

# Dimenzioniranje i izbor parametara primarnih i sekundarnih opteživača podmorskog ispusta

---

Jakus, Petra

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:744830>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Petra Jakus**

**Split, 2020.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Dimenzioniranje i izbor parametara primarnih i  
sekundarnih opteživača podmorskog ispusta**

**Petra Jakus**

**Split, 2020.**

# **Dimenzioniranje i izbor parametara primarnih i sekundarnih opteživača podmorskog ispusta**

## ***Sažetak:***

Za potrebu sanacije cjevovoda smještenog u Baškoj Vodi, potrebno je definirati težinu i geometriju primarnog i sekundarnog opteživača te odrediti raspon postavljanja primarnih opteživača uzduž novog cjevovoda.

***Ključne riječi:*** primarni opteživač, sekundarni opteživač, podmorski ispust, cjevovod

# **Determination and desing of the optimal size of concrete ballast weights of marine wastewater outfalls**

## ***Abstract:***

For the need of repairing the marine wastewater outfall located in Baška Voda, it is necessary to define the weight nad geometry of concrete ballast weights and their spacing along the new pipeline.

***Keywords:*** concrete ballast weights, marine wastewater outfalls, pipeline

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Petra Jakus

BROJ INDEKSA: 4363

KATEDRA: **Katedra za privrednu tehniku**

PREDMET: Luke i pomorske građevine

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: Dimenzioniranje i izbor parametara primarnih i sekundarnih opteživača podmorskog ispusta

Opis zadatka: Od kandidata se očekuje:

- Dati prikaz postojećeg stanja podmorskog ispusta;
- Definirati težinu jednog primarnog opteživača, njegovu geometriju i raspon postavljanja istih uzduž cjevovoda;
- Definirati težinu i geometriju jednog sekundarnog opteživača da se osigura da cjevovod ne bude pomaknut uslijed djelovanja uzgona i sila uzrokovanih valovima i morskim strujama;
- Prikazati i opisati postupak izvedbe zamjenskog cjevovoda.

U Splitu, 15.07.2020.

Voditelj Završnog rada:

Doc.dr.sc.Veljko Srzić

# Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. OPIS POSTOJEĆEG STANJA</b> .....	2
<b>3. KONCEPTUALNO RJEŠENJE SANACIJE CJEVOVODA</b> .....	4
<b>4. PRIMARNI OPTEŽIVAČI</b> .....	6
4.1. Dimenzioniranje primarnih opteživača.....	6
4.2. Kontrola naprezanja cjevovoda.....	11
<b>5. SEKUNDARNI OPTEŽIVAČI</b> .....	12
5.1. Općenito o sekundarnim opteživačima.....	12
5.2. Proračun sekundarnih opteživača.....	13
<b>6. IZVEDBA SEKUNDARNIH OPTEŽIVAČA</b> .....	15
<b>7. IZVEDBA CJEVOVODA PODMORSKOG ISPUSTA</b> .....	19
<b>8. ZAKLJUČAK</b> .....	21
<b>9. PRILOZI</b> .....	22
<b>10. LITERATURA</b> .....	28

## **1.UVOD**

Na lokaciji luke nautičkog turizma (LNT) u Baškoj Vodi položena je trasa podmorskog ispusta kojim se otpadna voda sa lokalne crpne stanice tlači u more. S obzirom kako je cjevovod izveden u neukopanoj izvedbi, uz lokalna betoniranja, a zbog učestalog sidrenja, tijekom posljednjih pet godina dolazi do više oštećenja cjevovoda koja su sanirana. S obzirom na dotrajalost i sveopće stanje cjevovoda podmorskog ispusta, predviđa se sanacija postojećih oštećenja u obliku zamjene dionice cjevovoda unutar LNT Baška Voda.

Zadatak ovog rada je definirati trasu cjevovoda te utvrditi projektne parametre primarnih i sekundarnih opteživača koji će osigurati potapanje novog cjevovoda te njegovu zaštitu od vanjskih utjecaja i isplivavanja.

## 2. OPIS POSTOJEĆEG STANJA

Za saniranje postojećeg podmorskog ispusta nužno je utvrditi njegovo postojeće stanje. Pri tome raspoložemo videosnimkom koja prikazuje trasu starog cjevovoda.

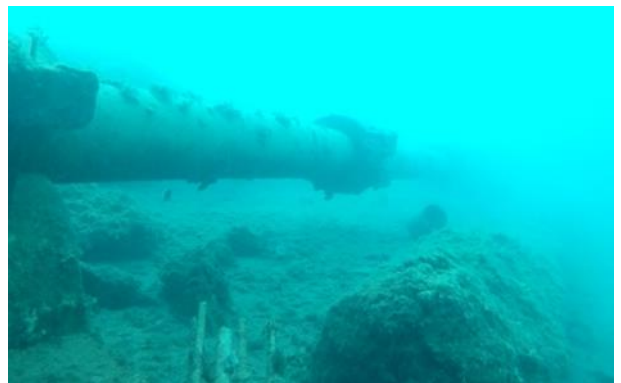
Cjevovod položena na morsko dno luke nautičkog turizma zbog loše je izvedbe pretrpjela znatna oštećenja. Prilikom učestalog sidrenja plovila te ostalih neplaniranih događaja nastala su oštećenja cjevovoda. Na snimci je uočeno da je cjevovod cijelom dužinom u izuzetno lošem stanju. Zbog dugotrajne izloženosti morskoj atmosferi bila je podložna trošenju i slabljenju fizikalnih i mehaničkih svojstava koja se manifestiraju u vidu površinskih oštećenja i slabljenja pojedinih spojeva između sekcija cijevi. Također, vidljiva su i velika oštećenja postojeće betonske zaštite koja je kao takva izgubila na funkciji.

Zbog navedenog stanja potrebno je napraviti novo trajno rješenje.



*Slike 1.-4. Prikaz oštećenja postojeće betonske zaštite*

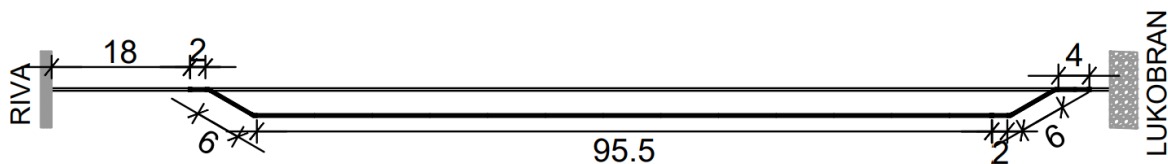




**Slike 5. - 12.** Prikaz lošeg stanja postojećeg cjevovoda

### 3. KONCEPTUALNO RJEŠENJE SANACIJE CJEVOVODA

Prvi korak je iskop nove trase podmorskog kanala u kojem tek treba položiti novi cjevovod s pripadajućim opteživačima. Početna i završna točka koincidiraju s postojećim cjevovodom koji se pili od kraja prema rivi i kraja prema lukobranu te se isti uklanja i odvozi na deponij.



**Slika 13.** Nacrt cjevovoda

Nakon što se iskopa nova trasa, slijedi potapanje cjevovoda na morsko dno. Radna operacija potapanja cjevovoda se sastoji od par faza:

- spajanje tj. zavarivanje cijevnih elemenata
- postavljanje primarnih opteživača
- spuštanje cjevovoda u more
- postavljanje cjevovoda na predviđenu trasu
- pridržanje
- potapanje cjevovoda u već iskopani rov na morsko dno

Cijevni elementi se dopremaju kamionom s prikolicom te se spajanje vrši čeonim zavarivanjem. Zatim se primarni opteživači postavljaju na cjevovod koji se strojno transportira u more.



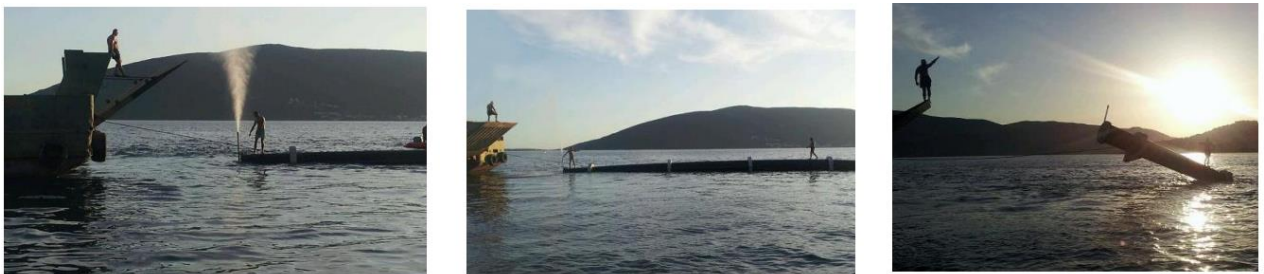
**Slika 14.** Spuštanje cjevovoda u more

Prilikom spuštanja cjevovoda u more, poželjno je lijepo vrijeme bez većih valova i jakog vjetra koji bi otežali postavljanje cjevovoda na željenu trasu. Brodovima se pridržaje cjevovod.



**Slika 15.** *Pridržanje cjevovoda u moru*

Cijev s primarnim opteživačima položena na željenu trasu ispunjena je zrakom. Cjevovod se potapa od strane prema kopnu pa prema moru. Na oba kraja postavljen je ventil koji se kontrolira ručno. Sa strane prema kopnu omogućiti se postepeni ulazak mora otvaranjem ventila uz prisilno potapanje bagerskom kašikom ili slično.



**Slika 16.** *Prikaz potapanja cjevovoda*

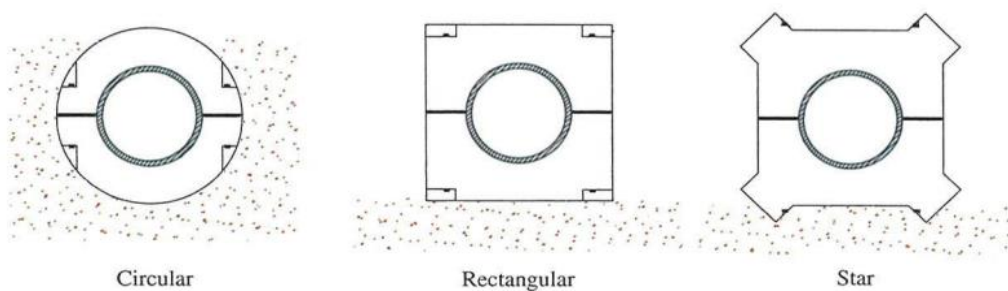
## 4. PRIMARNI OPTEŽIVAČI

### 4.1. Dimenzioniranje primarnih opteživača

Polazimo od činjenice da je cjevovod izrađen od PEHD materijala gustoće 940-965 kg/m<sup>3</sup>, te kao takav, u usporedbi s morem gustoće 1020-1030 kg/m<sup>3</sup>, pluta na površini mora. Za potapanje cjevovoda nužno je postavljanje primarnih opteživača kojim se osigurava negativna plovnost, tj. potapanje cjevovoda na morsko dno.

Primarni opteživači su uglavnom napravljeni od armiranog betona jer imaju dovoljno veliku gustoću i otpornost na koroziju. Postoje razni oblici primarnog opteživača: pravokutni, okrugli, trapezni itd..

Najčešće se izvode okruglog oblika. Zbog zaobljenosti ih je lakše postaviti u rov od ostalih oblika. Sastavljeni su od dva poluprstenasta segmenta koji su obostrano spojena vijcima izrađenim od nehrđajućeg čelika. Između vanjske stijenke cijevi i unutrašnje plohe opteživača potrebno je postaviti gumeni podmetač koji sprječava proklizavanje opteživača duž cijevi u fazi potapanja te osigurava željeni razmak među istim.



**Slika 17.** Osnovni oblici primarnih opteživača

Potrebno je odrediti minimalno potrebni broj primarnih opteživača, njegove dimenzije i razmak između njih. Nužan uvjet je osigurati tonjenje cjevovoda na morsko dno, tj. postizanje stanja negativne plovnosti.

To ćemo postići postavljanjem sume sila u vertikalnom smjeru i povećanjem težine primarnog opteživača sve dok cijev ne potone.

Sile koje djeluju na PEHD cijev:

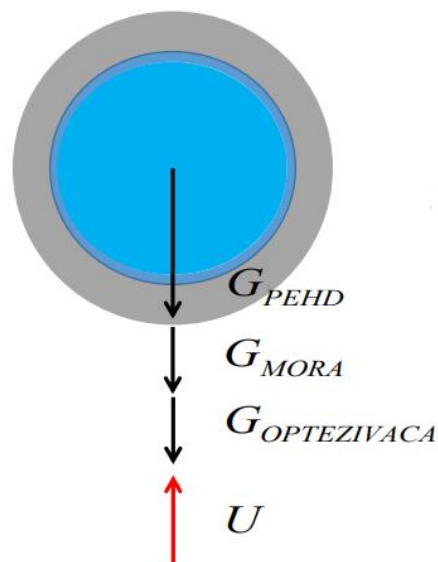
$G_{PEHD}$  – težina cijevi

$G_{MORA}$  – težina mora u cijevi

$G_{OPTEZIVACA}$  – težina primarnog opteživača

$U_{CIJEV}$  – uzgon cijevi zajedno sa sadržajem mora u njemu

$U_{OPTEZIVAC}$  – uzgon primarnog opteživača



**Slika 18.** Sile koje djeluju na cijev

Negativna plovnost se postiže onog trenutka kada je težina cjevovoda zajedno s težinom mora u njemu zbrojena s težinom uronjenog opteživača veća od sile uzgona koja djeluje na cjevovod.

$$G_{PEHD} + G_{MORA} + G_{OPTEZIVAC} > U_{CIJEV} + U_{OPTEZIVAC}$$

U ovom slučaju, uzgon predstavlja silu kojom more djeluje na cjevovod suprotno smjeru gravitacije, olakšavajući težinu uronjenog tijela za težinu istisnute vode. Kako bi eliminirali uzgon i omogućili potapanje cjevovoda, postavljamo primarne armirano betonske opteživače cijelom duljinom cjevovoda na jednakim razmacima.

Kako bi olakšali proračun primarnog opteživača i razmaka među njima, poželjno je izvesti proračun po jedinici duljine cijevi (u ovom slučaju 1 metar).

Nužan uvjet osiguranja negativne plovnosti podmorskog ispusta po metru dužnom ( $L=1m$ ):

$$G_{PEHD} + G_{MORE} - U_{CIJEV} > G_{OPTEZIVAC} - U_{OPTEZIVAC}$$

gdje je:

$$G_{PEHD} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_V^2 - D_U^2) \cdot L \cdot \rho_{PEHD} \cdot g,$$

$$G_{MORA} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_U^2) \cdot L \cdot \rho_{MORE} \cdot g$$

$$U_{CIJEV} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_V^2) \cdot L \cdot \rho_{MORE} \cdot g$$

$$G_{OPTEZIVAC} = V_{OPT} \cdot g \cdot \rho_{beton}$$

$$U_{OPTEZIVAC} = V_{OPT} \cdot g \cdot \rho_{more}$$

iz čega slijedi:

$$160.598 \text{ N} + 613.318 \text{ N} - 878.44 \text{ N} = -13.524 > G_{OPTEZIVAC} - U_{OPTEZIVAC}$$

$$G_{OPTEZIVAC} - U_{OPTEZIVAC} > 13.524$$

$$V_{OPT} \cdot g \cdot \rho_{beton} - V_{OPT} \cdot g \cdot \rho_{more} > 13.524$$

$$V_{OPT} (g \cdot \rho_{beton} - g \cdot \rho_{more}) > 13.524$$

Volumen opteživača po metru dužnom:

$$V_{\text{OPT}} = \frac{13.524}{g \cdot \rho_{\text{beton}} - g \cdot \rho_{\text{more}}} = \frac{13.524}{9.81 \cdot (2400 - 1030)} = 0.001006 \text{ m}^3$$

Težina opteživača po metru dužnom:

$$G_{\text{OPT}}^{1\text{m}} = V_{\text{OPT}} \cdot g \cdot \rho_{\text{beton}} = 23,69 \text{ N}$$

Ukupna potrebna težina za potapanje cjevovoda (L=118.62 m):

$$G_{\text{OPT}}^{\text{UK}} = G_{\text{OPT}}^{1\text{m}} \cdot L = 22.394 \text{ N} \cdot 118.62 \text{ m} = 2810,12 \text{ N}$$

Ukupno potreban volumen primarnog opteživača:

$$V_{\text{OPT}}^{\text{UK}} = \frac{13.524 \cdot L}{g \cdot \rho_{\text{beton}} - g \cdot \rho_{\text{more}}} = \frac{13.524 \cdot 118.62}{9.81 \cdot (2400 - 1030)} = 0.11936 \text{ m}^3$$

Volumen jednog primarnog opteživača:

$$V_{\text{OPT}}^{\text{KOM}} = 0.049451 \text{ m}^3$$

Ukupan broj primarnih opteživača (n) potreban za potapanje cijevi :

$$n = \frac{V_{\text{OPT}}^{\text{UK}}}{V_{\text{OPT}}^{\text{KOM}}} = \frac{0.11936 \text{ m}^3}{0.049451 \text{ m}^3} = 2.41 ; \text{odabiremo } 7 \text{ opteživača}$$

Razmak na kojem se postavljaju primarni opteživači uzduž cjevovoda:

$$\Delta = \frac{L}{n-1} = \frac{118.62 \text{ m}}{7-1} = 19,77 \text{ m}$$

$\rho(\text{PEHD})$	950	kg/m <sup>3</sup>
$\rho(\text{beton})$	2400	kg/m <sup>3</sup>
$\rho(\text{more})$	1030	kg/m <sup>3</sup>
D(vanjski)	315	mm
D(unutarnji)	278	mm
A(vanjski profil)	0,0779311	m <sup>2</sup>
A(unutarnji profil)	0,0606987	m <sup>2</sup>
A(cijev)	0,0172324	m <sup>2</sup>
g	9,81	m/s <sup>2</sup>
G(PEHD)	160,59755	N/m'
G(more)	613,31799	N/m'
U(PEHD+more)	787,43954	N/m'
G(PEHD+more)-uronjeni	-13,524	N/m'
L	118,62	m
$P_{\text{POLUKRUŽNOG SEGMENTA OPT.}}$	0,137365	m <sup>2</sup>
$h_{\text{OPT}}$	0,18	m
$V_{\text{OPT}}^{\text{KOM}}$	0,0494514	m <sup>3</sup>
$M_{\text{OPT}}^{\text{KOM}}$	118,68336	kg
$G_{\text{OPT}}^{\text{KOM}}$	1164,2838	N
$U_{\text{OPT}}$	499,67178	N
$G_{\text{OPT}}^{\text{URONJENI}}$	664,61198	N
$V_{\text{OPT}}^{1\text{m}}$	0,0010063	m <sup>3</sup> /m'
$G_{\text{OPT}}^{1\text{m}}$	23,691686	N/m'
$G_{\text{OPT}}^{\text{UK}}$	2810,3078	N
$V_{\text{OPT}}^{\text{UK}}$	0,1193641	m <sup>3</sup>
$n_{\text{OPT}}^{\text{POTREBAN}}$	2,4137653	
$n_{\text{OPT}}^{\text{ODABRAN}}$	7	
$\Delta$ (razmak opt.)	19,77	m

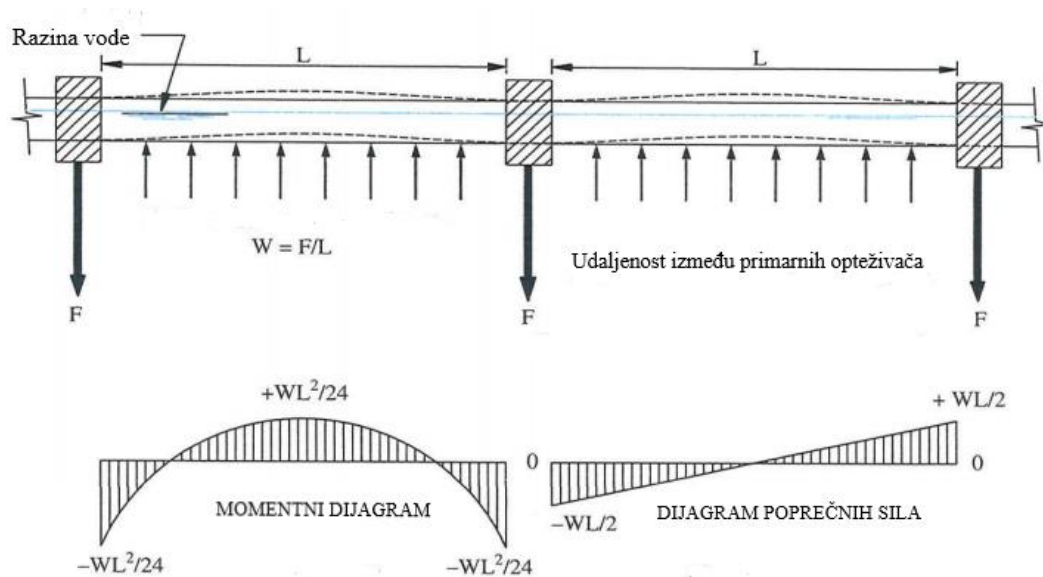
**Tablica 1.** Izračun potrebnih parametara za primarne opteživače

Prilikom postavljanja primarnog opteživača na cjevovod, potrebno je koristiti gumeni podmetač kako bi se spriječilo proklizavanje. Dva poluprstenasta segmenta spajaju se vijcima od nehrđajućeg čelika.



## 4.2. KONTROLA NAPREZANJA CJEVOVODA

Primarni opteživači postavljaju se na udaljenosti dobivenoj iz proračuna minimalne potrebne težine za postizanje negativne plovnosti, pa dolazi do nejednolikih opterećenja uzduž cijevovoda.



**Slika 19.** *Dijagram reznih sila*

Primarni opteživači predstavljaju ležajeve dok cijev predstavlja linijski sustav.

Zbog nastalog momenta savijanja, potrebno je izvršiti kontrolu naprezanja u poprečnim presjecima cijevovoda.

Moment savijanja varira s kvadratom udaljenosti između primarnih opteživača. Ukoliko se prekorači dopušteno naprezanje, potrebno je smanjiti razmak između opteživača.

Moment savijanja:

$$M = W \cdot l^2 / 24;$$

$$W = F / \Delta l$$

Moment inercije:

$$I = \frac{\pi}{64} (D_{\text{VANJSKO}}^4 - D_{\text{UNUTRAŠNJE}}^4)$$

Računsko naprežanje:

$$\sigma = M \cdot D_{\text{VANJSKO}} / (2 \cdot I)$$

Na morskoj površini:			Ispod morske površine:		
F	1164,28	N	F	499,672	N
D(vanjski)	0,315	m	D(vanjski)	0,315	m
D(unutrašnji)	0,278	m	D(unutrašnji)	0,278	m
$\Delta l$	19,77	m	$\Delta l$	19,77	m
W	58,8914	N/m	W	25,2742	N/m
M	959,079	Nm	M	411,605	Nm
I	0,00019	m <sup>4</sup>	I	0,00019	m <sup>4</sup>
$\sigma$	794596	N/m <sup>2</sup>	$\sigma$	341014	N/m <sup>2</sup>

**Tablica 3. i 4.** Proračun naprežanja cjevovoda

Granično stanje naprežanja iznosi 400 N/cm<sup>2</sup>. Proračunom je dokazano da razmak između primarnih opteživača zadovoljava u pogledu dozvoljenih naprežanja.

Opterećenja na cjevovod uzrokovana djelovanjem vjetrovnog vala i morskih struja je u području cjevovoda zanemarivo mala, stoga nije izvršena kontrola naprežanja za ta opterećenja.

## 5. SEKUNDARNI OPTEŽIVAČI

### 5.1. Općenito o sekundarnim opteživačima

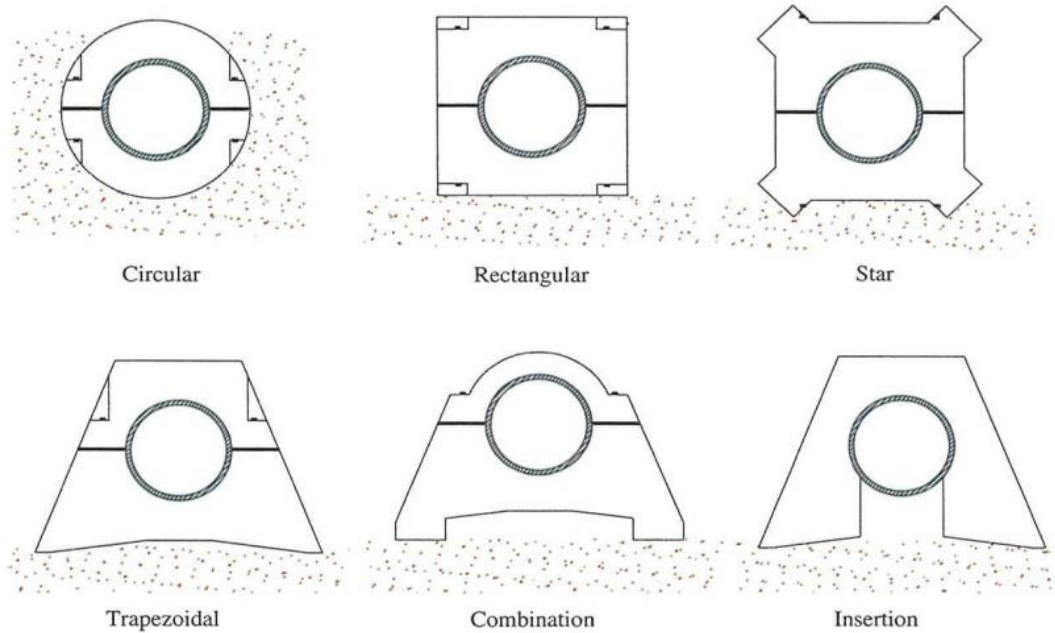
Nakon potapanja cjevovoda na morsko dno u iskopani rov, nanose se sekundarni opteživači.

Oni se postavljaju na cjevovod kako bi:

- svojom težinom osigurali cjevovod od isplivavanja

- trenjem onemogućili pomake pri djelovanju morskih struja i valova
- zaštitili od raznih vanjskih utjecaja (nepravilno sidrenje, propulzivna sila brodova i sl.).

Postoje razni oblici sekundarnih opteživača od kojih su neki prikazani na slici. Svaki oblik ima određene prednosti ovisno o mjestu polaganja cjevovoda te silama kojima je izložen.



**Slika 20.** Osnovni oblici sekundarnih opteživača za podmorske ispuste

## 5.2. Proračun sekundarnih opteživača

Volumen sekundarnog opteživača:

$$V_{\text{SEKOPT}} = 0,3 \text{ m}^3$$

Masa sekundarnog opteživača:

$$m_{\text{SEKOPT}} = V_{\text{SEKOPT}} \cdot \rho_{\text{BETON}} = 0,3 \text{ m}^3 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 720 \text{ kg}$$

Težina sekundarnog opteživača:

$$G_{\text{SEKOPT}} = m_{\text{SEKOPT}} \cdot g = 7063,2 \text{ N}$$

Uzgon na sekundarne opteživače:

$$U_{\text{SEKOPT}} = V_{\text{SEKOPT}} \cdot g \cdot \rho_{\text{MORE}} = 3031,29\text{N}$$

Uronjena težina sekundarnih opteživača:

$$G_{\text{SEKOPT}}^{\text{URONJENI}} = G_{\text{SEKOPT}} - U_{\text{SEKOPT}} = 7063,2 - 3031,29 = 4031,91\text{ N}$$

Koeficijent sigurnosti na isplivavanje:

$$K_s = \frac{G_{\text{PRIMARNI}}^{\text{URONJENO}} + G_{\text{SEKUNDARNI}}^{\text{URONJENO}}}{G_{\text{PEHD+VODA}}^{\text{URONJENO}}} = \frac{664,59 + 4031,91}{8,453 \cdot 118,62} = 4,68$$

$\rho(\text{PEHD})$	950	kg/m <sup>3</sup>
$\rho(\text{beton})$	2400	kg/m <sup>3</sup>
$\rho(\text{more})$	1030	kg/m <sup>3</sup>
$\rho(\text{voda})$	1000	kg/m <sup>3</sup>
D(vanjski)	315	mm
D(unutarnji)	278	mm
A(vanjski profil)	0,07793	m <sup>2</sup>
A(unutarnji profil)	0,0607	m <sup>2</sup>
A(cijev)	0,01723	m <sup>2</sup>
g	9,81	m/s <sup>2</sup>
G(PEHD)	160,598	N/m'
G(voda u cijevi)	595,454	N/m'
U(PEHD+voda)	764,504	N/m'
G(PEHD+voda)-uronjeni	-8,4525	N/m'
G (primarni)-uronjeni	664,59	N
G (sekundarni)-uronjeni	4031,91	N
L	118,62	m
$V_{\text{SEKOPT}}$	0,3	m <sup>3</sup>
$m_{\text{SEKOPT}}$	720	kg
$G_{\text{SEKOPT}}$	7063,2	N
$U_{\text{SEKOPT}}$	3031,29	N
$G_{\text{SEKOPT}}^{\text{URONJENI}}$	4031,91	N
$K_s$	4,68415	

**Tablica 2.** Izračun potrebnih parametara za sekundarne opteživače

## 6. IZVEDBA SEKUNDARNIH OPTEŽIVAČA

- **Prikaz oplata**

Oplata služi kako bi se beton zadržao u željenom obliku dok ne postigne određenu čvrstoću. Izvodi se na način da se izradi kalup koji će zadovoljiti traženi oblik i dimenzije opteživača. Gornja strana je otvorena i kroz nju se vrši lijevanje betona. Na donjoj plohi oplata postavlja se PE zaštitna folija koja sprječava nekontrolirani gubitak vode iz betonske smjese te osigurava lakše skidanje oplata. Na taj način se omogućava ponovno korištenje oplata za betoniranje idućih opteživača.

Materijal za izradu oplata je drvo.



**Slika 21.** *Prikaz drvene oplata*

- **Priprema i ugradnja armature i distancera**

Za armiranje sekundarnog opteživača koristi se mrežasta armatura (tip Q-355). Mreža se prije ugradnje reže na potrebne dimenzije te se savija na željeni oblik.

Na mrežu se postavljaju distanceri koji se pričvršćuju žicom kako bi se osigurao njihov stalni položaj tijekom betoniranja. Distanceri omogućuju odvajanje armature od donjeg dijela oplata i samim time pozicioniranje armature u presjeku.

Tako oblikovana armatura postavlja se u oplatu pričvršćena u konačni položaj.



**Slika 22.** *Prikaz armature s pričvršćenim distancerima*

- **Betoniranje opteživača**

Nakon što je utvrđeno da je armatura s ostalim elementima pravilno učvršćena u oplati, ugrađuje se beton projektiranog sastava. Beton se ulijeva s gornje strane prethodno pripremljene oplata. Beton je potrebno ulijevati što bliže konačnom položaju kako bi se spriječila segregacija. Nakon ulijevanja betona vrši se vibriranje kako bi se postigla bolja kvaliteta komada opteživača.

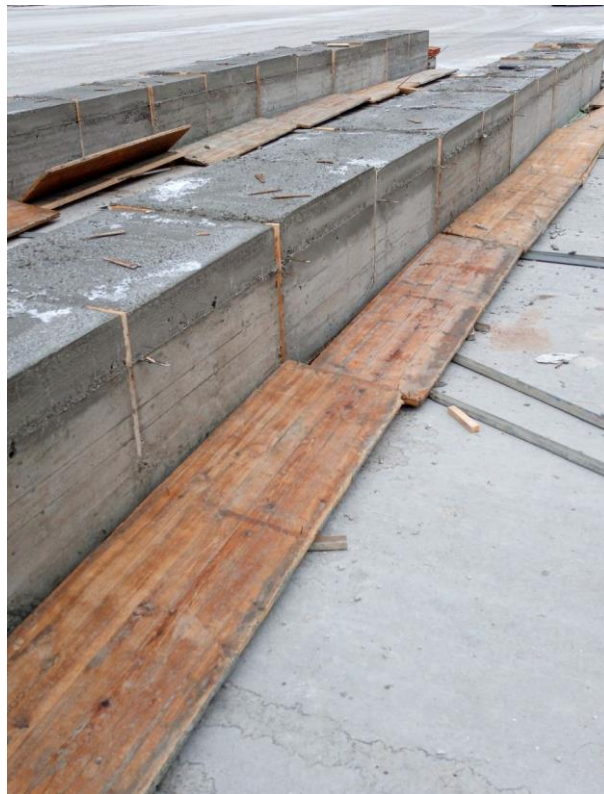


**Slika 23.** *Sušenje sekundarnih opteživača u oplati*

- **Skidanje oplata i priprema za transport**

Nakon što beton postigne predviđenu čvrstoću, pristupa se skidanju oplata (preporuka je 3 dana) te se sekundarni opteživači suše još 3 do 5 dana, ovisno o vremenskim uvjetima te njezi betona.

Opteživači se uz pomoć dizalice pažljivo poslože na transportno sredstvo te se prevoze dalje do gradilišta.



**Slika 24.** *Konačan izgled sekundarnih opteživača*



## 7. IZVEDBA CJEVOVODA PODMORSKOG ISPUSTA

Iskop rova na morskome dnu po trasi novog cjevovoda je širine od 120 cm i dubine od 70 cm u odnosu na postojeće dno. Materijal se odlaže najmanje 1 metar od ruba rova. U iskopu se već nalazi smješten jedan sekundarni opteživač. Trasa cjevovoda označava se plutačama. Cjevovod s primarnim opteživačima se polaže na površinu mora te se zatim potapa na morsko dno. Izmještanje cjevovoda se vrši padobranima sa zrakom.



**Slika 25.** *Prikaz iskopa trase*



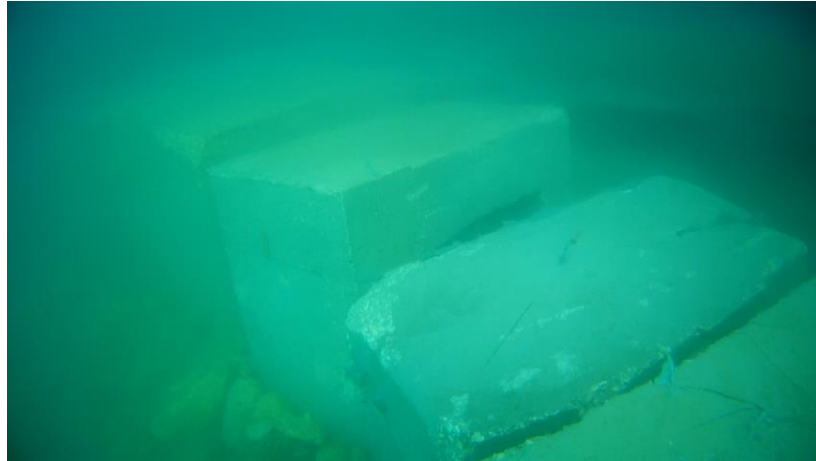
**Slika 26.** *Prikaz sekundarnog opteživača*

Nakon polaganja cjevovoda na morsko dno, ugrađuju se tri spojnice Multi/Joint tip 3007. Navedene spojnice otporne su na koroziju, dozvoljavaju pomak između dvije cijevi do 16° te imaju kratko vrijeme ugradnje. Iste se koriste kod spoja novog cjevovoda na postojeću cijev DN315 i kod spajanja manjeg elementa nove cijevi na veći element nove cijevi.



**Slika 27.** *Detalj spojnice koja spaja novi cjevovod s postojećom cijevi*

Idući korak je polaganje sekundarnih opteživača na cjevovod kako bi se osigurala stabilizacija istog. Polaganje se vrši po cijeloj dužini cijevi, na koljenima, te na po jednom metru dužine starog cjevovoda na mjestu gdje se spaja s novim cjevovodom. Dozvoljeno je skraćivanje duljine pojedinog sekundarnog opteživača za potrebu osiguranja stabilnosti na prijelaznim dijelovima cjevovoda ili koljenima.



**Slika 28.** *Sekundarni opteživači*

Nakon postavljanja sekundarnih opteživača, vrši se zatrpavanje istih s materijalom iz iskopa. Po završetku zatrpavanja, višak materijala se razastire po površini 3 metra od osi cjevovoda.



**Slika 29.** *Prikaz konačnog stanja nakon zatrpavanja*

## **8. ZAKLJUČAK**

Proračunom je utvrđeno da je na cjevovodu duljine 118,62 m potrebno postaviti:

- 7 primarnih opteživača mase 118,7 kg kako bi se osiguralo potapanje cjevovoda
- sekundarne opteživače mase 720 kg kako bi se osigurala stabilnost i zaštita cjevovoda

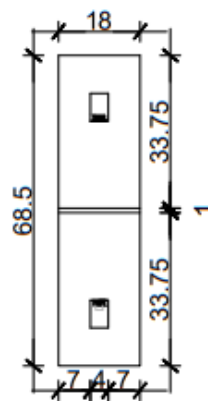
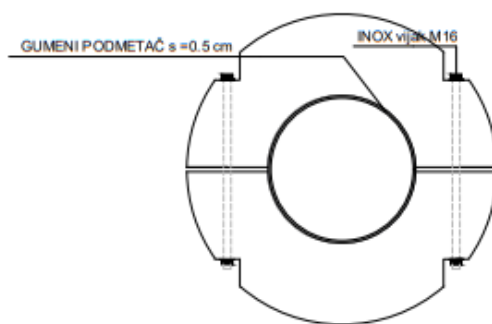
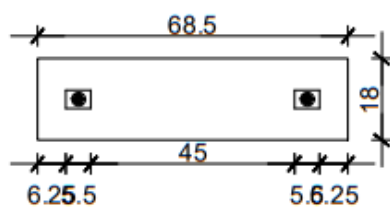
Primarne opteživače treba postaviti na udaljenosti od 19,77 m.

Proračunatim primarnim i sekundarnim armirano betonskim opteživačima osigurano je potapanje cjevovoda u iskopani rov te njegova stabilnost.

## **9. PRILOZI**

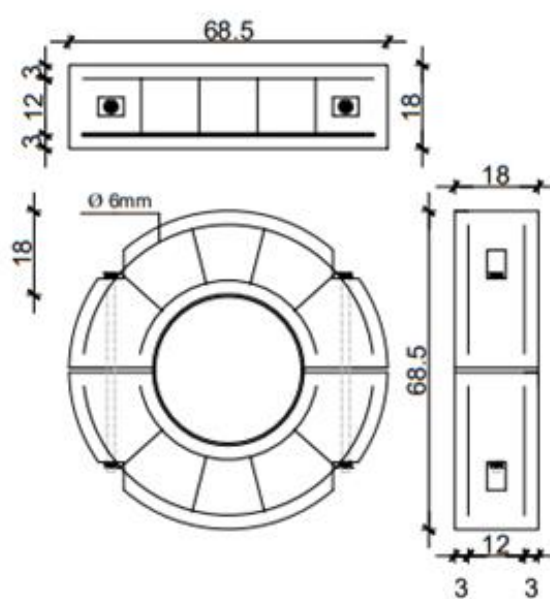
# DETALJ PRIMARNOG OPTEŽIVAČA

M 1:15



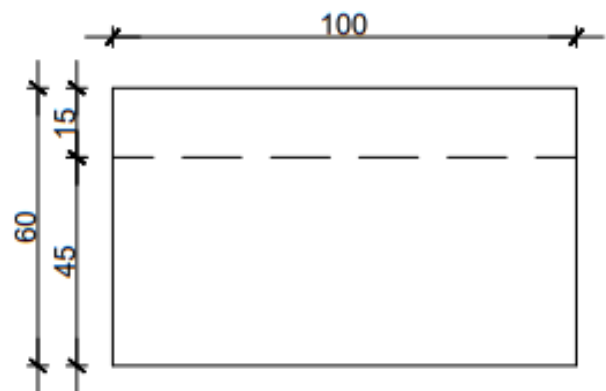
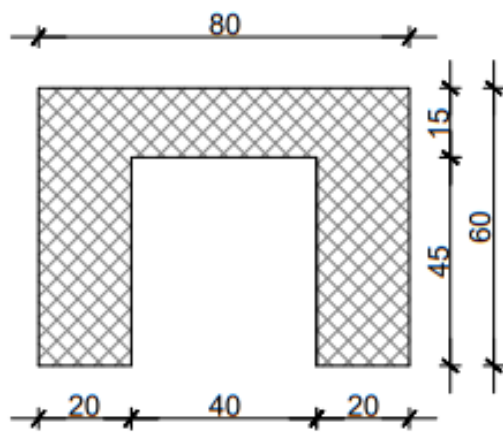
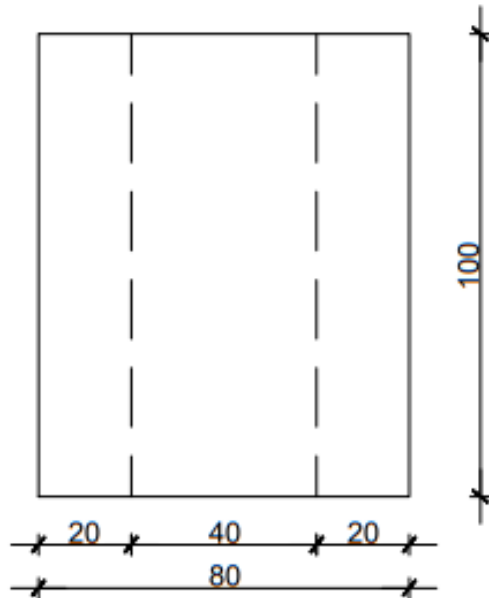
# ARMATURNI PLAN PRIMARNOG OPTEŽIVAČA

M 1:15



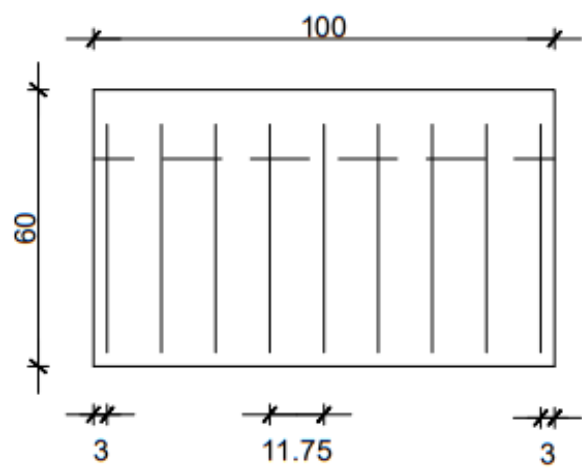
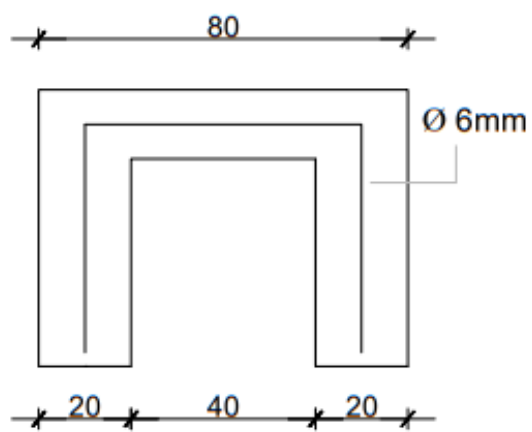
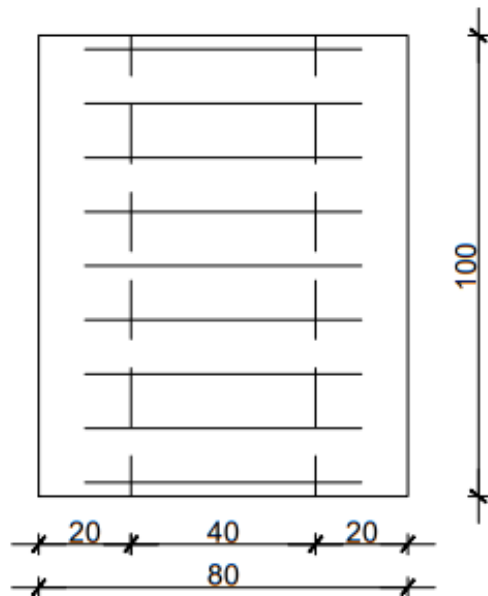
# DETALJ SEKUNDARNOG OPTEŽIVAČA

M 1:15



# ARMATURA SEKUNDARNOG OPTEŽIVAČA

M 1:15





## **10.LITERATURA**

- *Marine Wastewater Outfalls and Treatment Systems; Philip J.W. Roberts; 2010.*
- *Dr.sc. Veljko Srzić (2020), materijali s kolegija Obalno inženjerstvo; FGAG*
- *Marmara URL: <http://www.marmaradiving.com/> (pristup: 11.09.2020)*