

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



ANJA KITIĆ

**PREDLOG UREDITVE PRESKRBE S PITNO VODO
IN ODVOD ODPADNIH VODA V NASELJU
STRMEC NA PREDELU**

MAGISTRSKO DELO

**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE
VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO**

Ljubljana, 2018

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500 faks
(01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM DRUGE
STOPNJE VODARSTVO IN
OKOLJSKO INŽENIRSTVO

Kandidat/-ka:

ANJA KITIĆ

**PREDLOG UREDITVE PRESKRBE S PITNO
VODO IN ODVOD ODPADNIH VODA V NASELJU
STRMEC NA PREDELU**

**PROPOSAL ON DRINKING WATER SUPPLY
MANAGEMENT AND WASTE WATER
DISCHARGE IN THE VILLAGE OF STRMEC NA
PREDELU**

Mentor/-ica:

doc. dr. Mario Krzyk

Somentor/-ica:

prof.dr. Matjaž Mikoš

Član komisije:

Predsednik komisije:

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

» Ta stran je namenoma prazna «

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	628.1(1-2):628.32(497.4)(043.3)
Avtor:	Anja Kitić
Mentor:	doc. dr. Mario Krzyk
Somentor:	prof.dr. Matjaž Mikoš
Naslov:	Predlog ureditve preskrbe s pitno vodo in odvod odpadnih voda v naselju Strmec na Predelu
Tip dokumenta:	Magistrsko delo
Obseg in oprema:	101 str., 45 pregl., 42 sl., 7 graf., 52 en., 12 pril.
Ključne besede:	preskrba s pitno vodo, odvod odpadne vode, dezinfekcija zajete vode, MKČN, RČN, SBR, MBR

Izvleček

V magistrskem delu je predstavljen predlog ureditve preskrbe s pitno vodo in odvod odpadnih voda v naselju Strmec na Predelu. Po terenskem ogledu in podrobnejši analizi naselja smo ugotovili, da slednje nima primerno urejene oskrbe in distribucije pitne vode, odvod odpadne komunalne vode pa je urejen z individualnimi greznicami. V Uredbi o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št. 98/15) je določeno, da je slednje potrebno odstraniti in jih nadomestiti z MKČN, najpozneje do 31. 12. 2023.

Ob upoštevanju obstoječega stanja komunalne infrastrukture, demografskih, hidroloških, topografskih in naravnih značilnosti naselja, smo z ustreznimi izračuni in dobljenimi rezultati dimenzionirali nov vodovodni in kanalizacijski sistem ter podali idejne rešitve za izboljšanje trenutnega stanja oskrbe. V predstavljenem predlogu ureditve preskrbe s pitno vodo smo za dezinfekcijo zajete vode analizirali dve varianti, in sicer pripravo pitne vode s pomočjo klorovega dioksida in UV sevanja. Za čiščenje komunalne odpadne vode iz naselja pa smo predstavili tri variante skupne male komunalne čistilne naprave (rastlinsko čistilno napravo, SBR biološko čistilno napravo in MBR čistilno napravo). Na koncu predloga ureditve smo opravili stroškovno analizo, s katero smo ovrednotili investicijo, obratovalne in vzdrževalne stroške posameznega segmenta ter izbrali ekonomsko najugodnejšo varianto. Temu je sledila še ocena celotne investicije predloga ureditve komunalne infrastrukture naselja Strmec na Predelu, ki obsega izgradnjo novega vodovodnega in kanalizacijskega sistema, pripravo pitne vode, čiščenje odpadne komunalne vode v izbrani mali komunalni čistilni napravi in preplastitev cestišča.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 628.1(1-2):628.32(497.4)(043.3)
Author: Anja Kitić
Supervisor: Assist. Prof. Mario Krzyk, Ph.D.
Cosupervisor: Prof. Matjaž Mikoš, Ph.D.
Title: Proposal on drinking water supply management and waste water discharge in the village of Strmec na Predelu
Document type: Master thesis
Scope and tools: 101 p., 45 tab., 42 fig., 7 ch., 52 eq., 12 ann.
Keywords: water supply, waste water discharge, disinfection of collected water, small waste water treatment plant, constructed wetland, SBR, MBR

Abstract

The master's thesis presents a proposal on drinking water supply management and waste water discharge in the village of Strmec na Predelu. Following a field visit and a more detailed analysis of the settlement, we found that the village does not have a proper drinking water supply and distribution, whereas urban waste water is drained into individual cesspools. However, the Decree on the discharge and treatment of urban waste water (Official Gazette of the Republic of Slovenia No 98/15) states that individual cesspools should be removed and replaced with small waste water treatment plants by 31 December 2023.

Taking into account the existing community infrastructure as well as demographic, hydrological, topographical and natural characteristics of the village, we dimensioned new water and sewage systems and provided some solutions to improve the current situation of drinking water supply. Two variants for the disinfection of collected water using chlorine dioxide and UV treatment were analysed in the presented proposal on drinking water supply management. We also presented three variants of a shared small waste water treatment plant for urban waste water treatment (constructed wetland, SBR biological treatment plant, and MBR treatment plant). The last part of the proposal presents a cost analysis evaluating the investment, the costs of running and maintenance of every individual segment, and economically most advantageous variant. Last but not least, the proposal for the entire investment regarding urban waste water infrastructure in the village of Strmec na Predelu, which encompasses the construction of new water and sewage systems, drinking water production, urban waste water treatment using the chosen small waste water treatment plant and road resurfacing, was also evaluated.

ZAHVALA

Za vso podporo, vzpodbudo, potrpežljivost in pomoč v času študija bi se rada zahvalila svoji družini.

Hvala tudi vsem, ki ste mi skozi študij stali ob strani, mi pomagali ali na kakršen koli način pripomogli k zaključku.

Zahvaljujem se tudi mentorju doc. dr. Mariu Krzyku ter somentorju prof.dr. Matjažu Mikošu za nasvete in pomoč pri izdelavi naloge

» Ta stran je namenoma prazna «

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION And abstract.....	IV
ZAHVALA.....	V
1 UVOD.....	1
2 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANEGA OBMOČJA.....	3
2.1 Splošno o naselju Strmec na Predelu in občini Bovec.....	3
2.2 Prebivalstvo	4
2.3 Klimatske in hidrološke značilnosti.....	6
2.3.1 Klimatske značilnosti	6
2.3.2 Hidrološke značilnosti	8
2.4 Geologija	12
2.5 Varovana območja	12
2.5.1 Kulturna dediščina	12
2.5.2 Varstvo narave	13
3 OBSTOJEČE STANJE NASELJA IN INFRASTRUKTURE.....	15
4 IZHODIŠČA ZA ZASNOVO VODOVODNEGA IN KANALIZACIJSKEGA SISTEMA	20
4.1 Izhodišča za zasnovo vodovodnega sistema	20
4.1.1 Splošno	20
4.1.2 Vodni viri.....	20
4.1.3 Vodovodno omrežje	21
4.1.4 Poraba vode	22
4.1.5 Tlak v vodovodnem sistemu	25
4.2 Izhodišča za hidravlični izračun vodovodnega sistema	25
4.2.1 Količine potrebne pitne vode	25
4.2.2 Dimenzioniranje vodohrana.....	29
4.2.3 Dimenzioniranje cevovoda	30
4.3 Izhodišča za zasnovo kanalizacijskega omrežja	31
4.3.1 Splošno	31
4.3.2 Vrste odpadne vode in kanalizacijskih sistemov	31
4.3.3 Kakovostne lastnosti odpadnih voda	33
4.3.4 Zasnova kanalizacijskega sistema	34

4.4	Izhodišča za hidravlični izračun kanalizacijskega sistema	35
4.4.1	Določitev količine sušnega odтока	35
4.4.2	Odpadna voda iz gospodinjstev	35
4.4.3	Odpadna voda iz industrijskih obratov	38
4.4.4	Tuja (infiltrirana) voda	38
4.4.5	Odvod odpadne vode	40
5	PRIPRAVA PITNE VODE.....	43
5.1	Splošno.....	43
5.2	Priprava pitne vode	44
5.3	Dezinfekcija.....	45
6	ČIŠČENJE ODPADNE VODE	47
6.1	Male komunalne čistilne naprave	47
6.1.1	Anaerobno čiščenje	48
6.1.2	Čiščenje s pritrjeno biomaso	48
6.1.3	Čiščenje z razpršeno biomaso	50
6.1.4	Alternativne tehnologije.....	52
7	PREDLOG UREDITVE PRESKRBE S PITNO VODO IN ODVOD ODPADNIH VODA NASELJA STRMEC NA PREDELU	55
7.1	Splošno.....	55
7.2	Preskrba s pitno vodo.....	55
7.2.1	Izotopi	55
7.2.2	Zajetje	57
7.2.3	Priprava pitne vode	59
7.2.4	Bilanca porabe vode.....	62
7.2.5	Vodohran	65
7.2.6	Vodovodno omrežje.....	67
7.3	Odvod odpadnih voda	72
7.3.1	Bilanca odpadne vode	72
7.3.2	Kanalizacijsko omrežje.....	73
7.3.3	Čistilna naprava	79
7.4	Preplastitev cestišča.....	83
8	STROŠKOVNA ANALIZA.....	84
8.1	Preskrba s pitno vodo.....	84
8.2	Vodovodni in kanalizacijski sistem	86

8.3	Mala komunalna čistilna naprava	88
9	ZAKLJUČEK.....	94
	VIRI.....	96
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Naravni prirast na 1.000 prebivalcev (Statistični urad RS, 2017)	5
Preglednica 2: Prebivalstvo Strmca na Predelu (Statistični urad RS, 2017)	5
Preglednica 3: Popis prebivalstva v zadnjih 10 letih (Statistični urad RS, 2017)	5
Preglednica 4: Klimatološko povprečje 1981 – 2010 (ARSO, 2017).....	7
Preglednica 5: Povprečne mesečne višine padavin in snežne odeje (od leta 1961 do 2011) (ARSO, 2017).....	7
Preglednica 6: Gibanje porabe vode glede na velikost naselja (Panjan, 2002; Preglednica 2.3)	23
Preglednica 7: Poraba vode in odtok v gospodinjstvih (Panjan, 2002; Tabela 2.4)	24
Preglednica 8: Nihanje porabe vode tekom dneva za podeželje, (Muhič J., po Mutschmann in Stimmelmayer, 1988).....	28
Preglednica 9: Dnevne količine onesnaženja na prebivalca na dan (Panjan, 2002, Preglednica 3.3.) ..	34
Preglednica 10: Prikaz odvedenih količin odpadne vode glede na velikost naselij (Panjan, 2002; Tabela 2.3a)	37
Preglednica 11: Ocena dnevnega maksimalnega urnega odтока glede na število prebivalcev (Panjan, 2010a; tabela 2.10).....	37
Preglednica 12: Maksimalni urni odtok v odstotkih dnevnega odтока glede na število prebivalcev (Kolar 1983; Tabela 2.4).....	38
Preglednica 13: Dotok tuje vode v odvisnosti od priključene površine, dolžine ter premera kanala (Kolar, 1983; Tabela 2.6).....	39
Preglednica 14: Sušni odtok, dotok tuje vode in odtočni koeficient v odvisnosti od gostote naselitve (Kolar 1983; tabela 2.7)	39
Preglednica 15: Rezultati analize - izotopi	56
Preglednica 16: Rezultati analize vode (povzeto po videnih analizah)	60
Preglednica 17: Vsi odjemalci pitne vode	63
Preglednica 18: Potrebne količine pitne vode	64
Preglednica 19: Nihanje porabe vode in potrebni izračuni.....	64
Preglednica 20: Izračun potrebnega volumna vodohrana.....	66
Preglednica 21: Potrebne višine vode v vodohranu.....	66
Preglednica 22: Izračun ustreznega premera vodovodne cevi.....	68

Preglednica 23: Karakteristike kanala K1	75
Preglednica 24: Rezultati hidravličnega preračuna cevi za Qmax in Imax (med RJ4 in RJ3).....	76
Preglednica 25: Rezultati hidravličnega preračuna cevi za Qmin in Imin (med RJ3 in RJ2)	76
Preglednica 26: Karakteristike kanala K2	77
Preglednica 27: Rezultati hidravličnega preračuna kanala K2 za Qmax in Imax (med RJ1 in RJ2)	79
Preglednica 28: Rezultati hidravličnega preračuna kanala K2 za Qmin in Imin (med RJ12 in RJ13)..	79
Preglednica 29: Cena dobave in montaže naprave za dezinfekcijo.....	84
Preglednica 30: Obratovalni stroški električne energije.....	84
Preglednica 31: Obratovalni stroški dezinfekcijskega sredstva	85
Preglednica 32: Strošek investicije in obratovanja v času 1 leta.....	85
Preglednica 33: Cena dobave AQUADA4 PROXIMA	85
Preglednica 34: Obratovalni stroški električne energije.....	85
Preglednica 35: Letni stroški menjave UV svetila in zaščite plasti med svetilom in vodo	86
Preglednica 36: Strošek investicije in obratovanja v času 1 leta.....	86
Preglednica 37: Rekapitulacija stroškov investicije in obratovanja v 10 in 30 letih.....	86
Preglednica 38: Rekapitulacija stroškov izvedbe posameznega omrežja in preplastitev ceste	87
Preglednica 39: Rekapitulacija investicije ČN.....	89
Preglednica 40: Prikaz stroškov obratovanja RČN	89
Preglednica 41: Obratovalni stroški električne energije na SBR ČN.....	90
Preglednica 42: Prikaz stroškov obratovanja SBR ČN	90
Preglednica 43: Obratovalni stroški električne energije na MBR ČN	90
Preglednica 44: Prikaz stroškov obratovanja MBR ČN.....	91
Preglednica 45: Rekapitulacija investicije in stroškov obratovanja in vzdrževanja v obdobju 30 let vseh treh variant MKČN	92

KAZALO SLIK

Slika 1: Občina Bovec (PISO, 2017).....	3
Slika 2: Relief obravnavanega območja (PISO, 2018).....	4
Slika 3: Hidrografija – osi vodotokov v občini Bovec (Geopedija, 2017)	9
Slika 4: Hidrološke značilnosti obravnavanega območja (Atlas okolja, 2018).....	10
Slika 5: Zajetje na Mangartskem potoku (a), akumulacijski kanal (b) in cevovod v smeri Log pod Mangartom (c) (Osebni arhiv, 2017).....	11
Slika 6: Geološka sestava obravnavanega območja (PISO 2017)	12
Slika 7: Območje varstva kulturne dediščine (GIS iObčina, 2017).....	13
Slika 8: Varstvo narave (PISO, 2017)	14
Slika 9: Gospodarska javna infrastruktura (PISO, 2017)	15
Slika 10: Obstoječe stanje naselja Strmec na Predelu	16
Slika 11: Odprta kanaleta ob robu cestišča (Osebni arhiv, 2017).....	17
Slika 12: Dotok v derivacijski kanal(a), vidna poškodba na transportnem cevovodu (b), vidno puščanje na cevovodu (c) (Osebni arhiv, 2017).....	18
Slika 13: Izvir za vodooskrbo naselja (a), zajetje vode (b in c) (Osebni arhiv, 2017).....	19
Slika 14: Nihanje dnevne porabe v naseljih (Panjan, 2002).....	23
Slika 15: Prerez kanalske cevi za delno polnjenje (Seminar 2015).....	42
Slika 16: Precejalniki v prerezu (Panjan, 2002, Slika 3.32)	49
Slika 17: Biodiski (Kolar, 1983, Slika 14.25)	49
Slika 18: Biofilter (Vodna agencija, 2018).....	50
Slika 19: Groba shema primerjave MBR tehnologije s klasično tehnologijo obdelave odpadne vode (Comteh d.o.o., 2018)	51
Slika 20: Membranski biološki reaktor - MBR (Comteh d.o.o., 2018).....	51
Slika 21: Delovanje SBR čistilne naprave (Zagožen, 2018)	52
Slika 22: Prerez grede rastlinske ČN (Limnos d.o.o., 2017)	54
Slika 23: Vzorec S2 na iztoku cevovoda v derivacijski kanal(Osebni arhiv, 2017).....	56
Slika 24: Obstoječe zajetje izvira (Osebni arhiv, 2017)	57
Slika 25: Tloris preprostega objekta za zajetje točkovnega vira (Slokan, 2011).....	58

Slika 26: Odtok vode proti rezervoarju (Osebni arhiv, 2017)	58
Slika 27: Primer izpustne glave z žabjim pokrovom (Slokan, 2011)	59
Slika 28: Dozirna naprava za pripravo in doziranje raztopine ClO ₂ (MAK CMC, 2018)	61
Slika 29: Sestavni deli naprave za UV sevanje (MAK CMC, 2018)	62
Slika 30: Detajl zajetje vode in vodohran	67
Slika 31: Minimalni odmik od spodnjega roba podzemnih temeljev objekta	69
Slika 32: Hidrostatična in tlačna črta	70
Slika 33: Izbrana PVC cev, dimenzije DN160 (Zagožen, 2018)	73
Slika 34: Situacija predvidenega kanalizacijskega sistema	74
Slika 35: Shema kanala K1	75
Slika 36: Karakteristični prečni profil kanala K2, od RJ18 do RJ7	77
Slika 37: Kanal K2	78
Slika 38: Predvidena lokacija MKČN (Osebni arhiv, 2017)	80
Slika 39: Primer grede v RČN (Limnos d.o.o., 2018)	81
Slika 40: SBR čistilna naprava AQUAmax (Zagožen, 2018)	81
Slika 41: Postavitev MBR čistilne naprave (Comteh d.o.o., 2018)	82
Slika 42: Stanje ceste pred in po predvideni preplastitvi (Osebni arhiv, 2017)	83

KAZALO GRAFIKONOV:

Grafikon 1: Gibanje števila prebivalcev	6
Grafikon 2: Mesečne povprečne višine padavin.....	8
Grafikon 3: Pretočni režimi po posameznih dekadah (od leta 1961-2000) in v referenčnem obdobju 1961-1991 na vodomerni postaji Kršovec.....	9
Grafikon 4: Nihanje dnevne porabe vode na podeželju.....	28
Grafikon 5: Gibanje obratovalnih in vzdrževalnih stroškov ČN v obdobju 30 let	91
Grafikon 6: Seštevek obratovalnih in vzdrževalnih stroškov v obdobju 30 let	92
Grafikon 7: Skupni investicijski, obratovalni in vzdrževalni stroški v obdobju 30 let	93

1 UVOD

Z vstopom Republike Slovenije v Evropsko unijo so se zvišali okoljski standardi. Slovenija je prevzela različne zakone, predpise in strateške dokumente s področja varstva okolja ter izdelala nacionalni program, kakor tudi številne operativne programe. Dva ključna dokumenta, za doseganje ciljev iz Nacionalnega programa varstva okolja sta Operativni program oskrbe s pitno vodo in Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode.

Operativni program oskrbe s pitno vodo je izvedbeni dokument, s katerim se določa načine in ukrepe za izboljšanje trenutnega stanja oskrbe. Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode se nanaša na varstvo vseh površinskih in podzemnih voda, na območju države, pred onesnaženjem okolja, vnosom prevelikih količin fosforja ter dušika in mikrobiološkim onesnaženjem. Izvedbeni akt določa območja poselitve, za katera je ob predpisanih rokih obvezno zagotoviti ustrezno odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode.

Za zagotavljanje zdravja in ustrezne kakovosti življenja ljudi, je izgradnja in ureditev ustrezne komunalne infrastrukture bistvenega pomena. Pod komunalno infrastrukturo štejemo naprave za oskrbo s pitno vodo, odvod onesnažene odpadne vode (komunalne in padavinske odpadne vode), čiščenje in pripravo pitne vode ter čiščenje odpadnih voda (Panjan 2002).

Primerna ureditev in učinkovitost komunalne infrastrukture v Sloveniji ni povsem enostavno dosegljiva. Največji problem predstavljajo območja razpršene poselitve, za katera je značilno, da v večji meri komunalne infrastrukture nimajo ali pa je ta razdrobljena, neučinkovita in ponekod zastarela. Problemi se kažejo predvsem v vodnih izgubah na področju oskrbe z vodo in v skromni priključitvi prebivalcev na javno kanalizacijsko omrežje (Odlok o strategiji..., 2004)-

Strmec na Predelu spada v območje razpršene poselitve. Po podrobnejši analizi naselja smo ugotovili, da slednje nima primerno urejene oskrbe in distribucije pitne vode. Odvod odpadne komunalne vode je urejen z individualnimi greznicami. Za katere velja, da jih je potrebno odstraniti in nadomestiti z MKČN najpozneje do 31. 12. 2023, in sicer v obstoječih objektih za katere je bilo izdano gradbeno dovoljenje pred 14. 12. 2002. Če je trenutna ureditev odvajanja odpadne vode skladna s predpisi in standardi, ki so veljali v času gradnje, pa morajo spremembe biti upoštevane od prvi rekonstrukciji objekta (Uredba o čiščenju in odvajanj..., 2017).

V magistrski nalogi je predstavljen in opisan predlog ureditve preskrbe s pitno vodo in odvoda odpadnih voda iz naselja Strmec na Predelu (SZ Slovenija, občina Bovec). Pri ureditvi in načrtovanju komunalnih vodov predstavljajo pomembne dejavnike urbanistične, demografske, hidrološke, naravne (varovana območja; Triglavski narodni park, Natura 2000) in topografske značilnosti območja.

V prvem delu naloge smo opisali osnovne značilnosti naselja Strmec na Predelu z bližnjo okolico in obstoječe stanje komunalne infrastrukture. Slednjim sledijo izhodišča za zasnovo in načrtovanje vodovodnega in kanalizacijskega sistema, z vsemi fazami priprave pitne vode in čiščenja komunalne odpadne vode.

V predlogu ureditve preskrbe s pitno vodo in odvoda odpadnih voda, so predstavljeni vsi potrebni izračuni in rezultati za dimenzioniranje komunalne infrastrukture, kakor tudi idejne rešitve za izboljšanje trenutnega stanja oskrbe.

Na koncu magistrske naloge smo podali še oceno stroškov celotne investicije, ki obsega izgradnjo novega vodovodnega in kanalizacijskega sistema, pripravo pitne vode, čiščenje odpadne komunalne vode v izbrani mali komunalni čistilni napravi in preplastitev cestišča.

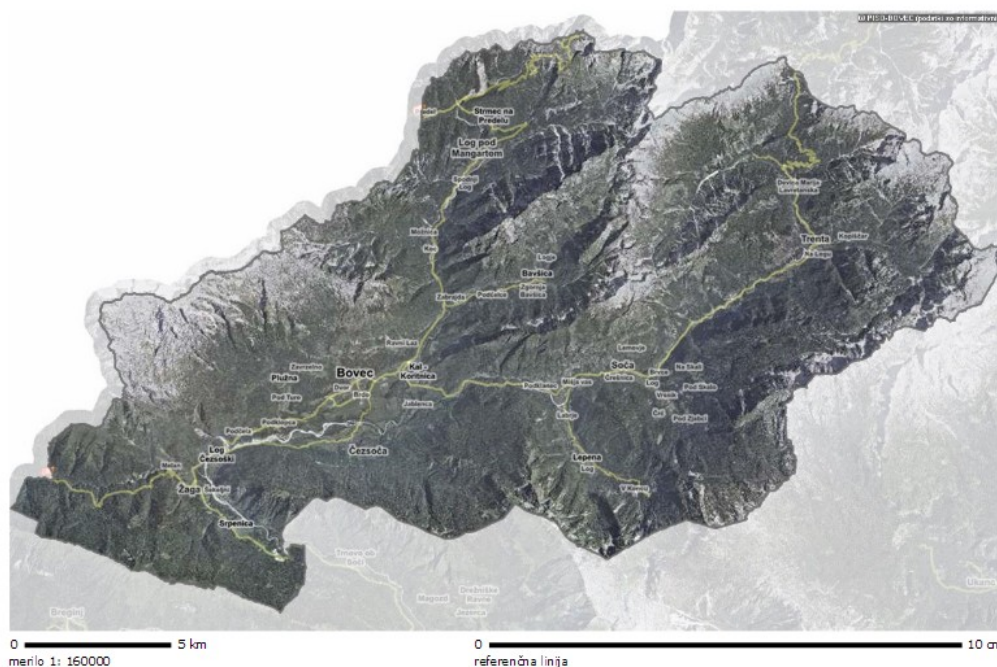
2 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANEGA OBMOČJA

2.1 Splošno o naselju Strmec na Predelu in občini Bovec

Občina Bovec, v kateri se nahaja naselje Strmec na Predelu, leži v severozahodnem delu Republike Slovenije in je del goriške statistične regije. Razprostira se na 367 km² in se po površini uvršča na 4. mesto med slovenskimi občinami. Sestavljajo jo mesto Bovec, ki predstavlja središče občine ter naselja Bavšica, Čezsoča, Kal – Koritnica, Lepena, Log Čezsoški, Log pod Mangartom, Plužna, Soča, Srpenica, Strmec na Predelu, Trenta in Žaga. Na severu in zahodu občina meji z državo Italijo, in sicer z občinami Trbiž, Kluže in Rezijo, s slovenskimi občinami Kobarid na jugu, Bohinj na jugovzhodu in Kranjsko Goro na severovzhodu.

Bovško je izrazito gorata pokrajina v Julijskih Alpah, katere velik del leži v Triglavskem narodnem parku. Za to območje so značilne ozke ledeniške doline, ki so nastale ob reki Soči, iz te izhajajo še stranske doline Lepena, Vrsnik, Zadnjica in Zadnja Trenta, ob reki Koritnici z Bavšico, Možnico in Loško Koritnico ter ob reki Učji. Ob sotočju reke Soče in Koritnice je nastala bovška kotlina, katera je na dnu pokrita z dokaj obsežnimi, ravnimi, obdelovalnimi površinami (Občina Bovec, 2017).

Začetni prikaz

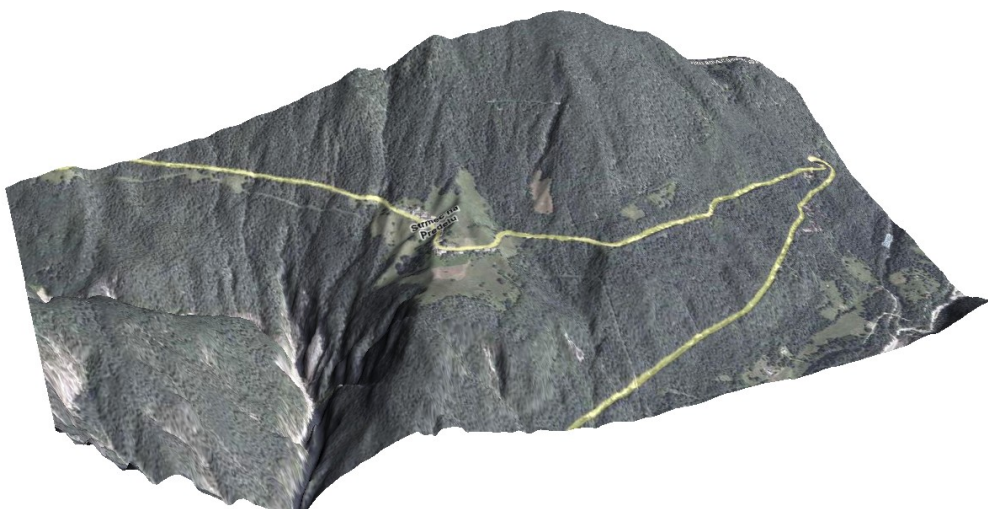


Slika 1: Občina Bovec (PISO, 2017)

Naselje Strmec na Predelu leži na severu občine Bovec, nad naseljem Log pod Mangartom, na nadmorski višini 955 m. Razprostira se na 12,04 km² (Statistični urad RS, 2017). Iz naselja je lepo

vidna Loška stena, ter vrhova Rombon in Jerebica. Strmec na Predelu z manjšim zaselkom Predel ter Spodnjim in Gornjim Logom sestavljajo krajevno skupnost Log pod Mangartom.

Gre za manjšo gorsko vasico, katero sestavlja vsega 22 hiš in en manjši kmetijski objekt. Hiše so zgrajene ob glavni cesti, lahko bi rekli da gre za obcestno naselje, saj se značilna oblika manjših gručastih podeželskih naselij ni mogla razviti zaradi specifičnega gorskega terena. V naselju poleg manjšega kmetijskega objekta in stanovanjskih hiš, katere večino uporabljajo kot počitniške hiše oziroma vikende, najdemo tudi manjši turistični obrat s šestimi ležišči.



Slika 2: Relief obravnavanega območja (PISO, 2018)

2.2 Prebivalstvo

Občina Bovec je sredi leta 2015 imela približno 3.150 prebivalcev, od tega je približno 1.550 moških in 1.600 žensk. Po številu prebivalcev se med slovenskimi občinami uvršča šele na 150. mesto. Na kvadratni kilometer občine Bovec živi povprečno 9 prebivalcev, kar pomeni, da je gostota naseljenosti na tem območju manjša v primerjavi s celotno državo, kjer štejemo 102 prebivalca na km².

Naravni prirastek prebivalstva je v občini Bovec zadnjih nekaj let negativen. V letu 2015 je znašal -2,2, leto kasneje pa se je več kot podvojil in znašal -4,5 (v Sloveniji 0,4 leta 2015 in 0,3 leta 2016). Podoben trend negativnega gibanja je zaznati tudi pri selitvenem prirastku saj je število tistih, ki so se iz te občine izselili višje, od števila tistih, ki so se vanjo preselili. Selitveni prirastek na 1.000 prebivalcev je namreč znašal -1. Skupni prirastek, kateri je seštevek naravnega in selitvenega prirastka, je za občino Bovec v letu 2015 znašal -3,2 (v Sloveniji 0,6) (Statistični urad RS, 2015).

Preglednica 1: Naravni prirast na 1.000 prebivalcev (Statistični urad RS, 2017)

Občina: Bovec	
Leto	Naravni prirast na 1.000 prebivalcev
2010	2,8
2011	-0,9
2012	-1,3
2013	-0,6
2014	-3,8
2015	-2,2
2016	-4,5

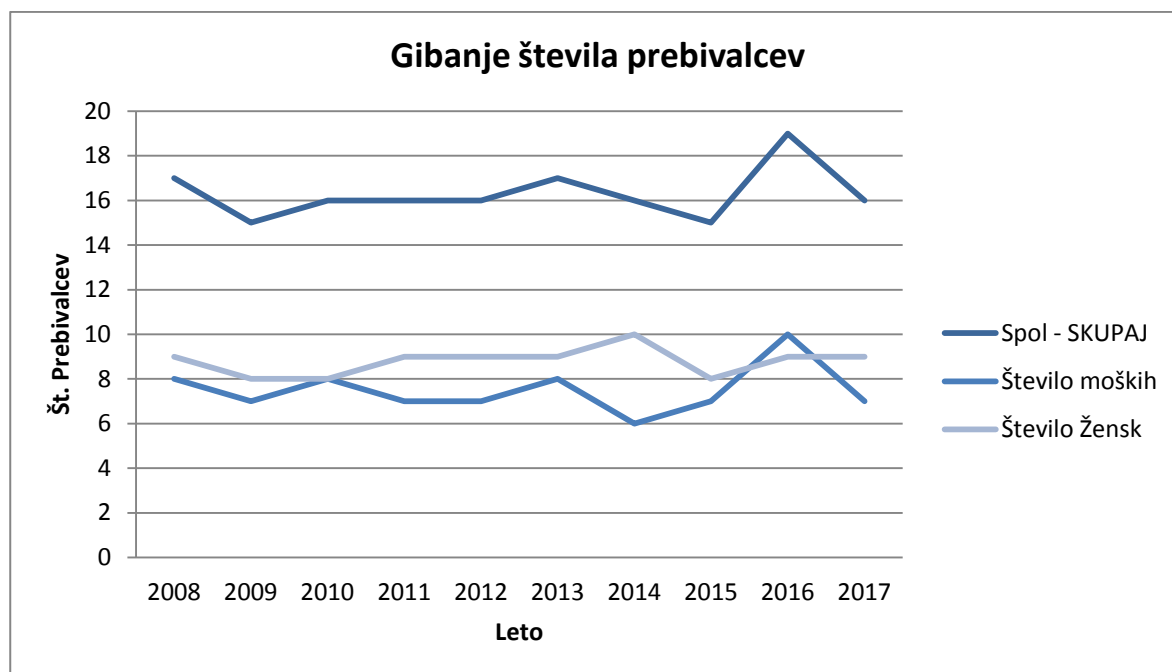
Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije za leto 2015 živi v naselju Strmec na Predelu 15 prebivalcev, v 7 gospodinjstvih s povprečnim številom članov na gospodinjstvo 2,1. Prebivalci Strmca na Predelu predstavljajo 0,48% celotnega prebivalstva občine Bovec.

Preglednica 2: Prebivalstvo Strmca na Predelu (Statistični urad RS, 2017)

Podatki o izbranem naselju (za leto 2015)	
STRMEC NA PREDELU (občina Bovec)	
Število prebivalcev	15
Število moških	7
Število žensk	8
Površina naselja [km ²]	12.04
Gostota naseljenosti [preb./km ²]	1.2
Število gospodinjstev	7
Povprečna velikost gospodinjstev	2.1

Preglednica 3: Popis prebivalstva v zadnjih 10 letih (Statistični urad RS, 2017)

	006011 Strmec na Predelu									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Spol - SKUPAJ	17	15	16	16	16	17	16	15	19	16
Število moških	8	7	8	7	7	8	6	7	10	7
Število Žensk	9	8	8	9	9	9	10	8	9	9
Površina naselja [km ²]	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04
Gostota naseljenosti	1.4	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.2	1.6	1.3



Grafikon 1: Gibanje števila prebivalcev

Po zadnjih podatkih iz leta 2017 ima naselje Strmec na Predelu 16 prebivalcev. Kot je razvidno iz preglednice 3 in grafikona 1, se število prebivalcev v zadnjih 10 letih ni drastično spremenilo.

Realno stanje prebivalstva naselja Strmec na Predelu je drugačno kot je prikazano na Statističnem uradu Republike Slovenije. Stalnih prebivalcev v naselju je 5, ostali so le stalno prijavljeni v svojih nepremičninah, ki jim služijo kot počitniške hiše. Zaradi omenjenega v naselju težko določimo naravni prirastek prebivalstva.

2.3 Klimatske in hidrološke značilnosti

2.3.1 Klimatske značilnosti

Naselje Strmec na Predelu leži v gorskem svetu, na nadmorski višini 955 m. Za to območje je značilno gorsko podnebje, in sicer kratka, vlažna poletja ter mrzle, dolge zime. Višek padavin pade v jesenskem času, drugi manj izraziti maksimum pa v poznem pomladanskem času.

Najbližja meteorološka postaja katera ima dostopne podatke o povprečnih temperaturah se nahaja v mestu Bovec. Bovec leži na 452 m nadmorske višine, kar je dobrih 500 m nižje od Strmca na Predelu, zato predpostavljamo, da so povprečne temperature na našem obravnavanem območju nižje od izmerjenih na meteorološki postaji v Bovcu.

Preglednica 4: Klimatološko povprečje 1981 – 2010 (ARSO, 2017)

Meteorološka postaja Bovec [1981-2010]													Letno povprečje
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	
Povprečna temperatura [°C]	0.4	1.7	5.5	9.8	14.2	17.4	19.6	19	14.6	10.3	5	0.8	9.9
Najvišja povp. dnevna temp. [°C]	4.5	6.6	10.9	14.9	19.8	23.3	26	25.6	20.6	15.9	9.5	4.8	15.2

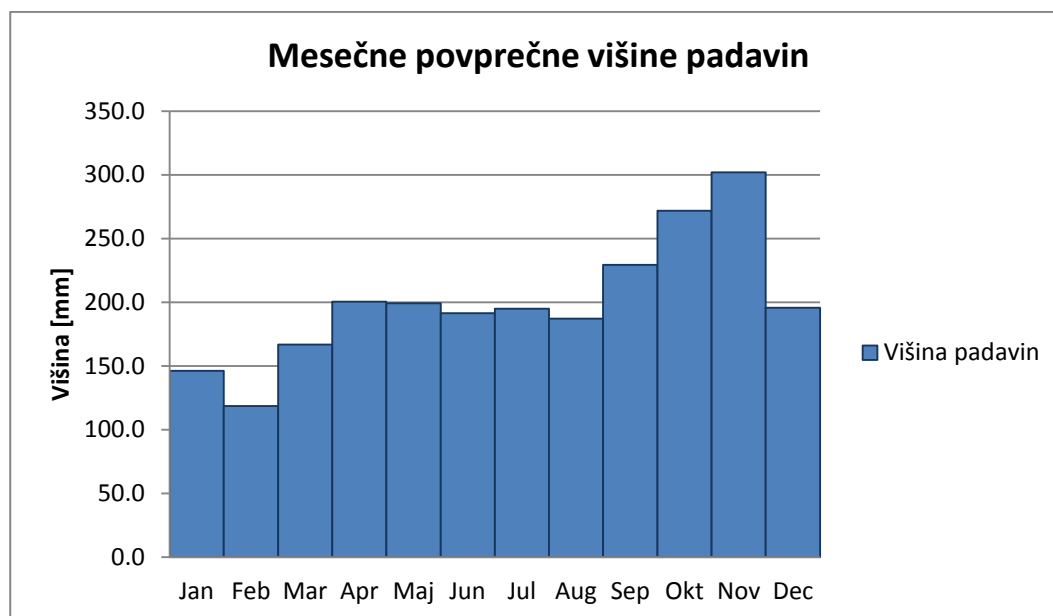
Podatki o višini snežne odeje in padavin obravnavanega območja naselja Strmec na Predelu so preciznejši, slednje pridobivajo na padavinski meteorološki postaji v Logu pod Mangartom. Padavine so tu zelo pogoste, močne in med najvišjimi v Sloveniji.

Meteorološka postaja je bila postavljena v novembru leta 1949, katera je bila do sedaj že večkrat premaknjena (nadmorska višina se je gibala od 625 m – 665 m). Po katastrofalnem plazju, ki je prizadel naselje Log pod Mangartom novembra leta 2000, se lokacija meteorološke postaje ni več spreminjala, slednja je postavljena na 648 m nadmorske višine. Na meteorološki postaji od samega začetka merijo višino padavin z dežemerom, višino snežne odeje, višino novozapadlega snega in opazujejo meteorološke pojave. Leta 1999 so postajo nadgradili z ombrografom, s katerim merijo višino padavin po urah in minutah, kakor tudi njihovo intenziteto. Poleg omejene meteorološke postaje so v letu 2000 v Logu pod Mangartom postavili tudi avtomatsko meteorološko postajo, ki leži na 1350 m nadmorske višine in daje podobno natančne meritve in podatke kot ombrograf (ARSO, 2000).

Na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje so dostopni mesečni podatki višine padavin in snežne odeje od leta 1961 do leta 2011 (homogenizirani nizi). Iz slednjih smo lahko s pomočjo osnovnih izračunov definirali letne višine padavin in snežne odeje (priloga A), kakor tudi povprečne mesečne višine padavin in snežne odeje v naselju Log pod Mangartom (meteorološka postaja 53 Log pod Mangartom). (ARSO, 2017)

Preglednica 5: Povprečne mesečne višine padavin in snežne odeje (od leta 1961 do 2011) (ARSO, 2017)

	Padavine [mm]	Snežna odeja [cm]
Jan	146.3	23.8
Feb	118.5	31.0
Mar	166.7	20.6
Apr	200.4	2.8
Maj	199.3	0.0
Jun	191.5	0.0
Jul	195.0	0.0
Aug	187.3	0.0
Sep	229.4	0.0
Okt	271.9	0.0
Nov	302.1	1.7
Dec	195.8	9.0



Grafikon 2: Mesečne povprečne višine padavin

Na grafikonu 2 je dobro viden izrazit maksimum padavin v jesenskem času (Sep., Okt., Nov.).

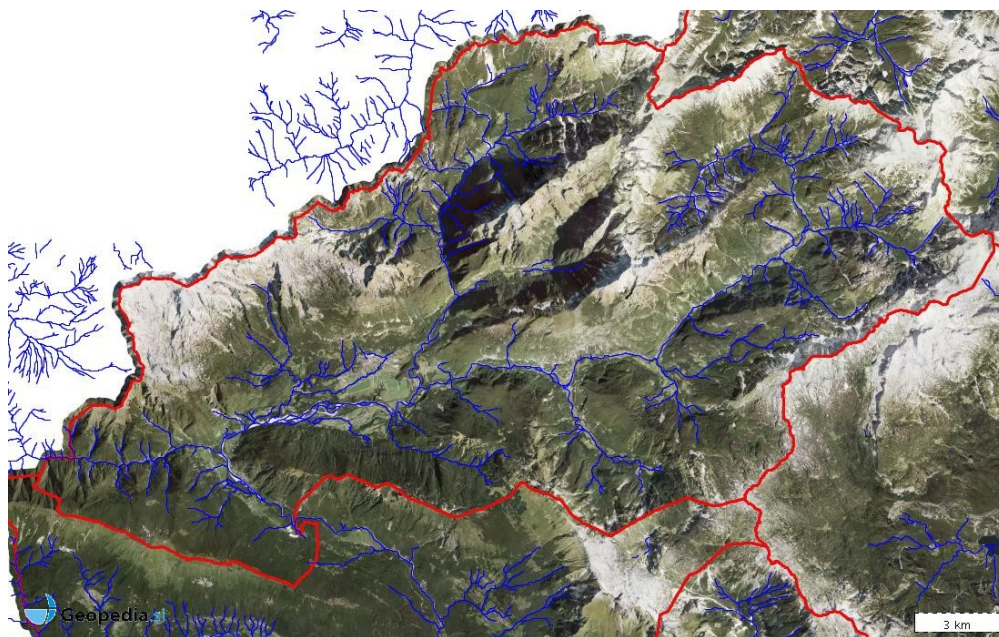
Letno povprečje višine padavin, katerega smo izračunali iz niza podatkov od leta 1961 do leta 2011, znaša 2404,1 mm, letno povprečje višine snežne odeje pa 88,8 cm (priloga A).

2.3.2 Hidrološke značilnosti

Občina Bovec je bogata z vodnimi viri. Največjega predstavlja reka Soča, sledijo ji večji pritoki, reka Koritnica in reka Učja, manjši pritoki Lepenca, Vrsnik, Gljun, Predelica, Mangartski potok in ostali. Reka Soča velja za eno najlepših evropskih rek, katera slovi predvsem po svoji znameniti smaragdni barvi.

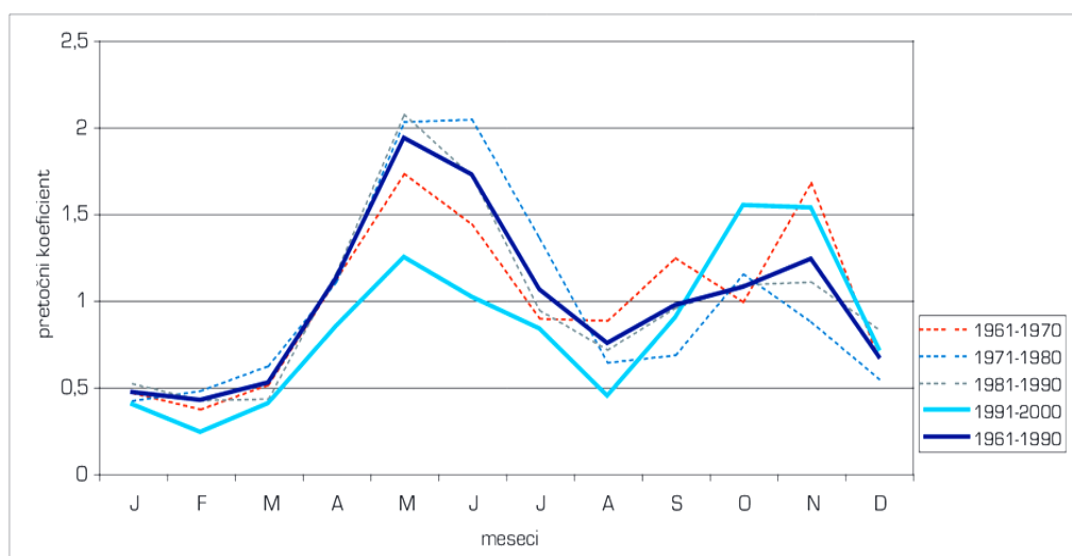
Vode na Bovškem izkoriščajo za gospodarske, turistično-rekreativne in oskrbovalne namene (oskrba s pitno vodo). Zaradi specifičnega reliefa imajo vodni viri zelo razgibano strugo s slapovi, brzicami, koriti, tolmoni ter ozkimi skalnimi soteskami. Slednje dajejo idealne pogoje za izvedbo svojevrstnih športnih in rekreativnih dejavnosti (kajak, rafting, canyoning oz. soteskanje, ribolov).

Na vodotokih Gljun, Mangartski potok, Koritnica, Roja in Krajcarica, izkoriščajo vodni energetski potencial za proizvodnjo električne energije v malih hidroelektrarnah (Rebek, 2016).



Slika 3: Hidrografija – osi vodotokov v občini Bovec (Geopedija, 2017)

Na reki Soči so bile opravljene meritve pretoka na vodomerni postaji Kršovec. Iz dobljenih podatkov lahko določimo, da v zgornjem toku reka izkazuje alpski visokogorski snežno-dežni režim, s prvim viškom v pozni pomladi (zaradi taljenja snega in ledu v visokogorju) in drugim v pozni jeseni (zaradi obilnih padavin). Glavni nižek se pojavi v zimskem času zaradi snežnega zadržka, sekundarni pa poleti, v mesecu avgustu. Z rečnim pretočnim režimom opisujemo povprečno sezonsko gibanje pretoka reke, na katerega vplivajo geografske značilnosti porečja in podnebna dinamika (padavine, temperatura tal in drugi podnebni dejavniki) (Frantar, 2005).



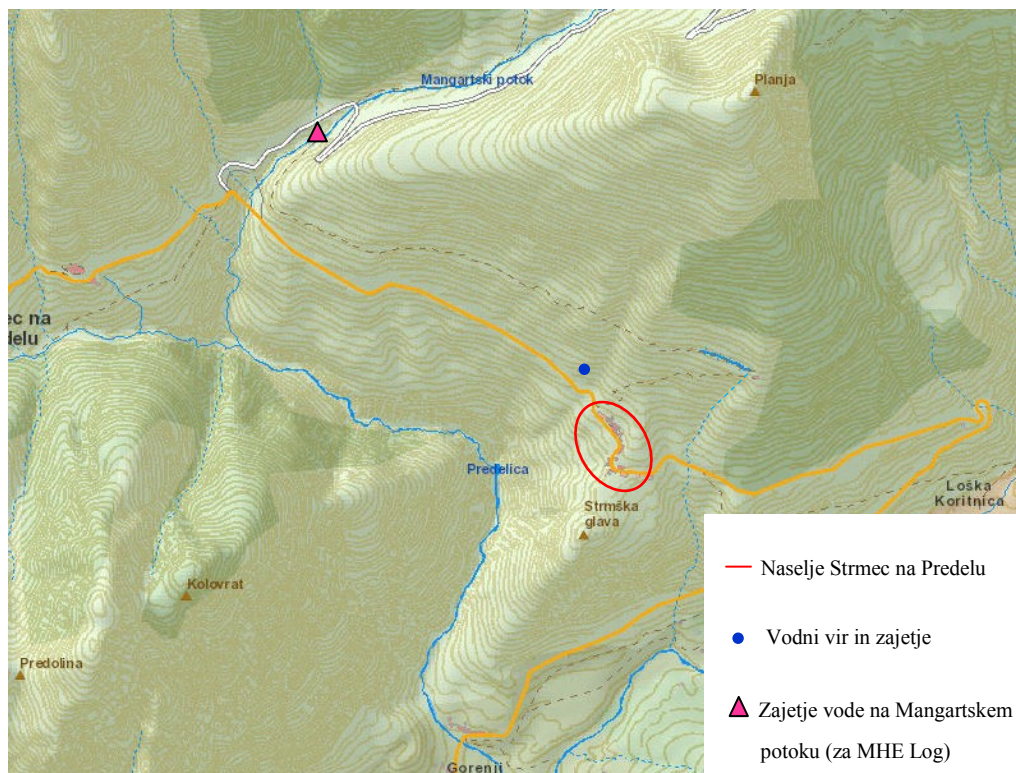
Grafikon 3: Pretočni režimi po posameznih dekadah (od leta 1961-2000) in v referenčnem obdobju 1961-1991 na vodomerni postaji Kršovec

Na grafikonu 3 so prikazani pretočni režimi po dekadah od leta 1961 do leta 2000 in v referenčnem obdobju od leta 1961 do 1991. Za analize pretoka v omenjenem referenčnem obdobju smo se odločili na podlagi že opravljenih raziskav in ugotovitev za to obdobje. Na osnovi slednjih je bilo določenih 8 tipov pretočnih režimov v Sloveniji. S primerjavo pretokov v referenčnem obdobju in v dekadah od leta 1991 do leta 2000 lahko razberemo, da se je pretočni režim z leti spremenil. Glavni višek je bil v referenčnem obdobju v pozni pomladi in sekundarni v pozni jeseni. Od leta 1991-2000 pa obratno, povečal se je jesenski odtok, pomladanski pa zmanjšal (Frantar, 2005).

Glede na naravnost struge (morfološki značaj), so vodotoki razvrščeni v različne razrede:

- 1.razred: naravni vodotok
- 1-2.razred: delno naravni vodotok
- 2. Razred: sonaravno urejeni vodotoki
- 2-3.razred: sonaravno/tehnično urejeni vodotoki
- 3-4.razred: delno togo urejeni vodotoki
- 4.razred: togo urejeni vodotoki

V občini Bovec so vsi vodotoki v 1. ali 1-2. razredu, kar pomeni, da imamo na obravnavanem območju glede na morfološki značaj opravka z naravnimi ali delno naravnimi vodotoki (Operativni program oskrbe..., 2018).



Slika 4: Hidrološke značilnosti obravnavanega območja (Atlas okolja, 2018)

Na sliki 4 je prikazano obravnavano območje naselja Strmec na Predelu z okolico. Z modro barvo so označene vodne osi v bližnji okolici. Severozahodno od naselja teče Mangartski potok, ki se nato izliva v Predelico, slednja se na območju Gornjega Loga kot desni pritok izliva v Koritnico.

Kot smo že prej omenili, na Mangartskem potoku izkoriščajo vodni potencial za proizvodnjo električne energije. MHE Log je bila zgrajena leta 1931 za oskrbovanje gradbišča predvidene železnice po Soški dolini do Trbiža. Ko so idejo o gradnji železnice opustili, so MHE uporabili za preskrbo z električno energijo zgornjega Posočja. Mala hidroelektrarna Log je derivacijska elektrarna z manjšo akumulacijo. Zajetje vode na Mangartskem potoku je na sliki označeno z rožnatim trikotnikom, kjer vodo nato preko transportnega cevovoda prepeljejo do derivacijskega kanala. Iz slednjega je po zelo strmem cevovodu speljana do strojnične zgradbe v Logu. Derivacijski kanal MHE Log je lepo viden na sliki 4, in sicer desno nad označenim naseljem Strmec na Predelu je vidna odebeljena modra črta, ki se nato strmo spusti v smeri proti Logu pod Mangartom (črtkana modra črta). (SENG, 2018)



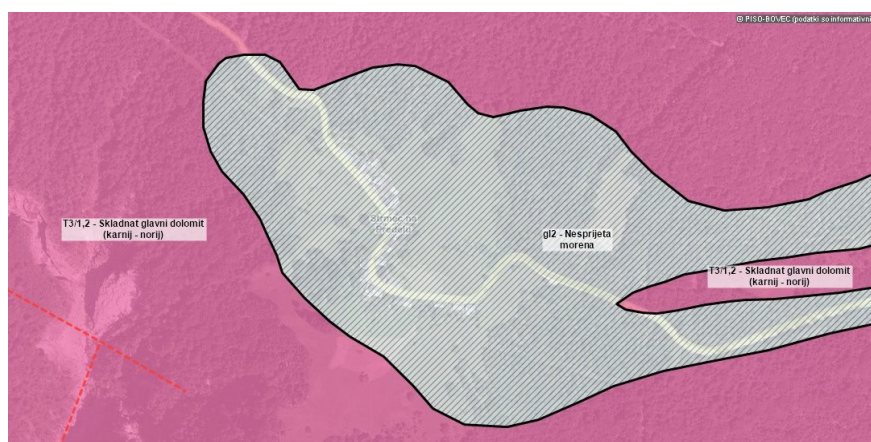
Slika 5: Zajetje na Mangartskem potoku (a), akumulacijski kanal (b) in cevovod v smeri Log pod Mangartom (c) (Osebni arhiv, 2017)

Na sliki 4 je z modro piko označen vodni vir s katerim se prebivalci Strmca na Predelu oskrbujejo z vodo. Gre za manjši izvir, ki po pričevanju stalnih prebivalcev ne presahne. (več v poglavju Obstoječe stanje naselja in infrastrukture)

2.4 Geologija

Obravnavano območje je del osnovne geološke karte lista Beljak in Ponteba, ki v Sloveniji obsega območje Karavank in Julijskih Alp. Južno ležeče Julijske Alpe so preprejene z gorskimi dolinami, katere gradijo predvsem karbonatne kamnine. Geološke raziskave in kartiranje je bilo opravljeno med leti 1977 in 1985.

Na sliki 6 je lepo vidno, da celotno naselje Strmec na Predelu, leži na tanki plasti nesprijete kvartarne morene (gl2), pod slednjo pa najdemo plasti skladnatega glavnega dolomita (karnij – norij), ki padajo pod kotom 25° proti jugozahodu (Geološki zavod Slovenije, 2018).



Slika 6: Geološka sestava obravnavanega območja (PISO 2017)

2.5 Varovana območja

2.5.1 Kulturna dediščina

- Naselbinska dediščina:

Kljub majhnosti ima le-ta zelo pestro zgodovino. Prvi zapisi o naselju segajo v čas rimskih legionarjev, kasneje Slovanov, Benečanov in tudi samega Napoleona.

V času 2. svetovne vojne, natančneje 11. oktobra 1943, so partizani na cesti, ki vodi skozi Strmec ubili nemškega oficirja. Dve uri kasneje je v vas prispel nemški kazenski vod. Vse ženske so bile zaprte v šolo, moške, vse od otrok do starejših so postavili na vrt sredi vasi, kjer so jih ustrelili. Kasneje so vas požgali. Po končani vojni so zavezniki (Američani) financirali obnovo hiš v Strmcu na Predelu, vendar vasica ni nikoli več zaživela kot nekoč. Nadelala si je ime vas črnih rut, katere so ženske nosile v spomin padlim (Črne rute, 1958).

Obnovljena je bila v slogu z 19. stoletja, kjer prevladujejo hiše bovškega stavbnega tipa.

- Memorialna dediščina:

V spomin na ustreljene vaščane, je na jugu naselja postavljen spomenik NOB. Na prednji strani ima vrezan lik žalujoče matere in imena padlih (PISO, 2017).



Slika 7: Območje varstva kulturne dediščine (GIS iObčina, 2017)

2.5.2 Varstvo narave

- Zavarovano območje: Triglavski narodni park

Obravnavano naselje z okolico leži v zavarovanem območju, in sicer znotraj Triglavskega narodnega parka. Večji del narodnega parka predstavlja narava z ohranjenimi ekosistemi in naravnimi procesi, v manjšem delu pa so lahko tudi območja večjega človeškega vpliva, ki je z naravo skladno povezan.

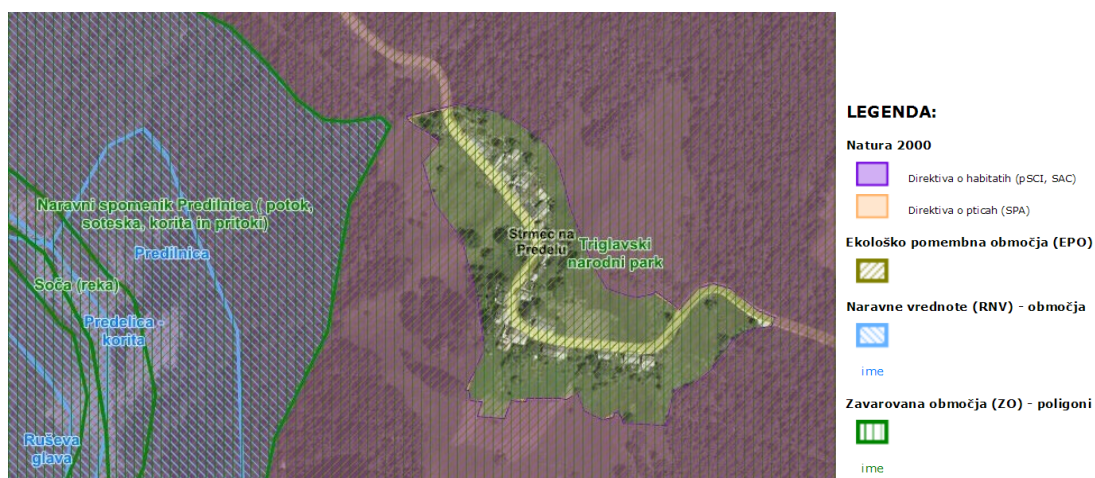
- Ekološko pomembno območje

Poleg zavarovanega območja predstavlja tudi ekološko pomembno območje (Julijske Alpe), ki je po Zakonu o ohranjanju narave območje habitatnega tipa, dela habitatnega tipa ali večje ekosistemske enote, ki pomembno prispeva k ohranjanju biotske raznovrstnosti.

- Natura 2000

Natura 2000 predstavlja evropsko mrežo posebnih varstvenih območij, z osnovnim ciljem ohranjanja biotske raznovrstnosti.

Za gradnjo objektov na območju Nature 2000, zavarovanega območja in/ali območja naravnih vrednot, je potrebno pridobiti naravovarstvene pogoje in soglasja (ARSO, 2017).



Slika 8: Varstvo narave (PISO, 2017)

3 OBSTOJEČE STANJE NASELJA IN INFRASTRUKTURE

Na spletnih portalih (PISO, GIS iObčina, e-Prostor), v katerih je mogoče dostopati do podatkov o gospodarski javni infrastrukturi, smo ugotovili, da na obravnavanem območju poteka le električni vod in vod telekomunikacij.

Na desni strani cestišča, gledano v smeri Log pod Mangartom, poteka prosto zračni daljnovod. Na sliki 9 je z zeleno barvo označen komunikacijski vod, s šifro 22240, ki po CC-SI klasifikaciji vrst objektov označuje lokalni distribucijski elektroenergetski vod in lokalno komunikacijsko omrežje. Pod lokalni elektroenergetski vod spadajo razdelilno elektroenergetsko omrežje nizke napetosti za oskrbovanje posameznih stanovanjskih in drugih območij z električno energijo, nadzemni vodi, kabelski vodi in razdelilni postroji, na katere se priključujejo posamezni objekti, nadzemni in kabelski vodi javne razsvetljave, ki niso del ceste in elektroenergetski priključki. Pod komunikacijsko omrežje pa lokalni komunikacijski vodi in kabelska kanalizacija, telekomunikacijska vozlišča in povezave med njimi, pripadajoča infrastruktura dostopnega omrežja vključno s telefonskimi centralami in stikali (PISO, 2017; GIS iObčina, 2017).



Slika 9: Gospodarska javna infrastruktura (PISO, 2017)

Pod GJS spada tudi prometna infrastruktura. Cesta, ki gre skozi naselje Strmec na Predelu, spada v kategorijo regionalna cesta I. reda (R1). Regionalna cesta I. reda je državna cesta, namenjena

prometnemu povezovanju pomembnejših središč lokalnih skupnosti in navezovanju prometa na državne ceste enake ali višje kategorije (Zakon o cestah (ZCes-1), 2010).

Za boljše razumevanje in poznavanje problematike obravnavanega območja glede oskrbe z vodo in ureditvijo odvoda odpadnih voda smo opravili dva terenska oglada naselja Strmec na Predelu.

Odpadna voda iz gospodinjstev:

Odvajanje fekalne odpadne vode iz gospodinjstev je urejeno z individualnimi greznicami. Na terenskem ogledu smo lokacijo le-teh popisali. V prilogi C1 je prikazano obstoječe stanje naselja z vrisanimi nepremičninami (stanovanjska in ne stanovanjska raba) in lokacijami greznic.

V objektu označenim s številko 9, še ni urejena odvodnja odpadne vode, saj gre za nedokončano in še ne vseljeno novogradnjo. V objektu označenim s številom 12 prav tako nimajo greznice, ampak imajo nekakšen sod za zajetje fekalne vode v kletnih prostorih. Realno stanje in način oziroma primernost izgradnje greznic v ostalih nepremičninah nam ni povsem znan. Znano je, da so nekatere zgrajene brez dna, na skali, z betoniranimi ali zidanimi stranicami, kar seveda ne zadošča pogoju vodotesnosti (Pohar, 2017).



Slika 10: Obstoječe stanje naselja Strmec na Predelu

Padavinska voda:

Zaledne padavinske vode so odvajane površinsko, po že obstoječih naravnih jarkih in strugah hudournikov. Lastne padavinske vode, ki padejo na strešine stavb so speljane po žlebovih v obcestno odprto kanaletu. Kot lahko vidimo na spodnjih dveh slikah sta cesta in obcestna kanaleta v dokaj slabem stanju. Potrebna bi bila preplastitev ceste in ureditev obcestne odvodnje lastne padavinske vode.



Slika 11: Odprta kanaleta ob robu cestišča (Osebni arhiv, 2017)

Vodooskrba naselja:

Naselje je bilo skozi zgodovino vedno preskrbljeno z vodo. Najprej sta bila zgrajena dva vaška korita, večje za osebne potrebe in pranje, manjše pa za živino. Okoli leta 1920 so zgradili manjši rezervoar, s katerim so oskrbovali naselje z vodo. Cevovod iz slednjega, so gradili postopoma, sestavljen je bil iz več različnih tipov cevi (glede na trenutne zmožnosti), postavljen pa je bil zelo plitvo, zaradi tega je voda v zimskem času velikokrat zmrznila.

Obstoječ vaški vodovod je bil zgrajen približno 30 let nazaj. Vodovod ni narejen po predpisih, saj so cevi premera 90 mm postavljene ob notranjem delu cestišča, na globini cca. 30 cm, kar ne zadostuje predpisani globini za to območje. Zaradi neprimerne globine cevi, voda v sistemu ne sme mirovati saj lahko v mrzlem zimskem času zmrzne. Ta problem se je do sedaj pojavil le ob zelo mrzlih in suhih zimah. Na vodovodnem sistemu so še trije hidranti, katerih delovanje je vprašljivo.

Zajetje vode za vodooskrbo naselja je na bližnjem površinskem izviru (označen z modro piko na sliki 4). Slednji naj ne bi presušil niti v največji suši. Prebivalci Strmca domnevajo, da je vzrok za to prevrtana cev ali puščanje transportnega cevovoda in/ali derivacijskega kanala za MHE Log nad naseljem. Sistem za preskrbo MHE Log je dotrajan, do puščanja bi namreč lahko prišlo zaradi poškodb cevovoda/kanala ali na spoju dveh cevi. Na sliki 12 lahko vidimo nekaj od teh poškodb (Pohar, 2017).

Ob izgradnji trenutnega vodovoda v naselju, sistem za preskrbo MHE Log še ni bil dotrajan, obseg morebitnega puščanja bi moral biti manjši ali pa ga sploh ne bi smelo biti. Kljub temu je vode v vodovodnem sistemu bilo vedno dovolj, zato gre za nezanesljiv podatek, katerega smo v nadaljevanju preverili.



Slika 12: Dotok v derivacijski kanal(a), vidna poškodba na transportnem cevovodu (b), vidno puščanje na cevovodu (c) (Osebni arhiv, 2017)

Kot smo že omenili, je zajetje vode na površinskem izviru. Ob zajetju je postavljena mreža, katere namen je mehansko čiščenje vode. Drugih postopkov čiščenja in priprave pitne vode (dezinfekcija) na sistemu ni. Na sliki 13(c), vidimo cev po kateri teče voda gravitacijsko iz zajetja v rezervoar, kateri prav tako ni zgrajen po veljavnih predpisih. Njegove dimenzije so $5\text{ m} \times 8\text{ m} \times 2,5\text{ m}$, v njem zadržujejo od $35\text{--}38\text{ m}^3$ vode, enkrat na leto pa ga gasilci izpraznijo in sperejo. Desno od cevi je narejena luknja, ki leži višje od odtoka vode proti rezervoarju. Ta služi kot preliv (Pohar, 2017).

Enkrat letno opravljajo analizo vode, in sicer na vzorcu odvzetem v rezervoarju ali na sistemu (na pipi odjemalca). Vzorčenje vode opravijo vaščani, kateri vzorce shranijo in odnesejo na nadaljnje analize na Zavod za zdravstveno varstvo Nova Gorica ali na Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije v Ljubljani. Glede na preskušane mikrobiološke parametre vzorci načeloma niso skladni z zahtevami Pravilnika o pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17). Odstopanja od mejnih vrednosti niso preveč problematična. Slednje lahko odpravimo z uvedbo dezinfekcije zajete vode.



Slika 13: Izvir za vodooskrbo naselja (a), zajetje vode (b in c) (Osebni arhiv, 2017)

4 IZHODIŠČA ZA ZASNOVO VODOVODNEGA IN KANALIZACIJSKEGA SISTEMA

4.1 Izhodišča za zasnovo vodovodnega sistema

4.1.1 Splošno

Preskrba s pitno vodo predstavlja, poleg kakovosti zraka, enega izmed najpomembnejših pogojev zdravega bivalnega okolja. Za oskrbo preko 90% prebivalstva v Sloveniji deluje preko 1000 vodovodnih sistemov. Med slednjimi je zaznati veliko število majhnih vodovodov, ki pa oskrbujejo nizek delež prebivalstva (NIJZ, 2018).

V skladu z določbami Zakona o varstvu okolja je oskrba s pitno vodo obvezna občinska gospodarska javna služba. Poznamo javne in zasebne vodovode. Javni vodovod je, kot občinska gospodarska javna infrastruktura, namenjena izvajanju javne službe preskrbe s pitno vodo. Del javnega vodovoda je tudi zunanje hidrantno omrežje za gašenje požarov. Kjer občina ne zagotavlja javne službe preskrbe s pitno vodo, se lahko izvaja lastna oziroma zasebna oskrba, na podlagi vodnega dovoljenja, izdanega v skladu s predpisi (Uredba o oskrbi..., 2017).

V predlogu preskrbe s pitno vodo naselja Strmec na Predelu gre za ureditev lastnega oz. zasebnega vodovoda. Lastna oskrba prebivalcev s pitno vodo se lahko izvaja na območju občine Bovec, kjer se le-ta ne zagotavlja z javno službo, če je vodovod v zasebni lasti, vodni vir pa oskrbuje poselitveno območje z manj kot 50 prebivalci (s stalnim prebivališčem na obravnavani lokaciji) ali z letno povprečno zmogljivostjo oskrbe s pitno vodo, manjšo od 10 m³ pitne vode na dan. Zasebni vodovod mora imeti upravljavca, če oskrbuje več kot pet stanovanjskih stavb, v katerih prebivajo prebivalci s stalnim prebivališčem ali, če oskrbuje s pitno vodo stavbo ali več stavb, v katerih se izvaja gostinska, turistična ali živilska dejavnost. Upravljavec zasebnega vodovoda je dolžan zagotavljati oskrbo s pitno vodo in vse potrebne podatke, v skladu z veljavno zakonodajo. Upravljavca zasebnega vodovoda potrdi ali določi pristojni upravni organ občine v skladu z veljavno zakonodajo (Odlok o oskrbi..., 2017).

Trenutno v Strmcu na Predelu, delo upravljavca opravljajo stalni prebivalci naselja, kateri skrbijo za nemoteno delovanje sistema, predvsem v zimskem času, ko je potrebno poskrbeti, da voda v sistemu ne miruje in s tem preprečiti zmrzovanje.

4.1.2 Vodni viri

Za preskrbo prebivalstva s pitno vodo potrebujemo ustrezen vodni vir. Najprimernejši sta podzemna voda (podtalnica) in površinska voda na izvirihi. Neposredne uporabe meteorne vode se pa

poslužujemo le izjemoma, in sicer pri posameznih zgradbah s kapnico, če nimamo na voljo druge rešitve (Panjan, 2002).

Možna je tudi raba površinskih vodotokov in akumulacij. Vodo za potrebe vodooskrbe v Sloveniji načeloma ne črpamo iz rek, saj imamo dovolj drugih kakovostnejših in cenejših vodnih virov. Poleg izvirov, podtalnice, površinskih akumulacij in rek, poznamo tudi alternativne vodne vire za pripravo pitne vode (desalinizacija morske vode).

V lastnih oziroma zasebnih vodovodih se z vodo oskrbujejo predvsem iz manjših izvirov, individualnih vodnjakov in kapnice, ki pride v poštev predvsem na Krasu in hribovitih predelih (Žerovnik, 2009).

4.1.3 Vodovodno omrežje

Vodovodno omrežje obravnavamo kot celotno vodopreskrbno napravo (tehnično in ekonomsko gospodarno). Ustrezati mora osnovnim pogojem:

- Dovajati mora kakovostno in zadostno vodno količino v vsako točko omrežja pod ustreznim tlakom v vsakem trenutku.
- Hitrost vode ne sme presegati dopustnih maksimalnih in minimalnih mej.
- Z ostalimi vodooskrbnimi napravami in objekti mora zagotavljati gospodarno najugodnejšo različico (najnižje stroške obratovanja in vzdrževanja) (Panjan, 2002).

Pri vodovodnih omrežjih ločimo različne sestavne dele:

- glavni cevovod (dovaja vodo v mesto, naselje),
- napajalni cevovod (za transport vode iz glavnega cevovoda v posamezno četrt, oziroma predele naselja),
- razdelilni cevovod (za dovod vode iz napajalnih ali glavnih cevovodov k posameznemu potrošniku) (Sketelj, 1957).

Glede na razporeditev sestavnih delov ločimo tri vrste omrežij :

- Vejičast sistem:

Uporablja se v manjših naseljih, vaseh in industrijah. Od glavnega cevovoda se odcepijo napajalni ali razdelilni vodi k posameznim odjemalcem. Med posameznimi odcepi ni nobene cevne povezave, kar je največja pomanjkljivost takega omrežja, saj v primeru okvare, odjemalci, ki so na okvarjeno cev priključeni ostanejo brez vode. Hitrost toka vode v sistemu je odvisno od potrošnje na opazovanem cevovodu, ker se pa vejičast sistem uporablja le v

manjših naselje, vaseh in industriji lahko potrošnja tekom noči popolnoma izostane (voda v sistemu stoji).

- Mrežast sistem:

Skozi oskrbovano območje poteka lahko več odceпов glavnega cevovoda. Glavni in napajalni vodi so med seboj povezani z razdelilnimi cevovodi. Slednje omogoča bolj varno oskrbo potrošnikov. V primeru okvare lahko voda doteka iz drugih predelov omrežja. Voda v takem sistemu konstantno kroži in ne zastaja.

- Krožni sistem

Pri krožnih sistemih glavni cevovodi tvorijo zaključene kroge, kar potrošnikom omogoča najbolj varno oskrbo (Panjan, 2002; Sketelj, 1957).

4.1.4 Poraba vode

Pri projektiranju vodovodnega omrežja moramo najprej določiti potrebno količino pitne vode in ugotoviti, ali imamo na razpolago dovolj kakovostno vodo. Pri določanju potrebne količine vode moramo upoštevati vse potrošnike, tako njihove pretekle in trenutne, kakor tudi prihodnje potrebe (praviloma 25-30 let, nekje do 50 let). Na časovno obdobje dimenzioniranja in amortizacije vodovodnih sistemov vplivajo običajna življenjska doba infrastrukture, začetna cena izgradnje in obratovanja, možnost financiranja, zagotovitve planirane porabe vode, razširitve in povečanje zmogljivosti sistema, možnost zaslужka ter obnašanje sistema v začetnem, ne polno izkoriščenem obdobju.

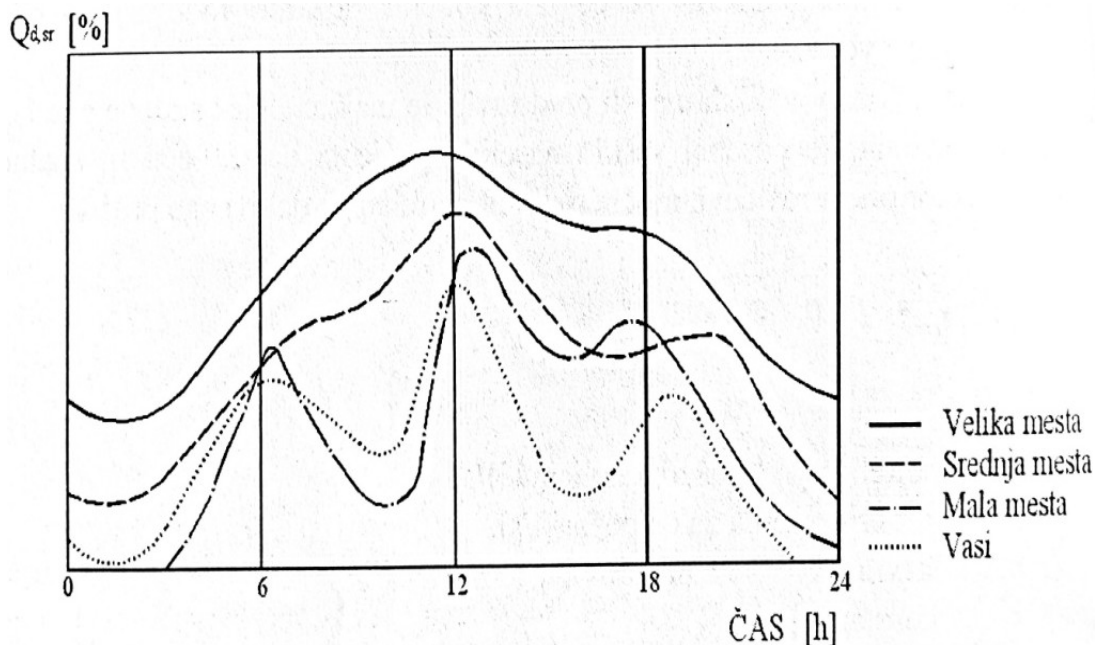
Porabo pitne vode delimo na naslednje porabnike:

- poraba vode v gospodinjstvih,
- tehnološke vode v industriji in obrti,
- javne ustanove in objekti,
- komunalna dejavnost,
- poraba vode pri požarih in za lastne potrebe vodovodnega sistema.

Norma porabe vode (izražena v litrih na prebivalca na dan), je osnovna količina za dimenzioniranje vodooskrbnega omrežja. Od ustreznosti določanja le-te je odvisno delovanje celotnega sistema. Slednja se oblikuje glede na analizo vseh zgoraj omenjenih porabnikov.

Porabo vode gradijo trije pomembni podatki, in sicer norma porabe vode, število prebivalcev na koncu planiranega obdobja in koeficient neenakomerne potrošnje vode. Potrošnja porabe vode niha tekom

dneva, tedna, meseca in leta, kar moramo upoštevati pri dimenzioniranju vodovodnega omrežja. Najpomembnejša so dnevna in urna nihanja (Slika 14) porabe vode, katere moramo vključiti v izračune omrežja.



Slika 14: Nihanje dnevne porabe v naseljih (Panjan, 2002)

Preglednica 6: Gibanje porabe vode glede na velikost naselja (Panjan, 2002; Preglednica 2.3)

Velikost naselja	Število prebivalcev [P]	Maksimalna dnevna poraba [l/(P.d)]	Srednja dnevna poraba [l/(P.d)]
Mala podeželska naselja	do 2.000	80 - 100	80
Večja podeželska naselja	2.000 - 10.000	150 - 200	80 - 120
Mala mesta	10.000 - 20.000	150 - 200	120-150
Srednja mesta	20.000 - 100.000	300 - 400	180 - 200
Velika mesta	nad 100.000	350 - 500	200 - 300
Zdravniški in kopališki kraji		400 - 500	200 - 300

Poraba vode v gospodinjstvih:

Glavni dejavniki, ki vplivajo na porabo vode v gospodinjstvih so število prebivalcev, njihov življenjski standard, klimatski pogoji, infrastrukturna urejenost območja, kakovost vodovodnega sistema, meritve porabe in izgube vode znotraj sistema, kakovost hišnih inštalacij in cena vode.

V preglednici 7 je prikazana primerjava med porabo in odtokom vode v gospodinjstvih.

Preglednica 7: Poraba vode in odtok v gospodinjstvih (Panjan, 2002; Tabela 2.4)

Vrsta porabe	Poraba vode [l]	Odtok odpadne vode [l]
Pomivanje posode (enkrat za eno osebo)	1,5 - 8	1,5 - 8
Pranje (na osebo na dan)	6 - 30	6 - 30
Telesna nega: prhanje	30 - 100	30 - 100
Kopel v kadi	150 - 400	150 - 400
Sedeča kopel	30 - 50	30 - 50
Stranišče:		
WC z izplakovalno omarico (visoko)	6 - 12	6 - 12
WC z izplakovalno omarico (nizko)	12,0 - 20 ,0	12,0 - 20 ,0
WC z izplakovalnikom na pritisk	6,0 - 20	6,0 - 20
Kuhinjski drobilec če je vključen 8min dnevno	24	24
Škropljenje vrta na 1 m ² : - normalen dan	0,15 - 0,3	
- dan z veliko porabo	do 5	
Pranje osebnega avtomobila	50 - 300	51 - 300
Netesna vodovodna pipa (na dan)	do 240	do 240
Izgube zaradi napak v izplakovalni omarici (na dan)	do 1000	do 1000
Povprečna izguba (na osebo na dan)	4,0 - 6,0	4,0 - 6,0

Tehnološka voda v industriji in obrti:

Vodooskrba s tehnološko vodo se rešuje za vsak obrat oz. primer posebej. Vsako področje industrije, obrti in ostalih dejavnosti v naselju ima določene tehnološke in proizvodne značilnosti. Količina potrebne vode za sanitarije in ostale osebne potrebe znotraj industrijskih obratov je v primerjavi s tehnološko vodo zanemarljiva.

Poraba vode pri požarih:

Požarna voda lahko predstavlja prevladujoč element pri dimenzioniranju novih, predvsem manjših vodovodnih omrežij, kar zelo vpliva na stroške gradnje in vzdrževanje sistema. Kljub zelo redki potrebi in uporabi požarne vode, moramo slednjo zagotavljati, vendar je mogoče za to uporabljati tudi manj kakovostno vodo (npr. kapnica). V praksi največkrat zagotavljamo celotno količino požarne vode iz sistema za vodooskrbo (Panjan, 2002).

4.1.5 Tlak v vodovodnem sistemu

V vodovodnem omrežju moramo zagotoviti primeren tlak, s katerim lahko zagotavljamo zanesljivo in kakovostno oskrbo pri maksimalnem pretoku v posameznih delih sistema in dinamiko odjema. Ustrezen tlak lahko zagotovimo z ustrezno višinsko namestitvijo rezervoarja oziroma vodohrana ali s črpanjem vode. Če je tlak v sistemu previsok, pa predvidimo vgraditev razbremenilnih komor.

Na razdelilnem cevovodu, kjer so priključeni posamezni odjemalci, mora biti tlak vsaj 2 bara. V kolikor po opravljenih preračunih pričakujemo večje tlake od dovoljenih, v sistem vgradimo ventile za reduciranje le-teh. Pri projektiranju v naseljih kjer so objekti višji od štirih etaž, problematiko primerne tlaka rešujemo individualno z vgradnjo črpalk, oziroma hidroforja znotraj objektov (Panjan, 2002).

4.2 Izhodišča za hidravlični izračun vodovodnega sistema

Pri dimenzioniranju vodovodnega sistema je potrebno najprej določiti potrebno količino pitne vode, z upoštevanjem vseh odjemalcev, njihove pretekle, trenutne in prihodnje potrebe. Praviloma sistem dimenzioniramo na amortizacijsko dobo do 50 let.

4.2.1 Količine potrebne pitne vode

Pri izračunu potrebne količine pitne vode in nadaljnjem dimenzioniranju vodovodnega sistema moramo natančno preučiti in upoštevati nihanja porabe vode znotraj enega dneva. Dnevni maksimumi so potrebni za pravilno dimenzioniranje vodovodne mreže, rezervoarjev in drugih objektov v sistemu vodooskrbe.

Norma porabe vode:

Norma porabe vode ($l/(P \cdot \text{dan})$) je osnovna količina za dimenzioniranje vodovodnega sistema. Lahko jo določimo s preračuni, odčitki iz objavljenih preglednic (preglednica 6) ali pa kot točen merjen podatek pridobimo na že obstoječih vodovodih.

V Tehničnem pravilniku o načinih oskrbe s pitno vodo, je poraba vode predvidena na oskrbovalnem območju občine Bovec za amortizacijsko dobo 50 let. Za planiranje in projektiranje je potrebno uporabiti naslednje normative:

- gospodinjstvo 250 litrov vode na prebivalca na dan,
- turizem 200 litrov vode na posteljo na dan,
- gostinstvo 15 litrov vode na gosta na dan,
- javni uradi in industrija 15 litrov vode na zaposlenega na dan,
- šole 10 litrov vode na učenca na dan,
- pekarnice 150 litrov vode na zaposlenega na dan,
- frizerski salon 100 litrov vode na zaposlenega na dan,
- velika živina 60 litrov vode na glavo na dan,
- mala živina 20 litrov vode na glavo na dan.

V primeru da razpolagamo z merjenimi podatki v obstoječem vodovodu, uporabimo le-te pri projektiranju novega vodovoda (Tehnični pravilnik..., 2012).

V preglednici 6 je prikazana poraba vode glede na velikost naselja, in sicer za mala podeželska naselja znaša srednja dnevna poraba vode 80 l/(P.dan), maksimalna dnevna poraba pa od 80 do 100 l/(P.dan). V primerjavi z zgoraj omenjenim normativom, ki za gospodinjstva znaša 250 l/(P.dan), so te količine znatno manjše. Kljub temu smo se za projektiranje novega vodovodnega sistema odločili, da bomo uporabili normative določene v Tehničnem pravilniku o načinih oskrbe s pitno vodo v občini Bovec.

Letni prirastek in število prebivalstva po amortizacijski dobi izračunamo z enačbama (Panjan, 2002):

$$p = \left(\sqrt[n]{\frac{A}{A_0}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Kjer pomenijo:

p – letni prirastek [%]

A – število prebivalcev po n letih [P]

A₀ – sedanje število prebivalcev v naselju [P]

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

Kjer pomenijo:

A – število prebivalcev po n letih [P]

A₀ – sedanje število prebivalcev v naselju [P]

p – letni prirastek [%]

n – število amortizacijskih let za kanalizacijski sistem [-]

Srednja dnevna poraba vode se določi iz letne porabe Q_a ali iz norme potrošnje in števila prebivalcev čez n let:

$$Q_{d,sr} = \frac{Q_l}{365 \text{ dni}} = n_p \cdot A \quad (3)$$

Kjer pomenijo :

Q_{d,sr}- srednja dnevna poraba [l/(P.dan)]

Q_l – letna poraba [l/(P.leto)]

n_p - norma potrošnje [l/(P.dan)]

A - število prebivalcev po n letih[P]

Maksimalna dnevna poraba:

$$Q_{d,max} = Q_{d,sr} \cdot a \quad (4)$$

Kjer pomenijo:

Q_{d,max} - maksimalna dnevna poraba [l/(P.dan)]

Q_{d,sr} - srednja dnevna poraba vode [l/(P.dan)]

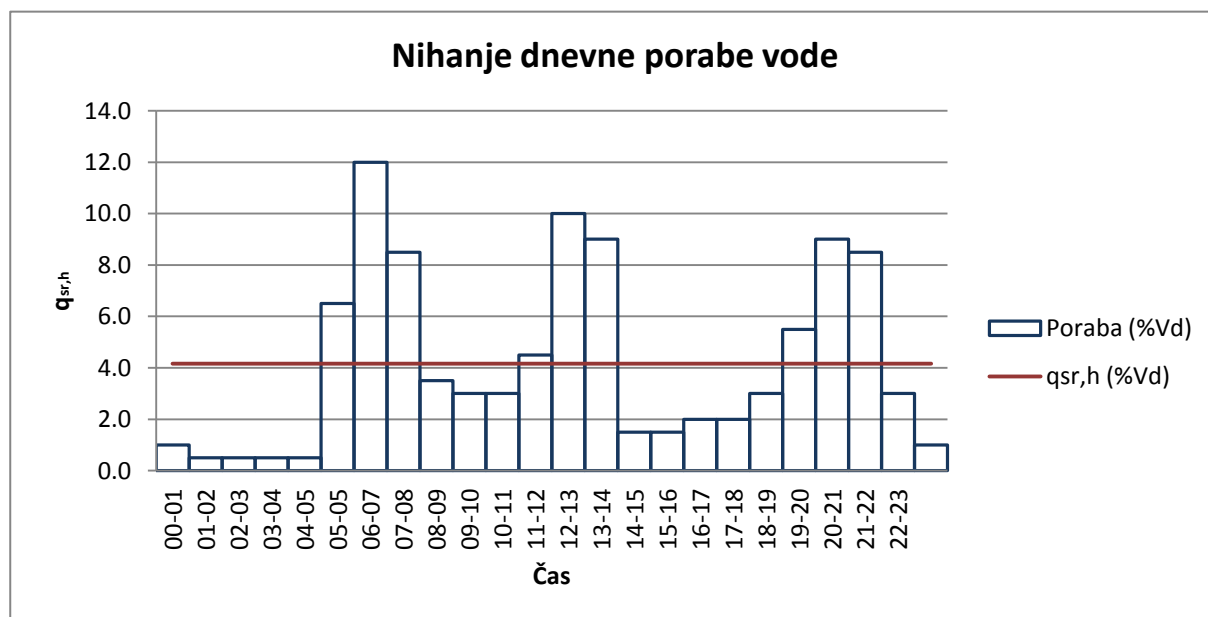
a - koeficient neenakomernosti dnevne potrošnje (za vasi je vrednost 2-2,5)

(Seminar pri predmetu Vodovod..., 2015)

Nihanja porabe vode znotraj enega dneva so različna pri različnih tipih naselij. Ugotovitve dnevnih maksimumov so potrebne za dimenzioniranje vodovodne mreže, cevovodov, rezervoarjev in ostalih objektov (Panjan, 2002). V našem primeru gre za manjše podeželsko naselje, za katero velja dnevno nihanje porabe prikazano v preglednici 8.

Preglednica 8: Nihanje porabe vode tekom dneva za podeželje, (Muhič J., po Mutschmann in Stimmelmayer, 1988)

Ura	Dotok % Vd	Poraba % Vd
00-01	4.167	1.0
01-02	4.167	0.5
02-03	4.167	0.5
03-04	4.167	0.5
04-05	4.167	0.5
05-05	4.167	6.5
06-07	4.167	12.0
07-08	4.167	8.5
08-09	4.167	3.5
09-10	4.167	3.0
10-11	4.167	3.0
11-12	4.167	4.5
12-13	4.167	10.0
13-14	4.167	9.0
14-15	4.167	1.5
15-16	4.167	1.5
16-17	4.167	2.0
17-18	4.167	2.0
18-19	4.167	3.0
19-20	4.167	5.5
20-21	4.167	9.0
21-22	4.167	8.5
22-23	4.167	3.0
23-24	4.167	1.00



Grafikon 4: Nihanje dnevne porabe vode na podeželju

Izračun srednje, maksimalne in minimalne karakteristične urne porabe:

$$q_{sr,h} = \frac{100\%}{24h} \quad (5)$$

$$q_{max,h} = \frac{q_{max}}{q_{sr,h}} \quad (6)$$

$$q_{min,h} = \frac{q_{min}}{q_{sr,h}} \quad (7)$$

Maksimalna karakteristična urna poraba vode [l/h]:

$$Q_{h,max} = Q_{d,max} \cdot q_{max,h} \quad (8)$$

Minimalna karakteristična urna poraba vode [l/h]:

$$Q_{h,min} = Q_{d,max} \cdot q_{min,h} \quad (9)$$

(Seminar pri predmetu Vodovod..., 2015)

4.2.2 Dimenzioniranje vodohrana

Pri dimenzioniranju ustreznega volumna vodohrana moramo upoštevati naslednje količine:

- Minimalna oz. fluktuirajoča (pretočena) prostornina vodohrana
To je prostornina, ki niha med najvišjo in najnižjo gladino vodohrana v enem dnevu.
- Potrebna prostornina za gašenje požarov
Veljavni pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Ur.l. SFRJ, 30/91) določa, da je v naselju z manj kot 5000 prebivalci potrebno zagotoviti za gašenje požarov ustrezen pretok vode 10 l/s , za čas 2 uri in en požar. Pravilnik določa, da mora biti tlak v hidrantnem omrežju višji ali enak 2,5 bara. (Seminar pri predmetu Vodovod..., 2015)
- Rezervna prostornina v primeru okvar
Tehnični pravilnik o načinu oskrbe s pitno vodo občine Bovec določa, da za potrebe rezervne prostornine v primeru okvar oziroma motenj delovanja, upoštevamo 20% od maksimalne dnevne porabe, dodatka za nujno potrošnjo (Tehnični pravilnik..., 2012).

$$V_{vodohran} = V_{fluktuacija} + V_{rezerva} + V_{požar} \quad (10)$$

$$V_{fluktuacija} = (\Sigma r_{razlike_{max}} + |\Sigma r_{razlike_{min}}|) \cdot Q_{d,max} \quad (11)$$

$$V_{rezerva} = R_{okvara} \cdot Q_{d,max} \quad (12)$$

$$V_{\text{požar}} = \frac{N_{\text{pm}} \cdot I_{\text{hidrant}} \cdot t_{\text{požar}}}{1000} \quad (13)$$

kjer pomenijo:

$V_{\text{fluktuacija}}$ - prostornina fluktuacije [m^3]

V_{rezerva} - prostornina rezerv v primeru okvare [m^3]

$V_{\text{požar}}$ - prostornina vode, ki je potrebna ob požaru [m^3]

$Q_{\text{d,max}}$ - maksimalna dnevna poraba

R_{okvara} - motnje obratovanja [%]

N_{pm} - število požarnih mest

I_{hidrant} - izdatnost hidrantov za požarno mesto [l/s]

$t_{\text{požar}}$ - trajanje požara [h]

4.2.3 Dimenzioniranje cevovoda

Cevovod oz. primeren premer cevi dimenzioniramo na kritično potrošnjo (maksimalno urno porabo vode in požar) in na podlagi hitrosti toka vode v cevovodu.

$$Q_{\text{krit}} = Q_{\text{h,max}} + I_{\text{hidrant}} \quad (14)$$

Kjer so:

$Q_{\text{h,max}}$ - maksimalni karakteristični urni pretok [l/s]

I_{hidrant} - izdatnost hidrantov za požarno mesto [l/s]

$$Q_{\text{krit}} = S \cdot v = v \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (15)$$

Kjer so:

S – prerez polnitve kanala [m^2]

v – hitrost toka vode v cevovodu [m/s]

D – premer cevi [mm]

4.3 Izhodišča za zasnovo kanalizacijskega omrežja

4.3.1 Splošno

Izgradnja in pravilno delovanje kanalizacijskega sistema je ključnega pomena pri ohranjanju in zagotavljanju zdravja prebivalcev, kakor tudi varovanja pred poplavami. Vsak kanalizacijski sistem se mora zaključiti z ustrezno komunalno čistilno napravo, ki odpadno vodo očisti do take mere, da prepreči čezmerno onesnaževanje vodotoka v katerega se očiščena voda izliva. S kanalizacijskim omrežjem urejamo odvod onesnažene odpadne vode iz gospodinjstev, industrije, obrti in drugih obratov, kakor tudi odvod padavinske vode, predvsem onesnažene padavinske vode iz prometnih površin, po daljšem sušnem obdobju.

4.3.2 Vrste odpadne vode in kanalizacijskih sistemov

Vrste voda in načine odvoda v kanalizacijskih sistemih ločimo glede na izvor onesnaženih voda in vrsto odtoka. Odpadno vodo delimo na:

- Padavinska voda

Je voda, ki po padavinah (dež, sneg) pade na območju naselja in odteka iz streh, nepropustnih površin (ceste, trgi) ali propustnih površin (vrtovi, zelenice). Onesnaženost padavinske vode je zelo različna (odvisna od tega po katerih površinah je odtekala; ceste, parki,...).

- Sušna (odpadna) voda – sušni odtok

Sušni odtok predstavlja vso vodo, ki je bila uporabljena in posledično onesnažena v gospodinjstvu, obrti in industrijskih obratih. Onesnažena je bila z raztopljenimi in neraztopljenimi, organskimi ali anorganskimi snovmi. Sušna voda je sestavljena iz:

- hišne odpadne vode, to je vsa voda iz gospodinjstev (odtok iz kuhinje, sanitarij, čiščenje, itd.) in drugih dejavnosti (gostinstvo, šole, itd.), katera vsebuje velik del organskih onesnažil in drugih raztopljenih snovi,
- industrijske odpadne vode, kjer gre za odtok iz industrijske in obrtne proizvodnje, odtok iz sanitarij in onesnažene vode od čiščenja industrijskih in obrtnih prostorov,
- kmetijske odpadne vode, odtok od živinorejske in poljedelske proizvodnje oziroma predelave,
- komunalne odpadne vode, kjer odpadna voda nastaja zaradi komunalnih dejavnosti (čiščenje ulic, trgov, javnih objektov in komunalnih naprav).

- Melioracijska odpadna voda

To je drenažna voda, voda iz izvirov in potokov ter zaledna padavinska voda, ki odteka v sistem za sušni odtok.

- Tuja voda

S pojmom tuja voda označujemo vso vodo, ki ni nastala pri porabi vode v naselju, vendar pride v sistem in posledično na čistilno napravo (zaradi slabih stikov na omrežju). Običajno je malo onesnažena, kljub temu pa jo moramo upoštevati v manjših naseljih z mešano kanalizacijo (Kolar, 1983; Panjan, 2002).

Vrste kanalizacijskih sistemov:

- Mešan kanalizacijski sistem

Je sistem za skupno zbiranje in odvajanje odpadne komunalne in padavinske vode. V času padavin se odtok v primerjavi s sušnim odtokom lahko poveča od 50 do 100 krat, zato je za dimenzioniranje cevi merodajen prav padavinski odtok. Tako dimenzionirani kanali so izkoriščeni samo v primeru velikih deževij, v sušnem obdobju pa so obremenjeni le z odpadno vodo. Pri dimenzioniranju mešanega kanalizacijskega sistema količina odpadne vode vpliva le na določitev minimalnega padca kanala, kateri je potreben za samo izpiranje omrežja. Izgradnja kanalizacije na najvišji možni odtok je neekonomična, zato je potrebno ugotoviti na katero pogostost padavin in kolikšne pretoke je kanalizacijo še smiselno in ekonomsko upravičeno graditi.

Zaradi preobremenitve sistema s padavinskim odtokom lahko pride do preobremenitve in zaježitve kanalizacijskega omrežja ter preplavitve nižje ležečih priključenih prostorov. Da bi slednje preprečili, gradimo razbremenilnike, ki odvajajo večji del razredčene odpadne vode v odvodnik ali zadrževalnik, preostalo količino vode pa vodimo naprej na čistilno napravo.

Pomanjkljivosti mešanega kanalizacijskega sistema so nevarnost poplav ob večjih nalivih, slabše oz. manj zanesljivo delovanje čistilnih naprav, večja obremenitev črpališč in slabša zaščita odvodnika (zaradi delovanja razbremenilnikov). Kljub naštetim pomanjkljivostim je izvedba mešanega sistema preprosta in znatno cenejša v primerjavi z ločenim sistemom (odvisno od konfiguracije terena).

- Ločeni kanalizacijski sistem

Ločeni ali separaten kanalizacijski sistem odvaja odpadno komunalno vodo ločeno od padavinske vode, slednjo lahko odvajamo na različne načine:

- padavinska voda se steka v padavinsko oz. meteorno kanalizacijo,
- padavinska voda odteka ali ponika, kot pred ureditvijo,
- uredimo sistem odprtih in zaprtih jarkov ali kanalov.

Prednost ločenega kanalizacijskega sistema je, da močnejša deževja ne povzročajo preobremenitve in zaježitve kanalov za odpadno vodo ter poplav nizko ležečih priključenih objektov, saj sistem ni v neposredni povezavi s sistemom za odpadno vodo. Delovanje čistilne naprave je zanesljivejše in obremenitve manj sunkovite, zaradi sorazmerno stalnega toka. Sama izgradnja in delovanje ločenega kanalizacijskega sistema, v primerjavi z mešanim sistemom, je cenejša saj na sistemu običajno ne potrebujemo določenih objektov (peskolovi, razbremenilniki,...)

Pomanjkljivost oz. negativna stran izgradnje ločenega sistema so investicijski stroški, ki so skoraj podvojeni (vzdrževanje dvojnega sistema, slabše samodejno izpiranje), zapletenost sistema je večja, preglednost nad izrabo sistema pa manjša. Ločen kanalizacijski sistem se gradi predvsem v manjših, vaških naseljih (pod 1000PE).

- Delno ločeni sistem

Gradijo se s ciljem zmanjševanja in zakasnitve padavinskega odtoka, kar dosežemo z naslednjimi ukrepi:

- razpršeno zadrževanje na površini (ravne strehe, zelenice, parkirišča,...),
- koncentrirano zadrževanje na površini (suhi ali mokri zadrževalniki, parki),
- koncentrirano zadrževanje pod površino (dežni zadrževalniki ali čistilni bazeni),
- ponikanje na površini (vrtovi, zelenice,...),
- ponikanje pod površino (drenaže) (Panjan, 2002; Panjan, 2013).

4.3.3 Kakovostne lastnosti odpadnih voda

V vseh urbanih in vaških naseljih nastajajo odpadne vode kot posledica uporabe vode za transport nezaželenih snovi iz gospodinjstev, družbenih dejavnosti (zdravstvo, šolstvo), industrije, obrti in kmetijstva (predvsem živinoreja). Vodo iz vodovodnih sistemov uporabljamo za zadovoljitev osnovnih življenjskih potreb (higiena, umivanje, pranje), kuhanje, pomivanje ter ostale komunalne potrebe (pranje ulic, zalivanje vrtov,...).

Odpadna voda se po svojih fizikalnih lastnostih le malo loči od pitne vode, po kemijski in biokemijski sestavi pa je bistveno spremenjena. BPK_5 je merilo za onesnaženje površinskih in odpadnih vod z biološko razgradljivimi organskimi snovmi. Z njim določimo količino elementarnega kisika, ki ga porabijo mikroorganizmi v procesu razkroja, kateri poteka pri 20 °C. Najpogosteje določamo 5-dnevno potrebo po kisiku (BPK_5). Pri nas predvidevamo, da znaša obremenitev BPK_5 na prebivalca na dan 60 [g/(P.dan)] (Panjan, 2010a).

Preglednica 9: Dnevne količine onesnaženja na prebivalca na dan (Panjan, 2002, Preglednica 3.3.)

V žarini in žarilni izgubi 24-urnega povprečnega vzorca	Mineralne [g/(P.dan)]	Organske [g/(P.dan)]	Skupaj [g/(P.dan)]	BPK_5 [g/(P.dan)]
Usedljive snovi	20	30	50	20
Lebdeče snovi	5	10	15	10
Raztopljene snovi	75	50	125	30
Skupaj	100	90	190	60

4.3.4 Zasnova kanalizacijskega sistema

Kanalizacijski sistemi so namenjeni ohranjanju in zagotavljanju zdravja prebivalstva in delno poplavne varnosti v naselju. Pri sami zasnovi kanalizacijskega sistema moramo upoštevati obstoječe stanje posameznega naselja in njegovo dolgoročno urbanistično načrtovanje, z možnostjo povezovanja z okoljskimi naselji. Upoštevamo, da amortizacijska doba kanalizacijskega sistema traja 50 let. Pri zasnovi sistema je zelo pomembna nagnjenost terena (doline, hribi), geomehanske lastnosti tal, višina podtalnice ter lega in zahtevane stopnje zaščite odvodnika.

Glede na ostalo komunalno infrastrukturo, je izgradnja kanalizacijskih sistemov najdražja investicija, zato jih moramo skrbno in natančno načrtovati, da se izognemo nepotrebnim dodatnim stroškom (ekonomičnost).

Kanalizacijski sistemi so položeni najgloblje pod cestiščem, in se praviloma gradijo s težnostnim oz. gravitacijskim odvodom (prečrpavanje odpadne vode predstavlja dodaten strošek) ter z majhnimi padci glavnih zbirnih kanalov od 1‰ do 10‰ (razen priključkov, ki lahko imajo več odstotkov padca) v smeri toka vode. Kjer zasnova gravitacijskega kanalizacijskega sistema ni možna, se gradijo tlačni ali vakuumski sistemi (Panjan, 2002).

4.4 Izhodišča za hidravlični izračun kanalizacijskega sistema

Pri dimenzioniranju kanalizacijskega sistema je pomembna predvsem hidravlična obremenitev oz. največji predviden dotok odpadne vode v sistem. Pri ločenem sistemu, je za odpadno vodo, slednji odvisen od porabe vode, pri mešanem sistemu pa od količine padavinske vode.

Na obravnavanem območju naselja Strmec na Predelu, bomo predvideli izgradnjo ločenega kanalizacijskega sistema, zato se bomo v nadaljevanju tega poglavja omejili na hidravlične izračune za potrebe slednjega.

4.4.1 Določitev količine sušnega odtoka

Za izračun sušnih odtokov v obstoječih naseljih, uporabljamo podatke o porabi vode. Upoštevati moramo, da v kanalizacijsko omrežje ne odteče vsa načrpana voda in da lahko v kanale odteka tudi voda iz drugih virov (tuja voda) (Panjan, 2002).

Pri hidravličnem dimenzioniranju kanalov in čistilnih naprav upoštevamo različne dotoke, in sicer hišno, kmetijsko, industrijsko, komunalno odpadno vodo ter tuje vode:

$$q_s = (q_h + q_i) + q_t = Q_s + q_t \quad (16)$$

Kjer pomenijo:

q_s – sušni odtok [l/s],

q_h – odpadna voda iz gospodinjstev, ustanov, trgovin in male obrti [l/s],

q_i – odpadna voda iz obrti in industrijskih obratov [l/s],

q_t – tuje (infiltrirane) vode [l/s].

4.4.2 Odpadna voda iz gospodinjstev

Na porabo vode v gospodinjstvih vplivajo različni dejavniki, in sicer:

- število prebivalcev,
- klimatski pogoji,
- življenjski standard,
- kakovost vodovodnega sistema in hišne inštalacije,
- infrastrukturna urejenost,

- obrt, industrija, turizem
- cena vode
- meritve porabe in izgube vode v vodovodnih sistemih.

Pri določitvi q_h moramo upoštevati število prebivalstva čez 50 let, kar predstavlja amortizacijsko dobo kanalov, zato količino odpadne vode iz gospodinjstev določimo na podlagi naravnega prirastka prebivalstva (Enačba 1).

Izračun odpadne voda iz gospodinjstev, ustanov, trgovin in male obrti:

$$q_h = A \cdot n_p = A_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n \cdot n_p \quad (17)$$

kjer pomenijo:

A – število prebivalcev po n letih [P]

n_p – normo potrošnje v naselju [$l/(P \cdot dan)$]

A_0 - sedanje število prebivalcev v naselju [P]

p – letni prirastek [%]

n – število amortizacijskih let za kanalizacijski sistem [-]

Pri dimenzioniranju kanalov za sušni odtok upoštevamo maksimalni urni dotok Q_{max} , ki znaša $Q_{max} = 24/x \cdot Q_d/24$. Pri tem pomeni Q_d dnevni dotok odpadne vode iz gospodinjstev v [l/dan] ali [m^3/dan]. Pomembni dotoki, ki jih še upoštevamo so srednji dnevni in minimalni pretok (Panjan, 2002).

Izračun maksimalnega urnega odtoka, srednjega dnevnega in minimalnega odtoka je prikazan v naslednjih enačbah, in sicer sloni na koeficientu $x \cdot Q_d$. Koeficient x , se razlikuje za različne odtok in je podani kot ulomek, ki je odvisen od velikosti naselja

Sušni maksimalni urni odtok računamo:

$$Q_{max} = x \cdot Q_d = \frac{1}{10} \text{ do } \frac{1}{18} \cdot Q_d \quad (18)$$

Srednji dnevni:

$$Q_{sr} = x \cdot Q_d = \frac{1}{24} \cdot Q_d \quad (19)$$

Minimalni odtok:

$$Q_{\min} = x \cdot Q_d = \frac{1}{37} \text{ do } \frac{1}{51} \cdot Q_d \quad (20)$$

V nadaljevanju so podani podatki in preglednice iz literature, ki določajo različne dotoke odpadne vode (dnevni, maksimalni urni, specifični odtok in ostale). Slednji niso vedno povsem zanesljivi, saj prikazujejo odvisnost parametrov pretoka odpadne vode od števila prebivalcev in velikosti naselja.

Preglednica 10: Prikaz odvedenih količin odpadne vode glede na velikost naselij (Panjan, 2002; Tabela 2.3a)

Velikost naselja	Dnevna količina odpadnih voda Q_d [l/(P.d)]	Specifični maksimalni urni odtok $q_{\max}$ $Q_d \cdot (1/x)$	Specifični odtok q_s [l/(s.1000P)]
< 2000	150	1/8	5,2
2.000 - 10.000	180	1/10	5,0
10.000 - 50.000	220	1/12	5,0
50.000 - 250.000	260	1/14	5,0
> 250.000	300	1/16	5,0

Preglednica 11: Ocena dnevnega maksimalnega urnega odtoka glede na število prebivalcev (Panjan, 2010a; tabela 2.10)

Število prebivalcev v naselju	Odtok na priključenega prebivalca [m ³ /(P.d)]	Dnevni odtok iz naselja [m ³ /d]	Maksimalni urni odtok $Q_{\max} = \%Q_d$	Maksimalni sekundni odtok na 1000 priključenih preb. [l/s]
500	0,08	40	19,15	4,25
1000	0,10	100	16,67	4,63
2000	0,12	240	14,51	4,83
5000	0,14	700	12,08	4,70
10000	0,15	1500	10,52	4,38
20000	0,16	3200	9,15	4,07
100000	0,20	20000	6,64	3,69

Preglednica 12: Maksimalni urni odtok v odstotkih dnevnega odtoka glede na število prebivalcev (Kolar 1983; Tabela 2.4)

Št. prebivalcev v naselju P	$Q_{\max}$ v [%Q_d]
100000	6.64
20000	9.15
10000	10.52
5000	12.08
2000	14.51
1000	16.67
500	19.15
200	23.00
100	26.42

S pomočjo preglednic 10, 11 in 12, lahko na različne načine določimo oziroma izračunamo $Q_{\max}$. Rezultati preračuna različnih variant so zelo podobni oz. imajo zanemarljiva odstopanja.

4.4.3 Odpadna voda iz industrijskih obratov

Delež industrije raste vzporedno z razvojem naselij. Sama poraba vode je odvisna od vrste industrije in tehnoloških postopkov, ki jih določena industrija uporablja. Industrijska odpadna voda nastaja med tehnološkimi postopki in pri proizvodnji energije v obratu. Količina odpadne vode iz sanitarij je praviloma zanemarljiva.

Opadno vodo iz industrijskih obratov delimo na biološko razgradljivo in biološko nerazgradljivo. Razne primesi v odpadni vodi so lahko zelo strupene. Slednje morajo industrijski obrati očistiti do take stopnje, da odpadna voda ni nevarna kanalizacijskemu sistemu, ali pa jo ustrezno zajeti, skladiščiti in oddati primernemu zbiralcu oz. predelovalcu nevarnih odpadkov (Panjan, 2002).

Na obravnavanem območju naselja Strmec na Predelu industrijskih obratov ni, zato izračun odpadne vode iz industrije ni potreben.

4.4.4 Tuja (infiltrirana) voda

Z izrazom »tuja voda« označujemo tisto vodo, ki ni nastala pri porabi vode v naselju, ampak vseeno pride v kanalizacijski sistem preko drenaž, potokov, slabo izvedenih stikov in priklopov hišnih priključkov na omrežje.

Količino tuje vode praviloma določamo s pomočjo meritev, in sicer so potrebne vsaj štiri meritve, da lahko ugotovimo letno povprečje. Orientacijska vrednost količine tujih voda se giblje od 0,05 l/(s.ha) do 1,5 l/(s.ha), odvisna pa je od talne vode na zemljišču, vodotesnosti kanalizacije in ustrezne izvedbe priključkov (Panjan, 2002).

Za določanje količine tuje vode poleg meritev, lahko uporabimo tudi podatke iz literature. Po Imhoffu je delež tuje vode za 100% povečan sušni odtok. Po ameriških virih pa lahko ta delež izračunamo iz podatkov o priključni površini, dolžini kanala ali dolžini in profilu kanala (Kolar, 1983).

Preglednica 13: Dotok tuje vode v odvisnosti od priključene površine, dolžine ter premera kanala (Kolar, 1983; Tabela 2.6)

Dotok je odvisen	Dotok je v mejah	Povprečni dotok
Priključene površine	500-5000 [m ³ /(d.km ²)] 0,058-0,58 [l/(s.ha)]	povprečno 2000 [m ³ /(d.km ²)] 0,23 [l/(s.ha)]
Dolžine kanala	12-240 [m ³ /(d.km)] 0,14-2,27 [l/(s.km)]	povprečno 70 [m ³ /(d.km)] 0,81 [l/(s.km)]
Dolžine in premera kanala	0,5-5 [m ³ /(d.km.cm)]+ 0,4 [m ³ /d] na revizijski jašek	Povprečno 215 [m ³ /(d.km)]

Preglednica 14: Sušni odtok, dotok tuje vode in odtočni koeficient v odvisnosti od gostote naselitve (Kolar 1983; tabela 2.7)

Gostota preb. na ha [P/ha]	Odtočni koeficient φ [%]	Pričakovani dotok tuje vode [l/(s.ha)]	Pričakovani sušni odtok [l/(s.ha)]	Skupni odtok [l/(s.ha)]
50	15	0,25	0,22	0,47
100	27	0,4	0,44	0,84
200	50	0,75	0,87	1,62
300	68	1	1,31	2,31
400	80	1,2	1,75	2,95
500	87	1,3	2,19	3,49
600	90	1,35	2,62	3,97

4.4.5 Odvod odpadne vode

Enačbe za izračun toka s prosto gladino

Kanalizacijski sistem za komunalno odpadno vodo projektiramo na podlagi izračuna sušnega odtoka. Cevovod kanalizijskega sistema je delno poln. razen ob zelo močnih nalivih. Pri dimenzioniranju cevi in določanju pretoka vode lahko računamo na dva načina:

- za poln prerez
- za delno polnjenje

Pretok v cevi je enak:

$$Q = S \cdot v = K \cdot \sqrt{I} \quad (21)$$

kjer pomenijo:

Q - pretok [l/s]

S – prerez polnitve kanala [m²]

V – hitrost [m/s]

K – pretočni modul ali karakteristika cevovoda odvisna od določene polnitve [l/s]

I – padec energijske črte toka v kanalu, ki ga največkrat smatramo enakim padcu dna kanala [‰]

Hitrost odpadne vode v cevovodu smo preverili z maksimalnim in minimalnim pretokom. Slednja ne sme biti nižja od 0,4 m/s, saj lahko pride do zastajanja fekalij v sistemu. V primeru manjših hitrosti je potrebno ustrezno ukrepati (občasno izpiranje kanala, priključitev padavinske vode, ...) (Kolar 1983).

Hitrost pretoka v cevi lahko določamo na različne načine. Najpogosteje uporabljena je metoda po Manningu ali po Colebrook (Panjan, 2002).

Po Colebrook (za polno cev) je pretok enak:

$$Q = v \cdot S = \left\{ -2 \log \left(\frac{2,51 \cdot v}{d \cdot \sqrt{2g \cdot J \cdot d}} + \frac{k_b}{3,71 \cdot d} \right) \right\} \cdot \sqrt{2g \cdot J \cdot d} \cdot S \quad (22)$$

Pri tem pomenijo:

S – prerez polnitve kanala [m²]

v – hitrost [m/s]

k_b – koeficient hrapavosti [mm]

d – premer cevi [m]

J – vzdolžni naklon cevi

g – zemeljski pospešek [m/s^2]

ν – kinematična viskoznost [m^2/s]

Hitrost pretoka v cevovodu po Manningu:

- za poln prerez

$$v_0 = \frac{1}{n_k} \cdot (R_0)^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (23)$$

$$R_0 = \frac{S_0}{O_0} = \frac{d}{4} \quad (24)$$

- za delno polnjenje:

Kot polnitve v radianih:

$$v_0 = \frac{1}{n_k} \cdot (R_0)^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (25)$$

$$R = \frac{S}{O} \quad (26)$$

$$S = \frac{d^2}{8} \cdot (\alpha - \sin \alpha) \quad (27)$$

$$O = \left(\frac{d}{2}\right) \cdot \alpha \quad (28)$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S \quad (29)$$

kjer pomenijo:

R – hidravlični radij, ki je za poln prerez enak $R_0 = \frac{d}{4}$ [m]

S – notranji prerez polnitve kanala [m^2]

d – premer cevi [m]

α – kot polnitve [rad]

n_k – Manningov koeficient hrapavosti [$sm^{-1/3}$]

Kot polnitve v stopinjah:

$$S = D^2 \cdot \left(\frac{1}{8} \cdot \left(\frac{\pi \cdot \varphi}{180} - \sin \varphi \right) \right) \quad (30)$$

$$R = \frac{S}{O} = \frac{D}{4} \cdot \left(1 - \frac{180 \cdot \sin \varphi}{\pi \cdot \varphi} \right) \quad (31)$$

$$O = D \cdot \frac{\pi \cdot \varphi}{360} \quad (32)$$

$$\varphi = 2 \cdot \arccos \left(\frac{D/2 - h}{D/2} \right) \quad (33)$$

kjer pomenijo:

R – hidravlični radij, ki je za poln prerez enak $R_0 = \frac{d}{4}$ [m]

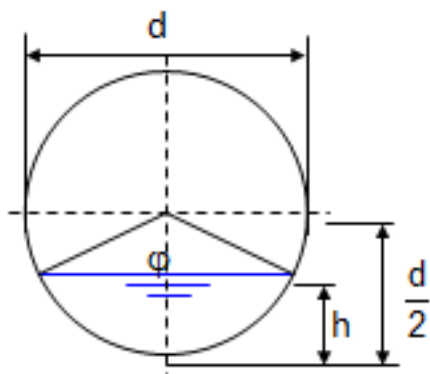
S – notranji prerez polnitve kanala [m²]

d – premer cevi [m]

φ - kot polnitve cevi [°]

h – višina polnitve cevi [m]

O – omočen obod [m]



Slika 15: Prerez kanalske cevi za delno polnjenje (Seminar, 2015)

5 PRIPRAVA PITNE VODE

5.1 Splošno

Z izrazom pitna voda označujemo vodo v svojem prvotnem stanju ali po pripravi, ki je namenjena pitju, kuhanju in ostalim gospodinjskim opravilom, kakor tudi vodi, ki se uporablja za proizvodnjo in promet živil. Voda primerna za pitje je zdravstveno ustrezna, kadar zadošča določenim parametrom (mikrobiološkim, fizikalno-kemijskim, bakteriološkim). Ne sme vsebovati mikroorganizmov, parazitov in njihovih razvojnih oblik, v takem številu, da bi lahko predstavljalo nevarnost za zdravje ljudi, kakor tudi različnih snovi v takih koncentracijah, ki same ali skupaj z drugimi snovmi predstavljajo nevarnost za potrošnike (Pravilnik o pitni vodi..., 2017).

Pri osnovnih (indikatorskih) parametrih mejne vrednosti niso določene na osnovi neposredne nevarnosti za zdravje, ampak nam dajo le informacijo o urejenosti celotnega vodooskrbnega sistema in nas opozarjajo na morebitne spremembe v omrežju (NIJZ, 2017).

Pitna voda mora zadoščati določenim osnovnim standardom, in sicer temperatura se giblje od 7 do 12°C, biti mora brez vonja, barve in okusa, imeti določeno trdoto (od 5 do 10 stopinj nemške trdotne skale) ter biti pH nevtralna (mejna vrednost med 6,5 in 9,5) (Panjan, 2002).

Po analizi možnih onesnaževalcev na območju vodooskrbe, se določi potrebne preiskave vode s katerimi zagotavljamo neoporečnost pitne vode. Število fizikalno-kemijskih, bioloških in bakterioloških analiz je odvisno tudi od velikosti vodooskrbnega sistema.

V našem primeru gre za vodooskrbo manjšega naselja na nadmorski višini 955m, ki leži znotraj Triglavskega narodnega parka. V okolici obravnavanega območja ni nobenega industrijskega, živilskega obrata, pralnic, večjih, obremenjenih prometnic in drugih možnih onesnaževalcev okolja. Glede na analizo prostora, morfologijo terena in dejavnosti, ki se izvajajo na obravnavanem območju smo prišli do zaključka, da kritične kemijske in biološke obremenitve vode na zajetju ne bo.

Poudarek moramo dati predvsem na mikrobiološke in bakteriološke parametre, kateri nam pokažejo prisotnost in stopnjo fekalne ali druge onesnaženosti pitne vode z organizmi.

Mikrobiološke parametre določajo fekalne bakterije (*Escherichia Coli*, enterokoki), katerih izvor predstavljajo človeški in/ali živalski iztrebki in indikatorske bakterije (*Clostridium perfringens* vključeno s spori, koliformne bakterije, število kolonij pri 22 °C in pri 37 °C), v embalirani pitni vodi pa še bakterije *Pseudomonas aeruginosa*. V kolikor je po analizah vzorcev vode ocenjeno, da gre pri ugotovljeni bakteriološki neskladnosti za fekalno onesnaženje pitne vode, taka voda predstavlja

grožnjo za zdravje ljudi. Brez ustrezne priprave (dezinfekcije) voda ni primerna za pitje in uživanje. Upravljaavec vodovodnega omrežja je dolžan čim prej ugotoviti vzroke neskladnosti vzorca s parametri in izvesti primerne ukrepe za odpravo le-teh (NIJZ, 2018).

Mikrobiološki parametri:

- Escherichia Coli (E.Coli)

Gre za bakterije, ki so vedno prisotne v človeškem in živalskem blatu ter posledično odplakah in vodah, ki so onesnažene s fekalijami. Prisotnost E.Coli zanesljivo dokazuje, da je bila voda fekalno onesnažena. Mejna vrednost v pitni vodi je 0/100 ml.

- Enterokoki

So bakterije prisotne črevesju ljudi in živali. Upoštevamo jih kot zanesljive fekalne indikatorje. V vodi so bolj obstojne od E.Coli, zato njihovo prisotnost povezujejo s starejšim fekalnim onesnaženjem. Mejna vrednost v pitni vodi je 0/100ml.

- Clostridium perfringens (vključeno s sporami)

Običajno so te bakterije prisotne v blatu, vendar v manjšem številu kot E.Coli. Spore preživijo v vodi dlje časa in so odporne na dezinfekcijo. Če so pri analizah znane same ali v kombinaciji z enterokoki vemo, da gre za staro onesnaženje. Iščemo jih predvsem v pitni vodi, ki ima stik s površinsko vodo. Mejna vrednost je 0/100 ml.

- Število kolonij pri 22°C

S tem parametrom določamo št. bakterij, ki so lahko v vodi prisotne kot normalna flora. Vsako nenadno povečanje števila bakterij je lahko zgodnji pokazatelj motenj na sistemu za oskrbo s pitno vodo. Mejna vrednost je manj kot 100/ml.

- Število kolonij pri 37°C

Podobno kot prejšnji parameter, tudi ta kaže na ustreznost in učinkovitost postopkov priprave pitne vode. V primerjavi s št. kolonij pri 22°C, nam št. kolonij pri 37°C pomaga pri oceni, ali bi lahko bilo prisotno fekalno onesnaženje. Mejna vrednost je manj kot 100/ml (NIJZ, 2017).

5.2 Priprava pitne vode

Pripravo pitne vode izvajamo na več načinov, in sicer s:

- popravo pH (nevtralizacija),
- popravo trdote (dekarbonizacija), vonja in okusa (adsorpcija),

- prezračevanjem in razplinjenjem (zaradi prevelike količine Fe ali Mn),
- kloriranjem, ozoniranjem, UV svetlobo (razkuževanje)
- stabilizacijo za preprečevanje korozije

Za zagotavljanje zahtev pitne vode moramo zajeto vodo primerno očistiti, s pomočjo flokulacije (predhodno dodajanje flokulantov), usedanjem, filtriranjem (počasno, hitro), absorpcijo na ogljikovih filterjih in dezinfekcijo (kloriranje, ozoniranje ali obsevanje z ultravijolično svetlobo) (Slokan 2011).

Način priprave pitne vode izberemo glede na analizo posameznega primera, in sicer na podlagi ocene prispevnega območja, laboratorijskih preiskav, značilnosti zajetja, kakovosti surove vode in stanja ostalih elementov v sistemu. Poznati moramo dejanska in potencialna onesnaženja prispevnega območja zajetja vode. Sama priprava je odvisna tudi od stopnje čistosti vode, ki jo želimo doseči (NIJZ, 2017).

5.3 Dezinfekcija

Dezinfekcija pitne vode je postopek, s katerim uničujemo bolezenske mikroorganizme. Običajno uporabljamo različna kemijska sredstva (plinski klor, hipokloritne spojine, klorov dioksid, ozon) ali fizikalne postopke (UV sevanje, ultrafiltracija, prekuhavanje).

Ločimo dve vrsti dezinfekcije:

- Primarna dezinfekcija (namenjena je uničenju mikroorganizmov na surovi vodi (v procesu priprave))
- Sekundarna dezinfekcija (preprečuje razrast bakterij in ščiti vodo pred onesnaženjem v omrežju)

Postopek primarne dezinfekcije največkrat zagotavlja zaščito vode v celotnem omrežju. Dezinfekcijsko sredstvo mora zagotoviti uničenje vseh mikroorganizmov, biti mora nestrupen in neškodljiv za porabnike v omrežju, poceni, varen ter enostaven za uporabo in nadzor (NIJZ, 2017).

Najpogosteje se za postopke dezinfekcije pitne vode uporablja kloriranje s plinskim klorom. Po opravljenem postopku je potrebna kontrola količine klora v vodi. V primeru, da ga je preveč je potrebno dekloriranje. Postopek je primeren predvsem za dezinfekcijo vode z nizko vsebnostjo organskih snovi. Za manjše vaške vodovode je ta postopek vprašljiv, saj gre največkrat za zajetja površinskih voda v katerih so lahko paraziti, ki so na klor odporni.

Klorov dioksid je v primerjavi s klorom močnejši oksidant, njegov učinek pa hitrejši in dolgotrajnejši. Uporablja se ga pri zajetjih, v katerih ima voda veliko vsebnost organskih snovi. Njegova slabost je,

da po dezinfekciji nastajajo toksični kloriti, katere moramo iz sistema odstraniti (Muhič, 2006; NIJZ, 2017).

Ozonizacija je zelo močna in hitra dezinfekcijska metoda, ki jo uporabljamo za uničenje virusov v bistri vodi in sicer pri koncentraciji od 0,2 do 0,4mg/l, ob kontaktnem času 4 min. Ozon je zdravju škodljiv, zato je pred izpustom vode v vodooskrbni sistem potrebno izvesti nevtralizacijo ozona preko aktivnega oglja (Žerovnik, 2009).

UV dezinfekcija se uporablja za uničenje bakterij, virusov in parazitov v pitni vodi. Celica mikroorganizma ostane po izpostavljenosti UV svetlobi živa, ne mora pa se razmnoževati in zato ni nevarna za okuženje gostitelja. Ultravijolično sevanje ima zelo veliko učinkovitost (99,9%), pri svojem delovanju pa ne proizvaja nobenega stranskega, kemijskega, toksičnega produkta. Na učinkovitost postopka ima največji vpliv motnost vode oz. suspendirani delci v vodi, kateri preprečujejo prodiranje UV žarkov. Slovenska zakonodaja ne opredeljuje pogojev potrebnih za UV dezinfekcijo, priporoča pa upoštevanje zahtev iz avstrijskega standarda, ki zahteva doziranje 400 J/m² pri valovni dolžini 253,7 nm (Žerovnik, 2009; NIJZ, 2017).

6 ČIŠČENJE ODPADNE VODE

Pri odvajanju onesnaženih voda iz naselja gre za odvod odpadnih voda iz gospodinjstev, industrije, obrti in določenega dela padavinske vode (odvisno od vrste kanalizacijskega sistema). Vsak komunalni kanalizacijski sistem se mora končati z ustrezno čistilno napravo.

6.1 Male komunalne čistilne naprave

Male komunalne čistilne naprave se gradijo za majhna naselja z individualno gradnjo, v gorskih in nenačrtno zgrajenih naseljih ter soseskah, kjer ni bil zgrajen javni kanalizacijski sistem. K MKČN prištevamo čistilne naprave do 2000 PE, pod 50 PE se gradijo individualne male komunalne čistilne naprave (Panjan, 2010b).

Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS št. 98/15), določa, da v naseljih, ki imajo med 50 in 500 PE občina zagotovi opremljanje z MKČN za skupine objektov ali posamezne objekte, če je ta rešitev več kot 3-krat cenejša od gradnje javne kanalizacije.

Na območjih, kjer ni urejenega odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode velja, za lastnike novih objektov, obvezna izgradnja MKČN v skladu s predpisi, ki urejajo emisijo snovi pri odvajanju odpadne vode iz ČN. Na območjih, kjer po operativnem programu opremljanja naselij z javno kanalizacijo ni predvidena gradnja le-te, so lastniki obstoječih objektov dolžni pretočne greznice odstraniti in jih nadomestiti z MKČN (Odlok o odvajanju in čiščenju..., 2017).

Za obstoječe objekte, za katere je bilo izdano gradbeno dovoljenje pred 14. 12. 2002 velja, da odstranitev greznice in nadomestitev z MKČN mora biti urejena najpozneje do 31. 12. 2023. Če je trenutna ureditev odvajanja odpadne vode skladna s predpisi in standardi, ki so veljali v času gradnje, morajo spremembe biti upoštevane od prvi rekonstrukciji objekta (Uredba o čiščenju in odvajanj..., 2017).

Male čistilne naprave se od večjih razlikujejo po:

- odtoki oz. pretoki zelo nihajo,
- odpadna voda je praviloma bolj obremenjena (ločen sistem),
- veliko sistemov je obremenjenih sezonsko (turistični kraji, kampi, vikendi, planinski domovi,...),
- tehnološke rešitve MKČN so zelo raznolike,
- stroški investicije in delovanja na PE so praviloma večji kot pri velikih sistemih.

Tehnološke rešitve za MKČN so zelo različne:

- anaerobni postopki (greznice, emšerji),
- čiščenje s pritrjeno biomaso
- čiščenje z razpršeno biomaso
- alternativne tehnologije (rastlinske čistilne naprave, lagune, peščeni filtri, namakalna polja) (Panjan, 2010b).

6.1.1 Anaerobno čiščenje

Greznice

Po definiciji je greznica nepropusten zbiralnik odpadne vode iz posameznega objekta, zgrajen iz betona, v različnih tlorisnih oblikah (pravokotne, okrogle). Poznamo pretočne in nepretočne greznice. Nepretočne so iz ekološkega vidika bolj primerne, saj se odpadna komunalna voda in blato odvažata v centralno komunalno čistilno napravo na nadaljnjo čiščenje. Iz ekonomskega vidika pa manj ugodne, saj je potrebno pogosto praznjenje in posledično pogosto odvažanje blata v ČN. Pretočne greznice imajo urejen odtok odpadne vode v vodotok ali v tla. Zaradi slednjega, je potrebno uporabljati še dodatno čiščenje odpadne vode preko filtrskega jarka, ponikovalne drenaže ali ponikovalnega jaška, ..

Greznice delimo še na eno ali več prekatne. Več prekatne greznice imajo boljši učinek čiščenja, saj v njih poteka mehansko (v prvem prekatu) in delno biološko čiščenje z mikroorganizmi (v drugem in tretjem prekatu; nepopolno) (Panjan, 2002).

Emšerji (ali Imhoffovi usedalniki):

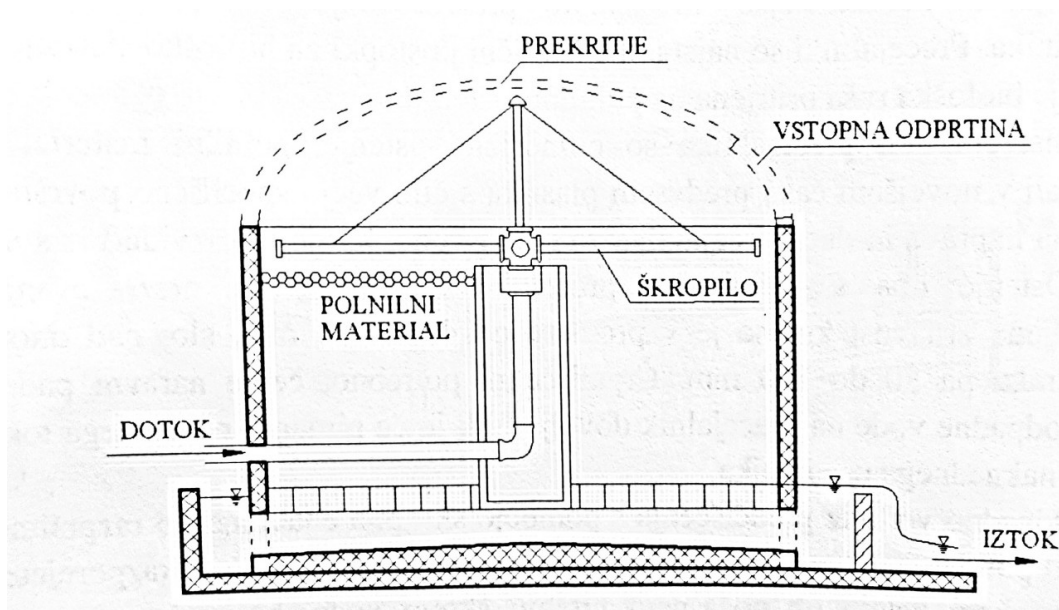
Imenujemo jih tudi dvoetažni usedalniki, katerih princip delovanja je, da odpadna voda teče skozi zgornji del posode, usedljivi delci se pa usedajo in padajo v spodnji del posode, ki predstavlja presnovališče blata. Intenzivnost procesa razgradnje je odvisno od temperature, zato so največkrat vkopani v zemljo (Panjan, 2010b).

6.1.2 Čiščenje s pritrjeno biomaso

Precejalniki

Precejalniki so najstarejši tehnični postopki za biološko čiščenje, v katerih je biomasa pritrjena na polnilni material. Gre v bistvu za izboljšan talni filter, katerega izboljšava je vidna v tem, da zagotavljamo učinkovitejše in stalno prezračevanje po celotni globini precejalnika. Odpadno vodo iz pred-čiščenja s pomočjo škropila razpršimo po celi površini, slednja se nato preceja skozi polnilni material, na katerem se razraste biomasa, in odteka na dno precejalnika, skozi pretočni kanal v

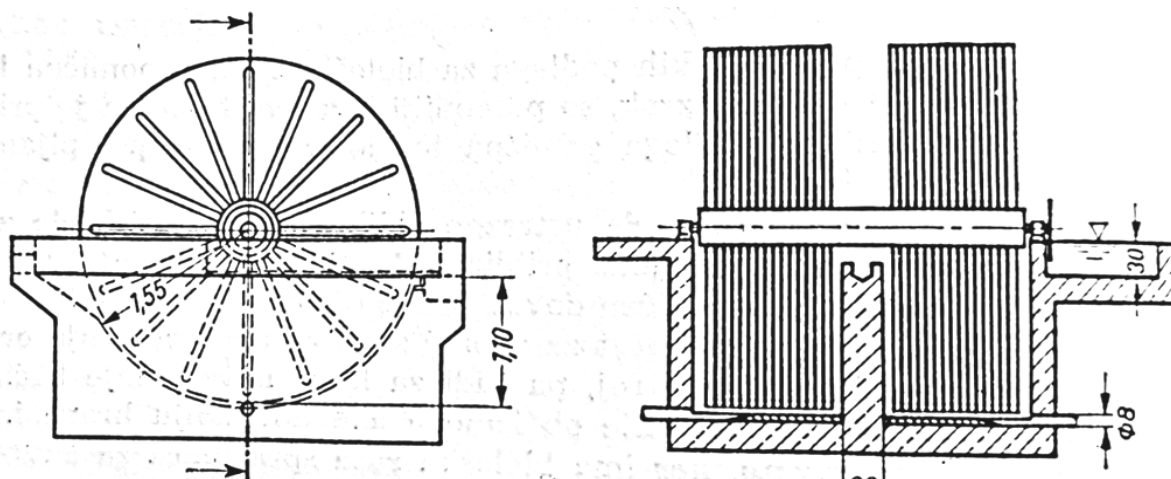
naknadni usedalnik. Razvoj biomase je odvisen od vsebnosti biološko razgradljivih snovi, organskih snovi, temperature in vnosa kisika.



Slika 16: Precejalnik v prerezu (Panjan, 2002, Slika 3.32)

Biodiski

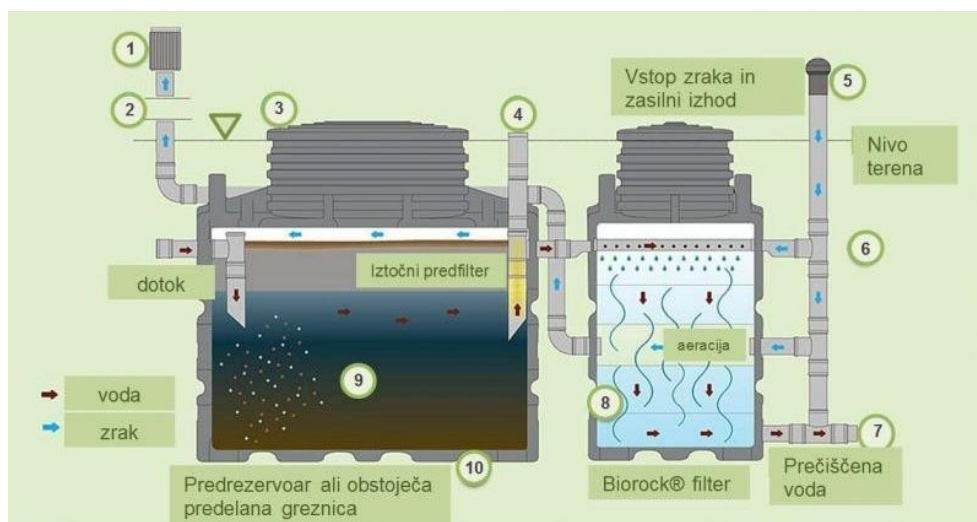
Sestavljeni so iz velikih umetnih diskov na katerih se razraste biološka ruša. Diski so montirani na osi, 1 do 2 cm narazen, na tak način, da tvorijo velik valj. S počasnim vrtenjem valja, ki je do 1/3 potopljen v odpadno vodo, omogočamo razrast mikroorganizmov. Biomasa, pritrjena na diskih porablja onesnaženje odpadne vode za svojo rast. Slednja sprejema kisik, v času ko je del plošče nad gladino vode, ko je pod gladino pa se hrani. Z rotacijo valja se izmenično dovajata kisik in hranila (Panjan, 2002; Pečecnik, 2014).



Slika 17: Biodiski (Kolar, 1983, Slika 14.25)

Biofiltri

Delujejo zelo podobno kot precejalniki. Z biofiltri istočasno odstranjujemo organsko onesnaženje in suspendirane snovi. Tehnologija čiščenja deluje v kombinaciji z anaerobno/aerobno biološko razgradnjo ter filtracijo (Vodna agencija, 2018).



Slika 18: Biofilter (Vodna agencija, 2018)

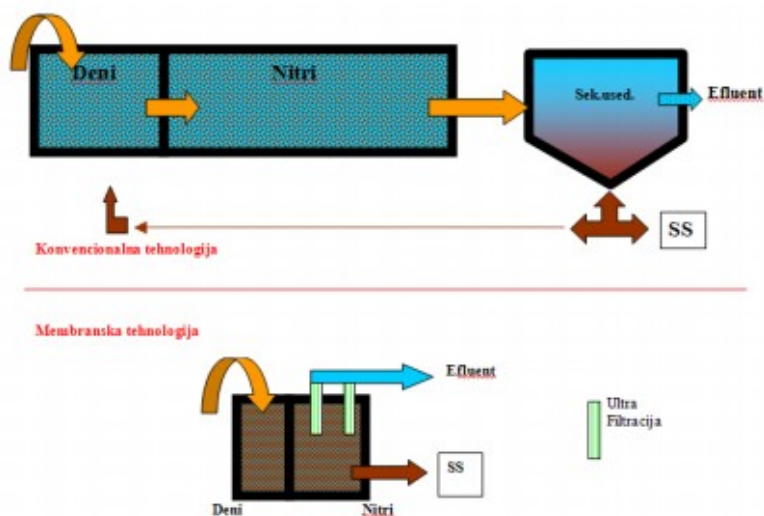
6.1.3 Čiščenje z razpršeno biomaso

Pri postopku čiščenja z aktivnim blatom gre v bistvu za umetno pospešeno samoočiščenje, kot se odvija v naravnih vodah, s tem da prevzame funkcijo čiščenja razpršena biomasa. Razlika se kaže v temu, da so organizmi, ki opravljajo proces čiščenja v bazenih za poživljanje, koncentrirani v velikem številu na relativno majhnem prostoru. Organizmi so združeni v kosmih aktivnega blata, na katere vežejo organske snovi iz odpadne vode in jih spreminjajo v nove organizme. S tem postopkom se kosmi večajo, kar posledično pripelje do usedanja in izločanja iz vode. Gre za zelo podoben proces, kot pri čiščenju s pritrjeno biomaso s to razliko, da organizmi niso pritrjeni na trdni podlagi, ampak so suspendirani v vodi (Kolar, 1983).

MBR (membranska tehnologija)

Membranski biološki reaktor je ena od tehnologij čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom. MBR tehnologija uporablja iste elemente biološkega čiščenja odpadne vode kot vse ostale tehnologije čiščenja, z razliko v tem, da membranska filtracija očiščene odpadne vode, ki je v rangi mikrofiltracije oz. ultrafiltracije, zamenjuje sekundarni usedalnik in terciarno filtriranje. Odpadne vode se v prvem delu mehansko očistijo (sedimentacija). Sledi biološko čiščenje, v katerem poteka razgrajevanje organskih snovi s pomočjo suspendiranih mikroorganizmov. Delovanje mikroorganizmov pospešimo z dovajanjem zraka s pomočjo zračnega puhalja. S slednjim zagotavljamo ustrezno prisotnost kisika v

vodi ter hkrati izvajamo mešanje. Nato sledi faza sedimentacije in faza črpanja vode skozi membrane, katere učinkovito ločujejo mikroorganizme iz biološko očiščene odpadne vode in s tem zagotavljajo željeno dezinfekcijo odpadne vode. Premeri por na membranah so takega velikostnega razreda, da so v sredini veliki samo $0,035\ \mu\text{m}$. V primerjavi s premerom bakterije E. Coli, kateri znaša ca. $0,1\ \mu\text{m}$, omenjene membrane predstavljajo nepremagljivo oviro. Prednosti MBR tehnologije so velika prepustna moč, do 75 % manjša potrebna prostornina bazenov, kompaktna izvedba, mala produkcija mulja, večja fleksibilnost in zanesljivost obratovanja ter minimaliziran neprijeten vonj (Comteh, 2018).



Slika 19: Groba shema primerjave MBR tehnologije s klasično tehnologijo obdelave odpadne vode (Comteh d.o.o., 2018)

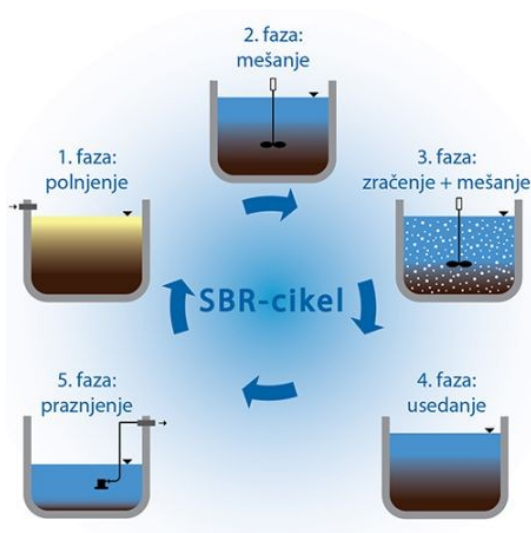


Slika 20: Membranski biološki reaktor - MBR (Comteh d.o.o., 2018)

SBR (sekvenčni biološki reaktor)

Procesi v SBR reaktorju so zelo podobni procesom v klasični ČN le, da poteka v SBR reaktorju prezračevanje in usedanje v istem bazenu oz. reaktorju. Za delovanje SBR čistilne naprave so značilne naslednje faze (Zagožen, 2018):

- 1. faza: polnjenje (izvede se v 2 do 3 ciklih, dokler gladina vode ne doseže maksimalne višine)
- 2. faza: mešanje (izvaja se proces denitrifikacije, v anoksičnih pogojih)
- 3. faza: zračenje + mešanje (dovajanje kisika oz. aeriranje in mešanje)
- 4. faza: usedanje (aktivno blato se useda na dno reaktorja)
- 5. faza: praznjenje (očiščena voda se zbistri in loči od aktivnega blata, nato se prečrpa iz čistilne naprave)



Slika 21: Delovanje SBR čistilne naprave (Zagožen, 2018)

6.1.4 Alternativne tehnologije

Rastlinska čistilna naprava

Rastlinska čistilna naprave spada med sonaravne procese čiščenja odpadne vode. Glavni nosilci čiščenja so substrat, mikroorganizmi in močvirske rastlinske vrste oz. makrofiti (Griessler Bulc, 2013).

V procesu čiščenja je substrat pomemben za filtracijo suspendiranih delcev in patogenih bakterij, za sedimentacijo suspendiranih delcev ter adsorpcijo in ionsko izmenjavo. V sistemu delovanja RČN imajo mikroorganizmi najpomembnejšo vlogo, zaradi svoje sposobnosti razgradnje in vgradnje posameznih snovi v biomaso. Rastline skozi svoj koreninski sistem pa omogočajo naselitev in preživetje aerobnim mikroorganizmom (Panjan, 2002).

Vrste RČN lahko razdelimo glede na prevladujoče močvirske rastlinske vrste:

- Sistemi s prosto plavajočimi makrofiti.
- Sistemi s potopljenimi makrofiti.
- Sistemi z emergentnimi makrofiti.

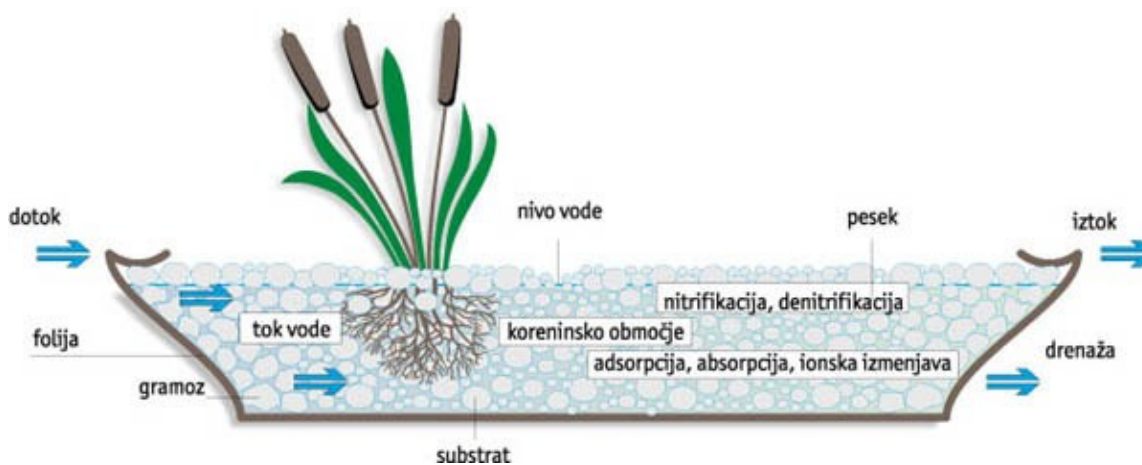
Močvirske rastline imajo v procesu delovanja RČN veliko vlogo. Vključene so v procese filtracije in adsorpcije suspendiranih in usedljivih snovi, zaradi prezračevanja oz. difuzije kisika preko koreninskega sistema, na njih se pritrjujejo mikroorganizmi, zmanjšujejo število patogenih bakterij, itd..

RČN z emergentnimi makrofiti so lahko zgrajene na različne načine. V splošnem jih lahko razdelimo v štiri glavne skupine, glede na način pretakanja vode:

- Sistemi s prosto vodno površino
RČN sestavljajo vodo nepropustna tla, substrat, voda (v stiku z atmosfero) in makrofiti. Rastlinski del predstavljajo prosto plavajoče rastline (hidrofiti). Ta sistem se uporablja predvsem v območjih s toplejšo klimo, saj ob nizkih temperaturah lahko zmrzne. Negativna lastnost sistema je še pojav smradu in komarjev.
- Sistemi s horizontalnim podpovršinskim tokom
Čiščenje sloni na počasnem horizontalnem pretakanju odpadne vode pod površino substrata. Na koncu grede se prečiščena voda izteka skozi urejen iztok nazaj v naravo. Med pretakanjem, odpadna voda pride v stik z anaerobnimi in aerobnimi območji (ob koreninah).
- Sistemi z vertikalnim podpovršinskim tokom vode
Način čiščenja je enak kot pri horizontalnem toku, razlikuje se le zgradba in način polnjenja gred z odpadno vodo. Dotok vode poteka v intervalih in povzroča preplavitev celotne površine substrata v gredah. Voda se nato počasi vertikalno preceja skozi medij in zbira na dnu, kjer se preko drenažnih cevi izteka iz ČN.
- Hibridni sistemi
Slednji se uporabljajo vse pogostejše in vključujejo sisteme s horizontalnim in vertikalnim pretokom. Na tak način se izkoristi prednosti vsakega sistema. V horizontalnih gredah se učinkovito odstranijo neraztopljene snovi, v vertikalnih (bolj aerobne) se zmanjšuje vrednost BPK₅ in dušika.

V sistemih s podpovršinskim tokom pride težje do zmrzovanja, grede ne povzročajo smradu in preprečujejo možnost razmnoževanja komarjev. Grede čistilne naprave so napolnjene s substratom v katerem so ukoreninjeni emergentni makrofiti. Čiščenje je v takih sistemih intenzivnejše (Griessler Bulc, 2013).

Rastlinske čistilne naprave imajo visoko učinkovitost delovanja. Sama postavitev in vzdrževanje RČN je enostavna in razmeroma poceni (v primerjavi z ostalimi ČN). Največkrat se jih gradi na tak način, da odpadna voda priteka gravitacijsko, kar pomeni da sistem za svoje delovanje ne potrebuje električne energije (prečrpavanje ni potrebno, naravno biološko čiščenje).



Slika 22: Prerez grede rastlinske ČN (Limnos d.o.o., 2017)

7 PREDLOG UREDITVE PRESKRBE S PITNO VODO IN ODVOD ODPADNIH VODA NASELJA STRMEC NA PREDELU

7.1 Splošno

V poglavju Obstoječe stanje naselja in infrastruktura smo že opisali trenutno situacijo preskrbe s pitno vodo in odvod odpadnih voda v naselju Strmec na Predelu. V nadaljevanju tega poglavja je predstavljen predlog ureditve vodovodnega in kanalizacijskega omrežja z različnimi variantnimi rešitvami.

Potrebne terenske podatke za nadaljnje analize in izrise, smo pridobili iz LIDAR posnetkov (v projekciji D48GK), in sicer iz DMR-ja (digitalni model reliefa), ki je sestavljen iz listov velikosti 1km². Obravnavano območje je del bloka Triglav, št. B37, list GK_393_142. ASC format DMR datoteke je tekstualen, zato smo za potreben izris terena (plastnice) podatke uvozili v program Global Mapper (LIDAR,2017).

S pridobljenimi podatki smo delo nadaljevali v programih AutoCAD in SEWER+ (namenjen projektiranju komunalnih vodov).

7.2 Preskrba s pitno vodo

7.2.1 Izotopi

Kot smo že omenili, se naselje trenutno oskrbuje z vodo iz bližnjega izvira. Zaradi dvomov od kod prihaja voda in sumov, da slednja prihaja iz derivacijskega kanala oz. transportnega cevovoda za MHE Log, smo opravili izotopsko analizo vode.

Na obravnavanem območju smo odvzeli vzorce vode na dveh lokacijah in sicer enega na samem izviru oz. zajetju (S1), drugega (S2) pa na vtoku vode iz transportnega cevovoda v derivacijski kanal MHE Log. Na obeh lokacijah sta bila odvzeta po dva 500 ml vzorca, katera smo primerno shranili za transport in nadaljnje raziskave. Slednje so bile opravljene na Inštitutu Jožefa Štefana v Ljubljani, v Centru za masno spektrometrijo.



Slika 23: Vzorec S2 na iztoku cevovoda v derivacijski kanal (Osebni arhiv, 2017)

Splošno o izotopih

Molekula vode je sestavljena iz dveh atomov vodika (H) in enega atoma kisika (O). Atome tvorijo različni izotopi, kar pomeni, da imamo opravka z atomi enakega vrstnega števila in različnega masnega števila. V molekulah vode so možne različne kombinacije izotopov. Izotopsko sestava oziroma razmerje med težjim in lažjim stabilnim izotopom, je podano v obliki vrednosti δ (delta), izražamo pa jih v tisočinkah (‰).

Laboratorijski referenčni materiali (LRM), so vzorci vode, ki jih pripravijo v laboratoriju, za nadaljnjo redno kalibracijo masnega spektrometra. S pomočjo slednjih določajo vrednosti δ , preračunane na skalo VSMOW2 v vzorcih z neznano izotopsko sestavo.

Mednarodni kalibracijski standard za izotopske raziskave VSMOW2 (Vienna Standard Mean Ocean Water 2) podaja natančne, še sprejemljive odklone izmerjenih vrednosti (IJŠ, 2018):

- $\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}} \pm 1,0\text{‰}$,
- $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}} \pm 0,1\text{‰}$

Preglednica 15: Rezultati analize - izotopi

	$\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}} [\text{‰}] *$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}} [\text{‰}] **$
S1	-59.67	-9.09
S2	-68.55	-10.23

V preglednici 15 so predstavljeni dobljeni rezultati analize vode na vzorcu S1 (izvir) in S2 (derivacijski kanal). Odstopanja v našem primeru so znatno večja od še dovoljenih predpisanih vrednosti, ki določajo, da zajeta voda izhaja iz istega vodnega vira. Iz tega ugotavljamo, da voda na izviru, katero zajemamo za oskrbo naselja Strmec na Predelu ne prihaja iz derivacijskega kanala ali transportnega cevovoda. S slednjo ugotovitvijo smo ovrgli sume stalnih prebivalcev naselja, in sicer, da vode na izviru nikoli ne zmanjka zaradi puščanja dotrajanega sistema za preskrbo MHE Log.

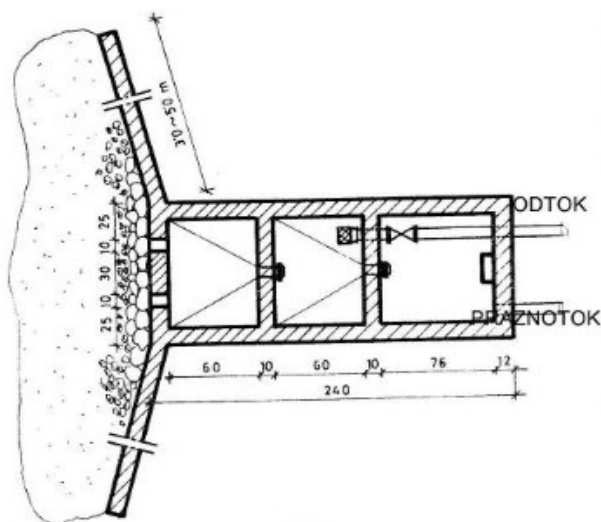
7.2.2 Zajetje

Naselje Strmec na Predelu se oskrbuje z vodo iz bližnjega izvira, na katerem je zgrajeno zajetje. Izvir leži na nadmorski višini 1004m. Voda iz zajetja nato gravitacijsko odteka v nižje ležeči, obstoječi rezervoar. Na terenskem ogledu območja smo videli obstoječe stanje, za katero predvidevamo, da bi z manjšimi sanacijskimi posegi ustrezalo standardom.

Na samem dotoku vode v zajetje je postavljena gosta mreža, obtežena s kamni (slika 23). Slednja ima funkcijo finih grabelj, filtra oz. zadrževanja suspendiranih delcev pred vstopom v prvo komoro zajetja. Mrežo bi lahko nadomestili s kamni različnih granulacij, ki bi delovali kot večplastni filter in bi preprečevali zamašitev vtoka, vendar zaradi lažjega čiščenja in enostavnejše zamenjave mreže, bi slednjo vseeno obdržali. Glede na sestavo tal, obstoječega stanja, lokacijo izvira in zajetja, ugotavljamo, da zajeta voda v večji meri ne bo onesnažena s suspendiranimi delci, razen ob močnejšem deževju ali nalivih. Največ težav bi lahko predstavljalo listje in manjše veje. Ob vtoku vode v zajetje predvidimo izgradnjo bočnih kril, s katerimi bi dosegli čim manjše odtekanje vode mimo samega zajetja (prikazano na sliki 26). Pri izgradnji bočnih kril moramo biti zelo previdni in pazljivi, da ne pride do premika izvira in s tem izgube edinega vira vode za naselje Strmec na Predelu..



Slika 24: Obstoječe zajetje izvira (Osebni arhiv, 2017)

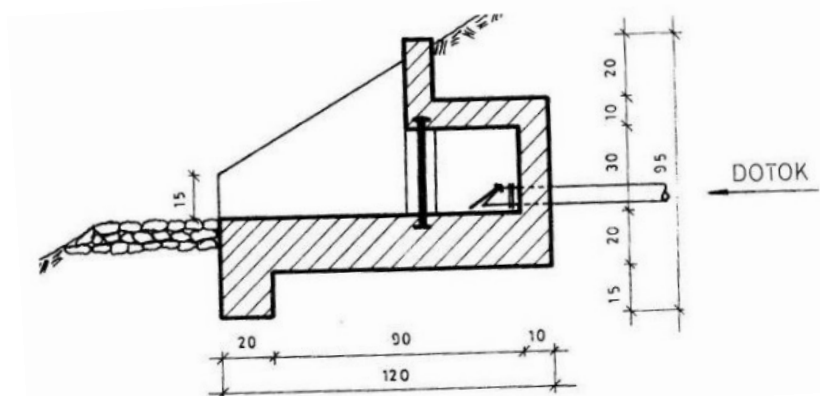


Slika 25: Tloris preprostega objekta za zajetje točkovnega vira (Slokan, 2011)

Po zajetju sledi sistem dveh umirjevalnih komor, katerih namen je usedanje morebitno prisotnih lebdečih delcev. Dotok vode se umiri, pred vstopom v tretjo komoro, od koder je voda gravitacijsko speljana proti rezervoarju. Na sliki 27 je vidna cev po kateri voda odteka, desno od nje, v vogalu, približno 10 cm nad koto odvodne cevi je prevrtana luknja, ki služi kot izpust viška vode. Izpust bi mogli urediti tako kot je prikazano na sliki 28, in sicer preliv oz. višek vode je speljan po cevi z žabjim pokrovom nazaj v naravo ali strugo hudournika. Na sliki 27 lahko vidimo, da je na dnu zajetja zbranih finih usedlin v vodi izredno malo, voda je na oko čista in bistra.



Slika 26: Odtok vode proti rezervoarju (Osebni arhiv, 2017)



Slika 27: Primer izpustne glave z žabjim pokrovom (Slokan, 2011)

Na terenskem ogledu smo ocenili, da dotok vode v samo zajetje znaša cca. 1 l/s, kateri bi zadostil oz. presegal potrebam novega vodovodnega sistema v naselju. Že 50 % ocenjena izdatnost izvira bi zadostovala za potrebne dnevne količine potrošnikov.

Pred kakršnim koli ukrepom, ki posega trajno ali začasno v vodni režim ali stanje voda, je potrebno najprej pridobiti Vodno soglasje, za neposredno rabo vode pa Vodno dovoljenje (izda se za določen čas 30 let, z možnostjo podaljšanja).

7.2.3 Priprava pitne vode

V prejšnjih poglavjih smo že omenili, da je voda na izviru na oko čista, bistra, brez barve in vonja ter ima malo drobnih suspendiranih delcev. Glede na samo lokacijo, relief in namensko rabo obravnavanega območja smo prišli do zaključka, da kemijsko onesnaženje vode ne ogroža. Za primarno mehansko čiščenje je poskrbljeno na samem zajetju (filtracija in usedanje).

Problem predstavlja mikrobiološko onesnaženje, zaradi katerega se na pobudo prebivalcev, vsaj enkrat na leto opravi preiskava oz. analiza kvalitete vode. Rezultati mikrobioloških analiz opravljenih na vzorcih zajetih v rezervoarju ali na odjemnih mestih porabnikov (pipa), niso skladni z zahtevami Pravilnika o pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17). Do sedaj se je bakterija E.Coli pojavila le v letu 2012, kar lahko pripisujemo tudi neprimerno odvzetem vzorcu oziroma nestrokovnosti odjemalca, saj vzorčenje vode opravljalo vaščani. Opravljene analize so potekale v času sušnega obdobja, priporočljivo pa bi bilo, da se jih opravlja še ob večjih nalivih, pozimi in v času taljenja snega. Na tak način bi dobili popolnejšo sliko gibanja mikrobiološkega onesnaženja. Ne glede na analize je na vodooskrbnem sistemu potrebno uvesti postopek dezinfekcije, s katerim bi omogočili mikrobiološko neoporečnost vode in posledično primernost vode za uživanje in pitje.

Preglednica 16: Rezultati analize vode (povzeto po videnih analizah)

		Leto			
		2010	2012	2013	2014
		Datum odvzema			
Preiskava	Kriterij	26.7.2010	16.7.2012	25.7.2013	29.4.2014
Escherichia coli	0/100 ml	0	31	0	0
Skupne koliformne bakterije	0/100 ml	1	31	58	22
Enterokoki	0/100 ml	64	25	0	0
C. perfringens (spore)	0/100 ml	0	0	0	0
Št. kolonij pri 22°C	< 100/ml	> 300	100	110	45
Št. kolonij pri 37°C	< 100/ml	190	54	16	< 4

Neodvisno od načina priprave pitne vode, moramo za delovanje celotnega procesa določiti najprimernejšo lokacijo in objekte. Za določitev le-teh je potrebna podrobnejša analiza morfologije terena, med zajetjem vode in samim rezervoarjem ter ugotovitev na kateri lokaciji bi bilo najenostavnejše in najbolj ekonomično povezati se na električno omrežje. Predpostavljamo, da bi bila najugodnejša lokacija takoj po zajetju vode, z izgradnjo še ene komore v katero bi namestili izbrano napravo za dezinfekcijo.

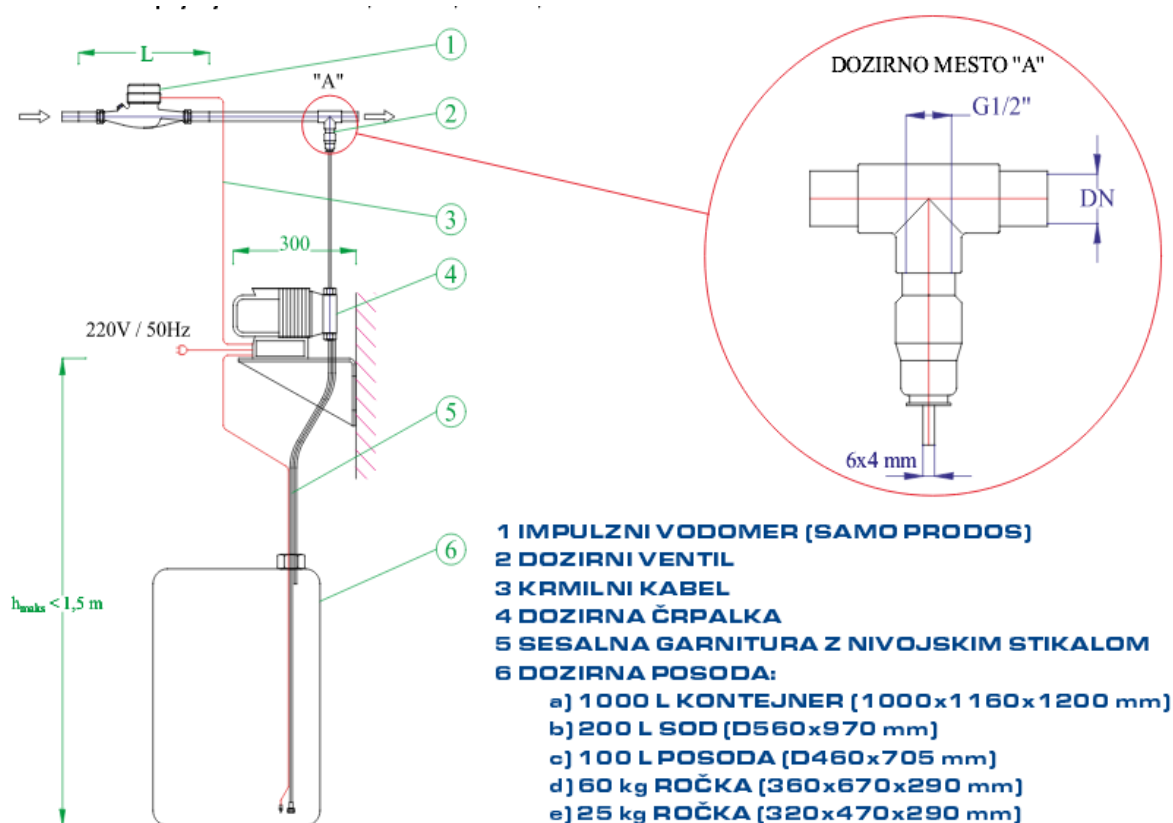
Pri izbiri načina dezinfekcije vode smo se omejili na dve varianti, in sicer varianta A, klasično kloriranje vode pred vstopom v samo omrežje (klorov dioksid) in varianta B, UV sevanje. Obe varianti za svoje delovanje potrebujeta elektriko, primerno lokacijo z dovodom vode v sam sistem dezinfekcije in odvod vode proti oz. v vodohran.

Varianta A

Dezinfekcija vode z uporabo klorovega dioksida je primerna za manjše vodovodne sisteme. Prednosti te metode so enostavna priprava raztopine, enostavno rokovanje in vzdrževanje, niso potrebni posebni varnostni ukrepi pri delovanju ter nizki investicijski stroški.

Na sliki 28 je prikazana tipska dozirna naprava klorovega dioksida. Poraba slednjega je odvisna od želenega nivoja preostalega ClO_2 v vodi in sicer:

- koncentracija $0,2 \text{ g ClO}_2/\text{m}^3 \rightarrow 1 \text{ l}/15 \text{ m}^3$ vode,
- koncentracija $0,1 \text{ g ClO}_2/\text{m}^3 \rightarrow 1 \text{ l}/30 \text{ m}^3$ vode.

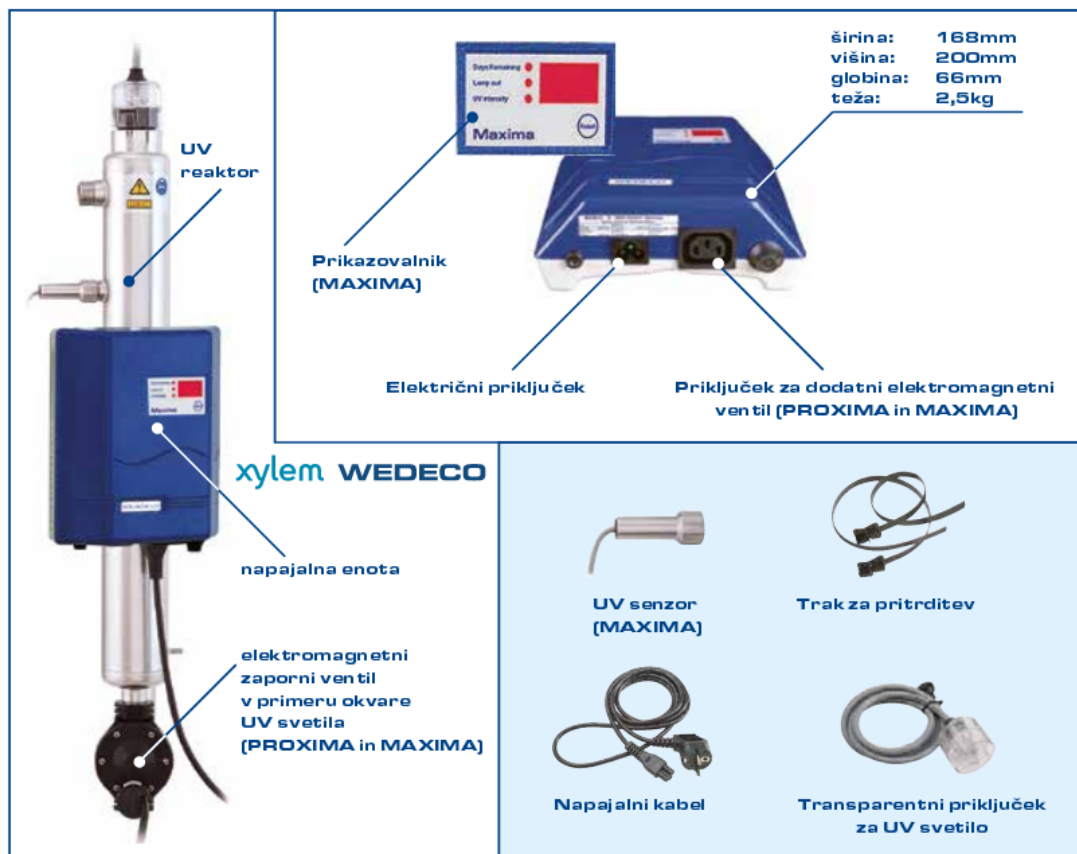


Slika 28: Dozirna naprava za pripravo in doziranje raztopine ClO₂ (MAK CMC, 2018)

Za potrebe dezinfekcije pitne vode naselja Strmec na Predelu, bi potrebovali dozirno napravo PRODOS 2 (MAK CMC, 2018), katera zagotavlja primerno pripravo vode do maksimalnega pretoka 5 m³/h (nazivni pretok znaša 2,5 m³/h).

Varianta B

Druga varianta je dezinfekcija vode s pomočjo UV sevanja. Pri tej metodi ni potrebna uporaba nobenega kemičnega sredstva, zato se tudi ne tvorijo nevarni stranski produkti. Za naš primer vodooskrbe smo se odločili za UV dezinfekcijsko napravo tipa AQUADA4 PROXIMA, katera vsebuje kontrolno enoto, indikator delovanja, varnostni priključek za UV svetilo, mikroprocesorsko upravljanje, zvočni in svetlobni alarm, digitalni prikazovalnik življenjske dobe UV svetila, UV reaktor in priključek za elektromagnetni ventil (MAK CMC, 2018).



Slika 29: Sestavni deli naprave za UV sevanje (MAK CMC, 2018)

Izbrana naprava UV sevanja deluje v skladu z zahtevami pitne vode do maksimalnega urnega pretoka 4 m³/h in maksimalnega obratovalnega tlaka 10 barov. Življenjska doba UV svetila je 1 leto oz. 365 dni.

7.2.4 Bilanca porabe vode

Podatek o potrebni količini pitne vode je pomemben pri dimenzioniranju vseh elementov v vodovodnem sistemu. Vodovodno omrežje se projektira in dimenzionira na amortizacijsko dobo do 50 let. S pomočjo naravnega prirastka (enačba 1) in števila trenutnega prebivalstva določimo število potrošnikov čez n let (enačba 2).

V naselju Strmec na Predelu ima trenutno stalno prebivališče 16 ljudi. Število prebivalcev se v zadnjih desetih letih ni bistveno spreminjalo. Realno stanje naselja je pa drugačno, stalnih prebivalcev je 5, ostali so v naselju prijavljeni le fiktivno.

Izračun števila prebivalcev čez 50 let, s privzetim naravnim prirastkom 0,5 (za podeželska naselja):

$$A = 16 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100}\right)^{50} = 21 \text{ P} \quad (34)$$

Strmec na Predelu sestavlja vsega 22 enodružinskih hiš in en manjši kmetijski objekt (štala). V dveh hišah živijo stalni prebivalci, ena je še ne naseljena novogradnja, ostale pa se uporabljajo kot počitniške hiše oz. vikendi. Števila izračunanih prebivalcev po amortizacijski dobi 50 let nismo upoštevali pri nadaljnjem dimenzioniranju vodovodnega sistema.

V naselju deluje manjši turistični obrat (6 ležišč) in kmetija, s 30 glavami male živine (ovce), katere smo upoštevali pri izračunu potrebne količine pitne vode.

Preglednica 17: Vsi odjemalci pitne vode

Stanovanjske nepremičnine	22
Povprečno št. ljudi na gospodinjstvo (občina Bovec)	2.1
Št. prebivalcev	46

Turizem

Oddaja sob	6 ležišč
------------	----------

Kmetijstvo

Ovce	30 kom
------	--------

Po analizi naselja, prebivalcev, morfologije terena in ostalih omejitev na obravnavanem področju smo prišli do zaključka, da se naselje ne bo več širilo. Zaradi slednjega smo za dimenzioniranje vodooskrbnega omrežja uporabili maksimalno število ljudi ob predpostavki polne zasedenosti nepremičnin (stalno naseljeni + »vikendaši«), saj je dobljena vrednost znatno večja od izračunanega števila prebivalstva čez 50 let.

V Tehničnem pravilniku o načinu oskrbe s pitno vodo občine Bovec, so navedeni normativi porabe vode, katere moramo upoštevati pri projektiranju sistema:

- gospodinjstvo 250 litrov vode na prebivalca na dan,
- turizem 200 litrov vode na posteljo na dan,
- mala živina 20 litra na glavo na dan

Z navedenimi podatki smo izračunali srednjo dnevno porabo pitne vode (enačba 3) in maksimalno dnevno porabo z upoštevanjem koeficienta neenakosti ($a = 2,5$ za vaška naselja)(enačba 4). Za vsako vodovodno omrežje velja, da ima določen odstotek izgub v sistemu, zaradi puščanja počenih cevi, slabih ventilov in stikov. Pri našem izračunu smo upoštevali 10% izgube.

Preglednica 18: Potrebne količine pitne vode

Letna poraba vode	Q_l	4872.75 m ³ /leto
Srednja dnevna poraba	$Q_{d,sr}$	13350 l/dan
		13.35 m ³ /dan
Koeficient neenakosti	a	2.5
Maksimalna dnevna poraba	$Q_{d,max}$	33.38 m ³ /dan
Izgube		10 %
Maksimalna dnevna poraba z upoštevanjem izgub		37.1 m ³ /dan
Srednja urna poraba	$Q_{u,sr}$	1.545 m ³ /h
		0.429 l/s

Poraba vode tekom dneva ni enakomerna, odvisna je od načina življenja ljudi in samega naselja. Za Strmec na Predelu smo za izračune uporabili vrednosti značilne za vaško območje. (Muhič J., po Mutschmann in Stimmelmayer, 1988)

Preglednica 19: Nihanje porabe vode in potrebni izračuni

Ura	Dotok % Vd	Poraba % Vd	Razlika (količina vode) % Vd	Σ Dotok % Vd	Σ Poraba % Vd	Σ Razlika % Vd
00-01	4.167	1.0	3.167	4.17	1.0	3.167
01-02	4.167	0.5	3.667	8.33	1.5	6.834
02-03	4.167	0.5	3.667	12.50	2.0	10.501
03-04	4.167	0.5	3.667	16.67	2.5	14.168
04-05	4.167	0.5	3.667	20.84	3.0	17.835
05-05	4.167	6.5	-2.333	25.00	9.5	15.502
06-07	4.167	12.0	-7.833	29.17	21.5	7.669
07-08	4.167	8.5	-4.333	33.34	30.0	3.336
08-09	4.167	3.5	0.667	37.50	33.5	4.003
09-10	4.167	3.0	1.167	41.67	36.5	5.170
10-11	4.167	3.0	1.167	45.84	39.5	6.337
11-12	4.167	4.5	-0.333	50.00	44.0	6.004
12-13	4.167	10.0	-5.833	54.17	54.0	0.171
13-14	4.167	9.0	-4.833	58.34	63.0	-4.662
14-15	4.167	1.5	2.667	62.51	64.5	-1.995
15-16	4.167	1.5	2.667	66.67	66.0	0.672
16-17	4.167	2.0	2.167	70.84	68.0	2.839
17-18	4.167	2.0	2.167	75.01	70.0	5.006
18-19	4.167	3.0	1.167	79.17	73.0	6.173
19-20	4.167	5.5	-1.333	83.34	78.5	4.840
20-21	4.167	9.0	-4.833	87.51	87.5	0.007
21-22	4.167	8.5	-4.333	91.67	96.0	-4.326
22-23	4.167	3.0	1.167	95.84	99.0	-3.159
23-24	4.167	1.00	3.167	100.01	100.0	0.008

Izračun srednje, maksimalne in minimalne karakteristične urne porabe:

$$q_{sr,h} = \frac{100\%}{24h} = \frac{100}{24} = 4,167 \quad (35)$$

$$q_{max,h} = \frac{q_{max}}{q_{sr,h}} = \frac{12\%}{4,167\%} = 2,88 \quad (36)$$

$$q_{min,h} = \frac{q_{min}}{q_{sr,h}} = \frac{0,5\%}{4,167} = 0,12 \quad (37)$$

Maksimalna karakteristična urna poraba vode:

$$Q_{h,max} = Q_{d,max} \cdot q_{max,h} = 1,236 \text{ l/s} \quad (38)$$

Minimalna karakteristična urna poraba vode:

$$Q_{h,min} = Q_{d,max} \cdot q_{min,h} = 0,052 \text{ l/s} \quad (39)$$

Požarna voda:

$$Q_{poz} = 10 \text{ l/s} \cdot 2 \text{ h} \quad (40)$$

Kritična poraba pitne vode:

$$Q_{krit} = Q_{h,max} + I_{hidrant} = 1,236 \text{ l/s} + 10 \text{ l/s} = 11,236 \text{ l/s} \quad (41)$$

7.2.5 Vodohran

Za izbiro primerne vodohrana v Strmcu na Predelu, bi bile potrebne dodatne, detajlne analize. Obstajata dve rešitvi, in sicer uničenje obstoječega rezervoarja in izgradnja novega ali sanacija obstoječega, v tako stanje, da zadovolji potrebam potrošnikov in zakonskim standardom. Z dodatnimi analizami bi ugotovili katera od variant je primernejša in ekonomsko ugodnejša.

Vodohran mora biti projektiran tako, da zagotavlja zahtevano varnost oskrbe in kakovosti vode, biti mora vodotesen in praviloma vkopan v zemljo. Sama oblika, prostornina in način gradnje ni zakonsko definiran, omogočati pa mora kroženje vode v vodni celici.

Najprej smo opravili analitičen izračun potrebne prostornine vodohrana (po enačbi 10, 11, 12 in 13). Pri izračunu $V_{fluktuacija}$ smo sešteli minimalno in maksimalno absolutno vrednost Σ razlike (7 stolpec v preglednici 19). Σ razlike računamo po enačbi Σ razlike = Σ Dotok – Σ Poraba.

Preglednica 20: Izračun potrebnega volumna vodohrana

Volumen fluktuacije	
Σ razlike,max	17.84
Σ razlike,min	-4.66
Vfluk	6.67 m ³
Volumen rezerve (okvare)	
Rokvara	20 %
Vrezerva	7.42 m ³
Volumen za požar	
Ihidrant	10 l/s
Npm	1
t _{požar}	2 h
V _{požar}	72.0 m ³
POTREBEN VOLUMEN VODOHRANA	
87.76 m ³	

Pri predlogu ureditve vodooskrbe v Strmcu, smo predpostavljali, da bi bila primernejša varianta sanacija obstoječega vodohrana, kot rušenje obstoječega in izgradnja novega vodohrana. Slednji je dimenzij 5m · 8m · 2,5m, njegova prostornina pa presega izračunano potrebo. Z osnovno enačbo izračuna prostornine kvadra, smo določili še potrebne višine vode glede na nihanje dnevne porabe.

Preglednica 21: Potrebne višine vode v vodohranu

a	8 m
b	5 m
h	2.19 m
h _{min}	1.99 m
h _{rez}	0.19 m
h _{pož}	1.80 m
h _{fluk}	0.21 m
ΔV	1.73 m ³
Δh	0.04 m
h _{zač}	2.03 m
h _{max}	2.19 m

V preglednici 21 vidimo, da je maksimalna višina vode v vodohranu nižja od dejanske višine obstoječega objekta. S sanacijskimi ukrepi, ki vključujejo izolacije in razne premaze za ohranjanje vodotesnosti objekta se bo ta razlika zmanjšala. Preostanek višinske razlike bo služil za prezračevanje

vodohrana. ΔV predstavlja dodaten volumen vodohrana potreben, ko pride do večje porabe vode od samega dotoka (med 13 in 14 uro; preglednica 20).

Glede na obstoječe stanje objekta se določi primerne sanacijske ukrepe, med katere spadajo razni premazi za zagotavljanje vodotesnosti objekta, zračniki, primerne izolacije, menjava cevovodov v objektu (inox cevi), razsvetljava itd.. Iz vodohrana mora biti pravilno urejen preliv odvečne vode, ki ga speljemo v strugo hudournika, zaključen pa mora biti z žabjim pokrovom.

7.2.6 Vodovodno omrežje

V naselju Strmec na Predelu predvidimo uničenje obstoječega vodovoda in dimenzioniranje ter izgradnjo novega vodovodnega omrežja. Sanacija obstoječega vodovodnega omrežja bi bila nesmiselna, slednji ni zgrajen po veljavnih predpisih, saj so cevi postavljene na globini 30 cm, kar je za območje občine Bovec absolutno premalo. Uporaba popolnoma istega kanala za postavitev novega vodovodnega omrežja, iz ekonomskega vidika (stroški izkopa v terenu V. kategorije), ni potrebna, saj moramo zagotavljati vsaj 1,2 m globine od temena cevi do kote terena, kar je v primerjavi z globino obstoječega vodovoda znatno večje.

V naselju smo dimenzionirali težnostni vodovod s pretočnim vodohranom, situacija slednjega je prikazana v prilogi C2. Najvišja točka vodovoda predstavlja zajetje na izviru (na koti 1004 m.n.v.), najnižja pa blatnik na koncu sistema, postavljen hitro za zadnjim hišnim priključkom (hiša 22).



Slika 30: Detajl zajetje vode in vodohran

Trasa vodovoda (Priloga C2) poteka od vodohrana, ob levem robu cestišča v smeri proti Logu pod Mangartom, do objekta št. 14 in 15 v naselju, kjer vodovod prečka glavno cesto. Od objekta št. 15 do

blatnika za zadnjim hišnim priključkom (objekt št. 22) se trasa vodovoda premakne ob desni rob cestišča. Za prečkanje smo se odločili, ker v spodnjem delu naselja Strmec na Predelu (od objekta št. 15 do 22) leži kar 6 nepremičnin na desni strani cestišča, na levi strani pa le ena. S slednjim smo omejili prekopavanje in zaporo glavne ceste za izvedbo hišnih priključkov na minimum (1hišni priključek, objekta št. 17).

Projektiranje in izvedba cevovoda

Pri izračunu ustreznih dimenzij cevi, moramo upoštevati kritično porabo vode, ki v našem primeru znaša dobrih 11 l/s. Priporočljive hitrosti v omrežju se gibljejo od 0,5 do 2 m/s. Ob predpostavki hitrosti vode 1,4 m/s smo z izračunom (po enačbi 15) dobili ustrezen premer cevi DN100.

Preglednica 22: Izračun ustreznega premera vodovodne cevi

v [m/s]	DN [m]	DN [mm]
0.5	0.17	169
0.6	0.15	154
0.7	0.14	143
0.8	0.13	134
0.9	0.12	126
1	0.12	120
1.1	0.11	114
1.2	0.11	109
1.3	0.10	105
1.4	0.10	101
1.5	0.10	98
1.6	0.09	95
1.7	0.09	92
1.8	0.09	89
1.9	0.09	87
2	0.08	85

Tehnični pravilnik o oskrbi s pitno vodo v občini Bovec, podaja točna navodila izvedbe in projektiranja vodovodnega omrežja. Za nove cevovode, postavljene pod vozne površine, pravilnik določa uporabo cevi in spojnikov iz nodularne litine (NL), minimalne dolžine 6 m. Razdalja med temenom cevi in niveleto terena mora biti v voznih površinah od 1,2 do 2,0 m, vodovodni priključki odjemalcev pa na globini 0,8 m, na izpostavljenih legah pa 1,2 m. Pred postavitvijo vodovodnih cevi moramo v izkopenem jarku namestiti utrjeno posteljico iz agregata granulacije 4 do 8 mm (min debelina 15 cm oz 10 +DN/10). Prvih 30 cm nad temenom cevi moramo za zasutje uporabiti izključno agregat granulacije 4 do 8 mm, zgoščevanje in utrjevanje slednjega pa poteka ročno ali z uporabo lahkih kompresijskih sredstev. Karakteristična prečna profila vodovodnega omrežja sta prikazana v prilogi C5 in sicer z oznako V1 in V1 – K2. Prečni profil V1 – K2, je tipičen za del naselja, kjer trasi vodovoda in kanalizacije potekata vzporedno, v ostalih delih naselja in na delu od zajetja vode do prvega odjemalca (objekt št. 1), pa prečni profil V1.

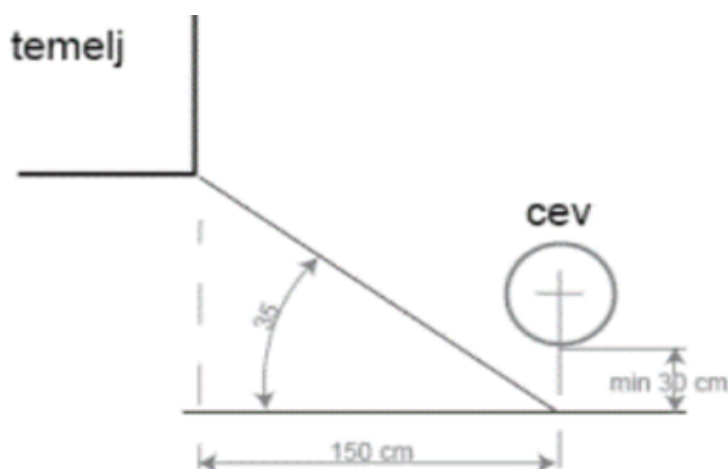
V vsakem primeru spremembe smeri vodovoda v vertikalni smeri, je potrebno ugotoviti možnost nastanka zračnih čepov ali usedanja sedimentov ter predvideti in izvesti ustrezno odzračevanje oz. čiščenje vodovoda.

Križanje vodovodnega omrežja s kanalizacijskim omrežjem in odmiki od objektov ter ostalih napeljav

Križanja vodovodnega omrežja z ostalimi vodi mora načeloma potekati pod pravim kotom. V naši situaciji bo križanje potekalo samo s kanalizacijskim sistemom. Vertikalni odmiki med vodovodno in kanalizacijsko cevjo morajo biti:

- V primeru, da je vodovod pod kanalizacijo, je potrebno vodovodno cev vgraditi v zaščitno cev, ustji zaščitne cevi pa morata biti odmaknjeni od zunanje stene cevi kanalizacije najmanj 2,5 m. V dogovoru z upravljavcem, lahko cev zaščitimo tudi drugače (obetoniranje, PVC folija). Vertikalni odmik od temena zaščitne cevi do temelja kanala je najmanj 0,3m.
- V primeru, da je vodovod nad kanalizacijo na območju vodoprepustnega zemljišča morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji: vodovod mora biti vgrajen v zaščitno cev, ustji zaščitne cevi morata biti odmaknjeni od zunanje stene cevi kanalizacije najmanj 2,5 m. Vertikalni odmik je najmanj 0,3 m.
- V primeru, da je vodovod nad kanalizacijo na območju vodo neprepustnega zemljišča, vodovodno cev ni potrebno vgraditi v zaščito. Vertikalni odmik mora biti najmanj 0,6 m, v primeru, da je manjši mora biti vodovod vgrajen v zaščitno cev .

Minimalni odmik od spodnjega roba podzemnih temeljev ali podzemnih objektov ne sme biti manjši od 1,5 m, merjeno po horizontalni kateti pravokotnega trikotnika, ki ima začetek 30 cm pod dnom cevi v osi vodovoda in oklepa z diagonalo, ki se konča na robu temelja ali objekta, kot 35° .

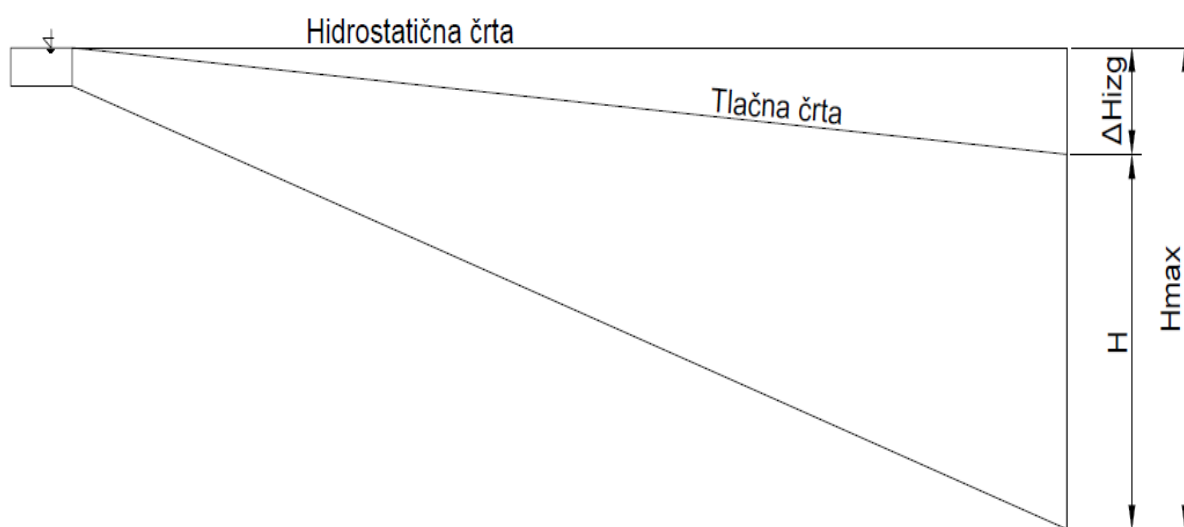


Slika 31: Minimalni odmik od spodnjega roba podzemnih temeljev objekta

Odmik napeljav, ki potekajo vzporedno z vodovodom, v našem primeru kanalizacijska cev, mora biti 3m. Horizontalni odmiki so lahko v soglasju z upravljavcem posameznih komunalnih vodov tudi drugačni. Standard SIST EN 805 določa, da horizontalni odmiki od obstoječih oz. drugih podzemnih napeljav ne smejo biti manjši od 0,4 m.

Tlak v vodovodnem omrežju

Za nemoteno delovanje vodovodnega omrežja potrebujemo zadosten tlak v ceveh, ki znaša minimalno 2 in maksimalno 6 barov. V naselju Strmec na Predelu predvidevamo, da s tlakom ne bo težav, saj je višinska razlika med najvišjo in najnižjo koto terena cca. 50 m.



Slika 32: Hidrostaticčna in tlačna črta

Vodna gladina v vodohranu predstavlja hidrostaticčno črto. Tlak je na odjemnih mestih tolikšen, kolikšna je višina vodnega stolpca, od porabnika do hidrostaticčne črte (10 m visok vodni stolpec povzroča tlak 1 bar). Od vodohrana do prvega odjemalca (stacionaža 202,87; Priloga C6) znaša vodni stolpec približno 23 m oz. 2,3 bar, kar zadošča minimalnim vrednostim tlaka v sistemu, do zadnjega odjemalca pa 50 m oz. 5 bar, kar tudi zadošča maksimalnim omejitvam tlaka. Omenjeno je le groba ocena stanja vrednosti tlaka v cevovodu.

Zaradi trenja vode ob steno cevi se v sistemu pojavijo linijske izgube tlaka, ob vseh stikih (ventili, zasunu, kolena, zožitve,...) pa lokalne izgube. Slednje imajo praviloma zanemarljivo vrednost v primerjavi z linijskimi izgubami, zato jih v posplošenem izračunu ne upoštevamo.

Trenjske izgube v vodovodnem sistemu smo izračunali s pomočjo Darcy-Weissbach-ove enačbe:

$$\Delta H_{\text{izg}} = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (42)$$

kjer pomenijo:

λ - koeficient trenja [-]

L – dolžina cevi [m]

d – premer cevi [m]

v – hitrost vode [m/s]

g – zemeljski pospešek [m/s²]

Vrednost koeficienta trenja λ , smo določili s pomočjo Moody-jevega diagrama. Odvisen je od Reynoldsovega števila (Re) in od relativne hrapavosti cevi. Vrednost koeficienta znaša 0,02.

Izračun trenjskih izgub:

$$\Delta H_{\text{izg}} = 0,02 \cdot \frac{554,4\text{m}}{0,1\text{m}} \cdot \frac{(1,4\text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81\text{ m/s}^2} = 11,08\text{m} \quad (43)$$

$$H = H_{\text{max}} - \Delta H_{\text{izg}} = 50\text{m} - 11,08\text{m} = 38,92\text{m} = 3,89\text{bar} \quad (44)$$

Iz izračuna sklepamo, da bo tlak kljub izgubam, v vodovodnem sistemu zadostoval predpisanim normativom v Tehničnem pravilniku o načinih oskrbe s pitno vodo v občini Bovec.

Ostali objekti na vodovodnem omrežju

Kot smo že omenili vodovodno omrežje zaključimo z blatnikom. Slednjega postavimo na najnižjo točko vodovoda, kjer se lahko nabirajo usedline. Izpuste iz blatnika je potrebno oblikovati tako, da je izločen vsak neprimeren vpliv na kakovost pitne vode.

V vodovodnem omrežju smo predvideli dva podzemna hidranta za zagotavljanje požarne varnosti naselja, in sicer enega v prvi polovici naselja (na stacionaži 244,02; Priloga C6), naslednjega pa v drugi (na stacionaži 388,51; Priloga C6).

Pred zasipom cevi vodovodnega omrežja je potrebno opraviti tlačni preizkus, šele nato cevi popolnoma zasuti. Sledi še postopek dezinfekcije in analiza kakovosti vode v sistemu. Ko rezultati slednjih ustrezajo standardom, se lahko vodovodni sistem začne uporabljati.

7.3 Odvod odpadnih voda

Z izrazom odpadna voda označujemo odpadno fekalno vodo iz gospodinjstev, obrti in odpadno padavinsko vodo. V naselju Strmec na Predelu odvod padavinske odpadne vode poteka ločeno od fekalne. Padavinska voda je speljana po odprtih jarkih, strugah hudournikov in cestnih kanaletah iz naselja. Slednja v Strmcu ne povzroča večjih težav, zato se v nadaljevanju predloga o ureditvi odvoda odpadne vode z njo ne bomo ukvarjali.

V naselju smo predvideli izgradnjo ločenega kanalizacijskega omrežja, ki se praviloma mora končati z ustrežno čistilno napravo. Trenutno stanje je opisano v poglavju Obstoječe stanje naselja in infrastrukture in je prikazano v prilogi C1. Fekalna voda iz gospodinjstev se zbira v individualnih greznicah, katere se morajo po zakonu uničiti do konca leta 2023 oz. ob prvi rekonstrukciji objekta (odvisno od starosti objekta in ustreznosti izgradnje greznice po takratnih standardih). Ker gre za naselje katerega večinoma sestavljajo počitniške hiše, rešitev odvodnje odpadne vode v individualne male čistilne naprave ni najbolj optimalna. Delovanje slednjih je vprašljivo saj ob ne konstantnem dovodu hranil bakterije, ki razgrajujejo blato pomrejo. Zaradi tega smo se odločili za skupno rešitev in sicer izgradnjo enotne male čistilne naprave za naselje Strmec na Predelu.

Kanalizacijski sistem, se kot vodovodni, načeloma gradi za amortizacijsko dobo 50 let. Kot smo že pri ureditvi preskrbe s pitno vodo omenili, je predvideno število prebivalcev manjše, v primerjavi, če upoštevamo polno zasedenost počitniških hiš, oddanih postelj in stalnega prebivalstva. Torej kanalizacijski sistem dimenzioniramo na število prebivalcev ki temelji na predpostavki polne zasedenosti nepremičnin.

7.3.1 Bilanca odpadne vode

Fekalni vod ločenega kanalizacijski sistem je dimenzioniran na sušni odtok, kateri je sestavljen iz gospodinjске odpadne vode in tuje infiltrirane vode. V obravnavanem primeru za dimenzioniranje sušnega odtoka mora upoštevati normativne vrednosti porabe vode iz Tehničnega pravilnika o načinih oskrbe s pitno vodo občine Bovec.

$$\begin{aligned}
 q_h &= 250 \text{ l/(P. dan)} \cdot 46P + 200 \text{ l/(P. dan)} \cdot 6P = \\
 &= 12750 \text{ l/dan} = 12,75 \text{ m}^3/\text{dan} = 0,148 \text{ l/s}
 \end{aligned}
 \tag{45}$$

Pri dimenzioniranju kanalov na sušni odtok potrebujemo maksimalni urni odtok $Q_{\max}$. Slednjega smo izračunali s pomočjo enačbe (18):

$$Q_{\max} = \frac{1}{12} \cdot 12,75 \text{ m}^3/\text{dan} = 1,063 \text{ m}^3/\text{h} = 0,295 \text{ l/s}
 \tag{46}$$

Sledil je še izračun srednjega dnevnega (enačba 19) in minimalnega pretoka (enačba 20).

$$Q_{sr} = \frac{1}{24} \cdot 12,75 \text{ m}^3/\text{dan} = 0,531 \text{ m}^3/\text{h} = 0,148 \text{ l/s} \quad (47)$$

$$Q_{min} = \frac{1}{24} \cdot 12,75 \text{ m}^3/\text{dan} = 0,345 \text{ m}^3/\text{h} = 0,096 \text{ l/s} \quad (48)$$

Kot smo že omenili industrijskih vod na obravnavanem območju ni, zato moramo pri izračunu sušnega odtoka upoštevati, poleg odtoka iz gospodinjstev, samo še dotok tuje vode. Količino tuje vode smo povzeli po Imhoffu, in sicer znaša 100% sušni odtok.

$$q_t = 0,148 \text{ l/s} \quad (49)$$

Za dimenzioniranje kanalizacijskega sistema fekalne vode, potrebujemo podatek o maksimalnem in minimalnem sušnem odtoku.

$$q_{s,max} = Q_{max} + q_t = 0,2951 \text{ l/s} + 0,148 \text{ l/s} = 0,443 \text{ l/s} \quad (50)$$

$$q_{s,min} = Q_{min} + q_t = 0,0961 \text{ l/s} + 0,148 \text{ l/s} = 0,244 \text{ l} \quad (51)$$

7.3.2 Kanalizacijsko omrežje

Po izračunu bilance odpadne vode, smo se osredotočili na dimenzioniranje in lego trase kanalizacijskega voda. Po veljavnih predpisih občine Bovec, je najmanjši dovoljen premer cevi za javni kanalizacijski sistem DN 160 mm. Ostale omejitve v KS:

- najmanjši dovoljen padec v omrežju znaša 3,5‰,
- minimalna hitrost toka odpadne vode 0,4 m/s,
- maksimalna hitrost toka odpadne vode pa 3 m/s.

Za dimenzioniranje KS smo izbrali gladke, toge, PVC cevi dimenzije DN160, z Manningovim koeficientom trenja $0,011 [\text{sm}^{-1/3}]$.



Slika 33: Izbrana PVC cev, dimenzije DN160 (Zagožen, 2018)

Kanalizacijsko omrežje v Strmecu na Predelu je izključno gravitacijsko, sestavljeno iz dveh zbirnih kanalov, K1 in K2, katera se pred MKČN združita. V Prilogi C3 je prikazana situacija predvidenega kanalizacijskega sistema. Iz slednje lahko razberemo, da se na kanal K2 priključi večji del naselja Strmec na Predelu, in sicer kar 19 objektov, na kanal K1 pa so priključeni le 3 objekti.



Slika 34: Situacija predvidenega kanalizacijskega sistema

Zbirni kanal K1

Zbirni kanal K1 je postavljen ob južnem robu naselja (smer Log pod Mangartom – Strmec). Na slednjega predvidimo priključitev treh objektov. Trasa kanala ne poteka po cestišču, ampak ob južni strani nepremičnin, na zasebnih površinah, saj se na tak način izognemo križanju s predvidenim vodovodnim omrežjem in lažjo priključitvijo na iztoke hišnih kanalizacijskih cevi v obstoječe greznice (Prikazano v Prilogi C3). Slednje so v vseh treh hišah postavljene eno etažo pod nivojem ceste. Izbrana trasa kanala je najprimernejša tudi zaradi samega nagiba terena in potrebnih padcev v smeri

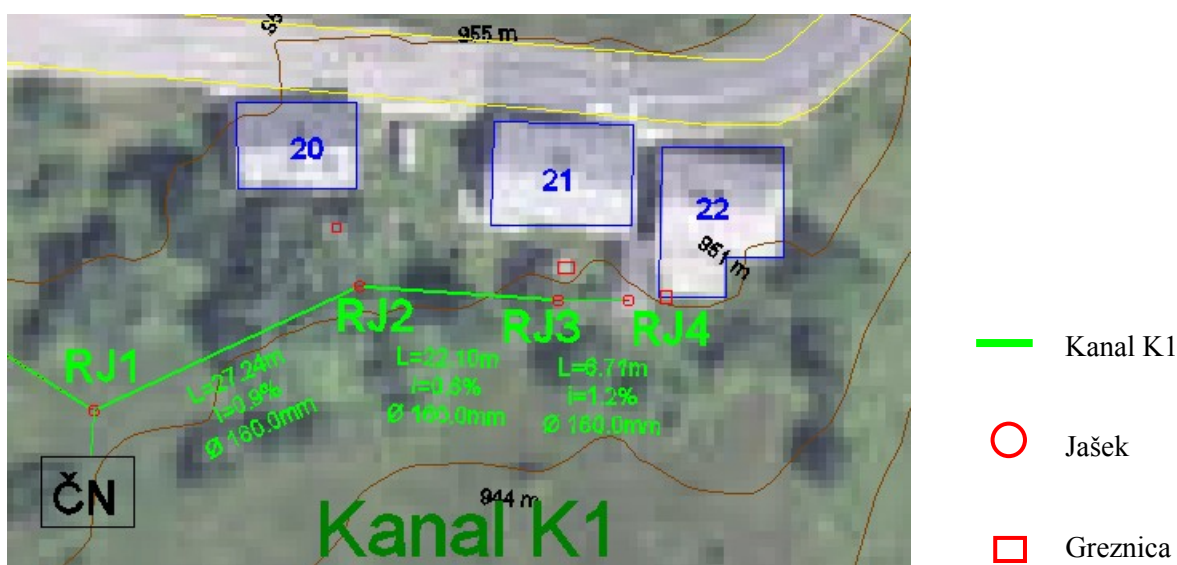
proti MKČN. Slednje lahko vidimo v prilogi C7, kjer je prikazan vzdolžni profil kanala K1. Karakteristični prečni profil kanala K1 je prikazan v prilogi C5, z oznako K1 – del K2.

V primeru, če bi zbirni kanal postavili na območje cestišča bi bilo potrebno prečrpavanje fekalne vode proti ČN, izvedba hišnih priključkov bi bila prav tako otežena, sama izgradnja takega kanala pa neekonomična.

Preglednica 23: Karakteristike kanala K1

	Dolžina gravitacijskega voda	Maksimalna globina kanala	Minimalna globina kanala	Minimalni padec	Maksimalni padec
	[m]	[m]	[m]	[%]	[%]
Zbirni kanal K1	56,05	1,46	1,06	0,6	1,2

Zaradi že omenjenih predpisov, ki jih je potrebno upoštevati pri projektiranju kanalizacijskega omrežja, moramo opraviti hidravlični izračun, s katerim želimo dokazati ustrezno pretočnost kanala.



Slika 35: Shema kanala K1

V kanalu K1 je obremenitev s sušnim odtokom izredno nizka. Izračun smo opravili s pomočjo enačb omenjenih v poglavju Izhodišča za hidravlični izračun kanalizacijskega sistema, in sicer za $Q_{\max}$ na delu kanala z največjim padcem (med RJ4 in RJ3, na sliki 35) in $Q_{\min}$, na delu kanala z najmanjšim padcem (med RJ3 in RJ2). Upoštevali smo obremenitev šestih oseb (3 nepremičnine, s povprečno 2,1 članom na gospodinjstvo).

Rezultati prikazani v preglednici 24 in 25, pričajo o izredno majhnih količinah odpadne vode, katere ne dosegajo mejnih vrednosti pretočnosti. Ob maksimalnem pretoku, na delu kanala z največjim

padcem (med RJ4 in RJ3, na sliki 35), dosežemo največjo hitrost 0,237 m/s. Večje padce kanala in posledično večje hitrosti, bi lahko pridobili z reguliranjem globin revizijskih jaškov oz. s koto vtoka in iztoka iz slednjega. S takim ukrepom bi morali povečati globino v revizijskem jašku RJ1, v katerem se združita zbirna kanala K1 in K2. Od tukaj odteka vsa odpadna voda naselja Strmec na Predelu proti MKČN. S poglobitvijo jaška bi prišli pod dovoljeno koto vtoka v RČN (več v nadaljevanju), kar pomeni, da bi potrebovali črpalko za prečrpavanje odpadne vode. Omenjeni ukrep je neekonomičen, kar potrjuje tudi dejstvo, da v treh priključenih stanovanjskih objektih ni stalnega prebivalstva (počitniške hiše) in stalne obremenitve sistema. Za nemoteno in primerno delovanje kanalizacijskega omrežja predvidimo spiranje kanala po potrebi.

Preglednica 24: Rezultati hidravličnega preračuna cevi za $Q_{\max}$ in $I_{\max}$ (med RJ4 in RJ3)

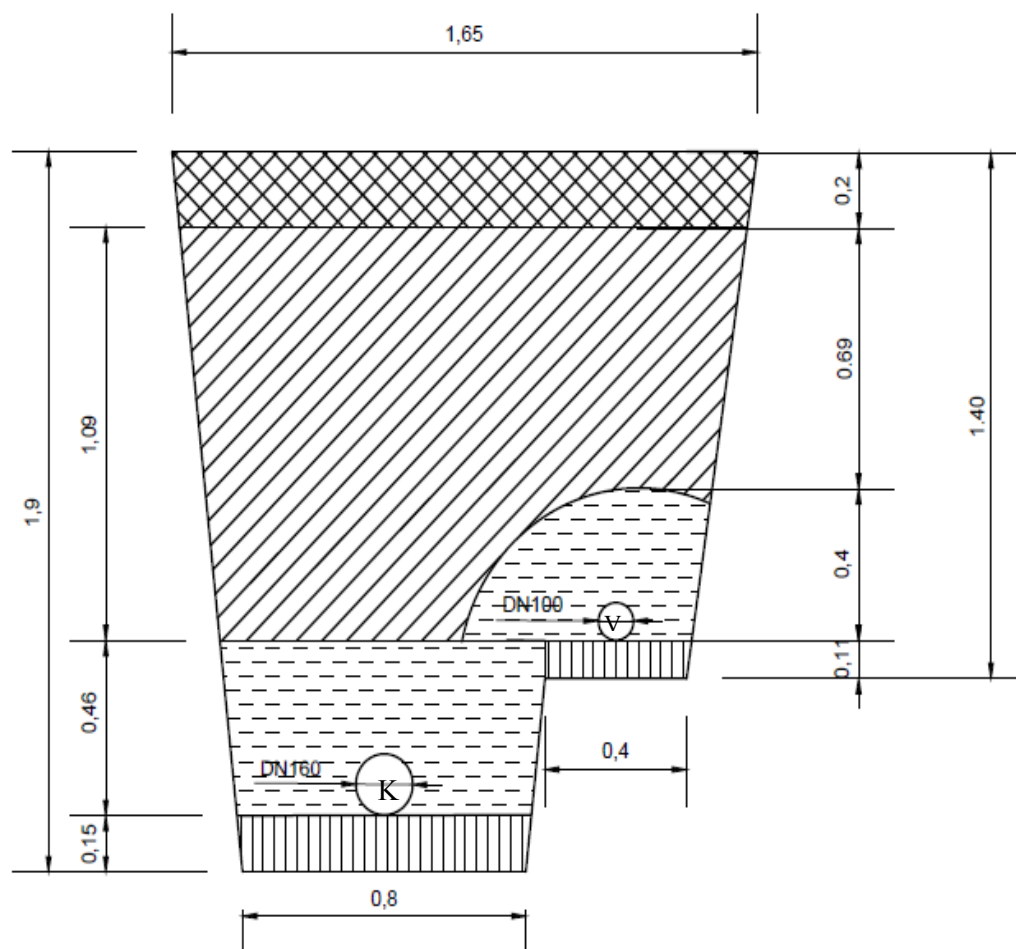
$I_{\max}$	1,2%
$Q_{\max}$	0,052 l/s
h	0,0056m
f	43,13°
S	$2,21 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$
R	$3,67 \cdot 10^{-3} \text{m}$
Q	0,052 l/s
v	0,237 m/s

Preglednica 25: Rezultati hidravličnega preračuna cevi za $Q_{\min}$ in $I_{\min}$ (med RJ3 in RJ2)

$I_{\min}$	0,6%
$Q_{\min}$	0,028l/s
h	0,0048m
f	39,897°
S	$1,758 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$
R	$3,155 \cdot 10^{-3} \text{m}$
Q	0,028l/s
v	0,15 m/s

Zbirni kanal K2

Kanal K2 povezuje preostali del naselja, na slednjega je predvidena priključitev 19 objektov. Del kanala, dolžine cca. 170 m (od RJ 18 do RJ 7, prikazano v Prilogi C4) poteka pod cestiščem in vzporedno, pod vodovodnim omrežjem. Vertikalni odmik od vodovodne cevi znaša 0,3 m, horizontalni odmik (po SIST EN 805) pa 0,6 m. Povprečna globina izkopa v tem delu kanala je 1,9 m.



Slika 36: Karakteristični prečni profil kanala K2, od RJ18 do RJ7

Od RJ 7 do RJ 1 trasa kanala K2 poteka po zasebnih parcelah (cca. 116 m), ob južnem robu nepremičnin. Za slednje smo se odločili zaradi samega padca terena in lokacij obstoječih greznic (pod koto cestišča). Na tak način bodo vsi hišni priključki lahko potekali gravitacijsko. V nasprotnem primeru, če bi traso kanala K2 nadaljevali ob vodovodni cevi pod cestiščem, bi morali v treh objektih (nepremičnine označene s številom 16, 18 in 19) odpadno vodo prečrpavat s pomočjo črpalk v kanalizacijski sistem, kar se nam je zdelo nepotrebno in predvsem neekonomično. Karakteristični prečni profil tega dela kanala K2 je prikazan v prilogi C5, z oznako K1 – del K2. Povprečna globina izkopa v tem delu kanala znaša 1,3 m.

Preglednica 26: Karakteristike kanala K2

	Dolžina gravitacijskega voda	Maksimalna globina kanala	Minimalna globina kanala	Minimalni padec	Maksimalni padec
	[m]	[m]	[m]	[%]	[%]
Zbirni kanal K2	285,79	1,46	1,06	6,4	20,4

Traso kanala K2 in revizijske jaške smo v naselju projektirali tako, da omogočimo najugodnejši in najenostavnejši način priključitve stanovanjskih objektov na lokacijo že obstoječih greznic (Priloga C3).



Slika 37: Kanal K2

Večina hišnih priključkov se bo križala z vodovodnim omrežjem. Priključki bodo potekali pod vodovodno cevjo, katero je potrebno zaščititi (vgraditi v zaščitne cevi, zaradi enostavnejše intervencije), v primeru, ko je vertikalni odmik med slednjima manjši od 0,6 m. Vsi stanovanjski objekti se na KS priključujejo gravitacijsko. Problem predstavlja le objekt označen s številom 14 (v prilogi C3 lahko vidimo situacija kanalizacijskega sistema), kateri ima obstoječo greznico na zahodni strani, etažo nižje od kote cestišča. Problem stanovanjske hiše št. 14 rešujemo individualno. Za slednjo predvidimo vgraditev manjše črpalke, za prečrpavanje odpadne vode v sistem ali vgraditev individualne male čistilne naprave ob predpostavki, da bodo v prihodnosti tukaj živeli stalni prebivalci naselja Strmec na Predelu.

Teren po katerem je postavljena trasa kanala K2 je dokaj strm, višinska razlika med najvišjim in najnižjim jaškom je kar 27 m. slednje lahko vidimo v prilogi C8, kjer je prikazan vzdolžni profil kanala K2.

Z izračunom hidravlične obremenitve smo dokazali, da vgraditev kaskadnih jaškov oz. jaškov za umiritev toka, ni potrebno. Ob maksimalnem pretoku odpadne vode, na odseku najvišjega padca terena (med RJ1 in RJ2), doseže odpadna voda hitrost 1,213 m/s, kar je manj od maksimalnih mejnih vrednosti. Pri minimalni obremenitvi in najnižjem padcu terena (med RJ12 in RJ13) je hitrost vode enaka vrednosti 0,68 m/s. Ker je kanalizacijski sistem dimenzioniran na število ljudi ob polni zasedenosti vseh stanovanjskih hiš, predvidimo spiranje po potrebi tudi na kanalu K2.

Preglednica 27: Rezultati hidravličnega preračuna kanala K2 za $Q_{\max}$ in $I_{\max}$ (med RJ1 in RJ2)

$I_{\max}$	20,4%
$Q_{\max}$	0,443 l/s
h	0,0078m
f	51,023°
S	$3,62 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$
R	$5,08 \cdot 10^{-3} \text{m}$
Q	0,44 l/s
v	1,213 m/s

Preglednica 28: Rezultati hidravličnega preračuna kanala K2 za $Q_{\min}$ in $I_{\min}$ (med RJ12 in RJ13)

$I_{\min}$	6,4%
$Q_{\min}$	0,243/s
h	0,0078m
f	51,02°
S	$3,62 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$
R	$5,08 \cdot 10^{-3} \text{m}$
Q	0,24 l/s
v	0,68 m/s

7.3.3 Čistilna naprava

Vsako kanalizacijsko omrežje se mora končati z ustrezno komunalno čistilno napravo. Načeloma se ČN dimenzionirajo na amortizacijsko dobo 30 let, v našem primeru pa upoštevamo število prebivalcev ob maksimalni zasedenosti nepremičnin.

Skupna biokemijska obremenitev naselja Strmec na Predelu znaša:

$$\text{BPK}_5 = 60 [\text{g/P. dan}] \cdot 52\text{P} = 3120 \text{ g/dan} = 3,12 \text{ kg/dan} \quad (52)$$

Za obravnavan primer smo izdelali tri variante čiščenja odpadne vode.



Slika 38: Predvidena lokacija MKČN (Osebni arhiv, 2017)

Varianta A: RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA

Kljub visoki nadmorski višini naselja, smo za prvo rešitev izbrali rastlinsko čistilno napravo. Delovanje slednje je za mnoge vprašljivo, predvsem zaradi same lege, reliefa in podnebja obravnavane lokacije. Na podlagi primerov dobre prakse smo dvome o delovanju rastlinske čistilne naprave opustili. Poleg primerljive velikosti in nadmorske višine postavitve RČN, se podobnosti kažejo tudi v pogojih delovanja, in sicer neenakomerna obremenjenost ČN (v kratkem času se nekajkrat spremeni število prebivalcev v naselju (»vikendaši«)).

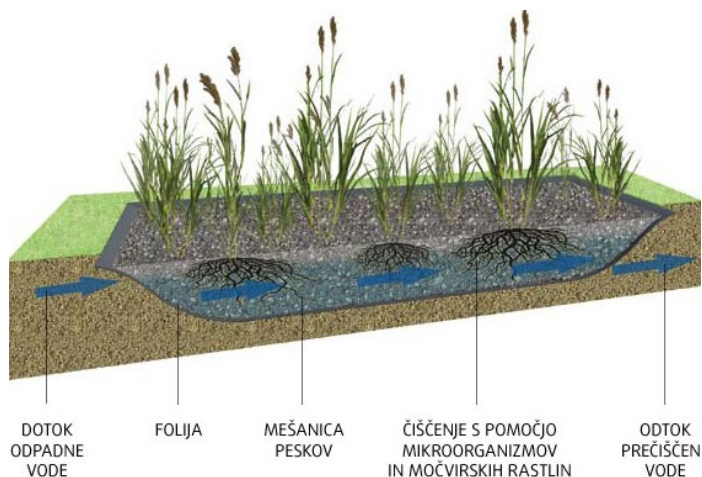
- RČN na planini Razor (1315 m.n.v.)

Kapaciteta čiščenja 100 PE, površina grede 250 m²

- RČN na Lisci (948 m.n.v.)

Kapaciteta čiščenja je 49PE, površina grede pa 125 m². (PZS, 2018)

Predvidena RČN za naselje Strmec na Predelu (kapacitete od 50 do 55 PE) je sestavljena iz ene grede, globine do 1,2 m in površine cca. 100 m² (10 m · 10 m).



Slika 39: Primer grede v RČN (Limnos d.o.o., 2018)

Varianta B: SBR BIOLOŠKA ČISTILNA NAPRAVA

Predvideli smo SBR čistilno napravo podjetja Zagožen d.o.o., tipa AQUAmax za 49 PE, katero sestavljajo primarni usedalnik in SBR reaktor (26000 in 12000l prostornine). Predpostavljamo, da je delovanje SBR čistilne naprave za 49PE zadostna za potrebe naselja Strmec na Predelu.

Dimenzija ohišja:

- Primarni usedalnik
 - Dolžina: 7500 mm
 - Višina: 2600 mm
 - Širina: 2300 mm
- SBR reaktor
 - Dolžina: 3600 mm
 - Višina: 2600 mm
 - Širina: 2300 mm



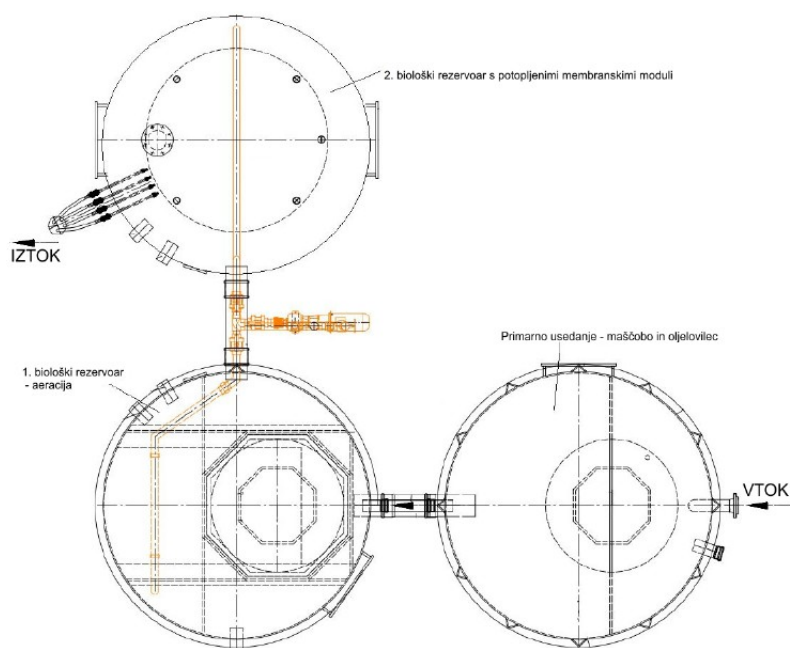
Slika 40: SBR čistilna naprava AQUAmax (Zagožen, 2018)

Varianta C: MBR ČISTILNA NAPRAVA (membranska tehnologija)

Kot tretjo varianto smo predvideli MBR čistilno napravo siClaro kapacitete 50 PE (Comteh d.o.o.). Celoten sistem je sestavljen iz mehanskega predčiščenja (odstranjevanje večjih delcev in obenem zbiralnik za blato) in biološkega dela, sestavljenega iz 2 zaporedno vezanih rezervoarov (1. rezervoar s cevnim aeratorjem in 2. rezervoar s potopljenim filtrnim modulom).

Dimenzije rezervoarjev:

- Mehansko anoksična predstopnja
 - Višina: 3900 mm
 - Premer: 2240 mm
- Biološki del (2 rezervoarja)
 - Višina: 3900 mm
 - Premer: 2240 mm



Slika 41: Postavitev MBR čistilne naprave (Comteh d.o.o., 2018)

Predvidena lokacija ČN v vseh treh variantah je ista (na sliki 38).

7.4 Preplastitev cestišča

Obstoječe stanje cestišča v naselju Strmec na Predelu ni v najboljšem stanju. Z izvedbo kanalizacijskega in vodovodnega omrežja, bomo cesto v veliki meri že prekopali, zato predvidimo celovito preplastitev cestišča z izgradnjo obcestnih kanalet. S tem posegom se bo odvodnja padavinske vode iz naselja še izboljšala.



Slika 42: Stanje ceste pred in po predvideni preplastitvi (Osebni arhiv, 2017)

8 STROŠKOVNA ANALIZA

V nadaljevanju so prikazani stroški investicije ureditve komunalne infrastrukture v naselju Strmec na Predelu, kakor tudi obratovalni in vzdrževalni stroški posameznih izbranih naprav.

V izračunu nismo upoštevali stroškov izgradnje ali sanacije vodohrana, objekta za umestitev naprav za dezinfekcijo vode in ureditev zajetja. Pri omenjenih so potrebne detajlnejše analize in priprava ustreznih projektov za postavitev realne cene. Največji strošek med slednjimi bo predstavljala sanacija ali izgradnja novega vodohrana.

8.1 Preskrba s pitno vodo

Priprava pitne vode

Za pripravo pitne vode smo predvideli dve varianti, in sicer dezinfekcijo vode z uporabo klorovega dioksida in UV sevanje. V naslednjih preglednicah so predstavljeni predvideni investicijski stroški naprav in obratovalni stroški, za obdobje enega leta.

- Klorov dioksid

Za ustrezno pripravo vode s klorovim dioksidom, potrebujemo primerno dozirno napravo, potrebno sredstvo za dezinfekcijo in elektriko za samo delovanje. Izbrali smo napravo tipa PRODOS 2, podjetja MAK CMC tehnologija vode d.o.o.. Na spletni strani podjetja smo pridobili ceno naprave in montaže ter obratovalne stroške (dezinfekcijsko sredstvo in poraba električne energije) (cena brez DDV).

Preglednica 29: Cena dobave in montaže naprave za dezinfekcijo

	Cena [EUR]
Dozirna naprava PRODOS 2	1.063
Prvo polnjenje dezinfekcijskega sredstva [5l]	69
SKUPAJ	1.132

Preglednica 30: Obratovalni stroški električne energije

	Moč	Poraba električne energije - LETNO	Cena kWh	Cena obračunske moči	Strošek električne energije - LETNO
	[kW]	[kWh]	[EUR]	[EUR]	[EUR]
PRODOS 2	0,020	175,20	0,066	0,777	147,7

Za izračun porabe elektrike, sem podatke o ceni kWh in obračunske moči, povzela po obračunu mesečni stroškov podjetja E3, energetika, ekonomija, energija d.o.o. Nova Gorica, vse cene so podane brez DDV.

Preglednica 31: Obratovalni stroški dezinfekcijskega sredstva

	Poraba	Cena	Glede na porabo	Strošek dezinfekcije na letni ravni
	[m ³ /l]	[EUR]	[%]	[EUR]
Strošek dezinfekcije s klorom	4.872,75	0.35	± 20	131,2

Pri izračunu vrednosti letne porabe dezinfekcijskega sredstva sem upoštevala – 20% glede na porabo, saj je poraba v Strmcu na Predelu na letni ravni, krepko pod povprečjem (5 stalnih prebivalcev). Na podlagi števila stalnega prebivalstva sklepamo, da bodo stroški dezinfekcije dejansko še nižji.

Preglednica 32: Strošek investicije in obratovanja v času 1 leta

Dezinfekcija s klorom	[EUR]
PRODOS 2	1.063
Strošek dezinfekcije	131,2
Električna energija	147,7
SKUPAJ	1.341,9

- UV sevanje

Za delovanje potrebujemo samo električno napajanje in primerno napravo. Izbrali smo tip naprave AQUADA4 PROXIMA. (MAK CMC, 2018).

Preglednica 33: Cena dobave AQUADA4 PROXIMA

	Cena [EUR]
UV dezinfekcija AQUADA4 PROXIMA	1.220

Preglednica 34: Obratovalni stroški električne energije

	Moč	Poraba električne energije - LETNO	Cena kWh	Cena obračunske moči	Strošek električne energije - LETNO
	[kW]	[kWh]	[EUR]	[EUR]	[EUR]
UV dezinfekcija	0,055	481,80	0,066	0,777	406,16

Za izračun stroškov porabe električne energije sem cene prav tako prevzela od podjetja E3, energetike, ekonomija, energija d.o.o. (brez DDV).

Preglednica 35: Letni stroški menjave UV svetila in zaščite plasti med svetilom in vodo

	Cena [EUR]
UV svetilo in zaščita	150

Preglednica 36: Strošek investicije in obratovanja v času 1 leta

UV sevanje	[EUR]
UV dezinfekcija AQUADA4 PROXIMA	1.220,0
UV svetilo in zaščita	150,0
Električna energija	406,2
SKUPAJ	1.776,2

Preglednica 37: Rekapitulacija stroškov investicije in obratovanja v 10 in 30 letih

	Dezinfekcija s klorom	UV dezinfekcija
	[EUR]	[EUR]
10 let	3.851,8	6.781,6
30 let	9.429,5	17.904,7

S stroškovno analizo smo ugotovili, da je veliko bolj ekonomična varianta dezinfekcije, uporaba klorovega dioksida. Razlika med variantama A in B na letni ravni ni velika. Ob primerjavi stroška investicije in obratovalnih stroškov za obdobje 10 in 30 let, pa vidimo, da je razlika med variantama skoraj 80 %. Ob predpostavki povprečno manjše porabe vode in posledično manjše količine dezinfekcijskega sredstva se bo le-ta še povečala.

8.2 Vodovodni in kanalizacijski sistem

Pri popisu del izvedbe kanalizacijskega in vodovodnega omrežja, s preplastitvijo cestišča se upoštevajo vsa pripravljalna, zemeljska, montažna ter ostala dela. Izračun ustreznih količin, volumnov in površin smo opravili s povprečnimi merami prečnih profilov. Sam izkop poteka predvsem v kamnini V. kategorije (dolomit), katerega opravimo z ustrezno mehanizacijo (pikiranje, pnevmatsko kladivo), razen prvih 20-30 cm, ki predstavljajo cestišče s podlago ali zemeljsko plast. V prilogi B so podrobnejši popisi vseh del.

V prilogi C4 je prikazana situacija predvidene komunalne infrastrukture. Kot lahko vidimo trasi vodovoda in kanalizacije potekata vzporedno od kanalizacijskega RJ18 do RJ7. Za ta del naselja smo

izračun ustreznih količin, volumnov in površin opravili z merami povprečnega prečnega profila prikazanega v prilogi C5 z oznako V1 – K2. Zaradi natančnejšega ovrednotenja stroškov posameznega komunalnega omrežja smo volumne in površine v skupnem kanalu razmeroma porazdelili k vsakemu sistemu.

Za vodovodni sistem, od zajetja vode do kanalizacijskega RJ18 in od RJ7 do zadnjega potrošnika v naselju (hiša 22), smo ustrezne volumne in površine izračunali na podlagi dimenzij povprečnega prečnega profila z oznako V1 (Priloga C5). Potrebne količine za izračun stroškov izgradnje kanalizacijskega sistema, kjer slednji ne poteka vzporedno z vodovodnim omrežjem, smo izračunali na podlagi mer povprečnega prečnega profila K1 - del K2 (Priloga C5).

Preglednica 38: Rekapitulacija stroškov izvedbe posameznega omrežja in preplastitev ceste

REKAPITULACIJA KANALIZACIJSKI SISTEM	
A. PRIPRAVLJALNA DELA	2022,97
B. ZEMELJSKA DELA	21.349,36
C. MONTAŽNA DELA	30.913,12
D. OSTALA DELA	4.737,9
SKUPAJ	59.023,3
Cena brez DDV	
REKAPITULACIJA VODOVODNISISTEM	
A. PRIPRAVLJALNA DELA	2.515,83
B. ZEMELJSKA DELA	36.021,60
C. MONTAŽNA DELA	22.132,50
D. OSTALA DELA	5.744,90
SKUPAJ	66.414,82
Cena brez DDV	
REKAPITULACIJA PREPLASTITVE CESTIŠČA	
A. PRIPRAVLJALNA DELA	1.970,21
B. ZEMELJSKA DELA	111.135,81
C. OPREMA CESTE	2.320,56
SKUPAJ	115.426,58
Cena brez DDV	
SKUPAJ	240.864,757

Skupni strošek investicije v komunalne vode s preplastitvijo cestišča znaša 240.864,76€ + DDV. Ne glede na izbiro dezinfekcije priprave pitne vode in male komunalne čistilne naprave, bodo trase vodovodnega in kanalizacijskega sistema ostale enake. Predlagana varianta postavitve komunalnih vodov, je iz inženirskega stališča optimalna in posledično ekonomsko najugodnejša.

8.3 Mala komunalna čistilna naprava

Za čiščenje odpadne vode smo predvideli tri variante, in sicer rastlinsko čistilno napravo, SBR in MBR čistilno napravo.

RČN

- Ceno investicije rastlinske čistilne naprave smo pridobili od podjetja Limnos d.o.o..
- Cena je okvirna, postavljena glede na število prebivalstva in okvirnega opisa terena in lokacije
- Investicija je okoli 30.000 € (brez vštetega DDV).
- V ceno je vključena izdelava PGD/PZI dobava in vgradnja materiala, gradbena dela, ročne grablje in usedalnik.
- Cena ne zajema odkupa zemljišča, zahtevnejše izkope (pikiranje) in geodetskih posnetkov.

SBR

- Ceno investicije SBR čistilne naprave smo pridobili od podjetja Zagožen d.o.o..
- Cena čistilne naprave je 14.094 € (brez vštetega DDV).
- V ceno je vključena samo naprava.
- Po analizi stroškov vgradnje večjih SBR čistilnih naprav, predvidevamo, da strošek vgraditve, zemeljskih del in priključka na električno omrežje predstavlja, cca. 30 % cene naprave. Investicija bi po podani predpostavki bila 18.094 € (brez vštetega DDV).

MBR

- Ceno investicije MBR čistilne naprave smo pridobili od podjetja Comteh d.o.o..
- Investicija znaša 30.900 € (brez vštetega DDV).
- V ceno je vključena dobava tehnoloških delov naprave na mesto vgradnje, montaža naprave, zagon in šolanje upravljavca.
- Cena ne zajema izdelave odvodnega kanala iz čistilne naprave, izdelave električnega priključka, dovoda in priklopa kanalizacije na ČN ter gradbenih in zemeljskih del (izkop, betoniranje 30 cm AB plošče dimenzij 6 m · 6 m, zasutje gradbene jame in ureditev okolice). Slednje smo s stroškovno analizo ovrednotili, in sicer strošek ne zajetih del znaša še dodatnih 6.500 € (brez vštetega DDV)

Rekapitulacija stroškov investicije ČN

V preglednici 38 so prikazani stroški investicije različnih ČN. Razberemo lahko, da je SBR čistilna naprava najugodnejša, sledi ji RČN, najdražja pa je MBR čistilna naprava, in sicer investicija je za več kot dvakrat večja, v primerjavi z SBR.

Preglednica 39: Rekapitulacija investicije ČN

	RČN	SBR	MBR
Investicija [EUR]	30.000	14.094	30.900
Dodatni/ne zajeti stroški [EUR]	/	4.000	6.500
SKUPAJ [EUR]	30.000	18.094	37.400

Stroški obratovanja in vzdrževanja MČN

RČN

- Stroški vzdrževanja RČN so minimalni, če gre za gravitacijski tok.
- ČN mora imeti vzdrževalca, kateri 1-2 krat tedensko naredi obhod (cca. 10 h/masec), preveri nivoje vode v napravi, očisti grobe grablje, pregleda pretoke in količino blata v usedalniku.
- Usedalnike je potrebno sprazniti približno 2 krat letno. Blato se izčrpa in odpelje na večjo ČN na dokončno obdelavo.
- RČN je potrebno le 1 krat na leto pokositi.
- Po cca. 10 letih obratovanja je potrebno zamenjati substrat in vegetacijo. Predvidena cena menjave substrata in zasaditev novih močvirskih rastlin je cca. 4.500 €. V to ceno so vključena vsa preddela (priprava gradbišča, odstranitev obstoječe vegetacije in substrata), menjava (dobava in vgradnja) substrata in vegetacije, transport, odlaganje, ter razna nepredvidena dela (menjava ventilov, drenažnih cevi,...).

Preglednica 40: Prikaz stroškov obratovanja RČN

RČN	Cena [EUR]
Letni strošek črpanja blata	300
Letni strošek vzdrževalca	1.300
Menjava substrata	4.500

SBR ČN

- Čistilna naprava mora imeti upravljavca (cca. 10 h/mesec), kateri nadzoruje delovanje naprave, izvaja razne meritve,...
- Za delovanje SBR čistilne naprave je potrebna električna energija (izračun porabe je prikazan v preglednici 41).

- Blato iz usedalnika je potrebno prazniti, in sicer se iz ČN izčrpa in odpelje na večjo ČN na dokončno obdelavo.
- Ob primernem vzdrževanju SBR čistilne naprave, je po 10 letih delovanja potrebno zamenjati zračno puhalo.

Preglednica 41: Obratovalni stroški električne energije na SBR ČN

SBR MČN	Moč	Poraba električne energije - LETNO	Cena kWh	Cena obračunske moči	Strošek električne energije - LETNO
(PE)	[kW]	[kWh]	[EUR]	[EUR]	[EUR]
49	0,9	3.139	0.066	0,078	451,07

Preglednica 42: Prikaz stroškov obratovanja SBR ČN

SBR	Cena [EUR]
Letni strošek črpanja blata	300
Letni strošek upravljalca	1.300
Poraba elektrike	451
Puhalo	995

MBR ČN

- MBR čistilna naprava mora imeti upravljalca (dela je za približno 1 uro na teden). Slednji kontrolira delovne parametre čistilne naprave, vzdržuje celoten sistem in opravlja eventuelna servisna dela.
- Za delovanje MBR čistilne naprave je potrebna električna energija (izračun porabe je prikazan v preglednici 42).
- Blato iz prvega rezervoarja je potrebno sprazniti 2 krat letno, in sicer se iz ČN izčrpa in odpelje na večjo ČN, na dokončno obdelavo.
- Ob primernem vzdrževanju MBR čistilne naprave, je po 10 letih delovanja potrebno zamenjati zračno puhalo, po 5 – 10 letih pa membrane.

Preglednica 43: Obratovalni stroški električne energije na MBR ČN

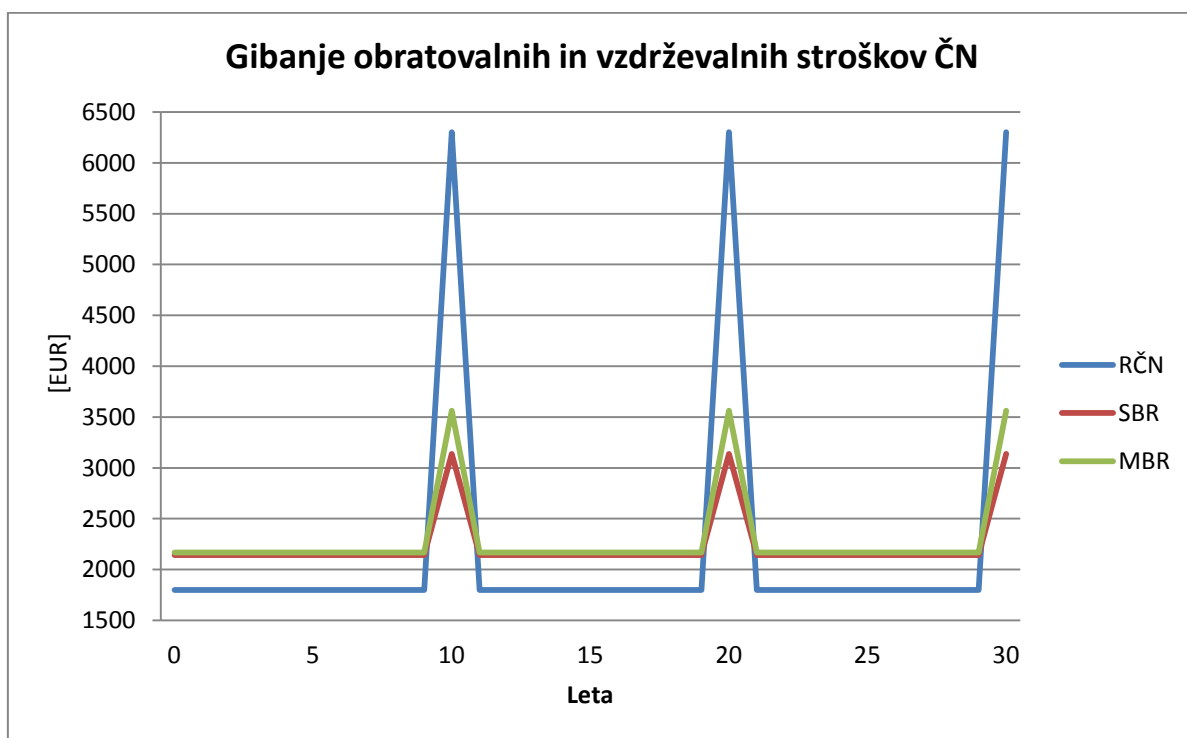
MBR MČN	Moč	Poraba električne energije - LETNO	Cena kWh	Cena obračunske moči	Strošek električne energije - LETNO
(PE)	[kW]	[kWh]	[EUR]	[EUR]	[EUR]
50	2,5	5475	0,066	0,078	786,76

Preglednica 44: Prikaz stroškov obratovanja MBR ČN

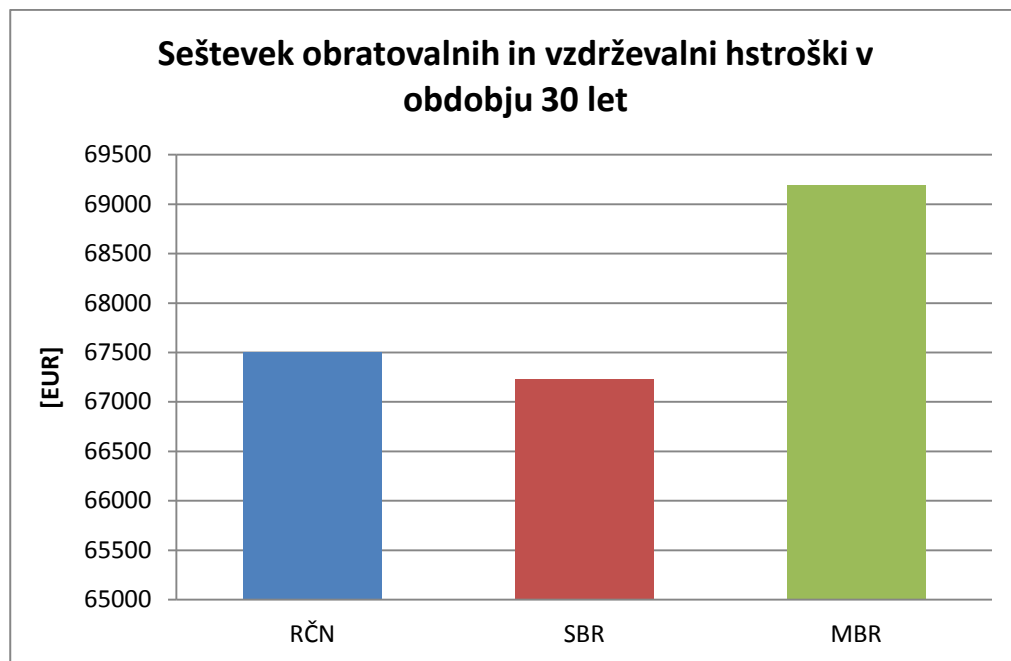
MBR	Cena [EUR]
Letni strošek črpanja blata	300
Letni strošek upravljavca	1.080
Poraba elektrike	787
Puhalo	995
Membrane	400

Rekapitulacija stroškov obratovanja in vzdrževanja

Na grafikonu 5 je prikazano gibanje obratovalnih in vzdrževalnih stroškov vseh treh variant ČN, za obdobje 30 let (življenjska doba ČN in črpališč). Iz slednjega lahko razberemo, da so stroški pri vseh variantah konstantni, na vsake 10 let pa skokovito narastejo. Vpliv na naraščanje stroškov pri RČN pripisujemo menjavi substrata in vegetacije, pri SBR ČN menjavi puhala in pri MBR ČN menjavi puhala in membran. Po seštevku vseh stroškov v obdobju 30 let (Grafikon 6), lahko vidimo, da je razlika med varianto z najnižjimi (SBR ČN) in najvišjimi obratovalnimi in vzdrževalnimi stroški (MBR ČN) približno 2.000 €.



Grafikon 5: Gibanje obratovalnih in vzdrževalnih stroškov ČN v obdobju 30 let



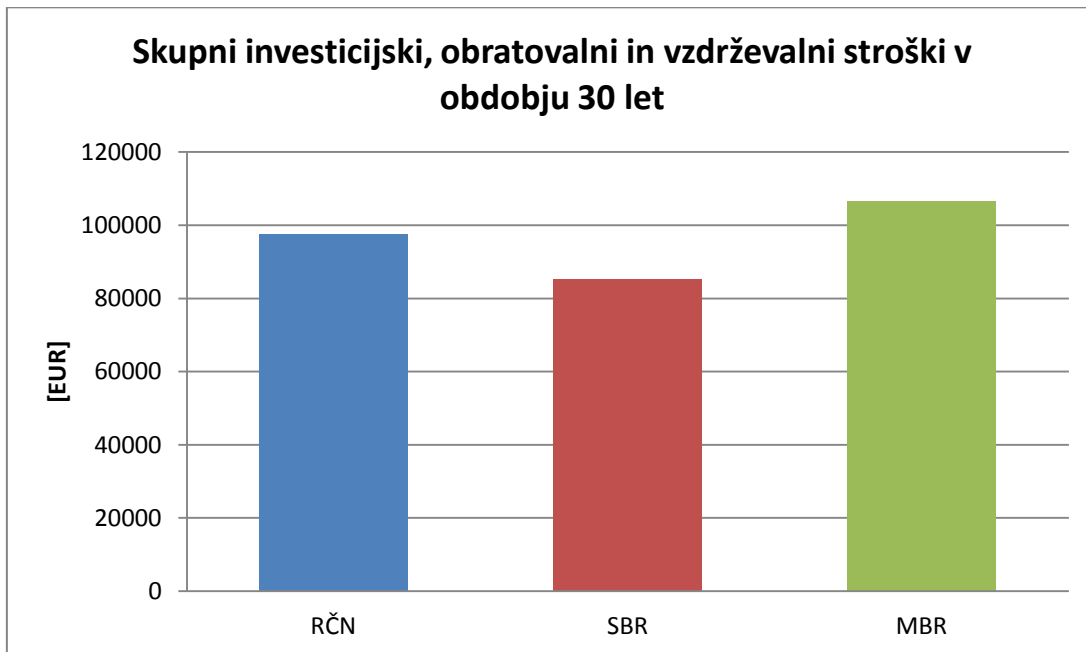
Grafikon 6: Seštevek obratovalnih in vzdrževalnih stroškov v obdobju 30 let

Rekapitulacija investicije in obratovalnih ter vzdrževalnih stroškov

Preglednica 45: Rekapitulacija investicije in stroškov obratovanja in vzdrževanja v obdobju 30 let vseh treh variant MKČN

	RČN	SBR	MBR
Konstantni letni obratovalni stroški [EUR]	1.800	2.141	2.167
Vzdrževalni stroški (na 10 let) [EUR]	4.500	9.95	1.395
Skupni vzdrževalni in obratovalni stroški v 30 letih [EUR]	67.500	67.224	69.188
Investicijski stroški [EUR]	30.000	18.094	37.400
Skupni stroški (investicijski, obratovalni in vzdrževalni v obdobju 30 let) [EUR]	97.500	85.318	106.588

Iz preglednice 44 je razvidno, da bo ključni dejavnik pri izbiri najugodnejše variante ČN predstavljala sam investicijski strošek (dobava in vgradnja posamezne čistilne naprave), saj je razlika med skupnimi vzdrževalnimi in obratovalnimi stroški v obdobju 30 let, nizka.



Grafikon 7: Skupni investicijski, obratovalni in vzdrževalni stroški v obdobju 30 let

Najugodnejšo rešitev izbire čistilne naprave predstavlja SBR ČN, katera ima poleg najnižjih obratovalnih in vzdrževalnih stroškov, tudi najnižji strošek same investicije in montaže. Skupni strošek SBR ČN znaša 85.318 € (brez všetega DDV).

9 ZAKLJUČEK

V magistrski nalogi je predstavljen in opisan predlog ureditve preskrbe s pitno vodo in odvoda odpadnih voda iz naselja Strmec na Predelu. Slednjega smo pripravili po natančni analizi naselja (demografske, hidrološke, topografske, urbanistične in naravne značilnosti) in obstoječega stanja komunalne infrastrukture, s katerim smo se podrobneje seznanili na terenskih ogledih.

Strmec na Predelu sestavlja 22 hiš, od katerih je kar 19 počitniških hiš, ena še ne vseljena novogradnja in dve, v katerih biva stalno prebivalstvo naselja. Poleg stanovanjskih objektov se v naselju nahaja manjši turistični obrat s šestimi ležišči in manjši kmetijski objekt za 30 glav drobnice.

Trenutno stanje komunalne infrastrukture ne zadošča zakonom, standardom ter ekološkim pogojem delovanja. Vodooskrba je urejena z zajetjem vode na bližnjem izviru, voda je speljana v rezervoar in naprej do odjemalcev. Obstoječ vodovodni sistem nima urejene potrebne priprave pitne vode oz. dezinfekcije, kar pomeni, da voda v sistemu ni primerna za pitje. Poleg slednjega najdemo nepravilnosti tudi v samem cevovodu, kateri je položen na globinah manjših od predpisanih, zaradi česar je prisotna velika verjetnost zmrzovanja vode, predvsem ob suhih in mrzlih zimah. Obdelava odpadne komunalne vode iz gospodinjstev je urejen z individualnimi greznicami. Slednje je potrebno, načeloma najkasneje do 31. 12. 2023, nadomestiti z malimi komunalnimi čistilnimi napravami (Uredba o čiščenju in odvajanj..., 2017).

V predstavljenem predlogu ureditve preskrbe s pitno vodo smo predvideli, da obstoječe zajetje vode in vodohran ostaneta enaka. Potrebni so le primerni sanacijski ukrepi s katerimi bi dosegli zahtevane predpise, normative in izboljšali delovanje. Za dezinfekcijo zajete vode smo analizirali dve varianti, in sicer pripravo pitne vode s pomočjo klorovega dioksida in UV sevanja. Po stroškovni analizi obeh variant, v katero smo vključili stroške naprave in obratovalne stroške za obdobje desetih in tridesetih let, smo prišli do zaključka, da je ugodnejša uporaba klorovega dioksida, in sicer je razlika skoraj 80%.

Na podlagi nujnih izračunov smo dimenzionirali vodovodni in kanalizacijski sistem. Slednja se načeloma načrtujeta na amortizacijsko dobo 50 let. V našem primeru smo uporabili maksimalno število ljudi ob predpostavki polne zasedenosti obstoječih nepremičnin, saj je slednje občutno večje v primerjavi s predvidenim številom porabnikov po amortizacijski dobi.

Kanalizacijski sistem je sestavljen iz dveh zbirnih kanalov, K1 in K2. Za dimenzioniranje KS smo izbrali gladke, toge, PVC cevi dimenzije DN160. Traso kanalizacijskega voda smo v prostor umestili tako, da omogočimo najenostavnejši in ekonomsko najugodnejši priklop odjemalcev, na lokacijo že obstoječih greznic. Zaradi slednjega, kanal K1 in del kanala K2 potekata po zasebnem zemljišču. V

naselju Strmec na Predelu predvidimo uničenje obstoječega vodovoda in dimenzioniranje ter izgradnjo novega vodovodnega omrežja. Za dimenzioniranje vodovoda smo izbrali cevi iz nodularne litine (NL), dimenzije DN100. Kanalizacijski in vodovodni sistem z vsemi priključki potekata izključno gravitacijsko.

V Odloku o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode na območju občine Bovec je predpisano, da je v novih objektih potrebna izgradnja oz. umestitev MKČN v skladu s predpisi, v že obstoječih objektih pa odstranitev pretočnih greznic ter nadomestitev le-teh z MKČN. Ustrezno delovanje posameznih malih čistilnih naprav je vprašljivo, saj se večina stanovanjskih objektov uporablja kot počitniške hiše, kar pomeni, da ni konstantnega dotoka odpadne komunalne vode. Zato smo v našem primeru uporabo individualnih MKČN nadomestili z izgradnjo skupne ČN. V predlogu ureditve odvoda in čiščenja odpadne vode iz naselja Strmec na Predelu smo predstavili tri variante skupne male komunalne čistilne naprave, in sicer rastlinsko čistilno napravo, SBR biološko čistilno napravo in MBR čistilno napravo. Po stroškovni analizi same investicije in obratovalnih stroškov, smo prišli do zaključka, da najugodnejšo rešitev izbire čistilne naprave predstavlja SBR ČN, katera ima poleg najnižjih obratovalnih in vzdrževalnih stroškov, tudi najnižji strošek same investicije in montaže.

Poleg ureditve preskrbe s pitno vodo in odvoda odpadnih voda iz naselja, smo predvideli še preplastitev cestišča in ureditev kanalet za odvajanje padavinske vode.

Po analizi predstavljenega predloga ureditve preskrbe s pitno vodo in odvoda odpadnih voda iz naselja Strmec na Predelu, bi strošek celotne investicije, brez upoštevanja obratovalnih stroškov in stroškov sanacije vodohrana, izgradnje objekta za umestitev naprav za dezinfekcijo vode in ureditev zajetja, znašal 260.152,9 € (brez vštetega DDV).

VIRI

Bulc Griessler, T. 2013. Okoljke tehnologije in ekoremediacije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta: 81 str.

Frantar, P. 2005. Pretočni režimi slovenskih rek in njihova spremenljivost. Ujma št. 19, 145-153. <http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2005/pretocnost.pdf> (Pridobljeno 20. 1. 2018.)

Jereb, M. 2008. Idejne rešitve kanalizacijskega sistema in komunalne čistilne naprave za naselje Branik. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Jereb): 103 str.

Kitić, A. 2014. Idejna zasnova kanalizacijskega sistema in čistilne naprave za naselje Lucija. Diplomski naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Kitić): 54 str.

Kokalj, G. 2013. Idejna rešitev kanalizacijskega sistema za naselja Puštal. Diplomski naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba G. Kokalj): 88 str.

Kolar, J. 1983. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda. Ljubljana, DZS: 523 str.

Krzyk, M. 2015. Seminar pri predmetu Kanalizacija in čiščenje odpadnih voda (študijsko gradivo). Ljubljana

Muhič, J. 2006. Sanacija vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe. Diplomski naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Muhič): 68 str.

Panjan, J. 2002. Osnove zdravstvene hidrotehnične infrastrukture. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 289 str.

Panjan, J. 2010a. Količinske in kakovostne lastnosti voda (študijsko gradivo). Ljubljana, UL FGG: 89 str.

Panjan, J. 2010b. Čiščenje odpadnih voda (študijsko gradivo). Ljubljana, UL FGG: 169 str.

Panjan, J. 2013. Odvodnjavanje onesnaženih voda (študijsko gradivo). Ljubljana, UL FGG: 104 str.

Pečecnik, D. 2014. Primerjava med kompaktnimi, grajenimi in rastlinskimi čistilnimi napravami. Diplomski naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Pečecnik): 70 str.

Rebek, A. 2016. Vzpostavitev krajinske identitete občine Bovec na podlagi možnih scenarijev razvoja. Diplomski naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta (samozaložba A.Rebek): 82str.

Slokan, I., Petek, I. 2011. Oskrba z vodo. Ljubljana, Zavod IRC: 118 str.

http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Oskrba_z_vodo-Slokan_Petek.pdf

(Pridobljeno 15. 1. 2018.)

Sketelj, J. 1957. Hidravlični preračun vodovodnega omrežja. Ljubljana, Uprava za vodno gospodarstvo LRS: 115 str.

Uršič, M. 2015. Seminar pri predmetu Vodovod in priprava pitne vode (študijsko gradivo). Ljubljana

Žerovnik, P. 2009. Oskrba z vodo. Ljubljana, Ministrstvo za šolstvo in šport RS: 89 str.

[http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Oskrba_z_vodo_prirocnik-](http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Oskrba_z_vodo_prirocnik-Zerovnik_NU.pdf)

[Zerovnik_NU.pdf](http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Oskrba_z_vodo_prirocnik-Zerovnik_NU.pdf) (Pridobljeno 15. 1. 2018.)

Zakoni, odloki in uredbe

Komunala Tolmin d.o.o. 2012. Tehnični pravilnik o načinih oskrbe s pitno vodo v občini Bovec.

<http://komunala-tolmin.si/wp-content/uploads/2016/01/Tehnicni-pravilnik-za-vodovod-Bovec.pdf>

(Pridobljeno 10. 10. 2017.)

Odlok o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode na območju občine Bovec. Uradni list RS št. 37/15.

[https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/121879#!/Odlok-o-odvajanju-in-ciscenju-](https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/121879#!/Odlok-o-odvajanju-in-ciscenju-komunalne-in-padavinske-odpadne-vode-na-obmocju-Obcine-Bovec)
[komunalne-in-padavinske-odpadne-vode-na-obmocju-Obcine-Bovec](https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/121879#!/Odlok-o-odvajanju-in-ciscenju-komunalne-in-padavinske-odpadne-vode-na-obmocju-Obcine-Bovec) (Pridobljeno 10. 10. 2017.)

Odlok o oskrbi s pitno vodo v občini Bovec. Uradni list RS št. 55/2011.

[https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/104456#!/Odlok-o-oskrbi-s-pitno-vodo-v-](https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/104456#!/Odlok-o-oskrbi-s-pitno-vodo-v-Obcini-Bovec)
[Obcini-Bovec](https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/104456#!/Odlok-o-oskrbi-s-pitno-vodo-v-Obcini-Bovec) (Pridobljeno 15. 10. 2017.)

Odlok o strategiji prostorskega razvoja Slovenije (OdSPRS). Uradni list RS št. 76/04, 33/07 – ZPNačrt in 61/17 – ZUreP-2.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=STRA12> (Pridobljeno 2. 4. 2018.)

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (za obdobje od leta 2005 do leta 2017).

http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/operativni_program_komunalne_vode.pdf (Pridobljeno 20. 1. 2018.)

Operativni program oskrbe s pitno vodo (za obdobje od leta 2016 do 2021).

http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/op_oskrba_s_potno_vodo_2016_2021.pdf (Pridobljeno 20. 1. 2018.)

Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17.

<http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV3713> (Pridobljeno 15. 10. 2017.)

SIST EN 805: 2000, Oskrba z vodo – Zahteve za zunanje vodovode in dele.

Uredba o oskrbi s pitno vodo. Uradni list RS, št. 88/12.

<https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/110591> (Pridobljeno 15. 10. 2017.)

Uredba o čiščenju in odvajanju komunalne odpadne vode. Uradni list RS št. 98/15

<https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2015-01-3842?sop=2015-01-3842>
(Pridobljeno 15. 10. 2017.)

Zakon o cestah. Uradni list RS št. 109/10, 48/12, 36/14 – odl. US, 46/15 in 10/18.

<https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/101701> (Pridobljeno 20. 6. 2017.)

Osebna komunikacija

COMTEH d.o.o. Batič, E. 2018. Določitev cene MBR čistilne naprave. Osebna komunikacija (29. 3. 2018. in 30. 3. 2018).

Limnos d.o.o. Vrhovšek, M. 2018. Določitev okvirne cene rastlinske čistilne naprave. Osebna komunikacija (Pridobljeno 12. 3. 2018).

Pohar, A. 2017. Predstavitev obstoječega stanja vodooskrbe in urejenosti odvoda odpadnih voda v naselju Strmec na Predelu. Osebna komunikacija (12. 4. 2017. in 4. 6. 2017).

Pohar, R. 2017. Opis stanja vodooskrbe v Strmecu. Osebna komunikacija (12. 4. 2017).

Zagožen d.o.o. 2018. Določitev cene SBR čistilne naprave. Osebna komunikacija (9. 3. 2018).

Spletne strani

Agencija RS za okolje. 2017. LIDAR.

http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda_Lidar@Arso (Pridobljeno 15. 5. 2017.)

Agencija RS za okolje. 2000. Meteorološka postaja v Logu pod Mangartom.

<http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/stations/log-pod-mangartom.pdf>

(Pridobljeno 25. 4. 2017.)

Agencija RS za okolje. 2017. Pregled homogeniziranih klimatoloških nizov.

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/diagrams/time-series/> (Pridobljeno 25. 4. 2017.)

Asfaltna baza Črnuče d.o.o. 2018.

<http://www.tac.si/wp-content/themes/tac/cenik.pdf> (Pridobljeno 21. 2. 2018.)

Atlas okolja. 2017.

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (Pridobljeno 10. 4. 2017.)

Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji - DARS d.d. 2018. Cenik storitev

https://www.dars.si/Dokumenti/1_temeljni_dokumenti/Cenik%20storitev%20DARS_april_2017.pdf

(Pridobljeno 20. 2. 2018.)

Geološki zavod Slovenije. 2018.

<http://biotit.geo-zs.si/ogk100/> (Pridobljeno 10. 1. 2018.)

Geopedija. 2017. Hidrografija – osi vodotokov v občini Bovec.

http://www.geopedia.si/#T105_x393648_y136152_s12_b2 (Pridobljeno 20. 7. 2017.)

GIS iObčina. 2017.

<https://gis.iobcina.si/gisapp/Default.aspx?a=bovec> (Pridobljeno 20. 7. 2017.)

IJS – Inštitut Jožef Štefan. 2018.

<https://www.ijs.si/> (Pridobljeno 10. 1. 2018.)

Komunala Tolmin. 2017.

<http://www.komunala-tolmin.si/> (Pridobljeno 10. 5. 2017.)

Limnos d.o.o. 2017. RČN.

<http://www.limnos.si/storitve/rastlinske-cistilne-naprave/> (Pridobljeno 10. 12. 2017.)

MAK CMC tehnologija vode d.o.o. 2018. Dezinfekcija vode.

<http://www.mak-cmc.si/Postopek/10/DEZINFEKCIJA-UV-KLORDIOKSID-KLOR> (Pridobljeno 5. 2. 2018.)

NIJZ - Nacionalni inštitut za javno zdravje. 2017.

<http://www.nijz.si/sl/pitna-voda> (Pridobljeno 15. 11. 2017)

Občina Bovec. 2017.

<http://obcina.bovec.si/predstavitev-obcine/> (Pridobljeno 20. 7. 2017.)

PISO – Prostorski informacijski sistem občin. 2017.

<https://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=BOVEC> (Pridobljeno 25. 4. 2017.)

Planinska zveza Slovenije. 2018.

<https://www.pzs.si/> (Pridobljeno 10. 1. 2018.)

SENG – Soške elektrarne Nova Gorica. 2018.

<https://www.seng.si/> (Pridobljeno 25. 4. 2017.)

Statistični urad Republike Slovenije. 2017.

http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Dem_soc/Dem_soc.asp (Pridobljeno 18. 7. 2017.)

Statistični urad Republike Slovenije. 2015. Občina Bovec.

<http://www.stat.si/obcine/sl/2016/Municip/Index/10> (Pridobljeno 18. 7. 2017.)

Vodna agencija. 2018.

<http://www.vodnaagencija.org/cistilne-naprave/> (Pridobljeno 15. 2. 2018.)

Zagožen d.o.o. 2018. Cevi, pokrovi, priključki, fazonski elementi.

<http://www.zagozen.si/si/> (Pridobljeno 20. 2. 2018.)

Zagožen d.o.o. 2018. SBR.

<http://www.zagozen.si/si/kanalizacija/bioloske-cistilne-naprave-zagozen> (Pridobljeno 10. 1. 2018.)

Drugo

Bastać, B. 1958. Črne rute (Crne marame). Kratki dokumentarni film.

» Ta stran je namenoma prazna «

PRILOGE

A LETNE VIŠINE PADAVIN IN SNEŽNE ODEJE

B POPIS DEL

B.1 Popis del kanalizacijskega sistema

B.2 Popis del vodovodnega sistema

B.3 Popis del preplastitve cestišča

C GRAFIČNE PRILOGE

C.1 Obstoječe stanje komunalne infrastrukture in naselja

C.2 Predvideno vodovodno omrežje

C.3 Predvideno kanalizacijsko omrežje

C.4 Prikaz predvidene komunalne infrastrukture

C.5 Karakteristični prečni profili

C.6 Vzdolžni profil vodovodnega kanala V1

C.7 Vzdolžni profil kanalizacijskega kanala K1

C.8 Vzdolžni profil kanalizacijskega kanala K2

PRILOGA A Letne višine padavin in snežne odeje

Leto	Padavine [mm]	Sneg [cm]
1961	2334.1	152.9
1962	2536.2	64.6
1963	2785.5	227.7
1964	2215.2	34.8
1965	3372	278
1966	2499.6	23.5
1967	2309	40.8
1968	2934.1	153.4
1969	2680.6	245.2
1970	2503.1	159.3
1971	2009.2	171.1
1972	2404.6	133.8
1973	2130.7	77.1
1974	2127.6	24.1
1975	2690.3	71.8
1976	2131.2	45.6
1977	2500.6	120.4
1978	2780.7	274.9
1979	3036.3	122.2
1980	2536.6	108.9
1981	1952.2	96.7
1982	2592.5	217.6
1983	2056.3	46.6
1984	2343.7	142.4
1985	2527.5	78.3
1986	1850.2	77.5
1987	2866.7	164.2
1988	2187.9	27.2
1989	2007.7	2.2
1990	2525.6	11.5
1991	2484.4	71.8
1992	2587.8	4.8
1993	2140.7	8.5
1994	1987.5	17.6
1995	1912.4	16.4
1996	2636.6	80.6
1997	2141.8	50.3
1998	2258.5	5.9
1999	2436.6	91.1
2000	3086.7	29
2001	2448.4	8.1
2002	2358.9	1.9
2003	2009.5	37.2
2004	2277.1	106.6
2005	1485.8	84.6
2006	1999.4	171.1
2007	1954.3	5.5
2008	3307.4	65.3
2009	2748.2	186.6
2010	2912	76.5
2011	2007.5	15.4
Letno povprečje	2404.1	88.8

PRILOGA B.1: Kanalizacijski sistem

REKAPITULACIJA KANALIZACIJSKEGA SISTEMA	
A. PRIPRAVLJALNA DELA	2.022,97
B. ZEMELJSKA DELA	21.349,36
C. MONTAŽNA DELA	30.913,12
D. OSTALA DELA	4.737,9
SKUPAJ brez DDV	59.023,35

A. PRIPRAVLJALNA DELA					
ŠT.	OPIS POSTAVKE	ENOTA	KOLIČINA	CENA NA ENOTO	SKUPNA CENA
1	Zakoličba obstoječih komunalnih vodov (telekomunikacija, elektro...).	kpl	1,00	600,00	600,00
2	Zakoličba projektiranih osi kanala, revizijskih in priključnih jaškov ter ostalih točk potrebnih za izvedbo del. Postavitev gradbenih profilov na vzpostavljeno os trase cevovoda ter določitev nivoja za merjenje globine izkopa in polaganje cevovoda.	m1	341,84	1,50	512,76
3	Izdelava eleborata za zaporo ceste in pridobitev soglasja za zaporo (velja za vse odseke).	kpl	1,00	300,00	300,00
4	Zavarovanje gradbišča v času gradnje z ustrezno signalizacijo, fizičnim zavarovanjem ter dnevnim pregledom signalizacije s strani pooblaščen organizacije, obračun se izvede po dejanskih stroških pooblaščen organizacije.	kpl	1,00	200,00	200,00
5	Priprava gradbišča: odstranitev eventuelnih ovir, prometnih znakov in ureditev delovnega platoja. Po končanih delih gradbišče pospraviti in vzpostaviti v prvotno stanje.	m1	341,84	1,20	410,21
SKUPAJ					2.022,97
B. ZEMELJSKA DELA					

1	Zarezanje asfaltnega vozišča.	m1	168,77	1,20	202,52
2	Rušenje obstoječega asfaltnega vozišča z odvozoma materiala na začasno deponijo gradbenega materiala.	m2	177,21	4,20	744,28
3	Strojni izkop humusa v debelini 30 cm.	m3	62,31	3,00	186,92
4	Strojni izkop jarkov s posebno mehanizacijo (pickhamer) ali pnevmatskim kladivom, v zemljini V. kategorije globine do 2m z odmetom in odvoz na začasno deponijo.	m3	494,6	17,00	8.408,08
5	Dobava, zasip in vgrajevanje posteljice s peskom 4-8mm, do višine 15 cm	m3	43,58	27,00	1.176,78
6	Zasip cevi s peskom (zrnavosti 4-8mm) do višine 30cm nad temenom cevi z dobavo, dovozom in utrjevanjem.	m3	150,37	26,00	3.909,71
7	Zasip preostalega dela jarka z izkopanim materialom, premer zrn do 60mm v slojih po 30cm z utrjevanjem.	m3	300,21	12,00	3.602,51
8	Zasipavanje jarkov s tamponom do 20cm	m3	37,13	24,00	891,11
9	Obnova zelenic s humusiranjem v debelini 20cm in posejanjem travnega semena za povrnitev v prvotno stanje.	m3	62,31	4,60	286,60
SKUPAJ					19.408,51
10	Nepredvidena dela - ocena 10%				1.940,85
SKUPAJ					21.349,36

C. MONTAŽNA DELA	
-----------------------------	--

1	Dobava in vgraditev cevi iz umetnih snovi vključno s peščeno posteljico debeline 10cm in planiranjem dna. Nazivni premer DN160, nazivna togost SN4	ml	341,84	10,13	3.462,84
2	Izdelava hišnih priključkov iz cevi DN110 v jašku.	kom	22,00	60,00	1.320,00
3	Dobava in vgraditev jaškov iz umetnih snovi (PEHD), notranji premer 1000 mm na kanalu 1600mm, globine 1-2m. Kompletno z dodatnim izkopom, podlago in utrjenim gramoznim zasutjem ob jašku.	kom	22,00	790,00	17.380,00
4	Dobava in vgraditev pokrov v vozišču razred D (400kN) premer 600 mm iz nodularne litine z zaklepom in protihrupnim vložkom. Kompletno z nosilnim okroglim armirano betonskim okvirjem s temeljenjem ob jašku.	kom	270,00	22,00	5.940,00
SKUPAJ					28.102,84
5	Nepredvidena dela - ocena 10%				2.810,3
SKUPAJ					30.913,12

D. OSTALA DELA					
1	Izdelava geodetskega načrta in izdelava PID	ml	341,84	4,20	1.435,73
2	Strojno čiščenje in snemanje kanalizacije po zaključku del	ml	341,84	4,90	1.675,02
3	Preizkus vodotesnosti kanala	ml	341,84	3,50	1.196,44
SKUPAJ					4.307,20
4	Nepredvidena dela - ocena 10%				430,72
SKUPAJ					4.737,90

PRILOGA B.2: Vodovodni sistem

REKAPITULACIJA VODOVODNEGA SISTEMA

A. PRIPRAVLJALNA DELA	2.515,83
B. ZEMELJSKA DELA	36.021,60
C. MONTAŽNA DELA	22.132,5
D. OSTALA DELA	5.744,90
SKUPAJ brez DDV	66.414,8

A. PRIPRAVLJALNA DELA					
ŠT.	OPIS POSTAVKE	ENOTA	KOLIČINA	CENA NA ENOTO	SKUPNA CENA
1	Zakoličba obstoječih komunalnih vodov (telekomunikacije, elektro...).	kpl	1,00	600,00	600,00
2	Zakoličba projektiranih osi kanala, priključnih jaškov ter ostalih točk potrebnih za izvedbo predmetnih del. Postavitev gradbenih profilov na vzpostavljeno osi trase cevovoda ter določitev nivoja za merjenje globine izkopa in polaganje cevovoda.	m	524,38	1,50	786,57
3	Izdelava elaborata za zaporo ceste in pridobitev soglasja za zaporo (velja za vse odseke).	kpl	1,00	300,00	300,00
4	Zavarovanje gradbišča v času gradnje z ustrezno signalizacijo, fizičnim zavarovanjem ter dnevnim pregledom signalizacije s strani pooblaščenice organizacije, obračun se izvede po dejanskih stroških pooblaščenice organizacije.	kpl	1,00	200,00	200,00
5	Priprava gradbišča: odstranitev eventuelnih ovir, prometnih znakov in ureditev delovnega platoja. Po končanih delih gradbišče pospraviti in vzpostaviti v prvotno stanje.	m	524,38	1,20	629,26
SKUPAJ					2.515,83

B. ZEMELJSKA DELA	
------------------------------	--

1	Zarezanje asfaltnega vozišča.	m1	524,38	1,20	629,26
2	Rušenje obstoječega asfaltnega vozišča z nakladanjem, odvozoma materiala na začasno deponijo gradbenega materiala.	m1	531,85	4,20	2.233,75
3	Strojni izkop jarkov s posebno mehanizacijo (pickhamer) ali pnevmatskim kladivom, v zemljini V.kategorije globine do 2m z odmetom in odvoz na začasno deponijo.	m3	663,78	17,00	11.284,33
4	Dobava, zasip in vgraditev posteljice s peskom 4-8mm, do višine 15 cm	m3	39,89	27,00	1.077,16
5	Zasip cevi s peskom (zrnavosti 4-8mm) do višine 30cm nad temenom cevi z dobavo, dovozom in utrjevanjem.	m3	169,92	26,00	4.417,83
6	Zasip preostalega dela jarka z izkopanim materialom premer zrn do 60mm v slojih po 30cm z utrjevanjem.	m3	448,79	12,00	5.385,49
7	Obetoniranje lomov (obseg dela določata izvajalec in nadzor)	kom	30	80,00	2.400,00
8	Zaščita cevi (zaščitna cev + obetoniranje) s križanjem kanalizacije	kom	15	130,00	1950,00
9	dobava in vgraditev medeninastih oznak za označitev vodovoda				
10	Obzidava jaškov in cestnih kap za hišne priključke	kom	22	45,00	990,00
11	Zasipanje jarkov s tamponom do 20cm	m3	99,13	24,00	2.379,09
					32.746,92
SKUPAJ					
12	Nepredvidena dela - ocena 10%				3.774,69
SKUPAJ					36.021,60

C. MONTAŽNA DELA	
-----------------------------	--

1	Dobava in vgraditev cevi iz nodularne litine (NL) vključno s peščeno posteljico debeline 11cm in planiranjem dna. Nazivni premer DN100.	ml	531,85	23,46	12.477,11
2	Izdelava hišnih priključkov na cevi NL 100 z navrtalnim sedlom DN100.	kos	22.,	45,00	990,00
3	Dobava in vgraditev hidrantov, gasilska spojka, cestna kapa za gasilsko spojko in označevalna tabla	kom	2	533,32	1066,64
4	Hišni priključki z zasunom in cestnimi kapami	kom	22	198,78	4373,16
5	Blatnik dobava in montaža				
6	Lovilec nesnage	kom	2	103,00	206,00
7	Vodomerni jašek izvedba,dobava in montaža	kom	1	320,00	320,00
8	Opozorilni traki, namestitev ob izkopanem jarku	ml	1063,69	0,04	42,55
9	Dobava in ugraditev fazonskih elementov	kom	10	64,5	645,00
SKUPAJ					20.120,5
10	Nepredvidena dela - ocena 10%				2.012,05
SKUPAJ					22.132,50

D. OSTALA DELA	
---------------------------	--

1	Izdelava geodetskega načrta in izdelava PID	ml	531,85	4,20	2.233,75
2	Tlačni preizkus cevovoda s potrebnim podpiranjem izpostavljenih delov	ml	531,85	3,50	1.861,46
3	Izpiranje in razkuževanje cevovoda z zapiranjem in odpiranjem cevovoda ter nevtralizacija dezinfekcijskega sredstva	100/ml	531,85	196,0	1042,4
4	Bakteriološki izvid analize vzorca vode	kom	1	85,00	85,00
SKUPAJ					5.222,63
5	Nepredvidena dela - ocena 10%				522,26
SKUPAJ					5.744,90

PRILOGA B3: Preplastitev cestišča

REKAPITULACIJA KS SKUPNA

A. PRIPRAVLJALNA DELA	1970,20
B. ZEMELJSKA DELA	111.135,8
C. OPREMA CESTE	2.320,6
SKUPAJ brez DDV	115.426,6

A. PRIPRAVLJALNA DELA					
ŠT.	OPIS POSTAVKE	ENOTA	KOLIČINA	CENA NA ENOTO	SKUPNA CENA
1	Zakoličba obstoječih komunalnih vodov (telekomunikacije, elektro...).	kpl	1,00	600,00	600,00
2	Zakoličba projektiranih osi trase ter ostalih točk potrebnih za izvedbo del.	m	322,30	1,50	483,45
3	Izdelava eleborata za zaporo ceste in pridobitev soglasja za zaporo (velja za vse odseke).	kpl	1,00	300,00	300,00
4	Zavarovanje gradbišča v času gradnje z ustrezno signalizacijo, fizičnim zavarovanjem ter dnevnim pregledom signalizacije s strani pooblaščenice organizacije, - obračun se izvede po dejanskih stroških pooblaščenice organizacije.	kpl	1,00	200,00	200,00
5	Priprava gradbišča: odstranitev eventuelnih ovir, prometnih znakov in ureditev delovnega platoja. Po končanih delih gradbišče pospraviti in vzpostaviti v prvotno stanje.	m	322,20	1,20	386,76
SKUPAJ					1970,20

B. ZEMELJSKA DELA	
------------------------------	--

1	Rušenje obstoječega asfaltnega vozišča z nakladanjem in odvozoma materiala .	m1	902,4	4,20	3.790,27
2	Izdelava nevezane nosilneplasti drobljenca granulacije 0-32 mm z utrjevanjem (tampon) - 10cm	m3	105,5	24,00	2.531,21
3	Fino planiranje in utrjevanje pred vgrajevanjem nosilnega sloja asfalta	m2	1473,98	1,5	2210,97
4	Izdelava nosilne plasti iz AC 22 base B 70/100, v debelini 6 cm	m2	1933,80	23,00	44477,40
5	Izdelava nosilne plasti iz AC 8 surf B 70/100, v debelini 4cm	m2	1933,80	18,00	34808,40
6	izdelava mujde oz. kanalete	m	322,30	41,00	13214,30
SKUPAJ					101.032,55
12	Nepredvidena dela - ocena 10%				10.103,3
SKUPAJ					111.135,81

C. OPREMA CESTE	
----------------------------	--

1	Izdelava tankoslojne označbe na vozišču	m1	322,30	7,20	2.320,56
---	---	----	--------	------	-----------------