

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 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

Kandidatka:

Brigita Bijol

Različni načini odvodnje onesnažene vode iz naselja Dolenja vas

Diplomska naloga št.: 138

Mentor:

izr. prof. dr. Jože Panjan

Somentor:

asist. dr. Mario Krzyk

Ljubljana, 2010

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATTA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Brigita Bijol izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:

» **Različni načini odvodnje onesnažene vode iz naselja Dolenja vas** »

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, _____2010

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 628.2(043.2)
Avtor: Brigita Bijol
Mentor: izr. Prof. dr. Jože Panjan
Somentor: asist. dr. Mario Krzyk
Naslov: Različni načini odvodnje onesnažene vode iz naselja Dolenja vas
Obseg in oprema: 116 str., 16 pregl., 48 sl.

Ključne besede: Dolenja vas, vakuumski sistem, tlačni sistem, hidravlično dimenzioniranje

Izvleček

V diplomskem delu so predstavljene idejne rešitve treh načinov odvodnje onesnažene vode iz naselja Dolenja vas. V naselju se predvidi in primerja gravitacijsko, tlačno in vakuumsko kanalizacijo iz tehničnega in stroškovnega vidika. Podan je tudi zaključek, kateri sistem je stroškovno in tehnično najbolj smislen. Podrobno so opisane značilnosti, prednosti in pomanjkljivosti teh treh kanalizacijskih sistemov. Prikazan je postopek dimenzioniranja vakuumskega in tlačnega sistema ter dejavniki, ki vplivajo na samo načrtovanje posameznega sistema. V ekološkem smislu sem tudi vse sisteme med seboj primerjala. V diplomski nalogi sem dala večji poudarek alternativni odvodnji, torej vakuumski in tlačni kanalizaciji. Tudi v Sloveniji imamo v zadnjem času zgrajenih nekaj vakuumskih sistemov.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 628.2(043.2)
Author: Brigita Bijol
Supervisor: assoc. Prof. dr. Jože Panjan
assist. dr. Mario Krzyk
Title: Different methos of polluted water drainage from the residential area
Dolenja vas
Notes: 116 p., 16 tab., 48 fig.
Key words: Dolenja vas, vacuum sewer system, pressure sewer system, hydraulic
dimensioning

Abstract:

The BA presents preliminary designs for three different methods of polluted water drainage away from the residential area Dolenja vas. From the technical point of view and regarding the costs, the gravitational, pressure and vacuum sewerage systems are compared. A conclusion, which system would be more rational and technically reasonable is also given. There is consists of an in-depth presentation of the features, the advantages and shortcomings of all three sewerage systems. The dimensioning process of the vacuum and pressure systems is presented, as are the factors, which are affecting the planning process for each system. All systems have also been compared from an environmental point of view. Alternative drainage systems (e.g. the vacuum and pressure sewerage systems) are stressed in the thesis. Some vacuum systems are also operational in Slovenia.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Jožetu Panjanu ter somentorju asist. dr. Mario Krzyku za pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Posebna zahvala gre staršem, ki sta mi stala ob strani v času študija, možu Roku za podporo in pomoč pri izdelavi diplomske naloge. In nenazadnje Bogu hvala, da se je vse tako lepo izšlo.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	ODVODNJAVANJE ONESNAŽENIH VODA	2
2.1	Gospodarjenje z odpadno vodo	3
2.1.1	Osnova za dimenzioniranje kanalizacijskega omrežja.....	4
2.2	Gospodarjenje s padavinsko vodo	6
2.2.1	Vpliv utrjenih površin na padavinski odtok	8
2.2.1	Uporaba padavinske vode.....	9
2.2.2	Določitev količine padavinske vode	12
3	GRAVITACIJSKI NAČIN ODVODNJE	14
3.1	Kanalizacijski sistemi	15
3.1.1	Ločen kanalizacijski sistem odvodne onesnažene vode (LKS)	15
3.1.2	Mešan kanalizacijski sistem odvodne onesnažene vode (MKS)	16
3.1.3	Delno mešan in ločen sistem.....	17
3.2	Izbira pravega sistema kanalizacije	18
3.2.1	Osnovne značilnosti obeh sistemov	18
3.2.2	Kriteriji za izbiro pravega sistema	19
3.3	Prednosti in pomanjkljivosti mešane in ločene kanalizacije	21
3.3.1	Ločen sistem kanalizacije	22
3.3.2	Mešan sistem kanalizacije.....	23
3.4	Primerjava obeh sistemov glede na vpliv okolja	23
3.4.1	Zadrževanje padavinske vode	24
3.4.1.1	V mešanem sistemu kanalizacije.....	24
3.4.1.2	V ločenem sistemu kanalizacije.....	28
3.4.2	Razbremenjevanje padavinske vode	29
3.4.3	Dopustne obremenitve v ločeni in mešani kanalizaciji	30
3.4.4	Kratka primerjava onesnaževanja v ločenem in mešanem sistemu	33
4	ALTERNATIVNA ODVODNJA – TLAČNA IN VAKUUMSKA KANALIZACIJA	34
4.1	Vakuumska ali podtlačna kanalizacija	34
4.1.1	Kratek zgodovinski razvoj vakuumske kanalizacije	34

4.1.2	Delovanje vakuumskega načina odvodnje	35
4.1.3	Opis komponent vakuumskega sistema	38
4.1.3.1	Hišni priključek	38
4.1.3.2	Vakuumski hišni priključni jašek (VHPJ)	39
4.1.3.3	Vakuumski ventili	41
4.1.3.4	Vakuumsko omrežje	44
4.1.3.5	Vakuumska postaja	47
4.1.4	Načrtovanje vakuumske kanalizacije.....	52
4.1.4.1.	Osnove hidravličnega izračuna.....	53
4.2	Tlačna kanalizacija	59
4.2.1	Zgodovinski pregled tlačne kanalizacije	59
4.2.2	Uporaba in osnovne značilnosti tlačnega sistema odvodnje.....	61
4.2.3	Delovanje tlačne kanalizacije	62
4.2.4	Opis posameznih delov tlačne kanalizacije.....	67
4.2.4.1	Zbirna posoda	67
4.2.4.2	Črpalna enota	68
4.2.4.3	Črpališče	68
4.2.4.4	Tlačni cevovod	70
4.2.4.5	Ventili	71
4.2.5	Načrtovanje tlačne kanalizacije.....	71
4.2.5.1	Pretoki	71
4.2.5.2	Maksimalni zadrževalni čas.....	71
4.2.5.3	Minimalna hitrost	72
4.2.5.4	Velikosti tlačnih cevovodov in črpališč	72
4.3	Prednosti in pomanjkljivosti sistemov alternativne odvodnje	75
5	<i>PRIMERJAVA GRAVITACIJSKE ODVODNJE Z ALTERNATIVNO</i>	<i>77</i>
6	<i>IDEJNA REŠITEV ODVODNJE ONESNAŽENE VODE V DOLENJI VASI.....</i>	<i>78</i>
6.1	Geološke, hidrološke, urbanistične značilnosti naselja Dolenja vas.....	78
6.1.1	Občina Ribnica	78
6.1.2	Osnovne značilnosti Dolenje vasi	80
6.1.3	Geološke značilnosti	81

6.1.4	Podnebne značilnosti in padavine	82
6.1.5	Hidrološke značilnosti	83
6.1.6	Prebivalstvo in industrija	85
6.1.7	Obstoječe stanje v Dolenji vasi.....	87
6.2	Zasnova različnih kanalizacijskih sistemov za sušni odtok	88
6.2.1	Hidralični izračun za sušni odtok.....	88
6.2.2	Gravitacijska odvodnja onesnažene vode	90
6.2.3	Vakuumska odvodnja onesnažene vode	93
6.2.3.1	Hidravlični izračun podtlačnega sistema	97
6.2.4	Tlačna odvodnja onesnažene vode.....	99
6.2.4.1	Dimenzioniranje črpališč	102
6.2.5	Primerjalni prikaz poteka kanalov treh odvodnih sistemih	106
7	<i>APROKSIMATIVNI PREDRAČUN VSEH TREH NAČINOV ODVODNJE V DOLENJI VASI.....</i>	<i>108</i>
8	<i>ZAKLJUČEK.....</i>	<i>111</i>
	<i>LITERATURA.....</i>	<i>113</i>
	<i>PRILOGE.....</i>	<i>116</i>

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Biološka obremenitev prebivalca na dan.....	4
Preglednica 2: Groba klasifikacija kvalitete odpadnih vod	11
Preglednica 3: Čas koncentracije po ASCE	14

Preglednica 4: Koeficienti odtoka za razne vrste površin	14
Preglednica 5: Kriteriji za izbor kanalizacijskega sistema	21
Preglednica 6: Koncentracija onesnažil v mešani kanalizaciji in v kanalizaciji samo s padavinskim odtokom	32
Preglednica 7: Srednja koncentracija onesnažil padavinskih voda s prometnih površin v naselju	33
Preglednica 8: Razširjenost batnih in membranskih ventilov po Evropi in izven nje.....	36
Preglednica 9: Tabela za določitev razmerja voda/zrak	54
Preglednica 10: Tabela za določitev premera cevi	54
Preglednica 11: Priporočljive višine »liftov«	58
Preglednica 12: Določitev velikosti premera tlačnega voda glede na število priključenih gospodinjstev	72
Preglednica 13: Popis prebivalstva leta 2002	85
Preglednica 14: Popis prebivalstva po letih.....	86
Preglednica 15: Investicijski stroški izgradnje različnih sistemov	108
Preglednica 16: Investicijski stroški izgradnje različnih sistemov glede na m1 kanalizacijskih cevi	110

KAZALO SLIK

Slika 1: Shema priključitve hišne kanalizacije na javno kanalizacijo	3
Slika 2: Zbiralniki za zbiranje deževnice	7
Slika 3: Prikaz koriščenja zbrane padavinske vode.....	8
Slika 4: Shema ločenega kanalizacijskega sistema	16
Slika 5: Shema mešanega kanalizacijskega sistema.....	17
Slika 6: Delno MKS (desno) in delno LKS (levo)	18
Slika 7: Prikaz delovanja zadrževalnega bazena	25
Slika 8: Vzporedno priključevanje deževnih bazenov	27
Slika 9: Zaporedno priključevanje deževnih bazenov	27
Slika 10: Ohranjeni načrt vakuumske kanalizacija.....	35
Slika 11: Delovanje vakuumske kanalizacije	37
Slika 12: Prerez vakuumskega priključnega jaška sistema Airvac.....	40
Slika 13: PE-HD VHPJ izdelan v Sloveniji	41
Slika 14: 3" batni ventil	42
Slika 15: 2" - Roevac membranski ventil	43
Slika 16: : 3" batni ventil Airvac v hišnem priključnem jašku	44
Slika 17: : Pohodni pokrov VPHJ	44
Slika 18: Žagasti profil	45
Slika 19: Način polaganja.....	45
Slika 20: Hitra in enostavna gradnja vakuumske kanalizacije	46
Slika 21: Vakuumska postaja Airvac v Logatcu	47
Slika 22: Plovec, ki kaže nivo vode v vakumskem kotlu	47

Slika 23: Tlačni črpalki v VP	48
Slika 24: Vakuumski črpalki v VP	48
Slika 25: Prikaz, kjer gre tlačni vod iz vakuumskega kotla in kjer vakuumski kanal pride v vakuumski kotel.....	50
Slika 26: Krmilna postaja v vakumski postaji, ki v primeru napake javi na računalnik	51
Slika 27: Računalnik, kjer se na zaslonu ventil, ki so v okvari, obarvajo rdeče	51
Slika 28: Fair-ov patent tlačnega sistema iz leta 1965	60
Slika 29: Shema prereza tlačne kanalizacije.....	63
Slika 30: Glavne komponente tlačne kanalizacije.....	64
Slika 31: Alarmni nivo v črpalni enoti	65
Slika 32: Na levi strani ozek jarek za tlačno kanalizacijo in na desni strani majhen premer tlačnega kanala v ozkem jarku.....	66
Slike 33: Sestavni deli tlačne kanalizacije.....	66
Slika 34: Prikaz zbirne posode s črpalko.....	67
Slika 35: Leva slika: shematski prikaz črpalne enote, desna slika: pokrov črpalne enote.	68
Slika 36: Obseg občine Ribnica.....	79
Slika 37 : Ribniško polje	79
Slika 38: Ortofoto posnetek naselja Dolenja vas.....	80
Slika 39: Pogled na naselja Dolenja vas.....	81
Slika 40: Zgradba Ribniškega polja	82
Slika 41: Rupa pri Sv. Marjeti, kjer reka Ribnica ponikne.....	84
Slika 42: Pogled na potok Rakitniščica v ozadju Jasnice.....	84
Slika 43: Pogled na poplavljeno cesto v Rakitnici	85
Slika 44: Lokacija ČN	88
Slika 45: Shema gravitacijske odvodnje v Dolenji vasi (ni v merilu).....	92
Slika 46: Shema vakuumske kanalizacije v Dolenji vasi (ni v merilu).....	96
Slika 47: Shema tlačnega načina odvodnje (ni v merilu).....	101
Slika 48: Shema primerjave vzdolžnih profilov gravitacijske, vakuumske in tlačne kanalizacije.....	107

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Gibanje števila prebivalstva med letom 1880 do 2002.....	86
Grafikon 2: Primerjava stroškov izgradnje različnih odvodnih sistemov	108
Grafikon 3: Primerjava stroškov izgradnje različnih odvodnih sistemov glede na tekoči meter cevi	110

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Tabelarične priloge

PRILOGA A1: Podatki za stroške vakuumske kanalizacije po knjigi Alternative sewer system iz leta 2006

PRILOGA A2: Aproksimativni predračun za izgradnjo gravitacijske, vakuumske in tlačne kanalizacije

A2.1 - Aproksimativni predračun za gravitacijsko odvodnjo

A2.2 - Aproksimativni predračun za vakuumsko odvodnjo z gravitacijskim delom

A2.3 - Aproksimativni predračun za tlačno odvodnjo z gravitacijskim delom

PRILOGA A3: Industrija v Dolenji vasi

PRILOGA A4: Statična izguba vseh liftov

PRILOGA A5: Dnevni dotok odplak na posamezno črpališče

PRILOGA A6: Notranji premeri cevi, gospodarna hitrost vode, gospodarni pretok

PRILOGA A7: Vrednost koeficienta A v odvisnosti od dolžine omrežja

PRILOGA A8: Pretok odpadne vode v posameznih vakuumskih hišnih priključnih jaških pri vakuumski kanalizaciji

PRILOGA B: Grafične priloge

PRILOGA B1: Situacija gravitacijske odvodnje M1:1000

PRILOGA B2: Vzдолžni profil gravitacijskih kanalov K1 – K19 M1:1000/100

PRILOGA B3: Vzдолžni profil gravitacijskih kanalov K20 – K35 M1:1000/100

PRILOGA B4: Vzдолžni profil gravitacijskih kanalov K36 – K43 M1:1000/100

PRILOGA B5: Situacija vakuumskega sistema M1:1000

PRILOGA B6: Vzдолžni profil vakuumskih kanalov M1:1000/100

PRILOGA B7: Detajl VHPJ na hišni gravitacijski priključek M1:25

PRILOGA B8: Shema vakuumske postaje M1:50

PRILOGA B9: Situacija tlačne kanalizacije M1:1000

PRILOGA B10: Vzdolžni profil tlačnih kanalov M1:1000/100

PRILOGA B11: Primerjava vzdolžnih profilov gravitacijskega, vakuuskega in tlačnega sistema
M1:1000/100

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ČN	čistilna naprava
LKS	ločen kanalizacijski sistem
MKS	mešan kanalizacijski sistem
VP	vakuumska postaja
VHPJ	vakuumski hišni priključni jašek
KPK	kemijska potreba po kisiku
BPK	biokemijska potreba po kisiku
RVV	razbremenilnik visokih voda

1 UVOD

Dandanes je postal ključni problem zaščita našega okolja pred onesnaževanjem. Možni razlogi za nastanek katastrofalnih poplav, neurij so lahko posledica našega uničevanja in zastrupljanja okolja. Zaščita našega okolja ne pomeni samo ohranitev ali zvišanje življenjskega standarda, temveč postaja ključno vprašanje našega preživetja. Brez čistega zraka in neoporečne pitne vode ni preživetja. V zaščito okolja spada tudi odvodnjavanje onesnažene vode iz poseljenih območji, ki je ključnega pomena za vas živa bitja. Vsako večje naselje bi moralo imeti zgrajeno kanalizacijo. Z operativnim programom o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, se je začela nekoliko večja izgradnja kanalizacij in ČN predvsem v manjših naseljih po Sloveniji. S tem programom je namreč zahtevano, da morajo biti območja, kjer je več kot 50 prebivalcev, opremljena s kanalizacijskim sistemom in komunalno ČN najkasneje do 31.12.2017. Pri izgradnji kanalizacijskega sistema je pomembna tudi ČN. Oboje je potrebno gledati kot celoto. Strokovno dimenzioniran kanalizacijski sistem in ČN veliko pripomoreta k ohranjanju vodotokov, kar posledično vpliva na kvaliteto pitne vode. V diplomskem delu sem se bolj posvetila različnim kanalizacijskim sistemom v naselju Dolenja vas in jih medseboj tehnološko in stroškovno primerjala. Pri naravnih podolžnih padcih terena se zaradi nižjih obratovalnih stroškov prislužujemo gravitacijskega načina, in sicer ločenega ali mešanega sistema kanalizacije, saj ni potrebno prečrpavati velikih količin odpadne vode. V primeru, kjer vode ni mogoče gravitacijsko odvesti, uporabljamo ločen sistem, kjer sušni odtok odvedemo do ČN s tlačnim ali vakuumskim sistemom. Ti dve alternativni odvodnji sta se v svetu zelo razširile. Vakuumska kanalizacija je razširjena predvsem na Poljskem, Češkem, Madžarskem, v nižinskem svetu Nemčije, Angliji, Nizozemskem, ZDA, Avstraliji. Vakuumski sistem imamo pri nas v Logatcu, Turnišču, Dornavi, v Ravnah, v prihodnosti se bo gradnja pričela še na Rakovi Jelši. V diplomskem delu sem opisala značilnosti teh sistemov. Podala sem prednosti in pomankljivosti ter praktično dimenzionirala sušni odtok v naselju Dolenja vas. Na koncu sem jih še primerjala iz stroškovnega vidika. Za Dolenjo vas sem se odločila, ker nima še zgrajene kanalizacije. Tudi Dolenja vas spada pod naselja, ki bodo morala imeti do 31.12.2017 zgrajeno kanalizacijo s ČN.

2 ODVODNJAVANJE ONESNAŽENIH VODA

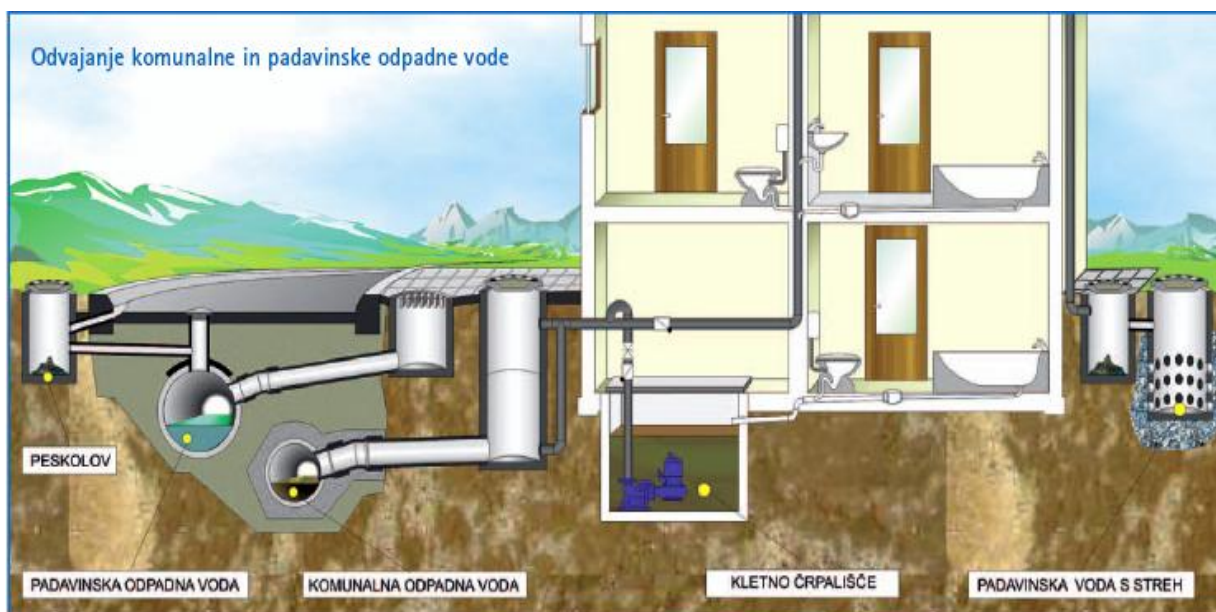
Marsikje po svetu, pa tudi v Sloveniji odpadne vode še vedno tečejo neprečiščene v vodna telesa ter jih onesnažujejo. Dokler je bilo teh odplak malo in so bila večinoma naravnega izvora (človeški in živalski iztrebki), so jih vodni organizmi (mikroorganizmi, alge,..) spremenili in porabili kot hranilo. Z naraščanjem prebivalstva in urbanizacije je postala količina odpadne vode prevelika in onesnažena do te mere, da samočistilna sposobnost vodotokov ni več zadoščala. Ljudje smo v vodotoke, jezera odvajali poleg velike količine organskih odplak naravnega izvora, še najrazličnejše odplake umetnega izvora, predvsem iz obrti, industrije, kmetijstva. Odvajanje neprečiščene odpadne vode direktno v vodotoke povzroča preobilje hranljivih snovi, kar posledično vpliva na pomanjkanje kisika v vodi, ustvarijo se anaerobni procesi, ki so vidni kot smrad, umiranje življenja v rekah in zastrupitev vodnih virov. Samočistilna sposobnost odvodnikov, ki jo lahko razumemo kot naravno razgrajevanje organskih snovi je v takih vodotokih počasna in omejena. Onesnaženost vode je v današnjih časih vzrok, da v nekaterih krajih, kjer je vode sicer dovolj, že čutijo pomanjkanje pitne vode. Zaradi teh posledic ter da bi preprečili pogine rib in drugih živih bitji v površinskih vodah in morju in s tem ohranili vodna telesa uporabna še za naslednje generacije, je potrebno vodo, preden jo vrnemo naravi, nujno očistiti. Hkrati moramo poskrbeti, da neočiščene odpadne vode ne ponikajo v podtalje, kjer bi onesnažile podzemne zaloge vode. Pri odvodnjavanju onesnaženih voda iz naselji moramo upoštevati tako odvod iz gospodinjstev, industrije, kakor tudi odvod padavinske vode.

Statistični urad RS podaja podatke, da je bilo v letu 2007 v Sloveniji iz javne kanalizacije odvedenih 153,8 milijona m³ odpadnih voda, kar predstavlja 3,2% več kot v letu 2006. Največji odstotek predstavljata odpadna voda iz gospodinjstev (44,8%) in 36,5% ostale odpadne vode, kot so padavinska voda, zaledne vode, udori iz morja. 74,8 % odpadne voda je bilo prečiščenih v čistilnih napravah, 25,2 % pa je ostalo neprečiščenih.

Praviloma odpadno vodo zberemo in jo odvajamo po kanalizacijskem omrežju do čistilne naprave, kjer se očiščena izliva nazaj v vodotok. Kanalizacijsko omrežje in ČN moramo graditi tako, da dosežemo s čim manjšimi finančnimi sredstvi čim večji učinek zaščite okolja in voda. Kanalizacijsko omrežje in ČN moramo obravnavati kot celoto. Napake (npr. napačno

razbremenjevanje), ki so narejene na omrežju, ne more popraviti še tako dobra ČN.

Temeljni pomen odvajanja in čiščenja onesnaženih voda je preprečevanje nalezljivih bolezni, saj tako ohranjamo svoje zdravja in zdravje živali. Iz naselji odvajamo ne le odpadno vodo, ki nastaja v gospodinjstvu, industriji, kmetijstvu in v komunalnih dejavnostih, ampak tudi padavinsko in tujo vodo.



Slika 1: Shema priključitve hišne kanalizacije na javno kanalizacijo (prevzeto: http://www.jh-lj.si/upload/doc/885_Kanalizacija_v_Ljubljani_Kaj_ne_sodi_vanj.pdf)

2.1 Gospodarjenje z odpadno vodo

Komunalne odpadne vode so sestavljene iz odtokov hiš, birojev, male obrti, odtokov večjih industrijskih in obrtniških obratov in tujih vod, ki vdirajo v slabo tesnjeno kanalizacijsko omrežje. Vsak posameznik povzroča okoli 150 l odplak dnevno, ta je odvisna od načina bivanja in načina izvedbe kanalizacijskega sistema. Za biološko razgradnjo te količine odplak se v petih dneh porabi na posameznika 60 g kisika, ki ga označimo z BPK_5 . Biokemijska potreba po kisiku

(BPK₅) predstavlja osnovo za določanje biološke obremenitve ČN. Biološko obtežbo in velikost ČN izražamo s populacijskim ekvivalentom (PE), ki pomeni enoto za onesnaževanje vode, ki jo povzroča en prebivalec na dan, torej 60 g BPK₅ na dan. Zaradi dnevnega (kuhanje, pomivanje posode, kopanje, WC, nočni mir, službena odsotnost), tedenskega (pranje perila) in mesečnega (dopusti, mraz, toplo) ritma sestava in količina odplak zelo niha.

Tabela 1 prikazuje biološko obtežbo po ATV-A-131, ki jo povzroča prebivalec dnevno.

Tabela 1: Biološka obremenitev prebivalca na dan (prevzeto:ATV-A-131, maj 2000, str.19)

BPK ₅	60 g/PE.dan
KPK	120 g/PE.dan
N	11 g/PE.dan
P	1.8 g/PE.dan
Tso(filtritane snovi)	/PE.dan

2.1.1 Osnova za dimenzioniranje kanalizacijskega omrežja

- Količina odpadne vode v nekem kanalu je vsota hišne odpadne vode q_h in industrijske, kmetijske ter komunalne vode q_i . Upoštevati je potrebno tudi tuje vode q_t , saj nekontrolirano vstopajo v kanalizacijski sistem. Glavni vir tujih vod je podtalnica. Velik problem predstavlja nestrokovno izvedeni hišni priključki, in sicer priključitev drenaž, odtok iz streh, potokov, izvirov.

$$q_s = (q_h + q_i) + q_t \dots [l/s], \quad (1)$$

kjer pomenijo:

q_h – odpadna voda iz gospodinjstev, male obrti ...[l/s]

q_i – industrijska odpadna voda...[l/s]

q_t – tuje vode ...[l/s]

Kanalizacijsko omrežje in ČN moramo praviloma projektirati na dvakratni sušni pretok,

vedar pa se pri tem upoštevajo tuje vode enkratno.

Dvakratni sušni pretok: $2Q_s = 2(q_h + q_i) + q_i$

- Za določitev hišne odpadne vode (q_h) upoštevamo stanje čez 50 let, kar pomeni amortizacijsko dobo kanalizacijskega omrežja. Odpadna voda iz gospodinjstev je odvisna od števila prebivalcev v določenem naselju in od porabe vode na prebivalca.

$$q_h = A \cdot n_p = A_o (1+p/100)^n \cdot n_p \quad (2)$$

$$A_o = \rho \cdot F \quad (3)$$

Pri tem izrazi pomenijo:

A - število prebivalcev po n letih [P]

n_p - norma potrošnje v naselju [l/P.dan]

A_o - sedanje število prebivalcev v naselju [P]

n - število amortizacijskih let za kanalizacijski sistem [-]

p – letni prirastek prebivalstva [%]

ρ – gostota prebivalstva [P/ha]

F – površina območja [ha]

Za dimenzioniranje kanalov na sušni odtok upoštevamo maksimalni urni odtok, pomembna sta še minimalni in srednji odtok. Dnevni dotok Q_d predstavlja odtok odpadne vode iz gospodinjstev v naselju, kjer načrtujemo kanalizacijski sistem in je izražen v [l/dan].

$$Q_{\max} = \frac{1}{10} Q_d \quad (4)$$

$$Q_{\text{sr}} = \frac{1}{24} Q_d \quad (5)$$

$$Q_{\min} = \frac{1}{37} Qd \quad (6)$$

- Tuje vode so pravzaprav čiste vode, ki vdirajo v kanalizacijo ali pa so na njo celo priključene, redčijo odplake in se morajo nato skupno prečrpavati in očistiti, kar povzroča visoke obratovalne stroške čistilnih naprav. Na kanalizacijsko omrežje prihajajo kot odtoki potokov, izvirov, drenaž, vodohranskih prelivov, odtoki slabo zaprtih vodovodnih pip, hidrantov in zasunov. Pri mešanem sistemu kanalizacije se lahko zgodi, da višje ležeči meteorni kanal počí ter tako odteka in se zbira v fekalnem kanalu. Včasih se zgodi, da je padavinska voda napačno priključena na fekalni kanal. Zaradi pomanjkanja meritev se za količino tujih vod izhaja iz vrednosti 0,15 l/s/ha ali pa se upošteva kot 100% sušni odtok. Naj kot zanimivost podam, da so prve raziskave tujih vod pokazale zastrašujoče vrednosti teh vod. Leta 1978 je namreč na Bavarskem prva sistematična raziskava tujih voda pokazala naslednje rezultate; od 332 ČN je le pri 35% ČN znašal delež tujih vod manj kot 25% sušnega odtoka, pri 22% naprav se je gibal med 25% in 50%, pri 23% je znašal ta delež iznad 100%. (Maleiner, kanalizacija, 2000, str. 6) Količina tuje vode je odvisna od vodotesnosti kanalizacije in pravilne izvedbe hišnih priključkov.
- Tehnološko odpadno vodo in odpadno vodo iz obrti je treba upoštevati na podlagi merjenih ali ocenjenih vrednosti porabe vode, upoštevajoč predvidene spremembe. Dotok odpadne vode je odvisen od vrste proizvodnje in uporabljene tehnologije. Podatke posredujejo proizvajalci.
- Kmetijske odpadne vode izračunamo na podoben način kakor hišno odpadno vodo

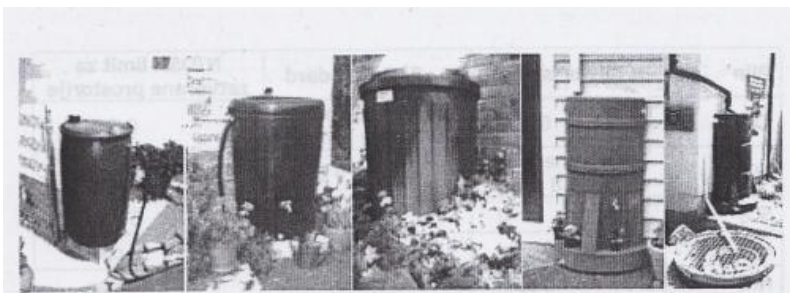
2.2 Gospodarjenje s padavinsko vodo

Padavinske vode se izlivajo v mešan sistem kanalizacije iz streh, skozi cestni požiralnik pa s cest in drugih urejenih površin.

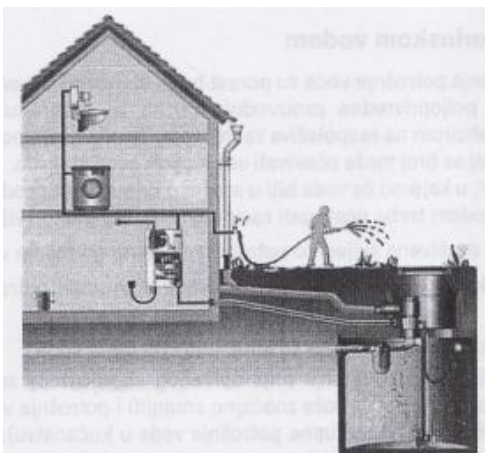
V času nalivov so te količine lahko tudi do 100-krat večje od količin odpadne vode, v suhem

vremenu pa jih praktično v kanalizaciji ni. Deževnica je relativno čista, vendar po daljšem sušnem obdobju v času močnih nalivov so padavinske vode močno onesnažene. Vzrok za onesnaževanje deževnice iz cestišč so: obraba cestišč (obrus gum in zavor), naftni derivati, soljenje v zimskem času, težke kovine. Največja dovoljena hitrost padavinske vode je 3 m/s, ker nosi s seboj droben pesek. Za dimenzioniranje kanalizacijskega omrežja so najpomembnejše padavine kratkega trajanja in velike jakosti, t.i. nalivi.

Glavni razlog povečanja padavinske vode je širjenje utrjenih površin, ki naraščajo z večanjem prebivalstva. Zavedati se je potrebno, da je potrebno z vodo postopati racionalno in sicer; razvijati in osveščati ljudi o racionalni potrošnji vode, povečati strošek porabljene vode za uporabnika ter tako stimulirati potrošnika na racionalno porabo vode, izdelati tehnične rešitve, s katerimi se zmanjša potrošnja vode. Eden izmed takšnih rešitev je zbiranje in uporaba deževnice za vse možne namene, vendar ne za uporabo pitne vode. Deževnico zberemo v cisterni ali bazenu in jo lahko uporabimo za zalivanje vrta, pranje avtomobila, ... Na ta način se lahko bistveno zmanjša količina odpadne vode, ki odteče v kanalizacijski sistem. Za večje prihranke je potrebno poleg bazena ali cisterne izvesti dodatne inštalacije znotraj stavbe z napravami za filtriranje in črpalko za oskrbo z vodo. Bazen se lahko namesti zunaj ali znotraj objekta, vendar je najboljšo to upoštevati v fazi načrtovanja. Tak sistem zahteva večjo začetno investicijo, vendar pa je iz ekoloških in ekonomskih razlogov na dolgi rok ugodnejši. Delno prečiščena deževnica se lahko uporabi za izpiranje WC školjke, pralni stroj, zalivanje vrta in travnika, pranje avtomobila ter se tako prihrani do 60% celotne letne porabe vode.



Slika 2: Zbiralniki za zbiranje deževnice (prevzeto: Razdeljeni sustav odvodnje, 2006, str.37)



Slika 3: Prikaz koriščenja zbrane padavinske vode (prevzeto: Razdeljeni sustav odvodnje, 2006, str. 37)

Dandanes obstajajo posode, ki so opremljene z napravami za filtriranje in aeracijo zbrane deževnice. Ko se posoda oz. bazen do vrha napolni z zbrano padavinsko vodo, se prelita voda odvede na obstoječo kanalizacijo. V kmetijstvu se deževnica vse bolj uporablja za namakanje. Kmetijsko dejavnost si dandanes ni mogoče predstavljati brez namakalnega sistema. Da se v te namene ne bi uporabljale velike količine pitne vode, je torej rešitev zbiranje in uporaba meteorne vode ali čiščenje odpadne vode in uporaba za potrebe namakanja.

2.2.1 Vpliv utrjenih površin na padavinski odtok

Z razvojem urbanizacije se povečajo neprepustne površine, kar vpliva na večjo količino površinskega odtoka. Celotni odtekli volumen padavinske vode na urbaniziranih površinah je lahko nekajkrat večji kot pa celotni odtekli volumen na prepustnem območju. Na urbaniziranem območju so maksimalni pretoki hitrejši in večji. Posledično to povzroča poplavljanje rek, kar ima tudi močan vpliv na kakovost voda. Padavinski odtok namreč nosi s seboj sediment in ostala onesnaženja in jih vnaša v vodotok. Glavne posledice urbanizacije na urbano odvodnjo so večje količine padavinske vode, večji maksimalni pretoki v reki, poplavljanje in onesnaževanje. Na močno urbaniziranih površinah vodotoki niso več sposobni očistiti prevelike količine padavinske vode, zato je nujno potrebno onesnaženo deževnico pred iztokom v vodotok očistiti na ČN. Da

zmanjšamo maksimalno količino odtoka kanalizacije in obremenitev ČN ter vodotokov, je potrebno padavinsko vodo čim daljši čas zadrževati na mestu nastanka ter jo nato odvajati iz naselja.

2.2.1 Uporaba padavinske vode

Posledice urbanizacije lahko zmanjšamo s ponikanjem neonesnažene vode, z zadrževanjem deževnice na nagnjenih depresijskih delih terena in z gradnjo zadrževalnih bazenov na kanalizacijskem sistemu. Pri decentralnem ponikanju, zadrževanju oz. odstranitvi neonesnažene vode dosežemo zmanjšanje skupnih investicijskih in obratovalnih stroškov.

Iz poročil ATV – AG 1.4.3. je razvidno, da izven zaključenega naselja, na bivalnih področjih in pri dosegu določene kvalitete dotoka, ki je odvisen od izvora padavinskega odtoka in zmogljivosti vodotoka, ni potrebno predhodno čiščenje padavinskih odtokov. Ti odtoki se lahko zadržujejo, ponikajo in odvajajo, večinoma pa se te tri dejavnosti medsebojno kombinirajo.

▪ Zadrževanje

Z umetnim ali naravnim zadrževanjem poskušamo na večjih pomembnejših področjih preprečiti preobremenitev vodotokov. Uporabljajo se različne oblike zadrževalnikov:

- jarki
- jaški, cevi, rigole
- lagune, vrtni ribniki
- cisterne
- tolmun, prodni nanos, brzice, vegetacijski pas, trstišče, stranski rokav.

Naravni načini zadrževanja t.i. ekoremedijacija, so iz ekonomskih in ekoloških razlogov eden izmed najuspešnejših načinov varovanja okolja. Ob močnem nalivu se zmanjšajo posledice poplav s pomočjo naravnega zadrževanja v obliki številnih tolmunov, brzic, prodnatih nasipov, strug, ki so porasle z vodnimi rastlinami, številnih stranskih rokavov in jarkov, ugoden učinek

ima različna obrežna vegetacija. S samočistilno sposobnostjo vodotokov se omilijo posledice ogromnega vnosa avtohtonega materiala in človeške aktivnosti. Naravni sistemi so uporabni zlasti pri odstranjevanju posledic netočkovnega onesnaževanja zaradi razpršene poselitve in onesnaževanja zaradi turizma. Naravno zadrževanje padavinske vode imamo v Sloveniji na reki Dragonji.

▪ **Ponikanje**

To je najbolj naravni način za zmanjšanje količine padavinske vode. Z izgradnjo površinske ali podzemne infiltracije vrnemo naravi zaloge vode in lahko zmanjšamo obremenitev odvodnikov ter pridobimo dodatne kapacitete za padavinsko vodo. Pri tem moramo biti pozorni, da ponikamo neonesnaženo padavinsko vodo. Pri ruralnih območjih, kjer ni prevelik vpliv urbanizacije, lahko padavinsko vodo ponikamo ali jo zbiramo v posodah ter jo uporabimo za zalivanje vrta. Pri velikih mestih so te vode močno onesnažene. Lahko se zgodi, da se količine padavinske vode ne da kontrolirati in tako nastane velika nevarnost onesnaževanja podtalnice. Ponavadi ponikamo padavinsko vodo s streh, dvorišč, vrtov, parkov, kjer je potreben le peskolov. Zaskrblijujoča je tista voda, ki odteka s cestišč, parkirišč, industrijskih območji. Potrebno jo je temeljito očistiti mehanskih delcev, olj, maščob. (Panjan, 2002)

Ločimo centralno in decentralno ponikanje. Kadar padavinski odtoki ponikajo na mestu nastanka, govorimo o decentralnem ponikanju, to je na parcelah, kjer je pomembno, da jih lastniki in upravljalci vzdržujejo in nadzirajo. Zaradi slabe prepustnosti tal ali prevelike oddaljenosti do vodotoka, kjer ni možno decentralno ponikanje, se predvidi centralno. Pri tem načinu ponikanja pa se zbrana voda iz vplivnih področji ali parcel odvede na centralno ponikovalno mesto. Poznamo več načinov ponikanja, in sicer površinsko ponikanje, ponikanje v jarkih in jaških, ponikanje v zemeljskih bazenih in ponikanje v drenažnih ceveh ali rigolah.

Pri ponikanju moramo biti zelo previdni, saj se gibljemo med negativnimi in pozitivnimi posledicami.

Pozitivne posledice ponikanja so:

- bogatenje podtalnice
- izravnava odtokov pri intenzivnih padavinah
- fizikalno in biološko čiščenje pri pronicanju skozi tla

Negativna posledica pri ponikanju je možnost onesnaženja podtalnice. Vsekakor je potrebno tam, kjer je možnost ponikanja padavinskih vod, to tudi izvesti. Tam, kjer tako zahteva situacija pa moramo uporabiti odvajanje in čiščenje padavinske vode v kanalizacijski sistem. Pri vsem tem je zelo pomembna pravilna klasifikacija odtokov. Tabela 2 prikazuje primer grobe klasifikacije padavinskih odtokov po bavarskih smernicah, kjer je razvidno, da so praktično neonesnažene le tuje vode.

Tabela 2: Groba klasifikacija kvalitete odpadnih vod (prevzeto: Maleiner, str. 9)

vrsta	stopnja kvalitete	izvor
sušni odtok	12	industrija
	11	obrt
	10	stanovanja, manjša obrt
padavinski odtok	9	glavne prometne ceste
	8	močno zasedene parkirne površine
	7	normalno onesnažene prometne površine
	6	stanovanjske ulice med 300-500 vozil dnevno
	5	kolesarske in pešpoti
	4	normalno onesnažene strešne površine
	3	zelenice, neutrjene površine
tuje vode	2	površinski odtok
	1	izviri in podtalnica

Legenda

Stopnja	kvaliteta
1-2	neonesnažena voda
3-6	slabotna onesnaženost
7	normalna onesnaženost
8-9	močna onesnaženost

Da je ponikanje sploh možno, je potrebna določena prepustnost tal in primerna oddaljenost do gladine podtalnice. V primeru da ponikanje ni možno, moramo padavinske odtoke s pomočjo odprtih jarkov odvesti do vodotokov. Onesnažene odtoke pa nujno odpeljati na čistilno napravo, kjer se očistijo in čiste spustijo nazaj v vodotok.

Neonesnaženo padavinsko vodo odvajamo direktno v vodotoke. Da samočistilno sposobnost vodotoka ne bi presegli, je potrebno vodo predhodno očistiti do stopnje, ki jo vodotok lahko prenese. Stopnja čiščenja je odvisna od namembnosti vodotoka (plovba, kopalne vode, ponikovalnice). Ob močnih nalivih so padavinske vode močno onesnažene, še posebej po daljšem sušnem obdobju. Onesnaženost je odvisna tudi od prometne obremenitve cest, parkirišč, ...

Zaledne vode se ne smejo priključiti na nobeden sistem kanalizacije, potrebno jih je odpeljati mimo naselja v odvodnik v skladu z vodnogospodarskimi zahtevami. Naselje mora biti odmaknjeno od območja 100-letne poplavnosti odvodnika.

2.2.2 Določitev količine padavinske vode

Kanalizacijska omrežja dimenzioniramo na podlagi intenzitete dežja, velikosti prispevnih površin in koeficient odtoka. Pri tem upoštevamo maksimalni odtok, ki je takrat, ko je čas trajanja dežja enak času trajanja odtoka.

$$Q = q' * F_i * F \quad (7)$$

Kjer je:

Q - padavinski odtok na prispevni površini [l/s]

q' - intenziteta naliva [l/s*ha]

F_i - velikost prispevne površine, s katere voda odteka v kanal [ha]

F - koeficient odtoka

a) Intenziteta naliva

Intenziteta pomeni višino padavin v enoti časa.

$$q' = 166,67 * i \quad [l/s*ha] \quad (8)$$

$$i = h/t \quad (9)$$

Kjer je:

i – intenziteta naliva [mm/min]

h – višina padavin [mm]

t – trajanje padavin [min]

Ob dolgotrajnem dežju so padavine šibke, zato se cevi ne napolnijo. Merodajni naliv je tem močnejši, čim krajši je. Potrebno je poiskati tak naliv, ki je velike jakosti in zadostnega trajanja, da povzroča poplavo. Naliv, njegovo pogostost n in intenziteto q' odčitamo iz diagrama, gospodarsko enakovrednih nalivov. Izračuni običajno pokažejo, da kritični naliv traja 10 – 20 min. Pogosto upoštevamo kar 15 – minutni naliv. Pogostost naliva n nam pove, kolikokrat na leto bo naliv določene jakosti in določenega trajanja. Pogostost naliva izberemo glede na pomembnost naselja. Če je področje gospodarsko pomembnejše, izberemo manjšo pogostost (npr. $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$), če pa manj pomembno pa večjo pogostost (npr. 2). Torej $n=2$ pomeni, da bodo cevi povprečno polne vsake pol leta.

b) Koeficient odtoka

Koeficient odtoka je razmerje med količino dežja, ki pade na prispevno površino in količino vode, ki odteče v kanal.

Vrednost koeficienta odtoka je odvisna od:

- akumulacije na terenu in v kanalskem omrežju
V času padavin ne začne voda takoj odtekati s terena. Najprej zapolni ves akumulacijski prostor in šele nato prične odtekati proti kanalu.
- Izhlapevanja in ponikanja
Del padavin takoj izhlapi, del ponikne, če pade na propustna tla. Intenziteta izhlapevanja je odvisna od zračne vlage, vetra in temperature, ponikanje pa je odvisno od lastnosti tal, nagnjenosti terena, poraslosti in vlažnosti idr.
- Čas koncentracije
Dež, ki pade na prispevno površino, ne odteče takoj v kanal. Čas, kjer doseže kanal, je odvisen od nagnjenosti terena, oddaljenosti od kanala, hrapavosti površine in od intenzitete padavin.

Tabela 3: Čas koncentracije po ASCE (Kolar, 1983, str. 76)

Vrsta zidave	Čas koncentracije [min]
Gosta zazidava, nepropustna površina	5
Gosta zazidava, nizke zgradbe	10-15
Redka zazidava	20-30
Redka zazidava, velika intenziteta	10-20
Običajno upoštevana vrednost	5-15

- oblike prispevne površine

Čas dotoka vode v kanal je različen pri različnih oblikah prispevne površine.

Tabela 4: Koeficienti odtoka za razne vrste površin (Kolar, 1983, str.78)

Vrsta površine	ϕ (%)
Strehe s pločevinasto ali emajlirano kritino	95
Strehe z običajno kritino	90-85
Ceste in poti, utrjene z betonom ali asfaltom	85-90
Tlak iz naravnega ali umetnega kamna z zalitimi stiki	75-85
Tlak iz naravnega ali umetnega kamna z nezalitimimi stiki	50-70
Z bitumensko emulzijo obrizgana površina	25-60

3 GRAVITACIJSKI NAČIN ODVODNJE

Gravitacijski način odvodnje ima za nalogo, da na hiter, higienski in ekonomski način zbere in odvede odplake do ČN. Odpadne vode iz naselji odstranjujemo na način, da ne ogroža zdravja ljudi, ne kvari estetskega videza, ne onesnažuje voda, tal in podtalnice. Potrebno je omejiti poplave, ki jih povzroča padavinska voda, tako da dimenzioniramo kanalizacijo na ustrezne letne visoke vode ter določimo zadostne premere cevi. Torej kanalizacijske sisteme ločimo na ločen in mešan kanalizacijski sistem ter delno mešan in ločen sistem. Glavna razlika je v načinu odvoda padavinske in fekalne odpadne vode do ČN. Ločen sistem namreč odvaja padavinske in hišne odplake po dveh ločenih kanalih, meteornem in fekalnem. Pri mešanem sistemu se vse odplake

odvajajo po enem samem skupnem kanalu.

3.1 Kanalizacijski sistemi

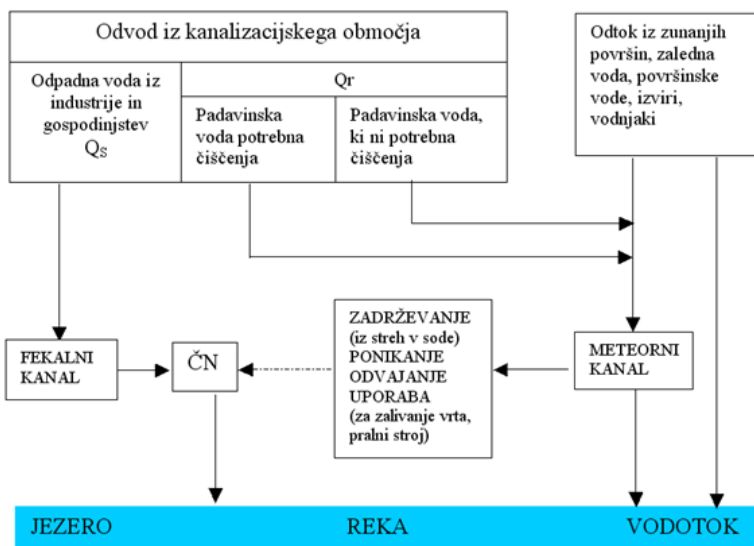
3.1.1 Ločen kanalizacijski sistem odvodne onesnažene vode (LKS)

Ločen sistem lahko izvedemo na različne načine, in sicer:

- a) Zgradimo samo kanal za odvod odpadne vode, padavinsko vodo ponikamo ali pa naj odteka kakor pred ureditvijo kanalizacije, lahko pa uredimo sistem odprtih in zaprtih jarkov
- b) Del onesnažene padavinske vode odvajamo v kanal za odpadno vodo oz. v fekalni kanal, saj je potrebno to padavinsko vodo pred iztokom v vodotok očistiti, ostalo neonesnaženo vodo odvajamo kakor je opisano pod a)

Padavinske vode so iz prometnih površin izredno onesnažene še posebej po daljšem sušnem obdobju. Te se s pomočjo meteornih kanalov odvedejo po najkrajši poti v vodotoke, žal največkrat neočiščene, hišne in industrijske odplake pa s pomočjo fekalnih kanalov na ČN. Vse bolj se zahteva čiščenje tudi meteorne vode.

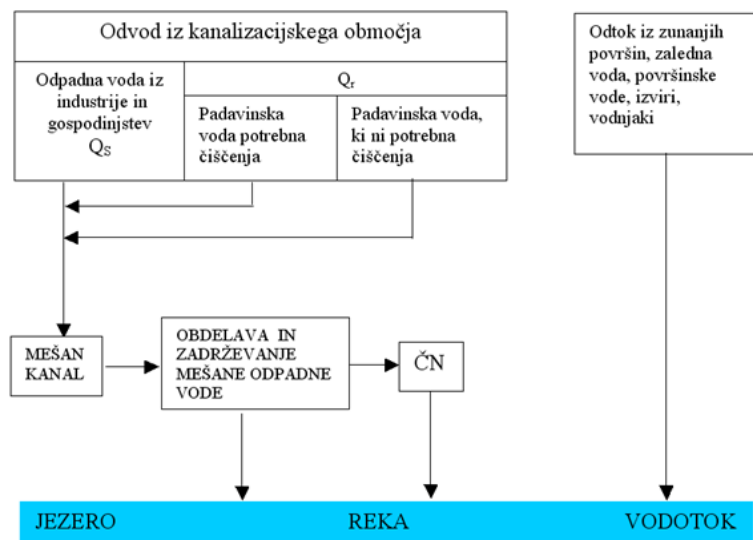
Praviloma so fekalni kanali manjših dimenzij in so položeni vsaj do globine, do katere lahko priključimo odpadno vodo iz kleti. Dimenzije cevi za odvod padavinske vode so večje ter jih polagamo vsaj 1m pod površino. Ločeni sistemi so locirani v bližini odvodnika, da se lahko sproti odreja tudi meteorna voda. Ta sistem zahteva oster nadzor izvedbe vsakega hišnega priključka, saj se mora sušni odtok priključiti na globlje ležeči fekalni kanal in padavinski odtok na plitvo ležeči meteorni kanal. V primeru da se hišni priključki napačno priključijo, povzročajo ogromno količino tujih vod, preplavitev ČN in nedopustno onesnaževanje vodotokov.



Slika 4: Shema ločenega kanalizacijskega sistema (Prevzeto: ATV-A 105E, 1997, str.7)

3.1.2 Mešan kanalizacijski sistem odvodne onesnažene vode (MKS)

O mešanem kanalizacijskem sistemu govorimo takrat, ko se odvaja po istem kanalu meteorna in fekalna voda skupaj. V času brez padavin so kanali večinoma prazni, saj se po njih pretaka samo odpadna voda, napolnijo se le ob redkih nalivih, ki 70 – 80% zapolnijo sistem. Takrat je lahko odtok kar za 50 - 100 krat višji od sušnega odtoka. Za določitev dimenzije kanalov je zato potrebno upoštevati padavinski odtok. Da pa bi se izognili gradnji neekonomičnih, prevelikih premerov cevi, gradimo pri mešani kanalizaciji razbremenilnike, ki morajo biti dimenzionirani tako, da se prvi val naliva odvaja na čistilno napravo, ostala padavinska voda pa se preliva v vodotok. Da zadržimo padavinsko vodo, je potrebno v mešanem sistemu zgraditi zadrževalne bazene. Cevi pri mešanem sistemu morajo ležati vsaj 2m pod površino, da se na njih lahko priključi odpadna voda iz kleti.



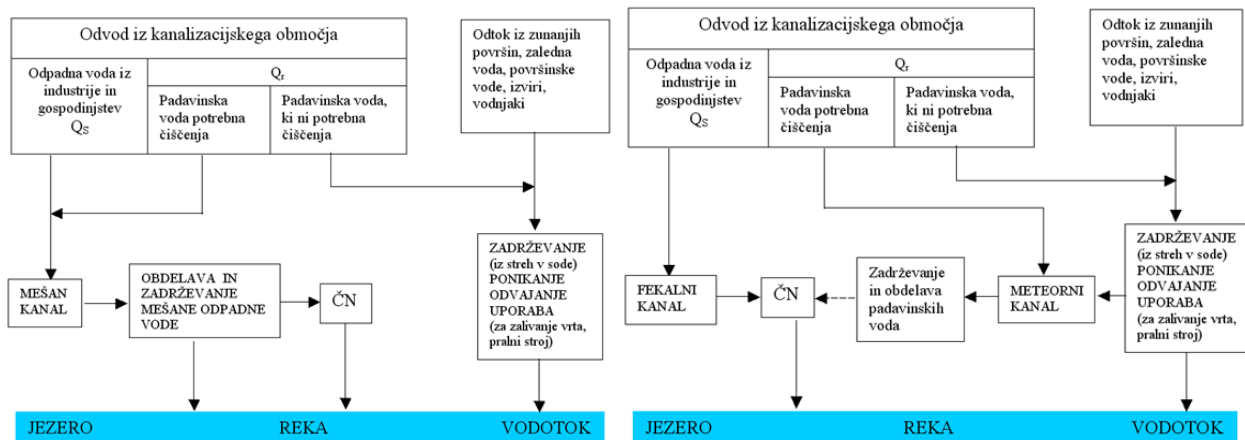
Slika 5: Shema mešanega kanalizacijskega sistema (Prevezeto: ATV-A 105E, 1997, str.6)

3.1.3 Delno mešan in ločen sistem

Delno ločen ali delno mešan sistem se gradi z namenom zmanjšanja in zakasnitve padavinskega odtoka z upoštevanjem kakovost onesnaženih voda. To dosežemo z:

- razpršenim zadrževanjem na površini (ravne strehe, vrtovi, zelenice, parkirišča)
- koncentriranim zadrževanjem na površini (suhi ali mokri zadrževalniki, parki)
- koncentriranim zadrževanjem pod površino (deževni zadrževalni ali čistilni bazeni)
- ponikanjem na površini (vrtovi, zelenice, parkirišča s prepustnim tlakom)
- ponikanjem pod površino (drenaže)

Čisto padavinsko vodo odvedemo po meteornem kanalu do najbližjega odvodnika. Padavinsko vodo, ki se kakor koli onesnaži na svoji poti, vodimo v mešan kanal v primeru mešane kanalizacije ali pa po sanitarnem kanalu v primeru ločenega sistema. Onesnaženo padavinsko vodo lahko tudi v ločenem sistemu očistimo v peskolovih, lovilcih olj in maščobe ter jo odvedemo skupaj z neonesnaženo vodo do najbližjega vodotoka.



Slika 6: Delno MKS (desno) in delno LKS (levo) (Prevezeto: ATV-A 105E, 1997, str. 6)

3.2 Izbira pravega sistema kanalizacije

3.2.1 Osnovne značilnosti obeh sistemov

Pri izbiri ustreznega sistema je v prvi vrsti pomembno, da analiziramo vse možne rešitve, kjer bo v bodočnosti potekala kanalizacije za oba sistema glede na naravne danosti, topografijo, nivo podtalnice in število prebivalcev. Izbrati je potrebno sistem, ki bo iz ekološkega in tudi iz stroškovnega vidika najugodnejši.

Padavinski odtok se najbolj organsko in anorgansko onesnaži na utrjenih površinah še zlasti po daljšem sušnem obdobju, kar je 500 – 600 kg KPK/(ha in leto). Vrednost KPK-ja je odvisna predvsem od onesnaževanja ozračja, prometna obremenitev cest, količine onesnažitve utrjenih površin. Pri ločenem sistemu se ta količina KPK-ja odvede po meteornem kanalu direktno v vodotok. V mešanem sistemu se pretežni del te količine pri močnih padavinah izpod kritičnega naliva ($Q_{krit} = 15 \text{ l/s.ha}$) odvede na ČN. Manjši del te vrednosti se razbremenjuje iznad meje kritičnega naliva v vodotok. Pri ločenem sistemu obdelava čiste deževnice sploh ni potrebna, saj jo lahko ponikamo na mestu nastanka. Močnejše onesnažene padavinske odtoke je potrebno nujno očistiti. To lahko ukrepamo na način, da jo speljemo v sušni kanal in odvedemo na ČN. Po nemških standardih naj bi bila maksimalna količina KPK-ja, ki bi jo odvedli v vodotok po ločenem sistemu kanalizacije med 500 – 600 kg KPK/(ha in leto). Pri mešanem načinu so

zahteve, da se lahko preko razbremenilnih naprav razbremenuje samo okoli 250 – 300 kg KPK/(ha in leto).

Zaradi hribovitega terena se v Alpskih deželah (Švica, Avstrija, Italija) bolj nagibajo k mešanemu sistemu kanalizacije. V severnem ravninskem delu (severna Nemčija, Nizozemska, Danska, ...) pa gradijo pretežno ločen kanalizacijski sistem, ki je razširjen zlasti v industrializiranih mestih. Na ravninskem terenu je namreč potrebno pogosto prečrpavanje odplak vzdolž vodotokov in povsod tam, kjer so le kratki meteorni kanali. Zaradi cenejšega in varnega obratovanja kanalizacijskih naprav in omrežji v splošnem po svetu prevladuje mešani sistem.

Kot primer lahko povemo, da v Veliki Britaniji gradijo v glavnem LKS. Menijo namreč, da MKS pomeni visoko onesnaževanje in higiensko tveganje. V Nemčiji, predvsem severni del, 2/3 populacije uporablja MKS. Dandanes imajo v delovanju že blizu 24.000 razbremenilnikov padavinskih voda.

3.2.2 Kriteriji za izbiro pravega sistema

Načrtovanje kanalizacijskega sistema je odvisno od topografije, vrste stavb, zgradb, ki bi bile priključene na kanalizacijo, obstoječi, prihodnji pritoki iz prispevnih površin, primernost potokov, rek jezer in tudi učinkovitost čistilne naprave.

Torej kriteriji za izbor ustreznega sistema so:

- nagnjenost terena (doline, hribi)
- geomehanske lastnosti tal (npr. prod za ponikanje)
- nivo podtalnice
- hidravlična učinkovitost obstoječih sistemov
- tip in gostota stavb, zgradb
- značilnosti pritokov v sistemu
- lega, kakovost jezera rek (ponikovalnice, občutljiva jezera, ..)
- zaščitna vodna cona, poplavna območja

- vrsta in učinkovitost ČN
- stroški investicije, vzdrževanja

Kot je iz tabele 5 razvidno sta kanalizacijska sistema primerna:

Mešani kanalizacijski sistem je primeren:

- pri manjših naklonih urbanih ali urbano-ruralnih naseljih in v primeru, da so cenejši od ločenega sistema
- za velik delež padavin, ki jih je potrebno čistiti
- visoko gostoto poselitve
- nizek nivo podtalnice
- oddaljenost rek jezer, dolgi kanali

Ločen kanalizacijski sistem je primeren:

- bližina jezer, rek
- za veliko količino padavinske vode, ki je neonesnažena
- za razširitvijo kanalizacijskega omrežja
- za majhne komunalne ČN
- manjša gostota poselitve
- za široke ulice, ceste in kratki odtočni kanali
- za depresijske dele urbaniziranega območja in za ruralna naselja, kjer se padavinska voda odvaja v odprt ali delno odprt kanalizacijski sistem

V tabeli 5 se razlikuje padavinska voda na padavinsko vodo, ki je potrebna obdelave in na padavinsko vodo, ki ni potrebna obdelave. Omejitev temelji na načelu, da ne bi odvajali vsako vodo na čistilno napravo, ampak le onesnaženo odpadno vodo, ki se mora očistiti na čistilni napravi. Padavinske vode, ki niso potrebne obdelave, so praviloma odtoki iz streh, dvorišč, pešpoti,... Odtoki padavinske vode, ki so nujni za čiščenje so odtoki iz prometnih cest, ulic, parkirnih prostorov, industrijsko rabljenih območji.

Tabela 5: Kriteriji za izbor kanalizacijskega sistema (prevzeto: ATV 105, 1997, str.10)

	LOČEN SISTEM	MEŠAN SISTEM
1. Onesnaževanje površja industrijskega in stanovanjskega območja	x brez pad. obdelave x z obdelavo	x brez pad. obdelave x z pad. obdelavo
2. Zmogljivost vodotokov pri obremenjevanju z odpadno vodo		
VISOKA	x	x
SREDNJA	x	x
NIZKA	x z pad. obdelavo	x z intenzivno obdelavo
3. ČN z:		
DOBRO UČINKOVITOSTJO	x	x
SLABO UČINKOVITOSTJO	x	-
4. Odtočni kanali/ cevi do jezer		
DOLGI	-	x
KRATKI	x	-
5. Naklon prispevnega območja		
VISOK	x	-
NIZEK	x	x
6. Nivo podtalnice		
VISOK	x	-
NIZEK	x	x
7. Gostota poselitve		
VISOKA	x	x
NIZEK	x	-
8. Ceste, ulice		
ŠIROKE	x	x
OZKE	-	x
9. Ločitev različnih tipov odpadne vode		
ZELO MOŽNA	x	-
KOMAJ MOŽNA	-	x
10. Pritok odpadne vode iz zunanjih območji		
NI	x	x
VELIK	x	x z intenzivno obdelavo
VELIK Z ONESNAŽEVANJEM S TEŽKIMI KOVINAMI	x	x z intenzivno obdelavo padavinske vode
LEGENDA		
-	NI MOŽNI/ NI PRIMEREN KS	
x	MOŽNI/PRIMEREN KS	

3.3 Prednosti in pomanjkljivosti mešane in ločene kanalizacije

Izbira kanalizacijskega sistema je potrebna že v začetni fazi načrtovanja. Čistilno napravo in kanalizacijski sistem je potrebno obravnavati kot celoto. Kateri sistem je boljši, je težko podati,

saj imata vsak svoje dobre in slabe lastnosti.

3.3.1 Ločen sistem kanalizacije

PREDNOSTI PRAVILNO DELUJOČEGA LOČENEGA SISTEMA:

- prepreči se odvod čistih padavinskih voda preko ČN
- velikost črpališč in tlačnih vodov je odvisna le od sušnega odtoka
- manjši premeri sušnega kanala povzročajo višje delno polnjenje cevi, zato je vlečna sila večja in posledično manjše odlaganje usedlin
- pri pravilnem dimenzioniranju ter izvedbi sušnega kanala se izključi nevarnost preplavitve kletnih prostorov
- očistiti je potrebno le neznaten del onesnaženega padavinskega odtoka
- dobra zaščita odvodnika, saj se padavinske vode ne razbremenjujejo
- manjša obremenitev čistilnih naprav zaradi manjšega dotoka na čistilno napravo, torej je delovanje čistilne naprave bolj zanesljivo
- cenejša čistilna naprava, ker niso potrebni deževni zadrževalni objekti, razbremenilniki, peskolovi.
- z zadrževanjem in ponikanjem se zmanjša volumen in konični odtoki padavinske vode

SLABOSTI LOČENE KANALIZACIJE:

- v primeru napačnega dimenzioniranja in nepravilne izvedbe hišnega priključka so lahko katastrofalne posledice. To povzroča ogromno količino tujih vod, preplavitve ČN ali nedopustno onesnaževanje vodotokov.
- večja možnost izvedbe nepravilnega priključevanja hišnih priključkov
- stroški investicije so skoraj dvojni
- večji stroški vzdrževanje zaradi dveh kanalov in slabše samodejno izpiranje za odvod
- večja zapletenost sistema in manjša preglednost nad izrabo
- v primeru zadrževanja in ponikanja padavinske vode so potrebni objekti za delno čiščenje (deževni čistilni bazen)

- pomanjkanje prostora v ozkih ulicah, kjer izvedba dveh cevi pri ločenem sistemu skoraj ni mogoča

3.3.2 Mešan sistem kanalizacije

PREDNOSTI PRAVILNO DELUJOČEGA MEŠANEGA SISTEMA:

- preprosta izvedba
- manjši stroški kot pri ločenem sistemu (cenejša investicija, saj je potreben le en kanal)
- manjši vzdrževalni stroški, saj je omrežje krajše, majhna poraba prostora, ker je potreben le en kanal
- za vsako parcelo je potreben le en hišni priključek
- napačni priključki so nemogoči
- dolžina celotnega omrežja je krajša (lažji nadzor, boljše izpiranje)

SLABOSTI MEŠANE KANALIZACIJE:

- večja nevarnost poplavljanja nižje ležečih objektov (kleti), ki so priključeni na kanalizacijo
- slabša zaščita odvodnikov zaradi razbremenilnikov, kjer ni zadrževalnih bazenov
- potrebna je večja zmogljivost črpališč, saj prečrpavamo tudi padavinsko vodo
- večja obremenitev čistilnih naprav, zato je delovanje manj zanesljivo ter čistilno napravo je potrebno dimenzionirati na večjo zmogljivost

3.4 Primerjava obeh sistemov glede na vpliv okolja

Poleg vseh teh značilnosti, kriterijev, prednosti in slabosti ločene in mešane kanalizacije, ju je nujno potrebno primerjati tudi iz ekološkega vpliva, kako razbremenjevanje padavinske vode pri mešani kanalizaciji vpliva na vodotoke ter kakšen pomen ima zadrževanje deževnice.

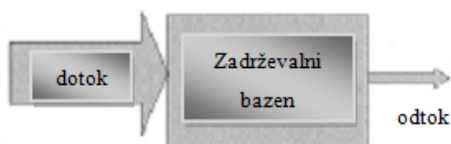
Neonesnaženo padavinsko vodo ponikamo ali jo odvajamo v odvodnik. Ker je ta voda ob močnem deževju še zlasti po daljšem obdobju brez padavin lahko zelo onesnažena, saj izpira umazanijo iz cest, parkirišč, jo je potrebno pred izpustom v vodotok primerno očistiti. V primeru da bi velike količine padavinske vode odtekale po kanalu do čistilne naprave, bi povzročalo preobremenitve kanalizacijskega omrežja in čistilne naprave, zato je potrebno padavinsko vodo zadrževati in razbremenjevati. Lahko bi rekli, da nalivi določajo dimenzije fekalnih kanalov v mešanem sistemu. Da pa se izognemo neekonomično prevelikim dimenzijam kanalov, je potrebno padavinsko vodo nujno zadrževati in razbremenjevati. Uporabo in problematiko padavinske vode sem v grobem opisala v poglavju 2.2.

3.4.1 Zadrževanje padavinske vode

3.4.1.1 V mešanem sistemu kanalizacije

V času močnih nalivov so padavinski odtoki v mešanem sistemu tudi do 100 – krat večji od sušnih odtokov. Onesnaženost s težkimi kovinami in usedlinami je velika ob močnih nalivih po daljšem sušnem obdobju, še posebej v jesenskem in spomladanskem času. Meteorna voda namreč v tem času spira umazanijo iz različnih površin, zlasti iz prometnih in kmetijskih površin. Z odvodom takega onesnaževanja direktno v vodotoke, le te močno onesnažimo. Tako ogromno količino bi bilo iz ekološkega in ekonomskega vidika nesmiselno odvajati na ČN, saj bi le ta ČN močno obremenjevala. Zato je potrebno prvi val onesnaženja zadržati ter po končanem deževju odpeljati na ČN. Kljub temu, da traja val onesnaženja le malo časa, je lahko tako onesnažen, da preseže večkratno vrednost koncentracijo polutantov pri iztoku ČN v odvodnik.

Za preprečitev ali zmanjšanje odvoda prevelike količine onesnažene vode v vodotok, se gradijo zadrževalni objekti. Nameščeni so tik pred iztokom odpadne vode v odvodnik. Sušnem obdobju so večinoma prazni, vendar morajo biti pripravljeni na dotok vode v času dežja. Z gradnjo zadrževalnih bazenov se zmanjšajo stroški gradnje kanalizacijskega omrežja, saj zadrževanje padavinske vode vpliva na zmanjšanje potrebnih premerov cevi za zadrževalnikom, kakor je razvidno iz slika 7.



Slika 7: Prikaz delovanja zadrževalnega bazena (prevzeto: Gradbeni vestnik, julij 2005, str.156)

Nadalje z zadrževalnim bazenom se zmanjšajo konični pretoki, obremenjevanje čistilne naprave je enakomernejše, le-te očistijo večji delež padavinske vode, manj obremenjujemo tudi odvodnik. V nasprotnem primeru pa lahko nepravilno dimenzionirani zadrževalni bazeni povečajo konične odtok.

V zadrževalnikih zadržimo pretežni del padavinskega dotoka in ga po prenehanju padavin s pomočjo ustreznih dušilk odtoka odvajamo nadalje v kanalizacijsko omrežje v takih količinah, ki ne presegata hidravlične zmožnosti nižje ležečega kanalizacijskega omrežja. V zadrževalnih bazenih ne nastopi količinsko prelivanje deževnice oz. zmanjšanje celotne padavinske vode, ampak omogočajo le časovno razpotegnjeno odtočno krivuljo oz. zmanjšanje odtočnih konic. Zadrževalnike je potrebno graditi še posebej tam, kjer vodo odvajamo v občutljive – salmonidne odvodnike.

Lahko se zgodi, da ob močnih nalivih kljub zadrževalnikom in razbremenilnikom, pride do hidravličnih preobremenitev kanalizacijskih cevi. Takrat je potrebno zagotoviti velike površine za začasno zadrževanje vode, ki jo po končanem nalivu odvedemo na ČN in kasneje v vodotok. Take površine so lahko bajeji, travniki, parki, lahko pa tudi neprepustne površine, in sicer igrišča, parkirišča, ..., ki niso izpostavljena škodi v primeru poplav. Vendar pa take površine predstavljajo velik površinski odtok. Nevarnost predstavljajo tudi zaledne in tuje vode. Če je le mogoče, jih je potrebno speljati mimo naselja.

Za mešan sistem kanalizacije poznamo več različnih zadrževalnih bazenov:

a) Deževni zadrževalni bazen (DZB)

Po nemških smernicah se ta bazen imenuje lovilni razbremenilni bazen. Ob močnem neurju DZB zadrži skoraj vso količino vode. To količino vode je potrebno mehansko in biološko očistiti na ČN, saj DZB ne vsebuje prelivnega objekta. Gradimo jih pri omrežjih, ki niso predhodno razbremenjena, kadar čas dotoka pri kritičnem nalivu ne presega 15 – 20 min ter pri omrežjih, ki so razbremenjena, če razbremenjevanje nastopi pri obremenitvi nad $30 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$. V naseljenih območjih gradimo zaprte bazene v betonski izvedbi, odprte bazene v zemeljski izvedbi pa so nameščeni v nenaseljenem območju. Odvod padavinskih voda iz avtocest se gradijo odprti zadrževalni bazeni v zemeljski izvedbi. Prazniti jih je potrebno, ko preneha naliv in ko nastopi sušno obdobje.

b) Deževni prelivni bazen (DPB)

Namen deževnih prelivnih bazenov je zmanjšanja onesnažene konice in mehansko čiščenje prelite vode. Preko preliva, ki ga ima nameščen DPB, se lahko v vodotok preliva le mehansko očiščena mešana voda, saj preliv omogoča mehansko čiščenje kritičnega preliva. Pri polnem bazenu se začne voda prelivati preko preliva. Po končanem deževju se zadržana količina odpadne vode odvede na ČN. Gradimo ga na omrežja, kjer ni več izrazitega onesnaženega prvega vala, pri večjih prispevnih območjih, ki je gorvodno že razbremenjeno in kadar čas dotoka pri kritičnem nalivu ne preseže od 15 do 20 min (daljši in različni dotočni časi). DPB z delnim čiščenjem se prazni pri pretoku $Q_{\text{ČN}}$, na katerega je dimenzionirana ČN, trajanje in praznjenje ne sme biti večji od 10-15 ur. Na DPB namestimo črpalke.

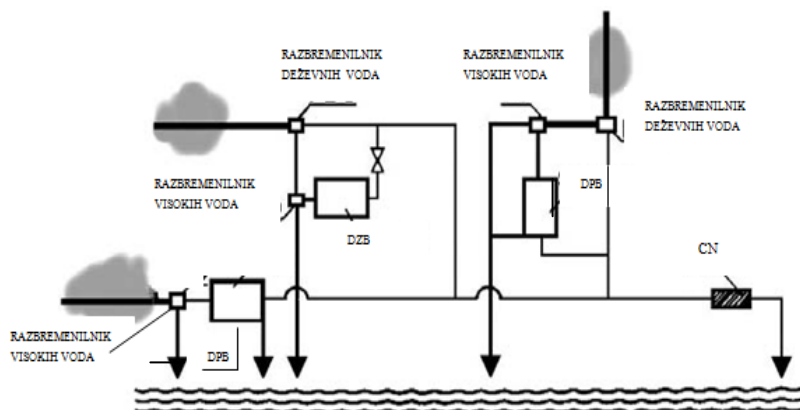
c) Kombiniran bazen (KB)

KB predstavlja kombinacijo DZB in DPB. Vsebuje del za zadrževanje odpadne vode in čistilni del. Najprej se dotok odpadne vode iz mešane kanalizacije odvede do prvega bazena, ki je DZB, ko se ta bazen napolni, se preliva v drugega, ki ga obravnavamo kot DPB. Ko pa se napolni tudi

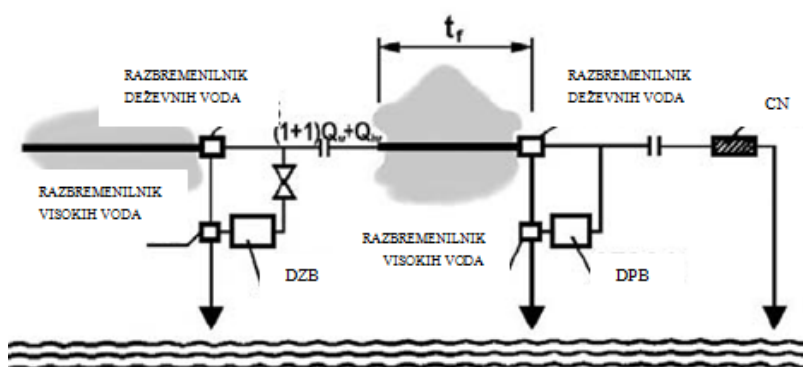
drugi del bazena, se mehansko prečiščena voda začne izlivati v vodotok. Lego obeh delov določimo glede na krajevne razmere. Lahko sta nameščena eden nad drugim ali eden ob drugem. KB gradimo na omrežjih pri območjih z daljšim odtočnim časom.

d) Priključevanje deževnih bazenov

Več bazenov namestimo pri večjih mešanih kanalizacijskih omrežjih. Tako lahko KB, DPB in DZB priključimo zaporedno na glavnem vodu ter vzporedno na stranskem vodu.



Slika 8: Vzporedno priključevanje deževnih bazenov (prevzeto:ATV-A 128E, 1992, str.20)



Slika 9: Zaporedno priključevanje deževnih bazenov (prevzeto:ATV-A 128E, 1992, str.20)

3.4.1.2 V ločenem sistemu kanalizacije

Podobno kot v mešanem sistemu se dogaja tudi v ločenem, le da padavinsko vodo odvajamo po meteornem kanalu. Da prihranimo na dimenziji kanalov in tudi na investicijskih stroških, večji del padavinske vode odvajamo v vodotok mimo čistilne naprave. V nasprotnem primeru bi bila ČN obremenjene z zelo razredčeno vodo, volumni objektov bi se zaradi zadrževalnih časov morali povečati. Kljub temu pa moramo onesnaženo deževnico čistiti. Padavinska voda se onesnaži lahko s spiranjem umazanije iz rastlin, streh, iz kmetijskih, industrijskih območji. Navsezadnje onesnaži se lahko tudi v meteornem kanalu, kjer se v daljšem sušnem obdobju nabere veliko različne umazanije, kot so razni odpadki, smeti, listje, lahko pa tudi živali, ki so se naselili v kanalizaciji. Tako lahko vsebuje meteorna voda strupene snovi, ki so za okolje in ljudi nevarna.

V ločenem sistemu lahko deževnico čistimo v naslednjih bazenih:

a) Deževni čistilni bazen (DČB)

Deževni čistilni bazen služi za zmanjšanje maksimalnih padavinskih pretokov in zadrževanja onesnaženega padavinskega odtoka. Ima nameščen čistilni preliv, prek katerega se onesnažena deževnica mehansko očisti ter se nato izliva v vodotok. Pred DČB je zgrajen rezbremenilnik visokih voda (RVV), ki preprečuje dviganje usedlin, saj omejuje maksimalne odtoke.

Nemški ATV standardi omenjajo dva bazena, ki se uporabljata za čiščenje deževnice v ločen sistem, in sicer:

b) Bazena za čiščenje deževnice

Bazena za čiščenje deževnice je v bistvu DČB. Za čiščenje deževnice poznamo dva bazena, in sicer bazena za čiščenje deževnice brez stalne zajezitve in bazena za čiščenje z stalno zajezitvijo. Ker taki bazeni ne smrdijo, so lahko odprtega tipa. Padavinska voda v bazenu naj bi se izpraznila in očistila na ČN.

c) Filtrirni bazen

Filtrirni bazeni s pomočjo talnega substrata mehansko ter deloma biološko izločajo in odstranjujejo sestavine padavinskih odtokov ločenega sistema ali iz že razbremenjenega mešanega odtoka. Nameščajo se praviloma tam, kjer je zaradi kvalitete vodotoka, potrebno dodatno zvišanje imisijskih zahtev. Zaradi zadrževalnega učinka prostornin teh bazenov, se razbremenijo vodotoki ter se prepreči erozija struge in lokalne plavitve flore in favne v območju iztokov razbremenilnikov in čistilnih naprav.

3.4.2 Razbremenjevanje padavinske vode

Razbremenilne naprave so namenjene za odvajanje večjega dela padavinskega odtoka v odvodnik, preostali del pa se odvede v čistilno napravo. Torej v mešanem sistemu ob sušnem odtoku vso vodo pripeljemo v čistilno napravo. Ob močnih nalivih pa je količina padavinske vode v kanalih zelo velika, kar lahko povzroča nadpritisk iz kanalov in iztok vode iz cestnih požiralnikov. Da to preprečimo gradimo razbremenilnike, ki precejšne količine padavinske vode odvajajo v vodotok. To dobro vpliva na čistilno napravo, saj jo razbremenimo relativno čiste vode, vanjo pa priteka ves čas približno enaka količina onesnažene vode.

Največje težave na razbremenilnikih povzročajo organske usedline, ki se v kanalih usedajo in nabirajo v sušnem obdobju. Te koncentracije bioloških usedlin so lahko več kot petdesetkrat večje od onesnaženosti sušnega odtoka. Da zmanjšamo investicijske in obratovalne stroške, je potrebno padavinske odtoke ločiti od sušnih, katere v celoti odvedemo na čistilno napravo. S tem dosežemo manjše premere kanalov, manjše število objektov (črpališč) in enakomernejšo hidravlično, biološko obremenitev čistilne naprave. Začetne visoke koncentracije polutantov hitro padejo na zanemarljive vrednosti. Vzrok za tako onesnaženost je potrebno iskati na kanalizacijskem omrežju samem. V sušnem obdobju se nabirajo in usedajo organske usedline predvsem v delih kanalizacijskih cevi, kjer imajo majhen padec. Pri razbremenjevanju, ki ima nizke prelivne robove, se prvi onesnažen padavinski val z lahkoto preliva in se izliva direktno v vodotok. Glavni namen razbremenilne naprave je, da loči močno onesnaženo od manj onesnažene padavinske vode. Zaradi varovanja vodotokov je potrebno prelivne robove namestiti

dovolj visoko nad dnom dovodne cevi, da se prvi, umazani del ne more prelivati, ampak ostane v nižje ležečem delu. Zaradi naraščanja gladine pri polnjenju bazena se zajezi do višine, kjer se malo onesnažen dotok lahko preko preliva izliva v vodotok. Ostala vsebina bazena se ne sme prelivati, ampak se mora mehansko in biološko očistiti na čistilni napravi. S pomočjo razbremenilnikov se lahko zmanjša letna pogostost prelivanja, saj se v njih ujamejo zelo pogosti nalivi manjših intenzitet do kritičnega naliva.

Razbremenilnik začne delovati, ko je dovoljen dotok (Q_{krit}) na čistilno napravo presežen. Upoštevati moramo tudi razredčenje in prelivajočo količino onesnaženja. Praviloma pred razbremenilnike nameščamo še zadrževalne bazene.

V razbremenilniku onesnažena voda ostaja na dnu, čistejša na vrhu. Voda se začne prelivati, ko višina vode naraste do prelivnega roba. Zgornja čistejša voda odteka v vzporedni razbremenilni kanal v vodotok. Količina prelite vode je določena s količino kritičnega odtoka, ki gre še na čistilno napravo. V mešanem sistemu imamo ob močnih nalivih na čistilni napravi poleg odpadne vode, še 3-4 kratno količino onesnažene padavinske vode. Da pa ne bi prvi onesnaženi val prelival in odtekel v vodotok, moramo pravilno namestiti višine prelivnih robov, pravilno dimenzionirati in konstruirati razbremenilnike.

3.4.3 Dopustne obremenitve v ločeni in mešani kanalizaciji

a) ATV – A 128E

Standard ATV-A 128 E opisuje obremenitve le v mešanem sistemu kanalizacije.

Glede na trenutno znanje in sposobnosti ni možno napovedati dejanske, natančne koncentracije polutantov v padavinskem odtoku. Odtok onesnaženega padavinskega odtoka brez predhodnega čiščenja povzroča obremenjevanje jezer, rek. Odvisen je od vrste, koncentracije, trajanja, pogostosti nalivov oz. padavin.

Za manjše onesnaževanje vodotokov je potrebno nujno zadrževanje in razbremenjevanje padavinske vode s pravilno dimenzioniranimi objekti. Potrebno je poznati tudi samočistilno

sposobnost vodotokov. V osnovnem se mora zmanjšati količina odpadne vode ter s tem tudi potrebne investicije in operativni stroški. Količina padavinske vode je odvisna od velikosti neprepustnega površja, ki je vezan na kanalizacijsko omrežje. Ukrepi za zmanjšanje padavinskega odtoka so:

- ponikanje onesnažene, neškodljive padavinske vode
- raba deževnice
- direktni izpust malo onesnažene vode iz streh, prometnih površin v jezerav reke, iztok iz gosto obremenjenega prometa, industrijska, kmetijska območja je potrebno odvesti v mešano kanalizacijo

Onesnaževanje padavinskega odtoka se lahko zmanjša z ukrepi:

- pogosto čiščenje kanalov
- pogosto čiščenje ulic
- ulični drenažni kanali z izboljšanim zadrževanjem onesnaževanja, to so cevi ali majhni odprti kanal, po katerem se težnostno odvaja voda iz zemljine, da se uravnava gladina vode
- preprečevanje nastanka težkih kovin na iztoku v vodotok
- pospeševanje, splakovanje oz. odstranjevanja usedlin, ki so se nabrale v odtočnih kanalih, ceveh, zbiralnikih, zaradi nezadostne hitrosti v njih

Kot univerzalni kazalec onesnaževanja je kemijska potreba po kisiku (KPK). Mejne obremenitve s KPK-jem, ki jih opisujejo nemške smernice ATV-A 128E na str. 8, temeljijo na naslednjih vrednostih:

Povprečne letne padavine: 800 mm

Koncentracija KPK v deževnem odtoku: 107 mgO₂/l

Koncentracija KPK – ja v sušnem odtoku: 600 mg O₂/l

Koncentracija KPK – ja iztok iz ČN v času neviht: 70 mg O₂/l

Koncentracije KPK 600 mg O₂/l v sušnem obdobju predstavlja teoretično vrednost. Manjše obremenitve KPK od 600 mg O₂/l predstavljajo boljšo zaščito okolja pred polutanti. Večje

onesnaževanje vodi v povečanje volumna zadrževanja (preobremenitev s težkimi kovinami). Mejna vrednost KPK-ja na iztoku iz ČN v deževnem vremenu je 70 mg/l.

b) Slovenska zakonodaja

V UL RS, št. 45/2007 zasledimo mejne vrednosti za KPK in BPK₅ na iztoku iz male komunalne čistilne naprave, in sicer KPK ne sme presegati 150 mg/l in BPK₅ ne sme biti višji kot 30 mg/l.

Ne glede na mejne vrednosti KPK in BPK₅ v odpadni vodi, ki jo podaja zgornja uredba UL RS, št. 98/2007, določa naslednja uredba UL RS, št. 45/2007 učinek sekundarnega čiščenja komunalne čistilne naprave glede KPK, ki je najmanj 80% in za BPK₅ ki je 90%. Učinek čiščenja komunalne čistilne naprave se pri tem izračunava kot povprečna vrednost razmerja med 24-urno obremenjenostjo komunalne odpadne vode, merjeno s KPK in prav tako merjeno s BPK₅, na dotoku in na iztoku komunalne čistilne naprave.

Nadalje bi podala tabelo 6, iz katere je lepo razvidno onesnaževanja v padavinskem odtoku in v deževnici. Onesnaženost padavinskih voda s cest je nekajkrat večja kot pa obremenitve onesnaženosti v deževnici. Največja razlika med njima pa je v težkih kovinah, katerih deževnica praktično nima oz. jih ima v malih vrednostih.

Tabela 6: Koncentracija onesnažil v mešani kanalizaciji in v kanalizaciji samo s padavinskim odtokom (prevzeto: Panjan, 2004, str. 12)

PARAMETER	PADAVINSKA VODA S CESTE (mg/l)	DEŽEVNICA (mg/l)
suspendirane snovi	110	3.5
celokupni organski ogljik	19.6	2.9
celokupni ogljikovodiki	4.5	/
BPK ₅	12.2	/
svinec	0.34	0.067
cink	0.25	0.06
baker	0.047	0.007
kadmij	0.0034	0.003
kloridni	159	1.6
brez posipanja s soljo	22.4	/
sulfati	15	8.4
nitriti	1.3	0.47
amonijak	0.5	0.6
dušik	2	/
celokupni fosfor	0.28	0.031

Tabela 7 prikazuje onesnaženost s polutanti glede na gostoto prebivalstva v naselju. Močna onesnaženost je vidna na industrijskih predelih, še posebej obremenitve z oljem. Velika onesnaženost z dušikom, fosforjem in oljem je tudi v naseljih z visoko gostoto prebivalstva.

Tabela 7: Srednja koncentracija onesnažil padavinskih voda s prometnih površin v naselju (prevzeto: Panjan, 2004, str. 11)

Vrste površine	Koncentracije (mg/l)			
	Suspendirane snovi	Celotni dušik	Celotni fosfor	olja in masti
vaško naselje	50	0.2	0.1	0.6
Stanovanjsko naselje z nizko gostoto prebivalstva	600	1.2	0.7	0.8
Stanovanjsko naselje z visoko gostoto prebivalstva	250	0.7	0.8	20
Trgovsko-skladiščno območje	770	1.7	1.3	33

3.4.4 Kratka primerjava onesnaževanja v ločenem in mešanem sistemu

Ni lahko reči, kateri sistem izpusti manj onesnaževanja v vodno telo ter kateri prinese manjše investicijske in obratovalne stroške.

Kljub temu so v podatkovni bazi ATV-DVWK Datenpool 2001 naredili preizkus, kateri sistem odvede v vodno telo z nižjimi stroški manjšo koncentracijo onesnažil. Primerjali so koncentracijo v mešanem in ločenem sistemu. Predpostavili so, da se padavinska voda v ločenem sistemu ne očisti. Z meritvami so dobili naslednje končne rezultate.

Mešan sistem izpušča manjšo koncentracijo usedljivih, trdih delcev, KPK – ja, celotnega organskega ogljika in težkih kovin. Ločen kanalizacijski sistem manj obremenjuje vodotoke z vsemi nutrienti, vključeno s fosfati ter z BPK – jem. Iz tega lahko sklepamo, da je potrebno padavinsko vodo čistiti v obeh sistemih. Potrebna je tudi učinkovitejša, zmogljivejša obdelava padavinske vode. Lahko pričakujemo boljše rezultate pri modernih ločenih in mešanih sistemih,

kateri čistijo padavinsko vodo. S pravilno dimenzioniranimi razbremenilniki in zadrževalnimi bazeni prispevamo pri mešanem sistemu k manjši obremenitvami vodotokov. Za zmanjševanje onesnaževanja v vodotokih pri LKS, pa je nujno potrebno onesnaženo vodo pred iztokom v vodotok očistiti.

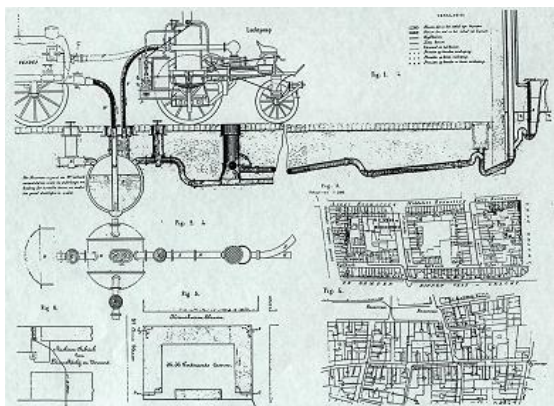
4 ALTERNATIVNA ODVODNJA – TLAČNA IN VAKUUMSKA KANALIZACIJA

Naj najprej podamo, da se zaradi visokih obratovalnih stroškov pri alternativni odvodnji odvaja samo fekalni kanal ločenega sistema ter na ta način prihranimo pri obratovalnih stroških.

4.1 Vakuumska ali podtlačna kanalizacija

4.1.1 Kratek zgodovinski razvoj vakuumske kanalizacije

Med leti 1828 in 1893 je vakuumski sistem izumil nizozemski inženir Liernur in ga prvič preizkusil v nizozemskem mestu Harlemu ter ga leta 1866 tudi patentiral na Nizozemskem ter v Angliji. Njegov sistem je bil nameščen na Nizozemskem v Amsterdam-u, Leiden-u in Dordrecht-u in tudi v Pragi na Češkem, v francoskem Trouville-u, nemškem Hanau-u in v angleškem Stansted-u. Pri mnogih drugih evropskih mestih kot so; Pariz, Berlin, Stockholm, München, Stuttgart, Zürich in Baltimore v ZDA, je Liernur izvajal vakuumsko kanalizacijo, vendar pa jih ni v celoti zaključil. Lahko je to dejstvo prispevalo, da se ni nobeden Liernur-jev način vakuumske odplake ohranil do današnjih časov. Na sliki 10 je vidni najstarejši ohranjeni Liernur-jev načrt vakuumske odvodnje iz leta 1866, ki je bil dejansko narejen v Pragi in v Amstrdamu.



Slika 10: Ohranjeni načrt vakuumske kanalizacije (prevzeto: Maleiner, 2006, str. 6)

Nadalje se je razvijala vakuumska odvodnja leta 1956, ko je švedski inženir Liljendahl s pomočjo podtlaka patentiral odvodnjo odpadnih vod iz stranišč, ki so potrebovala za posamezno izpiranje le po 1.5 l vode ter okoli 50 l zraka. Njegov izum je odkupila in nadalje razvila švedska firma Elektrolux AB. Še dandanes se ga uporablja na ladjah, letalih, vlakih, campingih in je znan pod trgovskim imenom Vacuflow, od leta 1990 pa tudi kot QUA-VAC.

Nov razvoj na komunalnem področju se je po Liljendahlu začel šele leta 1970, ko je ameriško podjetje Airvac z tehničnimi izboljšavami in rešitvami izumilo polaganje zbiralnikov v obliki žagastega profila in vpeljalo 3" batni ventil. Ta ventil je omogočal razširjanje vplivnega območja na polmer omrežja zbiralnikom do 3 km ter na izrabo podtladne razlike preko 0,5 bara. Tako je postalo podjetje Airvac prvo med ponudniki vakuumske tehnologije in prvo po številu dejansko izdelanih omrežij in naprav. Leta 1978 je začelo tudi nemško podjetje Roediger razvijati vakuumsko kanalizacijo in od Airvaca prevzelo bistveno znanje za polaganje tega načina omrežja. Ohranilo je le uporabo manj sposobnega in v delovanju bolj občutljivega membranskega ventila z 2" in 2,5" pretočnim profilom.

4.1.2 Delovanje vakuumskega načina odvodnje

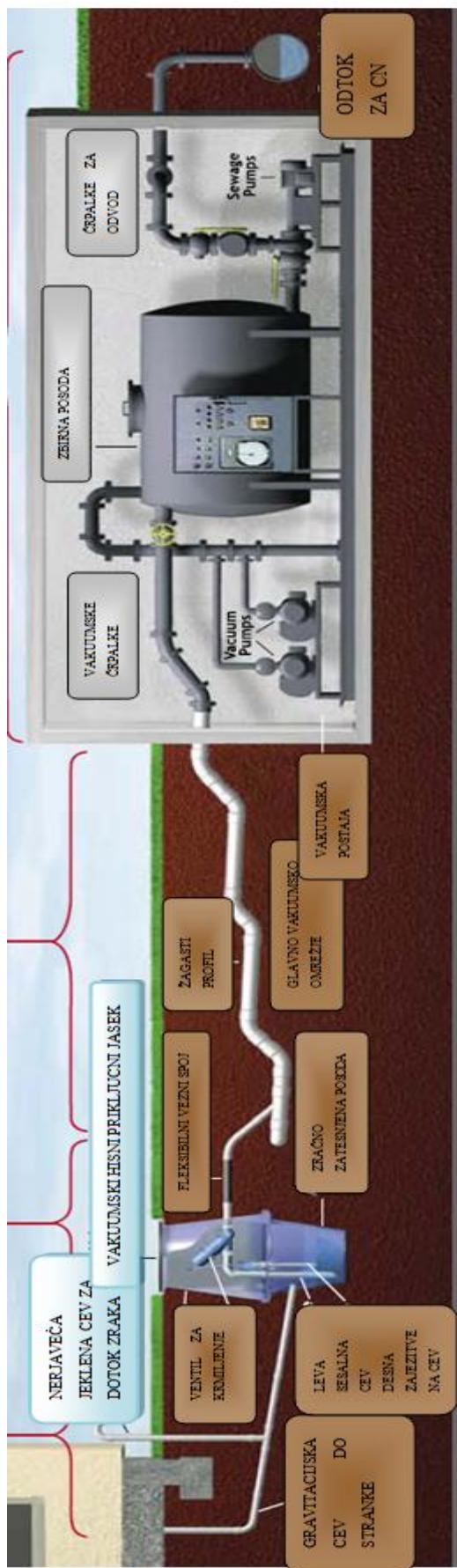
Tabela 8 navaja razširjenost vakuumskega omrežja vodilnih dveh podjetji, Airvac in Roediger iz leta 2004. Iz nje se lahko razbere razširjenost 3" batnega ventila po celotnem svetu, manj zmogljivi 2" in 2,5" membranski ventil pa je razširjen v glavnem le v Evropi.

Tabela 8: Razširjenost batnih in membranskih ventilov po Evropi in izven nje (prevzeto: Maleiner, 2006, str. 9)

	<i>AIRVAC</i> 3"batni ventil	<i>ROEDIGER</i> 2" in 2,5" membranski ventil
število izvedenih omrežji po celem svetu	664	181
število izvedenih omrežji samo po Evropi	282	174
število izvedenih omrežji izven Evrope	382	7
število vgrajenih ventilov po celem svetu	97.707	27.808
število vgrajenih ventilov po Evropi	21.810	27.610
število vgrajenih ventilov izven Evrope	75.897	198
število hišnih priključkov po celem svetu (ocena)	244.268	30.589
število hišnih priključkov po Evropi (ocena)	54.525	30.371
število hišnih priključkov izven Evrope (ocena)	189.743	218

Vakuumski kanali se polagajo plitvo, izpod cone zmrzovanja, saj vakuumsko odvajanje odplak ne zahteva podolžnega padca kanalov ter ne potrebuje temeljenja. Kanalske cevi se polagajo v skupni jarek z vodovodnimi ali plinskimi inštalacijami. Hitrost pretoka v vakuumski kanalizaciji je lahko največ do 3m/s, zato je izpiranje kanalov nepotrebno, vsakršno usedanje usedlin pa nemogoče. Vakuumski način zbere in odvede le sušni odtok pri ločenem sistemu kanalizacije. Vakuumski sistem deluje s pomočjo podtlaka, ki ga ustvari vakuumsko črpališče (0.6 in 0,7 bara). Za delovanje celotnega omrežja se potrebna energija dovaja le v vakuumski posodi. Podtlak v omrežju se razširi preko omrežja do končnih hišnih priključkov, kjer so nameščeni ventili. Hišni ventili, preko katerih se vsrkavajo odplake, ne potrebujejo energijskega priključka. Podtlak povzroča avtomatično delovanje ventilov. Ko podtlak odpre ventile, odsesa potrebne količine odplak in zraka ter zapre ventile. Ta mešanica odpadne vode in zraka se iz omrežja odsesa v zbirno posodo v vakuumski postaji, od koder se odčrpa v čistilno napravo. V omrežju se vedno nahaja velika količina zraka, ki preprečuje nastajanje anaerobnega okolja, zato tudi daljši zadrževalni časi omrežju ne škodijo. Na ta način pa v omrežju ne pride do nagnitja. Vdor podtalnice se praktično ne more zgoditi, saj se v primeru nevodotesnosti v sistemu podtlak takoj uniči. Tudi mašenje je praktično nemogoče, saj je najmanjši pretočni presek ustje ventila. Kosovni odpadki se zato ustavijo le na ustju ventila.

Delovanje vakuumskega sistema lepo prikazuje slika 11.



Slika 11: Delovanje vakuumske kanalizacije (prevzeto: <http://www.airvac.com>)

Za uporabnika deluje vakuumski sistem podobno kot vsaka druga kanalizacija. Odpadna voda, ki jo povzroča uporabnik, se odvede preko gravitacijskega kanala in hišnega priključka do vakuumskega hišnega priključnega jaška. Hišni priključek mora imeti pravilno odzračevanje, predvideti se mora dotok zraka iz nerjaveče cevi. Pravilno odzračevanje pomeni, da se pri odvajanju odpadnih vod v napeljavah izenačijo nastali podtlaki. Ti nastopajoči podtlaki povzročajo izpraznitev hišnih priključkov. Ko odpadna voda pride do vakuumskega hišnega priključnega jaška, se zviša tlak v vertikalni merilni cevi. Ko se merilna cev napolni do določene višine ter nastopi določen pritisk v cevi, se vakuumski ventil avtomatsko odpre in podtlak v omrežju povzroči izsrkavanje odpadnih vod in določeno količino zraka. Ta mešanica odpadne vode in zraka potuje po vakuumskem omrežju žagastega profila do vakuumske postaje. Vakuumski ventil se zapre, ko se jašek popolnoma izprazni.

Vakuumska postaja je sestavljena iz vakuumskih črpalk za ustvarjanje podtlaka v vakuumskem omrežju, zbirne posode in iz potopnih tlačnih črpalk za odvod odpadne vode v čistilno napravo. Vakuumske črpalke uravnavajo isti tlak znotraj vakuumskega kotla v razponu od 0,8 do 0,2 bara. Ko podtlak v sistemu pade pod dovoljeno mejo, se vključijo vakuumske črpalke, ki delujejo samo nekaj ur dnevno. Ko se vakuumski kotel napolni do določene meje, se vključijo tlačne črpalke, ki odpadno vodo iz zbirne posode potiskajo po tlačnem vodu na čistilno napravo. Zrak, ki je posesan skupaj z odpadno vodo, se odstranjuje s pomočjo vakuumskih črpalk.

4.1.3 Opis komponent vakuumskega sistema

Da vakuumski način zbiranja in odvoda sušnega odtoka deluje brezhibno, so potrebni naslednje sestavni deli vakuumske kanalizacije:

4.1.3.1 Hišni priključek

Hišni priključki se morajo za vakuumsko kanalizacijo izvesti tako, da se že v zgradbah in na

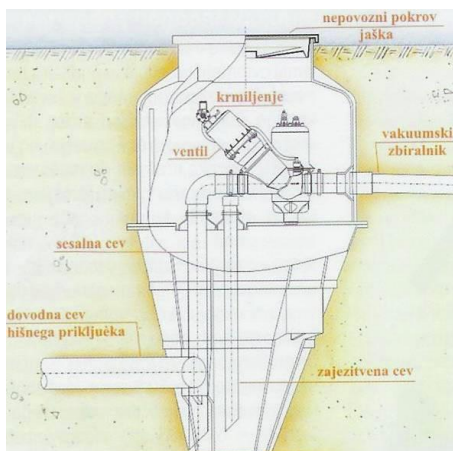
privatni parcelah zberejo in odvajajo posebej sušni in padavinski odtok. Pri hišnih priključkih je pomembno, da se mora predvideti pravilno odzračevanje preko streh, torej predvideti dodatna možnost hitrega dotoka zraka. Hitro vsrkavanje večje količine odpadne vode in zraka pri odprtem vakuumskem ventilu povzroča v dovodnem hišnem kanalu še dodatni tlak, zato je odzračevanje pri vakuumski kanalizaciji zelo pomembno. Pravilno odzračevanje iznad streh pomeni, da se pri odvajanju odpadnih vod v napeljavah izenačijo nastali podtlaki. Ti nastopajoči podtlaki povzročajo izpraznitev hišnih priključkov. Na slovenski PE HD vakuumski hišni priključek se lahko priključijo cevi DN 200 ali izjemoma tudi DN 250, vendar pa običajni premer cevi hišnega priključka znaša DN 150.

4.1.3.2 Vakuumski hišni priključni jašek (VHPJ)

Vakuumski hišni priključni jašek predstavlja povezavo med gravitacijskim odvodnjavanjem posameznega območja in vakuumskim kanalizacijskem omrežjem. Na trgu so na voljo jaški različnih proizvajalcev, kot na primer sistem Airvac, sistem Roevac, Schluff, sistem Vacuflow, Flovac, kjer je potrebno temeljito premisliti in preveriti pozitivne in negativne lastnosti jaškov, da se izbere na dolgi rok kvaliteten in hkrati ekonomsko ugoden jašek.

Kakor je razvidno iz slike 12 sta v spodnjem delu jaška nameščeni merilna in sesalna cev, ki morata biti v ustrezni poglobitvi jaška. Ta del jaška mora imeti po predpisih EN 1091 zadostno prostornino. Zajezitvena prostornina spodnjega dela jaška in dovodna cev mora znašati vsaj 25% srednjega dnevnega dotoka. V zgornjem delu jaška pa se nahaja vakuumski ventil z vsemi aparaturnami in dodatki.

Zaradi dotoka odpadnih vod se zviša zajezitvena višina v VHPJ ter posledično zvišanje tlaka v zaprti vertikalni merilni cevi. Ko se merilna cev napolni do določene višine ter nastopi določen pritisk v cevi, se vakuumski ventil avtomatsko odpre in podtlak v omrežju povzroči izsrkavanje odpadnih vod in naknadno še točno določeno količino zraka, ki jo je možno na ventilu nastaviti glede na potrebe omrežja. Ta mešanica zraka in vode, onemogoči usedanje snovi v omrežju. Vakuumski ventil se zopet avtomatsko zapre, ko se jašek popolnoma izprazni.



Slika 12: Prerez vakuumskega priključnega jaška sistema Airvac (prevzeto: Meleiner, 2005, str.46)

Količina odpadne vode, ki jo skozi odprti ventil potisne tlak v vakuumsko omrežje, imenujemo saržna prostornina. Doseže se jo tik pred vklopom ventila in se jo skupaj z določeno količino zraka poseša v omrežje. Iz omrežja se jo odsesa v zbirno posodo in od tam v čistilno napravo. Saržna prostornina je odvisna od števila vklopov in izklopov ventila. Večja kot je saržna prostornina, manjša je pogostost vklopa in izklopa ventilov. Za primerjavo naj podamo, da pri Roovac jaških z membranskim ventilom je ta količina okoli 12-15 l, medtem ko pri batnih jaških znaša 40-50 l odpadne vode. Torej pri Roovac jaških potrebuje ventil in krmilnik za odvod enake količine odpadne vode štirikrat večje število vklopov in izklopov kot pri batnih jaških. Slabost Roovac jaškov je tudi to, da je potrebna redna menjava membran, ki je zahtevna in draga.

Hišni vakuumski priključni jašek se mora vgraditi v dobro dostopnem mestu. Kljub temu, da na trgu ponujajo betonske vakuumske jaške, pa za vgradnjo niso priporočljive. Samo njihova vgradnja je težja in zahtevnejša, dodatne težave in stroški pa nastopijo pri njihovi ne vodotesnosti. Veliko bolj je priporočljiva uporaba PE – vakuumskega priključnega jaška, saj je izdelan po evropskih normah, njegova vgradnja je lahka, hitra in nezahtevna ter je absolutno vodotesen, kar onemogoča vdor tujih vod. To pomeni znatno nižje obratovalne stroške. Omogoča kontrolo hišnega dotoka, ki se izliva v poglobitev hišnega priključnega jaška.

V Sloveniji izdelani in opremljeni jaški po zahtevah evropskih in svetovnih standardih so sistema

Flovac. Flovac jaški so pokriti s pohodnim pokrovom. Na prometnih površinah se ga nadomesti z litoželeznim pokrovom, ki odvaja prometne obtežbe preko ustreznega AB venca na okoliško zemljino. Na ta način ostanejo stene jaška neobremenjene. Na območju visoke podtalnice, kjer upor sten jaška ne zadošča v celoti, se morajo le-ti zaščititi še z betonskimi obroči.



Slika 13: PE-HD VHPJ izdelan v Sloveniji (prevzeto: Maleiner, 2006, str. 13)

4.1.3.3 Vakuumski ventili

Najprej so se uporabljali 2" (50mm) in pri večjih dotokih pa 65 mm membranski ventili, vendar so jih že okoli 1970 leta spodrinili 3" batni ventili, ki so veliko bolj zmogljivi. Membranski ventili so se ohranili le v Evropi, kakor prikazuje tabela 8 na str 35. 3" batni ventil ima boljše hidravlično pretočno sposobnost, saj se lahko nanj priključijo 4 gospodinjstva, na 2" in 2,5" membranska ventila pa le do dve gospodinjstvi. Straniščni odtok, ki odteka v vakuumsko omrežje, lahko vsebuje kosovne sestavine komunalnih odpadnih vod (steklo, zamaške, koščice, ..). Velikost odtočne odprtine straniščne školjke znaša okoli 3" oz 80 DN. Pri membranskih ventilih prihaja velikokrat do mašitve le teh. Temu je vzrok naknadna zožitev pretočnega premera iz treh col na dve coli pri standardnem membranskem ventilu. Za preprečitev mašenja se je moral zvečati pretočni premer ventilov na 3" ventil, da se lahko večje kosovne sestavine odpadne vode brez težav posrkajo v omrežje. Tako so se razvili 3" batni ventili, membranski ventili pa so se zaradi same konstrukcije ventila lahko povečali le na 2,5". Zvečanje pretočnih presekov na 3" pa hkrati pomeni zvečanje hidravlične zmogljivosti ventilov, zmanjšanje hidravličnih izgub ter s tem zvečanje premera vplivnega področja vakuumske postaje. Pri večjih omrežjih pa večja vplivna področja vakuumske postaje vplivajo na zmanjšanje vakuumskih postaj in s tem povezanimi

stroški. Funkcijo odpiranja in zapiranja pri batnih ventilih opravlja bat s pomočjo mehanske vzmeti in podtlaka. Bat je na poškodbe in obrabo praktično neobčutljiv. Enostavna in hitra zamenjava batov je v praksi zanemarljivo majhna. Pri membranskih ventilih je zapiralni in odpiralni element občutljiva neoprenska membrana, ki jo je potrebno menjavati vsaki dve leti. Ostrorobi kosovni elementi odpadne vode, ki prihajajo skozi membranski ventil, velikokrat poškodujejo občutljivo membrano (zareznine, vbodi,..). Zaradi maščob, kemikalij, čistil, ki jih vsebuje odpadna voda, postane membrana po določenem obdobju porozna. V primerjavi z batnimi ventili imajo membrane štirikrat manjšo saržno prostornino, zato so bolj občutljive na mehanske obremenitve, in sicer na raztezanje, upogib in krčenje. Poškodovana membrana, ki po določenem času ni zamenjana, povzroča dolgotrajni padec podtlaka v vakuumski postaji. To so razlogi za redno menjavo membran ne glede na pogostost delovanja ventila, kar pa pomeni dodatne stroške pri membranskih ventilih. Tudi sama tehnična menjava membran na terenu je izredno zamudno in zahtevno delo.

Po podatkih podjetja Flovac stroški nakupa membranskega ali batnega ventila z VHPJ znašata približno enako in se gibljeta med 2.500,00 do 3.000,00 EUR. Zaradi redne menjave membran pri membranskem ventilu pa to povzroča dodatne stroške, kar pomeni, da je dolgoročno membranski ventil z VHPJ dražji.



Slika 14: 3" batni ventil



Slika 15: 2" - Roevac membranski ventil (prevzeto:Maleiner, 2006, str.16)

Delovanje ventila v vakuumskem priključnem hišnem jašku

Energija, ki je potrebna za pnevmatsko krmiljenje in za odpiranje in zapiranje ventilov, se ustvari na podlagi tlačne diference med okoljskim atmosferskim pritiskom ter podtlakom v omrežju.

Ventil deluje tako, da se avtomatično zapre pri izpadu energije oz. pri padcu podtlaka in tako prepreči pretok v vakuumsko omrežje. Naraščanje zaježitvene višine v vakuumskem priključnem jašku je posledica dotoka odpadne vode. Ventil je zaprt pri ustvarjanju podtlaka in se odpre le na krmilni signal. Krmilnik sme odpreti ventil pri 0,15 bara podtlaka in ostane odprt, dokler se ne odstrani vsa saržna prostornina priključnega jaška ter količina zraka, ki je potrebna za transport v omrežju. Količino zraka je možno vnaprej nastaviti glede na potrebe omrežja. Ko se vsa saržna prostornina s potrebnim zrakom v priključnem jašku odstrani in se ventil popolnoma zapre, se zrak v omrežju razteza in odriva vodne zamaške. Mešanica vode in zraka onemogoča usedanje snovi v omrežju, saj ustvarja turbulentno stanje. Torej je spiranje vakuumskega omrežja nepotrebno. Ventil mora delovati tudi, če je v celoti poplavljen, če le ni preplavljena napeljava dovoda zraka k ventilu. Za krmiljenje ventila je potrebni dovod zraka, ki ga omogočimo s odzračevalnim dovodom izven jaška. Za preprečitev vdora vode v krmilnik in njegova zamašitev primeru preplavitve ventila ima pomembno funkcijo zaščitni protipoplavni odzračnik.

Poznamo pnevmatski (AIRVAC,ROEVAC), mehanski (QUAVAC) in električni način krmiljenja ventilov. Pnevmski način se najpogosteje uporablja, dočim ostala dva se skoraj ne uporabljata.

Tudi v Sloveniji do zdaj vgrajeni ventili se krmilijo na pnevmatski način.



Slika 16: : 3" batni ventil Airvac v hišnem priključnem jašku

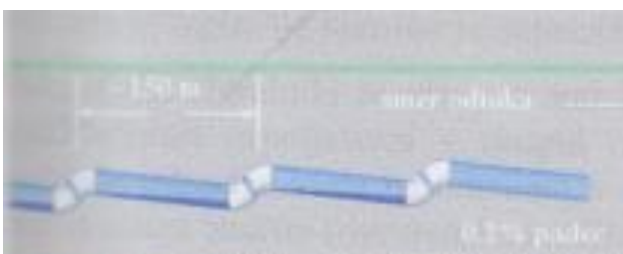


Slika 17: : Pohodni pokrov VPHJ

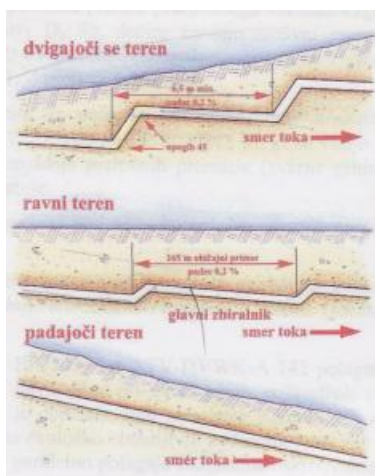
4.1.3.4 Vakuumsko omrežje

Pri vakuumski kanalizaciji polagamo kanale plitvo, pod cono zmrzovanja (s prikritjem od 0,8 do 1,5 m odvisno od posameznega območja v Sloveniji). V primerjavi z gravitacijsko odvodnjo so pri vakuumski odvodnji cevi manjših premerov, saj so hitrosti pretakanja višje. Vakuumske cevi polagamo z značilnim žagastim vzdolžnim profilom, ki je sestavljen iz dolgih rahlo padajočih odsekih, ki jim nato sledijo izmenoma kratki odseki s strmimi dvigi, imenovani lifti. Ti odseki si morajo slediti tako, da zbiralnik leži v čim bolj plitvih delih jarka pod zmrzlinso cono. Žagasti profil je prikazan na sliki 18, način polaganja cevi v vakuumskem omrežju pa na sliki 19. V skupni jarek se lahko vzporedno polagajo tudi vodovodne ali plinske napeljave, saj zaradi podtlaka ni nevarnosti vdora odpadnih voda v vodovodno ali plinsko omrežje. Dovoljeno je tudi

prečkanje vakuumskih zbiralnikov brez dodatne zaščitne cone z zaščitnimi območji pitne vode. Zaradi podtlaka odpadne vode v primeru poškodb cevi ne odtekajo v okolje. Dopustno in nenevarno je tudi polaganje zbiralnikov izpod ali vzdolž železniških tirov, ker podtlak ne more poškodovati, izpodkopati tirov ali nasipov. Največkrat so uporabljene PEHD-cevi, ki so zvarjene z električnimi spojkami in PVC-cevi z lepljenimi spojkami. Te cevi so odporne, trajne, elastične in prenesejo velike strižne in vzdolžne sile ter so prilagodljive neenakomernim posedkom temeljnih tal.



Slika 18: Žagasti profil (prevzeto:Maleiner,2006, str. 22)



Slika 19: Način polaganja (prevzeto:Maleiner, 2006, str. 22)

Pri polaganju cevi se v mestnih središčih in ozkih ulicah lahko izognemo najrazličnejšim terenskim oviram. Vakuumski zbirni kanali se lahko na določenih odsekih, kjer so izredno ozke ulice in mestna jedra, polagajo nadzemsko nad cestiščem. Torej se vakuumski način lahko

uporabi za nadzemsko polaganje, kot je to na primer prečkanje vodotoka z mostno konstrukcijo. Odpadne vode se namreč nabirajo in mirujejo le v nižjih delih vakuumskega omrežja. Ta način je uporaben tudi za odvodnjo objezerskih ali obmorskih področij. Na barjanskih ali skalnatih tleh, torej v težavnih terenskih razmerah, imajo prednost ozki in plitvi jarki, saj ni potrebno temeljenje zbiralnikov, ker dodatni nekontrolirani posedki zbiralnikov ne ogrožajo delovanja omrežja.

Pri vakuumski kanalizaciji plitva lega zbiralnikov, majhni prerezi cevi in nepotrebni kontrolni jaški povzročajo znatno nižje gradbene stroške. Pri izkopih v skalnatem terenu, pri nepotrebem temeljenju na barjanskih tleh, pri nepotrebem znižanju gladine podtalnice so ti stroški še nižji. Za iskanje obratovalnih motenj se morajo pri membranskih ventilih predvideti kontrolni jaški. Če pa ima omrežje že vgrajen monitoring, pa ti kontrolni jaški niso potrebni. Visoke obratovalne in vzdrževalne stroške povzroča odvodnja odpadne vode iz turističnih objektov, camping prostorov, saj morajo naprave zaradi hudih sezonskih nihanj obratovati izpod dimenzioniranih količinskih obtežb. Vendar pa tudi tukaj ostaja vakuumska kanalizacija racionalnejša v primerjavi z ostalimi klasičnimi načini odvodnje odpadne vode.

Naj podam samo primer iz 15. strokovnega seminarja g. Franca Maleinerja, ki je navedel, da je razpis gradnje kanalizacijskega omrežja občine Dornava dokazal, da bo gradnja vakuumske kanalizacije okoli 20-30% cenejša od klasičnega načina. Ravno tako v obrtni coni Logatec, kjer bi v primeru tlačnega načina odvodnje, potrebovali kar 11 črpališč, kar bi zelo povečalo stroške izgradnje. Tako so z izgradnjo vakuumskega načina prihranili na investicijskih stroških. Naj podam še zanimiv primer: v Benetkah se je vakuumska kanalizacija gradila kar na fasadah hiš.



Slika 20: Hitra in enostavna gradnja vakuumske kanalizacije (prevzeto: www.flovac.com.au)

Kot pri vseh načinih kanalizacije je potrebno tudi pri vakuumski kanalizaciji izvesti preizkus vodotesnosti omrežja, ki se izvajajo s pomočjo podtlaka.

4.1.3.5 Vakuumska postaja

Glavni in najpomembnejši element celotnega vakuumskega sistema je ravno vakuumska postaja, ki edina potrebuje za delovanje celotnega sistema električno energijo. Podtlak, ki je potreben za delovanje celotnega sistema, se dosega v vakuumski postaji. Idealno je, da se vakuumska postaja namešča v središče vakuumske kanalizacije. V praksi se centralna vakuumska postaja namešča v najnižji, centralni točki omrežja. Da zagotovimo čim krajši priključni tlačni vod, je najboljša namestitvev vakuumske postaje v območju čistilne naprave.



Slika 21: Vakuumska postaja Airvac v Logatcu



Slika 22: Plovec, ki kaže nivo vode v vakuumskem kotlu

Vakuumska postaja je sestavljena iz vakuumskih črpalk za ustvarjanje podtlaka v vakuumskem omrežju, vakuumskega kotla za zbiranje odpadnih voda in iz potopnih tlačnih črpalk za odvod odpadne vode iz vakuumskega kotla v napravo za čiščenje oz. čistilno napravo. Vakuumske črpalke uravnava isti tlak znotraj vakuumskega kotla v razponu od 0,2 do 0,8 bara. Ko podtlak v sistemu pade pod dovoljeno mejo, se vključijo vakuumске črpalke, ki delujejo samo nekaj ur dnevno, saj so dimenzionirane, da delujejo samo po potrebi. Ko se vakuumski kotel napolni do določene meje, se vključijo tlačne črpalke, ki akumulirano odpadno vodo iz vakuumskega kotla potiskajo po tlačnem vodu na čistilno napravo. Zrak, ki je posesan skupaj z odpadno vodo, se odstranjuje s pomočjo vakuumskih črpalk.



Slika 23: Tlačni črpalke v VP



Slika 24: Vakuumski črpalke v VP

Torej vakuumsko omrežje je na vakuumsko postajo priključeno na podtladni kotel, v kateri se

ustvarja potrebni podtlak s pomočjo vakuumske črpalke. Vakuumska postaja s pomočjo vakuumskih črpalk odpira in zapira ventile, izsrka predvideno vsebino jaškov in jo zbira v vakuumskem kotlu. Odpadne vode, ki prihajajo v ta kotel v centralni vakuumski postaji, jih črpalke odčrpavajo in jih s pomočjo tlačnega voda odvajajo v preostalo kanalizacijsko omrežje ali pa na čistilno napravo.

Celotno kanalizacijsko omrežje, jaški in naprave delujejo le na podlagi ustvarjenega podtlaka, le centralna vakuumska postaja potrebuje za svoje delovanje električni priključek.

Podtlačni kotel oz. posoda je lahko nameščena v mokri ali suhi izvedbi, vendar pa ima posoda, ki je nameščena v suhi izvedbi v zgradbi bistvene prednosti kot mokra izvedba. V suhi izvedbi so napeljave, cevi, merilni inštrumenti, ventili in tlačne črpalke lahko dostopni na zunanji strani prostostoječe posode. Vsi deli se lahko vzdržujejo enostavno neodvisno od vremenskih pogojev. Prednost suhe izvedbe so tudi nižji stroški nadzora in vzdrževanja. Zaradi namestitve potopnih črpalk ima vakuumska posoda v mokri izvedbi večjo prostornino, ki jo je potrebno ustrezno antikorozijsko zaščititi. Zaščita je potrebna v območju plazov, ki je lahko zelo zahtevna in draga. Zaradi kisika, ki se ga posrka v omrežje skupaj z odpadno vodo, vlada v celotnem omrežju aerobno okolje tudi med daljšim zadrževalnim časom. Zato se redko zgodi gnitje odpadnih vod v omrežju. Kljub temu lahko pod določenimi pogoji le pride do pomanjkanja kisika, zato se morajo pri vakuumski postaji v naseljih namestiti ustrezni biofiltri za preprečitev smradu.

Da celotna vakuumska kanalizacija delujem varno, je potrebno dvostransko napajanje z električno energijo. To omogoča stacionarni zasilni agregat. V primeru izpada električne energije ni potrebna takojšna reakcija, saj podtlak v omrežju dopušča vsaj enourni čas reakcije. Pri velikosti agregata je potrebno upoštevati, da se vključi le po ena vakuumska črpalka in črpalka odpadnih vod. Vse ostale črpalke med zasilnim obratovanjem niso potrebne. Ko monitoring sproži alarm v primeru izpada elektrike, se zasilni agregat vklopi ročno.



Slika 25: Prikaz, kjer gre tlačni vod iz vakuumskega kotla in kjer vakuumski kanal pride v vakuumski kotel

Monitoring

Naj se ustavim še pri samem nadzoru celotne vakuumske kanalizacije, ki je zelo pomemben za varno delovanje in obratovanje celotnega omrežja.

Pregledi varnega delovanja, zahtevna iskanja napak v omrežju in tudi terenski nadzor posledično zahtevajo veliko število zaposlenih in visoke obratovalne stroške. V primeru obratovalnih motenj in napak ter izpada delovanja vakuumskega omrežja, je potrebno hitro najti napake, ugotoviti vrste in vzrok motenj ter najhitrejše odpraviti le te. Zaradi teh vzrokov se je po svetu razvil tako imenovani monitoring.

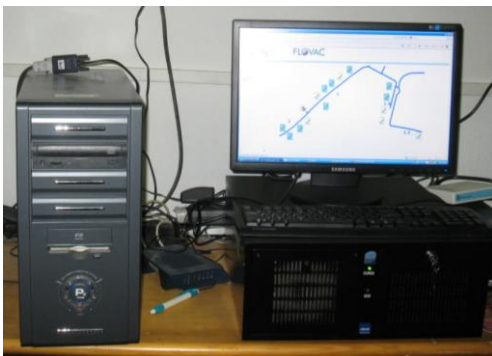
Monitoring omogoča nadzor vsakega ventila, kateri je preko senzorja in signalnega kabla priključen na računalnik, ki neprestano nadzoruje, beleži njegovo stanje in funkcije. Ravno ta nadzor je najpomembnejši, saj pri obratovalnih motenj pravočasno javi napake in tako ni potrebno obsežno in drago terensko iskanje. Monitoring povzroča nizke obratovalne stroške, taka investicija se tudi zelo hitro povrne. Vodenje in računalniški nadzor omogoča stalno beleženje podatkov o vklopih in izklopih trenutnih in po določenem obdobju posameznih črpalk in ventilov. Delovanje ventila je možno opazovati že na podlagi različnih barv ventila. Mirujoči ventil, ki je modre barve, se pri vklopu obarva na zeleno barvo, pri njegovem daljšem delovanju pa se iz zelene spremeni v rumeno barvo. Ponovno se vrne v prvotno modro barvo, ko se zapre.

Pri poznavanju natančnega števila vklopov in izklopov posameznih ventilov, časovne razporeditve delovanja le teh, se lahko natančno določijo odvodne količine vsakega ventila, ugotovi odvajanje prevelike količine tujih vod in ustrezne količine vsrkanega zraka.

Monitoring omogoča avtomatično delovanje in nadzor celotne naprave brez stalnega osebnega nadzora. Če se na vakuumskem omrežju pojavi motnja ali napaka, računalnik hitro določi mesto okvare in sproži ustrezen alarm ter samodejno to sporoči odgovorni osebi preko SMS. Naloga računalnika je tudi, da v določenem obdobju zahteva servisiranje, omogoča potrebne tedenske analize delovanja, shranjevanje in odpošiljanje dokumentov. Ko v omrežju pride do izpada elektrike, računalnik samodejno zapre programe in jih ponovno odpre in nadaljuje z delovanjem, ko se elektrika zopet vzpostavi.



Slika 26: Krmilna postaja v vakumski postaji, ki v primeru napake javi na računalnik



Slika 27: Računalnik, kjer se na zaslonu ventil, ki so v okvari, obarvajo rdeče

4.1.4 Načrtovanje vakuumske kanalizacije

- Dimenzioniranje zbiralnikov

Zbiralniki morajo brez posledic prenesti zemeljske in prometne obtežbe, obratovalne obtežbe ter obratovalni in preizkusni podtlak. Na terenu z visokim nivojem podtalnice, mora zbiralnik prenesti tudi vzgon podtalnice. Z upoštevanjem teh dejstev je potrebno zbiralnik tudi tako dimenzionirati. V primeru visokih temperatur, ki povzročajo zmanjšanje trdnosti cevi, je potrebno uporabiti cevi višje nazivne trdnosti. V kolikor se PE-HD cevi ne polagajo v gradbeni jarek, jih moramo zaščititi pred visokimi temperaturami, ultravijolično svetlobo in mehanskimi poškodbami. Za uporabo so priporočljive PE-HD cevi, klub temu, da standard EN 1091 dovoljuje uporabo PVC cevi z lepljenimi spojkami. Najpogosteje se uporabljajo varjene elektrospojke. Čelno varjenje bi namreč povzročalo na zvaru grbino, ki bi vodilo v hude hidravlične izgube. Pri hidravličnem izračunu pretoka se mora upoštevati notranji, svetli premer cevi.

- Podolžni profil zbiralnikov

Funkcija podolžnega profila zbiralnika je, da omogoča samočistilni pretok brez odlaganja usedlin. Najmanjša razdalja med lifti je vsaj 6,5 m. Običajna razdalja med lifti na ravnem terenu je okoli 165 m. Zbiralniki imajo padec 1:500 oz 0,2% in se polagajo paralelno s terenom pri višjih padcih terena v smeri odtoka. Za premagovanje višinskih razlik je hidravlično ugodnejše večje število majhnih liftov kakor manjše število večjih liftov. Na ta način so hidravlične izgube manjše. Višinska razlika spodnjega in zgornjega dna cevi lifta naj ne bo višja od 1,5 m. Podolžni profil zbiralnika omogoča zbiranje vode v najnižjih odsekih, pritisk dotekajočega zraka pa jih porine preko lifta. Omrežje se polaga vejičasto, na večjih odsekih se predvidijo kroglični zasuni, na daljših odsekih pa se predvidijo vmesni zasuni.

4.1.4.1. Osnove hidravličnega izračuna

- **Pretoki**

Enačbi 10 in 11 sem prevzela po članku z naslovom Vacuum sewer system iz spletne strani <http://www.airvac.com/pdf/Vacuum Sewer 101.pdf>

Pri odtokih gospodinjstev znaša računski odtok $Q_s = 0,005 \text{ l/(sxP)}$. V tem odtoku je po smernicah DIN EN 1091 odtok tujih vod že vračunan.

V primeru, da industrijski in obrtniški odtok ni znan, se ga preračuna na podlagi specifičnega odtoka 150 l/d. Povprečni dnevni pretok Q_{sr} temelji na državnih standardih.

Z uporabo dnevnega povprečnega pretoka in koničnega faktorja, dobimo maksimalni pretok, ki je pomemben pri načrtovanju kanalizacije.

$$Q_{\max} = Q_a / 1440 \times PF \quad (10)$$

Kjer je:

Q_{\max} – konični pretok [l/s]

Q_a – povprečni dnevni pretok [l/s]

PF – konični faktor [-]

Konični faktor, ki so ga predlagala podjetja, je potrebno uporabljati pri maksimalnem pretoku, vendar ne sme biti nikoli nižji od vrednosti 2.5. Najbolj pogosta vrednost je med 3 in 4. Izračuna se ga po naslednji enačbi:

$$PF = \frac{(18 + \text{št. preb.} / 1000)}{(4 + \text{št. preb.} / 1000)} \quad (11)$$

Lahko pa se Q_{\max} , Q_{sr} in Q_{\min} določi iz enačb v poglavju 2.1.1.

Potrebno količino zraka v vakuumski kanalizaciji dobimo po naslednji enačbi, izraženo v m³/h.

$$Q_L = Q_W * LWL \quad (12)$$

Pri tem pomenijo:

Q_L – potrebna količina zraka [m³/h]

Q_W – količina odpadne vode [m³/h]

LWL – razmerje zrak/odpadna voda, ki znaša med 3.5 in 10 ter ga lahko določimo iz tabela 9 v odvisnosti od dolžine odseka in naseljenosti.

Tabela 9: Tabela za določitev razmerja voda/zrak (prevzeto: Maleiner, 2006, str.32)

dolžina zbiralnika (m)	gostota prebivalcev na tekoči meter cevi			
	0,05 preb/m	0,1 preb/m	0,2 preb/m	0,5 preb/m
	srednje razmerje Zrak/voda (LWV)			
500	3,5 - 7	3 - 6	2,5 - 5	2 - 5
1000	4 - 8	3,5 - 7	3 - 6	2,5 - 5
1500	5 - 9	4 - 8	3,5 - 7	3 - 6
2000	6 - 10	5 - 9	4 - 8	3,5 - 7
3000	7 - 12	6 - 10	5 - 9	4 - 8
4000	8 - 15	7 - 12	6 - 10	(5 - 9)*

* se priporoča samo v izjemnih primerih

Ko dobimo podatek o razmerju zrak/voda, lahko iz tabele 10 določimo premer vakuumskih kanalov.

Tabela 10: Tabela za določitev premera cevi (prevzeto: Maleiner, 2006, str.33)

srednja vrednost razmerja zrak voda vzvodno	DN 65 **	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250 *
	ŠTEVILO VZVODNO PRIKLJUČENIH PREBIVALCEV						
2	0 - 110	0 - 350	250 - 600	350 - 900	500 - 1400	750 - 2100	1100 - 3000
4	0 - 65	0 - 200	135 - 340	200 - 500	300 - 800	400 - 1200	600 - 1650
6	0 - 45	0 - 140	95 - 240	140 - 350	200 - 550	300 - 820	400 - 1150
8	0 - 35	0 - 105	75 - 185	105 - 270	150 - 425	220 - 625	300 - 850
10	0 - 30	0 - 85	60 - 150	85 - 220	120 - 340	175 - 500	250 - 700
12	0 - 25	0 - 75	50 - 125	75 - 180	100 - 290	150 - 425	200 - 600

** premer cevi DN 65 se uporablja le pri 2 in 2,5" membranskih ventilih

* se priporoča samo v izjemnih primerih

- **Hidravlično dimenzioniranje vakuumske kanalizacije**

Spodnje enačbe sem prevzela iz priročnika Alternative sewer system. Da celotno omrežje deluje, sta v vakuumski postaji potrebna vakuumska in tlačna črpalka. Vakuumska črpalka se izračuna na podlagi spodnje enačbe.

$$Q_{vp} = \frac{A * Q_{max}}{7,5} \quad (13)$$

Kjer pomenijo:

Q_{vp} – kapaciteta vakuumske črpalke [l/s]

A – koeficient, ki je odvisen od dolžine vakuumskega omrežja in je podan v prilogi A7 [-]

Q_{max} – maksimalni pretok [l/s]

Moč vakuumske črpalke dobimo po enačbi:

$$N_{\xi} = \frac{Q_{vp} * \Delta\rho}{\eta} \quad (14)$$

Kjer izrazi pomenijo:

N_{ξ} – moč vakuumske črpalke [Watt]

Q_{vp} – kapaciteta vakuumske črpalke [m³/s]

$\Delta\rho$ – podtlak, kjer je učinkovitost črpalke najboljša [N/m³]

η – izkoristek črpalke [-]

Zmogljivost črpalke za odpadno vodo, izraženo v l/s, ponazarja naslednja enačba iz priročnika Alternative sewer system na strani 146.

$$Q_{dp} = Q_{max} = Q_a * PF \quad (15)$$

Kjer je:

Q_{dp} – zmogljivost črpalke za odpadno vodo [l/s]

PF – konični faktor, ki se giblje med 3 in 4 [-]

Q_a – povprečni pretok [l/s]

Potrebno moč črpalke za odpadno vodo določimo po spodnji enačbi:

$$N_{\xi} = \frac{Q_{dp} \times \rho \times g \times h_{man}}{\eta} \quad (16)$$

Kjer pomenijo:

N_{ξ} – moč črpalke [W]

Q_{dp} – pretok skozi črpalke [m³/s]

ρ - gostota tekočine, ki znaša 1000 [kg/m³]

g – gravitacijski pospešek, ki znaša 9,81 [m/s²]

h_{man} – črpalna višina [m]

η – stopnja izkoristka [-]

Vakuumska posoda v vakuumski postaji se lahko dimenzionira na maksimalni pretok Q_{max} in na ta način se zagotovi ustrezen obseg volumna za preprečevanje kratkoročnih ciklov delovanja črpalke za odpadno vodo in nepričakovanih zbirnih prostornin. Z upoštevanjem teh kriterijev, črpalke za odpadno vodo ne smejo delovati več kot 4-krat / h pri minimalnem pretoku in ne več kot 7-krat / h pri povprečnem pretoku. Za vakuumsko postajo je pomembna tudi prostornina zbirne posode, ki se jo določi po naslednji enačbi, ki je prevzeta iz priročnika Alternative sewer system, str. 149.

$$V_{ct} = 3V_o + 400 \quad (17)$$

Ker pa zgornja enačba velja za ameriško enoto gallon, jo je potrebno pretvori v naše enote litre in tako se enačba glasi:

$$V_{ct}=3V_o+1514,165 \quad (18)$$

Kjer izrazi pomenijo:

V_{ct} – celotni volumen vakuumske posode [l]

V_o – delovni volumen vakuumske posode [l]

Delovni volumen je izražen z spodnjo enačbo.

$$V_o = \frac{15 \times Q_{min} (Q_{dp} - Q_{min})}{Q_{dp}} \quad (19)$$

Pri tem izrazi pomenijo:

Q_{min} – minimalni pretok po omrežju [l/min]

Q_{dp} – zmogljivost črpalke za odpadno vodo [l/min]

Na podlagi izračuna velikosti vakuumske posode, lahko določimo čas delovanja vakuumskih črpalk po naslednji enačbi:

$$(0,045 \times (2/3V_p+(V_{ct}-V_o)))/Q_{vp} \quad (20)$$

Kjer pomenijo izrazi:

V_p – volumen celotnega kanalizacijskega omrežja [m³]

V_{ct} – celotni volumen vakuumske posode [m³]

Q_{vp} - kapaciteta vakuumske črpalke [m³/h]

$$V_p = L * \pi * (d/2)^2 \quad (21)$$

Kjer pomenijo:

L – dolžina vakuumskega omrežja [m]

d – premer vakuumskih cevi [m]

π - vrednost 3,14 [-]

Z enačbo 20 lahko preverimo, če smo pravilno dimenzionirali velikost vakuumske posode. Če je čas delovanja vakuumske črpalke manjši od 1 minute, je potrebno vzeti manjši volumen vakuumske posode. V primeru, da je čas večji od treh minut, je potrebno vzeti večjo vakuumsko črpalko.

- **Višinske izgube**

Določiti je potrebno še maksimalne izgube v vakuumu. Na podlagi predpostavke, da so vsi »lifto« napolnjeni z vodo, se izračuna maksimalno statično tlačno razliko. Maksimalna statična tlačna razlika posameznega »lifta« je višina dviga H. Dvig H pa dobimo z višinsko razliko med najnižjo točko in sledečo najvišjo točko, ki je zmanjšana za notranji premer cevi. Tabela 11 podaja priporočljive višine »lifto« glede na premer cevi.

Tabela 11: Priporočljive višine »lifto« (prevzeto: Alternative sewer system, 2008, str 122)

Premer cevi (mm)	Višina lifta (m)
75	0,3
100	0,3
150	0,5
200	0,5
250	0,6

Celotna višinska izguba v vakuumskem delu je enaka vsoti statična izguba vseh »lifto« in izgubi zaradi trenja. Celotna višinska izguba v vakuumu ne sme presežati več kot 4 do 5 m.

$$\text{Statična izguba »lifta«} = \text{višina »lifta«} - \text{premer cevi} \quad (22)$$

Zguba zaradi trenja je podana z naslednjo enačbo, ki je prevzeta iz priročnika Alternative sewer system na strani 200:

$$f = 2,75 \times 0,2083 \times (100/C) \times 1,82 \times (Q \times 1,85/d^{4,8655})$$

Tudi to enačbo je potrebno pretvoriti v naše enote in tako se enačba glasi:

$$f = 0,001164 \times (0,01/C) \times 1,82 \times (Q_{\max} \times 1,85/d^{4,8655}) \quad (23)$$

Kjer pomenijo:

C – Manningov koeficient hrapavosti [-]

Q – maksimalni pretok po ceveh [l/min]

d – premer cevi [m]

Lahko se pa tudi predpostavi, da je izguba zaradi trenja maksimalno 1,5 m.

4.2 Tlačna kanalizacija

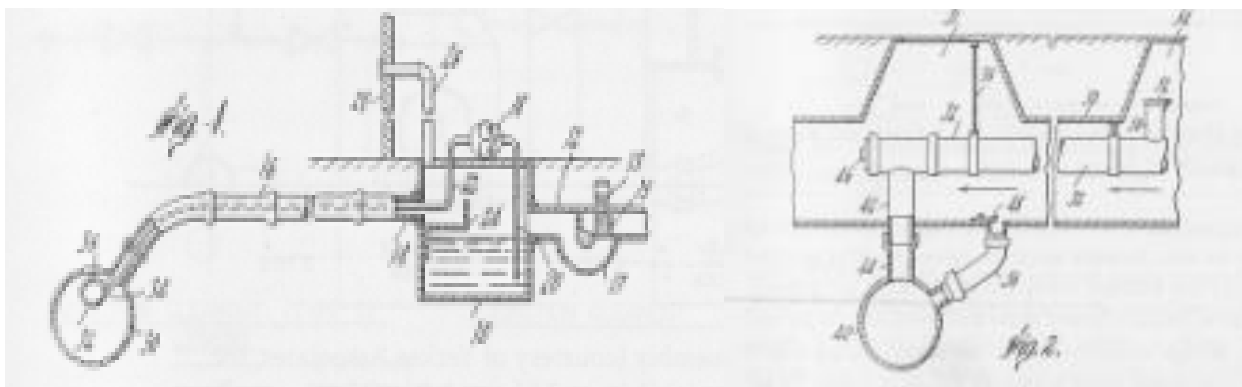
Z razliko od vakuumske kanalizacije, kjer se vsa energija proizvaja na enem mestu v vakuumski postaji, je potrebno pri tlačnem odvajanju odplak energijo dovajati vsakemu hišnemu priključku, pri večjih omrežjih pa tudi na splakovalnemu mestu. Posledično tlačni sistem potrebuje veliko porabo energije, večja je možnost okvare večjega števila črpalk. Problem pa je tudi, da se v zadnjih letih uporabljajo črpalke, ki imajo nameščene posebne roterje, ki seseklajo kosovne dele odplak, kar je nezaželeno. Na čistilni napravi te sesekljane kosovne odplake (plastika, tekstil, pločevinke, gume) fine grablje ne morejo izločiti ter tako povzročajo obratovalne težave. Na koncu pa neobdelane pristanejo v komunalnem blatu, katero se s takimi sestavinami težko oddaja na kmetijske površine ali kompostira.

4.2.1 Zgodovinski pregled tlačne kanalizacije

Črpališča in tlačni vodi se že dolgo uporabljajo v kombinaciji z gravitacijskimi kanali in tudi posamezna gospodinjstva imajo črpalke z zmogljivostjo dviganja in odvoda odpadne vode iz nižje ležečih delov v višje ležeči kanal in naprej na ČN. Črpalke so se že od nekdaj uporabljale za odvajanje odpadne vode iz greznic na oddaljene, višje odtekajoče predele.

Mottimer Clift je bil med prvimi, ki je opisal tlačno tehnologijo odvodnje in jo tudi sprojektiral v tedanjem mestu Radcliff v Kentucky. Ta majhen projekt iz leta 1965 je obsegal okoli 42 gospodinjstev. Trdne snovi so se odstranjevale s pnevmatično sesalno črpalko, katera je imela

premer 75 mm, odvajale so se na glavne kanale premera 100 mm. Sistem se je zaradi težav z opremo in neizboljšljivimi ovirami, ki so bile v samem konceptu kanalizacije, spremenil v gravitacijski odvodnji sistem. Koncept omejitve zmogljivosti številnih kombiniranih padavinsko-sanitarnih kanalov, ki so tedaj obstajale v ZDA, je prvi predlagal dr. Gordan M. Fair, profesor sanitarnega-komunalnega inženirstva na univerzi na Harvardu. Njegova ideja je bila, da so tlačni kanali del mešanega sistema kanalizacije. Njegov patent je bil leta 1968 tudi javno predstavljen.



Slika 28: Fair-ov patent tlačnega sistema iz leta 1965 (prevzeto: Alternative sewer system, 2008, str.36)

Leta 1966 je Ameriška družba za gradbene inženirje (ASCE) na podlagi zvezne donacije, začela triletno študijo o Fair-ovi teoriji o tlačni kanalizaciji. Glavno sporočilo končnega poročila iz leta 1969 je bilo, da je Fair-ov koncept o mešanem sistemu neekonomičen. Stroškovno učinkovitejši bi bili majhni premeri cevi in nizek tlak kanalizacijskega sistema. V končnem poročilu so inženirji potrdili uporabo črpalke z funkcijo drobljenja kosovnih odpadkov, ki so jo v tem času razvili v skladu z direktivo ASCE inženirjev. Poznejši razvoj tlačnega sistema je temeljil predvsem na dveh kriterijih in sicer; uporaba črpalke z drobljenjem in odtok odpadne vode v tlačni kanalizaciji, ki naj bi deloval s črpanjem.

Ko je združenje za čisto vodo (Clean Water Act) leta 1979 financiralo državna sredstva za vse projekte, kateri naj bi vključevali alternativne sisteme za zbiranje in odvod odplak, se je do konca leta 1990 v Veliki Britaniji število dokumentiranih inštalacij tlačne kanalizacije povečalo iz 100 na več kot 600 primerov.

Po svetu dokumentirani sistemi so bili nedavno nazaj tlačni sistemi, sledila jim je gravitacijska kanalizacija z majhnim premerom cevi in nazadnje pa vakuumska kanalizacija. V današnjem času pa število vakuumskih kanalizacij strmo narašča, samo v Sloveniji imamo 4 take primere in v celoti nobenega tlačnega.

4.2.2 Uporaba in osnovne značilnosti tlačnega sistema odvodnje

Tlačni kanalizacijski sistemi se uporabljajo v manjših, oddaljenih vasicah in v primeru, ko je neracionalno in negospodarno uporabiti gravitacijski sistem kanalizacije. Učinkoviti so za skalnata, hribovita območja in območja z visokim nivojem podtalnice. Tlačna odvodnja je lahko gospodarsko nameščena na katerem koli mestu ne glede na teren. Največkrat se uporabljajo za naselja do 15.000 uporabnikov.

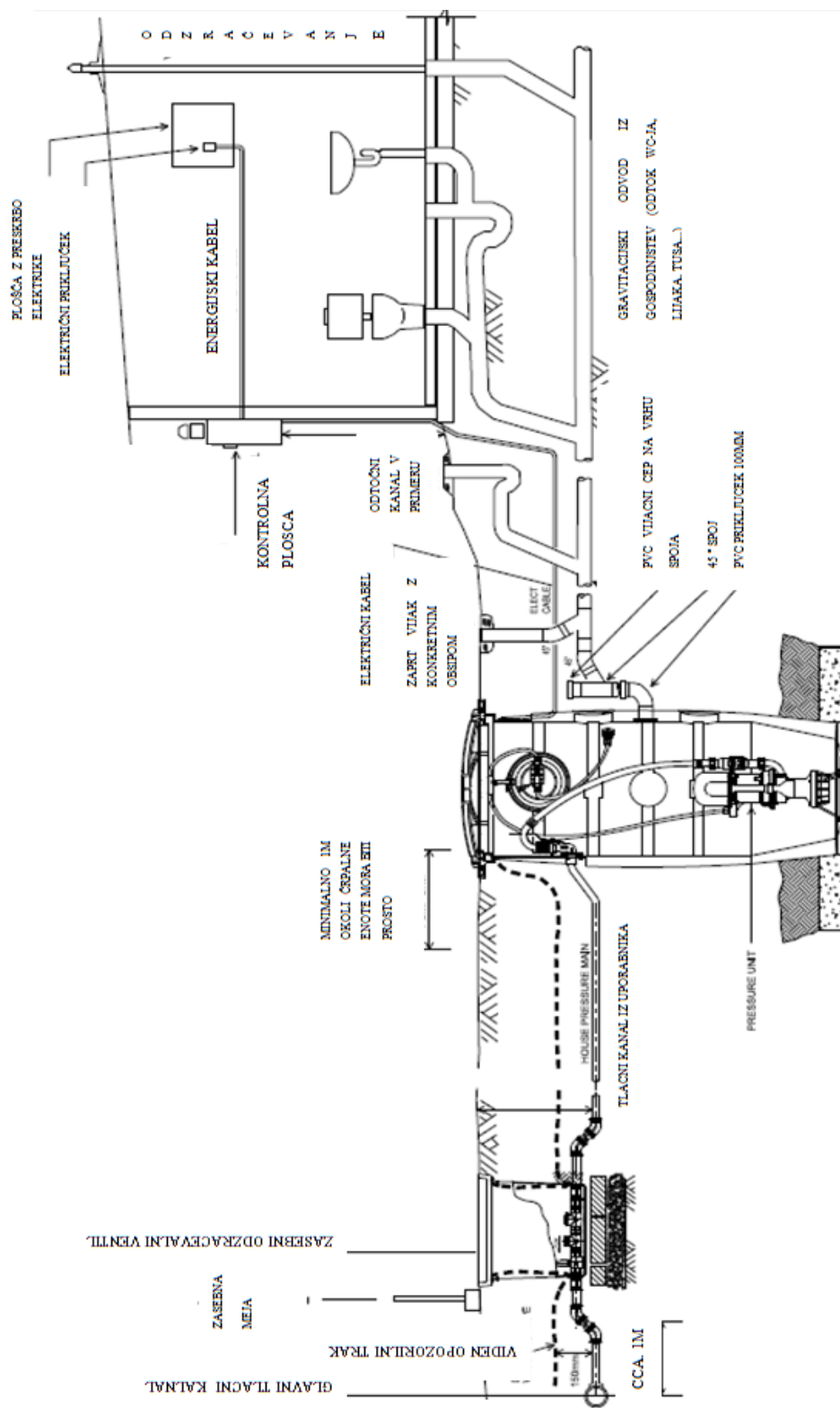
Tlačni kanalizacijski sistemi so se uporabljali približno 30 let v celotni ZDA in Evropi. Sedaj pa se uporabljajo več mestih v Avstraliji, vključno z Melbourne, Sydney, Wagga Wagga, Cobargo, Stanwell Park in Jamberoo. Tlačne cevi, vode in črpalke moramo uporabljati z najmanjšim notranjim premerom 100 mm brez zožitve, da preprečimo mašenje sistema. Tudi hitrost pretoka mora znašati vsaj $\geq 0,80$ m/s, da izpira usedline, ki so občasno nabirajo v kanalih. Pri polaganju tlačnih vodov moramo upoštevati zahteve vzdrževalca omrežja. Cevi se morajo polagati v čim večjih lokih, čim bolj položno, tako da se televizijske kamere lahko pomikajo po ceveh.

Dolgi zadrževalni časi so v tlačnem sistemu neugodni, saj povzročajo nagnite odplake, posledično to povzroča hude preglavice na ČN. To poskušamo preprečiti s ustrezno izbiro črpalk (pnevmatično črpanje), zmanjševanjem preseka cevi, z vpihovanjem zraka med ali po črpanju odplak, izpihovanjem tlačnega voda in dodajanjem kemikaliji. Za praznjenje tlačnega voda ali za odzračevanje nameščamo jaške v najvišje in najnižje predele tlačnega voda. Za čiščenje in pregled posamezne tlačne cevi se med jaške za odzračevanje na razdalji 300 m do 350 m nameščajo še dodatne kontrolne jaške. Pozornost je potrebno posvetiti tudi ustrezni izbiri črpalk, kjer je potrebno dobro preveriti območje delovanja, v nasprotnem primeru kavitacija lahko hitro

uniči črpalko. Paziti je potrebno, da se pri izklopu črpalk ter odpiranju in zapiranju zasunov v tlačnem vodu ne pojavi vodni udar. Pri odzračevanju se morajo uporabljati posebni ventili sistema STRATE, ki prenesejo hude tlačne udarce in se ne mašijo. Pri teh ventilih se morajo uporabljati črpalke, ki imajo zmanjšani pretočni prerez, saj tako snovi, ki bi sicer zamašile črpalko, preusmerimo mimo nje. Ta način dosega tudi boljši izkoristek črpalke in nižje obratovalne stroške.

4.2.3 Delovanje tlačne kanalizacije

Da bolje razumemo delovanje tlačne kanalizacije, je potrebno najprej pregledati njene sestavne dele. Če pogledamo sliki 29 in 30, lahko razberemo komponente tlačnega kanalizacijskega sistema, katere so črpalna enota, zbirna posoda, tlačna generatorska oprema, posoda za stisnjen zrak, tlačne cevi, cevni spoji in ventili. Podrobnejši opis vseh teh komponent je podan v poglavju 4.2.4. Shematski prikaz tlačne kanalizacije nazorno prikazuje slika 29.

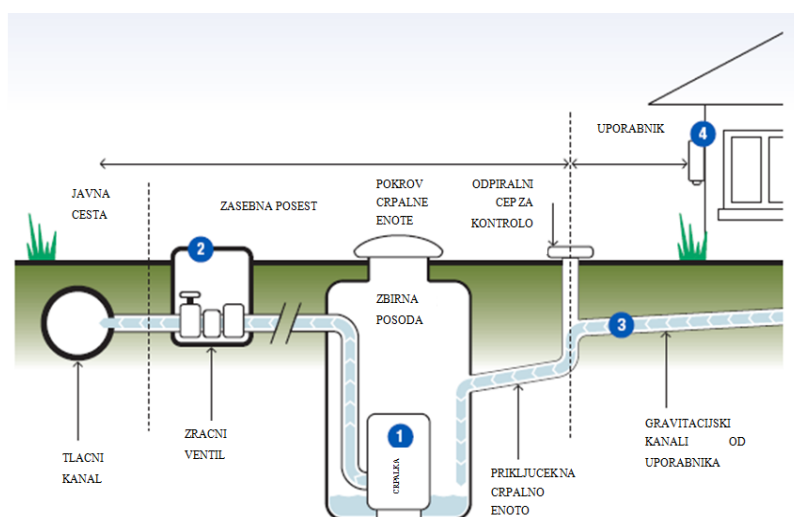


Slika 29: Shema prereza tlačne kanalizacije (vir: <http://www.pssolutions.net.au/about.html>)

Tlačni odvodni sistem je omrežje zaprtih cevi, ki se napajajo v črpalni enoti, katera se nahaja na vsakem priključenem gospodinjstvu oz več priključenih gospodinjstev. Črpalna enota obdela gospodinjstvo odpadno vodo in jo odvede na tlačni kanal, ki se nahaja na javni cesti. Tlačni kanal sestavlja del celotnega tlačnega cevovoda, ki odpadno vodo odvede do ČN. Tlačni sistem kanalizacije na posamezni parceli uporabnika je sestavljen iz 4 glavnih komponent, kakor prikazuje slika 30.

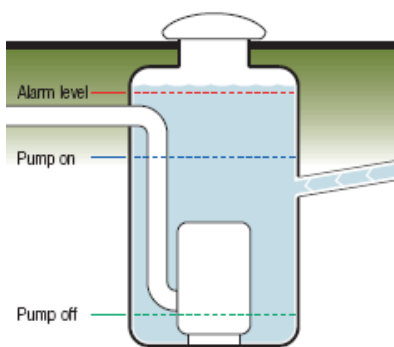
Slika 30 shematsko opisuje sestavne dele tlačne kanalizacije in sicer:

- 1 – prikazuje črpalno enoto, ki vsebuje majhno črpalko, zbirno posodo, raven monitoringa, kateri so nameščeni pod zemljo, na površini je viden le pokrov črpalne enote.
- 2 - mejni ventil, ki zagotavlja, da odpadna voda, ki je že v tlačnem kanalu, ne more ponovno vstopiti nazaj na uporabnikov priključek in kanal. Omogoča tudi vzdrževanje in kontrolo v primeru nevarnosti.
- 3 – gravitacijski hišni kanal vključno s hišnim priključkom, to je kanal z majhnim premerom cevi, ki povezuje črpalno enoto na zasebni nepremičnini s tlačnim kanalom na javni cesti.
- 4 – kontrolna plošča, to je majhna škatla, ki je nameščena na zidu vsake hiše. Vsebuje vse električne krmilne naprave za črpalno enoto vključno z zvočnim in vizualnim alarmnim sistemom.



Slika 30: Glavne komponente tlačne kanalizacije

Za delovanje celotnega tlačnega sistema je glavna komponenta črpalna enota. Ko odpadna voda iz hišnega gravitacijskega kanala, od koder pride iz odtoka WC-ja, tuša, kadi, kuhinjskega odtoka, pride v zbirno posodo v črpalni enoti, se nivo odpadne vode dvigne do določene višine. Tedaj se črpalke avtomatično vklopijo in prečrpavajo odplako v tlačni kanal. Ko se nivo odpadne vode zniža do določene višine, se črpalke zopet avtomatično izklopijo. V primeru izpada električne energije ali okvare črpalke, ko nivo odpadne vode preseže nivo alarma, se avtomatično aktivira zvočni in vizualni alarm.



Slika 31: Alarmni nivo v črpalni enoti (prevzeto: <http://www.yvw.com.au>)

V osnovnem se razlikujeta dva tipa tlačne kanalizacije, in sicer GP in STEP sistem. Oba načina vsebujeta manjšo tlačno enoto, inštalirano v sklopu sistema kot osnovni element, kateri odpadno vodo potiska skozi celotno tlačno omrežje do ČN. Pri tem je potrebno energijo za odvodnjavanje pridobiti iz mesta vsakega priključka. Na eden priključek se lahko poveže večje število gospodinjstev, kar posledično zmanjša stroške skupne investicije. Pri GP sistemu (Grinder Pump) se sveža odpadna voda iz hišnega gravitacijskega kanala odvede direktno na črpalno enoto, kjer je vgrajena črpalka, ki ima funkcijo drobljenja velikih kosovnih delov odpadne vode na manjše dele, ki gredo lahko prosto čez sistem brez strahu, da bi poškodovali ali zamašili črpalno ali druge dele sistema (zasune, ventile, cevovod). Vendar nastane problem na čistilni napravi, kjer te sesekljane kosovne dele fine grablje ne morejo izločiti ter povzročajo obratovalne težave. Po pogovoru s strokovnjaki, po svetu zgrajenih tlačnih omrežij, ki imajo črpalno, ki ima funkcijo drobljenja ni znana nobena izvedba v praksi.

Za razliko od GP sistema, se pri STEP sistemu odpadna voda prelije najprej v greznični rezervoar, ki je sestavljen iz ene ali več posod. Največkrat se uporabljajo dve posodi, kjer v eno odpadna voda doteka, druga je izlivna. V izlivni posodi se namešča črpalni jašek s tlačno enoto. V izjemnih primerih se črpalni jašek lahko namesti tudi izven grezničnega rezervoarja neposredno poleg njega. Ko v črpalnem jašku odpadna voda doseže določeno višino, se vključi črpalna, ki odplake prečrpava po celotnem omrežju do ČN. V grezničnem rezervoarju se odpadna voda nahaja v treh plasteh. Maščobe se dvigajo na vrh, trdi delci ostajajo na dnu in delno čista tekočina ostaja na sredini. Slednji se kasneje prečrpavajo v tlačno kanalizacijo. Kanali, črpalke in vsi sestavni deli tlačne kanalizacije morajo biti odporni na korozijo, saj je v greznici odpadna voda zelo agresivna. Namesto vstopnega jaška se za čiščenje in kontrolo delovanja obeh sistemov uporablja nekakšen manjši jašek (ang. Cleanouts), ki je cenejši. Če so pravilno projektirani in vgrajeni je zelo malo verjetno, da pride do puščanja oz. kapljanja vode ali da zahtevajo dodatno vzdrževanje.



Slika 32: Na levi strani ozek jarek za tlačno kanalizacijo in na desni strani majhen premer tlačnega kanala v ozkem jarku (prevzeto: <http://www.pssolutions.net.au/about.html>)



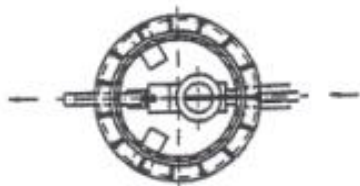
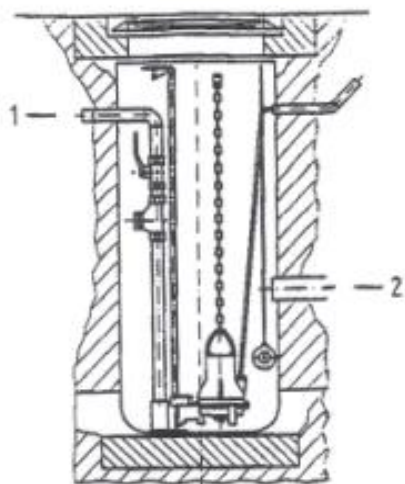
Slike 33: Sestavni deli tlačne kanalizacije (prevzeto: <http://www.pssolutions.net.au/about.html>)

4.2.4 Opis posameznih delov tlačne kanalizacije

Kot je že v predhodnem poglavju napisano, so posamezni deli tlačne odvodnje naslednji: črpalna enota, zbirna posoda, tlačne cevi, črpalke, tlačna generatorska oprema, posoda za stisnjen zrak, cevni spoji, ventili.

4.2.4.1 Zbirna posoda

Zbirna posoda je nameščena znotraj črpalne enote in lahko služi eni ali več zgradbam. Maksimalno število zgradb je določeno od zmogljivosti tlačne opreme. Elementi zbirne posode so naslednji: prezračevanje, električna oskrba, kontrolne, alarmne naprave, nivo kontrolnega senzorja znotraj komore za avtomatično kontrolo črpal, nepovratni ventil, izolacijski ventil za preprečitev povratnega toka iz nižje ležečega sistema.



Legenda:

1 – odtok s pomočjo črpalke na tlačni kanal

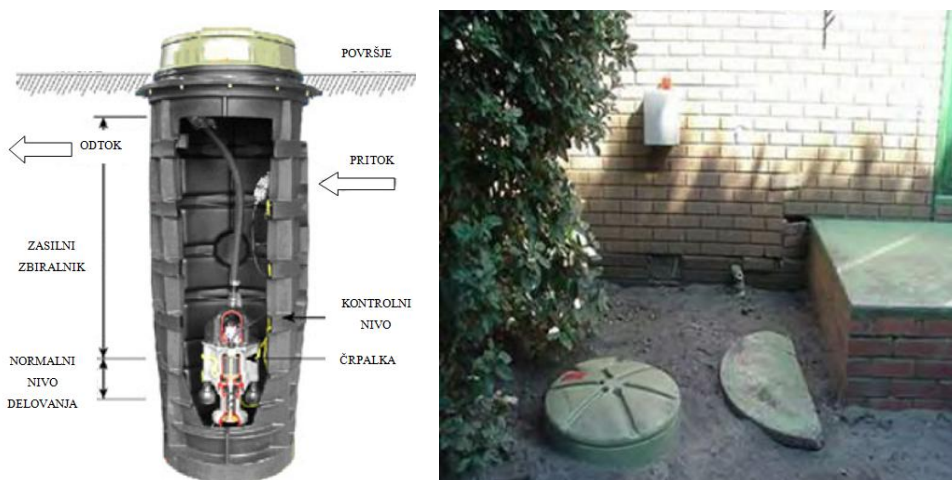
2 – prtok gravitacijskega priključka od uporabnika

Slika 34: Prikaz zbirne posode s črpalko (prevzeto: EN 1671, 1997, str. 21)

Dno zbirne posode mora biti zasnovana tako, da samočistilni procesi zmanjšajo tveganje sedimentacije in manjši volumen posode zmanjša čas zadrževanja. Izdelane morajo biti iz materialov, ki so odporne na vse zunanje sile in vplive. Morajo biti vodotesne. Tipična zbirna posoda je na sliki 34.

4.2.4.2 Črpalna enota

Črpalna enota je najpomembnejši del tlačne kanalizacije. Sestavljena je iz zbirne posode, iz črpalke, kontrolnega in normalnega nivoja delovanja. Na površini je viden samo pokrov, kakor prikazuje desna spodnja slika 35.



Slika 35: Leva slika: shematski prikaz črpalne enote, desna slika: pokrov črpalne enote.

Črpalna enota je nameščena na zasebni posesti vsakega posameznika oz. več posameznikov skupaj. Predstavlja povezavo odpadne vode iz hišnega gravitacijskega kanala na javni, tlačni kanal in naprej na ČN.

4.2.4.3 Črpališče

Črpališča se pri kanalizacijskih sistemih uporabljajo za dvig odpadne vode iz globlje ležečih cevi na plitvejše dele cevi, za dvig odpadne vode na ČN. Pri projektiranju črpališč je potrebno

napraviti ekonomske in tehnične analize vseh možnih rešitev glede na dotok fekalne vode, sestavo in kakovost vode, ciklus delovanja črpalk, karakteristike tlačnega cevovoda, lokacijo črpališč in tlačnih cevovodov, možnost priključevanja na izvor električne energije, geomehanske, hidrogeološke in ekološke vidike. Pri odvodnji fekalnih voda črpališča nameščamo v mokri ali suhi izvedbi. Črpališča za fekalno odpadno vodo predstavljajo pomemben inženirski objekt, ki ima več sestavnih elementov, kjer število in karakteristike posameznega elementa zavisijo od naloge in vrste prečrpane odpadne vode. Za zadrževanje vode, ki pride iz omrežja in se prečrpava, služi črpalni bazen. Velikost tega bazena je odvisna od režima delovanja črpalk in značilnosti dotoka. Črpališča vsebujejo poleg črpalnega bazena še elektro pogon z električnim priključkom, ventilacijo, elektroinštalacije, signale nivoje vode in črpalke. Pri odvodnjih sistemih se največkrat uporablja centrifugalne ali polžaste črpalke. Tehnološki in ekonomski vidik obeh črpalk za črpanje komunalnih odpadnih vod na majhne črpalne višinske razlike jasno govori v prid polžastim črpalkam. Polžaste črpalke delujejo pri skoraj ničnem dotoku kakor tudi pri maksimalni črpalni količini brez posledice večje obrabe ali poškodbe agregatov. Preobremenitev črpalk je skoraj nemogoča. Uporaba polžastih črpalk omogoča nižje priključne vrednosti in manjšo porabo električne energije, kar vpliva na nižje obratovalne stroške in manjše velikosti zasilnih agregatov. Nadzor in vzdrževanje polžastih črpalk je enostavno. Življenjska doba pa je zelo dolga. Centrifugalne za črpanje potrebujejo veliko število vrtljajev in veliko hitrost pretočnega medija, kar povzroča veliko porabo energije in hudo obrabo sestavnih delov črpalk. Zaradi omejenega majhnega števila vklopov in izkopov centrifugalnih črpalk je treba predvideti zadostno prostornino in globoko črpališčno poglobitev, da omogočimo zadosten dotok v črpališče ter preprečimo pregretje motorjev, srkanje zraka in kavitacijo črpalk. Torej globoka črpališčna poglobitev teh črpalk zahteva še dodatno zvišanje potrebne višine črpanja in s tem porabe energije. Slabši izkoristek in večje energetske priključne vrednosti centrifugalnih črpalk povzročata višje obratovalne stroške in namestitve večjih, zmogljivejših zasilnih agregatov.

Za premikanje črpalk je potrebno določiti kapaciteto črpalke, višino dviga in izgube, stopnjo izkoristka, porabo energije in karakteristično krivuljo, ki jo mora določiti izvajalec črpalke.

4.2.4.4 Tlačni cevovod

Tlačni cevovod služi za odvod fekalne vode pod tlakom od črpališča do ČN, kjer se očiščena fekalna voda izliva v vodotok. V praksi je velikost tlačnega cevovoda odvisna od minimalne hitrosti, katera mora biti takšna da prepreči usedanje. Zato naj ne bi bila priporočljiva hitrost manjša od 0,8 m/s, pri manjših črpališčih pa se priporočajo hitrosti od 1-2 m/s. Tlačne cevi se izdelujejo iz PVC, poliestrskega, polietilenskega ali litoželeznega materiala. Spajanje cevovoda se največkrat vrši z varjenjem in s prirobnico, dimenzije se gibljejo med 100φ in 300φ. Pri tlačnih cevovodih se pogosto uporabljajo spojni elementi, pri kolenih se pogosto uporabljajo zračni ventili, muljni izpusti, jaški, ki se uporabljajo za čiščenje in vzdrževanje tlačnega kanala. Iz evropskega standarda EN 1671, junij 1997 je razvidno, da mora biti tlačni kanal konstruiran na minimalni tlak 6 bara (600 kPa).

Temeljni kriteriji za tlačni transport

Za transport odpadne vode preko črpališč se uporabljata dva tipa tlačnega odvoda, in sicer kratki in dolgi tlačni cevovodi. Kratki tlačni cevovod vglavnem služi za dvigovanje odpadne vode na višje predele ali pa za odvod do ČN. Pri kratkih ceveh se priporoča izvedba posebne odvodnje za vsako črpalko ali za dva vzporedna cevovod iz naslednjih razlogov, in sicer:

- omogočena so popravila na tlačnem kanalu. ne da bi celoten sistem prekinili
- dosežene so konstantne hitrosti toka, s tem je preprečeno usedanje usedlin
- pri vzporednem in posameznem delovanju črpalk se izključuje možnost izgube tlaka
- zmanjšajo se stroški električne energije in stroški celotne investicije

Dolgi tlačni cevovod pa vglavnem služi za transport odpadne vode za bolj oddaljene kanalizacijske objekte. Pri tem cevovodu je zelo pomembno, da preprečimo prekomerno usedanje trdih snovi. To se doseže na dva načina:

- potrebna je določena hitrost (nad 0,8m/s) čez cevovod, katera odnaša prisotne trde snovi v

odpadni vodi

- občasno razpihovanje sistema, s katerim tudi zagotovimo odnašanje usedlin

Pri izgradnji dolgih ali kratkih tlačnih cevovodov pa so najvažnejše nizki obratovalni in investicijski stroški ter potrebna zanesljivost električnega pogona in kvaliteta delovanja.

4.2.4.5 Ventili

Isolacijski ventili služijo za lažje vzdrževanje. S pomočjo njih se lažje najde napako na celotnem sistemu.

4.2.5 Načrtovanje tlačne kanalizacije

4.2.5.1 Pretoki

V tlačnem sistemu ni infiltracije, ta se lahko pojavlja v netlačnih delih sistema (rezervoar in hišni priključek). Vzrok infiltracije je dotok površinske vode v hišni kanal ali dotok iz streh zaradi nepravilne izvedbe hišnega priključka. Dnevni največji pretok lahko večkrat preseže načrtovanega, vendar je to majhnega pomena zaradi njihove kratkotrajnosti. Načrtovanje pretoka je maksimalno pretočno razmerje, ki se zgodi enkrat, dvakrat na dan in je pomembno za določitev velikosti tlačnih kanalov.

4.2.5.2 Maksimalni zadrževalni čas

Dež, ki pade na prispevno površino, ne odteče takoj v kanal. Čas, v katerem padavinska voda doseže kanal, je odvisen od padca terena, oddaljenosti kanala, hrapavosti površine in od intenzitete padavin.

4.2.5.3 Minimalna hitrost

Da zmanjšamo možnost sedimentacije usedljivih delcev, je minimalna hitrost 0,8 m/s, ki jo dosežemo najmanj enkrat na 24 ur.

4.2.5.4 Velikosti tlačnih cevovodov in črpališč

Tabela 12: Določitev velikosti premera tlačnega voda glede na število priključenih gospodinjstev (prevzeto: Manual Alternative wastewater collection systems, 1991, str. 46)

premer kanala (mm)	št priključenih gospodinjstev
50	6
75	60
100	120
150	240
200	560

- Hitrost v tlačni cevi dobimo po enačbi:

$$v = Q/s \quad (24)$$

kjer je:

Q – pretok [m³/s]

S – prerez cevi [m²]

Prerez cevi se določi po enačbi:

$$S = (\pi \cdot D^2) / 4 \quad (25)$$

Kjer je:

D – premer tlačnega voda [m]

π – vrednost znaša 3,14 [-]

- Črpalna višina H_c

Črpalna višina je enaka vsoti razlike gladin na sesalni in tlačni strani ter vsoti energijskih izgub v črpalki. (Panjan, 2005)

$$H_c = H_{\text{geod}} + \Delta H \quad (26)$$

Kjer je:

H_{geod} – geodetska višina črpanja, določimo jo iz pogojev na terenu [m]

ΔH – vsota linijskih in lokalnih izgub [m]

V ceveh nastajajo linijske izgube tlaka zaradi trenja med tekočino in steno cevi in lokalne izgube tlaka zaradi trenja in vrtinčenja vode. To se zgodi v delih, kjer je pretok moten (v krivinah, ventilih, razširitvah in zožitvah cevi). Geodetska višina črpanja je vsota linijskih in lokalnih izgub.

$$\Delta H = \Delta H_{\text{lin}} + \Delta H_{\text{lok}} = \sum \lambda \frac{Lv^2}{D2g} + \sum \xi \frac{v^2}{2g} \quad (27)$$

- Linijske izgube

$$\Delta H_{\text{lin}} = \lambda \frac{Lv^2}{D2g} \quad (28)$$

Kjer je:

L – dolžina cevovoda [m]

D – premer cevovoda [m]

v – hitrost vode v cevovodu [m/s]

g – pospešek prostega pada [dogovorjena vrednost 9,81 m/s²]

λ - koeficient trenja [-]

Koeficient trenja je odvisen od viskoznosti sil, ki so podane z Reynoldsovim številom Re in od relativne hrapavosti, ki je razmerje med višino hrap v cevovodu in premerom cevovoda.

$$\text{Re} = \frac{v \times d}{\nu} \quad (29)$$

Kjer izrazi pomenijo

ν – viskoznost tekočine [m^2/s]

v – hitrost v tlačnem vodu [m/s]

d – premer tlačnega voda [m]

Za določitev koeficienta trenja λ je najprej potrebno določiti relativno hrapavost ε za izbrani tlačni vod. Iz razmerja med relativno hrapavostjo in premerom voda ε/d ter Reynoldsovimi številom razberemo iz Moodyevega diagrama koeficient trenja λ . Tako lahko po Darcy-Weissbachovi enačbi 28 določimo linijske izgube.

Koeficient hrapavosti pa se lahko izračuna tudi na podlagi spodnje enačbe:

$$\lambda = 124,6 \times n_G^2 \times d^{-\frac{1}{3}} \quad (30)$$

Pri tem pomenijo:

λ - koeficient trenja

n_G – Manningov koeficient hrapavosti, ki podaja vrednosti za različne cevi, in sicer za PVC cev je med 0,009-0,013, za Pe cevi je med 0,010 – 0,013, poliestrske cevi se vrednost giblje med 0,010-0,013.

- Lokalne izgube

$$\Delta H_{\text{lok}} = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (31)$$

kjer je:

ξ – koeficient lokalnih izgube [-]

Moč črpalke, potrebne za črpanje :

$$P = \frac{Qx\rho xgxH_{\xi}}{\eta} \quad (32)$$

Kjer je:

P – moč [W]

Q – pretok [m³/s]

ρ – gostota vode [1000 kg/m³]

H_ξ – višina črpanja [m]

η – izkoristek črpalke [-]

Prostornina črpalne komore predstavlja prostornino med nivojem vklopa in izklopa črpalke v črpalnem jašku. Določi se jo s spodnjo enačbo, ki sem jo prevzela iz Poslovnika črpališč podjetja Regeneracija d.o.o.

$$V = \frac{0,9xQ_{iz}}{Z} \quad (33)$$

Kjer je:

V – velikost črpalne komore [m³]

Q_{iz} – kapaciteta črpalke [m³/h]

z – izbrano število ciklusa delovanja črpalke na uro [-]

4.3 Prednosti in pomanjkljivosti sistemov alternativne odvodnje

Tako kot vsi kanalizacijski sistemi, imajo tudi alternativni sistemi svoje prednosti in pomanjkljivosti. V Sloveniji imamo 4 primere vakuumske kanalizacije in nobenega tlačnega. Razlog je opisan v spodnjih alinejah.

Slabost tlačne kanalizacije:

- zlasti v nočnem času dolgi zastoji odplak v tlačnih vodih in njihovo gnitje (zaradi

pomanjkanja zraka) povzročajo pretočne težave (razvoj metana) v omrežju, kakor tudi biološke težave, korozijo ter emisije na čistilnih napravah

- izredno visoka poraba energije in s tem visoki obratovalni stroški
- vsak hišni priključek potrebuje črpališče in s tem redni nadzor ter vzdrževanje
- na tlačno omrežje paralelno priključene črpalke ob konicah črpajo istočasno, kar lahko povzroči zvišanje tlaka v omrežju na rob njihovih zmogljivosti. Tako imajo črpalke minimalni izkoristek (= velika poraba toka) ali pa navkljub polnim obratom črpalke, črpalni pretok zaradi protitlaka popolnoma prestane
- izpad električnega omrežja povzroči takojšnji izpad kanalizacijskega omrežja. Po ponovnem vklopu električnega toka, se večina ali celo vse črpalke vklopijo istočasno, kar povzroči, poleg hude porabe elektrike, hud porast tlaka v tlačnem omrežju
- prečkanje zaščitnih con pitne vode, železniških tirov se mora izvesti s pomočjo dvobarierne zaščite
- za mešan kanalizacijski sistem so stroški še bistveno večji, saj morajo odvesti Q_s in Q_{krit} na ČN
- alternativna odvodnja praktično ni uporabna za mešane kanalizacijske sisteme

Prednosti vakuumske kanalizacije:

- nizki obratovalni stroški
 - hiter izkop in polaganje cevovoda ter signalnega kabla v plitve in ozke jarke, kar zagotavlja krajši čas polaganja
 - v isti izkopni jarek se lahko paralelno polagajo še druge napeljave (voda, plin, kabli itd.)
 - obstoječim oviram se je možno brez večjih težav tako horizontalno kakor tudi vertikalno izogniti
 - zanesljivost delovanja zagotavlja minimalne stroške nadzora in vzdrževanja
 - majhna skupna poraba energije le na centralni vakuumski postaji
 - okolju prijazen sistem – zaradi podtlaka v cevovodu so praktično onemogočene škodljive emisije
- neopazni in absolutno vodotesni PE-HD vakuumski priključni jaški, se vgradijo

podzemsko v bližini zgradb ter ne potrebujejo električnega priključka

- računalniški monitoring avtomatično sproži alarm v primeru obratovalnih motenj

5 PRIMERJAVA GRAVITACIJSKE ODVODNJE Z ALTERNATIVNO

Na hribovitem področju, na območju z visokim nivojem podtalnice bi bila gradnja gravitacijske kanalizacije zelo neekonomična. Tukaj se vse bolj uveljavlja gradnja alternativnih sistemov kot sta, tlačna in vakuumška kanalizacija. Vsekakor je potrebno pred pričetkom načrtovanja pretehtati vse značilnosti, omejitve, naravne danosti lokacije, kjer bi potekala gradna kanalizacije. Na podlagi ugotovitev se izbere ekološko in stroškovno najprimernejši način odvodnje. Gravitacijska in alternativna odvodnja se razlikujeta v naslednjih značilnostih:

- Za zbiranje in odvod do ČN se pri alternativnih sistemih uporabljajo PE-HD cevi manjšega premera, kar vpliva na enostavnejšo vgradnjo in manjše investicijske stroške.
- Pri alternativnih sistemih je manjša možnost vdora tuje vode v sistem in pronicanja odpadne vode v podtalnico, saj mora biti omrežje popolnoma vodotesno, da sistem deluje.
- Tudi vsi komponenti alternativne odvodnje morajo biti načrtovani in izdelani tako, da so neprepustni za vodo.
- Alternativna odvodnja deluje tudi, če ni zadostnega padca. Cevi se polagajo v plitvo izkopane jarke, tik pod mejo zmrzali. Nasprotno je z gravitacijsko odvodnjo, kjer je za dosego ustreznega padca potrebno v nekaterih primerih kopati zelo globoko, kar otežuje gradnjo in večja investicijske stroške.
- Na zelo hribovitem terenu, na ravninskem območju, na skalnatem področju, na območju z visokim nivojem podtalnice bi bila gradnja gravitacijske kanalizacije iz stroškovnega vidika investicijsko bistveno dražja.
- Slabost alternativne odvodnje je večja možnost motenj v obratovanju zaradi mehanskih okvar in izpadov električne energije. V primeru manj izkušenih inženirjev in izvajalcev so sistemi slabo izdelani in nameščeni.

- Slabost alternativne odvodnje je tudi v tem, da so stroški energije veliki. Praktično niso uporabni za mešane sisteme, ki omogočajo odvod prvega vala onesnaževanja na ČN.

6 IDEJNA REŠITEV ODVODNJE ONESNAŽENE VODE V DOLENJI VASI

V naselju Dolenja vas bomo izdelali idejno študijo odvodnje odpadne vode. Gravitacijsko, tlačno in vakuumsko odvodnjo bomo primerjali iz tehnološkega in ekonomskega vidika. Naselje Dolenja vas še nima v celoti izdelane kanalizacije. To je tudi razlog, zakaj sem se odločila ravno za to naselje. Sedanje stanje je, da se večina odpadne vode iz gospodinjstev in industrije odvaja v greznične jame.

6.1 Geološke, hidrološke, urbanistične značilnosti naselja Dolenja vas

6.1.1 Občina Ribnica

Občina Ribnica, v katero spada naše obravnavano območje, obsega 154 m² in šteje 9.266 prebivalcev. V občino spada 64 naselji, njena povprečna nadmorska višina je 489 m. Območje je relativno ravno oz. nima velikega deleža hribovitega sveta. Obseg občine Ribnica nazorno prikazuje slika 36. Meji na 5 sosednjih občin, in sicer na sever meji na občino Velike Lašče, na jug na občino Kočevje, na severovzhod meji na občino Dobropolje in na severozahod na občino Sodražica ter na jugozahod na občino Loški Potok.

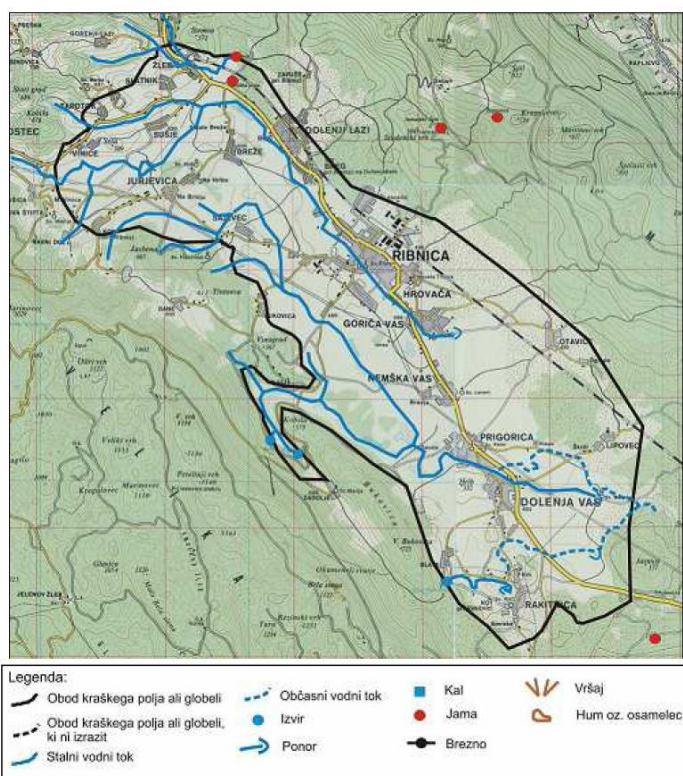
Občina Ribnica leži ob glavni prometnici, ki vodi do sosednjega Kočevja in naprej proti Hrvaški, zato je tudi celo leto visoko obremenjena.

Ribniško polje skupaj s Kočevskim poljem tvorita t.i. Ribniško – Kočevsko podolje. To obsega 32 km dolg pas nižjega sveta sredi velikih kraških planot na zahodu Dolenjske. Leži v dinarski

smeri med Velikolaško pokrajino na severozahodu in spodnjeloško goro na jugovzhodu. Podolje rahlo visi proti jugovzhodu in v tej smeri teče tudi večina vodotokov.



Slika 36: Obseg občine Ribnica (Prevzeto: <http://www.ribnica.si/>)



Slika 37 : Ribniško polje (prevzeto: Uhlir S, 2008, str.32)

Zaradi značilnosti ponikovalnic Ribnice in Rakitnice uvrščamo Ribniško polje med prelivna polja, zaradi značilnosti Bistrice in Tržiščice pa med robna kraška polja.

6.1.2 Osnovne značilnosti Dolenje vasi

Dolenja vas je gručasto naselje in krajevna skupnost v občini Ribnica. Nahaja se v južnem delu Ribniškega polja na desnem bregu reke Ribnice, ki kilometer naprej ponikne v rupe pri kapeli sv. Marjete. Glavna cesta Škofljica - Kočevje obide naselje na vzhodu. Ob njej so najrodovitnejše njive na peščeni prsti. Včasih je bila tu pomembna živinoreja, vendar se to dejavnost počasi opušča.

Jedro naselja ima ulično zasnovo. Na zahodu se naslanja na nizko vzpetino Hrib (532 m), kjer se nahaja župnijska cerkev svetega Roka, ki je bila zgrajena v prvi polovici 19. stoletja. V naselju stoji podružnična šola. Kraj je bil nekdanj znan po lončarstvu, ta obrt se danes ohranja z izdelovanjem spominkov. (Orožen Adamič in sod.,1995)



Slika 38: Ortofoto posnetek naselja Dolenja vas (prevzeto: Geodetski inštitut Kočevje)

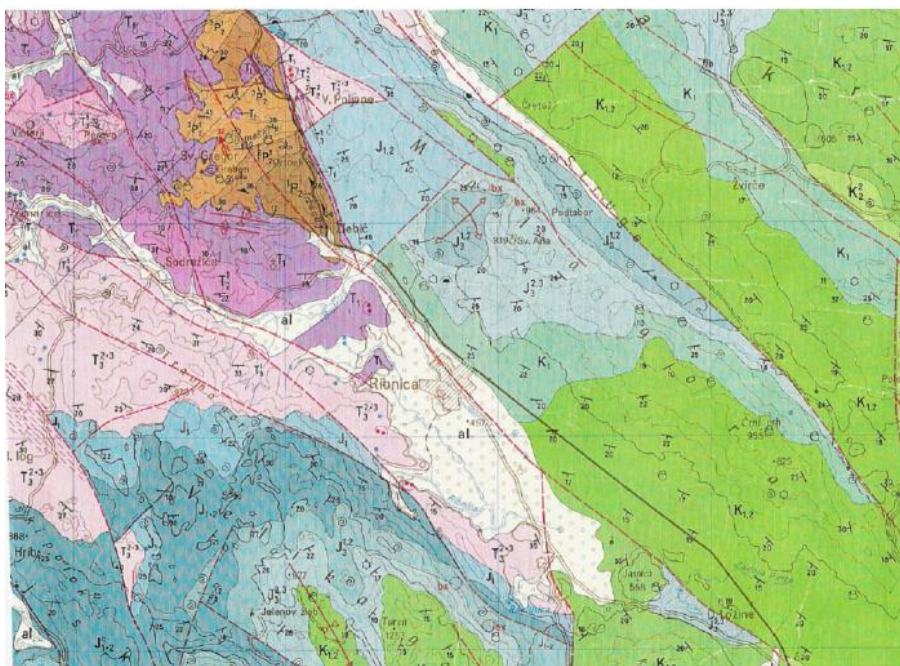


Slika 39: Pogled na naselja Dolenja vas

6.1.3 Geološke značilnosti

Ribniška dolina se je izoblikovala med prelomnicama ob Mali in Veliki Gori. Vzhodni del je zgrajen iz apnenca, zahodni del, kamor spada tudi Dolenja vas, pa iz dolomita. Na Ribniškem polju sta dva večja preloma, kjer eden poteka ob vzhodnem, drugi pa ob zahodnem robu polja. vzdolž tektonskega stika so razvrščeni požiralniki potokov, ki se stikajo z dolomitnega neprepustnega zaledja ali pa izvirajo v podnožju visokih kraških masivov.

Iz slike 40 je razvidno, da na zahodnem in južnem del polja prevladuje kredni sivi apnenc z vložki dolomita, vzhodni del je zgrajen iz triasnega pasastega in zrnatega dolomita. Na severu prevladuje triasni, siv dolomit in dolomit s plastmi sljudnega skrilavca. Če pogledamo ožje območje naselja Dolenja vas, ki leži v južnem delu desnega brega reke Ribnice, je zgrajeno vglavnem iz triasnega pasatega in zrnatega dolomita. Na levem bregu reke Ribnice, kjer je Dolenjevaško polje pa prevladujejo aluvialni nanosi rek in potokov.

**LEGENDA:**

Kremenov peščenjak in glinast skrilavec (P)	Bel apnenec in zrnat dolomit (K)
Menjavanje glinastega skrilavca in peščenjaka z vložki apnenca (P)	Siv apnenec z vložki dolomita (K)
Kremenov konglomerat in peščenjak (P)	Siv gost apnenec z litotidami (J)
Pasast in zrnat dolomit (T)	Tenno siv zrnat dolomit z vložki breč (J)
Dolomit s plastni sljudnega skrilavca; skrilavec in peščenjak z oolitnim apnencem (T)	Siv gost in ooliten apnenec (J)
Belo siv dolomit (T)	Apnenec v menjavi z dolomiti (J)
Bel zrnat dolomit z vložki apnenca (T)	Aluvilani nanosi rek in potokov (Kv)
Kjer pomenijo: P – perm, K – kreda, T – trias, Kv – kvartar	Deluvij (Kv)

Slika 40: Zgradba Ribniškega polja (prevzeto: Mihelčič, N. 2008, str.25)

6.1.4 Podnebne značilnosti in padavine

V Dolenji vasi je zmerno celinsko podnebje. Razlogi za to so naslednji, in sicer povprečna aprilski temperatura je nižja od oktobrske, submediteranski padavinski režim in povprečna letna količina padavin je med 1300 mm – 2800 mm.

Gorske gmote zaradi kraškega in kotlinskega površja ne vplivajo ugodno na temperature. Razlogi za nižje temperature od pričakovanih so zaradi hladnega učinka padavin, neoviranega izžarevanja toplote iz kotanj v dolgih jesenskih nočeh in zaradi stekanja hladnega zraka z okoliških pobočji (Mihelčič, 2007, dipl.nal). Vse to je posledica teh visokih kraških gmot, ki omogočajo zaprtost območja, slabo vetrovnost in nastanek temperaturnega obrata.

Največ padavin pade v mesecu novembru (168mm), najmanj pa v mesecu januarju. Jeseni in poleti pade skupaj več kot 50% vseh padavin. V jesenskem času, ko pade največ padavin, povzročata obsežne poplave reka Ribnica in potok Rakitniščica.

6.1.5 Hidrološke značilnosti

Čez naselje Dolenja vas tečeta reka Ribnica in potok Rakitniščica, ki sta tipična kraški reki in izvirata na zahodnem delu Ribniškega polja ter tečeta čez ravnino v smeri proti jugovzhodu ali vzhodu.

Reka Ribnica izvira v dveh kraških izviroh pod Veliko goro, nedaleč od naselja Zadolje, kjer je že močna reka. Izvir je tipičen kraški obrh, kjer si je izdolbel pot ob prelomu apnenca in dolomita. Vijuga po vlažni travnati ravnini proti vzhodu, kjer se ji pridruži še pritok Sajevec. Na jugovzhodu na ilavnati, mokrotni terasi v naselju Prigorica so leta 1986 zgradili vodni zbiralnik in tako spremenili sotočje Ribnice in Sajeveca v jezero. Na ta način so omejili poplave v Prigorici in priskrbeli vodne rezerve za potrebe kočevske industrije, ko je vodostaj Rinže nizek. Zaradi zakraselosti območja, Ribnica izgine v tla pri sv. Marjeti, vzhodno od Dolenje vasi. Na površje zopet pride v izviro ob Krki. Ob visokih vodah reka podaljša svoj tok proti JV in teče naprej po fosilni strugi čez ribniško polje ter se pred Jasnico preliva v Kočevsko polje v Zadnjo Rinžo.



Slika 41: Rupa pri Sv. Marjeti, kjer reka Ribnica ponikne

Potok Rakitniščica, izvira v Obrhu, majhnem, neizrazitem zatrepu pri Blatah. Pod močnim izviro je vodovodno zajetje, zato je tam nastalo manjše jezero. Rakitnica je najkrajša med ponikalnicami ribniškega polja. Potok na aluvialni ravnici zaradi majhnega padca močno vijuga in po približno kilometru toka ponikne v rupah pod vasjo Rakitnica. Ob velikih padavinah poplavlja, zato tam nastane jezero, ki obsega površine do 15 hektarov in globine do 12 metrov. Ob najvišjih vodostajih se voda prelije na jugovzhodni del Ribniškega polja mimo glavne ceste Ribnica - Kočevje do fosilne struge Ribnice, kjer gresta skupaj dalje proti Rinži. Kljub majhnemu padcu je pred drugo svetovno vojno tukaj delovalo več mlinov in žag, o katerih nam danes pričajo le še ruševine.



Slika 42: Pogled na potok Rakitniščica v ozadju Jasnice

V času poplav so se na dnu polja nalagali ilovnati in prodno-peščeni nanosi, ki so prekrivali jezersko ilovico, ki se je v ledeni dobi usedla na živoskalno osnovo. Ravno ta nahajališča ilovice so omogočala razvoj lončarstva v Dolenji vasi.



Slika 43: Pogled na poplavljeno cesto v Rakitnici

6.1.6 Prebivalstvo in industrija

Prebivalstvo

Po podatkih iz popisa prebivalstva leta 2002 v naselju Dolenja vas živi 785 prebivalcev. Od tega je približno polovica moških in žensk. V naselju je 243 gospodinjstev s povprečno številom članov 3,2.

Tabela 13: Popis prebivalstva leta 2002 (prevzeto: Krajevna skupnost Dolenja vas)

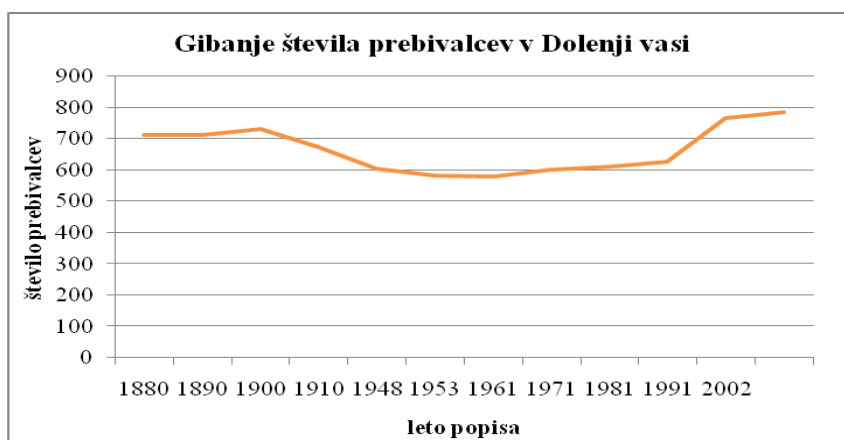
	<i>SKUPAJ</i>	<i>MOŠKI</i>	<i>ŽENSKE</i>	<i>GOSPODINJSTVA</i>	<i>POVPREČNO ŠT ČLANOV</i>	<i>STANOVANJA</i>
<i>DOLENJA VAS</i>	785	398	387	243	3,2	260

Iz spodnjega grafikona 1 in tabele 14 je razvidno naraščanje prebivalstva v 19. stoletju. V začetku 20. stoletja je viden upad prebivalcev, kateri upadajo do konca 2. svetovne vojne, nato pa prebivalstvo postopno narašča.

Tabela 14: Popis prebivalstva po letih (prevzeto: Mihelčič, 2007, str.42)

Leto popisa	1869	1880	1890	1900	1910	1948	1953	1961	1971	1981	1991	2002
Dolenja vas	711	711	731	675	602	580	578	601	610	625	767	785

Grafikon 1: Gibanje števila prebivalstva med letom 1880 do 2002



Za dimenzioniranje kanalizacijskega sistema v Dolenji vasi potrebujemo število prebivalcev čez 50 let, to je amortizacijska doba omrežja. Ta podatek izračunamo po spodnji enačbi.

$$A = A_o \left(1 + \frac{P}{100} \right)^n \quad (34)$$

Kjer izrazi pomenijo:

A – število prebivalcev čez n let [P]

A_o – sedanje število prebivalcev [P]

P – letni prirast števila prebivalcev [%]

n – amortizacijska doba omrežja [let]

Letni prirast števila prebivalstva v določenem naselju določimo iz podatkov o večanju števila prebivalcev v preteklosti po spodnji enačbi (Panjan, 2002).

$$p = \left(\sqrt[n]{\frac{A}{A_o}} - 1 \right) * 100 \quad (35)$$

Za naš primer izračunamo letni prirast prebivalstva med obdobji zadnjih dveh popisov. Leta 1991 je v Dolenji vasi živelo 767 prebivalcev, 11 let kasneje pa 785.

$$p = \left(\sqrt[11]{\frac{785}{767}} - 1 \right) * 100 = 0,21\%$$

Letni prirast prebivalstva torej znaša 0,21%. Ta podatek bom upoštevala pri dimenzioniranju kanalizacijskega sistema.

Industrija

Naselje nima posebno velikih industrijskih objektov, večji industrijski objekt je le v sosednji Prigorici, Indotherem, kjer izdelujejo vrata. V Dolenji vasi se nahaja šola, pošta, samopostrežna trgovina in mizarska delavnica s 15 zaposlenih ter restavracija s 5 zaposlenimi. Industrija je podana v prilogi A3.

6.1.7 Obstoječe stanje v Dolenji vasi

Naselje Dolenja vas ima v nekaterih delih že zgrajeno kanalsko omrežje za meteorne vode, na katero je priključenih tudi nekaj stanovanjskih objektov z odpadnimi vodami. Vsi kanali so speljani v reko Ribnico. Kanali so bili zgrajeni v različnih obdobjih. Odpadna voda ostalih stanovanjskih objektov pa je speljana v greznične jame. Iz ekološkega vidika naj bi zgrajeni kanali služili le za odvajanje meteornih vod, zato bo potrebno odpadno vodo iz vseh stanovanjskih objektov speljati v novo kanalsko mrežo. Zelo velik problem je tudi, da ima veliko

stanovanjskih objektov, ki so ob reki Ribnici, direktne izpuste v vodotok, kar je iz ekološkega stališča to nesprejemljivo. Z izgradnjo kanalizacijskega sistema se bo to obvezno ukinilo.

6.2 Zasnova različnih kanalizacijskih sistemov za sušni odtok

Cilj te naloge je izdelati in primerjati tri načine odvodnje onesnažene vode iz Dolenje vasi. Torej izdelati je potrebno gravitacijsko, vakuumsko in tlačno odvodnjo odpadne vode iz gospodinjstev. Predvidena je izdelava ločenega sistema kanalizacije samo za sušni odtok, ki ga speljemo na različne načine do ČN. Vse tri načine bomo primerjali tudi iz stroškovnega vidika.

V vseh treh variantah je potek trase po javnih poteh, kar nam omogoča nemoteno vzdrževanje in pregledovanje kanalizacijskega omrežja.

Sama lokacija ČN je v bližini odvodnika in je od samega naselja odmaknjena, kar preprečuje vplive na samo prebivalstvo. Kljub temu pa je odmaknjena od poplavnega območja, ki se nahaja bolj južno od naše lokacije. Iz ČN speljemo odpadno vodo v reko Ribnico.



Slika 44: Lokacija ČN

6.2.1 Hidralični izračun za sušni odtok

Za dimenzioniranje vseh treh kanalizacijskih omrežij, naprave, ki so na omrežju in čistilne

naprave je pomembna količina sušnega odtoka, ki je sestavljena iz odpadnih vod gospodinjstev, obrti in industrije ter tuje vode (poglavje 2.1.1). Ker v Dolenji vasi ni večjih industrijskih obratov, je samo manjša mizarska delavnica, odpadno vodo iz industrije zanemarimo.

Količina odtoka iz gospodinjstev je odvisna od količine porabljene pitne vode in števila prebivalcev. Po podatkih podjetja Hydrovod d.o.o. iz Kočevja znaša letna količina porabljene pitne vode v Dolenji vasi 31.031 m^3 . Iz tega podatka lahko izračunamo normo potrošnje, ki znaša $108,3 \text{ l (P*dan)}$. Pri izračunu količine odtoka iz gospodinjstev moramo upoštevati stanje čez 50 let, ko se kanalizacijsko omrežje in naprave v celoti amortizirajo. Letni prirast prebivalstva sem določila v poglavju 6.1.6 in znaša $0,21\%$. Izračun za celotno naselje izvedemo po enačbi 2.

V Dolenji vasi odtok odpadne vode iz gospodinjstev znaša:

$$q_h = A_o (1+p/100)^n * n_p = 785P*(1+0,21/100)^{50} * 108,3l/(P*dan) = 94.417 \text{ l/dan} = 94,42 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Sušni odtok dobimo po enačbi 1. Za določitev tujih vod upoštevamo 100% sušni odtok.

$$q_s = (q_h + q_i) + q_t = 94,42 \text{ m}^3/\text{dan} + 94,42 \text{ m}^3/\text{dan} = 188,84 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Kanalizacijsko omrežje v Dolenji vasi dimenzioniramo na maksimalni urni odtok. Pri tem sta še pomembna minimalni in srednji odtok odpadne vode iz gospodinjstev po enačbah 4, 5 in 6.

$$Q_{\max} = \frac{1}{10} Qd = \frac{1}{10} 188,84 \text{ m}^3/\text{dan} = 18,88 \text{ m}^3/\text{h} = 5,25 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{sr}} = \frac{1}{24} Qd = \frac{1}{24} 188,84 \text{ m}^3/\text{dan} = 7,87 \text{ m}^3/\text{h} = 2,19 \text{ l/s}$$

$$Q_{\min} = \frac{1}{37} Qd = \frac{1}{37} 188,84 \text{ m}^3/\text{dan} = 5,10 \text{ m}^3/\text{h} = 1,42 \text{ l/s}$$

6.2.2 Gravitacijska odvodnja onesnažene vode

Za Dolenjo vas se predvidi ločen kanalizacijski sistem.

Celotno gravitacijsko omrežje poteka vzporedno v javni poti skozi celotno vas, zadnji del pa po makadamu. Globina kanalov je med 1,50 m in 4,59 m. Da se izognemo tlačnim vodom in črpališčem in s tem nepotrebnim investicijskim stroškom, kanali potekajo glede na padec terena. Situacija kanalizacijskega omrežja je prikazana v prilogi B1, vzdolžni profili kanalov pa v prilogah B2, B3 in B4. Na najvišji koti terena, to je bolj v zahodnem delu vasi, potekajo nekateri kanali K1 do K15 proti severu, kanali K20 do K35 pa potekajo v nasprotni smeri, torej proti jugu vasi. V jašku RJ13 se sredi vasi kanalom K1 do K15 pridružijo še kanali od K36 do K43, kateri odvajajo vodo iz najbolj severnega dela Dolenje vasi.

V revizijskemu jašku RJ19 se vsi kanali združijo in po kanalih K17, K18 in K19 se odpadna voda iz vseh gospodinjstev odvaža do ČN, kjer se očiščena izliva v reko Ribnico. Celotna dolžina vseh kanalizacijskih cevi je 2785,24 m. Kanali so iz UK PVC cevi premera DN 250 mm razreda SN 8 250x1000mm. Zaradi njihove majhne teže je vgradnja PVC cevi enostavna, imajo dobro kemično obstojnost na odpadno vodo in veliko pretočno zmogljivost zaradi gladkosti sten.

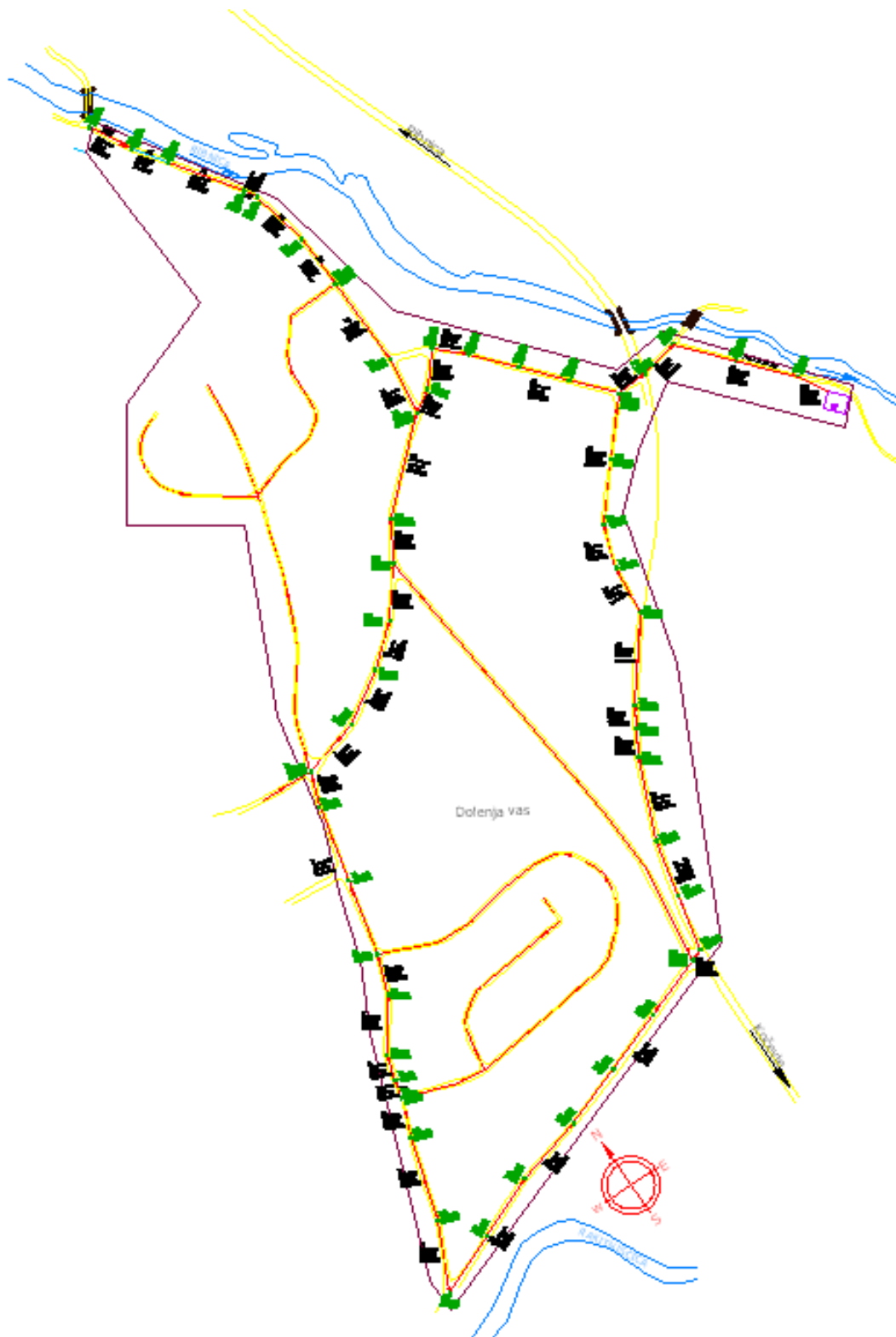
Vzdolžni padci kanalov so med 0,2% in 3,5% ter so prilagojeni nagibom cest in poti.

Kanalizacijske cevi se vgrajujejo po predpisanih standardih. Globina izkopa jarka je določena v projektu. Na dnu jarka nasujemo temeljno plast iz peska ali gramoza z velikostjo zrn do 30mm. Zbitost temeljne plasti mora biti enakomerna po celi dolžini jarka in mora znašati 95% po standardnem Proctorjevem postopku. Na temeljno plast nasujemo 3-5 cm debelo izravnalno plast, v kateri si cev pri polaganju sama izoblikuje ležišče. Ti dve plasti tvorita peščeno posteljico debeline 10 cm, na katero polagamo kanalizacijske cevi. Po postavitvi cevi se le ta obsuje z istim materialom enake frakcije kot za posteljico cevi. Zasip cevi se izvede do 30 cm nad temenom cevi z ročnim utrjevanjem. Preostali zasip jarka na asfaltiranih površinah se izvede z izkopanim materialom iz izkopa ali z gramoznim zasipnim materialom v slojih po 30 cm z utrjevanjem z lažjimi napravami. Zasipni sloji morajo biti vodoravni, izdelani iz enakega materiala in

enakomerno komprimirani. Zasip jarkov pod prometnimi površinami je v celoti iz gramoznega zasipnega materiala. Po končanem zasipu se cesta ponovno asfaltira. Cevi so medseboj spojene z mufno in gumi tesnili. V primeru, ko pri izkopu jarka naletimo na skale in večje kamenje, moramo dno jarka poglobiti in debelino posteljice povečati na 10-20 cm.

Pri gradnji kanalizacije je potrebno izvesti tudi vse hišne priključke, ki se izvedejo s PVC cevmi premera DN 150 direktno na javni kanal pod kotom 45° na os javnega kanala in v vertikalni smeri s pomočjo PVC fazonskega montažnega odcepa in kolena. Posamezen priključek izvedemo z minimalnim padcem 0,2%.

Revizijski jaški so predvideni na lomih terase in pri spremembi padca dna. Skupaj je v omrežju 52 jaškov. Jaški so iz poliestra premera 1000 mm. Temelj jaška je betoniran z betonom MB 30, debelina plošče je 20 cm. Na temelj se postavi jašek z oblikovano koritnico in pritrjenimi nastavki za spoj s PVC cevjo DN 250, okrog jaška se izvede AB venec MB 30. Pokrov jaška je LTŽ z nosilnostjo 400 kN premera 1000 mm. Vgrajen je v Ab venec.



Slika 45: Shema gravitacijske odvodnje v Dolenji vasi (ni v merilu)

6.2.3 Vakuumska odvodnja onesnažene vode

Vakuumska kanalizacija je zasnovana tako, da se preko hišnih priključnih jaškov gravitacijski priključki iz gospodinjstev priključijo na javni, vakuumski kanal. Ker je v Dolenji vasi konfiguracija terena večinoma taka, da lahko odpadna voda gravitacijsko odteka po kanalu, se predvidi vakuumsko omrežje le v dolžini 595,0 m in 32,88 m tlačnega voda, ki poteka iz vakuumske postaje na ČN. Situacija vakuumske kanalizacije je prikazana v prilogi B5, vzdolžni profil vakuumskih kaanlov pa v prilogi B6. Predpostavlja se, da se gravitacijski kanalizaciji na zadnjih 627,88 m pridruži vakuumaska kanalizacija. Zato vzamemo vso prispelo količino celotne vasi, torej predpostavljeno je, da so na ČN priključeni vsi prebivalci Dolenje vasi. Začetek vakuumskih kanalov je nekje na sredini vasi in potekajo vzporedno v prometnih površinah, zadnjih 157,15 m pa tudi po makadamu do vakumske postaje in naprej po tlačnem vodu do ČN. Predvidijo se cevi PE-HD SDR 17 S8 10 bar PE100 premera DN 90 mm, ki so varjene z ustreznimi elektro spojkami in se polagajo v vzdolžnem padcu med 0,2% in 0,9%. PE-HD cevi so obstojne na luge in agresivne kisline. Imajo najvišjo abrazijsko odpornost in so okolju prijazen material ([www. Stigma-cs.si](http://www.Stigma-cs.si)). Globina kanalov je med 1,0 m in 1,53 m.

Vakuumski hišni priključni jašek in hišni priključki (VHPJ)

V začetni fazi je potrebno namestiti 11 VHPJ s 3" – batnim ventilom. S pomočjo predhodno naročenih in vdelanih vtičnih spojk, se na jaške lahko priključijo cevni hišni priključki iz štirih do pet smeri ter v dveh različnih višinah. Za priključitev posameznih hišnih priključkov se uporabljajo cevi premera DN 90. Zaradi zahtev evropskih norm za hišne priključke, se morajo hišni priključki odzračevati v zgradbah preko strehe in s tem je preprečeno nastajanje dodatnih podtlakov, ki lahko povzročajo izpraznitev hišnih sifonov.

Pri vakuumskem priključnem hišnem jašku se predvidi 3" – batni ventil. Razlog za izbiro tega ventila je, da ima boljše hidravlične pretočne zmogljivosti, saj se na ta batni ventil lahko priključijo 4 do 5 gospodinjstva z razliko od membranskega ventila, kateri se tudi uporablja pri VHPJ, kjer se priključijo le po dve gospodinjstvi.

Priporoča se namestitev tovarniško izdelanega in opremljenega PE-HD VHPJ z ventilom, saj je izdelan po zahtevah evropskih norm EN 1091, vgradnja je enostavna in je popolnoma vodotesen. Prednost takih jaškov je tudi, da je vsa oprema že tovarniško dokončana in montirana v jaške in je zaščitena pred poškodbami med prevozom in med vgradnjo. In nenazadnje so ti jaški cenejši od jaškov, ki se izdelujejo, montirajo in preizkusijo na gradbišču. Te jaške nameščamo v zelenice brez prometnih obtežb. PE-HD pokrovi jaškov so pohodni. Pretok odpadne vode v posameznem jašku je prikazan v prilogi A8.

Vakuumska postaja (VP)

Vakuumska postaja se bo namestila v načrtovani zgradbi v točki VP. V načrtovani zgradbi bo poleg ustreznega električnega priključka ali zasilnega agregata predviden tudi prostor za nadzor in vodenje celotnega podtlačnega sistema in tlačnega voda ter same ČN. Zgradba se mora izvesti iz materialov, ki onemogočajo vstop nezaposlenim. Poleg dovoza se mora predvideti tudi ustrezna toplotna izolacija zgradbe ter njeno zračenje in ogrevanje. Shema VP je prikazana v prilogi B8.

Vakuumska postaja je sestavljena iz vakuumske posode s prostornino 4,3 m³, dveh vakuumskih črpalk z močjo 1kW in kapaciteto 4,2 l/s, dveh tlačnih črpalk z močjo 0,2kW ter stične omarice z vodenjem naprave. Kompaktna vakuumska postaja se sestavi, montira, preiskusi že v tovarni, zato je čas vgradnje zelo kratek. Na terenu se priključi le na dovodne in odvodne napeljave, preiskusi obratovanja celotnega omrežja.

Iztok podtlačne kanalizacije bo potekal preko tlačnih črpalk v ČN. Dimenzionirane so na zmogljivost 0,2 kW, na količino črpanja 5,25 l/s ter črpalno višino 1,50 m.

Glede na možne posledice pri izpadu električne energije, naj se predvidi namestitev fiksnega zasilnega agregata velikosti cca 20kW, ki naj omogoča vsaj minimalno delovanje vakuumske postaje.

Dimenzioniranje celotnega podtlačnega sistema je prikazan v poglavju 4.1.4.1.

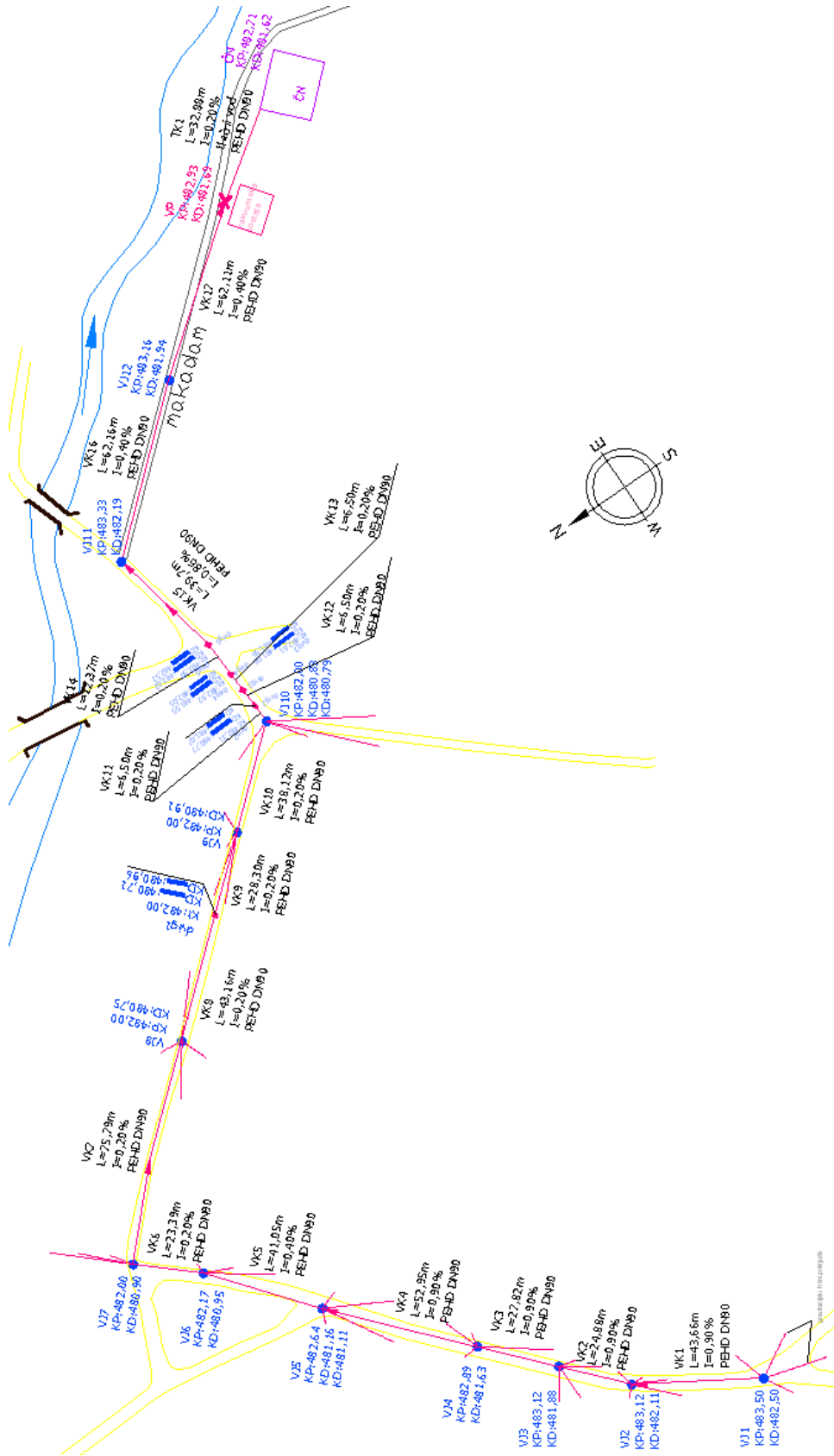
Monitoring

Vse hišne ventile in vakuumsko postajo je potrebno opremiti z daljinskim vodenjem, ki v primeru okvare ali motenj, na centralnem mestu za vodenje in nadzorovanje sproži alarm ter poda natančno lokacijo okvare. Tak sistem omogoča avtomatično delovanje celotne naprave brez osebnega nadzora, saj v primeru motenj obratovanja računalnik sproži alarm ter samodejno poišče odgovorno osebo. Za vse potrebne funkcije se uporablja izključno le razlika med zračnim pritiskom in podtlakom, ki ga ustvari vakuumska postaja. Vse naprave delujejo avtomatično. Za daljinski nadzor delovanja posameznih ventilov se uporabi monitoring naprava, ki je sestavljena iz ventilskih senzorjev, kabelskih povezav in računalnika z ustreznim programom.

Torej za potrebe monitoringa se že med gradnjo v gradbeni jarek, vzporedno s polaganjem cevi na posteljico polaga tudi petžilni zemeljski kabel z oznako NYY-J 5x1,5²mm.

»Lifti«

Da ohranimo relativno plitvo globino jarkov in v primeru protipadca, polagamo vakuumske cevi v žagastem profilu. Dolgim rahlo padajočim odsekom sledijo izmenoma odseki s kratkimi strmimi dvigi t.i. lifti, ki so na cev priključeni pod 45° kotom. Ti imajo nalogo, da težke vodne stebre razdelijo na lažje vodne zamaške, ki jih podtlak lažje in hitreje zaporedoma transportira po ceveh. Število takih »liftov« je v Dolenji vasi 5 in so visoki 0,3 m in 0,5 m.



Slika 46: Shema vakuumske kanalizacije v Dolenji vasi (ni v merilu)

6.2.3.1 Hidravlični izračun podtlačnega sistema

Izračuni za dimenzioniranje so opisane v poglavju 4.1.4, enačbe sem prevzela po knjigi Alternative sewer system.

Za dimenzioniranje celotnega sistema v Dolenji vasi vzamemo $Q_{\max,h}$, ki znaša 5,25 l/s (Poglavje 6.2.1).

Najprej določimo premer cevi, ki je DN 90. Pri tem je hitrosti v cevi 0,83m/s in je določena s spodnjima enačbama.

$$v = Q/S = 0,00525 \text{ m}^3/\text{s} / 0,00636 \text{ m}^2 = 0,83 \text{ m/s}$$

$$S = \pi \cdot D^2/4 = 3,14 \cdot 0,090^2/4 = 0,00636 \text{ m}^2$$

V vakuumski postaji je potrebno dimenzionirati velikost zbirnega kotla, moč in kapaciteto vakuumske in tlačne črpalke.

Kapaciteta vakuumske črpalke se izračuna po enačbi 13.

$$Q_{vp} = \frac{A \cdot Q_{\max}}{7,5} = \frac{6 \cdot 5,25 \text{ l/s}}{7,5} = 4,20 \text{ l/s}$$

Na podlagi tabele v prilogi A7 v odvisnosti od dolžine vakuumskega omrežja, ki je 627,88 m, izberemo vrednost A je 6.

Nadalje je potrebno izračunati moč vakuumske črpalke po enačbi 14. Pri podtlaku 60.000 N/m² oz 0,6 bara je črpalka najučinkovitejša. Izkoristek pa je 0,3.

$$N_{\xi} = \frac{Q_{vp} \cdot \Delta \rho}{\eta} = \frac{0,0042 \text{ m}^3/\text{s} \times 60.000}{0,3} = 839,2 \text{ Watt} = 0,84 \text{ kW}$$

Izberemo dve vakuumski črpalki, eno za rezervo, s kapaciteto zmogljivosti 4,20 l/s in z močjo 1kW.

Določiti moramo še velikost vakuumske posode po enačbi 18 in 19, kjer je Q_{\min} določen v poglavju 6.2.1 in znaša 1,42 l/s.

$$V_o = \frac{15 \times Q_{\min} (Q_{dp} - Q_{\min})}{Q_{dp}} = \frac{15 \times 85,06 \text{ l/min} (314,72 \text{ l/min} - 85,06 \text{ l/min})}{314,72 \text{ l/min}} = 931,01 \text{ l} = 0,93 \text{ m}^3$$

$$V_{ct} = 3V_o + 1514,165 \text{ l} = 3 \times 931,01 + 1.514,165 = 4.307,351 = 4,3 \text{ m}^3$$

Velikost celotne vakuumske posode znaša 4,3 m³.

Čas delovanja vakuumske posode se določi po enačbi 20. Najprej določimo volumen celotnega kanalizacijskega sistema po enačbi 21.

$$(0,045 \times (2/3 V_p + (V_{ct} - V_o))) / Q_{vp} = (0,045 \times (2/3 \times 3,99 \text{ m}^3 + (4,3 \text{ m}^3 - 0,93 \text{ m}^3))) / 15,11 \text{ m}^3/\text{h} = 0,018 \text{ h} = 1,08 \text{ min}$$

$$V_p = L \cdot \pi \cdot (d/2)^2 = 627,84 \text{ m} \cdot 3,14 \cdot (0,09/2)^2 = 3,99 \text{ m}^3$$

Delovanje vakuumskih črpalk je 1,08 min, kar je večje kot 1 min in manjše od treh minut, kar pomeni, da je velikost vakuumske posode in kapaciteta vakuumskih črpalk primerna.

Izračunati je potrebno še celotno hidravlično izgubo v vakuumskem delu sistema, ki je vsota statične izgube vseh liftov in izgube zaradi trenja, ki ju izračunamo iz enačb 22 in 23.

Statična višina lifta se izračuna po spodnji enačbi.

Statična izguba lifta = višina lifta - premer cevi

Izračun statične izgube liftov je prikazan v prilogi A4 in znaša 1,65 m.

Izgubo zaradi trenja določimo z enačbo 23. Pri tem so pomembni naslednji podatki, in sicer koeficient hrapavosti za PE-HD cevi je 0,013, maksimalni pretok 314,72 l/min ter premer cevi je 90 mm.

$$f = 0,001164 * (0,01/C) \times 1,82 \times (Q * 1,85/d * 4,8655) =$$
$$0,001164 * ((0,01/0,013) \times 1,82) * ((314,72 \text{ l/min} * 1,85 / (0,09 \text{ m} * 4,8655)) = 2,17 \text{ m}$$

$$2,17 \text{ m} + 1,65 \text{ m} = 3,82 \text{ m}$$

Celotna izguba v vakuumu je vsota statične izgube lifta in izgube zaradi trenja in znaša 3,82 m.

Za prečrpavanje iz vakuumske postaje na čistilno napravo je potrebna tlačna črpalka, ki se jo določi na podlagi naslednjih enačb.

Kapacitete tlačne črpalke dobimo po enačbi 15 in je enaka kar maksimalnemu odtoku.

$$Q_{dp} = Q_{max} = 5,25 \text{ l/s}$$

Gostota tekočine znaša 1000 kg/m^3 , gravitacijskemu pospešku je $9,81 \text{ m/s}^2$, pretok skozi črpalko znaša $0,00525 \text{ m}^3/\text{s}$ in črpalka mora premagovati 1,50 m črpalne višine. Izkoristek tlačnih črpalk se giblje med 0,3 in 0,5, izberemo 0,4. Iz vseh teh podatkov dobimo po enačbi 16 moč črpalke za odpadno vodo.

$$N_{\xi} = \frac{Q_{dp} \times \rho \times g \times h_{man}}{\eta} = \frac{0,00525 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 1,50 \text{ m}}{0,4} = 192,97 \text{ W} = 0,2 \text{ kW}$$

Izberemo dve tlačni črpalke, ena je za rezervo z zmogljivostjo 5,25 l/s in z močjo 0,2 kW.

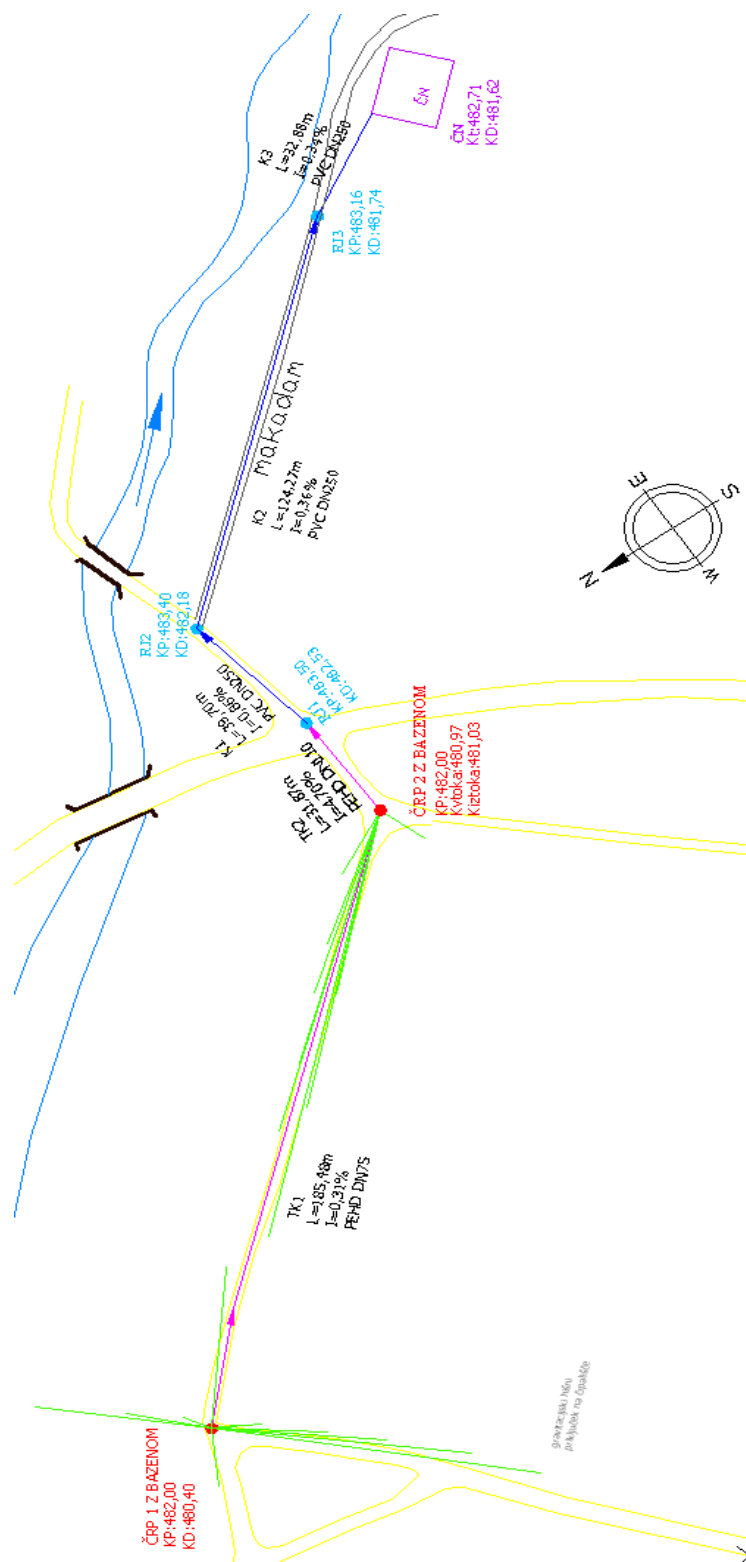
6.2.4 Tlačna odvodnja onesnažene vode

Tlačna kanalizacija je zasnovana tako, da se preko dveh črpališč priključijo prebivalci celotne vasi. Na črpališče se gospodinjstva priključujejo preko gravitacijskega priključnega jaška. Ker je

konfiguracija terena večinoma taka, da lahko odpadna voda gravitacijsko odteka, se tlačno kanalizacijo predvidi le v dolžini 414,20 m. Tlačna odvodnja je načrtovana na odseku, kjer se začne raven teren v dolžini 185,48 m, se nadaljuje v protipadcu na 31,87 m, zadnji dela terena pa gravitacijsko pada proti ČN v dolžini 196,85 m. Zaradi terena, bi bilo nesmislna speljati tlačno kanalizacijo vse do ČN, saj zadnjih 196,85 m teren gravitacijsko pada. Torej tlačna kanalizacija se predvidi le po kanalu TK1 in TK2, kanali K1, K2 in K3 gravitacijsko padajo proti ČN. Na obravnavanem območju se predvidi izgradnja dveh črpališč za odpadno vodo, vključeno z izgradnjo tlačnega voda. Oznaka črpališč je ČRP1 in ČRP2. Situacija tlačne kanalizacije je razvidna v prilogi B9, vzdolžni profili tlačnih kanalov pa v prilogi B10.

Na črpališče se priključijo vsa gospodinjstva preko gravitacijskih, hišnih priključkov. Naprej pa se odpadna voda iz vseh gospodinjstev odvaja po tlačnem vodu na ČN.

Predpostavlja se, da se gravitacijski kanalizaciji na zadnjih 414,20 m pridruži tlačna kanalizacija. Zato vzamemo vso prispelo količino celotne vasi, torej predpostavljeno je, da so na ČN priključeni vsi prebivalci Dolenje vasi. Začetek tlačne kanalizacije je s črpališčem ČRP1, ki je nameščen bolj proti zahodu vasi. Da se izognemo prevelikim dolžinam hišnim priključkom, predvidimo čez 185,48 m še eno črpališče z bazenom ČRP2. Črpališče ČRP1 po tlačnem vodu odvede odpadno vodo polovico priključenih gospodinjstev Dolenje vasi do ČRP2. V črpališču ČRP2 se prvi polovici priključi še druga polovica priključenih gospodinjstev. Črpališče ČRP2 prečrpa odpadno vodo celotnega števila gosodinjstev v Dolenji vasi. Po zadnjem odseku v doložini 196,48 m celotna odpadna voda odteka gravitacijsko do ČN. Celotni tlačni in gravitacijski vodi potekajo vzporedno v prometnih površinah, le zadnjih 157,07m poteka po makadamu do ČN. Globina izkopa jarkov je med 0,99 m in 1,60 m. Za tlačne vode se predvidijo cevi PE-HD SDR 17 DN 75 in DN 110 10 bar PE100, za gravitacijske cevi se izberejo cevi PVC premera DN 250 razreda SN 8 250x1000 m. Ponavadi se na dolžini 300 m - 350 m tlačnega voda vgradijo kontrolni jaški za kontrolo, ker pa je v našem primeru tlačni vod manjši, kontrolnih jaškov nismo predvidli. Predvidi se le tri revizijske jaške na gravitacijskem vodu, ki pelje do ČN.



Slika 47: Shema tlačnega načina odvodnje (ni v merilu)

6.2.4.1 Dimenzioniranje črpališč

Praviloma črpališča gradimo tam, kjer vode ne moremo gravitacijsko odvesti in jo je potrebno prečrpavati za dvig vode na višji nivo. Odpadna voda teče po tlačnem vodu pod pritiskom, ki ga ustvari črpalka za prečrpavanje odpadne vode. Zmogljivost črpalke je odvisna od črpalne višine in pretoka. Črpališča in črpalke je potrebno projektirati tako, da ne pride do zamašitev in drugih motenj pri obratovanju.

V črpališču sta nameščeni dve potopni črpalki in tri nivojska stikala. Stikalo ON je nameščeno nad črpalkama in služi za avtomatski vklop črpalke. Ko nivo vode doseže nivojsko stikalo ON, se vključi ena od črpalke. Dokler je vključeno nivojsko stikalo ON, se črpalke izmenično vklopljata, zaradi enakomerne obrabe. Voda se izprazni do nivojskega stikala OFF, ki izklopi črpalke in preneha s črpanjem, postopek se ponovi. V primeru, da nivo vode doseže zgornje nivojsko stikalo ALARM, se vključita obe črpalke in aktivira se alarm za visok nivo vode.

ČRPLIŠČE ČRP1

Za določitev ustrezne velikosti črpališč in črpalke se mora ugotoviti dnevni dotok odplak. Dnevni dotok odplak je podan v prilogi A5, kateri je določen na polovico priključenih gospodinjstev, saj ČRP1 odvaja odplake le 392 priključenih prebivalcev Dolenje vasi. Torej maksimalni dotok na črpališče ČRP1 znaša 2,62 l/s. Črpališče se običajno dimenzionira na dvakratni sušni pretok, torej pomemben dotok za črpališče je 5,25 l/s.

Najprej moramo določiti premer cevi, ki znašajo PEHD DN 75, nato sledi hitrost v tlačnem vodu, ki ne sme biti manjša od 0,8m/s in se jo določi iz enačbe 24 in 25. Odvisna je od pretoka in prereza cevi.

$$v = Q/S = 0,00525 \text{ m}^3/\text{s} / 0,00442 \text{ m}^2 = 1,188 \text{ m/s}$$

$$S = \pi * D^2/4 = 3,14 * 0,075^2/4 = 0,00442 \text{ m}^2$$

Črpalno višino H_{ζ} določimo iz enačbe 26.

$$H_{\zeta} = H_{\text{geod}} + \Delta H = 0,57 \text{ m} + 5,44 \text{ m} = 6,01 \text{ m}$$

H_{geod} poznamo iz pogojev na terenu in je razlika med začetno (481,02 n.m.v) in končno koto (480,45 n.m.v) črpanja ter znaša 0,57 m. ΔH izračunamo po enačbi 27. Pri tem so pomembni naslednji podatki:

$$\text{koeficient izgub na vtoku } \xi_{\text{vt}} = 0,5$$

$$\text{koeficient izgub na vtoku } \xi_{\text{izt}} = 1,0$$

$$\text{koeficient hrapavosti } \lambda = 0,03$$

$$\text{dolžina tlačnega voda} = 185,48 \text{ m}$$

Koeficient hrapavosti λ odčitamo iz Modyjevega diagrama, če poznamo razmerje ε/d in Re . Vzamemo vrednost koeficient viskoznosti $1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Višina hrap je v tlačnem vodu DN 75 0,27 mm.

$$\text{Re} = \frac{v \times d}{\nu} = \frac{1,188 \text{ m/s} \times 0,075}{1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 8 \cdot 10^4$$

} Koeficient hrapavosti λ znaša 0,03

$$\text{razmerje } \varepsilon/d = 0,27 \text{ mm} / 0,075 \text{ mm} = 4 \cdot 10^{-3}$$

Sedaj, ko imamo vse podatke, lahko izračunamo vsoto linijskih in lokalnih izgub.

$$\Delta H = \sum \lambda \frac{Lv^2}{D2g} + \sum \xi \frac{v^2}{2g} =$$
$$= 0,03 \frac{185,48 \text{ m} \times 1,188^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{0,075 \text{ m} \times 2 \times 9,81 \text{ m}/\text{s}^2} + 1 \times \frac{1,188^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \times 9,81 \text{ m}/\text{s}^2} + 0,5 \times \frac{1,188^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \times 9,81 \text{ m}/\text{s}^2} = 5,44 \text{ m}$$

Sledi še izračun moči črpalke iz enačbe 32. Moč določimo iz maksimalnega pretoka, ki znaša 0,00525 m/s, gostote tekočin, ki je $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$, gravitacijskega pospeška $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$ ter 6,01 m

črpalne višine ter stopnje izkoristka 0,7.

$$P = \frac{Q \times \rho \times g \times H_{\epsilon}}{\eta} = \frac{0,00525 \text{ m}^3 / \text{s} \times 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \times 6,01 \text{ m}}{0,7} = 442 \text{ W} = 0,44 \text{ kW}$$

Izberemo dve črpalni z močjo 0,5 kW, ena je samo kot rezerva.

Izračunati moramo še velikost črpalne komore po enačbi 33, ki je odvisna od maksimalnega pretoka in števila vklopov in izklopov črpalke v eni uri. Predpostavimo, da se bo črpalna izklopila in vklopila 10-krat na uru.

$$V = \frac{0,9 \times Q_{iz}}{Z} = \frac{0,9 \times 18,88 \text{ m}^3 / \text{h}}{10 / \text{h}} = 1,70 \text{ m}^3$$

Glede na vse izračune izberemo iz poslovnika črpališč od podjetja Regeneracija d.o.o. črpališče s prostornino črpalne komore 1,88 m³ s premerom 2000 mm in potrebno višino črpalne komore 1000 mm ter črpalno količino v delovni točki 10 l/s. Črpalno izberemo s kapaciteto 10 l/s.

ČRPLIŠČE ČRP2

Dnevni dotok odplak je podan v prilogi A5. V črpališču ČRP2 priteka vsa odpadna voda iz celotne Dolenej vasi. Črpališče dimenzioniramo na dvakratni sušni pretok, maksimalni dotok na črpališče znaša 10,49 l/s.

Najprej moramo določiti premer cevi, ki znaša PEHD DN 110, nato sledi hitrost v tlačnem vodu, ki ne sme biti manjša od 0,8 m/s in se jo določi iz enačbe 24 in 25. Odvisna je od pretoka in prereza cevi.

$$v = Q/S = 0,01049 \text{ m}^3/\text{s} / 0,0095 \text{ m}^2 = 1,104 \text{ m/s}$$

$$S = \pi \cdot D^2 / 4 = 3,14 \cdot 0,11^2 / 4 = 0,0095 \text{ m}^2$$

Črpalno višino H_ξ določimo iz enačbe 26.

$$H_\xi = H_{\text{geod}} + \Delta H = 1,56 \text{ m} + 0,56 \text{ m} = 2,12 \text{ m}$$

H_{geod} znaša 1,56 m in predstavlja razliko med začetno (482,57 n.m.v) in končno koto (481,02 n.m.v) črpanja. ΔH izračunamo po enačbi 27. Pri tem so pomembni naslednji podatki:

koeficient izgub na vtoku $\xi_{vt} = 0,5$

koeficient izgub na vtoku $\xi_{izt} = 1,0$

koeficient hrapavosti $\lambda = 0,026$

dolžina tlačnega voda = 31,87 m

Koeficient hrapavosti λ odčitamo iz Modyjevega diagrama, če poznamo razmerje ϵ/d in Re . Vrednost koeficienta viskoznosti znaša $1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Tudi v tem primeru predpostavimo, da je višina hrap 0,27mm.

$$\left. \begin{aligned} Re &= \frac{v \times d}{\nu} = \frac{1,104 \text{ m/s} \times 0,11 \text{ m}}{1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 1,06 \cdot 10^5 \\ \text{razmerje } \epsilon/d &= 0,27 \text{ mm} / 110 \text{ mm} = 2,5 \cdot 10^{-3} \end{aligned} \right\} \text{ Koeficient hrapavosti } \lambda \text{ znaša } 0,026$$

Sedaj, ko imamo vse podatke, lahko izračunamo vsoto linijskih in lokalnih izgub.

$$\begin{aligned} \Delta H &= \sum \lambda \frac{Lv^2}{D2g} + \sum \xi \frac{v^2}{2g} = \\ &= 0,026 \frac{31,87 \text{ m} \times 1,104^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{0,11 \text{ m} \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} + 1 \times \frac{1,104^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} + 0,5 \times \frac{1,104^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,56 \text{ m} \end{aligned}$$

Sledi še izračun moči črpalke iz enačbe 32. Moč določimo iz maksimalnega pretoka, ki znaša 0,01049 m/s, gostote tekočin, ki je 1000kg/m³, gravitacijskega pospeška 9,81 m/s² ter 2,12 m črpalne višine ter stopnje izkoristka 0,7.

$$P = \frac{Q \times \rho \times g \times H_c}{\eta} = \frac{0,01049 \text{ m/s} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 2,12 \text{ m}}{0,7} = 312 \text{ Watt} = 0,31 \text{ kW}$$

Izberemo dve črpalki z močjo 0,4 kW, ena je samo kot rezerva.

Izračunati moramo še velikost črpalne komore po enačbi 33, ki je odvisna od maksimalnega pretoka in števila vklopov in izklopov črpalke v eni uri. Predpostavimo, da se bo črpalna izklopila in vklopila 10-krat na uru.

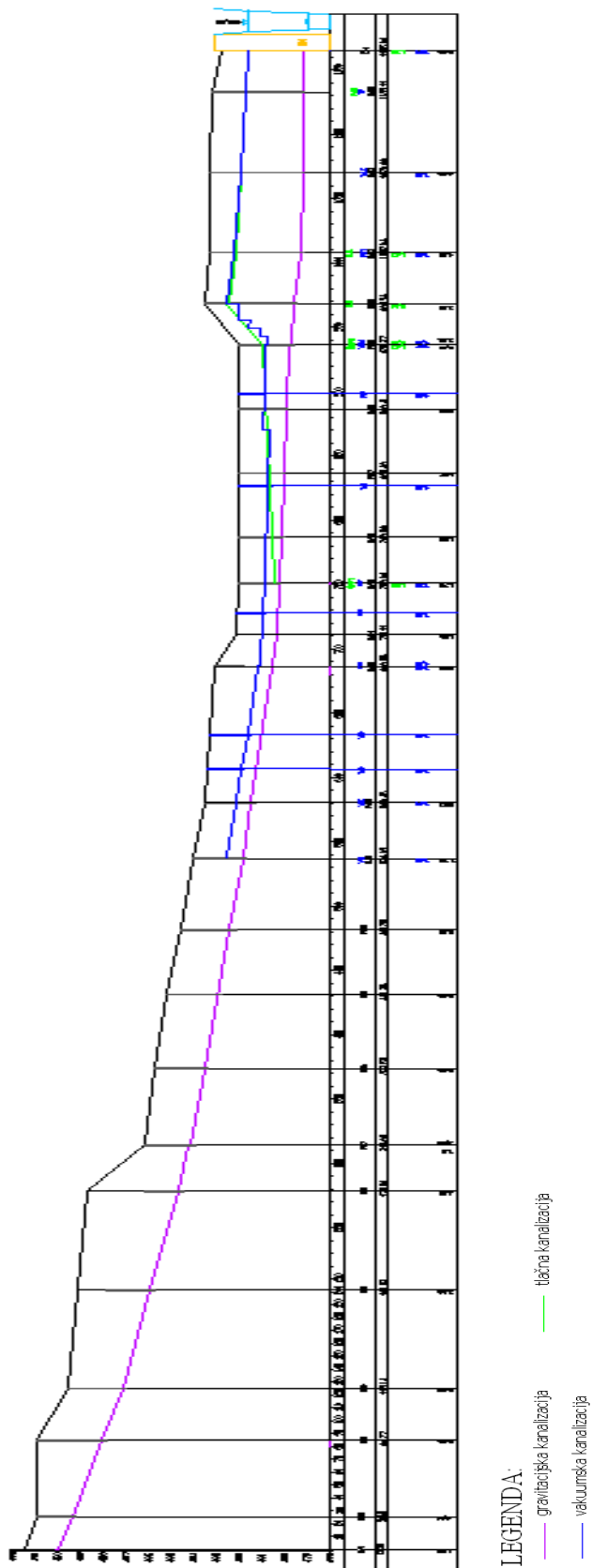
$$V = \frac{0,9 \times Q_{iz}}{Z} = \frac{0,9 \times 37,77 \text{ m}^3 / \text{h}}{10 / \text{h}} = 3,40 \text{ m}^3$$

Glede na vse izračune izberemo iz poslovnika črpališč od podjetja Regeneracija d.o.o črpališče s prostornino črpalne komore 4,07 m³ s premerom 2400 mm in potrebno višino črpalne komore 1400 mm ter črpalno količino v delovni točki 30 l/s. Črpalno izberemo s kapaciteto 30 l/s.

6.2.5 Primerjalni prikaz poteka kanalov treh odvodnih sistemih

Shema prikazuje primerjavo vzdolžnih profilov gravitacijskega, vakuumskega in tlačnega sistema. V merilu je vidna v prilogi B11.

Na sliki 48 se lepo vidijo globine izkopa pri vseh treh sistemih. Najgloblje je položena gravitacijska kanalizacija, saj je potrebno zaradi zagotavljanja ustreznega padca kopati vedno globlje, kar pri ostalih dveh ni potrebno. To seveda vpliva na večje stroške izkopa pri gravitacijski odvodnji in tudi sam izkop je težji in nevarnejši. Globina jaškov je pri vakuumski in tlačni kanalizacija podobna in se giblje do 1,6 m, pri gravitacijski odvodni je potrebno kopati nekje tudi do 4.59 m globine.



Slika 48: Shema primerjave vzdolžnih profilov gravitacijske, vakuumske in tlačne kanalizacije

7 APROKSIMATIVNI PREDRAČUN VSEH TREH NAČINOV ODVODNJE V DOLENJI VASI

V naselju Dolenja vas se je izdelal tudi aproksimativni predračun za gravitacijski, vakuumski in tlačni kanalizacijski sistem. Predračuni so v prilogi A2.1, A2.2 in A2.3. V tem poglavju bom na kratko primerjala investicijske stroške za izgradnjo teh treh sistemov. Cene za posamezne naprave, objekte v posamezni kanalizaciji sem prevzela po cenikih različnih proizvajalcev in novejših popisih (npr. cene revizijskih jaškov sem prevzela po ceniku podjetja Regeneracija d.o.o., cene vakuumskih PE-HD cevi in VHPJ po ceniku podjetja Minerva Žalec d.d., cene PVC cevi po ceniku podjetja Zagožen d.o.o.)

Tabela 15: Investicijski stroški izgradnje različnih sistemov

	Pripravljalna dela (EUR)	Zemeljska dela (EUR)	Kanalizacijska dela (EUR)	Celotna investicija izgradnje (EUR)	Faktorji investicije (-)
gravitacijska	15.134,24	300.889,82	140.833,71	456.857,77	1,00
vakuumska	15.134,24	245.526,10	316.426,49	577.086,83	1,26
tlačna	15.134,24	278.153,37	231.204,41	524.492,02	1,15

Grafikon 2: Primerjava stroškov izgradnje različnih odvodnih sistemov

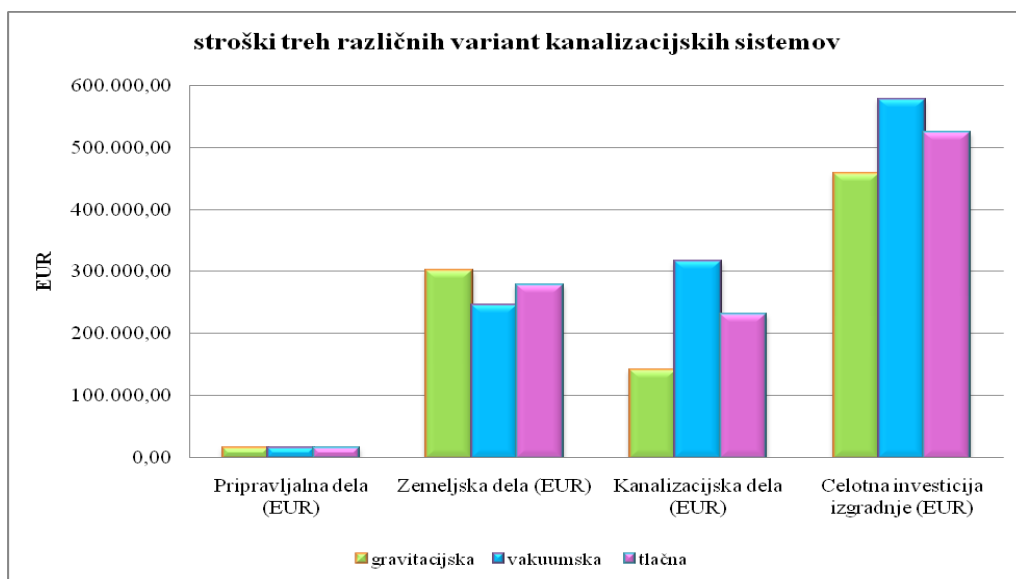


Tabela 15 in grafikon 2 prikazujeta investicijo v izgradnjo treh različnih kanalizacijskih sistemov v naselju Dolenja vas. Za celotno dolžino 2.785,24 m gravitacijskega sistema bi potrebovali 456.857,77 EUR, za izgradnjo vakuumskega sistema z gravitacijskim delom bi investicija znašala 577.066,84 EUR ter za tlačni sistem z gravitacijskim delom pa 524.492,02 EUR. Vidimo, da je najracionalnejši gravitacijski sistem, najdražji pa vakuumski sistem. Razlog za to je v večjih začetnih investicijskih stroških, saj je pri vakuumski odvodnji potrebna izgradnja celotne vakuumske postaje z vso pripadajočo opremo.

Pripravljalna dela pri vseh treh sistemih znašajo enako. Zakoličenje osi kanalizacije, priprava gradbišča z odstranitvijo morebitnih ovir, ureditev gradbišča s postavitvijo gradbiščne table, skladiščnega, bivalnega prostora ter prostora za sanitarije za zaposlene je potrebna pri izgradnji tako gravitacijskega kot tlačnega in vakuumskega sistema v enakih količinah in cenah.

Stroški zemeljskih del so najvišji pri gravitacijski odvodnji. Pri zagotavljanju podolžnega padca gravitacijskih kanalov je potrebno kopati vedno globlje, kar seveda otežuje in podraži izvedbo.

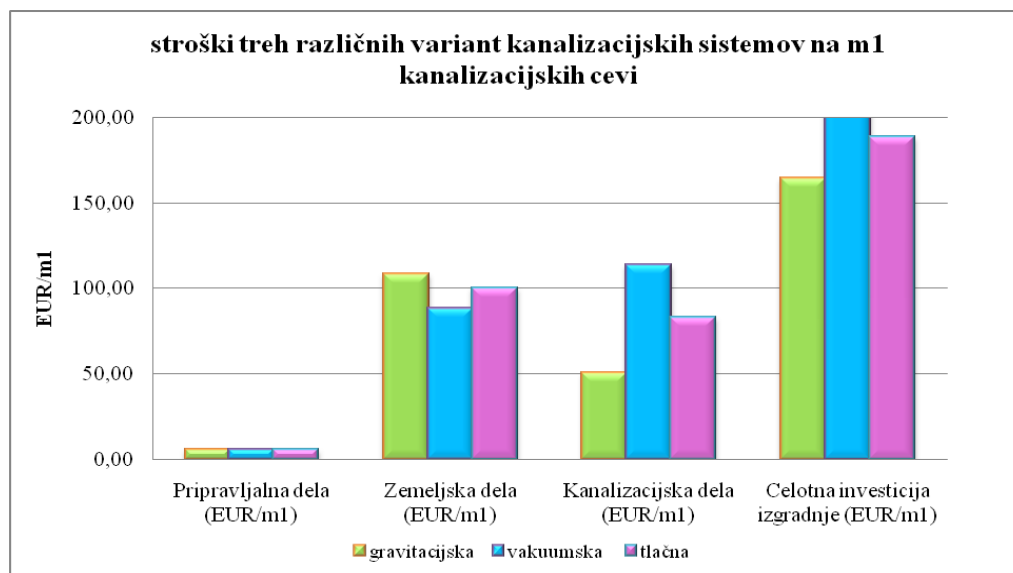
Sami stroški kanalizacijskih del so veliko dražje pri vakuumski kanalizaciji, najmanjši pa pri gravitacijskemu načinu. Kot sem že omenila je razlog v tem, da vakuumski sistem potrebuje poleg vakuumskih kanalov še izgradnjo celotne vakuumske postaje z vsemi potrebnimi deli, vključeno z vakuumskimi in tlačnimi črpalkami, z vakuumsko posodo. Potrebna je tudi nabava vakuumskega hišnega priključka z batnim ventilov, ki je v primerjavi z revizijskim jaškom veliko dražji.

Podala sem še strošek investicije glede na m1 kanalizacijskih cevi, kakor prikazujeta tabela 16 in grafikon 3. Rezultati so isti kot v prejšnji tabeli in grafu. Tudi na 1 tekoči meter kanalizacijskega kanala so stroški celotnega sistema najdražji pri vakuumskem sistemu. Investicija pri pripravljalni delih je pri vseh sistemih enaka. Stroški zemeljskih del so najdražji pri gravitacijskem načinu, investicija v dobavo in montažo kanalizacijskih del pa je najdražja pri vakuumski kanalizaciji.

Tabela 16: Investicijski stroški izgradnje različnih sistemov glede na m1 kanalizacijskih cevi

	Pripravljalna dela (EUR/m1)	Zemeljska dela (EUR/m1)	Kanalizacijska dela (EUR/m1)	Celotna investicija izgradnje (EUR/m1)	Faktorji investicije (-)
gravitacijska	5,43	108,03	50,56	164,03	1,00
vakuumska	5,43	88,15	113,61	207,19	1,26
tlačna	5,43	99,87	83,01	188,31	1,15

Grafikon 3: Primerjava stroškov izgradnje različnih odvodnih sistemov glede na tekoči meter cevi



Torej najdražja investicija je pri vakuumskem sistemu, najcenejša pa pri gravitacijskem sistemu. Kako je pa z obratovalnimi stroški, pa v tem poglavju nisem obravnavala, vendar po pripovedi in izkušnjah poznavalcev so obratovalni stroški najnižji pri vakuumski kanalizaciji, saj je poraba energije manjša, stroški popravil in vzdrževanja so znatno manjši, saj je manjša možnost oz. jo sploh ni, da bi voda pronicala v omrežje ali iz njega, saj mora biti omrežje popolnoma vodotesno, da sistem sploh deluje.

8 ZAKLJUČEK

Diplomska naloga je razdeljena na dva dela, en del opisuje teoretične značilnosti, karakteristike gravitacijskega, tlačnega in vakuumskega sistema. V drugem delu so predstavljena idejne rešitve teh treh načinov odvodnje sušnega odtoka v naselju Dolenja vas.

Ker je teren večinoma tak, da se da kanale speljati gravitacijsko do ČN, sem za celotno Dolenjo vas izdelala gravitacijski sistem. Le na delu, kjer je raven teren in kjer je protipadec, so gravitacijski kanali prišli do 4.59 m globine. Na tem ravnem odseku in odseku, kjer je protipadec sem izdelala še varianti s tlačnim in vakuumskim sistemom. Torej mišljeno je, da bi se gravitacijski kanalizaciji v zadnjem odseku pridružila tlačna ali vakuumska kanalizacija. Vakuumske in tlačne cevi so manjšega premera in ni potrebno paziti na padec ter so popolnoma vodotesne, saj sistem v nasprotnem primeru sploh ne deluje. Pri gravitacijskem sistemu pa zaradi nepravilnosti in napačne priključitve hišnih priključkov pride do nevodotesnosti kanalov in pronicanja vode v sistem oz. iz njega in s tem ogrožanja podtalnice z odpadno vodo.

Za vse tri načine odvodnjavanja onesnažene vode sem izdelala aproksimativni predračun investicijskih stroškov. Iz njih so razvidni visoki stroški investicije vakuumske kanalizacije. Razlog za to je, da je potrebno ne glede na dolžino vakuumskih kanalov izgraditi vakuumsko postajo, vključeno z vakuumskimi in tlačnimi črpalkami in vakuumskim kotlom ter s celotno opremo za monitoring in krmilno napravo. Pri vakuumski kanalizaciji so potrebni tudi vakuumski hišni priključni jaški z batnim ventilom, kateri so pa tudi dražji, kakor revizijski jaški pri gravitacijskemu sistemu. Kljub temu, da so izkopi jarkov pri gravitacijskemu načinu veliko globlji (do 4,59 m) kakor pri tlačni in vakuumski, kjer so največ do globine 1,60 m, je še vedno najracionalnejša izgradnja gravitacijskega sistema.

Za Dolenjo vas je racionalno izgraditi ločen sistema kanalizacije, kjer odpadna voda gravitacijsko odteka do ČN, padavinsko vodo pa lahko ponikamo. Ker je Dolenja vas dokaj majhno naselje in padavinska voda ni tako močno onesnažena s polutanti, naftnimi derivati s cestišč, jo je primerno ponikati na neutrjenih površinah. Hišno padavinsko vodo pa bi bilo smotrno ujeti v cisterne in jo uporabljati za zalivanje vrta, pranje avtomobila in podobno.

V primeru izgradnje vakuumskega omrežja za določen odsek, kakor je v Dolenji vasi, bi potrebovali skoraj enake začetne stroške investicije kot če bi gradili celotno omrežje. Tako kot za en odsek kot tudi za celotno omrežje je potrebno zgraditi vakuumsko postajo z vsemi potrebnimi napravami ter tudi VHPJ ne glede na dolžino omrežja. Zato je vakuumsko omrežje neracionalno graditi samo za določen odsek. Po pogovoru s poznavalci vakuumskih omrežji pa se vakuumsko omrežje za celotno območje splača graditi, kjer to teren narekuje, saj so obratovalni stroški na dolgi rok bistveno nižji kot pri gravitacijskem sistemu. Vakuumski in tlačni sistem prideta v poštev pri zelo hribovitem svetu, na ravninskem območju, na skalnatem področju s slabo nosilnostjo tal, na območju z visokim nivojem podtalnice. Za Dolenjo vas so stroški izgradnje vakuumske kanalizacije večji za 26 %, pri tlačni pa za 15 % v primerjavi z gravitacijskim načinom odvodnje odpadne vode.

Pri vsem tem je najpomembnejše, da se mora kanalizacijski sistem in naprave graditi tako, da z najmanjšimi finančnimi sredstvi dosežemo največji efekt zaščite okolja.

LITERATURA

Alternative sewer system, 2008, WEF Manual of Practice NO. FD-12, Second Edition, Water Environment Federation, Alexandria. 301 str.

Berdajs, A., Galonja, S., Gruden, T., Murn, Z., Musi, A., Petek, I., Slokan, I., Smolej, B., Štembal – Capuder, M., Žitnik, D., Žitnik, J., 2008, Gradbeniški priročnik, Ljubljana, Tehnična založba Slovenije

Hrvatske vode (več avtorjev), 2006, Razdeljeni sustav odvodnje; Zbornik del: 256 str.

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

Manual Alternative Wastewater Collection Systems, October 1991, Washington, Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office Of Water , EPA/625/1-91/024: 207str.

Maleiner, F. 2006, Projektiranje in obratovanje vakuumskih kanalizaciji (skripta), Ljubljana, Franc Maleiner, 37 str.

Meleiner F. februar 2005, Prvo vakuumsko omrežje v Sloveniji, Gradbeni vestnik, letnik 54, 48 str.

Orožen Adamič, M., Perko D., Kladnik D. 1995, Krajevni Leksikon Slovenije, DZS, Ljubljana: 637 str.

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

Petrešin E. Hidravlični preračun vakuumske kanalizacije - praktične izkušnje in priporočila, 2007, Univerza v Mariboru, Fakulteta za Gradbeništvo:20str

Več avtorjev, 1998, Slovenija – pokrajine in ljudje, Ljubljana, Mladinska knjiga: 735 str.

Uhlir S. 2008, Kraška polja v porečju Krke, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, oddelek za geografijo,diplomsko delo: 99str.

Vacuum Sewers 101, 2007, PDHengineer Course No. C-4028, Portions of this course use material excerpted from Alternative Sewer Systems, 2nd ed.;Manual of Practice No. FD-12 Reprinted with permission from Alternative Sewer Systems Water Environment Federation: Alexandria, Virginia. 30 str.

ATV-A-131, maj 2000, Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants, GFA Publishing Company of ATV-DVWK Water: 57str.

ATV RULES AND STANDARDS, ATV STANDRD, 1992, ATV – A 128E; Standrds for Dimensioning and Design of Stormwater Overflows in Combined Wastewater Sewers, Hennef, GFA: 74 str.

ATV RULES AND STANDARDS, ATV STANDRD, 1997, ATV-A 105E; Selection of the Drainage System, Hennef, GFA:15 str.

ATV RULES AND STANDARDS, ATV STANDRD, september 1992, ATV – A 116, Besondere Entwässerungsverfahren Unterdruckentwässerung – Druckentwässerung: 21 str.

European standard, EN 1671, Pressure sewerage system, junij 1997: 26 str.

Geodetski inštitut Kočevje

BERGANT M. Cenik za revizijske jaške. Sporočilo za: Bijol, B. 3. marec 2010, Osebna komunikacija

PETRAK J., Cenik PEHD cevi. Sporočilo za; Bijol, B. 1. Marec 2010, Osebna komunikacija

GRM ŠERJAK H. Podatki za naravni prirastek v Dolenji vasi, Sporočilo za: Bijol, B. 15. februar, 2010, Osebna komunikacija

Internetne strani:

Kanalizacija v Ljubljani; kaj ne sodi vanjo:

http://www.jh-lj.si/upload/doc/885_Kanalizacija_v_Ljubljani_Kaj_ne_sodi_vanjopdf.pdf

<http://www.corrales-nm.org/Files/TEMP%20FILES/wastewater/10-25-2007-CollectionSys-Hydro.pdf>

Vacuum sewerage systems: www.flovac.com.au, 2010

<http://www.pssolutions.net.au/about.html>

www.regeneracija.com/upload/doc/254_Poslovnik_Crpaliste.doc

<http://www.zagozen.si> (ceniki)

http://sl.wikipedia.org/wiki/Dolenja_vas,_Ribnica

<http://www.slovenia-heritage.net/ik/ribnica/s-naravna-dediscina.asp>

<http://www.stigma-cs.si/?cenik>

PRILOGE**PRILOGA A: Tabelarične priloge****PRILOGA B: Grafične priloge**

1	UVOD.....	11
2	ODVODNJAVANJE ONESNAŽENIH VODA.....	22
2.1	Gospodarjenje z odpadno vodo.....	33
2.1.1	Osnova za dimenzioniranje kanalizacijskega omrežja	44
2.2	Gospodarjenje s padavinsko vodo	66
2.2.1	Vpliv utrjenih površin na padavinski odtok	88
2.2.1	Uporaba padavinske vode	99
2.2.2	Določitev količine padavinske vode.....	12
3	GRAVITACIJSKI NAČIN ODVODNJE	14
3.1	Kanalizacijski sistemi	15
3.1.1	Ločen kanalizacijski sistem odvodne onesnažene vode (LKS)	15
3.1.2	Mešan kanalizacijski sistem odvodne onesnažene vode (MKS)	16
3.1.3	Delno mešan in ločen sistem	17
3.2	Izbira pravega sistema kanalizacije.....	18
3.2.1	Osnovne značilnosti obeh sistemov	18
3.2.2	Kriteriji za izbiro pravega sistema	19
3.3	Prednosti in pomanjkljivosti mešane in ločene kanalizacije.....	21
3.3.1	Ločen sistem kanalizacije.....	22
3.3.2	Mešan sistem kanalizacije	23
3.4	Primerjava obeh sistemov glede na vpliv okolja.....	23
3.4.1	Zadrževanje padavinske vode.....	24
3.4.1.1	V mešanem sistemu kanalizacije.....	24
3.4.1.2	V ločenem sistemu kanalizacije.....	28
3.4.2	Razbremenjevanje padavinske vode	29
3.4.3	Dopustne obremenitve v ločeni in mešani kanalizaciji.....	30
3.4.4	Kratka primerjava onesnaževanja v ločenem in mešanem sistemu	33
4	ALTERNATIVNA ODVODNJA – TLAČNA IN VAKUUMSKA KANALIZACIJA.....	34
4.1	Vakuumska ali podtlačna kanalizacija.....	34
4.1.1	Kratek zgodovinski razvoj vakuumske kanalizacije	34

4.1.2	Delovanje vakuumskega načina odvodnje	35
4.1.3	Opis komponent vakuumskega sistema	38
4.1.3.1	Hišni priključek	38
4.1.3.2	Vakuumski hišni priključni jašek (VHPJ)	39
4.1.3.3	Vakuumski ventili	41
4.1.3.4	Vakuumsko omrežje	44
4.1.3.5	Vakuumska postaja	47
4.1.4	Načrtovanje vakuumske kanalizacije	52
4.1.4.1.	Osnove hidravličnega izračuna	53
4.2	Tlačna kanalizacija	59
4.2.1	Zgodovinski pregled tlačne kanalizacije	59
4.2.2	Uporaba in osnovne značilnosti tlačnega sistema odvodnje	61
4.2.3	Delovanje tlačne kanalizacije	62
4.2.4	Opis posameznih delov tlačne kanalizacije	67
4.2.4.1	Zbirna posoda	67
4.2.4.2	Črpalna enota	68
4.2.4.3	Črpališče	68
4.2.4.4	Tlačni cevovod	70
4.2.4.5	Ventili	71
4.2.5	Načrtovanje tlačne kanalizacije	71
4.2.5.1	Pretoki	71
4.2.5.2	Maksimalni zadrževalni čas	71
4.2.5.3	Minimalna hitrost	72
4.2.5.4	Velikosti tlačnih cevovodov in črpališč	72
4.3	Prednosti in pomanjkljivosti sistemov alternativne odvodnje	75
5	PRIMERJAVA GRAVITACIJSKE ODVODNJE Z ALTERNATIVNO	77
6	IDEJNA REŠITEV ODVODNJE ONESNAŽENE VODE V DOLENJI VASI	78
6.1	Geološke, hidrološke, urbanistične značilnosti naselja Dolenja vas	78
6.1.1	Občina Ribnica	78
6.1.2	Osnovne značilnosti Dolenje vasi	80
6.1.3	Geološke značilnosti	81

6.1.4	Podnebne značilnosti in padavine	82
6.1.5	Hidrološke značilnosti	83
6.1.6	Prebivalstvo in industrija	85
6.1.7	Obstoječe stanje v Dolenji vasi	87
6.2	Zasnova različnih kanalizacijskih sistemov za sušni odtok	88
6.2.1	Hidralični izračun za sušni odtok	88
6.2.2	Gravitacijska odvodnja onesnažene vode	90
6.2.3	Vakuumska odvodnja onesnažene vode	93
6.2.3.1	Hidravlični izračun podtlačnega sistema	97
6.2.4	Tlačna odvodnja onesnažene vode.....	99
6.2.4.1	Dimenzioniranje črpališč	102
6.2.5	Primerjalni prikaz poteka kanalov treh odvodnih sistemih	106
7	APROKSIMATIVNI PREDRAČUN VSEH TREH NAČINOV ODVODNJE V DOLENJI VASI.....	108
8	ZAKLJUČEK.....	111
	LITERATURA.....	113
	PRILOGE	116

KAZALO PREGLEDNIC

<i>Tabela 1: Biološka obremenitev prebivalca na dan (prevzeto: ATV-A-131, maj 2000, str.19)</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 2: Groba klasifikacija kvalitete odpadnih vod (prevzeto: Maleiner, str. 9)</i>	<i>11</i>
<i>Tabela 3: Čas koncentracije po ASCE (Kolar, 1983, str. 76)</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 4: Koeficienti odtoka za razne vrste površin (Kolar, 1983, str.78)</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 5: Kriteriji za izbor kanalizacijskega sistema (prevzeto: ATV 105, 1997, str.10)</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 6: Koncentracija onesnažil v mešani kanalizaciji in v kanalizaciji samo s padavinskim odtokom (prevzeto: Panjan, 2004, str. 12)</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 7: Srednja koncentracija onesnažil padavinskih voda s prometnih površin v naselju (prevzeto: Panjan, 2004, str. 11)</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 8: Razširjenost batnih in membranskih ventilov po Evropi in izven nje (prevzeto: Maleiner, 2006, str. 9)</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 9: Tabela za določitev razmerja voda/zrak (prevzeto: Maleiner, 2006, str.32)</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 10: Tabela za določitev premera cevi (prevzeto: Maleiner, 2006, str.33)</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 11: Priporočljive višine »liftov« (prevzeto: Alternative sewer system, 2008, str 122)</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 12: Določitev velikosti premera tlačnega voda glede na število priključenih gospodinjstev (prevzeto: Manual Alternative wastewater collection systems, 1991, str. 46)</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 13: Popis prebivalstva leta 2002 (prevzeto: Krajevna skupnost Dolenja vas)</i>	<i>85</i>
<i>Tabela 14: Popis prebivalstva po letih (prevzeto: Mihelčič, 2007, str.42)</i>	<i>86</i>
<i>Tabela 15: Investicijski stroški izgradnje različnih sistemov</i>	<i>108</i>
<i>Tabela 16: Investicijski stroški izgradnje različnih sistemov glede na m1 kanalizacijskih cevi</i>	<i>110</i>

Kazalo slik

<i>Slika 1: Shema priključitve hišne kanalizacije na javno kanalizacijo (prevzeto: http://www.jh-lj.si/upload/doc/885_Kanalizacija_v_Ljubljani_Kaj_ne_sodi_vanj.pdf)</i>	<i>33</i>
<i>Slika 2: Zbiralniki za zbiranje deževnice (prevzeto: Razdeljeni sustav odvodnje, 2006, str.37)</i>	<i>77</i>
<i>Slika 3: Prikaz koriščenja zbrane padavinske vode (prevzeto: Razdeljeni sustav odvodnje, 2006, str. 37)</i>	<i>88</i>
<i>Slika 4: Shema ločenega kanalizacijskega sistema (Prevzeto: ATV-A 105E, 1997, str.7)</i>	<i>16</i>
<i>Slika 5: Shema mešanega kanalizacijskega sistema (Prevzeto: ATV-A 105E, 1997, str.6)</i>	<i>17</i>
<i>Slika 6: Delno MKS (desno) in delno LKS (levo) (Prevzeto: ATV-A 105E, 1997, str. 6)</i>	<i>18</i>
<i>Slika 7: Prikaz delovanja zadrževalnega bazena (prevzeto: Gradbeni vestnik, julij 2005, str.156)</i>	<i>25</i>
<i>Slika 8: Vzporedno priključevanje deževnih bazenov (prevzeto: ATV-A 128E, 1992, str.20)</i>	<i>27</i>
<i>Slika 9: Zaporedno priključevanje deževnih bazenov (prevzeto: ATV-A 128E, 1992, str.20)</i>	<i>27</i>

<i>Slika 10: Ohranjeni načrt vakuumske kanalizacija (prevzeto: Maleiner, 2006, str. 6).....</i>	<i>35</i>
<i>Slika 11: Delovanje vakuumske kanalizacije (prevzeto: http://www.airvac.com).....</i>	<i>37</i>
<i>Slika 12: Prerez vakuumskega priključnega jaška sistema Airvac (prevzeto: Meleiner, 2005, str.46).....</i>	<i>40</i>
<i>Slika 13: PE-HD VHPJ izdelan v Sloveniji (prevzeto: Maleiner, 2006, str. 13).....</i>	<i>41</i>
<i>Slika 14: 3" batni ventil.....</i>	<i>42</i>
<i>Slika 15: 2" - Roevac membranski ventil (prevzeto:Maleiner, 2006, str.16).....</i>	<i>43</i>
<i>Slika 16: : 3" batni ventil Airvac v hišnem priključnem jašku.....</i>	<i>44</i>
<i>Slika 17: : Pohodni pokrov VPHJ</i>	<i>44</i>
<i>Slika 18: Žagasti profil (prevzeto:Maleiner,2006, str. 22).....</i>	<i>45</i>
<i>Slika 19: Način polaganja (prevzeto:Maleiner, 2006, str. 22).....</i>	<i>45</i>
<i>Slika 20: Hitra in enostavna gradnja vakuumske kanalizacije (prevzeto: www.flovac.com.au).....</i>	<i>46</i>
<i>Slika 21: Vakuumska postaja Airvac v Logatcu.....</i>	<i>47</i>
<i>Slika 22: Plovec, ki kaže nivo vode v vakumskem kotlu</i>	<i>47</i>
<i>Slika 23: Tlačni črpalki v VP</i>	<i>48</i>
<i>Slika 24: Vakuumski črpalki v VP</i>	<i>48</i>
<i>Slika 25: Prikaz, kjer gre tlačni vod iz vakuumskega kotla in kjer vakuumski kanal pride v vakuumski kotel</i>	<i>50</i>
<i>Slika 26: Krmilna postaja v vakumski postaji, ki v primeru napake javi na računalnik.....</i>	<i>51</i>
<i>Slika 27: Računalnik, kjer se na zaslonu ventil, ki so v okvari, obarvajo rdeče</i>	<i>51</i>
<i>Slika 28: Fair-ov patent tlačnega sistema iz leta 1965 (prevzeto: Alternative sewer system, 2008, str.36).....</i>	<i>60</i>
<i>Slika 29: Shema prereza tlačne kanalizacije (vir: http://www.pssolutions.net.au/about.html).....</i>	<i>63</i>
<i>Slika 30: Glavne komponente tlačne kanalizacije.....</i>	<i>64</i>
<i>Slika 31: Alarmni nivo v črpalni enoti (prevzeto: http://www.yvw.com.au).....</i>	<i>65</i>
<i>Slika 32: Na levi strani ozek jarek za tlačno kanalizacijo in na desni strani majhen premer tlačnega kanala v ozkem jarku (prevzeto: http://www.pssolutions.net.au/about.html)</i>	<i>66</i>
<i>Slike 33: Sestavni deli tlačne kanalizacije (prevzeto: http://www.pssolutions.net.au/about.html).....</i>	<i>66</i>
<i>Slika 34: Prikaz zbirne posode s črpalko (prevzeto: EN 1671, 1997, str. 21).....</i>	<i>67</i>
<i>Slika 35: Leva slika: shematski prikaz črpalne enote, desna slika: pokrov črpalne enote.....</i>	<i>68</i>
<i>Slika 36: Obseg občine Ribnica (Prevzeto: http://www.ribnica.si/).....</i>	<i>79</i>
<i>Slika 37 : Ribniško polje (prevzeto: Uhlir S, 2008, str.32).....</i>	<i>79</i>
<i>Slika 38: Ortofoto posnetek naselja Dolenja vas (prevzeto: Geodetski inštitut Kočevje).....</i>	<i>80</i>
<i>Slika 39: Pogled na naselja Dolenja vas.....</i>	<i>81</i>
<i>Slika 40: Zgradba Ribniškega polja (prevzeto: Mihelčič, N. 2008, str.25).....</i>	<i>82</i>
<i>Slika 41: Rupa pri Sv. Marjeti, kjer reka Ribnica ponikne</i>	<i>84</i>

<i>Slika 42: Pogled na potok Rakitniščica v ozadju Jasnice</i>	<i>84</i>
<i>Slika 43: Pogled na poplavljeno cesto v Rakitnici</i>	<i>85</i>
<i>Slika 44: Lokacija ČN.....</i>	<i>88</i>
<i>Slika 45: Shema gravitacijske odvodnje v Dolenji vasi (ni v merilu).....</i>	<i>92</i>
<i>Slika 46: Shema vakuumske kanalizacije v Dolenji vasi (ni v merilu).....</i>	<i>96</i>
<i>Slika 47: Shema tlačnega načina odvodnje (ni v merilu)</i>	<i>101</i>
<i>Slika 48: Shema primerjave vzdolžnih profilov gravitacijske, vakuumske in tlačne kanalizacije</i>	<i>107</i>

Kazalo Grafikonov

<i>Grafikon 1: Gibanje števila prebivalstva med letom 1880 do 2002.....</i>	<i>86</i>
<i>Grafikon 2: Primerjava stroškov izgradnje različnih odvodnih sistemov</i>	<i>108</i>
<i>Grafikon 3: Primerjava stroškov izgradnje različnih odvodnih sistemov glede na tekoči meter cevi</i>	<i>110</i>

PRILOGE

PRILOGA A: Tabelarične priloge

PRILOGA A1: Podatki za stroške vakuumske kanalizacije po knjigi Alternative sewer system iz leta 2006

PRILOGA A2: Aproximativni predračun za izgradnjo gravitacijske, vakuumske in tlačne kanalizacije

A2.1 - Aproximativni predračun za gravitacijsko odvodno

A2.2 - Aproximativni predračun za vakuumsko odvodnjo z gravitacijskim delom

A2.3 - Aproximativni predračun za tlačno odvodnjo z gravitacijskim delom

PRILOGA A3: Industrija v Dolenji vasi

PRILOGA A4: Statična izguba vseh liftov

PRILOGA A5: Dnevni dotok odplak na posamezno črpališče

PRILOGA A6: Notranji premeri cevi, gospodarna hitrost vode, gospodarni pretok

PRILOGA A7: Vrednost koeficienta A v odvisnosti od dolžine omrežja (vir: Alternative sewer system)

PRILOGA A8: Pretok odpadne vode v posameznih vakuumskih hišnih priključnih jaških pri vakuumski kanalizaciji

PRILOGA B: Grafične priloge

PRILOGA B1: Situacija gravitacijske odvodnje M1:1000

PRILOGA B2: Vzdolžni profil gravitacijskih kanalov K1 – K19 M1:1000/100

PRILOGA B3: Vzdolžni profil gravitacijskih kanalov K20 – K35 M1:1000/100

PRILOGA B4: Vzdolžni profil gravitacijskih kanalov K36 – K43 M1:1000/100

PRILOGA B5: Situacija vakuumskega sistema M1:1000

PRILOGA B6: Vzdolžni profil vakuumskih kanalov M1:1000/100

PRILOGA B7: Detajl VHPJ na hišni gravitacijski priključek M1:25

PRILOGA B8: Shema vakuumske postaje M1:50

PRILOGA B9: Situacija tlačne kanalizacije M1:1000

PRILOGA B10: Vzdolžni profil tlačnih kanalov M1:1000/100

PRILOGA B11: Primerjava vzdolžnih profilov gravitacijskega, vakuuskega in tlačnega sistema
M1:1000/100

PRILOGA A1: Podatki za stroške vakuumske kanalizacije po knjigi Alternative sewer system iz leta 2006

INVESTICIJSKI STROŠKI ZA VAKUUMSKE CEVI

DN (mm)	EUR / na 3,3m cevi
100	9,62 - 11,84
150	11,84 - 15,53
200	15,53 - 19,97
250	19,97 - 27,37

INVESTICIJSKI STROŠKI ZA VPHJ Z VENTILI

OPIS	EUR /enoto
standrdni VPHJ z ventilom (1,8 globine)	2.588,95 – 2.958,80
Globji VPHJ	2.958,8 – 3.338,65

INVESTICIJSKI STROŠKI ZA IZGRADNJO CELOTNE VAKUUMSKE POSTAJE

ŠT. PRIKLJUČENIH GOSPODINJSTEV	STROŠKI CELOTNE OPREME (EUR)	STROŠKI GRADNJE (EUR)	SKUPNI STROŠKI (EUR)
50-100	92.462,46 - 110.954,95	92.462,46 - 110.954,95	184.924,92 - 221.909,90
100-300	110.954,95 - 147.939,94	110.954,95 - 147.939,94	221.909,9 - 295.879,87
300-500	147.939,94 - 184.924,92	147.939,94 - 203.417,41	295.879,87 - 388.342,33
500-1000	184.924,92 - 221.909,90	203.417,41 - 258.894,89	388.342,33 - 480.804,79
1000-15000	221.909,90 - 295.879,87	258.894,89 - 332.864,86	480.804,79 - 628.744,73

TIPIČNI STROŠKI OBNOVE IN ZAMENJAVE PRI VAKUUMSKI POSTAJI

	OBSEG STROŠKOV (EUR)	ŽIVLJENJSKA DOBA (LETO)	LETNI STROŠEK OBNOVE IN ZAMENJAVE (EUR)
vakuumski črpalki (2)	7.397 - 25.519,64	15-20	369,85 - 1.701,31
tlačni črpalki (2)	4.438,2 - 14.202,23	15-20	221,91 - 946,82
zbirna posoda	3.698,50 - 8.136,70	25-50	73,97 - 325,47
kontrolna naprava	3.698,50 - 15.681,63	20-25	147,97 - 784,08
razna ostala oprema	1.479,4 - 2.441,01	15-20	147,97 - 162,73

STROŠKI OBNOVE IN ZAMENJAVE ZA KRMILNIKE IN VENTILE

	OBSEG STROŠKOV (EUR)	ŽIVLJENJSKA DOBA (LETO)	LETNI STROŠEK OBNOVE IN ZAMENJAVE (EUR)
vakuumski ventili	19,97 - 28,11	8-12	1,66 - 3,51
krmilniki	19,97 - 28,11	4-6	3,33 - 7,09

PRILOGA A2: Aproksimativni predračun za izgradnjo gravitacijske, vakuumske in tlačne kanalizacije

A2.1 – Predračun za izgradnjo gravitacijske odvodnje

A2.2 – Predračun za izgradnjo vakuumske kanalizacije z gravitacijskim delom

A2.3 – Predračun za izgradnjo vakuumske kanalizacije z gravitacijskim delom

PRILOGA A3: Industrija v Dolenji vasi

Dejavnosti	št. Zaposlenih	poraba vode (l/zap*dan)	dnevna količina odpadnih vod (l/d)	količina odpadne vode izražene v PE (PE = 120l/(P*dan))
Šola	10;75 učencev	25+15	1375	11,46
samopostrežna trgovina	5	450	2250	18,75
pošta	2	25	50	0,42
Tesarska delavnica Oražem	15	35	525	4,38
Restavracija Tina	5:60 obrokov/dan	35+20	1375	11,45833333

PRILOGA A4: Statična izguba vseh liftov

oznaka lifta	višina lifta (m)	premer cevi (m)	statična izguba lifta (m)
lift 1	0,3	0,09	0,21
lift 2	0,3	0,09	0,21
lift 3	0,5	0,09	0,41
lift 4	0,5	0,09	0,41
lift 5	0,5	0,09	0,41
statična izguba vseh liftov			1,65

PRILOGA A5: Dnevni dotok odplak na posamezno črpališče

	q (l/s)	Qt (l/s)	q max h (l/s)	Ao	An
ČRP1	1,31	1,31	2,62	392,50	436
ČRP2	2,62	2,62	5,25	392,50	436

PRILOGA A6: Notranji premeri cevi, gospodarna hitrost vode, gospodarni pretok (vir: Gradbeniški priročnik, 2008, str. 471)

d_N mm	v m/s	Q l/s
80	0,80	4,00
100	0,80	6,30
125	0,80	9,80
150	0,85	15,00
200	0,90	28,30
250	0,95	46,60
300	1,00	70,70
350	1,05	101,00
400	1,10	138,00
500	1,20	236,00

PRILOGA A7: Vrednost koeficienta A v odvisnosti od dolžine omrežja (vir: Alternative sewer system, str. 150)

Najdaljša dolžina kanala (m)	A
0-1.524	6
1.524-2.134	7
2.134-3.048	8
3.048-3.658	9
več kot 3.658	11

PRILOGA A8: Pretok odpadne vode v posameznih vakuumskih hišnih priključnih jaških pri vakuumski kanalizaciji

VP	sušni odtok (l/s)	Qt (l/s)	q _{max h} (l/s)
v VJ1 se združijo kanali ok K1-K9	0,04	0,04	0,09
	0,82	0,82	1,72
VJ2	0,05	0,05	1,83
VJ3	0,05	0,05	1,93
VJ4	0,04	0,04	2,02
v VJ5 se združijo K36-K43	0,05	0,05	2,13
	0,54	0,54	3,22
VJ6	0,03	0,03	3,28
VJ7	0,03	0,03	3,35
VJ8	0,04	0,04	3,44
VJ9	0,05	0,05	3,54
VJ10 se združijo K20-K35	0,03	0,03	3,61
	0,82	0,82	5,25
VJ11	2,62	2,62	5,25
VJ12	2,62	2,62	5,25
VP	2,62	2,62	5,25
ČN	2,62	2,62	5,25