



Naručitelj: **VODOVOD DUBROVNIK d.o.o.**
Vladimira Nazora 19
20 000 DUBROVNIK

**TEHNIČKA I EKONOMSKA ANALIZA
IZBORA
CIJEVNOG MATERIJALA
NA PODRUČJU
AGLOMERACIJE DUBROVNIK**

Voditelj Izrade:

Direktor:

Davor Stanković, dipl. ing. građ.

Luka Jelić, dipl. ing. građ.

Zagreb, 12. srpnja 2019.

Naručitelj: **VODOVOD DUBROVNIK d.o.o. Dubrovnik**

Građevina: **AGLOMERACIJA DUBROVNIK**

Vrsta projekta: **Tehnička i ekonomska analiza izbora cijevnog materijala**

A OPĆI DIO

A.1 Naslovna stranica

A.2 Sadržaj

A.3 Popis suradnika

A.4 Projektni zadatak

B TEHNIČKI DIO - TEKSTUALNI DIO

B.1 UVOD

B.2 OPIS I OPSEG ZAHVATA U PROSTORU

B.2.1 Općenito

B.2.2 Hidrološke i inženjersko-geološke karakteristike terena

B.2.3 Općeniti opis radova

B.3 UVJETI UGRADNJE CIJEVI

B.4 CIJEVNI MATERIJALI

B.4.1 Kanalizacijski sustavi

B.4.2 Vodoopskrbni sustavi

B.5 TEHNIČKA I EKONOMSKA ANALIZA

B.5.1 Općenito

B.5.2 Elementi odabira prema dokumentu Hrvatskih voda

B.5.3 Primjenljivi profili cijevi

B.5.4 Mehanička otpornost cijevi

B.5.5 Uzdužne krutosti cijevi

B.5.6 Otpornost na habanje

B.5.7 Troškovi nabave i spajanja cijevi

B.5.8 Generalne prednosti i mane pojedinih cijevnih materijala

B.5.9 Trajnost cjevovoda

B.5.10 Osvrt na profilirane cijevi od plastičnih materijala

B.5.11 Osvrt na kanale na obalnim dionicama



B.6 PRIJEDLOG ODABIRA CIJEVNOG MATERIJALA/PROIZVODA

B.7 ZAKLJUČAK I PREPORUKE

Voditelj izrade :

Davor Stanković, dipl. ing. građ.

Zagreb, srpanj 2019.

Naručitelj: **VODOVOD DUBROVNIK d.o.o. Dubrovnik**

Građevina: **AGLOMERACIJA DUBROVNIK**

Vrsta projekta: **Tehnička i ekonomska analiza izbora cijevnog materijala**

U izradi ove tehničke i ekonomske analize sudjelovali su:

Voditelj: **Davor Stanković, dipl. ing. građ.**

Suradnici:

Emir Mešić, dipl. ing. građ.

Siniša Radivojević, dipl. ing. građ.

Hynek Suchy, dipl. ing. građ.

Mladen Lišnjić, dipl. ing. građ.

Ana Hiršl, mag. ing. aedif.

Mladena Sučić, ing. građ.

Vesna Grizelj Šimić, dipl. ing. građ.

Damir Šafar, dipl. ing. građ.

Nataša Todorić Rex, dipl. ing. građ.

"HIDROPROJEKT-ING" d.o.o. Zagreb
D i r e k t o r :

Luka Jelić, dipl. ing. građ.

Zagreb, srpanj 2019.



Naručitelj: **VODOVOD DUBROVNIK d.o.o. Dubrovnik**

Građevina: **AGLOMERACIJA DUBROVNIK**

Vrsta projekta: **Tehnička i ekonomska analiza izbora cijevnog materijala**

B TEHNIČKI DIO - TEKSTUALNI DIO

Voditelj izrade:

Davor Stanković, dipl. ing. građ.

Zagreb, srpanj 2019.

B.1 UVOD

Sukladno točki 3. *Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomski najpovoljnije ponude; Primjeri dobre prakse; Poglavlje 1. Otvoreni postupak javne nabave za građenje mreže (FIDIC, crvena knjiga); Podpoglavlje 1.2. Izbor cijevnog materijala - dopuna* (Hrvatske vode; Upravno vijeće; Zagreb, 21.05.2018. godine) ovom tehničkom i ekonomskom analizom daje se prijedlog odabira i primjene cijevnog materijala za zahvat/građevinu Aglomeracija Dubrovnik, u sklopu koje se predviđa izgradnja/proširenje sustava vodoopskrbe i odvodnje u pojedinim dijelovima grada Dubrovnika

U nastavku prikazana tehnička i ekonomska analiza temeljena je na slijedećim dokumentima/podlogama:

- Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomski najpovoljnije ponude; Primjeri dobre prakse (Hrvatske vode Zagreb, veljača 2018. godine)
- Smjernice za odabir vrsta cijevi kod projektiranja kanalizacijskog sustava (CTT Centar za transfer tehnologije d.o.o. Zagreb, travanj 2002.)
- Smjernice za odabir vrste cijevi kod projektiranja vodoopskrbnih sustava u Republici Hrvatskoj (CTT Centar za transfer tehnologije d.o.o. Zagreb, rujan 2000.)
- Jure Margeta: Kanalizacija naselja; Odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda (Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2009.)
- Hosang/Bischof: Abwassertechnik (11. Auflage, B.G. Teubner Stuttgart, Leipzig, 1998.)
- Damrath/Cord-Landwehr: Wasserversorgung (11. Auflage, B.G. Teubner Stuttgart 1998.)
- ATV-Handbuch: Bau und Betrieb der Kanalisation (4. Auflage, Ernst & Sohn, 1995.)
- Moser: Buried Pipe Design (Second Edition, McGraw-Hill, 2001.)
- 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.)
- Wastewater Technology Fact Sheet: Pipe Construction and Materials (EPA, 2000.)
- Water for the World: Selecting Pipe Materials; Technical Note No. RWS. 4.P.3 (U.S. Agency for International Development, 1982.)
- Rolf Köhler: Tiefbaupraxis für Abwasserkanäle (Vulkan Essen, 2000.)

- Thomas Sander: Ökonomie der Abwasserbeseitigung; Wirtschaftlicher Betrieb von kommunalen Abwasseranlagen (Springer, 2003.)
- Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien) (8. überarbeitete Auflage, DVGW, DWA, 2012.)
- Kainz/Kauch; TU Graz, Siedlungswasserbau; Skripta
- Profilierte Grossrohre aus Kunststoff - Praxiserfahrungen und Prüfkonzepte - Endbericht (IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen 2005.)
- Corrugated Polyethylene Pipe Design Manual & Installation Guide (<https://plasticpipe.org/drainage/cppa-design-guide.html>)
- Horlacher/Helbig: Rohrleitungen 2 (2. Auflage, VDI, Springer Vieweg, 2018.)
- Standardna kalkulacija radova u vodnom gospodarstvu (Hrvatske vode; Bilten XI 2017.)
- 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 13476-3: 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).
- HRN EN 14758-1: Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - Polipropilen s mineralnim modifikatorima (PP-MD) - 1. dio: Specifikacije za cijevi, spojnice i sustav (EN 14758-1:2012)
- HRN EN 1852-1: Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - Polipropilen (PP) - 1. dio: Specifikacije za cijevi, spojnice i sustav (EN 1852-1:2018)

- HRN EN 545: Duktilne željezne cijevi, spojni dijelovi, pribor i njihovi spojevi za cjevovode za vodu - Zahtjevi i metode ispitivanja (EN 545:2010)

Pored navedenog korištena je i raspoloživa postojeća projektna dokumentacija.

Također su korištene informacije iz kataloškog i propagandnog materijala različitih proizvođača cijevi.

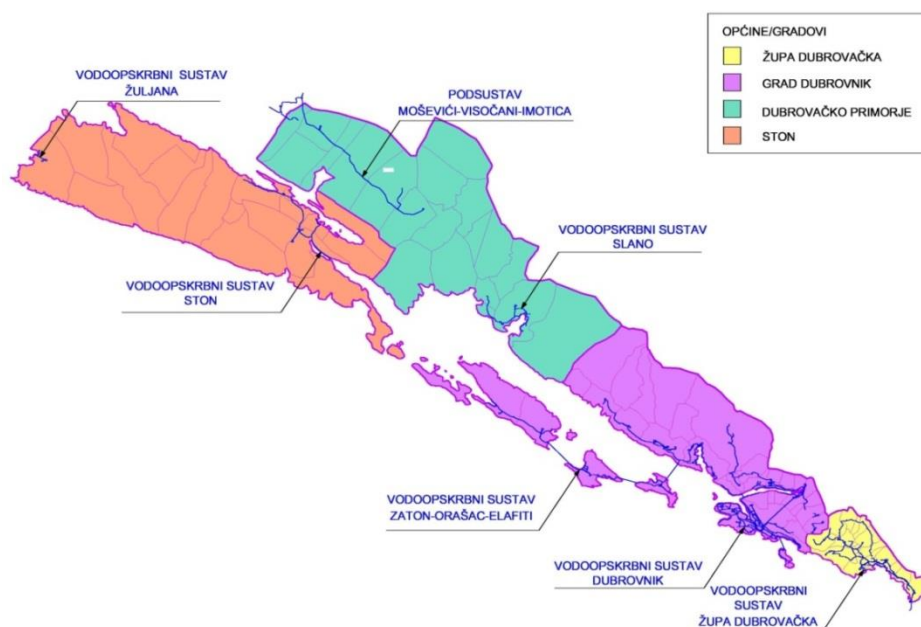
B.2 OPIS I OPSEG ZAHVATA U PROSTORU

B.2.1 Općenito

Sustav javne vodoopskrbe. Vodoopskrbnim sustavima na području grada Dubrovnika i šire Dubrovačke regije, posluje i upravlja društvo Vodovod Dubrovnik koje je u potpunosti u vlasništvu jedinica lokalne samouprave, od kojih pojedinačno najveći udio vlasništva pripada Gradu Dubrovniku.

Na uslužnom području društva Vodovod Dubrovnik d.o.o. nalazi se 7 vodoopskrbnih sustava, koji su nepovezani i neovisni i od kojih je 6 vodoopskrbnih sustava zasnovano na zahvaćanju vode iz vlastitih vodozahvata a jedan vodoopskrbni podsustav Moševići – Visočani (i vodovodna mreža naselja Imotica) dobiva vodu iz zdenca Gabela koji je dio vodoopskrbnog sustava Neum u Bosni i Hercegovini.

Ukupna godišnja crpljena količina vode iznosi oko 9.400.000 m³.



Slika B.2.1-1: Vodoopskrbni sustavi na uslužnom području Vodovoda Dubrovnik

Kakvoća vode u vodoopskrbnoj mreži svih vodoopskrbnih sustava je sukladna s važećom hrvatskom i EU zakonskom regulativom. U svim vodoopskrbnim sustavima se zahvaćena sirova voda trenutno ne obrađuje, vrši se samo dezinfekcija prije distribucije u vodoopskrbnu mrežu.

Sustav javne odvodnje. Na području obuhvata projekta je 6 preliminarno identificiranih aglomeracija:

- Aglomeracija Dubrovnik s naseljima: Dubrovnik, Čajkovići, Čajkovica, Gornje Obuljeno, Knežica, Donje Obuljeno, Komolac, Mokošica, Nova Mokošica, Prijedor, Rožat, Sustjepan. Ukupno planirano opterećenje na području aglomeracije je 68.916 ES. S obzirom na predviđenu veličinu aglomeracije (>15.000 ES), pročišćavanje otpadnih voda treba biti riješeno do kraja 2018. godine.

- Aglomeracija Zaton-Orašac s naseljima: Orašac, Zaton. Ukupno planirano opterećenje na području aglomeracije je 5.600 ES. S obzirom na predviđenu veličinu aglomeracije (>2.000 ES), pročišćavanje otpadnih voda treba biti riješeno do kraja 2023. godine.
- Aglomeracija Trsteno za naselja Trsteno. Ukupno planirano opterećenje na području aglomeracije je 600 ES.
- Aglomeracija Koločep - naselje Koločep. Ukupno planirano opterećenje na području aglomeracije je 900 ES.
- Aglomeracija Lopud – naselje Lopud. Ukupno planirano opterećenje na području aglomeracije je 1.300 ES
- Aglomeracija Suđurađ za naselje Suđurađ na otoku Šipan. Ukupno planirano opterećenje na području aglomeracije je 700 ES.
- Aglomeracija Šipanska Luka za naselje Šipanska Luka na otoku Šipan. Ukupno planirano opterećenje na području aglomeracije je 1.100 ES.

Među navedenim aglomeracijama, jedino je na području aglomeracije Zaton - Orašac započeta izgradnja kanalizacijske mreže, tj. značajnim dijelom je izgrađena kanalizacijska mreža u naselju Zaton. Također, nedavno je izgrađen uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, u okviru Projekta zaštite od onečišćenja u priobalnom području 2.

Sustav kanalizacije grada Dubrovnika prema starosti može se podijeliti u srednjovjekovni, koji je jedan od najstarijih kanalizacijskih sustava u Europi, a prema tehničkom rješenju i izvedbi zidanih i nadstvođenih prostora svakako spada u najznačajnije spomenike kulturne baštine povijesne jezgre grada Dubrovnika, te u suvremeni. Prilikom izgradnje suvremenog kanalizacijskog sustava grada Dubrovnika, početkom osamdesetih godina, izgrađena je kanalizacijska crpna stanica Pile čiji je zadatak, između ostalog, bio i dislokacija otpadnih voda zapadnog dijela Starog grada (cca 30%), a izgradnjom kanalizacijske crpne stanice "Stari grad" (2004. godine) sakupljen je i ostatak otpadnih voda istočnog dijela stare gradske jezgre, te je time praktički zaustavljeno njihovo izravno izlivanje u gradsku luku.

Suvremeni kanalizacijski sustav grada Dubrovnika koncipiran je u razdjelnom načinu odvodnje, te su izgrađivani uglavnom kanali za prihvrat sanitarnih otpadnih voda.

Otpadne vode istočnog dijela prikupljaju se gravitacijskim kanalima te prihvaćaju i dalje transportiraju pojedinim crpnim stanicama. Najvažnije crpne stanice ovog područja su crpna stanica „Zlatni potok“, crpna stanica Ploče, crpna stanica "Stari grad", te posebno crpna stanica Pile u kojoj se prihvaćaju sve otpadne vode istočnog dijela grada. Iz ove crpne stanice, otpadne vode se relativno dugačkim tlačnim cjevovodom transportiraju do početka gravitacijskog kanala kojim se otpadne vode dovode do lokacije uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Na prethodno spomenuti kanal priključuju se i otpadne vode priljevnog područja crpne stanice "Libertas", tj. relativno malog gradskog područja jugoistočno od Gospinog polja te područje koje gravitira crpnoj stanici "Hladnica".

Na području Mokošice (sjeverna obala Rijeke dubrovačke) se otpadne vode prikupljaju kanalizacijskom mrežom, te dovode do početka podmorskog (sifonskog) cjevovoda, kojim se transportiraju do crpne stanice "Sustjepan" locirane na južnoj obali Rijeke dubrovačke. Napominje se da crpna stanica "Mokošica", locirana na uzvodnom kraju podmorskog cjevovoda, nema

funkciju transporta otpadnih voda, već samo povremenog prisilnog ispiranja radi sprječavanja taloženja u podmorskom cjevovodu.

Iz crpne stanice "Sustjepan", prikupljene otpadne vode se relativno dugačkim tlačnim cjevovodom transportiraju do početka luke Gruž, gdje se prihvaćaju sjevernim obalnim gravitacijskim kanalom i transportiraju do crpne stanice "Gruž". Iz navedene crpne stanice, otpadne vode se precrpljuju u crpnu stanicu "Batala", a zatim, skupa s otpadnim vodama gravitirajućeg područja Batale, precrpljuju u glavni gravitacijski kolektor koji otpadne vode transportira do UPOV-a Lapad.

Na južnoj obali luke Gruž prisutna su tri priljevna područja, u kojima otpadne vode gravitiraju pripadajućim crpnim stanicama: crpnoj stanici "Solitudo", crpnoj stanici "Giman", te crpnoj stanici "Batala". Sve otpadne vode navedenih priljevnih područja dopijevaju do glavnog gravitacijskog kanala koji vodi do uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Lapadu. Postojeći uređaj za pročišćavanje otpadnih voda isključivo je (nepotpunog) mehaničkog stupnja pročišćavanja. Kapacitet postojećeg UPOV-a Lapad je: 50.000 ES, 1.300 l/s, 13.000 m³/dan (prosječni dotok na UPOV). Pročišćavanje počinje sa ugrađenom grubom automatskom rešetkom za uklanjanje otpada većih dimenzija. Umjesto naknadne fine rešetke ili sita za uklanjanje otpada manjih dimenzija, ugrađen je tzv. kominutor, koji sječe otpad na manje dimenzije da ne bi stvarali probleme u daljnjem dijelu tretmana otpadnih voda. Voda dalje teče kroz kanal sa mjeracom protoka prije nego što stigne do aeriranog pjeskolova i mastolova za uklanjanje pijeska, masti i ulja.

Lokacija odlagališta odvojenog krutog otpada sa UPOV-a je deponija "Konjsko groblje" na Brgatu, dok je prijamnik obrađenih otpadnih voda more. Tunelom ispod brda Petke i podmorskim ispustom duljine 1.500 m otpadne vode ispuštaju se u otvoreno more na dubini 100 m. Iako je opisani sustav kanalizacije (s izuzetkom stare gradske jezgre) projektiran i izgrađen kao razdjelni, on ipak, uslijed nelegalnih priključaka, te slabe izgrađenosti oborinske kanalizacije, dijelom funkcionira kao mješoviti. Tako se kanalizacijska mreža sastoji od 75 km sanitarne kanalizacije i 15 km mješovite kanalizacije. Na sanitarnoj kanalizaciji je izgrađeno 12 crpnih stanica. Na postojećoj kanalskoj mreži postoji čitav niz havarijskih preljeva. Na kanalizacijskoj mreži prisutno je oko 7.700 priključaka, a broj priključenih ekvivalentnih stanovnika procjenjuje se u veličini od 30.000 ES. Procjenjuje se da priključenost na kanalizacijski sustav iznosi oko 70%.

Kao što je ranije rečeno, kanalizacijska mreža pokriva uže područje Grada Dubrovnika i Mokošicu. Na ostalim aglomeracijama primjenjuje se praktički istovjetan koncept odvodnje otpadnih voda. To znači da se generalno predviđa primjena razdjelnog načina odvodnje, kod čega se otpadne vode stanovništva i gospodarskih djelatnosti prikupljaju i odvođe zasebnom kanalskom mrežom prema lokaciji jedinstvenog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Pročišćene otpadne vode se ispuštaju u raspoloživi prijamnik (obalno more, iznimno podzemlje).

Glavni uočeni problemi odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda su:

- opća neizgrađenost mreže oborinske odvodnje.
- loše odnosno zapušteno stanje malobrojnih prisutnih kanala oborinske odvodnje.
- veliko opterećenje sanitarnih kanala oborinskim vodama.
- prisutno je i smanjenje protočne moći starih kanala, uslijed taloženja pijeska odnosno općenito otpadnog materijala.

Zbog stanja oborinske odvodnje prisutni su i pojedini problemi, koji se, čak i kod kiša srednjih intenziteta, odražavaju u:

- mjestimičnim poplavljanjima ulica, te s tim u vezi zastoјima u prometu i oštećenjima prometnica,
- upuštanju oborinskih voda u kolektore otpadnih voda, te povremeno izlivanje otpadnih voda kod prekoračenja protočnosti; izlivanja se vrše u obalno more, na mjestima gdje postoje havarijski preljevi, ili čak na površinu,
- materijalnim štetama u prizemljima zgrada na najnižim priobalnim područjima kao i na sustavu odvodnje sanitarnih otpadnih voda (zatrpavanje sanitarnih kanala i crpnih stanica pijeskom, oštećenja crpki, povećana potrošnja električne energije i dr.).
- mjestimično prodiranje mora u postojeću kanalizacijsku mrežu.

B.2.2 Hidrološke i inženjersko geološke karakteristike terena

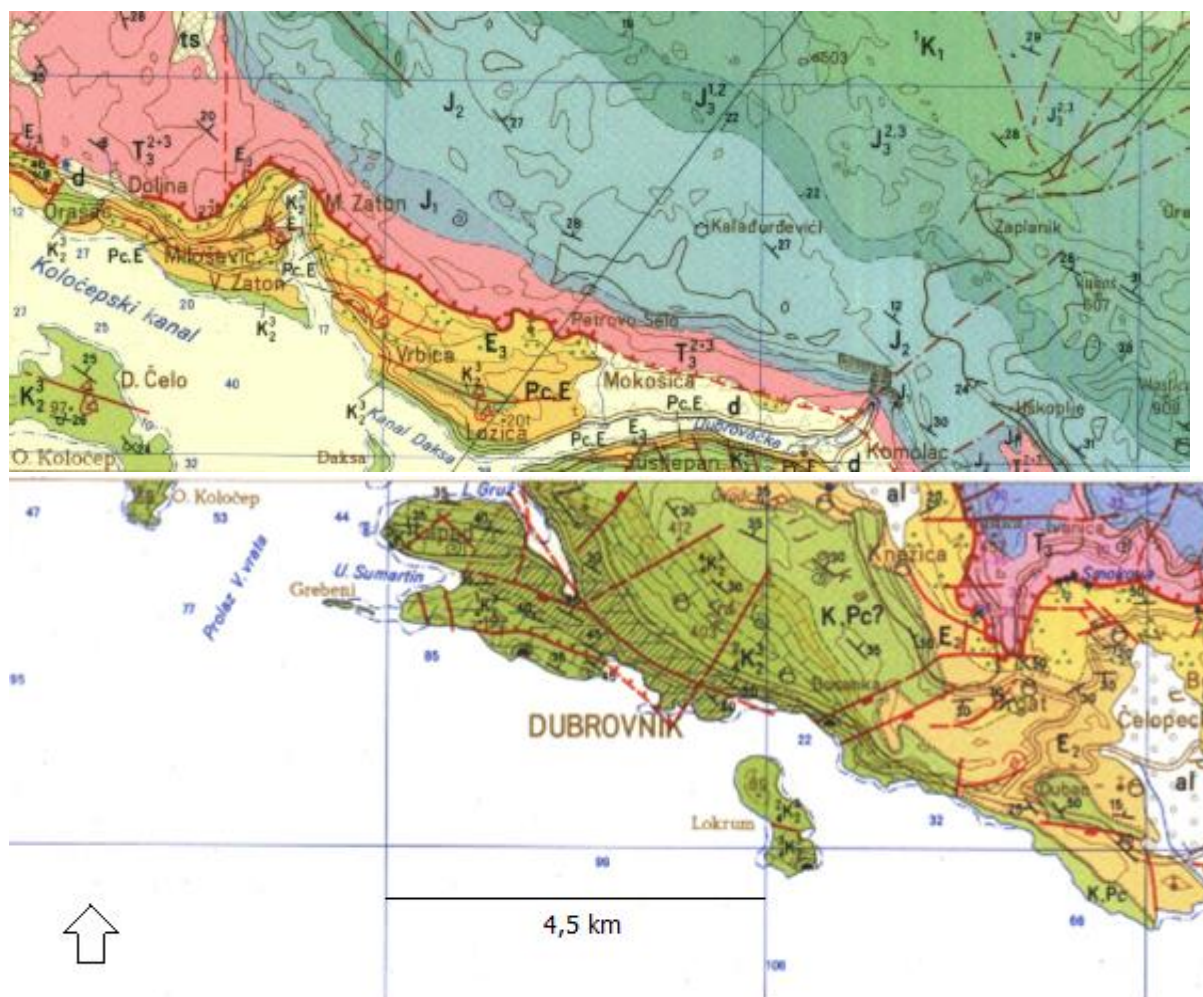
Geološke značajke šireg područja. Prema Osnovnoj geološkoj karti, M 1:100.000, list Trebinje (1967) i list Dubrovnik (1971), na području grada Dubrovnika geološku podlogu najvećim dijelom čine vapnenci kredne starosti. Geomorfološki se razlikuju dvije cjeline, priobalni i krški pojas, koje istovremeno predstavljaju i dvije tektonske jedinice.

Uže područje zahvata je građeno od dobropropusnih krednih karbonata, koji su opisani u nastavku prema Tumaču za list Dubrovnik, 1971. Najstariji član gornjokrednih-senonskih sedimenata su bankoviti dolomiti (${}^1_4K_2^3$), koji najvećim dijelom pripadaju donjem mastrihtu. Njihova debljina iznosi oko 250 m. Razvijeni su na ograničenoj površini u priobalnom dijelu gradskog područja Dubrovnika. Naslage dolomita i vapnenaca (${}^2_4K_2^3$) izgrađuju južne padine brda Srđa, a imaju debljinu oko 200 m. Radi se pretežno o bankovitim dolomitima i vapnencima s obiljem rudista i/ili mikrofaune i flore. Bankoviti vapnenci s obiljem rudista (${}^3_4K_2^3$) se nalaze na poluotoku Lapad te na otoku Lokrum. Njihova debljina iznosi oko 100 m. Vapnenci i dolomiti (${}^4_4K_2^3$) koji po starosti pripadaju najvišem mastrihtu, zauzimaju centralni dio predjela Srđa. Pružaju se u pravcu sjeverozapad-jugoistok. Sastoje se uglavnom od pločastih vapnenaca u izmjeni s dolomitima, a debljina im iznosi oko 100 m. U njima su pronađeni ostaci mikrofaune i rudista, ali znatno rjeđe nego u prethodno spomenutim naslagama.

Na širem području Grada Dubrovnika su prisutne i slijedeće naslage. Sjeverne i sjeveroistočne padine predjela Srđa izgrađuju stijene koje pripadaju dijelom kredi, a dijelom paleocenu (K,Pc), tzv. „kozinski slojevi“. To su glinoviti vapnenci sa stomatopsisima i kozinijama, a njihova debljina kreće se oko 100 m (Tumač za list Dubrovnik, 1971). Na lijevoj obali Rijeke Dubrovačke, oko Sustjepana i Mokošice su prisutni paleocenski i alveolinsko-numulitni vapnenci (Pc,E). Vapnenci su slojeviti do bankoviti, dijelom i laporoviti, tamnosmeđe boje. Od makrofaune pronađeni su presijeci stomatopsisa, od mikrofaune prisutne su brojne foraminifere (alveoline, numuliti, miliolide, itd.) (Tumač za list Trebinje, 1967).

Na širem području se razlikuju: jadransko-jonska zona (para-autohton) i zona visokog krša. Zona visokog krša obuhvaća krško zaleđe, a jadransko-jonska priobalni pojas. Pojedine jedinice su odvojene regionalnim, reverznim rasjedima. U zoni visokog krša prevladava izdizanje, dok je

jadransko-jonska zona prijelazna. Mjesta kontakata tektonskih jedinica su tektonski najnestabilnija, a posljedica tih procesa je pojačana seizmička aktivnost.



	Deluvij		„Kozinski“ slojevi – glinoviti vapnenci sa stomatopsisima i kozinjama
	Aluvij		Izmjena pločastih vapnenaca i dolomita
	Fliš – pješčenjaci, lapori i vapnenci		Bankoviti vapnenci s rudistima
	Fliš – pješčenjaci, pjeskoviti lapori, glinci i alevroliti		Izmjena bankovitih vapnenaca i dolomita
	Numulitni vapnenc		Bankoviti dolomiti
	Miliolidni, kozinski, alveolinski i numulitni vapnenc		Vapnenci i dolomiti s rudistima

Slika B.2.2-1: Isječci iz Osnovne geološke karte, M 1:100.000, list Trebinje i list Dubrovnik

Hidrološke značajke. Postoje dva generalna sliva na širem području grada Dubrovnika. Sliv izvora Omble, sjeverozapadno od vododjelnice, i sliv područja izvora Župe, jugoistočno od vododjelnice. Sliv izvora Omble izgrađuju veoma propusne mezozojske karbonatne stijene, zbog čega se izvor Omble hrani podzemnim vodama te vodama iz neposrednog sliva.

Posredni-podzemni sliv Omble zahvaća oko 1.630 km². Neposredni sliv zahvaća krški plato zaleđa sliva i procjenjuje se na oko 600 km². Kapacitet izvora Ombla u prirodnim uvjetima se kretao u širokom rasponu od 4,1 do 160 m³/s. Izgradnjom "Hidrosistema Trebišnjice" je poremećen prirodni režim pa je minimalna izdašnost Omble povećana s 4 na oko 10 m³/s. Utvrđeno je da glavne vode na izvoru Omble dolaze iz područja Trebinja i Kočela te iz područja Poljica. Južno (JJI) od izvora Omble se nalazi kaptirani izvor "Slaven", smješten u eocenskom flišu, kapaciteta oko 3 l/s, koji vodu dobiva iz karbonatnog zaleđa izgrađenog od mezozojskih stijena. Za procjenu i upravljanje rizicima od poplava u Hrvatskoj, izrađene su karte opasnosti od poplava (za malu, srednju i veliku vjerojatnost pojavljivanja) i karte rizika od poplava, u mjerilu 1:25.000 za ona područja koja su u Prethodnoj procjeni rizika od poplava određena kao područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava (<http://korp.voda.hr/>). U odnosu na područja na kojima se planiraju zahvati u sustavu javne vodoopskrbe, pojava velike vjerojatnosti pojavljivanja poplava javlja se uz obalni dio Rijeke Dubrovačke gdje će se cjevovodi postavljati u trase postojećih obalnih cesta. S obzirom na prethodnu procjenu rizika od poplava, veći dio Grada Dubrovnika spada u područje koje je pod rizikom od poplavlivanja. Dijelovi Grada koji nisu pod rizikom od poplavlivanja jesu područja Donjeg Obuljena, Čajkovića, Čajkovice i Bosanke. Pojava velike vjerojatnosti poplavlivanja javlja se uz uski obalni pojas te na području uvale Lapad (luka Gruž), stare gradske jezgre, na području naselja Mokošica i G. Obuljeno, te na području Komolca prema unutrašnjosti sve do Šumeta. Na istim se dijelovima javlja i mogućnost male vjerojatnosti pojavljivanja samo u većem obimu. Planirana izgradnja sustava javne odvodnje i crpnih stanica djelomično se nalazi na dijelovima za koje postoji velika vjerojatnost poplavlivanja, ali potrebno je naglasiti da su za sve crpne stanice mikro lokacije odabrane kako se ne bi dogodilo plavljenje, odnosno visina terena je dovoljna da spriječi plavljenje od mora, a objekti i instalacije su vodonepropusni.

B.2.3 Općeniti opis zahvata

Zahvati uključuju izgradnju sustava vodoopskrbe i odvodnje, sve kako je navedeno u Studiji izvodljivosti i Dokumentaciji za nadmetanje (koja je u pripremi), a sastoje se od sljedećih tendera i pripadnih grupa radova:

Tender 2: Izgradnja, rekonstrukcija i sanacija na sustavu javne vodoopskrbe te sanacija na sustavu odvodnje

Grupa 2.1: Sanacija sustava odvodnje i pročišćavanja

- Crpna stanica "Zlatni potok"
- Crpna stanica "Ploče"
- Crpna stanica "Pile"
- Sanacija automatske rešetke "Mokošica" i stanice za ispiranje sifona
- Crpna stanica "Sustjepan"
- Crpna stanica "Gruž"
- Crpna stanica "Giman"
- Gravitacijski kanal u Ulici Frane Supila
- Gravitacijski kanal u Ulici kralja Petra Krešimira IV
- Gravitacijski kanal u Ulici branitelja Dubrovnika
- Obalni gravitacijski kanal u luci Gruž

- Tlačni cjevovod "Sustjepan"

Grupa 2.2: Izgradnja, rekonstrukcija i sanacija sustava vodoopskrbe

- Izgradnja glavni vodoopskrbni cjevovod Komolac - Gruž
- Izgradnja novog tlačnog cjevovoda
- Transportni pravac Zaton (izgradnja CS Lozica, CS Palata, VS Vrbica)
- Izgradnja vodoopskrbe naselja Vrbica
- Rekonstrukcija kritičnih cjevovoda grada Dubrovnika
- Sanacija spojeva ljevano-željeznih cjevovoda grada Dubrovnika

Grupa 2.3: Izgradnja sustava vodoopskrbe, izgradnja i sanacija sustava odvodnje

- Izgradnja vodoopskrbnog sustava Dubrovnik, podsustav Knežica - Šumet
- Izgradnja novih sustava odvodnje Nova Mokošica, Obuljeno, Prijedor, Rožat
- Izgradnja novih sustava odvodnje Komolac
- Izgradnja novih sustava odvodnje Gospino polje
- Izgradnja novih sustava odvodnje Sveti Jakov
- Izgradnja novih sustava odvodnje Babin kuk - Dubrovnik
- Izgradnja spojnog kanala CS "Ploče" - CS "Stari grad"
- Rekonstrukcija crpne stanice "Batala"
- Rekonstrukcija tlačnog cjevovoda "Lapad"

Grupa 2.4: Izgradnja sustava vodoopskrbe

- Vodoopskrbni sustav Imotica (VS + CS Imotica)
- Vodoopskrbni podsustav Majkovi i Dubravica, 1B, 2A, 2B faza

Tender 3: Sanacije na sustavu vodoopskrbe

Tender 4: Izgradnja na sustavu javne vodoopskrbe i sustavu odvodnje

Grupa 4.1: Izgradnja na sustavu vodoopskrbe i sustavu odvodnje

- Izgradnja vodoopskrbne mreže u naseljima Mokošica, Gornje Obuljeno, Prijedor (Dračevo selo) i Rožat
- Vodoopskrba naselja Štikovica
- Izgradnja novih sustava odvodnje Nova Mokošica, Glavica i Zaton (Štikovica)

Grupa 4.2: Izgradnja na sustavu vodoopskrbe i sustavu odvodnje

- Cjevovod VS "Orašac 1" do VS "Zaton"
- Izgradnja novih sustava odvodnje i pročišćavanja Orašac - istok, Orašac - zapad

Tender 5: Rekonstrukcija na sustavu vodoopskrbe i sanacija na sustavu odvodnje

B.3 UVJETI UGRADNJE CIJEVI

U nastavku se u najbitnijim crtama opisuju uvjeti ugradnje kako su predviđeni postojećom dokumentacijom o nadmetanju (knjiga 3).

Trasiranje gravitacijskih cjevovoda. Svi gravitacijski cjevovodi na dionicama između okana bit će položeni u pravcu. Cjevovodi će biti položeni u skladu s dokumentacijom glavnog projekta. Manja odstupanja u trasi cjevovoda, niveleti i nagibu moguća su između Glavnog projekta i Izvedbenog projekta Izvođača, ali u mjeri koja u potpunosti poštiva važeće potvrde glavnih projekata/gr građevinske dozvole.

Prije početka iskopa, za bilo koji cjevovod, Izvođač će utvrditi i istražiti trasu kako je prikazano u nacrtima, ili kako je dogovoreno s Inženjerom.

Trase cjevovoda će iskolčiti ovlašteni geodet i izraditi elaborat iskolčenja u skladu sa zahtjevima Zakona o gradnji (NN 153/13). Trasa cjevovoda će biti jasno označena na tlu.

Sanacija prometnih, biciklističkih i pješačkih površina. Nakon izvođenja radova, sve će prometne površine biti vraćene u prvobitno stanje, uključujući i kolne prilaze.

Širina vraćanja površina u prvobitno stanje, konstrukcija donjeg ustroja i gornjeg ustroja prometnih površina, kao i tip zastora definirani su Troškovnikom (knjiga 4 ove Dokumentacije za nadmetanje), ovim Tehničkim Specifikacijama i nacrtima (knjiga 5 ove Dokumentacije za nadmetanje).

Iskop rovova i polaganje cijevi. Zahtjevi u svezi iskopa rovova i podloge u rovu trebaju biti usklađeni s Knjigom 4 te normalnim poprečnim presjecima kanala koji su dani u Knjizi 5.

U slučaju kada se cijevi postavljaju ispod razine podzemnih voda ili ispod razine mora, kanali se moraju održavati suhima tijekom izvođenja radova što je odgovornost Izvođača, a smatra se uključenim u jedinične ponudbene cijene iskopa.

Materijal iz iskopa bit će odložen uz rov ili će biti prevezen do privremenog odlagališta. Materijal iz iskopa može biti korišten za zasipavanje rovova po odobrenju Inženjera a u prometnici sukladno posebnim uvjetima.

U slučaju nedostatnih količina materijala za zatrpavanje rovova potrebno je kompenzirati ove količine s materijalom iz pozajmišta (koje će sam odrediti Izvođač te snositi sve vezane troškove, kao npr. naknade za deponiranje materijala). Materijal korišten za zatrpavanje rovova mora biti provjeren i odobren od strane Inženjera.

Podloga rova mora biti ravna i bez izbočina te treba imati preciznost od +/-2 cm u odnosu na projektiranu niveletu. Neravna mjesta trebaju biti izravnata, a praznine zapunjene.

Materijal korišten za podlogu cijevi (pješčana posteljica) kanalizacionih cjevovoda mora imati maksimalnu granulaciju od 8 mm/prilagođenu odabranom cijevnom materijalu. Podloga će biti

izvedena u skladu s normalnim profilom kako je to prikazano na nacrtima. Debljina sloja za podlogu cijevi mora biti u skladu s HRN EN 1610 ovisno o promjeru cijevi.

Materijal korišten za podlogu cijevi (pješčana posteljica) vodoopskrbnih cjevovoda mora imati maksimalnu granulaciju od 8 mm/prilagođenu odabranom cijevnom materijalu. Podloga će biti izvedena u skladu s normalnim profilom kako je to prikazano na nacrtima. Debljina sloja za podlogu cijevi mora biti u skladu s HRN EN 805 ovisno o promjeru cijevi.

Pokrivanje cijevi će biti izvedeno u slojevima koji će biti blago zbijeni i poprskani vodom. Debljina pokrova pijeskom iznad tjemena cijevi ne smije biti manje debljine od 10 cm do 30 cm **prema Knjizi 5**. Materijal koji se koristi za pokrov i oblogu cijevi će biti isti kao materijal posteljice (pijesak, granulacije 8 mm/prilagođene odabranom cijevnom materijalu), a sve kao što je prikazano u tablici:

DN (profil cijevi/mm)	d (debljina posteljice/cm)
50	10
80	15
100-200	20
250-500	30

Nakon završetka iskopa rovova, polaganja podloge oko cjevovoda i zasipavanja šahtova, rovovi će biti zatrpani materijalom iz iskopa ili zamjenskim materijalom (sukladno posebnim uvjetima u prometnicama) u slojevima od 30 do 40 cm. Materijal treba biti neutralne vlažnosti, s granulacijom do 10 cm. Slojevi će biti zbijeni do minimalnog modula zbijenosti od 50 MN/m² van prometnica (sukladno posebnim uvjetima u prometnicama). Svi rovovi dubine veće od 1,5 m za čvrsti materijal i dubine veće od 1,0 m za nasipni biti će bočno razupirani (velikoplošne oplate i sl.). Cijena razupiranja se smatra uključenom u jedinične cijene iskopa.

Tijekom izvođenja iskopa, svi će rovovi biti obostrano ograđeni drvenim ogradama visine min. 1 m. Izvođač će održavati i premještati ogradu kako napreduju radovi na iskopu. Također, gdje je potrebno, Izvođač će izraditi i postaviti drvene mostiće za prijelaz pješaka preko rova i/ili osigurati mogućnost prelaska vozila preko rova postavljanjem čeličnih ploča. Nakon zatrpavanja rova, sve uređene, javne površine (prometnice, kućni prilazi, odvodni jarci, staze, drvoredi i sl.) odmah vratiti u prvobitno stanje.

Cijevi i spojevi. Cijevni materijali primijenjeni u okviru Ugovora moraju zadovoljavati zahtjeve iz tehničkih specifikacija. Mjestimično su dozvoljene alternative, ali uz poštivanje hidrauličkih parametara na osnovu kojih je sustav postavljen: u tlačnim cjevovodima brzina tečenja i zaštita od nestacionarnih stanja tečenja, u gravitacijskim cjevovodima brzina tečenja i postotak punjenja profila cijevi.

Gravitacijski cjevovodi za odvodnju otpadnih voda. Izvođač će ugraditi cijevi od materijala koji samostalno odabere iz dolje navedenih materijala, na način da zadovoljavaju tehničke karakteristike cijevnog materijala propisane glavnim projektima, da se ispune bitni zahtjevi za građevinu uz poštivanje svih normi i zakonskih odrednica, odnosno potrebno je da cijevni materijal zadovolji projektiranu nosivost i unutarnji promjer koji su proizašli iz statičkog i

hidrauličkog proračuna. Materijali i elementi koji se ugrađuju moraju biti novi - neupotrebljavani i u skladu s HRN i hrvatskim propisima.

Svi gravitacijski cjevovodi će biti izrađeni cijevima od sljedećih materijala kako je navedeno u ovim Tehničkim Specifikacijama i Troškovniku:

Izvođač je slobodan sve cjevovode **do nazivnog promjera uključivo DN 400 mm** izraditi korištenjem cijevnog materijala sukladnog sljedećim normama:

HRN EN 13476-1:2007	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - - Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkom od neomekšanog poli(vinil-klorida) (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) -- 1. dio: Opći zahtjevi i svojstva (EN 13476-1:2007)
HRN EN 13476-2:2007	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - - Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkom od neomekšanog poli(vinil-klorida) (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) - 2. dio: Specifikacije za cijevi i spojnice s glatkom unutarnjom i vanjskom površinom i sustav tip A (EN 13476-2:2007)
HRN EN 13476-3:2009	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - - Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkom od neomekšanog poli(vinil-klorida) (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) - 3. dio: Specifikacije za cijevi i spojnice s glatkom unutarnjom i vanjskom površinom i sustav tip B (EN 13476-3:2007+A1:2009)
HRN EN 12666-1:2011	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - polietilen (PE) - 1. dio: Specifikacije za cijevi, spojnice i sustav (EN 12666-1:2005+A1:2011)
HRN EN 14758-1:2012	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - - Polipropilen s mineralnim modifikatorima (PP-MD) -- 1. dio: Specifikacije za cijevi, spojnice i sustav (EN 14758-1:2012)
HRN EN 1852-1:2009	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - polipropilen (PP) - 1. dio: Specifikacije za cijevi, spojnice i sustav (EN 1852-1:2009)
HRN EN 1401-1:2009	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)
HRN EN 14364:2013	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 295-1:2013	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 1. dio: Zahtjevi za cijevi, oblikovne komade i cijevne priključke (EN 295-1:2013)
HRN EN 295-2:2013	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 2. dio: Vrednovanje sukladnosti i uzorkovanje (EN 295-2:2013)
HRN EN 295-3:2012	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 3. dio: Metode ispitivanja (EN 295-3:2012)
HRN EN 295-4:2013	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 4. dio: Zahtjevi za prilagođivače, spojnice i elastične spojke (EN 295-4:2013)
HRN EN 295-5:2013	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 5. dio: Zahtjevi za perforirane cijevi i oblikovne komade (EN 295-5:2013)
HRN EN 295-6:2013	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 6. dio: Zahtjevi za dijelove kontrolnih okna i inspeksijskih komora (EN 295-6:2013)
HRN EN 295-7:2013	Keramičke cijevi za odvodne i kanalizacijske sustave -- 7. dio: Zahtjevi za cijevi i spojnice za priključke na cijevi (EN 295-7:2013)

Izvođač je slobodan sve cjevovode **nazivnog promjera većeg od DN 400 mm** izraditi korištenjem cijevnog materijala sukladnog sljedećim normama:

HRN EN 14364:2013	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 295-1:2013	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 1. dio: Zahtjevi za cijevi, oblikovne komade i cijevne priključke (EN 295-1:2013)
HRN EN 295-2:2013	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 2. dio: Vrednovanje sukladnosti i uzorkovanje (EN 295-2:2013)
HRN EN 295-3:2012	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 3. dio: Metode ispitivanja (EN 295-3:2012)
HRN EN 295-4:2013	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 4. dio: Zahtjevi za prilagođivače, spojnice i elastične spojke (EN 295-4:2013)
HRN EN 295-5:2013	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 5. dio: Zahtjevi za perforirane cijevi i oblikovne komade (EN 295-5:2013)
HRN EN 295-6:2013	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 6. dio: Zahtjevi za dijelove kontrolnih okna i inspekcijskih komora (EN 295-6:2013)
HRN EN 295-7:2013	Keramičke cijevi za odvodne i kanalizacijske sustave -- 7. dio: Zahtjevi za cijevi i spojnice za priključke na cijevi (EN 295-7:2013)

Spajanje i spojni dijelovi bit će prilagođeni ovisno o odabranom cijevnom materijalu, a sukladno standardu i atestima koji su propisani za odabrani cijevni materijal (spojnice, kolčak, zavarivanje i ostalo). Koristit će se elastične brtve (brtveni prsten) koje su integrirane s cijevi. Brtve će biti od EPDM-a. **Sav spojni i brtveni materijal se smatra uključenim u jedinične cijene cijevi.**

Neovisno o profilu i materijalu cijevi, obodna čvrstoća (SN) svih ugrađenih cijevi ne smije biti manja 8 kN/m².

Svi fazonski (oblikovni) komadi moraju biti prilagođeni odabranom cijevnom materijalu.

Spajanje i polaganje cijevi, neovisno o materijalu, bit će izvedeno sukladno Općim tehničkim uvjetima za radove u vodnom gospodarstvu, **knjiga 2.**

Neovisno o odabranom materijalu cijevi, Izvođač će biti dužan za provedbu tekućih ispitivanja cijevnog materijala te će snositi sve troškove ispitivanja istih od strane neovisnog laboratorija i to: na svakih 500 m isporučenih cijevi, Izvođač će, u nazočnosti Inženjera, uzeti uzorak cijevi u duljini od 1 m i predati ga neovisnom laboratoriju koji će provesti ispitivanje obodne krutosti (SN) plastomernih cijevi sukladno normi HRN EN ISO 9969. Ispitivanje GRP cijevi na obodnu krutost će se vršiti prema odredbama norme HRN EN 14364.

Troškovi uzimanja uzoraka cijevi te ispitivanja u neovisnom laboratoriju idu na teret Izvođača, tj. smatraju se uključenim u jediničnu cijenu dobave, dopreme i ugradnje cijevi.

Izvođač će, u slučaju podbacivanja rezultata tekućih ispitivanja, snositi sve troškove ispitivanja već ugrađenih cijevi i zamjene ugrađenih cijevi koje ne zadovoljavaju uvjetu minimalne obodne krutosti.

Naručitelj i Inženjer pri samoj isporuci mogu odrediti uzorak za ispitivanje, te ukoliko uzorak ne zadovoljava tražena tehnička svojstva, Naručitelj zadržava pravo cijelu takvu isporuku vratiti Izvođaču, a ukoliko bi se takav slučaj ponovio, Naručitelj zadržava pravo obustave daljnje isporuke i ugradnje cijevi od tog proizvođača.

Tlačni cjevovodi za odvodnju otpadnih voda. Svi tlačni cjevovodi će biti izrađeni od cijevi od sljedećih materijala kako je navedeno u ovim Tehničkim specifikacijama i Troškovniku i to:

- polietilen (PE), izrađen od PE100, SDR 17, nazivni tlak 10 bar (PN10)
- duktil

Materijali i elementi koji se ugrađuju moraju biti novi - neupotrebljavani i u skladu s HRN i hrvatskim propisima. Spajanje cjevovoda od polietilena, Izvođač je dužan izvoditi zavarivanjem, dok se duktilne željezne cijevi spajaju spojem na naglavak uz korištenje brtvenog gumenog prstena od EPDM-a. Specifikacije cijevi, spojnica i sustava, ovisno o materijalu, zadovoljavati će zahtjeve sljedećih normi:

Materijal cijevi	Norma
PE	HRN EN 12201-1:2011; HRN EN 12201-2:2011; HRN EN 12201-3:2012
Duktilne željezne cijevi	HRN EN 598:2009

Svi fazonski (oblikovni) komadi moraju biti prilagođeni odabranom cijevnom materijalu. Sve armature će biti izrađene od nodularnog lijeva. Spojevi će armatura sa cijevima biti izvedeni približno s ugrađenom brtvom. Spajanje i polaganje cijevi, neovisno o materijalu, će biti izvedeno sukladno Općim tehničkim uvjetima za radove u vodnom gospodarstvu, knjiga 2.

Cjevovodi za vodoopskrbu. Svi će vodoopskrbni cjevovodi biti izvedeni od materijala kako je navedeno u ovim Tehničkim specifikacijama i Troškovniku i to:

- polietilen (PE), izrađen od PE100, SDR: SDR 11 (PN 16 bara) i SDR 7,4 (PN 25 bara),
- duktil,
- čelik,
- staklom ojačani duromeri (GRP) na osnovi nezasićenih poliesterskih smola (UP), materijal cijevi predviđen za polaganje cijevi ispod razine mora

Materijal cijevi	Norma
PE	niz normi HRN EN 12201
Duktilne željezne cijevi	HRN EN 545/2010,
Čelične cijevi	HRN EN 10224:2003, HRN 20224:2002,
Staklom ojačani duromeri	HRN EN 1796:2013

Ponuditelj mora prilikom ponude dostaviti dokaze da cijevi zadovoljavaju sljedeće kriterije:

1. Odgovaraju postavkama iz hidrauličkog proračuna i to promjerima naznačenim u nacrtima po pojedinim dionicama,

2. Dimenzije po naznačenim promjerima da odgovaraju jednom od priznatih standarda u RH (ISO, DIN),
3. Materijali izvedbe cjevovoda da odgovaraju jednom od priznatih standarda u RH (ISO, DIN),
4. Cjevovod treba biti predviđen od nekorozivnih materijala,
5. Cjevovod mora biti vodonepropustan s dokazom zdravstvene ispravnosti kako za gotov proizvod tako i sastavne slojeve za čiju se pripremu i izradu koristi voda.
6. Uz cijevi isporučiti odgovarajući brtveni i spojni materijal, koji mora odgovarati traženim tlakovima za cijevi i mora biti potkrijepljen odgovarajućim standardima kvalitete i dimenzija (ISO, DIN),
7. Cjevovodi moraju odgovarati naznačenim statičkim uvjetima opterećenja i osigurati podnošenje dinamičkog opterećenja ispod cestovnih površina srednjeg i jakog prometa, pri dubini ukopavanja minimalno 1,0 m od površine ceste do tjemena cijevi u svim uvjetima (prazna i puna cijev)
8. Uz cjevovod isporučiti potrebne fazonske komade prema traženim kriterijima, kako za gotov proizvod tako i sastavne slojeve za čiju se pripremu i izradu koristi voda.
9. Cjevovodi moraju jamčiti određenu trajnost i sigurnost u pogonu o čemu ponuditelj treba dostaviti određene referentne liste,
10. Uputstva o mogućnostima transporta, manipulacije i ugradbe cijevi odnosno dokaz da se tim radnjama ne izazivaju naprezanja u materijalu veća od dozvoljenih, te da pri tome ne dođe do oštećenja eventualno postojeće zaštite, ako je za predloženu vrstu cijevi potrebna.

Ponuditelj mora dostaviti izjavu proizvođača da se kod nanošenja cementne obloge koristi isključivo pitka voda i da je cement u skladu s normom EN 197-1. Kod agresivnog medija (cijevi pod utjecajem mora), cijevi treba dodatno tvornički zaštititi izvana posebnim PE omotačem, vanjska zaštita od cinčane prevlake min. 200 g/m², a spojno mjesto cjevovoda izolirati na terenu prilikom montaže termoskupljajućom ljepljivom oblogom.

PEHD cijevi koje se na gradilišta isporučuju u palicama spajaju se sučeonim zavarivanjem do dužine koju je moguće položiti ovisno o uvjetima na terenu, a za međusobno spajanje prethodno zavarenih dionica kao i za vertikalne lomove pri obilaženju ostalih instalacija, Izvođač će koristiti odgovarajuće spojnice. PEHD cijevi koje se na gradilišta isporučuju u kolutima će Izvođač razvući do potrebne dužine, a tako položene dionice Izvođač će spajati pomoću odgovarajućih spojnica.

Svi će fazonski komadi biti izrađeni iz nodularnog lijeva GGG prema HRN EN 545:2010.

Sve će armature biti izrađene iz nodularnog lijeva GGG. Armature moraju odgovarati HRN EN 545:2010 za pitku vodu i biti izvedene na prirubnički spoj NP 10 prema HRN EN 1092-2.

Svi fazonski komadi i armature se isporučuju s brtvama i materijalom za pričvršćivanje (INOX vijcima s podloškom i maticama).. Materijali i elementi koji se ugrađuju moraju biti novi - neupotrebljavani i u skladu s HRN i hrvatskim propisima. Sve će cijevi biti nazivnog tlaka kako je definirano ovim Tehničkim specifikacijama i Troškovnikom. Spajanje i polaganje cijevi, neovisno o materijalu, bit će izvedeno sukladno Općim tehničkim uvjetima za radove u vodnom gospodarstvu, **knjiga 2**.

Duktilne cijevi. Ugrađuju se duktilne cijevi opisane dolje:

- Lijevanoželjezne cijevi od nodularnog lijeva s naglavkom i ravnim krajem prema EN 545/2010, iznutra obložene cementnim mortom, vanjska izolacija od cink-aluminij legure prema EN 545/2010 Aneks D.1.1 (u odnosu 85% Zn – 15% Al) u minimalnom nanosu od 400 g/m² s dodatnim epoksidnim slojem. Utisni spoj tip TYTON ili STANDARD uključivo gumene brtve od EPDM,
- Nastavno na Anex D.2.2. norme EN 545/2010 ponuditelj mora priložiti Potvrdu izdanu od proizvođača o nanošenju legure, specificirane u troškovniku, u svrhu vanjske zaštite cijevi kojom se potvrđuje trajna učinkovitost vanjske obloge od legure cink-aluminij i potvrdu izdanu od europske certifikacijske kuće, ovlaštene za certificiranje proizvoda prema EN 545 (akreditirane od strane akreditacijskog tijela koje je član EA – Europskog akreditacijskog udruženja) kojom se potvrđuje da predmetni proizvođač u svojoj proizvodnji nanosi leguru cinka i aluminija (85% - 15%) u svrhu vanjske zaštite cijevi te da je certifikacijskoj kući priložio dokaz trajne učinkovitosti navedene legure.
- Lijevanoželjezne cijevi od nodularnog lijeva s naglavkom i ravnim krajem prema EN 545/2010, iznutra obložene cementnim mortom, sastoje se od dva sloja:
 - sloj od cink-aluminij legure prema EN 545/2010 Aneks D.1.1 (u odnosu 85% Zn – 15% Al) u minimalnom nanosu od 400 g/m² s dodatnim epoksidnim slojem.
 - zaštitni sloj na bazi vode, prosječne debljine 80 mikrona, nanešen pištoljem za raspršivanje

PEHD cijevi. Ugrađuju se PEHD cijevi opisane dolje:

- Cijevi u svemu proizvedene prema HRN EN 12201- 1:2011, HRN EN 12201-2:2013, HRN EN 12201-3:2012,
- Cijevi se isporučuju u kolutu ili palicama,
- Međusobno spajanje cijevi elektrozavarivanjem uz korištenje odgovarajućih elektrospojnica, a spajanje cijevi s čeličnim odnosno lijevano-željeznim fazonskim komadima i armaturama pomoću prirubničkog spoja (E-PEHD ili prirubnički tuljak i slobodna prirubnica).

Međusobno spajanje cijevi. Spojevi između novih i postojećih kanalizacijskih cijevi bit će izvedeni u postojećim oknima. U slučaju da okno ne postoji, izgraditi će se novo. Izvođač je dužan locirati postojeći kanalizacijski cjevovod na lokalitetu spoja te registrirati lokaciju, promjer cijevi, materijal i kotu nivelete.

Okna. Na trasama gravitacijskih i tlačnih kanalizacijskih kolektora ugrađivat će se spojna i revizijska okna, a na trasama vodovodnog cjevovoda zasunska okna. Tehnička svojstva okana moraju biti takva da tijekom korištenja zadrže svojstva predviđena glavnim projektom i uvjetovana odgovarajućim normama. Izvođač će sva revizijska okna izraditi sukladno slijedećim normama:

Materijal	Norma	Naslov norme
PVC-U, PP, PE	HRN EN 13598-2:2009;	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - Neomekšani polivinil-klorid (PVC-U), polipropilen (PP) i polietilen (PE) - 2. dio: Specifikacije za kontrolna okna i kontrolne komore u području prometnica i duboko ukopane instalacije (EN 13598-2:2009)
PVC-U, PP, PE	HRN EN 13598-2:2009/Ispr.1:2010	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju -- Neomekšani poli(vinil-klorid) (PVC-U), polipropilen (PP) i polietilen (PE) - 2. dio: Specifikacije za kontrolna okna i kontrolne komore u području prometnica i duboko ukopane instalacije (EN 13598-2:2009/AC:2009)
GRP	HRN EN 15383:2014	Plastični cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju – Staklom ojačana duromerna plastika (GRP) na osnovi poliestera (UP) – Kontrolna okna i kontrolne komore (EN 15383:2012+A1:2013)
BETON	HRN EN 1917:2005	Betonska kontrolna okna i komore, nearmirana, s čeličnim vlaknima i armirana (EN 1917:2002+AC:2003)
BETON	HRN EN 1917:2005 / Ispr.1:2008	Betonska kontrolna okna i komore, nearmirana, s čeličnim vlaknima i armirana (EN 1917:2002/AC:2008)

Odabran materijal revizijskih okana mora biti prilagođen ovisno o odabranom cijevnom materijalu.

Zasunska armiranobetonska okna za vodovodne cjevovode. Sva nova zasunska okna na vodovodnim cjevovodima izvode se kao zasebne monolitne armiranobetonske konstrukcije sukladno projektu, a u slučaju da postojeće okno odgovara odabranom cijevnom materijalu može se zadržati postojeće okno. Ove građevine moraju biti usklađene s važećim standardima za betonske radove i elementima zadanim ovom Dokumentacijom za nadmetanje.

Sukladno Pravilniku o zaštiti na radu za mjesta rada (NN 29/13, 74/14) potrebno je okna isporučiti s ugrađenim vertikalnim prilazima takvim da zadovoljavaju zahtjeve iz navedenog pravilnika, posebice članka 22. istog te da su vertikalni prilazi izrađeni iz nehrđajućeg materijala. Vertikalni prilaz se smatra uključenim u jediničnu cijenu nabave, dopreme i ugradnje okna tlocrtnih svjetlih dimenzija. Minimalna svjetla dimenzija zasunskog okna je 120 x 120 cm visine rova ulazne cijevi + manipulativa visina min 30 cm. Cijev prolazi kroz zid okna i između cijevi i zida se stavlja elastična obloga (kamena vuna min 5 cm), svi spojevi moraju biti u oknu.

Revizijska okna za kanalizacijske cjevovode. Materijali od kojih će biti izrađena okna će biti:

- staklom ojačani duromeri (GRP) ili
- polipropilen (PP) ili
- polietilen (PE).

Dno revizijskog okna mora biti izvedeno od dva nosiva brizgana sloja (ploče), tvornički zavarenih sukladno DVS zahtjevima, odnosno mora imati ravno dno iznad kojeg se nalazi hidraulički profil. Svi kutovi loma na trasi cjevovoda moraju biti u kineti okna.

Izvođač će u okviru izrade izvedbenih projekata izraditi proračun uzgona za PP okna te ugraditi dovoljnu količinu balastnog betona za sprečavanje uzgona. Količine betona koje će biti ugrađene na okna potrebne za sprečavanje uzgona se smatraju uključenim u cijenu danu u Troškovniku (Knjiga 4).

Za potrebe proračuna uzgona, nivo podzemne vode će se računati da je 0,5 m ispod kote terena i da je okno prazno. Proračun uzgona mora biti napravljen s faktorom sigurnosti od minimalno 1,50. Proračunom stabilnosti će Izvođač prikazati potrebnu količinu balastnog betona koji će biti ugrađen sukladno poglavljima u nastavku. Stavka dobave i ugradnje balastnog betona razreda tlačne čvrstoće C12/15 te sva potrebna oplata se smatra uključenom u stavku dobave i ugradnje okna.

Sustav međusobnog spajanja kako pojedinih dijelova samog revizijskog okna tako i cijevi sa revizijskim oknom mora osiguravati jednostavnu montažu, sigurnost protiv uzgona te statičku sigurnost i vodonepropusnost.

Spoj cijevi i okna mora biti elastičan s gumenom brtvom za osiguranje vodonepropusnosti.

Materijali i elementi koji se ugrađuju moraju biti novi - neupotrebljavani i u skladu s HRN i hrvatskim propisima.

Spojni dijelovi (materijal) će biti prilagođeni ovisno o odabranom cijevnom materijalu i isporučeni tvornički montirani na okna. Trošak spojnih dijelova se smatra uključenim u jediničnu cijenu okna.

Neovisno o odabranom materijalu okana, Izvođač će biti dužan za provedbu tekućih ispitivanja okana te će snositi sve troškove ispitivanja istih od strane neovisnog laboratorija i to: na svakih 2.000 m kanalizacijske mreže, Izvođač će, u nazočnosti Inženjera, jedno revizijsko okno predati neovisnom laboratoriju koji će provesti ispitivanje obodne krutosti (SN) tijela okna sukladno normi HRN EN 14982. U slučaju GRP okana, ispitivanje tijela GRP okana na obodnu krutost će se vršiti prema odredbama norme HRN EN 14364.

Troškovi ispitivanja u neovisnom laboratoriju idu na teret Izvođača, tj. smatraju se uključenim u jediničnu cijenu dobave, dopreme i ugradnje cijevi.

Izvođač će, u slučaju podbacivanja rezultata tekućih ispitivanja, snositi sve troškove ispitivanja ugrađenih okana i zamjene ugrađenih okana koje ne zadovoljavaju uvjetu minimalne obodne krutosti.

Obodna čvrstoća (SN) tijela svih PP/PE/GRP okana, neovisno o promjeru vertikale i materijalu, mora biti minimalno 2 kN/m².

Sva okna koja se ugrađuju na kolektore profila većeg ili jednakog DN 800 mm moraju biti tangencijalnog tipa.

PP/PE okna. U slučaju ugradnje okana od polipropilena ili polietilena, Izvođač je dužan pridržavati se načina ugradnje istih opisanog u nastavku.

Okna se ugrađuju na sloj podložnog betona (razreda tlačne čvrstoće C12/15) debljine min 10 cm. Temeljem proračuna stabilnosti okana na uzgon koji je sastavni dio izvedbenog projekta Izvođača, ugrađuje se balastni beton uz tijelo okna. Balastni beton uz tijelo okna se ugrađuje do minimalno jedne trećine ukupne visine okna. Debljina sloja balastnog betona uz tijelo okna će biti minimalno 15 cm. Balastni beton ne smije obuhvatiti elastični spoj (gumenu brtvu) okna i cijevi i na taj način učiniti spoj krutim.

Troškovi dobave, dopreme i ugradnje betona za podložni sloj te troškovi izrade, montaže i demontaže sve potrebne oplata se smatraju uključenim u stavku dobave i ugradnje okana.

Troškovnička stavka dobave okana obuhvaća dobavu i dopremu montažnih segmentnih brizganih PP/PE okana. Okna se sastoje iz PP/PE baze sa izvedenom kinetom i zavarenim adapterima, orebrenih PP prstena sa brtvama (ne cijevi) te PP/PE konusa. Konus će biti teleskopski s mogućnošću produženja +/- 25 cm. Dno okna je sastavljeno od dva nosiva sloja, tvornički zavarenih, s posebnom nosivom troslojnom rebrastom strukturom iznutra, te ravnim dnom cijelim promjerom okna. Horizontalni lomovi nivelete trebaju biti isključivo unutar okna.

Dijelovi PP/PE okna se međusobno spajaju pomoću brtvi ili zavarivanjem čime se osigurava nepropusnost. Okna imaju ugrađene stupaljke na svakih 25 cm koje omogućavaju silazak i izlazak, a nalaze se maksimalno 50 cm od vrha okna. Cjevovod se spaja na adaptere PP okna originalnim spojnicama i brtvama. Okna trebaju biti sukladna prema svim zahtjevima HRN EN 13598-2:2009. Okno treba biti ispitano i vodonepropusno u skladu s normom HRN EN 1277:2007. Obodna čvrstoća će biti ispitana prema HRN EN 14982. Brtveni elementi moraju biti u skladu s nizom normi HRN EN 681.

GRP okna. GRP okna se koriste kod ugradnje ispod razine podzemnih voda ili ispod razine mora.

GRP okna će biti isporučena s tvornički oblikovanom kinetom od poliestera ispunjenom betonom do ravne temeljne ploče od poliestera. Tijelo okana mora biti nazivne obodne krutosti minimalno SN 10 kN/m². Okna moraju biti isporučena s tvornički ugrađenim betonom u prostoru između oblikovane kinete i donje ravne ploče od poliestera.

Okna se ugrađuju na sloj podložnog betona (razreda tlačne čvrstoće C12/15) debljine min 10 cm. Temeljem proračuna stabilnosti okana na uzgon koji je sastavni dio izvedbenog projekta Izvođača, ugrađuje se balastni beton uz tijelo okna. Visina do koje se ugrađuje balastni beton uz tijelo okna ovisna je o rezultatima proračuna stabilnosti okna na uzgon koji je sastavni dio izvedbenog projekta koji izrađuje Izvođač. Debljina sloja balastnog betona uz tijelo okna će biti minimalno 15 cm. Balastni beton ne smije obuhvatiti elastični spoj (gumenu brtvu) okna i cijevi i na taj način učiniti spoj krutim.

Troškovi dobave, dopreme i ugradnje balastnog betona te troškovi izrade, montaže i demontaže sve potrebne oplata se smatraju uključenim u stavku dobave i ugradnje okana.

B.4 CIJEVNI MATERIJALI

B.4.1 Kanalizacijski sustavi

Danas se u tehničkoj praksi u svijetu primjenjuju razne vrste cijevnih materijala pa shodno tome i vrste kanalizacijskih cijevi kao tvorničkih proizvoda koji se u cijelosti, tj. kao već formirani elementi, dopremaju na gradilište i tamo ugrađuju. Kod toga, tj. kod tvorničkih proizvoda, se može konstatirati da je oblik (poprečni presjek) kanalizacijske cijevi u osnovi kružni ili eventualno jajolik.

Najčešće primjenjivani cijevni materijali u svijetu sažeto su prikazani u nastavku priloženoj tablici B.4-1. Ova tablica je u osnovi preuzeta iz radnog lista ATV-DVWK-A 127, ali uz određena skraćenja. Naime, pored cijevnog materijala preuzeti su i prikazani podaci o proračunskoj vrijednosti modula elastičnosti odnosno proračunskoj vrijednosti prstenaste krutosti, te gustoće materijala. U tablici su dodane napomene koje sadrže alternativne izraze za pojedine cijevne materijale, a koji se koriste u tehničkoj praksi u Hrvatskoj.

Kod plastičnih materijala se posebno skreće pažnja na vremensko smanjenje proračunske vrijednosti modula elastičnosti (kod PVC, PEHD, PP) odnosno prstenaste krutosti (kod stakloplastike).

Od tvornički proizvedenih kanalizacijskih cijevi, u Hrvatskoj se posljednjih godina najčešće primjenjuju 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, posebno nakon prestanka njihove proizvodnje u Hrvatskoj. Ostale vrste materijala primjenjuju se rijetko, a i tada u malom opsegu i samo u neke specijalne svrhe. U tom kontekstu se posebno spominju keramičke kanalizacijske cijevi, koje imaju značajnu primjenu u zemljama zapadne/srednje Europe.

Općenito se može konstatirati da su svi navedeni i najčešće primjenjivani cijevni materijali u osnovi odnosno načelno primjenljivi u konkretnom primjeru. Posebno iz razloga što je pretežiti raspon potrebnih profila (DN 250 do DN 300) mali te nema utjecaja na izbor cijevnog materijala odnosno cijevnog sustava. Prema tome, može se pretpostaviti da će na izbor cijevnog materijala utjecati drugi čimbenici (primjerice troškovi nabave i ugradnje, jednostavnost ugradnje, iskustvo s izgrađenim cjevovodima itd.).

Dakle, generalno će se analizirati primjenljivi cijevni materijali odnosno cijevni proizvodi od plastičnih materijala, tj. PEHD; PVC; PP i SP. Kod većine plastičnih materijala na tržištu se mogu naći punostijeni ali i strukturirani cijevni sustavi (poglavito za PEHD i PP). Međutim, u pogledu primjene strukturiranih cijevnih sustava treba voditi računa o slijedećem:

- Za predmetne sustave prikupljanja i odvodnje otpadnih voda predviđena je primjena uglavnom malih profila (pretežito DN 250 i DN 300). Vanjski profili punostijenih cijevi u pravilu su manji od vanjskih profila strukturiranih cijevi, te je shodno tome potrebna i manja širina rova za izvedbu cjevovoda. Ovo može biti od posebnog utjecaja u skučenim uvjetima izvođenja, na primjer u starim jezgrama naselja.

- Profilirane cijevi u odnosu na punostijene posjeduju bitno manje lokalne debljine stijenke, koje, posebno u uvjetima nepažljivog izvođenja, dovode do mana kod korištenja, tj. pojava nepropusnosti spojeva odnosno priključaka, slabijoj otpornosti prema točkastim opterećenjima, habanju, slabijoj otpornosti prema prisilnom ispiranju kanala i dr. S tim u vezi su u dosadašnjoj primjeni profiliranih cijevi od plastičnih masa stečena i iskustva vezana za česte vrste oštećenja kao što su deformacije poprečnog presjeka cijevi, odstupanja od vertikalnog i horizontalnog položaja cijevi, lokalnih deformacija (izbočenja cijevi) promjenama na stijenama cijevi (rupa, pukotina), propusnosti cijevi, promjene i oštećenja spojeva cijevi i dr.

Tablica B.4-1: Najčešće primjenjivani cijevni materijali u svijetu

Cijevni materijal	Proračunska vrijednost modula elastičnosti E_R		Gustoća γ_R	Napomena
	Kratkotrajni $E_{R,K}$ N/mm ²	Dugotrajni E_{RL} N/mm ²	kN/m ³	
Vlaknasti cement	20 000		20	Azbestcement
Beton	30 000		24	
Ljevano-željezo (unutarnja cementna obloga) (duktil)	170 000		70,5	Nodularni lijev
Ljevano-željezo (lamelni grafit)	100 000		71,5	Sivi lijev
Polivinilklorid (PVC-U)	3 000	1 500	14	
Polipropilen (PP) PP-B i PP-H PP-R	1 250 800	312 200	9	
Polietilen visoke gustoće (PE-HD)	800	160	9,4	
Čelik (unutarnja cementna obloga)	210 000		77	
Armirani beton	30 000		25	
Prednapregnuti beton	39 000		25	
Kamenština	50 000		22	Keramika
Nezasićena poliesterska smola ojačana staklenim vlaknima (UP-GF)	Proračunska vrijednost prstenastih krutosti S_0 N/m ²		17,5	Poliester, stakloplastika
- SN 1250	1 250	625		
- SN 2500	2 500	1 250		
- SN 5000	5 000	2 500		
- SN 10000	10 000	5 000		

U nastavku prilaže i tablica B.4-2 u kojoj su navedeni primjenljivi cijevni materijali odnosno cijevni proizvodi, s pripadajućim rasponom profila.

Tablica B.4-2: Primjenljivi cijevni materijali odnosno cijevni proizvodi

Cijevni materijal - opis proizvoda i norma	Raspoloživi profili	Način spajanja
Stakloplastika s glatkom stijenkom s nominalnim unutarnjim profilom $L_{ugr} = 6,0$ m HRN EN 14364:2013	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 stijenkom s nominalnim vanjskim profilom $L_{ugr} = 12,0$ m HRN EN 12666-1:2006	20; 25; 32; 40; 50; 63; 75; 90; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250 ; 280 ; 315 ; 355; 400; 450; 500; 560; 630 ; 800; 1000; 1200; 1400; 1600	Elektrofuzijsko zavarivanje
Polietilen s rebrastim ojačanjem s nominalnim unutarnjim profilom $L_{ugr} = 6,0$ m HRN EN 13476-3:2009	100; 125; 150; 200; 225; 250 ; 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)
Polipropilen s glatkom stijenkom s nominalnim vanjskim profilom $L_{ugr} = 6,0$ m HRN EN 1852-1 (ÖNR 20513)	110; 125; 160; 200; 250 ; 315 ; 355; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 1000; 1200; 1400; 1600	Utični spoj
Polipropilen s rebrastim ojačanjem s nominalnim unutarnjim profilom $L_{ugr} = 6,0$ m (na upit i druge duljine) HRN EN 13476-3:2009	100; 125; 150; 200; 225; 250 ; 300 ; 400; 500; 600; 800; 1000; 1200	Utični spoj (integralni spojni naglavci s gumenom brtvom)
Polivinilklorid s glatkom stijenkom s nominalnim vanjskim profilom $L_{ugr} = 5,0$ m (na upit 1,0 ili 3,0 m) HRN EN 1401-1:2009	110; 125; 160; 200; 250 ; 315 ; 400; 500; 630	Utični spoj (utični naglavak sa sintetičkom gumenom brtvom)
Keramika s glatkom stijenkom s nominalnim unutarnjim profilom $L_{ugr} = 2,5$ m (za profile veće od DN 200) HRN EN 295-1:2013	100; 125; 160; 200; 250 ; 315 ; (350); 400; (450) 500; 630; (710); 800; (900); 1000	Utični spoj (utični naglavak sa sintetičkom gumenom brtvom)

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

- Način spajanja: U kataloškom 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, te unutar zagrada naziv spoja prema terminologiji koja se primjerice može naći u kataloškom materijalu.

- Nominalni profil: Iako se kod nekih profila nominalni profil deklarira kao unutarnji profil, stvarni svjetli profil se ipak nešto razlikuje od nazivnog, te ovisno o profilu može biti veći ili manji od njega. Takve razlike, kod uobičajenih ispunjenosti kanala (od 50 do 80% 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 ili PVC) između pojedinih proizvođača cijevi može biti razlika u raspoloživosti pojedinih profila. U prethodnoj tablici dan je generalni tj. veći raspon profila (kako je uglavnom predviđen normama).

Dakle, u nastavku će u osnovi biti analizirana mogućnost primjene prethodno navedenih cijevnih 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; SP - stakloplastika, PE - polietilen, PP - polipropilen, PVC - polivinilklorid
- treće odnosno četvrto slovo, odvojeno razmakom od prve grupe slova, označava oblik/vrstu stijenke, tj. G - "glatka" stijenka, R - profilirane ("rebraste") cijevi,
- treća grupa od dva slova označava da li se cijevi deklariraju s unutarnjim profilom (ID) ili s vanjskim profilom (OD),
- na kraju je dan dodatak od crtice i slova koji označava osnovni način spajanja, tj. U - utični spoj, te Z - zavarni spoj.

U tablici B.4-3 prikazani su podaci o vanjskom i unutarnjem profilu pojedinih cijevi, kao i postotnog odstupanja od nominalnog profila.

Tablica B.4-3: Vanjski i unutarnji profili cijevnih sustava (mm)

Cijevni sustav		DN 250	DN 300	DN 400
SP G ID-U	HRN EN 14364	272/256,0 (+2,4%)	324/306,0 (+2,0%)	401/383,0 (-4,3%)
PE G OD-Z	HRN EN 12666-1	280/253,2 (+1,3%)	315/285,0 (-5,0%)	450/407,0 (+1,8%)
PE R ID-Z	HRN EN 13476-3	-	354/300,0	477,4/400,0
PP G OD-U	HRN EN 1852-1	250/232,8 (-6,9%)	315/293,4 (-6,9%)	400/372,6 (-6,9%)
PP R ID-U	HRN EN 13476-3	282,9/250,0	339,4/300,0	452,6/400,0
PVC G OD-U	HRN EN 1401-1	250/235,4 (-5,8%)	315/296,6 (-1,3%)	400/376,6 (-5,9%)
KER G ID-U	HRN EN 295-1	299/250	355/300	486/398 (-0,5%)

B.4.2 Vodoopskrbni sustavi

U prošlosti su se u rješavanju vodoopskrbne problematike na području Republike Hrvatske u praksi primjenjivale slijedeće grupe vodovodnih cijevi:

- azbest-cementne cijevi
- cijevi od plastičnih masa
- lijevano željezne cijevi
- čelične cijevi
- ostale, specijalne cijevi.

Prednji prikaz predstavlja temeljnu podjelu, koja s obzirom na materijal i na način izrade cijevi podlježe i daljnjoj diobi. Tako na primjer:

- cijevi od plastičnih masa: na polietilenske cijevi, PVC cijevi i stakloplastične cijevi,
- lijevano željezne cijevi: na cijevi iz sivog lijeva i cijevi iz nodularnog lijeva (duktil)
- čelične cijevi: na bešavne cijevi i šavno zavarene cijevi.

Svaka od navedenih grupa odnosno vrsta cijevi predstavlja se odgovarajućim specifičnostima, i to kako u pogledu tehničko-konstruktivskih osobina, tako i sa stanovišta hidrauličko-pogonskih karakteristika. Pored toga, ove se grupe međusobno razlikuju i s gledišta uvjeta građenja te tome prateće ekonomičnosti investicija.

Od svih prethodno navedenih grupa i podgrupa vodovodnih cijevi odnosno cijevnog materijala, posljednjih godina su u praksi pretežito najzastupljeniji:

- cijevi od plastičnih masa, i to poglavito cijevi od PEHD-a a u manjem opsegu od PVC-a
- lijevano-željezne cijevi, poglavito od nodularnog lijeva (duktil).

Ostali cijevni materijali, posljednjih godina relativno su malo zastupljeni i uglavnom ograničeni na specijalne slučajeve odnosno specijalna tehnička rješenja. Pored toga primjena azbest-cementnih cijevi je u međuvremenu praktički i prestala.

Napominje se da u pogledu osnovnih svojstava cijevnog materijala vrijede isti podaci koji su navedeni u tablici B.4-1 (u poglavlju koji obrađuje kanalizacijske sustave).

Primjena navedenih pretežitih materijala u Republici Hrvatskoj (PEHD i nodularni lijev) povezuje se uz trajanja od približno 20 do 30 godina. Međutim, time se ne isključuje mogućnost praćenja ponašanja ovih vrsti cijevi u pogonu, jer se mogu svrsishodno koristiti podaci iz drugih zemalja, kod kojih se ti cijevni materijali koriste već u znatno dužem vremenskom razdoblju.

B.5 TEHNIČKA I EKONOMSKA ANALIZA

B.5.1 Općenito

Kako za izvedbu kanalizacijskih i vodoopskrbnih sustava postoje različite vrste cijevnog materijala, to je u smislu pravilnog izbora potrebno analizirati niz utjecajnih činitelja. Pod ovime se prvenstveno razumijevaju:

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

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

Nadalje, sa stanovišta tehničkih osobina pojedinih vrsta 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 ili druga okna, kao i zahtjeve koji slijede iz traženih/postavljenih kriterija za vodonepropusnost kanala/cjevovoda.

Ovdje se uključuju i činitelji koji slijede iz radova na ugradbi i montaži cijevi, prvenstveno geomehaničke karakteristike tla, dubine ukopavanja cjevovoda, 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) odnosno vodoopskrbnog cjevovoda do njegove potpune pogonske osposobljenosti. Pogrešno bi bilo da se podobnost cijevnog materijala razmatra samo na temelju nabavne cijene 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.

B.5.2 Elementi odabira prema dokumentu Hrvatskih voda

Dokument *Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomsko najpovoljnije ponude, primjeri dobre prakse; Poglavlje 1. Otvoreni postupak javne nabave za građenje mreže (FIDIC, crvena knjiga); Podpoglavlje 1.2. Izbor cijevnog materijala - dopuna; Tehno - ekonomska analiza odabira cijevnog materijala* navodi tehničke elemente odabira opisane u nastavku.

Tehnički uvjeti bi trebali biti ispunjeni za svaki odabrani cijevni materijal, a odnose se na:

- tehničke uvjete koji garantiraju odgovarajuću funkcionalnost sustava,
- tehnički uvjeti koji ispunjavaju uvjete zaštite okoliša, uvjete nepropusnosti
- druge vrste propisanih "tehničkih" uvjeta.

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

U kategoriju tehničkih uvjeta/elemenata odabira se ubrajaju slijedeće:

Zahtjevi JIVU i uvjeti priključenja. Izabrani cijevni materijal trebao bi biti što kompatibilniji s 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. interpolacije kućnog priključka ili ugradnja reparaturnog odvojka.

Unutarnji promjer cijevi. Promjerom se definiraju hidraulički uvjeti tečenja u cjevovodu, što direktno utječe na funkcionalnost objekta. Unutarnji promjer cijevi je naime temeljni tehnički podatak gravitacijskih sustava sa slobodnom površinom vode i tlačnih sustava sa tečenjem vode u punom profilu cijevi, a odabir odgovarajućeg promjera temelji se isključivo na hidrauličkim, hidrodinamičkim i hidrostatskim proračunima provedenim od strane projekatanta.

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

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

Debljina stijenke cijevnog materijala/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 neprihvatljivih deformacija.

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

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

Potrebno je razmotriti i uzdužnu krutost i taj 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.

Posebnu pozornost projektanti su dužni obratiti na eventualnu primjenu cijevnog materijala koji je olakšan različitim ispunama između stijenki. Ponuditelji također nude takve vrste cijevi u svrhu pojeftinjenja dobavne cijene materijala, kako takav pristup nije nužno loš ili neprihvatljiv, projektant treba u slučaju primjene takvih vrsta cijevi procijeniti tehničke karakteristike takvog materijala u pogonskim uvjetima.

Kod plastičnih materijala posebno treba razmotriti u katalogima deklarirano vremensko smanjenje proračunske vrijednosti modula elastičnosti (kod PVC, PEHD, PP) odnosno prstenaste krutosti (kod stakloplastike) s time da je posebno potrebno razmotriti i cijevne sustave sa profiliranom vanjskom površinom.

Svi fazonski (oblikovni) komadi koji se analiziraju moraju biti prilagođeni analiziranom cijevnom materijalu.

Projektant je dužan provjeriti i usporediti s katalogima deklarirane značajke različitih spojeva cijevnog materijala (monolitni zavarivanjem, gumene brtve i npr. mehanički način spoja vijcima i slično) te dati procjenu pogonskih stanja spoja.

Nakon tehničkog razmatranja u okviru ovog poglavlja, projektant je dužan dati prijedlog prihvatljivih cijevnih materijala te nastaviti analizu po slijedećim poglavljima do konačnog prijedloga.

Treba dati 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 i 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 s betonskim (monolitnim ili prefabriciranim), poliesterskim, polipropilenskim, PEHD i drugim oknima kako bi se spriječilo pucanje okana, vitoperenje (izvijanje) kako bi se izbjegle naknadne sanacije.

Također, ovisno o namjeni okna, treba primijenjivati 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 ili mora).

Osobitu pozornost potrebno je obratiti i na tehnologije spajanja cijevnog materijala na okna 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 upute za ugradnju.

Također, razmotriti i mjere osiguranja kvalitete svih sudionika u gradnji s posebnim naglaskom na nadzor izvođača.

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

U ovo razmatranje treba uključiti i način kontrolnih ispitivanja materijala, tlačne probe, ispitivanja vodonepropusnosti, broj uzoraka s 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, mogućnost 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).

Pored tehničkih, postoje i ekonomski elementi odabira čiji su najbitniji dijelovi opisani u nastavku.

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 postupka 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 sustav javne vodoopskrbe i odvodnje izvršili temeljne namjene u svrhu kojih se 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.

U takvom slučaju analiza treba biti sukladna prethodno 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 rezultatu opravdava ili opovrgava već usvojeno rješenje.

B.5.3 Primijenljivi profili cijevi

Kanalizacijski sustavi. U situaciji kada još nije donešena odluka o odabiru konkretnog cijevnog materijala hidraulički se proračun uobičajeno provodi uz korištenje tzv. nominalnih profila (tj. svjetlih odnosno unutarnjih promjera cjevovoda, i to cjelobrojnih vrijednosti s koracima uglavnom od 50 odnosno 100 mm).

Dakle, hidrauličkim proračunom najčešće nije prejudicirana primjena nekog konkretnog cjevovodnog materijala. Kod dimenzioniranja kanalske mreže primijenjeno je više kriterija, od kojih se ovdje navode samo slijedeći:

- kao minimalni (konstruktivni) profil primijenjen je DN 250 mm
- maksimalna ispunjenost kanala/cjevovoda (tj. postotni omjer između proračunatog stupca otpadne vode u kanalu i visine kanala) usvojena je u vrijednosti 50% za nazivne promjere manje ili jednake DN 500 mm, te 75% za nazivne promjere veće od DN 500 mm.

Posebno se napominje da je kriterij o ispunjenosti kanala/cjevovoda preuzet iz austrijske prakse dimenzioniranja kanala otpadnih voda (npr. Kainz/Kauch). Ovaj kriterij se u manjem opsegu razlikuje (tj. stroži je) od kriterija preporučenih u domaćoj stručnoj literaturi (npr. Margeta), gdje se navode slijedeće preporučene ispunjenosti kanala: 60% za DN 250 do 300; 70% za DN 350 do 450; te 75% za DN 500 do 900.

Ovisno o cijevnom materijalu (točnije sustavu cijevi) unutarnji profil se može razlikovati od nominalnog, te se adekvatno mijenjaju računске visine ispunjenosti. Kod toga u pravilu nisu problematične eventualne promjene u smislu većeg stvarnog promjera od nominalnog, već promjene u smislu prisustva manjih promjera u odnosu na nominalni profil, jer se tada povećava računska ispunjenost kanala. U takvom slučaju se može postaviti pitanje koliko je dopušteno odstupanje od nominalnog profila, a da se bitnije ne mijenjaju/narušavaju uobičajeni kriteriji dimenzioniranja kanala.

U odgovoru na ovo pitanje, i to isključivo za razinu i potrebe ove tehno-ekonomske analize, postupljeno je na način da je za predmetne profile (DN 250, DN 300, DN 400), uz pretpostavku pogonskog koeficijenta hrapavosti $k_b = 1,5$ mm, te pretpostavljeni apsolutni minimalni pad dna kanala $J = 0,25\%$ proračunat protok punog profila, te maksimalni dopušteni protok "idealnog" profila prema navedena dva kriterija. Rezultati ove obrade prikazani su u tablicama B.5.3-1 do B.5.3-3.

Tablica B.5.3-1: Stvarni unutarnji profili cijevnih sustava (mm)

DN	SP G ID-U HRN EN 14364	PE G OD-Z HRN EN 12666-1	PE R ID-Z HRN EN 13476-3	PP G OD-U HRN EN 1852-1	PP R ID-U HRN EN 13476-3	PVC G OD-U HRN EN 1401-1	KER G ID-U HRN EN 295-1
250	256,0	253,2	-	232,8	250,0	235,4	250,0
300	306,0	285,0	300,0	293,4	300,0	296,6	300,0
400	383,0	407,0	400,0	372,6	400,0	376,6	398,0

Tablica B.5.3-2: Protoci punog profila za pojedine cijevne sustave, za $k_b = 1,5 \text{ mm}$ i $J = 0,25\%$, (l/s)

DN	SP G ID-U HRN EN 14364	PE G OD-Z HRN EN 12666-1	PE R ID-Z HRN EN 13476-3	PP G OD-U HRN EN 1852-1	PP R ID-U HRN EN 13476-3	PVC G OD-U HRN EN 1401-1	KER G ID-U HRN EN 295-1
250	32	31	30	25	30	26	30
300	51	43	49	46	49	47	49
400	93	110	105	87	105	89	103

Tablica B.5.3-3: Maksimalno dopušteni protok "idealnog" profila (l/s)

DN	PROTOK (austrijski kriterij)	PROTOK (domaći kriterij)
250	15,0	20,8
300	24,5	28,8
400	52,5	91,3

Eventualni problemi mogli bi se pojaviti kod cijevi bitno smanjenog profila. Ovisno o stvarno očekivanom protoku eventualno će biti potrebno odabrati slijedeći veći profil. Stoga se za pojedine profile maksimalni protok ograničava na veličine prikazane u tablici B.5.3-4.

Tablica B.5.3-4: Maksimalni dopušteni protoci (l/s)

DN	Dopuštena ispunjenost (domaći kriterij)	SP G ID-U HRN EN 14364	PE G OD-Z HRN EN 12666-1	PE R ID-Z HRN EN 13476-3	PP G OD-U HRN EN 1852-1	PP R ID-U HRN EN 13476-3	PVC G OD-U HRN EN 1401-1	KER G ID-U HRN EN 295-1
250	60	21,4	20,8	20,8	16,8	20,8	17,4	20,8
300	60	34,2	28,8	28,8	30,8	28,8	31,5	28,8
400	70	77,2	91,3	91,3	55,6	91,3	73,9	85,5
500	75	153,9	176,5	176,4	158,4	176,4	145,7	167,4
600	75	176,5	241,6	276,9	260,6	276,9	268,8	273,3

Vodoopskrbni sustavi. I kod vodoopskrbnih sustava, a u situaciji kada još nije donešena odluka o odabiru konkretnog cijevnog materijala, hidraulički se proračun uobičajeno provodi uz korištenje tzv. nominalnih profila (tj. svjetlih odnosno unutarnjih promjera cjevovoda). Dakle, i ovdje hidrauličkim proračunom najčešće nije prejudicirana primjena nekog konkretnog cjevovodnog materijala.

Kod dimenzioniranja vodoopskrbne mreže primijenjuju se kriteriji vezani za brzinu u cjevovodima i tlakovima u pojedinim dijelovima mreže. Gubici tlaka rastu s kvadratom brzine tečenja, što posebno dolazi do izražaja kod brzina $v > 1 \text{ m/s}$. Ovo je posebno izraženo kod malih nazivnih promjera. Stoga se u vodoopskrbi općenito preporučuju slijedeće brzine:

- Magistralni cjevovodi ($L > 25$ km, $DN \geq 500$) $v < 3$ m/s
- Cjevovodi kućnih priključaka i opskrbni cjevovodi $v < 2$ m/s

Minimalna brzina trebala bi iznositi 0,1 do 0,3 m/s.

Distribucijska mreža se obično projektira na nazivni tlak PN 10 (10 bara). Rezerva za tlačne udare trebala bi iznositi 2 bara, pa proizlazi da najveći statički tlak treba biti $p < 8$ bara. Općenito se preporuča da u težištu neke vodoopskrbne zone statički tlak ne prelazi 5 do 6 bara.

B.5.4 Mehanička otpornost cijevi

U okviru ove analize provedeno je i ispitivanje podobnosti primjene pojedinog cijevnog materijala u odnosu na mehaničku otpornost cijevi odnosno predviđene uvjete ugradnje i očekivana opterećenja. Ovo ispitivanje se provodi za kanalizacijske cijevi obzirom da su debljine stijenki kanalizacijskih cijevi, za isti cijevni materijal i isti nazivni promjer, u pravilu manje od debljine stijenki tlačnih cijevi.

Kanali će se pretežito ugrađivati u koridoru prometnih površina. Kod toga se nadslojevi iznad tjemena cijevi očekivano kreću u slijedećim granicama $h_{\min} = 1,30$ do $h_{\max} = 4,50$ m

Važno je napomenuti da se pretežiti dio kanala ugrađuje unutar raspona nadsloja od $h_{\min} = 1,30$ m i $h_{\max} = 4,00$ m. Na ovom rasponu će se temeljiti u nastavku prikazana analiza (izrađena za profil DN 300). Nadslojevi izvan navedenih granica su ustvari iznimke. Međutim, niti u konkretnom slučaju nešto većeg nadsloja ne očekuju se nikakvi posebni problemi u pogledu nosivosti cijevi.

Za svaki analizirani cijevni materijal provedene su analize za uvjete:

- minimalnog nadsloja, $h = 1,3$ m
- maksimalnog nadsloja, $h = 4,0$ m
- "prosječne" visine nadsloja, $h = 2,7$ m

Za navedene uvjete određeno je opterećenje od nadsloja tla, prometno opterećenje, te opterećenje od vode. Opterećenje od nadsloja tla izračunato je prema ATV-A 127, uz pretpostavku specifične težine tla od 20 kN/m^3 . Kod toga je zanemareno rasteretno djelovanje trenja o stijenke rova. Prometno opterećenje proračunato je također prema ATV-A 127, uz pretpostavku tipskog vozila SLW 60. Opterećenje od vode proračunato je uz pretpostavku razine podzemne vode do površine terena. Proračunata opterećenja prikazana su u tablici B.5.4-1.

Tablica B.5.4-1: Opterećenja na cijevi za različite visine nadsloja

Opterećenje od tla, kN/m ²							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
h = 1,30 m	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00
h = 4,00 m	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
h = 2,70 m	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00
Opterećenje od prometa, kN/m ²							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
h = 1,30 m	183,42	183,64	183,24	183,58	183,35	183,55	183,23
h = 4,00 m	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28
h = 2,70 m	31,63	31,63	31,63	31,63	31,63	31,63	31,63
Opterećenje od podzemne vode, kN/m ²							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
h = 1,30 m	14,32	14,32	14,51	14,32	14,42	14,32	14,51
h = 4,00 m	40,81	40,81	41,01	40,81	40,91	40,81	41,01
h = 2,70 m	28,06	28,06	28,25	28,06	28,15	28,06	28,25

U nastavku je izračunato ukupno linijsko opterećenje, i provedena usporedba s kritičnim linijskim opterećenjem (specifično za svaki cijevni materijal). Karakteristike cijevnog materijala (računske vrijednosti vlačnih napona) uzeti su iz ATV-A 127. Za cijevi od keramike primijenjena je vrijednost tjemene sile sloma navedena u katalogu cijevnog materijala. Analizirana su stanja za kratkotrajno opterećenje (koje uključuje prometno opterećenje), te dugotrajno opterećenje (koje ne uključuje opterećenje od prometa). Kod keramičkih cijevi nema razlike između kratkotrajne i dugotrajne čvrstoće. Na kraju izračunato je iskorištenje nosivosti. Navedeno je prikazano u tablici B.5.4-2.

Tablica B.5.4-2: Linijsko opterećenje i kritično linijsko opterećenje

Linijsko opterećenje - kratkotrajno, kN/m							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
h = 1,30 m	75,74	73,71	82,73	73,69	79,33	73,68	82,36
h = 4,00 m	37,48	26,44	41,00	36,44	39,29	36,44	41,11
h = 2,70 m	34,09	32,74	37,29	33,15	35,73	33,15	37,40
Linijsko opterećenje - dugotrajno, kN/m ²							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
h = 1,30 m	11,23	10,92	12,31	10,92	11,78	10,92	12,35
h = 4,00 m	33,87	32,93	37,05	32,93	35,50	32,93	37,15
h = 2,70 m	22,97	21,92	25,14	23,33	24,08	22,33	25,21
Kritično linijsko opterećenje, kN/m							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
Kratkotrajno	810,00	315,00	130,2	421,20	156,00	828,00	104,64
Dugotrajno	405,00	210,00	86,8	183,40	68,00	460,00	104,64

Maksimalno iskorištenje nosivosti (%)							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
Kratkotrajno	9,35	23,40	63,54	17,50	50,85	8,90	78,71
Dugotrajno	8,36	15,68	42,91	17,96	52,21	7,16	35,50

Na temelju provedene analize linijskog opterećenja cijevi može se zaključiti da su svi analizirani cjevovodni materijali odnosno cijevni sustavi podobni za primjenu. Kod toga se uočava da najveće iskorištenje nosivosti (pa shodno tome i najmanje rezerve nosivosti) iskazuju cijevi od keramike, te strukturirane cijevi od polietilena i polipropilena. Najmanje iskorištenje nosivosti (odnosno najveće rezerve nosivosti) iskazuju cijevi od PVC-a i stakloplastike.

B.5.5 Uzdužna krutost cijevi

Uzdužna krutost cijevi posebno je važna u situacijama kada se kanali polažu u malim nagibima nivelete. Naime, u slučaju naknadnih manjih slijeganja temeljnog tla ili posteljice uslijed loše pripreme temeljnog tla ili lošeg zbijanja podloge i obloge cjevovoda, cijevi koje posjeduju malu uzdužnu krutost doživjeti će progibe i u uzdužnom smjeru. Ovo mjestimično može rezultirati horizontalnim dionicama ili čak dionicama s kontrapadovima, te posljedično dovesti do potrebe za pojačanim održavanjem.

Uzdužna krutost izražena je umnoškom modula elastičnosti cijevnog materijala i momenta tromosti poprečnog presjeka. Za analizirane cijevne materijale uzdužna krutost za profil DN 300 navedena je u tablici B.5.5-1. U tablici je naveden i omjer krutosti pojedinog cijevnog sustava u odnosu na minimalnu krutost, koju u navedenom slučaju posjeduje profilirani polipropilen.

Tablica B.5.5-1: Uzdužna krutost cijevi

Uzdužna krutost - dugotrajno, N/mm ²							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
DN 300	$2,86 \cdot 10^{11}$	$2,55 \cdot 10^{10}$	$7,06 \cdot 10^9$	$3,25 \cdot 10^{10}$	$6,75 \cdot 10^9$	$1,55 \cdot 10^{11}$	$1,91 \cdot 10^{13}$
Omjer krutosti cijevnog sustava i najmanje krutosti							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
DN 300	42,37	3,78	1,05	4,81	1,00	22,96	2829,63

B.5.6 Otpornost na habanje

Otpornost na habanje važna je u slučajevima prisustva pijeska u otpadnim vodama, kod pojave velikih brzina tečenja (> 8 m/s), te kod potrebe za češćim ispiranjem pod visokim tlakom. Raspoloživi podaci o habanju pri broju ciklusa od 2×10^5 u tzv. Darmstadtskom pokusu prikazni su u tablici B.5.6-1 u nastavku.

Tablica B.5.6-1: Otpornost na habanje

Habanje							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
Debljina stijenke (mm)	9,0	15,0	4,0	10,8	2,0	9,2	27,5
Habanje pri $2 \cdot 10^5$ ciklusa (mm)	0,5	0,15	0,15	0,10	0,10	0,22	0,27
Relativni broj ciklusa	18,0	100,0	26,7	108,0	20,0	41,8	101,9
Habanje - relativna (ne)podobnost							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
	1,00	0,18	0,67	0,17	0,90	0,43	0,18

B.5.7 Troškovi nabave i spajanja cijevi

Kanalizacijski sustavi. U nastavku se prikazuju cijene nabave cijevi navedene u *Standardnoj kalkulaciji radova u vodogradnji*. Ove su cijene ujedno uspoređene s cijenama postignutim na pojedinim natječajima za izgradnju sustava odvodnje. Za cijevne materijale ili sustave koji nisu navedeni u Standardnoj kalkulaciji, korištene su cijene dobivene izravnim upitom proizvođačima zastupnicima cijevnog sustava.

Cijene iz *Standardne kalkulacije* odnosno jedinične nabavne cijene postignute na natječajima prikazane su u tablici B.5.7-1. Napominje se da su cijene same nabave uvećane i za cijenu spajanja cijevi.

Tablica B.5.7-1: Očekivane cijene nabave i spajanja 1 m cijevi (u kunama)

DN 300	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
Standardna kalkulacija	359,29	267,00 ¹⁾	272,00	N.P. ²⁾	N.P. ²⁾	373,00 ³⁾	N.P. ²⁾
Cijena iz natječaja	291,16	231,08	N.P.	135,77	222,00 ⁵⁾	155,97	397,00 ⁴⁾

- 1) Interpolacija na temelju cijene navedene u Standardnoj kalkulaciji, za PEHD cijev za tlak 10 bara, na temelju mase cijevi za SN8, sve za DN 300
- 2) Standardna kalkulacija ne sadržava podatke za navedene cijevi
- 3) Standardna kalkulacija, za cijev PVC DN 315
- 4) Cijena temeljem izravnog upita proizvođačima/zastupnicima za DN 300
- 5) Cjenik proizvođača objavljen na internetu za DN 300

Vodoopskrbni sustavi. U nastavku se prikazuju cijene nabave i spajanja cijevi navedene u *Standardnoj kalkulaciji radova u vodogradnji* i prikazani u tablici B.5.7-2 u nastavku.

Tablica B.5.7-2: Cijene nabave i spajanja 1 m cijevi (u HRK)

Nabava i spajanje cijevi		
DN	Nodularni lijev (duktil)	PEHD
100 (110)	139,00	47,00
150 (160)	237,00	90,0
200 (225)	314,00	168,00

Potrebno je imati na umu da su cijene podložne promjenama. U tom smislu potreban je određeni oprez, jer nabavne cijene u trenutku koji je od početka građenja udaljen možda i više mjeseci može dovesti do eventualnih iznenađenja u nekom kasnijem trenutku. Naime, cijena cijevnih materijala odnosno cijevnih sustava može biti podložna značajnim razlikama, kako u vremenu, tako i ovisno o lokaciji gradilišta i potražnji cijevnog materijala/sustava. Istovjetne napomene praktički vrijede i za cijene ugradnje cijevi.

B.5.8 Generalne prednosti i mane pojedinih cijevnih materijala

Kanalizacijski sustavi. U nastavku se navode generalne prednosti i mane pojedinih razmatranih materijala. Korištena je raspoloživa 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 prikazano u tablici B.5.8-1.

Tablica B.5.8-1: Prednosti i mane pojedinih cijevnih materijala (EPA)

Prednosti	Mane
Termoplastične cijevi (PVC, PEHD)	
<ul style="list-style-type: none"> - vrlo lagane - dobra otpornost na koroziju - glatka površina smanjuje gubitke trenja - dugačke sekcije cijevi smanjuju potencijalnu infiltraciju - fleksibilne 	<ul style="list-style-type: none"> - podložne kemijskom utjecaju, posebno ako su prisutna otapala - na čvrstoću utječe sunčevo zračenje te je potrebna zaštita od UV zraka - zahtjeva pažljivu izvedbu ležišta cijevi
Duroplastične cijevi (stakloplastika)	
<ul style="list-style-type: none"> - visoka čvrstoća - lagane - otporne na koroziju 	<ul style="list-style-type: none"> - krhke (može doći do pojava pukotina), zahtjevaju pažljivu ugradnju

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. Kako PVC nije vodič, imun je na skoro sve tipove podzemne korozije uzrokovane galvanskim ili elektrokemijskim reakcijama, uz agresivna tla. Trajnost, mala težina, veliki odnos čvrstoće prema težini, velika ugradbena duljina, vodonepropusni spojevi i glatka unutarnja površina jesu karakteristike koje čine PVC atraktivnim izborom za ugradnju u kanalizacijskim sustavima. Nedostaci obuhvaćaju moguću kemijsku nestabilnost uslijed dugotrajne izloženosti suncu, velike progibe cijevi pod opterećenjem u slučaju neadekvatne ugradnje ili velikih temperatura otpadnih voda, kao i krtosti kod izloženosti niskim temperaturama. PVC cijev je potrebno ugraditi tako da bude osiguran pasivan bočni oslonac tla duž cijelog tijela cijevi.

Isti dokument za stakloplastične cijevi navodi da su one idealno pogodne za primjenu kod velikih profila, te pokazuju ekstremno dobre performanse u pogledu otpornosti na progibe/deformacije 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. Iako se stakloplastika službeno svrstava u fleksibilne cjevovode, njezin strukturalni integritet je takav da su za ugradbu, priprema rova i zahtjevi na ispunu rova bitno manji nego li kod drugih fleksibilnih cijevi, pa čak i nekih krutih. Daljnje prednosti vezane su za malu težinu i glatku (poput stakla) unutarnju površinu.

Prof. dr. Jure Margeta u knjizi *Kanalizacija naselja; Odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda* (2009. godina) za PVC navodi da ova vrsta 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 cjevima. 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 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.

Vodoopskrbni sustavi. Od svih komercijalnih cijevnih materijala, lijevano željezne cijevi se u vodovodnim sustavima upotrebljavaju najduže (uz iznimku olovnih), tj. već više stotina godina. Naročita prednost lijevanih cijevi je u njezinom dugom vijeku trajanja. Trajnost ima svoj uzrok u kemijskom sastavu materijala lijevanog željeza, koji je samo neznatno osjetljiv na napade korozije stranih medija i tla.

Iako cijevi od nodularnog lijeva nisu u uporabi toliko dugo kao cijevi od sivog lijeva, one se odlikuju vrlo dobrim svojstvima. U nodularnom lijevu grafit se nalazi u čvorastom do kuglastom obliku, pri čemu na mehanička svojstva nodularnog lijeva utjecaj ima metalna osnovna masa. Posljedično tome postižu se velike vlačne čvrstoće i uočljiva istezanja.

Na temelju visoke čvrstoće materijala, debljine stijenke cijevi iz duktilnog lijevanog željeza (nodularnog lijeva) su tanje nego kod cijevi iz sivog lijeva. U pogledu otpora na koroziju prema ispitivanjima i dosadašnjim praktičnim iskustvima, duktilno lijevano željezo praktički ne zaostaje za sivim lijevom.

Kod cijevi iz termoplasta, a na temelju dobrih fizikalnih i kemijskih karakteristika i razmjerno niskih cijena u praksi su za izgradnju vodovodnih cjevovoda primjenu u osnovi pronašla dva plastična materijala i to PVC i PEHD, kod čega posljednjih godina pretežitou primjenu nalaze cijevi od PEHD-a.

U pogledu gorivosti se PVC može označiti kao "teško zapaljiv" dok je polietilen nasuprot tome "goriv". Općenito se može reći da je polietilen otporan na približno sve razrijeđene ali i koncentrirane kiseline, lužine i solne otopine. Tijekom vremena polietilen se - kod temperatura od 20°C do 40°C - oštećuje ili razara uslijed jako oksidiranih medija, produkata kloriranja, a također i uslijed aromatiziranih ugljikovodika. Za pojedine slučajeve se preporuča kod proizvođača zatražiti odgovarajuću potvrdu o primjenjivosti ovih cijevi.

Kod svih cijevi od termoplasta, pa tako i PEHD-a obično se postavlja pitanje proračuna i čvrstoće. Općenito se konstatira da termoplastične cijevi pokazuju vremenski ovisno ponašanje na čvrstoću, tj. ovi materijali kod stalnog mehaničkog naprezanja ukazuju na trajno puzanje, a

koje je također ovisno i o temperaturi. Kako su cijevi pod unutarnjim tlakom izložene trajnom opterećenju uslijed višeaksijalnog stanja naprezanja, to je i ispitivanje ponašanja njihove čvrstoće tijekom vremena provedeno s vezom na ove činitelje. Kod toga se izborom viših ispitnih temperatura moglo postići i vremensko ubrzanje točke loma. Ekstrapolacijom rezultata ispitivanja dobivene su podloge za procjenu trajnosti plastičnih cijevi u vodoopskrbnim sustavima, za koje se zahtijeva pogonska ispravnost/sigurnost od preko 50 godina.

Cijevi iz nodularnog lijeva (kao i čelične cijevi) mogu se koristiti za sve, praktički i najveće tlakove koji se u vodovodnim sustavima susreću, dok se primjena plastičnih cijevi (PEHD i PVC) ograničava na veličinu od prosječno 16 bara, sve kao funkcija promjera cijevi.

Za isti nazivni tlak vode u cijevi, cijevi s manjim modulom elastičnosti su u manjoj opasnosti od velikih tlačnih varijacija, ali se trebaju oprezno birati i polagati s obzirom na svoja slabija svojstva čvrstoće, dok cijevi s većim modulom elastičnosti treba štititi od velikih varijacija tlaka koje mogu preći dopuštene, a posebno od eventualne pojave vakuuma.

Cjevovod koj se koristi za transport pitke vode mora prije svega biti izrađen od materijala koji tijekom eksploatacije ni u kom pogledu neće utjecati na promjenu kvalitete pitke vode u smislu njezinog pogoršanja. Pitka voda ne smije tijekom transporta do potrošača utjecajem materijala cjevovoda, ili njegovom promjenom, povećati sadržaj tvari koje mogu negativno utjecati na njenu sanitarnu ispravnost. Da bi se to osiguralo, kao i da bi se u danim okolnostima primijenio najpogodniji materijal za izgradnju cjevovoda s obzirom na trajnost, pogonsku sigurnost i ekonomičnost, kod izbora pogodnog konstrukcijskog materijala za vodovodne cijevi općenito treba poći od slijedećih kriterija:

- Otpornost na kemijske utjecaje i to:
 - Vode - medija koji se transportira, dakle otpornosti na korozijske i erozijske procese iznutra;
 - Tla (kod podzemne ugradnje) ili vode (kod podvodnih cjevovoda) tj. neposredne okoline u koju se ugrađuje cjevovod, otpornost na korozijske i erozijske procese izvana;
- Otpornost na mehaničke utjecaje: transport, uvjeti ugradnje, slijeganje podloge, mehaničko odnošenje materijala, trenje;
- Vodotijesnost, nepropusnost iznutra i izvana;
- Raspoloživost i dostupnost na tržištu;
- Uvjeti ugradnje cijevi, njihovo spajanje, težina, mogućnost manipulacije, izvedba vanjske površinske zaštite;
- Ekonomičnost: cijena, ukupni troškovi s obzirom na cijenu, dobavu, ugradnju pogonske troškove;
- Održavanje: popravci, servisiranje, redovito održavanje;
- Mogućnosti stalne kontrole kvalitete nužnih svojstava

Cijevi iz nodularnog lijeva se proizvode u širokom rasponu promjera, od DN 80 do DN 1500, neotporni su na korozijsko djelovanje vodenih otopina, ali imaju dobra mehanička svojstva. Uobičajeno je da se prevlače zaštitnim prevlakama - iznutra cementnim mortom, a izvana nepropusnim slojevima, npr. pocinčavanjem, bitumenskim ili polietilenskim prevlakama.

Prednosti ovih cijevi jesu: dobro podnose vlačna/tlačna naprezanja, pogodan je za montažu i može se brzo prilagoditi uvjetima na terenu, unutarnji promjer je veći od nominalnog, što rezultira većim protočnim kapacitetom. Zaštitni sloj od cementnog morta, koji se gotovo u pravilu primjenjuje u razvodima pitke vode otporan je na većinu tvari otopljenih u vodi kao i na erozivni utjecaj dispergiranih tvari (npr. u slučaju ulaska manjih količina pijeska crpljenjem bunarske vode u cjevovod). Nedostaci jesu osjetljivost na korozijske procese ako nije poduzeta odgovarajuća antikorozivna zaštita.

Cjevovodi se sastoje od cijevi i cijevne armature koji se spajaju i brtve gumenim spojevima koji ne provode električnu struju pa se ne štite katodnom zaštitom. Zato se pojačava vanjska zaštita nanošenjem više različitih, korozijskih otpornih slojeva. Česte su kombinacije sloj cinka kao prvi sloj na vanjskoj stijenci cijevi i zatim bitumenski pokrovni sloj. Ovakva vanjska zaštita je vrlo otporna na gotovo sve tipove tla uz uočeno sinergijsko djelovanje spomenutih slojeva.

Cijevi od PEHD-a su projektirane kao fleksibilni vodovi. Debljina stijenki cijevi određuju se na temelju unutarnjeg tlaka i vanjskog opterećenja, kao dva posebno utjecajna parametra. Polietilen se često koristi i za unutrašnje oblaganje cijevi od nekog drugog materijala, osjetljivijeg na korozijsko djelovanje vode.

Prednosti ovih cijevi jesu: mala težina, lagana obrada na terenu, izvrsna otpornost i postojanost na gotovo sve kemijske utjecaje koji se javljaju u sustavima pitkih voda. Kao nedostaci se mogu navesti: zahtjevaju bolju pripremu i pažljivije naknadno prekrivanje kanala za cjevovode. Imaju veliki koeficijent toplinske ekspanzije i javljaju se teškoće u određivanju lokacije cjevovoda.

Klasa polietilenskih cijevi visoke gustoće PE 80, te posebno PE 100 znatno je proširila spektar primjene PEHD cijevi. Tako tlačne cijevi za pitku vodu izrađene od PE 100 praktički ispunjavaju sve kriterije koji su potrebni za primjenu u vodovodnim sustavima. Materijal je korozijski postojan, otporan i na druge kemijske utjecaje, ima visoku krutost, veliki otpor nastajanju pukotina, otpornost eroziji, glatke unutrašnje stijenke i dr.

Tijekom godina vodoopskrbne mreže na području RH su se razvijale i gradile od najrazličitijih materijala, što je najviše ovisilo o dostupnosti cijevi na tržištu, trenutačnim trendovima na tržištu, odnosno prezentiranim prednostima jednog materijala pred drugim bez posebnih obrazloženja te zahtjevima investitora. Vodoopskrbne mreže su se vremenom nadograđivale i rekonstruirale, tako da se na kraju došlo do stanja da na jednoj mreži srednje veličine imamo zastupljene različite cijevne materijale, od PVC-a, azbest-cementa, raznih polietilena, lijevanog željeza itd., a što uvelike otežava održavanje mreže (prečeste promjene uvjeta tečenja, česti kvarovi, različite tehnologije sanacije, itd.).

Tijekom posljednjih godina na području Hrvatske su u najširoj primjeni ostala dva cijevna materijala, koja su po svojim tehničko-ekonomskim činiteljima ujedno i najprihvatljivija u uobičajenim uvjetima polaganja i korištenja: PEHD (odnosno polietilen visoke gustoće) i nodularni lijev (uobičajeni tržišni naziv duktil).

Temeljem naprijed izloženog, a imajući u vidu dosadašnja iskustva, postojeću praksu, te situaciju na tržištu, općenito se može konstatirati da su ova dva materijala pogodna i za primjenu u konkretnom primjeru na području Aglomeracije Dubrovnik.

B.5.9 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 da bi normalni projektni vijek cijevnih sustava (vodoopskrbe i odvodnje) trebao biti minimalno 50 godina. Međutim, navodi da 50 godina zapravo nije dovoljno dugo. Vladine i privatne agencije ne mogu si priuštiti zamjenu cjelokupne infrastrukture ukopanih cjevovoda na 50-godišnjoj bazi. Ustvari, projektni vijek od 100 godina trebalo bi smatrati minimumom. Proizvođači cijevi mogu garantirati za kvalitetu svojih proizvoda, ali ne mogu garantirati da će cijevi ispunjavati određene zahtjeve tijekom određenog vremenskog trajanja. Ovo iz razloga 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.

Sustavna (i neovisna) istraživanja o trajnosti cjevovoda od pojedinih materijala, prema saznanjima obrađivača ove tehničke i ekonomske analize, ne postoje. Ilustracije radi prilaže se tablica B.5.9-1 gdje su prikazani rezultati određene ekspertize, a koja je objavljena u dokumentu pod nazivom *Guide to pipe materials selection; Twelve good reasons for choosing FBS pipes made of concrete and reinforced concrete* (2008. god.), a zapravo je riječ o promidžbenom materijalu koji govori o prednostima betonskih cijevi.

Tablica B.5.9-1: Korisni vijek cjevovoda

Rezultati ekspertize			
Korisni vijek*/analiza materijala			
Sirovina	KVR smjernica (LAWA)	Korisni vijek u godinama	
		Podaci proizvođača	Praktično iskustvo
Beton/armirani beton	50 do 80 (100)	> 100	> 100
Kamenština		> 100	> 100
Polimerni beton		nema podataka	približno 30
Nodularni lijev		> 100	> 100
Stakloplastika		50 do 80 (100)	približno 50
PVC-U		> 100	približno 50
PEHD		> 100	približno 50
PP		100	približno 50
*Može se pretpostaviti jednolični korisni vijek, neovisno o korištenoj sirovini, za kanalizacijske cijevi koje su proizvedene i ugrađene u skladu s primjenljivim standardima i pravilima struke i namjenski su korišteni. Tehnički korisni vijek spojeva cijevi nije razmatran u ovoj ekspertizi.			

B.5.10 Osvrt na profilirane cijevi 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 stijenke. Pored punostijenih cijevi, postoje i upotrebljavaju se cijevi sa strukturiranom odnosno profiliranom stijenkom. 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 stijenke i načina/tehnike spajanja, tako i u pogledu načina proizvodnje i uporabljene vrste plastičnog materijala.

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

S druge strane, profilirane cijevi u odnosu na cijevi s punostijenim presjecima posjeduju bitno manje lokalne debljine stijenki. Stoga takve optimizacije poprečnog presjeka imaju smisla jedino onda ako smanjenje debljine stijenki ne dovodi do značajnijih mana kod korištenja, tj. u pogledu nepropusnosti spojeva odnosno priključaka, otpornosti prema točkastim opterećenjima, 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 stijenkom, već i za profilirane cijevi. Međutim, postojeće metode ispitivanja za profilirane cijevi usmjerene 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.

Posebno 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 stijenkama 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 određeni broj loših iskustava. Tako su primjerice na nekim sustavima 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.

U navedenom kontekstu se ukazuje i na slučaj izgradnje kanalizacije od profiliranih cijevi od plastičnih materijala u naseljima u kontinentalne Hrvatske. Izgradnja je provedena tijekom 2011. i 2012. godine. Od ukupno izgrađenih oko 14,5 km kanala utvrđena je potreba za sanacijom cjevovoda s iskopom na preko 1,6 km trase. Pored toga je utvrđena potreba sanacija s iskopom 437 komada revizijskih okana te lokalnih (točkastih) sanacija kanala bez iskopa na 35 mjesta. Potrebne sanacije procijenjene su u veličini od oko 7,5 milijuna kuna.

Navedeni primjer nije jedini. Iskustva na jednom drugom području potvrđuju da uporaba strukturiranih cijevi sa sobom nosi veći rizik od potrebe za sanacijom nedugo nakon izgradnje. Naime, prema dobivenim podacima, od 2011. godine do danas, na distribucijskom području operatera u priobalnom području izgrađeno je oko 74,5 km mreže javne sanitarne odvodnje. Pretežito su izgrađeni gravitacijski kanali (oko 69,8 km) a manjim dijelom tlačni cjevovodi (4,7 km). U navedenom razdoblju gravitacijski kanali bili su pretežito izgrađeni od strukturiranih PEHD cijevi (oko 43,5 km) te UKC (tj. PVC) cijevi (oko 25 km).

Na izgrađenim kanalima je ustanovljeno da 120 sekcija ne zadovoljava uvjet funkcionalnosti. Od toga se 92 sekcije odnose na strukturirane PEHD cijevi, a 28 sekcija na UKC cijevi. Ukoliko se ovi podaci stave u odnos sa duljinom izgrađene mreže od pojedinih materijala (odnosno učešćem pojedinog materijala) dolazi se do vrijednosti od 2,78 sekcije po km za strukturirani PEHD i 1,12 sekcija po km za UKC cijevi. Vidljivo je da je pojava nezadovoljavanja uvjeta funkcionalnosti oko 2,5 puta veća za strukturirani PEHD od UKC-a. Izraženo dužinski, na kanalima izgrađenim od strukturiranog PEHD-a postoji potreba za sanacijom na 6,9% izgrađenih kanala, a na kanalima izgrađenim od UKC-a potreba za sanacijom iznosi 3,2%. Navedene sekcije trenutno još nisu sanirane.

Međutim, na kanalima izgrađenim od 2011. godine do sada je izvedeno ukupno 246 sanacija, očit na najtežim vrstama oštećenja odnosno nezadovoljavanja uvjeta funkcionalnosti. Od toga 199 sanacija se odnosi na kanale izgrađene od strukturiranog PEHD-a, a 47 sanacija na kanale izgrađene od UKC-a.

U nastavku se prikazuju neke od fotografija karakterističnih oštećenja na cijevima i revizijskim oknima.



Slika 1: Prikaz vertikalne deformacije i napuknuća cijevi



Slika 2: Prikaz naslaga koje je potrebno ukloniti uređajem za glodanje



Slika 3: Prikaz deformiranog okna



Slika 4: Prikaz pukotina i deformacija okna

B.5.11 Osvrt na kanale na obalnim dionicama

Poseban problem predstavljaju kanali odnosno cjevovodi koji će se izvoditi na obalnim dionicama (tj. dionicama pod utjecajem mora). S tim u vezi se daju slijedeće napomene:

- Svi prethodno nabrojani cijevni materijali (naravno s izuzetkom keramičkih cijevi) u osnovi spadaju u grupu plastičnih materijala, te se načelno mogu ugrađivati na dionicama pod utjecajem mora, tj. otporne su na agresivno djelovanje morske vode.
- Sve položene kanale, izrađene od nabrojanih cijevnih materijala je u osnovi potrebno optežiti. Naime, kanali otpadnih voda nužno moraju posjedovati svojstvo vodonepropusnosti. U redovitom pogonu u kanalima će se pojavljivati tečenje sa slobodnim vodnim licem. Štoviše, ne može se isključiti mogućnost da će u noćnim satima kanali praktički biti prazni. Stoga je sila uzgona na cijev redovito veća od vlastite težine cijevi. Na primjer, težina 1 m cijevi od stakloplastike (od svih razmatranih plastičnih cijevnih materijala, stakloplastika posjeduje najveću gustoću, veću od gustoće morske vode), vanjskog profila 324 mm iznosi cca 123 N. Sila uzgona 1 m iste (ali prazne) cijevi iznosi 824 N. Dakle, ovisno o odabranom cijevnom materijalu i raspoloživim visinama nadsloja iznad cijevi biti će prisutna i eventualna potreba dodatnog opteživanja kanala (npr. betonskom oblogom ili posebnim opteživačima).
- U fazi građenja (kada je načelno moguće položene kanale/cjevovode potopiti vodom odnosno dopustiti ulaz morske vode u njih) opteživanje nije potrebno kod cijevnih materijala specifične težine veće od specifične težine morske vode. U konkretnom slučaju ovome udovoljavaju PVC (14 kN/m^3), stakloplastika ($17,5 \text{ kN/m}^3$) te keramika (22 kN/m^3). Cijevi od ostalih razmatranih materijala posjeduju specifične težine manje od specifične težine morske vode, te ih je potrebno opteživati i tijekom same izgradnje.
- Generalno je za obalne kolektore potrebno izbjegavati strukturirane ("rebraste") cijevi, 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.
- 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 pod vodom (odnosno pod morem) nije moguće, već je eventualno moguće spajanje izvan rova i spuštanje spojenog cjevovoda u rov. Kod cijevnih sustava čije se spajanje zasniva na utičnom spoju nastojale su se od relevantnih proizvođača/zastupnika pridobiti informacije o tome da li se njihovo spajanje može obavljati pod vodom.

U slučaju jednog proizvođača/zastupnika za cijevne sustave od polivinilklorida, polietilena te polipropilena navodi se: *"... Niti jedan navedeni cijevni sustav u pravilu nije potrebno spajati na suho. Dapače, svaki spoj s brtvom (izuzev PEHD) potrebno je premazati s masti za podmazivanje prije spajanja. Također, na gradilištu sam prisustvovao spajanju cijevi koje su*

bile potpuno pod vodom i nije bilo problema prilikom spajanja niti kasnijih propuštanja na spojevima. ... ". U kontekstu preporuke izbjegavanja rebrastih cijevi navodi se: " ... Punostijeni PEHD je također dobar izbor zbog duljine cijevi (12 m naspram 6 m), te samim time manjim brojem problematičnih mjesta. ... ".

- Kanali na obalnim dionicama se redovito izvode s relativno malim nagibima, obzirom da je obalni pojas najčešće pretežito horizontalni, te bi se kod primjene velikih nagiba vrlo brzo postigle i velike dubine ukapanja. Izvedba gravitacijskih kanala, tj. postizanje zahtjevane nivelete odnosno pada dna kanala i inače je to teža, što je nagib manji. Izvođenje radova u skučenim uvjetima rova, pod vodom (odnosno pod morskom vodom), koja je redovito i zamućena dodatno otežava provođenje radova.

Stoga je, ako je riječ o savitljivim cijevima, generalno preporučljivo kanale/cjevovode polagati unutar armirano-betonskih korista (odnosno "kada"), koji se redovito izvode kao montažni elementi i spuštaju u pripremljeni rov. Naime tzv. "kade" bitno olakšavaju izvođenje, jer su uvjeti polaganja cjevovoda nešto povoljniji nego li u otvorenom rovu. U kadama je moguće ostavljati odgovarajuće kuke na koje je moguće privezivanje cjevododa, čime se postiže njegova privremena stabilizacija u pogledu uzgona. Moguće je preciznije polaganje kanala u predviđenom padu, jer je podlaganje cjevovoda s različitim podlošcima i klinovima jednostavnije kao što je i jednostavnija kontrola visinskog položaja položenog cjevovoda. Zamućenost morske vode unutar kada je nešto manje izražena, zbog ograničenog strujanja. Stijenke armirano-betonskih korita, ovisno o dubini polaganja, dijelom imaju i funkciju podgrađivanja rova.

Na temelju navedenih napomena moguće je zaključiti da je na obalnim dionicama prvenstveno potrebno koristiti cijevi s glatkim stijenkama, što je prvenstveno uvjetovano potrebom što lakšeg potapanja. Ujedno se time smanjuje i potrebna širina rova, što daje određeni doprinos ekonomičnosti izvedbe. Također je potrebno težiti primjeni cijevi koji posjeduju uzdužnu krutost, čime se izbjegava pojava možebitnog ispupčenja cijevi na sredinama raspona između točaka sidrenja tijekom izvedbe. Na kraju, potrebno je primijeniti one cijevne sustave, koje je moguće pouzdano spajati pod morem, ili koje je moguće spajati izvan rova, te pouzdano spuštati cijele sekcije cjevovoda u rov.

Na kraju, na temelju analiza provedenih za potrebe ove tehno-ekonomske analize, proizašlo je da je bi izgradnja obalnog kanala od cijevi od stakloplastike (položene u rovu) rezultirala s oko 20% nižim troškovima od izgradnje kanala od punostijenog PEHD-a položenog unutar armirano-betonskih korita.

Temeljem svega navedenog preporuča se za obalne kanale primijeniti cijevi od stakloplastike.

B.6 PRIJEDLOG ODABIRA CIJEVNOG MATERIJALA/PROIZVODA

Za predmetne sustave na području Aglomeracije Dubrovnik glavni projekti su izrađeni, te su ishođene pripadajuće građevinske dozvole. Stoga je, sukladno dokumentu *Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomsko najpovoljnije ponude, primjeri dobre prakse; Poglavlje 1. Otvoreni postupak javne nabave za građenje mreže (FIDIC, crvena knjiga); Podpoglavlje 1.2. Izbor cijevnog materijala - dopuna; Tehno - ekonomska analiza odabira cijevnog materijala* provedena skraćena tehno-ekonomska analiza cijevnog materijala na način da je provedena tehnička analiza prihvatljivosti odabranog i projektiranog cijevnog materijala sukladno tehničkim elementima odabira kao i tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja. Time se, u rezultatu, opravdava ili opovrgava već usvojeno rješenje.

Predmetni zahvati u prostoru koji su vezani za izgradnju nove i rekonstrukciju postojeće mreže odvodnje otpadnih voda i vodoopskrbne mreže u pojedinim naseljima i/ili dijelovima naselja na razmatranom području pokriveni su u nekoliko glavnih projekata, koje je izradilo više projektantskih kuća. Projekti su izrađeni u različitim razdobljima.

Generalno se može smatrati da su projektima predviđena manje više ujednačeno tehnička rješenja u pogledu primjene cijevnog materijala, što se ilustrira slijedećim podacima:

a) kanalizacija - gravitacijski kanali

- ovisno o projektantskoj kući koja je izradila glavni projekt, predviđena je primjena profiliranih cijevi od PEHD-a ili PP/PEHD/PVC cijevi
- kod trasa kanala u priobalnom pojasu (pod utjecajem mora) predviđeno je polaganje cijevi unutar prefabriciranih armirano-betonskih korita

b) kanalizacija - tlačni cjevovodi

- u svim projektima je predviđena primjena od tlačnih PEHD cijevi

c) vodoopskrba

- u svim projektima je predviđena primjena cijevi od nodularnog lijeva

Temeljem informacija prikazanih u prethodnim poglavljima i obradama moguće je zaključiti da su jedino problematična tehnička rješenja u kojima je za obalne, ali i kopnene gravitacijske kanale predviđena primjena cijevi od strukturiranog PVC, PP ili PE-a. Kako su prethodne obrade pokazale, za obalne gravitacijske kanale se preporuča primjena cijevi od stakloplastike, položene u rov (dakle bez potrebe polaganja u prefabricirana armirano-betonska korita), dok se za kopnene gravitacijske kanale preporuča primjena punostijenih cijevi od PVC-a, PP-a ili PE-a, posebno u skućenim uvjetima smještaja trasa kanala u pojedinim naseljima.

Nakon svega navedenog, izbor cijevnog materijala za predmetne zahvate moguće je ograničiti na slijedeće:

Za kanalizaciju - gravitacijske kanale (kopnene dionice): punostijene cijevi od PVC-a, PP-a ili PEHD-a.

Za kanalizaciju - tlačne cjevovode: punostijene tlačne cijevi od PEHD-a.

Za vodoopskrbu: punostijene tlačne cijevi od nodularnog lijeva, u posebnim slučajevima od PEHD-a, tj. kako je u osnovi i predviđeno postojećom projektnom dokumentacijom.

Za kanalizaciju - gravitacijske kanale (obalne dionice) preporuča se izbor cijevi ograničiti na punostijene cijevi od stakloplastike.

U vezi s prethodnim napomenama prikazuje se tehnička analiza prihvatljivosti odabranog i projektiranog cijevnog materijala sukladna tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda, uključujući sukladnostima tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja. Ova analiza prikazana je tablično u nastavku. a vezano za pojedine vrste cjevovoda.

a) kanalizacija - gravitacijski kanali

Kako je rečeno, postojećom dokumentacijom pretežito je predviđena primjena cijevi od strukturiranog PEHD-a ili PP/PEHD/PVC cijevi. Kod trasa kanala u priobalnom pojasu (pod utjecajem mora) predviđeno je polaganje cijevi unutar prefabriciranih armirano-betonskih korita. Prethodne obrade su generalno pokazale tehničku prihvatljivost predviđenih cijevnih sustava.

Prethodnom obradom je pokazano da je primjena cijevnog sustava od strukturiranog PVC-a, PP-a ili PE-a vezana za većim rizikom potreba za naknadnim sanacijama cjevovoda/kanala izgrađenih od tog materijala. Također je pokazano da se primjena ovog cijevnog sustava ne preporuča za primjenu na priobalnim dionicama kanala. Na ovim dionicama generalno se preporuča primjena punostijenih cijevnih sustava, a posebno od stakloplastike.

Tablica 5.6-1: Tablica ispunjenja glavnih elemenata odabira za gravitacijske kanale (kopnene dionice)

Glavni elementi odabira	Cijevni materijal predviđen projektnom ili najtječajnom dokumentacijom
	Punostijene cijevi od PP/PEHD/PVC
Zahtjevi JIVU i uvjeti priključenja	Generalno ispunjeni. Cijevni materijal je kompatibilan s materijalom postojećih elemenata sustava. Cijevni materijal omogućava naknadne radove montaže.
Unutarnji promjer cijevi	Generalno ispunjen. Unutarnji promjer cijevi određen projektnom dokumentacijom na temelju hidrauličkog proračuna i/ili kao konstruktivni (minimalni) profil.
Debljina stijenke cijevnog materijala/vanjski promjer cijevi	Generalno ispunjen. Statičkim proračunom u okviru izvedbenog projekta potrebno je za stvarne uvjete ugradnje i za ponuđene cijevi dokazati zadovoljenje zahtjevanih parametara.
Vrsta cijevnog materijala	Generalno ispunjen. Cijevni materijal je podoban za ugradnju pod predviđenim "in situ" uvjetima.
Vrsta materijala za okna i tip okana	Generalno ispunjen. Cijevi se mogu kombinirati sa monolitno izvedenim ili prefabriciranim armirano-betonskim oknima ili prefabriciranim oknima od plastičnih masa (stakloplastika, PEHD).
Usklađenje s normama i standardima - zahtjevi kvalitete	Generalno ispunjen. Cijevi se proizvode po normi HRN EN 12666-1, HRN EN 1852-1, HRN EN 1401-1.
Tehnologija ugradnje i kontrola kvalitete	Generalno ispunjen. Polaganje i ispitivanje po normi HRN EN 1610 i dopunskim uputama proizvođača cijevnog sustava. Postoji tehnička mogućnost čišćenja taloga u cijevima.
Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja	Generalno ispunjen. Postoji više proizvođača cijevnog materijala odnosno sustava.

Vidljivo je da je predviđeni cijevni materijal (punostijeni PP/PEHD/PVC), sukladan tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također je sukladan tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

Tablica 5.6-2: Tablica ispunjenja glavnih elemenata odabira za gravitacijske kanale (obalne dionice)

Glavni elementi odabira	Cijevni materijal predviđen projektnom ili natječajnom dokumentacijom
	Cijevi od stakloplastike
Zahtjevi JIVU i uvjeti priključenja	Generalno ispunjeni. Cijevni materijal je kompatibilan s materijalom postojećih elemenata sustava. Cijevni materijal omogućava naknadne radove montaže.
Unutarnji promjer cijevi	Generalno ispunjen. Unutarnji promjer cijevi određen projektnom dokumentacijom na temelju hidrauličkog proračuna i/ili kao konstruktivni (minimalni) profil.
Debljina stijenke cijevnog materijala/vanjski promjer cijevi	Generalno ispunjen. Statičkim proračunom u okviru izvedbenog projekta potrebno je za stvarne uvjete ugradnje i za ponuđene cijevi dokazati zadovoljenje zahtjevanih parametara.
Vrsta cijevnog materijala	Generalno ispunjen. Cijevni materijal je sličan za ugradnju pod predviđenim "in situ" uvjetima.
Vrsta materijala za okna i tip okna	Generalno ispunjen. Cijevi se mogu kombinirati sa monolitno izvedenim ili prefabriciranim armirano-betonskim oknima ili prefabriciranim oknima od plastičnih masa (stakloplastika, PEHD).
Usklađenje s normama i standardima - zahtjevi kvalitete	Generalno ispunjen. Cijevi se proizvode po normi HRN EN 14364.
Tehnologija ugradnje i kontrola kvalitete	Generalno ispunjen. Polaganje i ispitivanje po normi HRN EN 1610 i dopunskim uputama proizvođača cijevnog sustava. Postoji tehnička mogućnost čišćenja taloga u cijevima.
Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja	Generalno ispunjen. Postoji više proizvođača cijevnog materijala odnosno sustava.

Vidljivo je da je predviđeni cijevni materijal (punostijeni GRP), sukladan tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također je sukladan tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

b) kanalizacija - tlačni cjevovodi

Kako je rečeno, postojećom dokumentacijom je predviđena primjena punostijenih tlačnih cijevi od PEHD-a. U bitnome ove cijevi imaju iste osnovne karakteristike kao PEHD cijevi za vodoopskrbu. Prethodne obrade su pokazale tehničku prihvatljivost navedenog cijevnog sustava.

Tablica 5.6-3: Tablica ispunjenja glavnih elemenata odabira za kanalizacijske tlačne cjevovode

Glavni elementi odabira	Cijevni materijal predviđen projektnom ili natječajnom dokumentacijom
	Cijevi od PEHD-a
Zahtjevi JIVU i uvjeti priključenja	Generalno ispunjeni. Cijevni materijal je kompatibilan s materijalom postojećih elemenata sustava.
Unutarnji promjer cijevi	Generalno ispunjen. Unutarnji promjer cijevi određen projektnom dokumentacijom na temelju hidrauličkog proračuna i/ili kao konstruktivni (minimalni) profil.
Debljina stijenke cijevnog materijala/vanjski promjer cijevi	Generalno ispunjen. Statičkim proračunom u okviru izvedbenog projekta potrebno je za stvarne uvjete ugradnje i za ponuđene cijevi dokazati zadovoljenje zahtjevanih parametara.
Vrsta cijevnog materijala	Generalno ispunjen. Cijevni materijal je podoban za ugradnju pod predviđenim "in situ" uvjetima.
Usklađenje s normama i standardima - zahtjevi kvalitete	Generalno ispunjen. Cijevi se proizvode po normi HRN EN 12201.
Tehnologija ugradnje i kontrola kvalitete	Generalno ispunjen. Polaganje i ispitivanje po normi HRN EN 1610 i dopunskim uputama proizvođača cijevnog sustava. Postoji tehnička mogućnost čišćenja taloga u cijevima.
Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja	Generalno ispunjen. Postoji više proizvođača cijevnog materijala odnosno sustava.

Vidljivo je da je projektom predviđeni cijevni materijal (tlačne cijevi od PEHD-a), sukladan tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također je sukladan tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

c) vodoopskrba

Kako je rečeno, postojećom dokumentacijom je predviđena primjena cijevi od nodularnog lijeva. Prethodne obrade su pokazale tehničku prihvatljivost navedenog cijevnog sustava.

U slučaju vodoopskrbnog sustava na promatranom području valja posebno uzeti u obzir da je riječ o vodoopskrbnom sustavu sa značajnijim visinskim razlikama između pojedinih potrošača. Stoga je za očekivati da će, pogotovo u nižim dijelovima pojedinih visinskih zona (npr. uz obalu), tlakovi u uličnoj mreži (dakle prije vodomjera) biti stalno oko ili iznad 4 bara. Upravo ova činjenica, uz pretežito polaganje ispod gradskih prometnih površina, u konkretnom slučaju daje prednost uporabi cijevi od nodularnog lijeva.

Tablica 5.6-4: Tablica ispunjenja glavnih elemenata odabira za kanalizacijske tlačne cjevovode

Glavni elementi odabira	Cijevni materijal predviđen projektnom ili natječajnom dokumentacijom
	Cijevi od nodularnog lijeva
Zahtjevi JIVU i uvjeti priključenja	Generalno ispunjeni. Cijevni materijal je kompatibilan s materijalom postojećih elemenata sustava.
Unutarnji promjer cijevi	Generalno ispunjen. Unutarnji promjer cijevi određen projektnom dokumentacijom na temelju hidrauličkog proračuna i/ili kao konstruktivni (minimalni) profil.
Debljina stijenke cijevnog materijala/vanjski promjer cijevi	Generalno ispunjen. Statičkim proračunom u okviru izvedbenog projekta potrebno je za stvarne uvjete ugradnje i za ponuđene cijevi dokazati zadovoljenje zahtjevanih parametara.
Vrsta cijevnog materijala	Generalno ispunjen. Cijevni materijal je podoban za ugradnju pod predviđenim "in situ" uvjetima.
Usklađenje s normama i standardima - zahtjevi kvalitete	Generalno ispunjen. Cijevi se proizvode po normi HRN EN 545.
Tehnologija ugradnje i kontrola kvalitete	Generalno ispunjen. Polaganje i ispitivanje po normi HRN EN 1610 i dopunskim uputama proizvođača cijevnog sustava. Postoji tehnička mogućnost čišćenja taloga u cijevima.
Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja	Generalno ispunjen. Postoji više proizvođača cijevnog materijala odnosno sustava.

Vidljivo je da je projektom predviđeni cijevni materijal (cijevi od nodularnog lijeva), sukladan tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također je sukladan tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

B.7 ZAKLJUČAK I PREPORUKE

Temeljem prethodno provedenih obrada moguće je dati slijedeći zaključak i preporuke:

a) Sustav javne odvodnje - gravitacijski kanali (kopnene dionice)

- 1 Na kopnenim dionicama preporuča se primjenu cijevnog sustava ograničiti na punostijene cijevi od PP/PEHD/PVC. Ovi cijevni sustavi sukladni su tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također su sukladni tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

b) Sustav javne odvodnje - gravitacijski kanali (obalne dionice)

- 2 Na obalnim dionicama preporuča se primjenu cijevnog sustava ograničiti na punostijene cijevi od stakloplastike, položene u rov. Ovaj cijevni sustav sukladan je tehničkim elementima odabira kao i tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

c) Sustav javne odvodnje - tlačni cjevovodi

- 3 Projektom predviđeni cijevni materijal (tlačne PEHD cijevi) sukladan je tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također je sukladan tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

d) Sustav vodoopskrbe - tlačni cjevovodi

- 4 Projektom predviđeni cijevni materijal (nodularni lijev) sukladan je tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također je sukladan tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

e) Ostalo

- 5 Preporuča se naručitelju da, neovisno o cijevnom materijalu, obveže ponuditelja da u sklopu izvedbenog projekta, za konkretne cijevi koje se namjeravaju ugraditi, 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 ili jedan od postupaka naveden u HRN CEN/TR 1295-3. Statički proračun potrebno je pravodobno, prije početka radova, dostaviti na suglasnost nadzoru i naručitelju.

Na kraju se daju i slijedeće dopunske napomene:



- Ovom tehničkom i ekonomskom analizom nije posebno analiziran izbor materijala odnosno sustava tipskih revizijskih okana. Ne ulazeći u prednosti i mane primjene tipskih revizijskih okana od plastičnih materijala ili armiranog betona, u predmetnom slučaju se smatra da su postojećom projektnom dokumentacijom predviđena odgovarajuća rješenja, kod čega su okna kompatibilna i pripremljena za spajanje s predloženim osnovnim cijevnim materijalom/sustavom.

Temeljem svega navedenog zaključuje se da je sveukupno tehničko rješenje predviđeno postojećom projektnom dokumentacijom generalno opravdano.

Sastavio:

Davor Stanković, dipl. ing. građ.