



Pregled 6. Poročila IPCC (WG II)

KMETIJSTVO IN GOZDARSTVO

Ljubljana, februar 2023

Poročilo za Mejnik 1 v okviru naloge *Izdelava ocene vplivov podnebnih sprememb v kmetijstvu in gozdarstvu na področju trajnostnega razvoja in upravljanja z gozdnimi in kmetijskimi ekosistemi (št. pogodbe št. 2550-22-311073 (MOP)* sta pripravila Kmetijski inštitut Slovenije (KIS) in Gozdarski inštitut Slovenije (GOZDIS). V poročilu je smiselno pripravljen povzetek 6. Poročila IPCC, z naslovom Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability (The Working Group II) in se osredotoča predvsem na vsebine, povezane s kmetijstvom in gozdarstvom.

AVTORJI POROČILA

Tanja TRAVNIKAR, Matej BEDRAČ, Maja KOŽAR, Ajda BLEIWEIS, Barbara ZAGORC, Ana HITI DVORŠAK, Jure BREČKO, Sara BELE, Janez ZAFRAN, Primož SIMONČIČ, Aleksander MARINŠEK

Splošna poglavja in vsebine s področja kmetijstva

Kmetijski inštitut Slovenije (Tanja TRAVNIKAR, Matej BEDRAČ, Maja KOŽAR, Ajda BLEIWEIS, Barbara ZAGORC, Ana HITI DVORŠAK, Jure BREČKO, Sara BELE)

Vsebine s področja gozdarstva

Gozdarski inštitut Slovenije (Janez ZAFRAN, Primož SIMONČIČ, Aleksander MARINŠEK)

KAZALO VSEBINE

1.	Splošni povzetek poročila	4
2.	Glavne razlike zadnjega 6. IPCC poročila s predhodnimi IPCC poročili	9
3.	Tveganja, ranljivost, prilagajanje	12
	Oblikovanje tveganj	13
	Ranljivost	13
	Prilagajanje	14
4.	Kmetijstvo in podnebne spremembe na globalni ravni	16
	<i>Rastlinska pridelava.....</i>	16
	Trenutni vplivi	16
	Ocena ranljivosti	19
	Predvideni vplivi	20
	Prilagajanje.....	22
	<i>Živinoreja</i>	24
	Trenutni vplivi	25
	Ocena ranljivosti	25
	Predvideni vplivi	26
	Prilagajanje.....	28
5.	Kmetijstvo in podnebne spremembe v Evropi	29
	Trenutni vplivi in predvideni vplivi.....	29
	Rastlinska proizvodnja	29
	Živinoreja.....	29
	Prilagajanje – rastlinska proizvodnja in živinoreja	31
6.	Gozdarstvo in podnebne spremembe.....	32
	Trenutni vplivi	32
	Predvideni vplivi	33
	Prilagajanje.....	33
7.	Literatura.....	34

1. SPLOŠNI POVZETEK POROČILA

Poročilo IPCC iz leta 2022 (**AR6 Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**; v nadaljevanju AR6 WG II) se osredotoča na ugotovitve in izsledke različnih analiz in znanstvenih dognanj po celem svetu, s poudarkom na najnovejših dognanjih po letu 2014, ko je bilo objavljeno 5. Poročilo IPCC (v nadaljevanju AR5). Poročilo AR6 je mnogo bolj obsežno od povzetka, ki ga predstavljamo tukaj, saj obravnava tudi najrazličnejša socio-ekonomska področja, ki geografsko pokrivajo vse kontinente, oceane in manjše otoke.

V tem poročilu so povzete nekatere ključne ugotovitve poročila AR6 WG II, ki se posredno ali neposredno dotikajo sektorjev kmetijstva in gozdarstva. Iz AR6 WG II so predstavljene pomembnejše ugotovitve trenutnih vplivov podnebnih sprememb (označeno z oznako ●), predvidenih vplivov podnebnih sprememb (označeno z ➤) ter prilagajanje (označeno z ❖). V nadaljevanju tega poročila so te navedbe podrobneje predstavljene.

Trenutni vplivi podnebnih sprememb

- Ekstremni vremenski dogodki vplivajo na kmetijstvo, gozdarstvo, ribištvo in ribogojstvo ter vse bolj ovirajo prizadevanja glede zagotavljanja človeških potreb. Suše, poplave, gozdni požari in dvig gladine vode prispevajo k zmanjšanju dostopnosti hrane ter s tem k podražitvam hrane, s čimer je ogrožena prehranska varnost prebivalstva in tudi preživetje svetovnega prebivalstva. Ekstremni vremenski dogodki povečujejo gospodarske izgube v gozdarstvu in kmetijstvu (npr. velik izpad pridelka pšenice v letih 2012, 2016 in 2018). Vpliv ekstremne vročine in suše v Evropi se je v zadnjih 50 letih potrojil. Podnebne spremembe se odražajo tudi v živinoreji, predvsem v pašni živinoreji (spremembe na pašnikih negativno vplivajo na plodnost in umrljivost živali ter na spremembo krme). Svetovno prebivalstvo je čedalje bolj izpostavljeno ekstremnim vremenskim razmeram, kar ogroža tudi preskrbo s hrano, vključno z manjšo raznolikostjo in kakovostjo kmetijskih pridelkov, kar lahko vodi v večjo podhranjenost prebivalstva in povečano tveganje za razvoj bolezni. Pojavlja se tudi konkurenca glede naravnih virov (dostop do zemljišč, energije in vode), kar ustvarja dodatne pritiske na prehransko varnost.
- Globalno segrevanje, ki ga povzroča človek, je v zadnjih 50 letih upočasnilo rast produktivnosti kmetijske proizvodnje v srednjih in nižjih zemljepisnih širinah. Rastlinske pridelke ogroža tudi površinski ozon. Emisije metana negativno vplivajo na hektarske pridelke zaradi povišanja temperatur in površinskih koncentracij ozona. Segrevanje ozračja negativno vpliva tudi na kakovost pridelkov in travinja ter na stabilnost pridelka.
- Segrevanje je spremenilo naravne ekosisteme in čas, ko se odvijajo pomembni biološki dogodki, kot sta na primer cvetenje in pojav žuželk, kar posledično tudi vpliva na kakovost hrane in stabilnost pridelka. Zelo verjetno je, da podnebne spremembe spreminjajo razširjenost in prostorsko porazdelitev rastlinskih in živalskih vrst, tako na kopnem kot tudi v morskih in sladkovodnih ekosistemih. Na višjih zemljepisnih širinah je segrevanje sicer povečalo potencialna območja za pridelavo hrane, vendar pa je zaradi precejšnjih sprememb prisotnih veliko neskladij med rastlinami in opraševalci ter škodljivci. Na nizkih zemljepisnih širinah pa so temperature presegle zgornje meje tolerance, kar vodi v vročinski stres rastlin.
- Tveganja v povezavi z varnostjo hrane (v kmetijstvu in ribištvu), povezana s podnebjem, na svetovni ravni naraščajo. Zaradi višjih temperatur in vlage (kot posledica podnebnih sprememb) se povečuje

pojav škodljivih gliv na številnih pridelkih. Tudi škodljivo cvetenje alg in bolezni, ki se prenašajo z vodo, ogrožajo prehransko varnost in preživetje številnih obalnih skupnosti. Slednje se bolj pričakuje pri manj razvitih državah, sploh v povezavi s šibkim spremljanjem (monitoringom) kakovosti in varnosti hrane.

Predvideni vplivi podnebnih sprememb in tveganja

- Podnebne spremembe bodo ustvarjale čedalje večje pritiske na proizvodnjo hrane in s tem zmanjševanje prehranske varnosti. Z nadaljnjim segrevanjem ozračja bo izpostavljenost podnebnim nevarnostim naraščala in s tem bodo negativni vplivi na prehranske sisteme čedalje bolj občutni. S segrevanjem ozračja se bodo povečevale regionalne razlike pri tveganjih za prehransko varnost, s čimer se bo stopnja revščine povečevala, zlasti v regijah, za katere je že trenutno značilna visoka stopnja ranljivosti.
- Nekatera območja bodo zaradi podnebja postala neprimerna za pridelavo hrane in rejo živine. To še posebej velja v primeru scenarijev z visokimi emisijami (10-odstotno zmanjšanje primernosti območij na svetovni ravni do leta 2050 in za več kot 30-odstotkov do leta 2100). Višja kot bo stopnja globalnega segrevanja, večji bodo negativni pritiski na proizvodnjo hrane. Povečani in potencialno sočasni podnebni ekstremi bodo povečali izgube v pomembnih regijah za proizvodnjo hrane. Negativni učinki podnebnih sprememb na proizvodnjo hrane bodo veliko bolj izraziti, če se globalne temperature dvignejo za več kot 2 °C. Pri stopnjah globalnega segrevanja za 3 °C ali več se bo izpostavljenost podnebnim nevarnostim znatno povečala, kar bo še dodatno obremenilo proizvodnjo hrane, zlasti v podsaharski Afriki, Južni in Jugovzhodni Aziji.
- Podnebne spremembe bodo imele vedno večji vpliv na prehranske sisteme, razlike bodo tako regionalno kot tudi sama ogroženost prehranske varnosti bo različna. Ekstremni vremenski dogodki bodo povečali tveganje nezanesljivosti preskrbe s hrano prek skokov cen hrane, zmanjšanja raznovrstnosti hrane ter zmanjšane dohodka za preživetje v kmetijstvu in ribištvu. To bo preprečilo doseganje trajnostnega cilja Združenih narodov SDG 2 („Odprava lakote“) do leta 2030. Predvsem to velja za regije z omejenimi sposobnostmi prilagajanja, vključno z Afriko, majhnimi otoškimi državami in Južno Azijo. Ocenjuje se, da bodo s segrevanjem za približno 2 °C s podnebjem povezane spremembe nastale pri razpoložljivosti in kakovosti hrane, kar bo povečalo pojav bolezni, povezanih s prehrano in tudi povečalo število podhranjenih ljudi do leta 2050. Predvideva se, da bo slednje prizadelo od deset do sto milijonov ljudi, zlasti v gospodinjstvih z nizkimi in srednjimi dohodki (predvsem podsaharska Afrika, Južna Azija in Srednja Amerika). Pri 3 °C ali višji stopnji globalnega segrevanja bodo negativni vplivi na vse prehranske verige postali še intenzivnejši, predvsem v smislu nadaljnega zmanjševanja produktivnosti pridelave hrane, razpoložljivosti hrane in dostopa do hrane. Regionalne razlike v tveganjih za prehransko varnost bodo naraščale s stopnjami segrevanja, kar bo povečalo revščino, zlasti v regijah, za katere je že sedaj značilna visoka stopnja ranljivosti.
- Pričakovati je, da bodo podnebne spremembe povečale podhranjenost prebivalstva zaradi zmanjšane prehranske kakovosti nekaterih rastlinskih pridelkov (zmanjšanje hranil, predvsem koncentracij beljakovin in mineralnih snovi), dostopa do uravnotežene hrane in družbenih neenakosti. Namreč, povečane koncentracije CO₂ spodbujajo rast rastlin in povečujejo pridelek, vendar zmanjšajo koncentracijo pomembnih hranil v nekaterih pridelkih. To lahko vodi do povečanja podhranjenosti in pomanjkanja mikrohranil v prehrani, zlasti v državah, ki imajo trenutno visoko raven pomanjkanja nekaterih hranil in regijah s slabim dostopom do raznolike hrane. Tako

naj bi podnebne spremembe do leta 2050 zmanjšale stopnjo zdravja (zaradi podhranjenosti in pomanjkanja vitaminov in mineralov).

- Pričakovati je tudi povečanje števila dni s vročinskim stresom, čemur bodo precej izpostavljeni delavci na prostem (vpliv na delovno sposobnost ljudi), rastlinska pridelava in zdravje živali. Po najbolj pesimističnem podnebnem scenariju (SSP5) se bo število dni s vročinskimi stresnimi razmerami za delavce na prostem do konca tega stoletja povečalo za do 250 delovnih dni na leto (v nekaterih delih Južne Azije, podsaharske Afrike ter delih Srednje in Južne Amerike). To pomeni tudi zmanjšanje proizvodnje hrane, povišanje stroškov pridelave in višje končne cene hrane. Po najbolj pesimističnem podnebnem scenariju (SSP5) se bodo konca stoletja govedo, ovce, koze, prašiči in perutnina v nižjih zemljepisnih širinah soočali z 72–136 dodatnimi izjemno stresnimi dnevi na leto (visoka vročina in vlažnost). S tem se bo zmanjšala tudi proizvodnja mesa in mleka.
- Podnebne spremembe bodo povečale pritiske na nekatere dejavnike ekosistemov, ki podpirajo globalne sisteme proizvodnje hrane. Zaradi podnebnih sprememb se bo tako zmanjšala učinkovitost oprave, saj bodo nekatere živalske vrste z določenih območij izginile ali pa bo v nekaterih regijah moteno delovanje procesa oprave (moteno oprave in tudi sposobnost cvetov za oprave).
- Emisije toplogrednih plinov bodo negativno vplivale na kakovost zraka, tal in vode, kar bo še poslabšalo vpliv podnebnih sprememb na proizvodnjo hrane.
- Podnebne spremembe bodo ogrozile varnost proizvodnje hrane na več načinov. Višje temperature in vlažnost bodo povečale razvoj plesni in posledično tveganje za kontaminacijo hrane (npr. z aflatoksinom v območjih visokih zemljepisnih širin) v primeru pogostejših in intenzivnejših poplav ter povečanega taljenja snega in ledu. Varnost in kakovost vodnih organizmov za prehrano ljudi se bo zmanjšala zaradi povečanih negativnih vplivov škodljivega cvetenja alg, povečane bioakumulacije obstojnih organskih onesnaževal in metiliranega živega srebra. Prav tako se bo zaradi poškodb infrastrukture med ekstremnimi vremenskimi dogodki povečalo število bolezni, ki se prenašajo z vodo. Brez prilagajanja na podnebne spremembe bodo tovrstni negativni vplivi na varnost hrane večji ter bodo različno intenzivno prizadeli države in skupnosti (predvsem tiste z nizkimi dohodki) in tudi prebivalce z visoko porabo morske hrane.
- Pričakuje se večji pojav in razširjenost škodljivcev, plevelov in bolezni, vključno z zoonozami, tako v kmetijskih, gozdnih in prehranskih sistemih; njihov nadzor (monitoring) pa se bo podražil. Spremembe v stopnjah razmnoževanja in razširjenosti plevelov, škodljivcev in drugih bolezni bodo povečale biotski stres na pridelke, gozdove in živino. S tem se bo povečalo tveganje za izgubo biotske raznovrstnosti in degradacijo ekosistemov. Povečalo se bo tudi tveganje za pojav različnih zoonoz (bolezni, ki se prenašajo iz živali na ljudi).
- Tveganja, povezana z vodo, naj bi se povečala pri vseh stopnjah segrevanja, pri čemer so tveganja sorazmerno manjša pri 1,5 °C kot pri višjih stopnjah segrevanja. Predvideva se, da se bodo regije in prebivalstvo z večjo izpostavljenostjo in ranljivostjo soočale z večjimi tveganji kot druge. Predvidene so spremembe vodnega kroga, kakovosti vode, več bo suš in poplav, kar bo negativno vplivalo na naravne sisteme in prebivalstvo. Predvidene spremembe vodnega kroga bodo vplivale tudi na kmetijstvo, proizvodnjo (hidro)energije in uporabo vode v mestih. Poraba vode v kmetijstvu se bo globalno povečevala zaradi povečanja števila prebivalstva, spremenjenih prehranskih navad ter povečanih potreb po vodi zaradi podnebnih sprememb. Zaradi povečanega globalnega

povpraševanja po vodi se bo nadaljevalo izčrpavanje neobnovljivih zalog podzemne vode. Povečane poplave in suše bodo skupaj z vročinskim stresom negativno vplivale na razpoložljivost in cene hrane, kar bo povzročilo povečano podhranjenost.

Prilagajanje in rešitve

- ❖ Obstajajo različne možnosti prilagajanja, ki so učinkovite pri zmanjševanju podnebnih sprememb v različnih socio-kulturnih, gospodarskih in geografskih kontekstih, vendar nekatere od teh niso ekonomsko in/ali institucionalno izvedljive ali pa primanjkuje znanja. Dobro dokumentirane so možnosti, kot so: zbiranje deževnice, ohranjanje vlage v tleh, izboljšanje in izbira rastlinskih sort, kmetijsko diverzifikacijo, ekološke pristope, prilagajanje v skupnostih, podnebne storitve itd. Na drugi strani pa obstaja malo študij glede institucionalne pripravljenosti in izvedbe, stroškovne učinkovitosti prilagoditev in omejitvah takih prilagoditev. Do zdaj so bili izvedeni že številni samostojni pristopi prilagajanja, vendar trenutne prilagoditve ne zadoščajo za doseganje trajnostnega cilja Združenih narodov SDG 2 („Odprava lakote“) do leta 2030.
- ❖ Modeli kažejo, da prilagoditve v kmetijstvu zmanjšujejo prihodnja podnebna tveganja pri segrevanju za 1,5 °C, vendar pa se učinkovitost teh prilagoditev zmanjša pri segrevanju nad 2 °C. Tako se predvidena učinkovitost prilagajanja zmanjšuje z naraščajočim segrevanjem. Trenutno znani prilagoditveni odzivi so na splošno učinkovitejši pri segrevanju za 1,5 °C kot pri 2 °C ali več, pri čemer so mnogo večja tveganja glede učinkovitih odzivov prilagoditev pri višjih stopnjah segrevanja. Sistemi namakanja se bodo soočili z vse večjimi omejitvami zaradi razpoložljivosti vode pri segrevanju nad 1,5 °C, s potencialno podvojitvijo tveganj glede razpoložljivost vode za namakanje pri segrevanju med 2 °C in 4 °C. Tako bodo negativna tveganja (tudi s prilagajanjem) v številnih regijah postala večja s segrevanjem za 2 °C. Zgolj prilagajanje v rastlinski pridelavi ne bo zadostovalo za izravnavo negativnih učinkov podnebnih sprememb. Trenutno razpoložljive možnosti lahko nadomestijo globalne izgube rastlinske pridelave zaradi podnebnih sprememb do segrevanja ozračja za 2 °C, vendar se bodo negativni vplivi (tudi s prilagajanjem) znatno povečali od sredine tega stoletja (glede na scenarije visokih temperaturnih sprememb). Regionalno bodo negativni učinki močnejši in hitrejši tam, kjer so trenutne temperature že višje kot v nižjih zemljepisnih širinah.
- ❖ Ekosistemski pristopi, ekološko kmetovanje in drugi trajnostni pristopi v kmetijstvu in ribištvu lahko okrepijo odpornost sektorja na podnebne spremembe. Kompromisi in koristi, ki tukaj nastanejo pa se razlikujejo glede na socio-ekološki kontekst, regije in institucionalno podporo. Pomembno je, da se uporabljajo vključujoči procesi pravičnega upravljanja z naravnimi viri. Pristopi prilagajanja podnebnim spremembam, ki spodbujajo intenzifikacijo proizvodnje, so široko uporabljeni v kmetijstvu, vendar z možnimi negativnimi učinki. Intenzifikacija kmetijstva zagotavlja kratkoročne cilje po varnosti preskrbe s hrano, vendar ima lahko negativne učinke glede pravičnosti, biotske raznovrstnosti in ekosistemskih storitev. Na primer: namakanje se pogosto uporablja in je učinkovito za zagotavljanje stabilnega pridelka, vendar z več negativnimi posledicami, vključno s povečanim povpraševanjem po vodi, izčrpanostjo podtalnice, povečanjem slanosti tal, ustvarjanjem neenakosti pri kmetijski proizvodnji in s tem potencialno izgubo malih kmetij. Drugi primer je na primer žlahtnjenje rastlin s pomočjo biotehnologije. S tem se uvaja lastnosti, s katerimi se lahko pridelki bolje prilagajajo podnebnim spremembam, vendar lahko potencial genetskih izboljšav sodobne biotehnologije omejujejo družbeno-ekonomski in politični vplivi (npr. omejitve uporabe teh rastlin pri malih pridelovalcih hrane).

- ❖ Tudi biogospodarstvo kot del krožnega gospodarstva lahko podpira prilagajanje in blažitev, pri čemer so sektorsko povezovanje, dobro upravljanje in vključevanje deležnikov ključni za doseganje učinkovitosti. Trajnostno biogospodarstvo bo potrebno podpreti s tehnološkimi inovacijami in mednarodnim sodelovanjem ter upravljanjem svetovne trgovine, da bi zmanjšali okoljske in družbene zunanje vplive. Prilagodljivo upravljanje in mednarodno sodelovanje, ki temelji na spoštovanju naravnih virov, diverzifikacija sredstev za preživetje, razvoj zmogljivosti in izboljšana izmenjava znanja lahko zmanjšajo konflikte in spodbujajo pravično porazdelitev naravnih virov in finančnih bremen.
- ❖ Nastajajoče konflikte, ki bodo nastajali zaradi kompromisov med blažitvijo in prilagajanjem na podnebne spremembe, lahko učinkovito blažijo integrirane in sistemsko usmerjene rešitve. Le tako se bo lahko doseglo dolgoročno odpornost sektorja in pravičnost pri upravljanju z naravnimi viri. Na primer, programi pogozdovanja brez ustreznih zaščitnih ukrepov negativno vplivajo na pravice domorodnih ljudstev, posest zemljišč in sposobnost prilagajanja. Nekateri ukrepi, kot so zajemanje in shranjevanje ogljika, proizvodnja bioenergije in pogozdovanje, imajo velik vodni odtis. Povečano povpraševanje po ribogojstvu, živalski in morski hrani ter energiji bo okrepilo konflikte glede zemljišč in vodnih virov, kar bo ponovno negativno vplivalo na prehransko varnost in krčenje gozdov. Integrirane, sistemsko usmerjene rešitve povečujejo kompromise ter vključujejo učinkovito upravljanje, tako na področju vedenjskih vzorcev (npr. uvedba bolj zdrave prehrane z nižjimi ogljičnimi in vodnimi odtisi) in tehničnih rešitev (npr. nova krma).
- ❖ Potrebne so večsektorske celostne strategije, ki obravnavajo socialne neenakosti (npr. spol, etnična pripadnost) in nudijo socialno zaščito skupin z nizkimi dohodki. Več medsebojno delujočih dejavnikov lahko pomaga zagotoviti, da imajo skupnosti dostop do vode in hrane, vključno z odpravljanjem revščine, socialnih neenakosti in nasilnih konfliktov. K učinkovitejšemu sistemu obvladovanja podnebnih kriz lahko prispevajo tudi različne pobude, na primer programi socialne zaščite za ekstremne dogodke, tudi srednjeročni odzivi (npr. nabava lokalne hrane za šolske obroke, semenske banke ali gradnja vodnjakov). Dolgoročni odzivi pa vključujejo krepitev ekosistemskih storitev, lokalnih in regionalnih trgov, ureditev kmetijskih zemljišč ter ureditev družbenih neenakosti. V mestih bodo politike, ki upoštevajo socialno vključenost v upravljanje in pravice do zelenih mestnih površin, povečale potencial mestnega kmetijstva za večjo prehransko varnost hrane in vode ter druge ekosistemske storitve.
- ❖ Podporne javne politike lahko povečajo učinkovitost in/ali izvedljivost prilagajanja. Politike, ki podpirajo sistemske prehode, med drugim vključujejo prerazporeditev subvencij, certificiranje, t. i. zelena javna naročila, naložbe v trajnostne vrednostne verige, zavarovalne premije, plačila za ekosistemske storitve in socialno zaščito. Pomembno je tudi zasledovanje drugih ciljev trajnostnega razvoja, kot so enakost spolov in lokalno znanje. Upoštevanje slednjega lahko učinkovito pripomore k prilagajanju podnebnim spremembam, da se zagotovijo prožna gospodarstva v prehranskih sistemih. Strategije prilagajanja, ki obravnavajo neenakosti v moči, vodijo k dodatnim koristim v rezultatih pravičnosti in odpornosti za ranljive skupine. Upoštevanje domorodnega znanja in lokalnih znanj olajša prilagoditvene strategije za ohranitev ekosistemov, zlasti v kombinaciji z znanstvenim znanjem z uporabo participativnih in skupnostnih pristopov.
- ❖ Zgolj osredotočanje na podnebna tveganja ne bo omogočalo razvoja učinkovite odpornosti kmetijskega sektorja na podnebne spremembe. V prilagoditvene strategije je potrebno vključevanje tudi neklimate dejavnike, ki lahko prav tako prispevajo k zmanjševanju vplivov podnebja na

prehranske sisteme, zdravje, vodo, gospodarstvo in preživetje. Okrepljen zdravstveni sistem, izobraževanje in osnovne socialne storitve so ključnega pomena za izboljšanje blaginje prebivalstva in podporo razvoju, odpornemu na podnebne spremembe. Uporaba podnebno pametnih kmetijskih tehnologij, ki krepijo sinergije med produktivnostjo in blažitvijo, postaja vse pomembnejša strategija prilagajanja. Ustrezne informacije za kmete glede podnebja, jim lahko pomagajo razumeti vlogo podnebja v primerjavi z drugimi dejavniki pri proizvodnji hrane. Pomembna je tako zaščita premoženja kmetov pred velikimi podnebnimi katastrofami kot tudi spodbujanje dostopa do kreditov, potrebnih za prilagoditve kmetijskih tehnologij in praks.

- ❖ Finančne ovire (razpoložljivost, dostop do kreditov itd.) omejujejo možnosti izvajanje ukrepov prilagajanja v kmetijstvu, ribištvu in gozdarstvu; vendar bo potrebnih veliko več naložb (javnih in zasebnih). Naložbe javnega sektorja v prilagajanje kmetijstva, gozdarstva in ribištva so se od leta 2010 globalno štirikrat povečale, vendar bodo stroški prilagajanja veliko višji, da bodo lahko zadostili prihodnjim potrebam prilagajanja. V prihodnosti bo pomembno, da se omogoči dostop do finančnih storitev, ob upoštevanju podnebnih tveganj.
- ❖ Razvojne poti, odporne na podnebne spremembe, ponujajo pot naprej za usmerjanje podnebnih ukrepov. Potrebne so zanesljive analize, ki podrobno opisujejo možne poti prehoda k bolj odpornim, pravičnejšim in trajnostnim prehranskim sistemom na načine, ki so družbeno, ekonomsko in okoljsko sprejemljivi skozi čas. Ustrezno spremljanje in hitre povratne informacije posameznim členom prehranskih verig bo ključnega pomena za uspeh številnih trenutnih in prihodnjih ukrepov prilagajanja.

2. GLAVNE RAZLIKE ZADNJEGA 6. IPCC POROČILA S PREDHODNIMI IPCC POROČILI

Poročilo AR6 WG II je pripravljeno na osnovi ključnih ugotovitev predhodnega poročila AR5 (iz leta 2014), treh kasnejših posebnih poročil (iz leta 2018 in 2019) in sočasni oceni poročil, ki jih pripravljata prva in tretja delovna skupina (poročilo AR6, WG I in WG III; iz leta 2022). Ugotovitve in ocenjevalni pristopi, ki so uporabljeni v teh poročilih, so ključna izhodišča za pripravo drugega dela poročila (WGII AR6). Ugotovitve kažejo na močno potrebo po nujnosti izvajanja podnebnih ukrepov, večjo osredotočenost na tveganja in iskanju kratkoročnih podnebnih rešitev z dolgoročnejšimi prehodi. Glavne ugotovitve poročila AR5 so:

- Vpliv človeka na podnebni sistem je jasen.
- Nedavne podnebne spremembe so močno vplivale na družbene in naravne sisteme.
- Nadaljevanje izpustov toplogrednih plinov bo povzročilo nadaljnje segrevanje in dolgotrajne spremembe v vseh komponentah podnebja, kar povečuje verjetnost resnih in nepopravljivih vplivov na ljudi in ekosisteme.
- Prilagajanje in blažitev sta komplementarni strategiji za zmanjšanje in obvladovanje tveganj podnebnih sprememb.
- Znatno zmanjšanje emisij v naslednjih desetletjih lahko zmanjša podnebna tveganja v 21. stoletju in poveča možnosti za učinkovito prilagajanje. Izzivi blaženja so zmanjšanje stroškov na dolgi rok in prispevati k odpornosti na podnebne spremembe pri doseganju ciljev trajnostnega razvoja.
- Učinkovito izvajanje je odvisno od politik in sodelovanja na vseh ravneh in se lahko okrepi s skupnimi odzivi, ki povezujejo prilagajanje in blažitev z drugimi družbenimi cilji.

V primerjavi s prejšnjimi ocenami IPCC o vplivih, prilagajanju in ranljivosti je ocena AR5 izpostavila nove podatke za pripisovanje opazovanih podnebnih sprememb in vplivov, bolj formalen pristop k oceni tveganja ter razširjeno oceno prilagajanja. V času AR5 je bilo zelo malo znanstvenih študij, ki bi proučevale vplive globalnega segrevanja za 1,5 °C nad predindustrijsko ravno.

Leta 2018 je IPCC pripravil posebno poročilo o vplivih globalnega segrevanja za 1,5 °C in s tem povezanih globalnih toplogrednih plinov. V poročilu je ocena razpoložljive literature o globalnem segrevanju za 1,5 °C in o primerjavi med globalnim segrevanjem za 1,5 °C in 2 °C nad predindustrijsko ravno. Obravnava tudi možne poti za doseganje ciljev Pariškega sporazuma. Ključne ugotovitve tega posebnega poročila (iz leta 2018) vključujejo naslednje ugotovitve:

- Globalno segrevanje bo verjetno doseglo 1,5 °C med letoma 2030 in 2052, če se bo še naprej povečevalo s trenutno stopnjo.
- Tveganja, povezana s podnebjem, za naravne in družbene sisteme so večja pri globalnem segrevanju za 1,5 °C kot trenutno, a manjša kot pri 2 °C. Večina potreb po prilagajanju bo manjša za globalno segrevanje za 1,5 °C v primerjavi z 2 °C.
- V modelih, ki so brez ali z omejeno prekoračitvijo za 1,5 °C se globalne neto antropogene emisije CO₂ zmanjšajo za približno 45 % od leta 2010 do leta 2030 (40–60-odstotni interkvartilni razpon), in dosežejo neto ničelne emisije okoli leta 2050 (2045–2055 interkvartilni razpon).
- Načini, ki odražajo trenutne nacionalno navedene ambicije blaženja, ki so opredeljene v okviru Pariškega sporazuma, ne bodo omejile globalnega segrevanja na 1,5 °C, tudi če se bo močno povečal obseg in ambicije po zmanjšanju emisij po letu 2030.

Leta 2019 je bilo objavljeno posebno poročilo o oceanu in kriosferi v spreminjajočem se podnebj, ki je bilo pripravljeno zaradi dejstva, da veliko ljudi na svetu, ki so najbolj izpostavljeni tveganjem zaradi podnebnih sprememb, živi v gorah ali blizu obale. Ključne ugotovitve tega poročila so naslednje:

- V zadnjih desetletjih je globalno segrevanje povzročilo obsežno krčenje kriosfere in nezmanjšano segrevanje oceanov s prevzemom več kot 90 % odvečne toplote v klimatskem sistemu. Morski vročinski valovi so se od leta 1982 podvojili, kar povzroča zakisanje oceanov. Globalna povprečna gladina morij se v zadnjih desetletjih pospešeno dviguje. Pogostejši tropski cikloni in vetrovi ter padavine poslabšajo ekstremne dogodke na morski gladini in povzročajo obalne nevarnosti.
- Vsi ti trendi so vplivali na ekosisteme, prehransko varnost, vodne vire, kakovost vode, preživetje, zdravje in dobro počutje, infrastrukturo, promet, turizem in rekreacijo ter kulturo v družbi, zlasti domorodnih ljudstev.
- Ledene plošče Grenlandije in Antarktike se bi naj v 21. stoletju vse hitreje talile. Predvideni odzivi ekosistema vključujejo izgubo habitatov in zmanjšanje biotske raznovrstnosti ter degradacijo funkcij ekosistema. Zaradi segrevanja vode so korale že v veliki nevarnosti in predvideva se, da obstaja zelo visoko tveganje, tudi če bo globalno segrevanje omejeno na 1,5 °C.
- Povečana povprečna in skrajna gladina morja bosta skupaj s segrevanjem in zakisanostjo oceanov predvidoma povečala tveganja za skupnosti, ki živijo v nižinskih obalnih območjih. Ljudje z največjo izpostavljenostjo in ranljivostjo so pogosto tisti z najmanjšo zmožnostjo za ukrepanje.
- Storitve, ki jih zagotavljajo ekosistemi, povezani z oceani in kriosfero, se lahko zagotavljajo z zaščito, obnovo, previdnostnim upravljanjem uporabe obnovljivih virov, ki temelji na ekosistemih, ter zmanjšanjem onesnaževanja.

- Obalne skupnosti se soočajo z zahtevnimi izbirami pri oblikovanju kontekstualno specifičnih in integriranih odzivov na dvig morske gladine, ki uravnatežijo stroške, koristi in kompromise razpoložljivih možnosti, ki jih je mogoče sčasoma prilagoditi.

Leta 2019 je IPCC objavil tudi posebno poročilo o podnebnih spremembah in zemljiščih, ki obravnava tokove toplogrednih plinov v kopenskih ekosistemi, rabo zemljišč in trajnostno upravljanje zemljišč v zvezi s prilagajanjem podnebnim spremembam in njihovim blaženjem, dezertifikacijo, degradacijo zemlje in prehransko varnost. Ključne ugotovitve tega posebnega poročila so naslednje:

- Človeštvo vpliva na več kot 70 % svetovne površine zemlje brez ledu. Zemljišča igrajo pomembno vlogo tudi v podnebnem sistemu. Podnebne spremembe so negativno vplivale na prehransko varnost in kopenske ekosisteme ter prispevale k dezertifikaciji (širjenju puščav) in degradacijo v mnogih regijah. Spremembe zemljiških razmer, bodisi zaradi rabe zemljišč ali podnebnih sprememb, vplivajo tako na globalno kot tudi regionalno podnebje.
- Večje povpraševanje po hrani, krmi in vodi, poraba in proizvodnja, ki zahtevata več virov, in omejene tehnološke izboljšave kmetijskih donosov povzročajo večja tveganja zaradi pomanjkanja vode v sušnih območjih, degradacijo tal in prehransko negotovost. Večina ocenjenih odzivnih možnosti pozitivno prispeva k trajnostnemu razvoju in drugim družbenim ciljem.
- Trajnostno gospodarjenje z zemljišči, vključno s trajnostnim gospodarjenjem z gozdovi, lahko prepreči oziroma zmanjša degradacijo zemljišč ter ohrani produktivnost zemljišč in včasih odpravijo škodljive vplive podnebnih sprememb na degradacijo tal. Lahko pa tudi prispevajo k blaženju in prilagajanju.
- Možnosti odzivanja v celotnem prehranskem sistemu, od proizvodnje do porabe, vključno z ostanki in odpadki hrane, je mogoče uporabiti za pospešeno prilagajanje in blaženje. Vse ocenjene modelirane ocene, ki omejujejo segrevanje na 1,5 °C ali precej pod 2 °C zahtevajo blaženje na zemljiščih in spremembo rabe zemljišč.
- Učinkovitost odločanja in upravljanja se poveča z vključevanjem lokalnih deležnikov (zlasti tistih, ki so ranljivi na podnebne spremembe, vključno z domorodnimi ljudstvi, lokalnimi skupnostmi, ženskami, revnimi in marginaliziranimi skupinami) v politikah za prilagajanje in blažitev podnebnih sprememb na kopnem.
- Kratkoročni ukrepi za obravnavanje prilagajanja podnebnim spremembam in njihove ublažitve, dezertifikacije, degradacije tal in prehranske varnosti lahko prinesejo družbene, ekološke, gospodarske in razvojne so-koristi.

Leta 2021 je prva delovna skupina IPCC objavila svoje šesto ocenjevalno poročilo o fizikalnih osnovah podnebnih sprememb (AR6, WG I). Ključne ugotovitve poročila vključujejo naslednje ugotovitve:

- Obseg nedavnih sprememb podnebnega sistema kot celote in trenutno stanje mnogih vidikov podnebnega sistema sta brez primere v več stotih oziroma tisoč letih .
- Globalna površinska temperatura bo vsaj do sredine stoletja po vseh obravnavanih scenarijih emisij še naprej naraščala. Globalno segrevanje za 1,5 °C in 2 °C bo v 21. stoletju preseženo, razen če ne bo v prihodnjih desetletjih prišlo do velikega zmanjšanja emisij CO₂ in drugih toplogrednih plinov.
- Veliko sprememb, ki so nastale zaradi preteklih oziroma prihodnjih emisij toplogrednih plinov so nepovratne in dolgotrajne, predvsem tiste, ki se nanašajo na morja in oceane (krčenje ledu, dvig morske gladine).

- Z nadaljnjim globalnim segrevanjem se predvideva, da bo vsaka regija vse pogostejše doživljala sočasne in večkratne spremembe dejavnikov podnebnih vplivov. Spremembe več dejavnikov vpliva na podnebje bi bile večje pri 2 °C v primerjavi z globalnim segrevanjem pri 1,5 °C in celo še bolj razširjene in/ali izrazite pri višjih stopnjah segrevanja. Taljenja ledenih plovč, nenadne spremembe cirkulacije oceanov, nekateri drugi ekstremni dogodki ter segrevanje, ki je bistveno večje od ocenjenega obsega segrevanja v prihodnosti ni mogoče izključiti in so del ocene tveganja.
- Z vidika fizikalne znanosti omejitev globalnega segrevanja, ki ga povzroči človek, zahteva omejitev emisij kumulativnega CO₂ na določeno raven, doseganje vsaj ničelnih neto emisij CO₂, skupaj z močnim zmanjšanjem drugih emisij toplogrednih plinov. Močno, hitro in trajno zmanjševanje emisij bi tudi omejilo učinek segrevanja, ki je posledica zmanjšanja onesnaženosti z aerosoli, kar bi izboljšalo kakovost zraka.

V AR6 WG I so predstavljeni tudi drugi načini ocenjevanja podnebnih sprememb. Na primer, nedavna skupna delavnica med Medvladno platformo za znanstveno politiko o biotski raznovrstnosti in ekosistemskih storitvah in IPCC. Tukaj so bile podane ključne ugotovitve, ki so pomembne za delo druge delovne skupine (AR6 WGII). V širšem kontekstu je delavnica raziskovala različne vidike interakcij med podnebjem in biotsko raznovrstnostjo, od trenutnih trendov do vloge in izvajanja na naravi temelječih rešitev ter trajnostnega razvoja družbe. Ključni poudarki delavnice vključujejo naslednje ugotovitve:

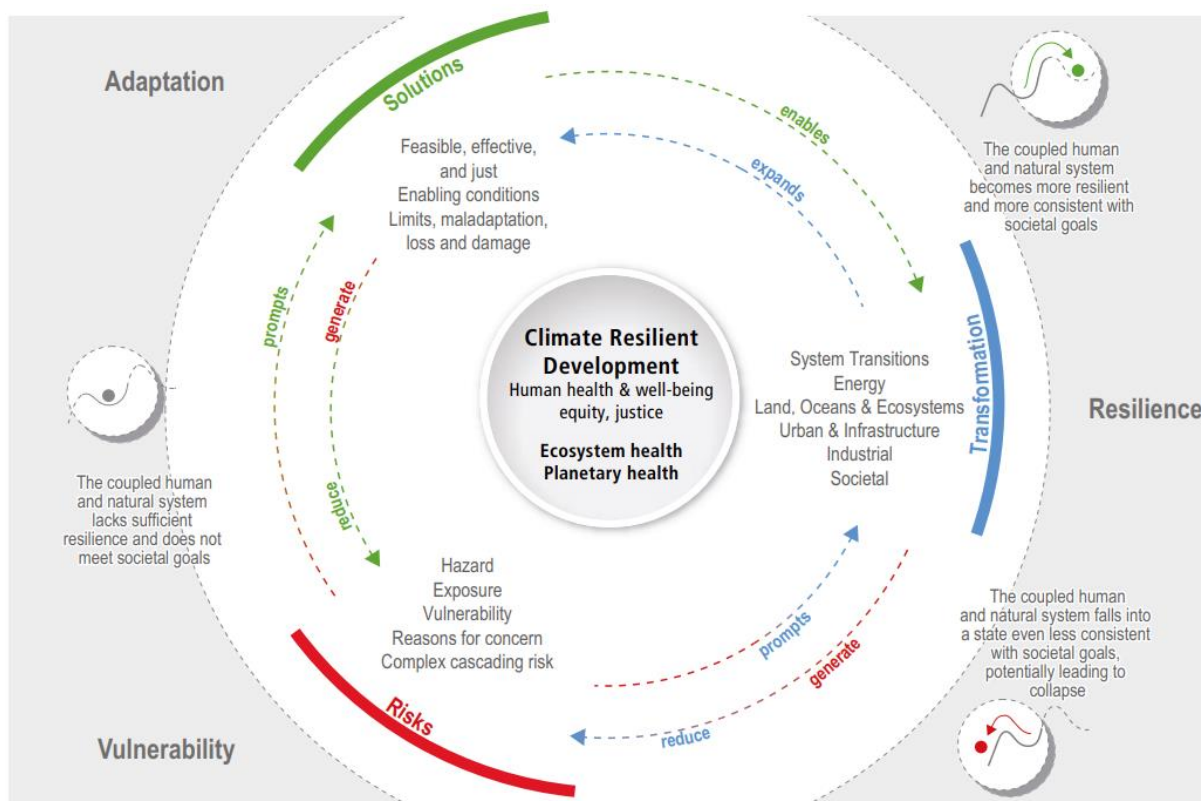
- Omejitev globalnega segrevanja, da bi lahko zagotovili podnebje, ki je primerno za bivanje in varovanje biotske raznovrstnosti sta cilja, ki se medsebojno podpirata. Doseganje teh ciljev je ključnega pomena za trajnostno in pravično zagotavljanje koristi ljudem.
- Več kopenskih in oceanskih ukrepov za zaščito, trajnostno upravljanje in obnovo ekosistemov ima sočasne koristi za ublažitev podnebja, prilagajanje podnebjem in biotsko raznovrstnost.
- Ukrepi, ki so ozko osredotočeni na blažitev podnebnih sprememb in prilagajanje nanje, imajo lahko neposredne in posredne negativne vplive na naravo in njenega učinka na ljudi.
- Ukrepi, ki so ozko osredotočeni na zaščito in obnovo biotske raznovrstnosti, imajo na splošno pomembne posredne koristi na blaženje podnebnih sprememb, vendar te koristi niso optimalne v primerjavi z ukrepi, ki upoštevajo tako biotsko raznovrstnost kot podnebje.
- Obravnavanje podnebja, biotske raznovrstnosti in človeške družbe kot povezanih sistemov je ključno za uspešne rezultate političnih posegov.
- Transformativne spremembe v upravljanju družbeno-ekoloških sistemov lahko pomagajo ustvariti načine, ki izboljšajo odpornost na podnebje in ohranjajo biotsko raznovrstnost.

3. TVEGANJA, RANLJIVOST, PRILAGAJANJE

V tem poglavju so iz poročila AR6 WG II predstavljeni ključni koncepti in povezave med njimi, ki predstavljajo različna izhodišča za razumevanje vplivov podnebnih sprememb na prilagajanje in ranljivost.

Številni akterji iz različnih raziskovalnih področij se ukvarjajo z razumevanjem in odzivi na podnebna tveganja. Zato tudi ni presenetljivo, da v literaturi obstajajo različni alternativni, prekrivajoči in komplementarni koncepti. V zadnjih letih je koncept tveganja in obvladovanja tveganj osrednjega pomena pri raziskovanju podnebnih sprememb ter raziskovanju njihovih vplivov na prilagajanje in ranljivost. Ti koncepti predstavljajo implementacijo rešitev, ki zmanjšujejo škodljive posledice podnebnih sprememb, zasledujejo priložnosti in prispevajo k razvoju družbe, gospodarstva in narave.

Pri pripravi poročila AR6 so vse tri delovne skupine (WG I, II, III) uporabljale skupni okvir tveganja. Dodatni koncepti – prilagajanje, ranljivost, izpostavljenost, odpornost in preobrazba pa prav tako zagotavljajo pomembne okvire za spremljanje podnebnih izzivov.



Zgornji grafični prikaz prikazuje povezave med mnogimi ključnimi koncepti, ki so uporabljeni v AR6. Ključni koncepti, ki prispevajo k razumevanju tveganja, vključujejo njegove nevarnosti, izpostavljenost in ranljivost ter kažejo, da so lahko tveganja zapletena in kaskadna.

OBLIKOVANJE TVEGANJ

V poročilu AR6 WG II je tveganje opredeljeno kot možnost neželenih posledic za družbene ali naravne sisteme, ob priznavanju raznolikosti vrednot in ciljev, ki so povezani s temi sistemi. V kontekstu vpliva na podnebne spremembe, so tveganja posledica dinamičnih interakcij med nevarnostmi, povezane s podnebjem, ki so jim izpostavljeni družbeni ali naravni sistemi. V kontekstu odzivov na podnebne spremembe pa tveganja izhajajo iz možnosti, da ti odzivi ne dosegajo predvidenih ciljev ali pa izhajajo iz morebitnih kompromisov oziroma negativnih stranskih učinkov.

Upravljanje tveganj je opredeljeno z izvedbenimi načrti, ukrepi, strategijami ali politikami za zmanjšanje verjetnosti in/ali obsega škodljivih možnih posledic na podlagi ocenjenih ali zaznanih tveganj. Oblikovanje tveganj se vse bolj uporablja za ocenjevanje vplivov podnebnih sprememb na družbene in naravne sisteme. Okvir tveganja odraža razsežnosti pri raziskovanju podnebnih sprememb. Te vključujejo spremljanje velikega števila rezultatov (vključno s škodljivimi posledicami in koristnimi priložnostmi), negotovosti, podatke, ter prednostne naloge in cilje. Poročilo AR6 WG II in povezana posebna poročila uporabljajo široko definicijo tveganj. V večini primerov se v poročilu AR6

WG II „tveganje“ nanaša na tveganja vplivov podnebnih sprememb. Skupna ocena tveganja pa vključuje vsa ustrezna tveganja zaradi vplivov in odzivov na podnebne spremembe.

Široka opredelitev tveganja vključuje kvantitativno in integrativno razumevanje tveganja. Tveganje je včasih definirano kot verjetnost posledice, pomnožene z obsegom te posledice, pri čemer se upošteva tako raznolikost možnih posledic kot ustreznost vrednosti. Vendar pa velja tudi v okoliščinah, kjer verjetnosti ni mogoče v celoti kvantificirati. Na primer, v nekaterih primerih sta verjetnost in obseg posledic lahko bolj negotova in odvisna od kompleksnih razsežnosti podnebja (npr. ciklon, visoka plima in vročinski val, ki se pojavljajo sočasno) ali ranljivosti različnih skupnosti.

Oblikovanje tveganja podpira povezave z rešitvami. Oblikovanje tveganj povezuje sedanost s prihodnostjo. Na primer, naravne nesreče (npr. požar), so pokazale nedavne omejitve trenutnih odzivnih zmogljivosti, ki so pomembne za prihodnjo pripravljenost (npr. evakuacija velikih skupnosti v kratkih časovnih okvirih ali upravljanje voda, ki se hkrati odziva na vse večjo sušo in poplave).

Pri oblikovanju tveganj so negotovosti in kompleksne interakcije sestavni del odločanja. Negotovosti vključujejo takšne rezultate, ki so malo verjetni, vendar imajo velik vpliv ter močne negotovosti, pri katerih ključni procesi niso v celoti razumljeni, zaradi česar smiselne verjetnosti ni mogoče uporabiti. V teh okoliščinah se lahko ocena tveganja izvede s pomočjo orodij, ki se uporabljajo za obvladovanje tveganj (npr. zavarovanje, socialna zaščita, varnost, načrtovanje politik, odločanje) je lahko iterativno in podpira dinamično prilagajanje skozi čas. Iterativno obvladovanje tveganja poudarja, da odzivanje na podnebne spremembe ne obsega enoznačnih odgovorov v točno določenem času, ampak sproten (ongoing) cikel ocenjevanja ukrepanja, ponovnega ocenjevanja, učenja in iskanja ustreznih odzivov. Na primer Pariški sporazum je organiziran kot policentričen proces ponavljajočega se obvladovanja tveganj v katerem se nacionalne vlade zavežejo, da bodo sprejele predvidene ukrepe. Ti ukrepi se spremljajo in ocenjujejo, države pa jih morajo vseskozi posodabljati glede na te ocene.

RANLJIVOST

Ranljivost je sestavni del tveganja, ki pa ga je potrebno obravnavati ločeno. V poročilu AR6 WG II je ranljivost opredeljena kot stopnja podvrženosti in neodpornosti sistema za negativne vplive podnebnih sprememb. Ranljivost je odvisna od značaja, velikosti in obsega podnebnih sprememb, nihanj, ki jim je sistem izpostavljen ter od občutljivosti in prilagoditvene sposobnosti sistema.

Vključuje različne koncepte in elemente, vključno z občutljivostjo ali dovzetnostjo škode in pomanjkanja sposobnosti za obvladovanje in prilagajanje. V zadnjih nekaj desetletjih so se razvili različni pristopi k analizi in ocenjevanju ranljivosti. V začetku je bil uporabljen pristop od zgoraj-navzdol, ki vključuje bio-fizično oceno ranljivosti in se jo ocenjuje z izpostavljenostjo podnebnim nevarnostim pri ocenjevanju ranljivosti. Nadalje so se razvili različni pristopi od spodaj-navzgor, ki obravnavajo različne družbene in kontekstualne ranljivosti, ki se med seboj pogosto razlikujejo. Za ranljivost zdaj na splošno velja, da se koncepti razlikujejo znotraj skupnosti in med družbami ter se tudi spreminjajo skozi čas.

V poročilu AR6 WGII so na podlagi pregleda literature predstavljeni različni pristopi ocene ranljivosti družbe, ki temeljijo na razpoložljivih študijah. V tem kontekstu je izpostavljenost opredeljena kot vpliv na življenje ljudi, vrste ali ekosisteme, okoljske funkcije, storitve in vire, infrastrukturo ali gospodarske, družbene in kulturne dobrine v krajih in okoljih, ki lahko na njih negativno vpliva.

Ranljivost je tudi povezava med podnebnim tveganjem in obvladovanjem tveganja za nesreče v skupnosti, s prepoznavanjem dopolnjevanja in razlik v družbi. Obvladovanje tveganja za nesreče je skupek procesov, ki izboljšujejo razumevanje tveganja za nesreče, spodbujajo zmanjševanje tveganja za nesreče in prenos ter spodbujanje nenehnih izboljšav v primeru nesreč. Podnebno tveganje in tveganje za nesreče se vse pogosteje obravnavata skupaj in prispevata k prilagajanju podnebnim spremembam in zmanjšanju tveganja za nesreče v skupnosti. Na podlagi znanstvene literature ter obstoječih praks prilagajanja podnebnim spremembam in zmanjševanja tveganja je bilo pripravljeno posebno poročilo IPCC o ekstremih, ki predstavlja pomemben napredek IPCC metodologije, katerega izsledki so uporabljeni v tem poročilu. Pri tem je poudarek na tveganju in s podnebjem povezanimi ekstremi. Pokazalo se je, da je potrebno na novo konceptualizirati ranljivost, da bi zajeli tako družbene, kot tudi bio-fizične usmeritve. Povezovanje zmanjšanja tveganja za nesreče in prilagajanje podnebnim spremembam lahko predstavlja podlago za razprave v podnebnih pogajanjih o dodeljevanju sredstev, potrebnih za boj proti podnebnim spremembam, predvsem v državah v razvoju. Integracija obvladovanja tveganja za nesreče in prilagajanje podnebnim spremembam v poročilu AR6 WG II je vidna na primer pri oceni ključnih tveganj znotraj posameznih sektorjev in regij.

PRILAGAJANJE

Prilagajanje je v poročilu AR6 WG II opredeljeno kot proces prilagajanja dejanskemu ali pričakovanemu podnebjju in njegovim vplivom, s ciljem, da ublažijo škodo, ki je nastala zaradi podnebnih sprememb. V naravnih sistemih je prilagajanje proces prilagajanja dejanskemu podnebjju in ugotavljanju njegovih učinkov. Načrtovanje prilagajanja v družbenih sistemih vključuje proces ponavljajočega se upravljanja s tveganji.

Proces prilagajanja lahko razdelimo na pet stopenj: (a) zavedanje, (b) ocenjevanje, (c) načrtovanje, (d) izvajanje in (e) spremljanje in vrednotenje. Vladni, nevladni in zasebni sektorski deležniki so sprejeli široko paleto posebnih pristopov k prilagajanju, ki v različni meri obravnavajo teh pet splošnih načel.

IPCC ocena prilagajanja se je razvijala skozi čas. V poročilu AR4 je bilo eno poglavje namenjeno prilagajanju. V poročilu AR5 je bilo prilagajanje razširjeno na štiri poglavja, medtem ko se v poročilu AR6 WG II koncepti prilagajanja prepletajo skozi celotno poročilo. Kljub temu, da je bil na področju prilagajanja narejen velik napredek, predvsem na področju vrednotenja učinkov in oceni izvedljivosti ukrepov prilagajanja. Še vedno pa obstajajo vrzeli na področju modeliranja in analiziranja prilagajanja podnebnim spremembam. Poročilo AR6 WG II poudarja oceno opazovanih odzivov, povezanih s prilagajanjem na podnebne spremembe, upravljanje in odločanje pri prilagajanju, vlogo prilagajanja pri zmanjševanju ključnih tveganj, kot tudi omejitve prilagajanja. Tovrstni pristop upošteva prilagoditvene potrebe, možnosti, načrtovanje in izvajanje po sektorjih in regijah ter prilagoditvene možnosti, ovire in omejitve prilagajanja.

Od objave poročila AR5 je bilo veliko pozornosti namenjeno prilagajanju, pri čemer se je težišče dejavnosti razširilo predvsem na družbene, institucionalne in upravljske razsežnosti, ki presegajo tehnične možnosti ter procese odločanja onkraj tehnokratskih, linearnih okvirjev. Pri prilagajanju na podnebne spremembe se posveča več pozornosti izvajanju ukrepov, spremljanju in vrednotenju ter kontinuiranemu učenju. Pomemben napredek predstavlja spoznanje, da so za učinkovito izvajanje prilagajanja potrebna izgradnja zmogljivosti, kot so viri in znanje. Prilagajanje se s tem močno prekriva z obvladovanjem tveganja in z gradnjo odpornosti ter trajnostnim razvojem.

RASTLINSKA PRIDELAVA

TRENUTNI VPLIVI

- *Vplivi na glavne rastlinske pridelke*

Poročilo AR5 (iz leta 2014) navaja, da višje temperature koristijo kmetijstvu v visokih zemljepisnih širinah; nedavne študije podpirajo te navedbe. Tipični primeri vključujejo širitev območij pridelave proti severu in zmanjšanje hladnega stresa v Vzhodni Aziji in Severni Ameriki.

Nedavni trendi segrevanja na splošno kažejo na skrajševanje življenjskega cikla večine poljščin. Nekatere študije pa kažejo na podaljšano trajanje rasti pridelkov (kljub trendom segrevanja). To velja predvsem za območja v srednjih do visokih zemljepisnih širinah (rezultat premikov v datumih sajenja in/ali uvedbe dolgotrajnejših sort rastlin). Nasprotno pa študije za območja v srednjih do nizkih zemljepisnih širinah v Aziji kažejo, da pridelovalci dajejo prednost zgodaj dozorelih sort, z namenom, da bi zmanjšali tveganje škode zaradi suše, poplav in/ali vročine. Vse zgoraj naštetu nakazuje, da se v različnih delih sveta že pojavljajo prilagoditve, specifične za posamezne regije.

Globalni hektarski pridelki glavnih poljščin so se od leta 1960 povečali za 2,5 do 3-krat. To je predvsem rezultat žlahtnjenja, gnojenja, namakanja in integriranega varstva rastlin, vendar pa so nekatere študije pokazale tudi na pomembne vplive nedavnih podnebnih trendov na pridelek. Spremembe se kažejo v zmanjšanju pridelka zaradi temperatur in emisij. Torej, če bi izključili vpliv antropogenih podnebnih sprememb na pridelavo, bi lahko bil globalni hektarski pridelek še večji, oziroma obratno povedano, z naraščajočo temperaturo in ekstremnimi vremenskimi pojavi se pojavlja izpad globalnih kmetijskih pridelkov.

Vpliv podnebja v zadnjih 20 do 50 letih se razlikujejo glede na posamezne rastlinske pridelke in regije. Pozitivni učinki na rastlinske pridelke so bili ugotovljeni za riž in pšenico v Vzhodni Aziji ter za pšenico v Severni Evropi. Negativni učinki na rastlinske pridelke pa so večinoma v podsaharski Afriki, Južni Ameriki in na Karibih, Južni Aziji ter Zahodni in Južni Evropi. Na primer, v Zahodni Afriki je segrevanje za 1 °C nad predindustrijsko dobo povečalo vročino in ekstremne količine padavin ter zmanjšanje pridelka pri prosu (za 10–20 %) in sirku (5–15 %). V Avstraliji so zmanjšana količina padavin in povišane temperature zmanjšale pridelek pšenice za 27 % (med leti 1990 in 2015). V Južni Evropi je segrevanje podnebja negativno vplivalo na hektarski pridelek skoraj vseh glavnih poljščin, kar je privedlo do nedavne stagnacije v količini pridelkov.

Spremenljivost podnebja je glavni razlog za letna nihanja v rastlinski pridelavi. Vpliv podnebja v posameznem letu je na splošno bolj izrazit v produktivnih regijah (pomembnejših proizvajalkah hrane), manj pa v manj produktivnih regijah. Namreč, v slednjih obstajajo tudi druge omejitve pri pridelavi hrane (npr. prisotnost škodljivcev, bolezni in slaba rodovitnost tal). Kljub temu pa ima nihanje v letnem pridelku v manj produktivnih regijah zelo močan vpliv na lokalno razpoložljivost hrane in s tem preživetje.

S podnebjem povezane nevarnosti, ki povzročajo izgubo skupnega pridelka, se povečujejo. Globalne izgube pridelka, povezane s sušo, so se pojavile na približno 75 % kmetijskih površin in so se v zadnjih letih povečale. Vročinski valovi so zmanjšali pridelek pšenice in riža. Skupni učinki vročine in suše so

zmanjšali svetovni povprečni pridelek koruze, soje in pšenice za okoli 10 %. V Evropi so se izgube pridelka zaradi suše in vročine v zadnjih 50 letih potrojile. Na svetovni ravni so se v zadnjih 50 letih povečale tudi poplave, ki so povzročile škodo na pridelkih in tudi zmanjšale hektarskih pridelkov zaradi odlašanja s sajenjem.

- ***Vplivi na ostale rastlinske pridelke (zelenjava, sadje, oreški in vlaknine)***

Vpliv podnebnih sprememb na druge rastlinske vrste je slabo raziskan. Obstajajo sicer nekatere študije o pozitivnih vplivih, vendar splošne ugotovitve kažejo na negativne vplive.

Za rastline, kjer se pridelki obirajo nad zemljo (zelenjava, sadje itd.), študije kažejo, da podnebne spremembe v zmernih regijah lahko doprinesejo k večjim pridelkom, v subtropskih in tropskih regijah pa imajo negativen vpliv (predvsem negativni vplivi vročine in suše). Rastlinske vrste so različno občutljive na vročino in sušo ter na kombinacije teh obremenitev. Pridelki so še posebej občutljivi na stres zaradi vročine in suše med opraševanjem in nastavljanjem plodov. Pridelovalci opažajo tudi širjenje škodljivcev in bolezni zaradi segrevanja.

Negativni učinki podnebnih sprememb se kažejo tudi na podzemni zelenjavi (npr. gomolji), ki je pomembna hrana v mnogih predelih tropskega in subtropskega območja. Segrevanje in spremenljivost podnebja sta spremenila stopnjo razvoja gomoljev, pri čemer se vplivi na pridelek razlikujejo glede regijo (vključno s povečanjem pridelka). Tovrstna zelenjava velja za bolj odporno, vendar je suša bolj občutljiva od žita. Zato je zelo pomembna oskrba z vodo v času rasti in razvoju gomoljev.

Med trajnimi nasadi so bile večje raziskovalne pozornosti deležne le vinska trta, oljka, mandelj, jablana, kava in kakav. V regijah višjih zemljepisnih širin je glavna skrb učinek temperaturne variabilnosti (s tem stabilnost pridelka), škodljivcev in bolezni ter fenološki razvoj (tveganja za prehitro fenološki razvoj). Za regije z nižjo zemljepisno širino so študije skope, kažejo pa na povečano umrljivost dreves in izgubo pridelka zaradi suše, vročine in spremenljivih vremenskih vplivov. Pri sadnem drevju segrevanje in spremenljive vremenske razmere vplivajo na kakovost sadja (okus, tekstura, barva itd.). Na stabilnost letine vplivajo spremenljive vremenske razmere, spremembe v prostorski porazdelitvi škodljivcev in patogenov ter neusklajenost pomembnih fenoloških faz. Trajni nasadi so še posebej občutljivi na te vplive, saj so podnebju izpostavljeni skozi vse leto, z malo možnosti, da bi pridelovalci lahko prilagodili datum ali lokacijo sajenja.

Pri rastlinah, namenjenih za vlakna, je najbolje raziskan bombaž. Ker je bombaž odporen na vročino in se pridelek z temperaturo povečuje, so tukaj pričakovani pozitivni vplivi. Vendar pa so zabeleženi mešani vplivi, pozitivni zaradi višje temperature in negativni zaradi vpliva na fenološke faze in potreb po vodi. Zaznano je tudi povečano širjenje škodljivca bombaževega črva (angl. cotton bollworm).

Vprašanja, povezana z vplivi podnebnih sprememb na razpoložljivost vode (oskrba s padavinami in namakanjem), so vse bolj v ospredju. Večja pojavnost suše v kombinaciji z omejenim dostopom do vode za namakanje je pomembna omejitev in predstavlja pereče vprašanje. Omejitev dostopa do vode lahko privede do odstranitve nekaterih rastlinskih vrst iz določenih regij (npr. dobro poznan primer kalifornijskih mandljevcev; zaradi omejitve dostopa do vode so morali pridelovalci mandljevce izsekati).

- ***Vplivi na škodljivce, bolezni in plevel***

Študije so pokazale, da pogostejši izbruhi bolezni in širjenje škodljivcev zaradi podnebnih sprememb predstavljajo resno skrb. Trenutno je ta problematika še premalo raziskana, predvsem zaradi težav pri ocenjevanju medsebojnega delovanja več vrst škodljivcev in primanjkovanja podatkov spremljanja sprememb škodljivcev in bolezni, ki jih je mogoče pripisati nedavnim podnebnim trendom. Ne glede na to, zadnje ugotovitve kažejo, da se populacije številnih pomembnih skupin škodljivcev in povzročiteljev bolezni širijo proti obema poloma. Populacije nekaterih vrst škodljivcev se različno odzivajo na podnebne spremembe, nekatere spreminjajo svoje trenutno območje razširjenosti (se širijo ali krčijo), nekatere vztrajajo ali pa izginjajo iz svojih območij. Nove porazdelitve populacij lahko ustvarijo nove kombinacije vrst ali ločijo obstoječe, vendar je trenutno težko predvideti njihove posledice za prihodnjo pridelavo hrane.

Plevel je pomembna omejitev pri pridelavi hrane. Podnebne spremembe bi lahko spodbudile rast in razvoj plevela bolj kot zaželenih rastlin. Prvič, spremembe temperature in padavin lahko spremenijo obseg, sestavo in konkurenčnost avtohtonih in invazivnih plevelov. Drugič, naraščajoče koncentracije CO₂ povečujejo razvoj C3 rastlin (približno 85 % rastlinskih vrst, vključno s številnimi pleveli), s čimer se povečuje učinkovitost rabe vode v rastlinah s potencialno močnimi učinki za nastanek novih invazivnih rastlinskih vrst. Zaradi podnebnih sprememb se bodo nekatere invazivne vrste na neobdelanih območjih še bolj razširile, razmnožile in postale bolj konkurenčne (invazivne rastline se ugodneje odzivajo na povišane koncentracije CO₂ in povišane temperature kot domače rastline), zaradi česar bo kemično zatiranje plevela z herbicidi bolj problematično. Pomikanje invazivnih vrst na druga območja lahko ustvari pogoje za njihov razmah, zlasti če je kmetijstvo na teh območjih omejeno. Zaradi spremenjenih razmer v okolju (padavine, hitrost vetra itd.) in povečanih koncentracij CO₂ se povečuje tudi tveganje za slabšo učinkovitost herbicidov.

Toplejše podnebje povečuje potrebe po pesticidih. Zvišanje temperature in koncentracij CO₂ lahko zmanjša učinkovitost delovanja pesticidov (vpliv na proces delovanja). Intenzivne padavine zmanjšajo tudi učinkovitost pesticidov (tako kot herbicidov). Invazivni škodljivci in patogeni pa povzročijo dodatne stroške za pridelavo hrane. Hitro in obsežno širjenje škodljivcev je že velika grožnja prehranski varnosti (npr. nedavni izbruh puščavskih kobilic).

Zaradi podnebnih sprememb se bo povečala potreba po nadzoru škodljivcev, bolezni in plevelov. Uporaba strupenih kemikalij predstavlja tudi tveganje za zdravje ljudi in okolje. Nadzor nad spremljanjem razširjenosti in škode, analize tveganja in podnebno pametne strategije za nadzor z minimalnimi vplivi na zdravje ljudi in okolja so pomembni pristopi pri soočanju s podnebnimi spremembami.

- ***Vplivi ozona na rastlinske pridelke***

Troposferski ozon stopnjuje negativne vplive podnebnih sprememb. Ozon je onesnaževalec zraka z negativnim vplivom na vsa živa bitja. Je močan oksidant, ki zmanjšuje fiziološke funkcije, s čimer lahko prizadene pridelek in kakovost pridelkov. Koncentracija površinskega ozona se je od poznega 19. stoletja močno povečala in na nekaterih lokacijah in/ali obdobjih doseže ravni, ki škodujejo rastlinam, živalim in ljudem. Podobno kot škodljivci in bolezni, vročina ter suše tudi ozon negativno vpliva na globalne izgube pridelkov. Višje temperature ne povečajo samo proizvodnjo ozona, temveč tudi absorpcijo ozona v rastline, kar zmanjša pridelek in kakovost (poškoduje rastlinsko tkivo in zmanjša preživetje; predvsem so prizadeti listi, ki se tudi obarvajo).

OCENA RANLJIVOSTI

Od zadnjega poročila (AR5) je ocena ranljivosti postala ključni sestavni del analize tveganja, povezanega s podnebnimi nevarnostmi, podnebnimi spremembami in spremenljivostjo podnebja. Ocena ranljivosti je lahko sektorska ali regionalna, vključuje pa tudi socialne in ekološke kazalnike. V tem poglavju so predstavljeni primeri ocen ranljivosti na podnebne nevarnosti in socialne ranljivosti.

Ranljivost na podnebne nevarnosti

Suša je glavni dejavnik tveganja pri pridelavi hrane po vsem svetu, s precejšnjimi gospodarskimi izgubami, vplivi na preživetje in na zdravje (podhranjenost). Ranljivost za sušo je mogoče oceniti z vrsto kazalnikov. Študije kažejo, da regionalne razlike v ranljivosti bodisi povečajo ali zmanjšajo tveganja na sušo. Na primer, visoka tveganja so opažena v Južni Afriki, Zahodni Aziji in osrednji Aziji in so tudi posledica visoke ranljivosti teh regij (t.i. nizka sposobnost obvladovanja), medtem ko so tveganja za sušo v drugih regijah relativno nizka kljub visoki izpostavljenosti suši (t.i. relativno visoka sposobnost prilagajanja na sušo).

Študije na regionalnih ravneh poudarjajo pomen sposobnosti prilagajanja. Na primer, proizvodnja riža in koruze v delti Mekonga v Vietnamu je zelo izpostavljena številnim podnebnim nevarnostim, kot so poplave, dvig morske gladine, vdor slanosti in suša. Ta tveganja pa je mogoče ublažiti z relativno visoko sposobnostjo prilagajanja zaradi infrastrukture, virov in visoke stopnje izobrazbe. Druga regionalna študija je pokazala, da so neredno deževje in visoke temperature v Južni in Jugovzhodni Afriki povečali ranljivost kmetijskih tal in s tem poslabšali vplive dolgotrajnih in pogostih suš. Tudi študije na ravni kmetije ponazarjajo ranljivost za podnebne nevarnosti. Študije na področju pridelave kave v Srednji Ameriki so pokazale, da se ključni kazalniki ranljivosti zelo razlikujejo med regijami in med kmetijami, od pomanjkanja delovne sile, infrastrukture, kmetijskih praks in prevoza, ki omejuje dostop do trga, tehnične in finančne pomoči. Ti dejavniki ranljivosti, specifični za regijo in/ali kmetijo, pomagajo pri prepoznavanju načinov za povečanje odpornosti na podnebne nevarnosti.

Neenakosti v sistemih pridelave

Pridelovalci pomembnejših kmetijskih pridelkov bodo imeli koristi od novih sort, ostali pa bodo odvisni od domačih sort iz lokalne dediščine. Po drugi strani pa ima lokalno znanje in prakse malih kmetov pomembno vlogo pri podpiranju kmetijske biološke raznovrstnosti, ki zagotavlja tudi odpornost na obremenitve, povezane s podnebjem. V povezavi s slednjim mednarodne raziskave kažejo, da subvencije in podpora za uporabo zgolj nekaterih pomembnejših kmetijskih rastlin vplivajo na zmanjšanje kmetijske biološke raznovrstnosti. Primanjkuje tudi agronomskih inovacij in raziskav za pridelavo manj zastopanih kmetijskih rastlin. Celo nekateri proizvodi z visoko vrednostjo, pridelani izven razvitih držav, trpijo zaradi pomanjkanja dostopa do posojil, raziskav in inovacij. Obstaja nevarnost, da bo pomanjkanje prilagoditvenih zmogljivosti in političnih podpor spodbudilo pridelovalce, da se bodo še bolj oddaljili od pridelave raznolikih kmetijskih pridelkov, kar bo dodatno zmanjšalo odpornost prehranskih sistemov, z povečanimi izgubami pridelkov zaradi škodljivcev, bolezni in suše ter morebitne izgube lokalnih znanj. V andskem Altiplanu v Boliviji so na primer kmetje tradicionalno obdelovali raznolik nabor kmetijskih pridelkov, ki so odporni na sušo in zmrzal (z uporabo dobrih praks izbire in izmenjave semen), vendar so se soočali s porastom škodljivcev in bolezni ter upadom tradicionalnih kmetijskih rastlin zaradi podnebnih obremenitev, izseljevanja in intenzifikacije kmetijstva.

PREDVIDENI VPLIVI

➤ *Učinek povečanega CO₂ v atmosferi*

Povišane koncentracije CO₂ spodbujajo fotosintezo in kopičenje biomase C3 rastlin ter povečujejo učinkovitost rabe vode rastlin, vključno s C4 rastlinami. Nekatere rastline imajo morda večjo zmogljivost za povečano biomaso pri povišanih koncentracijah CO₂, čeprav to ne vodi nujno do večjih hektarskih pridelkov.

Nedavne študije so pokazale, da so učinki povišanega CO₂ večji v pogojih z omejeno količino vode, vendar lahko suša včasih tudi izniči pozitivne učinke CO₂. Obstajajo namreč pomembne interakcije med CO₂, temperaturo, sortami, dušikovimi in fosfornimi hranili: pozitivne učinke naraščajočega CO₂ na pridelek znatno zmanjšajo višje temperature (pri soji, pšenici in rižu). Pri zelenjavi, kjer pridelki rastejo nad zemljo, študije kažejo, da lahko v nekaterih primerih povišan CO₂ zmanjša negativne vplive drugih dejavnikov podnebnega stresa, v drugih primerih pa ostali negativni učinki izničijo potencialno korist povišanega CO₂. Tudi med sortami obstajajo velike razlike v odzivu pridelka na povišan CO₂; pozitivne korelacije se kažejo pri rižu in soji, kar kaže na potencialen razvoj sort za večjo produktivnost pridelka pri prihodnjih povečanih koncentracij CO₂.

Potrebno pa je poudariti, da povišan CO₂ zmanjša vsebnost nekaterih pomembnih hranilnih snovi, kot so beljakovine, železo, cink, ter tudi pridelke nekaterih žit, sadja in zelenjave (odvisno od vrste pridelka in sorte). Nedavne študije kažejo tudi nasprotujoče si interakcije med CO₂ in temperaturo pri pšenici, soji in rižu, kjer vročinski stres izniči škodljiv učinek povišanega CO₂ na nekatere hranilne snovi.

➤ *Predvideni vplivi na glavne rastlinske pridelke*

Predhodna IPPC poročila so ocenila, da bo globalno zmanjšanje vsega pridelka zaradi podnebnih sprememb približno 1 % na desetletje. Nove raziskave kažejo, da bodo podnebne spremembe nesorazmerno vplivale na pridelek med regijami, pri čemer se na večini območij pričakuje več negativnih kot pozitivnih učinkov, zlasti v regijah z trenutno višjimi temperaturami, vključno z Afriko ter Srednjo in Južno Ameriko.

V zadnjem času je bilo objavljenih veliko strokovnih člankov, kjer so raziskovalci simulirali pridelke štirih glavnih poljščin (koruza, riž, soja in pšenica) z uporabo podatkov Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5). Večina teh študij se je osredotočala na spremembo pridelka zaradi podnebnih sprememb, vendar te študije ne upoštevajo tehnološkega napredka. Kljub temu so koristne za vpogled v vplive podnebnih sprememb. Vpliv podnebnih sprememb na pridelek brez predvidenega prilagajanja v 21. stoletju je na splošno negativen (na desetletje: -2,3 % za koruso, -3,3 % za sojo, -0,7 % za riž in -1,3 % za pšenico), kar je skladno s prejšnjimi ocenami IPCC. Učinki se med posameznimi pridelki, časovnim okvirom in scenariji zelo razlikujejo. Razlike v predvidenih vplivih po različnih scenarijih do sredine stoletja niso izrazite. Od takrat naprej postanejo negativni učinki bolj izraziti, zlasti pri korusi (po najslabšem scenariju, z visokimi emisijami). Pridelki riža kažejo manjše razlike od drugih pridelkov, verjetno zato, ker so simulacije večinoma v pogojih namakanja. Negativni vplivi na žita so predvideni v Afriki ter Srednji in Južni Ameriki, kar se ujema s predhodnimi študijami. Novejša študija z uporabo najnovejših podnebnih scenarijev (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6, CMIP6) je napovedala, da se bodo vplivi podnebnih sprememb na glavne pridelke pojavili prej, kot je bilo pričakovano, predvsem zaradi toplejših podnebnih projekcij in izboljšane občutljivosti modelov.

Večina opravljenih simulacij ne upošteva v celoti odzivov na škodljivce, bolezni, dolgoročne spremembe tal in nekatere podnebne ekstreme, vendar se pojavljajo študije, ki vključujejo nekatere od teh učinkov. Na primer, na podlagi temperaturnega odziva populacije insektov in presnovnega procesa naj bi se globalne izgube pridelka riža, koruze in pšenice povečale za 10–25 % na vsako dodatno stopinjo °C segrevanja. Druge študije kažejo tudi, da naraščajoče temperature zmanjšujejo ogljik in dušik v tleh, kar potencira učinke segrevanja in posledično to vpliva na še večji izpad pridelka.

Koncentracija ozona v prihodnje je razmeroma težko napovedljiva in bo odvisna predvsem od družbeno-ekonomskega razvoja in izpustov prekursorjev ozona (dušikovi oksidi, metan itd.).

➤ *Predvideni vplivi na ostale rastlinske pridelke*

Simulacije hektarskih pridelkov za ostale rastlinske pridelke po različnih podnebnih dejavnikih večinoma kažejo na negativne vplive na pridelavo, pri čemer se kaže podoben izpad pridelka kot pri žitih (v tropskih, subtropskih in polsušnih območjih). Tako študije kažejo, da je pričakovan izpad pridelka podoben pri žitu, sadju in zelenjavi ter korenovkah in gomoljnicah; pri stročnicah in oljnicah pa je bilo zmanjšanje pridelka manj izrazito.

V splošnem modelne študije kažejo, da naj bi, razen učinkov povišanega CO₂, večina drugih podnebnih sprememb (temperaturni stres, suša, poplave, fenologija in letni časi, škodljivci in bolezni, ekosistemske storitve, kombinacija različnih dejavnikov) imela negativne učinke na rastlinsko pridelavo. Spremembe v temperaturi in padavinah se najpogosteje omenjajo kot dejavniki podnebnih vplivov, vendar pričakovane spremembe v fenologiji, škodljivcih in boleznih prav tako vzbujajo skrb. Na splošno se pričakuje, da bodo vplivi večinoma negativni v regijah, kjer je temperatura trenutno nad 20 °C, medtem ko se v hladnejših regijah pričakuje nekolikšno povečanje pridelka (seveda ob izpolnjevanju pogojev, npr. razpoložljivost vode).

Nekoliko manj je sistematičnih ocen pri odzivu korenovk na podnebje. Pričakuje se, da se bo podnebna primernost za pridelavo tropskih korenovk povečala. Nekaterе študije so pokazale, da bodo korenovke manj prizadete kot žita, vendar o tem ni enotnega mnenja. Za krompir neka študija ocenjuje globalno zmanjšanje pridelka za 2–6 % do leta 2055, vendar s pomembnimi razlikami med regijami. Suha teža gomoljev se lahko zmanjša za 50–100 % na obrobni pridelovalni območjih (npr. Azija), medtem ko se pričakuje povečanje do 25 % v državah s trenutno visokimi pridelki. Projekcije kažejo povečanje pridelka s povečevanjem koncentracije CO₂, vendar zmanjšanje pri segrevanju ozračja in zmanjšanju količin padavin. Neka druga študija je predvidela splošno povečanje globalnih pridelkov krompirja, vendar le, če bo kmetijstvo izvedlo prilagoditvene ukrepe. Čeprav bi povečanje koncentracije CO₂ lahko imelo pozitivne vplive na povečanje pridelka, učinki temperature lahko izničijo pozitivne učinke CO₂. Segrevanje ozračja omogoča potencial daljše rastne dobe, vendar ima lahko tudi negativne učinke (motene so fenološke faze in interakcije s škodljivci).

Trenutno primanjkuje globalnih modelnih ocen podnebnih vplivov na pridelke drevesnih trajnic (drevesa in grmičevje). Eksperimentalne študije kažejo na negativne vplive na te pridelke zaradi zmanjšanja oskrbe z vodo, povečane slanosti tal, pa tudi segrevanja ozračja in ozona (čeprav je bilo dokazov za to malo). Povečanje koncentracije CO₂ naj bi povečalo pridelek, a le ko ostali dejavniki (npr. segrevanje) ne omejujejo količine pridelka. Veliko študij navaja negotovosti zaradi pomanjkanja opazovalnih podatkov. Ena študija kaže, da so izgube pridelka v sredozemskih regijah v veliki meri povezane s manjšimi količinami padavin, pri čemer največje ocenjene izgube pridelka znašajo 5,4 % za grozdje, 14,9 % za oljke in 27,2 % za mandelj (po vročem in suhem scenariju, do leta 2041–2070).

Raziskovalci opozarjajo na potrebo po razvoju modelnih napovedi, ki vključujejo tudi modeliranje fenoloških faz in ekstremnih podnebnih dogodkov. Enako pomembno bi bilo spremljati tudi vplive biotskih sprememb ter gibanje škodljivcev in bolezni.

Za bombaž eksperimentalne študije kažejo pozitivne učinke zaradi povečevanja CO₂ in temperatur, vendar napovedi kažejo mešane vplive na pridelek zaradi vročine, suše in medsebojnega učinkovanja temperature s fenološkimi fazami. Podnebne spremembe bodo povečale tudi potrebo po vodi, zaradi česar bo verjetno proizvodnja omejena.

Pričakuje se, da bodo višje temperature in spremenjene ravni vlage povečale tveganje za varnost hrane (zelenjava, trajni nasadi itd.), namreč toplejši in bolj vlažni pogoji spodbijajo rast gliv in mikrobov na listih in plodovih. Pogostejši pojav poplav lahko poveča tudi tveganje za onesnaženje pridelka in hrane.

PRILAGAJANJE

Strategije prilagajanja v rastlinski pridelavi obsegajo tehnične prilagoditve na ravni kmetijskih zemljišč in kmetij, diverzifikacijo preživetja in zaščito dohodka.

❖ *Ukrepi prilagajanja pri glavnih rastlinskih pridelkih*

Najpogostejše preučevani prilagoditveni ukrepi so različne vrste upravljanja z rastlinskimi pridelki, vendar so kvantitativne analize večinoma omejene na obstoječe kmetijske prakse (npr. spremembe datumov sajenja, izbira sort in namakanje). To poglavje prikazuje globalne ocene prilagoditvenega potenciala, opredeljenega kot razlika v simuliranih pridelkih (donosih) s prilagoditvenimi ukrepi in brez njih (opozorilo: groba ocena). Pri tem prilagoditveni ukrepi vključujejo na primer gnojenje, upravljanje z vodo, datume setve, izbiro sort, ne upoštevajo pa fizične in ekonomske izvedljivosti prilagajanja.

Celoten prilagoditveni potencial obstoječih praks prilagajanja kmetij za zmanjšanje izgub pridelka je v povprečju znašal 8 % do sredine tega stoletja in 11 % ob koncu stoletja, kar je premalo za izravnavo negativnih vplivov podnebnih sprememb, zlasti v trenutno toplejših regijah. Pri tem scenariji emisij (veliko/manj emisij), vrste pridelkov (koruza, riž, soja in pšenica), različne regije in ukrepi prilagajanja ne kažejo opaznih razlik. Kombinacije dveh ali več ukrepov prilagajanja nimajo nujno večjega prilagoditvenega potenciala od enega samega ukrepa (ponovno: groba ocena; primerjalne analize so težke). Študija za Zahodno Afriko je pokazala, da trenutno obetavno upravljanje ne bi bilo več učinkovito v prihodnjih podnebnih razmerah, kar kaže na potrebo po oceni učinkovitosti v pričakovanih podnebnih razmerah v prihodnje.

Analiza na globalni ravni je ocenila izgubo pridelka za 3–7 % na stopinjo °C zvišanja temperature. Dve globalni študiji z uporabo več globalnih modelov kažeta, da prilagoditev rastne sezone s spremembami sortnega izbora izravna globalne izgube pridelave do 2 °C povišanja temperature. Medtem ko tovrstne študije ne upoštevajo učinkov CO₂, je druga globalna študija z učinki CO₂ pokazala, da bi se preostala škoda (škoda po prilagoditvah) začela zelo povečevati od leta 2040 (po scenariju z visokimi emisijami). Vse tovrstne globalne študije pa kažejo, da so tveganja in škoda večji v tropskih in sušnih regijah, kjer so pridelki pogostejše izpostavljeni vročini in suši kot v zmernih regijah. Še vedno pa obstajajo precejšnje negotovosti v projekcijah modelov (zanesljivost modelnih ocen); kljub temu rezultati teh modelov kažejo, da bo segrevanje nad 2 °C (po scenarijih z visokimi emisijami) doseženo do sredine tega stoletja.

znatno povečalo stroške prilagajanja in povečalo preostalo škodo na posevkih. Škoda bo večja v trenutno toplejših regijah, kjer je učinek že zmerne dviga temperature občutno večji.

Večina modeliranja glede prilagajanja je še vedno omejena na nekaj možnosti na rastlinsko vrsto. Možni bi bili tudi drugi pristopi (npr. diverzifikacija dohodka za preživetje, namesto zmanjšanje izgub), vendar trenutni modelni pristopi niso primerni za oceno več razsežnosti možnega prilagajanja.

❖ *Ukrepi prilagajanja pri ostalih rastlinskih pridelkih*

Tudi pri ostalih rastlinskih pridelkih se pojavljajo različni pristopi prilagajanja. Nekatere rastlinske pridelave so že implementirale obsežno prilagajanje podnebjju (npr. vinska trta), medtem ko vrsta drugih rastlinskih pridelav še ni izkazala pripravljenosti prilagajanja na podnebne spremembe (npr. solate). Številni prilagoditveni ukrepi so skupni mnogim pridelkom, vendar so določeni ukrepi premalo izkoriščeni (npr. žlahtnjenje rastlin). Primanjkuje tudi analiz in ocen prilagajanja za različne pridelke. Bolj so raziskani pomembni rastlinski pridelki, ostali manj.

Sadje in zelenjava so bolj odvisni od ekosistemskih storitev (opraševalci, biološki nadzor) in drugih virov (voda, hranila itd.), zato je pomembno iskati možnosti prilagajanja v tej smeri. Pri določenih rastlinskih vrstah (npr. trajni nasadi) pa bi bilo težko izvajati nekatere običajne možnosti prilagajanja (npr. premestitev ali zamenjava drevesne vrste); zato bo potrebno drugačno prilagajanje.

Sadje in zelenjava imajo precejšnje zahtevne po vodi, zato so ključni prilagoditveni ukrepi povezani z upravljanjem vode in dostopom do vode za namakanje. Skladiščenje deževnice in izboljšanje namakalnih tehnik so pomembni prilagoditveni ukrepi, pri čemer je pomembno tudi to, da upoštevajo obremenitve porabe zaloga vode zunaj kmetij.

❖ *Izboljšanje sort*

Kot že navaja predhodno IPCC poročilo (AR5), so izboljšave sort eden od bolj učinkovitih prilagoditvenih ukrepov. Pristopi žlahtnjenja rastlin za prilagajanje na podnebne spremembe lahko temeljijo na sodobni biotehnologiji in/ali na konvencionalnem žlahtnjenju. Biotehnologija žlahtnjenja rastlin bo prispevala k prilagoditvi za velike proizvajalce hrane. Vendar bodo različni dejavniki (pričakovanja, socio-ekonomski in politični dejavniki) močno vplivali in tudi omejevali uporabo sort, odpornih na podnebne spremembe.

Sekvenciranje genomov pomembno povečuje hitrost in natančnost identifikacije genov tistih lastnosti, ki so pomembne za uspešnejše prilagajanje podnebnim spremembam (prilagajanje na stres zaradi škodljivcev, bolezni, vročine itd.). Genetske izboljšave za prilagajanje podnebnim spremembam z uporabo sodobne biotehnologije do zdaj niso bile učinkovito prenesene v prakso, po drugi strani je bil s konvencionalnim žlahtnjenjem dosežen dober napredek. Zaželene lastnosti, ki omogočajo rastlinam prilagoditve na okoljski stres, se dedujejo kot kompleks genov, od katerih ima vsak majhen prispevek k želenim lastnostim. Kljub napredku še vedno obstajajo ozka grla, vendar nastajajoča sodobna biotehnologija lahko v prihodnosti poveča zmožnosti učinkovitejšega prenosa genetskih izboljšav v prakso. V tem kontekstu je ena od skrbi uporaba tovrstnih pristopov pri malih pridelovalcih, kar bo zahtevalo več javnih naložb (v kmetijskih sistemih prevladujejo majhni lastniki z omejenimi viri za razvoj) in prilagajanja lokalnim razmeram (vprašanje primernosti v primeru osredotočenosti razvoja sort majhnega rastlinskega nabora). Globalno je opazno tudi pomanjkanje razvojnih programov, ki so

posebej usmerjeni v žlahtnjenje sadja in zelenjave na podnebne spremembe. Na primer, toleranca na abiotski stres je pri stročnicah razmeroma napredovala, vendar pa je primerov prenosa v komercialne sorte še vedno malo.

Učinkovita strategija prilagajanja pri ustvarjanju novih sort je tudi participativno žlahtnjenje rastlin, kjer se izmenjujejo znanja glede na lokalne potrebe in izmenjava znanj med pridelovalci in znanstveniki. S tem se lahko doseže takšno prilagojenost sort, da dobro odgovarjajo posameznim družbenim potrebam in podnebnim nevarnostim.

❖ *Celostni pristop za izboljšanje odpornosti*

Diverzifikacija kmetijskih sistemov je strategija prilagajanja, ki lahko okrepi odpornost na podnebne spremembe, hkrati pa ima tudi socio-ekonomske in okoljske koristi. Diverzifikacijo kmetijskih proizvodov (rastlinskih in živalskih vrst) je mogoče uporabiti v različnih obsegih v različnih sistemih, tudi mestnih in domačih vrtovih, možne so mešane zasaditve, vmesni posevki, kolobarjenje, kmetijsko-gozdarski in integrirani živinorejski sistemi.

Diverzifikacija izboljšuje in podpira tudi ekosistemske storitve, kot so zatiranje škodljivcev, rodovitnost in zdravje tal, opravljanje, kroženje hranil, regulacija vode in blaženje ekstremnih temperatur, kar lahko vodi do stabilnosti pridelka in zmanjša tveganje glede izgub pridelka. Ker so lahko odzivi diverzifikacije kmetijskih ekosistemov različni, je treba v socio-ekoloških kontekstih izvesti ocene prilagoditvenih koristi, z upoštevanjem tradicionalnih in lokalno raznolikih sistemov ter možnih kompromisov.

Upravljanje z raznolikostjo in prožnostjo na več ravneh je osrednjega pomena za razvoj sposobnosti prilagajanja. Politike, ki podpirajo diverzifikacijo, vključujejo preusmeritev subvencij k diverzificiranim sistemom, javna naročila za raznoliko hrano za šole in druge javne ustanove, naložbe v krajše prehranske verige, nižje zavarovalne premije in plačila za ekosistemske storitve, ki vključujejo diverzifikacijo. Celostni pristopi, ki vključujejo več zainteresiranih javnosti, vključno z mestnimi oblastmi, lahko podpirajo diverzifikacijo na regionalni ravni z naložbami javnega in zasebnega sektorja v svetovalne storitve, regionalne dobavne verige, kmečki turizem in druge spodbude za ohranitev raznolike krajine.

TRENTNI VPLIVI

Podnebne spremembe vplivajo na produktivnost živali in živinorejsko proizvodnjo na več načinov. Najbolj pogosto naraščajoče temperature ozračja povečujejo vročinski stres pri živalih, kar vpliva na produktivnost živinoreje.

- **Pašniki**

Pašna živinoreja je občutljiva na podnebne spremembe ter na spremenljivost podnebja. Študije kažejo, da so se severnoameriški travniki spremenili zaradi trendov segrevanja in suše, kar je vplivalo na sestavo travniških vrst, kakovost pašnikov in posledično tudi ekonomsko sposobnost preživetja rejcev pašne živine. Kakovost krme se je zmanjšala tudi na traviščih Južne Azije, v delih notranje Mongolije pa so opazili povečano degradacijo travinja. Spreminjajoči se letni časi, pogostejše suše in naraščajoče temperature vplivajo na pašne sisteme po vsem svetu. Te spremembe zmanjšujejo produktivnost živinoreje, dostop do vode in krme, povečujejo pojav bolezni, ki se širijo s prenašalci ter povečujejo pojav parazitov.

- **Zastopanost vrst živine in spremenljivost podnebja**

Obstaja malo študij glede spremenjene porazdelitve vrst živine zaradi podnebnih sprememb. Na Kitajskem je bilo opaženo, da se je spremenila pojavnost azijskih bivolv in jakov (preselitev teh pasem na druga območja), deloma tudi zaradi povečanega vročinskega stresa. Število nepalskega goveda se je zmanjšalo, kar se prav tako pripisuje povečanemu številu vročih dni.

Spremenljivost podnebja je bila od leta 2000 opredeljena kot glavni vzrok za spremembe vegetacije na tibetanski planoti. Vse večja medletna spremenljivost vremena vodi v ekstenzifikacijo mlečnih kmetij v Sredozemlju. Pri avstralskih pašnikih in mlečnih sistemih povečana spremenljivost padavin (vzorci padavin) bolj vpliva na proizvodnjo kot pa spremembe v povprečni količini padavin.

- **Bolezni**

Podnebne spremembe vplivajo na prenos bolezni in parazitov v visokih zemljepisnih širinah. Nekatere študije kažejo na pozitivno korelacijo med temperaturo in širjenjem prenašalca, odgovornega za prenos virusa bolezni modrikastega jezika. Nekatere študije kažejo na zmanjšanje pojava bolezni zaradi podnebnih sprememb, na primer muhe cece, ki prenaša parazite (tripanosomioza) na več vrst živali. Ugotovljene so bile pozitivne korelacije med temperaturo in širjenjem patogenov, kot je antraks, ter sušami in vremenskimi vzorci cikla ENSO ter izbruhi mrzlice v dolini Rift v Vzhodni Afriki. Opaženo je tudi širjenje prenašalcev bolezni klopotov v Severni Ameriki in Afriki, kar predstavlja nove nevarnosti za javno zdravje ljudi in živali.

OCENA RANLJIVOSTI

Naraščajoča temperatura in vročinski stres živali

Večina domačih živali ima cono udobja v temperaturnem območju od 10 do 30 °C, odvisno od vrste in pasme živali. Pri višjih temperaturah živali pojedjo 3–5 % manj na dodatno °C, kar zmanjša njihovo

produktivnost in plodnost. Vročinski stres zavira delovanje imunskega in endokrinega sistema, kar povečuje dovzetnost živali za bolezni.

Nedavna stagnacija proizvodnje mleka v Zahodni Afriki in na Kitajskem je lahko povezana s povečanimi obdobji visokih temperatur, kar pa je slabo raziskano. Povečanje produktivnosti živali lahko omeji njihovo prilagajanje na višje temperature, kar lahko povzroči nadaljnjo izgubo produktivnosti. Trendi naraščajočega povpraševanja po živilorejskih proizvodih v državah z nizkimi in srednjimi dohodki bo verjetno zahtevalo večje prilagajanje živali na nova temperaturna okolja. Študije kažejo, da so neposredni učinki višjih temperatur večji pri velikih prežvekovalcih kot pri drobnici (ovce in koze), pri čemer se koze bolje spopadajo s različnimi stresorji kot ovce. Po najslabšem podnebнем scenariju z visokimi emisijami naj bi se do sredine tega stoletja primernost zemljišč za živinorejo zmanjšala zaradi povečanih temperatur v srednjih in nižjih zemljepisnih širinah.

Potrebe po vodi

Živinoreja porabi 30 % vse vode, uporabljene v kmetijstvu, poleg tega pa lahko negativno vpliva na kakovost vode. Proizvodnja krme za živali na njivah predstavlja 38 % vse porabljene vode v rastlinski proizvodnji. Intenzivnejši živilorejski sistemi praviloma porabijo več vode kot pašni ali mešani sistemi, čeprav je poraba vode na kg proizvedenega govejega mesa, odvisna od posamezne države in sistema. Neposredna poraba vode za živino je <1–2 % glede na svetovno porabo vode. Naraščajoče temperature povečujejo potrebe živali po vodi, poleg tega pa je lahko dostop živine do virov pitne vode omejen ali manj zanesljiv.

Naraščajoča temperatura in bolezni

Podnebne spremembe bodo vplivale na prihodnjo razširjenost, pojavnost in resnost podnebno občutljivih nalezljivih bolezni živine. Pri oceni podnebne občutljivosti evropskih povzročiteljev okužb pri ljudeh in domačih živalih, rezultati kažejo, da je bilo 63 % patogenov občutljivih na padavine in temperaturo, ter da so zoonoze bolj občutljive na podnebje kot patogeni, nevarni za ljudi ali živali. V zadnjih 75 letih je bilo identificiranih več kot 220 novih zoonoz, nekatere povezane z rejnimi živalmi, na nekatere od njih pa lahko vplivajo podnebne spremembe. Tveganja, povezana z nalezljivimi boleznimi pri rejnih živalih lahko v prihodnosti predstavlja ranljivost tudi za živinorejce.

Vpliv na socio-ekonomsko ranljivost

Ranljivost zaradi podnebne spremembe je odvisna od demografije in družbenih vlog, lahko tudi neenakosti med spoloma. Na splošno so ženske bolj ranljive kot moški glede nezanesljivosti preskrbe s hrano, ki jo povzročajo podnebne spremembe. Ženske in moški imajo pogosto različen in neenakopraven nadzor nad različnimi proizvodnimi sredstvi in koristmi (tudi glede dohodka od živinoreje). Rejci so lahko bolj ranljivi za podnebne spremembe, deloma zaradi nenehnih procesov drobljenja kmetijskih zemljišč, zgodovinskega odvzema zemljišč, diskriminacije in kolonializacije, kar vse prispeva k večji stopnji revščine in marginalizacije. Družbene neenakosti lahko vplivajo tudi na učinkovitost ukrepov prilagajanja in dostop do institucionalnih podpor.

Predvideni vplivi

O prihodnjem vplivu podnebnih sprememb na živinorejo obstaja malo študij, zlasti za države z nizkimi in srednjimi dohodki.

➤ Vpliv na krmo

Še vedno obstaja precej zadržkov glede ocen sprememb na pašnikih, zato je ocena vplivov podnebnih sprememb na travinju zahtevna. Predvideva se, da bodo kumulativni učinki vplivov na kakovost in količino krme na svetovni ravni privedli do zmanjšanja števila živine za 7–10 % do leta 2050, in sicer v primeru segrevanja za ~2 °C. Spremembe kakovosti in količine travinja v Afriki bodo imele znatne negativne posledice za preživetje mnogih ljudi.

Sestava travišč v prihodnje pod podnebnimi spremembami je negotova glede na precejšnje razlike v odzivih posameznih vrst. Vrste trav C4 veljajo za bolj občutljive na povišane koncentracije CO₂ kot vrste C3, čeprav ne nujno vedno. Obstajajo različne interakcije med podnebnimi spremembami in učinki na travinje. Spremembe v sestavi travinja bodo verjetno spremenile njihovo primernost za različne pašne živalske vrste. Možni bodo prehodi iz goveda na koze ali kamele, da bi lahko izkoristili povečano nastajanje grmičevja. Kakovost krme na pašnikih se lahko zmanjša tudi zaradi invazivnih vrst, ki so slabše kakovosti od avtohtonih rastlinskih vrst.

Segrevanje ozračja in pomanjkanje vode lahko poslabšata kakovost in prebavljivost tropske trave C4 (*Panicum maximum*), zaradi povečanja lignina v listih. Ena od študij vplivov podnebnih sprememb na pridelek in kakovost evropskih pašnikov je pokazala na povečanje suhe teže (ob povečanih koncentracijah CO₂ na travnate rastline, metuljnice in grmovnice), vendar hkrati tudi na zmanjšanje koncentracij dušika v vseh skupinah rastlin (rastlinske beljakovine). Višje temperature naj bi povečale pridelek v alpskih in severnih območjih (+82,6 %), vendar z zmanjšanjem koncentracij dušika pri grmovnicah (–13,6 %) in travnatih rastlinah (–18,5 %).

Povišane temperature in koncentracije CO₂ lahko povečajo rast zelene krme in dajejo prednost metuljnicam pred travami na mešanih travnikih. Vendar te učinke lahko spremenijo spremembe v vzorcih padavin, tekmovanje rastlin in interakcije med rastlinami in živalmi. Kumulativni učinek teh dejavnikov/sprememb je tako negotov. Naraščajoče koncentracije CO₂ lahko povzročijo zmanjšanje koncentracij železa, cinka in beljakovin v rastlinah za do 8 % do leta 2050. Na voljo je malo informacij o možnih vplivih na mikrohranila na osnovi ogljika (npr. vitamini). Vse to lahko vodi do zmanjšane prehranske kakovosti krme za živali, kar posledično lahko vodi tudi do zmanjšane proizvodnje mesa in mleka (kakovost in količina).

➤ Vpliv povečane temperature na živinorejo

Nedavne raziskave kažejo, da je vročinski stres pomembna težava. V tem stoletju se v primeru najslabšega podnebnega scenarija z visokimi emisijami pričakuje precejšnje povečanje števila dni z ekstremnim vročinskim stresom za rejne živali in mnogo manjše povečanje števila vročinskih dni po bolj ugodnemu scenariju. Posledice vročinskega stresa so lahko velike, zlasti za govedo v tropih in sub tropih ter za koze v delih Latinske Amerike ter večjem delu Afrike in Azije. Predvideva se, da bodo prašiči še posebej prizadeti na srednjih zemljepisnih širinah Evrope, Vzhodne Azije in Severne Amerike.

Študija na rejnih živalih na Karibih kaže, da lahko globalno segrevanje za 1,5 °C in 2 °C preseže meje za normalno termoregulacijo živali, kar lahko povzroči stalen vročinski stres. Trenutno so v teku študije,

ki ocenjujejo pasemske razlike v odpornosti na vročinski stres pri molznicah in učinke na reprodukcijsko sposobnost svinj v zmernem podnebnju. Po nekaterih študijah naj bi ocenjene izgube v proizvodnji mleka zaradi vročinskega stresa v delih ZDA, Združenega kraljestva in Zahodne Afrike do konca stoletja znašale med 1 % do 17 %. Večje izgube pri proizvodnji mleka in govejega mesa zaradi vročinskega stresa so predvidene za številne dele tropov in sub tropov. V mnogih državah z nizkimi in srednjimi dohodki domača perutnina pomembno prispeva k preživetju in prehranski varnosti na podeželju. Za domačo perutnino na splošno velja, da je bolj vzdržljiva in dobro prilagojena na stresna okolja, vendar obstaja malo informacij o njeni uspešnosti v toplejših podnebnih pogojih.

➤ *Vpliv na bolezni živali*

Vplivi podnebnih sprememb na bolezni rejnih živali so precej neraziskani. Ena od študij je pokazala pozitivno korelacijo med naraščajočo temperaturo in širjenjem komarja (vrste *Culicoides imicola*), ki prenaša virus bolezni modrikastega jezika. Predvideva se, da se bo pogostnost izbruha bolezni modrikastega jezika povečala z naraščajočo temperaturo, čeprav lahko omejitve gibanja tega komarja preprečijo velike izbruhe bolezni.

Razširjenost in pojav nekaterih bolezni rejnih živali sta pozitivno povezana z ekstremnimi vremenskimi pojavi. V tem stoletju v Vzhodni Afriki in drugod obstaja veliko tveganje za prihodnje izbruhe mrzlice (angl. Rift Valley fever; v primeru srednje ugodnega in pesimističnega podnebnega scenarija).

Raziskovalci poudarjajo, da je še precej neznanega na tem področju in opozarjajo na potrebo po učinkovitem spremljanju bolezni rejnih živali ter na upoštevanju in razumevanju kompleksnih interakcij različnih dejavnikov, tudi v kontekstu segrevajočega se podnebja.

➤ *Vpliv na živinorejo in vodne vire*

Vodni viri za živino se lahko ponekod zmanjšajo (tudi zaradi povečanega odtoka in zmanjšanih virov podzemne vode ter zmanjšane razpoložljivosti podzemne vode). Povišane temperature bodo povzročile spremembe v rečnem toku in količini vode, shranjene v porečjih, kar lahko vodi do povečanega vodnega stresa, predvsem na že suhih območjih. Analize scenarijev kažejo na zmanjšanje stopenj obnavljanja podzemne vode in na zmanjšanje shranjene podzemne vode (v primeru srednje ugodnega in najslabšega podnebnega scenarija), s potencialno resnimi posledicami za razpoložljivost vode za rejne živali in namakanje.

Potreba po vodi za rejne živali je odvisna od vrste, pasme, velikosti živali, starosti, prehrane, aktivnosti, temperature in fiziološkega stanja živali. Neposredna poraba vode pri govedu se lahko poveča za 13 % pri zvišanju temperature za 2,7 °C v subtropskem območju. Zaradi zmanjšane razpoložljivosti vode se lahko občutno poveča konkurenca različnih sektorjev za dostop do vode. Spremembe razpoložljivosti vode lahko vplivajo tudi na kakovost vode (npr. povečanje mikroorganizmov in alg), kar lahko negativno vpliva na zdravje rejnih živali. Ena od študij kaže, da lahko to na sušnih območjih z zmanjšanjem razpoložljivosti vode resno ogrozi reprodukcijsko zmogljivost in produktivnost ovc. V živinorejskih sistemih z višjimi inputi se lahko strošek vode zelo poveča zaradi povečane konkurence po vodi.

PRILAGAJANJE

Številni živinorejski sistemi, ki temeljijo na pašništvu, so se v preteklih podnebnih tveganjih izkazali za odporne, kar je dobro izhodišče za sedanje in prihodnje prilagajanje podnebnim spremembam. Te prilagoditve vključujejo učinkovitejše usklajevanje števila živali in obtežbe živali, prilagajanje

upravljanja čred in vodnih napajališč, upravljanje kakovosti krme, ki pripomore tudi k zmanjšanju fermentacije pri prežvekovalcih in s tem emisij TGP (uporaba prehranskih dopolnil, stročnic, izbira pašnih vrst itd.), učinkovitejša uporaba silaže, paša v čredinkah, izvajanje nadzorovanih požarov za preprečevanje zaraščanja, uporaba bolj prilagojenih pasem in vrst živine, obnova degradiranih pašnikov, migracije živali med pašniki, izvajanje aktivnosti za spremljanje in upravljanje širjenja škodljivcev in bolezni. Združevanje in kombinacija prilagoditev lahko poveča koristi, tako v smislu proizvodnje kot tudi sredstev za preživetje.

Literatura navaja veliko možnih prilagoditev, pri čemer ekonomske posledice prilagoditev po večini še niso analizirane, prav tako še niso v celoti poznani določeni mehanizmi. Možni pristopi prilagoditev so: vzreja in križanje pasem (predvsem z lokalnimi pasmami), istočasna reja dveh ali več vrst živine na isti kmetiji (gospodarske in trajnostne koristi), spreminjanje vrste živine (npr. koze ali kamele, ki so bolj odporne na izrazitejšo podnebno spremembo), upoštevanje podnebne napovedi v različnih časovnih obdobjih, zagotavljanje sence živalim (tako na pašnikih kot tudi senčenje hlevov), prezračevanje hlevov in načrtovanje izgradnje stavb, tuširanje živali v vročini, genski inženiring v živinoreji (vprašanje družbene sprejemljivosti), izvajanje dopolnilnih dejavnosti na kmetiji in uporaba sistemov zavarovanja živali.

Predvsem je pomembno upoštevati lokalno znanje o podnebnih in ekoloških spremembah, saj ima, v kombinaciji z znanstvenimi izsledki, pomembno vlogo pri učinkovitejšem prilagajanju živinorejcev. Zato so potrebne multidisciplinarne raziskovalne metode z upoštevanjem lokalnega upravljanja.

5. KMETIJSTVO IN PODNEBNE SPREMEMBE V EVROPI

TRENTNI VPLIVI IN PREDVIDENI VPLIVI

RASTLINSKA PROIZVODNJA

Evropa je pomembna svetovna proizvajalka in porabnice hrane in je del močnega globalnega prehranskega sistema. Podnebne spremembe so povzročile premik agroklimatskih območij proti Severu Evrope in zgodnejši začetek rastne sezone. Spremembe pri segrevanju ozračja in količin padavin od leta 1990 so povzročile zmanjšanje pridelka pšenice in ječmena po vsej celine ter povečanje pridelka koruze in sladkorne pese. Vročinski stres se je spomladi povečal v Južni Evropi, poleti po vsej Srednji in Južni Evropi, nedavno pa se ta vpliv odraža tudi v južnem borealnem območju. Suša, čezmerno deževje ter skupne nevarnosti suše in vročine so povečale stroške pridelave in povzročile gospodarske izgube v produktivnosti gozdov, na poljih, trajnih nasadih ter v živinoreji, vključno z že vidnimi velikimi izgubami pšenice v Evropi v zadnjem obdobju. Resnost posledic zaradi ekstremne vročine in suše se je v zadnjih 50 letih potrojila. Vremenski ekstremi zaradi skupnih učinkov mrzlih zim, čezmernih jesenskih in spomladanskih padavin ter poletne suše so v letih 2012, 2016 in 2018 povzročili precejšnje izgube proizvodnje (do 30 % glede na pričakovane povprečne pridelke), ki so bile izjemno velike v primerjavi z zadnjimi desetletji. Regionalno je segrevanje povečalo pridelke nekaterih plodovk, zmanjšalo pa pridelke korenovk/gomoljnic in povzročilo zgodnejše cvetenje oljk. Kasnejše trgatve zaradi mokrih razmer ali pa zgodnejše trgatve v srednji Evropi zaradi segrevanja vplivajo na kakovost vina.

Od zadnjega IPCC poročila (AR5) scenarijske analize kažejo, da so regionalne razlike lahko večje. Obstaja precejšnje strinjanje glede smeri sprememb, hkrati pa tudi številne neznanke glede ocen izgub

pridelka (različni modeli, modeliranje prilagajanja). Pri dvigu temperature za 1,5 °C naj bi vremenski dogodki, ki so privedli do nedavnih velikih izgub pšenice, postali predvidoma za 12 % pogostejši. Pri teh temperaturah naj bi se pridelovalne površine premaknile bolj proti severu ali pa razširile za melone, paradižnike in vinsko trto, segrevanje naj bi povečalo tudi pridelek čebule, kitajskega zelja in fižola. Pri dvigu temperature za 2 °C se pričakuje, da se bodo agroklimatska območja premikala bolj proti severu Evrope (za 25–135 km na desetletje), najhitreje v Vzhodni Evropi. Pri nekaterih poljščinah (npr. ozimna pšenica) naj bi negativni vplivi segrevanja in suše izravnali učinki povečanega CO₂. Pri dvigu temperature za 4 °C se pričakuje večje zmanjšanje pridelkov na jugu (z manjšimi izgubami ali pridobitvami donosa pridelkov na severu). Največje izgube pridelka zaradi segrevanja so predvidene za koruzo v Južni Evropi, ocenjen pridelek koruze pa naj bi bil manjši po vsej Evropi (za 10–25 % pri segrevanju za 1,5 °C do 2 °C in za 50–100 % pri dvigu temperature za 4 °C).

Uporaba sort z daljšo rastno sezono lahko kompenzira vročinski stres pri koruzi v Zahodni Evropi in povzroči povečanje pridelka v Severni Evropi, kar pa ne velja za koruzo v Južni Evropi pri povečanju za 4 °C. Namakanje lahko zmanjša vročinski in sušni stres, na primer za pšenico in koruzo, vendar je uporaba vode zaradi razpoložljivosti omejena. Prednosti daljše rastne dobe v Severni in Vzhodni Evropi lahko odtehta povečano tveganje zaradi zgodnjih spomladanskih in poletnih vročinskih valov.

Segrevanje ozrača povzroča tudi širjenje škodljivcev, bolezni in plevelov, kar vpliva na zdravje evropskih pridelkov, z velikim tveganjem za okužbo žit. Pričakuje se, da bo zaradi zmanjšanih donosov prišlo do zmanjšanja kmetijske proizvodnje (še posebej v Južni Evropi in v scenarijih z višjimi temperaturami). Predvideva se, da se bo vrednost kmetijskih zemljišč zmanjšala za 5–9 % na stopinjo segrevanja v Južni Evropi. V Južni Evropi se zaradi povečanega stresa (vročina, suša in pomanjkanje vode za namakanje) pričakuje precejšnje zmanjšanje pridelkov in opuščanje kmetijskih zemljišč.

ŽIVINOREJA

Vročina in vlaga vplivata na živino (npr. krave molznice), ki so neposredno izpostavljene v odprtih hlevih in na prostem, ter pri reji, ki je prilagojena mrazu. Vročina vpliva na zdravje živali, njihovo prehrano, vedenje in dobro počutje, ter tudi na kakovost proizvodov. Podnebne spremembe vplivajo na travinje, sestavo in kakovost krme (zlasti v Južni in Vzhodni Evropi), ter spreminjajo razširjenost patogenov in njihovih prenašalcev. Predvideni vplivi na perutnino in prašiče so manjši zaradi nadzora temperature pri reji (predvsem v večjem delu Evrope), vendar so ti vplivi večji v Južni Evropi, kjer prevladujejo odprti sistemi reje.

Segrevanje ozrača sicer podaljšuje dobo živali na pašniku in obdobje kmetovanja v Severni Evropi in na višjih nadmorskih višinah, na drugi strani pa lahko daljša sušna obdobja in pogostejši pojavi neviht vplivajo na opuščanje oddaljenih alpskih pašnikov, kar vodi do zmanjšanja kulturnih in krajinskih ekosistemskih storitev ter izgubo tradicionalnih kmetijskih praks. Pri predvidenem segrevanju za 2 do 4 °C se bo proizvodnja travniške biomase in krme za živali povečala v Severni Evropi in Severnih Alpah, medtem ko se bo proizvodnja krme zmanjšala v Južni Evropi in Južnih Alpah zaradi vročine in pomanjkanja vode. To bo povzročilo regionalno zmanjšanje proizvodnje kravjega mleka (predvsem v Zahodni, Srednji in Južni Evropi).

PRILAGAJANJE – RASTLINSKA PROIZVODNJA IN ŽIVINOREJA

Prilagajanje kmetij podnebnim spremembam vključujejo predvsem spreminjanje datumov setve in žetve, spremembe kultivarjev in namakanja ter izbiro alternativnih sort. Namakanje je učinkovito pri zmanjševanju izgub pridelka zaradi vročinskega stresa in suše, na primer za pšenico in koruzo, vendar to hkrati povečuje potrebe po odvzemu vode. Tam, kjer je na voljo dovolj vode in primerna infrastruktura, bo namakanje pšenice izboljšalo količino pridelka, medtem ko se bo pridelek koruze v Južni Evropi zmanjšal. Obsežne suše v zadnjih dveh desetletjih so povzročile, da so številni namakalni sistemi v Južni Evropi prenehali z delovanjem, kar kaže na omejeno sposobnost prilagajanja vročini in suši. Poleg tega bo upravljanje z vodo za proizvodnjo hrane postalo vse bolj zapleteno zaradi upoštevanja potreb po vodi tudi drugih družbenih in okoljskih sistemov, pa tudi zaradi finančnih in institucionalnih omejitev. Upravljanje z vodo v kmetijstvu obsega namakanje, prerazporejanje vode med pridelki, učinkovitosti rabe vode in prakse ohranjanja vode v tleh. Medsezonske napovedi vplivov podnebja na pridelek so bile v Evropi uspešno uporabljene za pšenico med sušo leta 2018.

Spremembe kultivarjev in datumov setve lahko zmanjšajo izgube pridelka, vendar ne zadoščajo za nadomeščanje izgub, predvidenih pri segrevanju za več kot 3 °C. Pri tem se tveganje povečuje od severa proti jugu in za pridelke, ki rastejo pozneje v sezoni (kot na primer koruza in pšenica). Prilagoditve, ki zajemajo zgodnje dozorevanje pridelkov tudi lahko zmanjšajo izgube pridelka (s premikanjem cikla proti hladnejšemu delu leta). S tem se tudi zmanjša potreba po vodi za namakanje. Žlahtnjenje poljščin za odpornost na sušo in vročino lahko izboljša trajnost pridelave v prihodnjem podnebju, zlasti v Južni Evropi, kjer sorte, odporne na sušo, zagotavljajo 30 % višje pridelke.

Ukrepi prilagajanja v živinoreji na evropskih kmetijah običajno obsegajo nadzor hlajenja, zagotavljanje sence in upravljanje časa krmljenja. Te možnosti se uporabljajo pri hlevskih rejah in so omejene na gorskih pašnikih. Možnosti odziva na nezadostne količine in kakovost krme vključujejo spreminjanje strategij krmljenja, krmnih dodatkov, selitev živine z izboljšanim upravljanjem pašnikov, ekološko kmetovanje, uvoz krme in zmanjšanje staleža živali. Mlečni sistemi, ki kar najbolj izkoriščajo pašo, veljajo za okoljsko bolj trajnostne, vendar jih politike in trgi ne podpirajo v celoti. Genetske izboljšave rastlinskih pridelkov in živali bi lahko bila dolgoročna strategija prilagajanja. Strategije nadzora za patogene in prenašalce bolezni vključujejo rejo v zaprtih prostorih ali na prostem ter uporabo novih diagnostičnih orodij in/ali zdravil in predpisov. Le tako se lahko zagotoviti varno trgovino in zmanjšanje tveganje vnosa ali širjenja škodljivcev.

Ekološki sistemi zagotavljajo možno pot prilagajanja (npr. recikliranje organske snovi v tleh in diverzifikacijo), da bi zmanjšali porabo inputov brez vpliva na produktivnost. Tehnološke inovacije, vključno s pametnim kmetijstvom in uporaba znanja, lahko okrepi odzive kmetov na podnebne vplive, čeprav lahko močno prepričanje kmetov v tehnološke rešitve zmanjša prostor za druge rešitve. Kmetijska politika, cene, nova tehnologija in socialno-ekonomski dejavniki igrajo pomembnejšo vlogo pri kratkoročnih naložbenih odločitvah na ravni kmetij kot pa vplivi podnebnih sprememb. Za povečanje odpornosti kmetijstva na podnebne spremembe so potrebne učinkovite politične smernice. Finančni ukrepi vključujejo poenostavitev postopkov za pridobitev subvencij ter zavarovalne premije in obrestne mere, ki spodbujajo sprejemanje investicij in metod, prijaznih podnebju. Skupna kmetijska politika Evropske unije se vse bolj osredotoča na okoljske rezultate, vendar ne zagotavlja dovolj ukrepov za prilagajanje. Omejitve prilagajanja na ravni kmetij v Evropski uniji so predvsem pomanjkanje sredstev za naložbe, politične zaveze izvajanja, institucionalna usposobljenost, dostop do znanja glede prilagajanja in informacije dobrih praks iz drugih držav.

TRENTNI VPLIVI

Na podlagi številnih dokazov ter zanesljivih, na vseh celinah opaženih in zabeleženih dosedanjih trendov, je zelo verjetno, da je mogoče številne spremembe v fenologiji, fiziologiji in morfologiji kopenskih vrst pripisati regionalnim in globalnim podnebnim spremembam, ki so posledica vse pogostejših ekstremnih vremenskih dogodkov.

Zaradi podnebnih sprememb se je povečalo število bolezni prostoživečih živali. Eksperimentalne študije obravnavajo in opisujejo povečan obseg in intenziteto bolezni, pogostost izbruhov ter pojav bolezni na novih območjih. Bolezni in škodljivci gozdnega drevja so se razširili proti severu, obseg in intenziteta izbruhov pa sta se na severu Severne Amerike in severu Evrazije povečala zaradi toplejših zim in daljše vegetacijske dobe, ki škodljivcem omogočajo razvoj več generacij v enem letu. Od prejšnjega poročila AR5 ocene kažejo, da so bile na vse več lokacijah zaznane spremembe biomov in strukturne spremembe znotraj ekosistemov, ki so skladne s podnebnimi spremembami in naraščajočo koncentracijo CO₂ v ozračju. Nove študije nakazujejo prisotnost sprememb, ki so bile predvidene v prejšnjih IPCC poročilih, vključno s premiki vegetacije (npr. proti severu in na višje nadmorske višine) ter povečevanjem deleža gozdov v subarktični tundri.

Zaradi podnebnih sprememb so v tropskih, zmernih in borealnih ekosistemi povečuje delež površin, ki jih uničijo požari, povečuje se mortaliteta, prihaja do premika vegetacije po nadmorski višini navzgor itd. Takšne spremembe zmanjšujejo verjetnost preživetja vegetacije, spreminja se njihov življenjski prostor in biotska raznovrstnost ter oskrba z vodo. Posledično se zmanjša sposobnost sequestracije ogljika, slabijo se tudi drugi ključni procesi delovanja ekosistemov. Tako prihaja do degradacije in zmanjšanja ekosistemskih storitev gozdov.

V primerjavi s poročilom AR5 je zajetih in evidentiranih več različnih vplivov zaradi preteklih podnebnih sprememb na gozdove. Sama metodologija presoje vplivov in tveganja ter ranljivosti in prilagajanje se glede na poročilo AR5 ne razlikuje bistveno.

Gozdovi igrajo ključno vlogo pri uravnavanju podnebja na Zemlji in zagotavljajo vrsto pomembnih ekosistemskih storitev v posamezni krajini. Poleg tega so bistvenega pomena za dobro počutje milijonov ljudi po vsem svetu. Gozdovi so tudi viri hrane in prispevajo približno 0,6 % svetovne porabe hrane, zagotavljajo pa predvsem pomembne proizvode (lesne in nelesne gozdne proizvode). Ocenjuje se, da je 9 % svetovnega podeželskega prebivalstva dvignjenih nad prag skrajne revščine prav zaradi dohodka iz gozdnih virov. Poleg tega ima dohodek od gozdov posebno pomembno vlogo pri diverzifikaciji virov dohodka revnih gospodinjstev, saj zmanjšuje njihovo ranljivost za izgubo iz le enega vira dohodka. Pri presoji vplivov podnebnih sprememb in z njimi povezanega tveganja za razvoj gozdov se poročilo osredotoča predvsem na: pojavnost različnih vrst glede na prostorsko porazdelitev, spremembo produktivnosti gozdov in dolžino proizvodnih obdobji oziroma dob.

Že poročilo AR5 je kot enega glavnih vplivov na gozdove izpostavilo spremembo v pojavnosti in gostoti posameznih rastlinskih in živalskih vrst, ki so vezane na gozdove. Kot pomemben vpliv je identificirano tudi propadanje gozdov v določenih območjih. Kljub temu pa poročilo navaja tudi ugotovitve v posebnem IPCC poročilu o klimatskih spremembah in zemljiščih (SRCCL), da imajo podnebne spremembe v primeru gozdov predvsem negativne pa tudi pozitivne vplive. Pozitivni vplivi se izražajo

predvsem kot povečanje produktivnosti gozdov na severnejših zemljepisnih širinah (npr. Sibirija). V zadnjih letih se je propadanje gozdov v mnogih delih sveta še naprej povečevalo. Glavni zaznani razlogi za propadanje so bili povezani s toplejšimi in bolj suhimi razmerami od povprečja za gozdove v vseh zmernih conah. S podnebjem povezano propadanje gozdov so opazili tudi zaradi novih interakcij med življenjskimi cikli dreves in vrstami škodljivcev. Ti vplivi so se znatno odražali tudi na trgu lesa, velika dinamika in nepredvidljivost je v nekaterih delih Evrope predstavljala znatne izzive za gozdarstvo, ki temelji na lesu in povzročilo kaskadne vplive na celotno družbo.

PREDVIDENI VPLIVI

Poročilo AR6 WG II navaja naslednje predvidene vplive:

- Za drugo polovico 21. stoletja je napovedano, da bodo podnebne spremembe močno vplivale na gozdne ekosisteme. Mnoge drevesne vrste morda ne bodo sposobne hitre prilagoditve novim podnebnim razmeram (npr. migracije). V nekaterih ekstremnih primerih lahko toplejše in bolj sušno podnebje povzroči izumrtje vrst/-e.
- Višje temperature bodo spodbujale požare, sušo in napade žuželk. Smrtnost dreves se bo povečala. Poleg tega bodo gozdovi bolj izpostavljeni ekstremnim dogodkom, kot so ekstremna vročina, suše in neurja.
- Motnje zaradi podnebnih sprememb bodo zmanjšale prihodke iz gozdov in povečale izgube produktivnosti gozdov po vsej Evropi.
- Motnje bi lahko zmanjšale časovno stabilnost ponudbe ekosistemskih storitev, kar bi povečalo nestanovitnost trgov lesa.
- Na svetovni in regionalni ravni ni zelo trdnih dokazov, da bodo podnebne spremembe povečale svetovno in regionalno ponudbo lesa in drugih gozdnih proizvodov. Do danes obstaja osem študij, ki ocenjujejo skupne gospodarske vplive podnebnih sprememb na gozdarski sektor na svetovni ravni. Nekatere od njih so predpostavile prehodne pozitivne učinke podnebnih sprememb zaradi predvidenih sprememb (povečanja) donosov v nekaterih tipih gozdov, medtem ko druge študije predpostavljajo povečan učinek na nadaljnje propadanje in migracijo biotov.
- Predvideva se, da bo v naslednjih desetletjih ponudba lesa na trgu večja – prehodni učinek. Cene lesa naj bi se zaradi tega do 2100 nekoliko znižale.

PRILAGAJANJE

Gozdovi imajo sicer zmožnost prilagajanja, vendar je že ocena v poročilu AR5 napovedala, da ta zmožnost ne bo zadostovala za določeno izgubo/zmanjšanje ekosistemskih storitev gozdov.

Sistematični pregled literature je pokazal, da je uspešno prilagajanje pri gospodarjenju z gozdovi mogoče doseči le, če obstaja partnerstvo med ključnimi deležniki, kot so raziskovalci, upravljavci gozdov in lokalni akterji. Takšna partnerstva bodo vodila k skupnemu razumevanju izzivov, povezanih s podnebjem in učinkovitejšimi odločitvami.

7. LITERATURA

- **AR6 WG I** (IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.)
- **AR6 WG II** (IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.)
- **AR6 WG III** (IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926)
- **Special Report, Climate Change and Land** (IPCC, 2019: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.)
- **Special Report, Impacts of Global Warming** (IPCC, 2018: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, US.)
- **Special Report, Ocean and Cryosphere in a Changing Climate** (IPCC, 2019: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 755 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157964>.)
- **AR5, WG I, II, III** (IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.)