

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:

Žlindra, M., 2013. Analiza količine tujih voda na območju IOC Trzin. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Panjan, J., somentor Krzyk, M.): 70 str.

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:

Žlindra, M., 2013. Analiza količine tujih voda na območju IOC Trzin. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Panjan, J., co-supervisor Krzyk, M.): 70 pp.

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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
VODARSTVA IN
KOMUNALNEGA
INŽENIRSTVA

Kandidat:

MIHA ŽLINDRA

**ANALIZA KOLIČINE TUJIH VODA NA OBMOČJU IOC
TRZIN**

Diplomska naloga št.: 206/VKI

**EXTRANEIOUS WATER ANALYSIS ON IOC TRZIN
AREA**

Graduation thesis No.: 206/VKI

Mentor:

izr. prof. dr. Jože Panjan

Predsednik komisije:

doc. dr. Dušan Žagar

Somentor:

asist. dr. Mario Krzyk

Član komisije:

prof. dr. Matjaž Mikoš
prof. dr. Boris Kompare
doc. dr. Mojca Šraj

Ljubljana, 28. 06. 2013

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Ta stran je namenoma prazna.

IZJAVE

Podpisani Miha Žlindra izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Analiza količine tujih voda na območju IOC Trzin«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 12. 6. 2013

Miha Žlindra

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	628.2/3(497.4Trzin)(043.2)
Avtor:	Miha Žlindra
Mentor:	izr. prof. dr. Jože Panjan
Somentor:	asist. dr. Mario Krzyk
Naslov:	Analiza količine tujih voda na območju IOC Trzin
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	70 str., 8 pregl., 39 sl., 28 en., 3 pril.
Ključne besede:	tuje vode, infiltracija, ekfiltracija, ATV-A 105E, kanalizacija, čistilna naprava, ATV-A 118E , sanacija, ATV-A 128E, IOC Trzin, sušni odtok, občina Trzin, JKP Prodnik d.o.o., specifični dotok, drenažne vode, hišni priključki, črpališče, poškodbe kanalizacije, dodatek, delež, padavine, povišani stroški, odpadne vode

Izveček

Količine tujih voda so delež sušnega odtoka in se jih zato ne da direktno izmeriti. Med tuje vode štejemo nezaželene vode, ki pritekajo v kanalizacijo po različnih poteh in vodijo do razredčenja odpadnih voda. Po izvoru so večinoma malo onesnažene in ne potrebujejo dodatnega čiščenja. Najpogostejši vzrok za povišan delež tujih voda ne predstavlja le infiltracija podzemne vode skozi nevodotesne kanale, temveč tudi napačni priključki ter vdori meteornih voda skozi odprtine kontrolnih jaškov. Območje, ki smo ga vključili v okvir naše analize se nanaša na industrijsko obrtno cono, ki jo v celoti sestavlja ločeni kanalizacijski sistem. Predpogoj za delovanje ločenega sistema je striktno ločenje sušnih ter meteornih odtokov od mesta nastanka do mesta predaje. Taki napačni priključki povzročajo ogromne količine tujih voda, preobremenitev čistilnih naprav ter nedopustno onesnaževanje vodotokov. Zato smo želeli ugotoviti, ali imamo na danem območju presežek tujih voda ali ne, ter kakšni so dejanski specifični dotoki tujih voda v primerjavi z nemškimi smernicami ATV, saj predstavljajo tuje vode drag problem, s katerim se moramo spopadati vsi upravljavci in uporabniki kanalizacijskih sistemov ter čistilnih naprav.

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	628.2/3(497.4Trzin)(043.2)
Author:	Miha Žlindra
Supervisor:	Assoc. Prof. Jože Panjan, Ph. D.
Cosupervisor:	Assist. Mario Krzyk, Ph. D.
Title:	Extraneous water analysis on IOC Trzin area
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	70 p., 8 tab., 39 fig. 28 eq., 3 ann.
Key words:	extraneous water, infiltration, exfiltration, ATV-A 105E, sewer system, wastewater treatment plant, ATV-A 118E, sanitation, ATV-A 128E, IOC Trzin, dry weather discharge, municipality Trzin, JKP Prodnik d.o.o., discharge rate, drainage, house connections, pumping station, sewer damage, addition, portion, precipitation, elevated costs, wastewater

Abstract

Amounts of extraneous water are a part of dry weather discharge and are therefore impossible to be measured directly. Extraneous water includes undesirable water that flows into the sewers through different routes and leads to the dilution of wastewater. In origin, they are only slightly contaminated and require no additional cleaning. The most common cause for the increased amount of extraneous water is not only infiltration of underground water into leaking sewers, but also wrong connections and intrusion of stormwater through openings in control shafts. The area included in the frame of our analysis concerns an industrial zone that consists entirely of a separate sewer system. Precondition for a separate system operation is a strict separation of dry and stormwater from the place of their origin and the place of their sale. These wrong connections cause massive amounts of extraneous water, wastewater treatment plant overload and unacceptable watercourse contamination. These are the main reasons why we wanted to find out whether we have an excess of extraneous water on the selected area or not. We also wanted to find out what the actual specific rates of extraneous water are in comparison with German guidelines ATV that represent extraneous water as an expensive problem that has to be dealt by all managers and users of sewer systems and wastewater treatment plants.

Ta stran je namenoma prazna.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in vodenje pri diplomski nalogi bi se rad zahvalil mentorju g. Panjanu in somentorju g. Krzyku. Posebna zahvala gre g. Maleinerju, ki mi je s svojimi članki in pojasnili pomagal pri nastajanju izdelka.

Rad bi se zahvalil tudi Javnemu komunalnemu podjetju Prodnik, ki mi je posredovalo podatke, s katerimi sem razpolagal pri analizi količin tujih voda. Pri pridobivanju podatkov mi je stal ob strani g. Novak, s katerim sva skušala na najboljši možen način izkoristiti razpoložljive podatke. Iskreno hvala vodji sektorja kanalizacije, ga. Waschl, ki me je s svojo angažiranostjo in podporo vsakič sproti motivirala pri nadaljnjem delu in mi bila v pomoč, ko sem jo potreboval.

Ta stran je namenoma prazna.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 SPLOŠNI POJMI IN DEFINICIJE	3
2.1 Kanalizacijski sistemi.....	3
2.1.1 Mešani kanalizacijski sistem	4
2.1.2 Ločeni kanalizacijski sistem	5
2.2 Tuje vode.....	8
2.3 Infiltracija	10
2.4 Eksfiltracija	12
3 IZHODIŠČA PRI DOLOČITVI KOLIČINE TUJIH VODA.....	13
3.1 Smernice ATV-A 118E	13
3.1.1 Pomembnejše definicije	13
3.1.2 Načrtovanje novega kanalizacijskega omrežja	14
3.1.3 Preračun sušnega odtoka.....	16
3.2 Smernice ATV-A 105E	17
3.3 Smernice ATV-A 128E	18
3.4 Davek na onesnaževanje	19
3.5 Pravilnik o tehnični izvedbi in uporabi objektov in naprav javne kanalizacije v Občini Trzin	20
3.6 Načrt ukrepov za zmanjšanje količin padavinske odpadne vode	22
4 VZROKI IN VPLIVI TUJIH VODA.....	23
4.1 Splošno.....	23
4.2 Vpliv tujih voda na objekte komunalne infrastrukture	26
4.2.1 Kanali	26
4.2.2 Razbremenilne naprave	27
4.2.3 Črpališča	27
4.2.4 Čistilne naprave	28
5 ODKRIVANJE VIROV TUJIH VODA.....	30
5.1 Meritve pretokov.....	30
5.2 Zamegljevanje	31
5.3 Pregled kanalov s TV kamero	31
5.4 Barvni testi in testi s sledili	33
5.5 Optična kontrola kanala z zrcali	34

6 METODE ZA DOLOČITEV KOLIČIN TUJIH VODA	35
6.1 Metoda letnih odpadnih voda	35
6.2 Metoda drsečega minimuma	36
6.3 Metoda nočnega minimuma.....	37
6.4 Kemična metoda	38
6.5 Pregled metod.....	38
7 TEHNIČNI UKREPI ZA IZOGIB ALI ZMANJŠANJE TUJIH VODA.....	39
7.1 Splošno.....	39
7.2 Ukrepi za izogib ali zmanjšanje tujih voda	41
7.2.1 Sanacija z UV svetlobnim virom	42
7.2.2 Tehnologija cev v cevi	44
7.2.3 Ročna popravila	44
7.2.4 Sanacija s tehnološko naprednimi roboti (KA-TE).....	45
7.2.5 Odprava netesnenja	47
8 OPIS OBRAVNAVANEGA OBMOČJA	49
8.1 Občina Trzin	49
8.2 Komunalna ureditev – IOC Trzin	50
9. IZRAČUN KOLIČINE TUJIH VODA NA IOC TRZIN	52
9.1 Splošno.....	52
9.2 Potek dela	53
9.3 Določitev dnevnih pretokov.....	59
9.4 Rezultati	62
10 ZAKLJUČEK	64
VIRI	66

KAZALO PREGLEDNIC

PREGLEDNICA 1: KOLIČINE TUJIH VODA GLEDE NA GOSTOTO PREBIVALCEV	10
PREGLEDNICA 2: SPECIFIČNI DOTOK TUJIH VODA.....	15
PREGLEDNICA 3: NORMA PORABE GLEDE NA DEJAVNOST	21
PREGLEDNICA 4: NAJVEČJA URNA PORABA V RAZMERJU DO POVPREČNE DNEVNE PORABE V ODVISNOSTI OD ŠTEVILA PREBIVALCEV V NASELJU	22
PREGLEDNICA 5: VIRI TUJIH VODA ZA PRIMER MEŠANEGA IN LOČENEGA KANALIZACIJSKEGA SISTEMA	24
PREGLEDNICA 6: SPLOŠEN PREGLED UČINKOV OZIROMA VPLIVOV TUJIH VODA.....	26
PREGLEDNICA 7: PREGLED NAJPOGOSTEJE UPORABLJENIH METOD.....	38
PREGLEDNICA 8: DOLŽINE KANALIZACIJE V OBČINI TRZIN.....	50

Ta stran je namenoma prazna.

KAZALO SLIK

SLIKA 1: VRSTE ODTOKA V KANALIZACIJO	3
SLIKA 2: MEŠANI KANALIZACIJSKI SISTEM	5
SLIKA 3: LOČENI KANALIZACIJSKI SISTEMA.....	6
SLIKA 4: POTI TUJIH VODA V MEŠANEM KANALIZACIJSKEM SISTEMU	7
SLIKA 5: POTI TUJIH VODA V LOČENEM KANALIZACIJSKEM SISTEMU.....	7
SLIKA 6: PRIMER INFILTRACIJE	11
SLIKA 7: PRINCIP EKSFILTRACIJE	12
SLIKA 8: PRIKAZ ODTOKA V LOČENEM KANALIZACIJSKEM SISTEMU	17
SLIKA 9: PRIKAZ ODTOKA V PRILAGOJENEM LOČENEM KANALIZACIJSKEM SISTEMU	18
SLIKA 10: IZVOR TUJIH VODA NA PRIMERU LOČENEGA SISTEMA KANALIZACIJE	23
SLIKA 11: PRIMER PORAZDELITVE LETNIH KOLIČIN TUJIH VODA	25
SLIKA 12: PREGLED KANALOV S SPECIALNIM VOZILOM.....	32
SLIKA 13: PRIMER POTISNE IN SAMOHODNE KAMERE.....	33
SLIKA 14: KONCEPT MERITVE EKSFILTRACIJE S SLEDILI.....	34
SLIKA 15: PRINCIP OPTIČNE KONTROLE KANALA.....	34
SLIKA 16: PRIMER UGOTAVLJANJA TUJIH VODA PO METODI DRSEČEGA MINIMUMA	36
SLIKA 17: MINIMALNI PRETOK NA ČISTILNO NAPRAVO V SUHEM VREMENU	37
SLIKA 18: RAZMERJE ŠKODE PRI TOGIH IN PROŽNIH CEVEH	40
SLIKA 19: TIPIČNE POŠKODBE KANALIZACIJE.....	41
SLIKA 20: PRIMER NAPRAVE Z UV SVETLOBNIM VIROM	43
SLIKA 21: PRIKAZ POSTOPKA TEHNOLOGIJE Z UV SVETLOBNIM VIROM	43
SLIKA 22: TEHNOLOGIJA CEV V CEVI.....	44
SLIKA 23: PRIMER VOZILA ZA SANACIJO Z NAPREDNIM ROBOTOM	45
SLIKA 24: ROBOT ZA NANOS EPOKSI LEPILA.....	46
SLIKA 25: NAČIN DELOVANJA ROBOTA ZA REZANJE KORENIN.....	47
SLIKA 26: RAVNANJE ZA ZAGOTOVITEV TESNOSTI SISTEMA	48
SLIKA 27: OBČINA TRZIN	49
SLIKA 28: LEGA IOC ZNOTRAJ OBČINE TRZIN	50
SLIKA 29: FEKALNA KANALIZACIJA NA IOC TRZIN	51
SLIKA 30: ČRPALIŠČE TRZIN	53
SLIKA 31: ČASI DELOVANJA ČRPALK	54
SLIKA 32: KARAKTERISTIKE ČRPALKE	55
SLIKA 33: KUMULATIVA IN DOTOK PITNE VODE V CONO	56
SLIKA 34: NIHANJE PORABE VODE V CONI TEKOM MESECA	57
SLIKA 35: KOEFICIENT TUJIH VODA	58
SLIKA 36: NIVO VODE NA ČRPALIŠČU, 14. FEBRUAR 2013	60

SLIKA 37: NIVO VODE NA ČRPALIŠČU, 20. JANUAR 2013	61
SLIKA 38: IZRAČUNAN DODATEK TUJIH VODA ZA FEBRUAR 2011	62
SLIKA 39: POVPREČNI MESEČNI DODATKI TUJIH VODA	63

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ATV (Abwassertechnische Vereinigung) - tehnično združenje za odpadne vode

DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall) - nemško združenje za vodno gospodarstvo, odpadne vode in odpadke

FWA (Fremdwasseranteil) – delež tujih voda

FWZ (Fremdwasserzuschlag) – dodatek tujih voda

JSM (Jahresschmutzwasser Methode) - metoda letnih odpadnih voda

Q_f (*Fremdwasserzufluss*) - dotok tujih voda

Q_m (*Mischwasserabfluss*) - odtok mešanega kanalizacijskega sistema

Q_s (*Schmutzwasserabfluss*) - odtok odpadne vode

Q_t (*Trockenwetterabfluss*) - sušni odtok

RÜB (Regenüberlaufbecken) – prelivni bazen

ha	hektar
km	kilometer
km ²	kvadratni kilometer
m ²	kvadratni meter
m ³	kubični meter
ipd.	in podobno
itd.	in tako dalje
npr.	na primer
t.i.	tako imenovani

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

Spoznavanje vzrokov epidemij in drugih bolezni je v preteklosti sprožilo sistematično gradnjo kanalizacijskih omrežij. Z leti se je izkazalo, da pri odvodnjavanju onesnaženih voda iz naselij ne gre le za odvod odpadnih voda iz gospodinjstev in industrije, temveč tudi za odvod padavinskih voda do najbližjega vodotoka, katerih manjši delež bi bilo potrebno odvesti na komunalno čistilno napravo. V preteklosti so bile tuje vode v mešanih kanalizacijskih sistemih celo zelo zaželeni, zaradi učinka izpiranja odplak, vse do konca šestdesetih let dvajsetega stoletja. Šele z začetkom gradnje čistilnih naprav postanejo tuje vode naraščajoči hidravlični ter stroškovni problem.

Pod strokovnim pojmom tujih voda se na področju zbiranja, odvajanja ter čiščenja odpadnih voda označujejo čiste ali malo onesnažene vode v kanalizacijskem omrežju, ki ne potrebujejo čiščenja in zato glede na njihovo kvantiteto otežujejo, podražijo in slabšajo delovanje razbremenilnih ter čistilnih naprav.

Čeprav se s problemom tujih voda borijo na vseh čistilnih napravah, so obširne raziskave dejanskih količin tujih voda v strokovni literaturi zelo redke. Količine tujih voda so namreč delež sušnega odtoka in se zato ne dajo direktno meriti, temveč se jih mora ugotavljati na podlagi skupnih meritev sušnih odtokov. Poleg tega količina tujih voda v določenih letnih obdobjih niha zaradi taljenja snega, dolgih deževnih obdobji, nihanja gladine podtalnice, itd. (Maleiner, 2009).

Meritve tujih voda so drage in zelo zahtevne, zato se običajno izvajajo le v primeru, ko na določenih delih omrežja nastopijo večje količine tujih voda. Leta 1977 so v smernicah ATV – A 128 prvič uporabili izraz specifični dotok tujih voda, ki za primer mešanega kanalizacijskega omrežja znaša od 0,05 do 0,15 $\ell/(s \cdot \text{ha}_{\text{red}})$ v kolikor ni znan dotok tujih voda. Na žalost je iz tega priporočila nastalo strogo pravilo, katerega se projektanti slepo držijo, ne glede na ekonomske in ekološke posledice (Maleiner, 2011).

Namen diplomske naloge je, seznaniti se s pojmom tujih voda in spremljajočo tematiko. Naloga je razdeljena na teoretični in praktični del. V teoretičnem delu so zajete pomembnejše definicije in izhodišča, ki so ključnega pomena pri boljšem razumevanju problematike. Opisani so vzroki in vplivi tujih voda, nekatere tehnike odkrivanja virov in metode za določitev količin tujih voda ter tehnični ukrepi za preprečevanje oz. zmanjšanje.

V praktičnem delu preidemo na konkreten primer in sicer na analizo količin tujih voda. V zvezi s temo naloge smo opravili razgovore na JKP Prodnik, JKP Ribnica s Sodražico ter JKP Grosuplje.

Ugotovili smo, da le ta še vedno ne izvajajo meritev tujih voda, zato smo morali za določitev količin ter deležev tujih voda poiskati druge rešitve.

Izmed vseh naštetih javno komunalnih podjetij smo se odločili za JKP Prodnik, saj je edino lahko ponudilo uporabne podatke, s katerimi smo lahko razpolagali pri nadaljnji analizi.

Območje, ki smo ga vključili v okvir analize, se nanaša na industrijsko obrtno cono, ki jo v celoti sestavlja ločeni kanalizacijski sistem. Predpogoj za delovanje ločenega sistema je striktno ločenje sušnih ter meteornih odtokov od mesta nastanka do mesta predaje. Torej se morajo že na zgradbah in privatnih zemljiščih ti odtoki striktno ločeno zbirati ter odvajati. Že manjše število napačnih priključkov onemogoči pravilno delovanje ločenega sistema. Torej je ločeni sistem kanalizacije možen samo, če se od začetka do konca omrežja zbirajo ter odvajajo sušni odtoki striktno ločeno od padavinskih odtokov. Ločeni sistem kanalizacije zahteva izredno oster gradbeni nadzor izvedbe vsakega hišnega priključka, saj se morajo sušni odtoki priključiti na globlje ležeči sušni kanal ter padavinski odtoki na plitvo ležeči meteorni kanal. Pogosto se drenaže kletnih prostorov zaradi nezadostne globine meteornega kanala priključujejo na globlje ležeči sušni kanal. Obratno si prihranijo priključevalci visoko ležečih kletnih prostorov kopanje globokih jarkov ter priključijo sušni kanal na plitvo ležeči meteorni kanal. Taki napačni priključki povzročajo ogromne količine tujih voda, preobremenitev čistilnih naprav ter nedopustno onesnaževanje vodotokov.

Privatna izvedba hišnih priključkov je večinoma izvedena v lastni režiji in je zato precej manj kvalitetna (poceni cevi, slabo stikanje, površno polaganje itd.), dočim se za gradnjo hišnih priključkov industrija običajno poslužuje gradbenih podjetij, zato je na našem območju pričakovati manjše deleže tujih voda. V Nemčiji izvira pretežni del tujih voda iz privatnih zemljišč in ne iz javnih površin (Maleiner, 2013).

Naš namen je ugotoviti ali ima JKP Prodnik na danem območju presežek tujih voda ali ne, kaj vse vpliva na njihove količine ter kakšni so dejanski specifični dotoki oz. koeficienti tujih voda.

2 SPLOŠNI POJMI IN DEFINICIJE

2.1 Kanalizacijski sistemi

Namen kanalizacije je zaščita javnega zdravja oziroma preprečitev nastajanja in širjenja bolezni ter preprečitev onesnaževanja nadzemnih in podzemnih voda.

Pri zasnovi kanalizacijskega sistema moramo izhajati iz dejstva, da mora biti sistem funkcionalno ustrezen. Upoštevati moramo, da bo nanj mogoč priključek vseh obstoječih uporabnikov ter, da se bo dalo sistem ustrezno širiti z rastjo naselja in nanj priključiti predvidene uporabnike. Zelo pomembno vlogo igra tudi življenjska doba sistema, saj se od njega pričakuje, da bo služil svojemu namenu vsaj petdeset let (Kolar, 1983).

Glede na vrsto odtoka, ki ga odvajamo skozi kanalizacijski sistem, ločimo mešani in ločeni kanalizacijski sistem. V kanalizacijo odteka padavinska in odpadna voda ter tuje vode, o katerih bo več govora v naslednjih poglavjih. Slika 1 prikazuje vrste odtoka v kanalizacijo in naziv kanalizacijskega sistema, na katerega so priključene.

Izvor odtoka	Zbirna oznaka	Naziv kanalizacijskega sistema
1. Hišna odpadna voda — odtok iz sanitarij, kuhinj, pranja perila, čiščenje prostorov, predmetov vsakdanje rabe, zunanjih zgradbi pripadajočih površin, gostinstva, šol, bolnic, vojašnic itd. 2. Industrijska odpadna voda — odtok od industrijske in obrtne proizvodnje, pa tudi odtok iz sanitarij ter od čiščenja industrijskih in obrtnih prostorov. 3. Kmetijska odpadna voda — odtok od živinorejske ter poljedelske proizvodnje. 4. Komunalna odpadna voda — odtok, ki nastaja zaradi komunalnih dejavnosti, kot npr. čiščenje ulic in trgov ter drugih javnih objektov in komunalnih naprav	Odpadna voda q_s	KANALIZACIJSKI SISTEM ZA ODVOD SUŠNEGA ODTOKA MEŠANI KANALIZACIJSKI SISTEM
5. Melioracijska voda — odtok zaradi dovoda dre-nažne vode, vode iz izvirov in potokov, padavinske vode v sistemu za sušni odtok.	Tuja voda q_m	
6. Padavinska voda	Padavinska voda q_p	

Slika 1: Vrste odtoka v kanalizacijo
(Kolar, 1983: str 31)

V komunalne kanalizacijske sisteme se smejo odvajati le komunalne odpadne vode. Industrijske, obrtne ter kmetijsko obdelovalne odpadne vode se smejo odvajati v komunalne kanalizacijske sisteme zgolj takrat, ko so glede sestave podobne odpadnim vodam iz gospodinjstev in ne ogrožajo ali ovirajo zbiranja, odvajanja ter čiščenja teh voda v omrežjih ter komunalnih čistilnih napravah. Industrijske, obrtne ter kmetijsko obdelovalne odpadne vode, ki od tega odstopajo, se morajo predhodno ustrezno obdelati (Maleiner, 2013).

Sickert (1999) deli odpadne vode na:

- *onesnažena voda*: zaradi uporabe onesnažena voda
- *deževnica*: odtekel dež
- *tuje vode*: podzemna voda ali deževnica v kanalu za odvajanje odpadnih voda
- *mešane vode*: skupaj speljana onesnažena voda in deževnica
- *hladilne vode*: segreta voda iz hladilnih procesov

2.1.1 Mešani kanalizacijski sistem

O mešanem kanalizacijskem sistemu govorimo, če se v enotnem kanalizacijskem sistemu zbirajo vse vrste odtoka, torej padavinska voda, tuja ter odpadna voda (Kolar, 1983).

Panjan (2002) navaja, da se v času padavin mešani odtok v primerjavi s sušnim odtokom lahko poveča tudi od petdeset do stokrat, zato je za dimenzije cevi odločilen padavinski odtok. Dimenzije kanalov so izkoriščene samo ob velikih padavinskih dogodkih oziroma nalivih, medtem ko so ob sušnem vremenu kanali le malo obremenjeni z odpadno vodo.

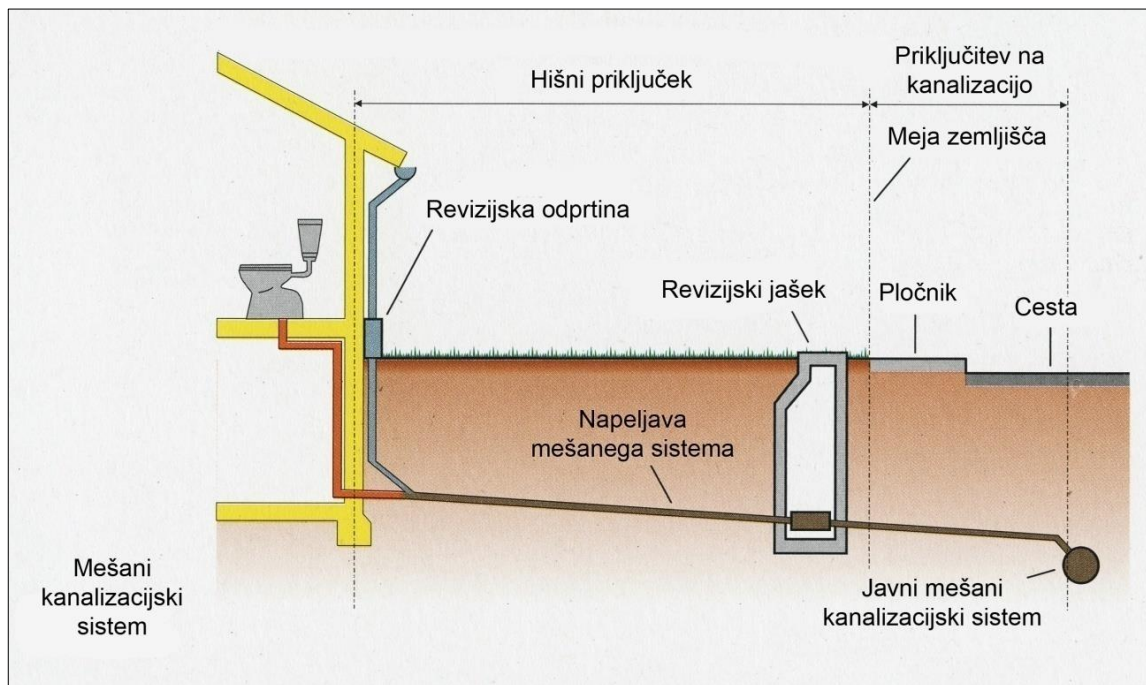
Da bi prihranili na dimenzijah kanalov, gradimo pri mešanem kanalizacijskem sistemu običajno razbremenilnike, ki služijo odvodu odvečne, s padavinsko in tujo vodo razredčene odpadne vode v bližnji odvodnik (Kolar, 1983).

Prednost sistema (Panjan, 2002):

- preprosta izvedba,
- nižja cena v primerjavi z ločenim kanalizacijskim sistemom,
- možnost izgradnje zadrževalnih bazenov deževnih voda (ZBDV),
- na čistilne naprave se odvaja tudi t.i. prvi val onesnažene vode iz cestnih površin ali kritični del padavinskega odtoka.

Slabosti sistema (Kolar, 1983):

- slabša zaščita odvodnika zaradi razbremenilnikov,
- potrebno je dimenzionirati večja črpališča, saj prečrpavamo tudi del padavinske vode pomešane s tujimi vodami,
- delovanje čistilnih naprav je zaradi padavinskih in tujih voda slabše in manj zanesljivo, zato gradimo prelivne (RŪB) bazene.



Slika 2: Mešani kanalizacijski sistem
(DWA, 2010: str 4)

2.1.2 Ločeni kanalizacijski sistem

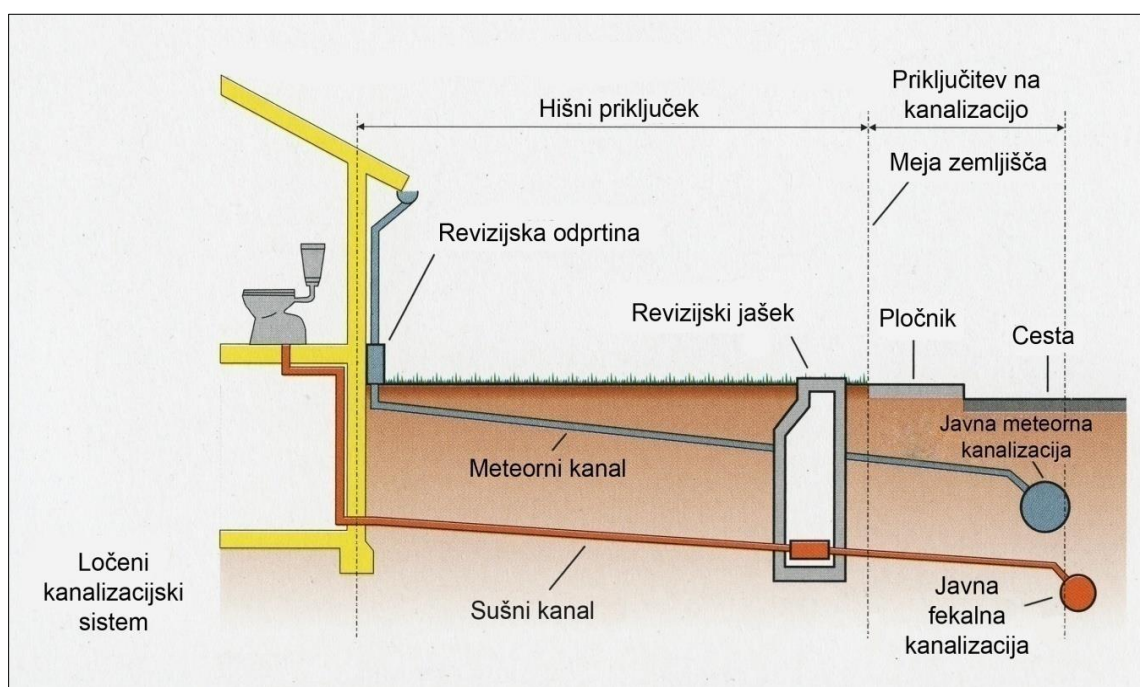
Kadar odvajamo v en kanalizacijski sistem padavinsko vodo, v drug sistem pa odpadno vodo, govorimo o ločenem kanalizacijskem sistemu.

O odvodu sušnega odtoka govorimo, ko kanalski sistem odvaja tiste vrste odtoka, na katere padavinska voda nima vpliva, torej odpadne in tuje vode (Slika 1). Pri tem običajno predvidevamo, da v ta sistem vseeno doteka nekaj padavinske in tuje vode zaradi nedosledne izvedbe. Včasih so to celo namenoma dopuščali, da bi zagotovili boljše izpiranje. Če v kanalizacijski sistem odteka samo padavinska voda, imenujemo tak sistem, sistem za odvod padavinske vode (Kolar, 1983).

Kanali za padavinsko vodo niso v neposredni zvezi s kanali za odpadno vodo, zato močnejša deževja ne povzročajo preobremenitve in zaježitve kanalov ter poplav nizko ležečih objektov. Dobra lastnost

ločenega kanalizacijskega sistema je, da zagotavlja čistilnim napravam sorazmerno stalen dotok, ki niha le v odvisnosti od porabe vode.

Sistem ima tudi nekaj pomanjkljivosti, saj je zaradi svoje zapletenosti preglednost sistema manjša. V primerjavi z mešanim kanalizacijskim sistemom je njegoa izvedba skoraj dvakrat dražja. Slabše je samodejno izpiranje sistema za odvod odpadne vode, čeprav pritekajo v sušni kanal tudi tuje vode, glej Sliko 5 (Panjan, 2002).

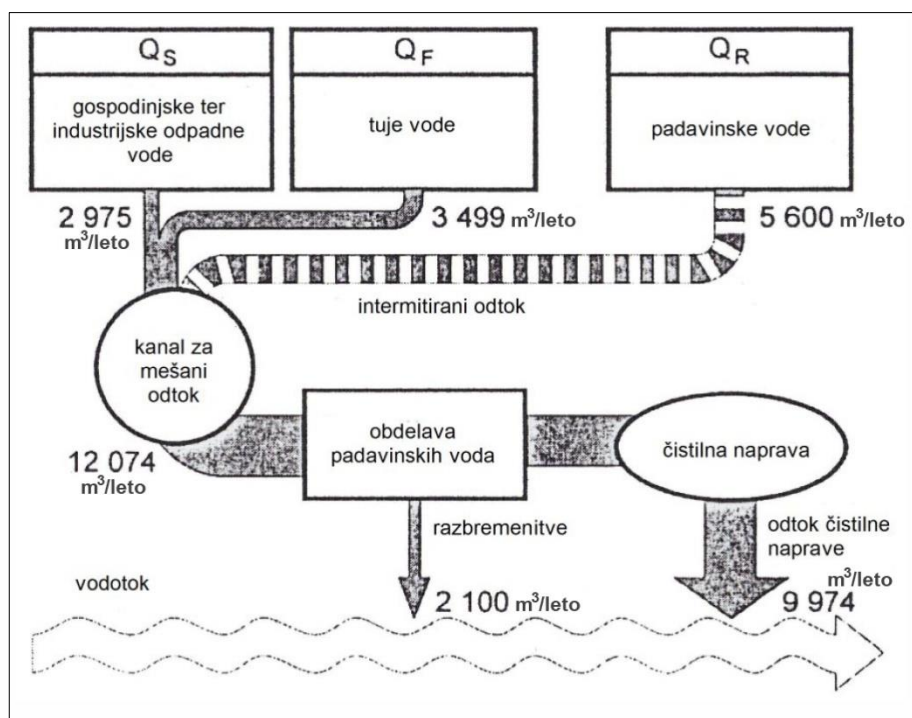


Slika 3: Ločeni kanalizacijski sistema
(DWA, 2010: str 4)

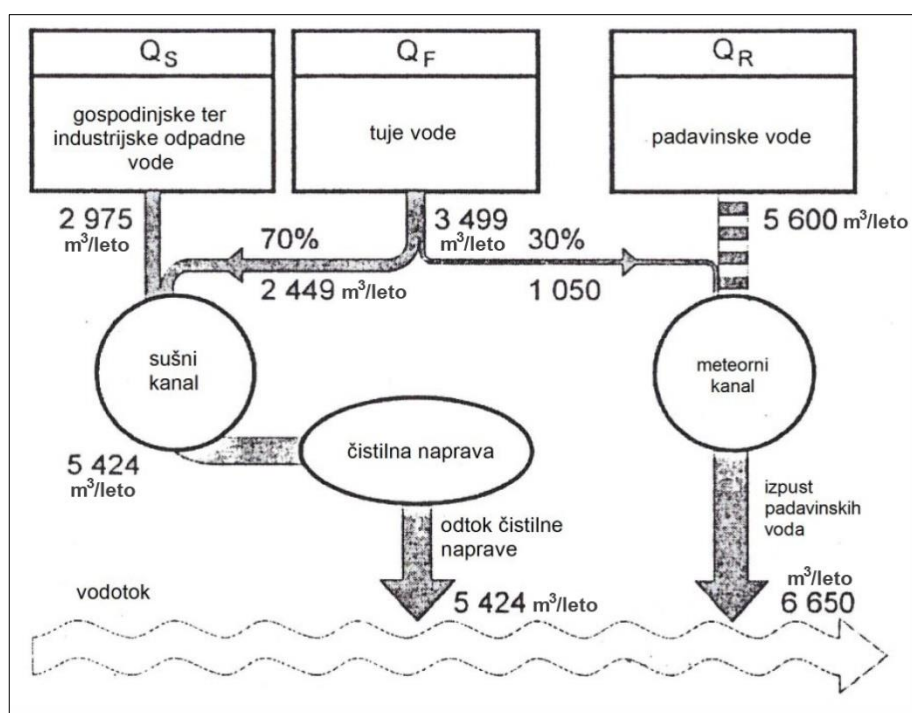
Ker so glavna tema naloge tuje vode, so na Sliki 4 in 5 prikazane poti tujih voda v mešanem in ločenem kanalizacijskem sistemu. Nakazane odtočne poti in števila veljajo za srednji odtočni volumen v m^3/leto , iz enega hektarja nepropustnih vplivnih površin (ATV-A 128). Pri tem je bila gostota poselitve 63 P/ha in poraba pitne vode $130 \ell/(P \cdot \text{dan})$.

Med sušnim odtokom v mešanem kanalizacijskem sistemu tečejo tuje vode v celoti na čistilno napravo. Kadar imamo opravka še s padavinskimi vodami, se del tujih voda preliva preko razbremenilnih naprav. Pri skupni prelivni količini $2100 \text{ m}^3/\text{leto}$ znaša delež tujih voda okoli $607 \text{ m}^3/\text{leto}$, kar pomeni, da okrog 83 % celotne količine tujih voda dosega in obremenjuje čistilno napravo (Slika 4). Sliki 4 in 5 prikazujeta bilanco nemškega padavinskega odtoka [$5600 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{leto})$] na podlagi letne višine padavin 800 mm in pri 70 % odtoku. Naše letne višine padavin so znatno višje, zato so dejanski odstotki (83 %) drugačni (Maleiner, 2009).

V ločenem kanalizacijskem sistemu naj bi se poti tujih voda ločile že v izvoru, vendar izkušnje kažejo, da zaradi napačnih priključkov na čistilno napravo prispe okrog 70 % vseh količin tujih voda (Maleiner, 2009).



Slika 4: Poti tujih voda v mešanem kanalizacijskem sistemu
(Maleiner, 2009: str 176)



Slika 5: Poti tujih voda v ločenem kanalizacijskem sistemu
(Maleiner, 2009: str 176)

2.2 Tuje vode

V tehničnih pravilnikih je pojem tujih voda različno definiran, vendar kljub pogosti uporabi strokovnega pojma, enotne definicije ne zasledimo.

Oglejmo si nekaj primerov različnih avtorjev:

- Tuje vode so skozi kanalizacijske in čistilne naprave tekoče vode, katerih lastnosti niso spremenile hišne, obrtniške, kmetijske ali druge vrste uporab. Pod tuje vode tudi ne sodijo zbrani ter načrtno v omrežje uvajani padavinski odtoki iz zazidalnih ali utrjenih površin. Tuje vode na podlagi svoje kvalitete ne potrebujejo čiščenja. Na podlagi svoje kvantitete pa nepotrebno obremenjujejo delovanje naprav (Maleiner, 2009).
- Tuja voda je vsa voda, ki ni nastala pri porabi vode v naselju, vendar vseeno pride na čistilno napravo. To je voda, ki pride v kanale zaradi slabih tesnitev iz podtalnice, drenaž ali globokih kleti. Lahko je tudi melioracijska voda iz izvirov, potokov, vodnjakov, zato je običajno malo onesnažena, vendar jo moramo pri preračunu kanalizacijskih omrežij upoštevati. Ker tuje vode dosežejo čistilne naprave, moramo njihov delež dobro presoditi glede na srednji nočni odtok (Panjan, 2002).
- Pod pojem tuje vode štejemo nezaželene vode, ki pridejo v kanalizacijo po različnih poteh in tako vodijo do razredčenja odpadnih voda. Med najpogostejše vzroke za vdor tujih voda v kanalizacijski sistem sodijo poškodbe na delih cevi, ki ležijo bodisi trajno ali pa občasno znotraj območja vodonosnika. Takemu vdoru vode pravimo infiltracija podzemnih voda. Pogosti viri tujih voda so tudi priključki hišnih drenaž (Maus in Evers, 2005).
- Podzemne in padavinske vode, ki zaidejo v kanalizacijo v nasprotju s predpisi, označujemo kot tuje vode. Te so na čistilnih napravah nezaželene in na podlagi svoje kvalitete ne potrebujejo čiščenja, zato brez potrebe obremenjujejo naprave (Sickert, 1999).
- Tuje vode so vode, ki ne sodijo v kanalizacijo (Hennerkes, 2006).

Količine tujih voda so lahko absolutno izražene kot delež (FWA) ali kot dodatek tujih voda (FWZ) in se običajno označujejo z enoto ℓ/s , $m^3/leto$ ali kot specifični dotok tujih voda v $\ell/(s \cdot ha)$.

Delež tujih voda (FWA) se izračuna po naslednji enačbi (Fremdwasser..., 2007):

$$FWA(\%) = \frac{\text{odtok tujih voda}}{\text{sušni odtok}} \cdot 100 = \frac{Q_f}{Q_t} \cdot 100 = \frac{Q_f}{Q_s + Q_f} \cdot 100 \quad (1)$$

$$FWA(\%) = \left(1 - \frac{1}{FWZ+1} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Dodatek tujih voda (FWZ):

$$FWZ(\%) = \frac{\text{odtok tujih voda}}{\text{odtok odpadne vode}} \cdot 100 = \frac{Q_f}{Q_s} \cdot 100 \quad (3)$$

$$FWZ(\%) = \left(\frac{1}{1-FWA} - 1 \right) \cdot 100 \quad (4)$$

Enačba za odtok tujih voda:

$$Q_f = Q_t - Q_s \quad \text{oz.} \quad Q_t = Q_s + Q_f \quad (5)$$

kjer pomenijo:

FWA (Fremdwasseranteil) – delež tujih voda [%]

FWZ (Fremdwasserzuschlag) – dodatek tujih voda [%]

Q_f (Fremdwasserzufluss) - dotok tujih voda v [ℓ/s] ali [m³/dan]

Q_s (Schmutzwasserabfluss) - odtok odpadnih voda v [ℓ/s] ali [m³/dan]

Q_t (Trockenwetterabfluss) - sušni odtok v [ℓ/s] ali [m³/dan]

V nadaljevanju naloge lahko opazimo (Slika 11), da dodatek tujih voda celo presega 800%, zato si oglejmo kratek računski primer. Glede na navedeni enačbi delež tujih voda (FWA) ne more nikoli doseči 100%, dočim lahko dodatek tujih voda (FWZ) preseže tudi 100% vrednost.

Primer: $Q_f = 40 \text{ ℓ/s}$ in $Q_s = 5 \text{ ℓ/s}$

$$FWA = \frac{Q_f}{Q_s + Q_f} = \frac{40}{5 + 40} = 0,89 \cdot 100 = 89\% \quad (6)$$

$$FWZ = \frac{Q_f}{Q_s} = \frac{40}{5} = 8 \cdot 100 = 800\% \quad (7)$$

Po Imhoff-u predstavlja delež tuje vode za 100% povečan sušni odtok, ki velja v primeru ločenih kanalizacijskih sistemov. Drugi viri pa navajajo, da se ta delež lahko izračuna iz podatkov o priključni površini, dolžini kanala ter dolžini in profilu kanala. Lahko pa se ta delež upošteva v odvisnosti od povprečnega koeficienta odtoka, ki je odvisen od gostote poselitve, kot je razvidno iz Preglednice 1 (Kolar, 1983).

Preglednica 1: Količine tujih voda glede na gostoto prebivalcev (Kolar, 1983: str 36)

Gostota prebivalcev na ha [P/ha]	Odtočni koeficient ϕ [%]	Pričakovani dotok tuje vode [$\ell/(s \cdot ha)$]	Pričakovani sušni dotok [$\ell/(s \cdot ha)$]	Skupni dotok [$\ell/(s \cdot ha)$]
50	15	0,25	0,22	0,47
100	27	0,40	0,44	0,84
200	50	0,75	0,87	1,62
300	68	1,00	1,31	2,31
400	80	1,20	1,75	2,95
500	87	1,30	2,19	3,49
600	90	1,35	2,62	3,97

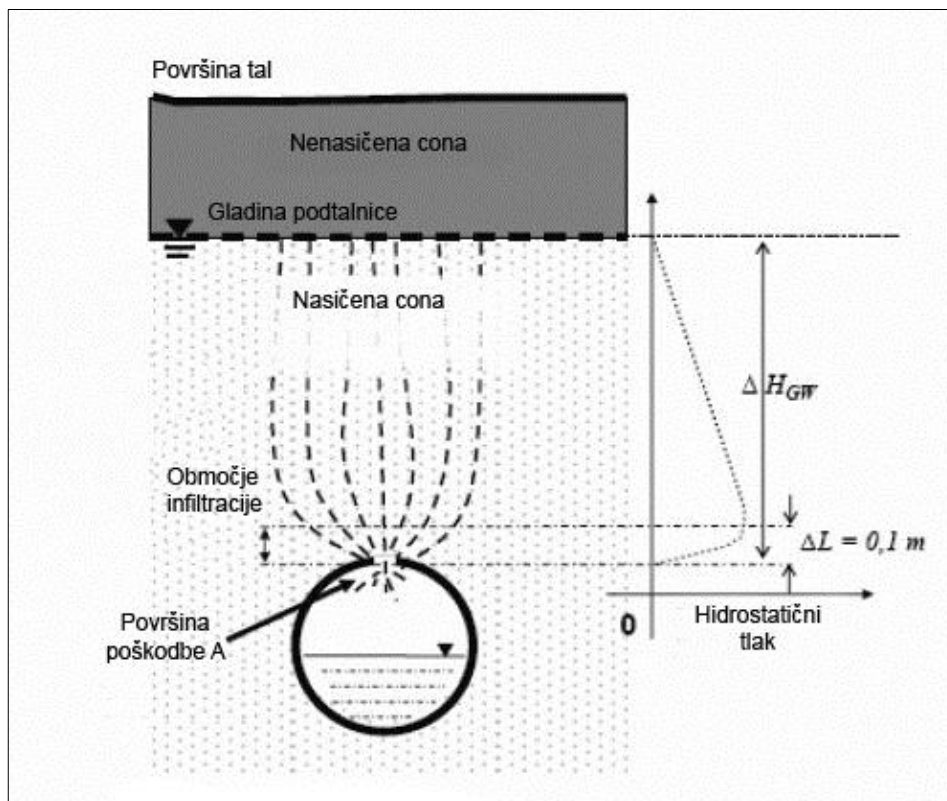
2.3 Infiltracija

Infiltrirana podzemna voda oziroma podtalnica, spada v kategorijo tujih voda in je nezaželen sestavina odpadnih voda (Stein in Niederehe, 1987).

Po Panjanu (2002) jo zato ponikamo takoj, ko je to mogoče. Rezultat so bistveno manjši končni pretoki in zato manjši potrebni prerezi kanalskih cevi, pa tudi čistilne naprave so enakomerneje obremenjene in očistijo večji delež onesnažene padavinske vode.

Infiltracija lahko povzroči naslednje učinke (Kanalsanierung..., 2011):

- povečanje deleža tujih voda,
- povečanje stroškov vzdrževanja,
- dodatna hidravlična obremenitev, lahko celo preobremenitev kanalov, črpališč in čistilnih naprav,
- znižanje nivoja podtalnice,
- zmanjšano čistilno sposobnost čistilnih naprav,
- deformacije in razpoke ter posledično vraščanje korenin.



Slika 6: Primer infiltracije
(Kanalsanierung..., 2011: str 64)

Najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na infiltracijo (Kanalsanierung..., 2011):

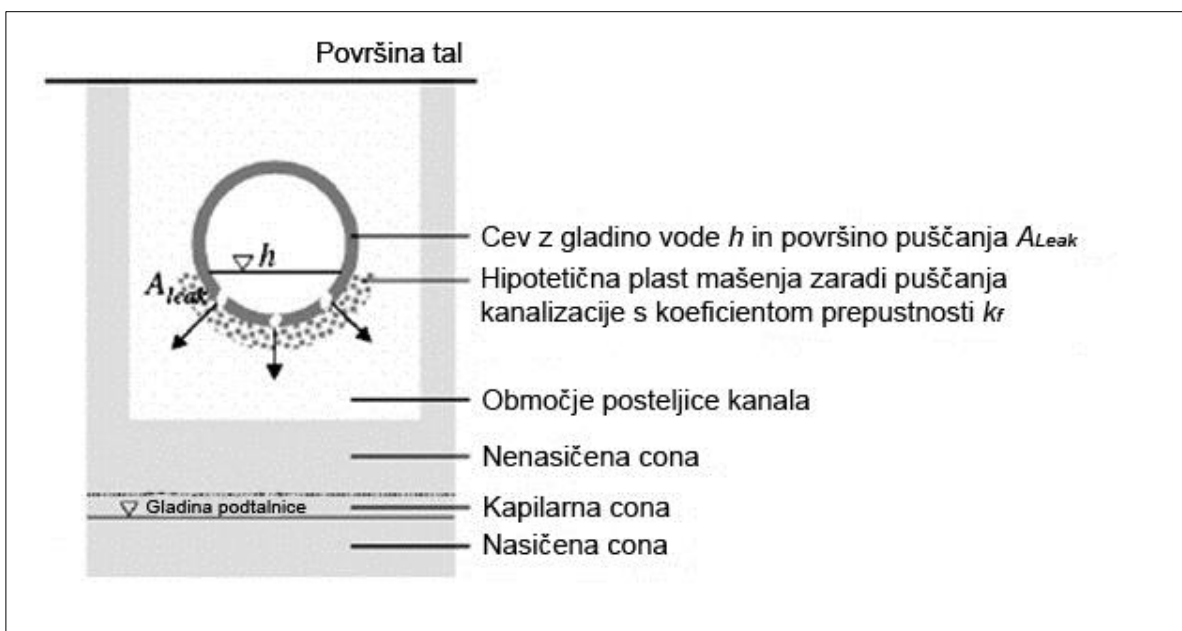
- hidrogeološki robni pogoji,
- padavine in dinamika podzemne vode,
- tip tal, mehanika tal, dinamika tal,
- prepustnost tal, hidravlični tlak,
- material cevi, debelina stene, premer cevi, povezava cevi,
- spremembe materialov, kakovosti in vrste povezave na druge elemente,
- kakovost izvedbe vgradnje,
- lokacija poškodbe cevi,
- prečrpavanje vode npr. iz gradbenih jam,
- drenažne vode pri objektih v območju podtalnice,
- prometni udarci.

2.4 Eksfiltracija

Iz izkušenj vemo, da obstoječi kanalizacijski sistemi niso vodotesni in omogočajo eksfiltracijo odpadne vode. V primeru odpadne vode in mešanih kanalizacijskih sistemov obstaja tveganje onesnaženja tal in podzemne vode.

Na podlagi možnih negativnih učinkov na tla in podzemno vodo je za upravljavce kanalizacijskih naprav nujno potrebno, da presodijo tako vodnogospodarske kot tudi gospodarske posledice ter vidike varstva okolja. Eksfiltracijo odpadne vode moramo preprečiti do te mere, kot je to tehnično možno. Prav tako je interes uporabnikov, najti stroškovno najbolj ugodne rešitve, da zadostimo namenu tesnih kanalov (Milojevic, 2008).

Pod pojmom eksfiltracija razumemo nezaželeno odtekanje odpadne vode iz kanala v podtalnico in v tla. Eksfiltracija je komaj merljiva, vendar pa je merljiva infiltracija, katere ovrednotenje lahko indirektno poda oceno možne eksfiltracije (Milojevic, 2008). Odvisna je od pretoka odpadnih voda, položaja, vrste in velikosti poškodbe v kanalu ter višine podtalnice (Kanalsanierung..., 2011).



Slika 7: Princip eksfiltracije
(Rutsch in sod., 2011: str 2386)

3 IZHODIŠČA PRI DOLOČITVI KOLIČINE TUJIH VODA

3.1 Smernice ATV-A 118E

Smernice se nanašajo na hidravlično dimenzioniranje in izračunske dokaze kanalizacijskih omrežij. Pri planiranju in dimenzioniranju novih ter tudi pri sanaciji obstoječih kanalizacijskih sistemov je venomer potrebno v največji možni meri skrbeti za zmanjšanje neonesnaženih padavinskih odtokov v kanalizacijske sisteme, ki sodijo v skupino tujih voda. Podpoglavje 3.1 se v celoti nanaša na smernice ATV-A 118E (1999), v kolikor tega ne navajamo drugače. Pri uporabi označb v tretjem poglavju in kasnejših izračunih se sklicujemo na angleške prevode smernic ATV.

3.1.1 Pomembnejše definicije

Koeficient odtoka

Faktor v odvisnosti od prispevne površine, s katerim moramo korigirati količino naliva na časovno enoto, da določimo pričakovani nevihtni odtok v kanalizacijski sistem.

Prispevna površina

Površina z odtokom v kanalizacijski sistem in/ali v površinske vode.

Ločeni sistem

Kanalizacijski sistem sestavljen ponavadi iz dveh cevni sistemov za ločen odtok odpadne vode (fekalni kanal) in meteorne vode (meteorni kanal).

Ker v diplomski nalogi določamo količino tujih voda v ločenem kanalizacijskem sistemu, si podrobneje oglejmo iz katerih količin je sestavljen celotni odtok v primeru ločenega sistema:

Celotni odtok v fekalni kanal:

$$Q_{tot} = Q_{dw} + Q_{r,T} \quad (8)$$

Celotni odtok v meteorni kanal:

$$Q_{tot} = Q_r \quad (9)$$

kjer pomenijo:

Q_{tot} – celotni odtok [ℓ/s]

Q_{dw} – sušni odtok

$Q_{r,T}$ – neizogiben dotok meteorne vode v fekalni kanal v primeru ločenega sistema

Q_r – deževni odtok

Sušni odtok Q_{dw} je sestavljen iz odpadnih voda iz gospodinjstev Q_d , odpadnih voda iz obrti in industrije Q_c ter tujih voda Q_{iw} . Njihove količine morajo biti obravnavane ločeno.

Zgoraj naštete količine odтока morajo biti preračunane na maksimalne urne odtoke in ne na dnevno povprečje. Nanašajo se na dejansko prispevno površino $A_{E,k}$ in ne na reducirano površino A_u .

Pri dimenzioniranju ločenih kanalizacijskih sistemov moramo torej določiti dnevne maksimalne urne vrednosti odтока [m³/h], ki se po izkušnjah gibljejo med 1/8 za podeželska območja in 1/16 dnevne vrednosti [m³/d] za večja mesta. V kolikor nimamo podatka o odтoku, se priporoča uporaba specifične maksimalne urne količine hišnih odpadnih voda $q_d = 4 \ell/(s \cdot 1000 P)$.

Določitev količine sušnega odтока v obstoječih kanalizacijskih sistemih zahteva daljše preiskovalno obdobje in zadostno količino meritev. V kolikor je potrebno, moramo v preiskavo vključiti tudi nevihtni odtok (stormwater) v fekalnih kanalih. Na ta način pridemo do bolj realnih podatkov, kot v primeru uporabe planiranih vrednosti, saj ti vključujejo konkretne vrednosti odтоčnih količin, vključno s tujimi vodami.

3.1.2 Načrtovanje novega kanalizacijskega omrežja

Odpadne vode iz gospodinjstev

V primeru planiranja novega kanalizacijskega omrežja moramo upoštevati, da je odtok odpadnih voda iz gospodinjstev Q_d močno odvisen od porabe pitne vode. Nanj vplivata struktura in gostota prebivalstva ter predvsem način in življenjski standard. Poleg tega igrajo pomembno vlogo tudi lokalne potrebe in ne nazadnje velikost stanovanjskih četrti. Norma porabe se tako giblje med 80 in 200 $\ell/(P \cdot d)$. Ponavadi računamo s 130 ali s 150 $\ell/(P \cdot d)$ (ATV-A 118E, 1999).

Pozabiti pa ne smemo na dejstvo, da se gradijo kanalizacijska omrežja za 50 let in več, zato moramo biti pozorni na prirastek prebivalstva, spremembe življenjskih navad, naraščanje industrializacije in nekatere druge, ki jih navaja Kolar (1983).

Odpadne vode iz obrti in industrije

Pri načrtovanju novih obrtnih in industrijskih območij ponavadi nimamo natančnih podrobnosti o tipu in velikosti porabnikov, zato se pri dimenzioniranju poslužujemo sledečih vrednosti q_c za odtok odpadnih voda:

- dejavnosti z majhno porabo vode
 $q_c = 0,2 - 0,5 \ell(s \cdot ha)$
- dejavnosti z srednjo do veliko porabo vode
 $q_c = 0,5 - 1,0 \ell(s \cdot ha)$

Tuje vode

Kot smo že pisali v Poglavju 2, predstavljajo tuje vode nezaželen odtok v kanalizacijski sistem in se jim moramo v največji možni meri izogniti. K njim prištevamo tudi padavinske vode, ki skozi odprtine jaškov vstopajo v kanalizacijo. V primeru ločenega kanalizacijskega omrežja je zelo pomembno, da izvajamo priključke dosledno. Odtok odpadnih voda nikakor ne sodi v meteorni kanal, in obratno (ATV-A 118E, 1999).

V spodnji preglednici so povzeti priporočeni specifični dotoki tujih voda v primeru mešanih in ločenih kanalizacijskih sistemov, kot jih določajo nemške smernice (Lucas, 2003).

Preglednica 2: Specifični dotok tujih voda (Lucas, 2003)

Delovni list	Vrsta kanala	priporočen specifični odtok tujih voda	nanašajoč se na površino
Aktualne smernice:			
ATV-A 128 (1992)	Mešani	V primeru, da nimamo nobenih meritev je q_{iw} do $0,15 \ell/(s \cdot ha)$	reducirana površina A_u
ATV-A 118 (1999)	Ločeni (fekalni)	$q_{iw} = 0,05 - 0,15 \ell/(s \cdot ha) +$ dodatnih $q_{r,T} = 0,2 - 0,7 \ell/(s \cdot ha)^*$	dejanska prispevna površina $A_{E,k}$
	Ločeni (fekalni) alternativno	$Q_{iw} = (0,1 \dots 1,0) \cdot Q_{dw}$	Q_{iw} kot večkratnik odtoka odpadnih voda

* $q_{r,T}$ je zaradi neizogibnega padavinskega odtoka skozi odprtine jaškov

3.1.3 Preračun sušnega odtoka

Sušni odtok Q_{dw} je sestavljen iz vsote sledečih komponent:

- odpadnih voda iz gospodinjstev Q_d
- odpadnih voda iz obrti in industrije Q_c
- tujih voda Q_{iw}

$$\text{Torej sledi: } Q_{dw} = Q_d + Q_c + Q_{iw} \quad [\ell/s] \quad (10)$$

$$Q_d = \frac{q_d \cdot ID \cdot A_{E,k}}{1000} \quad [\ell/s] \quad (11)$$

q_d – specifična dnevna količina odpadnih voda iz gospodinjstev na prebivalca [$\ell/(s \cdot 1000 P)$]

$A_{E,k}$ – dejanska prispevna površina [ha]

ID – gostota prebivalstva [P/ha]

$$Q_c = q_c \cdot A_{E,k,2} \quad [\ell/s] \quad (12)$$

q_c – stopnja odtoka odpadnih voda iz obrti in industrije [$\ell/(s \cdot ha)$]

$A_{E,k,2}$ – dejanska prispevna površina obrtnih in industrijskih površin [ha]

$$Q_{iw} = q_{iw} \cdot A_{E,k} \quad [\ell/s] \quad (13)$$

q_{iw} – specifični dotok tujih voda oz. koeficient dotoka tujih voda [$\ell/(s \cdot ha)$]

$A_{E,k}$ – dejanska prispevna površina [ha]

Pri dimenzioniranju ločenih kanalizacijskih sistemov (fekalnih kanalov) ne smemo pozabiti na nezaželen dotok padavinskih voda skozi odprtine jaškov, tako da moramo poleg tujih voda računati še s komponento $Q_{r,T}$, ki jo dobimo na sledeči način:

$$Q_{r,T} = q_{r,T} \cdot A_{E,k} \quad [\ell/s] \quad (14)$$

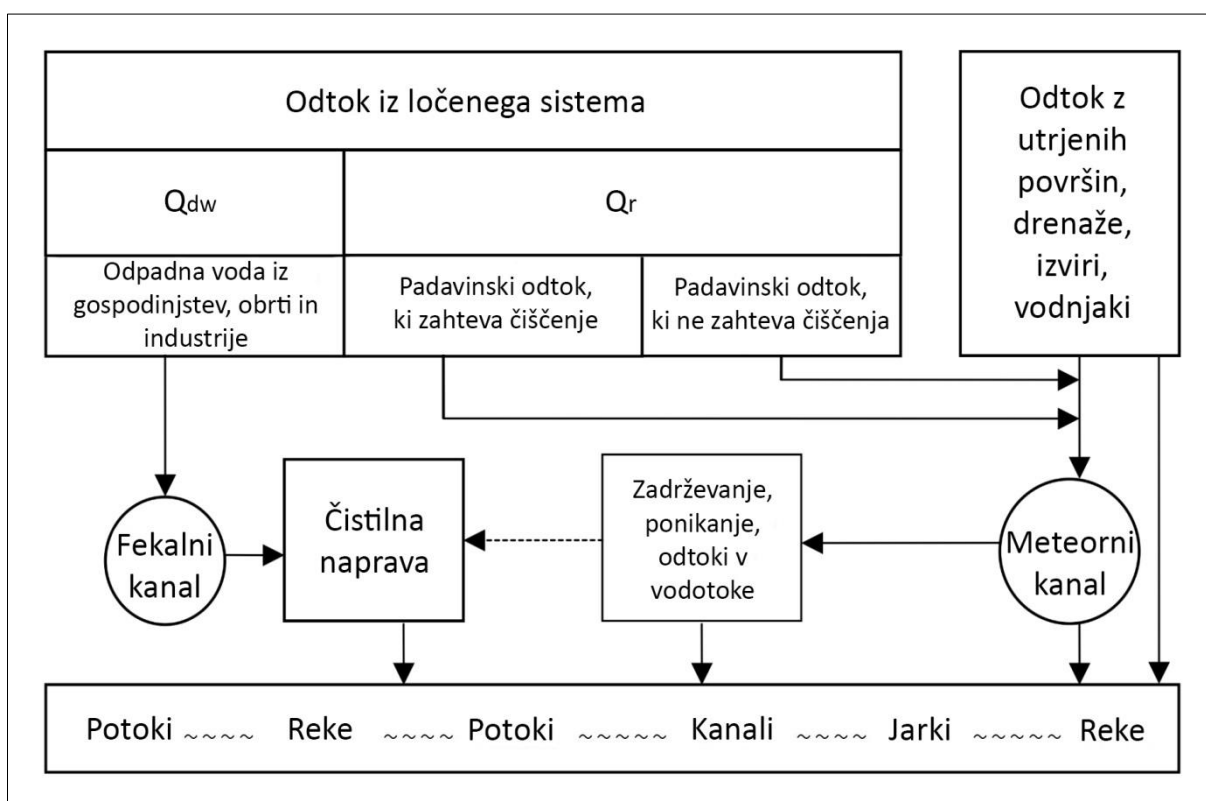
$q_{r,T}$ – stopnja deževnega odtoka v fekalni kanal ločenega kanalizacijskega sistema [$\ell/(s \cdot ha)$]

$A_{E,k}$ – dejanska prispevna površina [ha]

3.2 Smernice ATV-A 105E

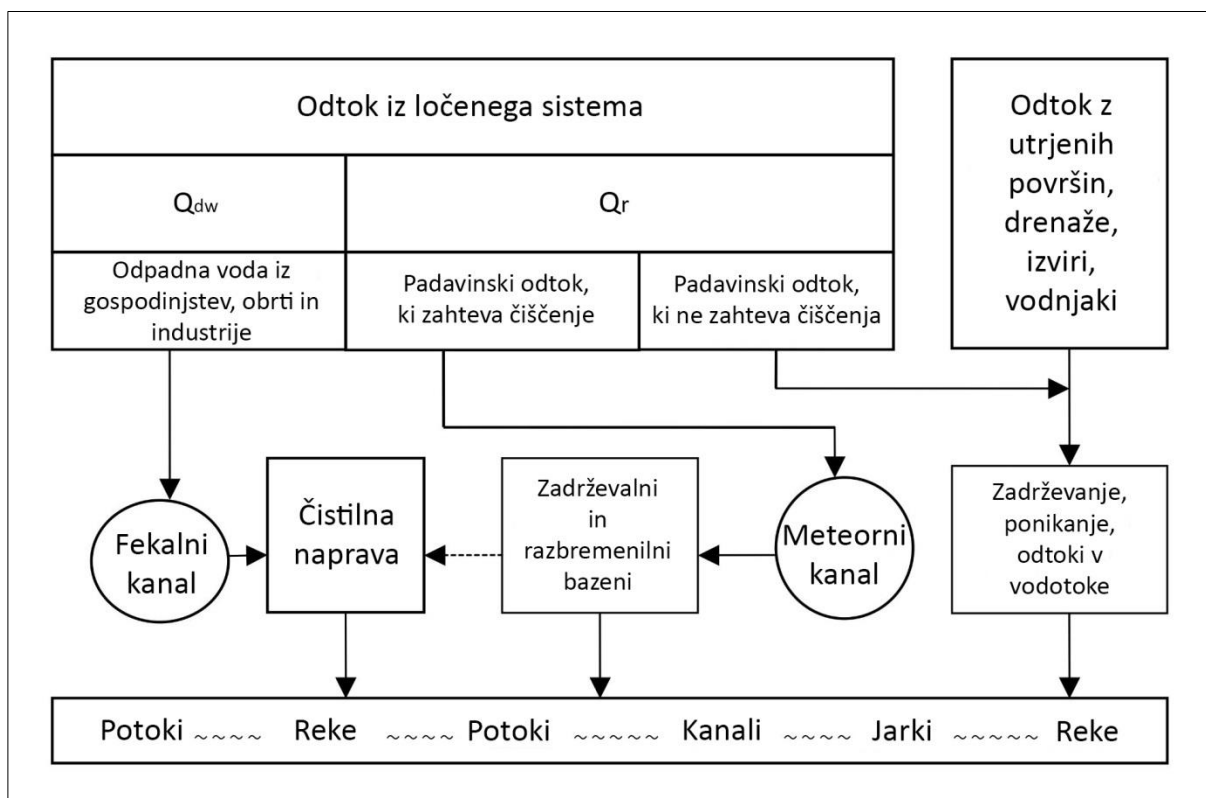
Na naslednjih dveh slikah sta prikazani shemi za ločeni in prilagojeni ločeni kanalizacijski sistem. Uporabljena sta izraza za padavinski odtok, ki v enem primeru zahteva čiščenje, v drugem primeru ne. Meja med njima temelji na principu, da naj ne bi na čistilno napravo dotekale odpadne vode, katerih stopnja onesnaženja je nižja, kot je predpisana ob iztoku s čistilne naprave.

Vode, ki ne potrebujejo čiščenja, so po pravilih odtoki s streh in dvorišč ter tudi odtoki s stanovanjskih ulic in pločnikov. Posebna pozornost mora biti usmerjena na ulice ter javna parkirišča, ki glede na to koliko so prometne in parkirišča obremenjena, zahtevajo ali pa ne zahtevajo čiščenja.



Slika 8: Prikaz odtoka v ločenem kanalizacijskem sistemu
(ATV-A 105E, 1997: str 6)

V primeru ločenega kanalizacijskega sistema odteka odpadna voda iz gospodinjstev, obrti in industrije v fekalni, padavinski odtok pa v meteorni kanal. Medtem ko se čistilna naprava polni s fekalno kanalizacijo, se na drugi strani meteorne vode lahko stekajo v naravna ali pa umetna vodna telesa. Odtok neonesnaženih voda v meteorno kanalizacijo, kot so hladilne vode, vode iz vodnjakov, izvirov ter drenažne vode, lahko privede do povišanih stroškov zaradi morebitnega dodatnega čiščenja.



Slika 9: Prikaz odtoka v prilagojenem ločenem kanalizacijskem sistemu
(ATV-A 105E, 1997: str 7)

Pri prilagojenem ločenem kanalizacijskem sistemu odpadne vode iz gospodinjstev, obrti in industrije prav tako odteka v fekalni kanal. Za razliko od navadnega, se v prilagojenem sistemu meteorne vode, ki ne zahtevajo čiščenja, vodi takoj v površinske odvodnike ali pa se jih ponika. V kolikor se ne moremo izogniti padavinskemu odtoku, ki zahteva čiščenje, se ta preko meteorne kanalizacije vodi do čistilne naprave. Informacije o čiščenju meteorne vode je moč najti v poročilu ATV »Priporočila pri ravnanju z nevihtnim odtokom« (ATV-A 105E, 1997).

3.3 Smernice ATV-A 128E

ATV-A 128 (1992) navaja, da se maksimalni urni odtok določi po naslednji enačbi, ki velja samo v primeru mešanih kanalizacijskih sistemov:

$$Q_{dwx} = Q_{px} + Q_{iw24} \quad [\ell/s] \quad (15)$$

$$Q_{px} = \frac{24}{x} \cdot Q_{d24} + \frac{24}{a_c} \cdot \frac{365}{b_c} \cdot Q_{c24} + \frac{24}{a_i} \cdot \frac{365}{b_i} \cdot Q_{i24} \quad [\ell/s] \quad (16)$$

kjer pomenijo:

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

Q_{px} – maksimalni urni odtok odpadnih voda [ℓ/s]

Q_{iw24} – dotok tujih voda [ℓ/s]

Q_{d24} – odtok odpadnih vod iz gospodinjstev [ℓ/s]

Q_{c24} – odtok odpadnih voda iz obrti [ℓ/s]

Q_{i24} – odtok odpadnih voda iz industrije [ℓ/s]

x – trajanje odтока odpadnih voda na dan [h]

a_c – število delovnih ur na dan v mali obrti, pisarnah in trgovinah [h]

b_c – število delovnih dni na leto v mali obrti, pisarnah in trgovinah [dni]

a_i – število delovnih ur na dan v veliki obrti in industriji [h]

b_i – število delovnih dni na leto v veliki obrti in industriji [dni]

3.4 Davek na onesnaževanje

Nemci so kot spodbudo, namenjeno varstvu okolja, uvedli dajatev na odpadne vode. Njihov cilj je bil spodbujanje gospodarstva, izboljšanje učinkovitosti čistilnih naprav ter čiščenje na področju meteornih voda. Dajatve za odvajanje odpadnih voda prispevajo k zmanjšanju izpustov onesnaževal v vodotoke in spodbujajo naložbe na področju komunalne infrastrukture. Dajatve se zaračunavajo za fekalne kot tudi za meteorne vode.

Po nemški zakonodaji so razredčenja zaradi tujih voda oproščeni tisti, katerih delež razredčenja v letnem povprečju ne preseže polovice odтока odpadnih voda, torej, če delež tujih voda ne prekorači 50 % celotnega odтока odpadnih voda. Ključnega pomena pri izračunu dajatve na odpadne vode predstavlja letna količina odpadnih voda. Poseben zakon določa, da se lahko stroški na račun dajatve na odpadne vode izravnavajo tri leta pred predvidenim začetkom obratovanja objektov oz. naprav, v kolikor služijo te za zmanjšanje deleža razredčenja odpadnih voda. Obračun tovrstnih ukrepov se lahko opravi le z dajatvijo na odpadne vode. Zaračunljivi so vsi ukrepi, ki neposredno vplivajo na zmanjšanje tujih voda, tudi v primeru, če je delež tujih voda manjši od 50 %.

Neposredno odvajanje industrijskih odplak običajno ne vsebuje padavinskega dotoka in dotoka tujih voda, ali pa so ti dotoki znatno nižji kot v primeru komunalnih območij. Pri določanju letne količine odpadnih voda pridejo v prvi vrsti v poštev merjenja pretokov odpadnih voda. V primeru odsotnosti takih meritev lahko posežemo po podatkih o porabljeni pitni vodi (LFU, 2005).

Omejitev pri iztoku iz čistilne naprave ne sme biti izpolnjena zaradi razredčenja odpadnih voda. Mejna vrednost za tuje vode v Nemčiji je $> 50 \%$, na Bavarskem pa $> 25 \%$. V primeru previsokega deleža tujih voda se lahko zgodi, da se zmanjša učinkovitost čiščenja na čistilni napravi in posledično poveča dajatev na odpadne vode. Rezultat je lahko tudi do 4–krat višji davek (Abwasserabgabe, 2013).

3.5 Pravilnik o tehnični izvedbi in uporabi objektov in naprav javne kanalizacije v Občini Trzin

Občina Trzin s tem pravilnikom ureja tehnično izvedbo in uporabo kanalizacijskega omrežja ter kanalizacijskih objektov in naprav na območju občine. Določila tega pravilnika se morajo obvezno upoštevati, poleg tega pa je treba spoštovati še vse veljavne zakone in odloke, slovenske, evropske in mednarodne standarde ter navodila proizvajalcev uporabljenih materialov in opreme za kanalizacijo.

4. člen pravilnika uvršča med sestavne dele kanalizacijskega sistema:

- omrežje in objekte na omrežju (jaški, požiralniki, peskolovi, lovilci lahkih tekočin, lovilci maščob in olj, črpališča, razbremenilniki, združitveni objekti, zadrževalni bazeni, regulacijski objekti, telemetrijske postaje, nadzorni centri),
- objekte in naprave za čiščenje odpadnih voda,
- interno kanalizacijo in kanalizacijske priključke, kot sestavne dele objektov v lasti uporabnikov.

5. člen pravilnika med cilje projektiranja, gradnje in rekonstrukcije kanalizacijskega sistema uvršča:

- zaščito zdravja ljudi,
- zaščito okolja pred onesnaženjem v okviru predpisanih omejitev,
- zaščito vodotokov in podtalnice,
- zaščito odvodnika in čistilne naprave pred hidravlično preobremenitvijo,
- skrb za lokalno napajanje vodonosnikov,
- zagotovitev primerne zmogljivosti kanala (prevodnost),
- skrb za varne delovne pogoje,
- skrb za trajnost sistema,
- zaščito pred neprijetnimi vonjavami,
- zadovoljivo delovanje in vzdrževanje sistema, omogočeno dostopno in varno kontroliranje, čiščenje in vzdrževanje kanalov, objektov in naprav s strojno opremo, brez povzročitve škode ter obratovanje brez zamašitev,
- varovanje zdravja in življenj obratovalnega osebja,
- statično in dinamično nosilnost kanala,

- omejitve pogostosti preplavitve na predpisano vrednost,
- preobremenitev naj ne bi prekoračevala predpisanih vrednosti,
- izključitev ogrožanja obstoječih, na oskrbovalne naprave meječnih objektov, s strani kanalizacije,
- vodotesnost kanalizacije za odpadno vodo, ustrezno zahtevam preizkušanja,
- doseganje zahtevane življenjske dobe in ohranitev stanja,
- preprečitev nastajanja smradu in strupenih snovi.

V 11. členu opredeljuje pojme o količini vode, saj je osnova za načrtovanje velikosti kanalizacijskih sistemov in naprav za čiščenje odpadne in padavinske vode prav količina odpadne vode.

Sušni odtok definira kot skupno količino komunalne odpadne vode iz gospodinjstev, obrti in industrije, tehnološke odpadne vode iz obrti in industrije v kolikor se le te priključujejo na javno kanalizacijo ter infiltracijo tujih voda.

Količino **komunalne odpadne vode** se izračuna ob upoštevanju predvidenega števila uporabnikov ter skladno z normo porabe podane v spodnji preglednici. V kolikor imamo na razpolago podatke o porabi vode na izbranem območju lahko le te uporabimo za izračun.

Preglednica 3: Norma porabe glede na dejavnost (Pravilnik o tehnični izvedbi..., 2010)

Dejavnost	Norma porabe	Enota
gospodinjstvo	150	litrov na prebivalca na dan
turizem	200	litrov na posteljo na dan
gostinstvo	15	litrov na gosta na dan
javni uradi	15	litrov na zaposlenega na dan
vojašnice	100	litrov na vojaka na dan
šole	20	litrov na dijaka na dan
javni bazeni	300	litrov na kopalca na dan
pekarnе	150	litrov na zaposlenega na dan
frizerski salon	100	litrov na zaposlenega na dan
avtopralnice	200	litrov na avto
mlekarne	4	litre na liter mleka

Industrijsko in odpadno vodo iz obrti je potrebno upoštevati na podlagi merjenih ali ocenjenih vrednosti iz porabe vode.

Količina tuje vode se upošteva iz dejanskih meritev oz. največ kot 100 % 24-urni sušni odtok ali kot specifična infiltracija 0,15 ℓ/(s · ha) reducirane prispevne površine.

Pri načrtovanju velikosti (dimenzij) kanalizacije za odpadno vodo se skupna količina odpadne vode poveča še za dodaten **deževni dotok z območij z ločeno kanalizacijo**, ki je največ enak 100% 24-urnemu sušnemu odtoku.

Največja urna poraba za določitev sušnega odtoka je odvisna od števila prebivalcev in zaposlenih na obravnavanem območju, izražena v % dnevnega pretoka in znaša običajno 1/6 - 1/18 dnevne potrošnje po spodnji preglednici (Pravilnik o tehnični izvedbi..., 2010).

Preglednica 4: Največja urna poraba v razmerju do povprečne dnevne porabe v odvisnosti od števila prebivalcev v naselju (Pravilnik o tehnični izvedbi..., 2010)

Število prebivalcev na območju	Največja urna poraba v % dejanske dnevne porabe
do 500	17
nad 500 do 1500	13
nad 1500 do 5000	11
nad 5000 do 20000	8
nad 20000	6

3.6 Načrt ukrepov za zmanjšanje količin padavinske odpadne vode

JKP Prodnik (2012) v svojem programu odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode navaja, da morajo uporabniki do konca leta 2015 urediti ponikanje odpadnih padavinskih voda na svojih nepremičninah, kjer teren to dopušča. Kjer teren tega ne dopušča, je na strnjeno pozidanih območjih še vedno možen odtok padavinskih voda v kanalizacijo, na manj urbaniziranih območjih pa bodo morali uporabniki padavinske vode odvesti v površinske odvodnike.

Skladno z odloki je nov uporabnik primoran zgraditi lastno, ustrezno dimenzionirano ponikalnico. Če teren ponikanja ne dopušča se izjemoma dovoli preliv iz ponikalnega jaška v javno kanalizacijo oz. je potrebno za nova zazidljiva območja predvideti izgradnjo ločene kanalizacije za padavinsko odpadno vodo, ki ima, skladno z vodnogospodarskimi pogoji, urejen izpust padavinskih voda v površinski odvodnik.

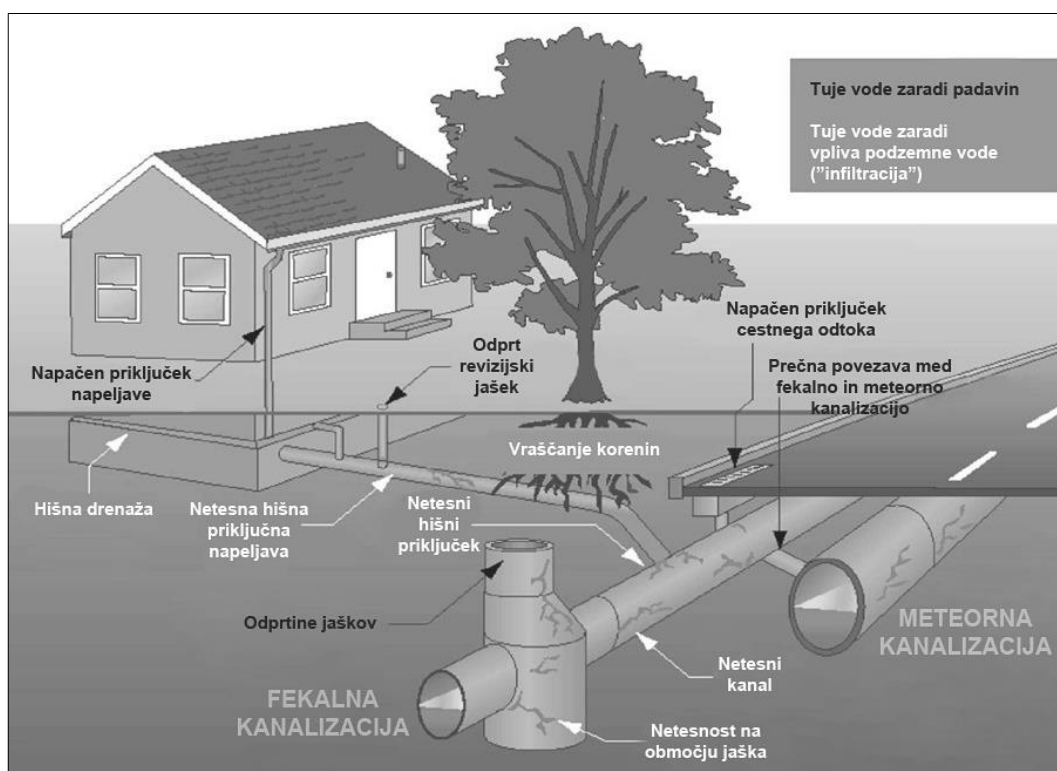
4 VZROKI IN VPLIVI TUJIH VODA

4.1 Splošno

Vdor tuje vode v kanalizacijski sistem je v veliki meri odvisen od hidroloških in geoloških razmer. Najpogostejši vzrok za tuje vode v kanalizacijskih sistemih je infiltracija podtalnice v netesne kanale. Pri visokih gladinah podtalnice, na primer po močnih padavinah, ali kratkih razdaljah do površinskih voda, lahko tuje vode neprekinjeno vstopajo v kanal. Voda prodira v kanal tako dolgo, dokler se gladina podzemne vode oziroma podtalnice ponovno ne zniža (Koch, 2007).

Velik del tujih voda vstopi v kanalizacijo v obliki podzemne vode skozi netesno napeljavo in hišne drenaže, tako da je količina vstopajoče tuje vode močno odvisna od nivoja podtalnice. Glede na to, ali ležijo netesni kanali pod ali nad nivojem podtalnice, razlikujemo infiltracijo podtalnice oziroma eksfiltracijo odpadnih voda izven kanalizacijske napeljave (Fremdwasser..., 2007).

Obstaja pa še veliko drugih načinov za pojav nezaželenih tujih voda v sistemu. Slika 10 prikazuje izvor tujih voda na primeru ločenega kanalizacijskega sistema. Hennerkes (2006) razlikuje poleg vdorov tujih voda, povzročenih zaradi podzemnih in padavinskih voda, še vpliv človeka (glej Preglednico 5).



Slika 10: Izvor tujih voda na primeru ločenega sistema kanalizacije (Hennerkes, 2006: str 17)

Preglednica 5: Viri tujih voda za primer mešanega in ločenega kanalizacijskega sistema (Hennerkes, 2006: str 16)

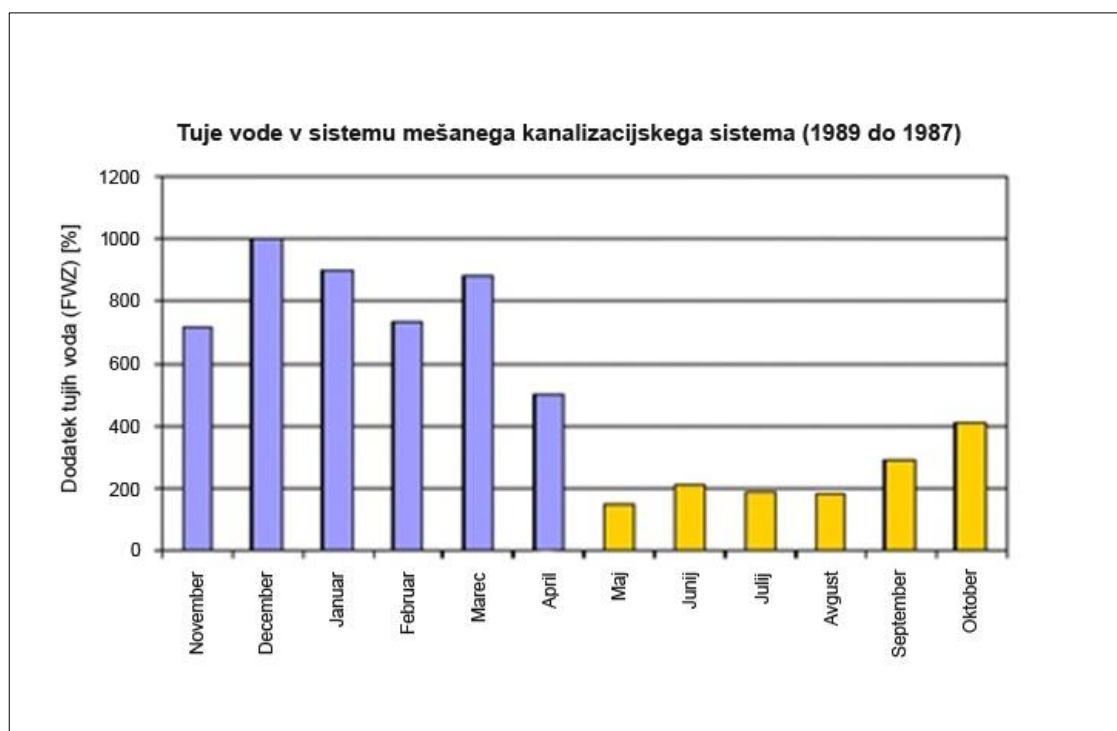
Viri tujih voda		Vpliv zaradi (...)	Viri tujih voda v (...)		
			Mešani sistem	Ločeni sistem	
			Sušni kanal	Meteorni kanal	
Netesnost	Komunalni kanali za odpadno vodo in jaški	Podzemna voda	•	•	•
	Hišni priključki in napeljave	Podzemna voda	•	•	•
Napačni priključki in napeljave	Drenaže (zemljišča, gradbišča, kmetijske površine)	Podzemna voda Padavine	•	•	
	Površinska voda, ki teče skozi odprtine jaškov	Padavine		•	
	Prelivi iz meteornih v sušne kanale				
	Strešni in cestni odtoki				
	Obcestni jarki, neutrjene površine	Padavine	•	•	•
	Potoki, vodna zajetja, vodnjaki	Podzemna voda Padavine	•	•	•
	Deževnica iz utrjenih površin, ki ne potrebuje obdelave	Padavine		•	•
	Vodotoki (poplavljanje)	Padavine	•	•	
Ostali izpusti	Neškodljive onesnažene hladilne vode in vode iz toplotnih črpalk	Človek	•	•	
	Izgube pitne vode	Človek	•	•	•
	Voda za gašenje, voda od čiščenja kanalov in jaškov	Človek	•	•	

Tuje vode lahko v nekaterih primerih povzročajo celo pozitivne učinke, kot so na primer boljše izpiranje odplak, zaradi večjih pretokov po ceveh. Posledično se tako izboljša transport blata in zmanjša nabiranje usedlin, prav tako se zmanjšajo anaerobni procesi, neprijetne vonjave in korozija (Karpf in Krebs, 2011).

Podzemna voda, ki vdira v kanalsko napeljavo kot tuja voda, se po sestavi zelo močno razlikuje od komunalnih in industrijskih odpadnih voda. Običajno ima nižjo vsebnost raztopljenih organskih delcev

in mulja. Z dotokom tujih voda se kot posledica spremenijo kemične in fizikalne lastnosti celotnega toka odpadnih voda. Rezultat dotoka ni le povečana količina odpadnih voda, ki jih moramo prečrpavati in očistiti, temveč tudi znižanje temperature odpadne vode in poslabšanje delovanja biološkega čiščenja.

Tuje vode se pojavljajo tekom leta v različnih količinah. V zimskem času je moč opaziti zelo veliko tujih voda, še posebno v mešanem kanalizacijskem sistemu, npr. zaradi taljenja snega in ledu. V poletnih mesecih je teh manj, kar prikazuje Slika 11 (Birkner, 2006).



Slika 11: Primer porazdelitve letnih količin tujih voda
(Birkner, 2006: str 2)

Poleg obratovalnih, obstajajo tudi ekološki in ekonomski vplivi. Preglednica 6 povzema glavne učinke tujih voda. Intenzivnost učinkov tujih voda je močno odvisna od količine, prostorske in časovne porazdelitve tujih voda ter interakcije tuje vode s podzemno vodo (Kanalsanierung..., 2011).

Preglednica 6: Splošen pregled učinkov oziroma vplivov tujih voda (Kanalsanierung..., 2011: str 16)

Obratovalni	Ekološki	Ekonomski
Vpliv na odmero biološkega čiščenja odpadnih voda	Vnos snovi v vodotoke	Povečanje stroškov gradnje
Hidravlična obremenitev kanalov za odvod odpadne vode	Sprememba temperature voda	
Povečana razbremenitev kanalov v primeru mešanega odtoka	Vnos snovi na čistilno napravo (povišan vnos hranil v dotok čistilne naprave)	Višji investicijski stroški zaradi tujih voda
Razredčenje in povečan dotok na čistilno napravo		
Daljši dotočni časi in pogostejši preklopni intervali črpalk	Vpliv na hidravlične lastnosti in transport snovi tekočih voda	Višji obratovalni stroški (črpališča)
Tvorjenje votlinic in ogrožanje nosilnosti tal zaradi infiltracije podzemne vode		
Korozija in obarjanje cevi (v odvisnosti od materiala cevi in sestave vode)	Vpliv na kakovost vodotoka (pH, nitrati, kisik)	Višje dajatve (kanalščina)
Izpiranje trdnih snovi		

4.2 Vpliv tujih voda na objekte komunalne infrastrukture

V naslednjih točkah bodo opisani vplivi in posledice povečanega odtoka tujih voda na različne objekte komunalne infrastrukture (Koch, 2007).

4.2.1 Kanali

Infiltracija podzemnih voda povzroča negativne posledice na kanalizacijskem omrežju skozi netesne ali poškodovane kanale. Dokler pretoki tujih voda niso presegali hidravličnih zmogljivosti cevi in te še niso bile priključene na čistilne naprave, so tuje vode pozitivno delovale na kanalizacijsko omrežje, saj so spirale odplake ter tako preprečevale smrad (Maleiner, 2009).

Hennerkes (2006) omenja, da lahko vdirajoče tuje vode zaradi vnosa zemlje v kanal privedejo do nestabilnosti kanala in pojava votlinic. Zato lahko pride do nestabilnosti tal in celo ogroženosti objektov.

Povišan delež tujih voda vodi do hidravlične preobremenitve, predvsem pri kanalih za odvod odpadne vode, v primeru ločenega sistema, kjer obstaja možnost povratnega toka in preplavitve (Hennerkes, 2006).

Vdor podtalnice prav tako slabo vpliva na betonske cevi, saj številni kemijski vplivi s kemijskimi reakcijami povzročajo korozijo betona. Podzemna voda namreč pogosto vsebuje sulfate in amonijeve soli. V primeru povišanih koncentracij le teh je potrebno cevi ustrezno zaščititi (Koch, 2007).

4.2.2 Razbremenilne naprave

Razbremenilniki in zadrževalni bazeni deževnih voda imajo izrazito ekološko ter zaščitno funkcijo. Z njimi pred čiščenjem na komunalnih čistilnih napravah bistveno varujemo vodotoke, saj z določitvijo višine prelivnega robu in količino prelite vode v odvodnik reguliramo koncentracijo onesnaženosti. V zadnjem desetletju se na kanalizacijskih sistemih intenzivno gradijo zadrževalni bazeni deževnih voda, ki še dodatno varujejo odvodnik ter tako enakomerneje in z večjo količino obremenjujejo komunalne čistilne naprave (Panjan, 2002).

Povečane hidravlične obremenitve mešanih kanalizacijskih sistemov, zaradi tujih voda, vodijo do hitrejših in bolj pogostih praznjenj razbremenilnih naprav in s tem do večjih izstopov odpadnih voda v prizadete površinske vode. Če so objekti za ravnanje s padavinskimi vodami preobremenjeni s tujimi vodami, lahko pride do nezadostnega učinka teh naprav (Koch, 2007).

4.2.3 Črpališča

Črpališča se gradijo povsod, kjer vode ni mogoče odvajati gravitacijsko. Črpališča in črpalke morajo biti konstruirane tako, da ne prihaja do zamašitev in drugih motenj pri obratovanju, saj kanalska voda ni homogen medij.

Za prečrpavanje kanalske vode se uporabljajo različne vrste črpalk (Kolar, 1983):

- centrifugalne črpalke,
- polžaste črpalke,
- izrivne črpalke,
- črpalke na stisnjen zrak,
- črpališča s tlačnim kotlom,
- batne črpalke,
- membranske črpalke.

Dotok odpadnih voda na črpališče se pri povečanih količinah tujih voda bistveno poveča. Poveča pa se tudi povpraševanje po energiji in s tem nastanek višjih obratovalnih stroškov. Zaradi daljših časov delovanja črpalk so potrebna bolj pogosta vzdrževalna dela in popravila (Lucas, 2003).

4.2.4 Čistilne naprave

Povečani dotoki tujih voda vodijo do porasta pretoka odpadnih voda in jih s tem redčijo oziroma zmanjšujejo vstopno koncentracijo na čistilno napravo. Zaradi večjega deleža tujih voda moramo zato dimenzionirati večje čistilne naprave (Koch, 2007).

Večji dotok tujih voda različno vpliva na čistilno napravo in njene stopnje čiščenja:

- **Mehansko čiščenje.** Čistilne naprave hidravlično dimenzioniramo po ATV delovnem listu A131 za mešani odtok kot $Q_{cw} = 2Q_{px} + Q_{iw24}$. Delež tujih voda torej neposredno vpliva na velikost delov naprave, ki služijo za mehansko čiščenje, npr. grablje, peskolove in objekte za odstranjevanje maščob. Stroški povečanja dimenzij le teh naraščajo sorazmerno s količino vode (Koch, 2007).
- **Biološko čiščenje.** Visok delež tujih voda zmanjšuje koncentracijo odpadne vode ter tako slabša čistilno sposobnost naprav. Na čistilni napravi je moč zaznati padec temperature zaradi infiltracije hladne podzemne vode in eventualno porast koncentracije dušika, zaradi dotoka meteorne vode z intenzivnih kmetijskih površin. Najnižje temperature pogosto nastopajo spomladi zaradi taljenja snega (Koch, 2007).

Mikroorganizmi porabljajo pri biološkem čiščenju raztopljene snovi kot hrano. Pri tem se za gradnjo celic uporabljajo organske snovi, kisik in mineralne raztopljene snovi, pri čemer del organskih snovi oksidira. Biološko čiščenje odpadnih voda poteka pod pogojem, da so mikroorganizmi v stalnem stiku z odpadno vodo in da imajo istočasno dovolj kisika. Hranilne snovi in biomasa morajo biti torej v pravilnem ravnovesju, da čistilna naprava deluje optimalno. Glede na obremenjenost naprav, ločimo naprave z nizko ali visoko obremenjenostjo. Če je v odpadni vodi dovolj hranilnih snovi (fosfatov), pride v letnem času ob zadostni količini svetlobe do rasti alg, ki same po sebi niso škodljive. Kljub temu pa jih moramo v dotočnih in iztočnih kanalih odstranjevati, da ne pride do zmanjšanja pretoka (Panjan, 2002).

Na določeni čistilni napravi je treba ugotoviti sledeče parametre (Maleiner, 2009):

- dodatne stroške črpanja odpadnih voda zaradi tujih voda,
- stroške mešanja dodatnih tujih voda v biologiji (okoli 15 W/m^3),
- potrebno dodatno segrevanje svežega blata za okoli $3 \text{ }^\circ\text{C}$ [ohladitev odpadnih voda ($12 \text{ }^\circ\text{C}$) zaradi tujih voda ($6 \text{ }^\circ\text{C}$)],
- delež dodatnih investicijskih stroškov za grablje, peskolov, primarni usedalnik,...
- delež povečane obdavčitve.

5 ODKRIVANJE VIROV TUJIH VODA

Za odkrivanje potencialnih virov tujih voda se v javnih in zasebnih kanalih uporabljajo večinoma poznane in na terenu preizkušene tehnike. Vir previsokih količin tujih voda se v omrežju prične običajno iskati šele na podlagi opažanj posledic hidravličnih preobremenitev ter na podlagi naraščajočih oziroma visokih obratovalnih stroškov črpališč ter čistilnih naprav (Maleiner, 2009).

Odločitev za določen postopek merjenja je v veliki meri odvisna od trajanja meritve, torej ali gre za dolgoročno spremljanje odtoka ali zgolj za posamezno meritve. Hennerkes (2006) navaja, da igra za uspešno lociranje tujih voda pomembno vlogo pravilna izbira preiskovalnega obdobja. Cilj enkratne meritve je v najkrajšem možnem času odkriti potencialna mesta tujih voda in jih v določenem trenutku najbolje možno upodobiti. V tem primeru se izplača uporabljati mobilne merilne instrumente, ki se jih hitro namesti in omogočajo hitro rokovanje (Fremdwasser..., 2007).

V nadaljevanju so predstavljene nekatere tehnike odkrivanja tujih voda (Bosseler in sod., 2004):

- meritve pretokov,
- zamegljevanje,
- pregled kanalov s TV kamero,
- barvni testi in testi s sledili.

Kolar (1983) poleg teh navaja še optično kontrolo kanala z zrcali, ki velja dandanes za zastarelo metodo.

5.1 Meritve pretokov

Uporaba metod za merjenje pretoka je na splošno ovirana zaradi pomanjkanja dostopa do objektov in prostorskih omejitev v zasebni kanalizaciji. Pri kratkoročnih meritvah bo uporaba venturijeve cevi, merilnih jezov ali Dopplerjeve sonde povezana z nesorazmerno visokimi stroški ali pa bo tehnično neizvedljiva. Celo naj sodobnejši pripomočki za magnetno induktivno merjenje pretoka so komaj sposobni določiti nizke količine pretokov v zasebnih kanalizacijskih sistemih, zato so raziskave na tem področju trenutno v teku (Bosseler in sod., 2004).

V publikaciji (Fremdwasser..., 2007) je navedeno, da so naj sodobnejši pripomočki za induktivno merjenje pretoka zelo natančni pri merjenju pretokov, saj nimajo premičnih delov in so zato izredno neobčutljivi na nečistoče v mediju. Delujejo na podlagi Faradayevega zakona o indukciji napetosti v premikajočem se prevodniku skozi magnetno polje. Kljub enostavnosti meritve moramo biti pozorni

na določene možne napake, na primer namestitve na preveč strmem pobočju, vstop zraka v merilni prerez ter puščanja kanala nad merilnim mestom. Meritev z mobilnim magnetnim induktivnim merilcem traja približno od 15 do 30 minut na merilno mesto in je tako glede na točnost dokaj hitra.

5.2 Zamegljevanje

Injiciranje dima v kanalizacijo je preizkušena metoda za ugotavljanje, ali so prepovedane povezave vir nenamernih prihodov v javno kanalizacijo. V redkih primerih se lahko identificira celo podzemne drenaže s pobegom dima iz zemlje okoli stavbe (Bosseler in sod., 2004).

Metoda je uporabna tudi za ugotavljanje virov dotoka tujih voda in odkrivanje puščanja sistema pri legi napeljave nad podzemno vodo. Zaradi hitrosti izvedbe in ugodnosti je v nekaterih državah zelo priljubljena. Dim, ki ga vpihujemo v kanalizacijo je hladen, bel, brez vonja, ne vsebuje olj in je zdravju neškodljiv (Stein in Niederehe, 1987).

Da zagotovimo kar se da dobre rezultate testa, morajo biti izpolnjene naslednje zahteve (Stein in Niederehe, 1987):

- prehod zraka skozi celotno področje testa,
- podzemna voda leži pod napeljavo,
- površina zemljišča ne sme biti prekrita s snegom ali zamrznjena.

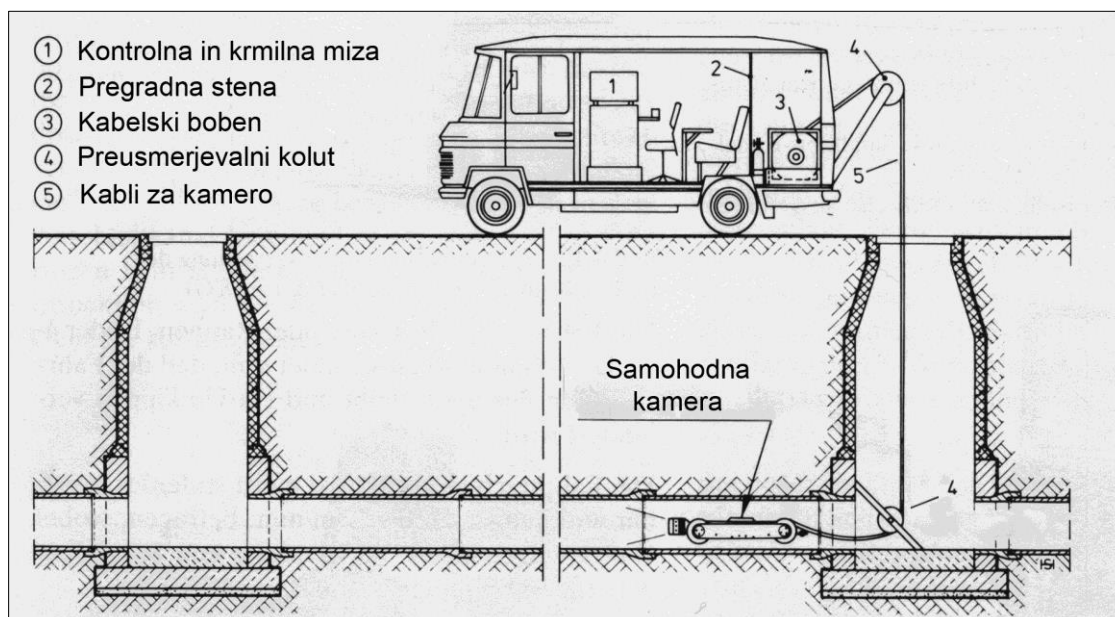
Metoda se izvaja med prvim julijem in petnajstim novembrom, torej v obdobju nizke gladine podtalnice. V kolikor je bil pred testom padavinski dogodek, mora miniti dovolj časa, predno izvedemo test z zamegljevanjem. Pred začetkom testa je potrebno obvestiti lastnike zemljišč, policijo in gasilce (Haas, 1993).

5.3 Pregled kanalov s TV kamero

Z modernimi televizijskimi kamerami se dandanes lahko enostavno odkrijejo večji vdori podtalnice v omrežje. Te preglede je priporočljivo izvajati po prenehanju močnih padavin ter pri visokih vodostajih podtalnice, saj so takrat mesta vdorov najopaznejša (Maleiner, 2009).

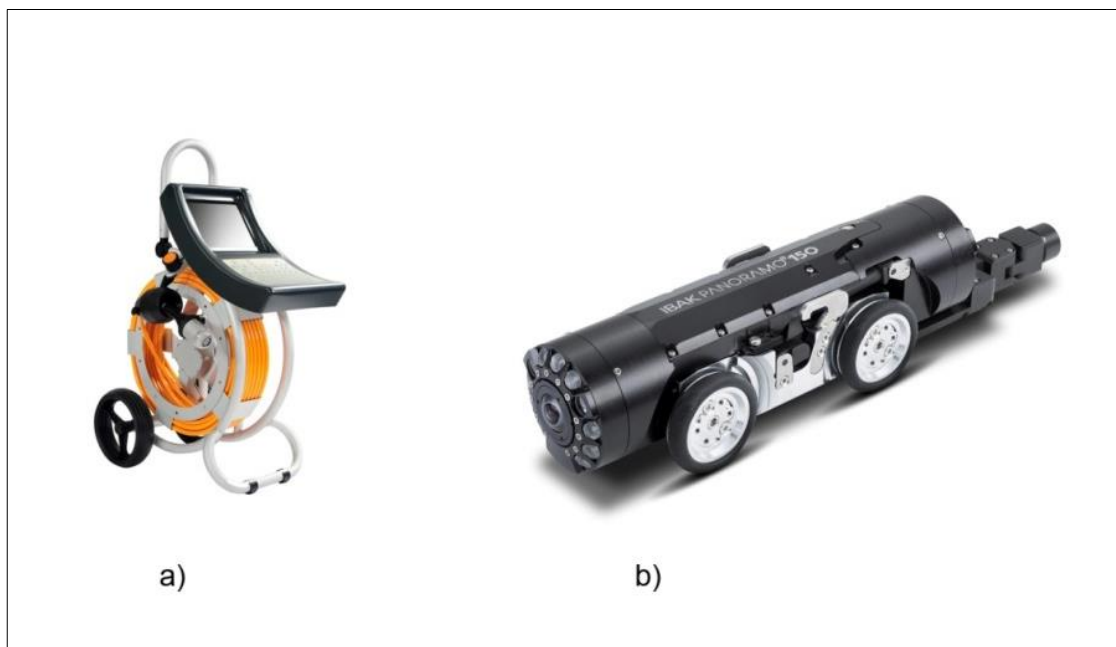
Sistem televizijske kamere je konstruiran v obliki valja s premerom okrog 10 cm, v katerem je nameščena TV kamera s premično optiko za spremembo zornega kota kamere ter močan izvor svetlobe. Vse skupaj je vodotesno in hermetično zaprto, tako da lahko sistem deluje tudi pod visokim vodnim pritiskom. Valj je običajno nameščen na samohodni lafeti, ki se pomika na gosenicah, ali

kolesih. Dovod energije je urejen z napajalnim kablom, ki služi kot zveza s kamero za prenos vidnega signala na TV zaslon v specialnem vozilu za usmerjanje kamere (Kolar, 1983).



Slika 12: Pregled kanalov s specialnim vozilom
(Stein in Niederehe, 1987: str 74)

Naprave za pregled kanalizacijskih omrežij so se čez čas razvijale od zelo preprostih, pa do najsodobnejših, katere se trenutno uporabljajo na terenu. Te so lahko potisne kamere, ki omogočajo močno zvijanje v najtežje dostopnih predelih, ali pa samohodne naprave. Slika 13 a) prikazuje primer potisne kamere s pripadajočim kablom in vgrajeno programsko opremo. Obstaja več različnih proizvajalcev naprav za pregled kanalov, zato so te različnih oblik in kvalitete. Samohodne naprave lahko prenašajo večje in zato bolj kompleksne kamere in drugo strojno opremo. Nekatere imajo vgrajene 3D skenerje, ki nato preko programske opreme izdelajo modele dejanskega stanja kanalizacije. Take naprave se brez težav gibljejo po ceveh, če le te niso preveč poškodovane oziroma premajhnih dimenzij in komunicirajo z računalniki. Primer samohodne naprave prikazuje Slika 13 b) (Pregled kanalov..., 2012).



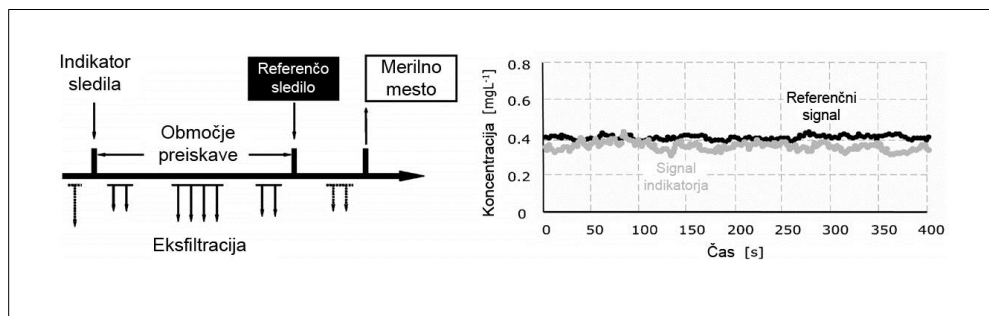
Slika 13: Primer potisne in samohodne kamere
(Pregled kanalov..., 2012)

5.4 Barvni testi in testi s sledili

Z zamegljevanjem ponavadi ne moremo določiti vseh nedovoljenih virov dotoka voda, zato je potrebno sumljive vire zabeležiti in naknadno narediti barvne teste. Z njimi lahko enostavno preverimo, ali so določeni priključki speljani v kanalizacijski sistem.

Delo z obarvano vodo vedno zahteva previdnost. Če imamo opravka z zamašenimi odtoki, jih moramo v kolikor je to mogoče predhodno očistiti, šele nato se vanje injicira barvilo in čista voda. Barvni testi se ne smejo uporabljati ob nizkih temperaturah ali kadar so pričakovane temperature okrog ledišča (Haas, 1993).

Barvnim testom so podobni poizkusi s sledili, kot jih poimenujejo nekateri avtorji (Rieckermann in sod., 2007), in se uporabljajo za določanje količin eksfiltracije. Osnovni princip meritve eksfiltracije s sledili je, da natančno odmerimo začetno količino sledila v odvodni kanal. V kolikor pride v območju preiskave do izgube sledila, je to neposredno povezano s puščanjem sistema. Izgube tako imenovanega indikatorja sledila so na splošno opredeljene glede na referenčno sledilo, na katerega puščanje nima vpliva. Torej, če pride do eksfiltracije in je odmerjena masa enaka za obe sledili, bo signal indikatorja na merilnem mestu nižji zaradi izgube sledila. Koncept meritve je prikazan na Sliki 14.



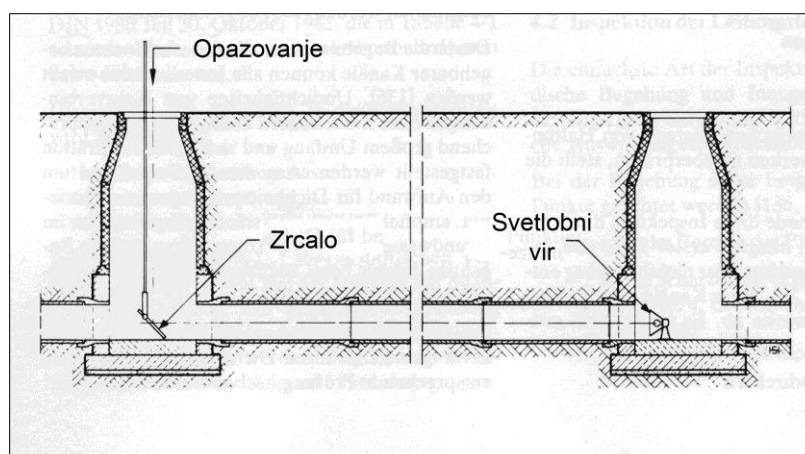
Slika 14: Koncept meritve eksfiltracije s sledili
(Rieckermann in sod., 2007: str 1961)

Neposredne meritve puščanja kanalizacijskega sistema z odmerjanjem sledil se zaradi prevelikega števila poenostavitev in predpostavk zdijo pogosto preveč nenatančne za praktično uporabo. Čeprav metoda ne nadomešča tradicionalnih pregledov s TV kamero, lahko zagotovi dodatne informacije za racionalno načrtovanje sanacije (Rieckermann in sod., 2007).

5.5 Optična kontrola kanala z zrcali

Možen način pregleda kanala je tudi pregled z zrcali. Običajno se je metoda uporabljala po končanem čiščenju kanala (Kolar, 1983).

Gre za enega najstarejših, cenovno ugodnejših in preprostejših načinov pregleda nepohodnih kanalov. V en jašek se namesti zrcalo pod kotom 45°, skozi drugega pa svetlobni vir, ki omogoča lažji pregled kanala. Odkrijemo lahko odstopanja lege v vodoravni in navpični smeri, spremembe oblik v prečnem prerezu, kot so na primer prepreke, ki ovirajo tok. Tovrstne poškodbe kanala je moč opaziti, v kolikor ležijo v neposredni bližini jaška, zato se dandanes raje poslužujemo sodobnejših tehnik za preglede kanalizacijskih sistemov (Stein in Niederehe, 1987).



Slika 15: Princip optične kontrole kanala
(Stein in Niederehe, 1987: str 68)

6 METODE ZA DOLOČITEV KOLIČIN TUJIH VODA

Pri preiskavah vnosa tujih voda v kanalizacijo se pojavljata dve glavni vprašanji. Po eni strani ima pomembno vlogo način določanja količine infiltracije, po drugi strani pa je velikega pomena odkrivanje puščanja sistema. V praksi se za določitev količin tujih voda uporabljajo različne metode (Fremdwasser..., 2007).

Odtok tujih voda je v mestnem kanalizacijskem sistemu težko natančno določiti. Rezultati so podani z relativno veliko negotovostjo, saj se komponente tujih voda neposredno mešajo s preostalim odtokom v kanalu. Metode za določitev količin tujih voda niso niti normirane niti še natančno opisane v pravilnikih (Lucas, 2003).

Koch (2007) deli metode za določitev količin tujih voda na:

- statistične metode (metodo letnih odpadnih voda, metodo drsečega minimuma, metodo nočnega minimuma, s pomočjo povprečnih kontrol odtoka odpadne vode iz porabe pitne vode) in
- kemično metodo.

6.1 Metoda letnih odpadnih voda

Metoda letnih odpadnih voda je najpreprostejša metoda za določitev tujih voda. Količina tuje vode se določa iz razlike količine letnih odpadnih voda (JSM) ter na podlagi iz porabe pitne vode ugotovljene količine odpadnih voda. JSM je, v primeru mešanega kanalizacijskega sistema in pri suhem vremenu, na odtok prihajajoča količina vode. Izraz letna količina odpadne vode je zavajajoč, saj predstavljajo tuje vode sestavni del odpadnih voda. Metoda deluje izključno ob suhem vremenu (Lucas, 2003).

Letni dodatek tujih voda je izračunan na podlagi letnih odpadnih voda, specifične količine odpadne vode w_s in števila prebivalcev (Lucas, 2003).

Enačba za izračun:

$$FWZ = \frac{JSM - (EZ \cdot w_s \cdot 365)}{EZ \cdot w_s \cdot 365} \cdot 100 \quad (17)$$

kjer pomenijo:

FWZ (*Fremdwasserzuschlag*) - dodatek tujih voda [%]

JSM (*Jahresschmutzwassermenge*) - količina letnih odpadnih voda [ℓ/s]

EZ (*Einwohnerzahl*) - število prebivalcev [P]

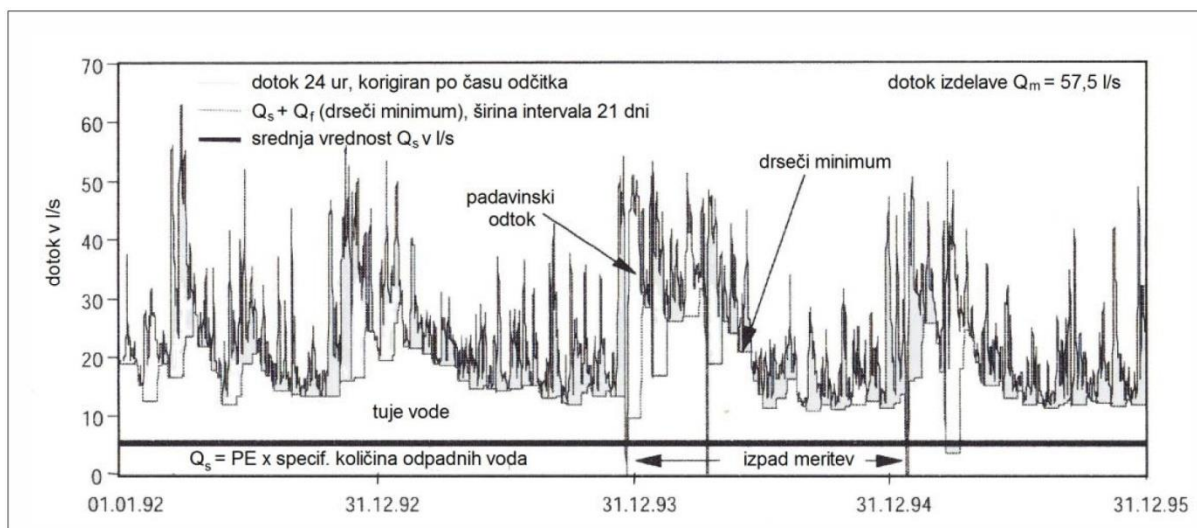
w_s (spezifischen Schmutzwasseranfall) - specifična količina odpadne vode [$\ell/(s \cdot P)$]

Vir napak je odčitavanje dnevnih odtočnih količin pri različnih urah oziroma v različnih dnevnih obdobjih, zato so ti dnevni odtoki praviloma previsoki ali prenizki, poleg tega pa podlegajo podatki o vremenu subjektivnim ocenam. Pri velikih vplivnih območjih se le težka ugotavljajo padavine na omejenih delih območij, medtem ko se lahko pri majhnih vplivnih območjih enostavno določijo obdobja dežja in neviht za celotno območje. Ta metoda tudi običajno ne upošteva zvišanega odtoka tujih voda zaradi spomladanskega taljenja snega in padavinskih odtokov še po prenehanju padavin (Maleiner, 2009).

6.2 Metoda drsečega minimuma

Metoda določa delež tujih voda na celotnem odtoku tako, da za vsak dan raziskovalnega obdobja sušnega odtoka določi najmanjši povprečni dnevni odtok iz zadnjih 21 dni. Od tega dnevnega odtoka se odšteje predvidena konstantna količina odpadnih voda, razlika pa je za vsak dan leta izračunani dotok tujih voda.

Na Sliki 11 lahko vidimo, da se na čistilni napravi v zimskem polletju ponavlja več kot dvakrat toliko tuje vode kot v poletnih mesecih. Slika 16 prikazuje sezonska nihanja letnih količin padavin od leta 1992 do 1995 (Lucas, 2003).



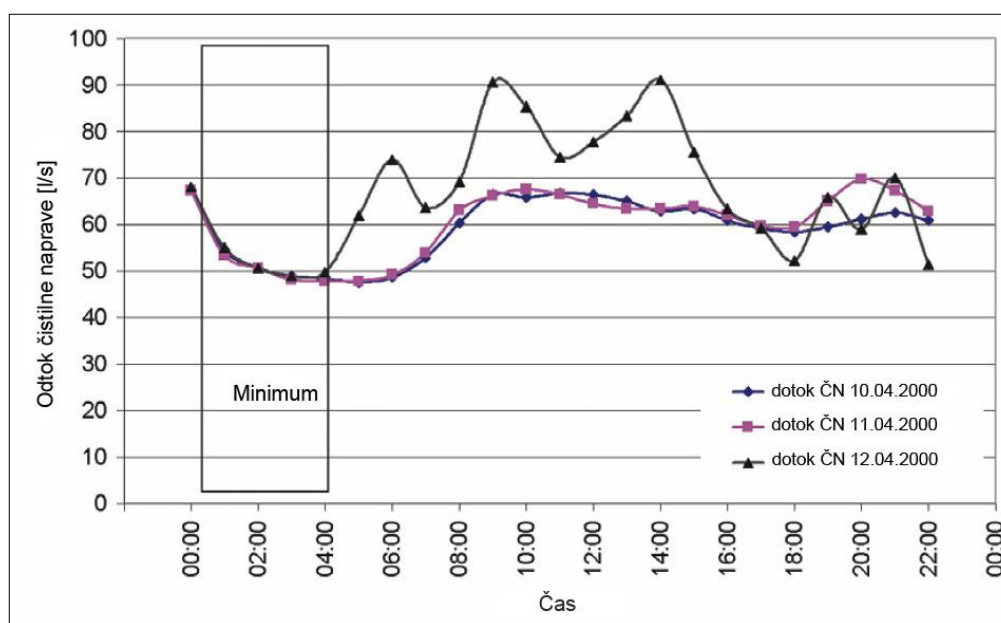
Slika 16: Primer ugotavljanja tujih voda po metodi drsečega minimuma
(Maleiner, 2009: str 173)

Predpostavlja se, da potekajo nihanja odtokov tujih voda za eno velikostno skupino počasneje od odtočnih konic padavinskih odtokov. Med zadnjimi 21 dnevi nastopi vsaj enkrat sušno vreme, tako da je na tak dan pretok sestavljen samo iz sušnih ter tujih voda. Če izključimo način določitve sušnega odtoka, temelji ta metoda izključno samo na merjenjih dotokov čistilne naprave in je zato neodvisna od vseh samovoljnih vplivov (subjektivnost vremena). Izbira ustreznega časovnega obdobja za določanje najmanjšega povprečnega dnevnega odtoka je pokazala, da zelo kratka obdobja izpod 14 dni povzročajo zvišanje dodatka tujih voda. Obdobja nad 21 dni podajajo praktično enake rezultate, zato se kot standardno obdobje prevzame 21 dni. Praviloma se tako izključi metodološko previsoko ocenjeni dodatek tujih voda (Maleiner, 2009).

6.3 Metoda nočnega minimuma

Najpogosteje uporabljena metoda za določanje tujih voda je merjenje nočnih pretokov nekaj ur čez polnoč. Ta količina se pogosto direktno označuje s tujo vodo. Večina meritev predvideva še dodatno odšteteje deleža odpadnih voda. Metoda nočnih meritev deluje podobno kot metoda letnih odpadnih voda, samo v sušnih dneh. Na to metodo ne vpliva ocena vrste vremena, saj temelji izračun na posameznem dnevu meseca z najnižjim nočnim odtokom, ki je z visoko verjetnostjo na sušni dan. Slabost te metode je pravilna izbira dneva meritev (Maleiner, 2009).

Slika 17 prikazuje primer izmerjene količine odtoka na čistilni napravi tekom dneva v primeru mešanega kanalizacijskega sistema. Poleg nočnega minimuma je moč zaznati rahlo povečanje odtoka med osmo in deseto uro dopoldan ter okrog druge ure popoldan (Fremdwasser..., 2007).



Slika 17: Minimalni pretok na čistilno napravo v suhem vremenu
(Fremdwasser..., 2007: str 32)

6.4 Kemična metoda

Metoda je bila razvita s strani Zveznega urada za varstvo okolja v Švici. Temelji na zmanjševanju koncentracije raztopljenih primesi v odpadni vodi, ki so posledica razredčenja s tujimi vodami. Pomembna je izbira ustreznega parametra odpadne vode. Tujo vodo je mogoče dobiti iz približnega razmerja med povprečno dnevno koncentracijo in minimalno koncentracijo v nočnem času.

Kemična metoda je relativno draga in precej zamudna, zato je ni mogoče v praksi priporočiti za vsakdanjo rabo. V nekaterih primerih se lahko uporablja kot dodatek k drugim metodam (Lucas, 2003).

6.5 Pregled metod

Lucas (2003) v spodnji Preglednici 7 povzema najpogosteje uporabljene metode za določitev količin tujih voda.

Preglednica 7: Pregled najpogosteje uporabljenih metod (Lucas, 2003: str 34)

Metoda letnih odpadnih voda	Podatki:	Dnevni odtok, vremenski vplivi, pristop za odvajanje odpadne vode.
	Sezona:	Dnevni odtok tuje vode le v primeru, če se uporablja metoda za vsako suho vreme posamično.
	Prednosti:	Preprosta standardna metoda za obdavčitev okoljske dajatve (odpadne vode).
	Slabosti:	Deluje samo v suhem vremenu. Če je obdobje z manj suhim vremenom, pride do napačnih rezultatov (problem pri določanju Qf).
Metoda nočnega minimuma	Podatki:	Minimalni nočni odtok vsaj 1x na mesec v suhem vremenu.
	Sezona:	Dnevni odtok tuje vode le v primeru, če se uporablja metoda za vsako suho vreme posamično.
	Prednosti:	Preprosta standardna metoda za obdavčitev okoljske dajatve (odpadne vode).
	Slabosti:	Nočni minimum je treba zabeležiti; postopek se ugotavlja samo v nekaj dnevih suhega vremena; poljubna izbira merilnih dni, negotova ocena nočnega dotoka vode (problem pri določanju Qf).
Kemična metoda	Podatki:	Srednji in minimalni sušni odtok in z njim povezane koncentracije.
	Sezona:	Teoretično je dnevni odtok tuje vode določljiv, če se metoda uporablja v suhem vremenu ločeno. Strošek te metode je prevelik.
	Prednosti:	Dopolnilna metoda za preverjanje verodostojnosti ostalih metod.
	Slabosti:	Potrebne so analize in vzorčenje; je zelo težavna metoda; ni primerna za dnevne preglede.
Metoda drsečega minimuma	Podatki:	Dnevni odtok, pristop za odvajanje odpadne vode.
	Sezona:	Zagotavlja dnevne vrednosti za tuje vode in deževnice.
	Prednosti:	Preprosta, računalniško podprta metoda. Vreme ni ključnega pomena. Zagotavlja se tudi v deževnih dneh. Podaja podatke tudi za deževnico.
	Slabosti:	Povsem fenomenološka metoda.

7 TEHNIČNI UKREPI ZA IZOGIB ALI ZMANJŠANJE TUJIH VODA

7.1 Splošno

Tuje vode v kanalizacijskih omrežjih so znan in drag problem, s katerim se morajo spopadati vsi upravljavci in indirektno tudi uporabniki kanalizacijskih ter čistilnih naprav. Tuje vode namreč povzročajo negativne ekološke ter ekonomske posledice, saj nepotrebno dražijo gradnjo in obratovanje, predvsem pa ovirajo ter občutno slabšajo delovanje teh naprav. Zato je treba ugotavljati izvore ter količine tujih voda in jim v največji možni meri preprečiti vdor v omrežja. Zmanjšanje količin tujih voda je zato osnovni korak pri zmanjšanju ter optimiranju obratovalnih stroškov čistilnih naprav (Maleiner, 2009).

Iz ekonomskega vidika je smiselno med pregledom glavnih kanalov vključiti v obseg preiskav hkrati tudi privatne napeljave. Na ta način lahko že sproti pridobivamo potrebne informacije za kasnejšo sanacijo sistema (Schlüter in sod., 2008).

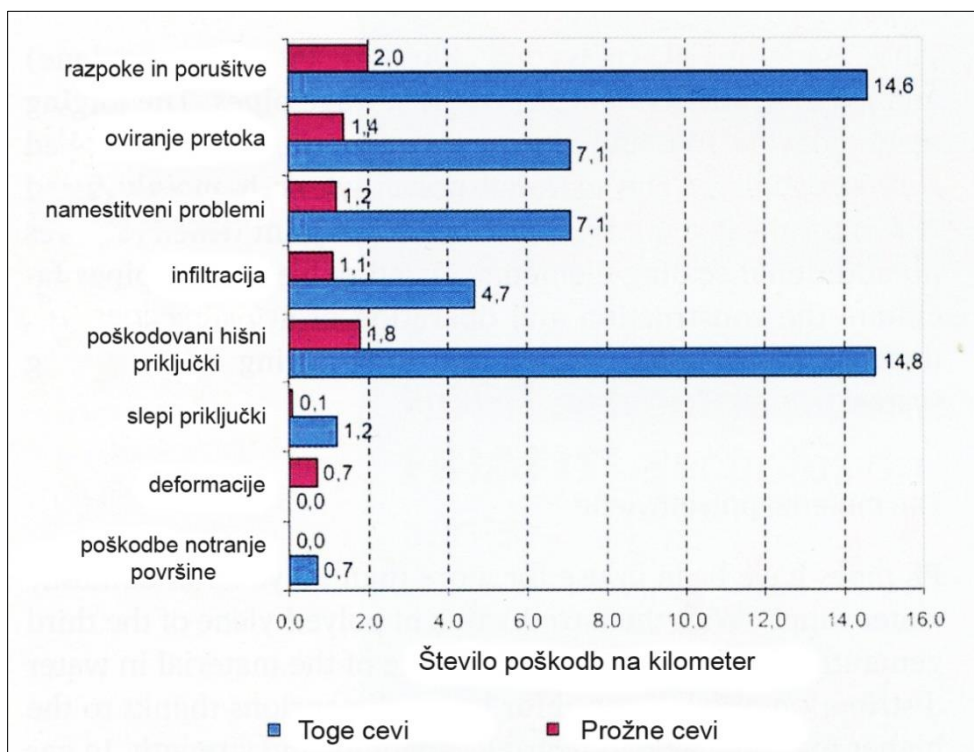
Najpogostejši vzroki za puščanje sistema (Kanalsanierung..., 2011) so:

- neupoštevanje predpisov DIN EN 1610, DIN EN 12889, DIN EN 476, DIN EN 14457, DWA- A 139, DWA-A 125,
- neupoštevanje standardov za načrtovanje,
- napačna izbira materialov in gradbenih elementov,
- izvedba neskladna s predpisi,
- neskladno obratovanje,
- starost materialov,
- odmik in odstopanje od normalne lege.

Pomembno vlogo pri načrtovanju kanalizacijskih sistemov igra izbira materiala cevovoda. Počene cevi in okvarjene povezave med njimi so najpogostejše poškodbe ter so tipične za neprožne in krhke materiale. Prožne plastične cevi so iz tega vidika bolj primerne od betonskih. Slika 18 prikazuje razmerje škode pri togih in prožnih ceveh glede na število napak na kilometer.

Kanalizacijske cevi so predmet kompleksnih napetosti, ki sestojijo iz zunanjih in notranjih obremenitev. Zunanje so v glavnem mehanske obremenitve, povzročene zaradi statičnih zemeljskih pritiskov, pogosto v povezavi z dinamično prometno obremenitvijo. Ker so cevi vgrajene v relativno velike globine je potrebna odpornost na zunanje pritiske, hkrati pa morajo biti zaradi pretakajoče odpadne vode odporne

ne samo na kemične in mikrobiološke obremenitve ampak tudi na abrazijo ter morajo zagotavljati temperaturno obstojnost (Eckert, 2012).



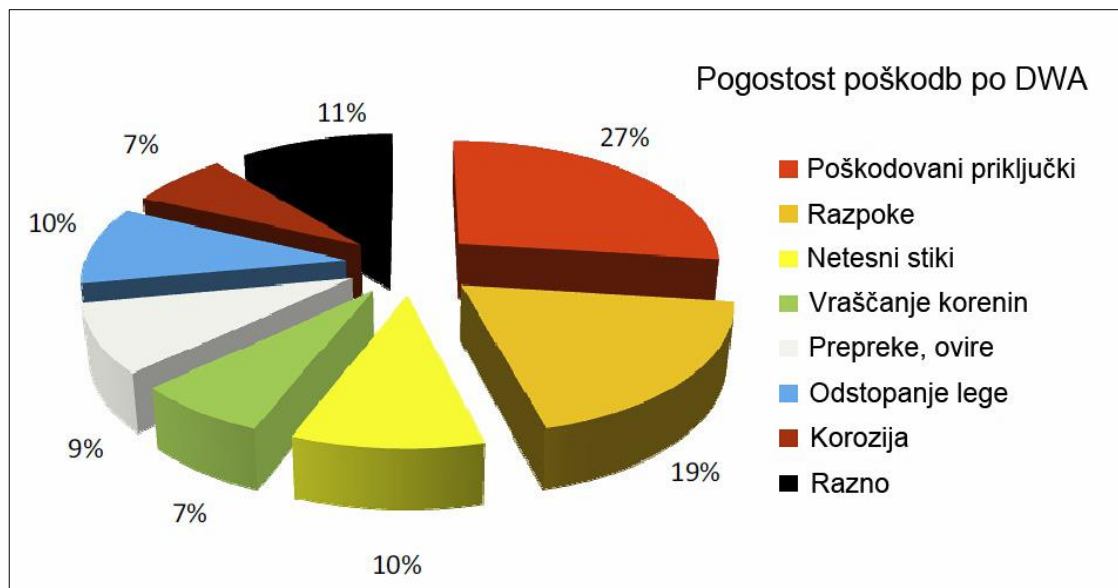
Slika 18: Razmerje škode pri togih in prožnih ceveh
(Eckert, 2012: str 25)

Načrtovanje ukrepov za sanacijo tujih voda zahteva več kot le približno navedbo celotne količine pojavljajoče se tuje vode. Za razvoj učinkovitih strategij sanacije so potrebne bolj podrobne informacije o žariščih tujih voda (Fremdwasser..., 2007).

Večja popravila so potrebna, kadar je treba posamezne kanalske odseke sanirati ali nadomestiti. O sanaciji govorimo takrat, kadar dela potekajo v kanalu. Doslej je bila sanacija možna samo pri prehodnih kanalih, kjer so obnavljali notranjo površino kanala ali pa utrjevali njegovo ostenje. V zadnjem času so se razvile tudi ustrezne metode za sanacijo neprehodnih kanalov. Te metode temeljijo predvsem na injektiranju specialnih sredstev za zatesnitev in utrjevanje (Kolar, 1983).

Za sanacijo kanalizacijskih vodov so bile razvite številne metode, ki jih DIN EN 752-5, 1997 razlikuje na popravila lokalnih poškodb, obnovo obstoječih napeljav ter novogradnjo kanalizacijske napeljave (Fremdwasser..., 2007).

Slika 19 prikazuje tipične poškodbe kanalizacije:



Slika 19: Tipične poškodbe kanalizacije
(Palaske, 2009)

Možne posledice poškodovanega kanalizacijskega omrežja (Schwarzbartl in sod., 2009):

- posedanje, porušitev,
- onesnaženje podzemne vode in zemlje,
- onesnaženje površinskih voda,
- zmanjšano stopnjo čiščenja (neprimerna sestava odpadne vode ali preveč razredčena voda na dotoku v ČN),
- neposredne stroške (stroški za sanacijo ali povečani stroški črpalk zaradi infiltracije),
- posredne stroške (škode na objektih),
- socialno nezadovoljstvo,
- javno zdravje in varnost,
- drugo škodo za okolico (smrad).

V naslednjih poglavjih je pozornost namenjena popravilu lokalnih poškodb ter obnovi obstoječih napeljav. Navedene so le nekatere izmed možnih sanacijskih tehnik.

7.2 Ukrepi za izogib ali zmanjšanje tujih voda

Da bi zmanjšali količine tujih voda v največji možni meri je smiselno, da se odločimo za sanacijo kanalizacijskega sistema ali pa samo kritičnih odsekov. Iz veljavne zakonodaje izhaja, da mora biti

kanalizacijski sistem tesen, hidravlično prevoden, sistem mora biti okoljsko nevtralen ter ne sme imeti nikakršnega vpliva na okoliške objekte (Schwarzbartl in sod., 2009).

Za sanacijo poškodb v kanalu oziroma kanalizacijskem omrežju obstaja na trgu vrsto različnih tehnologij. Napake se odpravljajo vse od visoko kakovostnih, cenovno ugodnih pa do ciljno usmerjenih postopkov. V nadaljevanju so predstavljene posebne inovativne tehnike, ki ne zahtevajo razkopavanja terena (Sanacije Geiger, 2012).

V naslednjih podpoglavjih so opisane naslednje sanacijske tehnike:

- sanacija z UV svetlobnim virom,
- tehnologija cev v cevi,
- ročna popravila,
- sanacija s tehnološko naprednimi roboti in
- odprava netesnenja.

7.2.1 Sanacija z UV svetlobnim virom

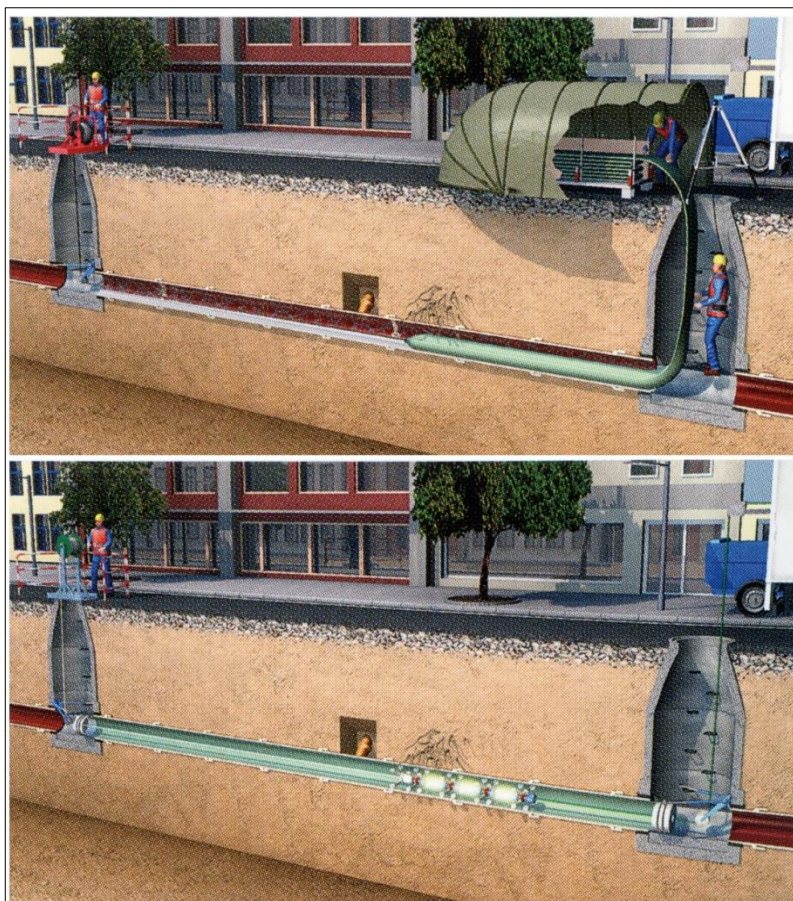
Testi inštitutov potrjujejo, da je sanacija z UV svetlobnim virom brez spojev, se ne guba in je popolnoma neprepustna (Slika 20). Steklena vlakna, sestavljena iz več prekrivajočih se plasti in poliestrska smola omogočata močno povezavo ter zagotavljata hkrati veliko trdnost tudi pri manjših debelinah sten. Notranja površina je korozijsko odporna in varuje tako pred mehanskimi kot kemičnimi vplivi.

Namestitev novega sloja znotraj obstoječe cevi je varna in ekološka ter privarčuje veliko časa. Po čiščenju kanala in odpravi ovir se v kanal položi zaščitna folija oziroma tako imenovani Preliner. Ta kasneje ščiti glavni Liner, katerega s pomočjo stisnjene zraka potiskamo po cevi do zelenega cilja, pred mehanskimi poškodbami. Ko zavzame obliko stare cevi nato vbrizgamo v nastalo ovojnico poliestrsko smolo, katero zadrži zunanja zaščitna folija. Strjevanje poteka s pomočjo UV svetlobnega vira (Slika 21) z vnaprej določeno hitrostjo gibanja skozi cev. Proces je nadzorovan na osnovi računalniškega prikaza. Takoj po končanju nato sledi pregled s TV kamero in test vodotesnosti (Sanacije Geiger, 2012).



Slika 20: Primer naprave z UV svetlobnim virom
(Foto: Miha Žlindra, 8. 5. 2012)

Tehnologija je sodobna, saj poteka proces sanacije relativno tiho in brez škodljivih emisij. Na voljo je skoraj za vse velikosti cevi, prav tako tudi za jajčaste ter posebne profile. Vpliv na območje gradbišča je zaradi kratkega časa posega minimalen.



Slika 21: Prikaz postopka tehnologije z UV svetlobnim virom
(Kanalsanierung ist..., 2012)

7.2.2 Tehnologija cev v cevi

Pri močno poškodovanih cevovodih z lomi, razpokami in udrtimi stenami ni zadnji izhod vedno odkopavanje terena. Sistem cev v cevi se je izkazal za stroškovno učinkovit, zanesljiv ter enostaven in predstavlja alternativo cevem od $\phi 300$ do $\phi 1500$. Primeren je tudi za sanacijo drenažnih cevi.

Ko robot za rezkanje odstrani ovire in obloge v cevi, se namesti v revizijski jašek hidravlični navijalnik, ki nato iz plastike tvori neprekinjeno cev. Novi notranji premer cevi je nastavljen in predstavlja vsaj 90 % starega premera. Navijanje poteka neprekinjeno od jaška do jaška in traja običajno približno eno uro (Sanacije Geiger, 2012).



Slika 22: Tehnologija cev v cevi
(Sanacije Geiger, 2012)

7.2.3 Ročna popravila

Ročna popravila so kakovostna in zanesljiva, v kolikor so izvedena v skladu s predpisi. V pohodnih kanalih, jaških in zgradbah, do katerih ima človek dostop, je lahko škoda uspešno odpravljena. Za popravilo razpok, lukenj, poškodovanih spojev in manjkajočih delov sten cevi veljajo posebni predpisi. Pred začetkom sanacije nadomestimo polomljene cevi z novimi, odstrani se usedline in očisti obravnavani odsek. Morebiti je potrebno določene površine pred sanacijo posušiti ali celo izrezati. V primeru infiltracije podzemne vode ali podtalnice se mesta vdorov ustavi s postopkom injektiranja, ki mora biti v skladu s smernicami (Sanacije Geiger, 2012).

Med ročna popravila torej sodijo (Ročna popravila, 2012):

- obnova razpok in spojev,
- obnova lukenj in manjkajočih delov sten cevi,
- odstranjevanje korenin in usedlin,
- odprava netesnenja, polomljenih cevi in nestrokovno izvedenih priključkov,
- zamenjava tesnil,
- mineralni in smolnati premazi jaškov,
- preprečitev infiltracije podzemne vode s postopkom injektiranja,
- obloge in zapolnitev votlinic s steklenimi vlakni in keramičnimi elementi.

7.2.4 Sanacija s tehnološko naprednimi roboti (KA-TE)

Z roboti enostavno odpremo pokrov jaška, se spustimo v kanal, pofrezamo, nanesimo tesnilno maso ter gladimo z lopatico in na koncu pobrusimo. Z vsestranskimi roboti lahko izkušen upravljavec strokovno sanira različne poškodbe cevi s kvalitetnimi in okolju prijaznimi materiali. V kolikor izpolnimo vse zahteve, mora biti popravilo trajno in brezhibno.

Sistem z naprednim robotom vključuje posebno opremljeno vozilo (Slika 23) in priklopnik, z vgrajenim napajalnikom in dvema daljinsko vodenima robotoma za frezanje in glajenje z lopatico. Nameščeni imata tudi kameri, ki omogočata delo in prikazujeta stanje v kanalu.



Slika 23: Primer vozila za sanacijo z naprednim robotom
(Foto: Miha Žlindra, 9. 5. 2012)

Najpogostejši primeri za sanacijo z robotom so priključki cevi, problemi korenin, razpoke, luknje in poškodovani sklepi ter objemke med cevmi. Celo posebno zapletene primere se da zanesljivo rešiti. Zelo močan hidravlični pogon zmore brez težav odstraniti tudi beton in armaturo.

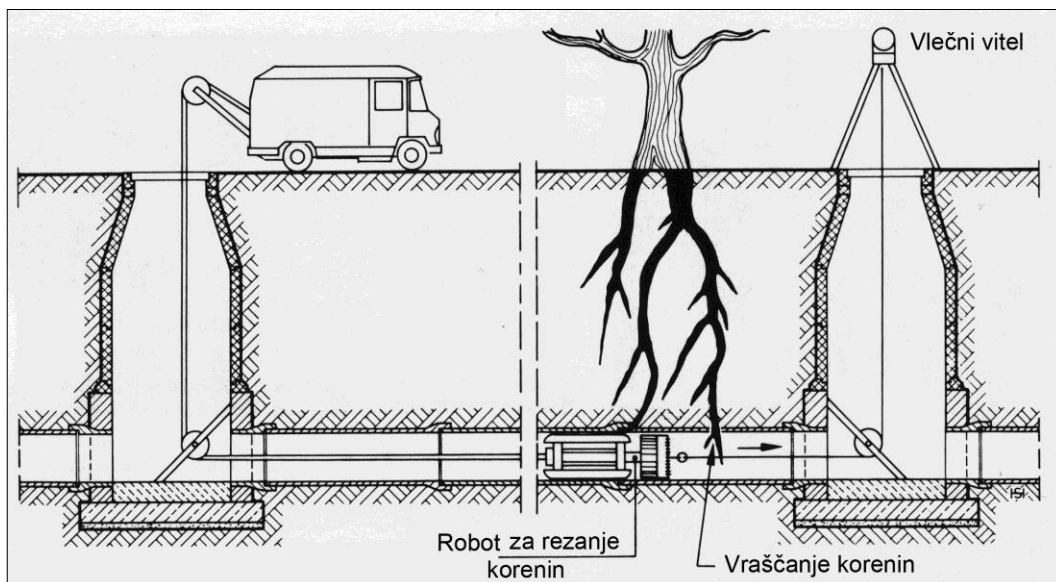
Dele cevi, ki jih nameravamo sanirati, moramo pred posegom pripraviti na nanos premaza, tako da jih z robotom primerno obdelamo, da zagotovimo ravno površino brez ovir. Temu sledi temeljito čiščenje cevi ter nanos dvokomponentnega epoksi lepila, s katerim zapolnimo netesne dele. Slika 24 prikazuje robota opremljenega s sistemom za nanos epoksi lepila.



Slika 24: Robot za nanos epoksi lepila
(Foto: Miha Žlindra, 9. 5. 2012)

Lepilo je bilo razvito posebno za zgoraj omenjeni sistem in se lahko uporablja tudi pod vodo. Okolju prijazne in kemično odporne epoksi smole močno združujejo različne materiale cevi in učinkovito pomagajo pri zatesnitvi vdirajoče podzemne vode. Ta poseg zahteva nekoliko več spretnosti in izkušenj upravljavca (Sanacije Geiger, 2012).

Problem korenin zahteva posebno pozornost, saj lahko začnejo korenine v najhujših primerih vračati skozi stene ali slabe stike cevi. Do tega pojava pride zlasti pri manj kvalitetno zgrajenih kanalih in kadar so blizu kanalov zasajena drevesa ali grmičevje. Korenine imajo lastnost, da iščejo pot do vode in hranil, tudi če se na tej poti pojavijo ovire, hkrati pa delujejo rušilno, saj povečujejo obstoječe pore in razpoke cevi, se pogosto razrastejo ter bistveno ovirajo pretok (Kolar, 1983).



Slika 25: Način delovanja robota za rezanje korenin
(Stein in Niederehe, 1987: str 136)

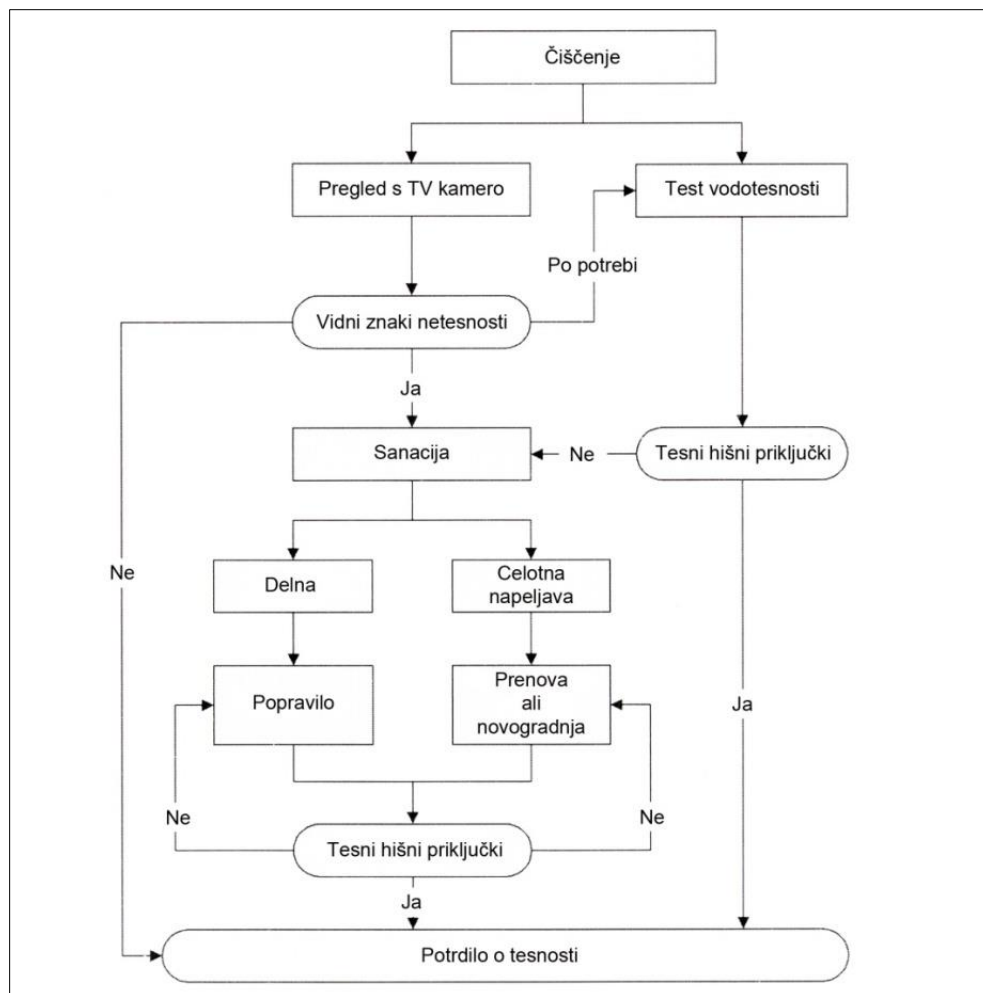
7.2.5 Odprava netesnenja

Kanalizacijski sistem mora zagotoviti, da bo zbrana onesnažena voda tudi res prišla do čištilne naprave (Schwarzbartl in sod., 2009). Iz ekonomskega vidika je smiselno med čiščenjem glavnih kanalov vključiti v obseg storitve še pregled s TV kamero in/ali test vodotesnosti (DWA, 2010).

(Schwarzbartl in sod., 2009) so v članku, skladno s standardom EN 752-5, uvrstili netesnost med pomembnejše prioritete sanacije kanalizacije, zato jo je potrebno najhitreje možno obnoviti. Netesnost zaradi razpok in premikov cevi ogroža podzemne vode (infiltracija, eksfiltracija).

Za odpravo netesnenja, pri delnih sanacijah, se lahko uporabljajo metode z napihljivimi pakerji, ki so zelo učinkovite in cenovno ugodne, ali pa se preprosto uporabljajo že prej opisane metode iz podpoglavja 7.2. Ko dokažemo vodotesnost sistema, pridobimo potrdilo o vodotesnosti (Pakerji, 2012).

Slika 26 prikazuje shemo, kako ravnati, da zagotovimo tesnost sistema.



Slika 26: Ravnanje za zagotovitev tesnosti sistema
(DWA, 2010: str 11)

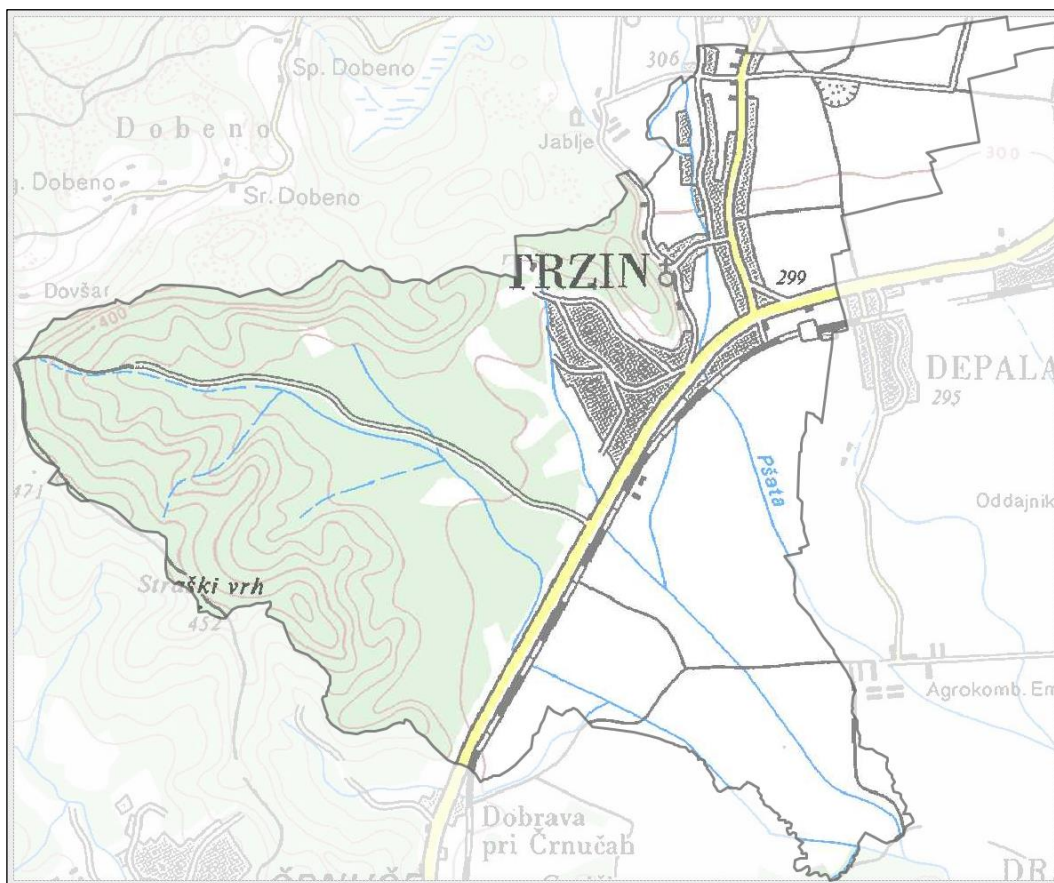
8 OPIS OBRAVNAVANEGA OBMOČJA

8.1 Občina Trzin

Občina Trzin meri 859,50 ha in je druga najmanjša občina v Sloveniji. Zaradi svoje ugodne lege sodi med razvitejša, bogatejša ter gospodarsko pomembnejša območja naše države. Iz umirjene predmestne vasice, s približno 700 prebivalci, se je območje prelevilo v živahno, kipeče naselje z nekaj tisoč prebivalci ter bogato podjetniško in obrtno dejavnostjo (Občina Trzin, 2013).

Statistični urad Republike Slovenije (2013) ocenjuje število prebivalcev sredi leta 2010 na približno 3800. Gostota naseljenosti je 442 prebivalcev na kvadratni kilometer.

Občina Trzin je razdeljena na tri dele: stari Trzin, novo stanovanjsko naselje Mlake in industrijsko obrtno cono (v nadaljevanju IOC). Meji na Mestno občino Ljubljana, v bližini pa ležijo še nekatera druga poslovno-industrijska središča kot so Domžale, Mengeš, ter Kamnik (Občina Trzin, 2013).



Slika 27: Občina Trzin
(PISO, 2013)

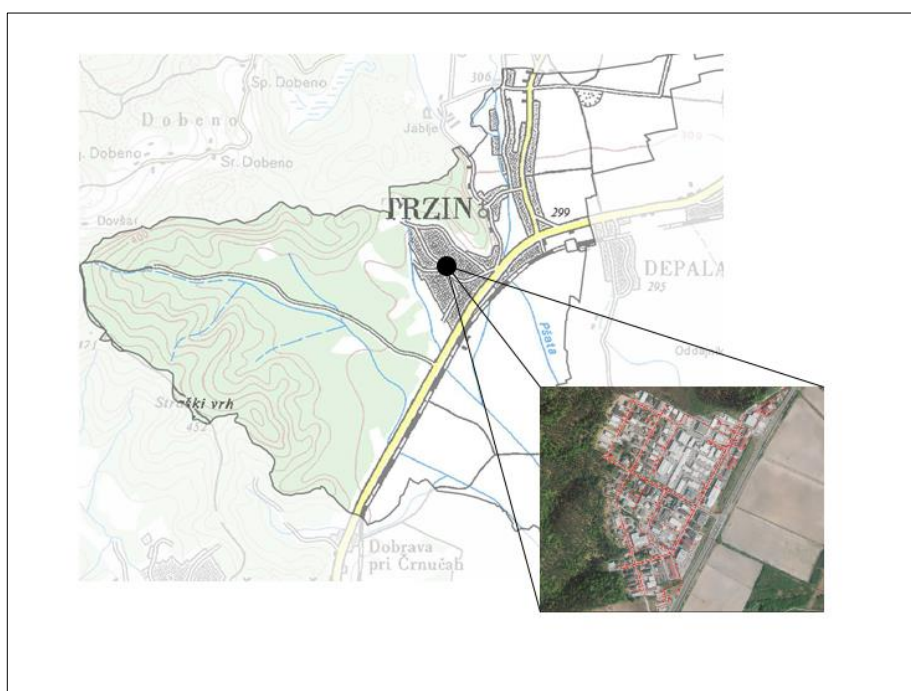
Sedež občine je v starem delu Trzina, ki je še ohranil nekdanje podobe kraja. Naselje Mlake je namenjeno pretežno individualnim stanovanjskim hišam in je zraslo na območju nekdanjih močvirnih gmajn ter travnikov. Prav tako kot naselje Mlake je tudi IOC Trzin nastala na nekdanjem, za kmetijstvo manj primernem močvirnatem terenu (Občina Trzin, 2013). Ta danes združuje 40,82 ha površine, kar pomeni 4,7% površine sedanje občine Trzin. Pohvali se lahko z več kot 600 podjetji in 1600 delovnimi mesti (Kač in sod., 2008).

Preglednica 8: Dolžine kanalizacije v občini Trzin (JKP Prodnik, 2012)

VRSTA KANALIZACIJE	DOLŽINA (m)
Fekalna kanalizacija	15.546,09
Mešana kanalizacija	7.859,57
Meteorna kanalizacija	8.560,64
Razbremenilni kanal	791,75
SKUPAJ	32.752,05

8.2 Komunalna ureditev – IOC Trzin

Upravljevec javne kanalizacije in izvajalec gospodarske javne službe odvajanja komunalne in padavinske odpadne vode v Občini Trzin je Javno komunalno podjetje Prodnik d.o.o. (Odlok o odvajanju..., 2009).



Slika 28: Lega IOC znotraj občine Trzin
(PISO, 2013; JKP Prodnik, 2013č)

Obstoječa kanalizacija je zgrajena v ločenem sistemu. Odpadne padavinske vode se preko meteornih kanalov iztekajo v površinske odvodnike, v Motnico, Blatnico in Dobravščico, katerih struge so zaradi pozidave in kmetijstva med seboj prepletene ter v večji meri spremenjene, na območju obrtno industrijske cone, v odprte jarke oziroma celo zacevlfjene. Le struga Blatnice, ki priteče z zelenega območja med naseljem Mlake in IOC, je na samem vstopu v območje cone še naravna.

Vse sanitarne odpadne vode tečejo preko fekalnih kanalov v glavni zbiralnik vzdolž ulice Blatnica, ter nato ob kolesarski oziroma pešpoti do fekalnega črpališča ob Kidričevi ulici na skrajnem južnem robu naselja Mlake. Obrtno industrijska cona obsega slabih 41 ha površin, od katerih jih je cca 70 % utrjenih. Slika 29 prikazuje fekalno kanalizacijo na IOC Trzin.



Slika 29: Fekalna kanalizacija na IOC Trzin
(JKP Prodnik, 2013č)

Kompleten maksimalni odtok, ki teče po kanalih za sanitarno odpadno vodo na območjih z ločeno kanalizacijo je sestavljen iz dejanskega odtoka odpadnih voda iz gospodinjstev, industrije in obrti ter tujih voda, ki so lahko posledica netesnosti same kanalizacije, napačnih priključkov ter vtoka padavinskih voda s cestišča skozi odprtine pokrovov v sanitarno kanalizacijo (JKP Prodnik, 2013b).

9. IZRAČUN KOLIČINE TUJIH VODA NA IOC TRZIN

9.1 Splošno

Tuje vode se lahko računajo in določajo na več različnih načinov. V Poglavju 6 so bile opisane nekatere izmed metod.

Najboljši način za določitev tujih voda bi bile meritve pretokov, vendar jih zaradi tehničnih in administrativnih razlogov nismo mogli izvesti, zato smo iskali druge rešitve.

Najprej smo pregledali več območij osrednjeslovenske regije. Ker smo bili pri izbiri območja omejeni na razpoložljive podatke in ugodne karakteristike kanalizacijskega omrežja, smo se na koncu odločili za raziskavo tujih voda na območju IOC Trzin.

Analizo smo lahko izvedli, ker odpadne vode iz IOC Trzin nimajo zadostnega padca, tako da ne morejo gravitacijsko odtekati na CČN Domžale. Zbirajo se v črpališču za odpadno vodo Trzin, ob Kidričevi ulici na skrajnem južnem robu naselja Mlake.

Pridobili smo podatke od JKP Prodnik (2013a) o:

- prodani pitni vodi na območju,
- izgubah na vodovodnem omrežju,
- delovanju črpališč za odpadno vodo (čase delovanja črpalk, njihovo število vklopov in izklopov ter nivoje vode na črpališču),
- karakteristike črpalk.

ARSO (2013) nam je posredoval podatke o količini padavin. Padavin pri naši analizi tujih voda nismo upoštevali, saj sestavlja naše območje ločen sistem kanalizacije in te niso imele neposrednega vpliva nanj. Smo pa s pomočjo podatkov o količini padavin lažje prišli do nekaterih zaključkov.

Obdobje, ki smo ga vključili v preiskavo se nanaša na leto 2011.

9.2 Potek dela

Črpališče Trzin (Slika 30) sestavljata dve potopni črpalki FA 10,41 – 183, moči 2,5 kW, ki glede na proizvajalčevo Q-H krivuljo (Slika 32) in ob upoštevanju tlačnih izgub na omrežju samem, zagotavljata vsaka po cca. 28 ℓ/s pretočne sposobnosti. Črpalčki delujeta izmenično. V primeru, da ena črpalka ne zmore sama prečrpati vse odpadne vode v zbiralnem bazenu, ji na višini 1,40 m pomaga druga. Črpalka se praviloma izklopi pri 0,30 m, vklopi pa na višini 1,35 m. Tlorisne mere črpališča so 3,20 x 3,25 m (JKP Prodnik, 2013a).



Slika 30: Črpališče Trzin
(JKP Prodnik, 2013a)

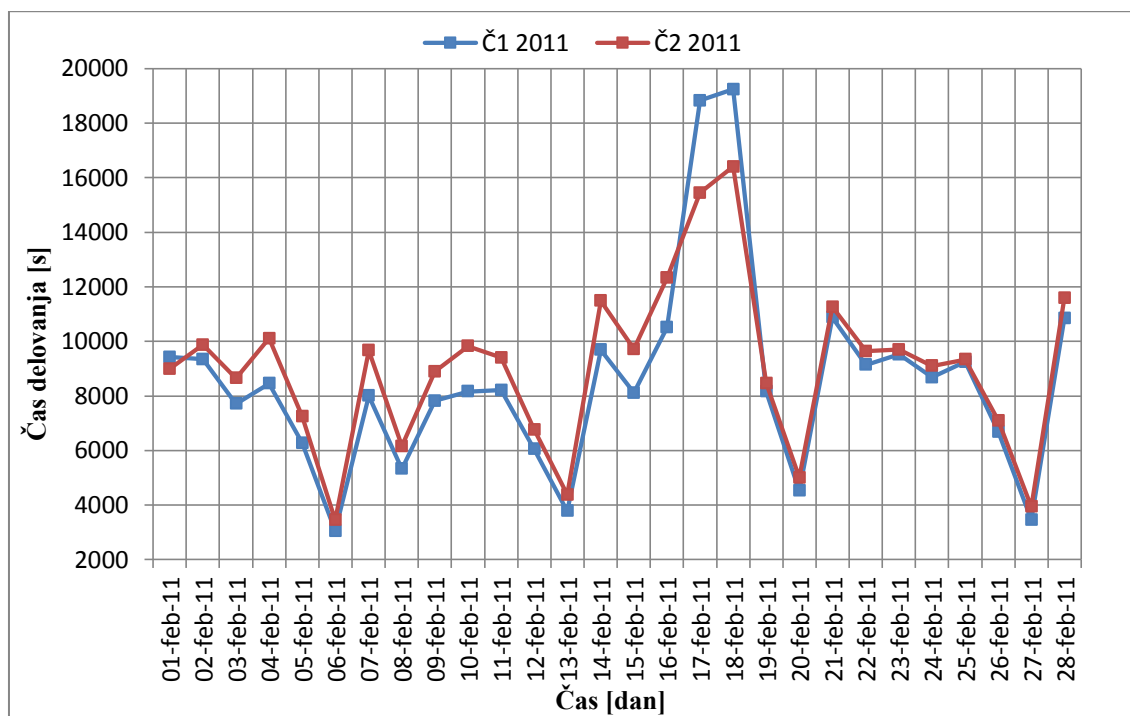
Iz razpoložljivih podatkov lahko izračunamo količino odpadne vode, ki jo ob enem vklopu črpalka prečrpa (18). Razlika med višino vklopa in izklopa je 1,05 m. Pri tem zanemarimo dotok odpadne vode v času prečrpavanja.

Torej sledi:

$$\Delta V = (3,20 \cdot 3,25) \cdot 1,05 = 10,92 \quad [m^3] \quad (18)$$

Ob enem vklopu črpalka prečrpa 10,92 m³ odpadne vode iz zbiralnega bazena.

Za vsak dan v letu 2011 smo zabeležili, koliko časa dnevno so bile črpalke v pogonu in kolikokrat dan se je katera izmed njih vklopila. Slika 31 prikazuje čase delovanja črpalke 1 in 2 za mesec februar 2011.



Slika 31: Časi delovanja črpalok
(JKP Prodnik, 2013a)

Iz slike 31 lahko razberemo, da črpalki zares delujeta izmenično. Opazimo lahko rahlo daljše čase delovanja druge črpalke, kar je lahko posledica njene funkcije, saj kot že prej omenjeno, druga črpalka sodeluje v primeru presežene zgornje meje izklopa prve črpalke, ki je na višini 1,35 m, s tem da pomaga pri prečrpavanju odpadne vode. Druga možnost za odstopanja pri časih delovanja je, da kljub temu, da sta črpalki enaki, obe ne delujeta z enakim izkoristkom. Kot opombo je še potrebno omeniti, da so vklopi črpalok in njihovo delovanje odvisni od izvajalčevega programa. Ob vikendih lahko zabeležimo krajše čase delovanja.

Iz teh podatkov izračunamo, kako dolg je bil povprečno en vklop (19) in glede na to, da poznamo tlorsne podatke črpalnišča in količino odpadne vode, ki jo črpalka prečrpa ob enem vklopu (18), izračunamo še povprečno črpalno količino (20). Časi delovanja črpalok so podani v sekundah.

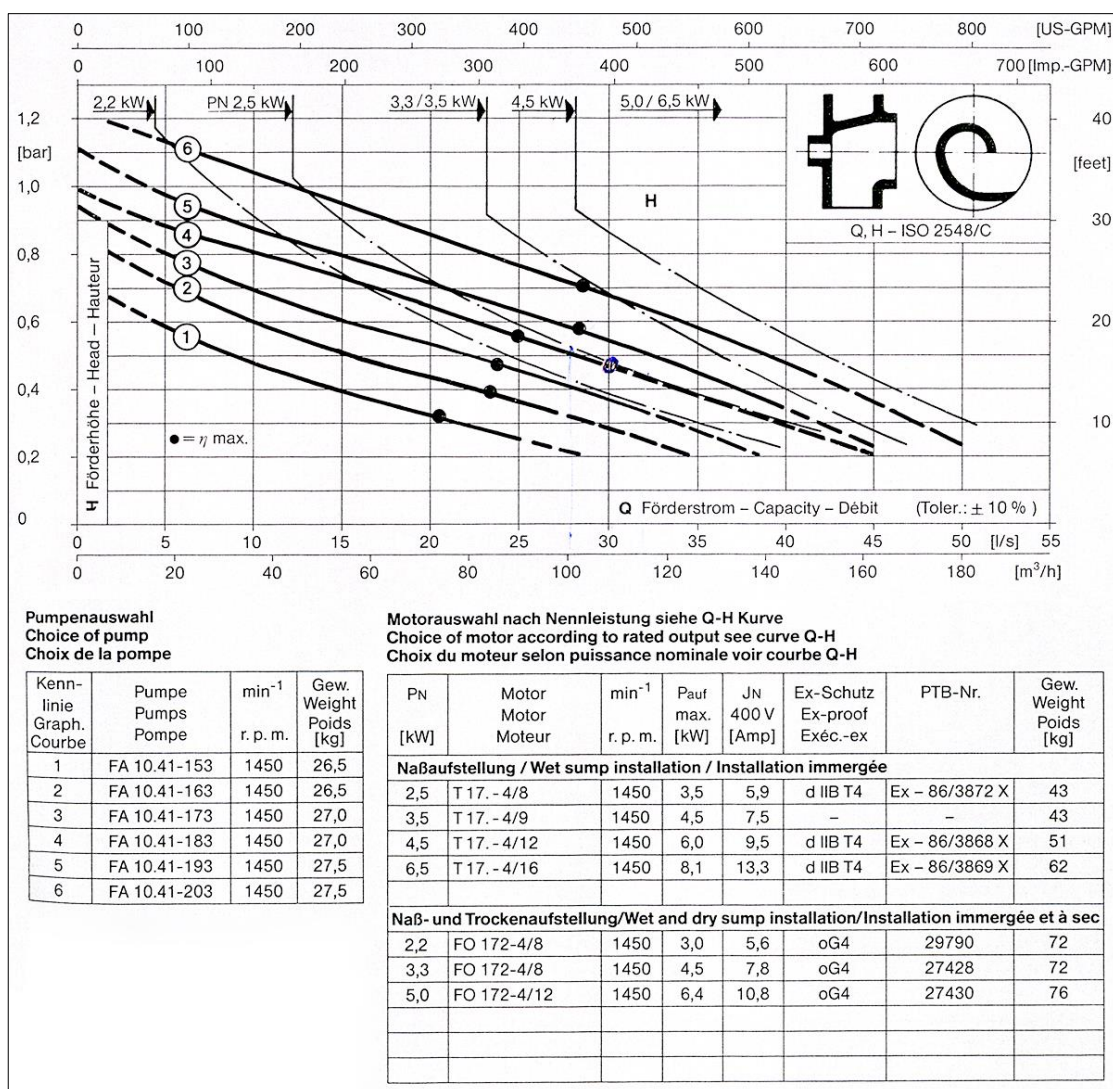
Povprečni čas enega vklopa:

$$\bar{t}_v = \frac{\text{čas delovanja črpalke}}{\text{število vklopov}} \quad [\text{s}] \quad (19)$$

Povprečna črpalna količina:

$$\bar{Q}_c = \frac{\Delta V}{t_v} \quad \left[\frac{\ell}{s} \right] \quad (20)$$

Povprečna črpalna količina predstavlja povprečni pretok črpalke, ki ga pri vsakem vklopu zagotavlja črpalna. Na ta način naredimo nekakšno kontrolo, ki je skladna s proizvajalčevim podatkom o zmogljivosti črpalke (Slika 32). Ocena je narejena s približno 10 % natančnostjo. Od tod tudi podatek 28 ℓ/s, ki ga upoštevamo pri izračunu kumulativne, torej vse odpadne vode, ki pride na črpališče (21).



Slika 32: Karakteristike črpalke
(JKP Prodnik, 2013a)

Kumulativa:

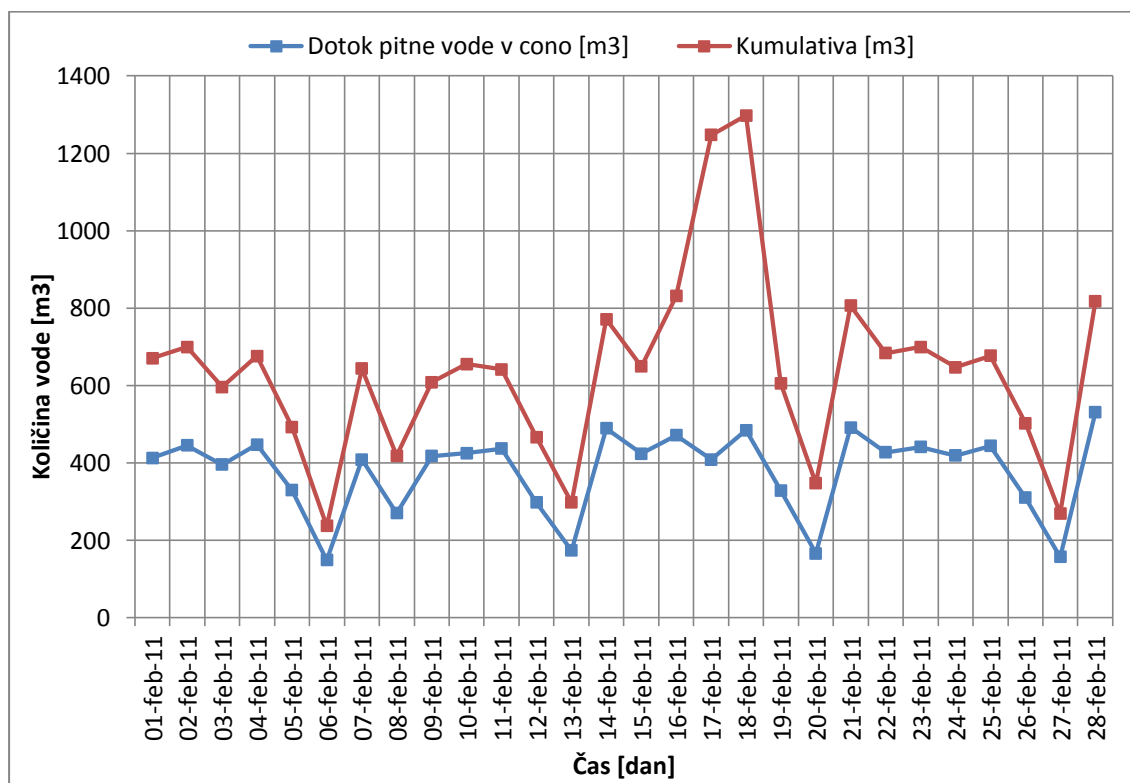
$$K = Q_{tot} = \text{skupni čas delovanja obeh črpal} \cdot \text{zmogljivost črpalke} \quad [\text{m}^3] \quad (21)$$

Na podlagi pridobljenih podatkov o dotoku pitne vode v IOC Trzin in izračunani kumulativi (21), določimo količino tujih voda za vsak dan posebej v letu 2011. Razlika med kumulativo in vso pitno vodo, ki pride v industrijsko obrtno cono ob upoštevanju vodnih izgub, predstavlja tuje vode (22) (Slika 33).

Tuje vode:

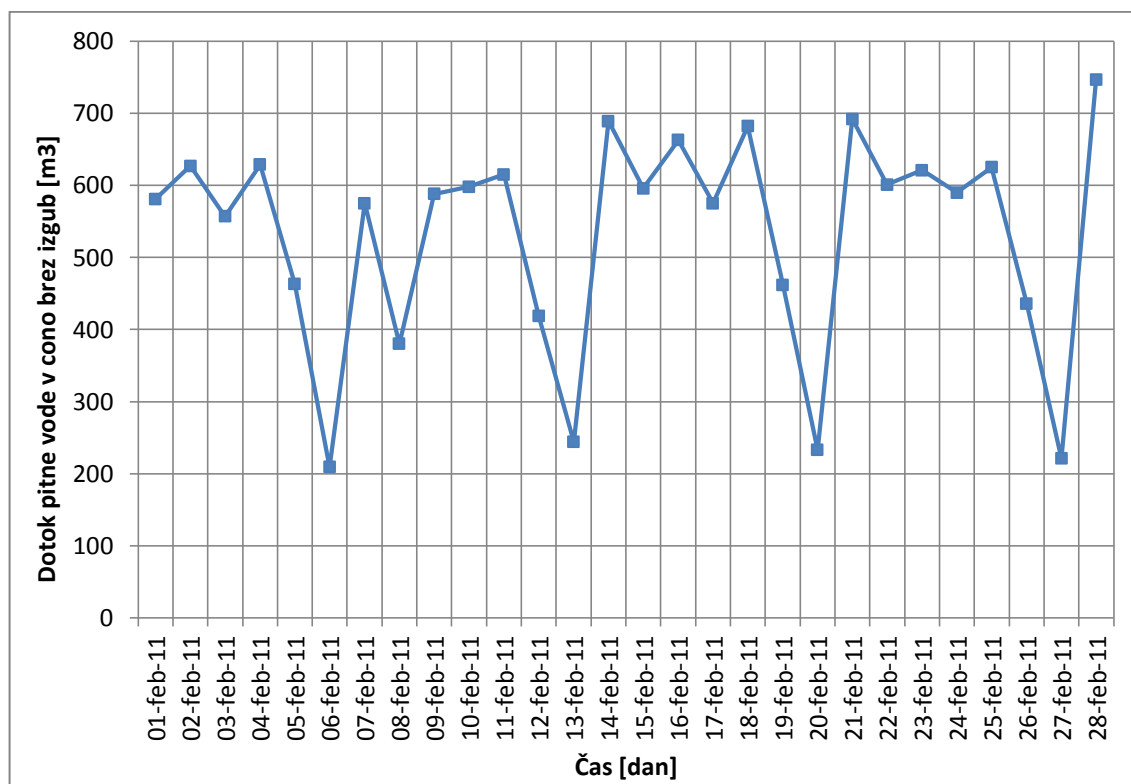
$$Q_{iw} = K - \text{dotok pitne vode v cono} \quad [\text{m}^3] \quad (22)$$

Izgube na vodovodnem omrežju v povprečju znašajo 29 % za občino Domžale. IOC Trzin sicer sodi pod občino Trzin, ki je pod upravljanjem JKP Prodnik, zato se procent izgub nanaša neposredno tudi na naše obravnavano območje, ki je staro cca. 30 let, in ga upoštevamo pri nadaljnjih izračunih.



Slika 33: Kumulativa in dotok pitne vode v cono

Ker je območje analize industrijsko obrtna cona, ob koncih tedna zabeležimo manjšo porabo vode (Slika 34). To je posledica nekaterih večjih podjetij v IOC, ki ob vikendih ne obratujejo, med tednom pa sodijo med velike porabnike pitne vode. Eno izmed takih podjetij je Periteks, ki predstavlja približno 2/3 delež vse porabljene in odpadne vode na območju. Zaposluje 170 delavcev in predstavlja največje podjetje na slovenskem trgu za nego tekstilij. Periteks je industrijska pralnica, ki se ukvarja predvsem s higieno bolnišničnih tekstilij ter tekstilij z živilske industrije (Jereb, 2005).



Slika 34: Nihanje porabe vode v coni tekom meseca
(JKP Prodnik, 2013a)

Prvi izračuni (22), predvsem v poletnih mesecih, so pokazali precej negativnih tujih voda, kar bi lahko pomenilo pojav eksfiltracije (Podpoglavje 2.4). Ti rezultati bi nakazovali na zastrašujoče stanje kanalizacijskega omrežja, zato smo poskušali najti vzroke zanje.

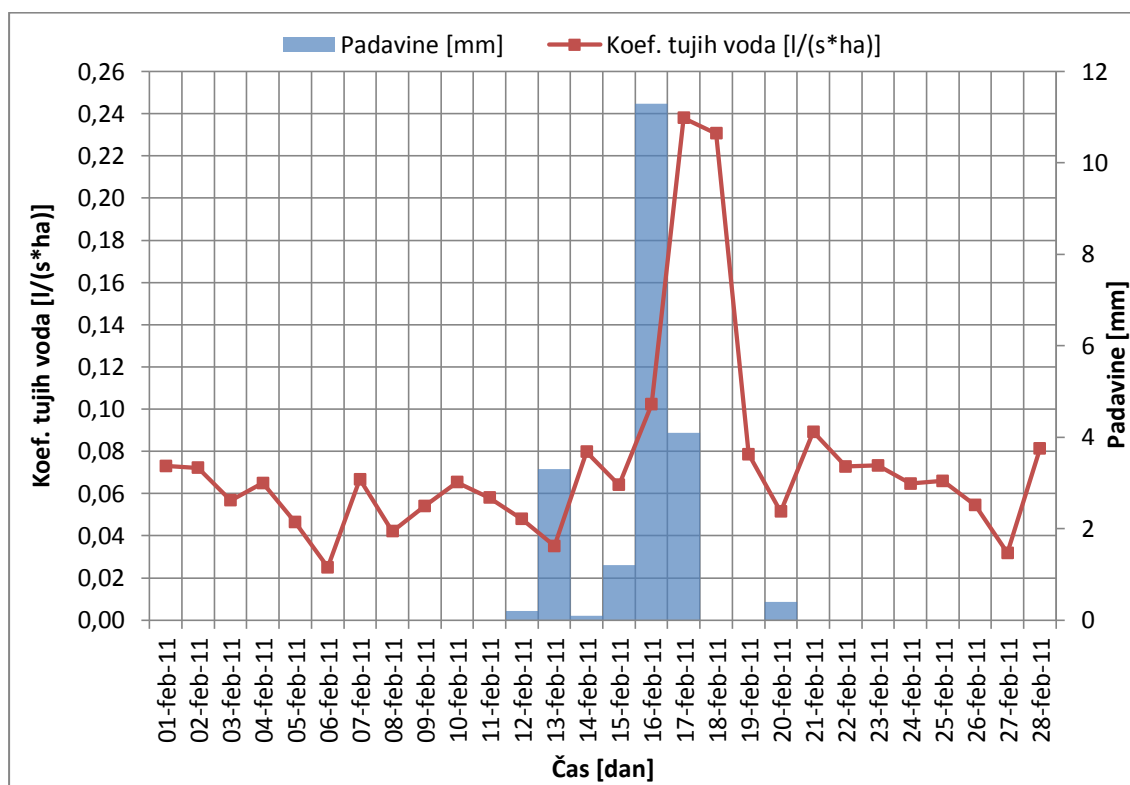
JKP Prodnik (2013b) nas je opozoril, da se je z letom 2012 uveljavil, v sodelovanju s podjetjem Periteks, obračun odpadne vode po izhodnem števcu. To pomeni, da se količini dobavljene vode in odvedene odpadne vode razlikujeta. Izračunali so, da se v povprečju med delovnim procesom pralnice izgubi 20 % vse dovedene vode. Pozabiti ne smemo niti na druge izgube pri porabi vode kot so zalivanje zelenja, izhlapevanje ter druge, ki so prisotne v drugih vrstah dejavnosti v industrijsko obrtni coni, npr. pekovski dejavnosti ipd. Pri naši analizi smo zato računali s korekcijskim faktorjem 1,30 in tako korigirali skupen dotok odpadnih voda na črpališče (21). Celotne izgube tako ocenjujemo v povprečju na 30 %.

Nemške smernice ATV določajo za specifični dotok tujih voda posebne vrednosti (Preglednica 2). Kolar (1983) je izrazil pričakovani dotok tujih voda glede na gostoto prebivalcev (Preglednica 1), po Imhoff-u pa predstavlja delež tuje vode za 100% povečan sušni odtok, ki velja v primeru ločenih kanalizacijskih omrežij.

Za potrebe nadaljnjih izračunov smo za vsak dan posebej izračunali specifični dotok oz. koeficient tujih voda (23). Slika 35 prikazuje izračunane koeficiente tujih voda za mesec februar 2011 v odvisnosti od padavin.

Koeficient tujih voda:

$$q_{iw} = \frac{Q_{iw}}{A_{E,k}} \quad \left[\frac{\ell}{s \cdot ha} \right] \quad (23)$$



Slika 35: Koeficient tujih voda

V Poglavju 3 smo omenili, da morajo biti količine odtoka preračunane na maksimalne urne odtoke in ne na dnevno povprečje. Nanašajo se na dejansko prispevno površino $A_{E,k}$ in ne na reducirano površino A_u (ATV-A 118E, 1999). Iz izračunane kumulative (21), ki se nanaša na industrijsko območje, smo s pomočjo enačbe (24) izračunali maksimalni urni odtok z območja za vsak dan.

Torej sledi:

$$Q_{px} = 0 + 0 + \frac{24}{a_i} \cdot \frac{365}{b_i} \cdot K \quad \left[\frac{\ell}{s} \right] \quad (24)$$

$$K = Q_d + Q_c + Q_{iw} + Q_{r,T} \quad [m^3] \quad (25)$$

kjer pomenijo:

Q_{px} – maksimalni urni odtok odpadnih voda [ℓ/s]

Q_{i24} – odtok odpadnih voda iz velike obrti in industrije [ℓ/s], v našem primeru kumulativa (K)

a_i – število delovnih ur na dan v veliki obrti in industriji [h]; izberemo 10 h

b_i – število delovnih dni na leto v veliki obrti in industriji [dni]; izberemo 298 dni

Q_d – odpadne vode iz gospodinjstev [m^3]

Q_c – odpadne vode iz obrti in industrije [m^3]

Q_{iw} – tuje vode [m^3]

$Q_{r,T}$ – neizogiben dotok meteorne vode v fekalni kanal v primeru ločenega sistema [m^3]

Da lahko primerjamo med seboj količine odtoka odpadnih voda, iz razpoložljivih podatkov in dosedanjih izračunov, moramo enako storiti za tuje vode, tako da za vsak dan preračunamo njihov prispevek (26). Glede na to, da smo že izračunali koeficient tujih voda (23) in da poznamo prispevno površino območja $A_{E,k}$, lahko izračunamo količino tujih voda v [ℓ/s] za vsak dan posebej.

$$Q_{iw} = q_{iw} \cdot A_{E,k} \quad \left[\frac{\ell}{s} \right] \quad (26)$$

Sedaj ko poznamo maksimalne dnevne odtoke odpadnih voda, lahko na podlagi teh vrednosti določimo deleže FWA (27) in dodatke FWZ (28) tujih voda.

$$FWA = \frac{Q_{iw}}{Q_{px}} \quad [\%] \quad (27)$$

$$FWZ = \frac{Q_{iw}}{Q_{px} - Q_{iw}} \quad [\%] \quad (28)$$

Izračuni dodatkov tujih voda za leto 2011 so prikazani v Prilogi B.

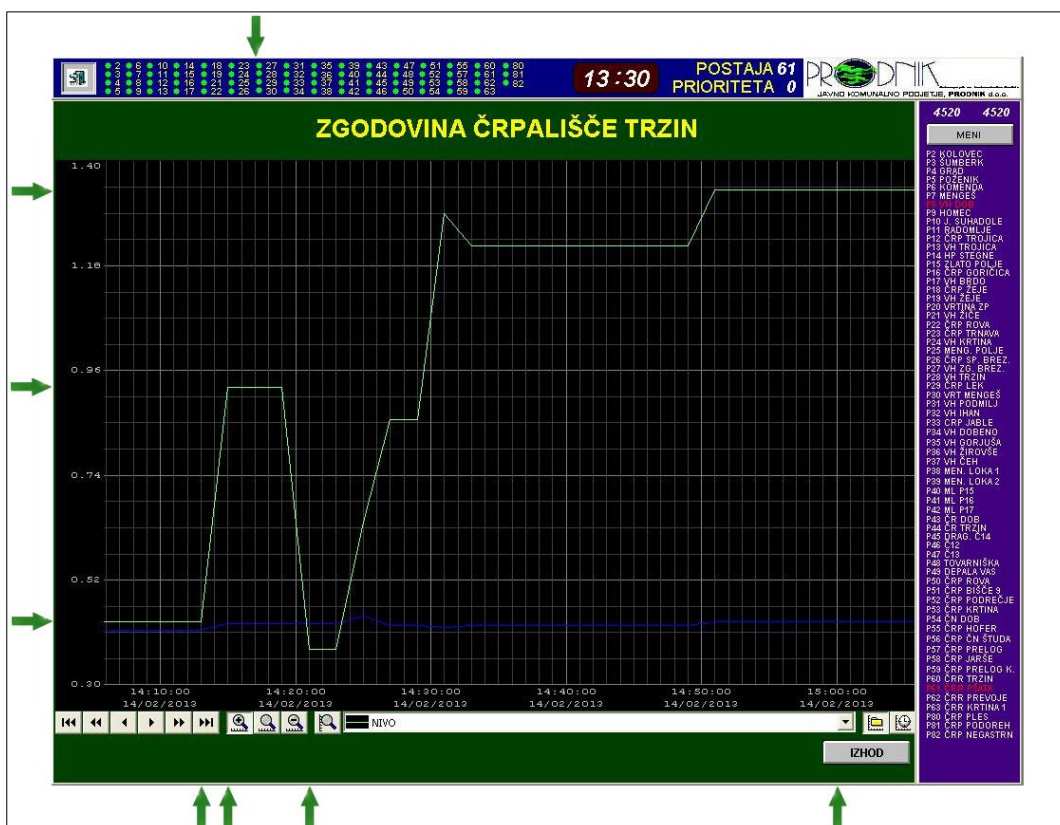
9.3 Določitev dnevnih pretokov

Večina črpališč v upravljanju JKP Prodnik je opremljena z daljinskim nadzorom, ki podjetju omogoča nadzorovanje objektov iz njegovega sedeža. Prenos podatkov iz objektov poteka preko radijske zveze, center sprejemanja in vodenja pa se nahaja v vratarnici podjetja. V primeru neskladja delovanja naprav se podatki posredujejo na telefonsko številko dežurne osebe.

V centru za sprejemanje se kot že omenjeno zbirajo podatki o delovanju črpališč: času delovanja posamezne črpalke, vklopih in izklopih črpalk ter nivojih vode na črpališču. Vodi se zgodovina delovanja črpališč, kjer se ključni podatki arhivirajo daljše časovno obdobje, tekoči podatki pa 30 dni (JKP Prodnik, 2012).

Ideja diplomske naloge je bila, da bi poleg že narejene analize tujih voda, iz podatkov o nivojih vode na črpališču, določili še natančne dnevne pretoke odpadnih voda z IOC Trzin. Omenjeni podatki bi služili namesto meritev, kot izhod v sili, vendar zaradi svoje nepopolnosti niso zadostili našim potrebam. Poglavitni problem je predstavljal predolg interval beleženja teh podatkov ter časovno obdobje arhiviranja, saj se ti arhivirajo le 30 dni. Izračunali smo (19), da en vklop črpalke traja v povprečju cca. 5 min, natančnost podatkov oz. interval beleženja pa je naravnani na vsakih 10 min.

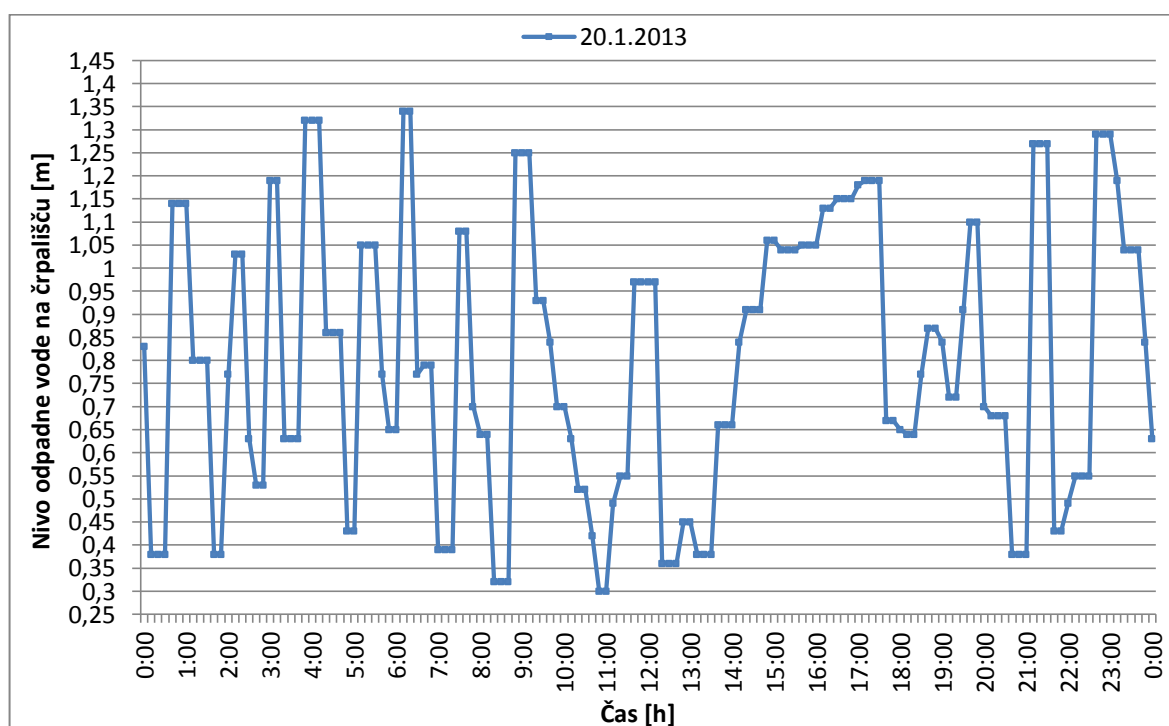
Kljub vsemu, smo se lahko s presojo teh vrednosti prepričali o porazdelitvi odtoka v enem dnevu. Potrdilo se je prepričanje, da je izrazit minimum porabe vode med drugo in četrto uro zjutraj. Pričakovati je, da je najvišja dnevna poraba med dvanajsto in drugo uro popoldan, zato smo z izrednim posegom v območje podatkov želeli narediti kontrolo in se prepričati o velikostnem razredu odtoka odpadnih voda z našega obravnavanega območja. Slika 36 prikazuje nivo odpadne vode na črpališču Trzin, 14. februarja 2013, med 14:10 in 15:00 uro.



Slika 36: Nivo vode na črpališču, 14. februar 2013
(JKP Prodnik, 2013c)

Iz Slike 36 lahko izračunamo pretok odpadne vode skozi črpališče, tako da ob 14:13 odčitamo višino vode 0,43 m, ob 14:15 pa ta doseže zgornjo mejo vklopa črpalke 0,91 m. Konice se na sliki ne da razbrati, zaradi predolgega intervala zajema podatkov, zato predvidevamo, da nivo odpadne vode doseže zgornjo mejo vklopa 1,35 m okrog 14:17. Da je vklop črpalke res na višini 1,35 m se lahko prepričamo pri času okrog 15. ure. Razberemo lahko, da je interval polnenja in praznjenja dolg cca. 8 min. Čas polnenja je torej dolg 4 min, od 14:13 do 14:17, v tem času pa se je gladina spremenila za 0,92 m. Ta interval velja za dani primer in zgolj za 14. februar 2013. Ker poznamo tlorisne mere črpališča, izračunamo po enačbi (18) količino vode, ki se je morala v danem času prečrpati. Odpadna voda doseže spodnjo mejo 0,35 m, to je meja, kjer se črpalka izklopi, po cca. 5 min. Torej lahko izračunamo pretok 31,9 ℓ/s , ki je v skladu z našo metodologijo, kar potrjuje naš postopek dela.

Ker je bilo dne, 14. februarja 2013, zaradi povečanega pretoka odpadne vode skozi črpališče (taljenje snega, delavnik) nemogoče natančno izračunati dnevne pretoke, smo skušali poiskati nov dan z nizkim pretokom, zato smo izbrali 20. januar 2013, saj je bila na ta dan nedelja, ko je poraba vode v coni najnižja. Ta dan tudi ni bilo nobenih padavin. V Prilogi A so prikazani posnetki izvajalčevega programa beleženja podatkov o nivojih odpadne vode na črpališču Trzin.



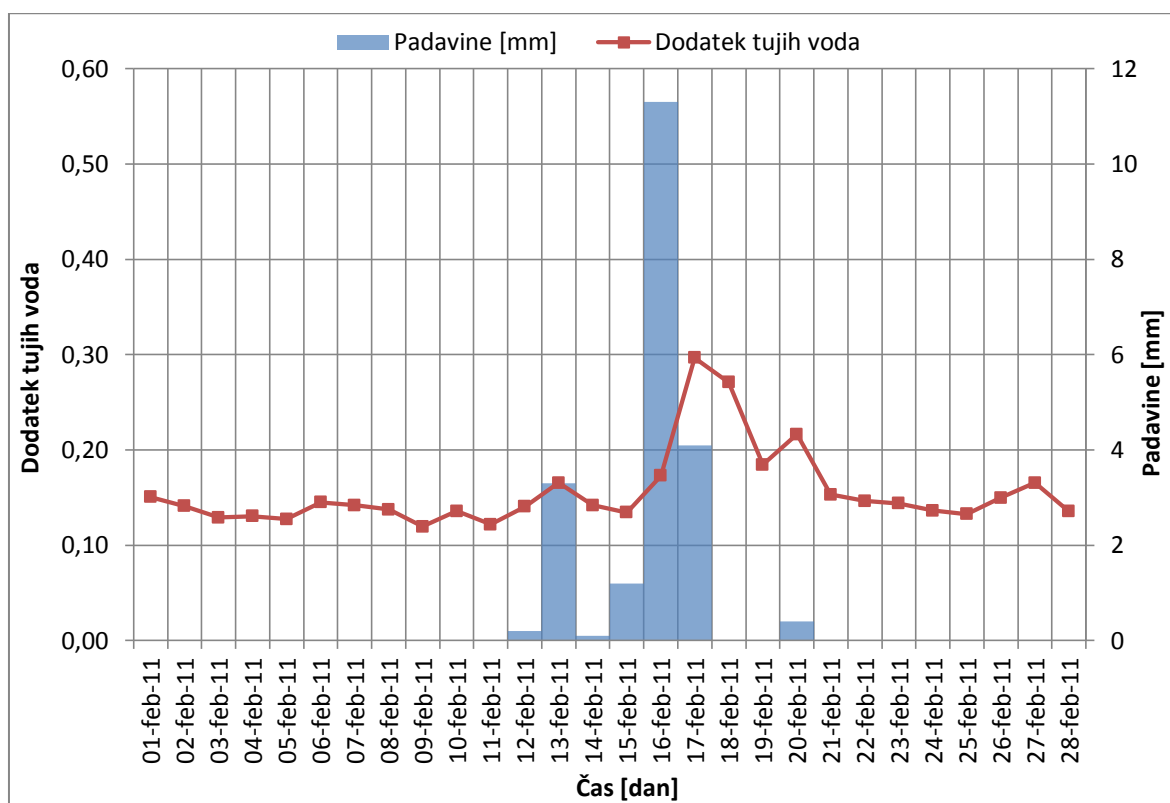
Slika 37: Nivo vode na črpališču, 20. januar 2013
(JKP Prodnik, 2013c)

Slika 37 prikazuje digitalizirane podatke iz priloge, ki smo jih morali za našo analizo odčitati iz slik. Zaradi že prej omenjenega predolgega intervala beleženja podatkov, tudi v tem primeru nismo prišli

do dovolj natančnih podatkov o dnevni pretokih, zato smo ta postopek opustili. V prihodnje predlagamo kot možen način določitve pretokov uporabo tega postopka, vendar je za njegovo realizacijo potrebna posodobitev izvajalčevega programa oz. daljinskega nadzora, ki naj bi se po podatkih JKP Prodnik izvedla v tekočem letu.

9.4 Rezultati

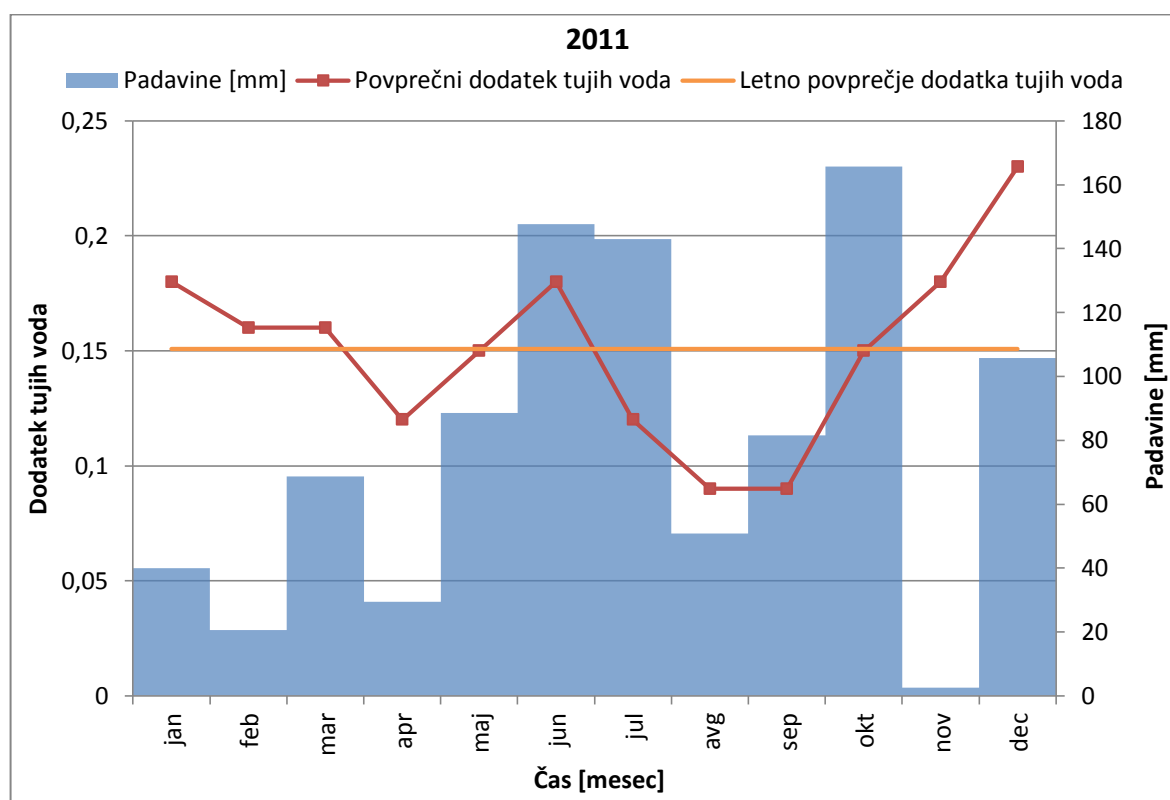
Na spodnji Sliki 38 so prikazani izračunani dodatki tujih voda za februar 2011, ostali meseci pa so zbrani v Prilogi B. Na podlagi analize celotnega leta lahko sklepamo, da višina konice dodatka tujih voda ni odvisna samo od količine padavin, ampak tudi od njihovega trajanja. Če primerjamo med seboj meseca julij in oktober, vidimo, da je bila konica tujih voda višja julija, saj so se takrat pojavile večdnevne padavine (od 22. do 24. julija), medtem ko so se padavine v mesecu oktobru, v času konice, pojavile samo en dan, in sicer 7. oktobra. Iz priloženih grafov v Prilogi B lahko opazimo, da imajo padavine velik vpliv na količino tujih voda, ki so izrazito povišane ob dnevih s padavinami. To bi lahko nakazovalo na nekatere napačne priključke ter na vtekanje meteorne vode skozi odprtine jaškov v fekalni kanal. Ker predpostavljamo, da je v poletnih mesecih nivo podtalnice nižji kot v ostalih mesecih, lahko sklepamo, da je dodatek tujih voda takrat nižji, ker je tudi manjša možnost infiltracije tujih voda skozi nevodotesne cevi.



Slika 38: Izračunan dodatek tujih voda za februar 2011

Padavine z manjšo intenzivnostjo in daljšim trajanjem v celoti prestreže vegetacija, izparijo (zaradi razgretih strešnih ali cestnih površin) ali pa poniknejo. Enako se dogaja tudi pri intenzivnih in kratkotrajnih padavinah. Ko padavine nasičijo tla z vodo, se začne površinski odtok. S pojavom padavin zaradi površinskega odtoka pretok naglo narašča, doseže višek in nato vse počasneje upada (Brilly in Šraj, 2005).

Slika 39 prikazuje izračunane mesečne povprečne dodatke tujih voda in padavine skozi vse leto. Konica se pojavi v mesecu decembru (23 %), medtem ko je v poletnih mesecih, avgusta in septembra, ta najnižja (9 %). V poletnih mesecih je mogoče zaznati upad tujih voda, saj v primeru kratkotrajnih padavin te zaradi razgretih strešnih ali cestnih površin izparijo.



Slika 39: Povprečni mesečni dodatki tujih voda

V Prilogi C so za primerjavo prikazani izračunani specifični dotoki oz. koeficienti tujih voda v odvisnosti od padavin. Med seboj primerjamo mesec februar, za leto 2011 in 2012.

Podobno kot pri dodatkih tujih voda, se tudi v tem primeru konica koeficienta tujih voda formira na podlagi količine padavin in njihovega trajanja. Izkaže se, da se v primeru večdnevnega deževja konica povzpne veliko višje, saj se v tem času tla docela nasičijo z vodo.

10 ZAKLJUČEK

Količina tujih voda sezonsko niha in z veliko verjetnostjo doseže svoj maksimum v spomladanskih mesecih, zaradi taljenja snega na še zamrznjenem terenu, ter jeseni, zaradi obilice padavin. Vzroki za velika sezonska nihanja so pogojeni z višino podzemnih voda. Vzporednice med manjšim izhlapevanjem in zato višjo stopnjo tujih voda obstajajo, zato lahko v poletnih mesecih predvidimo manj tujih voda, saj je takrat nivo podtalnice nižji.

Pri reševanju problemov in sanacijah, povezanih s preveliko količino tujih voda, moramo venomer obravnavati vsako območje analize večplastno in natančno preučiti vse nastale možne posledice. Zavedati se moramo, da lahko odprava tujih voda v nekaterih primerih privede tudi do manj ljubih situacij. S tem, ko zatesnimo kanalizacijske sisteme, posledično vplivamo na gibanje podtalnice v tleh.

Pred pričetkom naše analize smo predpostavljali, da bo največji vzrok za preveč tujih voda ravno infiltracija podzemnih voda skozi nevodotesne cevi, saj ljudje zmotno mislijo, da je ta poglavitni razlog zanje. Da bi se izognili povišanim količinam tujih voda, moramo v največji možni meri zmanjšati napačne priključke hišnih drenaž ter priključke meteornih voda na fekalno kanalizacijo, v primeru ločenih kanalizacijskih sistemov, katere nikakor ne sodijo tja.

Velik problem in vir tujih voda so, kot opozarjajo že nemške smernice ATV-A 118, meteorne vode, ki skozi odprtine pokrovov jaškov vtekajo v fekalno kanalizacijo, zato moramo zagotoviti, da le ti niso na območju korit oz. na najnižjem delu cestišča. Količina vode, ki lahko vteče ob popolni preplavitvi odprtine enega pokrova jaška ni zanemarljivo majhna. Nekateri avtorji navajajo, da so zmerne količine tujih voda v meteornih kanalih ločenih kanalizacijskih sistemov še vedno koristne. Na splošno pa povečane količine tujih voda v primeru ločenih kanalizacijskih sistemov predstavljajo resen problem, saj so čistilne naprave ponavadi dimenzionirane le na sušni odtok.

Tuje vode predstavljajo za vse, tako uporabnike kanalizacijskih omrežij kot tudi upravljavce, velik ekonomski in ekološki problem, zato smo v diplomski nalogi želeli preveriti količine ter s tujimi vodami povezane parametre.

Ugotovili smo, da stanje na območju naše analize ni tako zelo porazno, kljub nekaterim prepričanjem in statističnim podatkom. Statistični urad v Nemčiji navaja, da je povprečni dodatek tujih voda v letu 2004 znašal za Nemčijo 34,8 %, za naše območje IOC Trzin pa znaša izračunani povprečni dodatek za leto 2011 15 %. Kot opombo velja omeniti, da je 34,8 % statistično povprečje za komunalna področja, IOC Trzin pa je industrijsko obrtna cona, ki ni značilno komunalno področje, saj hišni priključki niso izdelani privatno, temveč jih praviloma izdelajo gradbena podjetja, zato je pričakovati nižje vrednosti.

Pri analizi smo se spotaknili tudi ob specifični dotok tujih voda, ali kar koeficient tujih voda, kot smo ga poimenovali sami. Omeniti velja, da ta znaša v primeru mešanih kanalizacijskih sistemov po navedbah nemških smernic ATV-A 128 do $0,15 \ell/(s \cdot ha)$, v kolikor nimamo nobenih meritev, in se nanaša na reducirano prispevno površino. Za primer ločenih sistemov je ta definiran v smernicah ATV-A 118, in se giblje med $0,05$ in $0,15 \ell/(s \cdot ha)$ ter zadeva dejansko prispevno površino. Kot dodatek je v tem primeru treba upoštevati še neizogiben dotok tujih voda, zaradi nezaželenega vtoka skozi jaške, ki znaša dodatnih $0,2 - 0,7 \ell/(s \cdot ha)$.

V našem primeru lahko rečemo, da se koeficient tujih voda giblje v mejah, ki jih predpisujejo nemške smernice za ločene kanalizacijske sisteme. Koeficient in obenem dotok tujih voda narasteta, ko nastopi kakšen padavinski dogodek, kar nakazuje, da je na našem obravnavanem območju verjetno nekaj napačnih priključkov. V kolikor bi imeli na voljo možnost meritve pretokov, bi lahko natančneje analizirali od kod izvirajo tuje vode in v kolikšni meri. Te se ponavadi izvedejo šele, ko na določenem delu že nastopijo večje količine tujih voda, saj so zelo drage in zahtevne, vendar ne nemogoče.

Kljub temu, da tuje vode na območju IOC Trzin izpolnjujejo predpisane vrednosti, ki jih narekujejo nemške smernice ATV, tega ne smemo privzeti za celotno kanalizacijsko omrežje v upravljanju JKP Prodnik. Zavedati se moramo, da veljajo rezultati le za konkreten primer in jih ne smemo enačiti z drugimi območji. V kolikor bi imeli pri naši analizi količin tujih voda natančnejše podatke o nivojih odpadne vode na črpališču Trzin, s tem je mišljen krajši časovni interval zajema podatkov, bi lahko na ta način prišli do dnevnih pretokov, ki bi lahko v skrajnem primeru služili namesto meritev. Po podatkih JKP Prodnik naj bi se v kratkem vzpostavil nov sistem daljinskega nadzora, ki bo omogočal sodobnejšo tehnologijo za prikaz, obdelavo in zapis podatkov. Kot alternativna metoda za ugotavljanje količin tujih voda bi lahko bile meritve kvalitete vode. S tem bi glede na razredčenje odpadne vode lahko sklepali, v kolikšni meri so te prisotne.

Razmisliti velja, kako in na kakšen način prihraniti pri obratovalnih stroških naprav ter obenem dosegati okoljske cilje. Dejstvo je, da so v našem okolju kanalizacijska omrežja že stara in potrebna sanacij ali celo popolne preнове. Po drugi strani bi z optimizacijami obstoječih kanalizacijskih sistemov in doslednimi izvedbami v prihodnje stopili korak bliže. Prvi korak bi bil, zmanjšati stroške elektrike na črpališčih za odpadne vode, izboljšati delovanje čistilnih naprav, zaradi zmanjšanja količin tujih voda, zreducirati napačne priključke na kanalizacijsko omrežje, izvajati boljši nadzor pri gradbenih delih ...

VIRI

Abwasserabgabe. 2013.

http://www.axel-zangenberg.de/download/Fremdwasser_Aktion_MobiDiR_Pakete.pdf

(Pridobljeno 31. 5. 2013.)

ARSO. 2013. Podatki o količini padavin za leto 2011.

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydlJWblR3LwVnaz9SYtVmYh9iclFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZulWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf> (Pridobljeno 13. 4. 2013.)

Birkner, T. 2006. Einsatzmöglichkeiten mobiler Analytik zur Fremdwasserbestimmung. Gelsenkirchen, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur: 26 str.

Bosseler, B., Puhl, R., Birkner, T. 2004. Reducing extraneous water: detection and condition assessment of leaking private sewers. Publication. Gelsenkirchen, Germany: IKT – Institute for Underground Infrastructure: 13 p.

Brilly, M., Šraj, M. 2005. Osnove hidrologije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str 160.

DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. 2010. Und was macht Ihr Hausanschluss? Hennef, DWA: 20 str.

Eckert, R. 2012. PE Sewer Piping Systems. V: Bringewski, F. (ur.). Korrespondenz Abwasser Abfall. International Special Edition 2012: p. 25 - 31.

Fremdwasser in kommunalen Kläranlagen, Erkennen, bewerten und vermeiden. 2007. Publikation. Karlsruhe, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: str. 1 – 93.

http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/24196/fremdwasser_in_kommunalen_klaeranlagen.pdf?command=downloadContent&filename=fremdwasser_in_kommunalen_klaeranlagen.pdf (Pridobljeno 28. 5. 2012.)

Haas, G. 1993. Guidelines for Performing Infiltration / Inflow Analyses And Sewer System Evaluation Survey. Commonwealth of Massachusetts, Executive Office of Environmental Affairs, Department of Environmental Protection, One Winter Street, Boston, MA 02108 617 – 292 – 5500: 71 p.

Hennerkes, J.A. 2006. Reduzierung von Fremdwasser bei Abwasserentsorgung. Doktorska disertacija. Aachen, Fakultät für Bauingenieurwesen, der Rheinisch – Westfälischen Technischen Hochschule Aachen: str. 1 – 104.

Jereb, Z. 2005. Periteks veliko da na standarde kakovosti pranja in higijene. Finance (25.7.2005) 142: str. 23.

JKP Prodnik d.o.o. 2012. Program odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode za občine Domžale, Lukovica, Mengeš, Moravče in Trzin za obdobje 2013 – 2016.

[http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fnew.prodnik.si%2Ffiles%2Fcontent%2FProgram odvajanja in cisczenja ko munalne in padavinske odpadne vode za obcine Domzale Lukovica Menges Moravce in Trzin za obdobje 2013-2016.pdf&ei=Pj55UZGqIMSlAa964CYBg&usg=AFQjCNHJdwLkP6pgc5ZNFLSDH6-dH9LtRQ&sig2=EyCqLRVkvCF31cSvTPlkrQ&bvm=bv.45645796.d.Yms](http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fnew.prodnik.si%2Ffiles%2Fcontent%2FProgram%2Fodvajanja%2Fin%2Fciszenja%2Fkomunalne%2Fpadavinske%2Fodpadne%2Fvode%2Fza%2Fobcine%2FDomzale%2FLukovica%2FMenges%2FMoravce%2Fin%2FTrzin%2Fza%2Fobdobje%2F2013-2016.pdf&ei=Pj55UZGqIMSlAa964CYBg&usg=AFQjCNHJdwLkP6pgc5ZNFLSDH6-dH9LtRQ&sig2=EyCqLRVkvCF31cSvTPlkrQ&bvm=bv.45645796.d.Yms) (Pridobljeno 25. 4. 2013.)

JKP Prodnik d.o.o. 2013a. Črpališče Trzin. Osebna komunikacija (15. 1. 2013.)

JKP Prodnik d.o.o. 2013b. Hidravlična presoja kanalizacije v IOC Trzin. Osebna komunikacija (15. 1. 2013.)

JKP Prodnik d.o.o. 2013c. Nivo vode na črpališču Trzin. Osebna komunikacija (14. 2. 2013.)

JKP Prodnik d.o.o. 2013č. Fekalna kanalizacija na IOC Trzin. Osebna komunikacija (15. 1. 2013.)

Kač, F., Kus A., B., Sladojevič, A. 2008. Analiza koncepta, rezultatov in razvojnih možnosti industrijske cone Trzin pri Ljubljani. Seminarska naloga. Ljubljana, Ekonomska fakulteta, Magistrski program pojetništva (samozaložba F. Kač, idr.): 19 str.

http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fmiha.ef.uni-lj.si%2Fdokumenti3plus2%2F192163%2FSN1KacKus.rtf&ei=ZzR5Ufu4Ao_IsgaxiYGgBQ&usg=AFQjCNE1zzWIKf7ZHB9uPnKBvWQN79IIPw&bvm=bv.45645796.d.Yms&cad=rja (Pridobljeno 12. 4. 2013.)

Kanalsanierung: Entwicklung innovativer Konzeptionen und Verfahren zur Sanierung von öffentlichen und privaten Känalen mit dem Schwerpunkt Grundstücksentwässerung. 2011. Teilbericht zum Forschungsprojekt 2011. Gelsenkirchen, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur: 68 str.

<http://www.ikt.de/down/f0194anhang3.pdf> (Pridobljeno 28. 5. 2012.)

Kanalsanierung ist Vertrauenssache. 2012.

[http://www.w-geiger.de/web/web.nsf/gfx/DF76FB639FBF0B2CC12578E800486E48/\\$file/broschuere_kanaltechnik.pdf](http://www.w-geiger.de/web/web.nsf/gfx/DF76FB639FBF0B2CC12578E800486E48/$file/broschuere_kanaltechnik.pdf) (Pridobljeno 6. 6. 2012.)

Karpf, C., Krebs, P. 2011. Quantification of groundwater infiltration and surface water inflows in urban sewer networks based on a multiple model approach. Water research 45: 3129 - 3136.

Koch, F. 2007. Quantitative und qualitative Fremdwasseranalyse anhand von Monitoringdaten am Beispiel des AWV Piestingtal. Diplomsko delo. Wien, Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser Atmosphäre Umwelt, Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz (samozaložba F. Koch): 90 str.

Kolar, J. 1983. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda (Tehnika zbiranja, odvoda, čiščenja in dispozicije odpadne ter padavinske vode). Ljubljana, Državna založba Slovenije: 523 str.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden Württemberg (LFU). 2005. Leitfaden Abwasserabgabe. Karlsruhe, Umweltministerium Baden-Württemberg: 74 str.

http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/13996/leitfaden_abwasserabgabe_1.pdf?command=downloadContent&filename=leitfaden_abwasserabgabe_1.pdf (Pridobljeno 31. 5. 2013.)

Lucas, S. 2003. Auftreten, Ursachen und Auswirkungen hoher Fremdwasserabflüsse – eine zeitliche und räumliche Analyse. Doktorska disertacija. Karlsruhe, Universität Karlsruhe (TH), Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften und Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISWW) (samozaložba S. Lucas): str. 9 – 78.

Maleiner, F. 2009. Problematika tujih voda. Gradbeni vestnik 58, 7: 170 – 179.

Maleiner, F. 2011. Problematika tujih vod. V: Čiščenje odpadnih voda, 2. in 3. junij 2011, Inštitut za varilstvo, Ljubljana. Ljubljana, Most do znanja, družba za izobraževanje d.o.o.: 1 – 19.

Maleiner, F. 2013. Ločeni ali mešani sistem kanalizacije; odvajanje, čiščenje ter odstranitev padavinskih vod. Elektronsko sporočilo za Žlindra, M. 8. 5. 2013. Osebna komunikacija.

Maus, H., Evers, P. 2005. Fremdwasserproblematik, Ursachen und Ansätze zur Reduzierung. V: Frechen, F.B. (ur.). 10. Kasseler Siedlungswasserwirtschaftliches Symposium, Kassel, 4. Oktober 2005. (Forschung für die Praxis). Kassel, Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft der Universität Kassel: 16.1 – 16.16.

Milojevic, N. 2008. Zaščita podzemne vode z modelom za sanacijo kanalizacije. V: Roš, M. (ur.). Zbornik referatov. Vodni dnevi 2008, Portorož, 15. in 16. oktober 2008. Portorož, SDZV – Slovensko društvo za zaščito voda: str. 1 – 12.

Občina Trzin. 2013.

<http://www.trzin.si/predstavitev-obcine/> (Pridobljeno 12. 4. 2013.)

Odlok o odvajanju komunalne in padavinske odpadne vode v občini Trzin. 2009.

<http://www.trzin.si/files/predpis/obcinski/f02439acccc9396e9e1bb99b0a84ccfa.doc>
(Pridobljeno 15. 4. 2013.)

Pakerji. 2012.

<http://www.savatech.si/zascita-okolja-in-resevanje/napihljivi-izdelki-za-vzdrzevanje-in-preskusanje/pnevmatiski-pakerji-za-sanacijo-cevi.html> (Pridobljeno 11. 6. 2012.)

Palaske, T. 2009. Kanalsanierung mit Reparaturverfahren (Einsatzgrenzen der Roboterverfahren):

http://www.ta-hannover.de/newsletter/2010/04_10/palaska.pdf (Pridobljeno 6. 6. 2012.)

Panjan, J. 2002. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture (vodovod in čiščenje pitnih voda, odvodnjavanje in čiščenje onesnaženih voda in komunalni odpadki). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo: 289 str.

Pravilnik o tehnični izvedbi in uporabi objektov in naprav javne kanalizacije. 2010.
<http://www.trzin.si/files/predpis/obcinski/b54bd81446501c00680196c9bb827ece.doc>
(Pridobljeno 15. 4. 2013.)

Prostorski informacijski sistem občin (PISO). 2013.
<http://www.geoprostor.net/PisoPortal/vstopi.aspx> (Pridobljeno 12. 4. 2013.)

Pregled kanalov s TV kamero. 2012.
http://www.ibak.de/minilite_mobilite+M5d54ecb1cc1.0.html (Pridobljeno 28. 5. 2012.)

Rieckermann, J., Bares, V., Kracht, O., Braun, D., Gujer, W. 2007. Estimating sewer leakage from continuous tracer experiments. *Water research* 41: 1960 – 1972.

Ročna popravila. 2012.
<http://www.dus-rohr.de/handsanierung.php?h=2&r=1&u=1&p=16> (Pridobljeno 28. 5. 2012.)

Rutsch, M., Rieckermann, J., Cullmann, J., Ellis, J.B., Vollertsen, J., Krebs, P. 2008. Towards a better understanding of sewer exfiltration. *Water research* 42 (2008): 2385 - 2394.

Sanacije Geiger. 2012.
http://www.w-geiger.de/web/web.nsf/id/pa_sanierungsverfahren.html (Pridobljeno 28. 5. 2012.)

Schlüter, M., Hein, R., Bach, J., Denneborg, M., Walbaum, V., Zentner, S. 2008. Fremdwassrsanierungskonzept Billerbeck, Dränagewasser umweltgerecht ableiten. *Korrespondenz Abwasser Abfall* 55, 2: 131 – 138.

Schwarzbartl, T.E., Rakar, A., Panjan, J. 2009. Določanje prioritete obnove kanalizacijskega omrežja po metodi minimalnega tveganja. *Gradbeni vestnik* 58, 5: 123 – 131.

Sickert, E. 1999. *Kanalisationen im Wandel der Zeit. V: ATV - Abwassertechnische Vereinigung (ur.). Geschichte der Abwasserentsorgung 50 Jahre ATV (1948 - 1998).* Hennef, Založba GFA - Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik: 17 - 36.

Smernice ATV-A 105E. 1997. *Selection of the Drainage System*: 15 str.

Smernice ATV-A 118E. 1999. *Hydraulic Dimensioning and Verification of Drainage Systems*: 35 str.

Smernice ATV-A 128E. 1992. *Standards for the Dimensioning and Design of Stormwater Overflows in Combined Wastewater Sewers*: 74 str.

Statistični urad Republike Slovenije. 2013.
<http://www.stat.si/obcinevstevilkah/Vsebinska.aspx?leto=2011&id=187> (Pridobljeno 12. 4. 2013.)

Stein, D., Niederehe, W. 1987. *Instandhaltung von Kanalisationen.* Berlin, Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften Berlin: 356 str.

Ta stran je namenoma prazna.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: NIVO VODE NA ČRPALIŠČU TRZIN, 20. JANUAR 2013

PRILOGA A.1:	NIVO VODE NA ČRPALIŠČU TRZIN OD 00:00 DO 11:00	A1
PRILOGA A.2:	NIVO VODE NA ČRPALIŠČU TRZIN OD 09:00 DO 20:00	A2
PRILOGA A.3:	NIVO VODE NA ČRPALIŠČU TRZIN OD 15:00 DO 00:00	A3

PRILOGA B: IZRAČUNANI DODATKI TUJIH VODA ZA LETO 2011

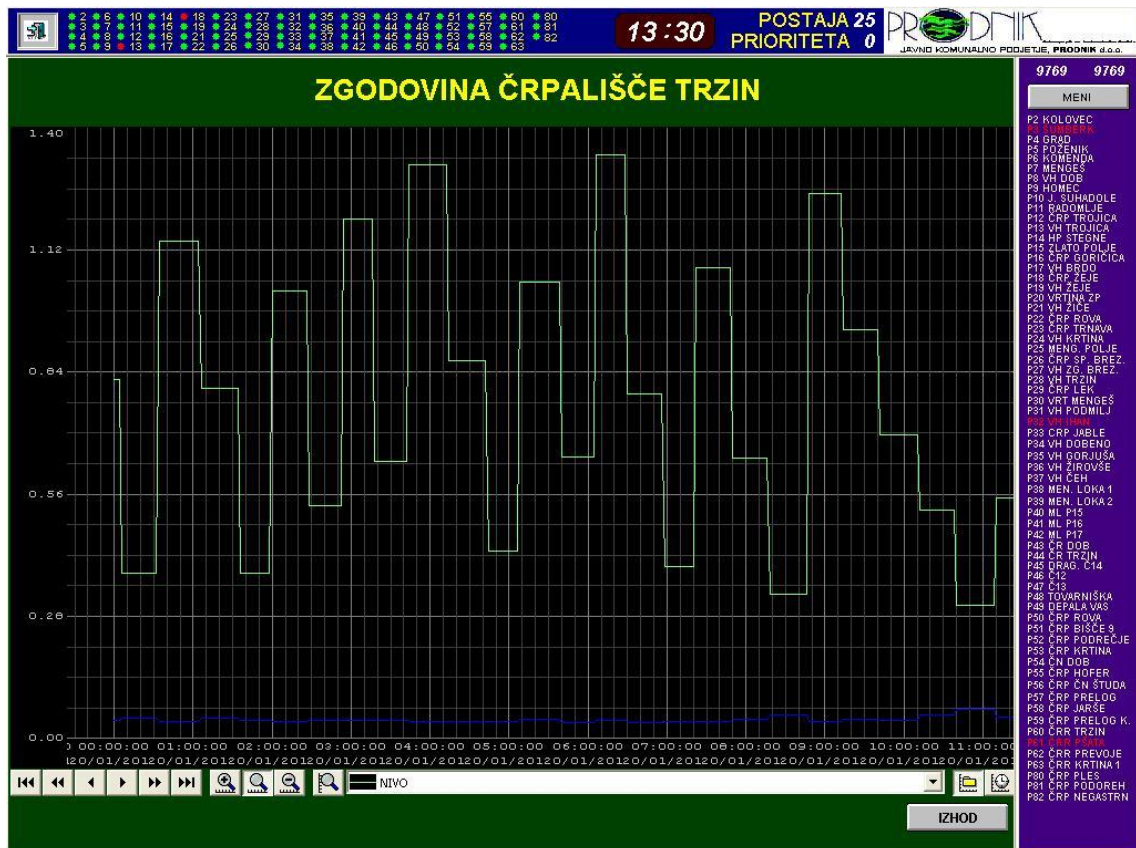
PRILOGA B.1:	PRIKAZ DODATKOV TUJIH VODA OD JANUARJA DO DECEMBRA 2011	B1
--------------	---	----

PRILOGA C: PRIMERJAVA SPECIFIČNEGA DOTOKA TUJIH VODA

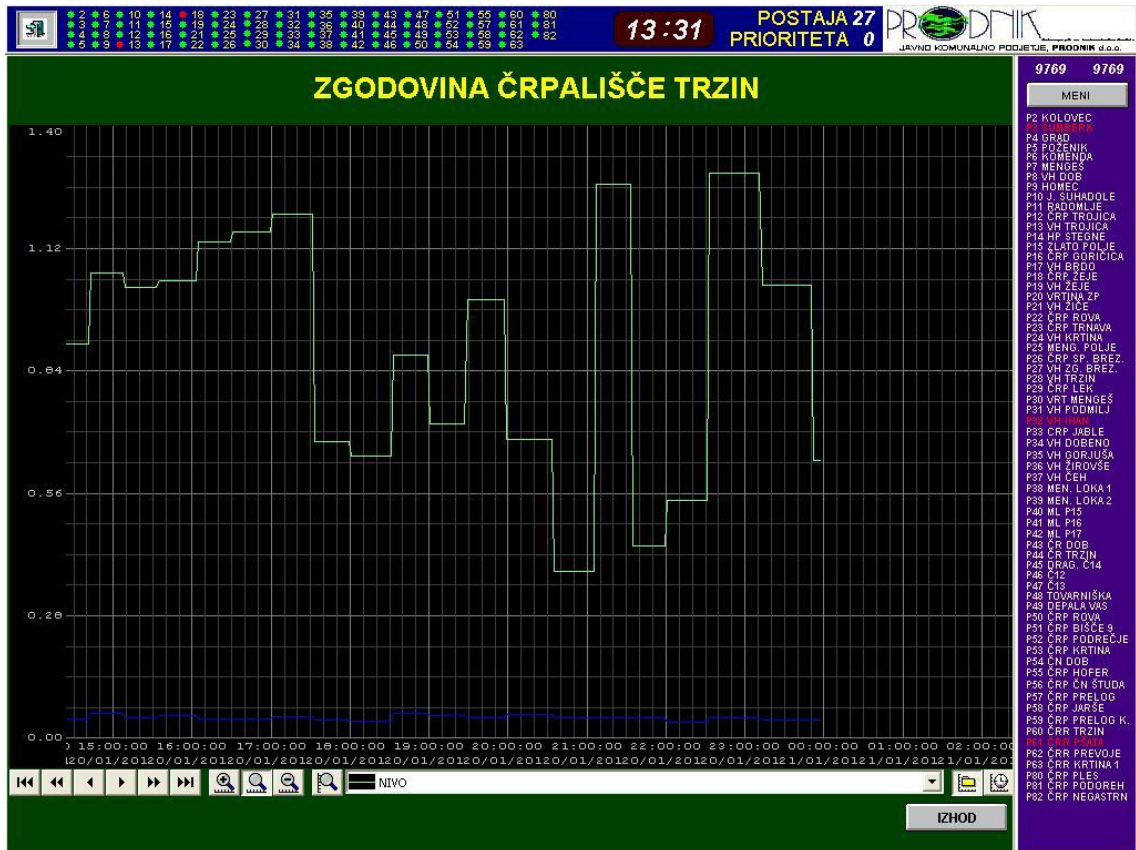
PRILOGA C.1:	PRIKAZ SPEC. DOTOKA TUJIH VODA ZA FEBRUAR 2011 IN 2012	C1
--------------	--	----

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA A.1: NIVO VODE NA ČRPALIŠČU TRZIN od 00:00 do 11:00 (JKP Prodnik, 2013c)

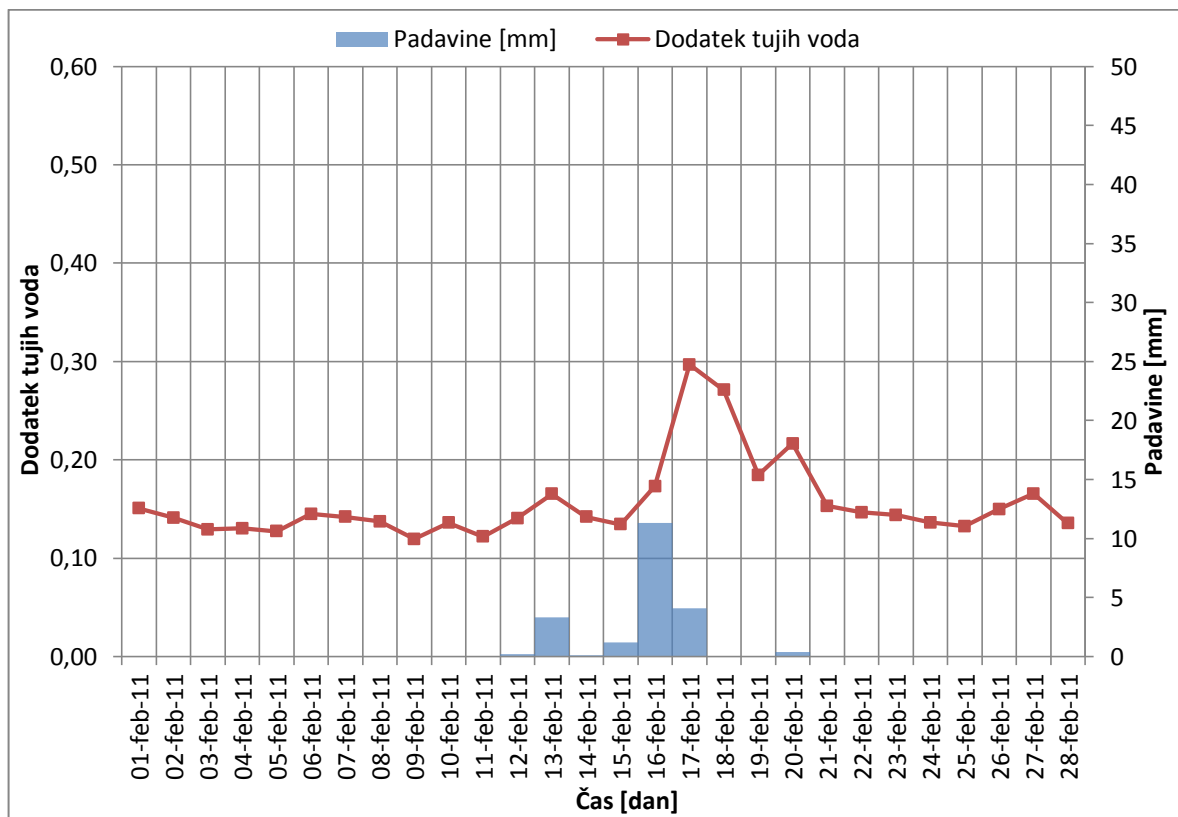
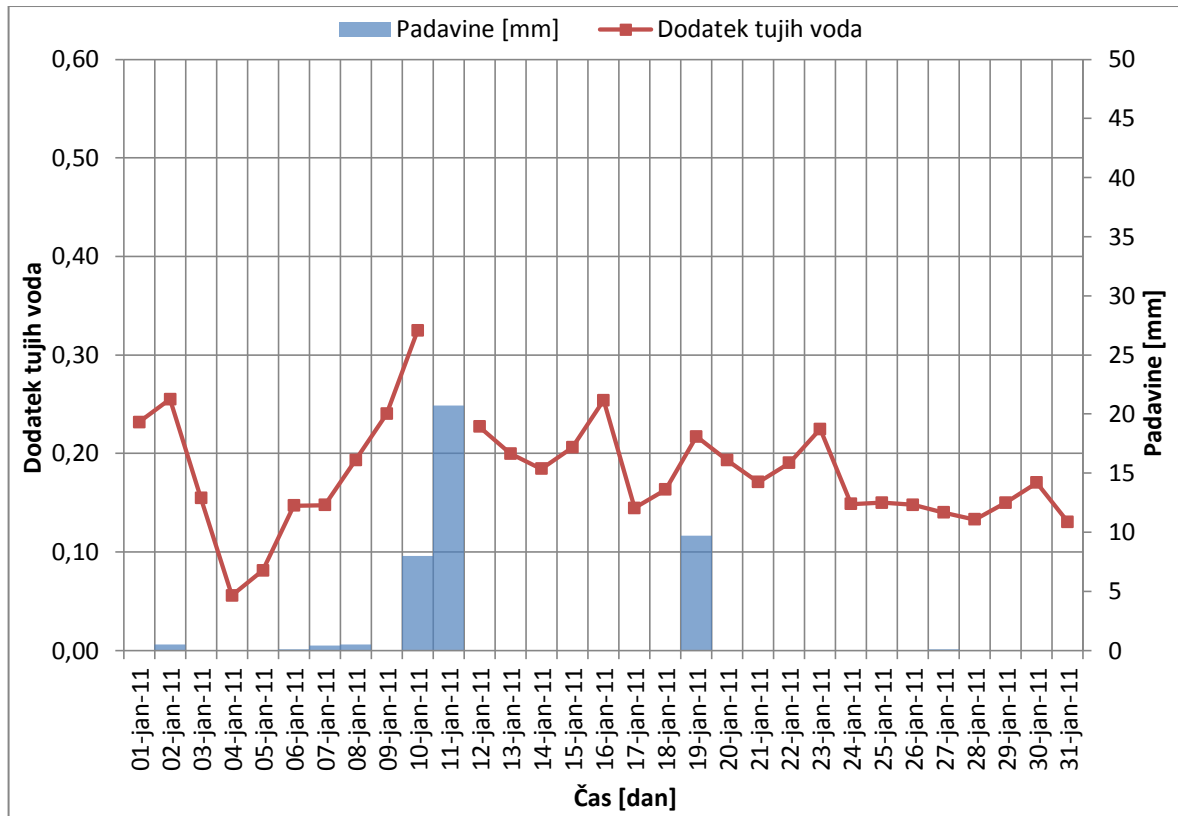


PRILOGA A.3: NIVO VODE NA ČRPALIŠČU TRZIN od 15:00 do 00:00 (JKP Prodnik, 2013c)



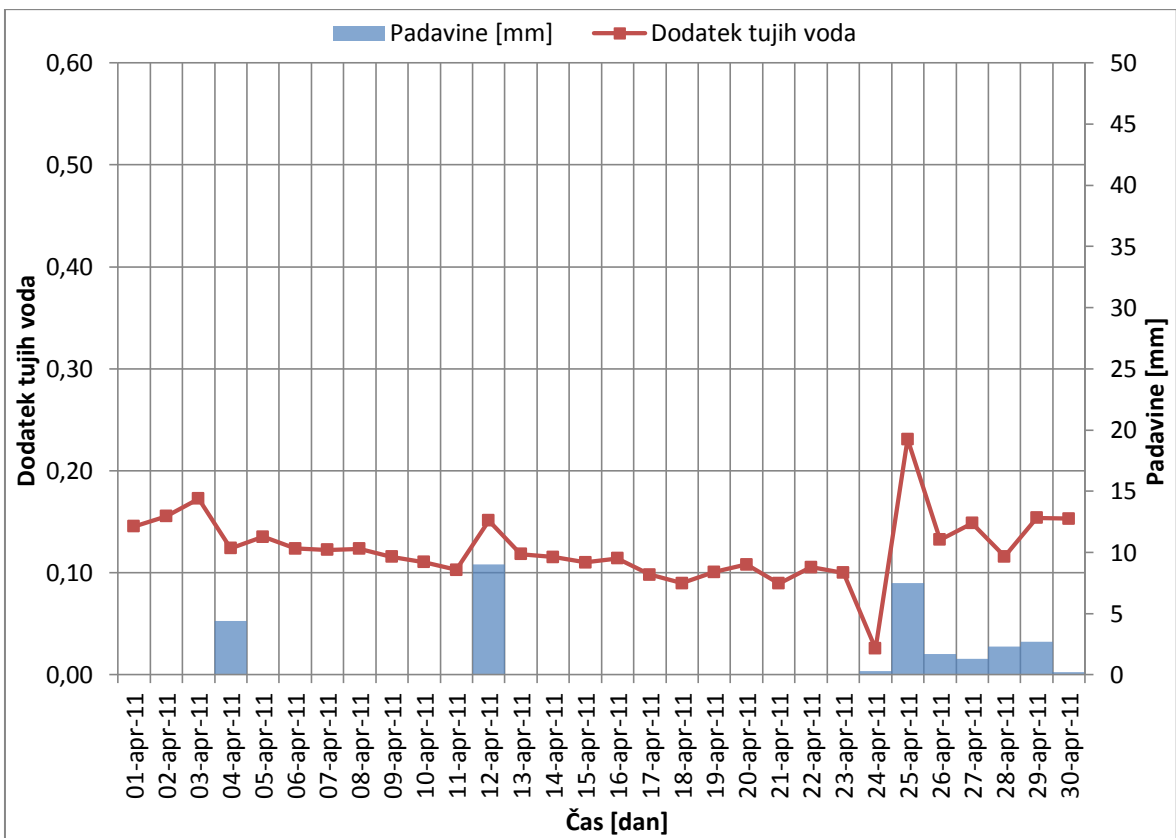
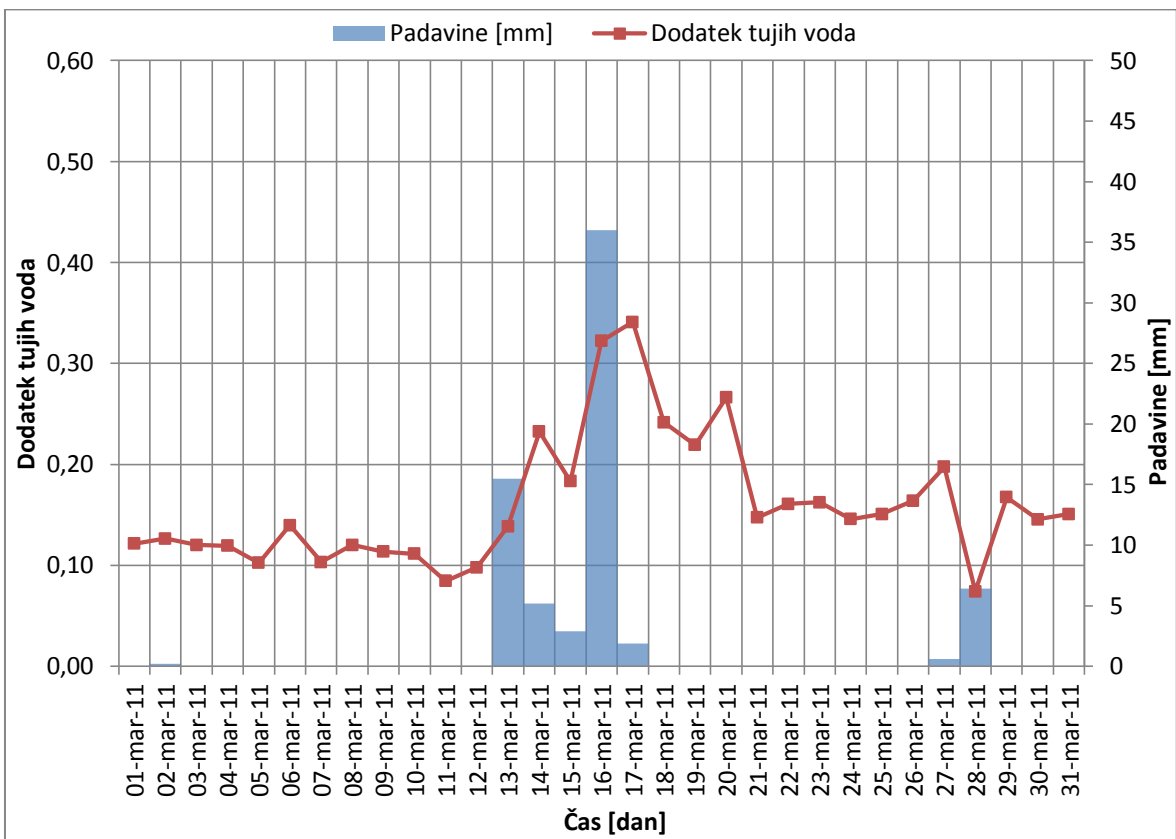
Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA B1: PRIKAZ DODATKOV TUJIH VODA OD JANUARJA DO DECEMBRA 2011



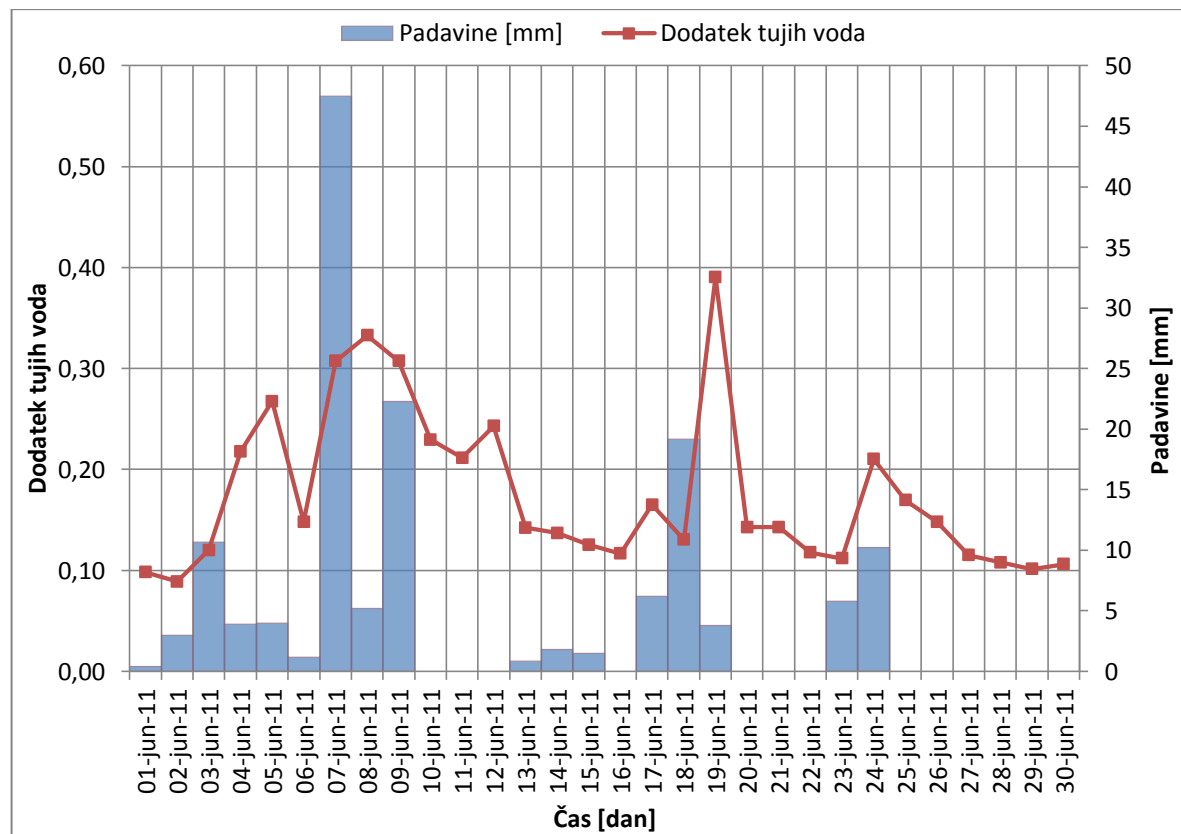
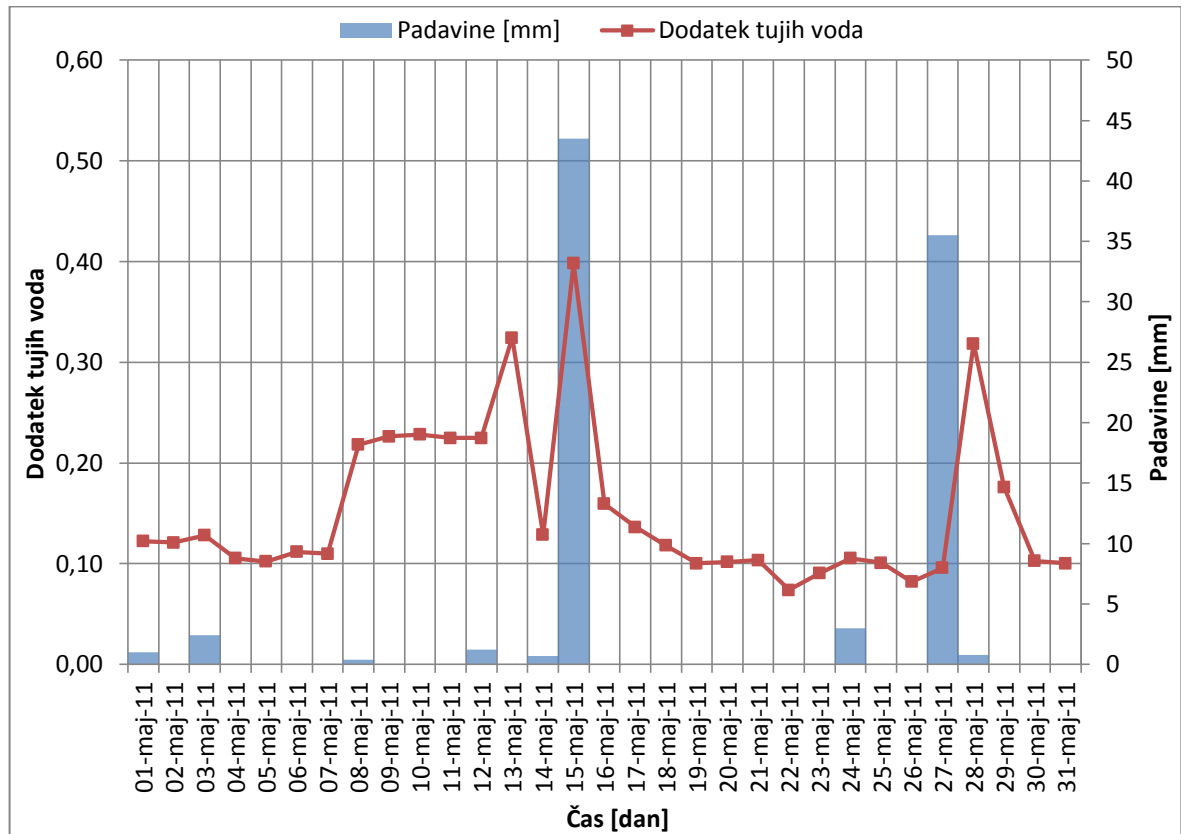
... se nadaljuje

... nadaljevanje Priloge B.1



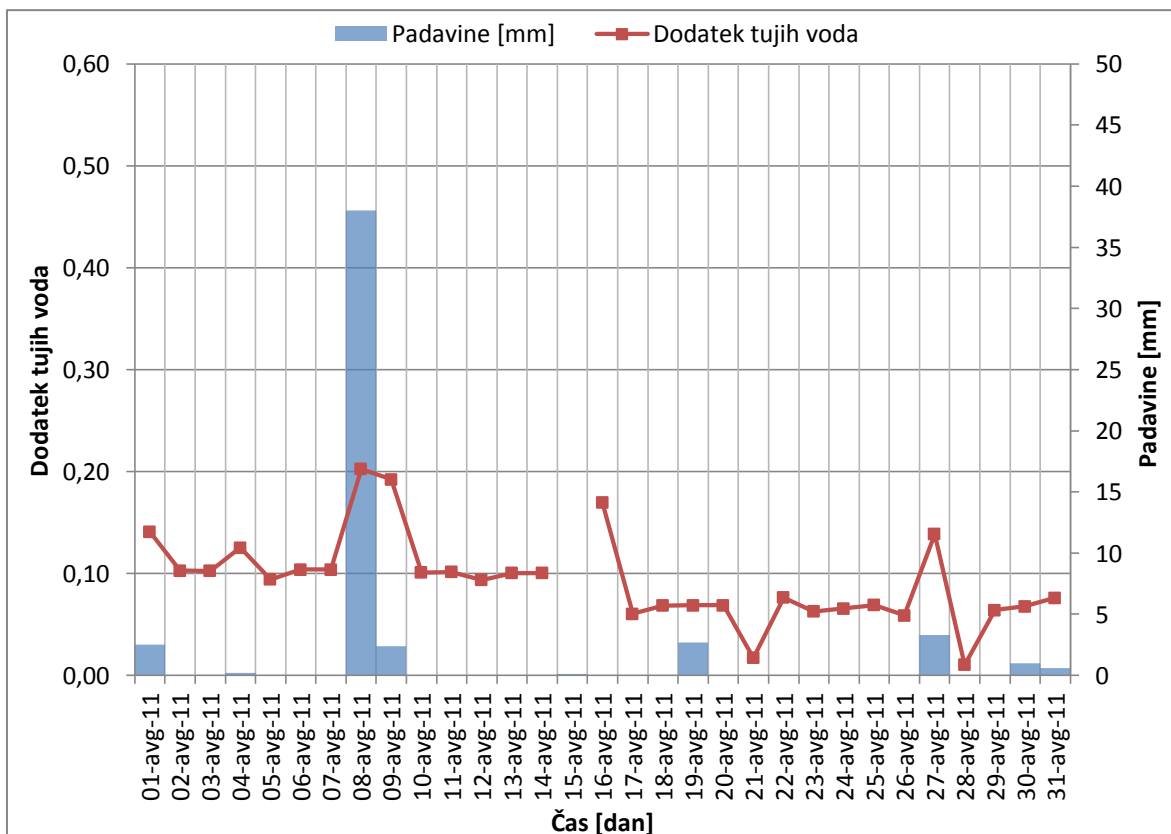
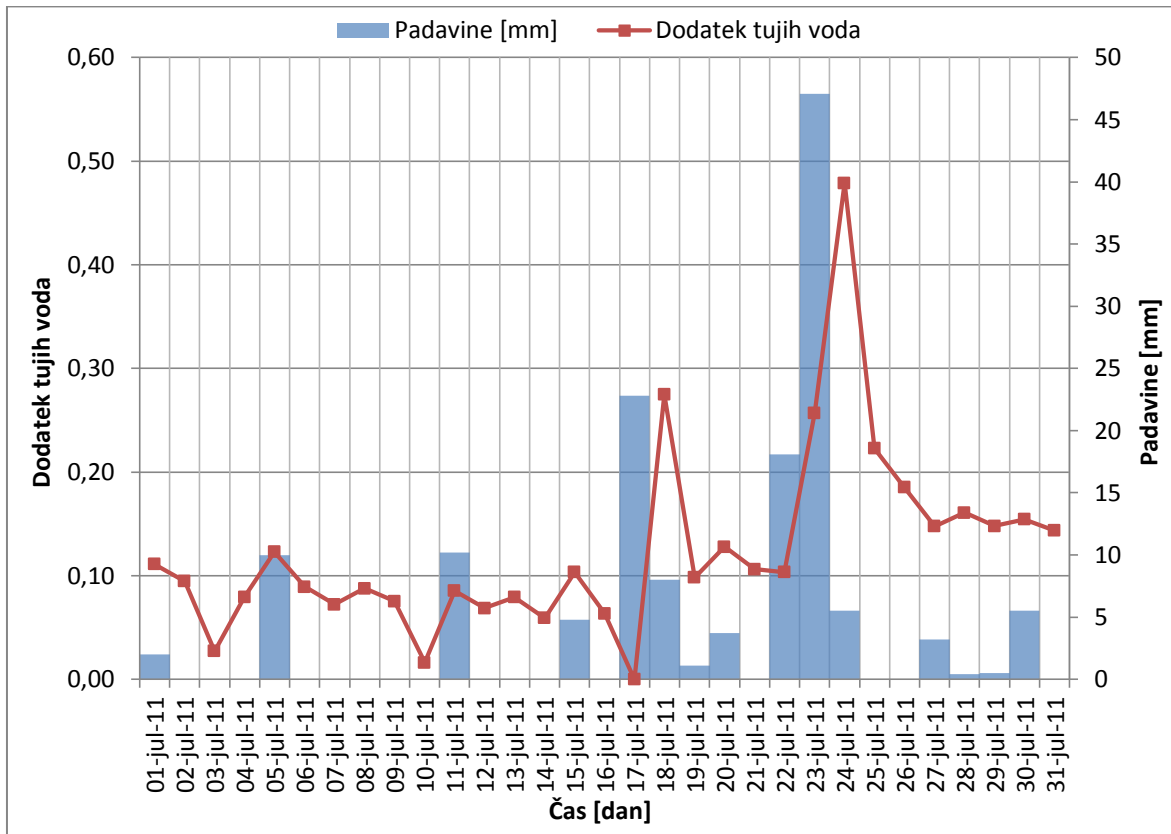
... se nadaljuje

... nadaljevanje Priloge B.1



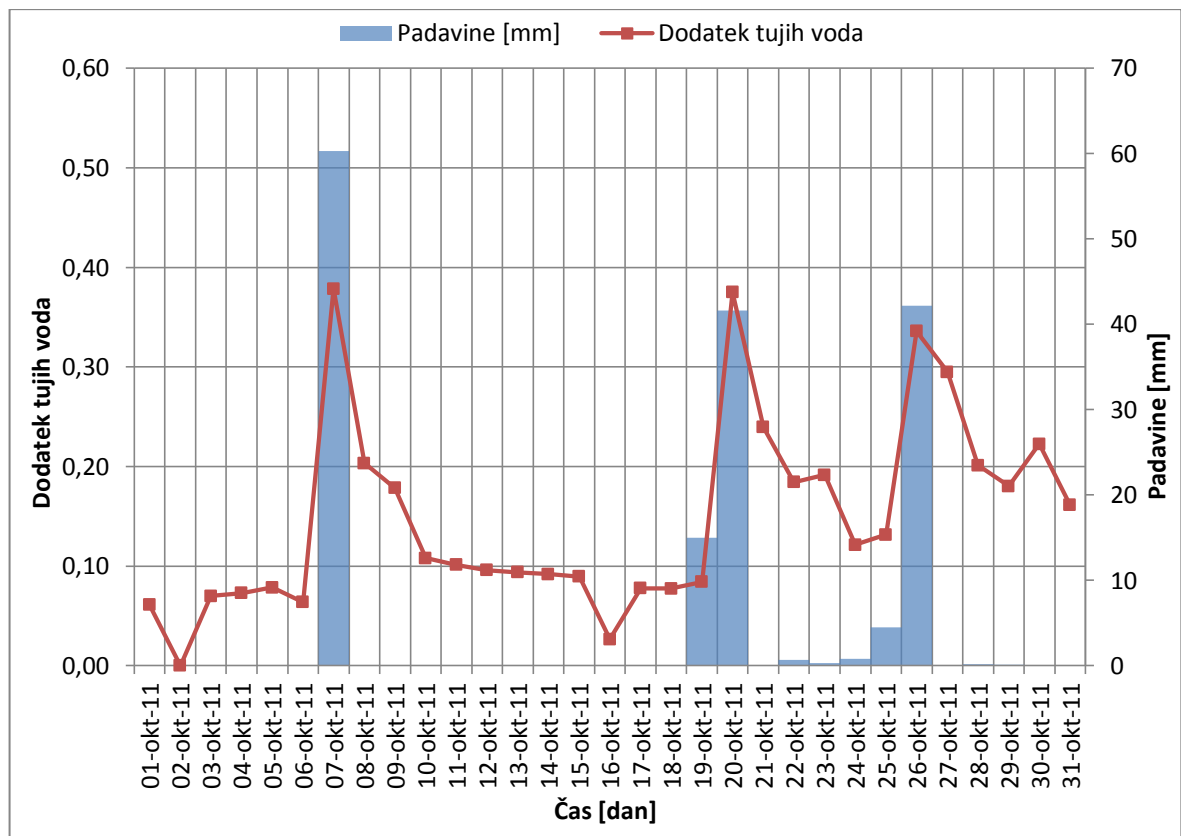
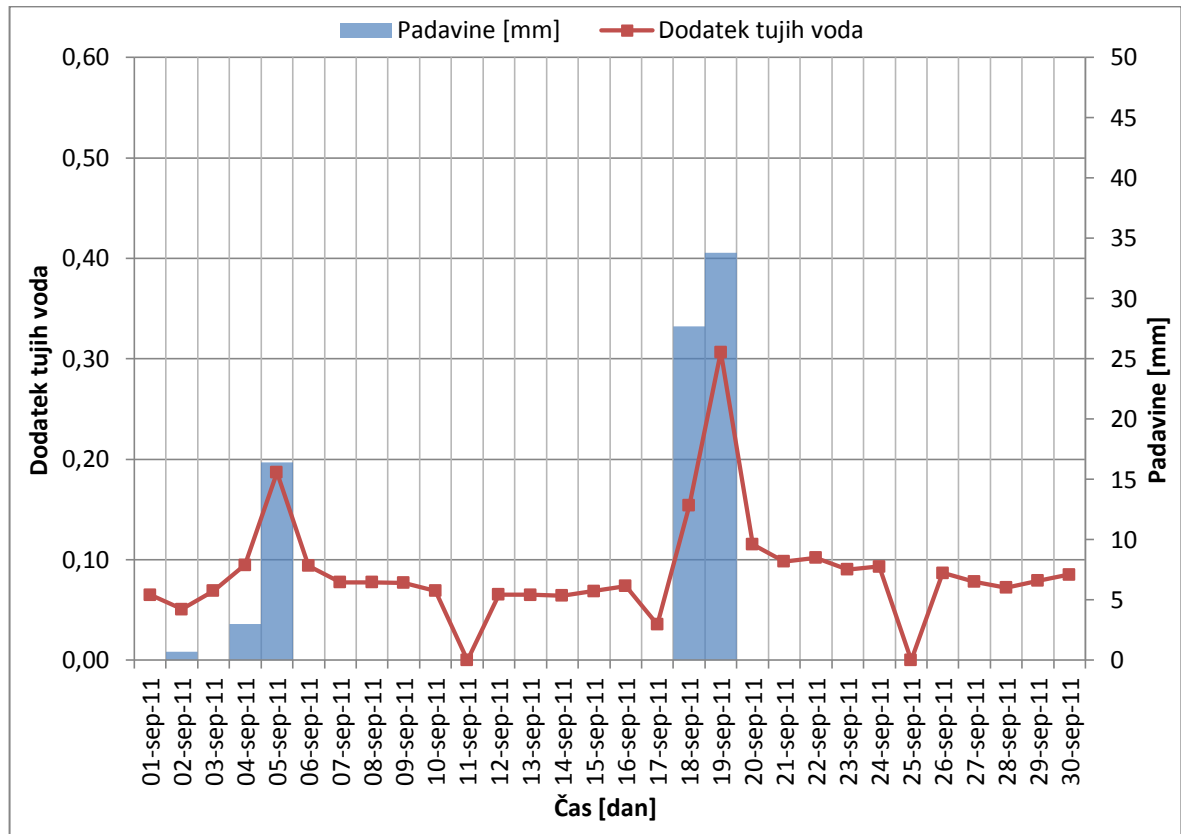
... se nadaljuje

... nadaljevanje Priloge B.1



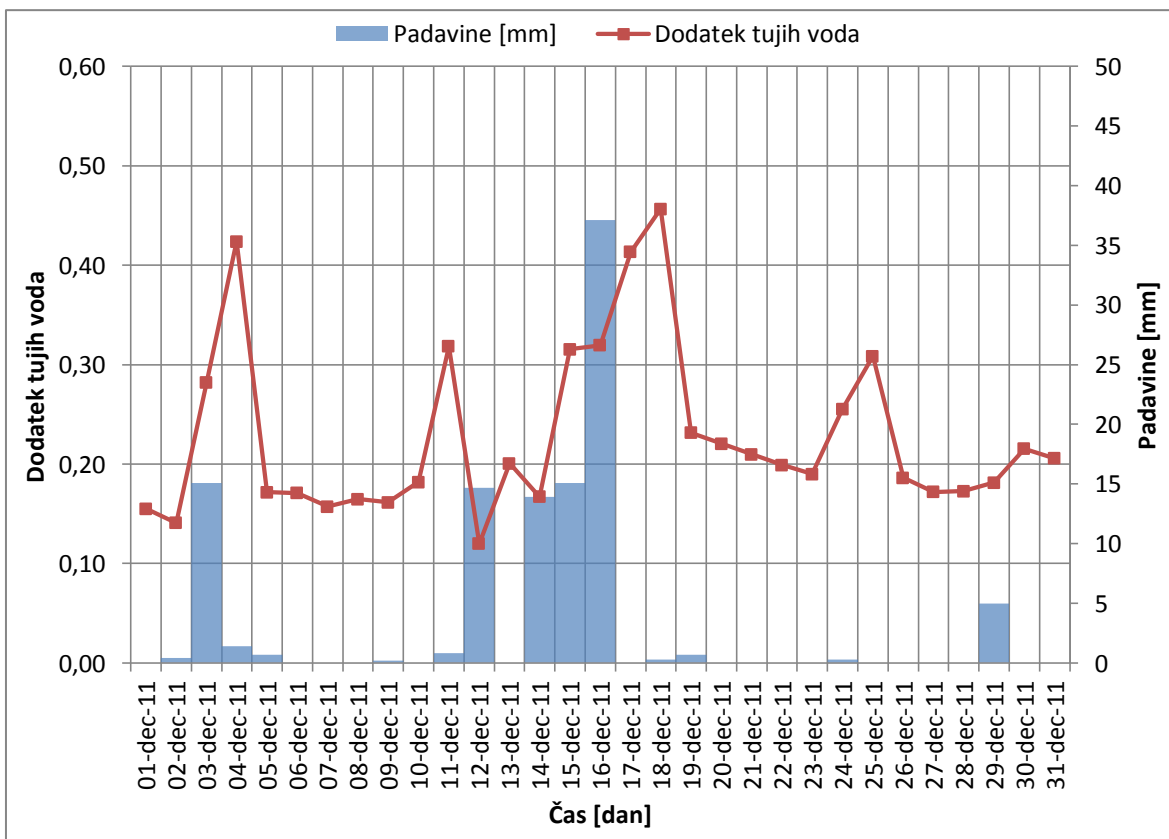
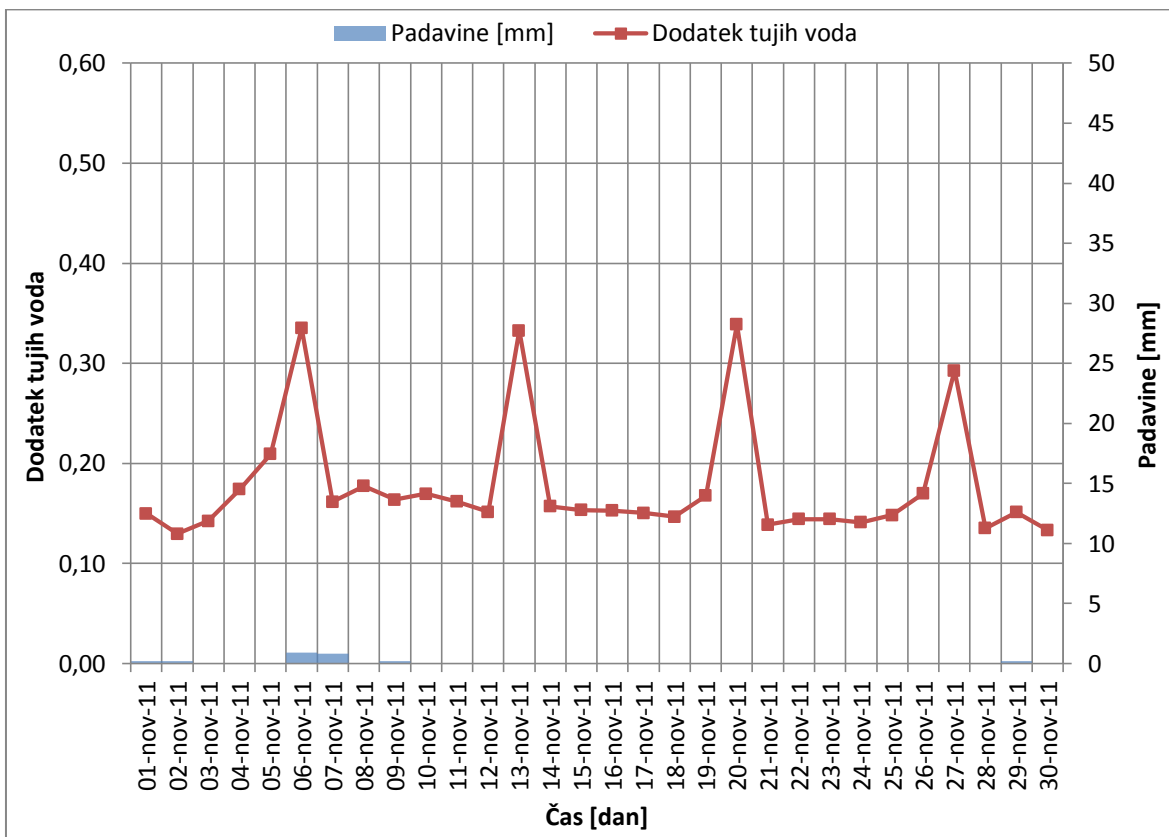
... se nadaljuje

... nadaljevanje Priloge B.1



... se nadaljuje

... nadaljevanje Priloge B.1



PRILOGA C.1: PRIKAZ SPEC. DOTOKA TUJIH VODA ZA FEBRUAR 2011 IN 2012

