

Axioms and Myths of Environmental Care and Sustainable Agriculture

Aksiomi in miti o varovanju okolja in trajnostnem kmetijstvu

Matjaž Gams

Odsek za inteligentne sisteme

Institut "Jožef Stefan"

Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana

Slovenija

ABSTRACT.

This paper challenges common misconceptions about agriculture's impact on the environment, particularly the idea that agriculture is inherently harmful. By providing insights into natural cycles, methane dynamics, and biodiversity benefits, the study highlights how well-managed agricultural practices, such as diverse crop management and rotational grazing, contribute positively to the environment. Contrary to the myth, correctly managed farmland and pastures foster biodiversity, support soil health, and integrate animals as a natural part of ecosystems. The paper compares the environmental impact of agriculture with other sectors and emphasizes the need for a nuanced understanding of sustainability in agriculture.

POVZETEK

Prispevek izpodbija običajne napačne predstave o vplivu kmetijstva na okolje, zlasti idejo, da je kmetijstvo škodljivo okolju. Z analizo naravnih ciklov, dinamike metana in koristi biotske raznovrstnosti, študija poudarja, kako dobro upravljane kmetijske prakse, kot so raznovrstne poljščine in rotacijska paša, pozitivno prispevajo k okolju. Nasprotno mitu, pravilno obdelana kmetijska zemljišča in travniki spodbujajo biotsko raznovrstnost, podpirajo zdravje tal in vključujejo živali kot naravni del ekosistemov. Prispevek primerja okoljski vpliv kmetijstva z drugimi sektorji in poudarja potrebo po bolj natančnem razumevanju trajnostnosti v kmetijstvu.

KLJUČNE BESEDE

Trajnostno kmetijstvo, metan, biotska raznovrstnost, ekosistemi, upravljanje kmetijskih zemljišč

KEYWORDS

Sustainable agriculture, methane, biodiversity, ecosystems, farmland management

1 Uvod

Kmetijstvo, kljub svoji nujni vlogi pri zagotavljanju hrane za svetovno prebivalstvo, pogosto napadajo, češ da onesnažuje

okolje. To prepričanje izhaja predvsem iz dveh dejavnikov: izpustov toplogrednih plinov, zlasti metana, ki ga proizvajajo prežvekovalci, in degradacije tal zaradi intenzivnih kmetijskih praks. Vendar pa so te predstave pogosto poenostavljene in ne upoštevajo ključnih dejstev, kot so naravni cikli metana, trajnostno upravljanje kmetijskih zemljišč in pomen biotske raznovrstnosti, ki jo lahko podpirajo dobro upravljane kmetijske površine [1][2].

Dobro upravljano kmetijstvo, zlasti ekstenzivne metode, kot sta rotacijska paša in ohranjevalno obdelovanje tal, ima zelo pozitivne vplive na okolje. Na primer, travniki in pašniki lahko gostijo večjo biotsko raznovrstnost kot mnogi gozdni ekosistemi, saj omogočajo habitat za številne rastlinske in živalske vrste [3]. Poleg tega so tla na trajnostno upravljanih kmetijskih površinah sposobna skladiščiti več ogljika, kar pripomore k zmanjšanju koncentracij toplogrednih plinov v ozračju [4]. Primerjave z zagrajenimi površinami (ceste, parkirišča, stavbe) so seveda nesmiselne, saj je v resnici kmetijske površine najbolj biološko "bogate", človeško degradirane pa najmanj.

Čeprav zlasti živinoreja prispeva k proizvodnji metana, enemu glavnih toplogrednih plinov, pa se metan v ozračju ohranja le približno 12 let, kar pomeni, da so njegovi dolgoročni učinki bistveno manjši kot pri CO₂ [5]. Poleg tega nove tehnologije in prakse, kot so dodatki za prehrano živali, lahko bistveno zmanjšajo emisije metana iz živinoreje [6].

Kmetijstvo je tudi ključno za ohranjanje biotske raznovrstnosti. Dobro upravljana kmetijska zemljišča zagotavljajo pomemben prostor za številne vrste, ki jih ne najdemo v intenzivno gozdnih ali urbaniziranih območjih. Raznolikost vrst na takšnih površinah prispeva k stabilnosti ekosistemov in omogoča večjo odpornost na podnebne spremembe in druge stresne dejavnike [7].

Cilj tega prispevka je podrobneje raziskati vpliv kmetijstva na okolje, zlasti v povezavi z izpusti toplogrednih plinov, biotsko raznovrstnostjo in trajnostnim upravljanjem naravnih virov, ter izpodbijati nekatere uveljavljene mite o kmetijstvu kot največjem onesnaževalcu. Poleg tega bomo preučili, kako lahko trajnostno kmetijstvo prispeva k zmanjšanju negativnih

vplivov na okolje in pomaga pri reševanju nekaterih ključnih okoljskih izzivov.

Da bi argumentirali vlogo in pomen kmetijstva v smislu varovanja okolja, najprej naredimo širšo analizo varovanja okolja, ki temelji na [8, 9, 10]. Naredimo tako analizo aksiomov, osnovnih usmeritev varovanja okolja v sekciji 2, kot tudi mitov v sekciji 3. Zaključimo z diskusijo v sekciji 4.

2 Aksiomi o varovanju okolje

Aksiomi (osnovne usmeritve) varovanja okolja so:

2.1. Rast števila ljudi in standarda je osnovni pritisk na okolje

Ljudje za svoje delovanje in udobje uporabljajo energijo, kar pomeni, da več kot je ljudi in višji kot je življenjski standard, več energije je potrebno za zadovoljevanje njihovih potreb. Posledično se povečuje tudi poraba naravnih virov in nastaja večja količina onesnaževanja, ki vpliva na kvarjenje okolja.

Čeprav se rast svetovne populacije postopoma upočasnjuje, zlasti zaradi nizke rodnosti na večini celin (razen v Afriki, kjer rodnost ostaja visoka), to pomeni, da je v prihodnosti čedalje pomembnejši dejavnik vpliv posameznika na okolje [11]. Ob manjšem številu otrok in staranju prebivalstva bo poudarek na tem, koliko okoljske škode povzročajo posamezni ljudje s svojim načinom življenja in porabo energije. Bolj kot število ljudi bo pomembna njihova potrošnja in ravnanje z naravnimi viri – Koliko površin bodo uničili, koliko onesnaževanja bodo povzročali, Koliko bodo podpirali biotsko raznolikost in sožitje z naravo [12].

Ključen dejavnik v tej enačbi je poselitev – kako in kje so ljudje naseljeni ter koliko prostora je namenjenega različnim dejavnostim, kot so kmetijstvo, industrija, neokrnjena narava in urbani parki. Teoretično bi se vseh 8 milijard ljudi na svetu lahko naselilo na območje velikosti Slovenije, saj bi ob 20.000 km² površine vsak posameznik zasedel približno 2,5 m² prostora.

Torej ta hip število prebivalcev na planetu ni preveliko, če bi delovali smotno in trajnostno, če bi poseljevali predvsem v mestih, zmanjšali nepotrebno porabo virov in namenjali zadostne površine naravi ter ekosistemom, kjer pomembno vlogo igrajo kmetijske površine in gozdovi.

Trajnostni razvoj bi tako moral vključevati učinkovito rabo prostora, zlasti z vidika urbanizacije in varovanja naravnih območij, ob hkratnem zmanjšanju porabe energije na prebivalca in spodbujanju manj potrošniškega življenjskega sloga. Če bi človeštvo delovalo trajnostno – manj trošilo, učinkoviteje uporabljalo naravne vire in vzdrževalo ravnovesje med človekovo dejavnostjo in ohranjanjem narave – bi trenutna populacija lahko bivala v harmoniji z okoljem brez bistvenih negativnih vplivov na planet [12, 13].

Za Slovenijo in druge države je napotek jasen: treba je stremeti k trajnostni rodnosti (1.9 do 2.2), treba je zmanjšati pritok migrantov – saj to povečuje število prebivalcev in pritisk na okolje. Treba je večino ljudi poseliti po mestih in čim večji del površin nameniti kmetijstvu, gozdarstvu in zavarovanim območjem [8, 11].

2.2. Izgorevanje (fosilnih goriv) največ prispeva k onesnaževanju oz. uničevanju okolja

Vse tehnologije, ki temeljijo na izgorevanju fosilnih goriv (premog, nafta, plin), kot so tiste v prometu, ogrevanju in industriji, prispevajo k izpustom toplogrednih in ljudem škodljivih plinov, kar je glavni vzrok za onesnaževanje okolja. Fosilna goriva so omejeni viri, nastali skozi milijone let iz ostankov starodavnih organizmov, in čeprav predstavljajo izredno zgoščeno energijo, je njihova raba dolgoročno nevzdržna. Po ocenah geoloških raziskav je v zemeljski skorji približno 1.7 trilijona sodčkov nafte, vendar pri trenutni stopnji porabe lahko pričakujemo, da bodo te zaloge izčrpane v nekaj desetletjih. Poleg tega se približno 50 % zalog premoga ocenjuje na količino, ki zadošča še za dobrih 100 let, vendar so tudi te številke odvisne od stopnje porabe [14, 15].

Toplogredni plini, ki nastajajo pri izgorevanju fosilnih goriv, kot so ogljikov dioksid (CO₂), metan (CH₄) in dušikovi oksidi (NO_x), pomembno vplivajo na segrevanje ozračja. Med njimi ima metan sicer večji takojšnji učinek na podnebje, vendar razpade v ozračju v približno 12 letih. Ogljikov dioksid pa ostaja v atmosferi več stoletij, zaradi česar se njegov vpliv dolgoročno kopiči. Prav CO₂ je tisti, ki najbolj prispeva k dolgoročnemu segrevanju ozračja in podnebnim spremembam, ker je trajno prisoten v visokem ozračju in povzroča t.i. učinek tople grede.

Zato so tehnologije, ki ne uporabljajo fosilnih goriv, kot so vetrnice, jedrska energija, sončne elektrarne in hidroelektrarne, ekološko bistveno bolj trajnostne. Te tehnologije izkoriščajo naravne vire, kot so veter, voda, sonce ali jedrsko fisijo, ki so v veliki meri obnovljivi in povzročajo manj onesnaženja [16]. Na primer, sončne elektrarne nimajo neposrednih izpustov toplogrednih plinov med obratovanjem, medtem ko vetrnice proizvajajo energijo z uporabo vetrne sile, kar zmanjšuje potrebo po fosilnih gorivih.

Vendar imajo tudi te tehnologije svoje izzive. Jedrska energija, čeprav z nizkimi izpusti CO₂, prinaša tveganje v obliki radioaktivnih odpadkov. Vetrne elektrarne lahko vplivajo na lokalne ekosisteme in predstavljajo izziv glede stabilnosti oskrbe z energijo, kadar ni dovolj vetra. Sončne elektrarne pa zahtevajo velike površine zemljišč, kar je hudo problematično (okoljski kriminal v imenu varovanja okolja), zlasti če se postavljajo na kmetijskih območjih ali naravnih habitatih.

Znotraj kmetijstva pa so v zadnjem desetletju v ospredje prišle tako imenovane biogorivne kulture, kot je oljna repica, ki naj bi predstavljale obnovljiv vir energije in zmanjšale odvisnost od fosilnih goriv. Vendar se je pokazalo, da ima proizvodnja biogoriv več negativnih kot pozitivnih učinkov na okolje. Proces pridelave oljne repice za gorivo pogosto zahteva več fosilnih goriv (za gnojenje, obdelavo tal, žetev in predelavo), kot jih biogorivo prihrani ob končni uporabi. To pomeni, da celotni življenjski cikel proizvodnje teh goriv v mnogih primerih ne vodi k zmanjšanju emisij, ampak celo k povečanemu ogljičnemu odtisu [15]. Čemu smo sploh uvedli tovrstne ukrepe, ko pa očitno škodijo okolju?

Za Slovenijo je osnovna trajnostna usmeritev, da opušča predvsem termoelektrarne na premog in se usmeri v jedrsko in trajne vire, kjer je to sprejemljivo in okolju primerno. Vsak ukrep pa mora biti premišljen (primer okoljskega kriminala je postavljanje sončnih panelov na kmetijskih površinah).

2.3. Aksiom: Ohranjanje biotske raznovrstnosti je ključnega pomena za stabilnost ekosistemov

Zmanjševanje biotske raznovrstnosti, ki ga pospešujejo izgorevanje, uničevanje kmetijskih in gozdnih površin, velike kmetijske monokulture in invazivne vrste, zmanjšuje odpornost ekosistemov. Eni izmed dejavnikov zmanjševanja biotske raznovrstnosti so monokulturni sistemi, saj ustvarjajo homogene omejene ekosisteme, kjer je manj prostora za prosto živeče rastline in živali. Prav tako so te kulture bolj občutljive na boleznih in škodljivce, kar zahteva večje količine pesticidov in umetnih gnojil, ki dodatno škodujejo okolju [17, 18, 19]. Za Slovenijo to skoraj ne pride v poštev, saj je večina posestev razparceliranih, medtem ko so v nekaterih državah cele doline namenjeni monokulturi. V tropskih krajih izstopa oljna palma (*Elaeis guineensis*), iz katere pridobivajo palmovo olje, ki se uporablja v številnih prehrabnih, kozmetičnih in industrijskih izdelkih. Ta kultura vodi v obsežno krčenje gozdov, izgubo biotske raznovrstnosti, emisije toplogrednih plinov ter izpodirvanje lokalnih skupnosti.

Prav tako so invazivne vrste, ki jih pogosto nenamerno prenašamo med različnimi ekosistemi, eden največjih razlogov za izumiranje avtohtonih vrst. Invazivne vrste pogosto izpodrinejo avtohtone zaradi svoje agresivnosti, hitrega razmnoževanja ali pomanjkanja naravnih plenilcev. Poleg tega so nekatere invazivne rastlinske vrste, kot je ambrozija, tudi zelo škodljive za zdravje ljudi, saj povzročajo alergije, in čeprav je potrebno minimalno vsaj avgusta kositi dvakrat, se v Sloveniji v marsikateri občini ne izvaja niti to.

Tudi na videz naravna okolja, kot so strnjeni gozdovi, lahko predstavljajo omejeno biotsko področje, če v njih ni zadostne raznolikosti habitatov. Zato je veliko bolj smiselno ohraniti mozaično krajino, kjer so naravne jase, kmetijske površine med gozdom ali občasne poseke (daleč bolje kot strnjeni gozdovi), ki ustvarjajo raznolikost življenjskih prostorov. Takšna krajina omogoča večji razpon ekosistemov, ki so bolj odporni na spremembe in naravne katastrofe. Gozdovi z jasami ponujajo več možnosti za različne vrste rastlin in živali, kar povečuje stabilnost ekosistema.

Podobno so škodljive genetsko spremenjene rastline, ki so pogosto zasnovane tako, da vsebujejo "naravne" strupe za žuželke, kar ne ustvarja le monokultur, ampak tudi "zastrupljene" monokulture. Te rastline ne škodujejo samo škodljivcem, ampak vplivajo tudi na druge, koristne žuželke in lahko dolgoročno škodijo celotnemu ekosistemu, saj strupi prehajajo skozi prehranjevalno verigo.

Še slabše pa so (avto)ceste, ki predstavljajo povsem mrtva območja za večino živih bitij. Ta območja niso zgolj fizično ovira za prostoživeče vrste, temveč so tudi območja, kjer se pogosto dogajajo trki z živalmi (test avtomobilskega stekla). Poleg tega ustvarjajo prekinitve habitatov, kar vodi do izgube genetske raznolikosti med populacijami in posledično večje občutljivosti na boleznih in okoljske spremembe. Avtoceste so v marsičem »polja smrti«, kjer preživetje vrst ni mogoče, razen tistih, ki se v kovinskih škatlah vozijo naokoli.

Eno izmed pomembnih rešitev za ohranjanje biotske raznovrstnosti je tudi sistematično odstranjevanje invazivnih vrst z ustrežno zakonodajno podporo. Na primer, kazni za lastnike zemljišč, ki ne odstranijo alergene rastline, kot je ambrozija, bi lahko spodbudile učinkovitejše ravnanje z invazivnimi rastlinami.

Prav tako bi moralo biti dovoljeno humano odstranjevanje invazivnih živali, kot so nutrije v Ljubljani. Ljudje pogosto ne razumejo škodljivosti invazivnih vrst in se upirajo njihovu odstranjevanju, čeprav te vrste povzročajo uničujoče učinke na avtohtone ekosisteme. Navedimo dva primera: če bi bili pogoji povsod po svetu enaki, bi prevladovalo recimo 10-krat manj vrst, kot jih je danes. Z globalizacijo se pogoji izenačujejo, saj ljudje postajajo ključni dejavnik v večini ekosistemov, kjer s svojo prisotnostjo in navadami spreminjajo prehranjevalne verige in habitate. Še en primer: sesalci predstavljajo približno 6.400 vrst na svetu. Okoli 36 % teže sesalcev predstavljajo ljudje, medtem ko 60 % teže sesalcev predstavljajo domače živali, kot so govedo, ovce, prašiči in drugi rejni organizmi. Divji sesalci pa predstavljajo le še 4 % vse biomase sesalcev na planet. Ali je projekcija 4, 3, 2, 1, 0 [20, 21]?

Podobno škodljiv vpliv imajo invazivne vrste, kot je nutrija (*Myocastor coypus*, znana tudi kot močvirska podgana ali bobrovka). Preden nutrije naselijo določeno območje, tam živijo avtohtone vrste podgan, miši, rakov in drugih malih živali. Vendar ko nutrije, ki tehtajo od 5 do 10 kilogramov, pridejo na to območje, uničijo, izpodrinejo ali pobijejo vse, kar jim ne ubeži (recimo ribe). Kljub temu pa lokalno prebivalstvo pogosto protestira proti odstranjevanju nutrij, ne zavedajoč se, kakšno uničenje med avtohtonimi vrstami povzročajo te invazivne živali. Takšne napačne predstave in odpor do odstranjevanja invazivnih vrst lahko povzročijo dolgoročno škodo ekosistemom, ki so že oslabljeni zaradi drugih okoljskih pritiskov.

Kot imamo akcije čiščenja okolja, bi morali izvajati akcije čiščenja invazivnih rastlin in živali in morali bi izobraževati državljane, kaj je to smotrno varovane okolja in kaj to ni.

2.4. Aksiom: Trajnostni razvoj zahteva večji učinek z manjšo porabo energije s pomočjo naprednih tehnologij in pametne rabe virov

Trajnostni razvoj ne pomeni predvsem zategovanja pasu - zmanjševanje porabe, temveč eliminiranje nesmiselnih pristopov ter povečanje učinkovitosti s pametno uporabo virov in tehnologij, kot je umetna inteligenca (AI). Z uporabo AI, avtomatizacije in optimiziranih sistemov lahko povečamo učinkovitost in zmanjšamo porabo energije, ne da bi pri tem ogrozili razvoj [22, 23]. Namesto povečanja porabe moramo iskati rešitve, ki omogočajo večji učinek z manjšo porabo energije.

Preprost primer tega so drevesa. Drevo, zasajeno pred hišo, lahko zagotavlja senco in posledično zmanjša potrebo po hlajenju stavbe za kar 20 %. To je enostaven in naraven način za zmanjšanje porabe energije brez tehnoloških intervencij, hkrati pa z drevesom prispevamo k izboljšanju kakovosti zraka, ki ga dihamo [24].

Na globalni ravni se soočamo s hitrim izginjanjem kmetijskih površin, kar še dodatno ogroža našo sposobnost za trajnostno pridelavo hrane, predvsem pa biotsko raznolikost. Vsako leto po svetu izgubimo približno 10 milijonov hektarjev kmetijskih zemljišč zaradi različnih dejavnikov, kot so urbanizacija, širitev cest, krčenje gozdov in intenzivna kmetijska dejavnost. To je približno enako 14 milijonom nogometnih igrišč [25]. Vsako minuto posekajo za 4 nogometna igrišča gozda v Amazoniji. Kdaj bo konec – ko bomo posekali in uničili vse?

Tudi v Sloveniji je situacija zaskrbljujoča, saj vsak dan izgubimo površino enega nogometnega igrišča kmetijskih zemljišč, kar vodi v zmanjšanje prostora za pridelavo hrane in povečuje obremenitev okolja. Širitev cestne infrastrukture in gradnja novih objektov na teh zemljiščih še dodatno prispevata k izginjanju naravnih površin ter pospešujeta učinke segrevanja podnebja [26]. Takšne prakse ne samo zmanjšujejo biotsko raznovrstnost, temveč ustvarjajo tudi večje potrebe po energiji in povzročajo povečanje toplogrednih plinov [27].

Nadaljnje širjenje cestne infrastrukture in gradnja novih stavb, še posebej veletrgovin in stanovanjskih sosesk na kmetijskih zemljiščih, ne samo zmanjšuje razpoložljivo površino za pridelavo hrane, temveč tudi povečuje izpuste toplogrednih plinov in segreva klimo. Gradnja dodatnih cest in veletrgovin povečuje promet, kar vodi k večji porabi fosilnih goriv in s tem dodatno obremenjuje okolje.

Namesto širjenja teh netrajnostnih praks moramo vlagati v tehnološke inovacije in naravne rešitve, ki bodo omogočile večji učinek z manjšo porabo virov. Pametno zasnovana infrastruktura, AI v energetski učinkovitosti in trajnostne rešitve, kot je zasaditev dreves in ustvarjanje naravnih senčnih površin, lahko pripomorejo k bistvenemu zmanjšanju porabe energije ter ohranjanju naših naravnih virov.

Če pogledamo usmeritve v Sloveniji in zaključke te konference o okolju, jasno opazimo velika razhajanja. Marsikje so strokovni argumenti povsem jasni in na naši strani, pa vendar javnost in mediji tega niti ne vedo.

3 Miti o okolju in kmetijstvu

3.1. Kmetijstvo je okolju neprijazno

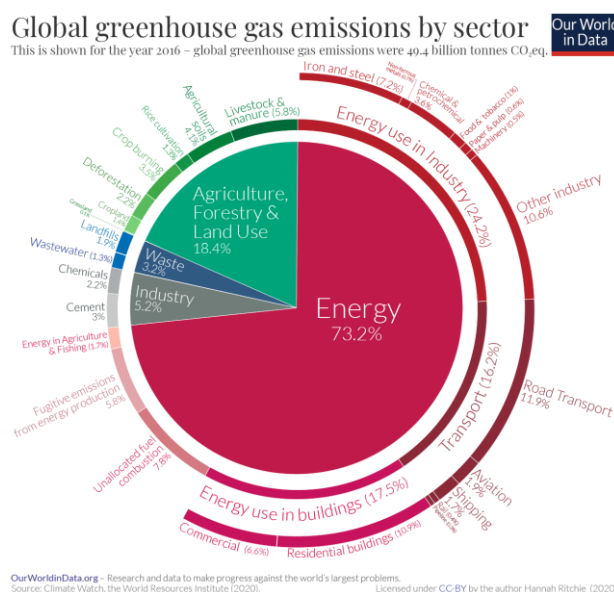
Resnica je veliko bolj kompleksna in v osnovi fundamentalno nasprotna temu mitu. Pravilno upravljano kmetijstvo prispeva k večji biotski raznovrstnosti in trajnostnemu okolju (neekološko ali nekvalitetno kmetijstvo pa seveda škodi). Kmetijske površine, kot so dobro obdelane njive in travniki, ustvarjajo raznoliko krajino, ki podpira različne vrste živali in rastlin. Pravilno upravljana polja in travniki so habitat za številne žuželke, ptice in druge prostoživeče živali, kar prispeva k izjemni biodiverziteti [28]. Na primer, v Evropi so travniki ena izmed najbolj biotsko raznovrstnih ekosistemov.

Metan, ki ga oddajajo prežvekovalci, kot so krave, ima sicer močan učinek na podnebne spremembe, vendar razpade v ozračju v približno 12 letih, medtem ko ogljikov dioksid (CO₂) ostaja v atmosferi več stoletij. To pomeni, da je vpliv metana kratkotrajen in se lahko učinkovito upravlja z uporabo novih tehnologij za zmanjšanje emisij.

Živali so naravni del ekosistema in imajo vlogo pri ohranjanju naravnih ciklov hranil. Paša živali, na primer, spodbuja rast travniških rastlin in s tem izboljšuje strukturo tal ter preprečuje erozijo. Podobno so njihovi odpadki hrana za insekte vseh vrst, katerih število se je v zadnjih 50 letih zmanjšalo za več kot polovico, kot tudi število in teža vseh divjih živali. Kmetijstvo, ki temelji na principih regenerativnega kmetovanja, izboljšuje kakovost tal, saj povečuje njihovo sposobnost zadrževanja vode in hranil. Težko je razumeti nekatere, ki se imajo za zagovornike varstva okolja, ko zagovarjajo invazivne živali in hkrati zahtevajo odstranitev domačih živali.

Strokovne raziskave kažejo, da pravilno upravljane kmetijske površine ključno prispevajo k ohranjanju biotske raznovrstnosti. Na primer, na travnikih, ki so pravilno vzdrževani, lahko uspeva do 40 različnih vrst rastlin na kvadratni meter, kar je veliko več kot v intenzivnih industrijskih monokulturah ali pozidanih površinah, ki so pogosto označene kot "puščave", kjer je prisotnih zelo malo vrst [28, 29].

Zato kmetijstvo ni okolju neprijazno – pravilno izvajano kmetijske prakse prispevajo k trajnostnemu okolju in visoki biotski raznovrstnosti, medtem ko napačne predstave o kmetijstvu pogosto izhajajo iz neustrezno vodenih praks in industrijskih metod pridelave ter napačega razumevanja, kaj je to biotska raznolikost.



Slika 1: Izvori toplogrednih plinov; tri četrtine jih prihaja iz fosilnih goriv. Vir: Hannah Ritchie (2020) - "Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from?" Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector' [Online Resource]

3.2. Izmed vseh tehnologij je najbolj nevarna in škodljiva ravno jedrska

Tudi tu je resnica ravno nasprotna: Jedrska energija proizvaja minimalne izpuste CO₂ v primerjavi s fosilnimi gorivi in zato predstavlja bolj trajnostno alternativo, čeprav obstajajo tveganja, povezana z odpadki. Poleg tega so nekatere trajnostne energije kot sončna in vetrna podvrženi nihanjem in so zato primerjave, tudi v tem prispevku, narejene na osnovi uravnoteženega energetskega sistema, kjer imate zadosti stalnih virov (hidro, jedrska, termo) in trajnostnih, tj. občasnih. Če ni na voljo zadosti trajnih virov, se cena električne energije zaradi shranjevanja približno podvoji ali potroji [9, 30].

Primerjava po atributih:

Cena na enoto energije (USD/kWh)

Jedrska energija: Povprečna cena proizvodnje jedrske energije znaša približno 0,09 USD/kWh. Visoki začetni stroški

izgradnje jedrskih elektrarn so kompenzirani z nizkimi obratovalnimi stroški in dolgoročno življenjsko dobo [31].

Fosilna goriva (premog, nafta, plin): Cene fosilnih goriv so odvisne od trga, vendar se cena proizvodnje električne energije giblje med 0,05 in 0,10 USD/kWh. Čeprav so začetni stroški nižji, pa fosilna goriva dolgoročno povzročajo stroške zaradi vpliva na okolje in zdravje.

Sončna energija: Stroški sončne energije so v zadnjih letih močno padli in zdaj znašajo med 0,03 in 0,06 USD/kWh, kar jo uvršča med najcenejše vire energije (če imamo osnovno energijsko zahtevo pokrito trajnostno).

Vetrna energija: Cena proizvodnje vetrne energije se giblje med 0,04 in 0,07 USD/kWh, kar jo prav tako uvršča med konkurenčne vire obnovljive energije.

Hydroenergija: Cena hidroenergije je zelo odvisna od lokacije in znaša med 0,03 in 0,05 USD/kWh, kar jo uvršča med cenovno najučinkovitejše vire energije.

Izpusti CO₂ na enoto energije (gCO₂/kWh)

Jedrsko energija: Jedrska energija spada med najmanj emisijsko intenzivne vire, s povprečnimi izpusti CO₂ okoli 12 gCO₂/kWh (vključno z izgradnjo elektrarn in celotnim življenjskim ciklom).

Fosilna goriva: Premog povzroča največ izpustov, s povprečno 820 gCO₂/kWh, plin povzroča približno 490 gCO₂/kWh, medtem ko nafta znaša okoli 720 gCO₂/kWh [32].

Sončna energija: Sončna energija prispeva približno 48 gCO₂/kWh, večinoma zaradi proizvodnje in reciklaže fotonapetostnih panelov.

Vetrna energija: Vetrna energija spada med najbolj čiste vire, z izpusti okoli 11 gCO₂/kWh.

Hydroenergija: Povprečni izpusti hidroenergije znašajo 24 gCO₂/kWh, vendar se lahko ta vrednost poveča zaradi izpustov metana iz velikih rezervoarjev.

Potrebne površine na enoto energije (m²/kWh)

Jedrsko energija: Jedrska energija zahteva najmanj prostora. Povprečna jedrska elektrarna proizvede ogromno količino energije na majhni površini – približno 1,9 m²/kWh [33].

Fosilna goriva: Premogovne in plinske elektrarne potrebujejo približno 40-100 m²/kWh, zaradi potrebe po rudarjenju in skladiščenju goriv.

Sončna energija: Solarne elektrarne zahtevajo veliko večje površine za zbiranje sončne svetlobe, s približno 25-70 m²/kWh, odvisno od učinkovitosti panelov in lokacije.

Vetrna energija: Potrebne površine za vetrne elektrarne znašajo približno 20-60 m²/kWh.

Hydroenergija: Potrebne površine za hidroelektrarne se zelo razlikujejo glede na vrsto projekta, vendar znašajo od 100 m²/kWh ali več pri velikih akumulacijskih jezerih.

Število žrtev v nesrečah na enoto energije (smrti/TWh)

Jedrsko energija: Jedrska energija je kljub nekaj odmevnim nesrečam, kot so Černobil in Fukušima, statistično varna z vidika smrtnosti. Povprečje znaša 0,07 smrti/TWh, vključno z nesrečami in dolgoročnimi učinki sevanja [34].

Fosilna goriva: Premog je izredno nevaren tako zaradi nesreč v rudnikih kot zaradi dolgoročnih zdravstvenih učinkov onesnaženja. Povprečno število smrti znaša 24,6 smrti/TWh za premog in 2,8 smrti/TWh za plin.

Sončna energija: Sončna energija je zelo varna, s povprečno 0,02 smrti/TWh, večinoma zaradi nesreč pri namestitvi in vzdrževanju panelov.

Vetrna energija: Vetrna energija prav tako spada med zelo varne vire, s približno 0,04 smrti/TWh.

Hydroenergija: Čeprav hidroenergija večinoma velja za varno, lahko nesreče, kot so zrušitve jezov, povzročijo velike žrtve. Povprečno število smrti znaša 1,3 smrti/TWh, vendar lahko te nesreče lokalno povzročijo večje število smrtnih žrtev [35].

4 Diskusija

Pravilno varovanje okolja temelji na trajnostnem razvoju, kar pomeni pametno rabo virov in naprednih tehnologij, ki omogočajo večjo učinkovitost z manjšo porabo energije. Na primer, uporaba jedrske energije za proizvodnjo električne energije znatno zmanjša izpuste CO₂ v primerjavi s fosilnimi gorivi in prispeva k boju proti podnebnim spremembam. Pomembno je tudi ohranjanje biotske raznovrstnosti, saj stabilni ekosistemi zagotavljajo dolgoročno odpornost na podnebne spremembe. Naravne rešitve, kot so sajenje dreves in pametno načrtovanje krajine, lahko prav tako učinkovito zmanjšujejo potrebo po energiji, kot je hlajenje stavb, ter hkrati prispevajo k izboljšanju kakovosti zraka. Pravilno varstvo okolja temelji na pametni kombinaciji naravnih in tehnoloških rešitev, ki zagotavljajo dolgoročno trajnost.

Nasprotno pa nepravilno varovanje okolja pogosto temelji na napačnih argumentih in mitih, kot je prepričanje, da so obnovljivi viri, kot sta sončna in vetrna energija, vedno boljši od jedrske energije. V resnici te rešitve zahtevajo večje površine in so manj zanesljive, ter so nekajkrat dražje, če jih je potrebno shranjevati.

Zmotno je prepričanje, da se gospodarska rast lahko nenehno povečuje, ne da bi to negativno vplivalo na okolje. Prav tako mit, da kmetijstvo škoduje okolju, izhaja iz napačnega razumevanja varovanja okolja.

Kmetijstvo prispeva k ohranjanju okolja in povečevanju biotske raznovrstnosti. Prakse, kot je regenerativno kmetovanje, spodbujajo zdravje tal, zmanjšujejo erozijo in izboljšujejo zmožnost tal za zadrževanje vode. Paša živali na travnikih, če je pravilno vodena, prispeva k naravnemu ciklu hranil, spodbuja rast rastlin in podpira raznolikost vrst. Zmanjšanje metanskih emisij s tehnološkimi inovacijami in trajnostno obdelavo zemljišč omogoča, da kmetijstvo ne le minimizira škodljive učinke, temveč aktivno prispeva k varovanju naravnih virov.

Pogosto napačno predstavljanje kmetijstva kot enega glavnih onesnaževalcev temelji na primerih neustreznih praks, kot so intenzivne monokulture in pretirana uporaba kemikalij, česar v Sloveniji skoraj ni. Vendar pa je resnica, da lahko kmetijstvo, če se izvaja trajnostno, bistveno prispeva k varovanju okolja. Travniki in kmetijske površine lahko podpirajo večjo biotsko raznovrstnost kot mnoge gozdne površine, saj ustvarjajo naravne habitate za številne rastlinske in živalske vrste. Sodobni miti o kmetijstvu, ki ga enačijo z uničevanjem okolja, ne upoštevajo pozitivnih vplivov trajnostnih kmetijskih praks, ki so ključne za ohranjanje ekosistemov.

Zelo pomembno je tudi, kako je kmetijstvo upravljano, recimo ali se zgodaj kosi travo, ali se krave nepravilno hrani itd. Tu so lahko napredni in ekološko zavedni sistemi vodenja kmetij na osnovi umetne inteligence in GPT izredno koristni tako za kmete kot za varstvo okolja. Ko smo predlagali tovrstne ideje predstavnikom oblasti, pa ni bilo prav veliko zanimanja.

V zaključku: kmetijstvo je v svoji osnovi najboljša varovalka okolja in zato bi morali okoljevarstveniki, kmetje in raziskovalci skupaj zagovarjati najboljše rešitve.

Literatura:

- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., & Godfray, H. C. J. (2013). *Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies*. *Science*, 341(6141), 33-34, <https://doi.org/10.1126/science.1234485>
- Smith, P., Gregory, P. J. (2013). *Climate change and sustainable food production*. Proceedings of the Nutrition Society, 72(1), 21-28, <https://doi.org/10.1017/S0029665112002832>
- Shukla, P. R., Skea, J., Calvo Buendia, E., & Masson-Delmotte, V. (2020). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), <https://www.ipcc.ch/srccl>
- Lal, R. (2021). *Soil carbon sequestration: An essential tool for mitigating climate change*. *Nature Sustainability*, 4, 974–976. DOI: 10.1038/s41893-021-00722-9.
- Saunio, M., Jackson, R. B., Bousquet, P., Poulter, B., & Canadell, J. G. (2020). *The growing role of methane in anthropogenic climate change*. *Environmental Research Letters*, 15(12), 120207. DOI: 10.1088/1748-9326/ab9ed2.
- Hristov, A. N., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., ... & Waghorn, G. (2021). *Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production—A review of technical options for non-CO2 emissions*. FAO Animal Production and Health Paper, 177, <https://www.fao.org/3/cb7508en/cb7508en.pdf>
- Ricciardi, A., Lewis, M. A., & Diez, J. M. (2021). *Biological invasions and natural biodiversity patterns: The case for agricultural landscapes*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 662836. DOI: 10.3389/fevo.2021.662836.
- Gams, M. idr. (2020). *Bela knjiga o strokovnem varovanju okolja*, Institut 'Jožef Stefan' <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-I9010JS8>
- Mihalič R. (2015). *Zelena energetika*, 2. del, <https://www.metropolitan.si/novice/zelena-energetika-2-del/>
- Plut, D. (2023). *Ekosistemska družbena ureditev. Prvi zv.: podstati in gradniki ekosistemske družbene ureditve*, <https://ebooks.uni-lj.si/ZalozbaUL/catalog/book/405>
- Gams, M. (2023). *Miti in resnice o slovenskem okolju. V Miti in resnice o varovanju okolja = Myths and truths about environmental protection: Informacijska družba - IS 2023 = Information Society - IS 2023, zbornik 26. mednarodne multikonference = proceedings of the 26th International Multiconference, zvezek D = volume D, 11. oktober 2023 = 11 October 2023, Ljubljana, Slovenia (str. 18-21). COBISS.si-ID 171645699.* □
- Brown, L. R., Hanson, M. E., & Wilson, K. J. (2020). The global impact of human population growth on ecosystem services. *Nature Sustainability*, 3(2), 92-101. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0443-x>
- Cohen, J. E. (2019). Human population: The next half century. *Environmental International*, 129, 104994. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104994>
- British Petroleum. (2020). *Statistical review of world energy 2020*. BP. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Searchinger, T. D., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., ... & Yu, T. H. (2008). Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science*, 319(5867), 1238-1240. <https://doi.org/10.1126/science.1151861>
- REN21. (2021). *Renewables 2021: Global status report*. REN21. <https://www.ren21.net/reports/global-status-report>
- De Vos, J. M., Joppa, L. N., Gittleman, J. L., Stephens, P. R., & Pimm, S. L. (2014). Estimating the normal background rate of species extinction. *Conservation Biology*, 29(2), 452-462. <https://doi.org/10.1111/cobi.12380>
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J. P., Hector, A., ... & Tilman, D. (2001). Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. *Science*, 294(5543), 804-808. <https://doi.org/10.1126/science.1064088>
- De Vos, J. M., Joppa, L. N., Gittleman, J. L., Stephens, P. R., & Pimm, S. L. (2014). Estimating the normal background rate of species extinction. *Conservation Biology*, 29(2), 452-462. <https://doi.org/10.1111/cobi.12380>
- Kolbert, E. (2014). *The sixth extinction: An unnatural history*. Henry Holt and Co.
- Goodall, C. (2016). *The Switch: How solar, storage and new tech means cheap power for all*. Profile Books.
- Smil, V. (2017). *Energy and civilization: A history*. MIT Press.
- Nowak, D. J., & Dwyer, J. F. (2007). Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In J. E. Kuser (Ed.), *Urban and community forestry in the Northeast* (pp. 25-46). Springer.
- Umweltbundesamt. (2021). *Land use and land use change: Annual report 2021*. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/en/press>
- United Nations. (2020). *UN News: Land degradation neutrality targets 2030*. United Nations. <https://news.un.org/en/story/2020/05>
- FAO. (2020). *Global forest resources assessment 2020: Key findings*. FAO. <https://www.fao.org/forest-resources-assessment>
- Smith, P., Gregory, P. J. (2013). "Climate change and sustainable food production." Proceedings of the Nutrition Society, 72(1), 21-28.

29. Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., ... & Godfray, H. C. J. (2013). "Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies." *Science*, 341(6141), 33-34.
30. Jacobson, M. Z. (2009). Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. *Energy & Environmental Science*, 2(2), 148-173. <https://doi.org/10.1039/b809990c>
31. World Nuclear Association. (2020). Comparison of lifecycle greenhouse gas emissions of various electricity generation sources. *World Nuclear Association*. <https://www.world-nuclear.org>
32. Sovacool, B. K. (2008). Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. *Energy Policy*, 36(8), 2950-2963. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.04.017>
33. Markandya, A., & Wilkinson, P. (2007). Electricity generation and health. *The Lancet*, 370(9591), 979-990. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61253-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61253-7)
34. Kharecha, P. A., & Hansen, J. E. (2013). Prevented mortality and greenhouse gas emissions from historical and projected nuclear power. *Environmental Science & Technology*, 47(9), 4889-4895. <https://doi.org/10.1021/es3051197>
35. Sandoval, M. (2023). How lifetime emissions of different energy sources stack up. *World Resources Institute*. <https://www.wri.org>