

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Juteršek, J.K., 2016. Zmanjšanje vplivov na okolje pri ravnanju s padavinsko odpadno vodo z javnih cest in javnih površin (parkirišč). Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Panjan, J.): 109 str.

Datum arhiviranja: 22-09-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Juteršek, J.K., 2016. Zmanjšanje vplivov na okolje pri ravnanju s padavinsko odpadno vodo z javnih cest in javnih površin (parkirišč). M.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Panjan, J.): 109 pp.

Archiving Date: 22-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**PODIPLOMSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
PROMETNA SMER**

Kandidat:

JAN KRISTJAN JUTERŠEK

**ZMANJŠANJE VPLIVOV NA OKOLJE PRI RAVNANJU
S PADAVINSKO ODPADNO VODO Z JAVNIH CEST IN
JAVNIH POVRŠIN (PARKIRIŠČ)**

Diplomska naloga št.: 287

**REDUCING THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF
METEORIC WASTEWATER FROM PUBLIC
ROADWAYS AND PUBLIC SURFACES (PARKINGS)**

Graduation thesis No.: 287

Mentor:

izr. prof. dr. Jože Panjan

Ljubljana, 19. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani/-a študent/-ka Jan Kristjan Juteršek, vpisna številka 26010601, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Zmanjšanje vplivov na okolje pri ravnanju s padavinsko odpadno vodo z javnih cest in javnih površin (parkirišč)

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*
 - a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
 - b) da je da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: Ljubljani

Datum: 5.9.2016

Podpis študenta/-ke:

Jan Kristjan Juteršek

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	628.2:625.712.6(043.2)
Avtor:	Jan Kristijan Juteršek, univ. dipl. inž. grad.
Mentor:	izr. prof. dr. Jože Panjan
Naslov:	Zmanjšanje vplivov na okolje pri ravnanju s padavinsko odpadno vodo z javnih cest in javnih površin (parkirišč)
Tip dokumenta:	magistrsko delo
Obseg in oprema:	109 str., 17 pregl., 27 sl., 14 gr., 70 en., 52 pril.
Ključne besede:	dimenzioniranje, okolje, preliv, kanali, ATV standard, odpadna voda, padavinska voda

Izvleček:

V študiji obravnavamo kanalizacijski sistem občin Kranj, Šenčur in Naklo, ki gravitira na Centralno čistilno napravo Kranj, in ga upravlja slovensko javno podjetje Komunala Kranj d.o.o. Preučili smo možne tehnične rešitve za izboljšanje upravljanja padavinskih odpadnih vod z javnih cest in javnih površin (parkirišč) ob upoštevanju trenutnega stanja kanalizacijskega omrežja in objektov.

V prvi fazi smo ocenili infrastrukturo in operativne pogoje obstoječih kanalizacijskih sistemov na podlagi operativnega katastra, terenskih ogledov in preskusa z dimljenjem. Ugotovili smo, da je sedanje upravljanje s padavinskimi vodami z utrjenih površin večinoma neustrezno, saj se onesnažena voda prepogosto neposredno odvaja v okolje. V drugi fazi smo iz različnih podatkovnih baz zbrali podatke o številu prebivalcev, porabi vode glede na izvor, odtočnih razmerah za padavinske vode, naklonu terena in prometni obremenitvi. Ti so bili podlaga za dimenzioniranje nove meteorne kanalizacije in preureditve obstoječega kanalizacijskega sistema in objektov na njem.

Na območju Zlatega Polja smo pokazali, kako bi s točkovno odvodnjo in čiščenjem kritičnega naliva zmanjšali obremenitev kanalizacijskega sistema in vpliv padavinskih odpadnih vod na okolje.

Na kanalizacijskem sistemu smo predvideli še izgradnjo novih odsekov fekalne kanalizacije, da se večja območja z ločenim kanalizacijskim sistemom za fekalne odpadne vode ne odvajajo v mešan sistem, kjer se trenutno ob deževju razbremenjujejo, temveč se transportirajo neposredno na čistilno napravo. Na osnovi nemškega standarda ATV-A 128E smo izvedli dimenzioniranje obstoječih razbremenilnikov in zadrževalnih bazenov padavinskih vod ter določili parametre za ustrezno delovanje. Predvideli smo vgradnjo sodobne regulacijske, krmilne in merilne opreme, ki omogoča kontrolirano upravljanje in spremljanje delovanja preurejenih objektov na kanalizacijskem sistemu Kranj.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 628.2:625.712.6(043.2)

Author: Jan Kristjan Juteršek, B. Sc.

Supervisor: assoc. prof. Jože Panjan, Ph. D.

Title: Reducing the environmental impact of meteoric wastewater from public roadways and public surfaces (parkings)

Document type: M. Sc. Thesis

Scope and tools: 109 p., 17 tab., 27 fig., 14 graph., 70 eq., 52 ann.

Key words: dimensioning, environment, overflow, sewers, ATV standard, stormwater, wastewater

Abstract

The study concerns the sewage system of Kranj, Šenčur and Naklo communities which gravitates to the central sewage treatment plant of Kranj, and is managed by the Slovene public company “Komunala Kranj d.o.o.”. Adapted technical solutions were set forth for the improvement of stormwater management (drainage, discharge and/or storage) from public roads and public surfaces (ex. parkings) taking into account the current state of the sewage networks and available facilities.

In a first phase, the design and operating conditions of the current sewage networks were assessed based on recorded cadastral data, our own scouring of the terrains and sewer smoke testing. We found that the current management of the stormwater from public roads and public surfaces is generally inadequate because often too polluted water is directly evacuated into the environment. In a second phase, updated various data sources on the size of communities, water consumption from all origins, drainage conditions of stormwater, the slope of the terrains, and road load by vehicles traffic, were collected and were the basis for this study.

For the Zlato Polje area of Kranj, we have shown that by inserting new sewage section heading to the local Sava river for the evacuation and purification of critical stormwater through a gravity oil separator, we can reduce both overall burdening of the sewage system and the impact on the environment by the stormwater.

Also, we have suggested for the large-sized communities the construction of new faecal wastewater sewage sections conveying directly to the waste treatment plant in order to bypass the current mixed system. Following the German standard ATV-A 128E, dimensioning of stormwater overflows and stormwater retention tanks were carried out including the design of the required various wastewater management elements.

Finally, the regulating equipment necessary for the proper wastewater management of the above mentioned localities, especially for the Kranj area, was recommended.

ZAHVALA

Iskrena zahvala mentorju izr. prof. dr. Jožetu Panjanu in prof. dr. Francu Steinmanu za usmerjanje, vodenje in pomoč pri nastajanju magistrskega dela.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA.....	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION	IV
ZAHVALA.....	V
1 UVOD	1
1.1 Predstavitev hipotez.....	3
1.2 Metodološke podlage in orodja	3
2 KANALIZACIJSKI SISTEMI IN ODPADNE VODE.....	5
2.1 Osnovni namen kanalizacijskih sistemov	6
2.2 Tipi kanalizacijskih sistemov	6
2.2.1 Mešani kanalizacijski sistemi	7
2.2.2 Ločeni kanalizacijski sistemi.....	7
2.2.3 Delno ločeni sistemi	9
2.3 Vrste in lastnosti odpadnih voda	10
2.3.1 Odpadne vode glede na izvor	10
2.3.2 Lastnosti in količine odpadnih voda.....	11
2.3.3 Vzorčenje odpadne vode	12
2.3.4 Sestava in količine padavinske vode	13
2.3.4.1 Prvi val onesnaženja	16
2.4 Objekti na kanalizacijskem sistemu	16
2.4.1 Razbremenilniki in zadrževalni bazeni.....	18
2.4.1.1 Razbremenilniki.....	18
2.4.1.2 Zadrževalni bazeni.....	19
2.4.1.2.1 Deževni zadrževalni bazeni	20
2.4.1.2.2 Deževni prelivni bazen	20
2.4.1.2.3 Deževni čistilni bazen.....	20
2.4.1.2.4 Kombinirani bazeni	20
2.4.1.3 Princip delovanja predvidenih zadrževalnih bazenov	21
2.4.2 Merilna oprema.....	24
2.5 Kratek opis standarda ATV-A 128E	24
2.6 Uporabljeni programska orodja	26
3 ANALIZA RAVNANJA S PADAVINSKO ODPADNO VODO NA OBRAVNAVANEM OBMOČJU.....	27

3.1 Analiza odvajanja padavinske odpadne vode z javnih cest in parkirišč na Zlatem Polju	27
3.2. Analiza hidravlične obremenitve kanalizacijskega sistema Kranj	30
3.2.1 Kanalizacijski sistem Kranj.....	31
3.2.1.1 Pregled obstoječega stanja kanalizacijskega sistema	35
3.2.1.2 Objekti na kanalizacijskem sistemu Kranj	36
3.2.1.3 Nova čistilna naprava Kranj	43
3.2.1.4 Doseganje zavez iz operativnega programa odvajanja in čiščenja odpadnih voda	47
3.2.2 Vhodni podatki za dimenzioniranje objektov na kanalizacijskem sistemu Kranj.....	48
3.2.2.1 Letna količina padavin	49
3.2.2.2 Utrjene in nepropustne površine.....	49
3.2.2.2.1 Digitalni orto-foto (DOF).....	51
3.2.2.2.2 Banka cestnih podatkov (BCP)	51
3.2.2.2.3 Podatki iz Zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture (ZKGJI) cest.....	51
3.2.2.2.4 Operativni kataster kanalizacije izvajalca javne službe	51
3.2.2.2.5 Interpretacija vhodnih podatkov in postopek določitve parametrov prispevnih območij.....	52
3.2.2.2.6 Vektorizacija in določitev površin	52
3.2.2.3 Določitev časa dotoka	54
3.2.2.3.1 Določitev povprečnega naklona posameznega prispevnega območja.....	54
3.2.2.4 Določanje merodajnih pretokov in koncentracij KPK	56
3.2.2.4.1 Pretok mešane odpadne vode na čistilno napravo	56
3.2.2.4.2 Maksimalni urni sušni pretok	56
3.2.2.4.3 Povprečni dnevni sušni pretok	56
3.2.2.4.4 Odtok tujih vod.....	57
3.2.2.4.5 Deževni odtok z območij z ločenim kanalizacijskim sistemom.....	58
3.2.2.4.6 Deževni odtok, ki se ga vodi na čistilno napravo	58
3.2.2.4.7 Kritični pretok padavinske vode.....	59
3.2.2.4.8 Kritični pretok mešanih vod	59
3.2.2.4.9 Povprečni pretok med prelivanjem v času deževja	59
3.2.2.5 Koncentracija KPK v sušnem odtoku	60
3.2.2.6 Prostornine zadrževalnih bazenov.....	62
3.2.2.6.1 Vpliv dejanske koncentracije KPK v sušnem odtoku	62
3.2.2.6.2 Vpliv letne količine padavin.....	62
3.2.2.6.3 Vpliv usedlin	63
3.2.2.6.4 Računska koncentracija sušnega odtoka	63
3.2.2.6.5 Teoretična koncentracija na prelivu	63

4 IZDELAVA TEHNIČNIH REŠITEV	64
4.1 Tehnična rešitev ravnanja s padavinsko odpadno vodo z javnih cest in javnih parkirišč na Zlatem Polju	64
4.1.1 Potek trase	64
4.1.2 Dimenzioniranje meteornega kanalizacijskega omrežja.....	65
4.1.3 Potrditev hipoteze	68
4.2 Tehnična rešitev preureditve obstoječega kanalizacijskega sistema Kranj in objektov na njem.	68
4.2.1 Dovoljena stopnja prelivanja	68
4.2.2 Potrebna zadrževalna prostornina.....	68
4.2.3 Problematika obstoječih objektov na kanalizacijskem sistemu	70
4.2.4 Predvidena preureditev kanalizacijskega sistema.....	71
4.2.5 Preureditve na obstoječem kanalizacijskem sistemu Kranj	71
4.2.5.1 Izvedba novih povezav kanalizacijskega sistema.....	72
4.2.5.2 Preureditve razbremenilnih in zadrževalnih objektov kanalizacijskega sistema.....	75
4.2.5.2.1 Dimenzioniranje objektov na kanalizacijskem sistemu	75
4.2.5.2.2 Dimenzioniranje objektov za porazdelitev pretoka (FDS)	75
4.2.5.2.3 Dimenzioniranje oz. preverjanje obstoječih zadrževalnih objektov	77
4.2.5.2.4 Dimenzioniranje prelivnih objektov (TO) pred zadrževalnimi bazeni.....	78
4.2.5.2.5 Dimenzioniranje razbremenilnikov	81
4.2.6 Obratovanje zadrževalnih bazenov.....	83
4.2.6.1 Praznjenje zadrževalnih bazenov.....	84
4.2.6.1.1 Opis tehnološkega postopka praznjenja zadrževalnih bazenov	84
4.2.6.1.2 Zasnova merilne, krmilno-regulacijske in komunikacijske opreme na zadrževalnih bazenih.....	85
4.2.7 Opis preureditev zadrževalnih bazenov kanalizacijskega sistema Kranj	88
4.2.7.1 Zadrževalni bazen ZB ČN	88
4.2.7.2 Zadrževalni bazen ZB 1 (priloga N4).....	88
4.2.7.3 Zadrževalni bazen ZB 2 (priloga N5).....	89
4.2.7.4 Zadrževalna bazena ZB 3 in ZB 6 (priloga N3)	90
4.2.7.5 Zadrževalni bazen ZB 7 (priloga N1).....	90
4.2.7.6 Zadrževalni bazen ZB 5.....	91
4.2.7.7 Zadrževalni bazen ZB 11 (priloga N2).....	91
4.2.8 Ocena obremenitve okolja po preureditvi kanalizacijskega sistema	91
4.2.9 Dokaz hipoteze - simulacija deževnega dogodka za ZB 11	93
4.2.10 Povzetek rezultatov tehnične rešitve	96
5 ZAKLJUČKI	98

5.1 Glavni zaključki	98
5.2 Možnosti za nadaljnje delo.....	99
5.2.1 Računalniško napreden pristop k določevanju površin prispevnih območij	99
5.2.2 Matematično modeliranje kanalizacijskih sistemov.....	101
6 POVZETEK	103
7 SUMMARY	105
VIRI.....	107

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Razvrstitev emisij, ki so posledica cestnega prometa in vzdrževanja cest.	14
Preglednica 2: Prikaz načina odvodnjavanja površin bencinskih servisov.	29
Preglednica 3: Prikaz dolžin omrežja glede na vrsto kanalizacije za leto 2016.	31
Preglednica 4: Prikaz dolžin omrežja glede na vrsto kanalizacije za leto 2011.	32
Preglednica 5: Prikaz dolžin omrežja glede na distribucijo kanalizacije za leto 2016.	33
Preglednica 6: Prikaz dolžin omrežja glede na distribucijo kanalizacije za leto 2011.	33
Preglednica 7: Prikaz dolžin omrežja glede na material cevi za leto 2016.	34
Preglednica 8: Prikaz dolžin omrežja glede na material cevi za leto 2011.	34
Preglednica 9: Seznam obstoječih razbremenilnikov na sistemu.	36
Preglednica 10: Seznam obstoječih zadrževalnikov.	37
Preglednica 11: Pregled stanja dokumentacije za območja, kjer je predvidena izgradnja nove kanalizacije.	48
Preglednica 12: Podatki o povprečnih mesečnih padavinah za padavinsko postajo Letališče JP Ljubljana.	49
Preglednica 13: Odočni koeficienti (Kolar, 1983).	50
Preglednica 14: Tabelarični prikaz prispevnih površin.	66
Preglednica 15: Hidravlična preverba meteornega kanalizacijskega omrežja.	67
Preglednica 16: Seznam poglavij in prilog, kjer se nahajajo izračuni posameznih količin.	96
Preglednica 17: Seznam objektov, obstoječa in izračunana potrebna prostornina objektov.	97

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Prikaz razmerja dolžin omrežja glede na vrsto kanalizacije za leto 2016.	32
Grafikon 2: Prikaz razmerja dolžin omrežja glede na vrsto kanalizacije za leto 2011.	32
Grafikon 3: Prikaz razmerja dolžin omrežja glede na distribucijo kanalizacije za leto 2016.	33
Grafikon 4: Prikaz razmerja dolžin omrežja glede na distribucijo kanalizacije za leto 2011.	33
Grafikon 5: Razdelitev kanalizacijskega omrežja glede na material cevi za leto 2016.	34
Grafikon 6: Razdelitev kanalizacijskega omrežja glede na material cevi za leto 2011.	35
Grafikon 7: Graf za določanje specifične prostornine.....	69
Grafikon 8: Diagram za določitev k_b	79
Grafikon 9: Diagram za določitev c_e	80
Grafikon 10: Pretok pred razbremenilnikom in na razbremenilni cevi – obstoječe stanje; nalive s povratno dobo enega leta.....	93
Grafikon 11: Pretok na razbremenilniku in na razbremenilni cevi – predvideno stanje; nalive s povratno dobo enega leta.....	94
Grafikon 12: Pretok na razbremenilniku in pretok proti čistilni napravi – obstoječe stanje; nalive s povratno dobo enega leta.....	94
Grafikon 13: Pretok na razbremenilniku in pretok proti čistilni napravi – predvideno stanje; nalive s povratno dobo enega leta.....	95
Grafikon 14: Pretok pred razbremenilnikom in na razbremenilni cevi – predvideno stanje; nalive s povratno dobo dveh let.....	96

KAZALO SLIK

Slika 1: Delovanje razbremenilnika (Standard ATV-A 128E:1992, str. 13).....	19
Slika 2: Zadrževalni bazen s prelivnim robom za delno očiščene vode (STOSC) na glavnem kanalu (Standard ATV-A 128E:1992, str. 17).	22
Slika 3: Zadrževalni bazen s prelivnim robom za delno očiščene vode (STOSC) na obtočnem kanalu (Standard ATV-A 128E: 1992, str. 17)	22
Slika 4: Kanal z zadrževalno sposobnostjo in gorvodnim prelivom (SSCTO) (Standard ATV-A 128E:1992, str. 15).	23
Slika 5: Zadrževalni bazen za zadrževanje prvih nalivov (STRFF) (Standard ATV-A 128E:1992, str. 16).....	23
Slika 6: Prikaz vrednosti EOV/dan (osebni arhiv).	28
Slika 7: Način odvodnjavanja z javnega parkirišča na Lizkozarjevi ulici v Kranju (osebni arhiv).....	28
Slika 8: Tehnične rešitve za upravljanje padavinske odpadne vode na Zlatem Polju (osebni arhiv)....	30
Slika 9: Prikaz obstoječega kanalizacijskega sistema Kranj (osebni arhiv).	31
Slika 10: Razbremenilni objekt na ZB 11 (osebni arhiv).	38
Slika 11: Zadrževalni bazen ZB 7 (osebni arhiv).	39
Slika 12: Razbremenilnik z delilno ploščo – RA 23 (osebni arhiv).	39
Slika 13: Razbremenilnik s prelivnim robom brez potopne stene – RA 5 (osebni arhiv).	40
Slika 14: Razbremenilnik deževnih vod in razbremenilnik visokih vod pred zadrževalnim bazenom ZB 1 (osebni arhiv).....	41
Slika 15: Naknadno izvedeni prelivni rob gorvodno od razbremenilnega objekta ZB 1 (osebni arhiv).	41
Slika 16: Pogled na neaktivni zadrževalni bazen ZB 5 (osebni arhiv).	42
Slika 17: Razbremenilnik pred ZB 5 – pogled na blindiran vtok v zadrževalnik (osebni arhiv).	42
Slika 18: Razbremenilnik pred ZB 5 – pogled na cevno dušilko in razbremenilni kanal (osebni arhiv).	43
Slika 19: Čistilna naprava (arhiv Komunale Kranj, javnega podjetja, d.o.o.).	44
Slika 20: Prikaz vektoriziranih površin na posameznih prispevnih območjih (osebni arhiv).	54
Slika 21: Novi obvodni (povezovalni) kanali na kanalizacijskem omrežju (osebni arhiv).	73
Slika 22: Regulator pretoka Giehlmatic (Hydroslide).	76
Slika 23: Skica preliva s parametri za določitev k_b in c_e	80
Slika 24: Primer vgradnje Khafagi – Venturijevega preliva na CČN Domžale (osebni arhiv).	86
Slika 25: Računska enota za preračunavanje pretoka (Endress+Hauser).	86
Slika 26: Primer ročne določitve prispevnih površin (osebni arhiv).	100
Slika 27: Primer določitve utrjenih površin z uporabo objektno-orientirane klasifikacije (osebni arhiv).	101

LIST OF TABLES

Table 1: Classification of emissions from road transport and road maintenance.....	14
Table 2: Rainwater Run-off from the gas station surface.	29
Table 3: Lengths of the network depending on the type of sewer for the year 2016.	31
Table 4: Lengths of the network depending on the type of sewer for the year 2011.	32
Table 5: Length of the network regarding the distribution of the sewage system for the year 2016. ...	33
Table 6: Length of the network regarding the distribution of the sewage system for the year 2011. ...	33
Table 7: Length of the network in relation to the material of the pipes for the year 2016.....	34
Table 8: Length of the network in relation to the material of the pipes for the year 2011.....	34
Table 9: List of current overflows in the system.....	36
Table 10: List of current retention tanks.	37
Table 11: Overview of documentation for the area where construction of a new sewage system is planned.	48
Table 12: Data on average monthly rainfall for rain station JP Ljubljana Airport.....	49
Table 13: The flow coefficients.	50
Table 14: Tabulation of catchment areas.	66
Table 15: Hydraulic calculation of stormwater sewage network.	67
Table 16: List of chapters and annexes, where are calculations for specific quantities.	96
Table 17: List of objects, current and accountable storage volumes.....	97

LIST OF CHARTS

Chart 1: Showing the ratio of network length depending on the type of sewer for the year 2016.	32
Chart 2: Showing the ratio of network length depending on the type of sewer for the year 2011.	32
Chart 3: Showing the ratio of the lengths of the network regarding on distribution of sewage network for the year 2016.....	33
Chart 4: The ratio of the lengths of the network regarding on distribution of sewage network for the year 2011.	33
Chart 5: Distribution of sewage network in relation to the material of the pipes for the year 2016.....	34
Chart 6: Distribution of sewage network in relation to the material of the pipes for the year 2011.....	35
Chart 7: Specific storage volume in dependence on the rainwater run-off rate and the permissible overflow rate.....	69
Chart 8: K_b for Rectangular Weir.....	79
Chart 9: Rectangular Weir Discharge Coefficient.....	80
Chart 10: Flow at the stormwater overflow and at the overflow sewer – current situation; one year return period estimation of rainfall.	93
Chart 11: Flow at the stormwater overflow and at the overflow sewer – estimated situation; one year return period estimation of rainfall.	94
Chart 12: Flow at the stormwater overflow and flow to the wastewater treatment plant – current situation; one year return period estimation of rainfall.	94
Chart 13: Flow at the stormwater overflow and flow to the wastewater treatment plant – estimated situation; one year return period estimation of rainfall.	95
Chart 14: Flow at the stormwater overflow and at the overflow sewer – estimated situation; two years return period estimation of rainfall.	96

LIST OF FIGURES

Figure 1: Functional diagram of a stormwater overflow (Standard ATV-A 128E: 1992, p. 13).....	19
Figure 2: Stormwater tank with overflow for settled combined wastewater in main stream (Standard ATV-A 128E:1992, p. 17).....	22
Figure 3: Stormwater tank with overflow for settled combined wastewater in by-pass stream (Standard ATV-A 128E:1992, p. 17).....	22
Figure 4: Sewer with storage capacity and top overflow (Standard ATV-A 128E:1992, p. 15).....	23
Figure 5: Stormwater tank retaining the first flush of stormwater in main stream (Standard ATV-A 128E:1992, p. 16).....	23
Figure 6: Passenger car equivalent per day values (personal archive).....	28
Figure 7: Rainwater Run-off from the public parking at Likozarjeva street in Kranj (personal archive).	28
Figure 8: Technical solutions for stormwater management for the Zlato Polje – Kranj area (personal archive).....	30
Figure 9: The current sewage system of Kranj (personal archive).....	31
Figure 10: Stormwater overflow – ZB 11 (personal archive).	38
Figure 11: Stormwater tank ZB 7 (personal archive).....	39
Figure 12: Stormwater overflow with separator plate – RA 23 (personal archive).	39
Figure 13: Stormwater overflow without weir – RA 5 (personal archive).....	40
Figure 14: Flow dividing structure and tank overflow before stormwater tank ZB 1 (personal archive).	41
Figure 15: Subsequently built overflow edge upstream of the stormwater tank ZB 1 (personal archive).	41
Figure 16: View of the inactive stormwater tank ZB 5 (personal archive).	42
Figure 17: Stormwater overflow before ZB 5 – view at the closed inflow into the stormwater tank (personal archive).....	42
Figure 18: Stormwater overflow before ZB 5 (personal archive).	43
Figure 19: Wastewater treatment plant (archive of Komunala Kranj, javno podjetje, d.o.o.).	44
Figure 20: Showing the vectored surfaces for the catchment areas (personal archive).	54
Figure 21: New by-pass sewers for sewage network (personal archive).	73
Figure 22: Flow regulator Giehlmatic (Hydroslide).....	76
Figure 23: Diagram of channel parameters for determining k_b and c_e	80
Figure 24: Example of installation Khafagi – Venturi flume on WWTP Domžale (personal archive). 86	
Figure 25: The calculation unit for flow calculation (Endress+Hauser).	86
Figure 26: Example of the manual determination of catchment areas (personal archive).	100
Figure 27: Example of the determination of consolidated surfaces using the object-oriented classification (personal archive).....	101

KRATICE

BCP – banka cestnih podatkov

BPK – biokemijska potreba po kisiku

CČN – centralna čistilna naprava

CRP – centralni register prebivalstva

DOF – digitalni orto-foto

DMV – digitalni model višin

EOV – ekvivalent osebnih vozil

FDS – ang. *flow-dividing structure*, objekt za porazdelitev pretoka

GIS – geografsko informacijski sistem

GORKI – gorenjska komunalna infrastruktura

KPK – kemično potreben kisik; splošni indikator za onesnaženost vtokov

PE – populacijski ekvivalent

PLC – angl. *programmable logic controller*, programabilni logični krmilnik

RPE – register prostorskih enot

SSCTO – angl. *sewers with storage capacity and overflow with top-end overflow*, kanal z zadrževalno sposobnostjo in gorvodnim prelivom

STOSC – angl. *storm water tanks with overflow for settled combined wastewater*, zadrževalni bazeni s prelivnim robom za delno očiščene vode

STRFF – angl. *storm water tanks retaining the first flush of stormwater*, zadrževalni bazen za zadrževanje prvih nalivov

SWMM – angl. *stormwater management model*, program za simuliranje kvantitativnega in kvalitativnega odtoka padavinskih voda

TO – angl. *tank overflow*, bazenski preliv

TTN – temeljni topografski načrt

ZKGJI – zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture

SLOVAR MANJ ZNANIH BESED IN TUJK

aglomeracija - območje poselitve, kjer sta poseljenost ali izvajanje gospodarske ali druge dejavnosti zgoščena tako, da je mogoče zbiranje komunalne odpadne vode v kanalizaciji in njeno odvajanje po kanalizaciji v komunalno čistilno napravo ali na končno mesto izpusta

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Voda je naravna dobrina in je pogoj za življenje. Ljudje jo neposredno uporabljamo kot živilo in higiensko sredstvo. Slovenija je bogata z vodami in zaloge vode na Zemlji so na videz neskončno velike. A od vse vode je le nekaj več kot dva odstotka sladke, še manj te vode je dostopne. Človek jo črpa iz virov in jo po uporabi onesnaženo vrača nazaj v naravni krogotok. Ta se obnavlja preko padavin, ljudje pa ta naravni samočistilni krogotok ogrožamo neposredno z izpuščanjem škodljivih snovi ali posredno z odlaganjem organskih škodljivih snovi v morja, tla ali reke. Njihova strupenost negativno vpliva na razvoj in obstoj živih organizmov (Roš, Panjan, 2012).

V zadnjih stotih letih se je poraba pitne ali sladke vode povečala za šestkrat (MOP, 2016e). Vsa voda, ki se dovede do gospodinjstev in industrijskih obratov, se vrača v okolje. Emisije nevarnih snovi, ki jih spuščamo v vodo, naraščajo in vplivajo na slabšanje kakovosti vode. Za kakovostno življenje in zdravje ljudi, varstvo pred poplavami in zaščito vodnega okolja pred prevelikim onesnaževanjem v urbanih naseljih je potrebno dobro gospodarjenje z odpadnimi vodami. Preudarno ravnanje z vodo predpisuje nacionalna zakonodaja. A voda ne pozna administrativnih meja, zato je za trajnostno upravljanje z njo potreben usklajen vseevropski pristop. Razne mednarodne pogodbe nalagajo državam obveznost sodelovanja na področju vodnega gospodarstva oz. upravljanja z vodami.

Pomen voda se vedno bolj poudarja in v duhu trajnostnega razvoja, katerega vodilo je, da moramo našim zanamcem omogočiti, da bodo lahko zadovoljevali svoje potrebe, se opozarja na odpravljanje škodljivih vplivov na vode, zagotavljanje vode primerne kakovosti za človeka in naravne ekosisteme ter ohranjanje biotske raznovrstnosti.

Uporabljena voda se v okolje vrača onesnažena, če nimamo čistilnih naprav. Čistilno napravo in kanalizacijsko omrežje moramo obravnavati kot celoto. Nepravilnosti na kanalizacijskem omrežju kot npr. nepravilno razbremenjevanje in zajem izvornih vod se namreč odražajo na delovanju čistilne naprave. Na skupno onesnaženje, ki ga prispeva odvajanje odpadnih in padavinskih voda, pomembno vplivajo tudi razbremenilniki in zadrževalni bazeni, ki so bili v preteklosti pri načrtovanju in izvedbi pogosto povsem prezrti. V nalogi obravnavamo vpliv padavinskih voda na kanalizacijski sistem, ki se odvaja na centralno čistilno napravo Kranj (obravnavano območje). V to omrežje se odvajajo predvsem padavinske vode z javnih cest in parkirišč, ki so ob začetku naliva še posebej onesnažene. Te se pomešajo z odpadno vodo in se v primeru slabo zasnovanih prelivnih objektov prelivajo v okolje močno onesnažene. Analizirali smo obstoječe ureditve ravnanja s padavinsko odpadno vodo. Osredotočili smo se na vpliv, ki ga ima padavinska odpadna voda na hidravlično obremenitev sistema in na okolje. Izdelali smo predloge tehničnih rešitev za zmanjšanje teh vplivov.

Preverili smo, na katerih cestah na obravnavanem območju dnevni povprečni pretok motornih vozil presega 12.000 EOV/dan (ekivalent osebni vozil na dan) (glej prilogo A). Namreč v skladu z Uredbo

o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest, ki je bila sprejeta leta 2005, mora biti na takih cestah urejeno točkovno odvodnjavanje. Ceste na območju, ki smo ga preučili, so starejše, obstoječe odvodnjavanje pa ni urejeno skladno z veljavno zakonodajo.

Ravnanje z odpadno padavinsko vodo na parkiriščih določa Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. Ugotovili smo, da je odvodnjavanje odpadne padavinske vode na parkiriščih obravnavanega območja, katerih površina presega površino 0.6 ha (če so namenjene parkiranju ali skladiščenju motornih vozil z maso, večjo od 7.5 t) oz. 1.0 ha (če so namenjene parkiranju ali skladiščenju motornih vozil z maso, manjšo od 7.5 t) ustrezno urejeno. Poudarek naloge je na zmanjšanju vplivov na okolje, zato smo preverili ureditev odvodnjavanja odpadne padavinske vode tudi na ostalih javnih parkiriščih, na obravnavanem območju, ki so večja od 0.1 ha, a zanje zaradi velikosti sicer niso določeni posebni pogoji glede odvodnjavanja odpadne padavinske vode.

Za ponazoritev primera ureditve točkovnega odvajanja padavinske odpadne vode z javnih cest in parkirišč preko čistilnega objekta v odvodnik smo izdelali tehnično rešitev za ureditev dela območja na Zlatem Polju (Poglavje 4.1).

Velik učinek zmanjšanja negativnih vplivov na okolje in hkrati zmanjšanja hidravličnih obremenitev dotoka na CCN lahko dosežemo, če izvedemo ukrepe preureditev objektov na kanalizacijskem sistemu. Obseg dela v tem delu naloge je zelo velik, veliki pa bodo tudi učinki na zmanjšanje hidravlične obremenitve. Na obstoječem sistemu ni dovolj meritev obremenjenosti odpadnih voda z emisijami, da bi jih lahko ovrednotili. Zato smo v novi ureditvi predvideli vgradnjo sodobne krmilne in merilne opreme, ki omogoča kontrolirano upravljanje in spremljanje delovanja predvidenih objektov na kanalizacijskem sistemu. Predvideli smo preureditev obstoječih objektov na kanalizacijskem sistemu skladno s standardom ATV-A 128E, ki je namenjen dimenzioniranju objektov na mešanem kanalizacijskem sistemu. Preverili smo prostornino obstoječih zadrževalnih bazenov in prelivnih objektov. Dimenzionirali smo razbremenilnike, objekte za porazdelitev pretoka in prelivne objekte pred zadrževalnim bazenom. Obstoječa ureditev in predvidena preureditev kanalizacijskega sistema sta prikazani v prilogah (D in E). Prikazali smo idejne rešitve preureditev obstoječih zadrževalnih bazenov (priloge N1, N2, N3, N4 in N5) in na primeru delovanja enega preurejenega zadrževalnega bazena prikazali zmanjšanje hidravličnih obremenitev ter obremenitev okolja.

Tematika odvajanja odpadnih voda se ne tiče le inženirjev, ki kanalizacijske sisteme načrtujejo v tehničnem smislu, ampak odpira številna okoljska vprašanja, katerih se morajo zavedati tudi ostali resni udeleženci, ki sodelujejo pri načrtovanju urbanega okolja – študenti, raziskovalci, zaposleni na področju okoljske znanosti, tehnologije, politike in planiranja, geografije in zdravstva. Tema ponuja veliko novodobnih okoljskih izzivov: treba je oceniti stanje obstoječih sistemov ter iskati stroškovno učinkovite in družbeno sprejemljive tehnične izboljšave. Do teh lahko pripelje le razumevanje

pomembnosti tega področja in sodelovanje vseh prej omenjenih deležnikov, vključno s prebivalci na obravnavanih območjih (Butler, Davies, 2010).

1.1 Predstavitev hipotez

V preteklosti so ob izdatni finančni pomoči iz evropskih kohezijskih skladov in v okviru Operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (novelacija za obdobje od leta 2005 do leta 2017) gradili čistilne naprave in priključevali predvsem številne stanovanjske objekte na kanalizacijske sisteme ter ob tem ukinjali greznice. Pri zasnovi in posledično pri izvedbi je bilo premalo poudarka na delovanju kanalizacijskega sistema in čistilne naprave kot celote. Na skupno onesnaženje, ki ga prispeva odvajanje odpadnih in padavinskih odpadnih voda z javnih cest in parkirišč, pomembno vplivajo tudi razbremenilniki in zadrževalni bazeni, ki so bili pri načrtovanju in izvedbi povsem prezrti. V nalogi bomo na konkretnem primeru idejne tehnične rešitve ravnanja s padavinsko odpadno vodo z javnih cest in javnih površin (parkirišč) na izbranem območju - Zlato Polje in na primeru kanalizacijskega sistema, ki gravitira na CČN Kranj, za katerega se je izkazalo, da so objekti (razbremenilniki in zadrževalni bazeni) na njem neustrezni, posledično pa je hidravlična obremenitev sistema in čistilne naprave velika, preverili hipotezo, da lahko z izboljšanim razbremenjevanjem in gradnjo/preureditvijo razbremenilnikov in zadrževalnih bazenov bistveno zmanjšamo hidravlično obremenitev kanalizacijskega sistema in čistilne naprave. Na konkretnem primeru bomo preverili tudi hipotezo, da razbremenilniki in zadrževalni bazeni pomembno vplivajo na skupno onesnaženje.

1.2 Metodološke podlage in orodja

Analizirali smo obstoječe stanje kanalizacijskega sistema in ga sistematično prikazali v obliki sheme, ki nedvoumno prikazuje glavne karakteristike sistema (medsebojno povezavo posameznih vej, lokacijo in funkcijo objektov na sistemu, pripadajoče prispevne ploskve sistema, obremenitev z odpadnimi vodami). Za to smo uporabili podatke operativnega katastra izvajalca javne službe (Komunala Kranj, javno podjetje, d.o.o.), Banke cestnih podatkov, Zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture, digitalni orto-foto (DOF) in podatke, zbrane z delom na terenu, ki je bilo najbolj zamudno. Z ogledi in merjenji smo preverili medsebojne cevne povezave predvsem v okolici objektov in samo urejenost posameznih objektov. Nadalje smo z metodo dimljenja ugotavljali, katere prispevne ploskve so priključene na sistem z zasebnih zemljišč. Surove podatke smo prikazali in preračunali v programu Excel, tako da smo pridobili podatke, ki smo jih uporabili v analizi. Za končni prikaz izvlečka podatkov smo uporabili program AutoCAD. Za potrditev hipotez smo pripravili simulacijo dogajanja na enem objektu. S programom SWMM (Storm Water Management Model), ki omogoča simulacijo delovanja kanalizacijskega omrežja, smo prikazali delovanje obstoječega objekta v času deževnega dogodka in ga primerjali z delovanjem predvidenega objekta. Za izdelavo tehnične rešitve ureditve na Kidričevi cesti in križišča na Zlatem Polju smo uporabili program Sewer, ki je namenjen projektiranju kanalizacije.

Obstoječe stanje smo na podlagi ogleda in osnovnega inženirskega poznavanja procesov v kanalizacijskih sistemih ocenili kot povsem neustrezno in to utemeljili. Poudarek naloge ni bil na analizi obstoječega stanja ampak na ugotovitvi, ali in kako je možno zmanjšati vplive na okolje, da bo preurejen sistem ustrezal veljavni zakonodaji in zadnjemu stanju tehnike. Za preureditev sistema smo uporabili standard ATV-A 128E, ki je namenjen prav za dimenzioniranje objektov na mešanem kanalizacijskem sistemu. Rešitve upoštevajo tudi napredne naprave, ki so dostopne na trgu. Njihovo implementacijo v sistem smo prikazali na konkretnih primerih.

2 KANALIZACIJSKI SISTEMI IN ODPADNE VODE

V naravi se del vode, ki pade na tla, vrne v atmosfero, nekaj vode porabijo rastline, del jo ponikne v zemljo in postane del podtalnice, nekaj je odteče s površja. Podtalnica in voda, ki odteče s površja, najdeta pot v reke (Butler, Davies, 2004). V naravi obstaja vodno ravnovesje, ki se ohranja kljub dinamiki vremenskih pojavov in občasnim ekstremom kot so dolga sušna obdobja in obdobja velikih količin padavin (Hvitved – Jacobsen, Vollertsen, Haaning Nielsen, 2010). Z urbanizacijo se je začelo pokrivanje površja z utrjenimi površinami, kar močno vpliva na prej opisan proces odtekanja vode s površja. Ko se je človek začel naseljevati, se je pojavila njegova potreba po nadzoru okolja, v katerem živi. Takrat so razvili tudi prve kanalizacijske sisteme v zgodovini (Butler, Davies, 2004). Arheološka najdišča razkrivajo, da so že v času 3000 let pred našim štejetem v Mezopotamiji in ob Indu obstajale stanovanjske zgradbe, opremljene s kopalnicami, suhimi stranišči in jaški za odmetavanje odpadkov. Na visoko razvito stanovanjsko in komunalno higieno kažejo tudi izkopenine iz časa bronaste dobe z območja Babilona, Asirije, Indije, Krete, Egipta, Palestine in Grčije. Knososova palača (1700 pr. n. št – 1400 pr. n. št.) na Kreti je bila okrašena z vodometi, ki jih je napajal tlačni vodni sistem, odpadno vodo so odvajali z urejeno kanalizacijo. V mestu Agrigent na Siciliji so odpadno vodo že v času pred našim štejetem tudi čistili (Kolar, 1983).

Na območju današnje Slovenije se je kanalizacija pojavila s širjenjem rimskega imperija, mešani kanalizacijski sistem je takrat obstajal na področju današnje Ljubljane, Celja in Ptuja. Sistem za odvodnjavanje je bil poleg obrambnega zidu največji gradbeni objekt na območju takratnega mesta Emone (Kolar, 1983). Po razpadu rimskega imperija se je število prebivalcev v mestih zmanjšalo, prav tako so zanemarili skrb za komunalno opremo in higieno (Burian, Edwards, 2002), higienske razmere v naseljih, ki so bila zaradi obrambnih razlogov zelo strnjena, so bile vse slabše. Šele v 19. stoletju so po izbruhu kolere v Londonu spoznali, da so bili višje ležeči predeli manj ogroženi, zato so v Londonu zgradili kanalizacijsko omrežje in leta 1858 sprejeli zakon, ki prepoveduje onesnaževanje rek, tri leta kasneje pa še zakon, ki zahteva čiščenje kanalske vode pred izlivom v odvodnik (Panjan, 2005). Nova spoznanja so se razširila na celino in leta 1899 je prof. Hrasky izdelal načrt za ureditev kanalizacije v Ljubljani, vključno s čistilno napravo (Kolar, 1983). Projekte so realizirali do leta 1914 (Panjan, 2005). V obdobju med obema vojnoma so zaradi večanja števila prebivalcev v mestih začeli širiti kanalsko mrežo in graditi novo kanalizacijo v krajih, kjer je še ni bilo. Zaradi razmeroma majhne porabe vode je bil sistem kanalizacije bolj kot odvajanju odpadne vode namenjen odvajanju padavinskih vod. Kasneje so na te vode priklapljali pretoke iz greznic. V času po drugi svetovni vojni je poraba vode močno narasla zaradi višanja stanovanjskega standarda in večanja obsega proizvodnje. Hkrati s porabo vode so narasle tudi količine odpadne vode, zato so morali kanalizacijo urediti po sodobnih načelih (Kolar, 1983).

Današnja zakonodaja (Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode) predpisuje, da mora biti aglomeracija opremljena z javnim kanalizacijskim omrežjem in komunalno čistilno napravo za čiščenje komunalne odpadne vode, občinam pa nalaga obveznost zagotavljanja javne službe na podlagi

občinskega predpisa na območju celotne občine. Med naloge javne službe spada odvajanje in čiščenje padavinske in komunalne odpadne vode. Pri načrtovanju, projektiranju, izvedbi, uporabi in vzdrževanju naprav za odvajanje odpadnih in padavinskih voda kanalizacijskega sistema je treba upoštevati tehnične pravilnike upravljalcev kanalizacije, veljavno zakonodajo, pravilnike, odloke in predpise, ki urejajo tovrstno dejavnost ter standarde tega področja.

2.1 Osnovni namen kanalizacijskih sistemov

Zdi se, da v današnjem času pogosto pozabljamo, da s kanalizacijskim sistemom ne zmanjšujemo le škodljivih vplivov na okolje, ampak hkrati preprečujemo širjenje različnih bolezni in na ta način varujemo človekovo zdravje. Sistemi odvajanja so potrebni in razviti v urbanih okoljih, kjer se srečujeta človekova dejavnost in naravni vodni krog (Butler, Davies, 2010). Poraba vode se zaradi večanja števila prebivalstva, pa tudi zaradi izboljševanja življenjskega standarda veča (Kolar, 1983). Na eni strani je uporabnikom treba zagotavljati oskrbo z vodo, na drugi pa poskrbeti tudi za odvajanje voda. Ločimo med odpadno vodo, ki nastane kot posledica rabe za gospodinjstvo, sanitarne namene, industrijo in kmetijstvo (Butler, Davies, 2010) ter padavinsko vodo, ki po padavinah na območju naselja odteka s streh, nepropustnih površin (dvorišča, ceste, trgi) ali propustnih površin kot so vrtovi ali zelenice (Panjan, 2005).

Odpadna voda vsebuje raztopljene snovi, pa tudi večje in manjše trdne delce, neprimerno odvajanje odpadnih voda pa lahko povzroči onesnaženje in različna zdravstvena tveganja. Tudi padavinske vode lahko vsebujejo nekatere onesnaževalce, ki izvirajo iz zraka ali površin, na katere so padle (Butler, Davies, 2010). Posebej onesnažene so po daljšem sušnem obdobju padavinske vode s cest in parkirišč (Panjan, 2005). Neprimeren sistem odvajanja padavinskih vod lahko povzroči večjo škodo, poplave in posledično tudi zdravstvena tveganja (Butler, Davies, 2010).

Kanalizacijski sistem je vzpostavljen za preprečevanje težav, ki jih lahko človeku in okolju povzročata odpadna in padavinska voda. V urbanih okoljih je sistem odvodnjavanja umetno grajen sistem kanalov, tj. cevi in objektov, ki zbirajo in odvajajo vodo.

2.2 Tipi kanalizacijskih sistemov

Samotna območja navadno nimajo vzpostavljenega sistema odvodnjavanja, pač pa za odvod odpadne vode poskrbijo ljudje sami (ali pa sploh ne), padavinska voda pa ponika v tla. Na nekaterih območjih ne poznajo kanalizacijskih sistemov, zato najprej velja ločiti med dvema tipoma sistemov za odtekanje vode: naravnim sistemom odtekanja voda in grajenimi sistemi kanalizacije (Butler, Davies, 2010). Nadalje ločimo med mešanimi, ločenimi in delno ločenimi kanalizacijskimi sistemi (Panjan, 2002).

2.2.1 Mešani kanalizacijski sistemi

Mešan kanalizacijski sistem hkrati odvodnjava odpadno in padavinsko vodo. Dimenzije kanalov pri mešanem sistemu so izkoriščene le v času obilnih padavin, saj so kanali v sušnem obdobju obremenjeni samo z odpadno vodo, v času deževja pa se zaradi padavinskih vod pretok lahko poveča tudi na petdeset- do sto-kratno vrednost povprečnega pretoka (Butler, Davies, 2010). Zaradi padavinskega odtoka lahko pri mešanem sistemu pride do preobremenitev in zajezev kanalizacijskega omrežja ter povratnega toka v niže ležeče priključene prostore, ki jih je treba zaščititi pred preplavitvijo. Viški vode se odvajajo na razbremenilnikih, od koder tečejo v zadrževalni bazen ali odvodnik, preostali tok pa je usmerjen naprej do čistilne naprave. Pri mešanem kanalizacijskem sistemu na čistilno napravo dovajamo tudi del onesnaženih padavinskih voda, zato je delovanje čistilne naprave v takih primerih manj zanesljivo, za črpališča pa bolj obremenjujoče (Panjan, 2005).

Maleiner (2010a) in Kompare (1991) navajata naslednje prednosti mešanega sistema:

- Preprosta izvedba.
- Nižja cena kot pri drugih sistemih.
- Relativno enostavno in ceneno vzdrževanje.
- V cestišču se nahaja samo en zbiralnik, zato potrebujemo manj prostora za gradnjo.
- Za vsako zazidalno zemljišče je potreben samo en priključek.
- Izprana površinska onesnaženja padavin manjših intenzitet se v celoti odvajajo na čistilno napravo (in ne neposredno v vodotok kot pri ločenem sistemu).
- Napačni priključki niso možni.
- Krajša skupna dolžina omrežja.
- Potrebno je relativno nizko število izpustov iz razbremenilnih naprav, posledično potrebujemo manj mest za nadzor obtežbe vodotokov.

Pomanjkljivosti mešanega kanalizacijskega sistema so (Kompare, 2010):

- Slabša zaščita odvodnikov zaradi razbremenilnikov.
- Zaradi prečrpavanja dela padavinske vode je treba močnejše dimenzionirati prečrpališča
- Manj zanesljivo delovanje čistilnih naprav, ki jih je treba močnejše dimenzionirati zaradi dovoda dela padavinske vode.
- Nujna zaščita nizko ležečih etaž objektov, ki so priključeni na kanalizacijo, pred preplavitvijo.

2.2.2 Ločeni kanalizacijski sistemi

V ločenem kanalizacijskem sistemu odvajamo odpadno in padavinsko vodo vsako po svojem kanalskem omrežju, odpadno vodo po fekalnem in padavinsko po meteornem kanalu. Količina odpadne vode čez dan niha, a so cevi projektirane tako, da tudi takrat, ko je obremenitev velika, vso vodo privedejo do

čistilne naprave (Butler, Davies, 2010). Ker sta kanala ločena, obilnejša deževja ne povzročajo preobremenitve ali zaježitve kanalov in poplavljanja nižje ležečih delov priključenih objektov. Zadrževanje in ponikanje padavinske vode zmanjšuje prostornine in končne odtoke vode (Panjan, 2005). Padavinsko vodo lahko odvajamo na različne načine; lahko se steka v padavinsko oz. meteorno kanalizacijo, lahko ponika ali odteka, tako kot pred ureditvijo kanalizacije, lahko pa uredimo sistem odprtih in zaprtih jarkov in kanalov, oz. zgradimo lahko več ločenih sistemov za odvod različnih vrst odpadne vode, padavinsko vodo pa odvajamo tako da ponika ali jo odvajamo v sistem meteorne kanalizacije (Kompere, 1991).

V primeru ločenih kanalizacijskih sistemov odpade izgradnja nekaterih objektov na čistilni napravi (deževni zadrževalniki, peskolovi). Panjan (2005) ugotavlja, da je investicija za izgradnjo takega sistema v primerjavi z izgradnjo mešanega kanalizacijskega sistema skoraj enkrat dražja, z vidika upravljanja in vzdrževanja zaradi dvojnega sistema ter slabšega samodejnega izpiranja sistema za odvod odpadne vode pa tudi bolj zapletena. Preglednost nad njegovo izrabo je manjša. Maleiner (2010a) pa opozarja, da pavšalna ocena in odločitev o tem, kateri od sistemov je v ekonomskem ali ekološkem smislu bolj ustrezen, ni mogoča, saj je odvisna od terenskih okoliščin, ekoloških zahtev ter gradbenih in obratovalnih stroškov.

Največji problem pri ločenem sistemu je preprečitev napačnih priključkov, saj že en napačen priključek na sto izvedenih priključkov lahko onemogoči pravilno delovanje sistema (Maleiner, 2010a; Butler, Davies, 2004). Omenimo lahko še, da tudi padavinska voda, ki tako ne prispe do čistilne naprave, ampak na primernem mestu odteče v naravo, s seboj nosi onesnaževalce, lahko je onesnažen že sam dež, lahko pa voda onesnaževalce splakne s tal in jih nosi s sabo.

Prav tako je težko preprečiti padavinski vodi, da ne bi našla poti v fekalni kanal. Padavinska voda vanj lahko priteče neposredno, najpogosteje namerno ali kot posledica nevednosti, kadar so padavinske vode s streh objektov preko žlebov speljane v fekalni vod, lahko pa vanj vstopa tudi skozi razpoke ali slabe spoje na cevovodu (Butler, Davies, 2010). Namerne črne prikllope na omrežje se da nadzorovati z video pregledom kanala.

Maleiner (2010a) in Kompere (1991) med glavne prednosti ločenega sistema štejeta:

- Odpadne vode ostajajo koncentrirane – preko čistilne naprave ne odvajamo malo onesnaženih padavinskih vod.
- Zanesljivejše delovanje čistilnih naprav in manjša obremenitev črpališč.
- Cenejše čistilne naprave, saj niso potrebni peskolovi in deževni zadrževalni bazeni.
- Padavinska voda gre v odvodnik po najkrajši poti.
- Manjše količine tujih vod kakor pri mešanem kanalizacijskem sistemu.
- Praviloma manjše količine kamenja in peska kot pri mešanem sistemu.

- Črpališča in tlačni vodi se dimenzionirajo le za sušne odtoke, zato je zmogljivost teh objektov manjša.
- Vgrajene cevi sušnih kanalov so manjšega premera, v njih se ustvari višje delno polnjenje, kar povzroča večjo vlečno silo, zato je v ceveh manj usedlin.
- Pri pravilni izvedbi in predpisanem obratovanju ne more nastopiti preplavitev kletnih prostorov zaradi zaježitev iz vodotokov oz. zaradi hidravlične preobremenjenosti s padavinskimi odtoki.
- Potrebno je čiščenje le onesnaženih delov padavinskih odtokov.

Če povzamemo prej navedeno, so glavne pomanjkljivosti ločenega sistema naslednje (Kompere, 1991):

- Bolj zapleten sistem, manjša preglednost nad izrabo sistema, dražje vzdrževanje.
- Večji investicijski stroški.
- Prvi val deževne vode je zelo onesnažen in ga je treba pred izpustom v vodotok posebej obdelati, sicer se prednosti takega sistema močno zmanjšajo.

Panjan (2005) navaja, da je v primeru majhnih in vaških naselij smotrno graditi ločen kanalizacijski sistem, v večini urbanih naselij z več kot 1000 prebivalci pa se gradi mešane kanalizacijske sisteme.

2.2.3 Delno ločeni sistemi

Kompromis med mešanim in ločenim kanalizacijskim sistemom predstavlja delno ločeni sistem (Kompere, 1991). Take sisteme gradijo s ciljem zmanjševanja in zakasnitve padavinskega odtoka ter predvsem upoštevanja kakovosti onesnaženih voda. V industrijskih conah (velikokrat tudi zaradi plačevanja ekološke takse), posebej gradijo kanalizacijske sisteme za tehnološke odpadne vode, posebej za odpadno sanitarno vodo in onesnaženo padavinsko vodo ter posebej za neonesnaženo padavinsko vodo. Zmanjševanje in zakasnitve padavinskega odtoka dosežemo z naslednjimi ukrepi (Kompere, 1991):

- Razpršeno zadrževanje na površini (ravne strehe, vrtovi, zelenice, parkirišča).
- Koncentrirano zadrževanje na površini (posebej za ta namen predvideni suhi ali mokri zadrževalniki, parki).
- Koncentrirano zadrževanje pod površino (deževni zadrževalni ali čistilni bazeni).
- Ponikanje na površini (vrtovi, zelenice, parkirišča s prepustnim tlakom).
- Ponikanje pod površino (drenaže, drenažne galerije).

Upoštevati moramo stopnjo onesnaženja in najprej skušamo odvesti padavinsko vodo z ločenim sistemom do najbližjega odvodnika, deževnico, ki se na svoji poti onesnaži, vodimo v mešan kanalizacijski sistem, lahko pa se jo v peskolovih, lovilcih olj in maščob očisti grobih primesi in odvede skupaj z neonesnaženo padavinsko vodo (Panjan, 2005).

2.3 Vrste in lastnosti odpadnih voda

Zaradi človekove dejavnosti, načina življenja in hitrega gospodarskega razvoja nastaja vrsta onesnaženj, med drugim tudi odpadne vode, ki lahko v naravnih vodah porušijo naravno ravnotežje (Roš, 2015). Vodo v manjši meri uporabljamo kot živilo, sicer pa kot topilo, ko želimo odstraniti nesnago in kot sredstvo za hidravlični transport nezaželenih snovi iz naše bližine (Panjan, 2005). Tak način uporabe vode je zlasti v okoljih z visokim življenjskim standardom pripeljal do izredno hitrega naraščanja porabe vode (Kolar, 1983). Podobno velja tudi za vodo v tehnoloških procesih, kjer ima voda predvsem vlogo sredstva za odstranjevanje nezaželenih snovi in odvečne toplote.

Lastnosti in sestava odpadne vode so odvisne od uporabe vode v naseljih, prispevka industrije in družbenih dejavnosti (šolstvo, zdravstvo, trgovine, ...), vremena in dotoka tujih vod, ki dotekajo v kanalizacijski sistem zaradi netesnih cevi (Panjan, 2005).

Za zagotavljanje ustreznih življenjskih pogojev je nujno potrebno preudarno gospodarjenje z vodami. Tudi država s finančnimi ukrepi (plačilo okoljske dajatve za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja industrijske in komunalne odpadne vode) spodbuja zmanjševanje onesnaževanja z odpadnimi vodami in zmanjševanje rabe vode.

Prizadevati si moramo za zmanjševanje porabe vode in skrbeti, da bo vanjo prišlo čim manj onesnaženja. Zmanjševanje onesnaženja in količine odpadnih vod se začne že pri viru nastajanja, to je doma in v industriji. Kljub vsem pozitivnim dejavnostim, ki preprečujejo onesnaževanje in zmanjševanje količine odpadnih vod, pri posameznih dejavnostih nastaja določena količina odpadnih vod, ki jih najbolj splošno delimo glede na izvor.

2.3.1 Odpadne vode glede na izvor

Izvor odpadne vode vpliva na kemijsko, fizikalno in biološko sestavo, pa tudi na sam kanalizacijski sistem. Za izbiro postopka čiščenja je pomembno poznati sestavo odpadne vode (Roš, 2005).

Panjan (2005) odpadne vode glede na izvor deli na:

- Hišno odpadno vodo; odtok iz sanitarij, kuhinj, pranja perila, čiščenja prostorov, predmetov vsakdanje rabe, zunanjih zgradb in pripadajočih površin ...
- Industrijsko odpadno vodo; odtok iz industrijske in obrtne proizvodnje ter sanitarij in čiščenja prostorov industrije in obrti. Industrijska voda je pogosto zelo onesnažena z organskimi in mineralnimi snovmi, barvami in topili.
- Kmetijsko odpadno vodo; odtok od živinorejske in poljedelske proizvodnje. Taka voda je pogosto močno organsko onesnažena. Gnojevke in silosne vode ne priključujemo na kanalizacijo, ampak jo peljemo v vzporednem kanalu.

- Komunalno odpadno vodo; odtok, ki nastaja zaradi komunalnih dejavnosti, npr. čiščenje ulic, trgov, javnih objektov in komunalnih naprav.
- Tujo vodo; to je vsa voda, ki pride na čistilno napravo, a ni nastala pri porabi vode v naselju. Tuja voda pride v kanale zaradi nevodotesnosti iz podtalnice, drenaž, globokih kleti, pa tudi kot melioracijska voda (vode iz izvirov in potokov, vodnjakov) (Panjan, 2005). V mešanem kanalizacijskem sistemu tuje vode predstavljajo podtalnica, ki vdira zaradi nevodotesnosti kanalov, drenaže, izviri, potoki, hladilne vode (Maleiner, 2009). Običajno tuje vode niso zelo onesnažene, a jih je v manjših naseljih z mešano kanalizacijo treba upoštevati (Panjan, 2005). Med sušnim odtokom tečejo tuje vode v mešanem kanalizacijskem sistemu v celoti na čistilno napravo, v času padavinskega odtoka pa obremenjujejo hidravlične zmogljivosti kanalizacijskega sistema in čistilne naprave ter se občasno prelivajo z razbremenilnih naprav v vodotoke. Določene količine tujih voda nastopajo v vsakem kanalizacijskem omrežju. Večje vdore podtalnice v omrežje se da dokaj hitro preveriti z namenski kamerami in pnevmatičnimi preveritvami cevni stikov (Maleiner, 2009). Specifični odtok tujih vod smo določili v poglavju 3.2.2.4.3.
- Padavinske vode, ki po deževju odtekajo z vseh nepropustnih in propustnih površin.

2.3.2 Lastnosti in količine odpadnih voda

Komunalne in industrijske odpadne vode so kompleksne narave in vsebujejo lahko in težje biorazgradljive snovi ter biološko nerazgradljive snovi, ki jih je treba odstraniti preden jih vrnemo nazaj v okolje (Kurbus, 2008). Za učinkovito delovanje in kontrolo delovanja čistilne naprave mora upravljavec imeti čim bolj natančne podatke o sestavi odpadne vode na vtoku v čistilno napravo in na iztoku iz nje (Roš, 2001). Za kakovostno ovrednotenje odpadne vode uporabljamo splošne parametre kot so temperatura, pH vrednost, vsebnost neraztopljenih in usedljivih snovi, kemijska (KPK) in biokemijska (BPK) potreba po kisiku. Glede na značilnost vira odpadne vode določamo tudi vsebnost težkih kovin, dušikovih spojin, fosforja, klora in žveplovih spojin ter celotni organski ogljik (TOC), masti, olja, fenole in površinsko aktivnih snovi (Kurbus, 2008).

V odpadnih vodah so lahko tudi različne patogene bakterije (*Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio cholerae*, *E. coli*, *Yersinia*, *Campylobacter* itd.), ki v pitni vodi pomenijo patogeno nevarnost za ljudi, če pridejo v naravni ekosistem z odpadno vodo pa lahko negativno vplivajo na vodne organizme (Kurbus, 2008).

Pomembna parametra odpadne vode sta biorazgradljivost in strupenost, ki sta medsebojno povezana. Odpadna voda, ki vsebuje strupene snovi, lahko zmanjša aktivnost bakterij, posledično se zniža stopnja biološke razgradnje. Hitrost in obseg biorazgradnje sta pogojena s strukturo snovi ter količino in tipom mikroorganizmov (Kurbus, 2008).

Odpadno vodo s postopki vzorčenja in analizami ovrednotimo na osnovi fizikalnih in bioloških lastnosti ter kemijske sestave (Roš, 2015). Ko poznamo vse potrebne parametre odpadne vode, se odločimo, s katerim postopkom čiščenja jo bomo obdelali (Korbus, 2008). Po fizikalnih lastnostih se odpadna voda le malo loči od pitne vode – ima le eno tisočinko več primesi, je pa bistveno spremenjena njena kemijska in biološka sestava. Koncentracijo primesi izražamo s količino mineralnih in organskih snovi (Panjan, 2005).

Hidravlična obremenitev pa je odvisna predvsem od porabe vode, pri mešanih sistemih kanalizacije tudi od padavinskih voda. Pri dimenzioniranju kanalov in čistilnih naprav moramo upoštevati količino odpadne vode iz gospodinjstev, ustanov, trgovin in male obrti, odpadne vode iz obrti in industrijskih obratov ter tuje vode (Panjan, 2005).

2.3.3 Vzorčenje odpadne vode

Osnovni namen vzorčenja in analiziranja vode je ugotavljanje kakovosti vode, zagotavljanje primernosti vode in ugotavljanje učinkovitosti sistema čiščenja odpadnih vod. Za določevanje lastnosti odpadne vode moramo imeti reprezentativen vzorec. Napaka pri vzorčenju lahko pripelje do napačnih podatkov, zato sta izbor vzorčevalnega mesta in tehnika vzorčenja odločilnega pomena (Roš, 2015). Vzdrževalec čistilne naprave mora za učinkovito vodenje in kontrolo poznati sestavo vtoka, vmesnih procesnih tokov vode in iztoka. Če želimo imeti učinkovit program vzorčenja, moramo upoštevati posebne pogoje za vzorčenje, način pobiranja vzorcev, vzorčevalno mesto, analize, ki jih bomo izvedli, in posebne metode zbiranja in konzerviranja vzorcev (Roš, 2001).

Pred vzorčenjem moramo pripraviti plan vzorčenja, ki mora obsegati podatke o namenu vzorčenj (monitoring odpadnih vod onesnaževalca voda, določevanje koncentracije onesnaževalcev v odpadni vodi, določevanje obremenitve onesnaževalcev v odpadni vodi, zagotavljanje podatkov za postopek čiščenja odpadnih vod, kontrola delovanja čistilne naprave) ter izboru parametrov za meritev in analizo (izvajalec obratovalnega monitoringa jih določi na osnovi poznavanja onesnaževalca).

Merilna mesta v sklopu javnih kanalizacij načrtujemo na mestih, ki omogočajo zajem podatkov o pretokih in kvaliteti vode za zaokrožena območja odvodnje, praviloma na koncu primarnih kanalov, na vtoku v čistilno napravo in na vseh iztokih industrijskih odpadnih voda pred vtokom v javno kanalizacijo (Komunala Kranj, javno podjetje d.o.o.).

Splošno ločimo naslednje vrste vzorcev (Roš, 2015):

- Trenutni vzorec je enkratni ročni odvzem vzorca za hitro informacijo o procesnem toku, primeren za takojšnjo analizo nestabilnih parametrov kot so pH, raztopljen kisik, temperatura.
- Sestavljeni vzorec je enovit vzorec, pripravljen ročno ali avtomatsko s sestavljanjem ali mešanjem števila naključnih vzorcev za posebno obdobje, običajno 24 ur.

- Časovno sorazmerni vzorec, pri katerem zbiramo enake prostornine vzorca v enakem časovnem obdobju. Tak vzorec je primeren za procesne tokove, ki niso močno odvisni od pretoka.
- Pretočno sorazmerni vzorec, pri katerem odvezemamo naključne vzorce ali različnih prostornin ali različno pogosto, tako da končni vzorec uravnotežimo v pretočno sorazmerni vzorec glede na pretok.

2.3.4 Sestava in količine padavinske vode

Padavinska voda je voda, ki po padavinah na območju naselja odteka s streh, nepropustnih površin (dvorišča, ceste, trgi) ali propustnih površin kot so vrtovi ali zelenice. Padavinska voda je onesnažena z različnimi mineralnimi snovmi, organskimi snovmi in tudi težkimi kovinami. Na industrijskih območjih se pozna vpliv onesnaženega zraka (kisli dež) (Panjan, 2005).

Onesnažen je lahko že sam dež, ki na poti skozi ozračje lahko vpije pline in prah iznad industrijskih središč (Kompare, 1991). Padavinska voda pa se dodatno onesnaži še na cestišču, ki predstavlja nepropustno površino, na katero se lahko zaradi številnih naravnih transportnih procesov iz okolice odložijo številne snovi.

Cestni promet in obratovanje cest predstavljata večkomponentni vir onesnaževanja, ki je posledica različnih virov emisij. V okviru emisij v cestnem prometu ločimo emisije na tiste, ki so posledica odvijajočega se cestnega prometa in emisije, ki nastanejo zaradi obratovanja in vzdrževanja cest. Onesnaževanje, ki ima svoj izvor na cestah, je zelo raznoliko. Odvisno je od številnih dejavnikov, ki segajo od vrste in frekvence prometa, do dejavnikov, ki so povezani s cestnim okoljem. Onesnaževala se med seboj zelo razlikujejo tako po fizikalnih kot tudi po kemijskih lastnostnih. Takšna raznolikost nam otežuje opredelitev in analizo onesnaževal in projektiranje zaščite pred negativnimi vplivi s cest (Brenčič, 2004).

Motorna vozila, ki vozijo po cestah, so vir emisij. Emisije nastanejo zaradi izgorevanja goriv, mehanske obrabe vozil, trenja med vozilom in cestiščem, pa tudi zato, ker vozila predstavljajo idealno transportno sredstvo za prenos onesnaževal iz enega okolja v drugega. Posamezno vozilo je relativno majhen onesnaževalec, a emisije posameznih vozil se seštevajo, promet pa je na nekaterih odsekih cest izredno gost in presega nekaj deset tisoč vozil na dan. Ob cestnih zastojih v mestih se zato pojavijo problemi s kakovostjo zraka. Tudi na tleh in v vodah lahko opazimo podobne kumulativne vplive prometa, vendar ti na prvi pogled niso tako izraziti, saj se zaradi počasnega gibanja skozi tla pokažejo kasneje (Brenčič, 2004). Tudi velika parkirišča so izpostavljena onesnaženju, zato moramo na njih graditi lovilce olj in maščob (Panjan, 2005).

Iz cestnega prometa izvira veliko onesnaževal. Podobna onesnaževala proizvajajo tudi drugi onesnaževalci, zato je vpliv prometa na okolje težko opredeliti. Pri analizi vplivov cest na okolje se tako

zastavljajo vprašanja o obsegu dejanskih onesnaževanj s cest in o tem, kolikšen je delež onesnaževanja, ki ga povzročajo ceste glede na ostala onesnaženja v urbanem okolju (Brenčič, 2004).

V spodnji preglednici (Brenčič, 2004), prikazujemo razvrstitev emisij, ki so posledica cestnega prometa in obratovanja cest.

Preglednica 1: Razvrstitev emisij, ki so posledica cestnega prometa in vzdrževanja cest.

Table 1: Classification of emissions from road transport and road maintenance.

Razred	Skupina	Podskupina
Emisije zaradi odvijanja cestnega prometa	Emisije zaradi goriv	Emisije zaradi izpuha
		Emisije zaradi izhlapevanja
		Emisije zaradi točenja goriv
	Emisije zaradi mehanske obrabe	Emisije zaradi obrabe motorja
		Emisije zaradi obrabe pnevmatik
		Emisije zaradi obrabe zavor
		Emisije zaradi obrabe ostalih delov vozila
	Emisije zaradi redistribucije	Emisija zaradi prinosa
		Emisija zaradi odlaganja
	Emisije zaradi raztrosov in razlitij	Emisije med normalnim odvijanjem prometa
Emisije zaradi nesreč in drugih izrednih dogodkov		
Emisije zaradi vzdrževanja in obrabe cest	Emisije zaradi obrabe cest	
	Emisije zaradi vzdrževanja cestnih površin	
	Emisije zaradi vzdrževanje obcestnega prostora	
	Emisije zaradi obrabe cestne opreme	

Razlaga posameznih skupin/podskupin emisij:

- Emisije zaradi izpuha so posledica izgorevanja goriva in se pri tehnično ustreznih vozilih izražajo kot emisija plinov in delcev na izpuhu.
- Emisije zaradi izhlapevanj so posledica izhlapevanja goriva iz rezervoarjev vozil ali izhlapevanja, ki je posledica delovanja motorja. Emisije zaradi izhlapevanja iz rezervoarja so odvisne od temperature okolja in so višje v poletnem času. K emisijam izhlapevanja sodijo tudi druga hlapna sredstva, kot so olja, maziva, laki idr.
- Emisije zaradi točenja goriv so posledica nalivanja goriv v rezervoar, pri čemer ločimo emisije, ki nastanejo z izhlapevanjem med vožnjo in emisijami, ki nastanejo s polivanjem goriva.
- Med emisije, ki nastanejo z mehansko obrabo vozil, razvrščamo emisije zaradi obrabe motorja, pnevmatik, zavor in ostalih delov vozila.

- Do emisije zaradi prinosa pride zaradi odlaganja snovi, ki jih vozilo prinese od drugod.
- Emisije zaradi odlaganja nastanejo zaradi turbulenc in drugih mehanskih dejavnikov delovanja vozil na cestišču, ki predhodno odložena onesnaževala s cestišča in obcestnega prostora lahko predstavijo zaradi začasnega oprijemanja na dele vozila ali turbulentnega gibanja zraka, ki nastane s prehodom vozila.
- Emisije, ki nastanejo ob izrednih dogodkih v prometu, delimo na razlitja in raztrose med normalnim odvijanjem prometa ter razlitja in raztrose zaradi nesreč. Najpogostejši izredni dogodki, ki povzročajo tovrstne emisije, so prometne nesreče. Med normalnim odvijanjem prometa pa do teh emisij pride pri prevozu razsutega tovora.
- Emisije, ki nastanejo zaradi vzdrževanja in obrabe cest, delimo na emisije zaradi obrabe cest, vzdrževanja cest, vzdrževanja obcestnega prostora in obrabe cestne opreme. Podobno kot pri emisiji pnevmatik, prihaja med stikom cestne površine in pnevmatike do obrabe cestne površine. Posledica te emisije je odnašanje delov cestišča v okolje. Najpogostejša emisija zaradi vzdrževanja cestnih površin je posledica zimskega vzdrževanja cest. Emisije zaradi vzdrževanja obcestnega prostora izhajajo predvsem iz postopkov uporabe pesticidov, herbicidov in drugih kemičnih sredstev za zatiranje zarasti na obcestnih površinah in vmesnih pasovih (le še v nekaterih evropskih državah). Emisije zaradi obrabe cestne opreme so predvsem posledica erozije obcestnih ograj, ločilnih ograj in druge opreme, ki je lahko vir težkih kovin.

Podobno kot emisije, ki so posledica odvijanja prometa na cestah in obratovanja cest, lahko razvrstimo tudi onesnaževala, ki so posledica teh emisij. Razvrščamo jih glede na njihov izvor in glede na stopnjo poznavanja emisijskih faktorjev. Delimo jih na lastna in tuja onesnaževala. Lastna onesnaževala imajo izvor v samih vozilih in so posledica odvijanja prometa, tuja onesnaževala pa so posledica premikanja vozil v prostoru. Vozila imajo v tem primeru predvsem vlogo transportnega medija. Zaradi njegovega delovanja se spremenijo tudi fizikalno-kemijske lastnosti onesnaževal (Brenčič, 2004).

Onesnažene padavinske vode se najbolj intenzivno pojavijo v času močnih nalivov po daljših sušnih obdobjih. Prispevek padavinskih vod je ključen pri mešanem kanalizacijskem sistemu (Panjan, 2005). Osnovni podatki za določitev količin odtoka padavinske vode s površin v naseljih in odvodnji z avtocest so posamezni, statistično ovrednoteni nalivi ali deževje določenega časovnega trajanja in pogostost (Panjan, Bogataj, Kompare, 2005). Naliv, njegovo pogostnost in intenziteto izberemo na podlagi gospodarsko enakovrednih nalivov, ki so znani (statistično analizirani za daljše časovno obdobje) za osem padavinskih območij v Sloveniji (Ljubljana, Maribor, Šmartno pri Slovenj Gradcu, Koper, Novo mesto, Savica, Temenica, Gomance) (Panjan, 2005).

Odpadno vodo moramo pred izpustom v odvodnik očistiti do take stopnje, da ne ogroža naravnega stanja. Zaradi povečevanja deleža nepropustnih površin v urbanih okoljih voda ne ponika. Zato težimo k prejšnjemu naravnemu stanju z zadrževanjem vode na depresijskih delih terena (urejeni ribniki in

depresije na neposeljenem terenu nam služijo za akumulacijo ob močnih nalivih) in ponikanju neonesnaženih padavinskih voda na samem kraju. Da bi zmanjšali maksimalno količino odtoka po kanalizaciji in obremenitev čistilne naprave, velja načelo čim daljšega zadrževanja padavinskih vod na mestu, kamor so padle (Panjan, 2005).

2.3.4.1 Prvi val onesnaženja

Vse onesnaženje, ki se v sušnem obdobju zadržuje in nabira na utrjenih površinah, spere padavinska voda (ob močnejših nalivih). Pri odtoku onesnaženih padavinskih vod v mešano kanalizacijo govorimo o prvem valu onesnaženja. V prvem valu se kopiči večina onesnaženja, ki vključuje poleg prej naštetih emisij in onesnaževal tudi onesnaženje zaradi vegetacijskega odmiranja ali cvetenja in vsebuje najmanj 80 odstotkov nakopičenih onesnažil v prvih 20 – 30 odstotkih odtočne prostornine. Onesnažena voda se začasno akumulira v zadrževalnih bazenih, po končanem padavinskem dogodku pa počasi odteka proti čistilni napravi ali odvodniku. Pri načrtovanju zadrževalnih bazenov moramo poznati nalive, čase odtoka in čase zadrževanja. Treba je definirati prostornino prvega vala onesnaženja oziroma njegovo specifično prostornino, izraženo v m³/ha. Ta nam pove, koliko m³ zelo onesnažene vode na hektar reducirane prispevne površine moramo zadržati pred izpustom v vodotok. Namen načrtovanja objektov na kanalizacijskem omrežju je učinkovito odvajanje in čiščenje odpadnih voda in s tem doseči ustrezen kakovosten razred odvodnika ter hkrati enakomerno hidravlično in biološko obremenitev čistilne naprave (Panjan 2012; Panjan 2013).

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (MKGP, 2016) med drugim v postopkih načrtovanja kanalizacijskih sistemov predpisuje nujnost proučitve možnih ukrepov za zmanjšanje količine padavinske vode, ki se odvaja v javno kanalizacijo in ukrepov za zadrževanje prvega naliva padavinske odpadne vode v primeru mešanih kanalizacijskih sistemov.

2.4 Objekti na kanalizacijskem sistemu

Med objekte na kanalizacijskem omrežju štejemo: hišne priključke, ponikovalnice, cestne požiralnike, jaške, združitevne objekte, kaskade, podvode, razbremenilnike, zadrževalne bazene deževnih vod in črpališča. Od naštetih so hišni priključki in ponikalnice v zasebni lasti, ostali objekti so javnega značaja (Panjan, 2005).

– Hišni priključki morajo biti pravilno zasnovani in zgrajeni, tako da se odtok ne maši. Stik z javnim delom kanala mora biti vodotesen. Uporabljamo že izdelana kolena in ostale montažne fazonske kose (Panjan, 2005).

– V ponikovalnice lahko ponikajo vode s streh ali neonesnaženih asfaltnih površin ali že delno očiščenih padavinskih voda s cest (Panjan, 2005).

– Cestni požiralniki so del opreme cestišča, uporabljajo se za odvod vode s cestišča. Običajno jih gradimo hkrati s kanalizacijo in jih skupaj z javnimi kanalskimi napravami tudi vzdržujemo. Glede na

funkcijo ločimo dve vrsti, požiralnik z mrežo in požiralnik pod pločnikom. Kadar je treba odvajati velike količine vode in zagotoviti zanesljivo delovanje, gradimo kombinacijo obeh požiralnikov (Kolar, 1983; Panjan, 2005).

– Za preprečitev vnosa peska in drugih usedljivih snovi v kanalizacijo vgrajujemo peskolove. Gradimo požiralnike z mrežo in peskolovom premera vsaj 45 cm in globine vsaj 90 cm (Panjan, 2005).

– Lovilci maščob in lahkih tekočin preprečujejo uhajanje lahkih tekočin (olje, bencin, plinsko olje, maziva, kurilno olje, ...) v naravo. Te snovi imajo namreč nižjo specifično težo od vode in to lastnost izrablja lovilec pri delovanju. Sestavni del lovilca maščob in lahkih tekočin je lahko tudi usedalnik mulja, v katerem se iz vode izločijo trdni delci in koalescentni filter, ki iz vode ločuje lahke tekočine (Regeneracija, 2016).

– Vstopne revizijske jaške gradimo povsod, kjer se spremeni smer, padec ali profil kanala. Gradimo jih zato, da omogočimo dostop v kanal ali do koritnice. Tako lahko ugotovimo, kakšno je stanje kanala in ga očistimo ali popravimo. Pri neprehodnih kanalih se vgrajujejo v premih odsekih na razdaljah do 50 m ali manj in na vseh spremembah profila, smeri in padca kanala ter na združitvah kanalskih vej. Vstopni jašek ima premer vsaj 80 cm in se razširi v revizijsko komoro premera med 100 in 120 cm (Panjan, 2005).

– Pri ločenih in nekje tudi pri mešanih sistemih na začetku odsekov oz. povsod, kjer so najmanjše hitrosti manj kot 0,4 m/s, gradimo jaške za izpiranje kanalske mreže. Če se kanalska mreža sama po sebi ne izpira dovolj, na neprehodnih kanalih gradimo tudi komore za izpiranje. Na mestih, kjer so padci terena večji od največjega dovoljenega padca kanala (presegaajo hitrost 3,5 m/s), gradimo kaskadne jaške, s katerimi dosežemo zahtevani padec kanala (Panjan, 2005).

– Podvode ali sifone gradimo zaradi ovir kot so reke, potoki ali pomembnejše prometne komunikacije. Gradimo ga pod oviro, poglobljeni del cevovoda tako vedno deluje pod tlakom. Zagotavljati moramo tako minimalno pretočno hitrost (0,5 m/s), da v delu podvoda, ki deluje pod tlakom, ne pride do prekomernega usedanja in nevarnosti za zamašitev (Panjan, 2005).

– Prek razbremenilnikov pri mešanem sistemu kanalizacije odvajamo večji del padavinskega odtoka v odvodnik, preostali del pa vodimo do čistilne naprave (Kolar, 1983). Razbremenilnik začne delovati, ko je presežen dovoljeni dotok na čistilno napravo. Razbremenjevanje ni poljubno, višina preлива in količina prelite vode sta definirani s kritičnim dotokom (Panjan, 2005).

– Zadrževalni bazeni imajo dvojno funkcijo – zmanjšujejo količino v razbremenilnikih prelite vode v odvodnik in v primeru nesreč ukrepajo, da v odvodnik odteče čim manjše onesnaženje. Na sistemih za odvodnjavanje so grajeni tik pred izpusti v odvodnik, kjer lahko z zaprtjem izpusta ali preлива onesnaženje zadržimo in ga odstranimo. Minimalna efektivna prostornina zadrževalnih bazenov je 50 m³. Gradimo jih tudi, če čistilna naprava ni zmožna sprejeti obremenitve pri močnem nalivu (Panjan, 2005).

– Črpališča gradimo tam, kjer gravitacijski odvod ni mogoč ali ekonomsko upravičen. Črpališča in črpalke morajo biti konstruirane tako, da ne pride do zamašitev in drugih motenj pri obratovanju, ne

glede na kvaliteto dotoka. Za kanalizacijo uporabljamo različne črpalke: centrifugalne, polžaste, izrivne, batne in membranske črpalke.

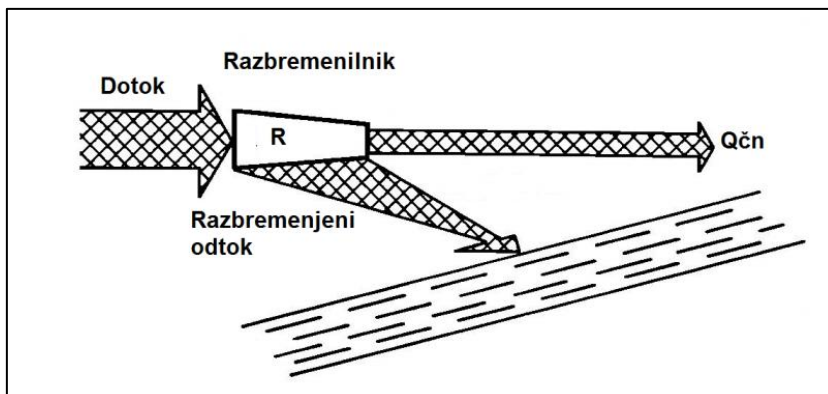
2.4.1 Razbremenilniki in zadrževalni bazeni

Ustrezno zasnovani razbremenilniki in zadrževalni bazeni zagotavljajo odvajanje onesnažene padavinske vode (predvsem prvega vala onesnaženja) do čistilne naprave ter hkrati zagotavljajo nemoteno delovanje kanalizacijskega sistema in čistilne naprave. Na ta način izboljšamo delovanje celotnih naprav, zaščitimo vodotoke, zmanjšamo premere transportnih kanalov ter nepotrebne obratovalne stroške (Maleiner, 2005). V nadaljevanju predstavljamo osnovne lastnosti različnih vrst razbremenilnikov in zadrževalnih bazenov ter podrobneje opisujemo princip njihovega delovanja. V Poglavju 4 navajamo, opisujemo in utemeljujemo predlagane preureditve obstoječega kanalizacijskega sistema in objektov na njem.

2.4.1.1 Razbremenilniki

Količinske konice mešanih pretokov bi na čistilnih napravah povzročile težave, zato moramo malo onesnaženo padavinsko vodo na primernih mestih na kanalizacijskem sistemu razbremenjevati v vodotoke, na čistilne naprave pa odvajati manjše in onesnažene količine odpadnih voda. Razbremenjevanje se vrši na pravilno dimenzioniranih in konstruiranih razbremenilnih napravah – razbremenilnikih (Maleiner, 2010b). So objekti na mešanem kanalizacijskem sistemu, ki služijo za odvod deževne vode. V času močnejših padavin prek njih odvajamo del padavinske vode neposredno v odvodnik, na ta način pa zmanjšamo pretoke v dolvodnih kanalih. Razbremenilniki začnejo delovati, ko je presežen dovoljeni odtok na čistilno napravo. Pomemben je pričetek delovanja razbremenilnika, prelivajoča količina onesnaženja in pogostost delovanja. Višina preliva in količina prelite vode je definirana s kritičnim pretokom (eno- do dvokratna količina odpadnih vod) (Panjan, 2005). Proti čistilni napravi je treba odvajati vsaj kritični pretok. Poleg tega mora biti stopnja mešanja med padavinsko, ki se odvaja naprej proti čistilni napravi in odpadno vodo v ustreznem razmerju ($M_{so} \geq M_{min}=7$).

Razbremenilniki začnejo delovati, ko je presežen kritični deževni odtok Q_{crit} . Zato moramo, preden dimenzioniramo razbremenilnik, določiti dotok, pri katerem se voda sme prelivati v odvodnik, da je zaščita vodotoka pred onesnaženjem zadostna. Upoštevati moramo, da hkrati z naraščanjem pretoka v kanalskem omrežju navadno narašča tudi pretok v odvodniku. Pri določanju, kdaj razbremenilnik sme začeti delovati, upoštevamo razredčenje in prelivajočo količino onesnaženja (Kolar, 1983). Na Sliki 1 je shematsko prikazan način delovanja razbremenilnika.



Slika 1: Delovanje razbremenilnika (Standard ATV-A 128E:1992, str. 13).

Figure 1: Functional diagram of a stormwater overflow (Standard ATV-A 128E: 1992, p. 13).

Poznamo več vrst razbremenilnikov (Panjan, 2005):

- Razbremenilnike z bočnim in s pravokotnim prelivnim robom.
- Razbremenilnike z delilno ploščo.

Princip delovanja razbremenilnika z bočnim prelivom.

Pri razbremenilnikih z bočnim prelivom se voda preliva bočno (eno- ali dvostransko), pri tem je razbremenilnik s pravokotnim prelivnim robom ekstremni primer bočnega prelivanja. Razbremenilniki so urejeni tako, da odtok v trenutku, ko razbremenilnik začne delovati, že odteka pod tlakom. To dosežemo z vgradnjo dušilnega voda – dušilke. Dušilke so cevne, vrtinčne, zasunske (Panjan, 2005).

Princip delovanja razbremenilnika z delilno ploščo

Razbremenilnik z delilno ploščo odvaja Q_{crit} z odcepom (ponorom), ki je urejen v dnu profila. Odcep je prekrit s kovinsko ploščo, ki se prilega dnu profila, v njej pa je odprtina. Razbremenilnik začne delovati, ko deževni odtok doseže Q_{crit} (Panjan, 2005).

2.4.1.2 Zadrževalni bazeni

Zadrževalni bazeni imajo dvojno funkcijo – zmanjšati količino v razbremenilnikih prelite onesnažene vode v odvodnik, v primeru nesreč pa ukrepati, da v odvodnik odteče čim manjše onesnaženje (Panjan, 2005). V njih zadržimo pretežni del padavinskega dotoka in ga ob zmanjšanju ali prenehanju padavin odvajamo v nadaljnje omrežje s pomočjo ustreznih dušilk tako, da odtok ne presega hidravličnih zmoglosti nižje ležečega kanalizacijskega sistema (Malenier, 2005). Na sistemih za odvodnjavanje so grajeni tik pred izpusti v odvodnik, kjer lahko z zaprtjem izpusta ali preliva onesnaženje zadržimo in odstranimo. Gradimo jih tudi, če čistilna naprava ni sposobna sprejeti obremenitve pri močnem nalivu (Panjan, 2005).

V nadaljevanju opisujemo delovanje različnih tipov deževnih prelivnih bazenov.

2.4.1.2.1 Deževni zadrževalni bazeni

Deževni zadrževalni bazen mora zadržati prvi val onesnaženja, ki se v mešanem kanalizacijskem sistemu pojavi ob nalivu. Gradimo jih na koncu manjših prispevnih območij, kjer so dotočni časi pri kritičnem nalivu krajši (od 15 do 20 minut). Deževni zadrževalni bazen ne vsebuje prelivnega objekta, vso zadržano kapaciteto vala je treba odvesti do čistilne naprave, kjer se mehansko in biološko očisti (Standard ATV-A 128E).

Gradimo jih lahko kot prekrите objekte v betonski izvedbi ali kot odkrite objekte v zemeljski izvedbi. Prekrите zadrževalne bazene v betonski izvedbi praviloma gradimo v urbanih okoljih, v zemeljski obliki pa predvsem večje bazene (za odvodnjavanje padavinskih voda z avtocest) in bazene v ruralnih okoljih (Panjan, 2005).

2.4.1.2.2 Deževni prelivni bazen

Deževne prelivne bazene umeščamo na kanalizacijske sisteme, v katere se odteka padavinska odpadna voda z večjih prispevnih površin, kjer sta dotok in koncentracija onesnažil enakomerna, prvi val onesnaženja pa ni izrazit. Gradimo jih tam, kjer so dotočni časi pri kritičnem nalivu večji od 15 do 20 minut, kadar so gorvodno od bazena zaporedno vezani drugi razbremenilni in zadrževalni objekti in v izjemnih primerih, ko je dotok v bazen večji kot maksimalni možen dušeni odtok (Standard ATV-A 128E).

Deževne prelivne bazene umeščamo v kanalizacijski sistem zato, da dosežemo mehansko čiščenje prelite mešane odpadne vode. Imajo čistilni preliv, preko katerega se (ko je bazen poln) mehansko obdelana mešana odpadna voda preliva v odvodnik (Standard ATV-A 128E).

Pred deževnim prelivnim bazenom je običajno nameščen razbremenilnik visokih vod, ki omejuje maksimalni dotok v deževni prelivni bazen. Dokler se prelivni bazen polni, ima vlogo zadrževalnega, kasneje pa usedalnega bazena s prelivom. Po koncu deževnega dogodka je treba vsebino bazena odvesti do biološke stopnje čiščenja na čistilno napravo (Standard ATV-A 128E).

2.4.1.2.3 Deževni čistilni bazen

Deževne čistilne bazene, ki zadržujejo onesnažen deževni odtok, največkrat uporabimo pri ločenih kanalizacijskih sistemih. Naloga teh bazenov je poleg zmanjšanja maksimalnih padavinskih pretokov proti čistilni napravi tudi mehansko očiščenje meteorne vode in odvod take vode v odvodnik ali na čistilno napravo (prečrpavanje). Bazeni vsebuje čistilni preliv, pred bazenom je nameščen razbremenilnik visokih vod, ki omejuje maksimalne pretoke skozi bazen, s čimer je onemogočeno dviganje usedlin.

2.4.1.2.4 Kombinirani bazeni

Kombinirani bazeni so sestavljeni iz zadrževalnega in prelivnega dela bazena s čistilnim prelivom. Oba dela bazena sta lahko zgrajena drug ob drugem ali eden nad drugim. Ob nalivu se z mešano odpadno

vodo najprej napolni zadrževalni del bazena, ko je ta poln, se začne polniti prelivni del. Ko je poln tudi ta, se mehansko očiščena voda začne prelivati v odvodnik (Standard ATV-A 128E).

Vgradimo jih tam, kjer pričakujemo čistilni val s sosednjih območij z daljšim dotočnim časom in v primeru mejnih velikosti prispevnih območij (Standard ATV-A 128E). Glavna prednost takega bazena je zadrževanje in čiščenje v enem bazenu, glavni slabosti pa veliki investicijski in obratovalni stroški.

Priključevanje deževnih bazenov v kanalizacijski sistem

Deževne bazene lahko priključujemo v kanalizacijsko omrežje na glavnem ali stranskem vodu. Pri deževnih bazenih na glavnem vodu vodimo dušeni pretok mešanih vod na čistilno napravo skozi bazen, pri deževnih bazenih na stranskem vodu pa mimo bazena (Imhof, 1993). Posamezne deževne bazene lahko med seboj vežemo vzporedno ali zaporedno.

2.4.1.3 Princip delovanja predvidenih zadrževalnih bazenov

V nadaljevanju predstavljamo predvidene tipe zadrževalnih bazenov na kanalizacijskem sistemu Kranj; zadrževalni bazen s prelivnim robom za delno očiščene vode (STOSC) na glavnem kanalu (ZB 7), zadrževalni bazen s prelivnim robom za delno očiščene vode (STOSC) na obtočnem kanalu (ZB 1, ZB 2, ZB 3 in ZB 6) ter kanal z zadrževalno sposobnostjo in gorvodnim prelivom (SSCTO) oziroma zadrževalni bazen za zadrževanje prvih nalivov (STRFF) (ZB 11).

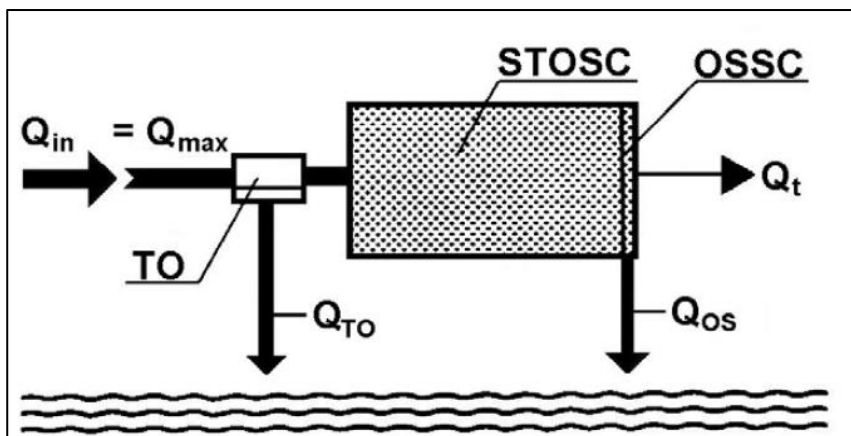
Delovanje obeh zadnjih dveh tipov bazena (SSCTO in STRFF) je enako. Razlika je le v tem, da služi za zadrževanje mešane vode pri bazenih za zadrževanje prvih nalivov armiranobetonska bazenska konstrukcija, pri kanalih z zadrževalno sposobnostjo in prelivom gorvodno pa kar kanalske cevi večjih dimenzij.

V primeru, ko je zadrževalni bazen s prelivnim robom za delno očiščene vode na glavnem vodu, je tok voden na čistilno napravo skozi bazen. Ko pa je bazen na stranskem vodu, je tok proti čistilni napravi voden mimo bazena. V nadaljevanju podrobneje predstavljamo delovanje zadrževalnega bazena s prelivnim robom za delno očiščene vode na obtočnem kanalu (glej Sliko 3).

Princip delovanja bazena s prelivom za delno očiščene vode na obtočnem kanalu (STOSC)

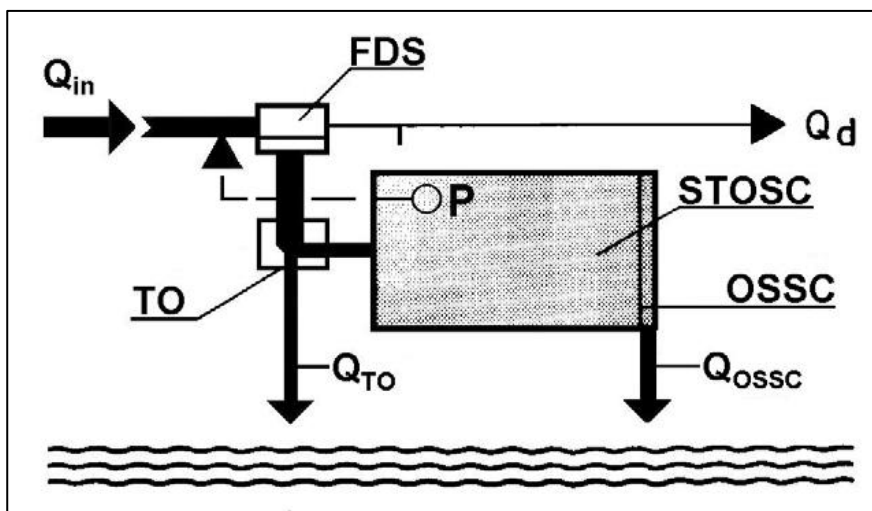
Delilni objekt (FDS) bazena s prelivom za delno očiščene vode na obtočnem kanalu spušča proti čistilni napravi dušeni pretok Q_t , ves preostali pretok pa preusmeri na bazenski preliv (TO). Delitev pretoka mora biti natančna, zato se na delilnem objektu vgradi dušilka z loputo in plovcem, ki zagotavlja konstantni pretok proti čistilni napravi. Iz bazenskega preliva (TO) se vodi preostali pretok ($Q_d - Q_t$) v akumulacijo zadrževalnega bazena. Dokler se zadrževalni bazen za delno očiščene vode ne zapolni, ima funkcijo zadrževalnika, nato pa funkcijo usedalnika. Bazeni ima dodaten preliv (OSSC) na koncu akumulacije, kjer se čez preliva delno očiščena mešana voda, ki se ravno tako vodi v razbremenilni kanal. Bazenski preliv (TO) se lahko aktivira šele, ko se akumulacija zapolni in pretok znaša vsaj Q_{krit} .

Q_t . Razbremenilni kanal mora biti ustreznih dimenzij, da lahko odvaja maksimalni možni dotok od bazena. Po dežju se zajeto onesnaženo vodo kontrolirano spušča nazaj v kanalizacijo, po kateri se jo nato odvede do čistilne naprave. Zato je treba vgraditi ventil na elektromotorni pogon ali črpalko, odvisno od tega, kakšne so dejanske možnosti, oba z možnostjo daljinskega upravljanja.



Slika 2: Zadrževalni bazen s prelivnim robom za delno očiščene vode (STOSC) na glavnem kanalu (Standard ATV-A 128E:1992, str. 17).

Figure 2: Stormwater tank with overflow for settled combined wastewater in main stream (Standard ATV-A 128E:1992, p. 17).



Slika 3: Zadrževalni bazen s prelivnim robom za delno očiščene vode (STOSC) na obtočnem kanalu (Standard ATV-A 128E: 1992, str. 17)

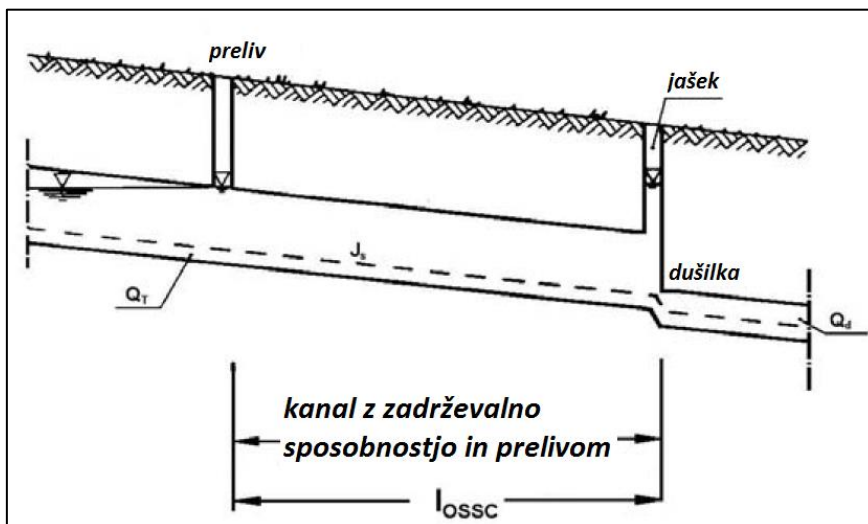
Figure 3: Stormwater tank with overflow for settled combined wastewater in by-pass stream (Standard ATV-A 128E:1992, p. 17).

Za ustrezno delovanje zadrževalnega bazena je treba zagotoviti meritve pretoka in gladine. Za merjenje pretoka se dolvodno od dušilke na kanalski veji, ki vodi proti čistilni, zgradi jašek, v katerem se meri pretok. Opcijsko se lahko takšen jašek za merjenje pretoka zgradi tudi na razbremenilnem kanalu dolvodno od obeh prelivov (preliv pred zadrževalnim bazenom in preliv za delno očiščene vode na koncu akumulacije).

Meritve pretoka in gladine služijo za krmiljenje zadrževalnega bazena. Zadrževalni bazen se pri pretoku, ki presega dušeni pretok proti čistilni napravi, začne samodejno polniti. Ko merilec pretoka hkrati zazna dvoje; da je pretok padel pod določeno vrednost (to vrednost določimo sami in naj znaša okoli 1.5 sušnega pretoka) in da je bazen poln, se sproži praznjenje bazena preko lopute s konstantnim pretokom ali preko črpalke (odvisno od višinskih razmer umestitve zadrževalnega bazena). Skupni pretok skozi dušilko na delilnem objektu in na črpalci ali loputi ne sme presegati vrednosti nominalnega pretoka skozi dušilko. Ko se bazen izprazni, se loputa zapre oz. črpalka preneha s črpanjem.

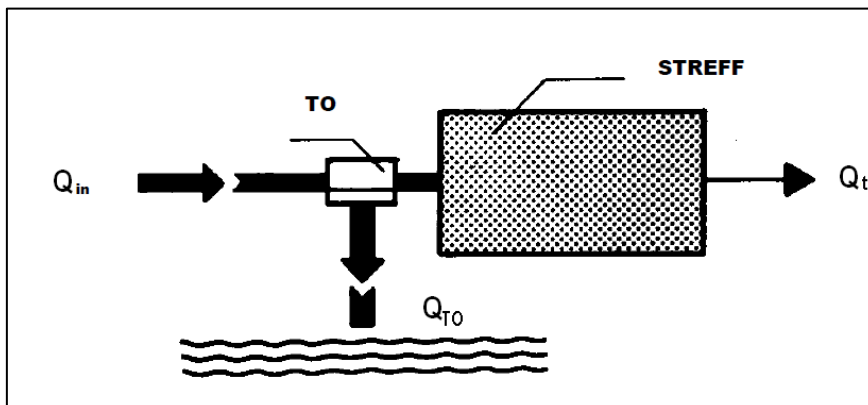
Princip delovanja bazena za zadrževanje prvih nalivov (STRFF) in kanala z zadrževalno sposobnostjo in prelivom gorvodno (SSCTO)

Pri izvedbi kanala z zadrževalno sposobnostjo in prelivom gorvodno se dolvodno od zadrževalnega prostora zgradi jašek z dušilko, ki omejuje pretok proti čistilni napravi. Ko začne pretok naraščati in je dotok v akumulacijo večji od pretoka skozi dušilko, se začne akumulacija polniti.



Slika 4: Kanal z zadrževalno sposobnostjo in gorvodnim prelivom (SSCTO) (Standard ATV-A 128E:1992, str. 15).

Figure 4: Sewer with storage capacity and top overflow (Standard ATV-A 128E:1992, p. 15).



Slika 5: Zadrževalni bazen za zadrževanje prvih nalivov (STRFF) (Standard ATV-A 128E:1992, str. 16).

Figure 5: Stormwater tank retaining the first flush of stormwater in main stream (Standard ATV-A 128E:1992, p. 16).

Ko se akumulacija napolni do vrha, se začne na prelivnem objektu (TO) pred bazenom prelivati višek vode. Ko pade dotok v akumulacijo pod pretok skozi dušilko, se začne bazen samodejno prazniti. Dolvodno od jaška z dušilko zgradimo še dodatni jašek za merjenje pretoka. Merimo tudi gladino vode v akumulaciji. Meritve služijo zgolj za kontrolo in ne vplivajo na delovanje zadrževalnika.

2.4.2 Merilna oprema

Na zadrževalni bazenih je za učinkovito delovanje treba vgraditi merilnike pretoka in merilnike za meritev nivoja v zadrževalnem bazenu. Možnih je več metod merjenja pretoka. Eden od načinov je merjenje pretoka z meritvijo višine vode pred prelivom (npr. Khafagi-Venturi). Pri tem obstaja možnost, da se na prelivu nabirajo nesnage, ki močno vplivajo na točnost meritve zato je potrebno tovrstne merilnike redno pregledovati in vzdrževati.

Meritve so možne tudi z elektromagnetnimi merilniki pretoka. Pomanjkljivost starejših merilnikov je bila v tem, da je morala biti cev stalno popolnoma zalita, tudi pri minimalnih pretokih. Treba je bilo izvesti posebni sifon, kar pa je na kanalizaciji zaradi majhnih padcev redkokdaj možno. Delovanje novejših elektromagnetnih merilnikov pretoka ni več pogojeno s stalno popolnoma zalito cevjo. Cena takih merilnikov je trenutno še bistveno večja.

Vse objekte, ki imajo vgrajeno merilno regulacijsko opremo, je treba s centrom vodenja povezati preko komunikacijskega sistema. Sistem komunikacij in telemetrije se prilagodi obstoječemu sistemu oziroma se zanj odloči investitor. Dobavitelj oziroma izvajalec ni tako pomemben, pomembno je le, da oprema izpolnjuje določene zahteve, ki so potrebne za nemoteno delovanje in nadzor. Opis predvidene merilne opreme je v poglavju 4.2.6.1.2.

2.5 Kratek opis standarda ATV-A 128E

Padavinska odpadna voda s cestišč in javnih parkirišč, na katerih je urejeno točkovno odvodnjavanje se odvaja večinoma v mešan kanalizacijski sistem, kar vpliva na dogajanje na prelivnih objektih v sistemu – razbremenilnikih in zadrževalnih bazenih ter na obremenitev CČN. Za načrtovanje razbremenilnikov in zadrževalnih bazenov v mešanem kanalizacijskem sistemu smo uporabili nemški standard ATV-A 128E, ki služi za dimenzioniranje objektov v mešanem kanalizacijskem sistemu.

Zaradi zahtevnosti upravljanja in finančnih razlogov padavinske odpadne vode, kjer je to mogoče, ne odvajamo v kanalizacijo za odpadno vodo. Za preostali del vode, ki se steka v kanalizacijski sistem, so iz tehničnih in finančnih razlogov na omrežju umeščeni objekti s prelivni. Pri odtoku z utrjenih površin se pojavijo visoke koncentracije onesnažil, ki lahko močno obremenjujejo reke ali jezera. Taki primeri so občasni, a voda, ki se preliva iz kanalizacije v okolje, lahko ob deževnih dogodkih večkratno presega količino onesnažil, ki je na iztoku iz čistilne naprave. Naloga ustreznega tretiranja padavinskih vod je ohranitev ustreznih dotokov na čistilni napravi, ob čemer pa obremenitev rek in jezer s prelito vodo ostaja znotraj sprejemljivih okvirjev. Cilj ustrezne zasnove mešanega kanalizacijskega sistema mora biti

minimiziranje skupne emisije iz čistilne naprave in objektov s prelivni. Če ravnamo s padavinsko odpadno vodo v mešanih kanalizacijskih sistemih skladno s tem standardom, lahko pričakujemo, da je dosežena učinkovita zaščita rek in jezer ter tudi čistilne naprave.

Na količino in koncentracijo na prelivih vplivajo količina padavin, čas pretoka, nakloni, kapaciteta kanalizacije, koncentracije onesnažil, območja z ločenim sistemom za odvod odpadne vode. Zato se vsi ti vplivi upoštevajo pri izračunih v tem standardu.

Tehnična pravila standarda za normalne zahteve temeljijo na predpostavki o emisijah brez upoštevanja lokalnih razmer na rekah in jezerih. Za reke in jezera s posebnim režimom so potrebne prilagoditve posameznim primerom.

Obremenitve rek ali jezer preko objektov s prelivni so določene z različnimi polutanti, njihovimi količinami in koncentracijami ter s pogostostjo in trajanjem prelivanja. Kot nadomestilo za vse te parametre se v standardu uporablja letno onesnaženje s KPK. Kriterij za dimenzioniranje objektov po tem standardu je torej fiktivna letna obremenitev s KPK, ki v dolgem časovnem obdobju prehaja v reke in jezera preko padavinske vode. Sestavljata ga obremenitev, ki jo prispevajo objekti s prelivni in preostala padavinska voda, ki se odvaja v odvodnik preko čistilne naprave.

Po dosedanjih dognanjih znanosti ni mogoče natančno napovedati dejanskih koncentracij polutantov na mešanem sistemu pri posameznih deževnih dogodkih. Za kaj takega je treba upoštevati medsebojni vpliv številnih dejavnikov, ki so preveč kompleksni. Kljub temu pa se da osnovne vplive matematično ovrednotiti tako, da ti ponazarjajo glavne vplive na letno onesnaženje in njihovo tendenco. V tem standardu je to upoštevano z določitvijo povprečnih koncentracij v sušnem in deževnem vremenu.

Definirali so referenčni primer za povprečne razmere v Nemčiji, za katere mora biti zagotovljena določena zadrževalna prostornina. Z zagotovitvijo takšne prostornine je po dosedanjih dognanjih znanosti zagotovljena učinkovita zaščita pred onesnaženjem. Odstopanja od referenčnega primera lahko vodijo v povečanje ali zmanjšanje potrebne zadrževalne prostornine.

Vrednosti parametrov za referenčni primer so:

Povprečna višina letnih padavin	800 mm
Koncentracija KPK v odtoku padavinske vode	107 mg/l
Koncentracija KPK v sušnem pretoku	600 mg/l
Koncentracija KPK padavinske vode na iztoku iz čistilne naprave	70 mg/l

2.6 Uporabljena programska orodja

Vhodne podatke, potrebne za izračun dimenzij predvidenih objektov na kanalizacijskem sistemu, smo pridobili na terenu in z različnih baz podatkov. Podatke o populacijskih enotah smo pridobili s Centralnega registra prebivalstva, podatke o količini padavin z Agencije RS za okolje (ARSO).

Za določitev parametrov prispevnih površin, naklonov, premerov cevi kanalizacijskega sistema in koeficienta propustnosti smo uporabili program AutoCAD in programski modul Kaliopa Desktop 4. Način pridobivanja potrebnih podatkov iz operativnega katastra, DOF-a, digitalnega modela višin in drugih baz podatkov je podrobneje opisan v poglavju 3.2.2.2. Vhodne podatke za izračun količin ter dimenzioniranje razbremenilnikov in zadrževalnih bazenov po standardu ATV-A 128E smo obdelali v programu Excel, ki omogoča hkratno preračunavanje velikih količin podatkov.

Hipotezi smo potrdili s simulacijo dogajanja na obstoječih in novo zasnovanih objektih v času deževnega dogodka s programom SWMM, idejno zasnovo ureditve kanalizacijskega sistema na Kidričevi cesti in križišča na Zlatem Polju smo uporabili program Sewer, ki je namenjen projektiranju kanalizacije.

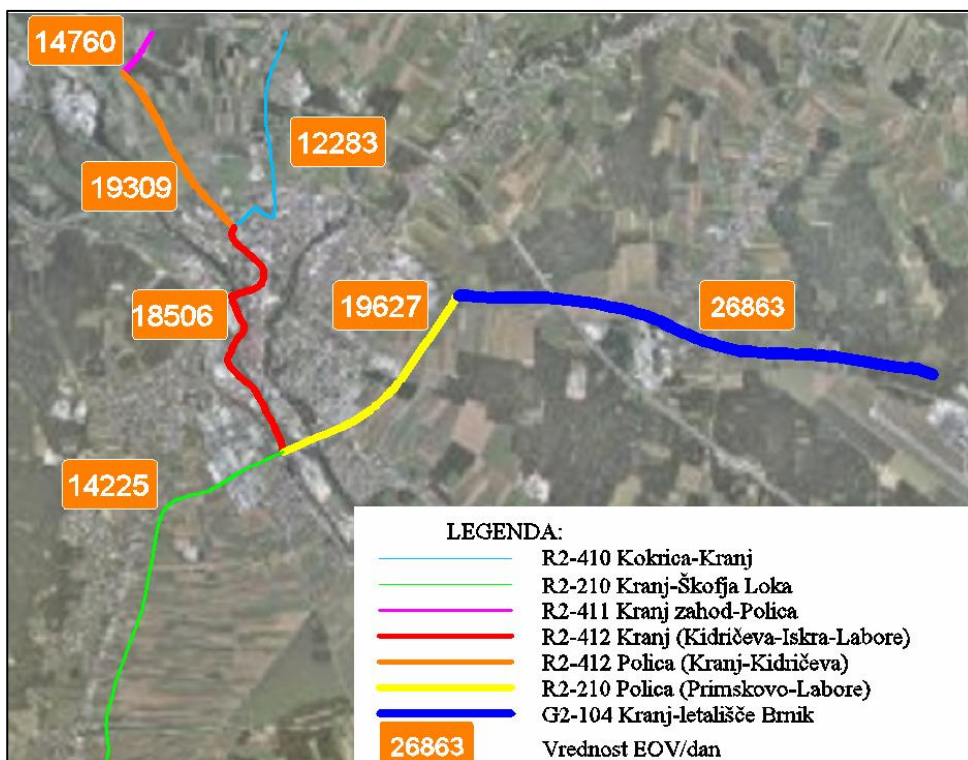
3 ANALIZA RAVNANJA S PADAVINSKO ODPADNO VODO NA OBRAVNAVANEM OBMOČJU

V nalogi smo obravnavali vpliv padavinskih odpadnih voda z javnih cest in parkirišč na kanalizacijsko omrežje, ki se odvaja na CČN Kranj in na okolje. V poglavju 3.1. smo na konkretnem primeru analizirali problematiko odvajanja padavinske odpadne vode z javnih cest in parkirišč na Zlatem Polju. Za ta primer smo v nadaljevanju izdelali idejno tehnično rešitev, ki je opisana v poglavju 4.1. V poglavju 3.2. in pripadajočih podpoglavjih smo analizirali problematiko hidravlične preobremenitve na obstoječem kanalizacijskem sistemu Kranj in pripravili vhodne podatke za preureditev obstoječih objektov. Preureditev obstoječega omrežja in objektov na njem je prikazana v poglavju 4.2.

3.1 Analiza odvajanja padavinske odpadne vode z javnih cest in parkirišč na Zlatem Polju

Terenski ogledi kanalizacijskega omrežja, pregledi katastra gospodarske javne infrastrukture in pogovori z izvajalcem javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode, ki se odvajajo v obravnavano javno kanalizacijo, so potrdili domneve, da se trenutno večina padavinske odpadne vode z javnih cest in večine javnih parkirišč odvaja v mešani sistem kanalizacije.

Po Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest mora biti na cestah, kjer EO/dan presega vrednost 12.000, urejeno točkovno odvodnjavanje z zadrževanjem. Preverili smo, na katerih cestah na obravnavanem območju dnevni povprečni pretok motornih vozil presega to vrednost. Na spodnji sliki so cestni odseki označeni z različno debelimi črtami. Bolj obremenjeni odseki so prikazani z bolj debelo črto. Podrobnejši podatki o cestnih odsekih (tudi obremenitve EO/dan) so prikazani v prilogi A. Ugotovili smo, da noben cestni odsek ni urejen v skladu z veljavnimi predpisi.



Slika 6: Prikaz vrednosti EOV/dan (osebni arhiv).

Figure 6: Passenger car equivalent per day values (personal archive).

S terenskimi ogledi javnih parkirišč smo ugotovili, da se padavinska odpadna voda z večine parkirišč odteka v javno kanalizacijo, z nekaterih pa se voda razpršeno ponika v okolico.

Na spodnji sliki je prikazano odvajanje padavinske odpadne vode s parkirišča na Likozarjevi cesti v Kranju v mešan kanal. Odvodnjavanje z ostalih parkirišč je urejeno na enak ali podoben način. Seznam javnih parkirišč z obravnavanega območja, ki so večja od 1000 m², je v prilogi B.



Slika 7: Način odvodnjavanja z javnega parkirišča na Lizkozarjevi ulici v Kranju (osebni arhiv).

Figure 7: Rainwater Run-off from the public parking at Likozarjeva street in Kranj (personal archive).

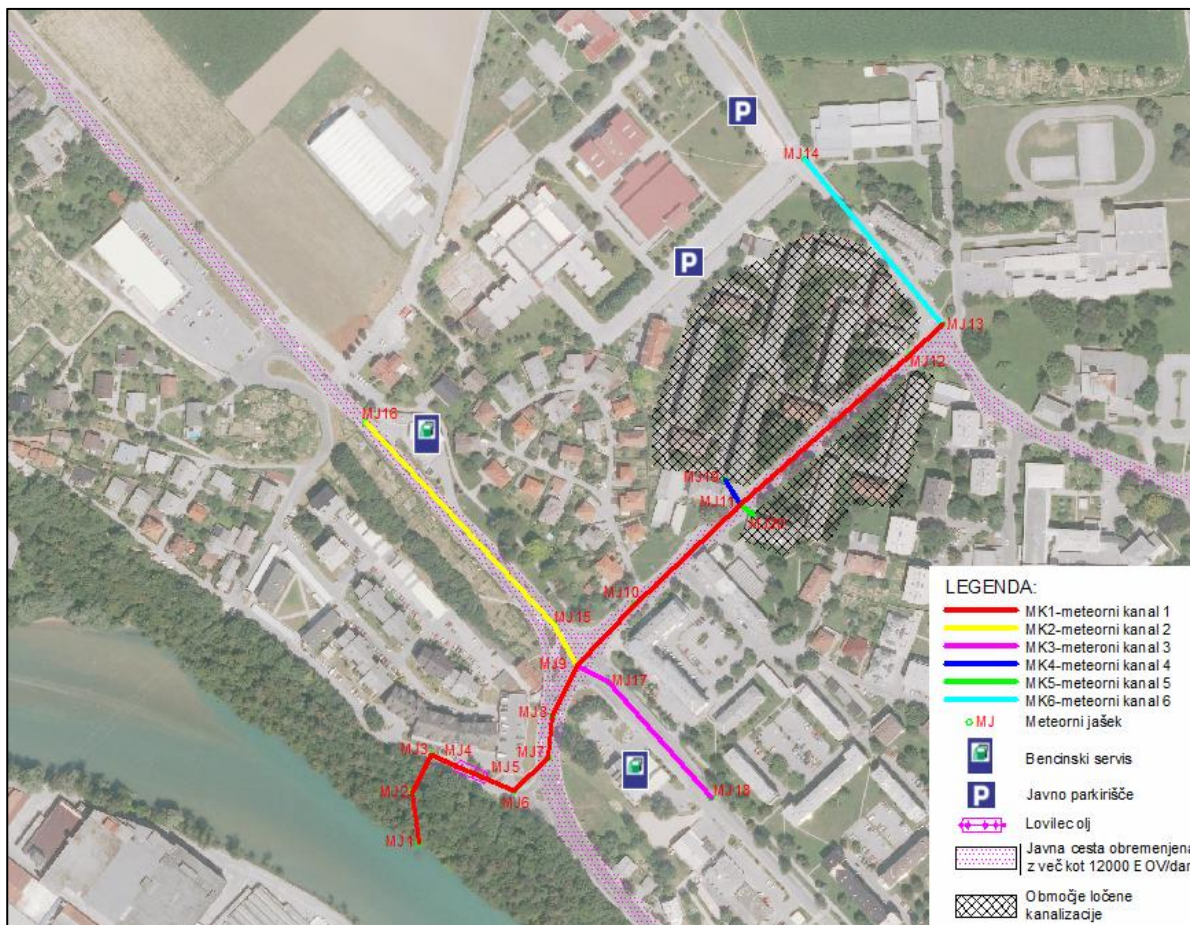
Pregledali smo tudi ureditev odvodnjavanja površin bencinskih servisov na obravnavanem območju. Ugotovili smo, da sedem bencinskih servisov padavinsko odpadno vodo ponika na lokaciji, ostali so priključeni na mešan kanalizacijski sistem, kar prikazuje spodnja preglednica.

Preglednica 2: Prikaz načina odvodnjavanja površin bencinskih servisov.

Table 2: Rainwater Run-off from the gas station surface.

Bencinski servis	Naslov	Ponikanje
BS OMV	Cesta Staneta Žagarja 53c	da
BS Petrol	Ljubljanska cesta 23	da
BS Petrol	Cesta Staneta Žagarja 53b	ne
BS Petrol	Cesta Staneta Žagarja 58b	ne
BS Petrol	Cesta Staneta Žagarja 65	da
BS Petrol	Koroška cesta 18a	ne
BS Petrol	Koroška cesta 53b	ne
BS Petrol	Kranjska cesta 4	da
BS Petrol	Poslovna cona A 1	da
BS Hofer	Šuceva ulica 23	da
BS Maxen Mercator	Cesta Staneta Žagarja 69	da

Tudi na izbranem območju – Zlato polje (Slika 8), se trenutno večina padavinskih odpadnih vod z utrjenih površin, v sklopu javnih cest in parkirišč, zbira preko točkovnih odtočnikov, cestnih požiralnikov z vtokom pod robnikom ter požiralnikov z litoželezno rešetko, ter odvajajo v mešan kanal na Kidričevi cesti, ki je povezan z razbremenilnikom RA 12. Nanj se priključujeta tudi mešana kanala ki odvajata padavinske odpadne vode z bližnjih bencinskih servisov (Koroška cesta 18a in Koroška cesta 53b) . Slednja imata manipulativne površine in pretakalni ploščadi, ki sta nadkriti in zasnovani v obliki lovilne posode, speljane v lovilec olj, ki je priključen na mešan kanal. Odpadne padavinske vode s parkirišča ob Fakulteti za organizacijske vede v Kranju se tudi odvajajo v mešan kanal, ki je priključen na deževni zadrževalni bazen ZB 11.

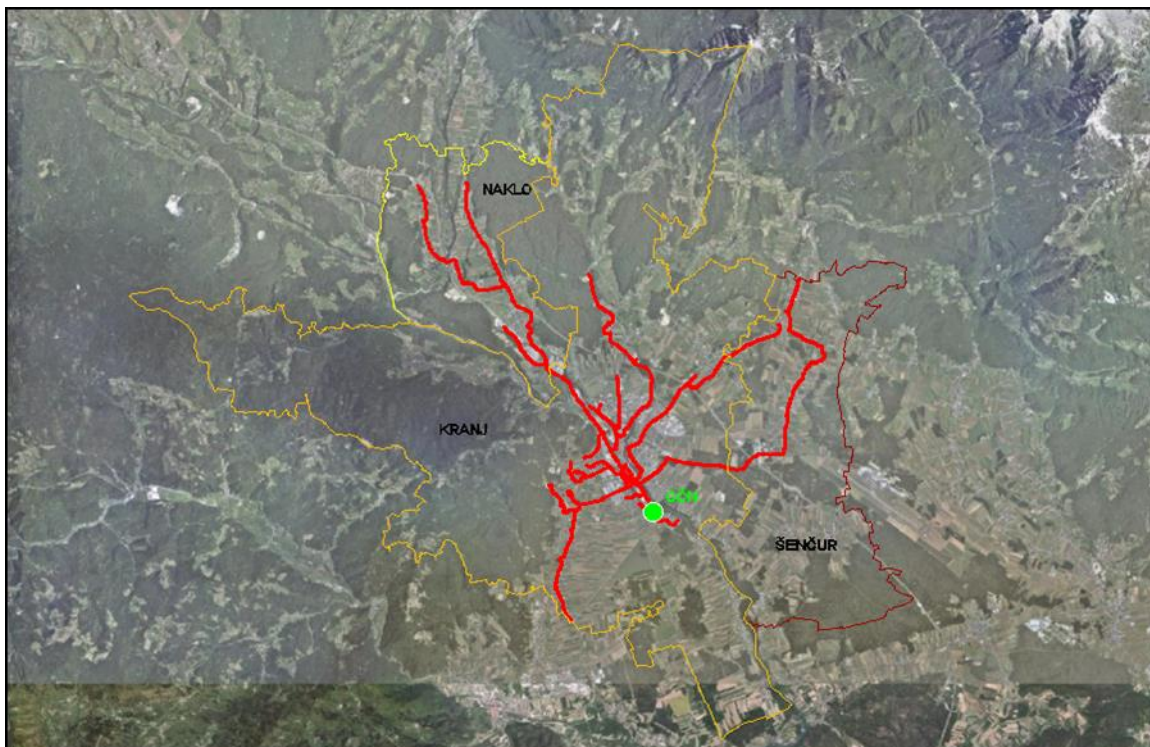


Slika 8: Tehnične rešitve za upravljanje padavinske odpadne vode na Zlatem Polju (osebni arhiv).

Figure 8: Technical solutions for stormwater management for the Zlato Polje – Kranj area (personal archive).

3.2. Analiza hidravlične obremenitve kanalizacijskega sistema Kranj

Kanalizacijski sistem na območju Mestne občine Kranj (MO Kranj) služi za odvodnjavanje komunalne odpadne in delno padavinske vode s poseljenih delov MO Kranj, hkrati pa sprejme in odvaja še odpadno vodo iz sosednjih občin Šenčur in Naklo. Centralna čistilna naprava v Kranju sprejme skupno komunalno vodo iz vseh treh občin. Prečiščena voda se iz CCN Kranj odvaja v reko Savo, ki teče mimo v neposredni bližini. Na Sliki 9 je prikazana pregledna situacija kanalizacijskega sistema, ki gravitira na CCN Kranj.



Slika 9: Prikaz obstoječega kanalizacijskega sistema Kranj (osebni arhiv).

Figure 9: The current sewage system of Kranj (personal archive).

3.2.1 Kanalizacijski sistem Kranj

V CCN Kranj vodi iz območij v Mestni občini Kranj, občini Naklo in občini Šenčur 293.270 metrov kanalizacijskega omrežja. Podatki, prikazani v spodnjih tabelah in na grafikonih, so pridobljeni iz operativnega katastra kanalizacije, ki ga vodi Komunala Kranj, javno podjetje, d.o.o. Od leta 2011 se je obseg kanalizacijskega omrežja v sklopu občinskih in evropskih investicij na obravnavanem območju občutno povečal.

Novozgrajeno kanalizacijsko omrežje je skoraj izključno ločenega tipa. Od leta 2011 do danes so v okviru projekta GORKI (Odvajanje in čiščenje komunalnih odpadnih voda v porečju Zgornje Save in na območju Kranjskega in Sorškega polja) in drugih projektov na obravnavanem območju zgradili približno 87 kilometrov novega kanalizacijskega omrežja. Razmerje med dolžino mešanega in ločenega tipa kanalizacije se je zelo spremenilo. Dolžine po posameznih tipih so navedene v spodnjih preglednicah (Preglednica 3 in Preglednica 4), razmerje pa prikazujeta Grafikon 1 in Grafikon 2. Leta 2011 je mešano kanalizacijsko omrežje predstavljalo 60 odstotkov omrežja, letos se je delež le-tega zmanjšal na eno tretjino, hkrati pa se je povečal delež ločenega, tj. fekalnega in meteornege sistema.

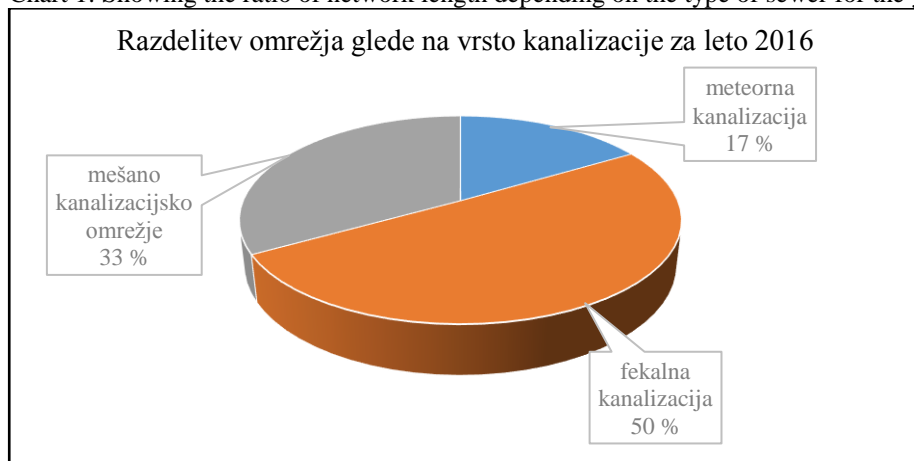
Preglednica 3: Prikaz dolžin omrežja glede na vrsto kanalizacije za leto 2016.

Table 3: Lengths of the network depending on the type of sewer for the year 2016.

Občina/vrsta kanalizacije	Meteorana (m)	Fekalna (m)	Mešana (m)	Skupaj (m)
Kranj	41.481	81.322	86.724	209.527
Naklo	1.755	24.325	8.000	34.080
Šenčur	5.161	42.155	2.347	49.663
Skupaj	48.397	147.802	97.071	293.270

Grafikon 1: Prikaz razmerja dolžin omrežja glede na vrsto kanalizacije za leto 2016.

Chart 1: Showing the ratio of network length depending on the type of sewer for the year 2016.



Preglednica 4: Prikaz dolžin omrežja glede na vrsto kanalizacije za leto 2011.

Table 4: Lengths of the network depending on the type of sewer for the year 2011.

Občina/vrsta kanalizacije	Meteorna (m)	Fekalna (m)	Mešana (m)	Skupaj (m)
Kranj	16.178	32.189	104.528	152.895
Naklo	800	10.331	11.781	22.912
Šenčur	3.962	19.977	7.001	30.940
Skupaj	20.940	62.497	123.310	206.747

Grafikon 2: Prikaz razmerja dolžin omrežja glede na vrsto kanalizacije za leto 2011.

Chart 2: Showing the ratio of network length depending on the type of sewer for the year 2011.



Razmerje dolžin omrežja glede na distribucijo se v tem obdobju ni veliko spremenilo in ostaja podobno kot leta 2011. Dolžine obeh tipov distribucije so navedene v spodnjih dveh preglednicah (Preglednica 5 in Preglednica 6), razmerje med dolžino obeh tipov pa prikazujeta Grafikon 3 in Grafikon 4. Delež primarnega omrežja se je na račun zmanjšanja sekundarnega omrežja povečal za štiri odstotke, in zdaj predstavlja približno petino celotnega kanalizacijskega omrežja.

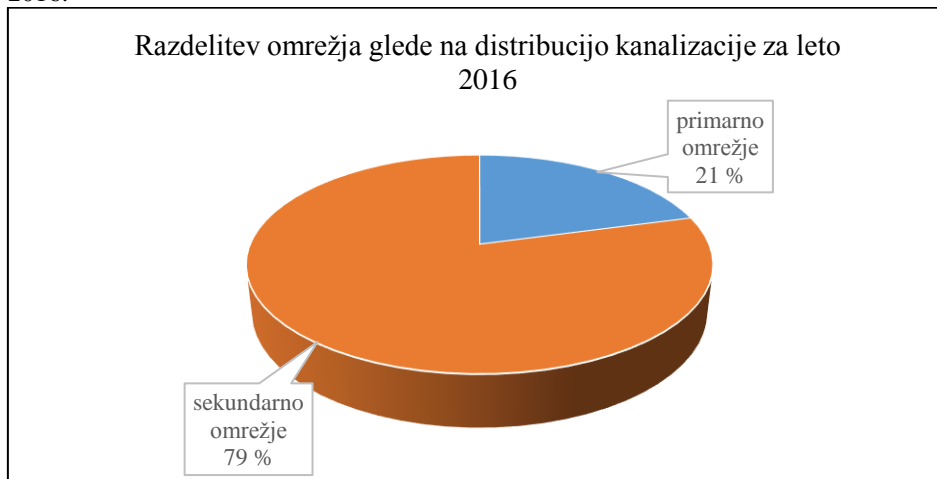
Preglednica 5: Prikaz dolžin omrežja glede na distribucijo kanalizacije za leto 2016.

Table 5: Length of the network regarding the distribution of the sewage system for the year 2016.

Občina/distribucija	Primarno omrežje (m)	Sekundarno omrežje (m)	Skupaj (m)
Kranj	36.634	172.828	209.462
Naklo	12.206	21.874	34.080
Šenčur	11.759	37.969	49.728
Skupaj	60.599	232.671	293.270

Grafikon 3: Prikaz razmerja dolžin omrežja glede na distribucijo kanalizacije za leto 2016.

Chart 3: Showing the ratio of the lengths of the network regarding on distribution of sewage network for the year 2016.



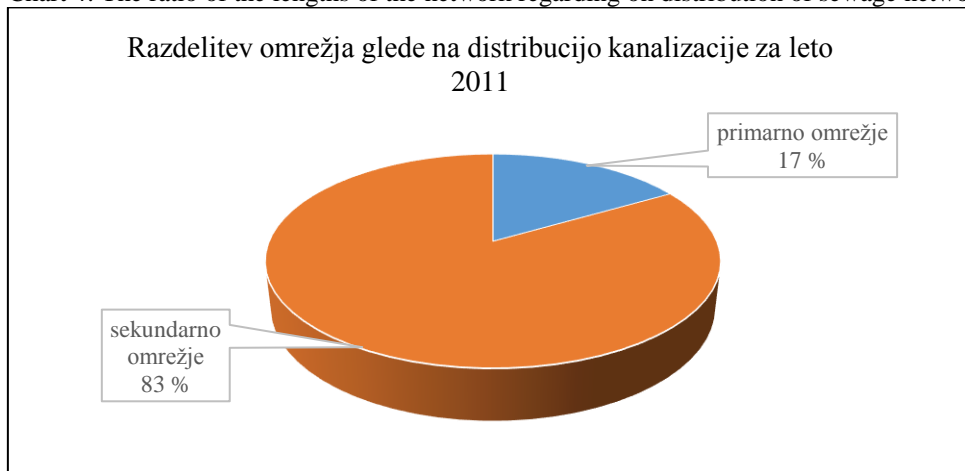
Preglednica 6: Prikaz dolžin omrežja glede na distribucijo kanalizacije za leto 2011.

Table 6: Length of the network regarding the distribution of the sewage system for the year 2011.

Občina/distribucija	Primarno omrežje (m)	Sekundarno omrežje (m)	Skupaj (m)
Kranj	24.387	128.508	152.895
Naklo	5.304	17.608	22.912
Šenčur	4.715	26.225	30.940
Skupaj	34.406	172.341	206.747

Grafikon 4: Prikaz razmerja dolžin omrežja glede na distribucijo kanalizacije za leto 2011.

Chart 4: The ratio of the lengths of the network regarding on distribution of sewage network for the year 2011.



Z graditvijo novega kanalizacijskega omrežja v okviru projekta GORKI se je v primerjavi z letom 2011 občutno spremenilo tudi razmerje med deležem vgrajenih materialov kanalizacijskih cevi. Predvsem se je zmanjšal delež betonskih cevi in povečal delež cevi iz PVC-ja. Za nekaj odstotkov se je zmanjšal delež polietilenskih in poliestrskih cevi. Dolžine materialov cevi kanalizacijskega omrežja so navedene v Preglednici 7 in Preglednici 8, razmerja med dolžino cevi posameznih materialov pa so prikazana na Grafikonu 5 in Grafikonu 6.

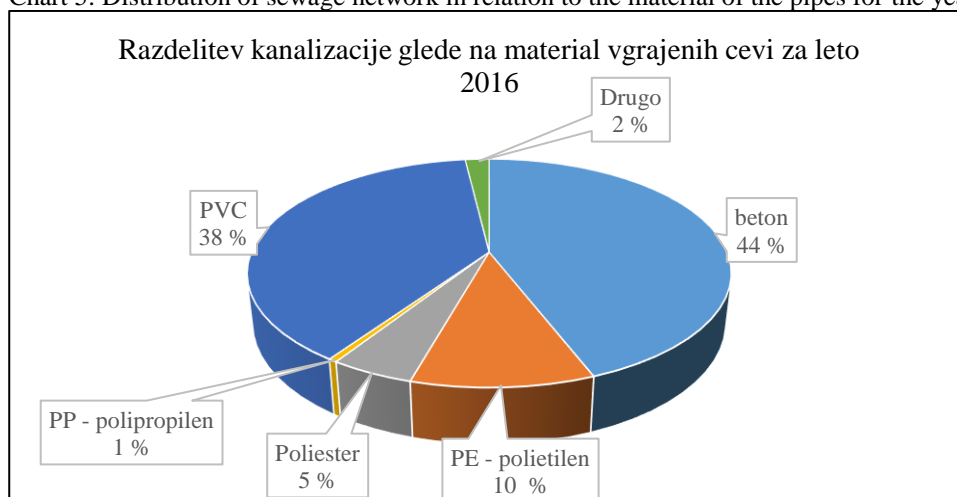
Preglednica 7: Prikaz dolžin omrežja glede na material cevi za leto 2016.

Table 7: Length of the network in relation to the material of the pipes for the year 2016.

Občina/dolžina po materialih	Beton (m)	PE polietilen (m)	Poliester (m)	PP polipropilen (m)	PVC (m)	Drugo (m)	Skupaj (m)
Kranj	95.272	22.290	10.245	1.065	83.134	4.120	209.462
Naklo	11.017	5.034	2.220	650	13.632	390	34.080
Šenčur	12.001	2.063	1.881	620	27.023	613	49.728
Skupaj	118.290	29.387	14.346	2.335	123.789	5.123	293.270

Grafikon 5: Razdelitev kanalizacijskega omrežja glede na material cevi za leto 2016.

Chart 5: Distribution of sewage network in relation to the material of the pipes for the year 2016.



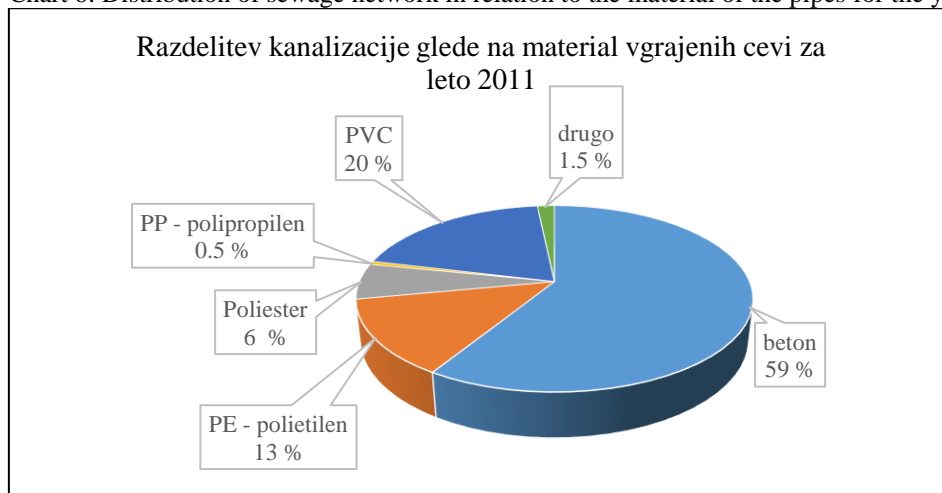
Preglednica 8: Prikaz dolžin omrežja glede na material cevi za leto 2011.

Table 8: Length of the network in relation to the material of the pipes for the year 2011.

Občina/dolžina po materialih	Beton (m)	PE polietilen (m)	Poliester (m)	PP polipropilen (m)	PVC (m)	Drugo (m)	Skupaj (m)
Kranj	96.723	21.655	10.234	918	32.220	2.719	152.895
Naklo	11.234	4.870	2.330	512	3.891	547	22.912
Šenčur	12.024	2.355	1.925	671	1.113	806	30.940
Skupaj	119.981	28.880	14.489	2.101	37.224	4.072	206.747

Grafikon 6: Razdelitev kanalizacijskega omrežja glede na material cevi za leto 2011.

Chart 6: Distribution of sewage network in relation to the material of the pipes for the year 2011.



3.2.1.1 Pregled obstoječega stanja kanalizacijskega sistema

Kanalizacijski sistem, vezan na centralno čistilno napravo Kranj, je prikazan v grafični prilogi C, kjer so kanali označeni glede na vrsto kanalizacijskega sistema. Obstoječ sistem je sestavljen iz dveh tretjin ločenega sistema kanalizacije, kjer se odpadna voda odvaja proti ČČN Kranj, padavinska odpadna voda pa v najbližji primeren odvodnik in ene tretjine mešanega sistema kanalizacije, ki v istih kanalskih ceveh odvaja tako odpadno kot padavinsko vodo in ju skupaj vodi proti čistilni napravi. V sušnem vremenu se po mešanem sistemu kanalizacije odvaja samo odpadna voda, t. i. sušni odtok, v deževnem vremenu pa se pretok večkratno poveča zaradi dotoka padavinske vode.

Glavne osi sistema so opredeljene kot primarni kanali. Nanje se priključujejo številni sekundarni kanali. Priključki za odpadne vode in požiralniki za padavinsko vodo so priključeni večinoma na sekundarno omrežje in le v manjši meri ali pa sploh ne na primarne kanale. Primarni kanali se smatrajo kot ločen kanalizacijski sistem, dokler se nanje priključujejo sekundarni kanali z ločenim sistemom. Od mesta, kjer se na primarni kanal prikljopi sekundarni kanal z mešanim kanalizacijskim sistemom (gledano v smeri odvodnjavanja) pa se primarni kanal smatra kot mešan kanalizacijski sistem.

Osnovni transportni kanal (ZB 7 – ZB 5 – ČN) poteka v smeri severozahod – jugovzhod od Zgornjih Dupelj v občini Naklo proti centralni čistilni napravi, ki je locirana med Savsko Loko in Drulovko na desnem bregu reke Save. Na osnovni kanal se z levega in desnega brega Save priključuje več kanalizacijskih vej. Tik pred čistilno napravo se na glavni kanal priključi kanal (preko RA 23), ki odvaja odpadno in meteorno vodo z območja Drulovke in Orehka. Približno 500 m severneje se pri podjetju Dinos z zahoda priključi kanalizacijska veja (preko RA 5), ki odvaja vodo z območja Drolčevega naselja in tovarne Iskra. Še dodatnih 450 m severneje pri tovarni Planika se na osnovni kanal priključujeta kanala z levega in desnega brega Save. Kanal z desnega brega (preko ZB 3) odvaja vodo iz manjšega naselja ob Poti v Bitnje in novega naselja na skrajnem jugozahodnem območju Stražišča.

Preko zadrževalnega bazena ZB 3 se odvaja tudi odpadna voda s celotnega jugozahodnega dela območja z naselij Zgornje Bitnje, Srednje Bitnje in Spodnje Bitnje, kjer je bil v okviru projekta GORKI v letih od 2013 do 2015 v celoti zgrajen ločen sistem. Kanal z levega brega razveja gorvodno na dve transportni veji. Ena veja odvaja vodo z območja Planine, Klanca, Primskovega, Gorenja, Britofa, Vog, Milj in dela naselja Visoko pri Kranju (preko ZB 1). Gorvodno sta na transportni dotočni kanal ZB 1 priključena razbremenilnika RA 2 in RA 6. Druga veja pa odvaja vodo iz trgovskega centra na vhodu v Kranj iz vzhodne smeri ter območje Šenčurja (preko ZB 6). Približno 500 m severneje pri tovarni Sava Kranj se na glavni kanal priključuje kanalska veja (preko RA 8), ki odvaja vodo z območja Stražišča in okolice tovarne Sava Kranj.

Približno 760 m višje proti severu se nasproti starega mestnega jedra z levega brega priključuje veja, ki odvaja vodo iz območja Kranja, ki leži med rekama Savo in Kokro. Na slednjo se priključujeta zadrževalni bazen ZB 2 in ZB 11 ter razbremenilniki RA 15, RA 13 in RA 12. Gorvodno od zadrževalnega bazena ZB 2 se nahajajo še razbremenilniki RA 1, RA 3, RA 17, RA 18, RA 7 in RA 25.

Še dodatnih cca. 550 m severneje se na glavni kanal (preko RA 26) priključuje Šiškovsko naselje. Osnovni transportni kanal je gorvodno še dvakrat razbremenjen, najprej na zadrževalnem bazenu pri Struževem (ZB 5), nato pa še pri tovarni Exoterm (ZB 7). Shematski prikaz obstoječega omrežja je prikazan v prilogi D (predvidenega, ki ga opisujemo kasneje, pa v prilogi E).

3.2.1.2 Objekti na kanalizacijskem sistemu Kranj

Na kanalizacijskem sistemu so umeščeni številni objekti za razbremenjevanje omrežja ob deževnem vremenu (21 razbremenilnikov in 7 zadrževalnih bazenov). Del mešane odpadne in padavinske vode se odvaja proti čistilni napravi, preostanek pa se razbremenjuje. Na razbremenilnikih se prelite vode odvajajo neposredno v odvodnik. Na zadrževalnih bazenih pa se višek vode najprej preusmeri v zadrževalnik in šele ko se ta napolni, se začne prelivati v odvodnik. Po končanem deževju se nato vodo, »ujeto« v zadrževalniku, spusti po kanalskem omrežju naprej proti čistilni napravi. Obseg kanalizacijskega omrežja se, kot smo opisali v poglavju 3.2.1, povečuje, objekti pa ostajajo isti in enaki, zato so vedno bolj obremenjeni in manj učinkoviti. Glavne značilnosti obstoječih razbremenilnikov so prikazane v Preglednici 9, zadrževalnih bazenov pa v Preglednici 10.

Preglednica 9: Seznam obstoječih razbremenilnikov na sistemu.

Table 9: List of current overflows in the system.

Oznaka	lokacija	Način razbremenjevanja	Leto	Odvodnik	Dimenzije (m)
RA 1	za Prešernovim gajem	dušilka DN 300	1993	Kokra	3·2
RA 2	pri Blažunu	dušilka DN 400	1999	Kokra	3·2
RA 3	Gregorčičeva ulica	dušilka DN 400	1993	Kokra	4·2
RA 5	podjetje Dinos (Iskra -Labore)	dušilka DN 400	1995	Sava	Φ2

RA 6	Likozarjeva ulica	dušilka DN 400	1989	Kokra	3·2
RA 7	avtocesta (Rupa)	dušilka DN 300	2001	Rupovščica	Φ1
RA 8	Savska loka (Stražišče)	dušilka DN 800 z vertikalno zaporo	1989	Sava	5·3
RA 9	Pot v Bitnje	delilna plošča	1999	Jarek ob Poti v Bitnje	2·2
RA 10'	podjetje Dinos (Naklo)	dušilka DN 300	1988	Dupeljščica	Φ1,2
RA 12	Kidričeva cesta	dušilka DN 400	1989	Sava	Φ1,2
RA 13	pod JV obvoznico	dušilka DN 400	1998	Sava	Φ1
RA 15	Vodopivčeva u. (mestno jedro)	dušilka DN 300	2010	Sava	3·2
RA 16	Sejmišče	dušilka DN 300	1981	Sava	Φ1
RA 17	Kokrški most	dušilka DN 400	1993	Kokra	3·2
RA 18	letno kopališče	delilna plošča	1984	Kokra	3·2
RA 19	Stražiška ulica	dušilka DN 300	1978	meteorni kanal - Sava	Φ1
RA 20	Ješetova ulica	dušilka DN 200	1982	Žabnica	Φ1
RA 23	Zarica (Drulovka)	delilna plošča	1989	Sava	5·3
RA 25	Mlaka	dušilka DN 200	2006	Rupovščica	3·2
RA 26	Gorenjesavska cesta (Aguasava)	dušilka DN 200	2008	Sava	Φ1
RA 27	Škofjeloška c. - Tehtnica	dušilka DN 200	1998	Sava	Φ1

Preglednica 10: Seznam obstoječih zadrževalnikov.
Table 10: List of current retention tanks.

Oznaka	lokacija	Način razbremenjevanja	Leto	Odvodnik	Dimenzije
ZB 1 (RA 4)	pri tovarni Zvezda GZ-1	dušilka 400 z vertikalno loputo	1986	Sava	6·50·2,3 m (V=690 m ³)
ZB 5* (RA 10)	Struževo (GZ-7)	dušilka DN 400	1983	Sava	5·16·4 m (V=240m ³)
ZB 11* (RA 11)	Zlato polje	dušilka DN 300	1979	Sava	Φ1,4·110 m (V=120 m ³)
ZB 2 (RA 14)	Stara cesta GZ-3	dušilka DN 200	2009	Sava	2·105·2,4 m (V=378 m ³)
ZB 3 (RA 21)	tovarna Planika (Labore)	dušilka DN 200	2008	Sava	5·12·5 m (V=180 m ³)
ZB 6 (RA 22)	vzhodna obvoznica	dušilka DN 400	1985	Sava	5·12·3 m (V=180 m ³)
ZB 7 (RA 28)	Exoterm	dušilka DN 250	1983	Dupeljščica	22·5·2,4 m (V=264 m ³)

Opombe:

- Poleg oznake bazena je v oklepaju pripisana oznaka razbremenilnika, čeprav gre za enoten sklop. V pregledni situaciji (priloga C) so označeni razbremenilniki in zbiralni bazeni. V shemi obstoječega stanja (priloga D) pa so objekti označeni z indeksom, enakim številki objekta.

- Prostornina bazena je določena na podlagi gladine in ne višine bazena.
- Bazeni označeni z * so zgrajeni, vendar imajo zgolj funkcijo razbremenilnikov, ne pa tudi zadrževalnikov.

V nadaljevanju so prikazane fotografije nekaterih obstoječih zadrževalnih bazenov, pod njimi je kratek komentar glede ureditve objektov.



Slika 10: Razbremenilni objekt na ZB 11 (osebni arhiv).
Figure 10: Stormwater overflow – ZB 11 (personal archive).

Zadrževalni bazen ZB 11 so naknadno zazidali, tako da je dušen vtok v zadrževalnik, ne iztok. Tako se vode razbremenjujejo pred akumulacijo in ima zadrževalnik zgolj funkcijo razbremenilnika. Razlog za takšen ukrep je bilo nedelovanje dušenja s fiksnim zasunom na koncu zadrževalnika.



Slika 11: Zadrževalni bazen ZB 7 (osebni arhiv).
Figure 11: Stormwater tank ZB 7 (personal archive).

Zadrževalnik ZB 7 ima dotočno cev velikih dimenzij DN 1400 mm in iztočno cev – dušilko DN 250 mm dolžine 40 m. Bazen se ob dežju začne polniti. Voda odteka naprej skozi dušilko, ko se napolni pa še čez prelivni žleb na začetku objekta. Z naraščanjem gladine se povečuje tudi pretok skozi dušilko. Takšna dušilka ima izredno slabo delilno ostrino. Pretok na začetku polnjenja bazena je tudi do 5-krat manjši kot na koncu, ko je bazen že napolnjen.



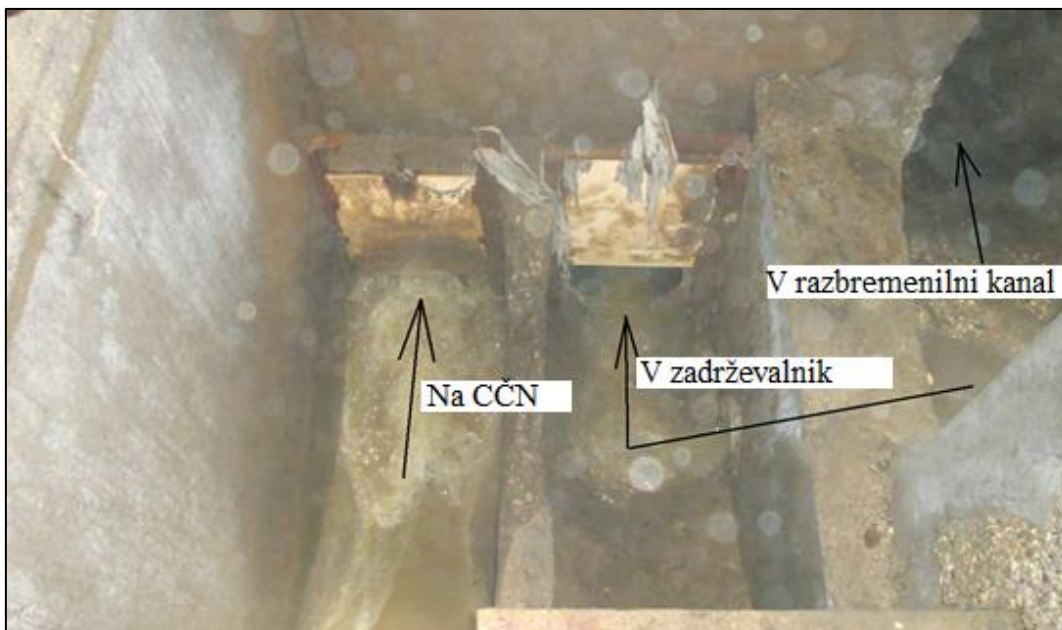
Slika 12: Razbremenilnik z delilno ploščo – RA 23 (osebni arhiv).
Figure 12: Stormwater overflow with separator plate – RA 23 (personal archive).

Dušilka z delilno ploščo, nameščena v razbremenilniku RA 23, ima srednje visoko delilno ostrino. Pozitivna lastnost take dušilke je zanesljivost oz. neobčutljivost na mašenje. Pomanjkljivost tega tipa dušilke pa je, da se pri intenzivnem deževju močno onesnažen prvi val preлива neovirano v odvodnik. Na splošno je zaščita odvodnika s tovrstnim tipom razbremenilnika slaba.



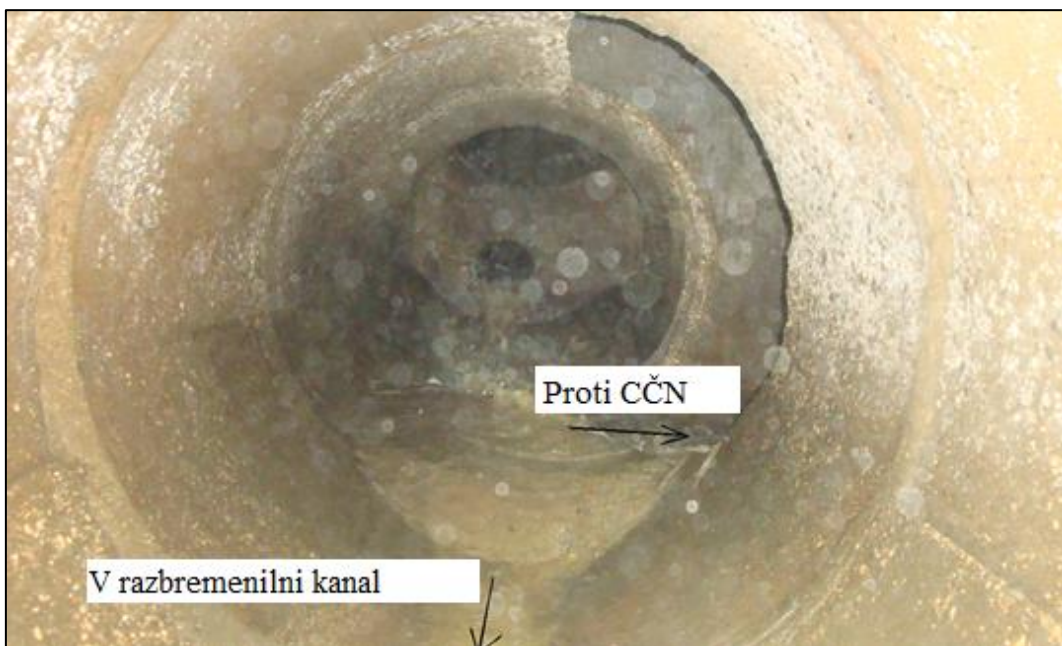
Slika 13: Razbremenilnik s prelivnim robom brez potopne stene – RA 5 (osebni arhiv).
Figure 13: Stormwater overflow without weir – RA 5 (personal archive).

Razbremenilnik RA 5 ima nizek čelni prelivni rob brez potopne stene. Na sliki se dobro vidi, da se bi že pri manjšem deževju preko prelivnega roba začela prelivati močno onesnažena mešanica padavinske in odpadne vode.



Slika 14: Razbremenilnik deževnih vod in razbremenilnik visokih vod pred zadrževalnim bazenom ZB 1 (osebni arhiv).

Figure 14: Flow dividing structure and tank overflow before stormwater tank ZB 1 (personal archive).



Slika 15: Naknadno izvedeni prelivni rob gorvodno od razbremenilnega objekta ZB 1 (osebni arhiv).

Figure 15: Subsequently built overflow edge upstream of the stormwater tank ZB 1 (personal archive).

Prelivni rob razbremenilnega objekta pred ZB 1 je narejen kar z muldo, tako da se že sušni pretok deloma prelija v razbremenilni kanal. V razbremenilnem kanalu je izvedena dodatna mulda, ki preusmerja prelite vode v začetku proti zadrževalnemu bazenu, kasneje pa se začnejo razbremenjevati v razbremenilni kanal. Jasno je vidno, da že pri sušnem pretoku voda odteka proti zadrževalniku. Če bi dotok še rahlo narastel, bi voda odtekala neposredno v odvodnik.



Slika 16: Pogled na neaktivni zadrževalni bazen ZB 5 (osebni arhiv).
Figure 16: View of the inactive stormwater tank ZB 5 (personal archive).

Zadrževalni bazen ZB 5 je že izveden in ima urejeno tudi okolico, vendar ni v funkciji, kar se vidi s spodnjih dveh slik (Slika 17 in Slika 18). Vtok v zadrževalni bazen je preprečen, tako da se pri povišanem pretoku voda razbremenjuje neposredno v razbremenilni kanal. Preliv v razbremenilni kanal je izveden preko mulde, ki je postavljena čelno na smer toka in brez potopne stene, tako da se razbremenjuje zelo onesnažena voda.



Slika 17: Razbremenilnik pred ZB 5 – pogled na blindiran vtok v zadrževalnik (osebni arhiv).
Figure 17: Stormwater overflow before ZB 5 – view at the closed inflow into the stormwater tank (personal archive).



Slika 18: Razbremenilnik pred ZB 5 – pogled na cevno dušilko in razbremenilni kanal (osebni arhiv).
Figure 18: Stormwater overflow before ZB 5 (personal archive).

3.2.1.3 Nova čistilna naprava Kranj

Leta 2015 je bila v Kranju zgrajena nova centralna čistilna naprava, ki je zamenjala staro, tehnološko neustrezno čistilno napravo, ki ni več omogočala čiščenja vode v skladu z zakonskimi zahtevami. Kljub povečani zmogljivosti nove naprave in uporabljeni sodobni tehnologiji je treba upoštevati princip delovanja čistilnih naprav in dotok meteornih voda ob nalivih z utrjenih površin (javne ceste, parkirišča, ...) čimbolj omejiti ter s tem zmanjšati hidravlično obremenitev čistilne naprave.

Nova čistilna naprava ima zmogljivost 95000 PE. Izbrani proces obdelave odpadne vode je enostopenjska biološka faza s sistemom prezračevanja nitrifikacije-denitrifikacije s kemičnim obarjanjem fosforja, primarnim usedalnikom in anaerobno stabilizacijo blata v mezofilnem gnilišču (35–40 °C).

Na novi čistilni napravi so zaradi zmanjšanja emisij hrupa in smradu v okolico popolnoma zaprti vhodno črpališče, objekt z grabljami, peskolov in maščobnik ter primarni usedalnik. Odpadni zrak se vodi na biofilter, kjer se ustrezno obdela.

Prispevno območje, s katerega se odpadne vode odvajajo na novo CČN Kranj, vključuje Mestno občino Kranj, Občino Šenčur in Občino Naklo. Poleg komunalnih odpadnih vod se na novi napravi čistijo tudi industrijske odpadne vode in izcedne vode z zaprtega odlagališča nenevarnih odpadkov Tenetiše. Del obremenitve predstavljajo tudi dovozi grezničnih gošč ter blato iz malih komunalnih čistilnih naprav. V

nadaljevanju prikazujemo shemo nove čistilne naprave (Slika 19) in na kratko opisujemo potek čiščenja odpadnih vod.



Slika 19: Čistilna naprava (arhiv Komunale Kranj, javnega podjetja, d.o.o.).

Figure 19: Wastewater treatment plant (archive of Komunala Kranj, javno podjetje, d.o.o.).

Pred čistilno napravo je pod nivojem terena zgrajen deževni bazen s črpališčem, namenjen zmanjšanju maksimalnega pretoka odpadne vode skozi čistilno napravo in za preprečitev prelivov neobdelane odpadne vode v reko Savo. Deževni bazen je na vhodu opremljen z elektromotornimi grobimi grabljami za odstranjevanje grobih delcev. Po končanem deževnem dotoku se vsebina zadrževalnega bazena s pomočjo potopne črpalke prečrpa v kanal, ki vodi na CČN Kranj. Izpiralna enota omogoča, da se delci, ki so ostali v bazenu po končanem deževnem dogodku, izperejo iz bazena, kar preprečuje nastanek smradu. Obratovanje črpalk je nastavljeno na maksimalni pretok 2736 m³/h ali 760 l/s odpadne vode. Viški odpadne vode se razlivajo v zadrževalni bazen deževnih vod.

Obstoječi dovodni kanal kanalizacije je podaljšan od vtoka v nekdanje vhodno črpališče do vtoka v novozgrajeno vhodno črpališče. Zaradi hidravličnih nivojev je zmožljivost akumulacije vode v

obstojećih bioloških reaktorjih in sekundarnih usedalnikih omejena. Zato je investitor zahteval, da mora biti pred vhodnim črpališčem postavljen zadrževalni bazen s prostornino 3910 m³.

Neposredno pred vhodnim črpališčem je za odstranjevanje večjih naplavin nameščen lovilec kamenja. Opremljen je s puhalom in cevni sistemom za dovod tlačnega zraka skozi betonsko odprtino. Tlačni zrak proizvaja obtok, ki preprečuje usedanje organskih zmesi v lovilcu kamenja. Vhodno črpališče sestoji iz treh polžnih črpalk premera 2 m. Vsaka polžna črpalka lahko črpa maksimalni pretok odpadne vode skozi čistilno napravo (760 l/s). Dve polžni črpalki sta delovni, ena pa služi kot rezerva.

Polžne črpalke črpajo odpadno vodo iz skupnega črpališča in jo iztočijo v skupni betonski kanal na žlebu polžnih črpalk. Vhodno črpališče je pokrito zaradi zmanjšanja emisij smradu in hrupa v okolico. Odpadni zrak se ustrezno obdela na biofiltru. Vhodno črpališče črpa odpadno vodo na nivo, ki omogoča gravitacijski pretok odpadne vode skozi čistilno napravo in gravitacijski iztok v reko Savo. Prelivni prag pred iztokom v reko Savo je izbran tako, da omogoča nemoten iztok prečiščene vode iz CČN v reko Savo.

Mehanske grablje so povezane z vhodnim črpališčem z 1.2 m širokim betonskim kanalom. Pretok je hidravlično razdeljen na dva kanala s finimi grabljami, širina vsakega je 1.2 m. Odpadki iz avtomatskih finih grabelj se z vijačnim transporterjem transportirajo na sistem za obdelavo odpadkov. Objekt z grabljami je pokrit tako, da so emisije smradu čim manjše, odpadni zrak pa se obdela na biofiltru.

Odpadna voda nadaljuje pot v dvolinijski sistem peskolova in lovilca maščob s križnim pretokom. Obe liniji, tako peskolov kot lovilec maščob, se iztekata v skupno iztočno komoro. Polietilenska cev premera 1000 mm povezuje iztočno komoro s primarnim usedalnikom. S primarnim usedanjem naj bi odstranili od 50 do 70 odstotkov suspendiranih delcev in od 25 do 40 odstotkov BPK.

Blato, ki plava na površini linije primarnega usedalnika, se usmeri v odtočni kanal za plavajoče blato. Na koncu pritoka primarnega usedalnika je posnemalo plavajočih snovi (eno za vsako linijo). Odtočni kanal se izteka v komoro za plavajoče blato, ki se nahaja pod pritočnimi kanali na liniji primarnega usedalnika.

Za biološko obdelavo odpadne vode je predviden sistem, ki sestoji iz treh kaskadnih linij, vsaka od njih ima tri bazene. Vsak bazen ima prostornino 1562 m³, pri čemer je:

- Prvi bazen (anoksični bazen), opremljen s strojnim mešalnim sistemom, namenjen denitrifikaciji.
- Drugi bazen (poljubni bazen), opremljen s strojnim mešalnim sistemom in sistemom prezračevanja, ki lahko deluje anoksično ali aerobno za denitrifikacijo ali nitrifikacijo.
- Tretji bazen (aerobni bazen), opremljen s sistemom prezračevanja, namenjen nitrifikaciji.

Nitrifikacijski bazen zadnje kaskade ima izpust v iztočni kanal, od koder PE cev premera 1000 mm povezuje prezračevalni bazen z razdelilnikom sekundarnih usedalnikov.

Obtočne črpalke (propelerske črpalke) delujejo na podlagi podatkov, ki jih dobimo z merjenjem koncentracije $\text{NO}_3\text{-N}$ na prelivnem mestu iz vsakega denitrifikacijskega bazena, npr. merjenje $\text{NO}_3\text{-N}$ v denitrifikacijskem bazenu prve kaskadne linije uravnava obtočno črpalko iz nitrifikacijskega bazena v prvi kaskadni liniji in tako dalje.

Odstranjevanje fosforja

Fosfor se v večini odstranjuje biološko, višek pa z obarjanjem z FeCl_3 pred primarnim usedalnikom v kanalu ali pred sekundarnim usedanjem (v razdelilniku pred sekundarnim usedanjem). Po izračunih bo treba dnevno dodajati približno 244 kg Fe^{3+} ($1,25 \text{ m}^3/\text{d}$, 40 % FeCl_3 raztopine), da se doseže povprečna koncentracija fosforja v prečiščeni odpadni vodi pod 2 mg/l.

Razdelilnik in črpališče sekundarnega blata

Dovod vode v posamezne sekundarne usedalnice je predviden po štirih podzemnih cevovodih, ki jih je mogoče zapirati z ročnimi ventili. Dovod sekundarnega blata iz sekundarnih usedalnikov v črpališče blata je po štirih podzemnih cevovodih, po katerih se sekundarno blato gravitacijsko odvaja v štiri prelivne komore.

Prelivne komore so opremljene s štirimi elektromotornimi prelivniki, s katerimi se uravnava višina preliva v črpališče blata. V črpališču blata (dva ločena črpalna bazena) je vgrajenih šest potopnih centrifugalnih črpalk, ki črpajo sekundarno blato po šestih tlačnih cevovodih v jašek iztoka sekundarnega blata. Od tu se sekundarno blato gravitacijsko preliva nazaj v prezračevalni bazen.

Naknadni usedalnik

Izveden je 47.5 m dolg in 10 m širok pravokotni naknadni usedalnik s štirimi linijami, s horizontalnim pretokom (globina 4.5 m). Vsaka linija je predvidena za pretok 190 l/s (25 % skupnega pritoka), sistem sekundarnega usedanja pa je hidravlično sposoben prevzeti celotni pretok (760 l/s) v času, ko ena linija ne obratuje, to je tri linije s pretokom 253 l/s vsaka.

Sekundarno blato se useda na dnu vsake linije sekundarnega usedanja in se potiska v poglobljeni del sekundarnega usedalnika s strgali za blato (eno za vsako linijo). Plavajoče blato oz. plavajoče snovi, ki plavajo na površini linij sekundarnega usedalnika, se usmerijo v dva črpalna jaška, od tu pa se s potopnima črpalkama črpajo v zalogovnik zgoščenega blata. Sekundarno blato, ki se zbira v vsakem lijaku sekundarnih usedalnikov, gravitira v štiri komore razdelilnika povratnega aktivnega blata; ena komora za vsako linijo. Razdelilnik povratnega aktivnega blata je priključen na razdelilnik sekundarnih usedalnikov.

Globinska filtracija

Filtracijski kanali so priključeni na stopnjo sekundarnega usedanja. Nameščene so štiri v celoti potopljene filtracijske enote v štirih ločenih kanalih, ena za vsako linijo sekundarnega usedanja. Vsak filter je predviden za pretok 190 l/s (25 % skupnega pritoka), filtracijski sistem pa je sposoben prevzeti celoten pretok (760 l/s) v času, ko en filter/ena linija sekundarnega usedanja ne obratuje.

Prečiščena odpadna voda iz sekundarnega usedalnika teče skozi filter v filtrne segmente. Iz cevi, ki se nahaja v sredini filtrirnega segmenta, teče voda brez suspendiranih delcev v iztočni kanal. Delci se zadržijo na površini filtra. V filtracijskih kanalih se z nivojskimi senzorji sproži avtomatski sistem za povratno spiranje, ki zazna povečanje hidravličnega upora na površini filtra. Filtri za kakršnekoli posege čiščenja ne potrebujejo kemikalij.

UV-dezinfekcija

Iztočni kanali iz vsake filtrske enote vodijo v skupno kineto, ki je na razpolago za vgradnjo sistema UV-dezinfekcije, če bo to potrebno v prihodnosti. Kanal UV-dezinfekcije je strukturno priključen na filtracijo in fazo sekundarnega usedanja. Če se bo vgradila, se bo za enoto UV-dezinfekcije vgradil nizkotlačni UV-sistem, ki deluje neprekinjeno.

Meritev pretoka na iztoku in iztočni objekt

Preden očiščena odpadna voda izteka v reko Savo, se pretok meri s pomočjo magnetnega merilca pretoka. Iztočni objekt je izveden kot armiranobetonska konstrukcija, na spodnjem delu in obeh stranskih robovih temeljena na globokem pragu.

3.2.1.4 Doseganje zavez iz operativnega programa odvajanja in čiščenja odpadnih voda

V zadnjem času se na območju, kjer s kanalizacijskim omrežjem upravlja Komunala Kranj, javno podjetje d.o.o., gradi izključno ločeni kanalizacijski sistem, tako da se padavinska odpadna voda odvodnjava v ločenem kanalu. Sicer pa Komunala Kranj kot soglasodajalec predvideva ponikanje padavinske vode s streh objektov povsod, kjer je to mogoče. Če ponikanje padavinske vode ni možno, se lahko padavinske odpadne vode s streh priključijo tudi na mešan kanalizacijski kanal.

Menimo, da je najboljši način za zmanjšanje količin odpadnih padavinskih vod uvedba zaračunavanja le-teh. V podjetju bodo zbrali podatke o odvodu s streh s celotnega območja upravljanja kanalizacijskega omrežja, nato bodo lastnikom objektov poslali dopis, v katerem jih bodo obvestili, da padavinsko vodo odvajajo v javno kanalizacijo. Določili bodo rok, v katerem morajo zgraditi ponikovalnice, po tem roku jim bodo začeli obremenjevanje sistema s padavinsko vodo zaračunavati. Zakonodaja že zdaj omogoča mesečno zaračunavanje stroškov odvajanja in čiščenja padavinske odpadne vode s streh. Občinski odlok omogoča prekinitev priklopa tistim uporabnikom, ki kljub večkratnemu opozorilu ne uredijo ponikanja

odpadnih padavinskih vod s streh. Vsa soglasja, izdana s strani Komunale Kranj v zadnjih 25 letih prepovedujejo odvodnjavanje s streh v javno kanalizacijo.

V okviru Operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (MOP, 2016f) morajo občine pripraviti strateške razvojne dokumente, iz katerih bodo razvidne načrtovane investicije v infrastrukturo odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode v skladu z operativnim programom. Investicije, ki so predvidene za območje, obravnavano v tej nalogi, so prikazane v spodnji preglednici.

Preglednica 11: Pregled stanja dokumentacije za območja, kjer je predvidena izgradnja nove kanalizacije.
Table 11: Overview of documentation for the area where construction of a new sewage system is planned.

Občina	Naselje	Dokumentacija-status	Število Prebivalcev	Datum zaključka
Kranj	Britof-Predoslje	Vloga na Upravni enoti Kranj	od 500 do 2000	31.12.2018
Kranj	Mlaka	Odločba za gradbeno dovoljenje	od 500 do 2000	31.12.2018
Kranj	Čirče	Pridobivanje soglasij lastnikov zemljišč	od 500 do 2000	31.12.2019
Kranj	Spodnja Besnica	Še ne obstaja	od 50 do 500	31.12.2021
Kranj	Suha pri Predosljah	Še ne obstaja	od 50 do 500	31.12.2021
Kranj	Rupa	Še ne obstaja	od 50 do 500	31.12.2021
Kranj	Bleiweisova cesta	Še ne obstaja	od 50 do 500	31.12.2021
Kranj	Bobovek	Še ne obstaja	od 50 do 500	31.12.2023
Kranj	Ind. Cona Laze	Še ne obstaja	od 50 do 500	31.12.2021

Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode določa kriterije za gradnjo kanalizacijskega omrežja. Na območjih s 500 do 2000 prebivalci mora biti kanalizacija zgrajena do leta 2021, na območjih s 50 do 500 prebivalci pa do leta 2023. Odločitve, na katerih območjih bi morale biti individualne ali skupne male čistilne naprave, zaenkrat še ni. Trenutni predlog je, da se takšne čistilne naprave vgradijo na območju naselij Jamnik, Podblica, Nemilje, Zalog, Žablje (nobeno od teh območij ne vpliva na prispevne ploskve, obravnavane v tej nalogi). Svet mestne občine Kranj je odločil, da MOK na območju Krajevne skupnosti Trstenik v naseljih Babni vrt, Povlje in Žablje ne bo gradila kanalizacije. Proračuni za prihodnja leta še niso sprejeti, zato ne moremo z gotovostjo potrditi investicij, za katere tehnična dokumentacija še ne obstaja. Vsakokratni proračun (lahko tudi dvoletni, če bo do sprejema le-tega prišlo) bo dal odgovor na to, katere aglomeracije se bodo v posameznem obdobju opremljale.

3.2.2 Vhodni podatki za dimenzioniranje objektov na kanalizacijskem sistemu Kranj

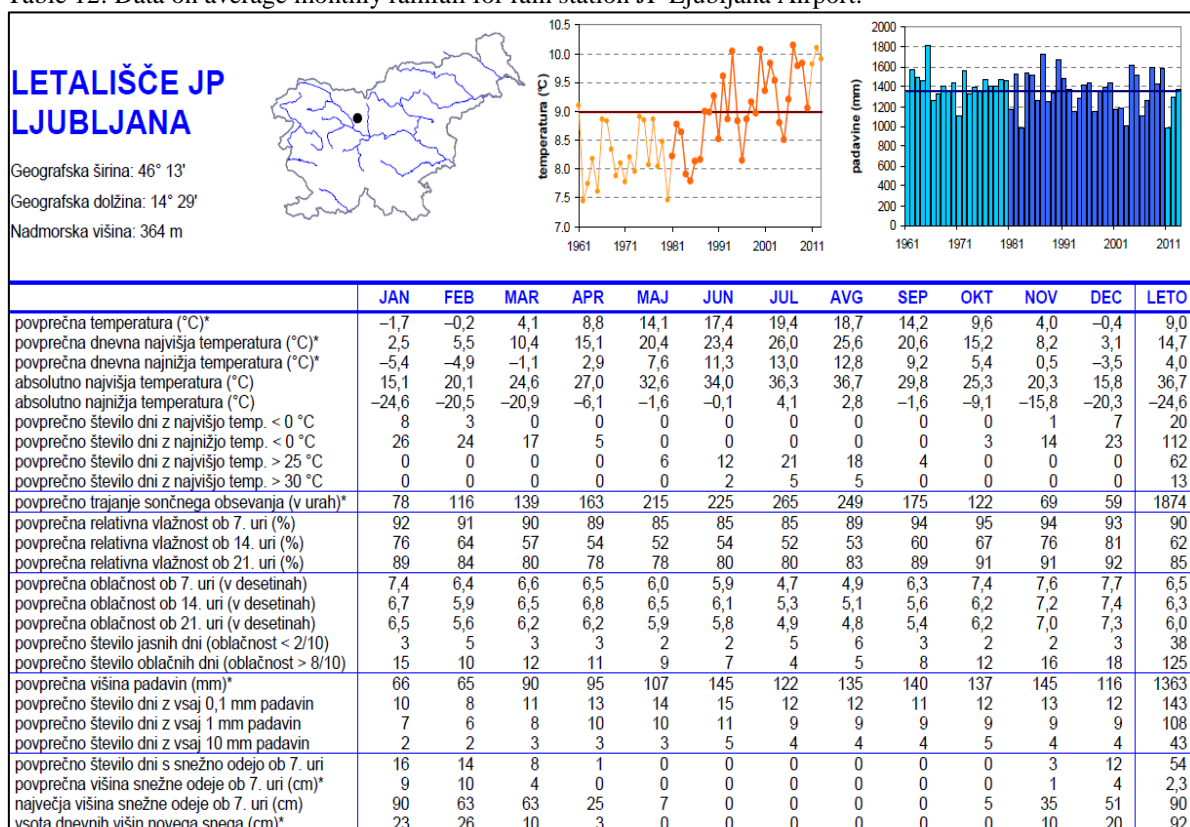
Pred izračunom potrebne prostornine zadrževalnih bazenov smo določili osnovne karakteristike prispevnih območij. Celotno območje, ki se odvaja v kanalizacijo, smo najprej razdelili na manjša območja, ki se odvajajo v posamezne razbremenilnike oz. zadrževalne bazene. Posamezna prispevna ploskev predstavlja območje, ki gravitira na posamezni razbremenilnik oziroma zadrževalni bazen. Prispevne ploskve z mešanim kanalizacijskim sistemom so označene s »P«, prispevne ploskve z ločenim kanalizacijskim sistemom za odpadne vode pa z »O«. Poimenovana so po zaporedni številki razbremenilnika (razbremenilniki, ki sodijo v sklop zadrževalnih bazenov imajo tudi svoje oznake, ki

se razlikujejo od oznak zadrževalnikov). Delitev na posamezna prispevna območja je prikazana v prilogi C. Za posamezna prispevna območja smo na podlagi podatkov, ki jih vodijo v evidencah izvajalca javne službe, določili naslednje parametre: število prebivalcev PE, podatke o količini prodane vode, pretok komercialne vode Q_{c24} , pretok industrijske vode Q_{i24} , razred padca, ki vpliva na tvorjenje usedlin SG, prispevno ploskev A_{red} in A_{is} in nekatere druge podatke.

3.2.2.1 Letna količina padavin

Za izračun potrebne prostornine zadrževalnih bazenov potrebujemo podatke o letnih količinah padavin. Določili smo jo iz podatkov Agencije Republike Slovenije za okolje za obdobje med letoma 1981 do 2010 na letališču Jožeta Pučnika Ljubljana, ki so prikazani v spodnji preglednici.

Preglednica 12: Podatki o povprečnih mesečnih padavinah za padavinsko postajo Letališče JP Ljubljana.
Table 12: Data on average monthly rainfall for rain station JP Ljubljana Airport.



Kot lahko razberemo, znaša povprečna višina padavin $h_{pr}=1363$ mm.

3.2.2.2 Utrjene in nepropustne površine

Celotno prispevno območje, po katerem poteka kanalizacija A_{ca} , lahko razdelimo na utrjene površine A_{red} , med katere spadajo tudi ceste in parkirišča ter neutrjene površine ($A_{ca}-A_{red}$). Če od utrjene površine odštejemo vse izgube, dobimo neprepustno površino A_{is} .

Velikost neprepustne prispevne površine lahko določimo po enačbi:

$$A_{is} = \phi \cdot A_{red..} \quad (1)$$

$$\phi = \Sigma(A_i \cdot \phi_i) / \Sigma A_i \quad (2)$$

Kjer pomeni

ϕ	koeficient odtoka [-]
ϕ_i	koeficient odtoka posamezne vrste površine (streha, cesta, dvorišče ...) [%]
A_i	velikost dela prispevnega območja raznih vrst površin (streha, cesta, dvorišče ...) [ha]

Najprej smo določili utrjene površine. Za vsako prispevno ploskev smo ločili naslednje površine in določili pripadajoče odtočne koeficiente, ki smo jih prevzeli od Kolarja (Preglednica 13):

- Ceste; $\phi_i = 90$
- Parkirišča; $\phi_i = 90$
- Strehe, ki se odvajajo v kanalizacijo; $\phi_i = 90$
- Dvorišča; $\phi_i = \frac{(0.875 + 0.8 + 0.6 + 0.225)}{4} = 0.625$

Preglednica 13: Odtočni koeficienti (Kolar, 1983).

Table 13: The flow coefficients.

Vrsta površine	ϕ_i (%)
Strehe s pločevinasto ali emajlirano kritino	95
Strehe z običajno kritino	90 – 85
Ceste in poti, utrjene z betonom ali asfaltom	85 – 90
Tlak iz naravnega ali umetnega kamna z zalitimi stiki	75 – 85
Tlak iz naravnega ali umetnega kamna z nezalitimimi stiki	50 – 70
Z bitumensko emulzijo obrizgana površina	25 – 60
Slabo utrjene poti brez površinske obdelave	15 – 30
Kolodvori in igrišča	10 – 30
Parki, vrtovi in travniki	5 – 25
Gozd	1 – 20

Za določitev posameznih vrst površin prispevnih ploskev (strehe, parkirišče, cesta) smo uporabili sledeče podatke javnih služb: digitalni orto-foto, banko cestnih podatkov, podatke iz zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture, podatke operativnega katastra kanalizacije izvajalca javne službe. V naslednjih podpoglavjih navajamo osnovne značilnosti uporabljenih evidenc podatkov, v podpoglavju 3.2.2.2.6 pa opisujemo postopek vektorizacije in določitev površin. Podatke o utrjenih in nepropustnih površinah smo uporabili v procesu dimenzioniranja objektov (Poglavje 4.2.5.2) in izdelave idejne tehnične rešitve ravnanja s padavinsko odpadno vodo z javnih cest in javnih površin (parkirišč) na izbranem območju Zlato Polje – Kranj (Poglavje 4.1).

3.2.2.2.1 Digitalni orto-foto (DOF)

DOF je fotografija, zajeta z letalskim ali satelitskim snemanjem, ki je z uporabo digitalnega modela višin, transformacije iz centralne projekcije v ortogonalno ter Gauss-Kruegerjeve kartografske projekcije prikazana v državnem koordinatnem sistemu. Za DOF05 velja ista razdelitev na detajlne liste (nomenklatura), kot za temeljne topografske načrte (TTN5) (MKO, GURS, 2016a). Za pridobitev posameznih podatkov o prispevnih ploskvah (s postopkom vektorizacije, ki je opisan v poglavju 3.2.2.2.6) smo uporabili naslednje liste: DOF05, D2518, D2519, D2520, D2527, D2528, D2529, D2530, D2537, D2538, D2539, D2540, D2517 in E2521. Velikost slikovnega elementa pri uporabljenem DOF-u je 0.5 m, kar pomeni, da prikazana vsebina ustreza natančnosti prikaza merila 1:5000.

GURS s cikličnim aero-snemanjem zagotavlja, da DOF05 ni starejši od treh let. Ker je določitev posameznih vrst površin prispevnih ploskev potekala v letu 2014, so uporabljeni DOF-i iz leta 2012.

3.2.2.2.2 Banka cestnih podatkov (BCP)

Banka cestnih podatkov je informacijski sistem, ki ga občine uporabljajo za vodenje, analiziranje in posredovanje podatkov o občinskih cestah (FGG, PTI, 2016). Pravilnik o načinu označevanja javnih cest in o evidencah o javnih cestah in objektih na njih občinam nalaga, da zbirajo, vodijo in posredujejo podatke o javnih cestah. V nalogi smo iz BCP uporabili podatke o identifikacijski oznaki ceste in cestnega odseka ter širini ceste.

3.2.2.2.3 Podatki iz Zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture (ZKGJI) cest

Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture je temeljna evidenca o objektih gospodarske javne infrastrukture na območju Republike Slovenije. ZKGJI vsebuje grafične in atributne podatke o prometni, energetske, komunalni, komunikacijski in vodni infrastrukturi ter infrastrukturi za gospodarjenje z drugimi vrstami naravnega bogastva ali varstva okolja. Za vodenje objektov v ZKGJI državnega pomena skrbi pristojno ministrstvo, za vodenje objektov lokalnega pomena pa občine. Iz ZKGJI cest smo prevzeli grafične podatke o poteku cest (os ceste) in podatke o identifikacijskih oznakah cest in cestnih odsekov, ki so del atributnih podatkov (MKO, GURS, 2016b; ZPNačrt).

3.2.2.2.4 Operativni kataster kanalizacije izvajalca javne službe

Komunala Kranj, javno podjetje, d.o.o., izvaja javno službo za sedem občin. V dogovoru z njimi vodi operativni kataster javne kanalizacije. To je digitalna baza, v kateri se vodijo grafični in atributni podatki o kanalizacijskem omrežju, s katerim podjetje upravlja. V katastru kanalizacije vodijo podatke o linijskih elementih (cevi), ploskovnih elementih (zadrževalni bazeni, razbremenilniki, čistilne naprave, prečrpališča) in točkovnih elementih (jaški, konci trase, lomne točke, rešetke). Pomen ZKGJI je pridobitev podatkov o zasedenosti prostora, zato nekateri objekti in podatki kanalizacijskega omrežja,

ki so bistveni za upravljanje z omrežjem, niso obvezna vsebina. Poleg vsebin, ki so nujne za evidentiranje v ZKGJI, so zato v tem katastru evidentirani še podrobnejši podatki, ki omogočajo celovito upravljanje s kanalizacijo. Med podrobnejšimi grafičnimi podatki, ki smo jih uporabili v nalogi, so cestni požiralniki, hišni priključki, interno omrežje, podatki o greznicah in malih čistilnih napravah. V nalogi smo uporabili podatke, ki so bili evidentirani dne 31. 8. 2015.

3.2.2.2.5 Interpretacija vhodnih podatkov in postopek določitve parametrov prispevnih območij

Za določitev posameznih površin v okviru prispevnih ploskev smo uporabili AutoCAD Civil 2015 z dodanim programskim modulom KaliDesktop 4 in Microsoft Excel 2010. Podatki, ki smo jih uporabili in obdelali v AutoCAD Civil, so bili umeščeni v Gauss-Kruegerjev koordinatni sistem.

Operativni kataster vsebuje atributne podatke o vrsti kanalizacijskega omrežja, tako da smo podatke preuredili tako, da smo jih glede na vrsto omrežja razvrstili na posamezne plasti. Vsaka plast podatkov je predstavljena s svojo barvo in imenom, kar omogoča prepoznavanje posamezne vrste omrežja neposredno iz grafičnega pregledovalnika. Kanalizacijsko omrežje smo razdelili na fekalno, meteorno, mešano, priključno, interno in prelivno omrežje.

3.2.2.2.6 Vektorizacija in določitev površin

Vektorizacija je postopek, s katerim rastrsko vsebino pretvorimo v vektorsko. Območje posameznih vrst površin (ceste, parkirišča, strehe, zasebna zemljišča) smo omejili z zaključenim poligonom. Prednost vektorskih podatkov je v tem, da objekte, ki so pravilno topološko urejeni, lahko matematično analiziramo. V našem primeru smo lahko hitreje izračunali površine.

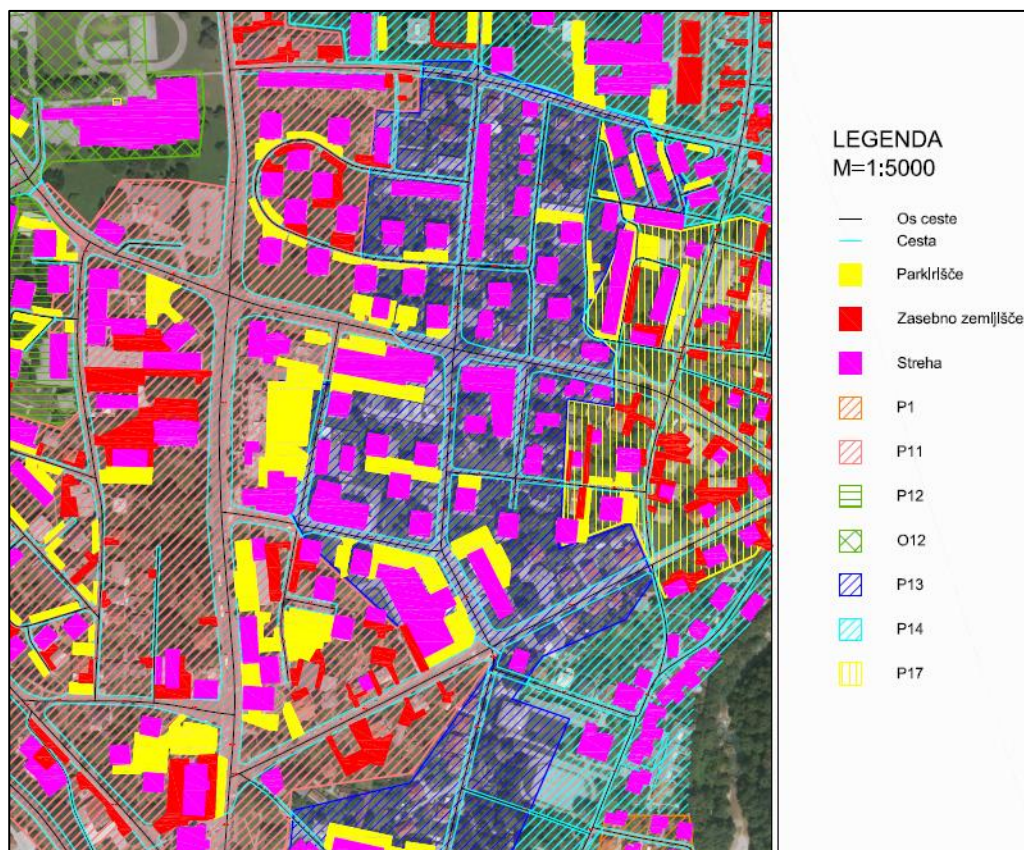
Površine, ki smo jih določili v okviru posamezne prispevne ploskve, smo razdelili na ceste, parkirišča, strehe in zasebne površine.

Površine tistih cest, s katerih se voda odteka v javno kanalizacijo (mešani kanalizacijski sistem), smo določili z uporabo podatkov BCP, ZKGJI cest in operativnega katastra kanalizacije. Iz ZKGJI cest smo prevzeli podatke o poteku osi cest in podatke o identifikacijski oznaki ceste oziroma cestnega odseka. Iz BCP smo uporabili podatke o širini posamezne ceste oziroma cestnega odseka. Za vsak odsek z znano širino ceste smo naredili odmik od osi ceste, in sicer po pol širine na vsako stran. Postopek smo ponovili za vse ceste in odseke. Na območjih, kjer širina ceste ni znana in kjer vzporedno s cesto poteka tudi pločnik, smo morali območja cest določiti s pomočjo DOF-a. Mejo, ki ločuje cesto in drugo vrsto površine (zelene površine ipd.), smo določili »ročno« s poligonom. Na enak način smo določili površine parkirišč. Skupna površina cest in parkirišč je določena z vsoto površin vseh zaključenih poligonov.

Površino streh smo določili v dveh fazah. V prvi fazi smo na revizijskih jaških zadimili kanalizacijo na območjih, za katera je znano, da imajo objekti na njih padavinsko vodo s streh pretežno izpeljano v

kanalizacijo. Zapisali smo si naslove objektov, pri katerih se je dim valil skozi žlebove. V drugi fazi smo s pomočjo DOF-a in evidence EHIŠ, ki vsebuje geolocirane podatke o hišni številkah, v grafičnem pregledovalniku AutoCAD Civil-a poiskali objekte s predhodno določenega seznama »problematičnih« in ostalih objektov. S postopkom vektorizacije smo določili zaključene poligone, ki so predstavljali površine posameznih streh. Skupna površina streh posameznega prispevnega območja je določena z vsoto površin vseh zaključenih poligonov streh.

Ker je zasebne površine, s katerih se voda odteka v mešani kanal, težko opredeliti, smo se odločili, da jih določimo nekoliko bolj pavšalno. Izbrali smo si dve vzorčni območji. Za mestno območje smo izbrali strogi center Kranja, kjer prevladuje večstanovanjska pozidava (območje prispevne ploskve P13), za primestno območje pa območje pretežno enostanovanjske pozidave na Mlaki pri Kranju (območje prispevne ploskve P25). Na teh dveh območjih smo ponovno »ročno« s poligoni določili površine tistih zasebnih površin, pri katerih se voda že s streh odteka v kanalizacijo (glej Sliko 20). Iz razmerja med zasebnimi zemljišči (dvorišči) in površinami streh posameznega vzorčnega območja smo izračunali faktorja (vsako območje ima svoj faktor). Faktor za mestno območje (K1) je znašal 0.57, za stanovanjsko območje (K2) pa 0.39. Kanalizacije nismo dimili na celotnem območju. Določiti smo morali tudi površino vseh streh in zasebnih površin na območjih, kjer kanalizacije nismo dimili, zato smo določili faktorja K3 (za mestno območje) in K4 (za stanovanjsko območje), ki predstavljata razmerje med vsoto površin streh, s katerih se voda odteka v kanalizacijo in vsoto površin vseh streh na izbranem (vzorčnem) območju. Faktor za mestno območje (K3) je znašal 0.79, faktor za stanovanjsko območje (K4) pa 0.72. Na območjih, kjer nismo dimili, smo za oceno površine vseh tistih streh posameznega prispevnega območja, s katerih se voda odvaja v kanalizacijo, pomnožili površino vseh streh s faktorjem K3 oz. K4. Za oceno površine zasebnih površin, s katerih voda odteka v kanalizacijo, pa smo pomnožili celotno površino streh posameznega prispevnega območja s K3 oziroma K4 ter s K1 oziroma K2 (faktorja K1 oz. K2 in K3 oz. K4 smo izbrali glede na lego prispevnega območja v mestnem oziroma v primestnem območju).



Slika 20: Prikaz vektoriziranih površin na posameznih prispevnih območjih (osebni arhiv).

Figure 20: Showing the vectored surfaces for the catchment areas (personal archive).

3.2.2.3 Določitev časa dotoka

Čas dotoka se določi glede na najdaljšo pot potovanja vala po kanalizacijskem omrežju. Ker se z daljšanjem časa intenziteta naliva manjša, se posledično manjša tudi maksimalni pretok. Podatki o višinskem poteku kanalizacijskega omrežja v operativnem katastru so pomanjkljivi, zato eksakten izračun časa pretoka ni bil mogoč. Tako smo čas dotoka ocenili glede na dolžino kanalizacije do obravnavane točke in predpostavljene hitrosti 1.5 m/s (glej prilogo F). Izračunali smo povprečni naklon posameznih prispevnih območij. Za čas dotoka do kanala smo privzeli enolično vrednost 5 minut, saj bi bil izračun časa dotoka do kanala za posamezne vrednosti preveč zapleten. Podatke o času dotoka smo uporabili za izračun povprečnega pretoka med prelivanjem v času deževja (Poglavje 3.2.2.4.8) in pri dimenzioniranju razbremenilnikov (Poglavje 4.2.5.2.5).

3.2.2.3.1 Določitev povprečnega naklona posameznega prispevnega območja

Glavni vhodni podatek za določitev povprečnega naklona posameznega prispevnega območja je bil digitalni model višin (DMV). Podatke o povprečnem naklonu smo potrebovali pri izračunu vpliva usedlin (Poglavje 3.2.2.6.3) in pri izdelavi idejne tehnične rešitve ravnanja s padavinsko odpadno vodo z javnih cest in javnih površin (parkirišč) na izbranem območju Zlato Polje – Kranj (Poglavje 4.1).

Digitalni model višin (DMV)

Digitalni model višin je prikaz Zemeljskega površja v digitalni obliki. Predstavljen je v tro-razsežnem državnem koordinatnem sistemu. V horizontalnem smislu so točke modela razvrščene v pravičen grid, v vertikalnem pa ima vsaka točka določeno nadmorsko višino. V nalogi je bil uporabljen DMV5, kar pomeni, da so točke razvrščene v pravičen grid velikosti 5 m. Natančnost določitve višine je na odprtih območjih 1 m, na zaraščenih območjih pa 3 m. Podatki, ki smo jih uporabili v nalogi, se nanašajo izključno na odprta območja. Za DMV5 velja ista razdelitev na detaljne liste (nomenklatura), kot razdelitev za temeljne topografske načrte (TTN5). Podatke za izdelavo DMV se pridobi z aeronemanjem. Uporabljen DMV5 je bil izdelan vzporedno z izdelavo uporabljenega DOF05 (MKO, GURS, 2016c).

Za pridobitev posameznih podatkov o prispevnih ploskvah smo uporabili naslednje liste DMV5: D2518, D2519, D2520, D2527, D2528, D2529, D2530, D2537, D2538, D2539, D2540, D2517 in E2521.

Postopek določitve povprečnega naklona

Za določitev povprečnega naklona prispevnega območja smo uporabili DMV5, zaključene poligone cest in parkirišč ter meje prispevnih območij. DMV smo uvozili v AutoCAD Civil tako, da so bili podatki tudi grafično (in ne le atributno) umeščeni v tri-razsežni koordinatni sistem. Za določitev naklonov prispevnih območij nismo uporabili vseh točk DMV-ja, ampak samo točke na posameznih križiščih, mejnih območjih prispevnih ploskev in točke, ki so predstavljale večjo vertikalno spremembo poteka površja. Program je na podlagi izbranih točk generiral mrežo nepravilnih trikotnikov t.i. TIN, angl. *Triangulated irregular network*. Vsak posamezen trikotnik iz TIN je dobil pripadajoč naklon. Povprečna vrednost naklona za celotno območje je izračunana z vsoto posameznih naklonov (površina posameznega trikotnika ima vlogo uteži v izračunu). Za posamezna območja smo identičen postopek izvedli z uporabo podatkov iz geodetskih načrtov in dobili primerljive rezultate. Sklenili smo, da je DMV5 dovolj natančen za določevanje naklonov. Uporaba vseh točk DMV-ja za izračun naklonov pa ne zagotavlja primerljivih rezultatov, zaradi slabše relativne natančnosti med posameznimi točkami (predvsem na bolj razgibanem terenu). Pri uporabi vseh točk je bila povprečna vrednost naklona vselej bistveno prevelika.

Povprečni naklon prispevnega območja smo izračunali po spodnji enačbi:

$$SG_m = \frac{\sum A_{CA,i} \cdot SG_i}{\sum A_{CA,i}} \quad (3)$$

Kjer pomeni

SG_m	povprečni naklon prispevnega območja [-]
SG_i	naklon posameznega trikotnika v TIN [-]
$A_{CA,i}$	površina posameznega trikotnika v TIN [ha]

Glede na povprečni padec terena (J_T) na nekem območju se območje razdeli v 4 razrede (SG) (povzeto po standardu ATV-A 128E):

SG povprečni padec terena

1	$J_T < 1 \%$
2	$1 \% < J_T \leq 4 \%$
3	$4 \% < J_T \leq 10 \%$
4	$J_T > 10 \%$

(Za vrednosti na posameznih območjih glej v priložnosti G in H.)

3.2.2.4 Določanje merodajnih pretokov in koncentracij KPK

Merodajne pretoke in koncentracije smo računali po postopku opisanem v standardu ATV-A 128E z uporabo programskih orodij, opisanih v poglavju 2.6.

3.2.2.4.1 Pretok mešane odpadne vode na čistilno napravo

Centralna čistilna naprava Kranj je bila pred kratkim obnovljena in je dimenzionirana na maksimalni dotok, ki je sestavljen iz sušnega pretoka Q_{dw} in deževnega pretoka Q_r in znaša $Q_{cw}=760$ l/s.

$$Q_{cw} \geq 2 \cdot Q_{px} + Q_{iw24} \quad (4)$$

Kjer pomeni

Q_{px} dnevna konica odtoka odpadnih vod [l/s]

Q_{iw24} dotok tujih vod [l/s]

3.2.2.4.2 Maksimalni urni sušni pretok

Maksimalni urni sušni pretok določimo po enačbah:

$$Q_{px} = \frac{24}{x} \cdot Q_{d24} + \frac{24}{a_c} \cdot \frac{365}{b_c} \cdot Q_{c24} + \frac{24}{a_i} \cdot \frac{365}{b_i} \cdot Q_{i24} \quad (5)$$

$$Q_{dwx} = Q_{px} + Q_{iw24} \quad (6)$$

Kjer pomeni

x faktor, odvisen od velikosti naselja po ATV-A 118 [h]

a_c, a_i delovnih ur na dan [h]

b_c, b_i delovnih dni v letu [dni]

(Za vrednosti glej v priloge G.)

3.2.2.4.3 Povprečni dnevni sušni pretok

Količino gospodinjstev odpadnih vod določimo po enačbi:

$$Q_{d24} = PE \cdot n_p / 86400 \quad (7)$$

Kjer pomeni

PE	število priključenih populacijskih enot oz. prebivalcev [-]
n_p	povprečna letna poraba vode na prebivalca na dan [l/PE·dan]

Povprečno letno porabo smo določili na osnovi podatkov o prodani vodi in številu prebivalcev, priključenih na vodovodno omrežje. Leta 2015 je bilo na vodovodno omrežje priključenih 50.967 PE in prodano je bilo 2.878.787 m³ vode. Povprečna letna poraba na prebivalca na dan tako znaša 155 l/PE na dan.

Povprečni dnevni sušni pretok določimo po enačbah:

$$Q_{w24} = Q_{d24} + Q_{c24} + Q_{i24} \quad (8)$$

$$Q_{dw24} = Q_{w24} + Q_{iw24} \quad (9)$$

Kjer pomeni

Q_{d24}	gospodinjске odpadne vode - povprečni dnevni pretok [l/s]
Q_{c24}	odpadne vode iz komercialnih obratov - povprečni dnevni pretok [l/s]
Q_{i24}	odpadne vode iz industrijskih obratov - povprečni dnevni pretok [l/s]
Q_{iw24}	povprečne letne infiltrirane tuje vode [l/s]

(Za vrednosti glej v priloge G.)

3.2.2.4.4 Odtok tujih vod

V času projektiranja čistilne naprave leta 2010 je Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano Kranj (NLZOH Kranj) dvakrat mesečno izvajal meritve pretoka, KPK in BPK na dotoku na CCN Kranj, vsakič v sušnem vremenu. Na Komunalni Kranj imajo tudi podatek o skupni prodani vodi gospodinjstvom in večjim porabnikom komercialne in industrijske vode. Tuje vode smo določili na osnovi razlike v merjenih vrednostih, ki jih je opravil NLZOH Kranj in prodanih vrednostih iz leta 2010. Nato smo jih enakomerno porazdelili glede na celotno površino takratnega omrežja.

Povprečne letne infiltrirane vode za posamezno prispevno območje določimo po spodnji enačbi:

$$Q_{iw,i} = q_{iw} \cdot A_{sum,i} \quad (10)$$

Kjer pomeni

q_{iw}	specifični odtok tujih vod [l/s·ha]
$A_{sum,i}$	površina prispevnega območja po katerem poteka kanalizacija [ha]

(Za vrednosti glej v prilogo I, opisane so v poglavjih 2.3.1 in 2.3.2.)

Specifični odtok tujih vod določimo po enačbi:

$$q_{iw} = \frac{Q_m - Q_{d24} - Q_{c24} - Q_{i24}}{\Sigma A_{sum,i}} = 0.05 \text{ l/s} \cdot ha \quad (11)$$

Podatki, na podlagi katerih je bila leta 2010 ocenjena količina tujih vod:

$Q_m = 13.209 \text{ m}^3/\text{dan} = 152.88 \text{ l/s}$	povprečna vrednost 24 meritev sušnega odtoka
$Q_{d24} = 2.878.787 \text{ m}^3/\text{leto} = 91.29 \text{ l/s}$	vsota prodane vode gospodinjstvom
$Q_{c24} + Q_{i24} = 433.789 \text{ m}^3/\text{leto} = 13.76 \text{ l/s}$	vsota odvedene komercialne in industrijske vode
$A_{sum} = \Sigma A_{sum,i} = 10.125.913 \text{ m}^2$	vsota vseh površin, po katerih poteka kanalizacija

3.2.2.4.5 Deževni odtok z območij z ločenim kanalizacijskim sistemom

Če ni izvedenih meritev, se po standardu ocenjuje kot enak sušnemu pretoku z območij z ločenim kanalizacijskim sistemom za odpadne vode, ki so označeni z »O«. Pretok je določen po spodnji enačbi:

$$Q_{rS24} = Q_{wS24} \quad (12)$$

Kjer pomeni

Q_{wS24} odtok odpadnih vod z območja z ločenim kanalizacijskim sistemom [l/s]

(Za vrednosti glej v priloge G.)

3.2.2.4.6 Deževni odtok, ki se ga vodi na čistilno napravo

Skupni deževni odtok, ki se vodi na čistilno napravo, določimo po enačbi:

$$Q_{r24} = Q_{cw} - Q_{dw24} - Q_{rS24} \quad (13)$$

Kjer pomeni

Q_{cw} maksimalni pretok proti čistilni napravi iz zadnjega zadrževalnega bazena [l/s]

Q_{dw24} povprečni sušni odtok [l/s]

Q_{rS24} deževni odtok z območij z ločenim kanalizacijskim sistemom [l/s]

(Za vrednosti glej v priloge J.)

Deževni odtok, ki se ga vodi proti čistilni napravi mimo posameznih zadrževalnih bazenov, določimo po enačbi:

$$Q_{r24} = Q_t - Q_{dw24} - Q_{rS24} \quad (14)$$

Kjer pomeni

Q_t pretok na dušilki [l/s]

Q_{dw24} povprečni sušni odtok [l/s]

Q_{rS24} deževni odtok z območij z ločenim kanalizacijskim sistemom [l/s]

(Za vrednosti glej v priloge J1 do J7.)

3.2.2.4.7 Kritični pretok padavinske vode

Kritični pretok površine, s katere se odvaja padavinska voda v obravnavani objekt (razbremenilnik ali zadrževalnik), določimo po enačbi:

$$Q_{rcrit} = r_{crit} \cdot A_{is} \quad (15)$$

Kjer pomeni

r_{crit}	kritična intenziteta padavin [l/s·ha]
A_{is}	neprepustne prispevne površine [ha]

S povečevanjem časa koncentracije se intenziteta kritičnega naliva zmanjšuje. To se upošteva pri dimenzioniranju razbremenilnikov. (Glej poglavje 4.2.5.2.5, za vrednosti glej v priloge K, L1 do L6.)

3.2.2.4.8 Kritični pretok mešanih vod

To je pretok, ki ga moramo zadržati v sistemu brez neposrednega prelivanja v odvodnik. Poleg kritičnega pretoka padavinskih vod neposredno priključene površine se prištejeta še sušni pretok in pretok skozi gorvodno nameščene dušilke. Določimo ga po spodnji enačbi:

$$Q_{crit} = Q_{dw24} + Q_{rcrit} + \sum Q_{t,i} \quad (16)$$

Kjer pomeni

Q_{dw24}	povprečni sušni odtok [l/s]
Q_{rcrit}	kritični pretok padavinske vode neposredno priključene površine [l/s]
$\sum Q_{t,i}$	vsota vseh gorvodno neposredno priključenih pretokov skozi dušilke [l/s]

Kritični pretok mešanih vod se upošteva pri dimenzioniranju zadrževalnih bazenov. (Za vrednosti glej v priloge K, L1 do L6.)

3.2.2.4.9 Povprečni pretok med prelivanjem v času deževja

Povprečni pretok na prelivu dobimo, če delimo celotno količino prelite vode v enem letu s časom prelivanja tekom celega leta. Istočasno se skozi dušilko prevaja že del padavinskih vod, ki se vodijo proti čistilni napravi. Vsota obeh pretokov predstavlja povprečni pretok padavinske vode med deževnimi dogodki tekom enega leta. Določimo ga po spodnji enačbi:

$$Q_{ro} = \frac{VQ_o}{(T_o \cdot 3.6)} + Q_{r24} \quad (17)$$

Kjer pomeni

VQ_o	vsota prelite mešane odpadne vode [m ³]
--------	---

T_o skupno trajanje prelivanja [h]

Za zadrževalne bazene s specifičnim pretokom $q_f < 2$ l/s.ha lahko uporabimo spodnji približek:

$$Q_{ro} = a_f \cdot (3 \cdot A_{is} + 3.2 \cdot Q_{r24}) \quad (18)$$

a_f določimo po enačbi:

$$a_f = 0.5 + 50/(t_f + 100), \text{ če je } t_f \leq 30 \text{ min} \quad (19)$$

$$a_f = 0.885, \text{ če je } t_f > 30 \text{ min} \quad (20)$$

Kjer pomeni

t_f čas dotoka [min]
 A_{is} nepropustne prispevne površine [ha]
 a_f redukcija odtočnega časa [-]

(Za vrednosti glej priloge J1 do J7.)

3.2.2.5 Koncentracija KPK v sušnem odtoku

Za potrebe izračuna zadrževalne prostornine se koncentracija KPK v sušnem odtoku lahko določa iz meritev dotoka na čistilno napravo kot povprečna vrednost. Za meritve na iztoku iz čistilne naprave se izmerjene vrednosti pomnožijo s faktorjem 1.5. Če meritev ni, se lahko uporabi predpostavljena vrednost 600 mg KPK/l ali spodnja enačba:

$$c_{dw} = \frac{Q_{d24} \cdot c_d + Q_{c24} \cdot c_c + Q_{i24} \cdot c_i}{Q_{dw24}} \quad (21)$$

Kjer pomeni

Q_{d24} gospodinjske odpadne vode - povprečni dnevni pretok [l/s]
 Q_{iw24} povprečne letne infiltrirane tuje vode [l/s]
 Q_{c24} odpadne vode iz komercialnih obratov - povprečni dnevni pretok [l/s]
 Q_{i24} odpadne vode iz industrijskih obratov - povprečni dnevni pretok [l/s]
 Q_{dw24} povprečni dnevni sušni pretok ($Q_{d24} + Q_{iw24} + Q_{c24} + Q_{i24}$) [l/s]
 c_d^* koncentracija KPK v povprečnem sušnem odtoku gospodinjskih in tujih vod - predpostavljena vrednost je 600 mg KPK/l [mg/l]
 c_c koncentracija KPK v komercialni odpadni vodi - predpostavljena vrednost je 600 mg KPK/l [mg/l]
 c_i koncentracija KPK v industrijski odpadni vodi - določena na podlagi podatkov o monitoringu [mg/l]

(Za vrednosti glej priloge G za vsako površino posebej oz. prilogo H, kjer so podane vrednosti po posameznih zadrževalnih bazenih.)

* *Opomba: Komunala Kranj nima realnih podatkov o koncentraciji KPK na dotoku na čistilno napravo, ker se na mestu izvajanja meritev mešata blatenica iz gnilišča in dotok odpadne vode. Zato smo za koncentracijo KPK v gospodinjiski odpadni vodi privzeli vrednost 600 mg/l.*

Specifični sušni odtok se določi po enačbi:

$$q_{dw24} = Q_{dw24} / A_{is} \quad (22)$$

Specifični padavinski odtok, ki se odvaja na čistilno napravo, se določi po enačbi:

$$q_r = Q_{r24} / A_{is} \quad (23)$$

Kjer pomeni

Q_{r24}	deževni odtok, ki se ga vodi na čistilno napravo [l/s]
A_{is}	nepropustna prispevna površina [ha]

Razmerje kombiniranega in sušnega odtoka se določi po enačbi:

$$n = (Q_{cw} - Q_{iw24}) / (Q_{dwx} - Q_{iw24}) \quad (24)$$

Kjer pomeni

Q_{cw}	maksimalni pretok proti čistilni napravi iz zadnjega zadrževalnega bazena [l/s]
Q_{dwx}	maksimalni urni sušni pretok [l/s]
Q_{iw24}	povprečne letne infiltrirane tuje vode [l/s]

Povprečno razmerje mešanja med padavinskim in sušnim odtokom pri vseh prelivih je izraženo v razmerju med povprečnim odtekanjem čez prelive skupaj z dotokom padavinske vode po ločenih sistemih za odpadne vode in dnevnim sušnim pretokom. Določi se po enačbi:

$$m = (Q_{ro} + Q_{rS24}) / Q_{dw24} \quad (25)$$

Kjer pomeni

Q_{ro}	povprečni pretok med prelivanjem v času deževja [l/s]
Q_{rS24}	deževni odtok z območij z ločenim kanalizacijskim sistemom [l/s]
Q_{dw24}	specifični povprečni dnevni sušni pretok [l/s]

(Za vrednosti glej priloge G in J1 do J7.)

Razmerje med povprečnim in maksimalnim dnevnim sušnim odtokom x_a določimo po enačbi

$$X_a = 24 \cdot \frac{Q_{dw24}}{Q_{dwx}} \quad (26)$$

3.2.2.6 Prostornine zadrževalnih bazenov

Z umestitvijo zadrževalnih bazenov v sistem vplivamo na intenziteto in pogostost prelivanja. Zaradi kompleksnosti različnih dejavnikov (usedanje materiala, erozija s prispevne površine itd.), ni mogoče napovedati dejanske koncentracije polutantov v posameznih deževnih dogodkih. Kljub temu pa je možno osnovne zakonitosti povzeti z enačbami, da ocenimo letno onesnaženje. To se v standardu ATV-A128E izvede z izvrednotenjem povprečne koncentracije onesnaženja v deževnem in sušnem obdobju. Za to nam služi referenčni primer obremenitve, za katerega je treba zagotoviti ustrezno zadrževalno prostornino po enačbah, ki so del tega standarda. Takšna prostornina naj bi zagotavljala učinkovito zaščito okolja. Odstopanja dejanskih parametrov od parametrov, predvidenih v referenčnem primeru obremenitve, vplivajo na povečanje ali zmanjšanje te prostornine.

Referenčni primer obremenitve ima naslednje vrednosti:

Povprečna višina letnih padavin h_{pr}	800 mm
Koncentracija KPK v odtoku padavinske vode c_r	107 mg/l
Koncentracija KPK v sušnem pretoku c_{dw}	600 mg/l
Koncentracija KPK padavinske vode na iztoku iz čistilne naprave c_{tp}	70 mg/l

Določanje potrebne prostornine za zadrževanje padavinskih vod poteka po postopku, opisanem v nadaljevanju.

3.2.2.6.1 Vpliv dejanske koncentracije KPK v sušnem odtoku

Vpliv dejanske koncentracije KPK v sušnem odtoku se upošteva s koeficientom, ki ga določimo po spodnji enačbi:

$$a_p = 1, \text{ če je } c_{dw} \leq 600 \quad (27)$$

$$a_p = c_{dw} / 600, \text{ če je } c_{dw} > 600 \quad (28)$$

Kjer pomeni

c_{dw} koncentracija KPK v sušnem odtoku [mg/l]

(Za vrednosti glej priloge G.)

3.2.2.6.2 Vpliv letne količine padavin

Vpliv letne količine padavin se upošteva s koeficientom, ki ga določimo po enačbah:

$$a_h = h_{pr} / 800 - 1 \text{ za } 600 \leq h_{pr} \leq 1000 \text{ mm} \quad (29)$$

$$a_h = -0.25 \text{ za } h_{pr} \leq 600 \text{ mm} \quad (30)$$

$$a_h = +0.25 \text{ za } h_{pr} > 1000 \text{ mm} \quad (31)$$

Kjer pomeni

h_{pr} dolgoletno povprečje višine letnih padavin [mm]

Za naš primer znaša $a_h = 0.25$ ($h_{pr} = 1363$ mm).

3.2.2.6.3 Vpliv usedlin

Upošteva se s koeficientom, ki se ga določi z enačbami:

$$a_a = (24/x_a)^2 \cdot (2-\tau)/10; \quad a_a \geq 0 \quad (32)$$

$$\tau = 430 \cdot q_{dw24}^{0.45} \cdot dI \quad (33)$$

$$x_a = 24 \cdot Q_{dw24} / Q_{dwx} \quad (34)$$

$$dI = 0.001 \cdot [1 + 2 \cdot (SG_m - 1)] \quad (35)$$

Kjer pomeni

Q_{dw24} povprečni dnevni sušni pretok [l/s]

q_{dw24} povprečni dnevni sušni pretok [l/s·ha]

Q_{dwx} maksimalni urni sušni pretok [l/s]

SG_m povprečni razred padca terena za celotno območje zadrževalnega bazena [-]

3.2.2.6.4 Računska koncentracija sušnega odtoka

Na podlagi zgoraj določenih koeficientov se določi po enačbi:

$$c_d = 600 \cdot (a_p + a_h + a_a) \quad (36)$$

(Za vrednosti glej priloge J1 do J7.)

3.2.2.6.5 Teoretična koncentracija na prelivu

Teoretična koncentracija na prelivu pri povprečnem letnem prelivanju se določi po enačbi:

$$c_{co} = (m \cdot c_r + c_d)/(m+1) \quad (37)$$

Kjer pomeni

c_r koncentracija KPK v padavinski vodi [mg/l]

c_d računsko koncentracija KPK sušnega odtoka [mg/l]

(Za vrednosti glej priloge J1 do J7.)

4 IZDELAVA TEHNIČNIH REŠITEV

V poglavju podajamo primere tehničnih rešitev obravnavane tematike. V poglavju 4.1 podajamo tehnično rešitev odvajanja odpadne padavinske vode z javne ceste (križišče na Zlatem Polju in Kidričeva cesta) in javnih parkirišč v bližini Fakultete za organizacijske vede in Šolskega centra v Kranju. V poglavju 4.2 pa podajamo tehnično rešitev preureditve obstoječega kanalizacijskega sistema in objektov na njem. Preureditve so načrtovane na način, ki zmanjšuje hidravlično obremenitev sistema in obremenitev okolja.

4.1 Tehnična rešitev ravnanja s padavinsko odpadno vodo z javnih cest in javnih parkirišč na Zlatem Polju

Za zmanjšanje vtočnih količin padavinske odpadne vode z javnih cest in javnih površin (parkirišč) v kanalizacijsko omrežje na mestu nastanka bomo na izbranem območju na Zlatem polju v Kranju (Slika 8) prikazali primer tehnične rešitve ravnanja s padavinsko odpadno vodo, s čimer bo zmanjšana hidravlična obremenitev čistilne naprave. Glede na sestavo tal na obravnavanem območju je pričakovati slabo zmožnost ponikanja, zato smo predpostavili celoten odtok z obravnavanega območja, ki bo preko novega odvodnega kanala odveden v reko Savo.

Območje smo izbrali, ker se na njem nahajajo eno večjih javnih parkirišč v Kranju, dva bencinska servisa, območje večstanovanjskih objektov ob Kidričevi cesti z ločenim kanalizacijskim sistemom in odseka javne regionalne ceste R2-410, Kokrica – Kranj in R2-412, Podtabor – Kranj, ki sta obremenjena s prometno obremenitvijo z več kot 12.000 EOV (ekvivalent osebnih vozil/dan) (glej prilogo A).

4.1.1 Potek trase

Predvideli smo zbiranje padavinske odpadne vode preko vtočnih objektov in gravitacijsko odvajanje z meteornim kanalom. Na delu obravnavanega območja zahodno od križišča ob osnovni šoli Franceta Prešerna smo vzdolž Kidričeve ceste predvideli izvedbo zbirnega meteornega kanala MK1. Nanj se gravitacijsko navezuje več meteornih kanalov, ki odvajajo vodo s cestnih površin MK2, MK3 in MK6 ter kanala MK4 in MK5, ki zbirata vodo z območja obstoječih večstanovanjskih objektov ob Kidričevi cesti. Kanal MK1 na skrajnem JZ delu območja predvideno poteka v cesti Zlato polje, kjer smo predvideli namestitev lovilca olj, preko katerega se bo po odvodnem kanalu odpadna padavinska voda odvedla v reko Savo.

Meteorni kanal MK1 poteka od jaška MJ1 do jaška MJ13 in meri 559.41 m. Predvideno je, da trasa v večji meri poteka vzdolž obstoječega mešanega kanala po sredini Kidričeve ceste. Zasnovan je kot zbirni kanal za meteorno vodo večjega dela obravnavanega območja, ki obsega Kidričevo cesto in Staro cesto, ki sta obremenjeni z več kot 12.000 EOV/dan. Predvidena je vgradnja rebrastih polipropilenskih (PP) cevi DN400 oz. DN600, SN8. Na omenjeni kanal se v jašku MJ11 z meteornim kanalom priključujeta

tudi dve območji večstanovanjskih objektov neposredno ob Kidričevi cesti. Med jaškoma MJ4 in MJ5 je predvidena vgradnja lovilca olj z by-passom. Zaradi zelo strmega terena v območju med jaškoma MJ1 in MJ3 bi bilo treba predvideti več umirjevalnih jaškov zaradi velikih pretočnih hitrosti, česar v nalogi nismo obravnavali.

Meteorni kanal MK2 poteka od jaška MJ9 do jaška MJ16, v katerega se odvaja odpadna padavinska voda z dela javne regionalne ceste R2-412, Podtabor – Kranj, ki je obremenjena s prometno obremenitvijo z več kot 12.000 EOVD/dan in manipulativnih površin bližnjega bencinskega servisa. Dolžina kanala znaša 128.67 m. Predvidena je vgradnja rebrastih PP cevi DN300, SN8.

Meteorni kanal MK3 poteka od jaška MJ9 do jaška MJ18, v katerega se odvaja odpadna padavinska voda z dela Koroške ceste in manipulativnih površin bližnjega bencinskega servisa. Dolžina kanala znaša 128.67 m. Predvidena je vgradnja rebrastih PP cevi DN400, SN8.

Meteorni kanal MK4 poteka od jaška MJ11 do jaška MJ19, v katerega se priključi meteorni kanal z območja večstanovanjskih objektov severno ob Kidričevi cesti. Dolžina kanala znaša 19.64 m. Predvidena je vgradnja rebrastih PP cevi DN400, SN8.

Meteorni kanal MK5 poteka od jaška MJ11 do jaška MJ20, v katerega se priključi meteorni kanal z območja večstanovanjskih objektov južno ob Kidričevi cesti. Dolžina kanala znaša 10.58 m. Predvidena je vgradnja rebrastih PP cevi DN400, SN8.

Meteorni kanal MK6 poteka od jaška MJ13 do jaška MJ14 in meri 144.71 m. V jašku MJ14 je predvidena priključitev odpadne meteorne vode z javnega parkirišča ob Fakulteti za organizacijske vede v Kranju. Predvidena je vgradnja rebrastih PP cevi DN400, SN8.

4.1.2 Dimenzioniranje meteornega kanalizacijskega omrežja

Prispevno območje večinoma obsega utrjene površine znotraj obravnavanega območja. Sem sodijo vozišče ter pripadajoči pločniki in kolesarske steze, upoštevane so tudi obstoječe površine, ki sicer gravitirajo na obravnavano območje.

Kot že rečeno, se na obstoječi mešani sistem priključujejo tudi meteorne vode z območja večstanovanjskih objektov. Okvirna velikost večje prispevne površine za območje večstanovanjskih objektov severno od Kidričeve ceste (kanal MK4) znaša 1.70 ha, za območje južnih večstanovanjskih objektov (kanal MK5) pa 0.47 ha. Na podlagi digitalnega ortofoto posnetka smo izračunali delež posameznih tipov utrditve (strešine, asfaltne utrditve in zelenice) in na podlagi tipa posamezne utrditve smo v izračunih reduciranih prispevnih površin upoštevali posamezne odtočne koeficiente iz Preglednice 13: Odtočni koeficienti (Kolar, 1983). Za prispevne površine kanalov MK1, MK2, MK3 in MK6 ta znaša 0.9, za MK4 0.5 in za MK5 0.8.

Skupna prispevna površina znaša približno 4.7 ha oziroma 3.61 ha ob upoštevanju odtočnega koeficienta. Tabelarni prikaz prispevnih površin je podan v Preglednici 14.

Preglednica 14: Tabelarni prikaz prispevnih površin.

Table 14: Tabulation of catchment areas.

Oznaka	A	A _{red}	T _{konc.}	Oznaka	A	A _{red}	T _{konc.}
	[ha]	[ha]	[min]		[ha]	[ha]	[min]
MK1-kanal 1				MK2-kanal 2			
MK1.MJ1-MJ3	0,00	0,00	5	MK2.MJ9-MJ16	0,52	0,47	5
MK1.MJ3-MJ4	0,00	0,00	5	MK3-kanal 3			
MK1.MJ4-MJ5	0,00	0,00	5	MK3.MJ9-MJ18	0,48	0,43	5
MK1.MJ5-MJ6	0,00	0,00	5	MK4-kanal 4			
MK1.MJ6-MJ7	0,04	0,04	5	MK4.MJ11-MJ19	1,70	0,85	5
MK1.MJ7-MJ8	0,05	0,05	5	MK5-kanal 5			
MK1.MJ8-MJ9	0,05	0,05	5	MK5.MJ11-MJ20	0,47	0,38	5
MK1.MJ9-MJ10	0,00	0,00	5	MK6-kanal 6			
MK1.MJ10-MJ11	0,22	0,20	5	MK6.MJ13-MJ14	0,93	0,84	5
MK1.MJ11-MJ13	0,23	0,21	5				

Dimenzioniranje meteorne kanalizacije smo izvedli s pomočjo programa Sewer 5.1. Pri hidravličnem izračunu je bila opravljena preverba na naliv s povratno dobo petih let (glede na zahteve iz Pravilnika o projektiranju cest, Uradni list RS, št. 91/2005, 43. člen) za meteorno postajo Brnik – letališče. Za območje cest smo glede na razmeroma majhno velikost prispevnih površin ter tip utrditve privzeli čas zakasnitve 5 minut. Za območje javnih parkirišč, bencinskih servisov in večstanovanjskih objektov prav tako. Izračun je podan v Preglednici 15.

Preglednica 15: Hidravlična preverba meteornega kanalizacijskega omrežja.

Table 15: Hydraulic calculation of stormwater sewage network.

Oznaka	Polnost	Max V	Max Q	Min V	Fi	I	L	A _{red}	Material cevi
	[%]	[m/s]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[%o]	[m]	[ha]	
MK1-kanal 1									
MK1.MJ1-MJ3	34,80%	11,99	738,57	1,13	600	431,1	62,86	0,00	PP
MK1.MJ3-MJ4	49,30%	5,38	738,61	0,54	600	37,1	20,41	0,00	PP
MK1.MJ4-MJ5	64,70%	3,37	738,35	0,37	600	12,2	19,25	0,00	PP
MK1.MJ5-MJ6	51,10%	5,01	739,32	0,51	600	30,8	21,25	0,00	PP
MK1.MJ6-MJ7	52,60%	4,73	737,68	0,48	600	26,6	31,31	0,04	PP
MK1.MJ7-MJ8	57,00%	4,06	731,97	0,42	600	18,3	28,27	0,05	PP
MK1.MJ8-MJ9	56,90%	4,02	723,57	0,42	600	18,1	38,17	0,05	PP
MK1.MJ9-MJ10	49,70%	3,74	522,63	0,41	600	17,7	56,52	0,00	PP
MK1.MJ10-MJ11	49,40%	3,79	523,56	0,42	600	18,3	98,46	0,20	PP
MK1.MJ11-MJ13	59,30%	2,55	218,28	0,20	400	12,2	182,91	0,21	PP
MK2-kanal 2									
MK2.MJ-9-MJ16	54,50%	2,61	106,40	0,00	300	20,1	217,97	0,47	PP
MK3-kanal 3									
MK3.MJ9-MJ18	50,60%	1,53	98,59	0,05	400	5,0	128,67	0,43	PP
MK4-kanal 4									
MK4.MJ11-MJ19	48,20%	3,38	197,46	0,47	400	25,9	19,64	0,85	PP
MK5-kanal 5									
MK5.MJ11-MJ20	43,20%	1,93	88,49	0,00	400	10,0	10,58	0,38	PP
MK6-kanal 6									
MK6.MJ13-MJ14	76,00%	1,60	185,13	0,00	400	5,0	144,71	0,84	PP

Pri dimenzioniranju lovilca olj je skladno z Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest, Uradni list RS, št. 47/2005, 4. člen, treba upoštevati kritični naliv trajanja 15 minut z intenziteto 15 l/s/ha. Za naš primer smo predvideli vgradnjo tipskega poliestrskega koalescenčnega lovilca olj z by-passom. Na lovilec priteka celotna količina vode v kanalu, pri čemer se je 10% vode prečisti, ostalo steče skozi by-pass. Izbrana dimenzija lovilca olj je podana v nadaljevanju.

Določitev dimenzije lovilca olj

Glede na zasnovo kanalizacijskega omrežja je predviden lovilec olj na kanalu MK1 med jaškoma MJ4 in MJ5. Pretok kritičnega naliva znaša 54.15 l/s, maksimalni pretok pa znaša 739.32 l/s. Glede na maksimalni pretok izberemo lovilec olj nazivne velikosti 80/800 l/s (pretok skozi lovilec 80 l/s).

Kot že navedeno, se na kanal MK1 priključujejo tudi meteorne vode z območja večstanovanjskih objektov, bencinskih servisov in javnega parkirišča. Pri tem ni bilo mogoče določiti, kakšna je dejanska stopnja čiščenja padavinskih odpadnih voda s teh površin. Prav tako zaradi bližnjih stanovanjskih območij obstaja možnost, da se padavinske vode neevidentirano odvajajo v obstoječi kanal ter posledično v predvideni kanal. Hkrati je zaradi večje zmogljivosti lovilca olj stopnja čiščenja odpadne padavinske vode večja.

Glede na zgornja izhodišča ocenjujemo, da je izbrani lovilec ustrezen tudi v primeru dolgoročno povečane obremenitve (do izkoristka nazivne velikosti manjka še 8 %).

4.1.3 Potrditev hipoteze

Iz zgoraj prikazanega lahko upravičeno sklepamo, da bi z ustreznimi tehničnimi rešitvami ravnanja s padavinsko odpadno vodo z javnih cest in javnih površin (parkirišč) bistveno zmanjšali hidravlično obremenitev čistilne naprave.

Trenutno se večina padavinske odpadne vode (z javnih cest in javnih površin (parkirišč)) odvaja v mešani sistem kanalizacije, ki pa se zaradi hidravlične preobremenjenosti čistilne naprave v velikih količinah neočiščen preliva v odvodnik. Primer prikaza preobremenjenosti iztoka iz obstoječega zadrževalnega bazena ZB 11 proti čistilni napravi smo prikazali v poglavju 4.2.9. Na ta odvodni kanal je poleg drugih iztokov iz razbremenilnikov in zadrževalnih bazenov priključen tudi iztok iz razbremenilnika RA 12 v katerega se trenutno odvaja mešan kanal z območja, za katerega smo izdelali predmetno idejno rešitev. Upravičeno lahko sklepamo, da smo s prikazano idejno rešitvijo odvajanja in čiščenja padavinske odpadne vode z javnih cest in javnih površin (parkirišč) zmanjšali tudi obstoječi vpliv na okolje.

4.2 Tehnična rešitev preureditve obstoječega kanalizacijskega sistema Kranj in objektov na njem

Na podlagi podatkov, ki smo jih pripravili v prejšnjem poglavju (Poglavje 3), smo določili najprej dovoljeno stopnjo preliivanja e_o , nato pa še potrebne prostornine zadrževalnih bazenov. V poglavju bomo povzeli glavne slabosti obstoječih objektov, ki smo jih podrobneje že predstavili v poglavju 3.2.1.2. Razbremenilnike in zadrževalne bazene bomo na novo dimenzionirali ter predvideli vgradnjo sodobne merilne, krmilno-regulacijske in komunikacijske opreme.

4.2.1 Dovoljena stopnja preliivanja

Dovoljena stopnja preliivanja izražena v odstotkih se določi po enačbi:

$$e_o = 3700/(c_{co} - 70) \quad (38)$$

Kjer pomeni

c_{co} teoretična koncentracija KPK na prelivu [mg/l]

(Za vrednosti glej priloge od J1 do J7.)

4.2.2 Potrebna zadrževalna prostornina

Potrebno zadrževalno prostornino se lahko določi po poenostavljenem postopku ali po verifikacijskem postopku. V nalogi prostornine določimo po poenostavljenem postopku, za kar morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji:

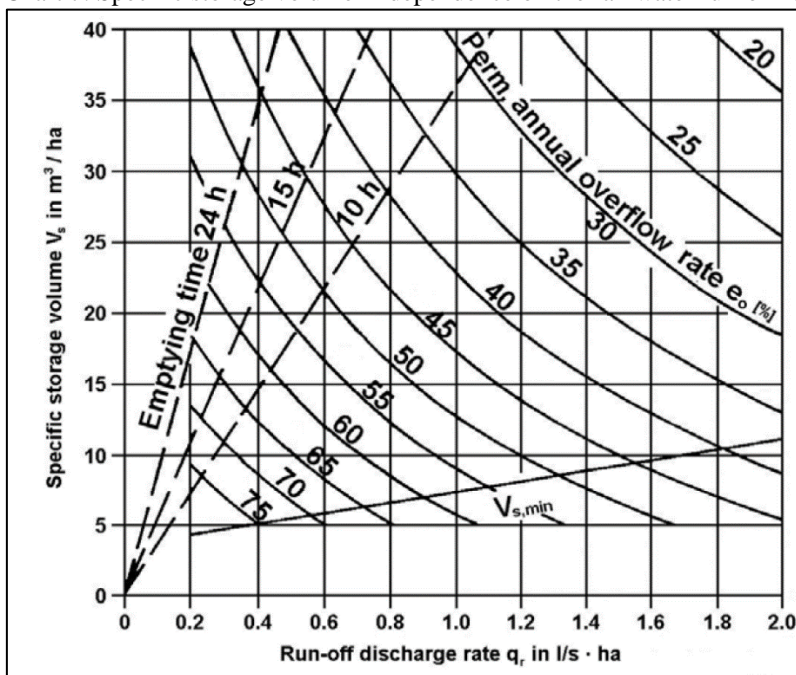
- Specifični pretok padavinske vode q_r na čistilni napravi ne sme preseči 2 l/s.ha.
- Specifični pretok padavinske vode q_r na posameznem zadrževalnem bazenu ne sme biti več kot 1,2-krat večji od tistega na čistilni napravi.
- Na sistemu je lahko največ pet zaporedno vezanih zadrževalnikov s prelivom.
- Pretoki na razbremenilnikih Q_i morajo biti vsaj tolikšni, kot jih predpisuje ta standard.
- Na prispevnem območju posameznega zadrževalnika je lahko priključenih največ pet razbremenilnikov.
- Zadrževalniki za zadrževanje padavinskih voda morajo imeti specifični pretok padavinske vode q_r najmanj 5 l/s.ha.
- Specifična prostornina V_s ne sme preseči 40 m³/ha.

Da prelivanje omejimo na dovoljeno stopnjo (e_0), je treba v kanalizacijskem omrežju zagotoviti zadostno prostornino za zadrževanje padavinskih voda.

Najprej določimo specifično prostornino. Lahko se jo določi iz Grafikona 7 ali po enačbi (39).

Grafikon 7: Graf za določanje specifične prostornine.

Chart 7: Specific storage volume in dependence on the rainwater run-off rate and the permissible overflow rate.



$$V_s = H_1 / (e_0 + 6) - H_2 \quad (39)$$

$$H_1 = (4000 + 25 \cdot q_r) / (0.551 + q_r)$$

$$H_2 = (36.8 + 13.5 \cdot q_r) / (0.5 + q_r)$$

Kjer pomeni

q_r specifični pretok padavinske vode, ki se odvaja na čistilno napravo [l/s·ha]

e_o dovoljena stopnja prelivanja [%]

Vendar specifična prostornina ne sme biti manjša od minimalne

$$V_{s,\min} \geq 3.60 + 3.84 \cdot q_r \quad (40)$$

$$q_r = [(48/x_a - 1) \cdot Q_{dw24} - Q_{rS24}] / A_{is} \quad (41)$$

Potrebno zadrževalno prostornino se določi po enačbi:

$$V = V_s \cdot A_{is} \quad (42)$$

Kjer pomeni

V_s specifična prostornina [m^3/ha]

A_{is} reducirana oz. neprepustna površina območja [ha]

Potrebno prostornino (skupna zadrževalna prostornina) določimo najprej za celotno področje kanalizacije, ki se odvaja na čistilno napravo. Nato pa določimo še potrebno prostornino za vse ostale zadrževalne bazene v sistemu. Da dobimo potrebno prostornino zadrževalnega bazena pred čistilno napravo, odštejemo potrebne prostornine gorvodnih zadrževalnikov. Povzetek merodajnih podatkov, potrebnih za izračun velikosti posameznega zadrževalnega bazena, je podan v prilogi H. V prilogah J1 do J7 so prikazane vrednosti izračunov, določene na podlagi zgoraj opisanih enačb. V prilogi J pa je podan povzetek potrebnih prostornin zadrževalnih bazenov.

4.2.3 Problematika obstoječih objektov na kanalizacijskem sistemu

Obstoječi objekti so slabo zasnovani in imajo številne pomanjkljivosti. Podrobno so opisani že v poglavju 3.2.1.2. Navajamo glavne pomanjkljivosti obstoječih objektov:

- Kontrola pretokov skozi dušilko proti čistilni napravi je slaba. Upravljaivec nima nadzora nad tem, koliko vode prevaja posamezen razbremenilnik ali zadrževalnik proti čistilni napravi. Na vseh objektih so nameščene dušilke na tak način, da pretoka ni možno natančno nadzirati. Te dušilke imajo visoko razmerje med pretokom skozi dušilko, ko se pretok začne razbremenjevati in pretokom skozi dušilko pri maksimalnem dotoku. Številni prelivni robovi so neizraziti, tako da jih je praktično nemogoče hidravlično analizirati. Izpuščanje vode iz zadrževalnih bazenov po končanju nalivov se izvaja ročno in po občutku, saj se ne izvaja meritev pretokov, niti ni točno znano, kolikšen pretok se spušča proti čistilni napravi.
- Prelivanje močno onesnažene mešanice odpadne in padavinske vode na razbremenilnih objektih v odvodnik. Na sistemu so nameščeni številni prelivni z nedopustno nizkim prelivnim robom ali celo zgolj iz mulde, ki že ob minimalnem dotoku padavinske vode v odvodnik odvajajo zelo onesnaženo mešanico odpadne in padavinske vode. V razbremenilnikih ni nameščenih potopnih

sten, ki bi delno usmerjale onesnaženje proti čistilni napravi. Tudi dušilka z delilno ploščo dopušča prelivanje precejšnjega dela onesnaženja v odvodnik.

- Izrazito povečanje pretokov na čistilni napravi med deževjem. Ker je pretok skozi dušilke slabo reguliran, do čistilne naprave prispe pretok, ki presega kapaciteto čistilne naprave že pri padavinah z nizko intenziteto. Pri dolgotrajnih nalivih se zadrževalni bazen pred čistilno napravo zapolni in prihaja do dolgotrajnega prelivanja mešanice odpadne in padavinske vode v Savo.

4.2.4 Predvidena preureditev kanalizacijskega sistema

Padavinska odpadna voda, ki v kanalizacijsko omrežje priteka z utrjenih površin, v mešanem kanalizacijskem sistemu pomeni dodatne hidravlične obremenitve, zaradi katerih obstoječi objekti, ki so v neprimernem stanju, ne morejo zagotavljati primerne zaščite okolja. Cilj predmetne naloge je zmanjšati vplive na okolje pri ravnanju s padavinsko odpadno vodo, kar lahko dosežemo s preureditvijo kanalizacijskega sistema, da bo ta dosegal bistvene pogoje kot so: omejevanje onesnaženja zaradi izpustov iz kanalizacije, zanesljivo delovanje naprav na kanalizacijskem sistemu, nadzor nad delovanjem sistema in seveda s tem povezanimi stroški. Pri preureditvi smo stremeli k temu, da v čim večji meri uporabimo obstoječe objekte na sistemu. Obstoječa in predvidena razporeditev sta razvidni iz shematskih prikazov v prilogah D in E.

Zadrževalne bazene in razbremenilnike bomo preuredili na način, da bodo ti skladni s standardom ATV-A 128E in slovensko nacionalno zakonodajo. Objekti morajo biti umeščeni in urejeni tako, da ima upravljalec nadzor nad pretoki v sistemu. Delovanje opreme v objektih mora biti zanesljivo, preverljivo in prijazno do upravljalca.

Pri izvedbi potrebnih ukrepov smo upoštevali trenutno stanje na kanalizacijskem sistemu in tudi predvideno stanje kanalizacijskega sistema. Glede trenutnega stanja kanalizacijskega sistema smo upoštevali vse razpoložljive podatke iz operativnega katastra upravljalca, kot so: podatki o kanalih (dolžina, padec, profil, ...), podatki o priključenih objektih, podatki o objektih, ki jih je možno priključiti na obstoječ sistem v bližnji prihodnosti, podatki o prispevnih površinah. Poleg tega smo si na terenu ogledali bistvene objekte, da smo se prepričali o trenutnem stanju na sistemu. Glede predvidenega stanja kanalizacije smo upoštevali predvidene priključitve, ki so pogojene z izpolnjevanjem Operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode.

4.2.5 Preureditve na obstoječem kanalizacijskem sistemu Kranj

V nadaljevanju sledimo postopku določanja prostornin po standardu ATV-A 128E. Vrednosti parametrov za obravnavano kanalizacijsko omrežje, določene po opisanih enačbah, so večinoma podane v prilogah v obliki preglednic.

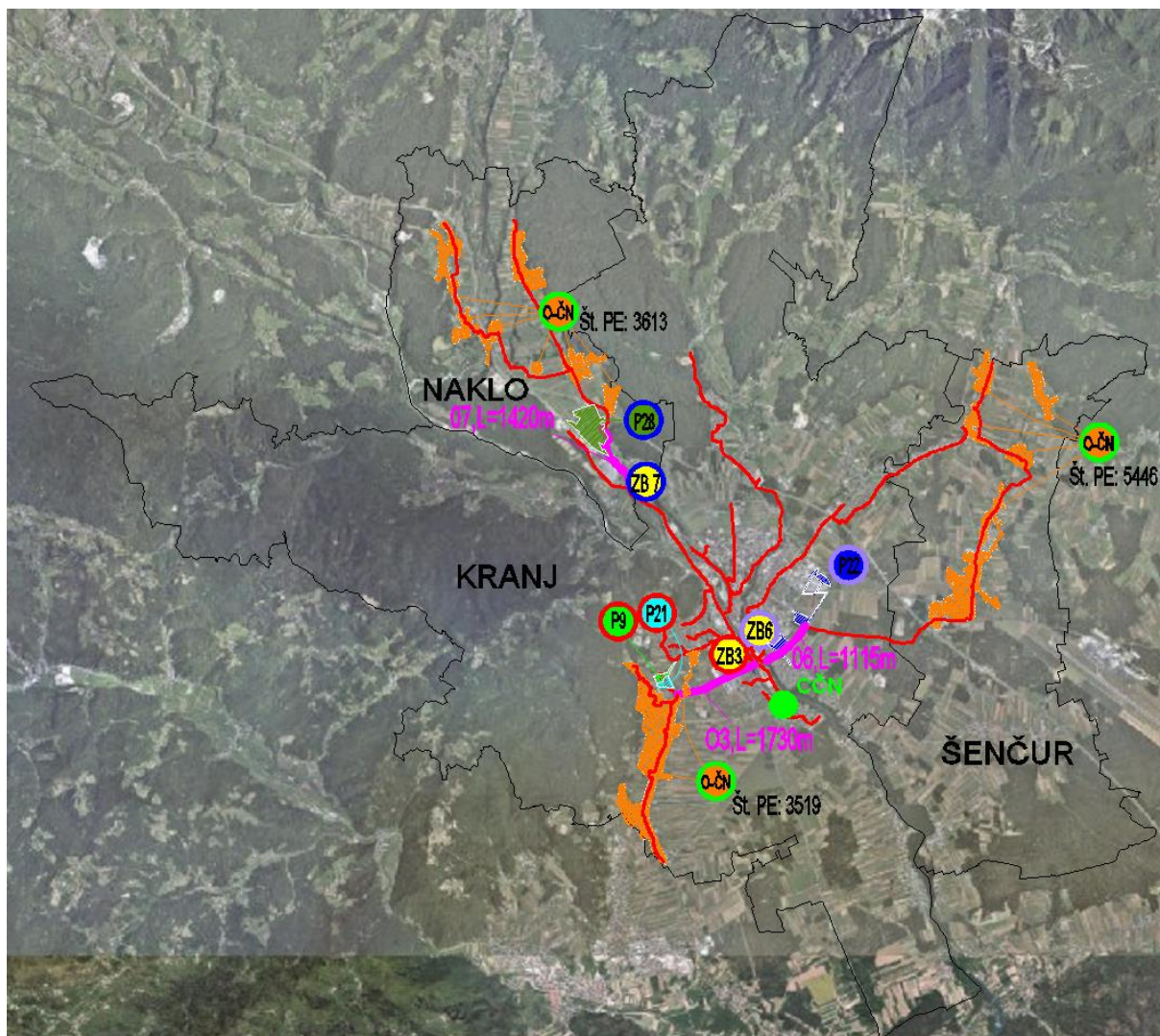
Prikazali bomo eno od možnih preureditev kanalizacijskega omrežja za zmanjšanje vplivov na okolje. V čim večji meri smo želeli izkoristiti obstoječe razbremenilne in zadrževalne objekte. Obstoječi objekti so že v osnovi zastareli in ne upoštevajo zadnjega stanja tehnike niti ustreznih standardov za dimenzioniranje tovrstnih objektov. Stanje se je še dodatno poslabšalo, ko so gorvodno od nekaterih objektov (ZB 6, ZB 3 in ZB 7) gradili obsežno kanalizacijsko omrežje ločenega tipa za odpadne vode in ga priklopili na zadrževalnike, namesto da bi ga vodili mimo njih neposredno na glavni kolektor, ki vodi proti čistilni napravi. Zato smo predvideli izgradnjo takih kanalov.

Prvotno smo poskusili izvesti izračune tudi za primer, če se veje ne zgradijo, vendar jih ni mogoče izvesti, ker pade vrednost specifičnega pretoka padavinske vode q_r izven veljavnosti obrazcev za izračun prostornin po ATV standardu in tudi izven razumnih mej (celo nad $q_{crit}=15$ l/s.ha).

Lokalno predstavlja težavo še hudournik Trenča, ki je speljan neposredno v kanalizacijsko omrežje gorvodno od razbremenilnika RA 8. Predvideno je, da se padavinsko vodo iz hudournika zajame in odvede po ločenem kanalu na zadrževalno ponikovalno polje Trenča-Bantale. Projekt je že izdelan. Zato je pri določanju potrebnih objektov vpliv hudournika Trenča izpuščen.

4.2.5.1 Izvedba novih povezav kanalizacijskega sistema

Na obravnavanem območju smo predvideli tri obvodne (povezovalne) kanale. Poimenovali smo jih glede na zadrževalni bazen, ki ga razbremenijo: O6, O3 in O7 (O-obvod). Prikazujemo jih na spodnji sliki, shematsko so prikazani v prilogi E. V nadaljevanju podrobneje opisujemo obvodne kanale in njihov pomen za zmanjšanje vplivov na okolje.



Slika 21: Novi obvodni (povezovalni) kanali na kanalizacijskem omrežju (osebni arhiv).

Figure 21: New by-pass sewers for sewage network (personal archive).

Obvodni fekalni kanal O6

S prispevnega območja z oznako O-ČN v Šenčurju se v ločen fekalni kanal, ki poteka skozi občino, odvajajo odpadne vode, ki se po primarnem fekalnem kanalu iz Šenčurja vodijo v Kranj. Pri trgovskem centru Tuš se fekalni kanal priključi v mešani kanal, ki odvaja odpadne vode mimo trgovskega centra Qlandia do razbremenilnika RA 22 in zadrževalnega bazena ZB 6.

S predvidenim obvodnim fekalnim kanalom O6 dolžine 1115 m, ki bi potekal od trgovskega centra Tuš mimo zdrževalnega bazena ZB 6 in se priključil za ZB 6 na primarni vod, ki vodi na ČN, bi preprečili, da bi se že ločeno zbrana fekalna voda z večjega prispevnega območja (5446 PE) mešala z odpadno vodo iz mešanega kanala z manjšega prispevnega območja (692 PE) in se nato preko razbremenilnika RA 22 in zadrževalnega bazena ZB 6 dodatno onesnažena prelivala v odvodnik. Na predvideni obvodni fekalni kanal bi se priklopil fekalni kanal s prispevnega območja P22, obstoječi mešan kanal pa bi uporabili za odvod meterone vode z območja P22. Dobili bi ločena kanala za fekalno in meteorno

odpano vodo, s čimer bi zmanjšali vpliv na okolje pri ravnanju s padavinsko odpadno vodo, ker bi razbremenjevali manj onesnaženo meteorno odpadno vodo.

Obvodni fekalni kanal O3

Novozgrajeno kanalizacijsko omrežje na območju Bitnje - Šutna - Žabnica (prispevna površina z oznako O-ČN), ki je bilo izvedeno v letu 2015 v okviru projekta GORKI, je izključno ločenega tipa. Odvajanje odpadne meteorne vode je urejeno z odvajanjem v bližnje odvodnike oz. s ponikanjem na območju. Odpadna fekalna voda se preko tlačnega fekalnega kanala vodi do severnega dela Zgornjih Bitenj, kjer se tlačni kanal priključi na mešan gravitacijski kanal, ki odvaja odpadno vodo s prispevnih območij P9 in P21 do razbremenilnika RA 21 in zadrževalnega bazena ZB 3.

S predvidenim obvodnim fekalnim kanalom O3 skupne dolžine 1730 m, na katerega bi se priključil tudi obstoječi fekalni kanal s Hafnarjeve poti, ki bi potekal od severnega dela Zgornjih Bitenj ob obstoječem mešanem kanalu mimo tovarn Iskratel in Savatech do zdrževalnega bazena ZB 3 in bi se priključil za ZB 3 na primarni vod, ki vodi na ČN, bi preprečili, da bi se fekalna odpadna voda z večjega prispevnega območja (3519 PE) mešala z odpadno vodo iz mešanega kanala z manjšega prispevnega območja (566 PE) ter se preko razbremenilnika RA 21 in zadrževalnega bazena ZB 3 dodatno onesnažena prelivala v odvodnik. Dobili bi ločena kanala, obvodnega fekalnega in obstoječega mešanega, s čimer bi zmanjšali vpliv na okolje pri ravnanju s padavinsko odpadno vodo, ker bi preprečili mešanje fekalne odpadne vode z odpadno vodo iz mešane kanalizacije in bi s tem razbremenjevali manj onesnaženo odpadno vodo iz mešane kanalizacije.

Obvodni fekalni kanal O7

V letih od 2011 do 2015 so v Naklem na novo zgradili 14 km fekalnega kanalizacijskega omrežja. Ločeno zbrane fekalne odpadne vode s prispevnega območja z oznako O-ČN se preko fekalnega kanala odvajajo od severnega do osrednjega dela občine in se pri Osnovni šoli Naklo priključijo na mešan kanal.

S predvidenim obvodnim fekalnim kanalom O7 dolžine 1420 m, ki bi potekal od Osnovne šole Naklo ob obstoječem mešanem kanalu mimo zdrževalnega bazena ZB 7 in se priključil za ZB 7 na primarni vod, ki vodi na ČN, bi preprečili, da bi se ločeno zbrana fekalna odpadna voda z večjega prispevnega območja (3613 PE) mešala z odpadno vodo iz mešanega kanala z manjšega prispevnega območja (1179 PE). Fekalno odpadno vodo bi po odvodnem kanalu O7 odvedli mimo razbremenilnika RA 28 in zadrževalnega bazena ZB 7 v primarni kanal, ki vodi na ČN. S tem bi zmanjšali vpliv na okolje pri ravnanju s padavinsko odpadno vodo, ker bi razbremenjevali manj onesnaženo odpadno vodo iz mešanega kanala.

4.2.5.2 Preureditve razbremenilnih in zadrževalnih objektov kanalizacijskega sistema

Predvideno je, da obstoječe zadrževalnike obdržimo in izkoristimo akumulacijo, ki jo zagotavljajo. Hidravlične elemente (prelivi, dušilke) in delovanje objektov (meritve, avtomatsko upravljanje) pa prilagodimo pogojem standarda ATV-A 128E oz. zadnjemu stanju tehnike.

V nadaljevanju so opisani potrebni posegi za preureditev obstoječih zadrževalnih bazenov v omrežju.

Obstoječe zadrževalne bazene se preuredi v dva različna tipa zadrževalnih bazenov. Zadrževalnike ZB 1, ZB 2, ZB 3, ZB 6 in ZB 7 se preuredi v zadrževalne bazene s prelivnim robom za delno očiščene vode (STOSC). Pri tem se zadrževalne bazene ZB 1, ZB 2, ZB 3, ZB 6 predvidi na obtočnem kanalu, zadrževalni bazen ZB 7 pa na glavnem kanalu. Zadrževalnik ZB 11 se preuredi v kanal z zadrževalno sposobnostjo in gorvodnim prelivom (SSCTO), ki je po delovanju enakovreden zadrževalnemu bazenu za zadrževanje prvih nalivov (STRFF). Princip delovanja navedenih tipov zadrževalnih bazenov je opisan v poglavju 2.4.1.

4.2.5.2.1 Dimenzioniranje objektov na kanalizacijskem sistemu

V tem poglavju je prikazan postopek, po katerem so določene prostornine zadrževalnih bazenov na območju kanalizacijskega sistema Kranj skladno s standardom ATV-A 128E. V grafični prilogi D je prikazan shematski prikaz celotnega kanalizacijskega sistema z osnovnimi lastnostmi. Ta služi za lažjo predstavo, kako so posamezni razbremenilniki in zadrževalni bazeni medsebojno povezani v celoto. Osnovno izhodišče pri postavitvi zadrževalnih bazenov je bilo, da se uporabi obstoječe zadrževalne bazene.

4.2.5.2.2 Dimenzioniranje objektov za porazdelitev pretoka (FDS)

Na objektu za porazdelitev pretoka je treba proti čistilni napravi kontrolirano voditi vsaj tolikšen del padavinske vode, da se zagotovi ustrezno stopnjo mešanja.

- Minimalna stopnja mešanja (M_{STO}) med deževnim in suhim vremenom mora znašati:

$$M_{STO} \geq M_{\min} \quad (43)$$

$$M_{STO} = (Q_{ro} + Q_{rs,24}) / Q_{dw24} \quad (44)$$

Kjer pomeni

Q_{ro} povprečni deževni pretok na prelivu [l/s]

$Q_{rs,24}$ deževni odtok iz območij z ločenim kanalizacijskim sistemom [l/s]

Q_{dw24} povprečni dnevni sušni odtok [l/s]

$$M_{\min} = 7 \quad \text{če je } c_{dw} \leq 600 \quad (45)$$

$$M_{\min} = (c_{dw} - 180) / 60 \quad \text{če je } c_{dw} > 600 \quad (46)$$

Ker želimo imeti proti čistilni napravi kontroliran pretok z dobro delilno ostrino, smo predvideli na iztoku proti ČN vgradnjo dušilke s plovcem, ki zagotavlja konstanten pretok, neglede na dotok oz. gladino vode nad dušilko. Ena izmed takšnih dušilk je regulator pretoka HydroSlide proizvajalca Steinhardt. Izdelujejo različne tipe tovrstnih dušilk. Roka s plovcem se lahko premika vstran ali frontalno. Pri manjših pretokih in tam, kjer obstaja večja verjetnost mašenja odtočne cevi, se priporoča regulator pretoka Giehlmatic, ki zazna oviro pred iztokom in avtomatsko popolnoma odpre zaslonko, ki uravnava pretok skozi dušilko in jo potem tudi avtomatsko pripre nazaj.



Slika 22: Regulator pretoka Giehlmatic (Hydroslide).
Figure 22: Flow regulator Giehlmatic (Hydroslide).

Dimenzija iztočne cevi (DR) je odvisna od dušenega pretoka. Objekt, v katerega se namesti dušilko, mora imeti minimalne dimenzije:

$$L_{\min} = 9,25 \cdot DR, \quad B_{\min} = 6 \cdot DR \quad (47)$$

Kjer pomeni

L_{\min}	minimalna dimenzija objekta v vzdolžni smeri [m]
B_{\min}	minimalna dimenzija objekta v prečni smeri [m]
DR	dimenzija iztočne cevi na dušilki [mm]

Treba je določiti preliv, preko katerega se odvaja preostali dotok proti prelivnemu objektu (TO). Na prelivu objekta za porazdelitev pretoka proti prelivnemu objektu se preliva:

$$Q_{O(FDS)} = Q_{r\max} + Q_{dw,24,int} + Q_{rs24,int} + \Sigma Q_{t,i} - Q_t \quad (48)$$

Kjer pomeni

$Q_{dw,24,int}$	sušni pretok z območja, ki je neposredno povezano na zadrževalni bazen [l/s]
-----------------	--

$Q_{rs24,int}$	dotok padavinske vode po ločeni kanalizaciji za odpadno vodo, ki je neposredno povezan na zadrževalni bazen [l/s]
$\Sigma Q_{t,i}$	vsota vseh pretokov, ki odtekajo skozi dušilke gorvodno od zadrževalnika [l/s]
Q_t	pretok na dušilki obravnavanega zadrževalnega bazena zadrževalnika [l/s]
Q_{rmax}	maksimalni dotok padavinske vode z neposredne prispevne ploskve na zadrževalnik [l/s]

Dolžino prelivnega roba pri razbremenilnikih z bočnim prelivanjem in pri razbremenilnikih s prelivom, ki je pravokoten na smer toka, lahko določimo po Poleniju (Kolar, 1983):

$$L_{pr} = \left(\frac{\eta \cdot Q_{pr}}{\frac{2}{3} \cdot c \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_{pr}^{3/2}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (49)$$

Kjer pomeni

h_{pr}	višina preliva [m]
Q_{pr}	pretok čez preliv [l/s]
η	varnostni faktor (1,5 za bočne prelive, 1,0 za prelive pravokotno na smer toka) [-]
μ	pretočni koeficient preliva, odvisen od oblike prelivnih robov [-]
c	faktor, ki je odvisen od razmerja gladin pri delno potopljenem prelivu [-]
g	zemeljski pospešek [m/s ²]

Izberemo si višino preliva 30–50 cm.

4.2.5.2.3 Dimenzioniranje oz. preverjanje obstoječih zadrževalnih objektov

Pri dimenzioniranju zadrževalnikov morajo biti izpolnjene spodaj navedene zahteve:

- Teoretični čas praznjenja (t_{empt}) ne sme presegati 10 do 15 ur, določimo ga po spodnji enačbi:

$$t_{empt} = \frac{V_s}{q_r} \quad (50)$$

Kjer pomeni

V_s	specifična prostornina [m ³ /ha]
q_r	specifični pretok padavinske vode, ki se odvaja na čistilno napravo [l/s·ha]

- Maksimalna dovoljena površinska obremenitev (q_{sfr}) in maksimalna dovoljena horizontalna hitrost (q_{hv}) ne smeta presegati v nadaljevanju navedenih dopustnih vrednosti:

$$\text{Pri nereduciranem kritičnem mešanem pretoku } Q_{crit} = Q_{rcrit} + Q_{dw24} + Q_{rs24} + \Sigma Q_{t,i} - Q_t, \quad (51)$$

$$\text{kjer je } Q_{crit} = 15 \cdot A_{is,int} \quad (52)$$

moramo izpolniti:

- $q_{sfr} < 10 \text{ m/h}$
- $q_{hv} < 0,05 \text{ m/s}$.

Izračunamo ju po enačbah:

$$q_{sfr} = \frac{Q_{crit} \cdot 3.6}{B \cdot L} \quad (53)$$

$$q_{hv} = \frac{Q_{crit}}{B \cdot H} \quad (54)$$

Kjer pomeni

Q_{crit}	nereduciran kritični pretok mešane odpadne vode [l/s]
Q_{rcrit}	kritični pretok padavinske vode z območja, ki je neposredno povezano na zadrževalni bazen [l/s]
$Q_{dw24,int}$	sušni pretok z območja, ki je neposredno povezano na zadrževalni bazen [l/s]
$Q_{rS24,int}$	dotok padavinske vode po ločeni kanalizaciji za odpadno vodo, ki je neposredno povezan na zadrževalni bazen [l/s]
$\Sigma Q_{t,i}$	vsota vseh pretokov, ki odteka skozi dušilke gorvodno od zadrževalnika [l/s]
Q_t	pretok na dušilki obravnavanega zadrževalnega bazena zadrževalnika [l/s]
$A_{is, int}$	reducirana oz. nepropustna površina območja, ki je neposredno povezana na zadrževalni bazen [ha]
L	dolžina objekta [m]
B	širina objekta [m]
H	višina objekta [m]

4.2.5.2.4 Dimenzioniranje prelivnih objektov (TO) pred zadrževalnimi bazeni

V prelivnem objektu mora biti prelivni rob na takšni višini, da se aktivira šele pri nereduciranem kritičnem nalivu. To pomeni, da mora biti dvignjen nad prelivni rob za delno očiščeno vodo v zadrževalniku vsaj za višino preliva, ki nastane pri Q_{crit} . Pri pretokih nad Q_{crit} sta tako aktivna oba prelivna robova. Ob tem je naš cilj, da se čim večji del pretoka preliva že pred vtokom v bazen, da ne prihaja do dvigovanja usedlin v bazenu. Zato mora imeti preliv pred bazenom večjo prelivno kapaciteto kot preliv v zadrževalniku. Hkrati pa je treba v zadrževalniku zagotoviti čim bolj enakomeren pretok po celi širini bazena. Zato smo predvideli, da se preliv na bazenu izvede z več manjšimi pravokotnimi prelivni širine 10–20 cm, enakomerno razporejenimi po celotni širini bazena na razdalji približno 1 m.

Število prelivov določimo po enačbi:

$$n = \text{int}\left(\frac{B_{\text{bazen}}}{1}\right), \quad (55)$$

kjer n pomeni število prelivov in B_{bazen} pomeni širino obstoječega zadrževalnega bazena v metrih. Širina enega polja B potem znaša:

$$B = \left(\frac{B_{\text{bazen}}}{n}\right) \quad (56)$$

Za določitev višine preliva uporabimo enačbo Kindvaterja in Carterja (Steinman, 1999; LMNO Engineering, Research and Software):

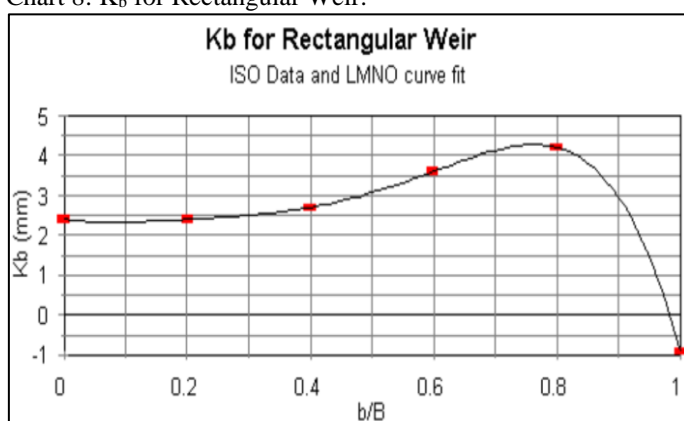
$$Q = c_e \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (b + k_b) \cdot (h + k_h)^{\frac{3}{2}} \quad (57)$$

Kjer pomeni

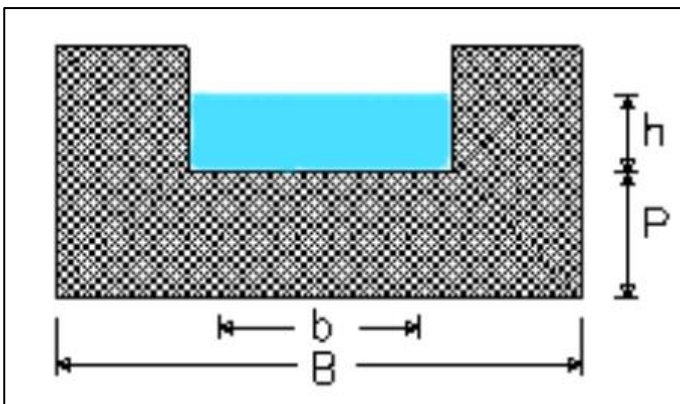
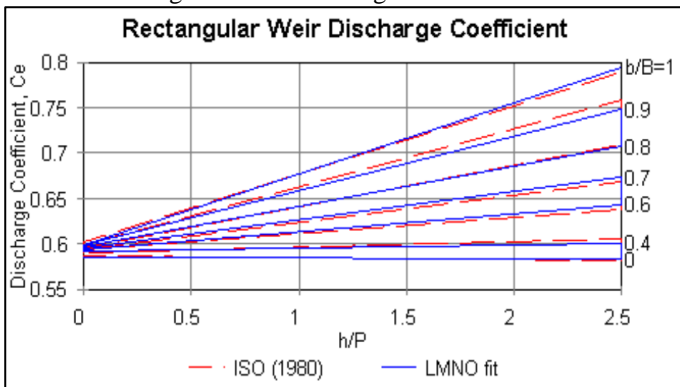
Q	pretok na prelivu [l/s]
b	širina preliva [m]
h	višina preliva [m]
k_b, k_h	količini, ki zajemata vplive nekaterih pojavov, npr. viskoznosti in površinske napetosti. Empirično določene vrednosti za k_b so podane na Grafikonu 8. Za praktično uporabo se priporoča konstantna vrednost $k_h=0,001[-]$
c_e	funkcija razmerij b/B in h/p (glej Sliko 23 in Grafikon 9) [-]
g	zemeljski pospešek [m/s^2]

Grafikon 8: Diagram za določitev k_b .

Chart 8: K_b for Rectangular Weir.



Grafikon 9: Diagram za določitev c_e
Chart 9: Rectangular Weir Discharge Coefficient.



Slika 23: Skica preliva s parametri za določitev k_b in c_e .
Figure 23: Diagram of channel parameters for determining k_b and c_e .

Enačbo določimo iteracijsko s poskušanjem. Prelivno višino h in koeficient c_e spreminjamo, dokler ne dobimo zelenega pretoka $Q=Q_{crit}$. Višinska razlika Δh med robom preliva v zadrževalnem bazenu in robom preliva v prelivnem objektu mora biti vsaj tolikšna, kot je prelivna višina na prelivu za delno očiščene vode v bazenu pri nereduciranem kritičnem pretoku. Pri tem ne smemo pozabiti pretoka deliti s številom pravokotnih prelivov.

$$\Delta h \geq h_{OSSC,crit}$$

Preliv pred dotokom v bazen (TO) pa moramo dimenzionirati na maksimalni dotok, ki se odvaja po kanalizaciji do zadrževalnika. Dotoku padavinske vode z neposredno priključene prispevne ploskve je treba prišteti še dotok iz vseh gorvodnih dušilk ter sušni pretok in pretok padavinske vode, ki se odvaja po ločenem kanalu za odpadno vodo. Odštejemo pa lahko del dotoka, ki se odvaja proti čistilni napravi in del dotoka, ki se preliva preko prelivnega roba bazena.

Preliv na prelivnem objektu pred zadrževalnim bazenom določimo po enačbi:

$$Q_{TO} = Q_{r,max} + Q_{dw,24,int} + Q_{r,s24,int} + \sum Q_{t,i} - Q_{OSSC,max} - Q_t \quad (58)$$

Kjer pomeni

$Q_{dw,24,int}$ sušni pretok z območja, ki je neposredno povezano na zadrževalni bazen [l/s]

$Q_{RS24,int}$	dotok padavinske vode po ločeni kanalizaciji za odpadno vodo, ki je neposredno povezan na zadrževalni bazen [l/s]
$\Sigma Q_{t,i}$	vsota vseh pretokov, ki odtekajo skozi dušilke gorvodno od zadrževalnika [l/s]
$Q_{OSSC,max}$	pretok na prelivu za delno očiščene vode pri maksimalnem pretoku [l/s]
Q_t	pretok na dušilki obravnavanega zadrževalnega bazena zadrževalnika [l/s]
Q_{rmax}	maksimalni dotok padavinske vode z neposredne prispevne ploskve na zadrževalnik [l/s]

Maksimalni dotok Q_{rmax} na zadrževalnik določimo na osnovi prispevne ploskve, ki se neposredno odvaja v zadrževalni bazen in merodajnega naliva. Za merodajni naliv privzamemo povratno dobo kot izhaja iz standarda SIST EN 752:2009 (v standardu poglavje 8.4.3.3, str. 47). V standardu je predvidena povratna doba za naseljena območja dve leti za enostavne hidravlične sisteme, kjer vemo, da prelivanje ne povzroči nikakršne škode tudi za mnogo intenzivnejše nalive. Za večja razvita področja, kjer obstaja nevarnost poplav pa je treba zagotoviti varnost proti preplavljanju z dvajsetletno povratno dobo. Glede na to, da ne moremo biti prepričani v to, da prelivanje ne bo povzročalo škode, se odločimo za dvajsetletno povratno dobo. Informativno smo preverili tudi, kolikšen je pretok polne dotočne cevi. Izkazalo se je, da je kapaciteta cevi večinoma zadoščala za pretok naliva z dvajsetletno povratno dobo.

Pri dimenzioniranju preлива čez prelivni objekt si izberemo višino prelivnega roba h_{TO} . Da določimo merodajni pretok moramo določiti najprej pretok na prelivu za delno očiščene vode pri maksimalnem dotoku. Določimo ga po spodnji enačbi.

$$Q_{OSSC,max} = n \cdot c_e \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (b + k_b) \cdot (\Delta h + h_{TO} + k_h)^{\frac{3}{2}} \quad (59)$$

Dolžino prelivnega roba na prelivnem objektu določimo po Poleniju (enačba 45).

4.2.5.2.5 Dimenzioniranje razbremenilnikov

Na razbremenilnikih se lahko mešan odtok padavinske in odpadne vode začne razbremenjevati šele pri kritičnem nalivu. Ob tem pa mora biti zagotovljeno ustrezno mešanje padavinskega in sušnega odtoka.

- Pretok skozi dušilko, ki se odvaja proti čistilni napravi, mora biti večji od vsote kritičnega pretoka neposredne prispevne površine, neposrednega sušnega odtoka in vsote vseh gorvodnih pretokov skozi dušilko. Če so pretoki gorvodnih objektov skozi dušilko večji od potrebnih zaradi konstrukcijskih pogojev ($Q_{min}=50$ l/s), se upošteva le pretok, ki izhaja iz kritičnega pretoka Q_{crit} za gorvodne odseke.

$$Q_{t,crit} \geq Q_{crit} \quad (60)$$

$$Q_{crit} = Q_{dw24} + Q_{rcrit} + \Sigma Q_{t,i} \quad (61)$$

Q_{dw24} povprečni sušni odtok [l/s]

Q_{rcrit} kritični pretok neposredne prispevne ploskve [l/s]

$\Sigma Q_{t,i}$ vsota efektivnih pretokov skozi gorvodno locirane dušilke [l/s]

$$Q_{rcrit} = r_{crit} \cdot A_{is} \quad (62)$$

$$r_{crit} = 15 \cdot 120 / (t_f + 120) \quad (63)$$

Kjer pomeni

t_f čas dotoka [min]

A_{is} reducirana oz. neprepustna površina območja [ha]

Zadostiti moramo pogoju minimalne stopnje mešanja

$$M_{SO} \geq M_{min} \quad (64)$$

$$M_{SO} = (Q_t - Q_{dw,24}) / Q_{dw24} \quad (65)$$

Kjer pomeni

Q_t pretok skozi dušilko [l/s]

Q_{dw24} povprečni sušni odtok [l/s]

$$M_{min} = 7 \quad \text{če je } c_{dw} \leq 600 \quad (66)$$

$$M_{min} = (c_{dw} - 180) / 60 \quad \text{če je } c_{dw} > 600 \quad (67)$$

Če želimo izraziti minimalni pretok skozi dušilko, da zadostimo pogoju minimalnega mešanja, dobimo:

$$Q_{t min, mix} = (M_{SO} + 1) \cdot Q_{dw24} \quad (68)$$

Merodajen je večji izmed pretokov $Q_{t, crit}$, $Q_{t min, mix}$.

(Za vrednosti glej prilogo K.)

Treba je določiti še pretok na dotoku v razbremenilnik in pretok čez preliv.

Maksimalni dotok na razbremenilnik določimo na osnovni neposredne prispevne ploskve in merodajnega naliva, sušnega pretoka in dotoka padavinske vode iz ločene kanalizacije in dotoka iz vseh gorvodno vezanih dušilk. Od tega se vodi del pretoka skozi dušilko (Q_t), preostalo se razbremenjuje preko preliva v odvodnik. Pretok na prelivu (Q_{SO}) določimo po spodnji enačbi:

$$Q_{SO} = Q_{r max} + Q_{dw,24,int} + Q_{rs24,int} + \Sigma Q_{t,i} - Q_t \quad (69)$$

Kjer pomeni

$Q_{dw24,int}$ sušni pretok z območja, ki je neposredno povezano na zadrževalni bazen [l/s]

$Q_{rS24,int}$ dotok padavinske vode po ločeni kanalizaciji za odpadno vodo, ki je neposredno povezan na zadrževalni bazen [l/s]

$\Sigma Q_{t,i}$	vsota vseh pretokov, ki odtekajo skozi dušilke gorvodno od zadrževalnika [l/s]
Q_t	pretok na dušilki obravnavanega zadrževalnega bazena zadrževalnika [l/s]
$Q_{r \max}$	maksimalni dotok padavinske vode z neposredne prispevne ploskve na razbremenilnik [l/s]

Razbremenilnik z bočnim prelivom je predstavljen v poglavju 2.4.1.1. Pri dimenzioniranju razbremenilnikov morajo biti izpolnjene naslednje zahteve:

- Niveleta iztoka mora biti vsaj 3 cm nižja od nivelete vtoka.
- Prelivni rob mora biti vsaj 50 cm višji od temena iztočne cevi.
- Prelivni rob mora biti visok vsaj $\frac{1}{2} D_{\text{dotok}}$.

Pretok proti čistilni napravi omejimo z vgradnjo dušilke s plovcem, ki zagotavlja konstanten pretok, neglede na dotok oz. gladino vode nad dušilko (enako kot pri objektu za porazdelitev pretoka).

Dimenzija iztočne odprtine (DR) je odvisna od dušenega pretoka. Objekt, v katerega se namesti dušilko, mora imeti minimalne dimenzije (tip VS):

$$L_{\min} = 7,5 \cdot DR, \quad B_{\min} = 4 \cdot DR \quad (70)$$

Dolžino prelivnega roba pri razbremenilnikih z bočnim prelivanjem določimo po Poleniju (Kolar, 1983) na enak način kot pri objektu za porazdelitev pretoka. Spodaj je prenesena enačba (49) s strani 77.

$$L_{pr} = \left(\frac{\eta \cdot Q_{pr}}{\frac{2}{3} \cdot c \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_{pr}^{3/2}}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (49)$$

Pomen oznak je prikazan na strani 77.

Dimenzioniranje razbremenilnikov prikazujemo v prilogah M1 do M11.

4.2.6 Obratovanje zadrževalnih bazenov

V zadrževalnih bazenih je za učinkovito obratovanje in kontrolo nad obratovanjem treba predvideti še ustrezno merilno in regulacijsko opremo ter prenos podatkov.

Predvidene so različne izvedbe zadrževalnih bazenov, vendar z vidika avtomatike ločimo dva osnovna tipa:

- Prvi tip zadrževalnega bazena zahteva, da se po končanem deževju bazen sprazni s pomočjo črpalke ali izpustnega ventila. To pomeni, da je potrebna avtomatika, ki nadzoruje postopek in tudi ustrezna merilna oprema, ki to omogoča (ZB 3, ZB 6, ZB 1, ZB 2).
- Drugi tip zadrževalnega bazena se prazni samodejno preko dušilke pretoka (ZB 7, ZB 11). V tem primeru avtomatika ni potrebna, lahko pa se vgradi merilna oprema za pretoke in nivo.

Tako potem lahko nadzorujemo stanje v zadrževalnem bazenu in po potrebi časovno uskladimo praznjenje zadrževalnih bazenov prvega tipa.

4.2.6.1 Praznjenje zadrževalnih bazenov

Praznjenje bazena se glede na višinske razmere zadrževalnega bazena in kanalizacijskih kanalov izvaja s pomočjo črpalk ali izpustnih loput. Poleg teh naprav so lahko predvidene tudi naprave za pranje zadrževalnega bazena, ki jih je prav tako treba prožiti s PLC krmilnikom. To so lahko zapornice za pralni bazen, ki se odprejo po izpraznitvi bazena in odplaknejo nesnage, ki so se usedle na dno bazena, možna pa je tudi izvedba s prekucniki, ki jih moramo pred izpiranjem preko elektromagnetnega ventila napolniti z vodo iz vodovodnega omrežja. Za vse variante je treba vgraditi ustrezno krmilno opremo z izvršnimi elementi, ki PLC krmilniku omogočajo krmiljenje močnostnih naprav.

Za avtomatizacijo te operacije je potrebna meritev nivoja v zadrževalnem bazenu, izvajati pa jo je treba v poglobljenem delu bazena, kjer je nameščena črpalka ali ventil za izpust. Ko se bazen izprazni do določenega minimalnega nivoja, se namreč odprejo zapornice pralnih bazenov. Zatem je treba še to vodo izčrpati do minimalnega nivoja za črpalke. Za uspešno izvedbo avtomatike je nivo treba meriti v najglobljem delu bazena.

Celotni postopek praznjenja zadrževalnega bazena je možno avtomatizirati, če je vgrajen merilnik pretoka na kanalu proti čistilni napravi. Ta nam omogoča, da ugotovimo, če se je pretok po deževju zmanjšal na neko normalno vrednost in je možno dodajanje akumuliranih odplak. V nasprotnem primeru je treba ta postopek sprožiti ročno, ko operater oceni da ni več povečanega pretoka zaradi padavin. Telemetrijska povezava mora omogočati, da se ta komanda izvede iz centra vodenja, od koder se vrši nadzor kanalizacijskega sistema.

4.2.6.1.1 Opis tehnološkega postopka praznjenja zadrževalnih bazenov

Praznjenje zadrževalnih bazenov se proži na dva načina. Prvi je avtomatski zagon praznjenja bazenov, drugi način je ročni, kjer se postopek praznjenja izvede na ukaz operaterja iz centra vodenja. Odločitev je možna tudi na osnovi testnega zagona sistema.

V avtomatskem načinu je predvideno, da se postopek praznitve izvede potem, ko se pretok v kanalu za čistilno napravo zmanjša pod določeno mejo (meja je daljinsko nastavljiva iz centra vodenja) in je v zbirnem bazenu prisotna voda (to je znano na osnovi podatka iz merilnika nivoja). Seveda je za avtomatski način delovanja potrebno, da je vgrajen merilnik pretoka v osnovnem kanalu, ki odvaja vodo proti čistilni napravi.

Nadaljevanje postopka praznjenja je v obeh primerih enako. Praznjenje se vrši preko krmiljenega ventila oziroma potopne črpalke, odvisno od višinskih razmer umestitve zadrževalnega bazena. Če praznjenje poteka preko ventila, je treba z regulacijo ventila zagotoviti čim bolj konstantni iztok v kanal. Ko se

zadrževalni bazen izprazni do roba poglobitve za potopno črpalko ali izpustni ventil, se sproži pranje zadrževalnega bazena. To je lahko izvedeno s čisto vodo in prekucniki ali z vodo iz kanalizacije in zapornicami. V obeh primerih se mora proženje izvesti preko krmilne avtomatike. Praznjenje zadrževalnega bazena se izvaja še toliko časa, da se izčrpa oziroma izlije še ta voda za splakovanje. Zatem se ventil zapre oziroma črpalka ustavi in zadrževalni bazen je pripravljen na sprejem novih viškov odplak.

4.2.6.1.2 Zasnova merilne, krmilno-regulacijske in komunikacijske opreme na zadrževalnih bazenih

Krmilno-regulacijska in komunikacijska oprema se vgradi v prostostoječo omaro ustreznih dimenzij. Na zadrževalnih bazenih je za učinkovit nadzor in avtomatsko delovanje treba vgraditi sledeče merilnike:

- Merilnik pretoka na kanalu za čistilno napravo. Ta merilnik je potreben, če želimo stalno zasledovati pretoke za čistilno napravo in obenem omogočiti avtomatsko praznjenje zadrževalnih bazenov po prenehanju povečanih pretokov (vgradnja je obvezna).
- Merilnik pretoka na prelivnem kanalu meri skupni preliv na iztoku (preliv na zadrževalnem bazenu in preliv pred bazenom). Ta merilnik je potreben za beleženje iztokov direktno v vodotoke (vgradnja je opcijska).
- Meritev nivoja v zadrževalnem bazenu se izvaja v poglobljenem delu bazena, da je možna izvedba avtomatskega praznjenja in pranja zadrževalnega bazena.

V krmilno omaro se vgradi krmilno-regulacijska oprema (PLC krmilnik s pomožnimi elementi) z izvršnimi elementi za črpalke, ventile in zapornice, telemetrijska oprema, lahko tudi del merilne opreme – računska enota merilnika pretoka.

Izbor merilne opreme

Najbolj pomembni elementi merilne opreme so merilniki pretoka. Kot najbolj ustrezni merilniki so se v kanalih komunalnih odplak pokazali merilniki pretoka v Khafagi-Venturijevem prelivu. Sama oblika kanala onemogoča, da bi se v zoženju nabirali oziroma ujeli razni trdni deli odplak, ki bi zmanjševali točnost meritve.

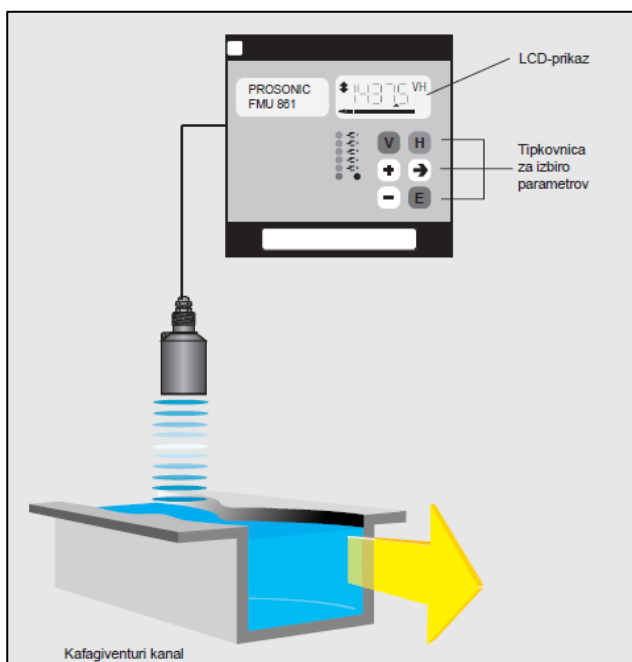
Khafagi-Venturi preliv se dobavi kot kompletni skelet, ki se ob izgradnji vbetonira v kanalizacijski kanal. Khafagi-Venturi preliv je že tovarniško kalibriran, zato je točnost meritve zelo velika in ob pravilni vgradnji ni potrebna nobena dodatna kalibracija (glej Sliko 24).



Slika 24: Primer vgradnje Khafagi – Venturijevega preлива na CČN Domžale (osebni arhiv).
Figure 24: Example of installation Khafagi – Venturi flume on WWTP Domžale (personal archive).

Pomembna je še vgradnja ultrazvočne sonde FDU90, ki mora biti vgrajena na predpisani razdalji pred zoženjem in na določeni višini. Za montažo je na voljo poseben nosilec.

Računska enota FMU90 je lahko montirana ob kanalu ali v omari s krmilno-regulacijsko opremo. Ta računska enota preračunava višino vode pred prelivom v pretok.



Slika 25: Računska enota za preračunavanje pretoka (Endress+Hauser).
Figure 25: The calculation unit for flow calculation (Endress+Hauser).

Cena merilnika pretoka je bistveno odvisna od dosega meritve. Ultrazvočna sonda FDU90 in računska enota FMU90 sta za vse dosege enaki. Cena je približno 1500 € po kompletu brez montažne opreme in montaže. Cene za Khafagi-Venturi prelive pa se gibljejo od slabih 1000 € za pretoke do 100 l/s pa do nekaj več kot 11000 € za pretoke 3000 l/s.

Za merjenje nivoja v zadrževalnem bazenu je predvidena hidrostatična potopna sonda, ki meri relativni tlak ob dnu bazena. Možna je tudi meritev z ultrazvočno sondo, vendar običajno ob poglobitvi bazena za montažo črpalke ali izpustnega ventila ni zadosti ravnega prostora za odboj ultrazvočnih valov. Snop se namreč ob dnu razširi in montirana oprema otežuje merjenje.

Cene hidrostatičnih sond so v rangi 400 €. Priporočljiva je vgradnja v plastično zaščitno cev v vogalu jaška, da je olajšano izvlečenje za občasno čiščenje. Obenem je sonda tudi fiksirana in varna pred turbulencami v bazenu.

Oprema za prenos in vizualizacijo podatkov

Prenos podatkov je možno izvesti na različne načine. Predvsem pa je treba zagotoviti tako hitrost komunikacije, ki omogoča »real time« nadzor delovanja in pregled merilnih podatkov.

V zadnjem času je najbolj prikladna možnost GPRS komunikacija, ki ob relativno nizki zagonski ceni nudi tako hitrost kot dobro pokritost terena. »Slaba« stran tega načina komunikacije pa so fiksni mesečni stroški obratovanja, ki jih je treba plačevati operaterju omrežja.

Druga možnost za komunikacijsko pokritje tega sistema (vse postaje so v kanjonu Save in praktično relativno blizu) pa bi bil najbrž lahko sistem z radijskimi modemi majhnih moči (500 mW), ki delujejo kot repetitorji in imajo doseg do 3 km vidne razdalje (npr. ELPRO technologies). Te radijske postaje lahko delujejo brez dovoljenja in ne povzročajo stroškov med delovanjem. Je pa zato začetna investicija nekoliko večja. Zaradi repetitorskega delovanja bi se sicer zmanjšala hitrost odziva, vendar bi bila za zahteve kanalizacije še vedno dovolj hitra.

Sistem za vizualizacijo in shranjevanje podatkov - SCADA mora izpolnjevati predvsem sledeče zahteve:

- Omogoča pregled in vizualizacijo podatkov.
- Arhiviranje in pregled podatkov.
- Izdelava protokolov in poročil.
- Alarmiranje ob nepričakovanih dogodkih preko SMS, elektronske pošte.
- Izvajanje krmilnih ukrepov na objektih, to pomeni pošiljanje ukazov in spreminjanje parametrov delovanja.
- Imeti mora možnost pregleda na oddaljenih računalnikih in tudi pametnih telefonih.

Naprave za zajemanje podatkov oziroma PLC krmilniki, ki so montirani na objektih, morajo biti sposobni, da preko ustreznega protokola komunicirajo s SCADO. Krmilniki obenem izvajajo zajemanje

merilnih podatkov in stanj ter preko ustreznega algoritma krmilijo operacije na objektu (praznjenje in izpiranje zadrževanega bazena, pošiljanje alarmnih stanj na SCADO, ...). Zahteve za PLC krmilnike niso stroge, zato je bolj pomembno, da se dobro vključujejo v sistem komunikacij in SCADA sistem.

Zelo pomembno je učinkovito alarmiranje. To je lahko izvedeno preko SMS sporočil ali elektronske pošte. Važno je le, da vzdrževalci zagotovo dobijo sporočila ob nenormalnih dogodkih, ko je potrebno takojšnje ukrepanje.

Vsi objekti morajo biti opremljeni z električnim priključkom. Moč je odvisna od vgrajene opreme, predvsem od morebitnih črpalk.

4.2.7 Opis preureditev zadrževalnih bazenov kanalizacijskega sistema Kranj

V nadaljevanju so opisane predvidene rešitve, ki upoštevajo dejansko stanje objektov in kanalizacije ter opisane načine meritev in krmiljenja vgrajene opreme. Rešitve so podane na idejnem nivoju. Za detajlno projektno rešitev bi bilo treba izdelati natančen geodetski načrt okolice in izmeriti vse elemente obstoječih objektov, vključno z vsemi kanalskimi vodi. Tudi sicer namen naloge ni projektiranje zadrževalnih bazenov, ampak podajanje teoretičnih podlag in usmeritev za ustrezno izvedbo objektov, ki upošteva ustrezne standarde in zadnje stanje tehnike. Poleg opisa so rešitve tudi grafično prikazane.

4.2.7.1 Zadrževalni bazen ZB ČN

Zadrževalni bazen pred čistilno napravo je bil zgrajen leta 2015 in upošteva visoke standarde in zadnje stanje tehnike. Bazena nismo v ničemer spreminjali. Z izračuni smo le želeli preveriti, če je prostornina zadrževalnega bazena zadostna ali pa ga je treba še dograditi.

4.2.7.2 Zadrževalni bazen ZB 1 (priloga N4)

Zadrževalni bazen ZB 1 stoji pri tovarni Zvezda in ima koristno prostornino 690 m³. Predstavlja prav poseben primer, saj je bazen ob napolnitvi pod tlakom. Obstoječi razbremenilnik leži cca. 6 m višje od vrha zadrževalnika. Iz razbremenilnika sušni odtok odteka proti čistilni napravi po tlačni cevi skozi sifon do iztočnega jaška, ki je lociran na levem bregu reke Save. Slika razbremenilnika (Slika 14 in Slika 15) je prikazana v poglavju 3.2.1.2. Ko pretok naraste, se voda začne najprej prelivati v zadrževalni bazen. Ko se ta napolni, se začne polniti tlačna cev, ki vodi do zadrževalnega bazena in nazadnje se začne voda prelivati še v razbremenilni kanal. Ker je bil dotok na glavni zbirni kanal prevelik, se je naknadno izvedlo preureditve, ki pa imajo za posledico dolgotrajno prelivanje zelo onesnaženih vod. Preureditve so opisane na strani 30. Po prenehanju naliva se ročno odpre zasun proti črpališču, ki prečrpa vodo proti iztočnemu jašku.

Bazen preuredimo v bazen s prelivom za delno očiščene vode. Obstoječi razbremenilnik preuredimo v objekt, ki ima hkrati funkcijo delilnega objekta (FDS) in preлива (TO). Na tlačni kanal, ki odvaja sušni

pretok skozi sifon proti čistilni napravi, se namesti dušilko z loputo in plovcem, ki zagotavlja konstanten pretok nad določeno vrednostjo. Ko pretok naraste nad nominalni pretok dušilke, se voda začne prelivati preko potopne stene v tlačni kanal, ki vodi v zadrževalni bazen. V bazenu se na nasprotni strani dotoka namesti preliv približno 30 cm pod krovno ploščo.

Na bazenu zgradimo nov jašek, v katerem vgradimo zasun za regulacijo pretoka in blatni izpust z zasunom za praznjenje iztočne cevi na prelivu. Voda se najprej s prosto gladino preлива v preliv, ko pa gladina vode še narašča, se skozi preliv začne voda odvajati pod tlakom. Za konstanten pretok skozi preliv na iztočni cevi skrbi zasun za uravnavanje pretoka. Zasun se krmili glede na tlak v bazenu, ki ga meri tlačni merilec gladine. Iztok se vodi v jašek obstoječega razbremenilnega kanala, po katerem se nato odvaja v Savo. Ko se zapolni dotočni kanal proti zadrževalnemu bazenu, se voda v razbremenilniku začne prelivati v razbremenilni kanal.

Ko pretok na kanalu proti čistilni napravi pade pod določeno vrednost, se odpre zasun na odtoku proti črpališču in črpalka prečrpa vodo proti iztočnemu jašku. Jašek za merjenje pretoka se predvidi na koncu sifonskega dela kanala pred iztočnim jaškom. Ko se bazen izprazni, se loputa proti črpališču ponovno zapre in bazen je pripravljen za zajetje naslednjega naliva.

4.2.7.3 Zadrževalni bazen ZB 2 (priloga N5)

Zadrževalnik ZB 2 je lociran v Stari cesti. Kanalizacijska veja, katere dotoki se zadržujejo, najprej prečka transportni kanal in se nato priključi na zadrževalni bazen. Za akumulacijo služi 105 m dolga kineta širine 2 m in višine 2,4 m. Kot koristen prostor akumulacije je upoštevana višina 1,8 m oziroma prostornina 378 m³. Na koncu akumulacije je na iztoku vgrajena cevna dušilka, ki omejuje pretok. Ko začne pretok naraščati in preseže pretok skozi dušilko, se začne akumulacija v kineti polniti. Pretok skozi dušilko od začetka precej naraste, saj ima cevna dušilka zelo slabo delilno ostrino. Ko se kineta napolni, se na razbremenilniku, ki se nahaja gorvodno od kinete, začne višek vode prelivati v razbremenilni kanal.

Zadrževalnik preuredimo v bazen s prelivom za delno očiščene vode. Na kanalizaciji, katere pretoke zadržujemo, se zgradi nov delilni objekt predno kanalizacija prečka transportni kanal. Dušeni pretok se priključi na transportni kanal, preliti pretok pa se vodi v zadrževalnik. Na boku proti koncu kinete se zgradi nov preliv za delno očiščene vode in razbremenilni kanal do Save, dolžine približno 6 m. Na začetku kinete se preuredi obstoječi razbremenilnik tako, da začne prelivati šele, ko se čez novi preliv v kineti že razbremenjuje vsaj kritični pretok. V kineti se vgradi merilec nivoja. Na iztoku se zgradi nov jašek, v katerega se vgradi loputa za regulacijo pretoka. Med delilnim objektom in transportnim kanalom se vgradi jašek za merjenje pretoka. Ko pretok na kanalu, ki je povezan direktno na transportni kanal, pade pod določeno vrednost, se akumulacija začne prazniti. Praznjenje se vrši preko lopute za regulacijo pretoka. Ko se akumulacija sprazni, se loputa ponovno zapre.

4.2.7.4 Zadrževalna bazena ZB 3 in ZB 6 (priloga N3)

Zadrževalnika ZB 3 in ZB 6 sta narejena na enak način in sta enakih dimenzij. Zadrževalnik ZB 3 je lociran pri tovarni Planika, zadrževalnik ZB 6 pa ob vzhodni obvoznici pri Čirčah. Koristna prostornina akumulacije v bazenu je 180 m³. Trenutno se dotočna kanalizacija priključi na vtočni jašek. V vtočnem jašku je vgrajena delilna plošča, skozi katero sušni odtok pada v vpadni jašek in se odvaja naprej proti čistilni napravi.

Ko se pretok poveča, se voda začne preko odprtine v delilni plošči prelivati v zadrževalni bazen. Ko se bazen napolni, se začne voda prelivati še na žlebovih na začetku in na koncu bazena. Po prenehanju deževja je treba onesnaženo zadržano vodo ročno izpustiti proti čistilni napravi.

Zadrževalnika se preuredi v zadrževalna bazena s prelivom za delno očiščeno vodo. Na dotočni cevi pred zadrževalnikom se zgradi objekt za delitev pretoka. Proti čistilni napravi se preko dušilke z loputo in plovcem odvaja dušeni pretok. Preostalo se preko potopne stene preliva proti vtočnemu jašku na zadrževalnem bazenu. Vtočni jašek se preuredi, tako da se dotok iz dušilke poveže direktno na vpadni jašek brez razbremenjevanja. Zraven se zgradi nov prelivni jašek. Med objektom za delitev pretokov in vtočnim jaškom pred bazenom se zgradi jašek za merjenje pretoka. Na iztočni cevi za praznjenje bazena se zgradi nov jašek, v katerega se vgradi loputa za regulacijo pretoka. Voda, ki se razbremenjuje v gorvodnem objektu za delitev pretoka, teče neovirano v bazen. Ko se ta napolni, se začne voda prelivati na prelivnem žlebu, ki je speljan v razbremenilni kanal. Po dodatnem zvišanju gladine v zadrževalniku se začne prelivati višek čez preliv v nov prelivni jašek. Bazeni se po upadu pretoka v kanalu dolvodno od dušilke začne prazniti preko lopute za regulacijo pretoka. Ko se bazen izprazni, se loputa ponovno zapre.

4.2.7.5 Zadrževalni bazen ZB 7 (priloga N1)

Zadrževalni bazen ZB 7 (Slika 11) se nahaja ob cesti na Okroglo pri tovarni Exoterm. Zadrževalnik ima na dotoku cev DN 1400 mm in na iztoku cevno dušilko DN 250 mm dolžine 40 m. Bazeni se ob dežju začne polniti. Voda odteka naprej skozi dušilko, ko se napolni pa še čez prelivni žleb na začetku objekta. Z naraščanjem gladine se povečuje tudi pretok skozi dušilko. Takšna dušilka ima izredno slabo delilno ostrino, tako da je pretok na začetku delovanja dušilke tudi do 5-krat manjši kot na koncu, ko je bazen že napolnjen.

Obstoječi zadrževalnik se preuredi v zadrževalni bazen za zadrževanje prvih nalivov. V zadrževalniku se poruši oba žlebova za prelite vode. Pred zadrževalnikom se zgradi prelivni objekt. Na koncu zadrževalnika se zgradi nov jašek za vgradnjo dušilke z loputo in plovcem. Dolvodno od dušilke se zgradi jašek za merjenje pretoka. Bazeni se začne polniti, ko dotok naraste nad nominalno vrednost dušilke. Ko se bazen napolni, se na prelivnem objektu začne preko potopne stene prelivati višek vode v

obstoječi razbremenilni kanal. Akumulacija se začne prazniti, ko pade pretok v bazenu pod nominalno vrednost pretoka na dušilki.

4.2.7.6 Zadrževalni bazen ZB 5

Zadrževalni bazen ZB 5 se nahaja pri Struževem. Razpoložljiva akumulacija ima prostornino 240 m³. Trenutno je na razbremenilniku pred zadrževalnim bazenom dotočna cev v zadrževalnik blindirana. Obstoječi preliv je nizek, izveden preko mulde (glej slike 16, 17 in 18). Dušenje pretoka je izvedeno preko cevne dušilke, ki ima slabo delilno ostrino.

Dotok proti zadrževalnemu bazenu se bo omejilo z zadrževalnim bazenom ZB 7 in razbremenilnikom RA 10', zato zadrževalni bazen ni potreben. Glede na pritožbe o smradu, ki jih izvajalec javne službe občasno prejme od okoliških prebivalcev, je to dobra rešitev.

4.2.7.7 Zadrževalni bazen ZB 11 (priloga N2)

Zadrževalnik ZB 11 (Slika 10) je lociran na Zlatem polju. Obstoječi kanal DN 1400 mm, dolžine 105 m, ima koristno prostornino okoli 120 m³. Pred akumulacijo je zgrajen razbremenilni objekt. Trenutno je razbremenilnik urejen tako, da ima pred akumulacijo zagrajeno steno, v kateri je vgrajena dušilka DN 300 mm. Tako se akumulacija nikoli ne napolni in ima zadrževalni bazen skupaj z razbremenilnikom gorvodno zgolj funkcijo razbremenjevanja.

Zadrževalnik uvedemo v obratovanje in ga preuredimo v kanal z zadrževalno sposobnostjo in prelivom gorvodno. Dolvodno od akumulacije se zgradi nov jašek za vgradnjo dušilke z loputo in plovcem. Nižje dolvodno se zgradi še jašek za meritev pretoka.

Kanal DN 1400 mm se začne polniti, ko dotok naraste nad nominalno vrednost pretoka skozi dušilko. Ko se kanal napolni, se na prelivnem objektu gorvodno začne preko potopne stene prelivati višek vode v obstoječi razbremenilni kanal. Akumulacija se začne prazniti, ko pade pretok v bazen pod nominalno vrednost pretoka na dušilki.

4.2.8 Ocena obremenitve okolja po preureditvi kanalizacijskega sistema

Z upoštevanjem standarda ATV-A 128E in dodatnih zahtev (predstavljenih od poglavja 4.2 dalje) smo določili potrebne zadrževalne prostornine zadrževalnih bazenov. Standard ATV-A 128E zagotavlja, da ob upoštevanju teh pogojev okolje učinkovito zaščitimo pred onesnaženjem z vodo iz kanalizacijskega sistema. Dosegli smo pogoj, da je skupno onesnaženje, ki ga povzročita padavinska voda, ki se je stekla v čistilno napravo in nato očiščena izpustila v odvodnik ter mešanica padavinskega in sušnega odtoka, ki se preliva v odvodnik manjše ali enako onesnaženju, ki bi ga povzročila padavinska voda, če bi jo samostojno odvedli do odvodnika iz obravnavanega prispevnega področja.

To ponazarja enačba:

$$PL_o + PL_{tp} \leq PL_r \quad (67)$$

Kjer pomeni

PL_o onesnaženje, ki ga v enem letu povzroči voda prelita iz kanalizacijskega sistema [kg]

PL_{tp} onesnaženje, ki ga v enem letu povzroči padavinska voda na iztoku iz čistilne naprave [kg]

PL_r onesnaženje, ki bi ga v enem letu povzročila samostojno odvedena padavinska voda [kg]

Če enačbo razčlenimo in preuredimo, dobimo količino prelite vode:

$$VQ_{co} = \frac{VQ_r \cdot c_r - VQ_r \cdot (1 - e_o) \cdot c_{tp}}{c_{co}} = VQ_r \cdot e_o \quad (68)$$

$$VQ_r = h_{pr} \cdot A_{is} \quad (69)$$

Kjer pomeni

VQ_r letni odtok padavinske vode iz obravnavanega območja [m³]

e_o dovoljena stopnja prelivanja [%]

c_r koncentracija KPK v padavinski vodi [mg/l]

c_{tp} koncentracija KPK v odtoku iz čistilne naprave [mg/l]

c_{co} koncentracija KPK v preliti vodi iz kanalizacijskega sistema [mg/l]

h_{pr} dolgoletno povprečje višin letnih padavin [mm]

A_{is} reducirana oz. nepropustna površina območja [ha]

Če vstavimo v enačbo podatke, ki smo jih v hidravličnih izračunih izvrednotili:

h_{pr} 1363 mm

A_{is} 249 ha

e_o 36.5%

c_r 107 mg/l

c_{tp} 70 mg/l

c_{co} 171 mg/l

dobimo letno količino vode, ki se prelije iz kanalizacijskega omrežja, $VQ_{co} = 1.239.521 \text{ m}^3$.

Če to količino pomnožimo s koncentracijo KPK v preletni vodi pa ugotovimo, da se nam v enem letu iz razbremenilnikov in zadrževalnikov v odvodnik prelije 212.415 kg KPK. Dodatnih 150.948 kg KPK prispevajo odpadne vode, ki se odvedejo v odvodnik preko čistilne naprave.

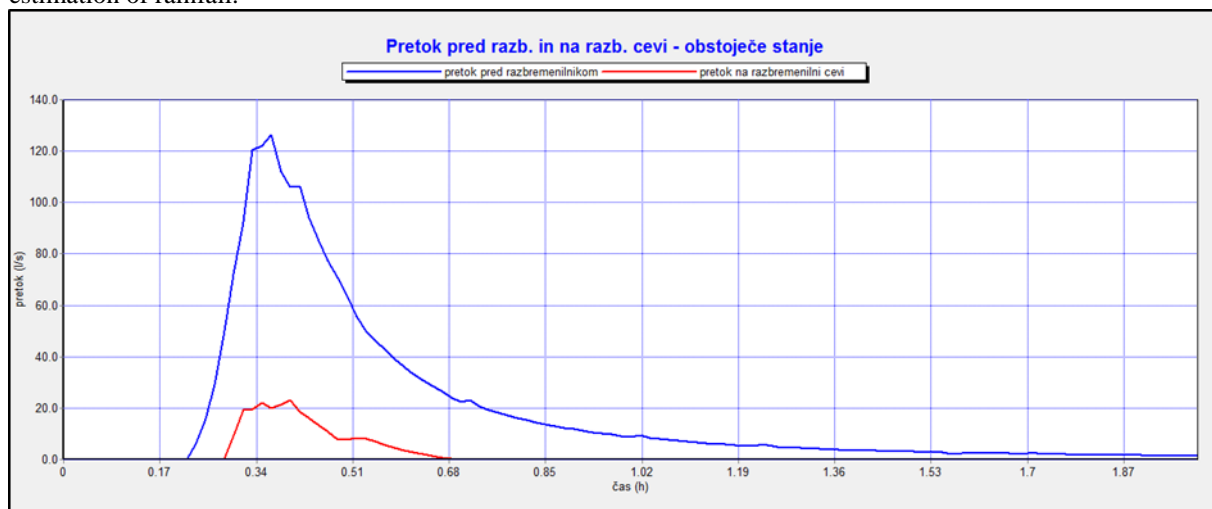
4.2.9 Dokaz hipoteze - simulacija deževnega dogodka za ZB 11

Hipotezo, da razbremenilniki in zadrževalni bazeni pomembno vplivajo na skupno onesnaženje, smo potrdili na testnem primeru. S simulacijo v programu SWMM 5.1 smo preverili delovanje obstoječega objekta ZB 11 (RA 11) in primerjali prelivanje mešane odpadne vode iz obstoječega objekta v odvodnik s prelivanjem mešane odpadne vode v odvodnik iz novega objekta, urejenega v skladu s predlogom v tej nalogi.

Dokazali smo, da obstoječ objekt ZB 11 (RA 11) sploh ne opravlja funkcije zadrževalnega bazena, ker je vtok v zadrževalnik zazidan (glej Sliko 10). S simulacijo delovanja objekta, preurejenega v skladu s predlogom v tej nalogi, smo dokazali zmanjšanje prelivanja prvega vala pri nalivih z enoletno in dvoletno povratno dobo. Dokazali smo tudi ugoden vpliv zadrževalnika na hidravlično obremenitev čistilne naprave. Za simulacijo smo uporabili program SWMM 5.1. Na spodnjih grafikonih so prikazani rezultati simulacij delovanja obstoječega objekta (Grafikon 10 in 12), in rezultati simulacij delovanja predvidenega objekta (Grafikon 11, 13 in 14). Komentarji vsebine so pod grafikonii.

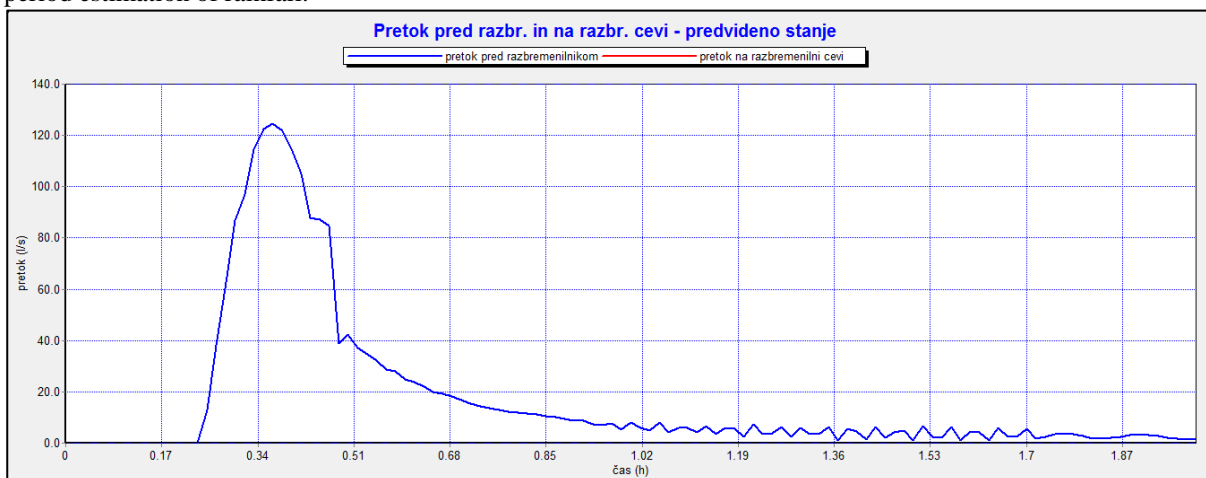
Grafikon 10: Pretok pred razbremenilnikom in na razbremenilni cevi – obstoječe stanje; naliv s povratno dobo enega leta.

Chart 10: Flow at the stormwater overflow and at the overflow sewer – current situation; one year return period estimation of rainfall.



Grafikon 11: Pretok na razbremenilniku in na razbremenilni cevi – predvideno stanje; naliv s povratno dobo enega leta.

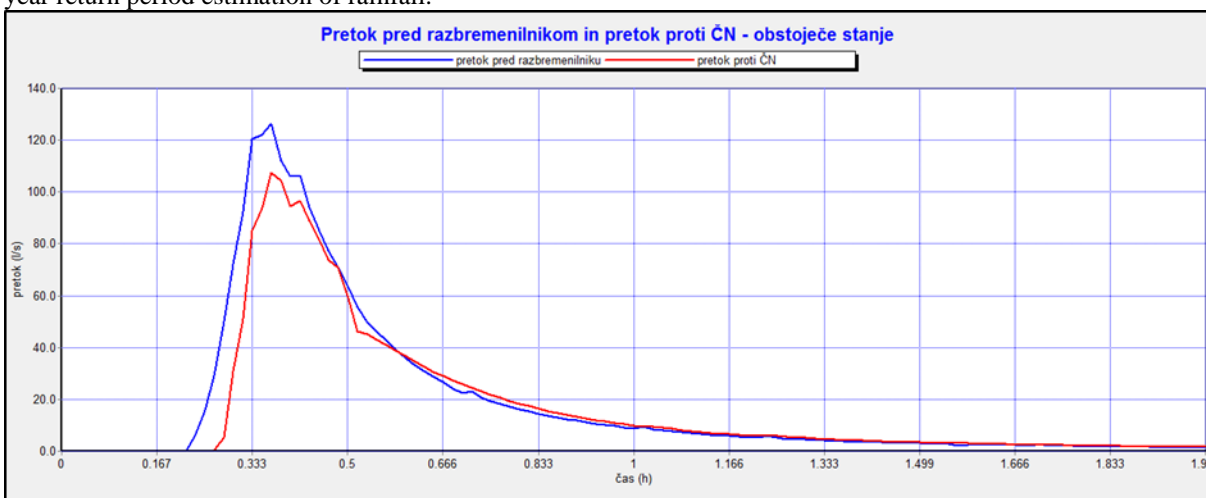
Chart 11: Flow at the stormwater overflow and at the overflow sewer – estimated situation; one year return period estimation of rainfall.



V Grafikonih 10 in 11 je prikazano spreminjanje pretoka s časom pri nalivu s povratno dobo enega leta in časom trajanja 15 minut. Pri obstoječem stanju pride do prelivanja, medtem ko se bo po preureditvi celotna količina zadržala v cevem zadrževalniku in do prelivanja sploh ne bo prišlo. Večina nalivov ima intenziteto bistveno manjšo kot 1-letni nalivi, tako da se dejansko večina vse vode zadrži v kanalizacijskem sistemu. Iz grafikona 10 lahko razberemo tudi, da pride do preliva v razbremenilno cev kmalu po začetku dotoka na razbremenilnik (cca. 3 minute). To pomeni, da se prelije v okolje začetni val, ki je lahko celo bolj onesnažen od sušnega pretoka.

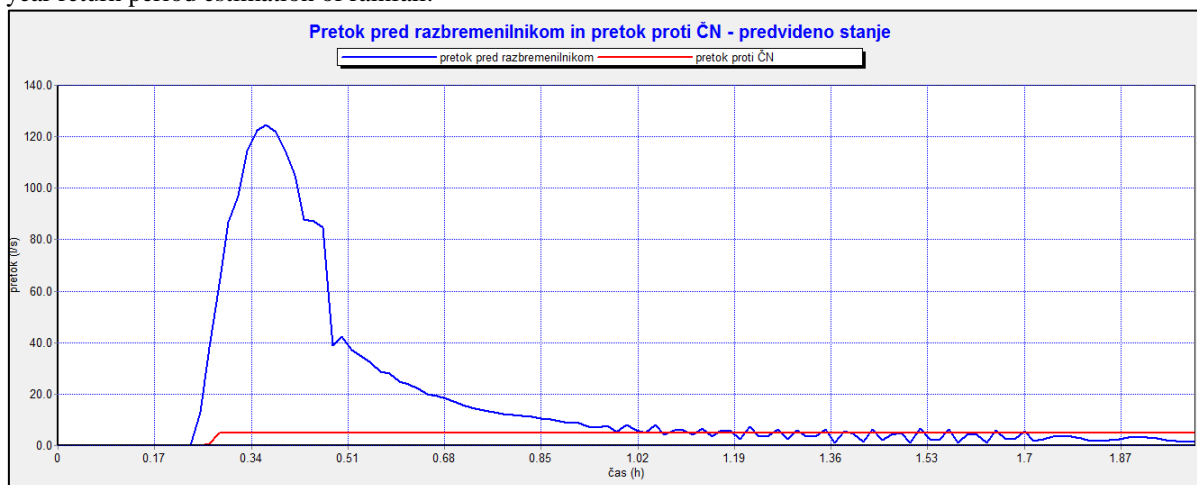
Grafikon 12: Pretok na razbremenilniku in pretok proti čistilni napravi – obstoječe stanje; naliv s povratno dobo enega leta.

Chart 12: Flow at the stormwater overflow and flow to the wastewater treatment plant – current situation; one year return period estimation of rainfall.



Grafikon 13: Pretok na razbremenilniku in pretok proti čistilni napravi – predvideno stanje; naliv s povratno dobo enega leta.

Chart 13: Flow at the stormwater overflow and flow to the wastewater treatment plant – estimated situation; one year return period estimation of rainfall.

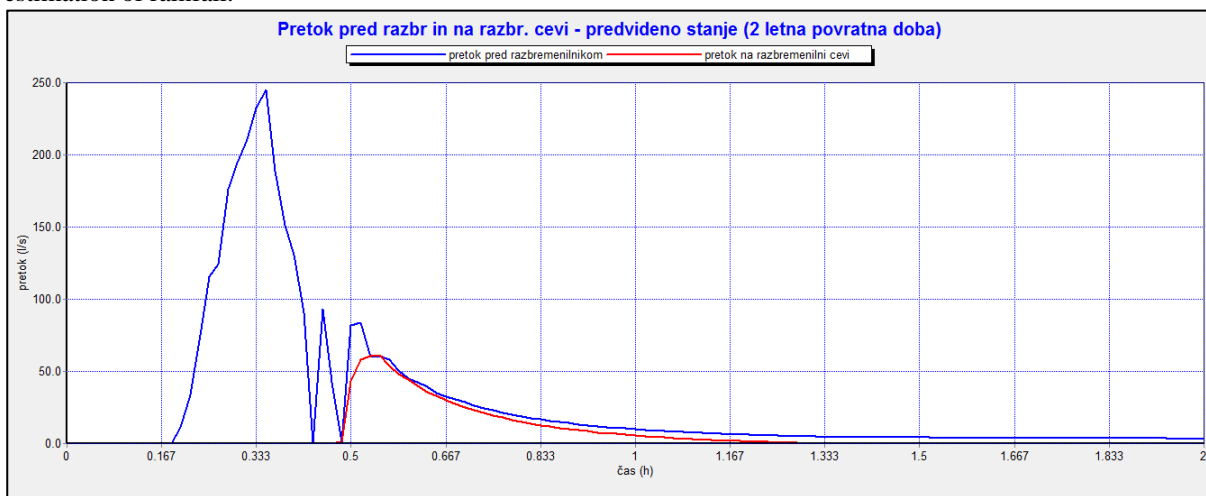


Iz Grafikonov 12 in 13 je razvidno, da se pretok na čistilno napravo po preureditvi bistveno zmanjša. Pred preureditvijo razbremenilnika RA 11 v cevni zadrževalnik ZB 11 proti čistilni napravi teče 110 l/s, po preureditvi pa le še 5 l/s. S tem se bistveno zmanjša hidravlična obremenitev čistilne naprave in omrežja dolvodno od razbremenilnika oz. cevnega zadrževalnega bazena ZB 11. Kapaciteta čistilne naprave je 760 l/s, tako da trenutno pretok iz razbremenilnika RA 11 predstavlja kar 14.4 % celotne kapacitete. Površina, ki se odvaja preko razbremenilnika RA 11 je majhna ($A_{is}=2.01$ ha) in predstavlja le 0.8 % celotne neprepustne površine. Razmerje med odstotkom površine in odstotkom zapolnjenosti kapacitete ČN je nedopustno. Po preureditvi bo pretok, ki teče proti čistilni napravi predstavljal 0.7 % celotne kapacitete čistilne naprave.

Izvedli smo še simulacijo močnejšega naliva, da preverimo dinamiko pretokov na predvidenem cevnem zadrževalnem bazenu. Za kontrolo je izbran naliv s povratno dobo dveh let in časom trajanja 15 minut.

Grafikon 14: Pretok pred razbremenilnikom in na razbremenilni cevi – predvideno stanje; naliv s povratno dobo dveh let.

Chart 14: Flow at the stormwater overflow and at the overflow sewer – estimated situation; two years return period estimation of rainfall.



Iz grafikona 14 je razvidno, da se celotni prvi val zadrži in se prelivanje v razbremenilno cev začne šele približno 20 minut po začetku dotoka v razbremenilnik.

V zgoraj prikazanem primeru simulacije delovanja deževnega zadrževalnega bazena ZB 11 in razbremenilnika RA 11 pred preureditvijo in po preureditvi s programom SWMM 5.1 smo nazorno prikazali, da z ustrezno preureditvijo objektov na kanalizacijskem sistemu lahko občutno zmanjšamo hidravlično obremenitev čistilne naprave in z učinkovitim zajemom prvega izplakovalnega volumna kritičnega naliva, kjer so vode najbolj onesnažene, tudi vplive na okolje.

4.2.10 Povzetek rezultatov tehnične rešitve

Na sistemu je trenutno zgrajenih sedem zadrževalnikov. Smiselno je, da se uporabi čim večje število obstoječih zadrževalnikov in omogoči čim racionalnejšo izrabo razpoložljivih objektov na čistilni napravi. Ohrani se njihovo lokacijo, treba pa jih je rekonstruirati. Sestavni del zadrževalnega bazena sta tudi objekta za porazdelitev pretoka (FDS) in prelivnega objekta (TO), ki sta dodatno dimenzionirana. Poleg zadrževalnih bazenov je na kanalizacijskem sistemu zgrajenih še 21 razbremenilnikov, ki smo jih prav tako dimenzionirali.

Vsi podatki in izračuni, ki smo jih opisali v predhodnih poglavjih, so podani v preglednicah, ki so priložene na koncu magistrske naloge. Posamezni izračuni so podani v naslednjih prilogah:

Preglednica 16: Seznam poglavij in prilog, kjer se nahajajo izračuni posameznih količin.

Table 16: List of chapters and annexes, where are calculations for specific quantities.

Podatki in izračuni:	št. poglavja	št. priloge
Letna količina padavin	3.2.2.1, 3.2.6.2	*
Utrjene in neprepustne površine	3.2.2.2	G
Čas dotoka	3.2.2.3	F

Srednja nagnjenost terena	3.2.2.3.1	G, H
Povprečni dnevni sušni pretok	3.2.2.4.2	G, H
Tuje vode	3.2.2.4.2	I
Industrijske in komercialne odpadne vode	3.2.2.4.2	G, H
Maksimalni urni sušni pretok	3.2.2.4.3	G, H
Deževni odtok z območij z ločenim kanalizacijskim sistemom	3.2.2.4.4	G, H
Deževni odtok, ki se ga vodi na čistilno napravo	3.2.2.4.5	J1
Kritični pretok padavinske vode	3.2.2.4.6	K, L1-L6
Kritični pretok mešanih vod	3.2.2.4.7	K, L1-L6
Povprečni pretok med prelivanjem v času deževja	3.2.2.4.8	J1-J7
Koncentracija KPK v sušnem odtoku	3.2.2.5	G, H
Dimenzioniranje razbremenilnikov	4.2.6.5	M1-M11
Izračun potrebne prostornine zadrževalnih bazenov	4.2.2	J1-J7
Dimenzioniranje zadrževalnikov	4.2.6.1- 4.2.6.4	L1-L6

Opomba: *količina je določena že v tekstu

Z izračuni smo ugotovili, da imajo obstoječi zadrževalni bazeni zadostno akumulacijo in jih ni treba povečevati. Podatki o potrebnih prostorninah, dobljenih po postopku iz standarda ATV-A 128E in dejanskih prostorninah obstoječih zadrževalnih bazenov so podani v spodnji preglednici.

Preglednica 17: Seznam objektov, obstoječa in izračunana potrebna prostornina objektov.

Table 17: List of objects, current and accountable storage volumes.

OBJEKT zadrževalni bazen (razbremenilnik)	potrebna prostornina (m³)	obstoječa prostornina (m³)
ZB-ČN	1677	3900
ZB 3 (RA 21)	108	180
ZB 6 (RA 22)	74	180
ZB 1 (RA 4)	650	690
ZB 7 (RA 28)	126	264
ZB 2 (RA 14)	357	378
ZB 11 (RA 11)	11	120

Pri dimenzioniranju zadrževalnih bazenov smo preverili še, če obstoječi zadrževalni bazeni ustrezajo ostalim pogojem, kot so čas praznjenja, površinska obremenitev in horizontalna hitrost ter ugotovili, da načeloma ustrezajo. Pri zadrževalnem bazenu ZB 6 je malo presežena površinska obremenitev ($q_{sfr}=10,9$ m/h). Pri zadrževalnem bazenu ZB 2 je presežena horizontalna hitrost ($v_h=0,1$ m/s). Domnevamo, da presežena vrednost ni kritična, ker je usedalna dolžina zelo dolga. Usedalnik ima izrazito visoko razmerje med dolžino in širino ($L/B=105/2$).

5 ZAKLJUČKI

5.1 Glavni zaključki

V preteklosti se je ob izdatni finančni pomoči iz evropskih kohezijskih skladov in v okviru Operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (novelacija za obdobje od leta 2005 do leta 2017) gradilo čistilne naprave in priključevalo predvsem številne stanovanjske objekte na kanalizacijske sisteme in se ob tem ukinjalo greznice. Pri zasnovi in posledično pri izvedbi se je premalo poudarka dalo na delovanje kanalizacijskega sistema in čistilne naprave kot celote. Kanalizacijski sistemi so v svojem delovanju zelo kompleksni in poleg mreže kanalov in čistilne naprave vključujejo še številne objekte. Na skupno onesnaženje, ki ga prispeva odvajanje odpadnih in padavinskih vod, pomembno vplivajo tudi razbremenilniki in zadrževalni bazeni, ki so bili pri načrtovanju in izvedbi povsem prezrti. V omrežje se odvajajo predvsem padavinske vode z javnih cest in parkirišč, ki so ob začetku naliva zelo onesnažene. Manj onesnažene vode, ki nastajajo na območju stanovanjske zazidave (strehe, dvorišča) se večinoma (v približno 75 odstotkih primerov) odvajajo v omrežje. Pomešajo se z odpadno vodo in v primeru slabo zasnovanih prelivnih objektov se prelivajo močno onesnažene vode v okolje.

Padavinske vode z javnih cest in parkirišč se trenutno večinoma odvajajo v obstoječ mešan kanalizacijski sistem, le v manjši meri pa disperzno v okolje. Zmanjšanje vplivov na okolje smo predvideli na dva načina. Kjer je to možno in ekonomsko upravičeno, smo predvideli ločeno kanalizacijo za padavinske vode, ki se pred izpustom v okolje očistijo v čistilnem objektu – lovilcu olj. Naredili smo tehnično rešitev takšnega območja na križišču na Zlatem Polju, vključno z delom Kidričeve ceste.

Drugi ukrep, ki služi za zmanjšanje vplivov na okolje, pa je sanacija obstoječega mešanega kanalizacijskega omrežja. Obstoječi razbremenilni in zadrževalni objekti na kranjskem kanalizacijskem sistemu so bili načrtovani parcialno in tudi strokovno pomanjkljivo, posledica tega so nenadzorovane razmere v omrežju. Prihajalo je do nenadzorovanega prelivanja iz omrežja dolvodno od razbremenilnih in zadrževalnih objektov ter preobremenitve čistilne naprave. Razlog za to so bile predvsem neustrezno dimenzionirane dušilke s slabo delilno ostrino in neupoštevanje skupnega učinka, ki ga imajo kot skupina objektov na sistem. Razbremenilni objekti so bili zasnovani brez potopnih sten, ki bi preprečevale prelivanje plavajoče nesnage in z nizkimi prelivnimi robovi, ki se aktivirajo že ob manjšem deževju. Zaradi preobremenitve glavnega kolektorja in čistilne naprave so na razbremenilnih objektih izvedli še dodatne »preureditve«, s katerimi so zmanjšali dotok proti čistilni napravi, vendar se je z njimi povečala količina močno onesnažene prelite vode v odvodnike.

Še dodatno so se obremenitve okolja z odpadnimi vodami povečale na obstoječih razbremenilnih objektih z dograditvijo nove kanalizacije, ki so jo izvajali v ločenem sistemu za odpadne vode in priključevali na obstoječe omrežje gorvodno od razbremenilnih in zadrževalnih objektov. Tako je prišlo do še pogostejšega prelivanja in nižjega mešalnega razmerja med padavinskimi in odpadnimi vodami.

Ker je obstoječe stanje nedopustno, smo izdelali usmeritve za izboljšanje obstoječih razmer. Z manjšimi posegi na omrežju – dograditvijo treh kanalizacijskih vodov, ki vodijo odpadne vode iz ločenih kanalizacijskih vej mimo prelivnih objektov neposredno na čistilno napravo ter preureditvijo obstoječih razbremenilnikov in zadrževalnih objektov, skladno s standardom ATV-A 128E je dosežene učinkovita zaščita okolja pred onesnaženjem z vodo iz kanalizacijskega sistema. Zadostili smo pogoju, da je skupno onesnaženje, ki ga povzročita padavinska voda, ki se je stekla v čistilno napravo in se nato očiščena izpustila v odvodnik ter mešanica padavinskega in sušnega odtoka, ki se preliva v odvodnik, manjša ali enaka onesnaženju, ki bi ga povzročila padavinska voda, če bi jo samostojno odvedli do odvodnika iz obravnavanega prispevnega področja. S predvideno preureditvijo naj bi se v enem letu iz razbremenilnikov in zadrževalnikov v odvodnik prelilo 212.415 kg KPK. Dodatnih 150.948 kg KPK prispevajo padavinske odpadne vode, ki se odvedejo v odvodnik preko čistilne naprave.

Ob začetku izdelave magistrske naloge se nismo zavedali, v kakšnem stanju je obstoječi kranjski kanalizacijski sistem. Sistem izpolnjuje vse zakonske določbe in sledi vsem zavezam iz operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode. Kljub temu je nedopustno, da kanalizacijski sistem ostane v trenutnem stanju. Ta primer kaže na to, da se vsega ne da uzakoniti ter da bi morali biti upravljavci kanalizacijskih sistemov strokovnjaki in ekološko ozaveščeni posamezniki. Žal pa v praksi ni vedno tako in odločitev o nameščanju odgovornih oseb na vodilne položaje temelji na povsem drugačnih merilih. Želimo si, da bomo zdaj, ko smo prepoznali potrebo po izboljšanju kanalizacijskega sistema, k temu pristopili celovito in pustili naslednjim generacijam okolje v boljšem stanju kot smo ga dobili od predhodnikov.

5.2 Možnosti za nadaljnje delo

Za še boljšo praktično vrednost rezultatov te naloge predlagamo nekaj izboljšav:

- Izboljšan postopek določitve prispevnih območij.
- Izdelava matematičnega modela kanalizacijskega omrežja.

5.2.1 Računalniško napreden pristop k določevanju površin prispevnih območij

GIS programska orodja ponujajo širok nabor orodij za delo z rastru. Območja posameznih vrst utrjenih površin (ceste, parkirišča, strehe, dvorišča, ...) smo sprva želeli določiti na tehnološko bolj napreden način. Programsko orodje ESRI ArcMap z dodanim programskim modulom Spatial analyst prepozna vrednosti posameznih slikovnih elementov (pikslov) rastra in omogoča izvedbo naprednejših rastrskih analiz. Za razvrstitev posameznih vrst utrjenih površin smo izvedli objektno orientirano klasifikacijo, kar pomeni, da program na podlagi podanih vzorcev v rastru (vzorci asfalta, mestnega tlaka, streh ipd.) v rastrski podobi določi povezave (matematične algoritme) med slikovnimi elementi in poišče vsa ostala območja rastra, ki ustrezajo tem vzorcem. Razvrščena območja program pretvori v vektorsko obliko tako, da je iz rezultatov možno pridobiti površine. Za rastrske podatke smo uporabili DOF025, ki zaradi

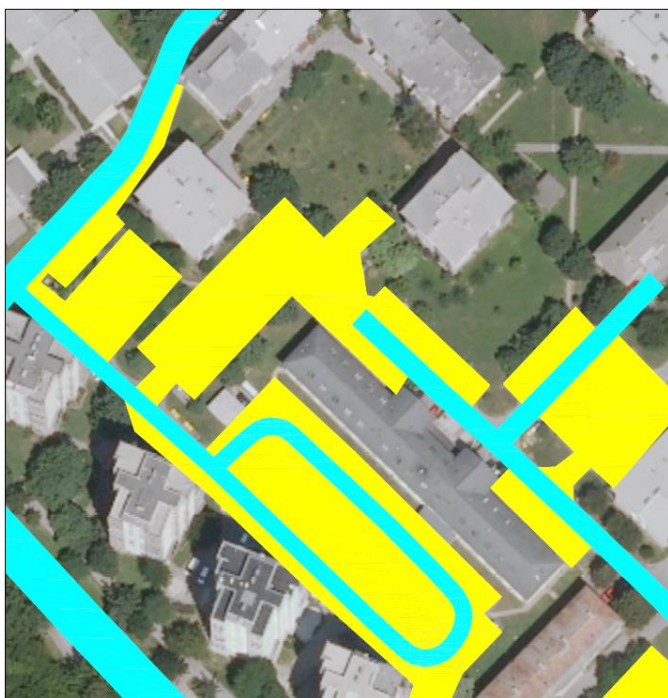
svoje podrobnosti prikaza (velikost slikovnega elementa je 0,25 m) omogoča izvedbo izbrane klasifikacije.

Po izvedeni klasifikaciji se je izkazalo, da vzorcev ni mogoče določiti tako podrobno, da bi prepoznali vse »ovire« v rastru, kot so avtomobili, sence, vegetacija, talna cestna signalizacija, ipd. Težavo predstavlja tudi DOF sam, saj vsa vsebina ni prikazana v navpični projekciji. To pomeni, da so nekateri objekti posneti s strani in zakrivajo druge objekte, primer: višji objekt, posnet s strani, zakriva cesto ali parkirišče pod njem.

Za izvedbo objektno orientirane klasifikacije je priporočljivo izbrati raster z ločljivostjo vsaj 0,25 m, kar pomeni, da smo z našim DOF-om pogoj komaj izpolnili. DOF025 je najbolj podroben DOF, ki ga je mogoče po sprejemljivi ceni dobiti s strani GURS-a. Za bolj podrobne rastrske podatke bi bilo treba posebno naročilo izvedbe in izdelave DOF-a, kar pa cenovno ni bilo sprejemljivo. Od podjetja, ki kot komercialno dejavnost opravlja aerosnemanje in izdelavo DOF-ov smo za celotno območje, ki je predmet te naloge prejeli okvirno ponudbo za DOF005 (5 centimetrska resolucija) v višini 18.200 EUR + DDV.

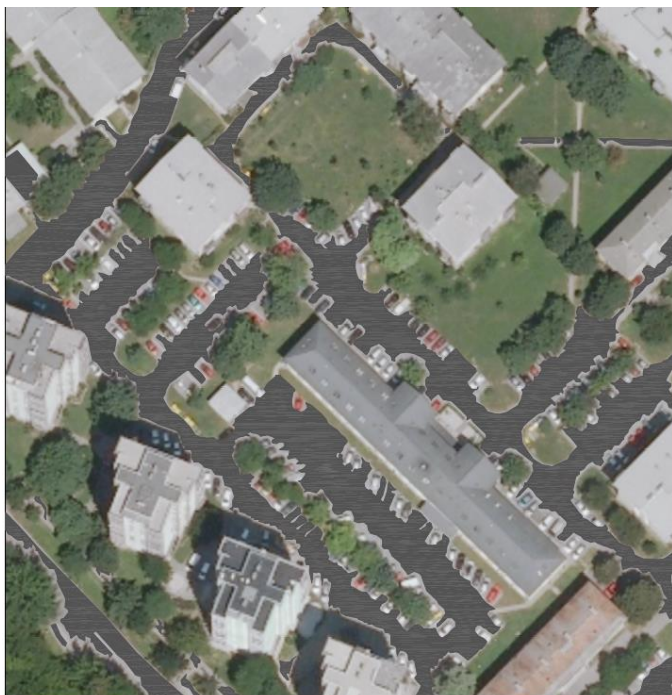
Zaradi težav, ki so se pojavile pri določanju območij utrjenih površin na računalniško napreden način, smo se odločili za interaktiven pristop. Prednost slednjega je v podrobnosti določitve posameznih površin, slabost pa dolgotrajen postopek.

Na spodnjih slikah 26 in 27 lahko primerjamo rezultate določitve prispevnih ploskev na oba zgoraj opisana načina.



Slika 26: Primer ročne določitve prispevnih površin (osebni arhiv).

Figure 26: Example of the manual determination of catchment areas (personal archive).



Slika 27: Primer določitve utrjenih površin z uporabo objektno-orientirane klasifikacije (osebni arhiv).
Figure 27: Example of the determination of consolidated surfaces using the object-oriented classification (personal archive).

5.2.2 Matematično modeliranje kanalizacijskih sistemov

Namen matematičnega modeliranja kanalizacijskih sistemov je ponazoritev dejanskega sistema in njegovega delovanja ob različnih pogojih. Glavni namen modeliranja je ugotoviti, »kaj, če bi ...?«

Računalniški programi za dimenzioniranje kanalizacije so se pojavili v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja, vendar so se bolj kompleksni modeli začeli uporabljati šele z napredkom računalniške opreme. Primeri programov za matematično modeliranje kanalizacijskih sistemov so SWMM, HydroWorks, Mouse, ... Ti temeljijo na splošno sprejetih matematičnih razmerjih, ki opisujejo fizikalne parametre. Vsi posedujejo določene poenostavitve (noben model ne more zajemati vsake kapljice ali vsake podrobnosti prispevne ploskve). Skupno vsem tem programom je, da so deterministični, kar pomeni, da neka kombinacija vhodnih podatkov vedno da enake rezultate. Dejstvo, da modeli vsebujejo poenostavitve in ne upoštevajo naključnih dogodkov v kombinaciji z negotovostjo glede vhodnih podatkov pomeni, da bi bilo neprimerno in naivno trditi, da so »rezultati matematičnega modela točni«. Dosti bolj primerna je trditev, da »so rezultati koristni«. Treba se je zavedati, da so matematični modeli orodje, ki vhodne podatke o padavinah in odpadnih vodah pretvorijo v potrebne podatke, kot so pretoki in višine vode v sistemu. Za izvedbo takšnih modelov je potrebno ogromno napora predvsem z ustrezno reprezentacijo prispevnih ploskev in omrežja kanalizacijskega sistema. Za ustrezno reprezentacijo so potrebne meritve in umerjanje modela.

Izdelava matematičnega modela je obravnavana tudi v standardu ATV-A 128E v sklopu verifikacijskega postopka (poglavje 8.2). V magistrski nalogi smo prostornine zadrževalnih bazenov določili na osnovi poenostavljene metode.

Zastavili smo si cilj, da v bližnji prihodnosti v podjetju ustanovimo tim in v sodelovanju z ustrežno izobraženimi strokovnjaki izdelamo matematični model kanalizacijskega omrežja.

Z izdelavo kanalizacijskega omrežja bi lahko preverili trenutno stanje in preverili, kje so občutljive točke, ki jih je treba najprej sanirati. Tu gre predvsem za točke, kjer obstaja nevarnost preplavljanja kanalizacije in oceno škode, ki lahko ob tem nastane in za ugotavljanje, kje se med deževnimi dogodki v odvodnik prelije največja količina onesnaženja. Nato bi lahko preverili, kakšno bo predvideno stanje ob upoštevanju preureditve sistema, kakršna je določena v tej nalogi. Ker bi imeli v model vključeno celotno kanalizacijsko omrežje, bi lahko preverili, če se da ureditev še optimizirati. Pretoke skozi dušilke ter na razbremenilnikih in zadrževalnih bazenih bi spreminjali dokler ne bi dobili skupno najmanjše količine onesnaženja, ki se prelije iz kanalizacijskega sistema v okolje.

Z matematičnim modelom bi lahko določili tudi zaporedje, po katerem naj se urejajo posamezni objekti, da bo sistem kot celota v vmesnih fazah nudil čim večjo zaščito okolja pred onesnaženjem z odpadnimi vodami. Matematični model bi bil še nadalje zelo koristno orodje, ki bi nam služil pri odločitvah pri obnovah ali širitvi omrežja. Tako bi lahko nekatere stare kanale, ki jih je treba obnoviti morda izvedli z manjšimi profili od obstoječih. Preverili bi, kakšen učinek na kanalizacijo bi imeli priključki novogradenj. Skratka, na ta način se da preveriti poljubno število različnih scenarijev.

6 POVZETEK

V tem delu smo na primeru kanalizacijskega omrežja Kranj prikazali tehnične rešitve za zmanjšanje vpliva na okolje pri ravnanju s padavinsko odpadno vodo z javnih cest in javnih površin (parkirišč).

Za določitev ustreznih ukrepov je bilo treba opraviti terenske ogledne in zbrati ter analizirati številne podatke. Pri tem smo si pomagali z operativnim katastrom izvajalca javne službe in ostalimi podatkovnimi bazami (BCP, CRP in ZKGJI) iz katerih smo pridobili podatke o omrežju in lokaciji zadrževalnih in razbremenilnih objektov, velikosti in lastnostih prispevnih ploskev, številu priključenih prebivalcev in količini industrijskih vod. Na terenskih ogledih smo se seznanili z velikostjo in ureditvijo obstoječih objektov in videli, kako se posamezni vodi medsebojno priključujejo, kar iz operativnega katastra ni bilo razvidno. Dobili smo bolj realne podatke o površinah, s katerih se steka padavinska voda v kanalizacijo. Pri tem smo uporabili tudi postopek dimljenja. Ugotovili smo, da je sedanje upravljanje s padavinskimi vodami z utrjenih površin večinoma neustrezno, saj se onesnažena voda prepogosto neposredno odvaja v okolje. Sledila je analiza zbranih podatkov in določanje merodajnih parametrov, ki smo jih v nalogi uporabili za projektiranje.

Na izbranem območju na Zlatem Polju v Kranju smo z uporabo programa Sewer, ki je namenjen projektiranju kanalizacije, izdelali tehnično rešitev z ločeno kanalizacijo za padavinske vode, ki se pred izpustom v okolje očistijo v čistilnem objektu - lovilcu olj nazivne velikosti 80/800 l/s. S prikazano idejno rešitvijo smo zmanjšali hidravlično obremenitev sistema in obstoječi vpliv na okolje.

Za preureditev mešanega kanalizacijskega sistema Kranj smo uporabili standarda ATV-A 128E in upoštevali pogoj, da je skupna letna obremenitev odvodnikov z mešano odpadno vodo, ki se preliva čez prelivne objekte in padavinske odpadne vode, ki se izpušča v odvodnik preko čistilne naprave, enaka letni obremenitvi z netretiranimi padavinskimi odpadnimi vodami. Najprej smo preverili strukturo kanalizacijskega omrežja. Predvideli smo izgradnjo treh fekalnih kanalov, kanala O6 dolžine 1115 m, kanala O3 dolžine 1730 m in kanala O7 dolžine 1420 m, ki odpadno vodo vodijo mimo prelivnih objektov neposredno na primarni vod proti čistilni napravi, s čimer smo bistveno zmanjšali količino fekalnih odpadnih vod, ki se razbremenjujejo v okolje. Nato smo izvedli dimenzioniranje 21 razbremenilnikov in 6 zadrževalnih bazenov. Pri dimenzioniranju smo z ustrežno izbiro pretoka na dušilki preverili, ali so dimenzije obstoječih objektov zadostne. Izkazalo se je, da prostornine zadrževalnih bazenov ustrezajo pogojem iz standarda. Predvideli smo dograditev pomožnih objektov ter merilne in regulacijske opreme, ki omogoča tudi ustrezno delovanje zadrževalnikov in nadzor nad dogajanjem na njih. Pri dimenzioniranju objektov smo poleg prostornine zadrževalnih bazenov določili še razporeditev pretokov na posameznih sklopih razbremenilnikov in zadrževalnikov ter dimenzionirali prelive. Na konkretnem primeru zadrževalnega bazena ZB 11 smo s programom za simuliranje kvantitativnega in kvalitativnega odtoka padavinskih vod SWMM (angl. stormwater management

model) prikazali, da smo z ustrezno preureditvijo objektov na kanalizaciji zmanjšali vplive na hidravlično obremenitev kanalizacijskega sistema in obremenjujoče vplive na okolje. Povzetek vseh izračunov in opisov opreme je ponazorjen v grafičnih prilogah, kjer so predstavljeni obstoječi objekti z vsemi potrebnimi preureditvami in merilno regulacijsko opremo.

Iz prikazanega v delu lahko upravičeno sklepamo, da lahko z ustreznimi tehničnimi rešitvami ravnanja s padavinsko odpadno vodo z javnih cest in javnih površin (parkirišč) bistveno zmanjšamo hidravlično obremenitev kanalizacijskega sistema in čistilne naprave ter obstoječih vplivov na okolje.

7 SUMMARY

Our study aimed to reduce the environmental impact of meteoric wastewater from public roadways and public surfaces (such as parkings) for the sewage networks which gravitate to the central sewage treatment plant of Kranj.

In order to determine the appropriate measures to undertake for the above purpose, we scoured the terrains and analyzed the GIS database and other data (ex. BCP, CRP, ZKGJI). These yielded information about the sewage networks, the location of the stormwater overflows and stormwater retention tanks, the size and nature of rain catchment areas, the size of communities, and the amount of consumed industrial waters, etc. The dimensions and arrangement of existing sewage facilities, information about the areas from which rainwater is released into the sewage system as well as the interconnection of the sewers were obtained from conducting terrain inspections and sewer smoke testing, as this was not evident from the GIS database. These data demonstrate that the current management of the stormwater from public roads and public surfaces is inadequate to some extent as polluted stormwater is often evacuated directly into the environment. Following data analysis, some relevant parameters were determined and these were used for design improvement.

Applying a “Sewer Designing Program” to the selected Zlato Polje area in Kranj, a technical solution was obtained recommending the insertion of a new sewage section heading to the local Sava river for the evacuation and purification of critical stormwater through a gravity oil/water separator (size 80/800 l/s). We have shown how this conceptual solution is able to reduce both overall burdening of the sewage system and the impact on the environment by the stormwater.

In order to upgrade the mixed sewage system of Kranj, we have referred to the German ATV-A 128E standard. We have considered the condition that overflowed annual pollution load from combined wastewater overflows plus annual pollution load in the stormwater of the sewage treatment plant effluent equal the load of rainwater flushed from the surface. Following check of the current sewerage network structure, we have suggested the construction of three sewers for faecal wastewater, sewer O6 of 1115 m length, sewer O3 of 1730 m length, and sewer O7 of 1420 m length (as shown in Figure 21); these sewers bypass the stormwater overflow units and head to the primary wastewater sewer line towards the central treatment plant of Kranj. In this way, the amount of faecal wastewater evacuated into the environment is significantly reduced.

Also we have performed dimensioning of 21 overflows and 6 retention water tanks. For this, we have verified the required appropriate dimensions of the current units by the appropriate choice of the flow through the throttle. It turned out that the volumes of the retention tanks comply with the requirements of the German standard. However, we have suggested the construction of auxiliary facilities as well as measuring and regulating equipment for the proper functioning and monitoring of the retention tanks.

In dimensioning, we have determined the tank volume, the distribution of flows on the individual sections of overflows and retention tanks, and the overflows of weirs.

On the specific case of the retention tank “ZB 11”, we have shown by applying the program Stormwater Management Model (SWMM), which simulates the quantitative and qualitative stormwater outflow, that with our recommended adaptation of the sewage system, the impact was reduced on the hydraulic load and the environment.

A summary of performed calculations and description of the equipment are illustrated in the graphical annexes which contain as well the drawings of the necessary modifications to be brought to the existing facilities, and the needed measuring and regulating equipment.

Overall, we have attained by this work, our set out goal by providing recommendations on how to rehabilitate the existing mixed sewage system of Kranj area and to reduce the stormwater impact on its environment.

VIRI

Brenčič, M. 2004. Razvrstitev onesnaževal, ki izvirajo s cest. V: Vilhar, M. (ur.). Referati, Slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, 20–22 oktober. Ljubljana: Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije.

Burian, J. Steven, Edwards, G. Findlay. 2002.

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.492.8829&rep=rep1&type=pdf> (Pridobljeno 7.4.2016.)

Butler, D., Davies, John W. 2004. Urban Drainage. Taylor & Francis e-Library: 543 str.

Butler, D., Davies, John W. 2010. Urban Drainage. New York, Spoon Press: 652 str.

FGG – Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Prometnotehniški inštitut. 2016.

<http://www.pti.fgg.uni-lj.si/Projekti/?id=131> (Pridobljeno 16. 4. 2016).

Hvitved-Jacobsen, T., Vollertsen, J., Haaning Nielsen, A. 2010. Urban and highway stormwater pollution: concepts and engineering. Boca Raton, CRC Press: 367 str.

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

Kompare, B. 1991. Modeliranje deževnega odtoka iz urbaniziranih povodij. Ljubljana: Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, VTOZD Gradbeništvo in geodezija, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko.

Komunala Kranj, javno podjetje, d.o.o. Pravilnik za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javne kanalizacije. <http://www.komunala-kranj.si/sites/default/files/public/images/izra%C4%8Duni/tehnicipravilnikjavnakanalizacija.pdf> (Pridobljeno 15.3.2016.)

Korbus, T. 2008. Razvoj visoko učinkovitega postopka čiščenja odpadnih vod v šaržnem biološkem reaktorju. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 117 str.

LMNO Engineering, Research, and Software, Ltd. 2016.

<http://www.lmnoeng.com/Weirs/RectangularWeir.php> (Pridobljeno 10.4.2016.)

Maleiner, F. 2005. Razbremenjevanje padavinskih odtokov po nemških ATV smernicah. Gradbeni vestnik 54, julij 2005.

Maleiner, F. 2009. Problematika tujih voda. Gradbeni vestnik 58, julij 2009: 170–179.

Maleiner, F. 2010a. Ločeni ali mešani sistem kanalizacije? Gradbeni vestnik 59, marec 2010: 57–70.

Maleiner, F. 2010b. Uravnavanje odtokov razbremenilnih naprav. Gradbeni vestnik 59, oktober 2010: 233–246.

MNZ – Ministrstvo za notranje zadeve. 2016.

http://www.mnz.gov.si/si/mnz_za_vas/osebni_in_tajni_podatki/osebni_podatki_iz_crp/ (Pridobljeno 22. 4. 2016.)

- MOP – Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. 2016.
http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_location/brnik/climate-normals_81-10_Letalisce-JP-Ljubljana.pdf (Pridobljeno 22.2.2016.)
- MOP – Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava RS. 2016a. http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/ortofoto/ (Pridobljeno 22. 4. 2016.)
- MOP – Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava RS. 2016b. http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/zbirni_kataster_gospodarske_javne_infrastrukture/ (Pridobljeno 22. 4. 2016.)
- MOP – Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava RS. 2016c. http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/digitalni_model_visin/digitalni_model_visin_5_x_5_m_dmv_5/ (Pridobljeno 22. 4. 2016.)
- MOP – Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava RS. 2016d. http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/nepremicnine/register_prostorskih_enot/rpe/navodila/dolocanje_hisne_stevilke/ (Pridobljeno 22. 4. 2016.)
- MOP – Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. 2016e.
<http://www.arso.gov.si/vode/> (Pridobljeno 15.3.2016.)
- MOP – Ministrstvo za okolje in prostor. 2016f. Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode.
http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/operativni_program_komunalne_vode.pdf (Pridobljeno 22.4.2016.)
- Panjan, J. 2005. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture: vodovod in čiščenje pitnih voda, odvod in čiščenje onesnaženih voda in komunalni odpadki. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 289 str.
- Panjan, J. 2012. Občutljivostna analiza parametrov modeliranja prvega vala onesnaženih voda s cestnih površin. *Gradbeni vestnik* 61, december: 276–283.
- Panjan, J. 2013. Meritve kakovostnih parametrov za modeliranje prvega vala onesnaženih voda s cestnih površin. *Gradbeni vestnik* 62, julij: 159–164.
- Panjan, J., Bogataj, M., Kompare, B. 2005. Statistična analiza gospodarsko enkovrednih nalivov. *Strojniški vestnik* 51, 9: 600-611.
- Pravilnik o načinu označevanja javnih cest in o evidencah o javnih cestah in objektih na njih. *Uradni list RS* št. 49:1997, 2:2004 in 109:2010.
- Regeneracija. 2016. <http://www.pti.fgg.uni-lj.si/Projekti/?id=131> (Pridobljeno 16. 6. 2016).
- Roš, M. 2001. Biološko čiščenje odpadne vode. Ljubljana, GV Založba: 243 str.
- Roš, M. 2005. Sistemi čiščenja s problematiko odpadnega blata. V: Roš, M. (ur.). *Zbornik referatov, Vodni dnevi*. Portorož Slovenija, 12–13 oktober. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda: 18–26.
- Roš, M., Panjan, J. 2012. Gospodarjenje z odpadnimi vodami. Celje, Fit media: 148 str.

Roš, M. 2015. Sodobni postopki čiščenja odpadnih vod. Celje, Fit media: 208 str.

SIST EN 752:2009. Sistemi za odvod odpadne vode in kanalizacijo zunaj zgradb.

Standard ATV-A 128E:1992. Standards for the Dimensioning and Design of Stormwater Structures in Combined Sewers.

Steinman, F. 1999. Hidravlika. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 295 str.

Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode. Uradni list RS št. 98/2015: 12234–12257.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest. Uradni list RS št.47/2005: 4733.

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. Uradni list RS št. 64/2012: 6392–6407.

Zakon o prostorskem načrtovanju. Uradni list RS št. 33/2007: 4585–4602.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: Cestni odseki, ki so obremenjeni z več kot 12.000 EOVS na dan

PRILOGA B: Seznam javnih parkirišč, ki so večja od 1000 m²

PRILOGA C: Pregledna situacija obravnavanega območja

PRILOGA D: Shema obstoječega stanja

PRILOGA E: Shema predvidenega stanja

PRILOGA F: Čas dotoka

PRILOGA G: Prispevno območje

PRILOGA H: Zadrževalni bazeni – pretoki

PRILOGA I: Tuje vode

PRILOGA J: Povzetek prostornin zadrževalnih bazenov

PRILOGA J1: Volumen zadrževalnega bazena ZB ČN

PRILOGA J2: Volumen zadrževalnega bazena ZB 3

PRILOGA J3: Volumen zadrževalnega bazena ZB 6

PRILOGA J4: Prostornina zadrževalnega bazena ZB 1

PRILOGA J5: Prostornina zadrževalnega bazena ZB 7

PRILOGA J6: Prostornina zadrževalnega bazena ZB 2

PRILOGA J7: Prostornina zadrževalnega bazena ZB 11

PRILOGA K: Razbremenilniki – določanje pretoka skozi dušilko in čez preliv

PRILOGA L1.1: Dimenzioniranje zadrževalnega bazena ZB 3

PRILOGA L1.2: Dimenzioniranje zadrževalnega bazena ZB 3

PRILOGA L2.1: Dimenzioniranje zadrževalnega bazena ZB 6

PRILOGA L2.2: Dimenzioniranje zadrževalnega bazena ZB 6

PRILOGA L3.1: Dimenzioniranje zadrževalnega bazena ZB 1

PRILOGA L3.2: Dimenzioniranje zadrževalnega bazena ZB 1

- PRILOGA L4.1: Dimenzioniranje zadrževalnega bazena ZB 7
- PRILOGA L4.2: Dimenzioniranje zadrževalnega bazena ZB 7
- PRILOGA L5.1: Dimenzioniranje zadrževalnega bazena ZB 2
- PRILOGA L5.2: Dimenzioniranje zadrževalnega bazena ZB 2
- PRILOGA L6: Dimenzioniranje zadrževalnega bazena ZB 11
- PRILOGA M1: Dimenzioniranje razbremenilnikov RA 23 in RA 5
- PRILOGA M2: Dimenzioniranje razbremenilnikov RA 9 in RA 8
- PRILOGA M3: Dimenzioniranje razbremenilnikov RA 20 in RA 27
- PRILOGA M4: Dimenzioniranje razbremenilnikov RA 19 in RA 26
- PRILOGA M5: Dimenzioniranje razbremenilnikov RA 10' in RA 2
- PRILOGA M6: Dimenzioniranje razbremenilnikov RA 6 in RA 16
- PRILOGA M7: Dimenzioniranje razbremenilnikov RA 15 in RA 25
- PRILOGA M8: Dimenzioniranje razbremenilnikov RA 7 in RA 18
- PRILOGA M9: Dimenzioniranje razbremenilnikov RA 17 in RA 1
- PRILOGA M10: Dimenzioniranje razbremenilnikov RA 3 in RA 13
- PRILOGA M11: Dimenzioniranje razbremenilnika RA 12
- PRILOGA N1: Preureditev obstoječega ZB 7
- PRILOGA N2: Preureditev obstoječega ZB 11
- PRILOGA N3: Preureditev obstoječega ZB 3 in ZB 6
- PRILOGA N4: Preureditev obstoječega ZB 1
- PRILOGA N5: Preureditev obstoječega ZB 2
- PRILOGA O: Razbremenilniki – maksimalni dotok
- PRILOGA P: Zadrževalni bazeni – maksimalni dotok