

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

**VODNÍ REŽIM U VYBRANÝCH
ZEMĚDĚLSKÝCH SUBJEKTŮ V KONTEXTU
KLIMATICKÉ ZMĚNY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Bakalant: Mgr. Miloslav Kolenatý

2021

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma:

Vodní režim u vybraných zemědělských subjektů v kontextu klimatické změny

vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze 25. 3. 2021

.....
(podpis autora práce)

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí práce Ing. Petře Sychové, Ph.D. za její ochotu, vstřícnost a čas, který mi během psaní této práce věnovala, za její cenné rady a připomínky při konzultacích, a především za její přátelský přístup.

Abstrakt:

Cílem bakalářské práce je v teoretické části zhodnotit vývoj dopadů klimatické změny na zemědělství v České republice po roce 1989 (popis vývoje klimatické změny a změn vodního režimu zemědělské půdy, problematika sucha, dopady zemědělského sucha, adaptační strategie v České republice, návrhy adaptačních opatření, specifické problémy - zhutnění půdy, meliorace). Praktická část práce obsahuje případové studie vybraných zemědělských subjektů, které hodnotí lokální meteorologické a hydrologické podmínky, hospodaření s vodou, dopady klimatické změny (na využívání vodních zdrojů a spotřebu vody, na vodní režim v půdě, na výběr plodin a osevní postupy, na agrotechnické postupy), adaptační opatření reagující na změnu klimatu a vodního režimu, zhutnění půdy, meliorace, zhodnocení efektivity adaptačních opatření a výhled do budoucna. K získání dat byla využita metoda kvalitativního výzkumu - polostrukturovaného rozhovoru s připravenými okruhy otázek a observační prohlídka pozemků vybraných zemědělských subjektů.

Klíčová slova:

vodní režim zemědělské půdy, klimatická změna, adaptační opatření, případové studie

Abstract:

The aim of the theoretical part of the bachelor thesis is to evaluate the development of climate change impacts on agriculture in the Czech Republic after 1989 (description of climate change progress and changes in water regime of agricultural land, the issue of drought, impacts of agricultural drought, adaptation strategies in the Czech Republic, proposals for adaptation measures, specific problems - soil compaction, drainage systems). The practical part of the thesis contains case studies of selected farms, which evaluate local meteorological and hydrological conditions, water management, impacts of climate change (on water use and water consumption, water regime in soil, crop selection and sowing practices, agrotechnical practices), adaptation measures in response to climate change and water regime change, soil compaction, drainage systems, evaluation of the effectiveness of adaptation measures and future prospects. To obtain the data, the method of qualitative research was used - a semi-structured interview with the prepared areas of questions, and an observational inspection of the land of selected farms..

Keywords:

water regime of agricultural land, climate change, adaptation measures, case studies

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíle práce	2
3. Změna klimatu a vodního režimu zemědělské půdy v České republice	3
3.1 Trendy půdní vlhkosti	3
3.2 Rostoucí evapotranspirace	4
3.3 Trend srážkových úhrnů.....	4
3.4 Souběžné trendy způsobující sucho	5
4. Ohrožení zemědělským suchem.....	6
4.1 Vodní eroze	7
4.2 Ubývání organické hmoty v půdě.....	8
4.3 Utužení zemědělské půdy.....	8
4.4 Agrotechnické postupy s negativním vlivem na vodní režim zemědělské půdy	9
4.5 Obnažení půdy	9
4.6 Meliorace.....	10
4.7 Nadměrné používání průmyslových hnojiv a agrochemikálií.....	11
4.8 Výběr plodin a monokultury	12
5. Dopady změny klimatu, změny vodního režimu zemědělské půdy a hydrometeorologických extrémů na zemědělství v ČR.....	13
6. Adaptační strategie pro zemědělství v České republice.....	15
7. Zdroje informací a doporučení na internetu	16
8. Souhrn doporučení pro zmírnění dopadů změny klimatu, změny vodního režimu zemědělské půdy a hydrometeorologických extrémů na zemědělství v ČR.....	17
8.1 Organizační opatření.....	17
8.2 Agrotechnická opatření	18
8.3 Technická opatření.....	18
9. Případové studie vybraných zemědělských subjektů	19
9.1 Metodika.....	19
10. Statek Vodňanský	21
10.1 Základní údaje.....	21
10.2. Lokální meteorologické/hydrologické/pedologické podmínky a srážkový trend	22
10.3. Adaptační opatření reagující na změnu klimatu a vodního režimu.....	23
10.3.1 Dělení půdních bloků	23
10.3.2 Výběr plodin, sezónní nasazení a střídání.....	23
10.3.3 Vytváření nektarodárných biopásů a dalších krajinných prvků.....	24
10.3.4 Podpora retenční schopnosti půdy - zvyšování organické složky	26
10.3.5 Podpora retenční schopnosti půdy - vegetační kryt.....	27

10.3.6. Podpora retenční schopnosti půdy - omezení negativních zásahů	28
10.4 Meliorace.....	28
11. Ekofarma Javorník	29
11.1 Základní údaje.....	29
11.2 Lokální meteorologické/hydrologické podmínky a srážkový trend	29
11.2.1 Přísušky.....	30
11.3 Adaptační opatření reagující na změnu klimatu a vodního režimu.....	31
11.3.1 Dělení půdních bloků	31
11.3.2 Optimalizace výběru plodin a osevních postupů	32
11.3.3 Eliminace vodní eroze.....	32
11.3.4 Podpora retenční schopnosti půdy - zajištění organické složky	35
11.3.5 Podpora retenční schopnosti půdy - vegetační kryt.....	36
11.3.6 Podpora retenční schopnosti půdy – způsob orby.....	36
11.4 Zhutnění půdy	36
11.5 Meliorace.....	37
12. Svobodný statek na soutoku	38
12.1 Základní údaje.....	38
12.2 Lokální hydrologické podmínky a srážkový trend	39
12.3 Biodynamické zemědělství	40
12.4 Adaptační opatření reagující na změnu klimatu a vodního režimu.....	41
12.4.1 Organizace půdních bloků a krajinné úpravy.....	41
12.4.2 Optimalizace výběru plodin a osevních postupů	41
12.4.3 Eliminace vysoušení půdy a strip farming/cropping.....	42
12.4.4 Podpora retenční schopnosti půdy - zajištění organické složky	43
12.5 Zhutnění půdy	44
13. Diskuse.....	45
13.1 Blízký vztah k lokalitě, kde zemědělské činnosti probíhají	45
13.2 Důraz na udržitelnost zemědělských činností.....	46
13.3 Péče o kvalitu půdy.....	46
13.4 Optimalizace velikosti a členění zemědělských pozemků	46
14. Závěr	47
Seznam použité literatury.....	48
Přílohy.....	49

1. Úvod

V roce 2021 lze již tvrdit s vědeckou jistotou, že změna klimatu probíhá a lidské aktivity k ní významně přispívají (IPCC, 2018). Změna klimatu a její dopady jsou asi největší hrozbou, které kdy lidská civilizace čelila. Klimatická změna je také komplexní vědecké, environmentální, společenské, politické, ekonomické a bezpečnostní téma. V posledních letech se klimatická změna stává faktorem, který zasahuje všechny aktivity lidské společnosti na lokální i globální úrovni a ovlivňuje další směřování a samotné přežití lidské civilizace. Jednou z oblastí, která je stále výrazněji ovlivňována změnou klimatu, je zemědělství. Zemědělské činnosti jsou pod stále větším tlakem rostoucích teplot, nedostatku vláhy v klíčových obdobích zemědělské produkce a hydrometeorologických extrémů a katastrof (sucho, povodně, přívalové srážky). Tyto negativní dopady klimatické změny mají vliv na výnosy klíčových plodin a v budoucnu se mohou stát i příčinou hospodářských škod a bezpečnostních rizik (Martinovský, 2017; Cílek, Ač a kol., 2019) – Martinovský (2017) v publikaci „Environmentální bezpečnost v České republice“ hovoří o narušení ekosystémů a poklesu jejich schopnosti poskytovat potřebné služby, o degradaci půdy nebo o ohrožení potravinové i surovinové soběstačnosti a bezpečnosti. Problémy spojené se změnou klimatu dopadající na sektor zemědělství se v posledních desetiletích výrazně ohlašují i v České republice. Dopadům změny klimatu na zemědělské činnosti a adaptačním opatřením se věnují mnohé vědecké práce a také strategické vládní a ministerské dokumenty (Petřík a kol., 2017; Fanta a Petřík, 2014; Kutílek, 2012; Cílek, Ač a kol., 2019; Brtnický, 2012; Šarapatka, 2002; Šarapatka, 2008; Šimek a kol., 2019; Brázdil, Trnka a kol., 2015, Hruška a kol., 2018, Trnka a kol., 2016; Vogt a kol., 2000; Iglesias a kol., 2018; Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, 2015; Národní akční plán adaptace na změnu klimatu, 2017; Politika ochrany klimatu v ČR, 2009; Water Saving Potential in Agriculture in Europe, 2012). Hlavním problémem je stále častější výskyt zemědělského sucha a nerovnoměrné rozložení srážek během roku. K nedostatku vláhy v půdě přispívá i degradace půdy na většině zemědělsky využívaných ploch České republiky – tato degradace a s ní související vodní a větrná eroze jsou zapříčiněny utužováním půdy, odebíráním organické hmoty, nadměrným používáním minerálních hnojiv, pěstováním monokultur na rozlehlých půdních blocích, negativními zásahy vlivem agrotechnických postupů a nedostačenou ochranou půdy vegetačním krytem (Brtnický, 2012; Brázdil, Trnka a kol., 2015; Cílek, Ač a kol., 2019; Petřík a kol., 2017; Šarapatka, 2002; Fanta a Petřík, 2014; Kutílek, 2012; Šarapatka, 2008; Šimek a kol., 2019). Koncepční a strategické dokumenty Ministerstva zemědělství a dalších relevantních institucí nabízejí celou řadu návrhů opatření, jak negativním dopadům klimatické změny předcházet nebo jak je zmírňovat a jak se na ně adaptovat.

Změna klimatu je ale také velkou příležitostí, která nás může motivovat k proměně vztahu k životnímu prostředí, k pozitivním změnám v krajině, k hledání cest k udržitelné výrobě a spotřebě, k posílení odolnosti a soběstačnosti a rozvoji lokálních nebo komunitních vztahů v rovině sociální i ekonomické.

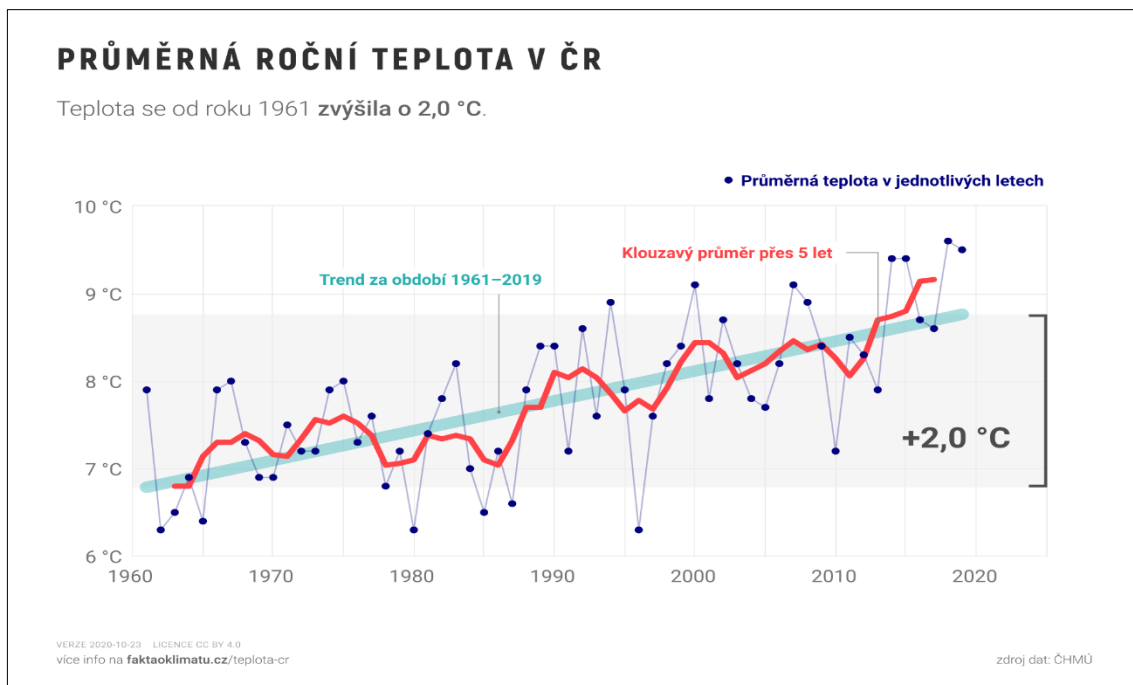
2. Cíle práce

Předmětem teoretické části práce je zhodnocení vývoje dopadu měnících se klimatických podmínek na zemědělství v České republice po roce 1989 (popis vývoje klimatické změny a změn vodního režimu zemědělské půdy, problematika sucha, dopady zemědělského sucha, adaptační strategie v České republice, návrhy adaptačních opatření, specifické problémy - utužení půdy, meliorace).

Cílem praktické části pak je zpracování případových studií vybraných zemědělských subjektů. U každého zvoleného subjektu půjde o popis a zhodnocení lokálních meteorologických a hydrologických podmínek, hospodaření s vodou, dopadů klimatické změny (na využívání vodních zdrojů a potřebu vody, na vodní režim v půdě, na výběr plodin a osevní postupy, na agrotechnické postupy), adaptačních opatření reagujících na změnu klimatu a vodního režimu, utužení půdy, meliorací, a také zhodnocení efektivity popsanych adaptačních opatření a výhled do budoucna.

3. Změna klimatu a vodního režimu zemědělské půdy v České republice

Nejvýraznějším trendem změny klimatu v ČR v posledních desetiletích je růst teploty vzduchu. Nárůst průměrné roční teploty ukazuje obrázek 1 – průměrná teplota vzduchu v České republice vzrostla o 2 °C, což je dokonce dvojnásobný nárůst oproti globálnímu zvyšování se teploty (IPCC, 2018).



Obrázek 1 - průměrná roční teplota v ČR, 1961-2019 (infografika: Fakta o klimatu, licencováno pod CC BY 4.0, zdroj dat: ČHMÚ)

Ve srovnání s obdobím 1961–1990 bylo v posledních desetiletích o přibližně 14 dnů delší trvání průměrných denních teplot vyšších než 15 °C (Braniš a Hůlová, 2016). Zvyšuje se počet tropických dní, kdy je teplota vyšší než 30 °C (Fakta o klimatu, 2021; ČHMÚ, 2021). Jak vyplývá z dat ČHMÚ, průměrná teplota v jednotlivých měsících roste různě rychle, nejvíce se oteplují leden, červenec a srpen (o více než 2,5 °C od roku 1961), nejméně září a říjen. Vyšší teploty zvyšují odpar půdní vlhkosti, způsobují také změny vegetačního cyklu stromů a rostlin (tedy i zemědělských plodin) a v zimních měsících znamenají méně sněhu, jehož množství je pro optimální podmínky zemědělské půdy a zajištění dostatku vláhy zásadní - sněhová pokrývka brání půdu proti vymrzání a její odtávání doplňuje půdní profil i podzemní zásobníky vodou (Fakta o klimatu, 2021; ČHMÚ, 2021; Brázdil, Trnka a kol., 2015).

3.1 Trendy půdní vlhkosti

Brázdil, Trnka a kol. (2015) ve své publikaci „Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost“ uvádí modely a sledování, z kterých vyplývá, že zvyšující se teplota je provázená dalším trendem – rostoucí evaporací a úbytkem půdní vláhy - většina území České republiky vykazuje pokles obsahu půdní vlhkosti (v orníční i

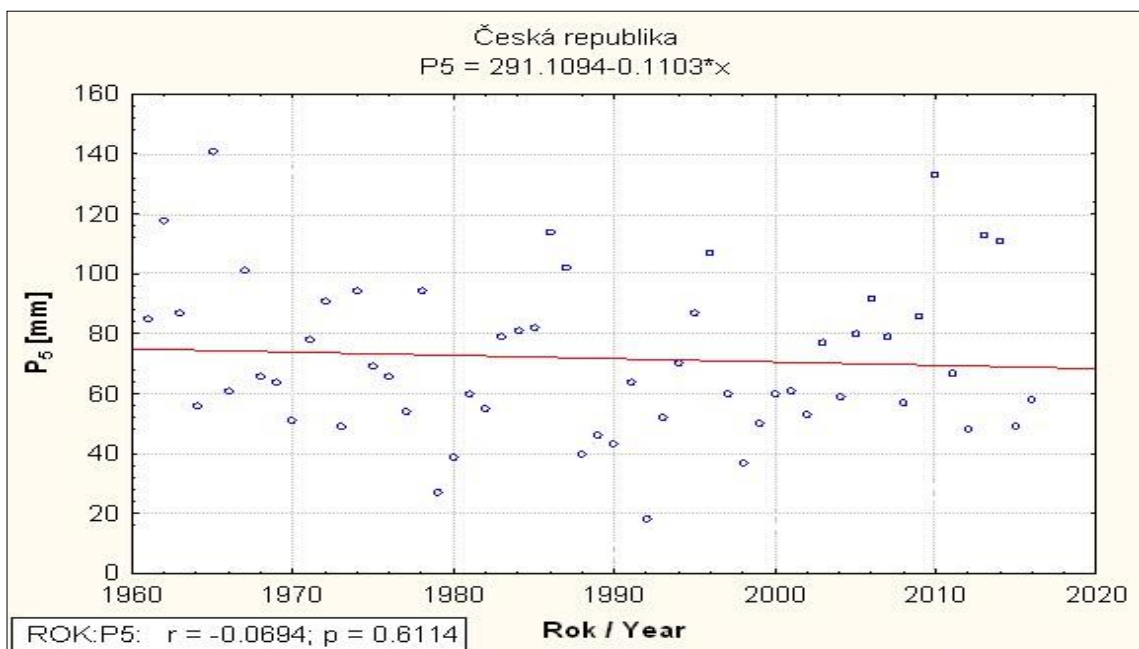
podorniční vrstvě) v zemědělsky klíčovém období od dubna do září a „nejvýraznější poklesový trend zásob půdní vláhy lze najít v nejproduktivnějších zemědělských oblastech“ (Brázdil, Trnka a kol., 2015, s. 86). Celkově lze říct, že od šedesátých let ubylo 10% půdní vlhkosti v klíčové části vegetačního období (Brázdil, Trnka a kol., 2015; Trnka a kol., 2015). Frekvence suchých period se sice výrazně nemění, ale tyto epizody jsou stále delší a zasahují čím dál větší plochu území ČR.

3.2 Rostoucí evapotranspirace

I evapotranspirace rostlin v referenčním období 1961-2012 na většině území České republiky rostla a opět především v první části vegetačního období (Brázdil, Trnka a kol., 2015). Rostoucí evapotranspirace je dána vyššími teplotami, ale také dřívějším nástupem vegetační sezóny, což zvětšuje celkovou plochu listů, které aktivně evapotranspiraci provádí (rostliny také dříve dosahují maximální listové plochy). Dřívější nástup vegetační sezóny také znamená, že plodiny vyčerpají dostupnou půdní vláhu dříve a v letních měsících trpí nedostatkem vody. Z analýzy rozdílu mezi úhrny srážek a evapotranspirace, které tvoří dva hlavní komponenty vodní bilance krajiny, vyplývá „prohlubující se vodní deficit v první polovině vegetačního období; v některých oblastech vzrostl od šedesátých let až o 100 mm“ (Brázdil, Trnka a kol., 2015, s. 91).

3.3 Trend srážkových úhrnů

V období 1961 až 2018 se neobjevil žádný výrazný, statisticky významný trend v ročním úhrnu srážek (Matějka, 2019; Štěpánek, 2019, Brázdil a kol., 2021). Lze tedy říci, že množství srážek, které každý rok spadne v České republice, je zhruba stejné. Co se ale mění, je jejich časové rozložení a také jejich intenzita. V některých měsících srážek ubývá - zemědělsky klíčový je duben (viz obrázek 2). Mírně srážky klesají i v květnu a v červnu. V jiných měsících (leden, září, říjen) naopak srážek přibývá (Matějka, 2019; Štěpánek, 2019, Brázdil a kol., 2021).



Obrázek 2 – průměrné dubnové srážky v období 1961-2018 (mm) (zdroj dat ČHMÚ, graf: infodatasys.cz)

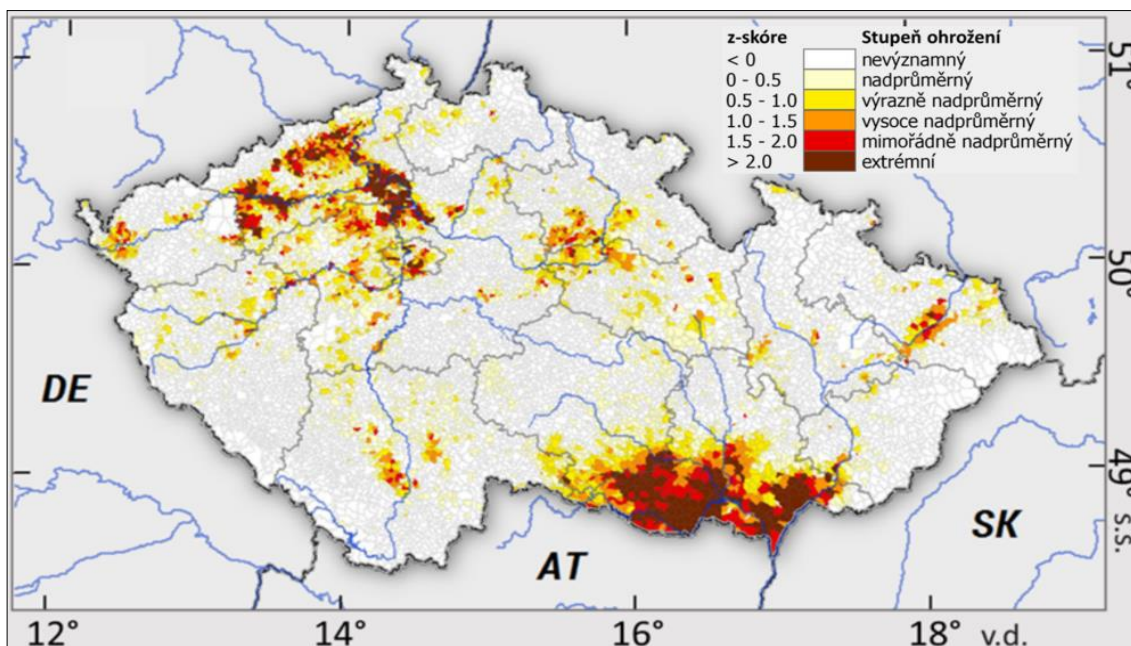
Dalším trendem je také zvyšování maximálních srážkových úhrnů (denních nebo měsíčních) hlavně v jarním a letním období a snižování počtu srážkových dní, což svědčí o častějším výskytu přivalových srážek a prodlužování suchých období (Štěpánek, 2019; ČHMÚ, 2021; Fanta a Petřík, 2014). Rostoucí teplota vzduchu při stejných nebo mírně klesajících srážkových úhrnech přináší také nižší relativní vlhkost vzduchu (Štěpánek 2019).

3.4 Souběžné trendy způsobující sucho

Čím dál častější výskyt nedostatku půdní vlhkosti a výskyt zemědělského sucha v první části vegetačního období je navázán na častější výskyt souběžných (synoptických), vzájemně provázaných situací nejenom na lokální, ale také na globální, kontinentální a regionální úrovni (Trnka a kol., 2008). Jedná se o kombinaci faktorů vytvářejících nepříznivé teplotní a srážkové poměry, mezi tyto faktory můžeme zahrnout zesílený skleníkový efekt, solární aktivitu, oscilace klimatického systému, anomálie tlaku vzduchu přinášející sušší počasí nebo znečištění ovzduší vulkanickou nebo lidskou činností (pevné částice, aerosoly, přízemní ozón), kdy statisticky významné ovlivnění má hlavně rostoucí koncentrace CO₂ a s tím spojený nárůst teploty vzduchu a efekt severoatlantické oscilace (rozložení tlakových výší a níží) ovlivňující srážkové úhrny (Brázdil, Trnka a kol., 2015).

4. Ohrožení zemědělským suchem

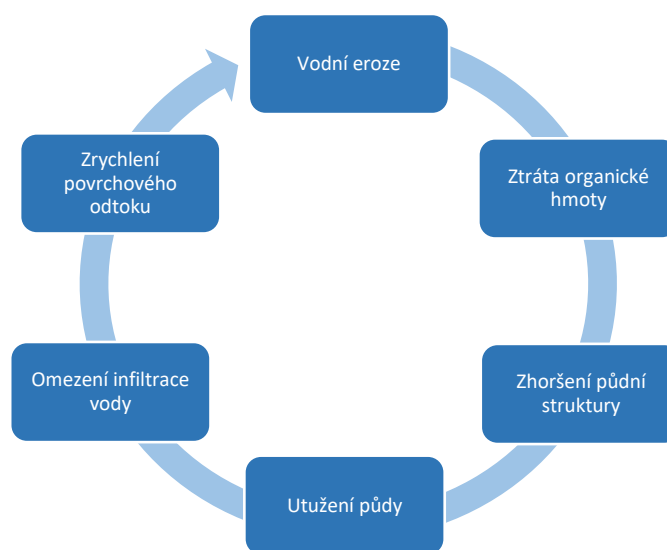
V literatuře se na základě časového rozvržení a oblastí dopadů obvykle mluví o čtyřech kategoriích sucha: sucho meteorologické, hydrologické, zemědělské a socioekonomické (Brázdil, Trnka a kol., 2015). Tato práce se zabývá především zemědělským (někdy také půdním) suchem, které je popisováno jako nedostatek vody pro růst a vývoj rostlin a může trvat až několik měsíců (Brázdil, Trnka a kol., 2015). Je ovlivňováno suchem meteorologickým a někdy také hydrologickým (dostupnost vody pro závlahy) a mnoha dalšími faktory popsány níže. Je to jev způsobený kombinací půdních a klimatických podmínek (Hruška a kol., 2018). Přesné vymezení a také statistické určení zemědělského sucha je problematické, protože jednotlivé zemědělské oblasti mají odlišné klimatické, půdní, hydrologické a geomorfologické podmínky a různé plodiny mají různé nároky (Vizina a kol., 2016). Největší ohrožení zemědělským suchem ovšem vykazují nejdůležitější zemědělské oblasti (Jižní Morava, střední a severozápadní Čechy, dolní a střední Polabí, Povltaví – viz obrázek 3).



Obrázek 3 - Zranitelnost území ČR z hlediska výskytu zemědělského sucha (zdroj: CzechGlobe, MENDELU)

Sucho je nejvážnějším hydrometeorologickým extrémem ohrožujícím zemědělské aktivity. Krátkodobý i dlouhodobý nedostatek půdní vláhy pro zemědělské plodiny a výskytu zemědělského sucha nejsou ovlivňovány pouze klimatickými a hydrologickými podmínkami. K náchylnosti krajiny k zemědělskému suchu stále více přispívá také degradace zemědělské půdy, zrychlená vodní a větrná eroze, nevhodný způsob využívání, obdělávání, hnojení, odvodnění půdy a také její plošná organizace a členění pomocí krajinných prvků. Důležitou roli hraje i výběr, kombinace a sezónní nasazení zemědělských plodin (Brázdil, Trnka a kol., 2015; Brtnický, 2012; Čílek, Ač a kol., 2019; Fanta a Petřík, 2014; Iglesias a kol., 2018; Kutílek, 2012; Petřík a kol., 2017; Šarapatka, 2002; Šimek a kol., 2019; Trnka a kol., 2016; Trnka a kol., 2017; Vogt a kol., 2000).

Jak se často uvádí, kvalitní černozem je schopná zadržet velké množství vody – metr čtvereční černozemě zadrží až 350 litrů vody (Cílek, Ač a kol., 2019; Fanta a Petřík, 2014). V posledních desetiletích však na velké části zemědělské půdy v České republice dochází k degradaci půdy (ztráta nebo omezení schopnosti půdy plnit své přirozené funkce (Fanta a Petřík, 2014; Šimek a kol., 2019)), a tento proces schopnost retence neustále snižuje. Dalším často uváděným údajem je, že potenciální retence zemědělské půdy v ČR je přibližně 8 miliard m³ vody, ale vlivem degradace půdy a dalších negativních jevů je dnes tento objem přibližně o 40 % snížen (Mezirezortní komise VODA-SUCHO, 2017; Fanta a Petřík, 2014). Snížená schopnost retence vody v zemědělské půdě (spojená s dřívějším nástupem vegetační sezóny) znamená, že potřebná vláhá pro vývoj plodin v půdě je rychleji vyčerpána výparem a období zemědělského sucha se prodlužují. Degradace zemědělské půdy, která přispívá ke snižování schopnosti zadržovat vodu a k nedostatku půdní vláhá, má řadu příčin a ty jsou vzájemně propojeny a synergicky se vzájemně zesilují, viz obrázek 4.



Obrázek 4 – Degradáční procesy v půdě, (zdroj použitých termínů: Vopravil a Khel, 2016)

4.1 Vodní eroze

Velmi vážným problémem zemědělské půdy v ČR je zrychlená vodní eroze - ohrožuje asi 54 % půdy, 14 % je ohroženo i větrnou erozí (Hruška a kol., 2018; Mezirezortní komise VODA-SUCHO, 2017). Eroze je komplexní proces, který narušuje půdní povrch, odnáší uvolněné půdní částice a případně je ukládá na jiném místě. I když je eroze proces přirozený, lidskou činností je výrazně zesilován a dochází k takzvané zrychlené erozi (Brtnický, 2012). Rozlehlé monokulturní lány jsou vodní erozí ohroženy nejvíce a České zemědělství hospodaří na v průměru největších půdních blocích v Evropě. Při scelování půdních bloků, které probíhalo hlavně v 50. až 70. letech minulého století, byly zrušeny důležité protierozní krajinné prvky (meze, cesty, údolnice, rozptýlená zeleň apod.). K zesílení eroze také přispívá pěstování erozně nebezpečných, širokořádkových plodin (kukuřice, cukrová řepa, okopaniny), nevhodné osevní postupy, nevhodně provedená orba (orba se stejnou hloubkou, orba po spádnici), obnažení půdy bez vegetačního krytu, utužení půdy a narušení půdní struktury odebráním organické hmoty a používáním minerálních hnojiv (Hruška a kol., 2018; Brtnický, 2012; Fanta a Petřík, 2014; Šarapatka, 2013). Zmíněné negativní trendy jsou navíc akcelerovány střídáním velmi suchých

období a silnějších přívalových srážek. Přívalové srážky převyšují hydraulickou vodivost půdy, zakalená voda ucpává půdní póry a snižuje infiltraci, často se vytváří nepropustná vrstva a částice půdy jsou odplavovány s povrchovým odtokem. Důsledkem pak je znečištění vodních zdrojů unášenými půdními částicemi a na nich vázanými látkami (Kutílek, 2012). Vodní eroze odnáší svrchní humusové horizonty, které mají pro infiltraci a retenci největší význam (Fanta a Petřík, 2014). Ztráta ornice (svrchní úrodné vrstvy půdy) v České republice se v současnosti odhaduje na 21 miliónů tun za rok, což lze vyjádřit jako každoroční ekonomickou ztrátu asi 4 miliard korun (Hruška a kol., 2018).

4.2 Ubývání organické hmoty v půdě

Organická hmota je základní složkou půdní struktury – příznivě ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půdy, půdní život, úrodnost a produktivitu půdy, váže velké množství uhlíku a je schopná pojmout vodu až v sedminásobném množství své hmotnosti (Brtnický, 2012), což je zcela zásadní pro schopnost půdní retence. Organická hmota je základním stavebním prvkem pro vznik stabilních půdních agregátů, které zajišťují dostatečné množství kapilárních pórů pro provzdušněnost a vododržnost půdy (Fanta a Petřík, 2014). Většina zemědělských půd v České republice trpí nedostatkem organické hmoty - na základě výsledků průzkumu Výzkumného ústavu rostlinné výroby lze konstatovat, že orná půda v ČR má v průměru o 50% nižší obsah organického uhlíku než půdy lesní a mezi obsahem organického uhlíku (organické hmoty) a vodní retenční kapacitou je přímá závislost (Fanta a Petřík, 2014). V důsledku nedostatku organické hmoty má orná půda nevyhovující strukturu, pórovitost a zrnitost a významně sníženou schopnost retence vody (Mezirezortní komise VODA-SUCHO, 2017). K ubývání organické hmoty (dehumifikaci) na zemědělské půdě dochází hlavně kvůli vodní i větrné erozi, zvýšené mineralizaci po odvodnění melioracemi, nadměrným provzdušněním vlivem odvodnění a hluboké a časté orby, a samozřejmě nedodáváním organické hmoty do půdy při intenzivní produkci, která úrodnost a produktivitu půdy zajišťuje masivním využíváním průmyslových hnojiv (Brtnický, 2012; Hruška a kol., 2018). Ubývání půdní organické hmoty přináší nedostatek tmelových látek pro vytváření a soudržnost půdních agregátů umožňujících retenci vody, větší ohroženost vodní a větrnou erozí, snížení filtrační schopnosti a retenční kapacity, snížení vázání živin, ale také kontaminujících látek (a zvýšení jejich vymývání nebo odnosu), a zvýšené ohrožení půdy utužením (Brtnický, 2012; Hruška a kol., 2018; Kutílek, 2012; Fanta a Petřík, 2014). Pokud půda přichází o organickou složku, zvyšuje se také produkce skleníkových plynů (metan, oxid dusný) vlivem anaerobních procesů (Petřík a kol., 2017).

4.3 Utužení zemědělské půdy

Utužení (zhuštění) půdy - stlačování svrchních i spodních vrstev půdy, degradace fyzikálních vlastností půdy a rozpad její struktury (Brtnický, 2012) – může na těžkých půdách probíhat přirozeně. Ale na většině zemědělské půdy u nás dochází k antropogennímu utužení půdy, které vzniká v důsledku velmi častých přejezdů několikátunové zemědělské mechanizace (ale také v důsledku nadměrné závlahy, nevhodných orebních a osevních postupů, pěstování monokultur, hnojení draselnými hnojivy, acidifikace půdy a úbytku půdní organické hmoty). Utužením je v ČR ohroženo kolem 49 % zemědělských půd (Hruška a kol., 2018; Mezirezortní komise VODA-SUCHO, 2017; Trnka a kol., 2017; Šarapatka, 2002; Šarapatka, 2013). Utužení půdy

především snižuje pórovitost a objemovou hmotnost půdy. Tím je omezena infiltrace vody do půdy, její retence a snižuje se využitelná vodní kapacita půdy. Dochází také k výraznému zvýšení povrchového odtoku (vytvoření nepropustné vrstvy), na rovinatých pozemcích vzniká lokální zamokření, na druhou stranu se půda stává více výsušnou (Hruška a kol., 2018; Petřík a kol., 2017; Brtnický, 2012; Kutílek, 2012; Šimek a kol., 2019; Fanta a Petřík, 2014). Dále se zhoršují podmínky pro činnost edafonu, kořenový systém plodin je nepřírodně horizontálně tvarován a přijímá méně vody, snižuje se vzcházivost plodin i účinnost hnojení (Hruška a kol., 2018; Brtnický, 2012; Kutílek, 2012; Šimek a kol., 2019; Fanta a Petřík, 2014; Šarapatka, 2002; Růžek, 2017). Závažné je i utužení podpovrchových horizontů (vrstva podorničí, 40-60 cm), kde se vytváří zhutnělá bariéra znemožňující pronikání vody do hlubších vrstev. Rozpad půdní struktury na písčité, prachovité a jílovité částice znamená méně prostoru pro vzduch a nízký obsah vzduchu v pórech vede k již zmíněným anaerobním procesům (Šarapatka, 2002; Kutílek, 2012).

4.4 Agrotechnické postupy s negativním vlivem na vodní režim zemědělské půdy

I způsob obdělávání půdy může mít negativní vliv na vodní režim zemědělské půdy a schopnost retence vody. V podmínkách intenzivního zemědělství jde především o velmi častou hlubokou orbu, která narušuje a rozbíjí (drobí) půdní agregáty (Šimek a kol., 2019), zapříčiňuje rozpad půdní struktury (Šarapatka, 2002), umožňuje mineralizaci organické hmoty vlivem nadměrného provzdušnění (Růžek 2017), zvyšuje ohrožení utužením a také zvyšuje podzemní odtok živin, hnojiv a pesticidů (Kutílek, 2012).

4.5 Obnažení půdy

Harmonogram polních prací v intenzivním zemědělství často zapříčiňuje, že velká část zemědělské půdy ČR je po část roku (od letní sklizně do jarního vzcházení plodin) bez vegetačního krytu. To samozřejmě výrazně přispívá k zrychlené erozi a díky provzdušnění usnadňuje mineralizaci a ubývání organické hmoty (Šarapatka, 2002). Obnažení rozsáhlé plochy zemědělských pozemků nekrytých vegetací ovlivňuje výpar a také lokální teplotní a klimatické poměry. Obnažený suchý povrch vystavený plné síle slunečního záření se mnohem více zahřívá (i na teplotu 40–50 °C), což mění lokální klimatické podmínky – autoři „Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky“ uvádí (Mezirezortní komise VODA-SUCHO, 2017, s. 10):

„Od teplého povrchu se ohřívá vzduch a stoupá vzhůru, odnáší sebou vodní páru a vysušuje i okolí (vodní plochy, lesy, mokřady). Nad suchými ohřátými plochami se vytváří vysoký tlak vzduchu, který brání přísunu vlhkého vzduchu. Odvodněná krajina dále vysychá. Tento proces může přispívat ke vzniku rozdílných atmosférických poměrů a tím i ke vzniku meteorologických anomálií. Naopak, pokud je krajina kryta vegetací s dostatkem vody, většina sluneční energie se spotřebovává na výpar vody, vegetace tak chladí sebe a své okolí. Sluneční energie vázaná ve vodní páře v podobě latentního tepla se uvolní na chladných místech, když se vodní pára sráží zpět na vodu kapalnou. Vegetace zásobená vodou snižuje teplotu přes den a zmírňuje pokles teploty v noci a k ránu.“

Na obnažených plochách po sklizni letních plodin jako jsou obilniny a řepka se při povrchu kumuluje obrovské množství tepelné energie (vzduch se ohřívá od přehřáté půdy), je to zhruba 300 MW na jeden kilometr čtvereční, tedy na 40 km² se generuje teplo srovnatelné s výkonem všech elektráren v České republice (Pokorný a kol., 2016). Ohřátý vzduch blokuje přísun srážek z velkého i malého vodního oběhu (ve formě mlhy a drobných místních srážek) a zemědělská půda i okolní krajina vysychá.

4.6 Meliorace

Proces velkoplošného odvodnění zemědělské půdy (zjednodušeně nazývaný termínem „meliorace“) byl zahájen již na přelomu 19. a 20. století a pokračoval v meziválečném období (Beranová, 2010). Drtivě největší část systému odvodnění byla však na zemědělských pozemcích vybudována v 60. až 80. letech minulého století (po roce 1990 byly meliorační projekty zastaveny). Jedná se o systémy trubkových drenáží - v současnosti je v České republice evidováno 1 084 800 hektarů pozemků odvodněných tímto způsobem (Vašků 2011). Z rozdílu mezi rozlohou trvale nebo dočasně zamokřených pozemků z období 1960 až 1972 a rozlohou pozemků odvodněných vyplývá, že rozsah meliorací byl zbytečně naddimenzován (Novák, 2004) a na mnoha místech dnes trubkové drenáže negativně ovlivňují vodní režim zemědělské půdy. Stav evidovaných meliorací dnešnímu skutečnému stavu příliš neodpovídá a statisíce hektarů drenážovaných zemědělských pozemků v původní evidenci nejsou (Vašků 2011). Na nedostatek spolehlivých informací o melioračních systémech reagoval Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy zřízením aplikace „Informační systém melioračních staveb“, která vychází z původních podkladů Zemědělské vodohospodářské správy a je průběžně doplňována z dalších informačních zdrojů, viz <https://meliorace.vumop.cz/>.

Účelem systému odvodňovacích meliorací mělo být především zvýšení zemědělské produkce a nutno přiznat, že v krátkodobém horizontu trubkové drenáže opravdu vedly ke zvýšení výnosů, jak bylo i prokázáno pokusy, a měly řadu pozitivních přínosů (Fanta a Petřík, 2014, Novák, 2004):

- úprava vodního, vzdušného a tepelného režimu půdy
- zpomalení povrchového odtoku
- intenzivnější provzdušnění
- zesílení biologické činnosti v půdě
- zlepšení struktury a zpracovatelnosti půdy
- obdělání původně zamokřených ploch

Meliorace je však třeba posuzovat i ze širších perspektiv (vodní režim rozsáhlejších oblastí, mimoprodukční funkce půdy, nepřímé a dlouhodobé účinky na hydrosféru a krajinu) a navíc zjišťujeme, že původně pozitivní dopady odvodnění mohou získávat v kontextu současné klimatické změny negativní vliv. Mezi negativní dopady melioračních systémů, v současnosti se projevující (Fanta a Petřík, 2014; Šarapatka, 2002; Hruška a kol., 2018; Novák, 2004), patří zejména:

- výrazné snížení retenční schopnosti zemědělské půdy
- porušení transportní, filtrační a transformační funkce půdy
- odtok minerálních hnojiv a pesticidů do povrchových vod

- likvidace diverzifikace krajiny a jejího vodního režimu (vysušení a odtravnění průleहů, remízků, cest, údolnic)
- vytvoření podmínek pro vodní i větrnou erozi na velkých plochách
- přesušování pozemků způsobené nadměrným odváděním vody
- negativní vliv na vlastnosti půdy (ubývání kapilární pórovitosti, snížení objemové hmotnosti půdy, změna pH)
- nadměrné provzdušnění je příčinou mineralizace organické hmoty a úbytku dusíku a uhlíku
- nízká úroveň stavebních prací a časté změny původních plánů jsou příčinou dnešních změn funkčnosti nebo (částečné) nefunkčnosti, kdy na některých místech pozemku může jít o vysoušení a na jiných ucpání způsobí zamokření

Odhaduje se, že až 40% odvodňovacích systémů je poškozeno, například vlivem chybějící údržby, poškození liniovými stavbami nebo chybné evidence (Hruška a kol., 2018), a odvodňovací soustavy se v České republice během posledních horkých a suchých let stávají stále palčivějším problémem v mnoha zemědělských oblastech a v budoucnu budou vyžadovat komplexní řešení na celorepublikové úrovni.

Opačným pólem technologického ovlivňování vodního režimu zemědělské půdy jsou závlahy. Budování závlahových systémů (hlavně ve formě postřiků) opět probíhalo především během 20. století a dnes je na území České republiky asi 130 000 hektarů zavlažovaných pozemků (Fanta a Petřík, 2014). I u zavlažovacích systému platí, že jejich údržba a opravy nefunkčních částí jsou velmi nákladné a komplikované, a jejich efektivní využívání a účelné rozšiřování (s šetrným využíváním energetických a vodních zdrojů) bude v budoucnosti vyžadovat resortní koncepce a vhodně nastavené dotační tituly. Dá se očekávat, že v některých významných zemědělských oblastech se díky klimatickým a hydrologickým trendům pěstování plodin bez závlah stane nerentabilní (Brázdil, Trnka a kol., 2015). Také závlahy mají svá pozitiva i negativa – umožňují optimalizaci dodávek vody během vegetačního období, stabilizují a zvyšují produktivitu, ale mohou také vodní režim půdy, půdní vlastnosti (například zvyšování zasolení) a fyziologii rostlin ovlivňovat negativně (Brázdil, Trnka a kol., 2015; Fanta a Petřík, 2014).

4.7 Nadměrné používání průmyslových hnojiv a agrochemikálií

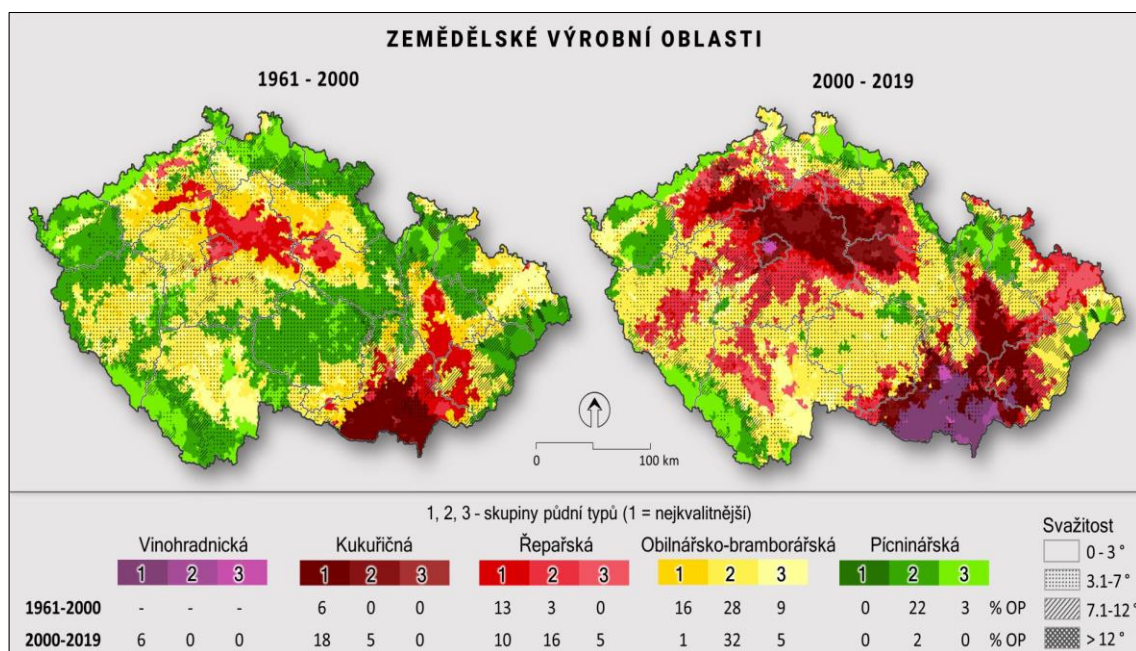
Negativní vliv na půdní strukturu a její fyziologické a hydrologické vlastnosti má i nadměrné používání průmyslových hnojiv a agrochemikálií. Obecně lze říci, že průmyslová hnojiva a další agrochemikálie ovlivňují pH, chemismus půdy, koloběhy prvků a další důležité vlastnosti (Šarapatka, 2002). Například nadměrné hnojení draselnými hnojivy způsobuje rozpad půdní struktury a zvyšuje riziko utužení (Šarapatka, 2002; Šimek a kol., 2019). Tento proces je zesílen také nadměrnou acidifikací půdy vlivem aplikace kyselých hnojiv (Šarapatka, 2002; Šarapatka, 2013). Nadbytek dusíkatých minerálních hnojiv zvyšuje mineralizaci organické hmoty, což vede k poklesu retenční kapacity (Šarapatka, 2002; Trnka a kol., 2016)

4.8 Výběr plodin a monokultury

Na závěr této sekce zmiňme, že k negativním změnám vodního režimu zemědělské půdy přispívají i nevhodný výběr plodin (plodiny erozně nebezpečné, suchu snadno podléhající, na dostatek vláhy náročné, plodiny s nízkou odolností vůči chorobám a škůdcům vyžadující velmi časté postřiky pesticidy), nevhodný výběr osevních postupů a časté pěstování plodin v intenzivních monokulturách bez střídání plodin a využití přípravných plodin, letních i ozimých meziplodin a víceletých plodin, například pícnin. (Šarapatka, 2002; Růžek, 2017)

5. Dopady změny klimatu, změny vodního režimu zemědělské půdy a hydrometeorologických extrémů na zemědělství v ČR

Klimatické a hydrologické trendy zmíněné výše v kombinaci s rozsáhlou degradací půdy v České republice výrazně ovlivňují zemědělskou produkci a v budoucnu se mohou stát i příčinou hospodářských škod a bezpečnostních rizik (Martinovský, 2017; Cílek, Ač a kol., 2019). Základním konstatováním je, že „dochází k postupnému zvětšování oblastí s pasivní vodní bilancí, kde rostoucí potenciální výpar přesahuje hodnotu ročních srážek a narůstá tak zranitelnost území ČR vůči meteorologickému i zemědělskému suchu“ (Mezirezortní komise VODA-SUCHO, 2017, str. 8). Přivalové srážky jsou častější a zvětšuje se rozloha území ohroženého erozními událostmi. Negativně je (a bude) zasažena rostlinná (produkce potravin i dalších surovin) i živočišná výroba (produkce krmiv). Klimatické a hydrologické trendy působí na genetickou rozmanitost a biodiverzitu v zemědělství, půdní úrodnost, riziko vodní i větrné eroze a kvalitu i dostupnost vody. Mění se časové rozložení vegetačního období zemědělských plodin (začíná dříve a končí později), což může umožnit dřívější setí i vzházení plodin, ale zvyšuje to ohrožení jarními mrazíky. Pozitivní efekt dřívějšího nástupu vegetačního období je také eliminován vyšší pravděpodobností výskytu zemědělského sucha v pozdějších fázích vegetačního vývoje, protože v půdě je menší zásoba vody z nedostatečné sněhové pokrývky a dřívější aktivita vegetace ve spojení s rostoucí teplotou způsobuje vyšší evapotranspiraci (Brázdil, Trnka a kol., 2015). Rostoucí koncentrace CO₂ sice zvyšuje intenzitu fotosyntézy a nárůst biomasy zemědělských plodin, ale znamená také zvýšení využitelnosti vody rostlinami a riziko dřívějšího vyčerpání půdní vláhy. Zvyšující se teplota přináší i změny v rozložení zemědělských výrobních oblastí ve prospěch teplejších plodin a jejich odrůd nebo dokonce možnost využití nových plodin v nejteplejších oblastech (viz obrázek 5).



Obrázek 5 - Vývoj rozložení zemědělských výrobních oblastí v ČR 1961-2019 (zdroj: CzechGlobe)

Oblasti s vyšší nadmořskou výškou se stanou pro zemědělství atraktivnější, na druhou stranu vznikají i lokality, kde zemědělská produkce v budoucnu díky extrémním klimatickým a hydrologickým podmínkám pravděpodobně nebude možná.

Oteplení přináší i vyšší riziko ohrožení plodin a hospodářských zvířat škůdci a chorobami (vyšší teplota některým škůdcům umožní zvýšení počtu generací v rámci jedné sezóny). Mění se i areály rozšíření planě rostoucích rostlin a volně žijících živočichů navázaných na zemědělsky využívané pozemky a také se rozšiřují areály invazivních druhů, které mohou na zemědělskou produkci působit (Cerdea a kol., 2017; Brázdil, Trnka a kol., 2015).

Nedostatek vody je jedním ze základních limitujících faktorů pro vývoj rostlin. Nedostatek půdní vláhy na začátku vegetačního období (jarní přísušky) ovlivňuje vývoj semen, klíčení a raný rozvoj kořenového systému zemědělských plodin. Při nedostatku využitelné vláhy dochází k negativní bilanci mezi vodním potenciálem půdy, kořenů a listů, která oslabuje rostliny stresem, negativně ovlivňuje metabolické procesy včetně fotosyntézy, může redukovat růst a vývoj reprodukčních orgánů, urychlovat nebo zpožďovat kvetení, snižovat produkci sušiny i výnos semen, a může dosáhnout i bodu vadnutí. Jak vyplývá z odborných studií, výskyt sezonního zemědělského přispívá k nižším výnosům hlavních obilovin a dalších klíčových plodin, především díky kombinaci vysokých teplot vzduchu, vyšší evapotranspirace a nízkých úhrnů srážek od dubna do června (Brázdil, Trnka a kol., 2015).

6. Adaptační strategie pro zemědělství v České republice

Projevy změny klimatu (v kombinaci s rozsáhlou degradací půdy) zmíněné výše v posledních dvou dekadách negativně zasáhly zemědělskou produkci a odborné studie předpokládají pokračování negativních klimatických a hydrologických trendů i v následujících desetiletích (Štěpánek, 2019; Trnka a kol., 2017; Brázdil, Trnka a kol., 2015; Hari et al., 2020). Proto vznikla celá řada strategických dokumentů na vládní a ministerské úrovni, které se zabývají návrhy zmírnění dopadů klimatické změny, hydrometeorologických extrémů a degradace půdy, a také adaptačními opatřeními. Tyto dokumenty vycházejí i ze strategií Evropské unie (Společná zemědělská a klimatická politika EU, Strategie EU pro přizpůsobení se změně klimatu). Na globální úrovni se věnuje vytváření adaptačních strategií Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (FAO Strategy on Climate Change).

Na národní úrovni stanovuje cíle, strategie a oblasti adaptačních opatření **Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR** (také „Adaptační strategie ČR“), která byla schválena usnesením vlády ČR v říjnu 2015 a byla připravena na roky 2015 až 2020 s výhledem do roku 2030. Zavedení Adaptační strategie ČR (2015) do praxe má zajistit **Národní akční plán adaptace na změnu klimatu**, který schválila vláda ČR usnesením v lednu 2017. Strategické dokumenty vznikají i na úrovni Ministerstva zemědělství a Ministerstva životního prostředí (Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky, 2017; Koncepce vodohospodářské politiky Ministerstva zemědělství, 2012; Český venkov a zemědělství v podmínkách měnícího se podnebí, 2014). Pro vytvoření „Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky“ byla v roce 2014 zřízena meziřesortní komise VODA-SUCHO.

Ministerstvo zemědělství řeší problematiku dopadů klimatické změny, sucha a adaptačních opatření i ve svých podpůrných programech a dotačních titulech - hlavním programem je **Program rozvoje venkova ČR** (na období 2014–2020, v rámci programů EU), který nabízí i titul „Agroenvironmentálně-klimatická opatření“ obsahující tematiku degradace půdy, protierozní ochrany, zatravňování orné půdy a drah soustředěného odtoku nebo téma trvalých travních porostů. Získávání dotačních titulů Ministerstva zemědělství je v současnosti podmíněno dodržováním standardů **Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES**. Standardy DZES zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí a jsou součástí evropského mechanismu Kontroly podmíněnosti (Cross Compliance). Standardy řeší například agrotechnické postupy zpracování půdy, vegetační kryt orné půdy, půdoochranné technologie, využití přípravných plodin a meziplodin, osevnické postupy a výběr plodin, zvyšování množství organické hmoty v půdě, protierozní opatření a další. Dalším důležitým titulem je program **Demonstrační farmy** zaměřený na oblast péče o půdu a podporující prezentace postupů a technologií snižujících vodní a větrnou erozi, nadměrné utužování půdy a postupů k zvyšování zadržování vody v krajině.

Významným strategickým a koncepčním dokumentem je i **Generel vodního hospodářství krajiny České republiky**, který je zaměřen na úpravy hospodaření v krajině s ohledem na dopady změny klimatu. Generel VHK ČR je projektem Státního pozemkového úřadu, který je za podpory Agrární komory České republiky řešen řadou výzkumných institucí a vysokých škol. Jedná se o projekt věnující se zemědělské praxi s modelovými návrhy adaptačních opatření na příkladech vybraných subjektů (Trnka a kol., 2017).

7. Zdroje informací a doporučení na internetu

Prostředí internetu nabízí celou řadu možností, které veřejnost, zemědělci, ale i odborníci mohou využívat jako zdroje informací, metodických doporučení, hydrometeorologických předpovědí a prognóz trendů.

Na prvním místě je třeba zmínit webové portály provozované Ústavem výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i. (CzechGlobe) a Mendelovou univerzitou v Brně (ve spolupráci se Státním pozemkovým úřadem, Akademií věd ČR a dalšími pracovišti) – webové stránky Intersucho (intersucho.cz), Klimatická změna (klimatickazmena.cz) a Výnosy plodin (vynosy-plodin.cz). Tyto portály poskytují komplexní předpovědní (teplota vzduchu, úhrny srážek, intenzita sucha, deficit půdní vláhy, dopady na vegetaci, prognózy výnosů klíčových plodin a další) i poradenské služby (adaptační opatření v hydrologii, zemědělství a lesnictví). Další specifické informace i metodická doporučení poskytují portály Ministerstva zemědělství (eAgri.cz), relevantních výzkumných ústavů (např. Hydroekologický informační systém VÚV TGM, stránky Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v. v. i., Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského) a dalších státních, akademických i profesních organizací (ČZU, MENDELU, ČHMÚ, Agrární komora, Státní pozemkový úřad, Asociace soukromého zemědělství ČR a další). Seznam nejdůležitějších internetových zdrojů obsahuje příloha 6.

8. Souhrn doporučení pro zmírnění dopadů změny klimatu, změny vodního režimu zemědělské půdy a hydrometeorologických extrémů na zemědělství v ČR

V následující části práce jsou shrnuta a stručně popsána opatření (pro zmírnění dopadů změny klimatu, změny vodního režimu a degradace zemědělské půdy, a hydrometeorologických extrémů) doporučovaná pro zemědělství v ČR ve strategických dokumentech, odborných člancích nebo publikacích a internetových portálech zmíněných výše. Doporučovaná opatření se soustředí především na prevenci degradace půdy a zlepšování půdních vlastností, zabraňování vodní (a větrné) erozi, zlepšování schopnosti infiltrace a retenční kapacity půdy a optimalizace vodního režimu zemědělské půdy a krajiny. Tato opatření můžeme rozdělit do tří hlavních oblastí (Mezirezortní komise VODA-SUCHO, 2017; Novotný a kol, 2017; MZe, 2015; VÚV TGM, 2018):

8.1 Organizační opatření

Organizační opatření spočívají v celkovém pojetí organizace a využívání zemědělské půdy a krajiny, především využívání optimálního tvaru, velikosti a umístění zemědělských pozemků. Důležité aktivity jsou zejména:

- změny využití území (orná půda, protierozní prvky, sady a vinice...)
- omezení plošně rozsáhlých erozně nebezpečných monokultur
- vytváření půdních bloků s vhodnou velikostí vycházející z lokálních poměrů s požadavkem na přístupnost a způsob hospodaření na půdě
- optimalizace harmonogramu polních prací
- využití optimálních osevních postupů
- vhodné umístění pěstovaných plodin, využívání ochranného zatravnění a zatravnění drah soustředěného odtoku
- pásové střídání plodin
- trvalé zatravnění nebo zalesnění

K vhodné organizaci a členění zemědělské půdy a okolní krajiny lze efektivně využívat Pozemkové úpravy. Vládní strategický a koncepční dokument „Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR“ (MŽP, 2015, s. 32) popisuje význam Pozemkových úprav následovně:

„Pozemkovými úpravami jsou vytvářeny podmínky pro racionální hospodaření vlastníků půdy, pozemky se jimi prostorově a funkčně uspořádávají a zabezpečuje se jejich přístupnost. Aby pozemkové úpravy tento potenciál dostatečně plnily, musí spočívat ve vhodném plánování využití území pro zemědělské hospodaření, promyšlené tvorbě krajinné mozaiky s dostatečným zastoupením mokřadů, lesních porostů, a dalších krajinných prvků, jež mají pozitivní vliv na vodní režim krajiny, půdu, biodiverzitu, a ve zlepšení propojenosti přírodních a krajinných struktur“.

8.2 Agrotechnická opatření

Agrotechnická opatření by měla zlepšovat půdní vlastnosti, zvyšovat infiltraci a retenci zemědělské půdy a snižovat ohrožení vodní i větrnou erozí. Mezi příklady takových opatření patří:

- půdoochranné postupy (minimalizační zpracování půdy, strip-till, bezorebná orba a setí, orba a setí po vrstevnici, diskování, podrývání...)
- pěstování přípravných plodin, ochranných plodin, krycích plodin, podplodin a meziplodin
- využívání posklizňových zbytků, mulčování
- minimalizace utužení půdy
- udržování optimálního množství organické hmoty v půdě

8.3 Technická opatření

Organizační a agrotechnická opatření by měla být efektivně doplňovaná technickými (někdy také biotechnickými) opatřeními. Základními principy technických opatření je vytváření potenciálu pro zvýšení vsaku vody do půdy, zpomalení povrchového odtoku a snížení jeho objemu, přerušení délky svahu či dráhy odtoku, zachycování a vsakování povrchového odtoku, převádění povrchového odtoku vodu na odtok podpovrchový apod. K doporučovaným metodám patří hlavně:

- vytváření příkopů, průlehů, zatravněných údolnic
- vytváření zasakovacích pásů, biopásů, mezí, teras
- stavba hrázek, tvorba sedimentačních, retenčních a suchých nádrží
- úpravy terénu, změna sklonu pozemku
- management polních cest s protierozní funkcí

Technické zásahy mohou mít i vodohospodářský charakter - například výstavba závlahových systémů, opravy nebo naopak zaslepování odvodňovacích zařízení, nebo obnova rybníků.

9. Případové studie vybraných zemědělských subjektů

Konkrétním příkladům využívání a hodnocení efektivity opatření zmíněných výše se věnuje druhá část práce, která popisuje adaptační opatření na změny klimatu, změny vodního režimu zemědělské půdy a hydrometeorologické extrémy v případových studiích vybraných zemědělských subjektů v lokálních podmínkách.

9.1 Metodika

Výběr a celkový počet navštívených subjektů byl bohužel ovlivněn a omezen probíhající covidovou situací. Významným zdrojem informací měla být předběžně domluvená návštěva hospodářství pana Daniela Pitka, který se adaptačním opatřením na změnu klimatu dlouhodobě věnuje. Tuto návštěvu se však přes oboustrannou snahu kvůli covidové situaci opakovaně nepodařilo uskutečnit. Oproti plánovanému počtu 5-6 subjektů se mi nakonec podařilo navštívit 3 subjekty, jejichž případové studie jsou popsány níže. Jejich výběr byl uzpůsoben tak, aby zahrnoval různé typy hospodaření, velikosti obhospodařovaných pozemků i rozdílné klimatické, pedologické a hydrologické podmínky. Všechny zvolené subjekty jsou při uplatňování adaptačních opatření velmi úspěšné a jejich přístup k hospodaření a pozitivní dopad na krajinu a její schopnost reagovat na změnu klimatu byly oceněny ve významných soutěžích a programech.

Statek Vodňanský byl v roce 2018 zlatým medailistou v programu „Pestrá krajina Asociace soukromého zemědělství ČR“ a jeho adaptační opatření na změnu klimatu byly oceněny v soutěži „Adaptterra Awards“ v kategorii Volná krajina (Adaptterra awards, 2021):

„Rodinná filosofie hospodářů vychází z tradic převzatých od předchozích generací. Zemědělství tehdy nebylo vnímáno jen jako produkce potravin a cesta k ekonomickému zisku. Jeho nedílnou součástí byla i zodpovědnost za ekologickou stabilitu a tvář krajiny. Tomu je na statku Vodňanských přizpůsobeno obhospodařování zemědělských ploch. Všechny postupy směřují k tomu, aby zde fungovala biodiverzita produkčních ploch, byla zajištěna půdní ochrana, zlepšil se vodní režim a omezilo se používání chemických ochranných prostředků i umělých hnojiv.“

Ekofarma Javorník v letech 2011 a 2014 získala nejvyšší ocenění v soutěži “Zemědělec roku” ve Zlínském kraji. V roce 2016 byl kolektiv živočišné i rostlinné výroby ekofarmy oceněn titulem “Nejlepší sedlák roku 2016“. V roce 2018 byla ekofarma zařazena mezi demonstrační farmy Ministerstva zemědělství (MZe, 2021):

„V rámci programu demonstračních farem pořádá Ekofarma Javorník demonstrační akce pro malé a střední zemědělce. Jejich cílem je podpora předávání odborných znalostí a pomoc zemědělcům formou názorných praktických ukázek ucelených postupů ekologického hospodaření, postupů a technologií zvyšující kvalitu půdy, snižujících vodní a větrnou erozi, nadměrné utužování půdy, postupů přispívajících k zadržování vody v krajině, ekologické způsoby ochrany rostlin.“

Svobodný statek na soutoku patří mezi nejvýznamnější biodynamická hospodářství v ČR a díky zapojení v programu komunitně podporovaného zemědělství zásobuje kvalitní bio zeleninou mnoho stovek zákazníků.

Ve všech třech případech šlo o fyzickou návštěvu hospodářství (spojenou s observační prohlídkou pozemků daného hospodářství a pořízením fotografické dokumentace) a přímý rozhovor s kompetentní osobou (majitel, hlavní agronom nebo pověřený hospodář). U všech zkoumaných subjektů byla využita metoda kvalitativního výzkumu - polostrukturovaného rozhovoru s připravenými okruhy otázek (viz příloha 1), které byly doplněny o další otázky vyplynuvší z průběhu rozhovoru a konkrétní situace daného hospodářství. Všichni dotazovaní byli předem obeznámeni s účelem návštěvy, hlavním tématem i cílem práce a připravenými otázkami. K rozhovorům byl pořízen audio záznam, který byl následně přepsán do textové podoby.

10. Statek Vodňanský

10.1 Základní údaje

Statek Vodňanský s.r.o., Blíževedly, Liberecký kraj	
Výměra využívané zemědělské půdy	550 ha
Typ pozemků	orná půda (320 ha), chmelnice (10 ha), TTP (220 ha), mokřady, lesní porosty
Hlavní plodiny	víceletá vojtěškotráva (16 ha), chmel (10 ha), řepka (70 ha), množitelská hořčice (20 ha), sladovnický ječmen (80 ha), množitelské žito (25 ha), jetel nachový (35 ha), ozimá pšenice (57 ha), množitelská peluška (38 ha), jánské žito
Hlavní zemědělské činnosti	chov skotu pastevním způsobem, pěstování obilnin, luštěnin, píceňin a chmele
Typ hospodaření	konvenční, s prvky tradičního sedláckého hospodaření a ekologického zemědělství
Vodní zdroje	vlastní rybník
Spotřeba vody	nesledována
Využívání vodních zdrojů	napájení dobytka, pozemky bez závlahy

Tabulka 1 – základní údaje o statku Vodňanský

Rodinný statek Vodňanský se nachází nedaleko obce Blíževedly v okrese Česká Lípa (v Libereckém kraji). Několikasetletá tradice rodinného hospodářství byla pro přerušení mezi lety 1948 a 1989 obnovena rodinou Vodňanských. Filozofii hospodaření Statku Vodňanský popisuje text na webových stránkách statku (Statek Vodňanský, 2021):

Náš rodinný statek si vzal za cíl propojovat vyváženou zemědělskou produkci s krajino-tvorbou a tím zlepšení biodiverzity na našich rozsáhlých pozemcích. V tomto ohledu spolupracujeme s různými organizacemi a naše činnost je pravidelně mediálně prezentována. Mnohá naše opatření jsou poměrně jednoduchá, ekonomicky nenáročná, ale v přírodě o to významnější, jelikož naši půdu spravujeme pro další generace.“

Rozhovor byl veden se současným majitelem hospodářství, panem Mag. Erichem Vodňanským, BSc.

10.2. Lokální meteorologické/hydrologické/pedologické podmínky a srážkový trend

Statek Vodňanský se nachází (stejně jako velká část CHKO Kokořínsko - Máchův kraj) v oblasti České křídové tabule, která má díky své geologické stavbě velmi dobré podmínky pro akumulaci podzemních vod. Většina pozemků statku se nachází v ochranném pásmu spodních vod, což je pro zemědělské hospodaření výhodou i nevýhodou - sice to omezuje použití herbicidů a fungicidů, ale zásoby spodní vody poskytují plodinám podpůrné zdroje vláhy. Navíc okolí statku vytváří pro pěstování plodin velmi výhodné lokální mikroklima – v samotném sousedství hospodářských budov statku je rybník, který spolu s okolními lesy a vrchem Ronov vytvářejí klimatické podmínky příznivé pro tvorbu horizontálních srážek. To je i důvodem, proč plodiny, které zpravidla vyžadují závlahu (především chmel), prozatím při vhodném umístění zvládají zásobovat růst ze spodní vody a horizontálních srážek. Rybník o rozloze 2 hektary, pocházející z dob historického rodinného hospodářství, je napájený z Litického potoka a údolnic z vrchu Ronova (sezónně) a slouží hlavně k napájení dobytka přes cisterny na pastvinách. V současnosti v něm probíhají technické úpravy a úpravy hráze. V posledních 4-5 letech ovšem Litický potok od května vysychá a rybník klesá pod odtokovou hladinu. V Atlase hydrologických poměrů (VÚV TGM, 2021) je okolí statku Vodňanský vedeno jak oblast s mírně negativní hydrologickou bilancí (-200 – 0 mm) a vysokou evaporací (400-500 mm).



Obrázek 6 - rybník na pozemcích statku Vodňanský (foto: Vojta Herout, Adapters Awards)

Jak vyazuje katalog bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ (VÚMOP, 2021a), okolí statku Vodňanský se nachází v mírně teplém a mírně vlhkém klimatickém regionu, většina polností má mírný sklon a převažují hnědozemě (dále luvizemě, pseudogleje a kambizemě). Využívané půdy jsou hlinitopísčité až jílovitohlinité, mají střední produkční potenciál a rychlost infiltrace je nízká nebo střední i při úplném

nasycení. Všechny typy půd na pozemcích statku jsou ohroženy utužením a část pozemků periodickým zamokřením (viz příloha 5).

I když lokální hydrologické a pedologické podmínky jsou pro zemědělské hospodaření velmi příznivé, aktivity statku Vodňanský v posledních letech negativně ovlivňují dva propojené trendy – růst průměrné teploty a úbytek srážek spojený s narůstající nerovnoměrností jejich rozložení v průběhu roku a pěstební sezóny. Jak vyplývá z dat Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ, 2021) z let 1990 až 2019 z měřicí stanice Česká Lípa, přibližně 5 km od statku Vodňanský (viz příloha 2), průměrná měsíční teplota od dubna do července má trvale rostoucí trend, v letních měsících posledních let jde dokonce o nárůst několika stupňů Celsia. Naopak srážek ubývá (hlavně v posledních 5 letech) v klíčových obdobích březen-duben a červen-červenec, a také jsou více nerovnoměrně rozložené (zvyšují se měsíční maxima). Tyto trendy sebou nesou celou řadu negativních dopadů, především se snižuje půdní vlhkost nutná pro optimální vývoj plodin, zvyšuje se výpar a přibývá tak případů zemědělského sucha (tedy stavu půdního sucha, kdy půda neobsahuje dostatek vláhy pro plodiny).

10.3. Adaptační opatření reagující na změnu klimatu a vodního režimu

Na negativní trendy zmíněné výše hospodaření statku Vodňanský reaguje mnoha adaptačními opatřeními zaměřenými na snížení dopadů klimatické změny a vodního režimu.

10.3.1 Dělení půdních bloků (organizační opatření)

Původní velké půdní bloky (50-100 ha) vzniklé před rokem 1989 byly rozděleny na menší celky, zpravidla kolem 15 hektarů. Sousedící (i různě velké) půdní bloky neobsahují stejné plodiny. K těmto rozhodnutím pan Vodňanský říká:

„I když využívání větších celků by bylo provozně jednodušší a krátkodobě ekonomicky výhodnější, snažíme se půdní bloky rozdělovat a plodiny na nich střídat. Když pomíneme efekty, které to má v krajině a co se týče biodiverzity, tak jde i o estetické hledisko - vytváření krajinného rázu. Dělení bloků má spíše dlouhodobé přínosy.“

Jednou z hlavních motivací pro tyto úpravy byla dle pana Vodňanského i změna srážkových podmínek. Dělení půdních bloků probíhá i podle stupně zamokření a také podle půdní kvality (oddělují se půdy středně těžké od písčitých), což umožňuje efektivně vybírat vhodné lokality podle požadavků konkrétních plodin na vláhu. Hranice mezi půdními celky tvoří nektarodárné biopásy, osázené biokoridory nebo polní cesty (viz také níže). Zmenšeným půdním blokům byl přizpůsoben i výběr vhodné zemědělské techniky, která je schopna provozu na menších plochách.

10.3.2 Výběr plodin, sezónní nasazení a střídání (organizační opatření)

Poslední suché roky vedly majitele statku Vodňanský ke změnám i ve složení plodin a jejich sezónního nasazení. Ozimá pšenice byla zredukována ve prospěch ozimého žita a ječmene, kteří zvládají lépe sušší podmínky, navíc žito zvládá i bonitně horší půdy. Dalším krokem bylo přesouvání jařin na ozimy (např. jetel nachový, peluška) z důvodu velmi suchých jarních měsíců v posledních 5 letech. Důležitou strategií je i výběr vhodné

lokality pro každou plodinu dle kvality půdy, jejího zamokření a retenční schopnosti. Střídání plodin a využití půdozlepšujících rostlin (luskoviny) je tradiční zemědělskou metodou, ke které se statek Vodňanský opět vrací. Při výběru plodin se také snaží preferovat z hlediska klimatu perspektivní regionální a množitelské varianty a redukovat širokořádkové plodiny jako kukuřice, jejichž pěstování podporuje vodní erozi. Specifickou plodinou je chmel (poloraný žatecký červeňák), kterému prospívá lokalita na svahu u rybníka, zčásti chráněna lesem, kde vhodné mikroklima zajišťuje nadprůměrné výnosy i během suchých let. Obecně lze říci, že široká škála využívaných plodin a jejich výběr umožňují pružné reagování na aktuální klimatickou situaci a redukování ekonomických ztrát.



Obrázek 7 – pěstování chmele na lokalitě s příznivým mikroklimatem (foto: Vojta Herout, Adapters Awards)

10.3.3 Vytváření nektarodárných biopásů a dalších krajinných prvků (technické opatření)

Velmi zajímavým a perspektivním prvkem, i z hlediska dotační podpory, jsou tzv. nektarodárné pásy. Nektarodárný biopás je pruh o šířce nejméně 6 metrů a délce nejméně 30 metrů, osázený určenými směsmi (směsi jetelovin, brukvovitých rostlin a vybraných medonosných bylin), jehož struktura i umístění se řídí konkrétními předpisy a nejčastěji je zakládán na krajích půdních bloků nebo mezi nimi. Jedná se o agroenvironmentálně-klimatické opatření, které mohou čeští zemědělci využívat od roku 2015 s dotací 15 091 Kč na hektar porostu. Biopásy mají potenciál osázené plochy zúrodnit díky hluboko kořenícím druhům a současně potravně podpořit včely a širší spektrum hmyzu, což je jejich hlavním cílem (Šrámková, 2018). Podmínky upřesňující získání dotace jsou stanoveny v příslušném legislativním dokumentu (Nařízení vlády č. 79/2007 Sb.). Na pozemcích statku Vodňanský jde o využití biopásů především jako pruhů oddělujících půdní bloky nebo tvořících jejich okraje a tyto pásy tvoří poměrně velkou plochu 10 hektarů. Primárním cílem je sice podpora biodiverzity, především opylujícího hmyzu, ale jak napovídá název „agroenvironmentálně-klimatické“ opatření, důležitým

aspektem je i funkce klimatická. Biopásy (tedy vlastně zelené úhory) zvyšují biodiverzitu půdních organismů a tím zlepšují půdní strukturu a její retenční schopnost. Díky biopásům také „vzniká zásobárna půdních mikroorganismů nezbytných pro spoluvytváření strukturní půdy navazujících obhospodařovaných pozemků“ (MZe, 2016, s. 6). Biopásy se svou funkcí velmi blíží tzv. zasakovacím pásům, které patří k dalším doporučeným opatřením, i v rámci Standardu dobrého zemědělského a environmentálního stavu DZES (Novotný a kol., 2017). Zasakovací pásy převádí povrchově odtékající vodu na odtok podpovrchový, snižují rychlost povrchového i soustředěného odtoku a také zvyšují však vody do půdy (VÚV TGM, 2018).



Obrázek 8 – využití nektarodárných biopásů na pozemcích statku Vodňanský (foto: autor práce)

Funkci zasakovacích pásů podporujících retenční schopnost půdy plní i další krajinné prvky na pozemcích statku, např. osázené biokoridory, aleje ovocných stromů, polní cesty a významnou roli v pozitivní bilanci podpovrchového odtoku hrají i všechny trvalé travní porosty, především pastviny, kde se od května do listopadu pase 120 kusů masného skotu.

Obecně vzato, statek Vodňanský má velké množství mimoprodukčních ploch, velká část z nich je s agroenvironmentálním managementem, např. druhově bohaté pastviny, mezofilní vlhkomilné louky, program ochrany modrásků (70 hektarů), v úzké spolupráci se správou CHKO Kokořínsko-Máchův kraj, na jejímž území se statek nachází. V současné době pan Vodňanský připravuje projekt na zadržování vody v krajině, který plánuje úpravy rybníka a tvorbu tůň pro zadržení odtékající vody v jarních měsících.



Obrázek 9 - biokoridor osázený původními ovocnými dřevinami (foto: Pestrá krajina, ASZ ČR)

10.3.4 Podpora retenční schopnosti půdy - zvyšování organické složky (agrotechnické opatření)

Dostatečné infiltraci a zvyšování schopnosti zemědělské půdy zadržet vodu výrazně napomáhá obohacování půdy o organickou složku – organická hmota (její živá i neživá část) se váže na anorganickou složku půdy (díky mikrobiální aktivitě a flokulaci) a spolu s ní vytváří půdní agregáty. Přítomnost organické hmoty je pro vytvoření potřebných půdních struktur - a tím i pórů k pronikání vody – zcela zásadní. Na statku Vodňanský využívají ke zvyšování podílu organické složky především drcené rostlinné zbytky nebo posklizňové zbytky, které jsou zapracovány do půdy. Přínosy rostlinných zbytků zapracovaných do půdy popisuje studie společnosti Zemědělský výzkum (Badalíková a Vašínská, 2020):

„Působení zapravených nebo na povrchu ponechaných organických zbytků přispívá k lepší ochraně půdy proti vysychání a udržení půdní vláhivosti v ornici. Tomu také přispívají meziplodiny, které napomáhají k zadržení vláhivosti v půdě, brání vysychání a udržují půdu v optimálním vláhovém režimu. Nižší obsah organické hmoty v půdě snižuje schopnost půdy zadržet vláhu po delší dobu.“

Dalším prostředkem ke zlepšování půdní struktury je využívání luskovin (ať už jako hlavních plodin, tak jako meziplodin). Jejich pěstování má na vytváření vhodné půdní struktury pozitivní vliv – jsou schopné vázat vzdušný dusík prostřednictvím hlízkových bakterií a obohacují tak půdu pro následné plodiny, jejich mohutný kořenový systém přispívá ke zlepšování půdní struktury, mají pozitivní vliv na obsah a kvalitu humusu v půdě a potlačují plevel zastíněním půdy ve druhé části vegetace (Batysta, 2016; Ordóñez-Fernández a kol., 2018). Zimní ustájení skotu na hluboké podestýlce umožňuje

tvorbu statkových hnojiv, především chlévského hnoje, který je také důležitým zdrojem organické hmoty. Na statku Vodňanský je hnojem hnojeno asi 30 hektarů.

10.3.5 Podpora retenční schopnosti půdy - vegetační kryt (organizační a agrotechnické opatření)

Vhodné střídání plodin, diverzifikace zemědělských aktivit a načasování prací (sklizeň, sečení) umožňuje na pozemcích statku Vodňanský eliminaci obnažení půdy bez vegetačního krytu. Sklizeň neprobíhá v jednom krátkém období, je rozfázována přes období 2 měsíců, minimum pozemků zůstává obnaženo, jsou využívány krycí plodiny a meziplodiny, vhodně načasováno je i sekání vegetace v údolnicích a biopásech. K využití vegetačního krytu dochází na statku Vodňanský i u chmelnic – v meziřádcích jsou pěstovány vhodné plodiny, jejichž zbytky jsou na podzim zapracovány do půdy (viz obrázek 10).



Obrázek 10 – využití vegetačního krytu v meziřádcích u chmele (foto: autor práce)

V textu k modelu SMODERP využívaném v projektu Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství (ČVUT, Fakulta stavební, Praha) pro návrhy organizačních nebo technických opatření a jejich dimenzování hodnotí pozitivní vliv vegetačního krytu následovně (ČVUT, 2021):

„Vegetační kryt pozemků významně ovlivňuje povrchový odtok a erozi. Vegetace přirozeně zvyšuje nakypření půdy a tím zvyšuje infiltraci. Zvýšením drsnosti díky rostlinám dochází ke snížení rychlosti povrchového odtoku. Vegetace také svým kořenovým systémem přirozeně zvyšuje soudržnost půdy a chrání její povrch před energií dopadajícího deště. Díky intercepci rostliny zachytí část dopadové energie a snižují tak její celkový objem.“

Význam vegetačního krytu (vegetation cover) potvrzují i zahraniční studie (Li a kol., 2007; Nikolic a kol., 2019; Zhang a kol., 2019).

10.3.6. Podpora retenční schopnosti půdy - omezení negativních zásahů (agrotechnické opatření)

Utuzení půdy (zapříčiněné používáním těžké mechanizace za nevhodných vlhkostních podmínek a dalšími souvisejícími faktory) a jeho negativní důsledky byly popsány v první části práce. Statek Vodňanský se snaží problém utuzení půdy redukovat především efektivním plánováním jednotlivých aktivit tak, aby výjezdů těžké zemědělské techniky bylo co nejméně a vždy probíhala v suchých obdobích (především v letních měsících), kdy je dopad těžké mechanizace menší.

Další možností, jak eliminovat negativní zásahy do půdní struktury, je bezorebné hospodaření. Dle sdělení pana Vodňanského je většina pozemků jeho statku obdělávána bezorebně s mělkým podmítáním (s výjimkou řepky). Bezorebné hospodaření je další z doporučených opatření ve standardech Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES (Novotný a kol., 2017). Pozitiva bezorebného nebo minimalizujícího obdělávání půdy popisuje Mach (2019) ve svém článku věnovaném půdoochranným technologiím:

„Bezorebné nebo orbu minimalizující technologie umožňují snížení intenzity a hloubky zpracování půdy a snížení počtu mechanických zásahů. Hlavním důvodem využívání těchto redukováných technologií je jejich příznivý vliv na strukturní stav půdy, snížení ztrát vody, omezení vyplavování pohyblivých forem dusíku a v neposlední řadě také redukce vodní eroze“.

Problematickým aspektem bezorebných technologií (no-tillage) vzhledem k mitigaci klimatické změny je v literatuře diskutovaná zvýšená produkce skleníkových plynů (CO₂, N₂O a CH₄) oproti konvenční orbě. Produkce skleníkových plynů z bezorebně obdělávaných půd je ovšem závislá na celé řadě faktorů: půdní organická hmota, půdní vlhkost, typ plodiny, použité hnojení, vodní režim, klimatické podmínky a další (Shakoor a kol., 2021).

10.4 Meliorace

Dle sdělení pana Vodňanského jsou na pozemcích jeho statku meliorační systémy ze 70. a 80.ých let minulého století. Bohužel o jejich přesném umístění neexistují dohledatelné záznamy. Jejich současný vliv na vodní režim hodnotí pan Vodňanský rozporuplně - některé části jsou pravděpodobně nefunkční a při silnějších srážkách způsobují nadměrné zamokření, ty funkční naopak odvádějí potřebnou vláhu v suchých obdobích.

11. Ekofarma Javorník

11.1 Základní údaje

Ekofarma JAVORNÍK CZ s.r.o., Štítná nad Vláří 414, Zlínský kraj	
Výměra využívané zemědělské půdy	1750 ha (vše v ekologickém režimu)
Typ pozemků	orná půda (450 ha), TTP (1000 ha), sady (40 ha), krajinnotvorné prvky (12ha)
Hlavní plodiny	pšenice špalda, luskobilné směsky, ječmen jarní, vojtěška, jetel, koriandr, ostropestřec, ovocné stromy (slivoně, jabloně a hrušně)
Hlavní zemědělské činnosti	chov dojnic (výroba biomléka), chov skotu bez tržní produkce mléka, výkrm býků a chov včel, pěstování obilnin a dalších plodin, sadařství
Typ hospodaření	certifikované ekologické zemědělství
Vodní zdroje	vlastní studny a pronájem většího vrtu, Hodňovský potok
Spotřeba vody	nesledována
Využívání vodních zdrojů	napájení dobytka, kapénková závlaha v sadech

Tabulka 2 – základní údaje o ekofarmě Javorník

Ekofarma Javorník se nachází na okraji obce Štítná nad Vláří v okrese Zlín (ve Zlínském kraji). Společnost JAVORNÍK – CZ s.r.o. zahájila svou činnost v roce 1996, kdy byla uskutečněna transformace bývalého zemědělského družstva v soukromou společnost. Ekologicky farma hospodaří od roku 1998, a to v sektoru rostlinné i živočišné produkce. Hlavní činností ekofarmy je zemědělská prvovýroba (pěstování obilnin, píce, kmínu a dalších plodin), nicméně v posledních letech se věnuje i výrobě finálních produktů v biokvalitě (mlékárna, pekárna a pěstivelská pálenice). Velká část půdy je používána jako pastviny pro ekologický chov skotu. Důležitá je i přidružená výroba, např. dřevovýroba, výroba sirných knotů a svící a agroturistika.

Rozhovor byl veden s hlavním agronomek, panem Ing. Petrem Pastorkem.

11.2 Lokální meteorologické/hydrologické podmínky a srážkový trend

Ekofarma Javorník hospodaří na pozemcích, které se nachází na území CHKO Bílé Karpaty. Pohoří Bílých Karpat je velmi členité a kopcovité, což pro zemědělské i

hospodářské lesní pozemky znamená velmi časté ohrožení vodní erozí. Vzhledem ke geologické stavbě je v oblasti Bílých Karpat velmi omezený výskyt podzemních vod. Teplota vzduchu je výrazně závislá na nadmořské výšce – klesá o 0,6 - 1,0°C na 100 m výšky. V Atlase hydrologických poměrů (VÚV TGM, 2021) jsou pozemky v okolí ekofarmy Javorník vedeny jako oblast s mírně negativní hydrologickou bilancí (-200 – 0 mm) a vysokou evaporací (400-500 mm).

Jako vodní zdroje slouží ekofarmě Javorník vlastní studny a pronájem většího vrtu, čerpaná voda je využívána hlavně k napájení dobytka. V minulosti byla pro závlahu pěstované zeleniny používána voda z řeky Vlára – pro toto čerpání bylo třeba získávat povolení. V současnosti je získání tohoto povolení problematické z důvodu ubývání vody v řece Vlára, proto ekofarma Javorník od pěstování zeleniny ustoupila. Dále byla využívána voda z Hodňovského potoka pro kapénkovou závlahu rozsáhlého ovocného sadu s 9000 ovocných stromů (opět na povolení), po 10 letech zavlažování bylo však povolení k čerpání vody zrušeno z důvodu nízkých stavů vody ve zmíněném potoce.

I hospodaření ekofarmy Javorník v posledních letech negativně ovlivňuje klimatická změna a její dopady na vodní režim – opět jde o růst průměrné teploty a úbytek srážek v klíčovém vegetačním období spojený s narůstající nerovnoměrností jejich rozložení v průběhu roku a pěstební sezóny. Jak vyplývá z dat Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ, 2021) z let 1990 až 2019 z měřicí stanice ve Štítné nad Vláří (viz příloha 3), i v okolí ekofarmy Javorník narůstá průměrná měsíční teplota od dubna do července, v letních měsících posledních let jde dokonce o nárůst několika stupňů Celsia. Naopak srážek ubývá (hlavně v posledních 5 letech) v klíčových obdobích březen-duben a červen-červenec, a také jsou více nerovnoměrně rozloženy (zvyšují se měsíční maxima). To potvrzuje i studie Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka z typové lokality Javorník nad Veličkou (vzdálené přibližně 30 km od sídla ekofarmy Javorník). Dle tvrzení autorů studie „lze pozorovat statisticky významný nárůst teploty s vysokou hladinou významnosti především v měsících počátku vegetačního období, kdy naopak srážkové úhrny mají spíše tendenci klesat“ (Vizina a Dzur, 2018). Tyto trendy sebou nesou pro zemědělské hospodaření celou řadu negativních dopadů - snižuje se půdní vlhkost nutná pro optimální vývoj rostlin, zvyšuje se výpar, dochází k vysychání luk, výskytu především jarních, ale i letních přísušků, a přívalové deště ohrožují plodiny ve vývinu a vodní erozí velkou část pozemků ekofarmy. Zásadní vliv měnících se klimatických podmínek na hospodaření ekofarmy potvrzuje i fakt, že ekofarma se rozhodla provozovat vlastní meteorologickou stanici, která monitoruje teploty, srážky a vlhkost vzduchu. Vyhodnocená měření jsou využívána pro plánování a optimalizaci hospodářských činností.

11.2.1 Přísušky

Přísušek je definován jako kratší období zemědělského sucha, které je podmíněno výskytem meteorologického sucha, půdními poměry, zvýšenou vláhovou náročností určitých plodin a kombinací těchto příčin (Vašků, 2001). Na pozemcích ekofarmy se vyskytují přísušky pravidelně v posledních 5 letech, především v jarních měsících, kdy mají velmi negativní vliv na vzcházivost a raný vývoj využívaných plodin.

11.3 Adaptační opatření reagující na změnu klimatu a vodního režimu

Na negativní trendy posledních let popsané výše hospodaření ekofarmy Javorník reaguje adaptačními opatřeními, které popisujeme v následujícím textu.

11.3.1 Dělení půdních bloků (organizační opatření)

Ekofarma Javorník se rozhodla zmenšit původní rozsáhlé půdní bloky (pozůstalé z hospodaření zemědělského družstva) hned při zahájení své činnosti v roce 1996. Dělením byly vytvořeny menší celky, jejichž hranice zpravidla tvoří zasakovací pásy osázené místními odrůdami ovocných stromů (viz také níže). Dělení bloků umožňuje větší flexibilitu pro osevňovací postupy, střídání plodin, diverzifikaci využití půdy, vhodné změny kultur, obnovu historických krajinných struktur, a také vhodné zasazení orné půdy do okolních trvale travních porostů. To přináší i mnohem lepší podmínky pro reagování na klimatické výkyvy a měnící se vodní režim během pěstební sezóny.



Obrázek 11 – dělení půdních bloků na pozemcích ekofarmy Javorník (foto: autor práce)

Nutnost racionální organizace zemědělských činností a jejich adaptace na měnící se klimatické podmínky zdůrazňuje i Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině (VÚV TGM 2018, s. 5):

„Organizační opatření spočívají v celkovém pojetí organizace krajiny při využívání ochranného účinku vegetačního pokryvu. Nadzemní části rostlin snižují kinetickou energii dešťových kapek a vytvářejí překážky povrchovému odtoku, kořeny zpevňují půdu a zlepšují její vlastnosti. Základem organizačních opatření je situování pozemků delší stranou ve směru vrstevnic, zvolení vhodné velikosti a tvaru pozemku a vymezení parcel vhodných ke změně druhů pozemků (delimitace), ochranné zatravnění nebo zalesnění a zatravnění podél vodotečí. Velké zorněné půdní bloky lze diverzifikovat pěstováním různých druhů plodin“.

11.3.2 Optimalizace výběru plodin a osevních postupů (organizační opatření)

Optimalizovaný výběr plodin přizpůsobený lokálním pedologickým, hydrologickým a klimatickým podmínkám patří k hospodaření ekofarmy Javorník od začátku její činnosti. Díky dlouholetým zkušenostem s optimalizací výběru plodin, jejich sezónního nasazení a osevních postupů a byla ekofarma v roce 2018 zařazena mezi demonstrační farmy Ministerstva zemědělství. Dotační program „Demonstrační farmy“ podporuje prezentace postupů a technologií snižujících vodní a větrnou erozi nebo nadměrné utužování půdy, postupů přispívajících k zadržování vody v krajině nebo mitigačních a adaptačních opatření ve vztahu ke změně klimatu. V rámci zmíněného programu a ve spolupráci s dalšími subjekty (např. Výzkumný ústav rostlinné výroby Praha, Ústřední kontrolní a zkušební ústav Brno; PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců) ekofarma Javorník experimentálně ověřuje efektivnost osevních postupů s využitím plodin jako vojtěška, špalda, ostropestřec nebo koriandr. Důležitým faktorem je eliminace plodin erozně nebezpečných. Výběr plodin je ovlivněn i tím, že podstatnou část hospodaření ekofarmy Javorník tvoří ekologická živočišná výroba, která vyžaduje vysokou produkci krmných plodin a píce (vojtěška, jetelotrávy, jetel pěstovaný na semeno nebo na krmení).

Obecně lze říci, že ekofarma ustupuje od pěstování jetelovin, kterým nesvědčí zvyšující se vysychání některých pozemků (hlavně osluněných ploch ve vyšších polohách) a přechází na pěstování vojtěšky, která i v suchých obdobích umožňuje až 3 seče za sezónu. Vysychající louky se nacházejí ve 3. nebo 4. zóně CHKO, jsou v rámci dotační podpory vedeny jako horské suchomilné louky nehnojené nebo druhově bohaté pastviny, a o způsobu jejich obnovy jedná ekofarma se Správou CHKO Bílé Karpaty. Dle vyjádření odbornice na vývoj a management bělokarpatských lučních společenství RNDr. Ivany Jongepierové (Jongepierová, 2021) jde u problému vysychání luk o synergii dvou faktorů – jednak se jedná o louky po roce 1948 rozorané a využívané před rokem 1989 jako hnojená orná půda, a problematické je i využívání komerčních pícninových jetelotrávních směsí, jejichž produktivnost v sušších podmínkách posledních let výrazně klesá. Tyto směsi zaměřené na vysokou produkci neodpovídají specifickým místním podmínkám. Proto se výzkum týmu kolem Ivany Jongepierové zaměřil na přípravu druhově bohaté regionální travinobylinné osevní směsi (ve spolupráci se Správou CHKO Bílé Karpaty a Výzkumnou stanicí travinářskou v Rožnově-Zubří) a její experimentální ověřování (Jongepierová a kol., 2018; Prach a kol., 2015). Úspěšné ověření regionální směsi vedlo k tomu, že regionální směs je doporučována ekofarmě Javorník i dalším lokálním zemědělským subjektům jako vhodný prostředek k ekologické obnově luk v měnících se klimatických podmínkách na vhodných lokalitách. Přesto je obnova vysychajících luk (i kvůli složitým jednáním ze Správou CHKO) velmi komplikovaná a vedení ekofarmy Javorník ve spolupráci s doc. Ing. Stanislavem Hejdukem, Ph.D. z Mendelovy univerzity v Brně a Ministerstvem zemědělství připravuje návrh úpravy zákona, který by zahrnoval kompenzace i pro tyto zatím v zákoně nezohledněné případy.

11.3.3 Eliminace vodní eroze (agrotechnická a technická opatření)

Umístění většiny obhospodařovaných pozemků ekofarmy ve svažitém terénu (300-800 m. n. m) členité krajiny Bílých Karpat a zvyšující se frekvence přívalových dešťů přináší sebou stále častější ohrožení vodní erozí. Geomorfologie Bylnické kotliny, kde ekofarma hospodaří, je už svým charakterem náchylná k vodní erozi a půdním sesuvům, ale stále

silnější přívalové deště tuto tendenci významně posilují. Katalog bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ (VÚMOP, 2021a) uvádí, že polnosti a trvalé travní porosty ekofarmy jsou převážně na silně svažitých půdách nebo na středních svazích (rendziny) a mají spíše nižší propustnost i retenční kapacitu (viz Příloha 5). Problematice zrychlené vodní eroze a návrhům protierozních opatření se věnuje „Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy“ Ministerstva zemědělství (Novotný a kol., 2017, s. 32):

„Zrychlená vodní eroze půdy ochuzuje zemědělské půdy o nejúrodnější část – ornici, zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půd, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje štěrkovitost, snižuje obsah živin a humusu, snižuje propustnost půdy, poškozují plodiny, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztráty osiv, sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin a tím samozřejmě snižuje i hektarové výnosy. Navíc transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje a zanášejí akumulací prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují prostředí pro vodní organismy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin.“

Z celkové výměry pozemků ekofarmy (1750 ha) spadá 372 hektarů mezi silně erozně ohrožené půdy (SEO) a 917 hektarů mezi půdy mírně erozně ohrožené (MEO). Závažnost tohoto problému přiměla vedení ekofarmy Javorník připravit ve spolupráci s projekční a poradenskou kanceláří Arvita P spol. s.r.o (se sídlem v Otrokovicích) projekt „Udržitelné hospodaření v krajině Bílých Karpat I a II“, který tuto problematiku řeší komplexně spolu s dalšími souvisejícími faktory (biodiverzita, krajinný ráz). Protože se dotčená území nacházejí na území CHKO Bílé Karpaty, byla navržená opatření konzultována se Správou CHKO Bílé Karpaty a vycházejí z Plánu péče o CHKO Bílé Karpaty. V rámci zmíněného projektu bylo provedeno hodnocení zájmového území z hlediska pedologie, hydrologie, biogeografických poměrů, biodiverzity a ekologické stability území. Následně byla navržena a realizována opatření, která podporují protierozní ochranu, biodiverzitu a rozvíjení krajinného rázu v kontextu zemědělské činnosti. Konkrétní opatření realizovaná díky projektu na pozemcích ekofarmy jsou uvedena níže (Psotová, 2018):

- výsadby dřevin na orné půdě (viz obrázek 12)
- liniové výsadby dřevin na trvalých travních porostech
- výsadba a obnova stromořadí a realizace vegetační clony
- obnova pásů dřevin
- vytváření zatravněných zasačkových pruhů
- výsadba při hranicích půdních bloků a tvorba mezí v blocích orné půdy
- vytváření dočasně zatravněných pásů, zatravnění konturových polních cest s oboustrannou výsadbou
- revitalizace krajinných struktur
- realizace mělkých tůní
- odstraňování náletu a management křovin



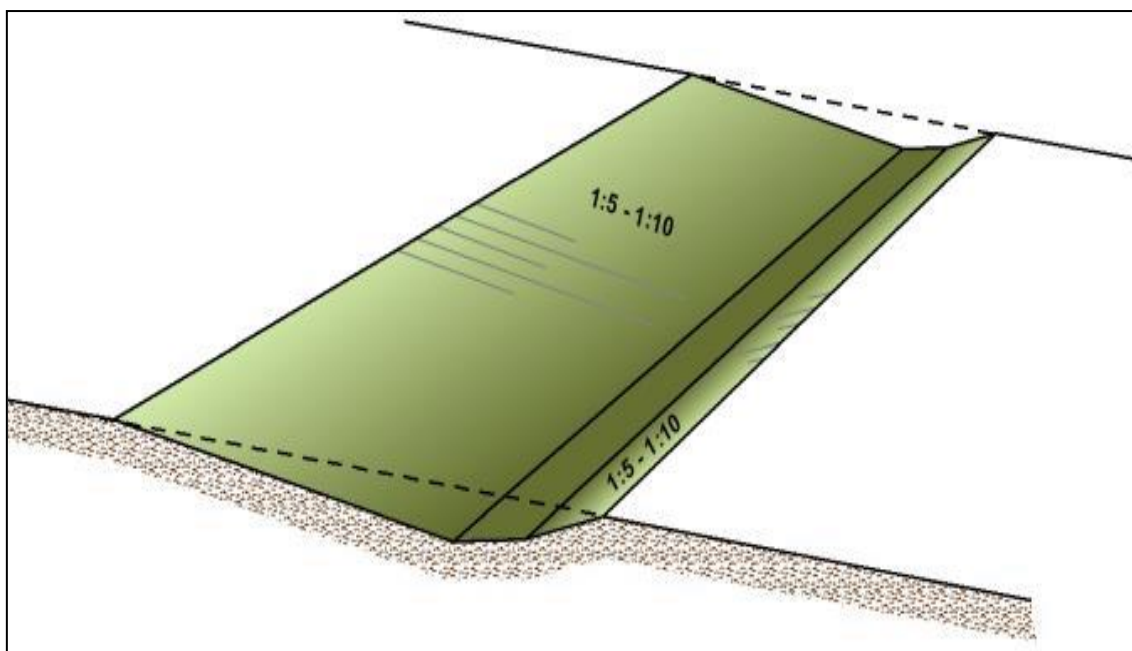
Obrázek 12 - výsadba stromů jako protierozní opatření na svažitéch pozemcích (foto: autor práce)

Většina opatření v projektu realizovaných má protierozní funkci, navíc se často dají využít i jako adaptační opatření v kontextu klimatické změny (umožňují zasakování vody a podporují vznik horizontálních srážek). Výsadby dřevin na orné půdě bylo využito k členění půdních bloků. Vzniklé travnaté pásy byly osázeny ovocnými i neovocnými stromy a v rámci výsadeb byl také založen travinobylinný porost z regionálního osiva. Liniové výsadby dřevin na trvalých travních porostech posloužily k obnovení historických liniových struktur, hlavně se jedná o oddělení trvalých travních porostů a orné půdy. Výsadby tvoří listnaté stromy neovocné i ovocné dřeviny. Výsadba a obnova stromořadí byl naplánována jako doprovod polních nebo náhonových cest s využitím neovocných stromů s doplňkovou výsadbou keřů i ovocných dřevin krajových odrůd. Cílem obnovy pásů dřevin bylo doplnění odumřelých stromů na zakládaných mezích, kde převládají listnaté dřeviny doplněné o ovocné dřeviny.

Velmi důležitým protierozním a agroenvironmentálně-klimatickým prvkem jsou zatravněné zasakovací průlehy (obrázek 13). Katalog přírodně blízkých opatření pro zadržení vody v krajině (VÚV TGM, 2018, s. 19) popisuje průlehy jako příklad biotechnických opatření:

„Průlehy mají pozitivní vliv na zvýšení vsaku vody do půdy, zpomalení povrchového odtoku (tak, aby nenabyl unášecí síly schopné odnášet zeminu) a snížení jeho objemu, přerušení délky svahu či dráhy odtoku a zvýšení vsaku vody do půdy. Zároveň dokáže zachytit odtok při vyšších srážkových úhrnech přivalových srážek“.

Důležitou součástí projektu byla i realizace mělkých, v některých případech periodicky vysychavých, tůní a mokřadů na loukách, které také mohou sloužit k zachycování povrchového odtoku přivalových srážek.



Obrázek 13 - příčný řez průlehem (zdroj: Katalog přírodně blízkých opatření pro zadržení vody v krajině, VÚV TGM, 2018)

11.3.4 Podpora retenční schopnosti půdy - zajištění organické složky (agrotechnické opatření)

Stejně jako u statku Vodňanský je i pro ekofarmu Javorník zásadní součástí jejich hospodaření péče o kvalitu orné půdy a podporu její retenční schopnosti. Ekofarma jako subjekt zaměřený na živočišnou výrobu využívá k zajištění organické hmoty v půdě především statková hnojiva vlastní produkce a vedle toho i zelené hnojení. Používání hnojiv se v České republice řídí zákonem č. 156/2009 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd, u ekologicky hospodařících farem je používání externích vstupů navíc upraveno Nařízením Evropské komise č. 889/2008, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Rady (ES) 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů, a jeho přílohami. V tomto nařízení je přesně stanoveno, jaké vstupy do půdy lze v ekologickém zemědělství používat, jejich popis, požadavky na složení a také z jakých zdrojů mohou pocházet. Ekofarma Javorník se zaměřuje především na použití chlévského hnoje z vlastních zdrojů, splňujícího podmínky dané zmíněným nařízením. Ekofarma aplikuje chlévský hnůj střídavě každý rok (vždy po náročných obilninách) na jedné ze dvou určených polovin orné půdy v množství 30 tun hnoje na 1 hektar - standard DZES, podmiňující vyplácení přímých podpor a dalších vybraných dotací, stanoví jako minimální dávku 25 tun na hektar (MZe, 2015). Chlévský hnůj je pro kvalitu půdy přínosný následujícími způsoby (VÚMOP, 2021b; Goldberg a kol., 2020; Miao a kol., 2019):

- obohacuje půdu o snadno rozložitelné uhlíkaté a dusíkaté látky, které jsou zdrojem energie, CO₂ a přijatelných forem dusíku i ostatních živin
- obsahuje v sušině asi 1 – 2 % mikroorganismů, které příznivě ovlivňují biologickou půdní činnost

- obsahuje růstové látky, hlavně heteroauxin
- je zdrojem vody (obsahuje 60 – 80 % vody)
- omezuje vodní erozi

Jak uvádí Lošák a kol., výhodou chlévského hnoje (na rozdíl od digestátů nebo minerálních hnojiv) je obsah primární organické hmoty, která umožňuje mikrobiální činnost pro vznik půdních tmelů, koagulaci půdních koloidů a vznik půdních agregátů potřebných pro retenci vody (Lošák, 2021). Stejný efekt má i zelené hnojení, které ekofarma také využívá, především v podobě hořčice bílé, která je mulčována a zaorávána do orné půdy.

Kvalitu půdy a její složení na ekofarmě Javorník monitorují díky rozborům půdy sledujícím pH a množství fosforu, vápníku a draslíku. Rozbory půdy z posledních let vykazují kyselou půdní reakci a ubývání vápníku, ke kterému dochází odčerpáním rostlinami ale také vymýváním vlivem silnějších přívalových dešťů. Proto ekofarma naplánovala vápnění jejich pozemků. I zastoupení vápníku v půdě souvisí s vodním režimem plodin, protože plodiny rostoucí v příliš kyselých půdách jsou méně schopné vyrovnávat se s nedostatkem vláhy a mají nižší výnosy.

11.3.5 Podpora retenční schopnosti půdy - vegetační kryt (agrotechnické opatření)

Stejně jako u statku Vodňanský se i na ekofarmě Javorník snaží o minimalizaci odkrytí půdy a zajištění vegetačního krytu. Vegetační kryt je zajištěn důsledným plánováním a optimalizací osevních postupů s využitím meziplodin a letních směsí. Využití meziplodin sice zvyšuje náklady, ale přináší celou řadu benefitů (protierozní funkce, podpora retenční schopnosti půdy, eliminace ztráty dusíku vymýváním a podpovrchovým odtokem, eliminace ztráty půdní organické hmoty (Cerdà a kol., 2018). Navíc meziplodiny mají fytosanitární funkci (ochrana před chorobami a škůdci), mohou také sloužit jako úložiště CO₂ díky fotosyntetické aktivitě rostlin využitých jako meziplodiny a tím pozitivně ovlivnit množství půdního uhlíku (Kwiatkowski a kol., 2020; Pawłowska a kol., 2019).

11.3.6 Podpora retenční schopnosti půdy – způsob orby (agrotechnické opatření)

Na rozdíl od statku Vodňanský ekofarma Javorník zatím bezorebné obdělávání půdy nevyužívá, ale do budoucna plánují půdoochranné technologie mezi své postupy zahrnout. Prozatím na polovině svých pozemků zkoušejí šetrnější způsob orby – podmítání radličkami.

11.4 Zhutnění půdy

I pozemky ekofarmy Javorník trpí kvůli používání těžké mechanizace zhutněním půdy, které zabraňuje efektivnímu vsakování srážek a zrychluje povrchový odtok při přívalových deštích. Zhutněné jsou především úvraťové úseky (místa obracení zemědělské techniky), které mají sníženou vzcháživost (hlavně jařiny). Hledání cest k řešení tohoto problému podle slov pan Pastorka ekofarmu Javorník teprve čeká.

11.5 Meliorace

V dnešní době klimatické změny a boje se suchem je systém velkoplošného odvodnění (zjednodušeně nazývaný termínem „meliorace“) na zemědělských pozemcích, vzniklý v 60. až 80. letech minulého století, vnímaný spíše negativně, protože přispívá k nadměrnému vysoušení zemědělských pozemků při suchých epizodách. Pozemky obhospodařované ekofarmou Javorník jsou však příkladem lokality, kde i v kontextu klimatické změny mají meliorační systémy většinou pozitivní vliv a plní svou původně zamýšlenou funkci, což je dáno i lokálními geomorfologickými, hydrologickými a pedologickými podmínkami (většinou těžké půdy). Pomáhají především při přívalových srážkách a zabraňují podmáčení. Dle sdělení pana Pastorka při ucpání části melioračního systému dochází ke vzniku silně podmáčených míst, která zásadně znesnadňují zemědělské činnosti a pohyb zemědělské techniky.



Obrázek 14 – typická mozaikovitá krajina Bílých Karpat (foto: autor práce)

12. Svobodný statek na soutoku

12.1 Základní údaje

Svobodný statek na soutoku, o.p.s., České Kopisty, Ústecký kraj	
Výměra využívané zemědělské půdy	11 ha
Typ pozemků	orná půda (9 ha), mimoprodukční plochy (2 ha), TTP (1 ha)
Hlavní plodiny	zelenina (7 ha), brambory, luskoviny
Hlavní zemědělské činnosti	pěstování zeleniny, chov hospodářských zvířat
Typ hospodaření	certifikované ekologické zemědělství, biodynamické hospodářství
Vodní zdroje	řeka Labe, řeka Stará Ohře, vlastní studna, pronájem závlahy
Spotřeba vody	sledována pouze u vody ze studny pro závlahu fóliovníků – 100.000 litrů ročně
Využívání vodních zdrojů	závlaha vybraných plodin na polích, závlaha ve fóliovnících, napájení dobytka

Tabulka 3 – základní údaje o Svobodném statku na soutoku

Obecně prospěšná společnost Svobodný statek na soutoku byla založena roku 2012. Kromě provozování zemědělské činnosti si společnost vytyčila i další cíle svých aktivit (Svobodný statek na soutoku, 2021):

- ozdravení krajiny, společnosti a postavení zemědělce v nich
- utváření svobodného statku na principech bio-dynamického zemědělství
- vytvořit prostor pro pracovní, poznávající a sociální setkávání lidí na statku
- konat a utvářet se smyslem pro krásu a pravdivost
- ve svém úsilí navázat na podněty a práci Rudolfa Steinera a Karla Königa, a na zemědělský odkaz Eugena Krause

Na 11 hektarech svých pozemků v blízkosti obce České Kopisty (okres Litoměřice) se zaměřují hlavně na pěstování zeleniny, ovoce, bylin a květin. Důležitým prvkem je krajnotvorba - vytváření remízků nebo vyvýšenin nebo sázení stromů. Věnují se i přidružené výrobě - produkci sušených bylin a čajů, výrobě džemů, kečupů, pesta nebo produktů z včelího medu a vosku. Své výpěstky a produkty nabízejí a prodávají v rámci systému KPZ (Komunitou podporované zemědělství), využívajícím smlouvu mezi zemědělcem a odběrateli, ve které se zemědělec zavazuje pěstovat a odběratelé odebírat domluvené výpěstky, a tím sdílejí rizika neúrody a živelných pohrom. Odběratelé obvykle platí za výpěstky předem, za což během celé sezóny dostávají dávky zeleniny a

dalších produktů s ohledem na aktuální období a úrodu. Systém KPZ účinně podporuje lokální produkci i lokální spotřebu, minimalizuje náklady spojené s balením nebo dopravou a aktivně přispívá k trvale udržitelné produkci potravin. (KPZinfo, 2021)

Rozhovor byl veden s ředitelem Svobodného statku, panem Jaroslavem Lenhartem.

12.2 Lokální hydrologické podmínky a srážkový trend

Stejně jako dva předchozí příklady, i Svobodný statek má pro své hospodaření velmi specifické lokální hydrologické a pedologické podmínky. Drtivá většina obhospodařovaných pozemků leží v těsné blízkosti soutoku řeky Labe a jejího přítoku Staré Ohře v lokalitě bývalé delty Staré Ohře a půdy na nich jsou tvořeny říčními sedimenty. Díky písčitému nebo jílovitému podloží na nich dochází k extrémní vzlínavosti, což je pro pěstování zeleniny velmi příhodné. Lokalita byla několikrát zasažena katastrofickými povodněmi (např. 2002 nebo 2013), což podle slov pana Lenharta přináší negativní i pozitivní dopady (nános úrodného říčního bahna a sedimentů a míra jejich kontaminace škodlivými látkami nebo rizikovými prvky). Statek leží v rovinaté krajině Polabí (v blízkosti Terezína a Litoměřic) a lokální velmi teplé a suché mikroklima je ovlivněno i tím, že tato tradiční zemědělská oblast je tvořena rozsáhlými plochami většinou intenzivně obdělávané nebo zastavěné půdy a obsahuje velmi malé množství trvalých travních porostů nebo lesních pozemků. V Atlase hydrologických poměrů (VÚV TGM, 2021) je okolí Svobodného statku vedeno jak oblast s mírně negativní hydrologickou bilancí (-200 – 0 mm) a vysokou evaporací (400-500 mm). Do roku 2017 - na rozdíl od ostatních zemědělských subjektů v okolí - díky vzlínavosti vody z řeky Labe a uplatňování principů biodynamického zemědělství (viz níže) nebylo třeba závlahy ani u plodin na vodu náročných, ale v posledních velmi suchých a teplých letech Svobodný statek musel k závlahám přistoupit. Dle sdělení pana Lenharta od roku 2015 při letních teplotních extrémech a nadprůměrnému výparu ze svrchní části půdy docházelo doslova ke „spálení“ a odumírání některých plodin (hlavně nízko kořenící zeleniny). Tento trend potvrzují i data Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ, 2021) z let 1990 až 2019 z měřících stanic v Doksanech a Litoměřicích - obě vzdálené přibližně 5 kilometrů od pozemků Svobodného statku (viz příloha 4). Data vykazují výrazný nárůst průměrné měsíční teploty na začátku pěstební sezóny i v období jejího vrcholu. Například průměrné červencové teploty se zkraje 90. let minulého století pohybovaly kolem 15 °C, ale v letech 2017 až 2019 už dosahovaly 20 stupňů, v roce 2019 to bylo 22 °C. Co se týče srážkových úhrnů, i v okolí Litoměřic mezi lety 1990 až 2019 srážek v pěstební sezóně mírně ubývalo, a v posledních letech došlo k výraznému poklesu v červnu a v červenci - průměrné měsíční úhrny byly v letech 2018 a 2019 kolem 40 mm oproti dlouhodobému průměru nad 60 mm (viz příloha 4). Dalším trendem je zvyšující se nerovnoměrnost rozložení srážek ilustrovaná rostoucími měsíční maximy.

Negativní vliv klimatických trendů je navíc zesílen pedologickými podmínkami na polnostech statku. Podle katalogu bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ (VÚMOP, 2021a) okolí Svobodného statku leží v teplém a suchém klimatickém regionu, kde je pravděpodobnost suchých vegetačních období více než 60 %. Většina polností je rovinatá a převažují regozemě, které mají nízkou retenční kapacitu, jsou vysychavé a také jsou ohroženy utužením (viz příloha 5). V publikaci Živá půda je popisován takzvaný

„nepromyvný“ vodní režim v půdě (Šimek a kol., 2019), který je typický pro nejteplejší nížiny České republiky, kam spadá i Litoměřicko.

K polním závlahám Svobodný statek využívá vodu z obecního systému vysokotlaké závlahy, a to především v letních měsících, kdy je třeba zajistit, aby plodiny měly dostatek vláhy pro dorůstání do komerční velikosti. Vodu z obecního systému místní zemědělské subjekty platí na základě zavlažované výměry a plodiny. K zavlažování ve fóliovnících je využívána voda z vlastní studně přečerpávaná do cisteren v blízkosti fóliovníků.

12.3 Biodynamické zemědělství

Přístup k hospodaření a všechny zemědělské činnosti Svobodného statku jsou významně ovlivněny principy biodynamického zemědělství, ke kterým se zakladatelé statku přihlásili. Biodynamické zemědělství vychází z myšlenek a principů předložených rakouským myslitelem Rudolfem Steinerem v rámci jeho filosofického systému – antroposofie. Rudolf Steiner (1861 – 1925) se věnoval filosofii, pedagogice, lékařství, přírodním vědám, ale také zemědělství, a to jak teoreticky tak prakticky. Principy biodynamického zemědělství jsou založeny na jeho cyklu přednášek „Zemědělský kurz“ z roku 1924 a dalších pracích, ze kterých se v průběhu 30. let minulého století ustavil systém zemědělského hospodaření s názvem „biodynamické zemědělství“ (biodynamika). Tento systém se ve svých principech v mnohém protíná s později etablovaným ekologickým zemědělstvím (např. odmítání syntetických vstupů do půdy a industrializace zemědělských činností, důraz na péči o půdu a na organický charakter produktů a materiálů), ale má také celou řadu specifických a ojedinělých prvků. V první řadě je to holistický přístup k zemědělské produkci využívající nejenom poznatky z přírodních věd a agronomie, ale také z filosofie, astrologie a kosmologie. To je i zdrojem kontroverze a odmítání biodynamického přístupu, protože kvůli svému „ezoterickému“ charakteru je toto zemědělství považováno za pseudovědu bez dostatečného vědeckého základu. Dalším významným principem je snaha o uzavřenost zemědělských jednotek a systémů – každé hospodářství by mělo být schopno vyprodukovat vše, co potřebuje, k čemuž je využíván pečlivě propracovaný systém kombinující živočišnou a rostlinnou výrobu (Hradil, 2015). Půdu biodynamické zemědělství vnímá jako organismus ovlivňovaný látkovými, energetickými a kosmickými toky (cyklus Měsíce), a o tento organismus se biodynamičtí zemědělci snaží pečovat nejen běžnými prostředky (organické hnojení, agrotechnické postupy), ale také ji oživovat prostřednictvím speciálních preparátů (viz níže). Jednotlivé složky systému podílející na koloběhu života rostlin vnímá biodynamika jako esence (esence země, esence ohně, esence vzduchu a vodní esence), které je třeba harmonizovat a ve správném období jednotlivé esence účinně využívat a podporovat nebo naopak tlumit (Waldin, 2016). V současnosti se k biodynamickým principům hlásí více než 4000 hospodářství ve čtyřech desítkách zemí světa (hlavně v Německu a ve Švýcarsku, ale i v anglosaských zemích) a biodynamické zemědělství má dnes i svou certifikační značku - Demeter. V České Republice existuje několik biodynamických hospodářství, kromě Svobodného statku na soutoku třeba biodynamické vinařství Vinné sklepy Kutná Hora, bio statek Zdoňov, bio statek Bemagro nebo farma Kout. V zahraničí se výsledkům biodynamického hospodaření věnuje i odborný a akademický výzkum (viz níže), u nás ale zůstává biodynamika stále spíše okrajovou záležitostí.

12.4 Adaptační opatření reagující na změnu klimatu a vodního režimu

Jak jsme již popsali výše, situace Svobodného statku je velmi specifická díky umístění obhospodařovaných pozemků na břehu řeky Labe, zaměřením na pěstování zeleniny a využívání biodynamických postupů. Přesto i v případě Svobodného statku lze mluvit o vlivu klimatické změny, na který zemědělské aktivity statku reagují v rámci plánování, zaměření aktivit, volby plodin a agrotechnických postupů a adaptačních opatření.

12.4.1 Organizace půdních bloků a krajinné úpravy (organizační opatření)

Od roku 2009, kdy Svobodný statek zahájil svou zemědělskou činnost, byla výměra obhospodařovaných pozemků postupně navyšována z původních dvou hektarů na dnešních 11 hektarů a během celého procesu - v souladu s biodynamickým přístupem - byl a je kladen důraz na vytváření propojeného a „harmonického“ organismu – soustavy menších bloků orné půdy, trvalých travních pozemků, stromořadí, remízků, květinových záhonů, vyvýšenin, cest a dalších krajinných prvků. Krajnotvorba - tedy snaha o utváření souladu mezi kulturními aktivitami a přírodními procesy, patří mezi významné prvky biodynamiky. Stejně jako u rodinného statku Vodňanský jde tedy o vytváření kulturních, estetických a přírodních hodnot, ale také o vytváření krajinné struktury, která bude schopná díky pestrosti a vyváženosti co nejlépe reagovat na měnící se klimatické podmínky a extrémní situace.



Obrázek 15 – využívání vyvýšenin, stromů a travních porostů na pozemcích statku (foto: autor práce)

12.4.2 Optimalizace výběru plodin a osevních postupů (organizační opatření)

Svobodný statek se od začátku své činnosti snaží o co největší pestrost pěstovaných plodin. Jde o několik desítek druhů plodové, kořenové, listové, cibulové nebo košťálové

zeleniny a dalších doplňkových plodin (brambory, pórek, celer, salát hlávkový, salát římský, vodnice, polníček, špenát, pórek, jarní cibulka, artyčok, batáty, brokolice, celer, cibule bílá a červená, cibule šalotka, chilli papričky, cuketa, česnek, dýně, fazolové lusky, fenykl, hrášek, jakon, kadeřávek, kapusta, kedluben, kořen černý, kořen světelný, kukuřice, květák, lilek, mangold, meloun, mrkev, okurky, paprika, pastinák, patizon, petržel, rajčata, ředkev, ředkvičky, řepa červená, řeřicha, topinambury, tuřín, zelí hlávkové). Dle sdělení pana Lenharta Svobodný statek plánuje snížení počtu plodin o ty, které těžko zvládají nárůst letních teplot a sušší podmínky.

12.4.3 Eliminace vysoušení půdy a strip farming/cropping (agrotechnické opatření)

Hlavním problémem posledních let na pozemcích Svobodné statku jsou krátkodobé extrémní přísušky. Polnosti Svobodného statku mají problém s nedostatkem půdní vláhy v povrchové vrstvě (do 20 cm), hlubší půdní vrstvy jsou saturovány vlhkostí díky vzlínání vody z řeky Labe. Povrchová půdní vrstva při extrémních letních teplotách rychle vysychá a to ohrožuje především nízkokořenící druhy využívaných plodin. Konvenční zemědělci v okolí tento problém řeší hlavně masivním využíváním obecní závlahy postříkovou formou, což ale vede k nedostatečnému rozvoji kořenového systému plodin, nepřirozené vodnatosti a zhoršení jejich kvality. Svobodný statek se snaží závlahu využívat jen v nejnnutnějších případech (30% pozemků) a preferují kapénkovou formu závlahy. K eliminaci nadměrného vysoušení půdy využívají zakrývání ohrožených plodin speciální textilii, která chrání rostliny před přímým slunečním světlem a půdu před rychlou ztrátou vlhkosti.



Obrázek 16 – zakrytí plodin textilií zabraňující výparu při vysokých teplotách (foto: autor práce)

Další metodou, která chrání půdu před nadměrným výparem, je pásové pěstování plodin, tzv. „strip farming“ nebo „strip cropping“ (někdy také „strip intercropping“). Jde o vysévání užších a dlouhých pásů různých druhů plodin blízko sebe v rámci jednoho půdního bloku. Tento postup umožňuje synergicky kumulovat pozitivní přínos a vlastnosti různých plodin

v rámci jednoho půdního celku – jde například o výšku některých plodin a poskytování stínu, různou hloubku kořenů, zakrytí půdy velkými listy, střídání osetých a travnatých pásů. Strip cropping má také protierozní účinky (v případě Svobodného statku a jeho rovinatých pozemků, umístěných v intenzivně obdělávané oblasti nechráněné lesy, jde především o větrnou erozi), u erozně nebezpečných plodin umožňuje využití ochranných podplodin, zpomaluje povrchový odtok, snižuje jeho objem, zvyšuje vsak vody do půdy a zlepšuje vodní režim v půdě. Přidanou hodnotou je ochrana před škůdci, podpora biodiverzity hmyzu, půdního edafonu a podpora opylovačů. Pásové pěstování patří mezi opatření doporučené Ministerstvem zemědělství v rámci standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES (MZe, 2015) a také mezi postupy navrhované v Katalogu přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině (VÚV TGM 2018). Výzkum této metody v zahraničí potvrzuje její pozitivní účinky především u erozně nebezpečných plodin jako kukuřice (Głowacka a kol., 2018; Wang a kol., 2020; Wu a kol., 2019). Na závěr této sekce uvedme slova pana Lenharta:

„Závlaha není, to co do půdy nalijeme, ale to, co uděláme pro pozitivní procesy ve vodním režimu spravovaného zemědělského organismu“.



Obrázek 17 – využití metody strip cropping na pozemcích Svobodného statku (foto: autor práce)

12.4.4 Podpora retenční schopnosti půdy - zajištění organické složky (agrotechnické opatření)

Péče o půdu a její oživování jsou jedním ze základních biodynamických principů. Jak jsem již uvedl výše, kromě běžných nástrojů zmíněných i u předchozích dvou subjektů (hnojení kravským hnojem produkovaným přímo na statku, zelené hnojení, zaorávání rostlinných zbytků, mulčování) jde o specifický postup oživování půdy – vytváření a aplikace speciálních preparátů, které si připravuje každý biodynamický zemědělec sám dle standardizovaných postupů. Svobodný statek vytváří a aplikuje především preparát s číselným označením 500 – roháček. Tento preparát se připravuje z čerstvého

kravského hnoje, který je na podzim napěchován do kravských rohů. Kravské rohy se poté zakopou do země a hnůj je ponechán ke zkompostování – fermentaci (Waldin, 2016; Hradil, 2015). Tento poněkud nezvyklý způsob přípravy hnojícího přípravku vede k vytváření prostoru pro mýty a pověry o biodynamice. Nicméně dle biodynamických principů tento postup má své opodstatnění - protože hnůj je pod zemí bez přístupu vzduchu, kompostování probíhá anaerobním procesem, a to v prostředí s vysokým obsahem vápníku – díky schránce z kravského rohu, tím by mělo dojít k výraznému zesílení budoucího účinku preparátu. Na jaře se roháček – tedy hnůj přes zimu zkompostovaný v kravském rohu – vykope ze země, vyklepe z rohů, vmíchá do vody a aplikuje postříkem v ředěné formě na zoranou půdu. Na takto ošetřené půdě by pak mělo dojít k zlepšení půdních procesů i vodního režimu, lepšímu rozvoji kořenového systému rostlin a podpoře aktivnějšího podzemního života (Waldin, 2016; Hradil, 2015). Biodynamické přípravky by měly fungovat na homeopatickém principu, tedy používají se v nepatrných koncentracích (díky zředění vodou), ale měly by mít o to větší účinky. Poněkud „okultní“ charakter vytváření roháčku a dalších biodynamických preparátů je pravděpodobně i důvod, proč se výzkumu účinku biodynamických přípravků věnuje recenzovaná odborná literatura jen velmi zřídka, ale publikované články hodnotí účinky těchto preparátů spíše pozitivně (Carpenter-Boggs a kol., 2000; Radha a Rao, 2014; Reeve a kol., 2010).

12.5 Zhutnění půdy

I polnosti Svobodného statku mají problém z utužením, a to především ve svrchní vrstvě půdy. Jak je obvyklé, utužení vzniká používáním těžké mechanizace, u Svobodného statku jde o pětitunový traktor používaný například pro diskování a tažení rotovátoru. Utužení na pozemcích statku předchází co největším omezením výjezdů těžké techniky - velká část polních prací se provádí ručně za využití brigádníků, dobrovolníků a klientů sociálního centra Camphill přidruženého ke Svobodnému statku. Utužení narušují také osevnické postupy s hlubokokořenicími rostlinami (kořenová zelenina, košťáloviny, pastinák, rajčata, dýně, melouny), jejichž kořeny jsou bez zbytečné závlahy motivovány prorůstat do nižších půdních vrstev, kde využívají vláhy vztlínající z říční vody.

13. Diskuse

Lze konstatovat, že probíhající změna klimatu a vodního režimu zemědělské půdy ovlivňuje hlavní zemědělské činnosti u všech tří zkoumaných subjektů. Významný vliv klimatické změny a vodního režimu si vedoucí pracovníci vybraných subjektů plně uvědomují, své aktivity jim přizpůsobují a tím zajišťují udržitelnost zemědělských aktivit v dané lokalitě. Klimatické a hydrologické trendy je motivují k využívání široké škály nejrůznějších adaptačních opatření a opatření na zmírnění dopadů těchto změn. Všechna navštívená hospodářství jsou při aplikaci těchto postupů velmi úspěšná, jak bylo ověřeno v případových studiích a naznačují to i ocenění zmíněná výše.

Při celkovém hodnocení případových studií lze vysledovat několik důležitých tendencí společných zkoumaným subjektům, které by mohly sloužit jako modelové příklady pro sektor zemědělství v České republice.

13.1 Blízký vztah k lokalitě, kde zemědělské činnosti probíhají

Sídlo, hospodářské a administrativní budovy i zázemí Statku Vodňanský, ekofarmy Javorník i Svobodného statku na soutoku se nacházejí přímo v lokalitě, kde probíhají jejich zemědělské činnosti. To jim umožňuje vytvářet a rozvíjet kontinuální a velmi těsný vztah s obhospodařovanou krajinou a mohou tak:

- vnímat měnící se klimatické a hydrologické podmínky, pružně na ně reagovat a hledat odpovídající adaptační opatření
- efektivně využívat mikroklimatické faktory a specifické lokální hydrologické a pedologické podmínky (a popřípadě je pozitivně upravovat)
- udržovat rovnováhu mezi ekonomickými výnosy a minimalizací negativního dopadu hospodaření na krajinu
- optimalizovat hospodaření ve výrobní sféře i v oblasti managementu

Pečlivá lokalizace a optimalizace zemědělské činnosti spojené s trvalým poutem k obhospodařované půdě je v České republice spíše menšinovým přístupem. Vychází to i ze struktury vlastnických a uživatelských vztahů na zemědělském půdním fondu v ČR. Největší podíl výměry zemědělské půdy v ČR (téměř 70%) obhospodařují podniky právnických osob, z nichž většinu tvoří velké akciové společnosti (Hruška a kol., 2018). Velké akciové společnosti, většinou se sídlem ve větším městě, centrálně řídí aktivity na mnoha různých lokalitách, které řídící pracovníci blíže neznají a někdy je ani nenavštívili. Dalším faktem znesnadňujícím vytvoření blízkého vztahu k obhospodařované půdě, je velmi vysoký podíl subjektů hospodařících na pronajaté půdě - pronajímáno je více než 74 % (Hruška a kol., 2018). Nevhodné majetkoprávní a uživatelské poměry v českém zemědělství, ovlivněné politickým vývojem po roce 1948 a neúspěšnou transformací českého zemědělství po roce 1989, činní Českou republiku unikátní v rámci Evropské unie a pro úspěšnou adaptaci na změnu klimatu bude třeba tyto problémy koncepčně řešit na národní úrovni.

13.2 Důraz na udržitelnost zemědělských činností

Lokalizace a optimalizace zemědělské činnosti je nezbytnou podmínkou pro zajištění udržitelnosti. Všechna navštívené subjekty vnímají potřebu udržitelnosti svého hospodaření jako zásadní a přizpůsobují jim provádění a plánování zemědělských aktivit v krátkodobém i dlouhodobém horizontu.

13.3 Péče o kvalitu půdy

Základním požadavkem udržitelného zemědělského hospodaření je důsledná péče o kvalitu půdy. Jak bylo popsáno v případových studiích, u všech navštívených subjektů tvoří péče o kvalitu půdy zásadní část jejich aktivit i jejich plánování, ať už jde o udržování organické složky v půdě, šetrné způsoby obdělávání půdy, optimalizované oseední postupy nebo ochranu půdy před vodní a větrnou erozí. I tento přístup není v podmínkách českého zemědělství běžný – jak bylo popsáno v první části práce, většina zemědělského půdního fondu trpí nějakou formou degradace, ke které industrializované zemědělství výrazně přispívá, a klimatická změna tento negativní trend stále více zesiluje. Problém degradace zemědělské půdy v České republice i v dalších evropských zemích se stává natolik závažným, že naléhavost jeho řešení je již formulována ve strategických národních dokumentech, Evropská komise formulovala Tematickou strategii pro ochranu půdy a v současné době probíhají v EU jednání k přípravě Rámcové směrnice k ochraně půdy. Doufejme, že důsledná ochrana zemědělské půdy a opatření k jejímu ozdravení budou dostatečně efektivní a přinesou co nejdříve pozitivní výsledky.

13.4 Optimalizace velikosti a členění zemědělských pozemků

Pro Českou republiku jsou typické velké rozlohy půdních bloků, opět na rozdíl od většiny evropských zemí. Podle výsledků Strukturálního šetření v zemědělství (ČSÚ, 2018) sice malé zemědělské podniky tvoří skoro 60 % z celkového množství 26 525 zemědělských subjektů, ale hospodaří pouze na 5 % půdy. Na většině zemědělské půdy hospodaří velké akciové společnosti a průměrný zemědělský subjekt právnické osoby obhospodařuje více než 800 hektarů (ČSÚ, 2018). Nejpodstatnější je ovšem, že Česká republika má největší průměrnou rozlohu půdního bloku v Evropě – asi 20 hektarů (Kuták, 2017). Velké rozlohy průměrného celistvého bloku orné půdy přináší ohrožení vodní i větrnou erozí, vyžadují využívání velké a těžké mechanizace utužující půdu, negativně ovlivňují mikroklimatické podmínky a snižují diverzitu krajiny.

Příklady popsané v případových studiích ilustrují možnosti využívání optimálního tvaru, velikosti a umístění zemědělských pozemků. Dělení půdních bloků, ke kterému přistoupily všechny navštívené subjekty, a optimalizace jejich využívání umožňují efektivně využívat specifické podmínky každé lokality a na hranicích mezi jednotlivými bloky vytvářet krajinné prvky podporující zasakování srážkové vody a protierozní ochranu.

14. Závěr

Jak bylo konstatováno v obou částech práce, zemědělská produkce v České republice je stále výrazněji ovlivňována změnou klimatu a zemědělské činnosti jsou pod stále větším tlakem rostoucích teplot, nedostatku vláhy v klíčových obdobích zemědělské produkce a hydrometeorologických extrémů a katastrof (sucho, povodně, přívalové srážky). Tyto negativní dopady klimatické změny mají vliv na výnosy klíčových plodin a v budoucnu se mohou stát i příčinou hospodářských škod a bezpečnostních rizik.

Případové studie popisují postupy a strategie, které by mohly sloužit jako modelové příklady pro sektor zemědělství v České republice a naznačovat, kterým směrem by se mělo v budoucnu vydat pro zajištění adaptability, udržitelnosti, konkurenceschopnosti i národní bezpečnosti.

Seznam použité literatury:

- Adaptterra Awards, 2021. Pestrá krajina na statku Vodňanský. *Adaptterra Awards* [online]. Adaptterra Awards. [Cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://www.adaptterraawards.cz/Databaze/2020/Pestra-krajina-statek-Vodnansky>
- BADALÍKOVÁ, Barbora a Martin VAŠINKA, 2020. Organická hmota pozitivně působí na vláhové podmínky v půdě. In: *Agromanual.cz* [online]. 27. 11. 2020 [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/organicka-hmota-pozitivne-pusobi-na-vlahove-podminky-v-pude>
- BATYSTA, Marek, 2016. Význam luskovin pro ochranu půdy. In: *Světový den výživy 2016 – seminář* [online]. 30.8.2016 [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://www.vyzivaspol.cz/svetovy-den-vyzivy-2016-seminar/>
- BERANOVÁ, Magdalena a Antonín KUBAČÁK, 2010. *Dějiny zemědělství v Čechách a na Moravě*. 1. vyd. Praha: Libri. ISBN 978-80-7277-113-4.
- BRANIŠ, Martin a Iva HŮNOVÁ, 2016. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*. 1. vyd. Praha: Karlova Univerzita. ISBN 9788024615981.
- BRÁZDIL, Rudolf, Miroslav TRNKA a kol., 2015. *Historie počasí a podnebí v Českých zemích: minulost, současnost, budoucnost. Svazek XI, Sucho v Českých zemích*. Brno: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky. ISBN 978-80-87902-11-0.
- BRÁZDIL, Rudolf, Pavel ZAHRADNÍČEK, Petr DOBROVOLNÝ, Petr ŠTĚPÁNEK a Miroslav TRNKA, 2021. Observed Changes in Precipitation during Recent Warming: The Czech Republic, 1961–2019. *International Journal of Climatology*. 1-22. doi: 10.1002/joc.7048.
- BRTNICKÝ, Martin, 2012. *Degradace půdy v České republice*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-87361-20-7.
- CARPENTER-BOGGS, Lynne., John P. REGANOLD a Ann C. KENNEDY, 2000. Effects of Biodynamic Preparations on Compost Development. *Biological Agriculture and Horticulture*. 17(4), 313–28. doi: 10.1080/01448765.2000.9754852.
- CERDÀ, Artemi, Jesús RODRIGO-COMINO, Antonio GIMÉNEZ-MORERA a Saskia D. KEESSTRA, 2018. Hydrological and Erosional Impact and Farmer's Perception on Catch Crops and Weeds in Citrus Organic Farming in Canyoles River Watershed, Eastern Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 258, 49–58. doi: 10.1016/j.agee.2018.02.015.
- CÍLEK, Václav, Alexander AČ a kol., 2019. *Věk nerovnováhy: klimatická změna, bezpečnost a cesty k národní resilienci*. 1. vyd. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2930-0.
- ČHMÚ, 2021. Historická data. *Portál ČHMÚ* [online]. Český hydrometeorologický ústav. [Cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-data-dle-z.-123-1998-Sb>
- ČSÚ, 2021. Strukturální šetření v zemědělství - analytické vyhodnocení - 2016. *Český statistický úřad* [online]. Český statistický ústav. [Cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/strukturalni-setreni-v-zemedelstvi-analyticke-vyhodnoceni-2016>
- ČVUT, 2021. SMODERP. *ČVUT v Praze - Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství* [online]. České vysoké učení technické v Praze. [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <http://storm.fsv.cvut.cz/cinnost-katedry/volne-stazitelne-vysledky/smoderp/smoderp1d/vstupni-parametry/?lang=cz>

- Fakta o klimatu, 2021. Průměrná roční teplota v ČR. *Fakta o klimatu* [online]. Fakta o klimatu. [Cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/teplota-cr>
- FANTA, Josef a Petr PETŘÍK, ed., 2014. *Povodně a sucho: krajina jako základ řešení : sborník příspěvků ze seminářů komise pro životní prostředí Akademie věd ČR konaných ve dnech 8. října 2013 a 5. června 2014*. 1. vyd. Průhonice: Botanický ústav Akademie věd ČR. ISBN 978-80-86188-44-7.
- GALLAS, Jan, Vlastimil ZEDEK a Jiří JUNGR, 2017. *Adaptace zemědělství na změny klimatu v podmínkách ČR*. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-388-9.
- GŁOWACKA, Aleksandra, Bogdan SZOSTAK, Renata KLEBANIUK, and Anna KIEŁTYKA-DADASIEWICZ, 2018. Is Strip Cropping an Effective Way for Maize Biofortification? *Journal of Chemistry*. **2018**, 2-8. doi: 10.1155/2018/1601920.
- GOLDBERG, Nurit, Uri NACHSHON, Eli ARGAMAN a Meni BEN-HUR, 2020. Short Term Effects of Livestock Manures on Soil Structure Stability, Runoff and Soil Erosion in Semi-Arid Soils under Simulated Rainfall. *Geosciences*. **10**(6),1–13. doi: 10.3390/geosciences10060213.
- HARI, Vittal, Oldřich RAKOVEC, Yannis MARKONIS, Martin HANEL a Rohini KUMAR. 2020. Increased Future Occurrences of the Exceptional 2018–2019 Central European Drought under Global Warming. *Scientific Reports*. **10**(1),1–10. doi: 10.1038/s41598-020-68872-9.
- HRADIL, Radomil, 2015. *Půda zdravá, živá, úrodná*. 1. vyd. Olomouc: Bioinstitut. ISBN 978-80-87371-28-2.
- HRUŠKA, Martin a kol., 2018. *Situační a výhledová zpráva: Půda 2018*. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-476-3.
- IGLESIAS, Ana, Dionysis ASSIMACOPOULOS a Henny A. J. van LANEN, 2018. *Drought: science and policy*. 1.vyd. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-119-01720-2.
- IPCC, 2018. *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Geneva: World Meteorological Organization.
- JONGEPIEROVÁ, Ivana, Pavel PRACH, and Karel PEŠOUT, 2018. *Ekologická Obnova v České Republice II*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. ISBN 978-80-88076-83-4.
- JONGEPIEROVÁ, Ivana, 2021. *Vysychání bělokarpatských luk*. Online rozhovor s RNDr. Ivanou Jongepierovou. 10.3.2021.
- KPZinfo, 2021. Principy KPZ. *KPZinfo* [online]. KPZinfo. [Cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://kpzinfo.cz/co-je-kpz/principy/>
- KUTÁK, Aleš, 2017. *Ekosystémy v Roce 2030*. Praha: Úřad vlády České republiky. ISBN: 978-80-7440-193-0.
- KUTÍLEK, Miroslav, 2012. *Půda planety Země*. 1. vyd. Praha: Dokořán. ISBN 978-80-7363-212-0.
- KWIATKOWSKI, Cezary A., Elzbieta HARASIM a Lucjan PAWLOWSKI, 2020. Can Catch Crops Be an Important Factor in Carbon Dioxide Sequestration? *International Journal of Conservation Science*. **11**(4),1005–18.

- LI, Junran, Gregory S. OKIN, Lorelei ALVAREZ a Howard EPSTEIN, 2007. Quantitative Effects of Vegetation Cover on Wind Erosion and Soil Nutrient Loss in a Desert Grassland of Southern New Mexico, USA. *Biogeochemistry*. **85**(3),317–32. doi: 10.1007/s10533-007-9142-y.
- LOŠÁK, Tomáš, 2021. Půdní organická hmota jako významný faktor úrodnosti půd. In: *Agromanual.cz* [online]. 21.1.2021 [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/pudni-organicka-hmota-jako-vyznamny-faktor-urodnosti-pud>
- MACH, Milan, 2019. Využívejme více půdoochranné technologie. In: *Agromanual.cz* [online]. 30.12.2019 [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vyuzivejme-vice-pudoochrane-technologie>
- MATĚJKA, Karel, 2019. *Vývoj teplot a srážek v ČR od roku 1961* [online]. 9.7.2019 [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://www.infodatasys.cz/climate/KlimaCR1961.htm>
- MARTINOVSKÝ, Petr, 2017. *Environmentální bezpečnost v České republice*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-8191-8.
- Mezirezortní komise VODA-SUCHO, (2017). *Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky*. Praha: Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo životního prostředí a VÚV TGM.
- MIAO, Shujie, Yunfa QIAO, Yunfeng YIN, Jian JIN, Burger MARTIN, Xiaobing LIU a Caixian TANG, 2019. Ten-Year Application of Cattle Manure Contributes to the Build-up of Soil Organic Matter in Eroded Mollisols. *Journal of Soils and Sediments*. **19**(7), 3035–43. doi: 10.1007/s11368-019-02289-4.
- MZe. 2015. *Zásady správné zemědělské praxe při hospodaření s půdou*. Praha: Ministerstvo zemědělství.
- MZe, 2016. *Biopásy*. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-302-5
- MZe, 2021. Demonstrační farmy. *eAgri* [online]. MŽP. [Cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/demonstracni-farmy/>
- MŽP, 2009. *Politika ochrany klimatu v České republice*. Praha: Ministerstvo životního prostředí.
- MŽP, 2015. *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*. Praha: Ministerstvo životního prostředí.
- MŽP, 2017. *Národní akční plán adaptace na změnu klimatu*. Praha: Ministerstvo životního prostředí.
- Nařízení vlády č. 79/2007 Sb. o podmínkách provádění agroenvironmentálních opatření.
- NIKOLIC, Gojko, Velibor SPALEVIC, Milic CUROVIC, Abdulvahed Khaledi DARVISHAN, Goran SKATARIC, Milos PAJIC, Ataollah KAVIAN a Vjekoslav TANASKOVIC, 2019. Variability of Soil Erosion Intensity Due to Vegetation Cover Changes: Case Study of Orahovacka Rijeka, Montenegro. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. **47**(1), 237–48. doi: 10.15835/nbha47111310.
- NOVÁK, Pavel, 2004. Pozitivní a negativní dopady odvodňovacích a rekultivačních úprav. In: *Meliorace včera, dnes a zítra: sborník vybraných příspěvků z celostátního semináře pořádaného u příležitosti 50. výročí založení ústavu*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, s. 143-151. ISBN 80-239-3640-9
- NOVOTNÝ, Ivan a kol., 2017. *Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy*. Praha: Ministerstvo zemědělství a VÚMOP. ISBN: 978-80-7434-362-9.

ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ, Rafaela, Miguel Angel REPULLO-RUIBÉRRIZ DE TORRES, Javier MÁRQUEZ-GARCÍA, Manuel MORENO-GARCÍA, and Rosa M. CARBONELL-BOJOLLO. 2018. Legumes Used as Cover Crops to Reduce Fertilisation Problems Improving Soil Nitrate in an Organic Orchard. *European Journal of Agronomy*. 95, 1–13. doi: 10.1016/j.eja.2018.02.001.

PAWŁOWSKA, Małgorzata, Artur PAWŁOWSKI, Lucjan PAWŁOWSKI, Wojciech CEL, Katarzyna Wójcik OLIVEIRA, Cezary KWIATKOWSKI, Elzbieta HARASIM a Lei WANG, 2019. Possibility of Carbon Dioxide Sequestration by Catch Crops. *Ecological Chemistry and Engineering*. 26(4), 641–49. doi: 10.1515/eces-2019-0046.

PETŘÍK, Petr, Jana MACKOVÁ a Josef FANTA, ed., 2017. *Krajina a lidé*. 1. vyd. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2695-8.

POKORNÝ, Jan, Hanna HURYNA, Petra HESSLEROVÁ a Vladimír JIRKA, 2016. Úloha vegetace v distribuci sluneční energie a oběhu vody. In: *Sborník XIX. celostátní konference pozemkové úpravy*. Praha: Českomoravská komora pro pozemkové úpravy, s. 4-7. ISBN 978–80–7434–321–6.

PRACH, Karel, Karel FAJMON, Ivana JONGEPIEROVÁ a Klára ŘEHOUNKOVÁ, 2015. Landscape Context in Colonization of Restored Dry Grasslands by Target Species. *Applied Vegetation Science*. 18(2), 181–89. doi: 10.1111/avsc.12140.

PSOTOVÁ, Hedvika, 2018. *Udržitelné hospodaření v krajině Bílých Karpat II: průvodní zpráva*. Otrokovice: Arvita.

RADHA, T. K. a D. L. N. RAO, 2014. Plant Growth Promoting Bacteria from Cow Dung Based Biodynamic Preparations. *Indian Journal of Microbiology*. 54(4), 413–18. doi: 10.1007/s12088-014-0468-6.

REEVE, Jennifer R., Lynne CARPENTER-BOGGS, John P. REGANOLD, Alan L. YORK a William F. BRINTON, 2010. Influence of Biodynamic Preparations on Compost Development and Resultant Compost Extracts on Wheat Seedling Growth. *Bioresource Technology*. 101(14), 56–66. doi: 10.1016/j.biortech.2010.01.144.

RŮŽEK, Pavel, 2017. *Praktická doporučení hospodaření s půdní vláhou*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby.

SHAKOOR, Awais, Muhammad SHAHBAZ, Taimoor H. FAROOQ, Najam E. SAHAR, Sher M. SHAHZAD, Muhammad M. ALTAF, and Muhammad ASHRAF, 2021. A Global Meta-Analysis of Greenhouse Gases Emission and Crop Yield under No-Tillage as Compared to Conventional Tillage. *Science of the Total Environment*. 750, 42299. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142299.

ŠTĚPÁNEK, Petr, 2019. *Očekávané klimatické podmínky v České republice*. Brno: Ústav výzkumu globální změny Akademie věd České republiky. ISBN. 978-8-87902-28-8.

Statek Vodňanský, 2021. Jak hospodaříme. *Statek Vodňanský* [online]. Statek Vodňanský. [Cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://www.statekvodnansky.eu/jakhospodarime/>

Svobodný statek na soutoku, 2021. *Svobodný statek-O.P.S.* [online]. Svobodný statek-O.P.S. [Cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://www.svobodny-statek.cz/bio-dynamicke-zemedelstvi/o-nas/>

ŠARAPATKA, Bořivoj, 2013. *Vybrané kapitoly z pedologie a ochrany půdy*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3476-6.

ŠARAPATKA, Bořivoj, Pavel DLAPA a Zoltán BEDRNA, 2002. *Kvalita a degradace půdy*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 80-244-0584-9.

- ŠARAPATKA, Bořivoj a Urs NIGGLI, 2008. *Zemědělství a krajina: cesty k vzájemnému souladu*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-1885-8.
- ŠIMEK, Miloslav a kol., 2019. *Živá půda*. 1. vyd. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2976-8.
- ŠRÁMKOVÁ, 2018. Nektarodárné biopásy. In: *Agromanual.cz* [online]. 14. 06. 2018 [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/nektarodarne-biopasy>
- TRNKA, Miroslav, Martin DUBROVSKÝ, Mark SVOBODA, Daniela SEMERÁDOVÁ, Michael HAYES, Zdeněk ŽALUD, and Daniel WILHITEC, 2008. Developing a Regional Drought Climatology for the Czech Republic. *International Journal of Climatology*. **2029**, 2011–29. doi: 10.1002/joc.
- TRNKA, Miroslav, Rudolf BRÁZDIL, Martin MOŽNÝ, Petr ŠTĚPÁNEK, Petr DOBROVOLNÝ, Pavel ZAHRADNÍČEK, Jan BALEK, Daniela SEMERÁDOVÁ, Martin DUBROVSKÝ, Petr HLAVINKA, Josef EITZINGER, Brian WARDLOW, Mark SVOBODA, Michael HAYES a Zdeněk ŽALUD, 2015. Soil Moisture Trends in the Czech Republic between 1961 and 2012. *International Journal of Climatology*. **35**(13), 3733–47. doi: 10.1002/joc.4242.
- TRNKA, Miroslav, Daniela SEMERÁDOVÁ, Ivan NOVOTNÝ, Miroslav DUMBROVSKÝ, Karel DRBAL, František PAVLÍK, Jan VOPRAVIL, Pavla ŠTĚPÁNKOVÁ, Adam VIZINA, Jan BALEK, Petr HLAVINKA, Lenka BARTOŠOVÁ a Zdeněk ŽALUD, 2016. Assessing the Combined Hazards of Drought, Soil Erosion and Local Flooding on Agricultural Land: A Czech Case Study. *Climate Research*. **70**(2–3), 231–49. doi: 10.3354/cr01421.
- TRNKA, Miroslav a kol., 2017. *Generel vodního hospodářství krajiny České republiky*. Praha: Státní pozemkový úřad.
- VÁŠKŮ, Zdeněk, 2001. Čekají nás sucha? *Vesmír*. **80**, 142–45.
- VÁŠKŮ, Zdeněk, 2011. Zlo zvané meliorace. *Vesmír*. **90**, 440–44.
- VIZINA, Adam a Miriam DZUR. 2018. *Typová lokalita Javorník nad Veličkou a Kuželov a modelování přírodě blízkých opatření modely Bilan, HEC-HMS a HYPE*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský.
- VIZINA, Adam, Martin HANEL a Radek VLNAS, 2016. *Regionalizace území ČR dle výskytu hydrologického sucha*. Praha: Státní pozemkový úřad.
- VOGT, Jürgen V. a Francesca SOMMA, 2000. *Drought and drought mitigation in Europe*. 1st edition. Boston: Kluwer Academic Publishers. ISBN 0792365895.
- VOPRAVIL, Jan a Tomáš KHEL, 2016. Stav půdy ČR a její vliv na retenci vody. In: *BPEJ a pozemkové úpravy*. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální.
- VÚMOP, 2021a. *eKatalog BPEJ* [online]. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/>
- VÚMOP, 2021b. Optimalizace organické hmoty v půdě. *Organická hmota* [online]. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <http://www.organickahmota.cz/#/Hnojeni>
- VÚV TGM, 2018. *Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský.
- VÚV TGM, 2021. *Atlas hydrologických poměrů* [online]. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <https://shiny.fzp.czu.cz/KVHEM/atlas/>
- WANG, Ruonan, Zhanxiang SUN, Lizhen ZHANG, Ning YANG, Liangshan FENG, Wei BAI, Dongsheng ZHANG, Qi WANG, Jochem B. EVERS, Yang LIU, Jianhong REN, Yue ZHANG,

and Wopke VAN DER WERF, 2020. Border-Row Proportion Determines Strength of Interspecific Interactions and Crop Yields in Maize/Peanut Strip Intercropping. *Field Crops Research*. **253**, 107819. doi: 10.1016/j.fcr.2020.107819.

WALDIN, Monty, 2016. *Biodynamické zahradničení*. 1. vyd. Praha: Knižní klub. ISBN 978-80-242-5068-7.

WU, Xiaoli, Yonglu TANG, Chaosu LI, Allen D. MCHUGH, Miao LIU, Ming LI, and Tao XIONG. 2019. In Situ Maize Residue Mulch Improves the Water Use Efficiency and Yield of the Subsequent Wheat under a Strip Inter-Cropping System. *Agronomy Journal*. **111**(2), 924–34. doi: 10.2134/agronj2018.06.0374.

ZHANG, Can, Aifeng ZHOU, Haixia ZHANG, Qing ZHANG, Xiaonan ZHANG, Huiling SUN, and Cheng ZHAO, 2019. Soil Erosion in Relation to Climate Change and Vegetation Cover over the Past 2000 years as Inferred from the Tianchi Lake in the Chinese Loess Plateau. *Journal of Asian Earth Sciences*. **180**:103850. doi: 10.1016/j.jseaes.2019.04.019.

Příloha 1 - Polostrukturovaný rozhovor

1. otázka – charakteristika hospodářství

- zaměření zemědělských činností (rostlinná a živočišná výroba, přidružená výroba)
- výměra obdělávané půdy a hlavní plodiny
- typ pozemků (orná půda, TTP, sady, lesní pozemky, vodní plochy)
- typ hospodaření (konvenční, bio, přírodě blízké, alternativní)

2. otázka – hospodaření s vodou

- spotřeba vody
- vodní zdroje
- k jakým účelům jsou vodní zdroje využívány

3. otázka – dopady klimatické změny

- na využívání vodních zdrojů a spotřebu vody
- na vodní režim v půdě
- na výběr plodin a osevnické postupy
- na agrotechnické postupy

4. otázka – adaptační opatření reagující na změnu klimatu a vod. režimu

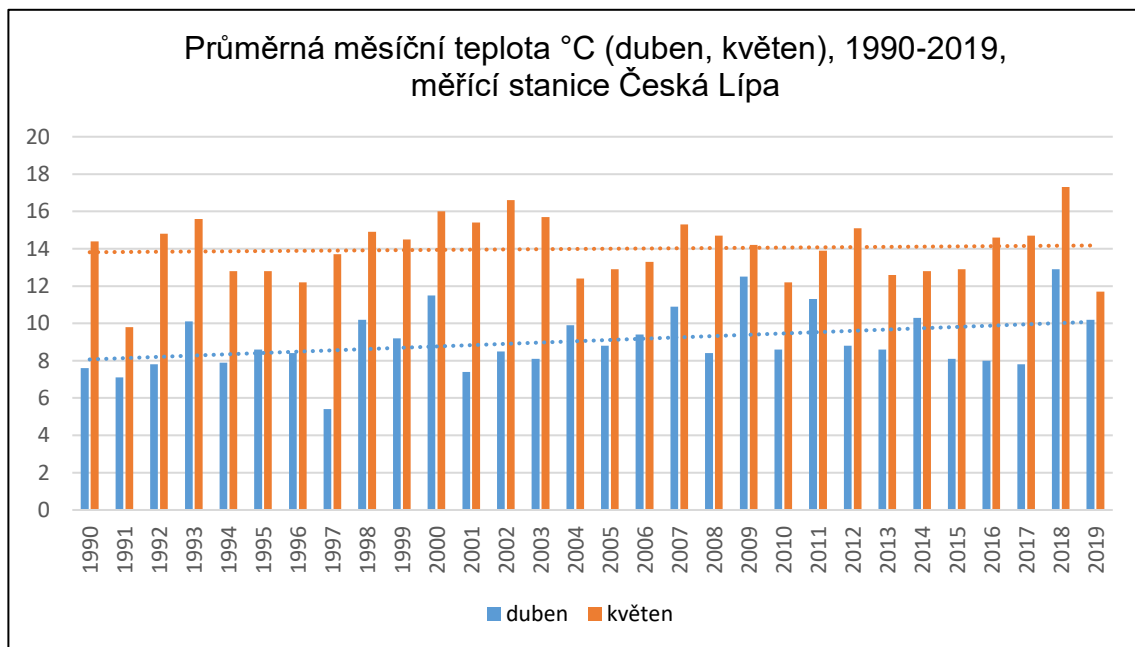
- podpora retenční schopnosti půdy, zadržování vody v krajině
- podpora malého vodního cyklu a horizontálních srážek
- krajinné prvky
- organizační opatření, plánování a strategie
- kvalita půdy, podíl organické hmoty
- zabraňování půdní erozi
- alternativní agrotechnické postupy
- utužení půdy

5. otázka - meliorace

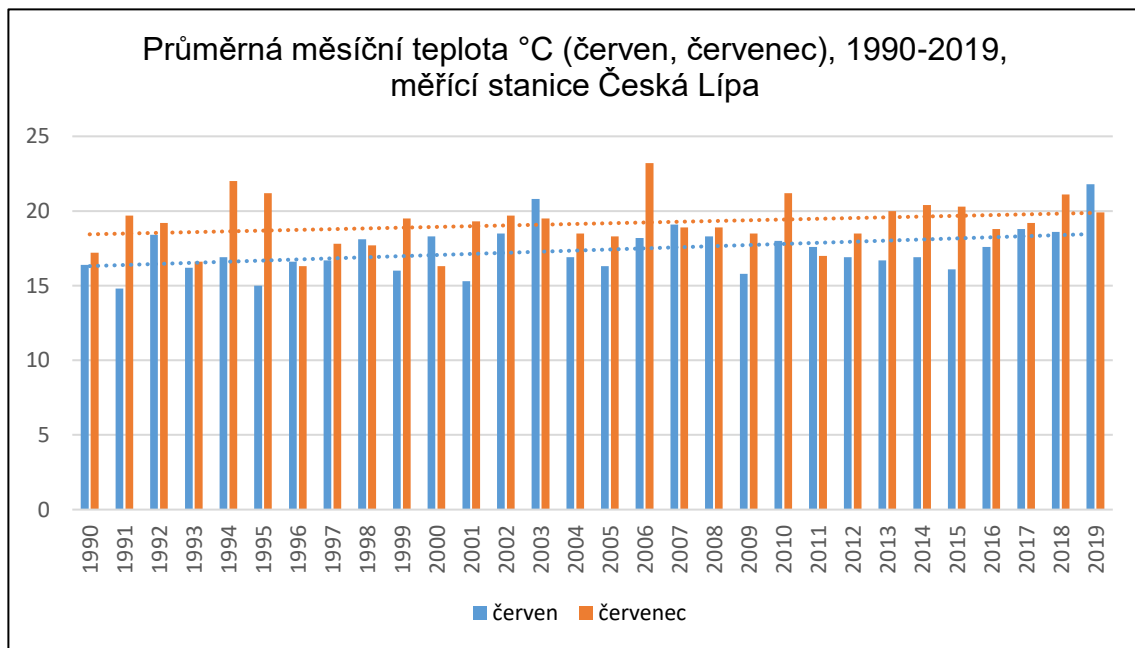
- rozmístění na pozemcích
- stav, funkčnost
- vliv na vodní režim v půdě

6. otázka - zhodnocení efektivity adaptačních opatření a výhled do budoucna

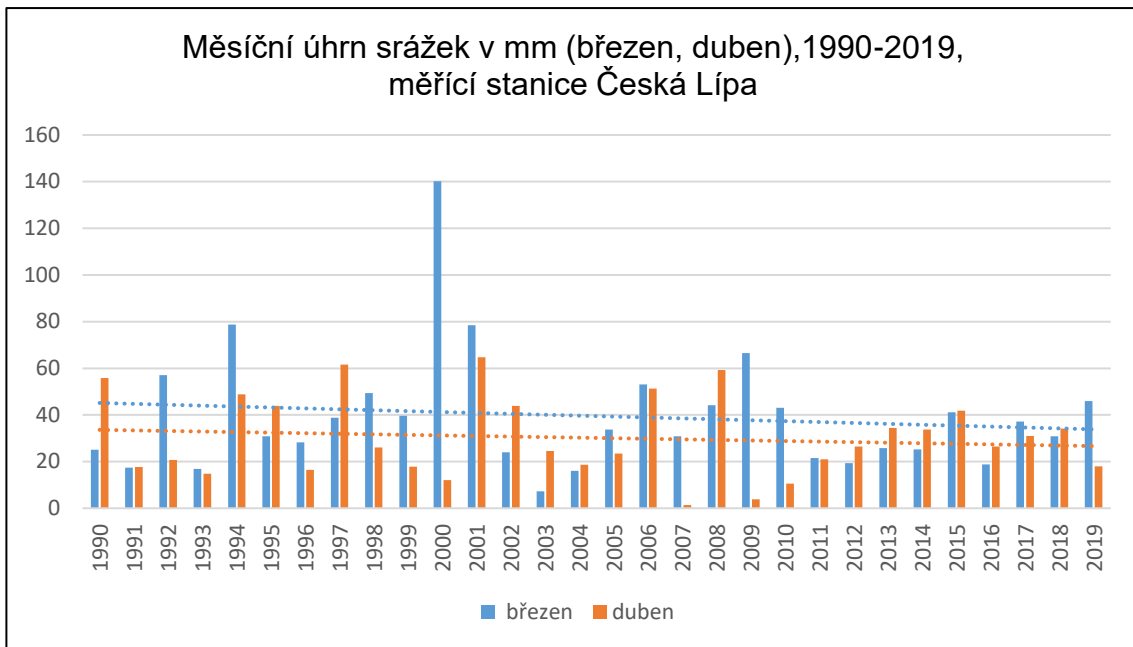
Příloha 2 - Průměrná měsíční teplota a srážkový trend – Statek Vodňanský



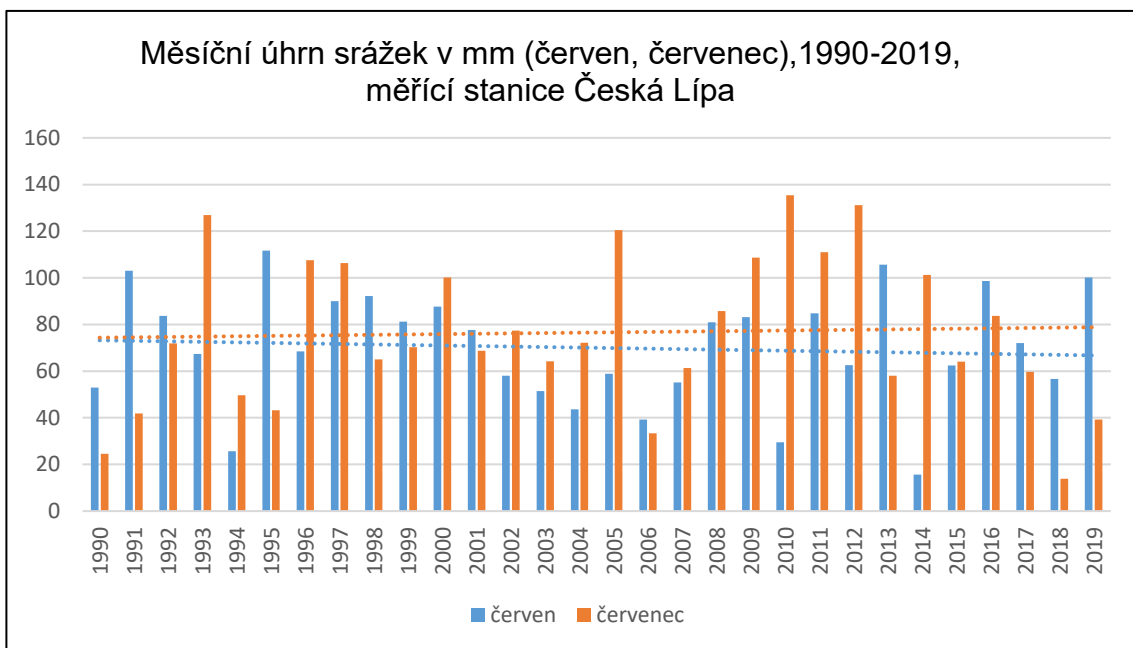
Obrázek 18 - průměrná měsíční teplota (duben, květen), 1990-2019, Česká Lípa (zdroj dat: ČHMÚ, graf: autor práce)



Obrázek 19 - průměrná měsíční teplota (červen, červenec), 1990-2019, Česká Lípa (zdroj dat: ČHMÚ, graf: autor práce)

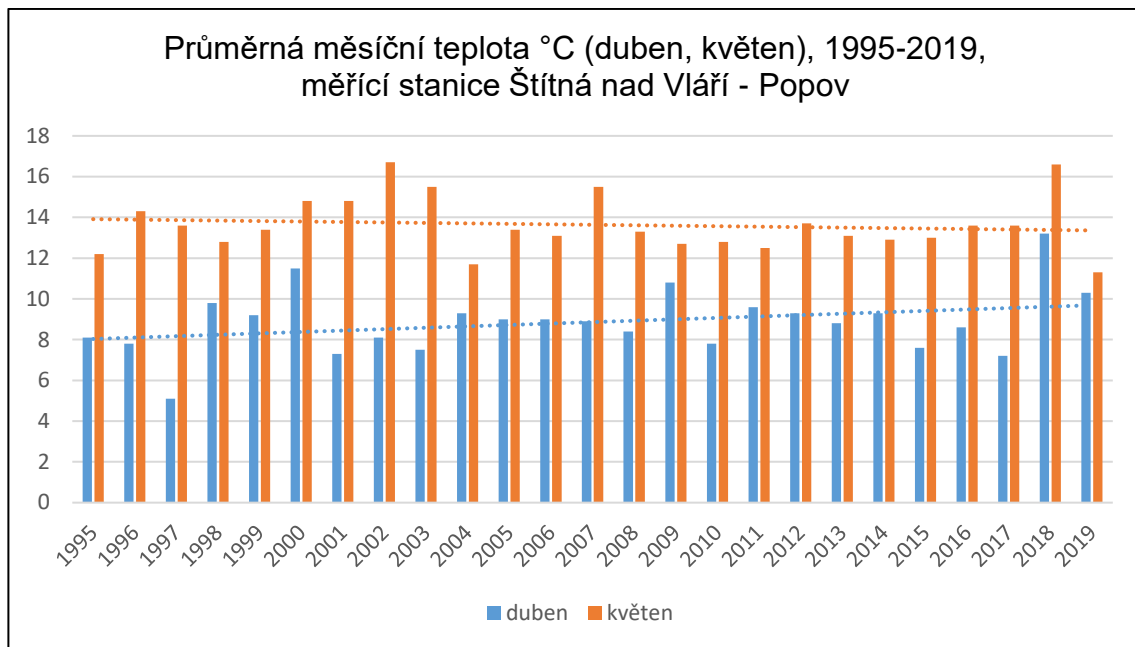


Obrázek 20 - měsíční úhrn srážek v mm (březen, duben), 1990-2019, měřicí stanice Česká Lípa (zdroj dat: ČHMÚ, graf: autor práce)

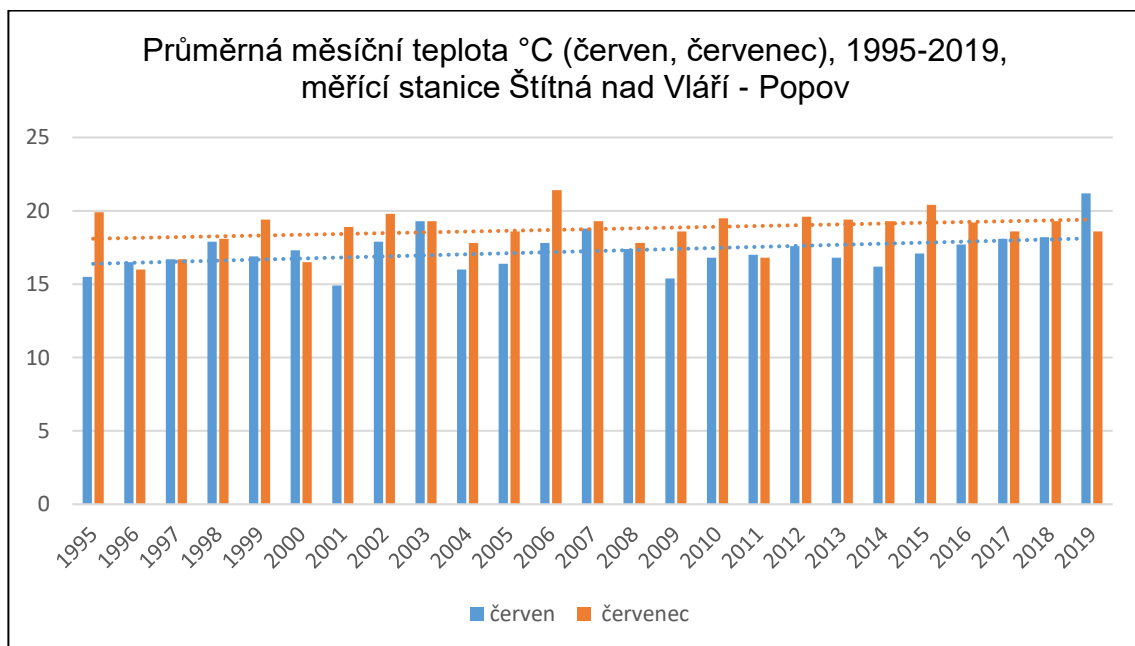


Obrázek 21 - měsíční úhrn srážek v mm (červen, červenec), 1990-2019, měřicí stanice Česká Lípa (zdroj dat: ČHMÚ, graf: autor práce)

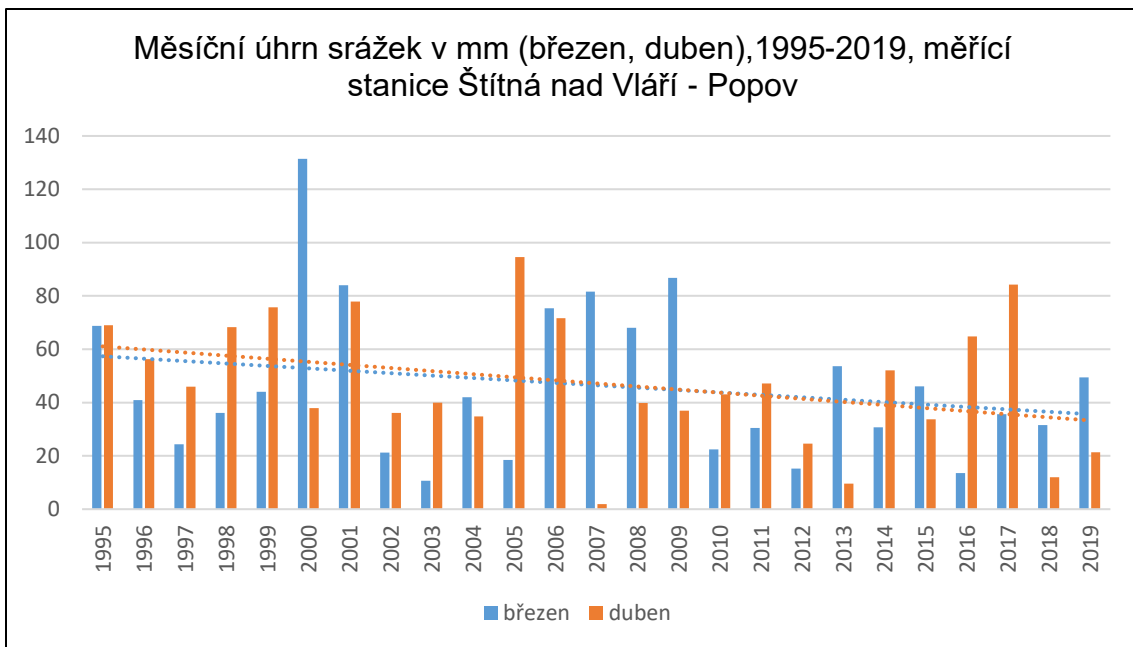
Příloha 3 - Průměrná měsíční teplota a srážkový trend – Ekofarma Javorník



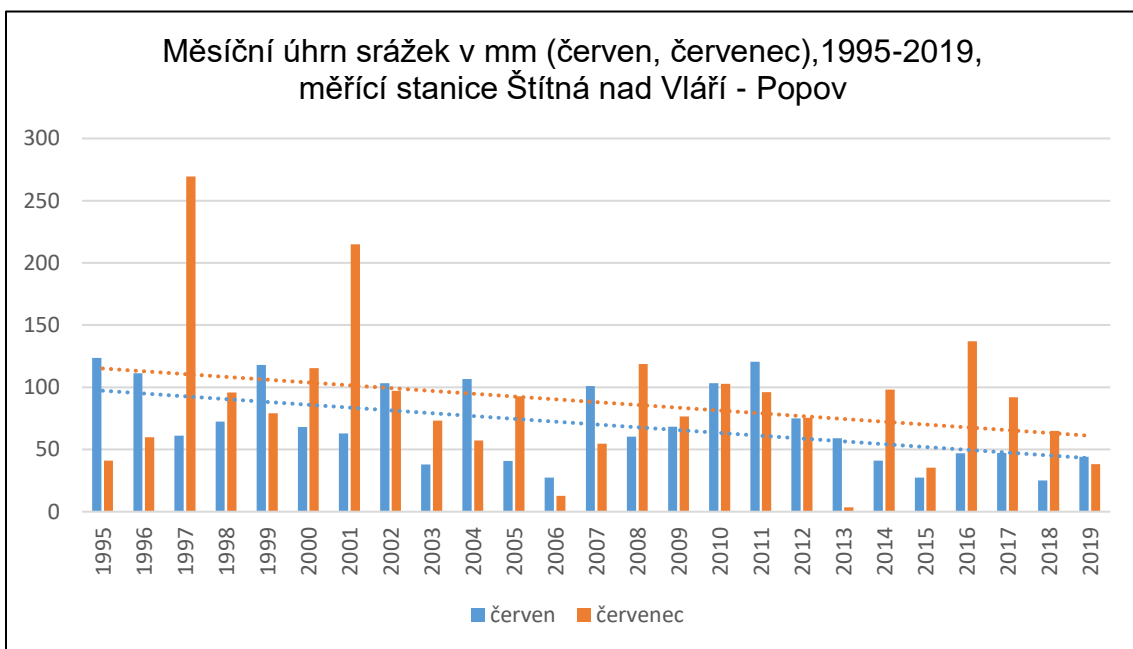
Obrázek 22 - průměrná měsíční teplota (duben, květen), 1995-2019, měřicí stanice Štítná nad Vláří – Popov (zdroj dat: ČHMÚ, graf: autor práce)



Obrázek 23 - průměrná měsíční teplota (červen, červenec), 1995-2019, měřicí stanice Štítná nad Vláří – Popov (zdroj dat: ČHMÚ, graf: autor práce)

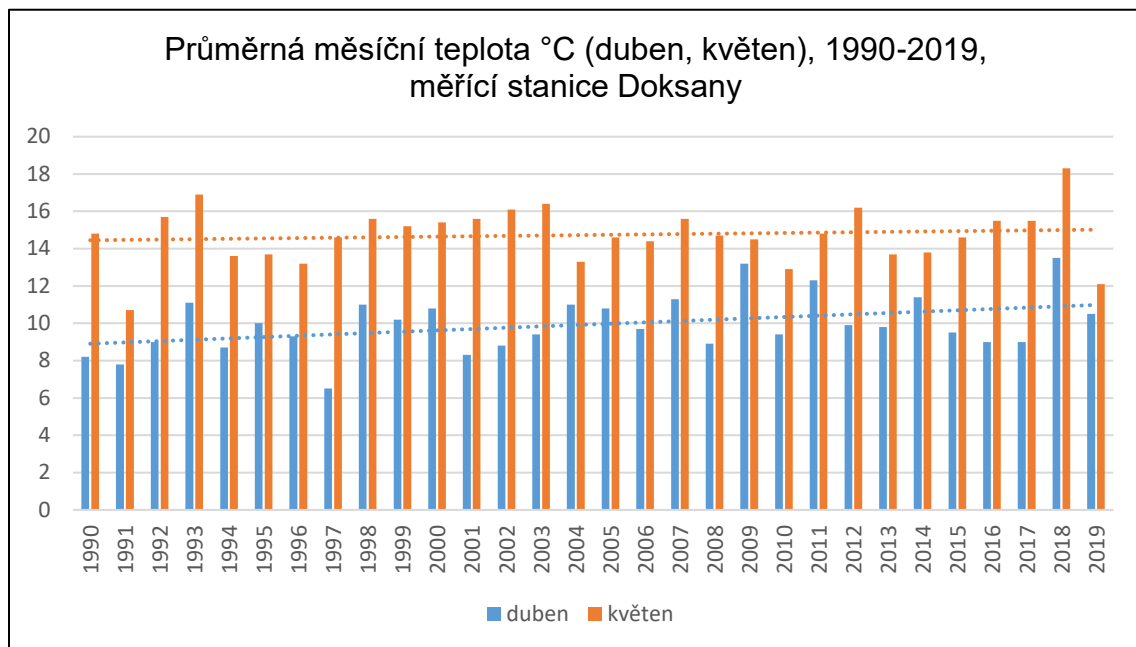


Obrázek 24 - měsíční úhrn srážek v mm (březen, duben), 1995-2019, měřicí stanice Štítná nad Vláří – Popov (zdroj dat: ČHMÚ, graf: autor práce)

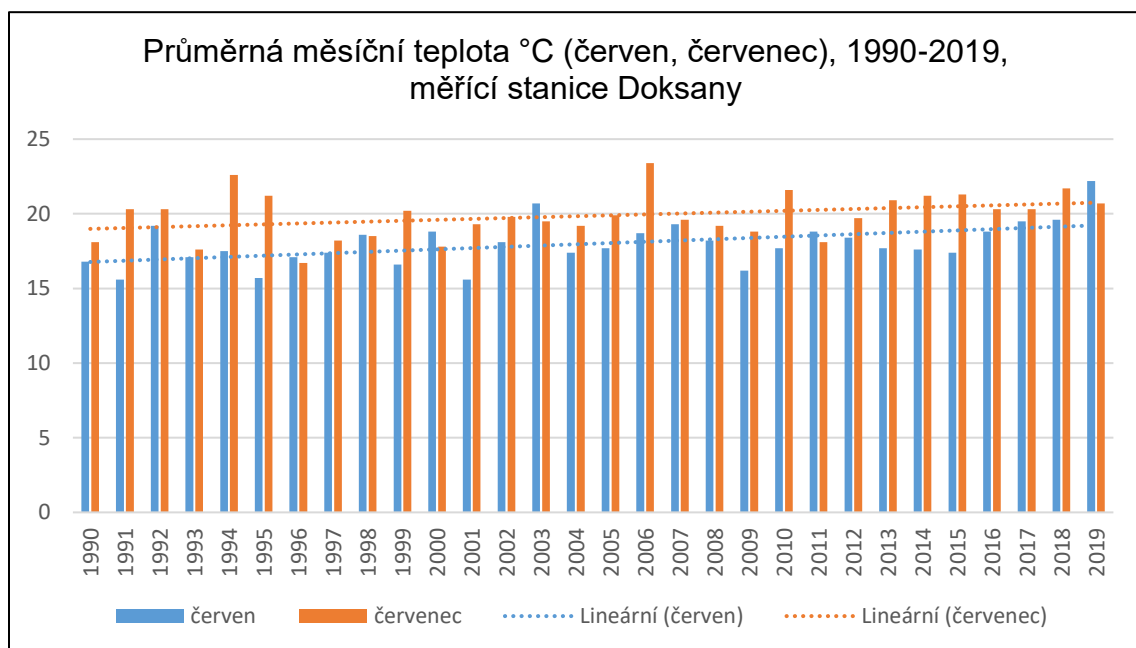


Obrázek 25 - měsíční úhrn srážek v mm (červen, červenec), 1995-2019, měřicí stanice Štítná nad Vláří – Popov (zdroj dat: ČHMÚ, graf: autor práce)

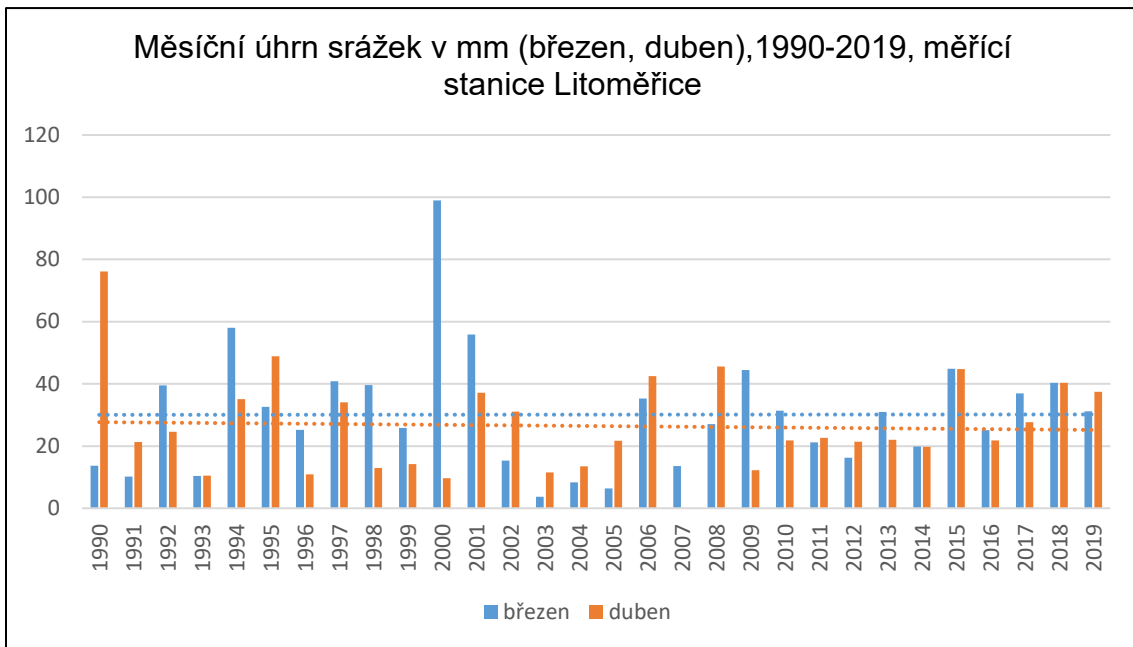
Příloha 4 - Průměrná měsíční teplota a srážkový trend – Svobodný statek na soutoku



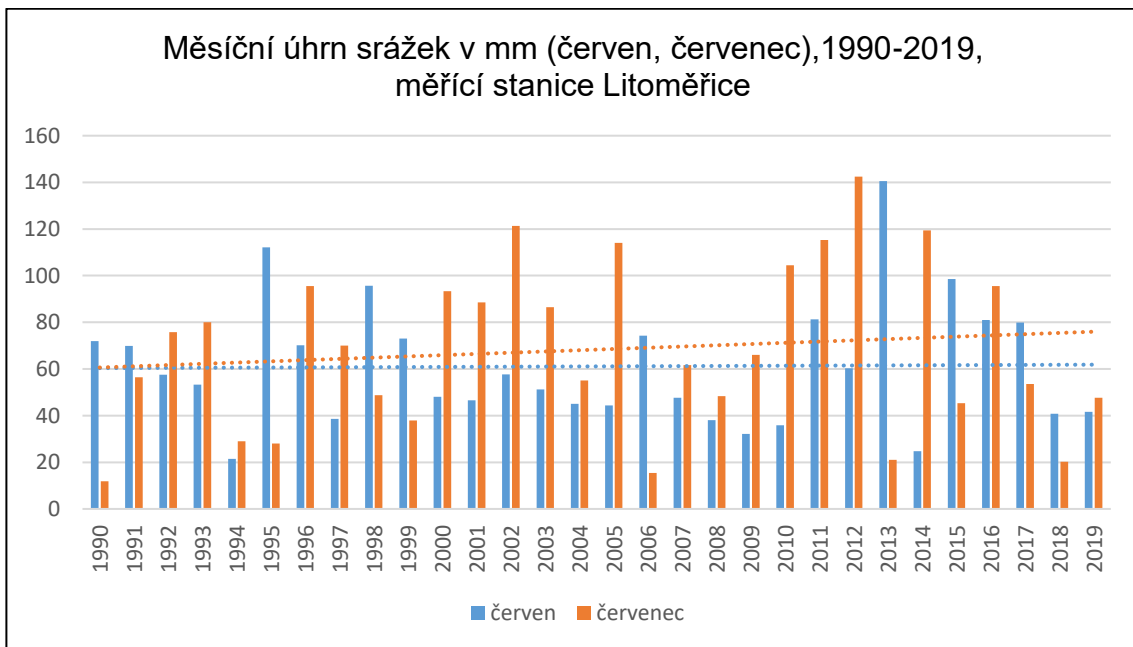
Obrázek 26 - průměrná měsíční teplota (duben, květen), 1990-2019, měřicí stanice Doksany (zdroj dat: ČHMÚ, graf: autor práce)



Obrázek 27 - průměrná měsíční teplota (červen, červenec), 1990-2019, měřicí stanice Doksany (zdroj dat: ČHMÚ, graf: autor práce)



Obrázek 28 - měsíční úhrn srážek v mm (březen, duben), 1990-2019, měřicí stanice Litoměřice (zdroj dat: ČHMÚ, graf: autor práce)



Obrázek 29 - měsíční úhrn srážek v mm (červen, červenec), 1990-2019, měřicí stanice Litoměřice (zdroj dat: ČHMÚ, graf: autor práce)

Příloha 5 – Vybrané charakteristiky půdních typů BPEJ

Statek Vodňanský

BPEJ číslo	Skupina půd. typů	Klimatický region	Infiltrace a propustnost	Retenční kapacita	Vysychává půda	Ohroženo st utužením
5.11.10	hnědozemě	mírně teplý, mírně vlhký	střední	vysoká	ne	vyšší střední
5.54.11	pseudogleje	mírně teplý, mírně vlhký	nízké	vyšší střední	ne	nižší střední
5.30.11	kambizemě	mírně teplý, mírně vlhký	střední	vyšší střední	ne	vyšší střední
5.14.00	luvizemě	mírně teplý, mírně vlhký	střední	vysoká	ne	vysoká

Tabulka 4 - vybrané charakteristiky převládajících půdních typů dle BPEJ – Statek Vodňanský

Ekofarma Javorník

BPEJ číslo	Skupina půd. typů	Klimatický region	Infiltrace a propustnost	Retenční kapacita	Vysychává půda	Ohroženo st utužením
7.41.68	silně svažitě půdy	mírně teplý, vlhký	vyšší střední	nižší střední	ne	nižší střední
7.24.41	kambizemě	mírně teplý, vlhký	nižší střední	střední	ne	nehodnoceno
7.20.41	rendziny	mírně teplý, vlhký	nízká	nižší střední	ne	nižší střední
7.56.00	fluvizemě	mírně teplý, vlhký	střední	vysoká	ne	nižší střední

Tabulka 5 - vybrané charakteristiky převládajících půdních typů dle BPEJ – Ekofarma Javorník

Svobodný statek na soutoku

BPEJ číslo	Skupina půd. typů	Klimatický region	Infiltrace a propustnost	Retenční kapacita	Vysychává půda	Ohroženo st utužením
1.21.10	regozemě	teplý, suchý	vysoká	nízká	ano	nižší střední

Tabulka 6- vybrané charakteristiky převládajících půdních typů dle BPEJ – Svobodný statek

Příloha 6 – seznam internetových zdrojů a doporučení

intersucho.cz

klimatickazmena.cz

vynosyplodin.cz

czechglobe.cz

chmi.cz

organickahmota.cz

eagri.cz (subportály Půda, Demonstrační farmy, Venkov, Voda, Životní prostředí)

suchovkrajine.cz

heis.vuv.cz

kalkulacka.vumop.cz

limitypudy.vumop.cz

kpp.vumop.cz

statistiky.vumop.cz

meliorace.vumop.cz

me.vumop.cz

agrorisk.cz

vurv.cz

ukzuz.cz

akcr.cz

spucr.cz

asz.cz