

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**RANLJIVOST OKOLJA DOLINE ZALOKA S POUDARKOM
NA VODNIH VIRIH**

MATEVŽ STROPNIK

VELENJE, 2026

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**RANLJIVOST OKOLJA DOLINE ZALOKA S POUDARKOM
NA VODNIH VIRIH**

MATEVŽ STROPNIK

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentorica: doc. dr. Natalija Špeh

Somentor: viš. pred. Blaž Barborič, univ. dipl. geogr.

VELENJE, 2026



Izjava o avtorstvu

Podpisani MATEVŽ STROPNIK, z vpisno številko 34180036,

študent dodiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije,

sem avtor diplomskega dela z naslovom:

RANLJIVOST OKOLJA DOLINE ZALOKA S POUDARKOM NA VODNIH VIRIH,

ki sem ga izdelal pod mentorstvom doc. dr. Natalije Špeh in somentorstvom viš. pred. Blaža Barboriča, univ. dipl. geogr..

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- da oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili FVO;
- da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili FVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na FVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala Katja Bergles, DigitPen;
- da dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani FVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne _____

podpis avtorja

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Nataliji Špeh in somentorju viš. pred. Blažu Barboriču za vso strokovno pomoč, podporo in potrpežljivost.

Zahvaljujem se tudi staršem, prijateljem in vsem, ki so pomagali pri nastajanju diplomskega dela.

IZVLEČEK

V diplomskem delu smo ocenjevali ranljivost okolja doline Zaloka in njenega vodotoka Ljubija. Kot indikatorje obremenjenosti okolja smo uporabili raba tal, poraščenost z gozdom in poselitvene razmere. Diplomsko delo je nadaljevanje raziskave Fakultete za varstvo okolja iz leta 2020, v kateri smo spremljali fizikalno-kemijske lastnosti potoka. Pri izdelavi diplomskega dela smo kot dodatno spremenljivko uporabili pretok potoka Ljubija in ga primerjali z vrednostmi iz leta 1978 z namenom ocene dolgoročne hidrološke stabilnosti. Namen in cilji raziskave so bili oceniti, obremenjenost in ranljivost okolja doline Zaloka in njenega vodotoka Ljubija, opisati geološko sestavo doline, hidrološke razmere, raba tal ter opredeliti vpliv človekove dejavnosti na okolje. Rezultati raziskave so pokazali, da se raba tal v dolini v zadnjih desetletjih ni bistveno spremenila in ne presega nosilnih zmogljivosti okolja, poselitev pa ostaja redka in lokalno omejena. Vitalnost in vodnatost potoka Ljubija se v primerjavi z letom 1978 ohranja in ostaja skoraj nespremenjena, kar kaže na stabilnost vodnega vira.

Obravnava območja predstavlja kontaktni kras z značilno geološko zgradbo, ki združuje karbonatne in vulkanske (silikatne) kamnine. Zaradi kraškega značaja so vodni viri izjemno občutljivi na onesnaženje, zlasti zaradi naravno nižje samočistilne sposobnosti kraških vodonosnikov. Potok Ljubija je pomemben vir pitne vode, ki oskrbuje prebivalce Šaleške doline. Zaključki raziskave so pokazali, da je okolje doline skozi čas ostalo skoraj nespremenjeno. Potrdili smo, da vodnatost potoka ostaja enaka kot leta 1978 in s tem nakazuje na vitalnost potoka Ljubije.

KLJUČNE BESEDE: ranljivost okolja, potok Ljubija, kraški vodonosniki, raba tal, osameli kras, dolina Zaloka.

ABSTRACT

In the thesis, we assessed the environmental vulnerability of the Zaloka valley and its stream Ljubija. As indicators of environmental burden, we used land use, forest cover, and settlement patterns. The thesis continues the 2020 study of Faculty of Environmental Protection, in which the physico-chemical properties of the stream were monitored. For the purposes of this thesis, we additionally included the streamflow of the Ljubija and compared it with the 1978 data in order to evaluate the long-term hydrological stability. The aim and objectives of the research were to assess the burden and vulnerability of the Zaloka valley and the Ljubija stream, to describe the geological composition of the valley, the hydrological conditions, land use, and to define the impact of human activity on the environment. The results showed that land use in the valley has not significantly changed in recent decades and does not exceed the environmental carrying capacity, while settlement remains sparse and locally confined. The vitality and water volume of the Ljubija stream have remained almost unchanged compared to 1978, indicating the stability of the water source.

The studied area represents a contact karst with a distinctive geological structure combining carbonate and volcanic rocks. Due to its karst character, water sources are extremely vulnerable to pollution, mainly because of the naturally reduced self-purification capacity of karst aquifers. The Ljubija stream is an important source of drinking water supplying the population of the Šalek Valley. The conclusions of the study showed that the environment of the valley has remained almost unchanged over time. We confirmed that the streamflow remains the same as in 1978, which indicates the vitality and persistence of the Ljubija stream.

KEYWORDS: environmental vulnerability, Ljubija stream, karst aquifers, land use, isolated karst, Zaloka Valley

SEZNAM KRATIC

ARSO – Agencija Republike Slovenije za okolje

ŠRO – Študija ranljivosti okolja

FVO – Fakulteta za varstvo okolja

GIS – Geografski informacijski sistem

MNVP – Ministrstvo za okolje in prostor

PET – pokrajinsko ekološki tip

PEE – pokrajinsko ekološka enota

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Opis območja	2
1.2	Namen in cilji.....	4
1.3	Hipoteze.....	4
1.4	Metode raziskovanja	4
2	TEORETIČNA IZHODIŠČA.....	6
2.1	Kraški pojavi.....	7
2.1.1	Površinski kraški pojavi	8
2.1.2	Podzemni kraški pojavi.....	8
2.2	Kontaktni kras	8
2.2.1	Osameli kras	9
2.3	Fluviokras.....	10
2.4	Kras v Sloveniji.....	11
2.5	Kraško povirje Ljubije	12
2.5.1	Podnebje in padavine na območju doline Zaloka.....	13
2.5.2	Hidrografske značilnosti doline Zaloka	13
2.6	Ocena ranljivosti okolja	16
2.6.1	Kazalci obremenjenosti okolja	16
2.6.2	Značilnosti okolja doline Zaloka.....	18
2.6.3	Družbenogeografske razmere na območju.....	19
3	REZULTATI.....	20
3.1	Ranljivost okolja doline Zaloka	20
3.1.1	Hidrografske razmere	20
3.1.2	Poseljenost in antropogeni vplivi	27
4	RAZPRAVA IN SKLEP	31
5	POVZETEK.....	33
	SUMMARY.....	34
6	VIRI IN LITERATURA.....	35

KAZALO KART:

Karta 1: Izvir potoka Ljubija (Vir. Atlas Voda, Direkcija RS za vode)	3
Karta 2: Geološka sestava matičnega Krasa (Cerkvenik, 2006)	11
Karta 3: Geološka sestava doline Zaloka.....	12
Karta 4: Razvodnica območja doline Zaloka, z osenčenjem reliefa.....	21
Karta 5: Prispevna območja doline Zaloka.....	21
Karta 6: Dolina Zaloka s pripadajočo cestno infrastrukturo in poselitvijo	27
Karta 7: Raba tal na območju doline Zaloka iz leta 2025	28
Karta 8: Raba tal na območju doline Zaloka iz leta 2005	29

KAZALO SLIK:

Slika 1: Lokacija doline Zaloka in tipi podnebja na območju Slovenije (Ogrin, 1995)	14
Slika 2: Lokacija doline Zaloka in povprečna letna višina padavin v Sloveniji za obdobje 1981–2010 (ARSO, 2016)	15
slika 3: Letna količina in povprečna letna količina padavin med leti 1948 in 2008 na meteorološki postaji Bele Vode (Nadbath M., 2009)	22
slika 4: Vmesnik Vernier Labquest in merilec pretoka.....	23
slika 5: Odsek 1 merjenja pretoka (datum nastanka slike 15.1.2025)	23
slika 6: Odsek 2 merjenja pretoka (datum nastanka slike 15.1.2025)	24
slika 7: Odsek 3 merjenja pretoka (datum nastanka slike 15.1.2025)	24

KAZALO TABEL:

Tabela 1: Gostota prebivalstva glede na pokrajinsko-ekološki tip (Špes in sod., 2002).....	17
Tabela 2: Količina padavin za posamezni dan v januarju 2025. Vir: ARSO Arhiv.....	22
Tabela 3: Meritve pretoka na potoku Ljubija na odseku 1	25
Tabela 4: Meritve pretoka na potoku Ljubija na odseku 2	25
Tabela 5: Meritve pretoka na potoku Ljubija na odseku 3	26
Tabela 6: Primerjava rabe tal med letoma 2005 in 2025 glede na površino. Vir: QGis.....	28

1 UVOD

V diplomskem delu smo predstavili širše območje doline Zaloka in povirja Ljubije. Na podlagi že obstoječe študije Ranljivosti okolja (Špes s sod., 2002) smo naredili oceno obremenjenosti okolja v dolini, in sicer z uporabo nekaterih kazalcev obremenjenosti okolja in obravnavo pokrajino tvornih elementov. Kot glavne kazalce obremenjevanja smo obravnavali naslednje: rabo tal, poraščenost z gozdom in poselitev terena. Diplomsko delo je obenem tudi nadaljevanje raziskave Fakultete za varstvo okolja iz leta 2020, ko smo na terenu vzorčili potok Ljubija. Spremljali smo kemijske in fizikalne lastnosti vodnega vira. Izmed kemijskih lastnosti smo merili vsebnost nitratov, koncentracijo pH, vodno trdoto in električno prevodnost. Pri fizikalnih lastnostih smo se osredotočili na temperaturo, motnost in pretok. V nadaljevanju diplomskega dela smo se zato odločili kot dodatno vsebino preučiti pretok potoka Ljubija in ga primerjati z letom 1970. Dobljeni rezultati nam služijo kot kazalec vitalnosti vodnega vira in spreminjanja hidroloških značilnosti v dolini.

Čista pitna voda v številnih krajih ni več nekaj samoumevnega. Z urbanizacijo in industrializacijo je človek v zadnjih letih močno posegel v okolje. Posledice človekove dejavnosti so vidne praktično v vseh okoljskih elementih (zrak, voda, zemlja ...). Voda je morda najpomembnejša življenjska prвина, saj brez vode ni življenja. V naravi voda nenehno kroži. Preko evaporacije in transpiracije prehaja v ozračje, od tam pa se v obliki padavin vrne na zemljo. Tako voda kot odlično topilo skozi svoj tokokrog iz okolja med drugim spira in odnaša onesnaževala, ki se na koncu pojavijo v površinskih vodnih telesih in podzemnih vodah. Slednje so v Sloveniji primarni vir pitne vode. "V Sloveniji se s pitno vodo iz podzemnih vodonosnikov oskrbuje kar 97 % prebivalstva, skoraj polovico slovenskih potreb po pitni vodi pa zadovoljimo s črpanjem vode iz kraških vodonosnikov" (Špeh in sod., 2021; str. 58).

Kraški izviri, kakršen je tudi Ljubija, so zaradi globinskega povirja primerni viri pitne vode, a so obenem tudi zelo ranljivi. Onesnažena voda se v kraški notranjosti slabo in počasi čisti. Zaradi obsežnosti zaledja in povezanosti z oddaljenimi ponikalnicami je varovanje podzemnih vod zahtevno. Vodonosniki pod površjem, v katere priteka voda tudi z neprepustnega ozemlja, ustvarjajo velike zaloge pitne vode (Mihevc 1998; Špeh in sod., 2021). Da bi lahko takšna območja z visokim potencialom ogroženosti primerno varovali in zaščitili, jih moramo najprej dobro spoznati in raziskati.

Zaradi zanimivih hidroloških in geoloških prvin doline ter potoka Ljubija kot potencialno ranljivega vodnega vira smo se odločili dolino in njeno hidrografijo ter antropogeno dejavnost na območju podrobneje preučiti in predstaviti. Diplomsko delo je bilo členjeno na praktični in teoretični del. Najprej smo v letu 2020 dvakrat mesečno na terenu zbirali vzorce potoka in jih analizirali, nato smo jih v diplomskem delu interpretirali in povezali v skupno oceno ranljivosti okolja v dolini Zaloka.

1.1 Opis območja

Dolina Zaloka leži med Smrekovcem na severu in Goltmi na jugu. V njej se stikata kraška karbonatna podlaga iz apnencev in dolomitov ter magmatska silikatna podlaga. S tem se ustvarja tako imenovani stični oziroma kontaktni kras. To so območja osamelega krasa, za katera je značilna karbonatna, porozna podlaga, kakršno najdemo na območjih matičnega krasa, ta pa je obdana z nekraško, največkrat silikatno kamninsko sestavo. Na takšnih območjih velikokrat nastajajo značilni kraški ponori in podzemni izviri, kakršen je tudi izvir potoka Ljubija. Po dolini poteka Smrekovski prelom, ki razmejuje Karavanke od Savinjskih Alp, ki je prav tako petrografska meja. Dolino deli na severni, ki je sestavljen pretežno iz vulkanskih kamnin (andezit, tuf, tufit), in južni del, kjer prevladuje apnenčasta podlaga (črni drobno plastovit apnenec in masivni svetli apnenec). Glavni vodotok doline Zaloka je potok Ljubija, ki izvira pod strmo steno (vokliški tip izvira) v južnem delu doline. Poleg glavnega izvira Ljubijo napajajo tudi stranski pritoki; površinski in ponori. Teh je zaradi kraškega značaja doline pet: Rupa I, Rupa II, Pod koritom, Graben in Libijski graben (Kranjc, 1979).

Za območje je zaradi tipičnih kraških razmer značilna zelo redka poselitev (Špeh in sod., 2021). V dolini sta dve kmetiji, ki se preživljata s kmetijsko in z gozdarsko dejavnostjo (Pagon, 2019). Drugih dejavnosti na območju ni. Na prvi pogled obremenjenost okolja v dolini ne presega njene nosilnosti, saj so antropogeni vplivi precej omejeni. V tem primeru gre bolj za točkovno obremenitev, saj dolina zaradi svojih specifičnih pokrajinsko-ekoloških razmer ne omogoča intenzivnega kmetovanja.

V spodnjem delu je dolina precej ozka s strmim površjem in z nakloni tudi do 39° (Krajnc, 1979). V bolj položna pobočja se dolina odpre šele proti zgornjemu koncu oziroma zahodu, in sicer pod vznožjem Smrekovca, kjer so izkrčeni gozdovi in travniki primerni za obdelavo ter kmetovanje. Kot stični kras bi bila dolina lahko zanimiva za turiste, vendar je zaradi kmetijskih dejavnosti in vodotoka, ki je zajet kot vir pitne vode, ta dejavnost precej omejena in nezaželena. Površje doline je členjeno in pobočni deli strmi, z več kraškimi jamami. eKataster (2020) jih je evidentiral okoli 60.

LEGENDA

○ Izvir potoka Ljubija



3

1.2 Namen in cilji

Postavili smo si več raziskovalnih vprašanj:

- 1) Kakšna je kakovost vodnega vira Ljubije?
- 2) Kako vpliva antropogena dejavnost na tem območju na ta vodni vir? in
- 3) Kakšen vpliv ima geološka struktura doline oziroma matična sestava tal na potok Ljubija?

Namen diplomskega dela je bil predstaviti širše območje doline Zaloka, izpostavljenost naravnega okolja antropogenim vplivom in hidrografske značilnosti potoka Ljubija ter njegovega povirja.

Cilji diplomskega dela so:

- opisati geološko sestavo in predstaviti vpliv te na potok Ljubija,
- predstaviti hidrološke razmere na območju,
- oceniti ranljivost okolja glede na hidrogeološke značilnosti območja, rabo tal in trenutno poselitev na preučevanem območju ter
- izdelati tematske karte in jih interpretirati z vidika:
 - a) rabe tal,
 - b) hidrogeografskih razmer in
 - c) poselitve.

1.3 Hipoteze

Hipoteza 1: Pretok potoka Ljubija bo imel 2025 podobne vrednosti kot leta 1978, ko je bil zajet kot vir pitne vode.

Hipoteza 2: Raba tal v dolini se v zadnjih 20 letih ni bistveno spremenila.

Hipoteza 3: Raba tal v dolini ni obremenilna in ne presega nosilnih zmogljivosti okolja.

1.4 Metode raziskovanja

Zaradi redke poselitve, kraških pojavov in kraške hidrografije je območje zanimivo za raziskavo. Diplomsko delo smo členili na teoretični in praktični del. V teoretičnem delu smo s pomočjo pregleda literature predstavili geološke in hidrografske razmere, rabo tal ter obstoječe družbeno-geografske razmere na danem območju. Iskanje literature je potekalo od januarja do marca 2023 s pomočjo ključnih besed kras, kraški pojavi, hidrogeologija krasa, dolina Zaloka, potok Ljubija. V praktičnem delu smo pregledali hidrološke razmere, sestavo matične podlage povezali z značilnostmi na površju doline in območje predstavil s tematskimi kartami. Merili smo tudi pretok potoka Ljubija s pomočjo laboratorijske opreme Vernier Labquest in merilca pretoka (Slika 6). Vsak odsek od skupno treh vzorčnih mest smo razdelili na pet merilnih mest (segmentov), med seboj enakomerno oddaljenih glede na širino struge. Nato smo na vsakem merilnem mestu izmerili hitrost vode in globino vode. Po pridobljenih podatkih smo za vsak segment posebej izračunali volumenski pretok vode in iz vseh petih pridobljenih pretokov izračunali skupen povprečen pretok potoka na določenem odseku. Za skupen povprečni pretok potoka Ljubije smo nato iz treh oddelčnih pretokov izračunali skupen povprečni pretok. Hitrost vode smo merili s potapljanjem merilca Vernier na globino 60 % globine vodotoka s propelerjem, poravnanim pravokotno na tok vode.

Podatke in snov za izdelavo diplomskega dela bomo pridobili s pomočjo naslednjih metod:

- pregledne metode za že objavljene študije, diplomske in raziskovalne naloge s podobno tematiko;
- empirične metode:
 - a) s terenskim delom – z zbiranjem podatkov (opazovanje rabe in zgradbe tal, slikovno gradivo in vzorčenje potoka s pomočjo vmesnika Vernier Lab quest),
 - b) s kabinetnim delom in
 - c) z uporabo programa QGis za izdelavo tematskih kart (QGis, <https://qgis.org/>);
- analizne metode: ugotavljanje ranljivosti obravnavanega območja po vzoru Študije ranljivosti okolja (Špes s sod., 2002);
- sintezne metode.

2 TEORETIČNA IZHODIŠČA

V literaturi se pojavlja definicija krasa, ki se glasi: »Kras je ozemlje, kjer vlada zaradi poklinske prepustnosti kamnine podzemeljsko (kraško) pretakanje vode, učinkovito kemično raztapljanje kamnin in kjer so lahko razvite tudi značilne površinske in podzemeljske kraške oblike« (Slovenska kraška terminologija, 1973).

Kras je torej pojem, s katerim opisujemo teren z značilno hidrologijo, reliefnimi oblikami in predvsem s prepustno karbonatno kamninsko sestavo (Ford in Williams, 2007). Zanj so značilni specifični podzemni in površinski reliefni pojavi, ki so posledica kemičnega raztapljanja kamnin (korozija) in erozije. Največkrat gre za gola območja, preprejena z brazdami, žlebiči, s požiralniki ter pod površjem z jamami in s kraškimi vodonosniki. Preoblikovanje površja je stalen proces, ki pa je na kraških območjih toliko izrazitejši. Podoba krasa je tako odvisna predvsem od kamninske sestave, ki jo preoblikuje voda.

Primarna delitev kraškega območja je tako na cone erozije in cone odlaganja (Ford in Williams, 2007). V literaturi pa se pojavlja delitev na eksokras, endokras in kriptokras. Eksokras se nanaša na pojave, ki jih vidimo na površju, endokras pa na tiste, razvite pod zemljo. Ta se razdeli še na hiperkras (kjer kamnine raztaplja meteorna voda) in hipokras (raztapljanje s strani morske ali voda iz globin magmatskih kamnin), slednji se še naprej deli. Kriptokras pa se nanaša na kraške oblike, ki so se razvile pod prepustnimi sedimenti (Ford in Williams, 2007).

Območje, imenovano »klasični kras«, je območje, kjer so njegove naravne značilnosti bile deležne prvega intenzivnejšega znanstvenega raziskovanja in se nahaja v severozahodnem delu Dinarskega krasa. Približno dve tretjini tako leži v Sloveniji in ena tretjina v Italiji (Ford in Williams, 2007).

Začetki oblikovanja krasa segajo v mezozoik. Takrat so se sedimenti začeli odlagati na dinarsko karbonatno podlago, iz katerih so kasneje nastali apnenci in dolomiti. Sledilo je dvigovanje Dinaridov kot posledica spodrivanja Afriške plošče pod Evrazijsko in Jadranske mikroplošče proti severu (Cucchi in sod., 2015). Nato se je sedimentacija prekinila zaradi transgresije morja, območje pa so prekrile tudi 300 m debele flišne kamnine. Začelo se je obdobje erozije in korozije. Razvila se je rečna mreža, ki je erodirala fliš, posledično so lahko karbonatne kamnine krasa prodrle na površje, in sicer pred približno 30 milijoni let (Košutnik, 2006). Tudi kraški vodni viri so pomembni za ljudi že tisočletja. Voda se v podzemlju ulovi v vodonosnike, kjer se shranjuje, prazni in ponovno polni. Ker so kraški viri večji od večine drugih, so se številna ljudstva zanašala nanje. Izkoriščali so jih že stari Grki, Perzijci, Rimljani, Kitajci, Maji in drugi (Ford in Williams, 2007).

2.1 Kraški pojavi

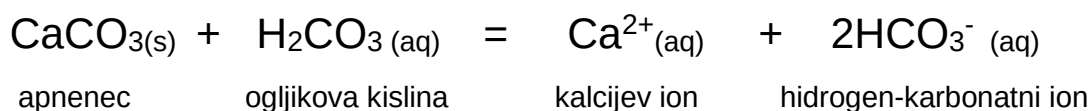
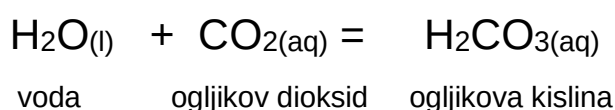
Na razvoj površja, oblikovanost reliefa in nastanek tal močno vplivajo kamnine. Te sodijo med temeljne pokrajinske prvine. Večino matičnega Krasa v Sloveniji gradijo sedimentne karbonatne kamnine, med katerimi prevladujejo apneneci in dolomiti. Na relief in morfologijo krasa v veliki meri vpliva kemično delovanje vode, ki raztaplja dobro topne karbonatne kamnine. Na kraškem površju so tako razvite različne oblike, od drobnih, kot so žlebiči, do največjih, kot so kraška polja. Vodna mreža je na Dinarskem krasu, kamor spada opisano območje, precej okrnjena. Eden od najznačilnejših in zanimivejših kraških pojavov so kraške jame in brezna. Zaradi specifične geološke sestave (podzemni deli krasa so precej prevotljeni in porozni) je kras toliko občutljivejši na človekove posege v prostor.

Kraška geologija je tako odvisna predvsem od intenzivnosti raztapljanja kamnin. Stopnja raztapljanja in korozije je odvisna od zgradbe in izpostavljenosti kamninske podlage, podnebne klime, reliefa območja, količine padavin, temperature ... Podnebje posredno vpliva tudi na zaraščenost območja z rastlinjem in količino raztopljenega CO₂ v vodi, ki jo naredi bolj kislo in s tem bolj korozivno. Kjer je kras prekrit z debelo plastjo nekarbonatnih kamnin, ga ta ščiti pred površinsko korozijo (Hrvat in sod., 2013).

V znanstvenih člankih (Berthelin in Hartmann, 2019; Pipan in Culver, 2019) se pojavlja tudi izraz »epikras«, ki označuje površinski del prsti iz karbonatnih kamnin. Ta ima pomembno vlogo pri delovanju kraškega vodnega sistema, saj neposredno vpliva na hitrost infiltracije vode v podzemlje (Berthelin in Hartmann, 2019). Voda se lahko prenaša vertikalno bodisi po kanalih bodisi skozi majhne razpoke do gladine podtalnice. Med zgornjo prepustno povrhnjico prsti in spodnjo kamninsko podlago se lahko voda distribuira po površini nepropustnih skal do večjih zbirališč, jam, vodonosnikov (Pipan in Culver, 2019). V času obilnejših padavin pride do drugačnih pojavov. Skozi vodonosnike se lateralni tok nadaljuje naprej do bolj nepropustne plasti, kjer pride do hitrega vertikalnega pronicanja (Berthelin in Hartmann, 2019).

Za razvoj krasa je najpomembnejša kemijska reakcija raztapljanja z ogljikovo kislino. Voda se v ozračju in pri pronicanju skozi tla veže s CO₂ in z njim tvori šibko ogljikovo kislino, ki pri pretakanju po in pod površjem raztaplja karbonatne kamnine, ob tem pa nastajajo kalcijevi in hidrogen-karbonatni ioni (Hrvat in sod., 2013).

Enačbi nastanka ogljikove kisline (prva) in raztapljanja apnenca (druga):



V grobem delimo kraške pojave na podzemne in nadzemne oziroma površinske.

2.1.1 Površinski kraški pojavi

Površinski kraški pojavi nastajajo kot posledica delovanja zunanjih dejavnikov na površje. Sem uvrščamo:

- vrtače (okroglaste kotanje, katerih dno je prekrito s prstjo),
- uvale (površinske kotanje z neravnim dnom, večje od vrtač),
- kraška polja (kotanje z ravnim dnom, obdane z vzpetinami, večinoma s svojim vodotokom, ki na polju izvira in ponikne),
- škraplje in žlebiči (vzporedne podolgovate vdolbine, ki jih izoblikuje padavinska voda),
- požiralniki ali ponori (vodoprepustne površine, kjer voda izgine s površja in se preteče v podzemne zbiralnike, jame, sifone ...),
- kraški izvir (mesto, kjer na površje priteče voda),
- vokliški izvir (voda iz velikih globin pod pritiskom priteče na površje),
- suhe doline (doline, v katerih je presahnil vodotok),
- erozijski jarki (jarki, ki nastajajo na strmih skalnatih pobočjih kot posledica fluvialne erozije),
- slepe doline (doline z lastnim vodotokom, ki na koncu doline ponikne) (ZRSŠ, 2016; Gams, 2003; Stepišnik, 2020).

2.1.2 Podzemni kraški pojavi

Ti pojavi nastanejo, kadar voda z vezanim CO₂ pronica pod površje ter širi in pogloblja podzemne razpoke, špranje, jame ... Sem spadajo:

- kraška brezna (navpične ali strme votline v kraškem površju),
- kraške jame (vodoravne ali poševne podzemne votline, ki jih je izoblikovala podzemna voda),
- suhe jame (jame brez vodnih teles),
- vodne jame (jame z vodotokom ali drugačno obliko površinske vode),
- stalaktiti (kapnik, ki raste iz stropa proti tlom) in
- stalagniti (kapnik, ki raste iz tal proti stropu) (ZRSŠ, 2016; Gams, 2003).

2.2 Kontaktni kras

Pojav, kadar voda, ki priteka na kraško podlago iz fluvialnega reliefa in nima kraškega izvira oziroma ne izvira na krasu, imenujemo kontaktni kras (Gams, 2003). V literaturi se pojavlja definicija, ki kontaktni kras opredeljuje kot »kras na stičišču prepustnih in vodno neprepustnih kamnin« (Slovenska kraška terminologija, 1973). Gre za območja, kjer se stikata dve kamninski podlagi; kraška karbonatna in druga neprepustna, največkrat silikatna kamninska podlaga. Takšen kras se na stiku površinske rečne mreže oblikuje drugače. Kateri kraški pojavi se razvijejo, je odvisno od dotoka vode in njenega naplavljanja ter erozijske moči (Gams, 2003). Zaradi velike količine vode, ki priteka iz površinskih tokov, nastajajo posebne robne kotanje, požiralniki, ponori, naplavne ravnice in grezi v njih.

Ker je na takšnih mestih prisotna večja količina vode (reke, potoki ...) kot na krasu, kjer preoblikuje večinoma deževnica, prihaja do hitrejšega in intenzivnejšega raztapljanja kamnin. Takšno površje na pogled tudi ne deluje kraško. Reke s seboj prinesejo večje količine sedimenta in plavja, ki se nalagata na podlago. S tem se prekrivata raztapljanje kamnin in podzemno odtekanje vode, kar daje površju nekraški videz.

Zatrepane doline lahko pogosto opazimo na območju kontaktnega krasa. Na začetku pri kraškem izviru je strma stena (zatrep), ki se nato značilno nadaljuje ob potoku (Gams, 2003). Pomembne značilne reliefne oblike kontaktnega krasa so tudi slepe doline, ki se končajo pri

ponorih. Ponori so vhodni deli jam, v katere tečejo ponikalnice. Nekateri izmed teh vhodov so neprehodni. Voda lahko izginja v podzemlje tudi skozi manjše odprtine in požiralnike.

Kjer so vode odložile naplavino in se ta spira v podzemlje, pa nastajajo lijakasti grezi in vrtače (Hrvatin, 2013, Gams, 1986).

2.2.1 Osameli kras

Pojem »osameli kras« je pri nas predstavil in uvedel P. Habič (1969, 71–91). Kras je delil na Alpski, Dinarski in osameli. Pri osamelem krasu gre za manjše sklenjene dele kraškega površja znotraj nekraškega območja. Značilno za te manjše zaplate krasa je, da apnenci in dolomiti ne gradijo večjih sklenjenih površin in ne dosega dovoljše debeline; posledično na takem območju ne vidimo večjih površinskih kraških oblik, pojavljajo pa se izviri in ponori. Poleg tega so iz različnih obdobj, in sicer od paleozoika do neogena (Habe, 1971).

Pojma osameli kras in kontaktni kras sta tako precej sorodna. Kadar uporabljamo izraz kontaktni kras, se osredotočamo predvsem na kamninsko sestavo in stik te ter pretok površinske vode. S pojmom osameli kras pa opisujemo območja zunaj matičnega Krasa. Izraza torej opisujeta enak pojav, vendar se v strokovni literaturi velikokrat uporabljata ločeno.

Gams (1974) in Habič (1969) sta kras v Sloveniji razdelila na več enot. Po Habiču je kras razdeljen na 17 enot, po Gamsu pa na 20.

Delitev primerov v Sloveniji osamelega krasa po Gamsu (1974):

- Matajurski kras,
- Tolminski kras,
- Šentviškogorski kras,
- Porezenski kras,
- Vojskarski kras,
- Ledinski kras,
- Škofjeloški kras,
- Polhograjski kras,
- Trojanski kras,
- Rašiško-Moravški kras,
- Dolski kras,
- Studenški kras,
- Vzhodnopoosavski kras,
- Ponikvarski kras,
- Paški kras,
- Pohorski kras,
- Kozjaški kras,
- Boški kras,
- Haloški kras,
- Slovenskogoriški kras.

2.3 Fluviokras

Najpogostejši relief na zemeljskem površju je fluvialni ali rečni relief. Glavni geografski dejavnik je površinska tekoča voda, ki poleg tektonike najbolj spreminja zemeljsko površje. Rečni relief lahko v osnovi razdelimo na erozijski in akumulacijski relief. Za erozijski relief je značilno odnašanja površja, predvsem v zgornjih tokovih rek, ko so te še ozke, s strmimi nakloni in imajo največjo erozijsko moč. Takšen relief je najpogostejši v gorskem svetu. Erozijska je najmočnejša pri dnu rek (globinska erozija), kjer pride do mehanskega preoblikovanja površja. Reke s svojo močjo odlamljajo in odplavljajo nesprijete kamnine in druge sedimente. V spodnjih tokovih rek, ko se reke umirijo in preidejo v nižine, se začne pojavljati akumulacijski relief. Ko se reka umiri in upočasni, nima več velike nosilne oziroma transportne moči, zato se začnejo sedimenti usedati na brežine rek ali v reki nastajajo otočki. Podoben proces akumulacije materiala se dogaja na fluvialnem krasu (ZRSS, 2016).

Z izrazom fluviokras opisujemo območja, kjer je zaradi intenzivnega preperevanja matične kamnine in akumulacije erodiranega materiala onemogočen vertikalni odtok vode. Najpogostejše je fluviokras vezan na zakrasele kamnine, ki intenzivno preperevajo. Največkrat gre za tanko plastovite apnenice, lapornate apnenice in dolomite. Zaradi tega se na površju oblikuje preperinski sloj, ki zavira pretok vode. Kot posledica tega se pojavijo površinski tokovi, ki povzročajo fluvialno erozijo in akumulacijo. Oblike, ki nastanejo zaradi fluvialnega premeščanja materiala, imenujemo fluviokraške oblike (Stepišnik, 2020).

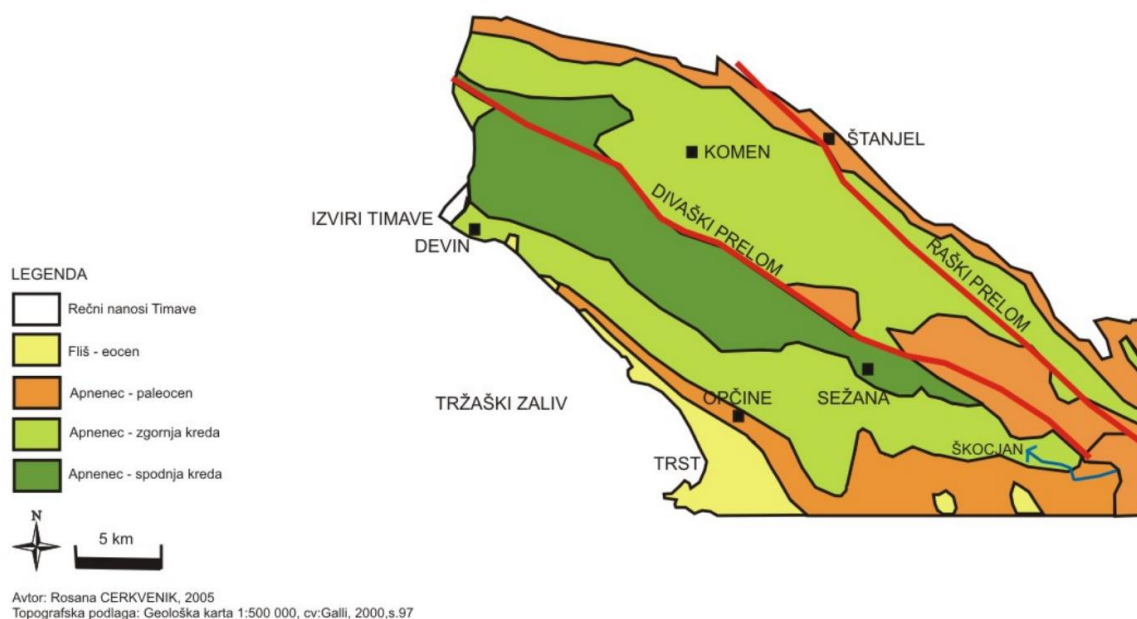
Fluviokraški procesi niso omejeni le na območja, prekrita z akumulacijskim materialom, temveč se pojavljajo tudi na strmih gorskih pobočjih. Zaradi naklonjenosti površja padavinska voda ne odteka le vertikalno, ampak tudi površinsko. Erozijska, ki se pojavlja, tako oblikuje globoke in strme erozijske jarke, ki jih imenujemo erozijski žlebovi (Stepišnik, 2020; Kladnik in sod., 2005).

2.4 Kras v Sloveniji

Kadar govorimo o krasu v Sloveniji, največkrat mislimo na območje Krasa v jugozahodnem delu države. V slovenskem jeziku ima beseda kras danes tri pomena. Kras, pisan z veliko začetnico, pomeni karbonatno pokrajino v JZ Sloveniji, med Tržaškim zalivom, Soško ravnino, Vipavsko dolino in Brkini. To območje se v strokovni literaturi imenuje tudi matični Kras. Ostali poimenovanji se nanašata ali na kamnito ozemlje (pusta, nerodovitna tla), ki ga ljudsko poimenujemo kras, ali na Kras kot naselbinsko in ledinsko ime, ki se najpogosteje pojavlja na robu Dinarskega osamelega krasa (Gams, 2003).

V Sloveniji karbonatne kamnine sestavljajo 43 % površja, od tega 8 % dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) in 35 % apnenec (CaCO_3) (Hrvatini, 2013, citirano po Gams, 1974). V karbonatnih za kras značilnih kamninah prevladujejo minerali kalcit, dolomit, magnezit, aragonit ter organski skeleti iz kalcija in aragonita, kot primesi pa kvarcit, glinenci, kalcedon, anhidrit, pirit, limonit, glavkonit itd. Železove primesi ponekod vnašajo rjavkasto in rdečkasto barvo, bituminozne pa temno, saj je čisti kalcit belkaste barve. Netopnih ostankov je v naših apnencih običajno le 1–2 %. Če bi na primer raztopili 800 m debele repentaborske apnenice, bi ostalo kak decimeter netopnih ostankov (Gams, 2003; citirano po Giacomelli, 1953–1954).

Glede na geološke, hidrološke, morfološke in pokrajinske razmere kras v Sloveniji po Habiču (1981) delimo na tri večje enote: Alpski kras, Dinarski kras in Predalpski vmesni kras ter osamljeni kras (Hrvatini in sod., 2013). Manjša oazna zakrasela območja sredi nekraškega površja imenujemo osamelci ali tudi osamljeni kras (Gams, Kunaver, Radinja, 1973, str. 18).



Karta 2: Geološka sestava matičnega Krasa (Cerkvenik, 2006)

2.5 Kraško povirje Ljubije

Dolina Zaloka je primer kontaktnega krasa na Štajerskem, kjer večinoma prevladuje osameli kras. Le deloma sem segajo zadnji ostanki alpskega krasa, kot so Raduha, Menina z Dobrovljami, Veža in Golte, kamor spada tudi povirje Ljubije. Obravnavano območje leži na meji med občinama Mozirje in Šoštanj. Za to območje je značilen smrekovski prelom, ki je hkrati tudi petrografska meja. Dolino razmejuje na severni in južni del ter s tem ustvarja stik apnencev z vulkanskimi kamninami. Na severu doline se pod vznožjem Smrekovca pojavljajo vulkanske kamnine (pretežno tuf), južni del doline pa sestavlja triadna gruda Boskovca. V dolini Zaloka se pojavljata dva tipa apnencev: temnosivi do črni, drobno plastoviti, pogosto drobno nagubani apnenec s številnimi žilicami kristaliziranega kalcita, ki se pojavlja v nižjih predelih doline, in debeloskladoviti do masivni svetli apnenec, ki pa se pojavlja v zgornjem delu. Dno doline in suhe doline pod njo je deloma prekrito z aluvijem; gruščem in s prodrom. Glede na strma pobočja in vrezanost doline bi lahko spodnjo dolino prištevali h gorsko kraškemu reliefu (Krajnc, 1979). Geološka sestava doline Zaloka in okolice je prikazana na Karti 3.

Povirje Ljubije je sestavljeno iz pobočnih grap in dolin manjših potokov, ki se zbirajo v osrednji dolini Zaloki. Dolina je na svojem začetku odprta in suha, navzdol proti izviru Ljubije pa vse ožja. Proti dnu se dolina stisne v sotesko, deloma vintgar. Dolina tako imenovane zgornje Ljubije je vrezana med Smrekovcem na severu in Goltemi na jugu. Zgornji del doline leži na 900–1000 m. n. v, vzpetine, ki jo obdajajo, pa se dvigujejo tudi do 600 m višje. Suha dolina se do izvira Ljubije spusti 200 m, tako da je izvir na nadmorski višini 720 m (Krajnc, 1979).

Preučevano območje znotraj orografske razvodnice meri 7,1 km². Od tega je 2,9 km² (41 %) neprepustnega sveta, 4,2 km² (59 %) pa kraškega. Izmed vseh potokov, ki jih je na povirju Ljubije skupaj za 7 km, je 4,75 km (68 %), na neprepustnem svetu na kraškem površju pa 2,25 km (32 %) v obliki manjših studencev na severni strani Golt (Krajnc, 1979).



Vir: PISO, Osnovna geološka karta
Avtor: Matevž Stropnik

Merilo karte: 1:20.900

Karta 3: Geološka sestava doline Zaloka

2.5.1 Podnebje in padavine na območju doline Zaloka

Podnebje je odvisno od geografske lege, razgibanega reliefa, gorskih grebenov in oddaljenosti od morja. Glede na geografsko lego Slovenija leži v zmerno toplem pasu, glede na relief prevladuje gorski svet, ki na vzhodu že prehaja v gričevje ali celo ravnine; zaradi bližine Jadranskega morja pa pride do pogostega prehajanja vlažnih zračnih gmot nad območjem. Slovenija ima zaradi svoje lege, kjer se stikajo Sredozemlje, Alpe, Dinarsko gorovje in Panonska nižina, zelo pestro podnebje, poznamo namreč tri vrste podnebja, ki se prepletajo. Te so zmerno celinsko podnebje (osrednja in vzhodna Slovenija), gorsko oziroma alpsko podnebje in submediteransko oz. sredozemsko podnebje (zahodno od Alpsko-Dinarske pregrade) (ARSO, 2006; Kolenc-Kolnik, 2004; Zorn in Komac, 2016). Ogrin (1995) je glavne tri tipe podnebja še dodatno razložil na devet podtipov, ki so prikazani na sliki 1.

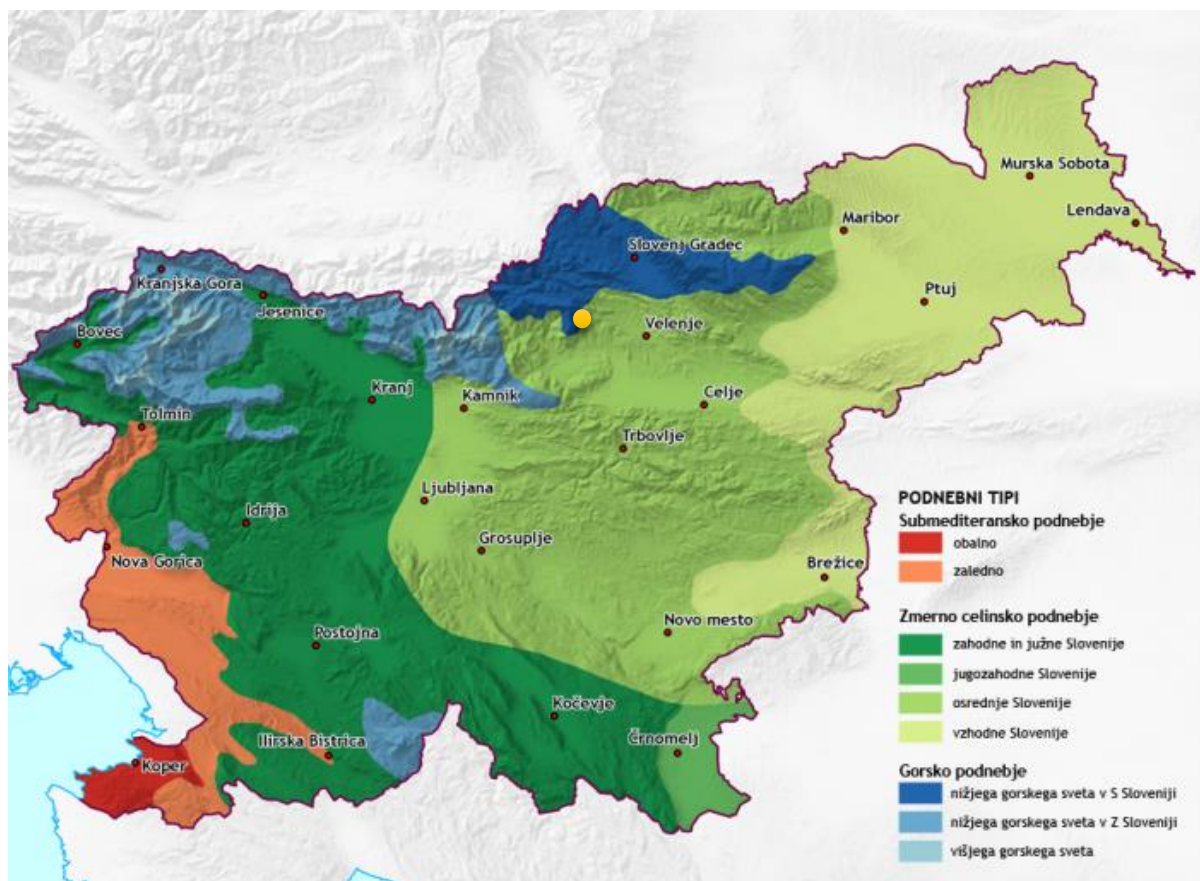
2.5.2 Hidrografske značilnosti doline Zaloka

Berthelin in Hartman (2019) sta opisala glavne vplive na hidrodinamiko v naravi. Te so lastnost prsti, (kamninska) podlaga in stopnja zakraselosti, debelina površja, topografija (višina, nagib in slemenitev), vegetacija, temperatura (neposredno vpliva na evapotranspiracijo) in navsezadnje vplivi podnebja (posredno s količino in z obliko padavin) ter predhodno stanje vode v prsti.

Vodozbirno zaledje doline Zaloka ima hkrati kraški in površinski značaj, saj ga poleg karbonatnih kamnin sestavljajo tudi nekarbonatne (Špeh in sod., 2021). Potok je zajet kot vir pitne vode za širšo Šaleško dolino in predstavlja pomemben vir pitne vode. Padavinsko zaledje izvira Ljubije zajema območje Golške planote. Ta se prišteva h geotektonski enoti Savinjskih Alp (ARSO, 2020), po ekoloških tipih pa spada v bioregijo Karbonatno Alpe-Donavsko porečje (MNVP, 2008, Urbanič, 2008). Velikost zaledja Ljubije znaša 10,7 km². Zaradi počasnega pretoka vodonosnika in njegove velike površine, ima voda veliko samočistilno sposobnost. Minimalni pretok vodonosnika znaša 45 l/s, maksimalni pa približno 1000 l/s (ARSO 2020).

Na območju doline najmanj padavin pade na območja v enaki nadmorski višini kot izvir Ljubije, kjer povprečno letno pade 1400–1500 mm padavin. Za primerjavo, na Smrekovcu pade letno povprečno za 200–300 mm padavin več, kar nanese 1600–1700 mm. V 12-urnem obdobju lahko na območje doline s povratno dobo 100 let pade med 90 in 120 mm padavin (Špeh in sod., 2021). Ob obilnejših padavinah se vzdolž doline vzpostavi enoten površinski tok, od izvirov skrajnega potočka v povirju pa do samega izvira Ljubije. Ko se poplave unesejo, ta »zgornja Ljubija« spet razpade na 6 samostojnih ponikalnic (Krajnc, 1979).

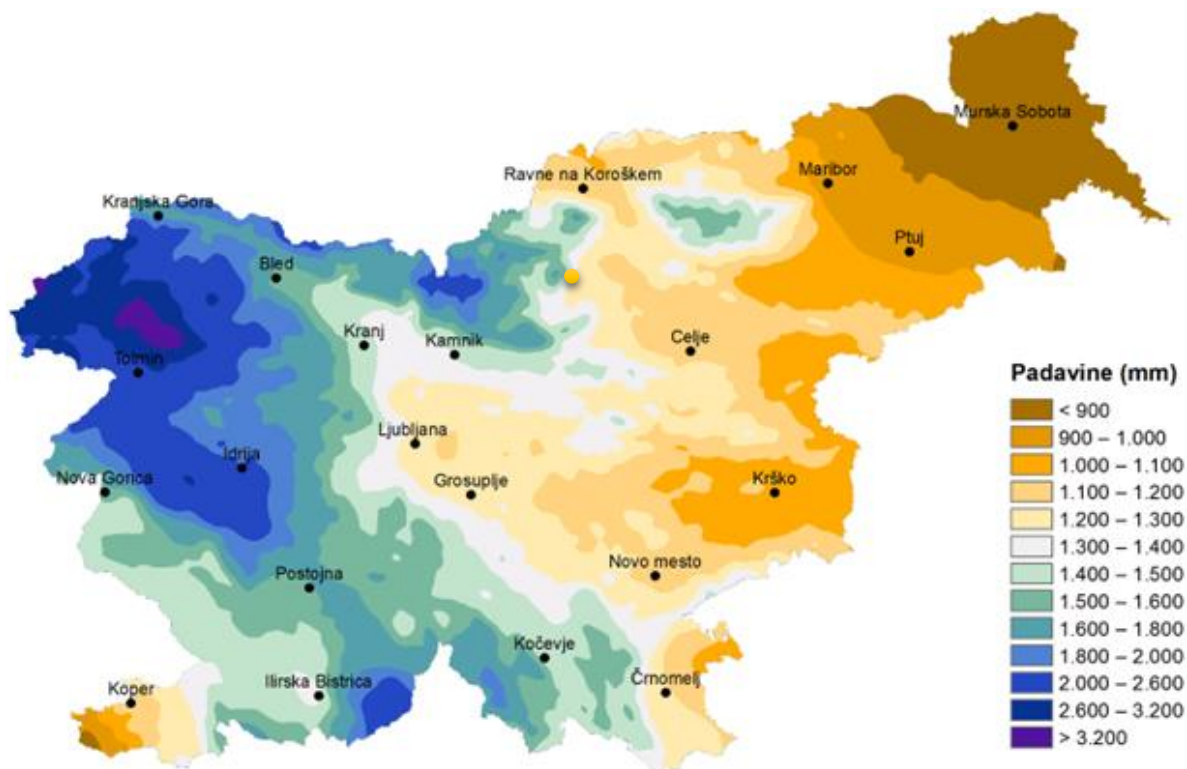
Izvir Ljubije je vokliškega tipa z zatrepom (Krajnc, 1979). Na površje priteče iz 437 m dolge jame z razmeroma močnim tokom (Izvir Ljubija, 2011). Ponori na povirju so med seboj precej različni, med seboj pa se razlikujejo predvsem po razvojni stopnji. Rupa I je ponorna jama, ki je dostopna v dolžini 70 m. Ostali ponori so načeloma nedostopni. Dva sta deloma odprta, še dva pa sta v aluviju. Vsi ponori so v dnu doline, ob litološki meji. Libijski graben priteka v suho dolino pod Zaloko s severa in ima ponore prekrte z apniškim gruščem in s prodom. Pri ponoru Graben pa gre za podzemeljsko presekanje kolena, ki ga ustvarja površinska dolina. Tukaj se nahaja litološka meja, po kateri je speljana struga potoka v zgornjem delu doline, sicer zasuta z aluvijem (naplavina – nestrjena mlada kamnina). Ob stiku z apnenčasto podlago potok ponikne pod površje (Krajnc, 1979).



Slika 1: Lokacija doline Zaloka in tipi podnebja na območju Slovenije (Ogrin, 1995)

Padavine so ena izmed osnovnih podnebnih spremenljivk in predstavljajo glavni dejavnik za spremenljivost pretokov rek. Višina padavin je najbolj odvisna od orografije in oddaljenosti od morja, zato na splošno velja, da zaradi orografskega učinka narašča s pomikanjem od morja k alpsko-dinarski gorski pregradi, nato pa vzhodno od pregrade začne upadati z izjemo dveh viškov, in sicer na območju Kamniško-Savinjskih Alp in Pohorja. V Sloveniji je višina padavin zelo spremenljiva meteorološka spremenljivka, saj lahko zelo sušnemu ali mokremu mesecu (ali letu) sledi popolno nasprotno dogajanje. Spremenljiva je tudi glede na prostor, zato se pojavljajo razlike med bližnjimi območji, ko je ponekod zelo namočeno, obenem pa drugod bolj suho. Ne moremo reči, da imamo izrazit suh ali moker del leta (Vertačnik, 2017; ARSO, 2006).

Že od leta 1924 je v bližjem kraju Belih Vodah na 1026 m nadmorske višine meteorološka postaja Agencije RS za okolje, kjer vsak dan merijo višino padavin in opazujejo pomembne atmosferske pojave. Na leto naj bi v povprečju v Belih Vodah padlo 1285–1565 mm padavin (upoštevana leta merjenja 1961–2008). Največ padavin pade poleti, in sicer s povprečjem 460 mm, najbolj pa je suho pozimi, ko je povprečje 251 mm padavin (Nadbath, 2009).



Slika 2: Lokacija doline Zaloka in povprečna letna višina padavin v Sloveniji za obdobje 1981–2010 (ARSO, 2016)

V Sloveniji v povprečju na letnem nivoju pade od 700 mm padavin na skrajnem severovzhodu naše države in do 3000 mm padavin na severozahodnem delu, na območju Julijskih Alp (ARSO Vreme, 2018). Kot je prikazano na slikah 1 in 2, največ padavin pade v gorskem podnebju višjega gorskega sveta in zmerno celinskem podnebju zahodne in južne Slovenije, najmanj padavin pa pade v zmerno celinskem podnebju vzhodne Slovenije. V zmerno celinskem podnebju osrednje Slovenije, kamor spada tudi naše raziskovano območje, pade v povprečju 1300 mm padavin na leto.

2.6 Ocena ranljivosti okolja

Namen študija ranljivosti okolja (v nadaljevanju ŠRO) je prikazati stopnjo ranljivosti okolja kot celote. Oceno ranljivosti pridobimo na podlagi primerjanja oziroma tehtanja podatkov, pridobljenih iz analiz in ocene nosilnosti pokrajnotvornih elementov, kot so zrak, površinske in podtalne vode, relief, geologija in vegetacija, ter na drugi strani analiz družbeno-geografskih dejavnikov, kot so raba prostora in tal, gostota poselitve ... Namen in cilj ŠRO je torej preventivno varovanje okolja (Špes, 2002).

Pri oceni ranljivosti okolja je pomembno, da upoštevamo naravnogeografske in družbenogeografske značilnosti obravnavane pokrajine. Pokrajinsko-ekološka členitev mora izhajati iz razumevanja ekosistemske povezanosti in součinkovanja vseh sestavin okolja. Vzorčne raziskave so pokazale, da lahko tako zasnovana pokrajinsko-ekološka členitev v vsebinskem in strokovnem pogledu povsem nadomesti zakonsko opredeljeno »ekosistemsko členitev prostora« (Špes in sod., 2002).

Slovenija je zaradi lažje členitve in opredelitve ocene ranljivosti razčlenjena na 60 pokrajinsko-ekoloških enot oziroma 223 pokrajinsko-ekoloških podenot (v nadaljevanju PEE). Jasni kriteriji regionalizacije omogočajo tudi nadaljnje in podrobnejše pokrajinsko-ekološke členitve ali pa njihovo združevanje v pokrajinsko-ekološke tipe. Pri nekaterih vzorčnih študijah ranljivosti okolja je bilo ugotovljeno, da je mogoče z obstoječo delitvijo regij omejiti relativno homogene pokrajinsko-ekološke enote, ki so uporabne tudi na nivoju občin. Strokovno korektnjša je vsekakor ocena ranljivosti za manjše enote, vendar se ob tem pojavi problem s pridobitvijo podatkov in z njihovo obravnavo, saj je obseg podatkov lahko pri tako majhnih vzorcih premajhen in ni reprezentativen (Špes in sod., 2002).

Poleg pokrajinsko-ekoloških enot so Špes in sod. (2002) Slovenijo razdelili na 13+1 (13 tipov + morje v tržaškem zalivu) pokrajinsko-ekoloških tipov (v nadaljevanju PET). Za te tipe velja, da se znotraj enote na človekove posege v okolje odzivajo približno enako, kar pomeni, da imajo enake nosilne zmogljivosti. Pokrajinsko-ekološka tipizacija se od členitve na enote in podenote razlikuje po tem, da niso v ospredju razlike med sosednjimi območji, temveč skupne značilnosti posameznih delov ozemlja. Meje pokrajinskih tipov in enot se med seboj skladne, kar pomeni, da se znotraj pokrajinskih tipov meje enot ne sekajo. Druga prednost delitve na tipe je ta, da je mogoče določene ugotovitve znotraj tipov posplošiti, saj so enote, združene v tip, dovolj homogene, obenem pa se ohranja preglednost nad značilno pokrajinsko pestrostjo.

2.6.1 Kazalci obremenjenosti okolja

Obremenjenost okolja se ugotavlja na podlagi različnih kazalcev, ki omogočajo ocenjevanje z vidika posameznih pokrajnotvornih sestavin (relief, prst, voda in zrak). S kazalci ocenjujemo že doseženo stopnjo preoblikovanosti ali celo degradacije naravnega ekosistema. Predvsem mislimo na različne človekove dejavnosti, ki so posegle v pokrajino in zmanjšale nevtralizacijske sposobnosti posameznih pokrajnotvornih sestavin.

Zbrani so nekateri kazalci, ki zajemajo vidike obremenjevanja okolja. V okviru študij okolja so tako pri obravnavanju PET za oceno stopnje obremenjenosti okolja izbrani naslednji kazalci: gostota poselitve, gostota delovnih mest, prometna obremenjenost in delež gozdnih površin. Prvi trije kazalci predstavljajo neposredno antropogeno obremenitev, četrti kazalec kakovosti okolja pa je posredni, ker so običajno območja z velikim deležem gozda okoljsko manj obremenjena kot območja z majhnim deležem gozda. Tako majhen delež gozda praviloma pomeni, da so površine namenjene različnim drugim dejavnostim, ki vsaka na svoj način obremenjujejo okolje (Cigale, 2002; Špes in sod., 2002).

Gostota poselitve je lahko dober kazalec obremenjenosti okolja, saj prebivalstvo na določenem območju in z njim povezane razne dejavnosti predstavljajo vir različnih okoljskih obremenitev, ki so lahko neposredna ali posredna posledica teh dejavnosti. Ne glede na to, da je

intenzivnost obremenitev zelo odvisna od značilnosti človekovih dejavnosti, se v splošnem z večanjem števila prebivalstva povečujejo tudi obremenitve. Gastoto poselitve po PET so Špes in sodavci (2002) izračunali glede na lego centroidov naselij v posameznih pokrajinskih enotah (PET). Izračun gostote prebivalstva po PET je pokazal, da je največja gostota prebivalstva na območju pokrajinsko-ekoloških tipov Medgorske kotline, in sicer 495 prebivalcev na km² ter Širše doline in obalne ravnice v primorskem delu Slovenije, kjer je gostota prebivalstva 321 prebivalcev na km². Oba sta bila uvrščena v četrti razred. V tretji razred je uvrščenih več pokrajinsko-ekoloških tipov, in sicer: Širše rečne doline v visokogorju, hribovju in na Krasu 187 prebivalcev na km², Ravnine in širše doline v gričevju notranjega dela Slovenije 188 prebivalcev na km², Gričevje v primorskem delu Slovenije 154 prebivalcev na km² ter Kraška polja in podolja 105 prebivalcev na km². Najmanjša gostota poselitve je v PET Visokogorski svet, kjer znaša gostota le sedem prebivalcev na km² (Špes in sod., 2002).

Tabela 1: Gostota prebivalstva glede na pokrajinsko-ekološki tip (Špes in sod., 2002)

Pokrajinsko-ekološki tip	Število preb. na km²	Razred
Visokogorski svet	7,3	1
Širše rečne doline v visokogorju, hribovju in na krasu	186,9	3
Visoke kraške planote in hribovja v karbonatnih kamninah	11,3	1
Hribovja v pretežno nekarbonatnih kamninah	35,8	2
Medgorske kotline	495,1	4
Gričevje v notranjem delu Slovenije	95,9	2
Ravnine in širše doline v gričevju notranjega dela Slovenije	188	3
Kraška polja in podolja	105,4	3
Nizki kras Notranjske in Dolenjske	37	2
Nizki kras Bele krajine	68,5	2
Kras in Podgorski kras	41	2
Gričevje v primorskem delu Slovenije	153,5	3
Širše doline in obalne ravnice v primorskem delu Slovenije	321,4	4

Poleg gostote poselitve sta lahko kazalec obremenjenosti okolja tudi gostota delovnih mest oziroma število delovno aktivnega prebivalstva in prometna obremenjenost (Špes in sod., 2002). Prvi kazalec delovno aktivnega prebivalstva dopolnjuje gostoto poselitve. Pri zaposlenih ljudeh prihaja do dnevnih migracij, ko se ti prevažajo na delovno mesto. Tako se vsak dan več tisoč ljudi prestavi iz enega kraja v drugega, kar lahko pomeni, da bo okolje v kraju, katerega gostota poselitve je sicer nizka, v času delovnih ur precej bolj obremenjeno, podobno kot večja mesta z več prebivalci. Delovna mesta in z njimi povezani proizvodni procesi so neposreden vir odpadnih snovi in emisij, ki predstavljajo resno breme okolju.

Kakovostni kazalec stanja okolja je lahko tudi gozdnatost. V primerjavi s prej naštetimi kazalci, ki so na obremenjevanje okolja vezani neposredno, je gozdnatost kot kazalec posredni indikator obremenitev okolja. Območja z velikim deležem gozda so običajno okoljsko manj obremenjena kot območja z majhnim deležem gozda, saj večja poraščenost z gozdom največkrat nakazuje na zmanjšano ali manj koncentrirano človekovo dejavnost v okolju. Urbana območja in območja z veliko koncentracijo industrije so največkrat neporaščena, z izkrceno gozdno vegetacijo ali pa gozd obstane, medtem ko se spremeni njegova sestava, s čimer sta porušeni ekosistemska vrednost in funkcija gozda. Gozdovi opravljajo številne pomembne funkcije, kot so: uravnavanje gibanja zraka in kroženja vode, zelo pomembna je tudi njihova vloga pri ohranjanju plodne zemlje in uravnavanju lokalnega podnebja. Veliko pripomorejo tudi k ohranjanju kakovosti zraka, zato je z okoljskega vidika pozitivno, če je njihov delež čim večji.

2.6.2 Značilnosti okolja doline Zaloka

Vsi naravni in pretežno naravni ekosistemi težijo k trajnostni stabilnosti in imajo sposobnost, da se prilagajajo na zunanje vplive. S tem vzdržujejo naravno ravnovesje, ki se lahko ob človekovih posegih poruši, kar prinaša nepredvidljive učinke, ki so v nasprotju s sonaravnim razvojem (Špes in sod., 2002).

Za ohranjanje vitalnega okolja in ekosistemov je pomembna preventivna oblika varovanja, sploh na območjih, kjer je kraška voda zajeta kot vir pitne vode. Vodovarstvena območja, kamor spadata tudi dolina Zaloka in vse vodno zaledje potoka Ljubija, morajo biti zavarovana pred onesnaženjem in drugimi vplivi, ki bi lahko vplivali na oporečnost vode. Vodonosniki pod površjem, ki dobivajo vodo tudi z neprepustnega ozemlja, hranijo velike zaloge pitne vode. Gre za občutljivo in zelo pestro pokrajino kraških vodonosnikov. Kraško površje, ki je porozno, preprejeno z jamami, podzemne vode pa so nizko pod površjem, je na antropogene posege in dejavnosti, ki bi lahko povzročile onesnaženje, toliko občutljivejše. Onesnažena voda se v kraški notranjosti čisti slabo in zelo počasi. Zaradi obsežnosti zalednih vod in povezanosti z oddaljenimi ponikalnicami je njihovo varovanje zahtevno (komunalno podjetje Velenje; Špeh in sod., 2021; citirano po Mihevc, 1998).

V Uredbi o stanju podzemnih voda so določeni standardi, ki razmejujejo dobra in slaba kemijska stanja vod ter določajo mejne parametre, ki se v vodi ne smejo preseči. Določeno je, da ima vodno telo dobro kemijsko stanje, če so na vseh merilnih mestih izpolnjeni naslednji pogoji; ustrezna kemijska sestava podzemne vode z vrednostmi parametrov v okviru standardov; koncentracija onesnaževal, ki ne izkazuje pomembnih in značilnih sprememb, vezanih na vodno telo in z njim povezanimi ekosistemi, ter električna prevodnost, ki ne nakazuje vdora slane vode v podzemno vodno telo. Preseganje določenih parametrov se preverja glede na povprečno letno vrednost rezultatov na določenih odvzemnih mestih (Špeh in sod., 2021).

Zaradi zagotavljanja neoporečnosti vodnega vira Ljubije je ta zavarovana z občinskim odlokom, njeno povirje in zaledne vode pa so razdeljeni v tri stopnje varovanja (Komunalno podjetje Velenje, 2023).

Prvi vodovarstveni režim (I.) je najstrožje varovan. Tja spada območje soteske Ljubije, med Brloškimi in Konečkimi skalami, in sega do ravnine pod kmetijo Leskovšek. Gre za območja podtalnice, ki so v neposredni bližini zajetja. Takšna voda ima majhno samočistilno sposobnost, saj so njeni podzemni tokovi kratki (časovno obdobje izteka vode v zajetje je 50 dni).

V drugi vodovarstveni režim (II.) spada območje, ki sega od planote Golte (Boskovec – 1587 m. n. v.) do Smrekovca (1577 m. n. v.) Voda s tega območja priteče do zajetja v približno 400 dneh.

V tretji vodovarstveni režim (III.) spada ostalo območje zalednih vod, ki zajema vse od soteske Ljubije do Mršnega vrha, Črnega Vrha in Vranjega Vrha ter do Kalskega grebena. To območje zajema celotno napajalno območje vodnega vira, iz katerega se podzemna voda izteka v smeri zaledja in od koder se lahko onesnažene površinske vode iztekajo v napajalno območje vodonosnika ali se onesnažena podzemna voda sosednjega vodonosnika drenira v napajalno območje obravnavanega vodonosnika (Komunalno podjetje Velenje, 2023).

2.6.3 Družbenogeografske razmere na območju

Dolina je zaradi svojega reliefa, geografske lege in kraškega površja skoraj neprimerna za poselitev. Za takšna gorska in strma pobočja je značilna redka in razpršena poselitev. Površina doline je precej razčlenjena in hribovita, obdana s strmimi pobočji, kjer prevladujejo nakloni, tudi do 40°, kot je ugotovil Krajnc (1979). V zgornjem delu pod Smrekovcem, ko se dolina odpre in izravna, sta dve kmetiji. Tukaj je površje uravnano in primerno za obdelavo. V glavnem prevladuje kmetijstvo. Kot dodatna gospodarska panoga se v dolini pojavlja gozdarstvo. Več kot polovico vodovarstvenega območja pokriva gozd, predvsem v nižjih, bolj strmih delih, kar je za ohranjanje narave in vodnih virov precej ugodno. Gozd ima hkrati na strmih pobočjih tudi varovalno funkcijo, saj preprečuje erozijo in plazenje prsti. V zgornjem delu doline, kjer so nakloni manjši 6° do 12°, so izkrčeni gozdovi in pašniki primerni za živinorejo ter predstavljajo nekaj manj kot polovico vodovarstvenega območja doline Zaloka. Ostale obdelovalne površine, kot so sadovnjaki in njive, predstavljajo majhen odstotek izrabe tal. Zaradi specifičnih naravnogeografskih pogojev je intenzivna raba tal skoraj onemogočena, zaradi česar je antropogeni vpliv v dolini skoraj zanemarljiv (Špeh in sod., 2021).

Na območju doline je tudi vodno zajetje Ljubija za zajem pitne vode, ki zagotavlja vodo približno 30.000 prebivalcem Šaleške doline (ARSO, 2020). Zajetje je na dnu doline, ob izteku približno 200 m pod izvirom Ljubije (Komunalno podjetje Velenje, 2023).

Špeh in sodelavci (2021) so rabo prostora v dolini razdelili na tri kategorije, in sicer: 1) vodovarstvena (občinska raven, I. III. Varstveni režim), 2) območje varovane narave (območje Nature 2000, kamor spada krajinski park Golte) ter 3) rabo tal za kmetijstvo, poselitev in gozdarstvo.

3 REZULTATI

3.1 Ranljivost okolja doline Zaloka

V nadaljevanju bomo kot kazalce obremenjenosti okolja predstavili rabo tal v dolini, poraščenost z gozdom, trenutne poselitvene razmere in izdelali karte rabe tal skozi čas ter jih primerjali. Poleg ranljivosti okolja smo v dolini raziskovali tudi hidrografske razmere potoka Ljubija, na katerem smo izmerili pretok, ki služi kot kazalec vitalnosti in kontinuitete vodnega vira in njenega povirja oziroma zaledja. Kot dodatek hidrografskim raziskavam, smo s pomočjo kartografiranja vrisali razvodnico območja doline in prikazali prispevna oziroma zaledna območja potoka Ljubija.

3.1.1 Hidrografske razmere

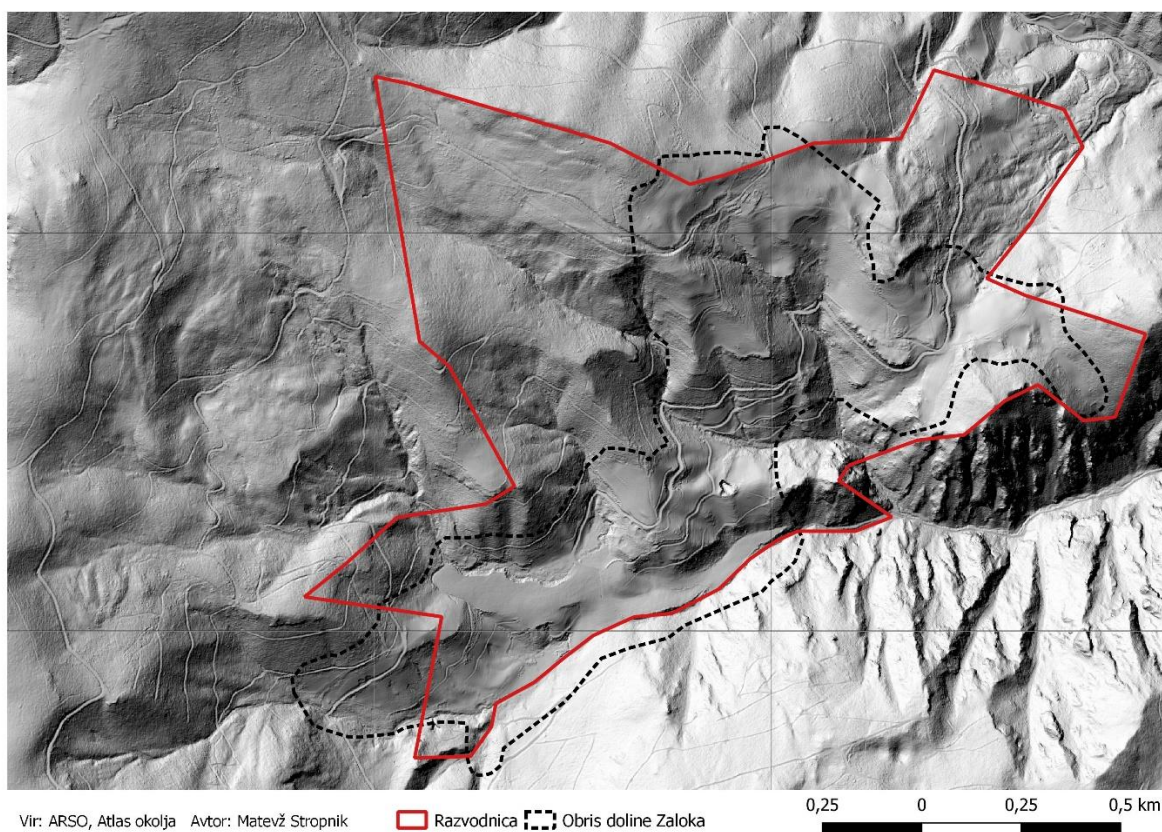
Na karti 4 je prikazan digitalni model reliefa z osenčenjem (hillshade) in zarisano razvodnico doline Zaloka. Razvodnica predstavlja navidezno topografsko mejo, ki v dolini razmejuje prispevna območja površinskega odtoka. Določena je na podlagi morfoloških značilnosti površja in poteka po najvišjih grebenskih linijah. Območje znotraj razvodnice predstavlja hidrološko zaledje potoka Ljubija.

Zaradi izrazito kraških specifik matične podlage in reliefne raznolikosti površja, je določitev poteka razvodnice težja. Del vode lahko zaradi poroznosti in propustnosti karbonatnih kamnin podzemno pronica, in prehaja med navidezno ločenimi prispevnimi območji.

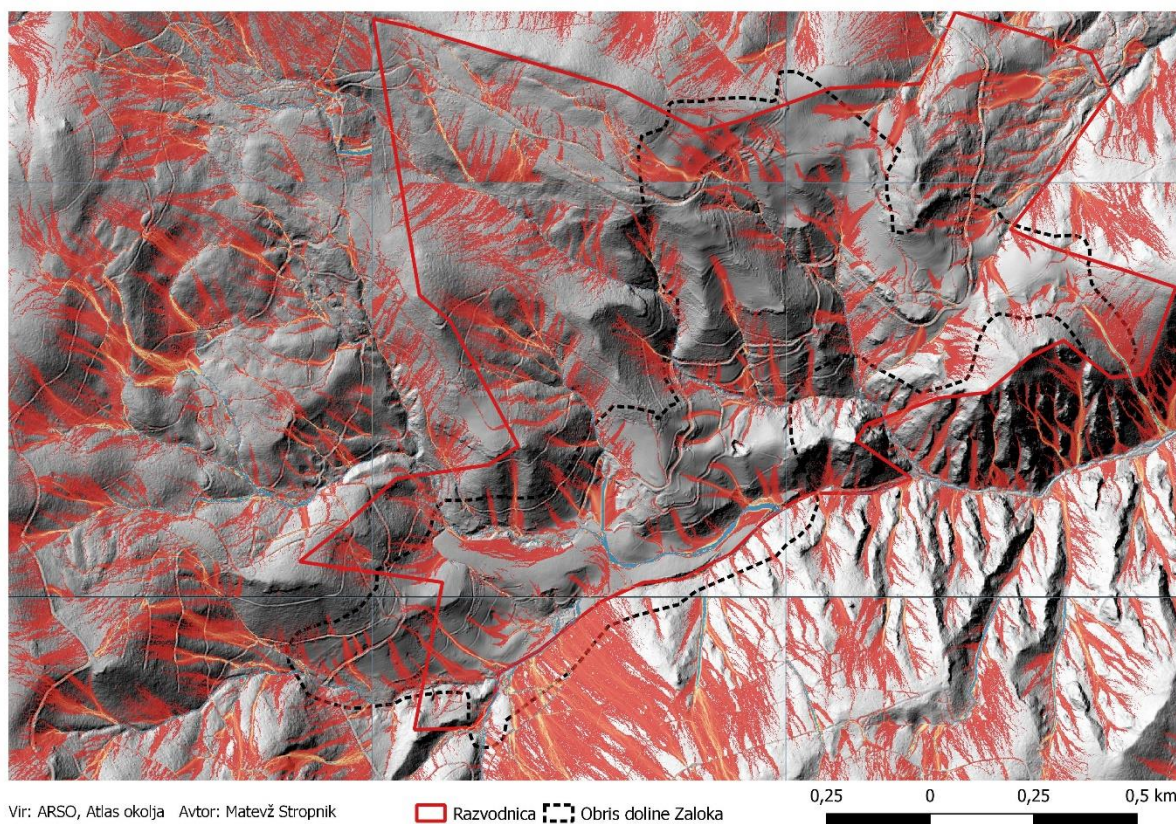
Površinska drenažna mreža sicer obstaja, vendar je mestoma razdrobljena in neenakomerno razvita, kar je značilno za kraška in kontaktno-kraška območja, kjer del vode ponika in prehaja v podzemne tokove. Razvodnica je zato predvsem topografska meja, medtem ko je dejansko hidrološko zaledje lahko širše ali drugače povezano. To pomeni, da hidrografski sistem doline ni zgolj površinski, temveč kombiniran — površinsko-kraški.

Kljub možnim odstopanjem podzemnih tokov in površinskega odtoka, je razvodnica relevanten prikaz delitve in stekanja zalednih vod. Kot dodaten prikaz drenažne mreže in prispevnega območja doline služi karta 5. Rdeče linijske strukture na karti predstavljajo modelirane tokove površinskega odtoka izpeljanega iz digitalnega modela višin ARSO - lidar podatkov površja. Razvidna je gosta mreža manjših pritokov. Gostota je večja na strmejših pobočjih doline kar kaže na hitro zbiranje in odtekanje padavinske vode v vodotoke in jarke.

Za natančen izris prispevnega območja in delitev povodij, bi bila potrebna obsežnejša terenska hidrogeološka analiza s sledenjem podzemnim tokovom. Pri predstavljenih kartah gre predvsem za strokovno oceno velikosti in morfologije zaledja potoka Ljubija na podlagi reliefa in digitalnega modela višin. Ocena zaledja tako predstavlja dovolj zanesljivo podlago za hidrološko vrednotenje vodotoka v okviru ciljev naloge.

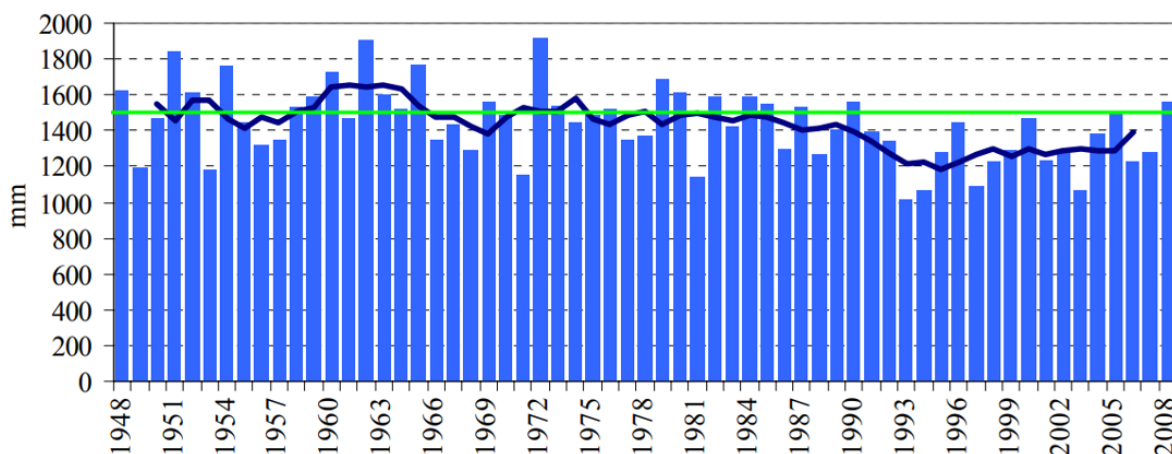


Karta 4: Razvodnica območja doline Zaloka, z osenčenjem reliefa



Karta 5: Prispevna območja doline Zaloka

Glede na podatke, pridobljene iz grafa (Slika 5), objavljenega v ARSO poročilu (Nadbath, 2009) za obdobje 1948–2008, je skupna povprečna letna količina padavin na območju meteorološke postaje Bele vode, kamor spada tudi naše raziskovano območje doline Zaloka, v povprečju 1500 mm. V letu 2024 je na območju padlo 1833 mm padavin, kar je največ po letu 1972. V obdobju merjenja pretoka na potoku Ljubija v januarju 2025 je na območju padlo 112,2 mm padavin (ARSO arhiv).



slika 3: Letna količina in povprečna letna količina padavin med leti 1948 in 2008 na meteorološki postaji Bele Vode (Nadbath M., 2009)

Pretok smo merili na treh vzorčnih mestih, dolvodno od izvira, in sicer v dveh obdobjih. Kot je označeno v tabeli 2, je bila prva meritev opravljena 11. 1. 2025 po tridnevnem deževju. Poimenovali smo jo mokri vzorec. Druga meritev je bila opravljena 15. 1. 2025. Med drugo in prvo meritvijo je bilo petdnevno obdobje brez dežja, zato smo jo poimenovali suhi vzorec. Tri merilna mesta smo izbrali zaradi lažjega in natančnejšega izračuna povprečnega pretoka. Merilno mesto 3 je prikazano na sliki 9 in je najbližje izviru. Sledi merilno mesto 2, ki je prikazano na sliki 8, in nato merilno mesto 1, ki je tik pred iztokom iz doline na sliki 7.

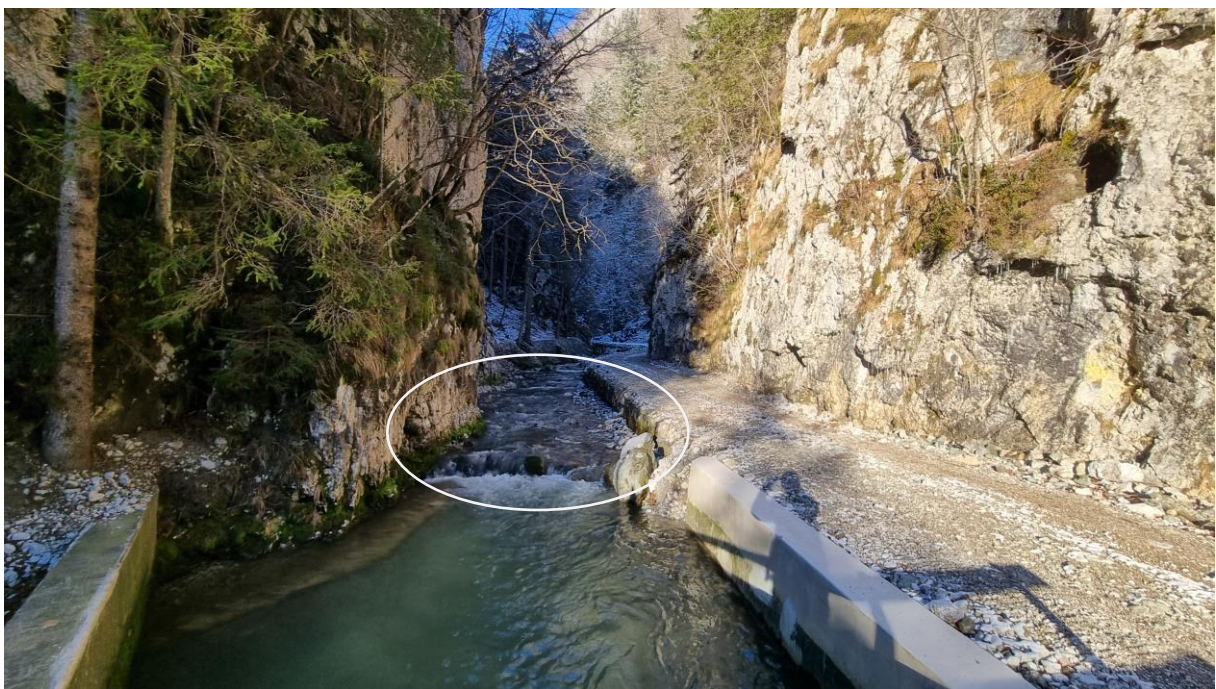
Tabela 2: Količina padavin za posamezni dan v januarju 2025. Vir: ARSO Arhiv

2025 januar/dan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Količina padavin [mm]	0	0	4,9	1,1	0	0	0	15,4	9,4	14,5	0	0	0	0	0,2

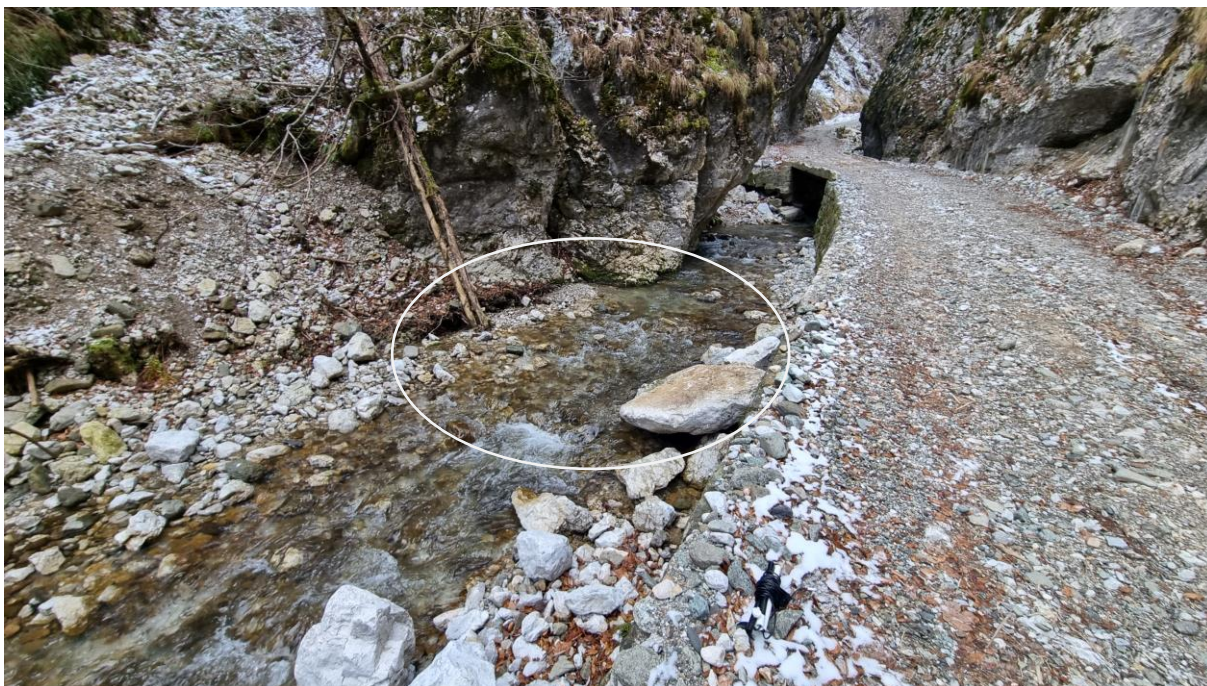
Podatki za posamezno meritev in skupen pretok so vpisani v tabelah 3, 4 in 5. Kot lahko razberemo iz tabel, so pretoki po posameznih odsekih naslednji. Na odseku 1 je bil izmerjen pretok potoka 83,2 l/s za mokri vzorec in 80,1 l/s za suhega, na odseku 2 je bil izmerjen pretok 110,8 l/s za mokri vzorec in 99,5 l/s za suhega. Prav tako velja za odsek 3, kjer je bil mokri vzorec 65,5 l/s in suhi 48,2 l/s. Iz teh podatkov lahko izračunamo, da je bil povprečni pretok na dan meritev potoka Ljubija 81,21 l/s oziroma 0,081 m³/s. Glede na podatke, pridobljene iz ARSO-arhiva (podatki samodejnih hidroloških postaj), se potok Ljubija uvršča med manj vodnate potoke v Sloveniji. Po podatkih Kranjca (1979) iz geografskega vestnika naj bi imel potok leta 1978 povprečni pretok okoli 100 l/s. Kot je navedeno, gre za oceno pretoka. Kljub vsemu je podatek pokazatelj dokaj stalne vodnatosti potoka, ki se v zadnjih štiridesetih letih ni bistveno spremenila. Čeprav upoštevamo, da smo tudi mi meritve opravljali v zelo ozkem časovnem oknu in ne periodično, lahko rečemo, da je vodnatost praktično enaka, kar kaže na stalnost zalednih vod in potoka Ljubija kot vodnega vira.



slika 4: Vmesnik Vernier Labquest in merilec pretoka



slika 5: Odsek 1 merjenja pretoka (datum nastanka slike 15.1.2025)



slika 6: Odsek 2 merjenja pretoka (datum nastanka slike 15.1.2025)



slika 7: Odsek 3 merjenja pretoka (datum nastanka slike 15.1.2025)

Tabela 3: Meritve pretoka na potoku Ljubija na odseku 1

	Odsek 1		
mokri vzorec – januar 11.1.2025	hitrost vode (m/s)	globina vode (cm)	pretok (l/s)
meritev 1	0,42	25	48,3
meritev 2	0,46	27	57,1
meritev 3	1,2	26	143,5
meritev 4	1	29	133,4
meritev 5	0,43	17	33,6
Povp. pretok (l/s)	83,2		

	Odsek 1		
suhi vzorec – januar 15.1.2025	hitrost vode (m/s)	globina vode (cm)	pretok (l/s)
meritev 1	0,38	20	34,2
meritev 2	0,43	25	48,3
meritev 3	1,1	27	133,6
meritev 4	1,3	27	157,9
meritev 5	0,39	15	26,3
Povp. pretok (l/s)	80,1		

Tabela 4: Meritve pretoka na potoku Ljubija na odseku 2

	Odsek 2		
mokri vzorec – januar 11.1.2025	hitrost vode (m/s)	globina vode (cm)	pretok (l/s)
meritev 1	1,42	24	170,4
meritev 2	0,82	26	106
meritev 3	0,75	22	82,5
meritev 4	1,65	19	156,8
meritev 5	0,55	14	38,5
Povp. pretok (l/s)	110,8		

	Odsek 2		
suhi vzorec – januar 15.1.2025	hitrost vode (m/s)	globina vode (cm)	pretok (l/s)
meritev 1	1,15	22	126,5
meritev 2	0,95	23	109,3
meritev 3	1,0	18	90
meritev 4	1,43	18	128,7
meritev 5	0,72	12	43,2
Povp. pretok (l/s)	99,5		

Tabela 5: Meritve pretoka na potoku Ljubija na odseku 3

	Odsek 3		
mokri vzorec – januar 11.1.2025	hitrost vode (m/s)	globina vode (cm)	pretok (l/s)
meritev 1	0,6	15	32,4
meritev 2	0,85	19	58,1
meritev 3	1,25	25	112,5
meritev 4	1,58	20	113,8
meritev 5	0,2	15	10,8
Povp. pretok (l/s)	65,5		

	Odsek 3		
suhi vzorec – januar 15.1.2025	hitrost vode (m/s)	globina vode (cm)	pretok (l/s)
meritev 1	0,42	16	23,5
meritev 2	0,67	15	35,1
meritev 3	1,11	22	85,4
meritev 4	1,05	21	77,2
meritev 5	0,4	14	19,6
Povp. pretok (l/s)	48,2		

3.1.2 Poseljenost in antropogeni vplivi

Dolino bi lahko glede na poselitev in človeške posege v njej razdelili na dva dela – spodnji oziroma vzhodni del in zgornji oziroma zahodni del. Spodnji del doline leži na karbonatnih (prepustnih) tleh. Dolina je v tem delu v celoti poraščena z gozdno vegetacijo. Nakloni so večji in s tem onemogočajo rabo tal. Karbonatna tla omogočajo vertikalno kroženje vode, kar je z vidika erozijskih procesov ugodno. V spodnjem delu doline prav tako na karbonatnih tleh izvira potok Ljubija. Glede na poraščenost z gozdom, strme naklone in vodovarstveni režim je človekova dejavnost v tem delu doline onemogočena, kar je za ohranjanje vitalnega okolja in neoporečnosti vodnega vira Ljubija zelo ugodno. V zgornjem delu doline, ki leži na silikatnih tleh, kjer prevladujejo andeziti in tufi, je torej poselitev večja in s tem tudi obremenjenost naravnega okolja. Čeprav je okolje v zgornjem delu doline bolj naklonjeno kmetijski izrabi tal, je obremenjenost okolja še vedno nizka, saj je poraščenost z gozdom še vedno velika, intenzivno kmetovanje pa ni prisotno. Tudi gostota poselitve je majhna, saj sta na območju celotnega preučevanega območja zgolj dve kmetiji. Kot navaja Špeh s sodelavci (2021), se obe ukvarjata z ekološkim kmetovanjem, kar pripomore k ohranjanju vitalnosti okolja in vodnega vira Ljubije.



Karta 6: Dolina Zaloka s pripadajočo cestno infrastrukturo in poselitvijo

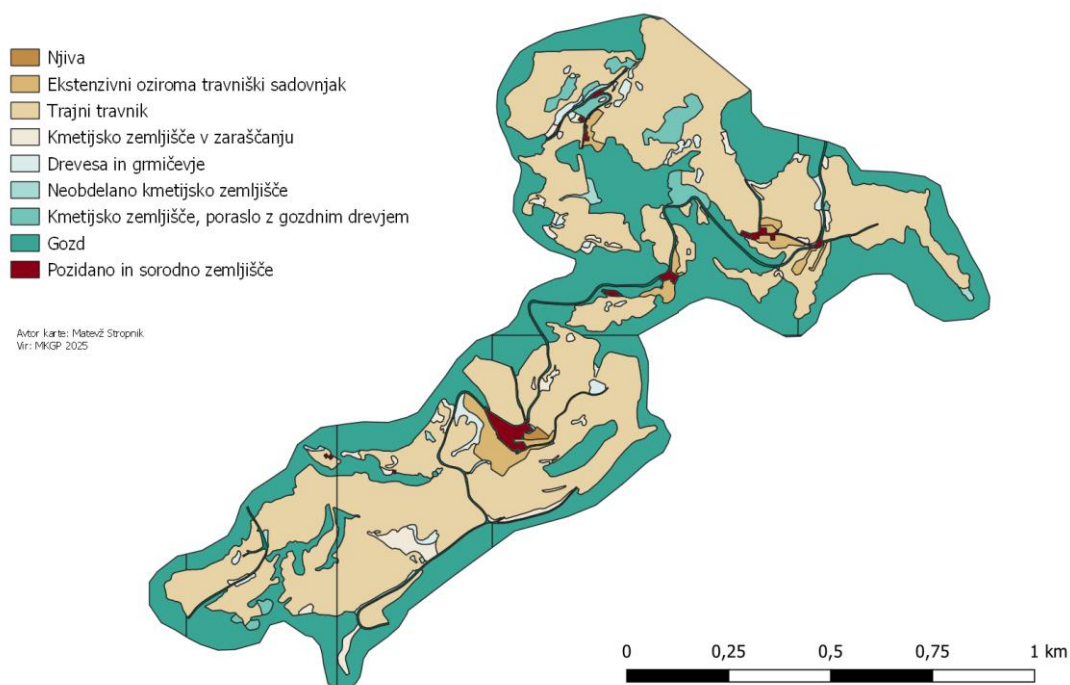
Območje doline Zaloka je precej občutljivo, na kar kaže tudi to, da se na samem območju doline prepletajo štirje režimi varovanja. Kot navaja Špeh s sod. (2021), so režimi varovanja naslednji: 1) ekološko pomembna območja Kamniško-Savinjske Alpe, 2) predpisani režimi varovanja vodnih virov na območju VVO Ljubija, 3) pripadnost območju Grintovci v sklopu Natura 2000 ter 4) režim zavarovanega območja Krajinskega parka Golte kot območja naravnih vrednot. Zaradi strogih predpisov in sonaravnega delovanja obeh kmetij je okolje doline dobro ohranjeno. To so potrdili Špeh in sod. (2022) v raziskavi območja leta 2020. Fizikalni in kemijski parametri (prevodnost, pH, motnost in trdota vode) potoka Ljubija in zalednih vod so bili znotraj pričakovanih vrednosti in v skladu z naravnimi značilnostmi

območja brez večjih oziroma nenavadnih odstopanj. Vrednosti nitratov (NO_3^-) so bile v podzemnih vodah nižje od 3,5 mg/l, v površinskih vodah pa nižje od 2 mg/l, kar kaže na zelo nizko obremenjenost. Kakor je bilo podano v raziskavi, človekova dejavnost vsaj z vidika obremenitve z nitrati ni obremenilna za okolje in ne presega nosilnih zmogljivosti.

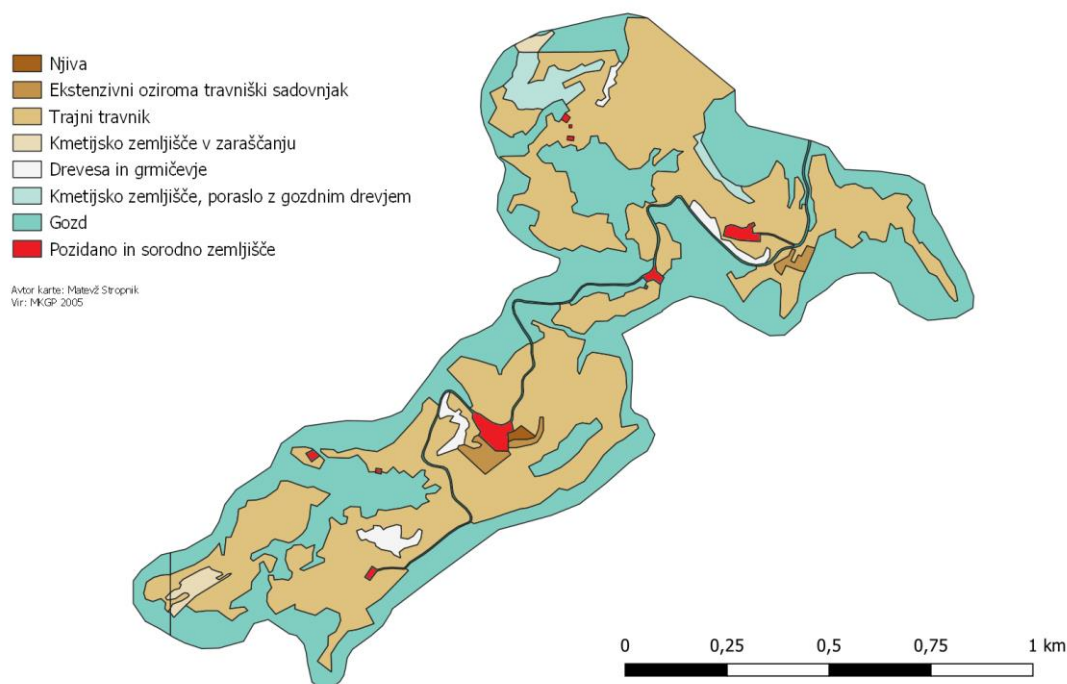
Za oceno okoljskih obremenitev in ranljivosti okolja doline Zaloka je potrebno spremljanje tudi rabe tal skozi čas. Človek v dolini neposredno vpliva na kakovost in količino vodnih virov, predvsem v občutljivih kraških okoljih, kjer je naravna samočistilna sposobnost omejena. Na kartah 4 in 5 iz leta 2005 in leta 2025 je prikazana prostorska razporeditev kmetijskih, gozdnih in pozidanih površin ter služi kot indikator sprememb rabe tal in s tem tudi vpliva človeka na vodovarstveno območje.

Tabela 6: Primerjava rabe tal med letoma 2005 in 2025 glede na površino. Vir: QGis

	površina 2005 [ha]	površina 2025 [ha]	razlika v površini [ha]
njiva	0,14	0,12	0,02
travniški sadovnjak	1,01	2,35	1,34
trajni travnik	53,4	55,13	1,73
zemljišče v zaraščanju	0,91	2,45	1,54
drevesa in grmičevje	1,75	1,5	0,25
zemljišče poraslo z drevjem	2,18	2,29	0,11
gozd	50,22	44,96	5,26
pozidano zemljišče	2,12	2,62	0,5



Karta 7: Raba tal na območju doline Zaloka iz leta 2025



Karta 8: Raba tal na območju doline Zalužica iz leta 2005

Med letoma 2005 in 2025 se je na račun gozdnih površin, ki so se zmanjšale za 5,26 ha (s 50,22 ha na 44,96 ha), povečala površina trajnih travnikov za 1,73 ha (s 53,4 ha na 55,13 ha). Največji porast travniških površin lahko zaznamo v jugozahodnem delu doline. Glede na neugodno površje v spodnjem (vzhodnem) delu doline je porast travnikov v tem delu pričakovan.

Poleg širjenja trajnih travnikov je razvidno tudi povečanje travniških sadovnjakov za 1,34 ha (s 1,01 ha na 2,35 ha) v okolici pozidanih zemljišč. Glede na to, da gre za povečanje tako imenovanega travniškega sadovnjaka, lahko sklepamo, da gre za manjši poseg v okolje, saj ni šlo za izkrčenje gozdne površine, ampak zgolj za zasaditev že obstoječega travnika.

Na severnem delu opazimo, da se je del kmetijskih zemljišč, ki so bila v zaraščanju, dokončno zarasel v gozd. Hkrati se je površina zemljišč v zaraščanju povečala za 1,54 ha (z 0,91 ha na 2,45 ha), kar nakazuje na delno opuščanje rabe kmetijskih površin. Na travniških površinah se je zaraščanje ponekod prekinilo oziroma saniralo in s tem preprečilo zaraščanje pašnika.

Glede na neugodne razmere v spodnjem delu doline je mogoče pričakovati, da bo največji vpliv človeka in spremembe rabe tal mogoče zaznati v zgornjem zahodnem delu, kjer se je del gozdnih površin spremenil v pašniške oziroma travnike. Nekaj sprememb namembnosti tal je tudi v okolici bivanjskih površin, kjer lahko zaznamo novogradnjo pri spodnji kmetiji. Pozidane površine so se v tem obdobju povečale za 0,5 ha (z 2,12 ha na 2,62 ha), kar nakazuje na demografsko rast in razvoj v dolini.

Čeprav je primarna dejavnost na tem območju živinoreja, še vedno prevladuje poraščenost z gozdom, kar je za ohranjanje naravnega okolja dobro. V zgornjih bolj uravnanih legah doline prevladujejo vulkanski tufi in tufiti. Te silikatne kamnine so na preperevanje v primerjavi s karbonatnimi apnenci in dolomiti v spodnjih delih doline odpornejše. Tu se ne pojavljajo več

vertikalni tokovi vode kot na karbonatih, zato je površje bolj podvrženo erozijsko-denudacijskim procesom. Regeneracijske in nevtralizacijske sposobnosti reliefa so zato manjše (Špeh in sod., 2021). Procese erozije in denudacije lahko izsekavanje in krčenje gozdne vegetacije še pospeši oziroma pripelje do teh procesov na območjih, kjer prej odnašanje površja ni bilo prisotno. S povečanjem gozdnih površin se tako izboljšuje hidrološka stabilnost, blaži se erozija na strmih pobočjih, hkrati se povečuje samočistilna sposobnost okolja. Mihevc (1998) piše, da gozdovi neposredno ščitijo podzemne vodonosnike pred točkovnim in difuznim onesnaženjem.

Vendar podatki o rabi tal med letoma 2005 in 2025 kažejo nekoliko drugačno sliko. Največjo spremembo predstavlja izguba gozdnih površin (-5,26 ha), ki so se zmanjšale s 50,22 ha na 44,96 ha. Te površine so se večinoma preoblikovale v trajne travnike (+1,73 ha), travniške sadovnjake (+1,34 ha) in pozidane površine (+0,5 ha). Hkrati se je povečala tudi površina zemljišč v zaraščanju (+1,54 ha), kar kaže na opuščanje kmetijske rabe na manj ugodnih legah. Procesi kažejo na dvojnost: na eni strani intenziviranje kmetijske rabe z razširitvijo travnikov in sadovnjakov, na drugi strani pa opuščanje rabe na manj dostopnih območjih, kar se kaže v zaraščanju.

Čeprav se je gozd na določenih delih umaknil, še vedno predstavlja prevladujočo rabo prostora, kar ohranja osnovne naravovarstvene in hidrološke funkcije območja. Vendar zmanjševanje gozdnih površin lahko poveča tveganje za erozijo in slabša samočistilne sposobnosti okolja, še posebej na območjih, kjer relief že sam po sebi ponuja manjše regeneracijske zmožnosti. Po drugi strani širjenje travnikov in sadovnjakov kaže na prilagajanje kmetijske rabe ter potencialno večjo produktivnost na primernejših legah.

4 RAZPRAVA IN SKLEP

Veliko območij celinskega dela Zemlje ima kraško podlago, ki se je razvila na karbonatnih kamninah. Okoli 20–25 % svetovnega prebivalstva je v veliki meri ali pa v celoti odvisnega od podzemnih vod, izvirajočih ali pridobljenih na krasu (Ford in Williams, 2007). Za ohranjanje kakovosti teh vodnih virov se moramo posluževati sonaravnega in trajnostnega gospodarjenja. Izkušnje kažejo, da številni hidrogeologi zmotno domnevajo, da če kraških pojavov ni oziroma jih ni očitno opaziti na površini, potem ni spodaj razvitega vodnega kraškega sistema ali podtalnice. Tako domnevanje lahko povzroči resne napake pri upravljanju območji s podtalnico ter pri oceni ranljivosti okolja. Kraška hidrologija je zato dovzетnejša za vrsto negativnih vplivov okolja kot drugi, saj poleg poroznega površinskega dela voda obstaja še cel sklop visoko razvitih podzemnih vodnih omrežij in z njimi povezanih krhkih ekosistemov.

Za raziskovanje in opis območja doline Zaloke smo se odločili ravno z namenom ponovne preučitve vodnih virov v dolini in njenega kraškega značaja. Pomembno je, da v okolju delujemo sonaravno in trajnostno. To je mogoče zgolj, kadar okolje dobro poznamo in razumemo. Človek je pomemben del okolja in ekosistemov, saj lahko s svojimi odločitvami popolnoma spreminja in preoblikuje naravo. Podrobneje smo raziskali, kakšen je antropogen vpliv v dolini, ali kmetijska dejavnost presega nosilnost okolja in kako vpliva na potok Ljubija.

Glede na izsledke raziskav, opravljenih na potoku Ljubija, lahko prvo hipotezo potrdimo. Z izmerjenim povprečnim pretokom 81,21 l/s, ki je zelo blizu ocenjenemu povprečnemu pretoku 100 l/s (Krajnc, 1979), lahko sklepamo, da vodni vir ohranja svojo hidrološko vitalnost. Kljub manjšim odstopanjem, ki so posledica vremenskih pogojev, metodologije meritev in majhnega obsega meritev, rezultati kažejo na stabilnost vodnega vira in na to, da ni prišlo do bistvenih sprememb v padavinskem režimu ali v rabi zemljišč, ki bi lahko vplivali na dinamiko vodotoka.

Tudi druga hipoteza, da se raba tal v dolini bistveno ne spreminja, je bila potrjena. Analiza kart rabe tal iz let 2005 in 2025 je pokazala, da ni prišlo do bistvenega povečanja obremenilnih dejavnosti v okolju. V manjšem obsegu je prišlo do zmanjšanja površine gozda in povečanja kmetijskih zemljišč. Manjša sprememba je tudi v pozitivnem prirastu površin pozidanih površin. Povečana zaraščenost in sukcesija nakazujeta na opuščanje intenzivne rabe, kar zmanjšuje točkovne vire onesnaževanja, a hkrati povečuje samočistilno sposobnost okolja. Na podlagi kazalcev ranljivosti okolja (poselitev, gozdnatost, raba tal in prometna obremenjenost) lahko trdimo, da je dolina še vedno okoljsko stabilna, saj ni doživela večjih pokrajinskih sprememb.

Potrdimo lahko tudi tretjo hipotezo, ki pravi, da raba tal v dolini ni obremenilna in ne presega nosilnih zmogljivosti okolja. Rezultati raziskave potrjujejo, da raba tal v dolini Zaloka ne presega nosilnih zmogljivosti okolja. Dolino zaznamuje zelo redka poselitev, saj sta na območju le dve kmetiji, ki se večinoma ukvarjata z ekološkim kmetijstvom in gozdarstvom. Kmetijska dejavnost je usmerjena predvsem v živinorejo in travniško rabo, medtem ko obdelovalnih površin, kot so njive in sadovnjaki, ostaja razmeroma malo. To pomeni, da intenzivna kmetijska raba, ki bi lahko povzročila obremenitve s hranili ali pesticidi, ni prisotna. Več kot polovico območja pokrivajo gozdovi, ki imajo pomembno ekološko in varovalno funkcijo. Meritve vsebnosti nitratov v vodi dodatno potrjujejo, da kmetijske dejavnosti ne obremenjujejo okolja v večji meri. Vsebnost nitratov v površinskih vodah je bila pod 2 mg/l, v podzemnih vodah pa pod 3,5 mg/l, kar je precej pod mejno vrednostjo nosilnih zmogljivosti okolja. S tem je izključena možnost, da bi živinoreja ali gnojenje bistveno vplivala na kakovost vodnega vira. Na podlagi vseh kazalcev lahko zaključimo, da obremenjenost zaradi rabe tal v dolini ne presega nosilnih zmogljivosti okolja. Gospodarske dejavnosti so sonaravne in prostorsko omejene, gozdna površina ostaja stabilna, kakovost voda pa ne kaže znakov degradacije.

Dosedanji naravni procesi in obstoječa raba prostora nakazujejo, da dolina Zaloka ostaja območje z visoko stopnjo naravne ohranjenosti, nizko stopnjo okoljskih obremenitev in s pomembno vlogo v hidrološkem režimu širše Šaleške doline. Izvajanje rednega monitoringa,

omejevanje dodatnih posegov in ustrezna upravljavska politika na ravni občine so ključni ukrepi za ohranitev vodne varnosti in biotske raznovrstnosti območja tudi v prihodnosti.

Na osnovi terenskega dela, laboratorijskih analiz in primerjalne kartografske analize lahko potrdimo, da so rezultati skladni s cilji diplomskega dela. Doline, kot je Zaloka, ki združujejo izjemne kraške značilnosti, občutljive hidrogeološke pogoje in nizko antropogeno obremenitev, predstavljajo model sonaravnega razvoja in primer dobre prakse za upravljanje z vodnimi viri in okoljem v Sloveniji.

5 POVZETEK

Diplomsko delo obravnava ranljivost okolja doline Zaloka s poudarkom na vodnih virih, predvsem potoka Ljubija, ki je pomemben vir pitne vode za Šaleško dolino. Obravnavano območje sodi v pas kontaktnega oziroma osamelega krasa, kjer se stikajo karbonatne in silikatne kamnine. Zaradi specifičnih geoloških razmer, je podzemna voda bolj dovzetna za onesnaženja. Kraški vodonosniki so zaradi svoje poroznosti in hitrih tokov vode slabo zaščiteni z naravnimi filtracijskimi procesi. Temeljni cilj diplomskega dela je bil ovrednotiti stopnjo obremenjenosti okolja in analizirati dolgoročne spremembe v hidroloških značilnostih območja. V okviru raziskave smo analizirali rabo tal, poraščenost z gozdom in poselitvene razmere ter jih uporabili kot kazalce obremenjenosti okolja.

Uporabljene metode vključujejo: analizo obstoječe študije ranljivosti okolja (Špes in sod., 2002), terensko vzorčenje fizikalno-kemijskih lastnosti vode, merjenje pretoka potoka Ljubija in kartografsko obdelavo rabe tal s pomočjo programa QGIS. Ključni kazalci obremenjenosti okolja so raba tal, poraščenost z gozdom in gostota poselitve.

Rezultati so pokazali, da se raba tal v dolini Zaloka v zadnjih desetletjih ni bistveno spremenila in ne presega nosilnih zmogljivosti okolja. Poselitev ostaja redka in prostorsko omejena. Kmetijska dejavnost je sonaravna, usmerjena predvsem v živinorejo, pri čemer pa ni zaznati pomembnih negativnih vplivov na okolje.

Primerjava meritev pretoka na potoku Ljubija z zgodovinskimi podatki iz leta 1978, je pokazala, manjša odstopanja. To nakazuje, na stabilnost kraškega vodnega sistema in vitalnost vodnega vira, kljub naravnim podnebnim nihanjem in omejenim človekovim posegom v prostor. Ugotovitve diplomskega dela kažejo, da ostaja okolje doline Zaloka območje z nizko stopnjo obremenjenosti. Dolina ima pomembno vlogo v hidrološkem režimu širše Šaleške doline, zato je nadaljnje varovanje vodnega vira Ljubija ter ohranjanje sonaravne rabe prostora ključnega pomena za dolgoročno vodno varnost in trajnostni razvoj območja.

SUMMARY

The diploma thesis examines the environmental vulnerability of the Zaloka Valley with a particular focus on water resources, especially the Ljubija stream, which represents an important source of drinking water for the Šalek Valley. The studied area belongs to the zone of contact or isolated karst, where carbonate and silicate rocks come into contact. Due to these specific geological conditions, groundwater is more susceptible to pollution. Karst aquifers are poorly protected by natural filtration processes because of their high porosity and rapid groundwater flow. The main objective of the thesis was to evaluate the level of environmental pressure and to analyze long-term changes in the hydrological characteristics of the area. Within the research framework, land use, forest cover, and settlement patterns were analyzed and used as indicators of environmental pressure.

The applied methods include an analysis of an existing environmental vulnerability study (Špes et al., 2002), field sampling of the physico-chemical properties of water, discharge measurements of the Ljubija stream, and cartographic analysis of land use using the QGIS software. The key indicators of environmental pressure were land use, forest cover, and settlement density.

The results showed that land use in the Zaloka Valley has not changed significantly in recent decades and does not exceed the environmental carrying capacity. Settlement remains sparse and spatially limited. Agricultural activity is environmentally sustainable and primarily focused on livestock farming, with no significant negative impacts on the environment identified.

A comparison of recent discharge measurements of the Ljubija stream with historical data from 1978 revealed only minor deviations. This indicates the stability of the karst water system and the vitality of the water source, despite natural climatic variability and limited human intervention.

The findings of the thesis indicate that the environment of the Zaloka Valley remains an area with a low level of environmental pressure. The valley plays an important role in the hydrological regime of the wider Šalek Valley; therefore, continued protection of the Ljubija water source and the preservation of sustainable land use are essential for long-term water security and sustainable regional development.

6 VIRI IN LITERATURA

1. Agencija RS za okolje. ARSO Vode. Vodni krog. 2020. Ljubljana. Dostopno na URL povezavi:
https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/hidro/watercycle/text/sl/observation_sites/springs/Ljubija.pdf
2. Agencija RS za okolje (ARSO). 2006. Podnebne razmere v Sloveniji. Ljubljana. Dostopno na:
https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/podnebne_razmere_v_sloveniji_71_00.pdf (17. 5. 2023).
3. Atlas okolja. Dostopno na URL povezavi:
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso
(26.10.2022)
4. Arhiv meritev 2023. ARSO. Dostopno na URL povezavi:
<https://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydlJWblR3LwVnaz9SYtVmYh9icFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGa pZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZuWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf;>
5. Berthelin, R., Hartman, A., 2019. The Shallow Subsurface of Karst Systems. Review and Directions. V: Bertrand, C., Denimal, S., Steinmann, M., Renard, P. (ur.). Besançon: Springer, str. 61-68. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14015-1_7.
6. Brenčič, M., 2000. *Hidrogeološka analiza velikih kraških izvirov v Sloveniji*. Doktorska disertacija. Ljubljana
7. Brenčič, M., 2000. *The study of karst spring recession in Slovenia*. Groundwater: past achievements and future challenges : proceedings of the 30 IAH Congress on Groundwater: Past Achievements and Future Challenges, Cape Town, South Africa, 26 November-1 December 2000 (str. 97-101)
8. Cerkvnik, R., 2006. Speleološke značilnosti krasa, Diplomsko delo
9. Cucchi, F., Zini, L., Calligaris, C. (ur), 2015. Vodonosnik klasičnega Krasa: projekt Hydrokarst. Trst: Edizioni Università di Trieste.
10. eKataster jam. Dostopno na URL povezavi:
<https://www.katasterjam.si/Home/DetailedCaveMap> (20.10.2022)
11. Ford, D., Williams, P. D., 2007. Karst hydrogeology and geomorphology. John Wiley & Sons. Dostopno na:
<https://sudartomas.files.wordpress.com/2012/11/karsthydrogeologyandgeomorphology1.pdf> (17. 5. 2023).
12. Gams, I., Kunaver, J., Radinja, D., 1973. *Slovenska kraška terminologija*. Ljubljana. Slovenska matica, (Vol. 55-70)
13. Gams, I., 1974. Kras : zgodovinski, naravoslovni in geografski oris. Ljubljana, Slovenska matica.
14. Gams, I., 1983. Geografske značilnosti Slovenije. Ljubljana, Založba Mladinska knjiga.

15. Gams, I., 1986. *Kontaktne fluviookrasne površine*. Acta carsologica. Ljubljana
16. Gams, I., 1986. Za kvantitativno razmejitev med pojmi gričevje, hribovje in gorovje. Geografski vestnik, 58.
17. Gams, I., 2003. *Kras v Sloveniji v prostoru in času*. ZRC Sazu. (Vol. 29-51) (Vol. 440-460)
18. Habe F., 1972. *Nekatere speleološke značilnosti osamljenega krasa Slovenije*. Naše jame 13 (1971), Ljubljana. (Vol. 45-52)
19. Habič, P., 1969. *Hidrografska rajonizacija krasa v Sloveniji*. Krš Jugoslavije, 6, str. 79-91 31.
20. Habič, P., Gospodarič, R., Habe, F., Kenda, I., Kranjc, A., Šušteršič, F., 1978. *Speleologic Map of Slovenia*, 4th Cont. Ljubljana. Naše jame, 19.
21. Hrvatinić, M., in sod., 2013. *Kras: trajnostni razvoj kraške pokrajine*. Založba ZRC (Vol. 11-13, 32 – 37)
22. Izvir Ljubije. Video gradivo. 2011. Dostopno na URL povezavi: <https://www.youtube.com/watch?v=fENQDKJxMFo>
23. Jelen, M., 2019. *Hidrološka analiza kraških izvirov v Sloveniji*. Magistrsko delo. (Vol. 71-75)
24. Jurkovšek, B., Biolchi, S., Furlani, S., ... Cucchi, F., 2016. *Geology of the Classical Karst Region (SW Slovenia–NE Italy)*. Journal of Maps. Dostopno na URL povezavi: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/17445647.2016.1215941?needAccess=true> (26.10.2022)
25. Kodre, G., 2015. *Geomorfološka analiza dobroveljske planote*. Diplomsko delo. Dostopno na URL povezavi: <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=105212&lang=slv>
26. Kolenc-Kolnik, K. (2004). Učbenik za geografijo v 6. razredu osnovne šole. Ljubljana: DZS
27. [Komunalno podjetje velenje.2023.](#)
28. Košutnik, J., 2006. Suhe doline na Krasu. Diplomsko delo. Ljubljana: Filozofska fakulteta.
29. Kozjek, K. 2016, Objektivna opredelitev podnebnih regij Slovenije. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani.
30. Krajnc, A., 1979. *Kras v povirju Ljubije*. Ljubljana. Dostopno na URL povezavi: https://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski_vestnik/2_Pred1999/GV_5101_031_042.pdf (16.10.2022)
31. Mihevc, A., 1991. *Morfološke značilnosti ponornega kontaktnega krasa v Sloveniji*. Geografsko društvo Slovenije.

32. Ministrstvo za naravne vire in prostor - MNVP. 2008. *Tipi površinskih voda za vrednotenje ekološkega stanja*. Dostopno na URL povezavi: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Voda/Ekolosko_stanje/tipi_povrsinskih_voda_vrednotenje_ekoloskega_stanja.pdf
33. Nadbath M., 2009. Meteorološka postaja Bele Vode. Agencija Republike Slovenije za okolje: Urad za meteorologijo. Naše okolje. Dostopno na: <https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/stations/bele-vode.pdf> (17. 05. 2023).
34. Novak, D., 1981. *Kraški svet v porečju Savinje*. Celjski zbornik, 1977-81 (Vol. 345 – 370)
35. Novak, D., 1974: *Osameli kras v Podravskem delu SR Slovenije Acta Carsologica*, 1959-78, Ljubljana.
36. Ogrin, D., 1995. Podnebni tipi v Sloveniji. Geografski vestnik 68, 39.
37. Pagon, J., 2019. *Kontaktne kras kot učni poligon – primer doline zaloke*. Diplomsko delo. Dostopno na URL povezavi: <https://www.vsvo.si/wp-content/uploads/2019/09/Diplomsko-delo-Jani-Pagon.pdf> (16.10.2022)
38. Pipan T, Culver DC (2019). Shallow subterranean habitats. Encyclopedia of Caves 896–908. doi:10.1016/b978-0-12-814124-3.00107-2.
39. PISO – Prostorski informacijski sistem občin/občina Šoštanj/ Dostopno na URL Povezavi: <https://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=sostani>
40. Slovenska kraška terminologija. 1973. Ljubljana, Katedra za fizično geografijo Oddelka za geografijo, Filozofska fakulteta.
41. Stepišnik, U., 2011a. Fizična geografija krasa. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete.
42. Stepišnik, U., 2020. *Fizična geografija krasa*. UL FF Oddelek za geografijo. Ljubljana
43. Špeh, N., Bubik, A., Barborič, B., 2021. *Vodnoekološke razmere na območju doline Zaloka*. Geografski vestnik. Dostopno na URL povezavi: <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/gv/article/view/8187/7621> (20.10.2022)
44. Špeh, N., Skoberne, P., 2017. *The landuse potentials of contact karst area - example of Zaloka Valley, Slovenia*. Prispevek na konferenci
45. Špeh, N., Bubik, A., Barborič, B., 2021. *Kakovost vodnih virov in raba tal na Vodovarstvenem območju Ljubija*. Regionalni razvoj včeraj, danes, jutri (Vol. 147-161). Dostopno na URL povezavi: <https://omp.zrc-sazu.si/zalozba/catalog/view/1974/8135/1519-2> (26.10.2022)
46. Špeh, N., Bubik, A., 2022. *Vulnerability of karst water sources – žegnan spring and ljubija tributary (ne slovenia)*. 5th International Conference EnRe - Energy & Responsibility (Vol. 107-110) Dostopno na URL povezavi: <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/686> (26.10.2022)

47. Špes, M., 2002. Pomen študij ranljivosti okolja za sonaravni razvoj Slovenije. Dela, 18, str. 585–599. URL: <http://revije.ff.uni-lj.si/Dela/article/view/1385/1189>
48. Špes, M., Cigale, D., Lampič, B., Natek, K., Plut, D., Smrekar, A., 2002. Študija ranljivosti okolja (Metodologija in aplikacija). Geographica Slovenica, 35, 1–2, 150 str. URL: http://giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/gs_clanki/GS_3501-02_006-150.pdf
49. Urbanič G., 2008. Subekoregije in bioregije celinskih voda Slovenije. Natura Sloveniae 10(1): 5-19 ZOTKS Gibanje znanost mladini.
50. Vertačnik, G. 2017. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961-2011. 3, Značilnosti podnebja v Sloveniji. Ljubljana : Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje.
51. Zorn, M., Komac, B. (2016). Naša družba 5. Učbenik za družbo v 5. razredu osnovne šole. Ljubljana: DZS.
52. ZRSS, (2016). i-učbenik za geografijo v 9. razredu OŠ. Dostopno na URL povezavi: <https://eucbeniki.sio.si/geo9/index.html>