



# Plan prilagodbe klimatskim promjenama za zaštićeno područje i sliv rijeka Mrežnice i Tounjčice

Zagreb, 2026.



---

**Naziv dokumenta:** Plan prilagodbe klimatskim promjenama za zaštićeno područje i sliv rijeka Mrežnice i Tounjčice

---

**Naručitelj:** The Nature Conservancy  
4245 Fairfax Dr Suite 100,  
Arlington, VA, 22203,  
United States

Kontakt: Dragana Mileusnić  
email: d.mileusnic@tnc.org

---

**Izrađivač:** IRES EKOLOGIJA d.o.o. za zaštitu prirode i okoliša  
Ulica Janka Rakuše 1,  
10 000 Zagreb

Kontakt: Helena Selić  
email: helena.selic@ires-ekologija.hr

---

**Voditelj izrade:** Mario Mesarić, mag. ing. agr.

---

---

#### STRUČNJACI

---

Mario Mesarić, mag. ing. agr.



Josip Stojak, mag. ing. silv.



Paula Bucić, mag. ing. oecooing



Filip Lasan, mag. geogr.

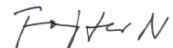


Igor Ivanek, prof. biol.



#### Stručni tim

Nikolina Fajfer, mag. ing. prosp. arch.



Emina Bajramspahić, mag. ing. silv.



Helena Selić, mag. geogr.

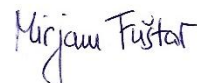


---

#### DJELATNICI

---

Mirjam Fuštar, mag. prot. nat. et amb.



Ana Maljković, mag. geol.



Terezija Godinić, mag. geogr.



Marko Čutura, mag. geogr.



Antonela Mandić, mag. oecol.



Paula Šašić, univ. mag. oecol. et prot. nat.



Sara Stermšek, mag. biol. exp.



---

---

**Odgovorna osoba  
Izrađivača:**

Mario Mesarić, mag. ing. agr.



ires/okolusija d.o.o.  
za zaštitu prirode i okoliša  
Ulica Janka Rakića  
10000 Zagreb

---

---

**Datum izrade:**

Svibanj, 2026.

---

---

## Sadržaj

1	Uvod.....	1
2	Pregled relevantnog planskog i strateškog okvira .....	2
2.1	Prostorno planska dokumentacija .....	2
2.2	Ostali lokalni i županijski dokumenti.....	2
2.3	Nacionalni i europski strateški okvir za prilagodbu klimatskim promjenama .....	3
3	Geografska i klimatska obilježja.....	5
4	Opažene klimatske promjene .....	7
4.1	Povijesni klimatski trendovi .....	7
4.2	Zabilježeni klimatski događaji do danas .....	9
4.3	Trendovi protoka i vodostaja u kontekstu klimatskih promjena .....	11
4.3.1	Trend protoka .....	11
4.3.2	Trend vodostaja .....	14
5	Klimatski scenariji.....	19
5.1	Temperatura zraka .....	20
5.1.1	Prosječna temperatura zraka.....	20
5.1.2	Maksimalna temperatura zraka.....	23
5.2	Temperatura vode.....	26
5.3	Količina oborina.....	26
5.3.1	Prosječna količina oborina .....	26
5.3.2	Maksimalna količina oborina .....	30
5.4	Brzina vjetra.....	31
5.5	Učestalost olujnih nevremena (olujni vjetar i tuča) .....	32
5.6	Površinsko otjecanje.....	32
6	Stanje odabranih receptora .....	34
6.1	Sastavnice okoliša.....	34
6.1.1	Vode .....	34
6.1.2	Geologija.....	35
6.1.3	Pedologija.....	36
6.1.4	Geomorfologija.....	36
6.1.5	Georaznolikost.....	37
6.1.6	Bioraznolikost .....	37
6.1.6.1	Šumska staništa.....	37
6.1.6.2	Nešumska staništa .....	39
6.1.6.2.1	Vodena i vlažna staništa .....	40
6.1.6.2.2	Travnjaci.....	42
6.1.6.2.3	Kraške špilje i jame.....	43
6.1.7	Stanovništvo.....	45

6.1.8	Krajobraz .....	46
6.2	Sektori .....	47
6.2.1	Vodni resursi .....	47
6.2.2	Poljoprivreda .....	49
6.2.3	Šumarstvo .....	49
6.2.4	Ribarstvo .....	51
6.2.5	Turizam .....	51
6.2.6	Energetika .....	52
7	Utjecaj klimatskih promjena na zaštićeno područje .....	53
7.1	Analiza ranjivosti .....	53
7.1.1	Vode i vodni resursi .....	55
7.1.2	Stanovništvo i gospodarske djelatnosti .....	58
7.1.3	Bioraznolikost .....	60
7.1.3.1	Šumska staništa .....	60
7.1.3.2	Travnjaci .....	61
7.1.3.3	Vodena i vlažna staništa .....	62
7.1.3.4	Kraške špilje i jame .....	63
7.1.4	Šumarstvo .....	64
7.2	Analiza rizika .....	65
7.2.1	Vode i vodni resursi .....	68
7.2.2	Stanovništvo i gospodarske djelatnosti .....	69
7.2.3	Bioraznolikost .....	69
7.2.3.1	Šumska staništa .....	69
7.2.3.2	Travnjaci .....	70
7.2.3.3	Vodena i vlažna staništa .....	71
7.2.3.4	Kraške špilje i jame .....	72
7.2.4	Šumarstvo .....	73
8	Odgovor na ranjivosti i rizike .....	75
9	Analiza troškova i koristi .....	76
9.1	Opis metodologije .....	76
9.2	Troškovi u scenariju bez provedbe mjera .....	77
9.3	Troškovi provedbe mjera .....	78
10	Preporuke i prijedlozi za daljnje korake .....	84
11	Zaključak .....	86
12	Popis korištene literature i izvora podataka .....	87
12.1	Znanstveni i stručni radovi .....	87
12.2	Internetske baze podataka .....	88
12.3	Zakoni, pravilnici, odluke, uredbe .....	89

12.4	Publikacije .....	89
12.5	Planovi, programi, strategije.....	90
12.6	Izvješća .....	92
12.7	Ostalo.....	92
13	Prilozi.....	93
13.1	Izvadak iz Registra vodnog tijela.....	93
13.2	Osnovni statistički parametri oborine za različita trajanja.....	99

**Popis kratica**

<b>Kratica</b>	<b>Značenje</b>
DHMZ	Državni hidrometeorološki zavod
DZS	Državni zavod za statistiku
EEA	<i>European Environment Agency</i>
EU	Europska unija
HBSD	Hrvatsko biospeleološko društvo
JLS	Jedinice lokalne samouprave
KŽ	Karlovačka županija
MHE	Mala hidroelektrana
MINGOR ZZOP	Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, Zavod za zaštitu okoliša i prirode <sup>1</sup>
MRRFEU	Ministarstvo regionalnoga razvoja i fondova Europske unije
OGK SFRJ	Osnovna geološka karta Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije
OPEM	Ocjena prihvatljivosti za ekološku mrežu
PP	Prostorni plan
PPUG	Prostorni plan uređenja Grada
PPUO	Prostorni plan uređenja Općine
RH	Republika Hrvatska
SECAP	<i>Sustainable Energy and Climate Action Plan</i>
SP	Spomenik prirode
TPV	Tijelo podzemnih voda
WWF	<i>World Wildlife Fund</i>
ZK	Značajni krajobraz

<sup>1</sup> Odlukom o proglašenju Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o ustrojstvu i djelokrugu tijela državne uprave (NN 57/24) od 16. svibnja 2024. poslove iz djelokruga dosadašnjeg Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja koji se odnose na zaštitu okoliša, zaštitu prirode i vodno gospodarstvo preuzima Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije.

# 1 Uvod

Prilagodba klimatskim promjenama podrazumijeva poduzimanje odgovarajućih mjera i aktivnosti s ciljem smanjenja ranjivosti prirodnih i društvenih sustava na klimatske promjene, povećanja njihove sposobnosti oporavka nakon učinaka klimatskih promjena, ali i iskorištavanja potencijalnih pozitivnih učinaka koji također mogu biti posljedica klimatskih promjena.

Ovaj Plan predstavlja prvi takav dokument u Republici Hrvatskoj, koji klimatske promjene sagledava prvenstveno kroz prizmu okoliša, odnosno očuvanja prirodnih ekosustava, a ne kroz društvene i gospodarske aspekte. Time se naglašava važnost razumijevanja međusobne povezanosti klimatskih promjena i ekoloških sustava kao temelja za učinkovito planiranje prilagodbe, što ovaj Plan čini jedinstvenim doprinosom upravljanju zaštićenim područjima i potencijalnim referentnim okvirom za izradu sličnih dokumenata u budućnosti.

Plan obuhvaća zaštićeno područje rijeka Mrežnice i Tounjčice, koje je prostorno ograničeno na pojas vodotoka, ali i njihovo šire slivno područje, budući da se promjene u korištenju prostora te u količini ili kvaliteti vode u slivu izravno odražavaju na ekološku ravnotežu i očuvanost zaštićenog područja. Stoga je za razumijevanje i učinkovito planiranje prilagodbe klimatskim promjenama potrebno sagledati cijeli sustav u njegovoj prostornoj i funkcionalnoj povezanosti.

Područje rijeka Mrežnice i Tounjčice je zbog svojih iznimnih prirodnih i krajobraznih vrijednosti zaštićeno u kategorijama značajni krajobraz i spomenik prirode. Proglašenjem zaštite istaknuta je važnost očuvanja ovih rijeka i njihovih ekosustava te je omogućena provedba ciljanih mjera zaštite usmjerenih na održivo korištenje prirode i sprječavanje daljnje degradacije prostora.

Među glavnim vrijednostima zaštićenih područja ističu se očuvani krški vodotoci Mrežnice i Tounjčice, a osobito velik broj sedrenih barijera na Mrežnici koje tvore slikovite slapove i ujezerene dijelove toka, koji čine prepoznatljive krajobrazne vrijednosti ovog područja. Šire područje karakterizira i velik broj vrijednih geomorfoloških oblika poput kanjona, izvora, špilja, jama i ponora, dok se cjelokupno područje odlikuje bogatom florom i faunom. Ovi ekosustavi izrazito su osjetljivi na promjene klimatskih uvjeta, osobito na promjene u količini i raspodjeli oborina te porast temperatura, što može utjecati na hidrološki režim, biološku raznolikost i cjelokupno funkcioniranje sustava.

Iz tog razloga, u kontekstu klimatskih promjena, potrebno je pravovremeno predvidjeti moguće promjene i njihove učinke te planirati mjere prilagodbe koje će smanjiti negativne posljedice i ojačati otpornost prirodnih i društvenih sustava. Stoga je cilj ovog dokumenta doprinijeti očuvanju i zaštiti zaštićenog područja rijeka Mrežnice i Tounjčice kroz planiranje i provedbu učinkovitih mjera prilagodbe klimatskim promjenama, uz očuvanje prirodnih i krajobraznih vrijednosti koje ovo područje čine jedinstvenim.

Plan obuhvaća analizu postojećeg stanja okoliša i klimatskih obilježja, pregled povijesnih klimatskih podataka i opaženih promjena te analizu klimatskih projekcija za razdoblje od 5, 10 i 25 godina. Uz navedeno, Plan obrađuje moguće utjecaje klimatskih promjena na zaštićeno područje i njegove vrijednosti kroz analizu ranjivosti i rizika za odabrane receptore (sastavnice okoliša i povezane sektore). Na temelju provedene analize identificirani su klimatski rizici za ključne receptore te su definirane mjere prilagodbe usmjerene na povećanje otpornosti zaštićenog područja, uz popratnu analizu šteta i koristi. Iako klimatske projekcije do kraja stoljeća pružaju uvid u dugoročne trendove, one su povezane s većom razinom nesigurnosti, osobito na lokalnoj razini, te su manje prikladne za definiranje provedivih mjera u kraćem i srednjem roku. Iz tog razloga, Plan je usmjeren na vremenska razdoblja u kojima je moguće pouzdanije procijeniti utjecaje klimatskih promjena i definirati ciljane mjere prilagodbe, uz mogućnost naknadnog ažuriranja i prilagodbe u skladu s novim spoznajama i projekcijama.

Pri izradi Plana korišteni su dostupni i relevantni podaci iz nacionalnih i europskih izvora, uključujući klimatske i hidrološke podatke (DHMZ, *Copernicus Climate Data Store*), prostorne baze podataka te važeće planske, strateške i upravljačke dokumente, a metodološki okvir nadopunjen je stručnim znanjima i informacijama dobivenima kroz konzultacije s Javnom ustanovom koja upravlja zaštićenim područjem.

U procesu izrade Plana održane su dvije radionice s dionicima na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini, s ciljem prikupljanja informacija i prijedloga za unaprjeđenje sadržaja Plana. Na radionicama su sudjelovali predstavnici lokalne i regionalne samouprave, nadležnih ministarstava, relevantnih poduzeća te ostali dionici koji djeluju na promatranom području. Informacije i prijedlozi prikupljeni tijekom procesa uključivanja dionika sustavno su razmotreni i, gdje je to bilo primjenjivo, integrirani u odgovarajuće dijelove Plana.

## 2 Pregled relevantnog planskog i strateškog okvira

Analiza postojećih planskih i strateških dokumenata omogućuje razumijevanje institucionalnog i političkog okvira unutar kojeg se Plan prilagodbe klimatskim promjenama izrađuje. Pregled dokumentacije i izdvojenih značajki vezanih uz klimatske promjene na ovom području dan je sažeto, a obuhvaća prostorno planske dokumente, sektorske planove i strategije različitih razina upravljanja te omogućuje prepoznavanje postojećih mjera i ciljeva koji doprinose povećanju otpornosti. Takav pregled predstavlja osnovu za usklađivanje prijedloga mjera u ovom Planu s već postojećim strateškim smjernicama.

### 2.1 Prostorno planska dokumentacija

U Odredbama za provođenje PP KŽ te općina i gradova koje obuhvaćaju zaštićeno područje (PPUO Barilović, PPUG Duga Resa, PPUO Generalski Stol, PPUG Ogulin, PPUG Slunj, PPUO Tounj; u daljnjem tekstu: Predmetne JLS), tematika klimatskih promjena ne obrađuje se izravno, već se koncept prilagodbe klimatskim promjenama obrađuje posredno, kroz prostorno planske mjere kojima se doprinosi smanjenju rizika i ublažavanju posljedica koje se mogu pojaviti uslijed klimatskih promjena. Takve mjere uključuju npr. očuvanje prirodnih retencijskih prostora i vodotoka, zaštitu šumskih površina i tla, kontrolu građenja u poplavnim područjima te planiranje zelene infrastrukture. Iako nisu izravno povezane s pojmom klimatskih promjena, navedeno doprinosi povećanju otpornosti prostora i ublažavanju potencijalnih negativnih učinaka klimatskih ekstrema. U većini prostornih planova propisane su mjere za zaštitu vodenih ekosustava koje istovremeno štite bioraznolikost te ublažavaju eroziju i promjene u režimu voda. U PPUO Tounj spominje se zaštita sedrenih barijera na rijeci Mrežnici u kontekstu njihove ranjivosti na onečišćenje i promjenu protoka vode, a u Odredbama za provođenje PP KŽ propisane su mjere zaštite za područja predmetnog značajnog krajobraza i spomenika prirode. Navodi se potreba za izradom registra sedrenih barijera i uspostavom monitoringa ključnih elemenata koji sudjeluju u procesu osedavanja što omogućuje rano otkrivanje degradacije sedre, a što je ključno u budućim uvjetima klimatskih promjena. Mjerama je obuhvaćena zaštita i očuvanje autohtone vegetacije uz održavanje travnjaka tradicionalnim ekstenzivnim stočarstvom, košnjom i uklanjanjem drvenaste vegetacije kada je potrebno, čime se povećava propusnost tla, smanjuje se površinsko otjecanje oborinskih voda te se povećava otpornost područja na pojavljivanje poplava i ekstremne vremenske uvjete. U Odredbama PPUG Duga Resa navodi se kako su detaljnija pravila ponašanja i ograničenja na području ZK propisana Odlukom o mjerama zaštite i očuvanja značajnog krajobraza Mrežnice.

Pregledom navedene prostorno planske dokumentacije može se zaključiti da postojeće mjere zapravo predstavljaju opće smjernice koje nisu utemeljene na klimatskim projekcijama. Zbog toga će se ovim Planom predložiti smjernice (poglavlje 10) koje će se, između ostalog, odnositi i na preporuke za dopunu odredbi za provođenje prostornih planova predmetnih JLS.

### 2.2 Ostali lokalni i županijski dokumenti

Što se tiče drugih dokumenata koji obrađuju temu klimatskih promjena, a obuhvaćaju promatrano područje, izrađen je SECAP<sup>2</sup> za Općinu Generalski Stol i Program ublažavanja klimatskih promjena, prilagodbe klimatskim promjenama i zaštite ozonskog sloja Karlovačke županije. SECAP Generalskog Stola sadrži poglavlje analize ranjivosti i rizika na učinke klimatskih promjena čiji je cilj omogućiti identifikaciju mjera koje bi mogle ograničiti ili smanjiti rizike povezane s posljedicama klimatskih promjena. Procjena rizika temelji se na obilježjima određenog područja prema kojima se biraju najvažniji sektori za to područje, a identificirani rizici za temu klimatskih promjena su poplave, ekstremne vremenske pojave i klizišta tla. Što se tiče smanjenja rizika od poplava, propisane su mjere za konstrukcije nasipa i sustav ranog upozorenja kako bi se zaštitila osjetljiva infrastruktura i spriječilo izlivanje vode. Za ekstremne vremenske pojave (snijeg, led, mraz, tuča) uspostavljaju se organizirane intervencije poput čišćenja prometnica, zimske službe, edukacije i osposobljavanja građana kako bi se smanjili poremećaji u sektoru prometa, opskrbi i sigurnosti. Preventivne mjere za degradaciju tla i klizišta podrazumijevaju izradu geološke studije upravljanja klizištima na području KŽ i kartiranje klizišta. U tom kontekstu valja istaknuti da je za područje Karlovačke županije izrađena Karta podložnosti na klizanje Karlovačke županije, koja predstavlja temeljni prostorni dokument za identifikaciju zona povećanog rizika za klizišta nastala procesima klizanja i tečenja. Program ublažavanja klimatskih promjena, prilagodbe klimatskim promjenama i zaštite ozonskog sloja KŽ također

<sup>2</sup> Akcijski plan održivog energetskog razvoja i prilagodbe klimatskim promjenama

propisuje mjere prilagodbe na učinke klimatskih promjena i povećanje otpornosti, a mjere se odnose na sljedeće sektore: zgradarstvo, energija, promet, vodno-gospodarski sektor, poljoprivreda, šumarstvo, zdravlje i sigurnost, prostorno planiranje i upravljanje zemljištem, okoliš i bioraznolikost te gospodarstvo i turizam. Općenito, mjere prilagodbe klimatskim promjenama u ovim dokumentima ponajviše su usmjerene na zaštitu ljudi, imovine i gospodarskih sustava. Prilagodba prirodnih sastavnica okoliša, osobito bioraznolikosti i vodenih ekosustava, obuhvaćena je u manjem opsegu te se najčešće razmatra posredno, kroz njihov utjecaj na društvo i gospodarstvo.

## 2.3 Nacionalni i europski strateški okvir za prilagodbu klimatskim promjenama

Kao ključni strateški dokumenti iz područja klimatskih promjena na nacionalnoj strateškoj razini, a koji bi mogli biti od značaja u kontekstu izrade Plana prilagodbe klimatskim promjenama analizirani su:

- Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu (NN 46/20)
- Strategija EU-a za prilagodbu klimatskim promjenama (COM(2021) 82 *final*)
- Strategija i akcijskog plana zaštite prirode Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2025. godine (NN 72/17)
- Strategija EU-a za bioraznolikost do 2030. (COM (2020) 380 *final*).

Izrada Plana prilagodbe klimatskim promjenama temelji se na općim ciljevima Strategije prilagodbe klimatskim promjenama s obzirom na to da Strategija ističe važnost očuvanja vodnih resursa i bioraznolikosti te prepoznaje visoku ranjivost RH na klimatske promjene, osobito u sektorima kao što su poljoprivreda i turizam. Za područje Mrežnice i Tounjčice to podrazumijeva posebnu pažnju posvećenu očuvanju količine i kvalitete vode, očuvanju ekosustava te praćenje rizika povezanih s ekstremnim vremenskim prilikama. Strategija EU-a za prilagodbu klimatskim promjenama naglašava potrebu za sustavnom integracijom otpornosti u svim sektorima, a u kontekstu ZK i SP ti ciljevi upućuju na važnost usklađenosti prijedloga i mjera s ciljevima EU. U kontekstu povezanosti Plana prilagodbe klimatskim promjenama sa Strategijom i akcijskim planom zaštite prirode RH, Plan uključuje identifikaciju stanišnih tipova osjetljivih na klimatske promjene te predlaže mjere očuvanja, što je u skladu s aktivnostima predviđenim u Strategiji. Plan prilagodbe klimatskim promjenama nadovezuje se na ciljeve Strategije EU-a za bioraznolikost do 2030. godine preuzimajući njezine smjernice o korištenju ekosustavnih rješenja u prilagodbi klimatskim rizicima.

U nastavku je ukratko dan pregled ciljeva spomenutih dokumenata.

### ***Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu***

Hrvatski sabor je 2020. godine usvojio prvu nacionalnu Strategiju prilagodbe klimatskim promjenama koja postavlja viziju „otporne“ Hrvatske na klimatske promjene. Strategija ističe tri opća cilja:

- smanjiti ranjivost prirodnih sustava i društva na negativne utjecaje
- ojačati otpornost i sposobnost oporavka
- iskoristiti potencijalne pozitivne utjecaje klimatskih promjena.

U Strategiji se naglašava kako se koncept prilagodbe mora integrirati u postojeće i buduće politike, planove i projekte na svim razinama upravljanja te ona sadrži klimatske projekcije za razdoblja do 2040. i 2070. godine zajedno s analizama ranjivosti. U dokumentu je identificirano osam ključnih sektora (vodni resursi, poljoprivreda, šumarstvo, ribarstvo, bioraznolikost, energetika, turizam i zdravstvo) te dvije međusektorske teme (prostorno planiranje i upravljanje rizicima). Za sve sektore Strategija navodi ukupno 83 prilagodbene mjere od kojih se tri može smatrati općima (klimatsko modeliranje, jačanje znanja i kapaciteta i razvoj pokazatelja učinaka provedbe Strategije prilagodbe). Provedba Strategije predviđa se kroz petogodišnje akcijske planove koji će definirati odgovorne subjekte, financiranje i rokove za svaku mjeru uz obvezu usklađivanja s ciljem Europskog zelenog plana. Također, napominje se kako će današnja ulaganja u prilagodbu smanjiti buduće troškove sanacije šteta od klimatskih nepogoda. Cilj Strategije je potaknuti i znanstvena istraživanja kako bi se smanjilo stupanj neizvjesnosti vezan uz utjecaje klimatskih promjena.

### ***Stvaranje Europe otporne na klimatske promjene – nova strategija EU za prilagodbu klimatskim promjenama***

Nova strategija utvrđuje kako se Europska unija može prilagoditi neizbježnim utjecajima klimatskih promjena i postati otporna na nadolazeće promjene do 2050. godine. Utjecaj klimatskih promjena toliko je raširen da naš odgovor na njih mora biti sustavan. Stoga će Europska komisija aspekte otpornosti na klimatske promjene aktivno uključivati u sva relevantna područja politike koja se odnose i na javni i na privatni sektor.

Osnovni ciljevi su:

- učiniti prilagodbu pametnijom kroz poticanje djelovanja temeljnog na pouzdanim podacima i alatima za procjenu rizika dostupnima svima
- učiniti prilagodbu sustavnijom jer klimatske promjene imaju utjecaj na sve sektore
- učiniti prilagodbu bržom jer već sada osjećamo posljedice klimatskih promjena
- pojačati djelovanje na međunarodnoj razini, jer je prilagodba međusektorski element vanjskog djelovanja EU-e i država članica koji obuhvaća međunarodnu suradnju, migracije, trgovinu, poljoprivredu i sigurnost.

### ***Strategija i akcijski plan zaštite prirode Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2025.***

U glavnom strateškom dokumentu u području zaštite prirode u RH ističu se tri strateška cilja u kojima se spominje prilagodba klimatskim promjenama:

- učinkovitost osnovnih mehanizama zaštite
- smanjenje direktnih pritiska i poticanje održivog korištenja prirodnih dobara
- povećanje znanja i dostupnosti podataka o prirodi.

U tim strateškim ciljevima razrađeni su posebni ciljevi koji direktno doprinose prilagodbi klimatskim promjenama:

- uspostava reprezentativne i funkcionalne mreže staništa za očuvanje prirode
- osigurati održivo korištenje prirodnih dobara kroz sektorske planske dokumente
- očuvanje nefragmentiranih područja i obnova degradiranih staništa
- vrednovanje i kartiranje ekosustavskih usluga.

U okviru tih posebnih ciljeva predviđene su i konkretne aktivnosti prilagodbe:

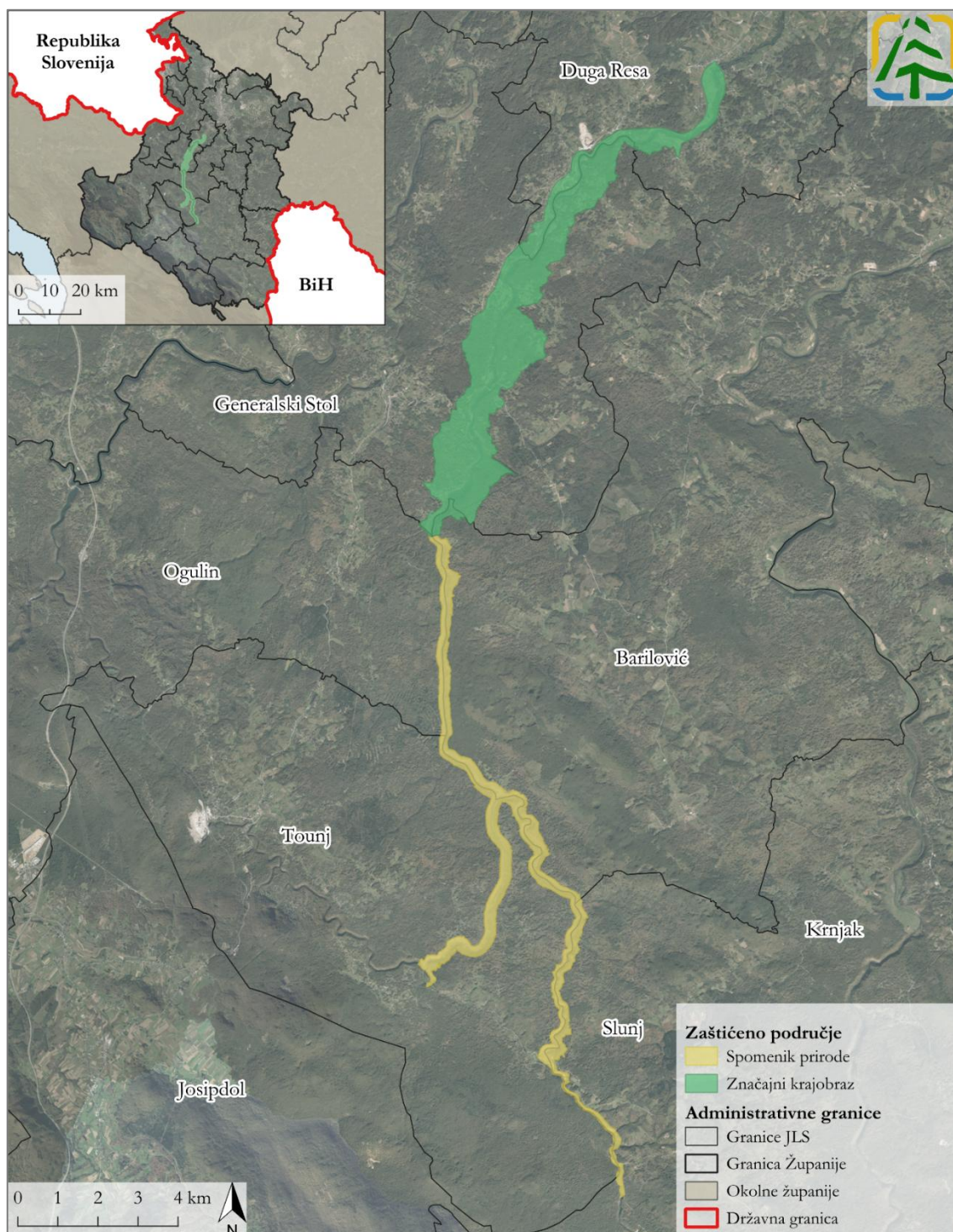
- utvrditi vrste i stanišne tipove osjetljive na klimatske promjene i razviti specifične mjere očuvanja (provedba zadane aktivnosti pratila bi se putem izrade popisa osjetljivih vrsta i staništa s prijedlogom specifičnih mjera za prilagodbu klimatskim promjenama i smjernicama za praćenje stanja)
- izradu skupa nacionalnih pokazatelja za fragmentaciju staništa, izradu karte stanišnih koridora važnih za kretanje faune ugrožene fragmentacijom s mjerama za ublažavanje utjecaja, provedbu mjera očuvanja i obnove zelene infrastrukture te značajnih karakterističnih obilježja krajobraza kroz njihovo vrednovanje i revitalizaciju, te unaprijeđenje postojećeg praćenja stradavanja strogo zaštićenih životinja od cestovnog i željezničkog prometa kao i na električnim vodovodima i to prvenstveno kroz intenzivniju međusektorsku suradnju.

### ***Strategija EU-a za bioraznolikost do 2030.***

Ovaj strateški dokument Europske komisije predstavlja temeljnu viziju za obnovu prirode u EU do 2030. godine u kojem se ističe kako je bioraznolikost važna za zdravlje ljudi, otpornost društva i gospodarstva. Strategija postavlja cilj da do 2030. godine najmanje 30 % kopnenih i morskih područja EU-a bude zakonski zaštićeno, od čega će trećina biti pod strogom zaštitom. Predviđa i plan EU za obnovu prirode kojim se ističe obnova degradiranih ekosustava, zaštita tla i šuma, povećanje ekološke poljoprivrede, revitalizacija rijeka, smanjenje onečišćenja te ekologizacija gradskih područja. Također, naglašava se važnost prirodnih rješenja za ublažavanje i prilagodbu klimatskim promjenama, poput očuvanja močvara, šuma i obalnih ekosustava bogatih ugljikom.

### 3 Geografska i klimatska obilježja

Predmetno zaštićeno područje nalazi se na području Kordunske zaravni, a obuhvaća korita i obalni pojas rijeka Mrežnice i Tounjčice. Značajni krajobraz Mrežnica obuhvaća područje donjeg toka rijeke Mrežnice na području gradova Duga Resa i Ogulin te općina Barilović i Generalski Stol, ukupne površine 1401,79 ha, dok Spomenik prirode Mrežnica-Tounjčica zauzima područje površine 671,67 ha, a obuhvaća gornji tok rijeke Mrežnice i donji tok rijeke Tounjčice na područjima gradova Ogulin i Slunj te Općina Tounj i Barilović (Slika 3.1). Šire područje karakterizira krški i fluviokrški reljef, s pojavom fluviodenudacijskih oblika i procesa, a nadmorske visine šireg područja kreću se prosječno od 120 m.n.v. do 450 m.n.v.



Slika 3.1 Geografski položaj planiranog zahvata (Izvor: Bioportal, Geoportal DGU)

Prema Köppenovoj klasifikaciji klime definiranoj prema srednjem godišnjem hodu temperature zraka i količine oborine predmetno područje pripada klimatskom tipu Cfb, odnosno umjereno toploj vlažnoj klimi s toplim ljetom. Osnovna obilježja tog klimatskog tipa su srednja mjesečna temperatura najhladnijeg mjeseca viša od  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  i niža od  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (oznaka C). Najtopliji mjesec u godini ima srednju temperaturu nižu od  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  (oznaka b), a više od četiri mjeseca u godini imaju srednju mjesečnu temperaturu višu od  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

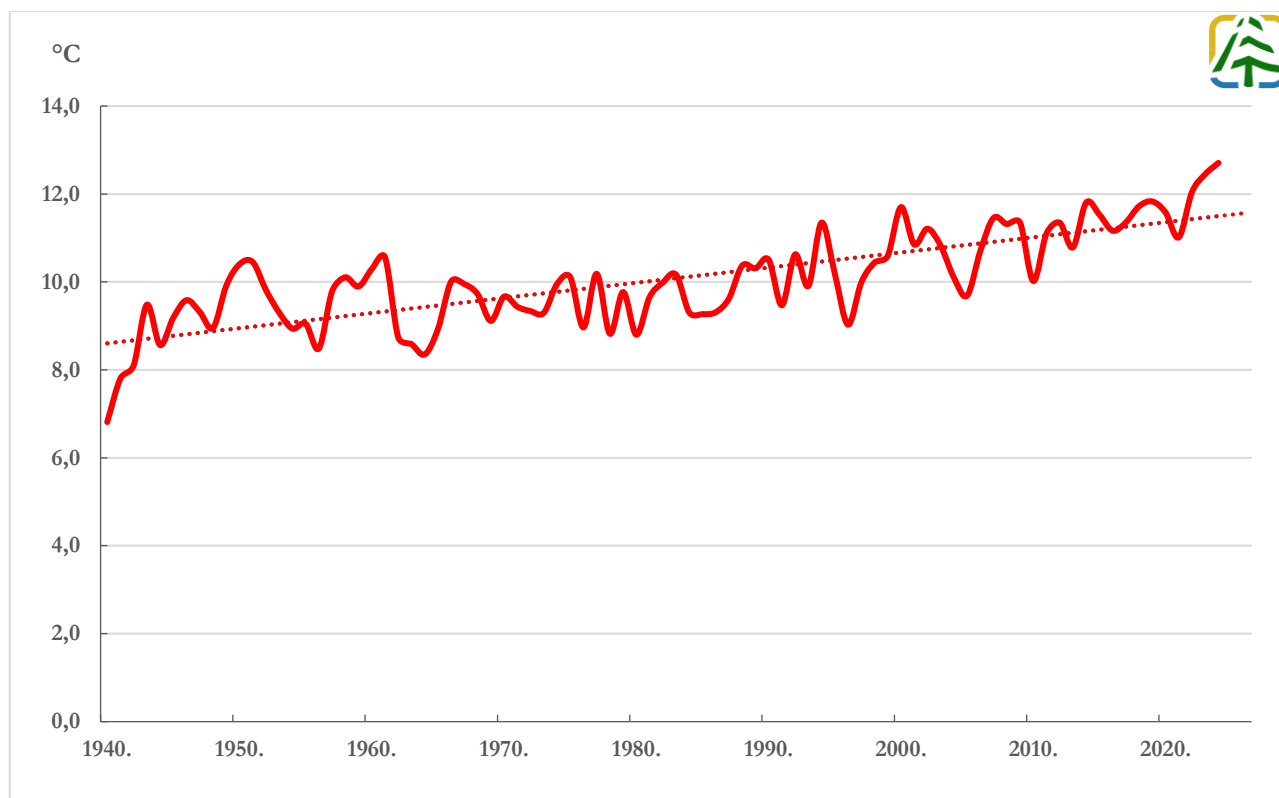
Glavni modifikator klime šireg područja je reljef, pa se tako prosječne temperature blago smanjuju s porastom nadmorske visine, uz maksimume u ljetnom dijelu godine, dok se količina oborina povećava. Nema izrazito sušnih mjeseci, a oborinski maksimumi javljaju se u jesenskim mjesecima. Što se tiče vjetra, prevladavaju sjeveroistočni i jugozapadni vjetrovi, a zimi je zbog prodora hladnog zraka sa sjevera moguća pojava jakog sjevernog i sjeveroistočnog vjetra. Vjetrovi su većinom umjerene brzine, a učestalost vjetra je nešto veća zimi.

## 4 Opažene klimatske promjene

### 4.1 Povijesni klimatski trendovi

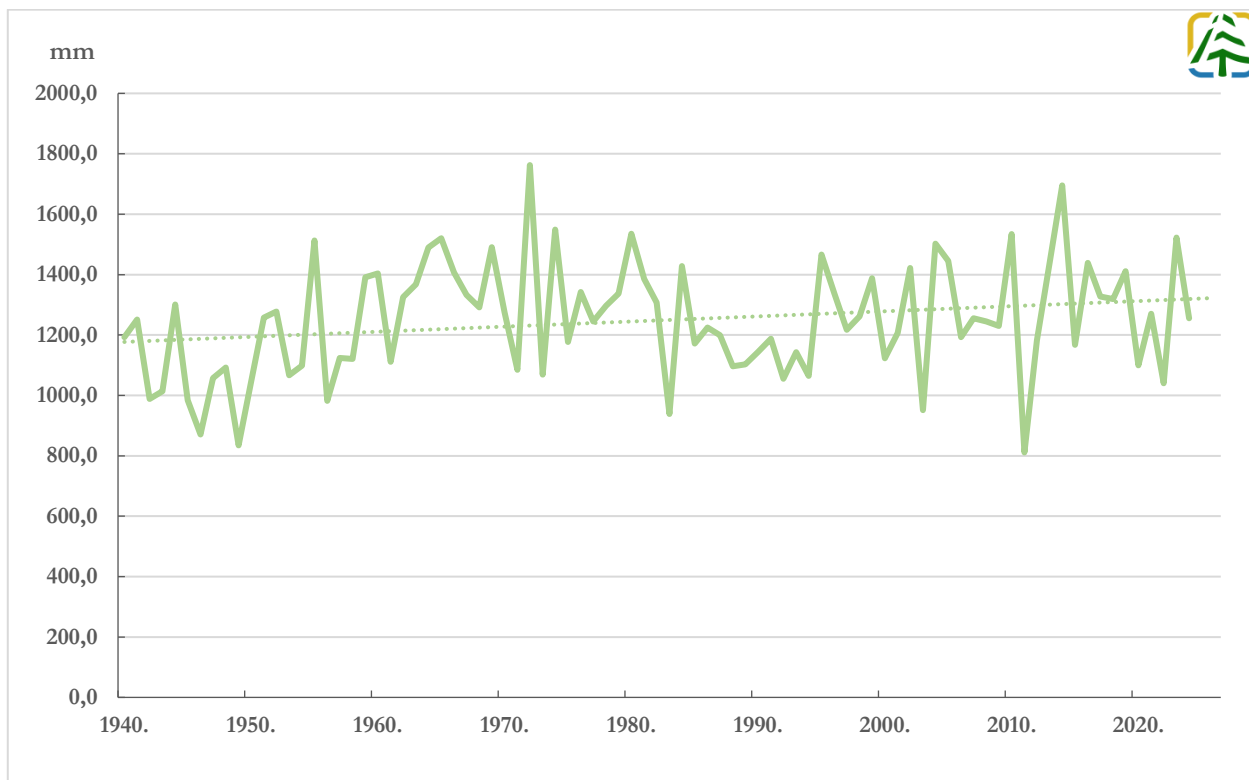
Na sljedećim grafičkim prikazima (Slika 4.1, Slika 4.2) prikazane su promjene srednje godišnje temperature i količine oborina na predmetnom području u razdoblju od 1940. do 2024. godine.

Unatoč određenim oscilacijama temperature po godinama, crvena isprekidana linija jasno pokazuje trend povećanja srednje godišnje temperature zraka kroz desetljeća (Slika 4.1). Najniža srednja godišnja temperatura bilježi se 1940. godine kada je iznosila 6,8 °C, a najviša 2024. godine kada je iznosila čak 12,7 °C što predstavlja ukupno zatopljenje od 5,9 °C tijekom navedenog razdoblja. Iz navedenog proizlazi kako je prosječna temperatura zraka rasla za oko 0,70 °C po desetljeću.



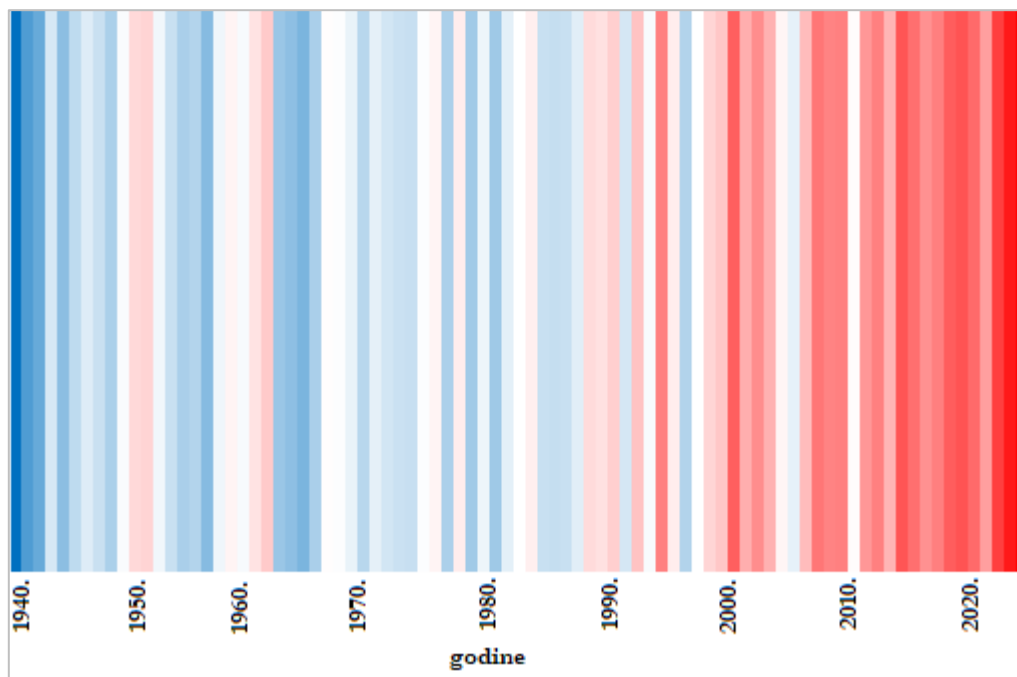
Slika 4.1 Promjena srednje godišnje temperature u razdoblju 1940. – 2024. na zaštićenom području (Izvor: ERA Explorer)

Godišnje količine oborina u promatranom razdoblju imaju varijacije unutar desetljeća, tako da nije uočljiv izrazit linearni trend (Slika 4.2). Najmanja količina oborina zabilježena je 2011. godine kada je iznosila 811,20 mm, dok su najveće količine zabilježene 1972. godine s 1762,6 mm. Premda postoje godine izraženijih suša (1949., 1983., 2003., 2011.) i godine s iznimno velikim količinama oborine (1955., 1972., 2010., 2014.), linearni trend ne ukazuje na izrazito smanjenje ili povećanje ukupne količine oborina u razdoblju 1940. – 2024. Sukladno tome, može se zaključiti kako je prosječna godišnja količina oborina promjenjiva bez očitog dugoročnog trenda.



Slika 4.2 Promjene godišnje količine oborina u razdoblju 1940. – 2040. na zaštićenom području (Izvor: ERA Explorer)

*Warming Stripes* je vizualni prikaz dugoročnih temperaturnih anomalija: svaka linija predstavlja prosječnu godišnju temperaturu u odnosu na referentno razdoblje (u ovom slučaju 1991. – 2020.). Hladnije godine se prikazuju plavom, a toplije godine crvenom bojom. Na priloženom grafikonu (Slika 4.3) najtamnija plava linija označava 1940. godinu s anomalijom od  $-3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dok najcrvenija linija za 2024. godinu pokazuje anomaliju od  $+2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Navedeno se može povezati s promjenom srednje godišnje temperature (Slika 4.1) gdje se vidi kontinuirani porast od 1940. do 2024. godine što potvrđuje obrasce trendova prikazane na *Warming Stripes* grafikonu.



Slika 4.3 *Warming Stripes* grafikon za razdoblje 1940. – 2024. za šire predmetno područje u odnosu na referentno razdoblje 1991.-2020. (Izvor: IRES EKOLOGIJA prilagođeno prema ERA Explorer)

## 4.2 Zabilježeni klimatski događaji do danas

Promatrano područje, kao i šire područje Karlovačke županije, izloženo je različitim klimatskim ekstremima, a analiza dostupnih podataka pokazuje da su najčešći zabilježeni događaji povezani s ekstremnim oborinama i nevremenima praćenim tučom. U nastavku je dan pregled istaknutih klimatskih događaja kroz proteklih 13 godina prema podacima prikupljenim iz različitih izvora (publikacije DHMZ-a, Registar šteta od prirodnih nepogoda, Registar poplavnih događaja, internetski članci i drugi dostupni izvori podataka).

### Ekstremne oborine i poplave

Prema podacima DHMZ-a, područje Ogulina i Karlovca bilježi učestale epizode ekstremnih oborina. Rujan 2012. i veljača 2013. godine obilježeni su višednevnim kišnim periodima na širem području Karlovca. Godina 2016. bila je nadprosječna s količinom oborina koje su na području Ogulina dosezale i do 131 % višegodišnjeg prosjeka (1961. – 1990.). Svibanj 2019. godine bio je ekstremno kišan s rekordnih 319,2 mm oborina na postaji Ogulin (višegodišnji prosjek iznosi 123,8 mm). Svibanj, i općenito proljeće 2023. godine bili su ekstremno kišni u okolici Ogulina, dok je 28. srpnja 2024. godine u sat vremena palo 70 mm oborina.

Analiza šteta od prirodnih nepogoda za razdoblje 2014.-2024., prema podacima Karlovačke županije, potvrđuje trend učestalih ekstremnih vremenskih pojava. Do proglašenja prirodne nepogode zbog poplava došlo je u Ogulinu u rujnu 2017. i lipnju 2023. godine, dok je u Bariloviću prirodna nepogoda zbog poplava proglašena u rujnu 2014. godine, a u Tounju u lipnju 2023. godine. Prirodna nepogoda zbog ekstremnih oborina (kiša, tuča) proglašena je u lipnju 2017. na području Ogulina, Barilovića, Generalskog Stola i Slunja.

Prema Registru poplavnih događaja, do prosinca 2018. godine na zaštićenom području nije zabilježen niti jedan poplavni događaj. Ipak, prema neformalnim izvorima, nizvodni dio zaštićenog područja povremeno je izložen plavljenjima koja nisu obuhvaćena standardnom kategorizacijom poplavnih tipova prema Hrvatskim vodama<sup>3</sup>. Plavljenja u najnižvodnijem dijelu zaštićenog područja rezultat su specifičnih hidrogeoloških i pedoloških uvjeta karakterističnih za aluvijalnu ravnicu rijeke Mrežnice. Prema *Stručnoj podlozi za zaštitu porječja rijeke Mrežnice u kategorijama spomenik prirode i Značajni krajobraz* (MINGOR, ZZOP 2023.), morfološki najrazvijenija dolinska forma s ravnim dnom javlja se upravo na najnižvodnijem dijelu istraživanog područja Mrežnice, nizvodno od Tomičića, gdje rijeka napušta kanjonski dio i započinje intenzivna akumulacija aluvijalnog materijala. U takvim uvjetima dolazi do izmjene dominantnih erozijskih procesa, odnosno do prijelaza s dubinske na bočnu eroziju što omogućava formiranje riječnih terasa koje se sporadično javljaju duž toka. Ovaj dio područja izgrađen je od aluvijalnih naslaga s ograničenom propusnošću. Za razliku od propusnih krških formacija koje dominiraju na većem dijelu sliva, aluvijalne naslage imaju znatno smanjenu infiltracijsku sposobnost, što dovodi do usporene drenaže oborinskih voda. Dodatno, podzemne vode u aluvijalnoj ravnici povremeno dostižu visoke razine, osobito nakon intenzivnih oborina, što dodatno smanjuje kapacitet tla za prihvatanje površinskih voda. U ekstremnim hidrološkim uvjetima, Mrežnica se ponekad izliva iz korita, što dodatno doprinosi plavljenjima na nizvodnom dijelu zaštićenog područja.

Rizik od plavljenja dodatno se povećava antropogenim utjecajima, odnosno pretjeranom izgrađenošću uz obalu Mrežnice što rezultira povećanim udjelom nepropusnih površina čime se otežava prirodna infiltracija i povećava površinsko otjecanje. U takvim uvjetima, intenzivne oborinske epizode mogu dovesti do zadržavanja vode na površini upravo tamo gdje bi, u prirodnim uvjetima, propusnost tla trebala osigurati učinkovitu drenažu.

### Nevremena (tuča i olujni vjetrovi)

Prema analizi šteta od prirodnih nepogoda, tuča je pogodila šire promatrano područje (Ogulin, Barilović, Generalski Stol i Slunj) u lipnju 2022. godine. S godinama, Karlovačka županija bilježi sve češće epizode snažnih nevremena te je tako u lipnju 2022. godine olujno nevrijeme zahvatilo šire područje s štetama na poljoprivrednim kulturama, automobilima i građevinama. Godinu nakon, 19. srpnja 2023. godine, padala je tuča iznimne veličine, a prema podacima ESWD-a (engl. *European Severe Weather Database*) promjer zrna tuče bio je između 5 i 13 cm. U srpnju 2024. godine ponovno je pala ekstremna količina oborina praćena olujnim vjetrovom.

<sup>3</sup> Kartirane su, ovisno o relevantnosti za pojedino područje potencijalno značajnog rizika od poplava, slijedeće vrste plavljenja: fluvijalne, odnosno riječne poplave; poplave uzrokovane visokim razinama mora; poplave uzrokovane podzemnih vodama na području krša; poplave koje mogu nastati izlivanjem iz akumulacija i umjetnih kanala uslijed gubitka funkcionalnosti građevina; gubitak funkcije sustava za obranu od poplava na velikim rijekama, velikim nizinskim retencijama te za veliki dio brdskih retencija i sustava zaštite na manjim rijekama.

## Suša i presušivanje vodotoka

Prema Strategiji zelene urbane obnove Općine Tounj, dugotrajne suše zabilježene su u posljednjih desetak godina pri čemu su najviše pogođeni poljoprivrednici koji se oslanjaju na površinsko navodnjavanje usjeva. Klimatske promjene dodatno pogoršavaju rizik od suša pri čemu vodostaj površinskih voda često oscilira u razini. Prema analizi šteta od prirodnih nepogoda, u Slunju je u listopadu 2022. godine proglašena prirodna nepogoda zbog suša, što potvrđuje prisutnost ovog klimatskog ekstrema na širem promatranom području. Značajan događaj vezan uz presušivanje vodotoka zabilježen je na Tounjčici, koja je presušila prilikom izgradnje umjetnog jezera Sabljaci i pregradnje Zagorske Mrežnice. Ovaj slučaj, iako nije uzrokovan klimatskim promjenama, prikazuje osjetljivosti krškog hidrogeološkog sustava uslijed antropogenih intervencija u okolišu.

## Klizišta

Na području jedinica lokalne samouprave koje obuhvaća zaštićeno područje, nakon kišnih razdoblja zabilježena su i klizišta što ukazuje na dodatne rizike povezane s ekstremnim oborinama i zasićenjem tla vodom.

## Okolišni problemi

Analiza klimatskih parametara i hidroloških uvjeta te pregled strateških dokumenata predmetnih JLS (Strategija zelene urbane obnove Općine Tounj, Plan djelovanja u području prirodnih nepogoda za Općinu Barilović i za Grad Dugu Resu te Procjena rizika od velikih nesreća za područje Općine Generalski Stol), omogućili su identifikaciju ključnih receptora i njihovih posljedica na predmetnom području (Tablica 4.1).

Tablica 4.1 Okolišni problemi važni za predmetno područje

Uočene promjene	Okolišni problem
Promjene meteoroloških parametara	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Povećanje prosječnih temperatura zraka i izmjene oborinskih obrazaca</li> <li>• Produženje razdoblja visokih temperatura tijekom ljeta</li> <li>• Povećanje temperature u površinskom sloju vodenih površina</li> </ul>
Ekstremni događaji	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Učestalije i dugotrajnije suše</li> <li>• Povećanje intenziteta i učestalosti nevremena</li> <li>• Rekordna veličina zrna tuča (13 cm)</li> <li>• Povećanje intenziteta kratkotrajnih pljuskova (70 mm/h)</li> <li>• Veća učestalost olujnih vjetrova</li> <li>• Ekstremne oborinske epizode u proljetnim mjesecima (319,2 mm u svibnju 2019.)</li> </ul>
Hidrološke promjene	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oscilacije razina površinskih voda</li> <li>• Ekstremno niski vodostaji tijekom ljetnih mjeseci (negativni vodostaji do -21 cm na postaji Mrzlo Polje)</li> <li>• Ekstremno visoki vodostaji uslijed oborinskih epizoda (430 cm na postaji Mrzlo Polje)</li> <li>• Smanjenje prosječnih godišnjih protoka (pad s 20,93 m<sup>3</sup>/s na 9,24 m<sup>3</sup>/s na postaji Juzbašić između 2014. i 2020.)</li> <li>• Nestabilnost dotoka vode u krškom hidrogeološkom sustavu</li> </ul>
Poljoprivreda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smanjenje prinosa usjeva ovisnih o površinskom navodnjavanju</li> <li>• Štete na poljoprivrednim kulturama zbog tuče i olujnih vjetrova</li> <li>• Ugroženost lokalnog gospodarstva zbog ovisnosti o poljoprivredi</li> </ul>
Infrastruktura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pojava klizišta nakon kišnih razdoblja</li> <li>• Štete na građevinama uslijed olujnih vjetrova</li> <li>• Štete na prometnoj infrastrukturi</li> <li>• Prekid u opskrbi električnom energijom</li> </ul>

Uočene promjene	Okolišni problem
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Povećan rizik od sezonskih poplava uz riječna korita (sjeverni dio zaštićenog područja)</li> </ul>
Prirodni i poluprirodni ekosustavi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Narušeni stanišni uvjeti u stalnim vodotocima uslijed izmijenjenih hidroloških uvjeta i hidromorfologije vodotoka</li> <li>• Promjene u strukturi travnjačkih zajednica uslijed širenja invazivnih biljnih vrsta</li> <li>• Narušena stabilnost šumskih ekosustava uslijed unosa i širenja invazivnih vrsta</li> </ul>

### 4.3 Trendovi protoka i vodostaja u kontekstu klimatskih promjena

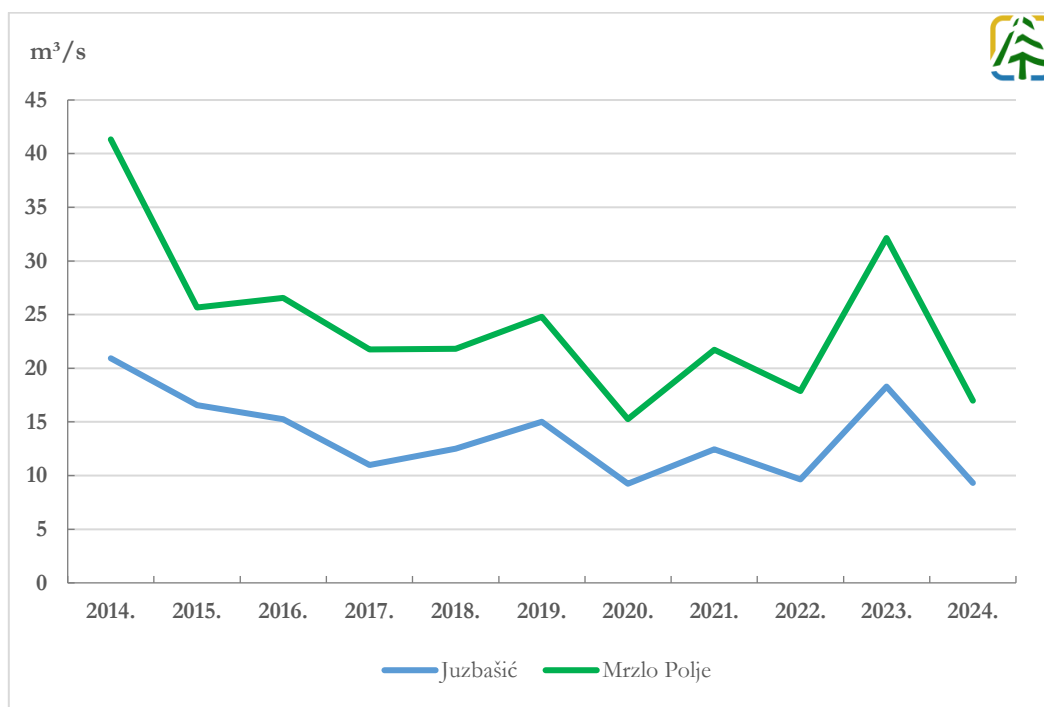
Na sljedećim grafičkim prikazima (Slika 4.4, Slika 4.5, Slika 4.7 i Slika 4.8) prikazane su promjene protoka i vodostaja na mjernim postajama Juzbašić i Mrzlo Polje u razdoblju 2014. – 2024. te su opisane njihove ekstremne vrijednosti.

#### 4.3.1 Trend protoka

Analiza višegodišnjih prosječnih protoka pokazuje značajne razlike u hidrološkom režimu između dviju mjernih postaja (Slika 4.4). Mjerna postaja Juzbašić nalazi se u blizini izvora Mrežnice (uzvodni dio sliva), dok se postaja Mrzlo Polje nalazi u blizini ušća Mrežnice u Koranu (nizvodni dio sliva). Ova prostorna razlika rezultira logičnim povećanjem protoka u nizvodnom smjeru zbog pritjecanja pritoka i povećanja slivnog područja.

Na uzvodnoj postaji Juzbašić, prosječni godišnji protoci variraju od 9,24 m<sup>3</sup>/s (2020.) do 20,93 m<sup>3</sup>/s (2014.), s izraženim trendom smanjenja protoka u posljednjem desetljeću. Najviši protoci zabilježeni su u početnom dijelu promatranog razdoblja (2014.-2016.), dok se od 2020. godine bilježe stabilno niži protoci koji u 2024. godini iznose 9,31 m<sup>3</sup>/s.

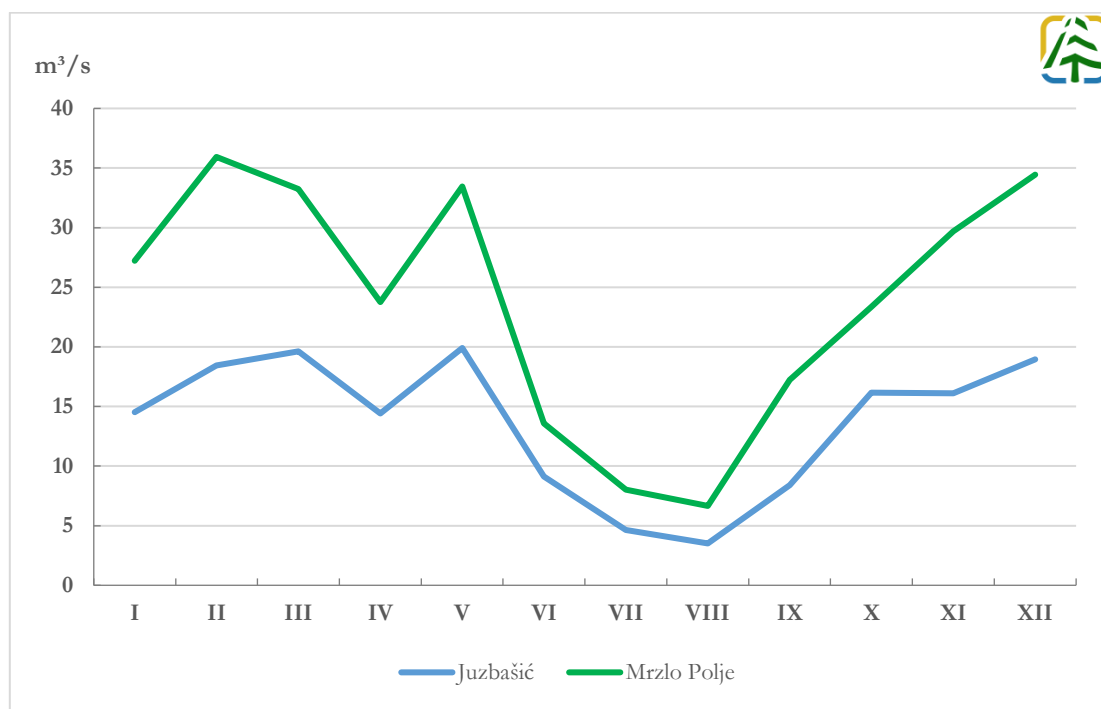
Na nizvodnoj postaji Mrzlo Polje prosječni godišnji protoci kreću se u rasponu od 15,26 m<sup>3</sup>/s (2020.) do 41,33 m<sup>3</sup>/s (2014.), što ukazuje na gotovo dvostruko veće protoke u odnosu na uzvodnu postaju Juzbašić. Slično kao i na uzvodnoj postaji, najobilnija razdoblja bila su 2014. i 2015. godina, nakon čega slijedi postupno smanjenje. Posebno izražen pad zabilježen je 2020. godine, a na kraju promatranog razdoblja (2024.) protok iznosi 16,97 m<sup>3</sup>/s.



Slika 4.4 Srednji godišnji protoci na postajama Juzbašić i Mrzlo Polje za razdoblje 2014. – 2024. (Izvor: DHMZ)

Analiza mjesečnih protoka otkriva jasnu sezonsku raspodjelu vodnog režima (Slika 4.5). Na uzvodnoj postaji Juzbašić, najviši mjesečni protoci javljaju se u proljetnim mjesecima - ožujku ( $19,64 \text{ m}^3/\text{s}$ ) i svibnju ( $19,91 \text{ m}^3/\text{s}$ ), što je posljedica snježnog otapanja i povećanih količina oborina. Slijedi postupan pad protoka kroz ljeto, s najnižim vrijednostima u kolovozu ( $3,51 \text{ m}^3/\text{s}$ ) i srpnju ( $4,65 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Jesen donosi oporavak protoka, s povećanjem u listopadu ( $16,17 \text{ m}^3/\text{s}$ ) i studenom ( $16,11 \text{ m}^3/\text{s}$ ), dok zima ponovno bilježi visoke protoke u prosincu ( $18,95 \text{ m}^3/\text{s}$ ) i veljači ( $18,45 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

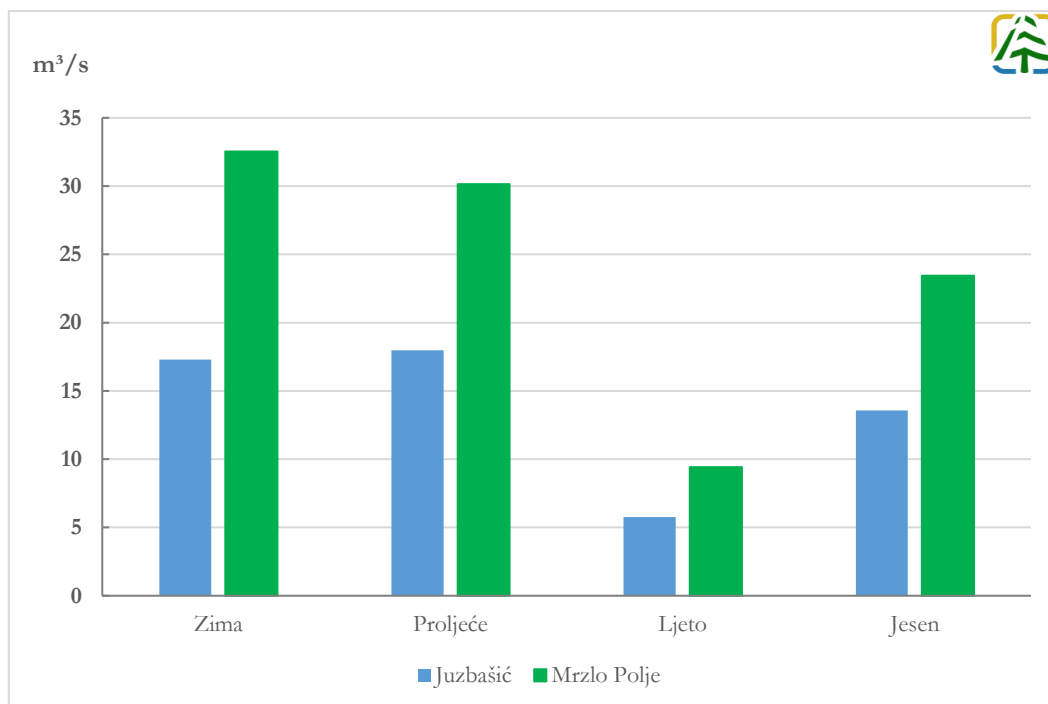
Na nizvodnoj postaji Mrzlo Polje mjesečna raspodjela protoka prati sličan obrazac, ali s približno dvostruko većim vrijednostima. Maksimalni protoci zabilježeni su u veljači ( $35,93 \text{ m}^3/\text{s}$ ) i prosincu ( $34,44 \text{ m}^3/\text{s}$ ), dok su minimalni protoci, kao i na uzvodnoj postaji, zabilježeni u ljetnim mjesecima - kolovozu ( $6,66 \text{ m}^3/\text{s}$ ) i srpnju ( $8,02 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Ovakva usklađenost sezonske dinamike između obje postaje potvrđuje jedinstveni hidrološki režim rijeke Mrežnice.



Slika 4.5 Srednji mjesečni protoci na postajama Juzbašić i Mrzlo Polje za razdoblje 2014. – 2024. (Izvor: DHMZ)

Na sljedećem grafičkom prikazu (Slika 4.6) vidljivi su kvartalni prosjeci protoka. Na uzvodnoj postaji Juzbašić najviši protoci bilježe se u zimskom ( $17,30 \text{ m}^3/\text{s}$ ) i proljetnom kvartalu ( $17,98 \text{ m}^3/\text{s}$ ), što je posljedica većih količina oborina i snježnog otapanja u izvorišnom dijelu sliva. Ljetni kvartal ima najizraženiji pad protoka na svega  $5,76 \text{ m}^3/\text{s}$ , a jesen obilježava postupni porast na  $13,56 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Na nizvodnoj postaji Mrzlo Polje protoci su dvostruko viši zbog povećanja slivnog područja i doprinosa pritoka. Zimski kvartal bilježi  $32,53 \text{ m}^3/\text{s}$ , a proljetni  $30,15 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ljetni minimum iznosi  $9,42 \text{ m}^3/\text{s}$ , dok u jesen ponovno raste na  $23,43 \text{ m}^3/\text{s}$ . Razlike između ljetnog minimuma i zimskog maksimuma na obje postaje ukazuju na jednoliku sezonsku oscilaciju duž cijelog toka.



Slika 4.6 Kvartalni prosjeci protoka na postajama Juzbašić i Mrzlo Polje za razdoblje 2014. – 2024. (Izvor: DHMZ)

## Ekstremne vrijednosti protoka

### Postaja Juzbašić (uzvodno)

Analiza ekstremnih vrijednosti na uzvodnoj postaji Juzbašić pokazuje da su maksimalni protoci dominantno zabilježeni tijekom proljetnih i jesenskih mjeseci. Apsolutni maksimum protoka dosegao je 186,90 m<sup>3</sup>/s (14.05.2019.), što predstavlja iznimno visoku vrijednost za izvorišni dio rijeke. Među deset najviših zabilježenih protoka, pet ih se dogodilo tijekom svibnja 2019. i kolovoza 2023. godine, s vrijednostima između 132,40 m<sup>3</sup>/s i 181,20 m<sup>3</sup>/s. Značajni maksimumi zabilježeni su i u jesenskom razdoblju, posebice u listopadu 2014. i 2015. godine, s protocima od 149,30 m<sup>3</sup>/s i 178,60 m<sup>3</sup>/s. Veljača 2014. i ožujak 2018. također su obilježeni visokim protocima (134,60 m<sup>3</sup>/s i 136,20 m<sup>3</sup>/s).

Minimalni protoci na postaji Juzbašić pokazuju izrazitu stabilnost na ekstremno niskim razinama. Najniža zabilježena vrijednost iznosi 1,27 m<sup>3</sup>/s i pojavila se u više navrata: tijekom cijelog razdoblja od 28. do 31. kolovoza 2022., u drugoj polovici rujna 2020., na prijelazu rujna u listopad 2021. godine te 6. rujna 2022. godine. Ostale minimalne vrijednosti kreću se oko 1,29 m<sup>3</sup>/s (18.09.2020.) i 1,30 m<sup>3</sup>/s (22., 27. i 28.08.2022.). Svi minimalni protoci zabilježeni su u ljetno-jesenskom razdoblju (kolovoz-rujan), što odgovara sušnom dijelu godine.

### Postaja Mrzlo Polje (nizvodno)

Na nizvodnoj postaji Mrzlo Polje, maksimalni protoci su značajno viši nego na uzvodnoj postaji, što je logična posljedica povećanja slivnog područja duž toka rijeke. Apsolutni maksimum zabilježen je 17.05.2023. kada je iznosio 323,10 m<sup>3</sup>/s, dok se drugi najviši protok od 306,40 m<sup>3</sup>/s pojavio također u svibnju (14.05.2019.). Među deset najviših protoka dominiraju događaji iz svibnja 2019. i 2023. godine, s vrijednostima između 265,90 m<sup>3</sup>/s i 323,10 m<sup>3</sup>/s. Značajni maksimumi zabilježeni su i u jesenskim mjesecima, posebice u rujnu i listopadu 2014. i 2015. godine, s protocima od 279,90 m<sup>3</sup>/s do 306,00 m<sup>3</sup>/s. Veljača 2014. također se ističe visokim protocima (285,00 m<sup>3</sup>/s i 243,20 m<sup>3</sup>/s).

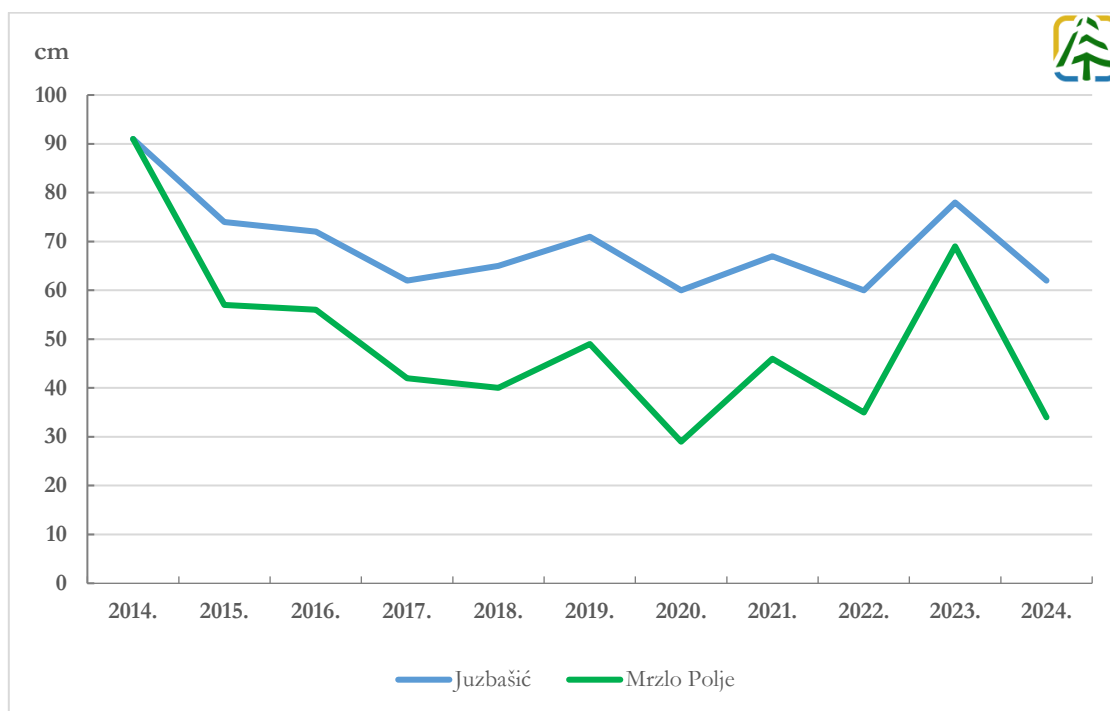
Minimalni protoci na nizvodnoj postaji Mrzlo Polje kreću se u rasponu od 2,24 m<sup>3</sup>/s do 2,64 m<sup>3</sup>/s, što je gotovo dvostruko više nego na uzvodnoj postaji Juzbašić. Apsolutni minimum od 2,24 m<sup>3</sup>/s zabilježen je 4. rujna 2024. godine. Ostale niske vrijednosti pojavile su se u rujnu 2021., 2022. i 2024. godine (2,41-2,64 m<sup>3</sup>/s) te u listopadu 2018. i 2024. godine (2,53-2,64 m<sup>3</sup>/s). Slično kao i na uzvodnoj postaji, svi minimalni protoci zabilježeni su u razdoblju od kolovoza do listopada, što potvrđuje da obje postaje dijele sličan hidrološki režim s kritičnim razdobljem niskih protoka u kasno ljetu i ranu jesen.

Zaključno na sve prethodno navedeno, usporedba ekstremnih vrijednosti između obje postaje jasno pokazuje proporcionalno povećanje protoka u nizvodnom smjeru - maksimalni protoci na postaji Mrzlo Polje približno su 1,7 puta veći, dok su minimalni protoci gotovo dvostruko viši nego na postaji Juzbašić, što upućuje na stabilizaciju režima otjecanja u nizvodnom dijelu sliva zbog povećanja slivnog područja i doprinosa pritoka.

## 4.3.2 Trend vodostaja

Prosječni godišnji vodostaji na uzvodnoj postaji Juzbašić kreću se u relativno uskom rasponu od 60 cm (2020. i 2022.) do 91 cm (2014.). Početak promatranog razdoblja obilježen je visokim vodostajima, s maksimalnom vrijednošću od 91 cm u 2014. godini. Nakon toga dolazi do postupnog smanjenja, pri čemu se vodostaji stabiliziraju u rasponu od 60 do 74 cm tijekom razdoblja 2015. – 2022. Iznimka je 2023. godina kada je zabilježen porast na 78 cm, dok 2024. bilježi blagi pad na 62 cm.

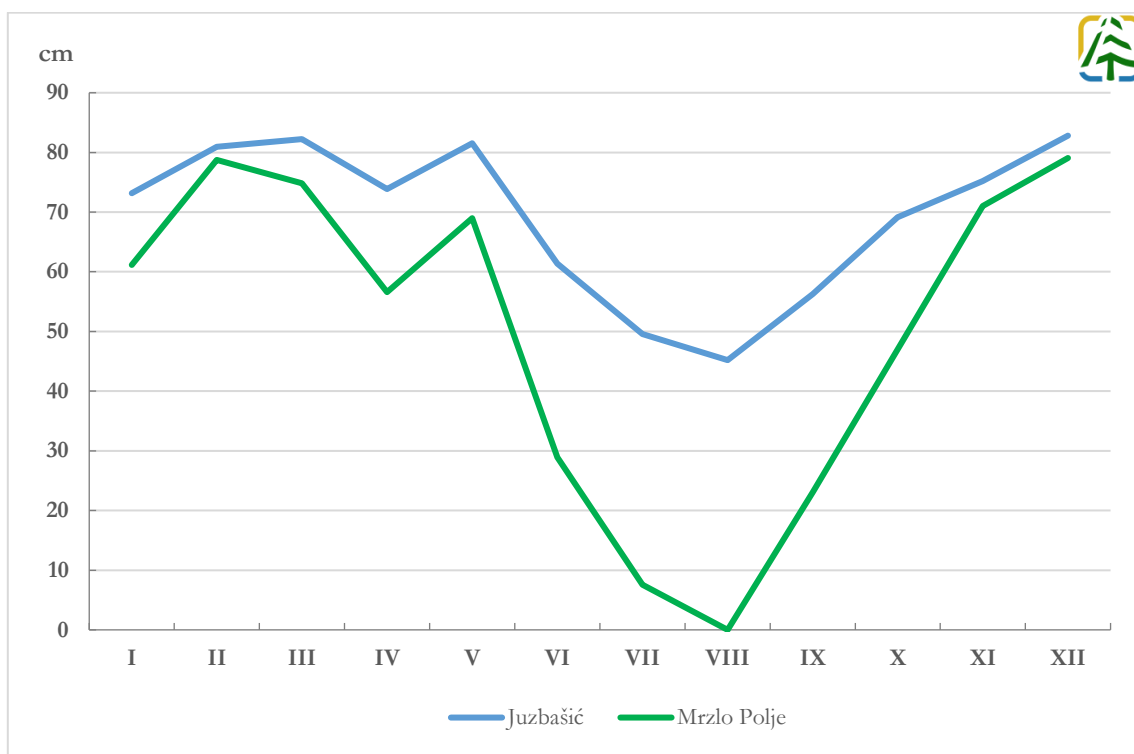
Na nizvodnoj postaji Mrzlo Polje godišnji vodostaji pokazuju izraženiju varijabilnost, s rasponom od 29 cm (2020.) do 91 cm (2014.). Ova postaja u početnom periodu bilježi identičan vodostaj kao i uzvodni profil (91 cm u 2014.), nakon čega slijedi značajniji pad. Posebno je izražen minimalni vodostaj u 2020. godini (29 cm), koji predstavlja najnižu godišnju vrijednost u cijelom promatranom razdoblju. Nakon 2020. godine vodostaji pokazuju trend oporavka, s vrhuncem u 2023. godini (69 cm), dok 2024. bilježi umjerenu vrijednost od 34 cm.



Slika 4.7 Srednji godišnji vodostaj na postajama Juzbašić i Mrzlo Polje za razdoblje 2014. – 2024. (Izvor: DHMZ)

Mjesečna analiza vodostaja (Slika 4.8) na postaji Juzbašić otkriva jasno izraženu sezonsku raspodjelu s maksimumima u zimsko-proljetnom razdoblju. Najviši prosječni mjesečni vodostaji bilježe se u ožujku (82 cm), prosincu (83 cm) i veljači (81 cm), što odražava utjecaj zimskih oborina i snježnog otapanja. Travanj i svibanj također održavaju visoke razine (74 cm i 82 cm). Nasuprot tome, ljetni mjeseci karakterizirani su značajnim padom vodostaja, s minimalnim vrijednostima u kolovozu (45 cm) i srpnju (50 cm). Jesensko razdoblje donosi postupni oporavak, s listopadom (69 cm) i studenim (75 cm) kao prijelaznim mjesecima prema zimskim maksimumima.

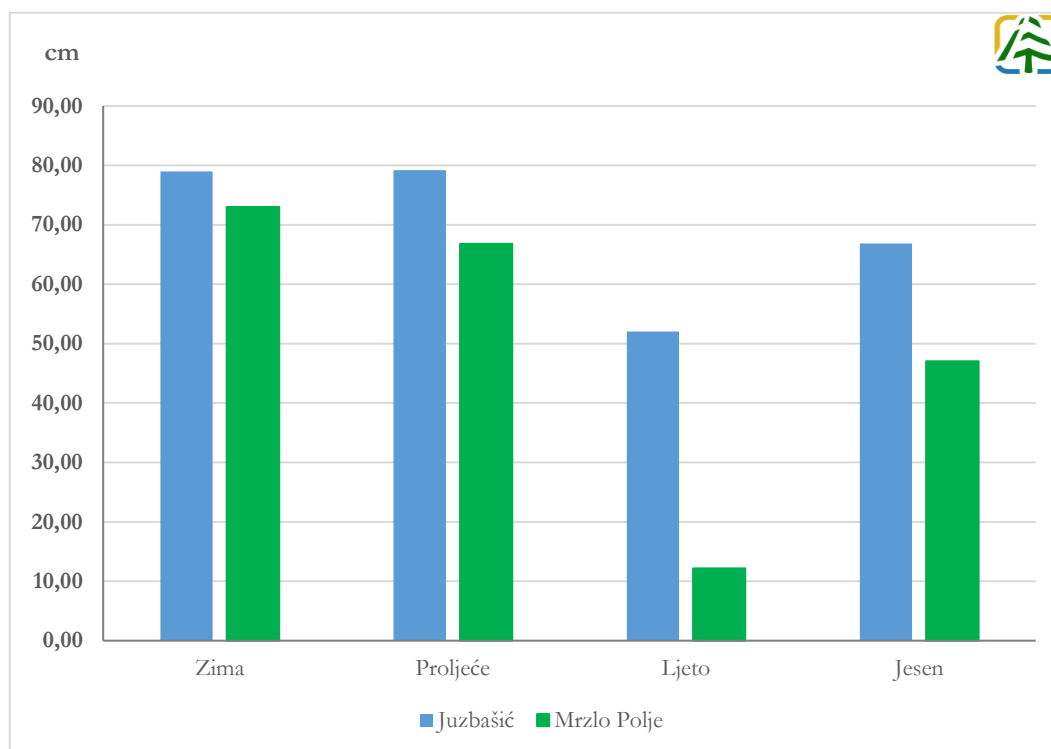
Nizvodni profil Mrzlo Polje pokazuje drugačiji sezonski obrazac u usporedbi s uzvodnom postajom. Ovdje su najviši vodostaji zabilježeni u veljači (79 cm), ožujku (75 cm) i prosincu (79 cm), dok siječanj bilježi nešto nižu vrijednost (61 cm). Međutim, najizraženija razlika u odnosu na uzvodnu postaju javlja se tijekom ljetnih mjeseci, kada vodostaji padaju na ekstremno niske razine - srpanj bilježi svega 8 cm, a kolovoz čak 0 cm. Ove vrijednosti znatno su niže od onih na postaji Juzbašić, što može ukazivati na specifične hidrogeološke uvjete ili ljudski utjecaj u nizvodnom dijelu sliva. Jesenski mjeseci pokazuju postupni oporavak, s listopadom (47 cm) i studenim (71 cm) kao razdobljima prijelaza prema višim zimskim vodostajima.



Slika 4.8 Srednji mjesečni vodostaj na postajama Juzbašić i Mrzlo Polje za razdoblje 2014. – 2024. (Izvor: DHMZ)

Kvartalni vodostaji (Slika 4.9) na uzvodnoj postaji Juzbašić pokazuju umjerene oscilacije. Zimski i proljetni kvartal bilježi prosječni vodostaj od 79 cm, jesenski 67 cm, dok ljetni minimum iznosi 52 cm.

Nizvodna postaja Mrzlo Polje ima izraženiji sezonski hod pri kojem zimski kvartal dostiže 73 cm, proljetni 67 cm, jesenski 47 cm, dok ljetni minimum iznosi svega 13 cm. Razlika između ljetnog i zimskog kvartalnog vodostaja dvostruko je veća na postaji Mrzlo Polje nego što je na postaji Juzbašić, a razlog tome su drugačiji hidrogeološki uvjeti nizvodnog tijela toka. U aluvijalnoj ravnici Mrežnice dolazi do infiltracije u propusni krš, a u sušnim ljetnim razdobljima podzemni odljev nadmašuje površinski dotok, što rezultira iznimno niskim, a mjestimično i negativnim vodostajem koji je prikazan na prethodnom grafičkom prikazu (Slika 4.8).



Slika 4.9 Kvartalni prosjeci vodostaja na postajama Juzbašić i Mrzlo Polje za razdoblje 2014. – 2024. (Izvor: DHMZ)

## Ekstremne vrijednosti vodostaja

### Postaja Juzbašić (uzvodna)

Najviši vodostaji na postaji Juzbašić zabilježeni su pretežno u proljetnom i jesenskom razdoblju. Apsolutni maksimum dostignut je dana 14. svibnja 2019. godine kada je iznosio 316 cm, što predstavlja najekstremniji vodostaj u cijelom promatranom razdoblju. Dan kasnije, 15. svibnja 2019., vodostaj je još uvijek bio vrlo visok (309 cm). Svibanj 2023. godine također je donio značajne vodostaje od 283 cm i 299 cm (17. i 18. svibnja). Jesenski maksimumi koncentriraju se u listopadu, s visokim vrijednostima zabilježenim 2014. (274 cm) i 2015. godine (253 cm, 297 cm i 293 cm). Veljača 2014. godine također se ističe visokim vodostajima od 259 cm i 251 cm.

Minimalni vodostaji na uzvodnoj postaji pokazuju relativno stabilne razine tijekom sušnih razdoblja. Najniža zabilježena vrijednost iznosi 35 cm (7. listopada 2021.), dok se vodostaj od 36 cm pojavljuje u brojnim razdobljima: 20. i 23. srpnja 2017., tijekom većeg dijela kolovoza 2017., u drugoj polovici kolovoza 2022. godine, u drugoj polovici rujna 2020. godine, na prijelazu rujna u listopad 2021. godine te 6. rujna 2022. Svi minimalni vodostaji koncentrirani su u ljetno-jesenskom razdoblju (srpanj-listopad), što odgovara razdoblju najmanjeg prirodnog dotoka vode.

### Postaja Mrzlo Polje (nizvodna)

Na nizvodnoj postaji Mrzlo Polje apsolutni maksimalni vodostaj dosegao je 430 cm 17. svibnja 2023. godine, što je znatno više od bilo kojeg vodostaja zabilježenog na uzvodnoj postaji. Taj događaj predstavlja jedinstvenu hidrološku pojavu u promatranom razdoblju. Sljedeći dan, 18. svibnja 2023., vodostaj je još uvijek bio vrlo visok (397 cm). Svibanj 2019. također bilježi značajne vodostaje od 414 cm i 378 cm. Jesenski maksimumi iz rujna i listopada 2014. godine kreću se između 377 cm i 393 cm, dok listopad 2015. bilježi 416 cm. Veljača 2014. godine donijela je vodostaj od 398 cm.

Minimalni vodostaji na postaji Mrzlo Polje pokazuju neuobičajenu karakteristiku - negativne vrijednosti vodostaja, što ukazuje na pad razine vode ispod nulte točke vodomjerne letve. Najniži zabilježeni vodostaj iznosi -21 cm (4. rujna 2024.), dok se vrijednost od -19 cm pojavila 31. kolovoza 2024., 3. rujna 2024. i 19. listopada 2018. godine. Vodostaj od -18 cm zabilježen je 17. kolovoza 2015., 31. kolovoza 2022., 15. rujna 2021. te tijekom druge polovice listopada 2018. godine. Ove negativne vrijednosti, koje se javljaju isključivo u ljetno-jesenskom razdoblju (kolovoz-listopad), ukazuju na ekstremno niske razine vode u nizvodnom dijelu rijeke tijekom sušnih razdoblja, što može biti rezultat kombinacije klimatskih prilika, infiltracije vode u krški teren i eventualnih antropogenih utjecaja.

Zaključno na sve prethodno navedeno, uzvodni profil Juzbašić pokazuje relativno ujednačen režim s pozitivnim vodostajima tijekom cijele godine, dok nizvodni profil Mrzlo Polje karakteriziraju ekstremnije oscilacije - s jedne strane znatno viši maksimalni vodostaji (posebno tijekom svibnja 2019.), a s druge strane negativni vodostaji tijekom sušnih razdoblja.

## 5 Klimatski scenariji

Klimatske projekcije obilježava značajna neizvjesnost u prognoziranju budućih klimatskih uvjeta, a ona proizlazi iz više izvora. Teško je predvidjeti kako će se razvijati faktori koji utječu na klimu nekog područja, od ljudskog ponašanja i koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi uslijed emisija iz različitih izvora do prirodnih procesa. Sam klimatski sustav pokazuje nepredvidljivost zbog složenih procesa gdje čak i minimalna odstupanja u polaznim parametrima mogu dovesti do bitno različitih rezultata. Dodatni problem predstavljaju ograničenja samih klimatskih modela. Iako su trenutno najnapredniji alat za predviđanje klimatskih scenarija, modeli imaju zadatak pojednostaviti iznimno kompleksan klimatski sustav i ne mogu u potpunosti replicirati sve procese i njihove interakcije. Zbog navedenog, koriste se višestruke simulacije različitih modela s različitim početnim uvjetima. Takav pristup stvara spektar mogućih rezultata koji pomaže umanjiti neizvjesnost, ali istovremeno potvrđuje kako je precizno predviđanje budućih klimatskih uvjeta i dalje izazovno.

U ovom su poglavlju prikazani i analizirani podaci o predviđenim promjenama klimatskih parametara na širem predmetnom području (prosječna i maksimalna temperatura zraka, prosječna i maksimalna količina oborina, brzina vjetra, površinsko otjecanje i učestalost olujnih nevremena<sup>4</sup>) u odnosu na referentno razdoblje koji se odnosi na razdoblje 1971. – 2000. (P0). Za potrebe izrade klimatskih scenarija, unaprijed su definirana tri buduća razdoblja<sup>5</sup> s ciljem obuhvata kratkoročnih, srednjoročnih i dugoročnih promjena:

- P1 (2026. – 2030.)
- P2 (2026. – 2035.)
- P3 (2026. – 2050.)

Iako klimatske projekcije do kraja stoljeća pružaju uvid u dugoročne trendove, one su povezane s većom razinom nesigurnosti, osobito na lokalnoj razini, te su manje prikladne za definiranje provedivih mjera u kraćem i srednjem roku, što je u fokusu Plana. Iz tog razloga, Plan je usmjeren na vremenska razdoblja u kojima je moguće pouzdanije procijeniti utjecaje klimatskih promjena i definirati mjere prilagodbe, uz mogućnost naknadnog ažuriranja i prilagodbe u skladu s novim spoznajama i projekcijama.

Podaci za izradu klimatskih scenarija preuzeti su s platforme *Copernicus* na temelju CORDEX-a (engl. *Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment*). CORDEX je pokrenut od strane Svjetskog programa za istraživanje klime (*World Climate Research Programme*) kao inicijativa usmjerena na razvoj regionalnih klimatskih modela i statističkih metoda *downscalinga* radi dobivanja projiciranih klimatskih scenarija na detaljnijim područjima. Za svrhu analize odabran je umjeren scenarij RCP4.5<sup>6</sup> koji predstavlja uravnotežen pristup između konzervativnih i ekstremnih projekcija klimatskih promjena te se često koristi kao referentni scenarij u relevantnim dokumentima, čime se osigurava usporedivost rezultata. Ekstremniji scenariji, poput RCP8.5, iako korisni za sagledavanje potencijalnih nepovoljnih trendova, povezani su s većom razinom nesigurnosti te mogu rezultirati otežanim definiranjem konkretnih mjera u kratkoročnom i srednjoročnom razdoblju.

Kao što je prethodno navedeno, odabir odgovarajućih modela predstavlja bitan čimbenik u izradi klimatskih scenarija, jer različiti modeli postižu različite rezultate stoga je radi dobivanja što pouzdanijih podataka korišten je ansambl globalnih i regionalnih klimatskih modela. Ansambl klimatskih modela označava kombinaciju više modela ili njihovih varijanti umjesto samo jednog sustava. Na taj način obuhvaćene su različite nesigurnosti među modelima te oni daju robusniju procjenu budućih klimatskih uvjeta s obzirom na to da prosjek ili raspon modela često pokazuje pouzdaniji trend u odnosu na rezultate pojedinih simulacija. Kombinacije modela uključile su sljedeće parove:

- MPI-M MPI-ESM-LR × MPI-CSC-REMO2009
- ICHEC EC-EARTH × CLMcom-CCLM4-8-17 (CCLM)
- MOHC HadGEM2-ES × GERICS-REMO2015
- IPSL-CM5A-MR × SMHI-RCA4 (Sweden)

Ansamblu su korišteni za dobivanje podataka o prosječnoj i maksimalnoj temperaturi zraka na visini od 2 m, srednjoj količini oborina te brzini vjetra na visini od 10 m.

<sup>4</sup> Maksimalne količine oborina, učestalost olujnih nevremena i površinsko otjecanje opisano je tekstualno na temelju dostupne stručne i znanstvene literature, s obzirom na to da je izrada modela za ove klimatske efekte, zbog njihove specifičnosti nastanka i razvoja, bila otežana.

<sup>5</sup> Za one parametre kod kojih je bilo moguće provesti modeliranje.

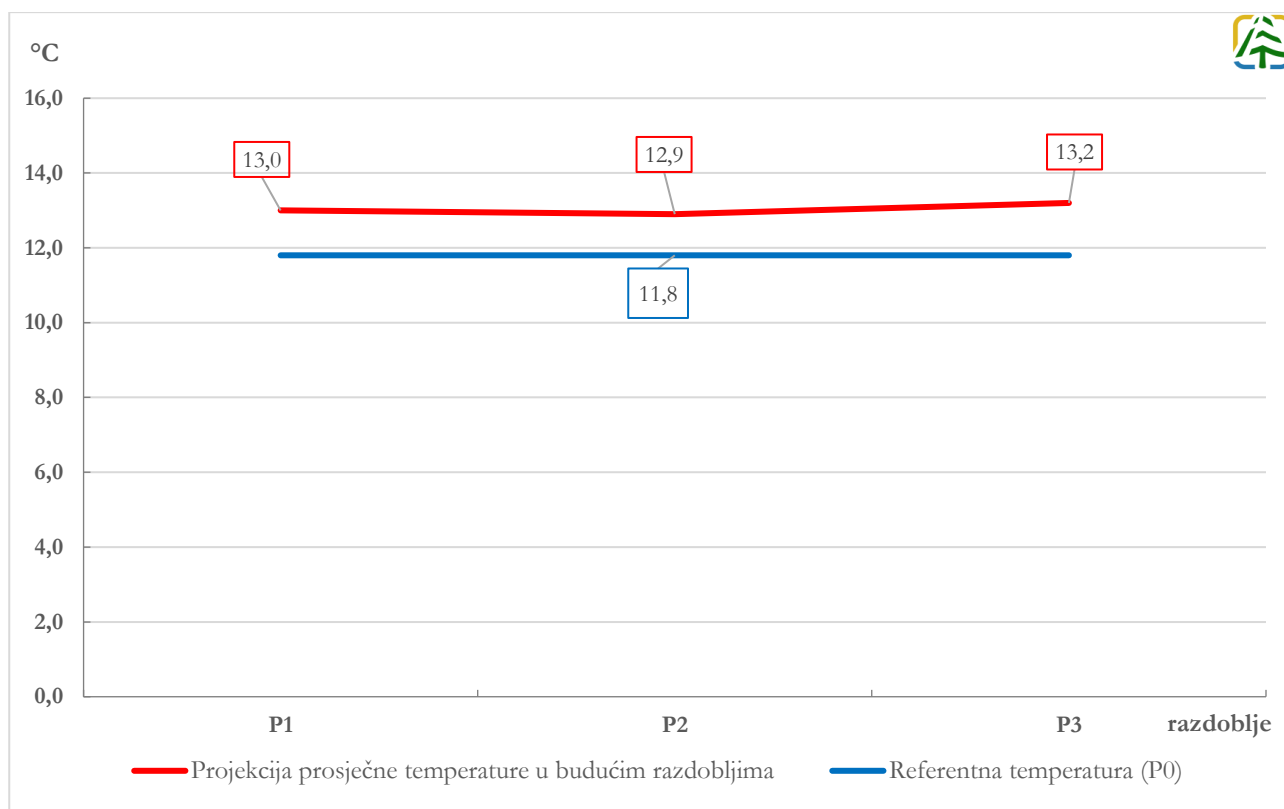
<sup>6</sup> Broj uz oznaku RCP (engl. *Representative Concentration Pathways*) označava radijacijsko forsiranje stakleničkih plinova u atmosferi ( $W/m^2$ ) u 2100. godini u odnosu na predindustrijske vrijednosti, a u ovom slučaju je to  $+4,5 W/m^2$ .

## 5.1 Temperatura zraka

### 5.1.1 Prosječna temperatura zraka

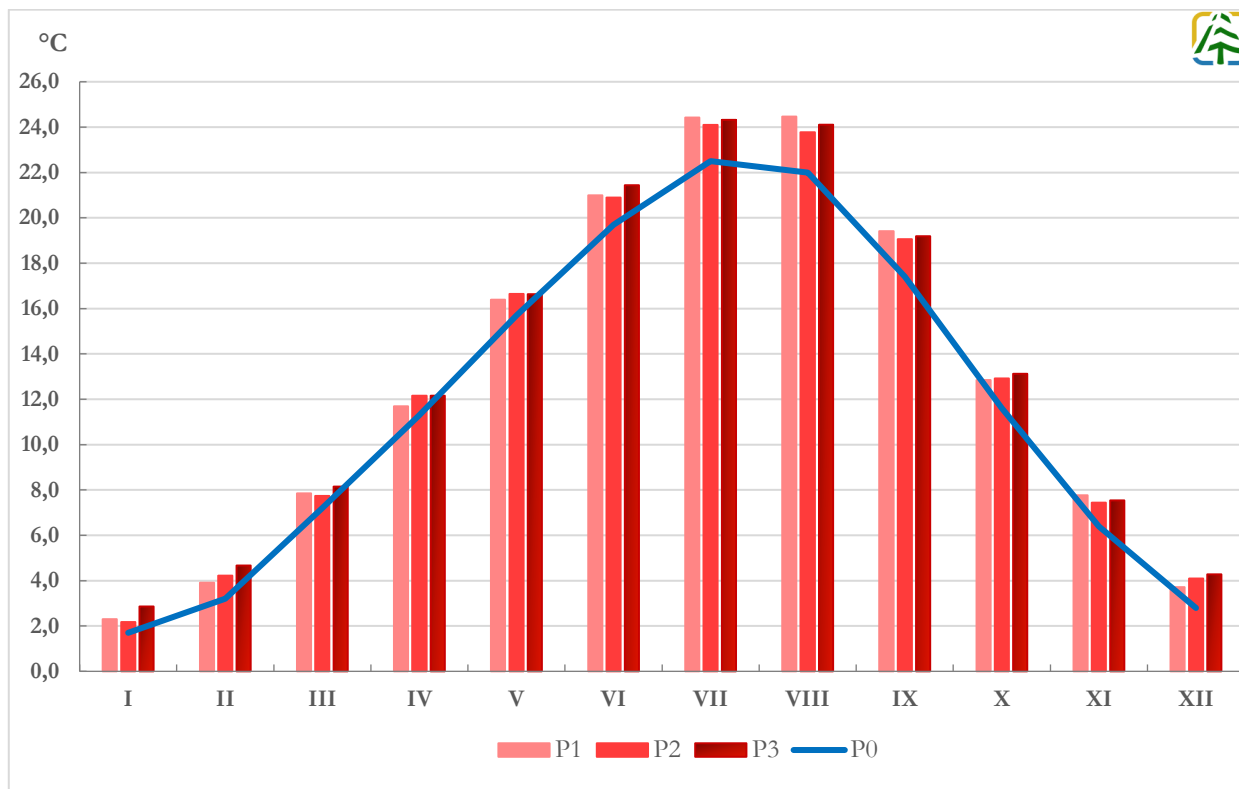
Od sredine 20. stoljeća bilježi se kontinuirani porast prosječne godišnje temperature zraka na području RH. Analiza srednjih dnevnih i ekstremnih temperatura, sukladno publikaciji *Odobrana poglavlja Osmog nacionalnog izvješća Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime* (UNFCCC) Državnog hidrometeorološkog zavoda, pokazuje rast srednje godišnje temperature od prosječno 0,5 °C. Osim srednjih vrijednosti, zabilježen je i porast minimalnih i maksimalnih temperatura u svim sezonama. Analize temperaturnih anomalija od početka 21. stoljeća dodatno potvrđuju toplinski pomak kada su u nekim mjesecima anomalije dosežale i do +2,5 °C. S druge strane, negativne anomalije bilježe se samo povremeno, što jasno odražava znatan porast srednje temperature zraka u RH.

Sljedeći grafikon (Slika 5.1) prikazuje klimatski scenarij prosječne godišnje temperature zraka za buduća razdoblja u usporedbi s referentnim razdobljem. Prosječna godišnja temperatura referentnog razdoblja iznosila je 11,8 °C, što je prikazano plavom horizontalnom linijom na grafikonu. U razdoblju P1 (2026. – 2030.) očekuje se porast prosječne temperature zraka na 13,0 °C, što je 1,2 °C više u odnosu na referentnu vrijednost. U sljedećem razdoblju P2 (2026. – 2035.) predviđa se srednja temperatura od 12,9 °C, odnosno 1,1 °C više u odnosu na P0. U najdužem prikazanom razdoblju (P3), prosječna temperatura dostiže 13,2 °C što predstavlja povećanje od 1,4 °C u odnosu na referentnu vrijednost. Iako se predviđa pad temperature u iznosu od 0,1 °C u razdoblju P2 u odnosu na razdoblje P1, trend koji prikazuje crvena linija jasno ukazuje na očekivano postupno i znatno povećanje temperature zraka u budućim razdobljima, a kao i kroz prošlost (Slika 4.1), moguća su odstupanja u pojedinim godinama.



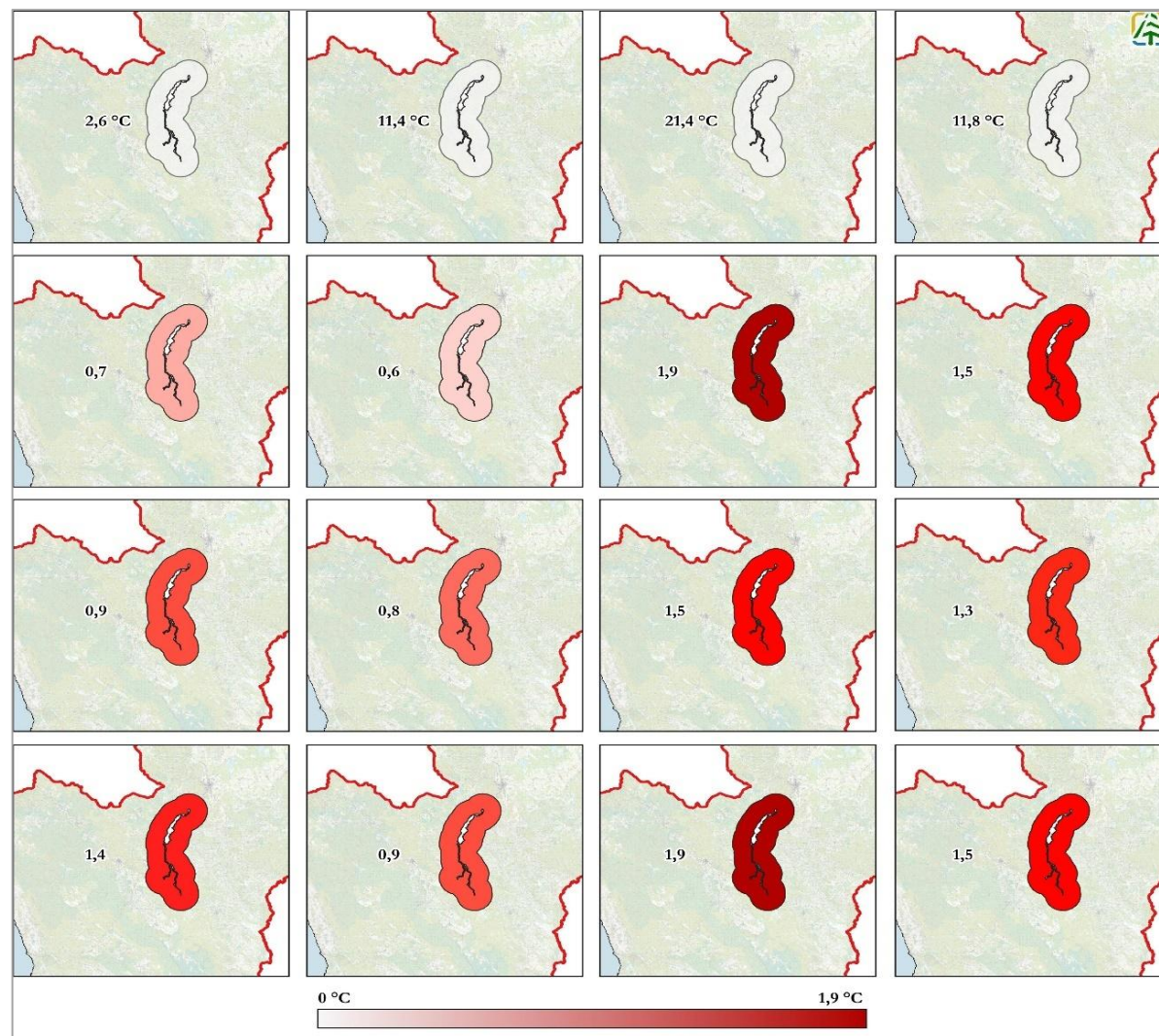
Slika 5.1 Projekcija prosječne godišnje temperature zraka u budućim razdobljima u odnosu na referentno razdoblje (Izrađivač: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema podacima sa stranice *Copernicus*)

Sljedeći grafikon (Slika 5.2) prikazuje prosječne mjesečne temperature zraka za referentno razdoblje (P0) i tri buduća razdoblja (P1, P2 i P3). Klimatski modeli prate plavu referentnu liniju, odnosno vidljivo je kako se očekuje kontinuirani porast do kolovoza, a potom pad temperature do siječnja. Najizraženija povećanja očekuju se u srpnju (s 19,7 °C (P0) na 21,0 °C (P1), 20,9 °C (P2) i 21,4 °C (P3)), kolovozu (s 22,0 °C (P0) na 24,5 °C (P1), 23,8 °C (P2) i 24,1 °C (P3)) i rujnu (s 17,4 °C (P0) na 19,4 °C (P1), 19,1 °C (P2) i 19,2 °C (P3)). Najmanje razlike očekuju se u ožujku i travnju kada će se temperatura od 7,2 °C (P0) povećati na 7,8 °C (P1), 7,7 °C (P2) te na 8,1 °C (P3), odnosno s 11,3 °C (P0) na 11,7 °C (P1), 12,1 °C (P2) i 12,2 °C (P3).



Slika 5.2 Projekcija prosječne temperature zraka po mjesecima u budućim razdobljima u odnosu na referentno razdoblje  
(Izrađivač: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema podacima sa stranice *Copernicus*)

Na sljedećoj slici (Slika 5.3) prikazane su promjene prosječne temperature zraka u sezonama na širem području po budućim razdobljima u odnosu na referentno razdoblje. Najmanje promjene uočene su u proljeće, kada se u razdoblju P1 očekuje povećanje temperature za 0,6 °C, dok i u ostalim razdobljima vrijednosti pomalo rastu te se u razdoblju P3 očekuje povećanje temperature za 0,9 °C. S druge strane, najveći porast temperature bilježi se tijekom ljeta u razdobljima P1 i P3 kada će se temperatura povećati za 1,9 °C u odnosu na P0, dok će u razdoblju P2 temperatura porasti za 1,5 °C. Jesen pokazuje nešto umjereniji, ali stabilan porast između 1,3 i 1,5 °C. U zimu će temperature rasti postepeno te će u razdoblju P1 povećanje biti za 0,7 °C, u P2 za 0,9 °C te u P3 za 1,4 °C. Ovi rezultati potvrđuju trend postupnog i sve izraženijeg zagrijavanja, pri čemu se intenzitet promjena razlikuje ovisno o godišnjem dobu.

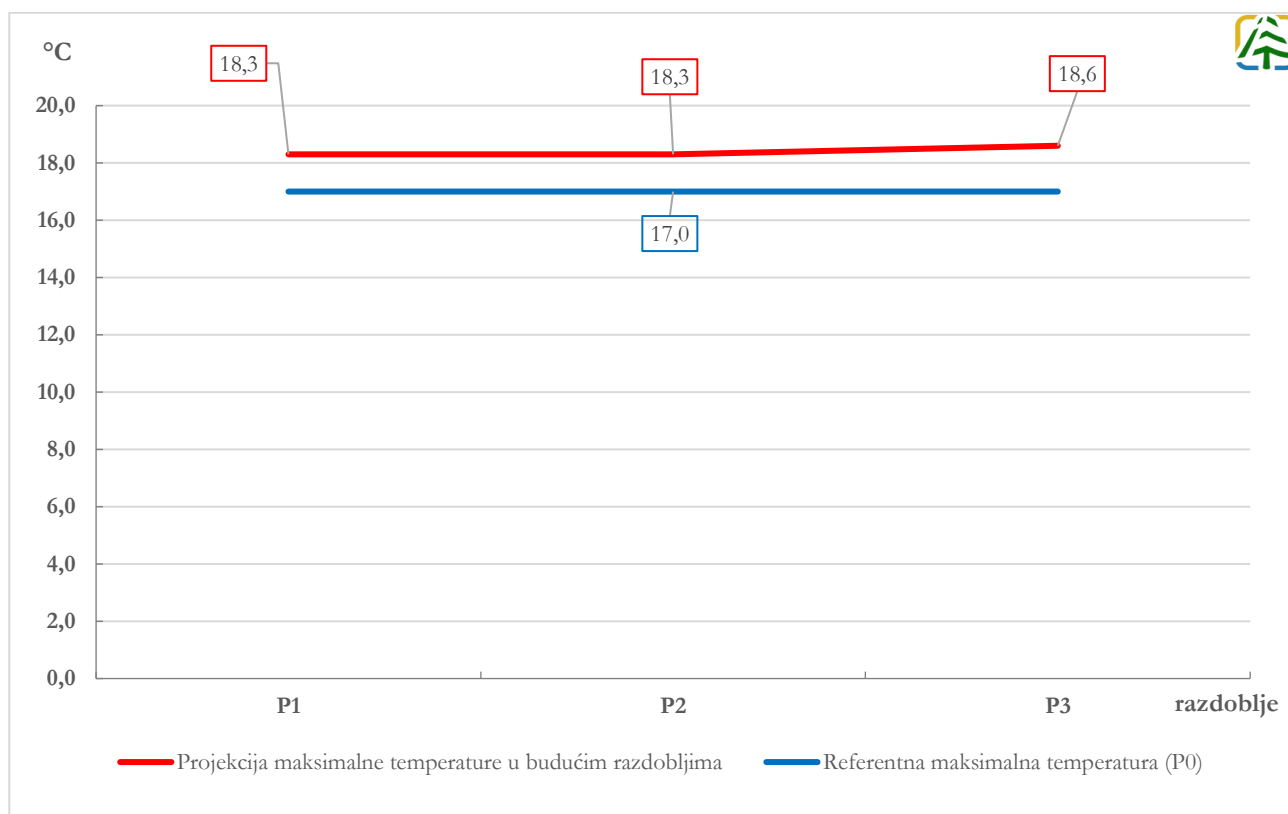


Slika 5.3 Promjena prosječne temperature zraka, scenarij RCP4.5. Od lijeva na desno: zima, proljeće, ljeto, jesen. Prvi red odozgo: referentno razdoblje 1971. – 2000. (P0), drugi red: za razdoblje 2026. – 2030. (P1); treći red: za razdoblje 2026. – 2035. (P2); četvrti red: za razdoblje 2026. – 2050. (P3). Podaci za buduća razdoblja su u stupnjevima Celzijevima (°C) (Izrađivač: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema podacima sa stranice *Copernicus*)

## 5.1.2 Maksimalna temperatura zraka

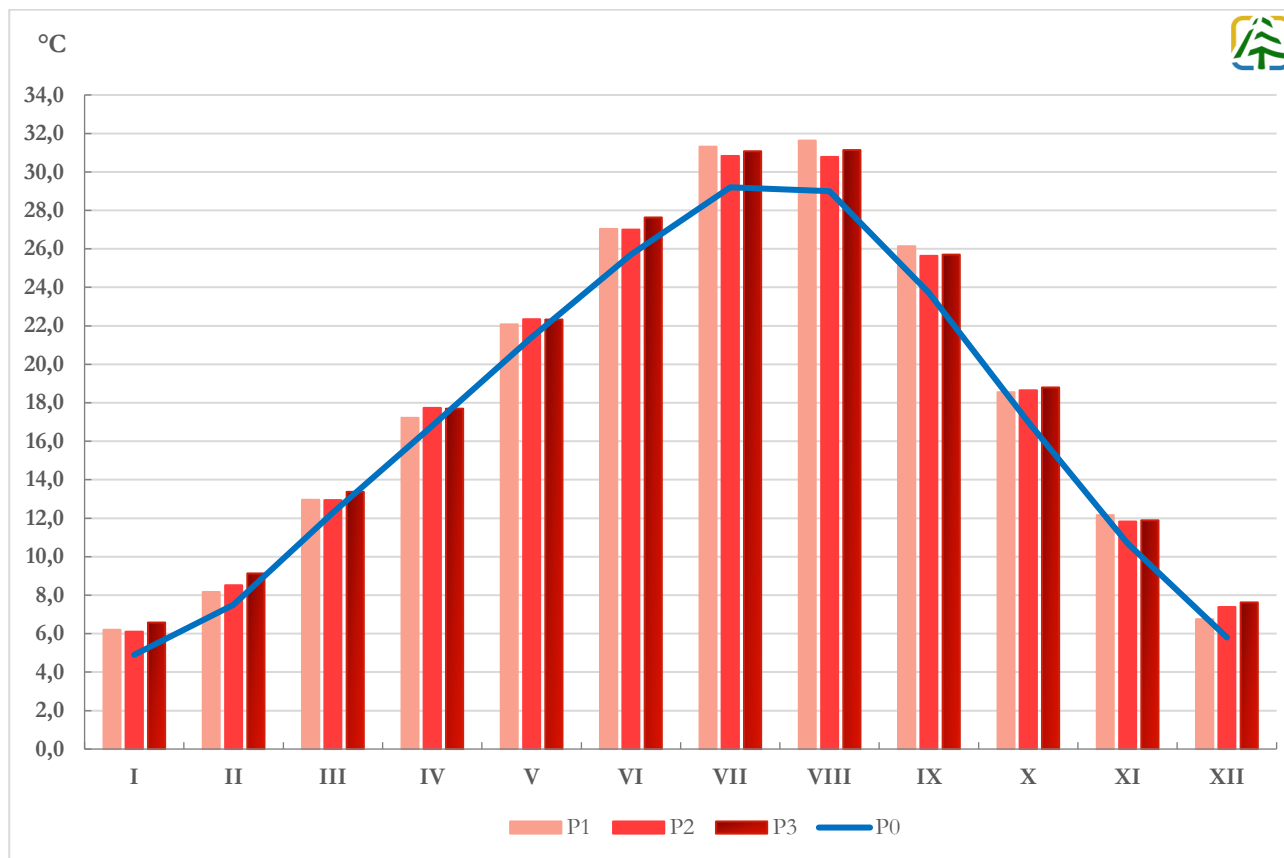
Kao što je već navedeno u prethodnom poglavlju, od sredine 20. st. bilježi se kontinuirani porast prosječnih, ali i maksimalnih temperatura zraka u svim sezonama.

Na sljedećoj slici (Slika 5.4) prikazan je klimatski scenarij maksimalne godišnje temperature zraka u usporedbi s referentnim razdobljem. Referentna maksimalna temperatura iznosila je 17,0 °C te je ona prikazana plavom linijom. U razdobljima P1 i P2 očekuje se porast maksimalne temperature na 18,3 °C što je povećanje za 1,3 °C u odnosu na referentnu temperaturu. U razdoblju P3 maksimalne dodatno temperature rastu te će iznositi 18,6 °C što je povećanje od 1,6 °C u odnosu na maksimalnu temperaturu u referentnom razdoblju.



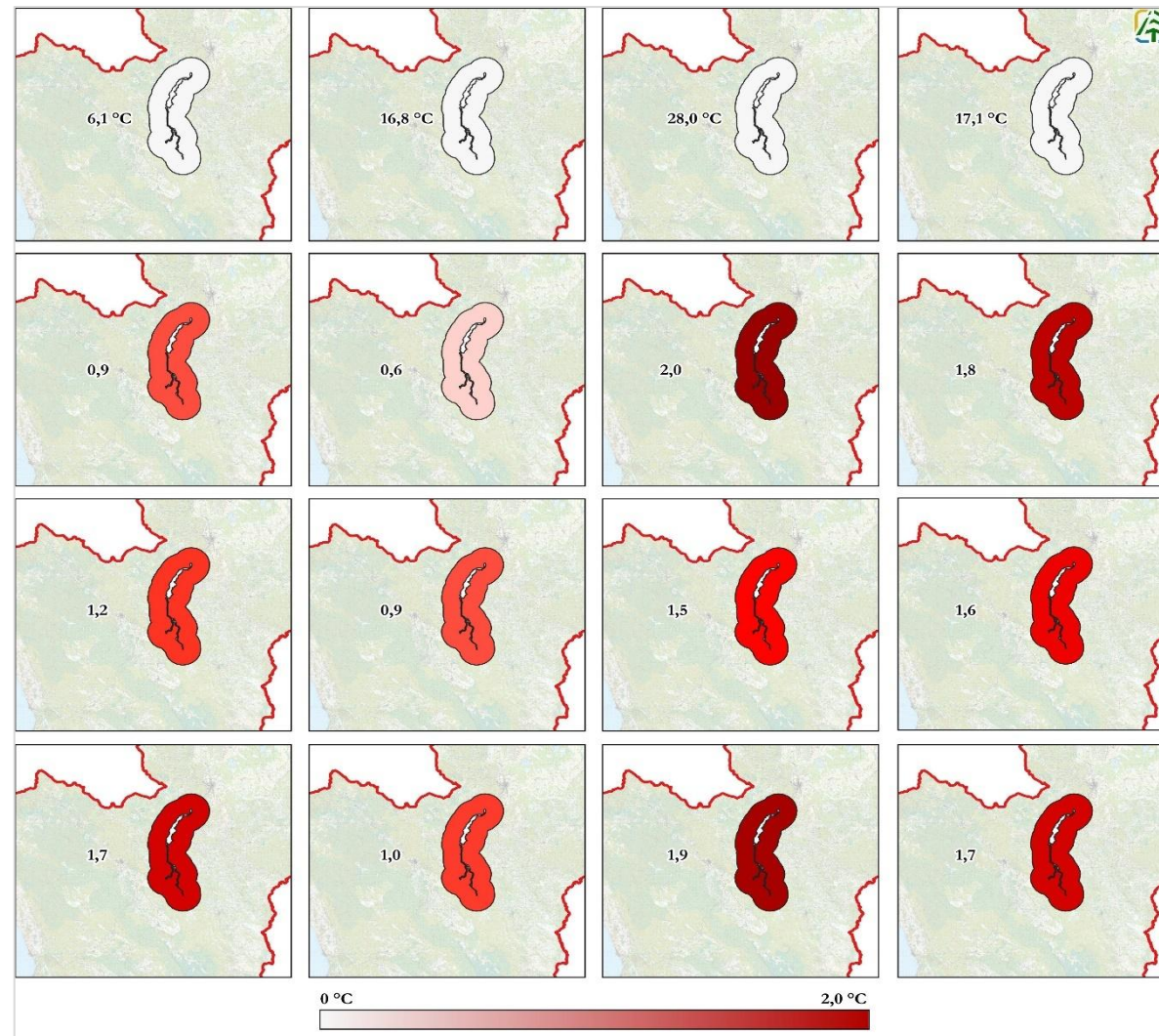
Slika 5.4 Projekcija maksimalne godišnje temperature zraka u budućim razdobljima u odnosu na referentno razdoblje (Izrađivač: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema podacima sa stranice *Copernicus*)

Sljedeći grafikon (Slika 5.5) prikazuje maksimalne temperature zraka za referentno razdoblje (P0) i tri buduća razdoblja (P1, P2 i P3). Vidljivo je kako se očekuje porast maksimalnih temperatura u svim mjesecima i razdobljima. Najveća povećanja očekuju se u kolovozu (s 29,0 °C na 31,6 °C (P1), 30,8 °C (P2) i 31,1 °C (P3)) i rujnu (s 23,7 °C na 26,1 °C (P1), 26,1 °C (P2) i 25,7 °C (P3)). Najmanje razlike očekuju se u travnju (s 16,8 °C (P0) na 17,2 °C (P1) te 17,7 °C (P2 i P3)).



Slika 5.5 Projekcija maksimalne temperature zraka po mjesecima u budućim razdobljima u odnosu na referentno razdoblje  
(Izrađivač: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema podacima sa stranice *Copernicus*)

Na sljedećoj slici (Slika 5.6) prikazane su promjene maksimalnih temperatura zraka po sezonama na širem području prema budućim razdobljima u odnosu na referentno razdoblje. Kao i u prosječnim temperaturama, najmanje promjene maksimalnih temperatura bilježe se u proljeće kada se u razdoblju P1 očekuje povećanje za 0,6 °C, odnosno za 0,9 °C u P2 te 1,0 °C u P3. Najveća povećanja bilježe se u ljeto u razdoblju P1 kada se očekuje povećanje maksimalnih temperatura za 2,0 °C, odnosno za 1,5 °C u P2 i za 1,9 °C u P3. U jesen se također očekuje velik porast maksimalnih temperatura te se tako u razdoblju P1 očekuje povećanje za 1,8 °C, 1,6 °C u P2 te za 1,7 °C u P3. Zimi se očekuje umjeren, ali stabilan porast maksimalnih temperatura, odnosno u razdoblju P1 temperature će se povećati za 0,9 °C, u razdoblju P2 za 1,2 °C te u razdoblju P3 za 1,7 °C u odnosu na referentno razdoblje (6,1 °C).



Slika 5.6 Promjena maksimalne temperature zraka, scenarij RCP4.5. Od lijeva na desno: zima, proljeće, ljeto, jesen. Prvi red odozgo: referentno razdoblje 1971. – 2000. (P0), drugi red: za razdoblje 2026. – 2030. (P1); treći red: za razdoblje 2026. – 2035. (P2); četvrti red: za razdoblje 2026. – 2050. (P3). Podaci za buduća razdoblja su u stupnjevima Celzijevima (°C) (Izrađivač: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema podacima sa stranice *Copernicus*)

## 5.2 Temperatura vode

Rijeke Mrežnica i Tounjčica pripadaju krškom hidrogeološkom sustavu gorske Hrvatske, gdje temperatura vode pokazuje specifičan režim uvjetovan dubinskom cirkulacijom podzemnih voda, izvorišnim karakteristikama i geomorfološkim obilježjima sliva. Temperatura vode u krškim izvorima ovisi o nadmorskoj visini, dubini cirkulacije podzemnih voda te intenzitetu otjecanja. Niže temperature karakteristične su za izvore s dubokom cirkulacijom i visokim nadmorskim visinama, dok plići krški sustavi pokazuju veću osjetljivost na sezonske oscilacije temperature zraka (Bonacci, 2015). Prema Prelovšek i dr. (2015), temperatura vode u krškim sustavima pokazuje zamjetnu prostornu varijabilnost unutar istog sliva. Gornji dijelovi vodotoka, bliži izvorišnim zonama, karakteriziraju niže i stabilnije temperature, dok se nizvodno, uslijed zagrijavanja površinskim procesima i smanjenog udjela podzemnog dotoka, temperatura postupno povećava i pokazuje veću sezonsku varijabilnost. Mjerenja DHMZ-a na Mrežnici pokazuju značajnu prostornu varijabilnost temperature vode duž toka rijeke. Na uzvodnoj mjernoj postaji Juzbašić u razdoblju 1964.-2024. zabilježena je minimalna temperatura od 5,0 °C (10.02.1965.) i maksimalna od 21,5 °C (05.08.2022.) što ukazuje na relativno stabilnije termalne uvjete bliže izvoru. Nasuprot tome, nizvodno na postaji Mrzlo Polje u razdoblju 1948.-2024., temperatura vode pokazuje znatno veće amplitude oscilacija s minimum od 0,0 °C (05.01.1954.) i maksimumom od 30,0 °C (04.07.1950.). Ove razlike potvrđuju utjecaj površinskih procesa zagrijavanja i sezonske varijabilnosti koja se povećava nizvodno od izvorišta. Prosječna godišnja temperatura Mrežnice kreće se između 15 i 17 °C. Što se tiče Tounjčice, Boljat i dr. (2024) izmjerili su temperaturu vode u rasponu 8,4 – 11,6 °C, s prosječnom godišnjom temperaturom od 10,1 °C.

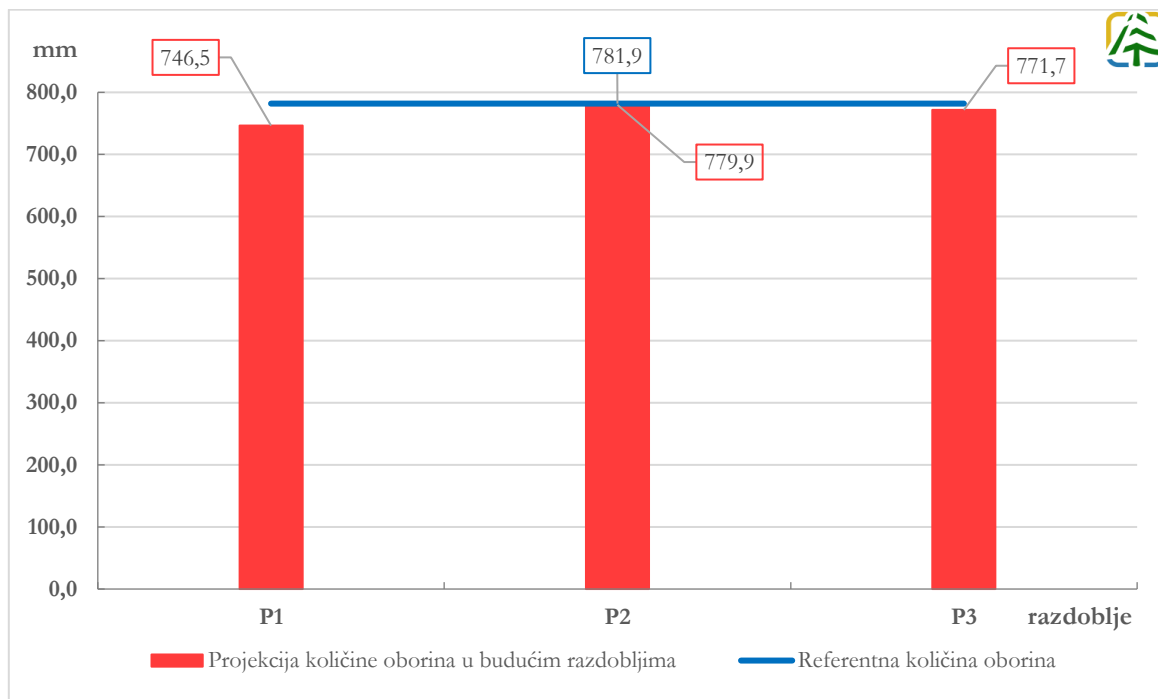
Kako je navedeno u prethodnim poglavljima (5.1.1 *Prosječna temperatura zraka* i 5.1.2 *Maksimalna temperatura zraka*), klimatski scenariji za zaštićeno područje ukazuju na porast prosječnih temperatura za do 1,4 °C u razdoblju P3 u odnosu na referentno razdoblje, dok se povećanje maksimalnih temperatura predviđa za do 1,6 °C u razdoblju P3. Porast temperature zraka izravno utječe na dotok topline u vodena tijela i time uzrokuje porast temperature vode. Dugotrajne temperaturne analize na Mrežnici potvrđuju trend zagrijavanja. Prema Žganec (2012), na donjem toku Mrežnice (mjerna postaja Mrzlo Polje) prosječna godišnja temperatura vode od 1953. do 2008. godine povećala se za 2,51 °C, i to prvenstveno zbog klimatskih promjena. Ovi rezultati upućuju na trend povećanja prosječne godišnje temperature od 0,48 °C po desetljeću, što predstavlja značajan signal dugoročnog zagrijavanja vodnog sustava koji prelazi prirodnu varijabilnost. Van Vliet i dr. (2013) analizirali su buduće promjene temperature vode rijeke Dunav za koju se predviđa kako će prosječna temperatura vode u odnosu na razdoblje 1971.-2000. narasti za oko 2,1 °C do kraja 21. stoljeća. S obzirom na to da su Mrežnica i Tounjčica rijeke dunavskog sliva, može se pretpostaviti da će i one u budućnosti imati sličan obrazac porasta temperature vode.

## 5.3 Količina oborina

### 5.3.1 Prosječna količina oborina

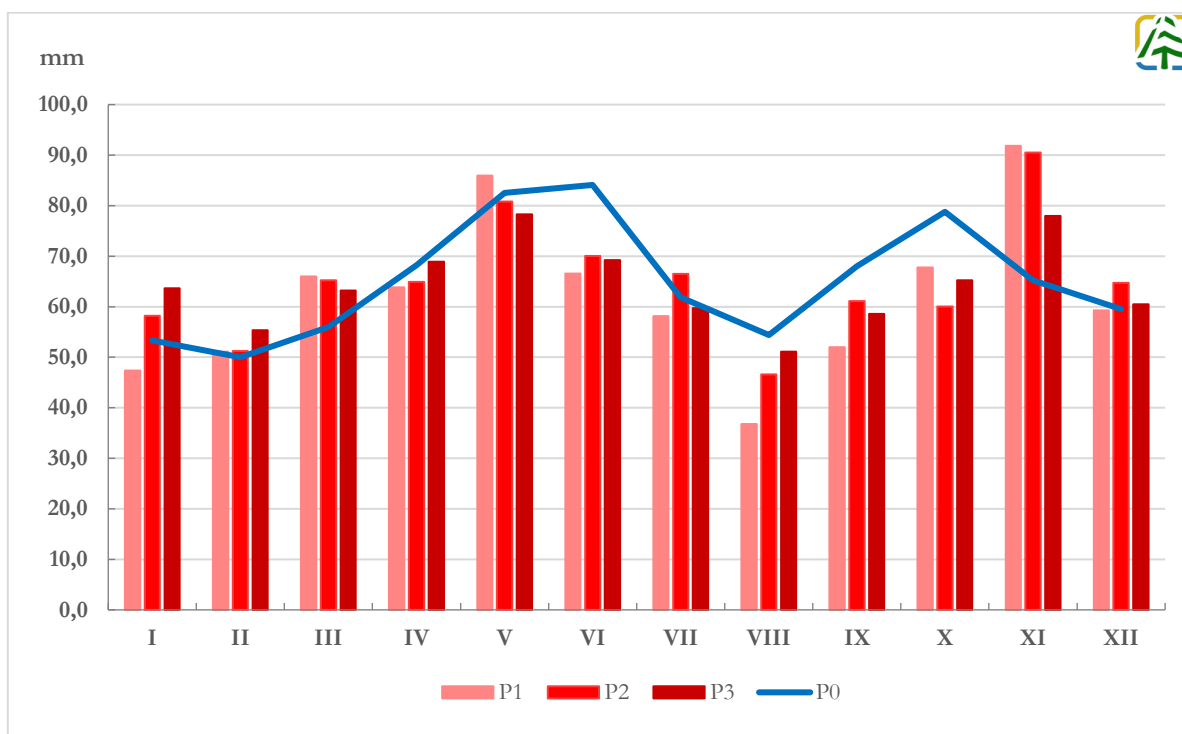
Sukladno priručniku *Klimatske promjene u Hrvatskoj*, u razdoblju od 1960. godine značajno su se promijenili obrasci u količini oborina. Iako je prosječna godišnja količina oborina u Hrvatskoj blago porasla, promjene se bilježe ovisno o regiji. U većini kontinentalnih dijelova Hrvatske tijekom ljeta zabilježen je značajan pad ukupne količine oborina, ali i povećana učestalost ekstremnih vremenskih uvjeta. Od 2000. godine značajno je porasla učestalost kratkotrajnih velikih količina oborina, grmljavinskih oluja i tuča. Sve projekcije buduće klime predviđaju smanjenje količine oborina, odnosno sve učestalija i intenzivnija sušna razdoblja. S druge strane, predviđaju se regionalna povećanja količine oborina što znači da će vjerojatnost pojavljivanja poplava u budućnosti biti češća.

Sljedeći grafikon (Slika 5.7) prikazuje scenarij prosječnih godišnjih količina oborina za tri buduća razdoblja uspoređene s referentnim razdobljem (P0) u kojem je prosječna količina oborina iznosila 781,9 mm (označeno plavom linijom). U razdoblju P1 predviđa se smanjenje ukupne količine oborina na 746,5 mm što predstavlja pad od 35,4 mm u odnosu na referentnu količinu. U razdoblju P2 očekuje se blago, gotovo nezatno smanjenje na 779,9 mm, odnosno pad za 2,0 mm. U trećem vremenskom razdoblju, P3, nastavlja se trend smanjenja količine oborina te dolazi do pada na 771,7 mm što je smanjenje od 10,2 mm u odnosu na referentno razdoblje.



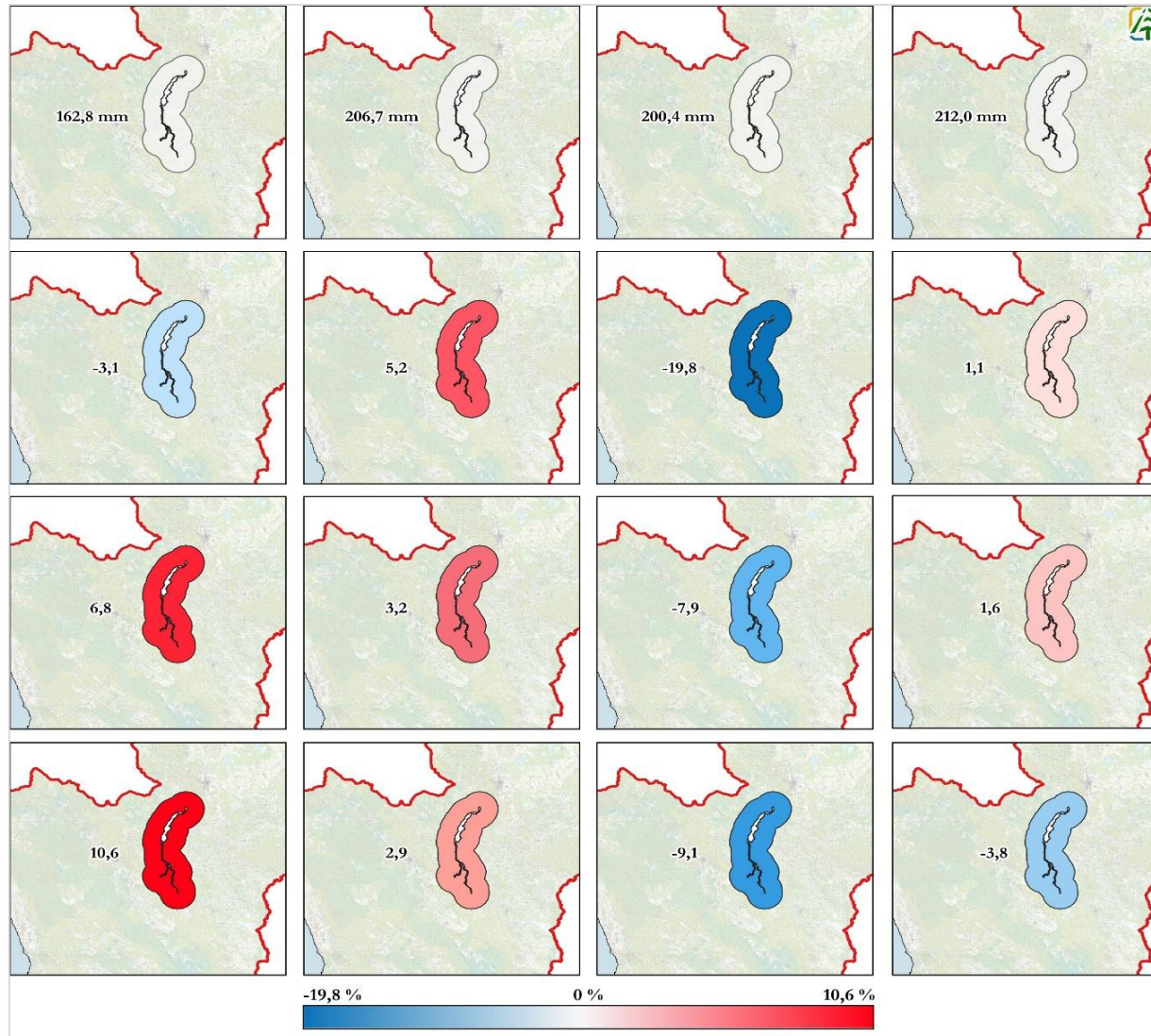
Slika 5.7 Projekcija prosječne godišnje količine oborina u budućim razdobljima u odnosu na referentno razdoblje (Izrađivač: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema podacima sa stranice *Copernicus*)

Sljedeći grafikon (Slika 5.8) prikazuje usporedbu prosječnih mjesečnih količina oborina tijekom referentnog razdoblja (P0) i triju budućih razdoblja (P1, P2, P3). Referentno razdoblje (označeno plavom linijom) karakterizira relativno ravnomjerna raspodjela količine oborina kroz godinu s izraženijim maksimumima u lipnju (84,1 mm), svibnju (82,5 mm) i listopadu (78,8 mm) te minimumom u veljači (50,0 mm). Najveća odstupanja u budućim razdobljima očekuju se u studenom kada će količina oborina iznositi 91,9 mm u P1, 90,5 mm u P2 i 77,9 mm u P3 u dok je količina oborina u referentnom razdoblju 65,2 mm. Tijekom ljetnih mjeseci količina oborina je znatno manja, pogotovo u lipnju kada se u razdoblju P1 očekuje 66,5 mm, u P2 70,0 mm i u P3 69,2 mm dok u referentnom razdoblju količina oborina iznosi 84,1 mm. Klimatski modeli predviđaju smanjenje ukupne količine oborina koje će se zadržati od lipnja do studenog, nakon čega se predviđa ponovni porast.



Slika 5.8 Projekcija prosječne količine oborina u budućim razdobljima po mjesecima u odnosu na referentno razdoblje (Izrađivač: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema podacima sa stranice *Copernicus*)

Na sljedećoj slici (Slika 5.9) prikazane su promjene količine oborina u sezonama na širem području po budućim razdobljima u odnosu na referentno razdoblje. Najmanja odstupanja količine oborina u odnosu na razdoblje P0 očekuju se u jesen, i to povećanje za 1,1 % u P1, 1,6 % u P2 te smanjenje od 3,8 % u razdoblju P3. Najveća odstupanja očekuju se u ljeto kada će već u razdoblju P1 količina oborina pasti za 19,8 %, odnosno za 7,9 % u P2 i za 9,1 % u P3. U proljeće se očekuje nešto umjerenije odstupanje, s tim da se najveće povećanje očekuje u razdoblju P1 (5,2 %), a zatim će se povećati za 3,2 % (P2) i 2,9 % (P3). U zimu se u najbližem razdoblju (P1) očekuje smanjenje ukupne količine oborina za 3,1 %, a zatim dolazi do rasta za 6,8 % (P2), odnosno 10,6 % (P3) u odnosu na referentno razdoblje.



Slika 5.9 Promjena ukupne količine oborina na širem području, scenarij RCP4.5. Od lijeva na desno: zima, proljeće, ljeto, jesen. Prvi red odozgo: referentno razdoblje 1971. – 2000. (P0), drugi red: za razdoblje 2026. – 2030. (P1); treći red: za razdoblje 2026. – 2035. (P2); četvrti red: za razdoblje 2026. – 2050. (P3). Podaci za buduća razdoblja su u postocima (%) (Izrađivač: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema podacima sa stranice *Copernicus*)

### 5.3.2 Maksimalna količina oborina

Prema podacima DHMZ-a iz publikacija „*Praćenje i ocjena klime*“ za razdoblje 1998. – 2024., na širem predmetno području zabilježeno je nekoliko epizoda ekstremnih oborina.

U rujnu 2012. i veljači 2013. godine na širem području Karlovca zabilježeni su višednevni kišni periodi s količinama oborina znatno iznad prosjeka za to doba godine. Godišnje količine oborina u 2016. godini, izražene kao postotak višegodišnjeg prosjeka (1961. – 1990.), na području Ogulina dosežale su do 131 % prosječne vrijednosti, što ukazuje na učestale oborinske ekstreme u širem razdoblju. Ekstremno kišno razdoblje zabilježeno je i u svibnju 2019. godine kada je na širem području Karlovca i Ogulina došlo do rekordnih količina oborina. Na glavnoj meteorološkoj postaji Ogulin, prema višegodišnjem prosjeku (123,8 mm za svibanj, dostupni podaci od 1949. godine), izmjereno je čak 319,2 mm oborina, što predstavlja najveću svibanjsku količinu u tada dostupnom nizu mjerenja. U svibnju, i općenito u proljeće, 2023. godine u okolici Ogulina ponovno su zabilježene ekstremno visoke količine oborina. Godinu kasnije, 28. srpnja 2024., snažno nevrijeme pogodilo je šire područje Ogulina pri čemu je u približno sat vremena palo 70 mm oborina, što upućuje na vrlo visok intenzitet oborinskog događaja i izraženu konvektivnu aktivnost.

U dokumentu „*Procjene maksimalnih godišnjih kratkotrajnih količina oborine na postaji Ogulin*“ prikazana su mjerenja iz razdoblja 1963. – 2020. Analize ekstremnih vrijednosti prikazuju da su za kraća trajanja (5-60 min) najveće registrirane količine oborina padale 16. lipnja 2019. godine (npr. za 30 minuta maksimalne oborine iznose 57,4 mm s povratnim razdobljem za 251 godinu). Za srednje trajanje (4-8 h) najveće vrijednosti zabilježene su 19. srpnja 1971. godine (npr. za 8h maksimalne oborine bile su 87,9 mm). Što se tiče dužih trajanja (12-24 h), ekstremni događaji zabilježeni su 25. rujna 1987. godine (za 12 h bilo je 101,4 mm, a za razdoblje od 24h oborine su iznosile 118,4 mm) (cijela tablica nalazi se u Prilogu 13.2).

U nedostatku izravnih projekcija maksimalnih oborina za predmetno područje do 2050. godine, vjerojatnost pojave intenzivnih oborinskih događaja procijenjena je na temelju postojećih procjena maksimalnih godišnjih količina oborina za mjernu postaju Ogulin za različita povratna razdoblja (2, 5, 10, 25 i 50 godina) (Tablica 5.1). Za vrlo kratka trajanja, npr. 5 min, RT<sup>7</sup> iznosi 7,4 mm za povratno razdoblje od dvije godine, a rastom povratnog razdoblja do 50 godina očekivana vrijednost raste na 15,3 mm. Kako se trajanje oborina produžava, npr. za 10 ili 30 min, procijenjeni RT-ovi rastu: za 10 min kreću se od 10,4 mm (T<sup>2</sup><sup>8</sup>) do 26,0 mm (T<sup>50</sup>), a za 30 min od 18,9 mm (T<sup>2</sup>) do 42,9 mm (T<sup>50</sup>). Kod duljih trajanja, npr. 2 h, procijenjeni RT-ovi variraju od 31,8 mm (T<sup>2</sup>) do 66,3 mm (T<sup>50</sup>), a za 12 h očekivani ekstrem raste od 60,9 mm (T<sup>2</sup>) do 96,3 mm (T<sup>50</sup>). Na najvećem trajanju od 24 h, procjena doseže vrijednosti između 74,9 mm (T<sup>2</sup>) i 115,4 mm (T<sup>50</sup>). Ove projekcije jasno pokazuju kako s većim trajanjem oborinskih epizoda i većim povratnim razdobljima raste i procijenjena maksimalna količina oborina, što znači da rijetke i dugotrajne oborinske epizode donose značajno veće količine oborina.

<sup>7</sup> RT predstavlja oznaku procjene maksimalnih godišnjih količina oborina (mm).

<sup>8</sup> T označava povratno razdoblje. T<sup>2</sup> je povratno razdoblje od dvije godine, T<sup>5</sup> je 5 godina itd.

Tablica 5.1 Procjene maksimalnih godišnjih količina oborina RT (mm) za različita trajanja i za različita povratna razdoblja T (2, 5, 10, 25 i 50 godina). Ogulin, razdoblje 1963. – 2020. (Izvor: Prilagođeno prema dokumentu Procjene maksimalnih godišnjih kratkotrajnih količina oborine na postaji Ogulin, DHMZ)

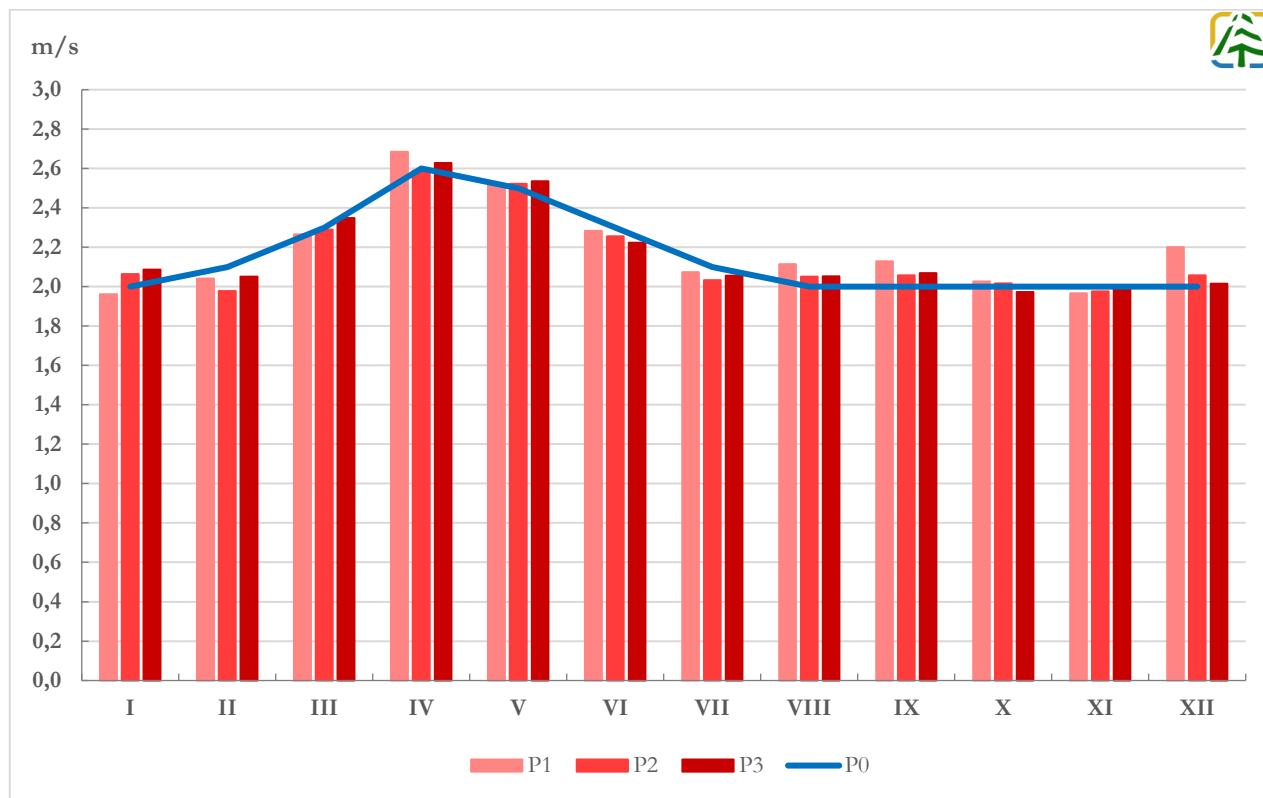
Trajanje	T2	T5	T10	T25	T50
	RT				
5min	7,4	10,2	11,9	13,9	15,3
10min	10,4	14,5	17,6	22,2	26,0
20min	15,6	21,4	25,6	31,4	36,0
30min	18,9	25,6	30,6	37,4	42,9
40min	21,3	28,8	34,4	42,3	48,7
50min	23,3	31,4	37,4	46,0	53,1
60min	25,0	33,2	39,4	48,5	56,2
2h	31,8	41,3	48,3	58,2	66,3
3h	36,6	47,1	54,4	64,2	71,8
4h	40,6	51,7	59,4	69,5	77,3
6h	48,5	60,9	68,6	77,7	84,1
8h	53,4	66,0	73,6	82,5	88,6
12h	60,9	74,2	82,0	90,6	96,3
24h	74,9	91,0	99,9	109,4	115,4

## 5.4 Brzina vjetra

Klimatske promjene uzrokuju značajne promjene u atmosferskim uvjetima, uključujući i brzinu vjetra. Određene projekcije ukazuju na opći trend smanjenja brzine vjetra u srednjim geografskim širinama, međutim specifični uvjeti mogu dovesti do različitih rezultata. Na području Hrvatske očekuje se blago povećanje brzine vjetra što može biti posljedica lokalnih klimatskih uvjeta i geografskih značajki. Ova povećanja mogu biti povezana i s promjenama u lokalnoj cirkulaciji zraka i drugim čimbenicima specifičnim za ovo područje.

U ovom poglavlju nije prikazan grafikon prosječne brzine vjetra u odnosu na referentno razdoblje, budući da nije zabilježeno povećanje brzine vjetra u budućim razdobljima u odnosu na referentno razdoblje. Odnosno, srednja godišnja vrijednost u P0 iznosi 2,2 m/s, isto kao i u svim budućim razdobljima. Međutim, razlike su izraženije na mjesečnoj razini.

Projekcije prosječne brzine vjetra u budućim razdobljima po mjesecima u odnosu na brzinu vjetra u referentnom razdoblju prikazane su na sljedećem grafičkom prilogu (Slika 5.10). Vidljive su varijacije brzine vjetra kroz određena razdoblja i mjesece. Najveći porast bilježi se u prosincu u razdoblju P1 kada će brzine vjetra iznositi 2,2 m/s dok je u referentnom razdoblju brzina vjetra bila 2,0 m/s. Povećanje je neznatno, ali ipak ukazuje na promjene u dinamici vjetra. Razlike se ne očekuju ni u jednom razdoblju u ožujku, svibnju, listopadu i studenom.



Slika 5.10 Projekcija prosječne brzine vjetra u budućim razdobljima po mjesecima u odnosu referentno razdoblje (Izrađivač: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema podacima sa stranica *Copernicus*)

## 5.5 Učestalost olujnih nevremena (olujni vjetar i tuča)

Analize DHMZ-a, prema publikacijama „Praćenje i ocjena klima“ za razdoblja 1998. – 2024. godine, ukazuju na sve češće i intenzivnije pojave olujnog vjetra na širem predmetnom području, osobito tijekom toplijeg dijela godine kada su nevremena često praćena tučom.

U lipnju 2022. godine olujno nevrijeme zahvatilo je šire predmetno područje, a još snažnije nevrijeme zabilježeno je 19. srpnja 2023. godine kada je područje Karlovca i okolice pogodila tuča iznimne veličine i olujni vjetar. Prema podacima ESWD-a, promjer zrna tuče kretao se između 5 i 13 cm. Godinu kasnije, 28. srpnja 2024. godine, šire područje Ogulina pogodilo je snažno nevrijeme pri kojem u kratkom vremenu palo 70 mm oborina, a događaj je bio praćen olujnim udarima vjetra i grmljavinskom aktivnošću. Ovi događaji, zabilježeni u rasponu od samo dvije godine, prikazuju povećanu učestalost ekstremnih vremenskih pojava koja odstupa od povijesnih prosjeka za ovo područje. Takve pojave tipične su za izražene konvektivne oluje koje u kratkom vremenu stvaraju jake udare vjetra, obilne oborine i lokalnu pojavu tuče. Šire promatrano područje osjetljivo je na pojavu intenzivnih konvektivnih oluja zbog svog geografskog položaja u prijelaznoj zoni između kontinentalnih i mediteranskih klimatskih utjecaja. Susret toplih i vlažnih zračnih masa sa juga s hladnijim kontinentalnim masama stvara idealne uvjete za razvoj snažnih olujnih nevremena. Bitno je naglasiti da promjene u učestalosti i jačini nevremena nije moguće precizno kvantitativno prikazati i predvidjeti, s obzirom na različite faktore koji utječu na nastanak nevremena. Međutim, klimatske projekcije upućuju na daljnje povećanje učestalosti ekstremnih vremenskih događaja na ovom području, pri čemu se očekuje kako će olujna nevremena praćena jakim vjetrom i tučom postati sve češća pojava.

## 5.6 Površinsko otjecanje

Sljedeći tekst napisan je na temelju dokumenta *Rezultati klimatskog modeliranja na sustavu HPC Velebit za potrebe izrade nacrtu Strategije prilagodbe klimatskim promjenama Republike Hrvatske do 2040. s pogledom na 2070. i Akcijskog plana*, u kojem se koriste podaci regionalnih klimatskih modela iz međunarodne inicijative CORDEX (EURO-CORDEX). Riječ je o klimatskim projekcijama izrađenima na prostornoj rezoluciji od 0,11° i 0,44°, koje omogućuju detaljniji prikaz klimatskih i hidroloških promjena u regijama poput Gorske Hrvatske.

Područje Plana pripada gorskoj Hrvatskoj gdje je srednje godišnje površinsko otjecanje među najvećima u zemlji. Godišnje vrijednosti kreću se između 250-300 mm, a sezonski raspored otjecanja ukazuje na jasnu razliku. Najveće vrijednosti bilježe se u zimskim mjesecima (90-180 mm), dok je na proljeće i jesen otjecanje umjereno (45-90 mm). Najmanje otjecanje bilježi se u ljetnim mjesecima (20-45 mm).

Ukupno godišnje površinsko otjecanje vode u gorskoj Hrvatskoj do sredine stoljeća neće se znatno smanjiti. Procjene pokazuju da će godišnji oborinski budžet biti manji za približno 5 % u odnosu na referentno razdoblje (1971. – 2000.), što znači da će i ukupni volumeni otjecanja ostati relativno stabilni. Međutim, značajne promjene očekuju se u sezonskoj raspodjeli protoka. Zimsko i proljetno razdoblje u gorskoj Hrvatskoj već danas donosi najveće vrijednosti površinskog otjecanja. Klimatske projekcije upućuju na blago smanjenje zimskih i ranoproljetnih dotoka, djelomično zbog sve kraće snježne sezone i povećanog isparavanja. Istraživanja na alpskom području, koje je klimatski i geomorfološki srodno gorskoj Hrvatskoj, pokazuju da će maksimalni protoci u rijekama nastupati ranije u godini. Ovaj pomak povezan je s ranijim otapanjem snijega i pojačanim proljetnim dotocima, dok ljetni mjeseci postaju sušniji i hidrologija osjetljivija na suše. Ljetni protoci u gorskoj Hrvatskoj već su sada među najnižima u Europi, a prema projekcijama očekuje se daljnji pad. Više temperature zraka (Slika 5.2) i smanjena količine oborina u ljetnim mjesecima (Slika 5.8) uzrokovat će dodatno slabljenje otjecanja u toplom dijelu godine. Jesenski dotoci, koji u gorskim predjelima čine značajan udio godišnjeg vodnog režima, prema dostupnim analizama ostat će uglavnom stabilni, iako se ne isključuje veća među-godišnja varijabilnost.

Ukupna vodna bilanca u gorskoj Hrvatskoj time se mijenja prvenstveno u smislu redistribucije kroz godinu. Dok ukupne godišnje količine vode ostaju približno iste, vršni protoci postaju izraženiji u hladnijem dijelu godine, a ljeti se produljuju razdoblja niskih vodostaja. Prema nekim procjenama, maksimalni protoci mogli bi porasti za 2–18 % te se javljati nekoliko tjedana ranije nego danas.

Spurna Weiland i dr. (2021), koji su koristili skup od tri hidrologijska modela koje pokreću klimatski podaci iz EURO-CORDEX-a, procijenili su promjene u otjecanju za niz riječnih slivova u Europi, uključujući i sliv Save, kojemu predmetno područje pripada. Analizom povijesnih stanja i budućih projekcija na razdoblje do sredine stoljeća autori identificiraju značajan pad srednjih protoka u toplijim dijelovima godine (posebno u razdoblju proljeće, ljeto i rana jesen) što se pripisuje smanjenju snježnog pokrivača, ranijem topljenju snijega, povećanoj isparavanju i promjenama u režimu oborina (više kratkotrajnih, ali intenzivnijih događaja, manje raspoređenih padalina ljeti). Suprotno tome, predviđa se da bi zimski dotoci u slivu Save mogli porasti, jer se više oborina u hladnim mjesecima pojavljuje kao kiša, a ne kao snijeg te se topljenje događa ranije što dodatno doprinosi dotoku u zimskim/proljetnim mjesecima. Ta sezonska redistribucija, odnosno veći dotoci u zimu/proljeće, a smanjeni dotoci u ljeto/jesen, povećava varijabilnost protoka i produbljuje razlike između razdoblja visokog i niskog otjecanja.

## 6 Stanje odabranih receptora

U sljedećim poglavljima prikazana su osnovna obilježja i trenutno stanje ključnih sastavnica okoliša i sektora od značaja za područje Mrežnice i Tounjčice. Prikaz stanja služi kao temelj za razumijevanje njihove osjetljivosti i potencijalne ranjivosti na učinke klimatskih promjena.

Ovaj Plan se nadovezuje na druge relevantne dokumente koji se bave zaštitom i upravljanjem ovim prostorom, kao što su *Siručna podloga za zaštitu porječja rijeke Mrežnice u kategoriji Spomenika prirode Mrežnica-Tounjčica i Značajnog krajobrazca Mrežnica* te *Plan upravljanja Značajnim krajobrazom Mrežnica i Spomenikom prirode Mrežnica-Tounjčica*. Navedeni dokumenti detaljno su opisali vrijednosti predmetnog područja, zbog čega stanje promatranog prostora u ovom dokumentu nije detaljno razrađivano, već je glavni naglasak stavljen na analizu utjecaja klimatskih promjena te jačanje otpornosti područja u kasnijim poglavljima, dok je stanje prikazano sažeto za potrebe kasnijih analiza.

### 6.1 Sastavnice okoliša

#### 6.1.1 Vode

##### Hidrološke značajke

Mrežnica i Tounjčica tipične su krške rijeke koje pripadaju crnomorskom slivu, odnosno porječju rijeke Save. Hidrološke značajke rijeka odražavaju visok stupanj okršenosti karbonatne podloge, što se ogleda u slabije razvijenoj hidrografskoj mreži, pojavi ponora, izvora i podzemnih tokova. Osnovne značajke rijeka Mrežnice i Tounjčice opisane su u daljnjem tekstu.

##### Rijeka Mrežnica

Izvor rijeke Mrežnice nalazi se u špilji podno Popovića vrha na nadmorskoj visini od 270 m, dok ušće završava kod Karlovca, ulijevajući se u rijeku Koranu. Ukupna dužina rijeke iznosi oko 64 km. Ukupni pad korita od izvora do ušća je 148 m, što daje prosječan pad od 2,3 m/km. Ovaj nagib, u kombinaciji s povoljnim klimatskim i geomorfološkim uvjetima, pogoduje formiranju sedrenih barijera i slapova. Mrežnica je hidrogeološki povezana s brojnim ponornicama i izvorima, ponajprije s Dretuljom i Zagorskom Mrežnicom u Ogulinsko-plašćanskoj kotlini. Tri karakteristične razine istjecanja i poniranja definiraju hidrogeološki sustav rijeke: prva obuhvaća polja Drežničko, Crnac i Stajničko (450–500 m n. v.), druga povezuje Zagorsku Mrežnicu i Dretulju (oko 400 m n. v.), a treća uključuje izvorište Tounjčice na oko 250 m n. v. (Božićević, 2006).

Hidrološki režim rijeke značajno je izmijenjen ljudskim djelovanjem. Izgradnja brane na Zagorskoj Mrežnici i akumulacija jezera Sabljaci 1959. godine smanjili su porječje Mrežnice za približno 40 %. Ipak, prosječan protok od 34 m<sup>3</sup>/s održava prirodne uvjete potrebne za razvoj sedrenih barijera i očuvanje bioraznolikosti. Minimalni protok kod izvora zabilježen je ispod 1 m<sup>3</sup>/s, dok maksimalni doseže 67,4 m<sup>3</sup>/s. Na ušću rijeke minimalni protok iznosi 13,8 m<sup>3</sup>/s, a maksimalni prelazi 100 m<sup>3</sup>/s (Pepeonik, 2000).

Posebno hidrološko obilježje Mrežnice su brojne sedrene barijere i slapovi, a o tome više u poglavlju 6.1.5 *Georaznolikost*.

##### Rijeka Tounjčica

Tounjčica, najsnažnija pritoka Mrežnice, izvire iz prostrane špilje duboke oko 300 m u blizini naselja Tounj. Istraživanja su pokazala da je izvor povezan s ponorima Zagorske Mrežnice čije se vode danas akumuliraju u jezeru Sabljaci kod Ogulina.

Tok Tounjčice može se podijeliti u dva dijela. Prvi dio, od izvora do naselja Ožanići, obilježen je uskim kanjonom i prisutnošću slapova. U blizini zaselka Skočići rijeka prima prtok Kukaču, što značajno povećava stabilnost vodotoka, dok kod Ožanića prima još jednu pritoku – Rudnicu. Drugi dio toka, od Ožanića do ušća u Mrežnicu, ima blaže hidrološke značajke. Kanjon postaje širi, obale pristupačnije, a u koritu se javljaju dugačke jamičaste sedrene barijere. Duž toka prisutni su brojni izvori, od kojih se posebno ističe Lisičije vrelo. Voda Tounjčice ostaje hladna i tijekom ljetnih mjeseci što pogoduje opstanku ribljih populacija, posebno pastrve.

##### Stanje voda

Stanje voda analizira se na razini vodnih tijela koja predstavljaju osnovne jedinice za analizu značajki i upravljanja kakvoćom voda. Da bi ispunila svoju svrhu, vodna tijela moraju biti određena tako da omoguće odgovarajući,

dovoljno jednoznačan opis ekološkog i kemijskog stanja površinskih voda, odnosno količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda. Stanje vodnih tijela zasebno je opisano za površinska vodna tijela, a zasebno za podzemna vodna tijela, s obzirom na različitu metodologiju procjene stanja ovih voda. Stanje vodnih tijela na zaštićenom području prikazano je u nastavku sukladno podacima Hrvatskih voda i Planu upravljanja vodnim područjima do 2027. (NN 84/23).

Rijeke Mrežnicu i Tounjčicu na promatranom području čine tri vodna tijela: CSR00012\_004759 Mrežnica, CSR00012\_037365 Mrežnica i CSR00017\_000000 Tounjčica, čije je stanje prikazano u sljedećoj tablici (Tablica 6.1 Tablica 6.1), a u Prilogu 13.1 nalaze se Izvadci iz Registra vodnih tijela.

Tablica 6.1 Ocjena stanja vodnih tijela na području Plana (Izvor: Hrvatske vode)

Stanje	Vodno tijelo		
	CSR00012_004759 Mrežnica	CSR00012_037365 Mrežnica	CSR00017_000000 Tounjčica
Biološki elementi kakvoće	Umjereno stanje	Dobro stanje	Dobro stanje
Osnovni fizikalno kemijski elementi kakvoće	Dobro stanje	Dobro stanje	Umjereno stanje
Specifične onečišćujuće tvari	Dobro stanje	Dobro stanje	Dobro stanje
Hidromorfološki elementi kakvoće	Loše stanje	Vrlo dobro stanje	Loše stanje
Ekološko stanje	Loše stanje	Dobro stanje	Umjereno stanje
Kemijsko stanje	Nije postignuto dobro stanje	Dobro stanje	Dobro stanje
<b>Ukupno stanje</b>	<b>Loše stanje</b>	<b>Dobro stanje</b>	<b>Umjereno stanje</b>

Vodno tijelo CSR00012\_004759 Mrežnica (nizvodno) ocijenjeno je lošim ukupnim stanjem. Na to posebno utječe loše stanje hidromorfoloških elemenata kakvoće, pri čemu je hidrološki režim ocijenjen kao loš, a morfološki uvjeti kao umjereni. Dodatno, biološki elementi kakvoće, konkretnije makrofiti i ribe, imaju umjereno stanje. Kemijsko stanje nije postiglo dobru ocjenu, što dodatno smanjuje ukupno stanje navedenog vodnog tijela.

Drugo vodno tijelo, CSR00012\_037365 Mrežnica (uzvodno), ima dobro ukupno stanje. Biološki i osnovni fizikalno-kemijski elementi kakvoće također su ocijenjeni kao dobri, a hidromorfološki elementi kakvoće dosežu vrlo dobro stanje. Ovo vodno tijelo jedino na području Plana ispunjava uvjete dobrog ekološkog i kemijskog stanja.

Vodno tijelo CSR00017\_000000 Tounjčica ima umjereno stanje. Osnovni fizikalno-kemijski elementi kakvoće pokazuju umjereno stanje zbog povišenih koncentracija amonija, nitrata i ukupnog dušika. Hidromorfološki elementi kakvoće ocijenjeni su lošim zbog nepovoljnog hidrološkog režima i loših morfoloških uvjeta. Biološki elementi kakvoće zadržavaju dobro stanje, što ukazuje na određeni stupanj otpornosti ekosustava unatoč nepovoljnim fizikalno-kemijskim i hidromorfološkim uvjetima.

Sukladno podacima Izvješće Hrvatskih voda o rezultatima praćenja stanja površinskih voda, stanje kvalitete vode na Mrežnici bolje je u gornjem dijelu toka iznad većih naselja, dok donji dijelovi koji su izloženi većim ljudskim utjecajima pokazuju lošije stanje. Kod Tounjčice je suprotna situacija, gornji dio vodotoka koji je bliže izvoru i naselju Tounj, ima slabiju kvalitetu koja se postupno poboljšava prema ušću u Mrežnicu. Glavni uzrok ovih razlika su značajna antropogena onečišćenja, osobito otpadne vode iz porječja Zagorske Mrežnice i naselja Tounj, u kombinaciji s često niskim protokom što smanjuje sposobnost vodotoka za prirodno samo-pročišćenje (JU Natura Viva, 2021).

Prema procjeni Hrvatskih voda, isto stanje navedenih vodnih tijela očekuje se i u planskom razdoblju do 2027. godine. To ukazuje na potrebu daljnjeg praćenja i, gdje je moguće, provedbe mjera usmjerenih na poboljšanje kvalitete voda.

## 6.1.2 Geologija

Prema OGC SFRJ 1:100 000, lista Črnomelj (Bukovac i sur., 1984a) i Ogulin (Velić i Sokač, 1981) i njihovih tumača (Bukovac i sur., 1984b, Velić i sur., 1982), šire područje obilježava tektonogenetska evolucija unutarnjih i rubova Vanjskih Dinarida s izrazitom navlačnom tektonikom, koja se ovdje odvijala od paleozoika do danas. Područje pripada najkompleksnijem dijelu krških Dinarida koje je tektonski vrlo složeno s karakterističnim ljuskavim strukturama i s dominantnom mlado-rasjednom, odnosno blok tektonikom. Prema litološkom sastavu najstariji sedimenti na promatranom području su sedimenti jurske starosti, od kojih prevladavaju vapnenci i dolomiti,

dolomiti s lećama vapnenaca, dolomiti i dolomitični vapnenci, pločasti i mrljasti vapnenci, vapnenci i dolomiti s rožnjacima te čisti vapnenci donje i gornjo jurske starosti. Sedimenti kredne starosti zastupljeni su naslagama grebenskih, bioakumuliranih i foraminiferskih vapnenaca, dok su dolomiti i breče zastupljeni u manjoj debljini. Debljina ovih karbonatnih naslaga ukazuje na predispoziciju za okršavanje postojećeg reljefa, zahvaljujući hidrogeološkim karakteristikama i trenutnoj vodopropusnoj ili vodonepropusnoj ulozi vapnenačko-dolomitnih slojeva. Najmlađe, tercijarne fliške naslage eocenske starosti sastavljene od breča, brečo-konglomerata, pješčenjaka i lapora (MINGOR ZZOP, 2023).

### 6.1.3 Pedologija

Na predmetnom području, prema Namjenskoj pedološkoj karti (Bogunović i dr., 1996), nalaze se tri tipa tla, a riječ je o kiselu smeđem tlu na reliktnoj crvenici (33), smeđem tlu na dolomitu (25) te aluvijalnom tlu (fluvisol) obranjenom od poplava (5). Najzastupljenija kategorija na ovom području je kiselu smeđe tlo na reliktnoj crvenici (33) koju obilježava visoka kiselost i dobra propusnost, kao i ograničena pogodnost tla za obradu. Smeđe tlo na dolomitu (25) također obilježava ograničena pogodnost za obradu, dok aluvijalno (fluvisol) obranjeno od poplava (5) obilježava dobra pogodnost za obradu (Bogunović i dr., 1997). U najvećoj mjeri ova tla se koriste kao livade ili pašnjaci, u manjoj mjeri kao obradive poljoprivredne površine (oranice, voćnjaci...).

### 6.1.4 Geomorfologija

Prema geomorfološkoj regionalizaciji Hrvatske (Bognar, 1999) područje Plana nalazi se u megageomorfološkoj regiji 2. *Dinarski gorski sustav*, makrogeomorfološkoj regiji 2.1. *Gorska Hrvatska*, mezogeomorfološkoj regiji 2.1.6. *Unsko-koranska zaravan s pobrdima JZ Korduna* te subgeomorfološkoj regiji 2.1.6.2. *Mrežničko-Koranska zaravan i pobrđe s dolinama Korane i Mrežnice*.

Daljnji tekst preuzet je i prilagođen iz rada *Geoekološko vrednovanje područja rijeke Mrežnice* (Bočić, 2023).

#### Morfometrijska obilježja

Nadmorska visina opada od juga prema sjeveru, u skladu sa smjerom otjecanja. Najniža zabilježena vrijednost iznosi oko 125 m na nizvodnom dijelu Mrežnice, dok je najviša vrijednost na brdskom uzvišenju Polojska kosa (Mišin vrh, 455 m). Najzastupljeniji su visinski razredi 150–200 m (30,6 %) i 200–250 m (38,6 %), a prosječna visina područja iznosi oko 222 m. Nagibi padina kreću se od 0° do 52°, s prosječnom vrijednošću od oko 5°. Najzastupljenija je klasa nagiba od 2–5° (40,2 %), što ukazuje na prevladavanje zaravni. Međutim, u kanjonima Mrežnice i Tounjčice zabilježeni su strmi nagibi, lokalno i do 90°. To područje je posebno osjetljivo na padinske procese i pojavu klizišta, što je važna činjenica u kontekstu očekivanih klimatskih promjena. Vertikalna raščlanjenost kreće se od 11,9 m/km<sup>2</sup> na zaravni do 236 m/km<sup>2</sup> na području Polojske kose, s prosječnom vrijednošću od 18,3 m/km<sup>2</sup>. Najčešće zastupljen razred je 30–60 m/km<sup>2</sup> (41,6 %). Velike vrijednosti zabilježene su duž kanjona Mrežnice i Tounjčice, što potvrđuje jaču usječenost i izraženu erozijsku dinamiku. Ekspozicije padina pokazale su ravnomjernu zastupljenost, s naglašenim udjelom sjeveroistočnih, istočnih, jugozapadnih i zapadnih smjerova, što odražava dinarsku orijentaciju reljefnih struktura.

#### Morfostrukturalna obilježja

Morfostrukturalna obilježja reljefa područja Mrežnice i Tounjčice oblikovana su primarno tektonikom, s prevladavanjem dinarskih rasjeda (SZ–JI) i prilagodbom struktura na izmjenu smjera stresa (SI–JZ do S–J) (Prelogović i dr., 2001). Indikatori aktivne tektonike uključuju pravocrtne i laktaste doline, lučna skretanja, probojnice i duboke kanjone, koji ukazuju na horizontalne pomake, izdizanja i pojačanu dubinsku eroziju. Kartirani morfolineamenti i lineamenti prate glavne rasjedne zone te definiraju granice većih morfostruktura, dok izdužene i strme padine često odražavaju tektonske pokrete. Glavne morfostrukture uključuju izdignute, spuštene i zaravnjene reljefne forme, pri čemu Mrežničko-koranska zaravan i susjedna uzvišenja poput Polojske kose vjerojatno predstavljaju pop-up ili flower strukture povezane s horizontalnim rasjednim pomacima.

#### Egzogeni reljef

Područje Mrežnice i Tounjčice karakterizira krški i fluviokrški reljef na karbonatnim stijinama, pri čemu prevladavaju podzemna cirkulacija vode i rijetki površinski pritoci. Najznačajniji krški oblici su krške zaravni, ponikve i humovi, dok su kanjoni Mrežnice i Tounjčice najistaknutiji fluviokrški elementi koji usmjeravaju površinsko i podzemno otjecanje. Doline se razlikuju po aktivnom ili suhom karakteru, s pojavom reliktnih i visećih dolina te ponorskih sustava. Unatoč tome što na predmetnoj području prevladavaju karbonatne stijene te krški i

fluviokrški reljef, na području su prisutni i fluvijalni i fluviodenudacijski oblici i procesi. Fluviodenudacijski oblici, uključujući doline V ureza, jaruge i riječne terase, nastali su djelovanjem erozije i akumulacije sedimenata, pri čemu se aluvijalni nanosi i plavinske lepeze pojavljuju u nizvodnim dijelovima. Ovaj kompleksni reljef utječe na hidrologiju i raspodjelu vodenih resursa u području.

### 6.1.5 Georaznolikost

Područje Značajnog krajobraza Mrežnica jedno je od ponikvama najbogatijih u Hrvatskoj, s 1029 registriranih ponikvi (72/km<sup>2</sup>), uglavnom klasičnog dinarskog ljevkastog oblika. Reliktne doline poput Draga, Medaričke, Kolara i Pešana svjedoče o nekadašnjim površinskim tokovima. Mrežnica je najbogatija rijeka crnomorskog sliva po broju sedrenih barijera. U Značajnom krajobrazu zabilježeno ih je 29, nižih nego uzvodno, ali duljih, razvedenijih i pristupačnijih. Prosječno se jedan slap pojavljuje svakih 600 m (Pepeonik, 2000). Uzvodni dio, Spomenik prirode Mrežnica–Tounjčica, obilježen je strmim stjenovitim kanjonom, ukliještenim meandrima i brojnim slapovima, među kojima se ističu Milkovića slap (8,5 m) i najveći slap na rijeci, Šušnjar (15 m). Na toj dionici utvrđeno je 49 barijera, prosječno svaka 440 m.

Kanjon Tounjčice razlikuje se od Mrežnice: širi je, bez probojnica, a korito se razvija u dolomitnoj podlozi. Sedrene barijere su niže, ali gušće i registrirano ih je 14 (jedna svakih 385 m). Posebnu vrijednost ima napušteni ukliješteni meandar kod Kamenice Skradničke sa suhom dolinom Gizdarušom, rijetkost u krškom reljefu.

Šire područje oko rijeka obiluje speleološkim oblicima, s evidentiranih 97 špilja, jama i ponora. Najznačajniji primjer je špiljski sustav Tounjčica ispod brda Krpel, peti najdulji u Hrvatskoj s ukupnom duljinom od 9104 m. U njegovom sklopu nalazi se i izvorišna špilja Tounjčica. Na širem području zabilježeno je sedam speleoloških objekata unutar granica zaštićenih područja, među kojima se ističu špilja Rudnica VI (75 m), špilja Jazbina (465 m) i Mijatova jama (1204 m) koja je jedna od rijetkih duljih od 1000 m na Unsko-koranskoj zaravni. Posebno važna je Mijatova jama, protočni speleološki objekt sa stalnim vodenim tokom, koja se ubraja među najdulje špilje u Hrvatskoj.

### 6.1.6 Bioraznolikost

Na području Plana su rasprostranjena raznovrsna staništa i uz njih vezane biljne i životinjske vrste, a takva bioraznolikost rezultat je geografskog položaja, razvedenosti reljefa, geoloških, klimatskih i hidrografskih prilika, kao čovjekovog djelovanja, zbog kojeg su nastala mnoga tzv. poluprirodna staništa koja su dodatno doprinijela bioraznolikosti područja. Sukladno Uredbi o ekološkoj mreži i nadležnostima javnih ustanova za upravljanje područjima ekološke mreže (NN 80/19, 119/23, 87/25, 123/25), na području Plana nalaze se posebna područja očuvanja za vrste i stanišne tipove (PPOVS) HR2000593 Mrežnica – Tounjčica i HR2000592 Ogulinsko-plašćansko područje.

Prema Karti kopnenih nešumskih staništa Republike Hrvatske (Bardi i sur. 2016) (u daljnjem tekstu: Karta staništa), koja koristi Nacionalnu klasifikaciju staništa (u daljnjem tekstu: NKS), čak dvije trećine područja Plana prekrivaju šumska staništa, dok ostatak čine razna kopnena nešumska staništa. Nakon šumskih staništa, drugi najzastupljeniji tip staništa čine vodena staništa (NKS kod A.), a zatim travnjaci (NKS kod C.), a onda redom kultivirane površine (NKS kod I.), izgrađena područja (NKS kod J.) i šikare (NKS kod D.) (Tablica 6.2). Stanišni tipovi D. Šikare, I. Kultivirane nešumske površine i staništa s korovnom i ruderalnom vegetacijom te J. Izgrađena i industrijska staništa izostavljeni su iz daljnje analize te je fokus stavljen isključivo na izvorne i poluprirodne stanišne tipove koji predstavljaju ključne predmete zaštite za ovo zaštićeno područje.

Tablica 6.2 Udio stanišnih tipova prema NKS-u na području ZK Mrežnica i SP Mrežnica – Tounjčica (Izvor: Karta kopnenih nešumskih staništa (Bardi i sur. 2016.))

NKS kod	Naziv ugroženog stanišnog tipa	ZK Mrežnica	SP Mrežnica-Tounjčica
A.	Površinske kopnene vode i močvarna staništa	11 %	20 %
C.	Travnjaci, cretovi i visoke zeleni	19 %	10 %
E.	Šume	58 %	65 %

#### 6.1.6.1 Šumska staništa

Prema podacima iz važećih šumskogospodarskih planova za državne šume i šume privatnih šumoposjednika (HŠ, 2024), a sukladno Pravilniku o popisu stanišnih tipova i karti staništa (NN 27/21, 101/22), na području ZK

Mrežnica nalazi se tri, a na području SP Mrežnica-Tounjčica četiri rijetka i ugrožena šumska stanišna tipa (Tablica 6.3).

Tablica 6.3 Rijetka i ugrožena šumska staništa na području ZK Mrežnica i SP Mrežnica – Tounjčica (Izvor: Plan upravljanja Značajnim krajobrazom Mrežnica i Spomenikom prirode Mrežnica-Tounjčica (JU Natura Viva, 2025.))

Naziv ugroženog stanišnog tipa	ZK Mrežnica	SP Mrežnica-Tounjčica
E.3.1. Mješovite hrastovo-grabove i čiste grabove šume	✓	✓
E.3.2. Srednjoeuropske acidofilne šume hrasta kitnjaka te obične breze	✓	-
E.3.4. Srednjoeuropske termofilne hrastove šume	-	✓
E.4.1. Srednjoeuropske neutrofilne do slaboacidofilne, mezofilne bukove šume	✓	✓
E.4.5. Mezofilne i neutrofilne čiste bukove šume	-	✓

Unutar ZK Mrežnica najzastupljenije su E.3.1. Mješovite hrastovo-grabove i čiste grabove šume (77 %), dok su unutar SP Mrežnica-Tounjčica najzastupljenije E.3.4. Srednjoeuropske termofilne hrastove šume (74 %), a E.3.1. Mješovite hrastovo-grabove i čiste grabove šume su druge po zastupljenosti (22 %). Ostali šumski tipovi prisutni na području Plana zastupljeni su na oko 5 % ili manje. S obzirom na to da područje ZK Mrežnica obuhvaća širi pojas oko rijeke, upravo su na tom području ustanovljene veće površine šuma, u odnosu na područje SP Mrežnica-Tounjčica. Slijedom navedenog zaključeno je da su na području Plana najzastupljenije upravo E.3.1. Mješovite hrastovo-grabove i čiste grabove šume. Prostorno je gotovo 60 % šuma područja Plana rasprostranjeno u Općini Generalski Stol. Budući da se stanišni tipovi E.4.1. Srednjoeuropske neutrofilne do slaboacidofilne, mezofilne bukove šume i E.4.5. Mezofilne i neutrofilne čiste bukove šume nalaze na manjim površinama uz granicu područja Plana, bit će izostavljene iz daljnje analize.

Stanišni tip E.3.1. Mješovite hrastovo-grabove i čiste grabove šume može se razlučiti na hrastovo-grabove šume srednjoeuropskog karaktera (sveze *Carpinion betuli*) i ilirske hrastovo-grabove šume (sveze *Erythronio-Carpinion*). Srednjoeuropske hrastovo-grabove šume rasprostranjene su u nizinskom vegetacijskom pojasu, a glavne vrste drveća čine hrast lužnjak i obični grab. U šumi hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris*) tlo nije izvrgnuto poplavi, ali je zimi zasićeno vodom. Brežuljkasti vegetacijski pojas nastavlja se na nizinski, a karakterizira ga široko rasprostranjena klimazonalna zajednica ilirskih šuma hrasta kitnjaka i običnog graba s biskupskom kapicom (*Epimedio-Carpinetum betuli*). Područje Plana nalazi se u brežuljkastom pojasu, stoga će u daljnjoj analizi fokus biti stavljen na spomenutu klimazonalnu zajednicu, koja prema NKS-u spada u stanišni tip **E.3.1.5. Šuma hrasta kitnjaka i običnoga graba**. U SP Mrežnica-Tounjčica ovaj stanišni tip predstavlja i ciljni stanišni tip 91L0 Ilirske hrastovo-grabove šume (*Erythronio-Carpinion*) unutar PPOVS HR2000592 Ogulinsko-plašćansko područje. Nadalje, u brežuljkastom vegetacijskom pojasu razvija se i stanišni tip E.3.2. Srednjoeuropske acidofilne šume hrasta kitnjaka te obične breze, unutar sveze *Quercion robori-petraeae*. Tako degradacijom kitnjaka ili obične bukve na kiselim, relativno suhim tlima dolazi do prevlasti breze i nastanka šumske zajednice prijelaznog karaktera *Betulo-Quercetum petraeae*, koja prema NKS-u spada u stanišni tip **E.3.2.5. Mješovita šuma hrasta kitnjaka i obične breze**. Na vrlo degradiranim kitnjakovim staništima i napuštenim poljoprivrednim površinama na Kordunu dolazi pionirska zajednica *Pteridio-Betuletum pendulae*, koja prema NKS-u spada u stanišni tip **E.3.2.6. Brezove šume s bujadi**.

Stanišni tip E.3.4. Srednjoeuropske termofilne hrastove šume (sveze *Quercion pubescenti-petraeae*) čine šumske zajednice brežuljkastog i brdskog vegetacijskog pojasa koje pridolaze na toplim, izloženim položajima. Međutim, prema literaturi (Vukelić, 2012), ovaj stanišni tip se prostire u pojasu savsko-dravskog međurječja, te u Lici i Istri. Pregledavajući literaturu, a uzevši u obzir podatke Hrvatskih šuma, na području Plana u SP Mrežnica-Tounjčica vjerojatnije umjesto prethodnog stanišnog tipa, pridolazi kontinentalna šuma hrasta medunca s crnim grabom (*Quercus-Ostrya carpinifoliae*), koja prema NKS-u spada u stanišni tip E.3.5.10. Kontinentalna šuma hrasta medunca s crnim grabom. Zajednica se razvija na plitkim, strmim i toplim položajima, stoga glavne vrste drveća čine termofilne vrste drveća poput hrasta medunca, crnog graba, crnog jasena i cera. Na dubljim tlima zajednica prelazi u šumu hrasta kitnjaka i običnog graba, a upravo je ta zajednica najrasprostranjenija zajednica područja Plana. Stoga će se u daljnjoj analizi umjesto E.3.4. Srednjoeuropske termofilne hrastove šume, analizirati stanišni tip **E.3.5.10. Kontinentalna šuma hrasta medunca s crnim grabom**. Također, iako se u Planu upravljanja tekstualnom dijelu navodi klimazonalna zajednica *Ostrya-Fagetum* koja spada u stanišni tip E.4.6.1. Šuma bukve i crnog graba, ova zajednica prema literaturi (Vukelić, 2012) pridolazi u brdskom pojasu do 700 m nadmorske visine u SZ Hrvatskoj i Gorskom kotaru. Moguće je da na većim nadmorskim visinama u prethodno analiziranoj šumi hrasta medunca i crnog graba pridolazi bukva, međutim s obzirom na to da je područje Plana rasprostranjeno na relativno malim nadmorskim visinama (prosječno 222 m), ovaj stanišni tip bit će izostavljen iz daljnje analize.

U idućoj tablici (Tablica 6.4) razvidni su klimatski parametri koji su bitni za rast i razvoj šumskih zajednica prisutnih na području Plana (*Šumska staništa i šumske zajednice u Hrvatskoj - Nacionalna ekološka mreža* (Vukelić i sur., 2008)). Budući da tada sintaksonomski još nije bila prepoznata kontinentalna šuma hrasta medunca i crnog graba, klimatski parametri su preuzeti za stanišni tip E.3.5.3. Mješovita šuma i šikara hrasta medunca i običnog graba. Prema klimatskim parametrima može se zaključiti sljedeće. Mezofilna šuma hrasta kitnjaka i običnog graba (E.3.1.5.) zauzima umjerenija staništa, dok se termofilna kontinentalna šuma hrasta medunca s crnim grabom (E.3.5.10.) razvija na toplijim staništima. Unatoč znatno većoj prosječnoj godišnjoj količini oborina, šuma hrasta medunca i crnog graba zbog plitkog tla ima manje dostupne vode. Iako ukupna godišnja količina oborina na širem krškom području može biti visoka, efektivna količina vode koja je biljkama dostupna u ljetnim mjesecima na plitkom i osunčanom krškom tlu termofilnih šuma je minimalna. S druge strane, mezofilne šume kitnjaka i graba, čak i ako imaju manju ukupnu oborinu, rastu na dubljim tlima koja bolje zadržavaju vodu. Preostala dva stanišna tipa brezovih šuma nemaju precizno definirane klimatske parametre, već su opisane kao prijelazne i pionirske zajednice, te njihovo prisustvo primarno određuju degradacija staništa ili faze sukcesije, a ne stabilni klimatski uvjeti.

Tablica 6.4 Klimatski parametri za šumske stanišne tipove (Izvor: Šumska staništa i šumske zajednice u Hrvatskoj - Nacionalna ekološka mreža (Vukelić i sur., 2008))

Stanišni tip	Prosječna godišnja temperatura	Prosječna godišnja količina oborina
E.3.1.5. Šuma hrasta kitnjaka i običnoga graba	10,5 °C	800 – 900 mm
E.3.2.5. Mješovita šuma hrasta kitnjaka i obične breze	zajednica prijelaznog karaktera	zajednica prijelaznog karaktera
E.3.2.6. Brezove šume s bujadi	zajednica pionirskog karaktera	zajednica pionirskog karaktera
E.3.5.10. Kontinentalna šuma hrasta medunca s crnim grabom	11°C	1350 mm

#### Flora i fauna

Šumska staništa na području Plana predstavljaju važna staništa za niz biljnih i životinjskih vrsta. Prema Planu upravljanja, na šumskim staništima obitava tisa (*Taxus baccata*) koja je prema FCD bazi podataka u IUCN kategorijama ocijenjena kao osjetljiva vrsta (VU). Od faune je zabilježeno 26 vrste sisavaca, među kojima je najbrojnija skupina šišmiša. Osim što im služe kao lovna područja, šumska staništa pružaju i skloništa za šišmiše, poput duplji u drveću, prostora ispod kore ili oštećenja na stablima. Od 17 vrsta šišmiša, dvije su ugrožene (EN): dugokrili pršnjak (*Miniopterus schreibersii*) i dugonogi šišmiš (*Myotis capaccinii*). Dvije vrste su osjetljive (VU), a to su južni potkovnjak (*Rhinolophus euryale*) i velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteini*) (Antolović i sur., 2006; ZZOP MINGOR, 2023). Jedina kritično ugrožena (CR) vrsta na ovom području je šumska šljuka (*Scolopax rusticola*), koja gnijezdi u prostranim listopadnim, mješovitim i crnogoričnim šumama. Orao kliktaš (*Aquila pomarina*) nastanjuje rascjepkane šume i šumarke uz vlažne ili poplavne livade, koje koristi kao lovišta. U Hrvatskoj je ova vrsta ugrožena (EN) i strogo je zaštićena. Od ostalih vrsta, zabilježen je i golub dupljaš (*Columba oenas*) koji je osjetljiva (VU) vrsta, a gnijezdo gradi u dupljama (osobito u starim dupljama crnih žuna), u pukotinama stijena, a povremeno i u rupama u tlu ili u napuštenim gnijezdima drugih ptica. Na području Značajnog krajobraza Mrežnica i Spomenika prirode Mrežnica-Tounjčica zabilježene su sve tri vrste velikih zvijeri – vuk (*Canis lupus*), ris (*Lynx lynx*) i medvjed (*Ursus arctos*). Šumska staništa su im važna jer im omogućuju potrebna neprekinuta prostranstva, dok travnjaci i livade podržavaju plijen. Nadalje, prema Planu upravljanja, ZK Mrežnica se nalazi na području pet zajedničkih lovišta, dok se SP Mrežnica-Tounjčica nalazi na području dva zajednička lovišta i dva državna lovišta. Površinom posebne namjene Eugen Kvaternik upravlja MORH, te se za njega izrađuje Program zaštite divljači koji provodi Hrvatski lovački savez. Upravo su šume najvažnija staništa za obitavanje, hranjenje i napajanje, razmnožavanje i sklanjanje svih ustanovljenih krupnih vrsta divljači na području, kako glavnih (srna obična i svinja divlja), tako i sporednih (jelen obični i smeđi medvjed).

#### 6.1.6.2 Nešumska staništa

Sukladno Pravilniku o popisu stanišnih tipova i karti staništa, na području ZK Mrežnica nalazi se sedam, a na području SP Mrežnica-Tounjčica šest rijetkih i ugroženih nešumskih stanišnih tipova. Navedeno je prikazano u sljedećoj tablici (Tablica 6.5), te su navedene i ukupne površine stanišnih tipova na području Plana. Bitno je napomenuti da su s obzirom na kompleksnost Karte kopnenih nešumskih staništa, površine stanišnih tipova prikazane samo ukoliko je stanišni tip određen kao prvi stanišni tip unutar mozaika (NKS 1). Isto tako, za staništa

kao što su sedrene barijere nisu poznate točne površine, budući da su stanišni tipovi na Karti staništa označeni „točkasto“.

Tablica 6.5 Rijetka i ugrožena nešumska staništa na području ZK Mrežnica i SP Mrežnica – Tounjčica (Izvor: Plan upravljanja Značajnim krajobrazom Mrežnica i Spomenikom prirode Mrežnica-Tounjčica (JU Natura Viva, 2025.) i Karta kopnenih nešumskih staništa (Bardi i sur., 2016.))

NKS Šifra	Naziv ugroženog stanišnog tipa	ZK Mrežnica	SP Mrežnica-Tounjčica	Ukupna površina na području Plana (NKS 1)
A.3.5.*	Sedrotvorne riječne zajednice	✓	✓	-
A.3.6.*	Sedrotvorna vegetacija na slapovima	✓	✓	-
A.4.1.	Tršćaci, rogozici, visoki šiljevi i visoki šaševi	✓	✓	21,5 ha
C.2.3.2.	Mezofilne livade košanice Srednje Europe	✓	✓	176,7 ha
C.2.3.2.1.	Srednjoeuropske livade rane pahovke	✓	-	2,3 ha
C.2.4.1.	Nitrofilni pašnjaci i livade-košanice nizinskog vegetacijskog pojasa	✓	-	-
C.3.3.1.	Brdske livade uspravnog ovsika na karbonatnoj podlozi	✓	✓	116,9 ha
D.2.5.	Sastojine obične borovice	-	✓	-
<i>*s obzirom na to da su prema Karti staništa poznati samo „točkasti“ lokaliteti, ukupna površina stanišnih tipova nije poznata</i>				

U prethodnoj tablici razvidno je da je na području Plana ukupno rasprostranjeno ukupno osam rijetkih i ugroženih stanišnih tipova nešumskih staništa, od kojih se četiri odnose na travnjačka staništa. Stanišni tip C.2.3.2.1. Srednjoeuropske livade rane pahovke (četvrta razina NKS) pripada stanišnom tipu C.2.3.2. Mezofilne livade košanice (treća razina NKS), a uzevši u obzir i to da na području Plana obuhvaća površinu od svega 2,3 ha, navedena dva stanišna tipa će u nastavku dokumenta biti analizirana skupno pod stanišnim tipom C.2.3.2. Mezofilne livade košanice.

Nadalje, stanišni tipovi C.2.4.1. Nitrofilni pašnjaci i livade-košanice nizinskog vegetacijskog pojasa i D.2.5. Sastojine obične borovice, na području Plana nisu rasprostranjeni kao stanišni tipovi na prvom mjestu unutar mozaika staništa (NKS 1). Tako se C.2.4.1. nalazi na trećem mjestu (NKS 3) unutar mozaika staništa C.3.3.1./C.2.3.2./C.2.4.1. površine 1,9 ha, dok se D.2.5. nalazi na drugom mjestu (NKS 2) u mozaiku staništa D.1.2.1./D.2.5./C.3.3.1. površine 1,2 ha. S obzirom na to da NKS 2 i NKS 3 obuhvaćaju manje površine od NKS 1 u mozaicima staništa, te uzevši u obzir relativno male ukupne površine mozaika staništa (1,9 ha i 1,2 ha) u nastavku dokumenta stanišni tipovi C.2.4.1. i D.2.5. nisu obrađeni.

S obzirom na to da temeljnu prirodnu vrijednost područja predstavljaju očuvani krški vodotoci sa sedrenim slapovima, u nastavku dokumenta će se analizirati i stanišni tipovi A.2.3. Stalni vodotoci i A.3.3. Zakorijenjena vodenjarska vegetacija, iako se ne nalaze na popisu rijetkih i ugroženih stanišnih tipova. Također, iako nije kartiran Kartom staništa, u nastavku će se analizirati i stanišni tip H.1. Kraške špilje i jame. U nastavku slijedi kratak opis stanišnih tipova od interesa te klimatski parametri koji utječu na njihov nastanak i razvoj.

#### 6.1.6.2.1 Vodena i vlažna staništa

Temeljnu prirodnu vrijednost područja predstavljaju očuvani krški vodotoci sa sedrenim slapovima u različitim fazama formiranja. Rijeke Mrežnica i Tounjčica prema NKS-u predstavljaju stanišni tip **A.2.3. Stalni vodotoci**, na čijem se dnu zakorijenjuje vegetacija koja pripada u stanišni tip **A.3.3 Zakorijenjena vodenjarska vegetacija** (red *Potamogetonalia*). Unutar ovog stanišnog tipa je na ovom području vrijedno spomenuti zakorijenjene submerzne zajednice voda tekućica koje predstavljaju ciljni stanišni tip 3260 Vodni tokovi s vegetacijom *Ranunculon fluitantis* i *Callitriche-Batrachion* unutar PPOVS HR2000593 Mrežnica-Tounjčica i HR2000592 Ogulinsko-plašćansko područje. To su naime zajednice vaskularnog bilja zakorijenjenog na dnu voda tekućica, a varijabilnost staništa unutar ove skupine očituje se prvenstveno u brzini toka i fizikalno-kemijskim značajkama vodenog medija. Prema dostupnim podacima Završnog izvješća „Ciljni stanišni tip 3260 Vodni tokovi s vegetacijom *Ranunculon fluitantis* i *Callitriche-Batrachion*“ u sklopu projekta Usluge definiranja SMART ciljeva očuvanja i osnovnih mjera očuvanja ciljnih vrsta i stanišnih tipova“, „Grupa 7: Definiranje ciljeva i mjera očuvanja za nedovoljno poznate vrste flore i stanišne tipove“, na području Plana je utvrđeno 19 lokaliteta navedenog stanišnog tipa. Najveći broj nalaza je utvrđen na području Općine Tounj. Nadalje, sedrene barijere su rasprostranjene duž cijelog toka Mrežnice i Tounjčice, a u skladu s NKS klasifikacijom staništa radi se o stanišnim tipovima **A.3.5. Sedrotvorne riječne**

**zajednice i A.3.6. Sedrotvorna vegetacija na slapovima.** Ovaj stanišni tip je zaštićen i unutar PPOVS područja HR2000593 Mrežnica-Tounjčica kao ciljni stanišni tip 32A0 Sedrene barijere krških rijeka Dinarida. Prema dostupnim podacima Završnog izvješća „Ciljni stanišni tip 32A0 Sedrene barijere krških rijeka Dinarida“ u sklopu projekta Usluge definiranja SMART ciljeva očuvanja i osnovnih mjera očuvanja ciljnih vrsta i stanišnih tipova“, „Grupa 7: Definiranje ciljeva i mjera očuvanja za nedovoljno poznate vrste flore i stanišne tipove“, na području Plana je utvrđeno 35 lokaliteta sedrenih barijera. Međutim, prema Planu upravljanja na području Značajnog krajobraza evidentirano je 29, a na području Spomenika prirode 63 sedrenih barijera, no točne lokacije nisu poznate. Formiranje sedrenih barijera omogućuju euhidrofitske zajednice algi i mahovina koje talože kalcijev karbonat iz vode bogate vapnencem. Za nastanak i očuvanje sedre ključna je količina otopljenog kalcijevog bikarbonata, temperatura, pH vrijednost, brzina strujanja vode i kvaliteta (čistoća) vode. Uz rubove rijeke Mrežnice razvija se stanišni tip **A.4.1. Tršćaci, rogozici, visoki šiljevi i visoki šaševi**, na površinama s visokom razinom podzemnih voda u kojima prevladavaju močvarne, visoke jednosupnice i dvosupnice, uglavnom heliofiti. Na promatranom području 91 % površine ovog stanišnog tipa je rasprostranjeno u Općini Generalski Stol i Gradu Duga Resa.

Ključni preduvjet povoljnih stanišnih uvjeta vodenih stanišnih tipova je očuvana prirodna hidromorfologija vodotoka, što podrazumijeva očuvani hidrološki režim, uzdužnu povezanost vodnog toka, geometriju korita, podlogu, eroziju/taloženje, vegetaciju u koritu, strukturu obale i vrstu odnosno strukturu vegetacije na obalama i obalnom pojasu, te interakciju između korita i poplavne nizine. Hidromorfologija vodotoka Tounjčice i Mrežnice značajno je izmijenjena 1959. godine nakon zahvata izgradnje HE Gojak, kojim je efektivno značajno smanjeno porječje Mrežnice, s posljedičnim smanjenjem u srednjem godišnjem toku od 29% za Mrežnicu i čak 60% za Tounjčicu. Posljedice ove značajne promjene hidrološkog režima i danas su primjetne, u prvom redu kroz smanjeni apsorpcijski kapacitet odnosno potencijal za samopročišćavanje vodotoka Tounjčice, te kroz veću ranjivost na klimatske promjene, koja se manifestira u činjenici da se voda na ušću Mrežnice uslijed klimatskih promjena zagrijava relativno brže u odnosu na rijeku Dobru, u koju je preusmjeren dio porječja Mrežnice (Žganec, 2012).

#### Flora i fauna

Vodena i vlažna staništa predstavljaju važna staništa za niz biljnih i životinjskih vrsta. Prema Planu upravljanja, ciljni stanišni tip 3260 Vodni tokovi s vegetacijom *Ranuncion fluitantis* i *Callitriche-Batrachion* obuhvaća razne vrste žabnjaka (*Ranunculus* sp.) i biljke poput žabovlatke (*Callitriche* sp.), koje su ključne za stabilizaciju sedimenta i podršku hranidbenim mrežama. Kao važni lokaliteti ističu se tok Tounjčice, potez od ušća Tounjčice u Mrežnicu do Katića, područje Medvetke te potez nešto nizvodnije od Medaričke do Duge Rese (JU Natura Viva, 2021). Među strogo zaštićenim vrstama vaskularne flore, ističe se vrsta puzavi celer (*Apium repens*), koji je ujedno i ciljna vrsta unutar PPOVS HR2000593 Mrežnica – Tounjčica. Puzavi celer raste na vlažnim i vodenim staništima poput vlažnih livada, jaraka, plitkih bara i riječnih rukavaca, a ističe se tok Tounjčice (JU Natura Viva, 2021). Raste u plitkim vodama s uglavnom sporim tokom, ali je također prisutan na mokrim obalama rijeka gdje se pojavljuju periodične poplave. Puzavi celer voli otvorena, sunčana staništa, ali također može rasti u sjeni ili među visokom obalnom vegetacijom (Boršić i sur., 2012). Prema dostupnim podacima Završnog izvješća „Ciljna vrsta *Apium repens* (Jacq.) Lag. – puzavi celer“ u sklopu projekta Usluge definiranja SMART ciljeva očuvanja i osnovnih mjera očuvanja ciljnih vrsta i stanišnih tipova“, „Grupa 7: Definiranje ciljeva i mjera očuvanja za nedovoljno poznate vrste flore i stanišne tipove“, na promatranom području je vrsta zabilježena na jednom lokalitetu, na rijeci Tounjčici u blizini vrela Rudnica. Nadalje, na vlažnim staništima unutar zaštićenih područja, prema Pravilniku o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/2013, 73/2016), zabilježene su četiri strogo zaštićene vrste, od čega su zabilježene ugrožena vrsta (EN) tamnozeleni šaš (*Carex lepidocarpa*), koja je ugrožena gubitkom staništa zbog odvodnjavanja, širenja prometnica i sukcesije te mjehurasti šaš (*Carex vesicaria*), koji je prema FCD-u osjetljiva vrsta (VU), a isušivanje mu predstavlja glavni razlog ugroženosti (ZZOP MINGOR, 2023).

U vodotocima su zabilježene brojne autohtone vrste riba, među kojima se ističu osjetljive vrste (VU) potočna mrena (*Barbus balcanicus*), veliki vijun (*Cobitis elongata*), manjić (*Lota lota*), piškur (*Misgurnus fossilis*), potočna pastrva (*Salmo trutta*), klen (*Squalius cephalus*), mali vretenac (*Zingel streber*) i velika pliska (*Alburnus sarmaticus*) koja je, uz vrste peš (*Cottus gobio*) i plotica (*Rutilus virgo*), ciljna vrsta područja ekološke mreže PPOVS-a HR2000593 Mrežnica-Tounjčica. Od ostalih vrsta isključivo vezanih za vodotoke, ističe se i osjetljiva vrsta (VU) potočni rak (*Austropotamobius torrentium*), koja je strogo zaštićena i prema Direktivi o staništima (SL L 206, 22.07.1992.) prioritarna ciljna vrsta. Ova vrsta nastanjuje manje, hladne vodotoke s brzim strujanjem vode, a posebno joj je važna prisutnost obalne vegetacije, koja pruža zaklon u korijenju i pomaže u održavanju stabilne temperature vode. Na zaštićenom području također je zabilježen i riječni rak (*Astacus astacus*), strogo zaštićena i osjetljiva vrsta (VU). Glavni pritisci na ove vrste uključuju promjene u kvaliteti vode i gubitak staništa (Gottstein, 2013; ZZOP MINGOR, 2023). Nadalje, pješčano i šljunkovito dno vodotoka bogatih kisikom čini idealno stanište za školjkaša

običnu lisanku (*Unio crassus*), posebno na lokalitetima poput Mrežničke Varoši i ušća Tounjčice u Mrežnicu. Ova vrsta je ciljna vrsta unutar područja ekološke mreže HR2000593 Mrežnica-Tounjčica i strogo zaštićena vrsta. Za očuvanje obične lisanke i njenih ribljih domaćina ključno je održati povezanost vodenih tokova, omogućujući migraciju riba i širenje mladih jedinki. Na Mrežnici i Tounjčici zabilježene su vrste obalčara (*Plecoptera*), od kojih je *Brachyptera monilicornis* ugrožena (EN), a ugroženost ovih vrsta ovisi o stanju vodotokova i ljudskom utjecaju, pri čemu su ključna staništa hladni, brzo tekući i nezagađeni vodotoci, posebno izvorišna područja (Popijač, 2007; ZZOP MINGOR, 2023). Vodena i vlažna staništa (rijeke, potoci, jezera, lokve) izuzetno su važna lovišta za gotovo sve vrste šišmiša, jer se iznad i na površini vode nalazi najveća koncentracija kukaca kojima se oni hrane. Razvijena obalna vegetacija te očuvana poplavna zona, od visokog su značaja za još dvije ciljne vrste područja ekološke mreže HR2000593 Mrežnica-Tounjčica: dabra (*Castor fiber*) i vidru (*Lutra lutra*).

#### 6.1.6.2.2 Travnjaci

Obalni pojas uz rijeke Mrežnicu i Tounjčicu obuhvaća područja koja su između ostalog prekrivena i travnjacima. S obzirom na to da područje ZK Mrežnica obuhvaća širi pojas oko rijeke, upravo su na tom području ustanovljene veće površine travnjaka, u odnosu na područje SP Mrežnica-Tounjčica. Prostorno je gotovo 70 % travnjaka područja Plana rasprostranjeno u Općini Generalski Stol. **C.2.3.2. Mezofilne livade košanice (sveza *Arrhenatherion elatioris*)** su rasprostranjene nizvodno uz rijeku Mrežnicu, dok uz rijeku Tounjčicu (veliki nagibi obala) nisu ustanovljene. Mezofilne livade košanice su spontano razvijeni antropogeni trajni stadiji staništa koja se održavaju redovitim kosidbom. Za njih je značajna razina podzemne vode i količina hranjivih tvari. S obzirom na razinu podzemne vode te se livade nalaze između močvarnih zajednica visokih šaševa s jedne strane, i brdskih travnjaka s druge strane. Uglavnom su rasprostranjene u mozaicima staništa sa šikarama i poljoprivrednim površinama, a budući da se se u vertikalnom smislu na mezofilne livade košanice na području Plana „naslanjanju“ **C.3.3.1. Brdske livade uspravnog ovsika na karbonatnoj podlozi (sveza *Bromion erecti*)**, često ova dva stanišna tipa tvore mozaike staništa. Brdske livade uspravnog ovsika su mezofilne zajednice nastale u procesima antropogene degradacije u kojima dominiraju višegodišnje busenaste trave. Služe i kao livade košanice i kao pašnjaci, a naseljavaju obično padine većih nagiba, nepogodnim za poljoprivrednu obradu. Značajne su kao staništa za mnoge vrste orhideja. Na području Plana se ove livade nalaze uglavnom u mozaicima sa šikarama, što upućuje na nedostatak održavanja kosidbom ili ispašom.

#### Flora i fauna

Travnjaci na području Plana predstavljaju važna staništa za niz biljnih i životinjskih vrsta, a prema Planu upravljanja, na ovom području zabilježeno je 238 vrsta vaskularne flore, od kojih je 12 vrsta strogo zaštićeno sukladno Pravilniku o strogo zaštićenim vrstama. Među strogo zaštićenim vrstama orhideja koje rastu na osunčanim livadama i travnjacima ističu se pčelina kokica (*Ophrys apifera*) sa statusom ugrožene vrste (EN) te medeni kaćun (*Orchis ustulata*) sa statusom osjetljive vrste (VU) (prema FCD bazi podataka, Nikolić, 2025.). Glavni uzroci ugroženosti ovih orhideja su napuštanje košnje travnjaka, prirodna sukcesija livada i pašnjaka, fragmentacija staništa te sakupljanje zbog njihove atraktivnosti.

Invazivne strane vrste se smatraju jednom od najvećih prijetnji za bioraznolikost na globalnoj razini, odmah nakon uništavanja staništa. One destabiliziraju ekosustave u kojima se pojave, jer u njima nemaju prirodnih neprijatelja, natječu se za prostor i hranu sa zavičajnim vrstama, mijenjaju uvjete na staništu, prenose bolesti na zavičajne vrste te se s njima križaju. Broj unosa stranih vrsta u nova područja se neprestano povećava, a glavni razlog tomu su povećanje globalne trgovine, prijevoza, turizma i sve izraženije klimatske promjene. Na području Plana je prema podacima s informacijskog sustava o invazivnim stranim vrstama zabilježen veći broj invazivnih vrsta na mezofilnim livadama košanicama, a neke od njih su *Ailanthus altissima*, *Ambrosia atremisiifolia*, *Erigeron canadensis*, *Erigeron annuus*, *Solidago gigantea* i *Sorghum halapense*. Osim navedenih vrsta, prema Stručnoj podlozi za zaštitu porječja rijeke Mrežnice u kategorijama spomenik prirode i Značajni krajobraz (MINGOR, ZZOP 2023.) zabilježene su i *Galinsoga ciliata*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Robinia pseudoacacia* i *Veronica persica*.

Otvorena staništa kao što su travnjaci, livade i pašnjaci mozaično strukturirani pogoduju za život brojnim vrstama te predstavljaju važno lovno stanište osim šišmišima i mnogim vrstama ptica. Obalne zone i vlažne livade čine staništa za brojne vrste leptira, a kontinuirani vodni režim ključan je za njihovu stabilnost i raznolikost. Na vlažnim livadama zabilježeno je nalazište močvarnog plavca (*Maculinea alcon*), strogo zaštićene i kritično ugrožene vrste (CR). Tipična staništa ove vrste su vlažne livade s prisutnošću biljke hraniteljice i mravinjaka crvenih mrava (*Myrmica scabrinodis*, *M. ruginodis* i *M. rubra*). Leptiri močvarnog plavca lete u kasno ljeto, tijekom srpnja i kolovoza, polažući jaja na biljku plućni srčanik (*Gentiana pneumonanthe*), koja služi kao ovipozijska biljka i hrana za gusjenice, a koja je ocjenjena kao ugrožena (EN). Od ostalih vrsta leptira koji su zabilježeni na promatranom području ističu se

osjetljive vrste (VU) Grundov šumski bijelac (*Lepidea morsei major*) i veliki timijanov plavac (*Phengaris arion*). Močvarna riđa (*Euphydryas aurinia*), ciljna vrsta područja ekološke mreže HR2000592 Ogulinsko-plašćansko područje, strogo je zaštićena, a javlja se unutar dijela Spomenika prirode Mrežnica-Tounjčica kod Sastavaka. Njena tipična staništa su vlažne vapnenačke livade, dok su glavni uzroci ugroženosti sukcesija grmovitom vegetacijom, isušivanje livada i intenziviranje poljoprivrede (Šašić i sur., 2015; MINGOR ZZOP, 2023). Travnjaci su osim važni i za glavnu vrstu sitne divljači – zeca običnog, koji koristi raznolika staništa kao svoje lovnoproduktivne površine, ali mu najviše odgovaraju krajolici u kojima se izmjenjuju otvorena staništa (livade, oranice) sa šumarcima.

### 6.1.6.2.3 Kraške špilje i jame

Područje Plana karakteriziraju karbonatne stijene mezozojske starosti s razvijenim krškim i fluviokrškim reljefom. Vodopropusni sedimenti vapnenaca pogodni su za prodiranje površinskih voda u podzemne sustave, kroz koje ponire voda do vodonepropusnog sedimenta ili do kompaktnijeg dijela karbonatnih naslaga. Vodopropusnost naslaga je vrlo dobra te su procesom speleogeneze nastali brojni speleološki objekti, od kojih su mnogi hidrološki aktivni, s tokom podzemnih vodenih kanala stalnog ili povremenog tečenja. Broj speleoloških objekata na području Plana nije u potpunosti poznat, ali se procjenjuje da ih je nekoliko desetaka. Na području ZK Mrežnica pet objekata je detaljnije istraženo (Mrežnička peć podno Svete Jelene, Puškarić 1, Puškarić 2, Kujina jama i Mijatova jama), a poznato ih je još 8 koji su nedovoljno istraženi među kojima se po do sad poznatim dimenzijama ističu Uska i Duca jama. U SP Mrežnica-Tounjčica detaljnije je istraženo šest speleoloških objekata (Mala i Velika špilja u izvoru Bučak, Pećina uz Mrežnicu vis-a-vis mlina, Pećina na Mrežnici kraj mlina 2, Pećina u kanjonu Mrežnice 1 i Rudnica VI), dok ih je još 18 nedovoljno istraženo. Znatan udio speleoloških objekata područja je hidrološki aktivan te je od navedenih detaljnije istraženih objekata, njih osam hidrološki aktivno. U području se svakako ističu špilje u kanjonu vodotoka Rudnica koje čine složen hidrološki sustav koji je najvjerojatnije nastao tektonskim urušavanjem velikog špiljskog sustava (poput sustava Tounjčice) (prema navodima Društva za planinarenje, istraživanje i očuvanje prirodoslovnih vrijednosti - OSMICA).

Jedna od njih je i Rudnica VI, špilja u kojoj se nalazi jedan od šest izvora koji napajaju vodotok Rudnicu, pritok Tounjčice. Ova špilja je jedini speleološki objekt na području Plana koji pripada ciljnom stanišnom tipu 8310 Špilje i jame zatvorene za javnost PPOVS-a HR2000592 Ogulinsko-plašćansko područje.

Na širem području nalazi još stotinjak poznatih speleoloških objekata, a po važnosti za prirodu, te s obzirom na povezanost podzemnih tokova, i za područje Plana, izdvajaju se Jazbina jama i Ledenička špilja koje se nalaze u neposrednoj blizini SP Mrežnica-Tounjčica. Obje špilje su hidrološki aktivne i uvrštene su u ekološku mrežu kao PPOVS područja HR 2000057 Jazbina jama i HR 2000072 Ledenička špilja. Uz navedene, uz granicu područja SP Mrežnica-Tounjčica nalazi se i Jama kod Dizdara.

## Fauna

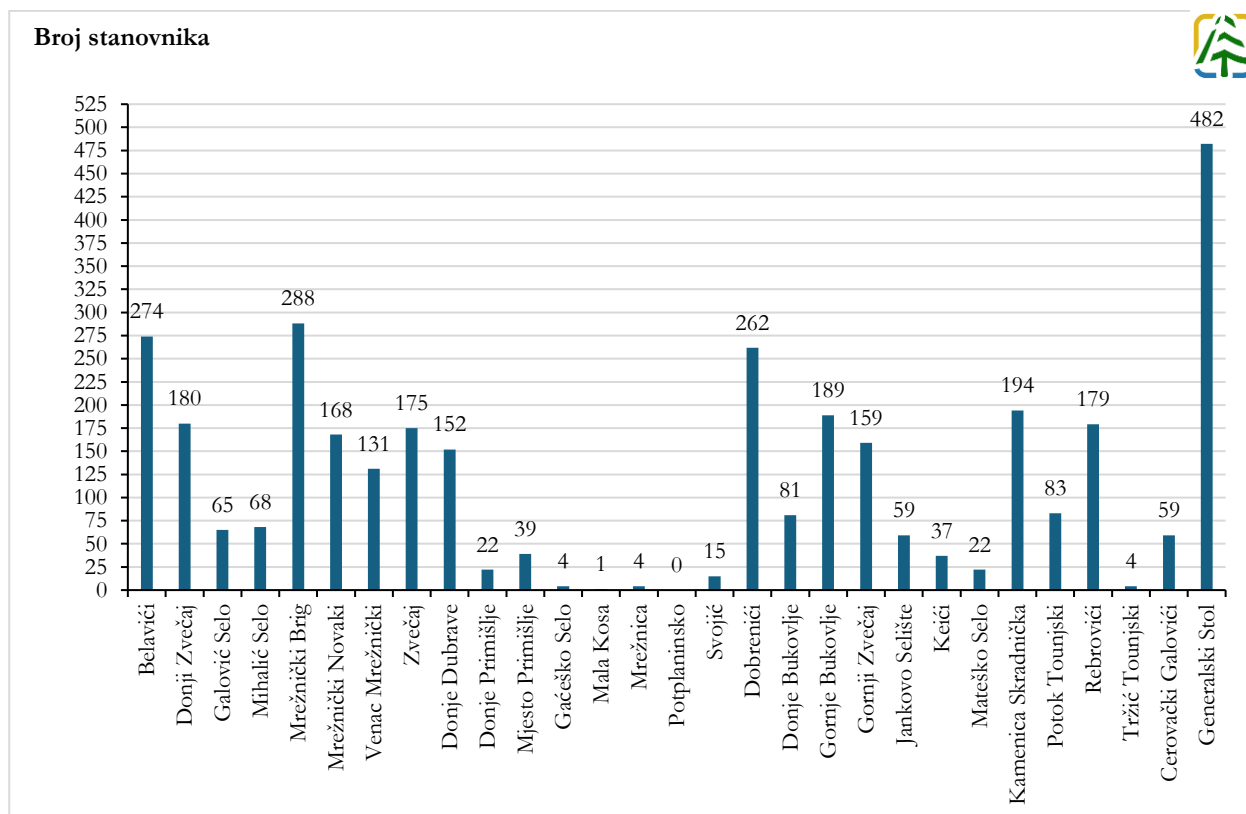
U speleološkim objektima u Hrvatskoj utvrđena je najveća bioraznolikost špiljske faune na svjetskoj razini (Ozimec i dr., 2009) te je bioraznolikost špiljske faune na području Plana također iznimna, a svakako se ističe fauna špilja u kanjonu vodotoka Rudnice. Prema navodima Društva za planinarenje, istraživanje i očuvanje prirodoslovnih vrijednosti – OSMICA, u špiljama kanjona Rudnice utvrđeno je 12 vrsta puževa (10 stigobionata, jedan stigoofil te jedan troglobiont) te, nakon sustava Vilina špilja-izvor Omble, ovo područje ima najveću raznolikost faune špiljskih puževa u Hrvatskoj, a daljnjim istraživanjima taj broj će se moguće i povećati.

U špilji Rudnica VI zabilježena je podvrsta ogulinske špiljske spužvice, *Eunapius subterraneus mollisparspanis* (rudnička špiljska spužvica) te četiri vrste slatkovodnih puževa: *Lanzuia rudnicae* (rudnička lanzaja), *Hadziella rudnicae* (rudnička hadžijela), *Paladilhopsis insularis* i *Plagigeyeria jalzivi*, koje su poznate isključivo s ovog lokaliteta (HBSD). Kao i ostale vrste koje su cijelim životnim ciklusom vezane uz speleološke objekte i ove vrste su strogo zaštićene. Rudnička hadžijela je kritično ugrožena (CR), dok su ostale navedene vrste kategorizirane kao osjetljive (VU). Osim navedenih, špilja je stanište brojnim drugim vrstama, a zajedno sa špiljom Rudnica IV i nedovoljno poznatoj vrsti (DD), paleoendemu Dinarida, dinarskom špiljskom cjevašu (*Marifugia cavatica*) (Društvo za planinarenje, istraživanje i očuvanje prirodoslovnih vrijednosti - OSMICA).

Jazbina jama i Ledenička špilja su bitne jer predstavljaju stanište endemskim vrstama podzemne faune: *Niphargus jalzici* i *Bathyscimus croaticus*. *Niphargus jalzici* je ugrožena vrsta (EN). Osim za endemsku faunu ove špilje su važno stanište za mnoge druge podzemne vrste (MINGOR ZZOP, 2023).

### 6.1.7 Stanovništvo

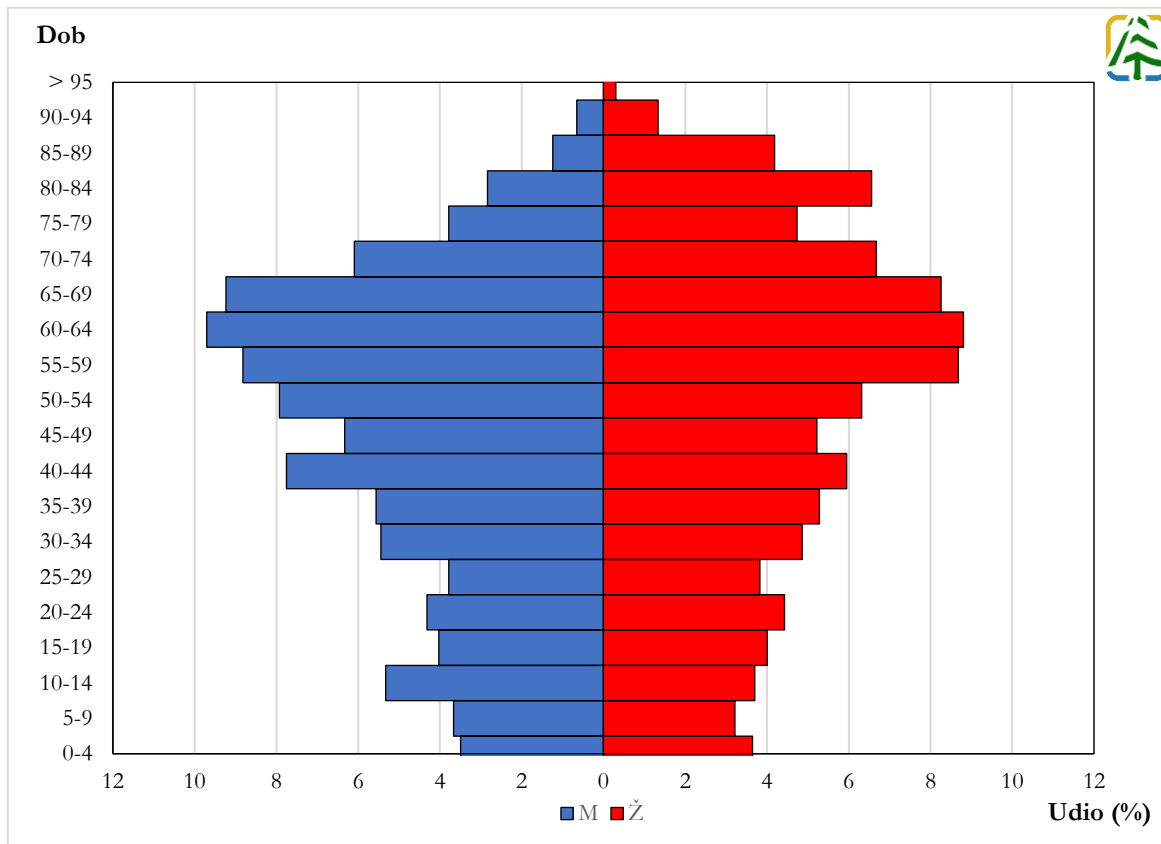
Stanovništvo je jedan od glavnih resursa nekog prostora i bitna odrednica društveno-ekonomskog razvoja te kao takvo ima utjecaj na klimatske promjene, ali i veliku ranjivost na klimatske promjene. Njegovo kretanje i sastav značajno se odražavaju na aktualne procese u prostoru te velikim dijelom determiniraju njegov budući razvoj. Zaštićeno područje obuhvaća 29 naselja koja su prema Popisu stanovništva 2021. imala ukupno 3396 stanovnika. Najveći broj stanovnika imala su naselja Generalski Stol (482 stanovnika), Mrežnički Brig (288 stanovnika) i Belavići (274 stanovnika), dok su najmanji broj imala naselja Gaćeško Selo, Mrežnica, Tržić Tounjski s po četiri stanovnika, Mala Kosa s jednim stanovnikom te naselje Potplaninsko koje nije imalo stanovnika (Slika 6.1). U zadnjem međupopisnom razdoblju (2011.-2021.) cijelo područje zabilježio je pad broja stanovnika, kako kombinirano, tako i pojedinačno. Izuzetak su jedno naselje Venac Mrežnički i Mrežnica u kojim nije bilo promjene u broju stanovnika.



Slika 6.1 Broj stanovnika u naseljima obuhvaćenim zaštićenim područjem u 2021. godini (Izvor: DZS)

Ukupno kretanje stanovništva posljedica je prirodnog kretanja i mehaničke (prostorne) pokretljivosti stanovništva. Na zaštićenom području se u posljednjih pet godina bilježi negativna prirodna promjena (veći broj umrlih od broja živorođenih) kao rezultat povijesnih migracijskih tokova što je rezultiralo starenjem stanovništva, a s time i padom nataliteta i povećanjem smrtnosti. S druge strane, nakon dugog perioda negativnog migracijskog salda, na promatranom području je u zadnje tri godine zabilježen pozitivan migracijski saldo, odnosno došlo je do povećanja broja doseljenih u odnosu na broj odseljenih. Jedan od najvažnijih pokazatelja biodinamike stanovništva nekog područja je dobno-spolna struktura stanovništva. Prema Popisu stanovništva iz 2021. godine, udio starog stanovništva (> 60) iznosio je 37,16 %, dok je mladog (< 19) bilo 15,55 %. Ova nepovoljna struktura ukazuje na negativan trend u kretanju stanovništva, što ima negativne posljedice na opće društvene prilike i gospodarski razvoj prostora. Spolna struktura stanovništva pokazuje brojčani odnos muškog i ženskog stanovništva, a uobičajeno se prikazuje zajedno s dobnom strukturom (Slika 6.2). Udio žena u ukupnom broju stanovnika 2021. iznosio je 49,6 %, dok je udio muškaraca iznosio 50,6 %. U starijim dobnim skupinama vidljiv je veći udio žena, dok u mlađim dobnim skupinama dominiraju muškarci. Riječ je o diferencijalnom mortalitetu i natalitetu. Oblik dobno-spolne strukture ukazuje na staro ili kontraktivno stanovništvo s obzirom na to da ima suženu bazu piramide dok je vrh piramide ispupčen (poprima oblik urne). Iz svega navedenog može se zaključiti da je cijelo područje ušlo u proces demografskog starenja. Gospodarske posljedice demografskog starenja dolaze do izražaja u obujmu odljeva radne snage, starenju radne snage kao i nižoj produktivnosti rada. Također starenje utječe na strukturu javne i osobne potrošnje, ali i promjene u socijalnom životu i ponudi usluga koje se nude stanovništvu (povećanje potreba za skrbi

starijih) (Nejašmić, 2005). Prema Indeksu razvijenosti i pokazatelju za izračun indeksa razvijenosti 2024 (MRRFEU, 2025) četiri JLS su prema stupnju razvijenosti<sup>9</sup> iznadprosječno razvijene, a to su gradovi Duga Resa i Ogulin te općine Barilović i Slunj, dok su općine Generalski Stol i Tounj ispodprosječne, odnos smatraju se kao potpomognuta područja.



Slika 6.2 Dobno-spolna struktura stanovništva u naseljima obuhvaćenim zaštićenim područjem u 2021. godinu (Izvor: DZS)

### 6.1.8 Krajobraz

Prema Krajobraznoj regionalizaciji Hrvatske s obzirom na prirodna obilježja (Bralić, 1999), promatrano područje proteže se središnjim dijelom šire krajobrazne regije *Kordunska zaravan* u smjeru sjeveroistok – jug.

Prirodne karakteristike ove krajobrazne jedinice očituju se u prostranoj vapnenačkoj zaravni između poteza Petrova gora – Žumberak, a čijim se područjem protežu rijeke Mrežnica, Kupa, Korana i Dobra koje svojim oblikom i kretanjem unose dinamiku u ovaj pretežito zaravnjeni prostor. Prosječna nadmorska visina zaravni kreće se između 300 i 400 metara, s dublje usječenim riječnim kanjonima ispresijecanim brojnim sedrenim barijerama i slapovima. Osnovna obilježja čini zaravnjen do brežuljkasti reljef sastavljen od pokrivenog krša s brojnim plitkim krškim depresijama (ponikve, dolci, manja polja) te znatno iskrčenim i degradiranim šumama. Iako područje obiluje brojnim geomorfološkim oblicima, oni su slabo čitljivi u prostoru zbog guste prirodne vegetacije koju sačinjavaju najvećim dijelom bjelogorične šume i površine pod sukcesijom.

Kulturne (antropogene) karakteristike Kordunske zaravni čine gradovi Karlovac i Ozalj, koji se nalaze uz samu granicu ove krajobrazne regije, te gradovi Duga Resa i Slunj smješteni unutar krških zaravni. Najčešći infrastrukturni antropogeni oblici koji se pojavljuju na području zaravni su nasipi uz prometnice, cestovna i željeznička infrastruktura s pratećim objektima te umjetna slapišta na rijekama. Kulturni krajobraz obilježavaju uske izdužene parcele ograđene živicom ili odijeljene poljskim putovima, gdje u kombinaciji s riječnim tokom i višom prirodnom vegetacijom čine jedinstven krajobrazni uzorak.

Vizualno-doživljajne karakteristike kordunske regije u najvećoj se mjeri očituju unutar riječnog krajobraza čiji je prostor definiran meandrirajućim tokovima koji u pojedinim dijelovima prelazi u kanjonski oblik. Uz rijeke se

<sup>9</sup> Sve JLS prema razvijenosti rangira i razvrstava u osam skupina, od najnerazvijenije prve skupine do najrazvijenije osme, gdje su prve četiri ispod RH prosjeka, a druge četiri iznad RH prosjeka.

razvijaju različiti prirodni i antropogeni elementi koji utječu na dinamiku prostora te stvaraju jedinstvene krajobrazne uzorke i doživljaje. Zemljište je uglavnom nepogodno za intenzivnu poljoprivredu pa se u slici prostora izmjenjuju šume, travnjaci, manja naselja te usitnjene poljoprivredne parcele uglavnom smještene na dnu depresija, što sve zajedno mjestimično ostvaruje izrazito slikovite i vizualno privlačne odnose. Slikovite, pretežno kanjonske doline četiriju krških rijeka s izuzetnim hidrološkim vrijednostima esencijalni su i najvrijedniji dio identiteta i prepoznatljivosti ove regije.

Riječni krajobraz Mrežnice i Tounjčice ističe se kanjonima bistrih krških rijeka Mrežnice i Tounjčice, homogenim šumskim kompleksima uz vodene tokove, mozaikom poljoprivrednih površina, selima i zaselcima, travnjacima, šumarcima i brojnim ponikvama te zonama intenzivnije izgradnje odnosno područjima većih naselja.

U gornjem toku Mrežnice i Tounjčice ističu se kanjonski elementi krajobraza koji ujedno predstavljaju jedne od najistaknutijih vizura cijelog područja. Najizraženije stjenovite obale javljaju se od izvora Mrežnice do mosta u Primišlju nakon kojeg kanjon postupno postaje sve blaži. U sjevernom dijelu odnosno u donjem toku Mrežnice obale su lako dostupne, obrasle vegetacijom nizinskih vlažnih staništa. Obzirom na šire doline blažih nagiba, ovdje su obale pod većim antropogenim utjecajem u obliku naselja, mostova, mlinica, voćnjaka i oranica.

Područje nizvodno od ušća Tounjčice u Mrežnicu, otprilike do Dobrenića, ističe se po cjelovitosti šumskog zemljišta koje je uglavnom pokriveno šumama hrasta kitnjaka i običnog graba, bukovim šumama te mjestimično čistim grabicima. Ovi šumoviti predjeli nadovezuju se na riječni pojas stvarajući prepoznatljivost krajobraznog područja srednjeg toka Mrežnice. Najveću raznolikost ovog područja čine prostori mozaičnog prostornog rasporeda manjih ruralnih naselja, riječnog toka, obradivih poljoprivrednih zemljišta, travnjaka, pašnjaka, šumskih staništa i brojnih ponikvi.

Na širem promatranom području nema gradova, no potrebno je istaknuti zapadni dio u kojem je uz državnu cestu Duga Resa – Josipdol razvijeno nekoliko većih naselja poput Donjeg Zvečaja, Zvečaja, Gornjeg Zvečaja te Generalskog Stola. U sjevernom dijelu, odnosno istočno od toka Mrežnice smješteno je više raštrkanih ruralnih naselja koja, uz ona prethodno spomenuta, najviše doprinose gustoći i intenzitetu izgrađenosti prostora. Negativni antropogeni utjecaji na šire područje očituju se kroz preintenzivnu i lokacijski neprikladnu gradnju u neposrednoj blizini obalnog pojasa Mrežnice, na kontaktu šume i nižih brežuljaka te na krajobrazno istaknutim lokacijama. Neprimjerena gradnja jače je prisutna u područjima uz lijevu obalu Mrežnice sjeverno od Generalskog Stola te uz obje obale Mrežnice u dijelu značajnog krajobraza.

## 6.2 Sektori

### 6.2.1 Vodni resursi

U svrhu monitoringa i zaštite, podzemne vode su na području RH izdvojene u zasebne cjeline. Prema podacima Plana upravljanja vodnim područjima do 2027., širi prostor zaštićenog područja u potpunosti se nalazi na području tijela podzemne vode CSGN-16 Mrežnica (Tablica 6.6). Karakterizira ga pukotinsko – kavernoza poroznost, a prema prirodnoj ranjivosti vodonosnika 59 % područja je umjerene ranjivosti.

Tablica 6.6 Osnovni podaci o TPV CSGN-16 Mrežnica (Izvor: Plan upravljanja vodnim područjima do 2027.)

Kod	Ime TPV	Poroznost	Površina (km <sup>2</sup> )	Obnovljive zalihe podzemne vode (*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /god)	Prirodna ranjivost
CSGN-16	Mrežnica	Pukotinsko - kavernoza	1372	1324	59 % područja umjerene ranjivosti

Što se tiče njegovog stanja, TPV CSGN-16 Mrežnica ocjenjeno je kao dobrog kemijskog i količinskog stanja s visokom razinom pouzdanosti. Procjena rizika za količinsko stanje podzemnih voda pokazuje određeni stupanj nepouzdanosti uslijed djelovanja pritisaka i pripadajućih pokretača. Glavni pritisak odnosi se na promjene razine podzemnih voda i njihovu izdašnost, uvjetovane utjecajem industrijskih aktivnosti i potreba stanovništva. Identificirani pokretači su industrija te urbani razvoj, koji uključuju sustave vodoopskrbe i odvodnje te odlaganje otpada.

#### Opskrba stanovništva vodom

Za opskrbu stanovništva vodom za ljudsku potrošnju na predmetnom području (Duga Resa, Generalski Stol, Barilović, Ogulin, Tounj, Slunj) ovlaštena je matična tvrtka Vodovod i kanalizacija d.o.o. Karlovac te njene tri podružnice (Duga Resa, Ogulin i Slunj). U sljedećoj tablici prikazana je matična tvrtka i njezine tri podružnice s područjima koja opskrbljuju (Tablica 6.7).

Tablica 6.7 Tvrtke ovlaštene za vodoopskrbu na predmetnom području (Izvor: Podaci komunalnih poduzeća Karlovačke županije)

Naziv tvrtke	Općina/Grad
Vodovod i kanalizacija d.o.o., Karlovac	Barilović
Podružnica Duga Resa	Duga Resa Barilović Generalski Stol
Podružnica Ogulin	Ogulin Tounj
Podružnica Slunj	Slunj

Prema podacima Hrvatskih voda, na području prethodno spomenutih JLS nalaze se sljedeća vodocrpilišta:

- Duga Resa:
  - Mostanje - III. i IV. zona sanitarne zaštite (izvorište je u gradu Karlovcu)
  - Crpilište Mostanje je novo crpilište u nadležnosti ViK d.o.o. Karlovac, na kojem se nalazi tri zdenca, još nije uključeno u sustav javne vodoopskrbe
- Ogulin:
  - Drežnica-Kosanović vrelo – izvorište je unutar JLS
  - Zagorska Mrežnica (Ogulin) – izvorište je unutar JLS
  - Zdiška-Turkovići (Ogulin) – izvorište je unutar JLS
- Barilović:
  - Mostanje III. i IV. zona sanitarne zaštite izvorišta (opisano pod Duga Resa)
  - Petak – izvorište je unutar JLS
- Generalski Stol:
  - Rijeka Mrežnica-Mlinci (Generalski Stol) – izvorište je unutar JLS
- Slunj:
  - Rijeka Slunjčica – izvorište je unutar JLS
- Tounj – nema crpilišta niti zona sanitarne zaštite izvorišta

Prema Planu upravljanja vodnim područjima do 2027., količine zahvaćenih voda za različite namjene gledajući načelno, nisu značajne u odnosu na ukupno raspoloživi resurs, ali se problemi javljaju lokalno tamo gdje ili po količini ili po razdoblju zahvaćanja dodijeljena prava na vodu prelaze lokalno raspoložive kapacitete resursa. Na takvim prostorima je potrebno intenzivirati aktivnosti na registraciji korisnika (osobito malih individualnih zahvaćanja voda), praćenju zahvaćenih količina i provedbi mjera racionalizacije potrošnje voda. U sljedećoj tablici (Tablica 6.8) prikazane su zahvaćene količine vode u odnosu na dopuštenu količinu zahvaćanja za svaku godinu unutar razdoblja 2020. – 2024., iz čega je vidljivo kako ukupne dozvoljene količine zahvaćanja vode na području predmetnih JLS nisu prekoračene.

Tablica 6.8 Zahvaćene količine vode u odnosu na dozvoljenu količinu zahvaćanja u razdoblju 2020. – 2024. po crpilištima (Izvor: Hrvatske vode)

Crpilište	Zahvaćene količine vode (m <sup>3</sup> ) po godinama					Dozvoljena količina zahvaćanja (m <sup>3</sup> /god)
	2020.	2021.	2022.	2023.	2024.	
Drežnica	98 509	74 499	60 519	59 267	46 725	<b>80 000</b>
Zagorska Mrežnica	1 838 483	1 615 663	1 486 241	1 251 110	1 183 743	<b>2 500 000</b>
Zdiška-Turkovići	0	0	0	126 041	119 349	<b>150 000</b>
Petak	360 764	340 515	372 581	333 228	329 320	<b>450 000</b>
Mrežnica	0	0	0	81 617*	110 827	<b>160 000</b>
Slunjčica	916 541	937 792	836 586	820 946	852 096	<b>1 000 000</b>

\* od 7. do 12. mjeseca 2023.

Pritisци koji proizlaze iz vodoopskrbe primarno se odnose na crpljenje podzemne ili površinske vode čime se negativno utječe na količinsko stanje TPV, odnosno na indeks korištenja vodnih TPV. Pregledom podataka iz Plana upravljanja vodnim područjima, utvrđeno je kako na TPV CSGN-16 Mrežnica zahvaćanje podzemnih voda iznosi 0,26 %. Točan prikaz obnovljivih zaliha podzemne vode i zahvaćenih količina prikazan je u sljedećoj tablici (Tablica 6.9).

Tablica 6.9 Ocjena količinskog stanja – obnovljive zalihe i zahvaćene količine (Izvor: Plan upravljanja vodnim područjima do 2027.)

Kod i ime TPV	Obnovljive zalihe podzemne vode (*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /god)	Zahvaćene količine (*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /god)	Zahvaćene količine kao postotak obnovljivih zaliha (%)
CSGN-16 Mrežnica	1324	3,44	0,26

## 6.2.2 Poljoprivreda

Poljoprivreda obuhvaća biljnu proizvodnju i stočarstvo, pri čemu je proizvodnja žitarica i krmnog bilja dominantna kao osnova za stočarstvo. Unutar SP Mrežnica-Tounjčica, poljoprivredna djelatnost je ograničena zbog uskog kanjanskog pojasa uz rijeke Mrežnicu i Tounjčicu, dok je nešto raširenija na području ZK Mrežnica koje obuhvaća i šire ruralno područje uz rijeku Mrežnicu. Glavne ratarske kulture su kukuruz, pšenica i ječam, dok se krumpir uglavnom proizvodi u okvirima vlastitih potreba gospodarstava (MINGOR ZZOP, 2023). Prema ARKOD bazi podataka<sup>10</sup> površina poljoprivrednog zemljišta unutar granica zaštićenog područja iznosi 69,38 ha (stanje u listopadu 2025.), a najveći dio tih površina čine livade. Prema podacima Uprave za stočarstvo Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, na zaštićenom području, odnosno unutar JLS koje ono obuhvaća, 2024. bilo je ukupno 15 404 grla stoke, od čega se ističe 8452 grla ovaca kao najbrojnije vrste, a usporede li se ti podaci s onima iz prethodnih godina, vidljiv je silazni trend u broju grla.

## 6.2.3 Šumarstvo

U šumskogospodarskom smislu, šumama i šumskim zemljištem na području Plana gospodari javni šumoposjednik Hrvatske šume d.o.o. putem dvije Uprave šuma Podružnica – Uprava šuma Podružnica Karlovac i Uprava šuma Podružnica Ogulin. SP Mrežnica-Tounjčica nalazi se na području pet gospodarskih jedinica, a ZK Mrežnica na području dvije gospodarske jedinice (Tablica 6.10). Uz državne šume i šumska zemljišta, na području Plana nalaze se i šume u vlasništvu privatnih šumoposjednika. Šumama u privatnom vlasništvu gospodare njihovi vlasnici/posjednici uz savjetodavnu i stručnu pomoć Ministarstva poljoprivrede, na zahtjev vlasnika/posjednika šume. Na području ZK Mrežnica ima ukupno četiri, a na području SP Mrežnica-Tounjčica nalaze se tri gospodarske jedinice privatnih šumoposjednika (Tablica 6.11).

Tablica 6.10 Gospodarske jedinice unutar područja Plana u državnom vlasništvu (Izvor: Plan upravljanja Značajnim krajobrazom Mrežnica i Spomenikom prirode Mrežnica-Tounjčica (JU Natura Viva, 2025.))

Zaštićeno područje	Uprava šuma	Šumarija	Gospodarska jedinica	Valjanost osnove
ZK Mrežnica	Podružnica Karlovac	Duga Resa	Bosiljevac	2020.-2029.
			Dobra	2021.-2030.
SP Mrežnica-Tounjčica	Podružnica Karlovac	Duga Resa	Bosiljevac	2020.-2029.
			Perjasička kosa	2022.-2031.
			Koranska Dubrava	2019.-2028.
	Podružnica Ogulin	Ogulin	Međuvođe-Zale	2019.-2028.
		Josipdol	Radošić	2023.-2032.

Tablica 6.11 Gospodarske jedinice unutar područja Plana u privatnom vlasništvu (Izvor: Plan upravljanja Značajnim krajobrazom Mrežnica i Spomenikom prirode Mrežnica-Tounjčica (JU Natura Viva, 2025.))

Zaštićeno područje	Naziv gospodarske jedinice
ZK Mrežnica	Dugoreške šume
	Lipa - Generalski stol

<sup>10</sup> ARKOD je nacionalni sustav identifikacije zemljišnih parcela, odnosno evidencija uporabe poljoprivrednog zemljišta u Republici Hrvatskoj koji poljoprivrednicima omogućava lakši i jednostavniji način podnošenja zahtjeva za potporu kao i njihovo transparentno korištenje.

Zaštićeno područje	Naziv gospodarske jedinice
SP Mrežnica-Tounjčica	Mala Švarča - Cerovac Barilovački
	Mateško selo - Poloj
	Donje Dubrave - Skradnik
	Mateško selo - Poloj
	Zdenac

Od ukupno 637,14 ha šuma u Značajnom krajobrazu 67 % je u privatnom vlasništvu, a 33 % u državnom, dok je u Spomeniku prirode od 274,71 ha 99 % u državnom vlasništvu. Šume unutar zaštićenih područja dio su većih kompleksa, što ih čini stabilnijim ekosustavima. Međutim, razvoj infrastrukture i povećanje antropogenih staništa mogu izazvati fragmentaciju, promjene stanišnih uvjeta na rubovima šuma te negativne utjecaje poput smanjene vlažnosti, onečišćenja i prekida migracijskih puteva faune. Kako bi se očuvala bioraznolikost, potrebno je zaštititi postojeće šumske površine, spriječiti unos invazivnih vrsta i provoditi restauraciju s ciljem stvaranja stabilnih autohtonih šumskih zajednica (JU Natura Viva, 2021; ZZOP MINGOR, 2023).

Posljednjih desetljeća sve su učestaliji pritisci štetnih abiotskih i biotskih čimbenika na šumske ekosustave, a upravo je u obližnjem Gorskom kotaru bilo više uzastopnih nepogoda koji su izazvali nezapamćene štete u hrvatskim šumama. Prema Zborniku radova sa znanstvenog skupa „Gospodarenje šumama u uvjetima klimatskih promjena i prirodnih nepogoda“ (ur. Anić, 2020.) navedeno je da je početkom 2014. godine dio šuma Gorskog kotara na površini od 56 021 ha teško oštećen ledom. Ukupna procijenjena šteta iznosila je 232,6 milijuna eura (HŠ 2014). Posljedica ledoloma bila je masovna pojava štetnika smrekova potkornjaka (*Ips typographus* L.) zbog koje je 2016. godine u šumama Gorskog kotara proglašeno stanje elementarne nepogode. Nakon toga, krajem 2017. nove štete u goranskim šumama izazvao je vjetrolom u kojem je oštećen drveni volumen u količini od približno 500 000 m<sup>3</sup> (HŠ 2017).

Najvećim dijelom državnih šuma i šumskog zemljišta na području Plana gospodari se putem šumarije Duga Resa, u gospodarskim jedinicama Bosiljevac i Perjasička kosa, a zatim i putem šumarija Slunj, Ogulin i Josipdol. Prema zadnjem izvješću „Izvještajno prognozni poslovi u šumarstvu za 2023./2024. godinu“ u 2023. godini na području šumarija evidentirane su štete na šumskim sastojinama uzrokovane raznim abiotičkim i biotičkim čimbenicima. Prema izvješću je olujno nevrijeme koje je pogodilo Hrvatsku 19. i 21. srpnja 2023. godine uništilo nikada do sada registrirane količine drvene mase. Olujni vjetrovi uzrokovali su vjetroleme, izvale i lomove stabala, čime su oštećene i šumske površine kojima gospodare šumarije područja Plana. Također, u svim navedenim šumarijama tijekom 2023. godine evidentirano je i tzv. „sušenje šuma“. Naime, kompleksno i zajedničko djelovanje štetnih biotskih i abiotskih čimbenika dovodi do šteta od „sušenja šuma“, a od dominantnih čimbenika mogu se izdvojiti izostanak oborina u vegetacijskom razdoblju (suša), visoke temperature i ekstremne vremenske pojave. Sinergijski, ovakvi uvjeti narušavaju zdravstveno stanje šuma te povećavaju dostupnost oštećenih i oslabljenih stabala pogodnih za razvoj sekundarnih štetnika, kao što su potkornjaci. Prema istom izvješću, posljednjih godina u cijeloj Europi i svijetu došlo je do naglog porasta populacija i šteta od potkornjaka uzrokovanih klimatskim promjenama (prvenstveno povećanim brojem ekstremnih vremenskih pojava kakav je bio i ledolom u Gorskom kotaru 2014. godine).

Dakle, glavni uzroci šteta državnih šuma na području Plana u 2023. godini bili su ekstremni vremenski događaji (vjetroizvale, vjetrolemi, ledolomi i snjegalomi), napadi smrekovog potkornjaka (*Ips typographus*) i sušenje šuma, a njihov intenzitet u većini slučajeva bio je slab do umjeren (1–20 %). Na području šumarije Duga Resa evidentirano je 641 ha napadnute površine te 2293 m<sup>3</sup> oštećene drvene mase. Štete su nastale kao posljedica ekstremnih vremenskih događaja, napada potkornjaka te sušenja šuma. Prema podacima u izvješću, od vrsta drveća su pogođene obična smreka (*Picea abies*), bukva (*Fagus sylvatica*), listače, ariš (*Larix decidua*) i borovi (*Pinus* sp.). U šumariji Josipdol zabilježeno je 249 m<sup>3</sup> oštećene drvene mase zbog ekstremnih vremenskih događaja i potkornjaka, a pogođene su obična smreka (*Picea abies*), borovi (*Pinus* sp.) i obična jela (*Abies alba*). Na području šumarije Ogulin evidentirano je 1727 m<sup>3</sup> oštećene drvene mase. Oštećenja su uzrokovana napadima potkornjaka i sušenjem šuma, a pogođene vrste su američki borovac (*Pinus strobus*), borovi (*Pinus* sp.), obična bukva (*Fagus sylvatica*), obična jela (*Abies alba*), obična smreka (*Picea abies*), obični grab (*Carpinus betulus*), OMB i OTB. U šumariji Slunj registrirano je 1255,76 ha napadnute površine i 2802 m<sup>3</sup> oštećene drvene mase. Štete su uzrokovane napadima potkornjaka, ekstremnim vremenskim događajima i sušenjem šuma, a pogođene vrste su četinjače, listače i obična smreka (*Picea abies*). Iako prema navedenom izvješću na području Plana nisu zabilježene štete od hrastove mrežaste stjenice (*Corythucha arcuata*), u obližnjim šumarijama je proteklih nekoliko godina utvrđena šteta od navedenog štetnika, u intenzitetu od 61-80 %, a u Šumariji Karlovac 2022. godine čak 81 - 100 %. S obzirom na to da se radi o istim klimatogenim zajednicama i ekološkim uvjetima (brežuljkaste mezofilne šume hrasta kitnjaka) te da se ova invazivna strana vrsta vrlo brzo širi, u budućnosti se na području Plana očekuju slične štete. Hrastova mrežasta

stjenica sisanjem biljnih sokova iz lišća hrasta uzrokuje gubitak klorofila, čime remeti fotosintezu i slabi vitalnost stabla. Budući da se radi o primarnom štetniku, napadnuta stabla postaju ranjivija na sušu i druge stresore povezane s klimatskim promjenama, što predstavlja ozbiljnu prijetnju stabilnosti i očuvanosti hrastovih šuma.

Šume unutar područja Plana prema Zakonu o šumama (NN 68/18, 115/18, 98/19, 32/20, 145/20, 101/23, 36/24) su svrstane u šume posebne namjene (zaštićene šume). Vrijednost ovih šuma ne očituje se toliko kroz gospodarske, koliko kroz općekorisne funkcije. Općekorisne funkcije šuma vrednuju se za svaki šumski odsjek u sklopu O-16 obrazaca Osnova/Programa gospodarenja za gospodarske jedinice, a razvrstane su temeljem Zakona o šumama kako slijedi:

1. zaštita tla, prometnica i drugih objekata od erozije, bujica i poplava,
2. utjecaj na vodni režim i kvalitetu voda,
3. utjecaj na plodnost i poljoprivrednu proizvodnju,
4. utjecaj na klimu i ublažavanje posljedica klimatskih promjena,
5. zaštita i unapređenje čovjekova okoliša,
6. stvaranje kisika, ponor ugljika i pročišćavanje atmosfere,
7. rekreativna, turistička i zdravstvena funkcija,
8. stvaranje povoljnih uvjeta za divljač i ostalu faunu,
9. povećan utjecaj zaštitnih šuma i šuma s posebnom namjenom na bioraznolikost.

Šume hrasta kitnjaka i običnog graba, koje su najzastupljenije na području Plana, rasprostranjene su blizu naselja i poljoprivrednih površina, stoga imaju veliko značenje u ublažavanju klimatskih ekstrema, hidromeliorativnom djelovanju i opskrbi pitkom vodom. Osim toga, s obzirom na karakteristike područja Plana, naglašene su i rekreativna, turistička i zdravstvena funkcija, a budući da se radi o šumama posebne namjene, ove šume imaju povećan utjecaj na bioraznolikost. Šume hrasta medunca i crnog graba, zbog strmih položaja na kojima rastu imaju izraženu funkciju zaštite tla, prometnica i drugih objekata od erozije, bujica i poplava.

Većina šuma na području Plana je pod srednjom ugroženošću od požara, s obzirom na mezofilnost područja. Pod velikom ugroženošću nalaze se šikare hrasta medunca i crnog graba te kulture četinjaka.

## 6.2.4 Ribarstvo

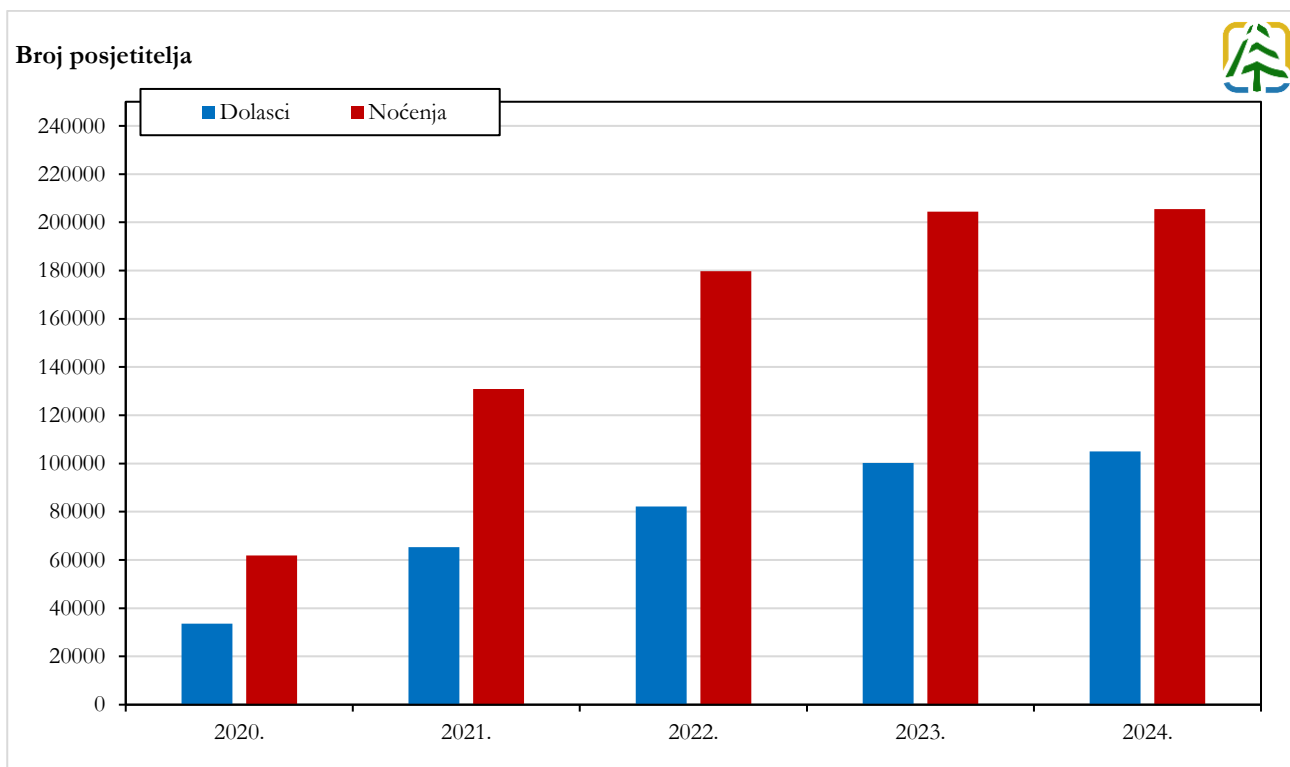
Slatkovodno ribarstvo uključuje gospodarenje ribama slatkih voda, ribolov, poribljavanje te zaštitu riba i njihovih staništa, a isto je regulirano Zakonom o slatkovodnom ribarstvu (NN 63/19). Zaštićeno područje nalazi se unutar ribolovnog područja „KUPA“, u sklopu kojeg se slatkovodni ribolov obavlja na rijekama Mrežnica i Tounjčica. Ribolovno pravo na ovim rijekama dato je sljedećim ovlaštenicima: Klub športskih ribolovaca „Mrežnica“ iz Duge Rese, Športsko ribolovno društvo „Slunjčica“ iz Slunja te Športsko ribolovno društvo „Ogulin“ iz Ogulina svaka unutar svoje ribolovne zone. Na području plana Kluba športskih ribolovaca „Mrežnica“ iz Duge Rese obuhvaća ribolovnu zonu rijeke Mrežnice koje obuhvaćaju područje od sela Mrežnica lijeva obala do sela Katići pa obje obale do tvornice u Mrzlome Polju, duljine 38 km i prosječne širine 30 m s ukupnom površinom od 152 ha. Športsko ribolovno društvo „Slunjčica“ gospodari vodama rijeke Mrežnice u duljini 22,2 km, 85 ha (Grad Slunj, 16 km, Vojni poligon, 54 ha) zatim podijeljeno pola pola sa Športskim ribolovnim društvom „Ogulin“ (lijeva obala) - desna obala, 6,2 km, 31 ha. I na kraju, Športsko ribolovno društvo „Ogulin“ gospodari na području ribolovne vode rijeke Mrežnice u duljini 24 km i ribolovne vode Tounjčica – Rudnica u duljini od 5 km (MINGOR ZZOP, 2023).

## 6.2.5 Turizam

Turizam predstavlja jednu od najvažnijih djelatnosti u Hrvatskoj, ali u kontinentalnom dijelu kojemu pripadaju predmetne JLS nije dominantna djelatnost. Na zaštićenom području temeljni prirodni, krajobrazni te ujedno i turističko-atraksijski element čine rijeke Mrežnica i Tounjčica, sa svojim sedrenim barijerama i s njima povezanim ujezerenjima. S obzirom na turističku atrakcijsku osnovu, na ovom području razvili su se sljedeći oblici turizma: rafting, kajaking, canyoning, kupališni turizam (a najpopularnija uređena kupališta su: Otok Ljubavi, Vesela livada, Galović selo, kupalište Mihalić selo, kupalište u Generalskom Stolu, kupalište u Zvečaju, Mrežnički Brig (Belavići), kupalište Naselje Osor te kupalište Vrela Mrežnice/Primišlje) i pustolovni turizam u robinzonskom smještaju, dok potencijal predstavljaju ribolovni i seoski turizam. Na zaštićenom području u donjem toku rijeke Mrežnice djeluje Turistička zajednice Područja četiri rijeke (grad Duga Resa, općina Generalski Stol, općina Barilović), a dio gornjeg toka (područje mjesta Donje Primišlje i okolice) spadaju u područje Turističke zajednice Slunj-Rastoke te područje Općine Tounj (bez nadležne lokalne zajednice).

Preduvjet za razvoj turizma na nekom području predstavljaju smještajni kapaciteti. Donji i srednji tok Mrežnice karakterizira koncentracija privatnog smještaja (pretežno kuće za odmor), robinzonskih kampova, ugostiteljskih objekata i kupališta uz samu rijeku Mrežnicu, čemu pogoduje reljef obale, kao i činjenica da su prometnice izgrađene uz samu rijeku. Nasuprot tome, u području oko gornjeg toka Mrežnice i pritoka Tounjčice prevladava potpuno netaknuta priroda s malom naseljenošću i sporadičnom turističkom ponudom u vidu rafting i kajak usluga i zanemarivim brojem smještajnih i ugostiteljskih kapaciteta (Grofelnik i dr., 2024).

Unutar JLS koje obuhvaćaju zaštićeno područje je u 2024. godini kombinirano bilo zabilježeno 9200 stalnih postelja, od čega je većina zabilježena na području Općine Tounj te na području Grada Slunja. Najbolji indikator intenziteta turizma na nekom prostoru je broj dolazaka i noćenja turista u određenom vremenskom razdoblju. Iz grafičkog priloga vidljiv je rast broja dolazaka i noćenja u razdoblju 2020. – 2024. na području JLS-ova koji obuhvaćaju zaštićeno područje, dok je u 2024. godini došlo do blažeg rasta u odnosu na prethodnu godinu (Slika 6.3). S obzirom na to da je šire područje Mrežnice popularna destinacija izletničkog turizma koji se ne prati na jednak način kao turistička kretanja koja uključuju noćenje, izrazito je teško kvantitativno procijeniti kretanje broja posjetitelja tijekom vremena.



Slika 6.3 Broj turističkih dolazaka i noćenja u JLS-ovima na zaštićenom području, u razdoblju 2020. – 2024. (Izvor: DZS)

## 6.2.6 Energetika

Na zaštićenom području energetski se potencijal iskorištava kroz dvije male hidroelektrane. Prva, MHE Mataković, snage 25 kW, nastala je adaptacijom starog mlina. Druga hidroelektrana, MHE Dabrova dolina 1, projektirana je na slapu Šušnjar kao nova građevina, planirana na lokaciji nekadašnje mlinice. Ovaj zahvat dobio je pozitivno rješenje za ekološku mrežu te je 2015. godine ishoda građevinska dozvola za ostvarenje instalirane snage do 250 kW. Obje hidroelektrane rade u skladu s OPEM postupkom koji osigurava provođenje minimalnog protoka kroz prirodno korito rijeke, često od 1,5 m<sup>3</sup>/s, radi očuvanja ekološke ravnoteže i sedrenih staništa unutar Natura 2000 područja Mrežnica-Tounjčica.

Ovaj sklop manjih postrojenja omogućuje djelomično iskorištavanje hidroenergetskog potencijala Mrežnice, no zbog hidroloških ograničenja poput varijabilnih protoka i zaštitnih protumjera (minimalni protok), njihovo puno opterećenje moguće je samo tijekom kraćeg dijela godine. Takav pristup omogućuje sinergiju proizvodnje električne energije i očuvanja bioraznolikosti sedrenih formacija te ekološke mreže.

## 7 Utjecaj klimatskih promjena na zaštićeno područje

Uzimajući u obzir prirodne vrijednosti i važnost očuvanja ekosustava rijeka Mrežnice i Tounjčice, nužno je razumjeti način na koji klimatske promjene mogu utjecati na njihove ključne receptore ovog prostora. Promjene u obrascima temperature i oborina, kao i sve učestaliji ekstremni hidrološki i vremenski događaji, mogu znatno utjecati na vodni režim, ekološku ravnotežu te održivost krajobraznih i bioloških vrijednosti područja. Kako bi se prepoznali potencijalni rizici i pravovremeno definirale mjere prilagodbe, u nastavku se provodi procjena ranjivosti i rizika za sastavnice okoliša i povezane sektore koji su od najveće važnosti za ovo područje. Ova procjena omogućuje bolje razumijevanje najizloženijih dijelova sustava te pruža temelj za definiranje ciljanih mjera prilagodbe klimatskim promjenama koje će doprinijeti dugoročnoj otpornosti i očuvanju zaštićenog područja. Procjena utjecaja na okolišne značajke sastavnica i čimbenika u okolišu temelji se na ekspertnoj prosudbi članova tima sukladno dostupnim podacima za promatrano područje, odnosno prostornoj analizi podataka u GIS softveru, zaključcima terenskog obilaska te dostupnoj nacionalnoj i međunarodnoj znanstvenoj i stručnoj literaturi vezanoj za zaštićena područja i klimatske promjene.

### 7.1 Analiza ranjivosti

Razumijevanje načina na koji klimatske promjene djeluju na vrste, ekosustave i prirodne procese te kako će se ti učinci vjerojatno razvijati u budućnosti, ključno je za učinkovito planiranje mjera prilagodbe. Procjena ranjivosti predstavlja temeljni korak u procesu prilagodbe, jer omogućuje prepoznavanje onih sastavnica okoliša, sektora ili sustava koji su najviše pogođeni klimatskim promjenama i koji će zahtijevati prioritetno djelovanje.

**Ranjivost** (engl. *Vulnerability Assessment*) na klimatske promjene definira se kao stupanj do kojeg je neki sustav podložan štetnim posljedicama klimatskih promjena, uključujući promjene srednjih vrijednosti klimatskih elemenata, pojave ekstremnih događaja i povećanu klimatsku varijabilnost. Drugim riječima, ranjivost opisuje koliko je određeni sustav izložen riziku od oštećenja ili degradacije pod utjecajem klimatskih promjena te u kojoj se mjeri s tim promjenama može nositi.

Cilj procjene ranjivosti je odgovoriti na nekoliko ključnih pitanja:

- Koji su sektori odnosno sustavi najranjiviji na klimatske promjene?
- Zašto su ranjivi?
- Gdje se nalaze prostorno najugroženiji – u kojim dijelovima promatranog područja se očekuju najveći negativni učinci?
- Kada se očekuje da će učinci biti najizraženiji – u kojem vremenskom periodu i pod kojim scenarijima klimatskih promjena?

Ranjivost se procjenjuje kroz tri osnovne i međusobno povezane komponente: izloženost, osjetljivost i sposobnost prilagodbe.

**Osjetljivost** (engl. *Sensitivity*) pokazuje u kojoj mjeri klimatske promjene utječu na određeni sustav. To može biti izravno (npr. smanjenje kvalitete vode uslijed viših temperatura) ili neizravno (npr. promjene u sastavu biocenoza, povećana eutrofikacija, gubitak funkcija ekosustava), a sama osjetljivost ovisi o biološkim, fiziološkim i ekološkim karakteristikama sustava.

**Izloženost** (engl. *Exposure*) opisuje u kojoj je mjeri sustav izložen klimatskim promjenama odnosno označava prisutnost ljudi, ekosustava, vrsta te gospodarskih i društvenih vrijednosti i usluga u prostorima i uvjetima koji su potencijalno pod utjecajem klimatskih promjena, poput poplavnih područja, sušnih zona ili područja podložnih eroziji.

**Sposobnost prilagodbe** (engl. *Adaptive Capacity*) označava mogućnost sustava da se prilagodi promjenama, ublaži negativne učinke ili iskoristi moguće pozitivne promjene. U ekološkom kontekstu to uključuje otpornost i regenerativni potencijal ekosustava, genetsku i funkcionalnu raznolikost vrsta, mogućnost migracije, promjenu fenoloških obrazaca, kao i kapacitete upravljanja i zaštite prostora.

Shodno prethodno navedenom, **ranjivost** se definira kao funkcija potencijalnog utjecaja (kombinacija izloženosti i osjetljivosti) i sposobnosti prilagodbe. Sustavi s visokom osjetljivošću i izloženosti, a niskom sposobnošću prilagodbe, smatraju se najranjivijima.

*Opis kategorija i bodovanja*

Procjena ranjivosti provedena je bodovanjem prethodno navedenih triju pokazatelja: osjetljivosti, izloženosti i sposobnosti prilagodbe. Svaki pokazatelj vrednuje se na ljestvici od 1 do 5 (0 do 5 u slučaju sposobnosti prilagodbe, jer postoje sustavi koji nemaju mogućnost prilagodbe) pri čemu veća vrijednost znači višu razinu osjetljivosti i izloženosti, odnosno veću sposobnost prilagodbe (Tablica 7.1).

Tablica 7.1 Ljestvica za procjenu osjetljivosti, izloženosti i sposobnosti prilagodbe

Ocjena	Osjetljivost	Izloženost	Sposobnost prilagodbe
0	/	/	Nema mogućnosti prilagodbe; sustav ne može odgovoriti na promjene bez trajnih posljedica
1	Vrlo niska osjetljivost; promjene nemaju mjerljiv utjecaj na funkcije sustava	Vrlo niska izloženost; sustav je izvan dosega klimatskih utjecaja	Vrlo niska sposobnost prilagodbe; reakcije su minimalne ili vrlo spore, uz gubitak funkcionalnosti
2	Niska osjetljivost; manji utjecaji bez dugoročnih posljedica	Niska izloženost; sustav je vrlo malo pod djelovanjem klimatskih utjecaja	Niska sposobnost prilagodbe; ograničene mogućnosti prilagodbe uz spor oporavak
3	Umjerena osjetljivost; povremeni poremećaji u funkcioniranju	Umjerena izloženost; sustav je povremeno pod djelovanjem klimatskih utjecaja	Umjerena sposobnost prilagodbe; sustav se djelomično može prilagoditi promjenama bez gubitka osnovnih funkcionalnosti
4	Visoka osjetljivost; česti poremećaji u funkcioniranju i značajni utjecaji	Visoka izloženost; sustav je u velikoj mjeri izložen klimatskim utjecajima	Visoka sposobnost prilagodbe; sustav se lako može prilagoditi uz provedbu ciljanih mjera
5	Vrlo visoka osjetljivost; trajne promjene i/ili degradacija sustava	Vrlo visoka izloženost; sustav je kontinuirano pod utjecajem klimatskih promjena	Vrlo visoka sposobnost prilagodbe; sustav ima razvijene mehanizme samo prilagodbe i brzo reagira na promjene

Ukupna ranjivost računa se prema izrazu:

$$\text{Ranjivost} = (O + I) - SP$$

gdje su:

O – osjetljivost (1-5)

I – izloženost (1-5)

SP – sposobnost prilagodbe (0-5).

Dobivena vrijednost ranjivosti može se kretati u rasponu od 1 do 10, a detaljan prikaz kategorizacije dan je u sljedećoj tablici (Tablica 7.2).

Tablica 7.2 Kategorizacija razina ranjivosti

Razina ranjivosti	Opis
Vrlo niska	1 – 2 Sustav je stabilan te pokazuje visoku otpornost na utjecaje klimatskih promjena i mogućnost samostalne prilagodbe.
Niska	3 – 4 Sustav je slabo osjetljiv na klimatske promjene i ima dovoljno kapaciteta za samostalnu prilagodbu i oporavak.
Umjerena	5 – 6 Sustav je umjereno osjetljiv na klimatske promjene, a sposobnost prilagodbe ovisi o raspoloživim resursima i aktivnostima upravljanja.
Visoka	7 – 8 Sustav je visoko ranjiv na klimatske promjene, a gubitak ekoloških funkcija, smanjenje kvalitete resursa ili česte štete ukazuju na potrebu za mjerama prilagodbe.
Vrlo visoka	9 – 10 Sustav je izrazito ranjiv na klimatske promjene, a klimatski utjecaji dovode do ozbiljnih i trajnih degradacija ili promjena okoliša, gubitka resursa ili ugrožavanja sigurnosti ljudi i ekosustava.

## 7.1.1 Vode i vodni resursi

Prijetnja/klimatski efekt	Osjetljivost	Izloženost	Sposobnost prilagodbe	Ranjivost
<b>Površinske vode</b>				
Povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka	4	4	0	8
Smanjenje prosječnih količina oborina	4	4	0	8
Promjena učestalosti i intenziteta oborina	4	4	0	8
Promjena površinskog otjecanja	4	4	2	6
Pojava suša	4	4	2	6
Povećanje učestalosti olujnih nevremena	4	4	1	7
Pojava erozije	4	4	1	7
<b>Podzemne vode</b>				
Smanjenje prosječnih količina oborina	4	3	0	7
Pojava suše	4	3	0	7
<b>Kvaliteta vode</b>				
Povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka	4	4	2	6
Pojava suše	4	4	2	6
<b>Vjerojatnost pojavljivanja poplava</b>				
Promjena učestalosti i intenziteta oborina	4	4	3	5
Promjena površinskog otjecanja	4	4	3	5

Analiza ranjivosti voda i vodnih resursa podijeljena je na površinske vode, podzemne vode, i vjerojatnost pojavljivanja poplava zbog potrebe sagledavanja svih aspekata utjecaja klimatskih promjena na vodne resurse i sustave koji ovise o njima.

Površinske vode visoko su ranjive na posljedice klimatskih promjena s obzirom na to da povećanje temperature zraka direktno utječe na temperaturu vodnih tijela. Kao posljedica povećanja prosječnih i maksimalnih temperatura zraka, pojačana evapotranspiracija sa cijelog slivnog područja smanjuje količinu vode koja dospijeva do vodotoka. Navedeni klimatski efekt ocijenjen je visokom razinom ranjivosti (ocjena 8), pri čemu visoka osjetljivost (4) i ranjivost (4) predstavljaju česte poremećaje u funkcioniraju sustava i veliku izloženost klimatskih utjecajima, dok je sposobnost prilagodbe ocijenjena najnižom mogućom ocjenom (0) jer ne postoje učinkovite tehničke mjere za ublažavanje porasta temperature vode. Istovremeno, smanjenje količine oborina i njihova promijenjena sezonska raspodjela dovode do izraženih izmjena u vodnom režimu, odnosno jasne su razlike u razdobljima s vrlo niskim i vrlo visokim protocima i vodostajima koji postaju nepredvidljiviji i ekstremniji. Povećana učestalost olujnih nevremena i posljedična erozija tla nakon obilnih oborina mogu izmijeniti hidromorfološke elemente tekućica, odnosno postupno se može mijenjati oblik riječnog korita i način transporta sedimenta (Imamović i Trožić-Borovac, 2012). Pojava erozije također je ocijenjena visokom ranjivošću (ocjena 7), što odgovara sustavu s izraženim poremećajima koji zahtijeva ciljane mjere prilagodbe. Sukladno podacima Hrvatskih voda, trenutno stanje hidromorfoloških elemenata razlikuje se između pojedinih dionica rijeka (Poglavlje 13.1). Nizvodni dio Mrežnice karakterizira loše stanje hidrološkog režima, vrlo dobro stanje kontinuiteta rijeke i umjereno stanje morfoloških uvjeta, dok uzvodni dio pokazuje vrlo dobro stanje svih hidromorfoloških elemenata. Tounjčica pak

bilježi loše stanje hidrološkog režima i morfoloških uvjeta, uz vrlo dobro stanje kontinuiteta rijeke. Bitno je spomenuti da su ove loše ocjene stanja hidromorfoloških elementa posljedica ljudskog djelovanja odnosno ljudskih intervencija u rijeke. S obzirom na predviđeno povećanje učestalosti i intenziteta olujnih nevremena kao posljedice klimatskih promjena, postoji mogućnost daljnjeg pogoršanja ionako lošeg stanja hidrološkog režima i morfoloških uvjeta na ovim dionicama. Posebno je ugrožen nizvodni dio toka Mrežnice gdje rijeka napušta kanjonski dio i teče kroz aluvijalnu ravninu s ograničenom sposobnosti infiltracije vode. Pojačana erozija i izmijenjeni obrasci oborina mogu dodatno narušiti hidromorfološke elemente, posebno na dijelovima rijeka koji već pokazuju znakove degradacije. Sposobnost prilagodbe je vrlo niska, a odnosi se na prirodnu otpornost i fleksibilnost vodnog sustava da se prilagodi promjenama u režimu oborina, temperatura i protoka te zadrži svoje ekološke i hidromorfološke funkcije bez trajnog narušavanja. Pojava suša i promjena površinskog otjecanja ocijenjene su umjerenom ranjivošću (ocjena 6), što znači da sustava ima određene kapacitete za prilagodbu, no oni ovise o raspoloživim resursima i aktivnostima upravljanja.

Podzemne vode pokazuju sporiju reakciju na klimatske promjene zbog dužeg vremena zadržavanja vode u vodonosnicima, no to ne znači da su imune na njihove učinke. Smanjenje prosječnih količina oborina izravno utječe na razine podzemnih voda, dok dugotrajne suše i pretjerana eksploatacija vodnih resursa predstavljaju ozbiljnu prijetnju (Margeta, 2023). Smanjenje prosječnih količina oborina izravno smanjuje raspoložive količine vode, što je posebno zabrinjavajuće tijekom sušnih razdoblja. Prema Strategiji prilagodbe klimatskim promjenama, najveći rizici uključuju smanjenje količina vode u vodotocima i na izvoristima te snižavanje razine podzemnih voda. Sve ove promjene postaju posebno izražene tijekom ljetnih mjeseci kada se klimatski čimbenici iskazuju naj snažnije, a dodatno ih pojačavaju antropogeni pritisci vidljivi kroz sve veće potrebe za vodom (JU Natura Viva, 2021). Vežano na to, jedan od najvećih unutarnjih problema u Hrvatskoj predstavljaju visoki gubici vode u vodoopskrbnom sustavu koji iznose između 20 – 60 %, a njihovo smanjenje moglo bi značajno povećati raspoloživi kapacitet vodoopskrbnog sustava (Margeta, 2023). Sposobnost prilagodbe je ograničena jer prirodni procesi oporavka vodonosnika zahtijevaju duže razdoblje oborina, a dodatne antropogene potrebe za vodom pojačavaju pritisak na ionako smanjene resurse. Smanjenje prosječnih količina oborina i pojava suše za podzemne vode ocijenjeni su visokom ranjivošću (ocjena 7), pri čemu ne postoji sposobnost prilagodbe (ocjena 0).

Što se tiče kvalitete vode, povećanje temperature vode ubrzava biokemijske procese, smanjuje koncentraciju otopljenog kisika, potiče razmnožavanje patogenih organizama te cvjetanje algi (Margeta, 2023). Pojava suša dodatno pogoršava situaciju time što niži vodostaji uzrokovani manjim intenzitetom oborina dovode do veće koncentracije onečišćujućih tvari, budući da ima manje vode za njihovu prirodnu razgradnju (EEA, 2018). Navedeni efekt izražen je na nizvodnom dijelu toka Tounjčice, gdje su već zabilježene povišene koncentracije amonijaka, nitrata i ukupnog dušika (Prilog 13.1), a smanjeni protok dodatno smanjuje ograničeni kapacitet samopročišćavanja rijeke. Zbog navedenog, naglašava se važnost očuvanja prirodne hidromorfologije vodotoka kao ključnog čimbenika za održavanje kvalitete vode. Prema Planu upravljanja, to podrazumijeva zaštitu hidrološkog režima i uzdužne povezanosti toka, očuvanje prirodne geometrije korita i podloge, omogućavanje prirodnih procesa erozije i taloženja te zaštitu vegetacije unutar samog korita. Jednako je važno očuvati strukturu obala i vegetaciju u obalnom pojasu, kao i osigurati nesmetanu interakciju između korita rijeke i poplavne nizine, što sve zajedno doprinosi prirodnom održavanju zdrave vodene sredine. Povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka te pojava suše ocijenjeni su umjerenom ranjivošću (ocjena 6) za kvalitetu vode s obzirom na to da sustav ima određenu sposobnost prilagodbe (ocjena 2) kroz upravljačke mjere.

Vjerojatnost pojavljivanja poplava pokazuje visoku osjetljivost i ranjivost uslijed klimatskih promjena. Učestalija olujna nevremena dovode do sekundarnog klimatskog učinka u vidu promijenjenog površinskog otjecanja. Sukladno analizi intenzivnih oborinskih događaja, utvrđeno je kako trajanjem oborinskih epizoda i dužim povratnim razdobljem rastu i procijenjene maksimalne količine oborina. S obzirom na to da Plan upravljanja ZK Mrežnica i SP Mrežnica-Tounjčica poplave izdvaja kao glavni očekivani utjecaj klimatskih promjena, važno je napomenuti kako podaci Hrvatskih voda otkrivaju da se predmetno područje najvećim dijelom ne nalazi u zoni pojavljivanja poplava. Samo mali sjeverozapadni dio predmetnog područja (nizvodni) smješten je u području mogućeg pojavljivanja poplava. Sukladno preporukama Plana upravljanja, preporučljivo je uspostaviti širi vodozaštitni pojas te provoditi češće nadzore u području. Unatoč visokoj osjetljivosti, poplave imaju najveću sposobnost prilagodbe klimatskim promjenama među svim analiziranim komponentama. Razlog tome je što postoje dobro razvijena tehnička rješenja zaštite, od izgradnje nasipa i retencijskih bazena do sustava ranog upozorenja i planova upravljanja kriznim situacijama. Iako poplave mogu biti razorne i nepredvidive, postojanje raznovrsnih tehničkih rješenja omogućuje veću sigurnost i mogućnost značajnog smanjenja šteta u odnosu na druge klimatske prijetnje. S obzirom na navedeno, promjena učestalosti i intenziteta oborina te promjena

površinskog otjecanja za vjerojatnost pojavljivanja poplava ocijenjene su umjerenom ranjivošću (ocjena 5) zbog svoje sposobnosti prilagodbe koja je ocijenjena kao umjerena (ocjena 3).

### 7.1.2 Stanovništvo i gospodarske djelatnosti

Prijetnja/klimatski efekt	Osjetljivost	Izloženost	Sposobnost prilagodbe	Ranjivost
<b>Turizam</b>				
Promjena u rasporedu i prosječnoj količini oborina	4	4	0	8
Povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka	4	4	2	6
<b>Poljoprivreda</b>				
Pojava suša	4	4	2	6
Povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka	4	3	2	5
<b>Zdravlje ljudi</b>				
Povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka	4	3	3	4
Pojava suša	4	3	2	5
Pojava poplava	5	1	3	3

Analiza ranjivosti stanovništva podijeljena je na turizam, poljoprivredu i zdravlje ljudi zbog potrebe sagledavanja svih aspekata utjecaja klimatskih promjena na pojedine dijelove stanovništva i njegovih djelatnost s obzirom na osjetljivost i prilagodljivost.

Turizam u zaštićenom području se pretežito bazira na prirodnoj baštini prostora, točnije na samim rijekama Mrežnici i Tounjčici, stoga kao takav ima izrazito veliku ovisnost o klimatskim uvjetima prostora. S obzirom na glavnu atrakcijsku osnovu, od tipova turizma razvili su se avanturistički oblik turizma (rafting i kajaking), te kupališni turizam, dok veliki potencijal predstavlja ribolovni turizam. S obzirom na projekcije određenih klimatskih efekata, prvenstveno prosječne količine oborina, za koje je projiciran pad kao i promjena u njihovom rasporedu tijekom godine, očekuju se i negativni utjecaji na turizam. Navedene projekcije, pokazuju pad prosječne količine oborina, naročito u vrijeme trajanja sezone za rafting i kajaking (travanj-listopad), što će se direktno odraziti i na vodostaj i protok samih rijeka, koji su i glavni čimbenici za razvoj navedenog oblika turizma. Pad vodostaja i smanjenje protoka tijekom dužih razdoblja znače i kraće sezone za rafting i kajaking. Navedeni problem je i trenutno postojeći s obzirom na to da je i danas česta pojava niskog vodostaja (zbog čega je izloženost ocijenjena kao visoka (ocjena 4)), što znači da se umjesto plovidbe čamci često guraju, što dalje negativno utječe na georaznolikost područja koje i je jedan od privlačnih faktora za razvoj turizma na ovom području. S obzirom na to da je riječ o krškoj rijeci koja zbog svojih geoloških karakteristika ima ograničenu sposobnost akumulacije vode, brzo infiltrira kišu i te ima nestabilne protoke navedeno predstavlja visoku osjetljivost (ocjena 4) na ovaj tip turizma koji se odvija na Mrežnici. Isto tako, uzevši u obzir projekcije za promjene u količini i rasporedu prosječnih količina oborina i njihov mogući utjecaj na promjene u vodostajima i protoku rijeke, ali i sadašnje pritiske (izgradnja brane na Zagorskoj Mrežnici) koji su rezultirali smanjenjem vodostaja, ali i protoka, ocijenjena je visoka ranjivost na klimatske promjene. Nizak vodostaj ima i negativan utjecaj na kupališni turizam jer nedostatak vode ili mali vodostaj rezultiraju i smanjenom privlačnošću prostora za navedenu vrstu turizma, kao i kod robinzonskog turizma, a kod ribolovnog turizma isto predstavlja značajan utjecaj na riblji fond koji ovisi i o samo vodostaju rijeke. Osim što promjene u rasporedu i količini prosječnih oborina utječu na turizam, značajan utjecaj predstavlja i povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka. S obzirom na to da je predviđeno povećanje prosječnih, ali i maksimalnih temperatura zraka, naročito u ljetnom dijelu godine, isto predstavlja direktan utjecaj na destinaciju i sve oblike turizma. Prema procjenama za navedena razdoblja očekuje se povećanje temperature zraka, naročito maksimalne koja će u ljetnim mjesecima prelaziti preko 31 °C, što predstavlja negativan utjecaj na privlačnost prostora za turizam s obzirom na to da je, prema istraživanjima i iskustvima putnika (Rutty i Scott, 2013), idealan dan na plaži i za kupanje s temperaturom 27-30 °C, dok se temperature iznad 30 °C smatraju manje poželjnim ili čak neprihvatljivim. Isto tako, dugotrajna izloženost visokim temperaturama rezultira stvaranjem toplotnog udara

među turistima, zbog dehidracije i pregrijavanja tijekom aktivnosti na suncu, što posredno dovodi do smanjenja broja posjetitelja. Povećanje temperature zraka dovodi i do povećanja temperature vode. S obzirom na to da temperatura vode u plitkim krškim potocima usko prati temperaturu zraka, osobito tijekom razdoblja niskog protoka, ista će utjecati i na žive organizme unutar rijeke, a posljedično i na dostupnost ribe.

Poljoprivreda više od svih djelatnosti ovisi o prirodnim resursima i klimatskim uvjetima. Na širem promatranom području glavne ratarske kulture su kukuruz, pšenica i ječam, dok se krumpir uglavnom proizvodi u okvirima vlastitih potreba gospodarstava, a od stočarstva dominira ovčarstvo. S obzirom na to da je klimatskim scenarijima predviđeno povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka, kao i promjena u rasporedu i količini prosječnih oborina, isto dovodi do sekundarnog klimatskog efekta suša. Povećanjem maksimalnih temperatura, kao i povećanjem prosječnih temperatura zraka, i to tijekom vegetacijskog ciklusa, utječe se na povećanje evaporacije i smanjenje dostupnosti vode. Nedostatak vode ograničava apsorpciju hranjivih tvari i fotosintezu kod navedenih kultura što dovodi i do slabijeg razvoja biljke ili odumiranja biljke, kao i smanjenog prinosa, a na duže razdoblje i do degradacije tla i smanjenja plodnosti za buduće usjeve. Isto se odnosi i na stočarstvo, jer suše smanjuje nutritivnu vrijednost paše, dovodeći do gubitka tjelesne mase i do povećanja osjetljivost na parazite. Osim suše i samo povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka ima direktne posljedice na poljoprivredu stvaranjem toplinskog stresa kod biljaka i životinja. S obzirom na to da su dominantne kulture kukuruz, pšenica i ječam te krumpir, povećanje maksimalne temperature tijekom ključnih faza može ubrzati sazrijevanje, ali i skratiti vrijeme za stvaranje kvalitete prinosa te dovesti do smanjenja fotosinteze, dehidracije i slabijeg rasta, kao i izravnih oštećenja bilja (npr. agregacija i denaturacija proteina, povećana fluidnost membrana itd.). Prema *Studiji utjecaja klimatskih promjena na ratarstvo i povrćarstvo sjeverne Hrvatske* (2024) utvrđene su kritične temperature tijekom vegetacijskog razdoblja za kukuruz 32-35 °C za maksimalne temperature u razdoblju stresa srpanj-kolovoz, za pšenicu 30-32 °C za maksimalne temperature u razdoblju stresa lipanj-kolovoz i za krumpir 25-28 °C za maksimalne temperature u razdoblju stresa lipanj-kolovoz. Kod ovaca je zabilježeno da kod povećanja maksimalnih temperatura, naročito u dužem vremenskom periodu, dolazi do smanjenja prinosa mlijeka, težine trupa, razine glukoze u cirkulaciji, kolesterola, stope rasta, unosa hrane i vode, a posljedično i smrti, ali i do promjene u reproduktivnom ponašanju (Ben Moula i dr., 2024).

U naseljima unutar kojih se pružaju predmetna zaštićena područja, živi jako veliki udio starog stanovništva koje je ujedno i najizloženije na klimatskim promjenama. Prema Zaninović i dr. (2014) utvrđeno je koji osjećaj topline kod ljudi stvara toplinski stres. Tako raspon temperature 29-35 °C stvara umjereni stres, 35-41 °C jaki stres i > 41 °C ekstremni stres. Utvrđeno je da kontinentalni dio Hrvatske ima veću smrtnost stope smrtnosti od jadranske obale te da na tokove smrtnosti značajno utječe trajanje ekstremnih vremenskih događaja. Ekstremni vremenski događaji uzrokuju veću učestalost kardiovaskularnih rizika (od toplinskih valova), mijenjaju alergijske obrasce (zbog promjene broja peludi), potiču širenje virusa koje prenose kukci i ptice (zbog povećane migracije stranih vrsta i produženih toplih razdoblja) te mogu potaknuti kontaminaciju hrane (povećanjem rasta bakterija). Prikazane projekcije pokazuju da će srednje maksimalne temperature zraka ljeti biti i do 32 °C što će uvelike utjecati na zdravlje ljudi, naročito na starije osobe. Povećanjem prosječnih i maksimalnih temperatura zraka, kao i promjenom (smanjenjem) prosječnih količina i rasporeda oborina dolazi do sekundarnog klimatskog efekta – suše. Navedeni efekt uključuju smanjenje količina vode u vodotocima i na izvorštima te snižavanje razine podzemnih voda, a ove promjene postaju posebno izražene tijekom ljetnih mjeseci kada su pritisci najviši. Stoga se bilježe i manja zahvaćanja vode za vodoopskrbni sustav, a problem predstavljaju i gubici vode u vodoopskrbnom sustavu koji iznose između 20 – 60 % (Margeta, 2023), a sve posredno dovodi do ograničenja opskrbe. Smanjena opskrba vodom u kućanstvu zbog ograničenja količine vode ili vremena pristupa može dovesti do loše higijene, što može dovesti do gastrointestinalnih bolesti te infekcija kože i očiju (Stanke i dr., 2013.). Posebno su ugrožene populacije koje se oslanjaju na privatnu opskrbu vodom i osobe koje traže alternativnu opskrbu vodom tijekom razdoblja nestašice vode. S druge pak strane, zbog učestalijih olujnih nevremena dolazi do drugog sekundarnog klimatskog učinka – poplava. Sukladno analizi intenzivnih oborinskih događaja, utvrđeno je kako trajanjem oborinskih epizoda i dužim povratnim razdobljem rastu i procijenjene maksimalne količine oborina. Poplave uzrokuju izravne (ozljede, bolesti) i neizravne (mentalno zdravlje, prekidi opskrbe) posljedice, a najpogođeniji su staro stanovništvo te djeca. Iako Plan upravljanja ZK Mrežnica i SP Mrežnica-Tounjčica poplave izdvaja kao glavni očekivani utjecaj klimatskih promjena, podaci Hrvatskih voda otkrivaju da se predmetno područje najvećim dijelom ne nalazi u zoni pojavljivanja poplava. Unatoč vrlo visokoj osjetljivosti (ocjena 5), poplave imaju umjerenu sposobnost prilagodbe klimatskim promjenama (ocjena 3).

### 7.1.3 Bioraznolikost

#### 7.1.3.1 Šumska staništa

Prijetnja/klimatski efekt	Osjetljivost	Izloženost	Sposobnost prilagodbe	Ranjivost
<b>Mezofilne šume</b>				
Povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka	3	5	2	6
Promjena i raspored prosječnih količina oborina	3	5	2	6
Pojava suše	4	5	2	7
Povećanje učestalosti olujnih nevremena	3	4	2	5
<b>Termofilne šume</b>				
Povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka	2	4	3	3
Promjena i raspored prosječnih količina oborina	2	4	3	3
Pojava suše	2	4	3	3
Povećanje učestalosti olujnih nevremena	3	5	2	6

Analiza ranjivosti šumskih stanišnih tipova je zbog različite ekologije staništa i osjetljivosti na klimatske efekte odvojena na mezofilne i termofilne šume. Najveći fokus, zbog zastupljenosti stanišnog tipa na području Plana, stavljen je na ilirske šume hrasta kitnjaka i običnog graba, dok je najmanji fokus stavljen na prijelazne i pionirske šumske stanišne tipove u kojima breza tvori glavnu vrstu drveća.

Rast i razvoj šumskih staništa temelji se na stabilnim temperaturama i uravnoteženoj količini oborina koje omogućuju optimalne uvjete za rast drveća i održavanje ekološke ravnoteže šumskog ekosustava. Na području Plana očekuje se povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka, kao i smanjenje prosječne godišnje količine oborina, što će negativno utjecati na prisutna šumska staništa. Međutim, pojedinačno ovi efekti nemaju velik utjecaj na šume, te je od ukupne godišnje količine oborina bitniji njihov raspored kroz godišnja doba, a naročito za šume rasprostranjene na području Plana. Povećanjem temperatura i smanjenjem oborina, u ljetnim razdobljima dolazi do sekundarnog klimatskog efekta – pojave suše. Budući da je vrhunac fiziološke aktivnosti drveća upravo u ljetnom razdoblju, pojavom suše će se sve više smanjivati optimalno razdoblje za ljetni rast. Međutim, hrast kitnjak je svojim funkcionalnim obilježjima, ali i različitim fiziološkim mehanizmima dobro prilagođen na sušne uvjete, te se relativno brzo oporavlja nakon pretrpljenoga sušnoga stresa, pa tako on ima sklerofilnije lišće od primjerice obične bukve, a pri istoj razini sušnoga stresa ranije zatvara puči, smanjuje intenzitet fotosinteze i time smanjuje opasnost od kavitacije u provodnom sustavu (Vukmirović i sur., 2022.). Dakle, hrast kitnjak pokazuje umjerenu otpornost na sušu, jer i pri smanjenoj dostupnosti vlage uspijeva održavati stabilniju fotosintetsku aktivnost, odnosno njegov odgovor na sušne uvjete temelji se na postupnom smanjenju intenziteta fotosinteze, nakon čega slijedi postupan oporavak i ponovna stabilizacija fizioloških procesa kada se uvjeti normaliziraju, ali bez većih oštećenja u strukturi krošnje (Pilaš i sur., 2014.) Međutim, prema Vukmirović i sur. (2022), odgovor lokalnih populacija hrasta kitnjaka oblikuje se kroz fenotipsku plastičnost i ekotipsku (provenijencijsku) diferencijaciju. To znači da će u sušnijim provenijencijama doći do teže prilagodbe nego u vlažnijim, a dio stabala će zahvaljujući fenotipskoj plastičnosti održati funkciju lista i transpiracijsku kontrolu pod stresom, dok će dio pokazivati sporiju prilagodbu. Što se tiče običnog graba, on je više osjetljiv na sušu od hrasta kitnjaka, međutim, u odnosu na ostale mezofilne vrste drveća, pokazuje srednju prilagodljivost na sušne uvjete. Stoga, iako šumska staništa hrasta kitnjaka i običnog graba zbog navedenih bioloških karakteristika glavnih vrsta drveća imaju umjerenu osjetljivost na sušu, stabilnost zajednica će ovisiti o unutarpopulacijskoj varijabilnosti i mikrostanišnim prilikama. Porast temperature i smanjenje ljetnih oborina mogli bi ubrzati prirodnu sukcesiju brezovih pionirskih i prijelaznih zajednica prema stabilnijim, klimazonalnim zajednicama kao što su to spomenute

ilirske šume hrasta kitnjaka i običnog graba, koje su bolje prilagođene toplijim i sušnijim uvjetima od brezovih. Uvjet za to je djelomično obnovljeno tlo. Međutim, ukoliko se radi o jače degradiranim tlima, breza je ključna za pripremu staništa za postupni dolazak klimazonalnih šumskih zajednica. Što se tiče hrasta medunca i crnog graba, navedene vrste su termofilnog karaktera, odnosno rastu na toplim, osunčanim položajima plitkih, karbonatnih tala koja slabo zadržavaju vodu, što upućuje na nisku osjetljivost ovih zajednica na sušu. Naime, hrast medunac pokazuje veći pad fotosintetske aktivnosti tijekom suše, što je dio njegove prilagodbe preživljavanja u toplijim i sušnijim područjima, ali s povratkom vlage vrlo brzo obnavlja fotosintetsku učinkovitost i nastavlja rast (Pilaš i sur., 2014.). Stoga se prema nekim modelima predviđa i da će se šume hrasta medunca postupno širiti prema kontinentalnom dijelu Hrvatske sve više (HŠI, 2009.). Iako je fokus analize ranjivosti na promjeni temperatura i oborina u ljetnom razdoblju, bitno je napomenuti da toplije i vlažnije zime bez mrazova otežavaju klijanje sjemena šumskih vrsta čije je sjeme dormantno. U takvim uvjetima sjeme vrsta poput hrasta kitnjaka i običnog graba često ne prođe potrebnu hladnu fazu stratifikacije, što dovodi do slabijeg ili neujednačenog klijanja i otežane prirodne obnove. Nadalje, hrast kitnjak i hrast medunac se općenito smatraju manje osjetljivim vrstama na olujna nevremena. Naime, hrast kitnjak ima duboko korijenje koje mu pruža stabilnost, dok kod hrasta medunca stabilnost ovisi o morfologiji terena na kojima dolazi. U ovom slučaju, budući da raste na većim nagibima, ta je osjetljivost nešto veća.

### 7.1.3.2 Travnjaci

Prijetnja/klimatski efekt	Osjetljivost	Izloženost	Sposobnost prilagodbe	Ranjivost
<b>Mezofilne livade košanice</b>				
Povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka	4	3	2	5
Promjena i raspored prosječnih količina oborina	4	3	2	5
Pojava suše	5	3	1	7
Povećanje učestalosti ekstremnih oborina	3	3	3	3
Promjene površinskog otjecanja	4	3	2	5
<b>Brdske livade uspravnog ovsika</b>				
Povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka	3	3	2	4
Promjena i raspored prosječnih količina oborina	3	3	2	4
Pojava suše	4	3	2	5
Povećanje učestalosti ekstremnih oborina	4	3	3	4
Promjene površinskog otjecanja	2	3	2	3

Analiza ranjivosti travnjačkih stanišnih tipova je zbog različite ekologije staništa i osjetljivosti na klimatske efekte odvojena na mezofilne livade košanice i brdske livade. Na području Plana, klimatske projekcije pokazuju postupan porast srednje godišnje temperature, porast maksimalnih temperatura te smanjenje prosječnih godišnjih količina oborina, ali u kontekstu travnjačkih staništa, mnogo je bitnije promatrati sezonske promjene. Mezofilne livade košanice, koje se razvijaju na umjereno vlažnim tlima, ovise o proljetnoj vlazi i stabilnoj razini podzemnih voda. Razina podzemne vode ovisi upravo o količini i raspodjeli oborina i temperaturi zraka, a prema klimatskim projekcijama za područje Plana u proljeće će zbog blagog povećanja količine oborina doći do povećanja razina podzemne vode. Međutim, ljeti će zbog izraženih povećanja maksimalnih temperatura i smanjenja oborina doći do snažnijeg isušivanja tla i snižavanja razina podzemne vode. Posljedica toga je veća sezonska amplituda razine podzemne vode – visok proljetni maksimum i izražen ljetni minimum. Takva dinamika može kratkoročno odgovarati rastu i razvoju mezofilnih livada košanica u proljeće, ali dugoročno stvara nestabilne uvjete za rast i

razvoj biljnih vrsta, koji ovisi o trajnoj dostupnosti vlage. Brdske livade, unatoč manjoj osjetljivosti na sušu od mezofilnih, u uvjetima dugoročne suše postupno degradiraju prema osiromašenim travnjacima i šikarama. Uz sve navedeno, sve češći događaji ekstremnih oborina dodatno pogoršavaju stanje mezofilnih livada košanica, ali i brdskih livada, jer uzrokuju ispiranje hranjiva, što dugoročno dovodi do osiromašenja tla. Pritom su livade koje rastu na većim nagibima ranjivije, što se u ovom slučaju odnosi na brdske livade. Na promjene koje se očekuju u sezonskom površinskom otjecanju – veći dotok u zimu i proljeće, manji tijekom ljeta i jeseni – znatno su više osjetljive mezofilne livade, koje ovise o stabilnoj dostupnosti vode tijekom vegetacijske sezone.

### 7.1.3.3 Vodena i vlažna staništa

Prijetnja/klimatski efekt	Osjetljivost	Izloženost	Sposobnost prilagodbe	Ranjivost
<b>Sedrene barijere</b>				
Povećanje temperature vode	4	4	1	7
Smanjenje protoka	5	4	1	8
Povećanje maksimalnih količina oborina	4	2	0	6
<b>Zakorijenjena submerzna vegetacija</b>				
Povećanje temperature vode	5	4	1	8
Smanjenje protoka	5	3	1	7
Povećanje maksimalnih količina oborina	4	2	1	5
<b>Tršćaci, rogozici, visoki šiljevi i visoki šaševi</b>				
Promjena temperature vode	5	2	1	6
Pojava suše	5	3	1	7
Povećanje maksimalnih količina oborina	4	2	2	4

Analiza ranjivosti vodenih i vlažnih staništa je zbog različite ekologije staništa i osjetljivosti na klimatske efekte odvojena na sedrene barijere, zakorijenjenu submerznu vegetaciju (*Ranunculion fluitantis* i *Callitriche-Batrachion*) te na vlažna staništa rubova rijeka (tršćaci, rogozici, visoki šiljevi i visoki šaševi). S obzirom na rasprostranjenost i značaj unutar područja Plana, veći je naglasak stavljen na vodena staništa (sedra i zakorijenjena submerzna vegetacija).

Na području Plana očekuje se postupan porast srednje godišnje temperature i smanjenje prosječne godišnje količine oborina što izravno utječe na povećanje temperature vode. Ovakvi uvjeti mogu pozitivno utjecati na tvorbu sedre, s obzirom na to da je formiranje sedrenih barijera brže pri povišenim temperaturama (Šarović i sur. 2023 prema Srdoč i sur. 1985). Međutim, tvorba sedrenih barijera ne ovisi samo o kemijskom potencijalu vode već predstavlja osjetljiv biodinamički proces, koji ovisi i o drugim čimbenicima, kao što je složena ravnoteža između algi, mahovina i cijanobakterija. Ovi organizmi preferiraju hladnije vode, stoga dulja razdoblja povišenih temperatura vode negativno utječu na njihov rast i razvoj, a time i na tvorbu sedrenih barijera. Nadalje, jedan od važnijih uvjeta za nastanak sedre je uravnotežen protok vode. Prema istraživanjima, tvorba sedre je brža pri povišenim brzinama toka (Špoljar i sur. 2011), dok smanjeni protoci dovode do smanjenja stope taloženja kalcijeva karbonata. S druge strane, povećanje maksimalnih količina oborina dovode do naglih povećanja protoka vode, što može dovesti do oštećenja, erozije ili čak odlamanja sedrenih barijera (Radišić i sur. 2021). Zakorijenjena submerzna vegetacija pokazuje veliku osjetljivost na povećanje temperature vode, s obzirom na to da su vrste koje čine ovaj stanišni tip prilagođene umjereno hladnim, stalnim temperaturama tipičnim za brze, bistre rijeke. Osim toga, ove zajednice ovisne su o stabilnim uvjetima protoka, a pogoduje im umjeren do brz protok (Hatton-Ellis i Grieve, 2003). Biljne vrste koje čine ovaj stanišni tip ovise o stabilnom strujanju vode u kontekstu opskrbe hranjivim tvarima kao i uravnoteženoj izmjeni plinova te preferiraju ukorijenjivanje u propusnom supstratu veće granulacije. Sve češće epizode ekstremnih oborina utječu na naglo povećanje protoka, što uzrokuje eroziju i čupanje korijenja biljaka iz podloge. Povećanje temperature vode, smanjen protok i povećanje ekstremnih oborina sinergijski djeluju na

povećanje eutrofikacije, na koju su ranjive i sedrene barijere i zakorijenjena submerzna vegetacija. Eutrofni uvjeti više odgovaraju vlažnim staništima na rubovima rijeka, a naročito tršćacima i rogozicima, dok su šiljevi i šaševi osjetljiviji na promjene u količini hranjivih tvari. Tršćaci i rogozici pokazuju manju ranjivost na sve klimatske efekte s obzirom na visoku sposobnost prilagodbe novonastalim uvjetima, dok šiljevi i šaševi predstavljaju osjetljivije vrste. Kao što je već navedeno, povećanje temperature vode smanjuje količinu otopljenog kisika i ubrzava razgradnju organske tvari, što u ovom kontekstu otežava opstanak šiljeva i šaševa, dok trska i rogoz u takvim uvjetima zadržavaju prednost. Posebno su ranjive vrste šaševa *Carex lepidocarpa* i *Carex vesicaria* te strogo zaštićena vrsta puzavi celer (*Apium repens*), čijem razvoju pogoduju povremeno plavljenje i povećani tok vode (Burmeier i Jensen 2009) te nema mehanizme otpornosti na sušu.

#### 7.1.3.4 Kraške špilje i jame

Prijetnja/klimatski efekt	Osjetljivost	Izloženost	Sposobnost prilagodbe	Ranjivost
Povećanje temperature vode	4	3	0	7
Smanjenje protoka	4	4	1	7
Pojava suše	5	4	0	9
Povećanje maksimalnih količina oborina	3	3	1	5

Podzemna staništa, osobito hidrološki aktivne špilje i jame, spadaju među ekosustave s najnižom sposobnošću prilagodbe na klimatske promjene. Njihovo okolišno okruženje izrazito je stabilno, s malim varijacijama temperature i vlage pa su organizmi prilagođeni takvim uvjetima vrlo osjetljivi na promjene. Na području Plana speleološki objekti uglavnom su i hidrološki aktivni pa je tako od 11 detaljnije istraženih objekata njih osam hidrološki aktivno. U ovim ekosustavima ključni faktor je dostupnost vode kojom se održavaju visoka vlažnost zraka i stanišni uvjeti neophodni za specijalizirane podzemne vrste. Hidrološki aktivna podzemna staništa vrlo su ranjiva na klimatske promjene. Izloženost promjenama, u kombinaciji s visokom osjetljivošću (specifične prilagodbe i uske ekološke valence špiljske faune) te izuzetno ograničena mogućnost prilagodbe, rezultira ukupno visokom razinom ranjivosti za ove ekosustave. Podzemni ekosustavi ovise o klimatskim prilikama na površini, ali nemaju kapaciteta brzo odgovoriti na njihove promjene. Stoga se može zaključiti da će hidrološki aktivne špilje i jame na području Plana biti među najugroženijim staništima u kontekstu klimatskih promjena. Dugotrajnije smanjenje protoka dovodi do snižavanja razine podzemnih voda i narušavanja uvjeta vlažnih mikrostaništa nužnih za opstanak podzemne faune. Pojava suša (potpuno presušivanje tokova) predstavljala bi krajnju prijetnju, odnosno izostanak pogodnih uvjeta za vrste vezane uz vodena i vlažna podzemna staništa, a u narednom periodu očekuje se sve ekstremnija ljetna suša zbog manje oborina i viših temperatura. Adaptacijski kapacitet ovih ekosustava na smanjenje protoka je izuzetno nizak, dok za potpuno sušne uvjete nije utvrđen (organizmi nemaju mogućnost migracije ili dormancije u sušnim uvjetima). Povećanje temperature vode negativno utječe na organizme prilagođene stalnoj hladnoj vodi, a čak i umjeren porast temperature može smanjiti otopljeni kisik i poremetiti podzemni ekosustav. Povećanje maksimalnih količina oborina (ekstremne kiše) može uzrokovati nagle podzemne poplave i bujične tokove kroz špilje. Time se fizički oštećuje stanište (erozija sedimenata, ispiranje organizama) i remeti stabilnost uvjeta. Osjetljivost na takve iznenadne poremećaje je povišena, iako nešto niža u odnosu na dugotrajne temperature i hidrološke poremećaje. Sposobnost prilagodbe izrazito jakim oborinama je ograničena jer postoji mogućnost zadržavanja organizama u pukotinama ili dubljim dijelovima staništa, ali bez aktivne prilagodbe na ovakve uvjete.

#### 7.1.4 Šumarstvo

Prijetnja/klimatski efekt	Osjetljivost	Izloženost	Sposobnost prilagodbe	Ranjivost
Povećanje prosječnih temperatura zraka	3	4	2	5
Promjena i raspored prosječnih količina oborina	3	4	2	5
Pojava suše	4	5	2	7
Povećanje učestalosti olujnih nevremena	3	4	1	6

Na području Plana se šumske sastojine razlikuju prema uzgojnom obliku na sastojine visokog uzgojnog oblika (sjemenjače), niskog uzgojnog oblika (panjače), i degradirane sastojine (šikare i šumske kulture). Tako mezofilne šume čine uređajne razrede sjemenjača i panjača, kojih je na području Plana i najviše u udjelu obraslog šumskog zemljišta. Nakon njih slijede termofilne šume koje u strukturi uređajnih razreda čine šikare i panjače, dok najmanje površine zauzimaju kulture smreka i borova.

Klimatske projekcije za područje Plana ukazuju na porast srednje godišnje temperature, izraženo zatopljenje u ljetnim mjesecima te preraspodjelu oborina (manjak oborina ljeti, višak oborina zimi). Ovakvi uvjeti u ljetnim razdobljima dovode do čestih i intenzivnijih suša koje postaju glavni ograničavajući čimbenik za rast i razvoj te gospodarenje šumskim sastojinama. Naime, povećanje temperatura zraka i promjena rasporeda oborina mijenjaju vodni režim tla i produžuju razdoblja bez dostatne vode. U sjemenjačama hrasta kitnjaka, koje zauzimaju velike površine područja Plana, dolazi do pomaka vrhunca fiziološke aktivnosti u proljetno razdoblje, dok se ljetni rast sve više ograničava. Kitnjak pokazuje relativno dobru otpornost na sušu zahvaljujući funkcionalnim prilagodbama, poput sklerofilnijeg lišća i ranijeg zatvaranja puči. Uz sjemenjače kitnjaka, u strukturi uređajnih razreda javljaju se i sjemenjače graba, koje su osjetljivije na ljetne suše od prethodnih navedenih te u takvim uvjetima pokazuju pad prirasta i vitalnosti. Na sjemenjače cera, iako prirodno rastu na toplijim i sušim položajima, ekstremne suše i plitka tla također utječu smanjenim prirastom. U šikarama i panjačama koje predstavljaju degradirane šumske sastojine, suša ubrzava proces degradacije i usporava prirodnu sukcesiju prema stabilnijim šumskim zajednicama. Kulture četinjača teže podnose sušu, s obzirom na to da se radi o sastojinama jednoličnog sastava i strukture odnosno smanjene bioraznolikosti. Zbog navedenog nemaju takvu otpornost i stabilnost kakvu imaju mješovite sastojine koje prirodno pridolaze na području Plana. Nadalje, hrast kitnjak i hrast medunac se općenito smatraju manje osjetljivim vrstama na olujna nevremena, odnosno vjetrolome. Naime, hrast kitnjak ima duboko korijenje koje mu pruža stabilnost, dok kod hrasta medunca stabilnost ovisi o morfologiji terena na kojima dolazi. Na području Plana hrast medunac je rasprostranjen najvećim dijelom u degradiranim sastojinama šikara, a općenito su zbog fizikalnih značajki viša stabla osjetljivija na olujna nevremena odnosno vjetrolome. Također, kulture smreka su više osjetljive na vjetroizvale pri olujnim nevremenima zbog izrazito plitkog korijenja.

## 7.2 Analiza rizika

Procjena klimatskih rizika u ovom dokumentu ima za cilj identificirati ključne rizike za pojedine sastavnice okoliša i sektore, procijeniti vjerojatnost njihove pojave i jačinu posljedica te odrediti prioritete za djelovanje i izradu mjera prilagodbe.

Procjena rizika nadovezuje se na rezultate analize ranjivosti te ih nadopunjuje uvidom u vjerojatnost pojave klimatskih događaja i težinu njihovih mogućih posljedica. Pritom su kroz analizu rizika detaljnije razrađeni oni utjecaji ili klimatske opasnosti po pojedinim sastavnicama i sektorima čija je **ukupna ocjena ranjivosti ocijenjena kao visoka ili vrlo visoka** (ocjene 7-10) u prethodnom poglavlju. Ranjivosti ocijenjene kao vrlo niska, niska ili umjerena nisu dodatno analizirane, jer se smatra da njihov potencijalni utjecaj na analizirane receptore nije značajan ili da se postojećim mjerama upravljanja mogu učinkovito ublažiti. Na taj način analitički fokus usmjerava se na najugroženija područja i sektore, čime se omogućuje prioritarno planiranje mjera prilagodbe te učinkovitije korištenje dostupnih resursa.

Procjena klimatskog rizika temelji se na razumijevanju odnosa između klimatske opasnosti (hazarda)<sup>11</sup>, izloženosti i ranjivosti sustava. Kako bi se omogućila kvalitetna procjena razine rizika, primjenjuje se metodološki pristup koji koristi dvije komponente – vjerojatnost pojavljivanja i jačinu posljedica.

**Vjerojatnost pojavljivanja** (engl. *Probability/Likelihood*) odnosi se na procjenu koliko je vjerojatno da će se određeni klimatski događaj (npr. toplinski val, suša, poplava) dogoditi u promatranom razdoblju i prostoru. Pri tome se uzimaju u obzir postojeći trendovi i povijesni podaci (4 *Opažene klimatske promjene*) i očekivane promjene prema klimatskim projekcijama (5 *Klimatski scenariji*), kao i stručna procjena članova tima. Također, iako je korišten scenarij RCP4.5, utjecaji klimatskih promjena interpretirani su uzimajući u obzir širi raspon mogućih promjena. Vjerojatnost se izražava kvalitativno, od vrlo niske (mala mogućnost pojave) do vrlo visoke (učestala ili gotovo sigurna pojava) ili kvantitativno gdje je to moguće, na ljestvici od 1 do 5, pri čemu svaka razina odgovara procijenjenoj vjerojatnosti da će se određeni događaj dogoditi unutar promatranog razdoblja (5, 10 ili 25 godina) (Tablica 7.3). Drugim riječima, vjerojatnost se odnosi na mogućnost pojave hazarda tijekom cijelog razdoblja, a ne na njegovu godišnju učestalost. Ovakav pristup omogućuje realniju procjenu rizika, budući da se klimatske promjene ne odvijaju linearno, već su obilježene izraženom međugodišnjom varijabilnošću. Promatranjem vjerojatnosti u kontekstu duljeg razdoblja uzima se u obzir ta promjenjivost te se izbjegava pogrešna interpretacija koja bi mogla nastati ako bi se procjena temeljila isključivo na godišnjim vrijednostima. Ista ljestvica vjerojatnosti primjenjuje se za sva tri razdoblja.

Tablica 7.3 Ljestvica za procjenu vjerojatnosti pojavljivanja

Vjerojatnost pojavljivanja		Opis	
Gotovo nemoguće	1	Gotovo je nemoguće da će se hazard pojaviti, eventualno pod iznimnim okolnostima	< 20 % vjerojatnost pojavljivanja u razdoblju
Malo vjerojatno	2	Malo je vjerojatna pojava hazarda, može se dogoditi jednom u duljem razdoblju	20–40 % vjerojatnost pojavljivanja u razdoblju
Moguće	3	Moguće da će se hazard pojaviti, već se pojavio na promatranom području	40–60 % vjerojatnost pojavljivanja u razdoblju
Vrlo vjerojatno	4	Vrlo vjerojatno je da će se hazard pojaviti, barem jednom	60–80 % vjerojatnost pojavljivanja u razdoblju
Gotovo sigurno	5	Gotovo je sigurno da će se hazard pojaviti, moguće i više puta	> 80 % vjerojatnost pojavljivanja u razdoblju

Dodjela ocjena po vremenskim razdobljima temelji se na pretpostavci postupnog jačanja klimatskih efekata kroz vrijeme, pri čemu razlika između pojedinih efekata odražava različitu razinu projektne sigurnosti i dosadašnje opažene trendove. Klimatskim efektima za koje već postoje jasni trendovi u opaženim podacima i snažna potvrda u projekcijama, kao što su porast prosječnih i maksimalnih temperatura zraka te smanjenje prosječnih količina oborina, dodijeljene su visoke ocjene vjerojatnosti u svim razdobljima, koje za temperaturu zraka u dugoročnom razdoblju P3 dostižu maksimalnu vrijednost, s obzirom na iznimnu konzistentnost projekcija zagrijavanja prema sredini stoljeća. Smanjenje prosječnih količina oborina zadržava visoku vjerojatnost kroz sva razdoblja jer projekcije, iako konzistentne u smjeru, pokazuju veću prostornu i sezonsku varijabilnost u intenzitetu promjena. Sekundarni klimatski efekti koji su posljedica kombinacije više klimatskih faktora, poput smanjenja protoka,

<sup>11</sup> Klimatske opasnosti (hazard) – fizički događaji ili procesi povezani s klimom, poput toplinskih valova, suša, poplava, šumskih požara ili dugoročnih trendova poput porasta temperature zraka i promjene režima oborina.

povećanja temperature vode, pojave suša, ekstremnih oborinskih događaja i olujnih nevremena, ocijenjeni su nižim ocjenama u početnom razdoblju (P1), dok se njihova vjerojatnost povećava prema P3 razdoblju. Ovi efekti su složeniji i podložniji međugodišnjoj varijabilnosti, no projekcije jasno ukazuju na njihovo intenziviranje prema sredini stoljeća, što opravdava maksimalnu ocjenu u dugoročnom razdoblju.

**Jačina posljedica** (engl. *Severity/Impact*) predstavlja procjenu potencijalne težine i opsega utjecaja klimatskog događaja na promatrani sustav, a obuhvaća moguće fizičke, ekonomske, ekološke i društvene posljedice. Jačina posljedica također se izražava kvalitativno, od vrlo niske (manje, lokalne štete) do vrlo visoke (opsežne i dugotrajne štete s trajnim promjenama sustava) (Tablica 7.4). Na taj način ocjenjuje se jačina posljedica u odnosu na kapacitet područja da apsorbira i prevlada negativne učinke te omogućuje sagledavanje ne samo fizičkih oštećenja, nego i funkcionalnih i društveno-ekonomskih posljedica (npr. prekid opskrbe vodom, ugrožavanje javnog zdravlja ili degradacija ekosustava). Time se osigurava holistički pristup razumijevanju rizika, gdje se posljedice ne mjere samo materijalnim gubicima, nego i širim utjecajem na sustave ovisne o klimatskim uvjetima.

Tablica 7.4 Ljestvica za procjenu jačine posljedica

Jačina posljedica	Opis
Beznačajne	1 Posljedice su minimalne ili zanemarive, nema poremećaja funkcionalnosti prirodnih i društvenih sustava. Utjecaji su lokalni, kratkotrajni i potpuno reverzibilni te ne zahtijevaju posebne mjere.
Male	2 Posljedice su male i ograničene na manji dio područja. Poremećaji funkcionalnosti prirodnih i društvenih sustava privremeni, a posljedice su reverzibilne te se lako saniraju uz minimalne intervencije.
Umjerene	3 Posljedice su jasno vidljive, a mogući su gubici i umjereni poremećaji funkcionalnosti prirodnih i društvenih sustava. Utjecaji obuhvaćaju dio područja te su vremenski ograničeni ili se razvijaju sporo.
Velike	4 Posljedice su velike i dugotrajnije, s izraženim poremećajem funkcionalnosti prirodnih i društvenih sustava te većim prostornim obuhvatom. Sustav može dosegnuti točku nakon koje dolazi do naglih i trajnih promjena u njegovom funkcioniranju ( <i>impact thresholds</i> <sup>12</sup> ili <i>tipping points</i> ) <sup>13</sup> , a učinci se mogu kaskadno proširiti i na povezane sustave ili sektore, izvan izravno pogođenog područja. Potrebne su intervencije i mjere prilagodbe.
Značajne	5 Posljedice su značajne ili nepovratne. Dolazi do potpunog gubitka funkcionalnosti sustava, ozbiljne ugroze ključnih resursa ili zdravlja ljudi. Sustav je dostigao točku nakon koje dolazi do naglih i trajnih promjena u njegovom funkcioniranju, a učinci su trajni i prostorno rašireni, s visokim potencijalom za sustavne i kaskadne rizike.

**Rizik** (engl. *Risk*) u kontekstu klimatskih promjena odnosi se na potencijal za nastanak nepovoljnih posljedica za ljude te prirodne i gospodarske sustave. Kombiniranjem vjerojatnosti pojave i jačine posljedica određuje se ukupna razina rizika, koja se prikazuje kroz pet stupnjeva: vrlo niska, niska, umjerena, visoka i vrlo visoka. Pritom rizik ne predstavlja sam klimatski događaj, nego vjerojatnost i težinu njegovih mogućih posljedica na određeni sustav ili područje. Klimatski rizici povezani su s utjecajima klimatskih promjena, ali se od njih razlikuju po tome što rizik ne opisuje samo što se događa, već i kako i zašto do negativnih posljedica dolazi. Drugim riječima, dok klimatski utjecaji obuhvaćaju promjene u okolišu (npr. porast temperature, suše, poplave), procjena klimatskog rizika sagledava širu sliku odnosno kombinaciju prirodnih i društvenih čimbenika koji određuju koliko su te promjene opasne za određeni sustav.

Klimatski rizici mogu imati izravne posljedice, poput oštećenja infrastrukture ili ugrožavanja ljudskog zdravlja, ali i neizravne, koje se javljaju kao posljedica međusobno povezanih učinaka (npr. gubitak staništa, utjecaj na poljoprivredu ili opskrbu vodom). Rizici također mogu biti trenutni (već prisutni) ili potencijalni (oni koji bi se mogli pojaviti u budućnosti, ovisno o razvoju klimatskih promjena i društvenim okolnostima).

Procjena rizika provedena je bodovanjem prethodno navedenih pokazatelja: jačine posljedica i vjerojatnosti pojavljivanja prema unaprijed definiranim kategorijama. Svaki pokazatelj vrednuje se na ljestvici od 1 do 5, pri čemu veća vrijednost znači veće posljedice po ljude ili prirodne i gospodarske sustave, odnosno veću vjerojatnost pojavljivanja samog klimatskog događaja.

<sup>12</sup> *Impact thresholds* (pragovi utjecaja) – prag izloženosti ili promjene uvjeta nakon kojeg počinju nastupati značajno negativni utjecaji na sustav ili njegove komponente, često s ubrzanim pogoršanjem stanja.

<sup>13</sup> *Tipping points* (točke prekretnica) - točke u kojima sustav doseže kritičnu granicu stabilnosti, nakon koje dolazi do naglih, često nepovratnih promjena u njegovom stanju ili funkcioniranju, čak i ako se izvorni pritisak smanji.

Ukupni rizik računa se prema izrazu:

$$\text{Rizik} = \text{JP} \times \text{VP}$$

gdje su:

JP – jačina posljedica (1-5)

VP – vjerojatnost pojave (1-5).

Dobivena vrijednost rizika može se kretati u rasponu od 1 do 25, a detaljan prikaz matrice rizika dan je u sljedećoj tablici (Tablica 7.5).

Tablica 7.5 Matrica za procjenu rizika

Matrica rizika		Vjerojatnost pojavljivanja				
		Gotovo nemoguće (1)	Malo vjerojatno (2)	Moguće (3)	Vrlo vjerojatno (4)	Gotovo sigurno (5)
Jačina posljedica	Beznačajne (1)	1	2	3	4	5
	Male (2)	2	4	6	8	10
	Umjerene (3)	3	6	9	12	15
	Velike (4)	4	8	12	16	20
	Značajne (5)	5	10	15	20	25

Prethodno dobivene vrijednosti rizika grupirane su u pet razina koje omogućuju jasniju vizualizaciju rezultata analize te daju jasan pregled prioriteta postupanja (Tablica 7.6). Visoki i vrlo visoki rizici zahtijevaju hitno djelovanje i provođenje ciljanih mjera prilagodbe, dok niski i vrlo niski rizici ne zahtijevaju neposrednu intervenciju, ali ih je preporučljivo pratiti kroz vrijeme.

Tablica 7.6 Opis kategorija rizika

Razina rizika	Opis
Vrlo nizak	1-3 Rizik je vrlo nizak (minimalan), a sustav zadržava punu funkcionalnost i sposobnost oporavka bez potrebe za posebnim mjerama.
Nizak rizik	4-6 Rizik je nizak, no ipak postoji mogućnost ograničenih negativnih posljedica, koje se uglavnom mogu kontrolirati postojećim mjerama. Preporučuje se praćenje promjena.
Umjeren rizik	8-10 Rizik je umjeren te su mogući privremeni poremećaji u funkcioniranju prirodnih i društvenih sustava. Preporučuje se praćenje promjena te postupno planiranje i provođenje mjera smanjenja rizika.
Visok rizik	12-16 Rizik je vrlo visok te postoji mogućnost dugotrajnih poremećaja u funkcioniranju prirodnih i društvenih sustava, zbog čega je potrebno provesti ciljane mjere smanjenja rizika u što skorijem vremenskom razdoblju.
Vrlo visok	20-25 Rizik je vrlo visok i javljaju se dugotrajne ireverzibilne posljedice. Potrebno je hitno i koordinirano djelovanje, uz prioritarnu provedbu mjera prilagodbe.

## 7.2.1 Vode i vodni resursi

Prijetnja/klimatski efekt	P1			P2			P3		
	VP	JP	R	VP	JP	R	VP	JP	R
Povećanje prosječnih i maksimalnih temperatura zraka	4	4	16	4	4	16	5	5	25
Smanjenje prosječnih količina oborina	4	4	16	4	4	16	4	4	16
Promjena učestalosti i intenziteta oborina	3	4	12	4	4	16	5	5	25
Povećanje učestalosti olujnih nevremena	3	3	12	4	4	16	5	5	25
Pojava suše	3	3	9	4	3	12	5	4	20

Analiza rizika voda i vodnih resursa temelji se na prethodno utvrđenoj visokoj ranjivosti površinskih i podzemnih voda na klimatske promjene. Rizik je utvrđen kao rezultat vjerojatnosti pojavljivanja i jačina posljedica koja taj efekt može izazvati.

Povećanje temperatura zraka predstavlja visok (16) do vrlo visok (25) rizik za vodne resurse predmetnog područja. Visoka vjerojatnost ovog klimatskog efekta, osobito u razdoblju P3, u kombinaciji s visokom ranjivosti površinskih i podzemnih voda te značajnim posljedicama, rezultira najnepovoljnijom ocjenom rizika. Temperatura vode direktno prati temperature zraka, što ubrzava biokemijske procese i smanjuje koncentraciju otopljenog kisika potrebnog za vodeni ekosustav. Navedeni efekt posebno je izražen na nizvodnoj postaji Mrzlo Polje, gdje je prosječna temperatura vode od 1953. do 2008. porasla za 2,51 °C. Dodatno, povećana evapotranspiracija uzrokuje smanjenje količina vode koja dopijevaju u vodotoke, a istovremeno nema učinkovitih tehničkih rješenja za ublažavanje ovog klimatskog efekta. Smanjenje prosječnih količina oborina kategorizirano je kao visok (16) rizik. Iako su klimatski scenariji konzistentni u projekciji smanjenja godišnjih količina oborina, postoji određena nesigurnost u intenzitetu promjena između različitih razdoblja. Posljedice za vodne resurse su znatne s obzirom na to da se smanjenjem količine oborina smanjuju raspoložive količine vode u vodotocima i vodonosnicima, što utječe na površinske i podzemne vode te njihove ekološke funkcije. Trend smanjenja protoka već je vidljiv na uzvodnoj postaji Juzbašić gdje su prosječni godišnji protoci pali s 20,93 m<sup>3</sup>/s (2014.) na 9,31 m<sup>3</sup>/s (2024.), što predstavlja pad od gotovo 56 % u desetogodišnjem razdoblju. Ranije spomenuti visok gubitak vode u vodoopskrbnom sustavu dodatno pogoršava situaciju u uvjetima smanjene dostupnosti resursa. Promjena učestalosti i intenziteta oborina te povećanje učestalosti olujnih nevremena predstavljaju umjeren (12) do vrlo visok (25) rizik. Ovi međusobno povezani klimatski efekti mogu rezultirati izraženim oscilacijama između niskih i visokih vodostaja koji postaju sve nepredvidljiviji. Hidromorfološki elementi vodotoka posebno su ugroženi ovim promjenama. Na dionicama rijeka gdje je već utvrđeno loše stanje hidrološkog režima i morfoloških uvjeta (nizvodni dio Mrežnice i Tounjčica), intenzivne oborine i olujni događaji uzrokuju pojačanu eroziju tla, brzi i intenzivni površinski otjecaj te transport sedimenta, što može dovesti do daljnje degradacije. Promijenjena sezonska raspodjela oborina izravno utječe i na prirodno punjenje vodonosnika, čime se narušava stabilnost podzemnih voda tijekom godine. Pojava suša kategorizirana je kao umjeren (9) do vrlo visok (20) rizik. Sušna razdoblja predstavljaju kumulativni učinak smanjenih količina oborina i povećanih temperatura, što rezultira značajnim smanjenjem vodostaja i razina podzemnih voda. Ekstremno niski vodostaji već su zabilježeni na obje mjerne postaje (na postaji Juzbašić minimalni vodostaj iznosi 35 cm, a na postaji Mrzlo Polje zabilježen je negativni vodostaj od -21 cm). Tijekom suša dolazi do koncentracije onečišćujućih tvari zbog manjeg razrjeđivanja, čime se dodatno narušava kvaliteta vode. Posebni problem predstavljaju ljetni mjeseci kada se klimatski pritisci preklapaju s povećanom potražnjom vode za piće. Dugotrajne suše mogu dovesti do pretjerane eksploatacije podzemnih voda, što predstavlja ozbiljnu prijetnju održivosti vodoopskrbnih sustava.

Analiza rizika pokazuje da su vodnih resursi predmetnog područja izloženi srednjim do vrlo visokim razinama rizika s obzirom na različite klimatske efekte. Najviši rizik predstavljaju promjene prosječnih i maksimalnih temperatura zbog nepostojanja učinkovitih mjera prilagodbe, dok ostali klimatski efekti zahtijevaju integrirani pristup koji uključuje tehničke mjere zaštite, ekološke pristupe očuvanja prirodnih funkcija vodotoka te racionalno korištenje raspoloživih resursa, a pri tome posebnu pozornost treba obratiti na očuvanje hidromorfoloških elemenata vodotoka i smanjenje gubitaka vodnih resursa.

## 7.2.2 Stanovništvo i gospodarske djelatnosti

Prijetnja/klimatski efekt	P1			P2			P3		
	VP	JP	R	VP	JP	R	VP	JP	R
<b>Turizam</b>									
Promjena u rasporedu i prosječnoj količini oborina	4	4	16	4	4	16	4	4	16

Analiza ranjivosti stanovništva i gospodarskih djelatnosti pokazala je visoku ranjivost (ocjena 16) sektora turizma na klimatske promjene, prvenstveno na promjene u rasporedu i prosječnoj količini oborina s obzirom na to da su glavne atrakcijske osnove rijeke Mrežnica i Tounjčica i aktivnosti na njima. Posljedice za turizam su znatne jer se smanjenjem količine oborina smanjuju raspoložive količine vode u vodotocima, u kombinaciji i s drugim klimatskim efektima, a istovremeno nema učinkovitih tehničkih rješenja za ublažavanje ovog klimatskog efekta. Iako su klimatski scenariji konzistentni u projekciji smanjenja godišnjih količina oborina, postoji određena nesigurnost u intenzitetu promjena između različitih razdoblja. Vjerojatnost pojavljivanja klimatskog efekta za sva promatrana razdoblja je određena kao vrlo vjerojatna (ocjena 4) s obzirom na predviđanja, a i sama jakost posljedica navedenog klimatskog događaja ocijenjena je kao visoka (ocjena 4) što dovodi do visokog rizika (16) za navedeni sektor. Smanjenje vodostaja i protoka kao posljedice promjena u rasporedu i prosječnoj količini oborina, naročito u vrijeme sezone za rafting i kajaking (travanj-listopad) će direktno utjecati na razvoj tih vrsta turizma kroz skraćivanje sezone, ali i smanjenom privlačnošću prostora za navedenu vrstu turizma, koja se već sada suočava s navedenim problemima uzrokovana prvenstveno antropogenim utjecajima.

## 7.2.3 Bioraznolikost

### 7.2.3.1 Šumska staništa

Prijetnja/klimatski efekt	P1			P2			P3		
	VP	JP	R	VP	JP	R	VP	JP	R
Pojava suše	3	4	12	4	4	16	5	4	20

Na području Plana, klimatske projekcije pokazuju postupan porast srednje godišnje temperature kroz sva razdoblja (P1-P3) u odnosu na referentno razdoblje (P0), pri čemu se ljeto posebno ističe (+1,9 °C do kraja 2050. godine). Osim povećanja prosječnih, doći će i do povećanja maksimalnih temperatura, gdje se također ljeto ističe s povećanjem od čak 2 °C u sljedećih 5 godina. Također, projekcije do kraja P3 razdoblja pokazuju da će doći do blagog smanjenja prosječnih godišnjih količina oborina te do preraspodjele količine oborina kroz godišnja doba: ljeti će se smanjiti količina oborina za do čak 19,8 %, dok će zimi doći do povećanja količina oborina. Ovakvi scenariji upućuju na sve ekstremnija sušna razdoblja u vegetacijskoj sezoni. S obzirom na to da su suše zabilježene u proteklih 10 godina na području Plana, vjerojatnost pojavljivanja je ocijenjena kao moguća (3) do gotovo sigurna (5), ovisno o promatranom razdoblju. Vjerojatnost pojavljivanja je veća u P3 razdoblju u odnosu na P1 razdoblje, ne samo zbog vremenske razlike u razdobljima (u većem razdoblju postoji veća vjerojatnost za pojavu suše), nego

će doći i do većeg jaza između povećanja prosječnih temperatura i smanjenja oborina u P3 razdoblju u odnosu na P1 razdoblje. Dugotrajni ljetni sušni uvjeti znače da će se vrhunac rasta šumskih zajednica pomaknuti prema proljeću, dok će se skratiti „prozor“ aktivnog rasta u srpnju-kolovozu. U slučaju dugotrajnih suša dolazi do sušenja vrhova krošnji, odumiranja mladih biljaka i trajnog narušavanja vitalnosti šumskih staništa. Iako je kitnjak u literaturi opisan kao relativno dobro prilagodljiv suši u odnosu na mnoge druge mezofilne vrste, pod trendom zatopljenja i češćih ekstremnih suša ta se „prednost“ smanjuje. Budući da će suša biti glavni selekcijski pritisak na ove zajednice, ishod prilagodbe će ovisiti o fenotipskoj plastičnosti unutar populacija, ali i o tome radi li se o svježijim mikrostaništima s dubljim tlima ili toplijim, rubnim mikrostaništima s plićim tlima. Tako će i posljedice biti jače izražene na južnim ekspozicijama i plićim tlima, gdje je zadržavanje vlage smanjeno nego na dubljim tlima. Smanjenjem vitalnosti šumskih ekosustava oni postaju osjetljiviji sekundarne biotske i abiotske čimbenike, kao što su primjerice požari. U uvjetima ekstremnih suša češće dolazi do pojave šumskih požara, naročito s obzirom na to da su šume područja Plana uglavnom okružene naseljima. Pregledom dostupnih podataka Hrvatske vatrogasne zajednice (*GIS Cloud Editor* Hrvatske vatrogasne zajednice) u razdoblju od 2000.-2022. godine nisu utvrđeni požari većih razmjera na području Plana. Zadnji veći požar utvrđen je 2012. godine na južnom dijelu područja Plana na granici Općine Tounj i Grada Slunja. U slučaju ekstremnih suša i šumskih požara dolazi do utjecaja na strukturu i stabilnost šumskog tla te do rizika od erozije, a osobito na strmijim terenima i južnim ekspozicijama. Međutim, na području Plana mezofilne šume najvećim dijelom rastu na blažim terenima, a prema Procjeni rizika od velikih nesreća za područje Općine Generalski stol, u kojoj se nalazi većina šumskih površina područja Plana, nije utvrđen značajan rizik od erozije tla. Nadalje, iako se na području Plana očekuje prilagodba šumskih zajednica toplijim i sušnijim uvjetima ljeti, postepeno će dolaziti do visinske migracije glavnih vrsta drveća u više vegetacijske pojaseve. S obzirom na to da su šumska drveća dugoživući organizmi, ta će prilagodba ići vrlo sporo i postepeno, a odnosi se eventualno za P3 razdoblje. Posljedice ovakvih promjena su velike i dugotrajne, te dolazi do poremećaja u ukupnom funkcioniranju šumskih ekosustava. Zaključno, s obzirom na visoku vjerojatnost pojave suše te na umjerene do velike jačine njenih posljedica, ukupni rizik za šumska staništa na području Plana ocjenjuje se kao umjeren (9) do vrlo visok (20), s tendencijom rasta prema sredini stoljeća.

Šume se nalaze u središtu klimatskih procesa – ranjive na njihove promjene, ali istodobno neprocjenjiv alat u prilagodbi klimatskim promjenama. Na području Plana šume su važan prirodni mehanizam u regulaciji klime, ponajprije kroz sekvestraciju ugljika, a zatim i regulaciju hidroloških procesa i ublažavanje temperatura. Međutim, dugotrajnim sušama slabi njihova otpornost te posljedično i sposobnost da obavljaju svoje funkcije.

### 7.2.3.2 Travnjaci

Prijetnja/klimatski efekt	P1			P2			P3		
	VP	JP	R	VP	JP	R	VP	JP	R
Pojava suše	3	4	12	4	4	16	5	5	25

Na području Plana, klimatske projekcije pokazuju postupan porast srednje godišnje temperature i smanjenje prosječnih godišnjih količina oborina kroz sva razdoblja (P1-P3) u odnosu na referentno razdoblje (P0), pri čemu se ljeto posebno ističe. Tako se u sljedećih 5 godina (P1) očekuje porast oziprosječne ljetne temperature za 1,9 °C, te značajno smanjenje količine oborina za 19,8 %. Osim povećanja prosječnih doći će i do povećanja maksimalnih temperatura, gdje se također ljeto ističe s povećanjem od čak 2 °C u sljedećih 5 godina. Ovakvi scenariji upućuju na sve ekstremnija sušna razdoblja u vegetacijskoj sezoni. S obzirom na to da su suše zabilježene u proteklih 10 godina na području Plana, vjerojatnost pojavljivanja je ocijenjena kao moguća (3) do gotovo sigurna (5), ovisno o promatranom razdoblju. Vjerojatnost pojavljivanja je veća u P3 razdoblju u odnosu na P1 razdoblje, ne samo zbog vremenske razlike u razdobljima (u većem razdoblju postoji veća vjerojatnost za pojavu suše), nego će doći i do većeg jaza između povećanja prosječnih temperatura i smanjenja oborina u P3 razdoblju u odnosu na P1 razdoblje. Pojavom suše ljeti će doći do većih promjena u razinama podzemne vode. Mezofilne livade košanice su stanišni tip visoke osjetljivosti na takve promjene, jer ovise o trajnoj i stabilnoj dostupnosti vlage tijekom vegetacijske sezone. U sušnim razdobljima može doći do promjena u fenofazama te pomicanja i/ili preranog završetka vegetacijske sezone, te do narušavanja vitalnosti vrsta koje čine mezofilne livade košanice. Pritom je važno napomenuti da promjene u fenofazama mogu dovesti do smanjene dostupnosti peludi i nektara za leptire te smanjene dostupnosti sjemena za ptice. Ljetni deficit vlage dovest će do intenzivnog sušenja, propadanja i

postupnog osiromašenja sastava tipičnih biljnih vrsta. Postupno će početi prevladavati kserofilne vrste (vrste otpornije na sušu), i to se očekuje već u P1 razdoblju, a kroz P2 i P3 razdoblje moguće je da će doći do postupnog nestanka ovih livada, odnosno do zamjene sušim stanišnim tipovima. Sve navedene promjene sinergijski utječu na smanjenje ravnoteže i otpornosti travnjačkih staništa te stvaraju povoljnije uvjete za širenje već prisutnih invazivnih stranih vrsta biljaka. U uvjetima suše invazivne strane vrste mnogo su konkurentnije od autohtonih, zbog svoje izuzetne prilagodljivosti na periodični vodni stres. Naime, invazivne vrste tijekom suše više ulažu u rast korijenja te brže rastu, čime postaju superiorne u crpljenju ograničenih resursa – u ovom slučaju vode. Posljedično, autohtone vrste se suše i propadaju, dok prilagođene invazivne strane vrste zapošljavaju oslobođeni prostor. Ukoliko se livada ne kosi redovito dolazi do sve većeg širenja invazivnih stranih vrsta koje postupno mijenjaju stanišne uvjete – zasjenom, kompeticijom za vodu, mijenjanjem kemijskih i fizikalnih karakteristika tla, što sve dodatno onemogućuje oporavak autohtonih vrsta.

### 7.2.3.3 Vodena i vlažna staništa

Prijetnja/klimatski efekt	P1			P2			P3		
	VP	JP	R	VP	JP	R	VP	JP	R
Povećanje temperature vode	4	3	12	4	4	16	5	4	20
Smanjenje protoka	4	4	16	4	5	20	5	5	25
Povećanje maksimalnih količina oborina	3	4	12	4	4	16	5	4	20
Pojava suša	3	3	9	4	3	12	5	4	20

Analiza ranjivosti pokazala je da vodena i vlažna staništa imaju drugačije mehanizme otpornosti na klimatske efekte. Tako su za vodena staništa izdvojeni rizici u vidu povećanja temperature vode, smanjenja protoka i povećanja maksimalnih količina oborina, dok za vlažna staništa dominantni rizik predstavlja pojava suše. Na području Plana, klimatske projekcije pokazuju postupan porast srednje godišnje temperature zraka i smanjenje prosječnih godišnjih količina oborina kroz sva razdoblja (P1-P3) u odnosu na referentno razdoblje (P0), pri čemu se ljeto posebno ističe. Tako se u sljedećih 5 godina (P1) očekuje porast prosječne ljetne temperature za 1,9 °C, te značajno smanjenje količine oborina za 19,8 %. Osim povećanja prosječnih, doći će i do povećanja maksimalnih temperatura, gdje se također ljeto ističe s povećanjem od čak 2 °C u sljedećih 5 godina. Ljeti će osim povećanja temperature zraka i smanjenja oborina, doći i do smanjenja površinskog otjecanja, a ovakvi scenariji upućuju na povećanje temperature vode, smanjenje protoka te pojavu suše u ljetnom razdoblju. Prema Žganec (2012) na donjem toku Mrežnice (mjerna postaja Mrzlo Polje), prosječna godišnja temperatura vode od 1953.-2008. povećala za 2,51 °C, i to prvenstveno zbog klimatskih promjena. Ovi rezultati upućuju na trend povećanja prosječne godišnje temperature od 0,48 °C, zbog čega se vjerojatnost pojavljivanja ocjenjuje kao vrlo vjerojatna (4) do gotovo sigurna (5). Povećanje temperature vode dovodi do smanjenja koncentracije otopljenog kisika, a posljedično otežane fotosinteze organizama koji tvore vodene stanišne tipove. Nadalje, povećanje temperature zraka u kombinaciji sa smanjenjem količine oborina te smanjenim površinskim otjecanjem u ljetnom razdoblju dovode do smanjenog protoka, a vjerojatnost pojavljivanja smanjenja protoka ocijenjena je kao kombinacija vjerojatnosti pojavljivanja svih navedenih klimatskih efekata. Smanjen protok uzrokuje smanjenu koncentraciju kisika i otežanu fotosintezu te povećano taloženje sedimenta, što uzrokuje teže zakorijenjivanje submerzne vegetacije, smanjenje stope taloženja kalcijeva karbonata, a kad se površinski sloj sedre osuši može doći i do prestanka tvorbe sedre. Povećanje temperature vode i smanjen protok dovode do rizika od povećanja eutrofikacije, koja rezultira bržim taloženjem mulja, a posljedično bržim razvojem i/ili širenjem višeg bilja, odnosno (dugoročno) bržim obrastanjem drvenastim vrstama. S druge strane, povećanje maksimalnih količina oborina može dovesti do erozije sedrenih barijera te čupanja submerzne vegetacije iz podloge. Bitno je napomenuti da će rizici od smanjenja temperature vode i smanjenja protoka biti više izraženi na nizvodnom dijelu područja Plana. Pojava suša predstavlja dominantni rizik za vlažna staništa uz rubove rijeka, a s obzirom na to da su suše zabilježene u proteklih 10 godina na području Plana, vjerojatnost pojavljivanja je ocijenjena kao moguća (3) do gotovo sigurna (5), ovisno o promatranom

razdoblju. Vjerojatnost pojavljivanja je veća u P3 razdoblju u odnosu na P1 razdoblje, ne samo zbog vremenske razlike u razdobljima (u većem razdoblju postoji veća vjerojatnost za pojavu suše), nego će doći i do većeg jaza između povećanja prosječnih temperatura i smanjenja oborina u P3 razdoblju u odnosu na P1 razdoblje. Ljetne suše uzrokuju dugotrajno sniženje vodostaja te isušuju površinske slojeve tla, što vodi do povlačenja vrsta koje ovise o trajno vlažnim uvjetima. Trska i rogoz u takvim situacijama pomoću dubokih rizoma preživljavaju sušu, a posljedično dolazi do dominacije tršćaka i rogozika nad šiljevima i šaševima.

#### 7.2.3.4 Kraške špilje i jame

Prijetnja/klimatski efekt	P1			P2			P3		
	VP	JP	R	VP	JP	R	VP	JP	R
Povećanje temperature vode	3	3	9	4	3	12	5	3	15
Smanjenje protoka	3	3	9	4	4	16	5	4	20
Pojava suše	2	4	8	3	4	12	4	5	20

Područje Plana obiluje hidrološki aktivnim špiljama i jamama koje ovise o stabilnom režimu podzemnih i površinskih voda. Klimatske projekcije za ovo područje ukazuju na kontinuiran porast temperature zraka uz promjene u režimu oborina kroz sva promatrana razdoblja. Ljetni mjeseci posebno se ističu pa se u narednih 5 godina (P1) očekuje se porast prosječne ljetne temperature za oko 1,9 °C, dok se količina ljetnih oborina smanjuje za 19,8 %. Do sredine stoljeća (P3) predviđa se pad ukupne godišnje količine oborina te izrazita sezonska preraspodjela, odnosno manje oborina ljeti, a više zimi. Takvi scenariji upućuju na sve učestalija i intenzivnija sušna razdoblja tijekom toplijih mjeseci. Posljedica je da će ljetne suše biti sve učestalije i dugotrajnije, osobito do sredine stoljeća.

Porast temperature podzemne vode izravan je rezultat zatopljenja zraka i smanjenog protoka. Dugotrajna mjerenja već potvrđuju trend zagrijavanja krških voda: na donjem toku Mrežnice (mjerno mjesto Mrzlo Polje) prosječna godišnja temperatura vode porasla je za 2,51 °C od 1953. do 2008. godine, prvenstveno zbog klimatskih promjena. U plitkim speleološkim sustavima s brzom cirkulacijom vode očekuje se postupno povišenje temperature podzemnih tokova kako klima bude toplija. Toplija voda sadrži manje otopljenog kisika, što može narušiti osjetljivu ravnotežu podzemnih ekosustava. Za specijalizirane špiljske organizme prilagođene stabilnim, hladnim uvjetima i blag porast temperature predstavlja stres. Smanjena koncentracija kisika u vodi negativno utječe na stigobionte i troglobionte, organizme cijelog životnog ciklusa vezane uz podzemna staništa. Dugoročno gledano, s obzirom na klimatske scenarije, porast temperature podzemnih voda procjenjuje se kao umjeren do visok rizik za podzemna staništa, s tendencijom rasta prema P3 razdoblju. Drugim riječima, očekuje se da će do sredine stoljeća i podzemne vode biti primjetno toplije nego danas, čime se narušavaju uvjeti na koje su podzemne zajednice evolucijski prilagođene.

Smanjenje količine vode tijekom sušnih razdoblja predstavlja najveći rizik za podzemna staništa. U ljetnim mjesecima, uz manje oborina i pojačano isparavanje, razina podzemnih voda znatno opada. Posljedično se smanjuje izdašnost krških izvora, pa i protok kroz hidrološki aktivne špilje i jame. Već sada se bilježi trend opadanja prosječnog protoka rijeke Mrežnice u posljednjem desetljeću, a minimalni vodostaji javljaju se krajem ljeta i početkom jeseni. U uvjetima ekstremne suše, manji krški izvori mogu i presušiti. Smanjen protok dovodi do stagnacije vode u podzemnim kanalima, gubitka strujanja i pada koncentracije kisika. Za razliku od površinskih ekosustava gdje su vrste u pravilu više prilagođene promjenama uvjeta u staništima, podzemna fauna nema razvijene mehanizme prilagodbe. Zbog ograničene povezanosti podzemnih ekosustava i slabe disperzijske sposobnosti, u slučaju presušivanja špilja i jama, lokalni nestanak populacije stenoendema ujedno bi najvjerojatnije značio i izumiranje te vrste. Klimatske projekcije potvrđuju da su vodena podzemna staništa posebno osjetljiva. Iako smanjenje protoka i pojava suše u narednih 5 godina predstavlja nizak rizik za podzemne ekosustave, u duljem vremenskom razdoblju rizik znatno raste. Do sredine stoljeća mogu se očekivati češća i dugotrajnija sušna razdoblja, što ovaj rizik čini vrlo visokim. Dugoročno, smanjenje količine vode u podzemlju može dovesti do

trajnog gubitka staništa za visoko specijalizirane vrste te potencijalnih izumiranja i smanjenja globalne bioraznolikosti.

Špilja Rudnica VI može se izdvojiti kao primjer vrlo ranjivog podzemnog staništa u obuhvatu Plana. Rudnica VI je hidrološki aktivna špilja s jednim od izvora koji napajaju potok Rudnicu, pritok Tounjčice. Ujedno je to jedini speleološki objekt u obuhvatu Plana zaštićen kao dio stanišnog tipa 8310 (špilje zatvorene za javnost) unutar područja ekološke mreže. Ova špilja iznimno je značajna zbog endemske faune jer su njoj zabilježene vrste ili podvrste pronađene isključivo na tom lokalitetu, poput rudničke špiljske spužvice (*Eunapius subterraneus mollisparspanis*) te četiri vrste podzemnih slatkovodnih puževa (*Lanzaia rudnicae*, *Hadziella rudnicae*, *Paladilhiopsis insularis* i *Plagigeyeria jalzjici*). Posljedice za ovu jedinstvenu faunu bile bi izrazito teške te se u najgorem slučaju dovodi u pitanje opstanak navedenih vrsta.

#### 7.2.4 Šumarstvo

Prijetnja/klimatski efekt	P1			P2			P3		
	VP	JP	R	VP	JP	R	VP	JP	R
Pojava suše	3	4	9	4	4	16	5	4	20

Na području Plana, klimatske projekcije pokazuju postupan porast srednje godišnje temperature kroz sva razdoblja (P1-P3) u odnosu na referentno razdoblje (P0), pri čemu se ljeto posebno ističe (+1,9 °C do kraja 2050. godine). Osim prosječnih doći će i do povećanja maksimalnih temperatura, gdje se također ljeto ističe s povećanjem od čak 2 °C u sljedećih 5 godina. Također, projekcije do kraja P3 razdoblja pokazuju da će doći do blagog smanjenja prosječnih godišnjih količina oborina te do preraspodjele količine oborina kroz godišnja doba: ljeti će se smanjiti količina oborina za do čak 19,8 %, dok će zimi doći do povećanja količina oborina. Ovakvi scenariji upućuju na sve ekstremnija sušna razdoblja u vegetacijskoj sezoni. S obzirom na to da su suše zabilježene u proteklih 10 godina na području Plana, vjerojatnost pojavljivanja je ocijenjena kao moguća (3) do gotovo sigurna (5), ovisno o promatranom razdoblju. Vjerojatnost pojavljivanja je veća u P3 razdoblju u odnosu na P1 razdoblje, ne samo zbog vremenske razlike u razdobljima (u većem razdoblju postoji veća vjerojatnost za pojavu suše), nego će doći i do većeg jaza između povećanja prosječnih temperatura i smanjenja oborina u P3 razdoblju u odnosu na P1 razdoblje. Dugotrajni ljetni sušni uvjeti znače da će se vrhunac rasta šumskih sastojina pomaknuti prema proljeću, dok će se skratiti „prozor“ aktivnog rasta u srpnju-kolovožu. Dugotrajne suše dovode do smanjenog prirasta, a posljedice su jače ukoliko suša dulje traje te ukoliko dođe do suše ranije u vegetacijskoj sezoni. Čak i uvjetima normalizacije nakon suše, prirast ostaje smanjen još 1–3 godine nakon ekstremnog događaja, jer biljka prvo ulaže energiju u obnavljanje korijenskog sustava. Termofilne šikare/panjače medunca obično imaju manji rizik od pada prirasta i brže se oporavljaju, zbog nižeg sklopa i prilagođenosti glavnih vrsta drveća sušnim uvjetima. Dulja razdoblja smanjenog prirasta kumulativno utječu na manju akumulaciju drvne zalihe. U uvjetima suše dolazi do pada vitaliteta i stabilnosti sastojina koje postaju podložnije raznim biotičkim i abiotičkim čimbenicima, kao što su požari, oluje, štetnici i bolesti. U uvjetima ekstremnih suša češće dolazi do pojave šumskih požara, a naročito s obzirom na to da je područje Plana uglavnom okruženo naseljima. Pregledom dostupnih podataka Hrvatske vatrogasne zajednice (*GIS Cloud Editor*) u razdoblju od 2000.-2022. godine nisu utvrđeni požari većih razmjera na području Plana. Zadnji veći požar utvrđen je 2012. godine na južnom dijelu područja Plana na granici Općine Tounj i Grada Slunja. Termofilne sastojine koje čine uređajne razrede šikara i panjača, imaju više potencijalnog „goriva“ zbog prevelike gustoće stabala i grmlja na jedinici površine, a i s obzirom na položaje na kojima rastu, više su izložene šumskim požarima. Šumski požari na takvim strminama pridonose većoj osjetljivosti šumskog tla na eroziju, a naročito u kombinaciji s olujnim nevremenima. Međutim, na području Plana većina šumskih sastojina sjemenjača nalazi se na blažim terenima, a prema Procjeni rizika od velikih nesreća za područje Općine Generalski stol, u kojoj se nalazi većina šumskih površina područja Plana nije utvrđen značajan rizik od erozije tla. Sve navedeno pojačava stres na šumske sastojine, oštećuje drvenu masu, stvarajući povoljne uvjete za pojavu sekundarnih štetnika/bolesti. U kontekstu svih navedenih klimatskih efekata, kulture smreka su pod većim rizikom od mješovitih sastojina. Naime, zbog jednoličnog sastava i strukture gube otpornost i stabilnost koja je zbog raznolikosti veća u mješovitim šumama. Kulture teže podnose sušu, ekstremne nepogode, a zatim i napade štetnika/bolesti. To je potvrđeno i prema Izvještajno prognoznim poslovima za 2022. i 2023. godinu, gdje su u šumarijama područja Plana najveće štete utvrđene upravo na smrekovim sastojinama.

Ekstremne suše i njene posljedice dovode do tzv. „sušenja šuma“, čime dolazi do smanjenja visokovrijednih općekorisnih funkcija šuma područja Plana. Tako će u sjemenjačama kitnjaka i graba zbog njihove zastupljenosti i položaja u području Plana doći do smanjenja općekorisnih funkcija šuma kao što su povećan utjecaj šuma na bioraznolikost, rekreativna i turistička funkcija, zaštita i unapređenje čovjekovog okoliša te stvaranje povoljnih uvjeta za faunu. U šikarama i panjačama termofilnih šuma hrasta medunca i graba najviše će doći do smanjenja općekorisnih funkcija zaštite tla, prometnica i drugih objekata od erozije, bujica i poplava. Bitno je napomenuti da je jedna od općekorisnih funkcija šuma upravo njihov pozitivan utjecaj na klimu i ublažavanje klimatskih promjena. Naime, šume na području Plana su važan prirodni mehanizam u regulaciji klime, ponajprije kroz sekvestraciju ugljika, regulaciju hidroloških procesa i ublažavanje temperatura. Međutim, zbog svih navedenih klimatskih efekata šume postaju sve ranjivije, a posljedično dolazi do smanjenja njihove otpornosti i sposobnosti da obavljaju svoje funkcije.

## 8 Odgovor na ranjivosti i rizike

Kao odgovor na utvrđene ranjivosti i rizike vezane uz klimatske promjene te uzimajući u obzir prostorne, ekološke i funkcionalne značajke zaštićenog područja, predlažu se mjere prilagodbe koje imaju za cilj smanjiti rizike od utjecaja klimatskih promjena, jačati otpornost prirodnih i društvenih sustava te omogućiti održivi razvoj zaštićenog područja u budućim klimatskim uvjetima. Mjere su propisane u skladu sa strateškim okvirom na nacionalnoj i europskoj razini, fokusirajući se na ključne receptore za ovo područje poput voda, bioraznolikosti i šumarstva. Mjere su osmišljene da budu fleksibilne, prilagođene vremenskim okvirima (idući 5, 10 ili 25 godina, ili kontinuirano) i utemeljene na znanstvenim podacima, kako bi se osigurala njihova učinkovitost u suočavanju s neizvjesnostima klimatskih scenarija.

Mjere prilagodbe u ovom Planu definirane su na strateškoj, usmjeravajućoj razini, kao okvir za daljnje planiranje i provedbu aktivnosti usmjerenih na smanjenje klimatskih rizika i jačanje otpornosti zaštićenog područja. S obzirom na prostornu, ekološku i funkcionalnu raznolikost predmetnog područja, kao i činjenicu da se dio predloženih mjera odnosi na više sektora i više razina upravljanja, na ovoj razini nije svrsishodno niti moguće unaprijed utvrditi sve projektno-tehničke parametre, točne lokacije primjene, detaljne redoslijede provedbe i konačne nositelje svake pojedine aktivnosti.

Precizna operacionalizacija pojedinih mjera ovisit će o dodatnim terenskim i stručnim analizama, dostupnim financijskim izvorima te usklađenosti s drugim planskim i sektorskim dokumentima. Stoga mjere predstavljaju provedbene smjernice koje se mogu dalje razraditi kroz akcijske planove, sektorske programe, upravljačke mjere i pojedinačne projekte. Na taj se način osigurava njihova prilagodljivost različitim vremenskim horizontima, mogućnost fazne provedbe te usklađivanje s budućim klimatskim uvjetima i raspoloživim razvojnim mogućnostima.

U skladu s time, mjere su oblikovane tako da obuhvaćaju i infrastrukturne i upravljačke, ali i edukativne i monitoring mjere, pri čemu pojedine mjere predstavljaju početne korake šire adaptacijske putanje, a ne jednokratne intervencije.

Detalnija razrada pojedinih mjera, uključujući procjenu njihovih troškova i koristi, dana je u poglavlju 9 *Analiza troškova i koristi*. Na taj se način osigurava povezanost između identificiranih klimatskih rizika, predloženih mjera prilagodbe i njihove ekonomske opravdanosti.

Propisane mjere prilagodbe navedene su u sljedećoj tablici (Tablica 8.1).

Tablica 8.1 Mjere prilagodbe klimatskim promjenama

Broj mjere	Mjera	Receptor
M1	Unaprjeđenje zadržavanja i korištenja oborinskih voda	Dostupnost vode, poljoprivredna proizvodnja, lokalni sustavi vodoopskrbe
M2	Unapređenje i prilagodba uzgojnih postupaka i metoda uređivanja šuma klimatskim promjenama	Šumska staništa i šumarstvo, Vodena i vlažna staništa
M3	Povećanje genetske i biološke raznolikosti šuma	
M4	Prilagodba režima košnje klimatskim uvjetima te redovito uklanjanje invazivnih stranih vrsta	Travnjaci
M5	Očuvanje kakvoće vode, stalnog protoka i prirodne hidromorfologije vodotoka	Vodena i vlažna staništa, Kraške špilje i jame, Površinske i podzemne vode
M6	Očuvanje šumskog pokrova u slivnom području	Šumska staništa i šumarstvo, Vodena i vlažna staništa, Kraške špilje i jame
M7	Uspostava monitoringa razine i temperature vode u speleološkim objektima te dodatna istraživanja	Kraške špilje i jame
M8	Informiranje, edukacija i jačanje kapaciteta turističkog sektora u kontekstu klimatskih rizika	Turizam

Navedene mjere predstavljaju prioritetne smjerove djelovanja, dok će se njihova detaljna provedbena razrada, uključujući nositelje, rokove i specifične projektne parametre, utvrđivati u daljnjim provedbenim dokumentima.

## 9 Analiza troškova i koristi

Analiza troškova i koristi (engl. *Cost–Benefit Analysis, CBA*) predstavlja alat za sustavno sagledavanje i usporedbu očekivanih troškova i koristi predloženih mjera tijekom određenog vremenskog razdoblja (25 godina), s ciljem procjene njihove ukupne opravdanosti i doprinosa smanjenju rizika i povećanju otpornosti. U kontekstu prilagodbe klimatskim promjenama, ovakva analiza omogućuje sagledavanje ne samo izravnih i mjerljivih učinaka, već i šireg doprinosa smanjenju rizika i povećanju otpornosti sustava.

Analiza troškova i koristi izrađena je s ciljem procjene opravdanosti i učinkovitosti predloženih mjera prilagodbe klimatskim promjenama na zaštićenom području i slivu rijeka Mrežnice i Tounjčice. U kontekstu ovog Plana, analiza troškova i koristi ima prvenstveno stratešku i informativnu ulogu, a ne svrhu preciznog ekonomskog vrednovanja. S obzirom na složenost prirodnih sustava, dugoročni karakter klimatskih promjena te ograničenu dostupnost kvantitativnih podataka, analiza se temelji na kombinaciji dostupnih ekonomskih procjena, literature, stručnih pretpostavki i scenarija razvoja bez i s provedbom mjera prilagodbe. Shodno tome, analiza se ne temelji na preciznoj monetarnoj kvantifikaciji svih učinaka, već na kombinaciji kvalitativne i (polu)kvantitativne procjene, uz naglasak na smanjenje rizika, izbjegavanje budućih šteta te očuvanje ključnih prirodnih vrijednosti.

Analiza je usmjerena na usporedbu troškova odnosno šteta koje se mogu očekivati u scenariju bez provedbe mjera prilagodbe uslijed intenziviranja klimatskih promjena u budućnosti te troškova provedbe mjera i očekivanog smanjenja negativnih posljedica klimatskih promjena. Na taj se način osigurava podloga za razumijevanje dugoročnih ekonomskih i okolišnih implikacija klimatskih promjena te za donošenje informiranih odluka o prioritetima prilagodbe.

### 9.1 Opis metodologije

Analiza troškova i koristi provedena je kvalitativno i kvantitativno, ovisno o dostupnosti podataka, te je strukturirana prema scenarijskom pristupu. Metodologija se temelji na usporedbi dva osnovna scenarija:

- scenarija bez provedbe mjera prilagodbe, u kojem se pretpostavlja nastavak postojećih trendova i rast klimatskih rizika,
- scenarija s provedbom mjera prilagodbe, u kojem se pretpostavlja smanjenje intenziteta i/ili učestalosti negativnih posljedica klimatskih promjena.

Analiza je provedena za dugoročni vremenski period od 25 godina, u skladu s karakteristikom klimatskih promjena i dugoročnim učinkom mjera prilagodbe.

Štete u scenariju bez provedbe mjera, kao i troškovi provedbe predloženih mjera kategorizirani su u troškovne razrede (raspone) koji odražavaju red veličine potrebnih ulaganja. Ovakav pristup primijenjen je s obzirom na razinu razrade Plana, dostupnost podataka te činjenicu da u ovoj fazi nisu definirani konkretni projektni zahvati, tehnička rješenja niti modeli financiranja. Primjena raspona troškova umjesto pojedinačnih iznosa odražava i visok stupanj neizvjesnosti povezan s budućim klimatskim uvjetima, razvojem tehničkih rješenja, dostupnošću financijskih sredstava te dinamikom provedbe.

Važno je naglasiti da analiza ne uključuje sve moguće neizravne i nematerijalne koristi, niti sve potencijalne sekundarne učinke klimatskih promjena. Stoga rezultate analize treba promatrati kao orijentacijsku podlogu za odlučivanje, a ne kao konačnu ekonomsku procjenu. Analiza je provedena na strateškoj razini, s ciljem usporedbe scenarija i identifikacije relativnih razlika između stanja bez provedbe mjera i stanja s provedbom mjera prilagodbe klimatskim promjenama. Detaljnija i preciznija ekonomska procjena pojedinih mjera moguća je u kasnijim fazama, odnosno na nižim i provedbenim razinama, primjerice u okviru pripreme konkretnih projekata ili kroz provedbu ciljanih terenskih istraživanja i monitoringa. Na tim razinama bit će moguće koristiti specifičnije ulazne podatke, detaljnije prostorne i biološke analize te preciznije procjene troškova i koristi, uključujući i kvantifikaciju pojedinih ekosustavnih usluga, rizika i očekivanih učinaka mjera. Ovaj Plan stoga predstavlja okvir i podlogu za daljnju razradu, dok je konačnu ekonomsku opravdanost pojedinih mjera moguće utvrditi u fazi njihove konkretne implementacije.

## 9.2 Troškovi u scenariju bez provedbe mjera

Troškovi u scenariju bez provedbe mjera obuhvaćaju procijenjene gubitke funkcija ekosustava i pripadajućih ekosustavnih usluga (štete) u razdoblju do 2050. godine uslijed povećane učestalosti i intenziteta klimatskih rizika, poput suša, ekstremnih temperatura i promjena hidrološkog režima. Procjene se temelje na kombinaciji postojećih ekonomskih vrednovanja ekosustava, relevantnih pravilnika i nacionalnih podloga, znanstvene literature te stručne procjene potencijalnih gubitaka funkcija ekosustava u uvjetima pojačanog klimatskog stresa.

Naglasak je stavljen na ekosustave koji imaju ključnu ulogu u otpornosti prostora i koji su osobito značajni za promatrano područje, uključujući šumske i travnjačke ekosustave, vodene te podzemne krške ekosustave.

Procjena šteta u scenariju bez provedbe mjera izravno se nadovezuje na rezultate analize klimatskih rizika provedene u poglavlju 7.2, u kojoj su identificirani rizici s visokim i vrlo visokim ukupnim ocjenama. Ti rizici prvenstveno se odnose na promjene hidrološkog režima, povećanu učestalost i intenzitet suša i ekstremnih oborina, porast temperatura zraka te povezane procese gubitka različitih staništa.

Očekivani gubici funkcija i usluga pojedinih ekosustava u slučaju neprovođenja mjera prilagodbe, između ostalog, uključuju smanjenje regulacijske i zaštitne uloge šumskih ekosustava, degradaciju travnjačkih staništa, pogoršanje stanja vodenih ekosustava uslijed promjena u protoku i temperaturi vode te povećanu osjetljivost podzemnih ekosustava na promjene hidroloških i mikroklimatskih uvjeta. Također, opisani su potencijalni gubici vezani uz turističku djelatnost koja je usko vezana uz prirodne resurse ovog područja.

### Šumski ekosustav

Procijenjena ukupna vrijednost šumskih ekosustava na području Plana za P3 razdoblje (25 godina) iznosi oko 48 – 108 milijuna EUR. Procjena ukupne vrijednosti šuma temeljila se na kombiniranom pristupu naknada za šume i naknada za smanjenje općekorisnih funkcija šuma (OKFŠ) iz Pravilnika o utvrđivanju naknada za šumu i šumsko zemljište, čime je određena okvirna vrijednost šumskih ekosustava područja Plana i njihovih funkcija. Sve su šume područja Plana gledane kao visoki uzgojni oblik (sjemenjače), s obzirom na to da je to uzgojni oblik kojemu se teži. Slijedom navedenog, prema spomenutom Pravilniku odnosno pripadajućoj *Odluci o prijedlogu iznosa vrijednosti boda za određivanje naknade za smanjenje općekorisnih funkcija šuma* (Hrvatske šume d.o.o., 2017.), uzeta je vrijednost boda šuma visokog uzgojnog oblika za OKFŠ u iznosu od 1 kn/bod, što je ekvivalentno 0,13 EUR/bod.

U slučaju povećanog rizika od suše te neprovođenja mjera prilagodbe klimatskim promjenama, očekivani gubitak funkcija šumskih ekosustava procjenjuje se na oko 50 %, što iznosi približno 24 – 54 milijuna EUR.

### Travnjaci

Procijenjena ukupna vrijednost mezofilnih livada na području Plana za P3 razdoblje (25 godina) iznosi oko 4,5 - 9 milijuna EUR. Procjena ukupne vrijednosti mezofilnih livada temelji se na rezultatima globalnih ekonomskih meta-analiza travnjačkih ekosustava (Liu i sur., 2022.), koje daju orijentacijske raspone godišnje vrijednosti usluga travnjačkih ekosustava po hektaru. Ukupna vrijednost livada prilagođena je ekološkim uvjetima područja Plana i površini mezofilnih livada te je stavljena u odnos s vrijednostima procijenjenima za šumske ekosustave.

U slučaju povećanog rizika od suše te neprovođenja mjera prilagodbe klimatskim promjenama, očekivani gubitak funkcija livadnih ekosustava procjenjuje se na oko 80 %, što iznosi približno 3,6 – 7,2 milijuna EUR.

### Vodena i vlažna staništa

Procijenjena ukupna vrijednost vodenih i vlažnih ekosustava na području Plana za P3 razdoblje (25 godina) iznosi oko 260 – 490 milijuna EUR. Procjena je temeljena na srednjim vrijednostima pojedinačnih usluga slatkovodnih ekosustava, koje su preuzete iz globalne ekonomske meta-analize slatkovodnih ekosustava (Amatucci i sur., 2024.). Ukupna vrijednost slatkovodnih ekosustava prilagođena je tomu da temeljnu prirodnu vrijednost područja predstavljaju očuvani krški vodotoci.

U slučaju povećanog rizika od suše, smanjenja protoka vode, promjene temperature vode te povećanja maksimalnih količina oborina, uz neprovođenje mjera prilagodbe klimatskim promjenama, očekivani gubitak funkcija vodenih i vlažnih ekosustava procjenjuje se na oko 80 %, što iznosi približno 208 – 392 milijuna EUR.

### Kraške špilje i jame

Za podzemna staništa na području Plana nije izrađena zasebna procjena troškova. Ekosustavi hidrološki aktivnih špilja i jama usko su povezani s površinskim vodama, odnosno vodenim staništima pa je veći dio pripadajućih

usluga ekosustava već posredno obuhvaćen kroz procjenu troškova za vodena i vlažna staništa. Dodatno, na području Plana nema turistički uređenih speleoloških objekata, stoga ne postoje niti izravne gospodarske usluge povezane s rekreacijom i turizmom, kakve su, primjerice, značajno zastupljene u Regionalnom parku Škocjanske jame u Republici Sloveniji, gdje turistička valorizacija čini znatan udio ukupne procjene ekonomske vrijednosti usluga ekosustava (WWF, 2011).

U scenariju bez provedbe mjera, klimatske promjene neće dovesti do nestanka špilja i jama, no očekuju se promjene uvjeta u podzemlju te su moguće izmjene stanišnih tipova na nižim klasifikacijskim razinama, ponajprije uslijed promjena hidrološke funkcije. U konačnici, imajući u vidu brojnost stenoendemskih vrsta i njihovu visoku ugroženost (vrste s visokim i izuzetno visokim rizikom od izumiranja u prirodi) te izostanak mogućnosti obnove predmetnih staništa, njihova vrijednost za znanost i prirodu u velikoj je mjeri neprocjenjiva.

### Sektor turizma (aktivni vodeni sportovi)

Povećana učestalost i intenzitet sušnih razdoblja, smanjenje vodostaja i protoka te veća varijabilnost hidrološkog režima mogu dovesti do smanjenja broja dana pogodnih za sigurno i kvalitetno odvijanje aktivnosti vodenih sportova. Troškovi se očituju prvenstveno kroz skraćanje turističke sezone za kajaking i rafting te shodno tome gubitak prihoda pružatelja turističkih usluga. S obzirom na to da se aktivnosti kajakinga i raftinga u velikoj mjeri oslanjaju na sezonalnost i povoljne vodostaje, nepostojanje mjera prilagodbe povećava rizik od čestih otkazivanja, skraćivanja sezone ili potpunog izostanka aktivnosti u pojedinim godinama. Posljedično, troškovi se ne očituju samo u izravnom gubitku prihoda, već i u dugoročnom smanjenju konkurentnosti destinacije te mogućem smanjenju interesa za daljnja ulaganja u turistički sektor<sup>14</sup>. Shodno tome, u uvjetima bez prilagodbe na klimatske promjene, utvrđeni rizici mogu rezultirati znatnim ekonomskim gubicima za lokalne dionike, ali i širem negativnom utjecaju na lokalno gospodarstvo i zapošljavanje.

Zbog ograničene dostupnosti kvantitativnih podataka o točnim financijskim gubicima, troškovi bez provedbe mjera procijenjeni su kvalitativno te se u tom kontekstu, očekivani troškovi za sektor turizma procjenjuju kao srednji do visoki, osobito u dugoročnom razdoblju, s obzirom na kumulativni učinak ponavljajućih nepovoljnih hidroloških uvjeta i povećanu nesigurnost u planiranju turističkih aktivnosti.

## 9.3 Troškovi provedbe mjera

Troškovi provedbe mjera obuhvaćaju procijenjene troškove planiranja, provedbe i održavanja predloženih mjera prilagodbe. Koristi provedbe mjera sagledane su kroz smanjenje procijenjenih šteta, očuvanje ili poboljšanje funkcionalnosti ekosustava te povećanje otpornosti prostora na klimatske promjene.

Zbog izražene neizvjesnosti u dugoročnim projekcijama, koristi su u većini slučajeva procijenjene indikativno, s naglaskom na relativnu usporedbu, a ne na apsolutne iznose, ali predstavljaju ključne dugoročne vrijednosti za očuvanje zaštićenog područja.

### M1 Unaprjeđenje zadržavanja i korištenja oborinskih voda

Mjera obuhvaća osiguranje zadržavanja viškova oborinskih voda tijekom kišnih razdoblja korištenjem postojećih struktura i mobilnih cisterni za potrebe poljoprivrednog navodnjavanja tijekom sušnih razdoblja te poticanje višenamjenskog korištenja kišnice u kućanstvima. Zadržavanjem viškova vode u vlastitim kapacitetima smanjuje se pritisak na javnu vodoopskrbu i podzemne vode u razdobljima kada je potražnja za vodom najveća.

1. Identificiranje poljoprivrednih gospodarstava s potrebom za navodnjavanje i procjena potrebnih kapaciteta skladištenja vode.
2. Kartiranje potencijalnih mikro-lokacija za zadržavanje vode, uključujući postojeće strukture.
3. Sanacija i prilagodba identificiranih postojećih struktura (bunari, bazeni) za skladištenje oborinskih voda.
4. Procjena mogućnosti korištenja prirodnih retencijskih površina (npr. livade sklone povremenom zadržavanju vode) uz prethodnu provjeru prisutnosti zaštićenih i ugroženih vrsta te uz očuvanje prirodnih funkcija prostora.

<sup>14</sup> Važno je napomenuti da smanjenje ili ograničenje aktivnosti kajakinga i raftinga može imati pozitivne posljedice za očuvanje prirodnih vrijednosti, osobito sedrenih barijera i osjetljivih riječnih ekosustava. Međutim, u okviru ovog Plana prostor se sagledava integrirano, uz uvažavanje prirodnih vrijednosti i postojećih gospodarskih aktivnosti, dok procjena prihvatljivosti ili poželjnosti pojedinih aktivnosti s aspekta zaštite prirode nije predmet ove analize.

5. Organizacija edukativnih radionica o pravilnom korištenju i održavanju sustava za prikupljanje kišnice, uključujući:
  - ✓ Osnove principe sakupljanja oborinske vode s krovnih površina
  - ✓ Tehničke mogućnosti korištenja filtrirane kišnice za ispiranje WC-a i pranje rublja
  - ✓ Praktične primjere iz prakse i procjenu ušteda na potrošnji pitke vode
6. Savjetodavna podrška zainteresiranim kućanstvima za planiranje i implementaciju sustava za višenamjensko korištenje kišnice (uz naglasak da se radi o dobrovoljnoj, preporučenoj praksi koja dodatno doprinosi racionalnom gospodarenju vodnim resursima).
7. Analiza gubitaka u postojećem sustavu vodoopskrbe i mogućnosti smanjenja opterećenja sustava korištenjem alternativnih izvora vode.

**Trošak mjere:** 350 000 – 500 000 EUR

**Očekivane koristi:** Osiguravanje dodatnih kapaciteta za skladištenje oborinskih voda omogućit će poljoprivrednicima redovito navodnjavanje tijekom produljenih sušnih razdoblja, čime se ublažavaju negativni utjecaji očekivanih povišenih prosječnih i maksimalnih temperatura na poljoprivredne kulture. Pravilno navodnjavanje u sušnim periodima osigurava optimalnu vlažnost tla potrebnu za učinkovitu apsorpciju hranjivih tvari, što izravno utječe na povećanje prinosa i kvalitete poljoprivrednih proizvoda. Dodatno, održavanje stabilnih uvjeta vlažnosti tla sprječava degradaciju plodnosti i očuvanje produktivnog kapaciteta poljoprivrednih površina za buduće uzgojne sezone. Šire korištenje sakupljene kišnice u kućanstvima (WC, pranje rublja) doprinosi smanjenju opterećenja na izvore pitke vode i javnu vodoopskrbu, osobito tijekom ljetnih mjeseci kada je potražnja najveća. S obzirom na ranije spomenute gubitke u vodoopskrbom sustavu, korištenje alternativnih izvora voda za sanitarne i tehničke namjene rasterećuje sustav te povećava raspoloživi kapacitet vodoopskrbe za prioritetne potrebe. Mjera istovremeno doprinosi klimatskoj otpornosti poljoprivrednih gospodarstava i smanjenju ekonomskih gubitaka uzrokovanih sušom, uz promicanje kulture odgovornog gospodarenja vodnim resursima na području zaštićenog područja.

### **M2 Unapređenje i prilagodba uzgojnih postupaka i metoda uređivanja šuma klimatskim promjenama**

Mjera obuhvaća prilagodbu uzgojnih postupaka i metoda uređivanja šuma radi povećanja otpornosti šumskih sastojina na klimatske promjene i smanjenja njihove ranjivosti na biotske čimbenike, uključujući štetnike i bolesti:

1. Oplođnu sječu provoditi na manjim pomladnim površinama u obliku malih, srednjih i velikih grupa, a njihove veličine utvrditi ovisno o zahtjevima vrsta drveća koje čine sastojinu.
2. Intenzivirati radove njege u mlađim razvojnim stadijima.
3. Kod radova umjetne obnove koristiti kvalitetni sadni materijal obloženog korijena i starije sadnice koje imaju veću mogućnost preživljavanja te razmotriti supstrate koji povećavaju kapacitet vode u tlu.
4. Prilagoditi postojeće metode uređivanja šuma tako da se u njih uključe procjene utjecaja klimatskih promjena.

**Trošak mjere:** 360 000 – 600 000 EUR

**Očekivane koristi:** Provedba mjere smanjuje negativne učinke dugotrajnih ljetnih suša i visokih temperatura na stabilnost i vitalnost šumskih sastojina. Time se smanjuje vjerojatnost sušenja vrhova krošanja i odumiranja mladih biljaka te se povećava otpornost šuma na skraćivanje vegetacijske sezone i ljetni deficit vlage. Mjera doprinosi i smanjenju osjetljivosti šuma na štetnike i bolesti, koji se intenzivnije šire u oslabljenim sastojinama tijekom sušnih razdoblja. Uz sve navedeno, smanjuje se i ranjivost šuma na požare, a istovremeno se stabiliziraju ekološke funkcije šuma, uključujući regulaciju klime, zadržavanje vlage u tlu i očuvanje hidroloških procesa.

### **M3 Povećanje genetske i biološke raznolikosti šuma**

Mjera obuhvaća aktivnosti usmjerene na povećanje biološke i genetske raznolikosti šuma kako bi se ojačala njihova otpornost na klimatske promjene:

1. U postojećim i budućim šumskim sastojinama aktivno povećavati broja vrsta drveća koje ih tvore.
2. Pri obnovi sastojina koristiti šumski reprodukcijски materijal s većom genetskom raznolikošću, kako bi se dugoročno povećala sposobnost prilagodbe šumskih staništa na klimatske promjene.

**Trošak mjere:** 240 000 – 420 000 EUR

**Očekivane koristi:** Mjera povećava otpornost šuma na porast prosječnih i maksimalnih temperatura, učestalije ljetne suše i skraćivanje vegetacijske sezone kroz jačanje njihove genetske i biološke raznolikosti. Veća raznolikost vrsta drveća i veća unutarvrstna genetska raznolikost omogućuju različite odgovore jedinki na toplinski stres, nedostatak vode i promjene u mikrostanišnim uvjetima. Time se smanjuje rizik da cijela sastojina istodobno izgubi vitalnost pod utjecajem ekstremnog klimatskog događaja. Povećanjem udjela vrsta i genotipova koji bolje podnose sušu smanjuje se ranjivost šumskih ekosustava na dugotrajan ljetni deficit vlage, sušenje vršnih dijelova krošnja i odumiranje mladih biljaka. Šume s većom bioraznolikosti manje su osjetljive na štetne biotske čimbenike, manje pogoduju masovnom širenju štetnika i patogena, koji se brže šire u jednoličnim sastojinama. Očuvanje i povećanje biološke i genetske raznolikosti olakšava postupnu i dugoročnu prilagodbu šuma na očekivane klimatske promjene.

#### **M4 Prilagodba režima košnje klimatskim uvjetima te redovito uklanjanje invazivnih stranih vrsta**

Mjera obuhvaća prilagodbu termina i učestalosti košnje aktualnim klimatskim uvjetima svake godine (npr. odgoda košnje nakon sušnog razdoblja), uz redovito praćenje stanja vegetacije. Paralelno se provodi sustavno uklanjanje invazivnih stranih vrsta koje su u sušnim uvjetima kompetentnije od autohtonih vrsta koje čine predmetne livadne zajednice. Kombiniranim pristupom osigurava se očuvanje stabilnosti i funkcionalnosti mezofilnih livada. Uz adaptivnu košnju kao glavnu aktivnost mjere, ona obuhvaća i više dodatnih aktivnosti:

1. Izrada smjernica za adaptivnu košnju koje povezuju termin i učestalost košnje s meteorološkim pokazateljima.
2. Uspostava jednostavnog sustava godišnjeg praćenja stanja livadnih staništa na referentnim plohama.
3. Utvrđivanje rasprostranjenosti invazivnih stranih vrsta na livadnim staništima te provedba ciljanog uklanjanja metodama prilagođenim biologiji pojedine vrste i lokalnim uvjetima.
4. Savjetodavna podrška vlasnicima i korisnicima livadnih površina o klimatski osjetljivom planiranju košnje i prepoznavanju invazivnih vrsta.

Trošak mjere: 27 000 – 90 000 EUR

**Očekivane koristi:** Prilagodba režima košnje i redovito uklanjanje invazivnih stranih vrsta smanjuju negativne posljedice ljetnog deficita vlage na mezofilne livade, uključujući sušenje tipičnih livadnih vrsta i skraćivanje vegetacijske sezone. Mjera sprječava degradaciju livada u kserofilna ili zarasla staništa koja se javljaju kao posljedica dugotrajnih suša. Sustavnim uklanjanjem invazivnih vrsta ograničava se njihova dominacija, koja se osobito intenzivira u godinama s izraženijim sušnim razdobljima, te se osigurava dugoročno očuvanje strukture i sastava autohtonih livadnih zajednica.

#### **M5 Očuvanje kakvoće vode, stalnog protoka i prirodne hidromorfologije vodotoka**

Mjera obuhvaća aktivnosti usmjerene na održavanje povoljnih fizikalno-kemijskih uvjeta u vodotocima, osiguravanje stabilnog protoka tijekom cijele godine te očuvanje prirodne hidromorfologije rijeka:

1. Osigurati stabilan protok vode, osobito u razdobljima niskih vodostaja.
2. Redovito provoditi monitoring količine i kakvoće vode (protok, temperatura, hranjive tvari).
3. Smanjiti unos hranjivih tvari sanacijom točkastih ispusta te smanjenjem površinskog otjecanja i erozije nakon intenzivnih oborina.
4. Očuvati prirodnu hidromorfologiju vodotoka, uključujući stabilnost korita, procese erozije i taloženja.
5. Uskladiti korištenje i distribuciju vode kako bi se tijekom niskih vodostaja rasteretili površinski i podzemni vodni resursi.

Trošak mjere: 150 000 – 500 000 EUR

**Očekivane koristi:** Provedba mjere ublažava negativne učinke povećane temperature vode, smanjenog protoka i sve češćih ekstremnih oborina na vodena i vlažna staništa. Održavanjem stalnog protoka smanjuju se posljedice smanjenja koncentracije otopljenog kisika i poremećaja u fotosintezi, koji su osobito izraženi tijekom ljetnih razdoblja s visokim temperaturama. Stabilniji protok ograničava taloženje sedimenta i замуćenje vode, dok se rizik od eutrofikacije smanjuje zahvaljujući manjem unosu hranjivih tvari i boljem samopročišćavanju. Mjera doprinosi očuvanju i daljnjem stvaranju sedrenih barijera održavanjem uvjeta koji su ključni za njihov nastanak, uključujući stabilniji protok i povoljnije fizikalno-kemijske karakteristike vode, čime se ublažavaju negativni učinci povišene temperature vode i smanjenog protoka na biodinamičke procese taloženja kalcijeva karbonata. Osim toga,

stabilnijim protokom ograničava se razvoj eutrofikacije koja negativno utječe na alge, mahovine i cijanobakterije čija je ravnoteža presudna za stabilan rast sedre. Također, provedba mjere pridonosi očuvanju hidrološki aktivnih špilja i jama kroz smanjenje rizika od naglih hidroloških oscilacija i pogoršanja stanišnih uvjeta u podzemnim staništima. Time se jača otpornost podzemnih staništa na očekivane učinke klimatskih promjena.

### **M6 Očuvanje šumskog pokrova u slivnom području**

Mjera obuhvaća aktivnosti usmjerene na očuvanje i proširenje šumskog pokrova u slivnom području te očuvanje riparijske vegetacije, kako bi se smanjila erozija i unos hranjivih tvari i sedimenta u vodotoke, osobito na osjetljivim dijelovima sliva uz vodotoke i na terenima većih nagiba. Mjera obuhvaća sljedeće aktivnosti:

1. Identifikacija i kartiranje prioriternih dijelova sliva za očuvanje postojećeg šumskog pokrova.
2. Kartiranje i ocjena stanja postojeće riparijske vegetacije s identifikacijom dionica prioriternih za obnovu.
3. Provedba ciljane sadnje, odnosno potpomognute prirodne obnove na degradiranim ili izloženim dijelovima sliva.

Trošak mjere: 150 000 – 300 000 EUR

**Očekivane koristi:** Očuvanje šumskog pokrova u slivnom području važno je za ublažavanje efekata epizoda intenzivnih oborina, jer šume zadržavaju dio oborinske vode i usporavaju njezino otjecanje prema vodotoku. Time se smanjuje nagli porast protoka koji utječe na stabilnost vodenih ekosustava te na eroziju sedrenih barijera. Zadržavanjem vode i sedimenta u šumskom tlu smanjuje se i količina sedimenta i hranjivih tvari koja dopijeva u vodotoke, čime se ublažava rizik od eutrofikacije. Očuvanje šumskog pokrova tako pridonosi stabilnijem razvoju sedre, očuvanju organizama koji sudjeluju u njezinoj tvorbi te povećava ukupnu otpornost vodenih i vlažnih ekosustava na klimatske promjene. Posredno, mjerom se doprinosi i očuvanju povoljnijih mikroklimatskih uvjeta u podzemlju te se povećava otpornost podzemnih staništa na klimatske promjene.

### **M7 Uspostava monitoringa razine i temperature vode u speleološkim objektima te dodatna istraživanja**

Mjera obuhvaća aktivnosti usmjerene na uvođenje kontinuiranog praćenja fizikalnih uvjeta u najmanje dva speleološka objekta te na sustavnu dopunu podataka o speleološkim objektima na području Plana, s ciljem ranog uočavanja promjena vodnog režima i temperature podzemnih voda te uspostave kvalitetne podloge za upravljanje. Mjera obuhvaća sljedeće aktivnosti:

1. Odabir speleoloških objekata za uspostavu monitoringa i postavljanje mjernih uređaja za kontinuirano praćenje.
2. Provedba speleoloških i biospeleoloških istraživanja u nedovoljno istraženim objektima.
3. Hidrogeološka istraživanja s ciljem utvrđivanja povezanosti speleoloških objekata, izvora i površinskih voda.

Trošak mjere: 60 000 – 180 000 EUR

**Očekivane koristi:** Uspostavom kontinuiranog monitoringa razine i temperature vode dobili bi se podaci o promjenama podzemnih voda na području Plana, što je osobito važno u uvjetima očekivanih klimatskih scenarija. Pravovremeno prepoznavanje trendova bi omogućilo donošenje ciljanih upravljačkih odluka, čime bi se smanjio rizik od narušavanja osjetljivih podzemnih staništa. Dodatna istraživanja proširit će razinu poznavanja podzemnih staništa i faune područja Plana, koje je trenutno neujednačeno, te će pružiti podlogu za razumijevanje povezanosti klimatski uvjetovanih promjena u slivu i podzemnim sustavima, što je preduvjet za učinkovito očuvanje podzemnih staništa. Provedbom mjere bi se ostvario preduvjet za očuvanje specifične podzemne faune i ukupne otpornosti podzemnih staništa na klimatske promjene.

### **M8 Informiranje, edukacija i jačanje kapaciteta turističkog sektora u kontekstu klimatskih rizika**

Provedena analiza pokazala je visok rizik za aktivnosti poput raftinga i kajakinga na promjene hidrološkog režima, povećanu učestalost sušnih razdoblja, promjene u sezonalnosti protoka te porast ekstremnih vremenskih događaja. Ovi rizici mogu dovesti do skraćivanja ili pomicanja sezone te povremene neizvedivosti aktivnosti raftinga i kajakinga, smanjenja sigurnosti provedbe aktivnosti te ekonomskih gubitaka za lokalne dionike. Stoga je mjera usmjerena na informiranje, edukaciju i jačanje znanja i vještina dionika u turističkom sektoru, s posebnim naglaskom na pružatelje usluga vezanih uz vodene aktivnosti (rafting, kajaking). Cilj mjere je prilagodba turističkih

aktivnosti promjenjivim hidrološkim uvjetima, a poseban naglasak stavlja se na razumijevanje ograničenja koja proizlaze iz smanjenja vodostaja i protoka, kao i na potrebu prilagodbe sezonalnosti i načina provedbe ovih aktivnosti u budućnosti.

Mjera obuhvaća različite aktivnosti poput:

1. Informiranja turističkih dionika o očekivanim klimatskim promjenama i njihovim utjecajima na vodostaje, sigurnost i sezonalnost aktivnosti.
2. Savjetovanje o prilagodbi trajanja i vremenskog rasporeda sezone kajakinga i raftinga.
3. Poticanje diverzifikacije turističke ponuda kroz razvoj komplementarnih aktivnosti koje su manje ovisne o hidrološkim uvjetima.
4. Poticanje razvoja alternativnih i komplementarnih turističkih sadržaja manje ovisnih o vodostajima.
5. Razmjena iskustva i praksi prilagodbe među pružateljima turističkih usluga.

Mjera je osmišljena kao kontinuirani proces prilagodbe turističkog sektora, pri čemu se aktivnosti mogu postupno nadograđivati ovisno o promjenama hidroloških uvjeta i potrebama dionika.

Trošak mjere: 20 000 – 45 000 EUR

**Očekivane koristi:** Provedbom edukacija i informiranja dionika u sektoru turizma o potencijalnim rizicima za njihovo poslovanje uslijed intenziviranja posljedica klimatskih promjena postiže se pravovremeno povećanje otpornosti turističkog sektora na klimatske promjene, ali i smanjenje ekonomskih gubitaka povezanih s nepovoljnim hidrološkim i vremenskim uvjetima.

## Prioriteti provedbe mjera prilagodbe

Prilagodba klimatskim promjenama je dugotrajan proces u kojemu se tek nakon dužeg razdoblja provođenja mjera prilagodbe vide njihovi rezultati i koristi. Unatoč tomu, kako bi se osigurala dugoročna stabilnost ekosustava područja Plana, početak provođenja mjera klimatskim promjenama je neodgodiv. U cilju sprječavanja daljnje degradacije prirodnih ekosustava, potrebno je staviti fokus na aktivnosti koje stabiliziraju prirodne ekosustave i smanjuju njihovu ranjivost na predviđene klimatske scenarije.

S obzirom na to da šumska staništa zauzimaju najveći dio područja Plana, a svojim djelovanjem posredno utječu na sva ostala nešumska staništa, prioritet treba biti na mjerama vezanim uz šumska staništa, odnosno sljedeće tri mjere:

- **M2 Unapređenje i prilagodba uzgojnih postupaka i metoda uređivanja šuma klimatskim promjenama**
- **M3 Povećanje genetske i biološke raznolikosti šuma**
- **M6 Očuvanje šumskog pokrova u slivnom području.**

Iako se ove mjere zbog ekologije šumskog drveća (dugoživući organizmi) odnose na duža razdoblja primjene (P3 razdoblje), potrebno ih je što prije početi provoditi. Od aktivnosti koje se mogu izdvojiti kao prioritet, potrebno je osigurati očuvanje i proširenje postojećeg šumskog pokrova na strmim terenima (M6) kako bi se smanjila erozija i osigurao stabilan protok vode. Ova mjera ujedno predstavlja temeljni preduvjet za mjeru M5 - Očuvanje kakvoće vode, stalnog protoka i prirodne hidromorfologije vodotoka, gdje je prioritet uspostaviti monitoring količine i kakvoće vode te sukladno rezultatima monitoringa poduzimati ostale aktivnosti ove mjere (primjerice smanjiti unos hranjivih tvari sanacijom točkastih ispusta i uskladiti korištenje i distribuciju vode tijekom niskih vodostaja).

Paralelno s time potrebno je sustavno provoditi aktivnosti mjere M3 usmjerene ka povećanju biološke i genetske raznolikosti šuma, kao i aktivnosti mjere unapređenja i prilagodba uzgojnih postupaka i metoda uređivanja šuma klimatskim promjenama (M2), a u skladu sa Šumskogospodarskim planovima područja Plana. Sve ove mjere posredno pozitivno utječu na očuvanje visokovrijednih staništa kao što su sedrene barijere i podzemna staništa.

Osim toga, potrebno je uspostaviti monitoring razine i temperature vode u najmanje dva sepelološka objekta te provesti dodatna istraživanja podzemnih sustava (M7), kako bi se moglo pravovremeno odgovoriti na eventualne promjene i zaštititi osjetljivu podzemnu faunu. Na travnjačkim staništima je potrebno staviti fokus na prilagodbu termina i učestalosti košnje aktualnim klimatskim uvjetima te na sustavnom uklanjanju invazivnih stranih vrsta (M4).

Bitno je naglasiti da se prioritet provedbe mjera ne definira isključivo vremenski, već i u odnosu na promjene ključnih klimatskih i hidroloških pokazatelja (npr. učestalost i trajanje sušnih razdoblja, promjene protoka i temperature vode). Na taj se način omogućuje fazna i prilagodljiva provedba mjera, u kojoj se intenzitet i opseg aktivnosti prilagođavaju stvarno zabilježenim promjenama u okolišu. Takav pristup omogućuje pravovremeno reagiranje na negativne trendove, izbjegavanje preuranjenih ili neopravdano opsežnih zahvata te učinkovitije korištenje dostupnih resursa, uz istovremeno povećanje otpornosti sustava na klimatske promjene.

**Uzimajući u obzir i financijske i nefinancijske učinke, može se zaključiti da predložene mjere prilagodbe imaju opravdanje u smanjenju budućih šteta te u očuvanju dugoročne funkcionalnosti i vrijednosti zaštićenog područja. Iako neke mjere mogu zahtijevati visoke inicijalne troškove, one se općenito smatraju vrlo učinkovitim, a troškovi provedbe i održavanja variraju ovisno o opsegu intervencija i odabranim mjerama. Planiranje provedbe treba uključivati dugoročno praćenje i prilagodbu kako bi se osigurala učinkovita i održiva zaštita ekosustava.**

## 10 Preporuke i prijedlozi za daljnje korake

S obzirom na to da su mjere definirane na strateškoj i usmjeravajućoj razini, njihova puna učinkovitost ovisi o daljnjoj razradi, integraciji u sektorske i prostorno-planske dokumente te provedbi kroz konkretne projekte i aktivnosti.

Plan predstavlja stručnu podlogu za donošenje odluka na razini jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave, upravljačkog tijela zaštićenih područja te drugih relevantnih institucija. Njegova primarna uloga je omogućiti sustavno sagledavanje utjecaja klimatskih promjena na prirodne sustave i gospodarske aktivnosti te pružiti okvir za:

- prepoznavanje prioriteta klimatskih rizika i ranjivih sastavnica prostora
- usmjeravanje budućih investicija i razvojnih projekata
- integraciju mjera prilagodbe u sektorske politike i planove
- donošenje informiranih upravljačkih odluka.

U praktičnom smislu, Plan može služiti kao temelj za pripremu i prijavu projekata na nacionalne i europske izvore financiranja, definiranje prioriteta ulaganja te usmjeravanje razvoja prostora u skladu s očekivanim klimatskim promjenama.

S obzirom na složenost klimatskih promjena i prisutnu razinu neizvjesnosti, preporučuje se periodično ažuriranje Plana, osobito u slučaju zapaženih promjena u stanju okoliša ili dostupnosti novih podataka, čime se osigurava njegova dugoročna relevantnost i primjenjivost. Također, s odmakom vremena preporučuje se nadopuna Plana analizom klimatskog scenarija RCP8.5, kako bi se obuhvatio širi raspon mogućih budućih klimatskih uvjeta te omogućila dorada i unaprjeđenje predloženih mjera u slučaju intenzivnijih klimatskih promjena, osobito u kontekstu dugoročnog planiranja i upravljanja prostorom.

Učinkovita prilagodba klimatskim promjenama zahtijeva koordiniran i integriran pristup upravljanju prostorom i prirodnim resursima. S obzirom na to da klimatske promjene istodobno utječu na vodne resurse, ekosustave, šumarstvo, poljoprivredu i turizam, nužno je osigurati usklađeno djelovanje svih relevantnih dionika te uključivanje klimatskih aspekata u procese planiranja i donošenja odluka.

U tom kontekstu, preporučuje se jačanje suradnje između ključnih tijela nadležnih za upravljanje prostorom i resursima. Poseban naglasak potrebno je staviti na sustavno uključivanje klimatskih promjena u prostorno planiranje i razvoj (planove razvoja i prostorne planove uređenja jedinica lokalne samouprave i Županije, sektorske dokumente). Time se osigurava da se budući zahvati planiraju uzimajući u obzir klimatske promjene, čime se smanjuje rizik od šteta i povećava otpornost prostora. Sukladno navedenom, preporučuje se da se svi novi infrastrukturni zahvati na području predmetnih JLS projektiraju uzimajući u obzir klimatske projekcije iz poglavlja 5 *Klimatski scenariji*, što uključuje projekcije porasta temperature zraka, promjene u rasporedu i intenzitetu oborina te povećanja učestalosti ekstremnih događaja.

Uz navedeno te s obzirom na identificirane rizike od intenzivnih oborinskih događaja i geomorfološke karakteristike područja, preporučuje se da predmetne JLS u postupcima prostornog planiranja kao obveznu podlogu koriste *Kartu podložnosti na klizanje Karlovačke županije*. Na površinama koje su tom kartom svrstane u zone umjerene i visoke podložnosti ne bi se trebali planirati novi infrastrukturni zahvati bez prethodne geotehničke studije koja uzima u obzir projekcije intenzivnih oborinskih događaja.

Radi učinkovitijeg prostornog planiranja i planiranja mjera jačanja otpornosti od klimatskih promjena, preporučuje se izrada sljedećih karata:

- karte opasnosti od poplava i bujičnih poplava uvažavajući sve utjecaje klimatskih promjena na opasnost od poplava
- toplinskog opterećenja i mikroklimatskih uvjeta
- karte zelene i plave infrastrukture.

U cilju smanjenja negativnih utjecaja klimatskih promjena na vodne resurse, preporučuje se poticanje mjera koje doprinose povećanju infiltracije oborinskih voda i obnovi zaliha podzemnih voda. To uključuje očuvanje i povećanje prirodnih infiltracijskih površina, ograničavanje nepropusnih površina u prostoru, primjenu rješenja temeljenih na prirodi, poput zelene infrastrukture, retencijskih površina i sustava za zadržavanje oborinskih voda. Navedene mjere doprinose stabilizaciji vodnog režima, smanjenju rizika od suša i ublažavanju vršnih protoka tijekom intenzivnih oborinskih događaja.

S obzirom na visoku ovisnost turističke djelatnosti o prirodnim resursima na ovom području te identificirane rizike od smanjenja vodostaja i porasta ljetnih temperatura, preporučuje se da nadležne turističke zajednice i pružatelji usluga s upravljačkim tijelima zaštićenog područja razmotre prilagodbu ponude promjenjivim klimatskim uvjetima.

Što se tiče stanovništva, s obzirom na visok udio starijeg stanovništva i raspršenost naselja na ovom pretežito ruralnom području, preporučuje se razvoj sustava ranog upozorenja i informiranja o ekstremnim vremenskim događajima prilagođenog potrebama starije populacije, kao i jačanje lokalne infrastrukture za zaštitu od toplinskog stresa. Posebnu pozornost trebalo bi posvetiti kućanstvima koja se oslanjaju na privatne bunare i vlastite izvora opskrbe vodom, koji su izravno izloženi identificiranom riziku od pada razine podzemnih voda.

Važan element upravljanja predstavlja i uspostava kontinuiranog sustava praćenja i evaluacije provedbe mjera prilagodbe. Redovitim praćenjem stanja okoliša, učinkovitosti provedenih mjera te promjena u klimatskim parametrima omogućuje se pravovremena prilagodba upravljačkih pristupa i donošenje informiranih odluka u uvjetima neizvjesnosti.

## 11 Zaključak

Klimatske promjene već se odvijaju na globalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini, a dostupne procjene i izrađeni klimatski modeli upućuju na to da će se njihova učestalost, intenzitet i trajanje u budućnosti dodatno povećavati. Takav razvoj događaja neizbježno će imati sve izraženije posljedice na prirodne sustave, osobito na osjetljive ekosustave kakvi su prisutni na slivu rijeka Mrežnice i Tounjčice. Iako prirodni sustavi posjeduju određenu sposobnost prilagodbe, prelaskom granica njihove otpornosti dolazi do degradacije stanja, gubitka funkcija i neželjenih promjena koje dugoročno narušavaju stabilnost ekosustava i usluga koje oni pružaju.

U tom kontekstu, smanjenje postojećih pritisaka predstavlja jedan od ključnih preduvjeta za očuvanje zdravih i funkcionalnih ekosustava te povećanje njihove otpornosti na klimatske promjene. Slijedom toga, svaka mjera usmjerena na očuvanje, obnovu ili unapređenje prirodnih sastavnica okoliša ujedno predstavlja i mjeru prilagodbe klimatskim promjenama. Takve mjere prilagodbe propisane su kroz pojedine prostorno planske i strateške dokumente na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini. Međutim, bitno je istaknuti da su u postojećim dokumentima mjere ponajviše su usmjerene na zaštitu ljudi, imovine i gospodarskih sustava dok je prilagodba prirodnih sastavnica okoliša, osobito bioraznolikosti i njezinih sastavnih dijelova, obuhvaćena u manjem opsegu te se najčešće razmatra posredno, kroz njihov utjecaj na društvo i gospodarstvo. Stoga je cilj ovog dokumenta bio u što većoj mjeri procijeniti utjecaj na inače zapostavljene prirodne sustave te propisati odgovarajuće mjere prilagodbe, s ciljem očuvanja prirodnih vrijednosti zaštićenog područja.

Plan prilagodbe klimatskim promjenama za zaštićeno područje i sliv rijeka Mrežnice i Tounjčice predstavlja stručni okvir za razumijevanje klimatskih rizika na ovom području i usmjeravanje budućeg razvoja prostora u uvjetima klimatskih promjena.

Analizom ranjivosti i rizika utvrđeno je da su prirodni sustavi u slivu rijeka Mrežnice i Tounjčice posebno izloženi učincima klimatskih promjena, ponajprije kroz promjene hidrološkog režima, povećanu učestalost sušnih razdoblja i ekstremnih hidroloških događaja, degradaciju staništa te smanjenu otpornost osjetljivih ekosustava. Osim prirodnih ekosustava, identificirani su određeni rizici i za društvene sustave odnosno gospodarske djelatnosti poput turističke djelatnosti. Identificirani rizici dodatno se pojačavaju postojećim pritiscima, čime se smanjuje sposobnost ekosustava za prirodnu prilagodbu.

Predložene mjere prilagodbe usmjerene su prvenstveno na očuvanje i jačanje funkcionalnosti ekosustava te povećanje otpornosti na buduće uvjete. Pritom se prepoznaje međuovisnost prirodnih i društvenih sustava, pri čemu usklađenost s razvojnim prioritetima i potrebama lokalnog stanovništva doprinosi uspješnosti i održivosti mjera prilagodbe. S provedbom predloženih mjera potrebno je započeti bez odgode kako bi se prirodni i društveni sustavi pravodobno prilagodili očekivanim promjenama klimatskih uvjeta, odnosno kako bi se smanjila njihova ranjivost na klimatske promjene, a zbog prirode predloženih mjera preporučuje se njihovo kontinuirano provođenje. Iako sve predložene mjere doprinose smanjenju ranjivosti zaštićenog područja na klimatske promjene, mjere usmjerene na očuvanje i unapređenje šumskih staništa izdvajaju se kao prioritet ovoga Plana te je s njihovom provedbom potrebno započeti odmah, budući da očuvan i stabilan šumski ekosustav predstavlja temelj otpornosti i funkcionalnosti ostalih prirodnih sustava na promatranom području. Provedba mjera temelji se na postupnom unapređenju i razradi predloženih mjera, u skladu s novim klimatskim spoznajama, dostupnim podacima i razvojnim potrebama prostora, pri čemu Plan predstavlja početni analitički okvir koji se može dodatno nadograđivati u budućim fazama.

U konačnici, učinkovita prilagodba klimatskim promjenama zahtijeva integrirani pristup koji povezuje očuvanje prirodnih vrijednosti, smanjenje antropogenih pritisaka i prilagodbu upravljanja prostorom, s ciljem dugoročne otpornosti ekosustava i zajednice, a uspješnost provedbe Plana ovisit će o kontinuiranoj suradnji svih relevantnih dionika te sustavnom uključivanju klimatskih aspekata u procese planiranja i upravljanja prostorom.

## 12 Popis korištene literature i izvora podataka

### 12.1 Znanstveni i stručni radovi

- Amatucci, Achille & Ventura, Vera & Simonetto, Anna & Gilioli, Gianni. (2024). The Economic Value of Ecosystem Services: Meta-analysis and Potential Application of Value Transfer for Freshwater Ecosystems. *Environmental and Resource Economics*
- Ben Moula, A., Kchikich, A., Chentouf, M., Hamdache, A., Bouraada, K., Essafi, M., Ezziyyani, M. (2024): Climate change impacts on sheep and goat production and reproduction, *Journal of Central European Agriculture*, Vol. 25 (4), 910-918.
- Bognar, A. (1999): Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, 34, 7-29
- Bogunović M., Vidaček Ž., Racz Z., Husnjak S., Sraka M. (1996): Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske mjerila 1:300.000. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za pedologiju
- Bogunović M., Vidaček Ž., Racz Z., Husnjak S., Sraka M. (1997): Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske i njena uporaba. *Agronomski glasnik* 59 (5-6), 363-39
- Boljat, I.; Terzić, J.; Duić, Ž.; Lukač Reberski, J.; Selak, A. (2024): Conceptual Model Based on Groundwater Dynamics in the Northern Croatian Dinaric Region at the Transition from the Deep Karst and Fluviokarst. *Water* 16, 1630.
- Bonacci, O., Andrić, I. (2008). Karst spring hydrographs as indicators of karst aquifers. *Hydrological Sciences Journal*, 53(3), 608–625.
- Bralić, I. (1999): Krajobrazno diferenciranje i vrednovanje s obzirom na prirodna obilježja, *Krajolik: Sadržajna i metodska podloga Krajobrazne osnove Hrvatske*, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu – Zavod za ukrasno bilje i krajobraznu arhitekturu, Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja – Zavod za prostorno planiranje, Zagreb, str. 101-109
- Burmeier, S., & Jensen, K. (2009). Experimental ecology and habitat specificity of the endangered plant *Apium repens* (Jacq.) Lag. at the northern edge of its range. *Plant Ecology & Diversity*, 2(1), 65-75
- Dakić, L., & Maguire, I. (2016). Year cycle and morphometrical characteristics of *Austropotamobius torrentium* from two karstic rivers in Croatia. *Natura Croatica: periodicum Musei historiae naturalis Croatici*, 25(1), 87-100
- Filahi, H., Omrani, H., Drobinski, P., Claudel, S., & Oueslati, B. (2025). Selecting CMIP6 models to assess the impact of climate change on energy need for heating and cooling in Europe
- Hatton-Ellis, T. W., & Grieve, N. (2003). Ecology of watercourses characterised by *Ranunculion fluitantis* and *Callitricho-Batrachion* vegetation (Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series No. 11). Peterborough: *English Nature*.
- Imamović, A., Trožić-Borovac, S. (2013). Utjecaj klimatskih promjena na vodni režim rijeke Bosne. *Šumarstvo*, 1-2
- Liu, H., Hou, L., Kang, N., Nan, Z., & Huang, J. (2022). The economic value of grassland ecosystem services: A global meta-analysis. *Grassland Research*
- Lugowska, K., & Witeska, M. (2018). The effect of temperature on early development of barbel *Barbus barbus* (L.). *Aquaculture Research*, 49(7), 2495-2502
- Margeta, J. (2023): Analiza ranjivosti vodoopskrbe u uvjetima klimatskih promjena, *Hrvatske vode*, 31, 107-116
- Pepeonik, Z. (2000): Mrežnica biser hrvatskog krša, *Hrvatsko geografsko društvo*, Zagreb
- Pilaš, I., Medved, I., Medak, J., & Medak, D. (2014). Response strategies of the main forest types to climatic anomalies across Croatian biogeographic regions inferred from FAPAR remote sensing data. *Forest Ecology and Management*, 326, 58–78
- Prelovšek, M., Šebela, S., Turk, J. (2015). Spatial and temporal variability of water temperature in the epiphreatic zone of the Postojna-Planina cave system (Slovenia). *Acta Carsologica*, 44(3), 363–377.

- Radišić, M., Rubinić, J., Ružić, I., & Brozinčević, A. (2021). Hydrological system of the Plitvice Lakes—Trends and changes in water levels, inflows, and losses. *Hydrology*, 8(4), 174
- Reyjol, Y., Léna, J. P., Hervant, F., & Pont, D. (2009). Effects of temperature on biological and biochemical indicators of the life-history strategy of bullhead *Cottus gobio*. *Journal of Fish Biology*, 75(6), 1427-1445
- Rutty, M., Scott, D. (2013): Differential climate preferences of international beach tourists, *Climate Research*, Vol 57 (3), 259-269.
- Sperna Weiland, F.C., Visser, R.D., Greve, P., Bisselink, B., Brunner, L., Weerts, A.H. (2021). Estimating Regionalized Hydrological Impacts of Climate Change Over Europe by Performance-Based Weighting of CORDEX Projections. *Frontier in Water* 3, Art No. 713537
- Srdoč, D., Horvatinčić, N., Obelić, B., Krajcar, I., Sliječević, A. (1985). Procesi taloženja kalcita u krškim vodama s posebnim osvrtom na Plitvička jezera. *Krš Jugoslavije* 11(4-6), 1-104.
- Stanke, C., Kerac, M., Prudhomme, C., Medlock, J., Murray, V. (2013): Health effects of drought: a systematic review of the evidence, *PLoS Currents* 5.
- Šarović, K., Klaić, Z.B. Effect of Climate Change on Water Temperature and Stratification of a Small, Temperate, Karstic Lake (Lake Kozjak, Croatia). *Environ. Process.* 10, 49 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40710-023-00663-6>
- Špoljar, M., Štafa, D., Ostojić, A., Dražina, T., Matoničkin Kepčija, R., Kralj Borojević, K., & Primc, B. (2011). Tufa deposition in a karst stream as an indicator of water quality (Papuk Nature Park, Croatia). *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*, 69(4), 137-151
- Vaccarelli, I., Colado, R., Pallarés, S., Galassi, D. M. P., Sánchez-Fernández, D., Di Cicco, M., Meierhofer, M. B., Piano, E., Di Lorenzo, T. and Mammola, S. (2023): A global meta-analysis reveals multilevel and context-dependent effects of climate change on subterranean ecosystems, *One Earth*, 6(11), pp. 1510–1522.
- Van Vliet, M.T.H., Ludwig, F., Zwolsman, J.J.G., Weedon, G.P., Kabat, P. (2011): Global river temperatures and sensitivity to atmospheric warming and changes in river flow. *Water Resources Research*, 47(2), W02544.
- Vukmirović, A., Sever, K., Krstonošić, D., Katičić Bogdan, I., Kunac, D. i Škvorc, Ž. (2022). Funkcionalna prilagodba lišća hrasta kitnjaka i obične bukve na različite stanišne prilike. *Nova mehanizacija šumarstva*, 43 (1), 67-76. <https://doi.org/10.5552/nms.2022.7>
- Zaninović, K., Matzarakis, A. (2014): Impact of heat waves on mortality in Croatia, *International Journal of Biometeorology*, 58 (6), 1135–1145
- Žganec, K. (2012). The effects of water diversion and climate change on hydrological alteration and temperature regime of karst rivers in central Croatia. *Environ Monit Assess*

## 12.2 Internetske baze podataka

- Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju (APPRRR), <https://www.apprrr.hr/prostornipodaci-servisi/>, Pristupljeno: listopad, 2025.
- Bioportal, <http://www.bioportal.hr> ; Pristupljeno: listopad, 2025.
- Copernicus, <https://cds.climate.copernicus.eu/>, Pristupljeno: rujan, 2025.
- Corine Land Cover, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>, Pristupljeno: listopad, 2025.
- Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), Sektor za hidrologiju, <https://hidro.dhz.hr/>, Pristupljeno: studeni, 2025.
- Državni zavod za statistiku, <https://www.dzs.hr/>, Pristupljeno: listopad, 2025.
- ERA Explorer, <https://era-explorer.climate.copernicus.eu/>, Pristupljeno: srpanj, 2025.
- GIS Cloud Editor Hrvatske vatrogasne zajednice, <https://editor.gis.193.hr/rest/1/maps/2765/render.iframe?bound=1293314.518585179,5340808.040341822,2467387.273045484,5826947.540235544&toolbar=true&popups=true&layerlist=true> , Pristupljeno: listopad, 2025.
- Hrvatske šume, <http://javni-podaci.hrsume.hr/> , Pristupljeno: listopad, 2025.

Hrvatsko biospeleološko društvo (HBSD), <https://www.hbsd.hr/>, Pristupljeno: svibanj, 2026.

Historical Weather API, <https://open-meteo.com/en/docs/historical-weather-api>, Pristupljeno: srpanj, 2025.

Klimatske promjene u Hrvatskoj, <https://www.znanost-klima.org/wp-content/uploads/2021/12/Klimatske-promjene-u-Hrvatskoj.pdf>, Pristupljeno: rujan 2025.

Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije (2025): Invazivne strane vrste. <https://invazivnevrste.haop.hr/> (Pristupljeno: listopad, 2025.)

Središnja lovna evidencija, <https://sle.mps.hr/>, Pristupljeno: listopad, 2025.

## 12.3 Zakoni, pravilnici, odluke, uredbe

Zakon o slatkovodnom ribarstvu (NN 63/19)

Zakon o šumama (NN 68/18, 115/18, 98/19, 32/20, 145/20, 101/23, 36/24)

Odluka o proglašenju zaštićenog područja Značajni krajobraz Mrežnica (Glasnik Karlovačke županije br. 8/24)

Odluka o proglašenju zaštićenog područja Spomenik prirode Mrežnica-Tounjčica (Glasnik Karlovačke županije br. 8/24)

Odluka o prijedlogu iznosa vrijednosti boda za određivanje naknade za smanjenje općekorisnih funkcija šuma (Hrvatske šume d.o.o., 2017.)

Pravilnik o uređivanju šuma (NN 97/18, 101/18, 031/20, 99/21, 38/24)

Pravilnik o utvrđivanju naknada za šumu i šumsko zemljište (NN 12/20, 121/20, 43/24)

Pravilnik o zaštiti šuma od požara (NN 33/14)

Pravilnik o popisu stanišnih tipova i karti staništa (NN 27/21, 101/22)

Šumsko-odštetni cjenik (NN 35/15)

Uredba o ekološkoj mreži i nadležnostima javnih ustanova za upravljanje područjima ekološke mreže (NN 80/19, 119/23)

## 12.4 Publikacije

Antolović, J., Flajšman, E., Frković, A., Grgurev, M., Grubešić, M., Hamidović, D., Holcer, D., Pavlinić, I., Vuković, M., Tvrtković, N. (autor i urednik) (2006): Crvena knjiga sisavaca Hrvatske, Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb

Bardi, A., Papini, F., Quaglino, E., Biondi, E., Topić, J., Milović, M.; Pandža, M., Kaligarič, M., Oriolo, G., Roland, V., Batina, A. i Kirin, T. (2016): Karta prirodnih i poluprirodnih ne-šumskih kopnenih i slatkovodnih staništa Republike Hrvatske

Bočić, N. (2023): Geoekološko vrednovanje područje rijeke Mrežnice, stručna studija, Speleološki klub Ursus spelaeus, Karlovac, str. 53

Bukovac, J., Poljak, M., Šušnjar, M. i Čakalo, M. (1983a): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Črnomelj, Geološki Zavod Zagreb i Geološki Zavod, Ljubljana

Bukovac, J., Poljak, M., Šušnjar, M. i Čakalo, M. (1983b): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Črnomelj, Geološki Zavod Zagreb i Geološki Zavod, Ljubljana

- DHMZ, Odabrana poglavlja Osmog nacionalnog izvješća Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), Zagreb, siječanj 2023.
- DHMZ, Praćenje i ocjena klime u 2013. godini, srpanj 2014., Zagreb
- DHMZ, Praćenje i ocjena klime u 2012. godini, srpanj 2014., Zagreb
- DHMZ, Praćenje i ocjena klime u 2016. godini, veljača 2017., Zagreb
- DHMZ, Praćenje i ocjena klime u 2019. godini, srpanj 2020., Zagreb
- DHMZ, Praćenje i ocjena klime u 2022. godini, prosinac 2023., Zagreb
- DHMZ, Praćenje i ocjena klime u 2023. godini, prosinac 2024., Zagreb
- DHMZ, Praćenje i ocjena klime u 2024. godini, rujan 2025., Zagreb
- DHMZ, Procjene maksimalnih godišnjih kratkotrajnih količina oborine na postaji Ogulin, 2024.
- Ecosystem services evaluation in the Škocjan caves Regional Park, World Wide Fund for Nature, 2011
- Gottstein, S., (2013): Crveni popis rakova (Crustacea) slatkih i bočatih voda Hrvatske, Hrvatsko biološko društvo 1885, Zagreb
- Grofelnik, H., Đurkin Badurina, J., Bočić, N. (2024): Analiza kapaciteta nosivosti za turističku infrastrukturu i posjetitelje u zaštićenim područjima na Mrežnici, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu, Sveučilište u Rijeci i The Nature Conservancy, Opatija.
- Javna ustanova Natura Viva (2025): Plan upravljanja Značajnim krajobrazom Mrežnica i Spomenikom prirode Mrežnica-Tounjčica, 2025. – 2034., Karlovac.
- Nejašmić, I., 2005: Demogeografija: stanovništvo u prostornim odnosima i procesima, Školska knjiga, Zagreb
- Ozimec, R., Bedek, J., Gottstein, S., Jalžić, B., Slapnik, R., Bilandžija, H. i sur. (2009): Crvena knjiga špiljske faune Hrvatske. Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
- Popijač, A. (2007): Crveni popis obalčara (Plecoptera) Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb
- Stručna podloga za zaštitu porječja rijeke Mrežnice u kategoriji Spomenika prirode „Mrežnica-Tounjčica“ i Značajnog krajobraza „Mrežnica“, Zavod za zaštitu okoliša i prirode, MINGOR, srpanj 2023., I. izmjena
- Studija utjecaja klimatskih promjena na ratarstvo i povrćarstvo sjeverne Hrvatske, 2024., BorEco Consulting d.o.o., Zagreb, 112
- Šašić, M., Mihoci, I., Kučinić, M (2015): Crvena knjiga danjih leptira Hrvatske. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Državni zavod za zaštitu prirode, Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb, 180 str.
- Topić i sur. (2006): Staništa - priručnik za inventarizaciju, kartiranje i praćenje stanja. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
- Velić, I. i Sokač, B. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Ogulin, SGZ Beograd i GZ Zagreb.
- Velić, I., Sokač, B. i Šćavničar, B. (1982): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 0000, Tumač za list Ogulin, SGZ Beograd i GZ Zagreb
- Vukelić, J. i Rauš, Đ. (1998): Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet Zagreb, Zagreb
- Vukelić, J. (2012): Šumska vegetacija Hrvatske. Šumarski fakultet, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 1-403.
- Vukelić, Joso; Mikac, Stjepan; Baričević, Dario; Bakšić, Darko; Rosavec, Roman (2008): Šumska staništa i šumske zajednice u Hrvatskoj, Nacionalna ekološka mreža. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb

## 12.5 Planovi, programi, strategije

Akcijski plan energetske održivosti i prilagodbe klimatskim promjenama Općine Generalski Stol, LEVEL PROJECT d.o.o, Zagreb, 2024.

- Osnova gospodarenja šumama za gospodarsku jedinicu Bosiljevac (2020. – 2029.), O-12 obrazac
- Osnova gospodarenja šumama za gospodarsku jedinicu Dobra (2021. – 2030.), O-12 obrazac
- Osnova gospodarenja šumama za gospodarsku jedinicu Perjasička kosa (2022. – 2031.), O-12 obrazac
- Osnova gospodarenja šumama za gospodarsku jedinicu Međuvođe-Zale (2019. – 2028.), O-12 obrazac
- Osnova gospodarenja šumama za gospodarsku jedinicu Radošić (2023. – 2032.), O-12 obrazac
- Osnova gospodarenja šumama za gospodarsku jedinicu Koranska Dubrava (2019. – 2028.), O-12 obrazac
- Plan djelovanja u području prirodnih nepogoda za Grad Dugu Resu, lipanj 2019.
- Plan djelovanja u području prirodnih nepogoda za Općinu Barilović za 2022. godinu, siječanj 2022.
- Plan upravljanja vodnim područjima do 2027. (NN 84/23)
- Plan upravljanja Značajnim krajobrazom Mrežnica i Spomenikom prirode Mrežnica-Tounjčica, JU Natura Viva, veljača 2025.
- Plan upravljanja područjem ekološke mreže Ogulinsko-plašćansko područje 2023.-2032., JU Natura Viva, veljača 2022.
- Plan upravljanja područjem ekološke mreže Mežnica-Tounjčica 2022.-2031., JU Natura Viva, prosinac 2021.
- Prostorni plan Karlovačke županije (Glasnik Karlovačke županije broj 26/01, 33/01-ispravak, 36/08-pročišćeni tekst, 56/13, 07/14-ispravak, 50b/14, 06c/17, 29c/17-pročišćeni tekst, 8a/18, 19/18-pročišćeni tekst, 57c/22, 10/23-pročišćeni tekst i 29/25)
- Prostorni plan uređenja Grada Duga Resa (Službeni glasnik Grada Duge Rese broj 9/05, 5/08, 3/12, 7/19, 10/19 - pročišćeni tekst, 7/22, 8/23 i 8/25)
- Prostorni plan uređenja Grada Ogulin (Glasnik Karlovačke županije broj 04/05, 30/11, 19/13, 22/18, 28/19 - ispravak i 72/20)
- Prostorni plan uređenja Grada Slunj (Glasnik Karlovačke županije broj 23/06 i 9/12 Službeni glasnik Grada Slunja broj 8/20, 2/21 - ispravak, 10/24 i 11/24 - pročišćeni tekst)
- Prostorni plan uređenja Općine Barilović (Službeni glasnik Općine Barilović broj 3/07, 1/14, 1/15, 2/16, 2/18, 4/22, 2/25 i 4/25)
- Prostorni plan uređenja Općine Generalski Stol (Glasnik Općine Generalski Stol broj 3/07, 3/09, 3/14, 5/17 i 8/24)
- Prostorni plan uređenja Općine Tounj (Glasnik Karlovačke županije broj 55/05, 31/11, 43/11 - pročišćeni tekst i 9/14 Službeni glasnik Općine Tounj broj 2/25)
- Program ublažavanja klimatskih promjena, prilagodba klimatskim promjenama i zaštite ozonskog sloja Karlovačke županije, REGEA, Zagreb, svibanj 2024.
- Strategija EU-a za bioraznolikost do 2030. (COM (2020) 380 final)
- Strategija i akcijski plan zaštite prirode Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2025. godine (NN 72/17)
- Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu (NN 46/20)
- Strategija zelene urbane obnove Općine Tounj, Studio KAPPO, Rovinj, veljača 2025.
- Stvaranje Europe otporne na klimatske promjene – nova strategija EU za prilagodbu klimatskim promjenama (COM(2021) 82 final), Bruxelles, 24. veljače 2021.
- Osnova gospodarenja za GJ „Radošić“,

## 12.6 Izvješća

Broj domaćih životinja 2024, Uprava za stočarstvo, MPŠR, 2025.

Izvještaj o procijenjenim utjecajima i ranjivosti na klimatske promjene po pojedinim sektorima, Podaktivnost 2.3.1., SAFU, 2017.

Izvještajno prognozni poslovi u šumarstvu za 2022./23. godinu. Hrvatski šumarski institut, Jastrebarsko

Izvještajno prognozni poslovi u šumarstvu za 2023./24. godinu. Hrvatski šumarski institut, Jastrebarsko

Hrvatski šumarski institut (2009). *Šumarstvo i klimatske promjene: Hrvatsko nacionalno izvješće – V3*. Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb.

## 12.7 Ostalo

Bočić, N. (2023): Geoekološko vrednovanje područje rijeke Mrežnice, stručna studija, Speleološki klub *Ursus spelaeus*

Boršić, I., Posavec-Vukelić, V., Hruševar, D., Plavac, I. (2012): Status and distribution of NATURA2000 species *Apium repens* (Jacq.) Lag. (*Apiaceae*) in Croatia - poster prezentacija u sklopu 11. Hrvatskog biološkog kongresa s međunarodnim sudjelovanjem. Hrvatsko biološko društvo 1885, Zagreb.

Božičević, S. (2006): Hidrogeologija porječja Rijeke Mrežnice – elaborat za potrebe izrade Stručne podloge za zaštitu Mrežnice

EC-Earth Consortium. (2020, October). EC-Earth CMIP6 simulations: Status and lessons learned) PowerPoint presentation), WCRP WGCM-23 Meeting

Hrvatske vode - Podaci dostavljeni putem službenog Zahtjeva za pristup informacijama

Indeks razvijenosti i pokazatelji za izračun indeksa razvijenosti (razdoblje 2020.-2022.), MRRFEU, 2025.

Jačanje kapaciteta Ministarstva zaštite okoliša i energetike za prilagodbu klimatskim promjenama te priprema Nacrta Strategije prilagodbe klimatskim promjenama; Podaktivnost 2.3.1.: Procjena ranjivosti na klimatske promjene, SAFU i MZOE, Zagreb, svibanj 2017.

Prelogović, E., Pribičević, B., Dragičević, I., Buljan, R., Tomljenović, B., (2001): Recentni strukturni sklop prostora Dinarida, Elaborat, RGNF, INA-Naftaplin, Elaborat, Zagreb

Procjena rizika od velikih nesreća za područje Općine Generalski Stol, 2025.

Rezultati klimatskog modeliranja na sustavu HPC Velebit za potrebe izrade nacrta Strategije prilagodbe klimatskim promjenama Republike Hrvatske do 2040. s pogledom na 2070. i Akcijskog plana (Podaktivnost 2.2.1.), SAFU, 2017.

Zbornik radova sa znanstvenog skupa „Gospodarenje šumama u uvjetima klimatskih promjena i prirodnih nepogoda“ (ur. Anić, 2020.)

## 13 Prilozi

## 13.1 Izvadak iz Registra vodnog tijela

STANJE VODNOG TIJELA CSR00012_004759, MREZNICA			
ELEMENT	STANJE	PROCJENA STANJA 2027. god.	ODSTUPANJE OD DOBROG STANJA
Stanje, ukupno	<b>loše stanje</b>	<b>loše stanje</b>	
Ekološko stanje	loše stanje	loše stanje	
Kemijsko stanje	nije postignuto dobro stanje	nije postignuto dobro stanje	
Ekološko stanje	<b>loše stanje</b>	<b>loše stanje</b>	
Biološki elementi kakvoće	umjereno stanje	umjereno stanje	
Osnovni fizikalno kemijski elementi kakvoće	dobro stanje	dobro stanje	
Specifične onečišćujuće tvari	dobro stanje	dobro stanje	
Hidromorfološki elementi kakvoće	loše stanje	loše stanje	
Biološki elementi kakvoće	<b>umjereno stanje</b>	<b>umjereno stanje</b>	
Fitoplankton	nije relevantno	nije relevantno	nema procjene
Fitobentos	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Makrofita	umjereno stanje	umjereno stanje	malo odstupanje
Makrozoobentos saprobnost	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Makrozoobentos opća degradacija	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Ribe	umjereno stanje	umjereno stanje	malo odstupanje
Osnovni fizikalno kemijski pokazatelji kakvoće	<b>dobro stanje</b>	<b>dobro stanje</b>	
Temperatura	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Salinitet	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Zakiseljenost	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
BPK5	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
KPK-Mn	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Amonij	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Nitrati	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Ukupni dušik	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Orto-fosfati	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Ukupni fosfor	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Specifične onečišćujuće tvari	<b>dobro stanje</b>	<b>dobro stanje</b>	
Arsen i njegovi spojevi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bakar i njegovi spojevi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cink i njegovi spojevi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Krom i njegovi spojevi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Fluoridi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Organski vezani halogeni koji se mogu adsorbirati (AOX)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Poliklorirani bifenili (PCB)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Hidromorfološki elementi kakvoće	<b>loše stanje</b>	<b>loše stanje</b>	
Hidrološki režim	loše stanje	loše stanje	veliko odstupanje
Kontinuitet rijeke	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Morfološki uvjeti	umjereno stanje	umjereno stanje	malo odstupanje
Kemijsko stanje	<b>nije postignuto dobro stanje</b>	<b>nije postignuto dobro stanje</b>	
Kemijsko stanje, srednje koncentracije	dobro stanje	dobro stanje	
Kemijsko stanje, maksimalne koncentracije	dobro stanje	dobro stanje	
Kemijsko stanje, biota	nije postignuto dobro stanje	nije postignuto dobro stanje	
Alaklor (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Alaklor (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Antracen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Antracen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Atrazin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Atrazin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bromirani difenileteri (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bromirani difenileteri (BIO)	nije postignuto dobro stanje	nije postignuto dobro stanje	veliko odstupanje
Kadmij otopljeni (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Kadmij otopljeni (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Tetraklorugljik (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
C10-13 Kloroalkani (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
C10-13 Kloroalkani (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Klorfenvinfos (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Klorfenvinfos (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Klorpirifos (klorpirifos-etil) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Klorpirifos (klorpirifos-etil) (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Aldrin, Dieldrin, Endrin, Izodrin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
DDT ukupni (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
para-para-DDT (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
1,2-Dikloretan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diklormetan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diuron (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diuron (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja

STANJE VODNOG TIJELA CSR00012_004759, MREZNICA			
ELEMENT	STANJE	PROCJENA STANJA 2027. god.	ODSTUPANJE OD DOBROG STANJA
Endosulfan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Endosulfan (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Fluoranten (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Fluoranten (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Fluoranten (BIO)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksaklorbenzen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksaklorbenzen (BIO)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksaklorbutadien (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksaklorbutadien (BIO)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksaklorcikloheksan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksaklorcikloheksan (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Izoproturon (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Izoproturon (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Olovo i njegovi spojevi (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Olovo i njegovi spojevi (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Živa i njezini spojevi (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Živa i njezini spojevi (BIO)	nije postignuto dobro stanje	nije postignuto dobro stanje	veliko odstupanje
Naftalen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Naftalen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Nikal i njegovi spojevi (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Nikal i njegovi spojevi (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Nonilfenoli (4-Nonilfenol) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Nonilfenoli (4-Nonilfenol) (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Oktilfenoli (4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)-fenol) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Pentaklorbenzen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Pentaklorfenol (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Pentaklorfenol (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(a)piren (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(a)piren (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(a)piren (BIO)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(b)fluoranten (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(k)fluoranten (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(g,h,i)perilen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Simazin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Simazin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Tetrakloretilen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Triklortilen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Tributilkositrovi spojevi (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Tributilkositrovi spojevi (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Triklorbenzeni (svi izomeri) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Triklormetan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Trifluralin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Dikofol (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Dikofol (BIO)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Perfluorooktan sulfonska kiselina i derivati (PFOS) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Perfluorooktan sulfonska kiselina i derivati (PFOS) (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Perfluorooktan sulfonska kiselina i derivati (PFOS) (BIO)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Kinoksifen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Kinoksifen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Dioksini (BIO)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Aklonifen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Aklonifen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bifenoks (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bifenoks (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cibutrin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cibutrin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cipermetrin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cipermetrin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diklorvos (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diklorvos (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksabromociklododekan (HBCDD) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksabromociklododekan (HBCDD) (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksabromociklododekan (HBCDD) (BIO)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heptaklor i heptaklorepoksid (PGK)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heptaklor i heptaklorepoksid (MDK)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heptaklor i heptaklorepoksid (BIO)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Terbutrin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Terbutrin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Stanje, ukupno, bez tvari grupe a)*	loše stanje	loše stanje	
Ekološko stanje	loše stanje	loše stanje	
Kemijsko stanje, bez tvari grupe a)*	dobro stanje	dobro stanje	
Stanje, ukupno, bez tvari grupe b)*	loše stanje	loše stanje	
Ekološko stanje	loše stanje	loše stanje	
Kemijsko stanje, bez tvari grupe b)*	nije postignuto dobro stanje	nije postignuto dobro stanje	
Stanje, ukupno, bez tvari grupe c)*	loše stanje	loše stanje	
Ekološko stanje	loše stanje	loše stanje	
Kemijsko stanje, bez tvari grupe c)*	nije postignuto dobro stanje	nije postignuto dobro stanje	

\* Prema članku 16. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 96/2019 i 20/2023) a) tvari koje se ponašaju kao sveprisutni PBT-I, b) novoutvrđene tvari, c) tvari za koje su utvrđeni revidirani, stroži SKVO

STANJE VODNOG TIJELA CSR00012_037365, MREZNICA			
ELEMENT	STANJE	PROCJENA STANJA 2027. god.	ODSTUPANJE OD DOBROG STANJA
Stanje, ukupno	<b>dobro stanje</b>	<b>dobro stanje</b>	
Ekološko stanje	dobro stanje	dobro stanje	
Kemijsko stanje	dobro stanje	dobro stanje	
Ekološko stanje	<b>dobro stanje</b>	<b>dobro stanje</b>	
Biološki elementi kakvoće	dobro stanje	dobro stanje	
Osnovni fizikalno kemijski elementi kakvoće	dobro stanje	dobro stanje	
Specifične onečišćujuće tvari	dobro stanje	dobro stanje	
Hidromorfološki elementi kakvoće	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	
Biološki elementi kakvoće	<b>dobro stanje</b>	<b>dobro stanje</b>	nema procjene
Fitoplankton	nije relevantno	nije relevantno	nema odstupanja
Fitobentos	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Makrofitna	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Makrozoobentos saprobnost	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Makrozoobentos opća degradacija	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Ribe	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Osnovni fizikalno kemijski pokazatelji kakvoće	<b>dobro stanje</b>	<b>dobro stanje</b>	nema odstupanja
Temperatura	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Salinitet	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Zakiseljenost	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
BPK5	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
KPK-Mn	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Amonij	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Nitrati	dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Ukupni dušik	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Orto-fosfati	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Ukupni fosfor	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Specifične onečišćujuće tvari	<b>dobro stanje</b>	<b>dobro stanje</b>	nema odstupanja
Arsen i njegovi spojevi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bakar i njegovi spojevi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cink i njegovi spojevi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Krom i njegovi spojevi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Fluoridi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Organski vezani halogeni koji se mogu adsorbirati (AOX)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Poliklorirani bifenili (PCB)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Hidromorfološki elementi kakvoće	<b>vrlo dobro stanje</b>	<b>vrlo dobro stanje</b>	nema odstupanja
Hidrološki režim	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Kontinuitet rijeke	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Morfološki uvjeti	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Kemijsko stanje	<b>dobro stanje</b>	<b>dobro stanje</b>	
Kemijsko stanje, srednje koncentracije	dobro stanje	dobro stanje	
Kemijsko stanje, maksimalne koncentracije	dobro stanje	dobro stanje	
Kemijsko stanje, biota	nema podataka	nema podataka	
Alaklor (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Alaklor (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Antracen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Antracen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Atrazin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Atrazin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bromirani difenileteri (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bromirani difenileteri (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Kadmij otopljeni (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Kadmij otopljeni (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Tetraklorugljik (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
C10-13 Kloroalkani (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
C10-13 Kloroalkani (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Klorfenvinfos (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Klorfenvinfos (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Klorpirifos (klorpirifos-etil) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Klorpirifos (klorpirifos-etil) (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Aldrin, Dieldrin, Endrin, Izodrin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
DDT ukupni (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
para-para-DDT (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
1,2-Dikloretan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diklormetan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diuron (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diuron (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Endosulfan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Endosulfan (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Fluoranten (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Fluoranten (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Fluoranten (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heksaklorbenzen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksaklorbenzen (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heksaklorbutadien (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksaklorbutadien (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene

STANJE VODNOG TIJELA CSR00012_037365, MREZNICA			
ELEMENT	STANJE	PROCJENA STANJA 2027. god.	ODSTUPANJE OD DOBROG STANJA
Heksaklorcikloheksan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksaklorcikloheksan (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Izoproturon (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Izoproturon (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Olovo i njegovi spojevi (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Olovo i njegovi spojevi (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Živa i njezini spojevi (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Živa i njezini spojevi (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Naftalen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Naftalen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Nikal i njegovi spojevi (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Nikal i njegovi spojevi (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Nonilfenoli (4-Nonilfenol) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Nonilfenoli (4-Nonilfenol) (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Oktilfenoli (4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)-fenol)) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Pentaklorbenzen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Pentaklorfenol (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Pentaklorfenol (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(a)piren (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(a)piren (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(a)piren (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Benzo(b)fluoranten (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(k)fluoranten (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(g,h,i)perilen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Simazin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Simazin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Tetrakloretilen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Trikloretilen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Tributilkositrovi spojevi (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Tributilkositrovi spojevi (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Triklorbenzeni (svi izomeri) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Triklormetan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Trifluralin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Dikofol (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Dikofol (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Perfluorooktan sulfonska kiselina i derivati (PFOS) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Perfluorooktan sulfonska kiselina i derivati (PFOS) (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Perfluorooktan sulfonska kiselina i derivati (PFOS) (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Kinoksifen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Kinoksifen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Dioksini (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Aklonifen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Aklonifen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bifenoks (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bifenoks (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cibutrin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cibutrin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cipermetrin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cipermetrin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diklorvos (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diklorvos (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksabromociklododekan (HBCDD) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksabromociklododekan (HBCDD) (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksabromociklododekan (HBCDD) (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heptaklor i heptaklorepoksid (PGK)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heptaklor i heptaklorepoksid (MDK)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heptaklor i heptaklorepoksid (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Terbutrin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Terbutrin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Stanje, ukupno, bez tvari grupe a)*	dobro stanje	dobro stanje	
Ekološko stanje	dobro stanje	dobro stanje	
Kemijsko stanje, bez tvari grupe a)*	dobro stanje	dobro stanje	
Stanje, ukupno, bez tvari grupe b)*	dobro stanje	dobro stanje	
Ekološko stanje	dobro stanje	dobro stanje	
Kemijsko stanje, bez tvari grupe b)*	dobro stanje	dobro stanje	
Stanje, ukupno, bez tvari grupe c)*	dobro stanje	dobro stanje	
Ekološko stanje	dobro stanje	dobro stanje	
Kemijsko stanje, bez tvari grupe c)*	dobro stanje	dobro stanje	

\* Prema članku 16. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 96/2019 i 20/2023) a) tvari koje se ponašaju kao sveprisutni PBT-1, b) novoutvrđene tvari, c) tvari za koje su utvrđeni revidirani, stroži SKVO

STANJE VODNOG TIJELA CSR00017_000000, TOUNJČICA			
ELEMENT	STANJE	PROCJENA STANJA 2027. god.	ODSTUPANJE OD DOBROG STANJA
Stanje, ukupno	umjereno stanje	umjereno stanje	
Ekološko stanje	umjereno stanje	umjereno stanje	

STANJE VODNOG TIJELA CSR00017_000000, TOUNJČICA			
ELEMENT	STANJE	PROCJENA STANJA 2027. god.	ODSTUPANJE OD DOBROG STANJA
Kemijsko stanje	dobro stanje	dobro stanje	
Ekološko stanje	umjereno stanje	umjereno stanje	
Biološki elementi kakvoće	dobro stanje	dobro stanje	
Osnovni fizikalno kemijski elementi kakvoće	umjereno stanje	umjereno stanje	
Specifične onečišćujuće tvari	dobro stanje	dobro stanje	
Hidromorfološki elementi kakvoće	loše stanje	loše stanje	
Biološki elementi kakvoće	dobro stanje	dobro stanje	
Fitoplankton	nije relevantno	nije relevantno	nema procjene
Fitobentos	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Makrofiti	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Makrozoobentos saprobnost	vrlo dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Makrozoobentos opća degradacija	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Ribe	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Osnovni fizikalno kemijski pokazatelji kakvoće	umjereno stanje	umjereno stanje	
Temperatura	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Salinitet	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Zakiseljenost	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
BPK5	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
KPK-Mn	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Amonij	umjereno stanje	vrlo dobro stanje	vrlo malo odstupanje
Nitriti	umjereno stanje	vrlo dobro stanje	vrlo malo odstupanje
Ukupni dušik	umjereno stanje	umjereno stanje	vrlo malo odstupanje
Orto-fosfati	dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Ukupni fosfor	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Specifične onečišćujuće tvari	dobro stanje	dobro stanje	
Arsen i njegovi spojevi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bakar i njegovi spojevi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cink i njegovi spojevi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Krom i njegovi spojevi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Fluoridi	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Organski vezani halogeni koji se mogu adsorbirati (AOX)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Poliklorirani bifenili (PCB)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Hidromorfološki elementi kakvoće	loše stanje	loše stanje	
Hidrološki režim	loše stanje	loše stanje	veliko odstupanje
Kontinuitet rijeke	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	nema odstupanja
Morfološki uvjeti	loše stanje	loše stanje	veliko odstupanje
Kemijsko stanje	dobro stanje	dobro stanje	
Kemijsko stanje, srednje koncentracije	dobro stanje	dobro stanje	
Kemijsko stanje, maksimalne koncentracije	dobro stanje	dobro stanje	
Kemijsko stanje, biota	nema podataka	nema podataka	
Alaklor (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Alaklor (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Antracen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Antracen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Atrazin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Atrazin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bromirani difenileteri (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bromirani difenileteri (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Kadmij otopljeni (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Kadmij otopljeni (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Tetraklorugljik (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
C10-13 Kloroalkani (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
C10-13 Kloroalkani (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Klorfenvinfos (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Klorfenvinfos (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Klorpirifos (klorpirifos-etil) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Klorpirifos (klorpirifos-etil) (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Aldrin, Dieldrin, Endrin, Izodrin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
DDT ukupni (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
para-para-DDT (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
1,2-Dikloretan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diklormetan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diuron (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diuron (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Endosulfan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Endosulfan (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Fluoranten (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Fluoranten (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Fluoranten (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heksaklorbenzen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksaklorbenzen (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heksaklorbutadien (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksaklorbutadien (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heksaklorcikloheksan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksaklorcikloheksan (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Izoproturon (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja

STANJE VODNOG TIJELA CSR00017_000000, TOUNJČICA			
ELEMENT	STANJE	PROCJENA STANJA 2027. god.	ODSTUPANJE OD DOBROG STANJA
Izoproturon (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Olovo i njegovi spojevi (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Olovo i njegovi spojevi (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Živa i njezini spojevi (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Živa i njezini spojevi (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Naftalen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Naftalen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Nikal i njegovi spojevi (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Nikal i njegovi spojevi (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Nonilfenoli (4-Nonilfenol) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Nonilfenoli (4-Nonilfenol) (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Oktilfenoli (4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)-fenol) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Pentaklorbenzen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Pentaklorfenol (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Pentaklorfenol (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(a)piren (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(a)piren (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(a)piren (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Benzo(b)fluoranten (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(k)fluoranten (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Benzo(g,h,i)perilen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Simazin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Simazin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Tetrakloretilen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Trikloretilen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Tributilkositrovi spojevi (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Tributilkositrovi spojevi (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Triklorbenzeni (svi izomeri) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Triklormetan (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Trifluralin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Dikofol (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Dikofol (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Perfluorooktan sulfonska kiselina i derivati (PFOS) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Perfluorooktan sulfonska kiselina i derivati (PFOS) (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Perfluorooktan sulfonska kiselina i derivati (PFOS) (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Kinoksifen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Kinoksifen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Dioksini (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Aklonifen (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Aklonifen (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bifenoks (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Bifenoks (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cibutrin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cibutrin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cipermetrin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Cipermetrin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diklorvos (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Diklorvos (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksabromociklododekan (HBCDD) (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksabromociklododekan (HBCDD) (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Heksabromociklododekan (HBCDD) (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heptaklor i heptaklorepoksid (PGK)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heptaklor i heptaklorepoksid (MDK)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Heptaklor i heptaklorepoksid (BIO)	nema podataka	nema podataka	nema procjene
Terbutrin (PGK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Terbutrin (MDK)	dobro stanje	dobro stanje	nema odstupanja
Stanje, ukupno, bez tvari grupe a)*	umjereno stanje	umjereno stanje	
Ekološko stanje	umjereno stanje	umjereno stanje	
Kemijsko stanje, bez tvari grupe a)*	dobro stanje	dobro stanje	
Stanje, ukupno, bez tvari grupe b)*	umjereno stanje	umjereno stanje	
Ekološko stanje	umjereno stanje	umjereno stanje	
Kemijsko stanje, bez tvari grupe b)*	dobro stanje	dobro stanje	
Stanje, ukupno, bez tvari grupe c)*	umjereno stanje	umjereno stanje	
Ekološko stanje	umjereno stanje	umjereno stanje	
Kemijsko stanje, bez tvari grupe c)*	dobro stanje	dobro stanje	

\* Prema članku 16. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 96/2019 i 20/2023) a) tvari koje se ponašaju kao sveprisutni PBT-I, b) novoutvrđene tvari, c) tvari za koje su utvrđeni revidirani, stroži SKVO

## 13.2 Osnovni statistički parametri oborine za različita trajanja

Tablica 13.1 Osnovni statistički parametri oborine za različita trajanja: Rsred – srednjak (mm), StDev – standardna devijacija (mm), CV – koeficijent varijacije oborine, Rmaks – najveća registrirana količina oborine (mm) i pripadni datum i vrijeme, Tmaks – pripadno povratno razdoblje za Rmaks (god). Ogulin, razdoblje 1963. – 2020. (Izvor: Procjene maksimalnih godišnjih kratkotrajnih količina oborine na postaji Ogulin, DHMZ)

Trajanje	Rsred	StDev	CV	Rmaks	Datum/Vrijeme	Tmaks
5 min	7.7	3.8	0.49	30.0	2019-06-16 19:55:00	13,976,167
10 min	11.6	5.5	0.47	41.6	2019-06-16 19:55:00	491
20 min	17.1	7.2	0.42	50.7	2019-06-16 19:55:00	351
30 min	20.6	8.4	0.41	57.4	2019-06-16 19:55:00	251
40 min	23.3	9.4	0.40	62.1	2019-06-16 19:55:00	180
50 min	25.5	10.1	0.40	68.4	2019-06-16 20:00:00	185
60 min	27.4	10.4	0.38	72.7	2019-06-16 20:10:00	178
2 h	34.4	11.1	0.32	74.9	2019-06-16 20:25:00	98
3 h	39.0	11.8	0.30	75.0	2019-06-16 21:20:00	66
4 h	43.0	12.3	0.29	79.1	1971-07-19 05:10:00	59
6 h	50.2	13.4	0.27	84.9	1971-07-19 06:05:00	55
8 h	55.0	13.6	0.25	87.9	1971-07-19 06:25:00	46
12 h	62.2	14.6	0.23	101.4	1987-09-25 11:20:00	100
24 h	75.9	17.7	0.23	118.4	1987-09-25 14:55:00	74