

PRILAGAJANJE NA IZREDNE VREMENSKE IN HIDROLOŠKE DOGODKE V ALPSKI REGIJI: PROJEKT X-RISK-CC

Andreja Sušnik¹, Živa Vlahović², Maja Žun³, Špela Colja⁴, Anita Pokorn Oman⁵, Ženja Brezovar⁶

Povzetek

Porečje reke Sore je v zadnjih desetletjih doživelo številne vremenske in hidrološke izredne dogodke, predvsem poplave in suše. Najhujši poplavni dogodki so bili septembra 2007 in avgusta 2023, ko so padavine dosegle večstoletno povratno dobo. Analize kažejo na rast jakosti kratkotrajnih padavin (2–3 dni) do 2,6 % na desetletje, še posebej v severnem delu porečja. Suše, kot je bila leta 2022, so povezane z izrazitim primanjkljajem padavin in vročinskimi valovi, njihova pogostost pa naj bi se pri segrevanju za 3–4 °C povečala tudi do 13,5-krat. Projekt X-RISK-CC, ki povezuje raziskovalce in predstavnike nacionalnih ter lokalnih ustanov iz petih alpskih držav, je razvil celovit pristop za oceno in upravljanje tveganj zaradi izrednih dogodkov v alpskem prostoru.⁷ Na podlagi preteklih dogodkov in sodelovanja z lokalnimi deležniki so bile identificirane ključne pomanjkljivosti upravljanja tveganj v porečju Sore. Uporabljen je bil participativni pristop, ki obsega vse faze upravljanja tveganj: preventivo, pripravljenost, odziv in okrevanje. Z uporabo analiz trendov, projekcij podnebnih sprememb in podnebnih zgodb ter vključevanjem lokalnih deležnikov so predlagane tehnične, organizacijske in zakonodajne izboljšave, kot so učinkovitejša komunikacija, razvoj lokalnih hidroloških napovedi ter posodobitev občinskih zaščitnih načrtov, kar bo okrepilo odpornost alpskega območja in posledično porečja Sore na prihodnje vremenske in hidrološke izredne dogodke.

ADAPTING TO WEATHER AND HYDROLOGICAL EXTREMES IN THE ALPINE REGION: THE X-RISK-CC PROJECT

Abstract

The Sora River basin has experienced numerous weather and hydrological extremes over recent decades, primarily floods and droughts. The most severe flood events occurred in September 2007 and August 2023, when precipitation reached return periods of several centuries. Analyses indicate an increase in the intensity of short-duration rainfall (2–3 days) by up to 2.6% per decade, especially in the northern part of the basin. Droughts, such as in 2022, are associated with significant precipitation deficits and heatwaves, the frequency of which is expected to increase up to 13.5 times with a warming of 3–4°C. The X-RISK-CC project, which brings together researchers and national and local authorities from five Alpine countries, has developed a comprehensive approach to assess and manage risks in the Alpine region. Based on past events and collaboration with local stakeholders, key deficiencies in risk management in the Sora basin were identified. A participatory approach was applied, covering all phases of risk management: prevention, preparedness, response, and recovery. Using trend analysis, climate change projections and climate storylines, and by involving local stakeholders, technical, organizational, and legislative improvements are proposed—such as more effective communication, the development of local hydrological forecasts, and the update of municipal protection plans—which will enhance the resilience of the Alpine region, including the Sora River basin, to future extreme weather and hydrological events.

¹ dr., univ. dipl. inž. agr., Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, Ljubljana, andreja.susnik@gov.si

² MSc Atmosphere, Ocean and Climate (Združeno kraljestvo Velike Britanije in Severne Irske), Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, Ljubljana, ziva.vlahovic@gov.si

³ mag., univ. dipl. geog., Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, Ljubljana, maja.zun@gov.si

⁴ MSc Science and Management of Nature - Global Change Ecology and Sustainable Development Goals (Italija), Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, Ljubljana, spela.colja@gov.si

⁵ dipl.prav. in mag. manag. traj. razvoja, Razvojna agencija Sora, Poljanska cesta 2, Škofja Loka, anita@ra-sora.si

⁶ mag. geog., Razvojna agencija Sora, Poljanska cesta 2, Škofja Loka, zenja@ra-sora.si

⁷ Območje alpskega prostora, ki ga obravnava projekt X-RISK-CC, je opredeljeno v okviru transnacionalnega programa Interreg Območje Alp (<https://www.alpine-space.eu/about-us/cooperation-area/>).

UVOD

Alpski prostor je vse izraziteje izpostavljen vplivom podnebnih sprememb, kar se odraža v vse

pogostejših in intenzivnejših izrednih vremenskih dogodkih, kot so vročinski valovi, suše, silovita neurja, obilne padavine ter z njimi povezane poplave, zemeljski plazovi in drugi izredni dogodki. Ti

pojavi pogosto sprožajo kompleksne, sestavljene dogodke (angl. *compound events*) in verižne učinke (angl. *cascading effects*), ki lahko poleg neposredne škode povzročijo dolgotrajne, sistemske motnje v naravnih in družbenih podsistemi (Collins in sod., 2019).

Sedanji pristopi k upravljanju tovrstnih tveganj se vse težje učinkovito odzivajo na takšne večdimenzionalne izzive, saj so pogosto usmerjeni v obravnavo posamičnih dogodkov in ne vključujejo zadostnih zmogljivosti za obvladovanje prepletenih tveganj, ki jih zahtevajo podnebne razmere. Kljub vse večjemu znanstvenemu soglasju o povezavi med podnebnimi spremembami ter porastom intenzivnosti in pogostosti izrednih vremenskih in hidroloških dogodkov na regionalni ravni v alpskem prostoru še vedno ostajajo pomembne pomanjkljivosti – tako v znanju kot v institucionalni usklajenosti in operativni odzivnosti (Alpska konvencija, 2019). Mehanizmi za zmanjševanje tveganj nesreč in strategije prilagajanja podnebnim spremembam pogosto delujejo neusklajeno, kar zmanjšuje njihovo učinkovitost pri obravnavi kompleksnih in soodvisnih tveganj v hitro spreminjajočem se podnebj. Projekt X-RISK-CC⁸ odgovarja na te izzive z integriranim pristopom k razumevanju in upravljanju njihovih verižnih učinkov v alpskem prostoru. Temelji na širokem mednarodnem partnerstvu, ki povezuje raziskovalne ustanove, državne in lokalne oblasti ter razvojne agencije iz petih alpskih držav, Avstrije, Italije, Francije, Nemčije in Slovenije (X-RISK-CC, 2024).

Projekt obravnava različne izredne dogodke, ki povzročajo prepletene in pogosto neobvladljive učinke na petih pilotnih območjih: Gorenjska – porečje Sore (SI), Južna Tirolska – dolini Fassa in Carezza (IT), Savojske Alpe – porečje Arly, (FR), Garmisch-Partenkirchen (DE) ter Wipptal-Stubaital (ITA-AT). Med najpogostejšimi so močne padavine in poplave, tudi v urbanih okoljih, zemeljski plazovi in skalni podori po intenzivnih padavinah, vročinski valovi, suše in pomanjkanje vode, nevihte z vetrom in točo ter snežni ekstremi in taljenje snega, ki dodatno povečujejo poplavno ogroženost, zlasti v višje ležečih predelih Alp. Vsako pilotno območje prispeva specifične izkušnje, podatke in lokalno znanje, kar omogoča razvoj celovitih in operativno uporabnih

pristopov za zmanjševanje tveganj v celotnem alpskem loku.

Projekt se opira na znanstveno utemeljen analitični pristop, temelječ na t. i. verigah vplivov (angl. *impact chains*), ki omogočajo sistematično prepoznavanje in oceno sestavljenih ter verižnih vplivov in vključuje identifikacijo sprožilnih dejavnikov, predpogojev, tveganj izrednih dogodkov in njihovih posledic na družbene in naravne sisteme ter omogoča prepoznavanje pomanjkljivosti v sedanjih mehanizmih za obvladovanje tveganj (Crespi in sod., 2023).

Analize se smiselno dopolnjujejo z lokalno zasnovanimi podnebnimi zgodbami (angl. *climate storylines*), ki povezujejo podatke z izkušnjami prebivalcev. Te zgodbe služijo kot dragocena podlaga za oblikovanje ciljno usmerjenih ukrepov za zmanjševanje tveganj in izboljšanje pripravljenosti na lokalni ravni.

V slovenskem delu projekta imata ključno vlogo Agencija RS za okolje (ARSO), ki razvija podatkovna orodja in analize, ter Razvojna agencija Sora (RAS), ki kot regionalni akter vodi pilotne aktivnosti na območju Škofje Loke. RAS povezuje številne lokalne deležnike – civilno zaščito (CZ), občinske uprave, upravljavce vodne infrastrukture, gozdarsko in kmetijsko svetovalno službo ter druge ključne akterje.

Časovno se je izvajanje projekta prepletlo z dejanskimi izrednimi dogodki, ki so avgusta 2023 prizadeli širše območje Škofje Loke. Obsežne poplave, zemeljski plazovi in poškodovana infrastruktura so razkrili visoko ranljivost območja in potrdili nujnost prilagoditve zdajšnjih pristopov k upravljanju tveganj. Glede na obseg in katastrofalne posledice poplav je bila intervencija izpeljana učinkovito in z izjemnim odzivom pripadnikov različnih struktur občinskega sistema zaščite, reševanja in pomoči, drugih struktur zunaj občinskega sistema in gospodarskih družb z mehanizacijo, odzivom občinske uprave, državnih in drugih ustanov, javnih zavodov, prebivalcev, kmetov, prostovoljcev in drugih (Ažbe, 2024). Te izkušnje s terena so postale dragocen vir za nadgradnjo projektnih orodij in priporočil, ki se še tesneje navezujejo na dejanske potrebe lokalnega okolja. Skrajno vremensko dogajanje v letu 2023 je tako predstavljalo hkrati izziv in priložnost – omogočilo je praktično preverjanje projektnih rešitev v realnem okolju ter poudarilo pomen povezovanja znanosti, politike in lokalnega znanja pri spoprijemanju s podnebnimi tveganji prihodnosti.

⁸ Projekt X-RISK-CC – »How to adapt to changing weather eXtremes and associated compound RISks in the context of Climate Change« oziroma »Prilagajanje na izredne vremenske dogodke in z njimi povezana tveganja v spremenjenem podnebj« je sofinancirala EU v okviru programa Interreg Območje Alp.

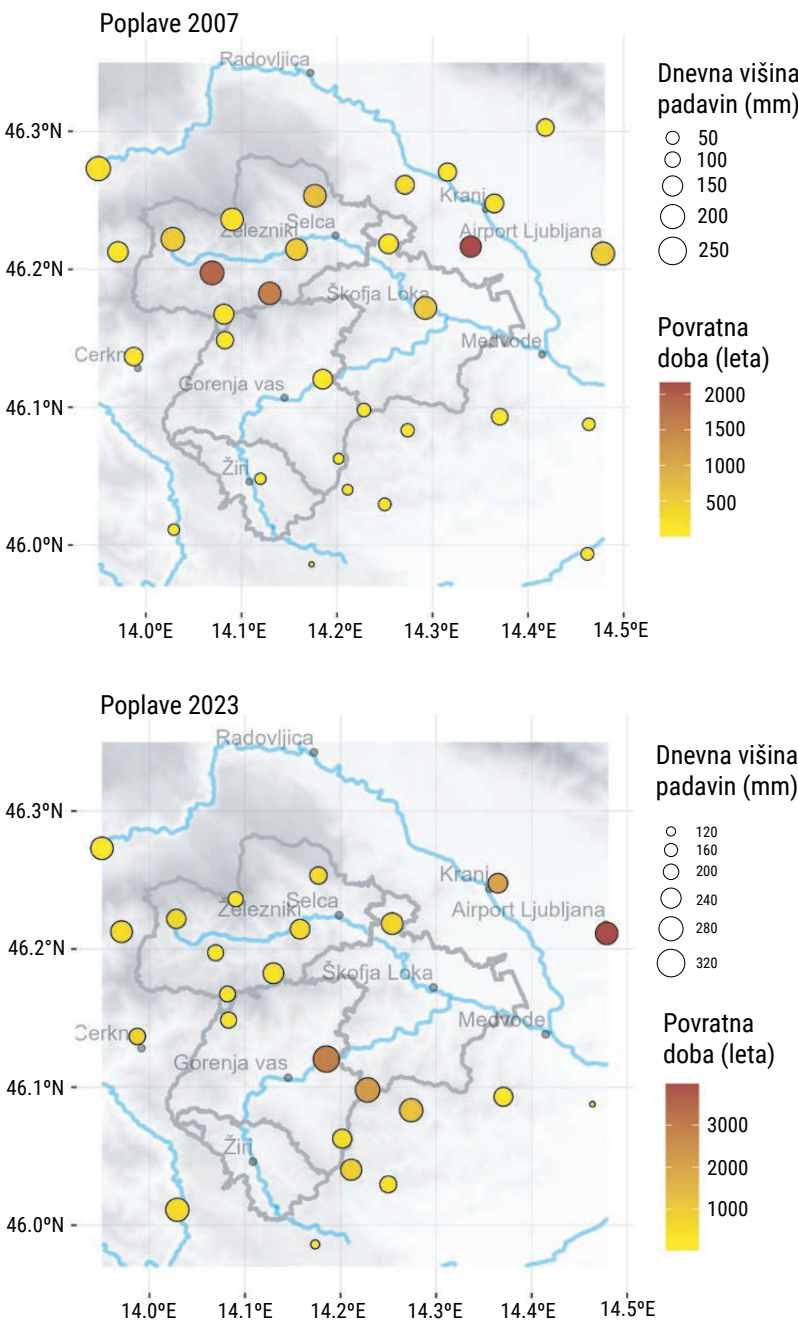
TRENDI IN PROJEKCIJE IZREDNIH
VREMENSKIH DOGODKOV NA
PILOTNEM OBMOČJU GORENJSKE

Izjemne padavine v porečju Sore

Izredni vremenski dogodki v porečju Sore, ki povzročajo oziroma vplivajo na hudourniške poplave, rečne poplave in plazove, obsegajo eno- do sedemdnevne izjemne padavine, še posebej v poletnih in jesenskih mesecih. V preteklosti sta se najbolj izrazita poplavna dogodka v porečju Sore zgodila septembra 2007 in avgusta 2023. Takrat smo zabeležili rekordne padavine v akumulacijskem obdobju od enega do treh dni, z ocenjeno povratno dobo 200 let in več

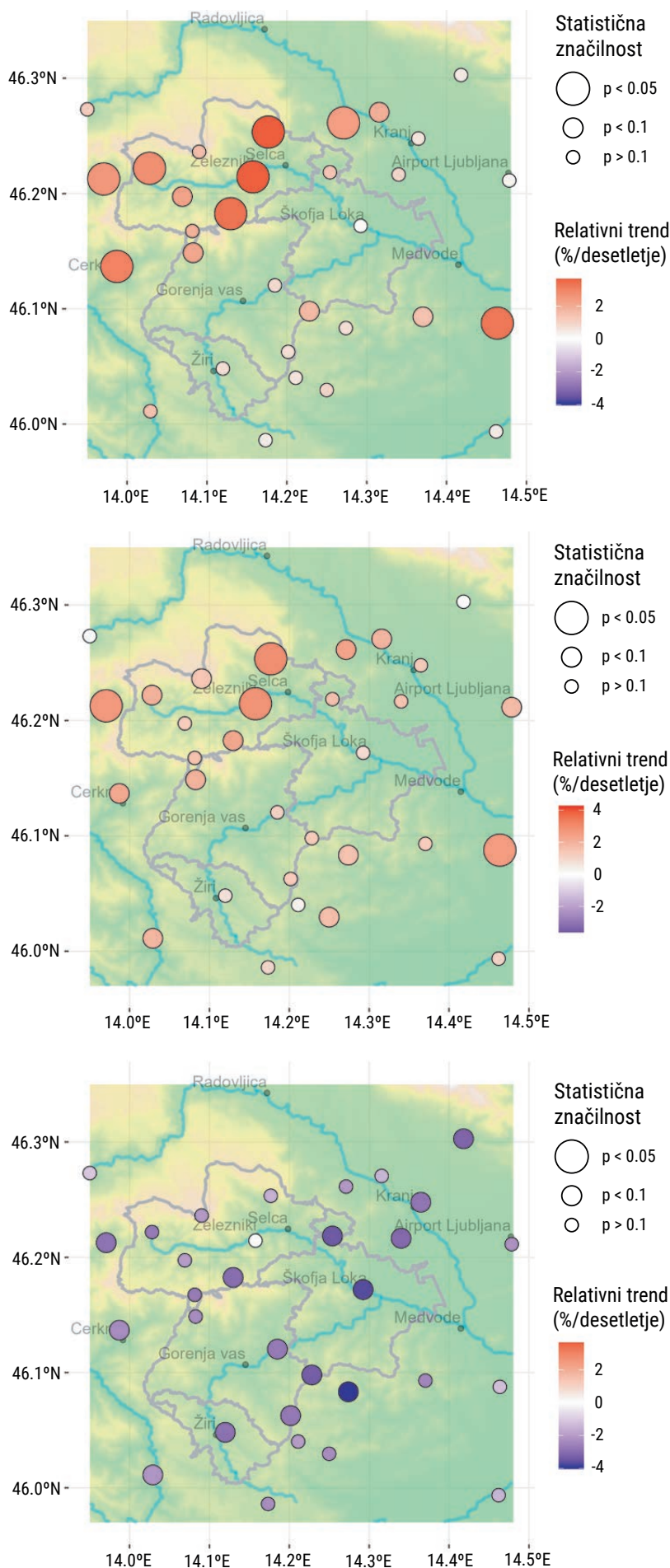
(slika 1). Dogodka sta se, poleg letnega časa, razlikovala zlasti po lokaciji prizadetega območja (prvi je namreč zajel porečje Selške Sore z Železniki, drugi pa predvsem porečje Poljanske Sore) ter po trajanju izjemnih padavin.

Značilnosti izrednih padavinskih dogodkov v porečju Sore v preteklosti smo analizirali na podlagi dnevnih meritev padavin na meteoroloških postajah merilne mreže ARSO, in sicer smo izračunali trende v največji eno- do sedemdnevni količini padavin v letu in posameznem letnem času ter trende v številu dni s padavinami nad visokim pragom (97. centil referenčnega obdobja 1991–2020) v obdobju 1950–2023. Prihodnje značilnosti smo ocenili s projekcijami za različne



Slika 1: Izmerjene vrednosti (velikost krožca) in ocenjena povratna doba (barva krožca) izjemnih enodnevni padavin med poplavami leta 2007 (zgoraj) ter izjemnih poletnih dvodnevni padavin med poplavami leta 2023 (spodaj) v porečju Sore

Figure 3: Measured extreme values (circle size) and assessed return period (circle colour) for the extreme 1-day precipitation during the 2007 floods (top) and the extreme summer 2-day precipitation during the 2023 floods (bottom) in the Sora River basin



Slika 2: Trend največje dvodnevne (zgoraj) in tridnevne (na sredini) višine padavin v letu ter največje poletne dvodnevne višine padavin (spodaj) za porečje Sore v obdobju 1950–2023. Trend je ocenjen z metodo analize ekstremnih vrednosti GEV, statistična značilnost trenda pa s testom razmerja verjetij.

Figure 2: Trend in annual maximum 2-day (top) and 3-day (middle) precipitation and in summer maximum 2-day precipitation (bottom) for the Sora River basin in the 1950–2023 period. The trend was estimated using the GEV method and the statistical significance of the trend was assessed using the likelihood ratio test.

ravni globalnega segrevanja (angl. *global warming level* – GWL),⁹ in sicer za 2 °C, 3 °C in 4 °C glede na predindustrijsko obdobje 1850–1900, ter za izbrane ravni globalnega segrevanja izračunali povprečno spremembo glede na sedanje podnebje (obdobje 1991–2020). Z metodo analize ekstremnih vrednosti (angl. *generalised extreme value analysis* – GEV) smo ocenili, kako se bo povratna doba spremenila za padavinske dogodke s povratnim nivojem, ki v sedanjem podnebju ustreza povratni dobi 50 let.

Od leta 1950 opazamo naraščajoč trend v največji letni jakosti dvo- do tridnevni izjemnih padavin, ki je statistično značilen predvsem v severnem delu porečja Sore, kjer v povprečju znaša 2,0–2,6 % na desetletje, za poletje pa je statistično značilen padajoč trend v povprečju –3 % na desetletje (slika 2). Izjemne dvo- do tridnevne padavine v preostalih letnih časih ter izjemne enodnevne in sedemdnevne padavine ne kažejo statistično značilnega trenda. Trend v številu dni s padavinami nad visokim pragom (97. centil referenčnega obdobja 1991–2020) za nobeno akumulacijsko obdobje ni statistično značilen.

Medtem ko je skupna količina padavin glavni meteorološki dejavnik poplavnih dogodkov, na njihovo pojavnost prav tako vplivajo največja intenziteta padavin, vlažnost tal, letni čas, sposobnost tal za zadrževanje vode, topografija, upravljanje rek in protipoplavna infrastruktura. Groba ocena praga dvodnevne količine padavin za poplavne dogodke (2. in 3. stopnja opozoril¹⁰) za območje porečja Sore znaša vsaj 80 mm padavin za območje porečja Poljanske Sore, 110 mm za porečje Selške Sore in 170 mm za poplave na območju dolvodno od sotočja Poljanske in Selške Sore. Padavine kot meteorološki dejavnik ne vplivajo le na pojavnost poplav, temveč v kombinaciji z njimi tudi na proženje plazov. Po oceni študije Jemec Auflič in sod. (2016) je 24-urna mejna vrednost, pri kateri se na območju porečja Sore sprožijo plazovi, med 70 in 300 mm padavin.

⁹ GWL (angl. *Global Warming Level*) pomeni raven globalnega segrevanja in se uporablja za opis različnih stopenj dviga globalne povprečne temperature v primerjavi s predindustrijskim obdobjem (običajno okoli leta 1850–1900). V projektu so spremembe podnebnih kazalnikov prikazane glede na referenčno obdobje 1991–2020.

¹⁰ 2. stopnja opozorila (oranžna) označuje pretok/vodostaj, pri katerem se v bližini vodomerne postaje ali na daljšem rečnem odseku začnejo poplave. Poplavljeni so posamezni objekti in ceste lokalnega ali regionalnega pomena, hidrološke razmere so nevarne. Ogrožena sta zdravje in varnost ljudi ter premoženja. 3. stopnja opozorila (rdeča) označuje pretok/vodostaj, pri katerem se v bližini vodomerne postaje ali na daljšem rečnem odseku začnejo obsežne, silovite poplave. Poplavljeni so večji strnjeni deli naselij ali cela naselja, hidrološke razmere so zelo nevarne. Ogrožena sta zdravje in varnost ljudi, nastaja pa večja gmotna škoda.

V prihodnosti največje spremembe v eno- do tridnevni izjemnih padavinah pričakujemo pri globalnem segrevanju za 4 °C, in sicer spomladi (njihova jakost naj bi se v delih porečja Sore povečala za več kot 20 %), medtem ko so v drugih letnih časih pričakovane spremembe do 15 % (preglednica 1). Pričakujemo, da se bo v vseh letnih časih rahlo povečalo število dni z najmočnejšimi padavinami, najbolj spomladi in pozimi, najmanj poleti. Največje jesenske enodnevne padavine s povratno dobo 50 let v sedanjem podnebju (obdobje 1991–2020) bi pri globalnem segrevanju za 3 in 4 °C lahko postale do 2,4-krat verjetnejše.

Suša in vročina v porečju Sore

V zadnjih dveh desetletjih smo na pilotnem območju porečja Sore zaznali več obdobj z zelo sušnimi ali izjemno sušnimi razmerami, pri čemer so bile najizrazitejše razmere v rastni sezoni 2003, poleti 2013 in rastni sezoni 2022, ki so Slovenijo prizadele tudi v razsežnosti naravne nesreče. Povratna doba za zadnjo izrazitejšo sušo leta 2022 je bila ocenjena na približno 60 let. Glavni vzrok za pojav suš so bila dolgotrajna obdobja s podpovprečno količino padavin, na krajših časovnih ravneh pa so se nekatere razvile in okrepile zaradi sočasnega pomanjkanja padavin in nastanka vročinskih valov (Sušnik in sod., 2023; Sušnik in Valher, 2013). Kadar se suše in vročinski valovi pojavijo sočasno ali v zaporedju, njihov skupni vpliv na ekosisteme in povezane gospodarske sektorje, kot sta kmetijstvo in gozdarstvo, pogosto presega razsežnost njihovih posamičnih vplivov. Ti sestavljeni izredni vremenski dogodki lahko povzročijo znatne izgube pridelka, povečajo požarno ogroženost in vodijo do motenj v medsebojno povezanih sistemih.

Sestavljene dogodke suše in vročinskih valov lahko analiziramo z združevanjem različnih kazalnikov. V okviru projekta smo sestavljene oziroma sočasne dogodke opredelili s standardiziranim padavinsko-evapotranspiracijskim indeksom (SPEI) na mesečni, dvomesečni in trimesečni časovni ravni (SPEI-1, SPEI-2 in SPEI-3) v kombinaciji s kazalnikom vročinskega vala, ki temelji na dnevni najvišji temperaturi, ki vsaj tri zaporedne dni presega visok prag (po vzoru Zhang in sod., 2022). SPEI predstavlja statistično standardiziran odklon meteorološke vodne bilance (razlike med padavinami in referenčno evapotranspiracijo) od dolgoletnega povprečja (referenčno obdobje 1991–2020) in daje informacijo o jakosti suše oziroma moče. O sušnih razmerah govorimo,

kadar vrednost SPEI pade pod -1 , kar pomeni en standardni odklon pod dolgoletnim povprečjem, o zelo sušnih razmerah pa, kadar vrednost pade pod $-1,5$. Jakost vročinskega vala smo opredelili kot vsoto razlik med dnevno najvišjo temperaturo in visokim temperaturnim pragom (95. centil referenčnega

Raven globalnega segrevanja	Letni čas	Srednja vrednost	Min. vrednost	Maks. vrednost
2 °C	leto	5,1	-1,0	13,6
	pomlad	7,9	-0,2	32,4
	poletje	1,7	-8,2	10,8
	jesen	4,8	-2,0	11,8
	zima	2,2	-6,3	14,1
3 °C	leto	10,7	1,8	17,4
	pomlad	14,9	2,3	29,2
	poletje	8,1	-2,7	13,1
	jesen	10,9	5,2	18,4
	zima	6,2	-0,9	21,3
4 °C	leto	16,5	6,0	23,3
	pomlad	19,8	4,1	27,1
	poletje	8,1	-11,2	24,5
	jesen	13,2	6,7	21,2
	zima	13,9	3,0	32,1

Preglednica 1: Srednja vrednost (mediana), najmanjša in največja modelska vrednost spremembe največje enodnevne višine padavin (v %) glede na povprečje v obdobju 1991–2020 za tri ravni globalnega segrevanja (2 °C, 3 °C in 4 °C) in po meteoroloških letnih časih. Modelski ansambel tvori šest različnih regionalnih podnebnih modelov, vrednosti pa so povprečene po vseh modelskih celicah pilotnega območja v ločljivosti 12 km.

Table 1: Median, minimum and maximum value of the change in maximum 1-day precipitation (in %) relative to the 1991–2020 average for three global warming levels (2°C, 3°C and 4°C) and meteorological seasons. The model ensemble consists of six different regional climate models; the values are averaged over all the grid cells in the case study area with a 12-km resolution.

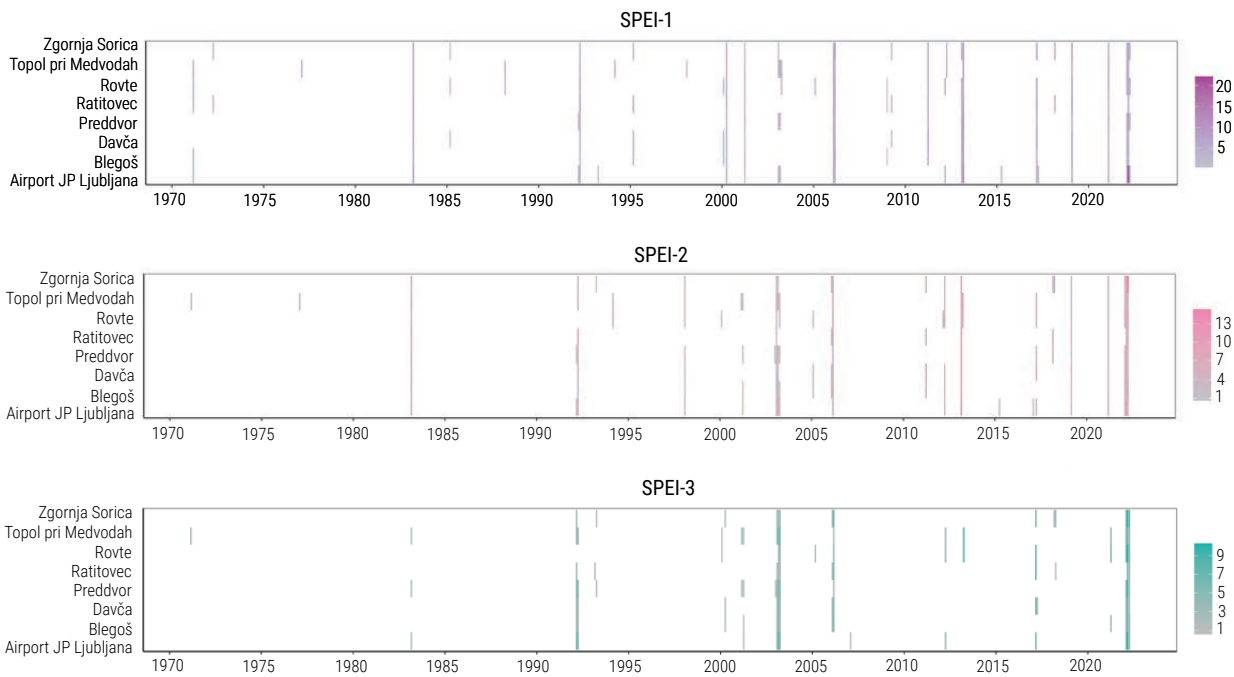
	Trend na desetletje		Trend na desetletje
Min. SPEI-1	-0,41 (-0,51 do -0,29)	Št. vročinskih valov	0,3 (0,1 do 0,5)
Min. SPEI-2	-0,18 (-0,28 do -0,07)	Št. dni s pogoji vročinskega vala	2,2 (1,1 do 3,4)
Min. SPEI-3	0,04 (-0,11 do 0,19)	Največja jakost vročinskega vala	2,4 (1,1 do 4,2)

Preglednica 2: Linearni trend najnižje vrednosti SPEI na mesečni (SPEI-1), dvomesečni (SPEI-2) in trimesečni (SPEI-3) časovni ravni v obdobju 1970–2023, povprečen po vseh postajah pilotnega območja. Znotraj oklepajev je predstavljen razpon trenda na pilotnem območju.

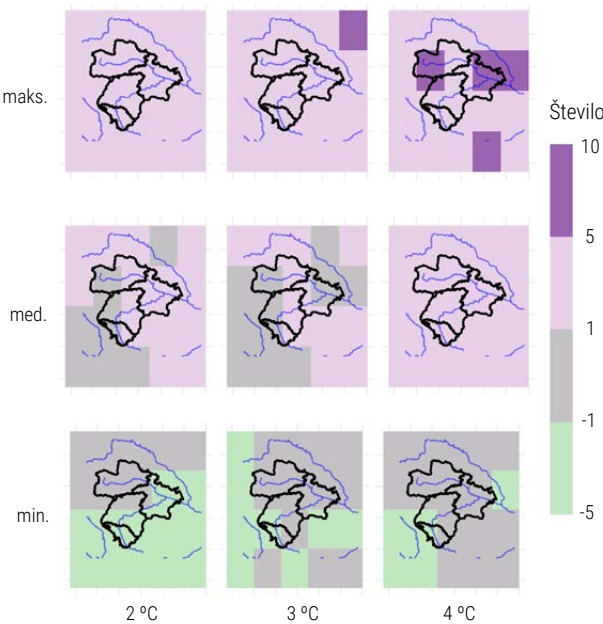
Table 2: Linear trend in growing season minimum SPEI on a timescale of 1 month (SPEI-1), 2 months (SPEI-2) and 3 months (SPEI-3), averaged over all stations in the case study area, including the range of trend in the case study area in brackets.

Preglednica 3: Linearni trend v številu vročinskih valov, številu dni, ko so izpolnjeni pogoji za vročinski val in največji jakosti vročinskega vala v letu v obdobju 1950–2023, povprečen po vseh postajah pilotnega območja. Znotraj oklepajev je podan razpon trenda na pilotnem območju.

Table 3: Linear trend in the number of heatwaves, the number of heatwave days and the annual maximum magnitude, averaged over all stations in the case study area, including the range of trend in the case study area in brackets.



Slika 3: Jakost sočasnih dogodkov suše (na različnih časovnih ravneh SPEI) in vročinskih valov v obdobju 1970–2023 za postaje z zahtevanimi podatki na pilotnem območju.
Figure 3: Magnitude of compound drought and heatwave events (for different SPEI timescales) in the period 1970–2023, for stations with the required data in the case study area.



Slika 4: Sprememba v številu sočasnih dogodkov suše (SPEI-3 < -1) in vročinskih valov glede na obdobje 1991–2020 za tri ravni globalnega segrevanja (2, 3 in 4 °C). Zgornja vrstica prikazuje največjo, srednja vrstica srednjo (mediano) in spodnja vrstica najmanjšo vrednost ansambla podnebnih modelov v ločljivosti 12 km.
Figure 4: Average change in the number of compound drought (SPEI-3 < -1) and heatwave events relative to the 1991–2020 period for three global warming levels (2°C, 3°C, and 4°C). The top row shows the maximum, the middle row the median, and the bottom row the minimum of the climate model ensemble with a 12-km resolution.

obdobja 1991–2020) za vse dni vročinskega vala. Pri sočasnem dogodku suše in vročinskih valov se mora vročinski val pojaviti v času sušnih razmer oziroma v mesecu, ko je vrednost SPEI manjša od -1, jakost sočasnih dogodkov pa smo opredelili kot produkt jakosti vročinskega vala in absolutne vrednosti SPEI. Za pilotno območje v porečju Sore smo s trendi na podlagi dnevni meritev temperature, padavin in izračunane referenčne evapotranspiracije preučili pretekle značilnosti sočasnih dogodkov, prihodnje značilnosti pa smo, podobno kot pri izjemnih padavinah, ocenili s projekcijo za različne ravni globalnega segrevanja, in sicer za 2, 3 in 4 °C glede na predindustrijsko obdobje 1850–1900.

Največja jakost sušnih razmer v rastni dobi se je na krajši časovni ravni (1 do 2 meseca) od leta 1970 na pilotnem območju porečja Sore rahlo povečevala (preglednica 2), pri čemer je trend najnižje vrednosti SPEI-1 zaradi večje spremenljivosti na mesečni ravni statistično značilen za približno polovico postaj na obravnavanem območju, trend najnižje vrednosti SPEI-2 in SPEI-3 pa je statistično značilen na celotnem območju porečja Sore. Povprečno se je v zadnjih nekaj desetletjih na tem območju povečalo tudi število mesecev s sušnimi in zelo sušnimi razmerami. Število vročinskih valov, število dni, ko so izpolnjeni pogoji za vročinski val, in največja jakost

Raven globalnega segrevanja	Kazalnik suše	Število sočasnih dogodkov			Največja jakost sočasnih dogodkov		
		Srednja vrednost	Min. vrednost	Maks. vrednost	Srednja vrednost (%)	Min. vrednost (%)	Maks. vrednost (%)
2 °C	SPEI-1	0,8	−0,7	1,6	38,6	10,0	64,3
	SPEI-2	1,4	−0,3	2,4	40,7	−13,8	88,3
	SPEI-3	1,0	−1,3	2,8	54,9	0,7	88,6
3 °C	SPEI-1	0,5	−0,4	2,2	46,6	24,7	119,3
	SPEI-2	1,1	−0,5	2,6	72,1	−8,4	165,4
	SPEI-3	0,8	−0,3	3,5	86,2	0,1	117,2
4 °C	SPEI-1	1,7	−0,6	2,3	96,0	17,2	269,2
	SPEI-2	2,4	−0,2	3,5	107,1	4,8	317,9
	SPEI-3	3,2	−0,3	4,2	102,8	16,8	287,2

Preglednica 4: Srednja vrednost (mediana), najmanjša in največja modelska vrednost spremembe števila in največje jakosti (v %) sočasnih dogodkov suše in vročinskih valov glede na povprečje v obdobju 1991–2020 za tri ravni globalnega segrevanja (2, 3 in 4 °C). Modelski ansambel tvori šest različnih regionalnih podnebnih modelov, vrednosti pa so povprečene po vseh modelskih celicah pilotnega območja v ločljivosti 12 km.

Table 4: Median, minimum and maximum value of change in the number and maximum magnitude (in %) of compound drought and heatwave events relative to the 1991–2020 average for three global warming levels (2°C, 3°C and 4°C). The model ensemble consists of six different regional climate models; values are averaged over all grid cells in the case study area with a 12-km resolution.

vročinskih valov se že od leta 1950 statistično značilno povečujejo po celotnem pilotnem območju (preglednica 3). Rezultat tega je tudi rahlo povečanje števila in jakosti sočasnih dogodkov suše in vročinskih valov od leta 1970 na posameznih lokacijah (slika 3).

V prihodnosti pričakujemo, da bodo suše in vročinski valovi postali močnejši in pogostejši pri vseh obravnavanih ravneh globalnega segrevanja. Projekcije kažejo, da bi se lahko letna pogostost sočasnih dogodkov glede na sedanje podnebje povečala za od 1 do 5 dogodkov na leto (slika 4, preglednica 4). Projekcije kažejo tudi, da se bodo sočasni dogodki okrepili ne glede na raven globalnega segrevanja, pri čemer se bo njihova letna največja jakost v povprečju povečala za od 40 do 110 % (preglednica 4), v delih pilotnega območja pa tudi za do 150 %. Verjetnost pojava posameznih dogodkov suše in vročinskih valov kot tudi sočasnih dogodkov suše in vročinskih valov se bo v prihodnosti povečevala. Sočasni dogodki s povratno dobo 50 let v sedanjem podnebju (obdobje 1991–2020) bi pri globalnem segrevanju za 3 °C lahko postali do osemkrat, pri globalnem segrevanju za 4 °C pa do 13,5-krat verjetnejši.

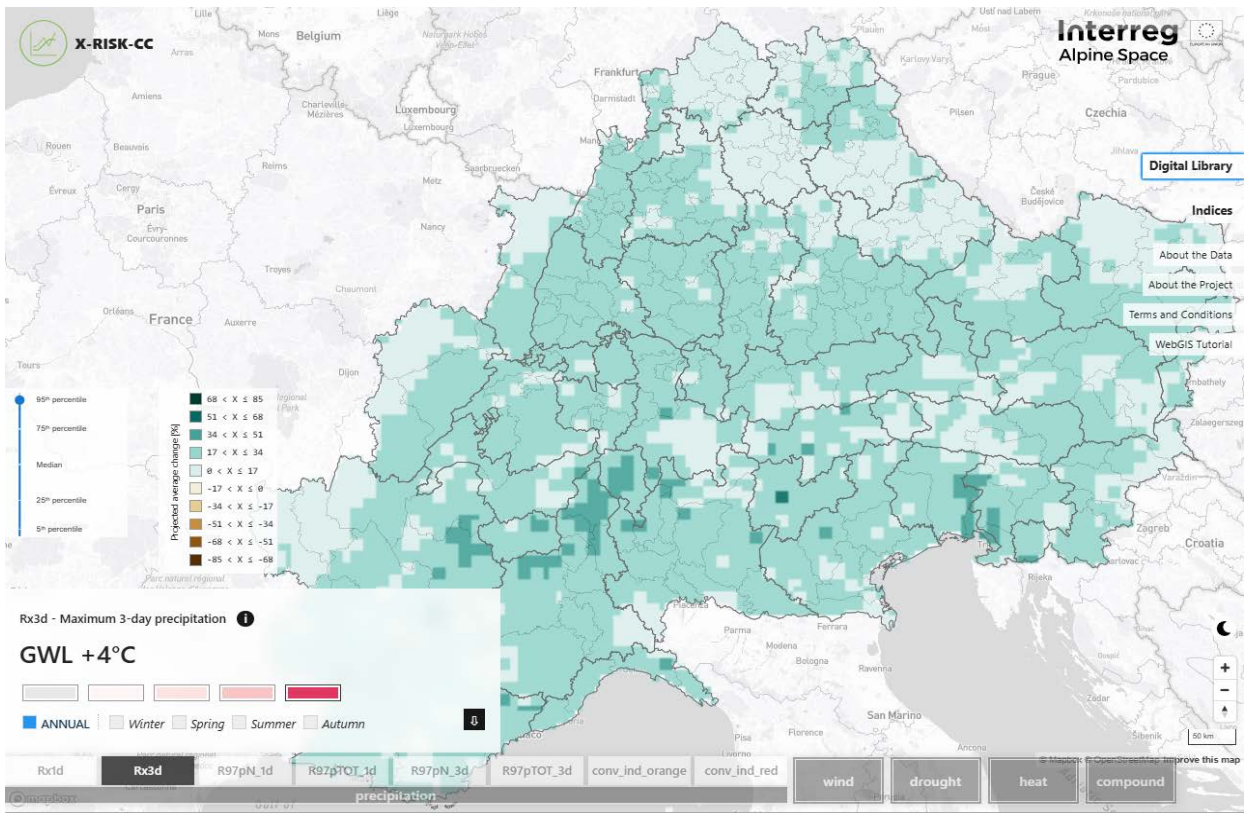
WEBGIS – INTERAKTIVNA SPLETNA
PLATFORMA ZA ALPSKI PROSTOR

Na pilotnih območjih so bili raziskani različni izredni in hidrološki dogodki ter določeni kazalniki, ki odražajo pretekle dogodke. Znanje s pilotnih območij je bilo nato prek kazalnikov preneseno na celoten alpski prostor, uporabljen pa je bil podatkovni vir, ki pokriva območje Alp. Z namenom vizualizacije kazalnikov je bila razvita interaktivna spletna platforma X-RISK-CC WebGIS, ki omogoča dostop do usklajenih in prostorsko specifičnih podatkov o izrednih vremenskih dogodkih za območje Alp (povezava: <https://cct.eurac.edu/x-risk-cc>). Namenjena je podpori pri ocenjevanju tveganj, analizi vplivov podnebnih sprememb in načrtovanju prilagajanja tako na ravni strokovne kot odločevalske javnosti.

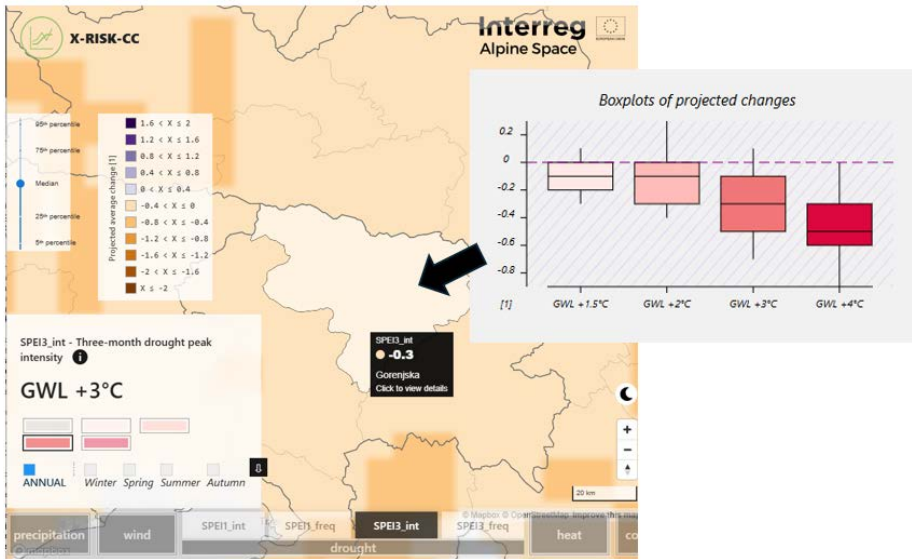
V platformo je vključenih dvajset različnih kazalnikov, ki prikazujejo temperaturne, padavinske, vetrne ekstreme in sušo, vključeni pa so tudi kombinirani kazalniki, ki združujejo izjemne padavine in veter ter sušo in vročino. Kazalniki so na voljo za zgodovinsko referenčno obdobje 1991–2020 in kot projekcije za štiri ravni globalnega segrevanja, spremembe

pa se lahko opazujejo na sezonski ali letni ravni. Za izračun kazalnikov izrednih padavin in vetra so bili za preteklo obdobje večinoma uporabljeni podatki Copernicus: CERRA (*The Copernicus European Regional ReAnalysis*) in CERRA-Land (*The Copernicus European Regional ReAnalysis Land*), za sušne kazalnike je bil uporabljen podatkovni vir iz projekta Alpine Drought Observatory (<https://www.alpine-space.eu/>

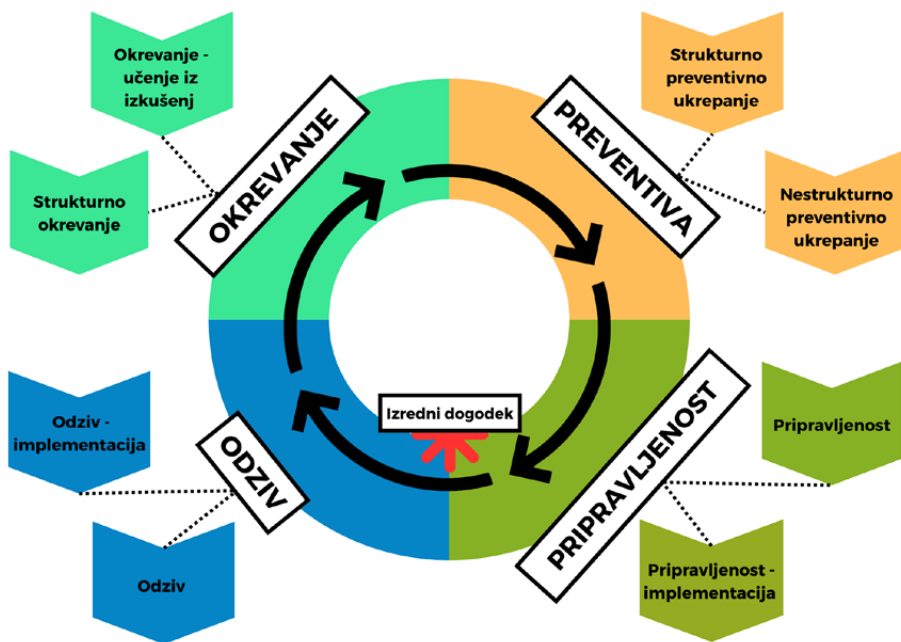
project/ado/), projekcije za prihodnost pa temeljijo na podatkih EURO-CORDEX. Vsi kazalniki so izračunani v prostorski resoluciji, ki jo omogočajo podatkovni viri – za zgodovinsko referenčno obdobje 1991–2020 je karta indeksov v resoluciji 5,5 km, za prihodnost pa v resoluciji 12 km. Več informacij o podatkovnih virih je na voljo na platformi webGIS.



Slika 5: Posnetek spletne platforme webGIS s prikazom spremembe (v deležu) največje tridnevne količine padavin v letu ob globalnem segrevanju za 4 °C. Izbran je 95. centil ansambla podnebnih modelov.
Figure 5: Screenshot of the webGIS online platform, displaying the relative change in annual maximum 3-day precipitation under 4°C of global warming. The 95th percentile of the climate model ensemble is selected.



Slika 6: Prikaz sprememb v jakosti suš prek sušnega kazalnika SPEI-3 (standardiziran padavinsko-evapotranspiracijski indeks na trimesečni ravni) ob globalnem segrevanju za 3 °C v statistični regiji Gorenjska (posnetek webGIS). Grafikon kvantilov (angl. boxplot) dobimo s klikom na izbrano regijo.
Figure 6: Display of changes in drought intensity using the SPEI-3 drought index (Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index over three months) under 3°C of global warming in the Gorenjska statistical region (webGIS screenshot). The boxplot is obtained by clicking on the selected region.



Slika 7: Vsebinski sklopi raziskovanja upravljanj tveganj – pristop RRMA
Figure 7: Risk management research content areas – RRMA approach

WebGIS vključuje več funkcionalnosti in informacijskih sklopov:

- **Kazalniki:** interaktivni zemljevidi omogočajo prikaz vrednosti posameznih kazalnikov za izbrano obdobje oziroma raven globalnega segrevanja ter prenos podatkov v različnih formatih (.png, .nc, .GeoJSON).
- **Opis podatkov:** pojasnila o virih podatkov, metodologiji obdelave in uporabljenih modelih.
- **O projektu:** kratek opis projekta X-RISK-CC, vloga platforme in partnerska struktura.
- **Uporabniška navodila:** podrobna razlaga možnosti uporabe in posameznih funkcij platforme.
- **Digitalna knjižnica:** zbirka dopolnilnih znanstvenih poročil o trendih in projekcijah različnih kazalnikov za alpski prostor in pilotna območja projekta; opisov indeksov.

UPRAVLJANJE POPLAV IN SUŠ TER PREDLOGI ZA IZBOLJŠANJE UKREPOV NA PILOTNEM OBMOČJU POREČJA SORE

V sodelovanju s strokovnimi službami in odločevalci, ki delujejo na pilotnem območju, smo prepoznali šibka področja upravljanja poplav in suš v kombinaciji z vročino ter snovali ukrepe, ki bi bili potrebni za učinkovitejše obvladovanje tveganj. Ugotavljanje pomanjkljivosti in iskanje potencialnih rešitev smo izvedli v dveh korakih. V prvem koraku smo na podlagi intervjujev z občinskimi poveljniki Civilne zaščite (za poplave) in predstavniki sektorjev kmetijstva,

gozdarstva in vodooskrbe na pilotnem območju (za suše) identificirali glavne pomanjkljivosti zdajšnjega upravljanja, ki smo jih na prvi delavnici z deležniki izpopolnili. Na drugi delavnici pa smo se osredotočili na aktivno iskanje rešitev ter oblikovali ukrepe, katerih izvedba bi lahko izboljšala pomanjkljivosti v upravljanju. Delavnic so se udeležili predstavniki različnih sektorjev: občinski poveljniki Civilne zaščite, Gasilskega poveljstva, predstavniki občin Škofja Loka, Železniki, Gorenja vas - Poljane, Žiri, Kmetijsko gozdarskega zavoda (OE Kranj), Zavoda za gozdo-ve Slovenija (OE Kranj, krajevni enoti Poljane in Železniki), Ribiške družine Škofja Loka ter predstavniki Direkcije RS za vode, Uprave RS za zaščito in reševanje, Komunale Škofja Loka, Centra za trajnostni razvoj podeželja, Radio Sora ter Lokalne energetske agencije Gorenjske (LEAG).



Slika 8: Prva delavnica X-RISK-CC z deležniki, Škofja Loka, 4. november 2023 (foto: T. Pregel)
Figure 8: The first X-RISK-CC workshop with stakeholders, Škofja Loka, 4th November 2023 (Photo: T. Pregl)

Metoda učenja iz preteklih izkušenj deležnikov – pristop RRMA

Prva faza prepoznavanja potreb lokalnega okolja je bilo ugotavljanje pomanjkljivosti v zdajšnjem opravljanju intervjujev z deležniki in udeležbi na delavnici z uporabo realnih dogodkov v preteklosti na območju porečja Sore, in sicer poplave 2023 ter suša 2022. Pri tem je bil uporabljen nekoliko prilagojen participativni pristop »hitro vrednotenje upravljanja tveganj« (angl. *Rapid Risk Management Appraisal* – RRMA); Cocuccioni, 2021; Steger 2023), ki je bil razvit v okviru projekta GreenRisk4Alps (<https://www.alpine-space.eu/project/greenrisk4alps/>). Koraki temeljijo na mednarodnem standardu ISO 31000 – smernice za obvladovanje tveganj (2018) in sledijo ciklu obvladovanja tveganj (angl. risk management cycle). V projektu je bilo pripravljenih 24 vprašanj, s katerimi je bila pripravljena analiza stanja na področju upravljanja v okviru štirih faz: preventiva, pripravljenost, odziv in okrevanje. Vsaka faza se nadalje deli na dva vsebinska sklopa, kot kaže slika 7, s tremi podvprašanji, ki podajo kvantitativno oceno od 1 do 10. Metodologija omogoča oceno stanja na vseh pilotnih območjih po enotnem ključu. V nadaljevanju predstavljamo rezultate, ki združujejo ugotovitve intervjujev in delavnic.

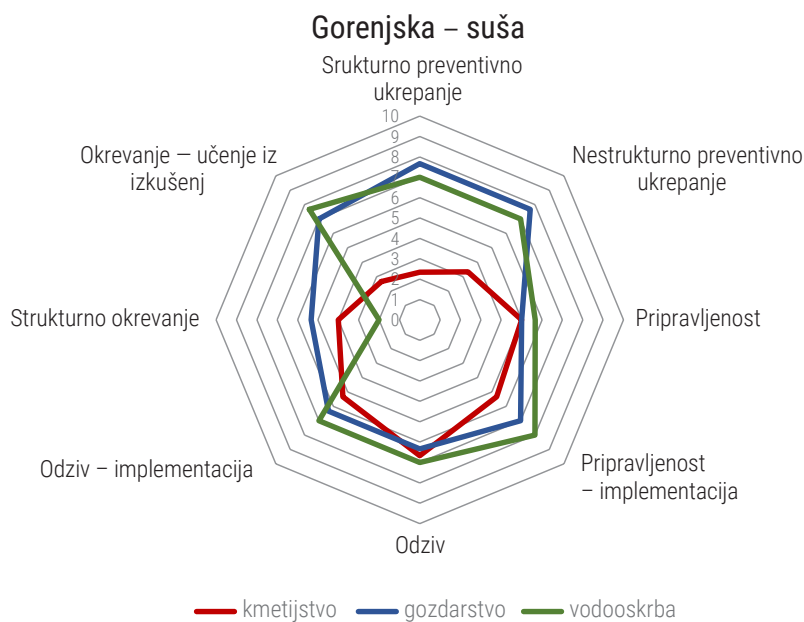
Zdajšnje upravljanje suše – rezultati analize RRMA za sušo

Pomanjkljivosti na področju upravljanja suše smo analizirali po različnih gospodarskih sektorjih, ki jih suša najbolj neposredno prizadene – na

obravnavanem območju so to kmetijstvo, gozdarstvo in vodooskrba. Odgovori intervjujev in delavnic odražajo tako zahteve iz pravno zavezujočih dokumentov, ki so jih izpostavili sodelujoči, kot prevladujoče prakse v posameznih sektorjih. Rezultati so pokazali velike razlike znotraj različnih faz obvladovanja suše med sektorji, kot kaže radarski grafikon (slika 9). Za razlago grafa je še pomembno, da v Sloveniji nimamo celovitega, pravno zavezujočega dokumenta upravljanja suše s protokoli, ki bi pokrivali vse upravljske faze. Zdajšnja zakonodaja se ob izrednem dogodku osredotoča predvsem na fazo odziva ter na zbiranje podatkov o škodi ter povračilo škode.

S slike 9 je razvidno, da ima gozdarstvo najboljšo oceno v preventivi, k čemur prispevajo prakse trajnostnega gospodarjenja z gozdovi, pri čemer je največ naporov usmerjenih v zdravje gozdov in njihovo odpornost. Organizacija gozdarskega sektorja omogoča precej dobro pripravljenost in odziv ob izrednih sušnih dogodkih ter izmenjavo izkušenj in znanja po izrednih dogodkih.

Za kmetijstvo velja, da zdajšnja zakonodaja dobro pokriva fazo odziva, in sicer ko je suša razglašena kot naravna nesreča, protokoli pa pokrivajo postopek vse do povračila škode kmetijskim gospodarstvom. Veliko pa je še možnosti za izboljšave na področju preventivnega ukrepanja za zmanjševanje škode na področju namakanja (samo en namakalni sistem v porečju) in zadrževanja vode. Kljub manjkajočim formalnim protokolom pa kmetijska svetovalna služba že med sušnim dogodkom kmetom zagotavlja



Slika 9: Radarski grafikon stanja upravljanja suše za območje porečja Sore po sektorjih glede na mnenje deležnikov

Figure 9: Radar chart of drought management status for the Sora River basin by sector, according to stakeholders

podporo pri izvajanju ukrepov za preprečevanje posledic suše v smislu tehnoloških priporočil.

Na področju vodooskrbe občine in podjetja za oskrbo z vodo zagotavljajo prebivalcem dostop do kakovostne pitne vode, zakonodaja pa dobro ureja sektor oskrbe z vodo, vključno s preventivnimi in odzivnimi ukrepi ob pomanjkanju vode (za raven jakosti preteklih suš na pilotnem območju), vključno z lokalnimi komunikacijskimi protokoli. S slike 9 je razvidna nizka ocena na področju strukturnega okrevanja. Ocena je odraz organizacije vodooskrbe in vodooskrbnih sistemov, ki se napajajo večinoma iz razpršenih virov, kar zagotavlja večjo odpornost na pomanjkanje pitne vode, tako da v preteklosti na večjih sistemih ni bilo težav, ki bi zahtevale pripravo načrtov za strukturno okrevanja ter njihovo izvajanje.

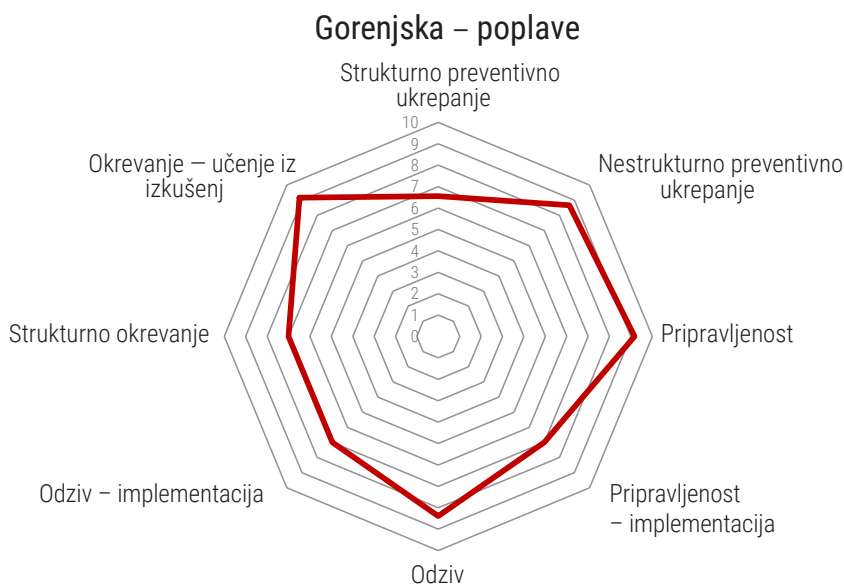
Zdajšnje upravljanje poplav – rezultati analize RRMA za poplave

V fazi preventive so rezultati delavnic in intervjujev pokazali pomanjkljivosti predvsem v strukturnem preventivnem ukrepanju, ki je v domeni države. Lokalna skupnost je opozorila, da bi se morali preventivni ukrepi, kot so urejanje in čiščenje strug vodotokov, vzdrževanje objektov na vodotokih, čiščenje zaplavnih pregrad izvajati pogosteje. Neurejene rečne struge hkrati z neustreznim skladiščenjem lesa in bal sena ob vodotokih so v avgustovih poplavah 2023 povzročile še dodatne težave. Za tri občine, ki so del pilotnega območja (Škofja Loka, Železniki, Žiri), so izdelane karte poplavne nevarnosti in karte poplavne ogroženosti za območja pomembnega

vpliva poplav. Vse štiri občine imajo Občinske načrte zaščite in reševanja ob poplavah, ki pa jih je treba po besedah predstavnikov Civilne zaščite (CZ) posodobiti z novimi informacijami (npr. posodobiti podatke o infrastrukturi, o silah za zaščito, reševanje in pomoč itn.) ter uskladiti z Regijskim načrtom zaščite in reševanja ob poplavah za Gorenjsko regijo.

Faza pripravljenosti vključuje vremenske in hidrološke napovedi in opozorila, ki jih izdaja ARSO. Na podlagi intervjujev, ki so bili opravljeni s poveljniki Civilne zaščite, je bilo ugotovljeno, da so napovedi in opozorila pred poplavami večinoma ustrezni ter predvidevajo mogoče vplive in posledice poplav. Vendar pa obstaja potreba po prostorsko natančnejši napovedi, ki je hkrati prilagojena lokalnim razmeram oziroma hudourniškemu značaju vodotokov. Natančna in pravočasna napoved in izdaja opozoril sta ključni za hiter odziv na terenu ter uspešno obveščanje lokalne skupnosti. Za slednje je odgovorna Civilna zaščita, obveščanje pa poteka po utečenih protokolih. Ob poplavah avgusta 2023 je bilo obveščanje oteženo, saj je bil Regijski center za obveščanje zaradi prezašedenosti nedosegljiv. Zato so ročno sprožili sireno za splošno nevarnost.

Odziv nastopi, kadar vodotok začne poplavlјati. Ob veliki verjetnosti za izredne visokovodne dogodke se aktivira Štab Civilne zaščite – vzpostavi se organizacijska struktura, aktivirajo se sile za zaščito, reševanje in pomoč (prostovoljne, poklicne in Civilna zaščita), določijo se odgovornosti in ključne naloge posameznikov. Protokoli upravljanja in vodenja so jasno določeni. Po potrebi se izvajajo preventivni



Slika 10: Radarski grafikon stanja upravljanja poplav za območje porečja Sore po sektorjih glede na mnenje deležnikov.

Figure 10: Radar chart of flash flood management status for the Sora River basin by sector, according to stakeholder.

ukrepi, na primer postavitve protipoplavnih pregrad, protipoplavnih vreč, nasipov. Jasno in sprotno je tudi informiranje javnosti s strani odgovornih ustanov: državnih (ARSO), ki izdajajo nadaljnja opozorila, in lokalnih (občine), ki pozivajo prebivalstvo k izvajanju samozaščitnih ukrepov. Obveščanje poteka tudi po lokalnem radiu, Radiu Sora, in po družbenih omrežjih. Ob aktivaciji državnega načrta zaščite in reševanja so, sicer precej dolgotrajni, administrativni postopki za izvedbo ukrepov v času poplav skrajšani.

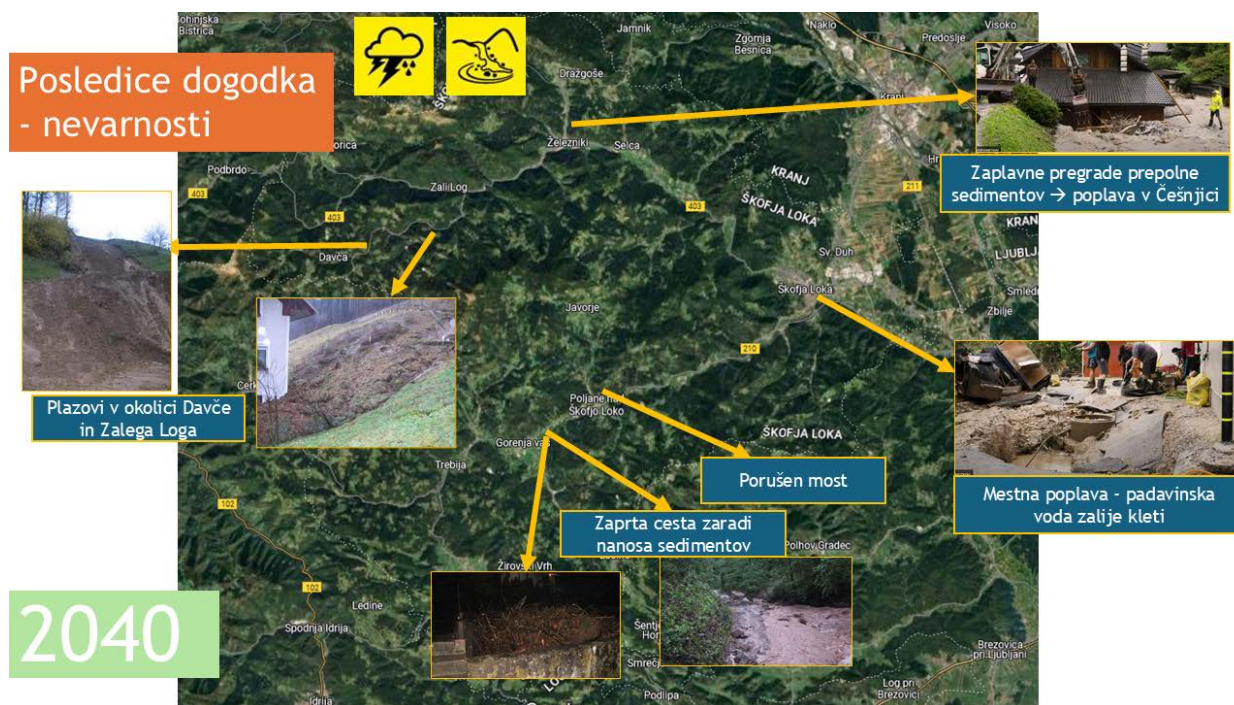
Zadnja faza je okrevanje, ki vključuje sanacijske ukrepe in vrednotenje po izrednem dogodku z vidika ugotavljanja mogočih izboljšav ob prihodnjih dogodkih (uvredba novih spoznanj in izkušenj v prihodnjih dogodkih). Z nujnimi sanacijskimi ukrepi (sanacija cest, mostov in druge kritične infrastrukture) občine začnejo takoj po dogodku (umiku vode). Če je aktiviran državni načrt zaščite in reševanja, se sanacijski ukrepi izvajajo skladno z državnim načrtom. V tej fazi poteka tudi ocenjevanje škode po poplavih, ki se vnaša v sistem AJDA. Po dogodku se v tej fazi oceni izvedba postopkov z vsemi vključenimi ključnimi akterji, na podlagi katere se ugotovijo tudi možnosti za izboljšave, s čimer je cikel obvladovanja tveganj zaključen.

Delavnica Škofja Loka v letu 2040 s poudarkom na večji odpornosti območja na podnebne spremembe

Priprava na verjetno prihodnost na podlagi podnebnih zgodb in verige vplivov

Razprava na temo upravljanja tveganj in snovanja ukrepov za boljšo pripravljenost na prihodnje izzive in prilagajanje na spreminjajoče se podnebje se je nadaljevala v sodelovanju z deležniki v okviru druge delavnice. V ta namen je bil v sodelovanju z EURAC Research (vodilni partner projekta) uporabljen pristop »podnebne zgodbe«, ki upošteva verigo potencialnih vplivov na družbo, na različne gospodarske sektorje in naravo. V okviru podnebne zgodbe Škofja Loka v letu 2040 je bilo simulirano stanje za prihodnost na dveh primerih, in sicer za izjemne suše z vročino ter izjemne hudourniške poplave z upoštevanjem mogočih verižnih vplivov.

Podnebne zgodbe predstavljajo metodološki pristop k obravnavi podnebnih tveganj, ki temelji na razvoju verjetnih scenarijev izrednih vremenskih in hidroloških dogodkov v prihodnosti. Gre za narativno orodje, ki združuje podnebne projekcije in lokalne specifičnosti okolja v celovito pripoved z namenom ponazoriti, kako bi lahko določeni dogodki potekali



Slika 11: Posledice dogodka na pilotnem območju na podlagi podnebne zgodbe za poplave

Figure 11: Consequences of the event in the pilot area based on the climate storyline for floods

POPLAVE

Zakonodaja in protokoli:

- Posodobitev OPN, skladno s poplavnimi smernicami.
- Prenos pristojnosti urejanja vodotokov iz državne na regionalno ali lokalno raven in zagotovitev sredstev za stalen in ažuren nadzor terena.
- Okrepitev zmogljivosti in zanesljivosti Regijskega centra za obveščanje.
- Uvedba Zavarovalnega sklada za poplavno preventivo, kot je to v primeru požarnega sklada.

Podatki in znanje:

- Okrepitev komunikacije in sodelovanja med službami na terenu (Civilna zaščita) in ARSO – vzpostavitev posebne hidrološke napovedi za porečje Sore.
- Podrobnejše opozorilne karte za lokalno območje (ne regijske).
- Nadgradnja mreže merilnih hidroloških postaj z manjšimi analognimi merilnimi postajami, ki delujejo tudi ob izpadu elektrike.
- Okrepitev medsektorskega sodelovanja, zlasti na nacionalni ravni.
- Poenostavitev sistema za popisovanje škode AJDA.

Komunikacija:

- Uvedba SMS-obveščanja o izrednih vremenskih dogodkih (vključeno tudi obveščanje turistov).
- Ozaveščanje javnosti in lokalnega prebivalstva z različnimi pristopi (radio, članki, sodelovanje s šolami itn.).
- Uvedba in izvajanje kampanj in cikličnih izobraževanj o izrednih vremenskih dogodkih s poljudnimi razlagami (kako ravnati pred in med poplavami, po poplavah, samozaščitni ukrepi, naloge posameznih ustanov/organa).

Tehnični ukrepi:

- Redno vzdrževanje kritične infrastrukture.
- Trajno urejanje vodotokov in obvodne vegetacije.
- Redno čiščenje zaplavnih pregrad.
- Gradnja protihudourniških kašt in muld.
- Vzpostavitev razlivnih območij za vodotoke.
- Zagotavljanje primerne skladiščenja lesa in bal ob vodotokih.

SUŠE

Zakonodaja in protokoli:

- Opredelitev **postopkov in sheme sodelovanja** med službami/ustanovami **z jasnimi vlogami in odgovornostmi** za vsak organ in ranljiv sektor, relevanten za obravnavano lokalno okolje v vseh fazah sušnega dogodka.

Podatki in znanje:

- Izboljšanje informacij v smislu **natančnejšega prostorskega prikaza sušnih razmer ter vzpostavitev napovedi, ki upošteva vplive** (podlaga za vzpostavitve so podatki o posledicah suše v različnih sektorjih).
- **Uvajanje namakalnih sistemov in zadrževalnikov:** preveriti/raziskati možnosti za vzpostavitev glede razpoložljivosti prostora, interesa med prebivalci in kmeti (ob zavedanju podnebnih trendov), ob izkazanem interesu za namakanje tudi razpoložljivost vodnih virov.
- Upoštevati tip podnebja in tal pri pridelavi (priprava strokovnih podlag) – nacionalna raven.

Komunikacija:

- V skladu z dogovorjenim komunikacijskim načrtom **informiranje javnosti** po občinskih medijih za vse vrste izrednih dogodkov – povezave s službami, odgovornimi za spremljanje.
- **Pripraviti in izvajati akcijo Nič nas ne sme presenetiti** – NNNP oziroma »suha« vaja (strokovne službe, v šolah, podjetjih) v sodelovanju z vsemi relevantnimi sektorji.

Tehnični ukrepi:

- Zagotavljanje odprtosti gozdov, dostopnost območja ob gozdnih požarih.



Slika 12: Postavitev oznak visokih voda na sotočju Poljanske in Selške Sore z OŠ Ivana Groharja (foto: A. Pokorn Oman)

Figure 12: Installation of high water marks at the confluence of the Poljanska and Selška Sora Rivers with Ivana Grohar Primary School (Photo: A. Pokorn Oman)

v nekem prostoru in času. Temeljijo na znanstvenih spoznanjih, lokalnih podatkih in izkušnjah iz preteklih dogodkov. Namesto osredotočanja na verjetnost dogodkov podnebne zgodbe raziskujejo mogoče potoke razvoja razmer, ki vključujejo sestavljene in verižne vplive. Podnebne zgodbe so orodje za testiranje odzivnosti zdajšnjih sistemov upravljanja tveganj ter so podlaga za razpravo o potrebnih prilagoditvenih ukrepih v prihodnosti. S tem pristopom se krepi razumevanje kompleksnih podnebnih tveganj ter oblikujejo odpornejše skupnosti in učinkoviti ukrepi za prihodnje podnebne izzive (Shepherd in sod., 2018).

Primer podnebne zgodbe za poplave leta 2040

Leta 2040 je porečje Sore izpostavljeno večdnevne- mu izrednemu padavinskemu dogodku, ki povzroči obsežne hudourniške poplave, erozijo in plazove. Dogodek sledi vročemu in sušnemu poletju, kar dodatno poslabša razmere zaradi slabše infiltracije vode. Na območju Poljanske in Selške Sore v treh dneh lokalno pade do 370 mm padavin. Zaradi kopičenja lesa, slabe pretočnosti strug in nesanirane infrastrukture po prejšnjem izrednem dogodku leta 2038 pride do obsežne škode: porušeni mostovi, poplavljenih stavb, prekinitve oskrbe z elektriko in vodo, motenj v komunikacijah, prav tako poteka evakuacija

prebivalcev in turistov. Posledice dogodka so vidne še mesece in leta – prizadeta sta tako kmetijski kot turistični sektor, stanje tal in varovalnih gozdov pa ostaja močno oslajljeno.

Pri snovanju podnebnih zgodb so bile poleg projekcij podnebnih sprememb upoštevane tudi verige vplivov, ki vključujejo identifikacijo sprožilnih dejavnikov, naravnih in družbenih pogojev za nastop izrednih dogodkov ter njihovih posledic na družbene in naravne sisteme.

Rezultati razprave in snovanje ukrepov ob upoštevanju prihodnjih scenarijev

Razprava z udeleženci, ki se je dotikala vseh faz ukrepanja, se je osredotočila na ukrepe v lokalnem okolju in jih po vsebini delimo na štiri glavna področja: zakonodaja in protokoli, podatki in znanje, komunikacija med službami in z javnostjo ter tehnični ukrepi. V okviru delavnice so bili podani številni predlogi za ukrepanje. Najbolj izvedljive ukrepe v lokalni skupnosti navajamo v spodnjem okvirčku.

Rezultati delavnic in medsektorskega sodelovanja bodo vključeni v posodobljene občinske načrte zaščite in reševanja ob poplavih. Gorenjska je leta 2025

kot prva regija v Sloveniji sprejela strategijo prilagajanja na podnebne spremembe, v nadaljevanju pa bo pripravljen tudi akcijski načrt podnebne odpornosti, kamor bodo umeščeni izbrani ukrepi, prepoznani v okviru projekta X-RISK-CC.

V okviru pilota projekta se vzpostavlja in testira predlagani ukrep okrepitve komunikacije in sodelovanja med službami na terenu (Civilno zaščito) in ARSO. Zajema posebno hidrološko napoved za porečje Sore, ki jo pripravlja hidrološka prognostična služba ARSO. Napoved temelji na lokalnih značilnostih območja in posledicah za okolje in infrastrukturo, ki bi nastale ob izrednih visokovodnih dogodkih različnih jakosti. Ob povečani verjetnosti preseganja visokovodnih vrednosti na hidroloških postajah ARSO ali nastanku nalivov v naslednjih 72 urah bo napoved poslana neposredno poveljnikom Civilne zaščite, gasilskim enotam, občinam in drugim ključnim deležnikom.

V projektu posebno pozornost namenjamo tudi ozaveščanju lokalnega prebivalstva. S tem namenom smo v okviru akcije Postavitev oznak visokih voda postavili pet oznak visokih voda iz let 1990, 2014 in 2023. Gre za akcijo, ki jo Komisija za hidrogeografijo pri Zvezi geografov Slovenije v sodelovanju z ARSO izvaja že od leta 2014.

SKLEPNE MISLI

Avgustovske poplave leta 2023 so dokaz, da podnebna tveganja niso več le predmet znanstvenih modelov in napovedi, temveč vse bolj določajo našo sedanost. Analiza razmer v porečju Sore nakazuje tudi dolgoročen trend: večja pogostost in intenzivnost ekstremnih pojavov, kot so močne padavine, poplave, plazovi, suše in vročinski valovi.

Ob vse pogostejšem sočasnem pojavljanju teh pojavov se povečuje tudi kumulativni pritisk na naravne vire ter ključne gospodarske panoge, zlasti kmetijstvo in gozdarstvo. Ti izzivi zahtevajo preoblikovanje pristopa k upravljanju tveganj – takšno, ki bo temeljilo na celovitosti, sodelovanju in odpornosti.

Projekt X-RISK-CC s svojo metodologijo in rezultati prinaša priporočila za upravljanje vodnih ekstremov v prihodnosti:

1. Krepitev lokalne odpornosti

- Investirati v nadgradnjo in prilagoditev vodne in prostorske infrastrukture na lokalni ravni.
- Razvijati zelene in naravne rešitve (na primer: zadrževalniki, sonaravno urejanje vodotokov), ki dolgoročno povečujejo prožnost sistemov.

2. Nadgradnja opozorilnih sistemov

- Podpirati razvoj in širitev lokalno prilagojenih hidroloških napovedi in opozoril.
- Okrepiti sodelovanje med Agencijo RS za okolje, lokalnimi skupnostmi in civilno zaščito za hitro in usklajeno odzivanje.

3. Integrirano načrtovanje in medsektorsko sodelovanje

- Spodbujati vključevanje podnebnih tveganj v prostorske, razvojne in sektorske strategije.
- Vključiti vse pomembne deležnike – od znanstvenikov do lokalnih prebivalcev – v proces sooblikovanja ukrepov.

4. Krepitev zavedanja in izobraževanja

- Izvajati stalne kampanje ozaveščanja o podnebnih tveganjih in prilagajanju.
- Vključiti podnebno vzgojo v šolske kurikule ter organizirati usposabljanja za občine, upravljavce in prebivalstvo.

5. Sistematično zbiranje in uporaba podatkov s terena

- Ustvariti in vzdrževati odprte podatkovne platforme za deljenje meteoroloških, hidroloških in okoljskih podatkov.
- Spodbujati uporabo sodobnih orodij za analizo podnebnih tveganj, temelječih na realnih dogodkih in lokalnih izkušnjah.

Lokalna skupnost porečja Sore je s sodelovanjem v projektu dokazala, da lokalni deležniki z ustrezno podporo in znanjem lahko postanejo pomembni akterji pri prilagajanju na podnebne spremembe.

Viri in literatura

1. Alpska konvencija, 2019. Obvladovanje tveganja naravnih nevarnosti – 7. poročilo o stanju Alp. https://www.alpconv.org/fileadmin/user_upload/Publications/RSA/RSA7_SL.pdf, 2. 6. 2025.
2. Ažbe, T., 2024. Sistem vodenja odziva na avgustovske poplave 2023 v občini Škofja Loka. UJMA, 38, 195–206. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/9391/8984>.
3. Crespi, A., Steger, S., Bozzoli, L., Zebisch, M., Maines, E., 2023. Sequential impact chains – a tool to explore compound and cascading impacts of weather extremes in the Alpine regions in the framework of the X-RISK-CC project. V: EMS Annual Meeting 2023, Bratislava, Slovaška, 4.–8. september 2023. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2023/EMS2023-292.html><https://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2023/EMS2023-292.html>, 10. 4. 2025.
4. Cocuccioni, S., Steger, S., Renner, K., 2021. Rapid Risk Appraisal: a participatory approach to analyse risk management (presentation). V: GreenRisk4ALPs Mountain Forest Conference, Innsbruck – Online, 28.–29. 6. 2021. <https://hdl.handle.net/10863/18945>.
5. GreenRisk4Alps, 2021. Interreg projekt "Development of ecosystem-based risk governance concepts with respect to natural hazards and climate impacts – from ecosystem-based solutions to integrated risk assessment". <https://www.alpine-space.eu/project/greenrisk4alps/>, 8. 4. 2025.
6. ISO 31000: 2018. Risk management – Guidelines, 2018. <https://www.iso.org/standard/65694.html>.
7. Collins, M., Sutherland, M., Bouwer, L., Cheong, S. - M., Frölicher, T., Jacot Des Combes, H., Koll Roxy, M., Losada, I., McInnes, K., Ratter, B., Rivera-Arriaga, E., Susanto, R. D., Swingedouw, D., Tibig, L., 2019. Extremes, Abrupt Changes and Managing Risk. V: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Cambridge University Press, Cambridge, UK in New York, NY, USA, 589–655. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.008>.
8. Standard SIST ISO 31000 (sl, en), Obvladovanje tveganja – Smernice, 2018, ima status slovenskega standarda in je enakovreden mednarodnemu standardu ISO 31000, Risk management – Guidelines, 2018. 12 str. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/65694/5c27d980f52a42b394056c1f90ae5346/SIST-ISO-31000-2018.pdf>.
9. Jemec Auflič, M., Šinigoj, J., Krivic, M., Podboj, M., Peternel, T. in Komac, M., 2016. Landslide prediction system for rainfall induced landslides in Slovenia (Masprem). Geologija, 59(2), 259–271.
10. Shepherd, T. G., Boyd, E., Calel, R. A. Sandra C., Chapman, S. C., Dessai, S., Dima-West I. M., Fowler, H. J. James, R., Maraun, D., Martius, O., Senior, C. A., Sobel, A. H., Stainforth, D. A., Tett, S. F. B., Trenberth, K. E., van den Hurk, B. J. J. M., Watkins, N. W., Wilby, R. L., Zenghelis, D. A., 2018. Storylines: an alternative approach to representing uncertainty in physical aspects of climate change. Climatic Change 151, 555–571. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2317-9>.
11. Steger, S., 2023. Analiza pomanjkljivosti: od verig vplivov do RRMA pristopa (Rapid Risk Management Appraisal). Predstavitev na projektnem sestanku X-RISK-CC, 4.–5. 4. 2023, Bolzano, Italija.
12. Sušnik, A., Moderc, A., Vlahović, Ž., Žun, M. Suša leta 2022 v obsegu naravne nesreče v kmetijski pridelavi. Ujma, 37, 89–97. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/9298/8731>.
13. Sušnik, A., Valher, A., 2014. Od mokre pomladi do sušnega poletja 2013. Ujma, 28, 75–84. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/8622/8061>.
14. X-RISK-CC, 2024. Cross-sectoral risk assessment for compound climate-related events in the Alpine region. <https://www.alpine-space.eu/project/x-risk-cc>. 30. 4. 2025.
15. Zhang, Q., She, D., Zhang, L., Wang, G., Chen, J., Hao, Z., 2022. High sensitivity of compound drought and heatwave events to global warming in the future. Earth's Future, 10, doi: 10.1029/2022EF002833.