

Metodika hodnocení udržitelnosti hospodaření zemědělských podniků

**Projekt je spolufinancován Národní agenturou pro zemědělský výzkum
z Programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017–2025,
ZEMĚ**

**Česká zemědělská univerzita v Praze
Výzkumný ústav monitoringu a ochrany půdy, v. v. i.
ECO trend s.r.o.**

Březen 2026

Ing. Mgr. Lukáš Pacek, Ph.D.

Ing. Matěj Malík, Ph.D.

Ing. Kateřina Pračke, Ph.D.

Ing. Vladimír Papaj, Ph.D.

Ing. Luboš Nobilis

Ing. Jan Matějka

Ing. Jan Maňhal

Autoři metodiky:

Ing. Mgr. Lukáš Páček, Ph.D., ČZU v Praze (20 %)

Ing. Matěj Malík, Ph.D. (15 %)

Ing. Kateřina Pračková, Ph.D. (15 %)

Ing. Vladimír Papaj, Ph.D., VÚMOP, v.v.i. (15 %)

Ing. Luboš Nobilis, ECO trend s.r.o. (10 %)

Ing. Jan Matějka, ECO trend s.r.o. (15 %)

Ing. Jan Maňhal, ECO trend s.r.o. (10 %)

Dedikace:

Metodika byla vytvořena v rámci projektu QK22010354 Taxonomie - klasifikační systém hodnocení udržitelnosti zemědělství

Oponenti:

Ing. Zuzana Fuksová, Ph.D. (oponent z oboru)

Ing. Jiří Jungr (oponent z odborného orgánu státní správy)

ISBN 978-80-213-3593-6

Název: Metodika hodnocení udržitelnosti hospodaření zemědělských podniků

Autor: Pacek a kol.

Vydavatel: Česká zemědělská univerzita v Praze

Pořadí vydání: 1

Rok vydání: 2026

ISBN 978-80-213-3593-6

Obsah

I.	Cíle metodiky	9
II.	Vlastní popis metodiky	10
1.	Úvod	10
2.	Taxonomie EU a její principy	11
2.1.	Cíle taxonomie	11
2.2.	Šest hlavních environmentálních cílů	12
3.	Typy aktivit.....	13
4.	Princip technologické neutrality.....	14
5.	Legislativní rámec	14
5.1	Legislativní ukotvení v EU	14
5.2.	Česká legislativa.....	14
5.3.	ESG, ESRS a CSRD včetně aktuální revize Omnibus I.....	15
6.	ESG	15
6.1.	Princip dvojí materiality.....	16
7.	Směrnice CSRD	16
8.	Standardy ESRS	17
8.1.	Přehled a vysvětlení jednotlivých standardů.....	17
9.	Konkrétní mapování ESG-ESRS-CSRD pro zemědělský podnik	18
10.	Povinnost reportovat	19
11.	Technická screeningová kritéria (Technical Screening Criteria – TSC) v zemědělství 20	
11.1.	Hierarchie a příklady TSC.....	20
12.	Provázanost reportingu x technical screening criteria (TSC) x taxonomie EU pro zemědělské podniky	22
13.	Dopady zavádění taxonomie	22
13.1.	Dopady na podniky obecně.....	22
13.2.	Dopady na české podnikatelské prostředí	23
14.	Role bank a finančních institucí	23
15.	Praktické dopady pro zemědělské podniky	23
16.	Specifická kritéria udržitelnosti pro zemědělství	23
17.	Uhlíková stopa a její vztah k taxonomii.....	24
III.	Metodika výpočtu uhlíkové stopy	25

1.	Vlastní popis metodiky.....	25
2.	Inventarizace vstupů a procesů	25
2.1.	Přímé emise z půdy a ze zvířat a jejich vazba na dusík	25
2.2.	Minerální hnojiva	26
2.3.	Organická hnojiva	27
2.4.	Pesticidy	27
2.5.	Osivo a další pomocné materiály	27
2.6.	Paliva, elektřina a energie pro polní operace	28
2.7.	Mechanizace, zemědělská technika a kapitálové statky.....	28
2.8.	Krmiva.....	30
3.	Emise a uhlíkové stopy plodin	31
3.1.	Skleníkové plyny v kategorii „Climate change“	33
3.2.	Rozklad emisí podle zdrojů.....	34
4.	Zohlednění BPEJ a erozních kategorií	35
4.1.	Vliv erozních kategorií na volbu technologií hospodaření	36
4.2.	Vliv erozního ohrožení na výnosy, emise a vstupy	38
4.3.	Standardizované dávky vstupů podle BPEJ a erozního rizika	39
4.4.	Mezinárodní srovnání	40
4.5.	Ekonomické a environmentální hodnocení podniků na datech FADN 2017 až 2021 a vazba na nízkoemisní rentabilitu	41
4.6.	Emise z produkce krmiv pro živočišnou výrobu.....	43
5.	Regionální rozložení	46
5.1.	Agregační postup a použité vážení.....	46
5.2.	Emise na hektar – výsledky za kraje a ČR.....	47
5.3.	Emise na jednotku produkce – výsledky za kraje a ČR.....	47
	Zdroj: ÚZEI, datové podklady poskytnuté pro účely této práce; vlastní zpracování tabulky.	48
5.4.	Okresní úroveň	48
5.5.	Interpretace příčin regionálních rozdílů	48
6.	Modelový výpočet uhlíkové stopy zemědělského podniku	49
6.1.	Osevní struktura a její dopad na uhlíkovou bilanci.....	49
6.2.	Kvantifikace emisí skleníkových plynů	50
6.3.	Rozklad emisí podle plodin, technologií a vstupů	51
6.4.	Vliv ekonomické velikosti a erozního ohrožení.....	52

7.	Sekvestrace uhlíku a rozšíření o CC-LCA	53
7.1.	Modely pro výpočet změn půdního uhlíku a jejich použitelnost v ČR.....	56
7.2.	České studie sekvestrace uhlíku při různém hospodaření.....	56
7.3.	Mezinárodní přístupy k sekvestraci uhlíku v LCA	57
8.	Praktický postup pro uživatele (návod „krok za krokem“)	58
8.1.	Zadání modelového příkladu.....	58
8.2.	Paralelní výpočet pro živočišnou výrobu (mléčný skot).....	63
9.	Opatření ke snižování emisí v rostlinné výrobě	65
9.1.	Optimalizace hospodaření s dusíkem.....	65
9.2.	Precizní zemědělství.....	66
9.3.	Technologie zpracování půdy.....	66
9.4.	Mezplodiny, organická hmota a práce s půdním uhlíkem.....	67
9.5.	Výnos, výrobní struktura a ekonomická udržitelnost opatření	68
9.6.	Mitigační postupy v živočišné produkci	68
9.7.	Institucionální rámec a cílená opatření na úrovni podniku	69
IV.	Srovnání novosti postupů	70
V.	Popis uplatnění certifikované metodiky	71
VI.	Ekonomické aspekty	71
VII.	Závěr.....	73
VIII.	Seznam literatury.....	75
1.	Seznam publikací, které předcházely metodice	75
2.	Seznam použité související literatury.....	75
IX.	Přílohy:	84

Tabulka zkratk

BPEJ		Bonitovaná půdně ekologická jednotka
CaCO ₃		Uhličitán vápenatý
CaO		Oxid vápenatý
CAP	Common Agricultural Policy	Společná zemědělská politika
CCM	Corn Cob Mix	Silážovaná drť odlistěných kukuřičných palic
CO(NH ₂) ₂		Močovina
CO ₂		oxid uhličitý
CO ₂ ekv.		Metrika sjednocující dopad různých skleníkových plynů.
CSR	Corporate Social Responsibility	Společná odpovědnost firem
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive	Směrnice hlášení udržitelnosti firem
DNDC	DeNitrification-DeComposition	Denitrifikace, rozklad
DNSH	Do No Significant Harm	Podmínka nepoškození ostatních oblastí
DZES		Dobry zemědělský a environmentální stav půdy
EF 3.1:	Environmental footprint	Rámec vyvinutý EU
ESCA	European Secretariat for Cluster Analysis	Mezinárodní organizace hodnotí a certifikuje kvalitu řízení klastrových organizací
ESG	Environment, Society, Governance	Prostředí, Společnost, Řízení
ESRS	European Sustainability Reporting Directive	Evropské standardy pro podávání zpráv o udržitelnosti
EU	European Union	Evropská unie
FADN	Farm Accountancy Data Network	Zemědělská účetní datová síť
FSMP	Farm Sustainability Management Plan	Plán udržitelného řízení farem
GAEC	Good Agricultural and Environmental Conditions	Dobry zemědělský a environmentální stav půdy
GWP ₁₀₀	Global Warming Potential	Potenciál globálního oteplování
HRRE	High Revenue Reduced Emission	Vysoká rentabilita při současném snížení uhlíkové stopy
CH ₄		metan
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	Mezivládní panel pro změnu klimatu
K ₂ O		Oxid draselný
LCA (CC)	Life Cycle Assessment (Climate Contribution)	Posuzování životního cyklu
LPIS	Land Parcel Identification System	Registr půdních bloků
LUC	Land Use Change	Změna využití půdy
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry	Využití půdy, změny ve využívání půdy a lesnictví
MgO		Oxid hořečnatý
MEO		Mírně erozně ohrožená půda
N ₂ O		oxid dusný
NEO		Erozně neohrožená půda
NEO NR		Erozně neohrožená půda s nízkým rizikem
NEO VR		Erozně neohrožená půda s vysokým rizikem
NFRD	Non-Financial Reporting Directive	Směrnice nefinančního hlášení
NH ₃		Amoniak
NO ₂		oxid dusičitý
NPK		Trojsložkové hnojivo (dusík, fosfor, draslík)
P ₂ O ₅		Oxid fosforečný
PEFCR	Product Environmental Footprint Category Rules	Pravidla kategorie environmentální stopy produktů

RothC	Rothamsted Carbon	Dynamika půdního uhlíku
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation	Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy
S		Síra
SEO		Silně erozně ohrožená půda
SFDR	Sustainable Finance Disclosure Regulation	Nařízení o zveřejňování informací o udržitelném financování
SOC	Soil Organic Matter	Půdní organická hmota
TSC	Technical Screening Criteria	Technická screening kritéria
TTP		Trvale travní porosty
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	Rámcová úmluva OSN o změně klimatu
USLE	Universal Soil Loss Equation	Univerzální rovnice ztráty půdy
VDJ		Velká dobytčí jednotka
VÚMOP		Výzkumný ústav monitoringu a ochrany půdy
VÚRV		Výzkumný ústav rostlinné výroby
VÚZT		Výzkumný ústav zemědělské techniky
WTT	Well To Tank	Od zdroje k nádrži

I. Cíle metodiky

Tato metodika byla vytvořena v rámci projektu **QK22010354 – Taxonomie: klasifikační systém hodnocení udržitelnosti zemědělství**. Cílem metodiky je poskytnout odborný a prakticky využitelný rámec pro hodnocení udržitelnosti hospodaření zemědělských podniků v podmínkách České republiky, a to zejména ve vazbě na aktuální požadavky evropské a národní legislativy, reporting udržitelnosti a snižování emisí skleníkových plynů.

Hlavní cíle metodiky jsou následující:

- vymezit základní principy evropské taxonomie, ESG, ESRS a CSRD a zasadit je do kontextu zemědělského sektoru,
- zvýšit informovanost uživatelů o požadavcích souvisejících s hodnocením udržitelnosti a reportingem v oblasti zemědělství,
- představit metodický postup pro hodnocení emisí ze zemědělské výroby, a to jak v rostlinné, tak i v živočišné výrobě, včetně využití dostupných ekonomických a výrobních podkladů,
- poskytnout praktický návod pro zpracování emisních analýz a vyhodnocení uhlíkové stopy zemědělských podniků,
- podpořit využití výsledků hodnocení při rozhodování zemědělských podniků, při přípravě na reportingové povinnosti a při navrhování opatření vedoucích ke snižování emisí a ke zvyšování udržitelnosti hospodaření,
- vytvořit podklad využitelný nejen pro zemědělské podniky, ale i pro společnosti podléhající požadavkům na reporting udržitelnosti, pro orgány státní správy a pro další subjekty, které využívají souhrnné informace o udržitelnosti zemědělství pro analytické, rozhodovací nebo koncepční účely.

Metodika je určena především zemědělským podnikům, dále subjektům využívajícím údaje o udržitelnosti v rámci reportingu, orgánům státní správy a dalším odborným uživatelům. Slouží jako praktický nástroj pro orientaci v problematice udržitelného hospodaření, emisního hodnocení a souvisejících regulačních požadavků.

II. Vlastní popis metodiky

Teoretická část předkládané metodiky je založena na popisu přístupu k taxonomii v zemědělství, praktická pak na aplikaci vhodných metod a analýz, které lze využít pro hodnocení a výpočet uhlíkové stopy v rostlinné a živočišné výrobě. Metodika je zpracována na základě poznatků získaných při řešení výzkumného projektu **Taxonomie - klasifikační systém hodnocení udržitelnosti zemědělství**.

1. Úvod

Evropská unie se v rámci Zelené dohody pro Evropu (European Green Deal) zavázala dosáhnout do roku 2050 klimatické neutrality. Do roku 2030 je cílem snížit emise skleníkových plynů o 55 % oproti roku 1990. Tento závazek představuje zásadní transformaci evropské ekonomiky směrem k udržitelnosti.

K dosažení těchto cílů je nezbytná mobilizace rozsáhlého finančního kapitálu – veřejného i soukromého. Taxonomie EU, přijatá v roce 2020, představuje klasifikační systém, který určuje, jaké ekonomické aktivity lze považovat za udržitelné. Cílem Taxonomie je:

- vytvořit společný jazyk pro posuzování udržitelnosti,
- podpořit transparentnost investic a omezit greenwashing (klamání reklamou ve smyslu ochrany prostředí),
- usnadnit tok soukromého kapitálu do environmentálně přínosných aktivit,
- podpořit podniky při přechodu na nízkouhlíkové hospodářství (Nagy a Kovacs, 2020).

Výchozím krokem pro takový přechod je stanovení uhlíkové stopy. Uhlíková stopa vyjadřuje celkové množství emisí skleníkových plynů (zejména CO₂), které vznikají v důsledku činnosti firmy, výroby produktu, poskytování služby nebo životního stylu jednotlivce. Je klíčovým vstupem pro taxonomii. Pro posouzení, zda daná činnost významně přispívá ke zmírňování změny klimatu, je nutné emise měřit a prokazovat jejich snižování nebo nízkou úroveň. Bez výpočtu uhlíkové stopy nelze splnit řadu technických kritérií taxonomie. Motivací firem k jejímu systematickému snižování je mimo jiné získání zeleného financování a zvýšení atraktivity pro investory. Uhlíková stopa je také klíčovým ukazatelem dopadu zemědělství na klima. Taxonomie EU představuje obecný klasifikační rámec pro vymezení environmentálně udržitelných hospodářských činností, přičemž konkrétní technická screeningová kritéria jsou stanovována prostřednictvím aktů v přenesené pravomoci. V oblasti zemědělství však EU legislativa ke dni zpracování této metodiky nestanoví samostatná finální a přímo použitelná kritéria taxonomie pro zemědělské činnosti, a metodika proto pracuje s obecným rámcem taxonomie, s relevantními návrhy a odbornými podklady a se souvisejícími požadavky na reporting udržitelnosti. Směrnice ukládající podnikům povinnost zveřejňovat informace o udržitelnosti se nazývá Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD).

Posuzování uhlíkové stopy zemědělské produkce bude využívat existujících a aktualizovaných databází, v jejichž rámci se budou kvantifikovat emise skleníkových plynů spojené s rostlinnou a živočišnou produkcí, identifikovat hlavní zdroje emisí a možnosti jejich snížení. Dále bude umožňovat srovnání mezi produkcí, technologiemi i regiony (Wright a kol., 2011). Výpočet hodnotí celý životní cyklus zemědělského produktu „od kolébky po bránu farmy“. Analýza a výpočet uhlíkové stopy se zakládá na rámci Product/Organisation

Environmental Footprint (EF) 3.1 Evropské komise. Metodika EF 3.1 poskytuje robustní rámec pro výpočet uhlíkové stopy, avšak zapojení BPEJ a erozních kategorií zpřesňuje výsledky v podmínkách ČR. Výsledky se uvažují jako využitelné pro podniky, politiky i certifikace.

Pořízení a dostupnost nástroje LCA EF 3.1: Metodu Environmental Footprint (EF) 3.1, tj. sadu charakterizačních faktorů a referenční datové sady, zveřejňuje a spravuje Evropská komise prostřednictvím Společného výzkumného střediska (JRC) a je volně dostupná (referenční balíček EF a EF-kompatibilní datové sady na platformě EPLCA JRC: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/>). Vlastní výpočet se provádí v LCA softwaru, který metodu EF 3.1 podporuje. K dispozici jsou komerční nástroje s placenou licencí (např. SimaPro od PR Sustainability nebo Sphera LCA for Experts, dříve GaBi) i bezplatný software s otevřeným zdrojovým kódem openLCA (GreenDelta). Databázi Environmental Footprint 3.1 lze získat mimo jiné prostřednictvím openLCA Nexus (pro její užití v openLCA je nutná licence tzv. Database Analyser and Launcher, DAL); pro studie PEF/OEF ve schválených kategoriích výrobků a odvětví ji lze za stanovených podmínek využívat bezplatně. Podkladové databáze, například ecoinvent nebo Agri-footprint, se však zpravidla licencují samostatně a komerčně. Konkrétní podmínky, verze a ceny se v čase mění, proto je vhodné je před pořízením ověřit u příslušných poskytovatelů.

2. Taxonomie EU a její principy

Taxonomie EU je nástroj, který klasifikuje ekonomické aktivity podle toho, zda přispívají k cílům udržitelného rozvoje a ochrany klimatu. Její hlavní přínos spočívá ve vytvoření jednotného rámce a společného jazyka pro investory, podniky i veřejné instituce.

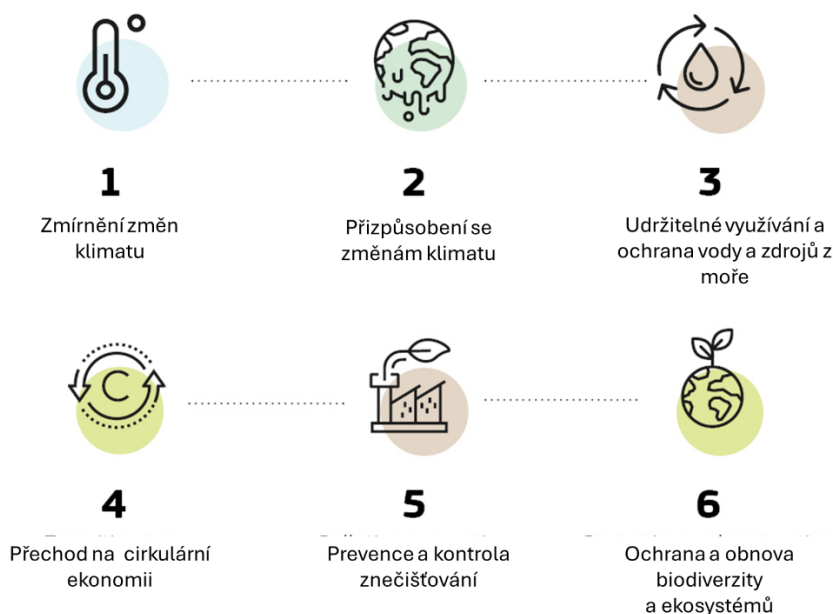
Taxonomie EU nepředstavuje povinný seznam investic, do nichž by investoři museli směřovat své prostředky. Nestanovuje závazné požadavky na environmentální výkonnost společností ani finančních produktů a investoři se mohou svobodně rozhodovat, kam své investice umístí. Očekává se však, že taxonomie EU postupně podpoří přechod k udržitelnosti a přispěje k naplnění klimatických a environmentálních cílů EU.

2.1. Cíle taxonomie

Taxonomie vychází z cílů Zelené dohody pro Evropu a podporuje směřování investic do aktivit, které:

- snižují emise skleníkových plynů,
- zvyšují odolnost vůči změně klimatu,
- chrání biodiverzitu a přírodní zdroje,
- omezují znečištění a podporují oběhové hospodářství.

Cílem taxonomie EU je pomoci navýšit investice do projektů a aktivit, které jsou nezbytné k dosažení cílů Zelené dohody pro Evropu – plánu na dosažení environmentálně udržitelné ekonomiky EU, a to v souladu s následujícími zásadami a cíli (Hill a Papadopoulou, 2022).



Obrázek č. 1. Cíle taxonomie (Zdroj: ec.europa.eu)

2.2. Šest hlavních environmentálních cílů

Každá aktivita, aby mohla být označena za udržitelnou, musí přispívat alespoň k jednomu z následujících cílů a zároveň nesmí významně poškozovat cíle ostatní (princip *do no significant harm* – DNSH):

1. Zmírňování změny klimatu (*mitigace*).

Cílem je omezit emise skleníkových plynů a podpořit činnosti, které přispívají k dekarbonizaci ekonomiky. Patří sem například výroba energie z obnovitelných zdrojů, zvyšování energetické účinnosti budov a technologií, snižování emisí v průmyslových procesech či podpora udržitelných forem dopravy.

2. Přizpůsobování se změně klimatu (*adaptace*).

Aktivita v této oblasti pomáhají zvyšovat odolnost společností, ekosystémů i hospodářství vůči dopadům klimatické změny. Příkladem jsou opatření proti povodním a suchu, ochrana půdy před erozí, zavádění systémů včasného varování nebo výstavba infrastruktury odolné vůči extrémním jevům.

3. Udržitelné využívání a ochrana vodních a mořských zdrojů.

Cílem je chránit a efektivně využívat vodní zdroje, které jsou zásadní pro zemědělství, průmysl i ekosystémy. Podporují se činnosti zaměřené na úsporu vody, její recyklaci, zlepšení kvality vodních toků a ochranu podzemních vod. Do této kategorie patří i udržitelný rybolov a hospodaření s mořskými zdroji.

4. Přechod na oběhové hospodářství.

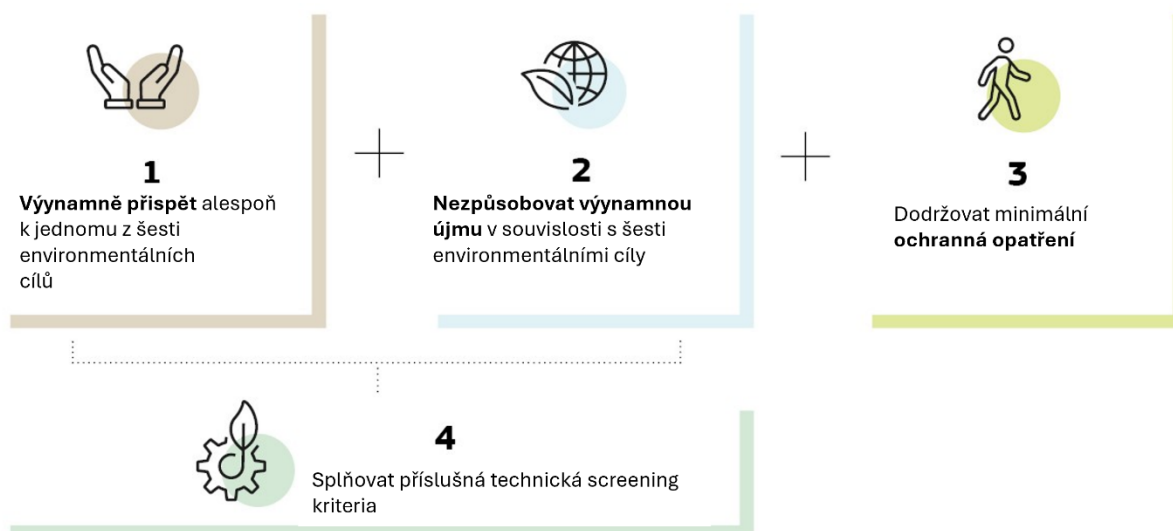
Tento cíl podporuje změnu od lineárního modelu výroby a spotřeby („vyrobít–použít–vyhodit“) k modelu, který klade důraz na opětovné využívání surovin, minimalizaci odpadů a recyklaci. Zahrnuje ekodesign výrobků, prodlužování jejich životního cyklu a zlepšování možností oprav a repasování.

5. Prevence a omezování znečištění.

Cílem je snižování emisí škodlivých látek do ovzduší, vody a půdy. Podporované jsou aktivity vedoucí k minimalizaci používání toxických chemikálií, omezování znečištění z průmyslu a dopravy nebo rozvoj čistých technologií. Významnou roli zde hraje také zlepšení systémů monitoringu a kontroly znečištění.

6. Ochrana a obnova biodiverzity a ekosystémů.

Tento cíl směřuje k ochraně přírodních stanovišť, ohrožených druhů a celkového zdraví ekosystémů. Podporují se aktivity zaměřené na obnovu degradovaných ekosystémů, udržitelné hospodaření v zemědělství a lesnictví či ochranu krajinných prvků zvyšujících ekologickou stabilitu. Zvláštní důraz je kladen na propojení klimatických opatření s ochranou přírody (Nagy a Kovacs, 2020).



Obrázek č. 2. Čtyři zastřešující podmínky, které musí ekonomická aktivita splňovat, aby se kvalifikovala jako environmentálně udržitelná (Zdroj: eu.europa.eu)

3. Typy aktivit

Taxonomie rozlišuje tři kategorie hospodářských aktivit:

- **Nízkouhlíkové aktivity** – přímo podporují cíle klimatické neutrality (např. výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů).
- **Přechodové aktivity** – prozatím neexistuje plně udržitelná alternativa, ale činnost odpovídá nejlepším dostupným technologiím v oboru a nesmí vést k „uzamčení uhlíku“ (*carbon lock-in*). Typickým příkladem je výroba cementu s nejnižšími emisemi v odvětví.
- **Podpůrné aktivity** – usnadňují ostatním činnostem naplňování cílů taxonomie (např. výroba technologií pro obnovitelné zdroje energie, výzkum adaptačních opatření) (Hill a Papadopoulou, 2022).

4. Princip technologické neutrality

Taxonomie neupřednostňuje žádné konkrétní technologie, ale definuje kritéria výstupů a dopadů. Udržitelnou se tedy může stát jakákoli aktivita, pokud splní stanovené parametry (Barker a Mayer, 2022).

5. Legislativní rámec

5.1 Legislativní ukotvení v EU

Taxonomie EU je právně zakotvena v nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/852 o zřízení rámce pro usnadnění udržitelných investic. Toto nařízení definuje principy a cíle klasifikace udržitelných hospodářských činností.

Konkrétní požadavky na zařazení aktivit mezi udržitelné jsou dále rozpracovány v tzv. technických screeningových kritériích (Technical Screening Criteria – TSC). Tato kritéria nejsou přímo součástí základního nařízení, ale jsou přijímána prostřednictvím aktů v přenesené pravomoci (Delegated Acts), které upřesňují podmínky pro jednotlivé sektory a environmentální cíle.

EU legislativa tak stanoví obecný rámec taxonomie, samostatná finální a přímo použitelná technická screeningová kritéria pro zemědělství jsou ke dni zpracování této metodiky stále ve fázi příprav a revizí. Pro oblast zemědělství jsou k dispozici zejména pracovní podklady, doporučení a návrhy odborných platforem, které mohou sloužit jako interpretační a orientační východisko, nikoli však jako konečný závazný sektorový standard.

Delegované akty přijaté v rámci taxonomie se průběžně rozšiřují a aktualizují. První akty se týkaly klimatických cílů, tedy zmírňování změny klimatu a přizpůsobování se změně klimatu. Následně byly doplněny další akty a úpravy pro vybrané oblasti a environmentální cíle. Evropská komise přitom současně uvádí, že pro některé sektory, včetně zemědělství, je zapotřebí další posouzení a kalibrace kritérií. Taxonomie je úzce propojena s dalšími legislativními nástroji EU, zejména:

- CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) – směrnice o podávání zpráv o udržitelnosti podniků,
- SFDR (Sustainable Finance Disclosure Regulation) – nařízení o zveřejňování informací souvisejících s udržitelností ve finančním sektoru,
- standardy ESRS (European Sustainability Reporting Standards), které specifikují obsah ESG reportingu.

5.2. Česká legislativa

V českém právním rámci se požadavky taxonomie a CSRD promítají prostřednictvím novel vyhlášek České národní banky a zákona o účetnictví. ČNB vydala například vyhlášky č. 184/2022 Sb., 185/2022 Sb. a 227/2022 Sb., které implementují evropské požadavky na začlenění faktorů udržitelnosti do finančního trhu.

Aplikace povinností reportingu udržitelnosti v České republice vychází z evropského rámce CSRD a jeho následných revizí. Původně se předpokládalo postupné rozšíření povinnosti

i na další velké podniky a vybrané malé a střední podniky, avšak legislativní vývoj na úrovni EU byl v roce 2025 významně ovlivněn revizním balíčkem Omnibus I a přijetím tzv. stop-the-clock odkladu. Při posuzování konkrétní povinnosti reportovat je proto nezbytné vždy vycházet z aktuálně účinného znění evropské legislativy a z její transpozice do českého právního řádu.

5.3. ESG, ESRS a CSRD včetně aktuální revize Omnibus I

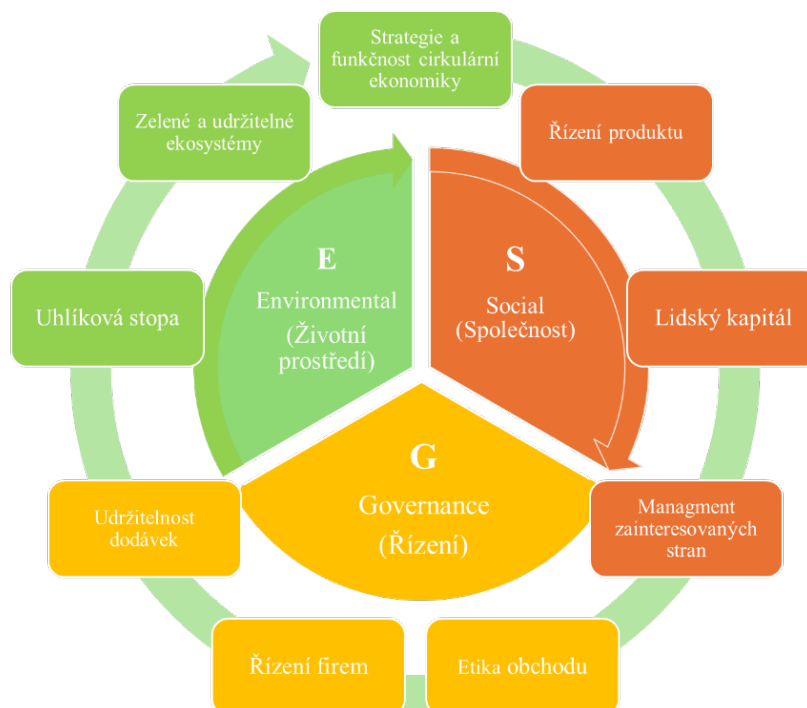
Reporting udržitelnosti podle CSRD a koncept ESG spolu úzce souvisejí. ESG vymezuje hlavní oblasti udržitelnosti, tedy environmentální, sociální a řídicí aspekty, zatímco CSRD představuje právní rámec, který stanoví povinnost, rozsah a základní pravidla pro zveřejňování informací o těchto tématech. ESRS pak představují prováděcí reportingové standardy, které určují strukturu a obsah vykazovaných informací.

Jinými slovy, ESG vymezuje, jaké okruhy udržitelnosti jsou sledovány, CSRD určuje, kdo, kdy a za jakých podmínek má o těchto tématech reportovat, a ESRS stanovují, jak mají být tyto informace zpracovány a zveřejněny.

Současně je třeba uvést, že evropský rámec reportingu udržitelnosti prochází od roku 2025 revizí v rámci balíčku Omnibus I. Tato revize směřuje ke zjednodušení požadavků, úpravě okruhu povinných subjektů a revizi standardů ESRS. Vedle toho byl přijat i tzv. stop-the-clock mechanismus, který odložil uplatnění některých povinností pro podniky, jež měly reportovat v dalších vlnách podle původního harmonogramu CSRD. Přehled legislativy je uveden v příloze 1.

6. ESG

ESG je rámec, který propojuje příležitosti a rizika v oblasti životního prostředí, sociálních věcí a řízení do strategie s cílem vybudovat dlouhodobou finanční udržitelnost a schopnost vytvářet hodnoty. ESG zahrnuje širokou škálu nefinančních hodnotících kategorií a kritéria, které používají akcionáři a další stakeholdeři k posouzení dopadu a obchodních praktik společnosti.



Obrázek č. 3. ESG – Environmental, Social and Governance – propojení životního prostředí, sociálního pozadí a řízení (Zdroj: eu.europa.eu)

6.1. Princip dvojí materiality

Nový rámec ESG reportingu v EU vychází z konceptu dvojí materiality:

- Finanční materialita – jak rizika a příležitosti v oblasti udržitelnosti ovlivňují podnik (např. náklady na energii, dostupnost zdrojů).
- Environmentální a sociální materialita – jak činnost podniku ovlivňuje životní prostředí a společnost (emise, biodiverzita, pracovní podmínky).

Podnik musí hodnotit oba pohledy současně a reportovat informace, které jsou podstatné z jedné nebo obou perspektiv (Barker a Mayer, 2022).

Ukázky otázek a části reálného dotazníku ESG bank v ČR jsou uvedeny v Příloze 2.

7. Směrnice CSRD

Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) zásadně rozšiřuje požadavky na nefinanční reporting.

- Zavádí povinnost zveřejňovat podrobné informace o dopadech činností podniků na životní prostředí, společnost a správu podniku.
- Vztahuje se nejen na velké podniky veřejného zájmu, ale postupně i na všechny velké podniky a vybrané malé a střední podniky.
- Požaduje, aby zveřejňované informace byly ověřitelné externím auditorem.

Původní rozsah a harmonogram zavádění CSRD byly v roce 2025 předmětem revize v rámci legislativního balíčku Omnibus I. Evropská komise navrhla zúžit okruh povinných subjektů a upravit navazující reportingové požadavky. Současně byl přijat tzv. stop-the-clock

mechanismus, který odložil uplatnění některých povinností pro podniky, jež měly nově vstoupit do reportingu podle původního harmonogramu. Pro účely této metodiky je proto třeba rozlišovat mezi původním zněním CSRD a jeho následně revidovaným aplikačním režimem.

8. Standardy ESRS

Pro jednotnou aplikaci CSRD byly vyvinuty European Sustainability Reporting Standards (ESRS). Tyto standardy představují základní referenční rámec pro reporting podle CSRD, současně však i jejich obsah a rozsah patří mezi oblasti, které mají být v návaznosti na balíček Omnibus I dále zjednodušovány a revidovány. ESRS pokrývají tři hlavní oblasti ESG:

- E – Environment (životní prostředí)
- S – Social (sociální oblast)
- G – Governance (řízení a správa)

Podniky musí hodnotit dvojí materialitu a reportovat pouze ta témata, která jsou pro jejich činnost podstatná.

8.1. Přehled a vysvětlení jednotlivých standardů

Environmentální standardy (E1–E5)

- **E1: Změna klimatu**

Podniky reportují své přímé i nepřímé emise skleníkových plynů (Scope 1–3), opatření ke zmírnění klimatické změny a plány dekarbonizace. V zemědělství sem patří emise z hnojiv, metan z chovu zvířat, využívání energie a využití obnovitelných zdrojů.

- **E2: Znečištění**

Sleduje znečišťující látky vypouštěné do ovzduší, vody a půdy (např. oxidy dusíku, pesticidy, těžké kovy). V zemědělství je důraz na používání pesticidů a hnojiv a jejich dopad na kvalitu vody a ovzduší.

- **E3: Voda a mořské zdroje**

Zaměřuje se na spotřebu, recyklaci a ochranu vodních zdrojů. U zemědělských podniků je zásadní evidence využití vody k zavlažování, ochrana vod před eutrofizací a opatření ke zlepšení hospodaření s vodou.

- **E4: Biodiverzita a ekosystémy**

Hodnotí vliv podniků na přírodní stanoviště, druhovou rozmanitost a půdu. V zemědělství jde o strukturu krajiny, ochranu půdy, zachování remízků, mezí a opatření na podporu opylovatelů.

- **E5: Využívání zdrojů a oběhové hospodářství**

Mapuje spotřebu surovin, produkci odpadů a podíl recyklace. Pro zemědělství je důležité, jak efektivně se využívají hnojiva, krmiva, biomasa a zda jsou zaváděny principy oběhového hospodářství (např. využití statkových hnojiv, kompostování).

Sociální standardy (S1–S4)

- **S1: Vlastní pracovní síla**

Sledují se pracovní podmínky, odměňování, bezpečnost práce, diverzita a rovné příležitosti. V zemědělství jde o sezónní pracovníky, bezpečnost při práci se stroji a férové pracovní podmínky.

- **S2: Zaměstnanci v hodnotovém řetězci**

Podniky musí posoudit, zda jejich dodavatelé a odběratelé dodržují pracovní standardy, lidská práva a férové zacházení. V zemědělství to může znamenat i hodnocení subdodavatelů při dodávkách krmiv, osiv či techniky.

- **S3: Ovlivněné komunity**

Hodnotí se vliv činností podniku na místní komunity – např. dopady na životní prostředí, přístup k přírodním zdrojům, vztahy se sousedními obcemi. V zemědělství to zahrnuje např. nakládání se statkovými hnojivy nebo způsob hospodaření v krajině.

- **S4: Spotřebitelé a koncoví uživatelé**

Sledují se otázky bezpečnosti výrobků, kvality a transparentnosti informací. U zemědělských podniků jde o potravinovou bezpečnost, kvalitu surovin a transparentní komunikaci vůči odběratelům i spotřebitelům.

Governance standardy (G1)

- **G1: Řízení a správa podniku**

Zahrnuje strukturu řízení, obchodní etiku, protikorupční opatření, compliance a zapojení stakeholderů. Pro zemědělství to znamená i transparentní vlastnické struktury, férové čerpání dotací a odpovědné řízení vztahů s partnery (Regulation (EU) 2020/852).

9. Konkrétní mapování ESG-ESRS-CSRD pro zemědělský podnik

E – Environmental (klíčové pro zemědělství)			
ESG téma	ESRS	Co konkrétně řeší zemědělská firma	Typické ukazatele / data
Změna klimatu	ESRS E1	Emise z hospodářských zvířat, hnojiv, energie	Scope 1 (CH ₄ , N ₂ O), Scope 2, cíle snížení
Znečištění	ESRS E2	Dusík, fosfor, pesticidy, amoniak	Použití hnojiv, pesticidů, emise NH ₃
Voda	ESRS E3	Zavlažování, odběry vody	Spotřeba vody, riziko sucha
Biodiverzita	ESRS E4	Půda, krajina, ochrana druhů	Využití půdy, chráněná území, eroze
Zdroje & cirkularita	ESRS E5	Hnůj, kejda, biomasa, odpady	Nakládání s odpady, oběhové využití
S – Social			
ESG téma	ESRS	Co konkrétně řeší zemědělská firma	Typické ukazatele / data
Zaměstnanci	ESRS S1	Sezonní práce, BOZP, mzdy	Úrazy, pracovní doba, diverzita
Dodavatelský řetězec	ESRS S2	Subdodavatelé, agenturní pracovníci	Pracovní podmínky, dětská práce

Místní komunity	ESRS S3	Dopady na okolí, zápach, hluk	Stížnosti, dialog s obcemi
Zákazníci	ESRS S4	Bezpečnost potravin	Kvalita, dohledatelnost, incidenty
G – Governance			
ESG téma	ESRS	Co konkrétně řeší zemědělská firma	Typické ukazatele / data
Etika a compliance	ESRS G1	Dotace, korupční rizika	Kodex chování, kontroly
Řízení udržitelnosti	ESRS 2	Řízení ESG, odpovědnosti	Role vedení, politiky, cíle

Postup práce s tabulkou - prostudují se ESG témata, následně se vyhodnotí dopady, rizika a příležitosti, určí se materiální ESRS standardy a reportují se jen ty standardy, které CSRD vyžaduje.

10. Povinnost reportovat

V České republice, stejně jako v ostatních členských státech EU, je reporting udržitelnosti navázán na evropský rámec CSRD a na standardy ESRS. Povinnost reportovat se podle původního znění CSRD zaváděla postupně podle velikosti, typu a statusu podniku.

Původní režim CSRD vycházel z postupného náběhu povinností pro:

- velké podniky veřejného zájmu, které již dříve spadaly pod režim nefinančního reportingu,
- další velké podniky splňující stanovená velikostní kritéria,
- vybrané malé a střední podniky kótované na regulovaném trhu.

V roce 2025 však došlo na úrovni EU k významné revizi tohoto rámce v rámci balíčku Omnibus I. Vedle návrhu na věcné zjednodušení a zúžení okruhu povinných subjektů byl přijat také tzv. stop-the-clock mechanismus, který odložil uplatnění reportingových povinností pro podniky, jež měly vstoupit do reportingu v dalších vlnách podle původního harmonogramu.

Pro účely této metodiky je proto třeba vycházet z následujícího interpretačního závěru:

- původní harmonogram zavádění CSRD již nelze bez dalšího přebírat v jeho původní podobě,
- aktuální rozsah povinných subjektů je nutné vždy posuzovat podle účinného a aktuálně platného znění evropské legislativy,
- u podniků mimo bezprostřední povinný reporting však nadále roste význam dobrovolného nebo nepřímě vyžadovaného poskytování dat o udržitelnosti, zejména ve vztahu k bankám, odběratelům, investorům a dodavatelským řetězcům.

Podle návrhu revize Omnibus I má být povinný reporting CSRD nově soustředěn zejména na velké podniky s více než 1 000 zaměstnanci, které současně splňují příslušné ekonomické velikostní parametry. Současně má dojít i k omezení dopadů na menší podniky v dodavatelských řetězcích a k revizi rozsahu povinně vykazovaných informací.

Z pohledu zemědělských podniků je podstatné, že i v případech, kdy na ně přímá povinnost reportovat podle CSRD nedopadá, mohou být údaje o emisích, uhlíkové stopě, využívání zdrojů

nebo dalších ukazatelích udržitelnosti nadále vyžadovány nepřímo, zejména v rámci obchodních vztahů, bankovního financování, ESG dotazníků nebo hodnotových řetězců.

11. Technická screeningová kritéria (Technical Screening Criteria – TSC) v zemědělství

Taxonomie definuje, co je environmentálně udržitelná činnost a jejím nástrojem jsou tzv. technická screeningová kritéria (TSC):

- technické prahové hodnoty
- určují, zda je činnost:
 - významně přispívající (Substantial Contribution)
 - nepoškozující ostatní cíle (DNSH)
 - v souladu se sociálními zárukami

11.1. Hierarchie a příklady TSC

Přínos k udržitelnosti

A) Zmírňování změny klimatu

Cíl: snížení emisí skleníkových plynů a ochrana uhlíku v půdě.

TSC obsahují: Zemědělské postupy:

- střídání plodin
- meziplodiny a krycí plodiny
- omezení hluboké orby (no-till / strip-till)
- Redukce emisí dusíku z hnojiv
- Evidence uhlíkových zásahů

B) Adaptace na změnu klimatu

Cíl: přizpůsobení zemědělství klimatickým rizikům.

TSC požadují:

- posouzení klimatických rizik (sucho, povodně, eroze)
- adaptační opatření:
- protierozní pásy, retenční opatření
- změna plodin dle klimatických podmínek
- zavlažovací strategie

C) Významně nepoškozovat (Do No Significant Harm – DNSH)

I) Voda

- Plán hospodaření s vodou
- Žádné zhoršení kvality povrchových nebo podzemních vod
- Omezení splachů dusíku a fosforu
- Zamezení eutrofizace

II) Prevence znečištění

- Integrated Pest Management (IPM) – systematické řízení škůdců
- Omezení nebezpečných pesticidů
- Dokumentace a evidence aplikací chemických látek

III) Půda

- Prevence erozi a degradace půdy
- Omezování zhutnění půdy a nevhodné mechanizace
- Protierozní opatření a práce se strukturou půdy

IV) Biodiverzita a ekosystémy

- Žádná konverze cenných nebo chráněných ekosystémů
- Zachování krajinných prvků: remízky, biopásky, mokřady
- Ochranná pásma kolem chráněných oblastí

D) Minimální záruky (sociální aspekt)

- Dodržování pracovního práva
- Bezpečnost a ochrana zdraví při práci (BOZP)
- Zákaz dětské práce a nucené práce
- Férové pracovní podmínky
- Soulad s OECD Guidelines a UN Guiding Principles (Commission Delegated Regulation (EU) 2021/2139).

Pravidlo:

Selhání v jakékoli oblasti = Daná ekonomická aktivita není klasifikována jako environmentálně udržitelná, může dojít např. ke ztrátě dotací.

Technická screeningová kritéria jsou souborem pravidel vytvořených jako vodítko pro hodnocení ekonomických aktivit společností v rámci taxonomie EU. Jsou vyvíjena pro činnosti v rámci všech šesti environmentálních cílů definovaných v taxonomii EU a zahrnují vše od požadavků specifických pro výrobu nebo produkt až po požadavky specifické pro dané místo.

Nařízení EU o taxonomii (EU 2020/852) poprvé vstoupilo v platnost v létě 2020. V prosinci 2021 bylo rozšířeno o technická screeningová kritéria pro první dva environmentální cíle, zmírňování změny klimatu a adaptace na změnu klimatu a o další požadavky na hlášení taxonomických informací. Hlášení o souladu s činnostmi, na které se vztahuje akt v přenesené pravomoci v oblasti klimatu (EU) 2021/2139, je vyžadováno od ledna 2023.

Technická screeningová kritéria pro zbývající environmentální cíle jsou uvedena v zákoně v přenesené pravomoci v oblasti životního prostředí (EU) 2023/2486 a byla zveřejněna v listopadu 2023, platí od ledna 2024. Zákon v přenesené pravomoci v oblasti životního prostředí stanoví, že společnosti musí hlásit způsobilost pro nové činnosti odpostupně od ledna 2024 a od ledna 2025.

Aktuální situace v zemědělství:

- Screeningová kritéria specificky pro zemědělství - například pro produkci plodin a živočišnou výrobu - jsou zatím dostupná pouze v pracovní (draftové) verzi. Jejich finální schválení ještě neproběhlo.
- Tyto návrhy (např. zahrnující strategie typu „Farm Sustainability Management Plan“ – FSMP, požadavky na udržitelnou bilanci dusíku, ochranu biodiverzity či udržitelnou

vodohospodářskou praxi) byly publikovány platformou na podporu udržitelného financování jako součást konzultačního procesu.

- Zemědělství dosud nebylo zahrnuto do prvních delegovaných aktů (např. v klimatické části taxonomie), protože byly vedeny diskuse související s nastavením společné zemědělské politiky, a proto byla příslušná taxonomie pro sektor odložena do pozdější fáze.
- Kritéria jsou podrobná a přizpůsobená specifickým činnostem v zemědělství (plodiny, živočišná výroba, biodiverzita, dusík, FSMP apod.).
- Dosud však nebyla schválena jako platná legislativní součást taxonomie – čekají na finalizaci a formální začlenění do delegovaných aktů.

Provázanost a výčet technických kritérií je uveden v Příloze 4.

12. Provázanost reportingu x technical screening criteria (TSC) x taxonomie EU pro zemědělské podniky

Zemědělský podnik

1. podle CSRD musí reportovat
2. podle ESRS:
 - popíše dopady na půdu, vodu, klima
 - uvede metriky, cíle, opatření
3. podle EU Taxonomie:
 - posoudí, zda jeho činnosti splňují TSC
 - vypočítá podíl tržeb, který společnost generuje z činností splňujících přísná kritéria udržitelnosti EU
4. výstup:
 - ESG report (ESRS)
 - vstup pro banky, investory, dotace

13. Dopady zavádění taxonomie

13.1. Dopady na podniky obecně

Implementace taxonomie přináší podnikům nové povinnosti v oblasti transparentnosti a reportingu. Firmy musí:

- posoudit, zda jejich činnosti splňují podmínky taxonomie,
- zveřejnit podíl „udržitelných“ aktivit na obratu, kapitálových a provozních výdajů,
- zavést systémy pro sběr a vyhodnocování dat,
- přizpůsobit své strategie udržitelnosti a investic.

Taxonomie tak představuje nejen administrativní zátěž, ale také příležitost: podniky, které splní požadavky, budou mít lepší přístup k externímu financování např. prostřednictvím půjček či dotací a mohou se odlišit v konkurenčním prostředí.

13.2. Dopady na české podnikatelské prostředí

V českém kontextu se dopady projevují postupně.

- Od roku 2022 se povinnosti vztahují na velké podniky veřejného zájmu (banky, pojišťovny, vybrané obchodní společnosti).
- Od roku 2026 budou muset kritéria reportovat i další velké podniky.
- Do budoucna se předpokládá rozšíření i na malé a střední podniky, zejména pokud využívají externí financování.

Pro zemědělské podniky je zásadní sledovat vývoj screeningových kritérií pro jejich odvětví, aby byly schopny prokázat soulad svých činností s taxonomií.

14. Role bank a finančních institucí

Banky a investoři jsou klíčovým článkem při zavádění taxonomie, protože mají povinnost posuzovat udržitelnost financovaných aktivit.

- V praxi to znamená, že podniky žádající o úvěry nebo investice jsou hodnoceny také podle ESG kritérií a souladu s taxonomií.
- V ČR už některé banky (např. Komerční banka, ČSOB) začaly zavádět ESG dotazníky pro klienty. Ty obsahují otázky na energetické hospodářství, emise, hospodaření s vodou, odpady, biodiverzitu i sociální a governance aspekty.
- Banky využívají odpovědi nejen k plnění vlastních regulatorních povinností, ale i k rozhodování o podmínkách financování (úrokové sazby, přístup k zeleným úvěrům). (Ukázky dotazníků používaných v českém bankovním sektoru naleznete v Příloze 2.)

15. Praktické dopady pro zemědělské podniky

- Vyšší požadavky na data: podniky budou muset vést detailní evidenci spotřeby energie, emisí, využití vody, půdy a dalších vstupů.
- Investiční rozhodování: zemědělci budou čelit tlaku přizpůsobit technologie a hospodaření udržitelným standardům (např. precizní zemědělství, hospodaření s dusíkem, ochrana biodiverzity).
- Finanční dopady: nesoulad s taxonomií může znamenat nevýhodu při komunikaci se třetími subjekty při získávání úvěrů nebo dotací. Naopak podniky, které se přizpůsobí, mohou využít lepší přístup k externímu financování a získat reputační výhodu.

16. Specifická kritéria udržitelnosti pro zemědělství

Zemědělský sektor má v rámci udržitelnosti zvláštní postavení: na jedné straně je významným producentem emisí a zátěží pro životní prostředí, na druhé straně je klíčovým aktérem při ochraně půdy, vody a biodiverzity. Proto se pro zemědělství připravují specifická kritéria, která rozvíjejí obecné požadavky taxonomie a standardů ESRS.

Praktické příklady opatření jsou uvedeny v Příloze 5.

17. Uhlíková stopa a její vztah k taxonomii

Uhlíková stopa představuje celkové množství emisí skleníkových plynů vyvolaných činnostmi organizace, vyjádřené v ekvivalentu oxidu uhličitého (CO₂ ekv.). Zahrnuje nejen přímé emise oxidu uhličitého, ale i další významné skleníkové plyny, zejména metan (CH₄) a oxid dusný (N₂O), které jsou pro zemědělský sektor charakteristické svou vysokou klimatickou účinností.

V zemědělství vznikají emise skleníkových plynů především v souvislosti s biologickými procesy. Mezi nejvýznamnější zdroje patří enterická fermentace u hospodářských zvířat, nakládání s hnojem a kejdou, aplikace minerálních a organických hnojiv, zpracování půdy a spotřeba energie v zemědělských provozech. Další nepřímé emise vznikají v hodnotovém řetězci, zejména při výrobě krmiv, hnojiv, pesticidů, při dopravě vstupů a při distribuci zemědělských produktů.

Výpočet uhlíkové stopy vychází z kombinace aktivitních dat (například počty zvířat, spotřeba hnojiv, spotřeba energie) a emisních faktorů stanovených mezinárodními metodikami, zejména doporučeními Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC). Výsledkem je kvantifikace emisí v tunách CO₂ ekv., která umožňuje srovnatelnost v čase, mezi jednotlivými provozy i s jinými subjekty v odvětví.

Uhlíková stopa plní v řízení udržitelnosti klíčovou roli. Slouží jako základní nástroj pro identifikaci hlavních emisních zdrojů, stanovení prioritních opatření ke snižování emisí a hodnocení účinnosti přijatých opatření. V zemědělství může zahrnovat například optimalizaci hnojení, zlepšení krmných strategií, efektivnější nakládání s hnojem, zavádění precizního zemědělství nebo zvyšování sekvestrace uhlíku v půdě.

V kontextu evropské legislativy je uhlíková stopa úzce provázána s požadavky směrnice CSRD a standardu ESRS E1 – Climate change. Organizace jsou povinny transparentně vykazovat své emise skleníkových plynů, související rizika a příležitosti, klimatické cíle a přechodové plány. Uhlíková stopa zároveň představuje důležitý podklad pro posouzení souladu činností s EU taxonomií, zejména ve vztahu k cíli zmírňování změny klimatu.

Systematické sledování a řízení uhlíkové stopy tak přispívá nejen ke snižování negativních dopadů na klima, ale i k dlouhodobé konkurenceschopnosti zemědělských podniků, jejich schopnosti reagovat na regulační požadavky a k posilování důvěry investorů, obchodních partnerů a veřejnosti.

III. Metodika výpočtu uhlíkové stopy

1. Vlastní popis metodiky

Metodika hodnocení uhlíkové stopy zemědělské výroby vychází z rámce Product/Organisation Environmental Footprint (EF) 3.1 vyvinutého Evropskou komisí. Tento rámec je založen na posuzování životního cyklu a umožňuje kvantifikovat environmentální dopady produktů od těžby surovin až po nakládání s odpady (European Commission, 2021a; Andreasi Bassi et al., 2023).

2. Inventarizace vstupů a procesů

Základem výpočtu uhlíkové stopy zemědělské produkce je inventarizace všech významných vstupů a procesů vztažená na 1 ha dané plodiny. Sledují se zejména hmotné vstupy aplikované na pole a energie pro polní práce, spolu s emisemi spojenými s výrobou vstupů („od kolébky po bránu“) i jejich užitím na farmě. Mezi hlavní zahrnované položky patří minerální a organická hnojiva, pesticidy, osivo, paliva a energie (včetně elektřiny), mechanizace a přímé emise z půdy; podle relevance se eviduje i závlahová voda. Inventarizace má zachytit typicky alespoň 95–97 % dopadů; vynechání zanedbatelných toků musí být zdůvodněno pravidlem „cut-off“, nastavení přesných hranic, které se nesmí překračovat. Hranice systému jsou nastaveny jako „od kolébky po bránu farmy“, tedy od výroby vstupů až po sklizeň a výstup produktu z farmy. Procesy po opuštění farmy (např. další doprava a zpracování) se obvykle nezahrnují. Do hranice však spadá doprava vstupů na farmu, vnitropodniková doprava a podle situace i skladování (např. statkových hnojiv) a nakládání s odpady, pokud probíhá v rámci systému (European Commission, 2013; 2021a). Výstupem je hlavní produkt a případně vedlejší produkty (např. sláma). V takovém případě se dopady dělí mezi produkty podle pravidel „Product Environmental Footprint Category Rules“ (PEFCR), nejčastěji ekonomickou nebo hmotnostní alokací. U živočišných systémů se obdobně alokuje např. mezi mléko a vedlejší produkty (European Commission, 2018; 2021a). Metodika EF následně vyhodnocuje uhlíkovou stopu v kategorii dopadu „Climate Change“. Změny využití půdy nebo zásob půdního uhlíku lze zahrnout, pokud k nim došlo; uhlík odebraný fotosyntézou je v EF 3.1 chápán jako součást krátkodobého cyklu a nepovažuje se za trvalý záchyt (European Commission, 2021a; Andreasi Bassi et al., 2023).

2.1. Přímé emise z půdy a ze zvířat a jejich vazba na dusík

Vedle emisí spojených s výrobou vstupů vznikají skleníkové plyny přímo na poli půdními biochemickými procesy. Klíčový je oxid dusný (N_2O) vznikající mikrobiální přeměnou dusíku, dále se může uvolňovat CO_2 např. po aplikaci močoviny nebo při vápnění. N_2O má výrazně vyšší potenciál globálního oteplování než CO_2 , proto i malé ztráty dusíku mohou významně zvýšit uhlíkovou stopu. Metodiky EF 3.1 i postupy Mezivládního panelu pro změnu klimatu („Intergovernmental Panel on Climate Change“, IPCC) vyžadují zahrnout přímé emise N_2O ; v Tier 1 se obvykle používá výchozí emisní faktor cca 1 % z dodaného dusíku vyjádřený jako $\text{N}_2\text{O}\text{-N}$. Při dostupnosti podrobnějších údajů lze použít Tier 2 (specifické faktory) nebo Tier 3

(modely/měření) při zachování konzistence dusíkové bilance (European Commission, 2021a; IPCC, 2006). Zohledňují se i nepřímé emise N_2O , kdy se dusík nejprve ztratí volatilizací NH_3 nebo vyplavením NO_3^- a následně se část přemění na N_2O . Pro tyto cesty existují samostatné emisní faktory; orientačně se uvádějí souhrnné hodnoty kolem 0,75 % aplikovaného dusíku, obvykle menší než přímé emise, ale relevantní pro srovnatelnost (IPCC, 2006). U živočišné výroby mezi přímé emise patří zejména metan (CH_4) z enterické fermentace a N_2O i CH_4 z nakládání s hnojem. Metan má přibližně 28násobný potenciál globálního oteplování oproti CO_2 , proto metodiky EF 3.1 i IPCC požadují jeho zahrnutí. Pro odhad se používají emisní faktory (Tier 1 typicky na kus nebo jednotku krmiva), případně Tier 2/3 při detailních údajích o krmivu a užitkovosti (IPCC, 2006; FAO, 2016; WRI/WBCSD, 2016). U kejdy vzniká CH_4 v anaerobních podmínkách při skladování, u pevného hnoje bývá CH_4 menší, ale dochází k emisím N_2O během skladování i po aplikaci. IPCC uvádí např. výchozí emisní faktor pro N_2O z exkrementů na pastvině kolem 2 % (IPCC, 2006).

2.2. Minerální hnojiva

Minerální hnojiva představují jeden z hlavních zdrojů emisí v rostlinné výrobě. Zahrnují zejména dusíkatá, fosforečná a draselná hnojiva (N, P, K). Emise mají dvě hlavní složky: (i) nepřímé emise z výroby hnojiv („upstream“) a (ii) přímé emise na poli po aplikaci. U dusíkatých hnojiv jsou nepřímé emise významné, protože syntéza amoniaku je energeticky náročná a je spojena s emisemi CO_2 a v některých technologických konfiguracích i N_2O . U dusičnanových hnojiv mohou ve výrobě vznikat emise N_2O při výrobě kyseliny dusičné; moderní závody zavádějí katalyzátory omezující N_2O , takže emisní faktor na jednotku dusíku klesá. V globálním měřítku se uvádí, že syntetická hnojiva se podílejí přibližně 2,6 Gt CO_2 ekv. ročně při zahrnutí emisí z výroby i užití, což odpovídá přibližně 5 % celkových emisí skleníkových plynů (Gao a Cabrera Serrenho, 2023; KBR, 2023). Pro účely posuzování životního cyklu, tedy „Life Cycle Assessment“ (LCA), se nepřímé emise přebírají z databází (ecoinvent, Agri-footprint) nebo z literatury. Emisní intenzita výroby dusíkatých hnojiv se liší podle regionu i technologie; publikované hodnoty se pohybují v řádu jednotek kg CO_2 ekv. na kg hnojiva. Druhou složkou jsou přímé emise na poli, zejména emise N_2O z půdních mikrobiálních procesů, a u některých hnojiv také specifické emise CO_2 (např. u močoviny). U fosforečných a draselných hnojiv přímé emise spočívají typicky hlavně ve spotřebě energie při jejich aplikaci (např. nafta), zatímco jejich působení na půdě obvykle nevede k přímému uvolňování skleníkových plynů mimo související procesy výroby. V metodice EF 3.1 se emisní faktory často vztahují na jednotku živiny, nejčastěji na kg N, a mohou zahrnovat jak emise spojené s výrobou, tak průměrné emise N_2O z aplikace. Zohledňují se rovněž emise CO_2 z rozkladu močoviny a z vápnění půdy (European Commission, 2021a). Močovina, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, se v půdě hydrolyzuje a uhlík se uvolňuje ve formě hydrogenuhlíčitanu, který se následně rozkládá na CO_2 a vodu. V inventarizaci se emise CO_2 z aplikace močoviny počítají. Přepočet vychází z obsahu uhlíku v močovině (~0,20 kg C/kg) a převodu $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2$, což odpovídá přibližně 0,73 kg CO_2 na 1 kg aplikované močoviny (IPCC, 2006; European Commission, 2021a). Vápnění půdy se počítá jako zdroj CO_2 , protože uhlík z uhličitánových materiálů se uvolní do atmosféry. Standardně se předpokládá, že veškerý uhlík z aplikovaného vápence se časem přemění na CO_2 ; emisní faktor vyplývá ze stechiometrie. U CaCO_3 jde přibližně o 0,44 kg CO_2

na 1 kg materiálu a u dolomitu zhruba 0,48 kg CO₂ na 1 kg (IPCC, 2006; European Commission, 2021a).

2.3.Organická hnojiva

Organická hnojiva (hnůj, kejda, kompost, digestát) podporují recyklaci živin a mohou snižovat potřebu minerálních hnojiv, čímž nepřímo snižují emise z výroby průmyslových hnojiv. Současně však při jejich aplikaci a rozkladu vznikají emise N₂O, CO₂ a za určitých okolností i CH₄. Na dobře provzdušněných polích bývají emise CH₄ po aplikaci organické hmoty zpravidla malé, ale relevantní mohou být emise při skladování a manipulaci. Klíčové jsou opět emise N₂O z dusíku v organickém hnojivu; počítají se obdobně jako u minerálních dusíkatých hnojiv, případně s úpravami odrážejícími postupné uvolňování dusíku (European Commission, 2021a; IPCC, 2006). Specifická je otázka přiřazení emisí původu organického hnojiva. Pokud organické hnojivo vzniká jako vedlejší produkt živočišné výroby a nemá ekonomickou hodnotu, metodiky EF jej často považují za reziduum bez alokace historické zátěže z chovu. Pokud však má tržní hodnotu a je prodáváno, lze na něj alokovat část emisí živočišné výroby ekonomickým nebo fyzikálním klíčem. V praxi se organickému hnojivu často přičítají emise z dopravy, emise ze skladování (včetně úniků CH₄ a N₂O) a emise N₂O z pole (European Commission, 2018; 2021a).

2.4.Pesticidy

Pesticidní přípravky (herbicidy, insekticidy, fungicidy) se aplikují v relativně malých dávkách na hektar a jejich přímé emise uhlíku na poli jsou zpravidla zanedbatelné. Hlavní dopad na uhlíkovou stopu spočívá v emisích z výroby, protože syntéza pesticidů je chemicky i energeticky náročná. Publikované odhady uvádějí, že výroba 1 kg účinné látky herbicidu může vést k emisím přibližně 18–27 kg CO₂ ekv., u insekticidů zhruba 15–19 kg a u fungicidů přibližně 12–29 kg CO₂ ekv. (Audsley et al., 2009; Pesticide Collaboration, 2023). Pro modelování se využívají databázová data (ecoinvent, Agri-footprint) nebo proxy hodnoty, pokud detailní data chybí (Ecoinvent, 2018; Blonk Agri-footprint BV, 2015). Pesticidy lze zjednodušeně modelovat nebo vynechat v rámci pravidla „cut-off“, pokud se prokáže marginální podíl na výsledku (European Commission, 2018; 2021a).

2.5. Osivo a další pomocné materiály

Osivo a sadba mají vlastní uhlíkovou stopu (osivové porosty, čištění, úprava, doprava), ale ve vztahu k výnosu je hmotnost osiva na hektar obvykle malá. Metodiky EF doporučují použít sekundární data nebo proxy přístup; zjednodušení musí být popsáno v dokumentaci studie. Podíl osiva na celkových emisích bývá typicky menší než 1 %, proto je takové zjednodušení často přijatelné. Podobně lze do inventarizace zahrnout další pomocné materiály. Součet vynechaných marginálních toků by neměl překročit přibližně 3 % celkových dopadů („cut-off“). V živočišných systémech sem může patřit podestýlka, veterinární a hygienické prostředky; tyto položky bývají vzhledem k malým množstvím obvykle marginální (European Commission, 2013; 2018; 2021a).

2.6. Paliva, elektřina a energie pro polní operace

Důležitou roli v inventarizaci hraje spotřeba paliv a energie. Nafta používaná v traktorech a strojích tvoří významnou složku přímých emisí CO₂. Spalováním motorové nafty vzniká přibližně 3,16 kg CO₂ na litr (resp. kolem 2,7 kg CO₂ na kg nafty) a tyto přímé emise se plně započítávají do uhlíkové stopy na farmě. Kromě toho je vhodné zahrnout i nepřímé emise spojené s těžbou, rafinací a distribucí paliva („well-to-tank“; WTT), které mohou navýšit uhlíkovou stopu nafty o zhruba 15–20 % (Edwards et al., 2011; MTES, 2019). Pokud podnik využívá elektřinu (čerpání závlah, sušení zrna apod.), zahrnuje se spotřeba v kWh/ha a násobí se emisním faktorem mixu. Emisní faktor se liší dle regionu nebo národního mixu; metodika EF doporučuje použít průměrný evropský mix, národní mix nebo doložený smluvní mix (European Commission, 2021a; UNECE, 2021). V živočišné výrobě se spotřeba energie týká také provozu stájí (větrání, osvětlení, dojení, chlazení, vytápění) a obdobně se přepočítává na CO₂ ekv. Přechod na obnovitelné zdroje může výrazně snížit uhlíkovou stopu farmy (European Commission, 2021a).

2.7. Mechanizace, zemědělská technika a kapitálové statky

Metodika EF doporučuje podle možností zahrnout emise spojené s výrobou a údržbou zemědělských strojů (kapitálové statky). Tyto dopady se rozpočítávají na dobu životnosti a na obhospodařovanou výměru. U polních plodin tvoří obvykle menší část celkové uhlíkové stopy (často < 5 %), ale relativní podíl může narůstat u systémů s nízkými vstupy. U skleníkové produkce mohou být kapitálové vstupy naopak zásadní (European Commission, 2018; 2021a; Ponsioen, 2020). Pro emise strojů byl použit vztah pro stanovení poměrné hmotnosti stroje a traktoru připadající na jeden hektar:

$$jH = HS / (Hrok * O * Pr) * Op$$

kde jH je jmenovitá hmotnost stroje nebo traktoru připadající na 1 ha, HS je hmotnost stroje (resp. traktoru, případně samojízdného stroje), Hrok je počet odpracovaných hodin za rok, O je počet let odpisu (v souladu s VÚZT uvažováno 6 let), Pr je výkon operace (ha/h) a Op je počet opakování operace. Pokud jsou podklady ve formě pracnosti (h/ha), je nutné ji převést na výkon jako převrácenou hodnotu. Takto stanovená hmotnost na hektar se následně kombinuje s emisními faktory na kg materiálu a s položkami pro údržbu (VÚZT, 2007).

Příkladové výpočty podle vztahu viz výše:

Příklad 1. Přímá sklizeň brambor, vyorávací nakladač + traktor

- Hrok(stroj - vyorávací nakladač) = 250 h/rok
- Hrok(traktor) = 1600 h/rok
- Pr = 2,50 ha/h
- O = 6 let
- Op = 1
- HS(stroj) = 4500 kg

- $HS(\text{traktor}) = 7000 \text{ kg}$

Výpočet:

$$jH(\text{stroj}) = 4500 / (250 * 6 * 2,50) * 1 = 4500 / 3750 = 1,20 \text{ kg/ha}$$

$$jH(\text{traktor}) = 7000 / (1600 * 6 * 2,50) * 1 = 7000 / 24000 = 0,29 \text{ kg/ha}$$

jH se pak násobí jednotkovými emisemi na 1 kg konstrukčního materiálu a přičtou se případné jednotkové položky pro údržbu (energie na údržbu), takže vznikne „Stroj Climatechange“ a „Traktor Climate change“. Vazba na skutečný výstup (kg CO_2 ekv./ha):

$$\text{Stroj Climatechange} = 76,69$$

$$\text{Traktor Climatechange} = 6,63$$

$$\text{Celkem Climatechange} = 83,32$$

Tato operace má extrémní stopu v části „stroj“, což je v souladu s tím, že jde o hmotově i výrobně náročnou technologii a kapitálová složka se na hektar promítá výrazněji.

Příklad 2. Doprava maloobjemových hmot, návěs 15–20 t + traktor (KŘ)

- $Hrok(\text{stroj}) = 1000 \text{ h/rok}$
- $Hrok(\text{traktor}) = 2000 \text{ h/rok}$
- $Pr = 0,03 \text{ ha/h}$
- $O = 6 \text{ let}$
- $Op = 1$
- $HS(\text{návěs}) = 6000 \text{ kg}$
- $HS(\text{traktor}) = 9000 \text{ kg}$

Výpočet:

$$jH(\text{stroj}) = 6000 / (1000 * 6 * 0,03) * 1 = 6000 / 180 = 33,33 \text{ kg/ha}$$

$$jH(\text{traktor}) = 9000 / (2000 * 6 * 0,03) * 1 = 9000 / 360 = 25,00 \text{ kg/ha}$$

Skutečný výstup (kg CO_2 ekv./ha):

$$\text{Stroj Climatechange} = 13,89$$

$$\text{Traktor Climatechange} = 6,50$$

$$\text{Celkem Climatechange} = 20,39$$

Nízký výkon Pr vede ve vztahu (1) k vyšší jH . U dopravních operací bývá potřeba dát pozor, zda je Pr opravdu veden v ha/h, nebo jde o přepočtený „výkon“ podle normativu. Pokud by se Pr vedlo jako pracnost (h/ha), musí se převrátit, jinak by vztah (1) nedával fyzikální smysl.

Příklad 3. Desikace, postřikovač + traktor (KŘ)

- $Hrok(\text{stroj}) = 650 \text{ h/rok}$
- $Hrok(\text{traktor}) = 1600 \text{ h/rok}$
- $Pr = 0,28 \text{ ha/h}$

- O = 6 let
- Op = 1
- HS(postřikovač) = 2500 kg
- HS(traktor) = 5000 kg

Výpočet:

$$jH(\text{stroj}) = 2500 / (650 * 6 * 0,28) * 1 = 2500 / 1092 = 2,29 \text{ kg/ha}$$

$$jH(\text{traktor}) = 5000 / (1600 * 6 * 0,28) * 1 = 5000 / 2688 = 1,86 \text{ kg/ha}$$

Výstup: (kg CO₂ ekv./ha):

Stroj Climatechange = 1,84

Traktor Climatechange = 0,81

Celkem Climatechange = 2,65

Tato operace má nízkou stopu v kapitálové části, což odpovídá tomu, že jde o lehkou mechanizaci s vysokým plošným výkonem.

V živočišné výrobě mezi kapitálové statky spadají vedle strojů také budovy a zařízení ve stájích (např. konstrukce stájí, dojírny, sila na krmivo). Tyto infrastrukturní celky mají rovněž „uhlíkový batoh“ z fáze výstavby (beton, ocel, technologie), který lze v inventarizaci rozpočítat na jednotku produkce. V praxi se postupuje obdobně, stanoví se celkové emise spojené s vybudováním objektu a údržbou během jeho životnosti a ty se podělí celkovým objemem produkce za dobu životnosti. Relativní příspěvek staveb k uhlíkové stopě závisí na intenzitě ostatních emisních toků. U dojeného skotu či výkrmu býků zpravidla nepřekračuje několik procent celkových emisí (dominují emise krmiv a metanu), ale například u intenzivních chovů drůbeže v uzavřených halách nebo u produkce vajec může výroba a údržba hal a technologií představovat nezanedbatelnou složku. Metodiky EF 3.1 zpravidla doporučují zahrnout kapitálové statky, pokud jsou významné. Některá sektorová pravidla však mohou povolit jejich vynechání při marginálním vlivu (European Commission, 2018; 2021a).

2.8. Krmiva

Krmiva představují u živočišné výroby klíčový vstup. Inventarizace zahrnuje druhy krmiv, množství a původ (vlastní vs. nákup) a přiřazuje emisní faktory. U vlastních krmných plodin jsou emise zachyceny v rámci vstupů popsaných výše. U nakupovaných krmiv se používají emisní faktory pro hranici „od kolébky po bránu“ dodavatele, z databází, literatury nebo PEFCR (European Commission, 2018; 2021a; Ecoinvent, 2018; van Paassen et al., 2019). Různé krmné složky mají odlišnou emisní intenzitu. Orientačně se v literatuře uvádí, že kilogram obilného šrotu může nést uhlíkovou stopu řádově 0,5 až 1 kg CO₂ ekv., zatímco kilogram sójového šrotu může být několiknásobně vyšší, zejména pokud je spojen se změnami ve využití půdy, například při odlesňování. V rámci inventarizace je nutné zahrnout veškeré podstatné krmné toky a transparentně uvést případná zjednodušení podle pravidla „cut off“. Voda k napájení bývá

zpravidla marginální položka, pokud nejde o energeticky náročné čerpání či úpravu (Poore a Nemecek, 2018; WWF, 2022; European Commission, 2018).

3. Emise a uhlíkové stopy plodin

Na inventarizační krok navazuje výpočet emisí v kategorii dopadu „Climate change“ provedený v souladu s metodickým rámcem „Product Environmental Footprint“ (PEF) a doporučenou metodou EF 3.1 (European Commission, 2013; 2021a). Pro každý inventarizovaný tok na hektar (např. kg živiny v minerálním hnojivu vyjádřené jako N, P₂O₅, K₂O, MgO, CaO, S; kg organické hmoty; kg účinné látky pesticidů; litry paliva; kWh elektřiny; kg osiva; položky údržby a konstrukce strojů) je přiřazen emisní faktor EF 3.1 na jednotku vstupu. Dílčí emise se stanoví jako součin množství vstupu a emisního faktoru. Celkové emise na hektar lze vyjádřit:

$$E_{ha} = \sum_i (A_i \cdot EF_i) + E_{p\ddot{u}da} + \sum_k E_k$$

kde E_{ha} představuje celkové emise v kg CO₂ ekv./ha. První člen $\sum_i (A_i \cdot EF_i)$ zahrnuje emise ze všech inventarizovaných vstupů, druhý člen $E_{p\ddot{u}da}$ zahrnuje přímé a nepřímé půdní emise (zejména emise N₂O po dodání dusíku) a třetí člen $\sum_k E_k$ reprezentuje další kategorie emisí, které nejsou modelovány jako prostý součin množství a emisního faktoru (European Commission, 2013; 2021a). Typicky je tento součet rozvinut následovně:

$$\sum_k E_k = E_{v\ddot{a}pn\ddot{e}n\ddot{i}} + E_{mo\check{c}ovina-CO_2} + E_{LUC} + E_{\Delta SOC} + E_{odpady} + E_{doprava\ vstup\ddot{u}} + E_{skladov\ddot{a}n\ddot{i}}$$

Do této skupiny jsou zahrnuty zejména emise CO₂ z vápnění, procesní CO₂ z hydrolýzy močoviny, případné emise ze změny využití půdy (LUC), změny zásob půdního organického uhlíku (ΔSOC) a dále emise z odpadů, dopravy vstupů na farmu a skladování, pokud jsou součástí systémových hranic (European Commission, 2021a). V praktických výstupech použitých v této práci je výsledná hodnota E_{ha} převzata přímo ze souhrnných tabulek (sloupec „Climate change kg CO₂/ha“), neboť již představuje agregovaný výsledek výše popsaného výpočtu. Pro vyjádření uhlíkové stopy na jednotku produkce se provede přepočítání na tunu hlavního produktu:

$$E_t = \frac{E_{ha}}{Y}$$

kde E_t je emisní intenzita (kg CO₂ ekv./t) a Y je výnos hlavního produktu (t/ha) (European Commission, 2013). Tento přepočítání je zásadní, protože emisní intenzita je nepřímo úměrná výnosu. Pro názornou ilustraci přepočítání $E_{ha} \rightarrow E_t$ byly z podkladových dat převzaty následující příklady (konvenční hospodaření):

Cukrovka (konv)

Byl použit výnos $Y = 67,5077$ t/ha a emisní bilance $E_{ha} = 1757,7923$ kg CO₂ ekv./ha. Emisní intenzita byla stanovena jako

$$E_t = \frac{1757,7923}{67,5077} = 26,04 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./t.}$$

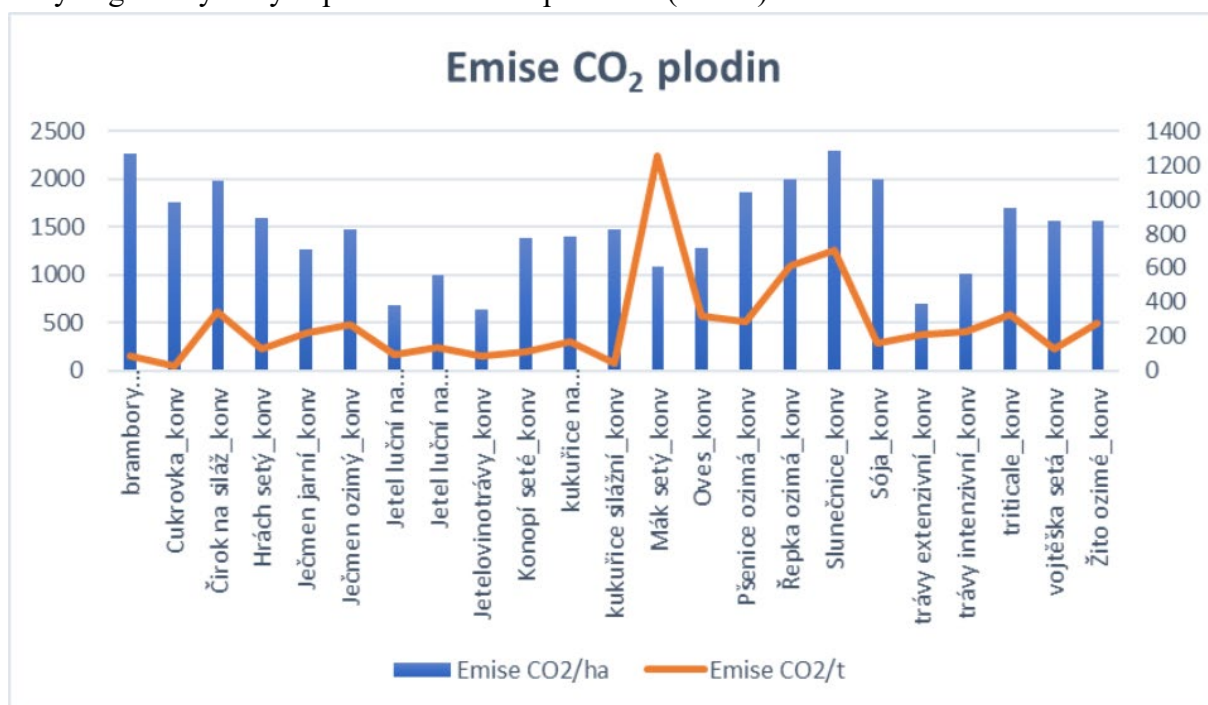
Řepka ozimá (konv)

Byl použit výnos $Y = 3,2482$ t/ha a emisní bilance $E_{ha} = 1993,7647$ kg CO₂ ekv./ha. Emisní intenzita byla stanovena jako

$$E_t = \frac{1993,7647}{3,2482} = 613,81 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./t.}$$

Vysvětlení vztahu mezi oběma uvedenými hodnotami pro řepku ozimou: hodnota 613,81 kg CO₂ ekv./t je názorným jednotlivým výpočtem (ilustrací přepočtu $E_{ha} \rightarrow E_t$) pro jeden konkrétní případ konvenčně pěstované řepky, tj. pro kombinaci výnosu $Y = 3,2482$ t/ha a emisní bilance $E_{ha} = 1993,7647$ kg CO₂ ekv./ha. Naproti tomu hodnota 474,2514 kg CO₂ ekv./t uvedená dále v Tab. 1 je průměrná (souhrnná) hodnota za celý hodnocený soubor, převzatá ze souhrnných výstupů. Obě hodnoty vycházejí z téhož vztahu $E_t = E_{ha} / Y$ a nejsou ve vzájemném rozporu. Liší se pouze vstupy, k nimž se vztahují – konkrétní ilustrativní případ s nižším výnosem oproti průměru za celý soubor. Protože emisní intenzita na tunu je nepřímo úměrná výnosu, vychází ilustrativní případ s nižším výnosem na tunu produktu výše než průměr souboru. Žádná z těchto interních hodnot (ilustrativní výpočet ani souhrnný průměr) přitom nenahrazuje oficiální typické emisní hodnoty notifikované Evropskou komisí, které jsou pro regulační a tržní účely závazné (viz kapitola Sekvestrace uhlíku a rozšíření o CC-LCA).

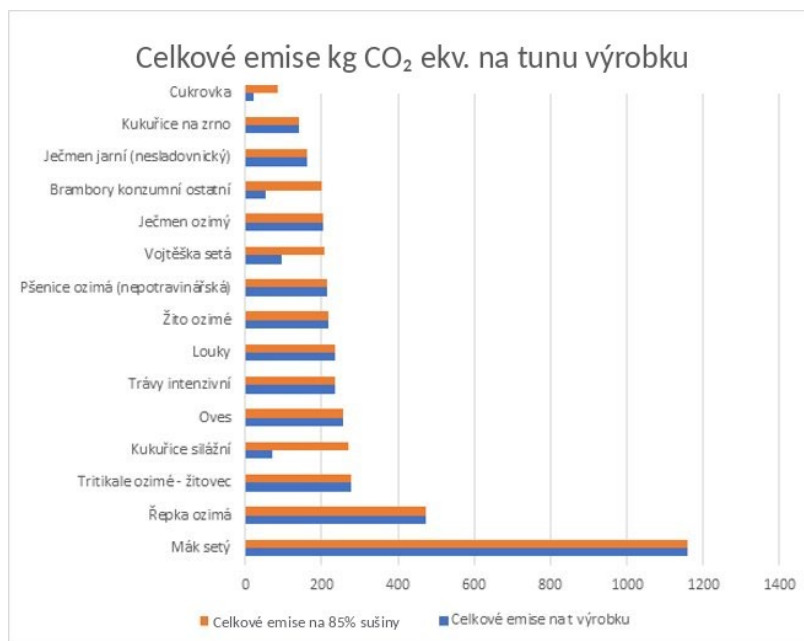
Z uvedených příkladů je patrné, že i při srovnatelném řádu emisí na hektar může být výsledek na tunu produktu zásadně odlišný vlivem výnosu, což odpovídá interpretaci souhrnných grafických výstupů emisí na tunu produktu (Obr. 4).



Obrázek č. 4. Emise CO₂ ekv. plodin vyjádřené na hektar (sloupce) a po přepočtu na tunu hlavního produktu (linie) (Zdroj: ÚZEI, 2025a)

Je-li relevantní vedlejší produkt (např. sláma určená k prodeji), je uplatněn alokační postup dle PEFCR; jinak se emise přiřazují k hlavnímu produktu (European Commission, 2018;

2021a). Z výsledků souhrnných přehledů pro průměrné podmínky ČR vyplývá, že emisní intenzita na tunu je silně ovlivněna výnosem: emisně nejvíce zatěžujícími plodinami na tunu produktu jsou mák a řepka ozimá, zatímco nejnižších hodnot dosahuje cukrovka a brambory; ze zrnin vychází nejnižše kukuřice na zrna. Při přepočtu na jednotný obsah sušiny, např. 85 % sušiny, tj. 15 % vlhkosti, se pořadí plodin v nevhodnější části žebříčku může měnit, přičemž emisně nejvýhodnější zůstává cukrová řepa a dále se posouvá kukuřice na zrna (Obr. 5).



Obrázek č. 5. Celkové emise v kg CO₂ ekv. na tunu výrobku (Zdroj: ÚZEI, 2025b)

3.1. Skleníkové plyny v kategorii „Climate change“

V kategorii „Climate change“ jsou zahrnovány CO₂, CH₄ a N₂O, které jsou převáděny na CO₂ ekvivalent pomocí charakterizačních faktorů GWP₁₀₀ (100letý potenciál globálního oteplování). V této práci jsou použity převodní hodnoty odpovídající nastavení EF 3.1, tj. přibližně 1 kg N₂O = 298 kg CO₂ ekv. a 1 kg CH₄ = 28 kg CO₂ ekv. (European Commission, 2021a; Andreasi Bassi et al., 2023). Metodika EF 3.1 rozlišuje tři dílčí složky:

- „Climate change – Fossil“: emise z fosilních zdrojů (spalování nafty, průmyslová výroba vstupů).
- „Climate change – Biogenic“: toky biogenního uhlíku; krátkodobý záchyt do biomasy se v základním rámci nepovažuje za trvalý kredit.
- „Climate change – Land use and land use change“: dopady změn využití půdy a změn zásob uhlíku v půdě a biomase (pokud k nim došlo).

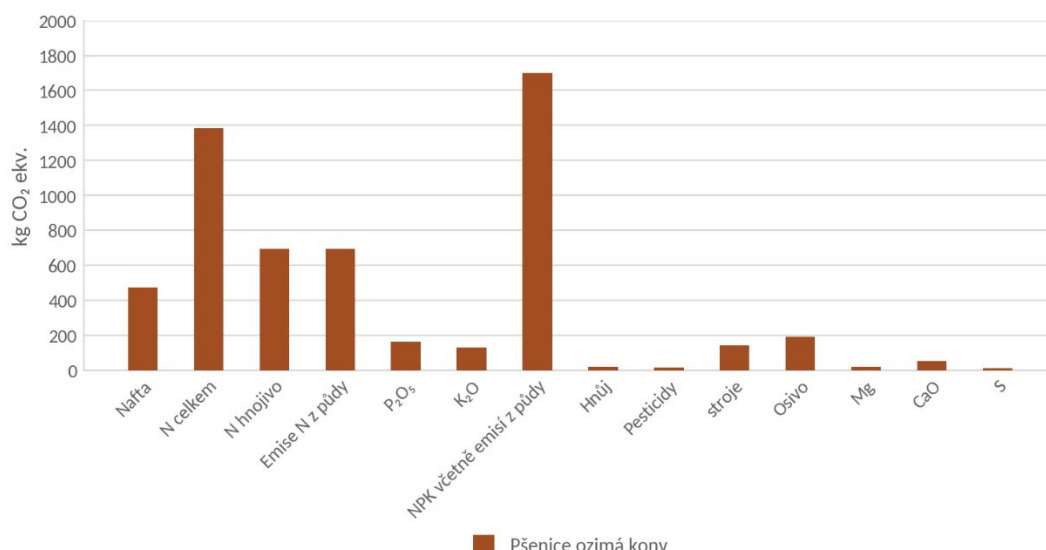
Souhrnná tabulka proto uvádí nejen celkový „Climate change“, ale i rozklad na uvedené složky (Tab. 1) (European Commission, 2021a).

Tabulka č. 1. Průměrné hodnoty emisí ve vztahu ke změně klimatu na základě stanovení ekvivalentu CO₂.

PLODINA	Climate change	Climate change - Biogenic	Climate change - Fossil - Biogenic	Climate change - Land use and LU change
jednotka	kg CO ₂ ekv./t	kg CO ₂ ekv./t	kg CO ₂ ekv./t	kg CO ₂ ekv./t
Mák setý	1158,2087	1,9947	1154,4720	1,7428
Řepka ozimá	474,2514	0,6923	472,8061	0,7530
Tritikale ozimé - žitovec	277,3157	0,4074	276,4518	0,4565
Oves	257,0675	0,4403	256,2100	0,4172
Trávy intenzivní	236,3907	0,3681	235,6932	0,3292
Louky	234,8355	0,3656	234,1425	0,3270
Žito ozimé	216,5799	0,3359	215,8786	0,3655
Pšenice ozimá (nepotravinářská)	213,8274	0,3089	213,1876	0,3309
Ječmen ozimý	202,9041	0,3043	202,2738	0,3261
Ječmen jarní (nesladovnický)	162,8530	0,2798	162,3151	0,2581
Kukuřice na zrn	139,3626	0,2190	138,9388	0,2048
Vojtěška setá	96,8558	0,1837	96,5214	0,1507
Kukuřice silážní	70,3129	0,1042	70,1031	0,1056
Brambory konzumní ostatní	52,0062	0,0922	51,8383	0,0757
Cukrovka	21,5667	0,0392	21,4955	0,0320

3.2. Rozklad emisí podle zdrojů

Pro interpretaci výsledků se provádí rozklad celkových emisí podle zdrojů vzniku. V konvenční rostlinné výrobě je největší část emisí typicky spojena s dusíkem (výroba hnojiv + půdní emise N₂O). V podkladových výstupech pro pšenici ozimou je uveden rozklad emisí podle hlavních zdrojů (Obr. 6), který slouží jako základ pro procentuální interpretaci (Syp et al., 2015; European Commission, 2021a).



Obrázek č. 6. Rozklad emisí podle zdrojů vzniku u pšenice ozimé v konvenčním hospodaření vyjádřený v kg CO₂ ekv./ha (Zdroj: ÚZEI, 2025b)

U pšenice ozimé je uváděno, že NPK tvoří dohromady přibližně 58,5 % emisí (N ~40 %, P ~10 %, K ~8 %). Druhou významnou složkou je mechanizace, přičemž stroje (mimo samotné emise z nafty) se podílejí cca 10 %; vliv technologie zpracování půdy je kolem 3,5 %. Reálné hodnoty se mohou lišit podle výnosu, dávek hnojení, intenzity ochrany a zejména ročního nasazení strojů; u menších podniků může být odchylka kapitálové složky orientačně ± 5 % (European Commission, 2021a). Při přepočtu na tunu se rozdíly mezi plodinami prohlubují vlivem výnosu; nejvíce zatěžujícími na tunu produktu jsou mák a řepka, nejnižších hodnot dosahují cukrovka a brambory (Skowrońska & Filipek, 2014; IPCC, 2006; European Commission, 2021a).

4. Zohlednění BPEJ a erozních kategorií

Bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ) představují v České republice detailní klasifikační systém půdně-klimatických podmínek. Umožňují diferencovat produkční potenciál pozemků podle klimatu, půdního typu, sklonitosti a dalších vlastností a tím zpřesnit agronomická rozhodnutí i environmentální hodnocení. Na BPEJ navazují kategorie erozního ohrožení orné půdy využívané pro posouzení náchylnosti pozemků k vodní erozi (VÚMOP, 2024). V české praxi se rozlišují stupně: erozně neohrožená orná půda (NEO); mírně erozně ohrožená půda (MEO), která se dále dělí na mírně ohrožená s vysokým rizikem (MEO VR) a mírně ohrožená s nízkým rizikem (MEO NR); silně erozně ohrožená půda (SEO) (VÚMOP, 2025; MZe, 2025). Tyto nástroje mají přímý význam pro výpočet uhlíkové stopy zemědělské produkce, protože ovlivňují výnosy, volbu technologií a potřebu vstupů, a tím i emise přepočtené na hektar i na jednotku produkce. V této práci jsou BPEJ a erozní kategorie použity jako zpřesnění vstupních předpokladů (výnosy, technologie), tedy jako krok směrem k jemnější prostorové diferenciaci, která se v terminologii IPCC blíží přístupům typu Tier 3 (IPCC, 2006). BPEJ je pětimístný kód vyjadřující klimatickou oblast, půdní charakteristiky a terénní podmínky. Jednotlivé kombinace se liší produkčním potenciálem i nároky na hospodaření.

Zohlednění této variability zvyšuje přesnost odhadu emisí, protože odlišuje situace, kdy stejné vstupy vedou k rozdílným výnosům a tím i rozdílné emisní intenzitě (kg CO₂ ekv./t). Například v úrodných oblastech mohou být výnosy stabilně vyšší (ČSÚ, 2025a), čemuž odpovídají i vyšší dávky hnojiv (Selgen, 2015). Pokud by se prostorová variabilita ignorovala a použily se jednotné průměry, vznikají systematická zkreslení: v méně příznivých podmínkách se emise na tunu často podhodnocují (nižší výnos při podobných fixních operacích), zatímco v příznivých podmínkách mohou být emise na tunu nadhodnoceny, protože vyšší výnos snižuje intenzitu, i když emise na hektar mohou být vyšší. BPEJ zároveň nepřímo zachycuje faktory spojené s mechanizací a rizikem eroze. Sklonitost terénu ovlivňuje volbu operací, spotřebu paliva a stabilitu výnosu; půdní typ ovlivňuje zpracovatelnost a energetickou náročnost polních prací. Lehké písčité půdy bývají snáze zpracovatelné, ale často mají nižší úrodnost a nižší schopnost stabilizovat organický uhlík; těžší půdy mohou vyžadovat vyšší výkon mechanizace a tím i vyšší spotřebu nafty. Aktualizace BPEJ navíc může reflektovat degradaci půdy a pokles produkční schopnosti, což je důležité pro interpretaci, protože produkce stejné plodiny na degradované půdě může mít horší emisní intenzitu i při snížených vstupech (VÚMOP, 2024; 2025). Z metodického hlediska je podstatné, že samotné defaultní emisní faktory IPCC (např. pro N₂O) nerozlišují konkrétní půdy a klima (IPCC, 2006), zatímco kombinace BPEJ a erozních kategorií umožňuje výpočet zjemnit. Klimatický region v BPEJ ovlivňuje délku vegetace, potřebu závlahy a riziko denitrifikace; erozní kategorie ovlivňuje povolené technologie a „produkční ztráty“ související s protierozními opatřeními. Prakticky je klíčové, že BPEJ umožňuje propojit rostlinnou a živočišnou část bilancí jednotným prostorovým principem: zpřesnění výnosů a technologií u tržních i krmných plodin se promítá nejen do emisí „na poli“, ale i do dostupnosti krmiv v jednotlivých územích (VÚMOP, 2025; MZe, 2025)

4.1. Vliv erozních kategorií na volbu technologií hospodaření

Od roku 2025 se v České republice rozlišují čtyři kategorie erozního ohrožení orné půdy NEO, MEO VR, MEO NR a SEO (VÚMOP, 2024; VÚMOP, 2025; MZe, 2025). Zavedení těchto kategorií má přímý dopad na technologie hospodaření, které zemědělci volí pro splnění legislativních požadavků. V českém kontextu se tato oblast často opírá o standard DZES 5, tedy Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy číslo 5, který odpovídá evropskému standardu GAEC 5, tedy „Good Agricultural and Environmental Condition 5“, zaměřenému na ochranu půdy před erozí. Obecně platí, že s rostoucím stupněm ohrožení erozí se zpřísnují povinnosti zavádět půdoochranné technologie a omezovat konvenční postupy, zejména ponechání půdy bez pokryvu po orbě. Hlavním přístupem pro tvorbu navržených technologií protierozních opatření byla spolupráce s Výzkumným ústavem monitoringu a ochrany půdy (VÚMOP), který navrhl tabulku č. 2, která byla základem pro návrh konkrétních pracovních operací ke každé plodině (Tab. 2) (MZe, 2025). Konkrétní výpočet emisí na podnicích by měl vycházet vždy od primární úrovně jednotlivých technologií, protože právě volba technologie určuje reálné vstupy a pracovní operace.

Tabulka č. 2. Agrotechnika plodin podle DZES 5. Zdroj VÚMOP, v.v.i.

Plodiny v modulu EKONOMIKA Erozni ohroženost		agrotechnika - podle DZES											
		konv	do strniště	zprac. Bez obracení Předplodina	zprac. Bez obracení meziplodina	podrývání	setí do podsevu	s pomocnou plodinou	Strip till	odkameň ování	hrázkování, důlkování 200 m	aplikace OH	hrázkování, důlkování + aplikace OH
Brambory konzumní	MEO I, MEO II	NEO				MEO VR		MEO VR		MEO NR	MEO VR	MEO NR	MEO VR
Mák setý	nepožadováno	MEO VR					SEO	SEO	SEO				
Cukrovka	MEO I, MEO II	NEO		MEO VR	MEO VR	MEO VR			MEO VR			x	
Řepka ozimá	SEO, MEO I	MEO NR	SEO	SEO		SEO		SEO	SEO				
Slunečnice	MEO I, MEO II	NEO	MEO VR	MEO VR	MEO VR	MEO VR		MEO VR	MEO VR				
Ječmen jarní	SEO, MEO I	MEO NR	SEO	SEO	SEO		SEO						
Ječmen ozimý	SEO, MEO I	MEO NR	SEO	SEO	SEO								
Kukuřice na zrno	MEO I, MEO II	NEO	MEO VR	MEO VR	MEO VR	MEO VR		MEO VR	MEO VR				
Pšenice ozimá	SEO, MEO I	MEO NR	SEO	SEO	SEO								
Triticale	SEO, MEO I	MEO NR	SEO	SEO	SEO								
Žito ozimé	SEO, MEO I	MEO NR	SEO	SEO	SEO								
Oves	SEO, MEO I	MEO NR	SEO	SEO	SEO								
Hrách setý	nepožadováno	MEO NR	SEO	SEO	SEO								
Sója	MEO I, MEO II	NEO	MEO VR	MEO VR	MEO VR								
Čirok na siláž	MEO I, MEO II	NEO	MEO VR	MEO VR	MEO VR	MEO VR		MEO VR	MEO VR				
Kukuřice silážní	MEO I, MEO II	NEO	MEO VR	MEO VR	MEO VR	MEO VR		MEO VR	MEO VR				
Šťovík krmný	nepožadováno	NEO	MEO VR	MEO VR	MEO VR	MEO VR		MEO VR	MEO VR				
Konopí seté	nepožadováno	NEO	MEO VR	MEO VR	MEO VR	MEO VR							
Jetel luční na seno	nepožadováno	SEO		SEO									
Jetel luční na zeleno	nepožadováno	SEO		SEO									
vojtěška setá	nepožadováno	SEO		SEO									
Jetelovino trav	nepožadováno	SEO		SEO									
Trávy intenzivní	nepožadováno	SEO											
Trávy extenzivní	nepožadováno	SEO											
Směs - pohanka + svazenka	nepožadováno	MEO VR		SEO									
Svazenka vrtáčolistá	nepožadováno	MEO VR		SEO									
Hořčice bílá	nepožadováno	MEO VR		SEO									

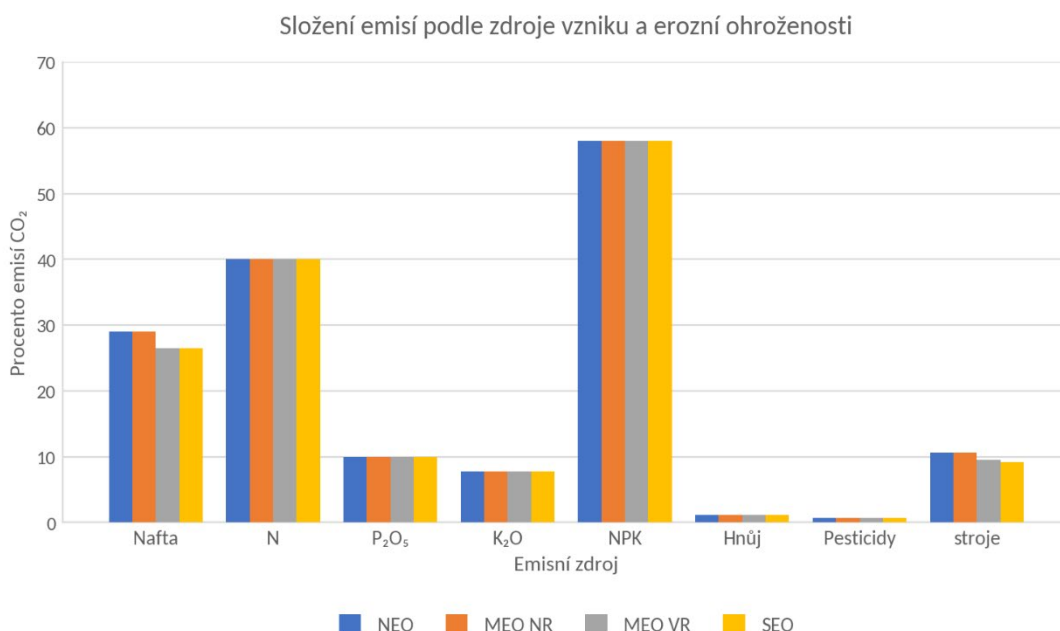
Podle této tabulky byly v roce 2024 upraveny technologické postupy pro vymezené kategorie erozní ohroženosti a stanoveny hlavní emisní parametry (MZe, 2025; VÚMOP, 2024).

V kategorii SEO jsou omezení nejprísnejší. Pěstování vybraných erozně nebezpečných plodin (např. kukuřice na zrno, brambory, sója, slunečnice) je možné pouze za splnění přísných podmínek; u obilnin a řepky se vyžadují půdoochranné postupy typu setí po vrstevnici, minimalizační či bezorebné zpracování půdy, ponechání mulče, případně setí s podsevem. Hluboká orba je na SEO zpravidla nevhodná kvůli riziku období s holou půdou. V praxi se prosazuje přímé setí nebo pásové zpracování půdy („strip-till“) (MZe, 2025; VÚMOP, 2025). Vedle investičních nároků na techniku může dojít k omezení mechanické regulace plevelů a k větší roli herbicidů; alternativou bývá změna plodinové skladby směrem k méně rizikovým plodinám (např. píceiny) (MZe, 2025). U kategorií MEO VR a MEO NR se vyžaduje u erozně nebezpečných plodin alespoň jedno protierozní opatření. Spektrum možností je širší než u SEO a zahrnuje např. setí po vrstevnici, přerušovací a zasakovací pásy, úpravy úvratí, ochranné pásy, mělké zpracování půdy či kombinace s dalšími prvky snižujícími povrchový odtok. Orba nebývá plošně zakázána, ale často je nahrazována minimalizačním zpracováním (MZe, 2025). V kategorii NEO nejsou nad rámec obecné praxe uplatňována specifická protierozní omezení, nicméně i zde se doporučují preventivní postupy (střídání plodin, organická hmota, omezení dlouhých období s holou půdou). V praxi se uplatňuje také limitace velikosti půdního bloku, která podporuje krajinné členění a snižuje riziko eroze (MZe, 2025). Celkově zavedení erozních kategorií urychlilo zavádění konzervačních systémů (bezorebné setí, mulč, meziplodiny, podsevy) zejména na MEO/SEO. Tyto postupy snižují erozi a mohou zlepšovat vodní režim a stabilitu půdní organické hmoty, současně však mohou zvyšovat investiční nároky a u některých

systémů i potřebu herbicidů. Volba technologie je proto kompromisem mezi ochranou půdy, náklady a environmentálními dopady (MZe, 2025).

4.2. Vliv erozního ohrožení na výnosy, emise a vstupy

Eroze přímo snižuje výnosy ztrátou ornice bohaté na živiny a organickou hmotu, zhoršením vodního režimu a omezením kořenového prostoru. Literatura uvádí, že při úbytku řádově 5–20 cm ornice mohou poklesy výnosu dosahovat přibližně 10 až téměř 40 % a v erodovaných pozicích svahů byly u obilnin popisovány poklesy kolem 50 % i více (Papiernik et al., 2009; Thaler et al., 2021). Prakticky to znamená, že plodina s běžným výnosem 6 t/ha může v erodovaných částech dávat 3–4 t/ha. Pokles výnosu zhoršuje emisní intenzitu, pokud vstupy neklesají úměrně. Intenzita emisí, tedy emise CO₂ ekvivalentu na tunu produkce, roste s klesajícím výnosem. Struktura emisí podle zdrojů vzniku se u pšenice ozimé ukazuje jako relativně stabilní napříč kategoriemi erozní ohroženosti. Dominantní podíl tvoří zejména hnojiva a související vstupy, zatímco menší podíl připadá na naftu, stroje, hnůj a pesticidy (Obr. 7).



Obrázek č. 7. Složení emisí podle zdroje vzniku u pšenice ozimé podle erozní ohroženosti (Zdroj: ÚZEI, 2024)

Řada operací je z velké části fixní (setí, sklizeň, část přejezdů), a proto při polovičním výnosu může emisní intenzita na tunu přibližně zdvojnásobit. Ani zvýšení hnojení obvykle nedokáže plně kompenzovat ztrátu produkční schopnosti erodované půdy; v některých případech výnosy nedosáhnou úrovně nepoškozené půdy ani při dodatečných dávkách (Larney et al., 1995). Orientačně lze ilustrovat, že pokud neerozní pole vykazuje intenzitu např. ~330 kg CO₂ ekv./t u pšenice, při střední erozi může hodnota narůst k ~500 kg CO₂ ekv./t a při silné erozi i nad ~800 kg CO₂ ekv./t, zejména při výrazném poklesu výnosu.

Vedle emisí spojených se vstupy je relevantní i uhlík ztracený erozí. Některé LCA přístupy zahrnují emise spojené se ztrátou půdního organického uhlíku při erozi. Například u silážní

kukuřice s vysokou erozí byly popsány vyšší emise na hektar než u ozimé pšenice, přičemž významnou část rozdílu vysvětlovala eroze a související ztráty uhlíku (Freitag et al., 2024). Jako orientační řád se uvádí, že každá tuna erodované půdy může odpovídat přibližně $\sim 0,3$ t CO₂ (Worrall et al., 2016). Tento tok nebývá v inventurách vždy plně zahrnut, přesto může eroze za určitých podmínek omezovat schopnost půdy fungovat jako zásobárna uhlíku, zejména pokud erodovaná organická hmota následně mineralizuje (Worrall et al., 2016; Freitag et al., 2024). Potřeba vstupů na erodovaných půdách se může vyvíjet dvěma směry. Někdy stoupá, protože farmář se snaží zachovat výnos zvýšeným hnojením a intenzivnější ochranou. Tento přístup má limity. Výzkum z USA ukázal, že dodatečná hnojiva nedokážou vrátit úrodu erodované půdy na původní úroveň, a navíc výroba těchto hnojiv spotřebovává fosilní energii, čímž se bilance skleníkových plynů dále zhoršuje (Larney et al., 1995). Častěji však intenzifikace nedává ekonomický smysl a dochází k omezení vstupů. Může se omezit hloubka zpracování půdy, snížit dávky hnojiv a v krajním případě se půda vyřadí z orné produkce a převede na trvalý travní porost nebo jiný extenzivní způsob využití. Z hlediska emisí to může být pozitivní, protože zatrávnění zastaví další ztráty půdy a omezí vstupy na minimum. Z hlediska produkce jde ale o omezení produkční funkce.

Za zmínku stojí i vliv erozního ohrožení na potřebu paliva. U konzervačních technologií může palivová náročnost klesat. Vynechání orby a přechod na přímé setí může ušetřit 20 až 30 litrů nafty na hektar, což odpovídá přibližně 60 až 80 kg CO₂. Na druhé straně svažovitý terén může spotřebu zvyšovat. Orba do kopce může stát až o 30 % více paliva než na rovině. Také těžké půdy kladou vyšší odpor náradí a vyžadují silnější traktor. Celková bilance závisí na konkrétní situaci, ale lze shrnout, že erozně ohrožené pozemky jsou náročnější na správu, buď v palivu při konvenčním hospodaření, nebo v plánování a chemické ochraně při minimalizačním hospodaření. Obojí má emisní důsledky. Eroze se významně promítá i do zhoršení výtěžnosti vstupů. Zúrodnovací efekt klesá, půda hůře reaguje na hnojení, protože je strukturálně i chemicky poškozená. V důsledku ztráty ornice a eroze v produkčních oblastech se uvádí, že v americkém Corn Beltu poklesly výnosy kukuřice a sóji v průměru o 6 ± 2 % a roční ekonomické ztráty byly odhadnuty na $2,8 \pm 0,9$ miliardy USD (Thaler et al., 2021). V českém prostředí se uvádí, že každoročně eroze způsobí smytí přibližně 21 milionů tun půdy, což odpovídá škodě přibližně 4,3 miliardy Kč (Zumr, 2022). Tyto údaje potvrzují, že protierozní ochrana má přímý vztah k dlouhodobé udržitelnosti výnosů i k efektivnímu využití vstupů a emisí.

4.3. Standardizované dávky vstupů podle BPEJ a erozního rizika

V českém zemědělství tradičně existují doporučené dávky hnojiv a dalších vstupů odstupňované podle úrodnosti pozemku. Tento princip dnes do určité míry přebírá BPEJ. Lepší půdy a teplejší oblasti mají potenciál vyššího výnosu, a proto se zde doporučují vyšší dávky dusíku, aby se výnosový potenciál využil. Ve Středočeském kraji, včetně jednotek s klimatem 1 až 4 a hlubokými půdami, se u obilnin uvádějí průměrné dávky 160 až 200 kg N na hektar za rok. V chladnějších a méně úrodných krajích, například na Vysočině v klimatickém regionu 7 až 8 a na mělkých půdách, může být typická úroveň například 120 až 140 kg N na hektar. Podobný princip platí pro fosfor a draslík. Na půdách s nižší zásobou živin či nižším pH, což často koreluje s horší BPEJ, se doporučení upravují tak, aby se půda postupně zúrodněovala. Na

půdách bohatých se častěji doplňuje zejména to, co odnáší sklizeň. V katalogu BPEJ jsou u jednotlivých jednotek uvedeny i návrhy vhodného využití a intenzity hospodaření, což podporuje jejich použití jako agronomického vodítka. Erozní riziko bylo nově začleněno do podmínek kondicionality, tedy podmíněnosti zemědělských plateb. Kromě technologických omezení přináší i omezení v hnojení a dalších vstupech. Na erozně ohrožených půdách platí přísnější pravidla pro aplikaci kejdy a mrvy. Obvykle se omezují dávky v rizikových obdobích tak, aby nehrozil smyv živin. Na SEO plochách se uvádí požadavek, že statková hnojiva musí být zapravena do půdy do 24 hodin, čímž se snižuje riziko povrchového odtoku obohaceného o dusík. V obecných požadavcích na používání hnojiv se dále uvádějí specifické limity. U ozimé cibule a česneku na SEO je například maximální jednorázová dávka dusíku 40 kg N na hektar, což je uváděno jako příklad zpřísnění kvůli riziku ztrát na svažitých půdách. Zároveň platí i omezení velikosti honu, kdy se pole musí členit. Vznikají tak pásy, které jsou z hlediska vstupů prakticky nulové, protože neprodukcí protierozní pásy nepotřebují hnojiva ani pesticidy. V metodice uhlíkové stopy je vhodné tyto plochy explicitně zohlednit, protože mění jak produkci, tak spotřebu vstupů (MZe, 2025; VÚMOP, 2024; 2025).

Standardizace vstupů podle půdy je v praxi spíše doporučující a adaptační proces než pevně předepsaná norma. Zemědělec optimalizuje dávky tak, aby odpovídaly produkční kategorii půdy. Na nejlepších půdách dá plnou dávku s cílem vysokého výnosu, na horších půdách dávku sníží, protože vyšší by rostliny nevyužily a zvyšovalo by to rizika pro životní prostředí. Pro metodiku uhlíkové stopy to vede k praktickému doporučení. Je vhodné sestavit tabulky standardních vstupů pro kombinace BPEJ a erozní kategorie. Jako příklad se nabízí definovat scénáře typu pšenice ozimá na hluboké černozemi BPEJ 01 bez eroze s výnosem 7 t na hektar a dávkou dusíku 200 kg na hektar, a porovnat je se scénářem téže půdy se střední erozí, například výnos 4 t na hektar a dusík 120 kg na hektar. Takové údaje lze sestavit z dostupných statistik Českého statistického úřadu (ČSÚ) a LPIS („Land Parcel Identification System“; registr půdních bloků) a z výzkumů VÚMOP a Výzkumného ústavu rostlinné výroby (VÚRV) a použít je pro přesnější výpočet emisí na konkrétní pozemek. V této souvislosti je zmíněna i mapa emisí z pěstování řepky v krajích ČR, která vychází z různých průměrných vstupů a výnosů v daných oblastech. Regiony s lepšími podmínkami mohou vykazovat mírně vyšší emise na hektar, protože mají vyšší intenzitu a více vstupů, ale současně nižší emise na tunu produkce díky vyšším výnosům. Regiony s horšími podmínkami mohou mít nižší hektarové emise, ale vyšší uhlíkovou stopu na tunu. Tyto rozdíly zatím nejsou plošně zakotveny v předpisech, kromě vybraných limitů vyplývajících například z nitrátové směrnice a protierozních pravidel, ale pro metodiku uhlíkové stopy jsou zásadní (MZe, 2025; VÚMOP, 2024; 2025).

4.4. Mezinárodní srovnání

IPCC pro inventury skleníkových plynů rozlišuje tři úrovně výpočtu (Tier 1–3) (IPCC, 2006). Tier 1 využívá globální průměry a jednoduché faktory, Tier 2 národní či regionálně specifická data a Tier 3 pokročilé modely či detailní národní systémy. Přístup založený na kombinaci BPEJ a erozních kategorií má charakter jemného prostorového členění a přibližuje se Tier 3 logice, protože překračuje úroveň průměrů a umožňuje zohlednit lokální podmínky (IPCC, 2006). V rámci EF 3.1 se v praxi často pracuje s unifikovanými hodnotami, pokud

nejsou dostupná detailní data. Český přístup založený na BPEJ představuje možnost zpřesnění výpočtu směrem k procesním přístupům, které se v literatuře opírají o modely typu DNDC („Denitrification Decomposition“) pro dusík a uhlík v půdě nebo RothC („Rothamsted Carbon“) pro dynamiku půdního uhlíku (Coleman a Jenkinson, 1996; IPCC, 2006; European Commission, 2021a). Otázka eroze v rámci IPCC je specifická. V pokynech IPCC z roku 2006 není vodní eroze explicitně zohledněna jako zdroj emisí CO₂. Často se předpokládá, že erodovaný uhlík se může jinde alespoň částečně ukládat. Novější výzkumy a upřesnění IPCC z roku 2019, tedy „IPCC 2019 Refinement“, však uznávají, že eroze může vést k čistým emisím CO₂, pokud dochází k urychlené mineralizaci organické hmoty (IPCC, 2006; 2019). Některé země, například Kanada nebo Švýcarsko, již zahájily výpočty národních bilancí půdního uhlíku s ohledem na erozi. Využívají modely typu USLE nebo RUSLE, tedy „Universal Soil Loss Equation“ a „Revised Universal Soil Loss Equation“, k odhadu ztrát půdy a dávají je do souvislosti se ztrátou organického uhlíku (Renard et al., 1997). Česká republika má díky dlouhodobému mapování eroze a detailním datům velmi dobrou výchozí pozici pro podobný přístup. V technologické praxi se mezinárodně diskutuje konzervační zemědělství a „Climate-Smart Agriculture“. Bezorebné systémy mohou snižovat spotřebu paliva a podporovat stabilizaci půdní organické hmoty, současně však jejich přínos závisí na dlouhodobé konzistenci hospodaření a lokálních podmínkách. Některé studie uvádějí potenciál snížení emisí při plném přechodu na konzervační zemědělství řádově o desítky procent, avšak transformační změna je víceroční a přínosy se stabilizují v delším horizontu (Freitag et al., 2024).

4.5. Ekonomické a environmentální hodnocení podniků na datech FADN 2017 až 2021 a vazba na nízkoemisní rentabilitu

Metodika byla aplikována na data ze Zemědělské účetní datové sítě FADN („Farm Accountancy Data Network“) CZ za účetní roky 2017–2021, získaná z databáze FADN CZ spravované Ústavem zemědělské ekonomiky a informací, Kontaktním pracovištěm FADN ČR (ÚZEI – Kontaktní pracoviště FADN ČR, 2017–2021), pro vzorek podniků zaměřených na rostlinnou výrobu v ČR. FADN poskytuje ekonomické ukazatele, zejména náklady, tržby, dotace a ukazatele hospodářského výsledku, přičemž obecný metodický rámec a charakteristika systému FADN jsou popsány v evropských dokumentech k síti FADN (European Commission, 2021b). Propojení ekonomických údajů FADN s výpočtem uhlíkové stopy umožňuje komplexní vyhodnocení udržitelnosti hospodaření. Ekonomické ukazatele byly převzaty z členění FADN, zatímco emisní část byla stanovena na základě odhadu uhlíkové stopy rostlinné produkce v návaznosti na metodické principy inventarizace emisí skleníkových plynů a hodnocení emisní intenzity (IPCC, 2019; WRI/WBCSD, 2014). Pro každý podnik byla odhadnuta uhlíková stopa jeho rostlinné produkce na základě plodinové skladby, výtěžků a standardizovaných vstupů a následně byla porovnána s ekonomickými výsledky. Pro zajištění srovnatelnosti podniků různé velikosti byly dopočteny intenzitní ukazatele emisí a ekonomické výkonnosti. Emisní intenzita byla vyjádřena jako El_{ha} (t CO₂ ekv./ha) a El_t (t CO₂ ekv./t produkce), kde $El_{ha} = \frac{E}{A}$ a $El_t = \frac{E}{Q}$. V těchto vztazích E představuje roční uhlíkovou stopu rostlinné výroby podniku (t CO₂ ekv.), A obhospodařovanou výměru (ha) a Q objem produkce (t; resp. ekvivalent produkce podle plodinové skladby). Ekonomická výkonnost byla posouzena pomocí ukazatelů přepočtených na

hektar, typicky GM_{ha} (hrubá marže/ha) a P_{ha} (zisk/ha), kde $GM_{ha} = \frac{TR-VC}{A}$ a $P_{ha} = \frac{TR-TC}{A}$, přičemž TR jsou tržby včetně provozních dotací, VC variabilní náklady a TC celkové náklady dle členění FADN (ÚZEI – Kontaktní pracoviště FADN ČR, 2017–2021). Analýza za pětileté období umožnila zhodnotit vliv různých sklizňových podmínek a tržních výkyvů na vztah mezi emisemi a hospodářským výsledkem. Bylo zjištěno, že podniky s nižší uhlíkovou stopou na hektar či na tunu produkce nemusejí trpět sníženou rentabilitou. Naopak někteří efektivní hospodáři dokážou dosahovat vysokého zisku při relativně nízké úrovni emisí skleníkových plynů. Tyto podniky byly identifikovány jako skupina HRRE, tedy „High Revenue, Reduced Emissions“, česky vysoká rentabilita při současně snížené uhlíkové stopě. Označení bylo zavedeno PricewaterhouseCooper - mezinárodní síť poradenských společností. Společnost PwC stanovila tuto kategorizaci a specifické datové modelování ve své třetí výroční zprávě o dekarbonizaci (Third Annual State of Decarbonization Report). Cílem bylo identifikovat a prozkoumat skupinu společností, kterým se úspěšně podařilo oddělit firemní zisk od uhlíkových emisí. Praktická identifikace HRRE byla provedena na základě simultánního splnění ekonomického a emisního kritéria v rámci srovnatelných podniků. Typicky lze HRRE vymezit kvantilově jako podniky v horním kvartilu P_{ha} (případně GM_{ha}) a současně v dolním kvartilu EI_{ha} (případně EI_t) v rámci stejné výrobní oblasti, velikostní kategorie a obdobných půdně-klimatických podmínek. Pro ověření robustnosti vztahu lze doplnit korelační analýzu nebo autorsky specifikovaný vícenásobný lineární regresní model vycházející z obecného tvaru regrese odhadované metodou OLS, tj. metodou nejmenších čtverců („Ordinary Least Squares“) (Wooldridge, 2020) ve tvaru $P_{ha} = \beta_0 + \beta_1 EI_{ha} + \beta_2 A + \beta_3$ (výrobní oblast) + ϵ , a to v jednotlivých letech i v pětiletém průměru, aby se oddělil vliv tržních a klimatických výkyvů od dlouhodobého „manažerského“ efektu. Metoda OLS odhaduje regresní koeficienty tak, aby byl minimalizován součet čtverců rozdílů mezi pozorovanými a modelem predikovanými hodnotami závislé proměnné. V uvedeném vztahu β_0 představuje konstantu modelu, β_1 až β_3 regresní koeficienty jednotlivých vysvětlujících proměnných a ϵ náhodnou chybovou složku modelu. Z použitých dat FADN a dopočtené uhlíkové stopy nelze přímo určit konkrétní použité pěstební technologie, proto nebyly technologické postupy hodnoceny jako samostatně zjištěný faktor. Analýza ukázala, že profil HRRE byl spojen především s kombinací příznivých ekonomických výsledků a nižší emisní intenzity. Možné vysvětlení těchto rozdílů může souviset zejména s efektivnějším využitím vstupů, nižší emisní zátěží spojenou se spotřebou paliv a hnojiv a vhodnou skladbou plodin, včetně zařazení leguminóz, které zvyšují přísun dusíku z atmosféry. Tyto faktory je však nutné chápat jako interpretační vysvětlení zjištěných rozdílů, nikoli jako přímo doložené technologické postupy jednotlivých podniků. Porovnání podniků s podobnými výchozími podmínkami odhalilo značnou variabilitu v uhlíkových stopách. Některé podniky s vysokou intenzitou vstupů dosahovaly nadprůměrných výnosů, ale jejich emisní zátěž byla úměrně vysoká a ekonomický přínos navíc snižovaly vyšší náklady na vstupy. Naopak podniky s nízkonákladovými postupy měly nákladově efektivní produkci a nízké emise, i když jejich absolutní výtěžek nemusel být rekordní. Celkově tato část potvrzuje, že je možné nalézt vyvážené postupy vedoucí k udržitelnému hospodaření, kdy podnik dosahuje uspokojivých ekonomických výsledků při současném omezení dopadu na klima. Tato zjištění dobře navazují na mezinárodní praxi, kde se používají nástroje založené na pokročilém modelování, například COMET Farm, což je americký nástroj pro hodnocení uhlíkové bilance

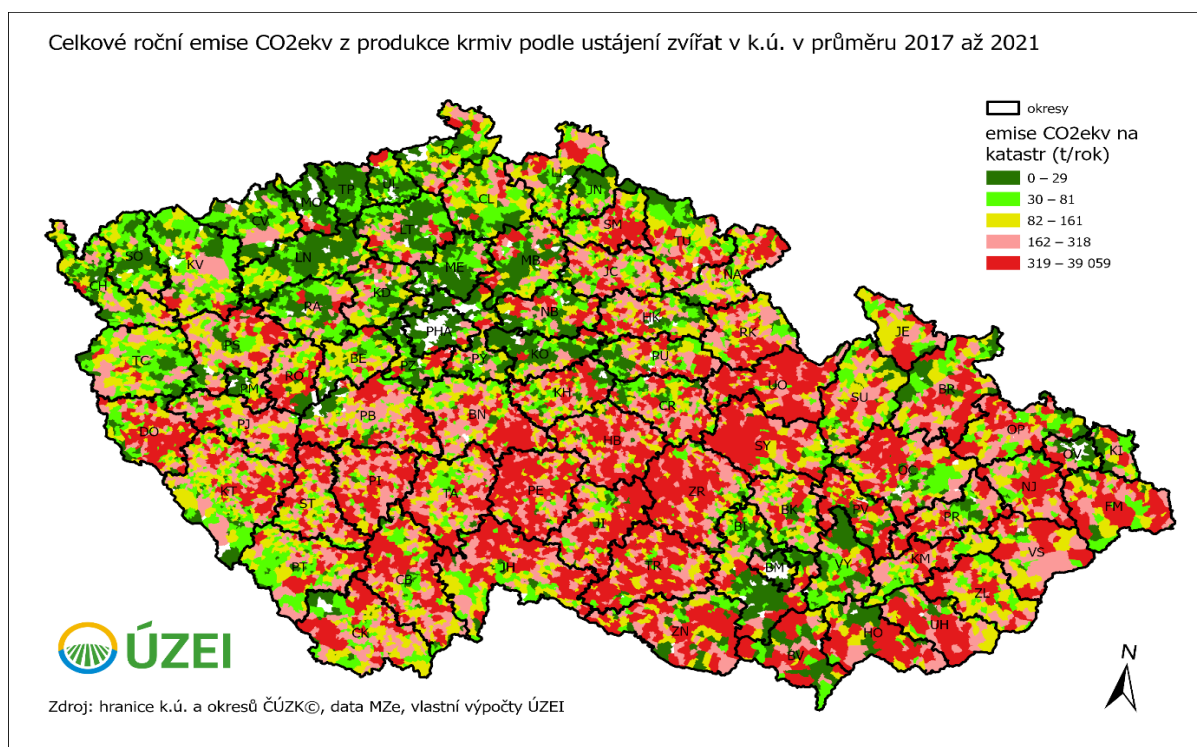
a dopadů opatření na farmách (COMET-Farm, 2013). Tyto nástroje často odpovídají přístupům Tier 3, protože vyčíslují vliv bezorebných systémů, protierozních opatření a změn půdního uhlíku na bilanci skleníkových plynů. Evropská praxe v legislativě protierozních opatření je naopak silná, ale při výpočtu uhlíkové stopy se často používají zjednodušené předpoklady. Z tohoto důvodu může český přístup založený na BPEJ a erozních kategoriích sloužit jako ukázka možného zpřesnění metodiky do budoucna, kdy detailnější zohlednění půdně klimatických podmínek a protierozních opatření povede k přesnějším a odpovědnějším vyčíslení uhlíkové stopy, a současně umožní férovější benchmarking podniků (IPCC2019).

4.6. Emise z produkce krmiv pro živočišnou výrobu

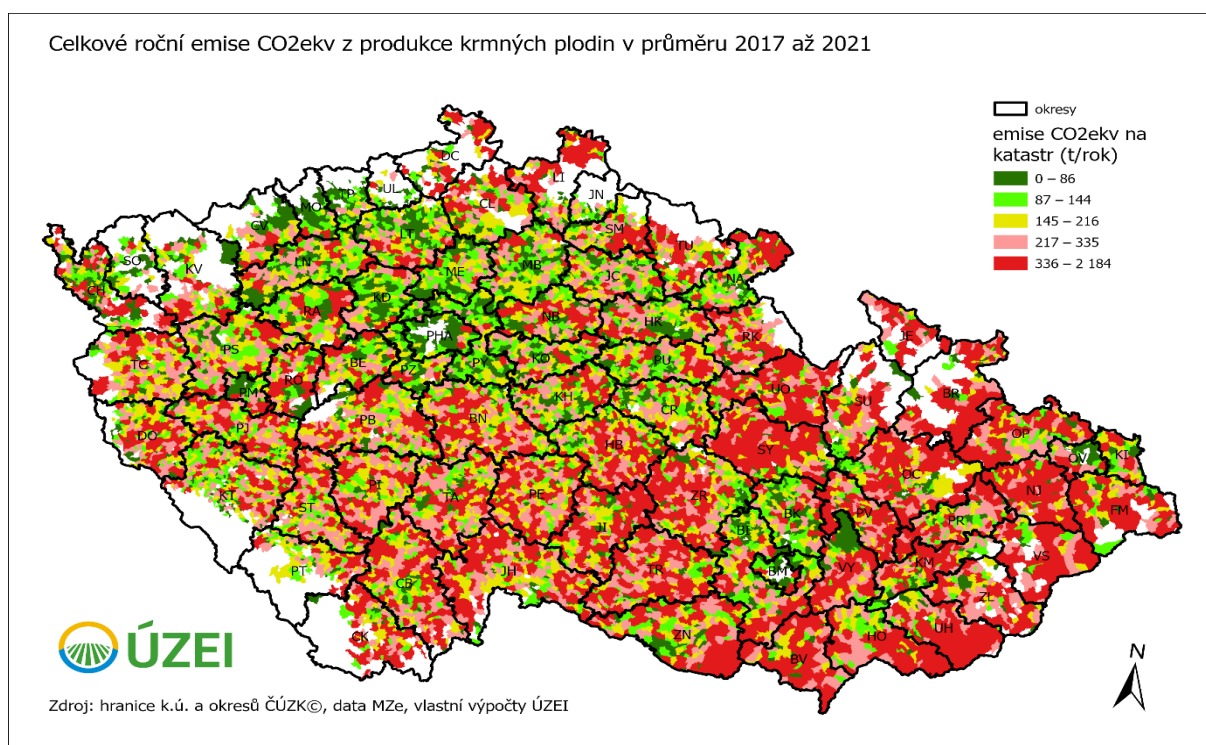
Výpočet emisí z krmiv je v této metodice odvozen od krmných dávek pro jednotlivé kategorie hospodářských zvířat podle VÚMOP, v.v.i. Krmné dávky definují spotřebu krmiv v jednotkách kg na 1 kus a den a jsou členěny podle krmných oblastí přiřazených ke katastrálnímu územím (Tab. 3). Do bilancí nejsou zahrnovány doplňkové složky typu mlezivo a mléko, minerálně-vitamínové doplňky, sůl ani vedlejší produkty, protože nejsou v databázových podkladech sledovány jednotně. Metodika dále sjednocuje přiřazení CCM („corn cob mix“) do bilance kukuřice a uvažovaná sušina krmiv je harmonizována se standardizovanými výnosy na BPEJ. Poptávkový pohled byl kvantifikován jako roční potřeba krmiv odvozená ze stavů zvířat a krmných dávek: $D_{k,f} = \sum_c N_{k,c} \cdot r_{c,f} \cdot 365$, kde $D_{k,f}$ je roční potřeba krmiva typu f (kg sušiny/rok) v katastru k , $N_{k,c}$ je počet kusů (případně přepočet na VDJ) kategorie zvířat c v katastru a $r_{c,f}$ je denní krmná dávka (kg sušiny/kus/den) dle VÚMOP. Emise přiřazené poptávce po krmivech byly stanoveny jako $E_k^{dem} = \sum_f D_{k,f} \cdot EF_f$, kde EF_f je emisní faktor (t CO₂ ekv./t sušiny krmiva) odvozený z emisí rostlinné produkce příslušné krmné plodiny při použití standardizovaných vstupů a výnosů. Produkční pohled vycházel z lokální nabídky krmiv: $S_{k,f} = \sum_{p \in f} A_{k,p} \cdot Y_{BPEJ(p,k)}$, kde $A_{k,p}$ je výměra plodiny p v katastru a $Y_{BPEJ(p,k)}$ je standardizovaný výnos (t sušiny/ha) pro kombinaci plodiny a příslušné BPEJ. Emise produkčního pohledu jsou pak $E_k^{sup} = \sum_f S_{k,f} \cdot EF_f$. Rozdíl $\Delta_{k,f} = D_{k,f} - S_{k,f}$ interpretuje deficit/přebytek krmiv v místě a naznačuje nutnost přesunů nebo dovozu; agregovaně lze deficit vyjádřit např. $\Delta_k = \sum_f \max(0, \Delta_{k,f})$ nebo relativně $\Delta_k^{rel} = \frac{\sum_f (D_{k,f} - S_{k,f})}{\sum_f D_{k,f}}$. Výsledky jsou následně zobrazeny dvěma prostorovými pohledy, poptávkovým a produkčním. Poptávkový pohled přiřazuje emise do katastrů podle potřeby krmiv odvozené ze stavů zvířat (Obr. 8), zatímco produkční pohled vychází z produkce krmných plodin v katastru s výnosy přiřazenými na BPEJ a jejich výměrami (Obr. 9). Jejich porovnání umožňuje identifikovat katastry, kde potřeba krmiv převyšuje lokální produkční kapacitu, a tím i místa, kde se předpokládají přesuny krmiv mezi regiony nebo dovoz.

Tabulka č. 3. Potřeba krmiv pro kategorie hospodářských zvířat podle VÚMOP (kg na 1 kus a den), členěno podle krmných oblastí. Zdroj: VÚMOP, v.v.i.

Kategorie zvířat	Oblast	Výživa (kg)	Kukuřice siláž (kg)	CCM (kg)	Jetelová senáž (kg)	Vojtěšková senáž (kg)	Sláma (kg)	Pšenice (kg)	Ječmen (kg)	Soja (kg)	Řepka (kg)	Travní senáž (kg)	Seno (kg)	Zelená píče (kg)
telata do 1 roku	Horská oblast	1,34	0	0	7,26	0	0	0,75	0,76	0,19	0,39	0	0,86	0
telata do 1 roku	Nížinná oblast	1,2	1,66	0	2,79	1,7	0	0,68	0,69	0,17	0,35	0	0,77	0
telata do 1 roku	Podhorská oblast	1,32	0,45	0	6,65	0	0	0,74	0,75	0,19	0,39	0	0,85	0
jalovice 1 – 2 roky	Horská oblast	0,2	0	0	6,74	0	0	0,31	0,31	0,11	0,11	5,76	1,5	0
jalovice 1 – 2 roky	Nížinná oblast	0,24	4,56	0	19,46	0	0,36	0,37	0,38	0,13	0,13	0	1,21	0
jalovice 1 – 2 roky	Podhorská oblast	0,2	1,5	0	8,43	0	0,3	0,31	0,31	0,11	0,11	4,94	1	0
býci a volí 1 – 2 roky	Horská oblast	0,11	0	0	0	0	0	1,41	0,55	0	0,22	8,75	1,06	0
býci a volí 1 – 2 roky	Nížinná oblast	0,12	16,2	0	4,05	0	0,6	0,98	1,12	0	0,25	0	1,2	0
býci a volí 1 – 2 roky	Podhorská oblast	0,11	7,92	0	0	0	0,53	0,86	0,98	0	0,22	5,22	1,06	0
býci starší 2 roků	Horská oblast	0,11	0	0	0	0	0	1,5	0,58	0	0,24	9,28	2,25	0
býci starší 2 roků	Nížinná oblast	0,25	19,01	0	5,34	0	0,63	1,04	1,18	0	0,27	0	1,27	0
býci starší 2 roků	Podhorská oblast	0,11	8,54	0	0	0	1,14	0,93	1,06	0	0,24	6,1	1,14	0
krávy dojené starší 2 roky	Horská oblast	0,59	0	0	11,99	0	0,59	3,03	1,23	1,87	1,88	8,3	1,78	0
krávy dojené starší 2 roky	Nížinná oblast	2,61	17,71	0	1,83	12,24	0,33	2	1,69	1,37	1,72	0	0,87	0
krávy dojené starší 2 roky	Podhorská oblast	1,88	11,26	0	12,65	0	0,63	2,55	1,29	1,98	1,99	4,12	1,25	0
krávy BTPM starší 2 let	Horská oblast	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,53	2	6,41
krávy BTPM starší 2 let	Nížinná oblast	0,16	0	0	3,64	0	0	0	0	0	0	3,11	2,16	6,92
krávy BTPM starší 2 let	Podhorská oblast	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,55	2,01	6,44
ovce	Horská oblast	0,1	0	0	0	0	0	0,05	0,16	0	0	0,41	0,8	0,51
ovce	Nížinná oblast	0,1	0	0	0	0	0	0,05	0,16	0	0	0,41	0,8	0,51
ovce	Podhorská oblast	0,1	0	0	0	0	0	0,05	0,16	0	0	0,41	0,8	0,51
kozy	Horská oblast	0,1	0	0	0	0	0	0,05	0,16	0	0	0,62	0,5	0,64
kozy	Nížinná oblast	0,1	0	0	0	0	0	0,05	0,16	0	0	0,62	0,5	0,64
kozy	Podhorská oblast	0,1	0	0	0	0	0	0,05	0,16	0	0	0,62	0,5	0,64
prasata	Horská oblast	0,12	0	0	0	0	0	1,17	0,73	0	0,42	0	0	0
prasata	Nížinná oblast	0,12	0	0	0	0	0	1,17	0,73	0	0,42	0	0	0
prasata	Podhorská oblast	0,12	0	0	0	0	0	1,17	0,73	0	0,42	0	0	0
prasnice	Horská oblast	0,18	0	0	0	0	0	1,71	1,07	0	0,61	0	0	0
prasnice	Nížinná oblast	0,18	0	0	0	0	0	1,71	1,07	0	0,61	0	0	0
prasnice	Podhorská oblast	0,18	0	0	0	0	0	1,71	1,07	0	0,61	0	0	0
drůbež	Horská oblast	0	0	0,04	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0
drůbež	Nížinná oblast	0	0	0,04	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0
drůbež	Podhorská oblast	0	0	0,04	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0



Obrázek č. 8. Emise CO₂ ekvivalentu na katastrálních územích pro potřebu živočišné výroby celkem, průměr 2017 až 2021 (emise CO₂ ekv na katastr, t/rok) (Zdroj: ÚZEI, 2025b)



Obrázek č. 9. Emise CO₂ ekvivalentu z produkce krmiv v ČR, průměr 2017 až 2021 (emise CO₂ ekv na katastr, t/rok) (Zdroj: ÚZEI, 2025b)

Na straně poptávky byly stavy zvířat stanoveny jako průměr za roky 2017 až 2021 z evidence Integrovaného zemědělského registru a rozděleny do katastrálních území podle podílu obhospodařované orné půdy a trvalých travních porostů. Na straně nabídky byla produkce krmiv sestavena z výměr a struktury plodin v LPIS a ze standardizovaných výnosů na úrovni BPEJ. Pokud nebyl v katastru dostatek plodin odpovídajících krmným dávkám, byly po konzultaci s VÚMOP použity agronomicky obdobné náhrady typicky ve dvojicích jetel–vojtěška a ječmen jarní–ječmen ozimý. Protože produkce krmiv v části katastrů neodpovídá potřebě vyplývající ze stavů zvířat, jsou vyhodnoceny dvě paralelní varianty, podle produkce krmiv v místě a podle potřeby krmiv v místě, přičemž jejich rozdíl lze interpretovat jako strukturální nesoulad řešený přesuny nebo dovozem, typicky u bílkovinných krmiv. Do interpretace se promítá i erozní ohroženost, protože ovlivňuje technologii pěstování, výnosový potenciál i stabilitu produkce, a tím i emise přepočtené na tunu krmiva. Proto jsou výstupy hodnoceny i ve vazbě na erozní kategorie a související požadavky DZES 5. Pro zpřesnění interpretace ve vazbě na erozní ohroženost byly výstupy vyhodnoceny i po erozních kategoriích NEO/MEO/SEO (VÚMOP, 2025). Pro podnik byl stanoven podíl výměry v kategoriích $s_{j,e} = \frac{A_{j,e}}{A_j}$ a následně emisní intenzita krmiv vážená erozními podmínkami $El_j^{feed} = \sum_e s_{j,e} \cdot El_e^{feed}$, kde El_e^{feed} představuje emisní intenzitu (t CO₂ ekv/t sušiny) vypočtenou pro podmínky dané erozní kategorie při respektování technologických omezení a požadavků DZES 5. Tento krok pomáhá oddělit vliv přírodních podmínek od rozdílů v managementu a umožňuje férovější benchmarking podniků. Výsledky jsou zpracovány databázově a graficky tak, aby umožnily porovnání podniků podle ekonomické velikosti, hrubého ročního rentního efektu a intenzity VDJ (velká dobytčí jednotka) na hektar. Současně je v návaznosti na LPIS zachyceno zastoupení ploch NEO, MEO a SEO na úrovni podniku, což umožňuje propojit prostorovou logiku BPEJ a erozní ohroženosti s ekonomickými a environmentálními charakteristikami hospodaření.

5. Regionální rozložení

Regionální rozdíly emisí z rostlinné výroby jsou dány kombinací půdně-klimatických podmínek a struktury hospodaření. Pro prostorové zpřesnění byly využity vrstvy BPEJ (produkční potenciál) a LPIS (reálné obhospodařované plochy), na které navazují průměrné výnosy a intenzity vstupů. Emise byly vyčísleny v metodice EF 3.1 pro kategorii „Climate change“ (European Commission, 2021a; Andreasi Bassi et al., 2023). U dusíku je klíčová tvorba N₂O po aplikaci minerálního i organického N (IPCC, 2006; 2019). Emise byly kalkulovány pro jednotlivé plodiny v daném regionu na základě místních průměrných výnosů a intenzit vstupů (minerální a organická hnojiva, vápnění a další toky dle inventury). Následně byly agregovány na úroveň okresů, krajů a celé ČR.

5.1. Agregační postup a použité vážení

Výpočty jsou vedeny po kombinacích plodina × územní jednotka a pro každou kombinaci je k dispozici (i) výměra a (ii) emisní výsledek v kg CO₂ ekv./ha. Následující vztahy představují autorsky sestavený agregační postup založený na obecném principu váženého průměru a výpočtu emisní intenzity jako poměru celkových emisí k příslušné jednotce výměry nebo

produkce, v návaznosti na běžné principy environmentálního hodnocení životního cyklu a uhlíkové bilance (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006; WRI/WBCSD, 2011). Pro agregaci byly využity tyto váhy:

Agregace emisí na hektar (kg CO₂ ekv./ha)

Krajský/okresní průměr emisí na hektar je počítán jako vážený průměr přes plodiny podle výměry dané plodiny v území.

$$\bar{E}_{ha,r} = \frac{\sum_c (E_{ha,c,r} \cdot A_{c,r})}{\sum_c A_{c,r}}$$

kde $E_{ha,c,r}$ je emise plodiny, c v regionu, r (kg CO₂ ekv./ha) a $A_{c,r}$ je její výměra.

Agregace emisí na tunu produkce (kg CO₂ ekv./t)

Pro přepočet na produkci se postupuje přes celkové emise a celkovou produkci (nikoli prostým průměrem intenzit), tj.:

$$\bar{E}_{t,r} = \frac{\sum_c (E_{ha,c,r} \cdot A_{c,r})}{\sum_c (Y_{c,r} \cdot A_{c,r})}$$

kde $Y_{c,r}$ je průměrný výnos hlavního produktu (t/ha).

Tento způsob je důležitý, protože férově váží plodiny podle jejich skutečné produkce v regionu a brání zkreslení v regionech, kde převažují vysokovýnosné nebo naopak nízkovýnosné komodity.

5.2. Emise na hektar – výsledky za kraje a ČR

Z plošně vážené agregace datových podkladů poskytnutých ÚZEI vyplývá, že krajské průměry emisí na hektar jsou skutečně poměrně vyrovnané. V krajích se plošně vážený průměr pohybuje od 1,476 t CO₂ ekv./ha do 1,633 t CO₂ ekv./ha. Celorepublikový plošně vážený průměr vychází na 1,560 t CO₂ ekv./ha. Tyto hodnoty jsou spočteny z krajských datových souborů emisí a výměr. Nejvyšší plošně vážené emise na hektar vycházejí pro Hlavní město Praha (1,633 t CO₂ ekv./ha) a dále pro Jihomoravský kraj (1,620 t CO₂ ekv./ha). Nejnižší plošně vážený průměr vychází pro Kraj Vysočina (1,476 t CO₂ ekv./ha) a dále Plzeňský kraj (1,482 t CO₂ ekv./ha). Souhrn všech krajů je uveden v Tab. 4.

5.3. Emise na jednotku produkce – výsledky za kraje a ČR

Po přepočtu na tunu produkce se regionální rozdíly zřetelně zvětší, protože do výsledku vstupuje výnosová úroveň a plodinová skladba. Celorepublikový průměr (produkčně vážený, tj. celkové emise / celková produkce) vychází na 191,31 kg CO₂ ekv./t. Na úrovni krajů se produkčně vážená emisní intenzita pohybuje od 141,5 kg CO₂ ekv./t do 260,6 kg CO₂ ekv./t. Nejnižší hodnoty vykazuje Olomoucký kraj (141,5 kg CO₂ ekv./t), což odpovídá kombinaci vysokých výnosů a významného zastoupení vysoce produkčních plodin v rámci regionu. Naopak nejvyšší emisní intenzitu vykazuje Karlovarský kraj (260,6 kg CO₂ ekv./t), kde se do výsledku promítají nižší průměrné výnosy a odlišná struktura produkce. Přehled je uveden v Tab. 4.

Tabulka č. 4: Souhrn krajských průměrů emisí (vážené podle plochy a produkce).

Kraj	Emise na ha (t CO ₂ ekv./ha)	Emise na t (kg CO ₂ ekv./t)
Hlavní město Praha	1,633	189,5
Jihomoravský kraj	1,620	195,5
Jihočeský kraj	1,528	247,4
Karlovarský kraj	1,490	260,6
Kraj Vysočina	1,476	230,0
Královéhradecký kraj	1,599	150,1
Liberecký kraj	1,538	205,5
Moravskoslezský kraj	1,506	173,2
Olomoucký kraj	1,565	141,5
Pardubický kraj	1,567	185,0
Plzeňský kraj	1,482	233,3
Středočeský kraj	1,590	188,6
Ústecký kraj	1,595	209,7
Zlínský kraj	1,590	168,2

Zdroj: ÚZEI, datové podklady poskytnuté pro účely této práce; vlastní zpracování tabulky.

5.4. Okresní úroveň

Okresní agregace datových podkladů poskytnutých ÚZEI ukazuje ještě vyšší rozptyl, což je očekávatelné. Okresy jsou homogennější než kraje a více se zde projeví lokální půdně-klimatické podmínky a skladba plodin. Emise na hektar se na okresní úrovni (plošně vážený průměr) pohybují přibližně od 1,420 t CO₂ ekv./ha do 1,745 t CO₂ ekv./ha. Nejvyšší průměr emisí na hektar vychází pro okres Hradec Králové (1,745 t CO₂ ekv./ha), zatímco nejnižší je v okrese Jablonec nad Nisou (1,420 t CO₂ ekv./ha). Emise na tunu produkce se okresně pohybují od 116,1 kg CO₂ ekv./t do 280,3 kg CO₂ ekv./t. Nejvyšší intenzita vychází pro okres Sokolov (280,3 kg CO₂ ekv./t), naopak nejnižší pro okres Karviná (116,1 kg CO₂ ekv./t).

5.5. Interpretace příčin regionálních rozdílů

Na hektar jsou rozdíly mezi kraji relativně malé (řádově desítky až nižší stovky kg CO₂ ekv./ha mezi minimem a maximem), zatímco po přepočtu na tunu jsou rozdíly výrazné (v krajích rozdíl cca 1,8× mezi minimem a maximem; v okresech cca 2,4×). To odpovídá obecnému mechanismu, že emisní bilance na hektar je více „technologická“ (vstupy, operace, půdní emise), zatímco bilance na tunu je navíc silně „výnosová“. V úrodných oblastech se vyšší dávky vstupů častěji projeví ve vyšší produkci, takže emise na tunu klesají i při relativně vysokých emisích na hektar. Naopak v méně příznivých oblastech část vstupů zůstává v systému nevyužita nebo se promítá do nižší produkce, takže emise na tunu rostou. Struktura emisí je napříč územími typicky dominována dusíkem (přímé a nepřímé půdní emise N₂O a „šedé“

emise z výroby hnojiv), zatímco přímé energetické emise z nafty tvoří menší, i když stabilní podíl (IPCC, 2006a; IPCC, 2019). To je konzistentní s dříve uvedenými rozklady zdrojů emisí (navazuje na interpretaci u Obr. 3 a Obr. 4), pouze zde je rozdíl v tom, že agregace probíhá prostorově a váženě podle skutečné regionální skladby plodin.

6. Modelový výpočet uhlíkové stopy zemědělského podniku

Modelový podnik je reprezentativní příklad farmy pro danou výrobní oblast, definovaný osevní strukturou, technologiemi a výnosovou úrovní odpovídající půdně-klimatickým podmínkám. Pro ilustraci lze uvažovat podnik v nížinné produkční oblasti s dominancí obilnin, řepky a dalších intenzivních plodin, v řádu stovek hektarů. Pro účely metodiky je klíčové rozložení ploch podle BPEJ a erozních kategorií, protože tyto faktory ovlivňují realistické výnosy, volbu technologií i vstupy. Modelový podnik je v rozšířené variantě chápán jako smíšený podnik. Kromě emisí spojených s pěstováním plodin (včetně krmných) se proto zahrnují i emise ze zvířat (enterický CH_4), z nakládání se statkovými hnojivy a případně energie ve stáji. Metodicky je klíčové transparentně rozhodnout, které emise statkových hnojiv zůstávají v modulu zvířat a které se počítají v modulu plodin, aby se zabránilo dvojímu započtení.

6.1. Osevní struktura a její dopad na uhlíkovou bilanci

Osevní struktura (rotace plodin) významně ovlivňuje výslednou uhlíkovou stopu. Různé plodiny mají odlišnou náročnost na vstupy i výnosový potenciál. Zařazení luskovin (např. hrách, vojtěška, jeteloviny) do střídky dodává do systému vlastní dusík z atmosféry, čímž snižuje potřebu minerálních dusíkatých hnojiv. Naopak plodiny jako řepka vyžadují vysokou dávku hnojiv a časté chemické ošetření, což zvyšuje emise (IPCC, 2006; 2019; European Commission, 2021a). Z hlediska uhlíkového vstupu je klíčové použití meziplodin a ponechání organických zbytků v půdě. Meziplodiny přinášejí mimo hlavní sklizeň značný dodatečný přísun organického uhlíku, například ozimá meziplodina může průměrně vytvořit asi 4 tuny nadzemní suché biomasy na hektar (odpovídá zhruba 1,8 t C/ha, tj. ~6,6 t CO_2 ekv. fixovaného do biomasy). U cukrovarských meziplodin se udává i 0,3–2,6 t sušiny (např. hořčice bílá ~1,38 t sušiny/ha $\rightarrow$ ~0,55–0,60 t C/ha, tj. 2,0–2,2 t CO_2). Z dlouhodobého hlediska se předpokládá, že opakované zařazování meziplodin vede k nárůstu zásoby půdního organického uhlíku řádově o ~0,2–0,4 t C/ha za rok (0,73–1,47 t CO_2 /ha/rok). Do systému rotace plodin patří i střídání orné půdy s dočasnými travními porosty nebo pěstování plodin snášejících větší organický zbytek (např. kukuřice na siláž), což dále podporuje půdní zásobu uhlíku. Kombinace těchto opatření (meziplodiny, obilí-řepa-kukuřice, dostatek organických hnojiv a zbytků) podle výzkumů umožňuje dosáhnout dlouhodobé sekvestrování uhlíku na konvenční ornou půdu až kolem 0,5–1,5 t CO_2 /ha/rok (IPCC, 2006; Mitchell et al., 2015; Poeplau a Don, 2015; Freitag et al., 2024). U podniku se smíšenou výrobou se osevní struktura neposuzuje pouze z hlediska skladby pěstovaných plodin a jejich výnosu, ale současně také ve vazbě na potřebu krmiv pro chovaná zvířata. Prakticky to znamená, že se hodnotí jednak produkční stránka, tedy kolik krmiva podnik vyprodukuje na vlastní půdě, a jednak poptávková stránka, tedy kolik krmiva je skutečně potřeba podle stavů zvířat a jejich krmných dávek. Toto propojení je zásadní pro správnou interpretaci emisí, protože deficit krmiv obvykle znamená nutnost nákupu či dovozu

a tím i přesun části emisní zátěže do „upstream“ fáze, zatímco přebytek krmiv může pokrýt potřebu podniku z vlastních zdrojů (FAO, 2016; Poore a Nemecek, 2018; European Commission, 2021a).

6.2. Kvantifikace emisí skleníkových plynů

Pro výpočet uhlíkové stopy modelového podniku se nejčastěji používá metodika EF 3.1, která počítá globální oteplovací potenciál (GWP_{100}) všech vypuštěných emisí CO_2 , CH_4 a N_2O v ekvivalentech CO_2 (European Commission, 2013; 2021a; Andreasi Bassi et al., 2023). Emise se normalizují na hektar, jednotku produkce (tuna) i na rok pro celý podnik. Ve většině krajů České republiky se průměrné emise pohybují řádově kolem 1,4 až 1,8 t CO_2 ekv./ha. Výraznější rozdíly se objevují při přepočtu na tunu produkce, emisní intenzita se podle regionu může pohybovat zhruba od 116 do 280 kg CO_2 /t. V oblasti s vysokými výnosy (např. úrodné polabské nížiny) více použitých vstupů znamená vyšší sklizeň, takže emise na tunu klesají, i když emise na hektar mohou být vyšší. Naproti tomu v méně příznivých oblastech, kde se část vstupů „promrhá“, jsou emise na jednotku výstupu vyšší. U podniku se smíšenou výrobou je však nutné tuto interpretaci rozšířit, protože „jednotka produkce“ již není pouze tuna rostlinného produktu, ale současně i živočišná produkce (např. kg mléka, kg živé hmotnosti). Proto se doporučuje reportovat výsledky paralelně alespoň ve třech jednotkách: (i) t CO_2 ekv./ha/rok (vazba na půdu, BPEJ a erozi), (ii) kg CO_2 ekv./kg živočišného produktu na hranici farmy (např. mléka), a (iii) t CO_2 ekv./VDJ/rok pro srovnání podniků s rozdílnou strukturou chovu (European Commission, 2021a; FAO, 2016).

Konkrétní příklad: modelový podnik s 200 ha a pestrá osevní strukturou (např. 80 ha pšenice, 40 ha řepky, 40 ha cukrovky, 20 ha kukuřice, 20 ha travního porostu) by při typických dávkách vstupů vyprodukoval celkem řádově 250–300 tun CO_2 ekv. za rok (což odpovídá průměrně ~1,25–1,50 t CO_2 ekv./ha). Při celkové sklizni např. 3 800 tun (podle výnosů jednotlivých plodin) by to představovalo ~65–80 kg CO_2 /t celkové produkce. Tyto řády odpovídají literatuře, kde se u obilovin uvádí emise desítek až stovek kg CO_2 na tunu (např. 330 kg CO_2 /t pro průměrné neerozní pole pšenice) a pro sladovnický ječmen nebo kukuřici často nižší hodnoty kvůli vyšším výnosům. Naopak plodiny s nízkým výnosem, jako mák nebo energetická řepa, mohou mít intenzity přes 200–300 kg/t (European Commission, 2013; 2021a; Poore a Nemecek, 2018).

V případě podniku se smíšenou výrobou se k tomuto „polnímu“ účtu přičítá živočišný modul (zejména enterický CH_4 a emise ze statkových hnojiv). Prakticky to znamená, že dva podniky s podobnými emisemi na hektar mohou mít výrazně odlišný celkový profil podle velikosti stáda, typu produkce a krmné soběstačnosti. Proto má být interpretace vždy doplněna o vazbu na krmiva (vlastní produkce vs. nákup). Z metodického hlediska je klíčové, že část emisí živočišné výroby je „nesena“ krmnými plodinami. Osevní struktura se proto u smíšeného podniku hodnotí nejen jako skladba tržních plodin, ale i jako krmná základna. Prakticky je vhodné sledovat souběžně (a) produkci krmiv na vlastní půdě a (b) potřebu krmiv podle stavů zvířat a krmných dávek; deficit znamená přesun části emisí do „upstream“ části systému (nákup krmiv), zatímco vyšší soběstačnost zvyšuje podíl emisí zachycených přímo v podnikovém účtu (IPCC, 2006; 2019; Poore a Nemecek, 2011).

6.3. Rozklad emisí podle plodin, technologií a vstupů

Emise zemědělského podniku lze rozložit podle plodin, technologií a vstupů. U většiny plodin dominují minerální hnojiva, hlavně dusík, a spotřeba paliv a energie. Například u pšenice v konvenčním systému tvoří hnojiva NPK přibližně 58,5 % emisí, přičemž dusík představuje asi 40 %, a mechanizace a polní operace se pohybují v řádu jednotek až desítek procent. Oproti tomu pesticidy a osivo bývají obvykle marginální položky, protože i když mají pesticidy relativně vysoké emisní faktory na kilogram účinné látky, dávky na hektar jsou nízké, a podíl osiva se typicky drží pod 1 %. Emise z nafty se počítají ze spotřeby na hektar, přičemž 1 litr nafty odpovídá zhruba 3,16 kg CO₂ plus navazující emise z těžby a rafinace, takže například 100 l na hektar vychází přibližně na 370 kg CO₂ ekv. na hektar. Emise kapitálových statků jako je výroba a údržba strojů se obvykle uplatní jen v řádu několika procent a mohou se mírně lišit s velikostí podniku (Audsley et al., 2009; Edwards et al., 2011; Syp et al., 2015; MTES, 2019). Při přepočtu na tunu produkce pak výsledky do značné míry odrážejí nepřímou úměru mezi výnosem a emisní intenzitou. Pokud jsou vstupy na hektar podobné, nižší výnos znamená vyšší emise na tunu a naopak. Proto se jako emisně náročnější na tunu často jeví plodiny s nižším výnosem a vyšší intenzitou zásahů, například mák nebo řepka, zatímco vysoce výnosné plodiny jako cukrová řepa a brambory vycházejí příznivěji a travní porosty se obvykle pohybují ve středních hodnotách. Celkově u běžných obilovin převažuje vliv dusíku a fosilní energie, zatímco biogenní koloběh uhlíku metodika EF 3.1 v hlavní kategorii zpravidla považuje za neutrální. V doplňkových interpretacích posuzování životního cyklu zaměřeného na dopad na změnu klimatu („climate change life cycle assessment“; CC-LCA) se však mohou zohlednit i negativní emise spojené se zachytem uhlíku v biomase a půdě.

U podniku se smíšenou výrobou se k „polnímu“ rozkladu přidává živočišný modul, ale je vhodné zachovat jednoduché pravidlo: emise vznikající ve stáji a při skladování statkových hnojiv se vedou v modulu živočišné produkce, zatímco v modulu plodin se účtují až polní emise po aplikaci statkových hnojiv (včetně případné dopravy/aplikace). Tím se minimalizuje riziko dvojího započtení. Praktický význam vazby rostlinná výroba → krmiva → živočišná výroba je dobře patrný na emisních intenzitách krmných komodit (IPCC, 2006; 2019). V použitém modelovém souboru vychází orientačně např.:

- pšenice ozimá (12 %) ~342 kg CO₂ ekv./t při NEO (~7,91 t/ha) a ~429 kg CO₂ ekv./t při MEO/SEO (~6,31 t/ha),
- kukuřice na siláž ~51 kg CO₂ ekv./t (NEO; ~33,15 t/ha) vs. ~64 kg CO₂ ekv./t (MEO/SEO; ~26,46 t/ha),
- řepka ozimá ~887 kg CO₂ ekv./t (NEO; ~3,39 t/ha) vs. ~1107 kg CO₂ ekv./t (MEO/SEO; ~2,71 t/ha),
- vojtěška setá ~116 kg CO₂ ekv./t (NEO; ~8,86 t/ha) vs. ~143 kg CO₂ ekv./t (MEO/SEO; ~7,18 t/ha),
- jetelotráva na senáž přibližně ~80–99 kg CO₂ ekv./t podle výnosové/erozní varianty.

Tyto hodnoty ukazují, že rozdíl mezi NEO a MEO/SEO se u krmiv běžně pohybuje přibližně v řádu 20–30 % (při podobných vstupech na ha a nižším výnosu), a tento rozdíl se následně přenáší do emisní intenzity mléka nebo masa. Doplňkově tuto vazbu zpřesňují krmné dávky v jednotném formátu (kg/ks/den) a roční potřeby (t/rok) pro jednotlivé kategorie zvířat. V ukázkových řádcích se např. mezi variantami MEO NR a SEO objevují rozdíly v denních

dávkách u klíčových položek (kukuřice silážní cca 4,48 vs. 4,32 kg/ks/den; jetelotráva senáž cca 7,40 vs. 6,19 kg/ks/den; pšenice ozimá cca 2,27 vs. 2,68 kg/ks/den), které se následně projeví v roční potřebě krmiv i v emisích živočišného modulu.

6.4. Vliv ekonomické velikosti a erozního ohrožení

Velikost podniku (ekonomická velikost či výměra) ovlivňuje nasazení technologií a tím i emisní strukturu. Obecně platí, že větší farmy jsou schopny intenzivněji využívat stroje a vysoké vstupy, což může zlepšit náklady na jednotku produkce a dosáhnout vysokých výnosů, ale současně zvětšuje absolutní emise. Menší podniky často nemají stejnou úroveň mechanizace a mohou mít o něco nižší emise kapitálových statků. Studie navíc naznačují, že vztah mezi velikostí a emisní intenzitou může být nerovnoměrný, optimální velikost pro minimalizaci emisí na jednotku plochy bývá u středně velkých podniků (např. kolem 58 ha v jedné analýze) (Zhao et al., 2024). Z hlediska praxe to znamená, že expanze podniků může vést ke snížení emisí na ha díky úsporám z rozsahu (efektivnější technice), ovšem nesmí být doprovázena neefektivním navyšováním vstupů bez odpovídajícího zvýšení výnosů.

Eroze půdy má výrazný dopad zejména přes pokles výnosů a zhoršení efektivity využití vstupů. Přehledové práce uvádějí, že při odstranění části ornice (řádkově jednotky až desítky cm) se pokles výnosu může pohybovat až k desítkám procent, přičemž v erozně nejvíce postižených pozicích může být redukce výnosu i kolem 50 % a více (Larney et al., 1995; Papiernik et al., 2009; Šarapatka a Bednář, 2021). Pokud vstupy neklesají úměrně výnosu, roste emisní intenzita na tunu produkce. Například u pšenice může karbonová intenzita vzrůst z cca 330 kg CO₂/t na neerozní půdě až na ~500 kg/t při střední erozi a přes 800 kg/t při silné erozi. Eroze navíc znamená přímo ztrátu organického uhlíku, odváží se humózní půda obsahující značný C. Říká se, že každá tuna vyorané půdy může uvolnit ~0,3 t CO₂. V důsledku toho ztráta ornice působí jako přímý zdroj emisí, který standardní inventury často nezachycují. Prakticky se na erodovaných pozemcích řeší vyššími dávkami hnojiv a intenzivnější ochranou, ale to někdy ekonomicky nedává smysl a vede spíše k omezení vstupů či dokonce k ústupu od orby (přechod na extenzivní travní porosty). Současně se v ČR v oblastech ohrožených erozí prosazují protierozní technologie (bezorebné zpracování, mulčování, meziplodiny apod.), které omezují erozi a zpravidla také snižují spotřebu paliva, ale mohou vyžadovat navýšení chemické ochrany plevelů (Freitag et al., 2024; MZe, 2025).

U podniku se smíšenou výrobou má eroze dvojí dopad: zvyšuje emisní intenzitu tržních plodin a současně zvyšuje emisní intenzitu krmných plodin. Na datech krmných komodit je tento efekt dobře patrný (např. pšenice ~342 → ~429 kg CO₂ ekv./t; kukuřice siláž ~51 → ~64 kg CO₂ ekv./t; řepka ~887 → ~1107 kg CO₂ ekv./t při přechodu z NEO na MEO/SEO variantu). Část rozdílu v emisní intenzitě živočišných produktů tedy může být dána už půdními podmínkami a výnosovou úrovní krmné základny, nikoli pouze samotným managementem chovu. Proto je při interpretaci výsledků smíšených podniků vhodné kombinovat alespoň tři pohledy: (i) emise na ha (vazba na BPEJ/erozi), (ii) emise na jednotku živočišného produktu a (iii) emise na VDJ. Teprve jejich společná interpretace umožňuje rozlišit, zda vyšší emise souvisejí primárně s intenzitou chovu, nižší krmnou soběstačností, horšími půdními podmínkami, nebo kombinací těchto faktorů (FAO, 2016; IPCC, 2006; 2019; Poore a Nemecek, 2018).

7. Sekvestrace uhlíku a rozšíření o CC-LCA

Poznámka k regulačnímu rámci a k závaznosti notifikovaných hodnot: Pro regulační účely, zejména pro kritéria udržitelnosti biopaliv podle směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/2001 (RED II), a pro navazující tržní použití jsou závaznými referenčními hodnotami typické emise skleníkových plynů z pěstování plodin notifikované Evropskou komisí v členění podle oblastí NUTS 2. Jde o hodnoty uznané těmito prováděcími rozhodnutími Komise: Prováděcí rozhodnutí Komise (EU) 2024/2624 ze dne 8. října 2024, kterým se podle čl. 31 odst. 2 a 4 směrnice (EU) 2018/2001 uznává, že zpráva obsahuje přesné údaje pro účely měření emisí skleníkových plynů spojených s pěstováním řepky olejky v Česku, a Prováděcí rozhodnutí Komise (EU) 2025/473 ze dne 12. března 2025, kterým se uznává, že zpráva předložená Českem podle čl. 31 odst. 2 směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/2001 obsahuje přesné údaje pro účely měření emisí skleníkových plynů spojených s pěstováním ozimé pšenice, řepy cukrovky, kukuřice na zrna, kukuřice na siláž, jarního ječmene a ozimého ječmene v uvedeném členském státě (European Commission, 2024; 2025). Tyto notifikované emisní hodnoty jsou jedním z rozhodujících faktorů pro ceny řepky, cukrovky a dalších komodit a jejich zpochybnění by mohlo mít pro české zemědělce závažné finanční dopady. Přehled a odkazy na plná znění obou rozhodnutí jsou dostupné na stránkách Ministerstva zemědělství (<https://mze.gov.cz/public/portal/mze/zivotni-prostredi/obnovitelne-zdroje-energie/biopaliva/typicke-emise-sklenikovych-plynu-z-pestovani-zemedelskych-surovin>). Níže popsáný interpretační rámec Climate Contribution LCA (CC-LCA) proto slouží výhradně jako doplňkový výkladový nástroj nad rámcem EF 3.1. Nenahrazuje ani nereviduje metodu EF 3.1 ani výše uvedené notifikované typické hodnoty a nelze jej používat k jejich zpochybnování. Hodnoty sekvestrace a bilance CC-LCA uváděné v této kapitole mají výhradně interpretační a orientační povahu; nezapočítávají se proti notifikovaným typickým emisím z pěstování plodin, nevyjadřují se jako alternativní emisní hodnota plodiny na tunu produkce a neslouží pro účely režimu udržitelnosti biopaliv.

Metodika EF 3.1 vyhodnocuje dopad na klima v kategorii „Climate change“ prostřednictvím charakterizačních faktorů typu GWP₁₀₀ a v praxi tak poskytuje především „emisní účet“ zemědělské produkce. V takto definované uhlíkové stopě dominují technologicky podmíněné emise spojené se vstupy a půdními procesy, případně dalšími definovanými příspěvky systému. Z hlediska interpretace je ale podstatné, že standardní výstup EF 3.1 je typicky čten jako bilance nákladů (emise), zatímco „příjmová“ stránka zemědělství, tj. vazba uhlíku fotosyntézou do biomasy a potenciální zvyšování zásoby půdního organického uhlíku („Soil Organic Carbon“; SOC), nebývá v hlavním indikátoru automaticky viditelná jako „negativní emise“. V metodice EF 3.1 se biogenní CO₂ pohlcený fotosyntézou a později uvolněný z biomasy považuje za neutrální tok bez kladného i záporného dopadu, a proto se záchyt CO₂ do rostlinné biomasy nebo půdy v hlavním indikátoru změny klimatu standardně nezapočítává jako kredit (European Commission, 2021a; Andreasi Bassi et al., 2023). Tento tzv. „0/0 přístup“ s nulovým charakterizačním faktorem pro „carbon dioxide, biogenic“ navazuje na doporučení IPCC a brání tomu, aby nekompletní LCA s omezenými systémovými hranicemi, například od „kolébky po bránu farmy“, uměle vykazovala nízkou uhlíkovou stopu díky dočasné vazbě CO₂ (European Commission, 2021a; IPCC, 2006; 2019).

Zemědělství se však od mnoha jiných sektorů liší tím, že v jádru své funkce transformuje atmosférický CO₂ do biomasy. Produkty a zbytky této biomasy pak mohou být využity v navazujících sektorech (potraviny, krmiva, vláknina, bioenergie). Emisní účet přitom správně vyjadřuje klimatickou zátěž spojenou se samotnou produkcí a tvoří základ oficiálních notifikovaných typických hodnot; doplňkový pohled na půdní uhlík (SOC) může navíc popsat „příjmovou“ stránku uhlíkové bilance zemědělských systémů, avšak tyto emisní hodnoty nesnižuje, nenahrazuje ani nezpochybňuje. Právě z tohoto důvodu se v literatuře objevily návrhy doplňkových účetních přístupů, které se snaží explicitně popsat i „příjmovou“ stránku uhlíkové bilance zemědělských systémů. Jedním z takových rozšíření je „Climate Contribution LCA“ (CC-LCA), které pracuje s myšlenkou, že vedle emisí lze kvantifikovat také „spotřebu CO₂“ (záchyt) prostřednictvím uhlíku obsaženého v biomase a případně stabilizovaného v půdě. Princip je založen na přepočtu uhlíku v biomase na ekvivalent oxidu uhličitého podle molárních hmotností (C = 12; O = 16), tedy přibližně 1 kg C odpovídá 3,67 až 3,68 kg CO₂. V tomto interpretativním rámci se pak vedle standardních emisí (EF 3.1) uvažuje i „negativní“ složka odpovídající množství CO₂, které bylo fotosyntézou převedeno do biomasy. V praxi se tento princip vyjadřuje buď samostatným doplňkovým indikátorem, nebo modelováním zvláštního toku typu „Carbon dioxide (biogenic), from air“ se záporným znaménkem, tedy jako odčítání CO₂. Evropské rámce zároveň připouštějí vykázaní dočasného uložení uhlíku jako doplňkové informace mimo standardní kategorie dopadů, což je metodicky kompatibilní s tím, že CC-LCA funguje jako nadstavba pro interpretaci, nikoli jako náhrada EF 3.1 (European Commission, 2021a; CE Delft, 2016). Pro ilustraci platí, že zvýšení zásoby SOC o 0,1 t C na hektar a rok odpovídá přibližně -0,367 t CO₂ na hektar a rok v interpretační bilanci (IPCC, 2019; CE Delft, 2016). Aby se předešlo dvojímu započítání uhlíku nakoupeného v krmivech nebo převedeného do jiných plynů, je v plné aplikaci CC-LCA nutné korigovat např. uhlík, který opouští systém jako CH₄ v živočišné výrobě. Z metodického hlediska je důležité zdůraznit, že CC-LCA zde plní roli nadstavby pro interpretaci, nikoli náhrady EF 3.1; v současné době nelze automaticky předpokládat, že se EF 3.1 jako standard pro produktové hodnocení změní směrem k povinnému započítávání krátkodobé vazby CO₂. Jakékoli srovnání emisí CO₂ ekv. s ekvivalentem CO₂ fixovaným do biomasy má v tomto interpretačním rámci pouze ilustrativní a orientační povahu a nepředstavuje oficiální emisní hodnoty plodin. Pro regulační a tržní účely jsou závazné notifikované typické hodnoty uvedené v úvodu této kapitoly.

Specifický praktický důsledek tohoto pohledu spočívá v tom, že některá plošná opatření, která jsou nastavena bez explicitního technologického rozlišení (např. část protierozních pravidel založená na omezení ploch vybraných plodin a na ochranných pásech), mohou v čistě emisním účtu působit příznivě, ale v CC-LCA mohou vést k posunu „balance CO₂“ opačným směrem, pokud nahrazují vysoce produktivní plodiny (typicky cukrová řepa, kukuřice, brambory) plodinami či plochami s nižší produkcí biomasy. To ovšem vždy závisí na tom, co se s biomasou děje po sklizni (rychlá mineralizace versus delší uložení, využití v potravním či energetickém řetězci) a jak se vyvíjí SOC. Z hlediska interpretace je zde klíčová podmínka dlouhodobosti a rizika reverze. Kredit dává smysl pouze tehdy, pokud je zvýšení SOC udrženo v čase a není následně „vráceno“ změnou hospodaření, degradací půdy nebo extrémními událostmi, protože pak by šlo jen o dočasný efekt (IPCC, 2019; CE Delft, 2016).

Do této logiky přímo vstupuje i otázka hnojení, zejména dusíku. Z hlediska emisí je dusík klíčový především přes půdní emise N_2O a přes „šedé emise“ výroby hnojiv. Současně však dusík významně determinuje produkci biomasy a výnos, a tím i množství CO_2 fixovaného fotosyntézou. Praktický závěr není v tom, že „více dusíku je vždy lépe“, ale že je rozhodující účinnost dusíku (výnosová odezva vs. ztráty). V podkladech se uvádí orientační výnosová odezva řádově desítky kilogramů produkce na 1 kg N (např. u pšenice kolem ~20 kg zrna, u kukuřice na siláž řádově vyšší přírůstky sušiny), což v bilanci znamená, že klíčovým cílem je vyhnout se neproduktivní aplikaci dusíku a ztrátám, a naopak maximalizovat přeměnu dodaného N do produkce a posklizňových zbytků, které vstupují do půdního uhlíkového cyklu. V této souvislosti se často zmiňuje i význam precizního zemědělství (např. variabilní dávkování dusíku), ale metodicky je zásadní, že dopad na jednotkové emise (kg CO_2 ekv./t) se projeví pouze tehdy, pokud je spolehlivě zachycen i dopad na výnos a pokud je následný uhlíkový přínos, typicky ve formě změny SOC, kvantifikován měřením nebo důvěryhodným modelem a je dlouhodobě stabilizovaný v konkrétních půdně klimatických podmínkách (European Commission, 2021a; IPCC, 2019).

Z praktických opatření s přímým dopadem na bilanci uhlíku mají v podmínkách ČR mimořádný význam meziplodiny a obecně organické vstupy (sláma, hnůj, kompost, digestát). Meziplodiny přinášejí dodatečný uhlíkový vstup mimo hlavní plodinu, snižují erozní riziko a vytvářejí podmínky pro postupný nárůst SOC, pokud jsou opakovaně zařazovány a pokud je systém dlouhodobě udržen. V podkladech pro české podmínky je uvedeno, že ozimé meziplodiny mohou dosahovat průměrně kolem 4 t sušiny na hektar, což odpovídá asi 1,8 t C/ha a zhruba 6,62 t CO_2 /ha transformovaného do biomasy meziplodiny (Vach et al., 2009; Haberle et al., 2025; vlastní přepočty podle IPCC, 2006). Současně české pokusy ukazují, že u strniskových meziplodin se produkce nadzemní suché biomasy v závislosti na druhu a termínu setí často pohybuje přibližně od 0,3 do 2,4 t sušiny na hektar (Vach et al., 2009; Haberle et al., 2025). Například hořčice bílá dosahovala v pokusech v Troubsku v letech 2006–2008 průměrně kolem 1,8 t sušiny na hektar (Vach et al., 2009). Při typickém obsahu uhlíku v sušině zhruba 40 až 45 % to odpovídá asi 0,72 až 0,81 t C na hektar, tedy přibližně 2,6 až 3,0 t CO_2 převedeného do meziplodinové biomasy za sezónu (vlastní přepočty podle IPCC, 2006). V příznivých podmínkách se uvádějí i hodnoty kolem 2,5 t sušiny na hektar, což odpovídá zhruba 1,1 t C a přibližně 4 t CO_2 v biomase (Haberle et al., 2025; vlastní přepočty podle IPCC, 2006). Pro interpretaci je však rozhodující, že fixace do biomasy není totožná se sekvestrací do SOC, protože významná část uhlíku po zapravení mineralizuje a jen určitý podíl, často řádově 10 až 30 %, se převádí do stabilnějších půdních poolů (Berti et al., 2016; Poeplau a Don, 2015). Pokud by se například ozimá meziplodina uplatnila na 50 % výměry jařin, odpovídalo by to teoretickému zachytu přibližně 2,1 mil. t CO_2 ročně převedeného do meziplodinové biomasy; z hlediska dlouhodobé sekvestrace je pak rozhodující, jaká část uhlíku přejde do stabilnějších půdních poolů SOC a jaké jsou rozkladné podmínky a management. V literatuře se jako realistický dlouhodobý příspěvek meziplodin k přírůstku SOC často uvádí přibližně 0,2 až 0,4 t C na hektar a rok, což odpovídá asi 0,73 až 1,47 t CO_2 na hektar a rok, přičemž některé studie uvádějí průměrné hodnoty kolem 0,33 t C na hektar a rok (Poeplau a Don, 2015; Smit et al., 2019). Na základě datových podkladů poskytnutých ÚZEI byly vyhodnoceny tři varianty meziplodin (hořčice bílá, směs pohanka + svazenka, svazenka vratičolistá) ve dvou

technologických režimech („mezipJar“ a „mezipOz“), a to včetně rozkladu kategorie „Climate change“ na složky biogenní, fosilní a složku změny využití půdy. Celková hodnota „Climate change“ (kg CO₂ ekv./ha) vychází pro hořčici bílou 1373,65 (mezipJar) a 136,01 (mezipOz), pro směs pohanka + svazenka 1050,21 (mezipJar) a 122,47 (mezipOz), a pro svazenku vratičolistou 1021,22 (mezipJar) a 122,09 (mezipOz). Rozklad ukazuje, že rozhodující část těchto hodnot tvoří složka „Climate change – Fossil“, zatímco „Climate change – Biogenic“ a „Climate change – Land use and LU change“ jsou řádově nižší. Pro interpretaci kapitoly je klíčové, že meziploidy se při relativně nízké či střední emisní zátěži současně pojí s významnou „spotřebou CO₂“ (fixací do biomasy), a proto jsou metodicky důležité právě v rozšířeném pohledu CC-LCA. V této práci je proto vedle standardního výstupu EF 3.1 uvažována i alternativní interpretace bilance podle CC-LCA, která porovnává emise CO₂ ekvivalentu s ekvivalentem CO₂ zachyceným v biomase.

7.1. Modely pro výpočet změn půdního uhlíku a jejich použitelnost v ČR

Změnu SOC lze určovat měřením (časové řady) nebo modelováním. Měření je metodicky průkazné, ale náročné a citlivé na prostorovou variabilitu; správná interpretace vyžaduje konzistentní hloubku odběru a práci s objemovou hmotností (Lee et al., 2009). Pro scénáře a škálování se používají modely, jejichž výstupem je roční změna SOC (t C/ha/rok), která se převádí na CO₂ ekv. (1 t C = 3,67 t CO₂). RothC je relativně jednoduchý model dynamiky SOC s měsíčním krokem; vyžaduje klimatická data, obsah jílů, počáteční SOC a uhlíkové vstupy z posklizňových zbytků a organických hnojiv. Je vhodný pro porovnání scénářů hospodaření, avšak neřeší detailně dusíkový cyklus a emise N₂O, které je třeba posoudit samostatně (Coleman a Jenkinson, 1996; IPCC, 2006; European Commission, 2021a). DNDC naopak simuluje uhlíkové i dusíkové procesy s denním krokem a umožňuje posoudit „trade-off“ mezi SOC a N₂O, ale je datově náročný a vyžaduje kalibraci (Li et al., 1992). Modely Century/DayCent umožňují konzistentně propojit produkci biomasy s dynamikou SOC, avšak jsou rovněž náročnější na vstupy a parametrizaci (Del Grosso et al., 2005). Celkově se jako pragmatický přístup jeví kombinace nástrojů. Pro dlouhodobé trendy SOC s relativně dostupnými daty je vhodný RothC, zatímco pro detailní posouzení vazby mezi změnou SOC a emisemi N₂O je výhodné využít procesní modely typu DNDC nebo DayCent. V rámci CC-LCA se pak změna SOC vykazuje jako doplňkový indikátor k emisnímu účtu EF 3.1, nikoli jako jeho náhrada.

7.2. České studie sekvestrace uhlíku při různém hospodaření

Výsledky z českých podmínek dlouhodobě potvrzují, že zásoba půdního uhlíku je primárně funkcí množství a kvality dodané organické hmoty, intenzity zpracování půdy a struktury osevního postupu. Konvenční orba spojená s odvozem zbytků dlouhodobě vede k mineralizaci humusu a poklesu SOC, zatímco konzervační hospodaření, zařazování meziploidy a organické hnojení mohou pokles omezit nebo obrátit do nárůstu (Šimon et al., 2013; 2024; Prudil et al., 2023). V českých souborech výsledků se opakovaně objevuje, že varianty s odvozem slámy a bez meziploidy mívají uhlíkovou bilanci neutrální až negativní, zatímco návrat zbytků do půdy a meziploidy posouvají bilanci do kladných hodnot. Klasické české vyhodnocení bilancí uhlíku napříč desítkami variant osevních postupů ukázalo, že nejvyšší sekvestrace nastává

v rotacích s vyšším podílem organických zbytků a stabilizujících plodin, například při kombinaci jetelovin, organicky hnojených okopanin, meziplodin a zapravování slámy. V takových systémech byla uváděna sekvestrace kolem 0,37 t C na hektar a rok, tedy přibližně 1,36 t CO₂ na hektar a rok. Jinými slovy, intenzivní využití meziplodin a ponechání zbytků může vést k ukládání řádově 370 až 392 kg C na hektar a rok do stabilnějších poolů, což odpovídá zhruba 1,3 až 1,4 t CO₂ na hektar a rok (Středa et al., 2008; Poeplau a Don, 2015). Tyto hodnoty dobře reprezentují realistické rozpětí pro konvenční ornou půdu v ČR při plném nasazení osvědčených postupů, kde se dlouhodobá sekvestrace typicky pohybuje v řádu 0,5 až 1,5 t CO₂ na hektar a rok, přičemž vyšší hodnoty jsou pravděpodobnější v počátečních letech přechodu na zlepšené hospodaření nebo na půdách s výrazným deficitem organické hmoty (Středa et al., 2008; Poeplau a Don, 2015; Prudil et al., 2023).

U bezorebných a minimalizačních systémů je metodicky důležité rozlišit skutečný nárůst zásoby uhlíku v profilu od pouhé stratifikace, tedy přesunu uhlíku do povrchové vrstvy půdy. Česká měření i mezinárodní zkušenosti ukazují, že „no till“ a minimalizace mohou zpomalovat rozklad organické hmoty a zvyšovat SOC zejména v horních centimetrech, ale pro robustní závěry je nezbytné pracovat s hloubkovým profilem a s objemovou hmotností půdy, jinak může být efekt nadhodnocen. V kombinaci s meziplodinami a ponecháním mulče však konzervační zpracování půdy typicky podporuje lepší bilanci uhlíku, mimo jiné i díky omezení eroze a zlepšení půdní struktury. Významnou roli mají organické vstupy. Zapravení 30 t na hektar chlévského hnoje při sušině kolem 25 % představuje dodání zhruba 7 až 8 t organické hmoty, která obsahuje přibližně 3 t C. Přestože velká část uhlíku rychle mineralizuje, při humifikačním koeficientu kolem 0,2 může přibližně 20 % uhlíku přejít do stabilnější půdní organické hmoty. To odpovídá zhruba 0,6 t C na hektar, tedy asi 2,2 t CO₂ na hektar jako potenciální navýšení stabilních zásob při jednorázové aplikaci. Kompost má typicky vyšší podíl stabilnějších frakcí a humifikační koeficient může dosahovat zhruba 0,3 až 0,4, zatímco digestát z bioplynových stanic má uhlík více rozložený a jeho přímý příspěvek k dlouhodobé sekvestraci je obvykle menší. U digestátu je však důležitý nepřímý efekt přes zvýšení produkce biomasy a posklizňových zbytků, které pak vstupují do půdního uhlíkového cyklu (Klír, 2019).

7.3. Mezinárodní přístupy k sekvestraci uhlíku v LCA

V národních inventurách v rámci „United Nations Framework Convention on Climate Change“ (UNFCCC) se změny uhlíku v půdě standardně účtují v sektoru „Land Use, Land-Use Change and Forestry“ (LULUCF) podle pokynů IPCC a pracuje se s rozdílem zásob proti referenci, často s modelováním (IPCC, 2003; 2006; 2019). V produktové LCA (včetně PEF/EF 3.1) zůstává přístup konzervativnější, biogenní CO₂ je obvykle neutrální a dočasné uložení se nezapočítává jako kredit; změny SOC se proto vykazují jako doplňkové informace s jasnou metodikou a nejistotami (European Commission, 2021a; CE Delft, 2016). Specifická sektorová pravidla mohou umožňovat explicitní vykazování sekvestrace (např. u víceletých kultur). Současně roste význam certifikace odstraňování uhlíku a „carbon farming“, kde se vyžaduje dodatečnost, dlouhodobost a řízení rizika reverze, tj. snížení dopadu neočekávaných změn a udržení ztráty pod kontrolou (European Parliament and Council, 2024).

8. Praktický postup pro uživatele (návod „krok za krokem“)

Tato kapitola převádí metodický popis do praktického postupu na konkrétním modelovém příkladu tak, aby byl výpočet snadno reprodukovatelný. Příklad je uveden ve dvou variantách: (A) standardní „emisní účet“ dle EF 3.1 v kategorii dopadu „Climate change“ (GWP₁₀₀) a (B) doplnění o „příjmovou“ stranu uhlíku (CC-LCA).

8.1. Zadání modelového příkladu

Uvažujme podnik, který pěstuje pšenici ozimou na třech typech pozemků podle erozní kategorie (vazba na DZES 5), přičemž technologie a výnos se mírně liší:

- NEO: 40 ha, výnos 7,0 t/ha
- MEO NR: 40 ha, výnos 6,5 t/ha
- SEO: 20 ha, výnos 5,5 t/ha

Celkem pšenice: 100 ha.

Vstupy a operace jsou uváděny na 1 ha (a následně přepočteny na plochu a na tunu zrna). Pro jednoduchost jsou v příkladu uvažovány klíčové položky, které typicky pokrývají rozhodující část dopadu (pravidlo významnosti „cut-off“).

Inventura vstupů na 1 ha (společná pro všechny kategorie; rozdíl je ve výnosu a u SEO v mírně vyšší spotřebě nafty):

Minerální hnojiva

- N celkem: 160 kg N/ha (součet všech N dávek)
- P₂O₅: 50 kg/ha
- K₂O: 60 kg/ha

Vápnění a močovina

- v tomto příkladu: bez močoviny (0 kg/ha)
- vápnění CaCO₃: 0 kg/ha (neuplatněno)

Pesticidy (zjednodušeně jako přípravky):

- herbicidy: 2,0 kg přípravku/ha
- fungicidy: 1,5 kg přípravku/ha
- insekticidy: 0,2 kg přípravku/ha

Osivo:

- 200 kg/ha

Energie a operace:

- nafta: NEO 70 l/ha, MEO 70 l/ha, SEO 80 l/ha (SEO: více přejezdů / šetrnější technologie)

Elektřina:

- 0 kWh/ha (v příkladu neuvažováno; bez závlahy a posklizňových technologií)

Emisní faktory použité v příkladu (ilustrativně, řádově konzistentní):

- výfukové emise nafty: 3,16 kg CO₂/l

- „well-to-tank“ (WTT) navýšení nafty: +18 % z výfukových emisí (orientační zjednodušení)
- přímé N_2O z půdy (Tier 1): 1 % z N vstupu jako $\text{N}_2\text{O-N}$
- převod $\text{N}_2\text{O-N} \rightarrow \text{N}_2\text{O}$: násobek 44/28
- GWP_{100} pro N_2O : 298
- nepřímé N_2O (volatilizace + vyplavení): v příkladu 0,75 % z N vstupu jako $\text{N}_2\text{O-N}$ (orientační agregovaný faktor; v ostrém výpočtu se drží konkrétních faktorů metodiky/databáze)

Pro „upstream“ emise výroby vstupů (hnojiva/pesticidy/osivo) je použit zjednodušený soubor faktorů tak, aby výsledky řádově odpovídaly typickým výstupům:

- výroba a doprava minerálního N: 6,0 kg CO_2 ekv./kg N
- výroba P_2O_5 : 1,0 kg CO_2 ekv./kg P_2O_5
- výroba K_2O : 0,6 kg CO_2 ekv./kg K_2O
- pesticidy (jako přípravky): 5,0 kg CO_2 ekv./kg přípravku
- osivo: 0,3 kg CO_2 ekv./kg osiva

Varianta A: „emisní účet“ (bez zachytu CO_2)

Krok 1: Funkční jednotka a hranice systému

Výstupy budou uvedeny:

- na 1 ha: kg CO_2 ekv./ha
- na 1 t zrna: kg CO_2 ekv./t

Hranice systému: od kolébky po bránu farmy (výroba vstupů + emise na farmě do sklizně).

Krok 2: Výpočet přímých půdních emisí N_2O

$$N_{\text{vstup}} = 160 \text{ kg N/ha}$$

$$\text{Přímé } \text{N}_2\text{O-N} = 0,01 \times 160 = 1,60 \text{ kg } \text{N}_2\text{O-N/ha}$$

$$\text{Převod na } \text{N}_2\text{O}_{\text{přímé}} = 1,60 \times 44/28 = 2,514 \text{ kg } \text{N}_2\text{O/ha}$$

$$\text{Přepočet na } \text{CO}_2 \text{ ekv.: } E(\text{N}_2\text{O}_{\text{přímé}}) = 2,514 \times 298 = 749,2 \text{ kg } \text{CO}_2 \text{ ekv./ha}$$

Krok 3: Nepřímé půdní emise N_2O (agregovaný zjednodušený faktor)

$$\text{Nepřímé } \text{N}_2\text{O-N} = 0,0075 \times 160 = 1,20 \text{ kg } \text{N}_2\text{O-N/ha}$$

$$\text{Převod na } \text{N}_2\text{O}_{\text{nepřímé}} = 1,20 \times 44/28 = 1,886 \text{ kg } \text{N}_2\text{O/ha}$$

Přepočet na CO_2 ekv.:

$$E(\text{N}_2\text{O}_{\text{nepřímé}}) = 1,886 \times 298 = 561 \text{ kg } \text{CO}_2 \text{ ekv./ha}$$

Krok 4: Emise z nafty (přímé + WTT)

NEO a MEO (70 l/ha):

- výfuk: $70 \times 3,16 = 221,2 \text{ kg } \text{CO}_2/\text{ha}$
- WTT: $0,18 \times 221,2 = 39,8 \text{ kg } \text{CO}_2/\text{ha}$
- celkem nafta: 261,0 kg CO_2 ekv./ha

SEO (80 l/ha):

- výfuk: $80 \times 3,16 = 252,8 \text{ kg } \text{CO}_2/\text{ha}$

- WTT: $0,18 \times 252,8 = 45,5 \text{ kg CO}_2/\text{ha}$
- celkem nafta: $298,3 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./ha}$

Krok 5: Emise z výroby vstupů (hnojiva, pesticidy, osivo)

Minerální hnojiva

- N: $160 \times 6,0 = 960 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./ha}$
 - P_2O_5 : $50 \times 1,0 = 50 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./ha}$
 - K_2O : $60 \times 0,6 = 36 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./ha}$
- Celkem hnojiva: $1\,046 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./ha}$

Pesticidy

Součet přípravků: $2,0 + 1,5 + 0,2 = 3,7 \text{ kg/ha}$

$3,7 \times 5,0 = 18,5 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./ha}$

Osivo

$200 \times 0,3 = 60 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./ha}$

Krok 6: Součet emisí na 1 ha

Společné složky (pro všechny kategorie):

- přímé N_2O : 749,2
- nepřímé N_2O : 561,0
- hnojiva: 1046,0
- pesticidy: 18,5
- osivo: 60,0

Součet bez nafty:

$749,2 + 561,0 + 1046,0 + 18,5 + 60,0 = 2434,7 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./ha}$

Dopočítání s naftou:

- NEO/MEO: $2434,7 + 261,0 = 2695,7 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./ha}$
- SEO: $2434,7 + 298,3 = 2733,0 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./ha}$

Krok 7: Přepočet na 1 tunu zrna

NEO:

$E_t = 2695,7 / 7 = 385,1 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./t}$

MEO NR:

$E_t = 2695,7 / 6,5 = 414,7 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./t}$

SEO:

$E_t = 2733,0 / 5,5 = 496,0 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./t}$

Krok 8: Podnikový výsledek (vážený průměr)

Emise na podnik:

- NEO: $40 \times 2,6957 = 107,8 \text{ t CO}_2 \text{ ekv.}$
 - MEO: $40 \times 2,6957 = 107,8 \text{ t CO}_2 \text{ ekv.}$
 - SEO: $20 \times 2,7330 = 54,7 \text{ t CO}_2 \text{ ekv.}$
- Celkem: $270,3 \text{ t CO}_2 \text{ ekv./rok}$

Produkce zrna:

- NEO: $40 \times 7,0 = 280 \text{ t}$
 - MEO: $40 \times 6,5 = 260 \text{ t}$
 - SEO: $20 \times 5,5 = 110 \text{ t}$
- Celkem: 650 t/rok

Podniková emisní intenzita:

$$270,3/650 = 0,415 \text{ t CO}_2 \text{ ekv./t} = 415 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./t}$$

Shrnutí varianty A: v rámci emisního účtu vychází v modelu pšenice přibližně $2,70\text{--}2,73 \text{ t CO}_2 \text{ ekv./ha}$ a $385\text{--}496 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./t}$ podle výnosu a technologie.

Varianta B: „emisní účet“ (doplnění o CC-LCA)

V této variantě se emisní účet nemění. Doplňuje se pouze informativní „příjmová“ strana uhlíku:

1. Fixace CO_2 do biomasy (typicky krátkodobý tok)
2. Změna SOC (sekvestrace) jako samostatná položka (kredit jen pokud je doložen modelem/měření a udržitelný v čase)

Zadání doplňku (meziplodina a SOC)

Předpokládejme, že podnik na části plochy zařazuje meziplodinu, která zvyšuje přísun C do půdy:

- meziplodina pěstována na 60 ha (např. po sklizni pšenice, ozimá/strništní směs)
- produkce meziplodiny: $4,0 \text{ t sušiny/ha}$
- uhlík v sušině: $45 \% \text{ C}$ (zjednodušení)
- tedy C v biomase: $4,0 \times 0,45 = 1,80 \text{ t C/ha}$
- převod $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2$: násobek $3,67$
- fixace CO_2 do biomasy: $1,80 \times 3,67 = 6,61 \text{ t CO}_2/\text{ha}$

Dále uvažujme (konzervativně, v rámci uváděných řádů) dlouhodobou změnu SOC:

- přírůstek SOC: $0,30 \text{ t C/ha/rok}$ na plochách s meziplodinou
- to odpovídá: $0,30 \times 3,67 = 1,10 \text{ t CO}_2/\text{ha/rok}$ „uloženo do SOC“

Krok 1: Emise zůstávají stejné

Podnikové emise z varianty A: $270,3 \text{ t CO}_2 \text{ ekv./rok}$ (nemění se).

Krok 2: Informativní tok fixace CO_2 do biomasy meziplodiny

Na 1 ha meziplodiny:

- CO_2 fixovaný do biomasy: $6,61 \text{ t CO}_2/\text{ha}$

Na 60 ha :

- $60 \times 6,61 = 396,6 \text{ t CO}_2/\text{rok}$ „vázáno v biomase“

Tento tok se uvádí odděleně jako krátkodobý (osud biomasy rozhoduje: mineralizace, zapracování, stabilizace části C v SOC apod.).

Krok 3: Kredit za změnu SOC (pouze pokud doloženo)

Na 1 ha:

- $\Delta\text{SOC} = +0,30 \text{ t C/ha/rok}$
- v CO_2 ekv.: $0,30 \times 3,67 = 1,10 \text{ t CO}_2/\text{ha/rok}$
- v bilanci se zapisuje jako $-1,10 \text{ t CO}_2/\text{ha/rok}$ (kredit)

Na 60 ha:

- $60 \times 1,10 = 66,1 \text{ t CO}_2/\text{rok}$

Tj. $-66,1 \text{ t CO}_2$ ekv./rok jako samostatný řádek „Změna SOC (sekvestrace)“.

Krok 4: Jak reportovat výsledky, aby byly metodicky čisté

Výstup se uvede ve třech řádcích:

1. Emise:
 $270,3 \text{ t CO}_2$ ekv./rok (beze změny oproti variantě A)
2. CO_2 fixovaný do biomasy meziplodiny (informativně):
 $396,6 \text{ t CO}_2/\text{rok}$ (krátkodobý tok)
3. Změna SOC (sekvestrace; pokud doloženo):
 $-66,1 \text{ t CO}_2$ ekv./rok

Pokud je žádoucí uvést i jednu „souhrnnou interpretační“ hodnotu, doporučuje se uvést konzervativní netto pohled pouze přes SOC:

Netto (emise – SOC kredit):

$$270,3 - 66,1 = 204,2 \text{ t CO}_2 \text{ ekv./rok}$$

A současně explicitně uvést, že tok fixace do biomasy $396,6 \text{ t CO}_2/\text{rok}$ je z větší části krátkodobý a jeho dlouhodobý význam je zprostředkován právě stabilizací do SOC.

Krok 5: Přepočítání na tunu zrna

Produkce zrna je 650 t/rok .

- Emisní intenzita (stejně jako ve variantě A):
 $270,3/650 = 0,415 \text{ t/t} = 415 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./t}$

Poznámka: Kredit za změnu SOC se v souhrnu uvádí pouze jako samostatná absolutní roční položka (t CO_2 ekv./rok) a záměrně se nepřepočítává na tunu produkce. Takový „netto“ údaj na tunu by totiž vytvářel hodnotu přímo srovnatelnou s notifikovanými typickými emisními hodnotami plodin, ačkoli je pouze interpretační. Závaznou emisní intenzitou zůstává výsledek emisního účtu (varianta A).

Poznámky k použití BPEJ a erozních kategorií v praktickém výpočtu

V reálné aplikaci se místo jednotného „na 1 ha“ pracuje s maticí $\text{plodina} \times \text{BPEJ} \times \text{eroze} \times \text{technologie}$, protože:

- erozní kategorie (NEO/MEO/SEO) ovlivňují povolené technologie (DZES 5), počty operací a často i dosažitelný výnos,
- BPEJ zpřesňuje výnosy a standardizované vstupy v prostorovém řezu a umožňuje vážené agregace na podnik.

Podnikový výsledek se potom získá vážením podle výměr, a to pomocí autorského agregačního vztahu sestaveného pro účely této metodiky:

$$E_{\text{podnik}} = \sum_p \sum_e \sum_b (E_{\text{ha},p,e,b} \times A_{p,e,b})$$

kde $A_{p,e,b}$ je výměra plodiny p v erozní kategorii e a třídě BPEJ b .

8.2. Paralelní výpočet pro živočišnou výrobu (mléčný skot)

Uvažujme podnik se smíšenou výrobou s těmito stavby:

- krávy dojené starší 2 roky: 100 ks
- jalovice 1–2 roky: 40 ks
- telata do 1 roku: 40 ks

Roční produkce mléka: 8 000 kg/krávu/rok, **tedy** 800 000 kg/rok (800 t/rok).

Krok 1: Krmiva – emisní faktory

Emisní intenzity krmných komodit podle BPEJ (výpočet $EF = \frac{E_{\text{ha}}}{Y}$; jednotky kg CO₂ ekv./t):

- Kukuřice na siláž: 56,9 kg CO₂ ekv./t
- Ječmen ozimý (konv): 256,2 kg CO₂ ekv./t
- Pšenice ozimá (konv): 471,2 kg CO₂ ekv./t
- Pšenice ozimá (SEO): 484,6 kg CO₂ ekv./t

Krok 2: Krmiva – poptávka

Pro demonstrační výpočet zaměřený pouze na kategorii dojnic uvažujme pro 1 dojnici ročně následující spotřebu:

- kukuřice siláž: 7,30 t/rok
- objemné krmivo (siláž/senáž): 3,65 t/rok
- ječmen (koncentrát): 2,20 t/rok

Emise krmiv na 1 dojnici/rok (jen z těchto hlavních položek):

- kukuřice siláž: $7,30 \times 56,9 = 415,4$ kg CO₂ ekv./rok
- ječmen: $2,20 \times 256,2 = 563,6$ kg CO₂ ekv./rok
- objemné krmivo: záleží na tom, zda je to jetelotráva, TTP, senáž intenzivní atd.
- Úplná bilance chovu skotu by však musela zahrnout i ostatní kategorie zvířat, včetně jejich krmivové potřeby, enterické fermentace a hnoje.

Pro konzervativní demonstraci vezměme, že objemné krmivo má podobný řád jako siláže (např. $\sim 80 \text{ kg CO}_2/\text{t}$): $3,65 \times 80 = 292 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./rok}$

Celkem krmiva (1 dojnice/rok): $\approx 415,4 + 563,6 + 292 = 1271 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./rok}$

Celkem krmiva (100 dojnic): $127,1 \text{ t CO}_2 \text{ ekv./rok}$.

Krok 3: Enterický CH_4

Pro dojnice použijme tabulkový faktor: $117 \text{ kg CH}_4/\text{ks/rok}$

Enterický CH_4 pro 1 dojnici: $117 \times 28 = 3276 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./rok}$

Pro 100 dojnic: $100 \times 3276 = 327,6 \text{ t CO}_2 \text{ ekv./rok}$

Krok 4: CH_4 ze statkových hnojiv

Uvažujme faktor: $21 \text{ kg CH}_4/\text{ks/rok}$ (dojnice)

Na 1 dojnici: $21 \times 28 = 588 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./rok}$

Na 100 dojnic: $58,8 \text{ t CO}_2 \text{ ekv./rok}$

Krok 5: N_2O ze statkových hnojiv

Aby byl příklad reprodukovatelný, použijme jednoduchý roční N-výdej na dojnici:

- $N_{\text{ex}} = 100 \text{ kg N/ks/rok}$ (*parametrizace dle hmotnosti, užitkovosti a systému*)
- $\text{EF}_3 = 0,005 \text{ kg N}_2\text{O-N/kg N}$

Výpočet na 1 dojnici:

- $\text{N}_2\text{O-N} = 100 \times 0,005 = 0,50 \text{ kg N}_2\text{O-N/rok}$
- $\text{N}_2\text{O} = 0,50 \times 44/28 = 0,786 \text{ kg N}_2\text{O/rok}$
- $\text{CO}_2 \text{ ekv.: } 0,786 \times 298 = 234,3 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./rok}$

Na 100 dojnic: $23,4 \text{ t CO}_2 \text{ ekv./rok}$

Krok 6: Součet „živočišného modulu“ a intenzita mléka

Na 1 dojnici/rok („farm-gate“):

- krmiva: $1271 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv.}$
- enterický CH_4 : $3276 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv.}$
- CH_4 ze statkových hnojiv: $588 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv.}$
- N_2O ze statkových hnojiv: $234,3 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv.}$

Součet: $\approx 1271 + 3276 + 588 + 234,3 = 5369,3 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./rok}$

Intenzita na kg mléka ($8000 \text{ kg/krávu/rok}$): $5369,3/8000 = 0,671 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv./kg mléka}$

Krok 7: Propojení s modulem plodin (statková hnojiva bez dvojího započtení)

Pravidla pro konzistenci:

- $\text{CH}_4/\text{N}_2\text{O}$ ze stáje a skladování = modul zvířat.

- Modul plodin počítá polní emise po aplikaci kejdy/hnoje (přímé a nepřímé N_2O z půdy) + dopravu/aplikaci (nafta).
- Současně se v bilanci živin typicky snižuje minerální N o „N dostupný ze statkových hnojiv“ (dle účinnosti N, typu hnoje, termínu aplikace).

9. Opatření ke snižování emisí v rostlinné výrobě

Rostlinná výroba přispívá k emisím skleníkových plynů především prostřednictvím N_2O z půdy v návaznosti na dusíkaté hnojení a dále emisemi CO_2 spojenými se spalováním fosilních paliv při polních operacích a s výrobou vstupů. V podmínkách České republiky se zemědělství jako celek podílí na celkových emisích skleníkových plynů přibližně 7–8 %, přičemž v rostlinné výrobě jsou klíčové půdní emise N_2O a energetické vstupy. N_2O má velmi vysoký potenciál globálního oteplování, zhruba 265–298krát vyšší než CO_2 , a proto i relativně malé změny v půdních emisích významně ovlivňují uhlíkovou stopu. Největší podíl emisí u většiny plodin souvisí s dusíkatými hnojivy. Emise vznikají jak přímo v půdě během nitrifikace a denitrifikace, tak nepřímo v důsledku ztrát dusíku, například volatilizací amoniaku a následnou depozicí. Významné jsou také emise CO_2 z průmyslové výroby minerálních dusíkatých hnojiv, kde je energetická náročnost syntézy čpavku zásadním faktorem. V literatuře se uvádí, že u konvenční pšenice může výroba a použití syntetického dusíku tvořit přibližně 72 % emisí spojených s pěstováním. U cukrové řepy analýzy technologických emisí ukazují, že hnojení dusíkem společně se zpracováním půdy, sklizní a transportem může představovat dohromady zhruba 91 % celkových emisí, což jasně vymezuje priority mitigace (IPCC, 2006; 2019; Moudrý et al., 2010; MŽP ČR, 2022; Chochola et al., 2025). Druhým dominantním zdrojem je spotřeba paliv a energie. Intenzivní zpracování půdy, zejména hluboká orba, a vysoký počet přejezdů mechanizace se promítají do emisí CO_2 ze spalování nafty. U některých komodit může být významná i doprava do skladů nebo zpracovatelských kapacit. Vedle toho se na bilanci podílejí emise z výroby pesticidů, osiv a dalších vstupů a v rámci posouzení životního cyklu také emise spojené s kapitálovými statky (stroje, budovy, infrastruktura). Specifické zdroje, jako je metan z rýžovišť, jsou pro české podmínky okrajové, nicméně v globálních srovnáních vysvětlují regionální rozdíly ve struktuře emisí (Moudrý et al., 2010; European Commission, 2013; 2018; IPCC, 2006; 2019; Chochola et al., 2025). Protože řada podniků v České republice hospodář jako podniky se smíšenou výrobou a část emisí je vázána na vnitropodnikové toky krmiv a statkových hnojiv, zahrnuje tato kapitola vedle opatření pro rostlinnou výrobu také opatření pro živočišnou výrobu. Pozornost je věnována zejména enterickému metanu, emisím z nakládání se statkovými hnojivy, spotřebě energie ve stájích a vazbě na krmiva a dusíkovou bilanci, protože právě tyto oblasti představují hlavní páky pro snižování emisí na úrovni podniku (IPCC, 2006; 2019; FAO, 2023; MŽP ČR, 2023).

9.1. Optimalizace hospodaření s dusíkem

Protože dusíkatá hnojiva a následné půdní emise N_2O představují největší emisní položku, klíčová opatření se soustředí na efektivnější hospodaření s dusíkem. Praktickým rámcem je přístup 4R - uznávaný rámec udržitelného hospodaření s živinami a hnojivy v zemědělství (Right Source: správný zdroj hnojiva, Right Rate: správná dávka, Right Time: správný termín

a Right Place: správné místo aplikace). Cílem je omezit přebytky minerálního dusíku v půdě a zároveň zachovat výnosový potenciál. V pokusech u cukrové řepy bylo ověřeno, že snížení dávky minerálního dusíku z přibližně 110 kg N/ha směrem k 80 kg N/ha vedlo pouze k mírnému poklesu výnosu v řádu jednotek až desítek procent, přičemž přímé emise N_2O z hnojiv se snižují úměrně redukcí dávky a současně klesají emise z výroby hnojiv. Nastavení dávky je lokálně podmíněné a mělo by vycházet z rozborů půdy, diagnostiky porostu a výnosového potenciálu (IPCC, 2006; 2019; Johnston a Bruulsema 2014; Chochola et al., 2025). Významnou cestou je také volba vhodných forem dusíku a používání stabilizovaných hnojiv. Nitrifikační inhibitory a ureázové inhibitory zpomalují procesy vedoucí ke vzniku N_2O , zvyšují dostupnost dusíku pro rostliny a snižují riziko ztrát. Polní měření uvádějí, že při dlouhodobém hnojení na úrovni 180 kg N/ha/rok mohlo použití inhibitorů snížit kumulativní emise N_2O o desítky procent oproti běžnému hnojivu. Podobnou logiku mají pozvolna uvolňující formy hnojiv. Velmi účinná je úprava termínu a způsobu aplikace, zejména dělení dávek a lokalizace hnojiva. U organických hnojiv (kejda, hnůj, digestát, kompost) je zásadní technika aplikace a rychlé zapravení do půdy. Injektáž a hadicové aplikátory omezují volatilizaci amoniaku a tím i následné nepřímé emise N_2O . Zapojení luskovin do osevních postupů snižuje potřebu minerálního dusíku a podporuje půdní úrodnost, přestože i fixovaný dusík může být zdrojem N_2O (IPCC, 2006; 2019; Abalos et al., 2014; Lam et al., 2017; van der Weerden et al., 2021). Na úrovni politiky je důležité koordinovat snižování emisí skleníkových plynů s omezením emisí NH_3 . Podle Národního programu snižování emisí České republiky je zemědělství nejvýznamnějším producentem NH_3 . V roce 2021 připadalo přibližně 55 % emisí NH_3 na pěstování plodin na zemědělské půdě a asi 29 % celkových emisí NH_3 bylo spojeno s aplikací minerálních dusíkatých hnojiv, což podporuje důraz na moderní aplikační a skladovací technologie (MŽP ČR, 2023).

9.2. Precizní zemědělství

Precizní zemědělství (Zemědělství 4.0) řídí vstupy a operace prostorově a časově podle variability pozemku a aktuálního stavu porostu. V praxi zahrnuje globální družicové navigační systémy, aplikační mapy, variabilní dávkování, řízení sekcí, porostní senzory a dálkový průzkum. Tím se snižuje plýtvání hnojivy a pesticidy a současně se omezuje počet přejezdů i překryvy, což vede k úsporám paliva a technologických emisí na hektar. Optické senzory a satelitní data umožňují směřovat dusík do částí pole s reálným výnosovým potenciálem a omezovat dávky tam, kde již výnos nezvyšují. Přínosem je také sdružování operací a logistické plánování, které snižují přejezdové vzdálenosti a neproduktivní čas souprav (European Parliament, 2016; Karlsson Potter et al., 2022). Z hlediska podpory opatření je významná vazba na podmíněnost dotací („cross compliance“) a investiční podporu technologií pro manipulaci s hnojivy, například zastřešení jímek a hnojišť, a aplikační techniku snižující emise, včetně hadicových aplikátorů a zapravovačů kejdy. U precizní aplikace se uvádí podpora rozmetadel, aplikačních cisteren, systémů řízení sekcí, variabilní aplikace, porostních senzorů a systémů spektrální analýzy materiálů (MŽP ČR, 2023).

9.3. Technologie zpracování půdy

Zpracování půdy významně přispívá k emisím CO_2 ze spotřeby paliva a zároveň ovlivňuje dynamiku půdního uhlíku. Hluboká orba zvyšuje mineralizaci organické hmoty, podporuje

ztráty uhlíku a vyžaduje energeticky náročné operace. Minimalizační postupy a bezorebné setí proto patří mezi často doporučovaná opatření. Literatura uvádí, že emise z polních prací při bezorebném setí mohou být zhruba poloviční oproti konvenční orbě a že v českých podmínkách může náhrada orby minimalizací snížit emise spojené s pěstováním pšenice podobně jako přechod z konvenčního na ekologický systém. Přínos spočívá ve snížení spotřeby paliva a v podpoře ukládání organické hmoty v povrchové vrstvě půdy. Volba technologie však musí vycházet z místních půdně-klimatických podmínek, protože výnosová stabilita se může lišit, například ve vlhčích podmínkách může být vhodnější klasické zpracování půdy. V erozně ohrožených půdách jsou půdoochranné postupy prioritní (Moudrý et al., 2010; Smutný et al., 2015). Pro český kontext je relevantní i sledování 560 pozemků v letech 2002–2011, které hodnotilo vztah četnosti orby k provozním ukazatelům. Korelace počtu oreb s výnosem byla kladná, nízká (Pearsonův korelační koeficient 0,100) a vysoce signifikantní, zatímco korelace s penetrometrickým odporem byla záporná (−0,050 v ornici a −0,160 v podorníci) a záporná byla i korelace s vlhkostí v ornici (−0,095). Intenzita chemických zásahů vykazovala kladnou korelaci 0,093. Prakticky to podporuje závěr, že o technologii zpracování půdy je vhodné rozhodovat v kontextu celého systému hospodaření a místních podmínek, nikoli pouze podle jedné emisní metriky. Vedle klimatických dopadů je relevantní i prašnost, protože emise primárních částic PM₁₀ z polních prací (orba, sklizeň) představují více než 9 % celkových emisí primárních částic v sektoru, a půdoochranné postupy tak přinášejí i přínosy pro kvalitu ovzduší (MŽP ČR, 2023).

9.4. Meziplodiny, organická hmota a práce s půdním uhlíkem

Meziplodiny a organické vstupy představují současně mitigační i adaptační opatření. Meziplodiny snižují ztráty dusíku po sklizni tím, že zachytávají zbytkové dusičnany v biomase, a tím omezují vyplavování dusíku do vod i podmínky pro tvorbu N₂O a současně snižují vyplavování dusíku do vod. Zlepšení půdní struktury kořenovým systémem může podpořit lepší provzdušnění a zvýšit podíl neškodného molekulárního dusíku N₂O. Zlepšení půdní struktury kořenovým systémem může podpořit provzdušnění půdy a zvýšit podíl neškodného N₂ v produktech denitrifikace. Dlouhodobě meziplodiny zvyšují přísun organické hmoty do půdy, zlepšují vodní režim, stabilitu agregátů a podporují tvorbu půdního uhlíku (Abdalla et al., 2019; IPCC, 2006; 2019). Důležitá je také práce s organickými materiály vrácenými do půdy, zejména kompostem, digestátem a posklizňovými zbytky, případně stabilními uhlíkatými materiály, jako je biouhel. U těchto vstupů je třeba minimalizovat plynové ztráty při skladování a aplikaci a volit technologie, které vedou ke stabilizaci organické hmoty. V národních podkladech se jako významná cesta redukce emisí uvádí řízená anaerobní fermentace odbouratelných materiálů v digestorech s jímáním bioplynu a jeho energetickým využitím, přičemž navazující přínosy zahrnují možnost využít teplo z bioplynových stanic a zlepšit organizaci materiálových toků s omezením dopravy (Cayuela et al., 2014; MŽP ČR, 2023). Z pohledu půdního uhlíku je cílem dlouhodobě pozitivní uhlíková bilance půdy. Změny zásob uhlíku v půdě se v národních inventurách vykazují především v sektoru využití půdy, změn v LULUCF, zatímco v uhlíkové stopě produkce se stále častěji uvažuje započtení úspor díky akumulaci uhlíku v půdě. Tento přístup se označuje jako „emission savings from carbon accumulation“ (ESCA), tedy emisní úspory díky akumulaci uhlíku (IPCC, 2003; European Parliament and Council, 2018).

9.5. Výnos, výrobní struktura a ekonomická udržitelnost opatření

Pro interpretaci uhlíkové stopy je rozhodující, zda hodnotíme emise na hektar, nebo na jednotku produkce. Vyšší výnos obvykle snižuje emisní intenzitu, protože fixní technologické emise na hektar se rozloží do většího objemu produkce. U cukrové řepy se uvádí fixace přibližně 43 t CO₂ při výnosu kolem 70 t bulv na hektar a přibližně 50 t CO₂ při výnosu kolem 80 t/ha (Chochola, 2021). To podporuje hodnocení opatření nejen podle absolutní úspory emisí, ale i podle dopadu na výnos a emisní intenzitu na tunu produktu. Současně je třeba opatrně pracovat s extenzifikací. Snižuje materiálové a energetické vstupy, ale může vést k poklesu výnosu, prodloužení návratnosti mechanizace a zhoršení finanční stability podniku. V metodických podkladech Ministerstva životního prostředí se zdůrazňuje, že udržitelnost opatření musí stát na ekonomické výkonnosti podniku, což odpovídá pojetí společenské odpovědnosti firem („corporate social responsibility“; CSR), kde ekonomická stabilita tvoří základ pro environmentální a sociální dimenzi (UN Global Compact, 2008). Prakticky proto dávají největší smysl opatření, která snižují emise a současně zachovávají výnos, případně zvyšují efektivitu vstupů. V této souvislosti je relevantní vývoj spotřeby minerálních dusíkatých hnojiv v České republice. Podle resortních podkladů činila spotřeba dusíkatých minerálních hnojiv na hektar průměrem 71,7 kg N v roce 2005, 80,2 kg N v roce 2010, 98,7 kg N v roce 2015, 107,3 kg N v roce 2016, 104,9 kg N v roce 2017, 103,2 kg N v roce 2018, 101,1 kg N v roce 2019, 99,6 kg N v roce 2020 a 95,9 kg N v roce 2021. Trend ukazuje nárůst do roku 2016 přibližně o polovinu oproti roku 2005 a následný postupný pokles od roku 2017, což je podstatné pro interpretaci emisních trendů, protože minerální dusík je klíčovým driverem N₂O i NH₃ (ČSÚ, 2025b).

9.6. Mitigační postupy v živočišné produkci

Živočišná výroba přispívá k emisím skleníkových plynů na úrovni farmy zejména CH₄ z enterické fermentace u přežvýkavců, dále emisemi CH₄ a N₂O při nakládání se statkovými hnojivy a emisemi N₂O z exkrementů na pastvě a po aplikaci statkových hnojiv. Významnou roli mají také nepřímé emise vázané na krmiva, a to jak u vlastní produkce, tak u nakupovaných krmných komponent, přičemž u vybraných komodit může do výsledku vstupovat i riziko změn ve využití půdy. Vedle biologických procesů se uplatňuje i spotřeba energie ve stájích, například na ventilaci, osvětlení, dojení a chlazení, ohřev vody a manipulaci s kejdou, a dále logistika krmiv a statkových hnojiv v rámci podniku (FAO, 2023; IPCC, 2006; 2019). Pro mitigaci je proto důležité hodnotit opatření na jednotku produktu a zabránit přesunům emisí mezi plyny nebo mezi emisemi na farmě a emisemi vznikajícími mimo farmu, například při výrobě a dopravě krmných aditiv. U přežvýkavců je pákou zlepšení produkční efektivit a využití krmiva, protože vyšší užitkovost a lepší konverze krmiva obvykle snižují emise na kilogram mléka nebo masa, jelikož část emisí na kus a den je do značné míry fixní (Poore a Nemecek, 2018). Vedle toho lze enterický CH₄ cílit i přímo pomocí aditiv. U 3-nitrooxypropanolu (3-NOP; Bovaer®) meta-analýza uvádí průměrné snížení enterického CH₄ průměrně o 32,7 %, 30,9 % a 32,6 % podle použité metriky při průměrné dávce kolem 70,5 mg na kg sušiny, přičemž účinek závisí na složení krmné dávky (Kebreab et al., 2023). U mořských řas rodu *Asparagopsis* se potvrzuje vysoký mitigační potenciál, ale v praxi je limitován stabilitou a standardizací účinné látky, proveditelností dávkování zejména v pastevních systémech, možnými dopady na užitkovost a riziky spojenými s bromoformem, takže vyžaduje opatrnou formulaci a důraz na

průkazné měření, transparentní vykazování a ověření skutečného účinku v praxi (Kebreab et al., 2025; Kelliher et al., 2025). U statkových hnojiv je klíčové, že u kejdy vzniká CH_4 během anaerobního skladování a emise jsou citlivé na teplotu, dobu skladování a typ systému. Opatření proto typicky kombinují zkracování doby skladování v mezích agronomie a legislativy, zakrývání skladů, úpravy manipulace a anaerobní digesce s využitím bioplynu. U digesce je metodicky nutné zohlednit i emise digestátu při skladování a aplikaci, protože snížení CH_4 může být provázáno změnami v emisích NH_3 a následných nepřímých emisích N_2O (IPCC, 2006; 2019). Tato vazba je důležitá i pro český kontext kvality ovzduší. Podle aktualizace Národního programu snižování emisí ČR z roku 2023 v roce 2021 pocházelo přibližně 55 % emisí NH_3 ze sektoru pěstování plodin a zemědělské půdy a zhruba 40 % ze sektoru chovu hospodářských zvířat, přičemž asi 29 % emisí NH_3 připadalo na aplikaci minerálních dusíkatých hnojiv. To podtrhuje společný nástroj, protože omezení ztrát dusíku řeší současně klima přes N_2O i ovzduší přes NH_3 . Živočišná a rostlinná výroba jsou propojeny dusíkovou bilancí, protože dusík vstupuje do podniku v krmivech, odchází v produktech a velká část se vrací ve statkových hnojivech. Pro snížení nepřímých emisí N_2O je klíčové omezit ztráty dusíku, zejména volatilizaci NH_3 a vyplavování, a toho se dosahuje přesnějším krmením, vhodným načasováním a způsobem aplikace hnoje a kejdy včetně rychlého zapravení nebo injektáže a sladěním plánu hnojení s potřebou plodin. Doplnkově se uplatňuje energetický management stájí, zejména u technologicky náročných systémů, například ventilace a chlazení, kde zvyšování účinnosti a využití obnovitelných zdrojů snižuje emisní stopu energie. Při interpretaci je důležité počítat s „trade off“ efekty, protože některá opatření snižují CH_4 , ale mohou měnit profil N_2O nebo NH_3 , a část opatření může přesouvat emise do „upstream“ části řetězce. Proto je vhodné vyhodnocovat dopady v celkové kategorii změny klimatu v CO_2 ekv. a současně sledovat NH_3 (MŽP ČR, 2023). Současně platí, že variabilita mezi producenty stejné komodity je vysoká a existuje prostor pro zlepšování managementu, ale u řady živočišných produktů bývají dopady i při nejlepší praxi systémově vyšší než u rostlinných alternativ, což je relevantní pro komunikaci doporučení.

9.7. Institucionální rámec a cílená opatření na úrovni podniku

Podklady Ministerstva životního prostředí formulují snižování emisí CH_4 a N_2O v zemědělství zejména prostřednictvím snížení množství aplikovaných dusíkatých hnojiv a zlepšení způsobů aplikace, které minimalizují nežádoucí emise. Další doporučenou cestou je kontrolovaná fermentace odbouratelných zemědělských odpadů v digestorech s jímáním bioplynu a energetickým využitím. Zároveň se podporuje přeměna intenzivně obhospodařované půdy na trvalé travní porosty (TTP) a lesní pozemky tam, kde to dává agronomicky i environmentálně smysl, zejména na erozně ohrožených a produkčně rizikových plochách. Z hlediska emisí může být převod na TTP příznivý díky nižším vstupům a stabilizaci půdy, současně však omezuje produkční funkci a vyžaduje posouzení dopadů na ekonomiku podniku. Na úrovni podniku se jako účinná opatření ukazují zejména optimalizace dusíku, omezení přejezdů sdružováním operací, využití precizních technologií pro dávkování a řízení sekcí, minimalizační technologie zpracování půdy ve vhodných podmínkách, práce s organickou hmotou včetně kompostování a anaerobní fermentace a organizace materiálových toků s omezením dopravy. Do změn výrobní struktury lze zahrnout i výsadbu stromů a rozvoj

ovocnářství tam, kde je to kompatibilní s půdními a ekonomickými podmínkami, protože víceleté porosty a prvky dřevin mohou přispívat k sekvestraci uhlíku a stabilizaci krajiny. Celkově platí, že největší a nejrychleji dosažitelné úspory emisí v rostlinné výrobě souvisí s dusíkem, palivy a organizací operací, přičemž dlouhodobé uplatnění opatření v praxi podmiňuje ekonomická udržitelnost (IPCC, 2019; MŽP ČR, 2023).

IV. Srovnání novosti postupů

Certifikovaná metodika obsahuje popis zaváděných principů udržitelnosti na evropské úrovni, které se budou významně promítat do zemědělství. Metodika se zaměřuje na možnosti výpočtu uhlíkové stopy v rostlinné i živočišné výrobě. Tyto poznatky poskytnou zemědělcům údaje, od nichž se následně mohou odvozovat kroky vedoucí k požadovanému snížení uhlíkové stopy.

Postupy výpočtu uhlíkové stopy se v posledních letech významně posunuly od zjednodušených a orientačních odhadů k komplexním, datově podloženým metodám, které reflektují skutečný klimatický dopad činností organizace. Zatímco tradiční přístupy se soustředily převážně na přímé emise oxidu uhličitého a využívaly průměrné emisní faktory, současné metodiky zahrnují všechny relevantní skleníkové plyny a systematicky pokrývají celé spektrum emisí včetně hodnotového řetězce.

V zemědělství se novost přístupů projevuje zejména v přesnějším zachycení biologických emisí metanu a oxidu dusného, ve využívání primárních provozních dat a v zahrnutí vlivů hospodaření s půdou, změn využití půdy a sekvestrace uhlíku. Výpočty jsou díky tomu lépe srovnatelné v čase i mezi jednotlivými podniky a poskytují spolehlivější základ pro rozhodování.

Současné postupy již neslouží pouze k informativnímu vyčíslení emisí, ale představují klíčový nástroj řízení udržitelnosti. Jsou úzce provázány s požadavky směrnice CSRD a standardu ESRS E1 a tvoří nezbytný podklad pro stanovení klimatických cílů, přechodových plánů a posouzení souladu činností s EU taxonomií. Uhlíková stopa se tak stává strategickým prvkem řízení rizik, příležitostí a dlouhodobé konkurenceschopnosti organizace.

Jednotlivé metodické přístupy mají svá specifika, se kterými je vhodné při interpretaci a prezentaci výsledků počítat. Například metoda LCA je koncipována především s důrazem na produkční složky zemědělství, které jsou zdrojem emisí. Metodika LCA EF 3.1 se zaměřuje na uhlíkovou stopu „produktů“, a proto v omezené míře zohledňuje bioklimatické, agronomické a socioekonomické podmínky a jejich potenciál přispívat ke snižování uhlíkové stopy, přičemž tyto podmínky se mohou mezi jednotlivými zemědělskými výrobními oblastmi výrazně lišit.

Vzhledem k tomu, že EF 3.1 pracuje především s emisemi a systematicky nezahrnuje sekvestraci uhlíku spojenou s ochrannými postupy hospodaření na půdě, nabízí zemědělcům jen omezený prostor reagovat na vypočtenou uhlíkovou stopu prostřednictvím zlepšování zemědělských praktik (např. zapravení organické hmoty, využití kompostu, pěstování mezplodin či ochranné osevní postupy). V praxi tak mohou být jako účinnější opatření interpretovány spíše strukturální změny produkce, například změna pěstovaných plodin nebo úprava velikosti živočišné výroby. Tyto kroky však mohou být v některých případech obtížně slučitelné s místními bioklimatickými, agronomickými a socioekonomickými podmínkami jednotlivých zemědělských výrobních oblastí.

Metodika EF 3.1 se rovněž soustřeďuje převážně na produkční aspekty zemědělství a jen omezeně zachycuje přínosy neprodukčních složek, jako jsou efekty extenzivního hospodaření. Sem patří například udržování zásob půdního uhlíku v travních porostech či pozitivní vliv méně intenzivního a méně chemizovaného hospodaření na sekvestraci uhlíku, kvalitu půdy, vodní režim a biodiverzitu. Tyto přínosy metodika EF 3.1 v rámci hodnocení uhlíkové stopy systematicky neoceňuje.

LCA EF 3.1 tak představuje užitečný nástroj pro poskytování informací relevantních pro ochranu klimatu, nicméně nahlíží na zemědělství převážně z jednoho hodnoticího hlediska. Z tohoto důvodu má omezenou schopnost postihnout multifunkčnost zemědělství, která je zvláště významná v oblastech se ztíženými podmínkami hospodaření, ať už socioekonomickými či bioklimatickými (Areas of Natural Constraint, ANC).

V. Popis uplatnění certifikované metodiky

- 1) Certifikovanou metodiku mohou využívat především zemědělské subjekty v rostlinné i živočišné výrobě jako vodítko při orientaci v současně zaváděných opatřeních a jako základní vhled do problematiky Taxonomie EU, jelikož prozatímní informovanost o této problematice je velmi nízká.
- 2) Zemědělské firmy, které využijí metodiku výpočtu uhlíkové stopy. Jeho výsledek bude představovat odrazový můstek pro analýzu možností požadovaných snížení uhlíkové stopy.
- 3) Metodika najde využití ve firmách a společnostech z hlediska základní orientace v problematice reportingu.
- 4) Státní správa využije souhrnné informace metodiky při vytváření analýz.
- 5) Jako přehled dosavadních výstupů z Evropské unie může metodika sloužit politickým činitelům pro snazší orientaci.

VI. Ekonomické aspekty

Ekonomické aspekty výpočtu uhlíkové stopy zahrnují široké spektrum nákladů, přínosů a tržních dopadů, které ovlivňují rozhodování podniků, veřejných institucí i tvůrců hospodářských politik.

Z ekonomického hlediska je vhodné odlišit náklady spojené s aplikací metodiky od přínosů, které mohou z jejího využití pro uživatele vyplynout. Zatímco náklady na aplikaci metodiky lze alespoň orientačně vyčíslit, ekonomické přínosy jsou podstatně obtížněji uchopitelné a ve většině případů je nelze obecně a věrohodně vyjádřit jednotnou peněžní částkou. Důvodem je skutečnost, že metodika sama o sobě nepředstavuje opatření, které by automaticky generovalo přímou finanční úsporu nebo zvýšení výnosů. Jedná se především o analytický, informační a rozhodovací nástroj, jehož ekonomický efekt je závislý na tom, jakým způsobem bude v konkrétním podniku využit a zda na jeho základě budou přijata konkrétní opatření v oblasti řízení, organizace výroby, investic nebo komunikace s externími subjekty.

Náklady spojené s využitím metodiky jsou oproti tomu snáze identifikovatelné. Zahrnují zejména čas a práci potřebnou ke sběru a kontrole vstupních dat, jejich třídění a zpracování, vlastní výpočet uhlíkové stopy, interpretaci výsledků a případně také konzultace či metodickou

podporu. V některých případech mohou být tyto náklady relativně nízké, zejména pokud podnik již disponuje kvalitní evidencí výroby, vstupů a souvisejících ekonomických ukazatelů. U jiných podniků však může být aplikace metodiky náročnější, a to například v situaci, kdy jsou data vedena roztržitě, v nejednotné podobě nebo nejsou snadno dostupná pro další analytické využití. Právě rozdílná výchozí úroveň evidence a řízení podniku je jedním z důvodů, proč lze náklady vyjádřit jen orientačně v intervalu, nikoli zcela přesně. Přesto lze u nákladové stránky předpokládat alespoň rámcovou kvantifikaci v tis. Kč, protože jde o relativně přímo pozorovatelné vstupy času, práce a případných služeb.

Orientační odhad nákladů na zavedení a využití metodiky činí přibližně 20 až 60 tis. Kč na jeden podnik. Do této částky jsou zahrnuty zejména personální náklady na sběr a kontrolu vstupních dat, čas odborného pracovníka na zpracování výpočtu, případné konzultace a základní administrativní zajištění. V případě jednodušší aplikace metodiky za využití interních kapacit lze uvažovat náklady na spodní hranici tohoto intervalu, tedy přibližně 20 až 30 tis. Kč. Pokud je nutné doplnit metodické vedení, externí odbornou podporu nebo rozsáhlejší úpravu datových podkladů, lze očekávat náklady přibližně 40 až 60 tis. Kč.

Oproti tomu **přínosy** metodiky jsou silně individuální a jejich ekonomický význam se může mezi jednotlivými podniky výrazně lišit. U některého podniku může být hlavním přínosem zlepšení evidence a vyšší přehled o emisně a provozně náročných činnostech. U jiného může být přínosem lepší připravenost na požadavky bank, investorů, odběratelů či dalších obchodních partnerů, kteří začínají vyžadovat informace o udržitelnosti, emisích a souvisejících datech. Pro další podnik může být metodika přínosná především tím, že vytvoří lepší datovou základnu pro budoucí reporting nebo pro interní rozhodování o změnách v technologii, organizaci výroby nebo využití vstupů. Současně však existují i situace, kdy využití metodiky nemusí mít v krátkodobém horizontu téměř žádný přímo měřitelný finanční efekt. U takového podniku může být bezprostřední ekonomický přínos nízký nebo prakticky nulový, a to i přesto, že metodika poskytne relevantní odborné informace. Právě z tohoto důvodu by univerzální peněžní vyjádření „ekonomického přínosu na podnik“ mohlo působit metodicky nevěrohodně a zavádějícím způsobem zjednodušovat velmi rozdílné podmínky jednotlivých uživatelů.

Dalším důvodem obtížné monetizace přínosů je skutečnost, že významná část efektů metodiky je nepřímá. Mezi takové nepřímé přínosy patří zejména lepší připravenost na regulatorní změny, lepší datová základna pro řízení podniku, snížení reputačního rizika, lepší komunikace s bankami, odběrateli nebo dalšími partnery a celkově vyšší informační jistota při rozhodování. Tyto přínosy mohou být v praxi velmi významné, ale jen obtížně se převádějí na konkrétní částku v Kč. Například lepší připravenost na budoucí požadavky trhu nebo regulace může podniku usnadnit adaptaci na nové podmínky, ale nelze předem spolehlivě určit, jakou přesnou finanční hodnotu tato připravenost bude mít. Obdobně lepší komunikace s bankou nebo lepší vyjednávací pozice při posuzování rizik může být pro podnik reálně užitečná, avšak její efekt se může projevit nepřímo, odloženě a v každém případě jiným způsobem.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat také tomu, že implementace navazujících opatření může být pro zemědělský podnik naopak ekonomicky zatěžující. Pokud podnik na základě výsledků metodiky přistoupí ke změně technologie, k úpravě výrobních postupů, k pořízení

nového vybavení, k lepší evidenci dat nebo k zavedení nových organizačních pravidel, může to vyžadovat počáteční investice, zvýšené provozní náklady, vyšší administrativní náročnost nebo dodatečné personální kapacity. Z krátkodobého hlediska se tedy nemusí dostavit žádná bezprostřední finanční úspora a v některých případech může dojít i ke zvýšení nákladů. To však samo o sobě neznamena, že metodika nemá ekonomický význam. Znamená to pouze, že její přínos nelze posuzovat jen optikou okamžitého finančního efektu. V řadě případů se přínos projeví až ve střednědobém či dlouhodobém horizontu, případně především ve formě lepší připravenosti, lepšího řízení rizik nebo nižších budoucích transakčních nákladů.

Z uvedených důvodů je vhodné v této metodice přistoupit k ekonomickému hodnocení asymetricky: náklady na její aplikaci uvést orientačně v peněžním vyjádření, zatímco přínosy popsat převážně kvalitativně a zdůraznit jejich nepřímý, individuální a často obtížně monetizovatelný charakter. Takový přístup lépe odpovídá reálné povaze metodiky i rozdílným podmínkám zemědělských podniků. Zároveň je metodicky poctivější než pokus o stanovení jedné univerzální částky ekonomického přínosu, která by mohla působit nepřesně nebo nadhodnoceně. Za hlavní přínosy metodiky lze proto považovat zejména zvýšení informovanosti uživatele, zlepšení evidence a datové připravenosti, vytvoření podkladu pro kvalifikovanější rozhodování, lepší orientaci v požadavcích na udržitelnost a reporting, lepší připravenost na komunikaci s bankami, odběrateli a dalšími partnery a v neposlední řadě i podporu strategického řízení podniku v podmínkách měnícího se regulatorního a tržního prostředí.

VII. Závěr

Evropská taxonomie a s ní spojený rámec ESG reportingu představují zásadní změnu v přístupu k financování i řízení podniků. Pro zemědělský sektor to znamená nové povinnosti, ale také významné příležitosti: podniky, které se dokáží adaptovat, získají konkurenční výhodu i lepší přístup k financím.

Shrnutí hlavních povinností

- Podniky budou muset postupně reportovat soulad svých činností s taxonomií a kritérii ESRS.
- Zemědělské podniky se musí připravit na detailní **sběr a vyhodnocování dat** o svých činnostech (energie, voda, půda, emise, odpady).
- Banky a investoři budou hodnotit podniky podle ESG dotazníků a souladu s taxonomií, což ovlivní dostupnost a cenu financování.
- Screeningová kritéria pro zemědělství zatím nejsou finálně schválena, ale jejich přijetí se očekává v následujících letech.

Doporučené kroky pro zemědělské podniky

1. Monitorovat legislativu a vývoj taxonomie

Podniky by měly pravidelně sledovat změny v evropské i české legislativě a průběžně vyhodnocovat, zda se na ně vztahují nové povinnosti. Zvláštní pozornost je třeba věnovat vývoji screeningových kritérií pro zemědělství, protože jejich finalizace určí konkrétní

parametry, které bude nutné splnit. Doporučuje se zapojit odborné poradce nebo profesní organizace (např. agrární komoru), které legislativní novinky monitorují a interpretují.

2. **Zavést systém evidence dat**

Bez kvalitních dat nebude možné plnit požadavky reportingu ani prokázat soulad s taxonomií. Zemědělský podnik by měl vytvořit interní systém, který systematicky sleduje spotřebu energie, emisí, hnojiv, vody, využívání půdy a opatření pro biodiverzitu. Může jít o jednoduchou databázi nebo propojený software. Důležité je zajistit, aby data byla **spolehlivá, pravidelně aktualizovaná a auditovatelná**.

3. **Přípravit interní strategii udržitelnosti**

Podnik by měl mít jasně definovanou strategii udržitelného rozvoje, která stanoví cíle (např. snížení emisí, úspory vody), určí odpovědné osoby a nastaví harmonogram kroků. Tato strategie se stane základem pro komunikaci s bankami, odběrateli i zaměstnanci a bude sloužit jako rámec pro budoucí investice.

4. **Komunikovat s bankami a odběrateli**

Vzhledem k tomu, že banky a odběratelské řetězce již nyní zavádějí ESG dotazníky, je vhodné být aktivní a otevřeně komunikovat o svých opatřeních. Podnik by měl umět doložit základní data a vysvětlit, jak plánuje naplňovat požadavky udržitelnosti. Transparentní přístup může vést k lepším úvěrovým podmínkám nebo stabilnějším obchodním vztahům.

5. **Zapojit zaměstnance a komunitu**

Udržitelnost se netýká jen technologií, ale i lidí. Podnik by měl zajistit férové pracovní podmínky, bezpečnost práce a vzdělávání zaměstnanců v oblasti environmentálních opatření. Zároveň je důležité budovat dobré vztahy s místními komunitami – například otevřenou komunikací o vlivu hospodaření na okolí, podporou lokálních iniciativ nebo ochotou spolupracovat na projektech zadržování vody v krajině.

Výhled

Zemědělství stojí před velkou výzvou: splnit požadavky taxonomie a ESG reportingu, a zároveň zachovat svou produkční funkci. Pokud se podaří spojit environmentální, sociální a ekonomické cíle, může se české zemědělství stát lídrem v oblasti udržitelné produkce potravin.

Metodika proto neslouží jen jako souhrn legislativních povinností, ale i jako **praktický nástroj pro přípravu na transformaci sektoru se** vlastním důrazem na metodiku výpočtu uhlíkové stopy.

VIII. Seznam literatury

1. Seznam publikací, které předcházely metodice

Brabec, J., Macháč, J. 2025. Impacts of the EU Taxonomy implementation: a systematic literature review. *Climate Policy*. DOI: 10.1080/14693062.2025.2526683

Brabec, J., Macháč, J., Louda, J. 2024. Overcoming Barriers: Enhancing Nature-Based Flood Mitigation Strategies through Policy and Practice. In: 5th ESP Europe Conference. Conference proceedings. Wageningen, 18–22 November 2024.

Janoušek, Z., Papaj, V., Mistr, M. 2024. Taxonomie – syntetická mapa pro hodnocení udržitelnosti hospodaření v zemědělství a lesnictví. In: Výroční konference ČGS 2024 v Ústí nad Labem: Spravedlivá transformace. Sborník abstraktů. Ústí nad Labem: ČGS, s. 45.

Mistr, M. 2024. Nefinanční reporting - Nástroje poskytující informace na úrovni zemědělského podniku. In: Konference Nefinanční reporting a další požadavky EU v oblasti udržitelnosti, aneb Co dělá státní správa pro udržitelnost agropotravinářských podniků? Sborník z konference. České Budějovice: Země živitelka.

Mistr, M., Novotný, I. 2023. Taxonomie - další krok k naplnění Zelené dohody. *Selská revue*.

Zaňková, L., Macháč, J., Hekrle, M. 2025. In harmony or against each other? Czech farmers' and residents' attitudes towards nature-based solutions on agricultural land. *Geoscape*. DOI: <https://doi.org/10.2478/geosc-2025-0005>

2. Seznam použité související literatury

Abalos, D., Jeffery, S., Sanz-Cobena, A., Guardia, G., Vallejo, A. 2014. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 189, 136–144.

Abdalla, M., Hastings, A., Chadwick, D. R., Jones, D. L., Evans, C. D., Jones, M. B., Rees, R. M., Smith, P. 2019. A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. *Global Change Biology*. 25(8), 2530–2543.

Andreas Bassi, S., Biganzoli, F., Ferrara, N., Amadei, A., Valente, A., Sala, S., Ardente, F. 2023. Updated characterisation and normalisation factors for the Environmental Footprint 3.1 method. EUR 31414 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Audsley, E., Stacey, K., Parsons, D. J., Williams, A. G. 2009. Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use. Cranfield University. Prepared for Crop Protection Association. August 2009.

Barker, R., Mayer, C. Mandatory disclosure of standardized sustainability metrics: The case of the EU Taxonomy Regulation. *Journal of Accounting and Public Policy*. 2022, roč. 41, č. 6.

Berti, A., Morari, F., Dal Ferro, N., Simonetti, G., Polese, R. 2016. Organic input quality is more important than its quantity: C turnover coefficients in different cropping systems. *European Journal of Agronomy*. 77. 138–145.

Blonk Agri-footprint BV. 2015. Agri-footprint 2.0 – Part 2: Description of data. Document version 2.0 (September 2015). Blonk Agri-footprint BV, Gouda, The Netherlands.

Cayuela, M. L., van Zwieten, L., Singh, B. P., Jeffery, S., Roig, A., Sánchez-Monedero, M. A. 2014. Biochar's role in mitigating soil nitrous oxide emissions: A review and meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 191, 5–16.

CE Delft. 2016. Carbon sequestration in soils and vegetation in PEF analyses, credible carbon credits? Delft, The Netherlands. Publication number: 16.3J95.100.

Coleman, K., Jenkinson, D. S. 1996. RothC-26.3 – A model for the turnover of carbon in soil. In: Powlson, D. S., Smith, P., Smith, J. U. (eds.), *Evaluation of Soil Organic Matter Models*. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 237–246.

COMET-Farm. 2013. COMET-Farm Manual. USDA / Colorado State University (COMET Program) documentation.

Commission Delegated Regulation (EU) 2021/2139 supplementing Regulation (EU) 2020/852 by establishing technical screening criteria for climate change mitigation and adaptation. *Official Journal of the European Union*. 2021, L 442, s. 1–349.

Consumption-based greenhouse gas emissions of the EU. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022.

Český statistický úřad (ČSÚ). 2025a. Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin 2024. Český statistický úřad, Praha, Česká republika.

Český statistický úřad (ČSÚ). 2025b. Spotřeba minerálních hnojiv (Tab. 16: Spotřeba minerálních hnojiv; spotřeba čistých živin na 1 ha zemědělské půdy). Český statistický úřad, Praha, Česká republika.

Del Grosso, S. J., Parton, W. J., Mosier, A. R., et al. 2005. DayCent model analysis of past and contemporary soil N₂O and net greenhouse gas flux for major crops in the USA. *Soil and Tillage Research*. 83. 9–24.

Ecoinvent. 2018. Models integrated in ecoinvent LCI databases: The ecoinvent tool model description. ecoinvent Association.

Edwards, R., Larivé, J.-F., Mahieu, V., Rouveirolles, P. 2011. Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context (WTW). Joint Research Centre / CONCAWE / EUCAR.

European Commission. 2013. Commission Recommendation 2013/179/EU of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. Annex II: Product Environmental Footprint (PEF) Guide. Official Journal of the European Union.

European Commission. 2018. Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) Guidance. Version 6.3 – May 2018.

European Commission. 2021a. Commission Recommendation (EU) 2021/2279 on the use of the Environmental Footprint methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations (incl. Annexes 1–2). Official Journal of the European Union.

European Commission. 2021b. EU farm economics overview: FADN 2018. European Commission, Directorate-General for Agriculture and Rural Development, Brussels (June 2021).

European Commission. 2024. Commission Implementing Decision (EU) 2024/2624 of 8 October 2024 recognising under Article 31(2) and (4) of Directive (EU) 2018/2001 that the report contains accurate data for the purposes of measuring the greenhouse gas emissions associated with the cultivation of rapeseed in Czechia. Official Journal of the European Union, L, 2024/2624, 9 October 2024.

European Commission. 2025. Commission Implementing Decision (EU) 2025/473 of 12 March 2025 recognising that the report submitted by Czechia under Article 31(2) of Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council contains accurate data for the purposes of measuring the greenhouse gas emissions associated with the cultivation of winter wheat grain, sugar beet, maize grain, maize silage, spring barley grain and winter barley grain in that Member State. Official Journal of the European Union, L, 2025/473, 14 March 2025.

European Parliament and Council. 2018. Directive (EU) 2018/2001 of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). Official Journal of the European Union, L 328, 21 December 2018, pp. 82–209.

European Parliament and Council. 2024. Regulation (EU) 2024/3012 of 27 November 2024 establishing a Union certification framework for permanent carbon removals, carbon farming and carbon storage in products. Official Journal of the European Union.

European Parliament, Directorate-General for Parliamentary Research Services. 2016. Precision agriculture and the future of farming in Europe: Scientific foresight study. European Parliament.

FAO. 2016. Sizing up livestock farming's carbon footprint. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. 2023. Pathways towards lower emissions: A global assessment of the greenhouse gas emissions and mitigation options from livestock agrifood systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Freitag, M., Friedrich, T., Kassam, A. 2024. The carbon footprint of Conservation Agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*. 22(1). 2331949.

Gao, Y., Cabrera Serrenho, A. 2023. Greenhouse gas emissions from nitrogen fertilizers could be reduced by up to one-fifth of current levels by 2050 with combined interventions. *Nature Food*. 4. 170–178.

Haberle, J., Chuchma, F., Raimanová, I., Wollnerová, J. 2025. Agroclimatic Zoning of Temperature Limitations for Growth of Stubble Cover Crops. *Climate*. 13(1). 15.

Hill, J., Papadopoulou, A. (2022). *EU Sustainable Finance Regulation: Goals, Tools and Limitations*. Routledge.

Chochola, J. 2021. Cukrová řepa a životní prostředí (Sugar Beet and the Environment). *Listy cukrovarnické a řepářské*. 137(7–8), 238–239.

Chochola, J., Jevič, P., Dědina, M. 2025. Možnosti snížení emisí skleníkových plynů při pěstování cukrové řepy. *Listy cukrovarnické a řepářské*. 141(2), 49–55

IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (GPG-LULUCF). IPCC/IGES.

IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. IPCC/IGES.

IPCC. 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: AFOLU. IGES, Hayama, Japan.

ISO 14040. 2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. International Organization for Standardization.

ISO 14044. 2006. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. International Organization for Standardization.

Johnston, A. M., Bruulsema, T. W. 2014. 4R Nutrient Stewardship for Improved Nutrient Use Efficiency. *Procedia Engineering*. 83, 365–370.

Karlsson Potter, H., Delin, S., Engström, L., Stenberg, B., Hansson, P.-A. 2022. Precision nitrogen application – potential to lower the climate impact of crop production. *Mistra Food*

Futures Report #9. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. ISBN 978-91-8046-767-4.

KBR. 2023. Sustainable N₂O Abatement Technology for Nitric Acid Plants. Technical paper.

Kebreab, E., Pressman, E. M., Ramirez-Agudelo, J.-F., Bannink, A., van Gastelen, S., Dijkstra, J. 2025. A meta-analysis of effects of seaweed and other bromoform-containing feed ingredients on methane production, yield, and intensity in cattle. *Journal of Dairy Science*. 108(10), 11071–11093.

Kelliher, M., Bogueva, D., Marinova, D. 2025. Scaling up Seaweed Production for Enteric Methane Reduction: A Systematic Literature Review on Environmental and Ozone Impacts in the Case of *Asparagopsis Macroalgae*. *Methane*. 4(2), 9.

Klír, J. 2019. Bilance organických látek v rostlinné výrobě (The Balance of Organic Substances in the Crop Production). Sborník z 25. mezinárodní konference „Racionální použití hnojiv“. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, s. 17–24.

Lam, S. K., Suter, H., Mosier, A. R., Chen, D. 2017. Using nitrification inhibitors to mitigate agricultural N₂O emission: A double-edged sword? *Global Change Biology*. 23(2), 485–489.

Larney, F. J., Janzen, H. H., Olson, B. M. 1995. Efficacy of inorganic fertilizers in restoring wheat yields on artificially eroded soils. *Canadian Journal of Soil Science*. 75(4). 457–464.

Lee, J., Hopmans, J. W., Rolston, D. E., Baer, S. G., Six, J. 2009. Determining soil carbon stock changes: Simple bulk density corrections fail. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 134. 251–256.

Li, C., Frolking, S., Frolking, T. A. 1992. A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: 1. Model structure and sensitivity. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 97(D9). 9759–9776.

Ministerstvo životního prostředí České republiky. 2022. Eighth National Communication of the Czech Republic under the United Nations Framework Convention on Climate Change, including supplementary information pursuant to Article 7.2 of the Kyoto Protocol. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky.

Ministerstvo životního prostředí České republiky. 2023. Národní program snižování emisí České republiky: Aktualizace 2023. Ministerstvo životního prostředí České republiky.

Mitchell, J. P., Shrestha, A., Irmak, S. 2015. Trade-offs between winter cover crop production and soil water depletion in the San Joaquin Valley, California. *Journal of Soil and Water Conservation*. 70(6). 430–440.

Moudrý, J. Jr., Moudrý, J., Jiroušková, Z., Konvalina, P. 2010. Pěstitelské technologie a emise CO₂. *Úroda*. 58(12), 725–728.

MTES. 2019. Information GES – Facteurs d'émission pour les services de transport (diesel: 3,16 kg CO₂e/litre). Ministère de la Transition Écologique et Solidaire.

MZe. 2025. Metodická příručka k plnění standardu DZES 5 – Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy pro jarní osevy roku 2026 a následující období. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha.

Nagy, Z., Kovacs, E. Classification of sustainable activities: EU Taxonomy and scientific literature. *Sustainability*. 2020, roč. 12, č. 16, s. 1–17. ISSN 2071-1050.

Panizzon, T., Birck Salton, G., Schneider, V. E., Poletto, M. 2024. Identifying Hotspots and Most Relevant Flows for Red and White Wine Production in Brazil through Life Cycle Assessment: A Case Study. *Resources*. 13(7). 88.

Papiernik, S. K., Schumacher, T. E., Lobb, D. A., Lindstrom, M. J., Lieser, M. L., Eynard, A., Schumacher, J. A. 2009. Soil properties and productivity as affected by topsoil movement within an eroded landform. *Soil & Tillage Research*. 102(1). 67–77.

Pesticide Collaboration. 2023. Pesticides and the Climate Crisis: A Vicious Cycle. Report.

Poeplau, C., Don, A. 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 200. 33–41.

Ponsioen, T. 2020. Environmental footprint of tomatoes: Summary of the screening study. Wageningen University & Research.

Poore, J., Nemecek, T. 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. 360(6392). 987–992.

Prudil, J., Pospíšilová, L., Dryšlová, T., a kol. 2023. Assessment of carbon sequestration as affected by different management practices using the RothC model. *Plant, Soil and Environment*. 69(11). 532–544.

Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council of 18 June 2020 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment. *Official Journal of the European Union*. 2020, L 198, s. 13–43.

Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., Yoder, D. C. 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *USDA Agriculture Handbook No. 703*.

Selgen. 2015. Pěstební doporučení k odrůdám ozimé pšenice. SELGEN, a.s.

Skowrońska, M., Filipek, T. 2014. Life cycle assessment of fertilizers: a review. *International Agrophysics*. 28. 101–110.

Smit, B., Janssens, B., Haagsma, W., Hennen, W., Adrados, J. and Kathage, J., Adoption of cover crops for climate change mitigation in the EU, Kathage, J. and Perez Dominguez, I. editor(s), EUR 29863 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-11312-6.

Smutný, V., a kol. 2015. Význam technologií zpracování půdy a dalších agrotechnických opatření při pěstování obilnin. Certifikovaná metodika. Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-369-1.

Středa, T., Vlček, V., Rožnovský, J. 2008. Carbon sequestration in the agroecosystem. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendeliana Brunensis*. LVI(2). 167–174

Syp, A., Faber, A., Borzęcka-Walker, M. 2015. Assessment of greenhouse gas emissions in winter wheat farms using LCA: the major contributor to GWP was nitrous oxide field emissions, followed by nitrogen fertilizer and diesel. *Polish Journal of Environmental Studies*. 24. 2057–2067.

Šarapatka, B., Bednář, M. 2021. Agricultural Production on Erosion-Affected Land from the Perspective of Remote Sensing. *Agronomy*. 11(11). 2216.

Šimon, T., Madaras, M., Mayerová, M., Kunzová, E. 2024. Soil Organic Carbon Dynamics in the Long-Term Field Experiments with Contrasting Crop Rotations. *Agriculture*. 14(6). 818.

Šimon, T., Mikanová, O., Cerhanová, D. 2013. Long-term effect of straw and farmyard manure on soil organic matter in field experiment in the Czech Republic. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 59(9). 1193–1205.

Thaler, E. A., Larsen, I. J., Yu, Q. 2021. The extent of soil loss across the US Corn Belt. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 118(8). e1922375118.

UN Global Compact. 2008. Společenská odpovědnost firem (CSR): Corporate Social Responsibility (CSR).

UNECE. 2021. Life Cycle Assessment of Electricity Generation Options. United Nations Economic Commission for Europe.

ÚZEI – Kontaktní pracoviště FADN ČR. Databáze FADN CZ: data zemědělských podniků za účetní roky 2017–2021. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací.

Vach, M., Haberle, J., Procházka, J., Procházková, B., Hermuth, J., Květoň, V., Káš, M., Javůrek, M., Svoboda, P., Dvořáček, V. 2009. Pěstování strniskových mezipločin. Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha-Ruzyně. ISBN 978-80-7427-009-3.

ÚZEI. 2024. Plnění dílčí objednávky č. 3 dle Rámcové smlouvy o dílo č. PO981/2022 za rok 2024 ze dne 21.10.2022: Metodika zpracování dat korigovaná podle dosažených výsledků a požadavků na výstup ze strany řešitelů projektu. Zpracovali: Voltr, V., Hruška, M., Kučera, J. Ústav zemědělské ekonomiky a informací, Praha.

ÚZEI. 2025a. Podklady k řešení subdodávek pro projekt NAZV Taxonomie v letech 2022–2025 dle Rámcové smlouvy o dílo č. PO981/2022. Datový podklad / interní pracovní soubor. Ústav zemědělské ekonomiky a informací, Praha.

ÚZEI. 2025b. Souhrnná výzkumná zpráva na základě předchozího plnění: Závěrečná zpráva za řešení subdodávek pro projekt NAZV Taxonomie v letech 2022–2025 dle Rámcové smlouvy o dílo č. PO981/2022 ze dne 21.10.2022. Zpracovali: Voltr, V., Hruška, M., Kučera, J. Ústav zemědělské ekonomiky a informací, Praha, 30. listopadu 2025.

van der Weerden, T. J., Noble, A. D. L., de Klein, C. A. M., Hutchings, N., Thorman, R. E., Alfaro, M. A., Amon, B., Beltran, I., Grace, P., Hassouna, M., Krol, D. J., Leytem, A. B., Salazar, F., Velthof, G. L. 2021. Ammonia and nitrous oxide emission factors for excreta deposited by livestock and land-applied manure. *Journal of Environmental Quality*. 50(5), 1005–1023.

van Paassen, M., Tyszler, H., et al. 2019. Agri-footprint 5.0. Part 2: Description of data. Blonk Agri-footprint BV, Gouda, The Netherlands.

VÚMOP. 2024. V LPIS je dostupná nová vrstva erozní ohroženosti. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

VÚMOP. 2025. Kategorie erozní ohroženosti dle DZES 5 od 1. 7. 2025 (SEO, MEO-VR, MEO-NR, NEO) – popis/práh hodnot. Statistická ročenka VÚMOP.

VÚZT. 2007. Technické a technologické normativy pro zemědělské práce (doba odpisu 6 let; vybrané kategorie 4 roky). Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.

Wooldridge, J. M. 2020. *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. 7th ed. Boston: Cengage.

Worrall, F., Clay, G. D., Masiello, C. A., Mynheer, G. 2016. The fluvial flux of particulate organic matter from the UK: the emission factor of soil erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*. 41. 61–71.

WRI/WBCSD. 2011. *Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development.

WRI/WBCSD. 2014. Greenhouse Gas Protocol Agricultural Guidance. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development.

WRI, WBCSD. 2016. Global Warming Potential Values (adapted from IPCC AR5). Greenhouse Gas Protocol.

Wright, L. A., Kemp S., Williams, I. Carbon footprinting: Towards a universally accepted definition. Carbon Management. 2011, roč. 2, č. 1, s. 61–72. ISSN 1758-3004.

WWF. 2022. Measuring and Mitigating GHGs: Soy (land-use change/deforestation contribution to GHG footprint). World Wildlife Fund.

Zhao, Z., Zhang, F., Du, Y., Xuan, X., Cai, Y., Jin, G. 2024. Farm size and greenhouse gas emission: Do large farms in China produce more emissions? Agricultural Economics – Czech. 70(3). 112–124.

Zumr, D. 2023. Agricultural Land Degradation in the Czech Republic. In: Pereira, P., Muñoz-Rojas, M., Bogunovic, I., Zhao, W. (eds.) Impact of Agriculture on Soil Degradation II: A European Perspective. Handbook of Environmental Chemistry. Springer.

IX. Přílohy:

Příloha 1 – Přehled legislativy EU a ČR

1. Legislativní rámec Evropské unie

Evropská unie v posledních letech vytvořila ucelený legislativní rámec, který propojuje klimatickou politiku, udržitelné financování a povinnosti podniků v oblasti reportingu. Tento rámec vychází z cílů Zelené dohody pro Evropu a zahrnuje zejména následující dokumenty:

Nařízení o taxonomii (EU) 2020/852 Základní právní předpis, který stanovuje rámec pro klasifikaci hospodářských činností z hlediska udržitelnosti. Definuje šest environmentálních cílů a princip „Do No Significant Harm“ (DNSH). Cílem je vytvořit společný jazyk pro finanční trh a podniky, aby bylo možné jednoznačně určit, které činnosti jsou považovány za environmentálně udržitelné.

Delegované akty (Delegated Acts) Nařízení o taxonomii je dále rozpracováno prostřednictvím tzv. aktů v přenesené pravomoci. Tyto právní předpisy specifikují technická screeningová kritéria pro jednotlivé sektory a environmentální cíle.

- První klimatický delegovaný akt (nařízení Komise (EU) 2021/2139) vstoupil v platnost v roce 2022 a stanovil podmínky pro mitigaci a adaptaci na změnu klimatu.
- V roce 2022 byl doplněn tzv. „Complementary Delegated Act“ (nařízení (EU) 2022/1214), který pod podmíněnými kritérii zařadil i jadernou energii a zemní plyn.
- Další akty pro ostatní environmentální cíle (voda, oběhové hospodářství, biodiverzita, znečištění) jsou stále v přípravě.

CSRD – Corporate Sustainability Reporting Directive (směrnice (EU) 2022/2464) Nová směrnice zásadně rozšiřuje povinnost nefinančního reportingu. Dopadá na všechny velké podniky a vybrané malé a střední podniky. Požaduje, aby firmy zveřejňovaly podrobné informace o svých dopadech na životní prostředí, společnost a řízení podniku. Reporty musí být vypracovány podle jednotných standardů ESRS a ověřeny nezávislým auditorem.

SFDR – Sustainable Finance Disclosure Regulation (nařízení (EU) 2019/2088) Ukládá finančním institucím povinnost zveřejňovat, jak jejich investice zohledňují faktory udržitelnosti. Týká se bank, pojišťoven, investičních společností i dalších účastníků finančního trhu. Jeho cílem je zvýšit transparentnost finančního sektoru a usnadnit porovnávání investičních produktů z hlediska udržitelnosti.

ESRS – European Sustainability Reporting Standards Konkrétní standardy ESG reportingu, které stanovují povinný obsah zpráv. Pokrývají environmentální, sociální i governance oblast (E1–E5, S1–S4, G1). Vydány byly v roce 2023 a postupně budou doplňovány o sektorově specifické standardy. Jejich cílem je zajistit srovnatelnost a spolehlivost dat o udržitelnosti.

2. Český legislativní rámec

Česká republika začlenila požadavky evropské legislativy do svého právního řádu zejména prostřednictvím vyhlášek České národní banky a plánované novely zákona o účetnictví.

Vyhláška ČNB č. 184/2022 Sb. Stanoví povinnosti v oblasti zveřejňování informací souvisejících s udržitelností ve finančním sektoru. Transponuje požadavky SFDR do českého prostředí.

Vyhláška ČNB č. 185/2022 Sb. Upravuje povinnosti účastníků kapitálového trhu, zejména obchodníků s cennými papíry a investičních podniků, ve vztahu k faktorům ESG.

Vyhláška ČNB č. 227/2022 Sb. Specifikuje požadavky na pojišťovny a zajišťovny v oblasti zveřejňování informací o udržitelnosti.

Novela zákona o účetnictví Připravovaná novela má začlenit požadavky CSRD do českého účetního práva. Počítá se s tím, že od roku 2025 budou velké podniky povinně zveřejňovat zprávy o udržitelnosti podle standardů ESRS.

3. Další související iniciativy

Kromě výše uvedených právních předpisů je třeba zmínit i širší evropský rámec, v němž taxonomie funguje. Ten zahrnuje:

- **Zelenou dohodu pro Evropu (Green Deal)**, která stanovuje cíl klimatické neutrality do roku 2050.
- **Balíček Fit for 55**, který konkretizuje opatření ke snížení emisí do roku 2030 o 55 %.
- **Národní plán obnovy ČR**, který zahrnuje komponenty podporující udržitelnou energetiku, digitalizaci a adaptaci na změnu klimatu.

Příloha 2 – Ukázky ESG dotazníků bank

1. Kontext

Banky a finanční instituce mají povinnost hodnotit, zda jejich úvěrové a investiční aktivity odpovídají principům udržitelnosti a evropské taxonomii. V rámci tohoto procesu požadují od podniků vyplnění **ESG dotazníků**, které jim poskytují potřebné informace o environmentálních, sociálních a správních aspektech podnikání.

Dotazníky se mohou lišit podle banky, ale obvykle zahrnují následující tematické oblasti:

- spotřeba energie a emise,
- hospodaření s vodou a odpady,
- ochrana půdy a biodiverzity,
- pracovní podmínky a bezpečnost práce,
- řízení a správa podniku (governance).

3. Příklad dotazníku – Komerční banka

Oblast environmentální (E):

- Má podnik stanovenou strategii snižování emisí skleníkových plynů?
- Sleduje a eviduje spotřebu energií (elektřina, plyn, paliva)?
- Využívá podnik obnovitelné zdroje energie (solární panely, bioplyn, biomasa)?
- Jaké má podnik opatření pro hospodaření s vodou (úspory, recyklace, ochrana zdrojů)?
- Jak podnik nakládá s odpady (třídění, recyklace, kompostování)?

Oblast sociální (S):

- Má podnik vypracovanou politiku BOZP (bezpečnost a ochrana zdraví při práci)?
- Zajišťuje školení zaměstnanců v oblasti bezpečnosti práce a environmentálních opatření?
- Podporuje diverzitu a rovné příležitosti?
- Jaké podmínky mají sezónní pracovníci a externí dodavatelé?

Oblast governance (G):

- Je v podniku jasně stanovena odpovědnost za oblast udržitelnosti?
- Je podnik zapojen do iniciativ nebo projektů podporujících ESG cíle?
- Jak podnik komunikuje se stakeholdery (zákazníky, komunitami, partnery)?

3. Příklad dotazníku – ČSOB

Environmentální otázky:

- Jaké množství emisí CO₂ podnik produkuje ročně?
- Eviduje podnik spotřebu minerálních hnojiv a pesticidů?
- Má podnik opatření pro ochranu biodiverzity a krajinných prvků?
- Jaká opatření podnik zavádí proti erozi půdy a degradaci krajiny?

Sociální otázky:

- Kolik procent pracovníků tvoří ženy a mladí lidé?
- Jak podnik řeší bezpečnost sezónních pracovníků?
- Poskytuje podnik školení zaměstnancům v oblasti udržitelnosti?

Governance otázky:

- Jaké mechanismy řízení rizik má podnik nastaveny?
- Je v podniku zaveden systém etického kodexu?
- Je hospodaření transparentní a auditovatelné?

Tabulka č. 5: Ukázka vzbraných položek ESG dotazníku České bankovní asociace

Identifikační údaje klienta [vyplní banka]			
		Volba odpovědi	Požadovaná činnost
1	Podniky v soukromém vlastnictví (neplatí pro stát, obce, banky ani jiné finanční úřady, ale ano pro státní a soukromé podniky)	Ano/Ne	
2	Mateřská společnost skupiny společností	Ano/Ne	
3	Sektor (specifický pro každou banku)		
4	Subsektor (specifický pro každou banku)		
5	NACE kód		
6	Externí Rating udržitelnosti/ESG rating	Ano/Ne	Pokud jste držitelem Ratingu udržitelnosti nebo ESG ratingu, prosím upřesněte.
7	Rating udržitelnosti/skóre ESG ratingu		Pokud je hodnocení k dispozici, uveďte je. Hodnocení (závisí na ratingové agentuře a metodice, kterou používá)
8	Země podnikání společnosti		V závislosti na systému banky pro kategorizaci citlivosti země podle E&S rizik - např. Nízké, Střední, Vysoké
Obecné ESG otázky [vyplní banka na základě veřejných zdrojů nebo informací od klienta]			
		Volba odpovědi	Požadovaná činnost
9	Informování (zprávy) o environmentálních a sociálních dopadech klienta	Ano/Ne	
10	Způsob informování		Specifikujte
11	Má klient ESG strategii nebo CSR strategii?	Ano/Ne	
12	Vydal klient Zprávu o udržitelnosti (Sustainability Report)?	Ano/Ne	
13	Certifikace podle environmentálních a sociálních norem	Ano/Ne	Pokud Ano, uveďte podrobnosti níže.

14	Jaké certifikace z oblasti ESG firma vlastní?		Uved'te podrobnosti
15	Strategie zapojení zainteresovaných stran (Stakeholder Engagement Strategy)	Ano/Ne	Pokud Ano, uveďte podrobnosti.
16	Politika dodržování lidských práv (Human Rights policy)	Ano/Ne	Pokud Ano, uveďte podrobnosti.
17	Informace z médií o problémech klienta nebo probíhající spory/ správní řízení v oblasti sociální zodpovědnosti?	Ano/Ne	Pokud Ano, proveďte posouzení vážnosti a dopadu problému podle vnitřních pravidel banky.
18	Informace z médií o problémech klienta nebo probíhající spory/ správní řízení v environmentální oblasti?	Ano/Ne	Pokud Ano, proveďte posouzení vážnosti a dopadu problému podle vnitřních pravidel banky.
19	Informace o protestech nevládních organizací proti klientovi nebo jeho činnosti, případě výhrady dalších zainteresovaných stran?	Ano/Ne	Pokud Ano, proveďte posouzení vážnosti a dopadu problému podle vnitřních pravidel banky.
Specifické ESG otázky [vyplní klient případně banka na základě informací od klienta]			
		Volba odpovědi	Požadovaná činnost
20	Podíl příjmů z environmentálně udržitelných činností klienta na celkových příjmech klienta (Share of sustainable revenues in total revenues) [%]	Ano/Ne	Uveďte, pokud je údaj k dispozici
21	Podíl environmentálně udržitelných kapitálových výdajů klienta za jeho celkových kapitálových výdajích (Share of Sustainable CAPEX in total CAPEX) [%]	Ano/Ne	Uveďte, pokud je údaj k dispozici
22	Roční spotřeba energií		Uveďte údaj
23	Podíl energie z obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě energie [%]	Ano/Ne	Uveďte, pokud je údaj k dispozici
24	Plány na zlepšení energetické účinnosti (Energy efficiency improvement plans)	Ano/Ne	Uveďte, pokud je údaj k dispozici

25	Roční vykazování emisí skleníkových plynů		
	Emise skleníkových plynů - Scope 1		
	Emise skleníkových plynů - Scope 2		
	Emise skleníkových plynů - Scope 3		
26	Plán snižování produkce emisí skleníkových plynů (GHG emissions reduction plans) / Net zero path		
27	Využití kompenzace uhlíkových emisí (Carbon offsetting) ?	Ano/Ne	Pokud Ano, specifikujte
28	Roční produkce odpadu		
	Celková roční produkce odpadu v tunách		
	Množství odpadu recyklovaného společností nebo třetí osobou v tunách		
29	Roční spotřeba vody		
	Celková roční spotřeba vody v m3		
	Nakupované množství vody v m3		
30	Výkonnostní cíle společnosti (Key Performance Indicators - KPIs) - klíčové cíle napomáhající pro naplnění ESG nebo CSR strategie společnosti	Ano/Ne	Pokud Ano, specifikujte cíle a popište stav a plán jejich naplňování
31	Energetické certifikáty k nemovitostem	Ano/Ne	Pokud ano, specifikujte jaké certifikáty, dosaženou energetickou úroveň a k jakým nemovitostem
Řízení specifických ESG rizik [vyplní banka na základě veřejně dostupných informací nebo informací od klienta]			
		Volba odpovědi	Požadovaná činnost
32	Riziko fyzických dopadů klimatických rizik	Ano/Ne	přírodní hrozby (sucho, vlny veder, nedostatek vody, záplavy, silné bouře, sesuvy půdy, biohazard, zemětřesení apod.), prostředí, geolokace činnosti

	<i>Dopad na výnosy, investice (CAPEXy), náklady (OPEXy) a zdroje financování</i>	Ano/Ne	Pokud Ano, specifikujte
33	Riziko transformačních (ekonomických) dopadů klimatických rizik	Ano/Ne	náklady spojené s produkcí skleníkových plynů, emisní povolenky, uhlíkové offsety, uhlíková nebo environmentální daň, charakter energetických zdrojů
	<i>Dopad na výnosy, investice (CAPEXy), náklady (OPEXy) a zdroje financování</i>	Ano/Ne	Pokud Ano, specifikujte
34	Riziko nedostatku nebo ohrožení vodních zdrojů	Ano/Ne	přístup k vodním zdrojům (zásobování a kvalita), intenzita spotřeby vody, vliv na vodní zdroje (vč. znečištění)
	<i>Dopad na výnosy, investice (CAPEXy), náklady (OPEXy) a zdroje financování</i>	Ano/Ne	Pokud Ano, specifikujte
35	Rizika spojená s odpadových hospodářstvím	Ano/Ne	produkce nebezpečného nebo chemického odpadu, zaměření na recyklaci/opakovanou využitelnost, snižování celkové produkce odpadu
	<i>Dopad na výnosy, investice (CAPEXy), náklady (OPEXy) a zdroje financování</i>	Ano/Ne	Pokud Ano, specifikujte
36	Rizika spojená se znečišťováním životního prostředí	Ano/Ne	produkce emisí (vzduch/voda/prostředí), využívání chemikálií, zpříšňování legislativy v této oblasti, systémy a technologie snižování znečištění
	<i>Dopad na výnosy, investice (CAPEXy), náklady (OPEXy) a zdroje financování</i>	Ano/Ne	Pokud Ano, specifikujte
37	Rizika spojená s biodiverzitou	Ano/Ne	vliv na ekosystém a biodiverzitu, působení (vlastní nebo jednotek z dodavatelského řetězce) v chráněných oblastech z hlediska biodiverzity a ekosystému
	<i>Dopad na výnosy, investice (CAPEXy), náklady (OPEXy) a zdroje financování</i>	Ano/Ne	Pokud Ano, specifikujte

38	Uspokojivý přístup k sociálním rizikům	Ano/Ne	Přístup k místním obyvatelům a komunitám, pracovním předpisům, právům zaměstnanců, bezpečnosti práce, právům spotřebitelů a lidským právům, soukromí a zabezpečení dat, počty pracovních úrazů dle závažnosti za 3 roky
	<i>Dopad na výnosy, investice (CAPEXy), náklady (OPEXy) a zdroje financování</i>	Ano/Ne	Pokud Ano, specifikujte
39	Správa a řízení firmy		nesprávné, neetické obchodní praktiky, ESG rizika nebo pochybení v dodavatelském řetězci, nestandardní mechanismus řízení společnosti, netransparentnost vlastnictví, politická loby
	<i>Dopad na výnosy, investice (CAPEXy), náklady (OPEXy) a zdroje financování</i>	Ano/Ne	Pokud Ano, specifikujte

Příloha 3 – Přehled zahraničních taxonomií

1. Kontext

EU není jediným regionem, který zavádí klasifikační systémy pro udržitelné aktivity. Podobné taxonomie vznikají i v dalších částech světa. Tyto iniciativy sledují společný cíl – nasměrovat kapitál do udržitelných projektů a zajistit transparentnost investic. Rozsah a míra detailu se ale mezi jednotlivými systémy liší. Některé vymezují obecné oblasti, jiné obsahují přesný seznam technologií a činností. Země zavádějící taxonomie jsou uvedeny na Obr. 10.

2. Vybrané zahraniční taxonomie

Čína

- Od roku 2015 funguje katalog zelených dluhopisů (Green Bond Endorsed Project Catalogue).
- Pokrývá oblasti jako energetické úspory, čistá energie, ekologická ochrana a adaptace na změnu klimatu.
- Jeho cílem je mobilizovat kapitál pro „zelené“ projekty a posílit pozici Číny na globálním trhu zelených financí.

Mongolsko

- V roce 2019 přijala národní zelenou taxonomii (Mongolian Green Taxonomy).
- Obsahuje podrobně vymezené technologie a aktivity, které lze financovat jako udržitelné (např. obnovitelné zdroje energie, čistá doprava, hospodaření s odpady).
- Dokument vznikl s podporou mezinárodních finančních institucí a slouží jako model pro další rozvojové země.

Bangladéš

- Od roku 2017 je povinností bank vyčlenit část portfolia úvěrů na financování zelených projektů.
- Taxonomie pokrývá zejména projekty v oblasti čisté energie, vodního hospodářství a odpadového hospodářství.
- Bangladéš se tak stal jednou z prvních rozvojových zemí s povinným zeleným úvěrovým rámcem.

Rusko

- V roce 2020 přijalo svou vlastní taxonomii zelených projektů.
- Vymezuje projekty v oblasti obnovitelných zdrojů energie, energetické účinnosti, nakládání s odpady a nízkouhlíkové dopravy.

Kolumbie

- V roce 2021 představila taxonomii udržitelných financí, která má podpořit investice do klimatických opatření a ochrany biodiverzity.

Další země

- Přípravované nebo již fungující taxonomie existují také v Singapuru, Malajsii, Velké Británii, Kanadě, Brazílii, Indii, Jihoafrické republice a dalších státech.

3. Shrnutí

- Zahraniční taxonomie mají společný cíl, ale liší se v přístupu:
 - **Evropský model** klade důraz na detailní kritéria a právní vymahatelnost.

- **Asijské modely** jsou často orientované na podporu investic do vybraných oblastí (např. čistá energie).
- **Rozvojové země** volí jednodušší systémy, které motivují finanční sektor k přímému zapojení.

Tabulka č. 6: Přehled zavedení taxonomií ve světě

Země	Rok zavedení	Oblasti pokrytí	Specifika
Čína	2015	Energie, voda, životní prostředí	Katalog zelených dluhopisů
Mongolsko	2019	Energie, doprava, odpady	Národní zelená taxonomie s detailními technologiemi
Bangladéš	2017	Energie, voda, odpady	Povinné zelené úvěry bank
Rusko	2020	Energie, odpady, doprava	Zelená taxonomie projektů
Kolumbie	2021	Klima, biodiverzita	Podpora investic do adaptace



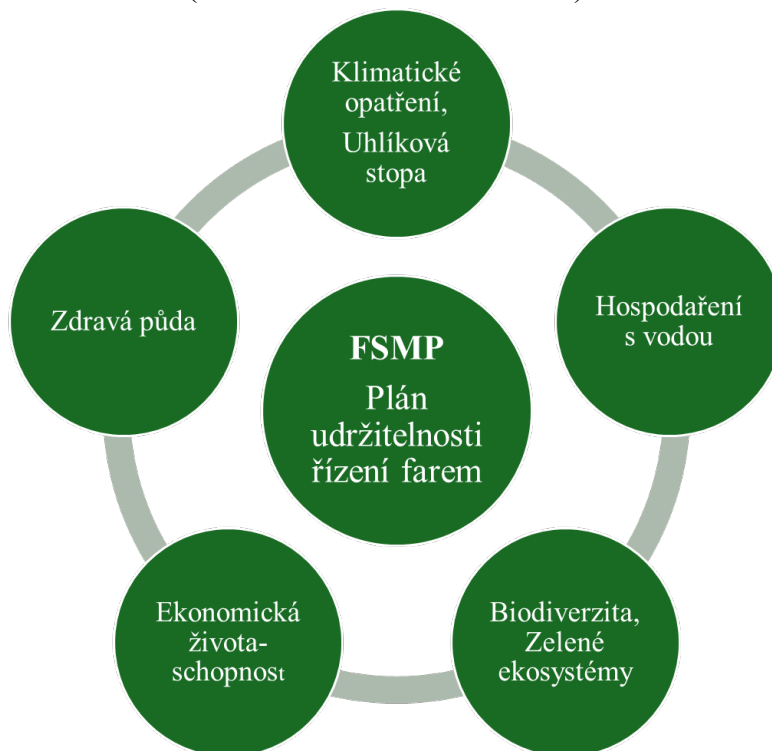
Obrázek č. 10. Mapa ukazující zavedené a zaváděné taxonomie v zemích světa (převzato od NATIXIS.com)

Příloha 4 – Screeningová kritéria pro zemědělství (draft)

1. Kontext

Technická screeningová kritéria (Technical Screening Criteria – TSC) představují klíčovou součást taxonomie. Vymezují konkrétní parametry, podle nichž se určuje, zda je daná hospodářská činnost udržitelná. Daná kritéria pak musí jít ruku v ruce s tzv. Do Not Significant Harm (DNSH).

V sektoru zemědělství byla příprava kritérií komplikovaná a dosud nebyla schválena ve finální podobě. Existují pouze pracovní verze, zveřejněné v rámci konzultačních dokumentů Platformy pro udržitelné finance (Sustainable Finance Platform).

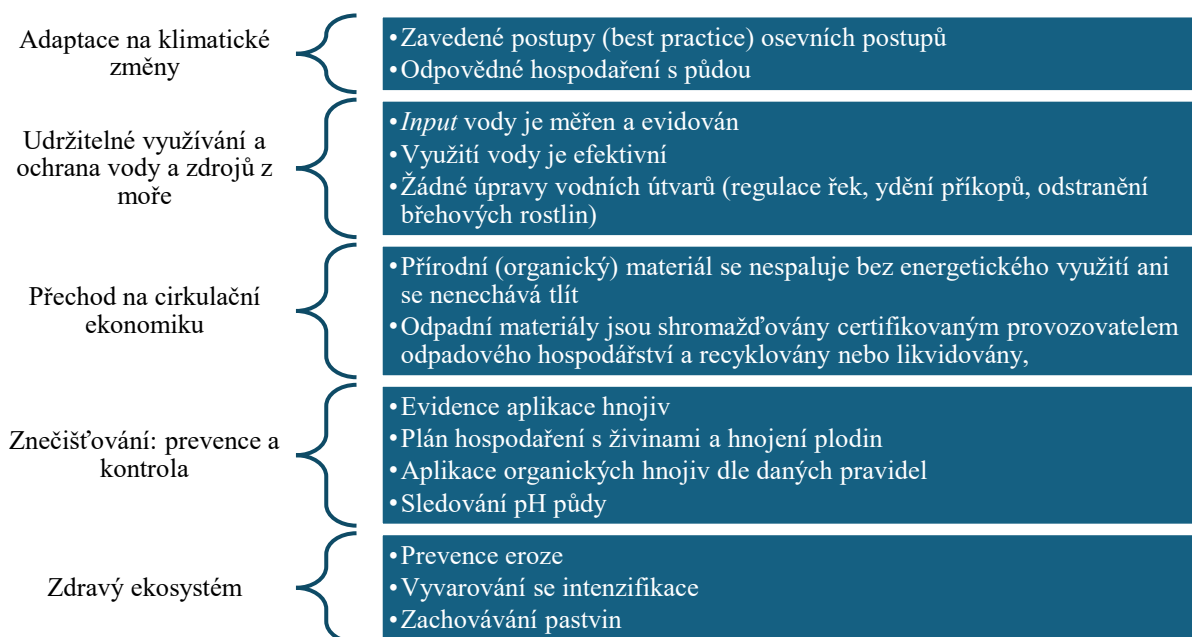


Obrázek č. 11. Pilíře FSMP, Plánu udržitelnosti farem (převzato a upraveno z <https://finance.ec.europa.eu/>)

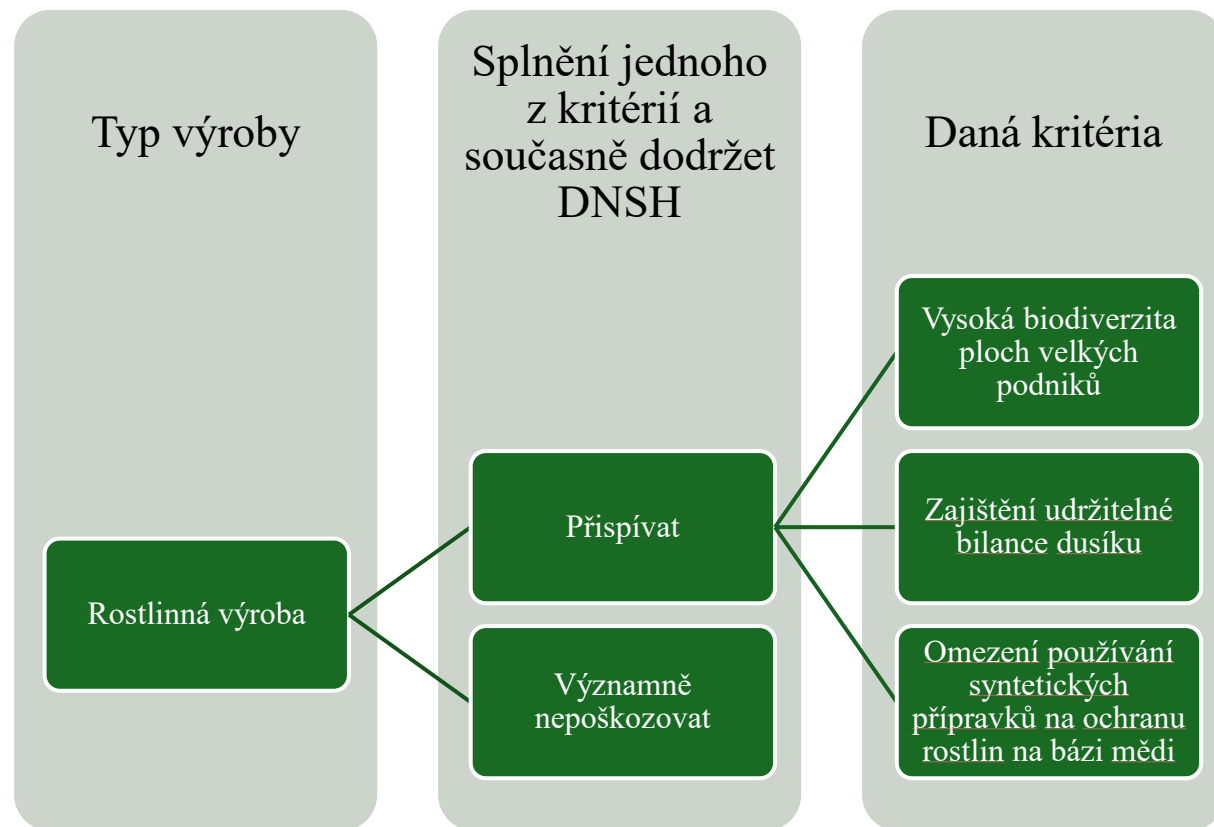
2. Obecné zásady screeningových kritérií

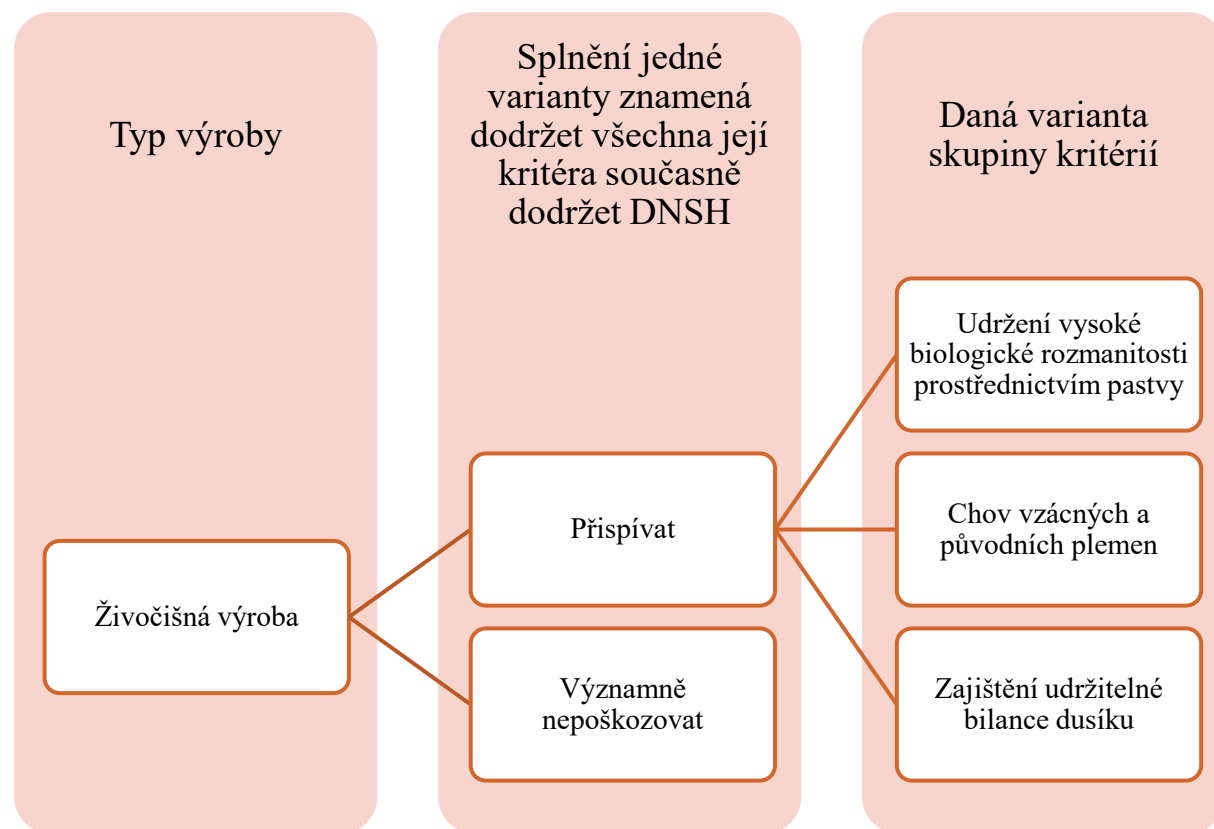
Každá činnost musí:

1. Podstatně přispívat alespoň k jednomu ze šesti environmentálních cílů.
2. Nesmí významně poškozovat ostatní cíle (*Do Not Significant Harm – DNSH*).
3. Splnit minimální sociální záruky (dodržování lidských práv, pracovních standardů ILO, OECD guidelines).



Obrázek č. 12. Principy *Do No Significant Harm* – *DNSH* (převzato a upraveno dle <https://eeb.org/>)



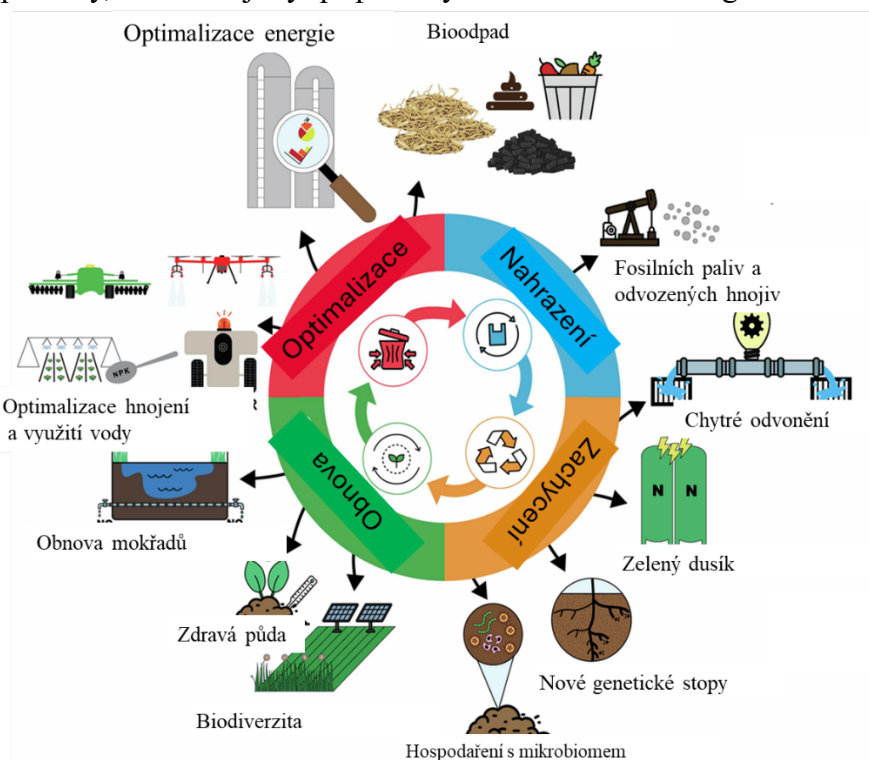


Obrázek č. 13. Návrhy kritérií pro zemědělství dle typu výroby (upraveno podle /finance.ec.europa.eu)

Příloha 5 – Praktické příklady tzv. *best practice* v zemědělství (dle FAO)

1. Kontext

Taxonomie a ESG reporting kladou důraz nejen na povinnosti, ale také na praktická řešení, která podniky mohou zavádět. Tato příloha obsahuje příklady osvědčených postupů (*best practice*), které jsou již v zemědělské praxi uplatňovány nebo doporučovány. Slouží jako inspirace pro podniky, které chtějí být připraveny na budoucí screeningová kritéria.



Obrázek č. 14. Cirkulační ekonomika v zemědělství

2. Oblasti a příklady opatření

A. Půda a hnojení

- Zavedení precizního zemědělství: aplikace hnojiv a pesticidů na základě dat (senzory, satelitní snímky, GPS technologie).
- Vedení dusíkové bilance: systematická evidence vstupů a výstupů dusíku pro minimalizaci ztrát.
- Používání organických hnojiv a podpůrných látek pro zvýšení obsahu organické hmoty v půdě.
- Omezování eroze orné půdy prostřednictvím bezorebných technologií nebo meziplodin.

B. Voda

- Instalace kapkové závlahy a dalších technologií šetřících vodu.
- Opatření na zadržování vody v krajině (retenční nádrže, mokřady, ochranné pásy kolem toků).
- Monitoring spotřeby vody a její recyklace ve zpracovatelských provozech.
- Ochrana vodních zdrojů před eutrofizací – správná aplikace hnojiv, ochranné pásy.

C. Energie a emise

- Využívání obnovitelných zdrojů energie: bioplynové stanice, solární panely, kotle na biomasu.
- Snižování spotřeby pohonných hmot prostřednictvím efektivní logistiky a moderní mechanizace.
- Technologie pro úpravu kejdy a hnoje ke snížení emisí metanu a oxidu dusného.
- Energetické audity a systematické snižování spotřeby elektřiny v provozech.

D. Biodiverzita a krajina

- Zakládání a údržba remízků, mezí a biopásů.
- Podpora agrolesnictví (kombinace stromů a zemědělských ploch).
- Pestrost osevních postupů – minimální počet plodin v rotaci, střídání jednoletých a víceletých plodin.
- Opatření pro podporu opylovačů: pásy květnatých luk, omezení používání pesticidů v době květu.

E. Odpady a oběhové hospodářství

- Kompostování biologických odpadů a jejich využití jako hnojiva.
- Využití vedlejších produktů (sláma, výpalky, kejda) jako suroviny pro další produkci.
- Minimalizace plastových fólií a jejich recyklace.
- Spolupráce s lokálními partnery na využití bioodpadu (např. zpracování pro výrobu energie).

3. Přínosy pro podniky

Zavedení těchto opatření přináší:

- snížení nákladů (energie, hnojiva, voda),
- lepší přístup k financím (zelené úvěry, nižší rizikové marže bank),
- lepší image podniku u zákazníků i komunit,
- připravenost na budoucí legislativní požadavky.