



HOLISTIC RESOURCE MANAGEMENT FOR
CLIMATE RESILIENCE OF FARMING

Příručka pro školení KlimaZemědělství

2022-1-DE02-KA220-VET-000090163

Autor(i): Alena Holzknacht, Nils Tolle, Janos Wack
Datum: červen 2023, poslední aktualizace listopad 2023



Financováno Evropskou unií. Názory vyjádřené jsou názory autora a neodráží nutně oficiální stanovisko Evropské unie či Evropské výkonné agentury pro vzdělávání a kulturu (EACEA). Evropská unie ani EACEA za vyjádřené názory nenesou odpovědnost.



Obsah

Autorství / Poznámka k překladu.....	5
Lekce 1: Zemědělství v měnícím se klimatu.....	6
Mění se klima	6
Hranice planet.....	6
Degradace půdy a tři úlohy zemědělství při změně klimatu.....	7
Teplota a vodní zdroje	8
Potravinové zabezpečení a měnící se trhy.....	9
Závislost na vnějších vstupech	9
Biodiverzita, škůdci a choroby	10
Dobré životní podmínky zvířat	10
Závěr	11
Výhled: Přizpůsobení se změně klimatu!.....	11
Ochrana klimatu a přizpůsobení se klimatu.....	12
SHRNUTÍ - Zemědělství v měnícím se klimatu	13
Zdroje	14
Lekce 2: Řízení změny klimatu	18
Základní koncepty přizpůsobování se změně klimatu	18
Dopady změny klimatu	19
Riziko	19
(Klima) Nebezpečí	20
Expozice	20
Zranitelnost.....	20
Citlivost	21
Adaptivní kapacita.....	21
Adaptace	21
Odolnost.....	21
Robustnost	22
Překlad na úroveň zemědělského podniku	23
Dopady změny klimatu, rizika a nebezpečí	23
Adaptace a zranitelnost	24
Řízení adaptace.....	24
Nejistota.....	25



Složitost.....	25
Vypořádání se s nejistotou.....	27
Úspěšná adaptace a maladaptace	28
SHRNUTÍ - Řízení změny klimatu.....	29
Odkazy.....	31
Lekce 3: Regenerativní zemědělství: Jedno z možných řešení	34
Předmluva	34
Historie regenerativního zemědělství.....	35
Syntetické vstupy	39
Exkurs: Zdraví půdy	40
Stručná historie alternativního zemědělství	40
Ekologické zemědělství	40
Agroekologie	41
Permakultura	41
Ochranné zemědělství	42
Holistický management / Holistická pastva	43
Agrolesnictví.....	43
Klimaticky šetrné zemědělství (nebo zemědělství odolné vůči klimatickým změnám).....	44
Uhlíkové zemědělství	44
Exkurs: Organický uhlík v půdě (SOC)	46
Zmírňování a snižování emisí uhlíku	47
Zúčastněné strany a certifikace	47
Uhlíkové certifikace/kredity.....	48
Vědecké důkazy	51
Závěr	53
SHRNUTÍ - Regenerativní zemědělství	54
Literatura	55
Lekce 4: Připojení: Regenerativní zemědělství a cyklus klima-zemědělství.....	60
Podobné výchozí body	61
Nároky a potřeby	62
Sledovat podobné cíle.....	62
Opatření - příklady	63
Cyklus ClimateFarming.....	64
Několik myšlenek k provádění	64
Odkazy.....	66
Extra: Teoretické pozadí: Metody a základy	67
Strategické řízení farmy	67



Rozhodování za hluboké nejistoty (DMDU) a přístup dynamických adaptivních cest (DAPP)	67
Doplňková metoda 1: TOWS-Analýza	68
Doplňková metoda 2: Analýza SWOT a pohotovostní opatření	69
Doplňková metoda 3: Adaptační kritické body a kritické body příležitostí (ATP a OTP)	70
SHRNUTÍ - Teoretická východiska: Metody a základy	71
Odkazy.....	72



Autorství / Poznámka k překladu

Tuto příručku napsali v úzké spolupráci Alena Holzknechtová, Nils Tolle a Janos Wack. Děkujeme také Noře Laubové a Laerke Daverkosenové za jejich příspěvky k první kapitole. Dále děkujeme členům našeho externího poradního sboru za jejich zpětnou vazbu a připomínky, které jsme v rámci možností zpracovali.

Tento dokument byl napsán v angličtině. Překlad provedlo konsorcium projektu ClimateFarming. Citace zahraničních autorů byly rovněž přeloženy konsorciem.



Lekce 1: Zemědělství v měnícím se klimatu

Alena Holzknacht¹, Nils Tolle², Janos Wack¹

V této kapitole jsou uvedeny hlavní problémy a výzvy, s nimiž se zemědělství musí vypořádat v souvislosti s měnícími se klimatickými podmínkami a dalšími tlaky. Je třeba vzít v úvahu složité interakce mezi jednotlivými představenými problémy a izolované zpracování bylo zvoleno pouze pro lepší přehled o jednotlivých tématech.

Znalost těchto problémů a vzájemných vztahů je důležitá jako jeden ze základů pro úspěšné přizpůsobení se změně klimatu. Jsou základem pro komplexní povědomí o problému a z něj vyplývající orientaci na řešení. Zvláště důležité je, aby poradci dokázali zemědělce na problémy upozornit (včetně těch problémů, jejichž dopady jsou teprve v budoucnosti). To umožňuje poukázat na existující potřebu opatření a dosáhnout společné dohody o závazném vypracování individuální strategie přizpůsobení se změně klimatu.

Mění se klima³

Šestá hodnotící zpráva Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC Sixth Assessment Report, AR6, 2023) uvádí, že globální oteplování je jednoznačně způsobeno lidskými vlivy (obr. 1, b) a že současný stav klimatických systémů spolu s rozsahem změn v období 1850-2020 nemá za posledních více než sto tisíc let obdoby (obr. 1, a). Bylo zjištěno, že globální oteplení dnes mírně přesahuje 1 °C ve srovnání s obdobím 1850-1900 a v průběhu 21. století se očekává oteplení o 1,5 °C a 2 °C ve srovnání s obdobím 1850-1900 (ibid.). Očekává se, že zvýšení globální teploty o 1,5 °C zvýší četnost a intenzitu přívalemých srážek a povodní ve většině oblastí světa. Na druhé straně lze očekávat zvýšenou četnost velkých such s nepříznivými dopady na potravinovou bezpečnost a suchozemské ekosystémy. Kromě toho přispívá k desertifikaci a degradaci půdy po celém světě, což vytváří další zátěž na půdu a zhoršuje stávající rizika pro zdroje obživy, biologickou rozmanitost, zdraví lidí a ekosystémů a potravinové systémy (Zvláštní zpráva IPCC o změně klimatu a půdě, SRCCL 2019).

Hranice planet

Stockholmské centrum pro odolnost definovalo devět planetárních hranic, které při překročení bezpečného operačního prostoru vážně negativně ovlivní život na Zemi, a budou

¹ kontakt@triebwerk-landwirtschaft.de

TRIEBWERK - Regenerative Land- und Agroforstwirtschaft UG
Im Rothenbach 49, D-37290 Meißner
<https://www.triebwerk-landwirtschaft.de/>

² nils.tolle@neokultur.eu

Tolle | Poradenství pro změnu klimatu a zemědělství
Richardsweg 1, 34379 Calden-Fürstenwald
<https://neokultur.eu/>

³ Tato část vychází z magisterské práce Lærke Daverkosena a Aleny Holzknachtové (2021) a částečně ji přímo cituje.



mít tedy vážné dopady i na zemědělství. Největší překročení v roce 2009, kdy bylo hodnocení provedeno poprvé, byla následující

- a) ztráta biologické rozmanitosti,
- b) klimatická krize a
- c) koloběh dusíku a fosforu.

S odkazem na Perssona et al. (2022) je navíc vývoj pro rok 2022 ještě kritičtější. Jedná se o

- d) změna sladké vody,
- e) nové entity a
- f) změna půdního systému (Meyfroidt et al. 2022),

a několik dalších, které jsou na hraně. V případě sladké vody byla překročena hranice v důsledku zahrnutí "zelené vody" (suchozemské srážky, výpar a půdní vlhkost). Dochází k rozsáhlým změnám půdní vlhkosti a pokračující destabilizaci vlivem lidských tlaků v kontinentálním až planetárním měřítku. Tzv. nové entity jsou nové v geologickém smyslu, což znamená, že i přirozeně se vyskytující materiály jsou vytvářeny, zaváděny nebo recirkulovány člověkem a tímto způsobem mobilizovány novými způsoby - včetně znečišťujících látek v životním prostředí, plastů, pesticidů nebo navždy chemických látek. Tyto rozsáhlé vlivy ohrožují integritu procesů zemského systému. Na globální úrovni jsou proto již řadu let vědecky dokumentovány rozsáhlé problémy. Ty jsou součástí komplexní souhry vlivů a mají komplexní dopad na naše životní prostředí. Zemědělský sektor je silně ovlivněn a v budoucnu bude ještě více. Tyto problémy se pravděpodobně nepodaří zcela vyřešit, takže je třeba najít vhodný způsob, jak se s nimi vypořádat a zároveň minimalizovat jejich dopady.

Degradace půdy a tři úlohy zemědělství při změně klimatu

Půda je současně zdrojem i pohlcovačem oxidu uhličitého (CO_2) a hraje klíčovou roli v klimatických systémech a výměně skleníkových plynů mezi povrchem země a atmosférou (IPCC SRCCL 2019). Přeměna přirozených ekosystémů na řízené ekosystémy mění půdu na zdroj skleníkových plynů a vyčerpává zásoby zemského uhlíku (C) (Poeplau & Don 2015). Ekosystémy se tak mění na zdroje skleníkových plynů od počátku zemědělství přibližně před 10 000 lety (Lal et al. 2018). Metastudie zjistila, že přeměna lesů a travních porostů na ornou půdu způsobuje úbytek půdního organického uhlíku (SOC) ve svrchních vrstvách půdy o 30-80 % (Singh et al. 2018). Emise ze zemědělství a rozšiřování zemědělské půdy představují 16-27 % celkových antropogenních emisí. Při zahrnutí emisí spojených s předprodukčními a poprodukčními činnostmi v globálním potravinovém systému se odhaduje, že emise představují 21 - 37 % celkových čistých antropogenních emisí skleníkových plynů. Očekává se, že emise ze zemědělského sektoru se budou zvyšovat v důsledku růstu populace a příjmů spolu s degradací půdy způsobenou změnou klimatu. Rozšiřování zemědělských a lesnických ploch podpořilo spotřebu a dostupnost potravin pro rostoucí počet obyvatel, ale současně přispělo ke zvýšení čistých emisí skleníkových plynů, ztrátě přírodních ekosystémů a poklesu biologické rozmanitosti. Pozitivní je, že přirozená reakce suchozemské půdy na změny způsobené člověkem způsobila v letech 2007-2016 čistý propad přibližně 11,2 Gt CO_2 yr⁻¹, což odpovídá 29 % celkových emisí CO_2 . Trvalost tohoto propadu je však nejistá (IPCC SRCCL 2019). Podle IPCC (2019) podléhá přibližně čtvrtina suchozemské půdy degradaci způsobené



člověkem. Špatné způsoby hospodaření vedly k nízké produktivitě a zvýšenému riziku nedostatku potravin (Gupta 2019).

Nevybíravé používání nepříznivých zemědělských postupů, jako je souvislé pěstování monokultur a intenzivní obdělávání půdy, přispělo k rozsáhlé degradaci půdy a půdního fondu. Protože obnova kvality půdy je obtížný proces, je další degradace stávajících úrodných půd velmi důležitá. Např. mnoho půd v Evropě ztrácí erozí při obdělávání více než 2 t ha⁻¹ rok⁻¹. To vede k riziku překročení schopnosti půdy překonávat klimatické poruchy, jako je sucho a prudké a časté povětrnostní jevy (Lal 2015).

Kromě toho, že zemědělství přispívá ke změně klimatu, je samo zranitelné vůči globálnímu oteplování a nárůstu extrémních povětrnostních jevů (IPCC 2019). Zemědělství navíc čelí výzvě zvýšené poptávky po potravinách způsobené růstem populace a příjmů (Olson et al. 2016; IPCC 2019). Podle Gillera et al. (2021) patří mezi řešení této výzvy buď zvýšení produkce potravin v rámci současné obdělávané půdy, nebo nad její rámec. Rozšíření obdělávané půdy by znamenalo zahrnutí méně produktivní půdy, která v současnosti funguje jako úložiště uhlíku, a vedlo by ke ztrátě stanovišť a změně biogeochemických a hydrologických cyklů. Řešení, které nevyžaduje rozsáhlé změny ve využívání půdy, se opírá o lepší hospodaření s půdou a pokračující/obnovenou úrodnost půdy.

Úrodnost půdy také úzce souvisí s organickým uhlíkem v půdě, který má potenciál přispět k ochraně klimatu. Zvýšené ukládání uhlíku v půdě může pomoci zabránit emisím uhlíku ze zemědělství, odstranit atmosférický CO₂ a poskytovat ekosystémové služby. Toho lze dosáhnout kombinací zlepšování kvality půdy pro pěstování plodin, aby se přeměna půdy na produkci potravin, a tím i ztráta uhlíku z půdy, stala zbytečnou, a také aktivním ukládáním uhlíku v zemědělské půdě (Bossio et al. 2020).

Zvláštní zpráva IPCC o změně klimatu a půdě (2019) zdůrazňuje, že výzvy v oblasti udržitelného rozvoje půdy a změny klimatu jsou založeny na vysoké míře komplexnosti a velké rozmanitosti zúčastněných subjektů. Udržitelné hospodaření s půdou, potravinovou bezpečnost a nízkoemisní trajektorie usnadňují politiky, které zahrnují změny v celém potravinovém systému. To může zahrnovat snížení potravinových ztrát a plýtvání, změnu stravovacích návyků, jakož i posílení postavení žen a původních obyvatel, podporu činnosti komunit, zajištění dlouhodobého přístupu na trhy a k půdě, jakož i poradenské služby a reformy obchodních systémů. Všechny uvedené činnosti je však třeba vnímat v kontextu s předchozím využitím půdy, geografickými podmínkami, proveditelností a sociálními a environmentálními okolnostmi (Bossio et al. 2020).

Teplota a vodní zdroje

Extrémních povětrnostních situací bude pravděpodobně celosvětově i v Evropě přibývat. V závislosti na množství skleníkových plynů uvolňovaných do atmosféry se mohou například častěji vyskytovat intenzivní a silné deště na jedné straně a sucha na straně druhé. To povede ke změně hladiny podzemní vody a ztrátě schopnosti plánování. Průměrná teplota se za poslední století celosvětově i v Evropě zvýšila a podle předpovědí se bude zvyšovat ještě více (IPCC 2021). Je však třeba vzít v úvahu, že konkrétní dopady změny klimatu se budou



regionálně a v jednotlivých letech značně lišit (viz první kapitola o nejistotách). To je největší výzva v oblasti přizpůsobování se klimatu. Nelze poskytnout žádnou univerzální prognózu, a tedy ani univerzální doporučení pro opatření, i když obecné dlouhodobé trendy jsou jasné.

Zemědělství spotřebovává celosvětově přibližně 70 % sladké vody a v Evropě v závislosti na ročním období až více než 32 % celkové vody (Cai a Rosegrant 2002; Lazarova 2017). Teplota a vodní zdroje jsou vždy kruhově závislé parametry: Pokud se sníží vlhkost půdy, sníží se i evapotranspirace, což vede k ještě menší vlhkosti půdy a zvýšení teploty. Zvýšená teplota proto umožňuje opětovné snížení evaporace a snížená evapotranspirace zvyšuje teplotu (Seneviratne et al. 2010).

Potravinové zabezpečení a měnící se trhy

Podle modelů dopadu na klima povedou rostoucí teploty a změny srážek k poklesu produktivity potravin. V závislosti na "typech plodin a kategoriích hospodářských zvířat, krátkodobých a dlouhodobých adaptačních snahách [se však účinky budou lišit] (IPCC 2019)".

Nejen změna klimatu, ale i socioekonomická dynamika vyvíjí na zemědělce tlak: poptávka po zdravých, ale levných produktech roste souběžně s konkurencí o využití půdy pro stavby/stavební materiály, zdroje energie, vlákna atd. Kromě toho vedou předpisy v EU, např. týkající se pesticidů nebo dobrých životních podmínek zvířat, k vyšším výrobním a pracovním nákladům. Zemědělci jsou nicméně často uzavřeni v závislosti na těchto komoditách a službách, které podléhají cenovým výkyvům.

Závislost na vnějších vstupech

Úrodnost půdy se v minulosti zlepšovala přidáváním hnojiv, ale zejména v Evropě je dnes dusíku nadbytek díky používání hnojiv a hnoje. Tento přebytek má nejen nepříznivé dopady na životní prostředí, ale způsobuje také ekonomické nevýhody. Mnoho zemědělských podniků se ocitá v pasti závislosti na externích vstupech, jako jsou hnojiva a pohonné hmoty. Na jedné straně lze úbytek živin snadno kompenzovat přidáváním dalších živin do půdy, ale na druhé straně se trh s hnojivy nevyvíjí vždy podle přání nebo požadavků a ceny se nepředvídatelně mění. Mezi lety 1960 a 2000 se spotřeba N a P hnojiv ztrojnásobila (Tilman et al. 2002), zatímco produkce obilovin se celosvětově zdvojnásobila. Ztráty živin mají dále za následek vysoké náklady (na životní prostředí), např. v důsledku zhoršené kvality vody a kvetení řas. Proto je vhodné udržovat živiny na poli. Na mnoha místech v Evropě budou klimatické změny snižovat výnosy. Ani předpokládané zvýšení výnosů v severní Evropě nemůže tyto ztráty kompenzovat. Zároveň se účinnost využití živin vyrovnala, takže často ani není užitečné používat více hnojiv (Lassaletta et al. 2014). Protože však zemědělské půdy byly často degradovány po desetiletí, může upravená strategie hnojení následovat až poté, co hospodaření pomalu připraví půdu tak, aby opět fungovala v rámci svých možností. Také úroveň užitkovosti hospodářských zvířat závisí na kvalitě a složení krmiva a nelze ji změnit najednou. Takové úpravy jsou dlouhodobým procesem a je třeba je odpovídajícím způsobem plánovat a vyhodnocovat.



Biodiverzita, škůdci a choroby

Souběžně se změnou klimatu a do značné míry v jejím důsledku dochází k nebývalému úbytku biologické rozmanitosti ekosystémů. Přesvědčivé důkazy ukazují, že se nacházíme na trajektorii šestého hromadného vymírání způsobeného člověkem, zatímco prvních pět hromadných vymírání bylo způsobeno přírodními jevy (Cowie et al. 2022). Např. v Německu došlo v letech 1990-2015 ke ztrátě v průměru 75 % biomasy hmyzu (Hallmann et al. 2017). S rostoucími průměrnými teplotami se v EU i celosvětově předpokládá ještě větší úbytek biotopů (IPCC 2022). To může silně narušit stabilitu a odolnost krajiny vůči vnějším vlivům, včetně nového a/nebo vyššího zatížení škůdci a chorobami.

V souvislosti se změnou klimatu jsou škůdci a choroby tak důležité především ze dvou důvodů:

1. Se změnou klimatu se zvyšuje náchylnost k infekcím, stejně jako regenerační schopnost rostlin, zvířat a celých ekosystémů. Vyšší abiotické stresy způsobené změnou klimatu činí rostliny zranitelnějšími vůči biotickým stresovým faktorům. Vyšší sluneční záření, nepředvídatelné krupobití, deště, mrazy nebo období sucha mohou způsobit poškození rostlin a mohou snížit jejich vitalitu.
2. Tlak stávajících škůdců a chorob se zvyšuje v důsledku rychlejšího střídání (např. více generací za sezónu), zvýšeného růstu populace a také v důsledku vzniku nových škůdců a chorob, kteří rozšiřují svá teritoria.

Nelze jednoznačně předpovědět, kteří škůdci a choroby se objeví a v jakém rozsahu. Namísto reakce na nadcházející hrozby je třeba provádět komplexní a proaktivní preventivní opatření na úrovni ekosystému (viz kapitola o nejistotách a změně klimatu). Odolnost ekosystémů je třeba podporovat a rozšiřovat a jedním ze způsobů, jak toho dosáhnout, může být vědomé využívání jejich multifunkčnosti.

Dobré životní podmínky zvířat

Chov zvířat je úzce spojen s koloběhem živin, ale bude také velmi ovlivněn změnou klimatu. Systémy chovu hospodářských zvířat jsou ovlivňovány změnou klimatu především zvyšujícími se teplotami a kolísáním srážek, jakož i koncentrací CO₂ v atmosféře a kombinací těchto faktorů. Teplota ovlivňuje většinu kritických faktorů živočišné výroby, jako je dostupnost vody, produkce a reprodukce zvířat a jejich zdraví (především prostřednictvím tepelného stresu). Termokomfortní zóny pro ovce, skot a prasata se pohybují kolem nebo pod 20 °C (Pollmann et al. 2005; Bianca 1971). Nemoci hospodářských zvířat jsou nejvíce ovlivněny nárůstem teploty a kolísáním srážek (Rojas-Downing et al. 2017). Dopady změny klimatu na produktivitu hospodářských zvířat, zejména smíšených a extenzivních systémů, jsou silně spojeny s dopady na pastviny a pastviny, které zahrnují vliv zvyšujícího se množství CO₂ na jejich biomasu a nutriční kvalitu. To je kritické vzhledem k velmi rozsáhlým dotčeným oblastem a počtu zranitelných lidí, kterých se to týká (Steinfeld 2010; Morton 2007). Kvalita a kvantita pastvin je ovlivněna především nárůstem teploty a CO₂, a kolísáním srážek. To může mít negativní dopad na zdraví a úroveň užitkovosti zvířat. V extrémních situacích v posledních letech musela být zvířata prodána, protože již nebylo možné zajistit jejich zásobování krmivem. Adaptační kapacita těchto systémů chovu a krmení byla přetížena, což vedlo k šokové reakci a nutnosti



upravit strategii pro příští roky. Prostřednictvím komplexního plánování a monitorování se zaměřením na přizpůsobení se klimatickým změnám můžeme vytvořit systémy, které budou méně náchylné k environmentálním, ale i ekonomickým nebo společenským stresorům.

Závěr

Zemědělství je ovlivněno změnou klimatu jako téměř žádné jiné odvětví. V souvislosti se změnou klimatu hraje zemědělství různé role. Je producentem skleníkových plynů, může působit jako pohlcovač skleníkových plynů a je přímo i nepřímo ovlivňováno změnou klimatu. Kromě měnících se klimatických podmínek existuje celá řada vzájemně souvisejících témat, která v současné době zemědělství komplikují. Přírodní zdroje se mohou stát vzácnými a méně předvídatelnými, mění se tržní struktury a zemědělci jsou často závislí na vnějších zdrojích nebo jsou vázáni na investice. Dostupnost vody je vážně zhoršena měnícími se srážkovými poměry a také půdou, která není schopna infiltrovat a zadržovat vodu. Zároveň jsou vodní útvary znečišťovány splachy živin ze zemědělské půdy. Nacházíme se také uprostřed krize biologické rozmanitosti a přibývá nových škůdců a chorob. To vše dohromady vytváří nové a neznámé výzvy pro zemědělství jako odvětví, ale také pro každou jednotlivou farmu. Zemědělské podniky se tak potýkají s komplexními systémy a jsou zapojeny do nespočetných interakcí, které všechny podléhají drastickým změnám v souvislosti se změnou klimatu. Abychom zajistili dlouhodobou potravinovou bezpečnost a dobré živobytí zemědělců, musíme pro každou farmu v jejím individuálním kontextu naplánovat nastavitelné krátkodobé, střednědobé a dlouhodobé strategie, jak se s těmito dynamickými změnami vypořádat.

Výhled: Přizpůsobení se změně klimatu!

Aby byli zemědělci schopni rozpoznat, posoudit a zvládnout tyto složité výzvy, je třeba nových přístupů a metod - v řízení zemědělských podniků a každodenních úkonech na poli. Tyto přístupy a metody musí zohledňovat specifika jednotlivých zemědělských podniků a zahrnovat regionálně specifické dopady změny klimatu. Kromě toho je třeba podporovat zemědělské podniky při využívání synergií mezi různými opatřeními na ochranu klimatu a přizpůsobení se mu a při zavádění dlouhodobého a prozíravého řízení zemědělských podniků. Rizika vyplývající z nejistot (spojených se změnou klimatu) musí být navíc zahrnuta do procesů operativního plánování a co nejvíce minimalizována. Nepotřebujeme nic menšího než klimatickou strategii - individuálně vytvořenou pro každý podnik. Současně je třeba zajistit, aby tato klimatická strategie zohledňovala i mnohé další výzvy, kterým zemědělství čelí. V této souvislosti je zachování biologické rozmanitosti a zdravé půdy základem. Nejen pro úspěšné přizpůsobení se změně klimatu, ale také pro zachování našich přirozených zdrojů obživy.

I přes nedostatek rámcových podmínek je pro přizpůsobení zemědělství nedávným a předpokládaným změnám klimatu nezbytná včasná a odpovídající implementace zakotvená v regionálních, národních a evropských strategiích. Možnosti adaptace musí být proveditelné a účinné v místním kontextu. Je třeba zlepšit biologickou rozmanitost, ovzduší, půdu, vodní a živinové cykly a obnovu ekosystémů prostřednictvím strukturálních úprav, jako jsou produktivní a odolné agroekosystémy, metody inspirované přírodou nebo holistické systémové přístupy.



Aby byli zemědělci motivováni k provádění opatření na ochranu klimatu a přizpůsobení se mu, musí být možná opatření praktická a vhodná pro jednotlivé zemědělské podniky.

Ochrana klimatu a přizpůsobení se klimatu

V tomto projektu používáme termíny **zmírňování** a **ochrana klimatu** jako synonyma. Popisují opatření, která mají snížit další změny klimatu snížením emisí skleníkových plynů (a posílením propadů).

Adaptace na změnu klimatu označuje opatření, která jsou přijímána s cílem přizpůsobit se dopadům skutečné a očekávané změny klimatu. To lze provádět na mnoha úrovních, např. prostřednictvím protipovodňové ochrany, plodin odolných vůči suchu nebo vládních politik, které pomáhají řešit dopady klimatu.

"Adaptace a mitigace jsou vzájemně se doplňující strategie pro snížení a řízení rizik změny klimatu (IPCC AR6, 2023)".

Navzdory přesvědčivým důkazům je úroveň provádění opatření na ochranu klimatu a přizpůsobení se mu nízká (Jacobs et al., 2019). Jedním z důvodů je nejistota, která vyplývá především ze složitosti mnoha interakcí mezi zemědělstvím a změnou klimatu. Nejistý je nejen samotný vývoj změny klimatu, pokud jde o intenzitu a rychlost změn (Pachauri et al., 2014), ale také to, jak tento vývoj ovlivní konkrétní regiony a jak bude působit na další ekologické a sociální faktory. Tato zásadní nejistota ohledně budoucích klimatických podmínek a jejich důsledků brání realizaci adaptačních opatření (Mitter et al., 2019). Ignorování nejistoty a složitosti může navíc vést k realizaci adaptačních opatření, která se ukáží jako neadaptivní - v závislosti na tom, jak se klimatické změny vyvinou (Noble et al., 2014).

Tato problematika zatím není dostatečně začleněna do návrhu (operativních) adaptačních opatření. To se odráží v přetrvávajícím zaměření na jednotlivá opatření malého rozsahu (Vermeulen et al., 2018), která zahrnují především drobné a reaktivní změny provozních výrobních procesů (Mitter et al., 2018). Ta jsou často založena na zkušenostech z minulých událostí. Tato úroveň adaptačních opatření se může ukázat jako nedostatečná, protože změna klimatu v kombinaci s dalšími novými událostmi vytvoří výzvy mimo zažitě zkušenosti (Noble et al., 2014). Zejména s ohledem na silný a nejednotný průběh klimatických změn je třeba adaptaci plánovat a realizovat proaktivně (tj. preventivně) (např. Vermeulen et al., 2013). Patří sem i provádění hlubokých změn v provozu a výrobních metodách (Park et al., 2012) - tzv. transformační adaptace.

Je však důležité, aby plánování klimatických opatření probíhalo na základě konkrétního zemědělského podniku, protože změna klimatu a zranitelnost jednotlivých zemědělských podniků se vyvíjí dynamicky a regionálně (Noble et al., 2014; Shukla et al., 2019). Vzhledem k tomu, že farma je rozhodujícím místem, kde se realizuje ochrana klimatu a adaptace na něj, musí odpovídající opatření a strategie odpovídat cílům farmy a jejím ekonomickým,



ekologickým a sociálním charakteristikám (Reidsma et al., 2010; Bloch et al., 2014; Stringer et al., 2020).

SHRNUTÍ - Zemědělství v měnícím se klimatu

- Zemědělství hraje v souvislosti se změnou klimatu různé role - jako emitent skleníkových plynů, potenciální pohlcovač skleníkových plynů a jako dotčená strana.
- Globální oteplování dnes přesahuje 1 °C a očekává se, že v průběhu 21. století se zvýší o více než 1,5 °C.st
- Nevybíravé používání nepříznivých zemědělských postupů, jako jsou souvislé monokultury a intenzivní obdělávání půdy, přispělo k rozsáhlé degradaci půdy.
- Pokračující degradace půdy vede k riziku překročení schopnosti půdy překonávat klimatické poruchy, jako je sucho a prudké a časté povětrnostní jevy.
- Extrémních povětrnostních situací, jako jsou delší období sucha, horka nebo silné srážky, bude se změnou klimatu přibývat.
- Mnoho zemědělských podniků je v pasti závislosti na vnějších vstupech, jako jsou hnojiva a pohonné hmoty. Zemědělská půda byla často degradována po desetiletí, upravená strategie hnojení může následovat až poté, co management pomalu připraví půdu, aby opět fungovala v rámci svých možností.
- Problémy s dobrými životními podmínkami zvířat budou v důsledku změny klimatu ještě intenzivnější.
- Zemědělci jsou pod velkým tlakem, aby vyprodukovali dostatek zdravých potravin pro všechny a zároveň zachovali zdravé ekosystémy, přičemž jsou vystaveni požadavkům trhu, konfliktům v oblasti využívání půdy a měnícím se podmínkám životního prostředí.



Zdroje

- Al-Kaisi, M.M. & Lal, R. (2020). Aligning science and policy of regenerative agriculture. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 84 (6), pp. 1808–1820 John Wiley and Sons Inc. DOI: <https://doi.org/10.1002/saj2.20162>
- Bloch, R., Bachinger, J., Fohrmann, R., and Pfriem, R. (2014). Land-und Ernährungswirtschaft im Klimawandel: Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen.
- Bianca W (1971): Die Anpassung des Haustieres an seine klimatische Umgebung. *Schweiz Landwirtsch Forsch*, 10:155–205. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302299049>
- Bossio, D.A., Cook-Patton, S.C., Ellis, P.W., Fargione, J., Sanderman, J., Smith, P., Wood, S., Zomer, R.J., von Unger, M., Emmer, I.M. & Griscom, B.W. (2020). The role of soil carbon in natural climate solutions. *Nature Sustainability*, vol. 3 (5), pp. 391–398. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0491-z>
- Cai, X. & Rosegrant, M. W. (2002). Global Water Demand and Supply Projections: Part 1. A Modelling Approach. *Water International*, 27(2), Artikel 2, 159–169. <https://doi.org/10.1080/02508060208686989>
- Cowie, R. H., Bouchet, P. & Fontaine, B. (2022). The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation? *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 97(2), 640–663. <https://doi.org/10.1111/brv.12816>
- Daverkosen, L., Holzknicht, A. (2021): Relating the impacts of regenerative farming practices to soil health and carbon sequestration on Gotland, Sweden, Master Thesis at Department of Soil and Environment, Swedish Agricultural University, Available at: https://stud.epsilon.slu.se/17330/1/daverkosen_l_211020.pdf
- Daverkosen, L., Holzknicht, A., Friedel, J. K., Keller, T., Strobel, B. W., Wendeberg, A., & Jordan, S. (2022). The potential of regenerative agriculture to improve soil health on Gotland, Sweden. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 185, 901–914. <https://doi.org/10.1002/jpln.202200200>
- European Commission. EU SOIL OBSERVATORY: EUSO Soil Health Dashboard. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/esdacviewer/euso-dashboard/>
- Giller, K.E., Hijbeek, R., Andersson, J.A. & Sumberg, J. (2021). Regenerative Agriculture: An agronomic perspective. *Outlook on Agriculture*, vol. 50 (1), pp. 13–25
- Gupta, G.S. (2019). Land Degradation and Challenges of Food Security. *Review of European Studies*, vol. 11 (1), p. 63
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörrén, T., Goulson, D. & Kroon, H. de (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS one*, 12(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- IPCC. Food Security - Special Report on Climate Change and Land: Chapter 5. <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-5/>

IPCC (2019). Summary for Policymakers — Special Report on 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. Available at: <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers>

IPCC (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>

IPCC (2023): Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647. Available at: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf

Jacobs, C., Berglund, M., Kurnik, B., Dworak, T., Marras, S., Mereu, V., and Michetti, M. (2019). Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. Technical report, European Environment Agency (EEA).

Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. Sustainability (Switzerland), vol. 7 (5), pp. 5875–5895

Lal, R., Smith, P., Jungkunst, H.F., Mitsch, W.J., Lehmann, J., Ramachandran Nair, P.K., McBratney, A.B., De Moraes Sá, J.C., Schneider, J., Zinn, Y.L., Skorupa, A.L.A., Zhang, H.L., Minasny, B., Srinivasrao, C. & Ravindranath, N.H. (2018). The carbon sequestration potential of terrestrial ecosystems. Journal of Soil and Water Conservation, vol. 73 (6), pp. 145A-152A

Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Anglade, J. & Garnier, J. (2014). 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland. Environmental Research Letters, 9(10), 105011. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/105011>

Lazarova, V. Water Reuse in Europe, Status and Recent Trends in Policy Development. In Proceedings of the Final Conference on the Project LIFE+ ReQpro, Reggio Emilia, Italy, 23 February 2017; Available online: http://reqpro.crupa.it/media/documents/reqpro_www/eventi/20170223_FinalMeeting_RE/Lazarova_LIFE+ReQpro.pdf (accessed on 5 May 2023)

Meyfroidt, P., Bremond, A. de, Ryan, C. M., Archer, E., Aspinall, R., Chhabra, A., Camara, G., Corbera, E., DeFries, R., Díaz, S., Dong, J., Ellis, E. C., Erb, K.H., Fisher, J. A., Garrett, R. D., Golubiewski, N. E., Grau, H. R., Grove, J. M., Haberl, H., . . . Ermgassen, E. K. H. J. zu (2022). Ten facts about land systems for sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 119(7). <https://doi.org/10.1073/pnas.2109217118>

Mitter, H., Schönhart, M., Larcher, M., and Schmid, E. (2018). The stimuli-action-effects-responses (saer)-framework for exploring perceived relationships between private and public climate change adaptation in agriculture. Journal of environmental management, 209:286–300.

- Mitter, H., Larcher, M., Schönhart, M., Stöttinger, M., and Schmid, E. (2019). Exploring farmers' climate change perceptions and adaptation intentions: Empirical evidence from Austria. *Environmental management*, 63(6):804–821.
- Morton, J.F. (2007): The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. 104 (50), PNAS. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701855104>
- Noble, I. R., Huq, S., Anokhin, Y. A., Carmin, J., Goudou, D., Lansigan, F. P., Osman-Elasha, B., and Villamizar, A. (2014). Adaptation needs and options. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pages 833–868. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Olson, K.R., Al-Kaisi, M., Lal, R. & Cihacek, L. (2016). Impact of soil erosion on soil organic carbon stocks. *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 71 (3), pp. 61A-67A
- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J. A., Clarke, L., Dahe, Q., Dasgupta, P., et al. (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC.
- Park, S. E., Marshall, N. A., Jaku, E., Dowd, A. M., Howden, S. M., Mendham, E., and Fleming, A. (2012). Informing adaptation responses to climate change through theories of transformation. *Global Environmental Change*, 22(1):115–126.
- Linn Persson, Bethanie M. Carney Almroth, Christopher D. Collins, Sarah Cornell, Cynthia A. de Wit, Miriam L. Diamond, Peter Fantke, Martin Hassellöv, Matthew MacLeod, Morten W. Ryberg, Peter Søggaard Jørgensen, Patricia Villarrubia-Gómez, Zhanyun Wang, and Michael Zwicky Hauschild (2022): Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environmental Science & Technology* 2022 56 (3), 1510-1521
DOI: 10.1021/acs.est.1c04158
- Poeplau, C. & Don, A. (2015). Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops - A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 200, pp. 33–41 Elsevier B.V. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.024>
- Reidsma, P., Ewert, F., Lansink, A. O., and Leemans, R. (2010). Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: the importance of farm level responses. *European journal of agronomy*, 32(1):91–102.
- Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A.P., Harrigan, T., Woznicki, S. A. (2017):, Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation, *Climate Risk Management*, Volume 16, <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001>.
- Seneviratne, S.I., Corti, T., Davin, E.L., Hirschi, M., Jaeger, E.B., Lehner, I., Orlowsky, B., & Teuling, A.J. (2010). Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate: A review. *Earth-Science Reviews*, 99, 125-161.
- Shukla, P., Skea, J., Calvo Buendia, E., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H., Roberts, D., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., Van Diemen, R., et al. (2019). IPCC, 2019: 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.

Singh, B.P., Setia, R., Wiesmeier, M. & Kunhikrishnan, A. (2018). Agricultural management practices and soil organic carbon storage. *Soil Carbon Storage: Modulators, Mechanisms and Modeling* Elsevier Inc. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812766-7.00007-X>

Steinfeld, H., Gerber, P. (2010): Livestock production and the global environment: Consume less or produce better? 107 (43), PNAS. <https://doi.org/10.1073/pnas.1012541107>

Stringer, L. C., Fraser, E. D., Harris, D., Lyon, C., Pereira, L., Ward, C. F., and Simelton, E. (2020). Adaptation and development pathways for different types of farmers. *Environmental Science & Policy*, 104:174–189.

Stockholm Resilience Centre. (2023, 2. Juni). Planetary boundaries. Stockholm University.

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R. & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671–677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>

Vermeulen, S. J., Challinor, A. J., Thornton, P. K., Campbell, B. M., Eriyagama, N., Vervoort, J. M., Kinyangi, J., Jarvis, A., Läderach, P., Ramirez-Villegas, J., et al. (2013). Addressing uncertainty in adaptation planning for agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(21):8357–8362.

Vermeulen, S. J., Dinesh, D., Howden, S. M., Cramer, L., and Thornton, P. K. (2018). Transformation in practice: a review of empirical cases of transformational adaptation in agriculture under climate change. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2:65.



Lekce 2: Řízení změny klimatu

Nils Tolle, Alena Holzknacht, Janos Wack

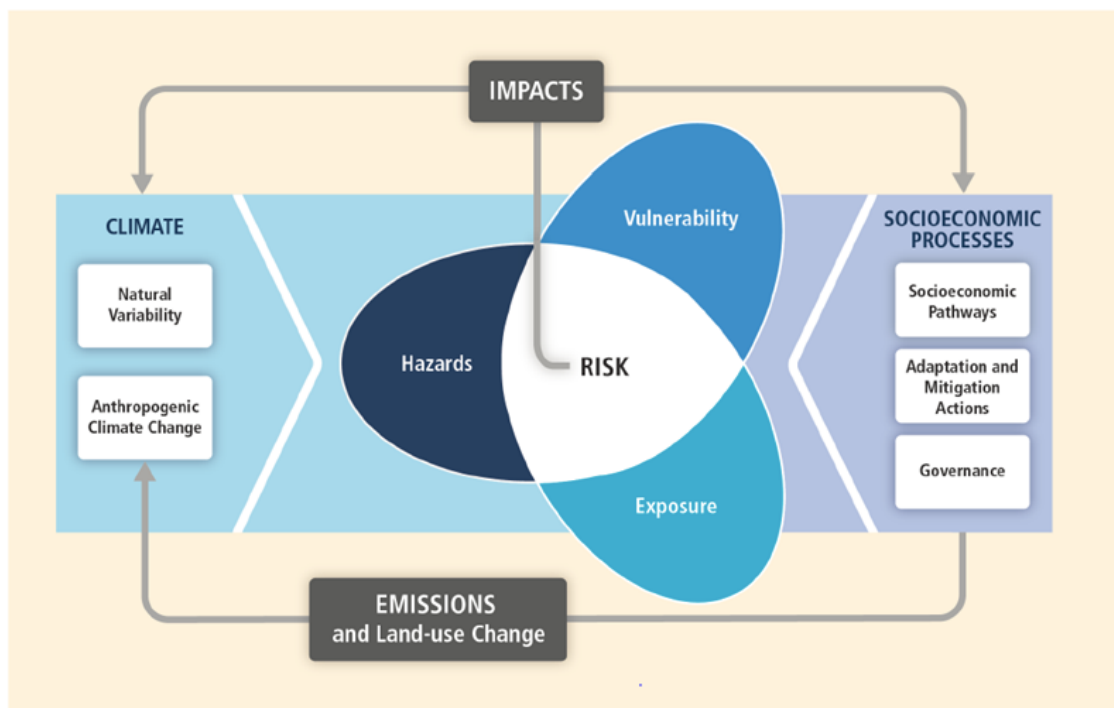
Existují dvě základní možnosti, jak řešit změnu klimatu a její dopady: ochrana klimatu a přizpůsobení se klimatu. Ochrana klimatu v kontextu této příručky zahrnuje snižování a ukládání (negativní emise) emisí skleníkových plynů (GHG). Druhá možnost, adaptace na změnu klimatu, zahrnuje úpravu systému a jeho prostředí tak, aby byl méně citlivý na skutečnou nebo předpokládanou změnu klimatu. Tyto dva přístupy byly do značné míry zvažovány a zkoumány nezávisle na sobě, s tendencí upřednostňovat ochranu klimatu (Füssel a Klein, 2006). To je zavádějící, protože oba přístupy jsou silně propojené a - mají-li být úspěšné - je třeba o nich přemýšlet, plánovat je a realizovat společně (Wreford et al., 2010). Vzhledem k tomu, že ke změně klimatu již dochází v důsledku emisí v minulosti, není již možné tlumit její důsledky pouze prostřednictvím ochrany klimatu. Z tohoto důvodu je a bude nutné se nevyhnutelným dopadům změny klimatu přizpůsobit. Stejně fatální by však bylo pokračovat pouze v adaptaci na změnu klimatu. Je tomu tak proto, že

- Adaptace má své meze, které jsou dány biofyzikálními a socioekonomickými faktory a rizikem vzniku kritických bodů.
- Ochrana klimatu snižuje intenzitu a rychlost změny klimatu, čímž usnadňuje přizpůsobení a snižuje náklady na přizpůsobení (Hallegatte, 2009).

Přizpůsobení se změně klimatu by proto mělo mít v zemědělství stejnou prioritu jako ochrana klimatu. Nejen kvůli využití možných synergických efektů, ale také v souvislosti s rozdílnými podmínkami pro úspěch ochrany klimatu ve srovnání s adaptací na klima. Úspěch ochrany klimatu, zejména jako samostatné operace, není přímo hmatatelný a v konečném důsledku závisí na chování ostatních aktérů na globální úrovni. Naproti tomu adaptace je prostorově specifická a může být úspěšná na místní úrovni, i když se do adaptace na změnu klimatu zapojí pouze jednotlivé zemědělské podniky. To má důležitou psychologickou složku. Adaptace totiž může uspokojit potřebu konkrétní a vnímatelné (pozitivní) změny. To je důležité, protože prožitek vlastní účinnosti je důležitým faktorem, který podporuje realizaci dalších klimatických opatření. Vzhledem k tomu, že úspěšná adaptace na změnu klimatu je složitější než ochrana klimatu, a to jak z hlediska teorie, tak z hlediska praktické realizace, následující výklady se zaměří spíše na téma adaptace.

Základní koncepty přizpůsobování se změně klimatu

Existuje mnoho různých přístupů a koncepcí pro přizpůsobení se klimatu. Ty jsou určeny pro různé organizační úrovně (regionální, národní, globální) a oblasti použití (např. správa, řízení podniků atd.). Mnohé z těchto koncepcí jsou pro úroveň zemědělských podniků vhodné pouze v omezené míře, protože plánování adaptace je (zatím) tématem pro vyšší organizační úrovně. Nicméně nejdůležitější koncepty jsou zde stručně diskutovány a definovány pro další využití v materiálu ClimateFarming. V souladu s tím je třeba zdůraznit, že zde nelze podat vyčerpávající prezentaci pojmů, ale pouze jejich stručné definice a operacionalizaci v kontextu materiálů CLimateFarming.



Obrázek 1: Klíčové koncepty adaptace na změnu klimatu - IPCC (2014)

Dopady změny klimatu⁴

Dopady v důsledku extrémních událostí (např. silných dešťů) nebo klimatických změn (např. zvýšení průměrné teploty) na přírodní nebo lidské systémy. V socioekonomických systémech se tyto dopady mohou projevit přímo nebo nepřímo. Při posuzování dopadů změny klimatu je důležitá otázka závažnosti dopadů a časový a prostorový rozměr.



Příkladem nepřímých dopadů změny klimatu mohou být vyšší dovozní ceny krmiv v důsledku špatné úrody ve vyvázejících zemích.



Příkladem přímých dopadů změny klimatu je změna ročních teplot a s tím související změny v růstu rostlin.

Riziko

"Riziko je definováno jako možnost nepříznivých důsledků pro lidské nebo ekologické systémy s ohledem na rozmanitost hodnot a cílů spojených s těmito systémy" (IPCC, 2022 - str. 3). Koncept rizika je v různých pracovních skupinách IPCC výchozím bodem pro všechny otázky týkající se komplexních důsledků změny klimatu a způsobů jejich řešení. Rizika vyplývají z "dynamických interakcí mezi nebezpečími souvisejícími s klimatem, expozicí a zranitelností postižených lidských a ekologických systémů" (IPCC, 2022 - str. 3).

⁴ V materiálech ClimateFarming se obvykle používá pouze termín klimatické dopady, aniž by se dále rozlišovalo mezi rizikem, nebezpečím a dopadem.



Rizika v souvislosti se změnou klimatu často nelze přesně předpovědět ani vypočítat spolehlivou pravděpodobnost. To vede k nejistotě, která komplikuje zejména plánování adaptačních opatření.

(Klima) Nebezpečí

"Nebezpečí je definováno jako potenciální výskyt přírodní nebo člověkem způsobené fyzické události nebo trendu, který může způsobit ztráty na životech, zranění nebo jiné zdravotní dopady, jakož i škody a ztráty na majetku, infrastrukturu, živobytí, službách, ekosystémech a environmentálních zdrojích." (IPCC, 2022 - S. 3).

Zjednodušeně řečeno, nebezpečí zahrnují všechny důsledky související s klimatem, které mohou mít negativní dopad na přírodní nebo lidské systémy.



Příklad spojení mezi klimatickými riziky a riziky/potenciálními dopady změny klimatu: Zvyšování hladiny moří (klimatické nebezpečí) a související škody na pobřežních městech (riziko/potenciální dopad změny klimatu) nebo zvyšující se počet úmrtí v důsledku horka (riziko/potenciální dopad změny klimatu) v důsledku častých a extrémních vln horka (klimatické nebezpečí).

Expozice

"Expozice je definována jako přítomnost lidí, zdrojů obživy, druhů nebo ekosystémů, environmentálních funkcí, služeb a zdrojů, infrastruktury nebo ekonomických, sociálních či kulturních hodnot v místech a prostředích, která by mohla být nepříznivě ovlivněna." (IPCC, 2022 - STR. 3).

Expozice je prostorový faktor. Expozici formulovanou jako otázku lze shrnout takto: "Nachází se systém (např. farma) v místě, kde se mohou vyskytnout určitá nebezpečí?".



Příklad expozice: Příklad vystavení: Pobřežní oblasti, kde jsou obyvatelé přímo vystaveni zvyšování mořské hladiny, nebo sahelská oblast, kde jsou zemědělci vystaveni stále většímu suchu, a to i ve vegetačním období.

Zranitelnost⁵

"Zranitelnost je [...] definována jako náchylnost nebo predispozice k nepříznivému ovlivnění a zahrnuje řadu pojmů a prvků, včetně [...] zranitelnosti (citlivosti) vůči škodám a nedostatečné schopnosti vyrovnat se s nimi a přizpůsobit se jim (adaptační kapacity)" (IPCC, 2022 - str. 3). Je důležité mít na paměti, že zranitelnost se dynamicky vyvíjí a značně se liší mezi jednotlivými společnostmi, regiony, zeměmi a světovými oblastmi. Pokud je zemědělský

⁵ V materiálech ClimateFarming se obecně používá pouze termín zranitelnost a nerozlišuje se dále mezi citlivostí a adaptační kapacitou. To by mělo usnadnit používání materiálu.



podnik zranitelný vůči suchým obdobím a nachází se v oblasti, kde je vystaven narůstajícím suchým obdobím, je u tohoto podniku vysoké riziko, že utrpí ztráty na výnosech v důsledku změny klimatu.

Citlivost

Citlivost je "míra, do jaké je systém nebo druh negativně nebo pozitivně ovlivněn proměnlivostí nebo změnou klimatu. Vliv může být přímý (např. změna výnosu plodin v reakci na změnu průměrné teploty, jejího rozsahu nebo variability) nebo nepřímý (např. škody způsobené zvýšením četnosti pobřežních záplav v důsledku zvýšení hladiny moří)." (IPCC, 2014b, s. 1772).



Příklad citlivosti: Mléčná farma s klimatizovanými stájemi je méně citlivá na vlny veder.

Adaptivní kapacita

Adaptační kapacita je "schopnost systémů, institucí, lidí a dalších organismů přizpůsobit se potenciálním škodám, využít příležitostí nebo reagovat na následky". (IPCC, 2014b, s. 1758).



Příklad adaptační kapacity: Pokud mléčná farma dosud nenainstalovala klimatizační opatření ve stájích, ale má povědomí o problému a technické a finanční prostředky, lze adaptační kapacitu farmy hodnotit kladně.

Adaptace

"Adaptace hraje klíčovou roli při snižování expozice a zranitelnosti vůči změně klimatu. Adaptace v ekologických systémech zahrnuje autonomní přizpůsobení prostřednictvím ekologických a evolučních procesů. V lidských systémech může být adaptace předvídatá nebo reaktivní, stejně jako postupná a/nebo transformační. V druhém případě se mění základní charakteristiky sociálně-ekologického systému v očekávání změny klimatu a jejích důsledků. [...]" (IPCC, 2022 - S. 3)."

Adaptace je "v lidských systémech proces přizpůsobení se skutečnému nebo očekávanému klimatu a jeho účinkům s cílem zmírnit škody nebo využít příznivých příležitostí. V přírodních systémech je to proces přizpůsobení se aktuálnímu klimatu a jeho účinkům; zásahy člověka mohou usnadnit přizpůsobení se očekávanému klimatu a jeho účinkům." (IPCC, 2018, S. 542)

Odolnost⁶

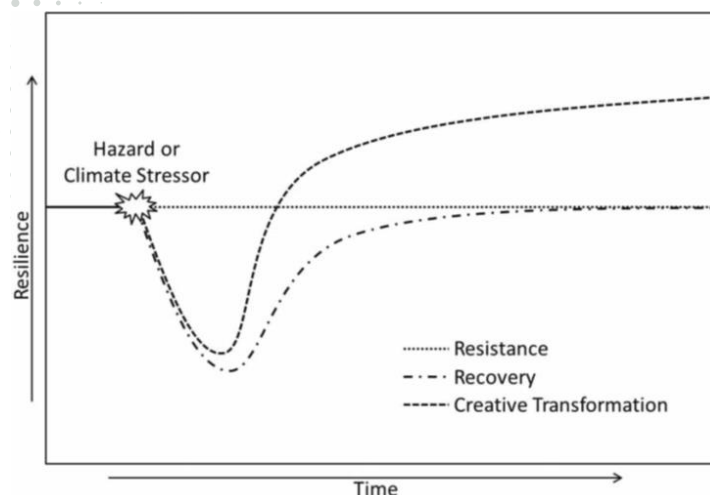
"Odolnost je [...] definována jako schopnost sociálních a ekonomických systémů, jakož i ekosystémů, vyrovnat se s nebezpečnými událostmi, trendy nebo poruchami tím, že reagují nebo se reorganizují způsobem, který zachovává jejich základní funkce, identitu a strukturu, a v případě ekosystémů i jejich biologickou rozmanitost, a zároveň si zachovává schopnost

⁶ V materiálech ClimateFarming se obvykle používá pouze termín resilience. Termín odolnost je definován jako schopnost farmy zachovat si funkčnost a dosahovat cílů farmy napříč spektrem různých změn a poruch, včetně schopnosti přizpůsobit se a transformovat se po otřesech nebo v reakci na nové poznatky.



přizpůsobit se, učit se a transformovat. Odolnost je pozitivní vlastností, pokud je tato schopnost přizpůsobení, učení se a/nebo transformace zachována."

Odolnost se často popisuje jednoduše jako schopnost systému rychle se vrátit do původního stavu (před šokem) (zotavení) po šoku. Tento typ odolnosti však není dostatečný pro řešení problémů spojených se změnou klimatu, protože systém se nemění, a zranitelnost vůči novému šoku tak zůstává stejná. IPCC používá přístup odolnosti "kreativní transformace" (Joakim et al., 2015). To znamená, že po šoku není cílem obnovit starý systém jedna ku jedné, ale poučit se ze zkušenosti a transformovat příslušný systém tak, aby bylo dosaženo vyšší úrovně odolnosti, a ten se tak stal celkově méně zranitelným vůči šokům.



Obrázek 2: Různé dimenze odolnosti - Joakim et al. (2015)

Robustnost

Robustnost se může vztahovat k různým úrovním. Robustní rozhodnutí (nebo robustní adaptační opatření) se vyznačuje tím, že splňuje cíle systému v širokém rozsahu možných událostí. Rozhodnutí (nebo adaptační opatření) není robustní, pokud i malé odchylky podmínek brání dosažení cíle.



Příklad robustních rozhodnutí a adaptačních opatření: V důsledku několikaletého období sucha zemědělská farma zcela změnila způsob pěstování na plodiny odolné vůči suchu a teplu. To mu umožnilo dosáhnout optimálního výsledku sklizně v roce sucha. Pokud však bude následovat vlhký rok, bude se muset smířit s velkými ztrátami. Jeho adaptační opatření by byla silnější, kdyby nezměnil celou kultivaci, ale diverzifikoval ji. Tímto způsobem by sice nedosáhl optimálního výsledku ve fázi sucha, ale zároveň by byl méně zranitelný v případě vlhkého roku. Diverzifikace plodin a odrůd by tedy učinila adaptační opatření robustnějším.



Příklad z Kalra et al. (2014, s. 15): "Hlubokou nejistotu můžeme zvládnout tak, že budeme hledat robustní rozhodnutí - takové, které se dobře osvědčí v široké škále



budoucností, preferencí a světonázorů, i když nemusí být optimální v žádném konkrétním z nich. Uvažujme dvě plodiny: Plodina A poskytuje stabilní výnos za sucha nebo nadměrného deště, zatímco plodina B poskytuje ještě vyšší výnos za specifických podmínek odpovídajících historickým srážkám, ale jinak selhává. Pokud bychom mohli kontrolovat srážky nebo spolehlivě předpovědět, že letošní srážky budou vypadat jako v minulosti, udělali bychom dobře, kdybychom zasadili plodinu B a maximalizovali výnos. Toto rozhodnutí však bude pravděpodobně křehké - srážky můžeme předpovědět jen zřídka a můžeme se raději pojistit a vysadit plodinu A, pokud se plodina B jeví jako příliš zranitelná. Robustnost se stává důležitou, když jsou důsledky chybného rozhodnutí vysoké. Pokud je k dispozici pojištění plodin, které pomáhá chránit před potenciálně špatnými výnosy, nebo pokud jsou k dispozici dostatečné úspory, může být optimalizace (a zvládnutí špatných let) nejlepší strategií. Pokud tyto nástroje a zdroje nejsou k dispozici a důsledky několika let nízkých výnosů jsou katastrofální, pak se robustnost stává prioritou."

Odolný zemědělský podnik se vyznačuje schopností zůstat funkční (tj. dosahovat cílů podniku) při mnoha různých klimatických i neklimatických změnách a událostech a rychle se zotavit i po významných vnějších poruchách. Obnovou se zde nemyslí návrat do stavu před narušením. Zotavení znamená schopnost učit se, což se promítá do adaptace a transformace systému farmy. Cílem je vždy dosažení vyššího stupně odolnosti.

Jinými slovy, vyšší odolnost znamená nižší zranitelnost, která se projevuje sníženou citlivostí a/nebo posílenou adaptační kapacitou.

Přeneseno na úroveň zemědělského podniku to znamená, že adaptační opatření podporují zemědělský podnik, aby se stal méně citlivým na dopady klimatu a extrémní události. Příkladem může být instalace účinného zavlažovacího systému v produkci zeleniny, díky němuž je farma méně citlivá na sucho. Kromě toho může farma zlepšit svou adaptační kapacitu prostřednictvím inteligentního a výhledového plánování - to znamená, že může rychleji a/nebo účinněji realizovat budoucí adaptační opatření. Příkladem může být včasné vyjasnění podmínek (např. stavebního povolení) pro agrofotovoltaický systém.

Překlad na úroveň zemědělského podniku

Koncepty a terminologie IPCC jsou pro řízení adaptace na úrovni zemědělských podniků použitelné jen omezeně. Přesto jsou užitečné při zavádění jednotného používání pojmů - a tím i společného jazyka a chápání.

Dopady změny klimatu, rizika a nebezpečí

Tyto tři pojmy (dopady, rizika, nebezpečí) není na první pohled snadné pochopit a je obtížné je rozlišit. Naštěstí to na úrovni zemědělských podniků nemá velký význam. Pro co nejjednodušší použití jsou důsledky změny klimatu pro farmu a její prostředí shrnuty pod pojmem dopady změny klimatu. Při plánování adaptace by tedy vodítkem měla být následující otázka: "Jak může mít změna klimatu dopad na naši farmu a jak se můžeme přizpůsobit dopadům, abychom snížili ztráty nebo jim zabránili?". Seskupení pod dopady změny klimatu tedy není zcela správné, ale zjednodušuje komunikaci při aplikaci.



Adaptace a zranitelnost

Dopady klimatu a z nich vyplývající rizika nelze u jednotlivých operací plně předvídat ani jim předcházet. Stejně tak nelze příliš ovlivnit výsledná rizika nebo expozici - pokud se farma neopustí na starém místě a nezačne se znovu provozovat na jiném místě. Jelikož to pro většinu manažerů zemědělských podniků nepřípadá v úvahu, nejedná se ani o adekvátní adaptační strategii. Jedinou možností pro většinu zemědělců je tedy snížení jejich zranitelnosti.

Cílem adaptace na úrovni zemědělského podniku je tedy snížit citlivost podniku a zároveň zvýšit jeho adaptační kapacitu, aby mohl co nejpružněji, nejúčinněji a nejefektivněji reagovat na klimatické i neklimatické změny. Zde je důležité poznamenat, že mnoho faktorů, které ovlivňují vývoj zranitelnosti zemědělských podniků, leží mimo působnost jednotlivých zemědělských podniků (např. politická rozhodnutí nebo změny na trhu).

Řízení adaptace

Variabilita a přizpůsobení se novým podmínkám není pro zemědělce novinkou. Tyto zkušenosti byly a jsou důležité pro zvládnutí klimatických změn a zvyšující se variability klimatu - nejsou však dostačující. To se odráží i v současných snahách o přizpůsobení se změně klimatu.

Většina dosavadních adaptačních opatření byla realizována v reakci na zažité extrémní události a trendy (Park et al., 2012; Porter et al., 2014), což dokládá například dřívější termín setí nebo pěstování jiných plodin. Jedná se o opatření, která způsobují pouze malé změny v systému (zemědělské) produkce a jsou realizována jako reakce na zažité změny klimatu. Vzhledem k zásadně novým výzvám spojeným se změnou klimatu se tento způsob adaptace může ukázat jako nedostatečný (Rickards a Howden, 2012; Noble et al., 2014). Dalším problémem je, že jednotlivá adaptační opatření, která nejsou začleněna do zastřešující strategie, by mohla vést k upevnění forem zemědělské výroby, které jsou zásadně nedostatečné pro zvládnutí závažné a nelineární trajektorie změny klimatu (Rickards a Howden, 2012). Zjednodušeně řečeno, neplánovaná nebo špatně informovaná adaptační opatření mohou zvýšit náklady na adaptaci, když zemědělský podnik musí přejít na systémovější nebo transformační adaptační opatření, která zásadně mění zemědělský podnik a jeho způsob produkce. Ve světle těchto úvah jsou zapotřebí propracované klimatické (adaptační) strategie.



Příklad nákladů na převod: Zemědělský podnik s intenzivně zavlažovanou produkcí zeleniny investuje do účinnějšího, ale investičně velmi náročného nového zavlažovacího systému. Kvůli klesající hladině podzemní vody je však využitelné množství sladké vody pro zavlažování neustále omežováno a produkce zeleniny v původní podobě již není možná. Pokud by nyní zemědělský podnik uvažoval o přechodu na vodohospodářské hospodaření nebo jiné činnosti přinášející příjmy, investice do nového zavlažovacího systému zvýšila náklady na převod. To znamená, že náklady na přechod z jednoho adaptačního opatření na další adaptační opatření se v důsledku investice zvýšily.



Nejistota

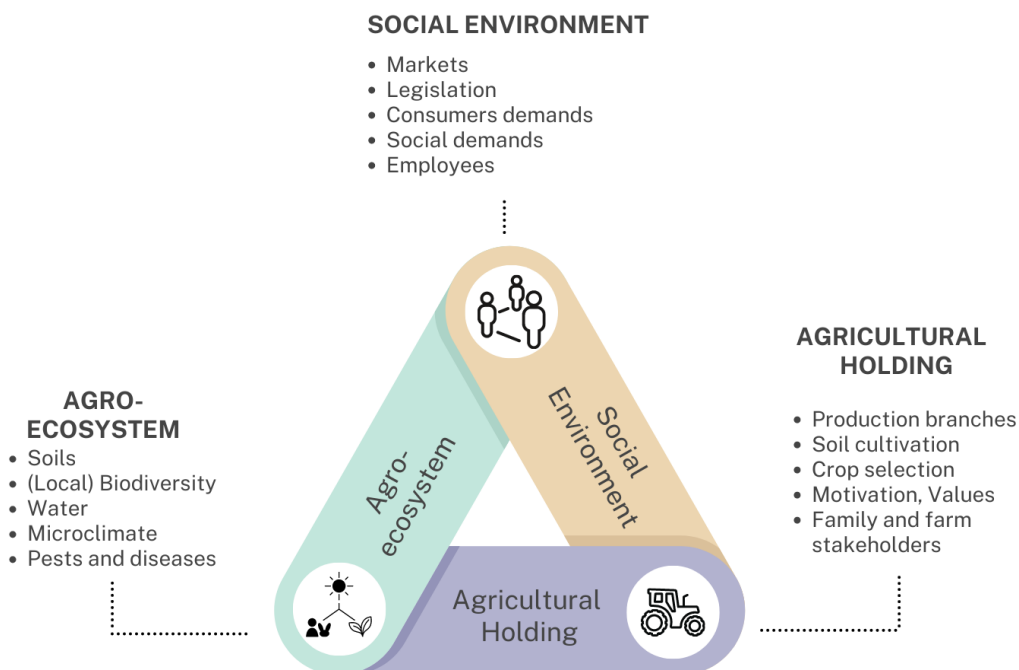
Jak již bylo řečeno, nejistota je jedním z hlavních problémů adaptace na změnu klimatu, a to i na úrovni zemědělských podniků. Podle Marchaua et al. (2019) je nejistota omezená znalostí budoucích, minulých nebo současných událostí. To platí i pro změnu klimatu. To, co víme o možných budoucích dopadech změny klimatu, vychází z klimatických modelů a odvozených klimatických prognóz. Projekce toho, jak se bude klima v budoucnu měnit, jsou zatíženy velkou nejistotou (IPCC, 2014b). Ještě větší nejistota panuje v tom, jak tato změna klimatických parametrů ovlivní různé země, regiony nebo jednotlivé zemědělské podniky. Za prvé, existuje inherentní nejistota ohledně trajektorie světa. V souvislosti se změnou klimatu to znamená, že předpoklady o změně emisí skleníkových plynů jsou pouze scénáři možných budoucností, nikoliv předpověďmi. Za druhé, modelování klimatu vychází z našich omezených znalostí fyzikální funkce klimatického systému a jeho interakce s vnějšími a vnitřními vlivy. To zahrnuje omezené znalosti o řídicích kontrolních mechanismech a nelineárních zpětných vazbách v klimatickém systému (Chapin III et al., 2011), např. o sebeposilujících mechanismech, jako je tání věčně zmrzlé půdy, zvyšování počtu lesních požárů nebo vysychání mokřadů (Lenton et al., 2008), které s sebou nesou zásadní uvolňování emisí skleníkových plynů. S těmito samoposilujícími účinky souvisí nejistota ohledně toho, kdy je dosaženo možných prahových hodnot a dochází k náhlým změnám v klimatickém systému (Rockström et al., 2009). Za třetí, při modelování klimatu se používají předpoklady a zjednodušení, které omezují jejich zobrazení reality (IPCC, 2014b). Vzhledem k tomu, že potenciální dopady na klima jsou odvozovány především z klimatických projekcí, dochází ke kaskádovitému nárůstu nejistot (Refsgaard et al., 2013), který je způsoben složitostí systému člověk-prostředí-klima. Stejně jako nelze předvídat úspěch či neúspěch z hlediska zastavení nebo zmírnění změny klimatu, nelze s jistotou předvídat ani schopnost lidských a přírodních systémů přizpůsobit se novým a měnícím se klimatickým podmínkám.

Předpovědi dopadů změny klimatu jsou obzvláště nejisté kvůli složité interakci mezi reakcemi různých složek lidsko-ekologického systému na změnu klimatu a následnou zpětnou vazbou se změnou klimatu. Jones et al. (2014) popisují změnu klimatu jako interakci složitých prostředí s protichůdnými hodnotami, což ze změny klimatu činí hříšný problém. Z toho vyplývají značné vědecké nejistoty, různé zarámování problému různými aktéry a vysoká nejednoznačnost ohledně způsobu navrhování a realizace řešení. Na základě těchto aspektů lze zemědělství rovněž vnímat jako hříšný problém.

Důvodem je složitost zemědělských systémů. V zemědělství se vzájemně ovlivňují různé environmentální a sociální systémy (např. půda, voda, biologická rozmanitost, vývoj trhu, politická rozhodnutí atd.).

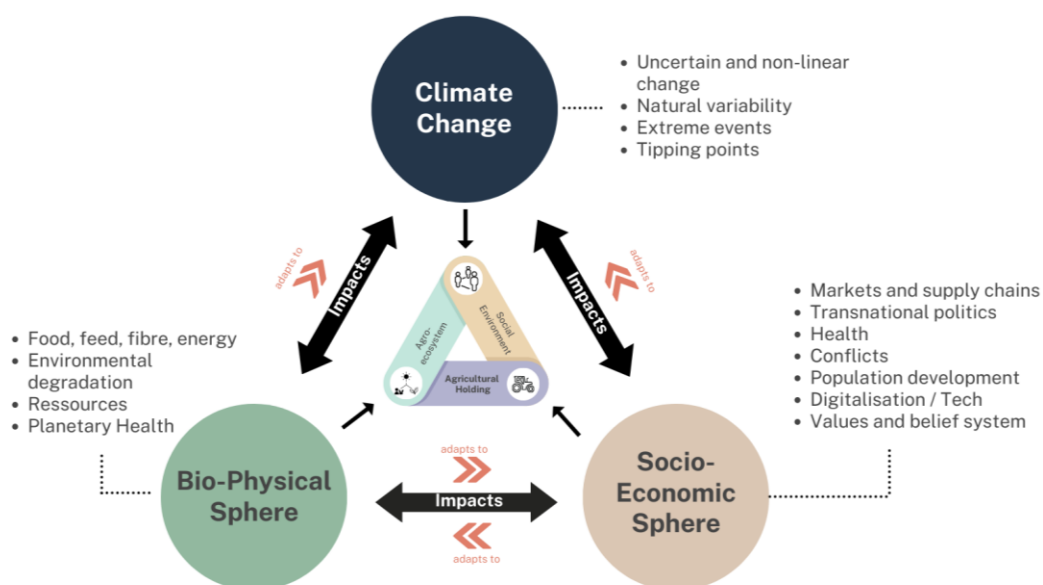
Složitost

Zemědělská výroba a jednotlivé farmy jsou ve složité interakci s různými, vzájemně závislými systémy (sociální prostředí a agroekosystém). Tyto systémy se zase skládají z různých prvků (agroekosystém: půda, voda, biodiverzita atd.; sociální prostředí: trhy, politika, partneři atd.), které se vzájemně ovlivňují a působí na sebe.



Obrázek 3: Složitost na úrovni zemědělského podniku - vlastní zobrazení

I bez změny klimatu je tedy situace na úrovni zemědělských podniků velmi složitá, dochází k četným a často nepředvídatelným interakcím a dopadům. Změna klimatu však tuto složitost umocňuje.





Obrázek 4: Rostoucí složitost na úrovni zemědělských podniků v důsledku změny klimatu - vlastní zobrazení

Systémy, které jsou v interakci se zemědělstvím, jsou rovněž ovlivněny změnou klimatu. Není však jisté, jakým způsobem budou ovlivněny, a co je důležitější, jaké budou reakce (adaptace) jednotlivých systémů. Jelikož jsou tyto reakce vzájemně závislé a ovlivňují se, zvyšuje to nejistotu ohledně možných přímých a nepřímých dopadů klimatu na úrovni zemědělských podniků. Reakce zemědělců budou mít navíc dopad i na propojené environmentální a sociální systémy. V souhrnu pak tyto reakce následně ovlivní emise dalších klimatických plynů, a tím i vývoj klimatické krize. Zemědělci se proto musí přizpůsobit celému spektru možných dopadů změny klimatu, které zahrnuje biofyzikální, sociální, kulturní, politické a ekonomické změny (Rickards a Howden, 2012). V důsledku této komplexnosti lze zemědělství a změnu klimatu klasifikovat jako zdroje "hluboké nejistoty". Více informací o hluboké nejistotě naleznete v kapitole "Teoretická východiska: Metody a základy".



Problém vzájemné závislosti dopadů změny klimatu lze ilustrovat na příkladu zemědělství a sladké vody: Změna klimatu již ovlivňuje srážkové poměry a dostupnost vody v různých oblastech světa. To má přímé dopady na zemědělskou produkci, např. nižší vodní bilanci půdy nebo omezené množství vody pro zavlažování a chov zvířat. Nepřímými dopady jsou vyšší ceny vody a potenciální konflikty s ostatními uživateli vody. Postupy hospodaření s půdou však ovlivňují vodní zdroje také vyplavováním živin, půdní erozí a znečištěním. Tyto negativní dopady mohou být zhoršeny změnou klimatu, např. vyšší mírou eroze v důsledku přívalových dešťů (zejména v zimě) a nedostatkem půdního pokryvu, což vede k vyššímu vyplavování živin a přísunu znečišťujících látek. Zároveň by mohlo dojít ke snížení ředícího účinku v důsledku celkového poklesu srážek. To by dále snížilo dostupné vodní zdroje, a tím dále omezilo dostupnost vody pro zemědělské využití.

Lze shrnout, že změna klimatu významně mění biofyzikální i socioekonomické prostředí, v němž se zemědělství provozuje. To ovlivňuje a bude ovlivňovat zemědělství mnoha různými a nejistými způsoby. To ztěžuje plánování rozvoje zemědělských podniků nebo adaptačních strategií. V důsledku toho musí být tato nejistota aktivně začleněna do procesu plánování.

Vypořádání se s nejistotou

Je známo mnoho adaptačních opatření pro zemědělství. Klíčovou otázkou však je, která opatření a strategie zvyšují odolnost zemědělského podniku v širokém rozsahu možného budoucího vývoje (Abbasi et al., 2020) a odpovídají struktuře, geografii a cílům zemědělského podniku. Ignorování existence nejistoty usnadňuje proces plánování, ale může mít v budoucnu vážné důsledky (Marchau et al. 2019). Může to vést ke snížení flexibility v budoucnu nebo k nízké účinnosti přizpůsobení (Abbasi et al., 2020). Zjednodušeně řečeno to znamená, že při absenci plánování může krátkodobé rozhodnutí omezit dlouhodobé možnosti adaptace na změnu klimatu nebo zvýšit její náklady. Aby se tomu předešlo, musí být nejistota začleněna do adaptačního plánování na úrovni zemědělských podniků.



Plánování budoucnosti nutně zahrnuje posouzení možných, ale nejistých změn (Marchau et al., 2019). K řešení tohoto problému se obvykle navrhuje odpovídající strategie pomocí scénářů. Scénář popisuje potenciálně možný stav budoucnosti, aniž by obsahoval konkrétní předpověď (Jones et al., 2014). Po vypracování věrohodných scénářů budoucnosti se těmto scénářům přiřadí pravděpodobnosti. V závislosti na pravděpodobnosti scénářů mohou rozhodovatelé zvolit strategii. Tento přístup se také nazývá "predict-then-act" (viz např. Barnard a Nix, 1979) a je také základem tradičního řízení rizik. Tento přístup je pro adaptační plánování problematický, protože určitým scénářům nemůžeme spolehlivě přiřadit pravděpodobnost. Navíc skutečná budoucnost může ležet mimo vytvořené scénáře, což způsobuje, že příslušné strategie jsou neúčinné a/nebo neefektivní.

Adaptační procesy v podmínkách hluboké nejistoty vyžadují přístup založený na pozorování, přípravě, učení a průběžném přizpůsobování. Flexibilita a schopnost rychle reagovat na nové informace nebo měnící se podmínky jsou základními rysy odolného systému (Marchau et al., 2019). Tento přístup se také nazývá iterativní řízení rizik a je založen na nepřetržitém procesu hodnocení, opatření, pozorování a opětovného hodnocení (Jones et al., 2014). Termín iterativní zdůrazňuje proces adaptace na změnu klimatu se zaměřením na učení a flexibilitu a s cílem vyvinout dynamické a adaptivní strategie.

Úspěšná adaptace a maladaptace

Ignorování nejistoty, jakož i zpětné vazby a interakce v rámci různých systémů a mezi nimi může vést k nesprávné adaptaci. Existuje mnoho definic maladaptace, ale většina z nich má společné to, že se týkají negativních důsledků, které jsou výsledkem adaptačních politik a strategií (Neset et al., 2019). Zásadní pro pochopení problému maladaptace je porozumění časovému a prostorovému rozměru adaptace. V závislosti na čase hodnocení vzniká paradoxní situace, že opatření může být hodnoceno jako pozitivní i negativní zároveň.



Konstruovaný příklad špatné adaptace: Výstavba klimatizované stáje pro dojnice je účinným způsobem, jak snížit snížení doживosti v důsledku rostoucích vln veder. Z krátkodobého hlediska toto adaptační opatření pomáhá relativně bezpečně zvýšit odolnost farmy vůči vlnám horka. Pokud však v budoucnu dosáhnou dlouhotrvající sucha takového rozsahu, že produkce krmiv v postiženém regionu bude výrazně omezena a chov dojnic se stane nerentabilním, ukáže se nová a nákladná klimatizovaná stáj jako nepřizpůsobivá - zejména pokud tato situace nastane dříve, než se stáj plně zaplatí, což je obvykle období mezi 20 a 30 lety.

Navíc to, co lze a co nelze považovat za špatnou adaptaci, závisí na způsobu hodnocení úspěšnosti adaptačních opatření.

Noble et al. (2014) popisují "adaptační potřebu" jako odchylku mezi žádoucím budoucím stavem systému a omezeními vyplývajícími ze skutečné nebo předpokládané změny klimatu. Adaptační opatření je účinné, pokud je schopno tuto adaptační potřebu (dalo by se také říci definovaný cíl) naplnit. To je problematické, protože adaptační potřeby jsou specifické pro jednotlivé zemědělské podniky a jsou různorodé. Navíc se dynamicky vyvíjejí a mohou se v



časе měnit. Stejně jako změna klimatu a její důsledky. To znamená, že adaptace je nepřetržitý proces, který by se měl vyvíjet spolu se změnou klimatu, novými informacemi, změnami v podniku a jeho okolí a také se společenskými normami a hodnotami. Úspěšnost klimatických opatření je proto třeba vždy posuzovat ve vztahu ke specifickým cílům farmy a časovému rozměru.

Kromě účinnosti adaptace je důležitá i efektivita. Účinnost adaptace však nelze omezit na prostý poměr nákladů a přínosů. Jednak proto, že se sledují různé, i nepeněžní přínosy (např. podpora biodiverzity), a jednak proto, že není možné vypočítat všechny potenciální náklady a přínosy při (hluboké) nejistotě. Kromě toho je zde ústřední také časový rozměr. To, co není z hlediska nákladů a přínosů efektivní v krátkodobém horizontu, se může v dlouhodobém horizontu ukázat jako smysluplná investice, díky níž bude provoz robustnější a odolnější.



Příklad časového rozměru a efektivity: Založení agrolesnického systému na erozně ohroženém místě vyžaduje - v krátkodobém horizontu - investice a práci s malým nebo žádným (finančním) přínosem. Ve střednědobém až dlouhodobém horizontu však investice do agrolesnictví pomáhají snížit riziko eroze a zlepšit hospodaření s vodou v dané oblasti, stejně jako další finanční výnosy. Kromě toho existuje mnoho pozitivních účinků, které nelze přímo peněžně vyjádřit, např. pro místní biologickou rozmanitost.

Kromě časového rozměru adaptace je důležitý také rozměr prostorový. Prostorová dimenze se týká možných vedlejších účinků vyplývajících z adaptačních opatření. Jedná se především o negativní účinky na jiné lidi nebo přírodní systémy - tzv. negativní externality.



Příklad negativních externalit: Intenzivní zavlažování může stabilizovat výnosy a příjmy zemědělských podniků, ale může také vést k negativním účinkům, jako je pokles hladiny podzemní vody a s tím spojený nedostatek vody. To by zase mělo negativní dopady na ostatní uživatele vody.

Důležitou otázkou v této souvislosti je, zda může špatná adaptace vzniknout pouze v důsledku adaptačních opatření, nebo také v důsledku jiných rozhodnutí v oblasti řízení.

Ačkoli to výše uvedená definice vylučuje, je to důležitá úvaha.

Obecně platí, že zavádění adaptačních opatření není motivováno pouze hrozbami změny klimatu, ale kombinuje více motivací. Stejně tak rozhodnutí přijatá bez ohledu na změnu klimatu mohou ovlivnit budoucí adaptační kapacitu zemědělského podniku. Proto je vhodné zohlednit kontext změny klimatu při všech rozhodnutích nebo jej pevně začlenit do řízení farmy.

SHRNUTÍ - Řízení změny klimatu

- Na úrovni zemědělského podniku se používají následující pojmy:



- **Dopad klimatu:** zahrnuje klimatická rizika (např. nové škůdce a choroby) a dopady klimatu (např. ztráty výnosů, vyšší veterinární náklady atd.).
- **(Farma) Zranitelnost:** V případě, že je zemědělský podnik vystaven nepříznivému vlivu skutečných nebo předpokládaných změn klimatických parametrů, je to jeho náchylnost k nepříznivému vlivu.
- **(Farma) Odolnost:** Odolnost: schopnost farmy zachovat si funkčnost a dosahovat cílů farmy při různých změnách a poruchách, včetně schopnosti učit se a přizpůsobovat se po otřesech nebo v reakci na nové poznatky.
- **Pro řešení změny klimatu je nezbytná jak ochrana klimatu, tak přizpůsobení se této změně.** Na úrovni zemědělského podniku je třeba brát v úvahu obojí a související opatření plánovat společně, aby se využily synergie.
- **Adaptace je plánování a provádění opatření, která zmírňují negativní dopady změny klimatu a využívají výhod příznivého vývoje.**
 - Adaptace má umožnit zemědělskému podniku **jednat preventivně** (s cílem snížit rizika) a **pružně reagovat** na náhlé a nepředvídané klimatické i neklimatické změny.
- **Hlavní výzva: Nejistota** ohledně změny klimatu a jejích dopadů
 - **Nejistota musí být začleněna do** procesu přizpůsobování.
 - **Přizpůsobování** je třeba považovat za **nepřetržitý proces** založený na pozorování, přípravě a učení.
 - Při nedostatečném plánování mohou být adaptační opatření nakonec nepřizpůsobivá.
 - **Maladaptace:** Negativní důsledky adaptačních rozhodnutí, které omezují adaptační kapacitu podniku nebo mají negativní vnější dopady.
- **Je obtížné určit úspěšnost adaptace,** protože ta závisí na časovém a prostorovém rozměru pozorování. Z toho vyplývá, že **neexistují žádná univerzální adaptační opatření.**
 - Na úrovni zemědělských podniků **jsou pro ověření úspěšnosti adaptačních opatření rozhodující cíle jednotlivých podniků.**
- **Úspěšná adaptace na změnu klimatu je náročný úkol, a proto vyžaduje komplexní přístup, aby byla účinná a dlouhodobě úspěšná.**
- **Projekt ClimateFarming kombinuje přístupy a metody adaptačního managementu a regenerativního zemědělství s cílem poskytnout komplexní přístup umožňující úspěšné adaptační plánování na úrovni zemědělských podniků.**

Odkazy

Abbasi, H., Delavar, M., Nalbandan, R. B., and Shahdany, M. H. (2020). Robust strategies for climate change adaptation in the agricultural sector under deep climate uncertainty. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, pages 1–20.

Barnard, C. S., and Nix, J. (1979). *Farm planning and control*. Cambridge University Press.

Chapin III, F. S., Matson, P. A., and Vitousek, P. (2011). *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. Springer Science & Business Media.

Füssel, H.-M. and Klein, R. J. (2006). Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic change*, 75(3):301–329.

Hallegatte, S. (2009). Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global environmental change*, 19(2):240–247.

IPCC, 2014a: Annex II - Glossary . In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1557-1776.

IPCC, 2014b: Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

IPCC, 2018: Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 541-562, doi:10.1017/9781009157940.008.

IPCC, 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller,

A. Okem, B. Rama (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-33

Joakim, E. P., Mortsch, L., and Oulahan, G. (2015). Using vulnerability and resilience concepts to advance climate change adaptation. *Environmental Hazards*, 14(2):137–155.

Jones, R., Patwardhan, A., Cohen, S., Dessai, S., Lammel, A., Lempert, R., Mirza, M. Q., and von Storch, H. (2014). Foundations for decision making. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pages 195–228. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Kalra, N., Hallegatte, S., Lempert, R., Brown, C., Fozzard, A., Gill, S., & Shah, A. (2014). Agreeing on robust decisions: new processes for decision making under deep uncertainty. *World Bank Policy Research Working Paper*, (6906).

Kwakkel, J. H. and Haasnoot, M. (2019). Supporting DMDU: A Taxonomy of Approaches and Tools. In *Decision making under deep uncertainty: from theory to practice*, pages 355–375. Springer Nature.

Lenton, T. M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S., and Schellnhuber, H. J. (2008). Tipping elements in the earth's climate system. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, 105(6):1786–1793.

Marchau, V. A., Walker, W. E., Bloemen, P. J., and Popper, S. W. (2019). Introduction. In *Decision making under deep uncertainty: from theory to practice*, pages 1–20. Springer Nature.

Neset, T.-S., Wiréhn, L., Klein, N., Käyhkö, J., and Juhola, S. (2019). Maladaptation in nordic agriculture. *Climate Risk Management*, 23:78–87.

Noble, I. R., Huq, S., Anokhin, Y. A., Carmin, J., Goudou, D., Lansigan, F. P., Osman-Elasha, B., and Villamizar, A. (2014). Adaptation needs and options. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pages 833–868. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Park, S. E., Marshall, N. A., Jakku, E., Dowd, A. M., Howden, S. M., Mendham, E., and Fleming, A. (2012). Informing adaptation responses to climate change through theories of transformation. *Global Environmental Change*, 22(1):115–126.

Porter, J., Xie, L., Challinor, A., Cochrane, K., Howden, S., Iqbal, M., Lobell, D., Travasso, M., et al. (2014). Food security and food production systems. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pages 485–533. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Refsgaard, J. C., Arnbjerg-Nielsen, K., Drews, M., Halsnæs, K., Jeppesen, E., Madsen,



H., Markandya, A., Olesen, J. E., Porter, J. R., and Christensen, J. H. (2013). The role of uncertainty in climate change adaptation strategies—a danish water management example. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18(3):337–359.

Rickards, L. and Howden, S. M. (2012). Transformational adaptation: agriculture and climate change. *Crop and Pasture Science*, 63(3):240–250.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., et al. (2009). A safe operating space for humanity. *nature*, 461(7263):472–475.

Wreford, A., Moran, D., and Adger, N. (2010). *Climate change and Agriculture: Impacts, Adaptation and Mitigation*. OECD publishing.



Lekce 3: Regenerativní zemědělství: Jedno z možných řešení

Alena Holzknichtová, Janos Wack

V této kapitole chceme podat přehled o původu a různém chápání regenerativního zemědělství (RA) a o tom, jak souvisí s jinými alternativními zemědělskými přístupy. Dále se krátce dotkneme témat, jako jsou uhlíkové certifikáty/kredity a zainteresované strany v oblasti RA, zdraví/kvalita půdy a možnosti zmírňování emisí skleníkových plynů (GHG) v zemědělských podnicích. Nakonec budou diskutovány některé důkazy z výzkumu a také mezery ve znalostech v oblasti RA.

Po přečtení této kapitoly by čtenář měl být schopen určit definici RA, se kterou souhlasí, nebo formulovat vlastní. Dalším cílem je umět kriticky zhodnotit aktéry RA a jejich praktiky a vytvořit si vlastní názor na současnou diskuse v této oblasti.

Upozornění: Uvedená literatura nemusí nutně představovat naše chápání regenerativního zemědělství, ale autoři se domnívají, že je důležité znát různé zdroje, včetně kontroverzně diskutovaných zdrojů, abyste si mohli udělat vlastní názor a zobrazit aktuální diskuse v tomto odvětví. Čtěte prosím s kritickým myšlením a zpochybujte metodiku deklarovaných úspěchů.

Tato kapitola obsahuje výňatky ze dvou diplomových prací o regenerativním zemědělství:

- **Magisterská práce Lærke Daverkosen & Alena Holzknichtová**
- **Magisterská práce Janose Vacka**
(původně napsaná v němčině, přeložená CEFE)

Předmluva

K řešení problémů a výzev, kterým zemědělství čelí, jak je popsáno v předchozí kapitole, bude zapotřebí mnoha různých přístupů. Příklady moderních řešení, o kterých se diskutuje a která se částečně realizují v různém měřítku, jsou např. intenzivní zavlažování, genové inženýrství, digitalizace a inteligentní zemědělství, specializované intenzivní zemědělství, bezorebné zemědělství, zemědělství v řízeném prostředí nebo alternativní opylování pomocí lidí nebo robotů. Mnohé z nich jsou kapitálově náročné, vyžadují hi-tech řešení nebo přistupují k problémům tak, že léčí symptomy nefunkčních systémů, což může zmírnit určitý tlak pouze lokálně nebo na chvíli. Ve většině případů také vedou ke zvýšení závislosti na vnějších vstupech, jejichž tématu jsme se věnovali v kapitole *Problémy a výzvy*. Bez zastřešujících strukturálních úprav mohou vzniknout další, případně neočekávané problémy

Je důležité připomenout, že se zabýváme různými kontexty, které mají své vlastní problémy na environmentální, sociální a ekonomické úrovni. Giller et al. (2021) zdůrazňují, že velká rozmanitost politik, agroekosystémů, potravinových a zemědělských systémů specifických pro daný kontext řeší různé problémy. Proto nelze vytvořit jeden konkrétní soubor postupů nebo smysluplnou definici problému, který by řešil všechny výzvy stejně. V některých kontextech může mít smysl některé z výše uvedených řešení nebo jejich kombinace.

Netvrdíme, že se tématu RA věnujeme v jeho celistvosti, a to vzhledem k jeho holé složitosti



a skutečnosti, že konverzace o něm se ve vědecké i mainstreamové oblasti rychle vyvíjí. V jádru našeho chápání RA je však několik hlavních témat, která se komplexně zabývají mnohostrannými a vícerozměrnými výzvami v současném zemědělství. To pomáhá přizpůsobit se změně klimatu tím, že zohledňuje širokou škálu environmentálních, sociálních a ekonomických faktorů a promítá je do opatření, která vedou k vyšší odolnosti a kvalitě života na farmě i v jejím okolí.

Historie regenerativního zemědělství

Slovo regenerace pochází z latinského genero [plodit, rozmnožovat] a re- [zpět, znovu]. V biologii se tento termín používá pro proces obnovy a růstu (Hermani 2020). V zemědělském pohledu to lze přeložit jako obnova půdy, což znamená, že aplikace postupů RA závisí na aktuálním stavu obdělávané půdy. Slovo regenerace zdůrazňuje přeorientování od pouhého snižování škod a poškození, ale skutečného vytváření čistých pozitivních environmentálních a společenských výsledků (Robinson & Cole 2015).

Obvykle se první zmínka připisuje synovi amerického průkopníka ekologického zemědělství J. I. Rodaleho z počátku 80. let 20. století. Termín však použil i Gabel (1979 citováno podle Gillera a kol. 2021), takže původ není jednoznačný. Robert Rodale, syn průkopníka ekologického zemědělství Jeremyho Rodaleho, psal o regenerativním zemědělství ve svém článku *Breaking New Ground*: (Rodale 1983). Představoval si zemědělství, které přesahuje současný systém a "přesahuje udržitelnost, obnovuje a regeneruje naše zemědělské zdroje (Rodale 1983)" (Mang & Reed 2012; Hermani 2020). Toho by mělo být dosaženo prostřednictvím základního zaměření na obnovu jako "takovou, která při zvyšování produktivity zvyšuje naši půdu a půdní biologickou produkční základnu [...] má minimální nebo žádný dopad na životní prostředí za hranicemi farmy nebo pole (Rodale 1983)". Přestože Rodale jako první použil termín regenerační, průkopníci permakultury již v roce 1978 zavedli ekologický přístup zdůrazňující regenerační potenciál ekologických systémů změnou vztahu člověka k přírodě (Mang & Reed 2012).

V průběhu 90. let se termín regenerativní zemědělství stal v zemědělské literatuře a výzkumu téměř neviditelným. K této absenci došlo souběžně s rozvojem prvních ekologických certifikací a institucionalizací ekologického zemědělství (Hermani 2020). V roce 1994 bylo formulováno pět zásad, přičemž pro dnešní chápání regenerativního zemědělství jsou relevantní zejména body "ochrana a oživení půdy", "biodiverzita" a "integrace zvířat" (Lyle 1994 podle Hermani 2020).

Na počátku nového tisíciletí začali jednotliví průkopníci tento termín opět používat a hospodařit podle odpovídajících představ. Od roku 2010 stále více aktérů veřejně komunikuje svou vizi regenerativního zemědělství. Důležitým mezníkem pro zvýšenou pozornost věnovanou RA, která byla v posledních letech zjištěna jak v mainstreamové, tak v odborné literatuře, bylo založení mezinárodní nadace "Regeneration International" v roce 2015, která si klade ambiciózní cíl "zvrátit globální oteplování a ukončit světový hlad usnadněním a urychlením globálního přechodu k regenerativnímu zemědělství a hospodaření s půdou (Regeneration International 2019)" (Hermani 2020). Kromě toho si RA získala politickou



pozornost a v roce 2019 byla ve zvláštní zprávě IPCC o změně klimatu a půdě uvedena jako "udržitelná praxe hospodaření s půdou (IPCC 2019)".

Definice

Pojem "regenerativní zemědělství" není chráněn ani nemá jednotnou definici (Elevitch et al. 2018), což umožňuje široký prostor pro výklad. Na jedné straně může neexistence jednotné definice vést k silnému zjednodušení ztotožněním RA např. s uhlíkovým zemědělstvím (Newton et al. 2020). Na druhé straně je na scéně požadavek na co nejcelostnější přístup na úrovni jednotlivých ekosystémů, který odmítá jednotnou definici (Soloviev a Landua 2016). Zatímco některé definice zahrnují určité zemědělské postupy nebo zásady (např. střídání plodin), jiné definují tento pojem tak, že vylučují postupy (např. obdělávání půdy, používání herbicidů). Kromě toho lze různé definice rozdělit podle zaměření na používané postupy (např. bezorebné obdělávání půdy), výsledek činnosti (např. zlepšení kvality půdy) nebo kombinaci obou přístupů (Newton et al. 2020). To je důležité zejména v případě, že hovoříme o certifikacích, protože sledování úspěchů závisí na tom, jak přesně je definujeme. Například ekologické zemědělství je definováno podle vstupů: Pesticidy, herbicidy, syntetická hnojiva atd. jsou vstupy, které nejsou povoleny. Pro certifikaci však nezáleží na tom, jaké postupy obdělávání půdy ekologická farma dodržuje. Nicméně mnoho přístupů RA má společný cíl, kterým je zlepšení kvality půdy (Schreefel et al. 2020). Schreefel et al. (2020) rovněž navrhuje konkrétní definici pro mezinárodní standardizaci tohoto pojmu na základě analýzy předchozích vědeckých publikací a definičních přístupů:

"Přístup k zemědělství, který využívá ochranu půdy jako výchozí bod pro regeneraci a přispěvek k rozmanitým zásobovacím, regulačním a podpůrným službám s cílem, aby se tím zlepšil nejen environmentální, ale i sociální a ekonomický rozměr udržitelné produkce potravin (Schreefel et al. 2020)."

Záměrem autorů výše uvedené publikace bylo zahájit širokou diskusi a v dalších krocích vypracovat srovnávací kritéria. Během několika příštích let by mohla být nalezena jednotná vědecká definice na mezinárodní úrovni.

Další definici navrhli Daverkosen a Holzknacht et al. (2022):

"RA definujeme jako neustále se rozvíjející, komplexní a na kontextu závislý zemědělský přístup, jehož cílem je obnovit a regenerovat degradovanou půdu a přispět k adaptaci na změnu klimatu s vedlejšími přínosy v oblasti zmírňování změny klimatu. V RA je půda vstupním bodem pro přehodnocení potravinových systémů s cílem posílit biologické, fyzikální, chemické i kulturní ekosystémové služby v reakci na ekologické podmínky a klimatickou krizi, a to na místní i globální úrovni (Daverkosen a Holzknacht et al. 2022)."



Regenerativní zemědělství je tedy třeba chápat jako koncept, který je stále ve vývoji a může jím zůstat v závislosti na sebezpojetí ostatních aktérů. Jedná se o pojem, který není univerzálně definován v oblasti s mnoha zúčastněnými stranami, zájmy a chápáním. Navíc se odehrává v téměř nekonečném množství různých kontextů, které mají všechny své vlastní inherentní výzvy na environmentální, sociální a ekonomické úrovni. To podtrhuje, že její definice se může vyvíjet a lišit v kontextu jejího uživatele.

Hermani (2020) uvádí dva hlavní směry v rámci RA, technicko-ekonomické a agroekologicko-ruralistické hnutí. První z nich je často charakterizován velkými agropodniky, které neusilují o změnu paradigmatu v zemědělství a usilují o udržení své produkce. Druhé usiluje o zásadněji (a možná i radikálnější) restrukturalizaci potravinových systémů. Tento argument se přenáší dál a rozděluje tábor, který usiluje o holistický, ekosystémově orientovaný pohled vs. uplatňování jednotlivých postupů. Na druhé straně existují velcí aktéři, jako je např. skupina Syngenta, kteří mají své vlastní chápání RA, a tím formují její vnímání na veřejnosti.

Mnoho amerických korporací, jako například General Mills, Cargill, Lush cosmetics, Unilever a One Planet Business for Diversity (OP2B), obchodní korporace zahrnující Nestlé, Danone a L'Oréal, používá RA jako propagační strategii. Přibližně od roku 2017 se RA stala pro mnoho společností novým módním slovem s poněkud redukcionistickým přístupem uplatňování jednotlivých postupů v nezměněném systému, často bez jasných a závazných norem (Beste 2019; Hermani 2020; Giller et al. 2021). Uplatňují sice postupy, které jsou považovány za regenerativní, ale v jejich implementaci chybí interakce a komplexnost, které budou rozvedeny později. Udržování otevřených a dynamických definic může být způsobem, jak přispět k neustálému rozvoji chápání, praktikování a rozšiřování RA (Soloviev & Landua 2016), může však být také dvousečnou zbraní, která umožňuje kooptaci termínu velkými korporacemi.

Existuje však několik společných jmenovatelů, na kterých se většina zúčastněných stran RA shoduje. Podle Elevitch et al. 2018, Newton et al. 2020 a Schreefel et al. 2020 by regenerativní zemědělství mělo přinášet následující výsledky:

- Podpora zdraví půdy
- Zvýšení infiltrace a zadržování vody
- Zvýšení a zachování biologické rozmanitosti
- Uložení uhlíku
- Vytváření odolnějších agroekosystémů

Dalšími uváděnými výsledky a vedlejšími přínosy jsou zlepšení povodí a vodních zdrojů, zlepšení ekosystémových služeb a zdraví, uzavřené smyčky živin, snížení emisí skleníkových plynů, stejná nebo vyšší produktivita zemědělských podniků, zlepšení dobrých životních

podmínek zvířat, lepší sociální a ekonomická prosperita komunit a živobytí na venkově, lepší přístup k potravinám, bezpečnost a nutriční kvalita, oběhové systémy a snížení množství odpadu (Rodale Institute 2014; Elevitch et al. 2018; Al-Kaisi & Lal 2020; Newton et al. 2020; Giller et al. 2021).

Odpovídající koncepty byly dosud vypracovány a veřejně prezentovány především odborníky z praxe. Na mezinárodní úrovni existuje několik populárních zemědělců, kteří své regenerační koncepty a farmy prezentují na přednáškách, ve filmech nebo knihách (např. Brown 2018; Perkins 2019; Savory 2013). Na základě tam popsaných úspěchů mají tito lidé silný vliv na scénu a její chápání tohoto pojmu. Mezi možné zemědělské systémy, které mapují předpokládané cíle regenerativního zemědělství, mohou patřit konzervační obdělávání půdy, ekologické zemědělství, agrolesnictví, pastva na více pastvinách, permakultura a rewilding (Burgess et al. 2019). V rámci nich lze uplatnit mnoho jednotlivých postupů (některé příklady uvádí tabulka 1).

Provozní kategorie	Praktická opatření
Řízení a plánování	<ul style="list-style-type: none"> - Holistický management - s ohledem na kontext zemědělského podniku a regionální podmínky - Plánování zemědělských podniků se zaměřením na vodu jako zdroj (Klíčová linie - Stálost) - Zemědělství podporované komunitou
Vstupy a materiálové toky	<ul style="list-style-type: none"> - Oběhové hospodářství na úrovni zemědělských podniků a regionů - Použití kompostu - Kompostovací čaj - Biochar, Terra-Preta - Fermentační produkty - Dřevní biomasa a čerstvé štěpky z větví - Cílené použití mykorrhizy - Analýza půdy a hnojení podle Albrechta/Kinseyho
Zastřešující využití půdy	<ul style="list-style-type: none"> - Zvýšení rozmanitosti rostlin - Snížení syntetických vstupů (postřiků a hnojiv). - Práce s koňmi - Agrolesnictví - Vzor řízení podle návrhu klíčové linie - Zemědělství v přirozeném sledu - Rewilding



<p>Zemědělství na orné půdě a pěstování zeleniny</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Široké střídání plodin - Ponechání zbytků plodin a kořenů na povrchu - Příležitostná orba, bezorebné zemědělství, minimální zpracování půdy, přímý výsev - Trvalý půdní pokryv: krycí plodiny, podsev, meziplodiny, mulčovací systémy, zelené hnojení. - Trvalé živé kořeny v půdě - Smíšené plodiny - Využití víceletých plodin (např. víceletých obilovin) - Začlenění zvířat do zemědělství na orné půdě - Biointenzivní produkce zeleniny ("tržní zahradnictví")
<p>Chov zvířat</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Základní prvek - Zvířata jako tvůrci ekosystémů - Zvýšení rozmanitosti hospodářských zvířat - Holistické řízení pastvy: adaptivní rotační řízení pastvy, houfová pastva, holistická plánovaná pastva. - Pěstování na pastvinách
<p>Tabulka 1: Přehled možných praktických opatření regenerativního hospodářství Strukturováno podle možných oblastí použití v zemědělském podniku (Vlastní sestavení a náčrt;. Zdroje: Brown 2018; Burgess a kol. 2019; Fortier 2014; General Mills 2021; LaCanne a Lundgren 2018; Merfield 2019; Newton a kol. 2020; Perkins 2019; Rodale Institute 2014; Savory a Butterfield 2017; Shephard 2013).</p>	

Rodale Institute (2014) tvrdí, že prostřednictvím RA se zemědělství stává "znalostně náročným podnikem" namísto "chemicky a kapitálově náročného podniku" (ibid.), což vyžaduje změnu myšlení a celých potravinových systémů namísto izolované aplikace postupů, které by mohly sekvestrovat C. Nejsilnějším a nejvíce sjednocujícím principem, který odlišuje RA od ostatních alternativních zemědělských kultur, je však zaměření na organický uhlík v půdě (SOC) pro ukládání uhlíku (C) a zlepšení zdraví půdy.

Syntetické vstupy

Původní termín regenerativní zemědělství od Rodale Institute nezahrnoval specifický pohled na syntetické vstupy. Zatímco mnozí tvrdí, že používání syntetických hnojiv, pesticidů a insekticidů nemůže být součástí regenerativních systémů, zastánci redukcionističtějších přístupů RA tvrdí, že minimální narušení půdy, a tedy i sekvestrace C je možná pouze se syntetickými vstupy (např. Giller et al. 2015; Regenerative Organic Alliance 2018). V reakci na neshody ohledně syntetických vstupů Rodale Institute, který původně zavedl termín regenerativní zemědělství, jej nyní označuje výhradně jako regenerativní ekologické zemědělství (Rodale Institute 2014). Kromě toho existují proudy, které v metodách jako CRISPR/Cas9 vidí potenciál pro RA.



Exkurs: Zdraví půdy

Podle Mitchella et al. (2019) je koncept zdraví půdy založen na vnímání půdy jako živé biologické entity, která ovlivňuje růst rostlin a je propojena s blahobytem zvířat, lidí a ekosystémů. Souvisí s dynamikou půdního organického uhlíku a zásobováním živinami v kontinuu půda-rostlina-atmosféra a je zaměřen na dlouhodobé zajištění potravin. Giller et al. (2021) zmiňují, že zdraví půdy získalo větší pozornost ve spojení s RA, a i když může být něčím příznivým, o co je třeba usilovat, označují jej za problematický pojem, který je abstraktní a je třeba jej specifikovat, aby byl měřitelný.

Stručná historie alternativního zemědělství

V průběhu minulého století se objevila různá hnutí za alternativní zemědělství a potravinové systémy. Zabývají se různými otázkami, některými zásadnějšími a všezahrnujícími, jinými v rámci stávajícího odvětví. RA zdělila velkou část svého dnešního významu po agroekologii, ekologickém hnutí a nejnovějších poznatcích ve vědě o půdě. Vystává otázka, zda a jak se RA liší od ostatních zemědělských systémů, jak se překrývají a proč se tento koncept v poslední době setkává s takovým nadšením. Zhodnocení významu RA v krajině alternativních agrikultur vyžaduje znalost jejich historie a vývoje.

Mnohé z výše uvedených postupů se vyskytují i v konvenčních nebo jiných zemědělských systémech a jsou obecně považovány za správnou zemědělskou praxi (Giller et al. 2015). Často jsou otevřeně zahrnuty i další alternativní zemědělské systémy. Například Terra Genesis International zahrnuje perspektivu designu z permakultury a agroekologie (Hermani 2020). Agroekologie je často začleněna díky svému vysokému potenciálu v sekvestraci C v nadzemní části, a pokud je do definice zahrnuta integrace živočišných nebo uzavřených cyklů živin, často se opírá o holistické postupy hospodaření (Soloviev & Landua 2016). Giller et al. (2021) tvrdí, že přerámcování jiných alternativních agrikultur prostřednictvím RA vede ve veřejné diskusi ke zmatku namísto vyjasnění a odvádí pozornost od podstatnějších problémů. RA by však mohla mít potenciál překlenout ideologickou propast mezi různými zemědělskými tábory a sjednotit je pod premisou zdraví půdy a sekvestrace C. Některé z níže uvedených zemědělských systémů lze považovat za jeden z dalších v rámci RA, přičemž jejich průsečíkem je zvýšená SOM. Bossio et al. (2020) poukazují na to, že RA, ekologické zemědělství, agroekologie, klimaticky inteligentní zemědělství, agrolesnictví a permakultura se vzájemně nevyklučují a mohou mít v určitých geografických oblastech významný pozitivní dopad na SOC.

Ekologické zemědělství

Ekologické zemědělství podle definice Valného shromáždění Mezinárodní federace hnutí za ekologické zemědělství (IFOAM) (2008) "spoléhá spíše na ekologické procesy, biologickou rozmanitost a cykly přizpůsobené místním podmínkám než na používání vstupů s nepříznivými účinky". To znamená, že odmítá syntetické vstupy, jako jsou syntetická hnojiva, pesticidy, herbicidy a aditiva, a také geneticky modifikovaná osiva. Důraz spočívá v hospodaření s



ekosystémy specifickými pro danou lokalitu s cílem předcházet škůdcům a chorobám a udržovat úrodnost půdy (FAO 2021c) a vychází ze čtyř zásad: zdraví, ekologie, spravedlnosti a péče (IFOAM 2021).

Ve svém nedávném stanovisku Organics Europe (2023) popisuje podobnosti regenerativního a ekologického zemědělství, ale také jasně uvádí, že používání termínu "regenerativní" je problematické, protože není právně chráněno. Dále RA v mnoha definicích nezakazuje syntetické vstupy a GMO, což usnadňuje průmyslovým zemědělským podnikům zneužívání tohoto termínu. Na druhou stranu zaměření RA na výsledky, jako je zvyšování SOC nebo biologické rozmanitosti, se v ekologických standardech nevyskytuje a mohlo by ekologické zemědělce inspirovat ke zlepšení jejich postupů. Základní principy ekologického zemědělství, jako je spravedlnost a potravinová suverénita a spravedlnost, jsou jen zřídka součástí chápání podnikového regenerativního zemědělství, což může být hlavní rozdíl mezi oběma koncepty. Docházejí k závěru, že pokud se regenerativní bude používat v politikách a tržním prostředí, je třeba vycházet z předpisů EU o ekologickém zemědělství.

Agroekologie

Termín agroekologie se poprvé objevil ve vědeckých publikacích ve 30. letech 20. století a zpočátku označoval vědní obor. V 80. letech 20. století se pod tímto názvem objevily různé zemědělské postupy, často spojené se sociálními hnutími, která se po zelené revoluci objevila proti industrializovanému zemědělství. Agroekologie zůstává přítomna v různých kontextech a měřítcích po celém světě a dnes označuje buď vědeckou disciplínu, zemědělskou praxi, nebo sociálně-politické hnutí (Wezel et al. 2009).

Agroekologie je charakterizována koncepcemi zdola nahoru, regionálními a kontextově specifickými, které považují za hybatele změn samostatné výrobce s praktickými (tradičními) znalostmi (Gliessman 2020). Agroekologie klade důraz na zvýšenou funkční biodiverzitu v prostorovém a časovém rozměru s cílem udržet produkci a ziskovost. Součástí je také maximální využití funkcí ekosystémů a posílení biologické regulace (Francis & Wezel 2015; Gliessman 2020).

Regenerativní zemědělství se v mnoha ohledech podobá agroekologii, i když se méně zaměřuje na sociálně-politická témata, která jsou v agroekologii diskutována. Regenerativní zemědělství se naopak více zaměřuje na zmírňování klimatických změn a budování půdy.

Permakultura

Termín permakultura vznikl zkomoleninou slov permanentní a zemědělství a jeho autory jsou David Holmgren a tehdejší profesor Bill Mollison. Holmgren definuje permakulturu jako "vědomě navrženou krajinu, která napodobuje zákonitosti a vztahy vyskytující se v přírodě a zároveň přináší hojnost potravin, vláken a energie pro zajištění místních potřeb (Holmgren 2002a)". Jde tedy o dva hlavní prvky: zaprvé o napodobování přírodních ekosystémů pro lidské využití a zadruhé o optimalizaci systému tak, aby bylo možné dosáhnout výnosů s minimálním úsilím a funkce ekosystémů byly rozšířeny nad rámec jejich běžného výkonu (Krebs & Bach 2018). Permakultura dále vnímá systémy využívání půdy jako složitě propojené se sociálními systémy a vychází z etických principů péče o zemi, péče o lidi a spravedlivého podílu (Holmgren 2002b).



Permakultura má ve svém praktickém provedení mnoho analogií s jinými alternativními zemědělskými systémy, které usilují o přístup k hospodaření účinně využívajícímu zdroje, bez pesticidů, s biologickou regulací, vysokou biodiverzitou a lokálním koloběhem živin (Krebs & Bach 2018).

Specifikem permakultury je zaměření na proces navrhování spíše než na jednotlivé techniky (Morel et al. 2019).

Ochranné zemědělství

Prachová bouře v Severní Americe ve 30. letech 20. století byla příčinou masivní degradace půdy a vody, která byla umocněna rozsáhlým mechanizovaným obděláváním půdy. Spustila bezorebné zpracování půdy, minimální zpracování půdy, hřebenové zpracování půdy a podobné přístupy k řešení půdní eroze a odtoku C větrem (Mitchell et al. 2019). V 60. a 70. letech 20. století byly do zemědělství zavedeny vysoce účinné herbicidy, vstřikováním hnojiv a přímý výsev, které zmírnily potřebu obdělávání půdy. Kromě toho začala vláda USA podporovat systémy bez obdělávání půdy a v 90. letech 20. století přišly na trh GMO plodiny odolné vůči herbicidům, což dále rozšířilo hnutí směřující k omezení obdělávání půdy (Giller et al. 2015).

Dnes je zejména v Americe a Austrálii šetrné zemědělství oblíbené na velkých, vysoce mechanizovaných farmách. Podle Evropské federace pro ochranářské zemědělství ECAF se v Evropě obhospodařuje asi 3,3 % orné půdy a trvalých kulturních porostů jako konzervační zemědělství, přičemž nejnižší míru osvojení má Belgie s 0,03 % a nejvyšší Finsko s 21,3 %, ale většina evropských zemí se pohybuje pod 10 % (ECAF 2021), v USA je to asi 40 % při pěstování kukuřice, sóji, pšenice a bavlny (Wade et al. 2015).

Konzervační zemědělství je založeno na třech hlavních principech: minimálním narušení půdy (neboli bez obdělávání), udržování souvislého půdního pokryvu a střídání plodin s diverzifikací rostlinných druhů. Tvrdí se, že se tím zlepšuje celková kvalita půdy: podporují se biologické procesy, které pomáhají zvyšovat OM v půdě, agregaci půdy, zadržování vody a účinnost využití živin a snižují erozi půdy a výpar vody. Výhodou jsou kromě ochrany půdy také nižší výrobní náklady ve srovnání s konvenčním zpracováním půdy díky úspoře pohonných hmot a pracovní síly. Wack (2021) také zjistil, že v důsledku regenerativních strategií pěstování plodin dochází k dodatečnému pracovnímu zatížení a menší flexibilitě, přestože se praktikuje minimální obdělávání půdy. Konzervační zemědělství vede k akumulaci SOC v blízkosti povrchu, protože půda není promíchána, nicméně celkový vliv na sekvestraci C v půdě zůstává nejasný. Pokud jsou součástí střídání plodin luštěniny, mohly by přispět k sekvestraci C ve větších hloubkách (Giller et al. 2015).

Zatímco tradičně si konzervační zemědělství a ekologické zemědělství vzájemně odporují kvůli rozsáhlému používání herbicidů v konzervačním zemědělství, existují také ekologické systémy minimálního nebo neinverzního obdělávání půdy, které se se stresem vypořádávají bez syntetických vstupů.

Rozdíl mezi ochranářským a regenerativním zemědělstvím není vždy jasný. Někteří autoři uvádějí, že druhé jmenované je kombinací prvního a celostního pastevectví, někdy s ekologickými principy. Jiní tvrdí, že zatímco konzervační zemědělství chce zachovat současný stav půdy, regenerativní zemědělství ho chce zlepšit (Hermani 2020). Burgess et al. (2019)



uzavírají, že konzervační zemědělství lze považovat za jeden z dalších systémů v rámci regenerativního zemědělství.

Holistický management / Holistická pastva

Holistický management a holistická pastva jsou koncepty, které zavedl biolog Allan Savory v 70. letech 20. století, i když podobné myšlenky se objevily již ve 20. letech 20. století (Nordborg & Roos 2016). Značnou proslulost získal v roce 2013 po přednášce na TEDu Jak bojovat proti rozšiřování pouští a zvrátit změnu klimatu. Savoryho tvrzení sklídila široký potlesk, ale byla také ostře kritizována za přehánění a nedostatek vědeckých důkazů. Holistický management často obhajují také zastánci RA. Management pastvy má obecně tři cíle: zaprvé vyšší produktivitu a druhovou rozmanitost tím, že se klíčové druhy nechají odpočívat, zadruhé nižší selektivitu pastvy a zatřetí rovnoměrnější rozmístění zvířat (Briske et al. 2008; Nordborg & Roos 2016). Holistický management je rozhodovací a plánovací rámec "pro práci se sítí komplexnosti, která v přírodě existuje [s cílem vyvážit] klíčové sociální, environmentální a finanční aspekty (Savory Institute 2021)", který se soustředí na holistickou pastvu. Holistická pastva je založena na přístupu rotační pastvy, což je metoda řízení pastvy, při níž se předpokládá, že pasoucí se hospodářská zvířata nacpaná do stád a často přemísťovaná tak, aby napodobovala "přirozenou pastvu" volně žijících býložravců, kteří se snaží vyhnout predátorům, mohou regenerovat degradovanou půdu.

Holistická pastva nebo management jsou často zmiňovány jako technika nebo nástroj managementu v rámci regenerativního zemědělství. Někdy se používají termíny regenerativní pastva nebo rančerství.

Agrolesnictví

Podle Světové organizace pro agrolesnictví (ICRAF) je "agrolesnictví interakce zemědělství a stromů, včetně zemědělského využití stromů (ICRAF 2021)". Stromy poskytují v přírodních ekosystémech mnoho výhod, především ekologickou stabilitu. Specifikace v kombinaci se zemědělstvím mohou být mnohostranné, včetně stromů na farmách, zemědělství v lesích a podél nich a produkce stromových plodin, např. kaka a kávy. Agrolesnictví podporuje vznik systému, který se skládá z široké škály nik, jež stabilizují ekosystém a činí jej biologicky rozmanitým (Leakey 2017b). Stromy mohou poskytovat krmivo pro hospodářská zvířata, palivo, potraviny, hnojivo, dřevo, léky, úkryt, stín nebo jiné ekosystémové služby. Kromě toho mají také sociokulturní, estetickou a náboženskou hodnotu. Chov zvířat je navíc často integrován do agrolesnických systémů (ICRAF 2021).

Víceúčelové využití stromů může poskytnout dlouhodobé koncepce pro zmírnění změny klimatu, snížit ztrátu biologické rozmanitosti, zvýšit potravinovou bezpečnost (Ramachandran Nair 2014) a také obnovit degradované půdy a sekvestrovat C pod zemí i nad zemí, což z něj činí další nejlepší alternativu k sekvestraci C v původních lesích (Ollinaho & Kröger 2021). Stejně jako v případě RA však existuje riziko, že si tento termín osvojí velké zemědělské podniky a činitelé způsobující degradaci lesů (Ollinaho & Kröger 2021). Souhrnně lze agrolesnictví interpretovat jako samostatný koncept využívání půdy nebo jako jedno z mnoha opatření v rámci regenerativního zemědělství.



Klimaticky šetrné zemědělství (nebo zemědělství odolné vůči klimatickým změnám)

Klimaticky šetrné zemědělství představuje soubor strategií a hlavních opatření pro transformaci zemědělských systémů s cílem zajistit potravinovou bezpečnost v měnícím se klimatu. Jedná se o iterativní proces, jehož cílem je překonat výzvy spojené se změnou klimatu a najít způsoby udržitelného přechodu (Lipper et al. 2014; Steenwerth et al. 2014). Klimaticky šetrné zemědělství má tři hlavní cíle: "udržitelné zvyšování zemědělské produktivity a příjmů; přizpůsobení se změně klimatu a budování odolnosti vůči ní; a snižování a/nebo odstraňování emisí skleníkových plynů, pokud je to možné (FAO 2021a)". Klimaticky inteligentní zemědělství je tedy založeno na výsledcích a zaměřuje se na přizpůsobení se změně klimatu a její zmírnění. (Lipper et al. 2014). To zdůrazňuje mnoho podobných cílů jako RA, ale tradičně se v RA neklade důraz na digitalizaci a orientaci na procesy.

Uhlíkové zemědělství

Existuje několik, někdy protichůdných, definic uhlíkového zemědělství. Podle Evropské komise (2021) lze "uhlíkové zemědělství definovat jako ekologický obchodní model, který odměňuje správce půdy za zavedení lepších postupů hospodaření s půdou, jejichž výsledkem je zvýšení sekvence uhlíku v živé biomase, odumřelé organické hmotě a půdě zvýšením zachycování uhlíku a/nebo snížením uvolňování uhlíku do atmosféry při respektování ekologických zásad příznivých pro biologickou rozmanitost a přírodní kapitál celkově". Finanční pobídky mohou pocházet z veřejných nebo soukromých zdrojů a odměňují správce půdy buď za jejich postupy hospodaření zvyšující ukládání atmosférického uhlíku, nebo za skutečné množství zachyceného uhlíku. Toensmeier (2016) popisuje uhlíkové zemědělství jako "systém zvyšování obsahu uhlíku v suchozemských ekosystémech za účelem přizpůsobení se změně klimatu a jejího zmírnění, [za účelem] zvýšení ekosystémových statků a služeb a obchodování s uhlíkovými kredity za účelem dosažení ekonomických zisků". Toensmeierova publikace *The Carbon Farming Solution je jednou z významných knih, které propojují výzkum sekvence uhlíku s postupy RA* (Hermani 2020). Přísně vzato tedy Carbon Farming není zemědělský přístup, ale obchodní model, v němž zemědělci dostávají odměnu za službu sekvence uhlíku. Tím jsou zemědělci motivováni k zavádění postupů, které zmírňují a sekvestrují uhlík, včetně aktivního (IPCC 2019) nebo spoluprosperšného (Toensmeier 2016) přizpůsobování se změně klimatu. Některé rozšířené definice zahrnují uhlíkové offsety, kdy je sekvestrace uhlíku odměňována např. vyššími cenami produktů nebo prodejem kreditů emisním subjektům (Toensmeier 2016). Uhlíkové kompenzace mají potenciál posílit postupy, které zvyšují sekvestraci uhlíku, a spolupůsobit na zlepšení dalších ekosystémových služeb, ale často se ukázalo, že místo toho např. podporují monokulturní plantáže, což způsobuje snížení biologické rozmanitosti, nahrazuje přirozenou krajinu a potenciálně snižuje sekvestraci uhlíku závislou na nahrazovaném využití půdy (Lin et al. 2013).

Přestože neexistuje žádný univerzální postup pro vytvoření pozitivního uhlíkového rozpočtu, je nutné identifikovat postupy specifické pro daný kontext. Základní strategií je udržovat souvislý půdní pokryv, nahrazovat sklizené živiny, zlepšovat strukturu půdy a rhizosférické procesy a zlepšovat eko-efektivitu snižováním obecných ztrát (např. půdní eroze, ztráty uhlíku nebo vyplavování živin) (Lal et al. 2018). Příklady takových postupů zahrnují začlenění trvalých porostů a lesních porostů, zvýšení diverzity plodin, pěstování krycích plodin, bezorebné nebo konzervační zpracování půdy, agrolesnictví, lepší využívání hnojiv, přidávání organických doplňků a biocharu (Lal 2004; Bates 2010; IPCC 2019). Obecně jsou postupy



uvedené v rámci uhlíkového zemědělství a RA podobné, uhlíkové zemědělství má však užší, a tedy podrobnější zaměření na kvantifikaci sekvestrace C u jednotlivých postupů. Dále uhlíkové zemědělství také zvyšuje riziko tzv. uhlíkového tunelového vidění, což je termín, který zavedl Jan Konietzko (Stockholm Environment Institute 2022) a který klade v rámci přechodu k udržitelnému rozvoji důraz pouze na uhlík, místo aby zohlednil vzájemně související témata, jako je ztráta biodiverzity, nadměrná spotřeba, nedostatek zdrojů, zdraví atd.

V současné době spouští systémy započítávání uhlíkových emisí řada začínajících podniků a velkých zemědělských společností, stejně jako EU a vládní instituce (viz 4. Zainteresované strany a certifikace).



Exkurs: Organický uhlík v půdě (SOC)

Půdní organický C tvoří přibližně 58 % půdní organické hmoty (SOM), která se skládá z široké škály heterogenních mrtvých a živých organických sloučenin různé velikosti s různou stabilitou a úrovní rozkladu. Přirozeně se SOC zvyšuje přírůstkem uhlíku fotosyntézou rostoucích rostlin, rozpadem rostlinné, živočišné a mikrobiální hmoty a snižuje se ztrátami v důsledku rozkladu, mineralizace a eroze (Singh et al. 2018; Ramesh et al. 2019; De Moraes Sá et al. 2020).

Vzhledem k tomu, že zásoby SOC v zemědělské půdě byly v důsledku změn ve využívání půdy značně sníženy, existuje potenciál pro obnovu SOC pomocí lepších postupů hospodaření (Singh et al. 2018). Udržení vyšších hodnot SOC však vyžaduje zlepšení hospodaření v dlouhodobém horizontu, neboť při jeho ukončení může dojít k opětovnému snížení zásob SOC. Dále je kapacita zásob SOC do značné míry závislá na klimatu, topografii a půdních vlastnostech. Základní strategie sekvestrace terestrického C pro zmírnění dopadů na klima v zemědělství spočívá v 1) zvýšení vstupů C a 2) maximalizaci střední doby setrvání uhlíku v půdě (Lal et al. 2018).

Dále může být po několika letech dosaženo nové rovnováhy při vysokých úrovních SOC díky lepším způsobům hospodaření a úrodné půdy ve stejném klimatu mohou být blíže potenciálu nasycení uhlíkem než značně degradované půdy (Six et al. 2002).

Význam organického uhlíku v půdě (SOC)

Význam SOC spočívá v jeho potenciálu jako pozemního řešení pro zmírnění dopadů změny klimatu prostřednictvím kombinace prevence emisí uhlíku, odstraňování atmosférického CO₂ a poskytování ekosystémových služeb. Toho lze dosáhnout kombinací zlepšování stavu kulturních půd, aby nedocházelo k přeměně půdy pro produkci potravin, a tím k úbytku uhlíku z půdy, a také aktivním ukládáním uhlíku v zemědělské půdě (Bossio et al. 2020).

Zemědělské postupy pro zvýšení SOC zahrnují systémy pěstování víceletých plodin, omezené nebo žádné obdělávání půdy, aplikaci mulče, řízenou pastvu, integraci plodin a hospodářských zvířat a pěstování krycích plodin. Další možností, jak zvýšit obsah organického uhlíku, je přidávání biocharu do půdy, který může přetrvat 100 až 1000 let. Většina zdokumentovaných vedlejších přínosů RA pro zdraví půdy je způsobena zlepšením obsahu organické hmoty v půdě (Toensmeier 2016). SOM plní v půdě mnoho funkcí a její zvýšení pozitivně ovlivní biologické, fyzikální a chemické vlastnosti půdy, jako je zásobování živinami, struktura půdy, schopnost zadržovat vodu a mikrobiální život v půdě (Watts & Dexter 1997; Johnston et al. 2009). Mezi další přínosy zvýšení SOM patří zvýšení úrodnosti půdy a odolnosti vůči změně klimatu, snížení eroze půdy a přeměny stanovišť. Dále zvýšení SOC nevyžaduje další plochu půdy, minimalizuje vodní stopu a související postupy jsou snadno proveditelné, protože nevyžadují změny ve využívání půdy (Bossio et al. 2020). Bossio et al. (2020) nazývají tyto příležitosti ke zvýšení SOC "příležitostmi bez výčitek", protože mají řadu pozitivních výsledků na různých environmentálních a sociálních úrovních.

Bossio et al. (2020) zjistili, že půdní C představuje 25 % (nebo 23,8 Gt CO₂-ekvivalent ročně⁻¹) potenciálu přírodních řešení klimatu. Čtyřicet procent tohoto potenciálu lze



nalézt v ochraně stávajících zásob C v půdě, zatímco 60 % představuje obnova vyčerpaných zásob uhlíku. Zemědělství a travní porosty představují 47 % tohoto potenciálu pro zmírnění dopadů, zatímco zbytek lze přičíst lesům a mokřadům. Dalšími možnostmi sekvestrace uhlíku v půdě kromě lepšího zemědělského hospodaření je zalesňování, obnova lesů a ukládání uhlíku v produktech z vytěženého dřeva (IPCC 2019), jakož i stromy v orné půdě (agrolesnictví), obnova rašelinišť a pobřežních mokřadů, zamezení přeměny lesů a travních porostů a používání biocharu. Regenerativní zemědělství je jednou z příležitostí v dlouhé řadě opatření potřebných k dosažení cílů v oblasti zmírňování změny klimatu a přizpůsobování se této změně. Pouze rychlé zavedení a kombinace výše uvedených postupů a dalších opatření k rychlému snížení globálních emisí skleníkových plynů umožní udržet globální oteplení pod 1,5 °C.

Zmírňování a snižování emisí uhlíku

Velký vliv na zmírnění změny klimatu může mít snížení emisí ze zemědělství a také omezení změn ve využívání půdy zvýšením/ochranou úrodnosti půdy. Ve studii Institutu světových zdrojů s využitím modelu GlobAgri-WRR byl vypočten potenciál snížení zemědělských emisí o > 70 % v roce 2050. Toho lze dosáhnout řešením různých odvětví potravinářského průmyslu, např. snížením ztrát potravin a plýtvání potravinami, změnou stravování, zvýšením produkce potravin bez rozšiřování zemědělské půdy, ochranou a obnovou přírodních ekosystémů a snížením emisí skleníkových plynů ze zemědělské výroby (Ranganathan et al. 2020). Posledně jmenovaného lze dosáhnout např. zlepšením kvality krmiv pro hospodářská zvířata, aby se snížily emise CH₄, snížením ztrát dusíku z hnoje zvířat, aby se minimalizovaly emise N₂O, snížením emisí N₂O a CH₄ prostřednictvím hospodaření s hnojem hospodářských zvířat, ale také řízením dodávek dusíku pomocí testování půdy a rostlin, minimalizací délky úhoru a vyhýbáním se hnojivům na bázi dusičnanů (Department of Energy, Environment and Climate Action 2023). IPCC (2019) rovněž zdůrazňuje, že mnoho reakcí potravinového systému, které se zaměřují na zmírnění dopadů změny klimatu, je zároveň opatřením pro přizpůsobení se změně klimatu. Jako příklady lze uvést aplikaci biocharu, agrolesnictví, zvýšení obsahu SOM, lepší hospodaření s vodou, diverzifikaci plodin, hospodaření se zbytky, systémy plodin a hospodářských zvířat a zlepšení zdraví zvířat a kontroly parazitů. Paustian et al. (2016) například poskytují nástroje na podporu rozhodování pro postupy zmírňující skleníkové plyny na orné půdě, které mohou být užitečné při hledání vhodných opatření v zemědělských podnicích.

Zúčastněné strany a certifikace

Pro pochopení situace kolem regenerativního zemědělství je užitečné vědět, kdo tento termín aktivně používá a z jakého odvětví pochází. Mnoho poradců, organizací a zpracovatelů nazývá svůj přístup k zemědělství "regenerativním", protože se jedná o nechráněný termín a lze jej používat nezávisle na jejich právním postavení.

Politických iniciativ na zmírnění dopadů změny klimatu a obnovu půdy je celá řada. Například v roce 2015 si Evropská unie na konferenci smluvních stran (COP21) stanovila cíl snížit do roku 2050 emise skleníkových plynů o 80-95 % (oproti úrovni emisí v roce 1990) spolu s



dobrovolným plánem "4 na 1000", jehož cílem je zvýšit zásoby C tempem 0,4 % ročně ve svrchní vrstvě půdy na světě (Lal et al. 2018; Al-Kaisi & Lal 2020). EU také v roce 2021 zahájila proces směřující k certifikaci odstraňování uhlíku, který je dále popsán v kapitole *Carbon certifications/credits*. Naléhavost zmírňování klimatických změn a potřebu drasticky rychlejšího snižování emisí a strategií zachycování uhlíku zdůrazňuje i nová zpráva IPCC (IPCC 2021). Každá tuna emisí CO₂ přispívá ke globálnímu oteplování a k omezení lidmi způsobeného globálního oteplování bude zapotřebí alespoň nulových čistých emisí CO₂ spolu s výrazným snížením emisí dalších skleníkových plynů (IPCC 2021). Od roku 2021 EU pracuje na návrhu na vysoce kvalitní odstraňování uhlíku.

Velké korporace jako Nestlé, General Mills, Unilever, PepsiCo, ale i nepotravinářské společnosti jako Patagonia, Ecosia a The North Face, abychom jmenovali alespoň některé, investují do tzv. regenerativních podniků a obchodování s uhlíkem. To může uvolnit velké finanční zdroje, které by mohly urychlit jeho transformaci. Například společnost Nestlé plánuje do roku 2050 vyčlenit 3,2 miliardy švýcarských franků na vlastní klimatickou neutralitu v tomto odvětví (Reuters Money New 2020) a společnost Cargill chce do roku 2030 v USA "podporovat regenerativní zemědělské postupy a systémy vedené farmáři na 10 milionech akrů zemědělské půdy" (Cargill 2023). Tato nová forma zemědělství je navíc vnímána také jako lukrativní investice. V USA bylo možné v oblasti regenerativního zemědělství již v roce 2019 vybírat mezi 70 investičními fondy s celkovými investicemi přesahujícími 47,5 miliardy dolarů. Předmětem spekulací se však opakovaně stává základ produkce potravin a zároveň těžiště regenerativního využívání půdy - půda. Investoři od takových investičních příležitostí očekávají vysoké výnosy (Electris et al. 2019).

V Austrálii a USA se regenerativní zemědělství již dostalo do univerzitní výuky. Např. na Southern Cross University je nabízen bakalářský program s odpovídajícím zaměřením. Kurz je podporován organizací Regenerative Agriculture Alliance. Jeho obsah sahá od obecných teorií a postupů až po hospodaření s půdou, agroekologii, krajinné plánování a ekologii člověka. Na soukromé Maharishiho univerzitě jsou k dispozici kompletní bakalářské a magisterské programy. Kromě toho mnoho dalších institutů i jednotlivých aktérů provádí výzkum, vytváří platformy pro vytváření sítí nebo/i vykonává vzdělávací činnost. Nezisková zastřešující organizace "Regeneration international", založená v roce 2015, je největší lobby pro regenerativní zemědělství s více než 200 partnery. Vedoucí pozice v ní zastávají vysoce postavené osobnosti zemědělsko-potravinářského sektoru. Kvalita dosud prováděného výzkumu je však často kontroverzní a obvykle není začleněn do uznávané vědecké komunity, ale je zastoupen nebo alespoň doprovázen zájmovými skupinami (např. Briske et al. 2008).

Uhlíkové certifikace/kredity

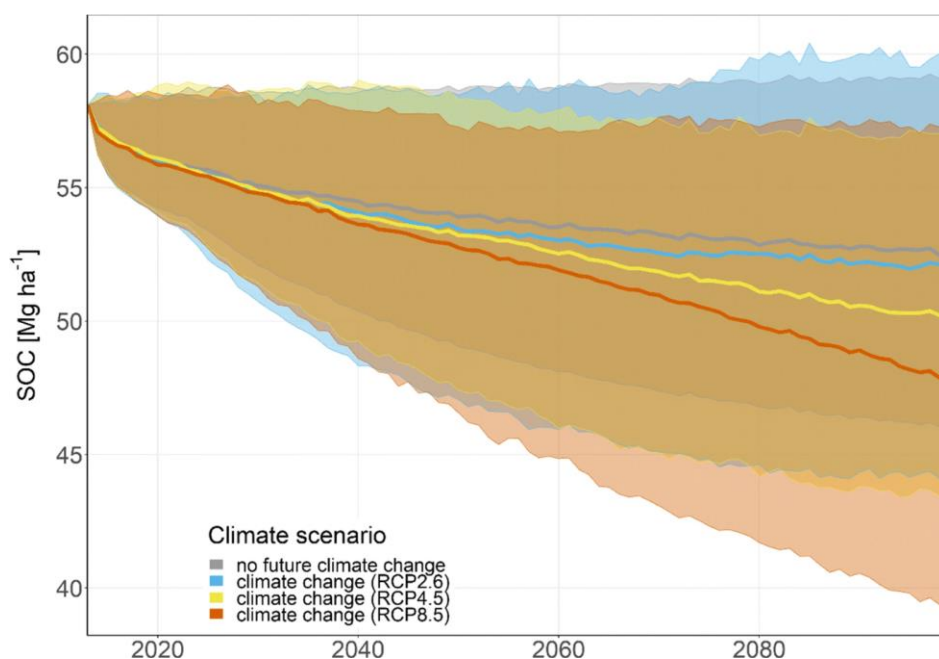
Uhlíkové kredity mohou být pro zemědělce příležitostí, jak zavádět postupy hospodaření šetrné k životnímu prostředí a jak za to získat odměnu. Systémy uhlíkových kreditů nebo certifikace by tak mohly být účinným nástrojem k rozšíření opatření na zmírnění dopadů změny klimatu v zemědělství. Vědci se však neshodují na tom, zda je zvyšování obsahu uhlíku v půdě legitimním postupem zmírňování změny klimatu (např. Bradford et al. 2019,



Ranganathan et al. 2020) a zda jsou uhlíkové certifikáty tou správnou cestou (např. Wiesmeier et al. 2020).

Obrázek 2: Předpokládané průměrné zásoby půdního organického uhlíku (SOC) pro německé orné půdy při současných úrovních vstupu organického uhlíku a 95% interval spolehlivosti pro soubor klimatických projekcí a modelů SOC. Klimatické scénáře zahrnovaly tři scénáře změny klimatu založené na různých reprezentativních cestách koncentrace (RCP) a scénář bez budoucí změny klimatu. Zdroj: MŠMT ČR: Riggers et al. (2021)

Riggers a kol. (2021) ve studii o zvyšování zásob SOC v německých orných půdách tvrdí, že zvyšující se teploty budou mít za následek ztráty SOC způsobené oteplováním (viz obr. 2), které mohou být částečně kompenzovány zvýšením růstu rostlin, ale že ke zvýšení ročních zásob SOC o 0,4 %, jak navrhuje Iniciativa 4 na 1000, by bylo zapotřebí zvýšeného organického vstupu přibližně 9 Mg C/ha/rok. Zatímco nadměrná kompenzace ztrát SOC způsobených změnou klimatu lepším hospodařením může být proveditelná na úrovni zemědělských podniků, na celostátní úrovni se zdá být nereálná (Riggers et al. 2021). Dále, teoretická kompenzace 8-15 mil. tun CO₂ ročně v Německu kontrastuje s přibližně 106 mil. tunami CO₂ ročně ze zemědělství, tedy pouze asi 10 % emisí skleníkových plynů ze zemědělství by mohlo být kompenzováno zvýšením SOC (Don 2022). Na dalších přínosech půdního uhlíku se však již téměř plně shodujeme (viz také např: Význam půdního organického uhlíku (SOC) výše).



Financování může pocházet jak ze soukromých trhů s uhlíkem, tak z veřejných fondů, jako je společná zemědělská politika EU (SZP). Rostoucí obchod s uhlíkovými kredity mezi zemědělstvím a dalšími odvětvími zažívá v současné době na mezinárodní úrovni obrovský rozmach. Stále více podniků prosazuje žádoucí klimatickou neutralitu své činnosti prostřednictvím kompenzačních opatření v zemědělském sektoru, viz také výše.



Problematické je také to, že, jak bylo uvedeno výše, pojem regenerativní není chráněn a společnosti si mohou v podstatě vymýšlet vlastní rámce toho, co se za ním skrývá. To vede k velkému riziku greenwashingu a je to nebezpečné zejména při vydávání certifikátů. EU v současné době připravuje rámec pro vytvoření standardizovaného trhu s uhlíkovými certifikáty v zemědělství v rámci evropské zelené dohody, který bude založen na tzv. kritériích QU.A.L.ITY (kvantifikace, adicionalita, dlouhodobé ukládání, udržitelnost) (Evropská komise 2022).

Zásadní význam má stanovení minimálního standardu pro certifikaci uhlíku na základě jednotné normy. Wiesmeier a kol. (2020) předložili návrh sedmi zásad pro zajištění dobré kvality uhlíkových certifikátů, které se částečně překrývají s kritérii EU QU.A.L.ITY:

Zásady pro zajištění dobré kvality uhlíkových certifikátů

- **Spravedlnost:** Některé půdy mohou ukládat více uhlíku než jiné a zejména půdy s nízkým obsahem SOC v důsledku vyčerpávajícího hospodaření v minulosti mají nejvyšší potenciál. Požadavek spravedlnosti zajišťuje, aby se tato skutečnost při vydávání certifikátů zohlednila.
- **Reverzibilita:** Po ukončení opatření se úroveň SOC pravděpodobně opět sníží na předchozí úroveň. Aby bylo zajištěno ukládání C, musí být opatření prováděna dlouhodobě. Jednou z možností jsou trvalé, přírodě blízké struktury, jako jsou stromy nebo živé ploty.
- **Stálost:** Pro zmírnění dopadů na klima je relevantní pouze uhlík, který je uložen v dohledné budoucnosti.
- **N₂ O:** Půdní organická hmota (SOM) obsahuje také dusík, který je důležitý pro výživu rostlin. Pokud však rostoucí rostliny dusík nevyužívají, stává se část SOM snadno dostupnou pro mikroorganismy a dusík se přeměňuje na emise N₂ O, což je silný skleníkový plyn.
- **Aditivnost:** V opačném případě by uhlíkové kredity neměly žádný dodatečný efekt. Uhlík, který by byl uložen "tak jako tak" (bez kreditů), tedy není pro uhlíkové kredity platný! Vystává důležitá otázka: Jak definujeme takové základní hodnoty?
- **Únik:** Opatření prováděná za účelem ukládání uhlíku nesmí vést k emisím skleníkových plynů jinde, aniž by se s nimi počítalo. Např. snížená produktivita může vést ke změně využití půdy jinde, aby se zohlednily chybějící výnosy.

V Severní Americe byla v roce 2018 institutem Rodale Institute vytvořena certifikace pro regenerativní ekologické farmy (ROC, Regenerative Organic Certification) jako první jednotný a transparentní standard. Ten je považován za další vývoj ekologického zemědělství a hodnotí farmy podle bronzového, stříbrného nebo zlatého standardu na základě komplexního katalogu kritérií. Základem hodnocení jsou zdraví půdy, dobré životní podmínky zvířat a



sociální spravedlnost (ROC 2021). Další certifikát vyvinutý pod vědeckým dohledem uděluje Savory Institute pro živočišné produkty z pastevního chovu. Jeho cílem je pomocí definovaných ukazatelů měřit dopad hospodaření na pastvinách na funkce ekosystému (zdraví půdy, biologickou rozmanitost, koloběh vody, koloběh minerálů, tok energie a dynamiku společenstev). Existence těchto dvou certifikací podtrhuje silně pokročilý rozvoj regenerativního zemědělství na mezinárodní úrovni ve srovnání s Evropou. Vystává však otázka, zda je žádoucí nabízet více certifikací na trhu, jako je Evropa, kde jsou ekologické certifikace rozšířenější než v USA a cílová skupina spotřebitelů může být podobná. Dále certifikační systémy vyžadují nákladnou infrastrukturu pro zajištění jejich platnosti, kterou obvykle nesou sami zemědělci.

Vědecké důkazy

Pro určení úspěšnosti opatření jsou navrhovány různé ukazatele, které zde nebudou dále rozebírány (např. Luján Soto et al. 2020). Rostoucí nadšení pro RA zdůrazňuje, že agronomové se musí zapojit do veřejné debaty a naučit se lépe komunikovat svá hodnocení tohoto tématu (White & Andrew 2019; Giller et al. 2021). Vědeckých publikací zabývajících se tématem RA bylo donedávna málo, ale přibývají díky její rostoucí popularitě u praktiků a velké pozornosti médií. Vědecké zhodnocení pojmů uvedených v RA je však náročné. Je to dáno mimo jiné požadovaným stupněm komplexnosti zemědělských systémů, které jsou vnímány holisticky, chápány dynamicky a navrhovány iterativně.

Přestože sdělování úspěšných příběhů mezi zemědělci může být velmi účinným prostředkem katalyzujícím změny (Rosenzweig et al. 2020), často existuje velký rozdíl mezi vědecky ověřenými fakty a modely na jedné straně a sliby a prohlášeními jednotlivých odborníků na straně druhé. Mnozí výzkumníci jsou proto k příslibům regenerativního zemědělství skeptičtí a reagují opatrně (např. McGuire 2018). Někteří vědci na základě těchto tvrzení RA zcela odmítají, jiní uznávají nadsázku, aniž by odmítali obecné poselství, a vyzývají vědce, aby jej vnímali jako příležitost ke zkoumání nových přístupů k zemědělským systémům (Toensmeier 2016; Hermani 2020). Obrázek 3 od Moyera et al. (2020) ilustruje příklad takto propagovaného potenciálu regenerativního zemědělství institutem Rodale. Sloupcový graf v tomto případě ukazuje, že potenciál regenerativních metod sekvence uhlíku v globálním měřítku by měl převýšit roční globální emise CO₂ o 46 % (obr. 3).



Obrázek 3: Potenciál sekvestrace uhlíku při globálním zavedení regenerativního zemědělství.
Zdroj: Moyer et al. (2020)

Vzhledem k rostoucí pozornosti věnované regenerativnímu zemědělství je proto zásadní reflexe zapojení výzkumných pracovníků. Podle Gillera et al. (2021) je třeba jasně oddělit filozofický balast od agronomické reality. Například Centrum pro regenerativní zemědělství a odolné systémy na Kalifornské státní univerzitě si klade za cíl podpořit obrat v potravinovém systému prostřednictvím výzkumu zaměřeného na praxi a propojení relevantních aktérů tím, že zpracovává výsledky výzkumu a zpřístupňuje je veřejnosti.

Podle Merfielda (2019) jsou jednotlivé projekty často formovány komerčními zájmy. Na druhou stranu výzkum jednotlivých metod, jako je agrolesnictví nebo konzervační obdělávání půdy, probíhá ve velkém měřítku a je uznáván pro svou kvalitu. Například jen na platformě "sciencedirect" lze pro rok 2020 pod klíčovým slovem "no till" najít více než 26 000 publikací. I v případě dosud méně rozšířených postupů, jako je používání kompostového čaje, existuje široká škála výzkumů a i zde existují různé přístupy, např. k výrobě a použití. V různých studiích bylo možné zjistit účinek kompostového čaje s ohledem na růst rostlin a jejich zdravotní stav. Některé publikace o potenciálu sekvestrace uhlíku u některých způsobů hospodaření, jako jsou živé ploty, krycí plodiny nebo vliv na kořeny, publikovali v poslední době výzkumníci z německého Thuenen Institutu (např. Poeplau et al. 2021a, Poeplau et al. 2021b, Drexler et al. 2021). Montgomery et al. (2022) v předběžném srovnání spojuje regenerační postupy s vyšším obsahem vitaminů, minerálních látek a fytochemikálií v plodinách ve srovnání s konvenčním zemědělstvím. Metaanalýza Jordan et al. (2022) analyzovala postupy, které jsou často zmiňovány, když se hovoří o RA, a celkově zjistila, že snížené obdělávání půdy a střídání plodin na orné půdě, ale nikoliv krycí plodiny, zvyšují koncentraci SOC. Další výsledky publikací o uhlíku v půdě jsou uvedeny výše v kapitole o uhlíkových kreditech. Nicméně je zdůrazněna potřeba dalšího výzkumu (De Corato 2020), stejně jako potřeba úzkého propojení mezi zemědělci, správci půdy, tvůrci politik a akademickou obcí na celém světě (Singh et al. 2018).



Závěr

Souhrnně lze říci, že regenerativní zemědělství jako takové je velmi dynamickou oblastí, které je v současné době věnována velká pozornost. Tato forma využívání půdy slibuje mnoho výhod a strategií řešení naléhavých problémů. Proto se také zvyšují nároky na vědecké zkoumání tohoto tématu, včetně vývoje vhodných metod. Dokud je třeba výhody odvozovat z prezentací jednotlivých průkopníků, je důležité objasnit, zda je lze potvrdit nezávislými výzkumnými projekty. Dosavadní studie jednotlivých opatření nebo dokonce systémové srovnávací pokusy však dávají představu o potenciálu regenerativního zemědělství.



SHRNUTÍ - Regenerativní zemědělství

Regenerativní zemědělství je nechráněný pojem, který má mnoho různých chápání, a proto je nutné jej při používání definovat. Protože naše chápání regenerativního zemědělství odpovídá požadavkům transformační adaptace na změnu klimatu, je použito jako koncepční rámec v rámci metody ClimateFarming.

Termín *regenerativní zemědělství* se poprvé objevil v 80. letech 20. století, ale jeho jediný původ není jasný. Znovu se začal používat kolem roku 2015 a krátce poté začaly tento termín používat různé skupiny zainteresovaných stran, což vedlo k nedorozuměním, zejména u spotřebitelů.

V našem pojetí lze regenerativní zemědělství definovat jako "*přístup k zemědělství, který využívá ochranu půdy jako výchozí bod pro regeneraci a příspěvek k rozmanitým zásobovacím, regulačním a podpůrným službám s cílem, aby se tím zlepšil nejen environmentální, ale i sociální a ekonomický rozměr udržitelné produkce potravin (Schreefel et al. 2020)*", nebo jako

"stále se rozvíjející, komplexní a na kontextu závislý zemědělský přístup, jehož cílem je obnovit a regenerovat znehodnocenou půdu a přispět k adaptaci na změnu klimatu s vedlejšími přínosy v oblasti zmírňování změny klimatu. V RA [regenerativním zemědělství] je půda vstupním bodem pro přehodnocení potravinových systémů s cílem posílit biologické, fyzikální, chemické i kulturní ekosystémové služby v reakci na ekologické podmínky a klimatickou krizi, a to na místní i globální úrovni (Daverkosen a Holzknecht et al. 2022)".

V tomto smyslu se regenerativní zemědělství do značné míry překrývá s pojmy jako permakultura, agroekologie, ekologické zemědělství, klimaticky šetrné zemědělství nebo uhlíkové zemědělství. Propagované postupy jsou si často podobné a lze je jednoduše považovat za *správnou zemědělskou praxi*. Ačkoli regenerativní zemědělství obecně nevyklučuje syntetické vstupy, jako jsou hnojiva, pesticidy nebo herbicidy, mnozí zastánci prosazují ekologické principy nebo se snaží omezit používání syntetických vstupů na minimum.

Zdraví půdy a ukládání uhlíku v půdě jsou v mnoha definicích považovány za klíčové a jsou také v souladu s cíli ochrany klimatu a přizpůsobení se mu. Ačkoli je z vědeckého hlediska sporné, zda lze nebo by se měl uhlík v půdě kvantifikovat pro účely uhlíkových certifikátů, v posledních několika letech se objevilo mnoho certifikačních systémů. Ty je třeba kriticky zhodnotit.

Ochrana klimatu a adaptace jdou ruku v ruce. Ačkoli se jejich výchozí body liší - cílem ochrany je zabránit dalším změnám klimatu, cílem adaptace je přizpůsobit se stávajícím nebo budoucím změnám - jejich konečný cíl je stejný: umožnit všem příjemný život v souvislosti se změnami klimatu.



Literatura

Online zdroje

Regeneration International: <https://regenerationinternational.org/why-regenerative-agriculture/>

Rodale Institute:

<https://rodaleinstitute.org/why-organic/organic-basics/regenerative-organic-agriculture/>

The Carbon Underground:

<https://thecarbonunderground.org/our-initiative/definition/>

Climate Farmers:

<https://www.climatefarmers.org/definition-of-regenerative-agriculture/>

Savory Institute: <https://savory.global/holistic-management/>

Project Drawdown:

https://drawdown.org/sites/default/files/pdfs/DrawdownPrimer_FoodAgLandUse_Dec2020_01c.pdf

European Commission (on the CAP): https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-glance_en

Some certifications

Land to market programme: <https://www.landtomarket.com/>

EOV: <https://savory.global/land-to-market/eov/>

ROC: <https://regenorganic.org/resources/>

Resources and further reading

Al-Kaisi, M.M. & Lal, R. (2020). Aligning science and policy of regenerative agriculture. Soil Science Society of America Journal, vol. 84 (6), pp. 1808-1820 John Wiley and Sons Inc. DOI: <https://doi.org/10.1002/saj2.20162>

Angarova, G., Ruka, T., Tshuh, S., Mitambo, S., Guri, B., Frederick, K., Haslett-Marroquin, R. & Nelson, M.K. (2021). A message from 10+ Indigenous leaders: Regenerative Agriculture & Permaculture offer narrow solutions to the climate crisis. Green Dreamer. Available at: <https://greendreamer.com/journal/indigenous-regenerative-agriculture-permaculture>

Beste, A. (2019): Comparing Organic, Agroecological and Regenerative Farming part 3 - Regenerative | ARC2020. Available at: <https://www.arc2020.eu/comparing-organic-agroecological-and-regenerative-farming-part-3-regenerative/#sdendnote6sym>

Bossio, D.A., Cook-Patton, S.C., Ellis, P.W., Fargione, J., Sanderman, J., Smith, P., Wood, S., Zomer, R.J., von Unger, M., Emmer, I.M. & Griscom, B.W. (2020). The role of soil carbon in natural climate



solutions. *Nature Sustainability*, vol. 3 (5), pp. 391-398. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0491-z>

Bradford, M.A., Carey, C.J., Atwood, L. *et al.* Soil carbon science for policy and practice. *Nat Sustain* **2**, 1070–1072 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0431-y>

Burgess P.; Harris J.; Graves A.; Deeks, L. (2019): Regenerative Agriculture: Identifying the Impact; Enabling the Potential. Report for SYSTEMIQ. Cranfield University, Bedfordshire
<https://www.foodandlandusecoalition.org/wp-content/uploads/2019/09/Regenerative-Agriculture-final.pdf>

Cargill (2023): Digging in: Cargill's regenerative agriculture program brings healthier soil and profits to more European, U.S. farmers. Available at: <https://www.cargill.com/story/cargills-regenerative-agriculture-program-brings-healthier-soil> (last access: 14.6.23)

Codur, A.; Watson, J. (2018): Climate smart or regenerative agriculture? Defining climate policies based on soil health. Global Development and Environment Institute, Tufts University. Climate Policy Brief No. 9, Online on the Internet, URL:
<https://sites.tufts.edu/gdae/files/2019/10/ClimatePolicyBrief9.pdf>

Department of Energy, Environment, and Climate Action (2023): Livestock methane and nitrogen emissions. Victoria State Government, Australia. Available at: <https://agriculture.vic.gov.au/climate-and-weather/understanding-carbon-and-emissions/livestock-methane-and-nitrogen-emissions>

Don, A. (2022): Nur die "große Lösung" funktioniert. DLG-Mitteilungen 5/2022. Available at: https://www.researchgate.net/publication/360257416_Carbon_Farming_Wer_von_Klimaschutz_im_Ackerbau_redet_und_damit_nur_die_CO2-Bindung_in_Boden_meint_ist_auf_dem_Holzweg_Zur_Klimalandwirtschaft_gehort_auch_die_Verringerung_von_Emissionen_die_von_der_La

Drexler, S., Gensior, A. & Don, A. Carbon sequestration in hedgerow biomass and soil in the temperate climate zone. *Reg Environ Change* **21**, 74 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01798-8>

European Commission (2021): Sustainable Carbon Cycles. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. Available at:
https://climate.ec.europa.eu/system/files/2021-12/com_2021_800_en_0.pdf

European Commission (2022): European Green Deal: Commission proposes certification of carbon removals to help reach net zero emissions. Available at:
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_7156

Giller, K.; Hijbeek, R.; Andersson, J.; Sumberg, J. (2021): Regenerative Agriculture: An agronomic perspective. *Outlook on agriculture* (50:1), p. 13-25, DOI: 10.1177/0030727021998063

Gosnell, H.; Nicholas Gill, N.; Voyer, M. (2019): Transformational adaptation on the farm: processes of change and persistence in transitions to 'climate-smart' regenerative agriculture. *Global Environmental Change* (59), DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2019.101965



Heim, T. (2018). The Indigenous Origins of Regenerative Agriculture. National Farmers Union. Available at: <https://nfu.org/2020/10/12/the-indigenous-origins-of-regenerative-agriculture>

Hermani, C. (2020): Regenerative Agriculture and the Quest for Sustainability - Inquiry of an Emerging Concept (Master Thesis) Online at Internet URL: https://www.researchgate.net/publication/348310091_Regenerative_Agriculture_and_the_Quest_for_Sustainability_-_Inquiry_of_an_Emerging_Concept_Master_Thesis

IPCC 2019: Mbow, C., C. Rosenzweig, L.G. Barioni, T.G. Benton, M. Herrero, M. Krishnapillai, E. Liwenga, P. Pradhan, M.G. Rivera-Ferre, T. Sapkota, F.N. Tubiello, Y. Xu, 2019: Food Security. 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 [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J.

IPCC (2021): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. <https://doi.org/10.1017/9781009157988.007>

Koehn, J. (2021). Monsanto, Big Food, and Big Ag Move to Co-opt the Organic and Regenerative Movement. Available at: <https://educacionymedioscolaborativos.org/news/monsanto-big-food-and-big-ag-move-co-opt-organic-and-regenerative-movement-0>

LaCanne, C.; Lundgren, J. (2018): Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. PeerJ (6), Doi: 10.7717/peerj.4428

Lal, R. (2020): Regenerative agriculture for food and climate. Journal of Soil and Water Conservation, pp. 1-2

Lyle, J.T. (1994). Regenerative Design for Sustainable Development. John Wiley and Sons Inc.

Mang, P. & Reed, B. (2012). Regenerative Development and Design. pp. 1-34

McDonald, H., Freluh-Larsen, A., Lóránt, A., Duin, L., Andersen, S.P., Costa, G., Bradley, H. (2021): Carbon Farming. Making agriculture fit for 2030. Commissioned by the Committee on Environment, Public Health and Food Safety (ENVI), [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)

McGuire, A. (2018): Regenerative Agriculture: Solid Principles, Extraordinary Claims. Online presence of Washington State University; College of Agriculture, Human and Natural Resources Science; Center for Sustaining Agriculture and Natural Resources as Blog Online on the Internet, URL: <https://csanr.wsu.edu/regen-ag-solid-principles-extraordinary-claims/>



Merfield, C. (2019): An analysis and overview of regenerative agriculture. Report number 2-2019. The BHU Future Farming Centre, Lincoln, New Zealand. Online on the Internet, URL: <https://www.bhu.org.nz/future-farming-centre/ffc/information/misc/an-analysis-and-overview-of-regenerative-agriculture-2019-ffc-merfield.pdf>

Montgomery DR, Biklé A, Archuleta R, Brown P, Jordan J. 2022. Soil health and nutrient density: preliminary comparison of regenerative and conventional farming. PeerJ 10:e12848 <https://doi.org/10.7717/peerj.12848>

Moyer, J.; Smith, A.; Rui, Y.; Hayden, J. (2020): Regenerative agriculture and the soil carbon solution. Online on the Internet, URL: https://rodaleinstitute.org/wp-content/uploads/Rodale-Soil-Carbon-White-Paper_v11-compressed.pdf

Newton, P.; Civita, N.; Frankel-Goldwater, L.; Bartel, K.; Johns, C. (2020): What Is Regenerative Agriculture? A Review of Scholar and Practitioner Definitions Based on Processes and Outcomes. *Frontiers in Sustainable Food Systems* (4), DOI: 10.3389/fsufs.2020.577723

Nordborg, M. & Roos, E. (2016). Holistic management - a critical review of Allan Savory's grazing method.

Poeplau, C., Don, A. (2015): Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 200, 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.024>

Poeplau, C., Don, A., & Schneider, F. (2021). Roots are key to increasing the mean residence time of organic carbon entering temperate agricultural soils. *Global Change Biology*, 27, 4921–4934. <https://doi.org/10.1111/gcb.15787>

Ranganathan, J., Waite, R., Searchinger, T., Zions, J. (2020): Regenerative Agriculture: Good for Soil Health, but Limited Potential to Mitigate Climate Change. World Resources Institute. Available at: <https://www.wri.org/insights/regenerative-agriculture-good-soil-health-limited-potential-mitigate-climate-change>

Regenerative Organic Alliance (2021): Framework for Regenerative Organic Certified. Available at: https://regenorganic.org/wp-content/uploads/2021/02/ROC_ROC_STD_FR_v5.pdf

Reuters Money News (2020): Nestle to spend big to cut carbon emissions while preserving profits. By Silke Koltowitz. Available at: <https://www.reuters.com/article/nestle-climate-idNKBN28D1NN> (last access: 14.6.23)

Robinson, J. & Cole, R.J. (2015). Theoretical underpinnings of regenerative sustainability. *Building Research & Information*, vol. 43 (2), pp. 133-143 Routledge. DOI: <https://doi.org/10.1080/09613218.2014.979082>

Rosenzweig, S.T., Carolan, M.S. & Schipanski, M.E. (2020). A Dryland Cropping Revolution? Linking an Emerging Soil Health Paradigm with Shifting Social Fields among Wheat Growers of the High Plains. *Rural Sociology*, vol. 85 (2), pp. 545–574. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ruso.12304>



Rumpel, C., Amiraslani, F., Bossio, D. *et al.* Studies from global regions indicate promising avenues for maintaining and increasing soil organic carbon stocks. *Reg Environ Change* **23**, 8 (2023).
<https://doi.org/10.1007/s10113-022-02003-0>

Savory Institute (2021). Managing complexity through Holistic Management. Available at:
<https://savory.global/>

Schreefel, L.; Schulte, R.; de Boer, I.; Pas Schrijver, A.; van Zanten, H. (2020): Regenerative Agriculture - the soil is the base. *Global Food Security* (26), DOI: 0.1016/j.gfs.2020.100404

Stockholm Environment Institute (2022): It's time to move beyond "carbon tunnel vision". Available at: <https://www.sei.org/perspectives/move-beyond-carbon-tunnel-vision/>

Singh, B.P., Setia, R., Wiesmeier, M. & Kunhikrishnan, A. (2018). Agricultural management practices and soil organic carbon storage. *Soil Carbon Storage: Modulators, Mechanisms and Modeling* Elsevier Inc. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812766-7.00007-X>

Soloview, E.; Landua, G. (2016): Levels of Regenerative Agriculture.
Online on the Internet, URL: <http://www.terragenesis.com/regenerative-agriculture/>

Toensmeier, E. (2016). *The carbon farming solution: a global toolkit of perennial crops and regenerative agriculture practices for climate change mitigation and food security*. Vermont: Chelsea Green Publishing.

Wack, J. (2021): Beurteilung der Praxistauglichkeit regenerativer Ackerbaustrategien. Eine qualitative Untersuchung. Masterarbeit am Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Witzenhausen. Universität Kassel.

Wade, T., Claassen, R., Wallander, S. (2015): Conservation-Practice Adoption Rates Vary Widely by Crop and Region, EIB-147, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, Available at:
https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/44027/56332_eib147.pdf

Wiesmeier, M., Mayer, S., Paul, C., Helming, K., Don, A., Franko, U., Steffens, M., Kögel-Knabner, I. (2020). *CO2 certificates for carbon sequestration in soils: methods, management practices and limitations*. BonaRes Series. DOI: 10.20387/bonares-ne0g-ce98



Lekce 4: Připojení: Regenerativní zemědělství a cyklus klima-zemědělství

Alena Holzknichtová, Janos Wack

V této kapitole budou propojeny nitky, které se objevily v posledních kapitolách o problémech a výzvách v zemědělství, řízení změny klimatu, přizpůsobování se klimatu a regenerativním zemědělství. Proč je změna zemědělské praxe směrem k regenerativnějším způsobům hospodaření součástí řešení, jak se vyrovnat se změnou klimatu a výzvami, které přináší? Co potřebujeme pro přizpůsobení se klimatu? Proč vidíme klíč budoucího zemědělského systému v přizpůsobení se klimatu a jak to převést do praxe v podobě regenerativního zemědělství? Proč cyklus ClimateFarming odpovídá těmto cílům?

Doposud jste byli seznámeni s globálními výzvami...

- zemědělství jako zdroj a propad skleníkových plynů a jako faktor ovlivněný změnou klimatu a možná i subjekty v oblasti odstraňování oxidu uhličitého.
- planetární hranice, které jsou překračovány, a lidstvo tak opouští bezpečný operační prostor pro otázky, jako jsou toky dusíku a fosforu, změny půdního systému a integrita biosféry.
- degradace půdy jako vážná hrozba pro celosvětovou potravinovou bezpečnost.
- závislost na externích vstupech do zemědělství, jako jsou hnojiva nebo fosilní paliva, jejichž ceny na trhu mohou kolísat nebo jejichž dostupnost je omezená.
- účinnost živin, která se v posledních desetiletích snížila a dostala se do bodu, kdy přidání většího množství (syntetických) živin nemusí nutně přinést vyšší výnosy.
- dobré životní podmínky zvířat, což je vážný problém v zemědělském systému, který je často vysoce specializovaný a kde jsou chov zvířat a rostlinná výroba často striktně odděleny; systémy chovu hospodářských zvířat budou také velmi ovlivněny zvyšujícími se teplotami a kolísáním srážek.
- fyzikální faktory změny klimatu, jako jsou vlny veder a sucha, změna srážkových poměrů, úbytek sladkovodních zdrojů atd., které narušují vzorce a rytmy, na které je zemědělská výroba zvyklá.
- úbytek biologické rozmanitosti, který ohrožuje stabilitu a odolnost ekosystémů.
- domácí zvířata a choroby, nové i staré, které se šíří rychleji a snáze napadají rostliny a živočichy oslabené jinými faktory souvisejícími se změnou klimatu.
- potravinové zabezpečení, které trpí stále nepředvídatelnějším počasím, degradací půdy a mnoha výše uvedenými faktory.
- tyto výzvy a vzájemné vztahy se ještě zhoršují tím, že cíle 1,5 °C již nebude dosaženo.



Všechny tyto faktory jsou vzájemně propojené a určitým způsobem na sobě závisí. Zaměření se na izolované řešení jedné nebo několika výše uvedených otázek a ignorování ostatních s největší pravděpodobností nepovede k očekávanému výsledku. To je důvod, proč je holistické myšlení základem odolného a produktivního zemědělského a potravinářského systému v době změny klimatu a vysokých nároků na multifunkční využití půdy.

Podobné výchozí body

Ačkoli neexistuje jednotná definice regenerativního zemědělství (RA), společnými tématy s adaptací na změnu klimatu jsou multifunkčnost, komplexnost a holistické nebo ekosystémové myšlení, jak je uvedeno ve dvou definicích uvedených v kapitole 2.

"Přístup k zemědělství, který využívá ochranu půdy jako výchozí bod pro regeneraci a příspěvek k **rozmanitým zásobovacím, regulačním a podpůrným službám** s cílem, aby se tím zlepšil nejen **environmentální**, ale i **sociální a ekonomický rozměr** udržitelné produkce potravin (Schreefel et al. 2020)."

"RA definujeme jako **stále se rozvíjející, komplexní a na kontextu závislý** zemědělský přístup, jehož cílem je obnovit a regenerovat degradovanou půdu a **příspěk k adaptaci na změnu klimatu** s vedlejšími přínosy v oblasti zmírňování změny klimatu. V RA je půda vstupním bodem pro **přehodnocení potravinových systémů** s cílem posílit **biologické, fyzikální, chemické i kulturní ekosystémové služby** v reakci na ekologické podmínky a klimatickou krizi, a to na místní i globální úrovni (Daverkosen a Holzknicht et al. 2022)".

Podle IPCC (2014) "adaptace je proces přizpůsobení se aktuálnímu nebo očekávanému klimatu a jeho dopadům. **Nejedná se o jednorázovou reakci na mimořádné události**, ale o sérii **proaktivních opatření, která řeší propojení nebezpečí** (např. sucho, zvyšování hladiny moří), expozice (např. méně vody na jihu) a zranitelnosti (např. chudoba nebo nedostatek vzdělání) [...]."

Koncept přizpůsobení se klimatu i koncept regenerativního zemědělství mají podobné předpoklady:

- Změna klimatu je jednou z největších výzev pro lidstvo, které musíme nejen předcházet, ale také se vypořádat s jejími důsledky.



- Řešení složitých procesů a problémů, kde jednoduchá řešení nefungují.
- Dlouhodobé dopady > krátkodobé přínosy.
- Přijetí složitosti a snaha pochopit vzájemné souvislosti mezi více faktory.
- Orientace na proces, postupné zavádění opatření, neustálé učení, smyčky zpětné vazby.
- konfrontace s vysokou nejistotou.
- Na různých úrovních (zemědělský podnik - trhy - správa atd.) je zapojeno mnoho subjektů.
- Požadavek na odklon od běžných postupů.

Zásady přizpůsobování se klimatu i regenerativního zemědělství však mohou být špatně interpretovány a vést k vytváření dalších problémů, jako jsou investice do chladicích nebo zavlažovacích systémů náročných na zdroje, které udržují produkci produktů, jež se do ekosystému nehodí (nebo nechtějí hodit) (viz kapitola 3 o špatné adaptaci). Z tohoto důvodu jsou zapotřebí směrnice a nadřazené procesy, které minimalizují pravděpodobnost takových problémů s maladaptací a zároveň udržují potřebné úsilí na co nejnížší úrovni (např. cyklus ClimateFarming).

Nároky a potřeby

RA chce být holistická, kontextuální, flexibilní, multifunkční a podporující přírodní zdroje. Zároveň musí být přizpůsobení holistické, kontextualizované, flexibilní, multifunkční a podpůrné vůči přírodním zdrojům. Tyto dva pojmy jsou dvě strany jedné mince. Obě považují měnící se klima za "základní linii", se kterou se musíme vyrovnat, spíše než ji zpochybňovat. Zavedením regenerativního zemědělství na systémové úrovni tak lze splnit požadavky na přizpůsobení se klimatu v samotném zemědělském sektoru, ale také se dotknout mnoha dalších témat souvisejících s klimatem. Například k extrémním výkyvům počasí dochází a bude docházet i nadále, ale jejich dopad lze omezit vytvořením krajiny, která dokáže pojmout a zadržet více vody a zabránit tak např. povodním. Biologická rozmanitost se bude s největší pravděpodobností i nadále snižovat, ale jejímu kolapsu lze zabránit vytvářením rozmanitější krajiny a nepoužíváním dalších rušivých chemických látek. Zemědělská produktivita (v tradičním pojetí, tj. výnos/ha u vysoce specializovaných plodin nebo vysoce užitkových zvířat) se pravděpodobně na některých místech sníží, ale při zohlednění sezónnosti, lokalizace, změn ve stravování, plýtvání potravinami atd. to nemusí nutně vést ke snížení množství nebo kvality potravinových zdrojů.

Důraz je tedy kladen spíše na dlouhodobou stabilitu než na krátkodobé výhody. V regenerativním zemědělství je důležitější než krátkodobé plánování, vytváření a podpora samovývojových systémů a integrativní přístup k přírodním procesům. To zároveň odpovídá základu úspěšné dlouhodobé adaptace na změnu klimatu.

Sledovat podobné cíle

Obě koncepce přistupují k cíli odolnosti tak, že berou v úvahu všechny možné faktory v rovnici, a to prostřednictvím holistického (nebo systémového) chápání jejich vzájemné provázanosti.



Jednou ze čtyř adaptačních zásad EU je "systémovější adaptace", neboť změna klimatu se projeví na všech úrovních společnosti, a proto je třeba úvahy o odolnosti vůči klimatu začlenit do hlavního proudu a stát se součástí každého přijímaného rozhodnutí (Evropská komise 2021). Totéž platí pro rozhodnutí v rámci regenerativního zemědělského myšlení.

Jak lze tedy teorii převést na opatření? Složitost těchto mnohvrstevnatých problémů vyžaduje dynamický, opakující se proces hodnocení - plánování - realizace - monitorování/hodnocení - opětovného plánování atd. Podobné přístupy jsou použity např. v [nástroji ClimateAdapt](#) (Evropská komise a Evropská agentura pro životní prostředí 2021) nebo ve vývojovém diagramu Farm management (Kay et al. 2016), který je popsán v následující kapitole. tento proces je stěžejní pro vývoj účinných opatření a vyžaduje znalosti a často nové dovednosti jako nejdůležitější vstupy. Je důležité respektovat charakteristiky a kontext jednotlivých farem (systémů) a začlenit je do plánování a konání. Dále využívat multifunkčnost pro maximalizaci synergií a řešení několika výzev stejně.

Opatření - příklady

V závislosti na chápání regenerativního zemědělství je obtížné jeho principy vědecky prokázat, protože jejich účelem je zahrnout komplexitu a přírodní vědy často vyžadují vyloučení faktorů "šumu" v pozadí, aby bylo možné použít deduktivní metody pro hledání zákonitostí. Zjednodušeně řečeno, je těžké dokázat, že určité opatření přináší požadovaný dopad, pokud je současně prováděna i řada dalších opatření a výsledek ovlivňuje i mnoho faktorů (jako je půda, klima atd., které jsou mimo kontrolu zemědělce nebo výzkumníka). Většinou se spoléháme na neoficiální důkazy o tom, že zemědělci vykazují vyšší odolnost, dobrou strukturu půdy, nižší tlak škůdců a chorob atd. tím, že realizují širokou škálu opatření, která jsou dobře přizpůsobena jejich kontextu a vzájemně propojena ve svých službách a ustanoveních, a tak se navzájem "živí" a podporují. I když je obtížnější měřit a hodnotit integrované systémy hospodaření, probíhají komplexnější studie, protože výzkumníci hledají způsoby, jak se zabývat vícerozměrnými systémy. Existují důkazy pro jednotlivá opatření (a některé jejich kombinace), která jsou zahrnuta v některých definicích regenerativního zemědělství, zejména postupy jako snížené obdělávání půdy, krycí plodiny a systémy víceletých plodin.

Dvěma do jisté míry dobře prozkoumanými příklady opatření jsou aplikace biocharu a zakládání agrolesnických systémů. Obě tato opatření mohou být příkladem vývoje směrem k regenerativnímu hospodaření, pokud jsou realizována ve správném kontextu. Bylo prokázáno, že biochar a agrolesnictví splňují požadavky holistického regenerativního zemědělského systému díky své multifunkčnosti a ekosystémovému přístupu. Kromě toho mohou být velmi relevantní pro adaptaci na změnu klimatu s vedlejšími přínosy pro zmírnění dopadů (např. Lehmann et al. 2021, Schmidt et al. 2021, Quandt et al. 2023, Rolo et al. 2023). Opatření jako aplikace biocharu a agrolesnictví tak navazují na výše popsané teoretické základy a ukazují, že je lze převést do praxe. Nakonec zbývá otázka, kde a jak taková opatření realizovat, v čemž může být cyklus ClimateFarming velmi nápomocný.

Příklad:

Biochar

Podobně jako v případě termínu regenerativní zemědělství došlo v posledních 10 letech ke



značnému nárůstu vědeckých publikací obsahujících v názvu slovo "biochar" (viz např. [zpráva The State of Carbon Dioxide Removal 2023](#)). Přidávání biocharu do půdy je často zmiňováno jako regenerační postup a bylo zjištěno mnoho různých přínosů, jako je vyšší schopnost zadržovat vodu, zvýšený růst kořenů, aktivnější mikrobiální činnost atd. - což jsou všechno také strategie přizpůsobení se klimatu. Dalším důležitým faktorem je, že má dlouhodobý dopad, takže by mohlo pomoci ukládat více uhlíku v půdě.

Příklad: Agrolesnictví

Agrolesnictví se praktikuje již po mnoho staletí, takže jeho dopady lze měřit jak v poměrně starých obhospodařovaných ekosystémech, tak v nově založených. Mezi možnosti agrolesnictví patří zvýšená biodiverzita, více půdních hub, vyšší schopnost zadržovat vodu, ochlazující účinek na krajinu, mohou působit jako větrolamy a při dobrém hospodaření mohou přinést i vyšší výnosy na stejné ploše. Stejně jako biouhel mají obvykle také dlouhodobý dopad, který je důležitý pro zmírnění dopadů na klima.

Cyklus ClimateFarming

S cílem shrnout všechny výše uvedené úvahy a další aspekty do praktického přístupu byl vyvinut cyklus ClimateFarming. Vychází z poznatků strategického řízení zemědělských podniků a několika rámců pro podporu rozhodování zaměřených na podporu přizpůsobování se klimatu. Další informace týkající se teoretického zázemí lze nalézt v Tolle (2021).

Jedná se o účinný proces způsobený částečně standardizovanou metodou, která se zabývá jednotlivými zemědělskými podniky, lokalitami a osobami. Tím, že se v prvním kroku posoudí stav farmy a jejích mnoha aspektů, zapojí se všechny zúčastněné strany na farmě a dají se podněty pro hledání nových nápadů nebo vidění příležitostí z nového úhlu, pomáhá postupně vypracovat strategii pro přizpůsobení se klimatu. Katalog opatření je praktickým spojovacím článkem mezi průzkumem farmy a teoretickým přístupem a realizací strategie. To by mělo způsobit rozšířenou verzi regenerativního zemědělství, kde se bere v úvahu ještě více faktorů, než se často uvádí. Zaměřením se na kontext farmy a intenzivní iterativní proces plánování a hodnocení jsou zohledněny a plně integrovány nejistoty a dynamika klimatických změn. Polostandardizace zajišťuje vyšší efektivitu a méně svévolného rozhodování, což vede k větší transparentnosti.

Několik myšlenek k provádění

Metoda ClimateFarming má svá omezení. Jedná se o časově a znalostně náročný proces, který ke svému správnému fungování vyžaduje nasazení. Prozatím také chybí orientace na praxi, což lze částečně zmírnit zapojením externích poradců pro specifické služby. Dopady jsou obtížně měřitelné a výsledky jsou velmi závislé na uživateli (zemědělci i konzultantech). Opatření mohou způsobit změny, které přesahují dopady kombinovaných opatření, k jejichž posouzení je třeba hluboké znalosti ekosystému.

Vždy také dochází ke konfliktu mezi každodenní rutinou v hospodářství a dlouhodobými plány, strategiemi a opatřeními a je třeba vyhradit konkrétní časové úseky pro počáteční proces, ale také pro pravidelné následné přehodnocování. Dalším konfliktem je poptávka po



jednoduchých řešeních na jedné straně (např. "klimatické zemědělství") vs. komplexní problémy, které vyžadují různorodou a na kontextu závislou analýzu a řešení na straně druhé (změna klimatu), kde nelze použít obecné pokyny.

Z toho vyplývá, že podpora takového procesu je pro poradce velmi náročným úkolem. To vyžaduje generální odborníky, kteří mohou v případě potřeby zapojit různé specialisty. Kolik zemědělských podniků podstoupí tento potenciálně zdlouhavý proces implementace své klimatické strategie?

Jaká je však alternativa? Alternativou je obvyklý postup, který ve skutečnosti již alternativou není. Dopady klimatu jsou zde a nyní a zemědělský sektor si nemůže dovolit stát stranou a přihlížet.

Celkovým cílem tohoto projektu je zpřístupnit (akademické) poznatky a teorie a orientovat je na praxi, *aniž by se snížila jejich hodnota pro řešení komplexních problémů spojených se změnou klimatu a zemědělstvím*. Na základě předchozího obsahu lze říci, že jednoduchá, jednorozměrná řešení přinesou pouze, pokud vůbec, krátkodobé příznivé účinky.

Zaváděním cyklu ClimateFarming na demonstračních farmách se teorie dále uvádí do praxe, což poskytuje neustálou zpětnou vazbu o metodě. Teoretické zázemí se tak stává vnímatelným a ukazuje se jeho dopad na farmu. Proto tato síť demonstračních farem umožňuje škálování cyklu ClimateFarming, a tím i přizpůsobení se klimatu.

SHRNUTÍ - Připojení: Regenerativní zemědělství a cyklus ClimateFarming

Koncept regenerativního zemědělství i adaptace na změnu klimatu mají podobná východiska a předpoklady, např.

- uznává změnu klimatu jako komplexní výzvu, které je třeba čelit proaktivními opatřeními,
- ocenění dlouhodobých dopadů před krátkodobými přínosy,
- orientace na proces, smyčky zpětné vazby a neustálé učení,
- požadovat odklon od obvyklých postupů,

a podobné potřeby:

- kontextualizace a flexibilita,
- multifunkčnost

a podobné cíle:

- holistický a systematický přístup,
- pochopení vzájemné propojenosti.

Proto vidíme potenciál v uplatnění cyklu ClimateFarming, který umožňuje převést zásady adaptace na změnu klimatu do reálných podmínek zemědělských podniků.



Odkazy

European Commission (2021): Forging a climate-resilient Europe - the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change. Brussels, Communication 2021/82. Available at:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2021:82:FIN>

European Commission and European Environment Agency (2021): The Adaptation Support Tool – Getting started. Available at <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/tools/adaptation-support-tool>

IPCC (2014): *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Lehmann, J., Cowie, A., Masiello, C.A. *et al.* Biochar in climate change mitigation. *Nat. Geosci.* **14**, 883–892 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00852-8>

Quandt, A., Neufeldt, H., Gorman, K. (2023): Climate change adaptation through agroforestry: opportunities and gaps, *Current Opinion in Environmental Sustainability*,

Volume 60. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101244>

Rolo, V., Rivest, D., Maillard, É., & Moreno, G. (2023). Agroforestry potential for adaptation to climate change: A soil-based perspective. *Soil Use and Management*, 00, 1– 27. <https://doi.org/10.1111/sum.12932>

Schmidt, H.-P., Kammann, C., Hagemann, N., Leifeld, J., Bucheli, T. D., Sánchez Monedero, M. A., & Cayuela, M. L. (2021). Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses. *GCB Bioenergy*, 13, 1708– 1730. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12889>

Tolle, N. (2021). Developing and applying a dynamic framework for climate change mitigation and adaptation planning at farm-level – case-study of a mixed farm in Northern Hessen, Germany. University of Hohenheim



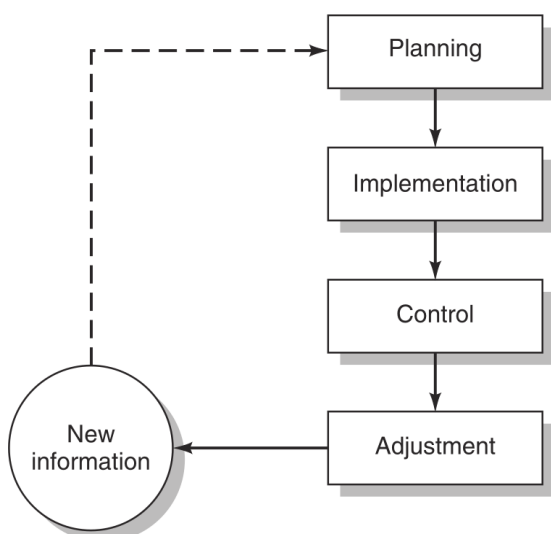
Extra: Teoretické pozadí: Metody a základy

Nils Tolle, Alena Holzknacht, Janos Wack

Strategické řízení farmy

Strategické řízení zemědělských podniků (Barnard a Nix, 1979; Kay a kol., 2016) je iterativní proces. Slouží k formulaci individuálních cílů farmy, alokaci zdrojů v rámci farmy a monitorování výsledků farmy. V tomto procesu vznikají možné strategie rozvoje farmy. V zásadě lze tento proces přirovnat k přístupům zabývajícím se plánováním adaptace (např. adaptační akční cykly; Park et al., (2012)), neboť základní prvky jsou podobné. Strategické řízení farmy, management zahrnuje:

1. Analýza a popis (problému)
2. definice hlavních zásad (kvalitativních) a cílů (kvantitativních, měřitelných).
3. posouzení vnitřních a vnějších podmínek (např. analýza SWOT).
4. na základě toho: shromažďování a plánování možných řešení
5. provádění plánovaných opatření
6. monitorování, kontrola a opětovné plánování (porovnání cíle a výkonu)



Obrázek 1: Schéma řízení farmy, převzato z Kay et al. (2016)

Klasické strategické řízení zemědělských podniků však postrádá nástroje a mechanismy, které by se vypořádaly s "hlubokou" nejistotou. Pro řešení tohoto problému je klasické strategické řízení zemědělských podniků rozšířeno o přístupy založené na "rozhodování za hluboké nejistoty" (DMDU).

Rozhodování za hluboké nejistoty (DMDU) a přístup dynamických adaptivních cest (DAPP)

Kumulace nejistot, označovaná jako kaskáda nejistot (Refsgaard et al., 2013), představuje významnou výzvu pro plánování adaptace na změnu klimatu obecně a pro zemědělství konkrétně. Změnu klimatu lze označit za zdroj hluboké nejistoty (Jones et al., 2014).



Metoda DAPP je přístup založený na poznacích DMDU. Metoda byla původně vyvinuta v kontextu vodního hospodářství, ale lze ji využít i jako základ pro adaptační procesy v jiných odvětvích (Haasnoot et al., 2019). DAPP byla vyvinuta Haasnootem et al. (2013) a je založena na kombinaci prvků *Adaptive Policymaking* a *Adaptation Pathways*. Tento přístup řeší problematiku hluboké nejistoty tím, že umožňuje uživateli "proaktivně plánovat flexibilní adaptaci v čase [...]" v závislosti na tom, jak se "[...] budoucnost skutečně vyvíjí" (s. 73, Haasnoot et al., 2019). DAPP využívá tzv. pathway přístup, kdy adaptační cesta je posloupnost a kombinace různých adaptačních opatření v čase. Různé možné adaptační cesty jsou prezentovány v tzv. mapě cest. Tyto mapy cest otevírají uživateli rozhodovací prostor, ve kterém je každá cesta potenciálně schopna dosáhnout předem stanoveného cíle. Mezi jednotlivými cestami však existují rozdíly v účinnosti, vedlejších účincích a robustnosti (Marchau et al., 2019).

DAPP slouží jako základ pro cyklus ClimateFarming, protože odpovídá výzvám přizpůsobení se klimatu na úrovni zemědělských podniků. Podle Haasnoota et al. (2019) je DAPP užitečný zejména tehdy, když:

- Plánovací horizont zahrnuje základní nejistoty.
- Existuje velká variabilita adaptačních opatření, která umožňuje různé a flexibilní adaptace.
- řešení.
- Opatření lze provést relativně rychle a systém má dostatek času na to, aby
- přizpůsobit.
- Životnost opatření je v porovnání s plánovacím horizontem relativně krátká.
- Rozhodnutí mohou mít za následek významné závislosti na cestě.
- Existují indikátory, které signalizují měnící se trendy.

Nad to je přístup založený na cestách obzvláště cenný, protože vizualizuje složité interakce a závislosti různých adaptačních opatření v mapách cest a činí je tak pro uživatele hmatatelnými. Výhody tohoto přístupu jsou využity ve 4. kroku cyklu ClimateFarming-Cycle, tedy v *klimatické strategii zemědělského podniku*. Díky vizualizaci motivuje uživatele k přemýšlení a společnému plánování krátkodobých a dlouhodobých opatření. Tím se snižuje možnost špatné adaptace a související monitorování prosazuje vnímání adaptace jako kontinuálního procesu. Aktivní řešení nejistoty také podporuje zvažování potenciálně závažnějších dopadů změny klimatu (Haasnoot et al., 2019).

Doplňková metoda 1: TOWS-Analýza

Analýza TOWS převádí zjištění analýzy SWOT na možné strategie reakce (Wehrich, 1982). Ty již mohou být konkrétními adaptačními opatřeními na konkrétní dopady klimatu, ale nemusí jimi být. Tato metoda má smysl v komplexním zemědělském systému, např. v podniku s různými výrobními odvětvími.

Matice TOWS je srovnatelná s maticí SWOT, ale obsahuje čtyři další bloky, které se zaměřují na interakce jednotlivých prvků SWOT (*SO = Strength/Opportunity; ST = Strength/Threat; WO = Weakness/Opportunity; WT = Weakness/Threat*). Zaměření na interakci jednotlivých aspektů SWOT pomáhá identifikovat šance pro rozvoj farmy (*S/O*), ukazuje možnosti, jak reagovat na vnější *hrozby* pomocí vnitřních *silných stránek* (*S/T*) nebo jak řešit vnitřní *slabé stránky* vnějšími *příležitostmi* (*W/O*). A konečně vzájemné působení *slabých stránek* a *hrozeb* (*W/T*) může odhalit, která kombinace negativních faktorů je obzvláště problematická a je třeba ji řešit adaptací.



Příklad SWOT/TOWS analýzy:

SWOT: Jako akutní *hrozbu* označuje příklad farmy rostoucí sucho. Kromě toho členové farmy poznamenávají, že všechna odvětví farmy jsou zranitelná vůči suchu, což ukazuje na *slabou stránku* farmy. V analýze SWOT je také zřejmé, že ziskový přímý prodej hovězího masa je *silnou stránkou* farmy. Současně je zřejmé, že v sousedství příkladové farmy jsou dva vedlejší zemědělské podnikatelé, kteří se zajímají o produkci zeleniny a experimentují s ní, což je klasifikováno jako *Příležitost*.

TOWS: Z této kombinace faktorů vyplývá, že členové farmy se domnívají, že je třeba do farmy začlenit nové odvětví, které je méně náchylné k suchu (*Hrozba*: rostoucí sucho + *Slabá stránka*: vysoká náchylnost k suchu). Na základě silného přímého odbytu (*Silná stránka*) a dostupnosti dodatečné pracovní síly (*Příležitost*) vzniká myšlenka zavést zavlažované pěstování zeleniny s přímým odbytem zeleniny jako nové odvětví farmy. To má dále diverzifikovat farmu a kompenzovat ztráty farmy v jiných výrobních odvětvích, zejména v období sucha.



Příklad kombinace analýzy SWOT/TOWS s výsledky průzkumu dopadu na klima: Jako možnou strategii reakce na zranitelnost příkladové farmy vůči suchu navrhla analýza TOWS založení nového výrobního odvětví: zavlažovaná produkce zeleniny s přímým prodejem. Členové farmy si samozřejmě byli vědomi, že zavlažování by se mohlo stát potenciálně problematickým, pokud dojde ke snížení srážek a s tím i možnosti doplňování podzemní vody nebo zachycování dešťové vody. Regionální klimatická projekce však ukázala, že podle klimatických modelů nelze očekávat výrazný pokles průměrných ročních srážek, a to ani v dlouhodobém horizontu. Existuje však možná perspektiva sezónního posunu - méně srážek v letních měsících, více srážek v zimních měsících. Na základě těchto informací členové farmy dospěli k závěru, že zavlažovaná produkce zeleniny má potenciál snížit zranitelnost farmy vůči suchu a vyrovnat se s možnými dopady klimatu, a to i v dlouhodobém horizontu. Předpokladem je však dobré hospodaření s vodou a rozšíření zásob dešťové vody, zejména v zimních měsících.

Doplňková metoda 2: Analýza SWOT a pohotovostní opatření

Použití SWOT analýzy a nouzových opatření není pro úspěch kroku 4 a cyklu ClimateFarming klíčové a lze je v případě potřeby vynechat. Zdůrazňujeme však, že je to metoda, která se vyplatí pro vyhodnocení vypracované klimatické strategie farmy, protože motivuje členy farmy a konzultanta ke kritické analýze vypracovaného plánu a k tomu, jak klimatickou strategii farmy ještě vylepšit.

Analýza SWOT klimatické strategie zemědělského podniku slouží k identifikaci nejistot, nových zranitelných míst a příležitostí vyplývajících z klimatické strategie zemědělského podniku. Analýza je základem pro formulaci nouzových opatření. Účelem pohotovostních opatření je zvýšit odolnost farmy a jejích plánů zajištěním jejího úspěchu nebo využitím vzniklých příležitostí. Existují tři kategorie, a to *obránná, nápravná a příležitostná opatření*. Podle Walkera et al. (2019) jsou tato opatření definována následovně:

- Obranná akce (DA): Opatření přijatá na podporu nebo zajištění úspěchu strategie zemědělství v oblasti klimatu nebo na řešení vnějších problémů, které ohrožují úspěch strategie zemědělství v oblasti klimatu.



Příklad obranné akce: Pokud zemědělská klimatická strategie počítá s výstavbou agrofotovoltaického zařízení, mohl by zemědělec v dotčené obci předem svolat komunitní schůzi, aby o projektu včas informoval a získal podporu obyvatel.

- Nápravná opatření (CA): Nápravná akce mění strategii zemědělského klimatu v reakci na nové poznatky nebo změněné podmínky, aniž by se měnily její celkové cíle.



Příklad nápravného opatření: Pokroky v robotice umožňují lepší kontrolu plevelů v ekologickém zemědělství. V důsledku toho lze změnit obdělávání půdy a výběr plodin.

- Akce příležitostí (OA): Opatření přijaté za účelem využití příležitostí a zvýšení účinnosti nebo odolnosti strategie ochrany klimatu v zemědělském podniku.



Příklad akce příležitost: V důsledku změny právní situace týkající se podpory agrolesnických systémů jsou některé druhy dřevin podporovány a jiné nikoli. Nápravným opatřením bylo opětovné naplánování agrolesnické výsadby se způsobilými dřevinami (to samozřejmě platí pouze v případě, že tyto dřeviny stále vyhovují dané lokalitě, klimatu a zemědělskému podniku).

Provádění nouzových opatření je založeno na monitorování z kroku 5.

Doplňková metoda 3: Adaptační kritické body a kritické body příležitostí (ATP a OTP)

V DAPP mají jednotlivá adaptační opatření, která tvoří adaptační cestu, různé adaptační body (ATP). ATP označuje bod, kdy opatření již není schopno dosáhnout stanovených cílů systému (Kwadijk et al., 2010). Formulace ATP má rozhodovatele informovat o změně na nové nebo dodatečné adaptační opatření.

Tento přístup je problematický na úrovni zemědělských podniků, protože je obtížné provést spolehlivé odhady ATP kvůli složitému vzájemnému působení různých faktorů. Použití ATP dále komplikuje skutečnost, že v zemědělské výrobě se obvykle provádí několik opatření současně a stávající opatření nejsou nahrazována, ale spíše doplňována novými a dodatečnými opatřeními. Například odrůdy odolné vůči suchu nejsou nahrazeny zavedením omezeného obdělávání půdy, ale doplněny.

Jelikož se nejedná pouze o problém na úrovni zemědělských podniků, byly ATP doplněny o OTP (Opportunity Tipping Point; Haasnoot et al., 2018). Na rozdíl od ATP signalizuje OTP, kdy má zavedení nového nebo doplňkového opatření smysl. Tento přístup je - ve většině případů - užitečnější při plánování adaptace zemědělství.

Koncept bodu zvratu pomáhá k větší nezávislosti na výběru (klimatických) scénářů a jejich přesnosti. Důraz je kladen na podmínky, za kterých určité adaptační opatření selže (ATP) nebo by mělo být realizováno (OTP), nikoli na vybraný scénář.



Příklad ATP: Uvažuje se o adaptačním opatření "výsev hlubokokořenných luskovin a suchovzdorných odrůd trav v travních porostech". Toto klimatické opatření by mohlo do jisté míry zmírnit škody způsobené suchem, ale s rostoucí intenzitou sucha by muselo být doplněno dalšími opatřeními (např. agrolesnictvím k zajištění stínu a doplnění nabídky píče).



Příklad OTP: Uvažuje se o adaptačním opatření "agrolesnictví". Zavedení státní podpory agrolesnictví by bylo OTP, které iniciuje realizaci opatření agrolesnictví.

SHRNUTÍ - Teoretická východiska: Metody a základy

Strategické řízení podniku (Barnard a Nix, 1979; Kay a kol., 2016) je cyklický proces a skládá se z těchto fází.

- Analýza (definice problému)
- Formulace cíle
- Plánování
- Provádění
- Monitorování, kontrola a přeplánování (porovnání cíle a výkonu)
- V zásadě lze tento proces srovnat s přístupy zabývajícími se adaptačním plánováním (např. adaptačními akčními cykly; Park et al., (2012)), protože základní prvky jsou podobné.
 - Jedná se o průběžný proces analýzy, provádění, monitorování a přehodnocování. Důraz je kladen na učení, přizpůsobivost a flexibilitu.
- Strategické řízení zemědělských podniků je třeba doplnit o přístupy DMDU (rozhodování za hluboké nejistoty), aby bylo možné řešit problém rostoucí nejistoty.

Rozhodování za hluboké nejistoty:

- Definice z U.S. Climate Resilience Toolkit (2023):
"K hluboké nejistotě dochází tehdy, když rozhodovací orgány a zúčastněné strany nevědí nebo se nemohou shodnout na tom, jak pravděpodobné jsou různé budoucí scénáře."
 - Pokud nedojde ke shodě, znalosti nebo důvěře v tyto budoucí scénáře.
 - Když se rozhodující osoby nebo zúčastněné strany nedohodnou nebo nevědí, jaké důsledky by jejich rozhodnutí mohla mít."
- Existují různé přístupy a metody, které pomáhají rozhodovacím pracovníkům rozhodovat v situacích hluboké nejistoty a které jsou zahrnuty v části "Rozhodování v podmínkách hluboké nejistoty (DMDU)". (Marchau a kol., 2019)

Metodický základ pro cyklus klimatického zemědělství tvoří **přístup dynamických adaptivních cest (DAPP)**.

- DAPP integruje nejistotu do procesu plánování prostřednictvím schopnosti upravovat plán v průběhu času s dostupností nových poznatků nebo změněných



podmínek (Marchau et al., 2019).

Existují další metody, které lze do cyklu ClimateFarming začlenit, aby se zlepšily jeho výsledky.

- Další metody 1: TOWS-Analýza (krok 2)
- Doplňkové metody 2: SWOT analýza a opatření pro nepředvídané události (krok 4)
- Doplňkové metody 3: Adaptační kritické body a kritické body příležitostí (ATP a OTP)

Odkazy

Abbasi, H., Delavar, M., Nalbandan, R. B., and Shahdany, M. H. (2020). Robust strategies for climate change adaptation in the agricultural sector under deep climate uncertainty. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, pages 1–20.

Barnard, C. S., Barnard, C. S., and Nix, J. (1979). *Farm planning and control*. Cambridge University Press.

Haasnoot, M., Kwakkel, J. H., Walker, W. E., and ter Maat, J. (2013). Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global environmental change*, 23(2):485–498

Haasnoot, M., van't Klooster, S., and Van Alphen, J. (2018). Designing a monitoring system to detect signals to adapt to uncertain climate change. *Global environmental change*, 52:273–285.

Haasnoot, M., Warren, A., and Kwakkel, J. H. (2019). Dynamic Adaptive Policy Pathways (DAPP). In *Decision making under deep uncertainty: from theory to practice*, pages 71–92. Springer Nature.

Kay, R., Edwards, W., and Duffy, P. (2016). *Farm management*. eight edition. international.

Kwadijk, J. C., Haasnoot, M., Mulder, J. P., Hoogvliet, M. M., Jeuken, A. B., van der Krogt, R. A., van Oostrom, N. G., Schelfhout, H. A., van Velzen, E. H., van Waveren, H., et al. (2010). Using adaptation tipping points to prepare for climate change and sea level rise: a case study in the netherlands. *Wiley interdisciplinary reviews: climate change*, 1(5):729–740.

Marchau, V. A., Walker, W. E., Bloemen, P. J., and Popper, S. W. (2019). Introduction. In *Decision making under deep uncertainty: from theory to practice*, pages 1–20. Springer Nature.

Park, S. E., Marshall, N. A., Jakku, E., Dowd, A. M., Howden, S. M., Mendham, E., and Fleming, A. (2012). Informing adaptation responses to climate change through theories of transformation. *Global Environmental Change*, 22(1):115–126.

U.S. Climate Resilience Toolkit. (2023). *Decision Making Under Deep Uncertainty*. <https://toolkit.climate.gov/content/decision-making-under-deep-uncertainty>. Last access: 24.10.2023



Walker, W. E., Marchau, V. A. W. J., and Kwakkel, J. H. (2019). Dynamic Adaptive Planning (DAP). In *Decision making under deep uncertainty: from theory to practice*, pages 53–69. Springer Nature.

Wehrich, H. (1982). The towns matrix—a tool for situational analysis. *Long range planning*, 15(2):54–66.