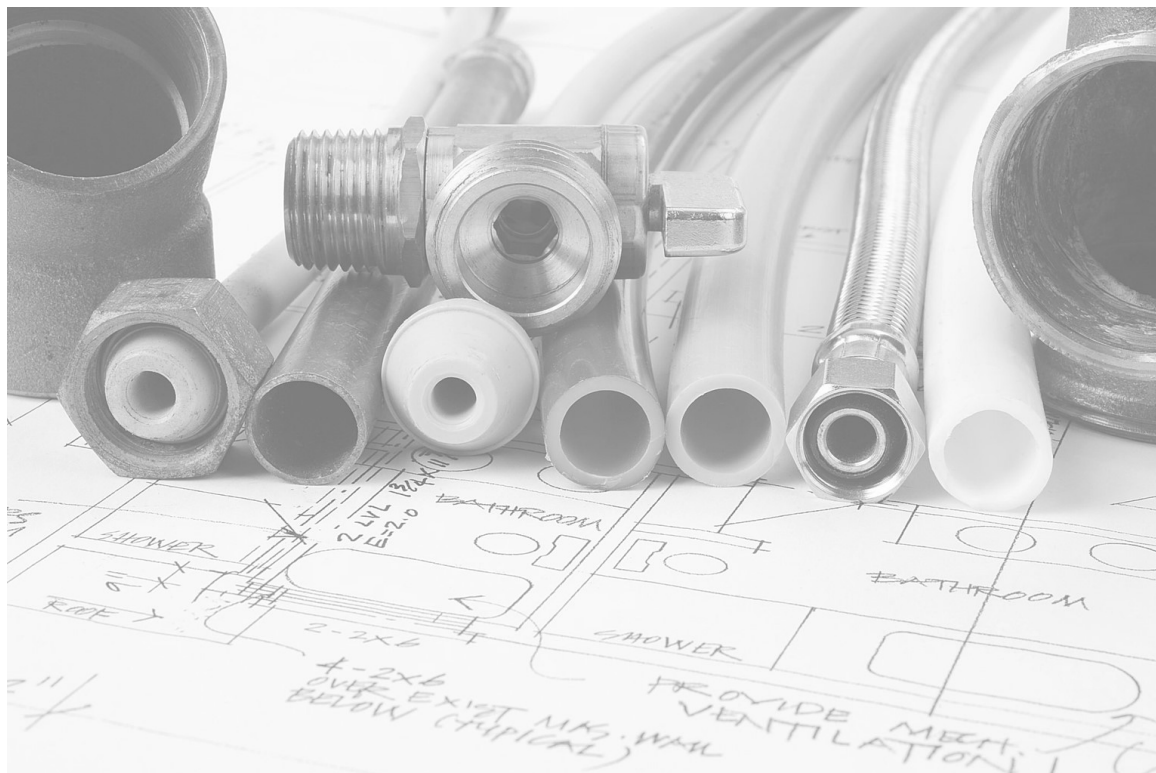


Naručitelj: **VODORAD d.o.o.**
Trg dr. Franje Tuđmana 6
31 511 Đurđenovac



TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA ODABIRA CIJEVNOG MATERIJALA

Tehno-ekonomska analiza odabira cijevnog materijala za vodno-komunalnu infrastrukturu na području aglomeracije Đurđenovac

Oznaka projekta: E-667/20

Osijek, studeni 2020.



IDT d.o.o.

**OSNOVNI PODACI O PROJEKTU:****Naručitelj:**

Vodorad d.o.o.
Trg dr. Franje Tuđmana 6
31 511 Đurđenovac
OIB: 61359571034

Izrađivač:

I D T d.o.o. Osijek
Kralja Petra Svačića 16
31 000 Osijek
OIB: 62473333687

**Projekt:**

**TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA ODABIRA CIJEVNOG MATERIJALA ZA VODNO-KOMUNALNOU
INFRASTRUKTURU NA PODRUČJU AGLOMERACIJE ĐURĐENOVAC**

Br. projekta:

E – 667 / 20

Lokacija:

Općina Đurđenovac

REVIZIJA:

Revizija 01

Osijek, studeni 2020. godine



Izrađivači:

Voditelj izrade Save Španja, mag.ing.aedif.

Nikola Briševac, mag.ing.aedif.

Ivana Primorac, mag.ing.aedif.

Suradnici

Antun Crnolatac, mag.ing.aedif.

Dijana Lazarević, mag.ing.aedif.

Direktor:

Davor Tomičić, dipl.ing.građ.

Sadržaj

1	UVOD.....	9
2	OPIS ZAHVATA.....	12
2.1	Vodne usluge na predmetnom području	13
2.2	Sustav odvodnje	15
3	KORIŠTENE PODLOGE	17
4	ELEMENTI ODABIRA CIJEVNOG MATERIJALA	20
4.1	Uvod.....	20
4.2	Kriteriji prema DWA-M 159	20
4.2.1	<i>Rubni (opći) uvjeti</i>	<i>21</i>
4.2.2	<i>Uvjeti ugradnje cjevovoda.....</i>	<i>21</i>
4.3	Elementi odabira u skladu s „primjerima dobre prakse“	25
4.3.1	<i>Tehnički elementi odabira</i>	<i>25</i>
4.3.2	<i>Financijsko-ekonomski element odabira.....</i>	<i>28</i>
4.3.3	<i>Ekološki element odabira</i>	<i>29</i>
5	CIJEVNI MATERIJALI SUSTAVA JAVNE ODVODNJE	30
5.1	Analiza po skupinama cijevnog materijala sustava javne odvodnje (gravitacija)	37
5.2	Odabir cijevnog materijala.....	38
5.3	Materijal revizijskog okna	38
6	ANALIZA IZBORA CIJEVNOG MATERIJALA SUSTAVA JAVNE ODVODNJE	40
6.1	Tehnički elementi odabira	40
6.1.1	<i>Zahtjevi IVU-a i uvjeti priključenja</i>	<i>40</i>
6.1.2	<i>Uvjeti tečenja (Unutarnji promjer cijevi).....</i>	<i>40</i>
6.1.3	<i>Otpornost na deformacije i oštećenja cijevi (Debljina stijenke cijevnog materijala i vanjski promjer cijevi)</i>	<i>42</i>
6.1.4	<i>Vrsta cijevnog materijala</i>	<i>47</i>
6.1.5	<i>Vrsta materijala za okna i tipovi okana</i>	<i>54</i>
6.1.6	<i>Usklađenje s normama i standardima – zahtjevi kvalitete</i>	<i>54</i>
6.1.7	<i>Tehnologija ugradnje i kontrolna ispitivanja.....</i>	<i>54</i>
6.2	Ekonomsko-financijski elementi odabira.....	55
6.2.1	<i>Financijski i ekonomski elementi odabira.....</i>	<i>55</i>
6.2.2	<i>Zastupljenost cijevnog materijala u sustavu</i>	<i>65</i>

6.2.3	<i>Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja</i>	66
6.3	Ekološki elementi odabira	66
6.4	Primjena AHP metode odlučivanja	66
6.4.1	<i>Određivanje najznačajnijeg elementa</i>	69
6.4.2	<i>Određivanje najznačajnijeg podelementa</i>	71
6.4.3	<i>Određivanje prioriteta cijevnih materijala po elementima i podelementima</i>	79
6.4.4	<i>Određivanje konačnog rješenja</i>	126
6.5	Zaključak i preporuka za cijevni materijal sustava javne odvodnje	130
7	ANALIZA IZBORA MATERIJALA OKANA NA SUSTAVU JAVNE ODVODNJE	131
7.1	Mehanička otpornost plašta okna	131
7.2	Sigurnost protiv uzgona	132
7.3	Trajnost okna	134
7.4	Troškovi nabave i postave revizijskih okana	134
7.5	Pregled konačnih ocjena okana	136
7.6	Zaključak i preporuka za revizijska okna sustava javne odvodnje	137
8	ANALIZA IZBORA MATERIJALA CRPNIH STANICA	138
8.1	Tehnički elementi izbora materijala crpnih stanica	138
8.1.1	<i>Predgotovljena GRP crpna stanica</i>	138
8.1.2	<i>AB monolitne crpne stanice</i>	139
8.2	Ekonomsko-financijski elementi izbora materijala crpne stanice	141
8.3	Zaključak i preporuka za materijal crpnih stanica	141
9	DOPUNSKIE NAPOMENE SUKLADNO PROJEKTOJ DOKUMENTACIJI	142

**POPIS SLIKA**

Slika 2-1 Postojeći sustav vodoopskrbe Općine Đurđenovac.....	14
Slika 2-2 Usvojen prikaz sustav odvodnje Općine Đurđenovac.....	16
Slika 6-1 Opasnost od potonuća i slijeganja elastičnih cijevi u slučaju loše zbijenosti posteljice	45
Slika 6-2 Problemi deformacija i puknuća kod elastičnih i krutih cijevi kod nepravilne ugradnje	45
Slika 6-3 Usporedba srednje vrijednosti habanja za karakteristične cijevne materijale.....	46
Slika 6-4 Prikaz vertikalne deformacije i puknuća cijevi	51
Slika 6-5 Prikaz puknuća cijevi male tjemene nosivosti	52
Slika 6-6 Prikaz vodopropusnog okna	52
Slika 6-7 Prikaz uzdužne deformacije deponiranih cijevi	53
Slika 8-1 Unutrašnjost predgotovljene GRP crpne stanice.....	139
Slika 8-2 Predgotovljena GRP crpna stanica	139
Slika 8-3 Monolitna AB crpna stanica	140

POPIS TABLICA

Tablica 1-1 Obuhvat izgradnje mreže i objekata sustava javne odvodnje na području aglomeracije Đurđenovac	10
Tablica 2-1 Komponente projekta „Razvoj vodno-komunalne infrastrukture na području aglomeraciju Đurđenovac“ prema studijskoj dokumentaciji	12
Tablica 5-1 Karakteristične vrijednosti najčešće korištenih cijevnih materijala (preuzeto: ATV-DVWK-A 127)	30
Tablica 5-2 Primjenjivi cijevni materijali odnosno cijevni proizvodi s raspoloživim profilima	34
Tablica 5-3 Analizirani vanjski i unutarnji profili cijevnih sustava (mm)	36
Tablica 6-1 Analizirani maksimalni protoci na predmetnom području (l/s)	41
Tablica 6-2 Stvarni unutarnji profil cijevi i protočnost (za kb = 1,5 mm, J = 0,25%)	42
Tablica 6-3 Opći modul elastičnosti analiziranih materijala	44
Tablica 6-4 Uzdužna krutost cijevi	45
Tablica 6-5 Otpornost na habanje	46
Tablica 6-6 Koeficijent hrapavosti materijala (okvirne teorijske vrijednosti)	54
Tablica 6-7 Cijene nabave 1 m cijevi (HRK)	55
Tablica 6-8 Cijene spajanja 1 m cijevi (HRK)	56
Tablica 6-9 Odabrana širina rova prema normi HRN EN 1610 (m)	56
Tablica 6-10 Procjena udjela troškova u postocima izgradnje mreže za različite dubine ugradnje po metrima	57
Tablica 6-11 Analizirani radovi i primijenjene orijentacijske jedinične cijene	57
Tablica 6-12 Količine analiziranih radova za BE G ID	58
Tablica 6-13 Količine analiziranih radova za SP G ID	59
Tablica 6-14 Količine analiziranih radova za PE G OD	59
Tablica 6-15 Količine analiziranih radova za PE R ID	60
Tablica 6-16 Količine analiziranih radova za PE R OD	60
Tablica 6-17 Količine analiziranih radova za PP R ID	61
Tablica 6-18 Količine analiziranih radova za PP R OD	62
Tablica 6-19 Količine analiziranih radova za PVC G OD	62
Tablica 6-20 Procjena jediničnih troškova izgradnje cjevovoda (HRK/m)	63
Tablica 6-21 Procjena potrebe za sanacijom cjevovoda definirana po godinama u postocima (%)	65
Tablica 6-22 Saaty-eva skala	67
Tablica 6-23 Struktura analize izbora cijevnog materijala kroz AHP metodu	68
Tablica 6-24 Konačno rješenje prema iznosu vektora prioriteta	129



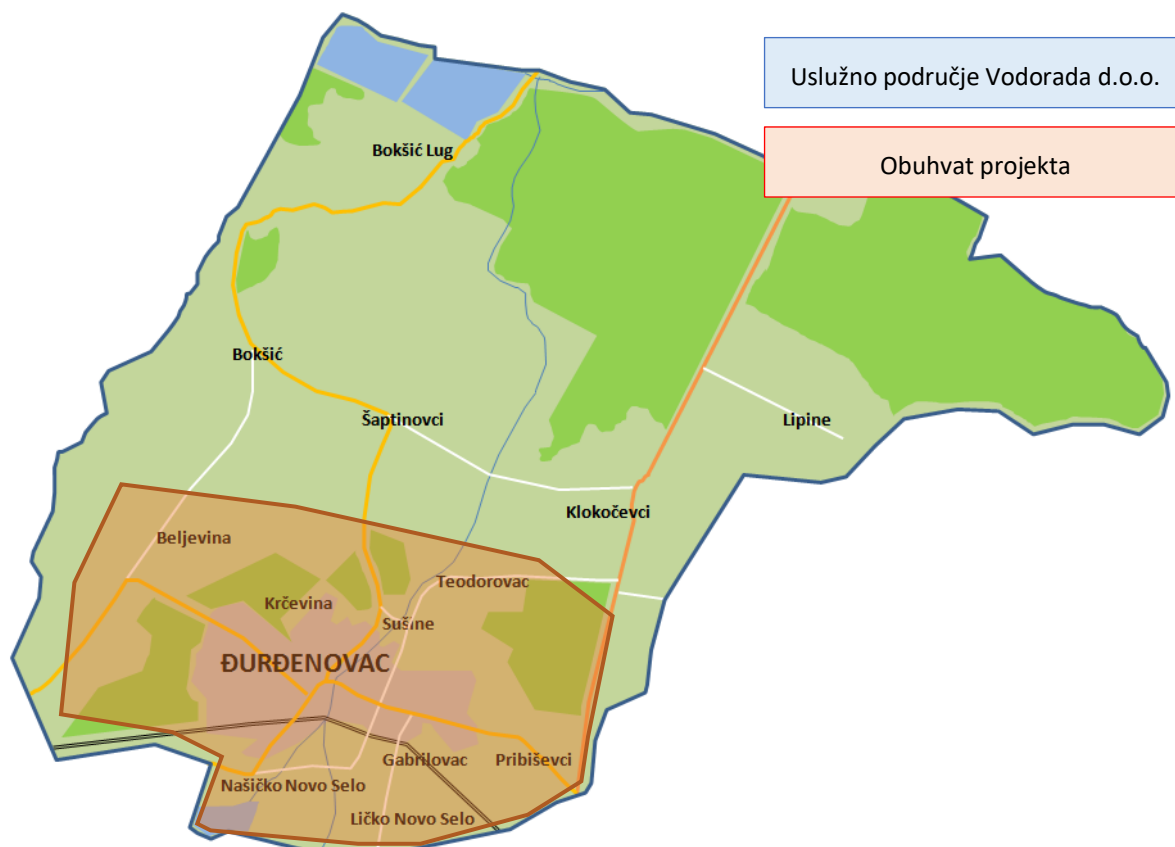
Tablica 7-1 Kritično linijsko opterećenje (kN/m)	132
Tablica 7-2 Sigurnost protiv uzgona revizijskih okana od stakloplastike	133
Tablica 7-3 Sigurnost protiv uzgona revizijskih okana od polipropilena	133
Tablica 7-4 Sigurnost protiv uzgona revizijskih okana od betona s plastičnom kinetom	134
Tablica 7-5 Procjena troškova izgradnje revizijskih okana	135
Tablica 7-6 Omjer procijenjenog troška izgradnje revizijskih okana u odnosu na najnižu cijenu	135
Tablica 7-7 Konačna ocjena glavnih tehničkih i ekonomsko-financijskih elemenata odabira	136

1 UVOD

Obuhvat projekta

Uslužno područje Vodorada d.o.o. nalazi se u sklopu Osječko-baranjske županije:

JLS - Općina Đurđenovac



Svrha projekta

Izrada tehno-ekonomske analize radi se prema preporukama Hrvatskih voda isporučiteljima vodnih usluga „Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomski najpovoljnije ponude, primjeri dobre prakse“ koje je donijelo Upravno vijeće Hrvatskih voda u 8. sazivu na 4. sjednici održanoj dana 14.2.2018., gdje se pod točkom 1.2. kaže da ako projekt nema izrađenu tehno-ekonomsku analizu cijevnog materijala da je sektorski naručitelj dužan pribaviti tehno-ekonomsku analizu cijevnog materijala koja će biti sastavni dio dokumentacije o nabavi.

Izrađivač će u sklopu ovog projekta izraditi tehno-ekonomsku analizu odabira cijevnog materijala za izgradnju mreže odvodnje definiranu u sklopu projekta „Razvoj vodno - komunalne infrastrukture na području aglomeracije Đurđenovac“. Konzorcij firmi: IDT d.o.o. Osijek (vodeći član), PROVOD – inženýská společnost s.r.o, Eurovision d.o.o., Prongrad biro d.o.o., Eurovision d.o.o., IPSA institut d.o.o. u lipnju 2020. godine izradili su zadnju verziju studijske dokumentacije sa usvojenim

obuhvatom projekta, na temelju koje je definirana izgradnja mreže sustava javne odvodnje na području predmetnih naselja. Studija je u svojoj konačnici usvojena sa svim glavnim projektima na temelju kojih su ishođene građevinske dozvole.

Svrha izrade tehno-ekonomske analize cijevnog materijala je dati preporuke za tehničku i financijsko-ekonomsku analizu koje će osigurati otvorenu tržišnu utakmicu u nabavi cijevnog materijala i pripadajućih oblikovnih komada i objekata sustava na način da JIVU (budući prijavitelji i korisnici EU sredstava) osiguraju u nabavi materijal koji jamči dugovječnost cijevnog, oblikovnog i materijala okana, dugotrajnost uporabe materijala u pogonskim/in-situ uvjetima sa svim ključnim karakteristikama (nosivost, elastičnost, uzdužnu i poprečnu/prstenastu krutost, trajnost, izdržljivost, otpornost na habanje, otpornost na pucanje, vodonepropusnost, podnošenje vanjskog opterećenja, smanjenje broja kvarova, ekonomičnost pogona i održavanja) te druge zahtjeve u vijeku trajanja objekata, a koji su detaljno navedeni u daljnjem tekstu ove dopune.

Opis predmeta projekta

Vodorad d.o.o. u završnoj je fazi projekta za predmetno područje aglomeracija Đurđenovac koji za cilj ima potpisivanje ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava za projekt „Razvoj vodno-komunalne infrastrukture na području aglomeracije Đurđenovac“. U sklopu faze pripreme do sada su izrađeni svi glavni projekti te su ishođene sve građevinske dozvole.

Sukladno tome ovaj dokument se izrađuje za cjelokupni dio postojeće projektne dokumentacije. Odnosno, predmet ovoga projekta tehno-ekonomske analize obuhvaća sljedeće:

Tablica 1-1 Obuhvat izgradnje mreže i objekata sustava javne odvodnje na području aglomeracije Đurđenovac

Naselje	UKUPNO GRAVITACIJSKI CJEVOVODI	UKUPNO TLAČNI CJEVOVODI	UKUPNO	CRPNE STANICE
	m'	m'	(m')	kom
Beljevina	6.132,00	2.066,00	8.198,00	4
Đurđenovac	8.162,20	2.576,00	10.738,20	7
Gabrilovac	1.000,05	262,50	1.262,55	1
Krčevina	1.419,00	894,00	2.313,00	1
Ličko Novo Selo	1.031,20	321,00	1.352,20	1
Našičko Novo Selo	2.685,20	646,00	3.331,20	3
Pribiševeci	3.164,80	460,13	3.624,93	1
Sušine	2.420,00	260,05	2.680,05	2
Teodorovac	0,00	0,00	0,00	0
UKUPNO	26.014,45	7.485,68	33.500,13	20

Prema studijskoj dokumentaciji za izgradnju mreže sustava javne odvodnje predviđeno je provođenje otvorenog postupka javne nabave (FIDIC, crvena knjiga). Javna nabava će se provesti putem kriterija za odabir ekonomski najpovoljnije ponude slijedeći smjernice dokumenta “Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomski najpovoljnije ponude; Primjeri dobre prakse”.

Poglavlje 1. navedenog dokumenta odnosi se na „Otvoreni postupak javne nabave za građenje mreže (FIDIC, crvena knjiga)“. Definirano je prema Podpoglavlju 1.2. Izbor cijevnog materijala (dopuna - Hrvatske vode Zagreb, 2018. godine) kako se cijevni materijal nabavlja u skladu s odabirom iz glavnog projekta, a ako se radovi izvode po starijem glavnom projektu koji nema odgovarajuću tehno-ekonomsku analizu cijevnog materijala, sektorski naručitelj je dužan pribaviti tehno-ekonomsku analizu cijevnog materijala s kojom ulazi u postupak javne nabave ispunjavajući sve uvjete. U tom slučaju prema napucima navedenog dokumenta predlaže se izrada skraćene verzije tehno-ekonomske analize cijevnog materijala.

Za obuhvat aglomeracije Đurđenovac izrađeni su svi glavni projekti za sve predviđene radove u sklopu Studije izvedivosti. Pritom tehno-ekonomska analiza nije bila predmet glavnog projekta. Iz tog razloga tehno-ekonomska analiza je sa Naručiteljem dodatno ugovorena te se pristupilo izradi iste koristeći sve podloge do sada izrađene studijsko – projektne dokumentacije.

2 OPIS ZAHVATA

U sklopu studijske dokumentacije za projekt „Razvoj vodno-komunalne infrastrukture na području aglomeracije Đurđenovac“ definiran je konačan obuhvat svih radova na području jedinice lokalne samouprave (Općina Đurđenovac). Radovi obuhvaćaju izgradnji sustava javne odvodnje na području naselja: Đurđenovac, Beljevina, Ličko Novo Selo, Sušine, Krčevina, Gabrilovac, Našičko Novo Selo i Pribiševci.

U tablici u nastavku su prikazane aktivnosti obuhvaćene ovom tehno-ekonomskom analizom, a koje su sastavni dio kratkoročnog investicijskog programa u sklopu studijske dokumentacije.

Tablica 2-1 Komponente projekta „Razvoj vodno-komunalne infrastrukture na području aglomeraciju Đurđenovac“ prema studijskoj dokumentaciji

Aglomeracija	Obuhvat projekta
Đurđenovac	Izgradnja sustava odvodnje: - 26.014,45 m gravitacijskih kolektora - 7.485,68 m tlačnih vodova - 20 crpne stanice - 894 priprema za kućne priključke na sustav javne odvodnje - 586 priprema za kućne priključke na vodoopskrbni sustav - 1 UPOV (4.790 ES-a)

Sve navedene aktivnosti su zadovoljile osnovni kriteriji definiranja mjera koje čine kratkoročni investicijski program, a to je ispunjavanje uvjeta definiranih Direktivom o odvodnji i pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (rok za ispunjenje aglomeracije Đurđenovac: 31.12.2023. godine) i Direktivom o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju 98/83/EC. Osim toga dokazana je priuštivosti projekta na temelju provedene CBA analize (analize troškova i koristi).

Aktivnosti koje će biti obuhvaćene ovom analizom odnose se isključivo na izgradnju i rekonstrukciju mreže sustava javne odvodnje, odnosno na analizu optimalnog izbora materijala za cjevovode, okna, i sl. što obuhvaća ukupno:

- 26.014,45 m gravitacijskih kolektora,
- 7.485,68 m tlačnih kolektora,
- 20 crpnih stanica.

Od navedenog najozbiljnija analiza odnositi će se na odabir cijevnog materijala gravitacijskog sustava javne odvodnje dok će se za ostale aspekte provesti skraćena tehno-ekonomska analiza.

2.1 Vodne usluge na predmetnom području

Vodoopskrba na području Đurđenovca i okolice je u nadležnosti isporučitelja vodnih usluga Vodorad d.o.o. Distribucijsko područje obuhvaća sva naselja na području općine Đurđenovac (Đurđenovac, Bokšić, Gabrilovac, Krčevina, Ličko Novo Selo, Pribiševci, Sušine, Šaptinovci, Teodorovac, Beljevina, Bokšić Lug, Lipine, Našičko Novo Selo) te su sva naselja kompletno pokrivena vodoopskrbnim sustavom.

Đurđanovački vodoopskrbni sustav izgrađen je početkom 70-tih godina kao lokalni sustav za potrebe vodoopskrbe kombinata DIK Đurđenovac i mjesta Đurđenovac. Nositelj razvitka i daljnjih aktivnosti na realizaciji javnog vodoopskrbnog sustava Općine Đurđenovac je Rad d.o.o. za komunalne djelatnosti Đurđenovac. 1998. godine usvojeno je rješenje sustava vodoopskrbe Općine Đurđenovac prema projektu „Vodoopskrbni sustav Općine Đurđenovac“ te je projekt uvršten u Vodoopskrbni plan Osječko - baranjske županije. Od 1973. g. izgrađeno je više od 60 kilometara vodovodne mreže. Zadnje preostalo naselje Lipine priključeno je na vodoopskrbni sustav u 2018. godini te se u istoj godini vodoopskrbna mreža i u drugim naseljima dogradila za dodatnih cca. 5 km kako bi se osigurala 100% pokrivenost u svim naseljima Općine Đurđenovac.

Opskrba pitkom vodom vrši se s vodocrpilišta Đurđenovac koje se sastojalo od bušenoga zdenca dubine oko 40m, hidroforškog postrojenja obujma kotlova $2 \times 30 \text{ m}^3$ i vodovodne mreže. Posebna pogodnost ovoga crpilišta bila je kakvoća podzemne vode koja je zadovoljavala kriterije pitke vode. U početnoj fazi razvitka crpilišta provedena su relativno opsežna istraživanja, a svi kasniji radovi bili su uglavnom ograničeni na izvedbu novih zdenaca, različite učinkovitosti. Slično se može reći i za interpretacije koje nisu dovedene do dokumentacije kakva je nužna za izvorište javne opskrbe. Istraživanja koja su provedena koncem 2002. i početkom 2003. godine obuhvatila su snimanja stanja crpilišta, prikupljanje i ocjenu uporabljivosti postojećih podataka i izvedbu jedne bušotine dubine 80 m.

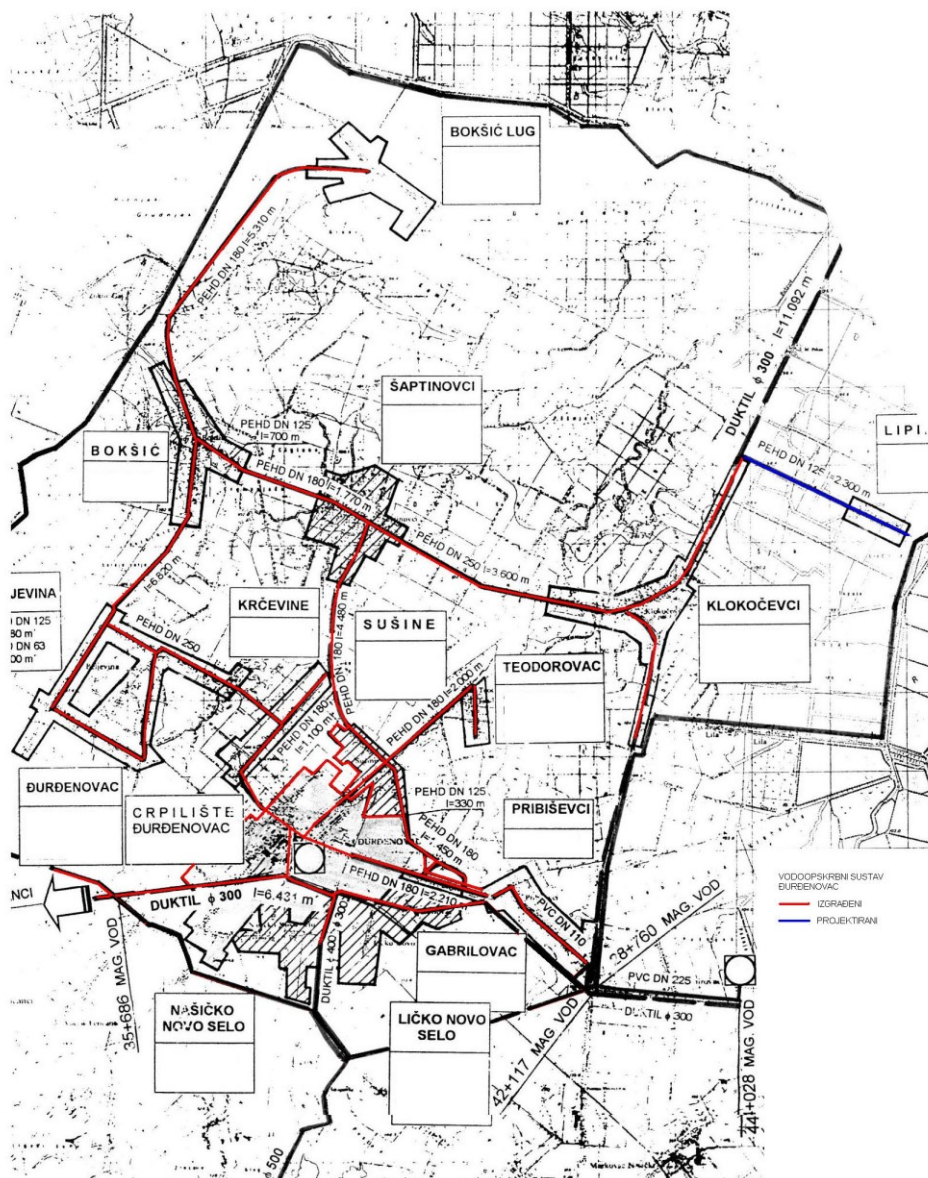
Stečajem kombinata DIK Đurđenovac 2005. g. vodocrpilište prelazi u vlasništvo Hrvatskog Fonda za privatizaciju. Obustavljena su sva daljnja ulaganja od strane Hrvatskih Voda, sve do trenutka do kada se ne riješi pitanje vlasništva nad crpilištem. Budući da se radi o izuzetno kvalitetnom vodonosniku, prvenstveno zbog povoljne kakvoće podzemne vode, a i mogućnosti zahvaćanja znatnih količina, po zahtjevu Općine Đurđenovac, Vlada Republike Hrvatske je 2008. donijela Odluku o izuzimanju od prodaje nekretnine u vlasništvu Hrvatskog Fonda za privatizaciju te se crpilište prenijelo u vlasništvo Općine Đurđenovac čime su se stvorili uvjeti za daljnje ulaganje. Za daljnji razvitak crpilišta presudno je ostvarenje sustavne zaštite podzemnih voda od mogućih onečišćivača, te osiguranje prostora za održavanje i širenje crpilišta.

Staro crpilište se sastojalo od 2 zdenca dubine 50 m, izdašnosti 15 do 20 l/sec. Na crpilištu sa nije vršila prerada vode, a kvaliteta vode je zadovoljavala po MDK standardima. Fizikalno kemijsku analizu obavlja Zavod za javno zdravstvo Osijek jednom mjesečno. Uz crpilište se nalazi i vodosprema veličine $2 \times 30 \text{ m}^3$. Proizvedena voda u 2017. godini iznosila je 252.575 m^3 . Početkom 2013. godine započeti su radovi na rekonstrukciji i proširenju postrojenja za preradu pitke vode na vodocrpilištu Đurđenovac, povećanjem kapaciteta do 40 l/s. Radovi su u potpunosti završeni u 2018. godini kada je završeno i sa

probnim radom crpilišta. Time je Općina Đurđenovac dobila moderno crpilište koje je prošlo detaljnu rekonstrukciju i proširenje postrojenja za obradu vode do 40 l/s. Također je povećan i volumen vodospreme ukupne zapremine $V = 370 \text{ m}^3$ vode.

Značajnijih prekida u opskrbi pitkom vodom nije bilo.

U novom crpilištu su se tijekom 2018. godine u sklopu probnog rada vršila česta testiranja te naizmjenična punjenja i pražnjenja sustava, ispiranja i dr., pri čemu se zahvaćena korištena voda u periodu od tri mjeseca ispuštala u otvorene kanale, bez puštanja u sustav. Zbog toga konačnom obradom podataka nastaje velika razlika zahvaćene (331.863 m^3) i isporučene vode (172.166 m^3) u 2018. godini. Osim novo izgrađenog vodocrpilišta, u 2018. godini se na uslužnom području prema dostavljenim podacima Vodorada d.o.o. proširila mreža vodoopskrbnog sustava na 100% pokrivenost u svim naseljima.



Slika 2-1 Postojeći sustav vodoopskrbe Općine Đurđenovac

Na području Općine Đurđenovac sustavom vodoopskrbe pokriveno je 100 % (2018. godina) kućanstava, od čega je mogućnost priključenja iskoristilo njih 68 % (2018. godina).

Veća problematika na sustavu vodoopskrbe nije evidentirana izuzev potrebe za povećanjem broja priključenosti na sustav vodoopskrbe.

2.2 Sustav odvodnje

Rješavanje problema odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda općine Đurđenovac započeto je tijekom 1992. god. izradom „Konceptijskog rješenja kanalizacijskog sustava Đurđenovac“ koje je bilo osnova izradi daljnjih glavnih projekata kanalizacijskih kolektora i sekundarne mreže, naselja Đurđenovac, za koje su ishođene građevinske dozvole te su većim dijelom i izvedeni. U razdoblju do 2000. god. izrađen je glavni projekt kanalizacije naselja Bokšić, a koji nisu izgrađeni.

Doneseni „Plan razvitka odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda na području Osječko - baranjske županije“, 2001. godine definirao je osnovne karakteristike i smjernice daljnjeg razvoja odvodnje navedenog područja.

Prema Planu razvitka odvodnje i pročišćavanja Osječko - baranjske županije (IGH, 2001.g.) te predloženim dopunama tijekom 2007. G. Na području općine Đurđenovac za plansko razdoblje 2015.g. predviđeno je na osnovu prostornog rasporeda naselja i mogućih prijemnika pet podsustava i to:

1. podsustav - Đurđenovac - obuhvaća naselja Đurđenovac, Beljevina, Krčevina, Gabrilovac, Ličko Novo Selo, Pribiševci, Sušine i Teodorovac. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda na lokaciji u Sušinama sa recipijentom potokom Bukvikom.
2. podsustav - Klokočevci - sa uređajem za pročišćavanjem otpadnih voda i recipijentom potokom Bukvikom.
3. podsustav - Bokšić i Šaptinovci - sa uređajem za pročišćavanje otpadnih voda i recipijentom potokom Iskricom.
4. podsustav - Bokšić Lug - sa uređajem za pročišćavanje otpadnih voda i recipijentom potokom Crncem
5. podsustav - Lipine- sa uređajem za pročišćavanje otpadnih voda recipijentom potokom Našičkom Rijekom.

2010. godine izvršena je tehničko ekonomska analiza odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda općine Đurđenovac u cilju rješenja nastavka izgradnje kanalizacije općine, a posebno kanalizacijskog sustava Đurđenovac, uvažavajući postojeće stanje te do sada izvedenu kolektorsku i sekundarnu, kanalizacijsku mrežu, te izgradnje glavnih kanalizacijskih kolektora naselja Beljevina, Krčevina, Sušine i Pribiševci, s čime bi se osigurala mogućnost priključenja 70 - 80% stanovništva općine Đurđenovac. Nadalje, izrađeno je novo Konceptijsko rješenje odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda Općine Đurđenovac. Konceptijskim rješenjem izvršena je i procjena visine investicije za svih 5 podsustava gdje su

obuhvaćeni osnovni elementi svakog pojedinog sustava, kanalizacijska mreža s pripadajućim uređajem za pročišćavanje.

Trenutno je izgrađeno 11,31 km glavne kanalizacijske mreže, mješovitog tipa, i to samo na području naselja Đurđenovac. Prikupljene otpadne vode se ispuštaju putem 3 ispusta u potok Bukvik bez prethodne obrade, dok se prikupljene otpadne vode odnosno pražnjenje septičkih jama većinom nekontrolirano ispušta u prometne, odnosno melioracijske kanale ili vodotoke.



Slika 2-2 Usvojen prikaz sustav odvodnje Općine Đurđenovac

Nakon izgradnje planiranog obuhvata koji uključuje izgradnju mreže sa pripadajućim objektima kao i izgradnju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) ispuniti će se svi uvjeti definirani Direktivom o odvodnji i pročišćavanju komunalnih otpadnih voda.

3 KORIŠTENE PODLOGE

Za izradu ove Tehno-ekonomske analize odabira cijevnog materijala korištena je sva raspoloživa studijsko projektna dokumentacija dostavljena od strane Naručitelja (Vodorad d.o.o.) u elektronskom i papirnatom obliku. Kao osnovna podloga za izradu ovog dokumenta korištena je:

- Studija izvodljivosti – „Razvoj vodno-komunalne infrastrukture na području aglomeracije Đurđenovac“. Konzorcij firmi: IDT d.o.o. Osijek (vodeći član), PROVOD – inženýská společnost s.r.o, Prongrad biro d.o.o., Eurovision d.o.o., IPSA institut d.o.o., u lipnju 2020;
- Glavni projekt - Sustav odvodnje otpadnih voda Đurđenovac – I. i IV. faza; br. projekta: I-1371/13. Izradio: Hidroing d.o.o. Osijek, srpanj 2015. god;
- Glavni projekt – Sanitarno-fekalna kanalizacija naselja Đurđenovac - III faza; br. projekta: HP-426/15. Izradio: Hidro plus d.o.o. Osijek, lipanj 2015. god;
- Glavni projekt - Sustav javne odvodnje aglomeracije Đurđenovac – za sufinanciranje iz fondova EU - 6. faza – Izgradnja sustava odvodnje naselja Sušine; br. projekta: p-536/17-1. Izradio: IDT inženjering d.o.o. Osijek, travanj 2018. god;
- Glavni projekt - Sustav javne odvodnje aglomeracije Đurđenovac – za sufinanciranje iz fondova EU - 7. faza – Izgradnja sustava odvodnje naselja Pribiševci; br. projekta: p-536/17-2. Izradio: IDT inženjering d.o.o. Osijek, ožujak 2018. god;
- Glavni projekt - Sustav javne odvodnje aglomeracije Đurđenovac – za sufinanciranje iz fondova EU - 8. faza – Izgradnja sustava odvodnje naselja Ličko Novo Selo i Gabrilovac; br. projekta: p-536/17-3. Izradio: IDT inženjering d.o.o. Osijek, veljača 2018. god;
- Glavni projekt - Sustav javne odvodnje aglomeracije Đurđenovac – za sufinanciranje iz fondova EU - 9. faza – Izgradnja sustava odvodnje naselja Našičko Novo Selo; br. projekta: p-536/17-4. Izradio: IDT inženjering d.o.o. Osijek, travanj 2018. god;
- Glavni projekt - Sustav javne odvodnje aglomeracije Đurđenovac – za sufinanciranje iz fondova EU - 10. faza – Izgradnja sustava odvodnje naselja Beljevina i Krčevina; br. projekta: p-536/17-5. Izradio: IDT inženjering d.o.o. Osijek, svibanj 2018. god.

Ova tehno-ekonomska analiza odnosi se na izradu tehno-ekonomske analize za odabir cijevnog materijala za sustave odvodnje koji su već projektirani, odnosno za koje su izrađeni Glavni projekt. Za ovaj slučaj primijenjena je jedinstvena metodologija višekriterijskog odlučivanja pri odabiru cijevnog materijala na temelju detaljno provedene tehno-ekonomske analize.

Izradom i zaključcima u sklopu tehno-ekonomske analize odabira cijevnog materijala za komunalnu infrastrukturu na području aglomeracije Đurđenovac ne smije se odstupati od temeljnih smjernica definiranih u postojećim idejnim i glavnim projektima koji će služiti kao osnovna podloga za gradnju vodnokomunalne infrastrukture te za koje su ishođene važeće građevinske dozvole / potvrde glavnog projekta.

Studijska dokumentacija definira zaključni obuhvat projekta sa svim predviđenim aktivnostima. Projektna dokumentacija definira tehničke kriterije i uvijete izgradnje mreže uz poštivanje važeće zakonske legislative Republike Hrvatske.

Zajedno sa svim navedenim projektima ovaj dokument čine nerazdvojivu cjelinu te bih ga kao takvog trebalo i tretirati.

Osim navedenih projekata pri izradi tehno-ekonomske analize korištena je i sljedeća dokumentacija / podloge:

- Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomski najpovoljnije ponude; Primjeri dobre prakse (Hrvatske vode Zagreb, veljača 2018. godine);
- Jure Margeta: Kanalizacija naselja; Odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda (Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2009.);
- Jure Margeta: Vodoopskrba naselja; Planiranje, projektiranje, upravljanje, obrada vode (Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2010.);
- ATV-Handbuch: Bau und Betrieb der Kanalisation (4. Auflage, Ernst & Sohn, 1995.);
- Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127: Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen (3. Auflage, GFA, 2005.);
- Standard ATV-DVWK-A 139E: Installation and Testing of Drains and Sewers (GFA, 2001.);
- Merkblatt DWA-M 159: Kriterien zur Materialauswahl für Abwasserleitungen und -kanäle (DWA, 2005.);
- DIN EN 1295-1: Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen (1997.);
- HRN CEN/TR 1295-3: Statički proračun podzemnih cjevovoda pod različitim uvjetima opterećenja - 3. dio: Jedinstvena metoda (2007.);
- HRN EN 13476-1: Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkom od neomekšanog poli(vinilklorida) (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) - 1. dio: Opći zahtjevi i svojstva (EN 13476-1:2018);
- HRN EN 13476-3: Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkom od neomekšanog poli(vinilklorida) (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) - 3. dio: Specifikacije za cijevi i spojnice s glatkom unutrašnjom i profiliranom vanjskom površinom i sustav, tip B (EN 13476-3:2007+A1:2009);
- HRN EN 14364: Plastični cijevni sustavi za tlačnu i netlačnu odvodnju i kanalizaciju - Staklom ojačani duromeri (GRP) na osnovi nezasićenih poliesterskih smola (UP) - Specifikacije za cijevi, spojnice i brtve (EN 14364:2013);
- HRN EN 12666-1: Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - Polietilen - 1. dio: Specifikacije za cijevi, spojnice i sustav (EN 12666-1+A1:2011);
- HRN EN 1401-1: Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - Neomekšani poli(vinil-klorid) (PVC-U) - 1. dio: Specifikacije za cijevi, spojnice i sustav (EN 1401-1: 2009).

Osim navedene dokumentacije u obzir su uzeta i dosadašnja iskustva sa do sada izrađenih tehno-ekonomskih analiza koje su javno objavljene i dostupne u postupku nabave sa kompletnom projektnom dokumentacijom za područja radova i izgradnje infrastrukture slične analiziranoj. Korišteni dokumenti potvrđeni su kao kvalitetna podloga za odabir cijevnog materijala u dokumentaciji o nabavi sukladno važećem Zakonu o gradnji, što je potvrdio i DKOM odbijanjem uložene žalbi (primjer: EU



projekt za izgradnju sustava odvodnje KD VIK Rijeka). Također su korišteni i raspoloživi podaci brojnih proizvođača cijevi, okana i fazonskih komada prisutnih na tržištu Republike Hrvatske (katalozi, dostupna ispitivanja, reklamni letci i sl.).

Sva tehnička dokumentacija koja se izrađuje uključivo i ova tehno-ekonomska analiza cijevnog materijala ima u okviru ukupnog projekta, za cilj ispunjenje preuzetih obveza iz:

- Okvirne direktive o vodama (2000/60/EEZ) izmijenjena i dopunjena odlukom 2455/2001/EEZ Europskog parlamenta,
- Direktive o komunalnim otpadnim vodama 91/271/EEZ komisijom izmijenjena i dopunjena Direktiva 98/15/EEZ,
- Direktive o podzemnoj vodi 2006/118/EZ i
- Direktive o pitkoj vodi 98/83/EC.

Ova tehno-ekonomska analiza veže se isključivo uz projektnu i studijsku dokumentaciju za prijavu projekta „Razvoj vodno-komunalne infrastrukture na području aglomeracije Đurđenovac“ koja će biti sastavni dio dokumentacije za sufinanciranje iz fondova EU, te se ista ne može primijeniti za radove koji ne ulaze u navedenu dokumentaciju.

4 ELEMENTI ODABIRA CIJEVNOG MATERIJALA

4.1 Uvod

S ciljem pravilnog odabira cijevnog materijala, potrebno je analizirati niz činitelja koji proizlaze iz zahtjeva ugradnje, pogona, održavanja te ostalih ekonomskih činitelja.

Stoga su analizirani sljedeći uvjeti:

- a) Uvjeti ugradnje cjevovoda;
- b) Zahtjevi kvalitete;
- c) Zahtjevi isporučitelja vodnih usluga;
- d) Usklađenost s „primjerima dobre prakse“;
- e) Ekonomičnost.

U osnovi je potrebno analizirati sve one činitelje koji se odnose na osiguranje sigurnog tehničkog rješenja, promatrano u odnosu na namjenu kanalizacije, ugradbene uvjete i uvjete prostora predmetnog područja, uvažavajući sve ostale karakteristike iz područja mogućih vanjskih utjecaja.

Nadalje, sa stanovišta tehničkih osobina pojedinih vrsta kanalizacijskih cijevnih materijala, treba analizirati utjecaje na postojanost i trajnost odgovarajuće vrste cijevi u pogonu, promatrano u odnosu na karakteristike transportiranog medija (agresivnost medija), uzimajući kod toga u obzir i načine spajanja cijevi i predvidiva priključenja na prateća revizijska okna, kao i zahtjeve koji slijede iz traženih kriterija vodonepropusnosti kolektora sustava javne odvodnje.

Ovdje se uključuju i činitelji koji slijede iz radova na ugradbi i montaži kanalizacijskih cijevi, prvenstveno geomehaničke karakteristike tla, dubine ukopavanja kanalizacije, prisutnost podzemne vode, potrebitosti zaštite cjevovoda/kanala u odnosu na vanjske utjecaje itd.

Na kraju, u pogledu ekonomičnosti primjene potrebno je vrednovati sve parametre koji daju konačnu veličinu troškova građenja kanalizacijskog cjevovoda (kanala) do njegove potpune pogonske osposobljenosti. Potrebno je analizirati financijski aspekt, ali bi bilo pogrešno da se podobnost kanalizacijskog cijevnog materijala razmatra samo na temelju nabavne cijene kanalizacijskih cijevi i pripadajućeg spojnog materijala, budući da se prateći troškovi građenja, ovisno o sredini u kojoj se izvode radovi, mogu predstavljati prevladavajućim činiteljem za donošenje konačne odluke. S toga je nužno u obzir uzeti i sve prateće troškove i koristi koje nosi svaki od materijala.

Kako se sama analiza sastoji od velikog broja utjecajnih čimbenika, u nastavku će se navesti primjeri korištenih kriterija, kao i osnovni elementi od kojih se sastoje. Na taj način daje se bolji uvid u problematiku i konačnu analizu odabira cijevnog materijala.

4.2 Kriteriji prema DWA-M 159

DWA-M 159 (Kriterien zur Materialauswahl für Abwasserleitungen und -kanäle, 2005. g.) sadrži zahtjeve na cjevovode i kanale koji odvođe komunalne otpadne vode. Navedeni zahtjevi generalno

vrijede za kompletnu kanalizacijsku mrežu (cijevi, spojevi cijevi, fazonski komadi, okna). Polazeći od zahtjeva isporučitelja vodnih usluga koji koriste kanalizacijsku mrežu navedeni su kriteriji koji bi trebali pomoći u izboru cijevnog materijala, kako bi pored same cijene izgradnje bili pojačano uključeni i drugi kriteriji. Generalno su navedene slijedeće grupe kriterija: rubni (opći) uvjeti, uvjeti ugradnje, postupak ugradnje, zahtjevi operatera, zahtjevi za kvalitetom i ekonomsko ispitivanje varijanti.

Kriteriji prema DWA-M 159 koristiti će se kao smjernice, dok će se detaljna analiza odabira cijevnog materijala u sklopu ovoga dokumenta koristiti prema kriterijima Elemenata odabira u skladu s „primjerima dobre prakse“ definiranim od strane Hrvatskih voda (dokument donijelo Upravno vijeće Hrvatskih voda u veljači 2018. godine).

4.2.1 Rubni (opći) uvjeti

Pretpostavka je da su u glavnim projektima na odgovarajući način definirane karakteristike sustava odvodnje obzirom na odabrani sustav odvodnje, sastav otpadnih voda, nivelete i trase kanala, te hidrauličko dimenzioniranje cjevovoda. Iz tog razloga se u ovoj analizi neće dodatno obrađivati taj aspekt kao opći (rubni) uvjet odabira cijevnog materijala, nego se postojeći projekti koriste kao podloge iz kojih se iščitavaju sve definirani opći uvjeti analiziranog sustava na području aglomeracije Đurđenovac.

Ova analiza za cilj ima definirati koja vrst materijala je optimalna za izbor uzimajući u obzir rubne uvijete definirane u sklopu glavnih projekata.

4.2.2 Uvjeti ugradnje cjevovoda

4.2.2.1 Ponašanje materijala

Svojstva pojedinih materijala definirana su važećim normama. Generalno, promatrajući ponašanje cijevi pod opterećenjem, možemo ih podijeliti u Krute (beton, keramika) i Savitljive (PE, PP, PVC). Dok je kod krutih cijevi deformacija zanemariva, kod savitljivih pod djelovanjem vanjskog opterećenja dolazi do deformacija pri čemu se aktivira bočna reakcija tla pri čemu cijev i tlo zajednički preuzimaju vanjsko opterećenje. U slučaju da se cijev izloži opterećenju većem od deklarirane nosivosti, kod krutih cijevi može doći do pucanja a kod savitljivih cijevi do prekomjernih deformacija. Kod velikih deformacija savitljivih cijevi mogu nastati propusnosti u naglancima, kidanja u kućnim priključcima i ograničenja (smanjenje poprečnog presjeka) u hidraulici.

4.2.2.2 Svojstva tla i posteljice

Mehanička svojstva tla bitna su za izbor tehnologije ugradnje, statiku cijevi kao i kasniju ugradnju ispune rova. Također, potrebno je utvrditi korozivnost tla u odnosu na izbor cijevnog materijala. Način izvođenja posteljice potrebno je uskladiti s odabranim cijevnim materijalom.

Posteljicu, odnosno ležište i oblogu cijevi potrebno je uskladiti sa cijevnim materijalom. Kod otvorenog načina izgradnje (iskop rova) ležište se formira u tlu kojeg je moguće zbiti i iz kojeg je uklonjeno kamenje. Formiranje ležišta cijevi na betonskim ležištima ili pilotima je iznimka i zahtjeva posebna razmatranja kod statičkog proračuna. Kod zatvorenog načina ugradnje ležište nije uvijek moguće

jednoznačno definirati. Odgovarajućim mjerama zaštite cijevi (npr. izborom cijevnog materijala, tlačenjem prostora oko cijevi, oblaganje cijevi) potrebno je voditi računa o tome.

4.2.2.3 Podzemne vode

Na cijevi u podzemnoj vodi djeluju sile uzgona. Nepropusne, pod površinom zemlje ugrađene, cijevi su kod malog nadsloja posebno ugrožene uzgonom. Premještanje sitnih čestica tla uslijed strujanja procjednih (podzemnih) voda u području rova cjevovoda i uslijed toga nastala slijeganja potrebno je izbjeći odgovarajućim konstruktivnim mjerama. Također, potrebno je respektirati korozivno djelovanje podzemne vode.

4.2.2.4 Dinamičko opterećenje

U okviru statičkog proračuna potrebno je respektirati planirana dinamička opterećenja cjevovoda, kako od prometa strojeva za vrijeme izgradnje, tako i planirano prometno opterećenje nakon izgradnje.

4.2.2.5 Slijeganje tla

Prilikom projektiranja potrebno je u konstruktivnom i statičkom smislu respektirati neizbježna slijeganja tla te kod odabira materijala dati prednost cijevnim materijalima koji dopuštaju određenu promjenu kuta i preuzimaju uzdužne sile. Osim toga potrebno je uzeti u obzir i primjenu izrazito malih padova nivelete karakterističnih za ravničarski dio Slavonije pri čemu i najmanje promjene kutova mogu uz djelovanje uzdužnih sila može imati negativno djelovanje na otjecanje i stvaranje kontra padova.

4.2.2.6 Priključci

Kod priključivanja cjevovoda na građevine potrebno je projektirati priključke sa fleksibilnim spojem kako bi se eliminirao utjecaj različitih slijeganja okna i cjevovoda.

4.2.2.7 Način ugradnje

4.2.2.7.1 Klasični način ugradnje – iskop rova

Pod pretpostavkom da se vodi računa o konkretnim rubnim uvjetima, uvjetima ugradnje i uvjetima pogona, kod otvorenog je načina ugradnje moguća primjena svih cijevnih materijala. Kako se međutim kod otvorenog načina ugradnje cijevni materijal nalazi u snažnoj međusobnoj ovisnosti o rubnim uvjetima i uvjetima ugradnje, izbor cijevnog materijala je vrlo važan u pogledu tehničkog vijeka korištenja.

Tako mogu u općim rubnim uvjetima opisana upuštanja, pad dna kanala i posebno odvodni sustav zahtijevati cjevovodni materijal koji posebno mora biti otporan na biogenu koroziju sumporne kiseline.

Kod uvjeta ugradnje odlučujuća za izbor cijevnog materijala su vrsta tla, dinamičko opterećenje ili moguća slijeganja. Što su veći očekivani naknadni pomaci u sustavu cijev - tlo, to primjena krutih cijevnih materijala može biti problematičnija. Od pomoći je izbor fleksibilnih cijevnih materijala ili kraćih ugradbenih duljina kod krutih cijevnih materijala.

Kod malih padova dna kanala može doći do povećanog taloženja, koji zahtijevaju kraće intervale čišćenja. U ovom slučaju je tražena i posebna otpornost prema ispiranju pod visokim tlakom.

4.2.2.7.2 Ostali načini ugradnje - bušenje

Pored otvorenog načina ugradnje postoje postupci ugradnje bez rova (bušenje, mikrotuneliranje i dr.), postupci frezanja te postupak s plugom. Nasuprot uobičajenog "otvorenog" načina gradnje (DIN EN 1610), kod drugih postupaka ugradnje se na cjevovodni materijal postavljaju daljnji zahtjevi, između ostalog zbog upotrijebljene tehnologije građenja.

4.2.2.8 *Zahtjev isporučitelja vodnih usluga*

4.2.2.8.1 Mogućnost priključivanja

Odabrani cijevni materijal trebao bi omogućavati naknadne radove izvedbe priključaka ili ugradnje odvojaka cjevovoda. Kako se radovi izvedbe priključaka na već izgrađeni kanal odvijaju u pravilu tijekom pogona kanalizacije, prednost treba dati tehnološki jednostavnijim priključcima koji se npr. mogu utaknuti, zavrtati ili prikačiti.

4.2.2.8.2 Mogućnost održavanja (čišćenje i inspekcija)

Za čišćenje kanala odvodnje u pravilu se koriste postupci ispiranja pod visokim tlakom. Tijekom eksploatacije povremeno se javlja potreba i za CCTV inspekcijom kanala. U sklopu glavnog projekta definirani su minimalni profili cjevovoda hidrauličkim proračunom, a koji bi morali osigurati i mogućnost uvođenja opreme za ispiranje i inspekciju cjevovoda.

4.2.2.8.3 Čvrstoća na habanje

Kod povećanih brzina tečenja, različiti cijevni materijali pokazuju različitu otpornost na habanje. Ovo je bitno uzeti u obzir kod izbora cijevnog materijala, a također i u fazi definiranja pada nivelete gravitacijskih cjevovoda i brzine tečenja.

4.2.2.8.4 Postojanost na koroziju

Ukoliko zbog posebnih ispuštanja ili samog sustava odvodnje treba očekivati pojavu korozije, potrebno je odabrati cijevne materijale koji su postojani u kiselom miljeu. Biogena korozija zbog sumporne kiseline odvija se iznad vodnog lica (ATV-M 168).

4.2.2.8.5 Skladištenje

Kako bi se smanjili troškovi skladištenje preporučljivo je koristiti jedinstvene cijevne materijale i systemske komponente, kao i utvrđivanje što manjeg broja različitih poprečnih presjeka cijevi. Ukoliko nije moguće izbjeći dulja trajanja skladištenja, potrebno je cijevni materijal zaštititi od utjecaja atmosferilija (npr. UV- zračenje, mraz).

4.2.2.8.6 Sanacija

Postupci sanacije se prema DIN EN 13689 dijele na popravak (reparaturu), renovaciju i obnavljanje. U navedenoj normi su opisani postupci kao i područje primjene, norme proizvoda i preferirani materijali. Daljnje upute za pojedine postupke sanacije navedeni su u europskim normama DIN EN 13566 kao i DWA-M 143. U nastavku navedeni zahtjevi na materijal odnose se na kasniju mogućnost sanacije

novoizgrađenih kanala i cjevovoda otpadne vode a ne na postupke sanacije eventualno postojećih cjevovoda.

4.2.2.9 *Zahtjevi kvalitete*

4.2.2.9.1 *Opći zahtjevi*

Razlikuju se norme za kvalitetu (svojstva cijevnog materijala i proizvoda) i norme za ugradnju i pogon. Pored važećih HRN EN i HRN normi i druge regulative potrebno je pribaviti daljnje tehničke propise i podatke od proizvođača.

4.2.2.9.2 *Zahtjevi proizvođača*

Pojedini cijevni sustavi karakterizirani su, između ostalog, proizvodnim procesima i materijalom (sirovinom) iz kojega su izrađeni, kao i sustavom spajanja i brtvljenja. Stoga su i pojedini uvjeti ugradnje specifični kod određenih proizvođača cjevovoda. Kako bi se izbjegle generalne greške, greške prilikom ugradnje i greške pri pojedinim obradama potrebno je obratiti pažnju na uputstvo ugradnje konkretnog proizvođača. Ovo je preduvjet za stručnu ugradnju cjevovoda i valjanost garancije od strane proizvođača cijevi.

4.2.2.9.3 *Osiguranje kvalitete*

Kod izgradnje i pogona cjevovoda potrebno je definirati mjere osiguranja kvalitete kojih se trebaju pridržavati svi akteri u procesu izgradnje i korištenja cjevovoda (investitor, izvođač, isporučitelj cijevi, korisnik).

4.2.2.9.4 *Ekonomski činitelji*

Na konačni odabir cijevnog materijala, nakon zadovoljenja svih tehničkih parametara, utječe i cijena nabave i ugradnje cjevovoda:

- Cijevni materijal,
- Iskop tla,
- Snižavanje razina podzemne vode,
- Ugradnja cijevi,
- Ispuna rova,
- Obnavljanje gornje površine.

Osim toga relativno učešće pojedinih grupa troškova jako ovisi i o lokalnim rubnim uvjetima. Za sve cijevne materijale se zahtjeva jedinstveni vijek korištenja. Međutim, u stvarnosti na vijek trajanja utječu svojstva cijevnog materijala u sprezi s konkretnim uvjetima ugradnje i pogona.

Na troškove pogona u najvećoj mjeri utječu slijedeće:

- opseg potrebe za čišćenjem (učestalost, zahtjevi sigurnosti na radu, sušni i kišni protok, dimenzije, raspored okana, pad, smještaj u vodozaštitnoj zoni i dr.),
- opseg potrebe za nadzorom (zakonski zahtjevi, upuštanja, stanje kanala, starost cjevovoda, smještaj u vodozaštitnoj zoni i dr.).

Kako je vidljivo iz navedenog važan ekonomski učinak imaju i neizbježni troškovi pogona i održavanja od čega sama jedinična cijena materijala ne predstavlja presudnu ulogu u odabiru materijala sa ekonomskog aspekta.

4.3 Elementi odabira u skladu s „primjerima dobre prakse“

Temeljem dokumenta “Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomski najpovoljnije ponude, primjeri dobre prakse” koji je donijelo Upravno vijeće Hrvatskih voda u veljači 2018. godine, donesen je popis elemenata za odabir cijevnog materijala u Poglavlju 1. Otvoreni postupak javne nabave za građenje mreže (FIDIC, crvena knjiga); Podpoglavlju 1.2. Izbor cijevnog materijala - dopuna; Tehno - ekonomska analiza odabira cijevnog materijala.

Isporučiteljima vodnih usluga u svojstvu sektorskih naručitelja u projektima gradnje vodno-komunalne infrastrukture, koji se sufinanciraju sredstvima strukturnih i investicijskih fondova Europske unije, preporuča se koristiti odrednice tog dokumenta.

Na taj način ispunjava se u potpunosti uvjet da se u postupak javne nabave treba „ući sa odgovarajućom vrstom cijevnog materijala uz uvjet da postoji više proizvođača navedenog cijevnog materijala i da se ne specificiraju karakteristike koje bi upućivale na nekog određenog proizvođača“.

Kao osnovni elementi odabira cijevnog materijala navode se:

1. Tehnički elementi odabira: određeni su i propisani temeljnim zahtjevima za građevinu i uvjetima projektantskog odabira materijala i tehnologija u izgradnji vodopskrbnih cjevovoda, kolektora i okana (npr. crpne stanice u sustavima odvodnje, revizijska okna i drugo),
2. Ekonomsko-financijski elementi odabira: određeni su ekonomsko-financijskim uvjetima koji također utječu na odabir.
3. Ekološki element odabira: određen je stupanj utjecaja na okoliš pri izgradnji, korištenju i uklanjanju.

U sklopu ove tehno-ekonomske analize, a sukladno navedenom korišteni su u nastavku definirani elementi odabira cijevnog materijala koji su u skladu s „primjerima dobre prakse“.

Jasno je da se odabir obavlja samo između onih cijevnih materijala koji zadovoljavaju tehničke uvjete.

4.3.1 Tehnički elementi odabira

U kategoriju tehničkih uvjeta/elemenata odabira ubrajaju se:

Zahtjevi IVU-a i uvjeti priključenja

Izabrani cijevni materijal trebao bi biti što kompatibilniji sa materijalom postojećih elemenata sustava čija je funkcionalnost i trajnost zadovoljavajuća prema iskustvenim kriterijima JIVU.

Izabrani cijevni materijal trebao bi omogućavati naknadne radove montaže kao što su npr. izgradnja kućnog priključka ili ugradnja reparaturnog odvojka.

Unutarnji promjer cijevi

Pravilan odabir unutarnjeg promjera omogućuje da se ispune svi potrebni uvjeti u cilju osiguranja:

- A. odgovarajućih tlakova u sustavu javne vodoopskrbe, propisanih tehničkim normama i standardima koji zadovoljavaju potrebe opskrbe stanovništva vodom i potrebe protupožarne zaštite, te
- B. odgovarajućih minimalnih i maksimalnih dozvoljenih brzina tečenja i maksimalno dozvoljenih visina punjenja u sustavima javne odvodnje.

Debljina stijenke cijevnog materijala i vanjski promjer cijevi

Kod objekata javne vodoopskrbe debljina stijenke isključivo ovisi od unutarnjeg hidrostatskog tlaka i nestacionarnih stanja u cjevovodu (vodni udar), dok kod sustava javne odvodnje na odabir ispravnih vrijednosti utječe vanjsko opterećenje koje cijev mora prihvatiti bez pojave elastičnih i neprihvatljivih plastičnih deformacija.

Razmatranje statičkog opterećenja na cijevi, obzirom na širinu rova u visini tjemena cijevi i obzirom da očekivana opterećenja na cijev, rastu sa širinom rova te je preporuka primjene odgovarajuće norme na ugradnju.

U razmatranje treba uključiti i opterećenje od nadsloja tla, prometno opterećenje i druga opterećenja u maksimalnom i minimalnom stanju tlaka.

Potrebno je razmotriti i uzdužnu krutost i njen utjecaj na pogonske uvjete i trajnost cijevnog materijala te probleme izvijanja kod okana.

Otpornost na habanje ovisi o prisustvu suspendiranih tvari i nanosa npr. u otpadnim vodama.

Vrsta cijevnog materijala

Vrsta cijevnog materijala, spojnih i oblikovnih elemenata (fazonskih komada) i njegove osobine određuju koeficijente linijskih i lokalnih gubitaka u cjevovodu prilikom tečenja vode.

Obavezno je provjeriti i usporediti koeficijente unutarnje hrapavosti cijevnog materijala koji se razmatra.

No, odabir vrste materijala određuje se u skladu sa "in situ" uvjetima pod kojima se objekt planira graditi (vrsta/kategorija tla, razina podzemnih voda, ispiranje materijala oko cjevovoda u obalnim kolektorima pod utjecajem mora, mogućnost pojave tzv. "lutajućih struja", agresivnost tla, prometno i drugo opterećenje cijevi, pojava klizišta, itd.).

Za cijevi namijenjene za potrebe javne vodoopskrbe potreban je i dokaz da su cijevi namijenjene za pitku vodu.

Treba također dati i opće prednosti i mane za prihvatljive materijale prije detaljne analize i procijeniti vijek trajanja uključivo i spojeve.

Vrste materijala za okna i tipovi okana

Projektant je dužan kod izbora materijala za okna u sustavima javne vodoopskrbe i odvodnje uzeti u obzir pretpostavljene ili istražene hidrogeološke značajke tla te osobito procijeniti utjecaj podzemnih voda i hidrostatskog tlaka te uzgona na odabranu vrstu i tip okna.

Također, pri odabiru vrste i tipa okana treba uzeti u obzir i dubinu ugradnje okna što zasigurno utječe na odabir materijala. Pri odabiru materijala okna, tipa i tehnologije ugradnje treba uzeti u obzir i izvođačka iskustva sa betonskim (monolitnim ili prefabriciranim), poliesterskim, polipropilenskim, PEHD i drugim oknima kako bi se spriječilo pucanje okna, vitoperenje (izvijanje) kako bi se izbjegle naknadne sanacije.

Također, ovisno o namjeni okna, treba primjenjivati tehnički najprihvatljivije rješenje ovisno o in-situ uvjetima (npr. dubina ugradnje okana, ugradnja okana u tla bez podzemne vode, okna za oborinsku ili cestovnu odvodnju, ugradnja i pogon pod utjecajem podzemnih voda).

Osobitu pozornost potrebno je obratiti i na tehnologije spajanja cijevnog materijala na okno kako bi se osigurala fleksibilnost spoja ali istovremeno i njegova vodonepropusnost, u inicijalnim uvjetima ugradnje i u uvjetima izvođenja naknadnih priključaka izravno na okna (in-situ).

Usklađenje s normama i standardima – zahtjevi kvalitete

Cijevi se proizvode na temelju usklađenih (harmoniziranih) europskih norma (uglavnom sve za odvodnju) ili neusklađenih europskih norma (uglavnom sve za vodovode).

Projektant je dužan provjeriti i pripadajuće izjave o sukladnosti, tehničke upute i oznake sukladno normama za cijevni materijal koji se razmatra. Potrebno je uzeti u obzir i uvjete ugradnje koje preporuča proizvođač i uputu za gradnju.

Tehnologija ugradnje i kontrolna ispitivanja

Tehnologija ugradnje treba uzeti u obzir uvjete prostornog uređenja, uvjete na terenu, pravila struke te tehno-ekonomsku isplativost primjene pojedine tehnologije izgradnje.

U ovo razmatranje treba uključiti i način kontrolnih ispitivanja materijala, tlačne probe, ispitivanja vodonepropusnosti, broj uzoraka sa pripadajućim troškovima te dostupnosti ispitnih laboratorija.

Projektant je dužan pri razmatranju odabira uzeti u obzir materijale koji su proizvedeni temeljem harmoniziranih europskih norma te preporučiti programe kontrole kvalitete po razmatranim planiranim materijalima bilo za cjevovode bilo za okna.

Ovdje treba razmotriti uvjete ugradnje sukladne prostornim planovima i projektnom dokumentacijom. Osobiti naglasak u razmatranju trebaju biti uvjeti iskopa rova i polaganja cijevi i izgradnje okana. Tu su također uvjeti trase cjevovoda i lokacije okana, dubina ugradnje, nagib dna, blizina izvorišta vode za piće, podloga cijevi i okana i drugo.

Treba razmotriti i tehničku mogućnost čišćenja taloga u cijevima, mogućnosti olakšane sanacije, mogućnosti pranja cjevovoda visokotlačnim crpkama, skladištenje cijevnog materijala i okana te druge tehničke postupke (npr. video inspekcija cjevovoda na koju utječe zakrivljenost i boja cijevi).

Preporuke o načinu ispitivanja ugrađenog materijala (ispitivanja na zrak, vodom).

4.3.2 Financijsko-ekonomski element odabira

Financijski elementi odabira

Financijski elementi odabira uključuju usporedbe cijena (proizvodne i dobavne) pojedinog materijala uključujući i prateće troškove nabave, skladištenja te ugradnje tehnologijama prilagođenim vrstama materijala (bilo cijevnog materijala, bilo okana i pripadajućih fazonskih komada).

Ovdje se analiziraju i sljedeće skupine investicijskih troškova: utjecaj na cijenu po metru dužnom u pogonskim uvjetima, cijena ugradnje, obnova gornje površine tla ili prometnica i drugo. Razmatranje financijskih troškova treba obuhvatiti i profilirane cijevi obzirom na povoljnost u smislu smanjene težine cijevnog materijala.

Troškove pogona treba analizirati minimalno za slijedeće utjecaje: čišćenje, nadzor nad sustavom, redovno održavanje, hitne intervencije.

Ekonomski elementi odabira

Ekonomska analiza uzima ukupne troškove i koristi koje treba projektant razmotriti i koji su posebno troškovi pogona, redovnog i investicijskog održavanja sustava i objekata uzimajući u obzir životni vijek objekata koji čine sustav u odnosu na bilancu poslovanja JIVU.

Nakon procjene svih troškova i koristi treba usporediti i jedinične troškove izgradnje i pogona u životnom vijeku po m' dužnom (HRK/m) ovisno od toga ugrađuje li se cijevni materijal u urbanim ili nenaseljenim dijelovima sustava.

Zastupljenost cijevnog materijala u sustavu

Ovdje se trebaju spomenuti i zahtjevi investitora sa osnova ujednačavanja vrste cijevnog materijala koji prevladava u pojedinom sustavu (u svrhu lakšeg i ekonomičnijeg održavanja te jednostavnije provedbe postupaka javne nabave) što omogućava uštede upravljanja i održavanja sustava.

Radi se o potrebi smanjenja troškova nabave i skladištenja materijala, troškovima osposobljavanja osoblja i posjeda odgovarajućih specijaliziranih uređaja za slučajeve hitnih popravaka kod vlastite režije te dostupnosti, brzini odziva i povezanim troškovima intervencija odgovarajućih vanjskih tvrtki.

Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja

Potrebno je razmotriti i tržišne uvjete i dostupnost materijala više proizvođača (obavezan uvjet) da se ne naruše tehnički zahtjevi koji se moraju ispuniti sukladno ovjerenom projektu da bi sustavi javne vodoopskrbe i odvodnje izvršili temeljne namjene u svrhu kojih se i grade.

Usporedna analiza više varijanti prihvatljivih rješenja

Ovdje treba dati usporedni prikaz razmatranog cijevnog materijala i to onih koji su prošli sve obavezne tehničke elemente odabira. Može se pretpostaviti da će neki od razmatranih materijala biti eliminirani primjenom tehničkih zahtjeva i neće se analizirati sa stajališta financijsko-ekonomskih elemenata kao neprimjenljivi.

Prijedlog odabira cijevnog materijala i materijala okana

Ovo poglavlje treba sadržavati zaključak projektanta i preporuku odabira za javnog isporučitelja sa kratkim obrazloženjem.

Prethodno navedeni elementi odabira generalno se odnose na **tehno-ekonomsku analizu odabira cijevnog materijala koja prethodi izradi glavnog projekta** za predmetni vodoopskrbni/kanalizacijski sustav.

Međutim, za sve sustave čiji su glavni projekti već gotovi (izrađeni) ili su u visokom stupnju dovršenosti predlaže se izrada skraćene verzije tehno-ekonomske analize cijevnog materijala, ako takva već nije izrađena, na temelju čega se i pristupilo izradi ovog dokumenta.

U takvom slučaju analiza treba biti izvršena sukladna prethodno navedenim i opisanim uputama, na način da se provede tehnička analiza prihvatljivosti odabranog i projektiranog cijevnog materijala sukladna tehničkim elementima odabira, ali i sukladna tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja. Takvom analizom se u zaključnom rezultatu opravdava ili opovrgava već usvojeno rješenje, što je i cilj ove tehno-ekonomske analize.

U slučaju konačnog izbora cijevnog materijala koji odstupa od onog materijala definiranog glavnim projektima potrebno je postupiti u skladu sa Zakonom o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19).

4.3.3 Ekološki element odabira

Izgradnja mreže sustava javne odvodnje generalno je pozitivan utjecaj na okoliš. Uslijed izgradnje sustava sa pripadajućim UPOV-om direktno će se smanjiti pronos onečišćenja sa predmetnog područja koji nastaje antropogenim djelovanjem (kućanstva, privreda i sl.).

U ovom će se dijelu uzeti u obzir utjecaj na okoliš zahvata primjenom različitih materijala u vodno-komunalnoj infrastrukturi. Poglavitno u procesu izgradnje, upravljanja i održavanja te u konačnici uklanjanja građevine.

5 CIJEVNI MATERIJALI SUSTAVA JAVNE ODVODNJE

U današnjoj tehničkoj praksi izgradnje mreže vodnokomunalne infrastrukture ustaljena je i opće prihvaćena činjenica da cijevi na gradilište dolaze kao „gotovi“ građevinski proizvodi, koji se dopremaju kao cjeloviti formirani građevni elementi i tamo ugrađuju. Kod tvorničke proizvodnje poprečni presjek cijevi je u osnovi kružnog oblika te će se kao takav u nastavku teksta i definirati (eventualno može biti i elipsastog oblika što nije u skladu s projektnom dokumentacijom te se neće dodatno analizirati).

Najčešće primjenjivani cijevni materijali sažeto su prikazani u priloženoj tablici preuzetoj iz radnog lista ATV-DVWK-A 127.

Tablica 5-1 Karakteristične vrijednosti najčešće korištenih cijevnih materijala (preuzeto: ATV-DVWK-A 127)

Cijevni materijal		Proračunska vrijednost modula elastičnosti (N/mm ²)		Gustoća (kN/m ³)
		Kratkotrajni	Dugotrajni	
Vlaknasti cement (Azbestcement)		20.000		20,0
Beton		30.000		24,0
Lijeivano željezo (duktil) - Nodularni lijev		170.000		70,5
Lijeivano željezo (lamelni grafit) - Sivi lijev		100.000		71,5
Polivinilklorid (PVC-U)		3.000	1.500	14,0
Polipropilen (PP)	PP-B, PP-H	1.250	312	9,0
	PP-R	800	200	
Polietilen visoke gustoće (PEHD)		800	160	9,4
Čelik (unutarnja cementna podloga)		210.000		77,0
Armirani beton		30.000		25,0
Prednapregnuti beton		39.000		25,0
Kamenština (Keramika)		50.000		22,0
Nezasićena poliesterska smola ojačana staklenim vlaknima (GRP) – poliestar, stakloplastika		Proračunska vrijednost prstenastih krutosti (N/m ²)		17,5
	SN1250	1.250	625	
	SN2500	2.500	1.250	
	SN5000	5.000	2.500	
	SN10000	10.000	5.000	

U tablici su prikazani i podaci o proračunskoj vrijednosti modula elastičnosti odnosno proračunskoj vrijednosti prstenaste krutosti (za cijevi od stakloplastike), te gustoće materijala. Potrebno je napomenuti da je kod PVC, PP i PEHD cijevi moguća izvedba cijevi s glatkom vanjskom stijenkom i profiliranih (korugiranih) cijevi.

Kod plastičnih materijala uočljivo je vremensko smanjenje proračunske vrijednosti modula elastičnosti (kod PVC, PEHD, PP) odnosno prstenaste krutosti (kod stakloplastike).

Kanalizacijske cijevi kao građevni proizvodi koji se posljednjih godina najčešće koriste u Hrvatskoj su plastični materijali (PEHD, PVC, PP, poliestar/stakloplastika). Relativno rijetko se primjenjuju betonske cijevi, i to praktički samo za odvodnju oborinskih voda. Primjena azbestcementnih cijevi je praktički prestala tako da se neće uzimati u obzir u daljnjoj analizi. Ostale vrste materijala primjenjuju se rijetko,

a i tada u malom opsegu i samo u neke specijalne svrhe. U tom se kontekstu posebno mogu navesti keramičke kanalizacijske cijevi, koje imaju značajnu primjenu u zemljama zapadne/srednje Europe.

Općenito se može konstatirati da bi se svi navedeni i najčešće primjenjivani cijevni materijali u osnovi mogli primijeniti u konkretnom primjeru izgradnje sustava odvodnje otpadnih voda aglomeracije Đurđenovac.

U izrađenoj projektnoj dokumentaciji predviđena je primjena sljedećih materijala za izvedbu kanala odvodnje otpadnih voda:

Projekt: GLAVNI PROJEKT

Sustav odvodnje otpadnih voda Đurđenovac – I. i IV. faza, kanalizacijska mreža naselja Đurđenovac i Sušine

Br. projekta: I-1371/13

Izradio: Hidroing d.o.o. Osijek, srpanj 2015. godine

Mjesto gradnje: naselje Đurđenovac i Sušine

- **Gravitacijski cjevovodi - materijal** – PE / PP rebraste cijevi (DIN EN ISO 9969, HRN EN 13476-3, HRN EN 1852-1, HRN EN 12666-1), kao alternativa se ostavlja mogućnost primjene sljedećih cijevi: PVC cijevi (HRN EN 1401), GRP – staklom ojačane cijevi (HRN EN 14364). Uvjet za sve cijevi je minimalna obodna krutost od 8 kN/m². Konačno odabrani i ugrađeni materijal mora biti novi i u skladu sa HRN i hrvatskim propisima. Nazivni promjer cijevi od DN 300 do DN 400.
- **Tlačni cjevovodi - materijal** - Polietilenske PEHD cijevi visoke gustoće za tlačnu kanalizaciju (nazivni promjer DN 90, DN 140, DN 200, DN 280), prema HRN EN 13244-2, DIN 8074.
- **Revizijska okna** – PE modularna okna (promjera od DN600 do DN 800) prema HRN EN 13476-3 ili GRP okna (promjera od DN600 do DN 800) prema HRN EN 14364. Kao alternativa ostavlja se mogućnost korištenja betonskih montažnih okana (promjera DN 1000) prema HRN U.M1.050, DIN 4034.
- **Crpne stanice** – AB crpne stanice, C30/37 otporne na klase izloženosti XC4 i XA1.

Projekt: GLAVNI PROJEKT

Sanitarno-fekalna kanalizacija naselja Đurđenovac – III. faza

Br. projekta: HP-426/15

Izradio: Hidro plus d.o.o. Osijek, lipanj 2015. godine

Mjesto gradnje: naselje Đurđenovac

- **Gravitacijski cjevovodi - materijal** – PVC cijevi (DN 250 i DN 300), klase cijevi SN4 SDR41. U projektu je kao alternativa investitoru ostavljena mogućnost primjene PP korugiranih cijevi klase SN8.
- **Tlačni cjevovodi - materijal** - Polietilenske PEHD cijevi visoke gustoće za tlačnu kanalizaciju (nazivni promjer DN 110).
- **Revizijska okna** – tipska PP modularna kanalizacijska okna (promjera DN 800). U projektu je

kao alternativa investitoru ostavljena mogućnost primjene betonskih okana.

- **Crpne stanice** – AB crpne stanice, C30/37 razreda izloženosti XA1 i razreda vodonepropusnosti VDP2. U projektu je kao alternativa investitoru ostavljena mogućnost primjene tipskih PE crpnih stanica.

Generalno je ostavljena i mogućnost promjene svih ostalih vrsta materijala ukoliko se na to odluči investitor.

NAPOMENA: Prijedlog izrađivača ove dokumentacije je da za sve gravitacijske cjevovode neovisno o projektno definiranim vrijednostima minimalna obodna krutost ne bude manja od SN8. Nastavak izrade ove tehno-ekonomske analize biti će u skladu sa navedenom preporukom.

Projekti: GLAVNI PROJEKT
 Sustav javne odvodnje aglomeracije Đurđenovac – za sufinanciranje oz fondova EU – VI. faza – Izgradnja sustava javne odvodnje naselja Sušine
 Br. projekta: p-536/17-1
 Izradio: IDT d.o.o. Osijek, travanj 2018. godine
 Mjesto gradnje: naselje Sušine,

 GLAVNI PROJEKT
 Sustav javne odvodnje aglomeracije Đurđenovac – za sufinanciranje oz fondova EU – VII. faza – Izgradnja sustava javne odvodnje naselja Pribiševci
 Br. projekta: p-536/17-2
 Izradio: IDT d.o.o. Osijek, ožujak 2018. godine
 Mjesto gradnje: naselje Pribiševci,

 GLAVNI PROJEKT
 Sustav javne odvodnje aglomeracije Đurđenovac – za sufinanciranje oz fondova EU – VIII. faza – Izgradnja sustava javne odvodnje naselja Ličko Novo Selo i Gabrilovac
 Br. projekta: p-536/17-3
 Izradio: IDT d.o.o. Osijek, veljača 2018. godine
 Mjesto gradnje: naselje Ličko Novo Selo i Gabrilovac,

 GLAVNI PROJEKT
 Sustav javne odvodnje aglomeracije Đurđenovac – za sufinanciranje oz fondova EU – IX. faza – Izgradnja sustava javne odvodnje naselja Našičko Novo Selo
 Br. projekta: p-536/17-4
 Izradio: IDT d.o.o. Osijek, travanj 2018. godine
 Mjesto gradnje: naselje Našičko Novo Selo,

i

 GLAVNI PROJEKT
 Sustav javne odvodnje aglomeracije Đurđenovac – za sufinanciranje oz fondova EU – X. faza – Izgradnja sustava javne odvodnje naselja Beljevina i Krčevina

Br. projekta: p-536/17-5

Izradio: IDT d.o.o. Osijek, svibanj 2018. godine

Mjesto gradnje: naselje Beljevina i Krčevina,

- **Gravitacijski cjevovodi - materijal** – PVC cijevi (DN 250 i DN 300), sukladno normi HRN EN 1401-1, HRN EN 13476-2, minimalne obodne krutosti SN8, u projektu je kao alternativa investitoru ostavljena mogućnost primjene bilo kojeg drugog cijevnog materijala (PP, PE, GRP, betonske cijevi ili dr.).
- **Tlačni cjevovodi - materijal** - Polietilenske PEHD cijevi visoke gustoće za tlačnu kanalizaciju PE 100 SDR17 PN10 (nazivni promjer DN 110), prema HRN EN 12201-2.
- **Revizijska okna** – Betonska montažna okna (promjera DN 1000 za revizijska i DN 800 za prolazna okna). Kao alternativa investitor se može odlučiti i za okna od drugog materijala uz uvjeti ispunjenja svih važećih propisa i normi.
- **Crpne stanice** – predgotovljene tipske montažne fekalne stanice od GRP-a sa zasebnim crpnim i zasunskim oknom, sukladno HRN EN 12050 i HRN EN 12050-1. U izvedbi, Investitor se može odlučiti za crpne stanice od bilo kojeg materijala, uz zadovoljenje propisanih normi.

Kao što je vidljivo iz priloženog sve cijevi na području aglomeracije Đurđenovac su promjera DN250 i DN300 izuzev dovodnog kolektora do UPOV-a i ispusnog kolektora čiji je promjer DN400, a koji čine svega cca 1.400 m mreže što predstavlja oko 4% ukupnog dijela sustava javne odvodnje. Iz tog će se razloga odabir cijevnog materijala temeljiti isključivo na analizi promjera cijevnog materijala DN250 i DN300 koji čine glavninu sustava i na koje će odabir materijala najviše i utjecati. Zaključno odabirom optimalnog izbora cijevnog materijal za promjere koji čine glavninu mreže sigurno će se ispuniti i svi zahtjevi i uvjeti cjevovoda promjera DN400.

Što se tiče primjenjivosti, odnosno raspoloživosti pojedinog cijevnog materijala na tržištu ovisno o traženom profilu cjevovoda, u tablici u nastavku navedeni su raspoloživi profili za pojedini cijevni materijal. Potrebno je istaknuti da se kod nekih cijevnih materijala nominalni profil deklarira kao unutarnji profil, dok se kod drugih deklarira kao vanjski profil cijevi, o čemu je potrebno voditi računa kod izbora cijevnog materijala za pojedini profil.

U pojedinim slučajevima kad se nominalni profil deklarira kao unutarnji (npr. kod cijevi od stakloplastike) stvarni svijetli profil se u određenoj mjeri razlikuje od nazivnog, a ovisno o profilu može biti veći ili manji. Iako su takve razlike kod uobičajenih projektnih ispunjenosti kanala praktično zanemarive (do 60% visine profila) kod ispunjenosti kanala većih od proračunatih, mogu imati utjecaja na tečenje.

Za predmetno područje aglomeracije Đurđenovac, a na temelju izrađenih glavnih i idejnog projekta za gravitacijske cjevovode predviđena je primjena sljedećih profila: DN 250, DN300 i DN 400 mm, minimalne krutosti SN8 (izuzev glavnog projekta III. faze, za koji je preporuka izrađivača da se također primjeni minimalna krutost SN8 kao i kod svih drugih projekta). U nastavku je prikazan raspon raspoloživih profila cijevi za različite cijevne materijale gdje se može vidjeti kako postavljenom uvjetu traženih profila udovoljavaju svi analizirani materijali.

Tablica 5-2 Primjenjivi cijevni materijali odnosno cijevni proizvodi s raspoloživim profilima

Cijevni materijala- opis proizvoda	Raspoloživi profili	Način spajanja
Beton s ugrađenom gumenom brtvom s nominalnim unutarnjim profilom, L _{ugr} = 1,0 m - 2,5 m HRN EN 1916	300; 400; 500; 600; 800; 1000; 1200; 1400	Utični spoj (spojnica s fiksno ugrađenom gumenom brtvom)
Stakloplastika s glatkom stjenkom s nominalnim unutarnjim profilom, L _{ugr} = 6,0 m HRN EN 14364	150; 200; 250; 300; 350; 400; 500; 600; 700; 800; 900; 1000; 1100; 1200; 1400; 1500; 1600; 1800; 2000; 2200; 2400	Utični spoj (spojnica s fiksno ugrađenom gumenom brtvom)
Polietilen s glatkom stjenkom s nominalnim vanjskim profilom, L _{ugr} = 12,0 m HRN EN 12666-1	20; 25; 32; 40; 50; 63; 75; 90; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560	Elektrofuzijsko zavarivanje ili utični spoj
Polietilen s rebrastim ojačanjem s nominalnim vanjskim profilom, L _{ugr} = 6,0 m (na upit 6,0 m) HRN EN 13476-3	300; 400; 500; 600; 700; 800; 900; 1000; 1100; 1200; 1400; 1500; 1600; 1800; 2000; 2400; 3000	Elektrofuzijsko zavarivanje (elektrofuzijska spirala integrirana u naglavak cijevi)
Polietilen s rebrastim ojačanjem s nominalnim vanjskim profilom, L _{ugr} = 6,0 m (na upit 12,0 m) HRN EN 13476-1	160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1200	Utični spoj (utični spoj s gumenom brtvom)
Polipropilen s rebrastim ojačanjem s nominalnim vanjskim profilom, L _{ugr} = 6,0 m HRN EN 13476-3	160; 200; 250; 315; 400; 500; 630;	Utični spoj
Polipropilen s glatkom stjenkom s nominalnim unutarnjim profilom, L _{ugr} = 6,0 m (na upit i druge duljine) HRN EN 14758-1	150; 200; 250; 300; 400; 500; 600; 800; 1000	Utični spoj (integralni spojni naglavci s gumenom brtvom)
Polivinil klorid s glatkom stjenkom s nominalnim vanjskim profilom, L _{ugr} = 6,0 m (na upit 1,0 ili 2,0 m) HRN EN 1401-1	110; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500	Utični spoj (utični naglavak sa sintetičkom gumenom brtvom)

Vezano za podatke u prethodnoj tablici potrebno je dati, između ostalog, i sljedeće dodatne napomene:

- Način spajanja: U katalogskom materijalu pojedinih vrsta cijevi moguće je naići na različitu terminologiju vezanu za način spajanja cijevi. Tako, primjerice, postoje izrazi kao što su "spojnica s fiksno ugrađenom gumenom brtvom", "elektrofuzijska spirala integrirana u naglavak cijevi", "integralni spojni naglavci s gumenom brtvom" itd. No, suštinski se mogu

razlikovati dva načina spajanja - elektrofuzijsko zavarivanje, te utični spoj (bilo naglavkom, bilo spojnicom) s gumenom brtvom. Kod toga gumena brtva može biti unaprijed integrirana u naglavak ili spojnicu, ili ju je potrebno zasebno montirati na cijev ili spojnicu prije samog spajanja. U tablici je naveden generalni način spajanja.

- Nominalni profil: Za neke vrste cijevnih materijala moguća su odstupanja u raspoloživosti pojedinih profila između različitih proizvođača. Iako se kod nekih profila nominalni profil deklarira kao unutarnji profil (npr. kod cijevi od stakloplastike) stvarni svijetli profil se ipak nešto razlikuje od nazivnog, te ovisno o profilu može biti veći ili manji od njega. Takve razlike, kod uobičajenih ispunjenosti kanala (do 60% visine profila) praktički su nebitne, ali kod većih ispunjenosti je o tome potrebno voditi računa.
- Raspoloživi profili: Za neke vrste cijevnih materijala/proizvoda (npr. polipropilen) između pojedinih proizvođača cijevi može biti razlika u raspoloživosti pojedinih profila. U prethodnoj tablici dan je generalni tj. veći raspon.

Kako je već rečeno, poseban problem predstavljaju kanali odnosno cjevovodi koji će se izvoditi na većim ili manjim dubinama, odnosno u uvjetima i prisutnosti visokih podzemnih voda ili nižim nivoom podzemnih voda. S tim u vezi se daju slijedeće napomene:

Svi prethodno nabrojani cijevni materijali u osnovi spadaju u grupu plastičnih materijala (izuzev betonskih cijevi), te se načelno mogu ugrađivati na dionicama pod utjecajem visokih podzemnih voda,

U fazi građenja (kada je načelno moguće položene kanale/cjevovode potopiti vodom odnosno dopustiti ulaz vode u njih) opterećivanje nije potrebno kod cijevnih materijala specifične težine veće od specifične težine vode. U konkretnom slučaju ovome udovoljavaju betonske cijevi (24 kN/m³), PVC (14 kN/m³) te stakloplastika (17,5 kN/m³). Cijevi od ostalih razmatranih materijala posjeduju specifične težine manje od specifične težine vode, te ih je potrebno opteretiti i tijekom same izgradnje.

Generalno za glavne kolektore i kolektore kritičnih uvjeta tečenja potrebno je izbjegavati strukturirane ("rebraste") cijevi poglavito kod polaganja s malim nagibom nivelete (ravničarki teren), sve zbog njihove male težine i zračnih jastuka unutar cijevi što čini cijev izuzetno nestabilnom kod ugradnje i kasnijeg korištenja zbog pojačane sile uzgona i opterećenja na spojevima s oknima.

Također treba imati na umu i sljedeće, prema Norma HRN EN 1610 (Polaganje i ispitivanje kanalizacijskih cjevovoda i kanala) u poglavlju 8.5.3 Spajanje navodi: "Krajnji zaštitni poklopci moraju se ukloniti neposredno prije spajanja. Dijelovi cijevne površine koji dolaze u dodir s materijalima za spajanje moraju biti neoštećeni, čisti i, ako je potrebno, suhi. Klizni spojevi trebaju se podmazati kliznim sredstvima i postupcima koje preporuča proizvođač. ...". Jasno je da kod cijevnih sustava čiji se spoj zasniva na elektrofuzijskom zavarivanju, spajanje cijevi je potrebno osigurati u suhim uvjetima (bez prisustva visokih podzemnih voda), već je eventualno moguće spajanje izvan rova i spuštanje spojenog cjevovoda u rov.

Glavni kolektori u nizinskim predjelima se redovito izvode s relativno malim nagibima, obzirom da je zahvat najčešće pretežito horizontalni, te bi se kod primjene velikih nagiba vrlo brzo postigle i velike dubine ukapanja. Izvedba gravitacijskih kanala, tj. postizanje zahtijevane nivelete odnosno pada dna

kanala i inače je to teža, što je nagib terena manji. Izvođenje radova u skućenim uvjetima rova, pod vodom, koja je redovito i zamućena dodatno otežava provođenje radova.

Stoga je, ako je riječ o savitljivim cijevima, generalno preporučljivo kanale/cjevovode polagati na betonsku posteljicu, koja se izvodi direktno u pripremljenom rovu. Na temelju navedenog moguće je zaključiti da je na glavnim kolektorima s visokom podzemnom vodom prvenstveno poželjno koristiti cijevi s glatkim stjenkama, što je uvjetovano potrebom polaganja po niveleti s malim nagibom. Također je potrebno težiti primjenu cijevi koje posjeduju uzdužnu krutost, čime se izbjegava pojava možebitnog ispupčenja cijevi na sredinama raspona između točaka spajanja tijekom izvedbe. Na kraju, potrebno je primijeniti one cijevne sustave, koje je moguće pouzdano spajati pod vodom, ili koje je moguće spajati izvan rova, te pouzdano spuštati cijele sekcije cjevovoda u rov.

Općenito, u nastavku će u osnovi biti analizirana mogućnost primjene prethodno navedenih osam vrsta cijevnog materijala. Kako bi se olakšalo razlikovanje pojedinih analiziranih cijevi, ali ipak izbjeglo komplicirano i dugotrajno opisivanje imena, u nastavku se uvodi slijedeći način označavanja:

- prva grupa od dva ili tri slova označava osnovni cijevni materijal; BE – beton, SP - stakloplastika, PE - polietilen, PP - polipropilen, PVC – polivinil klorid,
- druga grupa od jednog slova (treće odnosno četvrto slovo) - odvojeno razmakom od prve grupe slova, označava oblik/vrstu stijenke, tj. G - "glatka" stijenka, R - strukturirane ("rebraste") cijevi,
- treća grupa od dva slova označava da li se cijevi deklariraju s unutarnjim profilom (ID) ili s vanjskim profilom (OD).

U nastavku su prikazane vrijednosti vanjskih i unutarnjih promjeri cijevnih materijala. Važno je napomenuti i to da će se u dijelu analize različitih grupa cijevnog materijala određena svojstva vrednovati ovisno o samom materijalu (ne računajući vrstu stijenke ili nazivni promjer), tako da će pojedine vrste materijala (od osam navedenih) imati iste vrijednosti. U tom smislu osnovna podjela će biti na: betonske cijevi, GRP cijevi materijal (SP - stakloplastika), PVC cijevi materijal (polivinil klorid) i PE/PP cijevni materijal (polietilen/polipropilen koji imaju slična svojstva).

Tablica 5-3 Analizirani vanjski i unutarnji profili cijevnih sustava (mm)

	DN 250	DN 300	DN 400
BE G ID	/	430/300 (0%)	550/400 (0%)
SP G ID	272/256 (2,4%)	324/306 (2%)	401/379 (-5,25%)
PE G OD	250/226,2 (-9,52%)	315/285 (-5%)	400/361,8 (-9,55%)
PE R ID	/	371/300 (0%)	471/400 (0%)
PE R OD	250/214 (-14,4%)	315/271 (-9,67%)	400/343 (-14,25%)
PP R ID	282,9/247,5 (-1%)	339,4/297 (-1%)	452,6/396 (-1%)
PP R OD	250/234,6 (-6,16%)	315/295,6 (-1,47%)	400/375,4 (-6,15%)
PVC G OD	250/235,4 (-5,84%)	315/296,6 (-1,13%)	400/376,6 (-5,85%)

Općenito su betonske cijevi za razliku od plastičnih značajno teže (DN300 za L=2,5 m iznosi 520 kg, DN400 za L=2,5 m iznosi 780 kg), što predstavlja značajno povećanje cijene transporta, polaganja cijevovoda u rov te je vrijeme polaganja i ugradnje značajno duža zbog težine i malih dužina ugradbenih elemenata (maksimalno 2,5 m). Iako ove cijevi imaju najveću obodnu krutost te nultu razinu deformacija (horizontalnih i vertikalnih), njihova primjena kod manjih profila je ograničena. Na ruku tome ide i izostanak promjera DN250 na temelju čega dodatno poskupljuje nabava materijala kako bi se na dijelu mreže sa definiranom primjenom promjera DN250 morale ugraditi cijevi DN300. Osim toga zbog velikog broja spojeva imaju problema sa vodonepropusnošću, što na lokacijama visokih podzemnih voda predstavlja dodatan problem. Osim betonskih cijevi i cijevi od PE R ID materijala (polietilen strukturirani sa elektrofuzijskom integriranom spiralom) također na raspolaganju nemaju profil DN250.

5.1 Analiza po skupinama cijevnog materijala sustava javne odvodnje (gravitacija)

S obzirom na uvjete tečenja, uvijete ugradnje i sve ostale specifičnosti mreže sustava javne odvodnje kako bi se što kvalitetnije odabrao cijevni materijal, praksa je da se sustav dijeli na više skupina (podjela po veličini cijevi, padu nivelete, dubini ukapanja, lokacije rova i polaganja cijevi i sl.)

Obzirom na karakteristike analiziranih projekata kolektori se neće dijeliti po skupinama. Razlog tomu je što po profilima nema većih razlika i odstupanja na cijelom sustavu (svi su DN 250, DN 300 i DN400), ne postoji velika razlika u tehničkim karakteristikama polaganja i uvjetima tečenja u mreži. Sukladno čemu će se izvršiti analiza kroz jednu skupinu kolektora za koje će se definirati cijevni materijal.

Jedinstvenu skupinu za promatrano područje aglomeracije Đurđenovac predstavljaju svi kanalizacijski kolektori. Općenito se na sustavu mogu očekivati kritični uvjeti tečenja, s strožim uvjetima polaganja i ugradnje te otežanim uvjetima održavanja za čije kolektore vrijedi jedna ili više teza navedenih u nastavku:

- Brzine tečenja otpadne vode ne prelazi minimalne dopuštene brzine (prema Fedorovu $v_{\min} = 0,75$ m/s, odnosno iznimno dopušteno $v_{\min} = 0,3$ m/s),
- Pad kolektorske mreže je manji od teorijskih i praksom definiranih vrijednosti (za DN 250, $I_{\min} = 4,0$ ‰, za DN 300, $I_{\min} = 3,0 - 3,5$ ‰) pri čemu i mala diferencijalna slijeganja temeljnog tla mogu imati značajan negativni utjecaj na hidrauličke parametre tečenja,
- Kolektori sa očekivanim iznimno malim protocima (srednji protoci na najvećem dijelu mreže manji od $Q_{sr} = 1,0$ l/s računajući i tuđe vode),
- Opasnost od pojave lokalnih deformacija uslijed lokalnog preopterećenja ili slijeganja uzrokovano različitom otporom posteljice i/ili vanjskim opterećenjem – dinamička opterećenja (značajno kod manjih dubina polaganja između 1,0 – 1,50 metra računato od gornje kalote cijevi),
- Kolektori izloženi značajnim promjenama te visokim razinama podzemne vode s učestalim oscilacijama (kolektori položeni uz veće vodotoke, melioracijske i druge otvorene kanale).

Definiranjem samo jedne skupine osigurati će se za izgradnju mreže cjelokupnog predmetnog sustava odvodnje primjena iste vrste cijevnog materijala. Kako se raspon profila kreće od DN 250 do DN 400

vidljivo je kako raspon nema utjecaja na izbor cijevnog materijala, kako svi navedeni materijali iz tablice 5-2 pokrivaju traženi raspon profila (izuzev betonskih – BE G ID i PE cijevi sa zavarivanjem – PE R ID).

Tehno-ekonomskom analizom cijevnog materijala analizirati će se svi navedeni cjevovodi kroz tehnološke karakteristike materijala ali i ekonomski aspekt koji uključuje investicijske i operativne troškove mreže.

5.2 Odabir cijevnog materijala

Zaključno će se od svih navedenih materijala definirati optimalno rješenje, odnosno onaj materijal koji je analizom dokazao najbolje karakteristike u izgradnji i održavanju, a dati će se i alternativna rješenja koje će predstavljati druga prihvatljiva rješenja definirana u sklopu ove analize. Ostali materijali predstavljaju znatno lošija tehničko-ekonomska rješenja za primjenu na predmetnom području iz razloga što bi se njihovom ugradnjom ostvarilo najlošije tehničko rješenje, koje u konačnici generira veću složenost tehnologije izgradnje, veće rizike pojave puknuća i deformacija cijevi a time i povećane troškove održavanja i upravljanja sustavom. Posljedice povećanih troškova održavanja i sanacije sustava snositi Naručitelj (Vodorad d.o.o.), na temelju čega je nužno usvojiti rješenje ne gledajući isključivo inicijalnu cijenu cijevnog materijala kao jedini izbor pri odabiru istog.

U ovom dokumentu su kao podloge korišteni svi postojeći projekti na predmetnom području sa koji kod glavnih projekata obuhvaćaju i detaljno napravljen proračun hidrauličkog opterećenja sa količinama tuđih voda, kao i postavljenim padovima nivelete i definiranim promjerima po pojedinim dionicama na temelju detaljnih geodetskih snimki. Zaključci vezani uz usporedbu cijevnih materijala u ovom dokumentu se stoga odnose isključivo na promatrano područje aglomeracije Đurđenovac te su sukladno tome samo kod njih i primjenjivi kao i zaključci i proračuni obuhvaćeni ovom tehno-ekonomskom analizom odabira cijevnog materijala.

5.3 Materijal revizijskog okna

Općenito se može konstatirati da su svi navedeni i najčešće primjenjivani materijali za revizijska okna pogodni i za primjenu u konkretnom primjeru izgradnje za analizirano predmetno područje.

Vezano za problematiku primjene predgotovljenih revizijskih okana u zahvatima koji se izvode na dionicama s većim dubinama i pod teškim opterećenjem od prometa (tj. dionicama pod utjecajem visokih podzemnih voda), za potrebe ove analize izbor se sužava na slijedeća tri osnovna materijala:

- okna od stakloplastike (SP)
- okna od polipropilena (PP)
- okna od betona s plastičnom kinetom (B)

Kod okna od stakloplastike i od polipropilena moguće je tijelo predgotovljenog revizijskog okna formirati iz jednog komada, čime se bitno smanjuje broj spojeva (pa time i kritičnih mjesta za eventualni prodor podzemnih voda u kasnijem pogonu) koji treba realizirati prilikom montaže samog



revizijskog okna. Kritična mjesta koja ostaju jesu i dalje spoj baze i plašta, te sami spojevi/priključci kanala na okno. Spoj plašta i gornje ploče može biti kritično mjesto jedino u poplavnim zonama.

Dakle, u nastavku će u osnovi biti analizirana mogućnost primjene prethodno navedena tri osnovna materijala. Daljnje analize zasnovat će se na pretpostavci primjene revizijskog okna (unutarnjeg) profila DN 1000 koji se nalazi u projektima i predstavlja najveći promjer. Nadalje, primijenjena pretpostavka je kako se tijelo (plašt) okna u osnovi izvodi od odgovarajuće cijevi.

6 ANALIZA IZBORA CIJEVNOG MATERIJALA SUSTAVA JAVNE ODVODNJE

Kako svi analizirani materijali zadovoljavaju sa tehničkog aspekta ugradnje cijevi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju, odnosno niti jedan od materijala se ne može eliminirati u sklopu ove analize, potrebna je provedba detaljne i opsežne analize za definiranje preporučenog cijevnog materijala za primjenu na području aglomeracije Đurđenovac. Općenito je analiza izbora cijevnog materijala mreže gravitacijskog sustava javne odvodnje zbog velikog broja raznih materijala najkompleksniji dio analize, stoga će se ona i izvesti na najsloženiji naćni. Primijeniti će se višekriterijska metoda odlučivanja sa konfliktnim kriterijima i alternativama. Metoda je poznata kao AHP metoda odlučivanja (Analytic Hierarchy Process), a razvio ju je Tomas Saaty.

U početnom dijelu analize će se obraditi prednosti i mane analiziranih cijevnih materijala posebno za svaki analizirani element i podelement na temelju ćega će se u samoj AHP metodi provesti ocjena prioriteta između svih analiziranih parova. Na temelju provedenog početnog dijela analize jasno će se moći definirati intenzitet odnosa između dva elementa unutar Saaty-eve skale od 9 podjela.

6.1 Tehnićki elementi odabira

6.1.1 Zahtjevi JIVU-a i uvjeti prikljućenja

Po pitanju cijevnog materijala sustava javne odvodnje zahtjevi JIVU-a su do sada već uvršćteni u studijsko-projektnu dokumentaciju te će se sukladno postojećim dokumentima primijeniti i u ovom elaboratu.

6.1.2 Uvjeti tećenja (Unutarnji promjer cijevi)

Ovisno o cijevnom sustavu nazivni promjer se može odnositi na unutarnji (DN/ID) ili vanjski promjer (DN/OD). No, za hidraulićki proraćun jedino je mjerodavan unutarnji profil cijevi. S tim u vezi se napominje da kod nekih cijevnih sustava (npr. lijevano željezo, stakloplastika), kod kojih se nazivni promjer načelno odnosi na unutarnji promjer, se stvarni unutarnji promjer ne poklapa s nazivnim (DN/ID). U takvim slučajevima mogu se tolerirati određena odstupanja kod cjevovoda sa slobodnim vodnim licem. Kod toga manje su problematićne eventualne promjene u smislu većeg stvarnog unutarnjeg promjera od nazivnog, dok veći problem stvaraju promjene u smislu manjeg unutarnjeg promjera u odnosu na nazivni, jer tada dolazi do povećanja raćunske ispunjenosti kanala. Obzirom na prisutne nesigurnosti u samom odrećivanju protoka, uobićajenih raćunskih (odnosno poželjnih) ispunjenosti kanala i dr. može se smatrati da je **dopušćeno smanjenje unutarnjeg promjera u velićini do maksimalno 5% projektno hidraulićkog unutarnjeg promjera**. Naime, pri takvoj promjeni velićine promjera, površina presjeka cijevi smanjuje se do maksimalno 10% u odnosu na površinu projektno hidraulićkog unutarnjeg profila.

Kako je i ranije navedeno u sklopu ovog dokumenta polazi se od pretpostavke da je u okviru studijsko-projektna dokumentacije provedeno adekvatno tehnoloćko odnosno hidraulićko dimenzioniranje

pojedinih cjevovoda. Na temelju projekata definirana su dva osnovna promjera DN 250 i DN 300. Od analiziranih materijala samo BE G ID (Betons s ugrađenom gumenom brtvom s nominalnim unutarnjim profilom) i PE R ID (korugirani polietilen sa integriranom elektrofuzijskom spiralom u naglavku cijevi) nema promjer DN 250, iako to neće biti računato kao eliminirajući faktor jer se može usvojiti veći promjer DN 300, isto će za cilj imati dodatni niz nepovoljnih djelovanja na sam odabir ove vrste cijevi. Negativne će se posljedice naći u povećanju cijene, lošijim uvjetima tečenja u odnosu na definiran profil DN 250 i sl. Jedino je glavni kolektor koji vodi do lokacije UPOV-a promjera DN400.

U sklopu glavnih projekata definirane su maksimalne količine otpadnih voda u koje ulaze i tuđe vode a prikazane su u nastavku:

Tablica 6-1 Analizirani maksimalni protoci na predmetnom području (l/s)

Aglomeracija Đurđenovac	Protok (l/s)
Q ukupni srednji	8,0
Q ukupni maksimalni	28,0

Prema navedenom je vidljivo kako i uz primjenu minimalnog pada nivelete (2,5‰) koji je na pojedinim dijelovima korišten u projektima za promjer glavnih kolektora DN400 i DN 300 svi uvjeti tečenja su zadovoljeni.

Protok punog profila cijevi unutarnjeg promjera od 300 mm pri navedenom padu iznosi cca. 48,0 l/s, odnosno za promjer od 400 mm iznosi cca. 105,0 l/s što u uvjetima maksimalnog protoka analizirane aglomeracije odgovara teorijskim uvjetima ispunjenosti svih kolektora (do 0,6 D). Po tom pitanju jedino PE R OD ima značajno manji profil (do -14,25%) te bi premašio navedene vrijednosti preporučene ispunjenosti kolektora pri maksimalnom protoku. Treba napomenuti kako ovo nije eliminirajući faktor, pogotovo što se pojava povećane ispunjenosti cjevovoda bilježi samo na manjem dijelu kolektora koji prikuplja svu otpadnu vodu sa područja analizirane aglomeracije Đurđenovac. Osim navedenog izbjegnuta je i pojava tlačnog tečenja.

S druge strane puno veći utjecaj na sustav imaju mali protoci i problemi vezani uz njih. Veliki dio kolektora ima maksimalne protoke manje od 1,0 l/s, a na pojedinim se dionicama i manjim priključnim kolektorima maksimalni protoci kreću do 0,03 l/s, sa pripadajućom brzinom od 0,09 m/s ($h_t/D = 0,023$).

Iako je prema ATV-DVWK-A 110E smjernicama definirano kako minimalni padovi mogu iznositi:

- 3,38‰ za DN 250 pri minimalnoj ispunjenosti cijevi od 20%, te
- 5,35‰ za DN 300 pri minimalnoj ispunjenosti cijevi od 10%, odnosno
- 2,82‰ za DN 300 pri minimalnoj ispunjenosti cijevi od 20%,

može se zaključiti da ispunjenost kolektora ne odgovara gore navedenim vrijednostima te da uvjeti minimalnih padova nisu ispunjeni.

Kod definiranja minimalnih padova nužna je povezanost sa pripadajućim brzinama tečenja, a ciljana/preporučena brzina iznosi min. 0,3 m/s. Pri ovoj brzini izbjegava se pojava taloženja organskih tvari (ali ne i pojava taloženja anorganskih tvari) te je potreban minimalan protok od 1,2 l/s za DN 250, odnosno 1,35 l/s za DN 300 kako bi se ispunili navedeni uvjeti. Iz svega navedenog se vidi kako je gotovo

nemoguće ispuniti navedene uvijete minimalnih brzina tečenja u kolektorima predmetnog područja za padove definirane u sklopu glavnih projekata.

Biti će potrebne značajne aktivnosti na ispiranju i održavanju sustava, te se može zaključiti kako iz tog aspekta cijevi BE G ID (betonske cijevi) i PE R ID (korugirani polietilen sa integriranom elektrofuzijskom spiralom u naglavku cijevi) predstavljaju najnepovoljniju soluciju posebno što za profil DN 250 bi se trebao primjenjivati njihov profil DN 300 što dodatno nepovoljno utječe na taloženje uzrokovano malim protocima na sustavu koje se očekuje generalno u svim sekundarnim kolektorima predviđenih promjera DN 250 u sklopu glavnih projekata. Odnosno u tim je uvjetima potrebno predvidjeti značajnije troškove održavanja.

Polaganje kolektora u padovima manjim od preporučenih uvažena je praksa u ravničarskim krajevima gdje bi primjena preporučenih padova dovela do značajnog povećanja broja crpnih stanica, stoga se kompromisno usvajaju padovi manji od minimalno definiranih i preporučenih vrijednosti. Ovaj se problem rješava redovnim održavanjem i ispiranjem cjevovoda, ali nosi i dodatne probleme kod ugradnje cjevovoda i izbora materijala. Izrazito mali padovi pri ugradnji ostavljaju mogućnost pojave kontra padova i zadržavanja otpadne vode što sa sobom nosi cijeli niz negativnih posljedica.

U nastavku su za usporedbu tablično prikazane karakteristične vrijednosti za analizirane cijevi i profile: stvarni unutarnji promjeri cjevovoda i protok punog profila (za $k_b = 1,5 \text{ mm}$, $J = 0,25\%$).

Tablica 6-2 Stvarni unutarnji profil cijevi i protočnost (za $k_b = 1,5 \text{ mm}$, $J = 0,25\%$)

Materijal	DN 250		DN 300		DN 400	
	ID (mm)	Q_{pp} (l/s)	ID (mm)	Q_{pp} (l/s)	ID (mm)	Q_{pp} (l/s)
BE G ID	/	/	300	49	400	105
SP G ID	256	32	306	51	379	91
PE G OD	226,2	23	285	43	361,8	80
PE R ID	/	/	300	49	400	105
PE R OD	214	20	271	37	343	70
PP R ID	247,5	29	297	47	396	102
PP R OD	234,6	25	295,6	47	375,4	88
PVC G OD	235,4	26	296,6	47	376,6	89

Važno je napomenuti da kod razmatranog sustava cijevi BE G ID i PE R ID profil DN 250 nije raspoloživ, te je u ovom slučaju potrebno primijeniti najmanji raspoloživi profil, tj. DN 300.

6.1.3 Otpornost na deformacije i oštećenja cijevi (Debljina stijenke cijevnog materijala i vanjski promjer cijevi)

6.1.3.1 Obodna krutost cijevi

U fazi izrade dijela predmetne projektne dokumentacije provedena je provjera obodne krutosti cijevi. S obzirom na projektirane dubine te da je uvjet svih analiziranih cijevnih materijala dokaz minimalne nosivosti $SN 8 \text{ KN/m}^2$ ili veći, ne očekuju se posebni problemi u pogledu tjemene nosivosti cijevi.

Mehanička otpornost cijevi vrlo je važan kriterij. Ovisno o cijevnom materijalu odnosno cijevnom sustavu u okviru dokazivanja mehaničke otpornosti i stabilnosti cjevovoda provode se posebni dokazi napona/deformacija, nosivosti, progiba te stabilnosti (ATV-A 127). Suviše velika promjena promjera može, između ostalog, rezultirati slijedećim:

- diferencijalno slijeganje odnosno ulegnuć prometne površine,
- propusnost na spojevima cijevi,
- smanjenje protjecajnog presjeka cjevovoda, i dr.

Od analiziranih plastičnih cijevnih materijala, sve se cijevi osim betona i stakloplastike proizvode sa istim razredom obodne krutosti SN8.

Općenito od svih analiziranih cijevi, betonske cijevi imaju najveću obodnu krutost. Proizvode se sa različitim proračunskim vrijednostima tjemene nosivosti (T.N.) koje se povećavaju sa povećanjem promjera cjevovoda od čega najmanja vrijednost najčešće iznosi 90 kN/m (DN 300), a najveća vrijednosti 135 kN/m (od DN 600 do DN 1200). Kao takve betonske cijevi sa aspekta obodne krutosti predstavljaju najbolje rješenje. Betonske cijevi ne toleriraju nikakvu vrstu deformacija i značajno su otpornije na vertikalne i horizontalne sile koje djeluju na cjevovode pri ugradnji, ali i korištenju (tlo, prometno opterećenje i dr.).

Za analizirane cijevi malih promjera (DN 250 do DN400) se ne očekuju velike poprečne deformacije, stoga se neće vršiti detaljnije računske analize osim opisnog dijela pojedinog cijevnog materijala i njegove propisane obodne krutosti odnosno tjemene nosivosti.

U skladu s ATV-A 127, kao granična vrijednost promjene promjera pod dugotrajnim opterećenjem uzima se vrijednost $\delta v = 6\%$. Ukoliko određena prometna površina to zahtijeva, ili ostale specifičnosti ugradnje i tehničkih uvjeta na terenu to zahtijevaju projektant može propisati i manju graničnu vrijednost promjene promjera. Za promatranu aglomeraciju Đurđenovac ne postoje definirane manje granične vrijednosti deformacija, te se može pretpostaviti kako će kod svih analiziranih cijevnih materijala, vertikalna promjena promjera manja od 6%.

Obzirom da za analizirani projekt nema cjevovoda promjera većih od DN400. A dubine polaganja su najvećim dijelom u granicama između 1,5 i 3,5 m može se zaključiti da po pitanju obodne krutosti sve cijevi mogu zadovoljiti postavljene uvijete iako pri rangiranju kao najbolje prve su betonske cijevi, pa GRP (SP) nakon čega dolaze svi ostali analizirani cjevovodi.

6.1.3.2 Uzdužna krutost cijevi (modul elastičnosti)

Parametar uzdužne krutosti cijevi izražen je umnoškom modula elastičnosti cijevnog materijala i momenta tromosti poprečnog presjeka. Uzdužna krutost cijevi posebno je važna u situacijama kada se kanali polažu u malim nagibima nivelete, što je zbog konfiguracije terena analiziranih projekata slučaj u velikom broju kolektora (primjena minimalnih padova). U slučaju naknadnih manjih slijeganja temeljnog tla ili posteljice uslijed loše pripreme temeljnog tla ili lošeg zbijanja podloge i obloge cjevovoda i/ili ispiranja posteljice, cijevi koje posjeduju malu uzdužnu krutost doživjeti će progibe i u

uzdužnom smjeru. Ovo mjestimično može rezultirati horizontalnim dionicama ili čak dionicama s kontra padovima, te posljedično dovesti do potrebe za pojačanim održavanjem.

Općenito na uzdužnu krutosti utječe velik broj faktora, od kojih je jedan od osnovnih koji se veže uz sam materijal module elastičnosti (E modul). Ova vrijednost predstavlja omjer naprezanja i deformacije u linearnom ili elastičnom području, a izražava se u N/mm^2 , odnosno u MPa. Iako inicijalno predstavlja krutost materijala pri vlačnim naprezanjima za većinu materijala Youngov modul elastičnosti vrijedni i za tlačna naprezanja. Što je vrijednost veća, predstavlja veći otpor deformacijama.

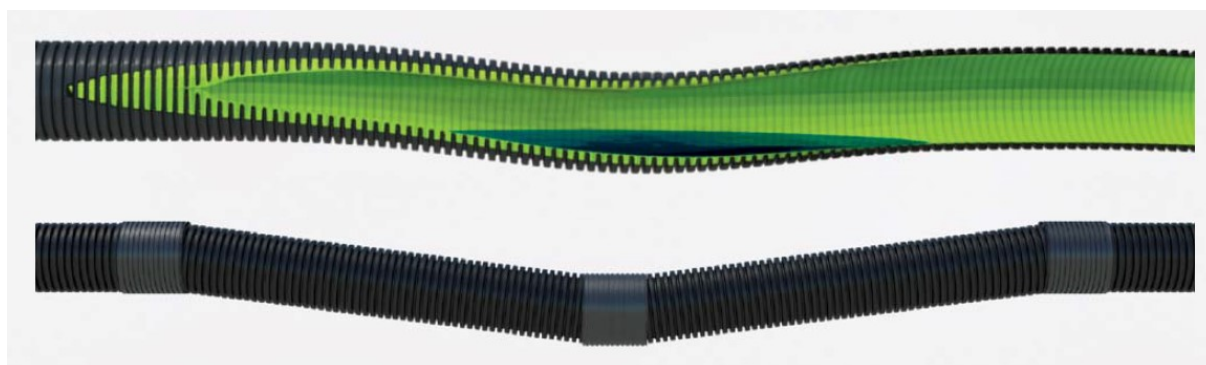
U nastavku će se prikazati vrijednosti za pojedine vrste materijalima koje predstavljaju okvirne/očekivane vrijednosti a koje ovisno od proizvođača mogu odstupati. Navedene vrijednosti su uzete na temelju dostupnih podataka i kataloga različitih proizvođača na tržištu, te prema pripadajućim normama (HRN EN 13476-1:2018, Annex A).

Tablica 6-3 Opći modul elastičnosti analiziranih materijala

Materijal	E [Mpa]
Beton	≈ 30000
SP (GRP)	≈ 17000
PE	≥ 800 (≈ 1200)
PP	≥ 1200 (≈ 1500)
PVC	≥ 3200

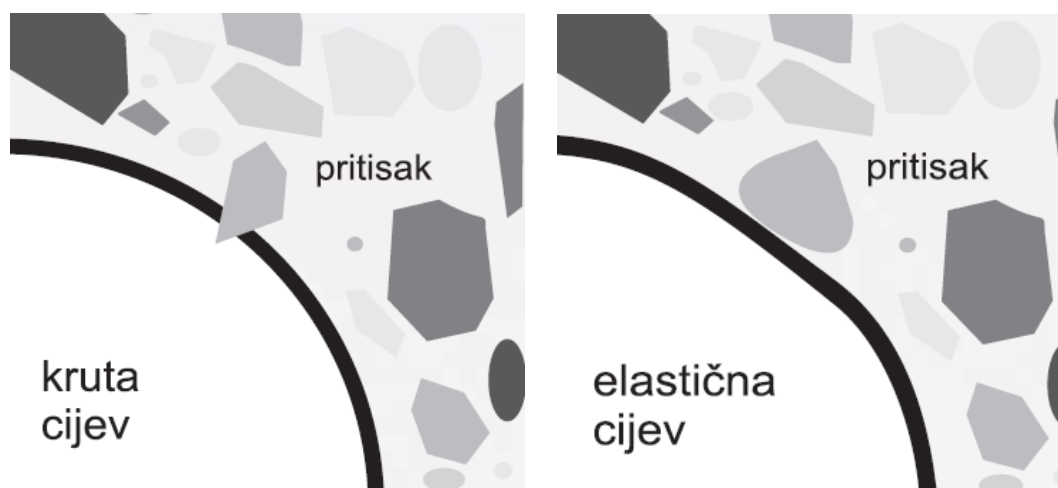
Vidljivo je iz navedenog kako PE i PP cjevovodi imaju najmanju otpornost na deformacije uslijed vanjskih sila, odnosno da su najelastičnije od svih analiziranih materijala. Također su i izrazito lagane (gustoća $\approx 900 \text{ kg/m}^3$) u odnosu na ostale analizirane materijale što ih čini korisnim za primjenu u velikom broju slučajeva. Problem s ugradnjom ove vrste materijala se upravo i nalazi u njihovim pozitivnim karakteristikama od kojih je elastičnost jedna od osnovnih. Uslijed elastičnosti materijala dolazi do promjene oblika cijevi, što u uzdužnim profilima postavljenim u padovima ispod minimalno dopuštenih predstavlja opasnost za pojavu kontra padova, slijeganje dijela cijevi ili cijelih kolektora, retencioniranja otpadne vode, povećano nakupljanje i stvaranje štetnih plinova u sustavu odvodnje i sl.

U nastavku su prikazani grafički prikazi i karakteristike pojedinih cijevnih materijala preuzeti iz različitih kataloga proizvođača.



Slika 6-1 Opasnost od potonuća i slijeganja elastičnih cijevi u slučaju loše zbijenosti posteljice

S druge strane previše krute cijevi nemaju mogućnost prilagođavanja okolini kod pojave loše ugradnje te postoji mogućnost od probijanja i pucanja cijevi. Uzevši u obzir karakteristike analiziranog sustava aglomeracije Đurđenovac koja se isključivo nalazi u ravničarkom predjelu RH kao i karakteristike navedenih materijala u ovom slučaju veća prednost se daje materijalima veće čvrstoće (krute cijevi).



Slika 6-2 Problemi deformacija i puknuća kod elastičnih i krutih cijevi kod nepravilne ugradnje

Kao primjer za analizirane plastične cijevne materijala u nastavku teksta prikazana je i uzdužna krutost profila DN 300.

Tablica 6-4 Uzdužna krutost cijevi

Uzdužna krutost – modul elastičnosti za dugotrajno opterećenje [Nmm ²]			
	Cijevi od stakloplastike	Cijevi od PEHD-a (profilirane)	Cijevi od PVC-a
DN 300	$2,86 \times 10^{11}$	$7,06 \times 10^9$	$1,55 \times 10^{11}$

Omjer krutosti cijevnog sustava i najmanje krutosti			
	Cijevi od stakloplastike	Cijevi od PEHD-a (profilirane)	Cijevi od PVC-a
DN 300	40,5	1,0	22,0

Od analiziranih cijevnih materijala, najmanju uzdužnu krutost imaju profilirane PP i PE cijevi za koje se mogu pretpostaviti relativno slične vrijednosti uzdužne krutosti.

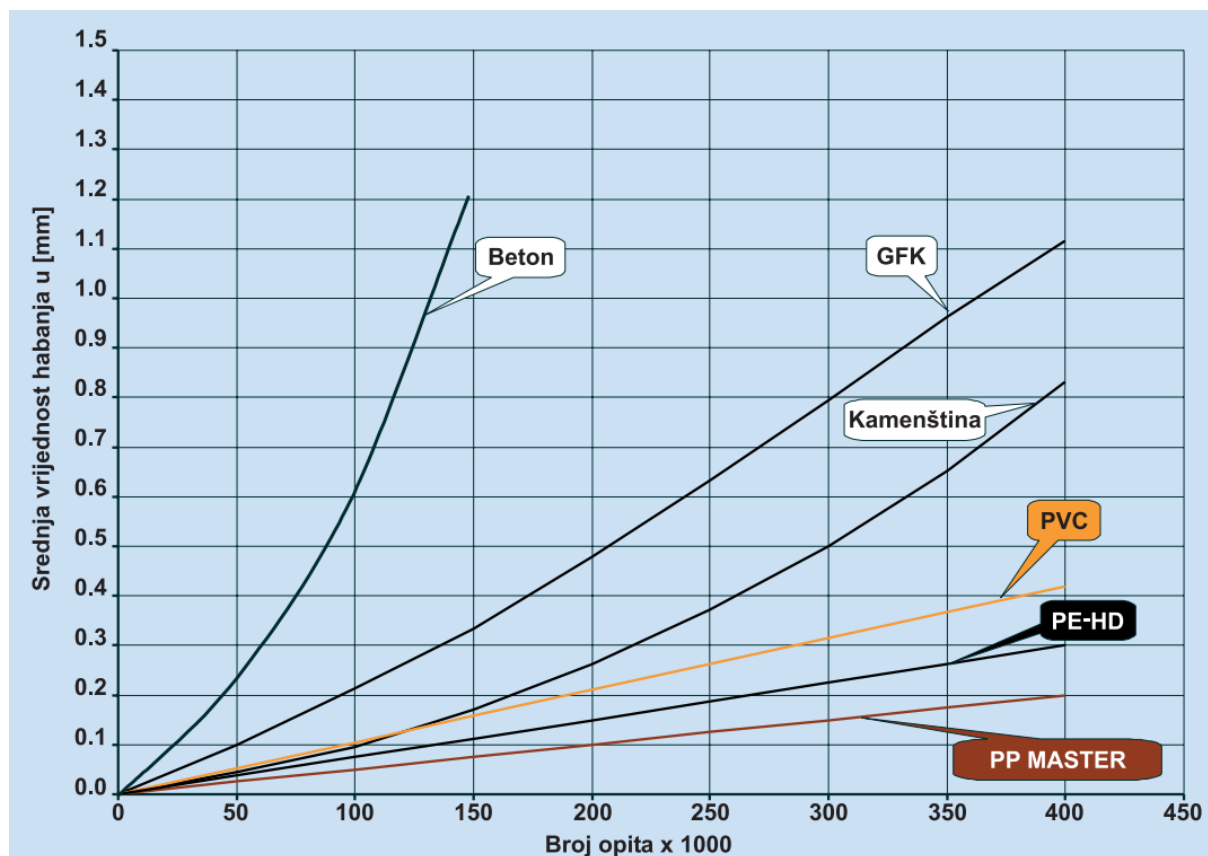
6.1.3.3 Otpornost na habanje i koroziju

Otpornost na habanje i na koroziju važna je sa aspekta dugotrajnosti i vododrživosti kanalizacijskog sustava. S toga navedene otpornosti predstavljaju bitna svojstva cijevnih materijala. Posebno ako se u kanalizacijskim sustavima očekuju različiti kemijski spojevi, kiseline i sl. Osim toga sama pojava mulja, pijeska i ostalih visokoabrazivnih tvari je neizbježna u kanalizacijskoj mreži te ima veliki utjecaj na

trajnost sustava. Otpornost na habanje važna je u slučajevima prisustva pijeska u otpadnim vodama, kod pojave velikih brzina tečenja, te kod potrebe za češćim ispiranjem pod visokim tlakom.

Korozija se s druge strane javlja uslijed pojave i dugotrajnog izlaganja različitim kemijskim spojevima.

U nastavku je prikazan graf preuzet iz jednog od kataloga proizvođača cijevnih materijala:



Slika 6-3 Usporedba srednje vrijednosti habanja za karakteristične cijevne materijale

Tablica 6-5 Otpornost na habanje

	Cijevi od stakloplastike	Cijevi od PE i PP	Cijevi od PVC-a
Debljina stijenke (mm)	9,0	4,0	9,2
Habanje pri 2×10^5 ciklusa (mm)	0,5	0,15	0,22
Relativni broj ciklusa	18,0	26,7	41,8

Kod analiziranog sustava ne očekuje se pojava značajnih kemijskih spojeva, niti se očekuju veće brzine protoka u mreži izuzev održavanja sustava ispiranjem cjevovoda pod visokim tlakom (u sustavu problem malih brzina). Globalno se smatra kako svi materijali mogu zadovoljiti postavljene uvjete otpornosti na habanje i koroziju u uvjetima očekivanih brzina protoka kao i po pitanju sastava sanitarne otpadne vode. Ipak treba napomenuti kako betonske cijevi kao materijal imaju značajno manju otpornost.

6.1.4 Vrsta cijevnog materijala

Generalne karakteristike, prednosti i mane analiziranih cijevnih materijala kao i pripadajuće norme za pojedine materijale ukratko su sažete u nastavku teksta:

Betonske cijevi

Prema navodima Jure Margeta (Kanalizacija naselja, Split 2009.) betonske cijevi su se prije radile uglavnom od kružnog i elipsastog oblika profila do 120 cm, dok je danas u primjeni najčešće kružni oblik. Dužine cijevi su uglavnom od jednog do dva i pol metra, a u sustavu javne odvodnje gdje je nužno osigurati potpunu vodonepropusnost kanalizacijskog sustava se uglavnom koriste sa ugrađenom gumenom brtvom. Koriste se za odvodnju oborinskih, fekalnih i manje agresivnih voda. Po pitanju horizontalnih i vertikalnih deformacija izrazito su otporne i dugovječnije u odnosu na ostale analizirane materijale sa karakterističnom visokom mehaničkom čvrstoćom. Nekada se kanalizacija uglavnom gradila iz betonskih cijevi, dok se danas ove cijevi koriste uglavnom za izgradnju oborinske kanalizacije. Glavni razlog je velika težina cijevi ($DN200 = 67 \text{ kg/m}$; $DN1000 = 2.190 \text{ kg/m}$) i s tim u vezi teškoće kod montaže te transportni troškovi. Osim navedenog betonske cijevi imaju znatno veći broj spojeva u odnosu na plastične cijevi što u konačnici može imati veliku ulogu u vododrživosti u odnosu na druge materijale. Kako je već ranije navedeno za spajanje se koriste brtve. Brtva se stlači, zatvara otvor između naglavka i ravnog kraja betonske cijevi i tako osigurava vodonepropusnost spoja. Budući da vodonepropusnost spoja ovisi o brtvi, vrlo je važno da je brtva dobre kakvoće i trajnosti minimalno 30 godina. Zbog njihovih nedostataka, primjena betonskih cijevi (kratkih i bez brtvi) nije preporučljiva kod kanalizacija koje su položene ispod razina podzemnih voda ni u kanalizaciji otpadnih voda. Zbog djelomične propusnosti običnih betonskih cijevi i njihovih spojeva postoji mogućnost infiltracije vode iz podzemlja u kanalizaciju, kao i iz kanalizacije u podzemlje.

Zbog velikog broja spojeva i malih projektnih padova nivelete potrebno je uložiti veće napore kod polaganja cijevi, javlja se potreba za ojačavanjem posteljice u mekim tlima kako bi se izbjegle njene deformacije uslijed same težine betonske cijevi pri polaganju te je potrebno uložiti veće napore kod spojeva cijevi i osiguranja malih projektnih padova nivelete.

Armiranobetonske i prednapregnute betonske cijevi danas su gotovo u potpunosti zamijenile betonske cijevi većih profila.

Norma – HRN EN 1916:2005/Ispr.1:2008

Cijevi od polietilena i polipropilena

Lagane su i imaju vrlo dobra hidraulička svojstva kao i otpornost na koroziju. Na tržištu je prisutna izvedba sa čvrstim ili rastavljivim spojem. Vareni spojevi su sigurni od infiltracije stranih voda i istjecanja otpadne vode. Karakterizira ih jednostavna montaža, velika otpornost na lom i vodne udare, mali hidraulički gubici i mala pogonska hrapavost. Kod strukturiranih cijevi mogući su veliki progibi cijevi pod opterećenjem u slučaju neodgovarajuće ugradnje (potrebna pažljiva izvedba ležišta cijevi). Nisu otporne na kemijski utjecaj posebno u slučaju prisutnosti otapala.

Norma – HRN EN 12666-1:2011 (PEHD glatka stijenka s nominalnim vanjskim profilom),

Norma – HRN EN 13476-3:2020 (PEHD s rebrastim ojačanjem s nominalnim unutarnjim profilom),

Norma – HRN EN 1852-1:2018 (PP s glatkom stjenkom i nominalnim vanjskim profilom).

PVC cijevi

Lagane su, izuzetno otporne na koroziju uzrokovanu galvanskim ili elektrokemijskim reakcijama. Karakterizira ih veliki odnos čvrstoće prema težini, vodonepropusni spojevi i glatka unutarnja površina. Najveći nedostatak ovih cijevi je neotpornost na visoke temperature i na temperature niže od nule. Nadalje, za ove cijevi posebno štetne su UV-zrake, zbog čega se ove cijevi ne smiju dugo izlagati na suncu. Kao i kod strukturiranih PEHD i PP cijevi mogući su veliki progibi cijevi pod opterećenjem u slučaju neodgovarajuće ugradnje (potrebna pažljiva izvedba ležišta cijevi).

U dokumentu Sanitary and Industrial Wastewater Collection - Mobilization Construction (US Army Corps of Engineers) EM 1110-3-171) iz 1984. godine se navodi da je PVC kemijski inertan na većinu kiselih i lužnatih otpadnih voda i potpuno otporan na biološke utjecaje PVC nije otporan na prisutnost otapala u otpadnim vodama.

Norma – HRN EN 1401-1:2019

Cijevi od stakloplastike

Dokumentu Sanitary and Industrial Wastewater Collection - Mobilization Construction (US Army Corps of Engineers) EM 1110-3-171) iz 1984. godine navodi kako su ove cijevi osobito pogodne za primjenu kod velikih profila jer pokazuju izrazito dobre performanse u pogledu otpornosti na deformacije (progibe) stijenki i unutarnju/vanjsku koroziju. Jedinstvena konstrukcija od staklenih vlakana i smole pruža optimalnu zaštitu protiv napada širokog raspona kemijski agresivnog okoliša, uključujući vodikov sulfid i drugih plinova u kanalizaciji, većine prirodnih tala, soli i bočate vode kao i galvanskih i elektrolitičnih reakcija. Nisu potrebni posebni premazi ili katodna zaštita. Za ugradbu cijevi sama priprema rova i zahtjevi na ispunu rova bitno su manji nego kod drugih fleksibilnih cijevi (čak i nekih krutih). Konstrukcija od staklenih vlakana i smole pruža optimalnu zaštitu od širokog raspona utjecaja kemijski agresivnog okoliša. Općenito ih karakterizira visoka čvrstoća i mala težine (lagane su). Potrebna je posebna pažnja pri ugradnji kako su krhke te može doći do pojave pukotina.

Norma – HRN EN 14364:2013

Za navedene podatke korištena je stručna literatura odnosno objavljeni dokumenti, između ostalog i kataloški materijal pojedinih proizvođača/zastupnika cijevi. S tim u vezi je iskazane podatke potrebno uzeti s određenom rezervom, posebno jer se vještīm marketingom pojedina svojstva cijevi, u smislu cjelokupne podobnosti do konačnog formiranja kanalskih sustava, prikazuju iznad realnih veličina. To se posebno odnosi na deklaraciju glatkoće/hrapavosti cijevi, univerzalnosti spajanja, podobnosti ugradbe, vodonepropusnosti stijenke i spojeva, trajnosti u pogonu u odnosu na transportirani medij i tome slično.

Tako EPA (United States Environmental Protection Agency) u dokumentu iz 2000. godine *Wastewater Technology Fact Sheet: Pipe Construction and Materials* (EPA 832-F-00-068) navodi, između ostalog, prednosti i mane termoplastičnih cijevi (PVC, PEHD) i duroplastičnih cijevi (stakloplastika) kako je implementirane u ranije obrađenom tekstu.

Prema Prof. dr. Jure Margeti (*Kanalizacija naselja; Odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda, 2009. godina*) vrsta PVC cijevi ima neka posebna svojstva koja joj daju prednost u odnosu na druge vrste. To se prije svega odnosi na izuzetnu otpornost na koroziju i time veliku postojanost. Zbog velike glatkoće unutarnjih stijenki, ove cijevi imaju bolja hidraulička svojstva nego ostale cijevi. S obzirom na malu specifičnu težinu cijevi, one su vrlo lagane, stoga je jednostavna i manipulacija ovim cijevima. Otpornost na udarce i mala težina omogućavaju jednostavan transport i ugradnju. Još jedna njihova dobra značajka je laka i jednostavna obrada (rezanje, bušenje, i slično). Mali koeficijent toplinske vodljivosti omogućava da se cijevi postavljaju plice, a to smanjuje troškove izgradnje. Najveći nedostatak ovih cijevi je neotpornost na visoke temperature i na temperature niže od nule. Nadalje, za ove cijevi posebno štetne su UV-zrake, zbog čega se ove cijevi ne smiju dugo izlagati na suncu. Drugi nedostatak je ponekad nedovoljna čvrstoća u odnosu na vanjsko opterećenje. Da bi se čvrstoća povećala, izrađuju se deblje stijenke zbog čega se troši dosta sirovina pa cijevi postaju skupe. Zbog toga se koriste uglavnom cijevi manjih profila (do DN 600).

U istoj knjizi se za poliesterske (stakloplastične) cijevi navodi da su one u principu višeslojne, a sve kako bi se racionalizirala proizvodnja, postigla čvrstoća i posebna svojstva, zbog čega se dodaju posebni materijali. Da bi se zaštitile od UV zračenja, izvana se premazuju posebnim zaštitnim slojem u kojem se nalazi pijesak, a unutrašnje se stijenke također premazuju posebnim premazom (debeli sloj smole od oko 1,5 mm) da bi imale dobra hidraulička svojstva ($k \leq 0,01$ mm) i da bi bile otpornije na trošenje, otpadne vode i plinove. Ove cijevi i njihove spojnice imaju visoku kemijsku otpornost na kiseline i lužine od pH 1 do pH 13. Cijevi se spajaju prstenovima (spojnicama), a vodonepropusnost se osigurava brtvenim prstenovima, u svemu sličnim onima što se koriste kod spajanja ACC cijevi. Ove se cijevi mogu spajati i lijepljenjem, čime se osigurava kontinuitet cijevi i apsolutna trajna vodonepropusnost spoja. Spojevi su kvalitetni i jednostavni. Ove se vrste cijevi najčešće koriste u posebnim uvjetima izgradnje kanalizacijskog sustava, u kojima je izuzetno važna vododrživost i otpornost na agresivna svojstva sredine u kojoj se ugrađuju ili otpadnih voda koje provode. Međutim, danas se ove vrste cijevi sve više koriste i u standardnim uvjetima izvedbe, jer je njihova cijena sve prihvatljivija. Lijepljenjem i lijevanjem iz poliestera se mogu izrađivati i svi potrebni spojni komadi, kao i revizijska okna, što omogućava široku primjenu. Ova vrsta cijevi je prava zamjena za čelične cijevi, jer u svemu ispunjavaju uvjete u kojima se koriste čelične cijevi, a uz to su nehrđajuće.

Za glatke i strukturirane PE cijevi se navodi da su one vrlo povoljne za izgradnju jer su lagane, a imaju vrlo dobra hidraulička svojstva. Spojevi su različiti, čvrsti ili rastavljivi. Vareni spojevi su kvalitetni i sigurni od infiltracije i istjecanja. Imaju vrlo malu specifičnu težinu, zbog čega plutaju u vodi. Ostale karakteristike ovih cijevi slične su kao i kod cijevi od PVC-a: jednostavna montaža, velika otpornost na lom i vodene udare, mali hidraulički gubici i mala pogonska hrapavost.

6.1.4.1 Osvrt na iskustva s profiliranim cijevima od plastičnih materijala

Cijevi od plastičnih materijala se u kanalizaciji koriste još od tridesetih godina prošloga stoljeća. Upotrebljavaju se cijevi ne samo različitih plastičnih materijala, već i različitih konstrukcija odnosno strukture stjenke. Pored punostijenih cijevi, postoje i upotrebljavaju se cijevi sa strukturiranom odnosno profiliranom stjenkom. Za profilirane cijevi od plastičnih materijala u prošlosti su razvijene različite norme, koje između ostalog definiraju mjere, tehničke uvjete isporuke, opće zahtjeve te ispitivanja.

Za kanalizaciju se profilirane cijevi od plastičnih materijala nude u različitim varijantama i od različitih proizvođača. Proizvodi se međusobno razlikuju kako u pogledu građe stjenke i načina/tehnike spajanja, tako i u pogledu načina proizvodnje i uporabljene vrste plastičnog materijala. Nazivnim promjeri pokrivaju kako male profile, tako i velike odnosno prohodne profile ($\geq$ DN 800).

Profilirane cijevi od plastičnih materijala optimizacijom debljine stjenki omogućavaju ekonomske prednosti kroz smanjenje težine i troškova materijala. Premještanjem dijelova površina od težišne osi stjenke cijevi prema van moguće je reducirati površinu poprečnog presjeka uz konstantan ili čak povećani moment tromosti. Tako je moguće konstrukcijom profilirane stjenke gotovo prepoloviti potrošnju materijala.

S druge strane, profilirane cijevi u odnosu na cijevi s punostijenim presjecima posjeduju bitno manje lokalne debljine stjenki. Stoga takve optimizacije poprečnog presjeka imaju smisla samo onda ukoliko smanjenje debljine stjenki ne dovodi do značajnijih mana kod korištenja, tj. u pogledu nepropusnosti spojeva odnosno priključaka, otpornosti prema točkastim opterećenjima, uzdužnih deformacija, habanju, otpornosti u pogledu prisilnog ispiranja kanala kao i statičkih zahtjeva.

Za plastične materijale te od njih izrađenih cijevi za odvodnju otpadnih voda postoji mnoštvo normiranih ispitivanja materijala, građevinskih elemenata i sistema. U različitim normama definirana su specijalna ispitivanja ne samo za cijevi s punom stjenkom, već i za profilirane cijevi. Međutim, postojeće metode ispitivanja za profilirane cijevi usmjerena su na ispitivanje bitnih značajki za mehaničku otpornost i stabilnost i funkcionalnu sigurnost (prstenasta krutost, modul puzanja) kao i vodonepropusnost sustava (ispitivanje vodonepropusnosti, zavarljivost). U okviru ovih ispitivanja samo se djelomično simuliraju rubni uvjeti iz prakse. Na primjer, ispitivanje prstenaste krutosti pokusom tjemene tlačne sile ne uzima u obzir bočni oslonac cijevi od okolnog tla. Važeće norme ne sadrže ispitivanja mogućih negativnih utjecaja neplanskih točkastih opterećenja od stranih tijela u posteljici na stabilnost i nepropusnost cijevnog sustava. Nije obuhvaćena niti otpornost prema opterećenjima u pogonu tijekom čišćenja kanala. Na kraju, ne postoje niti standardizirane metode za eksperimentalni dokaz stabilnosti profiliranih plastičnih cijevi.

U razvijenim zemljama zapadne Europe stečena su iskustva u primjeni profiliranih cijevi od plastičnih masa, posebno vezano za česte vrste oštećenja, i to:

- deformacija poprečnog presjeka cijevi,
- odstupanja od vertikalnog i horizontalnog položaja cijevi,
- lokalnih deformacija (izbočenja) cijevi,
- promjenama na stjenkama cijevi (rupa, pukotina),
- propusnosti cijevi,
- promjene i oštećenja spojeva cijevi (pomaci, lokalne deformacije, propusnosti) i dr.

Posljednjih godina u Republici Hrvatskoj također su izgrađivani kanali od profiliranih cijevi od plastičnih masa (poglavito polipropilena i polietilena) te su stečena određena (i još uvijek nesistematizirana) iskustva u njihovoj primjeni. Nažalost, pored dobrih iskustava, postoji ne mali broj loših iskustava, što je slučaj i na distribucijskom području koje pokriva predmetno uslužno područje. Tako su primjerice na pojedinim dionicama već u fazi ugradnje, a posebno tijekom korištenja vidljivi problemi s vododrživosti spojeva cijevi i fazonskih komada.

Ti problemi dovode do potrebe za sanacijom kanala izgrađenih od još uvijek novih cijevi. Kod spomenutih negativnih iskustava od ukupno izgrađenih cjevovoda često je potrebno provesti sanaciju cjevovoda i do 10 % trase te pored toga veći postotak izgrađenih revizijskih okana. U nastavku se prikazuju neke od fotografija karakterističnih oštećenja na cijevima i revizijskim oknima.



Slika 6-4 Prikaz vertikalne deformacije i puknuća cijevi



Slika 6-5 Prikaz puknuća cijevi male tjemene nosivosti



Slika 6-6 Prikaz vodopropusnog okna



Slika 6-7 Prikaz uzdužne deformacije deponiranih cijevi

6.1.4.2 Hrapavost cijevi

Koeficijent hrapavosti utječe na brzinu i režim tečenja u kolektorima. Ima važnu ulogu te se može promatrati kod novih i starih sustava sa velikim rasponom vrijednosti. Po tom pitanju PP i PE cijevi imaju najbolje karakteristike pri čemu se svojstvo hrapavosti ne mijenja značajnije u vremenu. Kod ostalih analiziranih materijala to nije slučaj. Napomena da iako PVC materijal ima približno slične karakteristike kao i PP i PE cijevi, te se u literaturi često navode sa istim koeficijentima (vrijednosti variraju od 0,0015 do 0,007) PVC ipak ima veću vrijednost koeficijenta hrapavosti od PP i PE cijevi.

Kako se na analiziranom sustavu ne očekuju veće brzine strujanja ova vrijednost ne predstavlja značajnu ulogu u izboru materijala. Osim toga bitno je napomenuti kako izuzev betonskih cijevi sve ostale analizirane cijevi generalno ulaze u istu skupinu materijala sa izrazito niskim vrijednostima koeficijenta hrapavosti koji se kreće oko vrijednosti od 0,0015 mm do 0,005 mm.

U nastavku je prikazana podjela materijala sa njihovom generalnom vrijednosti koeficijenta hrapavosti, koji može odstupati od stvarne vrijednosti određenog materijala definiranog unutar neke od kategorija (<https://www.enggcyclopedia.com/2011/09/absolute-roughness/>).

Utjecaj velike hrapavosti i izostanka profila DN250 kod betonskih cijevi dodatno naglašava negativan utjecaj na pojavu malih protoka u sekundarnim kolektorima i kolektorima sa izrazito malim dotokom otpadne vode, što svakako treba uzeti u obzir. Prema Margeta J. (Kanalizacija naselja, Split 2009.) kod betonskih cijevi se s vremenom značajno povećava hidraulička hrapavost što za posljedicu ima

smanjenje protoka i veću mogućnost stvaranja taloga. S obzirom na to da je osjetljiv na cijeli niz spojeva (uglavnom kiselina) koji se javljaju kao rezultat procesa razgradnje organskih tvari u kanalizacijskim kolektorima ne predstavlja dobar izbor za kanalizaciju otpadnih voda.

Tablica 6-6 Koeficijent hrapavosti materijala (okvirne teorijske vrijednosti)

Materijal	Apsolutni koef. hrapavosti [mm]
Beton	0,3 – 3,0
GRP - stakloplastika	0,005
PE, PP, PVC	0,0015

6.1.5 Vrsta materijala za okna i tipovi okana

Generalno svi analizirani cijevni materijali se mogu kombinirati sa monolitnim ili prefabriciranim AB oknima ili prefabriciranim oknima od plastičnih masa (stakloplastika, PE, PP). Iako je najpraktičnije da su cijevni materijali isti kao i materijal okna isto nije nužno stoga će se svi materijali tretirati kao jednako prihvatljivi po pitanju ovog kriterija.

6.1.6 Usklađenje s normama i standardima – zahtjevi kvalitete

Svi analizirani cijevni materijali zadovoljavaju postavljene standarde i imaju definirane norme za primjenu kod kanalizacijskog sustava javne odvodnje. S toga se poštivanjem navedenih standarda i normi može reći da svi materijali udovoljavaju zahtijevanim uvjetima kvalitete.

Ovdje se neće u obzir uzimati razlike ugradnje i spajanja cijevi ovisno o analiziranom materijalu kako je isto obrađeno u drugim poglavljima.

6.1.7 Tehnologija ugradnje i kontrolna ispitivanja

Generalno je ovaj element ispunjen za sve cijevne materijale. Polaganje i ispitivanje odvoda i kanalizacijskih cijevi vrši se po normi HRN EN 1610:2015 i prema dopunskim uputama proizvođača cijevnog materijala. Kod svih cijevi je omogućeno kontrolno ispitivanje kao i održavanje cjevovoda čišćenjem nastalog taloga u vremenu kao i CCTV inspekcija.

Potrebno je istaknuti betonske cijevi koje imaju kompleksniju tehnologiju izgradnje zbog same težine cijevnih elemenata ali i potrebe za velikim brojem spojeva i potrebom za širim rovom. Također se problem javlja kod potrebe za skraćivanjem cijevi. Velika debljina stjenke utječe na radni prostor u rovu te je potrebno veću pozornost obratiti na posteljicu na dijelovima manje čvrstih tala. Debljina stjenke utječe i na izgradnju i spajanje priključaka koji se spajaju direktno na cijev (problem vodonepropusnosti).

Kod tehnologije ugradnje koja se odnosi na korugirane cijevi potrebno je posebnu pozornost obratiti na kvalitetu posteljice i osiguranje većeg kuta podbijanje ispod cijevnog materijala što dovodi do kompleksnije tehnologije ugradnje.

Kod cijevi koje se spajaju nekom od metoda zavarivanja u odnosu na utične spojeve vrijeme spajanja je duže. Kod takvih cijevi potrebno je osigurati spajanje u suhim uvjetima, što često znači spajanje na površini te naknadno polaganje u rov.

6.2 Ekonomsko-financijski elementi odabira

6.2.1 Financijski i ekonomski elementi odabira

6.2.1.1 Troškovi nabave i spajanja cijevi

Pri razmatranju ekonomsko-financijskog kriterija i vrednovanja cijevnih materijala, izuzetno važan čimbenik predstavlja i sufinanciranje izgradnje/nadogradnje/unaprjeđenje sustava vodoopskrbe i odvodnje koje se provodi iz EU fondova pri čemu se cijena ugradnje cijevi ne smije tretirati kao osnovni kriterij, u odnosu na karakteristike cijevnog materijala koje utječu na trajnost cijevi, jednostavnost izvedbe priključaka, manji rizik od pojave vodnih gubitaka kod vodoopskrbnih sustava odnosno manji rizik od pojave tuđih voda kod sustava odvodnje što utječe na cijenu pogonskih troškova i dr.

Iako se u cjelovitoj analizi ne smije izostaviti analiza troškova održavanja i amortizacije cijevi zbog ne postojanja detaljno obrađenih stručnih radova, teško je objektivno definirati troškove održavanja i amortizacije za pojedine materijale cijevi. S toga se u ovom dijelu oslanja na iskustva IVU-a i dostupne podatke i ranije izvršene analize na području RH ali i EU.

Okvirne jedinične nabavne cijene cijevi prikazane su u nastavno priloženoj tablici, te se smatraju izričito orijentacijskim vrijednostima. Jedinične cijene nabave cijevi dobivene su kao srednje vrijednosti na temelju aktualnih cjenika cijevnih materijala (objavljenih na internetu, katalogu i dostavljenih na zahtjev). U obzir su uzete i definirane vrijednosti u sklopu Standardnih kalkulacija radova u vodnom gospodarstvu (Hrvatske vode, 2017.). Prikazane su samo vrijednosti cijevi promjera DN250 i DN300 koji čine preko 95% sustava predmetnog područja.

Tablica 6-7 Cijene nabave 1 m cijevi (HRK)

Materijal	DN 250 (HRK)	DN 300 (HRK)
BE G ID	150,00 ¹⁾	150,00
SP G ID	225,00	265,00
PE G OD	135,00	205,00
PE R ID-Z	180,00 ¹⁾	180,00
PE R OD	75,00	95,00
PP R ID	80,00	190,00
PP R OD	140,00	230,00
PVC G OD	125,00	195,00

¹⁾ Sukladno obrazloženju iz poglavlja 6.1.2. potrebno je primijeniti cijev DN 300

Potrebno je naglasiti da su cijene podložne promjenama, te da su ovdje iskazane vrijednosti dobivene u trenutku izrade predmetne tehno-ekonomske analize. Općenito cijene nekih cijevnih materijala često se prikazuju sa iskazanim raznim popustima.

Prema iskustvima te na temelju izravne komunikacije sa različitim proizvođačima pojedinih materijala jedinične cijene za tražene promjere odstupale su i preko 80% za iste cijevne materijale, dok su pojedini proizvođači na sam upit nudili popuste koji su se kretali i preko 50% od početno iskazane vrijednosti cijevnog materijala. U tom smislu potreban je određeni oprez kod definiranja cijene cijevnog materijala, a temeljiti izbor cijevnog materijala isključivo na nabavnim cijenama krivi je pristup te može dovesti do eventualnih neugodnih iznenađenja u nekom kasnijem trenutku. Sukladno navedenom vidljivo je da se navedene jedinična cijena mogu smatrati samo kao orijentacijske vrijednosti gdje su navedene prosječne cijene cijevnog materijala, što je za potrebe ovakvog dokumenta zadovoljavajuće.

Tablica 6-8 Cijene spajanja 1 m cijevi (HRK)

Materijal	DN 250 (HRK)	DN 300 (HRK)
BE G ID	70,00 ¹⁾	70,00
SP G ID	40,00	70,00
PE G OD	31,00	37,00
PE R ID-Z	80,00 ¹⁾	80,00
PE R OD	25,00	32,00
PP R ID	25,00	32,00
PP R OD	25,00	32,00
PVC G OD	33,00	40,00

¹⁾ Sukladno obrazloženju iz poglavlja 6.1.2. potrebno je primijeniti cijev DN 300

Navedene vrijednosti u krajnosti služe orijentacijski te kao takve odstupaju po pojedinom proizvođaču. Ove vrijednosti se neuzimaju kao eliminirajući kriterij niti presudni faktor izbora cijevnog materijala.

6.2.1.2 Uvjeti za ugradbu cijevi

Ovisno o vrsti primijenjenog cijevnog materijala mijenjaju se i određeni uvjeti za ugradbu cijevi. Prvenstveno se, zbog razlika vanjskog profila pojedinih cijevi, posebno u slučajevima ojačanja rebrima, mijenja i potrebna minimalna širina rova.

U nastavku se za pojedine vrste i promjere cijevi, daju podaci o potrebnoj širini rova. Kod toga se napominje da je širina rova određena temeljem norme HRN EN 1610, za uvjete vertikalnog rova, uz proširenje od 2 x 0,15 m za razupornu konstrukciju.

Tablica 6-9 Odabrana širina rova prema normi HRN EN 1610 (m)

Materijal	DN 250 (m)	DN 300 (m)
BE G ID	1,43 ¹⁾	1,43
SP G ID	1,20	1,20
PE G OD	1,20	1,20
PE R ID-Z	1,30 ¹⁾	1,30
PE R OD	1,20	1,20
PP R ID	1,20	1,20

Materijal	DN 250 (m)	DN 300 (m)
PP R OD	1,20	1,20
PVC G OD	1,20	1,20

¹⁾ Sukladno obrazloženju iz poglavlja 6.1.2. potrebno je primijeniti cijev DN 300

6.2.1.3 Procjena troškova izgradnje

Iako naravno postoje razlike u cijenama nabave te polaganja i spajanja između pojedinih cijevnih materijala, potrebno je imati na umu da ovisno o ostalim uvjetima ugradnje (npr. dubina ugradnje, širine rova, položaj rova i sanacija zelene i/ili prometne površine i dr.) troškovi nabave i spajanja cijevi predstavljaju tek određeni postotak ukupnih troškova izgradnje nekog kanala, što prikazano i tablicom prikazanom u nastavku teksta koja je temeljena na DWA-M 159.

Tablica 6-10 Procjena udjela troškova u postocima izgradnje mreže za različite dubine ugradnje po metrima

Grupa troškova	Udio troškova u postocima (%) za dubinu ugradnje mreže u metrima		
	2,0 m	3,5 m	7,0 m
Iskop i razupiranje / podgrađivanje	33	49	70
Nabava, polaganje i osiguranje cijevi	15	11	6
Okna	12	11	9
Razbijanje i obnova prometne površine	27	20	10
Snižavanje razine vode	13	9	5

Sukladno navedenom može se pretpostaviti kako će se za područje aglomeracije Đurđenovac sama cijena koja uključuje nabavu, polaganje i osiguranje cijevi kretati između 10% do 15% od ukupnih troškova izgradnje mreže javne odvodnje.

U nastavku je radi usporedbe provedena gruba procjena troškova izgradnje 1 m kolektora na fiksnoj dubinu polaganja. Pod procijenjenim troškovima izgradnje se podrazumijevaju troškovi radova koji su izravno ili neizravno ovisni o primijenjenom profilu odnosno vrste cijevi. Na primjer izravno su ovisni radovi nabave, dopreme i montaže cijevi, a neizravno radovi iskopa, obnove prometnih površina i sl. U procjenu troškova izgradnje su bili uključeni radovi nabrojani u tablici u nastavku teksta.

Tablica 6-11 Analizirani radovi i primijenjene orijentacijske jedinične cijene

Rb.	Opis rada	Mj, jed.	Jed. Cijena (HRK)
1.	Strojno rušenje kolničke konstrukcije	m ²	20,00
2.	Strojno razbijanje i iskop u zemljištu „C“ kategorije	m ³	50,00
3.	Razupiranje rova	m ²	15,00
4.	Utovar i odvoz iskopa	m ³	30,00
5.	Planiranje dna rova	m ²	3,00
6.	Izrada podloge i obloge cijevi	m ³	120,00

Rb.	Opis rada	Mj, jed.	Jed. Cijena (HRK)
7.	Obnova podloge prometne površine	m ³	40,00
8.	Obnova prometne površine (asfalt)	m ²	200,00
9.	Glavno zatrpavanje (zamjenskim materijalom)	m ³	100,00
10.	Nabava i spajanje cijevi	m	Ovisno o vrsti i profilu cijevi

Kao što je vidljivo iz prethodne tablice, jedinične cijene nabave i spajanja cijevi ovisne su o profilu i vrsti cijevi. Za svaki razmatrani cijevni sustav i profil određene su veličine procijenjenih troškova izgradnje 1 m kanala za dubinu nivelete (od kote terena do unutarnjeg dna kanala) 3,35 m.

U nastavno priloženim tablicama navedene su količine analiziranih radova za pojedine razmatrane cijevne materijale/sustave (Tablica 6-21 – Tablica 6-19) te procjena troškova izgradnje dužnog metra cjevovoda za pojedine razmatrane cijevne materijale/sustave (Tablica 6-20).

Tablica 6-12 Količine analiziranih radova za BE G ID

Cijevni sustav	BE G ID	
	Nazivni promjer	DN 250 DN 300
Vanjski promjer (m)	0,430	0,430
Unutarnji promjer (m)	0,300	0,300
Širina rova (m)	1,430	1,430
Debljina podloge (m)	0,100	0,100
Dubina rova (m)	3,515	3,515
Visina zone cjevovoda (m)	0,730	0,730
Rušenje kolničke konstrukcije (m ²)	1,430	1,430
Iskop (m ³)	5,026	5,026
Razupiranje (m ²)	7,030	7,030
Odvoz iskopa (m ³)	5,026	5,026
Planiranje rova (m ²)	1,430	1,430
Podloga i obloga cijevi (m ³)	0,899	0,899
Nabava i spajanje cijevi (m)	1,000	1,000
Glavno zatrpavanje (m ³)	3,828	3,828
Obnova podloge (m ³)	0,300	0,300
Obnova asfalta (m ²)	1,430	1,430

Tablica 6-13 Količine analiziranih radova za SP G ID

Cijevni sustav	SP G ID	
	Nazivni promjer	DN 250 DN 300
Vanjski promjer (m)	0,272	0,324
Unutarnji promjer (m)	0,256	0,306
Širina rova (m)	1,200	1,200
Debljina podloge (m)	0,100	0,100
Dubina rova (m)	3,458	3,459
Visina zone cjevovoda (m)	0,572	0,624
Rušenje kolničke konstrukcije (m ²)	1,200	1,200
Iskop (m ³)	4,150	4,151
Razupiranje (m ²)	6,916	6,918
Odvoz iskopa (m ³)	4,150	4,151
Planiranje rova (m ²)	1,200	1,200
Podloga i obloga cijevi (m ³)	0,628	0,666
Nabava i spajanje cijevi (m)	1,000	1,000
Glavno zatrpavanje (m ³)	3,221	3,184
Obnova podloge (m ³)	0,300	0,300
Obnova asfalta (m ²)	1,200	1,200

Tablica 6-14 Količine analiziranih radova za PE G OD

Cijevni sustav	PE G OD	
	Nazivni promjer	DN 250 DN 300
Vanjski promjer (m)	0,250	0,315
Unutarnji promjer (m)	0,226	0,285
Širina rova (m)	1,200	1,200
Debljina podloge (m)	0,100	0,100
Dubina rova (m)	3,462	3,465
Visina zone cjevovoda (m)	0,550	0,615
Rušenje kolničke konstrukcije (m ²)	1,200	1,200
Iskop (m ³)	4,154	4,158
Razupiranje (m ²)	6,924	6,930
Odvoz iskopa (m ³)	4,154	4,158
Planiranje rova (m ²)	1,200	1,200
Podloga i obloga cijevi (m ³)	0,611	0,660

Cijevni sustav	PE G OD	
Nazivni promjer	DN 250	DN 300
Nabava i spajanje cijevi (m)	1,000	1,000
Glavno zatrpavanje (m ³)	3,243	3,198
Obnova podloge (m ³)	0,300	0,300
Obnova asfalta (m ²)	1,200	1,200

Tablica 6-15 Količine analiziranih radova za PE R ID

Cijevni sustav	PE R ID	
Nazivni promjer	DN 250	DN 300
Vanjski promjer (m)	0,371	0,371
Unutarnji promjer (m)	0,300	0,300
Širina rova (m)	1,300	1,300
Debljina podloge (m)	0,100	0,100
Dubina rova (m)	3,486	3,486
Visina zone cjevovoda (m)	0,671	0,671
Rušenje kolničke konstrukcije (m ²)	1,300	1,300
Iskop (m ³)	4,531	4,531
Razupiranje (m ²)	6,971	6,971
Odvoz iskopa (m ³)	4,531	4,531
Planiranje rova (m ²)	1,300	1,300
Podloga i obloga cijevi (m ³)	0,764	0,764
Nabava i spajanje cijevi (m)	1,000	1,000
Glavno zatrpavanje (m ³)	3,467	3,467
Obnova podloge (m ³)	0,300	0,300
Obnova asfalta (m ²)	1,300	1,300

Tablica 6-16 Količine analiziranih radova za PE R OD

Cijevni sustav	PE R OD	
Nazivni promjer	DN 250	DN 300
Vanjski promjer (m)	0,250	0,315
Unutarnji promjer (m)	0,214	0,271
Širina rova (m)	1,200	1,200
Debljina podloge (m)	0,100	0,100
Dubina rova (m)	3,468	3,472

Cijevni sustav	PE R OD	
	Nazivni promjer	DN 250 DN 300
Visina zone cjevovoda (m)	0,550	0,615
Rušenje kolničke konstrukcije (m ²)	1,200	1,200
Iskop (m ³)	4,162	4,166
Razupiranje (m ²)	6,936	6,944
Odvoz iskopa (m ³)	4,162	4,166
Planiranje rova (m ²)	1,200	1,200
Podloga i obloga cijevi (m ³)	0,611	0,660
Nabava i spajanje cijevi (m)	1,000	1,000
Glavno zatrpavanje (m ³)	3,251	3,206
Obnova podloge (m ³)	0,300	0,300
Obnova asfalta (m ²)	1,200	1,200

Tablica 6-17 Količine analiziranih radova za PP R ID

Cijevni sustav	PP R ID	
	Nazivni promjer	DN 250 DN 300
Vanjski promjer (m)	0,283	0,339
Unutarnji promjer (m)	0,248	0,297
Širina rova (m)	1,200	1,200
Debljina podloge (m)	0,100	0,100
Dubina rova (m)	3,468	3,471
Visina zone cjevovoda (m)	0,583	0,639
Rušenje kolničke konstrukcije (m ²)	1,200	1,200
Iskop (m ³)	4,161	4,165
Razupiranje (m ²)	6,935	6,942
Odvoz iskopa (m ³)	4,161	4,165
Planiranje rova (m ²)	1,200	1,200
Podloga i obloga cijevi (m ³)	0,637	0,677
Nabava i spajanje cijevi (m)	1,000	1,000
Glavno zatrpavanje (m ³)	3,224	3,189
Obnova podloge (m ³)	0,300	0,300
Obnova asfalta (m ²)	1,200	1,200

Tablica 6-18 Količine analiziranih radova za PP R OD

Cijevni sustav	PP R OD	
	Nazivni promjer	DN 250 DN 300
Vanjski promjer (m)	0,250	0,315
Unutarnji promjer (m)	0,235	0,296
Širina rova (m)	1,200	1,200
Debljina podloge (m)	0,100	0,100
Dubina rova (m)	3,458	3,460
Visina zone cjevovoda (m)	0,550	0,615
Rušenje kolničke konstrukcije (m ²)	1,200	1,200
Iskop (m ³)	4,149	4,151
Razupiranje (m ²)	6,915	6,919
Odvoz iskopa (m ³)	4,149	4,151
Planiranje rova (m ²)	1,200	1,200
Podloga i obloga cijevi (m ³)	0,611	0,660
Nabava i spajanje cijevi (m)	1,000	1,000
Glavno zatrpavanje (m ³)	3,238	3,191
Obnova podloge (m ³)	0,300	0,300
Obnova asfalta (m ²)	1,200	1,200

Tablica 6-19 Količine analiziranih radova za PVC G OD

Cijevni sustav	PVC G OD	
	Nazivni promjer	DN 250 DN 300
Vanjski promjer (m)	0,250	0,315
Unutarnji promjer (m)	0,235	0,297
Širina rova (m)	1,200	1,200
Debljina podloge (m)	0,100	0,100
Dubina rova (m)	3,458	3,459
Visina zone cjevovoda (m)	0,550	0,615
Rušenje kolničke konstrukcije (m ²)	1,200	1,200
Iskop (m ³)	4,149	4,151
Razupiranje (m ²)	6,915	6,918
Odvoz iskopa (m ³)	4,149	4,151
Planiranje rova (m ²)	1,200	1,200
Podloga i obloga cijevi (m ³)	0,611	0,660

Cijevni sustav	PVC G OD	
Nazivni promjer	DN 250	DN 300
Nabava i spajanje cijevi (m)	1,000	1,000
Glavno zatrpavanje (m ³)	3,238	3,191
Obnova podloge (m ³)	0,300	0,300
Obnova asfalta (m ²)	1,200	1,200

Tablica 6-20 Procjena jediničnih troškova izgradnje cjevovoda (HRK/m)

Materijal	DN 250 (HRK/m)	DN 300 (HRK/m)
BE G ID	1.549,08	1.549,08
SP G ID	1.377,83	1.448,84
PE G OD	1.279,47	1.357,19
PE R ID	1.467,36	1.467,36
PE R OD	1.214,95	1.243,91
PP R ID	1.220,34	1.339,00
PP R OD	1.277,36	1.375,84
PVC G OD	1.270,36	1.348,72

Potrebno je ponovno naglasiti kako su cijene nabave cijevi podložne značajnim promjenama i to u relativno kratkom razdoblju. Stoga izbor cijevnog materijala nikako ne smije biti temeljen na cijeni kao jedinom ili pretežitom kriteriju. Naime, cijena cijevnih materijala odnosno cijevnih sustava ovisna je, između ostalog i o potražnji cijevnog materijala i postojanju adekvatne konkurencije ili alternative, s toga prikazane vrijednosti cijene cijevnih materijala su isključivo orijentacijskog karaktera.

6.2.1.4 Trajnost cjevovoda

Thomas Sander u knjizi *Ökonomie der Abwasserbeseitigung*, pozivajući se na podatke ustanove LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) navodi da je prosječno trajanje korištenja kanala otpadnih voda 50 do 80 (100) godina.

A. P Moser u knjizi *Buried Pipe Design* navodi kako bi normalni projektni vijek cijevnih sustava (vodoopskrbe i odvodnje) trebao biti minimalno 50 godina. Međutim, navodi da 50 godina zapravo nije dovoljno dugo. Naime, zamjena cjelokupne infrastrukture ukopanih cjevovoda na 50-godišnjoj bazi jednostavno nije priuštiva. Na temelju čega zaključuje kako bi minimumom trebalo smatrati projektni vijek od 100 godina.

Proizvođači cijevi mogu garantirati za kvalitetu svojih proizvoda, ali ne mogu garantirati da će cijevi ispunjavati određene zahtjeve tijekom određenog vremenskog trajanja. Razlog tomu je što trajnost cijevi, nakon njihove ugradnje, nije samo funkcija cijevnog materijala, već je najvećim dijelom funkcija uvjeta opterećenja i okoliša kojima će biti podvrgnute. Na projektantu je odgovornost procijeniti sve faktore te izraditi projekt s predvidivim projektnim vijekom. Osim toga ključan je faktor ljudske greške

pri ugradnji i polaganju cijevnih materijala u zemlju te ostvarenju spojeva prema naputcima proizvođača.

Iako pojedini proizvođači navode drugačije u ovoj analizi korisni vijek pretpostavljen je kao jednoličan za primjenu svih plastičnih analiziranih cijevnih materijala (50 do 80 godina), neovisno o korištenoj sirovini, za kanalizacijske cijevi koje su proizvedene i ugrađene u skladu s primjenjivim standardima i pravilima struke, a namjenski su korištene. Jedino se može pretpostaviti da beton ima veći korisni vijek pod uvjetom redovitog održavanja sustava (do 100 godina). Problem kod trajnosti betonskih cijevi javlja se kod brtvenih elemenata na spojevima betonskih cijevi za koje se može pretpostaviti značajno kraći koristan vijek trajanja, tako da se po ovom pitanju trajnost svih analiziranih cijevi može smatrati kao jednaka.

6.2.1.5 Procjena troškova pogona, održavanja i sanacije

Procijenjeni troškovi u ovoj analizi ne predstavljaju ukupne troškove izgradnje cjevovoda/kanala, već dio troškova koji je izravno ili neizravno vezan za nabavku i ugradnju cijevnog materijala. Ukupni troškovi izgradnje svakako će biti veći od ovdje iskazanih.

Iz prethodnih obrada vidljivo je da svaki cijevni materijal odnosno cijevni sustav ima određenih prednosti i mana. Također postoje različita iskustva vezana uz primjenu određenog cijevnog sustava.

Vrlo često se kao odlučujući kriterij primjenjuje cijena cijevi. Međutim, na zahtijevani vijek korištenja kanalizacijskog sustava utječu mnogi čimbenici i rubni uvjeti, te sama cijena cijevi ne smije biti odlučujuća.

Ostali čimbenici i rubni uvjeti se odražavaju u troškovima pogona i održavanja kanalizacijske mreže te troškovima potrebe za sanacijama i popravcima tijekom pogonskog vijeka građevine. Procjena ovih troškova bitno je teža, jer nedostaju adekvatni podaci.

U procjenu troškova pogona i održavanja po dužnom metru kanala polazi se od pretpostavke osnovne cijene održavanja u iznosu od 10,50 kn/m. Iako bi osnovnu procjenu trebalo korigirati te povećati ovisno o primjeni različitih materijala koji mogu utjecati na promjenu nivelete (u funkciji uzdužne krutosti cjevovoda), zbog nedovoljnih podataka i ispitivanja pretpostavljena cijena se mora primijeniti na sve materijale. Stoga na kraju analize ne bi bilo nikakve razlike između pojedinih vrsta cijevnih materijala.

Općenito, cjevovodi za odvodnju otpadnih voda su dugovječne građevine. Vijek korištenja tih građevina trebao bi iznositi minimalno 50 godina, u povoljnim uvjetima i uz optimalno održavanje ovaj vijek može biti i preko 80 godina.

Za određeni dio cjevovoda, tijekom njihova vijeka korištenja pojaviti će se potreba za njihovom sanacijom. Procjena koja se odnosi na Saveznu Republiku Njemačku prema istraživanju iz 2015. godine (State of the Sewer System in Germany, Results of the DWA survey 2015., Berger i sur.) definira prosječnu potrebu za sanacijom i rekonstrukcijom od 1,1 % od ukupne kanalizacijske mreže godišnje. Ispitivanje je izvršeno za ekvivalent kanalizacijskog sustava koji odgovara 27,9% ukupnog sustava

kućanskih otpadnih voda u Njemačkoj, te je važno napomenuti kako je na temelju istog istraživanja zaključeno da je prosječna starost cjevovoda koji su korišteni u analizi u prosjeku manja od 40 godina.

Na temelju navedenog podatka, a s obzirom da se ovdje radi o novoj kanalizaciji u konkretnoj procjeni troškova sanacije kanala polazi se od pretpostavke da će se tijekom osnovnog (minimalnog) vijeka korištenja od 50 godina pojavljivati potreba za sanacijom kanala, te da će se provedenim sanacijama ukupan vijek korištenja povećati na 80 godina. Pretpostavlja se da će postojati osnovna potreba za sanacijom od 0,5% kanala po godini koja će se potom povećati do 1,1% u 40 godini odnosno 1,5% godišnje u 80 godini. Kako se ove vrijednosti u nedostatku dodatnih podataka mogu primijeniti na sve cjevovode isto se neće dalje analizirati u sklopu ovog dokumenta.

Tablica 6-21 Procjena potrebe za sanacijom cjevovoda definirana po godinama u postotcima (%)

PROCJENA POTREBE ZA SANACIJOM	
Vijek trajanja	Procjena prosječna sanacija i rekonstrukcija po godini u odnosu na ukupnu dužinu mreže (%)
0 – 25 godina	0,5
25 – 50 godina	1,1
> 50 godina	1,5

Važno je napomenuti kako su gore navedene vrijednosti samo pretpostavke definirane na temelju iskustva kao i na temelju dostupnih analiza i stručnih radova. Zbog malog broja dostupnih podataka teško je usporediti i kvantificirati potrebu za sanacijom i rekonstrukcijom između pojedinog cijevnog materijala.

Stoga je jedino moguće koristiti iskustva IVU-a na uslužnom području koja su već ranije obrađena u ovom dokumentu. Generalno se može zaključiti da u prisutnim odnosno očekivanim uvjetima pogona svakako prednost treba dati cijevnim sustavima s glatkom stjenkom, te onim cijevima koje posjeduju veću uzdužnu krutost, otpornost na habanje te otpornost na kemijske utjecaje otpadnih voda. Za takve se cijevi mogu očekivati najmanji problemi u budućnosti to jest najmanji troškovi pogona i održavanja odnosno sanacije. Kako je ovu spoznaju teško kvantificirati i dokazati za predmetno područje jednaka će se ocjena po pitanju procjene troškova pogona, održavanja i sanacije dodijeliti svim cijevnim materijalima. Također treba napomenuti i da korištenjem kvalitetnijeg cijevnog materijala se značajno smanjuje vrijednost investicije u vremenu jer odabir kvalitetnog materijala dovodi do manjih troškova održavanja i sanacije/rekonstrukcije u periodu cijelog trajanja projekta.

6.2.2 Zastupljenost cijevnog materijala u sustavu

Na uslužnom području Vodorada d.o.o. prema dostavljenim informacijama postoji veliki broj različitih cijevnih materijala tako da se po tom pitanju niti jednom materijalu neće dati posebna prednost nad ostalima.

6.2.3 Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja

Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja su u potpunosti omogućeni za sve analizirane cijevne materijale. Na tržištu postoji veći broj proizvođača analiziranih cijevnih materijala.

6.3 Ekološki elementi odabira

Kako je i ranije navedeno izgradnja mreže sustava javne odvodnje je generalno pozitivan utjecaj na okoliš. Uslijed izgradnje sustava sa pripadajućim UPOV-om direktno će se smanjiti pronos onečišćenja sa predmetnog područja koji nastaje antropogenim djelovanjem (kućanstva, privreda i sl.).

Općenito se ne očekuju veliki utjecaji na okoliš i prirodu u procesu izgradnje mreže, poglavito što su sve trase položene na javnim česticama koje se kreću prometnim površinama, putevima, stazama, bankinama i u zelenom području između prometnica i stambenih objekata. U globalu cijevi koje zahtijevaju manju širinu rova i čija je izgradnja brža imat će manje negativnog utjecaja na okoliš i prirodna staništa.

Uslijed pogona i održavanja kako je i ranije rečeno očekuju se isključivo pozitivni utjecaji na okoliš. Također po pitanju trajnosti građevine se svi materijali kreću u sličnim granicama (50 do 80 godina), od koji se jedino za betonske cijevi može očekivati trajanje i do 100 godina uz problem sa trajnošću spojeva na velikom broju brtvenih spojeva koje traju znatno kraće od samog vijeka trajanja cjevovoda.

U pogledu uklanjanja radi zamjene ili izgradnje novog dijela sustava plastični materijali su značajno povoljniji kako je nakon njihovog vađenja iste moguće u potpunosti reciklirati, što nije slučaj kod drugih materijala koje je potrebno pravilno zbrinuti sukladno Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN 094/2013), odnosno Pravilniku o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (NN069/2016).

6.4 Primjena AHP metode odlučivanja

U ovom poglavlju zaključno se analizira i ocjenjuje prihvatljivost cijevnog materijala u skladu sa dokumentom "Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomski najpovoljnije ponude, primjeri dobre prakse" Poglavlje 1, Podpoglavlje 1.2. Izbor cijevnog materijala - dopuna; Tehno - ekonomska analiza odabira cijevnog materijala (Hrvatske vode, 2018.).

Zbog velikog tržišnog izbora različitih materijala korištenih kod gravitacijskih sustava javne odvodnje, ova je analiza provedena značajno opsežnije nego ostale u sklopu ove tehno-ekonomske analize.

U nastavku je stoga prikazan sažetak provedene AHP metode (Analytic Hierarchy Process) koju je razvio Tomas Saaty. U navedenoj metodi koristi se hijerarhijska struktura, na vrhu strukture je cilj što u ovom slučaju predstavlja odabir optimalnog cijevnog materijala. Na prvoj razini ispod cilja su glavni elementi (kriteriji) što u slučaju tehno-ekonomske analize predstavljaju: tehnički, ekonomski i ekološki kriterij. Na sljedećoj razini nalaze se podelementi (podkriteriji) podkriteriji u sklopu svakog od analiziranih elemenata, a na najnižoj razini su alternative (analizirani cijevni materijali).

Svi kriteriji, podkriteriji i alternative ocjenjuju se u parovima, uz pomoć AHP metode može se pristupiti rješavanju vrlo kompleksnih problema odlučivanja, a velika prednost metode je ta što se mogu uključiti kriteriji i alternative sa kvalitativnim i kvantitativnim iznosima. U primjeni cijele metode držati će se konzistentnosti odlučivanja poglavito pri definiranju ocjena Saaty-eve skale.

U početnom dijelu analize koji je obrađen kroz poglavlja 6.1. do 6.3. definirane su sve prednosti i mane analiziranih cijevnih materijala posebno za svaki analizirani element i podelement na temelju čega će se u nastavku AHP metode provesti ocjena prioriteta između svih analiziranih parova. Na temelju ranije navedenih praktičnih, teorijskih i iskustvenih znanja kao i kvantitativnih vrijednosti u nastavku će se jasno moći definirati intenzitet odnosa između pojedinih parova elementa unutar Saaty-eve skale od 9 podjela.

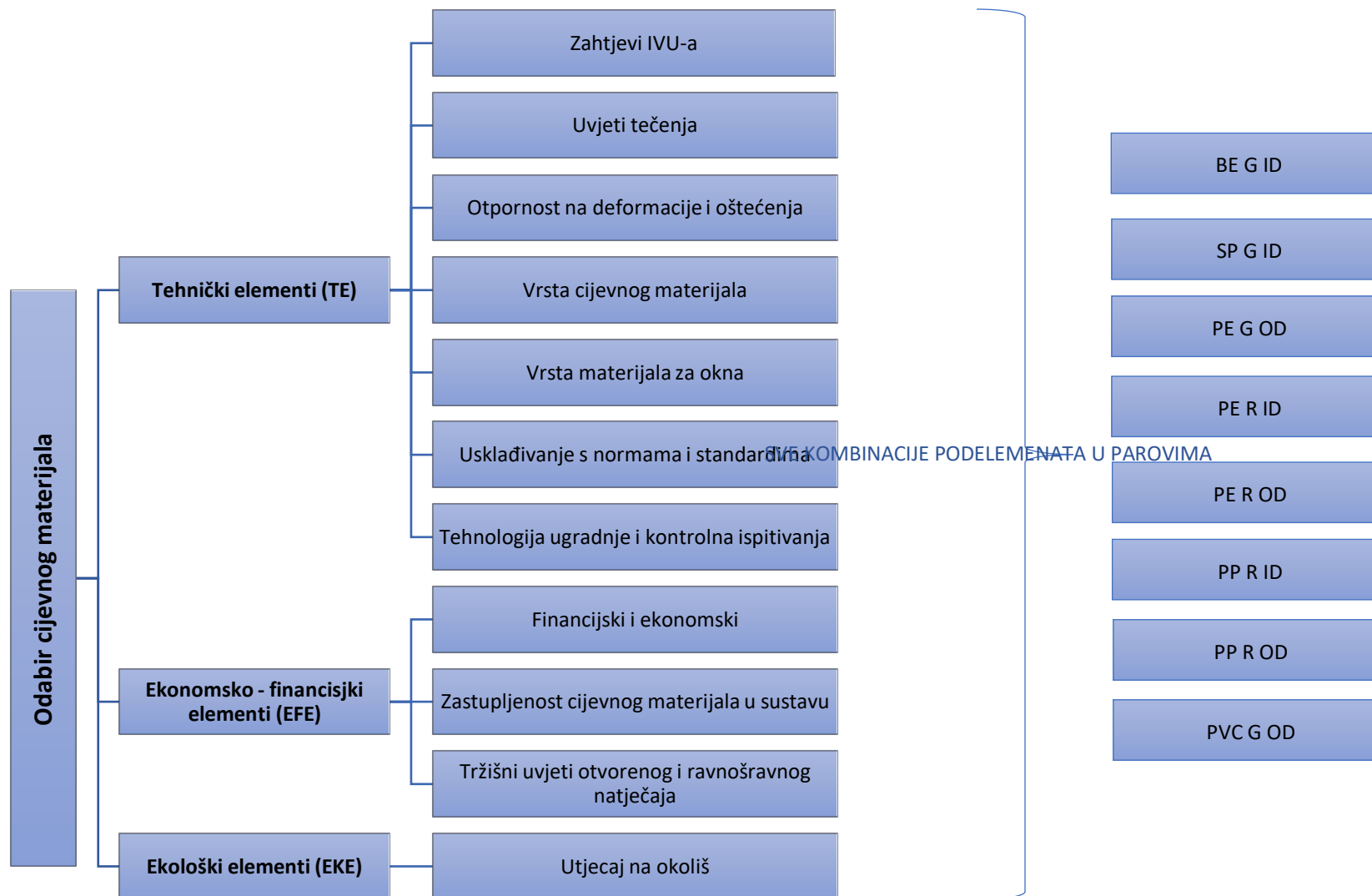
Tablica 6-22 Saaty-eva skala

OCJENA PRIORITETA	OPISNA OCJENA PRIORITETA	OBJAŠNENJE
1	Jednaki prioriteti	Dva kriterija jednako doprinose cilju
2	<i>Jednaki do umjereni prioriteti *</i>	
3	Umjereni prioriteti	<i>Na temelju iskustva i procjene daje se umjerena prednost jednom kriteriju u odnosu na drugi</i>
4	<i>Umjereni do jaki prioriteti *</i>	
5	Jaki prioriteti	Na temelju iskustva i procjene favorizira se jedan kriterij u odnosu na drugi
6	<i>Jaki do vrlo jaki prioriteti *</i>	
7	Vrlo jaki prioriteti	Jedan kriterij izrazito se favorizira u odnosu na drugi; njegova dominacija dokazuje se u praksi
8	<i>Vrlo jaki do apsolutni prioriteti *</i>	
9	Apsolutni prioriteti	Dokazi na temelju kojih se favorizira jedan kriterij u odnosu na drugi potvrđeni su s najvećom uvjerljivošću

* 2,4,6 i 8 predstavljaju među vrijednosti ocjena važnosti.

Na samom početku poglavlja 6. provedena je struktura problema koja će u nastavku biti i grafički prikazana, a počinje s ciljem odabira optimalnog cijevnog materijala na vrhu i spušta se do analiziranih mogućnosti odabira cijevnog materijala prolazenjem kroz sve definirane elemente (kriterije) i podelemente.

Tablica 6-23 Struktura analize izbora cijevnog materijala kroz AHP metodu



6.4.1 Određivanje najznačajnijeg elementa

U ovom dijelu će biti definirano određivanje najznačajnijeg elementa (kriterija). U analizu ulazi tehnički element (TE), ekonomsko-financijski (EFK) i ekološki element (EKE). Dodjeljuju im se vrijednosti prema Saaty-evoj skali analizirane po parovima kako je prikazano matičnim prikazom.

	TE	EFE	EKE
TE	1,00	3,00	5,00
EFE	0,33	1,00	5,00
EKE	0,20	0,20	1,00

Prvo množenje matrica odlučivanja:

$$\begin{bmatrix} 1,00 & 3,00 & 5,00 \\ 0,33 & 1,00 & 5,00 \\ 0,20 & 0,20 & 1,00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1,00 & 3,00 & 5,00 \\ 0,33 & 1,00 & 5,00 \\ 0,20 & 0,20 & 1,00 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,00 & 7,00 & 25,00 \\ 1,67 & 3,00 & 11,67 \\ 0,47 & 1,00 & 3,00 \end{bmatrix}$$

Određivanje 1. vektorskog prioriteta:

- Sumiranje redova matrice

$$\begin{array}{rcl}
 \begin{bmatrix} 3,00 & + & 7,00 & + & 25,00 \\ 1,67 & + & 3,00 & + & 11,67 \\ 0,47 & + & 1,00 & + & 3,00 \end{bmatrix} & = & \begin{array}{l} 35,00 \\ 16,33 \\ 4,47 \end{array} \\
 & & \hline
 & = & 55,80
 \end{array}$$

- Normalizacija sume redova

$$\begin{bmatrix} 0,63 \\ 0,29 \\ 0,08 \end{bmatrix}$$

Drugo množenje matrice odlučivanja:

$$\begin{bmatrix} 3,00 & 7,00 & 25,00 \\ 1,67 & 3,00 & 11,67 \\ 0,47 & 1,00 & 3,00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 3,00 & 7,00 & 25,00 \\ 1,67 & 3,00 & 11,67 \\ 0,47 & 1,00 & 3,00 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 32,33 & 67,00 & 231,67 \\ 15,44 & 32,33 & 111,67 \\ 4,47 & 9,27 & 32,33 \end{bmatrix}$$

Određivanje 2. vektorskog prioriteta:

- Sumiranje redova matrice

$$\begin{bmatrix} 32,33 & + & 67,00 & + & 231,67 \\ 15,44 & + & 32,33 & + & 111,67 \\ 4,47 & + & 9,27 & + & 32,33 \end{bmatrix} \begin{matrix} = 331,00 \\ = 159,44 \\ = 46,07 \end{matrix}$$

$$= 536,51$$

- Normalizacija sume redova

$$\begin{bmatrix} 0,62 \\ 0,30 \\ 0,09 \end{bmatrix}$$

Izračun razlike vektorskih prioriteta:

$$\begin{bmatrix} 0,63 \\ 0,29 \\ 0,08 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,62 \\ 0,30 \\ 0,09 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,01 \\ -0,01 \\ -0,01 \end{bmatrix}$$

Zbog malih iznosa vektora razlika nije potrebno daljnje izračunavanje vektora prioriteta!

Određivanje najznačajnijeg kriterija:

	TE	EFE	EKE	
TE	1,00	3,00	5,00	$\begin{bmatrix} 0,62 \\ 0,30 \\ 0,09 \end{bmatrix}$
EFE	0,33	1,00	5,00	
EKE	0,20	0,20	1,00	

MATRICA ODLUČIVANJA

VEKTOR PRIORITETA

Tehnički element (kriterij) određen je kao najznačajniji. Razlog tomu je što tehnički kriteriji imaju sami po sebi direktan i značajan utjecaj na ekonomsko-financijski element. Vrsta i karakteristike cijevnih materijala koje predstavljaju tehničke kriterije direktno su vezani sa održavanjem i upravljanjem mreže. Načini ugradnje, polaganja, zbijanja i zatrpavanja cijevi utječu na investicijske troškove tako da je velikim dijelom ekonomsko-financijski element pod utjecajem tehničkog elementa što se vidi i iz priloženog.

S druge strane ekološki element iako je inače bitan aspekt, niti jedan od analiziranih cijevnih materijala nema negativan utjecaj na prirodu i okoliš. Te su svi materijali izuzev betonskih cijevi mogu u potpunosti reciklirati. Kako je ovaj kriterij gotovo identičan za sve materijale te nije pod utjecajem ostataka analize vidljivo je kako mu je i vrijednost vektorskog prioriteta najmanja.

6.4.2 Određivanje najznačajnijeg podelementa

6.4.2.1 Tehnički podelementi

U nastavku će pod navedenim brojevima biti analizirani sljedeći podelementi obuhvaćeni tehničkim elementima odabira.

Oznaka podelementa	Tehnički podelement
TE1	Zahtjevi IVU-a
TE2	Uvjeti tečenja
TE3	Otpornost na deformacije i oštećenja
TE4	Vrsta cijevnog materijala
TE5	Vrsta materijala za okna
TE6	Usklađivanje s normama i standardima
TE7	Tehnologija ugradnje i kontrola ispitivanja

	TE1	TE2	TE3	TE4	TE5	TE6	TE7
TE1	1,00	3,00	0,33	1,00	9,00	9,00	1,00
TE2	0,33	1,00	0,33	0,33	9,00	9,00	0,20
TE3	3,00	3,00	1,00	1,00	9,00	9,00	1,00
TE4	1,00	3,00	1,00	1,00	9,00	9,00	1,00
TE5	0,11	0,11	0,11	0,11	1,00	1,00	0,11
TE6	0,11	0,11	0,11	0,11	1,00	1,00	0,11
TE7	1,00	5,00	1,00	1,00	9,00	9,00	1,00

**Prvo množenje matrica odlučivanja:**

$$\begin{bmatrix} 1,00 & 3,00 & 0,33 & 1,00 & 9,00 & 9,00 & 1,00 \\ 0,33 & 1,00 & 0,33 & 0,33 & 9,00 & 9,00 & 0,20 \\ 3,00 & 3,00 & 1,00 & 1,00 & 9,00 & 9,00 & 1,00 \\ 1,00 & 3,00 & 1,00 & 1,00 & 9,00 & 9,00 & 1,00 \\ 0,11 & 0,11 & 0,11 & 0,11 & 1,00 & 1,00 & 0,11 \\ 0,11 & 0,11 & 0,11 & 0,11 & 1,00 & 1,00 & 0,11 \\ 1,00 & 5,00 & 1,00 & 1,00 & 9,00 & 9,00 & 1,00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1,00 & 3,00 & 0,33 & 1,00 & 9,00 & 9,00 & 1,00 \\ 0,33 & 1,00 & 0,33 & 0,33 & 9,00 & 9,00 & 0,20 \\ 3,00 & 3,00 & 1,00 & 1,00 & 9,00 & 9,00 & 1,00 \\ 1,00 & 3,00 & 1,00 & 1,00 & 9,00 & 9,00 & 1,00 \\ 0,11 & 0,11 & 0,11 & 0,11 & 1,00 & 1,00 & 0,11 \\ 0,11 & 0,11 & 0,11 & 0,11 & 1,00 & 1,00 & 0,11 \\ 1,00 & 5,00 & 1,00 & 1,00 & 9,00 & 9,00 & 1,00 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7,00 & 17,00 & 5,67 & 6,33 & 75,00 & 75,00 & 5,93 \\ 4,20 & 7,00 & 3,31 & 3,53 & 37,80 & 37,80 & 3,40 \\ 11,00 & 25,00 & 7,00 & 9,00 & 99,00 & 99,00 & 8,60 \\ 9,00 & 19,00 & 6,33 & 7,00 & 81,00 & 81,00 & 6,60 \\ 0,93 & 1,89 & 0,63 & 0,70 & 7,00 & 7,00 & 0,69 \\ 0,93 & 1,89 & 0,63 & 0,70 & 7,00 & 7,00 & 0,69 \\ 9,67 & 21,00 & 7,00 & 7,67 & 99,00 & 99,00 & 7,00 \end{bmatrix}$$

Određivanje 1. vektorskog prioriteta:

- Sumiranje redova matrice

$$\begin{array}{rcl}
 \begin{bmatrix} 7,00 & + & 17,00 & + & 5,67 & + & 6,33 & + & 75,00 & + & 75,00 & + & 5,93 \\ 4,20 & + & 7,00 & + & 3,31 & + & 3,53 & + & 37,80 & + & 37,80 & + & 3,40 \\ 11,00 & + & 25,00 & + & 7,00 & + & 9,00 & + & 99,00 & + & 99,00 & + & 8,60 \\ 9,00 & + & 19,00 & + & 6,33 & + & 7,00 & + & 81,00 & + & 81,00 & + & 6,60 \\ 0,93 & + & 1,89 & + & 0,63 & + & 0,70 & + & 7,00 & + & 7,00 & + & 0,69 \\ 0,93 & + & 1,89 & + & 0,63 & + & 0,70 & + & 7,00 & + & 7,00 & + & 0,69 \\ 9,67 & + & 21,00 & + & 7,00 & + & 7,67 & + & 99,00 & + & 99,00 & + & 7,00 \end{bmatrix} & = & \begin{array}{l} 191,93 \\ 97,04 \\ 258,60 \\ 209,93 \\ 18,84 \\ 18,84 \\ 250,33 \end{array} \\
 & & \hline
 & = & 1045,52
 \end{array}$$



- Normalizacija sume redova

0,18
0,09
0,25
0,20
0,02
0,02
0,24

Drugo množenje matrice odlučivanja:

$$\begin{bmatrix} 7,00 & 17,00 & 5,67 & 6,33 & 75,00 & 75,00 & 5,93 \\ 4,20 & 7,00 & 3,31 & 3,53 & 37,80 & 37,80 & 3,40 \\ 11,00 & 25,00 & 7,00 & 9,00 & 99,00 & 99,00 & 8,60 \\ 9,00 & 19,00 & 6,33 & 7,00 & 81,00 & 81,00 & 6,60 \\ 0,93 & 1,89 & 0,63 & 0,70 & 7,00 & 7,00 & 0,69 \\ 0,93 & 1,89 & 0,63 & 0,70 & 7,00 & 7,00 & 0,69 \\ 9,67 & 21,00 & 7,00 & 7,67 & 99,00 & 99,00 & 7,00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 7,00 & 17,00 & 5,67 & 6,33 & 75,00 & 75,00 & 5,93 \\ 4,20 & 7,00 & 3,31 & 3,53 & 37,80 & 37,80 & 3,40 \\ 11,00 & 25,00 & 7,00 & 9,00 & 99,00 & 99,00 & 8,60 \\ 9,00 & 19,00 & 6,33 & 7,00 & 81,00 & 81,00 & 6,60 \\ 0,93 & 1,89 & 0,63 & 0,70 & 7,00 & 7,00 & 0,69 \\ 0,93 & 1,89 & 0,63 & 0,70 & 7,00 & 7,00 & 0,69 \\ 9,67 & 21,00 & 7,00 & 7,67 & 99,00 & 99,00 & 7,00 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 493,51 & 1074,76 & 245,29 & 361,67 & 4043,40 & 4043,40 & 475,99 \\ 269,06 & 601,51 & 131,66 & 199,20 & 2245,80 & 2245,80 & 258,99 \\ 1259,93 & 2685,44 & 650,04 & 930,17 & 10436,76 & 10436,76 & 1214,04 \\ 613,67 & 1350,12 & 311,24 & 458,79 & 5191,08 & 5191,08 & 590,07 \\ 60,10 & 133,23 & 30,70 & 45,41 & 517,11 & 517,11 & 57,69 \\ 60,10 & 133,23 & 30,70 & 45,41 & 517,11 & 517,11 & 57,69 \\ 566,31 & 1225,77 & 280,22 & 411,75 & 4580,52 & 4580,52 & 546,87 \end{bmatrix}$$

**Određivanje 1. vektorskog prioriteta:**

- Sumiranje redova matrice

435,98	+	907,93	+	311,71	+	350,78	+	3879,00	+	3879,00	+	334,73	=	10099,13
229,89	+	484,51	+	163,93	+	185,13	+	2059,40	+	2059,40	+	176,40	=	5358,66
606,47	+	1262,60	+	435,98	+	489,27	+	5429,40	+	5429,40	+	466,47	=	14119,58
489,27	+	1021,93	+	350,78	+	394,73	+	4374,60	+	4374,60	+	376,47	=	11382,38
47,30	+	98,99	+	34,00	+	38,26	+	426,38	+	426,38	+	36,44	=	1107,75
47,30	+	98,99	+	34,00	+	38,26	+	426,38	+	426,38	+	36,44	=	1107,75
552,87	+	1153,00	+	395,53	+	445,09	+	4911,80	+	4911,80	+	424,96	=	12795,04
													=	55970,29



- Normalizacija sume redova

$$\begin{bmatrix} 0,18 \\ 0,10 \\ 0,25 \\ 0,20 \\ 0,02 \\ 0,02 \\ 0,23 \end{bmatrix}$$

Izračun razlike vektorskih prioriteta:

$$\begin{bmatrix} 0,18 \\ 0,09 \\ 0,25 \\ 0,20 \\ 0,02 \\ 0,02 \\ 0,24 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,18 \\ 0,09 \\ 0,25 \\ 0,20 \\ 0,02 \\ 0,02 \\ 0,24 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,003 \\ -0,003 \\ 0,005 \\ -0,003 \\ -0,002 \\ -0,002 \\ 0,011 \end{bmatrix}$$

Zbog malih iznosa vektora razlika nije potrebno daljnje izračunavanje vektora prioriteta!

**Određivanje najznačajnijeg tehničkog podelementa:**

	TE1	TE2	TE3	TE4	TE5	TE6	TE7	
TE1	1,00	3,00	0,33	1,00	9,00	9,00	1,00	0,180
TE2	0,33	1,00	0,33	0,33	9,00	9,00	0,20	0,096
TE3	3,00	3,00	1,00	1,00	9,00	9,00	5,00	0,252
TE4	1,00	3,00	1,00	1,00	9,00	9,00	1,00	0,203
TE5	0,11	0,11	0,11	0,11	1,00	1,00	0,11	0,020
TE6	0,11	0,11	0,11	0,11	1,00	1,00	0,11	0,020
TE7	1,00	5,00	1,00	1,00	9,00	9,00	1,00	0,229

MATRICA ODLUČIVANJA

VEKTOR PRIORITETA

6.4.2.2 Ekonomsko-financijski podelementi

U nastavku će pod navedenim brojevima biti analizirani sljedeći podelementi obuhvaćeni ekonomsko-financijskim elementima odabira.

Oznaka podelementa	Ekonomsko-financijski podelement
EF1	Financijski i ekonomski elementi odabira
EF2	Zastupljenost cijevnog materijala
EF3	Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog

	EF1	EF2	EF3
EF1	1,00	9,00	9,00
EF2	0,11	1,00	3,00
EF3	0,11	0,11	1,00

Prvo množenje matrica odlučivanja:

$$\begin{bmatrix} 1,00 & 9,00 & 9,00 \\ 0,11 & 1,00 & 3,00 \\ 0,11 & 0,11 & 1,00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1,00 & 9,00 & 9,00 \\ 0,11 & 1,00 & 3,00 \\ 0,11 & 0,11 & 1,00 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,00 & 19,00 & 45,00 \\ 0,56 & 2,33 & 7,00 \\ 0,28 & 1,22 & 2,33 \end{bmatrix}$$

Određivanje 1. vektorskog prioriteta:

- Sumiranje redova matrice

$$\begin{array}{rcl}
 \begin{bmatrix} 3,00 & + & 19,00 & + & 45,00 \\ 0,56 & + & 2,33 & + & 7,00 \\ 0,28 & + & 1,22 & + & 2,33 \end{bmatrix} & = & \begin{array}{l} 67,00 \\ 9,89 \\ 3,79 \end{array} \\
 & & \hline
 & = & 80,68
 \end{array}$$

- Normalizacija sume redova

$$\begin{bmatrix} 0,83 \\ 0,12 \\ 0,05 \end{bmatrix}$$

Drugo množenje matrice odlučivanja:

$$\begin{bmatrix} 3,00 & 19,00 & 45,00 \\ 0,56 & 2,33 & 7,00 \\ 0,23 & 1,22 & 2,33 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 3,00 & 19,00 & 45,00 \\ 0,56 & 2,33 & 7,00 \\ 0,23 & 1,22 & 2,33 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 30,11 & 156,33 & 373,00 \\ 4,60 & 24,56 & 57,67 \\ 1,93 & 10,16 & 24,56 \end{bmatrix}$$

Određivanje 2. vektorskog prioriteta:

- Sumiranje redova matrice

$$\begin{bmatrix} 30,11 & + & 156,33 & + & 373,00 \\ 4,60 & + & 24,56 & + & 57,67 \\ 1,93 & + & 10,16 & + & 24,56 \end{bmatrix} \begin{matrix} = 559,44 \\ = 86,83 \\ = 36,65 \end{matrix}$$

$$= 682,92$$

- Normalizacija sume redova

$$\begin{bmatrix} 0,82 \\ 0,13 \\ 0,05 \end{bmatrix}$$

Izračun razlike vektorskih prioriteta:

$$\begin{bmatrix} 0,83 \\ 0,12 \\ 0,05 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,82 \\ 0,13 \\ 0,05 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,01 \\ 0,00 \\ -0,01 \end{bmatrix}$$

Zbog malih iznosa vektora razlika nije potrebno daljnje izračunavanje vektora prioriteta!

Određivanje najznačajnijeg kriterija:

	TE	EFE	EKE	
TE	1,00	9,00	9,00	$\begin{bmatrix} 0,82 \\ 0,13 \\ 0,05 \end{bmatrix}$
EFE	0,11	1,00	3,00	
EKE	0,11	0,11	1,00	

MATRICA ODLUČIVANJA

VEKTOR PRIORITETA

6.4.2.3 Ekološki podelementi

Kako je po pitanju ekološkog elementa analiziran samo utjecaj na okoliš, odnosno kako on nema posebne podelemente, ovdje nema potrebe za daljnjom analizom nego će se vrijednost samog ekološkog elementa računati s prvotno definiranim vektorom prioriteta.

6.4.3 Određivanje prioriteta cijevnih materijala po elementima i podelementima

U ovom dijelu će se u parovima međusobno analizirati pojedine alternative, odnosno pojedini analizirani cijevni materijali. Definicija matrica odlučivanja formira se u parovima zasebno za svaki od analiziranih elemenata odnosno podelemenata za sve cijevne materijale. Općenito je broj hijerarhijskih razina neograničen, ali njihovim povećanjem problem odlučivanja postaje značajno složeniji. To će zbog velikog broja podelemenata i analiziranih cijevnih materijala biti slučaj i u sklopu analize provedene u nastavku.

Oznaka cijevnog materijala	Cijevni materijal
BE G ID	Betonska glatka cijev, unutarnjeg nazivnog promjera (utični spoj)
SP G ID	Stakloplastika glatka, unutarnjeg nazivnog promjera (utični spoj)
PE G OD	Polietilen visoke gustoće glatki, vanjskog nazivnog promjera (zavarivanje)
PE R ID	Polietilen korugirani, unutarnjeg nazivnog promjera (zavarivanje)
PE R OD	Polietilen korugirani, vanjskog nazivnog promjera (utični spoj)
PP R ID	Polipropilen korugirani, unutarnjeg nazivnog promjera (utični spoj)
PP R OD	Polipropilen korugirani, vanjskog nazivnog promjera (utični spoj)
PVC G OD	Polivinil klorid glatki, vanjskog nazivnog promjera (utični spoj)

Nastavno će se prikazati provedena AHP metoda po podelementima i elementima za sve analizirane cijevne materijale koji predstavljaju alternativna rješenja.

**6.4.3.1 Tehnički element – Zahtjevi IVU-a**

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD
BE G ID	1,00	0,20	0,33	0,33	4,00	4,00	4,00	0,20
SP G ID	5,00	1,00	3,00	3,00	7,00	7,00	7,00	2,00
PE G OD	3,00	0,33	1,00	1,00	5,00	5,00	5,00	0,33
PE R ID	3,00	0,33	1,00	1,00	5,00	5,00	5,00	0,33
PE R OD	0,25	0,14	0,20	0,20	1,00	1,00	1,00	0,14
PP R ID	0,25	0,14	0,20	0,20	1,00	1,00	1,00	0,14
PP R OD	0,25	0,14	0,20	0,20	1,00	1,00	1,00	0,14
PVC G OD	5,00	0,50	3,00	3,00	7,00	7,00	7,00	1,00

**Prvo množenje matrice odlučivanja**

$$\begin{bmatrix}
 1,00 & 0,20 & 0,33 & 0,33 & 4,00 & 4,00 & 4,00 & 0,20 \\
 5,00 & 1,00 & 3,00 & 3,00 & 7,00 & 7,00 & 7,00 & 2,00 \\
 3,00 & 0,33 & 1,00 & 1,00 & 5,00 & 5,00 & 5,00 & 0,33 \\
 3,00 & 0,33 & 1,00 & 1,00 & 5,00 & 5,00 & 5,00 & 0,33 \\
 0,25 & 0,14 & 0,20 & 0,20 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 0,14 \\
 0,25 & 0,14 & 0,20 & 0,20 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 0,14 \\
 0,25 & 0,14 & 0,20 & 0,20 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 0,14 \\
 5,00 & 0,50 & 3,00 & 3,00 & 7,00 & 7,00 & 7,00 & 1,00
 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix}
 1,00 & 0,20 & 0,33 & 0,33 & 4,00 & 4,00 & 4,00 & 0,20 \\
 5,00 & 1,00 & 3,00 & 3,00 & 7,00 & 7,00 & 7,00 & 2,00 \\
 3,00 & 0,33 & 1,00 & 1,00 & 5,00 & 5,00 & 5,00 & 0,33 \\
 3,00 & 0,33 & 1,00 & 1,00 & 5,00 & 5,00 & 5,00 & 0,33 \\
 0,25 & 0,14 & 0,20 & 0,20 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 0,14 \\
 0,25 & 0,14 & 0,20 & 0,20 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 0,14 \\
 0,25 & 0,14 & 0,20 & 0,20 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 0,14 \\
 5,00 & 0,50 & 3,00 & 3,00 & 7,00 & 7,00 & 7,00 & 1,00
 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix}
 8,00 & 2,44 & 4,60 & 4,60 & 22,13 & 22,13 & 22,13 & 2,74 \\
 43,25 & 8,00 & 20,87 & 20,87 & 92,00 & 92,00 & 92,00 & 10,00 \\
 16,08 & 3,91 & 8,00 & 8,00 & 41,67 & 41,67 & 41,67 & 4,41 \\
 16,08 & 3,91 & 8,00 & 8,00 & 41,67 & 41,67 & 41,67 & 4,41 \\
 3,63 & 0,83 & 1,94 & 1,94 & 8,00 & 8,00 & 8,00 & 1,04 \\
 3,63 & 0,83 & 1,94 & 1,94 & 8,00 & 8,00 & 8,00 & 1,04 \\
 3,63 & 0,83 & 1,94 & 1,94 & 8,00 & 8,00 & 8,00 & 1,04 \\
 35,75 & 7,00 & 16,37 & 16,37 & 81,50 & 81,50 & 81,50 & 8,00
 \end{bmatrix}$$

Određivanje 1. vektorskog prioriteta:

- Sumiranje redova matrice

$$\begin{array}{rcl}
 8,00 & + & 2,44 & + & 4,60 & + & 4,60 & + & 22,13 & + & 22,13 & + & 22,13 & + & 2,74 & = & 88,77 \\
 43,25 & + & 8,00 & + & 20,87 & + & 20,87 & + & 92,00 & + & 92,00 & + & 92,00 & + & 10,00 & = & 378,98 \\
 16,08 & + & 3,91 & + & 8,00 & + & 8,00 & + & 41,67 & + & 41,67 & + & 41,67 & + & 4,41 & = & 165,40 \\
 16,08 & + & 3,91 & + & 8,00 & + & 8,00 & + & 41,67 & + & 41,67 & + & 41,67 & + & 4,41 & = & 165,40 \\
 3,63 & + & 0,83 & + & 1,94 & + & 1,94 & + & 8,00 & + & 8,00 & + & 8,00 & + & 1,04 & = & 33,38 \\
 3,63 & + & 0,83 & + & 1,94 & + & 1,94 & + & 8,00 & + & 8,00 & + & 8,00 & + & 1,04 & = & 33,38 \\
 3,63 & + & 0,83 & + & 1,94 & + & 1,94 & + & 8,00 & + & 8,00 & + & 8,00 & + & 1,04 & = & 33,38 \\
 35,75 & + & 7,00 & + & 16,37 & + & 16,37 & + & 81,50 & + & 81,50 & + & 81,50 & + & 8,00 & = & 327,98 \\
 \hline
 & & & & & & & & & & & & & & = & 1226,67
 \end{array}$$



- Normalizacija sume redova

0,07
0,31
0,13
0,13
0,03
0,03
0,03
0,27

Drugo množenje matrice odlučivanja:

8,00	2,44	4,60	4,60	22,13	22,13	22,13	2,74	8,00	2,44	4,60	4,60	22,13	22,13	22,13	2,74	656,11	148,97	334,88	334,88	1538,78	1538,78	1538,78	177,80
43,25	8,00	20,87	20,87	92,00	92,00	92,00	10,00	43,25	8,00	20,87	20,87	92,00	92,00	92,00	10,00	2722,20	630,57	1398,99	1398,99	6455,16	6455,16	6455,16	749,55
16,08	3,91	8,00	8,00	41,67	41,67	41,67	4,41	16,08	3,91	8,00	8,00	41,67	41,67	41,67	4,41	1166,30	267,16	598,29	598,29	2741,70	2741,70	2741,70	319,00
16,08	3,91	8,00	8,00	41,67	41,67	41,67	4,41	16,08	3,91	8,00	8,00	41,67	41,67	41,67	4,41	1166,30	267,16	598,29	598,29	2741,70	2741,70	2741,70	319,00
3,63	0,83	1,94	1,94	8,00	8,00	8,00	1,04	3,63	0,83	1,94	1,94	8,00	8,00	8,00	1,04	251,46	57,74	128,58	128,58	594,83	594,83	594,83	68,60
3,63	0,83	1,94	1,94	8,00	8,00	8,00	1,04	3,63	0,83	1,94	1,94	8,00	8,00	8,00	1,04	251,46	57,74	128,58	128,58	594,83	594,83	594,83	68,60
3,63	0,83	1,94	1,94	8,00	8,00	8,00	1,04	3,63	0,83	1,94	1,94	8,00	8,00	8,00	1,04	251,46	57,74	128,58	128,58	594,83	594,83	594,83	68,60
35,75	7,00	16,37	16,37	81,50	81,50	81,50	8,00	35,75	7,00	16,37	16,37	81,50	81,50	81,50	8,00	2288,40	529,08	1177,76	1177,76	5407,16	5407,16	5407,16	630,57

**Određivanje 2. vektorskog prioriteta:**

- Sumiranje redova matrice

656,11	+	148,97	+	334,88	+	334,88	+	1538,78	+	1538,78	+	1538,78	+	177,80	=	6268,99
2722,20	+	630,57	+	1398,99	+	1398,99	+	6455,16	+	6455,16	+	6455,16	+	749,55	=	26265,75
1166,30	+	267,16	+	598,29	+	598,29	+	2741,70	+	2741,70	+	2741,70	+	319,00	=	11174,12
1166,30	+	267,16	+	598,29	+	598,29	+	2741,70	+	2741,70	+	2741,70	+	319,00	=	11174,12
251,46	+	57,74	+	128,58	+	128,58	+	594,83	+	594,83	+	594,83	+	68,60	=	2419,44
251,46	+	57,74	+	128,58	+	128,58	+	594,83	+	594,83	+	594,83	+	68,60	=	2419,44
251,46	+	57,74	+	128,58	+	128,58	+	594,83	+	594,83	+	594,83	+	68,60	=	2419,44
2288,40	+	529,08	+	1177,76	+	1177,76	+	5407,16	+	5407,16	+	5407,16	+	630,57	=	22025,04
															=	84166,34



- Normalizacija sume redova

$$\begin{bmatrix} 0,07 \\ 0,31 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,26 \end{bmatrix}$$

Izračun razlike vektorskih prioriteta:

$$\begin{bmatrix} 0,07 \\ 0,31 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,27 \\ 0,14 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,07 \\ 0,31 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,26 \\ 0,14 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,002 \\ -0,003 \\ 0,002 \\ 0,002 \\ -0,002 \\ -0,002 \\ -0,002 \\ 0,006 \\ 0,002 \end{bmatrix}$$



Zbog malih iznosa vektora razlika nije potrebno daljnje izračunavanje vektora prioriteta!

Određivanje prioriteta cijevnog materijala s aspekta tehničkog podelementa - zahtjeva IVU-a:

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD	
BE G ID	1,00	0,20	0,33	0,33	4,00	4,00	4,00	0,20	0,07
SP G ID	5,00	1,00	3,00	3,00	7,00	7,00	7,00	2,00	0,31
PE G OD	3,00	0,33	1,00	1,00	5,00	5,00	5,00	0,33	0,13
PE R ID	3,00	0,33	1,00	1,00	5,00	5,00	5,00	0,33	0,13
PE R OD	0,25	0,14	0,20	0,20	1,00	1,00	1,00	0,14	0,03
PP R ID	0,25	0,14	0,20	0,20	1,00	1,00	1,00	0,14	0,03
PP R OD	0,25	0,14	0,20	0,20	1,00	1,00	1,00	0,14	0,03
PVC G OD	5,00	0,50	3,00	3,00	7,00	7,00	7,00	1,00	0,26

MATRICA ODLUČIVANJA

VEKTOR PRIORITETA

**6.4.3.2 Tehnički element – Uvjet tečenja**

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD
BE G ID	1,00	0,14	0,20	0,33	0,25	0,14	0,14	0,14
SP G ID	7,00	1,00	3,00	5,00	4,00	1,00	1,00	1,00
PE G OD	5,00	0,33	1,00	4,00	3,00	0,33	0,33	0,33
PE R ID	3,00	0,20	0,25	1,00	0,50	0,17	0,17	0,17
PE R OD	4,00	0,25	0,33	2,00	1,00	0,25	0,25	0,25
PP R ID	7,00	1,00	3,00	6,00	4,00	1,00	1,00	1,00
PP R OD	7,00	1,00	3,00	6,00	4,00	1,00	1,00	1,00
PVC G OD	7,00	1,00	3,00	6,00	4,00	1,00	1,00	1,00

**Prvo množenje matrice odlučivanja**

$$\begin{bmatrix}
 1,00 & 0,14 & 0,20 & 0,33 & 0,25 & 0,14 & 0,14 & 0,14 \\
 7,00 & 1,00 & 3,00 & 5,00 & 4,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 \\
 5,00 & 0,33 & 1,00 & 4,00 & 3,00 & 0,33 & 0,33 & 0,33 \\
 3,00 & 0,20 & 0,25 & 1,00 & 0,50 & 0,17 & 0,17 & 0,17 \\
 4,00 & 0,25 & 0,33 & 2,00 & 1,00 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \\
 7,00 & 1,00 & 3,00 & 6,00 & 4,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 \\
 7,00 & 1,00 & 3,00 & 6,00 & 4,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 \\
 7,00 & 1,00 & 3,00 & 6,00 & 4,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00
 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix}
 1,00 & 0,14 & 0,20 & 0,33 & 0,25 & 0,14 & 0,14 & 0,14 \\
 7,00 & 1,00 & 3,00 & 5,00 & 4,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 \\
 5,00 & 0,33 & 1,00 & 4,00 & 3,00 & 0,33 & 0,33 & 0,33 \\
 3,00 & 0,20 & 0,25 & 1,00 & 0,50 & 0,17 & 0,17 & 0,17 \\
 4,00 & 0,25 & 0,33 & 2,00 & 1,00 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \\
 7,00 & 1,00 & 3,00 & 6,00 & 4,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 \\
 7,00 & 1,00 & 3,00 & 6,00 & 4,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 \\
 7,00 & 1,00 & 3,00 & 6,00 & 4,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00
 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix}
 8,00 & 0,91 & 2,28 & 5,25 & 3,55 & 0,90 & 0,90 & 0,90 \\
 81,00 & 8,00 & 18,98 & 50,33 & 33,25 & 7,83 & 7,83 & 7,83 \\
 43,33 & 3,93 & 8,00 & 23,33 & 14,58 & 3,80 & 3,80 & 3,80 \\
 14,15 & 1,54 & 3,37 & 8,00 & 5,30 & 1,50 & 1,50 & 1,50 \\
 22,67 & 2,33 & 4,97 & 12,42 & 8,00 & 2,27 & 2,27 & 2,27 \\
 84,00 & 8,20 & 19,23 & 51,33 & 33,75 & 8,00 & 8,00 & 8,00 \\
 84,00 & 8,20 & 19,23 & 51,33 & 33,75 & 8,00 & 8,00 & 8,00 \\
 84,00 & 8,20 & 19,23 & 51,33 & 33,75 & 8,00 & 8,00 & 8,00
 \end{bmatrix}$$

Određivanje 1. vektorskog prioriteta:

- Sumiranje redova matrice

$$\begin{bmatrix}
 8,00 & + & 0,91 & + & 2,28 & + & 5,25 & + & 3,55 & + & 0,90 & + & 0,90 & + & 0,90 \\
 81,00 & + & 8,00 & + & 18,98 & + & 50,33 & + & 33,25 & + & 7,83 & + & 7,83 & + & 7,83 \\
 43,33 & + & 3,93 & + & 8,00 & + & 23,33 & + & 14,58 & + & 3,80 & + & 3,80 & + & 3,80 \\
 14,15 & + & 1,54 & + & 3,37 & + & 8,00 & + & 5,30 & + & 1,50 & + & 1,50 & + & 1,50 \\
 22,67 & + & 2,33 & + & 4,97 & + & 12,42 & + & 8,00 & + & 2,27 & + & 2,27 & + & 2,27 \\
 84,00 & + & 8,20 & + & 19,23 & + & 51,33 & + & 33,75 & + & 8,00 & + & 8,00 & + & 8,00 \\
 84,00 & + & 8,20 & + & 19,23 & + & 51,33 & + & 33,75 & + & 8,00 & + & 8,00 & + & 8,00 \\
 84,00 & + & 8,20 & + & 19,23 & + & 51,33 & + & 33,75 & + & 8,00 & + & 8,00 & + & 8,00
 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix}
 22,69 \\
 215,07 \\
 104,57 \\
 36,86 \\
 57,18 \\
 220,52 \\
 220,52 \\
 220,52
 \end{bmatrix}$$

$$= 1097,93$$



- Normalizacija sume redova

0,02
0,20
0,10
0,03
0,05
0,20
0,20
0,20

Drugo množenje matrice odlučivanja:

8,00	0,91	2,28	5,25	3,55	0,90	0,90	0,90	8,00	0,91	2,28	5,25	3,55	0,90	0,90	0,90	617,95	62,00	140,97	365,63	239,23	60,51	60,51	60,51
81,00	8,00	18,98	50,33	33,25	7,83	7,83	7,83	81,00	8,00	18,98	50,33	33,25	7,83	7,83	7,83	5558,49	559,96	1275,07	3292,91	2156,47	546,60	546,60	546,60
43,33	3,93	8,00	23,33	14,58	3,80	3,80	3,80	43,33	3,93	8,00	23,33	14,58	3,80	3,80	3,80	2629,46	265,63	607,57	1564,70	1026,15	259,40	259,40	259,40
14,15	1,54	3,37	8,00	5,30	1,50	1,50	1,50	14,15	1,54	3,37	8,00	5,30	1,50	1,50	1,50	995,81	100,05	228,40	591,59	387,50	97,67	97,67	97,67
22,67	2,33	4,97	12,42	8,00	2,27	2,27	2,27	22,67	2,33	4,97	12,42	8,00	2,27	2,27	2,27	1513,52	152,30	347,99	899,96	589,74	148,69	148,69	148,69
84,00	8,20	19,23	51,33	33,75	8,00	8,00	8,00	84,00	8,20	19,23	51,33	33,75	8,00	8,00	8,00	5677,01	572,07	1303,18	3364,44	2203,60	558,45	558,45	558,45
84,00	8,20	19,23	51,33	33,75	8,00	8,00	8,00	84,00	8,20	19,23	51,33	33,75	8,00	8,00	8,00	5677,01	572,07	1303,18	3364,44	2203,60	558,45	558,45	558,45
84,00	8,20	19,23	51,33	33,75	8,00	8,00	8,00	84,00	8,20	19,23	51,33	33,75	8,00	8,00	8,00	5677,01	572,07	1303,18	3364,44	2203,60	558,45	558,45	558,45

**Određivanje 2. vektorskog prioriteta:**

- Sumiranje redova matrice

617,95	+	62,00	+	140,97	+	365,63	+	239,23	+	60,51	+	60,51	+	60,51	=	1607,30
5558,49	+	559,96	+	1275,07	+	3292,91	+	2156,47	+	546,60	+	546,60	+	546,60	=	14482,70
2629,46	+	265,63	+	607,57	+	1564,70	+	1026,15	+	259,40	+	259,40	+	259,40	=	6871,72
995,81	+	100,05	+	228,40	+	591,59	+	387,50	+	97,67	+	97,67	+	97,67	=	2596,36
1513,52	+	152,30	+	347,99	+	899,96	+	589,74	+	148,69	+	148,69	+	148,69	=	3949,57
5677,01	+	572,07	+	1303,18	+	3364,44	+	2203,60	+	558,45	+	558,45	+	558,45	=	14795,65
5677,01	+	572,07	+	1303,18	+	3364,44	+	2203,60	+	558,45	+	558,45	+	558,45	=	14795,65
5677,01	+	572,07	+	1303,18	+	3364,44	+	2203,60	+	558,45	+	558,45	+	558,45	=	14795,65

Normalizacija sume redova

$$\begin{bmatrix} 0,20 \\ 0,09 \\ 0,04 \\ 0,05 \\ 0,20 \\ 0,20 \\ 0,20 \end{bmatrix}$$

Izračun razlike vektorskih prioriteta:

$$\begin{bmatrix} 0,02 \\ 0,20 \\ 0,10 \\ 0,03 \\ 0,05 \\ 0,20 \\ 0,20 \\ 0,20 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,02 \\ 0,20 \\ 0,09 \\ 0,04 \\ 0,05 \\ 0,20 \\ 0,20 \\ 0,20 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,001 \\ 0,000 \\ 0,002 \\ -0,002 \\ -0,001 \\ 0,001 \\ 0,001 \\ 0,001 \end{bmatrix}$$

Zbog malih iznosa vektora razlika nije potrebno daljnje izračunavanje vektora prioriteta!

**Određivanje prioritetskog cijevnog materijala s aspekta tehničkog podelementa - uvjet tečenja:**

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD	
BE G ID	1,00	0,14	0,20	0,33	0,25	0,14	0,14	0,14	0,02
SP G ID	7,00	1,00	3,00	5,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,20
PE G OD	5,00	0,33	1,00	4,00	3,00	0,33	0,33	0,33	0,09
PE R ID	3,00	0,20	0,25	1,00	0,50	0,17	0,17	0,17	0,04
PE R OD	4,00	0,25	0,33	2,00	1,00	0,25	0,25	0,25	0,05
PP R ID	7,00	1,00	3,00	6,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,20
PP R OD	7,00	1,00	3,00	6,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,20
PVC G OD	7,00	1,00	3,00	6,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,20

MATRICA ODLUČIVANJA

VEKTOR PRIORITETA

**6.4.3.3 Tehnički element – Otpornost na deformacije i oštećenja**

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD
BE G ID	1,00	2,00	4,00	5,00	8,00	8,00	8,00	4,00
SP G ID	0,50	1,00	3,00	4,00	7,00	7,00	7,00	3,00
PE G OD	0,25	0,33	1,00	2,00	5,00	5,00	5,00	0,50
PE R ID	0,25	0,33	0,50	1,00	3,00	3,00	3,00	0,17
PE R OD	0,13	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17
PP R ID	0,13	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17
PP R OD	0,13	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17
PVC G OD	0,25	0,33	2,00	3,00	6,00	6,00	6,00	1,00

**Prvo množenje matrice odlučivanja**

1,00	2,00	4,00	5,00	8,00	8,00	8,00	4,00
0,50	1,00	3,00	4,00	7,00	7,00	7,00	3,00
0,25	0,33	1,00	2,00	5,00	5,00	5,00	0,50
0,25	0,33	0,50	1,00	3,00	3,00	3,00	0,17
0,13	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17
0,13	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17
0,13	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17
0,25	0,33	2,00	3,00	6,00	6,00	6,00	1,00

 $\times$

1,00	2,00	4,00	5,00	8,00	8,00	8,00	4,00
0,50	1,00	3,00	4,00	7,00	7,00	7,00	3,00
0,25	0,33	1,00	2,00	5,00	5,00	5,00	0,50
0,25	0,33	0,50	1,00	3,00	3,00	3,00	0,17
0,13	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17
0,13	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17
0,13	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17
0,25	0,33	2,00	3,00	6,00	6,00	6,00	1,00

 $=$

8,25	11,76	29,30	46,00	105,00	105,00	105,00	20,83
6,13	8,33	20,20	32,50	77,00	77,00	77,00	13,67
3,17	4,14	8,00	13,08	33,33	33,33	33,33	5,83
1,96	2,67	5,13	8,08	19,83	19,83	19,83	4,08
0,75	1,05	2,23	3,43	8,00	8,00	8,00	1,75
0,75	1,05	2,23	3,43	8,00	8,00	8,00	1,75
0,75	1,05	2,23	3,43	8,00	8,00	8,00	1,75
4,17	5,40	11,10	18,58	47,33	47,33	47,33	7,50

Određivanje 1. vektorskog prioriteta:

- Sumiranje redova matrice

8,25	+	11,76	+	29,30	+	46,00	+	105,00	+	105,00	+	105,00	+	20,83	=	431,15
6,13	+	8,33	+	20,20	+	32,50	+	77,00	+	77,00	+	77,00	+	13,67	=	311,83
3,17	+	4,14	+	8,00	+	13,08	+	33,33	+	33,33	+	33,33	+	5,83	=	134,23
1,96	+	2,67	+	5,13	+	8,08	+	19,83	+	19,83	+	19,83	+	4,08	=	81,43
0,75	+	1,05	+	2,23	+	3,43	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	1,75	=	33,21
0,75	+	1,05	+	2,23	+	3,43	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	1,75	=	33,21
0,75	+	1,05	+	2,23	+	3,43	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	1,75	=	33,21
4,17	+	5,40	+	11,10	+	18,58	+	47,33	+	47,33	+	47,33	+	7,50	=	188,75
															=	1247,02



- Normalizacija sume redova

0,35
0,25
0,11
0,07
0,03
0,03
0,03
0,15

Drugo množenje matrice odlučivanja:

8,25	11,76	29,30	46,00	105,00	105,00	105,00	20,83	×	8,25	11,76	29,30	46,00	105,00	105,00	105,00	20,83	=	644,90	884,32	1883,10	2984,46	7167,03	7167,03	7167,03	1399,12
6,13	8,33	20,20	32,50	77,00	77,00	77,00	13,67		6,13	8,33	20,20	32,50	77,00	77,00	77,00	13,67		458,55	629,61	1342,73	2125,82	5097,60	5097,60	5097,60	998,97
3,17	4,14	8,00	13,08	33,33	33,33	33,33	5,83		3,17	4,14	8,00	13,08	33,33	33,33	33,33	5,83		201,40	276,91	595,24	942,11	2253,76	2253,76	2253,76	441,51
1,96	2,67	5,13	8,08	19,83	19,83	19,83	4,08		1,96	2,67	5,13	8,08	19,83	19,83	19,83	4,08		126,05	173,04	371,89	589,46	1412,28	1412,28	1412,28	275,10
0,75	1,05	2,23	3,43	8,00	8,00	8,00	1,75		0,75	1,05	2,23	3,43	8,00	8,00	8,00	1,75		51,60	70,75	151,53	240,35	576,77	576,77	576,77	112,12
0,75	1,05	2,23	3,43	8,00	8,00	8,00	1,75		0,75	1,05	2,23	3,43	8,00	8,00	8,00	1,75		51,60	70,75	151,53	240,35	576,77	576,77	576,77	112,12
0,75	1,05	2,23	3,43	8,00	8,00	8,00	1,75		0,75	1,05	2,23	3,43	8,00	8,00	8,00	1,75		51,60	70,75	151,53	240,35	576,77	576,77	576,77	112,12
4,17	5,40	11,10	18,58	47,33	47,33	47,33	7,50		4,17	5,40	11,10	18,58	47,33	47,33	47,33	7,50		276,26	380,05	815,16	1289,16	3083,24	3083,24	3083,24	606,17

**Određivanje 2. vektorskog prioriteta:**

- Sumiranje redova matrice

644,90	+	884,32	+	1883,10	+	2984,46	+	7167,03	+	7167,03	+	7167,03	+	1399,12	=	29296,99
458,55	+	629,61	+	1342,73	+	2125,82	+	5097,60	+	5097,60	+	5097,60	+	998,97	=	20848,48
201,40	+	276,91	+	595,24	+	942,11	+	2253,76	+	2253,76	+	2253,76	+	441,51	=	9218,46
126,05	+	173,04	+	371,89	+	589,46	+	1412,28	+	1412,28	+	1412,28	+	275,10	=	5772,37
51,60	+	70,75	+	151,53	+	240,35	+	576,77	+	576,77	+	576,77	+	112,12	=	2356,67
51,60	+	70,75	+	151,53	+	240,35	+	576,77	+	576,77	+	576,77	+	112,12	=	2356,67
51,60	+	70,75	+	151,53	+	240,35	+	576,77	+	576,77	+	576,77	+	112,12	=	2356,67
276,26	+	380,05	+	815,16	+	1289,16	+	3083,24	+	3083,24	+	3083,24	+	606,17	=	12616,51
															=	84822,81

Normalizacija sume redova

$$\begin{bmatrix} 0,35 \\ 0,25 \\ 0,11 \\ 0,07 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,03 \end{bmatrix}$$

Izračun razlike vektorskih prioriteta:

$$\begin{bmatrix} 0,35 \\ 0,25 \\ 0,11 \\ 0,07 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,15 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,35 \\ 0,25 \\ 0,11 \\ 0,07 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,15 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,000 \\ 0,004 \\ -0,001 \\ -0,003 \\ -0,001 \\ -0,001 \\ -0,001 \\ 0,003 \end{bmatrix}$$

Zbog malih iznosa vektora razlika nije potrebno daljnje izračunavanje vektora prioriteta!

**Određivanje prioritetskog cijevnog materijala s aspekta tehničkog podelementa - otpornost na deformacije i oštećenja:**

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD	
BE G ID	1,00	2,00	4,00	5,00	8,00	8,00	8,00	4,00	0,35
SP G ID	0,50	1,00	3,00	4,00	7,00	7,00	7,00	3,00	0,25
PE G OD	0,25	0,33	1,00	2,00	5,00	5,00	5,00	0,50	0,11
PE R ID	0,25	0,33	0,50	1,00	3,00	3,00	3,00	0,17	0,07
PE R OD	0,13	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17	0,03
PP R ID	0,13	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17	0,03
PP R OD	0,13	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17	0,03
PVC G OD	0,25	0,33	2,00	3,00	6,00	6,00	6,00	1,00	0,15

MATRICA ODLUČIVANJA

VEKTOR PRIORITETA

**6.4.3.4 Tehnički element – Vrsta cijevnog materijala**

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD
BE G ID	1,00	0,14	0,25	0,33	2,00	2,00	2,00	0,20
SP G ID	7,00	1,00	3,00	4,00	8,00	8,00	8,00	3,00
PE G OD	3,00	0,33	1,00	3,00	6,00	6,00	6,00	1,00
PE R ID	2,00	0,25	0,33	1,00	5,00	5,00	5,00	0,33
PE R OD	0,50	0,13	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17
PP R ID	0,50	0,13	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17
PP R OD	0,50	0,13	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17
PVC G OD	5,00	0,33	1,00	3,00	6,00	6,00	6,00	1,00

**Prvo množenje matrice odlučivanja**

1,00	0,14	0,25	0,33	2,00	2,00	2,00	0,20
7,00	1,00	3,00	4,00	8,00	8,00	8,00	3,00
3,00	0,33	1,00	3,00	6,00	6,00	6,00	1,00
2,00	0,25	0,33	1,00	5,00	5,00	5,00	0,33
0,50	0,13	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17
0,50	0,13	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17
0,50	0,13	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17
5,00	0,33	1,00	3,00	6,00	6,00	6,00	1,00

 $\times$

1,00	0,14	0,25	0,33	2,00	2,00	2,00	0,20
7,00	1,00	3,00	4,00	8,00	8,00	8,00	3,00
3,00	0,33	1,00	3,00	6,00	6,00	6,00	1,00
2,00	0,25	0,33	1,00	5,00	5,00	5,00	0,33
0,50	0,13	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17
0,50	0,13	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17
0,50	0,13	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17
5,00	0,33	1,00	3,00	6,00	6,00	6,00	1,00

 $=$

7,42	1,27	2,24	3,79	13,51	13,51	13,51	2,19
58,00	8,00	16,08	33,13	102,00	102,00	102,00	15,73
28,33	4,43	7,75	14,93	53,67	53,67	53,67	7,60
15,92	2,88	4,75	7,67	30,00	30,00	30,00	4,65
4,61	0,73	1,40	2,47	8,00	8,00	8,00	1,38
4,61	0,73	1,40	2,47	8,00	8,00	8,00	1,38
4,61	0,73	1,40	2,47	8,00	8,00	8,00	1,38
30,33	4,71	8,25	15,60	57,67	57,67	57,67	8,00

Određivanje 1. vektorskog prioriteta:

- Sumiranje redova matrice

7,42	+	1,27	+	2,24	+	3,79	+	13,51	+	13,51	+	13,51	+	2,19	=	57,43
58,00	+	8,00	+	16,08	+	33,13	+	102,00	+	102,00	+	102,00	+	15,73	=	436,95
28,33	+	4,43	+	7,75	+	14,93	+	53,67	+	53,67	+	53,67	+	7,60	=	224,05
15,92	+	2,88	+	4,75	+	7,67	+	30,00	+	30,00	+	30,00	+	4,65	=	125,87
4,61	+	0,73	+	1,40	+	2,47	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	1,38	=	34,58
4,61	+	0,73	+	1,40	+	2,47	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	1,38	=	34,58
4,61	+	0,73	+	1,40	+	2,47	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	1,38	=	34,58
30,33	+	4,71	+	8,25	+	15,60	+	57,67	+	57,67	+	57,67	+	8,00	=	239,90

= 1187,94



- Normalizacija sume redova

0,05
0,37
0,19
0,11
0,03
0,03
0,03
0,20

Druo množenje matrice odlučivanja:

7,42	1,27	2,24	3,79	13,51	13,51	13,51	2,19	7,42	1,27	2,24	3,79	13,51	13,51	13,51	2,19	505,55	80,42	147,18	266,76	913,98	913,98	913,98	144,09
58,00	8,00	16,08	33,13	102,00	102,00	102,00	15,73	58,00	8,00	16,08	33,13	102,00	102,00	102,00	15,73	3764,63	602,68	1098,80	1979,22	6811,98	6811,98	6811,98	1075,79
28,33	4,43	7,75	14,93	53,67	53,67	53,67	7,60	28,33	4,43	7,75	14,93	53,67	53,67	53,67	7,60	1896,74	302,53	553,78	999,98	3424,67	3424,67	3424,67	542,23
15,92	2,88	4,75	7,67	30,00	30,00	30,00	4,65	15,92	2,88	4,75	7,67	30,00	30,00	30,00	4,65	1097,67	174,25	319,61	580,07	1982,15	1982,15	1982,15	312,91
4,61	0,73	1,40	2,47	8,00	8,00	8,00	1,38	4,61	0,73	1,40	2,47	8,00	8,00	8,00	1,38	307,90	49,08	89,61	162,20	557,40	557,40	557,40	87,73
4,61	0,73	1,40	2,47	8,00	8,00	8,00	1,38	4,61	0,73	1,40	2,47	8,00	8,00	8,00	1,38	307,90	49,08	89,61	162,20	557,40	557,40	557,40	87,73
4,61	0,73	1,40	2,47	8,00	8,00	8,00	1,38	4,61	0,73	1,40	2,47	8,00	8,00	8,00	1,38	307,90	49,08	89,61	162,20	557,40	557,40	557,40	87,73
30,33	4,71	8,25	15,60	57,67	57,67	57,67	8,00	30,33	4,71	8,25	15,60	57,67	57,67	57,67	8,00	2020,36	322,16	590,00	1065,44	3646,73	3646,73	3646,73	577,71

**Određivanje 2. vektorskog prioriteta:**

- Sumiranje redova matrice

505,55	+	80,42	+	147,18	+	266,76	+	913,98	+	913,98	+	913,98	+	144,09	=	3885,93
3764,63	+	602,68	+	1098,80	+	1979,22	+	6811,98	+	6811,98	+	6811,98	+	1075,79	=	28957,05
1896,74	+	302,53	+	553,78	+	999,98	+	3424,67	+	3424,67	+	3424,67	+	542,23	=	14569,26
1097,67	+	174,25	+	319,61	+	580,07	+	1982,15	+	1982,15	+	1982,15	+	312,91	=	8430,96
307,90	+	49,08	+	89,61	+	162,20	+	557,40	+	557,40	+	557,40	+	87,73	=	2368,72
307,90	+	49,08	+	89,61	+	162,20	+	557,40	+	557,40	+	557,40	+	87,73	=	2368,72
307,90	+	49,08	+	89,61	+	162,20	+	557,40	+	557,40	+	557,40	+	87,73	=	2368,72
2020,36	+	322,16	+	590,00	+	1065,44	+	3646,73	+	3646,73	+	3646,73	+	577,71	=	15515,85
															=	78465,22



Normalizacija sume redova

$$\begin{bmatrix} 0,05 \\ 0,37 \\ 0,19 \\ 0,11 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,20 \end{bmatrix}$$

Izračun razlike vektorskih prioriteta:

$$\begin{bmatrix} 0,05 \\ 0,37 \\ 0,19 \\ 0,11 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,20 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,05 \\ 0,37 \\ 0,19 \\ 0,11 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,03 \\ 0,20 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,001 \\ -0,001 \\ 0,003 \\ -0,001 \\ -0,001 \\ -0,001 \\ -0,001 \\ 0,004 \end{bmatrix}$$



Zbog malih iznosa vektora razlika nije potrebno daljnje izračunavanje vektora prioriteta!

Određivanje prioritetskog cijevnog materijala s aspekta tehničkog podelementa - vrsta cijevnog materijala:

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD	
BE G ID	1,00	0,14	0,25	0,33	2,00	2,00	2,00	0,20	0,05
SP G ID	7,00	1,00	3,00	4,00	8,00	8,00	8,00	3,00	0,37
PE G OD	3,00	0,33	1,00	3,00	6,00	6,00	6,00	1,00	0,19
PE R ID	2,00	0,25	0,33	1,00	5,00	5,00	5,00	0,33	0,11
PE R OD	0,50	0,13	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17	0,03
PP R ID	0,50	0,13	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17	0,03
PP R OD	0,50	0,13	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17	0,03
PVC G OD	5,00	0,33	1,00	3,00	6,00	6,00	6,00	1,00	0,20

MATRICA ODLUČIVANJA

VEKTOR PRIORITETA

**6.4.3.5 Tehnički element - Vrsta materijala za okna i tipovi okana i usklađivanje sa normama i standardima**

Kako navedeni elementi imaju jednoznačne vrijednost za sve analizirane cijevne materijale svima će pripasti podjednaka ocjena vektorskog kriterija. Odnosno svi cijevni materijali zadovoljavaju u jednakoj mjeri postavljene kriterijske uvjete elementa te su usklađeni sa standardima i normama za ugradnju cijevnih materijala u sustav javne odvodnje.

U nastavku je stoga odmah prikazana matrica odlučivanja sa pripadajućim vektorom prioriteta.

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD	
BE G ID	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
SP G ID	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PE G OD	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PE R ID	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PE R OD	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PP R ID	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PP R OD	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PVC G OD	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13

MATRICA ODLUČIVANJA

VEKTOR PRIORITETA

**6.4.3.6 Tehnički element – Tehnologija ugradnje i kontrola ispitivanja**

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD
BE G ID	1,00	0,14	0,33	0,33	0,20	0,20	0,20	0,14
SP G ID	7,00	1,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00	1,00
PE G OD	3,00	0,33	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,20
PE R ID	3,00	0,33	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,20
PE R OD	5,00	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33
PP R ID	5,00	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33
PP R OD	5,00	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33
PVC G OD	7,00	1,00	5,00	5,00	3,00	3,00	3,00	1,00

**Prvo množenje matrice odlučivanja**

1,00	0,14	0,33	0,33	0,20	0,20	0,20	0,14
7,00	1,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00	1,00
3,00	0,33	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,20
3,00	0,33	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,20
5,00	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33
5,00	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33
5,00	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33
7,00	1,00	5,00	5,00	3,00	3,00	3,00	1,00

 $\times$

1,00	0,14	0,33	0,33	0,20	0,20	0,20	0,14
7,00	1,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00	1,00
3,00	0,33	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,20
3,00	0,33	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,20
5,00	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33
5,00	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33
5,00	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33
7,00	1,00	5,00	5,00	3,00	3,00	3,00	1,00

 $=$

8,00	0,77	3,94	3,94	2,17	2,17	2,17	0,76
114,00	8,00	61,33	61,33	26,40	26,40	26,40	9,20
17,73	1,83	8,00	8,00	4,53	4,53	4,53	1,70
17,73	1,83	8,00	8,00	4,53	4,53	4,53	1,70
41,73	3,85	18,93	18,93	8,00	8,00	8,00	3,45
41,73	3,85	18,93	18,93	8,00	8,00	8,00	3,45
41,73	3,85	18,93	18,93	8,00	8,00	8,00	3,45
96,00	8,13	47,33	47,33	21,73	21,73	21,73	8,00

Određivanje 1. vektorskog prioriteta:

- Sumiranje redova matrice

8,00	+	0,77	+	3,94	+	3,94	+	2,17	+	2,17	+	2,17	+	0,76	=	23,91
114,00	+	8,00	+	61,33	+	61,33	+	26,40	+	26,40	+	26,40	+	9,20	=	333,07
17,73	+	1,83	+	8,00	+	8,00	+	4,53	+	4,53	+	4,53	+	1,70	=	50,86
17,73	+	1,83	+	8,00	+	8,00	+	4,53	+	4,53	+	4,53	+	1,70	=	50,86
41,73	+	3,85	+	18,93	+	18,93	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	3,45	=	110,90
41,73	+	3,85	+	18,93	+	18,93	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	3,45	=	110,90
41,73	+	3,85	+	18,93	+	18,93	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	3,45	=	110,90
96,00	+	8,13	+	47,33	+	47,33	+	21,73	+	21,73	+	21,73	+	8,00	=	272,00

= 1063,38



- Normalizacija sume redova

0,02
0,31
0,05
0,05
0,10
0,10
0,10
0,26

Drugo množenje matrice odlučivanja:

8,00	0,77	3,94	3,94	2,17	2,17	2,17	0,76	×	8,00	0,77	3,94	3,94	2,17	2,17	2,17	0,76	=	635,92	57,94	300,94	300,94	141,94	141,94	141,94	55,04
114,00	8,00	61,33	61,33	26,40	26,40	26,40	9,20		114,00	8,00	61,33	61,33	26,40	26,40	26,40	9,20		8187,77	755,73	3856,47	3856,47	1847,65	1847,65	1847,65	715,06
17,73	1,83	8,00	8,00	4,53	4,53	4,53	1,70		17,73	1,83	8,00	8,00	4,53	4,53	4,53	1,70		1364,37	123,67	647,81	647,81	304,84	304,84	304,84	117,91
17,73	1,83	8,00	8,00	4,53	4,53	4,53	1,70		17,73	1,83	8,00	8,00	4,53	4,53	4,53	1,70		1364,37	123,67	647,81	647,81	304,84	304,84	304,84	117,91
41,73	3,85	18,93	18,93	8,00	8,00	8,00	3,45		41,73	3,85	18,93	18,93	8,00	8,00	8,00	3,45		2776,57	252,57	1321,06	1321,06	630,52	630,52	630,52	241,71
41,73	3,85	18,93	18,93	8,00	8,00	8,00	3,45		41,73	3,85	18,93	18,93	8,00	8,00	8,00	3,45		2776,57	252,57	1321,06	1321,06	630,52	630,52	630,52	241,71
41,73	3,85	18,93	18,93	8,00	8,00	8,00	3,45		41,73	3,85	18,93	18,93	8,00	8,00	8,00	3,45		2776,57	252,57	1321,06	1321,06	630,52	630,52	630,52	241,71
96,00	8,13	47,33	47,33	21,73	21,73	21,73	8,00		96,00	8,13	47,33	47,33	21,73	21,73	21,73	8,00		6862,97	628,10	3247,81	3247,81	1547,19	1547,19	1547,19	597,24

**Određivanje 2. vektorskog prioriteta:**

- Sumiranje redova matrice

635,92	+	57,94	+	300,94	+	300,94	+	141,94	+	141,94	+	141,94	+	55,04	=	1776,61
8187,77	+	755,73	+	3856,47	+	3856,47	+	1847,65	+	1847,65	+	1847,65	+	715,06	=	22914,47
1364,37	+	123,67	+	647,81	+	647,81	+	304,84	+	304,84	+	304,84	+	117,91	=	3816,10
1364,37	+	123,67	+	647,81	+	647,81	+	304,84	+	304,84	+	304,84	+	117,91	=	3816,10
2776,57	+	252,57	+	1321,06	+	1321,06	+	630,52	+	630,52	+	630,52	+	241,71	=	7804,54
2776,57	+	252,57	+	1321,06	+	1321,06	+	630,52	+	630,52	+	630,52	+	241,71	=	7804,54
2776,57	+	252,57	+	1321,06	+	1321,06	+	630,52	+	630,52	+	630,52	+	241,71	=	7804,54
6862,97	+	628,10	+	3247,81	+	3247,81	+	1547,19	+	1547,19	+	1547,19	+	597,24	=	19225,50
															=	74962,39



Normalizacija sume redova

$$\begin{bmatrix} 0,02 \\ 0,31 \\ 0,05 \\ 0,05 \\ 0,10 \\ 0,10 \\ 0,10 \\ 0,26 \end{bmatrix}$$

Izračun razlike vektorskih prioriteta:

$$\begin{bmatrix} 0,02 \\ 0,31 \\ 0,05 \\ 0,05 \\ 0,10 \\ 0,10 \\ 0,10 \\ 0,26 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,02 \\ 0,31 \\ 0,05 \\ 0,05 \\ 0,10 \\ 0,10 \\ 0,10 \\ 0,26 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,001 \\ 0,008 \\ -0,003 \\ -0,003 \\ 0,000 \\ 0,000 \\ 0,000 \\ -0,001 \end{bmatrix}$$

Zbog malih iznosa vektora razlika nije potrebno daljnje izračunavanje vektora prioriteta!

**Određivanje prioritetskog cijevnog materijala s aspekta tehničkog podelementa - tehnologija ugradnje i kontrola ispitivanja:**

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD	
BE G ID	1,00	0,14	0,33	0,33	0,20	0,20	0,20	0,14	0,02
SP G ID	7,00	1,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00	1,00	0,31
PE G OD	3,00	0,33	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,20	0,05
PE R ID	3,00	0,33	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,20	0,05
PE R OD	5,00	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,10
PP R ID	5,00	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,10
PP R OD	5,00	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,10
PVC G OD	7,00	1,00	5,00	5,00	3,00	3,00	3,00	1,00	0,26

MATRICA ODLUČIVANJA

VEKTOR PRIORITETA

**6.4.3.7 Ekonomsko-financijski element – Investicija, upravljanje i održavanje**

U ovom dijelu će se kombinirati kvalitativni i kvantitativni podaci. Kvantitativni podaci vezani su uz izvršenu analizu u ranijem dijelu dokumenta (poglavlje 6.2.1.3.) koja se odnosi na procjenu troška izgradnje, koja će se u konačnici pripojiti kvalitativnim podacima.

KVALITATIVNI PODACI

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD
BE G ID	1,00	0,33	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20
SP G ID	3,00	1,00	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	0,33
PE G OD	4,00	3,00	1,00	3,00	5,00	5,00	5,00	1,00
PE R ID	1,00	1,00	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	0,33
PE R OD	1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20
PP R ID	1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20
PP R OD	1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20
PVC G OD	5,00	3,00	1,00	3,00	5,00	5,00	5,00	1,00

**Prvo množenje matrice odlučivanja**

1,00	0,33	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	0,33	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	8,00	4,02	1,74	4,68	10,25	10,25	10,25	1,69
3,00	1,00	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	0,33	3,00	1,00	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	0,33	19,00	8,00	3,88	10,00	21,33	21,33	21,33	3,73
4,00	3,00	1,00	3,00	5,00	5,00	5,00	1,00	4,00	3,00	1,00	3,00	5,00	5,00	5,00	1,00	40,00	18,33	8,00	21,00	47,00	47,00	47,00	7,80
1,00	1,00	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	0,33	1,00	1,00	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	0,33	17,00	7,33	3,38	8,00	19,33	19,33	19,33	3,33
1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	7,13	3,20	1,47	3,87	8,00	8,00	8,00	1,42
1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	7,13	3,20	1,47	3,87	8,00	8,00	8,00	1,42
1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	7,13	3,20	1,47	3,87	8,00	8,00	8,00	1,42
5,00	3,00	1,00	3,00	5,00	5,00	5,00	1,00	5,00	3,00	1,00	3,00	5,00	5,00	5,00	1,00	41,00	18,67	8,25	22,00	48,00	48,00	48,00	8,00

Određivanje 1. vektorskog prioriteta:

- Sumiranje redova matrice

8,00	+	4,02	+	1,74	+	4,68	+	10,25	+	10,25	+	10,25	+	1,69	=	50,89
19,00	+	8,00	+	3,88	+	10,00	+	21,33	+	21,33	+	21,33	+	3,73	=	108,62
40,00	+	18,33	+	8,00	+	21,00	+	47,00	+	47,00	+	47,00	+	7,80	=	236,13
17,00	+	7,33	+	3,38	+	8,00	+	19,33	+	19,33	+	19,33	+	3,33	=	97,05
7,13	+	3,20	+	1,47	+	3,87	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	1,42	=	41,09
7,13	+	3,20	+	1,47	+	3,87	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	1,42	=	41,09
7,13	+	3,20	+	1,47	+	3,87	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	1,42	=	41,09
41,00	+	18,67	+	8,25	+	22,00	+	48,00	+	48,00	+	48,00	+	8,00	=	241,92
															=	857,89



- Normalizacija sume redova

0,06
0,13
0,28
0,11
0,05
0,05
0,05
0,28

Drugo množenje matrice odlučivanja:

8,00	4,02	1,74	4,68	10,25	10,25	10,25	1,69	8,00	4,02	1,74	4,68	10,25	10,25	10,25	1,69	578,53	260,62	118,60	307,91	667,56	667,56	667,56	115,06
19,00	8,00	3,88	10,00	21,33	21,33	21,33	3,73	19,00	8,00	3,88	10,00	21,33	21,33	21,33	3,73	1238,93	559,33	254,13	660,13	1432,47	1432,47	1432,47	246,57
40,00	18,33	8,00	21,00	47,00	47,00	47,00	7,80	40,00	18,33	8,00	21,00	47,00	47,00	47,00	7,80	2670,93	1204,80	547,96	1423,47	3085,51	3085,51	3085,51	531,56
17,00	7,33	3,38	8,00	19,33	19,33	19,33	3,33	17,00	7,33	3,38	8,00	19,33	19,33	19,33	3,33	1097,07	495,47	225,16	585,60	1268,38	1268,38	1268,38	218,40
7,13	3,20	1,47	3,87	8,00	8,00	8,00	1,42	7,13	3,20	1,47	3,87	8,00	8,00	8,00	1,42	472,00	212,95	96,80	251,35	545,60	545,60	545,60	93,92
7,13	3,20	1,47	3,87	8,00	8,00	8,00	1,42	7,13	3,20	1,47	3,87	8,00	8,00	8,00	1,42	472,00	212,95	96,80	251,35	545,60	545,60	545,60	93,92
7,13	3,20	1,47	3,87	8,00	8,00	8,00	1,42	7,13	3,20	1,47	3,87	8,00	8,00	8,00	1,42	472,00	212,95	96,80	251,35	545,60	545,60	545,60	93,92
41,00	18,67	8,25	22,00	48,00	48,00	48,00	8,00	41,00	18,67	8,25	22,00	48,00	48,00	48,00	8,00	2741,87	1236,73	562,44	1460,73	3167,56	3167,56	3167,56	545,64

**Određivanje 2. vektorskog prioriteta:**

- Sumiranje redova matrice

578,53	+	260,62	+	118,60	+	307,91	+	667,56	+	667,56	+	667,56	+	115,06	=	3383,40
1238,93	+	559,33	+	254,13	+	660,13	+	1432,47	+	1432,47	+	1432,47	+	246,57	=	7256,51
2670,93	+	1204,80	+	547,96	+	1423,47	+	3085,51	+	3085,51	+	3085,51	+	531,56	=	15635,24
1097,07	+	495,47	+	225,16	+	585,60	+	1268,38	+	1268,38	+	1268,38	+	218,40	=	6426,82
472,00	+	212,95	+	96,80	+	251,35	+	545,60	+	545,60	+	545,60	+	93,92	=	2763,81
472,00	+	212,95	+	96,80	+	251,35	+	545,60	+	545,60	+	545,60	+	93,92	=	2763,81
472,00	+	212,95	+	96,80	+	251,35	+	545,60	+	545,60	+	545,60	+	93,92	=	2763,81
2741,87	+	1236,73	+	562,44	+	1460,73	+	3167,56	+	3167,56	+	3167,56	+	545,64	=	16050,09
															=	57043,48



Normalizacija sume redova

$$\begin{bmatrix} 0,06 \\ 0,13 \\ 0,27 \\ 0,11 \\ 0,05 \\ 0,05 \\ 0,05 \\ 0,28 \end{bmatrix}$$

Izračun razlike vektorskih prioriteta:

$$\begin{bmatrix} 0,06 \\ 0,13 \\ 0,28 \\ 0,11 \\ 0,05 \\ 0,05 \\ 0,05 \\ 0,28 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,06 \\ 0,13 \\ 0,27 \\ 0,11 \\ 0,05 \\ 0,05 \\ 0,05 \\ 0,28 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,000 \\ -0,001 \\ 0,001 \\ 0,000 \\ -0,001 \\ -0,001 \\ -0,001 \\ 0,001 \end{bmatrix}$$



Zbog malih iznosa vektora razlika nije potrebno daljnje izračunavanje vektora prioriteta!

Određivanje prioritetskog cijevnog materijala s aspekta ekonomsko-financijskog podelementa – investicije, upravljanja i održavanja:

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD	
BE G ID	1,00	0,33	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,059
SP G ID	3,00	1,00	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	0,33	0,127
PE G OD	4,00	3,00	1,00	3,00	5,00	5,00	5,00	1,00	0,274
PE R ID	1,00	1,00	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	0,33	0,113
PE R OD	1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,048
PP R ID	1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,048
PP R OD	1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,048
PVC G OD	5,00	3,00	1,00	3,00	5,00	5,00	5,00	1,00	0,281

MATRICA ODLUČIVANJA

VEKTOR PRIORITETA

**KVANTITATIVNI PODACI**

U analizu se ulazi samo sa procjenom investicijske vrijednostima izgradnje mreže za promjer DN300. Izostanak profila DN 250 kod materijala BE G ID i PE R ID usvojen je u kvalitativnom dijelu.

BE G ID	1.549,08 HRK	1,00	0,112
SP G ID	1.448,84 HRK	1,07	0,120
PE G OD	1.357,19 HRK	1,14	0,128
PE R ID	1.467,36 HRK	1,06	0,118
PE R OD	1.243,91 HRK	1,25	0,139
PP R ID	1.339,00 HRK	1,16	0,129
PP R OD	1.375,84 HRK	1,13	0,126
PVC G OD	1.348,72 HRK	1,15	0,128
	11.129,94 HRK	8,94	VEKTOR PRIORITETA

**KOMBINIRANI VEKTOR PRIORITEA ZA PODELEMENT INVESTICIJE, UPRAVLJANJA I ODRŽAVANJA**

BE G ID	0,17	0,086
SP G ID	0,25	0,123
PE G OD	0,40	0,201
PE R ID	0,23	0,115
PE R OD	0,19	0,094
PP R ID	0,18	0,089
PP R OD	0,17	0,087
PVC G OD	0,41	0,205
	2,00	

**6.4.3.8 Ekonomsko-financijski element – zastupljenost cijevnog materijala i tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja**

Kako navedeni elementi imaju jednoznačne vrijednost za sve analizirane cijevne materijale svima će pripasti podjednaka ocjena vektorskog kriterija. Odnosno svi cijevni materijali zadovoljavaju u jednakoj mjeri postavljene kriterijske zastupljenosti cijevnog materijala u sustavu i omogućeni su svi tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja. Na tržištu postoji više proizvođača svakog od analiziranih cijevnih materijala.

U nastavku je stoga odmah prikazana matrica odlučivanja sa pripadajućim vektorom prioriteta.

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD	
BE G ID	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
SP G ID	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PE G OD	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PE R ID	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PE R OD	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PP R ID	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PP R OD	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PVC G OD	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13

MATRICA ODLUČIVANJA

VEKTOR PRIORITETA

**6.4.3.9 Ekološki element odabira**

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD
BE G ID	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
SP G ID	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PE G OD	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PE R ID	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PE R OD	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PP R ID	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PP R OD	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PVC G OD	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

**Prvo množenje matrice odlučivanja**

1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

 $\times$

1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

 $=$

8,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
16,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
16,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
16,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
16,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
16,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
16,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
16,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00

Određivanje 1. vektorskog prioriteta:

- Sumiranje redova matrice

8,00	+	4,00	+	4,00	+	4,00	+	4,00	+	4,00	+	4,00	+	4,00	=	36,00
16,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	=	72,00
16,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	=	72,00
16,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	=	72,00
16,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	=	72,00
16,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	=	72,00
16,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	=	72,00
16,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	+	8,00	=	72,00
															=	540,00

- Normalizacija sume redova

[illegible]

Drugo množenje matrice odlučivanja:

[illegible]

**Određivanje 2. vektorskog prioriteta:**

- Sumiranje redova matrice

512,00	+	256,00	+	256,00	+	256,00	+	256,00	+	256,00	+	256,00	+	256,00	+	256,00	=	2304,00	
1024,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	=	4608,00	
1024,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	=	4608,00	
1024,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	=	4608,00	
1024,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	=	4608,00	
1024,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	=	4608,00	
1024,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	=	4608,00	
1024,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	+	512,00	=	4608,00	
																		=	34560,00



Normalizacija sume redova

$$\begin{bmatrix} 0,07 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \end{bmatrix}$$

Izračun razlike vektorskih prioriteta:

$$\begin{bmatrix} 0,07 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,07 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \\ 0,13 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,000 \\ 0,000 \\ 0,000 \\ 0,000 \\ 0,000 \\ 0,000 \\ 0,000 \\ 0,000 \end{bmatrix}$$

Zbog malih iznosa vektora razlika nije potrebno daljnje izračunavanje vektora prioriteta!

**Određivanje prioritetskog cijevnog materijala s aspekta tehničkog podelementa - vrsta cijevnog materijala:**

	BE G ID	SP G ID	PE G OD	PE R ID	PE R OD	PP R ID	PP R OD	PVC G OD	
BE G ID	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,07
SP G ID	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PE G OD	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PE R ID	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PE R OD	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PP R ID	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PP R OD	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13
PVC G OD	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13

MATRICA ODLUČIVANJA

VEKTOR PRIORITETA

6.4.4 Određivanje konačnog rješenja

Na temelju provedene analize uspoređuju se konačni rezultati vektora prioriteta cijevnih materijala sa vektorom prioriteta podelementa, a potom i sa elementima (prema definiranim razinama). Na temelju konačnog vektora prioriteta cilja definirati će se optimalan izbor cijevnog materijala za analizirano područje aglomeracije Đurđenovac koje karakterizira ravničarski karakter, ruralnih tipova naselja sa isključivo sanitarnom otpadnom vodom (bez prisustva mješovitog sustava ili industrijskih otpadnih voda).

6.4.4.1 Određivanje konačne vrijednosti podelemenata

Tehnički podelementi

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7				
BE G ID	0,07	0,02	0,35	0,05	0,13	0,13	0,02	$\times$	$\begin{bmatrix} 0,18 \\ 0,10 \\ 0,25 \\ 0,20 \\ 0,02 \\ 0,02 \\ 0,23 \end{bmatrix}$	$=$	$\begin{bmatrix} 0,12 \\ 0,29 \\ 0,11 \\ 0,08 \\ 0,05 \\ 0,07 \\ 0,07 \\ 0,21 \end{bmatrix}$
SP G ID	0,31	0,20	0,25	0,37	0,13	0,13	0,31				
PE G OD	0,13	0,09	0,11	0,19	0,13	0,13	0,05				
PE R ID	0,13	0,04	0,07	0,11	0,13	0,13	0,05				
PE R OD	0,03	0,05	0,03	0,03	0,13	0,13	0,10				
PP R ID	0,03	0,20	0,03	0,03	0,13	0,13	0,10				
PP R OD	0,03	0,20	0,03	0,03	0,13	0,13	0,10				
PVC G OD	0,26	0,20	0,15	0,20	0,13	0,13	0,26				

**Ekonomsko-financijski podelementi**

	T1	T2	T3		
BE G ID	0,09	0,13	0,13	$\times \begin{bmatrix} 0,82 \\ 0,13 \\ 0,05 \end{bmatrix} =$	0,09
SP G ID	0,12	0,13	0,13		0,12
PE G OD	0,20	0,13	0,13		0,19
PE R ID	0,12	0,13	0,13		0,12
PE R OD	0,09	0,13	0,13		0,10
PP R ID	0,09	0,13	0,13		0,10
PP R OD	0,09	0,13	0,13		0,09
PVC G OD	0,20	0,13	0,13		0,19

Ekološki podelementi

U ekološkom elementu nema više podelemenata tako da će se analizirane vrijednosti računati direktno u glavnom elementu.



6.4.4.2 Određivanje konačne vrijednosti

	TE	EFE	EKE				
BE G ID	0,12	0,09	0,05	$\times$	$\begin{bmatrix} 0,62 \\ 0,30 \\ 0,09 \end{bmatrix}$	$=$	$\begin{bmatrix} 0,107 \\ 0,226 \\ 0,138 \\ 0,098 \\ 0,073 \\ 0,081 \\ 0,081 \\ 0,196 \end{bmatrix}$
SP G ID	0,29	0,12	0,14				
PE G OD	0,11	0,19	0,14				
PE R ID	0,08	0,12	0,14				
PE R OD	0,05	0,10	0,14				
PP R ID	0,07	0,10	0,14				
PP R OD	0,07	0,09	0,14				
PVC G OD	0,21	0,19	0,14				
	VEKTOR PRIORITETA ALTERNATIVA				VEKTOR PRIORITETA KRITERIJA		VEKTOR PRIORITETA CILJA

Detaljno provedenom analizom optimalnog izbora cijevnog materijala sustava javne odvodnje za aglomeraciju Đurđenovac primjenom AHP metode (Analytic Hierarchy Process) definirane su prioritete navedeni u nastavku.

Tablica 6-24 Konačno rješenje prema iznosu vektora prioriteta

RB. PRIORITETA	CIJEVNI MATERIJAL	IZNOS VEKTOR PRIORITETA CILJA	OPIS
1.	SP G ID	0,226	Preporučeno za ugradnju
2.	PVC G OD	0,196	Preporučeno za ugradnju
3.	PE G OD	0,138	Preporučeno za ugradnju
4.	BE G ID	0,107	Nije preporučen za ugradnju
5.	PE R ID	0,098	Nije preporučen za ugradnju
6.	PP R ID	0,081	Nije preporučen za ugradnju
7.	PP R OD	0,081	Nije preporučen za ugradnju
8.	PE R OD	0,073	Nije preporučen za ugradnju

Na temelju navedenih vrijednosti provedene AHP metode zaključuje se kako cijevi od stakloplastike predstavljaju najbolja rješenja iako su generalno u fazi nabave među najskupljima, gledajući cjelokupni aspekt kvalitete cijevnog materijala, karakteristika sustava u kojim će se koristiti, uvjeta ugradnje te naknadnog održavanja i potrebe za sanacijom predstavljaju najbolje rješenje sa vektorom prioriteta od 0,226. Uz definirano najbolje rješenja važno je napomenuti kako dodatna dva rješenja su izrazito blizu cijevnom materijalu SP G ID (razlika manja od 0,1), te se u pogledu vrijednosti vektora prioriteta razlikuju u svega 0,03 odnosno 0,088.

Kako bi se u potpunosti neutralizirala eventualna subjektivnost pri odlučivanju i definiranju ocjena u Saaty-evoj skali koja može utjecati na poredak rezultata poglavito kada su razlike između pojedinih vrijednosti jako male (manje od 10 %) nužno je proširiti usvojeno rješenje cijevnog materijala sa pripadajućim alternativnim izborima. Na temelju malih razlika iznosa vektora prioriteta između prva tri cijevna materijala može se zaključiti da sva tri prva rezultata zadovoljavaju kriterije postavljenih i analiziranih uvjete odabira cijevnog materijala.

Iako generalno svi cjevovodi zadovoljavaju postavljene tehničke uvjete i njihova primjena nije eliminirana u analiziranim sustavima javne odvodnje promatrane aglomeracije, rezultati s dna ljestvice konačnih rješenja prema iznosu vektora prioriteta (tablici 6-31) vrijednosno toliko zaostaju od optimalnog izbora i definiranih alternativnih cijevnih materijala da se isti neće preporučiti za primjenu u sklopu analiziranog obuhvata projekta.

6.5 Zaključak i preporuka za cijevni materijal sustava javne odvodnje

Temeljem prethodno provedene tehno-ekonomske analize odabira cijevnog materijala moguće je dati sljedeće zaključke i preporuke vezane uz izbor cijevnog materijala.

- A. Konačni odabir cijevnog materijala u sklopu tehno-ekonomske analize vezan uz izgradnju mreže javne odvodnje u skladu je sa postojećim izrađenim glavnim projektima, kako je u samim projektima ostavljena mogućnost izbora bilo kojeg cijevnog materijala koji je u skladu sa normama i hrvatskim propisima. Uz prijedlog izrađivača da se kao minimalna obodna krutost odabrane cijevi za cijelu aglomeraciju koristi vrijednost od 8 kN/m².
- B. Definiranjem većeg broja prihvatljivih cijevnih materijala u vidu ostavljanja mogućnosti primjene i odabira alternativnih materijala izuzev najbolje ocjenjenog za analizirani sustav javne odvodnje aglomeracije Đurđenovac ostvareni su visoki tehnički standardi koji će povećati kvalitetu sustava javne odvodnje. Osim tehničkih kriterija u obzir su uzeti i financijsko-ekonomski faktori usvojenih materijala te je zaključeno da se za sve predložene cijevne materijale (optimalni i alternative) očekuju najmanji troškovi sanacije i održavanja.
- C. Preporuča se naručitelju da, neovisno o cijevnom materijalu, obveže ponuditelja da u sklopu glavnog i izvedbenog projekta, za konkretne cijevi koje se budu ugrađivale, izradi statički proračun. Statički proračun potrebno je izraditi sukladno odabranoj tehnologiji izvođenja, odabranom obliku i materijalu cijevi, predvidivim opterećenjima tijekom izgradnje i korištenja. Kao postupak proračuna preporuča se ATV-A 127. Statički proračun potrebno je pravodobno, prije početka radova, dostaviti na suglasnost nadzoru i naručitelju.

Definiranjem većeg broja prihvatljivih cijevnih materijala ostvaruju se dodatni pozitivni tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja, sukladno čemu se temeljem provedene analize preporuča provedba postupka javne nabave za cijevne materijale sustava javne odvodnje aglomeracije Đurđenovac uz uvjet primjene jednog od slijedećih materijala:

- **Cijevi od stakloplastike s glatkom stjenkom**, nominalnim unutarnjim profilom (SP G ID) sukladno normi HRN EN 14364:2008,

a kao eventualna alternativna rješenja cijevnih materijala se predlažu:

- **Cijevi od polivinil klorida s glatkom stjenkom**, nominalnim vanjskim profilom (PVC G OD) sukladno normi HR EN 13476, DIN 16961-1, DIN 16961-2, HRN EN ISO IEC 17025, HRN EN 1401; ili
- **Cijevi od polietilena s glatkom stjenkom**, nominalnim vanjskim profilom (PE G OD) sukladno normi HR EN 12666-1.

7 ANALIZA IZBORA MATERIJALA OKANA NA SUSTAVU JAVNE ODVODNJE

Kako za izvedbu kanalizacije postoje različite vrste materijala za revizijska okna, to je u smislu pravilnog izbora potrebno analizirati niz utjecajnih činitelja. Pod ovime se prvenstveno razumijevaju:

- uvjeti koji se odnose na pogon kanalizacijskog sustava, a s obzirom na cjeloviti prostor koji se kanalizira,
- uvjeti koji proizlaze iz karakteristika kanalizacijskog cijevnog materijala i primjenjivane tehnologije ugradbe,
- uvjeti koji se povezuju uz ekonomičnost primjene kanalizacijskog cijevnog materijala, sve uz zadovoljenje zahtijevanih tehničkih postavki i pripadajućih kriterija.

Prema tome, u osnovi je potrebno analizirati sve one pokazatelje koji se odnose na sigurnost tehničkog rješenja, promatrano u odnosu na namjenu kanalizacije, ugradbene uvjete i uvjete prostora, uvažavajući sve ostale karakteristike iz područja mogućih vanjskih utjecaja.

Na kraju, u pogledu ekonomičnosti primjene potrebno je vrednovati sve parametre koji daju konačnu veličinu troškova građenja kanalizacijskog cjevovoda (kanala) do njegove potpune pogonske osposobljenosti. Pogrešno bi bilo da se podobnost kanalizacijskog materijala razmatra samo na temelju nabavne cijene kanalizacijskih revizijskih okana i pripadajućeg spojnog materijala, budući da prateći troškovi građenja, ovisno o sredini u kojoj se izvode radovi, mogu predstavljati prevladavajuće činitelje za donošenje konačne odluke.

7.1 Mehanička otpornost plašta okna

Kroz ovu analizu provedeno je ispitivanje podobnosti primjene pojedinog materijala u odnosu na mehaničku otpornost samog plašta.

U nastavku je izračunato kritično linijsko opterećenje po dužnom metru plašta (specifično za svaki cijevni materijal). Karakteristike cijevnog materijala (računske vrijednosti vlačnih napona) uzeti su iz ATV-A 127 odnosno podataka proizvođača materijala. Navedeno je prikazano u Tablici 7-1.

Tablica 7-1 Kritično linijsko opterećenje (kN/m)

KRITIČNO LINIJSKO OPTEREĆENJE (kN/m)			
	Stakloplastika (SP)	Polipropilen (PP)	Beton (B)
Kratkotrajno	1.710	514,5	10.260
Dugotrajno	855	343,0	10.260

Iz provedene analize je vidljivo da plašt okna od betona (uz ranije navedene rubne uvjete) posjeduje najveću mehaničku otpornost, u ovom slučaju na bočni tlak tla/nasipa i hidrostatski tlak vode.

7.2 Sigurnost protiv uzgona

Revizijska okna na trasama kanala u području s visokim podzemnim vodama, između ostalog, će biti stalno podvrgnuta silama uzgona. U području neposredno uz rijeke i potoke općenito je nemoguće održavati rov suhim, te će se i postava odnosno montaža okana vršiti pod utjecajem voda.

Za predmetno područje može se računati da je nivo podzemne vode 0,5 m ispod kote terena, a pri proračunu uzgona nužno je uzeti u obzir da je okno prazno pri čemu je potrebno osigurati minimalni faktor sigurnosti od 1,5. Potreban koeficijent sigurnosti biti će ostvaren korištenjem balastnog betona razreda tlačne čvrstoće C12/15 (po potrebi, a ovisno koje okno i na kojoj dubini će se ugrađivati). Koeficijent sigurnosti u proračunu stabilnosti potrebno je dokazati u sklopu izvedbenih projekata.

Stakloplastika kao materijal posjeduje računsku težinu od 17,5 kN/m³. Ovaj materijal je specifično teži od vode. Samo revizijsko okno od tog materijala (naravno uz pretpostavku vodonepropusnih spojeva) je ispunjeno zrakom te će biti podvrgnuto silama uzgona i u vodi bi isplivalo. Prilikom same postave/montaže u uvjetima prisutnosti vode, jedna od mogućnosti je punjenje okna od stakloplastike vodom, te će tako tonuti do dna. Za trajnu sigurnost protiv uzgona biti će potrebna izvedba balasta od betona.

Polipropilen kao materijal posjeduje računsku težinu od 9,4 kN/m³. Ovaj materijal je dakle specifično lakši od vode. Prilikom same postave/montaže, nije dovoljno okno od polipropilena puniti vodom, već je potreban i dodatni balast za spuštanje do dna. Naravno, za trajnu sigurnost protiv uzgona potrebna je izvedba balasta od betona.

Beton kao materijal posjeduje računsku težinu od 24,5 kN/m³. Ovaj materijal je specifično teži od vode. Samo revizijsko okno od tog materijala (naravno uz pretpostavku vodonepropusnih spojeva) je ispunjeno zrakom te će biti podvrgnuto silama uzgona. Prilikom same postave/montaže, okno od betona se može puniti vodom, te će tonuti do dna. Za trajnu sigurnost protiv uzgona do dubine od 4,5 m neće biti potrebna izvedba balasta (konačna potvrda potrebna u sklopu izvedbenog projekta, ovo je pretpostavka pri normalnim uvjetima ugradnje i korištena isključivo za ovu tehno-ekonomsku analizu).

U Tablica 7-2, Tablica 7-3 i Tablica 7-4 prikazani su podaci vezani za sigurnost protiv uzgona revizijskih okana od stakloplastike, polipropilena i betona. Razmatrane su dubine okana od 1,50 m do 5,00 m, u koracima od 0,50 m. Dani su podaci o težini okna i silama uzgona, uz pretpostavku visine stupca vode

do 0,5m od kote terena. Također je izračunata potrebna težina i količina betona za balast, kako bi se postigao koeficijent sigurnosti protiv uzgona u iznosu od 1,5.

U proračunu su računane samo sile na uzgon tijela okna te je zanemaren utjecaj širine donje ploče, elemenata u oknu, poklopca i sl. U konačnici će u sklopu izvedbenog projekta biti nužno dokazati stabilnost i potrebnu količinu balastnog betona za osiguranje koeficijenta sigurnosti od 1,5. Za potrebe izrade ove tehno-ekonomske analize dolje navedeni podaci mogu se smatrati orijentacijski točne, odnosno iste daju dovoljno dobru procjenu na temelju koje se može izvršiti usporedba navedenih materijala okna.

Tablica 7-2 Sigurnost protiv uzgona revizijskih okana od stakloplastike

Dubina okna (m)	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Težina okna (kN)	2,13	2,84	3,55	4,26	4,97	5,68	6,39	7,1
Sila uzgona (kN)	13,62	19,54	25,46	31,38	37,3	43,22	49,14	55,06
Potrebna težina (kN)	20,43	29,31	38,19	47,07	55,95	64,83	73,71	82,59
Težina balastnog betona (kN)	18,30	26,47	34,64	42,81	50,98	59,15	67,32	75,49
Volumen balastnog betona (m3)	0,66	0,88	1,1	1,32	1,54	1,76	1,98	2,2
Koeficijent sigurnosti	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50

Tablica 7-3 Sigurnost protiv uzgona revizijskih okana od polipropilena

Dubina okna (m)	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Težina okna (kN)	1,16	1,54	1,93	2,31	2,70	3,08	3,47	3,85
Sila uzgona (kN)	11,78	15,70	19,63	23,55	27,48	31,40	35,33	39,25
Potrebna težina (kN)	17,67	23,55	29,45	35,33	41,22	47,10	53,00	58,88
Težina balastnog betona (kN)	16,51	22,01	27,52	33,02	38,52	44,02	49,53	55,03
Volumen balastnog betona (m3)	0,69	0,92	1,15	1,38	1,61	1,83	2,06	2,29
Koeficijent sigurnosti	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50

Tablica 7-4 Sigurnost protiv uzgona revizijskih okana od betona s plastičnom kinetom

Dubina okna (m)	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Težina okna (kN)	38,45	44,2	49,95	55,7	61,45	67,2	72,95	78,7
Sila uzgona (kN)	13,62	19,54	25,46	31,38	37,3	43,22	49,14	55,06
Potrebna težina (kN)	20,43	29,31	38,19	47,07	55,95	64,83	73,71	82,59
Težina balastnog betona (kN)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	3,89
Volumen balastnog betona (m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,16
Koeficijent sigurnosti	2,82	2,26	1,96	1,78	1,65	1,55	1,50	1,50

7.3 Trajnost okna

Po pitanju trajnosti materijala isto vrijedi kao i u obrađenom Poglavlju 6.2.4. (Tablica 6-30) pri čemu se navodi da u odnosu na plastične materijale (>50 godina) za beton se ipak može očekivati duži vijek trajanja (> 80 godina).

7.4 Troškovi nabave i postave revizijskih okana

Ovisno o vrsti primijenjenog cijevnog materijala mijenjaju se i određeni uvjeti za ugradbu cijevi. Prvenstveno se, zbog razlika vanjskog profila pojedinih cijevi, posebno u slučajevima ojačanja rebrima, mijenja i potrebna minimalna širina rova.

Gdje god je to bilo moguće, primijenjene su jedinične cijene nabave pojedinog materijala, kao i cijene radova navedene u Standardnoj kalkulaciji radova u vodogradnji. U tom smislu su primijenjene slijedeće cijene:

Nabava i doprema revizijskog okna DN 1000:

- Od stakloplastike 2.800,00 HRK/m,
- Od polipropilena 2.300,00 HRK/m,
- Od betona s predgotovljenim elementima 3.000,00 HRK/m

Ugradnja revizijskog okna DN 1000 je promjenjiva i ovisi o dubini okna.

U nastavku su proračunati troškovi kompletne postave (montaže) revizijskog okna određene visine od pojedinog materijala, uključujući izvedbu balastnog betona. Ovi troškovi su prikazani u tablicama u nastavku.

Tablica 7-5 Procjena troškova izgradnje revizijskih okana

Dubina Okna (m)	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Revizijska okna od stakloplastike								
Nabava i doprema okna (HRK)	4.200	5.600	7.000	8.400	9.800	11.200	12.600	14.000
Ugradnja okna (HRK)	330	345	360	375	395	415	435	455
Izvedba balasta od betona (HRK)	339,5	452,7	565,9	679,0	792,2	905,4	1.018,6	1.131,7
Ukupno (HRK)	4.870	6.398	7.926	9.454	10.987	12.520	14.054	15.587
Revizijska okna od polipropilena								
Nabava i doprema okna (HRK)	3.450	4.600	5.750	6.900	8.050	9.200	10.350	11.500
Ugradnja okna (HRK)	330	345	360	375	395	415	435	455
Izvedba balasta od betona (HRK)	408,1	593,7	779,1	964,8	1.150,2	1.335,8	1.521,2	1.706,8
Ukupno (HRK)	4.188	5.539	6.889	8.240	9.595	10.951	12.306	13.662
Revizijska okna od betona s predgotovljenim elementima								
Nabava i doprema okna (HRK)	4.500	6.000	7.500	9.000	10.500	12.000	13.500	15.000
Ugradnja okna (HRK)	430	438	445	452	460	470	482	495
Izvedba balasta od betona (HRK)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3	83,4
Ukupno (HRK)	4.930	6.438	7.945	9.452	10.960	12.470	13.998	15.578

Tablica 7-6 Omjer procijenjenog troška izgradnje revizijskih okana u odnosu na najnižu cijenu

Dubina Okna (m)	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Okna od stakloplastike	16%	16%	15%	15%	15%	14%	14%	14%
Okna od polipropilena	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Okna od betona s predgotovljenim elementima	18%	16%	15%	15%	14%	14%	14%	14%

Potrebno je imati na umu da su priložene cijene okvirnog karaktera te da su podložne promjenama. U tom smislu potreban je određeni oprez, jer nabavne cijene u trenutku koji je udaljen od početka građenja može dovesti do eventualnih iznenađenja u nekom kasnijem trenutku. Naime, cijena materijala odnosno sustava okna može biti podložna značajnim razlikama, kako u vremenu, tako i ovisno o lokaciji gradilišta i potražnji cijevnog materijala/sustava, sukladno čemu navedene vrijednosti se mogu smatrati isključivo orijentacijski te dovoljno točnim za potrebu provedbe tehno-ekonomske analize.

Analizom dobivenih rezultata može se zaključiti da je primjena predgotovljenih revizijskih okana od betona s plastičnom kinetom i okna od stakloplastike u pretpostavljenim uvjetima ugradnje predstavljaju za cca. 15% skuplje rješenje od ugradnje okna od polipropilena. Potrebno je navesti da se ipak za betonska okna očekuje najmanja potreba za održavanjem, sanacijom i rekonstrukcijom,

nakon čega dolaze okna od stakloplastike, dok se očekuje kako će okna od polipropilena zahtijevati najveći stupanj održanja i rekonstrukcije sukladnom najmanjim vrijednostima kritičnih linijskih opterećenja.

7.5 Pregled konačnih ocjena okana

U nastavku je prikazan sažetak sa pregledom ocjena analiziranih elemenata koji su se uzimali u obzir pri odabiru optimalnog izbora materijala za okna na predmetnom području aglomeracije Đurđenovac.

Analiza se sastoji od mehaničke otpornosti koja neposredno utječe na trajnost, stupanj oštećenja uslijed loše ugradnje, potrebu za povećanom cijenom održavanja i učestalost sanacije/rekonstrukcije okana. Osim toga računata je procijenjena sigurnost protiv uzgona, procijenjena trajnost okana te procjena troškova nabave, dobave i ugradnje okana.

Odabir optimalnog cijevnog materijala definirati će se na temelju konačne kumulativne ocijene. Pri čemu zaključno najviša ocjena predstavlja prijedlog odabira najboljeg materijala za izradu okana.

Tablica 7-7 Konačna ocjena glavnih tehničkih i ekonomsko-financijskih elemenata odabira

Materijal	Okna od stakloplastike	okna od polipropilena	Okna od betona s predgotovljenim elementima
Mehanička otpornost	2	1	3
Sigurnost protiv uzgona	2	2	3
Trajnost okna	2	2	3
Trošak nabave i ugradnje	2	3	2
Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja	3	3	3
UKUPNA OCJENA	11	11	14

7.6 Zaključak i preporuka za revizijska okna sustava javne odvodnje

Prethodno provedene obrade, u okviru specificiranih ulaznih podataka i rubnih uvjeta, pokazuju slijedeće:

- A. Predgotovljena revizijska okna od betona s plastičnom kinetom posjeduju veću otpornost na mehaničke utjecaje od bočnog tlaka tla/nasipa i hidrostatskog tlaka od drugih predgotovljenih revizijskih okana. Iz tog razloga generalna preporuka izrađivača ove tehno-ekonomske analize za ugradnju okana koji se nalaze u trupu ceste (posebno u državnoj i/ili županijskoj cesti) je korištenje betonskih okana (montažna ili AB monolitna okna).
- B. Postava (montaža) i osiguranje sigurnosti protiv uzgona predgotovljenih revizijskih okana od betona jednostavnija je od drugih okana, a očekivana trajnost i troškovi odražavanja i sanacije povoljnija u odnosu na druge materijale.
- C. Procjene troškova izgradnje predgotovljenih revizijskih okana od betona u konačnici je neznatno veća u odnosu na investicijski najpovoljniju varijantu (pretpostavka od 15% više investicijske vrijednosti), odnosno razlika je zanemariva u odnosu na ukupnu investiciju poglavito uzevši u obzir da se ugradnjom predgotovljenih betonskih okana očekuje značajno smanjenje naknadnih troškova održavanja i sanacije.

Temeljem provedene analize, iako se niti jedan od materijala ne može eliminirati, preporuča se da se postupak javne nabave za revizijska okna na trasama kanala pod utjecajem podzemnih voda provede uz uvjet primjene slijedećeg materijala sustava revizijskih okana:

- **Revizijska okna od betona s predgotovljenim elementima i plastičnom kinetom** (minimalnu klasu betona kao i ostale karakteristike definirati izvedbenim projektom), prema normi HRN EN 1916 i HRN EN 1917.

8 ANALIZA IZBORA MATERIJALA CRPNIH STANICA

Kada se govori o analizi potencijalnih materijala za izgradnju crpnih stanica (CS) za sanitarne otpadne vode u Republici Hrvatskoj se najčešće koriste CS od stakloplastike (GRP) i armirano betonske (AB) CS.

Glavna razlika je što crpne stanice od GRP materijala dolaze kao predgotovljena tipska montažna fekalna stanica, izrađena u skladu sa normom HRN EN 12050-1:2015. S druge strane armirano betonska crpna stanica je monolitan objekt koji je potrebno izgraditi na licu mjesta.

8.1 Tehnički elementi izbora materijala crpnih stanica

8.1.1 Predgotovljena GRP crpna stanica

U konstruktivnom pogledu, predgotovljeno okno crpne stanice od GRP materijala zadovoljava sve potrebne elemente prikupljanja otpadnih voda te smještaja potrebnih crpnih agregata, cijevnog razvoda i potrebnih armatura, te osigurava miran i ujednačen rad.

Na pripremljenu donju betonsku ploču dovoljno je položiti prefabricirano okno crpne stanice izrađeno od poliestera sa predgotovljenim spojevima za dovodne gravitacijske i odvodni tlačni cjevovod.

U slučaju visokih podzemnih voda protuuzgonska zaštita osigurava se od dnu okna (debljine ne manje od 0,30 m) korištenjem betona do računske visine definirane projektom. Kako bi se crpna stanica što kvalitetnije povezala sa betonskom bazom i protuuzgosnim slojem betona, najčešće se na tijelu okna izvode i prstenovi za uklještenje u betonski uteg. Okno crpne stanice potrebno je nivelirati po horizontali i vertikalni, nakon čega se ostavljeni ankeri vežu za ušice okna.

Kod izvođenja crpne stanice potrebno je osigurati pravilnu zaštitu građevne jame koja je u ovom slučaju manjih dimenzija u odnosu na AB monolitne CS zbog manjih tlocrtnih dimenzija crpne stanice, te brže tehnologije građenja. Ovo predstavlja prednost posebno kod crpnih stanica većih dubina.

Kako bi se omogućila ugradnja potrebne opreme preporučeni minimalni promjer GRP crpne stanice iznosi 1400 mm. GRP crpna stanica dolazi sa komplet ugrađenom strojarskom opremom.

Predgotovljene GRP crpne stanice ugrađene prema preporukama proizvođača garantiranju potpunu vodonepropusnost.



Slika 8-1 Unutrašnjost predgotovljene GRP crpne stanice



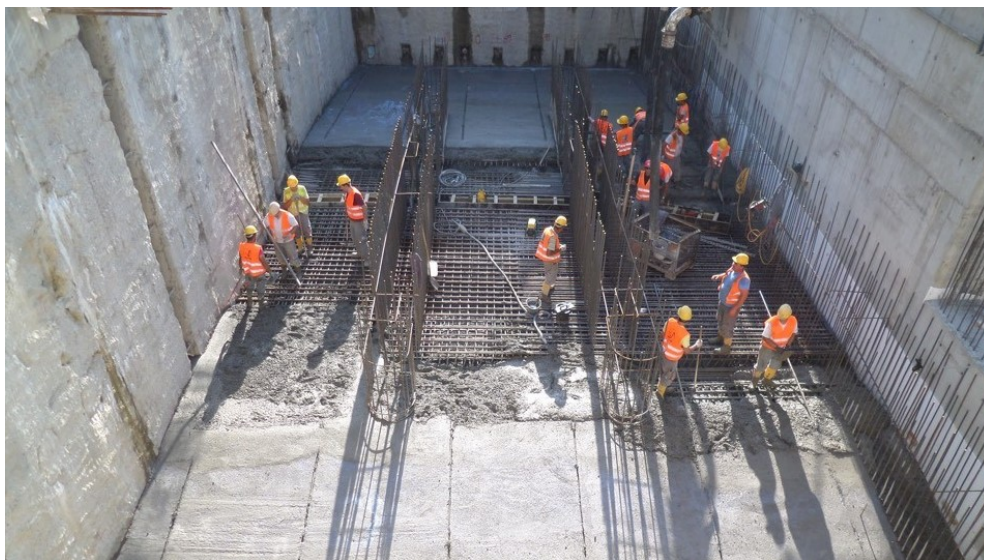
Slika 8-2 Predgotovljena GRP crpna stanica

8.1.2 AB monolitne crpne stanice

Armirano betonske (AB) crpne stanice se za razliku od GRP crpnih stanica izgrade direktno na mjestu ugradnje. Najčešće su pravokutnog oblika i u pravilu su većih dimenzija zbog potrebe za ispunjavanjem uvjeta vodonepropusnosti, pri čemu minimalna debljina AB zida i donje ploče mora biti 30 cm (monolitna betonska konstrukcija od vodonepropusnog betona C30/37).

Tehnologija gradnje je zahtjevnija i dugotrajnija u odnosu na crpne stanice od GRP-a. Potrebno je osigurati veću površinu građevne jame, te sam proces izgradnje i montaže traje duže. Postoji mogućnost i parcijalne izgradnje AB crpne stanice koja se radi u dijelovima, baza se prvotno radi na površini te potom polaže u jamu, a nakon njenog polaganja slijedi klasična izgradnja preostalog dijela AB crpne stanice. Potrebno je osigurati pravilan spoj betonskih elemenata koji će osigurati potrebnu vodonepropusnost. Nakon izgradnje crpnog bazena potrebno je pristupiti strojarskim, montažerskim i drugim radovima (ugradnja cijevi, penjalica i druge opreme, izolaterski radovi i sl.).

Izrada AB crpnih stanica znatno je pogodnija kod objekata većih tlocrtnih dimenzija i crpnih stanica sa zahtjevnijim elementima ugradnje.



Slika 8-3 Monolitna AB crpna stanica

Zaključno i jedan i drugi materijal zadovoljavaju sa tehničkog aspekta ugradnje kao potencijalni materijal za crpne stanice, iako svaki ima određene prednosti i mane.

8.2 Ekonomsko-financijski elementi izbora materijala crpne stanice

Zbog različitih elemenata ugradnje koje uvjetuju mikro lokacije crpnih stanica nemoguće je generalno usporediti ova dva materijala. Veliki utjecaj ima geomehanika, razina podzemnih voda, lokacija crpne stanice (prometnica ili zelena površina) i dr. Odnosno, ne može se generalizirati optimalan odabir materijala.

Crpna stanica od GRP materijala ima visoku jediničnu cijenu samog crpnog bazena po metru ugradnje, ali cjenovnu razliku u odnosu na AB crpnu stanicu nadoknađuje brzinom ugradnje. GRP crpna stanica dolazi kao predgotovljena sa svim elementima (ugrađen cijevni razvod sa armaturama, prodori, vodilice, nosači, ljestve i sl.) osim samih crpki ugrađenih u oknu, što proces ugradnje čini brzim i efikasnim (okvirno tri do pet puta brža izgradnja od AB crpne stanice).

S druge strane AB crpna stanica je jeftinija po pitanju korištenog materijala, ali je tehnologija ugradnje zahtjevnija, a sam proces ugradnje dugotrajniji. Ukoliko se radi o atipičnim dimenzijama crpnih bazena AB materijal je puno prihvatljiviji, te uhodan i kvalitetan tim kod ugradnje može u prihvatljivom vremenu izgraditi kvalitetan objekt AB crpnog bazena. S druge strane nestručna i nekvalitetna izgradnja može dovesti do problema kod pogona i rada s obzirom da nakon izgradnje za kvalitetu objekta jamči izvođač.

Generalno se može pretpostaviti da je investicijska vrijednost izgradnje analiziranih objekata jednaka.

8.3 Zaključak i preporuka za materijal crpnih stanica

Temeljem provedene analize zaključuje se kako je moguće provesti postupak javne nabave za materijal crpnih stanica sukladno bilo kojem od analiziranih materijala. U uvjetima poštivanja svih tehničkih elemenata izgradnje odnosno sve upute proizvođača oba materijala predstavljaju tehnički pogodno rješenje za materijal crpnih stanica na području aglomeracije Đurđenovac.

9 DOPUNSKE NAPOMENE SUKLADNO PROJEKTOJ DOKUMENTACIJI

Izbor cijevnog materijala tlačnih kanalizacijskih cjevovoda ovdje je bitno sužen. U principu se koriste „vodovodne cijevi“ sa manjim nazivnim tlakovima. Kod toga se, bez obzira što se u tlačnim sustavima kanalizacije redovito javljaju tlakovi niži nego li u vodoopskrbnim sustavima, u pravilu mogu primjenjivati i cijevi za nazivnim tlakom od 10 bara, sukladno čemu se kao izbor tlačnih cjevovoda kanalizacijskog sustava preporučuje najčešće korišteni materijal za tlačne cjevovode u sustavima javne odvodnje na području RH, a to su PE cijevi od polietilena visoke gustoće – PEHD (prema HRN EN 12201-1:2011, HRN EN 12201-2:2013, HRN EN 12201-3:2012, HRN EN 12201-5:2011). Navedene cijevi su također definirane za primjenu i u sklopu postojećih glavnih projekata aglomeracije Đurđenovac. Generalno je, između ostalog i u ovisnosti o potrebnom profilu, moguća primjena i cijevi od nodularnog lijeva ("duktil"), stakloplastike i polietilena te se u ovom dijelu tehno-ekonomske analize primjena ovih materijala ostavlja kao moguća alternativa.

Temeljem svega navedenog može se zaključiti kako je napravljena detaljna analiza odabira optimalnog cijevnog materijala gravitacijskog sustava javne odvodnje koja je u skladu sa „primjerima dobre prakse“.

Svi navedeni materijali moraju biti u skladu sa navedenim normama (HRN) u sklopu ovom dokumenta i svim drugim hrvatskim propisima („ili jednakovrijedno“).

U sklopu postojećih glavnih projekata za aglomeraciju Đurđenovac napravljeni su detaljni hidraulički i statički proračuni na temelju kojih su definirani rubni uvjeti (definirani padovi, tlakovi, minimalni promjeri, i dr.). Tehno-ekonomska analiza koristila je sve definirane vrijednosti i rubne uvijete u svojoj analizi, te je u cijelosti bila u skladu sa osnovnim specifikacijama definiranim u sklopu projektne dokumentacije.

Izradio:

Save Španja, mag.ing.aedif.