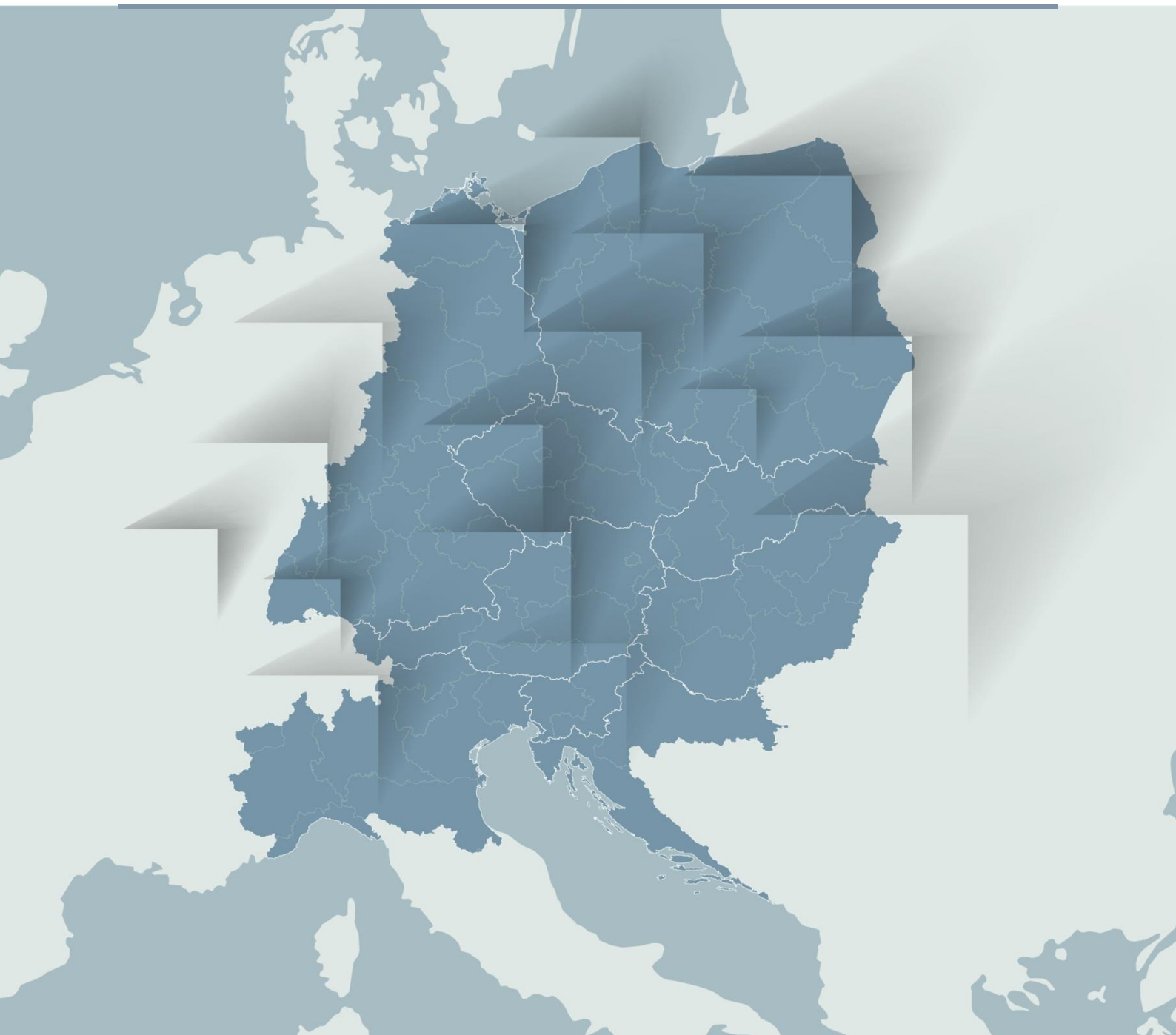


Analysis concerning sustainable spa development solutions - national report in SPAs project regions - case study Jugovzhodna Slovenija

Poročilo o analizi rešitev za trajnostni razvoj zdraviliških območij - primer regije Jugovzhodna Slovenija

Deliverable D.T.2.6.2

Final Version 12.2020





Naročnik: Razvojni center Novo mesto
Podbreznik 15
8000 Novo mesto

Avtor: Klemen Juršič, mag. ekol. biod.

Datum: 1. 12. 2020, Novo mesto



POVZETEK

Termalna voda danes predstavlja vir za številne dejavnosti, ki so povezane z zdravilstvom in turizmom, na nekaterih območjih celo osrednjo storitveno dejavnost. V naravi je svoj mikrohabitat s posebno floro in favno. Termalna voda po rabi v zdraviliščih postane odpadna voda, ki se odvaja v struge rek in jezer, kar lahko za vodno telo predstavlja vir naravnega onesnaževanja, hkrati pa vpliva na raznolikost vodnega telesa.

Zaradi vpliva onesnaževanj na podzemne in površinske vode, se v zadnjem stoletju razvijajo metode, kako ovrednotiti kakovost vode in s tem prispevati k prostorskemu in razvojnemu načrtovanju. Metoda vrednotenja ekološkega stanja vodotokov na podlagi bentoških nevretenčarjev je metoda, kjer se za spremljanje kakovosti vode uporablja indikatorske organizme. To so organizmi, ki s svojo prisotnostjo in odsotnostjo pokažejo kakovost vodotoka, včasih tudi vrsto onesnaženja.

V tem poročilu so predstavljeni rezultati analize, ki smo jo izvedli na podlagi Metode vrednotenja ekološkega stanja vodotokov na podlagi bentoških nevretenčarjev na izbranih lokacijah v Jugovzhodni Sloveniji: Klevevž, Šmarješke Toplice in Dolenjske Toplice. Rezultati so pokazali, da se prisotnost vrst gor- in dol-vodno od točk rabe termalne vode bistveno ne razlikuje.

Ključne besede:

termalna voda, bentoški nevretenčarji, biotski indeks, Metodologija vrednotenja ekološkega stanja vodotokov na podlagi bentoških nevretenčarjev, Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda, Dolenjske Toplice, Klevevž, Šmarješke Toplice, Jugovzhodna Slovenija



ABSTRACT

Today, thermal water is a source for many activities related to health and tourism, in some areas even the most important source for service activity. In nature, it has its own microhabitat with a special flora and fauna. After use of thermal water in health and spa resorts, it becomes wastewater, which is discharged into riverbeds and lakes, which can be a source of natural pollution for the water body, and at the same time affect the biodiversity of the water body.

Due to the impact of pollution on groundwater and surface water, in the last century, methods have been developed to evaluate water quality and thus contribute to spatial and development planning. The Method of evaluating the ecological status of water bodies based on benthic invertebrates is a method where indicator organisms are used to monitor water quality. These are organisms that, with their presence and absence, show the quality of the water body, sometimes also the type of pollution if it present.

This report presents the results of an analysis based on the Method for evaluating the ecological status of water bodies based on benthic invertebrates at selected locations in Jugovzhodna Slovenija: Klevevž, Šmarješke Toplice and Dolenjske Toplice. The results showed that the presence of species up- and down-stream does not differ significantly.

Key words:

thermal wastewater, benthic invertebrates, biotic index, Methodology for evaluating the ecological status of water body based on benthic invertebrates, Rules on monitoring the status of surface waters, Dolenjske Toplice, Klevevž, Šmarješke Toplice, Jugovzhodna Slovenija



KAZALO

1 UVOD	6
2 METODOLOGIJA.....	11
2.1 Vzorčna mesta	11
2.1.1 Klevevške toplice	11
2.1.2 Šmarješke Toplice	12
2.1.3 Dolenjske Toplice	15
2.2 Merjenje hidromorfoloških, fizikalnih in kemijskih parametrov	16
2.3 Odzem vzorcev bentoških nevretenčarjev	17
2.4 Vrednotenje ekološkega stanja	17
3 UGOTOVITVE	19
3.1 Fizikalni in kemijski parametri	19
3.2 Biotski indeksi.....	20
3.3 Ekološko stanje vodotoka na predelu Klevevških toplic	20
3.4 Ekološko stanje vodotoka na območju zdravilišča Šmarjeških Toplic	21
3.5 Ekološko stanje vodotoka na območju zdravilišča Dolenjskih Toplic	24
4 ZAKLJUČEK	25
5 VIRI IN LITERATURA	27



1 UVOD

Namen naloge je pripraviti analizo rešitev za trajnostni razvoj zdravilišč z vidika vplivov, obremenitev in nevarnosti na naravne vire, ki zagotavljajo zdraviliško dejavnost na podlagi elementov Pravilnika o monitoringu stanja površinskih voda (Uradni list RS, št. 10/09, 81/11 in 73/16) in preveriti sestavo združb bentoških nevretenčarjev na izbranih lokacijah, kjer se rabi termalna voda.

Kakovost in onesnaževanje voda

Kakovost voda je pojem, ki ga je težko definirati zaradi vidika kompleksnosti dejavnikov, ki kakovost določajo, in velikega števila spremenljivk, na osnovi katerega opisujemo status vodnega telesa. Razumevanje kakovosti voda se je razvijalo v zadnjem stoletju s povečanjem uporabe vode in z novimi znanji, kako meriti in razlagati značilnosti vodnega okolja. Obstajajo številne snovi, katerih učinki so v vodi potencialno nevarni za organizme. S sintetiziranjem novih se število nevarnih snovi iz leta v leto povečuje, z njihovo množično proizvodnjo in komercialno uporabo pa postanejo možni onesnaževalci vodnega okolja. Na osnovi značilnosti onesnaževal lahko onesnaževanje voda razdelimo v več skupin (Urbanič in Toman, 2003):

1. organsko onesnaževanje,
2. onesnaževanje s hranilnimi snovmi,
3. toplotno onesnaževanje,
4. onesnaževanje s strupenimi snovmi,
5. onesnaževanje s suspendiranimi snovmi,
6. ekstremen pH,
7. onesnaževanje z detergenti,
8. onesnaževanje z nafto in naftnimi derivati,
9. onesnaževanje s kancerogenimi snovmi,
10. onesnaževanje s patogenimi organizmi.

Reke, potoki, jezera in ostala vodna telesa imajo izjemno samoočiščevalno moč, predvsem na račun mikroskopskih in makroskopskih organizmov, substrata in geoloških struktur, skozi katere tečejo. Hitrost in intenziteta samoočiščevanja pa je odvisna od kroničnega ali akutnega onesnaževanja vodnega telesa (Allan in Castillo, 2007). Onesnaženje voda, ki je povezano z dotoki iz kanalizacije, čistilnih naprav, izsuševalnih kanalov in tovarn, uvrščamo med točkovne vire onesnaženja. Te primere onesnaževanja je v naravi relativno lahko zaznati. Drugače je pri razpršenih virih, kjer vira onesnaženja ni moč natančno



določiti. Onesnaževalo ne vstopa v vodno okolje samo na enem mestu, ampak na več mestih hkrati.

Termalne vode do neke mere spadajo v kategorijo podzemnih voda. Običajno imajo stalen tok in smer. Ta je odvisen od poroznosti in prepustnosti geološkega materiala, lokalnih hidrogeoloških pojavov ter hidromorfoloških stanj površinskih vod, zaradi česar je dinamika podzemnih vod izjemno raznolika. Dejavniki in povzročitelji, ki lahko vplivajo na kakovost podzemne vode so patogeni mikroorganizmi, razkrajajoči organski material, nitrati, soli, težke kovine in elementi v sledovih, posredno pa tudi spremembe hidrološkega stanja površinskih vod. Velik vpliv pa ima lahko tudi splošna poraba in črpanje podzemnih vod, kar se lahko pokaže lokalno ali regionalno (WHO, 1996). Izviri termalne vode v naravi predstavljajo svoj mikrohabitat s svojo favno in floro. Izpust odpadne vode se v večini odvaja v struge površinskih vod, kar lahko za to vodno telo predstavlja vir obremenitve in naravnega onesnaževanja, hkrati pa lahko vpliva na raznolikost tega vodnega telesa. Izpust vode lahko tako za površinske vode predstavlja vir toplotnega in organskega onesnaževanja, vpliva na spremembo pH in je vir onesnaževanja s hranilnimi snovmi, če voda ni ustrezno obdelana. Vse bolj pomembno vlogo na področju krožnega gospodarstva predstavlja tudi zasnova ponovne rabe vode. Termalna voda predstavlja vir za številne dejavnosti zdravilstva in turizma, zato je njihova trajnostna raba in upravljanje bistvenega pomena na številnih območjih Srednje Evrope in regije Jugovzhodna Slovenija.

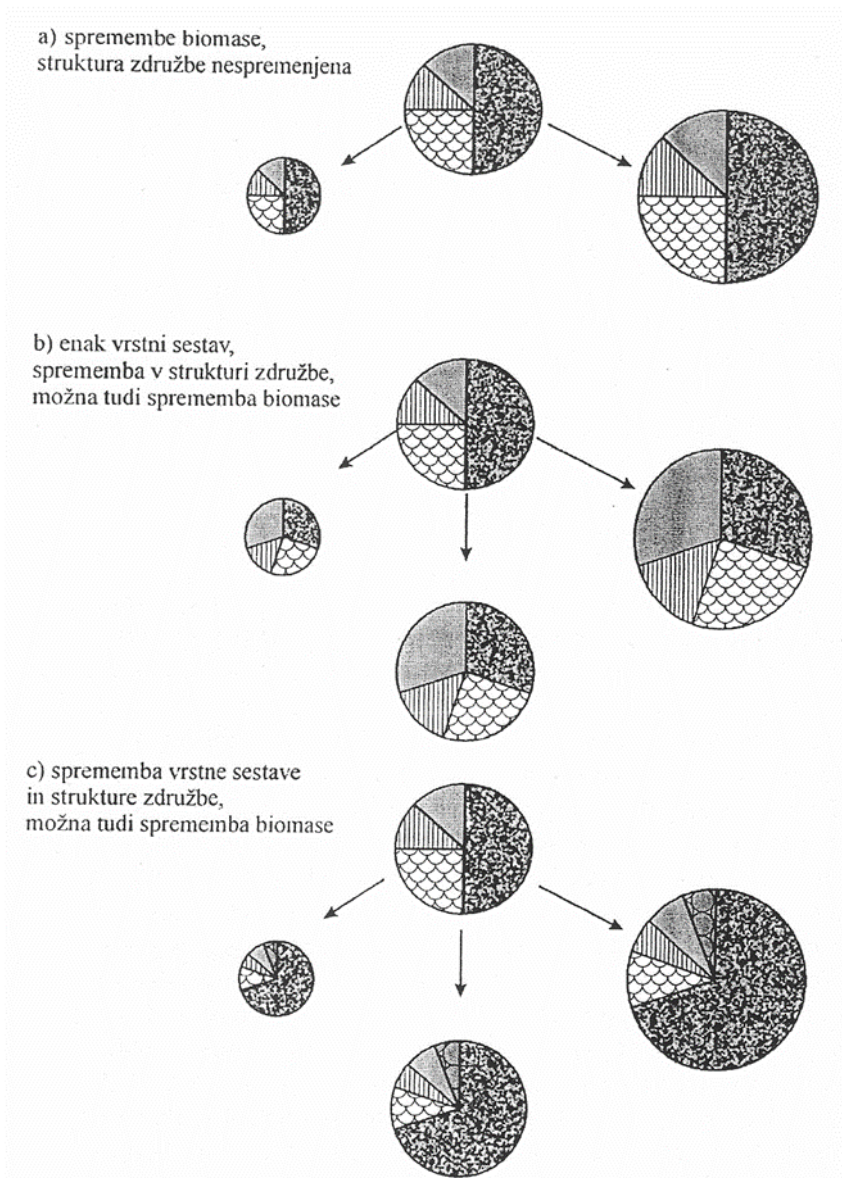
Vrednotenje kakovosti voda

Ne glede na vir onesnaževanja vode, je prišlo do potrebe po vrednotenju kakovosti voda. Vrednotenje kakovosti voda predstavlja celoten proces vrednotenja fizikalnih, kemijskih in biotskih značilnosti vode. Namen vrednotenja kakovosti vode je definirati njihovo stanje in zagotoviti osnovo za ugotavljanje trendov v spreminjanju kakovosti. Eden pomembnejših vidikov vrednotenja sta tudi prava razlaga rezultatov in podajanje predlogov za nadaljnje aktivnosti pri varstvu okolja. Najpopolnejšo predstavo o vodnem telesu in njegovi kakovosti dobimo z istočasno izvedenimi fizikalnimi, kemijskimi in biološkimi analizami. Pri tem fizikalne in kemijske analize prikažejo trenutno stanje voda, medtem ko z biološkimi metodami ugotavljamo posledično stanje, ki je rezultat vpliva vseh abiotskih in biotskih dejavnikov na prisotne živiljenjske združbe (Urbanič in Toman, 2003). Biologi že desetletja raziskujejo vplive človeških aktivnosti na ekosisteme, metode primerne za spremljanje kakovosti vode pa so relativno mlade. Umetne in naravne spremembe fizikalnih in kemijskih značilnosti v vodnih telesih privedejo do različnih biotskih sprememb, s čimer lahko ekosistem postane neuravnotežen. Večina vodnih organizmov je občutljiva na naravne ali antropogeno pogojene spremembe v svojem okolju. Različni organizmi se odzivajo na različne načine. Najopaznejši odzivi so smrt organizmov ali njihove migracije v druge habitate. Manj opazni so odzivi, kakršna sta zmanjšanje reprodukcije in nenormalen metabolizem. Tisti organizmi, ki se izrazito odzovejo na določeno spremembo, so uporabni za vrednotenje kakovosti voda. Organizmi,



ki jih uporabljamo za vrednotenje na terenu, odražajo skupen učinek vseh vplivov v vodnem telesu in so uporabni za primerjanje kakovosti vode med vzorčnimi mesti ali med različnimi časovnimi obdobji (Urbanič in Toman, 2003).

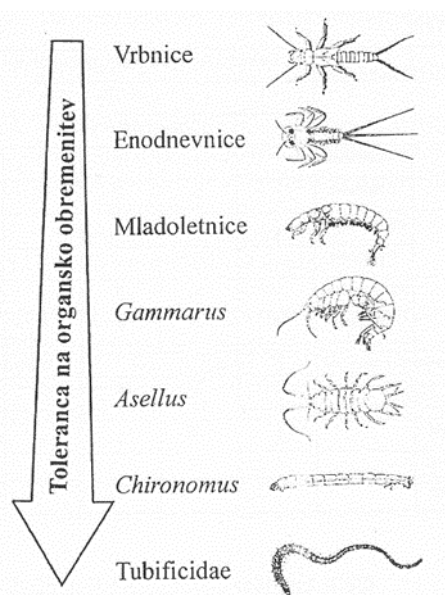
Vodni organizmi preferirajo habitate z določenimi fizikalnimi, kemijskimi in biotskimi značilnostmi. Spreminjanje teh značilnosti stresno vplivajo na organizme, rezultat pa je lahko sprememba vrstne sestave, strukture družbe ali spremembe v biomasi (Slika 1). Ob ekstremnih okoljskih spremembah lahko določene vrste izginejo in prisotnost ali odsotnost organizmov lahko uporabljamo kot merilo za vrednotenje kakovosti voda in spremenljivost okolja. Izsledki teh ekoloških vrednotenj so povzeti v indeksih, ki so objektivni prikaz stanja. Indeksi temeljijo na strukturi združbe - diverzitetnih indeksih, ali na indikatorskih organizmih - saprobnih in biotskih indeksih. (Urbanič in Toman, 2003).



Slika 1: Možni odzivi združbe na spremembe v okolju. (Vir: Urbanič in Toman, 2003)



Večina sistemov monitoringa ekološkega stanja temelji na prisotnosti ali odsotnosti bioindikatorskih organizmov ter spremljanju vrstne sestave in številčnosti skupin pritrjenih alg (fitobentos, makroalge), planktonskih alg (fitoplanktona), višjih vodnih rastlin (makrofitov), zooplanktona, perifitona, bentoških nevretenčarjev in rib (nekton) (WHO, 1996; ARSO, 2018). Večina danes razvitih indeksov temelji na predpostavkah, da se z naraščajočo stopnjo organske obremenjenosti zmanjšuje biotska raznovrstnost in izginjajo taksoni v naslednjem vrstnem redu (Slika 2): vrbnice (Plecoptera), enodnevnice (Ephemeroptera), mladoletnice (Trichoptera), Gammarus, Asellus, Chironomus in Tubificidae. Biotski indeksi so v večini primerov uporabni bolj regionalno in niso primerni za širša geografska območja. Za področja, ki imajo geografsko zelo razgibano površino, je potrebna uporaba različnih, za posamezno območje prirejenih biotskih indeksov (Urbanič in Toman, 2003).



Slika 2: Relativna toleranca različnih taksonov nevretenčarjev na organsko obremenitev. (Vir: Urbanič in Toman, 2003)

Indikatorski organizem je tisti, ki je izbran za vrednotenje kakovosti zaradi svoje občutljivosti ali tolerance na različne vire onesnaženja ali posledice onesnaženja. Najboljši indikatorji so tisti, ki imajo ozko ekološko toleranco, saj njihova prisotnost najboljše odraža razmere v vodnem okolju. Makroinvertebrati, alge, makrofiti in ribe so dobri indikatorji in pogosto osnova za vrednotenje kakovosti voda (Urbanič in Toman, 2003).

Biološki monitoring se izvaja iz več razlogov (WHO, 1996):

1. Koncentracije onesnaževal so lahko pod mejo detekcije a pustijo velik učinek.
2. Učinek enega onesnaževala je lahko drugačen kot učinek večih skupaj in v različnih koncentracijah.



3. Učinek toksinov na organizme je pogojen s karakteristiko vode same, v kateri organizmi živijo.
4. Biološki indikatorji lahko pokažejo probleme, ki so drugače spregledani ali podcenjeni.
5. Biološke ocene uporabljajo informacije nabrane direktno od vodnih organizmov in združbe, katerih del testiranega sistema so.
6. Življenjski prostor in s tem združba organizmov je oblikovana po vseh okoljskih faktorjih skozi čas.

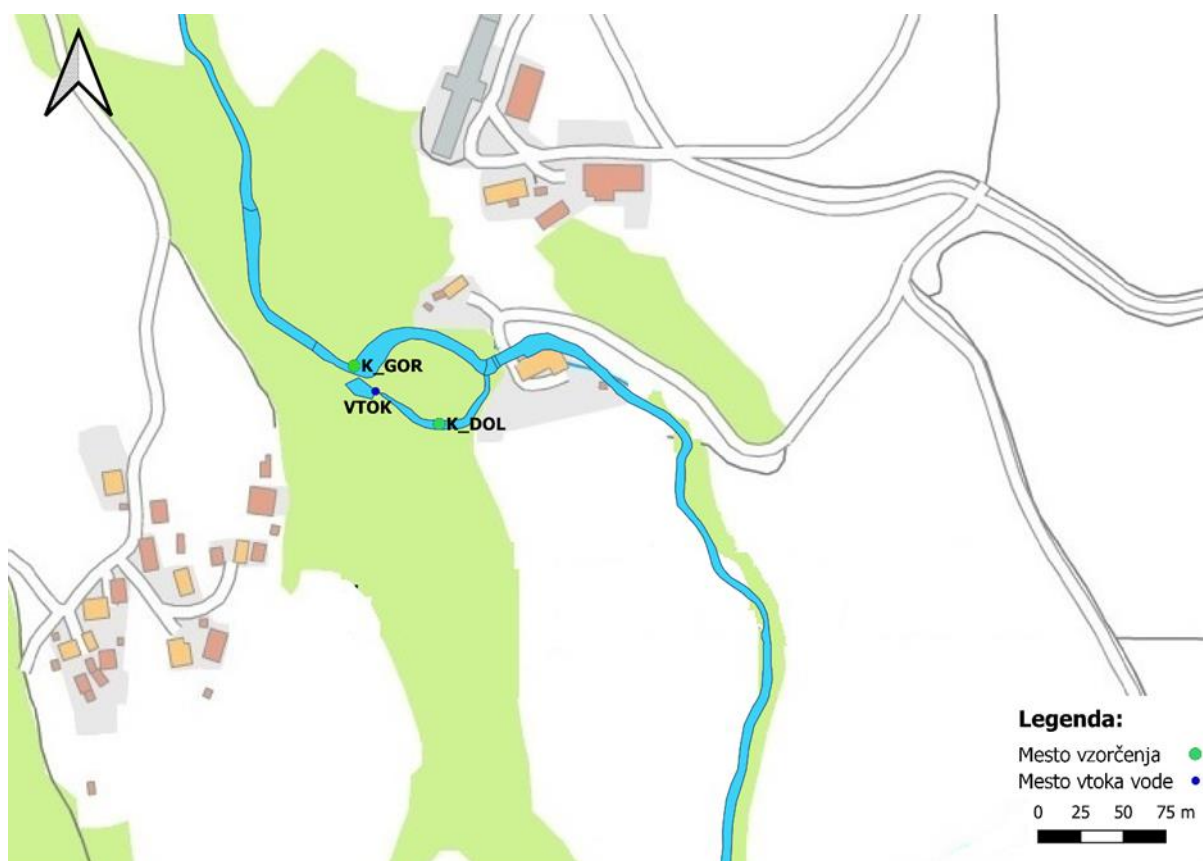


2 METODOLOGIJA

2.1 Vzorčna mesta

2.1.1 Klevevške toplice

Klevevške toplice predstavljajo kamnit bazen z izviro naravne termalne vode v soteski potoka Radulje. Gorvodno pred bazenom se Radulja razcepi na dva tokova: levo nadaljuje po glavni, globlji strugi, desno pa nadaljuje mimo bazena po plitvejši in počasnejši strugi in se po manjšem okljuku ponovno združi v glavi strugi Radulje. Voda iz bazena se tako izliva v desni rokav. Na lokaciji sta bili vzorčeni dve mesti. Eno 10 metrov gorvodno od bazena (v nadaljevanju K_GOR), že mejoče na levi rokav Radulje, kjer se termalna voda iz bazena ne meša z vodo iz struge. Drugo vzorčno mesto je bilo 25 metrov dolvodno od bazena (v nadaljevanju K_DOL), kjer sta voda iz struge in voda iz bazena že dobro premešani (Slika 3).



Slika 3: Karta vzorčnih mest na Klevevških toplicah.



Slika 4: Vzorčno mesto K_DOL.

2.1.2 Šmarješke Toplice

Zdravilišče v Šmarjeških Toplicah stoji na območju več termalnih izvirov ob potoku Toplica. Zdravilišče ima urejene tri velike bazene, katerih voda se kontrolirano odvaja v potok Toplica (K.A.B., 2006) Voda iz bazenov se odvaja v potok na dveh lokacijah, zato smo izbrali štiri vzorčna mesta, dva za vsak vtok. Vzorec je bil vzet 10 metrov gorvodno (v nadaljevanju ŠT1_GOR) in 25 metrov dolvodno (v nadaljevanju ŠT1_DOL) prvega iztoka vode iz bazenov. Podobno je bilo vzorčenje na drugem iztoku, kjer smo dobili dva vzorca (v nadaljevanju ŠT2_GOR in ŠT2_DOL) (Slika 5). Med obema vzorčnima mestoma se nahaja tudi manjši termalni izvir Bajer, ki se izteka v potok (GeoZS, 2020).



Slika 5: Karta vzorčnih mest za Šmarješke Toplice.



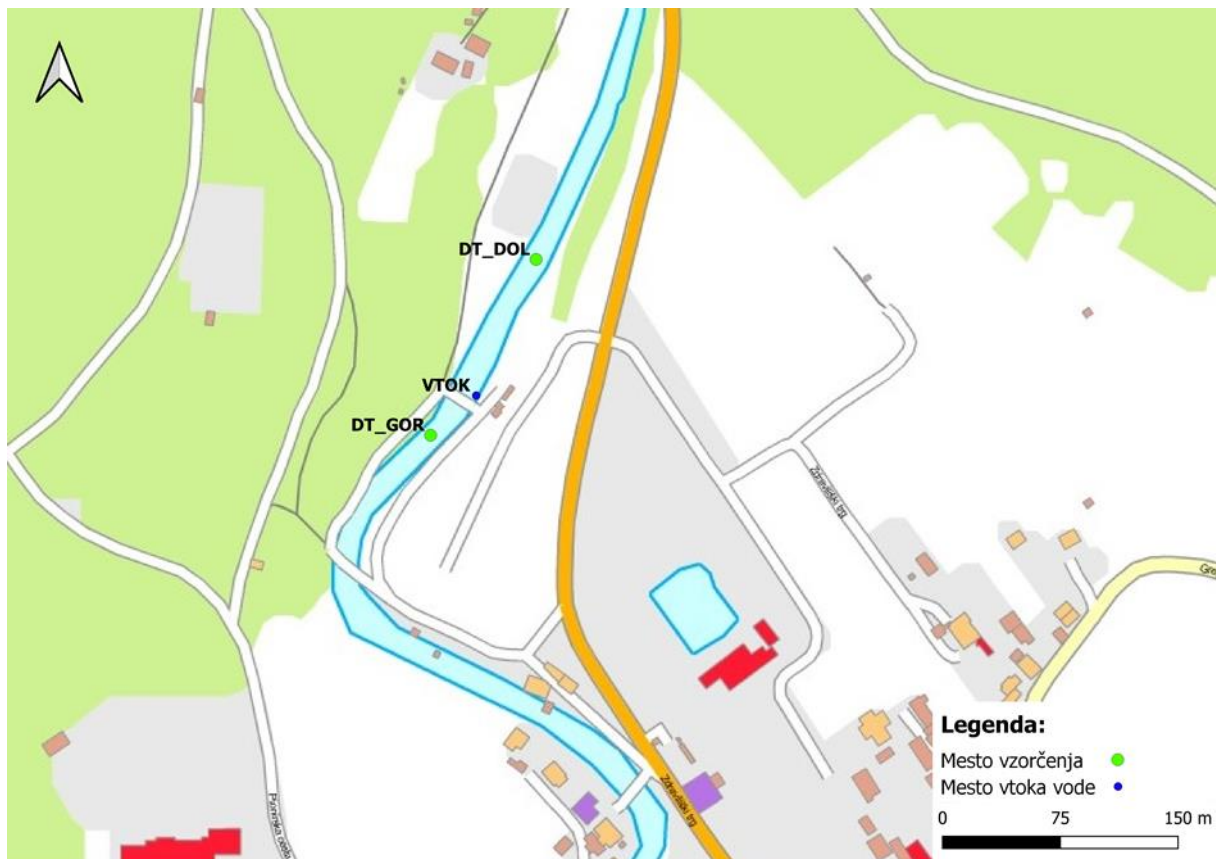
Slika 6: Vzorčni mesti ŠT1_GOR (levo) in ŠT1_DOL (desno).



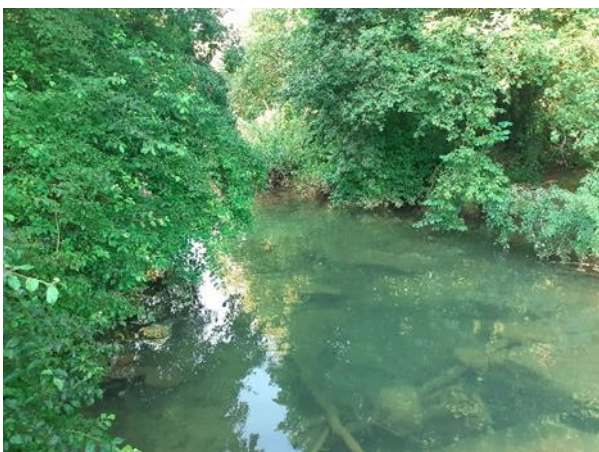
Slika 7: Vzorčno mesto ŠT2_GOR in drugi iztok vode iz bazenov.

2.1.3 Dolenjske Toplice

Podobno kot v Šmarjeških Toplicah, se voda iz bazenov kontrolirano odvaja v potok Sušica. Izliv se nahaja na območju kampa. Na lokaciji sta bili vzorčeni dve mesti. Eno približno 15 metrov gorvodno in drugo približno 30 metrov dolvodno od izliva (Slika 8).



Slika 8: Karta vzorčnih mest Dolenjske Toplice.



Slika 9: Vzorčno mesto DT_DOL.



2.2 Merjenje hidromorfoloških, fizikalnih in kemijskih parametrov

Z meritvami hidromorfoloških parametrov lahko posredno razložimo ugotovljene vrednosti nekaterih ostalih parametrov, s katerimi vrednotimo kakovost voda. Številne vrednosti fizikalnih in kemijskih parametrov ter prisotnost življenjskih združb so namreč tudi posledica hidroloških razmer (Urbanič in Toman, 2003). Od hidroloških parametrov smo na vzorčnih mestih merili globino vode, hitrost vodnega toka, pretok vode in tip substrata.

Substrat ima v vodnih ekosistemih pomembno vlogo pri kroženju elementov. Delimo ga na anorganski in organski substrat. Vrsto in velikost mineralnega ter dela organskega substrata v tekočih površinskih vodnih telesih določajo poleg hidroloških razmer tudi erozijski procesi. Del organske komponente pa je prisoten zaradi biotske aktivnosti v vodnem telesu (Urbanič in Toman, 2003). Tip substrata v naravi omogoča tudi številne mikrohabitate, ki večajo diverzitetu, hkrati pa vpliva tudi na fizikalne in kemijske parametre vodotoka. Razvrstitev substratov, ki se uporablja pri ekološkem vrednotenju vodotokov v EU je predstavljena v tabeli 1.

Tabela 1: Razdelitev organskih in anorganskih substratov.

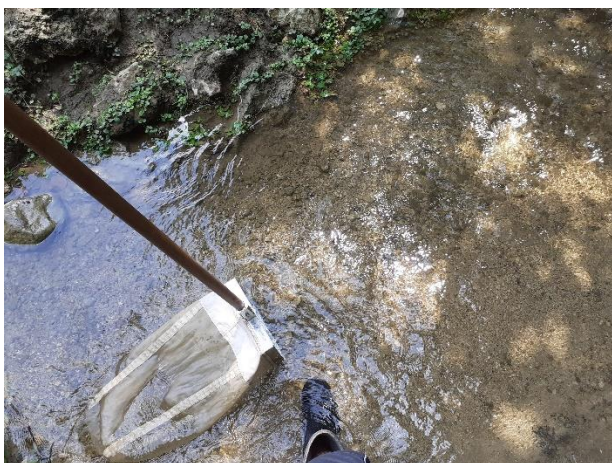
	Kategorija	Opis	Premer delcev [cm]
Anorganski	Megalital	Skale, živa skala	>40
	Makrolital	Veliki kamni	20 - 40
	Mezolital	Majhni kamni	6 - 20
	Mikrolital	Veliki prodniki	2 - 6
	Akal	Majhni in srednji prodniki	0,2 - 2
	Psamal	Pesek in blato	0,006 - 0,2
	Agrilal	Mulj, glina	<0,006
Organski	Alge	Nitaste alge, kosmi alg	
	Potopljeni makrofiti	Cvetnice, hare, mahovi	
	Emergentni makrofiti	Šaši, trst, rogoz, ježki itd.	
	Živi deli komenskih rastlin	Majhne korenine, plavajoči deli obrežne vegetacije	
	Ksilal	Debla, veje, odmrle korenine	
	Večji odmrli organski delci	Delci >1 mm; odpadlo listje, iglice	
	Manjši odmrli organski delci	Delci v velikosti od 0,45 µm do 1 mm	
	»sewage fungus«	Heterotrofne saprofitske bakterije in glive	



Pri vrednotenju kakovosti vode z fizikalnim in kemijskim metodami se izvajajo analize vode in usedlin, katerih stanje je posledica naravnih značilnosti vodotoka, prispevnega območja in antropogenih vplivov. Omejitev je v tem, da so dobljeni rezultati odraz trenutnega stanja, saj se fizikalne in kemijske značilnosti v vodotoku lahko hitro spreminjajo (Urbanič in Toman, 2003). Na vzorčnih mestih smo merili temperaturo, koncentracijo raztopljenega kisika, nasičenost vode s kisikom, elektroprevodnost, pH vode in skupne raztopljene snovi - TDS.

2.3 Odvzem vzorcev bentoških nevretenčarjev

Metodologija te raziskave temelji na Metodologiji vrednotenja ekološkega stanja vodotokov na podlagi bentoških nevretenčarjev (2016), ki je skladna s Pravilnikom o monitoringu stanja površinskih voda. Izbrana je bila metoda semikvantitativnega vzorčenja vodnih nevretenčarjev s časovno omejenim vzorčenjem. Uporabljena je bila vodna mreža z odprtini 0,5 x 0,5 mm v okvirju velikost 25 x 25 cm. Z metodo "kick-sampling" se v časovni omejitvi 2 minut pred mrežo z nogo razbrca substrat, kjer ga vodni tok odnese v mrežo. Nabranih je bilo več podvzorcev, ki tako zajemajo več mikrohabitatov, skupaj pa tvorijo celoten vzorec. Vzorci so bili nato fiksirani v 70 % etanolu. Taksoni bentoških nevretenčarjev so bili razvrščeni in identificirani do stopnje redov, nekateri tudi do družin.



Slika 1: Metoda "kick-samplinga" z vodno mrežo.

2.4 Vrednotenje ekološkega stanja

Za vrednotenje ekološkega stanja vode so bili uporabljeni indeksi EPT, EPTO EPT/EPT+C in indeks BMWP in ASPT. Saprobni, trofični in določeni diverzitetni indeksi so v tem primeru neprimerni in brezpomenski, saj taksoni niso bili določeni do vrst in rodov.



Indeksi EPT, EPTO in EPT/EPT+C

EPT indeksi ocenijo kakovost vode glede relativne abundance treh večjih skupin vodnih nevretenčarjev, ki imajo nizko toleranco na polutante v vodi. Te skupine so enodnevnice (Ephemeroptera), vrbnice (Plecoptera) in mladoletnice (Trichoptera). Višji odstotek teh treh skupin v vzorcu kaže na boljšo kvaliteto vode. EPTO indeks v izračun všteje tudi ličinke kačjih pastirjev (Odonata), saj se jih vključuje v ovrednotenje ravninskih delov rek in potokov. EPT/EPT+C indeks prikazuje delež taksonov EPT v odvisnosti od skupnega števila EPT in ličink dvokrilcev, predstavnikov družine Chironomidae.

Indeksa BMWP in ASPT

Indeks BMWP (ang. *Biological Monitoring Working Party*) sicer razvit v Veliki Britaniji, je bil kasneje objavljen kot standardna metoda, zaradi svoje taksonomske enostavnosti. Indeks se računa kot seštevek vrednosti vseh taksonov, katerim je pripisana vrednost tolerance. Najobčutljivejši taksoni dobijo najvišjo, medtem ko najbolj tolerantni najnižjo vrednost. Zaradi vpliva velikosti vzorca so vpeljali povprečno vrednost ASPT (ang. *Average score per taxon*). Ta indeks nadomešča saprobnega. Visoke vrednosti BMWT in ASPT nakazujejo na dobro kakovost vode, nižje pa slabo kakovost oziroma obremenjen vodotok.

Tabela 1: Vrednosti indeksov BMWP in ASPT ter pripadajoči kakovostni razredi.

Kakovostni razred	Vrednost BMWP	Vrednost ASPT	Stopnja obremenjenosti vodotoka
I	> 150	> 6,0	Neobremenjena do rahlo obremenjena
II	101 - 150	4,5 - 6,0	Majhna
III	51 - 100	3,6 - 4,4	Srednja
IV	26 - 50	3,1 - 3,5	Možna
V	< 25	< 3,1	Zelo močna



3 UGOTOVITVE

V raziskavo so bili vključeni vodotoki Radulja, Toplica in Sušica. Po navedbah ARSO (2016) iz Poročila o ekološkem stanju površinskih voda, so omenjeni vodotoki v dobrem do zelo dobrem biološkem in fizikalno-kemijskem stanju. Ta stanja so opisana po vzorcih iz letnih programov monitoringa ekoloških stanj, ki so ciljno izbrana in ne predstavljajo vpogleda v ekološka stanja posameznih lokalnih odsekov vodotokov. Ciljno izbrana mesta so tista, ki predstavljajo vir onesnažil in obremenitev na vodotoke, kot so npr. izpusti čistilnih naprav in hidroelektrarne.

3.1 Fizikalni in kemijski parametri

Tabela 2: Vrednosti fizikalnih in kemijskih parametrov za posamezno vzorčno mesto na izbran termin.

	Klevevž		Šmarješke Toplice 1		Šmarješke Toplice 2		Dolenjske Toplice	
	GOR	DOL	GOR	DOL	GOR	DOL	GOR	DOL
Datum merjenja	28. 7. 2020		29. 7. 2020		28. 7. 2020		8. 8. 2020	
Čas merjenja	10:20	9:30	9:30	9:00	11:45	11:15	9:30	8:40
Temperatura vode [°C]	19,1	22,7	15,6	18,2	21,1	21,1	16,9	17,1
Sprememba temperature GOR/DOL [°C]	+3,6		+2,6		/		+0,2	
Nasičenost O ₂ [%]	97,1	87,6	92,0	91,9	99,4	97,0	82,3	86,8
Koncentracija O ₂ [mg/L]	8,89	7,58	9,36	8,48	8,72	8,62	8,19	8,25
pH	6,7	7,3	7,0	7,0	6,1	6,8	6,9	6,2
Prevodnost [µS/cm]	392	466	491	486	501	495	422	419
TDS [mg/L]	262	372	278	314	368	365	256	257
Pretok [m ³ /s]	0,081	0,015	0,021	0,023	0,053	0,024	0,131	0,154

Izmerjeni parametri so odražali trenutno stanje in ne kažejo splošnega stanja vodotoka. Parametri, kot so temperatura vode, koncentracija in nasičenost s kisikom itd. so pogojeni drug z drugim in se spreminjajo skozi dan. Za točnejše rezultate, bi bilo potrebno meritve opraviti večkrat.

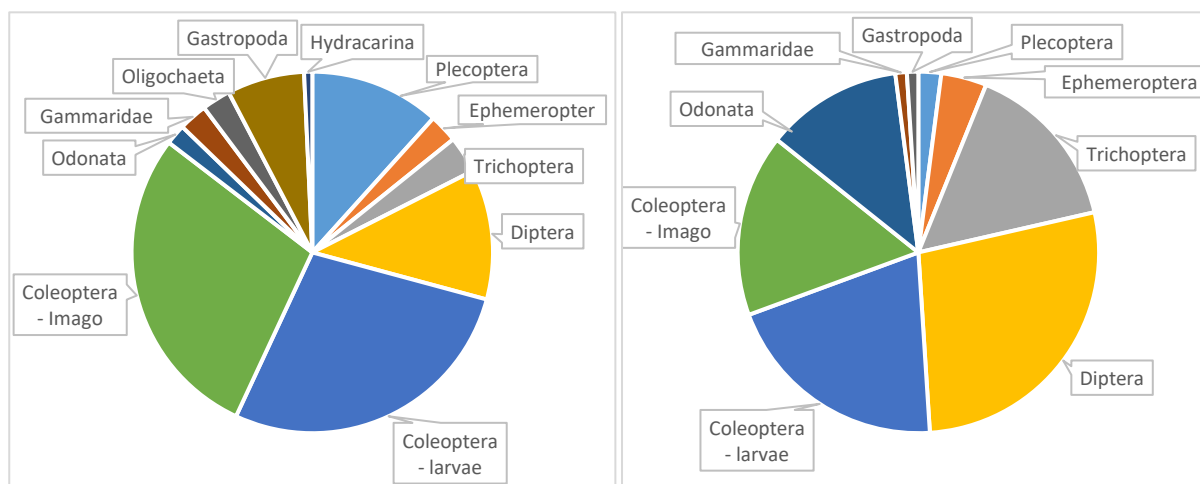


3.2 Biotski indeksi

Tabela 3: Vrednosti biotskih indeksov za posamezno vzorčno mesto.

Indeks	Kleevž		Šmarješke Toplice 1		Šmarješke Toplice 2		Dolenjske Toplice	
	GOR	DOL	GOR	DOL	GOR	DOL	GOR	DOL
EPT	17,5	21,4	18,2	11,5	9,0	8,6	6,6	24,1
EPTO	19,3	33,7	18,2	14,2	23,9	20,5	11,4	26,9
EPT/EPT+C	92,3	50,0	95,2	78,7	36,4	25,5	8,1	66,0
BMWP	76	69	74	88	73	81	54	62
ASPT	5,85	6,27	6,17	6,29	6,08	6,23	6,0	5,64

3.3 Ekološko stanje vodotoka na predelu Kleevžkih toplic



Slika 2: Deleži višjih taksonomskih skupin v vzorcu GOR (levo) in DOL (desno) na vzorčnem mestu Kleevž.

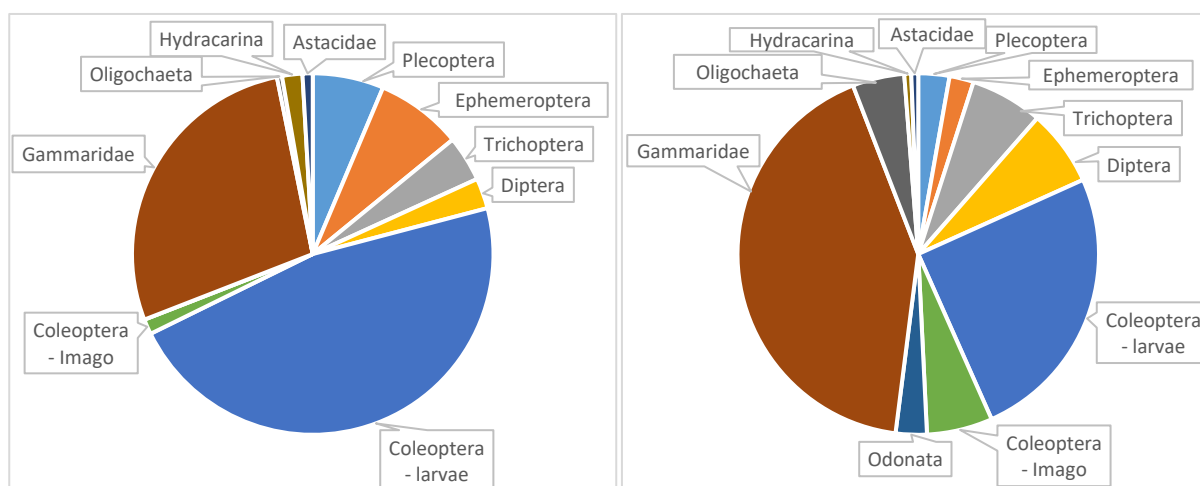
Iz bazena Kleevžkih toplic izvira voda s temperaturo med 21 in 25 °C in količino nad 5 L/s. Voda je tudi rahlo bazična in vsebuje približno 500 mg raztopljenih snovi na liter (GeoZS, 2020). Glede na količino vode, ki se zliva v vodotok in njegov počasen tok, lahko opazimo dvig temperature za nekaj stopinj. Podobno se spremeni vsebnost raztopljenih snovi in tudi pH, ki potok iz rahlo kislega spremeni v rahlo bazičnega. Sprememba temperature prav tako vpliva na nasičenost vode s kisikom.

Substrat na dnu potoka pri vzorčnem mestu K_GOR predstavlja pretežno večje kamne in pesek med njimi. Makrofitov je razmeroma malo, zato je malo tudi mikrohabitatov za nevretenčarje. V vzorcu smo našli 11 višjih taksonomskih skupin (Slika 11, levo), kjer

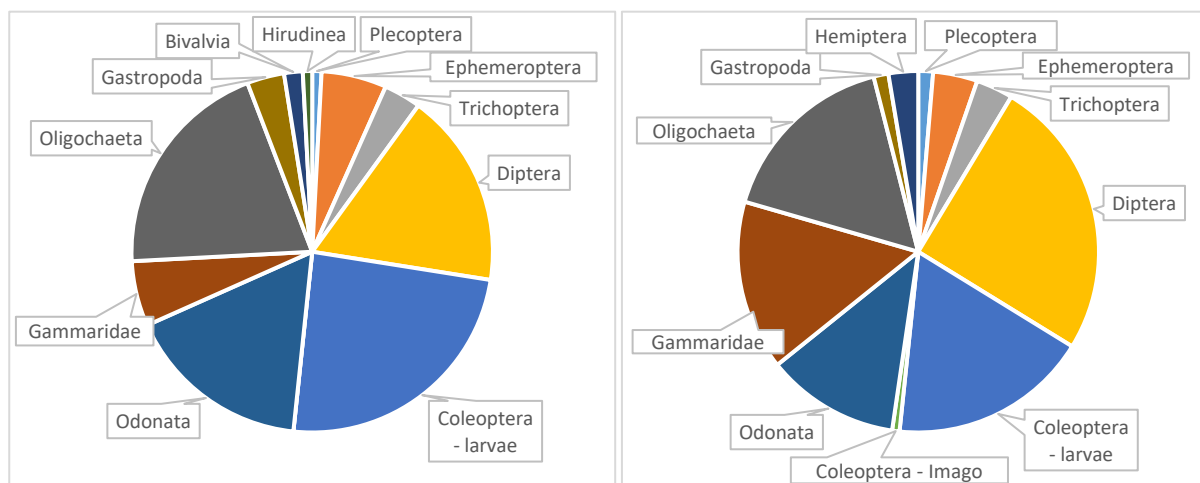
prevladujejo predvsem ličinke in odrasli hrošči. Na kamnih je sicer nekaj perifitona, zato najdemo skupine strgalcev, predvsem polžev. Razmeroma hiter tok ne omogoča preživetja drugim strgalcem in plenilcem. Ker ni veliko organskega materiala in usedlin v vodi, so v vzorcu tudi redki taksoni drobilcev in detritivorov. Substrat se pri drugem vzorčnem mestu K_DOL spremeni in je pretežno peščen in muljast, zaradi počasnejšega toka se nabirajo tudi usedline in organski material. V vzorcu smo našli 9 višjih taksonomskih skupin (Slika 11, desno). Poleg hroščev prevladujejo mladoletnice in ličinke dvokrilcev, predvsem iz družine *Chironomidae*. Počasnejši tok omogoča življenje plenilcem, kot so kačji pastirji. Vzorčni mesti sta si po združbi nevretenčarjev različni po strukturi združbe in njeni biomasi, predvsem na račun spremembe temperature vode in nasičenostjo s kisikom. Vrstni sestav pa je glede na dominantne taksoni v vzorcu dokaj podoben.

V času vzorčenja je bilo na območju Klevevžkih toplic okrog 50 ljudi. Od tega 10 v bazenu, 20 v strugi Radulje, ostali na bregovih. Številni so bili tudi pohodniki, ki so pot mimo bazena nadaljevali po pohodni poti ob strugi Radulje. Vsakodnevno so toplice zelo obiskane s strani domačinov in turistov. Temu lahko pripišemo tudi del polutantov v vodo, kot so olja in sončne kreme ter vir sintetičnih odpadkov, kot je embalaža iz umetnih mas, saj smo med prebiranjem vzorca zaznali delce mikroplastike. Zunanji dejavnik bi upoštevali tudi vnos zemlje, peska in drugih prašnih delcev, saj so se v letošnjem letu izvajala obširna urejevalna dela na območju toplic, ki so vključevala tudi delo s težko mehanizacijo. V neposredni bližini so tudi kmetijsko-obdelovalne površine, ki lahko v vodo prispevajo organska onesnažila in fitofarmacevtska sredstva.

3.4 Ekološko stanje vodotoka na območju zdravilišča Šmarjeških Toplic



Slika 3: Deleži višjih taksonomskih skupin v vzorcu GOR (levo) in DOL (desno) na vzorčnem mestu Šmarješke Toplice 1.



Slika 4: Deleži višjih taksonomskih skupin v vzorcu GOR (levo) in DOL (desno) na vzorčnem mestu Šmarješke Toplice 2.

Odvodni mesti iz bazenov sta oddaljeni približno 390 metrov. Med njima se nahaja tudi termalni izvir Bajer, ki ima iztok 3,5 L/s s temperaturo med 22 in 25 °C ter manjši izvir na zelenici pod zdraviliščem z iztokom 0,2 L/s in temperaturo do 30 °C (GeoZS, 2020). Odvodna voda iz bazenov na vzorčnem mestu ŠT1 povzroči dvig temperature za nekaj stopinj, kar vpliva na rahlo znižanje koncentracije kisika, dvigne pa se tudi vrednost raztopljenih snovi. Ostali parametri se bistveno ne spremenijo. Na vzorčnem mestu ŠT2 je celotna struga regulirana. Voda tik pred iztokom bazenske vode iz zdravilišč steče čez manjši jez. Fizikalno-kemijski parametri so med obema vzorčnima mestoma gor- in dolvodno od iztoka podobni, zasledimo le dvig pH. Ker sta vzorčni mesti ŠT1 in ŠT2 del istega vodotoka in je ŠT2 dolvodno od ŠT1, lahko med njima opazimo dvig temperature, padec pH in dvig nasičenosti kisika. Predvidevamo, da na to vpliva termalni izvir Bajer, v katerem pa nismo izvedli meritev.

Vzorčni mesti ŠT1_GOR in ŠT1_DOL sta v neregulirani do semi-regulirani strugi potoka Toplica. Substrat je pretežno muljast in peščen, z veliko makrofitov in odpadnega organskega materiala. Na bregove strug mejijo večji kamni. Od taksonomskih skupin v obeh prevladujejo rakci iz rodu *Gammarus*, in ličinke hroščev (Slika 12). Vzorčni mesti sta si po združbi nevretenčarjev različni po strukturi združbe, predvsem na račun spremembe temperature vode in nasičenostjo s kisikom. Vrstni sestav pa je glede na dominantne taksonse v vzorcu dokaj podoben. Nizke vrednosti ETP v vzorcih kažejo na razmeroma obremenjenost vodotoka.

Vzorca ŠT2 sta vzeta iz regulirane struge s pretežno peščenim substratom z nekaj makrofiti. Podobno kot višje po strugi, so bregovi obloženi z večjimi kamni. Tu odvodna voda iz bazenov nima večjega vpliva na združbo nevretenčarjev (Slika 13). Ta ohranja vrstno sestavo, deloma se spremeni le struktura, najverjetneje na račun razlik v substratu. Še nižje vrednosti ETP kažejo na bolj obremenjeno kakovost vode.

Ker sta vzorčni mesti ŠT1 in ŠT2 del istega vodotoka in sta si razmeroma blizu, lahko naredimo tudi primerjavo med njima. Spremembe fizikalnih in kemijskih razmer vode ter

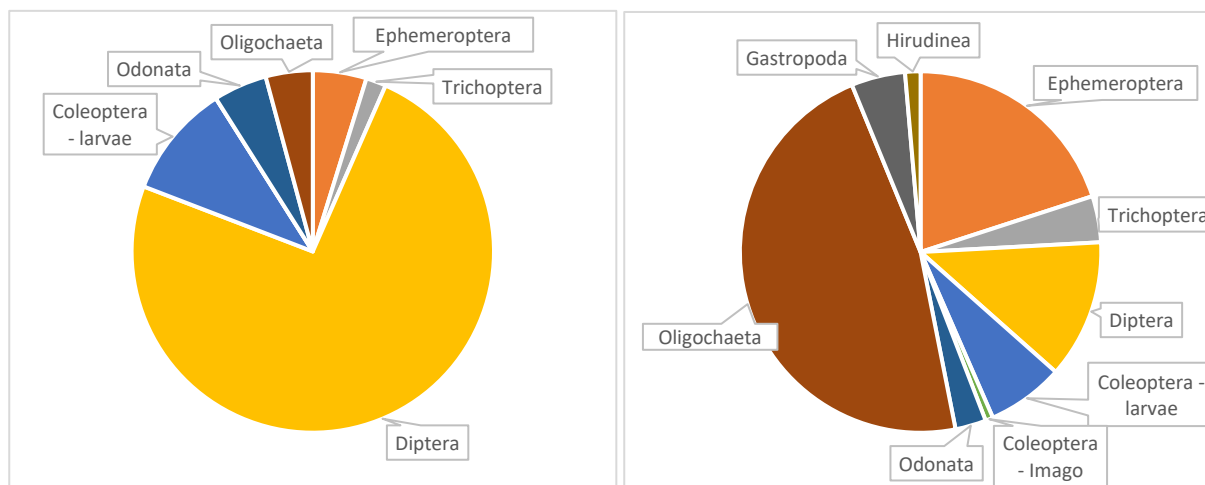


substrata med njima, nedvomno vplivajo na združbo nevretenčarjev. V obeh vzorcih najdemo detritivore, le da v ŠT1 prevladujejo ličinke hroščev in rakci postranice, v ŠT2 pa tudi skupine maloščetincev in dvokrilcev, kar nakazuje na organsko bolj obremenjujoč vodotok. To je razvidno tudi s spremembo vrednosti EPT indeksov. Pojavijo se tudi plenilci, predvsem ličinke kačjih pastirjev.

Po navedbah Okoljskega poročila ... (K.A.B., 2006) je gostota naseljenosti raka koščaka nizka in jo ocenjujejo kot redko naseljenost. Habitati so ustrezno ohranjeni, razen na reguliranem delu struge pod hotelskih kompleksom. Podatkov kasnejših monitoringov nismo dobili. Med vzorčenjem nevretenčarjev smo na vzorčnem mestu ŠT1 ujeli štiri osebke rakov, dva v ŠD1_GOR in dva v ŠD1_DOL. Po pričakovanjih, v vzorcih ŠT2 rakov nismo našli. Poročilo prav tako navaja slabo stanje rib in ribjih mladice v potoku. Med pregledom vodotoka lahko potrdimo prisotnost ribjih mladice. Ker pa so ribe migratorni organizmi, ne moremo potrditi njihove uspešnosti življenja in preživetja na tem odseku vodotoka. Med vzorčenjem se nam je na vsakem vzorčnem mestu v mrežo ujelo med 3-7 ribjih mladice. Vse ribje mladice in raki so bili po vzorčenju nepoškodovani vrnjeni v naravo.

Le vzorčno mesto Šmarješke Toplice 1 GOR je bilo vzeto iz naravne, neurejene struge potoka. Od prvega odvoda iz bazenov naprej je struga v celoti regulirana v ozek, plitek kanal. Na obeh straneh struge je travnata površina, ki se jo redno ureja, v bližini so tudi sprehajalne poti. Na desni strani je makadamska cesta in večje makadamsko parkirišče. Možni onesnaževalci vode so tako lahko organskega izvora, prah in pesek s ceste in parkirišč ter morebitne sprane tekočine s parkirišča. Kakšen vpliv ima pretakanje snovi pod zemljo nismo merili. V vzorcu smo našli tudi sledi mikroplastike. Po besedah mimoidoče osebe nekdo občasno z večjimi kamni zajezi strugo v bližini vodnjaka pod hotelskim kompleksom z namenom dviga gladine potoka za približno 15 cm, da ta odnese pokošeno travo z bregov naprej po potoku. V neposredni bližini ni kmetijsko-obdelovalnih površin. Višje po potoku se nadaljujejo pohodne poti, približno 350 metrov gorvodno od ŠT1 pa je bil potok zajezen z bobrovim jezom.

3.5 Ekološko stanje vodotoka na območju zdravilišča Dolenjskih Toplic



Slika 5: Deleži višjih taksonomskih skupin v vzorcu GOR (levo) in DOL (desno) na vzorčnem mestu Dolenjske Toplice.

Potok Sušica, ki je točkovno prepleten z izviri termalne vode predstavlja že večji vodotok, kjer širina presega 5 metrov, globina pa 70 cm. Temu primeren je tudi večji pretok. Zaradi velikosti vodotoka in količine vode, ima odpadna voda iz čistilne naprave, na katero je priključeno tudi bližnje zdravilišče, manjši vpliv na kemijske in fizikalne lastnosti. Dolvodno pride do manjšega zvišanja temperature, kar je lahko posledica časovnega faktorja ali prisotnosti toplejše vode zaradi termalnega vodonosnika pod njim. Razlika se odraža tudi v rahlem znižanju pH in manjšem zvišanju nasičenosti s kisikom. Vsi ostali parametri se bistveno ne razlikujejo.

Struga Sušice je na območju vzorčenja neregulirana. Substrat je sestavljen iz velikih skal, večjih kamnov, na določenih predelih pa prevladuje peščena in muljnata podlaga. Veliko je makrofitov, odpadnega organskega materiala in ostankov lesa. Območje je izredno bogato z mikrohabitati. Vzorčni mesti sta si izredno različni po združbi bentoških nevretenčarjev (Slika 14). Sicer v obeh prevladujejo detritivori na račun organskega materiala v vodi, vendar v DT_GOR najdemo pretežno dvokrilce družine Chironomidae, v DT_DOL pa maloščetince. V slednjem se poveča tudi delež enodnevnice, najverjetneje na račun drugačnih mikrohabitativ v vodi. Na tem delu vodotoka nismo našli predstavnikov vrbnic, najverjetneje zaradi nizke koncentracije kisika v vodi.

Opadna voda iz naselja Dolenjske Toplice se odvaja v neregulirano strugo potoka Sušica. Večja količina mikroplastike v spodnjem vzorcu lahko nakazuje na neustrezno ravnanje z odpadki v kampu na desnem bregu.. Na levem bregu so travnate površine in sprehajalne poti. Za razliko od Radulje in Toplice, pri katerih so vzročna mesta pretežno v zgornjem toku vodotoka, so Dolenjske Toplice v spodnjem toku potoka Sušice. V zgornjem toku voda teče po regulirani strugi skozi mestno jedro, v katero se steka voda s cestišč, streh objektov in kmetijskih površin. Višje po toku se v potok steka tudi termalna voda številnih površinskih izvirov (Peskar in sod., 2015). Zgornji tok potoka Sušica prihaja z območja z veliko gozda in kmetijsko-obdelovalnimi površinami kot so pašniki in trajni travniki.



Potencialni onesnaževalci so organsko onesnaženje, soli, olja, fitofarmaceutvska sredstva itd., ki se kopičijo v vodi in organizmih že višje po toku navzgor. Dodaten izziv pri razumevanju stanja je močno zakraselo podzemlje, kjer so tokovi vode in snovi manj raziskani, z izjemo nekaterih poskusov za iskanje virov pitne vode.

4 ZAKLJUČEK

Odpadna termalna voda se uporabljena v bazenih turističnih in zdraviliških dejavnostih smatra kot odpadna industrijska voda. Zanja velja Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (UR. List RS, št. 64/12, 64/14 in 98/15). Čeprav se termalna voda iz naravnih izvirov lahko izliva v površinske vodotoke, lahko tista iz bazenov vsebuje kemikalije, patogene in druga onesnažila, ki po izpustu vplivajo na lokalno favno in floro v vodotokih, če ta ni ustrezno prečiščena.

S pomočjo sestave združbe bentoških nevretenčarjev in indikatorskih organizmov v vodnem telesu smo ugotavljali vpliv odpadnih vod na vodotoke, v katere se izlivajo tudi odpadne termalne vode in s tem prispevali k analizi stanja za nadaljnji trajnostni razvoj zdraviliških območij.

Termalni izvir Klevevžke toplice so naravni izvir termalne vode, ki se izliva v strugo potoka Radulja. Voda iz bazena povzroči dvig temperature vode v strugi, dvig pH in koncentracijo raztopljenih snovi v vodi, zniža pa se koncentracija kisika. Diverziteteta bentoških nevretenčarjev se pod vplivom termalne vode bistveno ne spremeni. Spremembe so očitne predvsem na račun spremembe mikrohabitatov v potoku. Smiselno bi bilo preveriti sezonski vpliv izletnikov in turistov, ki ga ti imajo na vodotok v različnih časovnih obdobjih, ko je območje z vidika obiska različno obremenjeno.

Zdravilišče Šmarješke Toplice je kompleks z turistično in zdraviliško dejavnostjo, ki odpadno termalno vodo iz bazenov odvaja v potok Toplica. Kompleks odvaja vodo na dveh točkah struge potoka. Le pri zgornjem iztoku termalna voda povzroči dvig temperature in znižanje kisika, kar pa bistveno ne vpliva na raznolikost združbe nevretenčarjev. Spremeni se le njena struktura. Na drugem mestu iztoka ima termalna voda zelo malo vpliva na nevretenčarsko združbo. Prav tako se bistveno ne spremenijo fizikalno-kemijski parametri vode v potoku. Sklepamo, da ima na stanje večji vpliv naravni termalni izvir Bajer, ki se izteka v potok med obema iztočnima mestoma zdraviliškega kompleksa. Ta dvigne temperaturo vode in zniža njen pH. Podatkov o stanju vode in združbi nevretenčarjev iz Bajerja nimamo.

Zdravilišče Dolenjske Toplice je prav tako turistični in zdraviliški kompleks, ki odpadne termalne vode odvaja v potok Sušica. Potok je že gorvodno od kompleksa precej obremenjen z izlivi številnih drugih termalnih izvirov in drugimi odpadnimi vodami. Na mestu iztoka vode iz bazenov ta bistveno ne vpliva na kemijske lastnosti vode v potoku.



Združba nevretenčarjev se lokalno spremeni bistveno, vendar sklepamo, da na račun spremembe mikrohabitata vodi.

Z analizo smo ugotovili, da izpusti odpadnih vod v izbranih zdraviliških območjih nimajo neposrednega opaznega vpliva na združbo bentoških nevretenčarjev, kar bi odražalo slabše ekološko stanje. Termalna voda v tem primeru predstavlja le vir toplotnega in organskega onesnaževanja za tista vodna telesa, v katera se izliva. Na podlagi biotskih indeksov sklepamo, da je kakovost vseh treh vodotokov rahlo do malo obremenjena.



5 VIRI IN LITERATURA

Allan J. D., Castillo M. M. 2007. Stream Ecology - Structure and function of running waters - second edition. Springer, 436 str.

ARSO 2016, Ocena ekološkega stanja vodotokov za obdobje 2009 - 2015

ARSO 2018, Ekološko stanje površinskih voda v Sloveniji - Poročilo o monitoringu za leto 2016. Ljubljana, 47 str.

GeoZS 2020. Poročilo o stanju okolja v Jugovzhodni Sloveniji - Projekt HealingPlaces D.T.1.3.2. Ljubljana, 89 str.

K.A.B. 2006. Okoljsko poročilo za OLN Zdaviliško hotelski kompleks v Šmarjeških Toplicah (Dodatek za varovano območje SI3000050 Toplica). Novo mesto, 36 str.

Metodologija vrednotenja ekološkega stanja vodotokov na podlagi bentoških nevretenčarjev. (2016). Ministrstvo za okolje in prostor, 175 str.

Peskar R. 2015. Dolenjske Toplice v odsevu časa: [znanstvena monografija ob 800-letnici prve omembe Dolenjskih Toplic v zgodovinskih virih]. Občina Dolenjske Toplice, 555 str.

Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda (Uradni list RS, št. 10/09, 81/11 in 73/16)

Urbanič G., Toman M. J. 2003. Varstvo celinskih voda. Študentska založba, Ljubljana, 94 str.

WHO, UNESCO, UNEP 1996. Water Quality Assessments - A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring - second edition. Cambridge, 651 str.