

Prilagajanje gospodarjenja z gozdovi podnebnim spremembam: zasnova in predlog strategij

Adapting forest management to the climate change: concept and suggestion of strategies

Andrej BONČINA¹

Izveček:

Podnebne spremembe se kažejo v postopnem spreminjanju povprečnih vrednosti podnebnih spremenljivk in večji pogostnosti ekstremnih vremenskih dogodkov. Podnebne spremembe vplivajo na razvoj gozdov. Ocena ranljivosti gozdov je izhodišče za gospodarjenje z gozdovi, prilagojeno podnebnim spremembam. S prilagojenim gospodarjenjem izboljšamo odpornost in prožnost gozdov ter pospešimo tranzicijo gozdov. Prilagojeno gospodarjenje je opredeljeno s strategijami, smernicami in ukrepi. V prispevku predstavljamo i) zasnovo prilagojenega gospodarjenja z gozdovi, ii) predlog strategij za prilagajanje gozdov podnebnim spremembam v Sloveniji in iii) postopek vključevanja prilagoditvenega gospodarjenja v celovito zasnovo gospodarjenja z gozdovi.

Ključne besede: ocena ranljivosti, odpornost gozdov, prožnost gozdov, prilagajanje gospodarjenja, strategije, ukrepi, narčtovalni postopek

Abstract:

Climate change, manifesting in changed mean values of climatic variables and higher frequency of extreme weather events, significantly affect the development to forest stands. Forest vulnerability assessment is a basis for forest management adaptation to climate change. The concept of adaptation to climate change is based on three ecological concepts – forest resistance, forest resilience, and forest transition. Adapting forest management to climate change is defined by strategies, guidelines and measures. In the study, a concept of adapting forests management to climate change is suggested, and the framework for including adapting measures for climate change into overall concept of adaptive forest management is presented.

Key words: vulnerability assessment, forest resistance, forest resilience, adapting to climate change, strategies, planning framework

1 UVOD

1 INTRODUCTION

V Sloveniji se je v obdobju 1961–2011 od podnebnih spremenljivk najbolj spremenila povprečna temperatura zraka, ki se je v povprečju povečala za 1,7°C. V zadnjih petdesetih letih se je količina letnih padavin zmanjšala za 10 %, količina snega se drastično zmanjšuje (Dolinar, 2019). Zaradi višjih temperatur zraka ob površju se spreminjata količina in porazdelitev padavin, spreminja se tudi količina vlage v ozračju, ekstremni vremenski dogodki so pogostejši. Glede na spremljanje temperatur v daljšem časovnem obdobju Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) ugotavlja, da se v Sloveniji podnebje segreva hitreje od svetovnega povprečja. To je posledica geografske lege med Alpami in Sredozemljem, ki so naravna geografska enota z izrazitejšimi

učinki globalnega segrevanja kot v večini drugih naravnih geografskih enotah. V dveh desetletjih tega tisočletja (2001–2020) so bile v Sloveniji temperature zraka za 1,8°C (1,5 do 2,0°C) višje od obdobja 1850–1900 in celo za 2,1°C (1,9 do 2,4°C) višje v zadnjem desetletju (2011–2020). Trend zviševanja temperature zraka je v vzhodnem delu države nekoliko višji kakor v zahodnem delu države (ARSO, 2019).

Napovedni modeli podnebnih sprememb za Slovenijo do konca 21. stoletja (Dolinar, 2019; Jevšnik, 2023) kažejo po optimističnem scenariju (RCP2.6) temperaturni dvig 1,3°C glede na povprečje 1981–2010 po zmerno optimističnem (RCP4.5) za 2,0°C, po pesimističnem (RCP8.5) pa dvig znaša kar 4,1°C. V prihodnjih desetletjih naj bi se povečalo število vročih dni z dnevno temperaturo več kot 30°C, zato bodo večje možnosti za pojav in daljše trajanje sušnih obdobj.

¹ BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire (andrej.boncina@bf.uni-lj.si)

Količina padavin se bo v povprečju povečala, opazneje v vzhodnem delu države. Predvideno povečanje bo predvsem v obliki dežja jeseni in pozimi. Zmanjšalo se bo zadrževanje vode v snežni odeji in povečalo tveganje za poplave, saj bodo padavine manj pogoste, toda intenzivnejše v obliki močnega deževja in neviht. Velik delež padavin bo torej padel v izjemnih dogodkih. Vetrovni režim se bo tudi spremenil. Zaradi pogostejših in daljših sušnih obdobij bodo večje možnosti za pojav sušnega stresa; mortaliteta dreves bo zato večja, napadi insektov in drugih patogenov bodo pogostejši (Jurc in sod., 2017; ARSO, 2019; Dolinar, 2019; Jevšnik, 2023).

Podnebne spremembe vplivajo na procese v gozdnih ekosistemih; za razvoj gozdnih sestojev so ključni procesi pomlajevanje in vraščanje dreves v gozdne sestoje, rast in odmiranje. Podnebne spremembe lahko vplivajo na povečevanje rasti drevja (npr. Pretzsch in sod., 2014). Pogosto pa se zaradi podnebnih sprememb povečuje poškodovanost in mortaliteta drevja, rast drevja je zaradi suše ali poškodovanosti drevja upočasnjena (npr. Martinez del Castillo in sod., 2022), populacije posameznih drevesnih vrst lahko nazadujejo, razširjenost in sestava gozdnih združb se spreminja (Kutnar, 2011). Omenjene spremembe povečujejo tveganja pri gospodarjenju z gozdovi (Jereb, 2014; Ficko, 2019). Zato je eden pomembnejših izzivov sodobnega gozdarstva prilaganje gozdov in gospodarjenje z gozdovi glede na podnebne spremembe (ang. *adaptation to climate change*) (Brang in sod., 2014). Drugi pomemben vidik pri obravnavanju podnebnih sprememb, ki ga v tem prispevku sicer ne obravnavamo, pa je, kako z gospodarjenjem z gozdovi prispevati k blaženju podnebnih sprememb (ang.: *mitigation*). Oba vidika, prilaganje in blaženje, sta sestavni del podnebno ozaveščenega gozdarstva (ang. *climate smart forestry*) (Tognetti in sod., 2021), ki se vse bolj krepi.

Pri nas namenjamo podnebnim spremembam in njihovim vplivom na gozdove vedno več pozornosti (npr. Simončič in sod., 2001; Ficko, 2018; Breznikar, 2019; Kraigher in Humar, 2021; Kraigher in sod., 2022; Bleiweis in sod., 2023; Bončina in sod., 2024; Kraigher in sod., 2024). Na globalni ravni se povečuje število raziskovalnih

izsledkov o vplivu podnebnih sprememb na gozdove. Opazen pa je velik razkorak med raziskovalnimi izsledki in dejanskim prilaganjem gospodarjenja z gozdovi. Pri prilaganju gospodarjenja podnebnim spremembam se porajajo številna vprašanja: i) kako lahko sploh prilagajamo gozdove, ii) kateri so temeljni koncepti, strategije in ukrepi prilaganja gozdov na pričakovane podnebne spremembe. S temi vprašanji se ukvarjajo v mnogih deželah. Ob tem se je treba zavedati velikih razlik med deželami; razlike so v gozdnih ekosistemih, podnebne spremembe so lahko različnih smeri in jakosti, tudi koncepti gospodarjenja so lahko zelo različni. V prispevku želimo i) pojasniti zasnovo prilaganja gozdov podnebnim spremembam, ii) predstaviti predlog temeljnih strategij za prilagojeno gospodarjenje z gozdovi in iii) prikazati način vključitve podnebno ozaveščenega prilagojenega gospodarjenja z gozdovi v celovito upravljanje gozdov.

2 KONCEPTI PRILAGAJANJA GOSPODARJENJA GOZDOV ZARADI PODNEBNIH SPREMOMB

2 CONCEPTS OF ADAPTING FORESTS MANAGEMENT TO CLIMATE CHANGE

Prilaganje gospodarjenja z gozdovi zaradi podnebnih sprememb (tudi prilagoditveno gospodarjenje na podnebne spremembe) je zasnovano na dveh temeljnih konceptih (Glick in sod., 2011; Swanston in sod., 2016), ki so ju intenzivno razvijali v zadnjih treh desetletjih:

- koncept ranljivosti (ogroženosti) gozdov zaradi podnebnih sprememb;
- koncept prilaganja gospodarjenja, ki obsega temeljne ekološke koncepte, strategije, smernice in ukrepe gospodarjenja.

2.1 Ranljivost gozdov zaradi podnebnih sprememb

2.1 Forest vulnerability due to the climate change

Ocena ranljivosti gozdov (ang. *forest vulnerability assessment*) je izhodišče za iskanje načinov in ukrepov za prilaganje gospodarjenja. Name-

sto pojma ranljivosti je v uporabi tudi pojem ogroženost (ang. *threat*), ki označuje sovpadanje nevarnosti in škodnega potenciala. Pojem ogroženosti je pogosto v uporabi v vodarstvu (npr. poplavna ogroženost), manj pogosto pa v gozdarstvu (Strateški okvir..., 2016).

Preden iščemo in določimo primerne ukrepe za prilagajanje gozdov podnebnim spremembam, je treba ugotoviti: i) kateri gozdovi so bolj ranljivi, ii) kako zelo so ranljivi in iii) zakaj so ranljivi (ogroženi) (Glick in sod., 2011). Pri ocenjevanju ranljivosti je smiselno razlikovati med zdajšnjo in napovedano (prihodnjo) ranljivostjo gozdov; sedanja je rezultat dosedanjih vplivov podnebnih sprememb na gozdove, napovedana pa temelji na projekcijah podnebnih sprememb in odzivov gozda nanje. Za prilagajanja gozdov sta pomembni obe oceni ranljivosti, vendar zaradi dolgoživosti drevoja in gozdnih sestojev je napovedana ranljivost za prilagajanje gozdov relativno pomembnejša v primerjavi s kmetijstvom, za katerega so značilni krajši proizvodni cikli.

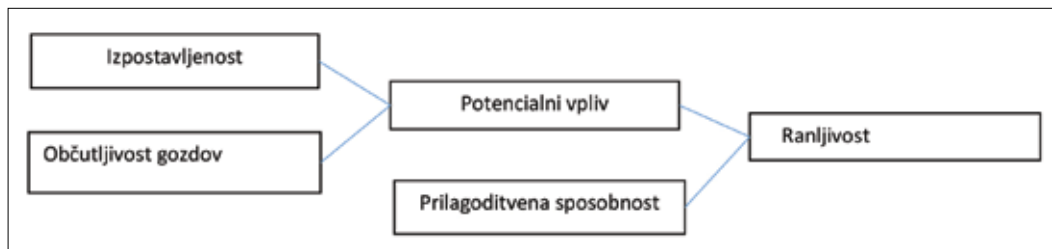
Če povzamemo pristope različnih avtorjev (npr. ICPP, 2007; Swanston in sod., 2016; Halofsky in sod., 2018), potem ocena ranljivosti gozdov na podnebne spremembe temelji na naslednjih elementih (Slika 1):

- izpostavljenost gozdov podnebnim spremembam (ang. *exposure*); ta element opisuje, kakšnim podnebnim spremembam so izpostavljeni gozdovi in kako velike so podnebne spremembe. To lahko opišemo s spremembo podnebnih spremenljivk, ki opisujejo zračno temperaturo, padavine, sušna obdobja in podobno. Za oceno izpostavljenosti je treba poznati dosedanje podnebne razmere in njihov

vpliv na gozdove ter projekcijo prihodnjih podnebnih razmer in odzivov gozdov nanje;

- občutljivost gozdov na podnebne spremembe (ang. *sensitivity, susceptibility*); ta element pojasnjuje, kako se gozdni sestoji in drevice različnih drevesnih vrst odzivajo na podnebne spremembe; na primer: ob enakih ekstremnih padavinah so nekateri gozdni ekosistemi (npr. zaradi talnih razmer) dovzetnejši za erozijske procese kot drugi;
- potencialni vpliv (ang.: *impact*) podnebnih sprememb; ta element je rezultanta izpostavljenosti gozdov podnebnim spremembam in njihove občutljivosti za spremembe in pojasnjuje, kakšne so bile posledice dosedanjih sprememb oziroma kakšne bodo predvidene posledice podnebnih sprememb na gozdne ekosisteme. Vplivi se lahko kažejo v spremembah osnovnih procesov v gozdnih sestojih (rast, pomlajevanje, mortaliteta). Podnebni dejavniki so del rastiščnih dejavnikov, ki vzajemno vplivajo na razvoj gozdov. Prav kompleksen vpliv dejavnikov otežuje prepoznavanje vplivov podnebnih sprememb na gozdove. Pri vplivu podnebnih sprememb na gozdove je treba razlikovati dva vidika (Klopčič in Bončina, 2019):

- prvi označuje vpliv postopnega spreminjanja podnebja, ki ga najpogosteje označimo kot globalno segrevanje ozračja in ga opišemo s spreminjanjem podnebnih spremenljivk. Vpliv globalnega segrevanja ozračja na procese rasti, pomlajevanja, vrasti in mortalitete gozdnega drevoja je raznovrsten in zapleten. V Evropi nekatere drevesne vrste (npr. jelka) izkazujejo povečano rast, pri drugih (npr. bukev)



Slika 1: Zasnova ocene ranljivosti gozdov zaradi podnebnih sprememb (ICPP, 2007)

Figure 1: Concept of forest vulnerability assessment due to the climate change (ICPP, 2007)

ni bistvenih sprememb, tretje pa kažejo zmanjšano rast (npr. smreka). Odziv drevja je lahko odvisen od nadmorske višine. V Sloveniji naj bi se neto produkcija in s tem rast drevja in sestojev povečala do 10 % glede na rast v obdobju 1971–2000 (Schelhaas in sod., 2015). V srednji Evropi poročajo večinoma o povečani volumenski rasti sestojev, ki je opaznejša na produktivnejših rastiščih. Produktivnejske sposobnosti gozdnih rastišč se spreminjajo, praviloma povečujejo, ponekod tudi zmanjšujejo. Podnebne spremembe lahko vplivajo na naravno pomlajevanje pa tudi na spremembe razširjenosti drevesnih in drugih rastlinskih vrst (Kutnar in sod., 2009; Küchler in sod., 2015) ter tudi na razširjenost gozdnih vegetacijskih tipov (Gregorčič in sod., 2023). V Sloveniji zaenkrat še ne opažamo motenj pri obnovi naravnih drevesnih vrst, nakazujejo pa se spremembe v vzorcih pomlajevanja (Klopčič in sod., 2022). Vpliv podnebnih sprememb se kaže v mortaliteti drevja, ki je sicer naraven pojav, vendar se stopnja odmiranja povečuje zaradi vpliva podnebnih sprememb, npr. sušnosti. Pogosto se zaradi stresa zmanjša rast drevja, poslabša se njegov zdravstveni status, kar povečuje možnosti za razvoj bolezni in razmnožitev škodljivcev (Jurc in sod., 2017);

- drugi vidik vpliva podnebnih sprememb se kaže v večji pogostnosti in jakosti ekstremnih dogodkov (IPCC, 2014; Ficko, 2018). Veter je glavni povzročitelj poškodovanosti gozdov v Evropi (Scheelhaas in sod., 2003). V obdobju 2000–2017 se skupna poškodovanost gozdov v Evropi zaradi vetra in požarov ni bistveno spremenila, značilno pa se je spremenila prostorska razmestitev teh dogodkov (Forzieri in sod., 2020); v istem obdobju se je značilno povečala poškodovanost gozdov zaradi insektov. Pogostost in obdobje trajanja suš naj bi se v srednji Evropi povečala (Lindner in sod., 2014). Toplejše vreme bo pozitivno vplivalo na namnožitev insektov in patogenih organizmov ter pogostnost gozdnih

požarov, zmanjšala naj bi se frekvenca in jakost snegolomov ter žledolomov, medtem ko naj bi ostal režim vetrolomov nespremenjen (Seidl in sod., 2017). V Sloveniji so v zadnjih dvajsetih letih gozdove prizadele številne ujme velikih razsežnosti (Grecz in Kolšek, 2016). Leta 2014 je žled povzročil poškodbe drevja na več kot 50 % celotne površine gozdov. A niso bile vse drevesne vrste enako poškodovane, razlike so bile znatne, verjetnost poškodb pa zelo raznolika (Klopčič in sod., 2020). Obsežni vetrolomi zaradi orkanskih vetrov so pogostejši. Zaradi poškodovanosti smrekovih gozdov je v obdobju 2014–2018 nastala izjemna namnožitev podlubnikov (več kot 5,5 mio m³), ki so prizadeli gozdove tudi na območjih, kjer do tedaj podlubnikov ni bilo; zaradi podnebnih sprememb se življenjski prostor podlubnikov širi v višje nadmorske višine in proti severu (Jurc, 2022).

- Glede na prilagoditveno sposobnost gozda (ang. *adaptive capacity*) ugotovimo, kako se le-ta odziva na spremembe. Odziv se lahko odraža v fluktuacijah gozdne vegetacije; takšen primer so spremembe v dominanci drevesnih vrst. Odzivi se lahko odražajo v povečani mortaliteti ali celo nazadovanju drevesnih vrst in sestojev.

Ranljivost gozdnih ekosistemov je rezultanta izpostavljenosti gozdov podnebnim spremembam, občutljivosti gozdov in njihove prilagoditvene sposobnosti. Ob večji izpostavljenosti, veliki občutljivosti in majhni prilagoditveni sposobnosti so posledice podnebnih sprememb na strukturo in delovanje gozdnih ekosistemov veliko večje kot v primeru majhne izpostavljenosti, majhne občutljivosti in velike prilagoditvene sposobnosti.

Ranljivost gozdov lahko ocenimo na različnih prostorskih ravneh. Na velikoprostorski ravni (nacionalna raven) je ranljivost gozdov lahko različna zaradi njihove heterogenosti in s tem različne občutljivosti ter njihove različne izpostavljenosti podnebnim spremembam. Zato je ocena ranljivosti na takšni ravni splošna. Posledično so splošne tudi strategije in smernice za prilago-

gaganje, saj so veljavne za raznovrstne gozdove z raznovrstnim vplivom podnebnih sprememb. Na nižjih ravneh (območna, krajinska) je ocena ranljivosti bolj določna in zato tudi primernejša podlaga za prilagojeno gospodarjenje.

Napovedi o sedanjih in prihodnjih vplivih podnebnih sprememb na gozd so negotove, enako velja za ocene prilagoditvene sposobnosti gozdov. Zaradi zahtevnosti je priporočljivo, da so ocene ranljivosti zaradi podnebnih sprememb rezultat timskega dela različnih strokovnjakov. Prav tako je priporočljivo, da pri ocenah ogroženosti gozdov sodeluje večji krog deležnikov, poleg znanstvenikov tudi upravljavci, lastniki gozdov, različni deležniki z znanjem ali izkušnjami o omenjenih treh elementih ranljivosti gozdov.

2.2 Prilaganje gozdov podnebnim spremembam

2.2 Adaptations of the forests to the climate change

Če prilagodimo splošno definicijo prilaganja gospodarjenja podnebnim spremembam (Strateški okvir..., 2016), potem prilagojeno gospodarjenje z gozdovi obsega vse ukrepe in politike za načrtno zmanjševanje ranljivosti gozdov ter povečevanje njihove odpornosti na zaznane ali pričakovane vplive podnebnih sprememb.

Prilagojeno gospodarjenje poteka na več ravneh, zato vključuje koncepte, strategije, smernice in ukrepe prilagojenega gospodarjenja. Koncepti in strategije so bolj splošni, veljajo za večja prostorske ravni, smernice in ukrepi pa so podrobnejši, prilagojeni posebnostim v manjšem prostoru, vsebinsko pa se navezujejo na strategije in koncepte prilaganja.

2.2.1 Koncepti

2.2.1 Concepts

Iskanje mogočih načinov prilaganja gozdov podnebnim sprememba temelji ne treh ekoloških konceptih (Swanston in sod., 2016), in sicer i) koncept odpornosti, ii) koncept prožnosti in iii) koncept tranzicije gozdnih ekosistemov:

- koncept odpornosti gozdov (ang. *resistance*; »obramba sistema«, vzdržljivost); gozdni ekosistemi so do določene mere odporni

na vplive iz okolja. Ob vplivih iz okolja se struktura in delovanje gozdnih ekosistemov (bistveno) ne spremeni. Z gospodarjenjem z gozdovi lahko krepimo njihovo odpornost. Takšen pristop je primeren za gozdove, ki so manj občutljivi za podnebne spremembe. Njegov pomen je večji v gozdovih s posebno ekološko ali kulturno vrednostjo; radi bi ohranili strukturo, sestavo in delovanje gozdov, čeprav se okolje spreminja;

- koncept prožnosti (ang. *resilience*; dinamična odpornost, trdoživost); ta koncept vključuje spremembe gozdov. Zaradi okoljskih vplivov se gozdovi spremenijo, vendar lahko zavzamejo stanje, podobno stanju sistema pred motnjo. V povezavi s prožnostjo se pogosto omenja fluktuacije; npr. fluktuacije drevesne sestave gozdov zaradi okoljskih vplivov. Ta koncept je primeren za gozdove z velikim prilagoditvenim potencialom. Težava nastane, ko so spremembe okolja tolikšne, da se gozdni ekosistem ne more več prilagoditi na spremembe okolja. Deleži drevesnih vrst se spreminjajo, vendar so prisotne vse vrste; ob zelo veliki spremembi okolja pa lahko izgine katera izmed njih. Prilagoditvena sposobnost gozdov je v znatni meri odvisna od prožnosti gozdov;
- koncept tranzicije (ang. *transition*; prehod, odziv); zanj je značilno, da sprejmemo nujnost sprememb gozdnih ekosistemov in z ukrepi povečujemo možnosti prilagoditve gozdnih ekosistemov na prihodnje podnebne razmere. Ta koncept je smiseln v gozdovih, ki so zelo ogroženi, in tam, kjer so podnebne spremembe hitre in velike.

2.2.2 Strategije prilaganja

2.2.2 Adaptation strategies

Jandl in sod. (2019) razlikujejo med pasivnim in aktivnim prilaganjem. Prvi pristop temelji na naravni prožnosti gozdnega ekosistema, sekundarnih sukcesijah in na omejitvi ali celo izključitvi vseh gozdnogospodarskih (gojitvenih) ukrepov. Drugi pristop vključuje gojitvene ukrepe, ki vplivajo na sestavo in strukturo gozdnih sestojev, ki sta bolj prilagojeni na podnebne spremembe (Bolte in sod., 2009; Millar in sod., 2007). Bernier in Schoene (2009) omenjata načine ravnanja glede

na podnebne spremembe, in sicer upravljanje brez prilaganja, odzivno upravljanje in načrtovano prilaganje. Prvi način pomeni, da dosedanjsa ravnanja ne spreminjamo, drugi način uporabljamo samo v primeru poškodb gozdov zaradi ekstremnih vremenskih dogodkov (sanitarni posek in sanacija gozdov zaradi motenj), tretji način pa pomeni spreminjanje dosedanjsa ravnanja z gozdovi, saj je treba cilje in ukrepe gospodarjenja prilagoditi glede na tveganja in negotovosti, povezane s podnebnimi spremembami.

Strategije prilagojenega gospodarjenja z gozdovi opredeljujejo mogoče načina ravnanja z gozdovi za povečevanje odpornosti in prožnosti gozdov na sedanje in prihodnje podnebne razmere. Pregledali smo različne vire o strategijah prilaganja na podnebne spremembe (npr. Spittlehouse in Stewart, 2004; Adger in sod., 2005; Locatelli, 2010; Millar in sod., 2007; Swanston in sod., 2016; Halofsky in sod., 2018; Lindner in sod., 2014; Forest Europe, 2020) in pri tem ugotavljamo naslednje:

- v zapisu strategij in smernic so med avtorji in deželami opazne razlike. Kar nekateri prikazujejo kot strategije, drugi opisujejo kot smernice in obratno;
- strategije so splošne in praviloma veljajo za nacionalno ali regionalno prostorsko raven;
- ameriški in kanadski avtorji v primerjavi z evropskimi relativno več pozornosti namenjajo prilagoditvam na velikoprostorski (regionalni in krajinski) ravni, evropski pa bolj poudarjajo prilagojeno gospodarjenje z gozdnimi sestoji;
- v deželah, kjer prevladuje golosečni sistem, so pogostejše strategije o obnovi s sajenjem in setvijo (npr. uvajanje novih vrst ali prilagojenih genotipov glede na provinienčne poskuse);
- v strategijah gospodarjenja z gozdovi je poleg usmerjenja razvoja gozdov (obnova, nega, drevesna sestava, zgradba, proizvodne dobe) bolj kot doslej poudarjeno varstvo gozdov (npr. omejevanje gozdnih požarov, namnožitve insektov in širjenja bolezni);
- poleg strategij za razvoj gozdov nekateri izpostavljajo tudi strategije za prilagoditev rastnih modelov in sestojnih tablic ter tudi tehnologij predelave lesa;
- nekateri avtorji poleg strategij za prilaganje gozdov podnebnim spremembam navajajo tudi

strategije za blaženje podnebnih sprememb, nekateri pa tudi usmeritve, ki se nanašajo na pravne predpise, izobraževanje in druge aktivnosti;

- strategije opisujejo glavne možnosti prilaganja gozdov. Tudi zaradi preglednosti in motivacijskega pomena je njihovo število omejeno; le redko je navedenih več kot deset strategij.

Na podlagi pregleda in dosedanjih izkušenj pri gospodarjenju z gozdovi izpostavljamo predlog strategij za prilaganje gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji (Slika 2). Strategije za prilagojeno gospodarjenje so splošne; v danih razmerah je treba presoditi, katere izmed omenjenih so pomembnejše in jih je treba opredeliti tako, da bodo primerne za posamezne gozdne tipe glede na dosedanje in pričakovane podnebne vplive ter prilagoditveno sposobnost teh gozdov.

Zaradi podnebnih sprememb je treba prilagajati sistem upravljanja gozdov. Negotovosti in tveganja pri gospodarjenju z gozdovi se povečujejo, zato je treba dopolnjevati koncept upravljanja gozdov (Poljanec in sod., 2023) tudi tako, da vanj vključujemo upravljanje tveganj (Ficko, 2018). Sistem monitoringa je treba dopolniti tako, da bo omogočal zaznavo odzivov gozdov na podnebne spremembe in prilagoditvene ukrepe. Pogostnost ekstremnih vremenskih dogodkov se povečuje, zato bo treba izpopolniti sistem sanacij z upravljavskega in tehnološkega vidika. Za odzivno ukrepanje je treba izboljšati infrastrukturo v gozdnem prostoru in možnost obnove gozdov po motnjah.

Za izvajanje izbranih prilagojenih ukrepov je nujno zaveznitvo med gozdarskimi strokovnjaki, lastniki, izvajalci in širšo javnostjo. Če lastniki ne bodo verjeli v smiselnost ukrepov, jih verjetno ne bodo izvajali. Prilaganje gozdov podnebnim spremembam ni pomembno le za lastnike gozdov, ampak je zaradi socialnih in okoljskih funkcij pomembno za celotno družbo. Zato je zaželen sistem subvencij, ki bi vzpodbujal prilaganje gozdov in prispeval k izvajanju ukrepov, za kar bo potrebna tudi prilagoditev pravnih predpisov.

Z uresničevanjem strategij povečujemo odpornost, prožnost ali tranzicijo gozdnih ekosistemov, da so oziroma bodo bolj prilagojeni sedanjim in prihodnjim razmeram (Preglednica 1).



Slika 2: Strategije za prilagojeno gospodarjenje z gozdovi glede na podnebne spremembe (spremenjeno in dopolnjeno na podlagi številnih virov, npr. Adger in sod., 2005; Millar in sod., 2007; Locatelli in sod., 2010; Swanston in Janowiak, 2012; Swanston in sod., 2016; Halofsky in sod., 2018; Resolucija o Dolgoročni podnebni strategiji Slovenije do leta 2050, 2021; Larsen in sod., 2022; Tognetti in sod., 2022; Poljanec in sod., 2023)

Figure 2: Strategies for the adapted forest management with regard to the climate change (altered and supplemented on the basis of numerous sources, e.g. Adger et al., 2005; Millar et al., 2007; Locatelli et al., 2010; Swanston and Janowiak, 2012; Swanston and al., 2016; Halofsky et al., 2018; Resolucija o Dolgoročni podnebni strategiji Slovenije do leta 2050, 2021; Larsen et al., 2022; Tognetti et al., 2022; Poljanec et al., 2023)

2.2.3 Smernice in ukrepi

2.2.3 Guidelines and measures

Strategije so splošne, zato se je treba posebnostim posameznih območij gozdov prilagoditi s smernicami. Pri tem je treba upoštevati prilagoditveno sposobnosti gozdov v območju, njihovo ranljivost (občutljivost) in dejanske podnebne spremembe v območju. Smernice so še vedno del okvirnega načrtovanja, primerne so za načrtovanje ravnanja z gozdovi na ravni gozdnih združb, gozdnih tipov,

večjih gozdnih posesti. Gozdni rastiščni tipi so lahko primeren okvir za prilagojeno gospodarjenje z gozdovi. Med njimi so lahko velike razlike v stopnji ranljivosti zaradi podnebnih sprememb, drevesni sestavi, odzivih drevesnih vrst na podnebne spremenljivke in različnih prilagoditvenih sposobnosti (Bončina in sod., 2021).

Na podrobni ravni (sestoj, odsek, manjše območje) določimo ukrepe, ki so sestavni del operativnega načrtovanja. Ukrepe in aktivnosti izpeljemo iz strategij in smernic ter ob tem upo-

Preglednica 1: Utemeljitev predlaganih strategij (Slika 2) za prilagajanje gozdov podnebnim spremembam
Table 1: The justification of the suggested strategies (Figure 2) for adapting of the forests to the climate change

Strategija in koncepti*	Utemeljitev
1 (O, P)	Krepitev naravnih procesov v gozdnih ekosistemih (npr. naravna obnova; ohranjanje habitatov, živalskih in rastlinskih vrst) prispeva k večji odpornosti in prožnosti celotnega gozdnega ekosistema. Z uravnavanje strukture in gostote sestojev vplivamo na kroženje vode in hranil, mikroklimo, populacije živalskih in rastlinskih vrst, ki so pomembne za delovanje. Z ustreznim pridobivanjem lesa omejimo poškodbe drevoja in tal.
2 (O, P)	Biotski dejavniki bistveno vplivajo na delovanje gozdnih ekosistemov. Jelenjad, na primer, s selektivnim objedanjem ali celo izločanjem nekaterih drevesnih vrst zmanjšuje odpornost gozdov na podnebne spremembe. Podobno velja za bolezni in insekte, ki povečujejo dovzetnost za poškodbe drevoja in sestojev v primeru ekstremnih vremenskih dogodkov. S pravočasnim in ustreznim ukrepanjem (npr. odkazilo, posek, odstrel, varstveni ukrepi) zmanjšamo negativen vpliv biotskih povzročiteljev motenj, ki sicer povečujejo dovzetnost gozdov za vplive podnebnih sprememb.
3 (O)	Obseg in stopnja poškodb gozdov zaradi biotskih dejavnikov (npr. žled, veter, sneg) sta odvisna od sestave in zgradbe gozdnih sestojev. Zato z oblikovanjem sestave in zgradbe gozdnih sestojev (vključno z gostoto sestojev) zmanjšamo stopnjo poškodovanosti gozdov zaradi abiotičnih motenj (npr. veter, žled, suše). S podaljšanjem ali skrajševanjem proizvodnih dob vplivamo na dovzetnost sestojev za poškodbe (npr. vetroлом, namnožitve insektov). V požarno ogroženih gozdnih nakopičene količine odmrlega drevoja in grmovja povečujejo tveganja za razvoj velikih požarov. Nevarnost je mogoče omejevati s kontrolnim požigom nakopičene odmrle fitomase ali z njenim odstranjevanjem. Namnožitev škodljivcev je odvisna od vremenskih in sestojnih razmer; nevarnost namnožitve zmanjšujemo z ukrepi integralnega varstva (npr. upoštevanje zdravstvenega stanja pri rednem označevanju dreves za posek, pravočasen posek manj vitalnih dreves, gozdni red, pravočasen odvoz sortimentov).
4 (O, P)	Več drevesnih vrst v gozdnih sestojih pomeni razpršitev tveganja. Mešani sestoji se prožneje odzivajo na vplive biotskih in abiotičnih dejavnikov. V mešanih sestojih je praviloma večja ravnost posameznih drevesnih vrst. Raznomerni sestoji so praviloma odpornejši na vplive abiotičnih dejavnikov (veter, žled, sneg). V primeru velike poškodovanosti zaradi ekstremnih vremenskih dogodkov je obnova raznomernih gozdov zaradi prisotnosti podmladka praviloma uspešnejša, hitrejša in cenejša v primerjavi z enomernimi gozdovi.
5 (O)	Gozdni in rezervati in starorasli gozdovi so vir naravnih populacij rastlinskih in živalskih vrst ter kot taki pomembni za njihovo širjenje v druge gozdove.
6 (P)	Pričakovana je večja pogostnost ekstremnih vremenskih dogodkov (ekstremne suše, orkanski vetrovi, veliki gozdni požari, izjemne padavine). Obnovev gozdov je odvisna od ukrepanja po motnjah. Z ustreznim ravnanjem (npr. odločitve o odstranjevanju poškodovanega drevoja, pripravi tal, načinu obnove, varstvenih ukrepov, prometnicah, spravi in transportu) lahko pospešimo sanacijo, zmanjšamo njene stroške, pospešimo vzpostavitev prožnih in odpornih gozdov, ki bodo zagotavljali zelene učinke gozda. Tako vplivamo na možnost sekundarnih motenj (namnožitev insektov), negativnih vplivov na gozdni ekosistem (npr. erozija) in funkcij gozdov (npr. varovalna funkcija)
7 (P)	Odzivi gozda na podnebne spremembe so odvisni tudi od genetske diverzitete rastlinskih in živalskih vrst. Z naravno obnovo gozdov, uporabo različnih gojitvenih sistemov in tehnik pomlajevanja ohranjamo (naravno) genetsko diverzitetno drevesnih vrst in posredno tudi drugih vrst, saj z gozdnim drevjem oblikujemo njihove habitate. Z umetno obnovo lahko dodatno prispevamo k večji genetski diverziteti.
8 (P, T)	Krajinska povezljivost olajša širjenje (prilagajanje) arealov vrst glede na podnebne spremembe. Selitve drevesnih vrst so pogojene z možnostjo naravne obnove, kar je odvisno od prisotnosti semenskih dreves. Selitve mnogih živalskih vrst so pogojene z gozdnimi koridorji.
9 (T)	Spremembe podnebnih sprememb so lahko tako hitre, da jim drevesne (in druge) vrste po naravni poti (sprememba arealov) ne morejo slediti. V takšnih primerih je smiselno nadomeščanje drevesnih vrst z drugimi, ki trenutno niso prisotne, so pa prilagojene na prihodnje podnebne razmere na danem območju.

* Ekološki koncepti: O, odpornost; P, prožnost; T, tranzicija

števam razmere na krajinski in predvsem sestojni ravni. Za ponazoritev povezave med strategijami, smernicami in ukrepi lahko navedemo naslednji primer:

- strategija: povečati vrstno diverzitetu gozdnih sestojev;
 - smernica: pospeševati graden in termofilne listavce v danem gozdnem tipu;
 - ukrep: setev gradna na izbranih lokacijah.

3 VKLJUČEVANJE PRILAGAJANJA GOZDOV PODNEBNIM SPREMEMBAM V CELOVITO UPRAVLJANJE GOZDOV

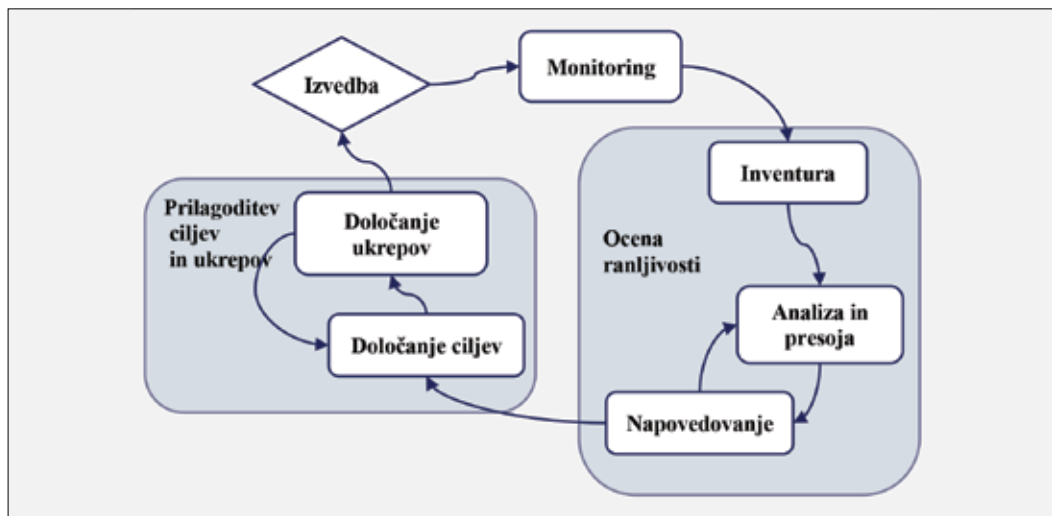
3 INCORPORATING FOREST ADAPTATION TO THE CLIMATE CHANGE INTO THE COMPREHENSIVE FOREST MANAGEMENT

Prilaganje gozdov podnebnim spremembam ne smemo obravnavi ločeno od preostalega gospodarjenja z gozdovi, ampak ga je treba vključiti v celovito upravljanje gozdov. V Sloveniji zagovarjamo adaptivno upravljanje gozdov, tradicionalno poimenovano gospodarjenje na načelih kontrolne metode. Takšno gospodarjenje temelji na stalnem učenju in dopolnjevanju upravljanja na podlagi spremljanja odzivov gozda na izpeljane ukrepe.

Glede vpliva podnebnih sprememb na gozdove in njihovih odzivov je veliko negotovosti, zato je koncept adaptivnega upravljanja primeren tudi za prilaganje podnebnim spremembam (Slika 2). Predlog vključevanja prilaganja gospodarjenja smo izdelali na podlagi postopka adaptivnega načrtovanja, ki ga razvijamo v Sloveniji (Bončina, 2008), in izkušenj tujih, predvsem ameriških in kanadskih avtorjev (npr. Swanston in sod., 2016; Halofsky in sod., 2018).

Gozdni rastiščni tipi so primeren okvir za prilagojeno gospodarjenje z gozdovi. Med njimi so lahko velike razlike v stopnji ranljivosti zaradi podnebnih sprememb, drevesni sestavi, odzivih drevesnih vrst na podnebne spremenljivke in različnih prilagoditvenih sposobnosti (Bončina in sod., 2021).

Če ponazorimo s primerom: v okviru strategije povečati vrstno diverzitetu sestojev so v različnih gozdnih različne možnosti. V nekaterih gozdnih tipih je veliko drevesnih vrst in je zato možnost za uresničevanje te strategije veliko večja kot v gozdnih tipih, v katerih je v drevesni sestavi le nekaj vrst. Tudi smernica, kot je npr. pospeševanje termofilnih listavcev, ima v različnih gozdnih tipih (npr. v dobovih ali bukovih gozdnih) različen pomen. Pogosto je omenjeno zmanjševanje deleža smreke v gozdnih sestojih. Aktualnost te



Slika 3: Vključevanje prilaganja gozdov podnebnim spremembam v celovito upravljanje gozdov
 Figure 3: Incorporating forest adaptation to the climate change into the comprehensive forest management

smernice je med gozdnimi tipi lahko zelo različna, posploševanje na vse gozdne tipe ni primerno. Pri odločanju o prilagoditvenih smernicah je treba upoštevati dejanske razmere na območju.

Načrtovalni postopek smo razdelili na šest faz (Slika 3). Pri opisu izpostavljam vsebine, ki so pomembne za prilagajanje podnebnim spremembam.

1. Inventura; vanjo je treba vključiti znake o gozdovih in okolju, ki pojasnjujejo vplive podnebnih sprememb na gozdove in občutljivost gozdov.
2. Analiza in presoja; v tej fazi analiziramo podatke o gozdovih, gospodarjenju in okoljskih vplivih. Pomembno je zaznati spremembe v zadnjih desetletjih (motnje, sanitarni posek, podnebne spremembe na lokalni/krajinski ravni) in presoditi uspešnost opravljenih ukrepov. Primerno je, da analize izpeljemo na ravni gozdnih tipov. Pri tem je treba kombinirati znanstvene izsledke in upravljalvske presoje.
3. Napovedovanje; v okviru te faze je treba oceniti tudi podnebne spremembe in njihov potencialni vpliv na gozdove. Ta ocena velja za območje načrtovanja. Pri tem so pomembna vprašanja, kot so: i) kako se podnebne razmere spreminjajo na območju, ii) kako se spreminjajo gozdovi, iii) kakšni bodo vplivi zaznanih podnebnih sprememb na razvoj gozdov. Tudi v tej fazi je treba kombinirati znanstvene izsledke in izkušnje ter napovedi na ravni območij, ki so prostorski okvir načrtovanja.

Fazi analiza in presoja ter napovedovanje sta podlagi za **oceno ranljivosti gozdov**, ki izhaja iz dejanskih razmer ter zaznanih in predvidenih podnebnih razmer na določenem območju.

4. Cilji gospodarjenja; določeni so glede na zahteve družbe (lastnikov in javnosti). Zaradi ranljivosti gozdov je treba preveriti, ali je treba cilje prilagoditi, da bodo uresničljivi. Zaradi poškodovanih gozdov se lahko vsaj začasno spremenijo pomeni ciljev. Poškodbe gozdov, izmenjava drevesnih vrst in druge spremembe vplivajo na cilje gospodarjenja (npr. zmanjšan pomen lesnoproizvodne funkcije, slabšanje habitatov).
5. Strategije, smernice in ukrepi prilagajanja; so ključni del prilagajanja. Pri izboru ukrepov si

lahko pomagamo z naborom strategij (Slika 1; Preglednica 1) in jih prilagodimo posebnostim območja. Pri odločanju o ravnanju z gozdovi so pomembna vprašanja: i) ali so sploh potrebni prilagoditveni ukrepi, ii) v kolikšni meri je treba spreminjati gospodarjenje, iii) kateri dopolnilni ukrepi so potrebni, iv) ali je treba prilagoditi operativne cilje? Pogosto je treba spremeniti operativne cilje, saj prav s spreminjanjem drevesne sestave in sestojne zgradbe povečujemo prožnost in odpornost gozdov.

6. Izvedba; ni del načrtovalnega postopka, je pa ključna za proaktivno prilagajanje gozdov.
7. Monitoring je pomembna faza za dopolnjevanje gospodarjenja. Presojati je treba učinkovitost izvedenih ukrepov. Pomembna vprašanja so: i) ali so ukrepi sploh učinkoviti, ii) ali jih je smiselno ponavljati, iii) ali je treba iskati nadomestne ukrepe, iv) ali je treba prilagoditi cilje gospodarjenja?

Za uspešno prilagajanje gospodarjenja je nujno sodelovanje z lastniki in deležniki. Od sodelovanja sta odvisna izvedba ukrepov in nadaljnje prilagajanje glede na presojo uspešnosti izvedenih ukrepov. Z izobraževanjem, informiranjem in sodelovanjem je treba med gozdarji, lastniki in deležniki ustvariti pripravljenost za spremembe dosedanjega gospodarjenja. Hkrati je nujna širša družbena podpora, ki vključuje finančne spodbude za izvajanje ukrepov (Slika 2).

3.1 Pomen gozdnogospodarskega načrtovanja za prilagajanje podnebnim spremembam

3.1 Importance of forest management planning for adapting to the climate change

Območni gozdnogospodarski načrti za obdobje 2021–2030 obsegajo usmeritve za prilagajanje na podnebne spremembe in njihovo blaženje (Poljanec in sod., 2023). V območnih so temeljne usmeritve za gospodarjenje z gozdovi do leta 2030 namenjene prav prilagajanju gozdov na podnebne spremembe in tudi njihovem blaženju. Strategije prilagajanja so vsebinsko povezane z izbiro gojitvenih sistemov, načini pomlajevanja

gozdov, izbiro drevesne sestave, vnosom tujerodnih vrst, krepitev stabilnosti in odpornosti gozdov, odločitvami o dolžinah proizvodnih dob in sanacijami gozdov (Poljanec in sod., 2023). Območni načrti konkretizirajo nacionalne strategije prilaganja gozdarstva. Med območji in glavnimi gozdnimi tipi Slovenije je različna stopnja ranljivosti gozdov, zato območna raven nudi možnosti za prilagoditvene strategije, ki upoštevajo posebnosti gozdnih tipov in podnebnih sprememb znotraj posameznih območij. Usmeritve v območnih načrtih so podlaga za prilaganje gozdov na ravni gozdnogospodarskih enot in rastiščnogojitvenih razredov. Hkrati so pomembne za pripravo načrtov sanacij gozdov, poškodovanih zaradi ekstremnih vremenskih dogodkov. Gozdnogospodarsko načrtovanje tako postaja instrument za uvedbo in preverjanje novih ukrepov prilaganja gozdov, kot so premene drevesne sestave in zgradbe gozdnih sestojev, iskanje primernih načinov setve in sajenja, hkrati pa instrument za sodelovanje z gozdnimi posestniki in zainteresirano javnostjo glede prilagoditvenega gospodarjenja z gozdovi (Poljanec in sod., 2022).

4 ZAKLJUČEK

4 CONCLUSION

Podnebne spremembe so pogosta tema raziskav in različnih strateških dokumentov. Ugotovitve raziskav in usmeritve različnih dokumentov so pogosto splošne in deklarativne. V prispevku je opisan predlog za večjo operativnost prilaganja gozdov podnebnim spremembam. Zasnova opisanega prilaganja združuje elemente okvirnega in podrobnega načrtovanja, saj so koncepti prilaganja, prek strategij in smernic, povezani z ukrepi v posameznih sestojih.

Prilaganje mora izhajati iz zaznanih sprememb v okolju in njihovem vplivu na gozdove. Zato je pomembno povezovanje gozdarskih praktikov, raziskovalcev, lastnikov gozdov in širše javnosti. Proaktivno prilaganje gospodarjenja je mogoče, če ljudje sprejmejo dejstva o podnebnih spremembah, prepoznajo vplive in zaupajo napovedim o prihodnjih vplivih na gozd.

V prispevku smo se omejili na prilaganje gozdnih sestojev podnebnim spremembam. Za prilaganje gozdarstva kot sektorja pa so pomembne še številne druge aktivnosti, kot so razvoj tehnologij za sanacijo gozdov po ekstremnih dogodkih, izboljšana infrastruktura v gozdovih, izboljšani nadzor glede gozdnega reda in varstva gozdov.

Za uspešno prilaganje gospodarjenja so pomembne upravljavske izkušnje in novo znanje. Raziskovalni izsledki so pomembni zlasti za razumevanje vpliva podnebnih sprememb na gozdove in odzive drevja, sestojev, gozdnih združb. Zaradi povečevanja negotovosti in tveganj pri gospodarjenju z gozdovi bomo morali dopolnjevati koncept upravljanja z gozdovi. V prispevku smo pojasnili, da je mogoče prilaganje podnebnim spremembam vključiti v zasnovo adaptivnega upravljanja gozdov. Zavod za gozdove Slovenije je v območnih gozdnogospodarskih načrtih za obdobje 2021–2030 opredelil strategije za prilaganje gozdov podnebnim spremembam. Vsekakor pa ostajajo izzivi, kako omenjene usmeritve udejanjiti na ravni gozdnih sestojev in pri delu z gozdnimi posestniki, predvsem pa, kako pri upravljanju gozdov upoštevati vedno večja tveganja in večjo negotovost. Obvladovanje tveganj in upravljanje tveganj sta aktualni vsebini, ki ju bo treba razvijati in vgrajevati v podnebno ozaveščeno upravljanje gozdov in gozdno politiko.

5 ZAHVALA

5 ACKNOWLEDGEMENT

Prispevek je nastal v okviru projekta V4-2211 Obvladovanje tveganj pri gospodarjenju z gozdovi zaradi klimatskih sprememb, ki ga financirata ARRS in MKGP. Za pomoč pri pripravi in pregledu tuje literature se zahvaljujem Hani Štravs in Tini Kavčič. Zahvala tudi recenzentom prispevka za konstruktivne pripombe.

6 VIRI

6 REFERENCES

- Adger, N.W., Arnell N.W.; Tompkin, E.L. 2005. Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 15, 77–86. doi:10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005.
- Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO), 2019. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Porocilo.pdf
- Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO), 2022. Poročilo o okolju. c Republiki Sloveniji 2022. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MNVP/Dokumenti/porocilo_o_okolju_2022.pdf
- Bernier P., Schoene D. 2009. Adapting forests and their management to climate change: an overview. *Unasylva* 60 : 5–11.
- Bleiwies, A., Travnikar, T., Kožar, M., Verbič, J., Vrščaj, B., Kolmanič, A., Zagorc, B., Bedrač, M., Bele, S., Pečnik, Ž., Brečko, J., Simončič, P., Zafran, J., Kutnar, L., Marinšek, A., Japelj, A., Poljanec, A., Seifert Barba, A., Krajnc, N., Mali, B., Oblišar, G., 2023. Izdelava ocene vplivov podnebnih sprememb v kmetijstvu in gozdarstvu na področju trajnostnega razvoja in upravljanja z gozdnimi in kmetijskimi ekosistemi. Zaključno poročilo. Kmetijski inštitut Slovenije.
- Bolte A., Ammer C., Löf M., Madsen P., Nabuurs G., Schall P., Spathelf P., Rock, J. 2009. Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24(6), 473–482. <https://doi.org/10.1080/02827580903418224>
- Bončina A., Rozman A., Dakskobler I., Klopčič M., Babij V., Poljanec A. 2021. Gozdni rastišči tipi Slovenije: vegetacijske, sestojne in upravljaljske značilnosti. Oddelek za gozdarstvo BF, UL in Zavod za gozdove Slovenije.
- Bončina, A., 2008, Adaptivno upravljanje z gozdovi: aktualni vidiki in perspektive. *Gozdarski vestnik* 66, 7/8: 339–347.
- Bončina, A., Štajner, N., Ogorevc, J., 2024. Bioznanost in podnebne spremembe. BFestival 2024. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. https://www.bf.uni-lj.si/mma/BFestival_2024_zbornik.pdf/2024031810045987/?m=1710752699
- Brang P., Spathelf P., Larsen J.B., Bauhaus J. 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry* 87,4: 492–503. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpu018>
- Breznikar, A., 2019, Podnebne spremembe postajajo glavni izziv javne gozdarske službe na področju gojenja in varstva gozdov. *Gozdarski vestnik* 77, 9: 332–337.
- Cailleret M., Davi H. 2010. Effects of climate on diameter growth of co-occurring *Fagus sylvatica* and *Abies alba* along an altitudinal gradient. *Trees*, 25(2), 265–276. <https://doi.org/10.1007/s00468-010-0503-0>
- Celoviti nacionalni energetske in podnebni načrt RS - osnutek predloga posodobitve, 2024. Vlada RS. https://commission.europa.eu/document/download/88f140fc-424f-4740-8b6f-6d4d89b2a701_sl?filename=SLOVENIA%20-%20DRAFT%20UPDATED%20NECP%202021-2030.pdf
- David L. Spittlehouse, D.L., Stewart, R.B., 2004. Adaptation to climate change in forest management
- Dolinar, M. (ur.) 2019. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Sintezno poročilo - prvi del. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor Agencija Republike Slovenije za okolje. https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Porocilo.pdf (2. 2. 2024).
- Ficko A. (ur.) 2019. Ukrepi za prilagojeno upravljanje gozdov ob izjemnih vremenskih dogodkih. *Gospodarjenje z gozdovi in načrtovanje* 8. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vir BF, Ljubljana, 114 str. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=111167> (2. 2. 2024).
- Ficko A. 2018. Forests and extreme weather events: solutions for risk resilient management in a changing climate. Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=eng&id=101322> (16. 5. 2022).
- Field C. B., Barros V., Stocker T. F., Qin D., Dokken D.J., Ebi K. L., Mastrandrea M.D., Mach K.J., Plattner G., Allen S., Tignor M., Midgley P.M. 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special report of Working Groups I and II of IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://boris.unibe.ch/71442/>
- FOREST EUROPE, 2020. Adaptation to Climate Change in Sustainable Forest Management in Europe, Liaison Unit Bratislava, Zvolen, 2020.

- Forzieri G., Girardello M., Ceccherini G., Mauri A., Spinoni J., Beck P., Feyen L., Cescatti A., Marco G., Ceccherini G., Mauri A., Spinoni J., Beck P., Feyen L., Cescatti A., 2020. Vulnerability of European forests to natural disturbances 17. <https://doi.org/10.2760/736558>
- Glick P., Stein B.A., Edelson N.A. 2011. Scanning the Conservation Horizon: A guide to climate change vulnerability assessment. National wildlife federation, Washington D.C. <https://www.nwf.org/~media/pdfs/global-warming/climate-smart-conservation/nwfs-scanning-the-conservation-horizon-final92311.ashx> (2. 2. 2024).
- Golobič M. (ur.), 2012. Prilaganje podnebnim spremembam z orodji prostorskega načrtovanja. Končno poročilo CRP V5-1094, Urbanistični inštitut Republike Slovenije, Ljubljana.
- Grečs Z., Kolšek M. 2016. Naravne ujme vse bolj krojijo gospodarjenje z gozdovi. *Gozdarski vestnik* 74, 4: 185-202. <http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:doc-GJ3IQ0UK> (2. 2. 2024).
- Gregorčič, T., Rozman, A., Repe, B., 2023. Predicting the potential ecological niche distribution of Slovenian forests under climate change using MaxEnt modelling. *Acta Geographica Slovenica*, 63(1), 89–109. <https://doi.org/10.3986/AGS.11561>
- Halofsky J.E., Andrews-Key S.A., Edwards J.E., Johnston M.H., Nelson H.W., Peterson D.L., Schmitt K.M., Swanston C.W., Williamson T.B. 2018. Adapting forest management to climate change: The state of science and applications in Canada and the United States, *Forest Ecology and Management* 421: 84-97. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.02.037>
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- 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, Pachauri R.K., Meyer L.A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Jandl R., Spathelf P., Bolte A., Prescott C. E. 2019. Forest adaptation to climate change—is non-management an option? *Annals of Forest Science*, 76(2). <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0827-x>
- Jereb B. 2014. Upravljanje tveganj. Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko, Celje. <http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-NHUHIL7B> (2. 2. 2024).
- Jevšnik, A., 2023. Smernice organa upravljanja za krepitev podnebne odpornosti infrastrukture v obdobju 2021–2027. https://evropskasredstva.si/app/uploads/2023/10/Smernice-za-krepitev-podnebne-odpornosti_verzija1_7-9-2023_1.pdf
- Jurc M., Pavlin R., Kavčič A., De Groot M., Hauptman T. 2017. Priporočila za uporabo različnih biotehniških metod in kemičnih sredstev za obvladovanje podlubnikov (Curculionidae: *Scolytinae*). *Gozdarski vestnik*, 75 (2): 94-111. <https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=6311> (2. 2. 2024).
- Jurc M., 2022. Živeti s podlubniki: trajnostno upravljanje gozdov v Evropi. *Gozdarski vestnik* 78/9: 325-335.
- Klopčič M., Bončina A., 2019. Vpliv podnebnih sprememb na razvoj gozdov. *Studia Forestalia Slovenica* 164: 27-34. http://www.kocevski-les.si/wp-content/uploads/2016/04/kor8_Zbornik-Festival-lesa-2019.pdf (2. 2. 2024)
- Klopčič M., Poljanec A., Dolinar M., Kastelec D., Bončina A. 2020. Ice-storm damage to trees in mixed Central European forests: damage patterns, predictors and susceptibility of tree species. *Forestry*, 93: 430–443. doi:10.1093/forestry/cpz068
- Klopčič M., Rozman A., Bončina A. 2022. Evidence of a climate-change-induced shift in European beech distribution: An unequal response in the elevation, temperature and precipitation gradients. *Forests*, 13, 1311. <https://doi.org/10.3390/f13081311>
- Kraigher, H., Gričar, J., Torelli, N., Kranjc, A. (ur.), 2022. Podnebne spremembe in biogospodarstvo: izzivi in priložnosti slovenske gozdno-lesne verige. Zbornik povzetkov znanstvenega srečanja. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica. https://www.sazu.si/uploads/files/Povzetek/Knjiga%20povzetkov%20znanstveno%20sre%C4%8Danje_26012022.pdf
- Kraigher, H., Humar, M. (ur.), 2021. Gozd in les 2021: Podnebne spremembe. Zbirka Studia Forestalia Slovenica, 180. https://www.gozdis.si/f/docs/dogodki/Gozd-in-les-2021_zbornik.pdf
- Kraigher, H., Humar, M., Gričar, J., 2024 (ur.), Gozd in les 2024: Podnebne spremembe in biotska raznolikost. Zbirka Studia Forestalia Slovenica 186. <https://dirros.openscience.si/Dokument.php?id=26087&lang=slv>

- Küchler M., Küchler H., Bedolla A., Wohlgemuth T., 2016. Response of Swiss forests to management and climate change in the last 60 years. *Annals of Forest Science*, 72 (3): 311–320.
- Kutnar L., 2011. Prilaganje gospodarjenja z gozdovi podnebnim spremembam glede na pričakovane spremembe značilnosti in prostorske razporeditve gozdov. Zaključno poročilo CRP V4-0494. <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-FT0PBC-NF/67c5ed20-d49f-4c6d-ace8-e9769b676ebc/PDF>.
- Kutnar L., Kobler A., Bergant K. 2009. Vpliv podnebnih sprememb na pričakovano prostorsko prerezporeditev tipov gozdne vegetacije. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 89: 33-42. <http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-LU9QBI8H> (2. 2. 2024).
- Larsen, J.B., Angelstam, P., Bauhus, J., Carvalho, J.F., Diaci, J., Dobrowolska, D., Gazda, A., Gustafsson, L., Krumm, F., Knoke, T., Konczal, A., Kuuluvainen, T., Mason, B., Motta, R., Pötzelsberger, E., Rigling, A., Schuck, A., 2022. Closer-to-Nature Forest Management. From Science to Policy 12. European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/fs12>
- Lindner M., Fitzgerald J., Zimmermann N.E., Reyher C. P. O., Delzon S., Van Der Maaten E., Schelhaas M., Lasch P., Eggers J., Van Der Maaten-Theunissen M., Suckow F., Psomas A., Poulter B., Hanewinkel M. 2014. Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*, 146: 69-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.030>
- Lindner M., Schwarz M., Spathelf P., de Koning J., Jandl R., Viszlai I., Vančo M. 2020. Adaptation to climate change in sustainable forest management in Europe. https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/Adaptation_to_Climate_Change_in_SFM_in_Europe_compressed.pdf (2. 2. 2024).
- Locatelli, L., Brockhaus, M., Buck, A., Thompson, I., 2010. Forests and Adaptation to Climate Change: Challenges and Opportunities. V: Mery, G., Katila, P., Galloway, G., Alfaro, R.I., Kanninen, M., Lobovikov, M., Varjo, J. (ur). *Forests and Society - Responding to Global Drivers of Change*, IUFRO, World Series Volume 25, pp.21–42.
- Martinez del Castillo, E., Zang, C.S., Buras, A. *et al.* Climate-change-driven growth decline of European beech forests. *Commun Biol* 5, 163 (2022). <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03107-3>
- Millar C.I., Stephenson N.L., Stephens, S. L. 2007. Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications*, 17(8), 2145–2151. <https://doi.org/10.1890/06-1715.1>
- Poljanec, A., Guček, M., Stergar, M., Gregorič, A., Simončič, T., Marenče, M., Baloh, T., Rantaša, B., 2022. Hibridno sodelovanje zainteresirane javnosti v procesu obnove območnih gozdnogospodarskih in lovskoupravljavskih načrtov za obdobje 2021–2030. *Gozdarski vestnik* 80, 8/9: 395–308.
- Poljanec, A., Guček, M., Simončič, T., Stergar, M., Marenče M., Pisek, R., 2023. Območni gozdnogospodarski in lovsko upravljavski načrti za obdobje 2021–2030. *Kompendij. Zavod za gozdove Slovenije*, 120 str.
- Pretzsch H, Rötzer T, Matyssek R et al., 2014. Mixed Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) and European beech (*Fagus sylvatica* [L.] stands under drought: from reaction pattern to mechanism. *Trees* 28:1305–1321. <https://doi.org/10.1007/S00468-014-1035-9>
- Resolucija o Dolgoročni podnebni strategiji Slovenije do leta 2050, 2021. Uradni list RS, št. 119/21 in 44/22 – ZVO-2.
- Schelhaas M.-J., Nabuurs G.-J., Schuck A. 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* 9, 11: 1620-1633. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00684.x>.
- Schelhaas, M.J., Nabuurs, G.J., Hengeveld, G., Reyher, C., Hanewinkel, M., Zimmermann, N.E. and Cullmann, D., 2015. Alternative forest management strategies to account for climate change-induced productivity and species suitability changes in Europe. *Regional Environmental Change* 15: 1581–1594.
- Seidl R., Thom D., Kautz M., Martin-Benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Wild J., Ascoli D., Petr M., Honkaniemi J., Lexer M. J., Trotsiuk V., Mairota P., Svoboda M., Fabrika M., Nagel T. A., Reyher C. 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 7: 395-402. <https://doi.org/10.1038/nclimate3303>
- Simončič, P., Kobler, A., Krajnc, N., Medved, M., Torelli, N., Robek, R., 2001. Podnebne spremembe in slovenski gozdovi. *Gozdarski vestnik* 59, 4: 184-202
- Spittlehouse, D.L., Stewart, R.B., 2003. Adaptation to climate change in forest management. *BC Journal of Ecosystems and Management* 4(1): 1–11.

- Strategija prilaganja slovenskega kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam, 2011. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana. <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKGP/DOKUMENTI/GOZDARSTVO/Varstvo-gozdov/fce9c629e9/STRATEGIJA-prilaganja.pdf>
- Strateški okvir prilaganja podnebnim spremembam, 2016. <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOPE/Okolje/Podnebne-spremembe/SOzP.pdf> (2. 2. 2014).
- Swanston, C., Janowiak, M. (ur.), 2012. Forest adaptation resources: Climate change tools and approaches for land managers. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station
- Swanston C.W., Janowiak M.K., Brandt L.A., Butler P.R., Handler S.D., Shannon P.D., Derby Lewis A., Hall K., Fahey R.T., Scott L., Kerber A., Miesbauer J.W., Darling L., 2016. Forest adaptation resources: climate change tools and approaches for land managers, 2nd ed. Department of agriculture, Forest service, Northern research station, Newtown Square, Pennsylvania, USA. <https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-87-2>
- Tognetti R., Smith M., Panzacchi P. 2021. Climate-smart forestry in mountain regions. Managing forest ecosystems, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-80767-2>