



SPU
Slovenská
poľnohospodárska
univerzita v Nitre



SPU·VC ABT
Výskumné centrum
AgroBioTech

PLÁN [OBNOVY]



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

Príklady dobrej praxe v oblasti znižovania uhlíkovej stopy v agropotravinárstve



www.decarb.uniag.sk

Financované EÚ NextGenerationEU prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti SR
v rámci projektu č. 09I04-03-V02-00054 - Nízkoemisná Budúcnosť: Sledovanie Uhlíkovej Stopy
v Agropotravinárskych podnikoch pre Podporu Lokálnych Výrobcov

Obsah

Abstrakt	4
1 Úvod.....	5
2 Metodika a kritériá hodnotenia best practices.....	6
3 Teoretické východiská znižovania uhlíkovej stopy	7
3.1 Klimatická neutralita, uhlíková neutralita a net-zero: rozdiely a metodické dôsledky.....	7
3.2 Scope 1, Scope 2 a Scope 3 emisie v agropotravinárstve	8
3.3 Regeneratívne poľnohospodárstvo: potenciál a odborné kontroverzie	8
4 Dôkazová báza a metodika MRV.....	10
5 Best practices v krajinách Európskej únie	11
5.1 Dánsko: cenový tlak na emisie a zmena využitia pôdy.....	11
5.2 Francúzsko: uhlíková certifikácia pre farmy a monetizácia redukcí	12
5.3 Írsko: dusík, hnoj, protected urea a postupné zlepšovanie chovu	12
5.4 Holandsko: energeticky náročné skleníky a diferenciacia subsektorov	13
5.5 Španielsko: pôdny uhlík, vegetačné pokryvy, monitoring a agrivoltaika	14
5.6 Kanada: 4R Nutrient Stewardship a manažment dusíka.....	15
6 Globálne best practices mimo Európskej únie	16
6.1 Brazília: ABC+, obnova pasienkov a integrované crop-livestock-forestry systémy	16
6.2 Nový Zéland: farm-level accounting a metán ako osobitná politika	16
6.3 Japonsko: metán z ryžových polí a vodný režim	17
6.4 USA: anaeróbna digestcia a premena hnoja na energiu.....	18
6.5 EÚ Methane Strategy a Global Methane Pledge	19
7 Praktické príklady znižovania uhlíkovej stopy v agropotravinárstve.....	20
7.1 Vietnam: nízkoemisné pestovanie ryže v delte Mekongu	20
7.2 Brazília: Amazon Soy Moratorium a dodávateľské pravidlá proti odlesňovaniu	20
7.3 Kostarika: platby za ekosystémové služby, obnova lesa a agrolesníctvo.....	21
7.4 Kalifornia: bioplynové digestory v mliekarenskom sektore.....	21
7.5 Dánsko: historický manažment dusíka a maštalného hnoja	22
7.6 PepsiCo / Walkers: uhlíková a vodná stopa pestovania zemiakov	22
7.7 IKEA / Ingka Group: znižovanie potravinového odpadu v reštauračnej prevádzke	23
7.8 Írsko: Origin Green a uhlíkové audity fariem	24
7.9 Holandsko / FrieslandCampina: znižovanie uhlíkovej stopy mlieka	24
7.10 ADM: regeneratívne poľnohospodárstvo v globálnych dodávateľských reťazcoch.....	25
7.11 Holandsko: precision livestock farming a digitalizácia živočíšnej výroby	26



8	Európsky rámec CAP, ekoschémy a dobrovoľná certifikácia uhlíka.....	27
9	Komparatívna syntéza opakujúcich sa krokov	28
10	Diskusia: uplatnenie, limity a systémové podmienky úspechu	29
	10.1 Konflikt medzi klimatickými cieľmi, produktivitou a potravinovou bezpečnosťou.....	29
	10.2 Carbon leakage a medzinárodná konkurencieschopnosť.....	29
	10.3 Konflikty medzi uhlíkom, biodiverzitou a energetikou.....	30
	10.4 Sociálny rozmer transformácie agropotravinárstva.....	30
	10.5 Limity a kontroverzie uhlíkovej neutrality v agropotravinárstve	31
11	Záver	32
	11.1 Syntetický model úspešnej dekarbonizácie agropotravinárstva	32
	11.2 Budúce trendy a perspektívy	34
12	Prehľadové tabuľky	36
	Zoznam použitej literatúry.....	37



Abstrakt

Agropotravinársky sektor predstavuje jeden z najvýznamnejších zdrojov skleníkových plynov na globálnej úrovni. Podľa FAO dosiahli emisie agropotravinárskych systémov v roku 2023 približne 16,5 Gt CO₂e [1], čo predstavovalo približne 32 % celkových antropogénnych emisií. Tento údaj zahŕňa nielen emisie vznikajúce priamo na farme, ale aj zmenu využívania pôdy, predvýrobné a povýrobné procesy, spracovanie, balenie, dopravu, maloobchod, domácu spotrebu a potravinový odpad [1].

Znižovanie uhlíkovej stopy v agropotravinárstve je komplexné, pretože významná časť emisií pochádza z biologických procesov, ktoré nemožno odstrániť jednoduchou technologickou substitúciou. Enterická fermentácia u prežúvavcov, anaeróbny rozklad organickej hmoty pri hnoji a ryži, transformácie dusíka v pôde a emisie zo zmeny využívania pôdy si vyžadujú kombináciu technických, agronomických, ekonomických a politických nástrojov.

Cieľom tejto rozšírenej štúdie je identifikovať, porovnať a kriticky vyhodnotiť najefektívnejšie postupy znižovania uhlíkovej stopy v agropotravinárstve na základe príkladov z Európskej únie, globálnych politík mimo EÚ a praktických programov na úrovni firiem, štátov a dodávateľských reťazcov. Analýza ukazuje, že najúspešnejšie prístupy vznikajú vtedy, keď sa spája meranie, ekonomická motivácia, technické riešenie, verejná politika, poradenská kapacita, trhový dopyt a kontrola vedľajších environmentálnych účinkov.



1 Úvod

Poľnohospodárstvo ako súčasť agropotravinárskeho systému predstavuje špecifický sektor z pohľadu klimateckej politiky, pretože jeho emisný profil je zásadne odlišný od priemyslu alebo energetiky. Kým v energetike možno významnú časť emisií znížiť náhradou fosílnych palív obnoviteľnými alebo nízkouhlíkovými zdrojmi, v poľnohospodárstve dominujú biologicky podmienené emisie metánu a oxidu dusného, ktoré sú priamo spojené s produkčnými procesmi. Znižovanie uhlíkovej stopy si preto vyžaduje prácu s pôdou, vodou, živinami, krmivami, hnojom, energetikou, krajinou a správaním spotrebiteľov.

V posledných rokoch sa čoraz výraznejšie presadzuje koncept carbon farmingu, ktorý spája znižovanie emisií so sekvestráciou uhlíka v pôde a biomase. Tento prístup je významný preto, že farmy môžu byť súčasne zdrojom emisií aj priestorom pre viazanie uhlíka. Klimatická politika v agropotravinárstve sa preto nemôže obmedziť iba na redukciu vstupov alebo energetickú efektívnosť; musí riešiť krajinu ako celok, kvalitu pôdy, biodiverzitu, vodný režim a ekonomickú stabilitu farmárov.

Táto štúdia vychádza z predpokladu, že účinné znižovanie uhlíkovej stopy musí byť navrhnuté podľa dominantného zdroja emisií v konkrétnej krajine, regióne alebo subsektore. Živočíšna výroba si vyžaduje opatrenia zamerané na enterický metán, krmivá, zdravie stáda, maštalný hnoj a produktivitu. Intenzívna rastlinná výroba si vyžaduje dôraz na dusík, pôdny manažment, hnojivá a rotácie. Skleníkové hospodárstvo potrebuje energetickú transformáciu. Pestovanie ryže si vyžaduje zásahy do vodného režimu. Komoditné reťazce spojené s odlesňovaním potrebujú sledovateľnosť, nákupné pravidlá a ochranu zásob uhlíka v krajine.

Prínos tejto štúdie spočíva v komparatívnom prepojení technologických, biologických, ekonomických, regulačných a dodávateľsko-reťazcových prístupov do jednotného analytického rámca dekarbonizácie agropotravinárstva. Štúdia nehodnotí jednotlivé opatrenia izolovane, ale skúma ich funkčnosť v širšom systéme produkcie potravín, klimateckej politiky a environmentálnej integrity. Význam práce spočíva aj v identifikácii opakujúcich sa princípov úspešných stratégií naprieč rôznymi produkčnými modelmi, klimatickými podmienkami a úrovňami verejnej politiky.



2 Metodika a kritériá hodnotenia best practices

Štúdia je založená na komparatívnej analýze krajín a prípadových štúdií, ktorá umožňuje detailne preskúmať politiky, technológie a praktické opatrenia v rôznych geografických, ekonomických a produkčných podmienkach. Výber krajín a príkladov vychádza z troch kritérií: po prvé, reprezentujú odlišný dominantný emisný problém; po druhé, existujú k nim relatívne spoľahlivé dáta alebo hodnotenia; po tretie, poskytujú prenositeľné ponaučenie pre tvorbu verejnej politiky, podnikové stratégie alebo farmárske rozhodovanie.

Za best practice sa v tejto štúdii nepovažuje opatrenie iba preto, že je environmentálne žiaduce. Opatrenie musí spĺňať viacero praktických kritérií: merateľný emisný efekt, škálovateľnosť, ekonomickú realizovateľnosť, existenciu verejnej politiky alebo trhového mechanizmu, dostupnosť poradenstva a schopnosť kontrolovať vedľajšie environmentálne účinky.

Hodnotenie rozlišuje medzi tromi úrovňami účinku. Prvou je emisná intenzita, teda emisie na jednotku produktu, napríklad kilogram mlieka alebo ryže. Druhou sú absolútne emisie sektora alebo krajiny. Treťou je systémový účinok v krajine a dodávateľskom reťazci, ktorý zahŕňa aj zmenu využívania pôdy, odlesňovanie, potravinový odpad a zmenu spotreby energie.

Merateľný emisný efekt: opatrenie má preukázateľný alebo dobre odhadnuteľný vplyv na CH₄, N₂O, CO₂ alebo sekvestráciu uhlíka.

Škálovateľnosť: opatrenie možno preniesť z pilotného projektu na väčší počet fariem, regiónov alebo dodávateľov.

Ekonomická realizovateľnosť: opatrenie nezvyšuje náklady neudržateľným spôsobom alebo vytvára kompenzačný príjem, úsporu vstupov či trhovú výhodu.

Inštitucionálna opora: existuje metodika, certifikácia, regulácia, finančný nástroj, úver, dotácia alebo podnikový kontrakt.

Environmentálna integrita: opatrenie nezhoršuje biodiverzitu, vodný režim, kvalitu pôdy alebo sociálnu stabilitu vidieka.



3 Teoretické východiská znižovania uhlíkovej stopy

Z hľadiska emisnej štruktúry je agropotravinársky sektor charakteristický kombináciou ne-CO₂ plynov a energetických emisií. Metán vzniká najmä v tráviacom systéme prežúvavcov, pri rozklade hnoja a v zaplavených ryžových poliach. Oxid dusný vzniká najmä v pôde po aplikácii minerálnych a organických dusíkatých hnojív. Oxid uhličitý súvisí s používaním energie, mechanizáciou, výrobou vstupov, dopravou, spracovaním, chladením, balením a zmenou využívania pôdy.

Práve kombinácia biologických a energetických zdrojov emisií vysvetľuje, prečo neexistuje jeden univerzálny dekarbonizačný nástroj. Tam, kde je problémom enterický metán, treba riešiť výživu, zdravie a produktivitu stáda, šľachtenie, doplnkové krmné aditíva a manažment stáda. Tam, kde sú problémom emisie z pôdy, je potrebné presné dávkovanie dusíka, vhodné formy hnojív, vegetačné pokryvy, rotácie, organická hmota a optimalizácia načasovania aplikácie. Tam, kde dominujú energetické emisie, sú účinné cenové signály, energetická efektívnosť, obnoviteľné zdroje a nízkouhlíkové teplo.

V odbornom diskurze sa preto presadili koncepty climate-smart agriculture, regeneratívne poľnohospodárstvo, precízne poľnohospodárstvo a carbon farming. Tieto koncepty zdôrazňujú produktivitu, adaptáciu na klimatickú zmenu, zníženie emisií a zlepšenie stavu pôdy. Ich praktická hodnota však závisí od toho, či sú opatrenia merateľné, auditovateľné, ekonomicky motivujúce a sociálne prijateľné.

Rozdiel medzi emisnou intenzitou a absolútnymi emisiami je zásadný. Efektívnejšia farma môže produkovať menej emisií na kilogram produktu, ale ak celková produkcia alebo počet zvierat rastie, absolútne emisie sektora nemusia klesať. Tento problém je viditeľný napríklad pri mliekarenských systémoch, kde technologická a produkčná efektívnosť znižuje intenzitu, ale bez širšieho sektorového cieľa nemusí priniesť dostatočný pokles celkových emisií.

3.1 Klimatická neutralita, uhlíková neutralita a net-zero: rozdiely a metodické dôsledky

V odbornej aj politickej diskusii sa často zamieňajú pojmy uhlíková neutralita (carbon neutrality), klimatická neutralita (climate neutrality) a net-zero emissions, hoci medzi nimi existujú významné metodické rozdiely. Presné rozlišovanie týchto konceptov je dôležité najmä pri hodnotení klimatických stratégií agropotravinárskych podnikov, štátov a dodávateľských reťazcov.

Uhlíková neutralita sa zvyčajne vzťahuje predovšetkým na oxid uhličitý alebo na celkové emisie vyjadrené v CO₂ ekvivalente, ktoré sú kompenzované sekvenciou uhlíka alebo uhlíkovými kreditmi. V praxi môže podnik deklarovať uhlíkovú neutralitu aj v prípade, že významná časť emisií stále vzniká, pokiaľ ich kompenzuje externými offsetmi. Tento prístup je kritizovaný najmä tam, kde kompenzácie nie sú dostatočne dodatočné, trvácne alebo overiteľné.

Klimatická neutralita predstavuje širší koncept, ktorý zahŕňa všetky relevantné skleníkové plyny a ich celkový klimatický účinok. Zahŕňa nielen oxid uhličitý, ale aj metán, oxid dusný a fluórované plyny. V agropotravinárstve je tento rozdiel zásadný, pretože dominantnými emisiami často nie sú CO₂ emisie, ale biologické emisie CH₄ a N₂O.

Koncept net-zero je ešte prísnejší. Znamená dosiahnutie stavu, pri ktorom zostávajúce antropogénne emisie sú maximálne redukované a iba malá reziduálna časť je kompenzovaná



trvalým odstránením uhlíka z atmosféry. Vedecké diskusie zdôrazňujú, že net-zero nemôže byť založené prevažne na offsetoch bez hlbokej redukcie vlastných emisií.

V agropotravinárstve je tento problém mimoriadne citlivý, pretože časť biologických emisií je technologicky veľmi ťažko odstrániteľná. To znamená, že sektor bude pravdepodobne aj v budúcnosti obsahovať reziduálne emisie, ktoré bude potrebné kombinovať so sekvestráciou uhlíka v pôde, biomase alebo technológiami odstránenia uhlíka.

3.2 Scope 1, Scope 2 a Scope 3 emisie v agropotravinárstve

Pri modernom hodnotení uhlíkovej stopy sa čoraz viac používa rozdelenie emisií podľa metodiky Greenhouse Gas Protocol na Scope 1, Scope 2 a Scope 3 emisie.

Scope 1 zahŕňa priame emisie vznikajúce priamo v podniku alebo na farme. V poľnohospodárstve ide najmä o enterický metán, emisie z hnoja, emisie z pôdy alebo spaľovanie palív v mechanizácii.

Scope 2 zahŕňa nepriame emisie z nakupovanej energie, elektriny, tepla alebo chladu.

Scope 3 zahŕňa všetky ostatné emisie v hodnotovom reťazci. V agropotravinárstve ide o mimoriadne významnú kategóriu, pretože môže predstavovať viac než 80 – 90 % celkovej uhlíkovej stopy veľkých potravinárskych spoločností. Zahŕňa výrobu vstupov, dopravu, balenie, spracovanie, retail, spotrebu aj potravinový odpad.

Práve Scope 3 vysvetľuje, prečo veľké spoločnosti ako ADM, PepsiCo alebo IKEA presúvajú pozornosť na dodávateľské reťazce, regeneratívne poľnohospodárstvo, logistiku a znižovanie odpadu. Firma môže mať relatívne nízke vlastné prevádzkové emisie, ale veľmi vysoké emisie u dodávateľov surovín.

Význam Scope 3 emisií rastie aj v dôsledku ESG reportingu, tlaku investorov a nových regulačných rámcov v Európskej únii. Postupne sa preto klimatické riadenie presúva z úrovne jednotlivých fabriek na úroveň celých dodávateľských systémov.

3.3 Regeneratívne poľnohospodárstvo: potenciál a odborné kontroverzie

Regeneratívne poľnohospodárstvo sa v posledných rokoch stalo jedným z najvýznamnejších konceptov klimatickej transformácie agropotravinárstva. Typicky zahŕňa krycie plodiny, obmedzenie obrábania pôdy, diverzifikované rotácie, agroforestry, prvky, ochranu pôdnej organickej hmoty a lepší manažment vody a živín.

Zástancovia regeneratívnych systémov argumentujú, že tieto postupy môžu:

- zvyšovať pôdny uhlík,
- zlepšovať vodný režim,
- obmedzovať eróziu,
- zvyšovať biodiverzitu,
- znižovať potrebu syntetických vstupov,
- zvyšovať odolnosť voči suchu.

Napriek rastúcej popularite však existujú významné vedecké diskusie o skutočnom rozsahu klimatického prínosu regeneratívneho poľnohospodárstva.

Časť výskumov upozorňuje, že:

- sekvestrácia uhlíka v pôde môže byť pomalá,



- účinok môže byť časovo obmedzený,
- výsledky sú silno závislé od klímy, pôdy a manažmentu,
- uložený uhlík môže byť reverzibilný,
- niektoré metodiky môžu nadhodnocovať sekvestráciu.

Kritici zároveň upozorňujú, že pojem regeneratívne poľnohospodárstvo nemá jednotnú medzinárodnú definíciu, čo komplikuje porovnávanie výsledkov a vytvára priestor pre marketingové tvrdenia bez dostatočného vedeckého základu.

Preto sa čoraz viac zdôrazňuje potreba:

- kvalitného MRV,
- konzervatívnych výpočtov,
- dlhodobého monitoringu,
- nezávislej verifikácie.



4 Dôkazová báza a metodika MRV

MRV, teda measurement, reporting and verification, je základnou podmienkou dôveryhodného znižovania uhlíkovej stopy. Bez merania nie je možné určiť východiskový stav, bez reportingu nie je možné sledovať pokrok a bez verifikácie nie je možné odlíšiť skutočné zníženie emisií od formálneho alebo marketingového tvrdenia.

Kvalitný MRV systém má päť častí. Prvou je baseline, teda referenčný stav. Druhou je additionality, čiže dôkaz, že opatrenie by nevzniklo aj bez klimatického programu. Treťou je permanence, teda trvácnosť sekvestrácie uhlíka alebo zníženia emisií. Štvrtou je leakage, teda riziko presunu emisií mimo sledovaný systém. Piatou je prevencia double countingu, teda dvojitého započítania tej istej redukcie viacerými subjektmi.

V praxi sa MRV líši podľa opatrenia. Pri anaeróbnej digescii sa meria množstvo zachyteného bioplynu, metánu a vyrobenej energie. Pri carbon farmingu sa modeluje alebo meria zmena pôdneho uhlíka a biomasy. Pri nízkoemisnej ryži sa sleduje vodný režim a emisný faktor metánu. Pri potravinovom odpade sa meria hmotnosť odpadu, typ potravy a emisný faktor, ktorý by vznikol pri výrobe, doprave a likvidácii danej potravy.

Najväčším rizikom dobrovoľných klimatických tvrdení je greenwashing. Preto sú silnejšie tie prístupy, ktoré majú nezávislý audit, verejné metodiky, konzervatívne výpočty, jasnú časovú hranicu a pravidelné aktualizácie. Francúzsky Label Bas-Carbone, írsky Origin Green, novozélandská farm-level metodika a systémy typu AgSTAR ukazujú rôzne formy toho istého princípu: klimatický výkon musí byť nielen deklarovaný, ale aj kvantifikovaný a overiteľný.



5 Best practices v krajinách Európskej únie

Krajiny Európskej únie poskytujú široké spektrum prístupov, pretože fungujú v spoločnom regulačnom a finančnom rámci, no zároveň majú odlišné produkčné štruktúry, klimatické podmienky a politické priority. Dánsko reprezentuje systémovú transformáciu živočíšne silného sektora, Francúzsko certifikačný a trhový model carbon farmingu, Írsko rýchle technické opatrenia v oblasti dusíka a hnoja, Holandsko sektorovo špecifickú energetickú transformáciu skleníkov a Španielsko prepojenie pôdneho uhlíka, vody a agrivoltaiky.

5.1 Dánsko: cenový tlak na emisie a zmena využitia pôdy

Dánsko patrí medzi najsystematickejšie príklady, pretože pripravilo transformačný balík pre poľnohospodárstvo, ktorý spája klimatický cieľ, zmenu krajiny, kompenzácie pre farmárov a zavedenie poľnohospodárskej emisnej dane od roku 2030. Kľúčovým aspektom je, že nepracuje iba s dobrovoľnými opatreniami, ale vytvára cenový signál a zároveň financuje prechod sektora.

Overiteľné skutočnosti a dôkazová báza

Dánsko je uvádzané ako prvá krajina, ktorá zavádza emisnú daň priamo na poľnohospodárske emisie od roku 2030; efektívna sadzba má podľa verejne dostupných správ začínať na 120 DKK/t CO₂e a rásť do roku 2035.

Dohoda A Green Denmark zahŕňa nielen daňový prvok, ale aj zalesňovanie, obnovu organických a nížinných pôd a podporu transformácie sektora.

Dlhodobejší dánsky manažment dusíka už predtým ukázal, že kombinácia regulácie, evidencie a efektívnejšieho používania hnojív môže znižovať N₂O aj straty živín.

Ako cenový signál ovplyvňuje farmové rozhodovanie

Dôležitým aspektom dánskeho modelu je priame premietnutie emisií do ekonomického rozhodovania fariem. Ak je náklad dostatočne predvídateľný, farma má dôvod investovať do technológií na zníženie metánu, lepšieho manažmentu hnoja, efektívnejšieho kŕmenia alebo zmeny produkčnej intenzity. Druhým mechanizmom je zmena využívania pôdy: odvodnené organické pôdy môžu byť disproporčne emisné, preto ich obnova prináša veľký klimatický účinok.

Praktické fungovanie transformačného balíka

Na úrovni praxe ide o kombináciu merania emisií, daňového nástroja, kompenzácií, technologických investícií, obnovy organických pôd a krajinných opatrení. Takýto balík je politicky prijateľnejší než samotná daň, pretože časť nákladov sa vracia sektoru a umožňuje adaptáciu.

Politické a metodické riziká

Najväčším rizikom je politická akceptácia. Poľnohospodárstvo je citlivý sektor a daň môže vyvolať odpor, ak nebude spojená s férovými kompenzáciami, poradenstvom a ochranou konkurencieschopnosti. Druhým rizikom je presnosť merania emisií na úrovni farmy, pretože nepresná metodika môže deformovať motivácie.



Možnosti využitia v iných krajinách

Najprenosnejší nie je samotný dánsky daňový model, ale kombinácia troch prvkov: spoľahlivé meranie, ekonomická motivácia a cielené stiahnutie alebo zmena manažmentu najemisnejších pôd. Tento princíp je relevantný aj pre krajiny so živočíšnou výrobou a organickými pôdami.

5.2 Francúzsko: uhlíková certifikácia pre farmy a monetizácia redukcí

Francúzsko vybudovalo jeden z najrozvinutejších európskych modelov carbon farmingu cez štátom garantovanú certifikáciu Label Bas-Carbone. Tento rámec umožňuje certifikovať projekty znižovania emisií a sekvestrácie uhlíka v poľnohospodárstve, lesníctve a ďalších sektoroch.

Overiteľné skutočnosti a dôkazová báza

Label Bas-Carbone bol vytvorený v roku 2018 a je spojený s francúzskou nízkouhlíkovou stratégiou.

I4CE uvádza, že k 31. marcu 2025 bolo validovaných 1 685 projektov s potenciálnym dopadom 6,41 MtCO₂e [4].

Metodika CarbonAgri sa týka fariem s hovädzím dobytkom a veľkými plodinami, má päťročné projektové obdobie a zahŕňa viacero pák od energie cez stádo, krmivá, hnojenie až po uhlík v pôde [5].

Praktické fungovanie certifikačného systému

Francúzsky model vytvára most medzi klimatickým výkonom a financovaním. Ak farma zníži emisie alebo zvýši sekvestráciu uhlíka podľa schválenej metodiky, môže vzniknúť certifikovaný klimatický prínos, ktorý môže financovať súkromný sektor. Tým sa znižuje závislosť od verejných rozpočtov a vytvára sa dopyt po domácich klimatických projektoch.

Na úrovni farmy môže ísť o zlepšenie krmivovej efektívnosti, lepšiu manažment dusíka, zníženie spotreby energie, výsadbu živých plotov, agroforestry, zlepšenie pôdnej organickej hmoty alebo zmeny v manažmente stáda. Silnou stránkou je metodická jednotnosť a auditovateľnosť.

Metodické otázky a administratívne bariéry

Limitom sú transakčné náklady, administratívna náročnosť a riziko, že malé farmy budú mať problém vstúpiť do systému bez sprostredkovateľa. Pri carbon farmingu je tiež nutné dôsledne riešiť additionality, permanence a riziko nadhodnotenia sekvestrácie.

Možnosti širšieho uplatnenia

Tento prístup môže byť využiteľný najmä v krajinách s kvalitnou poradenskou infraštruktúrou a dôverou v certifikačné mechanizmy. Bez týchto prvkov môže byť certifikácia formálne správna, ale prakticky pomalá.

5.3 Írsko: dusík, hnoj, protected urea a postupné zlepšovanie chovu

Írsko je príklad krajiny, kde je poľnohospodárstvo mimoriadne dôležité pre národný emisný profil. Vzhľadom na silný mliekarenský a hovädzí sektor je kľúčovým problémom metán z prežúvavcov, oxid dusný z hnojív a emisie súvisiace s manažmentom hnoja.



Overiteľné skutočnosti a dôkazová báza

Írska EPA uvádza, že poľnohospodárstvo bolo v roku 2023 zodpovedné za 37,8 % národných emisií skleníkových plynov, najmä pre metán z hospodárskych zvierat a N₂O z dusíkatých hnojív a hnoja [6].

EPA zároveň uvádza, že poľnohospodárske emisie v roku 2023 klesli o 4,9 %, teda približne o 1,07 MtCO₂e.

Origin Green a Bord Bia poskytujú rozsiahly systém farmárskych auditov a uhlíkových hodnotení, ktorý dopĺňa technické opatrenia [17].

Technické opatrenia a ich praktické uplatnenie

Protected urea znižuje straty dusíka v porovnaní s niektorými konvenčnými formami hnojív a môže obmedziť emisie spojené s hnojením. Manažment dusíka navyše zahŕňa presnejšie dávkovanie, načasovanie, väzbu na potreby porastu a znižovanie prebytkov. Pri hnoji je dôležité skladovanie, aplikácia, zakrývanie, technológie aplikácie a potenciálne aditíva.

Írsky prístup je praktický, pretože veľká časť opatrení je relatívne rýchlo škálovateľná a menej kapitálovo náročná než úplná reštrukturalizácia sektora. Zlepšenie reprodukcie, zdravia stáda, výživy a produktivity môže znižovať emisnú intenzitu mlieka alebo mäsa. Podobné opatrenia sú prenosné najmä do krajín so silnou živočíšnou výrobou, pokiaľ existuje poradenská infraštruktúra a farmové dátové systémy.

Limity, riziká a metodické poznámky

Za dôležitý metodický problém možno považovať rozdiel medzi emisnou intenzitou a absolútnymi emisiami sektora. Ak sa zvýši produkcia alebo počet zvierat, efektívnosť nemusí stačiť na hlboký pokles absolútnych emisií. Pri veľmi silnom živočíšnom sektore preto technické opatrenia potrebujú doplniť širšie sektorové ciele a dôveryhodné meranie.

5.4 Holandsko: energeticky náročné skleníky a diferenciácia subsektorov

Holandsko ukazuje, že agropotravinárstvo nemožno riadiť ako homogénny blok. Skleníkové záhradníctvo má emisný profil založený prevažne na spotrebe energie, čo si vyžaduje iný nástroj než pri enterickom metáne alebo pôdnom N₂O.

Overiteľné skutočnosti a dôkazová báza

Holandská daňová správa uvádza, že od 1. januára 2025 sa kolektívny systém pre skleníkové hospodárstvo nahrádza individuálnou CO₂ daňou pre glastuinbouw [7].

Cieľ vyplývajúci z dohody o energetickej transformácii skleníkového sektora je dostať emisie v roku 2030 najviac na 4,3 Mt skleníkových plynov [7].

RVO uvádza, že skleníkové podniky povinne oznamujú používanie zemného plynu alebo tepla a nový systém sa bude prakticky prepájať s daňovou administráciou [8].

Energetická transformácia

Pri skleníkoch ide najmä o CO₂ zo spaľovania energie. Preto sú účinné nástroje ako CO₂ levy, energetická efektívnosť, nízkouhlíkové teplo, geotermálna energia, odpadové teplo, obnoviteľné zdroje, lepšia regulácia klímy, izolácia a presnejšie riadenie produkcie.



Sektorové fungovanie modelu

Holandský prístup ukazuje význam sektorového cieľa. Ak je cieľ definovaný pre konkrétny subsektor a existujú technické alternatívy, cenový nástroj má jasnejší účinok než všeobecná klimatická výzva. Podnik vie, že budúca konkurencieschopnosť závisí od energetickej transformácie.

Limity, riziká a metodické poznámky

Slabším miestom zostáva, že tento model funguje najmä tam, kde existujú reálne technické alternatívy a kapitál na investície. Pri malých podnikoch môžu byť investičné náklady vysoké. Model nie je priamo prenosný do extenzívnej živočíšnej výroby, kde dominujú biologické emisie.

Možnosti širšieho uplatnenia

Uplatnenie je vysoké pre krajiny alebo regióny s koncentrovaným skleníkovým sektorom. Menej vhodná je pre krajiny, kde skleníky netvoria významný emisný zdroj alebo kde chýba infraštruktúra nízkouhlíkového tepla.

Holandský príklad zároveň ukazuje, že klimatická politika býva najúčinnnejšia tam, kde existujú technologicky dostupné alternatívy a relatívne presné meranie emisií.

5.5 Španielsko: pôdny uhlík, vegetačné pokryvy, monitoring a agrivoltaika

Španielsko kombinuje klimatické poľnohospodárstvo s problematikou sucha, degradácie pôdy a energetickej transformácie. Dôležité sú najmä vegetačné pokryvy, priame siatie, obmedzenie erózie, ochrana pôdnej organickej hmoty a rozvoj agrivoltaiky tam, kde je možné kombinovať poľnohospodársku a energetickú funkciu krajiny.

Overiteľné skutočnosti a dôkazová báza

Španielske ministerstvo poľnohospodárstva uvádza pri carbon farmingu techniky ako siembra directa a cubiertas vegetales, teda priame siatie a vegetačné pokryvy.

Španielsko oznámilo monitoring uhlíka v pôde na veľkom počte parciel, čo je dôležité pre overenie dopadov eko-schém a carbon farmingu.

Na úrovni EÚ sú eko-schémy financované časťou priamych platieb, pričom členské štáty ich prispôbujú vlastným podmienkam [2].

Pôda, voda a stabilita agroekosystému

Vegetačné pokryvy chránia pôdu pred eróziou, znižujú výpar, podporujú biologickú aktivitu a môžu prispieť k stabilizácii alebo rastu organickej hmoty. Priame siatie znižuje disturbanciu pôdy a spotrebu paliva, hoci jeho účinok závisí od plodiny, pôdy, klímy a celého osevného postupu. Agrivoltaika môže znižovať tlak na pôdu tým, že spája výrobu energie a poľnohospodársku funkciu.

Praktická implementácia

Španielsky prístup je významný tým, že nesleduje uhlík izolovane, ale spája ho s vodou, suchom a odolnosťou krajiny. Monitoring pôdneho uhlíka je kľúčový, pretože bez neho ostáva carbon farming často iba deklaratívny.



Limity, riziká a metodické poznámky

Pri pôdnom uhlíku existuje riziko pomalých zmien, vysokej variability merania a reverzibility. Ak farmár neskôr zmení postup alebo dôjde k extrémnemu suchu, časť uloženého uhlíka sa môže stratiť. Agrivoltaika môže byť konfliktná, ak nie je jasne garantovaná priorita poľnohospodárskeho využitia.

Vegetačné pokryvy a monitoring pôdneho uhlíka patria medzi relatívne dobre prenosné opatrenia. Agrivoltaika je vhodná najmä tam, kde existujú vhodné klimatické podmienky, energetická infraštruktúra a jasný regulačný rámec.

5.6 Kanada: 4R Nutrient Stewardship a manažment dusíka

Kanada predstavuje významný príklad systematického riadenia dusíka prostredníctvom konceptu 4R Nutrient Stewardship, ktorý sa stal jedným z najcitovanejších rámcov pre znižovanie emisií N₂O z poľnohospodárstva.

Koncept 4R je založený na štyroch princípoch:

- Right source,
- Right rate,
- Right time,
- Right place.

Cieľom je zabezpečiť, aby sa dusík aplikoval v správnej forme, správnom množstve, v správnom čase a na správnom mieste. Tým sa znižujú straty dusíka do ovzdušia a vody a zároveň sa zvyšuje efektívnosť využitia živín.

Kľúčovým prínosom 4R systému je zvyšovanie efektívnosti využitia dusíka pri súčasnom obmedzovaní emisií N₂O. Kanadský prístup ukazuje, že klimatická politika nemusí znamenať iba redukciu produkcie, ale môže zvyšovať efektívnosť vstupov a ekonomickú produktivitu fariem.

Limitom zostáva potreba:

- poradenskej infraštruktúry,
- presných dát,
- monitoringu,
- technologickej vybavenosti fariem.

Kanada predstavuje významný príklad systematického riadenia dusíka prostredníctvom konceptu 4R Nutrient Stewardship [23][24].



6 Globálne best practices mimo Európskej únie

6.1 Brazília: ABC+, obnova pasienkov a integrované crop-livestock-forestry systémy

Brazília je globálne referenčný prípad nízkouhlíkového poľnohospodárstva, pretože už od roku 2010 rozvíja politiku ABC a následne ABC+ ako dlhodobý národný program adaptácie a nízkoemisnej poľnohospodárskej produkcie. Jeho jadrom nie je obmedzenie produkcie, ale udržateľná intenzifikácia a lepšie využitie už používaných plôch.

Overiteľné skutočnosti a dôkazová báza

Brazílske ministerstvo poľnohospodárstva uvádza, že Plano ABC zahŕňal obnovu degradovaných pasienkov, systém priameho siatia, biologickú fixáciu dusíka, výsadbu lesov, ošetrovanie živočíšnych odpadov a integrované systémy [9].

ABC+ na obdobie 2020-2030 pokračuje ako strategická agenda vlády pre udržateľné, rezilientné a produktívne agroekosystémy založené na vede [10].

Integrované systémy ILPF/ICLF kombinujú plodiny, živočíšnu výrobu a dreviny na tej istej alebo rotujúcej ploche.

Agroekologický princíp systému

Obnova degradovaných pasienkov zvyšuje produktivitu pôdy, znižuje tlak na expanziu a môže zvýšiť zásoby uhlíka v pôde. Integrované systémy zlepšujú využitie živín a priestoru, vytvárajú tieň pre zvieratá, diverzifikujú príjem a ukladajú uhlík v biomase. Biologická fixácia dusíka znižuje závislosť od syntetických hnojív.

Praktická implementácia

Program má silu v tom, že spája technológie, poradenstvo, úvery a verejnú politiku. Farmár neprechádza na nízkouhlíkové hospodárenie iba na základe odporúčania, ale prostredníctvom rámca, ktorý zahŕňa financovanie a šírenie technológií.

Limity, riziká a metodické poznámky

Problém predstavuje fakt, že udržateľná intenzifikácia môže zlepšiť produktivitu, ale bez prísnej ochrany lesov nemusí automaticky znížiť tlak na expanziu. Potrebné sú preto aj nástroje sledovateľnosti komodít a ochrany prírodnej vegetácie.

Možnosti širšieho uplatnenia

Uplatnenie je vysoké pre krajiny s veľkými pasienkovými plochami, zmiešanými systémami a degradovanou pôdou. V malých intenzívnych európskych farmách je prenos skôr princípový než priamy.

6.2 Nový Zéland: farm-level accounting a metán ako osobitná politika

Nový Zéland je dôležitý tým, že poľnohospodárstvo tvorí veľmi vysoký podiel národných emisií a dominantným problémom je biogénny metán z prežúvavcov. Krajina preto rozvíja farm-level accounting a samostatné ciele pre biogénny metán.



Overiteľné skutočnosti a dôkazová báza

Ministerstvo životného prostredia uvádza, že poľnohospodárstvo prispieva približne 50 % hrubých emisií Nového Zélandu a že približne tri štvrtiny poľnohospodárskych emisií tvoria biogénny metán zo zvierat [11].

Nový Zéland má split-gas target: net zero pre ostatné skleníkové plyny do roku 2050 a samostatné zníženie biogénneho metánu o 10 % do roku 2030 a o 24-47 % do roku 2050 voči roku 2017 podľa legislatívneho rámca uvádzaného v projekciách [12].

Farm-level metodika umožňuje farmám modelovať zmeny manažmentu a ich dopad na emisie.

Spôsob zníženia emisií

Rozdelenie metánu od CO₂ logiky má vedecký základ v rozdielnej životnosti plynov. Farm-level accounting umožňuje farmárovi rozlíšiť, či emisie ovplyvňuje veľkosť stáda, produktivita, typ krmiva, pôda, hnoj alebo manažment. Bez tejto infraštruktúry sa opatrenia ťažko odmeňujú a porovnávajú.

Farmová aplikácia systému

Na úrovni praxe ide o kombináciu emisných kalkulácií, farmových plánov, poradenských nástrojov a scenárov. Farmár môže porovnať zmeny stáda, produkcie, krmív alebo technológií pred tým, ako investuje.

Limity, riziká a metodické poznámky

Samotné meranie nespôsobí redukcie. Ak nie je naviazané na cenu, dotáciu, reguláciu alebo trhovú požiadavku, môže zostať iba evidenciou. Politicky citlivé je aj rozdelenie nákladov medzi farmárov, štát a spotrebiteľov.

Možnosti širšieho uplatnenia

Každá krajina so silnou živočíšnou výrobou potrebuje farm-level emisné nástroje, ale politický model naviazania merania na motivácie musí byť prispôbený miestnym podmienkam.

6.3 Japonsko: metán z ryžových polí a vodný režim

Japonsko je dôležitý príklad pre rastlinnú výrobu, pretože ukazuje, že pri ryži možno dosiahnuť významný efekt úpravou vodného režimu. Kľúčovým opatrením je predĺženie obdobia odvodnenia alebo prerušovaného zaplavovania ryžových polí, ktoré znižuje anaeróbne podmienky a tvorbu metánu.

Overiteľné skutočnosti a dôkazová báza

Metodiky J-Credit umožňujú z niektorých agronomických opatrení vytvárať certifikované kredity, čím sa klimatické opatrenie spája s ekonomickou motiváciou.

Pri zaplavených ryžových poliach vzniká metán v anaeróbných podmienkach, takže úprava vodného režimu priamo zasahuje biologický princíp emisie.

Japonské materiály riešia aj environmentálne vedľajšie účinky opatrenia, vrátane dopadov na ekosystém ryžového poľa.



Spôsob redukcie emisií

Predĺženie odvodnenia alebo alternate wetting and drying obmedzuje podmienky pre metanogénne mikroorganizmy. Ak je opatrenie správne načasované, môže znížiť metán bez straty výnosu, hoci efekt závisí od pôdy, klímy, odrody a manažmentu vody.

Praktická implementácia

Prepojenie s kreditným systémom je dôležité, pretože z relatívne jednoduchého agronomického opatrenia robí ekonomicky rozpoznateľný klimatický prínos. V praxi však musí byť metodika jednoduchá, aby transakčné náklady neprevýšili hodnotu kreditov.

Limity, riziká a metodické poznámky

Rizikom je zvýšenie N₂O pri niektorých vodných režimoch, dopady na biodiverzitu a potreba presného riadenia vody. Opatrenie je tiež závislé od zavlažovacej infraštruktúry.

Možnosti uplatnenia

Uplatniteľnosť je vysoká pre ryžové regióny, ale nízka pre krajiny bez významnej ryžovej produkcie. Princíp je však všeobecný: pri biologických emisiách treba identifikovať presnú biologickú páku.

6.4 USA: anaeróbna digestcia a premena hnoja na energiu

USA sú silným príkladom manure-to-energy, teda využitia maštalného hnoja a hnojovice na výrobu bioplynu a energie. Program EPA AgSTAR poskytuje technické informácie, databázu projektov a sledovanie trendov v anaeróbnej digestcii na farmách.

Overiteľné skutočnosti a dôkazová báza

EPA uvádza, že k júnu 2024 bolo v USA 400 manure-based anaerobic digestion systems [3].

V roku 2023 manure-based digestory znížili emisie o 14,8 MMTCO₂e, z toho 13,86 MMTCO₂e tvorili priame metánové redukcie a 0,98 MMTCO₂e vyhnuté emisie [3].

V roku 2023 energia z týchto digestorov predstavovala približne 3,29 milióna MWh ekvivalentu [3].

Spôsob zníženia emisií

Anaeróbna digestcia zachytáva metán, ktorý by inak unikal pri skladovaní hnoja v anaeróbných podmienkach. Zachytený bioplyn sa môže využiť na elektrinu, teplo, kogeneráciu, obnoviteľný zemný plyn alebo dopravné palivo. Klimatický prínos je výrazný, pretože metán má vysoký oteplovací účinok v krátkom časovom horizonte.

Praktická implementácia

Program funguje najmä pri veľkých mliečnych a ošípaných prevádzkach, kde je dostatočný objem vstupnej suroviny a kde možno dosiahnuť ekonomiku rozsahu. Významné sú aj partnerstvá s energetickými firmami a trhy s obnoviteľným plynom.

Limity, riziká a metodické poznámky

Slabým miestom zostáva vysoká investičná náročnosť, potreba technickej údržby, prístup k sieti alebo odberateľom plynu a riziko, že systém podporí ďalšiu koncentráciu veľkých živočíšnych prevádzok. Digestory riešia najmä hnoj, nie enterický metán.



Možnosti uplatnenia

Uplatniteľnosť je vysoká pre veľké koncentrované prevádzky s tekutým hnojom. Pre malé rodinné farmy je vhodnejšie uvažovať o komunitných alebo kooperatívnych riešeniach.

6.5 EÚ Methane Strategy a Global Methane Pledge

Metán sa v posledných rokoch stal jednou z najvýznamnejších tém globálnej klimateckej politiky, pretože ide o skleníkový plyn s veľmi silným krátkodobým oteplovacím účinkom. Práve preto sa rastúca pozornosť sústreďuje na rýchle znižovanie emisií CH₄.

Európska únia prijala European Methane Strategy, ktorá sa zameriava na energetiku, odpadové hospodárstvo aj poľnohospodárstvo. V agropotravinárstve je hlavnou témou enterický metán prežúvavcov a emisie z hnojového hospodárstva.

Významným globálnym rámcom sa stal aj Global Methane Pledge predstavený počas COP26, ku ktorému sa pripojilo viac než 150 krajín. Cieľom iniciatívy je znížiť globálne antropogénne emisie metánu približne o 30 % do roku 2030 oproti úrovniam z roku 2020.

Tieto iniciatívy sú významné najmä preto, že:

- znižovanie metánu prináša relatívne rýchly klimatický efekt,
- časť opatrení je technologicky dostupná už dnes,
- redukcia CH₄ môže krátkodobo spomaliť tempo otepľovania.

V poľnohospodárstve sa preto zvyšuje tlak na:

- krmivové aditíva,
- genetiku a produktivitu stáda,
- anaeróbnú digestiu,
- lepší manažment hnoja,
- presnejšie farmové meranie emisií.



7 Praktické príklady znižovania uhlíkovej stopy v agropotravinárstve

7.1 Vietnam: nízkoemisné pestovanie ryže v delte Mekongu

Vietnam ukazuje, že aj pri tradične emisnej plodine možno znižovať uhlíkovú stopu kombináciou vodného manažmentu, zníženia vstupov, poradenstva a výsledkového financovania. Príklad vychádza z projektu Viet Nam Sustainable Agriculture Transformation Project v delte Mekongu.

Overiteľné skutočnosti

Svetová banka uvádza, že pestovanie ryže tvorí približne tri štvrtiny metánových emisií vietnamského poľnohospodárstva.

Počas siedmich rokov pracovali farmári na približne 185 000 hektároch, znížili vybrané vstupy až o 50 % a zvýšili príjmy v priemere o 30 % [16].

Udržateľné postupy pomohli znížiť emisie približne o 1,5 milióna ton CO₂e ročne a plánované škálovanie na ďalší milión hektárov má do roku 2030 znížiť emisie až o 10 miliónov ton CO₂e [16].

Fungovanie systému v delte Mekongu

Kľúčovým opatrením je alternate wetting and drying, teda striedanie zaplavovania a vysušovania polí. Tým sa obmedzujú anaeróbne podmienky, v ktorých vzniká metán. Súčasne sa znižuje spotreba vody, osív, hnojív a pesticídov, čo znižuje náklady farmára.

Zaujímavým aspektom vietnamského modelu je spojenie klimatickej mitigácie s ekonomickou motiváciou farmárov. Farmár nie je nútený prijať opatrenie iba z environmentálnych dôvodov; opatrenie mu znižuje vstupy a zvyšuje čistý príjem. To zvyšuje pravdepodobnosť dlhodobého udržania.

Limity a metodická opatrnosť

Úspešnosť závisí od zavlažovacej infraštruktúry, poradenských služieb, monitoringu emisií a odbytu pre kvalitnejší produkt. Bez možnosti kontrolovať vodu je účinok obmedzený.

7.2 Brazília: Amazon Soy Moratorium a dodávateľské pravidlá proti odlesňovaniu

Amazon Soy Moratorium vzniklo v roku 2006 ako dohoda medzi obchodníkmi so sójou, environmentálnymi organizáciami a verejnými aktérmi. Signatári sa zaviazali nenakupovať sóju vypestovanú na pôde v Amazónii odlesnenej po stanovenom referenčnom dátume.

Overiteľné skutočnosti

Podľa modelových odhadov vedeckej literatúry Amazon Soy Moratorium významne obmedzilo odlesňovanie v oblastiach vhodných pre pestovanie sóje; niektoré štúdie odhadujú, že počas prvého desaťročia zabránilo približne 18 000 km² odlesnenia [21][22].

Úspech závisel od satelitného monitoringu, verejných registrov pôdy, firemných nákupných pravidiel a širších verejných politík.

V roku 2026 sa objavili správy o ústupe časti brazílskeho sójového priemyslu od moratória, čo ukazuje politickú a právnu zraniteľnosť dobrovoľných dohôd.



Dodávateľské pravidlá a kontrola odlesňovania

Mechanizmom nie je zmena technológie pestovania, ale zmena pravidiel trhu. Dodávateľský reťazec vylučuje komoditu spojenú s novým odlesňovaním, čím sa znižuje riziko emisií zo zmeny využívania pôdy. Tento typ opatrenia je kľúčový pri komoditách ako sója, hovädzie mäso, kakao, káva, palmový olej alebo kaučuk.

Moratórium je významné najmä tým, že presúva pozornosť z farmovej technológie na zmenu využívania pôdy a fungovanie komoditných reťazcov. Najväčšia emisná záťaž nemusí byť v samotnej poľnohospodárskej technológii, ale v strate lesa a pôdnych uhlíkových zásob.

Limity a metodická opatrnosť

Moratórium je historicky úspešná, ale zraniteľná best practice. Bez stabilnej právnej opory, nezávislej kontroly a trhového tlaku sa dobrovoľné záväzky môžu oslabiť.

7.3 Kostarika: platby za ekosystémové služby, obnova lesa a agrolesníctvo

Kostarika je štátny príklad prepojenia ochrany krajiny, vidieckeho rozvoja a klimatického financovania. Krajina dokázala zvrátiť odlesňovanie a vytvorila systém platieb za ekosystémové služby.

Overiteľné skutočnosti

Svetová banka uvádza, že lesy dnes pokrývajú takmer 60 % územia Kostariky, hoci v roku 1987 pokrývali približne 40 % [13].

Forest Carbon Partnership Facility zaplatila Kostarike 16,4 milióna USD za zníženie 3,28 milióna ton emisií v rokoch 2018 a 2019 [13].

Dohoda umožňuje získať až 60 miliónov USD za zníženie 12 miliónov ton emisií do roku 2025 [13].

Prepojenie klimatickej politiky a ochrany krajiny

Platby za ekosystémové služby motivujú vlastníkov pôdy k ochrane lesa, zalesňovaniu, agrolesníctvu a silvopastorálnym systémom. Tým sa chráni uhlík v biomase a pôde, zlepšuje biodiverzita a podporuje vidiecka ekonomika.

Tento príklad ukazuje, že uhlíková stopa agropotravinárstva nie je iba otázkou vstupov na farme. Ak sa chráni les a krajinné prvky, znižuje sa riziko veľkých emisií zo zmeny využívania pôdy.

Podmienky dlhodobej funkčnosti systému

Úspešnosť závisí od vlastníckych práv, financovania, štátnej kapacity, monitoringu a dôvery vlastníkov pôdy. Platby musia byť dostatočné, pravidelné a transparentné.

7.4 Kalifornia: bioplynové digestory v mliekarenskom sektore

Kalifornský Dairy Digester Research and Development Program podporuje anaeróbne digestory na mliečnych farmách s cieľom zachytiť metán z hnoja a využiť ho ako obnoviteľnú energiu.

Overiteľné skutočnosti

CDFA uvádza 142 financovaných projektov, 228,7 milióna USD v pridelených prostriedkoch a očakávané zníženie 24,8 milióna MTCO₂e počas životnosti projektov na hlavnej stránke programu; testovacia verzia stránky uvádzala 143 projektov, 229,7 milióna USD a 24,9 milióna MTCO₂e [14].



Program podporuje digestory, čistenie bioplynu a jeho upgrade na obnoviteľný zemný plyn alebo iné formy energie [14].

Cieľom je znižovať metán z manažmentu maštalného hnoja a vytvárať ekonomické príležitosti pre mliekarenské prevádzky.

Klimatický efekt a praktický význam digestorov

Digestor zachytí metán, ktorý by inak vznikol pri anaeróbnom skladovaní hnoja. Získaný bioplyn možno použiť na elektrinu, teplo alebo obnoviteľný zemný plyn. Program preto spája znižovanie CH₄ s produkciou energie.

Odborná hodnota je vysoká najmä preto, že metán má krátkodobý silný oteplovací účinok, takže jeho znižovanie prináša rýchly klimatický efekt. Kalifornia ukazuje, že verejné granty môžu prekonať vysoké počiatočné investičné bariéry.

Limity a metodická opatrnosť

Problém predstavuje, že digestory neriešia enterický metán. Ďalej potrebujú technickú správu, odbyt plynu alebo elektriny a môžu byť menej vhodné pre menšie farmy.

7.5 Dánsko: historický manažment dusíka a maštalného hnoja

Dánsko je okrem nového emisného balíka aj historickým príkladom toho, ako dlhodobá živinová politika znižuje N₂O a straty živín do vôd.

Overiteľné skutočnosti

Podľa materiálov CGIAR/CCAFS klesli emisie dánskeho poľnohospodárstva medzi rokmi 1990 a 2009 z 18,7 na 13,4 milióna ton CO₂e, teda o 28 %.

Veľká časť poklesu súvisela s 31 % znížením N₂O vďaka lepšiemu využitiu maštalného hnoja a so 40 % znížením používania anorganických hnojív medzi rokmi 1990 a 2000.

Opatrenia zahŕňali plánovanie hnojenia, lepšiu aplikáciu hnoja, presnejšie dávky a podporu bioplynu.

Princíp zníženia emisií

Zníženie N₂O vyplýva z efektívnejšieho využitia dusíka. Ak sa dusík aplikuje v správnom čase, dávke a forme, menej sa stráca do ovzdušia a vody. To znižuje emisie aj náklady na vstupy.

Tento príklad ukazuje, že klimatické prínosy môžu byť vedľajším výsledkom dobrej živinovej politiky. Znižovanie N₂O zároveň podporuje kvalitu vody a efektívnosť fariem.

Limity a metodická opatrnosť

Účinok vyžaduje dlhodobú reguláciu, evidenciu živín, poradenskú sieť a farmársku disciplínu. Výsledky neprichádzajú okamžite, ale kumulujú sa počas rokov.

7.6 PepsiCo / Walkers: uhlíková a vodná stopa pestovania zemiakov

Program PepsiCo 50 in 5 pri pestovaní zemiakov pre Walkers v Spojenom kráľovstve ukazuje, ako môže veľký odberateľ znížiť uhlíkovú a vodnú stopu konkrétnej plodiny prostredníctvom dát, poradenstva a spolupráce s pestovateľmi.



Overiteľné skutočnosti

ADAS uvádza, že cieľom bolo znížiť uhlíkovú a vodnú stopu pestovania zemiakov pre Walkers o približne 50 % počas piatich rokov [15].

Projekt používal pôdne vlhkosťné sondy, Cool Farm Tool, individuálne uhlíkové manažérske plány, optimalizáciu dusíka, kvapkovú závlahu, energeticky efektívne skladovanie, vhodné odrody a GPS sledovanie spotreby paliva [15].

ADAS uvádza dosiahnutie približne 50 % redukcie emisií skleníkových plynov a spotreby vody pri pestovaní zemiakov v UK [15].

Riadenie emisných hotspotov pomocou dát

Program začína identifikáciou emisných hotspotov. Pri zemiakoch sú dôležité voda, dusík, energia pri skladovaní, palivo a výnos. Ak sa tieto faktory merajú a riadia, možno dosiahnuť výrazné zníženie bez zníženia produktivity.

Tento príklad je silný pre tému precízneho poľnohospodárstva a dodávateľských reťazcov. Ukazuje, že firemný program môže byť praktický, keď je zameraný na konkrétnu plodinu, konkrétnu dodávateľskú bázu a merateľné ukazovatele.

Slabým miestom je identifikovaná závislosť od firemnej iniciatívy a od toho, či sú výsledky nezávisle auditované. Aplikovateľnosť je vysoká pre plodiny s významnými vstupmi vody, energie, hnojív a skladovania.

Výsledky projektu boli publikované v spolupráci s odbornými partnermi a poradenskými organizáciami, no časť indikátorov vychádza z projektových výpočtov a farmových modelov. Pri prenose podobných programov je preto potrebné zabezpečiť jednotnú metodiku merania a porovnateľnosť dát medzi pestovateľmi. Z porovnania s inými firemnými programami vyplýva, že najväčší efekt majú opatrenia zamerané na konkrétnu plodinu a presne definovanú dodávateľskú bázu.

7.7 IKEA / Ingka Group: znižovanie potravinového odpadu v reštauračnej prevádzke

Potravinový odpad je významný zdroj zbytočných emisií, pretože emisie vznikli pri výrobe, doprave, skladovaní a príprave potravín, ktoré sa nakoniec nespotrebujú. IKEA / Ingka Group ukazuje, ako možno odpad znižovať pomocou dát a umelej inteligencie.

Overiteľné skutočnosti

Ingka Group uviedla v roku 2022, že znížila potravinový odpad v IKEA obchodoch o 54 % oproti baseline z roku 2017 [18].

Zníženie zodpovedalo viac než 20 miliónom zachránených jedál a 36 000 tonám CO₂e, ktorým sa predišlo [18].

Systém používal AI technológiu a inteligentné váhy Winnow na meranie toho, čo sa vyhadzuje a prečo [18].



Dátovo riadené znižovanie potravinového odpadu

Princíp fungovania spočíva v tom, že meranie odpadu umožňuje kuchyni upraviť plánovanie, prípravu porcií, zásobovanie a predaj prebytkov. Potravinový odpad je často rýchlo redukovateľný, pretože ide o manažérsky problém, nie o biologicky nevyhnutnú emisiu.

Príklad IKEA zároveň ukazuje, že významné klimatické úspory možno dosiahnuť aj mimo samotnej farmovej produkcie.

Limity a metodická opatrnosť

Výsledky sú firemne reportované, hoci založené na meraní. Pri prenose je dôležité mať jednotnú metodiku, baseline a pravidelný monitoring, inak sa výsledky ťažko porovnávajú.

Aj keď sú výsledky založené na dátovo podporovanom monitoringu odpadu, ide o firemne reportované údaje. Pri porovnávaní podobných iniciatív je preto dôležité sledovať použitú baseline, metodiku výpočtu emisií a rozsah započítaných prevádzok.

7.8 Írsko: Origin Green a uhlíkové audity fariem

Origin Green je príklad rozsiahleho MRV systému pre potravinársky sektor, ktorý kombinuje farmárske audity, benchmarking a praktickú spätnú väzbu pre producentov.

Overiteľné skutočnosti

Bord Bia uvádza viac než 77 000 členov udržateľných assurance schém, ktoré pokrývajú približne 92 % hovädzieho mäsa, 95 % mlieka, 70 % záhradníctva a 95 % vajec [17].

Viac než 100 nezávislých audítorov realizuje približne 700 farmárskych auditov týždenne [17].

Bord Bia uvádza viac než 367 000 uhlíkových hodnotení za päť rokov a priemerný pokles CO₂ na jednotku hovädzieho mäsa o 8 % a mlieka o 9 % u zapojených fariem [17].

Funkcia systému

Origin Green funguje ako manažérsky systém. Farmár dostáva spätnú väzbu o emisnej intenzite a udržateľnosti, čo umožňuje porovnávanie a zlepšovanie. Dôležitá je pravidelnosť auditov a prepojenie na kvalitatívne assurance schémy.

Príklad ukazuje, že meranie môže byť nielen kontrola, ale aj poradenský nástroj. Ak farmár vie, kde má najväčšie emisie a ako sa porovnáva s podobnými farmami, má väčšiu šancu robiť efektívne rozhodnutia.

Limity a metodická opatrnosť

Slabším miestom je, že pokles emisnej intenzity neznamená automaticky pokles absolútnych emisií. Program preto treba kombinovať so sektorovými cieľmi a opatreniami na absolútnu redukciiu.

7.9 Holandsko / FrieslandCampina: znižovanie uhlíkovej stopy mlieka

Holandský mliekarenský sektor je príklad znižovania emisnej intenzity živočíšnej produkcie pomocou LCA, vyššej produktivity, krmivovej efektívnosti a lepšieho manažmentu fariem.



Overiteľné skutočnosti

Recenzovaná štúdia spájaná s Wageningen University, Blonk Consultants, Schothorst Feed Research a FrieslandCampina uvádza 35 % pokles uhlíkovej stopy holandského surového mlieka medzi rokmi 1990 a 2019.

Celková uhlíková stopa holandskej dodávky mlieka klesla iba o 15 %, pretože produkcia mlieka vzrástla.

Faktory zahŕňali vyššiu dojivosť, krmivovú efektívnosť, nižší podiel mladého dobytku, nižšiu spotrebu energie a nižšiu spotrebu kŕmnych zmesí na kilogram mlieka.

Význam efektívnosti produkcie

Princíp je založený na znižovaní emisií na jednotku výstupu. Ak krava produkuje viac mlieka pri lepšej výžive a zdraví, fixné emisie spojené s údržbou zvierata sa rozpočítajú na väčší objem produkcie.

Príklad je dôležitý práve preto, že ukazuje silu aj limit efektívnosti. Zlepšovanie produktivity je potrebné, ale ak rastie celková produkcia, absolútne emisie môžu klesať pomalšie než intenzita.

Limity a metodická opatrnosť

Tento typ best practice treba vždy interpretovať spolu s údajmi o celkovom objeme produkcie a absolútnych emisiách. Inak môže vzniknúť príliš optimistický obraz klimatického pokroku.

7.10 ADM: regeneratívne poľnohospodárstvo v globálnych dodávateľských reťazcoch

ADM predstavuje príklad veľkej agropotravinárskej spoločnosti, ktorá sa snaží znižovať Scope 3 emisie prostredníctvom regeneratívneho poľnohospodárstva v dodávateľských reťazcoch.

Overiteľné skutočnosti

ADM v roku 2023 uvádzala viac než 2,8 milióna akrov v regeneratívnom programe, sekvestráciu 263 700 ton CO₂ a 310 000 ton CO₂e nižších emisií [19].

ADM uvádzala cieľ dosiahnuť 5 miliónov akrov do roku 2025 a neskôr reportovala zapojenie viac než 5 miliónov akrov v roku 2024 [20].

Program spája farmárov, agronomických partnerov, dátové nástroje, komerčné stimuly a odberateľský dopyt.

Rozširovanie regeneratívnych postupov v dodávateľských reťazcoch

Regeneratívne programy typicky zahŕňajú krycie plodiny, obmedzenie obrábania pôdy, rozmanitejšie rotácie, lepšiu manažment živín a ochranu pôdy. Znižovanie Scope 3 emisií je dôležité pre veľké spoločnosti, pretože veľká časť ich stopy vzniká u dodávateľov.

ADM predstavuje zaujímavý príklad toho, ako môžu veľké spoločnosti prenášať klimatické požiadavky na tisíce dodávateľských fariem.

Limity a metodická opatrnosť

Pri interpretácii firemných údajov je potrebná metodická opatrnosť. Časť reportovaných výsledkov môže byť založená na interných modeloch, odhadoch alebo metodikách, ktoré sa medzi



spoločnosťami líšia. Nie všetky údaje predstavujú priamo merané redukcie emisií; časť môže vychádzať z modelovanej sekvestrácie uhlíka alebo z predpokladaných efektov opatrení. Pri hodnotení klimatických prínosov je preto dôležitá transparentnosť metodiky, nezávislá verifikácia a jasné rozlíšenie medzi deklarovanými cieľmi, modelovanými scenármi a auditovanými výsledkami.

7.11 Holandsko: precision livestock farming a digitalizácia živočíšnej výroby

Holandsko patrí medzi lídrov v oblasti precision livestock farming, teda digitálneho a dátovo riadeného chovu hospodárskych zvierat. Tento prístup kombinuje senzory, automatizáciu, umelú inteligenciu a farmové dátové systémy.

Moderné systémy umožňujú:

- monitorovať zdravotný stav zvierat,
- optimalizovať výživu,
- sledovať aktivitu stáda,
- identifikovať choroby v skorom štádiu,
- analyzovať produkčné parametre,
- modelovať emisnú intenzitu.

Význam digitalizácie spočíva v tom, že biologické emisie sú silno závislé od produktivity, zdravia a výživy zvierat. Ak sa zlepší krmivová efektívnosť a zdravotný stav, možno znížiť emisie na jednotku produkcie.

Precision livestock farming zároveň vytvára dôležitý základ pre MRV systémy, pretože umožňuje získavať priebežné dáta o produkcii, kŕmení, raste a zdravotnom stave.

Limitom zostáva:

- vysoká investičná náročnosť,
- dátová interoperabilita,
- ochrana dát,
- technologická dostupnosť pre malé farmy.



8 Európsky rámec CAP, ekoschémy a dobrovoľná certifikácia uhlíka

Na úrovni Európskej únie je rozhodujúci rámec spoločnej poľnohospodárskej politiky, najmä CAP Strategic Plans a eko-schémy. Európska komisia uvádza, že členské štáty si môžu eko-schémy prispôbiť vlastným environmentálnym a klimatickým potrebám a že 25 % priamych platieb v období 2023 až 2027 je určených na eko-schémy [2].

V praxi to znamená, že Európska únia nevytvára jednu jednotnú technickú schému pre všetkých, ale spoločný finančný a regulačný rámec. Do neho si členské štáty vkladajú vlastné priority: Dánsko zmenu využitia pôdy a cenu emisií, Francúzsko certifikáciu uhlíka, Írsko dusíkové a živočíšne opatrenia, Holandsko skleníkovú energetiku a Španielsko pôdny uhlík a agrivoltaiku.

Silnou stránkou rámca je flexibilita. Slabou stránkou je riziko nerovnomernej ambície a rozdielnej administratívnej kvality. Rovnaký nástroj môže v jednej krajine viesť k reálnej transformácii a v inej iba k formálnemu financovaniu opatrení s nízkym klimatickým efektom. Preto musí byť financovanie spojené s merateľnými výsledkami a kvalitným MRV.

Do budúcnosti bude významná aj európska certifikácia odstraňovania uhlíka a carbon farmingu, pretože môže vytvoriť spoločnejšie pravidlá pre overovanie, dodatočnosť a trvácnosť. Kľúčovou otázkou ostane, ako nastaviť systém tak, aby bol dostatočne prísny pre environmentálnu integritu, ale zároveň použiteľný pre farmárov a poradenské organizácie.



9 Komparatívna syntéza opakujúcich sa krokov

Prvým opakujúcim sa krokom je zmerať problém. Nový Zéland, Španielsko, Írsko, Origin Green, PepsiCo a AgSTAR ukazujú, že bez dát nie je možné riadiť redukciu. Meranie nie je administratívny dodatok, ale infraštruktúra rozhodovania.

Druhým krokom je zamerať opatrenia na hlavný typ emisií. Pre živočíšnu výrobu je dominantným problémom metán a hnoj, pre intenzívne rastlinné systémy dusík, pre skleníky energia, pre ryžu vodný režim a pre rizikové komodity zmena využitia pôdy. Holandsko, Írsko, USA, Japonsko, Vietnam a Brazília sú jasné príklady správnej diagnostiky emisného profilu.

Tretím krokom je upraviť ekonomiku rozhodovania. Dánsko používa cenový tlak, Francúzsko kreditnú monetizáciu, EÚ eko-schémy, Brazília úverovo-programový model, Kostarika platby za ekosystémové služby a podnikové programy využívajú kontrakty, odberateľské požiadavky alebo dodávateľské stimuly.

Štvrtým krokom je spájať redukciu emisií s pôdou, vodou a krajinou. Dánsko, Španielsko, Brazília, Vietnam a Kostarika ukazujú, že hlboké znižovanie uhlíkovej stopy sa nedosiahne iba optimalizáciou vstupov, ale aj obnovou pôdy, pasienkov, krajinných prvkov, vodného režimu a zásob uhlíka v biomase.

Piatym krokom je rozšíriť pohľad z farmy na hodnotový reťazec. PepsiCo, IKEA, ADM, Amazon Soy Moratorium a Origin Green ukazujú, že významné emisie a významné možnosti redukcie vznikajú aj mimo farmy: v nákupe, spracovaní, skladovaní, retaili, gastronómii a pravidlách dodávateľských reťazcov.



10 Diskusia: uplatnenie, limity a systémové podmienky úspechu

Úspešnosť prenesenia a následného uplatnenia best practices závisí od produkčnej štruktúry, veľkosti fariem, kapitálovej sily, dostupnosti poradenstva, administratívnej kapacity a politickej akceptácie. Opatrenia pre ryžu nemožno preniesť do krajiny bez významnej ryžovej produkcie, politika pre skleníky má zmysel najmä tam, kde je skleníkové hospodárstvo emisne významné, a anaeróbne digestory sú investične vhodnejšie pre veľké koncentrované prevádzky.

Dôležitým faktom je rozdiel medzi emisnou intenzitou a absolútnymi emisiami. Efektívnejšie mlieko, mäso alebo ryža sú potrebné, ale ak produkcia rastie, absolútne emisie môžu klesať pomaly alebo vôbec. Preto najambicióznejšie stratégie kombinujú efektívnosť s krajinárskymi opatreniami, zmenou využitia pôdy, cenovým signálom, regulačným cieľom alebo zmenou pravidiel v dodávateľskom reťazci.

Ďalšou výzvou je environmentálna integrita carbon farmingu. Sekvestrácia uhlíka v pôde môže byť pomalá, priestorovo variabilná a reverzibilná. Pri nesprávnej metodike môže dôjsť k nadhodnoteniu klimatického prínosu, dvojitému započítaniu alebo presunu emisií inde. Preto sú potrebné konzervatívne výpočty, nezávislé overovanie a jasné pravidlá.

Politickým rizikom je sociálna prijateľnosť. Farmári často nesú náklady transformácie, zatiaľ čo klimatický prínos je verejný. Úspešné modely preto kombinujú povinnosti s kompenzáciami, poradenstvom, investičnou podporou alebo trhovou odmenou. Dánsko, Francúzsko, Kostarika, Kalifornia a ADM ukazujú rôzne formy tohto princípu.

Viacere analyzované príklady zároveň ukazujú, že výrazný efekt môžu priniesť aj relatívne jednoduché manažérske alebo agronomické opatrenia.

10.1 Konflikt medzi klimatickými cieľmi, produktivitou a potravinovou bezpečnosťou

Jednou z najvýznamnejších systémových otázok je vzťah medzi dekarbonizáciou a potravinovou bezpečnosťou. Poľnohospodárstvo musí súčasne znižovať emisie, zabezpečovať produkciu potravín, zostať ekonomicky životaschopné a reagovať na klimatické extrémny. Príliš rýchla alebo zle navrhnutá dekarbonizácia môže zvyšovať výrobné náklady, znižovať konkurencieschopnosť, zvyšovať ceny potravín a vytvárať tlak na dovoz z krajín s nižšími environmentálnymi štandardmi.

Z toho dôvodu najúspešnejšie stratégie kombinujú:

- technologické inovácie,
- produktivitu,
- podporu farmárov,
- investície,
- poradenské systémy,
- postupnú transformáciu.

10.2 Carbon leakage a medzinárodná konkurencieschopnosť

Významným rizikom klimatickej politiky je carbon leakage, teda presun produkcie a emisií do krajín s menej prísnyimi environmentálnymi pravidlami.



Ak jedna krajina výrazne sprísni klimatické požiadavky bez medzinárodnej koordinácie, môže dôjsť k poklesu domácej produkcie, rastu dovozu, strate konkurencieschopnosti a presunu emisií mimo regulovaný región.

V agropotravinárstve je tento problém obzvlášť významný pri komoditách:

- hovädzie mäso,
- sója,
- palmový olej,
- kakao,
- mliečne produkty.

Preto rastie význam:

- sledovateľnosti,
- uhlíkových štandardov v dodávateľských reťazcoch,
- pravidiel proti odlesňovaniu,
- klimatických požiadaviek na import.

10.3 Konflikty medzi uhlíkom, biodiverzitou a energetikou

Nie všetky opatrenia na znižovanie uhlíkovej stopy automaticky zlepšujú ostatné environmentálne parametre. V niektorých prípadoch môže vzniknúť konflikt medzi sekvestráciou uhlíka, biodiverzitou, produkciou biomasy, energetikou a vodným režimom.

Príkladom môže byť:

- monokultúrne zalesňovanie,
- intenzívna produkcia biomasy,
- nevhodne navrhnutá agrivoltaika,
- nadmerná intenzifikácia produkcie.

Preto sa čoraz viac presadzuje princíp environmentálnej integrity, podľa ktorého klimatické opatrenie nesmie významne zhoršiť:

- biodiverzitu,
- kvalitu pôdy,
- hydrologický režim,
- ekologickú stabilitu krajiny.

10.4 Sociálny rozmer transformácie agropotravinárstva

Dekarbonizácia poľnohospodárstva nie je iba technologický alebo environmentálny proces, ale aj sociálna transformácia vidieka. Veľkou otázkou je, či budú mať malé a stredné farmy dostatok kapitálu, technológií, poradenskej podpory, prístupu k dátam a investičných možností. Existuje riziko, že klimatické požiadavky zvýhodnia veľké kapitálovo silné podniky, prispejú ku koncentrácii produkcie a zhoršia postavenie menších fariem.

Generačná výmena farmárov predstavuje ďalší kritický faktor. Transformácia sektora bude vyžadovať:

- digitálne kompetencie,
- prácu s dátami,



- klimatické plánovanie,
- technologickú adaptáciu.

Bez sociálne prijateľnej transformácie môže klimatická politika naraziť na silný odpor vidieckeho sektora.

10.5 Limity a kontroverzie uhlíkovej neutrality v agropotravinárstve

Jedným z najväčších rizík súčasnej klimatickej politiky je greenwashing, teda situácia, keď sú klimatické tvrdenia marketingovo silnejšie než ich reálny environmentálny základ.

Rizikové sú najmä:

- nejasné offsetové schémy,
- nadhodnotená sekvestrácia uhlíka,
- dvojité započítanie redukcí,
- nedostatočne auditované projekty,
- krátkodobé sekvestračné projekty bez trvácnosti.

Pri carbon farmingu je problémom najmä vysoká variabilita pôdneho uhlíka, pomalé zmeny, neistota merania a reverzibilita pri zmene manažmentu alebo extrémnom počasí.

Dôležitým metodickým problémom je aj rozdiel medzi:

- GWP20,
- GWP100.

Global Warming Potential (GWP) vyjadruje, aký silný otepľovací účinok má konkrétny skleníkový plyn v porovnaní s oxidom uhličitým počas zvoleného časového horizontu.

GWP100 používa 100-ročný horizont a predstavuje najčastejšie používaný medzinárodný štandard v klimatickom reportingu a inventarizácii emisií [25]. Pri tomto prístupe má metán približne 27 – 30-násobne vyšší otepľovací účinok než CO₂ v závislosti od použitej metodiky IPCC [25][26].

GWP20 používa kratší, 20-ročný horizont a výraznejšie zdôrazňuje krátkodobý klimatický účinok metánu [25]. Pri tomto prístupe môže byť otepľovací potenciál CH₄ približne 80-násobne vyšší než pri CO₂.

Rozdiel medzi GWP20 a GWP100 je mimoriadne významný najmä v živočíšnej výrobe, pretože enterický metán predstavuje dominantný zdroj emisií. Použitie kratšieho časového horizontu môže výrazne zvýšiť relatívny klimatický význam metánu a viesť k prísnejšiemu hodnoteniu emisnej stopy živočíšnych produktov. Vedecké diskusie zároveň upozorňujú, že voľba časového horizontu nie je iba technická otázka, ale aj politické a strategické rozhodnutie, pretože ovplyvňuje priority klimatických opatrení a interpretáciu sektorových emisií. Použitie rôznych časových horizontov môže významne meniť interpretáciu klimatického dopadu živočíšnej výroby.

Tieto otázky ukazujú, že dôveryhodná klimatická politika musí byť založená na:

- konzervatívnom MRV,
- nezávislom overovaní,
- transparentných metodikách,
- jasnom rozlišovaní medzi redukciami emisií a kompenzáciami.



11 Záver

Znižovanie uhlíkovej stopy v agropotravinárstve si vyžaduje komplexný a integrovaný prístup, ktorý kombinuje biologické, technologické, ekonomické a politické nástroje. Najväčší potenciál majú opatrenia zamerané na manažment dusíka, redukciu metánu, zmenu nakladania s hnojom, sekvestráciu uhlíka v pôde, obnovu krajiny, ochranu uhlíkových zásob v lesoch a dekarbonizáciu energeticky náročných subsektorov.

Z detailnej komparácie vyplýva, že best practice v agropotravinárstve nie je jedna technológia, ale správne zoradený sled krokov: identifikovať dominantný zdroj emisií, zaviesť spoľahlivé meranie, podporiť konkrétne nízkoemisné postupy, naviazať ich na ekonomickú motiváciu alebo reguláciu a kontrolovať environmentálne vedľajšie účinky.

Najsilnejšie príklady sú Dánsko pre systémovú transformáciu a manažment živín, Francúzsko pre certifikáciu klimatických prínosov, Írsko pre dusíkové opatrenia a MRV, Holandsko pre sektorovo špecifický prístup, Španielsko pre pôdny uhlík a energiu, Brazília pre integrované systémy a dodávateľské opatrenia proti odlesňovaniu, Nový Zéland pre metodickú infraštruktúru, Japonsko a Vietnam pre biologické opatrenia v ryži, USA a Kalifornia pre využitie hnoja ako zdroja energie, Kostarika pre platby za ekosystémové služby, PepsiCo pre precízne pestovanie, IKEA pre znižovanie potravinového odpadu a ADM pre škálovanie regeneratívnych postupov v dodávateľských reťazcoch.

Skúsenosti analyzovaných krajín a podnikov naznačujú, že hlavnou bariérou ďalšieho pokroku už často nie je samotná existencia technických riešení. V mnohých oblastiach sú technológie a agronomické postupy známe a prakticky použiteľné. Kľúčovým problémom zostáva ich rozsiahle zavádzanie, financovanie, dôveryhodné meranie výsledkov a vytvorenie stabilného ekonomického a regulačného prostredia.

Rozhodujúce bude, či sa podarí vytvoriť systémy, ktoré budú súčasne:

- klimaticky účinné,
- ekonomicky realizovateľné,
- administratívne zvládnuteľné,
- sociálne akceptovateľné,
- environmentálne dôveryhodné.

Bez kvalitného MRV, investičnej podpory, poradenských kapacít, dátovej infraštruktúry a stabilného regulačného prostredia môže časť klimatických cieľov zostať iba formálna alebo ťažko realizovateľná v praxi. Naopak, tam, kde sa podarí prepojiť verejnú politiku, vedecké poznanie, technologické inovácie a trhové mechanizmy, môže agropotravinárstvo významne prispieť k znižovaniu globálnych emisií a zároveň posilniť odolnosť potravinových systémov.

Univerzálne riešenie dekarbonizácie agropotravinárstva pravdepodobne neexistuje. Napriek tomu sa v úspešných prípadoch opakujú podobné princípy a prístupy.

11.1 Syntetický model úspešnej dekarbonizácie agropotravinárstva

Na základe komparatívnej analýzy možno identifikovať opakujúci sa model úspešnej klimateckej transformácie agropotravinárstva.



Prvým krokom je identifikácia dominantného emisného hotspotu. Účinné opatrenia musia vychádzať z toho, či sú hlavnou príčinou emisií:

- enterický metán,
- dusík,
- hnoj,
- energia,
- zmena využitia pôdy,
- potravinový odpad.

Druhým krokom je vytvorenie kvalitného MRV systému, ktorý umožní:

- meranie baseline,
- priebežné sledovanie,
- verifikáciu redukcí,
- porovnávanie fariem a projektov.

Tretím krokom je implementácia konkrétnych technických opatrení:

- precízne poľnohospodárstvo,
- manažment dusíka,
- digestory,
- carbon farming,
- zmena vodného režimu,
- regeneratívne postupy,
- digitalizácia.

Štvrtým krokom je ekonomická motivácia:

- emisné ceny,
- eko-schémy,
- uhlíkové kredity,
- granty,
- dodávateľské kontrakty,
- prémiové trhy.

Piatym krokom je nezávislé overovanie a environmentálna integrita.

Šiestym krokom je škálovanie úspešných opatrení prostredníctvom:

- verejnej politiky,
- dodávateľských reťazcov,
- poradenských systémov,
- investičných mechanizmov.

Siedmym krokom je integrácia klimatických cieľov s:

- produktivitou,
- biodiverzitou,
- vodou,
- odolnosťou krajiny,
- ekonomickou stabilitou fariem.



Práve kombinácia týchto prvkov sa opakovane objavuje vo všetkých najúspešnejších prípadoch analyzovaných v tejto štúdii.

11.2 Budúce trendy a perspektívy

Budúci vývoj dekarbonizácie agropotravinárstva bude výrazne ovplyvnený digitalizáciou, automatizáciou a rastúcim významom dátovo riadeného environmentálneho manažmentu. Rastie význam systémov, ktoré dokážu prepájať produkčné údaje fariem s emisnými modelmi, satelitným monitoringom a ekonomickými nástrojmi.

Jedným z najvýznamnejších trendov je rozvoj digitálnych MRV systémov. Satelitné snímkovanie, vzdialený monitoring pôdy, senzory, precízne poľnohospodárstvo a automatizované dátové platformy umožňujú priebežnejšie a presnejšie sledovanie uhlíkovej stopy. Tým sa znižujú transakčné náklady a zvyšuje dôveryhodnosť klimatických schém.

Významnú úlohu bude mať aj umelá inteligencia a pokročilá analytika dát. Tieto nástroje môžu optimalizovať:

- dávkovanie dusíka,
- manažment vody,
- zdravotný stav zvierat,
- spotrebu energie,
- logistiku,
- predikciu výnosov,
- identifikáciu emisných hotspotov.

V živočíšnej výrobe sa očakáva ďalší rozvoj:

- krmivových aditív znižujúcich enterický metán,
- genomiky a šľachtenia,
- precision livestock farming,
- automatizovaného monitoringu stáda,
- technológií na spracovanie hnoja.

V rastlinnej výrobe bude rásť význam:

- biologickej fixácie dusíka,
- precízneho hnojenia,
- uhlíkovo orientovaného manažmentu pôdy,
- odolnosti voči suchu,
- regeneratívnych systémov hospodárenia.

Rastúci význam budú mať aj požiadavky dodávateľských reťazcov a retailu. Veľké potravinárske spoločnosti, investori a finančné inštitúcie čoraz viac požadujú:

- ESG reporting,
- sledovateľnosť pôvodu komodít,
- údaje o Scope 3 emisiách,
- klimatické ciele dodávateľov,
- dôkaz environmentálnej integrity.



V budúcnosti možno očakávať aj sprísňovanie medzinárodných pravidiel pre uhlíkové tvrdenia, carbon farming a dobrovoľné uhlíkové trhy. Rastúca pozornosť bude venovaná najmä:

- trvácnosti sekvestrácie,
- dvojitému započítaniu,
- transparentnosti metodík,
- nezávislému overovaniu.

Dlhodobý úspech klimateckej transformácie nebude závisieť iba od dostupnosti technológií. Dôležité bude aj to, či sa podarí tieto riešenia škálovať, dôveryhodne merať ich výsledky a udržať konkurencieschopnosť fariem.



12 Prehľadové tabuľky

Krajina	Dominantný nástroj	Hlavný emisný problém	Uplatniteľnosť
Dánsko	Emisná daň, kompenzácie, obnova pôdy, manažment dusíka	Živočíšna výroba, organické pôdy, N ₂ O z hnojív	Vysoká ako kombinácia merania, ceny, živín a zmeny pôdy
Francúzsko	Label Bas-Carbone a certifikácia projektov	Farmové emisie a sekvestrácia uhlíka	Vysoká pri administratívnej kapacite a poradenskej sieti
Írsko	Protected urea, dusíkový manažment, hnoj, Origin Green	N ₂ O z pôdy, metán z dobytky a hnoja	Veľmi vysoká pre technické opatrenia a MRV
Holandsko	CO ₂ levy pre skleníky, efektívnosť mliekarenského sektora	Energetické emisie skleníkov a emisná intenzita mlieka	Vysoká pri skleníkoch a intenzívnom mliekarstve
Španielsko	Pôdny uhlík, vegetačné pokryvy, priame siatie, agrivoltaika	Sucho, degradácia pôdy, uhlík v pôde	Vysoká pre pôdne opatrenia, selektívna pre agrivoltaiku
Brazília	ABC+, obnova pasienkov, ICLF/ILPF, sledovateľnosť sóje	Degradované pasienky, odlesňovanie, tlak na expanziu	Vysoká pri veľkých pasienkových a komoditných systémoch
Nový Zéland	Farm-level accounting a split-gas methane targets	Biogénny metán prežúvavcov	Vysoká metodicky, politicky náročná
Japonsko	Riadený vodný režim ryže a J-Credit	Metán z ryžových polí	Vysoká v ryžových regiónoch
USA	AgSTAR, anaeróbna digestcia hnoja	Metán z hnoja a hnojovice	Vysoká pre veľké koncentrované prevádzky

Príklad	Spôsob zníženia emisií	Kľúčový údaj	Odborné poučenie
Vietnam	Alternate wetting and drying, menej vstupov, poradenstvo	185 000 ha; vstupy až -50 %; príjmy +30 %; približne 1,5 mil. t CO ₂ e ročne	Metán z ryže možno znižovať bez ekonomického oslabenia farmárov
Amazon Soy Moratorium	Sledovateľnosť, nákupné pravidlá, satelitný monitoring	Približne 18 000 km ² zabráneného odlesnenia v prvom desaťročí	Dodávateľské pravidlá môžu znižovať emisie zo zmeny využitia pôdy
Kostarika	Platby za ekosystémové služby a obnova lesa	16,4 mil. USD za 3,28 mil. t emisií; lesy takmer 60 % územia	Ochrana krajiny je súčasťou uhlíkovej stopy agropotravinárstva
Kalifornia	Anaeróbne digestory na mliečnych farmách	142 projektov; 228,7 mil. USD; 24,8 mil. MTCO ₂ e počas životnosti	Metán z hnoja je vhodný na technologické zachytávanie vo veľkých prevádzkach
PepsiCo / Walkers	Cool Farm Tool, závlaha, skladovanie, dusík, GPS	50 % zníženie uhlíkovej a vodnej stopy za päť rokov	Precízne riadenie funguje pri jasnej dodávateľskej báze
IKEA / Ingka	AI váženie odpadu a plánovanie kuchýň	54 % zníženie odpadu; 20 mil. jedál; 36 000 t CO ₂ e	Veľký potenciál je aj v retaile a gastronómii
Origin Green	Uhlíkové audit, benchmarking, nezávislí audítori	77 000 členov; 367 000 hodnotení; 8-9 % pokles intenzity	MRV je základ manažérského rozhodovania
ADM	Regeneratívne poľnohospodárstvo v Scope 3	2,8 mil. akrov v roku 2023; viac než 5 mil. akrov reportovaných v roku 2024	Veľké firmy škálujú postupy cez kontrakty a stimuly, no treba opatrnosť pri firemných dátach



Zoznam použitej literatúry

- [1] FAO. Greenhouse gas emissions from agrifood systems. Global, regional and country trends, 2001-2023. 2025. URL: <https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/greenhouse-gas-emissions-from-agrifood-systems-global-regional-and-country-trends-2001-2023/>
- [2] European Commission. Eco-schemes. Common Agricultural Policy 2023-2027. URL: https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/income-support/eco-schemes_en
- [3] US EPA. AgSTAR Data and Trends. URL: <https://www.epa.gov/agstar/agstar-data-and-trends>
- [4] I4CE. Six years of carbon certification in France: an assessment of the Label Bas-Carbone. 2025. URL: <https://www.i4ce.org/en/publication/six-years-carbon-certification-france-assessment-label-bas-carbone-climate/>
- [5] Label Bas-Carbone. La methode CarbonAgri. URL: <https://label-bas-carbone.ecologie.gouv.fr/la-methode-carbonagri>
- [6] Ireland EPA. Agriculture and greenhouse gas emissions. URL: <https://www.epa.ie/our-services/monitoring-assessment/climate-change/ghg/agriculture/>
- [7] Belastingdienst. CO2-heffing glastuinbouw. URL: https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/co2-heffing/
- [8] RVO. CO2-regeling voor de glastuinbouw. URL: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/co2-glastuinbouw>
- [9] Ministerio da Agricultura e Pecuaria, Brazil. Acoes do Plano ABC. URL: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/acoes-do-plano>
- [10] Ministerio da Agricultura e Pecuaria, Brazil. ABC+ Programas e Estrategias. URL: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/abc/programas-e-estrategias>
- [11] New Zealand Ministry for the Environment. Agriculture in the first emissions reduction plan. URL: <https://environment.govt.nz/publications/aotearoa-new-zealands-first-emissions-reduction-plan/agriculture/>
- [12] New Zealand Ministry for the Environment. New Zealand projected greenhouse gas emissions to 2050. URL: <https://environment.govt.nz/climate-change/emissions-reduction-targets/our-targets-and-emissions-projections>
- [13] World Bank. Costa Rica Receives First Emission Reductions Payment from Forest Carbon Partnership Facility. 2022. URL: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2022/08/16/costa-rica-receives-first-emission-reductions-payment-from-forest-carbon-partnership-facility>
- [14] California Department of Food and Agriculture. Dairy Digester Research and Development Program. URL: <https://www.cdfa.ca.gov/oars/ddrdp/>
- [15] ADAS. PepsiCo 50 in 5 project - Reducing the carbon footprint of potatoes. URL: <https://adas.co.uk/projects/pepsico-50-in-5-project-reducing-the-carbon-footprint-of-potatoes/>



- [16] World Bank. Greening Viet Nam's Rice Bowl: A Mekong Delta Success Story. 2024. URL: <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2024/05/14/greening-viet-nam-s-rice-bowl-a-mekong-delta-success-story>
- [17] Bord Bia. Origin Green: How does Origin Green work? URL: <https://www.bordbia.ie/industry/origin-green/about-the-programme/how-does-origin-green-work/>
- [18] Ingka Group. IKEA halves food waste and saves +20M meals in four years. 2022. URL: <https://www.ingka.com/newsroom/ikea-stores-halve-production-food-waste-saving-more-than-20-million-meals-over-four-years/>
- [19] ADM. Corporate Sustainability Report highlights, 2023. URL: <https://www.adm.com/en-us/news/news-releases/2024/5/adm-details-ghg-reductions-regenerative-agriculture-no-conversion-commitment-among-accomplishments-and-objectives-in-2023-corporate-sustainability-report/>
- [20] ADM. Regenerative Agriculture. URL: <https://www.adm-asia.com/en-us/sustainability/regenerative-agriculture/>
- [21] GIBBS, H. K. et al. Brazil's Soy Moratorium. *Science*, 2015, vol. 347, no. 6220, pp. 377–378. DOI: 10.1126/science.aaa0181
- [22] HEILMAYR, R. et al. Brazil's Amazon Soy Moratorium reduced deforestation. *Nature Food*, 2020, vol. 1, pp. 801–810. DOI: 10.1038/s43016-020-00194-5
- [23] Fertilizer Canada. 4R Nutrient Stewardship. URL: <https://fertilizercanada.ca/our-focus/4r-nutrient-stewardship/>
- [24] Agriculture and Agri-Food Canada. Sustainable fertilizer management and 4R nutrient stewardship. URL: <https://agriculture.canada.ca/>
- [25] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021. DOI: 10.1017/9781009157896
- [26] IPCC. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, 2021



Autor:

Andrej Bencel

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

2026



www.decarb.uniag.sk