

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Opatření rozvoje venkova v návaznosti na uhlíkové
hospodaření**

Bakalářská práce

Jan Auředník

Zemědělství a rozvoj venkova

Ing. Mgr. Jana Poláková, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci Opatření rozvoje venkova v návaznosti na uhlíkové hospodaření jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.4.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Mgr. Janě Polákové, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce.

Opatření rozvoje venkova v návaznosti na uhlíkové hospodaření

Souhrn

Práce je zaměřena na shrnutí opatření rozvoje venkova v návaznosti na uhlíkové hospodaření. Cílem práce bylo zkoumat vliv půdního uhlíku na zdraví půdy, posoudit metodiky uhlíkového hospodaření a zhodnotit specifika a potenciál tohoto přístupu. Dále bylo cílem analyzovat opatření v rámci společné zemědělské politiky, která se týkají uhlíkového hospodaření.

První část práce se věnuje uhlíku a organické hmotě v půdě. Stručně popisuje rozdělení, zdroj a vliv půdní organické hmoty, primární organické hmoty a humusu na růst rostlin a strukturu půdy. Dále popisuje faktory ovlivňující organickou hmotu v půdě, jelikož každý ekosystém má jiný obsah uhlíku.

Druhá část práce pojednává o klimatické změně v souvislosti se zemědělstvím. Následně popisuje sekvestraci uhlíku v půdě, jako proces, při kterém je CO₂ odebírán z atmosféry a ukládán do půdního zásobníku uhlíku. Na tyto kapitoly navazuje popis uhlíkového zemědělství, které se zaměřuje na využívání půdy a zemědělských postupů za účelem sekvestrace uhlíku do přírodních uložišť jako je vegetace a půda, nebo ke snižování emisí skleníkových plynů ze zemědělské produkce. Uvádí a stručně popisuje opatření uhlíkového hospodaření, jako jsou udržování a zvyšování obsahu půdního organického uhlíku v půdách, hospodaření s hospodářskými zvířaty a hnojem, hospodaření s živinami na orné půdě a pastvinách, obnova rašelinišť a zakládání agrolesnických systémů. V souvislosti s těmito ochrannými opatřeními jsou v závěru druhé kapitoly zmíněny specifika a potenciál, který uhlíkové zemědělství přináší.

Ve třetí části práce je analyzována problematika ochrany a degradace půdy. Jsou zde popsány faktory, jež přispívají k degradaci půdy, a zároveň jsou diskutována opatření, jež mohou být účinná při ochraně nebo zmírnění tohoto procesu.

Poslední části práce jsou popsány základní cíle a nástroje Společné zemědělské politiky a uhlíkové hospodaření v návaznosti na SZP 2023-2027. Na SZP navazují podpory zemědělců prostřednictvím Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES), Ekoschématu strategického plánu a Environmentálního opatření od roku 2023. Jsou zde popsány podpory a cíle, které mají souvislost s uhlíkovým hospodařením. Práci zakončuje analýza uhlíkového zemědělství jako obchodního modelu.

Z analýzy vyplynulo, že opatření v rámci uhlíkového zemědělství má potenciál přinášet pozitivní účinky pro životní prostředí a zlepšovat stav půdy. Je však důležité pečlivě sledovat proces ukládání uhlíku, jeho stabilitu a dlouhodobou účinnost, aby nástroje uhlíkového hospodaření mohly být plně integrovány do politik Evropské unie a jednotlivých členských států. V rámci Společné zemědělské politiky České republiky jsou identifikována opatření, která reflektují iniciativy v oblasti uhlíkového zemědělství a podporují udržitelné hospodaření s půdou.

Klíčová slova: uhlíkové hospodaření (carbon farming), sekvestrace uhlíku, ochrana půdy, klima, dotační systém, organická hmota

Rural development measures linked to carbon farming

Summary

The work focuses on a summary of rural development measures in relation to carbon management. The aim of the work was to investigate the impact of soil carbon on soil health, to assess carbon management methodologies and to evaluate the specificities and potential of this approach. Furthermore, the aim was to analyse the measures under the Common Agricultural Policy that relate to carbon management.

The first part of the thesis focuses on soil carbon and soil organic matter. It briefly describes the distribution, source and impact of soil organic matter, primary organic matter and humus on plant growth and soil structure. It also describes the factors affecting soil organic matter, as each ecosystem has a different carbon content.

The second part of the paper discusses climate change in the context of agriculture. It then describes soil carbon sequestration as the process by which CO₂ is removed from the atmosphere and stored in the soil carbon pool. These chapters are followed by a description of carbon farming, which focuses on the use of soil and agricultural practices to sequester carbon into natural sinks such as vegetation and soil, or to reduce greenhouse gas emissions from agricultural production. It introduces and briefly describes carbon management measures such as maintaining and increasing soil organic carbon content of soils, livestock and manure management, nutrient management of cropland and pasture, peatland restoration and establishment of agroforestry systems. In the context of these conservation measures, the specificities and potential of carbon farming are mentioned at the end of Chapter 2.

In the third part of the thesis, the issue of soil conservation and degradation is analysed. The factors that contribute to soil degradation are described, while measures that can be effective in protecting or mitigating this process are discussed.

The last part of the thesis describes the main objectives and instruments of the Common Agricultural Policy and carbon management in relation to the CAP 2023-2027. The CAP is followed by the support to farmers through the Good Agricultural and Environmental Status (GAES), the Ecoschemes of the Strategic Plan and the Environmental Measures from 2023 onwards. The supports and objectives that are related to carbon management are described. The paper concludes with an analysis of carbon farming as a business model.

The analysis shows that carbon farming measures have the potential to deliver positive environmental benefits and improve soil health. However, it is important to carefully monitor the process of carbon storage, its stability and long-term effectiveness so that carbon management tools can be fully integrated into European Union and national policies. The Common Agricultural Policy of the Czech Republic identifies measures that reflect carbon farming initiatives and promote sustainable land management.

Keywords: carbon farming, carbon sequestration, soil conservation, climate, subsidy system

Obsah

1 Úvod	10
2 Cíl práce	11
3 Literární rešerše	12
3.1 Uhlíkový cyklus	12
3.1.1 Uhlík v půdě.....	13
3.1.2 Půdní organická hmota (POH).....	14
3.1.2.1 Primární organická hmota.....	14
3.1.2.2 Humus.....	15
3.1.3 Faktory ovlivňující organickou hmotu v půdě.....	15
3.1.4 Klimatická změna a zemědělství v EU.....	16
3.1.5 Emise skleníkových plynů a jejich producenti v zemědělství.....	17
3.2 Sekvestrace uhlíku v půdě	17
3.2.1 Uhlíkové hospodaření (Carbon farming).....	18
3.2.1.1 Udržování a zvyšování obsahu půdního organického uhlíku (POH) v minerálních půdách.....	19
3.2.1.2 Hospodaření s hospodářskými zvířaty a hnojem.....	20
3.2.1.3 Hospodaření s živinami na orné půdě a pastvinách.....	21
3.2.1.4 Obnova rašelinišť.....	22
3.2.1.5 Zakládání agrolesnických systémů.....	24
3.2.2 Historie půdní organické hmoty a uhlíkového hospodaření.....	26
3.2.3 Specifika uhlíkového hospodaření.....	27
3.2.3.1 Stálost sekvestrovaného uhlíku v půdě.....	28
3.2.3.2 Potenciál uhlíkového zemědělství.....	28
3.3 Ochrana a degradace půdy	29
3.3.1 Vodní a větrná eroze.....	30
3.3.2 Zábory půdy (soil sealing).....	30
3.3.3 Acidifikace (okyselení).....	31
3.3.4 Dehumifikace.....	31
3.3.5 Zhutnění půdy (pedokompakce).....	32
3.3.6 Kontaminace půdy.....	32
3.4 Společná zemědělská politika	33
3.4.1 Cíle společné zemědělské politiky.....	33
3.4.2 Nástroje společné zemědělské politiky.....	34
3.4.3 Společná zemědělská politika 2023 – 2027.....	34

3.4.4	Společná zemědělská politika 2023 – 2027 a carbon farming	35
3.5	Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES)	37
3.5.1	DZES 1 Zachování poměru trvalých travních porostů k zemědělské ploše	38
3.5.2	DZES 2 Ochrana mokřadů a rašelinišť	38
3.5.3	DZES 3 Zákaz vypalování strnišť na orné půdě	38
3.5.4	DZES 6 Minimální pokryv půdy pro zamezení vzniku holé půdy v nejcitlivějších obdobích	38
3.5.5	DZES 7A. Střídání plodin na orné půdě	39
3.6	Ekoschémata strategického plánu	40
3.7	Environmentální opatření od roku 2023	42
3.7.1	Agroenvironmentální-klimatické opatření	43
3.7.2	Zatravňování orné půdy	43
3.7.3	Meziplodiny (nové podopatření)	43
3.7.4	Druhově bohaté pokrytí orné půdy (nové podopatření)	44
3.7.5	Agrolesnictví (nové opatření)	44
3.7.6	Zalesňování zemědělské půdy	45
3.8	Tržní opatření uhlíkových schémat	46
4	Závěr	48
	Literatura	50

1 Úvod

Téma bakalářské práce je opatření rozvoje venkova v návaznosti na uhlíkové hospodaření. V mé práci se budu věnovat hospodaření se zemědělskou půdou, která má dlouhodobě problém s degradací půdy, sníženou schopností zadržovat vodu, znečištěním vody i půdy a uvolnění emisí do atmosféry. Zemědělská činnost se podílí na celosvětových emisích skleníkových plynů přibližně 10-12 % (EEA, European environment agency). Jako jedno z nápomocných opatření pro zmírnění změny klimatu se v posledních letech nabízí uhlíkové hospodaření. Což je soubor postupů a technik zaměřených na snižování emisí skleníkových plynů, zejména oxidu uhličitého, a na podporu sekvestrace, ukládání uhlíku v zemědělských ekosystémech.

Toto téma jsem si vybral z důvodu zájmu o ochranu přírody ve spojení s rozvojem venkova. Další motivací pro výběr bakalářské práce je zjištění, zda uhlíkové hospodaření může zpomalit klimatické změny způsobené lidskou činností, zejména spalováním fosilních paliv, průmyslovou výrobou a zemědělskou činností. Uhlíkové hospodaření nabízí potenciál ke změně přístupu, využívání a ochraně půdy. Proces sekvestrace uhlíku je podmíněn klimatickými podmínkami dané pěstelské oblasti, typem obdělávané půdy, počasím, pěstovanou plodinou na vybrané půdě a také zemědělským přístupem a agrotechnikou. Tato skutečnost dokládá individualitu prostředí pro ukládání uhlíku do půdy a nelze aplikovat stejné postupy na různé agronomické podmínky a prostředí.

Obsahem bakalářské práce bylo zabírání se sekvestrací uhlíku, a jak je tento proces prospěšný pro ochranu přírody, rozvoj venkova a zachycení uhlíku do půdy. Dále jak plánuje Evropská unie aplikovat uhlíkové hospodaření do současné rurální politiky v zemědělství, a to v návaznosti na životní a finanční prostředí. Cílem mé práce je, formou literární rešerše, shrnout opatření rozvoje venkova v návaznosti na uhlíkové hospodaření.

Uhlíkové zemědělství zahrnuje různé zemědělské postupy, které zlepšují přirozený koloběh uhlíku a podporují jeho ukládání. Mezi běžné techniky patří například: Omezení nebo vyloučení orby a obdělávání půdy, což pomáhá zachovat strukturu půdy a organickou hmotu a zabraňuje ztrátám uhlíku. Pěstování krycích plodin během období úhoru, které chrání a obohacují půdu, zlepšují obsah uhlíku a snižují erozi. Střídání plodin pěstovaných na určitém poli, které pomáhá udržovat zdraví půdy, rovnováhu živin a obsah organické hmoty. Začlenění stromů a keřů do zemědělské krajiny s cílem zvýšit ukládání uhlíku, zlepšit kvalitu půdy a poskytnout další výhody, jako je stín a biologická rozmanitost a obnova rašelinišť, které mají významný potenciál uchovávat uhlík.

2 Cíl práce

Cílem práce je provést shrnutí opatření rozvoje venkova v kontextu uhlíkového hospodaření a analyzovat vědeckou literaturu týkající se formování a vlivu půdní organické hmoty na vlastnosti půdy. Zkoumat faktory ovlivňující obsah uhlíku v půdě a porozumět procesu sekvestrace uhlíku. Zároveň je cílem definovat pojem uhlíkové hospodaření a prozkoumat jeho opatření, specifika a potenciál.

Dalším bodem je analýza ochrany a degradace půdy a s tím spojených rizik a výzev. Zabývat se také Společnou zemědělskou politikou (SZP) a jejími podmínkami a nástroji pro období 2023-2027. Identifikovat opatření rozvoje venkova v kontextu uhlíkového zemědělství, Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES), Ekoschéματα strategického plánu a Environmentálních opatření od roku 2023.

V neposlední řadě je cílem analýza uhlíkového zemědělství jako obchodního modelu, hodnocení jeho ekonomické a environmentální udržitelnosti a vyhodnocení jeho potenciálu jako nástroje pro dosažení cílů udržitelného rozvoje venkova.

3 Literární rešerše

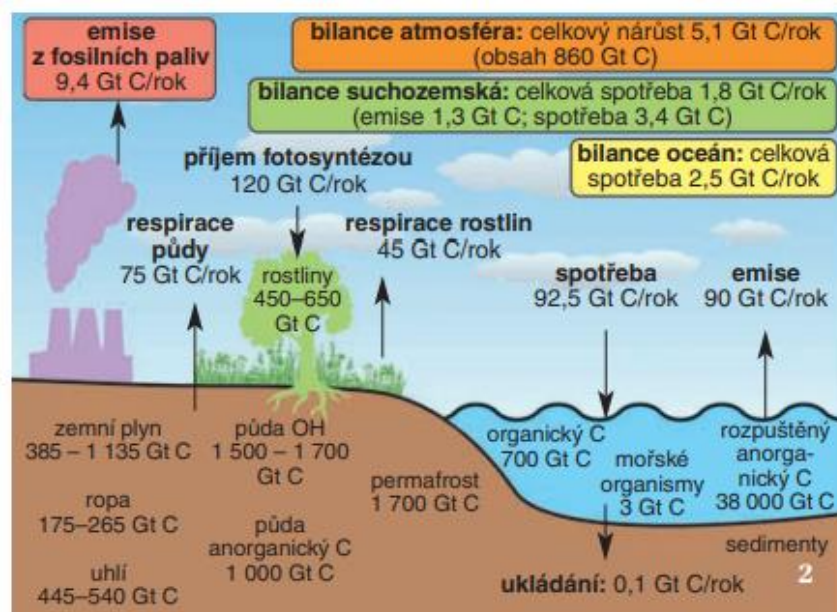
3.1 Uhlíkový cyklus

Základem života na Zemi je uhlík, který je hlavní složkou všech živých organismů, organických látek a veškeré biomasy. Uhlíkaté látky podléhají obrovskému množství přeměn, a to na buněčné, ekosystémové i globální úrovni. Uhlík existuje jako prvek, nebo jako sloučenina, vyskytuje se v živých organismech, fosilních palivech, horninách a minerálech, organických sloučeninách, organické hmotě a v podobě plynu oxidu uhličitého, metanu, oxidu uhelnatého. Uhlík je nedílnou součástí atmosféry, hydrosféry a litosféry Země a tvoří, spojuje vše živé a veškerou biomasu. Mezi těmito rezervoáry probíhá koloběh uhlíku zvaný také jako globální cyklus uhlíku. Jsou to přírodní procesy, ve kterých se uhlík pohybuje, transformuje mezi atmosférou, oceány, pevninou a živými organismy. Je to klíčový proces pro udržení uhlíkové rovnováhy Země a také zajišťuje regulaci koncentrace oxidu uhličitého (CO₂) v atmosféře. Na tento proces působí velký počet různých faktorů, jako jsou například klima a geochemické procesy nebo antropologická činnost.

Mezi terestrickými ekosystémy a atmosférou probíhá výměna uhlíku v podobě CO₂, metanu a dalších uhlíkatých sloučenin. Z atmosféry se odebírá a váže pomocí fotosyntézy CO₂ do biomasy a dalších organismů. Následně se uhlík uvolňuje zpět do atmosféry při respiraci z půdy, rostlin a může být také navrácen do atmosféry přírodními disturbancemi, např. požáry (Falkowski a kol. 2000). Nejvíce uhlíku v zemské kůře je vázáno v organických látkách, jakou jsou ropa a zemní plyn. Obrázek č. 1 popisuje uhlíkový cyklus a množství uhlíku v jednotlivých rezervoárech.

Oceány hrají zásadní roli v globálním cyklu uhlíku. Schopnost pohlcení CO₂ ovlivňuje teplota vody oceánu. Studená, slaná voda více rozpouští CO₂, to znamená, že studené oceány lépe pohlcují CO₂, naopak teplé oceány CO₂ uvolňují do atmosféry (U.S. Department of Energy, 2008). Plankton a drobné mořské rostliny fotosyntetizují pomocí slunečního světla a rozpuštěného oxidu uhličitého. Během tohoto procesu přeměňují CO₂ na organický uhlík a vytvářejí biomasu. Část oxidu uhličitého se uvolňuje zpět do atmosféry prostřednictvím procesů, jako je dýchání mořských organismů a cirkulace oceánů, které vrací hluboké vody bohaté na uhlík zpět k povrchu. Výměna mezi oceánem a atmosférou je podle dostupných informací považována za nejintenzivnější a nejrychlejší (Friedlingstein et al., 2020).

„Terestrická biosféra je podle údajů dle Friedlingstein et al., 2020 spotřebitelem CO₂: produkuje kolem 0,9–2,3 Pg CO₂-C/rok, ale současně spotřebovává 2,5–4,3 Pg CO₂-C/rok. Lidské aktivity, hlavně spalování fosilních paliv a průmyslová výroba, produkuje v současnosti asi 8,9–9,9 Pg C/rok; v oceánech se váže kolem 1,9–3,1 Pg C/rok. Výsledkem odhadu globální bilance CO₂ platným pro dekádu 2010–19 je podle citovaných autorů nárůst o 5,1 Pg C/rok v atmosféře, což odpovídá zvyšování atmosférické koncentrace CO₂ o přibližně 3 ppmv ročně; o něco starší odhady uváděly roční atmosférický nárůst množství uhlíku kolem 3–4 Pg“.



Obrázek 1: Uhlíkový cyklus. Zdroj: Šimek a kol. (2021)

3.1.1 Uhlík v půdě

Půda je zásobíště a uložíště uhlíku. Uhlík v půdě se dle Šarapatky (2014) dělí na volný, stabilní a aktivní. Volný uhlík není vázán na minerály ani není s nimi mineralizován. Stabilní uhlík nalezneme v humusových látkách, huminových kyselinách a fulvokyselinách. Tento uhlík je velmi odolný vůči mineralizaci a biodegradaci. Aktivní uhlík tvoří sloučeniny, které jsou náchylné k rozkladu, jsou snadno metabolizovatelné a jejich oxidace vede ke snížení obsahu humusu v půdě. Součástí tohoto jevu je mikrobiální degradace a také způsobuje uvolňování živin.

Uhlík se v půdě vyskytuje v různých formách, a to v organických a anorganických sloučeninách. Primárním zdrojem organických sloučenin jsou rostliny, rostlinné zbytky a jejich kořenové části včetně exudátů. Dále se uhlík vyskytuje v půdních mikroorganismech, jako jsou bakterie, viry, prvoci, řasy, houby, hmyz, a jiní bezobratlí (Šimek et al., 2021). Organická hmota v půdě je složena z jednoduchých cukrů a organických kyselin, které jsou rozpustné ve vodě a jsou snadno rozkládány jak mikrobiálně, tak chemickými a fyzikálně-chemickými procesy. Další částí organické hmoty jsou pryskyřice, tuky, vosky, celulóza, která dodává energii do edaformu. Dále se v organické hmotě nacházejí organické dusíkaté látky a popeloviny (Kögel-Knabcher., 2002).

Anorganický uhlík nepochází z rostlin a živočichů. Vyskytuje se především ve formách karbonátů. Karbonáty jsou sloučeniny obsahující uhlík a kyslík. Nejběžnějšími uhličitany minerály, které se vyskytují v půdě, jsou kalcit (CaCO_3) a dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Tyto uhličitany často vznikají zvětráváním a rozpouštěním hornin bohatých na uhličitany, například vápence, a následně se dostávají do půdy. Dále se vyskytuje v podobě anorganického oxidu uhličitého. Ten může být výsledkem fyzikálních a chemických procesů probíhajících v půdě, jako je mikrobiální dýchání, rozklad organické hmoty a výměna CO_2 s atmosférou (Stolbovoi., 2002).

3.1.2 Půdní organická hmota (POH)

V pevné fázi půdy je poměrně malé procentuální zastoupení organické hmoty cca 1-5 % zbylou část tvoří minerální podíl půdního profilu (Černý et al., 2019). Navzdory tomu je POH velmi důležitá pro ekosystémy a životní prostředí planety Země. POH je rozdělena na živou a neživou část. Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, do živé části patří bakterie, houby, aktinomycety, sinice jsou velmi aktivní při rozkládacích a transformujících procesech.

Dalším významným zástupcem živé složky POH, jsou rostliny, které svými kořeny a kořenovými systémy značnou měrou ovlivňují chemické a biologické procesy v půdě v obdobích vegetace. Důležitou biologickou roli v podzemních procesech hrají kořenové exudáty a rhizosféra. Rhizosféra je prostředí cca do 5 mm od kořene (Černý et al., 2019) kde rostlina uvolňuje exudáty - jednoduché organické kyseliny, cukry, aminokyseliny, fenolické látky, rostlinný sliz a odumřelé buňky. Rostlina ovlivňuje látkami vypouštěnými do rhizosféry aktivitu a složení mikroorganismů v blízkosti svých kořenů. *„Takto rostlina láká bakterie, se kterými následně může na povrchu kořenů vytvářet oboustranně prospěšný vztah a zároveň takto dochází k vytlačování rostlinou nepreferovaných bakterií“* (Lovecká et al., 2020).

Neživé části se dělí na primární organickou hmotu a humusové látky (Váchalová et al., 2016). Je důležité tyto dvě neživé půdní část rozlišovat, jelikož mají rozdílný význam a využití v půdě.

3.1.2.1 Primární organická hmota

Primární organická hmota je tvořena neživými, odumřelými částmi rostlin, které jsou v půdě nebo se do ní dostávají v podobě rostlinných zbytků nebo organických hnojiv, a to samovolně nebo mechanickým zapravením. Dále primární organickou hmotu tvoří mikroorganismy, makroedafon a meziprodukty rozkladu původní organické hmoty v půdě. Primární část organické hmoty je mineralizována, což je proces při, kterém dochází k pomalému spalování, rozkládání mikroorganismů. Při mineralizaci jsou produkovány oxid uhličitý a minerální živiny. Mineralizace je ovlivněna půdními podmínkami jako jsou teplota, vlhkost, provzdušnění, pH a také vlastnosti a složením primární organické hmoty. Při tomto procesu je uvolňována energie, zatímco většina energie se vyzáří a jen část se používá k humifikaci (Černý et al., 2019). Primární organická hmota má mnoho významů pro půdu. (Černý et al., 2019) uvádějí, že slouží jako zdroj živin pro rostliny a také zvyšuje přístupnost, zadržnost živin pro půdní mikroflóru. Další významným pozitivem POH je, že oxid uhličitý (CO₂), který rostliny využívají jako zdroj uhlíku, přispívá k detoxikaci půdy.

„Primární organická hmota snižuje objemovou hmotnost půdy, zvyšuje pórovitost a zlepšuje transport vody v půdě a zvyšuje schopnost půdy zadržovat vodu ze srážek (infiltraci). Na rozdíl od humusových látek, ale nemá schopnost vodu zadržovat (vázat)“ (Černý et al., 2019).

Primární organická hmota může mít negativní význam pro půdy tím, že snižuje pH a tím okyseluje půdy. Z pohledu časového horizontu je působení primární půdní organické hmoty krátkodobé v rozmezí několika týdnů až měsíců.

3.1.2.2 Humus

Humus je nedílnou součástí půdní organické hmoty a je velmi významný pro zemědělství a pro vše spojené s půdou a pěstováním rostlin. Humusové látky hrají klíčovou roli pro úrodnost a strukturu půdy. Jedná se o tmavý organický materiál, který se nachází ve svrchní vrstvě půdy a vzniká rozkladem rostlinných a živočišných zbytků. Pro definici humusu existují různé názory podle (Váchalová et al., 2016), jsou to vysoce molekulární látky, které vznikají v procesu, jež se nazývá humifikace. Humifikace je proces, ve kterém probíhá rozklad organických látek. Humus se dělí do těchto tří skupin fulvokyseliny, huminové kyseliny a huminy. Humusové látky mají odlišný význam pro půdu než, primární organické látky. Jejich význam spočívá v sorpčních a iontovýměnných vlastnostech. Jsou odolné vůči mikrobiálnímu rozkladu, tudíž jsou velmi stabilní. Vyšší kationtová kapacita je obvyklá pro půdy s vysokým obsahem humusu v půdě což znamená, že tyto půdy dokáží lépe zadržovat či vyměňovat živiny a tím jsou živiny dlouhodobě dostupné pro rostliny (Černý et al., 2019). Další významné funkce pro humus jsou zadržování vody, zlepšování struktury půdy, regulace pH, podpora mikrobiální aktivity a sekvestrace uhlíku.

3.1.3 Faktory ovlivňující organickou hmotu v půdě

Klíčovým faktorem je podnebí, přičemž teplota a vlhkost významně ovlivňují retenci uhlíku v půdě. To znamená, že v teplých a vlhkých podmínkách dochází k nižší retenci uhlíku v půdě. Na rozdíl chladné a suché podnebí může způsobit, že se zpomalí rozklad uhlíku a podpoří, tak akumulaci uhlíku v půdě (Brady 1990).

Dalším neméně důležitým faktorem je vegetace a rostliny. Typ vegetace a množství rostlinného materiálu, který dopadá nebo roste na povrchu, hraje významnou roli v uvolněném množství uhlíku do půdy. Každý ekosystém má jiný obsah uhlíku. Můžeme vidět velké rozdíly například v lesních či travních ekosystémech, viz tabulka 1. (Šimek et al., 2021) například zmiňuje, že půdy s travními porosty většinou obsahují více organické hmoty než lesní porosty. Také záleží na ekosystému dané vegetace.

Tabulka 1: Obsah organického uhlíku v půdě. Zdroj: Šimek a kol. (2021)

Biom	Obsah organického C [kg C/m ²]	Vstupy C do půdy [kg C/m ² /rok]	Celková zásoba C v biomu [Pg C]			Rychlost obrátu [rok]
			rostliny	půda	celkem	
tropický prales	12	2,03	340	692	1 032	5,3
les mírného pásu	8,7	0,85	139	262	401	6,2
boreální les	16,4	0,5	57	150	207	9,5
tropická savana	5,4	0,48	79	345	424	15,9
travní porost mírného pásu	13,3	0,3	23	172	195	25,4
středozemní typ porostu	7,6	0,46	17	124	141	16,7
poušť	3,4	0,08	10	208	218	10,1
tundra	19,6	0,1	2	400	402	52,3
orná půda	7,9	0,48	4	248	252	6,3
mokřad	72,3	0,17	15	450	465	945
celkem	-	-	686	3 051	3 737	-

Další faktorem ovlivňující POH je půdní textura a struktura. Pro zadržení uhlíku v půdě mají lepší vlastnosti těžší půdy než lehčí. To znamená, že jílové půdy mají větší schopnost zadržovat uhlík než lehké písčité půdy. Významný vliv na tento faktor má kultivace půdy. Zde je prokázáno, že před kultivací například na panenských půdách, přirozených ekosystémech se nachází více uhlíku než následně po kultivaci. Obsah organické hmoty se kultivací značně snižuje (Šimek et al., 2021).

Využití půdy a hospodaření na půdě například zemědělství, odlesňování a urbanizace, mohou mít značný vliv na obsah uhlíku v půdě. Postupy jako orba, obdělávání půdy a intenzivní zemědělství mohou urychlit rozklad organické hmoty a snížit obsah uhlíku v půdě. Ochranné postupy, jako je bezorebné hospodaření, pěstování krycích plodin a agrolesnictví, mohou pomoci udržet nebo zvýšit obsah uhlíku v půdě. Dále množství uhlíku se liší podle hloubky půdy (Sharma et al., 2021).

Další faktory, které ovlivňují uhlík a POH jsou hnojení a hospodaření se živinami, přírodní disturbance, hospodaření s vodou a degradace půdy.

3.1.4 Klimatická změna a zemědělství v EU

Zemědělství je ovlivněno změnou klimatu, ale také k ní přispívá. Dopady globálního oteplování na zemědělství a lesnictví jsou výrazné, častá proměnlivost narušuje hospodářské cykly. Změny srážkových režimů, extrémní povětrnostní jevy, jako jsou vlny veder, sucha, bouře a povodně, způsobují výrazné problémy pro zemědělský sektor. Neustálý růst zemědělské produkce, má významný vliv na klimatické podmínky, protože ovlivňuje koloběh vody, živin a celosvětové emise skleníkových plynů (Wall et al., 2005).

Změny ve využívání půdy ve prospěch zemědělství spolu se samotnou zemědělskou výrobou přispívají ke zvyšování koncentrací CO₂ v atmosféře a mohou představovat až 24 % celosvětových emisí skleníkových plynů. Podle EEA (European environment agency) tvoří skleníkové plyny ze zemědělství 11 % ročních celkových emisí členských států EU. EEA uvádí, že emise ze zemědělství klesly v letech 1990 až 2000 v EU o 15 %. Od roku 2000 emise stále klesaly, ale pomalejším tempem za období 2005-2021 jsou emise skleníkových plynů v tomto

odvětví relativně konstantní, klesly pouze o 2 %. Přestože se emise ze zemědělství v posledních letech snížily velmi málo, členské státy EU vykazují diferenci ve znečištění skleníkovými plyny, produkce emisí se výrazně liší mezi členskými státy.

Platná vnitrostátní politika a opatření by měli v rámci celé Evropské unie dle předpokladů EEA do roku 2040 přinést další snížení emisí pouze o 1,5 %. Jelikož Evropská unie vidí nutnost v dekarbonizaci, zaměřujeme se na opatření v oblasti klimatu. Politika EU se snaží pokrývat všechny aspekty, které mohou produkovat emise skleníkových plynů v širším měřítku napříč všemi odvětvími. Pro zemědělský sektor vytváří Evropská unie politiky a nástroje, které se zabývají zemědělskými postupy a technologickými řešeními pro snížení emisí CO₂ a zvýšení sekvence uhlíku v propadech uhlíku.

3.1.5 Emise skleníkových plynů a jejich producenti v zemědělství:

Metan (CH₄)

- Enterické fermentace – procesy vznikající během trávení přežvýkavců
- Hospodaření s chlévskou mrvou – aplikace hnoje na půdu, rozklad hnoje při skladování

Oxid dusný (N₂O)

- Použití syntetických dusíkatých hnojiv
- Hospodaření s půdou – praktiky jako orba mohou zvýšit uvolňování oxidu dusného z půdy
- Hnůj hospodářských zvířat

Oxid uhličitý (CO₂)

- Změny ve využívání půdy – přeměna lesů nebo pastvin na zemědělskou půdu vede k uvolňování uloženého oxidu uhličitého z vegetace a půdy
- Využití energie – používání fosilních paliv v zemědělských strojích, dopravě a dalších činnostech přispívá k emisím CO₂ (European environment agency)

3.2 Sekvestrace uhlíku v půdě

Sekvestrace uhlíku v půdě je proces, při kterém je CO₂ odebírán z atmosféry a ukládán do půdního zásobníku uhlíku. Tento proces je primárně zprostředkován rostlinami prostřednictvím fotosyntézy, přičemž uhlík je ukládán ve formě organických sloučenin. (Farrelly et al., 2013) uvádí, že 55–65 % všech antropogenních emisí CO₂ je odstraňováno z atmosféry přírodními procesy, a to interakcí oceánu s atmosférou i fotosyntézou rostlin na pevnině. Kromě vlivu na globální cyklus uhlíku sekvestrace ovlivňuje produkční potenciál půdy, je zdrojem energie pro biologické pochody, pozitivně ovlivňuje biologické, fyzikální a chemické vlastnosti půd (Váchalová a kol., 2016).

Uhlík se v půdě ukládá především ve dvou formách: Labilní uhlík: Jedná se o snadněji rozložitelné organické látky, včetně čerstvých rostlinných zbytků a dalších organických materiálů, které se relativně rychle rozkládají.

Stabilní uhlík: Tato forma uhlíku je odolnější vůči rozkladu a může v půdě zůstat delší časový horizont. Patří sem dobře rozložená organická hmota, která se stala součástí struktury

půdy (Fisher a Binkley, 2000). Tento jev ovlivňuje časový horizont zadržení sekvestrovaného uhlíku v půdě, který může být krátkodobý (okamžitě uvolněný zpět do atmosféry) a dlouhodobý (tisíciletí) skladování v půdě. Uhlík je sekvestrován v různých půdních horizontech, což má vliv na jeho obsah v různých hloubkách v půdy (Sharma et al., 2021).

Jako jedno z nápomocných agroekologických opatření se nabízí sekvestrace uhlíku půdou. Podle odborné veřejnosti má toto opatření velký potenciál pomoci s uložením uhlíku do pedosféry, tudíž pohltit CO₂ z atmosféry (Pires et al., 2011).

Sekvestraci uhlíku v půdě může zvýšit několik postupů: pěstování krycích plodin, střídání plodin, konzervačním obděláváním půdy, organické přídatky, agrolesnictví, řízení pastvy, obnova mokřadů, aplikace biocharu (Farrelly et al., 2013). Účinnost těchto postupů se liší v závislosti na faktorech, jako jsou klima, typ půdy, využití půdy a způsoby hospodaření.

Je důležité si uvědomit, že ačkoli je sekvestrace uhlíku v půdě cennou strategií, nenahrazuje snižování emisí uhlíku u jejich zdroje. Podle (Lal et al., 2015) přináší sekvestrace uhlíku tyto benefity: jak již bylo zmíněno – snížení nárůstu koncentrace CO₂ v atmosféře, zlepšení koncentrace organického C v půdě, obnovení kvality půdy a jejích ekosystémových funkcí a služeb, zlepšení zadržování vody a živin, snížení rizik zrychlené eroze a znečištění, zvýšení a udržení agronomické produktivity a zlepšení potravinové a nutriční bezpečnosti.

3.2.1 Uhlíkové hospodaření (Carbon farming)

Zemědělské půdy jsou předmětem zvláštního zájmu, protože prošly významnými antropogenně vyvolanými změnami (Sanderman et al., 2017). Proto v posledních letech vědecká společnost a vlády přichází s postupy uhlíkového hospodaření na zemědělské půdě. Uhlíkové zemědělství se zaměřuje na využívání půdy a zemědělských postupů za účelem sekvestrace uhlíku do přírodních uložení jako je vegetace a půda, nebo ke snižování emisí skleníkových plynů ze zemědělské produkce (Tang et al., 2019). V užším slova smyslu lze uhlíkové zemědělství definovat jako záměrné zvyšování ukládání uhlíku v ekosystémech za účelem snížení obsahu oxidu uhličitého (CO₂) v atmosféře. Uhlíkové zemědělství je veřejností stále více vnímáno jako nástroj, který může přispět ke zmírnění změny klimatu. Praxe užívané uhlíkovým hospodařením, jež vedou k sekvestraci uhlíku, jsou vědeckou komunitou uznané (Chenu et al., 2019). Ověřené studie vedly k vývoji uhlíkových trhů, politik a schémat, které kladou důraz na zachování uhlíku v půdě. Mezi hlavní praktiky uhlíkového zemědělství patří: podle (McDonald et al., 2021) 1) udržování a zvyšování obsahu půdního organického uhlíku (POH) v minerálních půdách 2) hospodaření s hospodářskými zvířaty a hnojem 3) hospodaření s živinami na orné půdě a pastvinách 4) zavodňování a obnova rašelinišť 5) zakládání agrolesnických systémů.

3.2.1.1 Udržování a zvyšování obsahu půdního organického uhlíku (POH) v minerálních půdách

Definice: Udržování a zvyšování POH vyžaduje pozitivní rovnováhu uhlíkových vstupů a ztrát z půd. Je relevantní pro jakýkoli zemědělský systém a širokou škálu postupů pěstování uhlíku. Tato část se zaměřuje na sekvestraci POH na orné půdě a pastvinách.

Udržování a zlepšování obsahu organického uhlíku v půdě (POH) v minerálních půdách má zásadní význam pro úspěšné zavádění postupů uhlíkového zemědělství. POH označuje uhlík uložený v půdě ve formě organické hmoty, který hraje klíčovou roli v půdní úrodnosti, struktuře a celkovém zdraví půdy. Souvislost mezi udržováním a zlepšováním POH na minerálních půdách a uhlíkovým zemědělstvím spočívá v jejich společných cílech, kterými jsou zvýšení sekvestrace uhlíku a podpora udržitelných postupů hospodaření s půdou (McDonald et al., 2021).

Mezi postupy s nejvyšším potenciálem pro udržení a zlepšení úrovně POH patří:

1) Krycí plodiny

Krycí plodiny jsou rostliny, které se pěstují po sklizni hlavní plodiny s cílem zabránit ponechání půdy ladem. Skrze fotosyntézu zachycují uhlík z atmosféry a přispívají další biomasou do půdy. Tyto plodiny pomáhají chránit půdu před erozí, mohou snižovat riziko infekcí půdními chorobami, zlepšují infiltraci vody, přispívají k fixaci živin a podporují agrobiodiverzitu. Tyto opatření přispívají ke zvyšování celkové odolnosti zemědělských systémů.

2) Střídání plodin

Pěstování širšího spektra plodin a víceletých píceňin podporuje rozmanitější agroekosystém. To vede k větší rozmanitosti půdního života a kořenů, čímž se zlepšuje struktura půdy. Takové půdy vykazují vyšší schopnost ukládání uhlíku. Zařazení méně intenzivních plodin, jako jsou obiloviny a trávy, spolu s jetelovinami, do střídání plodin dále zvyšuje obsah uhlíku v půdě díky jejich rozsáhlým kořenovým systémům.

3) Omezené zpracování půdy (no-till)

Zpracování půdy se běžně používá k narušení, provzdušnění půdy a k odstranění prvotních plevelů. Nicméně má často negativní dopad na život v půdě, její strukturu a zvyšuje riziko eroze. Kromě toho zvyšuje mineralizaci organického uhlíku, což vede k emisím CO₂ z půdy. Snižování míry zpracování půdy je proto užitečným nástrojem pro ochranu půdní organické hmoty.

4) Trvalé travní porosty

Trvalé travní porosty obvykle hromadí organickou hmotu pod travním porostem. Při obnově travních porostů, která zahrnuje orbu, přichází půda do kontaktu s větším množstvím vzduchu, což vede ke zvýšené mineralizaci organických látek. Obohacování travních porostů o luštěniny a používání řízené pastvy však může potenciálně zvýšit sekvestraci uhlíku v těchto oblastech.

5) Ekologické zemědělství

Potenciál a nejistoty udržování a zvyšování organické hmoty v minerálních půdách:

Odhady sekvestrace půdního organického uhlíku na orné půdě v EU se značně liší, (Frank et al., 2015) ve své práci uvádí sekvestraci od 9 Mt CO₂ekv/rok přes 58 Mt CO₂ ekv/rok (Lugato et al., 2014) až po 70 Mt CO₂ekv/rok (Roe et al., 2021).

„Pokud jde o travní porosty, (Roe et al., 2021) odhadují, že travní porosty v EU by mohly reálně zachytit 27 Mt CO₂-ekvivalentů ročně (s náklady nižšími než 100 USD/t). V porovnání s ostatními možnostmi uhlíkového hospodaření je mitigační potenciál sekvestrace organického uhlíku na orné půdě a travních porostech omezený a nejistý. Na úrovni farem a pozemků se může sekvestrační potenciál výrazně lišit kvůli heterogenitě půd, klimatickým podmínkám, současné úrovni organického uhlíku v půdě a způsobům hospodaření. To dále zvyšuje náklady na MRV a ztěžuje posouzení proveditelného potenciálu. Jílovité půdy a půdy s nižším současným obsahem organického uhlíku mají vyšší mitigační potenciál“ (McDonald et al., 2021).

3.2.1.2 Hospodaření s hospodářskými zvířaty a hnojem

Definice: Hospodaření s hospodářskými zvířaty a hnojem se vztahuje na veškeré činnosti prováděné chovateli hospodářských zvířat v rámci jejich zemědělské činnosti (COWI, Ekologický institut a IEEP, 2021b). Tato definice zahrnuje veškerá opatření související se všemi druhy hospodářských zvířat a řízenou pastvou.

Opatření zahrnují používání krmných aditiv a zlepšování stravitelnosti a účinnosti krmiva s cílem snížit obsah enterického metanu. Další opatření se zaměřují na snižování emisí oxidu dusného prostřednictvím hospodaření s hnojem, včetně správy skladování hnoje a jeho využívání, procesů zpracování, anaerobní digesce a výroby biometanu. Dále také zahrnují zlepšení účinnosti hospodaření, včetně efektivního řízení zvířat a krmiv pro zlepšení produktivity, a zlepšení plodnosti zvířat (Jia et al., 2019).

Hospodářská zvířata a hospodaření s hnojem hrají v uhlíkovém zemědělství významnou roli, protože mohou přispívat jak k emisím skleníkových plynů, tak k sekvestraci uhlíku. Postupy hospodaření s hospodářskými zvířaty a hnojem jsou základními složkami uhlíkového zemědělství, které přispívají k úsilí o zmírnění změny klimatu, sekvestraci uhlíku v půdě a udržitelnému zemědělství. Zavedením těchto postupů mohou zemědělci minimalizovat emise skleníkových plynů z chovu hospodářských zvířat a zároveň maximalizovat potenciál sekvestrace uhlíku v zemědělské krajině (McDonald et al., 2021).

Potenciál a rizika hospodaření s hospodářskými zvířaty a hnojem:

V roce 2019 bylo v EU vyprodukováno celkem 220 milionů tun ekvivalentu oxidu uhličitého za rok z metanu ze střevní fermentace a z emisí z chlévské mrvy (EEA, 2021a). Mezinárodní výzkum a dosavadní zkušenosti s chovem hospodářských zvířat s ohledem na uhlíkové hospodaření v Evropě naznačují, že by chovy hospodářských zvířat mohly potenciálně do roku 2030 snížit své emise o 12-30 % (COWI, Ecologic Institute a IEEP, 2021b). Toto snížení by představovalo roční potenciál zmírnění emisí ve výši 26-66 milionů tun ekvivalentu CO₂. Potenciál snižování emisí se výrazně liší v závislosti na různých typech farem s hospodářskými zvířaty a jejich lokalitách. U uzavřených systémů, jako je například chov prasat, a při vysoké intenzitě chovu mléčného skotu, jsou vhodnější pro implementaci přísad do krmiv, nebo možností nakládání s hnojem. Tyto možnosti by však mohly být méně proveditelné v nízko-intenzivních systémech, které by se však mohly zaměřit na efektivitu a opatření k sekvestraci (Jia et al., 2019).

Různá opatření zaměřená na zmírnění emisí v chovu hospodářských zvířat a nakládání s hnojem přináší různé vedlejší přínosy a rizika. Například opatření zaměřená na zlepšení účinnosti, jako je vylepšení účinnosti krmiv, řízení stáda a chov, mohou přinést zemědělcům významné úspory nákladů (COWI, Ecologic Institute a IEEP, 2021a). Některá opatření mohou zvýšit spotřebu elektrické energie, zatímco některé přístupy k nakládání s hnojem mohou zvýšit znečištění živinami a negativně ovlivnit půdní a vodní ekosystémy, včetně zhutnění půdy (Kumar et al., 2013). Při posuzování chovu zvířat z hlediska uhlíkové stopy je nezbytné zohlednit také dobré životní podmínky zvířat a jejich zdraví. Je důležité zajistit, aby zemědělci nebyli odměňováni pouze za zvýšení efektivity, ale za skutečné snížení emisí.

3.2.1.3 Hospodaření s živinami na orné půdě a pastvinách

Definice: „Hospodaření s živinami se zaměřuje na činnosti, které zamezují emisím N₂O, jež jsou důsledkem používání minerálních hnojiv a hospodaření s chlévskou mrvou. V tomto oddíle je pozornost zaměřena na snižování emisí z používání syntetických hnojiv. Klíčové strategie jsou lepší plánování výživy a zlepšení načasování a aplikace hnojiv, aby se zabránilo přehnojení. Některé odhady také uvažují o používání inhibitorů nitrifikace. Dopad živin řízení může být významnější v kombinaci s agronomickými postupy, jako je např. pěstování luskovin, hospodaření s rezidui/inkorporace nebo zahrnutí dočasných luk, travních porostů do osevního postupu, střídání plodin“ (McDonald et al., 2021).

Hospodaření s živinami na orné půdě a pastvinách úzce souvisí s postupy hospodaření s uhlíkem, protože ovlivňuje zdraví půdy, produktivitu a potenciál pro ukládání uhlíku.

Potenciál snížení emisí:

(Roe et al., 2021) odhadují nákladově efektivní potenciál snížení emisí v EU na 19 milionů tun CO₂-ekvivalentů ročně prostřednictvím zlepšeného hospodaření s živinami. Jejich odhady zahrnují jak přímé, tak nepřímé emise dusičnanu dusíku (N₂O), snížení emisí a úspory emisí CO₂ z omezení výroby hnojiv, jako jsou inhibitory nitrifikace. Zlepšení účinnosti hnojiv samo o sobě nevede k absolutnímu snížení emisí, pokud se aplikuje pouze na části farmy. K dosažení absolutní efektivity je nezbytný přístup, který sleduje celkové využití hnojiv v rámci celého zemědělského podniku.

Zlepšení účinnosti hnojení snižuje celkové množství aplikovaných hnojiv a přehnojení, což vede k menšímu vyplavování dusíku a jeho odtoku. Tímto způsobem pomáhá chránit povrchové a podzemní vody, snižuje náklady spojené se snižováním obsahu dusičnanů v pitné vodě a zmírňuje negativní dopady (McDonald et al., 2021). Opatření je nákladově efektivní pro zemědělce, jelikož umožňuje ušetřit náklady na vstupy. Nicméně, v závislosti na druhu činností, které s tímto opatřením souvisejí, mohou také vzniknout investiční náklady. Pro udržení zdraví půdy a její schopnosti zadržovat vodu je nezbytné zlepšit efektivitu syntetických hnojiv prostřednictvím kombinace opatření, která podporují zdraví půdy. Kombinace hospodaření se živinami a střídání plodin, pěstování krycích plodin a začlenění dočasných travních porostů může vést k pozitivnímu vlivu na sekvestraci uhlíku a prevenci zhutnění půdy (McDonald et al., 2021).

3.2.1.4 Obnova rašelinišť

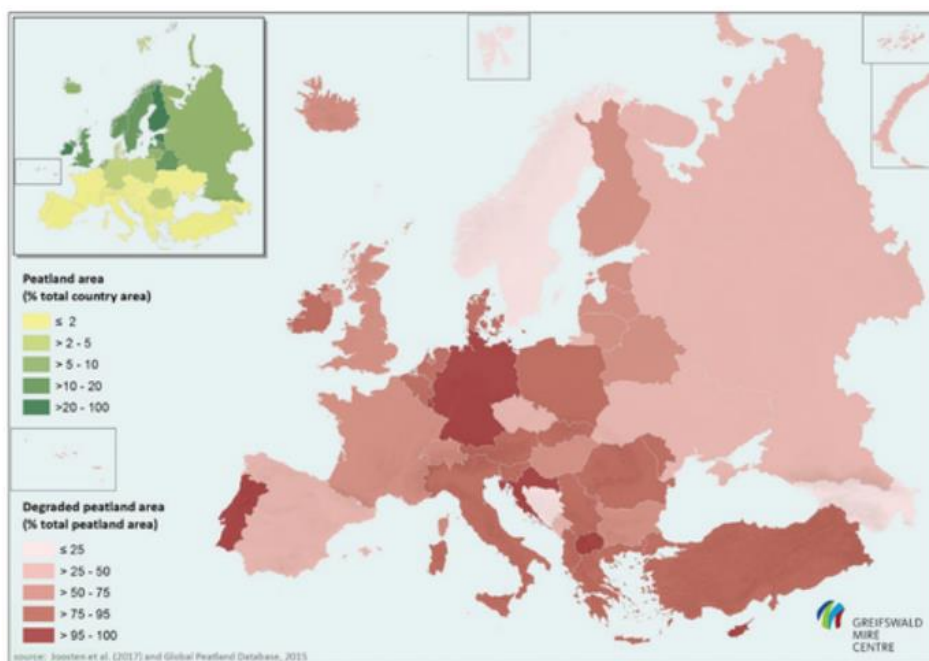
„Rašeliniště jsou podmáčené půdní ekosystémy, které se vyznačují vysokým obsahem organických hmoty a také ukládáním uhlíku“ (COWI, Ekologický institut a IEEP, 2021b). Rašelina je charakterizována jako sedimentární materiál, kde alespoň 30 % hmotnosti (na sušinu) představuje mrtvá organická hmota. V prostředí podmáčených rašelinišť dochází ke zpomalení rozkladu rostlin do míry, která umožňuje hromadění odumřelých rostlin a vytváření rašeliny. Tento proces umožňuje, že se absorbovaný uhlík z atmosféry ukládá do půdy rašelinišť (Tanneberger et al., 2021).

Podle Mezinárodní unie pro ochranu přírody (IUCN 2021) se rašeliniště vyskytují téměř ve všech zemích a zabírají asi 3 % celosvětového povrchu země. V Evropě rašeliniště zauímají téměř 10 % celkové plochy, což představuje více než 320 000 km². V mnoha zemích Evropské unie, které disponují bohatými zásobami rašelinišť, je více než 50 % těchto rašelinišť degradováno (obrázek č. 2). V některých případech, jako je Německo, dokonce degradace přesahuje 95 %. Tato degradace rašelinišť je výsledkem umělého odvodnění, často prováděného pro potřeby zemědělství, lesnictví nebo těžby rašeliny. Odvodněné rašeliniště emituje dříve zadržovaný uhlík a další skleníkové plyny, především oxid dusný (Tanneberger et al., 2021). Degradovaná rašeliniště představují hlavní zdroj emisí skleníkových plynů, které jsou zodpovědné za téměř 5 % celosvětových antropogenních emisí oxidu uhličitého.

(Joosten et al., 2015) uvádí, že rašeliniště mohou být spravována několika způsoby, včetně udržování stávajících rašelinišť ve vlhkém stavu, opětovným zavlažováním a obnovou,

a také hospodařením na odvodněných produkčně využívaných rašeliništích, která nelze znovu zavodnit.

Souhrnně lze říci, že hospodaření na rašeliništích je úzce spojeno s hospodařením s uhlíkem tím, že zachovává nebo zvyšuje jejich potenciál pro sekvestraci uhlíku. Ochrana a obnova rašelinišť přispívá ke snahám o zmírnění změny klimatu tím, že zachovává propady uhlíku, snižuje emise skleníkových plynů a podporuje udržitelné postupy hospodaření s půdou.



Obrázek 2: Podíl plochy degradovaných rašelinišť a podíl rašelinišť v Evropě. Zdroj: Tanneberger et al., 2021

Potenciál uložení uhlíku rašeliništi

(Swindles et al., 2019) ve své práci uvádí, že rašeliniště jsou schopny uchovávat čtyřikrát až pětkrát více uhlíku než stromy, a proto je nezbytné rašeliniště chránit a řádně spravovat. Odvodněná rašeliniště v Evropské unii emitují 220 milionů tun CO₂ ročně, což v roce 2017 představovalo 5 % celkových emisí skleníkových plynů v EU (McDonald et al., 2021). Podle odhadu (Roe et al., 2021) by proveditelné opatření ke zmírnění dopadů opětovného zavodnění rašelinišť mohlo přinést snížení emisí o 54 milionů tun CO₂ ročně v průměrném ročním období v letech 2020 až 2050. Po přepočtu na hektar je obnova rašelinišť považována za vysoce účinné mitigační opatření. Dle odhadu (Günther et al., 2020) úroveň zamezených emisí prostřednictvím opětovného zavodnění může dosáhnout až 29 tun CO₂ na hektar za rok. Kromě k zamezení emisím může obnova rašelinišť také vést k určité sekvestraci uhlíku, i když v nízké míře, a to méně než 1 tunu CO₂-equivalent na hektar za rok.

Potenciál pro zmírnění dopadů obnovy rašelinišť se výrazně liší mezi jednotlivými zeměmi. Nejvíce rašelinišť se nachází v severní Evropě, a úroveň jejich degradace, a tedy i mitigační potenciál opětovného zavlažování je jiný než v ostatních zemích EU. Například 85 % rašelinišť v Norsku je ve zdravém stavu, zatímco v Německu je to pouze 2 % (Tanneberger et

al., 2017). Zdravá rašeliniště nabízejí různé vedlejší výhody, včetně podpory biodiverzity, prevence povodní, filtrace vody a další (Joosten et al., 2015).

V ČR se rašeliniště nacházejí převážně v horských oblastech a většinou jsou v režimu ochrany přírody, takže se v těchto územích nehospodaří. Jejich rozloha není nijak významná, tudíž opatření obnova rašelinišť nemá takový význam, jako ostatní opatření uhlíkového hospodaření.

3.2.1.5 Zakládání agrolesnických systémů

Certifikovaná metodika agrolesnictví ministerstva zemědělství uvádí definici agrolesnictví dle společné zemědělské politiky EU následovně „*agrolesnickými systémy se rozumějí systémy využívání půdy, v jejichž rámci je stejný pozemek zároveň využíván k pěstování stromů a k zemědělské produkci*“. (Dmuchowski et al., 2024) ve své práci uvádí, že „*agrolesnictví je záměrná integrace stromů a keřů do zemědělských systémů plodin a zvířat za účelem vytvoření environmentálních, ekonomických a sociálních výhod*“.

Charakteristickým aspektem těchto systémů je významná role stromů a keřů v zemědělském prostředí, které často doplňují pěstování plodin i chov zvířat. Zemědělské uspořádání umožňuje využití různých prvků agroekosystémové produkce, včetně stromů, keřů, dřevin, pastvin a sadů. Zemědělství i živočišná výroba jsou provázány agroekologickými interakcemi. Agrolesnické postupy jsou celosvětově uznávány jako integrovaný přístup k udržitelnému využívání půdy (Dmuchowski et al., 2024).

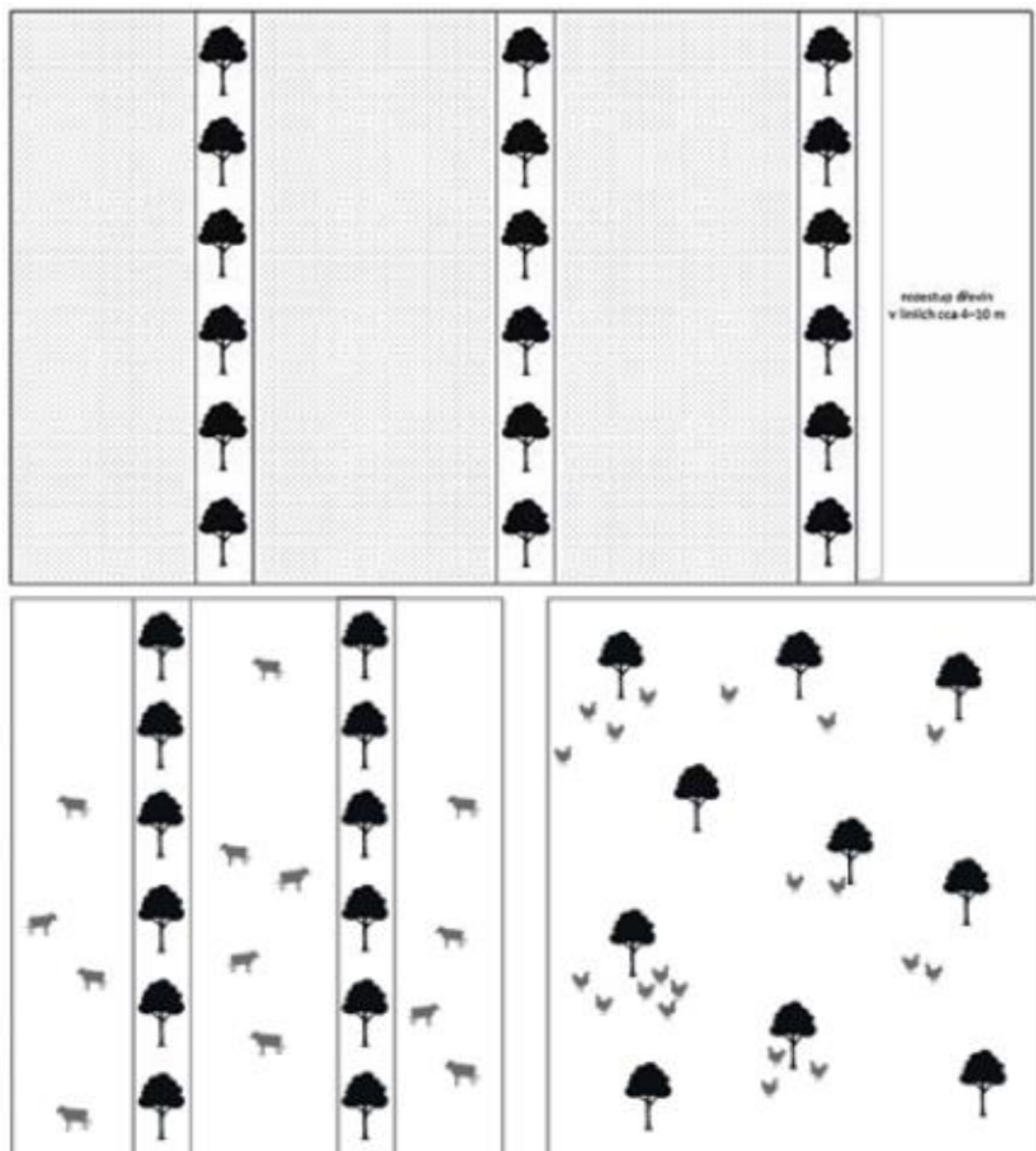
Tato praxe nabízí různé environmentální, sociální a ekonomické výhody a je úzce spojena s uhlíkovým zemědělstvím kvůli jeho potenciálu pro sekvestraci uhlíku a zmírňování změny klimatu.

Ekosystémové služby poskytované agrolesnickými systémy mají rozsáhlejší dopady než konvenční zemědělství a takové prostředí má pozitivní vliv na krajinu. Agrolesnictví, bez ohledu na jeho typ, regionální kontext nebo složení, přináší příznivé vlivy na rozvoj ekosystémových služeb. V porovnání s tradičním zemědělstvím podporuje agrolesnictví multifunkčnost s vyšší schopností zachycování uhlíku a zlepšení úrodnosti půdy, snižuje ztráty půdy a dusičnanů, redukuje erozi, zvyšuje opylovací služby a podporuje polopřirozená stanoviště. Často dochází k nárůstu výnosů a biodiverzity (Dmuchowski et al., 2024).

Agrolesnictví pokrývá přibližně 8,8 % využívané zemědělské plochy v EU a je soustředěno ve Středomoří a jihovýchodní Evropě. Většina existujících systémů v Evropské unii jsou lesnicko-pastvinářské agrolesnické systémy, které typicky spojují pastvu zvířat, výrobu krmiv či krmných plodin s pěstováním stromů nebo jiných trvalejších dřevin ve společné pastvině (McDonald et al., 2021).

Certifikovaná metodika ministerstva zemědělství rozděluje agrolesnictví do těchto kategorií:

- Silvoorebné – pěstování dřevin na orné půdě
- Silvopastevní – pěstování dřevin na trvalých travních porostech nebo výmladkové porosty s chovem zvířat viz. obrázek 3
- Agrolesnictví v trvalých kulturách (sadech)
- Liniové výsadby dřevin na okrajích půdních bloků
- Městské/vesnické agrolesnictví (dřeviny v zastavěném území)



Obrázek 3: Schéma silvoorebného agrolesnického systému - liniová výsadba dřevin na orné půdě a schéma silvopastevního agrolesnického systému. Zdroj: Český spolek pro agrolesnictví.

Potenciál Agrolesnictví:

Potenciál snížení emisí pomocí agrolesnictví závisí na konkrétním typu agrolesnického systému, na klimatických podmínkách a předchozím využití půdy. Lesní a lesopěstební systémy začleněné do zemědělských ploch mohou poskytovat efektivní možnosti redukce emisí, zejména pokud se jedná o systémy s vysokou hustotou rychle rostoucích stromů (Feliciano et al., 2018).

Agrolesnický přístup lze adaptovat na téměř jakýkoli zemědělský systém v Evropě. Zejména země s vysokým podílem orné půdy a travních porostů mají významný potenciál pro rozšíření agrolesnické produkce. Podle (Kay et al., 2019) se potenciál agrolesnictví pro ukládání uhlíku v EU-27 (plus Švýcarsku) pohybuje v rozmezí od 0,3 do 27 tun CO₂ na hektar za rok, což celkem představuje 7,7 až 234,8 megatun CO₂ za rok. Je důležité zohlednit i emise, které vznikají v důsledku pěstování stromů a jejich výsadby, zejména pokud dochází k narušení půdy. Tyto emise mohou ovlivnit celkovou bilanci uhlíku agrolesnictví. Agrolesnické systémy, které nabízejí nejvyšší potenciál snížení dopadů, mohou znamenat snížení produkce jednotlivých potravinářských nebo krmných plodin ve srovnání s konvenčními systémy na orné půdě nebo na travních porostech. Nicméně, i v krátkodobém horizontu, tato změna ve výnosech závisí na tom, jak je systém optimalizován, a na biofyzikálních podmínkách, které na něj působí (McDonald et al., 2021).

3.2.2 Historie půdní organické hmoty a uhlíkového hospodaření

Jelikož je půdní organická hmota považována za indikátor úrodnosti a degradace půdy, je její vývoj a vědecké poznání úzce spjatý se zemědělstvím. (Raphaël et. al., 2007) historicky rozlišuje tři období, zahrnující POH ve vztahu k udržitelnosti plodin. Do roku 1840 byl management pěstebních systémů zakládán pouze prostřednictvím organických vstupů. Od 1840 do 40. let 20. století Liebigova teorie minerální výživy připravila cestu pro intenzivní minerální hnojení jako náhradu za organické vstupy. Od roku 1940 po vědeckém pokroku je POH uznána jako klíčový ukazatel půdy a úrodnosti ekosystémů z těchto vědeckých závěrů vzniká poptávka po posouzení environmentálních nákladů intenzifikace v moderních zemědělských postupech, která vedla k rostoucímu zájmu o ekologické, udržitelné či regenerativní zemědělství.

Uhlíkové hospodaření a ekologické zemědělství sdílí některé společné cíle, jelikož oba tyto přístupy se zaměřují na udržitelnost a snižování negativního dopadu zemědělství na životní prostředí. Tyto společné cíle jsou např. zajišťovat zdraví, ochranu půdy, snížení syntetických vstupů, diverzifikace plodin, obnova ekosystémů, zachování biologické rozmanitosti, snížení eroze půdy. Na rozdíl od ekologického zemědělství, které je zakotveno v zákonných normách, je uhlíkové zemědělství stále příliš rozmělněné a neumožňuje přesné výpočty efektu zemědělské praxe nad rámec zákonné normy. Takže pouze částečně má uhlíkové hospodaření původ spojený s ekologickým zemědělstvím.

První zmínky o uhlíkovém zemědělství jsou spojeny s rozvojem koncepcí uhlíkových trhů. První uhlíkové trhy a programy na podporu ukládání uhlíku v zemědělství se začaly

objevovat v 90. letech 20. století. Některé z prvních zmínek o "carbon farming" lze nalézt ve vztahu k těmto programům. Jedním z prvních programů byla tzv. "Clean Development Mechanism" (CDM), což byla součástí Kjótského protokolu, dohody o změně klimatu uzavřené v roce 1997.

3.2.3 Specifika uhlíkového hospodaření

Uhlíkové hospodaření je složitý proces, který ovlivňuje velké množství faktorů, a existuje několik překážek, které komplikují vytváření schémat a politik pro pěstování uhlíku. Aby bylo zajištěno, že opatření karbonového zemědělství mají skutečný a pozitivní dopad na klima, musíme být schopni měřit a mít jistotu, že probíhají. Dalším důležitým požadavkem transparentního uhlíkového zemědělství je, že jsou financovány praxe pouze v rozsahu nad rámec regulatorních standardů, jako je DZES.

Jako nejdůležitější faktory nejistoty výpočtu správných kreditů se jeví kvantifikace, únik a trvalost. Pro tyto požadavky jsou v současné době vyvíjeny systémy pro monitorování, reportování a verifikace (MRV) uhlíku v půdě (Smith et al., 2020). Monitorování se vztahuje k měření poklesu emisí nebo ke zvýšení ukládání uhlíku do půdy. Dále reportování spočívá v komunikaci, ucelování a přípravě těchto výsledků. Verifikace je nástroj, který má za úkol zajistit pravdivost a přesnost výsledků pro soukromé i veřejné sektory a širokou veřejnost. Robustní MRV je nezbytné pro zajištění, aby účinky snižování skleníkových plynů a odstraňování uhlíku měly ekologickou integritu a byly skutečné, dodatečné, měřitelné, trvalé a předešly úniku uhlíku (McDonald et al., 2021). Avšak zásadní faktory nejistoty výpočtu správných kreditů stále nebyly úspěšně rozřešeny.

Přesné měření MRV a ověření dopadu karbonového zemědělství na skleníkové plyny může být nákladné. Sledování lze provést pomocí přímého měření, modelování nebo kombinovaných přístupů modelování/měření, z nichž každý má různé výhody a nevýhody:

Přímé měření: měření uchovaného uhlíku přímo na místě, například ve stromech nebo půdě, a měření emisí skleníkových plynů. Přímé měření může monitorovat dopad skleníkových plynů s poměrně vysokou přesností, ale může být příliš drahé.

Modelování: emise a odstraňování skleníkových plynů jsou odhadovány na základě kombinace měřitelných proxy dat a již známých vědeckých vztahů. Modelování vyžaduje předchozí vědecký výzkum pro stanovení vztahů mezi proxy a odhadovanými emisemi/ukládáním. Modelování má vyšší míru nejistoty než přímé měření, ale nižší náklady.

„Je důležité, aby MRV zachytilo všechny dopady karbonového zemědělství na klima. Vzhledem k tomu, že opatření karbonového zemědělství mají dopad na více skleníkových plynů a uhlíkových zásob, je nezbytné, aby všechny byly monitorovány, nesledování všech skleníkových plynů může vést k nežádoucím výsledkům. Například existují důkazy o tom, že výsadba stromů na rašeliníštích může vést k čistě negativnímu ukládání uhlíku. Protože ztráta uhlíku z rašeliníšť

převáží jakékoliv zvýšení ukládání uhlíku ve stromech (Sloan et al., 2018), oba tyto zásobníky uhlíku musí být monitorovány, stejně jako emise oxidu dusného, metanu a oxidu uhličitého.“

3.2.3.1 Stálost sekvestrovaného uhlíku v půdě

Jelikož uhlíkový cyklus je proces, jež probíhá obousměrně (atmosféra/půdu), je nutné zaručit trvalost uloženého uhlíku do půdy (Oldfield et al., 2022). To je naprosto zásadní problém, který způsobuje pochyby o transparentnosti tržně deklarovaných výsledků sekvestrace uhlíku. S ohledem na dlouhodobou povahu klimatické změny, nemá smysl ukládat uhlík na krátkou dobu, pokud je pravděpodobné, že bude znovu uvolněn, a proto je zásadní, aby uhlíkové zemědělství zajišťovalo trvalé snížení emisí (McDonald et al., 2021). Sekvestrovaný uhlík je nestabilní, může emise z atmosféry odstraňovat, snižovat, ale také zpět do atmosféry uvolňovat. Pro trvalost uhlíku v půdě je primární uhlíkové hospodaření a činnosti spojené s ním, například farmářská činnost nebo nastavení politik, schémat uhlíkového hospodaření. Pro dosažení trvalosti uložení uhlíku je důležité nepřerušit či nezrušit vynaložené úsilí spojené s carbon farmingem. Dosažení trvalosti v zemědělské půdě by mohlo spočívat, v dosažení dohodnutého optimálního obsahu POH, také vyvážením rychlosti rozkladu POH a rychlosti jeho tvorby. Optimální obsah může být pro různé typy půd a příslušné postupy hospodaření s uhlíkem odlišný a toto téma musí být důkladně projednáno (McDonald et al., 2021). Nelze zaměňovat uhlíkové kredity za již vzniklá opatření Společnou zemědělskou politikou. Je nezbytné zajistit, aby projekty na pěstování uhlíku neupřednostňovaly zisk před ekologickou integritou. Důležité je také zdůraznit transparentnost, právní a regulační rámec, dlouhodobé závazky v oblasti udržitelnosti, protože v oblasti uhlíkového hospodaření stále existuje mnoho nevyjasněných otázek a nejasností.

3.2.3.2 Potenciál uhlíkového zemědělství

Studie uhlíkového zemědělství uvádějí potenciál redukce emisí o 101-444 Mt CO₂ za rok pro EU. To je ekvivalentem přibližně 3-12 % celkových ročních emisí skleníkových plynů vyprodukovaných v EU (COWI, Ecologic Institute and IEEP, 2021). Tabulka č. 2 shrnuje praxe uhlíkového hospodaření. Jedním z faktorů, které mohou limitovat potenciál uhlíku v půdě je nutnost, aby opatření uhlíkového zemědělství byly financovány, pouze pokud jsou náročnější než standardy regulatorní, jako je DZES. Je nutné předejít dvojímu financování. Potenciál uhlíkového zemědělství může výrazně záviset na klimatických regionech v závislosti na různých příležitostech, trendech a překážkách, ale také na použitých metodách odhadu. Je důležité zohlednit, že různé regiony mají různé klimatické podmínky, půdní typy, zemědělské postupy a socioekonomické faktory. To znamená, že metody karbonového zemědělství budou mít různý dopad na každý region. Například některé regiony mohou mít více příležitostí pro využití způsobů zemědělského managementu, které podporují akumulaci uhlíku v půdě, jako jsou osevní postupy, pokravné plodiny a zelené hnojení. Jiné regiony by se mohly potýkat s překážkami, jako je nedostatek vody nebo půdní eroze, které by mohly omezit jejich schopnost využít tyto praktiky. Navíc různé metody odhadu a modelování mohou vést k různým

výsledkům ohledně potenciálu karbonového zemědělství. Proto je důležité brát v úvahu různé přístupy k odhadům a zahrnout do analýzy širokou škálu faktorů. Celkově je integrovaný přístup k hodnocení potenciálu karbonového zemědělství klíčový pro úspěšné plánování a implementaci opatření zaměřených na snižování emisí skleníkových plynů a zvýšení ukládání uhlíku v půdě (Rodrigues et al., 2021).

Tabulka 2: Přehled možností hospodaření s uhlíkem. Zdroj: McDonald et al., 2021.

Assessment criterion	Hospodaření na rašeliništích	Agrolesnictví	Udržování a zvyšování SOC na minerálních půdách	Hospodaření s hospodářskými zvířaty a hnojem	Hospodaření s živinami na orné půdě a pastvinách
Uhlíkové zemědělství	Obnova rašelinišť, management	Vytváření, obnova a managementu dřevin prvků v krajině	Obdělávaná půda a travní porosty management	Technologie ke snížení enterického metanu, hospodaření s hnojem, zvýšení účinnost stáda a krmiva	Zlepšení živin plánování, načasování a aplikace hnojiv; snížení spotřeby hnojiv
Celkové zmírnění dopadů v EU	51 - 54 Mt CO ₂ -e/yr	8 – 235 Mt CO ₂ -e/yr	9 – 70 Mt CO ₂ -e/yr	14 – 66 Mt CO ₂ -e/yr	19 Mt CO ₂ -e/yr
Zmírnění dopadů na hektar (t CO ₂ -e/ha/rok)	3.5 - 29	0.03 – 27	0.03 – 27	Neaplikováno	Neaplikováno
Mechanismus zmírnění	Zamezené emisí	Odstranění	Odstranění a zamezené emisí	Snížení emisí	Snížení emisí
Typ změny	Využívání půdy	Management	Management a využití půdy	Management	Management
Vedlejší přínosy pro zemědělce	Potenciál pro paludikultura	Diverzifikace výstupů chrání před jediným	Lepší zadržování vody kapacita a zpracovatelnost	Nižší vstupní náklady (krmiva, hnojiva, energie), půda	Nižší vstupní náklady
Společenské vedlejší přínosy	Biodiverzita, regulace povodní, kvalita vody	Zlepšení vodních poměrů zadržování vody, mikroklima, zdraví půdy, biologická rozmanitost	Zlepšení vodních poměrů zadržování vody, zdraví půdy, biodiverzita	Snížení odtoku živin; snížení obsahu amoniaku	Snížení obsahu živin odtok; snížení emise amoniaku
Rizika	Emise CH ₄ , snížení produkce	Nepůvodní druhy, vliv na biologickou rozmanitost	Biochar mimo zemědělský podnik kompost ovlivňující půdu zdraví/biodiverzitu	Dobré životní podmínky zvířat, kvalita vody, dopady krmných aditiv	Vliv na kvalitu vody inhibitory nitrifikace

3.3 Ochrana a degradace půdy

Půda je často považována za neobnovitelný zdroj vzhledem k jejímu mimořádně pomalému vzniku a schopnosti odolávat určitým formám poškození. Proces obnovy půdy je složitý a vyžaduje značné investice času a úsilí. Sekvestrace uhlíku nepřímo souvisí s obnovením degradované půdy do původního stavu, což vyžaduje přibližně 500 let k získání pouhých 2,5 cm povrchové kůry (Ronchi et al., 2019).

Degradaci půdy lze popsat jako zhoršení její kvality a vlastností nezbytných pro plnění určitých funkcí (Blum., 2008). Degradace půdy je způsobena přírodními podmínkami nebo antropogenní činností. Lidská činnost jako intenzivní a neudržitelné zemědělství mají za následek přeměňování, kultivaci, poškození či degradaci půdy (Blum., 2002). Podle (Ronchi et al., 2019) je degradace půdy také způsobena změnou klimatu, jež je rovněž považována za antropogenní procesy.

Pavlů (2018) uvádí, že jedna třetina celosvětových půd je degradována či poškozena lidskou činností. Dále Pavlů rozlišuje degradaci půdy dle dvou základních faktorů, a to podle zhoršení fyzikálních nebo chemických vlastností půdy. Do skupiny dle fyzikálně degradované půdy patří eroze půdy, zábor půdy, trvalé uzavření povrchu, zhutnění půdy, desertifikace a

zamokření. Do skupiny chemicky poškozené půdy patří – kontaminace, acidifikace, eutrofizace a salinizace. Pro ochranu půdy, tak jako pro ostatní ekologická opatření je významná prevence vzniklých škod. Nápravná opatření jsou finančně náročná, a ne vždy se podaří navrátit půdy do stavu před poškozením.

3.3.1 Vodní a větrná eroze

Podle (Šarapatka et al., 2021) „je eroze do jisté míry přirozený proces, jehož příčinou je působení vnějších činitelů. Jedná se zejména o vítr a vodu, které narušují půdu a dochází tak k transportu a postupnému ukládání půdních částic. Problém nastává, když je tento proces značně zrychlený. Zrychlená eroze je zapříčiněna, lidskou činností, zejména intenzivní zemědělskou výrobou, ale i odlesňováním a dalšími procesy, které mají za následek odstraňování přirozeného půdního pokryvu“. Vodní erozí je v České republice ohroženo 31,3 % zemědělské půdy a větrnou erozí 10,4 % zemědělské půdy. (Janeček et al., 2012) uvádí, že 50 % orné půdy je ohroženo vodní erozí a 10 % erozí větrnou.

Jedním z hlavních negativních dopadů eroze je ztráta neúrodnější části zemědělské půdy (ornice). Změna struktury půdy je dalším negativním vlivem eroze, tato změna ovlivňuje schopnost vsakovat a zadržovat vodu. Snižuje produkční schopnost půdy a zrychluje proces degradace, což se projevuje změnami v půdních vlastnostech, ztrátou organické hmoty a živin. Eroze mohou přímo poškodit rostlinnou vegetaci (Šarapatka et al., 2021). (Vácha et al. 2019) uvádí jako hlavní příčinu eroze v ČR nadměrnou rozlohu obhospodařovaných pozemků, převážně ornou půdou. Dále sklonitost a délka pozemku po spádnici, vlastnosti půdy, vegetační pokryv půdy a úhrn srážek a nešetrné zemědělské obhospodařování má významný vliv na větrnou i vodní erozi. Ministerstvo zemědělství uvádí, že v současné době je ztráta půdy v ČR přibližně 21 mil. tun ornice za rok. Omezit erozi lze pomocí protierozních opatření, které ministerstvo zemědělství rozděluje do tří skupin.

- **Organizační opatření:** návrh optimálního tvaru a velikosti obhospodařovaného pozemku, vhodného umístění pěstovaných plodin, včetně ochranného zatravnění návrh pásového pěstování plodin
- **Agrotechnická opatření:** setí po vrstevnici ochranné obdělávání jako je bezorebné setí, setí do mulče, mělké podmítky a ochranné plodiny
- **Technická opatření:** protierozní meze, příkopy, průlehy, zatravněné dráhy soustředěného odtoku, polní cesty s protierozní funkcí ochranné hrázky, protierozní nádrže, terasy

3.3.2 Zábory půdy (soil sealing)

Zábor půdy lze definovat jako zničení nebo zakrytí půdy budovami, stavbami a vrstvami, zcela nebo částečně nepropustného umělého materiálu. Jedná se o nejintenzivnější formu degradace půdy a v podstatě o nevratný proces (Prokop et al., 2011). (Šarapatka et al., 2021) uvádí, že v posledním desetiletí zaznamenává zemědělská půda denní úbytek okolo 15

ha. Po záboru půdy, není půda schopna plnit své přírodní funkce. Soil sealing narušuje koloběh živin a hydrologický režim, což v konečném důsledku může způsobovat vyšší pravděpodobnost povodní. Zastavěné, betonové plochy se nedokáží vyrovnat s teplotními výkyvy a zadržovat vodu jako nezastavěná plocha.

Rizika způsobené zábořem půdy jsou oteplování prostředí (tepelné ostrovy), narušení diverzity životního prostředí a snížená produkční funkce půdy (Vácha et al., 2019). (Pavlů 2018) zmiňuje dva faktory příčiny záboru půdy, a to výstavbu budov, liniových staveb a těžbu nerostných surovin. (Pavlů 2018) dále uvádí mechanismy na snížení negativních dopadů jako jsou užití polopropustných povrchů, materiálů, aby bylo možné vsakování srážkové vody do půdy. Místo záboru půdy využít browfields a pokud jsou zábořeny nutné využít méně kvalitní půdy.

3.3.3 Acidifikace (okyselení)

(Šarapatka et al., 2021) definují acidifikaci jako snížení nebo ztrátu schopnosti udržovat v jistém rozmezí stabilní půdní pH. Okyselování půdy je přirozený proces, který je zrychlován antropogenní činností. Spalování fosilních paliv, účinek imisí, kyselých dešťů, aplikací kyselých působících minerálních či statkových hnojiv způsobuje okyselování půdy. Dále acidifikaci může zvyšovat pěstování monokultur, intenzivní zavlažování, odebírání vápníku pěstovanými rostlinami nebo nízké zastoupení víceletých pícnin v osevních postupech.

Ministerstvo zemědělství uvádí, že výměra potenciální zranitelnosti zemědělské půdy acidifikací pro ČR je 4 179 935 ha. Důsledky okyselení půdy jsou pokles půdní pH, nedostatek živin v půdě, náchylnost k erozi a zhoršení kvality humusu. Tyto důsledky mají následný negativní vliv na výnos (Pavlů 2018). Agrotechnická opatření pro zmírnění okyselování půdy jsou přidání vápníku do půdy, omezení zpracování půdy, střídání plodin, ponechání posklizňových zbytků, kompostování.

3.3.4 Dehumifikace

Dehumifikace je proces, při kterém dochází k poklesu organické hmoty nahromaděné v půdě. Ztráta či snížení organické hmoty v půdě je pro většinu půd indikátorem snížení kvality půdy (Šarapatka et al., 2021). Existují dvě skupiny faktorů, které ovlivňují množství půdní organické hmoty – přírodní a antropogenní. Mezi přírodní faktory patří klimatické podmínky daného regionu, mateční materiál půdy, půdní pokryv, vegetace, topografie. Antropogenní faktory jsou využívání půdy, hospodaření a degradace půdy (Zhang et al., 2023).

(Rusco et. al., 2001) ve své práci uvádí rozdělení obsahu organické hmoty v hloubce půdy 0-30 cm na vysoký, střední, nízký a velmi nízký obsah. Jeho analýza ukazuje, že více než 40 % evropských půd má obsah organické hmoty 2-6 % a mnoho z těchto půd je zemědělsky využíváno. Pro ČR představuje významný problém nedostatečný přísun organických hnojiv jako je hnůj, kejda, komposty, který byl způsoben po roce 1989 změnou struktury chovu a útlumem chovu hospodářských zvířat. Dalším faktorem ovlivňujícím úbytek organické hmoty v českých půdách jsou nedostatečná aplikace zeleného hnojení a

posklizňových zbytků. Dále špatné využívání půdy jako je například nevhodná kultivace ovlivňuje obsah humusu v půdě, který je vyšší v půdách pokrytých travními porosty ve srovnání s půdami pravidelně zoranými. Vodní a větrná eroze také způsobuje dehumifikaci (Šarapatka et al., 2021). Mezi opatření, které mohou pomoci s navrácením či zvýšením organické hmoty patří, znovu dodání organické hmoty do půdy, zabránění jejímu odnosu protierozními opatřeními a aplikací půdoochranných technologií (McDonald et al., 2021).

3.3.5 Zhutnění půdy (pedokompakce)

Zhutnění půdy je další proces, který se řadí mezi degradaci půdy a jeho příčiny jsou přirozené a antropogenní Pavlů (2018). (Šarapatka et al., 2021) uvádí, že některé zhutnění půdy zapříčiňuje genetický způsob, při kterém jsou půdy přirozeně slehávány, vlivem jejich zrnitostních vlastností jako například půdy s vysokým obsahem jílu.

Podle (Brant 2021) je nutné rozlišovat rozdíl v pojmenování procesů jako je zhutnění a utužení půdy. Utužování půdy definuje jako pozitivní procesy, které vedou k optimálnímu prostorovému rozložení půdní hmoty a vytvářejí, tak ideální podmínky pro růst kořenů a vývoj nadzemní biomasy. Jako příklad pozitivního utužení půdy ve svém článku uvádí (Brant 2021) slehávání půdy, při utužení dna seťového lože, při přiválení porostů.

Zhutnění půdy definuje jako proces, který negativně působí na prostorové rozložení půdy a negativně ovlivňuje půdní vlastnosti jako je pórovitost, infiltrační schopnost, provzdušnění, špatným růstem kořenů a nadzemní vegetace.

Pokud jde o ochranu půdy podle Pavlů (2018), důležitější je pedokompakce, která vzniká v důsledku lidské činnosti, například používání těžké mechanizace při nízkém obsahu organické hmoty. Nadměrné zatěžování půdy mechanickými pojezdy zatěžuje orniční i podorniční vrstvu. Orniční vrstvu je možné opět agrotechnicky nakypřit, ale do podorniční vrstvy běžná agrotechnika často nedosahuje, což může vést k vytváření tzv. orničních prahů, jak uvádí Pavlů (2018). (Šarapatka et al., 2021) ve své práci uvádí, že v ČR je zhutněním postižena polovina zemědělské půdy. Autoři vidí potenciál v preventivních opatřeních jako je omezení pojezdu na pozemcích, využití vhodné mechanizace, obdělávání půdy při optimálních vlhkostních podmínkách a dodání dostatku organické hmoty.

3.3.6 Kontaminace půdy

Kontaminace půdy může být popsána jako zvýšené procentuální množství škodlivých prvků nebo látek v půdě, které přesahují běžně se vyskytující hodnoty a zákonné limity. Kontaminace půdy může mít původ buď v přirozených geologických procesech (geogenní), nebo může být způsobena lidskou činností. Geogenní kontaminace půdy je spojena s obsahem určitých prvků ve zvětraných horninách, které tvoří základní složku půdy. Zvětralé horniny mohou obsahovat přirozeně vysoké koncentrace specifických prvků, jako jsou těžké kovy, arsen nebo jiné chemické látky. Tyto prvky mohou být postupně uvolňovány do půdy v důsledku přirozeného procesu zvětrávání hornin a geologických jevů (Pavlů 2018).

Znečištění půdy způsobené lidskou činností je důsledkem emisí z průmyslových a dopravních zdrojů, vypouštěním odpadní vody, používáním chemických látek v zemědělství a uvolňováním odpadů spojených se zemědělskými postupy (Šarapatka et al., 2021).

Kontaminace půdy představuje přímý zásah do základních funkcí půdy, což má škodlivý vliv na mikrobiální procesy a humifikaci. Tento proces zároveň způsobuje znečištění podzemních vod a může vést k tomu, že nebezpečné látky obsažené v kontaminované půdě se mohou dostat do potravních řetězců. Kontaminace půdy tak má negativní důsledky nejen na zdraví živočichů, ale také na zdraví lidí.

3.4 Společná zemědělská politika

Společná zemědělská politika (SZP) je politický rámec vytvořený Evropskou unií (EU), který poskytuje pomoc a dohled nad zemědělskou výrobou, obchodem a rozvojem venkova v členských zemích. SZP utváří důležité spojení mezi společností a zemědělským sektorem, s cílem zajistit potraviny pro obyvatele EU, zaručit příjmy pro zemědělce, chránit životní prostředí a podporovat udržitelný rozvoj venkovských oblastí. SZP představuje politiku, která platí pro všechny členské státy a je řízena Evropskou unií, tudíž její financování pochází z rozpočtu EU (European Commission 2023). SZP byla založena v 60. letech 20. století Evropským hospodářským společenstvím (EHS). Postupem času se vyvíjela a rozšiřovala svůj rozsah. Kromě původního důrazu na produkci a příjmy se také začala zabývat sociálními a environmentálními otázkami. Jedná se o politiku, která má v Evropské unii největší vliv na životní prostředí a zároveň slouží jako významný zdroj financování zemědělských postupů šetrných k životnímu prostředí (Vogeler 2022).

3.4.1 Cíle společné zemědělské politiky

- **Podpora zemědělců a zvýšení produktivity:** Zajištění, aby zemědělci byli schopni produkovat potraviny efektivně a aby byly dostupné za stabilní a cenově přijatelné ceny.
- **Zabezpečení přiměřené životní úrovně pro zemědělce:** Chránit příjmy a životní úroveň zemědělců v rámci Evropské unie.
- **Příspěvek k řešení změny klimatu a udržitelnému hospodaření s přírodními zdroji:** Podporovat zemědělské postupy, které jsou šetrné k životnímu prostředí a přispívají k boji proti změně klimatu.
- **Zachování venkovských oblastí a krajinných typů:** Podporovat zachování různorodých krajinných typů a venkovských oblastí v celé EU, což má vliv na biodiverzitu a kulturní dědictví.

- **Podpora hospodářství venkovských oblastí a pracovních míst:** Zajišťovat udržitelnost venkovských komunit tím, že podporuje pracovní místa v zemědělství, potravinářském průmyslu a přidružených odvětvích (European Commission 2023).

3.4.2 Nástroje společné zemědělské politiky

- **Přímé platby** představují finanční podporu, která je udělována zemědělcům na základě rozlohy půdy, kterou obdělávají, a za splnění stanovených standardů týkajících se životního prostředí, bezpečnosti potravin a kvality života zvířat.
- **Tržní opatření** v rámci Společné zemědělské politiky jsou navržena s cílem zajistit zemědělcům přiměřený příjem a zároveň stabilizovat trhy a zajistit pravidelné dodávky potravin.
- **Rozvoj venkova** je zaměřen na podporu venkovských oblastí a na podporu udržitelného využívání půdy, zachování biologické rozmanitosti a klimatických opatření. Poskytuje finanční prostředky pro širokou škálu iniciativ, včetně agroenvironmentálních programů, podpory mladých zemědělců a investic do infrastruktury venkovských oblastí. Tímto způsobem přispívá k udržení životaschopnosti venkovských komunit a ochraně životního prostředí (European Commission 2023).

3.4.3 Společná zemědělská politika 2023 – 2027

2. prosince 2021 byla přijata dohoda o reformě společné zemědělské politiky pro období 2023-2027 tato nová legislativa vstoupila v platnost 1. ledna 2023. Legislativa SZP má za cíl přinést spravedlivější, tržně orientovaný a konkurenceschopnější zemědělský sektor a také klást větší důraz na výsledky. SZP 2023-2027 navazuje na předchozí reformy a v současné legislativě se snaží cílit na poskytnutí větších pravomocí a samostatnosti pro členské státy při vykonávání SPZ. Každý členský stát formuloval svůj individuální národní strategický plán, který podléhá schválení a kontrole ze strany Evropské komise. Tento přístup poskytl členským státům zvýšenou přizpůsobivost při vytváření a provádění politik přizpůsobených jejich jedinečným požadavkům a překážkám, a to při zachování základních zásad a cílů SZP (European Commission 2023). Schválené plány mají za cíl významně přispět k ambicím Evropské zelené dohody, strategie "Z farmy až na stůl" a strategie biodiverzity. Hlavním cílem těchto strategií je snížení emisí skleníkových plynů a dosáhnout uhlíkové neutrality pro EU do roku 2050.

Pro dosažení cílů společné zemědělské politiky byly staveny cíle vyjmenované v obrázku č. 4.



Obr. 4: Cíle SZP pro období 2023-2027 Zdroj: eagri.cz

3.4.4 Společná zemědělská politika 2023 – 2027 a carbon farming

Podle European Environmental Bureau (EEB) je většina půd v Evropské unii ve špatném stavu, což je částečně způsobeno úbytkem organické hmoty v půdě. Dále podle EEB je 80 % ekosystémů v Evropské unii v degradovaném stavu a pozoruje se trvalý negativní trend poklesu obsahu uhlíku. Náklady spojené s touto nepříznivou situací jsou odhadovány na více než 50 miliard EUR ročně.

Evropská unie si je vědoma klíčové role, kterou hraje půda při řešení klimatické krize a krize biologické rozmanitosti. Z toho důvodu se zavázala obnovit zdravý stav všech půd v EU do roku 2050 a zároveň zvýšit schopnost půdy ukládat uhlík a zvýšit množství uhlíku v půdě a vegetaci. Toto úsilí je součástí jejich iniciativy nazývané uhlíkové zemědělství. Jak již bylo zmíněno uhlíkové zemědělství má potenciál významně přispět k řešení klimatických výzev, adaptaci na změny klimatu, zlepšení půdního zdraví a podporu biologické rozmanitosti. Tento potenciál lze efektivněji využít prostřednictvím holistického a ekologického přístupu, který je zaměřen na obnovu ekosystémů (McDonald et al., 2021).

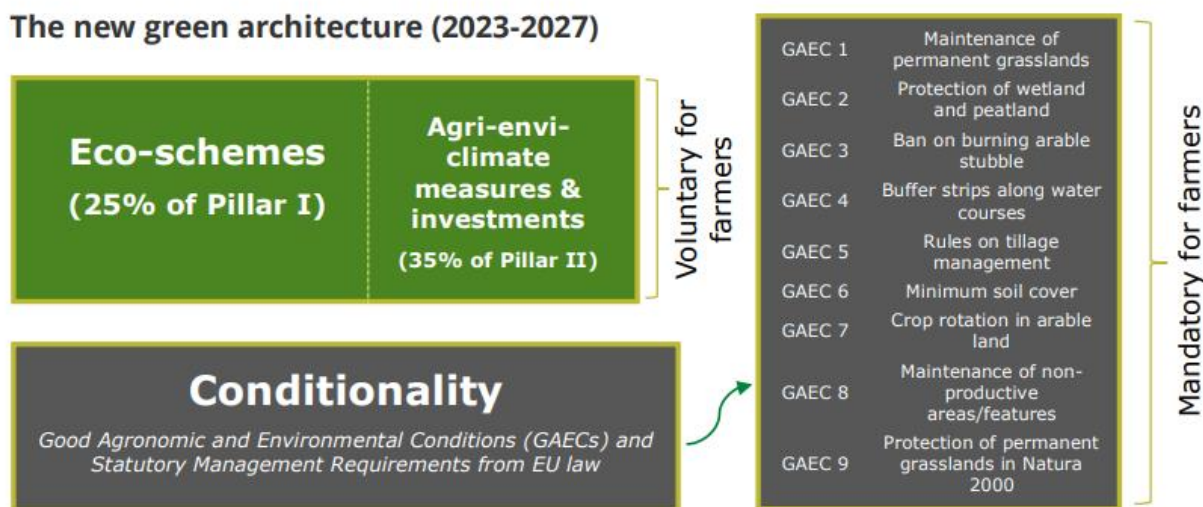
Koncepce SZP a opatření spojené s touto politikou jsou nezbytné pro dosažení zmíněných přínosů uhlíkového hospodaření. Zákonnodárci EU pracují na rámci pro certifikaci odstraňování uhlíku a zavádění společného systému řízení a metodiky pro

hospodaření s uhlíkem v zemědělství a dalších oblastech, aby dosáhli udržitelných praxí a snižování emisí skleníkových plynů v zemědělském sektoru. Finanční podpora uhlíkového zemědělství prostřednictvím prodeje uhlíkových kreditů na dobrovolných trzích s uhlíkovými povolenkami představuje složitý problém s možnými riziky. Je třeba předejít rozmělnění dotačního systému a neumožnit vyplácení povolenkových kreditů s dvojitým financováním. Klíčovým hlediskem je, jakým způsobem bude financování zajištěno a jak budou tyto finanční prostředky v praxi využity. Základní prvky SZP pro uhlíkové zemědělství zahrnují kombinaci povinných opatření, dobrovolných podpůrných opatření a investiční podpory pro zemědělské podniky. Opatření podle druhého pilíře zahrnují podporu informovanosti a rozšíření znalostí a dovedností, stejně jako výměnu znalostí mezi zemědělci a poradenskými službami. Obrázek č. 5 popisuje novou zelenou architekturu (2023-2027).

Nový rámec by měl směřovat k efektivnímu využití soukromých finančních prostředků pro podporu uhlíkového zemědělství. Kombinace financování založeného na praxi a výsledcích, nebo také hybridní financování, by mohla představovat vhodný přístup k zajištění účinné a spravedlivé podpory uhlíkových opatření (EEB 2023). Uhlíkové hospodaření je příliš rozmělněné a je hrozbou pro integritu dotačního systému zakotveného v regulačním rámci DZES a výplatě environmentálních dotací na základě závazků.

Členské státy jsou povinny vynaložit nejméně 25 % ze svých přímých či nepřímých plateb do oblastí životního prostředí a klimatu. A na ekologické programy 35 % z alokovaných finančních prostředků EU na ochranu životního prostředí a změnu klimatu. Celkově by měla EU vyčlenit přibližně 72 miliard EUR z finančních prostředků, které musí členské státy v letech 2023-2027 použít na intervence zaměřené na cíle v oblasti klimatu a životního prostředí, včetně uhlíku (EEB 2023).

The new green architecture (2023-2027)



Obrázek 5: Nová zelená architektura (2023-2027). Zdroj: EEB

3.5 Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES)

Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy mají ve svých standardech zahrnuty opatření spojená s udržitelným zemědělstvím, tudíž i s uhlíkovým zemědělstvím. Opatření, která mají, společné vlastnosti pro ochranu půdy jsou DZES 1, DZES 2, DZES 3, DZES 6 a DZES 7a.

1. Zachování poměru trvalých travních porostů k zemědělské ploše
2. Ochrana mokřadů a rašelinišť
3. Zákaz vypalování strnišť na orné půdě
4. Zřízení ochranných pásem u útvarů povrchových vod
5. Obhospodařování půdy způsobem, který snižuje riziko degradace půdy a eroze, včetně zohlednění sklonu svahu
6. Minimální pokryv půdy pro zamezení vzniku holé půdy v nejcitlivějších obdobích
- 7.a Střídání plodin na orné půdě
- 7b. Omezení plochy jedné plodiny
- 8a. Minimální podíl výměry zemědělské plochy vyhrazený pro neproduktivní plochy
- 8b. Zachování krajinných prvků
- 8c. Zákaz ořezu dřevin v období hnízdění a odchovu mláďat
9. Zákaz přeměny nebo orby trvalých travních porostů označených jako environmentálně citlivé oblasti s trvalými travními porosty v lokalitách sítě Natura 2000

V návaznosti na předchozí systém podmíněnosti platný až do roku 2022, se v novém období Společné zemědělské politiky (SZP) od roku 2023 váže plné poskytnutí podpory zemědělcům na dodržování základních podmínek v oblasti životního prostředí, změny klimatu, veřejného zdraví, zdraví rostlin a dobrých životních podmínek zvířat. Tyto podmínky tvoří součást podmíněnosti.

Plněním těchto podmínek je podmíněno poskytování:

- Přímých plateb
- Agroenvironmentálně-klimatických závazků (AEKO)
- Plateb na přírodní omezení nebo jiná omezení specifická pro určité oblasti (ANC)
- Plateb na znevýhodnění specifická pro konkrétní oblasti (Natura 2000)
(MZe 2022)

Tyto základní podmínky by měly lépe reflektovat aktuální výzvy v oblasti životního prostředí a klimatu, novou strukturu environmentálních prvků SZP, a tím zajistit vyšší úroveň ambicí v ochraně životního prostředí a klimatu, jak je stanoveno v sdělení Evropské komise nazvaném Budoucnost potravinářství a zemědělství (MZe 2022). Dílčí kapitoly uvádějí standardy s významem pro uhlíkové zemědělství. Systémy dalších uhlíkových kreditů musí jít nad rámec těchto standardů.

3.5.1 DZES 1 Zachování poměru trvalých travních porostů k zemědělské ploše

Je požadováno, aby se zachovávala ochrana trvalých travních porostů na zemědělské půdě. Na úrovni národní politiky se vyžaduje udržení poměru trvalých travních porostů vzhledem k celkové zemědělské ploše ve srovnání s poměrem z referenčního roku 2018. Maximální povolené snížení tohoto poměru může být pouze 5 % ve srovnání s referenčním rokem.

Standard přebírá a upravuje předchozí podmínky zemědělských postupů příznivých pro klima a životní prostředí, známých jako "greening". Součástí tohoto standardu je udržení stávajících trvalých travních porostů, což je stanoveno v § 10 nařízení vlády č. 50/2015 Sb. a jeho pozdějších úpravách.

Stanoveny jsou typy environmentálně citlivých ploch (ECP), na kterých platí zákaz změny zemědělské kultury na trvalý travní porost (TTP). Současně jsou definovány důvody nebo druhy zemědělských kultur, na které je povoleno trvalé travní porosty na těchto environmentálně citlivých plochách změnit.

Poznámka: V případě, že dojde k rozorání TTP a následně je podána žádost o Celofaremní ekoplatbu, vzniká povinnost provést zpětné zatravnění v případě rozorání na plochách ECP a území Natura 2000. Alternativně, je možné provést zatravnění jako náhradu za jiné TTP, avšak pouze mimo tyto environmentálně citlivé oblasti.

3.5.2 DZES 2 Ochrana mokřadů a rašelinišť

Cílem je ochrana půd s vysokým obsahem uhlíku a prevence jejich degradace. Zvláště důležitá je ochrana zamokřených půd a rašelinišť, neboť přispívá k redukci dopadů změny klimatu. Podmínky standardu budou účinné od roku 2025. Současně se připravuje mapový podklad pro vymezení půd s vysokým obsahem uhlíku a oblastí mokřadů a rašelinišť.

3.5.3 DZES 3 Zákaz vypalování strnišť na orné půdě

Cílem je zachování rostlinných zbytků pro jejich zapravení do půdy, což přispívá k udržení organických složek v půdě. Podmínky standardu navazují na předchozí kontrolované požadavky stanovené v rámci standardu DZES 6 a) příloha č. 2 nařízení vlády č. 48/2017 Sb., a jeho pozdějších úprav.

Pálení rostlinných zbytků na orné půdě (v evidenci půdy LPIS na standardní orné půdě, travním porostu na orné půdě nebo úhoru) může být povoleno rozhodnutím příslušného orgánu (ÚKZÚZ) v případě mimořádných rostlinolékařských opatření.

3.5.4 DZES 6 Minimální pokryv půdy pro zamezení vzniku holé půdy v nejcitlivějších obdobích

Cílem je zajistit pokryv půdy nebo zapravit organickou hmotu ve stanovené dávce do půdy, což přispívá k omezení rizika eroze a ztrát půdních živin, zejména v nejcitlivějších

obdobích po sklizni plodin nebo v zimě. Podmínky standardu navazují na požadavky stanovené v rámci standardu DZES 4 (příloha č. 2 nařízení vlády č. 48/2017 Sb., a jeho pozdějších úprav).

Podmínky standardu nově platí bez zohlednění sklonitosti (4 stupně) pro standardní ornou půdu a rozšiřují se na zemědělské trvalé kultury, jako jsou vinice, ovocné sady a úhory. Specifikovány jsou termíny, v nichž je vyžadován pokryv půdy, a podmínky, které reflektují charakteristiku jednotlivých zemědělských plodin.

Na podmínky standardu navazují podmínky Celofaremní ekoplatby pro kultury vinice, ovocný sad.

Orná půda

„Žadatel zajistí v období po sklizni hlavní plodiny minimálně do 31. 10. daného roku pokryv na minimálně 80 %, v případě ekologického zemědělství minimálně 50 %, výměry orné půdy (pozn.: tato podmínka je v řešení s Evropskou komisí), a to postupy:

- *založení porostu ozimé plodiny nebo víceleté pícniny*
- *ponechání strniště sklizené plodiny na dílu půdního bloku do založení porostu následné jarní plodiny*
- *podmítnutí strniště sklizené plodiny a jeho ponechání bez orby až do založení porostu následné jarní plodiny*
- *ponechání půdy po pásovém zpracování do založení porostu následné jarní plodiny, nebo osetí dílu půdního bloku meziplodinou po sklizni hlavní plodiny a zachování souvislého porostu meziplodiny nejméně do 31. října“ (MZe DZES 2023).*

3.5.5 DZES 7A. Střídání plodin na orné půdě

Cílem je zlepšit bilanci organických látek v půdě s ohledem na rozmanité potřeby pěstovaných plodin v oblasti hnojení a vlivů plodin v rámci osevních postupů. Zároveň střídání plodin přispívá k omezení šíření chorob.

Nový standard ukládá povinnost:

- 1) Při podávání žádosti je vyžadováno, aby hlavní plodina pěstovaná v daném roce se lišila od plodiny pěstované v předchozím roce, a to minimálně na 40 % standardní výměry orné půdy, která je evidována u žadatele.
- 2) Současně je požadováno, aby na celé standardní výměře orné půdy byla minimálně jednou v průběhu čtyř po sobě jdoucích let vystřídána hlavní plodina.

Hlavní plodinou je plodina, která je v daném roce pěstována během vegetačního období od 1. června do 31. srpna a je určena ke sklizni. Tato plodina je uvedena žadatelem v jednotné žádosti (deklarace plodin) při podání žádosti o podmíněnost plateb zemědělců.

Definice hlavní plodiny je dále upřesněna v § 2 odst. 1 písm. a) nařízení vlády č. 73/2023 Sb., které stanovuje pravidla pro podmíněnost plateb zemědělcům.

Kultury ozimu a jarní plodiny jsou považovány za totožné plodiny, pokud patří do stejného rodu. Například pšenice setá a špalda jsou považovány za odlišné plodiny, protože nepatří do stejného rodu.

Na určené výměře je také možné zařadit meziplodinu mezi dvě stejné hlavní plodiny v rámci střídání plodin. Meziplodina musí být zasetá po sklizni hlavní plodiny a ponechána v půdě až do následujícího roku, před zahájením přípravy pro setí následující plodiny.

„Výjimku z podmínek mají podniky do 10 ha orné půdy, zemědělci hospodařící v ekologickém zemědělství a podniky, u nichž více než 75 % plochy orné půdy tvoří trávy, jiné bylinné pícniny nebo luskoviny, nebo půda ponechaná ladem, nebo jsou na ní tyto způsoby využití kombinovány“ (MZe DZES 2023).

3.6 Ekoschématu strategického plánu

Jedná se o nový jednoletý motivační nástroj I. pilíře společné zemědělské politiky, který je pro zemědělce dobrovolný.

Ekoschématu v České republice obsahují tyto intervence:

- Celofaremní ekoplatbu (ve dvou úrovních: základní a prémiová úroveň)
- Precizní zemědělství

Cílem tohoto nového nástroje je podporovat praktiky obhospodařování zemědělské půdy, které přispívají k ochraně a zlepšování životního prostředí a krajiny. Zároveň mají tyto praktiky za cíl zajišťovat udržitelné hospodaření s přírodními zdroji.

Ekoschématu nahrazují greening a rozšiřují současné postupy příznivé pro klima a životní prostředí, jako je diverzifikace plodin, zachování trvalých travních porostů a ploch využívaných v ekologickém zájmu. Podmínky těchto postupů se přesouvají do systému podmíněnosti, konkrétně do standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES 1, 8 a 9), a částečně do podmínek ekoschémat (Základní celofaremní ekoplatba na standardní ornou půdu a Základní celofaremní ekoplatba na trvalý travní porost).

Celofaremní ekoplatba

Celofaremní ekoplatba zahrnuje řadu požadavků, které nelze vybírat samostatně, a zemědělec je povinen splnit tyto podmínky na všech zemědělských kulturách, které obhospodařuje, aby získal tuto platbu.

Ekoschémata - Podmínky způsobilosti

- evidovaní v registru zemědělské půdy (LPIS), kteří se dobrovolně zaváží k provádění podmínek v rámci této intervence
- s podmínkou aktivního zemědělce
- s minimální výměrou 1 ha zemědělské půdy
- deklarovanou výměru musí mít evidovanou v LPIS v příslušném kalendářním roce
- plní minimální požadavky pro použití hnojiv a přípravků na ochranu rostlin

Zemědělská kultura trvalé travní porosty (T)

- Žadatel provádí seč, nebo pastvu v termínu do 31. 7. (výjimky na základě stanoviska orgánu ochrany přírody (OOP) v rámci agroenvironmentálních intervencí II. pilíře)
- na sečených dílech půdního bloku (DPB) s výměrou větší než 12 ha ponechá 3-15 % neposečené plochy
- při rozorání plochy dodrží žadatel povinnost zatravnění za náhradu (díl půdního bloku (DPB), u kterého dojde k rozorání, se nenachází/nezasahuje do lokality Natura 2000 a environmentálně citlivých ploch (ECP) vymezených dle standardu dobrého zemědělského stavu půdy DZES 1 (dříve § 10 nařízení vlády č. 50/2015 Sb.)

Zemědělská kultura standardní orná půda (R)

- žadatel zajistí diverzifikaci plodin - podmínka je odvozena od velikosti výměry, na které zemědělec hospodaří
- subjekt hospodařící na výměře od 4 ha do 30 ha pěstuje alespoň 2 různé plodiny, hlavní plodina nezabere více než 75 % orné půdy.
- subjekt hospodařící na výměře nad 30 ha do 150 ha pěstuje alespoň 3 různé plodiny, hlavní plodina nezabere více než 75 % orné půdy a zároveň, dvě hlavní plodiny nezaberou více než 95 % orné půdy.
- subjekt hospodařící na výměře nad 150 ha pěstuje alespoň 4 různé plodiny, hlavní plodina nezabere více než 75 % orné půdy a zároveň, tři hlavní plodiny nezaberou více než 95 % orné půdy.
- žadatel udržitelně hospodaří s organickou hmotou (OH) v orné půdě – na ploše odpovídající alespoň výměře 35 % orné půdy v hospodářském roce
- prostřednictvím – „MODELU OH“

Zemědělská kultura travní porost na orné půdě (G)

- žadatel zachová zemědělskou kulturu G, případně převede do zemědělské kultury T
- zachová zemědělskou kulturu G v období od podání žádosti do 31. 10. roku podání žádosti, s výjimkou přeměny na zemědělskou kulturu T
- žadatel provádí agrotechnické zásahy ve vymezeném časovém úseku
- seč nebo pastvu v termínu do 31. 7., ponechá na kosených DPB s výměrou větší než 12 ha 3-15 % nepokosené plochy

Precizní zemědělství

Cílem tohoto opatření je zlepšení efektivity využití materiálních zdrojů a zachování produkční schopnosti půdy při dodržování agroenvironmentálních omezení specifických pro dané stanoviště. Tato intervence si klade za cíl podpořit využití precizních technologií u zemědělců různých velikostí, a proto umožňuje aplikaci jak s vlastními aplikátory, tak prostřednictvím služeb. Je zaměřena na podporu racionalizace a optimalizace vynakládaných vstupů, což umožňuje zvýšit efektivitu produkce při zachování současné úrovně intenzity.

Podmínky opatření:

- Žadatel na dotčených DPB dodržuje podmínku plošně diferencované (variabilní) aplikace N hnojiv za hospodářský rok
- žadatel na dotčených DPB dodržuje podmínku plošně diferencované (variabilní) aplikace zásobního hnojení (P, K, Mg, Ca) prostřednictvím aplikační mapy za hospodářský rok
- žadatel zpracuje bilanci dusíku - posuzováno bude celofaremní hospodaření s dusíkem

Zaměnitelnost ekoschémata za uhlíkové kredity by byl zásadní problém pro vytváření politik SZP.

3.7 Environmentální opatření od roku 2023

1. Agroenvironmentálně-klimatické opatření
 - Zatravňování orné půdy
 - Meziplodiny (nové podopatření)
 - Druhově bohaté pokrytí orné půdy (nové podopatření)
2. Ekologické zemědělství
3. Dobré životní podmínky zvířat
4. Zvýšení obranyschopnosti v chovu prasat vakcinací (nové opatření)
5. Oblasti s přírodními omezeními oblasti Natura 2000 na zemědělské půdě
6. Agrolesnictví (nové opatření)
7. Zalesňování zemědělské půdy
8. Lesnicko-environmentální platby – biodiverzita a genofond
9. Lesnická projektová opatření

3.7.1 Agroenvironmentální-klimatické opatření

Cílem je podpořit metody využívání zemědělské půdy, které jsou v souladu s ochranou a zlepšením životního prostředí, krajiny a jejích charakteristických vlastností. Tím se dále usiluje o zachování obhospodařovaných oblastí s vysokou přírodní hodnotou, přírodních zdrojů, biologické rozmanitosti a udržení krajinné integrity.

Opatření je prováděno prostřednictvím pětiletých závazků. Žadatel se při vstupu do závazku zavazuje dodržovat minimální požadavky na hnojiva a přípravky na ochranu rostlin a hospodařit v souladu s podmínkami daného podopatření na celé rozloze zemědělské půdy, s níž vstoupil do závazku, a to v souladu s pravidly podmíněnosti a dalšími podmínkami stanovenými platnou evropskou a národní legislativou (MZe 2023).

Podopatření:

3.7.2 Zatravnění orné půdy

Dotace je poskytována na plochu travnatého úseku půdního bloku. Zatravnění je povoleno pouze na částech půdních bloků v oblastech ohrožených erozí, oblastech náchylných na dusičnany, v blízkosti vodních útvarů, v ochranných pásmech vodních zdrojů, kde se nachází dráha soustředěného odtoku, a nově také v nitrifikačních oblastech.

Žadatel je povinen založit do 31. května travní porost čistosevem nebo do podsevu a dále provádět údržbu porostu sečí do 31. července a do 31. října, přičemž nově je umožněno přepasení již v 1. roce závazku od 15. září.

V chráněných oblastech, ochranných pásmech národních parků a oblastech Natura 2000 je používána druhově bohatá nebo regionální směs trávniku, která musí být schválena orgánem ochrany přírody. Pokud jde o zatravnění drah soustředěného odtoku, žadatel je povinen použít specifickou směs osiv. V případě potřeby doplnění travního porostu musí být použita směs s identickým složením jako směs použitá při původním zatravnění v prvním roce platnosti závazku, nebo směs schválená příslušným místním orgánem ochrany přírody. (MZe 2023).

3.7.3 Meziplodiny (nové podopatření)

Dotace je poskytována na plochu hektaru části půdního bloku pro standartní ornou půdu určenou pro zemědělské plodiny. V rámci tohoto opatření jsou stanoveny dva tituly:

Meziplodiny proti utužení půdy a Meziplodiny pro zlepšení struktury půdy, pro které jsou definovány specifické směsi osiv.

Titul Meziplodiny proti utužení půdy je možné využít pouze na vhodných částech půdních bloků, které se nacházejí v oblastech s identifikovaným problémem utužení půdy.

Žadatel je povinen zasít meziplodinový porost od 20. června do 30. září a ponechat tento porost na půdním bloku do 31. ledna následujícího kalendářního roku. Během této doby nesmí být meziplodinový porost mechanicky ani chemicky omezován v růstu.

Od 1. února do 30. dubna následujícího kalendářního roku je povinností žadatele zapravit porost mezplodiny do půdy, s výjimkou použití bezorebných technologií. Na plochu s pěstovanými meziplochinami je zakázána aplikace hnojiv a přípravků na ochranu rostlin. V případě, že bude žadatel na stejné ploše uplatňovat celofaremní ekoplatbu, nebo bude deklarována, jako neproduktivní plocha bude sazba částečně snížena (MZe 2023).

3.7.4 Druhově bohaté pokrytí orné půdy (nové podopatření)

Dotace je vyplácena na ha dílu půdního bloku se zemědělskou kulturou standardní orná půda. Podopatření přispívá primárně k vytváření zdrojů potravy pro hmyz. Žadatel je povinen založit každoročně na nejvýše 50 % výměry příslušného dílu půdního bloku, na kterou žádá o dotaci, porost specifické směsi osiv, a to do 30. dubna (v prvním roce trvání závazku do 31. května). Po vzejití porostu je možné do 15. června provést mechanickou údržbu porostu mulčováním za účelem likvidace plevelů, přičemž žadatel následně provádí mechanickou údržbu porostu sečí nebo mulčováním v termínu od 15. září do 31. října. Porost musí být zapraven do půdy od 1. listopadu do 31. prosince. Na plochu s druhově bohatou směsí osiv je zakázána aplikace hnojiv a přípravků na ochranu rostlin (MZe 2023).

3.7.5 Agrolesnictví (nové opatření)

Cílem opatření je podporovat kombinované pěstování dřevin a zemědělských plodin na jednom pozemku v rámci systému silvoorebního na orné půdě nebo v rámci systému silvopastevního na travních porostech.

Dřeviny v agrolesnických systémech slouží k rozčlenění velkých dílů půdních bloků, což přispívá k zachycení vody, prevenci vodní a větrné eroze, omezování odnosu půdy během prudkých dešťů, poskytování stínu pro pasoucí se zvířata, zvyšování obsahu organické hmoty v půdě, snižování emisí skleníkových plynů skrze absorpci CO₂ a ukládání uhlíku v dřevní hmotě a půdě.

Agrolesnické systémy pomáhají zajistit úkryt a potravu pro druhy vázané na zemědělskou krajinu, včetně opylovačů, ptáků a drobných savců. V České republice jsou podporovány dva typy agrolesnických systémů.

- Silvoorebný - na orné půdě se dřeviny vysázejí do ochranných pásů (v liniích), mezi kterými jsou pěstovány zemědělské plodiny.
- Silvopastevní – dřeviny jsou na trvalých travních porostech vysazovány v liniích nebo roztroušeně tak, aby mohly být travní porosty standardně ošetřovány.

Podmínky jsou specifikovány v nařízení vlády č. 140/2023 Sb., o stanovení podmínek provádění opatření agrolesnictví a o změně nařízení vlády č. 307/2014 Sb., o stanovení podrobností evidence využití půdy podle užívatelských vztahů, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 69/2023 Sb., o stanovení podmínek provádění opatření v odvětví vína, (nařízení vlády o stanovení podmínek provádění opatření agrolesnictví).

Žadatel musí být evidován v LPIS a minimální výměra pro založení agrolesnických systémů je 0,5 ha.

Výše dotace: 4 353 EUR/ha na založení agrolesnického systému

754 EUR/ha/rok za následnou péči po dobu 5 let od založení agrolesnického systému
MZe 2023

3.7.6 Zalesňování zemědělské půdy

Cílem je podporovat zalesňování zemědělské půdy a zajišťovat péči o nově vysázené lesní porosty a poskytování kompenzace za ukončení zemědělské činnosti. Zalesňování přispívá k omezení vodní eroze a dalších degradačních jevů tím, že poskytuje vegetační pokryv a rozčlenění velkých bloků půdy, zároveň snižuje emise a zvyšuje ukládání uhlíku do půdy. Toto opatření reaguje na potřebu zvýšit odolnost zemědělství vůči klimatickým změnám.

Podpora je zaměřena na určenou zemědělskou půdu v LPIS, která je určena jako vhodná pro zalesnění.

Podmínky jsou specifikovány v nařízení vlády č. 63/2023 Sb., o stanovení podmínek provádění opatření zalesňování zemědělské půdy.

Žadatelé:

- soukromí a veřejní vlastníci, nájemci, pachtýři a vypůjčitelé půdy a jejich sdružení a spolky
- z možnosti žádat o dotace na zalesňování je vyloučen subjekt, který je příspěvkovou organizací nebo organizační složkou státu
- v případě státní půdy může být podpora poskytnuta pouze tehdy, hospodaří-li na ní soukromý subjekt nebo obec
- pokud jsou vlastníky zalesňovaného pozemku veřejné orgány, podpora je poskytována pouze na zalesnění a na péči o založený porost

Způsobilé náklady a výše dotace:

Náklady na založení lesního porostu na zemědělské půdě – první rok. Dotace pro dřeviny: jedle, borovice, buk, dub, lípa, douglaska: 3 879 EUR/ha ostatní dřeviny: 2 923 EUR/ha

Dotace pro všechny dřeviny: 643 EUR/ha

Náhrada za ukončení zemědělské činnosti - po dobu 10 let, počínaje rokem následujícím po roce zalesnění.

Dotace na pozemku, který byl v LPIS před zalesněním evidován s kulturou:

- standardní orná půda, vinice, chmelnice, ovocný sad, školka, plocha s víceletými produkčními plodinami nebo jiná trvalá kultura: 459 EUR/ha/rok

- travní porost, úhor, trvalý travní porost nebo jiná kultura: 190 EUR/ha/rok

Podporu nelze poskytnout na výsadbu rychle rostoucích dřevin, výmladkových plantáží a vánočních stromků.

3.8 Tržní opatření uhlíkových schémat

Uhlíkové zemědělství jako obchodní model

Cílem tržních opatření v rámci uhlíkových programů je podpořit ukládání uhlíku a snížit emise skleníkových plynů. Tyto opatření zahrnují stanovení cen uhlíku, což je samostatný tržní mechanismus, oddělený od dotací na obnovitelné zdroje energie nebo přímé regulace emisí skleníkových plynů. V rámci těchto systémů mají zemědělci možnost prodávat standardizované a certifikované uhlíkové kredity, což zajišťuje jejich spolehlivost. Cílem těchto opatření je podpořit snižování emisí CO₂ a chránit životní prostředí. Ceny uhlíkových povolenek na trhu jsou ovlivňovány legislativou a mohou výrazně kolísat v závislosti na převládajících podmínkách (McDonald et al., 2021).

Platby za činnost jsou pro zemědělce definovány jako platby, které jsou jim poskytovány za vykonání konkrétních činností, jako je například dodržování předpisů. Tyto platby jsou založeny na provádění určitých zemědělských postupů nebo implementaci konkrétních technologií v rámci Společné zemědělské politiky, které jsou běžně uplatňovány (například agroenvironmentální a klimatické platby v rámci druhého pilíře). Platby založené na činnostech jsou relativně jednoduché a mají nízké požadavky na monitorování ze strany zemědělců a správců. Nicméně, skutečný účinek těchto plateb na zmírnění dopadů je nejistý, protože platba závisí pouze na provedených opatřeních, nikoli na dosažených výsledcích (McDonald et al., 2021).

Platby založené na výsledku jsou poskytovány zemědělcům na základě skutečného dosaženého výsledku při zmírňování dopadů, obvykle vyjádřeného v tunách CO₂-ekvivalentů, které buď byly sekvestrovány, nebo nebyly emitovány, bez ohledu na konkrétní provedená opatření. Tento přístup vyžaduje, aby bylo možné kvantifikovat a ověřit výsledek zmírňování, což zahrnuje nákladné a složité mechanismy pro monitorování, hlášení a ověřování (MRV). Pokud jsou ceny a mitigace nejisté, může to představovat riziko pro zemědělce. Diskutovanou stránkou tohoto přístupu je environmentální jistota a míra důvěryhodnosti díky explicitnímu

propojení mezi příspěvkem ke zmírňování a platbou. Tento přístup také podporuje flexibilitu, která může zemědělce motivovat k inovacím a přizpůsobení se mitigačním opatřením v souladu s místními podmínkami (McDonald et al., 2021).

Hybridní platby představují kombinaci plateb za opatření a plateb za výsledky, které kombinují nízkorizikové, předběžné nebo garantované platby pro zemědělce za provádění specifických řízení zemědělských podniků s dodatečnými platbami na základě skutečných výsledků měření zmírňování dopadů. Předběžné platby mohou být využity k pokrytí nákladů na provádění opatření nebo ke snížení finančního rizika pro zemědělce. Hybridní modely mohou zvýšit využití podpory zemědělci tím, že snižují riziko a odstraňují počáteční finanční bariéry a současně poskytují flexibilitu zemědělcům při provádění optimálních opatření pro jejich farmy a zaručují skutečné výsledky v oblasti klimatu pro společnost (McDonald et al., 2021).

Platby se liší podle toho, kdo nakonec platí zemědělcům, jakou formu platby zemědělec obdrží (například hotovost nebo offsetový kredit, který lze vyměnit za platbu), a zejména podle úrovně monitorování, podávání zpráv a ověřování, které je vyžadováno. Rozsah a přísnost mechanismů pro monitorování, hlášení a ověřování (MRV) a celková složitost mechanismu určují náklady na účast pro zemědělce, jakož i administrativní náklady, které nesou provozovatelé mechanismu. Tyto prvky také určují environmentální jistotu zmírňování dopadů a s tím spojená rizika pro zemědělce a společnost.

4 Závěr

Cílem práce bylo shrnout opatření rozvoje venkova v návaznosti na uhlíkové hospodaření. Tento cíl byl splněn zpracováním rešerše a nalezením informací o vlivu půdního uhlíku pro zdravý stav půdy, metodiky opatření uhlíkového hospodaření a následně aplikovaných opatření společnou zemědělskou politikou v souvislosti s uhlíkovým hospodařením.

Vzhledem k tomu, že uhlík v půdě je základním zdrojem živin a má klíčový vliv na úrodnost a strukturu půdy, uhlíkové hospodaření se může stát zásadní strategií pro dosažení udržitelného zemědělství a ochranu životního prostředí. Tento přístup napomáhá sekvestrovat uhlík do půdy, biomasy a je významný činitelem v boji proti klimatickým změnám, degradaci půdy.

Na základě provedené analýzy a studia literatury lze konstatovat, že opatření uhlíkového zemědělství jako jsou udržování a zvyšování obsahu půdního organického uhlíku v minerálních půdách, hospodaření s hospodářskými zvířaty a hnojem, hospodaření s živinami na orné půdě a pastvinách, obnova rašelinišť a zakládání agrolesnických systémů mají potenciál přinášet přínosy pro životní prostředí, zdravé půdy i přesto, že se potenciál mezi jednotlivými typy zemědělských opatření a regiony a půdami značně liší. Hlavními přínosy jsou snížení emisí skleníkových plynů, zvýšení organického podílu v půdě, ochrana biodiverzity a ekologické rozmanitosti, snížení degradace půdy, zvýšení retence vody a adaptace na klimatické změny. Je nezbytné dodat, že stávající zásoby půdního uhlíku je nutné trvale chránit, jelikož tyto nedegradované ekosystémy jsou také vysoce přínosné pro biologickou rozmanitost a klima.

Možnost účinků prostřednictvím zachycování uhlíku v půdě, stromech a jiné biomase je vystavena značnému riziku, může být narušena, buď záměrně prostřednictvím změnou v hospodaření, nebo neúmyslně, například v důsledku dopadů změn klimatu. Mechanismy správy uhlíku musí pečlivě monitorovat sekvestraci uhlíku a její stabilitu. Aby se předešlo potenciálnímu jevu "greenwashing", je nezbytné zajistit vysokou úroveň transparentnosti, používáním ověřených metodik. Je nutné pokračovat v rozvoji metod monitorování hospodaření s uhlíkem a získávat větší praktické zkušenosti a zlepšení hodnocení potenciálu uhlíkového zemědělství, aby bylo možné dosáhnout ověřených výsledků. Rozšiřování znalostí a snižování překážek, které brání šíření uhlíkového zemědělství, jsou klíčové k tomu, aby tento přístup mohl být úspěšněji uplatněn v praxi.

Období 2023-2027 SZP nabízí řadu možností, jak přispět ke zvýšení využívání uhlíku v zemědělství, je důležitá flexibilita členských států při vytváření nástrojů společné zemědělské politiky. Ve SZP České republiky najdeme opatření, která zohledňují opatření v návaznosti na uhlíkové zemědělství například ve standardech dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy, ekoschématech strategického plánu a environmentálních opatřeních. Z pohledu uhlíkového zemědělství jsou strategie ČR na dobré cestě k zachování zdravé půdy. Otázkou je, zda jsou tyto opatření dostačující? Za zvážení také stojí ohlasy zemědělců, kteří volají po menší byrokratické zátěži.

Závěrem lze říci, že i přesto, že je půda obnovitelný zdroj, tak její obnova trvá řadu let a je nutné klást důraz na její ochranu a regeneraci při jakémkoliv hospodaření.

Literatura

- BINKLEY, D., FISHER, R.F., Ecology and management of forest soils. John WILEY& Sons, 2019.
- BLUM, W. EH. Characterisation of soil degradation risk: an overview. Threats to soil quality in Europe, 2008, 23438: 5-10.
- BRADY, C. N., The nature and properties of soils, tenth edition, Macmillan publishing company, New York, USA, 1990, 279-294.
- BRANT, V., Základy zpracování půdy (8): Zhutnění půdy a kypření podorničních vrstev půdního profilu. Online. Agromanual.cz. 2021. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-8-zhutneni-pudy-a-kypreni-podornicnich-vrstev-pudniho-profilu>. [cit. 2023-10-03].
- CHENU, C., et al., Increasing organic stocks in agricultural soils: Knowledge gaps and potential innovations. Soil and Tillage Research, 2019, 188: 41-52.
- COWI, Ecologic Institute and IEEP (2021a): Technical Guidance Handbook - setting up and implementing result-based carbon farming mechanisms in the EU Report to the European Commission, DG Climate Action, under Contract No. CLIMA/C.3/ETU/2018/007. COWI, Kongens Lyngby. Online available at <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/10acfd66-a740-11eb-9585-01aa75ed71a1/language-en>
- COWI, Ecologic Institute and IEEP (2021b): Annexes to Technical Guidance Handbook - setting up and implementing result-based carbon farming mechanisms in the EU. Report to the European Commission, DG Climate Action on Contract No. CLIMA/C.3/ETU/2018/007. COWI, Kongens Lyngby. Online available at <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/99138c98-a741-11eb-9585-01aa75ed71a1/language-en>
- ČERNÝ, J., BALÍK, J., KULHÁNEK, M., SEDLÁŘ, O., Organická hmota v půdě, její obsah, složky a význam. In: Agromanual.cz 2019. <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/organicka-hmota-v-pudejeji-obsah-slozky-a-vyznam>
- FARRELLY. D. J., COLM D. E., COLETTE C. F., MCDONNELL K. P., Carbon sequestration and the role of biological carbon mitigation: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, Volume 21: 712-727.
- DMUCHOWSKI, W., BACZEWSKA-DĄBROWSKA, A. H., GWOREK, B., The role of temperate agroforestry in mitigating climate change: A review. Forest Policy and Economics, 2024, 159: 103136.
- EEA (2021a): Greenhouse gas emissions from agriculture in Europe [online]. [cit. 2023-10-21]. Dostupné z: https://www.eea.europa.eu/ds_resolveuid/c93be39f240e41a8bd41063960d31592. Accessed 26.10.2021.

EEB. Promoting carbon farming through the CAP [online]. [cit. 2023-10-21]. Dostupné z: https://eeb.org/wp-content/uploads/2023/09/Policy-Brief_Role-of-the-CAP-in-promoting-carbon-farming.pdf

EEB, 2022. Progress and prospects for decarbonisation in the agriculture sector and beyond [online]. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/Progress-and-prospects-for-decarbonisation/progress-and-prospects-for-decarbonisation>

Evropská komise [online], 2023. [cit. 2023-10-21]. Dostupné z: https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy_cs

FELICIANO, D., et al. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions?. *Agriculture, ecosystems & environment*, 2018, 254: 117-129.

FRANK, S., et al. The dynamic soil organic carbon mitigation potential of European cropland. *Global Environmental Change*, 2015, 35: 269-278.

FRIEDLINGSTEIN, P., et al. Global Carbon Budget. *Earth System Science Data*, 2020. 12 (4), 3269–3340.

Greenhouse gas emissions from agriculture in Europe. European environment agency [online]. 2022 [cit. 2023-09-21]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emissions-from-agriculture>

GÜNTHER, A., BARTHELMES, A., HUTH, V., JOOSTEN, H., JURASINSKI, G., KOEBSCH F., COUWENBERG, J., Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature communications*, 2020, 11.1: 1644.

JANEČEK M., DOSTÁL T., KOZLOVSKÝ-DUFKOVÁ J., DUMBROVSKÝ M., HŮLA J., KADLEC V., KOVÁŘ P., KRÁSA T., KUBÁTOVÁ E., KOBICOVÁ D., KUDRNÁČOVÁ M., NOVOTNÝ I., PODHRÁZSKÁ J., PRAŽAN J., PROCHÁZKOVÁ E., STŘEDOVÁ I., TOMAN F., VOPRAVIL J., VLASÁK J., Ochrana zemědělské půdy před erozí. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 2012. 113 s.

JIA, G., E. SHEVILIAKOVA, P. ARTAXO, N. DE NOBLET-DUCOUDRÉ, R. HOUGHTON, J. HOUSE, K. KITAJIMA, C. LENNARD, A. POPP, A. SIRIN, R. SUKUMAR, L. VERCHOT, : 'Land-climate interactions.' In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* SHUKLA, P. R., SKEA, J., CALVO BUENDIA, E., MASSON-DELMOTTE, V., PÖRTNER, H.-O., ROBERTS, D.C., ZHAI, P., SLADE R., CONNORS S., VAN DIEMEN, R., FERRAT M., HAUGHEY, S. E., 2019

LOJKA B. et al., Zavádění agrolesnických systémů na zemědělské půdě [online]. In: . Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 1-12 [cit. 2024-04-08]. 2020. Dostupné z:

https://agrolesnictvi.cz/wp-content/uploads/2020/12/Certifikovan%C3%A1-metodika_web.pdf

JOOSTEN, H., et al. MoorFutures®: integration of additional ecosystem services (including biodiversity) into carbon credits-standard, methodology and transferability to other regions. Deutschland/Bundesamt für Naturschutz, 2015.

KAY, S., et al., Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. Land use policy, 2019, 83: 581-593.

KÖGEL-KNABNER, I., The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. Soil biology and biochemistry, 2002, 34.2: 139-162.

KUMAR, R.R., PARK, B J., CHO, Jae Young. Application and environmental risks of livestock manure. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 2013, 56: 497-503.

LAL, R., NEGASSA, W., LORENZ, K., Carbon sequestration in soil. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2015, 15: 79-86.

LOVECKÁ, P., VRCHOTOVÁ, B., KRÁTKÝ F., HAJŠLOVÁ, J., Role mikroorganizmů v udržitelném zemědělství. 2020. In: Agromanual.cz <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/role-mikroorganizmu-v-udrzitelnem-zemedelstvi>

LUGATO, E., et al. Potential carbon sequestration of European arable soils estimated by modelling a comprehensive set of management practices. Global change biology, 2014, 20.11: 3557-3567.

MANLAY, R. J., FELLER, C., SWIFT, M. J. Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2007, 119.3-4: 217-233.

MCDONALD, H., FRELH-LARSEN, A., LÓRÁNT, A., DUIN, I., ANDERSEN, S.P., COSTA, G., BRADLEY, H., Carbon farming, Making agriculture fit for 2030 [online]. In: . s. 1-25 [cit. 2024-04-08]. 2021 Dostupné z: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/695482/IPOL_STU\(2021\)695482_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/695482/IPOL_STU(2021)695482_EN.pdf)

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES). EAgri [online]. [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/portal/-q305165---5ROCaRN_/podminenost-2023-pouze-zakladni?linka=a541658

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Přímé platby – Ekoschématata [online]. [cit. 2024-03-05]. 2023 Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/-q306699---v7dGHcLu/informace-k-ekoschematum>

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ [online], Půda [cit. 2023-10-21]. 2023. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud>

OLDFIELD, E. E., et al. Crediting agricultural soil carbon sequestration. *Science*, 2022, 375.6586: 1222-1225.

PAVLŮ, L., Základy pedologie a ochrany půdy [online]. Česká zemědělská univerzita v Praze, 63-70. 2019. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: https://katedry.czu.cz/storage/4833_Zaklady-pedologie-a-ochrany-pudy.pdf

PIRES, J. C. M., et al. Recent developments on carbon capture and storage: An overview. *Chemical engineering research and design*, 2011, 89.9: 1446-1460.

Progress and prospects for decarbonisation in the agriculture sector and beyond. European environment agency [online]. 2022 [cit. 2023-09-21]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/Progress-and-prospects-for-decarbonisation/progress-and-prospects-for-decarbonisation>

PROKOP G. H, SCHONBAUER A., Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects. European Commission, Brussels, 2011 doi:10.2779/15146.

RODRIGUES, L., et al. Achievable agricultural soil carbon sequestration across Europe from country-specific estimates. *Global Change Biology*, 2021, 27.24: 6363-6380.

ROE, S., et al. Land-based measures to mitigate climate change: Potential and feasibility by country. *Global Change Biology*, 2021, 27.23: 6025-6058.

RONCHI, S., et al. Policy instruments for soil protection among the EU member states: A comparative analysis. *Land use policy*, 2019, 82: 763-780.

RUSCO, E., et al. Organic matter in the soils of Europe: Present status and future trends. Brussels, Belgium: Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre, European Commission, 2001.

SANDERMAN, J., HENGL, T., FISKE, G.J., Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2017, 114.36: 9575-9580.

SHARMA, M., KAUSHAL, R., KAUSHIK, P., RAMAKRISHNA, S., Carbon Farming: Prospects and Challenges. *Sustainability* 2021, 13, 11122. <https://doi.org/10.3390/su131911122>.

SLOAN, T., et al. Peatland afforestation in the UK and consequences for carbon storage. 2018.

SMITH, P., How to measure, report and verify soil carbon change. In: AGU Fall Meeting Abstracts. 2021. p. GC41D-01.

STOLBOVOI, V., Carbon in Russian Soils. Climatic Change [online]. 2002, 55(1-2): 131-156 [cit. 2023-09-21]. ISSN 01650009. Dostupné z: doi:10.1023/a:1020289403835.

Strategický plán Společné zemědělské politiky na období 2023–2027, 2022. Eagri.cz [online]. [cit. 2024-04-08]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/dotace/szp-pro-obdobi-2021-2027>

SWIFT, R. S., Sequestration of carbon by soil. Soil science, 2001, 166.11: 858-871.

SWINDLES, G. T., et al. Widespread drying of European peatlands in recent centuries. Nature Geoscience, 2019, 12.11: 922-928.

ŠARAPATKA B., BORŮVKA L., KONEČNÁ J., PODHRÁZSKÁ J., POSPÍŠILOVÁ L., SÁŇKA M., ŠANTRŮČKOVÁ H., VÁCHA R., ŽIGOVÁ A., Půda – přehlížené bohatství. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 2021. 49-60 s.

ŠARAPATKA, B., Pedologie a ochrana půdy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3736-1.

ŠIMEK, M. et al. Živá půda: biologie, ekologie, využívání a degradace půdy. Praha: Academia, 2019. 789 s. ISBN 978-80-200-2976-8.

ŠIMEK, M., HYNŠT, J., MALÝ, S., Živá půda 9. Cyklus uhlíku a půdní organická hmota. Živa 4/2021:174–181. 2021 Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2021-4/ziva-puda-9-cyklus-uhlikua-pudni-organicka-hmota.html>

TANG, K., et al. Does carbon farming provide a cost-effective option to mitigate GHG emissions? Evidence from China. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 2019, 63.3: 575-592.

TANNEBERGER, F., BELOUS, T., The peatland map of Europe. Mires and Peat, 2017, 19.

TANNEBERGER F. et al., The Power of Nature-Based Solutions: How Peatlands Can Help Us to Achieve Key EU Sustainability Objectives [online]. 1-10 [cit. 2024-04-08]. 2021, Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adsu.202000146>

VÁCHA, R., ČECHMÁNKOVÁ, J., DUFFKOVÁ, R., FUČÍK, P., HORVÁTHOVÁ, V., et al. Půda naše bohatství. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2019. 228s.

VÁCHALOVÁ, R., KOLÁŘ, L., MUCHOVÁ, Z., Primární organická půdní hmota a humus, dvě složky půdní organické hmoty.1.vyd. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitře. 2016.

VOGELER, C. S. The integration of environmental objectives in the common agricultural policy—partisan politics in the European Parliament. Zeitschrift Für Vergleichende Politikwissenschaft, 2022, 15.4: 551-569.

WALL, E. a B. SMIT. Climate change adaptation in light of sustainable agriculture. *Journal of sustainable agriculture* [online]. 2005, 27(1), 113-123 [cit. 2023-09-23]. ISSN 10440046.

ZHANG, N., et al. Anthropogenic soil management performs an important role in increasing soil organic carbon content in northeastern China: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2023, 350: 108481.