 odrůda ve směsi tolerantní k suchu) a variabilní regulaci vstupů (minerální hnojiva, pesticidy) na základě aplikačních map integrujících zjištěná data o půdě a stavu porostu (dostupnost vody pro rostliny, výnosové mapy, DPZ, výživný stav půdy a rostlin apod.). Větší uplatnění hnojiv s regulovaným uvolňováním živin a zvyšování ploch s lokální aplikací minerálních hnojiv na úkor plošné aplikace na povrch půdy. Do software pro variabilní aplikaci hnojiv na základě rozborů půd a dalších faktorů začlenit výnosové mapy a data o dostupnosti vody pro rostliny.
Cukrová řepa	U orby se doporučuje použít kypřící dláta za kolem traktoru jedoucím v brázdě. Pro zvýšení infiltrační schopnosti půdy lze doporučit plečkování porostu cukrové řepy plečkou, která vytváří na povrchu půdy hrubou strukturu a zároveň umožňuje aplikovat kapalná dusíkatá minerální hnojiva ke kořenům rostlin. Vzhledem k častým jarním přísuškům dusík k cukrové řepě aplikovat s dostatečným odstupem před setím v dobře rozpustných hnojivech s nitrátovou nebo močovinovou formou dusíku, které jsou dobře pohyblivé v půdním profilu. Dávku dusíku korigovat na základě zásoby N_{min} v půdě do hloubky 0,9 m. Doporučuje se snížení výsevku a ověření některé z navržených odrůd.
Jarní ječmen	Hloubku podrývání po cukrovce neprovádět paušálně, ale podle skutečné hloubky utužené vrstvy půdy. Větší pozornost věnovat struktuře půdy (optimalizace přejezdů techniky, hnojení statkovými a organickými hnojivy k předplodině, vápnění apod.). Určení dávky N po cukrovce se zapraveným chrástem provádět podle Nmin v půdě, přičemž větší část dusíku aplikovat před setím. Při hnojení fosforem lze doporučit variabilní hnojení podle obsahu P v půdě, výnosových map a dostupnosti vody pro rostliny. Větší pozornost je nutné věnovat správné struktuře porostu, výpočet výsevku provádět podle MKZ (3,5 – 3,8 podle termínu setí).
Mák	Pro pěstování máku pokud možno vybírat pozemky s vyšším obsahem POH a s dobrou povrchovou strukturou půdy, která se nerozplavuje a nevytváří na povrchu krustu. Při přípravě pozemku k setí je třeba minimalizovat přejezdy techniky a maximálně omezit ztrátu vody z půdy při předseťové přípravě. Hnojiva s K^+ nebo NH_4^+ neaplikovat na povrch půdy bez zapravení. Při aplikaci N za vegetace na povrch půdy použít ledek vápenatý nebo $UREA^{stabil}$ (resp. močovinu před deštěm). Větší pozornost věnovat provenienci osiva a jeho celkové kvalitě (zkouška klíčivosti). Kromě pěstované odrůdy Opál ověřit odrůdy Major, Aplaus.

Zelenina	Více pozornosti věnovat obdobně jako u máku všem opatřením, která mají příznivý vliv na povrchovou strukturu půdy: určení správné hloubky orby, omezení přejezdů techniky zejména na vlhčí půdě, kladná bilance POH, pravidelné vápnění apod. Při dělené dávce zvýšit dávku N aplikovanou před setím se zapravením do půdy. Při hnojení během vegetace na půdách s horší strukturou používat ledek vápenatý, ve kterém je dusík dražší než ve srovnatelných dusíkatých hnojivech, ale má vyšší účinnost, je dobře rozpustný ve vodě a rychle přijatelný rostlinami. V budoucnu bude rizikové pěstovat některé druhy zeleniny bez závlah.

Tab. 7.16: Shrnutí zásadních doporučení

7.9 Příloha - Obrazová dokumentace Ostrožsko

Obr. 7.10: Parapluh pro orbu bez obracení půdy



Mapa 7.39: Identifikace výnosově podprůměrných a nadprůměrných míst na pozemcích a jejich procentuální vyjádření vztažené vždy k průměrné hodnotě vegetačního indexu EVI (100 %).