

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



DIPLOMSKA NALOGA

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

Ljubljana, 2022

Univerza
v Ljubljani

*Fakulteta za
gradbeništvo in
geodezijo*



Kandidat/-ka:

Diplomska naloga št.:

Graduation thesis No.:

Mentor/-ica:

Predsednik komisije:

Somentor/-ica:

Član komisije:

Ljubljana, _____

POPRAVKI – ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
----------------	------------------	---------	--------

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojim mentorjema doc. dr. Mariu Krzyku in prof. dr. Janku Logarju za vse nasvete in strokovno pomoč, tako na terenu kot za ekrani. Hvala za vse odgovore na moja bolj ali manj »neumna« vprašanja. Veliko sem se naučila.

Družini se zahvaljujem za vso podporo v času študija ter za pomoč pri obiskovanju terena in strpnost v času nastajanja naloge.

Hvala tudi vsem sošolcem, ki ste naredili izkušnjo študija res prijetno in nepozabno. Posebna zahvala gre tudi sošolki in prijateljici Luciji Babij za pomoč pri lekturi.

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	502.51:628.1(497.4)(043.2)
Avtor:	Laura Rant
Mentor:	doc. dr. Mario Krzyk
Somentor:	prof. dr. Janko Logar
Naslov:	Ureditve vodovarstvenega območja na primeru Slugove doline
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	40 str., 9 pregl., 26 sl., 3 graf., 4 en., 5 pril., 46 virov
Ključne besede:	vodovarstveno območje, kanalizacijsko omrežje, MBR, plaz, padavine

Izvleček

Slugova dolina je primer območja razpršene poselitve, ki se opušča za stalno prebivanje, vendar še naprej uporablja kot vikend destinacija za oddih. Ker se nahaja na vodovarstvenem območju, je za zagotavljanje izpustov v okolje, manjših od predpisanih, potrebna preureditev komunalne infrastrukture – odvajanje in čiščenje odpadnih komunalnih voda ter odstranitev nelegalnega odlagališča odpadkov, ki je tam nastalo v preteklosti. Pri načrtovanju ustreznih rešitev je bil upoštevan tudi vpliv razmočenosti območja in predviden načrt dreniranja terena. Raziskan je bil tudi vpliv plazu Laze na območje Slugove doline in narejena analiza odvisnosti padavinskih podatkov okoliških padavinskih postaj od samodejne meteorološke postaje Blegoš, ki se nahaja neposredno na obravnavanem območju Slugove doline.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 502.51:628.1(497.4)(043.2)
Author: Laura Rant
Supervisor: Assis. Prof. Mario Krzyk, Ph. D.
Co-supervisor: Prof. Janko Logar, Ph. D.
Title: Arrangement of the water protection zone in the case of the Sluga Valley
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 40 p., 9 tab., 26 fig., 3 graph., 4 eq., 5 ann., 46 ref.
Keywords: Source Water Protection Area, sewage system, MBR, landslide, precipitation

Abstract

Sluga Valley is an example of scattered settlement area, which is abandoned for living but continues to be used as a weekend getaway destination. As it is located in a water protection area, in order to ensure permitted discharges into the environment, it is necessary to reorganize the municipal infrastructure - the drainage and cleaning of waste municipal water and the removal of the illegal waste dump that was created there in the past. During the planning suitable solutions, the impact of the wetness of the area was also considered, and planned design for draining the groundwater if necessary. The impact of the Laze landslide on Sluga Valley was also investigated, and an analysis of the rainfall data dependence of the surrounding rainfall stations on the automatic meteorological station Blegoš, which is located directly in the considered area of the Sluga Valley.

KAZALO VSEBINE

POPRAVKI – ERRATA.....	I
ZAHVALA.....	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO SLIK.....	VII
KAZALO PREGLEDNIC.....	VIII
KAZALO GRAFIKONOV.....	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI / ABBREVIATIONS AND SYMBOLS.....	X
1 UVOD	1
2 ODVAJANJE KOMUNALNIH ODPADNIH VODA.....	2
2.1 Odpadne kanalizacijske vode.....	2
2.1.1 Viri kanalizacijskih voda	2
2.1.2 Sestava in biokemijska obremenitev komunalnih odpadnih voda	3
2.2 Kanalizacijski sistemi.....	3
2.2.1 Vrste kanalizacijskih sistemov.....	3
2.2.2 Hidravlična obremenitev kanalizacijskega sistema	5
2.2.3 Dimenzioniranje cevi kanalizacijskega sistema.....	7
2.2.4 Revizijski jaški.....	8
3 ČIŠČENJE ODPADNIH VODA NA MALIH KOMUNALNIH ČISTILNIH NAPRAVAH	9
3.1 Greznice	10
3.2 Aerobne čistilne naprave z razpršeno biomaso	10
3.2.1 Sekvenčni biološki reaktor (SBR)	10
3.2.2 Mala komunalna čistilna naprava z membransko ultrafiltracijo (MBR)	11
3.3 Aerobne čistilne naprave s pritrjeno biomaso	13
3.3.1 Mala komunalna čistilna naprava s plavajočimi nosilci biomase (MBBR).....	13
3.3.2 Rastlinska mala komunalna čistilna naprava	13
3.4 Najpogostejše napake lastnikov malih komunalnih čistilnih naprav	14
3.5 Izpust vode v okolje.....	14
4 DIVJA ODLAGALIŠČA	15
4.1 Vrste odpadkov.....	15
4.2 Divja odlagališča v Sloveniji.....	16
5 VODOVARSTVENA OBMOČJA V SLOVENIJI	17
5.1 Vodovarstvena območja na medzrnskem vodonosniku.....	18
5.2 Vodovarstvena območja na kraškem vodonosniku.....	19
5.3 Vodovarstvena območja površinskih voda	19
5.4 Vodovarstveni režimi.....	21
6 OPIS OBSTOJEČEGA STANJA V SLUGOVI DOLINI	22

6.1	Meteorološke značilnosti Slugove doline	24
6.2	Komunalna ureditev obravnavanega območja	26
6.3	Plaz Laze	28
7	PREDLAGANE REŠITVE IZPOSTAVLJENIH PROBLEMOV.....	30
7.1	Idejna zasnova kanalizacijskega omrežja v Slugovi dolini.....	30
7.2	Idejna umestitev malih komunalnih čistilnih naprav v Slugovi dolini	32
7.3	Idejna zasnova drenažnih reber v Slugovi dolini	33
7.4	Ureditev divjega odlagališča v Slugovi dolini.....	35
8	ZAKLJUČEK	36
9	VIRI	37

KAZALO SLIK

Slika 1: Primerjava centraliziranega (levo) in decentraliziranega (desno) načina omrežja [6]	4
Slika 2: Primer kaskadnega revizijskega jaška [9]	8
Slika 3: Najpogostejši mikroorganizmi, ki sestavljajo aktivno blato [12]	9
Slika 4: Mala SBR čistilna naprava in faze čiščenja [15]	11
Slika 5: Shema delovanja MBR čistilne naprave z ločenim filtriranjem skozi membrano [16]	11
Slika 6: Shema delovanja MBR čistilne naprave z membranskim modulom v aerobnem reaktorju [17]	12
Slika 7: Membrana pred vgradnjo v malo komunalno čistilno napravo [16]	12
Slika 8: Shematični prikaz delovanja MBBR čistilne naprave [19]	13
Slika 9: Divja odlagališča v Sloveniji [25]	16
Slika 10: Pregledna karta vodovarstvenih območij v Sloveniji, 2021 [2]	17
Slika 11: Primer vodovarstvenega območja medzrnskega vodonosnika [29]	18
Slika 12: Primer kraškega vodovarstvenega območja [29]	19
Slika 13: Primer površinskih vodovarstvenih območij [29]	20
Slika 14: Lokacija obravnavanega območja glede na zemljevid Slovenije [29]	22
Slika 15: Obravnavano območje označeno z rdečo in VVO [35] na državni topografski karti [36]	23
Slika 16: Ortofoto posnetek območja [36]	23
Slika 17: Lokacije meteorološke in padavinskih postaj, s puščico je označena Slugova dolina [29] ...	24
Slika 18: Površinske vode. Svetlo modra predstavlja terenski popis, temno modra pa znane površinske vode (linijski hidrološki sloj [35]), s puščico označen izvir je vir pitne vode za objekte v Slugovi dolini	26
Slika 19: Vir vode za obravnavano območje z zajetjem, ki se nahaja na mestu puščice (foto: Laura Rant)	27
Slika 20: Območje s plastnicami in označenim nelegalnim odlagališčem odpadkov	27
Slika 21: Širše območje plazu Laze z rdeče označenim Zgornjim plazom in Plazom v vasi Laze, s puščico je označena Slugova dolina [39]	28
Slika 22: Pregledna situacija predvidenega kanala [36]	30
Slika 23: Tloris poteka drenažnih reber	33
Slika 24: Shematski prikaz vzdolžnega prereza drenaže	34
Slika 25: Uporabljeni materiali (od leve proti desni): čepasta folija [44], drenažna cev [42] in filtrski geosintetik [45]	35
Slika 26: Zbirni center Studeno [46]	35

KAZALO PREGLEDNIC

Tabela 1: Karakteristične vrednosti povprečnih komunalnih odplak [3]	3
Tabela 2: Vrednost dnevne porabe vode se spreminja tudi glede na št. prebivalcev [5].....	6
Tabela 3: Notranja območja VVO [26]–[28].....	18
Tabela 4: Meje VVO za zajem površinskih voda.....	20
Tabela 5: Povzetek vodovarstvenih režimov [28]	21
Tabela 6: Podnebni podatki za Slugovo dolino [29]	24
Tabela 7: Mesečne količine padavin med leti 2017 in 2021 na samodejni meteorološki postaji Blegoš [37]	29
Tabela 8: Izračun sušnega odtoka za najbolj obremenjen odsek kanala K1	31
Tabela 9: Kontrola hitrosti in višine vode v cevi.....	32

KAZALO GRAFIKONOV

Graf 1: Primerjava dnevnih količin padavin samodejne postaje Blegoš s padavinsko postajo Davča .	25
Graf 2: Primerjava dnevnih količin padavin samodejne postaje Blegoš s padavinsko postajo Leskovica	25
Graf 3: Primerjava dnevnih količin padavin samodejne postaje Blegoš s padavinsko postajo Martinj vrh	25

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI / ABBREVIATIONS AND SYMBOLS

q_{od}	Pretok vseh odpadnih voda.
q_h	Pretok hišnih odpadnih voda.
q_i	Pretok industrijskih ali tehnoloških odpadnih voda.
q_{kmet}	Pretok kmetijskih odpadnih voda.
q_{kom}	Pretok komunalnih odpadnih voda.
q_t	Pretok tujih voda.
q_{pad}	Pretok padavinskih voda.
q_s	Sušni odtok.
n_p	Norma porabe vode.
I	Podolžni padec cevi.
n	Manningov koeficient hrapavosti.
BPK_5	Biokemijska potreba po kisiku po petih dneh – to je merilo za količino kisika, ki ga potrebujejo aerobni mikroorganizmi za razkrajanje organske snovi v vzorcu vode v petih dnevih v temi pri temperaturi 20 °C.
PE	Populacijski ekvivalent – enota za obremenjevanje vode.
KPK	Kemijska potreba po kisiku.
N	Nitrogen – dušik.
P	Phosphorus – fosfor.
TSS	Total suspended solids – skupne suspendirane snovi.
ČN	Čistilna naprava.
MKČN	Mala komunalna čistilna naprava.
SBR	Sequencing batch reactor – sekvenčna čistilna naprava.
MBR	Membrane bioreactor – membranska čistilna naprava.
MBBR	Moving Bed Biofilm Reactor – čistilna naprava z biomaso na plavajočih nosilcih.
VVO	Vodovarstveno območje.
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje.
PE	Polietilen.
PEHD	Polietilen visoke gostote.

1 UVOD

Slovenija je prepoznavna po svoji razpršeni poselitvi, kar predstavlja velik izziv pri ureditvi komunalne infrastrukture. Nekateri manjši kraji, ki so oddaljeni od večjih mestnih središč, se opuščajo za bivanje, hkrati pa postajajo priljubljena točka za počitniške nastanitve. Po drugi strani pa je že nekaj let prisoten tudi trend suburbanizacije in selitve izven mest, kjer je kvaliteta bivanja lahko večja in cenejša.

Cilj izgradnje komunalnih čistilnih naprav je zagotavljati varstvo vseh površinskih in podzemnih voda na območju Slovenije pred organskim in mikrobiološkim onesnaženjem ter nenadzorovanim vnosom dušika in fosforja. Z vstopom v Evropsko unijo se je Slovenija zavezala, da bo do konca leta 2015 uredila odvodnjo in čiščenje odpadnih voda v aglomeracijah, večjih ali enakih 2000 PE, ki bodo zagotavljale vsaj sekundarno čiščenje. Do konca leta 2021 bi morala poskrbeti tudi za izgradnjo malih komunalnih čistilnih naprav na občutljivih območjih za aglomeracije od 500 PE do 2000 PE ter do konca leta 2023 na vseh ostalih območjih. Kazalci okolja na portalu Agencije Republike Slovenije za okolje pa kažejo, da je Slovenija v letu 2021 imela 68-odstoden delež prebivalstva, ki je bil priključen na komunalne oziroma skupne čistilne naprave – to uvršča Slovenijo nizko na lestvico držav EU glede pokritosti čiščenja odpadne vode. Slaba tretjina prebivalstva v Sloveniji še vedno uporablja greznice, od tega pa le dober odstotek predstavljajo MKČN z zmogljivostjo manjšo od 50 PE [1].

Razpršena poselitev pomeni tudi razpršen odvzem vode za potrebe pitne vode v okolici. Posledično pomeni, da imamo v Sloveniji veliko virov pitne vode, ki jih je potrebno ustrezno zaščititi. Zaščita vodnega vira lahko poteka tudi z uveljavitvijo vodovarstvenih pasov, ti pa s seboj prinašajo ustrezne omejitve in prepovedi, ki so namenjene zaščiti vode, namenjene za pitje. Določitev vodovarstvenega območja ima veliko birokracije in posledično tudi stroškov. Čeprav se površine vodovarstvenih območij v Sloveniji povečujejo, še vedno nismo dosegli zastavljenega cilja – vsa zajetja za javno vodooskrbo s pitno vodo morajo biti zavarovana z aktom na državni ravni. Več kot polovico jih še vedno definirajo le občinski odloki. Leta 2021 so vodovarstvena območja v Sloveniji obsegala 3.532 km², kar predstavlja 17,4 % kopne površine Republike Slovenije [2].

Slugova dolina je primer območja razpršene poselitve, ki se opušča za stalno prebivanje, vendar še naprej uporablja kot vikend destinacija za oddih. Neredna uporaba pa še ni izgovor za neustrezno komunalno ureditev ter opuščanje sanacije starejšega nelegalnega odlagališča odpadkov, saj se območje Slugove doline nahaja na vodovarstvenem območju.

2 ODVAJANJE KOMUNALNIH ODPADNIH VODA

Kanalizacijsko omrežje je nastalo z namenom preprečitve širjenja nalezljivih bolezni in ohranitve kvalitete vode v naravi. Z naraščanjem prebivalstva ter koncentracijo poselitve mest in vasi samočistilna sposobnost vodotokov ne omogoča zadostnega čiščenja zaradi katerega je ogroženo njihovo ekološko stanje in prav tako zdravje ljudi. Sodoben način življenja nas spodbuja k vedno večji porabi vode, ki bi lahko povzročila vedno večje onesnaženje. Komunalne odpadne vode praviloma zbiramo, obdelujemo na čistilnih napravah in prečiščene spuščamo v vodotoke ali morje [3].

2.1 Odpadne kanalizacijske vode

2.1.1 Viri kanalizacijskih voda

Kanalizacijske vode imenujemo vse vode, ki odtekajo v kanalizacijo. Zaradi različnih lastnosti vode (onesnaženost, količina in spreminjanje velikosti odtoka) jih delimo na več skupin: odpadne vode, tuje vode in padavinske odpadne vode.

Odpadne vode (q_{od}) imenujemo tudi odplake, ki odtekajo v kanalizacijsko omrežje s stanovanjskih in proizvodnji namenjenih območij. Vse vode so ne glede na vir onesnažene. V njih so raztopljene organske in anorganske snovi ter neraztopljeni trdni delci, maščobe, prisotni so tudi mikroorganizmi. Glede na izvor jih delimo na:

- **Hišne odpadne vode (q_h)** so vode, ki jih spuščamo v kanalizacijo iz stanovanjskih naselij, bolnic, šol, gostinstev, poslovnih objektov, ... in nastanejo ob pripravi hrane, umivanju, pranju perila ali čiščenju prostorov. Količina se spreminja predvsem med dnevom in nočjo. Pri hišnih odpadnih vodah je pričakovana spremenljiva koncentracija organskih snovi, v manjših koncentracijah se pojavljajo tudi kemikalije.
- **Industrijske ali tehnološke odpadne vode (q_i)** nastanejo v industrijskih obratih in so posledica tehnološkega postopka, zraven pa prištevamo tudi odpadno vodo zaradi čiščenja prostorov in sanitarne vode v obratu. Pred izpustom v javno kanalizacijsko omrežje je pogosto potrebno predčiščenje, saj so pričakovane visoke koncentracije organskega ali drugega onesnaženja – odvisno od panoge in tehnološkega postopka. Pogosto je industrijska proizvodnja tudi največji onesnaževalac, saj v kanalizacijo spušča snovi, ki jih na čistilni napravi ni mogoče razgraditi.
- **Kmetijske odpadne vode (q_{kmet})** so vse vode, ki odtekajo v kanalizacijo zaradi kmetijske in živinorejske proizvodnje. Za njih je značilna visoka obremenitev z organskimi snovmi, pričakovana je tudi povečana vsebnost fekalnih bakterij in nitratov.
- **Komunalne odpadne vode (q_{kom})** odtekajo v kanalizacijo zaradi čiščenja cest, trgov in kanalov. Največje onesnaženje je pričakovano po daljšem sušnem obdobju.

Tuje vode (q_t) so vode, ki nekontrolirano vdirajo v kanalizacijsko omrežje zaradi slabe vodotesnosti (pogosto posledica poškodb ali zastaranja omrežja). Vir tujih voda je ponavadi visoka podtalnica, drenažna voda, izviri ali potoki. Pri ločenem sistemu lahko voda iz zgornje cevi (meteorna) priteče v spodnjo (fekalna). Tuje vode so lahko tudi posledica nepravilno priključene meteorne cevi na omrežje (nelegalni priključek).

Pri tujih vodah ne pričakujemo visokih koncentracij onesnaženja, so pa lahko moteče, saj prevelika količina vode lahko povzroči poplave ali dodatno škodo na omrežju.

Padavinske (q_{pad}) ali meteorne vode so padavine, ki odteka v kanalizacijo s streh, s prometnih površin in drugih urejenih površin. Ko je suho vreme, v mešani ali meteorni kanalizaciji ni padavinskih voda, ob nalivih pa [3] so te količine lahko tudi do 100-krat večje od količine odpadnih voda. Količinsko nihanje je najbolj problematično v mešanem kanalizacijskem sistemu. Največja dovoljena hitrost padavinske vode v kanalizacijskem sistemu je 3 m/s, saj s tem zmanjšamo vplive brušenja cevi zaradi drobnega peska, ki ga nosi s seboj [4]. Najmanjša dovoljena hitrost pa znaša 0,5 m/s, saj s tem preprečimo zastajanje blata v ceveh. Zastajanje odpadne vode v kanalizacijskem sistemu povzroča gnitje, nastanek smrdelih, lahko tudi eksplozivnih plinov ter kislih spojin, ki bi razžirale cevi, predvsem betonske.

2.1.2 Sestava in biokemijska obremenitev komunalnih odpadnih voda

Vsak prebivalec povprečno na dan ustvari okrog 150 litrov odpadne vode, za katere je značilna poraba 60 g kisika v petih dneh (BPK_5). Na podlagi teh podatkov je bila izvedena enota za obremenjevanje vode – populacijski ekvivalent (PE) in predstavlja povprečno obremenitev po osebi na dan. Obremenitve komunalne odpadne vode so prikazane v Tabeli 1. Uporaba PE je predpisana tudi v Uredbi o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. Biološka obremenitev industrijskih ter obrtniških odpadnih vod se prav tako izraža v PE in se preračunava iz dejanske biološke obremenitve. [5]

Pri dimenzioniranju čistilnih naprav se torej običajno upoštevajo naslednje vrednosti:

Tabela 1: Karakteristične vrednosti povprečnih komunalnih odpadkov [3]

Parameter	Količina	Enota	Koncentracija [g/L]
Volumen	150	L/PE*dan	/
KPK	120	g/PE*dan	0,8
BPK_5	60	g/PE*dan	0,4
N	11	g/PE*dan	0,07
P	2,5	g/PE*dan	0,017
T_{SO}	70	g/PE*dan	0,47

2.2 Kanalizacijski sistemi

2.2.1 Vrste kanalizacijskih sistemov

Kanalizacijske sisteme glede na vrsto odpadnih voda ločimo na tri podvrste:

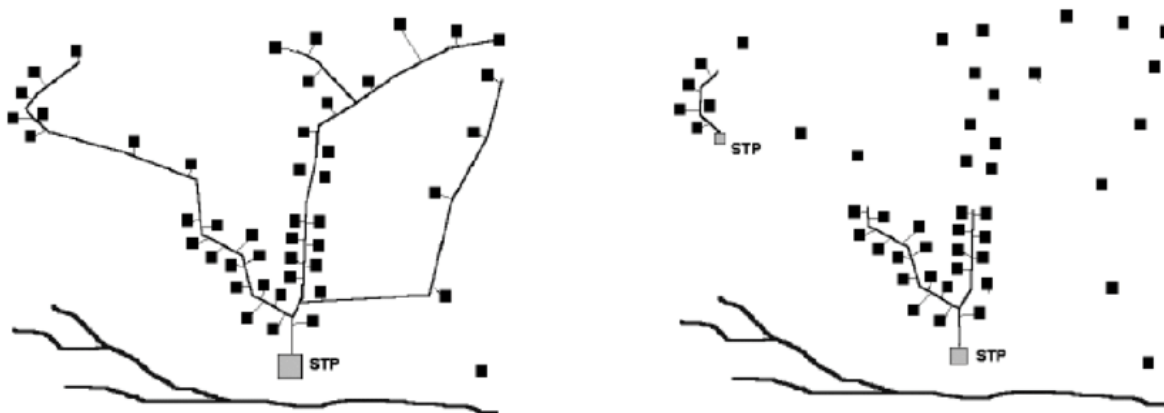
- **Mešani kanalizacijski sistem** po istih ceveh ob padavinskem dogodku hkrati odvaja meteorno in odpadno vodo. Za dimenzije cevi je zato merodajen padavinski odtok, čeprav so v času sušnega odtoka cevi skoraj prazne (obremenjene le z odpadno vodo). Za tovrsten sistem je značilno manj zanesljivo delovanje čistilnih naprav, obstaja pa tudi možnost preobremenitve

sistema. V ta namen so na omrežju postavljeni razbremenilniki, ki v času deževja odvajajo odpadne vode v vodotoke brez organskega čiščenja. Prednost takšnega sistema je nizka cena izvedbe.

- **Ločeni kanalizacijski sistem** ima posebno kanalsko omrežje za meteorno in odpadno vodo. Meteorna voda je ponavadi speljana po ceveh v najbližji odvodnik oz. na sistem za ponikanje, odpadna voda pa po kanalizacijskem omrežju do čistilne naprave. Njeno delovanje je zaradi relativno stalnega dotoka bolj zanesljivo. Ob večjih nalivih ni nevarnosti poplavljanja kleti. Slabost takšnega sistema je večja zapletenost in manjša preglednost, zaradi dvojnih cevi pa sta investicijska cena ter vzdrževanje skoraj podvojena. Obstaja tudi nevarnost napačnega priključevanja na sistem zaradi česar se lahko zgodi, da neprečiščeno odpadno vodo spuščamo direktno v odvodnik.
- **Delno ločeni sistem** je nastal z namenom zmanjšanja in zakasnitve padavinskega odtoka ter upoštevanja lastnosti (kakovosti) odpadnih voda iz različnih virov. Čisto padavinsko oz. meteorno vodo poskušamo z ločenim sistemom odvesti do najbližjega odvodnika, ponikati ali zadržati na lokaciji padavin, medtem ko deževnico, ki se onesnaži na svoji poti (prvi val onesnaženja), vodimo v mešan kanalizacijski sistem.

Ločen sistem je bolj značilen za manjša naselja (pod 1000 PE), medtem ko se v večjih mestih gradi mešan ali delno ločen kanalizacijski sistem. Pri tem je pri sodobnejših sistemih poudarek na zadrževanju padavinske vode na mestu nastanka in posledično zmanjševanju visoke konice na kanalizacijskem omrežju. Odtok zakasnimo z retenzijskimi bazeni ali zadrževalniki, čisto vodo pa ponikamo takoj, ko je to mogoče. Posledično potrebujemo manjše prereze kanalskih cevi, čistilne naprave pa so enakomernejše obremenjene ter bolje delujejo [5].

Sisteme delimo tudi na centralizirane in decentralizirane sisteme. Centralizirani sistemi so z mrežo (tudi dolgih) kanalov povezani na eno večjo čistilno napravo. Decentraliziran pristop pa predstavlja več manjših čistilnih naprav, ki so smiselno postavljene v prostor za več objektov skupaj, ali za vsako posamezno gospodinjstvo posebej. Prednost centraliziranega sistema je večja kontrola izpusta, slabost pa manjša kontrola vira. Pri decentraliziranem sistemu je ravno obratno.



Slika 1: Primerjava centraliziranega (levo) in decentraliziranega (desno) načina omrežja [6]

Glede na način odvoda ločimo [3]:

- **Gravitacijski oz. težnostni** kanalizacijski sistem – to je sistem, ki se je edini že uporabljal v daljši zgodovini, saj je najbolj enostaven in omogoča delovanje brez uporabe energije. Slabost takšnega sistema je draga izvedba na ravninskem terenu zaradi globokih izkopov, pri slabše nosilnih tleh in tleh z visoko podtalnico, ko je potrebno cevi temeljiti, da se cevi ne dvignejo oz. posedejo. Minimalni zahtevan padec cevi določa minimalna hitrost 0,4 m/s, ocenimo pa ga lahko tudi z grobim pravilom: premer v mm je naklonsko število (cev premera 200 mm ima minimalni naklon 1:200, kar predstavlja 0,5 %). Zgornja omejitev hitrosti pa določa izbiro premera in vrste cevi.
- **Tlačni sistem** je bolj primeren za ločene kanalizacijske sisteme na ravninskih območjih in za premagovanje večjih višinskih razlik vzpenjajočega terena v smeri toka kanalizacijske vode. Tlak se ustvarja s črpalkami, ki so razporejene po omrežju. Za svoje delovanje potrebuje električno energijo in stalen nadzor, kar prinaša večje obratovalne stroške. Minimalna hitrost mora biti 0,8 m/s, saj s tem preprečimo usedanje in gnitje odpadne vode.
- **Vakuumski oz. podtlačni** kanalizacijski sistem je povezan na centralno vakuumsko postajo, ki s pomočjo podtlaka izsesava odpadno vodo v cevi. Za sistem je značilen žagast podolžni prerez z najdaljšo dolžino voda 2 km. Hitrosti toka so velike, kar pomeni manj težav z zastajanjem odplak v kanalu.

2.2.2 Hidravlična obremenitev kanalizacijskega sistema

Poleg biokemijske poznamo tudi hidravlično obremenitev kanalizacijskega sistema. Ta je predvsem odvisna od porabe vode, v mešanih kanalizacijskih sistemih pa tudi od višine padavinskih voda. Pri hidravličnem dimenzioniranju upoštevamo sledeče dotoke [5]:

$$q_s = q_h + q_i + q_t \quad (1)$$

Sušni odtok q_s predstavlja vsoto hišne q_h , industrijske q_i in tuje vode q_t .

Kanalizacijo načrtujemo za obdobje 50 let (amortizacijska leta, ki jih označujemo s črko n), pri čemer moramo upoštevati tudi prirast prebivalstva po naslednji enačbi [5]:

$$q_h = A_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n \cdot n_p = A \cdot n_p \quad (2)$$

A_0 predstavlja sedanje število prebivalcev v naselju, p pa letni prirast prebivalcev obravnavanega območja. Norma porabe (n_p) je izražena v litrih na osebo na dan in predstavlja osnovno količino za dimenzioniranje sistemov [7]. Vrednosti norme porabe so predstavljene v Tabela 2. Norma porabe se spreminja glede na veliko različnih dejavnikov, med njimi so tržno-ekonomska cena pitne vode, število prebivalcev, življenjski standard, kakovost sistema, ... V zadnjih časih pa lahko rečemo tudi, da se poraba vode manjša zaradi splošnega zavedanja o porabi vode in cene vode.

Tabela 2: Vrednost dnevne porabe vode se spreminja tudi glede na št. prebivalcev [5]

Velikost naselja	Maksimalna dnevna poraba ($n_{p, max}$)	Srednja dnevna poraba ($n_{p, s}$)	Dnevna količina odpadnih voda Q_d
Enota	L/osebo/dan	L/osebo/dan	L/osebo/dan
Mala podeželska naselja (do 2.000 prebivalcev)	80 – 100	80	150
Večja podeželska naselja (2.000 – 10.000 prebivalcev)	150 – 200	80 – 120	180
Mala mesta (10.000 – 20.000 prebivalcev)	150 – 200	120 – 150	220
Srednja mesta (20.000 – 100.000 prebivalcev)	300 – 400	180 – 200	220
Velika mesta (nad 100.000 prebivalcev)	350 – 500	200 – 300	>260
Turistični kraji (npr. toplice)	400 – 500	200 – 300	

Za planiranje in projektiranje se uporablja norma porabe enega porabnika v povprečnem dnevu leta. Ta je predpisana v občinskem Tehničnem pravilniku javnega vodovoda Občine Beltinci in je prenosljiv na katerikoli sistem ter se lahko uporabi pri načrtovanju tako vodovoda kot kanalizacije [8]:

- gospodinjstva 150 litrov/osebo/dan,
- turizem 200 litrov/posteljo/dan,
- domovi za ostarele 200 litrov/posteljo/dan,
- gostinstvo 20 litrov/gosta/dan,
- javne ustanove 50 litrov/zaposlenega/dan,
- gospodarstvo (brez tehnološke vode) 50 litrov/zaposlenega/dan,
- šole 15 litrov/dijaka/dan,
- veliko živino 50 litrov/glavo,
- malo živino 15 litrov/glavo.

V občinah, kjer že daljše časovno obdobje izvajajo meritve porabe vode z vodomeri, pa se upošteva dejanska poraba vode.

Poraba vode ne poteka enakomerno, vendar zaznamo značilna nihanja. Preko dneva lahko pričakujemo višjo porabo zjutraj, opoldne in zvečer, vmes pa vpad. Razlike so v manjših krajih z manj prebivalci še bolj opazne kot v večjih mestih. Nihanja so lahko tudi letna – npr. turistični kraji ob morju imajo lahko veliko večjo porabo v poletnem času v primerjavi z zimo.

Za dimenzioniranje kanalizacije uporabimo sušni maksimalni odtok, ki predstavlja od 1/10 do 1/18 celotnega dnevnega pretoka v litrih oz. kubičnih metrih na dan. V kolikor odtokov ne moremo meriti, za izračun odtoka hišnih odpadnih voda q_h na eno populacijsko enoto pravilom upoštevamo vrednost 0,004 l/s.

Pri industrijskih odpadnih vodah q_i sta proces in obremenitev vode zelo specifična, zato vrsti industrijskega procesa posebej prilagodimo pretok obremenitev.

H komunalnemu odtoku, ki ga predstavlja vsota q_h in q_i , pa prištejemo tudi tujo odpadno vodo, ki je v veliki meri odvisna od dotoka podtalnice v sistem ter nelegalnih priključkov in lahko znaša tudi do 100 % sušnega odtoka q_s . Pri ločenem sistemu kanalizacije predpostavimo, da je količina tujih vod enaka količini komunalnih odpadnih vod [3].

2.2.3 Dimenzioniranje cevi kanalizacijskega sistema

Poznamo tri vrste načina odvajanja: gravitacijsko, tlačno in vakuumsko. Glede na vrsto načina odvajanja ter upoštevanja ločenega oz. mešanega sistema se lotimo dimenzioniranja cevi. Minimalna velikost cevi je določena s strani občine, ki izda občinski Pravilnik o tehnični izvedbi kanalizacije.

Pri težnostnem sistemu upoštevamo vso predvideno vodo in izbranim padcem kanala, ki se prilagajajo terenu in pravilom o hitrosti vode v cevi. Krajše odseke računamo po konservativni metodi hidravličnega računa. Premer cevi se običajno dimenzionira v skladu s smernicami ATV-A110 po Prandtl-Colebrookovi formuli [3]:

$$Q = S \cdot \left[-2 \cdot \ln \left(\frac{2,51 \cdot v}{D \cdot \sqrt{2gID}} + \frac{k}{3,71 \cdot D} \right) \right] \cdot \sqrt{2gID}, \quad (3)$$

kjer je:

Q – pretočna zmogljivost v m³/s,

S – pretočni presek cevi v m²,

v – kinematična viskoznost (za odpadne vode znaša 1,31*10⁻⁶ m²/s),

D – premer cevi v m,

I – podolžni padec cevi,

k – koeficient trenja,

ln – naravni logaritem.

Pri okroglih enostavnih sistemih lahko vse skupaj še malo poenostavimo z uporabo De Chezy-jeve enačbe in Manningovega koeficienta trenja n. Notranji premer cevi določimo po enačbi, odvisni od pretoka Q in kvadratnega korena padca:

$$d_{\min} = \left(\frac{3,208 \cdot Q \cdot n}{\sqrt{I}} \right)^{0,375} \quad (4)$$

Po izračunu naredimo še kontrolo hitrosti in višine zapolnjenosti cevi.

Višina vode v cevi, kjer imamo padavinsko vodo (mešana in meteorna kanalizacija), ne sme presegati več kot 70 % notranjega prereza. Pri ločenem sistemu pa polnitev cevi za sušni odtok ne sme presegati 50 %.

Pri dimenzioniranju cevi si namesto z enačbami lahko pomagamo tudi s tabelami.

Največji in najmanjši padec definirajo omejitve hitrosti odpadne vode v ceveh. Za določitev največjega in najmanjšega padca si lahko pomagamo s poenostavljeno enačbo 1/D, kjer D predstavlja notranji premer cevi. Za minimalni padec vstavimo premer v milimetrih, za maksimalni padec pa premer v centimetrih. V enačbo vstavljamo samo številko, brez enote.

Vodotesnost kanalov je pomembna predvsem na vodovarstvenih območjih ter za preprečevanje vdiranja tujih voda v omrežje. Za preverjanje vodotesnosti poznamo več različnih preizkusov (z zrakom in vodo), ki se izvedejo s strani pooblaščenih organizacij, ko je omrežje že postavljeno. Test se lahko izvede na izbranem odseku omrežja ali na celotnem omrežju.

Preizkus **z zrakom** je enostavnejši in hitrejši ter zato pogostejše izveden. Poskus poteka tako, da izbran odsek na omrežju zatesnimo in ga napolnimo s preizkusnim tlakom, ki je vnaprej določen glede ne

material cevi. Po poteku predpisanega časa preverimo padec nadtlaka, ki ne sme presegati dovoljenega (2,5 – 15 milibarov). V primeru neuspešnega preizkusa z zrakom, izvedemo še preizkus **z vodo**, kjer moramo kanal napolniti z vodo. Pri teh pogojih je zelo malo verjetno, da je poskus z vodo uspešen, nam pa natančneje pokaže problematična mesta na kanalu.

Na vodovarstvenih območjih je test vodotesnosti kanalizacijskega omrežja obvezen [3], [4].

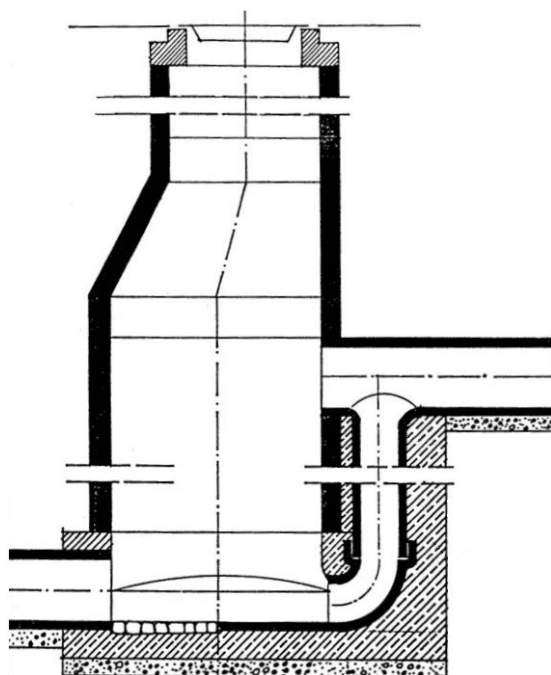
Globina vkopavanja cevi kanalizacijskega omrežja mora biti pod mejo zmrzovanja.

2.2.4 Revizijski jaški

Revizijski jaški so objekti na kanalizacijskem omrežju, ki služijo za kontrolo in vzdrževanje omrežja, nekateri pa imajo tudi vlogo disipacije energije. Glede na lokacijo umestitve so jaški pokriti s pohodnim ali povoznim pokrovom in morajo biti dovolj veliki, da je omogočen pregled, čiščenje in popravilo. Jašek in vsi njegovih priključki morajo biti izvedeni vodotesno in zagotavljati nemoten odtok ter preprečevati zastajanje vode in blata v ceveh.

Revizijski jaški se gradijo na začetku kanala, mestih spremembe (npr. debelejša cev, sprememba naklona ali horizontalnega poteka), mestih priključkov ter po potrebi na določeni razdalji. So najpogostejši jaški na kanalizacijskem omrežju.

Posebna vrsta revizijskih jaškov so **kaskadni jaški**. Ti so namenjeni disipaciji energije pri sistemu, kjer je površje pod velikim naklonom. Tako preprečimo, da bi hitrost vode v cevi presegala 3 m/s. Razlika med vstopnim in izstopnim kanalom mora biti večja od 50 cm. Od navadnega revizijskega jaška se razlikuje po tem, da je opremljen še z dodatnim cevnim spojem, ki delno razbremeni preliv in varuje dno jaška pred delovanjem erozije. Ponavadi je dno jaška utrjeno s tonalitnimi kockami, ki zmanjšujejo vpliv kinetične energije vode, po potrebi pa jašek na dnu še podaljšamo in opremimo z drčo [4].



Slika 2: Primer kaskadnega revizijskega jaška [9]

3 ČIŠČENJE ODPADNIH VODA NA MALIH KOMUNALNIH ČISTILNIH NAPRAVAH

Male komunalne čistilne naprave so vse čistilne naprave, ki obdelujejo odpadno vodo enega samega gospodinjstva pa vse do 2000 PE. Ker imamo v Sloveniji veliko naselij, ki imajo manj kot 2000 prebivalcev, so male čistilne naprave zelo pomembne. Gradijo se za majhna in razpršena naselja, kjer je izgradnja javnega kanalizacijskega sistema ekonomsko neupravičena (priključitev na javno kanalizacijsko omrežje bi povzročila tudi do trikrat večje stroške oz. bi bila potrebna izgradnja več kot 100 m dolgega kanala [10]).

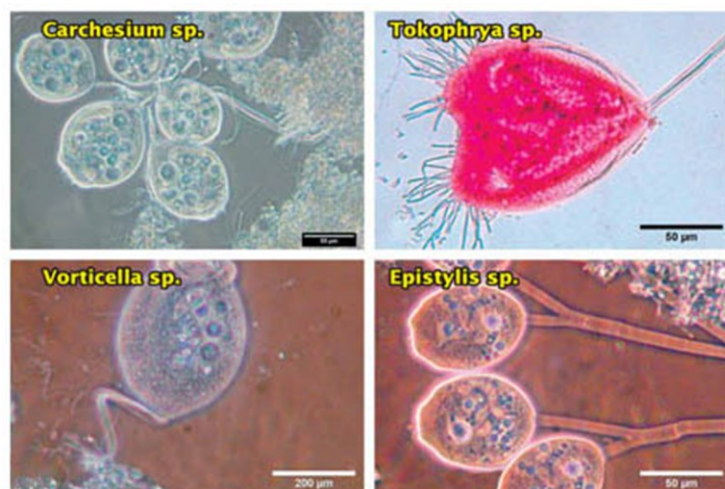
Investicijska cena in vzdrževanje se lahko razlikujejo glede na tip male čistilne naprave. Slabost manjših sistemov je predvsem slab nadzor nad obratovanjem in ustrezno kakovostjo odpadne vode na izpustu. [5].

Mala komunalna čistilna naprava do 50 PE za gradnjo ne potrebuje gradbenega dovoljenja, saj se obravnava kot enostavni objekt. Po njenem zagonu je na MKČN potrebno izdelati Poročilo o prvih meritvah (med 3. in 9. mesecem po začetku delovanja). Po Uredbi o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode mora izvajalec javne službe opraviti pregled vseh malih čistilnih naprav na svojem območju, začenši eno leto po izvedenih prvih meritvah.

Malo čistilno napravo imenujemo »tipska« v primeru, da ima zmogljivost manjšo od 50 PE in je gradbeni proizvod v skladu s standardom SIST EN 12566-3 ali drugim enakovrednim mednarodnim standardom [11].

Poznamo tri vrste čiščenja odpadne vode. **Primarna** oz. mehanska obdelava odstrani večje delce in nekatere suspendirane snovi, medtem ko **sekundarna** oz. biološka obdelava uporablja aerobne ali anaerobne mikroorganizme, združene v kosmih, da razgradi večino organske snovi in obdrži okoli 20-30 % hranil. Samo primarna obdelava ne odstrani amonija, medtem ko sekundarna (biološka) obdelava odstrani približno 75% amonija. **Terciarna** oz. napredna obdelava pa še bolj učinkovito odstrani organske snovi. Na splošno vključuje zadrževanje dušikovih in deloma tudi fosforjevih spojin [1].

Male čistilne naprave z biološkim čiščenjem delujejo s pomočjo mikroorganizmov, ki v vodi razgrajujejo raztopljene organske snovi in dušikove spojine. Navadno so to aerobne bakterije, zato pri delovanju biološke ČN potrebujemo postopek ozračevanja – aeriranja. Za aeracijo pa je potrebna električna energija.



Slika 3: Najpogostejši mikroorganizmi, ki sestavljajo aktivno blato [12]

Obdelava odpadne vode z aktivnim blatom je zelo pogost postopek. Aktivno blato je skupek mikroorganizmov (nekaj jih je predstavljenih na Slika 3), ki razgrajujejo organske ogljikove in dušikove spojine ter akumulirajo fosfor. Ti mikroorganizmi se potem združujejo v kosme, ki postanejo usedljivi [12].

3.1 Greznice

Včasih so se za individualne objekte, ki niso bili priključeni na javno kanalizacijsko omrežje, gradile greznice. Definirane so kot neprepusten zbiralnik odpadne vode iz posameznega objekta in ne spada med male čistilne naprave.

Neprepustne greznice so danes obvezne na območjih, kjer ni urejeno kanalizacijsko omrežje in čiščenje vode v mali komunalni čistilni napravi ni izvedljivo. Primer je prepoved odvajanja odpadne vode v vodotok ali prenizke temperature, ki negativno vplivajo na delovanje MKČN. Greznice brez odtoka zahtevajo zbiranje in (običajno drag) odvoz odpadne vode do čistilne naprave, kjer se ustrezno obdelajo [5]. Na enak način postopamo tudi pri kemičnih straniščih.

Pri **prepustnih greznicah** je pred izpustom v okolje urejeno usedanje blata, kar pa še ne ustreza standardom za izpust v okolje. Tovrstne greznice imajo ponavadi več prekatov za umirjanje odpadne vode. Njihova gradnja je v zadnjih letih zaradi spremembe zakonodaje prepovedana, vendar je še vedno veliko gospodinjstev na Slovenskem območju opremljenih s tovrstnim objektom.

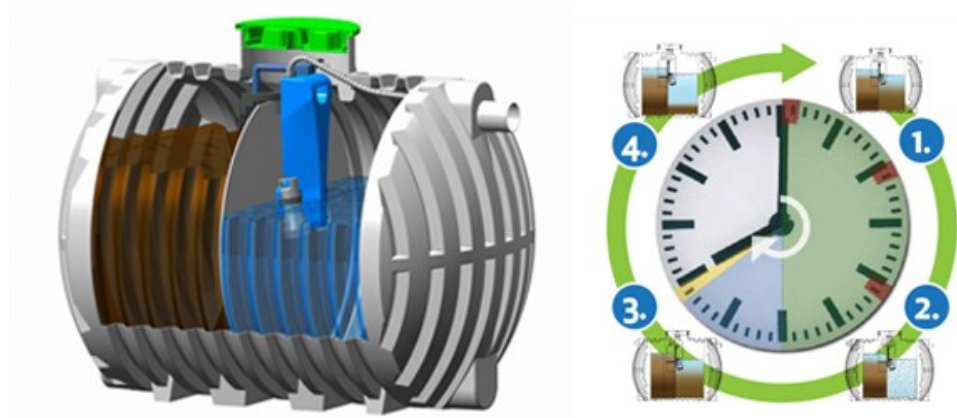
Delovanje večprekatne pretočne greznice predstavlja primarno obdelavo odpadne vode. Obstoječo infrastrukturo bi posledično lahko uporabili kot del sistema male komunalne čistilne naprave kot predobdelava odpadne vode. To vodo pa bi dalje obdelali npr. na rastlinski čistilni napravi ali biološkem filtru [13], [14]. Tako bi se lahko izognili visokim stroškom izgradnje kanalizacije in postavitvi nove čistilne naprave.

3.2 Aerobne čistilne naprave z razpršeno biomaso

Glavna značilnost MKČN z razpršeno biomaso je, da se aktivno blato nahaja in prosto giblje v komunalni odpadni vodi. Med aerobne čistilne naprave z razpršeno biomaso se uvrščajo čistilne naprave s popolnoma premešanim kontinuirnim reaktorjem z aktivnim blatom, sekvenčnim biološkim ali cevnim reaktorjem, membranskim bioreaktorjem in lagune. Najpogostejše so predstavljene v sledečih podpoglavjih. Razpršeno biomaso imajo tudi lagunske čistilne naprave, vendar so aerobne le v primeru, da imajo urejeno tudi prezračevanje.

3.2.1 Sekvenčni biološki reaktor (SBR)

Za tovrstni sistem je značilno, da vse faze čiščenja potekajo v istem reaktorju. Voda se v reaktorju nadzorovano očisti v šestih do osmih urah. Za aerobno fazo čiščenja potrebujemo kisik, ki ga ustvarja aerator s pomočjo električne energije. Ob izklopu prezračevanja se voda umiri, blato se potopi na dno reaktorja, nad njim pa nastane plast obdelane vode, ki jo potem izpustimo v okolje [11], [15].

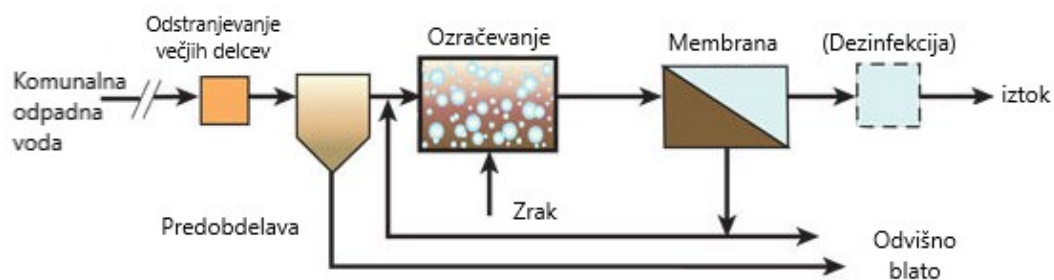


Slika 4: Mala SBR čistilna naprava in faze čiščenja [15]

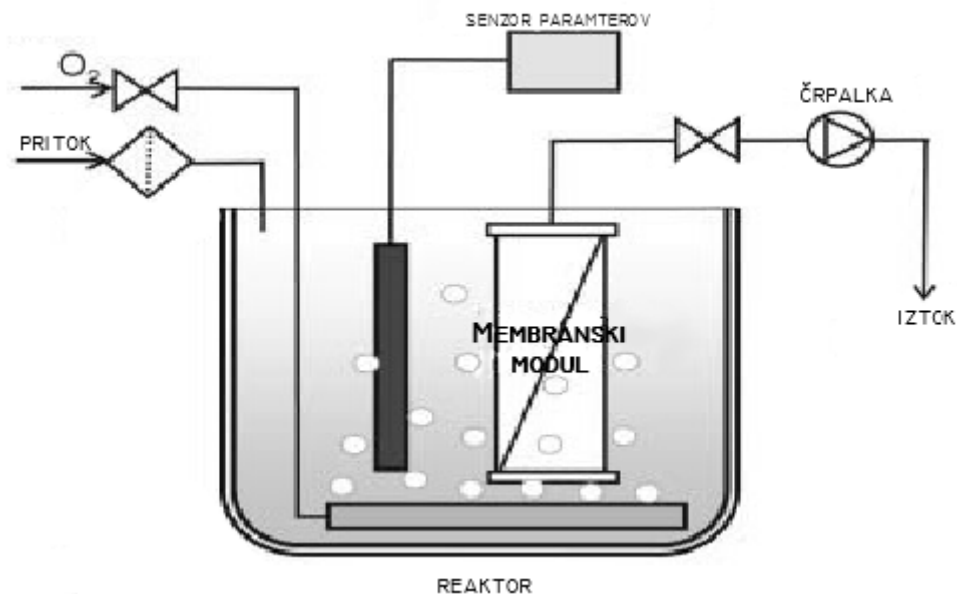
3.2.2 Mala komunalna čistilna naprava z membransko ultrafiltracijo (MBR)

MBR tehnologija omogoča biološko čiščenje v kombinaciji z membransko mikrofiltracijo. Ta nadomešča sekundarni usedalnik in terciarno filtriranje – ultrafiltracijo. S pomočjo te tehnologije lahko dosežemo tudi delno dezinfekcijo vode. Tako se na izpustu znebimo trdnih in večine raztopljenih snovi tudi mikroorganizmov (npr. fekalne bakterije, *Escherichia coli*, ...), ki so manjši od 0,035 mikrometra.

V prvem rezervoarju poteka primarno usedanje z zbiranjem viška blata. Pred tem se po potrebi odstranijo večji trdni delci. Drugi rezervoar pa je namenjen aerobni biološki obdelavi z aktivnim blatom ter membranski ultrafiltraciji. Ultrafiltracija lahko poteka v aeriranem biološkem bazenu (Slika 6) ali pa izven njega (Slika 5). Na koncu postopka lahko po potrebi vodo pred izpustom še dodatno dezinficiramo. [16], [17].



Slika 5: Shema delovanja MBR čistilne naprave z ločenim filtriranjem skozi membrano [16]



Slika 6: Shema delovanja MBR čistilne naprave z membranskim modulom v aerobnem reaktorju [17]

Poleg boljše kvalitete in mikrobiološke kakovosti prečiščene vode so prednosti MBR čistilne naprave tudi krajši hidravlični zadrževalni časi in manjša količina odpadnega blata, ki nastaja kot produkt v sistemu ter da v primeru daljšega obdobja brez dotoka deluje le z minimalnimi potrebami energije za vzdrževanje življenja mikroorganizmov, potrebnih za delovanje čistilne naprave. Med drugim je 35-45 % manjša pridelava odvišnega blata kot pri konvencionalni tehnologiji, kar posledično prinaša tudi manjše stroške za odvoz le-tega.

Pričakovane slabosti so višji stroški obratovanja, možnost zamažitve membran in posledično stroški čiščenja in menjave [16], [18].



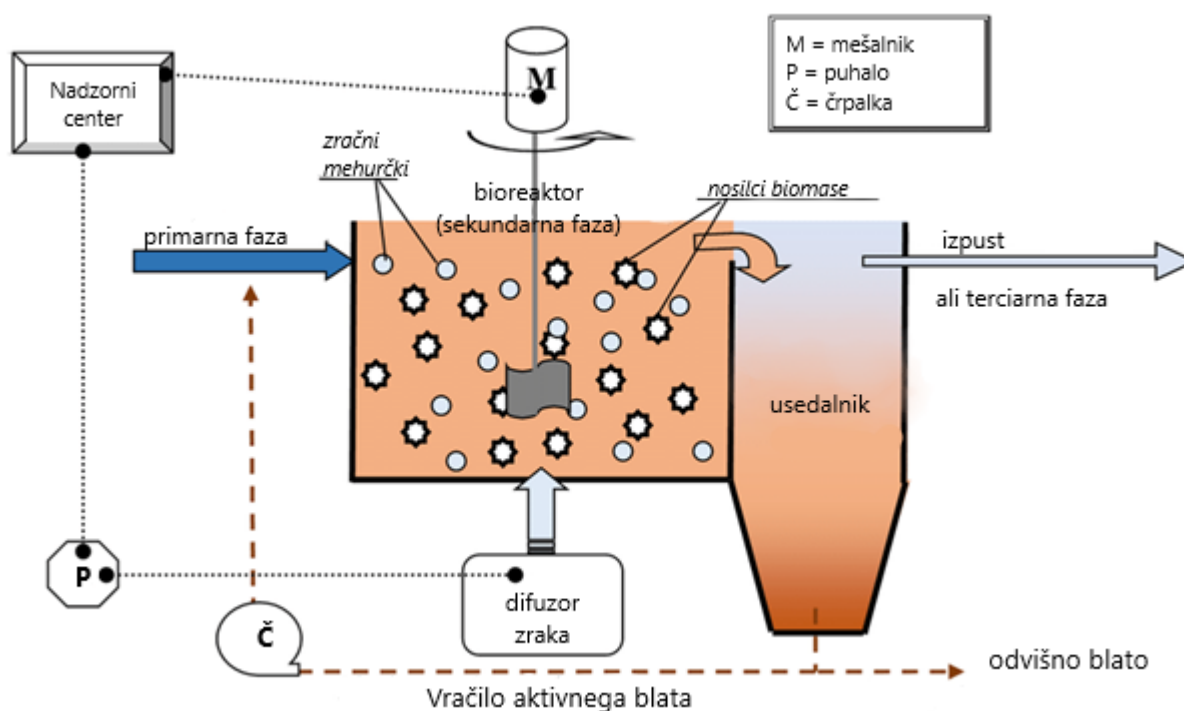
Slika 7: Membrana pred vgradnjo v malo komunalno čistilno napravo [16]

3.3 Aerobne čistilne naprave s pritrjeno biomaso

Aktivno blato je lahko pritrjeno na različne nosilce. Nosilci so lahko prosto plavajoči (MBBR), se rotirajo na potopnikih ali pa so pritrjeni na precejalnik. Med čistilne naprave s pritrjeno biomaso uvrščamo tudi rastlinske čistilne naprave.

3.3.1 Mala komunalna čistilna naprava s plavajočimi nosilci biomase (MBBR)

Ta sistem vsebuje majhne nosilce biomase, navadno iz umetne mase, ki lebdijo v prezračevalnem prekatu. Na njih se naselijo mikroorganizmi in omogočajo večjo površino za delovanje aktivnega blata. Obdelava odpadne vode poteka v 4 fazah: polnjenje, prezračevanje, usedanje in črpanje vode.



Slika 8: Shematični prikaz delovanja MBBR čistilne naprave [19]

3.3.2 Rastlinska mala komunalna čistilna naprava

Rastlinske čistilne naprave oponašajo čistilne sposobnosti naravnih močvirij, njihov videz pa se navadno lepo sklada z okolico. Za svoje delovanje ne porabljajo elektrike in omogočajo delovanje z nizkimi stroški vzdrževanja. Iz odpadne vode lahko odstrani organske snovi, fosforjeve in dušikove spojine. Poznamo več vrst rastlinskih čistilnih naprav. Glede na lokacijo toka vode ločimo rastlinske ČN s površinskim ali podpovršinskim tokom. Najpogostejše rastlinske čistilne naprave s podpovršinskim tokom vode pa delimo na ČN z vertikalnim in horizontalnim tokom vode [20].

3.4 Najpogostejše napake lastnikov malih komunalnih čistilnih naprav

Na območjih, kjer ni urejenega kanalizacijskega sistema, so MKČN danes obveznost vsake novogradnje oz. rekonstrukcije objekta, izbira male čistilne naprave pa ponavadi stoji na lastniku objekta. Najpogostejše napake, ki jih naredijo kupci [21]:

- neustrezna velikost MKČN,
- neustrezna izbira tehnologije,
- neustrezna izbira lokacije in nepravilno speljan iztok v vodotok,
- neupoštevanje plazječega terena, ki deformira plastično ohišje MKČN,
- izklop elektrike, ki bi onemogočala ozračevanje aktivnega blata in posledično bi prišlo do odmiranja mikroorganizmov za biološko čiščenje.

3.5 Izpust vode v okolje

Pri izpustu odpadne vode v okolje velja načelo, da je potrebno vodo pred izpustom očistiti do te stopnje, da ne ogroža naravnega stanja. Pri tem upoštevamo, da ne ogrozimo samočistilne sposobnosti odvodnika ter uporabnikov, ki so locirani dolvodno. Glede na to določimo potrebno stopnjo čiščenja na ČN.

Odpadno vodo najpogosteje odvajamo v površinski odvodnik – **vodotok**. Pri tem upoštevamo tudi namembnost vodotoka (npr. v primeru kopalnih voda dolvodno je potrebno predvideti dezinfekcijo izpustne vode) in samočistilno sposobnost vodotoka. Podobni pogoji veljajo tudi za izpust odpadne vode v **morje**, kjer je pomembna tudi oddaljenost od obale. V Sloveniji odvod očiščene odpadne vode v **jezera** ni dovoljen.

Obstaja tudi možnost **ponikanja** odpadne vode v podzemno vodo. Ponikanje se izvede povsod, kjer odvod v površinski odvodnik ni mogoč. Pri ponikanju, ki se ga lahko izkoristi tudi za namakanje, poteka naravni princip čiščenja vode, ki pa ni nujno zanesljiv. Če voda ni dovolj očiščena tvegamo onesnaženje pitne vode ali kmetijskega zemljišča.

4 DIVJA ODLAGALIŠČA

Odpadki so eden od največjih problemov sodobne družbe. Leta 2019 je v Sloveniji nastalo okoli 8,4 milijona ton vseh vrst odpadkov. Več kot polovica vseh odpadkov je posledica storitvenih dejavnosti, tretjina jih nastane v proizvodnih dejavnostih in manj kot 10 odstotkov v gospodinjstvih [22].

Okrog 70 procentov se jih odloži na komunalno urejena odlagališča, medtem ko preostanek zelo verjetno konča na enem od divjih odlagališč. To so mesta, kjer so odpadki odloženi v naravi, kjer ni predvideno njihovo zbiranje in imajo posledično negativen vpliv na okolje – predvsem na podzemno vodo. Posledično negativno vplivajo na zdravje ljudi, ki živijo v okolici [23].

V gospodinjstvih nastajajo različne vrste odpadkov. Danes mešane komunalne in biološke odpadke ter odpadno embalažo (plastika, kovine in sestavljeni materiali) izvajalec javne službe mora zbirati po sistemu od vrat do vrat. Prav tako mora lokalno komunalno podjetje zagotoviti ločeno zbiranje odpadnega papirja in kartona, plastike, sestavljenih materialov in stekla. Odpadke, ki jih ne moremo odložiti doma ali v neposredni okolici, lahko brezplačno odložimo na odlagališčih odpadkov [22].

4.1 Vrste odpadkov

Definicija odpadka je, da je to snov ali predmet, ki ga imetnik zavrže, namerava zavreči ali mora zavreči. Odpadke delimo na nevarne in nenevarne glede na nevarnost za okolje in zdravje ljudi [22].

Nevarni odpadki so definirani kot odpadki s povišano vsebnostjo škodljivih in nevarnih snovi. Podani so tudi v katalogu nevarnih odpadkov in kot nevarne jih opredeljuje Baselska konvencija. Takšne odpadke je pred odlaganjem potrebno fizikalno-kemijsko obdelati do te mere, da ustrezajo kriterijem za nenevarne odpadke.

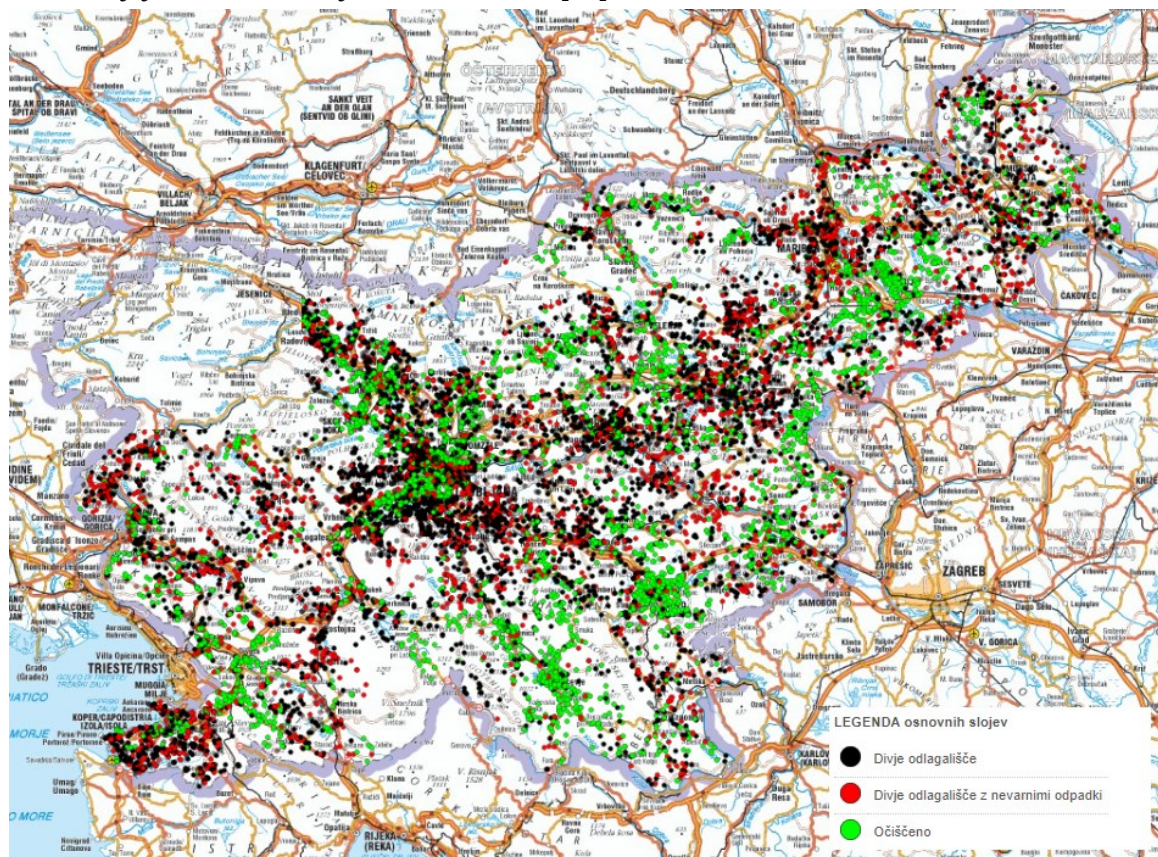
Nenevarni odpadki pa so vsi gradbeniški in drugi odpadki, ki vsebujejo nizko ali omejeno količino nevarnih in škodljivih snovi ter so naštet v katalogu nenevarnih odpadkov. Njihovi izmerjeni parametri ustrezajo kriterijem za nevarnostni potencial, da so izcedne vode odlagališča po enostavnem čiščenju primerne za izpust v vodotok [5].

Odpadke delimo tudi glede na nastanek. To so:

- komunalni odpadki (iz gospodinjstva),
- odpadki proizvodnih in storitvenih dejavnosti,
- odpadki iz kmetijstva,
- odpadki pri pridobivanju nekovinskih mineralnih surovin (miniranje),
- odpadna embalaža,
- odpadna električna in elektronska oprema,
- odpadne baterije in akumulatorji,
- izrabljena vozila,
- gradbeni odpadki (gradnja in rušenje),
- biološki odpadki,
- odpadki iz zdravstva,
- radioaktivni odpadki.

4.2 Divja odlagališča v Sloveniji

Divja odlagališča so pri nas pričela nastajati nekje v petdesetih letih prejšnjega stoletja, vzporedno s hitrim tehnološkim razvojem in potrošniškim načinom življenja. Ločeno zbiranje takrat še ni bilo urejeno, deponije pa so bile zelo oddaljene (tudi plačljive), zato je človek odvečne izdelke začel odlagati po skritih koticah v naravi [23]. Večina divjih odlagališč v Sloveniji je posledica preteklosti – včasih je skoraj vsaka slovenska vas imela svoje divje odlagališče. Odmetavanje smeti v naravo je bilo takrat skoraj normalno, saj je država imela pomanjkljiv sistem ravnanja z odpadki. Danes divja odlagališča še vedno nastajajo, vendar v manjši meri kot nekoč [24].



Slika 9: Divja odlagališča v Sloveniji [25]

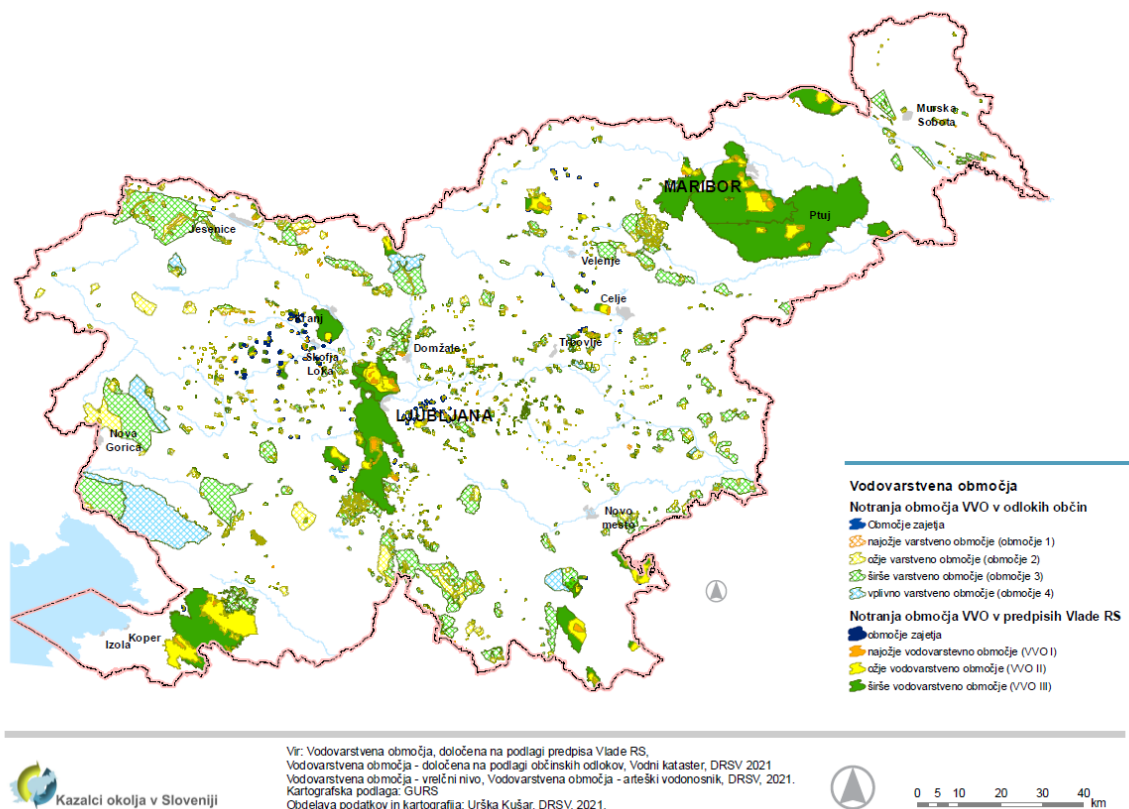
Leta 2019 je bilo v Sloveniji evidentiranih 13.559 divjih odlagališč, najdenih v gozdovih, na travnikih, poteh, vodnih površinah, vrtačah ter kraških jamah in brezni. Seveda ta številka ne odraža realnega stanja, v okolju je divjih odlagališč še več – nekatera so celo prekrita, da niso opazna na prvi pogled [23].

Med leti 2010 in 2019 je bil izveden natančnejši popis divjih odlagališč. Glede na rezultate popisa, lahko izpostavimo najpogostejše nelegalno odložene odpadke [23]:

- gradbeni odpadki,
- kosovi odpadki,
- komunalni odpadki,
- organski odpadki,
- pnevmatike in
- nevarni odpadki.

5 VODOVARSTVENA OBMOČJA V SLOVENIJI

Vodovarstvena območja (VVO) so pravni preventivni ukrep, s katerim omejimo rabo prostora z namenom zmanjšanja tveganja poslabšanja kakovosti vode. Posredno zagotavljamo tudi zadostno količino vode in njeno zdravstveno ustreznost.



Slika 10: Pregledna karta vodovarstvenih območij v Sloveniji, 2021 [2]

Po Zakonu o vodah so območja ter režimi varstva na njih, določeni z uredbo s strani vlade in je podlaga za sprejetje Pravilnika o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Ur. List RS št. 64/04, 5/06, 58/11, 15/16). Izhodišča za opredelitev vodovarstvenega območja temeljijo na naravnih danostih območja, dolgoročnemu pomenu vodnega telesa in pogojih zagotavljanja pitne vode. Upošteva se tudi ocene ali izračune poti mikroorganizmov, kemijskih ter fizikalnih onesnaževal vzdolž toka površinske ali podzemne vode do zajetja. Vodovarstveno območje pa se ne vzpostavi v primeru, da je cena vzpostavitve tehnologij čiščenja in priprave pitne vode nižja od stroškov za vzpostavitev VVO [26].

Zaradi različnih stopenj varovanja delimo vodovarstveno območje na širše, ožje in najožje območje. Vsako območje mora zagotavljati sprejemljivo tveganje za določeno vrsto onesnaženja. Po potrebi območja razširimo še na podobmočja.

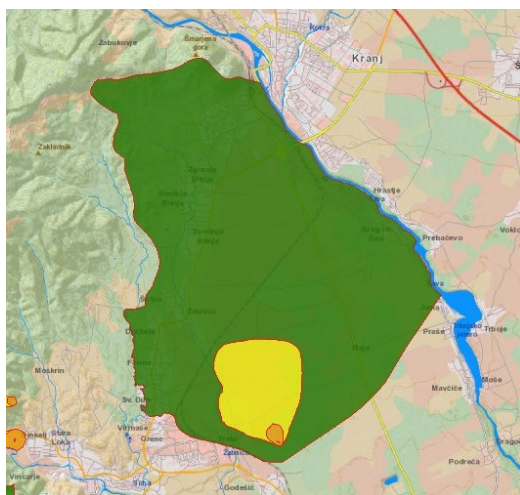
Tabela 3: Notranja območja VVO [26]–[28]

	Meja	Sprejemljivo tveganje	Ukrepi	Barva
Cona 0	Ograjeno območje zajetja.	/	Popolna prepoved	Rdeča
Najožje območje (VVO I)	Blizu zajetja.	Za onesnaženje z mikroorganizmi in drugimi onesnaževali.	Najstrožji	Oranžna
Ožje območje (VVO II)	Območje, ki zagotavlja dovolj dolg zadrževalni čas, dovolj veliko razredčenje in dovolj dolg čas za ukrepanje.	Onesnaževala, ki počasi razpadajo.	Strogi	Rumena
Širše območje (VVO III)	Celotno napajalno območje.	Radioaktivne snovi, druge obstojne in počasi razpadajoče snovi.	Blagi	Zelena

Meje vodovarstvenih območij so določene po parcelnih mejah. Določena so na podlagi naravnih in drugih danosti vodnega telesa in njegovega napajalnega območja. Določimo jih z različnimi metodami: izračunom radija (najmanj zanesljiv, vendar je strošek določanja VVO nizek), analitičnimi in numeričnimi modeli toka podzemne vode in prenosa snovi (slednji pa so bolj zanesljivi, vendar tudi dražji za izdelavo). Za izračun se običajno uporablja povprečni pretok odvzema vode oz. izvira [28].

5.1 Vodovarstvena območja na medzrnskem vodonosniku

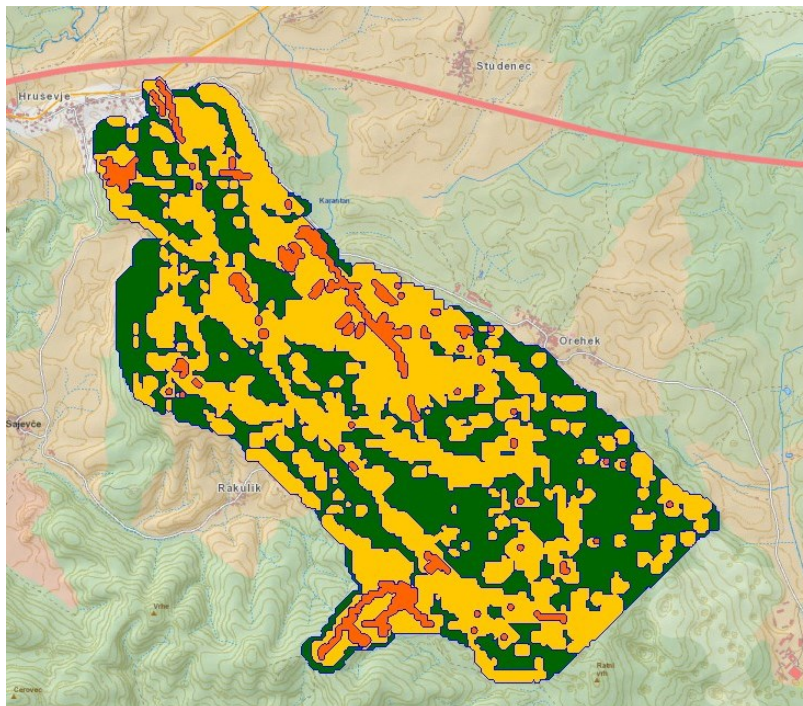
Medzrnski vodonosnik ima veliko samočistilno sposobnost, tok vode pa je počasen, pogosto poenostavljamo, da je laminaren. Pri določanju mej vodovarstvenih območij upoštevamo metodo časov dospelja in razredčenja do zajema vode. Širše vodovarstveno območje je omejeno z razvodnico podzemne vode, ožje območje definira 400-dnevna izohrona, najožje območje pa 50-dnevna izohrona. Izohrona je črta na zemljevidu, ki povezuje kraje, ki so iz izbranega izhodišča dosegljivi v enakem času. To pomeni, da je čas dospelja nekega onesnažila v VVO I med 0-50 dni, v VVO II med 50-400 dni in VVO II več kot 400 dni.



Slika 11: Primer vodovarstvenega območja medzrnskega vodonosnika [29]

5.2 Vodovarstvena območja na kraškem vodonosniku

Značilnost kraškega podzemlja je med drugim relativno hiter pretok vode in nizka samočistilna sposobnost. Razne jame in brezna lahko zelo pospešijo čas dospelja vode, zato so vodovarstvena območja na kraškem površju pogosto nesklajena. Zaradi tega se za določitev meje vodovarstvenega območja uporablja metoda časa intervencije (»čas ukrepanja«). Najozžje VVO predstavljajo vsa zakrasela območja na napajalnem območju, ki imajo čas dospelja vode do črpališča krajši od 12 ur. Ožje VVO pa predstavljajo območja, od koder čas dospelja vode traja dlje kot 12 ur. Širše območje ponovno predstavlja podzemna razvodnica napajalnega območja [28].



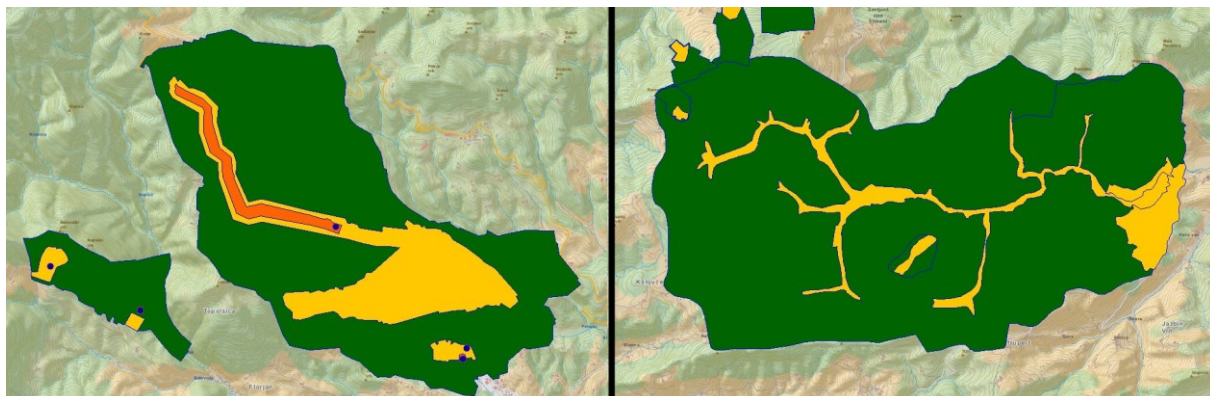
Slika 12: Primer kraškega vodovarstvenega območja [29]

5.3 Vodovarstvena območja površinskih voda

Vodo lahko zajemamo tudi iz površinskih virov kot so reke, jezera in zaježitve. Glede na velikost in potrebe za določanje VVO izbiramo med tremi različnimi metodami:

- Metoda izbranih razdalj
- Metoda časov dospelja in razredčenja (T_{iz} = čas dospelja do črpališča)
- Metoda časa intervencije (T_{uk} = čas dospelja do črpališča)

Ne glede na uporabljeno metodo pa pri ožjem in najozžjem vodovarstvenem območju prištejemo 100-metrski obrežni pas. Širše območje (VVO III) predstavlja celotno napajano območje – porečje [28].



Slika 13: Primer površinskih vodovarstvenih območij [29]

Tabela 4: Meje VVO za zajem površinskih voda

Metoda	Stoječe površinske vode (jezera, zaježitve, ...)	Tekoče površinske vode (potoki, reke, površinski izviri, ...)
Metoda izbranih razdalj	VVO I: celotna akumulacija + 100 m VVO II: Vse tekoče in stoječe površinske vode, ki napajajo akumulacijo + 100 m	VVO I: 15 km gorvodno + 50 m dolvodno + 100 m VVO II: Vse tekoče in stoječe površinske vode, ki napajajo zajetje + 100 m
Metoda časov dospetja in razredčenja	VVO I: $T_{iz} < 10 \text{ dni} + 100 \text{ m}$ VVO II: $T_{iz} < 20 \text{ dni} + 100 \text{ m}$	VVO I: $T_{iz} < 1 \text{ dan} + 100 \text{ m}$ VVO II: $T_{iz} < 5 \text{ dni} + 100 \text{ m}$
Metoda časa intervencije	VVO I: $T_{uk} < 12 \text{ ur} + 100 \text{ m}$ VVO II: $T_{uk} < 48 \text{ ur} + 100 \text{ m}$	VVO I: $T_{uk} < 4 \text{ ure (ali vsaj 500 m gorvodno)} + 100 \text{ m}$ VVO II: $T_{uk} < 12 \text{ ur} + 100 \text{ m}$

5.4 Vodovarstveni režimi

Vodovarstveni režimi so določeni v obliki prepovedi, omejitev in zaščitnih ukrepov. Ti so navedeni v Prilogi 1 v Pravilniku o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja.

Tabela 5: Povzetek vodovarstvenih režimov [28]

	VVO I	VVO II	VVO III
Gnojenje	Gnojenje ni dovoljeno (razen gnojenja na način ekološkega kmetijstva), obvezna je celoletna ozelenjenost obdelovalnih kmetijskih površin	Gnojenje je dovoljeno, če niso presežene mejne vrednosti vnosa dušika (z uredbo), obvezen je gnojilni načrt	Gnojenje je dovoljeno, če niso presežene mejne vrednosti vnosa dušika, obvezen je gnojilni načrt.
Sredstva za zaščito rastlin	Samo sredstva, ki so dovoljena po pravilih ekološkega kmetijstva	Dovoljena so le sredstva z dovoljenjem za prodajo v cvetličarnah, prehrabnih trgovinah, ... Na kraškem VVO nobeno sredstvo ni dovoljeno.	Dovoljena so le sredstva z dovoljenjem za prodajo v cvetličarnah, prehrabnih trgovinah, ...
Gradnja	Prepoved gradnje novih stanovanjskih in nestanovanjskih stavb	Prepoved rezervoarjev, silosov, skladišč, odlagališč odpadkov, vojaških objektov, naftovodov, plinovodov	Prepoved rezervoarjev, silosov, skladišč, odlagališč odpadkov ter uporaba nevarnih materialov
Izpusti odpadnih vod in ČN	Ponikanje očiščene vode ni dovoljeno.	MKČN in greznice niso dovoljene	MKČN in greznice niso dovoljene

6 OPIS OBSTOJEČEGA STANJA V SLUGOVI DOLINI

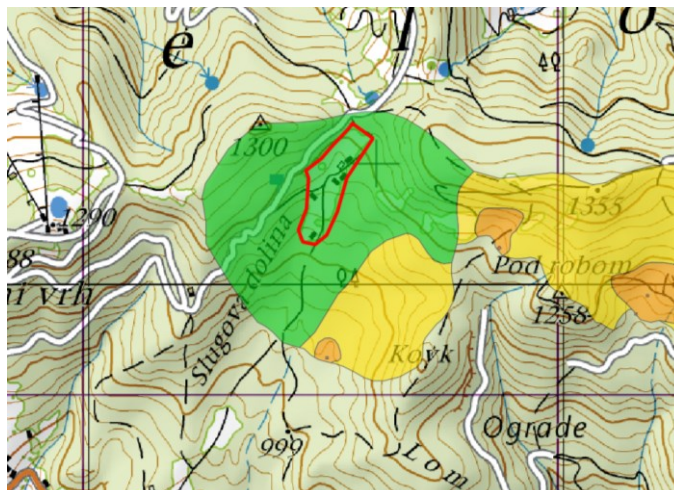
Slugova dolina se nahaja v občini Železniki, v Škofjeloškem hribovju, zahodno od Blegoša in vzhodno od Črnega vrha. Povprečna nadmorska višina »poseljenega« dela je 1170 m. Glede na Pedološko karto tla sestavljajo distrična rjava tla [29]. Osnovna Geološka karta pa nam pove, da na psevdoziljskih skladah najdemo temno siv drobnik, alevrolit in glinasti skrilavec, tuf in temno siv apnenec triasne starosti [30].



Slika 14: Lokacija obravnavanega območja glede na zemljevid Slovenije [29]

Nekoč so se tamkajšnji prebivalci ukvarjali s kmetijstvom, danes pa je ekstenzivno obdelovanje površin opuščeno, stalno naseljen pa je le en objekt. Tam stojijo 3 hiše in 4 vikendi, ki so, razen ene stanovanjske hiše, le občasno naseljeni. Po mojih ocenah se na lokaciji občasno zadržuje okrog 15 prebivalcev. Občasni prebivalci se v Slugovi dolini nahajajo v toplejših mesecih leta.

Območje Slugove doline je pod vodovarstvenim območjem državnega reda. Vodni vir polni zajetje Robidnica-Laze-Lajše-Krnica in oskrbuje okrog 90 prebivalcev sosednje občine Gorenja vas – Poljane. Dnevna poraba vode znaša 14 m³ [31]. Uporabniki vodovoda so občasno obveščeni o obveznem prekuhanju vode za zagotavljanje ustrezne kakovosti za pitno vodo [32]–[34]. Za mejo obravnavanega območja sem si izbrala širše območje poseljenega dela (označeno na Slika 15 in Slika 16). Objekti se natančneje nahajajo v tretjem varstvenem pasu.



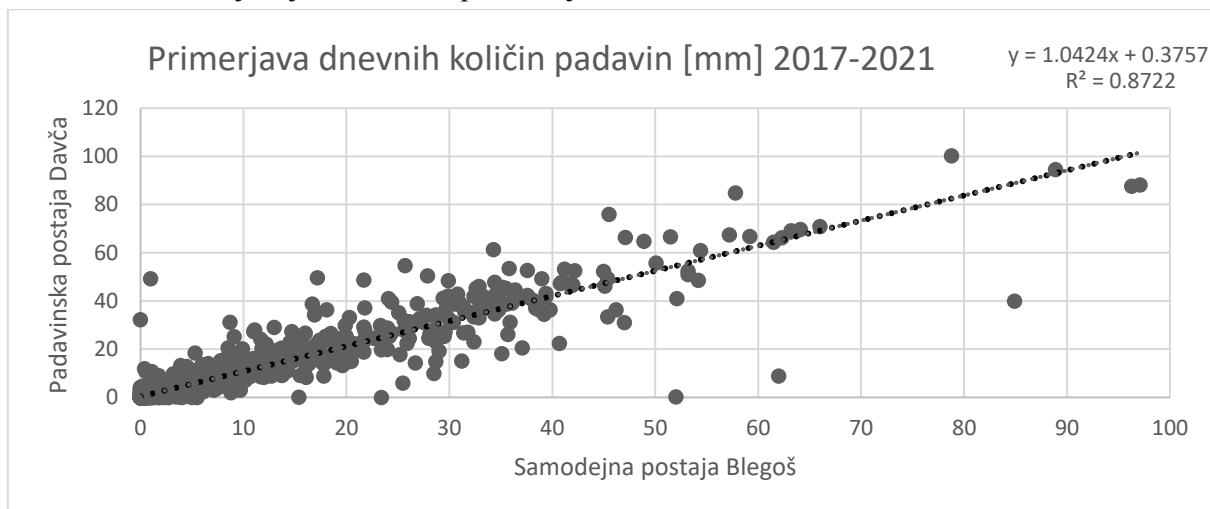
Slika 15: Obravnavano območje označeno z rdečo in VVO [35] na državni topografski karti [36]

Površje obravnavanega območja je večinoma poraslo z gozdom, preostanek pa predstavljajo kmetijske površine – travniki, ki so občasno v rabi tudi kot pašniki. Po travnikih poteka makadamska cesta, ki je namenjena dostopu do hiš.

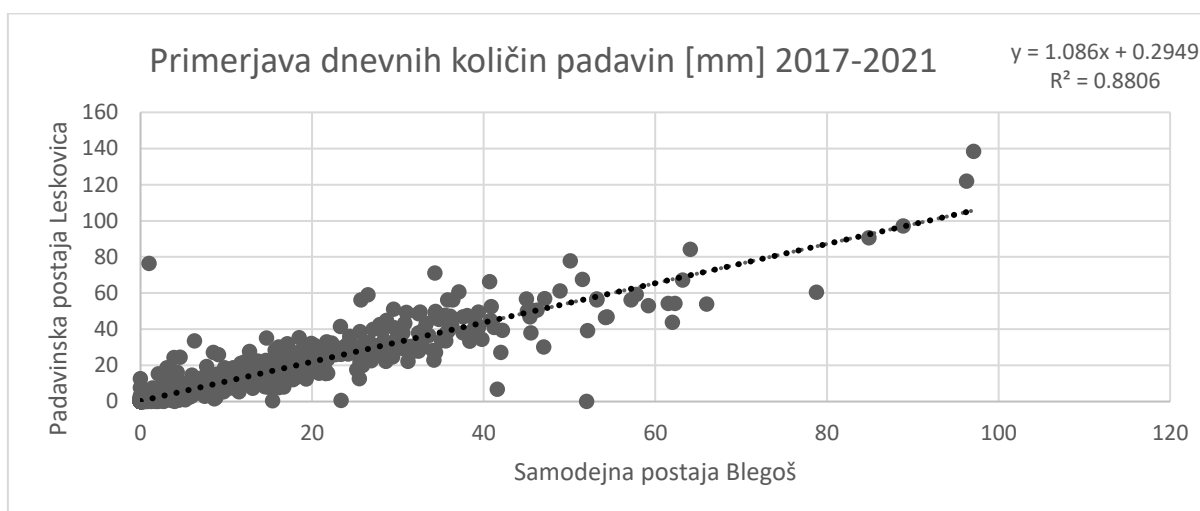


Slika 16: Ortofoto posnetek območja [36]

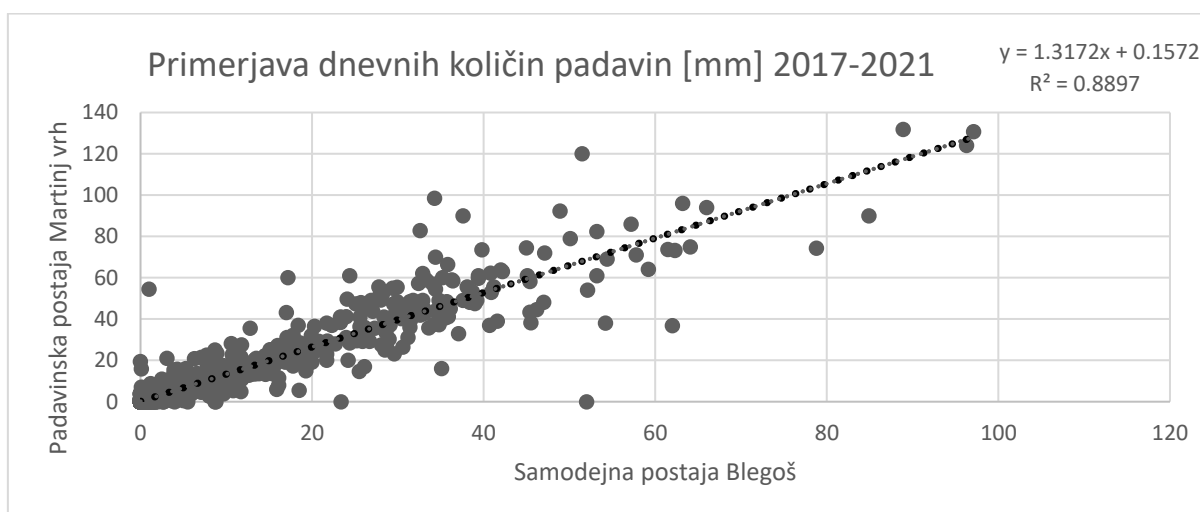
z dnevnimi vrednostmi padavinskih postaj Davča, Leskovica in Martinj vrh, ki 24-urne meritve izvajajo vsak dan ob 7. uri zjutraj. Rezultati so predstavljeni v Graf 1, Graf 2 in Graf 3.



Graf 1: Primerjava dnevnih količin padavin samodejne postaje Blegoš s padavinsko postajo Davča



Graf 2: Primerjava dnevnih količin padavin samodejne postaje Blegoš s padavinsko postajo Leskovica



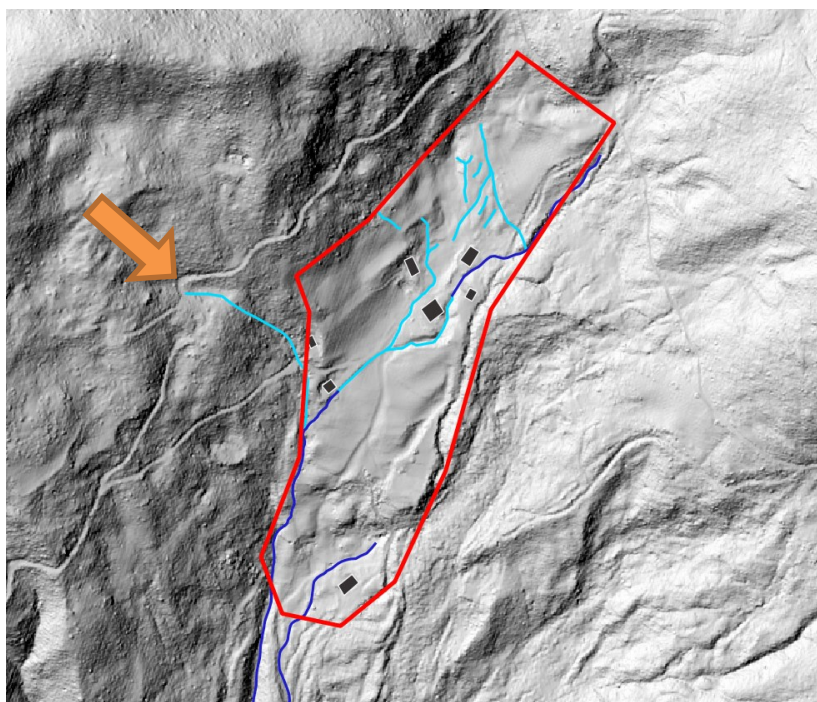
Graf 3: Primerjava dnevnih količin padavin samodejne postaje Blegoš s padavinsko postajo Martinj vrh

Izkaže se, da imajo vse postaje zelo podobno soodvisnost. Vrednost koeficienta soodvisnosti R^2 se v teh primerih giba med 87 % in 89 %. Iz teh rezultatov lahko sklepamo, da so padavinski podatki okoliških padavinskih postaj, nastali pred postavitvijo meteorološke postaje Blegoš, sorazmerni z realnim stanjem v Slugovi dolini.

Pri tem pa moramo upoštevati, da je na postaji Blegoš padavin nekoliko manj kot na ostalih treh postajah. Padavinska postaja Davča ima približno 5 %, Leskovica 9 % in Martinj Vrh 32 % več padavin kot postaja Blegoš.

6.2 Komunalna ureditev obravnavanega območja

Obravnavano območje je ves čas pod blagim do strmim naklonom. Slugova dolina je znana po svoji vodnatosti, saj na območju najdemo veliko površinskih izvirov. Popis površinskih izvirov je bil izveden na terenskem ogledu.



Slika 18: Površinske vode. Svetlo modra predstavlja terenski popis, temno modra pa znane površinske vode (linijski hidrološki sloj [35]), s puščico označen izvir je vir pitne vode za objekte v Slugovi dolini

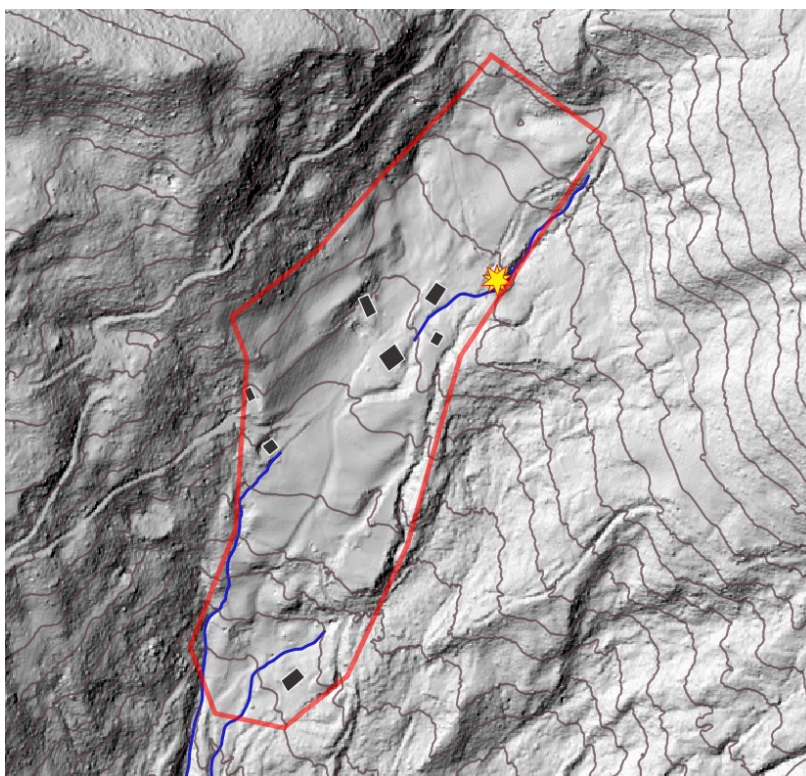
Zajetje za lokalno vodovodno omrežje je postavljeno ob izviru, ki je na Slika 18 označeno z oranžno puščico ter prikazan na fotografiji na Slika 19.



Slika 19: Vir vode za obravnavano območje z zajetjem, ki se nahaja na mestu puščice (foto: Laura Rant)

Trenutno so hiše in nekateri vikendi opremljeni s pretočnimi greznicami [38]. Ob nekaterih starejših objektih so ohranjena tudi nekoč uporabljana stranišča »na štrbunk«.

Na z zvezdico označenem delu na Slika 20 se nahaja starejše odlagališče odpadkov, ki so ga nekoč ustvarili domačini. Po ustnem viru naj bi se, poleg običajnih gospodinjstskih odpadkov, tam nahajal tudi zavrženi kuhinjski aparati. Odpadki so zakopani v zemljo, tako da na prvi pogled niso opazni. Odlagališče je nelegalnega izvora in ni urejeno po standardih.



Slika 20: Območje s plastnicami in označenim nelegalnim odlagališčem odpadkov

6.3 Plaz Laze

Plaz Laze pri Leskovici je omejen na severu z območjem Slugove doline ter dolino Kopačnice na jugu. Dolžina celotnega plazu znaša približno 3 km, širina pa do 400 metrov s skupno ocenjeno površino 105,5 hektarov. Povprečen naklon celotnega območja plazu je 10 stopinj. Pričakovana debelina, določena na podlagi izmerjenih inklinacij v vrtinah znaša od 20 do 30 metrov. Celotno labilno območje je podvrženo plazenju, ki pa se aktivira predvsem ob dolgotrajnih deževnih obdobjih [39].

Aktivno plazenje znotraj opisanega območja (Slika 21) je bilo opaženo na dveh delih. Delimo jih na Plaz v Vasi Laze (južno) in Zgornji plaz. Slednji se nahaja v neposredni bližini obravnavanega območja v Slugovi dolini, ki je na Slika 21 označena z oranžno puščico.



Slika 21: Širše območje plazu Laze z rdeče označenim Zgornjim plazom in Plazom v vasi Laze, s puščico je označena Slugova dolina [39]

Velikost Zgornjega plazu pri Slugovi dolini je ocenjena na 4,8 hektara. Predstavlja ga tok meljasto peščene zemljine, jasno je vidno premikanje terena. Leta 2021 je bilo aktivno delovanje Zgornjega plazu ocenjeno na vsaj 25 let.

Največji premiki so nastali v zimi 2013/2014 zaradi nadpovprečne količine padavin. Decembra 2013 je bilo na merski postaji Leskovica beleženo 166,3 mm padavin, v januarju 2014 326,5 mm in 393,6 mm padavin februarja 2014. Skupaj to znese kar 885 mm padavin, kar je precej več od dolgoletnega povprečja za te mesece. [39]

V letih 2018 in 2019 so bili izvedeni različni ukrepi za zmanjšanje premikov zaradi plazenja Zgornjega plazu:

- Ureditev jarka na zahodni strani (prečni pragovi za preprečitev erozijskega delovanje vode ter servisna pot za vzdrževanje).

- Monitoring površinskih sprememb, nivoja vode in premikov (geodetske meritve).

Novembra 2019 je bilo na samodejni meteorološki postaji Blegoš izmerjenih kar 457,5 mm padavin [37]. To je več kot v začetku leta 2014, čeprav daljše obdobje ni prineslo vsote padavin tako nadpovprečne kot v zimi 2013/2014. Padavine ob izvedenih ukrepih niso prinesle nobenih večjih premikov na aktivnem delu plazů.

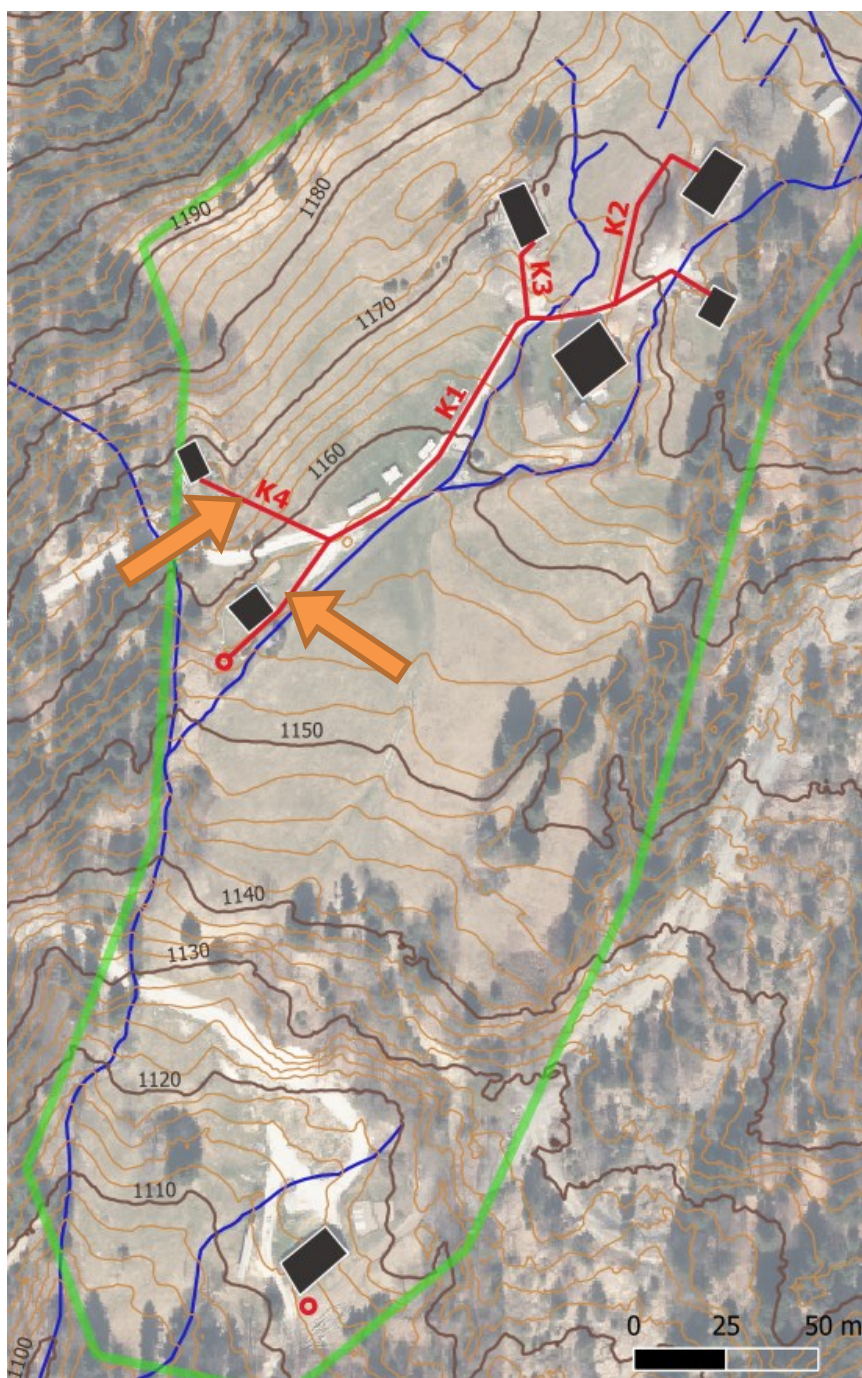
Tabela 7: Mesečne količine padavin med leti 2017 in 2021 na samodejni meteorološki postaji Blegoš [37]

Mesečne padavine Blegoš [mm]					
	2017	2018	2019	2020	2021
jan	33.2	124.5	86.9	31.1	166.2
feb	146.5	155	141.3	65.6	115.4
mar	60.7	189.2	42	156.6	32
apr	209.3	113.9	183.6	24.3	117.4
maj	76.3	202.6	244.5	169.6	336.5
jun	226.9	119.1	21.9	228.6	27.9
jul	105	96.9	124.7	154.4	91.8
avg	94.4	126	112	224.7	178.6
sep	323.7	134	125.6	248.1	106.2
okt	42.7	167.6	85.4	240.9	120.2
nov	237.9	164.4	457.5	45.2	190.9
dec	232.3	24.6	180.8	265.2	97
Σ	3805.9	3635.8	3825.2	3874.3	3601.1

7 PREDLAGANE REŠITVE IZPOSTAVLJENIH PROBLEMOV

7.1 Idejna zasnova kanalizacijskega omrežja v Slugovi dolini

Predviden potek kanalizacijskega omrežja je prikazan na pregledni situaciji na Slika 22. Kanalizacijsko omrežje povezuje objekte na severni polovici obravnavanega območja. Hiša na južnem delu obravnavanega območja pa na omrežje ni povezana, saj je toliko oddaljena po hribu navzdol, da priklop ne bi bil smiseln. Hiša se uporablja začasno kot vikend objekt za manjše število prebivalcev. Zanja se predvidi ločena mala komunalna čistilna naprava.



Slika 22: Pregledna situacija predvidenega kanala [36]

Izbran je bil ločen kanalizacijski sistem, saj je v okolici dovolj prostora za odvajanje padavinske vode. Predvideno kanalizacijsko omrežje sestavljajo 4 kanali. Glavni kanal K1, ki je dolg 177,5 m, ter krajši stranski priključni kanali K2, K3 in K4. V prilogi A in B so prikazani vzdolžni profili kanalov. Zaradi naklona površja so predvideni tudi kaskadni jaški, ki bodo hkrati služili kot revizijski jaški. Razporeditev kaskadnih jaškov je prav tako prikazana v prilogi A in B. Najbolj obremenjen del omrežja je na kanalu K1 med priključkom kanala K4 in iztokom na čistilno napravo.

Sušni pretok $q_{\text{sušno}}$, ki predstavlja največji celotni pretok omrežja, za omrežje na zadnjem, najbolj obremenjenem odseku kanala K1 znaša 0,063 l/s. Odsek kanala je na Slika 22 označen s puščico. Pri tem smo za izračun upoštevali obremenitev za 12 oseb in nič obremenitev s strani industrije. Predpostavimo tudi, da se število prebivalcev v naslednjih 50 letih ne bo spremenilo. Pretok odpadnih hišnih voda je bil izračunan na podlagi predpostavke 0,004 l/s/PE.

Tabela 8: Izračun sušnega odtoka za najbolj obremenjen odsek kanala K1

Enačba	Oznaka	Vrednost	Enota
$0,00174 \text{ l/s/PE} * 12 \text{ PE}$	q_h	0,021	l/s
/	q_i	0	l/s
$q_{h,\text{max}} = 2 * q_h$	$q_{h,\text{max}}$	0,042	l/s
$q_t = q_h$	q_t	0,021	l/s
$q_{\text{sušno}} = q_{h,\text{max}} + q_i + q_t$	$q_{\text{sušni}}$	0,063	l/s

Občinski Pravilnik o tehnični izvedbi in uporabi javne kanalizacije v Občini Železniki zahteva uporabo najmanjšega dovoljenega premera cevi 200 mm ter 160 mm za hišne kanalizacijske priključke. Za kanalizacijsko omrežje so bile izbrane PVC cevi premera 200 mm. Glede na izbran premer cevi je minimalni padec 0,5 %, maksimalni pa 5,0 %.

Kontrola velikosti cevi na najbolj obremenjenem delu kanala K1 je bila izvedena s pomočjo spletnega kalkulatorja [40], ki računa pretočnost cevi z Manningovo formulo (3). Za izračun so bili uporabljeni naslednji parametri:

- sušni pretok 0,063 l/s (12 PE),
- 200 mm notranji premer cevi,
- za PVC cevi značilen Manningov koeficient hrapavosti 0,01 in
- 3 % naklon cevi (minimalni naklon na celotni trasi predvidenega kanalizacijskega omrežja).

Izvedena je bila tudi kontrola ustreznosti cevi na primeru enega od najmanj obremenjenih kanalov – K4. Enake pogoje tvorijo tudi kanal K2, K3 in začetek kanala K1. Sušni pretok za 2 PE je bil izračunan po enaki metodi kot je predstavljena v Tabela 8 za 12 populacijskih enot. Za izračun so bili uporabljeni naslednji vhodni podatki:

- sušni pretok 0,0104 l/s (2 PE),
- 200 mm notranji premer cevi,
- za PVC cevi značilen Manningov koeficient hrapavosti 0,01 in
- 5 % naklon cevi.

Pri ločenem sistemu fekalne kanalizacije je potrebno preveriti višino vode in dejansko hitrost pri sušnem odtoku. Rezultati računa najbolj kritičnega dela kanala K1 in kriteriji, ki jim mora predvideni kanalizacijski sistem ustrezati, se nahajajo v Tabela 9 [3].

Tabela 9: Kontrola hitrosti in višine vode v cevi

Kanal	REZULTATI	vrednost	enota	kriterij	ustreznost kriterija
K1	Pretok odpadne vode	9,328	l/s	/	/
	Hitrost odpadne vode v cevi – v	1,609	m/s	$0,4 \text{ m/s} < v < 3 \text{ m/s}$	DA
	Višina vode v cevi – h	24	%	$10 \% < h < 50 \%$ oz. vsaj 3 cm višine	DA
K4	Pretok odpadne vode	9,214	l/s	/	/
	Hitrost odpadne vode v cevi – v	1,921	m/s	$0,4 \text{ m/s} < v < 3 \text{ m/s}$	DA
	Višina vode v cevi – h	21	%	$10 \% < h < 50 \%$ oz. vsaj 3 cm višine	DA

7.2 Idejna umestitev malih komunalnih čistilnih naprav v Slugovi dolini

Rastlinska in SBR mala čistilna naprava zaradi vodovarstvenega območja nista ustrezni rešitvi, saj iz odpadne vode ne odstranita fekalnih in drugih bakterij.

Zato se predlaga skupna membranska (MBR) mala komunalna čistilna naprava za 12 PE ter za najjužnejšo hišo obravnavanega območja Slugove doline ločena membranska mala komunalna čistilna naprava v velikosti 3 PE.

Vzroki za izbiro tovrstne naprave so:

- čiščenje vode na vodovarstvenem območju 3. reda,
- dostop do električne energije je omogočen,
- MBR omogoča delovanje naprave tudi v času manjše obremenitve kanalizacijskega sistema.

Za primarno fazo čiščenja odpadne vode se lahko uporabi že obstoječa greznica, sekundarna (biološka) in terciarna (membranska) pa se vzpostavi dodatno.

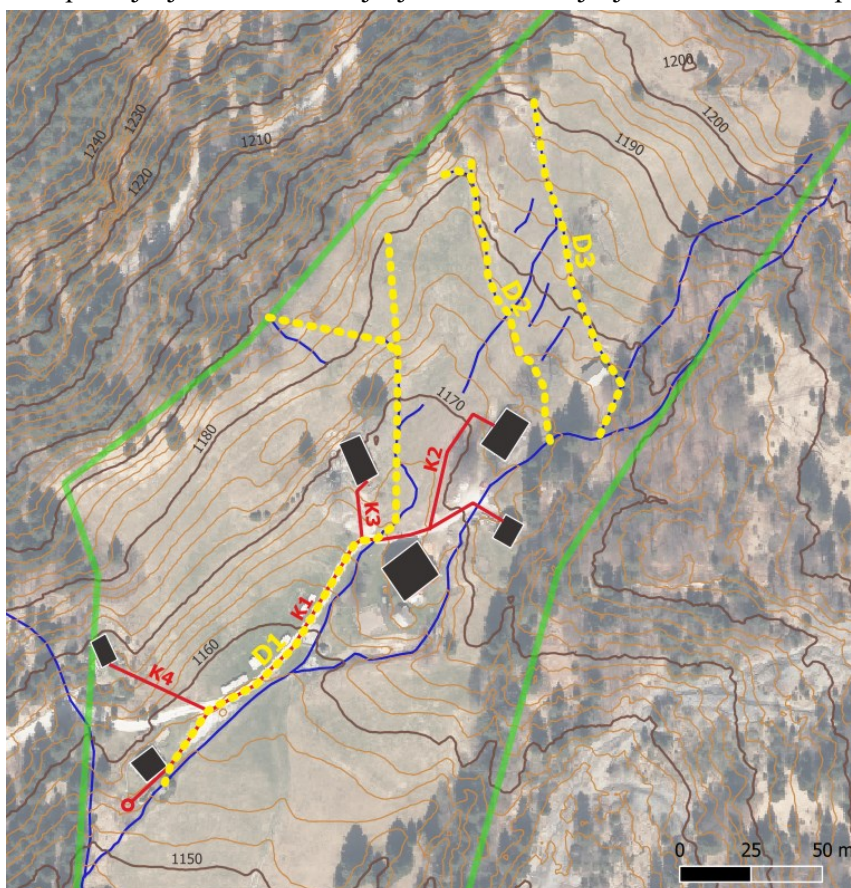
Iztok male komunalne čistilne naprave se usmeri v najbližji odvodnik. Poglobitev oz. spremembe odvodnika niso predvidene.

Obvezna kontrola iztoka se izvede med 3. in 9. mesecem po začetku obratovanja. Če kvaliteta vode na iztoku ustreza mejnim vrednostim, podanim v prilogi 1 Uredbe o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, naslednjo kontrolo izvedemo po prvem letu delovanja in nato na vsaka 3 leta. Meritve izvede oseba, ki je vpisana v evidenco izvajalcev obratovalnega monitoringa in se predloži lokalnemu izvajalcu javne službe. Ob ustreznem delovanju MKČN se lastnikom zmanjša okoljska dajatev v višini 90 % [41].

Izvajalec javne službe – Komunala Škofja Loka je dolžna poskrbeti za prevzem in obdelavo blata najmanj enkrat na tri leta ter omogočati pregled malih komunalnih čistilnih naprav.

7.3 Idejna zasnova drenažnih reber v Slugovi dolini

Objekti na območju Slugove doline ne kažejo znakov vplivov aktivnega dela plazju (npr. razpok na objektih). Zato sklepamo, da je območje del fosilnega dela plazju, torej dokaj stabilno, in ne bo kritično vplivalo na predvideno infrastrukturo. Ker pa je območje močno napito z vodo, se predvidijo tri drenažna rebra, s katerimi poskušamo obdržati trenutno stabilno stanje. Drenažna rebra se izvede v fazni izvedbi s sprotnim spremljanjem učinka odvajanja vode in dodajanja drenažnih reber po potrebi.

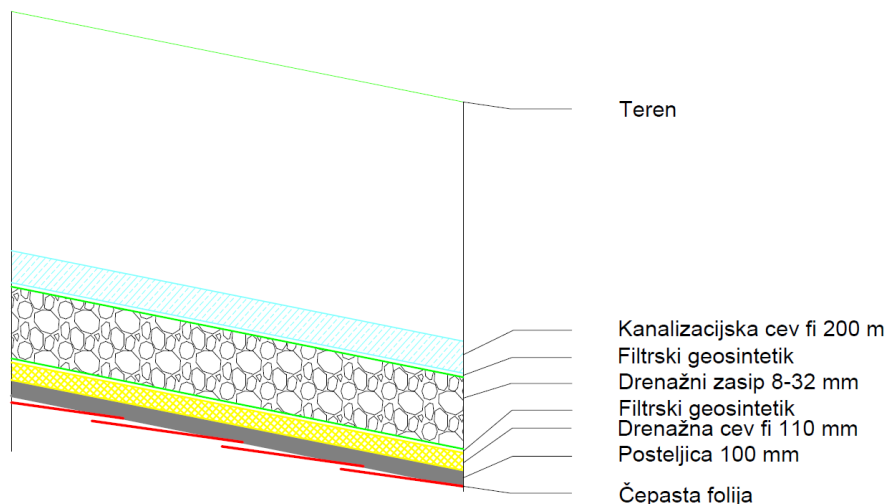


Slika 23: Tloris poteka drenažnih reber

Skupaj z gradnjo kanalizacije se najprej izvede drenažno rebro D1. Zgornji del kanala poteka vzporedno z že obstoječimi površinskimi vodotoki, spodnji pa poteka tik pod kanalizacijskim kanalom. Ta omogoča osuševanje terena ter zniža gladino vode do te mere, da kanalizacijski kanali ne bodo

potopljeni pod nivo podtalnice. Drenažni sistem se na koncu izlije v kanal obstoječega površinskega vodotoka. S tem zmanjšamo tudi količino tuje vode, ki bi lahko vdirla v kanalizacijski sistem.

Po potrebi se zgradi še najprej D3 in kasneje D2. Tudi ta dva kanala se na koncu izlivata v bližnji površinski vodotok.



Slika 24: Shematski prikaz vzdolžnega prereza drenaže.

Drenažni kanal izvedemo, kot je prikazano na Slika 24. Na dno izkopa od spodaj navzgor najprej položimo čepasto folijo, ki mora biti zložena tako kot strešniki, da omogoča odtekanje vode. Čepasta folija je ponavadi izdelana iz polietilena visoke gostote (HDPE).

Prek čepaste folije nasujemo posteljico v debelini 100 mm in nanjo položimo drenažno cev iz polietilena (PE). Posteljica je lahko peščena (drobljenec 8-16 mm). Na plazovitem območju betonska posteljica ni primerna, saj zaradi premikov pride do poškodb posteljice in posledično tudi cevi, ki bi koncentrirano namakala lokacijo poškodbe. Posteljica mora omogočati naleganje cevi po celotni dolžini. Drenažna cev premera 110 mm je 2/3 perforirana in na zunaj narebrena, kar zagotavlja togost in stabilnost, medtem ko je notranjost cevi gladka in zagotavlja optimalno hiter pretok vode [42].

Nad in okrog drenažne cevi je drenažni zasip iz gramoza, ki ima debelino zrn 8-32 mm. Drenažni zasip omogoča dovolj prostorov za hitro odtekanje vode. Plast drenažnega zasipa je (zgoraj in spodaj) zaščitena s filtrskim geosintetikom (filc), s katerim preprečujemo notranjo erozijo tal in izpiranje drobnih delcev zemljine v drenažno plast. Najpomembnejše hidravlične in mehanske lastnosti geosintetika za filtracijo so prepustnost, odprtina por, število zožitev, trdnost, raztezek, prebodna trdnost [43].



Slika 25: Uporabljeni materiali (od leve proti desni): čepasta folija [44], drenažna cev [42] in filtrski geosintetik [45]

Na mestih kjer drenaža poteka pod predvidenim kanalizacijskim kanalom K1, na drenažni nasip položimo še predvideno kanalizacijsko cev ter zasujemo s peščenim zasipom debeline 0-4 mm in izkopenim materialom. Zgornjih 20 cm zasipa predstavlja humus oz. utrjena makadamska cestna površina. Prečni profili so predstavljeni v prilogi E.

7.4 Ureditev divjega odlagališča v Slugovi dolini

Predlaga se odstranitev odpadkov iz neurejenega odlagališča. Ker so odpadki zakopani v tleh, bo potreben strojni izkop z bagrom. Odpadke se odpelje z manjšim tovornjakom. Pri razkopavanju je potrebno paziti, da ne poškodujemo odpadkov in po nepotrebnem v okolje spustimo tekočine, ki so lahko onesnažene. Nastalo luknjo zasujemo z izkopenim in okoliškim materialom. Na vrhu zasujemo s humusom in poskrbimo za ozelenitev.

Odpadke se odpelje v občinski zbirni center, ki se nahaja v naselju Studeno in je v upravljanju Komunale Škofja Loka. Tam jih je potrebno ustrezno sortirati in ločeno razvrstiti po kontejnerjih.

Ko bodo odstranjeni, bodo predstavljali manjše tveganje za izpiranje onesnaženih padavin v podzemno vodo, ki se uporablja tudi kot pitna voda.



Slika 26: Zbirni center Studeno [46]

8 ZAKLJUČEK

Terenski del diplomskega dela je temeljil na pregledu konfiguracije terena in umestitve kanalizacijskega sistema ter umestitve čistilne naprave in ureditvi odvodnje talnih voda, s katerim bi se zagotovila stabilnost terena obravnavanega območja. Ker je Slugova dolina pod stalnim naklonom in zaradi majhne obremenitve, je izbira ločenega gravitacijskega kanalizacijskega sistema še najbolj smiselna in hkrati tudi najcenejša ter najenostavnejša za vzdrževanje. Zaradi nadmorske višine več kot 1000 metrov smo predvideli globino polaganja cevi pod 1,5 metra, da ne bi prišlo do zmrzovanja vode v ceveh. Pri izvedbi je potreben tudi test vodotesnosti cevi.

Za čiščenje odpadnih voda je bila izbrana membranska (MBR) mala komunalna čistilna naprava, saj membranski sistem omogoča tudi odstranjevanje fekalnih bakterij. Kljub temu da porabi več električne energije, je izbran sistem najbolj optimalen, saj upošteva tudi kriterije izpustov na območju vodovarstvenega režima ter v najmanjši možni meri onesnažuje podzemno vodo. Predlagana je bila umestitev dveh MBR malih komunalnih čistilnih naprav – ena za severni skupek objektov in ločena MKČN za hišo na južni strani. Slednja je namreč nekoliko bolj oddaljena od ostalih objektov.

Pri načrtovanju je bila upoštevana razmočenost terena in prisotnost bližnjega aktivnega plazu Laze. Preventivno so predlagani trije kanali drenažnih reber, ki se lahko gradijo fazno ob sprotne spremljanju obnašanja terena. Pri tem se lahko uporabijo tudi podatki samodejne meteorološke postaje Blegoš. Ugotovljeno je bilo, da ima ta postaja relativno visoko povezanost dnevnih padavinskih dogodkov z bližnjimi padavinskimi postajami, zato so sedanji podatki primerljivi tudi s preteklimi, pred letom 2016, ko postaja Blegoš še ni delovala. Drenažni sistem bi hkrati omogočal znižanje podzemne vode do te mere, da bi zmanjšali vpliv tuje vode na predvideno kanalizacijsko omrežje.

Predlagan je tudi strojni izkop odpadkov na neurejenem odlagališču in odvoz z manjšim tovornjakom na občinski zbirni center.

Predlagane ureditve bodo zmanjšale negativni učinek postopnega slabšanja kvalitete podzemne vode. Zaradi čiščenja odpadne vode se zmanjša tveganje za onesnaženje pitne vode na vodovodu Robidnica-Laze-Lajše-Krnica predvsem s fekalnimi bakterijami, pa tudi z dušikovimi in fosforjevimi spojinami. Sanacija odpadkov na neurejenem odlagališču pa zmanjša možnost onesnaženja tudi z drugimi nevarnimi snovmi, ki bi se lahko spirale v podtalno vodo. Predlagana drenažna rebra bi omogočala čimbolj nemoteno delovanje predlaganih rešitev. Iz pravno-formalnega vidika pa bi območje Slugove doline ustrezalo vsem pogojem, ki jih zahteva vodovarstveni režim na tretjem varstvenem območju.

9 VIRI

- [1] Zajc, M. 2020. Čiščenje odpadnih voda na komunalnih in skupnih čistilnih napravah. ARSO. <http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/ciscenje-odpadnih-voda-na-komunalnih-skupnih-cistilnih-napravah-2>. (Pridobljeno 13. 8. 2022.)
- [2] Kušar, U. 2021. Vodovarstvena območja. <http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/vodovarstvena-obmocja-1?tid=16>. (Pridobljeno 13. 8. 2022.)
- [3] Slokan, I., Petek, I. 2021. Vodne zgradbe. V: Vratuša, S. (ur.) Gradbeniški priročnik. 5., dopolnjena izd. 1. natis, Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: str. 607-668.
- [4] Slokan, I. 2003. Nizke gradnje: temeljenje, vodovod, kanalizacija. 1. natis, Ljubljana, Tehniška založba Slovenije.
- [5] Panjan, J. 2005. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture. 2. izd., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko.
- [6] Patel, S. 2009. Process Optimization and Engineering Integration of the Deployable Aerobic Aqueous Bioreactor (DAAB) System for Treating Municipal Wastewater. doi: 10.13140/RG.2.2.36666.29125
- [7] Rošer, R. 2017. Analiza sestave in vrednosti gospodinjske porabe vode in njihove prognoze. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba R. Rošer).
- [8] Tehnični pravilnik javnega vodovoda. Uradni list RS, št. 22/2012. <https://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2012-01-0866> (Pridobljeno 28. 7. 2022.)
- [9] Kolar, J. 1983. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda. Ljubljana, Državna založba Slovenije.
- [10] Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode. Uradni list RS, št. 98/15, 76/17, 81/19, 194/21 in 44/22 – ZVO-2. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6951> (Pridobljeno 23. 8. 2022.)
- [11] Javno komunalno podjetje Prodnik, 2016. Male komunalne čistilne naprave in greznice. <https://www.prodnik.si/odvod-odpadnih-voda/male-komunalne-cistilne-naprave-greznice> (Pridobljeno 30. 7. 2022.)
- [12] VOKA Snaga, 2019. Biološko čiščenje. <https://www.vokasnaga.si/o-druzbi/centralna-cistilna-naprava-ljubljana/biolosko-ciscenje> (Pridobljeno 31. 7. 2022.)
- [13] Drev, D., Krzyk, M. 2022. Septic tanks as small municipal sewage treatment plants. BHAAS
- [14] Maunoir, S., Philip, H., Rambaud, A. 2007. Small wastewater treatment plants in mountain areas: Combination of septic tank and biological filter. Water Science and Technology, doi: 10.2166/wst.2007.731
- [15] Topos Hotavlje, 2013. MKČN. <http://www.toposhotavlje.si/cistilne-naprave/>. (Pridobljeno 31. 7. 2022.)
- [16] COMteh, 2022. Male čistilne naprave z membransko ultrafiltracijo. <http://www.comteh.si/male-cistilne-naprave-z-membransko-ultrafiltracijo.html> (Pridobljeno 5. 8. 2022)
- [17] Pandey, A., Singh, R. K., 2014. Industrial Waste Water Treatment by Membrane Bioreactor System. Available: <https://www.researchgate.net/publication/261958205>

- [18] Grubač, J. 2019. Čiščenje odpadnih voda v manjšem poslovnem objektu s pomočjo tehnologije MBR. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Grubač).
- [19] Di Bella, G. Mannina, G. 2020. Intermittent aeration in a hybrid moving bed biofilm reactor for carbon and nutrient biological removal. *Water*. doi: 10.3390/w12020492
- [20] Pšeničnik, A. 2018. Rastlinska čistilna naprava za enodružinsko hišo. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Pšeničnik).
- [21] Fajfar, S. 2019. Kako izbrati čistilno napravo, ki bo zamenjala greznico. Delo in dom. <https://deloindom.delo.si/energija-in-okolje/voda/kako-izbrati-cistilno-napravo-ki-bo-zamenjala-greznico> (Pridobljeno 31. 7. 2022.)
- [22] Ministrstvo za okolje in prostor, 2022. Vrste odpadkov. <https://www.gov.si teme/vrste-odpadkov/>. (Pridobljeno 2. 8. 2022.)
- [23] Damjanovič, Z. 2019. Divja odlagališča odpadkov v našem okolju. Seminarska naloga. Komisija za varstvo gorske narave, Planinska zveza Slovenije.
- [24] Pirnat, T. 2015. Divja odlagališča z nevarnimi odpadki ogrožajo okolje, država se nanje poživžga. MMC RTV SLO. <https://www.rtvlo.si/slovenija/divja-odlagalisca-z-nevarnimi-odpadki-ogrozajo-okolje-drzava-se-nanje-pozvizga/381893> (Pridobljeno 2. 8. 2022.)
- [25] Register divjih odlagališč, 2022. <http://register.ocistimo.si/RegisterDivjihOdlagalisc/> (Pridobljeno 2. 8. 2022.)
- [26] Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja. Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16.
- [27] Ministrstvo za okolje in prostor, 2021. Vodovarstvena območja. <https://www.gov.si teme/vodovarstvena-obmocja/>. (Pridobljeno 9. 8. 2022.)
- [28] Čenčur Curk, B. 2021. Zaščita vodnih virov. Študijsko gradivo. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta.
- [29] ARSO, 2022. Atlas okolja. <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja>. (Pridobljeno 24. 7. 2022.)
- [30] Geološki zavod Slovenije, 2022. Osnovna geološka karta. <https://ogk100.geo-zs.si/>. (Pridobljeno: 5. 9. 2022.)
- [31] Občina Gorenja vas – Poljane, 2013. Program oskrbe s pitno vodo v Občini Gorenja vas - Poljane za obdobje 2018-2021. <https://www.obcina-gvp.si/assets/gasper/Programoskrbezal.2018-2021.pdf> (Pridobljeno 1. 9. 2022.)
- [32] Rant, M. 2015. Vodo je potrebno prekuhavati. Gorenjski Glas (22. avg. 2015) <https://arhiv.gorenjskiglas.si/article/20150822/C/150829935/vodo-je-treba-prekuhavati> (Pridobljeno 1. 9. 2022.)
- [33] Suhadolnik, M. 2013. Poročilo o pitni vodi iz vodovodov v upravljanju Občine Gorenja vas – Poljane. https://www.obcina-gvp.si/assets/gasper/porocilo_o_pitni_vodi_za_leto_2012.pdf (Pridobljeno 1. 9. 2022.)
- [34] Lesnik, B. 2014. Poročilo o pitni vodi iz zasebnih vodovodov, v občini Gorenja vas – Poljane za leto 2013. <https://www.obcina-gvp.si/assets/gasper/letno-porocilo-za-leto-2013-zasebni-vodovodi.pdf> (Pridobljeno 1. 9. 2022.)

- [35] ARSO, 2022. Vode – podatki. <https://www.arso.gov.si/vode/podatki/> (Pridobljeno 25. 7. 2022.)
- [36] GURS, 2022. <https://eprostor.gov.si/imps/srv/api/records/628df671-8f78-46b5-b058-fbaa4e9b425f> (Pridobljeno 25. 7. 2022.)
- [37] ARSO, 2022. ARHIV - opazovani in merjeni meteorološki podatki po Sloveniji. <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (Pridobljeno 29. 8. 2022.)
- [38] ARSO, 2022. Atlas okolja – UWWTD. http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=UWWTD_AXL@Arso (Pridobljeno 31. 7. 2022)
- [39] Beguš, T. 2021. Sanacijska dela plaz Laze, Leskovica. Tehnično poročilo. <https://www.obcina-gvp.si/sl/publications/sanacijska-dela-plaz-laze-leskovica.html> (Pridobljeno 8. 8. 2022.)
- [40] Ingeniir, 2022. Pipe Flow Calculator. <https://ingeniir.com/stormwater/manningspipe>. (Pridobljeno 24. 8. 2022.)
- [41] Komunala Škofja Loka, 2021. Greznica ali mala čistilna naprava. <https://www.komunalaskofjaloka.si/odpadne-vode/praznjenje-greznic-in-malih-komunalnih-cistilnih-naprav/greznica-ali-mala-cistilna-naprava/> (Pridobljeno 25. 8. 2022.)
- [42] Domtrade, 2022. Drenažna cev SN4 fi 110x6000mm. <https://www.obnova.si/izdelek/drenazna-cev-sn4/> (Pridobljeno 30. 8. 2022.)
- [43] Lespatex, 2016. Geotekstili za ločevanje, filtracijo, zaščito. <https://www.lespatex.si/gradbenistvo/geosintetiki/geotekstili-za-locevanje-filtracijo-zascito/> (Pridobljeno 30. 8. 2022.)
- [44] Domtrade, 2022. Čepasta folija Tefond Fondaline. <https://www.domtrade.si/cepasta-folija-tefond-fondaline> (Pridobljeno 30. 8. 2022.)
- [45] Sinteza lining, 2017. Geotekstili. <https://www.sinteza-lining.si/geotekstili> (Pridobljeno 30. 8. 2022.)
- [46] Komunala Škofja Loka, 2021. Zbirni centri. <https://www.komunalaskofjaloka.si/odpadki/zbirni-centri/> (Pridobljeno 1. 9. 2022.)

»Ta stran je namenoma prazna«