

# Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici

---

**Rubčić, Davor**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:006967>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-28**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI**

**Davor Rubčić**

Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici

Diplomski rad

Rijeka, 2020.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI**

Specijalistički diplomski stručni studij  
Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi  
Gradnja marina i obala

**Davor Rubčić**

JMBAG: 0114021746

Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici

Diplomski rad

Rijeka, 2020.

Naziv studija: **Specijalistički diplomski stručni studij**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Hidrotehnika

Tema diplomskog rada

**IDEJNO RJEŠENJE KUPALIŠTA NA ŠET. V. NAZORA U CRIKVENICI  
ARTIFICIAL BEACH DESIGN IN CRIKVENICA, AT V. NAZORA STREET**

Kandidat: **DAVOR RUBČIĆ**

Kolegij: **GRADNJA MARINA I OBALA**

Diplomski rad broj: **SPEC-2020-15**

**Zadatak:**

U radu je potrebno obraditi teoretske osnove proračuna, dimenzioniranja i projektiranja umjetnih žala. Kao praktičan primjer potrebno je napraviti idejni projekt kupališta u mjestu Crikvenica sa svim pripadajućim proračunima i grafičkim priložima.

Okvirni sadržaj rada:

1. Uvod
2. Postojeće stanje
3. Metodologija proračuna
4. Pomorsko hidraulički proračun
5. Projektno rješenje umjetnog žala
6. Iskaz masa
7. Zaključak
8. Literatura
9. Grafički prilozi

Tema rada je uručena: 24. veljače 2020.

**Mentor:**

doc. dr. sc. Igor Ružić,  
dipl. ing. građ.



## IZJAVA

Diplomski rad sam izradio samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.



---

Davor Rubčić

U Rijeci, 15. veljače 2021.

## **ZAHVALA:**

*Posebnu zahvalnost ovim putem želim uputiti svom mentoru dr.sc. Igoru Ružiću dipl.ing.građ. na višestruko ukazanom povjerenju, razumijevanju i stručnoj pomoći prilikom izrade ovog diplomskog rada. Također zahvaljujem svim profesorima, mentorima, djelatnicama u referadi, kao i ostalom osoblju Građevinskog fakulteta u Rijeci koje mi je nesebično tokom cijelog razdoblja studiranja stajalo na raspolaganju sa svojim znanjem, savjetima i vremenom.*

*Zahvaljujem svojoj obitelji i djevojci na pruženoj velikoj podršci tokom svih godina studiranja, kao i svim kolegama i prijateljima studentima koje sam stekao togom ovih godina studija.*

*Veliko hvala svima !*

## SAŽETAK

U ovom diplomskom radu na lokaciji šetališta V. Nazora u Crikvenici izrađeno je idejno rješenje izgradnje umjetnog žala u obliku dvije varijante a sve u svrhu povećanja kupališnog prostora na području Grada Crikvenice. Tim povodom pružen je uvid u turistički značaj Grada Crikvenice kroz povijest, kao i sadašnje stanje u turizmu. Razmatrane su prirodne značajke za odabranu lokaciju, te je predložen cjelokupni spektar mogućnosti pristupa projektiranju i gradnji za ovakav prostorni zahvat.

U metodologiji proračuna prikazan je i obrazložen matematički model proračuna svih dijelova potrebnih za izgradnju umjetnog žala, te je kasnije temeljem istih i izveden kompletan proračun umjetnog žala za predmetnu lokaciju. Također je izrađen matematički proračun za moguću gradnju komunalne lučice u nastavku umjetnog žala na predmetnoj lokaciji. Naposljetku je izrađen grafički prikaz za dvije idejne varijante novoformiranog žala, za koje je napravljen iskaz masa i troškovnik radova.

**Ključne riječi:** *pero, podmorski prag, žalo, val, vjetar, plaža, šetalište V. Nazora, Crikvenica.*

## ABSTRACT

This graduate thesis includes two conceptual designs of an artificial shore on the location of the V. Nazor promenade in Crikvenica aiming at enlarging the bathing area of the City of Crikvenica. The above mentioned provides an insight into tourist significance of the City of Crikvenica through history as well as current state of tourism. Natural features of the chosen location and also the whole range of access possibilities for designing and construction of such an environmental project have also been considered.

The calculation methodology provides and explains a mathematical model of calculation of all parts necessary for the construction of an artificial shore. Based on it, the complete calculation for an artificial shore on the mentioned location has been made. Also, a mathematical calculation has been made for possible construction of a communal port as an extension of the artificial shore on the mentioned location. Finally, a graphic study of two concepts of the newly formed shore has been made and a list of used materials and construction costs have been added.

**Keywords:** groynes, submarine breakwater, shore, wave, wind, beach, V.Nazor promenade, Crikvenica.

# SADRŽAJ

1. Uvod .....	1
1.1. Postojeće stanje.....	5
1.2. Prirodna osnova.....	6
1.3. Morski valovi (lokacija) .....	9
2. Teoretske osnove .....	11
2.1. Koncept umjetnih plaža .....	11
2.1.1. Umjeti rtovi .....	12
2.1.2. Pera .....	14
2.1.3. Valobran.....	17
2.1.4. Potopljeni lukobran .....	21
2.2. Dimenzioniranje pera umjetnog žala .....	23
2.2.1. Metodologija izračuna pera prema Hudson-ovoj formuli .....	24
2.2.2. Metodologija izračuna pera prema J.W. van der Meer-ovoj formuli .....	28
2.2.2.1. Van der Meer-ova formula za uvijete dubokih voda .....	29
2.2.2.2. Van der Meer-ova formula za uvijete plitkih voda .....	33
2.2.2.3. Uspinjanje i spuštanje valova po pokosu građevine.....	34
2.2.2.4. Preljevanje valova preko građevine.....	35
2.2.2.5. Valna transmisija kroz građevinu.....	36
2.3. Dimenzioniranje zaštitnog praga žala.....	37
2.3.1. Metodologija izračuna podmorskog praga prema Hudson-u.....	37
2.3.2. Metodologija izračuna podmorskog praga prema J. W. van der Meer-u.....	38
2.4. Dimenzioniranje granulometrije žala .....	40
3. Pomorsko hidraulički proračun .....	41
3.1. Prognoza valova.....	41
3.1.1. Prognoza valova za jugoistočno privjetrište (smjer SSE) .....	42
3.1.2. Prognoza valova za sjeverozapadno privjetrište (smjer WNW) .....	44
3.2. Proračun pera umjetnog žala .....	46
3.3. Proračun zaštitnog praga žala .....	49
3.4. Proračun nasutog lukobrana .....	51
4. Projektno rješenje umjetnog žala .....	62
4.1. Tekstualni dio .....	62
5. Iskaz masa i troškovnik.....	73
6. Zaključak.....	84

7. Literatura.....	86
8. Grafički prilozi.....	88

## POPIS SLIKA

Slika 1. Samostan Sv. Pavla Pustinjaka u Crikvenici ( <a href="http://www.meeresblick.hr">http://www.meeresblick.hr</a> ).....	1
Slika 2. 130 godina turizma u Crikvenici ( <a href="http://www.crikva.hr">http://www.crikva.hr</a> ) .....	2
Slika 3. Gradsko kupalište u Crikvenici ( <a href="https://www.visitadriatic.eu/en/1468-2/">https://www.visitadriatic.eu/en/1468-2/</a> ) .....	3
Slika 4. Plaža Balustrada u blizini centra ( <a href="http://www.via-mea.com">http://www.via-mea.com</a> ).....	4
Slika 5. Satelitski prikaz lokacije zahvata (Google Maps) .....	5
Slika 6. Prikaz postojećeg stanja predmetne lokacije ( <a href="https://okolo.com/">https://okolo.com/</a> ) .....	6
Slika 7. Srednja godišnja brzina vjetra na području Hrvatske ( <a href="http://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska&amp;param=k1_8">http://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska&amp;param=k1_8</a> ).....	7
Slika 8. Prikaz raspucalih karbonatnih stijena na području zahvata( <a href="https://okolo.com/">https://okolo.com/</a> ) .....	8
Slika 9. Pomorske karte - Vinodolski kanal ( <a href="http://www.hhi.hr/catalogmaps/viewmap/75">http://www.hhi.hr/catalogmaps/viewmap/75</a> ) .....	9
Slika 10. <i>Čestina smjerova vjetra, postaja Crikvenica, 1986.-2005. (Vjetrovalna klima za područje uvale kod ušća Dubračine u Crikvenici, Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, Split, studeni 2006.)</i> .....	10
Slika 11. Obalna erozija ( <a href="https://distart119.ing.unibo.it/albertonew/?q=node">https://distart119.ing.unibo.it/albertonew/?q=node</a> ) .....	11
Slika 12. Prepune plaže u Vodicama ( <a href="http://arhiva.dalje.com/foto.php?id=11&amp;rbr=18832&amp;idrf">http://arhiva.dalje.com/foto.php?id=11&amp;rbr=18832&amp;idrf</a> ) .....	11
Slika 13. <i>Umjetni rtovi u tlocrtu i presjeku</i> .....	12
Slika 14. Gradsko kupalište Crikvenica koa primjer umjetnog rtova .....	13
Slika 15. <i>Rt u obliku ribljeg repa</i> .....	13
Slika 16. <i>Pera u tlocrtu i presjeku</i> .....	14
Slika 17. Prikaz načina taloženja materijala između pera .....	15
Slika 18. Gradsko kupalište Crikvenica . prikaz pera, načina zadržavanja sedimenta i visine istih ( <a href="https://okolo.com/o/91d2e434-acf5-11e5-9a88-001e67995544#y96p41z30">https://okolo.com/o/91d2e434-acf5-11e5-9a88-001e67995544#y96p41z30</a> ) .....	16
Slika 19. <i>. Valobrani u tlocrtu i presjeku</i> .....	17
Slika 20. Valobran povezan sa obalom ( <a href="https://aeroengland.photodeck.com/media/191cc356-53bd-4be1-9c5d-139b95415063-aerial-photograph-of-artificial-reef-offshore-breakwater-at-s">https://aeroengland.photodeck.com/media/191cc356-53bd-4be1-9c5d-139b95415063-aerial-photograph-of-artificial-reef-offshore-breakwater-at-s</a> ).....	20
Slika 21. Valobrani odvojeni od obale ( <a href="http://coastalcare.org/2016/11/presque-isle-lake-erie-pennsylvania-by-orrin-h-pilkey-norma-longo-nicholas-school-of-the-environment-duke-university/">http://coastalcare.org/2016/11/presque-isle-lake-erie-pennsylvania-by-orrin-h-pilkey-norma-longo-nicholas-school-of-the-environment-duke-university/</a> )20	
Slika 22. Potopljeni lukobran ( <a href="https://www.researchgate.net/figure/Aerial-view-of-the-installed-submerged-breakwater-with-encapsulated-sand-filled-elements_fig3_321056403">https://www.researchgate.net/figure/Aerial-view-of-the-installed-submerged-breakwater-with-encapsulated-sand-filled-elements_fig3_321056403</a> ).....	21
Slika 23 – Prikaz nasutog pera ( <a href="https://www.researchgate.net/figure/One-of-the-six-groynes-along-Keta-shoreline-source-Google-map_fig2_256756000">https://www.researchgate.net/figure/One-of-the-six-groynes-along-Keta-shoreline-source-Google-map_fig2_256756000</a> ).....	23
Slika 24 – Presjek nasutog pera .....	24
Slika 25 – Vrste primarnih obloga (Reeve – Chadwick - Fleming, Costal Engineering: Processes, teory and design practice, 2004). .....	26
Slika 26 – Prikaz valova koji se prelome (Conteptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.).....	29
Slika 27 – Prikaz prebačenih valova (Conteptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.) .....	29
Slika 28 - Koeficijent propusnosti različitih vrsta nasutih struktura (Conteptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.).....	31
Slika 29 Analiza osjetljivosti u odnosu na stupanj oštećenosti i propusnosti konstrukcije.....	32
Slika 30 – Prikaz valova koji se uspinju i spuštaju po pokosu građevine.....	35
Slika 31 – Prikaz prelijevanja valova preko krune pera .....	36
Slika 32 -Prikaz odnosa stabilne težine primarnog kamenometa podmorskog praga i dubine istog (A. V. Mahalingaiaha et al.; Aquatic Procedia 4 (2015) .....	38
Slika 33 – Dean-ov dijagram .....	40

Slika 34 – Ruža vjetrova za područje Crikvenice u razdoblju od 1986 do 2005 god. (Vjetrovna klima za područje uvale kod ušća Dubračine u Crikvenici, Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, Split, studeni 2006.) .....	41
Slika 35 – Lepeza smjerova za proračun jugoistočnog (SSE) privjetrišta.....	42
Slika 36 – Tablica duljine smjerova za provjetrište SSE korigirano za kosinus pripadajućeg kuta .....	43
Slika 37 -Prikaz očitavanja značajne visine vala, trajanju vjetra i značajnog valnog perioda (Skripta iz kolegija Obalne građevine 2017 g.).....	43
Slika 38 – Tablični prikaz parametara značajne visine vala, trajanja vjetra i značajnog valnog perioda za povratni period od dvije, deset, dvadeset, pedeset i sto godina za smjer SSE.....	44
Slika 39 - Lepeza smjerova za proračun sjeverozapadnog (WNW) privjetrišta.....	44
Slika 40 - Tablica duljine smjerova za provjetrište WNW korigirano za kosinus pripadajućeg kuta .....	44
Slika 41 - Prikaz očitavanja značajne visine vala, trajanju vjetra i značajnog valnog perioda (Skripta iz kolegija Obalne građevine 2017 g.).....	45
Slika 42 - Tablični prikaz parametara značajne visine vala, trajanja vjetra i značajnog valnog perioda za povratni period od dvije, deset, dvadeset, pedeset i sto godina za smjer WNW. ....	45
Slika 43 – Prikaz razlike potencijala prilikom uspinjanja i spuštavanja valova po nagibu građevine (Skripta iz kolegija Inženjerstvo obalnih građevina 2014 g.).....	56
Slika 44 – Nomogram postotka i značajnog uspinjanja nepravilnih valova po nepropusnom i propusnom nagibu građevine (Conceptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.) .....	59
Slika 45 – Prikaz fizičkih parametara potrebnih za izračun količine prelijevanja preko lukobrana.....	60
Slika 46 – Kritične vrijednosti prosječnih prelijevnih protoka.....	61
Slika 47 – Prikaz raspodjele stanovništva na području Grada Crikvenice u naseljima Jadranovo, Damamalj, Crikvenica i Selce između 1857 god. i 2011 god. (SN Grada Crikvenice, god. 2-16).....	62
Slika 48 – Udio zaposlenog stanovništva Grada Crikvenice prema djelatnostima (SN Grada Crikvenice, god. 2-16, broj 12) .....	63
Slika 49 – Prikaz lokacije zahvata .....	64
Slika 50 – Varijanta I. sa dva pera i dva žala .....	66
Slika 51 – Varijanta II sa tri pera i tri žala .....	67
Slika 52 – Bager sajlaš na pontonu i remorker ( <a href="http://www.grupposantoro.it/giuseppesantoro_cm_pontone_michael_en.html">http://www.grupposantoro.it/giuseppesantoro_cm_pontone_michael_en.html</a> ) .....	70
Slika 53 – Klapeta i remorker ( <a href="https://www.go-shipping.net/ships/split-hopper-barges/go-0801">https://www.go-shipping.net/ships/split-hopper-barges/go-0801</a> ) ....	70
Slika 54 – Prikaz gradnje jezgre lukobrana ( <a href="http://www.fao.org/docrep/013/i1883e/i1883e07.pdf">http://www.fao.org/docrep/013/i1883e/i1883e07.pdf</a> ) )	71
Slika 55 - Prikaz gradnje filterskog sloja lukobrana ( <a href="http://www.fao.org/docrep/013/i1883e/i1883e07.pdf">http://www.fao.org/docrep/013/i1883e/i1883e07.pdf</a> ) .....	71
Slika 56 - Prikaz gradnje zaštitne školjere lukobrana ( <a href="http://www.fao.org/docrep/013/i1883e/i1883e07.pdf">http://www.fao.org/docrep/013/i1883e/i1883e07.pdf</a> ) .....	71
Slika 57 – Prikaz bagera dugog dosega ( <a href="https://highways.today/2019/12/10/case-cx350d/">https://highways.today/2019/12/10/case-cx350d/</a> ).....	72

## POPIS TABLICA

Tablica 1 – Vrste materijala za izradu valobrana, njihove prednosti i mane te mjesta najčešće primjene.....	18
Tablica 2 – Preporučeni koeficijent $K_D$ (skripta iz kolegija Obalne građevine 2017 g.) .....	25
Tablica 3 – Koeficijent sloja i poroznost za različite vrste zaštitne obloge (skripta iz kolegija Obalne građevine 2017 g.).....	27
Tablica 4 – $H/H_{D=0}$ kao funkcija stupnja oštećenja primarne obloge građevine (Skripta iz kolegija Inženjerstvo obalnih građevina 2014 g.).....	55
Tablica 5 – Tablica prikaza visine vala, nominalne, maksimalne i minimalne težine primarne obloge sa stupnjem oštećenja lukobrana od 0% do 30% .....	55
Tablica 6 – Koeficijent uspinjanja nepravilnih valova po nepropusnom i propusnom nagibu građevine (Skripta iz kolegija Inženjerstvo obalnih građevina 2014 g.) .....	58
Tablica 7 – Iskaz masa pero 1 – varijanta I .....	73
Tablica 8 – Iskaz masa pero 2 – varijanta I .....	73
Tablica 9 – Zbir masa pero 1 i pero 2 – varijanta I.....	73
Tablica 10 – Iskaz masa podmorski prag – žalo 1 – varijanta I.....	74
Tablica 11 – Iskaz masa podmorski prag – žalo 2 – varijanta I.....	74
Tablica 12 – Zbir masa podmorski prag – žalo 1 i žalo 2 – varijanta I .....	74
Tablica 13 – Iskaz masa žalo 1 – varijanta I .....	74
Tablica 14 – Iskaz masa žalo 2 – varijanta I.....	75
Tablica 15 – Zbir masa žalo 1 i žalo 2 – varijanta I.....	75
Tablica 16 – Troškovnik radova – varijanta I .....	75
Tablica 17 – Iskaz masa pero 1 – varijanta II .....	78
Tablica 18 – Iskaz masa pero 2 – varijanta II .....	78
Tablica 19 – Iskaz masa pero 3 – varijanta II .....	78
Tablica 20 – Zbir masa pero 1, pero 2 i pero 3 – varijanta II .....	79
Tablica 21 – Iskaz masa podmorski prag – žalo 1 – varijanta II.....	79
Tablica 22 – Iskaz masa podmorski prag – žalo 2 – varijanta II.....	79
Tablica 23 – Iskaz masa podmorski prag – žalo 3 – varijanta II.....	79
Tablica 24 – Zbir masa podmorski prag – žalo 1, žalo 2 i žalo 3 – varijanta II .....	80
Tablica 25 – Iskaz masa žalo 1 – varijanta II .....	80
Tablica 26 – Iskaz masa žalo 2 – varijanta II .....	80
Tablica 27 – Iskaz masa žalo 3 – varijanta II .....	80
Tablica 28 – Zbir masa žalo 1, žalo 2 i žalo 3 – varijanta II .....	81
Tablica 29 – Troškovnik radova – varijanta II .....	81



## 1. Uvod

Još davnih dana kvarnerski zaljev prepoznat je kao područje izuzetno povoljnih geografskih, geoloških i klimatskih karakteristika čemu svjedoče brojna arheološka nalazišta prapovijesnih mačeva, koplja i nakita kao i brojna naselja nastala na ovom području u drugoj polovici i krajem prvog tisućljeća.

Jedno od takvih naselja je i Crikvenica koju prvotno tvori naselje Kotor smješteno na istoimenom obližnjem brežuljku, udaljenom svega 25 km od Trsata, kao i u neposrednoj blizini ostalih u naselja kao što su Bakar, Kraljevica i Novi Vinodolski. Naselje Kotor spominje se 1288 godine i u tada vrlo značajnom Vinodolskom zakoniku. Stanovništvo Kotora čini nekoliko obitelji, koje uglavnom egzistiraju baveći se poljoprivredom u obližnjoj vinodolskoj dolini i ribarstvom.

Smatra se da je današnja Crikvenica utemeljena 14 kolovoza 1412 godine kada je knez Nikola IV Frankopan potpisao darovnicu kojom omogućuje gradnju samostana Sv. Pavla Pustinjaka u neposrednoj blizini ušća rijeke Dubračine u more (slika 1), te da je naziv „Crikvenica“ nastao kao izvedenica tadašnjih crkvenih djelovanja. Gradnja samostana ima za uzrok povezivanje okolnih ribarskih naselja, koji kao takav tvori središte javnog i kulturnog života Crikvenice (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Crikvenica>).



Slika 1. Samostan Sv. Pavla Pustinjaka u Crikvenici (<http://www.meeresblick.hr>)

Crikvenica ove godine slavi 130 godina turizma a kao početna godina smatra se 1888 i izgradnja prvog drvenog javnog kupališta (slika 2). Iako smještena u danas bližoj okolici Rijeke, do Crikvenice se sredinom 19 st. moglo stići jedino pješice, kočijama ili manjim drvenim barkama, zbog toga se 1870 godine započinje graditi luka u Crikvenici, koja već 1873 omogućuje privez prvih parobroda iz Rijeke i šire okolice, a u potpunosti biva završena 1920 godine kada poprima današnji izgled. Luka uz novoizgrađenu željeznicu između Pivke i Rijeke omogućuje znatno bolju prometnu povezanost Crikvenice sa ostatkom tada Austro-Ugarske Monarhije. Zanimljivo je kako su tadašnji turisti na odmor dolazili u zimskim mjesecima i ostajali nerijetko i duže od nekoliko mjeseci kako bi izbjegli surovu klimu u sjevernom dijelu Europe. (Milat - Ružić, Grad Crikvenica: Kamik, more i čovik, 2008)



Slika 2. 130 godina turizma u Crikvenici  
(<http://www.crikva.hr>)

Ljetni kupališni turizam iako slabije zastupljen od zimskog ipak postoji te ima za produkt gradnju drvenih kupališta kojih već početkom 20 st. ima nekoliko. 1910 godine ispod parka pa sve do predjela zvanog „Crni mol“ gradi se pješčano gradsko kupalište. Kupalište odmah postaje popularno među turistima zbog plitkog mora i finog pijeska, te zbog obilja sadržaja kao što su latnene kabine za presvlačenje, restoran, usluge medicinske službe, trenera, čitelja plivanja, animatora i dr (slika 3). (Milat - Ružić, Grad Crikvenica: Kamik, more i čovik, 2008)





Slika 3. Gradsko kupalište u Crikvenici (<https://www.visitadriatic.eu/en/1468-2/>)

Prvim Svjetskim ratom i raspadom Austro-Ugarske Monarhije nestaje cjelogodišnji turizam, a svi hoteli postaju hrvatsko vlasništvo, ali rat je smanjio interes za turizam te se tek krajem dvadesetih godina isti počinje ponovno razvijati gradnjom novih hotela. Broj noćenja se postupno povećava, te se donosi odluka o gradnji ceste na relaciji Sušak – Bakar – Bakarca – Crikvenica – Novi Vinodolski, koja se završava 1940 godina, ali zbog nepovoljnih prilika u Europi i početku Drugog svjetskog rata broj turista ponovno opada. Pedesetih godina prošlog stoljeća Crikvenica se oporavlja od rata, grad se uređuje, hoteli su postali nacionalno vlasništvo a brojne stare vile postale su nacionalna odmarališta. Također se počinje ubrzano razvijati ponuda privatnog smještaja. Šezdesetih godina prošlog stoljeća potražnja za smještajnim kapacitetima se dodatno povećava, što ima za uzrok gradnju niza novih hotela. Također pozitivan odraz na turističku posjećenost ima i uspostavljanje svakodnevne trajektne linije Crikvenica – Šilo, dovršetak Jadranske magistrale i izgradnja Crikveničke obilaznice kao i 1970 godine otvaranje Zračne luke Rijeka na otoku Krku. (Milat - Ružić, Grad Crikvenica: Kamik, more i čovik, 2008)

Tada se u Crikvenici uređuju i brojne šljunčane plaže kao što su plaža Omorika, plaža Thalassotherapia, plaža Balustrada (slika 4), plaža International, plaža Kaštel, plaža Podvorska i dr. Sve ovdje navedene plaže koriste i danas, nude brojne sadržaje kao što su restorani, kafići,



Slika 4. Plaža Balustrada u blizini centra (<http://www.via-mea.com>)

sportski tereni, vodeni sportovi, adrenalinski užitci vožnje padobranom ili na vodenim skijama, igrališta za djecu, sanitarni čvorovi i dr. Grad Crikvenica danas raspolaže sa brojnim prirodnim i umjetnim plažama koje se proteže na obalnoj liniji dužine cca. 20 km.

Najveća Gradska plaža ima površinu od 100400 m<sup>2</sup>, od čega kopneni dio tvori 30584 m<sup>2</sup>, a ostatak od 69816 m<sup>2</sup> pripada morskom dijelu. Plaža se proteže se na dužini od 1837 m obalne linije, ima kapacitet od oko 5000 osoba, te je ponosna nositeljica Plave zastave još od davne 1998 godine kada ju dobiva među prvim plažama u Hrvatskoj. Danas Crikvenica ima ukupno 6 plaža, ponosnih nositeljica Plave zastave. (<http://www.ekomurvica.hr/Murvica/>, <https://www.jadran-crikvenica.hr/interesi/plaze-u-crikvenici>)

Dakle možemo zaključiti kako se obalni pojas u Crikvenici uređuje i gradi između pedesetih i osamdesetih godina prošlog stoljeća kada se događa prava mala renensansa i grad se oštro orijentira prema moru i turizmu, međutim nakon raspada Jugoslavije svjedočimo slabom ulaganju u održavanje istih, te izuzev glavnih plaža koje su crikvenički turistički adut, ostala kupališta u najmanju ruku izgledaju zapušteno i oronulo te vane za obnovom, te obogaćivanjem popratnim sadržajima i urbanom opremom. Jedno od takvih plaža je i tema ovoga diplomskog rada. Također potrebno je spomenuti kako se broj smještajnih jedinica i gostiju iz godine u godinu povećava te u gradu ponestaje dovoljna količina plažnog prostora.

## 1.1. Postojeće stanje

Predio obale na kojem se u ovom diplomskom radu planira uređenje plažnih površina nalazi se u nastavku plaže Podvorska, prema naselju Selce, koja je sastavni dio istoimene komunalne lučice u Crikvenici (slika 5). Postojeća plaža izuzetno je popularna među lokalnim stanovništvom kao i među turistima, zbog blizine centra i obilja sadržaja za djecu i odrasle, međutim ubrzani rast broja kupaca dogodio se 2010 godine kada je sjeverozapadni dio ove plaže, smješten sa vanjske strane lukobrana lučice Podvorska, prenamijenjen u prvu plažu za pse sa brojnim popratnim sadržajima kao što su dog-bar, tuš namijenjen isključivo četveronožnim kupacima, nadstrešnice za kućne ljubimce i klupe, te kanta za otpad s vrećicama za njegovo skupljanje. ([http://www.rivieracrikvenica.com/croatia/kucni\\_ljubimci](http://www.rivieracrikvenica.com/croatia/kucni_ljubimci))



Slika 5. Satelitski prikaz lokacije zahvata (Google Maps)

Jugoistočni dio plaže Podvorska završen je nasutim perom i žalom u čijem se nastavku prema naselju Selce izmjenjuju uska nasuta pješčana obalna žala ili betonska sunčališta, te nasumično građeni kratki molići za privez barki lokalnog stanovništva. Također neposredno iza morske linije proteže se šetalište Vladimira Nazora, te u nastavku ulica Emila Antića kojim sa vrši kolni promet. Važnost uređenja obale na ovoj dionici izuzetno je važna zbog mogućnosti podlokavanja predmetnih prometnica, a o nedostatku plažnih prostora na području grada nije potrebno previše raspravljati.

Upravo zbog tih činjenica uređenje predmetnog pojasa u duljini od 300 m, nameće se kao logična sljedeća investicija u uređenje i proširenje crikveničkih plaža. Obalna linija na sjeverozapadu započinje sa uređenim žalom plaže Podvorska koje se prema jugoistoku smanjuje na širinu od svega 4 m, te prelazi u betonsko sunčalište sa minijaturnim istacima



koja prate konfiguraciju obalnih stijena. Betonsko sunčalište proteže se u duljini od cca. 40 m nakon čega prelazi u šljunčanu plažu dužine cca 100 m, širine od 10 do 3 m, iz koje, zbog nedostatka žala vire postojeće stijenske strukture. Na krajnjoj jugoistočnoj dionici zahvata šljunčani žal prelazi nanovo u uređeno betonsko sunčalište sa obalnim zidom i betonskim stubama za prilaz kupaca moru. Sunčalište je u granicama zahvata duljine cca 60 m, širine 4 do 7 m, te se nastavlja prema naselju Selce u duljini još cca 80 m nakon čega nastavlja obala u obliku prirodnih stijenskih struktura u kombinaciji sa potpornim zidom prometnice. U sklopu betonskog sunčališta unutar zone zahvata nalazi se maleni betonski molić u obliku slova „L“, duljine 14 i širine 1,5m, namijenjen privezu malih plovila. Na predmetnoj dionici zbog izuzetno male širine obalnog pojasa nema dodatnih sadržaja, postojeća žala su nedohranjena, a betonska sunčališta djelomično podlokana i ispucala djelovanjem morskih valova (slika 6).

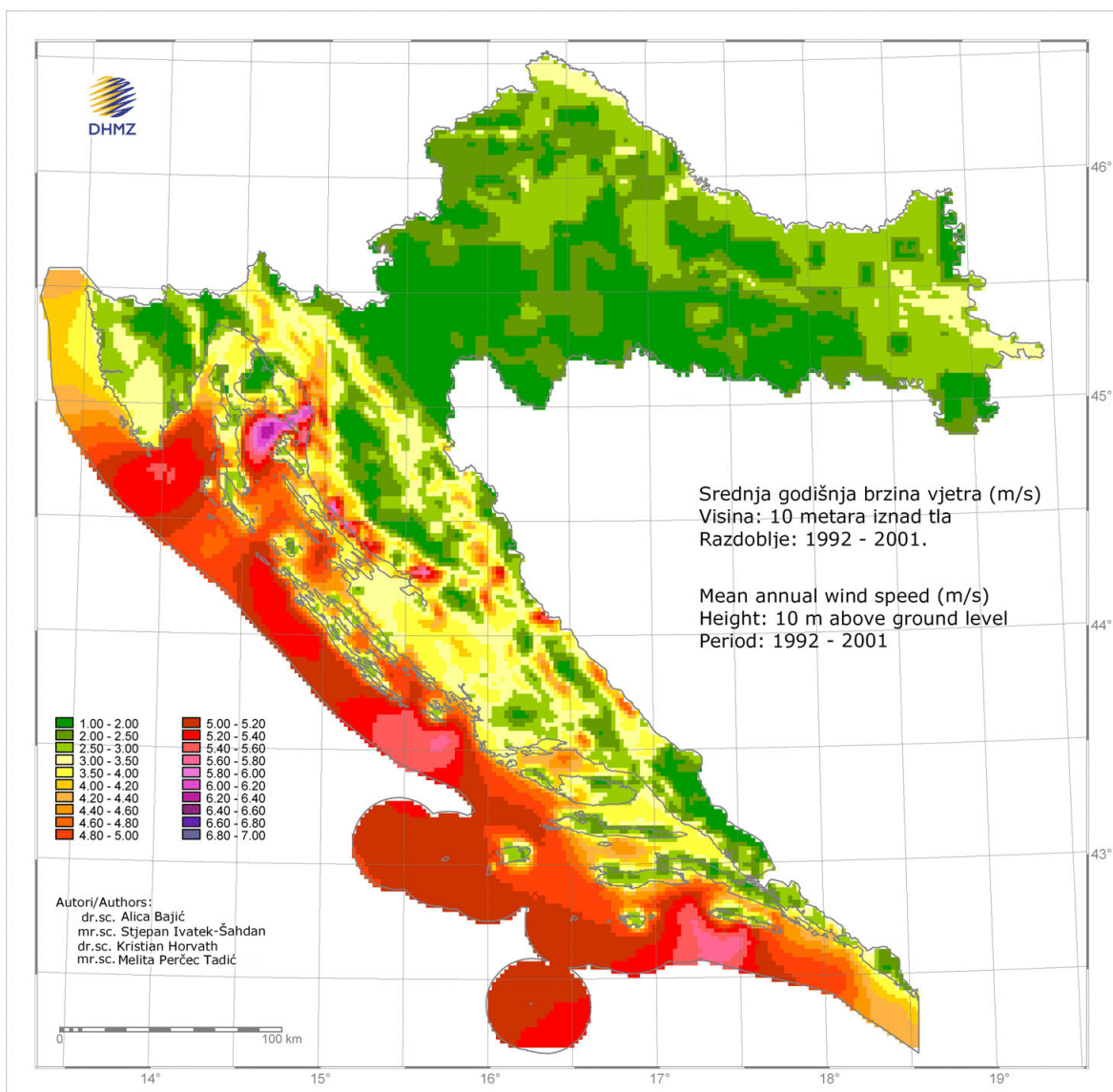


Slika 6. Prikaz postojećeg stanja predmetne lokacije (<https://okolo.com/>)

## 1.2. Prirodna osnova

Kao što smo u uvodu naveli područje Crikvenice još davnih dana proglašeno je klimatskim lječilištem zbog svojih izuzetno povoljnih klimatskih obilježja. Crikvenica ima izuzetno povoljan geografski položaj, zbog kojeg su zime kratke, blage i vlažne a ljeta duga, topla i suha, drugim riječima prevladava mediteranska klima. Srednje dnevne temperature zraka kreću se između minimalnih  $-5^{\circ}\text{C}$  tijekom zimskih mjeseci, do maksimalnih  $+30^{\circ}\text{C}$  najčešće u mjesecu srpnju ili kolovozu, tako su srednje dnevne temperature zraka iznad

+20°C uobičajene već početkom lipnja, hladnih dana ispod 0°C ima u prosjeku svega 16 te se javljaju između studenog i ožujka. Oborine su u ljetnim mjesecima relativno rijetke i traju vrlo kratko dok se zimi znatno učestalije ali također kratke zbog brzog razvoja vjetrova nastalih najčešće znatnih razlika u atmosferskim tlakovima između primorske i gorske Hrvatske. Glavnina oborine padne između mjeseca listopada i ožujka koji imaju prosječno 7 do 10 kišnih dana. I dok jugo na ovom predjelu Jadrana ne postiže značajnije udare, specifična mikro lokacija Crikvenice štiti grad od ekstremnih udara bure, koja postiže svoje najjače udare na području od Novog Vinodolskog prema Senju i području Krčkog mosta (slika 7). Ljeti je vrlo česta pojava blagag maestrala u popodnevniim satima.



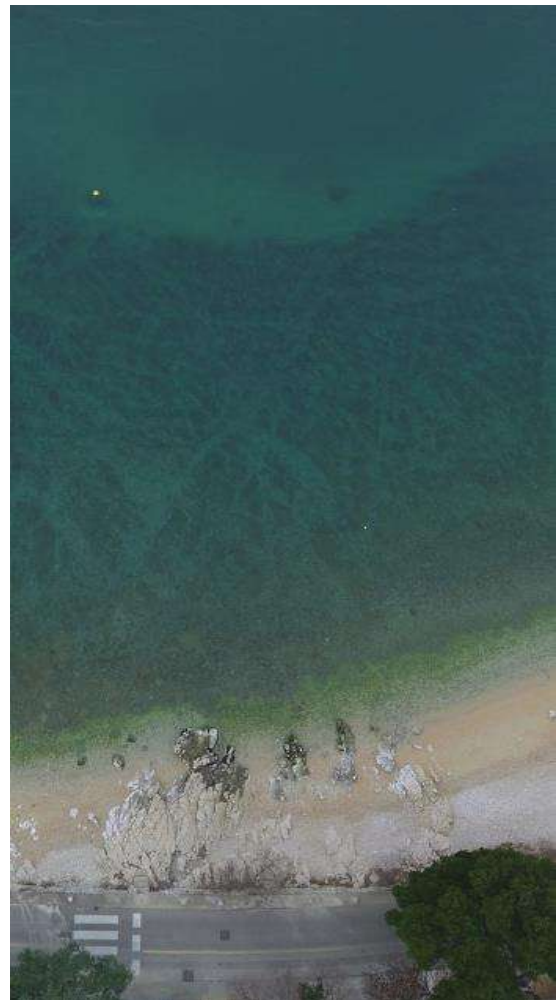
Slika 7. Srednja godišnja brzina vjetra na području Hrvatske  
([http://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_hrvatska&param=k1\\_8](http://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska&param=k1_8))

Česti i jaki vjetrovi u okolici Crikvenice povećavaju broj sunčanih dana, pa tako nije rijetkost sunce sija prosječno 6 sati dnevno, odnosno 2300 sati godišnje, što svrstava šire područje Crikveničke rivijere u vrlo sunčana područja. (<http://meteo.hr/>, <http://www.rivieracrikvenica.com/croatia/crikvenica-klima-bioklima>)

Poznato je kako cjelokupno obalno područje uključujući otoke i dio unutrašnjosti područje krških stijena. Primorsko goranska županija cijelom svojom površinom pripada tom području. Površina krša u Hrvatskoj iznosi 27.265 km<sup>2</sup>, što čini 48,9% ukupne površine.

Na području Crikveničke rivijere prevladavaju raspucale karbonatne stijene. Iako porozne, kretanje podzemne vode ne obavlja se kroz kompaktne stijenske mase, već kroz mrežu podzemnih tunela i pukotina nastalih u raspucanim stijenama krša. Zbog te pojave imamo vrlo brzu izmjenu zalihe podzemnih voda, pa nije rijedak slučaj da se ubrzo nakon prvih jesenskih kiša, nakon svega nekoliko sati, aktiviraju brojni izvori ili morske vrulje, koje su tijekom ljetnih mjeseci bili neaktivni. (<http://www.geografija.hr/hrvatska/rasir-enost-krsa-u-hrvatskoj/>)

Na području zahvata ovog rada nema aktivnih izvora niti podmorskih vrulja. Prisutnost karbonatnih stijena djelomično je vidljiva na kopnenom dijelu nedohranjenog dijela žala, dok se u plićem podmorskom dijelu jasno vidi prisutnost raspucalih stijenskih masa, koje se na predjelima dubljim od 15 metara polako gube ispod morskog sedimenta (slika 8).



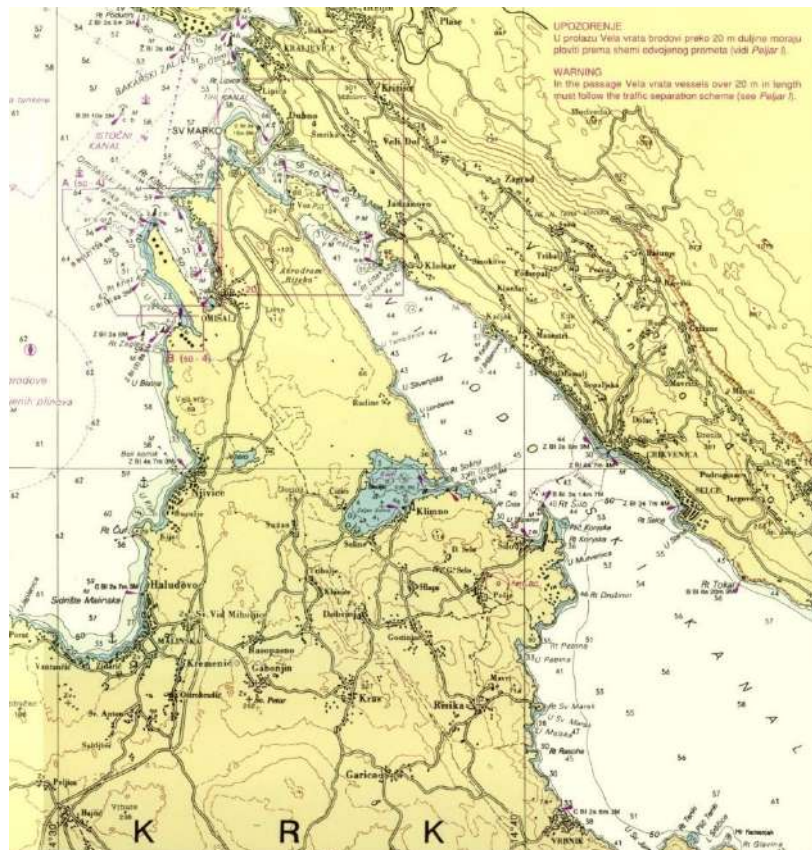
Slika 8. Prikaz raspucalih karbonatnih stijena na području zahvata (<https://okolo.com/>)



### 1.3. Morski valovi (lokacija)

Nastajanje morskih valova vrlo je složen proces koji zbog relativno male površine Jadranskog mora uvelike ovisi o jačini i smjeru vjetera te morskoj površini po kojoj isti puše, pa tako što je vjetar jači i duže traje a morska površina po kojoj isti puše veća i dulja, možemo očekivati veće valove. Kako je naša obala veoma razvedena i bogata otocima vrlo veliki valovi sa otvorenog mora rijetko dolaze do samih obalnih područjima već se zaustavljaju na mnogobrojnim otocima, a mogućnost razvoja veliki valova od vjetera zbog blizine otoka kopnu vrlo je mala. To nam je veoma važno zbog utjecaja valova na transport marinskog sedimenta, koji je više podložan kretanju ukoliko su valovi veći.

Crikvenica se smjestila u južnom dijelu Vinodolskog kanala (slika 9). Omeđen kopnom i otokom Krkom Vinodolski kanal pruža se u pravcu sjeverozapad – jugoistok, sa početkom južno Kraljevice i završetkom nekoliko kilometara sjeverno od Novog Vinodolskog. Ukupna duljina kanala iznosi 18 km, širina na Crikveničkom području je između 2-3 km,

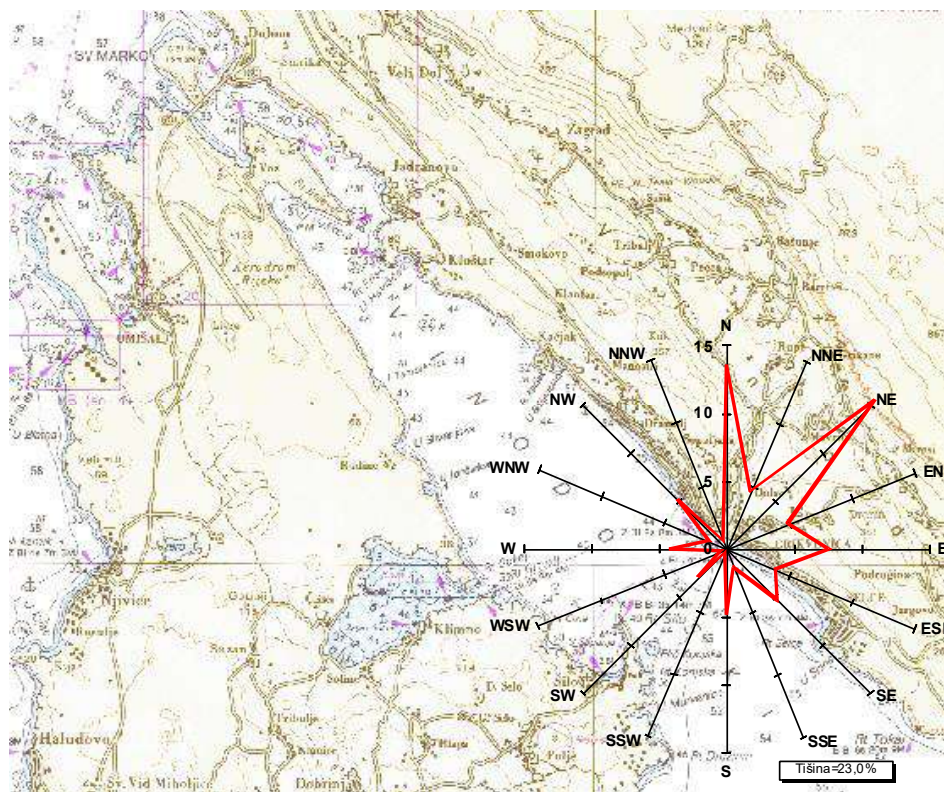


Slika 9. Pomorske karte - Vinodolski kanal  
(<http://www.hhi.hr/catalogmaps/viewmap/75>)

te sa svojom dubinom od 45 m relativno je plitak. Na svom

sjevernom dijelu se dodatno sužava i graniči sa Tihim kanalom ili takozvanim Malim vratima koja ga spajaju sa kvarnerskim zaljevom, dok se sa južne strane širi i nastavlja prema znatno širem i dubljem Velebitskom kanalu. ([https://hr.wikipedia.org/wiki/Vinodolski\\_kanal](https://hr.wikipedia.org/wiki/Vinodolski_kanal))

Promotrimo li ružu vjetrova uočavamo da je bura vjetar najjačeg i najdugotrajnijeg djelovanja na području Crikvenice, međutim ne uzrokuje valove na predmetnoj lokaciji zbog nulte površine privjetrišta (slika 10). Prema svemu navedenom, ukoliko detaljnije proučimo predmetnu lokaciju, jasno je kako je kako je mogućnost razvoja značajnijih valova moguć jedino uslijed djelovanja juga, sa pravcem kretanja jug-sjever ili jugoistok- sjeverozapad. To možemo zaključiti zbog duljine privjetrišta, koje u pravcu sjeverozapad – jugoistok ima duljinu od, za obalno područje Jadrana relativno dugačkih, 30 km, kao i zbog jačine Juga koji je sekundarni dominantni vjetar na ovom području.



Slika 10. Čestina smjerova vjetrova, postaja Crikvenica, 1986.-2005. (Vjetrovalna klima za područje uvale kod ušća Dubračine u Crikvenici, Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, Split, studeni 2006.)

Uzmemo li u obzir kako postojeća plaža ima zaobljeni oblik te se pruža iz smjera zapada prema jugoistoku možemo zaključiti kako će valovi iz smjera juga imati puno veći negativan utjecaj na obalu od onih iz smjera jugoistoka koji se pružaju gotovo paralelno sa obalom, međutim zbog znatno dužeg privjetrišta i paralelnost sa obalom imaju znatan utjecaj na selidbu morskog sedimenta, te hi zbog toga nikako ne smijemo zanemariti prilikom postavljanje zaštitnih pera novoplanirane plaže. Na terenu može se uočiti lošije stanje južnog dijela plaže na kojem se nalazi betonsko sunčalište, a isto se može prepisati lošoj poziciji obalnog zida sunčališta koji se nalazi relativno plitko i točno u točki lomljenja dolaznih valova.



## 2. Teoretske osnove

### 2.1. Koncept umjetnih plaža

Glavni uzrok potreba za gradnjom umjetnih plaža je obalna erozija (slika 11), koju uzrokuju valovi u kombinaciji sa strujama i morskim mijenama, kao i sve veći priljev kupača tijekom ljetne turističke sezone (slika 12). Zaštitu postojećih prirodnih ili umjetnih plaža od erozije morskih valova, moguće je izvesti gradnjom niza različitih obalnih građevina. Kako bi se problem erozije, odnosno selidbe marinskog sedimenta, djelomično ili u potpunosti uklonio potrebno je dobro razumjeti djelovanje lokalnih meteoroloških prilika.



Slika 11. Obalna erozija  
(<https://distart119.ing.unibo.it/albertonew/?q=node>)



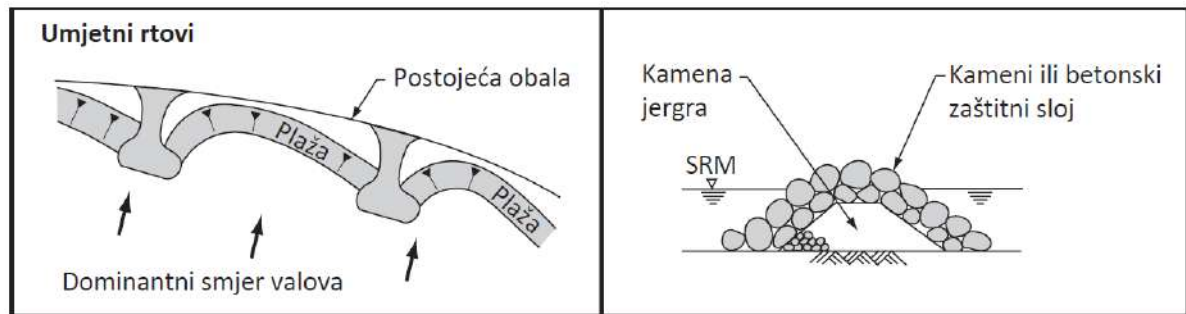
Slika 12. Prepune plaže u Vodicama  
(<http://arhiva.dalje.com/foto.php?id=11&rbr=18832&idrf>)

Shvaćanjem problematike predmetnog područja na raspolaganju nam stoji čitav niz obalnih građevinskih struktura, a najjednostavnije ih dijelimo na one koji pružaju direktnu zaštitu obalnog područja, odnosno fizički zaustavljaju valove, i na one koji djeluju indirektno, odnosno na građevine u vidu potopljenih lukobrana koji samo djelomično smanjuju hidrauličko opterećenje obale. Najučestaliji oblici obalnih građevina za zaštitu obala od erozije su umjetni rtovi, pera, valobrani i potopljeni lukobrani o kojima ćemo više reći u nastavku rada.

Pera, umjetni rtovi, valobrani i obalni brežuljci su građevine koje se upotrebljavaju na obalnim područjima kako bi smanjile proces transporta sedimenta uzrokovan dominantnim valom i morskim mijenama. Sva tri oblika građevina obično se koriste sa ciljem zadržavanja i povećanja marinskog sedimenta na plažama i uz njih obližnjim područjima, naglašavajući pritom da su prirodne plaže najučinkovitiji način apsorpiranja valne energije razbijenog vala. Navedene građevine ujedno su ekonomski najisplativiji i ekološki prihvatljiv pristup u projektiranju zaštite obalnih prostora (Reeve – Chadwick - Fleming, Costal Engineering: Processes, teory and design practice, 2004).

### 2.1.1. Umjetni rtovi

Umjetni rtovi (slika 13) su kamene strukture najčešće izgrađivane duž nožice erodiranog sedimenta, kako bi zaštitile strateške točke obalne linije, a ujedno dopuštajući prirodne procese oblikovanja sedimenta. Izgradnja takvih rtova omogućuje privremenu ili dugotrajnu zaštitu područja izloženih riziku erozije nastale djelovanjem valova.



Slika 13. Umjetni rtovi u tlocrtu i presjeku  
(Reeve – Chadwick - Fleming, *Costal Engineering: Processes, teory and design practice*, 2004).

Privremeni rtovi, trajnosti jedne do pet godina mogu biti izgrađeni od gabiona ili vreća punjenih pijeskom, dok su trajnije građevine najčešće izvedene od mineralne sirovine, te zaštićene oštrobridnim lomljenim kamenom ili betonskim prefabriciranim elementima različitih oblika (tripodi i dr.). Iako je hidraulička učinkovitost betonskih prefabriciranim elemenata nešto veća od oštrobridnog lomljenog kamena u zaštiti same strukture građevine, svojim izgledom značajnije nagrđuju cjelokupni dojam priobalnog prostora. Prilikom izgradnje umjetnih rtova poželjno je da kameni blokovi primarne zaštite budu nasumično položeni, zbog znatno boljeg utjecaja na apsorpciju valne energije od planski položenih i oblikovanih blokova, ipak pri tome treba biti umjeren, ukoliko se građevine nalaze na prostorima za rekreaciju građana, pri čemu nasumično položen kamen može uzrokovati ozljede posjetitelja (Reeve – Chadwick - Fleming, *Costal Engineering: Processes, teory and design practice*, 2004).

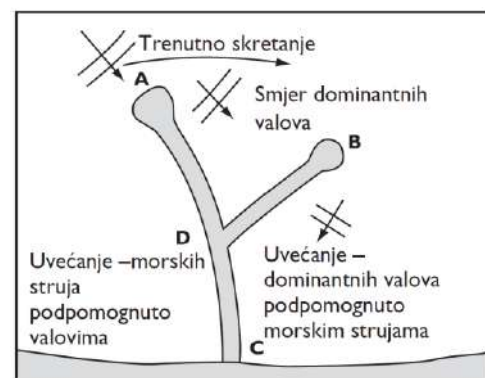
Postoje mnogi primjeri plaža nastalih između prirodnih ili umjetnih rtova na obali (slika 14). To se pojavljuje kada postoji savršena ravnoteža između refleksije i difrakcije valova, na način da se valovi istodobno lome duž čitave obale plaže i čine je stabilnom, odnosno ne dolazi do uzdužnog transpota sedimenta duž obale plaže.



Slika 14. Gradski kupalište Crikvenica kao primjer umjetnog rtova  
(<https://croatia.hr/hr-HR/dozivljaji/plaze/gradsko-kupaliste-crikvenica>)

Stabilnost cjelokupne strukture ovakvih građevina ovisi o dužini i razmaku između rtova. Kratki rtovi na velikoj međusobnoj razdaljini omogućiti će lokalnu zaštitu ali najčešće neće omogućiti stvaranje stabilne obalne linije, dok će veći rtovi na manjoj razdaljini osigurati povećanje sedimenta a time i povećanje plažnih prostora. U usporedbi sa perima, umjetni rtovi su bitno značajnije prepreke za valove, morske struje i selidbu morskog sedimenta. Također za razliku od pera prikladniji su za upotrebu u dubljim vodama (Reeve – Chadwick - Fleming, Costal Engineering: Processes, teory and design practice, 2004).

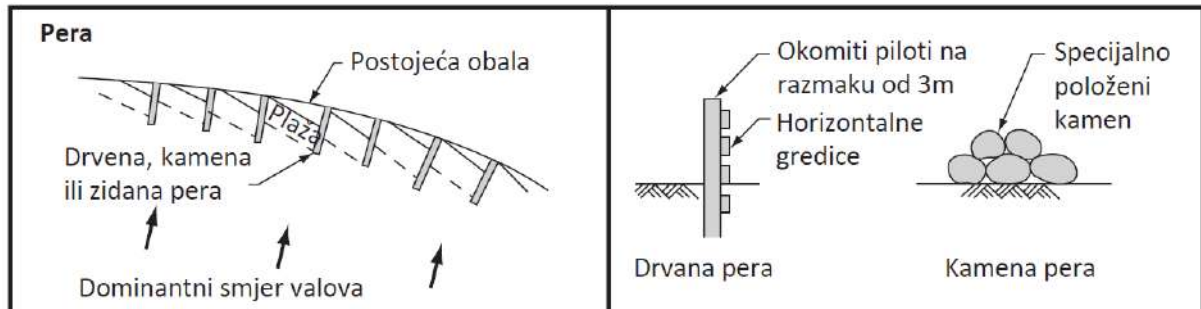
Posebno učinkovit oblik umjetnih rtova poznat je pod nazivom rt u obliku ribljeg repa razvijen od dr. P.C. Barber-a u Engleskoj. Rt oblika ribljeg repa kombinira pozitivne učinke pera i valobrana odvojenog od obale, te se najčešće koristi kako bi eliminirao nepoželjne učinke svake od navedenih struktura ukoliko se koriste kao zaseban element. Osnovna geometrija rta u obliku ribljeg repa prikazana je na slici (slika 15), te se dijelovi rta od točke D do točke A i od točke D do točke B ponašaju se kao apsorberi valne energije, dok dio rta od točke D do točke C zaustavlja valove nastale zakretanjem valova oko krune valobrana.



Slika 15. Rt u obliku ribljeg repa  
(Reeve – Chadwick - Fleming, Costal Engineering: Processes, teory and design practice, 2004).

### 2.1.2. Pera

Pera su umjetne obalne građevine uskog i dugačkog oblika, a mogu biti izgrađena od: drva, odnosno drvenih pilota i poprečnih drvenih greda, specijalno ili nasumično položenog oštrobridnog lomljenog kamena, betona, betonskih elemenata ili čeličnih limova. Pera se ponavljaju u jednakim intervalima duž obale, te kao takva mogu biti izvedena kao propusna ili nepropusna za tekućinu i sediment (slika 16).



Slika 16. Pera u tlocrtu i presjeku  
(Reeve – Chadwick - Fleming, *Costal Engineering: Processes, theory and design practice*, 2004).

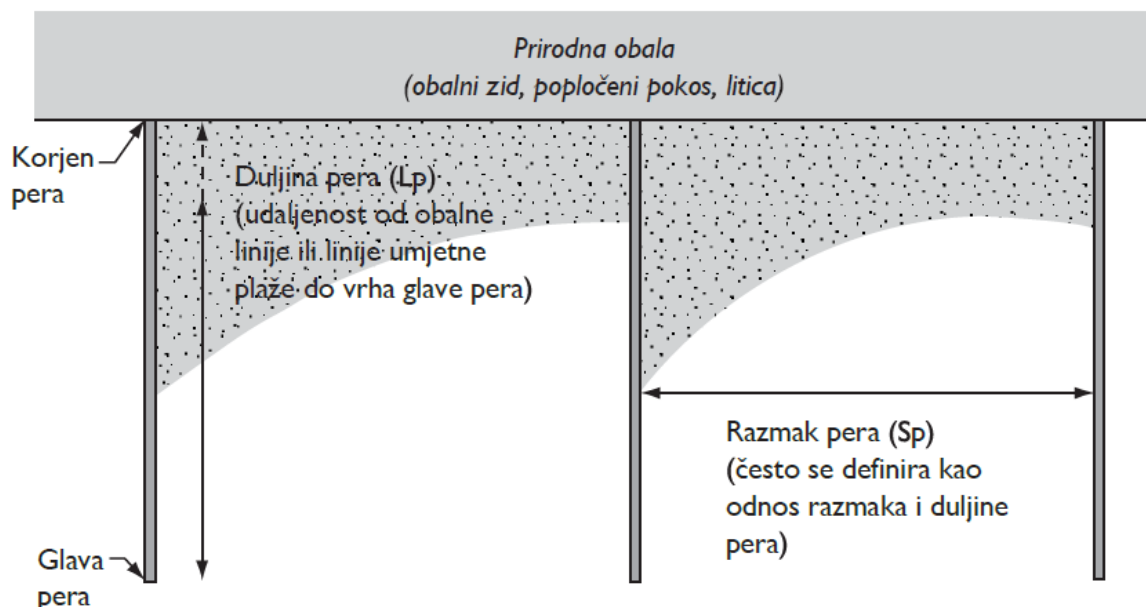
Primjena umjetnih pera najprikladnija je u obalnim područjima u kojima je potrebno zadržati postojeću ili novoformiranu liniju obale. Pa tako dobro projektiran i izveden sustav zaštite obale perima može:

- usporiti i uhvatiti sediment duž obalne linije, odnosno povećati količinu sedimenta u uvalama između dva pera;
- smanjiti deformaciju obale linije uzrokovanu valnim djelovanjem;
- odmaknuti snažne morske struje od obale, nastale djelovanjem morskih mijena;
- zadržati materijal na plaži koja nema mogućnost prirodne opskrbe;
- kontrolirati sezonsku izmjenu materijala duž obale zaljeva;
- poboljšati dugotrajnost i kvalitetu plažnog prostora;
- smanjiti dugoročnu eroziju obale nastalu djelovanjem valova, akumulirajući marinski sediment ispred obalnih zidova i hridi;
- povećati debljinu marinskog sedimenta na inače erodirajućem morskom dnu.



Postoji niz tlocrtnih varijacija oblika pera koja mogu biti najjednostavnijeg „I“ oblika, malo kompleksnijih „T“ ili „Y“ oblika ili linijskog cik-cak oblika. Svaka od ovih izvedbi ima svoje specifično djelovanje na valove pa tako i na obalni sediment. Pera „T“ i „Y“ oblika koriste se za lokalnu redukciju valne visine, na način da se jedan veći val razbija u više manjih. Cik-cak oblik pera koristi se za efikasnije razbijanje energije valova i morskih struja prouzročenih djelovanjem istih, te je puno učinkovitiji od najjednostavnijeg „I“ oblika pera koji dolazni val samo reflektira dalje prema obali (Reeve – Chadwick - Fleming, Costal Engineering: Processes, theory and design practice, 2004).

Sa gledišta obrane obale, glavna funkcija pera je prikupiti dovoljnu količinu materijala u uvalama između pera, kako bi se isti zadržao ondje i za vrijeme olujnih nevremena i time štitio obalu. To se relativno jednostavno postiže postavljanjem pera na način da se promjeni orijentacija linije taloženja materijal između istih, koja bi u tom slučaju bila bolje usklađena sa prevladavajućim smjerom najznačajnijih valova i na taj način smanjila brzinu kretanja materijala uz obalu. Prilikom odabira duljine i razmaka pera potrebno je uzeti u obzir sve moguće kombinacije visine, smjera i trajanja valova koji se mogu pojaviti na tom području i prema tome odrediti najpovoljniju orijentaciju i omjer duljine i međusobne razdaljine između pera (slika 17).



Slika 17. Prikaz načina taloženja materijala između pera  
(Reeve – Chadwick - Fleming, Costal Engineering: Processes, theory and design practice, 2004).

Sveobuhvatnom analizom šljunčanih i pješčanih umjetnih plaža nastalih na temelju sustava pera različite geometrije i karakteristika, iste možemo razvrstati u četiri kategorije. Pa tako u ovisnosti o promjera zrna nasutog materijala na plaži i nagibu plaže, kao i omjeru razdaljine između pera i njihove duljine, plaže nastale upotrebom pera možemo podijeliti na šljunčane i pješčane plaže, kao i na plaže miješanog materijala sa jednakim udjelom šljunka i pijeska kao i na one sa većom koncentracijom šljunka u odnosu na koncentraciju pijeska.

Visinom pera utječemo na maksimalnu visinu sedimenta koji se može skupiti u uvalama između istih. Zimi najčešće zbog nepogodnijih vremenskih uvjeta imamo najmanju količinu materijala na plaži, dok je ljeti njegova količina najveća. Zbog osjetljivosti pješčanih plaža na odnos materijala djelovanjem valova, najčešće se u praksi upotrebljava visina pera od pola do jednog metra u odnosu na srednju morsku razinu (slika 18), dok se kod plaža sa kamenim oblucima koje su znatno stabilnije češće prakticira i veća visina (Reeve – Chadwick - Fleming, Coastal Engineering: Processes, theory and design practice, 2004).



Slika 18. Gradsko kupalište Crikvenica . prikaz pera, načina zadržavanja sedimenta i visine istih  
(<https://okolo.com/o/91d2e434-acf5-11e5-9a88-001e67995544#y96p41z30>)

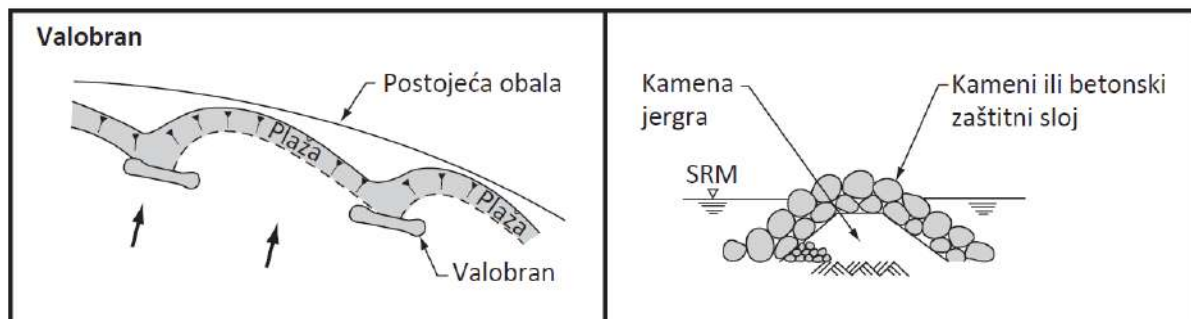
Kako bi izbjegli podlokavanje pera i time prouzrokovanu statičku nestabilnost, korijen pera potrebno graditi na tvrdom tlu, tj. obalnim hridima, zidovima i sl.

U fazi projektiranja, izradom fizikalnog modela lokacije zahvata s projektiranim obalnim građevinama možemo optimizirati duljinu pera, razdaljinu između pera, te oblik plaže. Međutim postoji niz poteškoća prilikom preslikavanja postojećeg okoliša u fizikalni model određenog mjerila. Model izrađen od jedne vrste materijala biti će uspješan samo za manji broj valnih uvjeta i smjerova valova.



### 2.1.3. Valobran

Valobrani su obalne građevine koje se grade najčešće paralelno sa obalnom linijom (slika 19). Ukoliko ih uspoređujemo sa perima oni su znatno duži, položeni u dublje vode, mogu funkcionirati kao samostalna građevina, te predstavlja bolju zaštitu obale od valova, što uzrokuje i veću količinu nakupljana sedimenta. Iako prema načinu pozicioniranja i dizajna nisu slični perima, u osnovi zahtijevaju slično pristupanje problemu valne difrakcije i imaju istu zadaću zaštite u formiranju stabilnih obala. Kao i kod sustava pera prilikom projektiranja valobrana potrebno je uzeti u obzir sve moguće smjerove djelovanja valova na obalu, od kojih neke mogu prouzročiti i privremenu destabilizaciju obalne linije plaže



Slika 19. . Valobrani u tlocrtu i presjeku  
(Reeve – Chadwick - Fleming, Costal Engineering: Processes, teory and design practice, 2004).

Valobrane dijelimo na one povezane sa obalom (formiraju na obali tombolo) i one odvojene od obale (formiraju na obali izbočene rtove)(slika20). Jasno je da valobrani povezani sa obalom, koji uzrokuju tombolo imaju daleko veći utjecaj na selidbu morskog sedimenta, eko sustav na predmetnoj mikro lokaciji i u zaštiti obale i za olujnih nevremena, od valobrana odvojenih od obale koji samo djelomično uzrokuju promjene na obalnoj liniji nastajanjem izbočenih rtova taloženjem morskog sedimenta. U osnovi su to iste obalne građevine koje se grade na iste načine i od istih materijala, razlika je u tome dali će valobran biti spojen sa obalom ili će se iza njega formirati izbočeni rt najviše ovisi o omjeru duljine građevine i udaljenosti iste od obale , kao i o omjeru međusobnog razmaka između građevina i udaljenosti istih od obale. Također valja napomenuti kako te vrijednosti konstantno variraju zbog djelovanja plime i oseke, ali za proračun uzimaju se vrijednosti srednje morske razine. Znatnu ulogu također ima i visina valobrana odnosno količina prelijevanja valova preko istih kao i dubina mora na mjestu gradnje valobrana visina (Reeve – Chadwick - Fleming, Costal Engineering: Processes, teory and design practice, 2004).

Izgradnjom para ili niza valobrana, potenciramo taloženje materijala iza istih, odnosno dovodimo od formiranja stabilne linije obale, koja u takvom obliku znatno smanjuje selidbu marinskog sedimenta, a istodobno štiti obalu od erozije valova. Razni su materijali od kojih možemo graditi valobrane. Za neke od njih nabrojene su prednosti i nedostaci, kao i mjesta najčešće primjene (tablica 1).

Tablica 1 – Vrste materijala za izradu valobrana, njihove prednosti i mane te mjesta najčešće primjene.

Vrsta materijala	Prednosti	Nedostaci	Najčešća primjena
Drveni piloti	Jednostavna dodatna prilagodba i sanacija oštećenja nastalih prilikom olujnih valova	Cijena i dostupnost drveta kao sirovine za gradnju; ekološka ograničenja na drvenu građu prve klase; osjetljivost na abraziju i napade mikroorganizama; vertikalna konstrukcija ne apsorbira energiju valova i struja, strujno vrtloženje uzduž tijela i glave valobrana; nestabilan ukoliko su potrebne velike visine; Zahtijeva održavanje	Za stabilizaciju obalne linije na šljunčanim plažama prilikom niskog do umjerenog valnog djelovanja, gdje nije značajno izraženo kretanje marinskog sedimenta.
Kameni blokovi (školjera)	Visoka učinkovitost u apsorpiranju energije valova; mogućnost korištenja reciklirane mineralne sirovine; jednostavne metode građenja, jednostavna dorada i održavanje građevine; stabilan, dugotrajan i izdržljiv materijal; nema ograničenja veličine konstrukcije	Dostupnost i transport prikladne mineralne sirovine; mogu biti opasne za plivače i ostale korisnike plaže; nakupljanje sitnih čestica unutar porozne strukture građevine; potrebna je zamjena temeljnog tla slabije nosivosti.	Za stabilizaciju obalne linije na pješčanim ili šljunčanim plažama prilikom niskog do visokog valnog djelovanja, gdje nije izraženo značajno kretanje marinskog sedimenta, a postoje dovoljni resursi mineralne sirovine za gradnju; prikladan za gradnju lučnih objekata

Vrsta materijala	Prednosti	Nedostaci	Najčešća primjena
Prefabricirani betonski elementi	Visoka učinkovitost u apsorpiranju energije valova, dugotrajan i izdržljiv, dostupnost sirovine za proizvodnju	Zahtjevne metode gradnje, mogu biti opasni za plivače i ostale korisnike plaže; nakupljanje sitnih čestica unutar porozne strukture građevine; potrebna je zamjena temeljnog tla slabije nosivosti.	Za stabilizaciju obalne linije na pješčanim ili šljunčanim plažama prilikom niskog do visokog valnog djelovanja, gdje nije izraženo značajno kretanje morskog sedimenta, a ne postoje dovoljni resursi mineralne sirovine za gradnju;
Vertikalne betonske ili zidane građevine	Dostupnost sirovine za gradnju	nema mogućnosti dorade i sanacije, skupa i zahtijevana konstrukcija posebno ispod srednje morske razine, vertikalna konstrukcija ne apsorbira energiju valova već je samo reflektira; zahtjeva redovito održavanje	Za stabilizaciju obalne linije plaža prilikom niskog do umjerenog valnog djelovanja, gdje nije izraženo značajno kretanje morskog sedimenta; prikladne za gradnju lučnih objekata
Čelični piloti (žmurje)	Brzi način gradnje	vertikalna konstrukcija ne apsorbira energiju valova već je samo reflektira, nema mogućnosti dorade i sanacije; problematika korozije materijala; pojavom korozije nastaju oštri bridovi koji mogu biti opasni za plivače i korisnike plaže	Za formiranje temelja ili izgubljene oplata obalnih građevina najčešće ispod srednje razine mora
Gabioni	Niska cijena materijala za gradnju; brza gradnja; učinkovitost u apsorpiranju energije valova	Nisu dugotrajno rješenje, podložni vandalizmu, prikladni samo za manje obalne građevine	Za stabilizaciju obalne linije plaža prilikom niskog valnog djelovanja, gdje nije izraženo značajno kretanje morskog sed.

Valobrani povezani sa obalom (slika 20) pokazali su se kao vrlo učinkoviti u formiranju stabilne obalne linije, zbog toga što kombiniraju pozitivne strane sustava pera i sustava valobrana odvojenih od obale, na način da tombolo koji povezuje valobran sa obalom, hvata valove koji difraktiraju oko rubova valobrana. Izgradnja novih umjetnih plažnih prostora gradnjom valobrana povezanih sa obalom pokazala se najučinkovitijom u područjima gdje nema velike oscilacije između plima i oseka. Na takvim područjima će se stabilne obalne linije između dva valobrana formirati uvelike lokalnim valnim djelovanjem.



Slika 20. Valobran povezan sa obalom (<https://aeroengland.photodeck.com/media/191cc356-53bd-4be1-9c5d-139b95415063-aerial-photograph-of-artificial-reef-offshore-breakwater-at-s>)

Ukoliko postavimo dva valobrana povezana sa obalom na relativno maloj međusobnoj razdaljini, to će rezultirati nastankom drukčijeg oblika plaže, takozvane džepne plaže. Takve plaže su mnogo dublje od uobičajenih oblika plaža nastalih valobranima povezanim sa obalom, što ima za uzrok izuzetnu stabilnost takvih plaža neovisno o smjeru valnog djelovanja.

Valobrani odvojeni od obale (slika 21) omogućavaju u prolazak valovima i strujama duž obale. U prirodi valobrane odvojene od obale najbolje možemo poistovjetiti sa prirodnim grebenima. Prema svom obliku najčešće su niži od valobrana povezanih sa obalom što dovodi to značajnijeg valnog prelijevanja preko istih, a time i prijenosa valne energije. Valna energija iako se prenosi prelijevanjem preko istih biva ipak uvelike smanjena, a difrakcija valova oko glava valobrana izaziva nastajanje lokalnih struja u zoni građevine. Te struje dovode do taloženja materijala na obali iza valobrana u obliku plažnih istaka.



Slika 21. Valobrani odvojeni od obale (<http://coastalcare.org/2016/11/presque-isle-lake-erie-pennsylvania-by-orrin-h-pilkey-norma-longo-nicholas-school-of-the-environment-duke-university/>)

#### 2.1.4. Potopljeni lukobran

Kao što je rečeno samim imenom ova obalna građevina nalazi se ispod razine mora. Potopljeni lukobrani osmišljeni su kako bi prevladali određene probleme kod valobrana kao npr. onemogućavanje protoka vode, smanjene bioraznolikosti, degradacije kvalitete vode limitiranom cirkulaciom te vizualnim narušavanjem prostora (slika 22).

Ova građevina omogućava prolazak određene smanjene količine energije valova. Gradnom ovakvih građevina također smanjujemo transport sedimenta i eroziju, te stabiliziramo obalnu liniju. Najčešće ih koristimo samostalno ili u kombinaciji sa nasipavanjem plaža kako bi dobili željenu obalnu liniju visina (Reeve – Chadwick - Fleming, Costal Engineering: Processes, teory and design practice, 2004).



Slika 22. Potopljeni lukobran ([https://www.researchgate.net/figure/Aerial-view-of-the-installed-submerged-breakwater-with-encapsulated-sand-filled-elements\\_fig3\\_321056403](https://www.researchgate.net/figure/Aerial-view-of-the-installed-submerged-breakwater-with-encapsulated-sand-filled-elements_fig3_321056403))

Prednosti potopljenih lukobrana:

- ne nagrđuju obzor;
- gradnja potopljenog lukobrana je mnogo jeftinija od klasičnog lukobrana;
- mnogo je blaži utjecaj na prirodne procese transporta sedimenta i akumulacije pijeska;
- voda koja prelazi preko lukobrana sa smanjenom energijom omogućava dobru cirkulaciju vode iza samog lukobrana;
- potopljeni lukobrani su slični prirodnim grebenima, privlače mnogo ribe stoga su popularni među ribičima.

#### Nedostaci potopljenih lukobrana:

- potopljeni lukobrani mogu predstavljati opasnost za nautičare;
- voda koja se preljeva preko potopljenog lukobrana stvara struje lokalnog utjecaja koje mogu biti opasne za kupače;
- potopljeni lukobrani omogućuju samo djelomičnu zaštitu obale od djelovanja valova;
- učinkovitost potopljenih lukobrana, tj. transport sedimenta i zaštita obale uvelike ovise o širini, dužini i dubini lukobrana;
- ako je vrh lukobrana projektiran za uvjete visoke plime i utjecaj oluja trebala bi biti relativno visoka u odnosu na srednu razinu mora, to znači da je jedna od glavnih prednosti potopljenih lukobrana – njihova nevidljivost ne može biti ostvarena u svim slučajevima;
- projektiranje je veoma zahtjevno jer ispravno funkcioniranje potopljenih lukobrana ovisi o razini mora valnim uvjetima i samoj građevini.



## 2.2. Dimenzioniranje pera umjetnog žala

Kako pera na plažnom prostoru imaju glavnu ulogu sprječavanja migracije sedimenta, nasute strukture nameću se kao logičan izbor zbog pristupačnosti građevnog materijala i relativno jednostavnog načina gradnje (slika 23). Nasuta pera pogodna su za izvođenje na svim vrstama temeljnog tla. Treba napomenuti kako je moguće, prilikom djelovanja morskih čimbenika da dođe do oštećenja ovih struktura, ali u najvećoj količini slučajeva nikada ne i do potpunog gubitka funkcije.

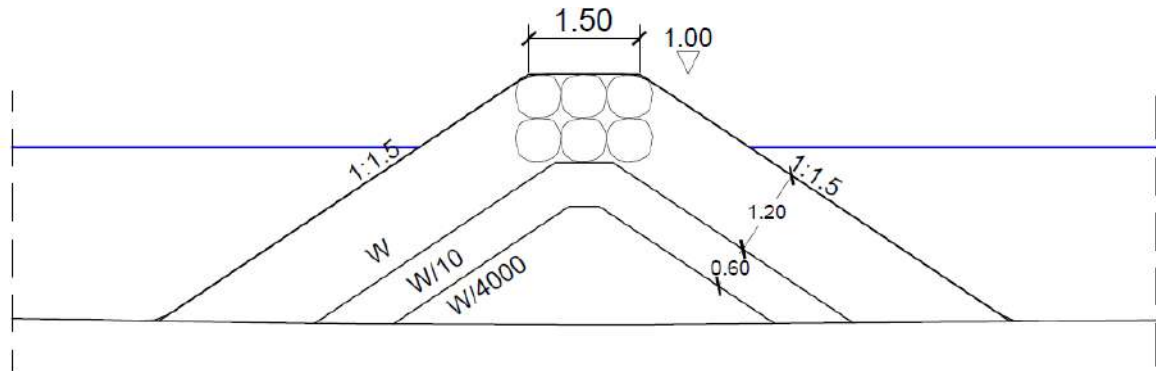
Jednom nastalo oštećenje na nasutim perima razmjerno je jednostavno i jeftino za popravke. Prilikom odabira ove vrste pera potrebno je posebno obratiti pozornost o dubinama mora na mjestu izvođenja jer sa povećanjem dubine ova konstrukcija postaje neisplativo skupa zbog svog trapeznog oblika presjeka (slika 24).



Slika 23 – Prikaz nasutog pera ([https://www.researchgate.net/figure/One-of-the-six-groynes-along-Keta-shoreline-source-Google-map\\_fig2\\_256756000](https://www.researchgate.net/figure/One-of-the-six-groynes-along-Keta-shoreline-source-Google-map_fig2_256756000))

Za potrebe dimenzioniranja pera umjetnog žala, koristimo proračunske formulacije relevantne onima za proračun nasutih lukobrana. Prije početka računskog dijela potrebno je poučiti lokaciju zahvata, odnosno njezinu konfiguraciju, dubine na određenim udaljenostima od obale, nagib, vrstu sedimenta, nosivost temeljnog tla, kao i razne hidraulične parametre (visina vala, valna duljina, morske mijene, morske struje, režim riječnih pritoka, itd.), te prema istima odabrati odgovarajući (najpovoljniji) oblik i materijal za građenje pera koji nam kasnije određuju način daljnjeg proračuna. Nasuta pera pogodna su za izvođenje na pješčanom kao i na muljevitom temeljnom tlu, razmjerno su jednostavna i jeftina za popravke oštećenja od djelovanja mora. U ovom radu projektiramo pravocrtna pera građena od mineralne sirovine, te ćemo za ista prikazati metodološki način proračuna prema Hudson-ovoj formuli i prema formuli J.W. van der Meer-a.

Prilikom izračuna pera potrebno je imati podatke o visini i smjeru valova, brzini, smjeru i trajanju vjetra te oscilacijama između pilima i oseka, kako bi naposljetku mogli odrediti dužinu pera, razmak između istih, kut pera u odnosu na obalu, granulometriju konstruktivnog materijala, moguće oštećenje prilikom ekstremnih vremenskih uvjeta, preljevanje i ostalo.



Slika 24 – Presjek nasutog pera

### 2.2.1. Metodologija izračuna pera prema Hudson-ovoj formuli

Hudson-ova formula (1) izračuna koristi se za određivanje minimalne težine zaštitnih elemenata primarnog sloja nasutih pera (lukobrana), te predstavlja jednu od jednostavnijih načina izračuna granulometrije predmetnih građevina i glasi:

$$G_A = \frac{\sigma_{obl} * g * H_{proj}^3}{K_D \left( \frac{\sigma_{obl}}{\sigma_m} - 1 \right)^3 * ctg\alpha} [N] \quad (1)$$

gdje je:

- $G_A$  - masa bloka primarne obloge [N]
- $\sigma_{obl}$  - gustoća mase materijala obloge [ $kg/m^3$ ]
- $g$  - gravitacija [ $9.81 m/s^2$ ]
- $H_{proj.}$  - visina projektnog vala [m]
- $K_D$  - eksperimentalni koeficijent obloge – tablica 2
- $\sigma_m$  - gustoća mase mora [ $1026 kg/m^3$ ]
- $\alpha$  - kut nagiba pera



Ekperimentalni koeficijent obloge ( $K_D$ ), ovisi o vrsti odabrane primarne obloge (slika 25), kutu nagiba primarne obloge, kao i o tome dali se valovi na određenim pozicijama strukture lome ili ne, a očitavamo ih iz sljedeće tablice:

Tablica 2 – Preporučeni koeficijent  $K_D$  (skripta iz kolegija Obalne građevine 2017 g.)

Preporučeni koeficijent stabilnosti $K_D$ Dimenzioniranje podvodnog sloja nasutog lukobrana po HUDSON-u (no damage metod)							
Vrsta elemenata pokrovnog sloja	Broj slojeva	Način smještaja	Bok valobrana		Glava valobrana		Nagib
			Lomljeni valovi	Valovi koji se ne lome	Lomljeni valovi	Valovi koji se ne lome	
Glatki zbijeni	2	slučajno	1,2	2,4	1,1	1,9	1:1,5 1:3
	>3	slučajno	1,6	3,2	1,4	2,3	1:1,5 1:3
Oštrobridni lomljeni kamen	2	slučajno	2	4	1,9	3,2	1:1,5
					1,6	2,8	1:2
					1,3	2,3	1:3
	>3	slučajno	2,2	4,5	2,1	4,2	1:1,5 1:3
	2	spec. položen	5,3	5,8	6,4	7	1:1,5 1:3
Tetrapodi Quadripodi	2	slučajno	7	8	5	6	1:1,5
					4	5,5	1:2
					3,5	4	1:3
Tribari	2	slučajno	9	10	8,3	9	1:1,5
					7,8	8,5	1:2
					6	6,5	1:3
Dolosi	2	slučajno	15,8	31,8	8	16	1:2
					7	14	1:3

Valovi se lome ukoliko je dubina ispred pera manja od 2,5 visine projektnog vala što izračunavamo sljedećim izrazom (2):

$$d \leq 2,5 * H_{proj.} [m] \quad (2)$$

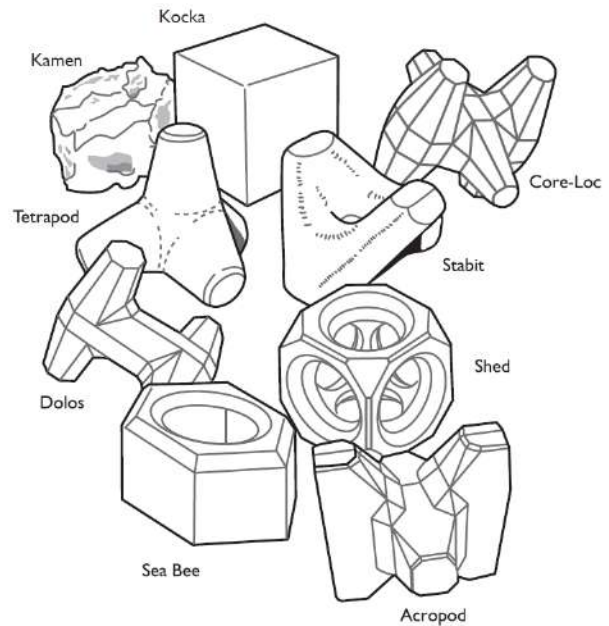
gdje je:

- $d$  - dubina mora [m]
- $H_{proj.}$  - visina projektnog vala [m]

Nasuta pera mogu biti konstruktivno sačinjana od jednog ili više slojeva. U ovisnosti o potrebi sprječavanja valne transmisije odabiremo broj slojeva. Želimo li svesti valnu transmisiju kroz strukturu na minimalnu razinu potrebno je izvesti barem tri sloj različite granulacije. Prema tone, izračunavši težinu pojedinog elemenata primarnog sloja nasutog pera možemo pristupiti izračunu sljedećih slojeva. Sekundarni sloj najčešće se sastoji od dva podsloja. Težinu elemenata vanjskog podsloja, uzimamo kao deseti dio

težine elementa primarnog sloja ( $w_{10}=G_A/10$ ), dok se za unutarnji podsloj uzima težina dvjestotog dijela težine primarnog sloja zaštite ( $w_{200}=G_A/200$ ). Također za težinu elemenata jezgre nasutog pera uzimamo četiritisućiti dio specifične težine elemenata primarnog sloja ( $w_{4000}=G_A/4000$ ). Kako prilikom izrade ovakvih struktura nije moguće vršiti tako preciznu selekciju konstruktivnog materijala dozvoljava se odstupanje od proračunatih težina elemenata i to za primarni sloj od 75% do 125%, za vanjski podsloj, sekundarnog sloja od 70% do 130%, za unutarnji podsloj, sekundarnog sloja od 50% do 150% i za jezgru nasutog pera od 30% do 170%.

Primarni sloj na našim obalnim građevinama najčešće je izgrađen od krupnog kamena, koji je na našem području lako dostupan i cijenom znatno povoljniji od ostalih mogućnosti prefabriciranih betonskih elemenata. Takav kamen tada se naziva školjera. Na taj način izgrađen primarni sloj, zbog svojeg poroziteta, pokazao se kako vrlo efikasan u dispaciji valne energije, a time se smanjuje i prelijevanje preko vrha pera kao i refleksija valova. Potrebno je napomenuti kako primarni sloj nasutog pera nije potrebno izvoditi preko cijele visine sekundarnog sloja, već samo do dubine na kojoj djeluju valovi, a to iznosi 1,5 puta visine značajnog vala, visina jezgre mora biti viša od visoke vode i široka barem tri metra kako bi se po istoj mogla kretati mehanizacija i građevinski radnici.



Slika 25 – Vrste primarnih obloga (Reeve – Chadwick - Fleming, Coastal Engineering: Processes, theory and design practice, 2004).

Debljine svakog od pojedinih slojeva nasutog pera izračunavamo pomoću sljedeće formulacije (3):

$$r = n * K_{\Delta} * \left( \frac{w}{\sigma_{obl.}} \right)^{\frac{1}{3}} [m] \quad (3)$$

gdje je:

- $r$  - debljina sloja [m]
- $n$  - broj slojeva (najčešće dva sloja)
- $K_{\Delta}$  - koeficijent sloja (ovisi o vrsti materijala) – tablica 3
- $w$  - težina materijala obloge [N]
- $\sigma_{obl.}$  - gustoća materijala obloge [ $kg/m^3$ ]

Tablica 3 – Koeficijent sloja i poroznost za različite vrste zaštitne obloge (skripta iz kolegija Obalne građevine 2017 g.)

Koeficijent sloja i poroznost za različite zaštitne obloge					
Zaštitna obloga		broj slojeva - n	način smještanja	koeficijent sloja - $K_{\Delta}$	Porozitet - P (%)
Glatko zaobljeni kamen		2	slučajno	1,02	38
Oštrobridni lomljeni kamen		2	slučajno	1	37
		$\geq 3$	slučajno	1	40
Kamen u obliku paralelopipeda		2	specijalno	-	27
Običan kamen		procjena	slučajno	-	37
Modificirane kocke		2	slučajno	1,1	47
Tetrapodi		2	slučajno	1,04	50
Tribari		2	slučajno	1,02	54
		1	ravnomjerno	1,13	47
Dolosi		2	slučajno	0,94	56
Jezgre (cole-loc)	volum. < 5m <sup>3</sup>	1	slučajno	1,51	60
	5m <sup>3</sup> < volum. < 12m <sup>3</sup>				63
	12m <sup>3</sup> < volum. < 22m <sup>3</sup>				64
Akropodi	volum. < 5m <sup>3</sup>	1	slučajno	1,51	57
	5m <sup>3</sup> < volum. < 12m <sup>3</sup>				59
	12m <sup>3</sup> < volum. < 22m <sup>3</sup>				62

Naposljetku nam preostaje izračun visine i širine krune para, kao i izračun nožice pera. Kruna pera mora najveći dio vremena ostati iznad razine mora, zbog toga se za izračune visine uzima zbroj visine visoke vode za željeni povratni period i visine projektnog valja uvećanog za 25%. Širina krune izračunavamo prema sljedećoj formulaciji (4):

$$B = n * K_{\Delta} * \left( \frac{w}{\sigma_{obl.}} \right)^{\frac{1}{3}} [m] \quad (4)$$

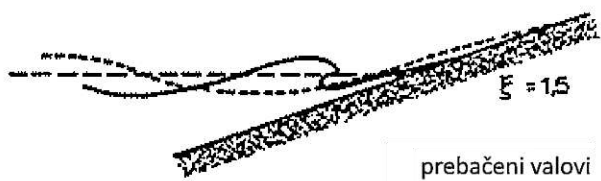
gdje je:

- $B$  - debljina sloja [m]
- $n$  - broj slojeva (preporučeno min. tri sloja)
- $K_{\Delta}$  - koeficijent sloja (ovisi o vrsti materijala) – tablica 3
- $w$  - težina materijala obloge [N]
- $\sigma_{obl.}$  - gustoća materijala obloge [ $kg/m^3$ ]

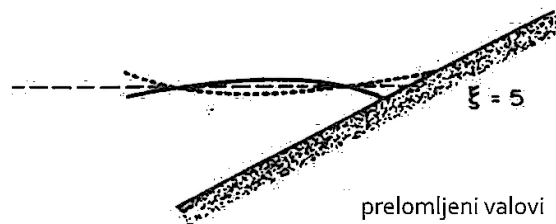
Nožice pera izvode se na dnu nasipa sa obje strane i nagibu 1:1,5, a služe kao uporište sekundarnog sloja konstrukcije pera na koji se naslanja primarni sloj te sprječavaju moguću eroziju nastalu valovanjem i morskim strujama. Ukoliko se radi o relativno niskim strukturama nožice nije potrebno izvoditi. Prilikom izračuna širine i visine nožice pera referiramo se na prethodno određenu debljinu vanjskog podsloja, sekundarnog sloja, pa tako širina nožice iznosi tri širine vanjskog podsloja ( $\check{s}=3*r_{10}$ ), a visina nožice dvije širine vanjskog podsloja ( $\check{s}=2*r_{10}$ ).

### 2.2.2. Metodologija izračuna pera prema J.W. van der Meer-ovoj formuli

Van der Meer-ova formula, za razliku od Hudson-ove formule, uzima u obzir učinke trajanja oluje, razdoblja valova, propusnosti konstrukcije i jasno definirane razine oštećenja obalnih struktura. Također je formulom uzet u obzir i širok spektar valnih djelovanja, te uvjeti propisnosti jezgre i drugih slojeva. Van der Meer razmatra dvije vrste valova, prebačene valove (eng. plunging waves) (slika 26) koji nastaju iznenadnom promjenom dubine i prelamaju se okomito na morsku površinu, pritom zarobljavajući dio zraka unutar svoje forme i valova koji se prelome (eng. surging wives) (slika27) koji nastaju kod valova dužeg valnog perioda, prilikom nailaska na strmiji pokos građevine, koji se u tom slučaju ne stignu izdignuti već se u trenutku nastajanja počne urušavati. Prebačene valove i valove koji se prelome van der Meer promatra u uvjetima plitkih i dubokih voda, te za iste daje sljedeće matematičke izraze.



Slika 27 – Prikaz prebačenih valova (Conceptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.)



Slika 26 – Prikaz valova koji se prelome (Conceptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.)

#### 2.2.2.1. Van der Meer-ova formula za uvijete dubokih voda

Opsežnim istraživanjima i mjerenjima van der Meer pronalazi pristup za predviđanje štete na obalnim strukturama nastalog uslijed djelovanja valova, uzimajući u obzir broj valova, propusnost lukobrana i faktor sličnosti. Van der Meer-ova formula za duboke vode (dublje od tri visine značajnog vala), dodatno se dijeli na dvije formulacije u ovisnosti o vrsti valova, odnosno radi li se o prebačenim valovima ili valovima koji se prelome. Prijelaz iz uvjeta jedne u drugu vrstu valova dana je bezdimenzionalnim kritičnim parametrom loma vala (5)  $\xi_{crit}$  i ovisnosti o nagibu pokosa strukture  $\alpha$ :

$$\xi_{crit} = \left[ \frac{c_{pl}}{c_s} P^{0,31} \sqrt{\tan \alpha} \right]^{\frac{1}{P+0,5}} \quad (5)$$

gdje je:

- $\xi_{crit}$  – kritični parametar loma vala
- $c_{pl}$  – koeficijent za prebačene valove (6,2)
- $c_s$  – koeficijent za valove koji se prelome (1)
- $P$  – koeficijent propusnosti – slika 28
- $\alpha$  – nagib pokosa strukture [rad]

Nakon izračuna kritičnog parametra loma vala potrebno je izračunati parametar loma vala za odabranu lokaciju (6), te ustvrditi prijelazi li on kritičnu vrijednost izračunatu s pomoću prethodne formule (5)

$$\xi_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{gT_m^2}}} \quad (6)$$

gdje je:

- $\xi_m$  – parametar loma vala
- $\alpha$  – nagib pokosa strukture [rad]
- $H_s$  – visina značajnog vala [m]
- $g$  – gravitacija [ $m/s^2$ ]
- $T_m$  – srednji valni period [s]

Odredivši o kojoj se vrsti valova radi s pomoću prethodnih formulacija (5, 6), možemo primijeniti jednu na dvije van der Meer-ove formule za uvijete dubokih voda.

Za valove prebačene valove koristimo sljedeću formulaciju: (7) ( $\xi_m < \xi_{crit}$ ):

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = c_{pl} P^{0,18} \left( \frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \xi_m^{-0,5} [m] \quad (7)$$

gdje je:

- $H_s$  – visina značajnog vala [m]
- $\Delta D_{n50}$  – medijan promjera bloka primarne obloge [m]
- $c_{pl}$  – koeficijent za prebačene valove (6,2)
- $P$  – koeficijent propusnosti – slika 28
- $S_d$  – parametar stupnja oštećenja - slika 29
- $N$  – broj valova
- $\xi_m$  – parametar loma vala

Za valove koji se prelome koristimo sljedeću formulaciju: (8) ( $\xi_m > \xi_{crit}$ ):

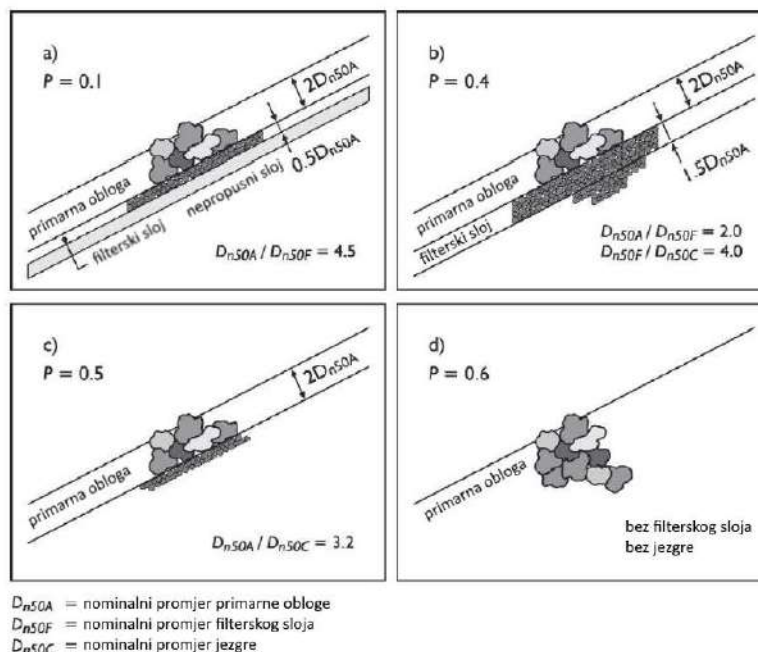
$$\frac{H_S}{\Delta D_{n50}} = c_s P^{-0,13} \left( \frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^P [m]$$

(8)

gdje je:

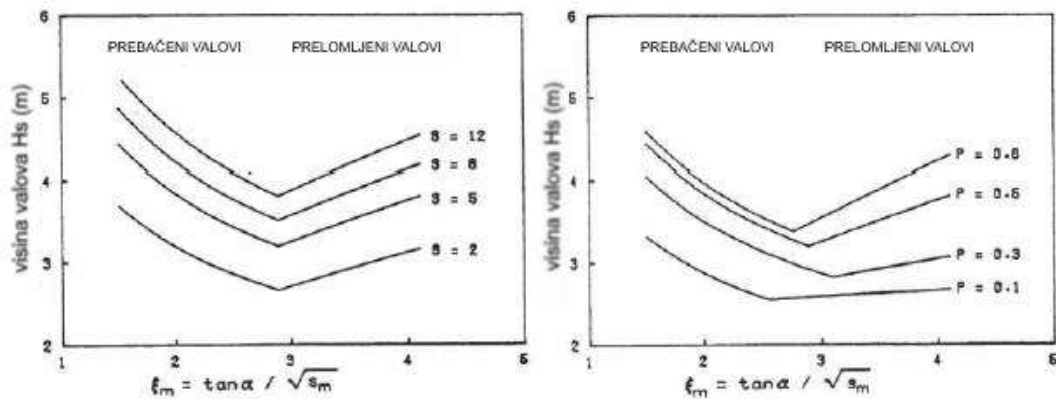
- $H_S$  – visina značajnog vala [m]
- $\Delta D_{n50}$  - medijan promjera bloka primarne obloge [m]
- $c_s$  – koeficijent za valove koji se prelome (1)
- $P$  – koeficijent propusnosti – slika 28
- $S_d$  – parametar stupnja oštećenja - slika 29
- $N$  – broj valova
- $\alpha$  – nagib pokosa strukture [rad] – preporuča se  $\alpha \geq 4$  bez obzira na vrstu valova
- $\xi_m$  – parametar loma vala

Vrijednosti koeficijenta propusnosti različitih struktura date su na slici 28. Donja granica jednaka je 0,1. To je slučaj kada primarna obloga ima debljinu od dva promjera bloka primarne obloge a sloj ispod njega je nepropustan. To je često slučaj sa obalnim zidovima i lukobranima. Gornju granicu daje homogena struktura bez filtra i jezgre odnosno koja se sastoji samo od stijene. Propusnost je tada jednaka 0,6.



Slika 28 - Koeficijent propusnosti različitih vrsta nasutih struktura (Conceptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.)

Ograničenja parametra razine oštećenja  $S_d$  uglavnom ovise o nagibu konstrukcije  $\alpha$ . Ako se Van der Meerova formula koristi za projektiranje, potrebno je napraviti analizu osjetljivosti za sve parametre. Također treba napraviti analizu osjetljivosti konstanti. Dva su grafikona prikazana kao primjer takve analize (slika 29). Analiziran je utjecaj na promjene parametra razine oštećenja i propusnosti konstrukcije u ovisnosti projektne visine vala za različite valne parametre.



Slika 29 Analiza osjetljivosti u odnosu na stupanj oštećenosti i propusnosti konstrukcije  
(Conceptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.)

Određivanjem broja valova za olujne događaje uzima se u obzir kumulativna šteta koja se izravno koristi u formuli stabilnosti kako za duboke tako i za plitke vode. Postupak za procjenu kumulativne štete prikazan je na slici 30. Mjerenjima je ustanovljeno kako je maksimalni broj valova za takve situacije jednak je 7500, jer nakon ovog broja valova, šteta postiže manje-više ravnotežu. To znači da se broj valova za ukoliko je ustanovljeno mjerenjem više od 7500 valova uzima da je  $n = 7500$ . Za broj valova manjih od 1000, formule daju lagano precjenjivanje.

Po narečenome masu primarnog kamenometa izračunavamo prema izrazu (9), dok težinu istog dobivamo da po prethodnom izrazu dobivenu masu pomnožimo sa silom težom ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

$$M = D_{n50}^3 * \rho_s \quad [kg] \quad (9)$$

gdje je:

- $M$  – masa primarnog kamenometa [ $kg$ ]
- $D_{n50}$  - medijan promjera bloka primarne obloge [ $m$ ]
- $\rho_s$  – gustoća odabrane primarne obloge [ $kg/m^3$ ]



### 2.2.2.2. Van der Meer-ova formula za uvijete plitkih voda

Za uvjete plitke vode, gdje je dubina manja od tri visine značajnog vala, Van der Meer preporučuje uvećanje parametra značajnog vala za dva posto, umjesto standardne značajne visine valova. To je zbog toga što raspodjela visine valova odstupa od Rayleighove raspodjele (uslijed razbijanja valova), pa se utjecaj valova na stabilnost primarnog sloja bolje opisuje karakterističnom vrijednošću raspodjele visine valova uvećanom za dva posto. Granična vrijednost između prebačenih valova i valova koji se prelome provodi se po istoj formuli kao i za duboke vode (5, 6), gdje se zbog uvećanja značajnog vala za dva posto moraju promijeniti koeficijenti valova koji za uvjete plitkih voda iznose  $c_{pl} = 8,7$ ,  $c_s = 1,4$ .

Za valove prebačene valove koristimo sljedeću formulaciju: (10) ( $\xi_m < \xi_{crit}$ ):

$$\frac{H_S}{\Delta D_{n50}} = c_{pl} P^{0,18} \left( \frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \frac{H_S}{H_{2\%}} \xi_m^{-0,5} \quad (10)$$

gdje je:

- $H_S$  – visina značajnog vala [m]
- $\Delta D_{n50}$  – medijan promjera bloka primarne obloge [m]
- $c_{pl}$  – koeficijent za prebačene valove (8,7)
- $P$  – koeficijent propusnosti – slika 28
- $S_d$  – parametar stupnja oštećenja – slika 29
- $N$  – broj valova
- $H$  - visina vala uvećana za 2% [m]
- $\xi_m$  – parametar loma vala

Za valove koji se prelome koristimo sljedeću formulaciju: (11) ( $\xi_m > \xi_{crit}$ ):

$$\frac{H_S}{\Delta D_{n50}} = c_s P^{-0,13} \left( \frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \frac{H_S}{H_{2\%}} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^P \quad (11)$$

gdje je:

- $H_s$  – visina značajnog vala [m]
- $\Delta D_{n50}$  - medijan promjera bloka primarne obloge [m]
- $c_s$  – koeficijent za valove koji se prelome (1)
- $P$  – koeficijent propusnosti – slika 28
- $S_d$  – parametar stupnja oštećenja - slika 29
- $N$  – broj valova
- $H$  - visina vala uvećana za 2% [m]
- $\alpha$  – nagib pokosa strukture [rad] – preporuča se  $\alpha \geq 4$  bez obzira na vrstu valova
- $\xi_m$  – parametar loma vala

U prethodno navedenim izrazima treba napomenuti kako je sigurniji pristup, sa gledišta dizajna struktura, koristiti formule za prebačene valove, bilo za uvijete duboke ili plitke voda, jer se u tom slučaju ne uzima u obzir smanjena visina vala koja dolazi zbog prijeloma istih. Stupanj oštećenja obalnih konstrukcija u plitkim vodama provodi se po istom načelu kao i ono u uvjetima dubokih voda. Masu i težinu primarnog kamenometa u uvjetima plitkih voda također određujemo prema formulacijama navedenim u dijelu izračuna za duboke vode (9).

#### 2.2.2.3. Uspinjanje i spuštanje valova po pokosu građevine

Općenito valovi na nasutim obalnim strukturama se lome zbog pokosa građevine. To uzrokuje uspinjanje i spuštanje valova po istom, koje je učestalo veće on visine dolaznog vala. Maksimalne vrijednosti tih pojava označavamo terminima eng. runup kao najviša gornja točka koji val može dosegnuti uspinjući se po nagibu građevine i eng. rundown kao najniža točka na koju se val može dostići spuštajući se po pokosu građevine u ovisnosti na srednju morsku razinu (slika 30). Projektirana razina uspinjanja upotrebljava se prilikom određivanja krune građevine, a može se koristiti također kao podatak kojim se određuje gornja granica primarne zaštite ili kao pokazatelj mogućeg prelijevanja preko građevine ili pak valne transmisije. Razina spuštanja koristi se za određivanje donje granice primarne zaštite građevine te kao podatak o određivanju moguće dubine nožice nasipa. Projektna razina uspinjanja i spuštanja valova po nagibu građevine u osnovi je bezdimenzionalna, a prikazuje za stupanj uspinjanja po pokosu građevine(12):

$$R_{dx}/H_s \tag{12}$$

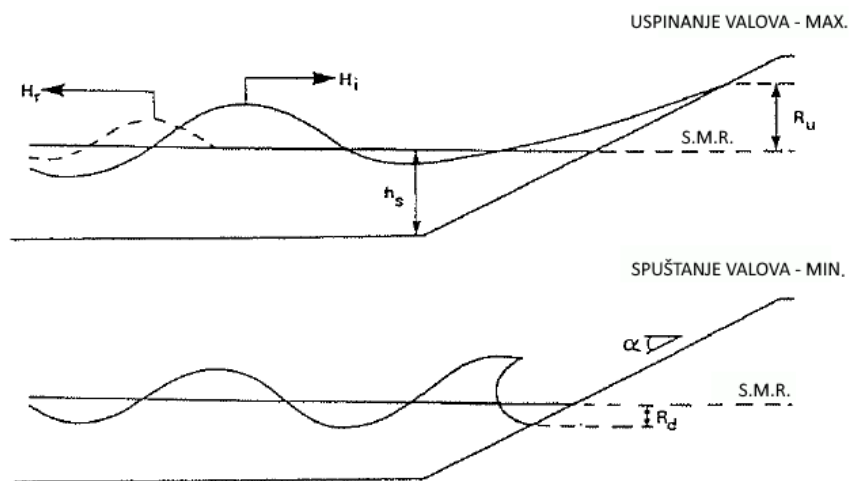
i za stupanj spuštanja po pokosu građevine (13):

$$R_{ux}/H_s \quad (13)$$

gdje je:

- $H_s$  – visina značajnog vala [m]
- $R_d$  – maksimalni nivo uspinjanja
- $R_u$  – maksimalni nivo spuštanja
- $\chi$  – faktor kojim se opisuje razina koja se smatra značajnom (na primjer 2%)

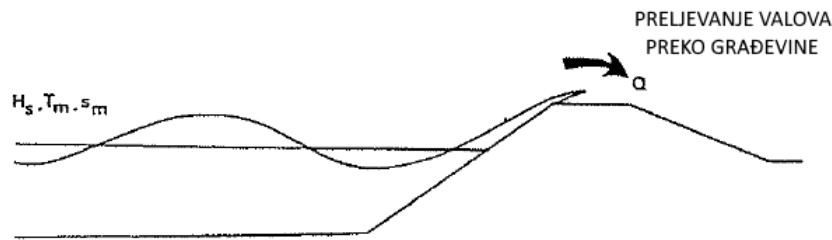
Spuštajući valovi na nagibu građevine obično odgovaraju trećini ili polovini nivoa uzdizanja valova po istoj.



Slika 30 – Prikaz valova koji se uspinju i spuštaju po pokosu građevine  
(Conceptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.)

#### 2.2.2.4. Preljevanje valova preko građevine

Ukoliko proračunom dobijemo viši nivo uspinjanja vala po nagibu građevine od visine krune na istoj, u tom slučaju dolazi do prelijevanja. Preljevanje preko građevine uglavnom se tolerira u manjoj ili većoj mjeri u ovisnosti o vrijednosti imovine koja se njome štiti, odnosno važno je da stupanj prelijevanja u ekstremnim uvjetima ne uzrokuje štetu na građevini ili imovini. Pa tako ukoliko je dopušteno kretanje pješaka po građevini najveći dozvoljeni preljevni protok mora biti manji od  $0,05 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ , a pak ukoliko se radi o vozilima isti mora biti manji od  $0,01 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ .



Slika 31 – Prikaz prelijevanja valova preko krune pera  
(Conceptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.)

Prilikom dimenzioniranja najvažnije je odrediti visinu građevine na taj način da prelijevanje ostane ispod prihvatljivih granica što je definirano sljedećom formulacijom (14):

$$Q = \frac{q}{\sqrt{gH_s^3}} \quad [m^3/s/m] \quad (14)$$

gdje je:

- $Q$  – preljevni protok [ $m^3/s/m$ ]
- $q$  – prosječno prelijevanje [ $m^3/s/m$ ]
- $g$  - gravitacija [ $9.81 m/s^2$ ]
- $H_s$  – visina značajnog vala [ $m$ ]

#### 2.2.2.5. Valna transmisija kroz građevinu

Transmisija valova pojavljuje se kao dio energije valova koja je prošla kroz poroznu strukturu građevine ili pak kao uzrok prelijevanja preko građevine. Ukoliko je građevina izložena valovima duljeg valnog perioda postoji veća mogućnost da dođe do valne transmisije kroz istu. Količina valne transmisije vrlo je važan podatak za stupanj valovanja unutar štice područja kako za stabilnost tako i za kompaktnost same građevine. Bezdimenzionalni stupanj valne transmisije određujemo sljedećom formulom (15):

$$C_t = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \quad (15)$$

gdje je:

- $C_t$  – stupanje valne transmisije
- $H_t$  – visina transmitiranih valova [ $m$ ]
- $H_i$  – visina incidentnih valova [ $m$ ]
- $E_t$  – energija transmitiranih valova [ $J$ ]
- $E_i$  – energija incidentnih valova [ $J$ ]

### 2.3. Dimenzioniranje zaštitnog praga žala

Kao što zaštitna pera žala služe kako bi sa spriječio tok sedimenta uzduž obale, zaštitni prag služi kako bi spriječio eroziju, odnos istog u dublje vode, a funkcionira na način da uzrokuje lom vala na samoj konstrukciji podmorskog praga, koji je sačinjen od krupnijeg kamenometa, a prije dolaska istog do sitnije i puno lakše završne granulacije na žalu. Podmorski prag također smanjuje volumen potrebne plažne ispune. U osnovi podmorski prag je ista vrsta pomorske građevine kao potopljeni lukobran, pa ćemo ga kao takvoga i promatrati, kroz metodologiju proračuna prema Hudson-u i J. W. van der Meer-u.

#### 2.3.1. Metodologija izračuna podmorskog praga prema Hudson-u

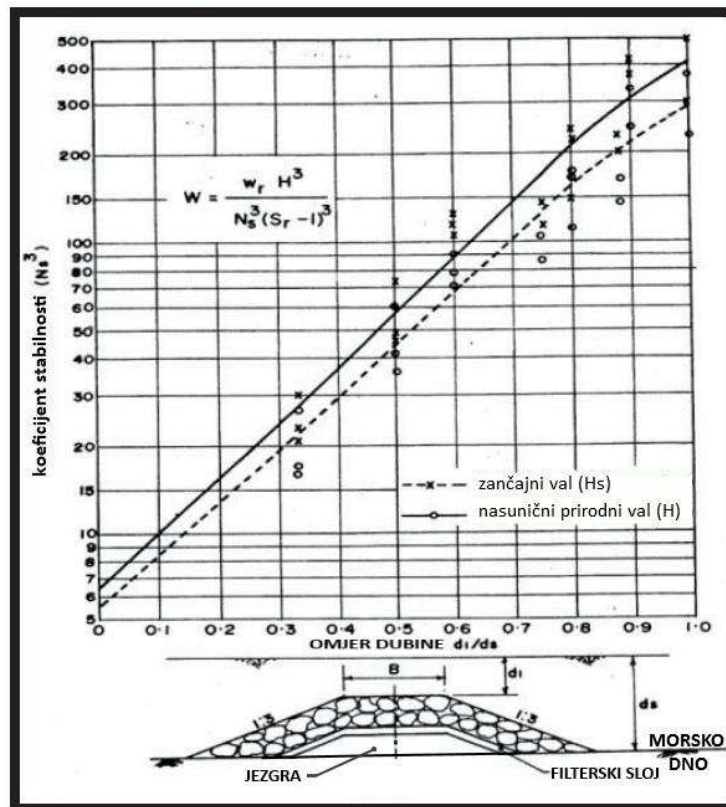
Hudson pristupa izračunu podmorskih pragova na sličan način kao i nasutim perima i lukobranima. Primarno je potrebno odrediti težinu elemenata primarne obloge podmorskog praga prema sljedećoj formuli (16):

$$W = \frac{w_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \text{ [kg]} \quad (16)$$

gdje je:

- $W$  – težina elementa primarne obloge [kg]
- $w_r$  – jedinična težina elemenata primarne obloge [kg]
- $H$  – visina vala [m]
- $N_s^3$  – koeficijent stabilnosti
- $S_r$  – specifična težina odabranog materijala

Koeficijent stabilnosti ( $N_s^3$ ) očitavamo iz priloženog dijagrama (slika 32) na način da podijelimo udaljenost od površine do krune podmorskog praga i udaljenost od površine do dna nožice podmorskog praga. Odredivši taj omjer možemo dobiti koeficijent stabilnosti za projektnu ili stvarnu visinu vala. Ostatak postupka provodi se prema formulacijama navedenima u poglavlju 2.1.1. metodologija proračuna prera prema Hudson-ovov formuli.



Slika 32 -Prikaz odnosa stabilne težine primarnog kamenometa podmorskog praga i dubine istog (A. V. Mahalingaiah et al.; Aquatic Procedia 4 (2015))

### 2.3.2. Metodologija izračuna podmorskog praga prema J. W. van der Meer-u

Van der Meer pristupa proračunu dimenzioniranja zaštitnog podmorskog praga žala uzevši u obzir mogući stupanj oštećenja istog. Razlika prilikom pristupa izračuna u odnosu na građevine koje nisu potopljene je utoliko što stupanj oštećenja kod podmorskog praga nije koncentriran na pokosu građevine već na samoj kruni. Formula za izračun stabilnosti podmorskog praga glasi (17):

$$\frac{h'_c}{h} = (2,1 + 0,1S)e^{-0,14N_s^*}$$

(17)

gdje je:

- $h'_c/h$  – relativna visina podmorskog praga
- $S$  – stupanj oštećenja (slika 45 van der meer priručnik)
- $N_s^*$  – broj spektralne stabilnosti

Broj spektralne stabilnosti izračunavamo po sljedećoj formulaciji (18):

$$N_s^* = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} S_p^{-1/3} \quad (18)$$

gdje je:

- $N_s^*$  – broj spektralne stabilnosti
- $H_s$  – visina vala
- $D_{n50}$  - medijan promjera bloka primarne obloge [m]
- $\Delta$  – gustoća kamena u morskoj vodi
- $S_p$  – strmina vala

Ukoliko formulu 18 preuredimo možemo direktno izračunati potrebnu dimenziju primarne obloge (19), te u tom slučaju prilagodbom formule 17 izračunavamo bezdimenzionalni broj spektralne stabilnosti (20):

$$D_{n50} = \frac{H_s}{\Delta N_s^*} S_0^{-1/3} \quad (19)$$

i

$$N_s^* = -7 \ln \left( \frac{1 + \frac{h'_c}{h}}{2,1 + 0,1S} \right) \quad (20)$$

Gdje se za stupanj oštećenja najčešće odabire vrijednost dva, što je i početna vrijednost prema kriterijima Hudson-ove formule. Potom ćemo masu bloka dobiti na način da dobiveni nominalni promjer bloka zaštitnog praga umnožimo sa gustoćom materijala od kojeg je isti izgrađen. Odstupanja u masi elemenata podmorskog praga iznosi od 70% do 130%.

## 2.4. Dimenzioniranje granulometrije žala

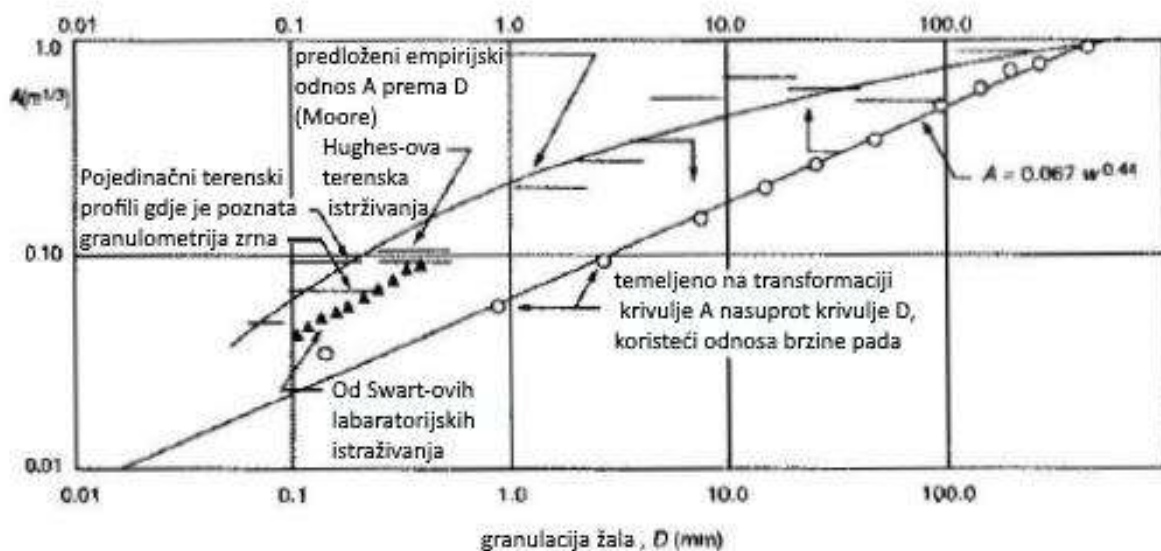
Plažna ispuna najčešće se izvodi kako šljunčana, pjeskovita ili pak kao mješavina ovih dvaju, riječ je najčešće isključivo o željenom nivou ugođe krajnjeg korisnika, ipak u svemu treba uzeti u obzir i valna djelovanja kao i dubinu na kojoj se ista izvodi. U pravilu što je krupnoća zrna ispunje veća, manja je mogućnost transporta istog, a time je omogućen i veći nagib plaže, što smanjuje trošak same gradnje. Poprečni nagib plaže u konačnici uslijed valnog djelovanja poprima konkavni presjek sa najvećom erozijom na mjestu loma vala. Izračun granulometrije žala provodimo po sljedećoj formulaciji (21):

$$z = A * y^m \quad (21)$$

gdje je:

- $z$  – dubina vode na najdubljem mjestu ispunje
- $A$  – eksperimentalni koeficijent – Dean-ov dijagram slika
- $y$  – udaljenost od obale
- $m$  – eksperimentalni koeficijent,  $m=2/3$

Prilikom svog istraživačkog rada Dean je na temelju teorije linearnih valova prikazao da je formula 21 u skladu sa jednakom disipacijom energije vala po jedinici volumena u zoni valova. Prema tome izrađen je dijagram kojim se prema odabranoj granulaciji zrna očitava eksperimentalni koeficijent  $A$  (slika 33).



Slika 33 – Dean-ov dijagram

(Dean G. Robert; *Beach Nourishment: Theory and Practice, Advanced Series on Ocean; Engineering: Vol. 18; 2002 g.*)

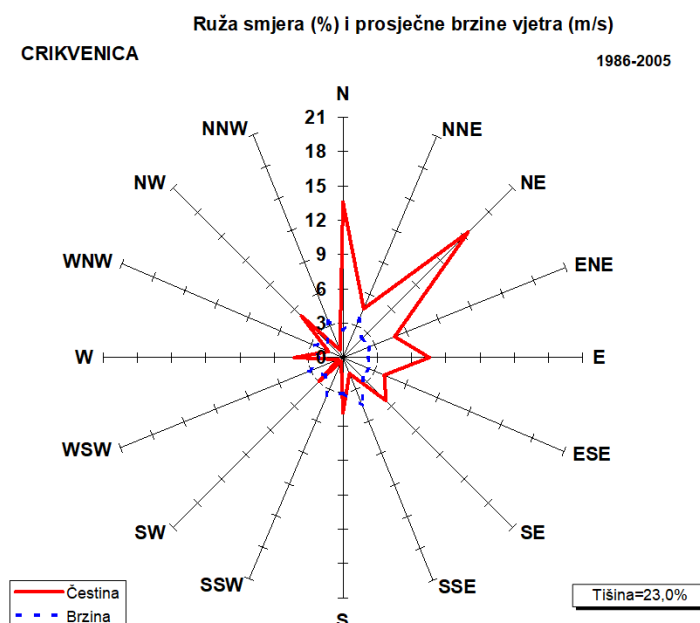


### 3. Pomorsko hidraulički proračun

Kako ovim radom obuhvaćamo prijedlog idejnog rješenja kupališta ali i lučice pomorsko hidraulički proračun podijeliti ćemo radi lakšeg izračuna na nekoliko cjelina. Potrebno je prvo odrediti iz kojeg smjera je mogući razvoj najvećih valova te koja je njihova visina kako bi kasnije mogli pristupiti izračunu umjetnog pera žala i zaštitnog praga žala koristeći prethodno dobivene valne parametre. Kako poseban dio na promatranoj poziciji je i mala komunalna lučica za čiju svrhu ćemo napraviti izračun nasutog lukobrana.

#### 3.1. Prognoza valova

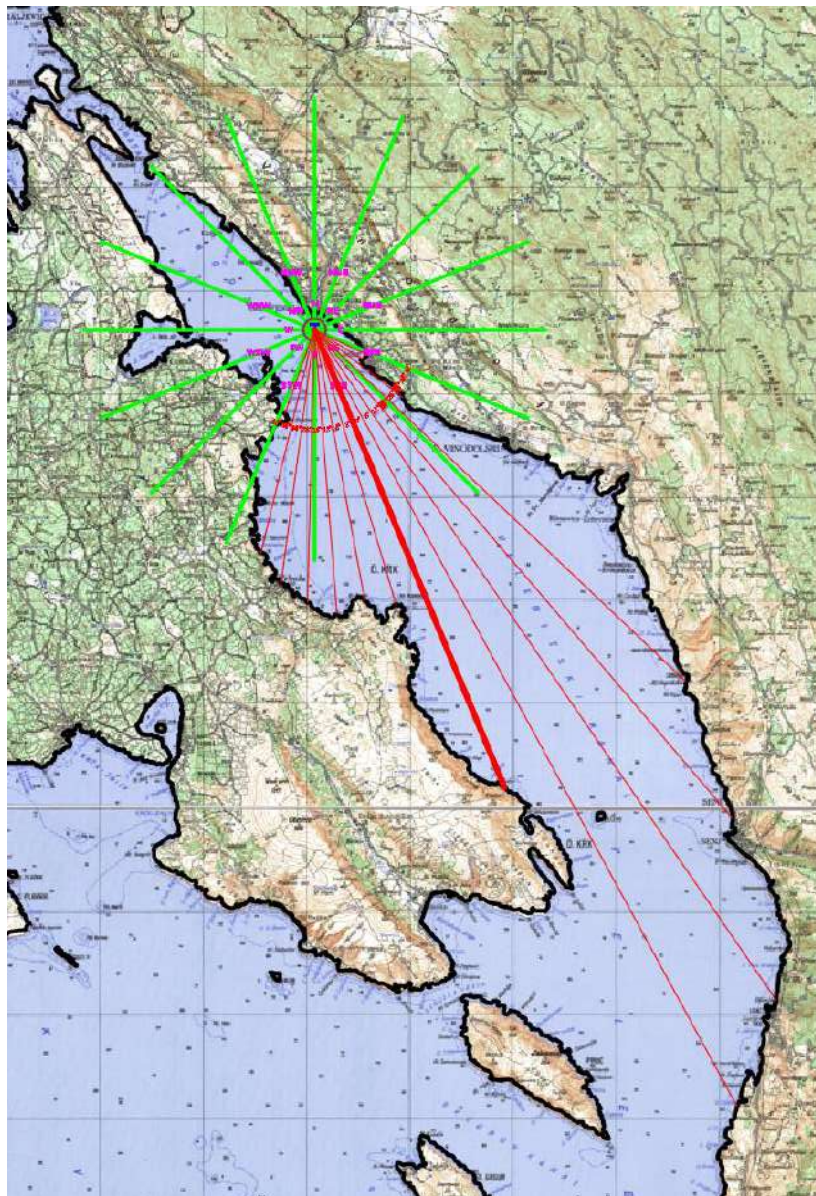
Tokom puhanja vjetra nad određenom vodenom površinom dolazi do istovremenog generiranja valova raznih visina, duljina i perioda. Ti parametri uvelike ovise o privjetrištu na koje vjetar djeluje, brzini i trajanju vjetra, dubini mora i duljini koju valovi prevale nakon što napuste aktivno privjetrište. Sukladno sa time, uvidom u ružu vjetrova za lokaciju Crikvenica (slika 34), napraviti ćemo izračun prognoze valova iz smjera jugoistoka (smjer SSE) i sjeverozapada (smjer WNW) sa obzirom da se ondje mogu dogoditi najjači vjetrovi i to su pozicije najvećih privjetrišta. Buru, koja je na promatranoj lokaciji prema mjerenjima uvjerljivo najsnažniji i najučestaliji vjetar, zbog svog smjera djelovanja iz pravca sjeveroistoka, nije potrebno uzeti u obzir zbog nultog privjetrišta.



Slika 34 – Ruža vjetrova za područje Crikvenice u razdoblju od 1986 do 2005 god. (Vjetrovna klima za područje uvale kod ušća Dubračine u Crikvenici, Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, Split, studeni 2006.)

### 3.1.1. Prognoza valova za jugoistočno privjetrište (smjer SSE)

Uvidom u geografske karte odmah uviđamo kako je najveće moguće privjetrište za promatranu lokaciju ono iz smjera jugoistoka (slika 35), prema ruži vjetrova iz stog smjera možemo očekivati i značajnije brzine vjetra. Naime u tom smjeru nema fizičkih barijera skroz do obale južno od Senja i istočne strane otoka Krka. Površinu privjetrišta proračunavamo tako da od osnovnog smjera (SSE) postavimo lepezasto linije pod  $45^\circ$  u jednu i drugu stranu sa međusobnom odmakom u rotaciji od  $6^\circ$ .



Slika 35 – Lepeza smjerova za proračun jugoistočnog (SSE) privjetrišta

Tako postavljene linije produžimo do najbližeg kopna te očitamo za svaku duljinu. Dobivene duljine iz svakog pojedinog smjera, zbog otklona od smjera djelovanja vjetra, potrebno je umanjiti za kosinus pripadajućeg kuta (slika 36) . Suma tako umanjenih vrijednosti, podijeljena sa sumom svih kosinusa kutova daje nam mjerodavnu površinu privjetrišta (22).

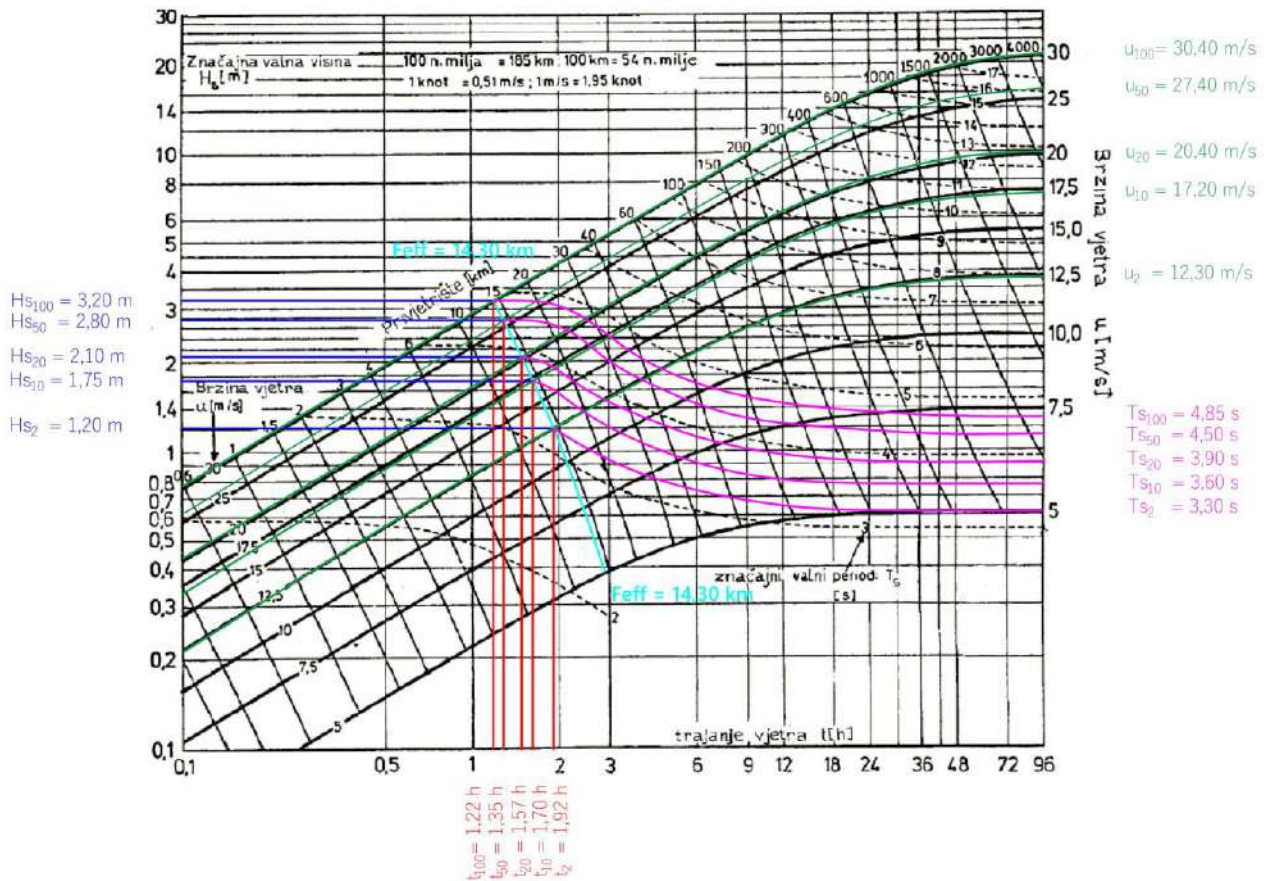
a (0)	42	36	30	24	18	12	6	0	6	12	18	24	30	36	42	SUM
Xi (km)	3,43	8,86	9,88	10,53	11,05	10,67	11,06	19,16	34,2	31,49	24,87	19,77	4,27	2,19	2,24	203,67
Xi*cosα (deg)	2,55	7,17	8,56	9,62	10,51	10,44	19,16	19,16	34,01	30,80	23,65	18,06	3,70	1,77	1,66	192,66

Slika 36 – Tablica duljine smjerova za provjetrište SSE korigirano za kosinus pripadajućeg kuta

$$F_{eff} = \frac{\sum xi * \cos\alpha}{\sum \cos\alpha} = \frac{192,70}{13,50} = 14,30 \text{ km}$$

(22)

Dobivenom površinom privjetrišta pristupamo očitavanju parametara značajne visine vala, trajanja vjetra, i značajnog valnog perioda, za povratne periode od dvije, deset, dvadeset, pedeset i sto godina. Na grafu (slika 37) je prikazan postupak očitavanja prethodno navedenih parametara.



Slika 37 -Prikaz očitavanja značajne visine vala, trajanju vjetra i značajnog valnog perioda (Skripta iz kolegija Obalne građevine 2017 g.)



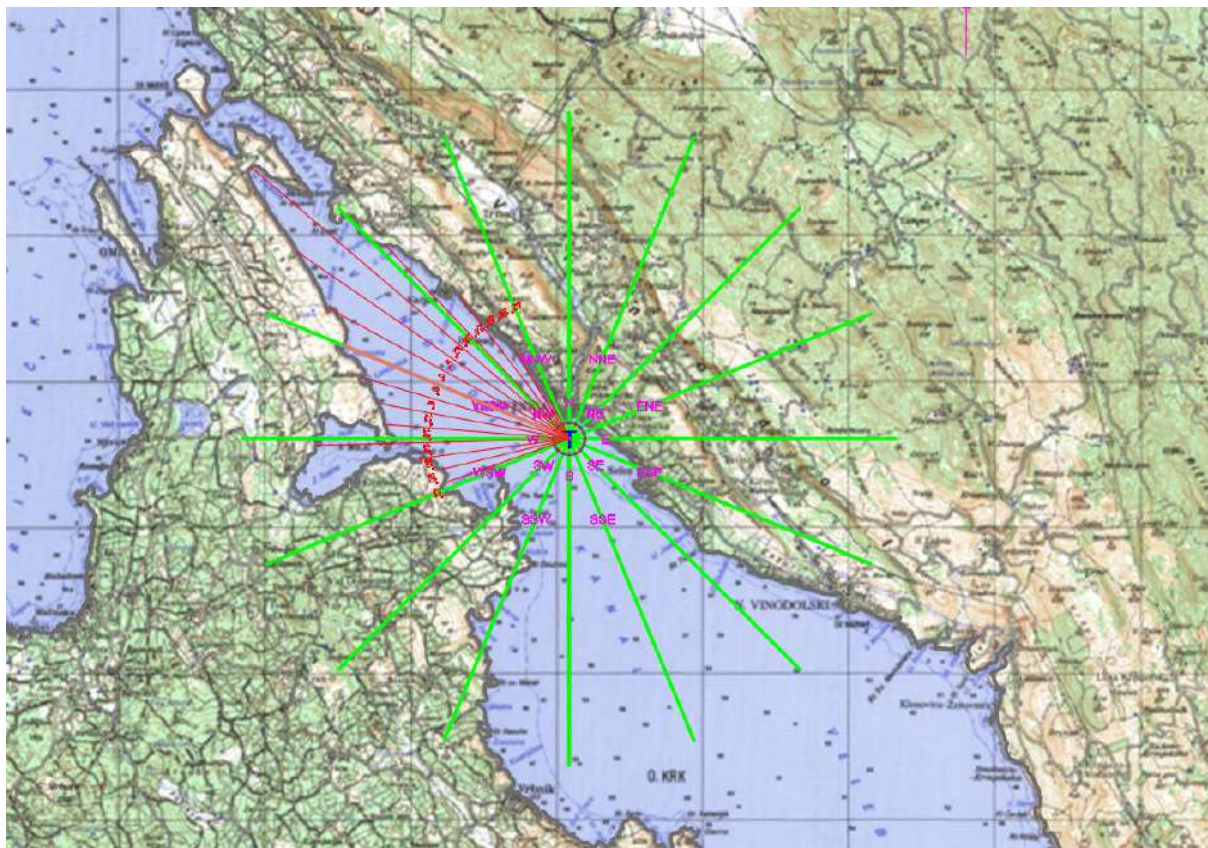
Prethodno očitane parametre ćemo radi lakšeg korištenja upisati u sljedeću tablicu (slika38):

smjer vjetra	privjetrište	u = 12,3 m/s (pp 2g.)			u = 17,2 m/s (pp 5g.)			u = 20,4 m/s (pp 10g.)			u = 27,4 m/s (pp 50g.)			u = 30,4 m/s (pp 100g.)			
		Feff [km]	Hs[m]	T [s]	tr [h]	Hs[m]	T [s]	tr [h]	Hs[m]	T [s]	tr [h]	Hs[m]	T [s]	tr [h]	Hs[m]	T [s]	tr [h]
157,5	SSE	14,3	1,2	3,3	1,92	1,75	3,6	1,7	2,1	3,9	1,57	2,8	4,5	1,35	3,2	4,85	1,22

Slika 38 – Tablični prikaz parametara značajne visine vala, trajanja vjetra i značajnog valnog perioda za povratni period od dvije, deset, dvadeset, pedeset i sto godina za smjer SSE.

### 3.1.2. Prognoza valova za sjeverozapadno privjetrište (smjer WNW)

Postupak određivanja površine privjetrišta kao i očitavanje parametara značajne visine vala, trajanja vjetra i značajnog valnog perioda, provodi se na isti način kao u točki 3.1.1. prognoza valova za jugoistočno privjetrište, ovoga rada.



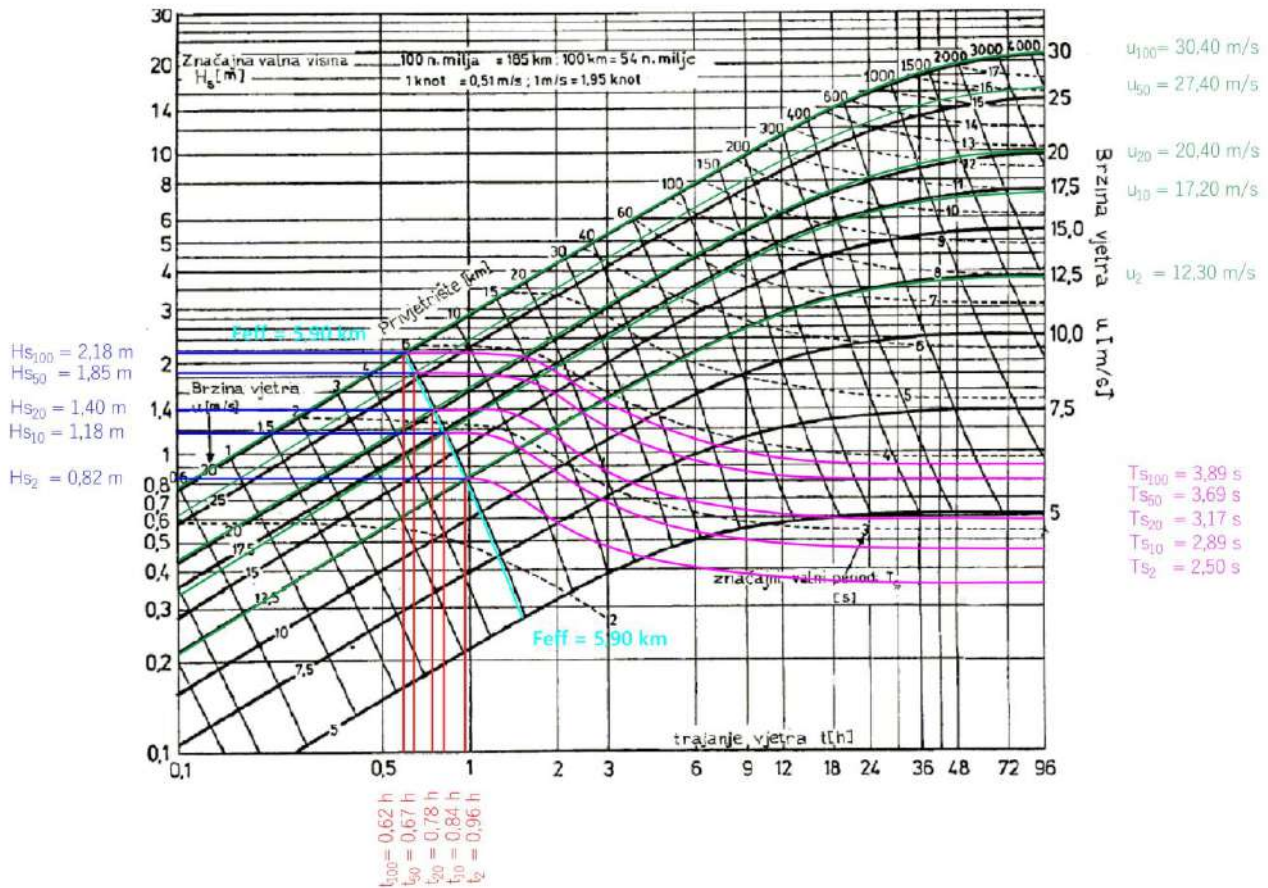
Slika 39 - Lepeza smjerova za proračun sjeverozapadnog (WNW) privjetrišta

a (0)	42	36	30	24	18	12	6	0	6	12	18	24	30	36	42	SUM
Xi (km)	3,61	3,54	4,28	6,91	5,06	5,31	5,95	6,64	7,55	9,01	11,42	7,28	4,92	2,82	1,14	85,44
Xi*cosa (deg)	2,68	2,86	3,71	6,31	4,81	5,19	5,92	6,64	7,51	8,81	10,86	6,65	4,26	2,28	0,85	79,35

Slika 40 - Tablica duljine smjerova za provjetrište WNW korigirano za kosinus pripadajućeg kuta

$$F_{eff} = \frac{\sum xi * \cos\alpha}{\sum \cos\alpha} = \frac{79,35}{13,50} = 5,90 \text{ km}$$

(23)



Slika 41 - Prikaz očitavanja značajne visine vala, trajanju vjetra i značajnog valnog perioda (Skripta iz kolegija Obalne građevine 2017 g.)

smjer vjetra	privjetrište	u = 12,3 m/s (pp 2g.)	u = 17,2 m/s (pp 5g.)	u = 20,4 m/s (pp 10g.)	u = 27,4 m/s (pp 50g.)	u = 30,4 m/s (pp 100g.)											
°		$F_{eff}$ [km]	$H_s$ [m]	T [s]	tr [h]	$H_s$ [m]	T [s]	tr [h]	$H_s$ [m]	T [s]	tr [h]	$H_s$ [m]	T [s]	tr [h]	$H_s$ [m]	T [s]	tr [h]
292,5	WNW	5,9	0,82	2,5	0,96	1,18	2,89	0,84	1,4	3,17	0,78	1,85	3,69	0,67	2,18	3,89	0,62

Slika 42 - Tablični prikaz parametara značajne visine vala, trajanja vjetra i značajnog valnog perioda za povratni period od dvije, deset, dvadeset, pedeset i sto godina za smjer WNW.

Usporedivši tablične prikaze za jugoistočno privjetrište (slika 38) i sjeverozapadno privjetrište (slika 42) uviđamo kako je jugoistočno privjetrište znatno veće te shodno tome iz ovog smjera mogu se očekivati znatno veća visina značajnog vala, kao i dulja trajanja vjetra, stoga proračun za jugoistočno privjetrište uzimamo kao mjerodavan za predmetnu lokaciju.



### 3.2. Proračun pera umjetnog žala

Proračun pera umjetnog žala provesti ćemo koristeći parametre valovanja dobivene iz poglavlja 3.1 – Prognoza valova za desetogodišnji povratni period, sve u skladu metodologijom proračuna pera prema Hudson-ovoj formuli.

- Početni parametri (privjetrište SSE):

Visina značajnog vala	$H_s = 2,10$ m
Period značajnog vala	$T_s = 3,90$ s
Vrsta obloge	3 (oštrobridni lomljeni kamen, slučajno položen)
Visina visoke vode	v.v. = 1,30m (za povratni period od 10 god.)
Dubina mora	6,00 m

- Provjera utjecaja morskog dna na valove

Uvjet	$d \geq 2,5 * H_s$
	$6,00 \geq 2,5 * 2,10$
Morsko dno ne utječe na valove	$6,00 \geq 5,25$

- Proračun težine primarnog kamenometa po Hudson-ovoj formuli

Visina projektnog vala	$H_{proj} = 2,10$ m
Gravitacija	$g = 9,81$ m/s <sup>2</sup>
Eksperimentalni koeficijent obloge	$K_D = 4,0$
Gustoća mase materijala primarne obloge	$\sigma_{obl} = 2600$ kg/m <sup>3</sup>
Gustoća mase mora	$\sigma_m = 1026$ kg/m <sup>3</sup>
Nagib pokosa pera	$ctg\alpha = 1:1,5 = 1,5$

$$G_A = \frac{\sigma_{obl} * g * H_{proj}^3}{K_D \left( \frac{\sigma_{obl}}{\sigma_m} - 1 \right)^3 * ctg\alpha} [N]$$

$$G_A = \frac{2600 * 9,81 * 2,10^3}{4,0 \left( \frac{2600}{1026} - 1 \right)^3 * 1,5} [N]$$

$$G_A = 10903,79 N$$

- Proračun mase primarnog kamenometa

$$M = \frac{G_A}{g} = \frac{10903,79}{9,81} = 1111,49 \text{ kg}$$

- Visina krune pera

$$K_k = v. v. + 1,25 * H_s [m]$$

$$K_k = 1,30 + 1,25 * 2,10 [m]$$

$$K_k = 3,92 \text{ m}$$

Usvojena visina krune pera  $K_k = 4,00 \text{ m. n. m.}$

- Širina krune pera

$$B = n * k_A \left( \frac{w}{\sigma_{obl}} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$B = 3 * 1 \left( \frac{10,90}{26} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$B = 2,24 \text{ m}$$

Usvojena širina krune pera  $B = 2,30 \text{ m}$

- Izračun debljine i maksimalne i minimalne mase primarnog kamenometa

$$r = n * k_A \left( \frac{w}{\sigma_{obl}} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$r = 2 * 1 \left( \frac{10,90}{26} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$r = 1,49 \text{ m}$$

Usvojeno debljina primarnog kamenometa  $r = 1,50 \text{ m}$

$$M_{max} = M * 1,25 = 1111,49 * 1,25 = 1389,36 \text{ kg}$$

Usvojena maksimalna masa primarnog kamenometa  $M_{max} = 1400 \text{ kg}$

$$M_{min} = M * 0,75 = 1111,49 * 0,75 = 833,61 \text{ kg}$$

Usvojena minimalna masa primarnog kamenometa  $M_{min} = 850 \text{ kg}$

- Izračun debljine i maksimalne i minimalne mase sekundarnog sloja

$$r_{10} = n * k_A \left( \frac{w_{10}}{\sigma_{obl}} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$r_{10} = 2 * 1 \left( \frac{1,09}{26} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$r_{10} = 0,69 m$$

*Usvojena debljina sekundarnog sloja  $r_{10} = 0,70 m$*

$$M_{\max(10)} = M_{10} * 1,30 = \frac{1111,49}{10} * 1,30 = 144,49 kg$$

*Usvojena maksimalna masa sekundarnog sloja  $M_{\max} = 150 kg$*

$$M_{\min(10)} = M_{10} * 0,70 = \frac{1111,49}{10} * 0,70 = 77,80 kg$$

*Usvojena minimalna masa sekundarnog sloja  $M_{\max} = 80 kg$*

- Izračun maksimalne i minimalne mase jezgre

$$M_{\max(4000)} = M_{4000} * 1,30 = \frac{1111,49}{4000} * 1,70 = 0,47 kg$$

*Usvojena maksimalna masa jezgre  $M_{\max} = 0,50 kg$*

$$M_{\min(4000)} = M_{4000} * 0,70 = \frac{1111,49}{4000} * 0,20 = 0,055 kg$$

*Usvojena minimalna masa jezgre  $M_{\max} = 0,1 kg$*

Možemo zaključiti kako je visina pera 4,0 m.n.m., a širina 2,30 m, masa primarnog kamenometa od 850 kg do 1400 kg, u debljini od 1,50 m, masa sekundarnog sloja od 80 kg do 150 kg u debljini od 0,70 m i masa jezgre od 0,01 kg do 0,5 kg.

### 3.3. Proračun zaštitnog praga žala

Proračun zaštitnog praga žala provesti ćemo koristeći parametre valovanja dobivene iz poglavlja 3.1 – Prognoza valova za desetogodišnji povratni period, sve u skladu metodologijom proračuna pera prema van der Meer-ovoj formuli.

Valni parametri (privjetrište SSE):

Visina značajnog vala	$H_s = 2,10 \text{ m}$
Period značajnog vala	$T_s = 3,90 \text{ s}$

- Određivanje dubokovodne duljine vala

$$L_s = \frac{g * T_s^2}{2 * \pi} [m]$$

$$L_s = \frac{9,81 * 3,90^2}{2 * 3,14} [m]$$

$$L_s = 23,76 \text{ m}$$

*Odabrana dubokovodna duljina vala  $L_s = 24,00 \text{ m}$*

- Određivanje strmine vala

$$s_0 = \frac{H_s}{L_s} = \frac{2,10}{24} = 0,0875 \text{ m}$$

- Proračun kamenometa podmorskog praga prema van der Meer-u

Dubina mora	$d = 6,00 \text{ m}$
Razina mora	$RM = 0 \text{ m}$
Kota krune praga	$k_k = - 1,75 \text{ m}$
Uronjenost krune praga	$R_c = k_k - RM = - 1,75 - 0 = - 1,75 \text{ m}$
Relativna uronjenost	$R_c / d = - 1,75 / 6,00 = - 0,292$
Gustoća mase materijala primarne obloge	$\sigma_{obl} = 2600 \text{ kg/m}^3$
Gustoća mase mora	$\sigma_m = 1026 \text{ kg/m}^3$
Relativna gustoća	$\Delta = (\sigma_{obl}/\sigma_m) - 1 = (2600/1026) - 1 = 1,54$
Gravitacija	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
Dozvoljeni stupanj oštećenja	$S = 2$

- Izračun spektralne stabilnosti

$$N_s = -7 \ln \left( \frac{1 + \frac{R_c}{d}}{2,1 + 0,1 * S} \right)$$

$$N_s = -7 \ln \left( \frac{1 - 0,292}{2,1 + 0,1 * 2} \right)$$

$$N_s = 8,248$$

- Izračun nominalnog promjera i mase kamenometa zaštitnog praga

$$D_{50} = \frac{H_s}{\Delta * N_s} * s_0^{-\frac{1}{3}} [m]$$

$$D_{50} = \frac{2,10}{1,54 * 8,248} * 0,0875^{-\frac{1}{3}} [m]$$

$$D_{50} = 0,375 m$$

$$M_{50} = D_{50}^3 * \sigma_{obl} [kg]$$

$$M_{50} = 0,375^3 * 2600 [kg]$$

$$M_{50} = 137,11 kg$$

- Izračun maksimalne i minimalne mase kamenometa zaštitnog praga

$$M_{max} = 1,30 * M_{50} = 1,30 * 137,11 = 178,24 kg$$

Usvojena maksimalna masa kamenometa zaštitnog praga  $M_{max} = 200 kg$

$$M_{min} = 0,70 * 137,11 = 95,97 kg$$

Usvojena minimalna masa kamenometa zaštitnog praga  $M_{min} = 100 kg$

Zaštitni prag žala izvesti će se na dubini od - 1,75m od razine mora, u širini krune od 3 m, te sa kamenometom mase od 100 kg do 200 kg. Preporučljivo je zbog smanjenja troška izvesti jezgru zaštitnog praga kamenim materijalom mase od 0,1 kg do 100 kg.



### 3.4. Proračun nasutog lukobrana

Proračun nasutog lukobrana prema istoj metodi korištenoj za izračun nasutog pera u poglavlju 3.2. Parametre valovanja preuzeti ćemo iz poglavlja 3.1 – Prognoza valova za desetogodišnji povratni period.

- Početni parametri (privjetrište SSE):

Visina značajnog vala	$H_s = 2,10 \text{ m}$
Period značajnog vala	$T_s = 3,90 \text{ s}$
Vrsta obloge	3 (oštrobridni lomljeni kamen, slučajno položen)
Visina visoke vode	v.v. = 1,30m (za povratni period od 10 god.)
Dubina mora	3,00 m

- Provjera utjecaja morskog dna na valove

Uvjet	$d \geq 2,5 * H_s$
	$3,00 \geq 2,5 * 2,10$
Morsko dno utječe na valove (valovi se lome)	$3,00 \geq 5,25$

- Proračun težine primarnog kamenometa po Hudson-ovoj formuli

Visina projektnog vala	$H_{proj} = 2,10 \text{ m}$
Gravitacija	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
Eksperimentalni koeficijent obloge	$K_D = 2,2$
Gustoća mase materijala primarne obloge	$\sigma_{obl} = 2600 \text{ kg/m}^3$
Gustoća mase mora	$\sigma_m = 1026 \text{ kg/m}^3$
Nagib pokosa pera	$ctg\alpha = 1:1,5 = 1,5$

$$G_A = \frac{\sigma_{obl} * g * H_{proj}^3}{K_D \left(\frac{\sigma_{obl}}{\sigma_m} - 1\right)^3 * ctg\alpha} [N]$$

$$G_A = \frac{2600 * 9,81 * 2,10^3}{2,2 \left(\frac{2600}{1026} - 1\right)^3 * 1,5} [N]$$

$$G_A = 19825,01 \text{ N}$$

- Proračun mase primarnog kamenometa

$$M = \frac{G_A}{g} = \frac{19825,01}{9,81} = 2020,89 \text{ kg}$$

- Visina krune pera

$$K_k = v. v. + 1,25 * H_s [m]$$

$$K_k = 1,30 + 1,25 * 2,10 [m]$$

$$K_k = 3,92 \text{ m}$$

Usvojena visina krune pera  $K_k = 4,00 \text{ m. n. m.}$

- Širina krune pera

$$B = n * k_A \left( \frac{w}{\sigma_{obl}} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$B = 3 * 1 \left( \frac{20,20}{26} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$B = 2,76 \text{ m}$$

Usvojena širina krune pera  $B = 2,80 \text{ m}$

- Izračun debljine i maksimalne i minimalne mase primarnog kamenometa

$$r = n * k_A \left( \frac{w}{\sigma_{obl}} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$r = 2 * 1 \left( \frac{20,20}{26} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$r = 1,84 \text{ m}$$

Usvojeno debljina primarnog kamenometa  $r = 1,90 \text{ m}$

$$M_{max} = M * 1,25 = 2020,89 * 1,25 = 2526,11 \text{ kg}$$

Usvojena maksimalna masa primarnog kamenometa  $M_{max} = 2600 \text{ kg}$

$$M_{min} = M * 0,75 = 2020,89 * 0,75 = 1515,66 \text{ kg}$$

Usvojena minimalna masa primarnog kamenometa  $M_{max} = 1600 \text{ kg}$

- Izračun debljine i maksimalne i minimalne mase sekundarnog sloja (I međusloj)

$$r_{10} = n * k_A \left( \frac{W_{10}}{\sigma_{obl}} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$r_{10} = 2 * 1 \left( \frac{2,02}{26} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$r_{10} = 0,85 m$$

Usvojena debljina sekundarnog sloja (I međusloj)  $r_{10} = 0,90 m$

$$M_{\max(10)} = M_{10} * 1,30 = \frac{2020,89}{10} * 1,30 = 262,71 kg$$

Usvojena maksimalna masa sekundarnog sloja (I međusloj)  $M_{\max} = 280 kg$

$$M_{\min(10)} = M_{10} * 0,70 = \frac{2020,89}{10} * 0,70 = 141,46 kg$$

Usvojena minimalna masa sekundarnog sloja (I međusloj)  $M_{\max} = 150 kg$

- Izračun debljine i maksimalne i minimalne mase sekundarnog sloja (II međusloj)

$$r_{200} = n * k_A \left( \frac{W_{200}}{\sigma_{obl}} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$r_{200} = 2 * 1 \left( \frac{10,1}{2600} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$r_{200} = 0,31 m$$

Usvojena debljina sekundarnog sloja (II međusloj)  $r_{200} = 0,40 m$

$$M_{\max(200)} = M_{200} * 1,30 = \frac{2020,89}{200} * 1,50 = 15,15 kg$$

Usvojena maksimalna masa sekundarnog sloja (II međusloj)  $M_{\max} = 20 kg$

$$M_{\min(200)} = M_{200} * 0,70 = \frac{2020,89}{200} * 0,50 = 5,05 kg$$

Usvojena minimalna masa sekundarnog sloja (II međusloj)  $M_{\max} = 5 kg$

- Izračun maksimalne i minimalne mase jezgre

$$M_{\max(4000)} = M_{4000} * 1,30 = \frac{2020,89}{4000} * 1,70 = 0,85 \text{ kg}$$

$$\text{Usvojena maksimalna masa jezgre } M_{\max} = 1,00 \text{ kg}$$

$$M_{\min(4000)} = M_{4000} * 0,70 = \frac{2020,89}{4000} * 0,20 = 0,10 \text{ kg}$$

$$\text{Usvojena minimalna masa jezgre } M_{\max} = 0,10 \text{ kg}$$

- Izračun nožice lukobrana (širina i visina)

$$\check{s} = 3 * r_{10} = 3 * 0,85 = 2,55 \text{ m}$$

$$h = 2 * r_{10} = 2 * 0,85 = 1,70 \text{ m}$$

- Izračun donje kote primarnog sloja lukobrana

$$U \text{ lučkom bazenu} = -H_s = -2,10 \text{ m}$$

$$Izvan \text{ lučkog bazena} = -1,5 * H_s = -1,5 * 2,10 = -3,15 \text{ m}$$

Možemo zaključiti kako je visina pera 4,0 m.n.m., a širina 2,80 m, masa primarnog kamenometa od 1600 kg do 2600 kg, u debljini od 1,90 m, masa sekundarnog sloja (I međusloj) od 150 kg do 280 kg u debljini od 0,90 m, masa sekundarnog sloja (II međusloj) od 5 kg do 20 kg u debljini od 0,40 m i masa jezgre od 0,01 kg do 0,5 kg. Primarni kamenomet potrebno je sa strane ličkog bazena spustiti na dubinu os -2,10m a sa vanjske starane lučkog bazena na dubinu -3,15m. Sa obje strane lukobrana potrebno je izvesti nožicu u cijeloj duljini širine 2,55m i visine 1,70m.

- Dimenzioniranje primarne obloge sa uzevši u obzir mogući stupanj oštećenja

Kako bi smanjili troškove izgradnje ovakvih monumentalnih građevina moguće je planski dimenzionirati primarnu oblogu lukobrana sa mogućim stupnjem oštećenja (tablica 4). Hudson-ova formula ne uzima u obzir oštećenje građevine uslijed valnog djelovanja (moguće oštećenje lukobrana prema Hudsonu je od 0% do 5%), u sljedećoj tablici (tablica 5) prikazati ćemo nominalnu težinu primarne obloge sa različitim stupnjem oštećenja od 5% do 30%.

### Početni parametri:

Visina značajnog vala	$H_s = 2,10$ m
Nominalna težina primarne obloge prema Hudsonu	$M = 2020,89$ kg
Maksimalna težina primarne obloge prema Hudsonu	$M_{\max.} = 2526,11$ kg
Minimalna težina primarne obloge prema Hudsonu	$M_{\min.} = 1515,66$ kg

Proračun ćemo izvesti po sljedećoj tipskoj formulaciji

$$H_{SD} = \frac{H_s}{(H/H_{D=0})} [m]$$

Tablica 4 –  $H/H_{D=0}$  kao funkcija stupnja oštećenja primarne obloge građevine (Skripta iz kolegija Inženjerstvo obalnih građevina 2014 g.)

Vrsta obloge	Stupanj oštećenja D (%)						
	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50
Kamen - glatki	1,00	1,08	1,14	1,20	1,29	1,41	1,54
Kamen - oštrobridni	1,00	1,08	1,19	1,27	1,37	1,47	1,56 <sup>(b)</sup>
Tetrapodi i quadripodi	1,00	1,09	1,17 <sup>(c)</sup>	1,24 <sup>(c)</sup>	1,32 <sup>(c)</sup>	1,41 <sup>(c)</sup>	1,50 <sup>(c)</sup>
Tribari	1,00	1,11	1,25 <sup>(c)</sup>	1,36 <sup>(c)</sup>	1,50 <sup>(c)</sup>	1,59 <sup>(c)</sup>	1,64 <sup>(c)</sup>
Dolosi	1,00	1,10	1,14 <sup>(c)</sup>	1,17 <sup>(c)</sup>	1,20 <sup>(c)</sup>	1,24 <sup>(c)</sup>	1,27 <sup>(c)</sup>

Gdje je:

- (a) – debljina lukobrana  $n=2$ , elementi obloge nasumično položeni, valovi koji se ne lome, zanemarivo prelijevanje preko lukobrana
- (b) – vrijednost za koso interpolirane ili ekstrapolirane elemente
- (c) - OPREZ: test ne uključuje mogući efekt sloma obloge. Valovi koji premašuju projektne uvjete visine vala za više od 10 posto mogu rezultirati znatno većom štetom od vrijednosti u tablici

Tablica 5 – Tablica prikaza visine vala, nominalne, maksimalne i minimalne težine primarne obloge sa stupnjem oštećenja lukobrana od 0% do 30%

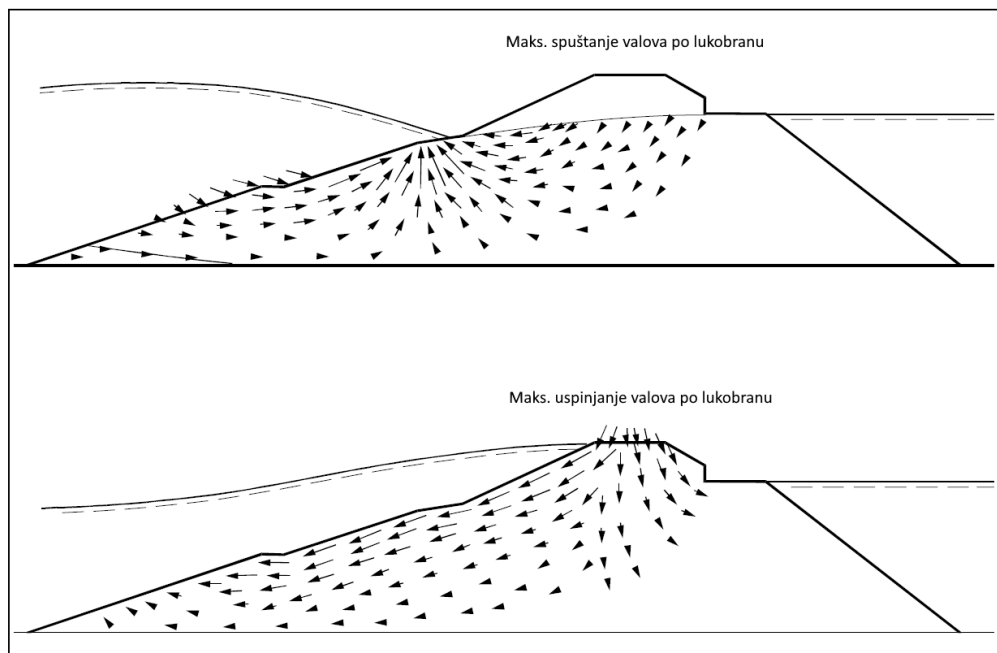
Stupanj oštećenja D [%]	Koef. ( $H/H_{D=0}$ )	Visina vala $H_s$ [m]	Težina primarne obloge M [kg]	Max. težina primarne obloge $M_{\max.}$ [kg]	Min. težina primarne obloge $M_{\min.}$ [kg]
0-5	1,00	2,10	2020,89	2526,11	1515,66
5-10	1,08	1,94	1871,19	2338,99	1403,39
10-15	1,14	1,84	1772,71	2215,89	1329,52
15-20	1,20	1,75	1684,07	2105,09	1263,05
20-30	1,29	1,63	1566,58	1958,22	1174,93

Zaključno možemo zaključiti kako bi zbog troškova i kompleksnosti gradnje ovako male lučice bilo bolje odabrati primarnu oblogu umanjenu za stupanj oštećenja lukobrana od 15% do 20%.

- Uspinjanje i spuštanje valova po nagibu lukobrana

Valovi uzrokovani vjetrom lome se na većini građevina sa nagibom. To se događa najčešće zbog relativno malog valnog perioda kod ove vrste valova. Koliko će se valovi uspeti ili spustiti po nagibu uvelike ovisi o strmosti samog nagiba građevine, hrapavosti, vodopropusnosti i porozitetu istog, kao i o visini i strmosti incidentnih valova, te njihovoj interferenciji sa reflektirajućim valovima od građevine. Prema svemu navedenom mogu se očekivati najveće vrijednosti uspinjanja i spuštanja valova po građevini, mjereno od srednje morske razine, upravo za građevine sa blagim, glatkim i vodonepropusnim nagibom.

Kako se tokom uspinjanja valova po nagibu građevine, zbog višeg potencijala morska voda infiltrira u zrakom ispunjene pore građevine, kasnije prilikom spuštanja voda unutar pora građevine preuzima viši potencijal te izlazi iz istih (slika ). Zbog tog djelovanja ukoliko razlika potencijala postane prevelika, može doći do sloma primarne obloge u području malo ispod srednje morske razine, odnosno izbacivanja pojedinih blokova primarne obloge iz svojih pozicija prilikom napuštanja vode iz pora građevine. Preljevanje valova preko krune građevine smanjuje razliku potencijala, dok gradnja zida na kruni koji sprječava preljevanje isti povećava. Prema tome možemo uočiti kako određeni dio lukobrana ima poprečni presjek u obliku slova „S“ u nivou srednje morske razine.



Slika 43 – Prikaz razlike potencijala prilikom uspinjanja i spuštanja valova po nagibu građevine (Skripta iz kolegija Inženjerstvo obalnih građevina 2014 g.)



Početni parametri:

Visina značajnog vala	$H_s = 2,10 \text{ m}$
Period značajnog vala	$T_s = 3,90 \text{ s}$
Pokos lukobrana	$\text{tg}\alpha = 1/1,5$
Koeficijent propusnosti	$P = 0,4$

Potrebno je odrediti parametar loma vala (surf-similarity parametar)

$$\xi_{om} = \frac{\text{tg}\alpha}{\sqrt{S_{om}}} \quad \text{ili} \quad \xi_{op} = \frac{\text{tg}\alpha}{\sqrt{S_{op}}}$$

$$\xi_{om} = \frac{\text{tg}\alpha}{\sqrt{S_{om}}} = \frac{0,67}{0,088} = 2,26$$

Gdje je:

Strmost vala

$$S_{om} = \frac{2\pi}{g} * \frac{H_s}{T_s^2} = \frac{2 * 3,14}{9,81} * \frac{2,10}{3,90^2} = 0,088$$

Duljina značajnog vala

$$L_{om} = \frac{H_s}{S_{om}} = \frac{2,10}{0,088} = 23,86 \text{ m}$$

Prema prethodno dobivenom izračun uspinjanja valova po nagibu građevine izvesti ćemo prema formuli i prema nomogramu van der Meer-a (slika44):

- Izračun prema formuli (prema zadovoljavanju uvjeta)

$$= A\xi_{om} \quad \text{za } 1,0 < \xi_{om} \leq 1,5$$

$$R_{ui\%}/H_s = B * (\xi_{om})^c \text{ za } 1,0 < \xi_{om} \leq (D/B)^{1/c}$$

$$= D \quad \text{za } (D/B)^{1/c} < \xi_{om} \leq 7,5$$

Tablica 6 – Koeffcijent uspinjanja nepravilnih valova po nepropusnom i propusnom nagibu građevine (Skripta iz kolegija Inženjerstvo obalnih građevina 2014 g.)

Postotak <sup>1</sup>	A	B	C	D <sup>2</sup>
0,10	1,12	1,34	0,55	2,58
2,00	0,96	1,17	0,46	1,97
5,00	0,86	1,05	0,44	1,68
10,00	0,77	0,94	0,42	1,45
(značajan)	0,72	0,88	0,41	1,35
50 (prosjeak)	0,47	0,60	0,34	0,82

Gdje je:

<sup>1</sup> – razina prekoračenja u ovisnosti o broju valova

<sup>2</sup> - odnosi se samo na propusne nagibe

$$R_{ui\%}/H_s = A\xi_{om} \text{ za } 1,0 < \xi_{om} \leq 1,5$$

$$1,0 < 2,26 \leq 1,5 \quad - \quad \text{Ne zadovoljava}$$

$$R_{2\%}/H_s = B * (\xi_{om})^c \text{ za } 1,0 < \xi_{om} \leq (D/B)^{1/c}$$

$$1,0 < 2,26 \leq (1,97/1,17)^{1/0,46}$$

$$1,0 < 2,26 \leq 3,1 \quad - \quad \text{Zadovoljava}$$

$$R_{ui\%}/H_s = D \text{ za } (D/B)^{1/c} < \xi_{om} \leq 7,5$$

$$(1,97/1,17)^{1/0,46} < 2,26 \leq 7,5$$

$$3,1 < 2,26 \leq 7,5 \quad - \quad \text{Ne zadovoljava}$$

*Slijedi prema navedenome*

$$R_{2\%}/H_s = B * (\xi_{om})^c$$

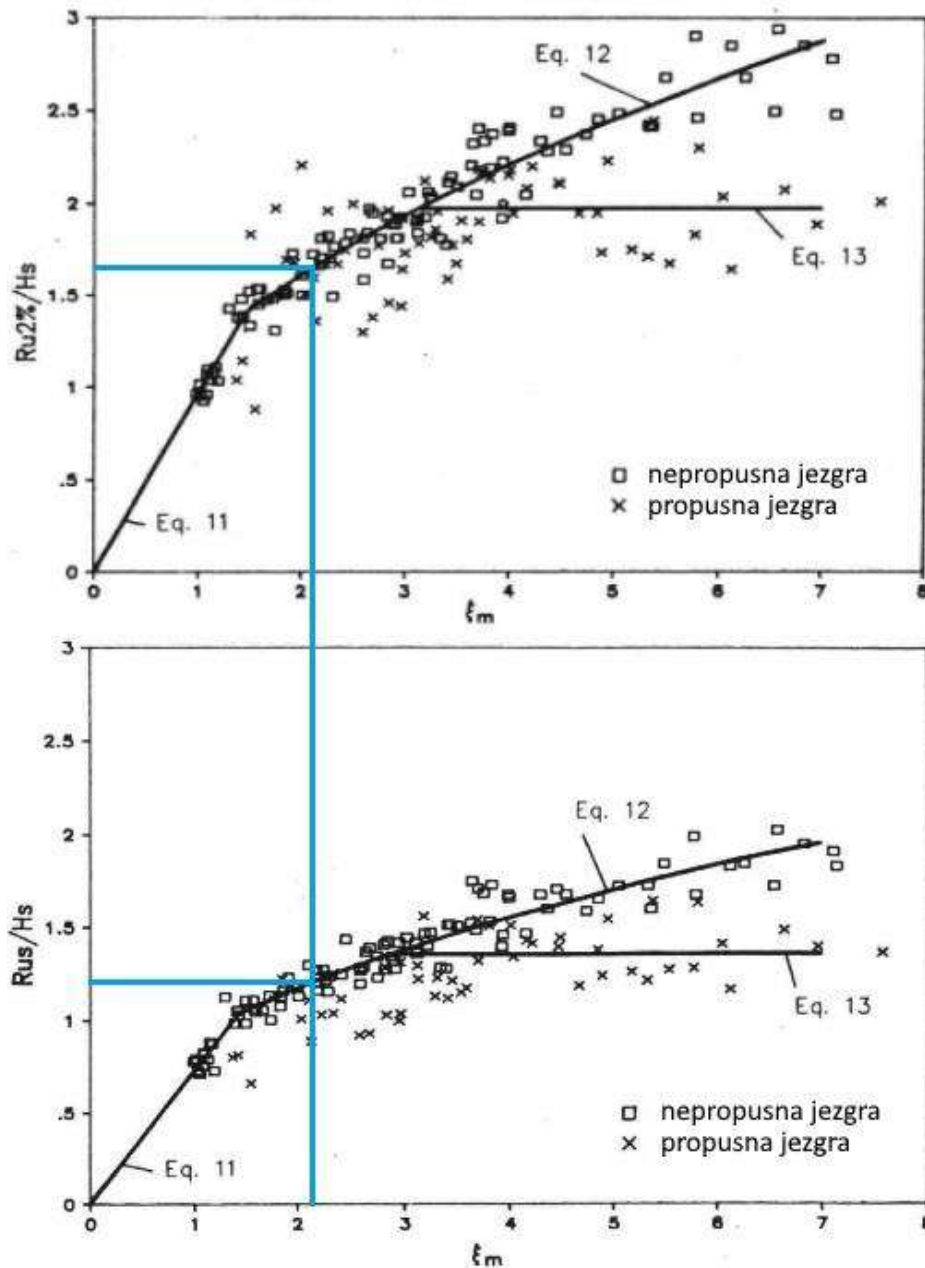
$$R_{2\%} = B * (\xi_{om})^c * H_s$$

$$R_{2\%} = 1,17 * (2,26)^{0,46} * 2,10$$

$$R_{2\%} = 3,58 \text{ m}$$

Visina uspinjanja u odnosu na srednju morsku razinu prema formuli. Visinu uspinjanja izračunatu prema formuli možemo uzeti kako mjerodavnu zbog veće vrijednosti .

- Izračun prema nomogramu van der Meer-a



Slika 44 – Nomogram postotka i značajnog uspinjanja nepravilnih valova po nepropusnom i propusnom nagibu građevine  
(Conceptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.)

Očitano iz nomograma (slika 44)  $R_{2\%}/H_s = 1,65$

Formula za izračun visine uspinjanja

$$R_{2\%} = 1,65 * H_s = 1,65 * 2,10 = 3,465 \text{ m}$$

Visina uspinjanja u odnosu na srednju morsku razinu prema nomogramu

- Prelijevanje valova preko krune lukobrana

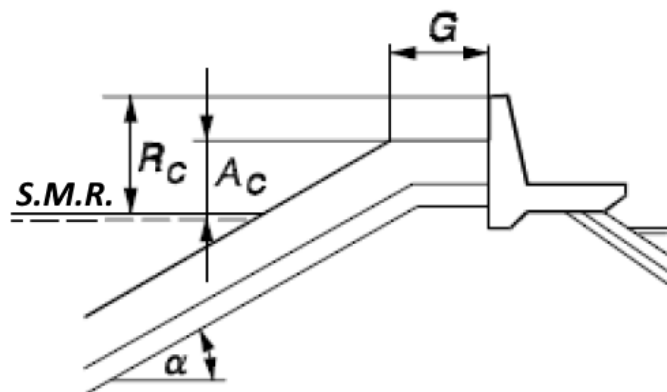
Prelijevanje valova preko lukobrana nastaje kada je uspinjanje valova po nagibu lukobrana veće od visine krune lukobrana. Prilikom projektiranja ovakvih građevina najčešće se dozvoljava prelijevanje preko lukobrana u većoj ili manjoj mjeri što naravno uvelike ovisi o namjeni zone štićene lukobranom. Pa tako ukoliko je riječ o lučici sa privezanim brodicama moguće je dozvoliti veću količinu prelijevanja koja neće napraviti štetu na istim, dok kod lukobrana na kojima se odvija gospodarska djelatnost utovara i istovara roba, prelijevanje se može dopustiti samo u iznimnim slučajevima. Prebjega ovom načinu sasvim je jasna jer se prelijevanje događa ukoliko lukobran nije dovoljno visok, a smanjenjem visine nasutog lukobrana, zbog njegovog karakterističnog trapeznog poprečnog presjeka, uvelike se smanjuje i količina potrebnog materijala za gradnju a time i cijena. Također visoki lukobrani nepovratno bi naštetili vizuru prostora u kojem se nalaze. Relativan visina krune lukobrana izuzetno je važna te ukoliko ona iznosi manje od 0,30 tada dolazi do ekstremnog prelijevanja neovisno o ostalim relevantnim parametrima.

Početni parametri:

Visina značajnog vala	$H_s = 2,10 \text{ m}$
Period značajnog vala	$T_{om} = 3,90 \text{ s}$
Duljina značajnog vala	$L_{om} = 23,68 \text{ m}$
Pokos lukobrana	$\text{ctg}\alpha = 1/(1/1,5)$

Ostali fizički parametri (slika 45):

Širina krune ispred zida krune lukobrana	$G = 1,00 \text{ m}$
Visina od S.M.R. do vrha zida krune lukobrana	$R_c = 3,00 \text{ m}$
Visina od S.M.R. do vrha primarne obloge	$A_c = 1,75 \text{ m}$



Slika 45 – Prikaz fizičkih parametara potrebnih za izračun količine prelijevanja preko lukobrana  
(Conceptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.)

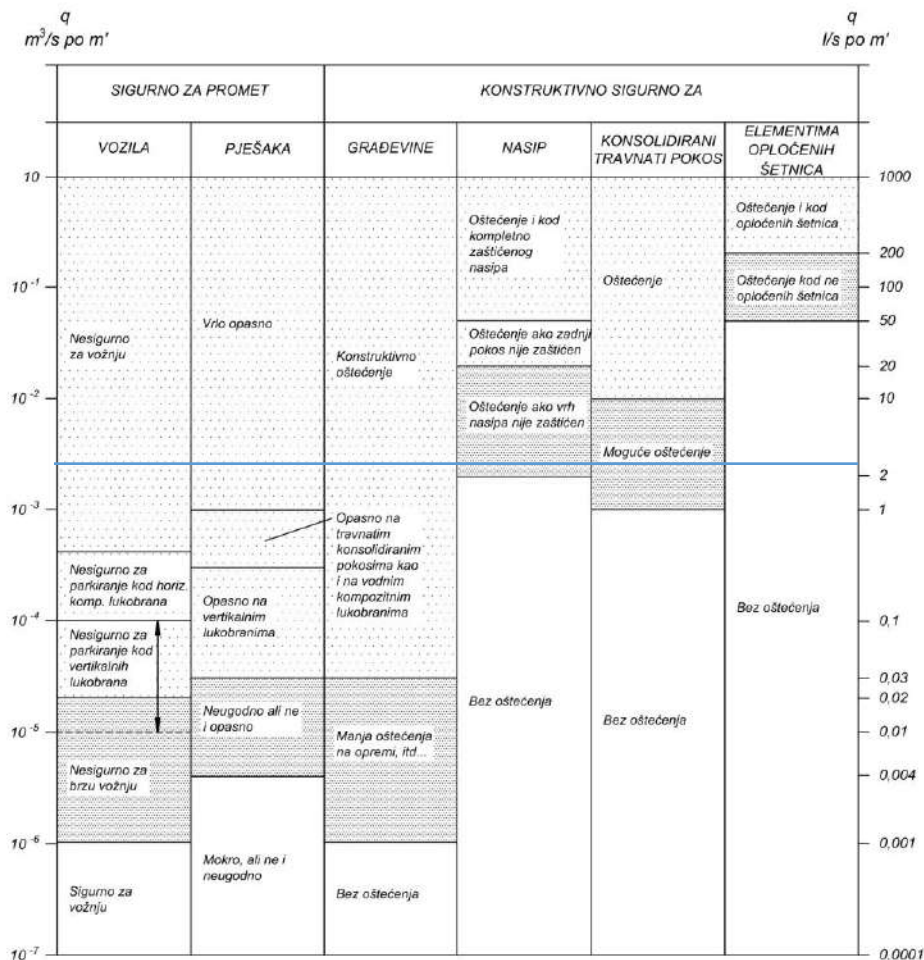
- Izračun količine prelijevanja preko krune lukobrana:

$$\frac{q * T_{om}}{L_{om}^2} = 3,2 * 10^{-5} \left(\frac{H_s}{R_c}\right)^3 * \frac{H_s^2}{A_c * G * ctg\alpha}$$

$$q = 3,2 * 10^{-5} \left(\frac{H_s}{R_c}\right)^3 * \frac{H_s^2}{A_c * G * ctg\alpha} * \frac{L_{om}^2}{T_{om}}$$

$$q = 3,2 * 10^{-5} \left(\frac{2,10}{3,00}\right)^3 * \frac{2,10^2}{1,75 * 1 * 1,49} * \frac{23,86^2}{3,90}$$

$$q = 0,0027 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow q = 2,71 \text{ l/s}$$



Slika 46 – Kritične vrijednosti prosječnih prelivnih protoka  
(Conceptual Design of Rubble Mound Breakwaters, Jentisje W. van der Meer, 1992 g.)

Na slici 46 možemo uočiti kako projektni lukobran, u ekstremnim situacijama, sa ovim stupnjem prelijevanja nije prikladan za vožnju vozila i kretanje pješaka, te kako je potrebno očekivati konstruktivna oštećenja na građevini, dok je kod nasipanih građevina moguće manje oštećenje. Uvidom u ovaj graf (slika 46) uočavamo da na našoj građevini neće doći do oštećenja.

## 4. Projektno rješenje umjetnog žala

### 4.1. Tekstualni dio

Područje Grada Crikvenice smjestilo se u priobalnom dijelu Primorsko–goranske županije između Grada Kraljevice na sjeverozapadu i Grada Novog Vinodolskog na jugoistoku. Crikvenica zbog svojih izuzetno povoljnih klimatskih i geografskih uvjeta, već od druge polovice prošlog stoljeća postaje nezaobilazna točka za sve vrste turizma. Grad Crikvenica, prema popisu stanovništva iz 2011 god. broji 11.122 stanovnika, od kojih je najveći broj smješten u naselju Crikvenica, dok su naselja Selce, Dramalj i Jadranovo manje naseljena. (slika 47).

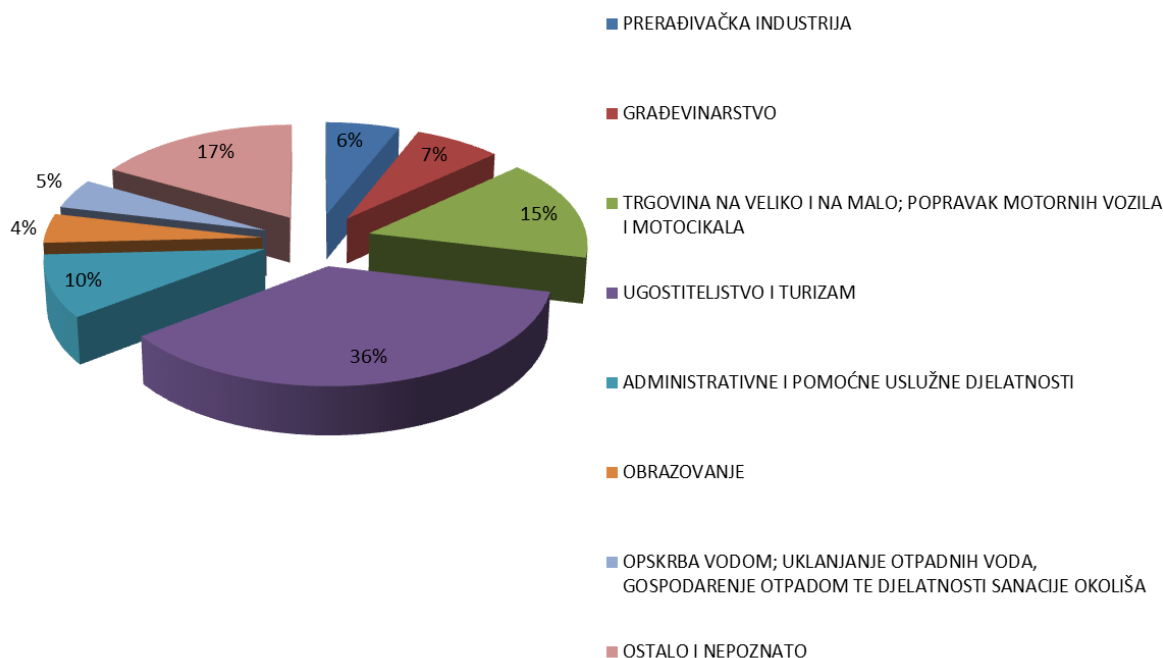


Slika 47 – Prikaz raspodjele stanovništva na području Grada Crikvenice u naseljima Jadranovo, Damamalj, Crikvenica i Selce između 1857 god. i 2011 god. (SN Grada Crikvenice, god. 2-16, broj 12)

Danas je Crikvenica izrazito turističko mjesto s privatnim vilama, brojnim novosagrađenim zgradama i apartmanima, hotelima i raznom ostalom pratećom ugostiteljskom ponudom. Statistički podaci prikazuju kako je na području Grada Crikvenice u 2014 god. bilo prijavljeno ukupno 21.173 ležaja, od kojih preko polovina u privatnim



smještajnim kapacitetima. Zbog ovolikog broja smještajnih kapaciteta, broj stanovnika na području Grad Crikvenice u ljetnim mjesecima zna se povećati čak i za 200%. Prema svemu navedenom nije teško zaključiti kao je vrlo visoki udio stanovništva zaposlen upravo kroz djelatnosti ugostiteljstva i turizma (slika 48).



Slika 48 – Udio zaposlenog stanovništva Grada Crikvenice prema djelatnostima (SN Grada Crikvenice, god. 2-16, broj 12)

#### - Prirodna obilježja

Područje Grada Crikvenice geološki je građeno od naslaga isključivo sedimentnog tipa koje prema geološkoj starosti pripadaju kredi, paleogenu i kvartaru. Klimatske prilike možemo svrstati u uvijete umjereno toplih kišnih klima, koje karakteriziraju suha vruća ljeta, ali su ostala godišnja doba dosta vlažna, naročito početak zime. Crikvenica se odlikuje velikim brojem sunčanih sati, godišnje oko 2500 sati. Godišnji prosjek relativne vlage iznosi cca. 70%, godišnje oborine su u prosjeku 1308 mm, a najviše kiše pada u jesenjim mjesecima.

Od svih vjetrova najzastupljeniji su vjetrovi sjevernoistočnog smjera (NE) bura. Pored bure zastupljeno je i jugo (SE), te nešto manje burin sjeverozapadnog smjera (SW), dok su ostali vjetrovi (ostro, maestral, levant) zastupljeni u znatno manjem postotku. Posebnu karakteristiku područja predstavlja potpuno mirno vrijeme bez vjetra.

Površina mora u sastavu Grada Crikvenice iznosi 2792 ha. Obalni prostor odlikuje čvrsta stjenovita osnova, razvedenost obalne linije i bogatstvo mikro reljefa. Obalna linije je

pretežito kamenita sa povremenim šljunkovitim i pjeskovitim žalima. Geološka građa podmorja dijeli se na četiri osnovna tipa podloge: kamenito dno, šljunak i kršje, pjeskoviti sedimenti i muljeviti sedimenti. Dubina morskog dna doseže i do 40m, ali u dijelu do 100m od obale more je vrlo plitko, a dno je pokriveno pijeskom koji je nanio potok Dubračina te se isti proteže se duž čitave obale u duljini od nekoliko kilometara.

- Geografski položaj i lokacija

Zahvat izgradnje umjetne plaže planira se na katastarskoj čestici broj 9136, katastarska općina Crikvenica, koja se nalazi u zoni pomorskog dobra. Prema administrativno teritorijalnom ustrojstvu, lokacija zahvata se nalazi u naselju Crikvenica, na dijelu ulice šetalište Vladimira Nazora koje spaja administrativna naselja Crikvenicu i Selce. Katastarski područje zahvata se proteže unutar područja Grada Crikvenica, u Primorsko-goranskoj županiji.

U nastavku lučice Podvorska, koja je luka komunalnog karaktera sa 275 vezova, i istoimene umjetne plaže, započinje lokacija predmetnog zahvata u smjeru naselja Selce u duljini oko 300 m (slika 49). Lokaciju karakterizira dio postojećeg betonskog sunčališta sa sjeverozapadne strane, mala lučica sa betonskim sunčalištem sa jugoistočne strane zahvata i uski šljunčani žalo između istih. Netom iznad plaže nalazi se kameni potporni zid lokalne prometnice koji je također u dotrajalom stanju zbog neadekvatne zaštite od valnog djelovanja mora.



Slika 49 – Prikaz lokacije zahvata

- Opis glavnih obilježja zahvata

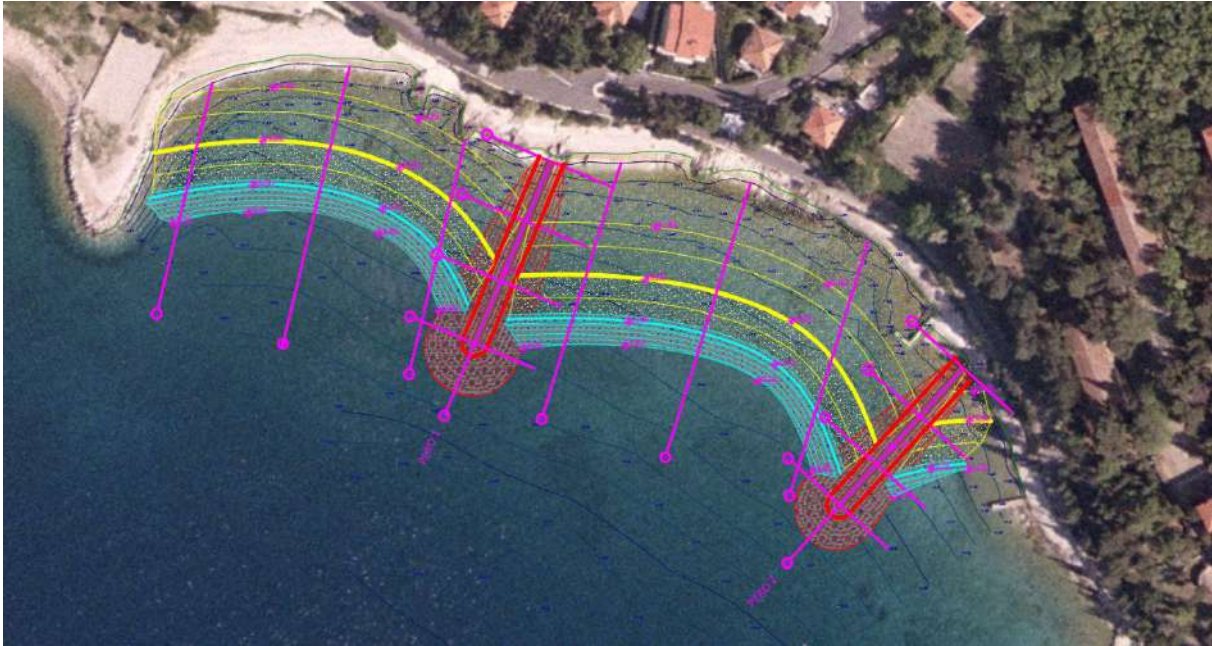
Lokacija zahvata odnosi se na plažni pojas između šetnice i mora. Na tom potezu planirano je uređenje gradske plaže – kupališta, otvorenog za sve korisnike. Plaža se formira od postojećeg potpornog zida prometnice do maks. 50 m prema moru. Duljina plaže koja je predmet zahvata zoni iznosi oko 300 m.

Tokom projektiranja razmatrana su dva moguća rješenja plažnog prostora na ovom području, jedan sa dva pera i dva umjetna žala i drugi sa tri pera i tri umjetna žala. Rješenja su koncipirana na način da su svojim oblikom u skladu sa postojećim terenom i valnim utjecajima, te da tvore skladnu arhitektonsku cjelinu između postojeće plaže Podvorska, šetnice Vladimira Nazora i ostatka neuređenog obalnog pojasa prema naselju Selce. Glavna svrha izgradnje ovog projekta je povećanje kopnenih plažnih površina, kao i kapaciteta komunalnih vezova. Plaža se sastoji od zaštitnog nasipa - pera, podmorskog praga, općeg nasipa i plažnog šljunka. Plaža se planira urediti sa sunčalištima, tuševima, svlačionicama i dr. potrebnom komunalnom opremom.

Varijanta I.

Prvom varijantom (slika 50) na području zahvata izvest će se dva pera istovjetnog oblika. Prvo zaštitno pero izvodi se na sjeverozapadu predmetnog zahvata u duljini od 68 m od obale prema otoku Krku, dok se drugo izvodi jugoistočno do prvog pera na udaljenosti od oko 120 m, također u duljini od 61,80 m. Zaštitno pero za formiranje plaže, a sastoji se od tri sloja kamenih materijala izvedenih u pokosu 1:1,50, a to su jezgra, sekundarni sloj i primarna obloga. Primarna obloga sastoji se od kamenih blokova veličine 0,85 – 1,40 tone, ispod kojih sa postavlja sekundarni sloj granulacije 80 - 150 kg, te naposljetku središnja jezgra pera od kamena veličine 0,1 – 0,55 kg. Krune pera postaviti će se na kotu +1,80 m.

U svrhu kvalitetne izvedbe nasipa nove umjetne plaže i sprječavanja poprečnog transporta sedimenta, potrebni su zahvati u moru, odnosno izvedba podvodnog praga za zadržavanje nasipa šljunka plaže. Pokos zaštitnog praga izveden je u nagibu 1:1,50, čija je kruna na dubini od -1,70 m, a dno pokosa na dubini od – 5,20 do -6,40 m. U ovoj zoni zaštitni prag izvodi se od kamena veličine 0,1 - 100 kg. Širina krune zaštitnog praga iznosi 3,0 m.



Slika 50 – Varijanta I. sa dva pera i dva žala

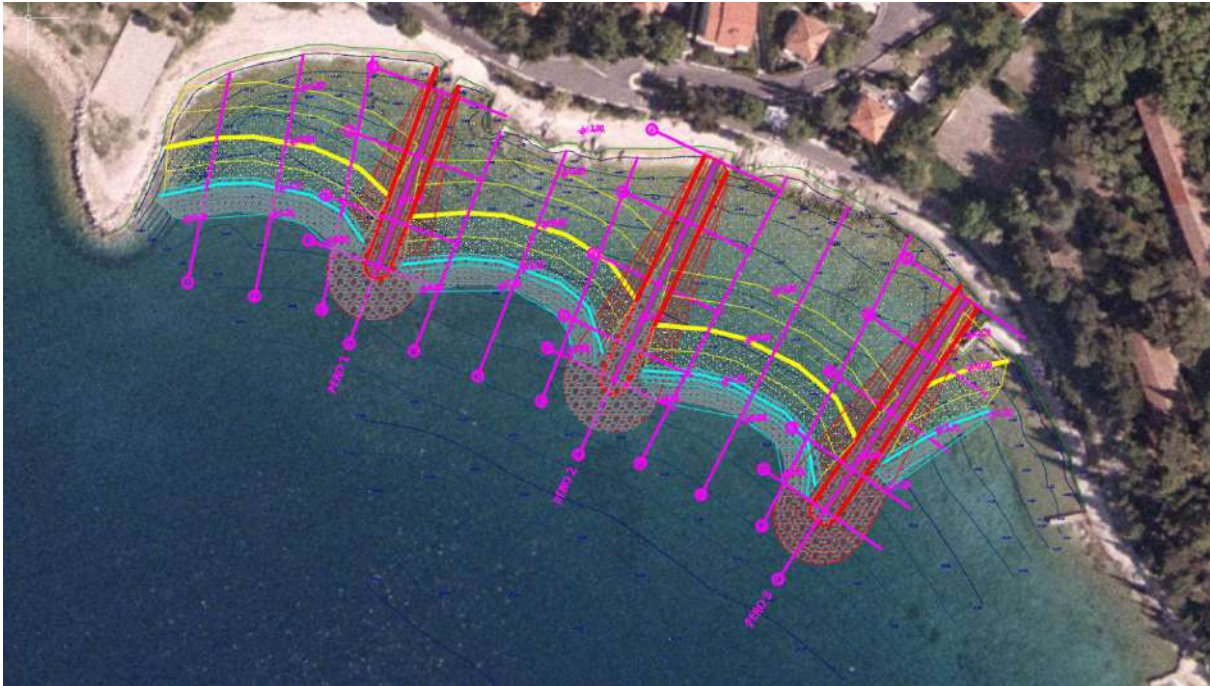
Ukupna površina novog žala dobivana primjenom ove varijante iznositi će  $8407 \text{ m}^2$ , te je za izvođenje iste procijenjena vrijednost radova od  $10.821.500,00 \text{ kn}$ , iz čega možemo dobiti prosječnu vrijednost za  $1 \text{ m}^2$  plažnog prostora koja iznosi  $1.287,20 \text{ kn/m}^2$ .

#### Varijanta II.

Drugom varijantom (slika 51) na području zahvata izvest će se tri pera istovjetnog oblika. Prvo zaštitno pero izvodi se na sjeverozapadu predmetnog zahvata u duljini od  $58,8 \text{ m}$  prema moru, drugo pero izvodi se jugoistočno od prvog pera na udaljenosti od oko  $75 \text{ m}$  u duljini od  $80,8 \text{ m}$  prema moru, dok se treće pero izvodi u istom pravcu na udaljenosti od oko  $75 \text{ m}$  od drugog pera, također u duljini od  $83,5 \text{ m}$ . Kao i u prvoj varijanti zaštitno pero za formiranje plaže, a sastoji se od tri sloja kamenih materijala izvedenih u pokosu  $1:1,50$ . Primarna obloga sastoji se od kamenih blokova veličine  $0,85 - 1,40 \text{ tone}$ , ispod kojih sa postavlja sekundarni sloj granulacije  $80 - 150 \text{ kg}$ , te naposljetku središnja jezgra pera od kamena veličine  $0,1 - 0,55 \text{ kg}$ . Krune pera postaviti će se na kotu  $+1,80 \text{ m}$ .

Zaštitni prag za sprječavanje pronosa plažnog sedimenta također planiramo u nagibu od  $1:1,50$ , čija je kruna na dubini od  $-1,70 \text{ m}$ , a najniža kota na dubini od  $-5,70$  do  $-6,50 \text{ m}$ . I u ovoj varijanti zaštitni prag izvodi se od kamena veličine  $0,1 - 100 \text{ kg}$ , a širina krune zaštitnog praga iznosi  $3,0 \text{ m}$ .





Slika 51 – Varijanta II sa tri pera i tri žala

Ukupna površina novog žala dobivana primjenom ove varijante iznositi će  $8836 \text{ m}^2$ , te je za izvođenje iste procijenjena vrijednost radova od  $13.569.687,50 \text{ kn}$ , iz čega možemo dobiti prosječnu vrijednost za  $1 \text{ m}^2$  plažnog prostora koja iznosi  $1.535,73 \text{ kn/m}^2$ .

Usporedivši ove dvije varijante utvrđujemo kako drugom varijantom dobivamo 4,89% više plažne površine, ali uz povećanje cijene koštanja od  $248,53 \text{ kn/m}^2$  plažnog prostora, što je razlika od 16,18%. Potrebno je napomenuti kako drugom varijantom dobivamo na obalnoj liniji tri manja ali stabilnija žala zbog bolje zaklonjenosti uvala, ali i tri relativno masivna pera koja vizualno više nagrđuju okoliš od prve varijante. Slijedom toga preporučujemo izvedbu prve varijante koja je cijenom povoljnija površinom neznatno manja, vizualno manje narušava okoliš i razmakom pera prati distancu postojeće umjetne plaže Podvorska.

Za proračune elemenata obje varijante plaže uzeta je kao mjerodavna srednja godišnja značajna valna visina i značajna valna visina za 10- godišnji povratni period.

Povećanje postojećeg plažnog prostora postići će se nasipom kamenog granulata na kopnenom dijelu do maks. visine oko  $+1,80 \text{ m}$ . Opći nasip sastoji se od kamena mase  $0,1 - 50 \text{ kg}$ . Plažni šljunak formira se od oblutaka ili lomljenog kamena prosječne veličine  $8-16 \text{ mm}$  u debljini od  $1 \text{ m}$ , te se ugrađuje u pokosu  $1:7$  na području od zaštitnog praga do obalne linije. Ostatak plaže od obalne linije prema rubnom zidu prometnice djelom je izveden u nagibu  $1:9$

do visine od +1,80 m, a ostatkom je horizontalan. Obzirom da će jedan dio plažnog materijala more povući preko zaštitnog praga nasipa potrebno je nasipanje plažnog zastora izvesti u prekomjernim količinama, ostavljajući moru prostora da ga formira sukladno valnoj klimi i granulaciji nasipnog kamenog materijala. Nasip umjetne plaže prema moru spušta se na visinu zaštitnog praga i završava kotom krune zaštitnog praga na -1,70 m. Ta visina proizlazi iz funkcionalnih razloga, naime hidrografska nula na ovom području iznosi -0,28 m.n.m. u odnosu na srednju morsku razinu, što dovodi do toga da će srednja dubina mora iznad praga biti oko -1,42 m što je prikladna dubina za ulazak i izlazak osoba u more i iz njega pogotovo sa obzirom na naglo povećanje dubine od zaštitnog praga nasipa prema moru.

Transport nasipa plaže nastao od djelovanja valova događat će se uzduž obale i poprečno na obalu. Dužobalni transport nastaje uslijed oscilirajućih dužobalnih struja koje nastaju pod djelovanjem valova, a posebno je izražen pri kosom nailasku valova. Oscilirajuće struje pomiču čestice plažnog materijala, pri čemu, uslijed nagiba plaže, dolazi do postepenog gravitacijskog spuštanja čestica plaže poprečno na plažu, a uslijed djelovanja sile struje i pomicanja duž obale. Primjenom pera se sprječava dužobalni transport. Kako bi se maksimalno smanjio dužobalni transport teži se da smjer nailaska dominantnih valova bude pod kutem  $90^\circ$  u odnosu na novoformirano žalo difrakcijom oko pera.

Projektnim rješenjem također je predviđen javni prostor sa pravilno raspoređenim plažnim objektima: otvorenim tuševima, sanitarnim čvorovima, kabinama za presvlačenje te budućim prostorom za smještaj caffe bara ili sličnog ugostiteljskog sadržaja.

#### Komunalna infrastruktura

U sklopu zahvata projekta potrebno je urediti svu neophodnu komunalnu infrastrukturu. Kako je plaža opremljena tuševima i javnim sanitarnim čvorovima, potrebno je izvesti kompletne instalacije vodoopskrbe i kanalizacije kao i instalaciju javne rasvjete. Također potrebno je predvidjeti svu potrebnu instalaciju na zonama na kojima je moguća naknadna izgradnja ugostiteljskih sadržaja (caffe bar, fast food i sl.).



## Način i tehnologija građenja

Tehnološki pristup gradnji ovakvih građevina može biti na dva načina, od kojih je jedan kopnenim a drugi morskim putem. Prije odabira bilo kojeg od navedenih, proučiti ćemo mogućnost kopnenog kolnog i morskog pristupa lokaciji zahvata kao i dostupnost građevne mehanizacije u sredini lokacije zahvata.

U ovom slučaju imamo dobru mogućnost kako kopnenog tako i morskog pristupa. Iako je dostupnost kopnene mehanizacije znatno veća te je i cijenom povoljnija, proučiti ćemo mogućnost gradnje objema.

Prije bilo kakvih radova potrebno je izvršiti opsežna geotehnička istraživanja, koja su u ovom slučaju izuzetno bitna, zbog toga što se lokacija zahvata nalazi u neposrednoj blizini ušća rijeke Dubračine u more, koja je krajnja točka sliva velike mreže jezera Gorskog kotara. Upravo zbog toga možemo očekivati značajnije muljne nanose na morskom dnu koje je potrebno ukloniti kako bi došli do stabilnog temeljnog tla. Kako bi znali u bilo kojem trenutku granice zahvata koje se nalaze ispod morske razine, potrebno je iste ustanoviti geodetskim mjerenjima, te ih potom trajno označiti plutačama.

Pristup uklanjanju mulja sa temeljnog tla možemo izvesti sa kopna na način da prethodno nasipamo područje zahvata općim kamenim materijalom do iznad morske razine kako bi zatim od najudaljenije točke zahvata, sa bagerom dugog doseg, mogli nastaviti vaditi prethodno nasuti materijala uključujući i nestabilni nanos mulja, koji je kamionima potrebno otpremiti na najbližu adekvatnu deponiju. Isti postupak uklanjanja mulja sa temeljnog tla možemo izvesti morskim putem, pontonom na kojem se nalazi bager sajlaš (slika 52) koji u tom slučaju vrši pretovar mulja u tzv. klapetu (teglenicu sa otvarajućim dnom) (slika 53), kojom se mulj tegljačem tegli i ispušta u području dubljih voda.

Materijal potreban za nasipavanje najbolje je osigurati u najbližem kamenolomu koji može osigurati adekvatne ateste za morsku ugradnju. U kamenolomu će se iskop minirati na takav način da se rasterom i eksplozivnim punjenjem pokuša dobiti granulacija čim bliža potrebitoj na radilištu. Potom je potrebno odraditi sve pripremne radnje dodatne selekcije miniranog materijala prema težini kako bi imali pripremne adekvatne frakcije za svaku pojedinu fazu gradnje.



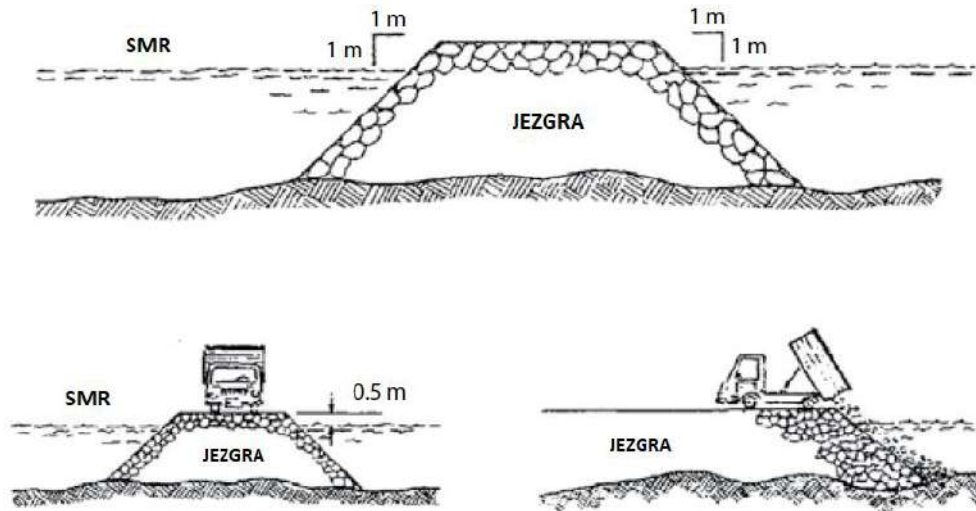
Slika 52 – Bager sa jelaš na pontonu i remorker  
([http://www.gruposantoro.it/giuseppesantoro\\_cm\\_pontone\\_michael\\_en.html](http://www.gruposantoro.it/giuseppesantoro_cm_pontone_michael_en.html))



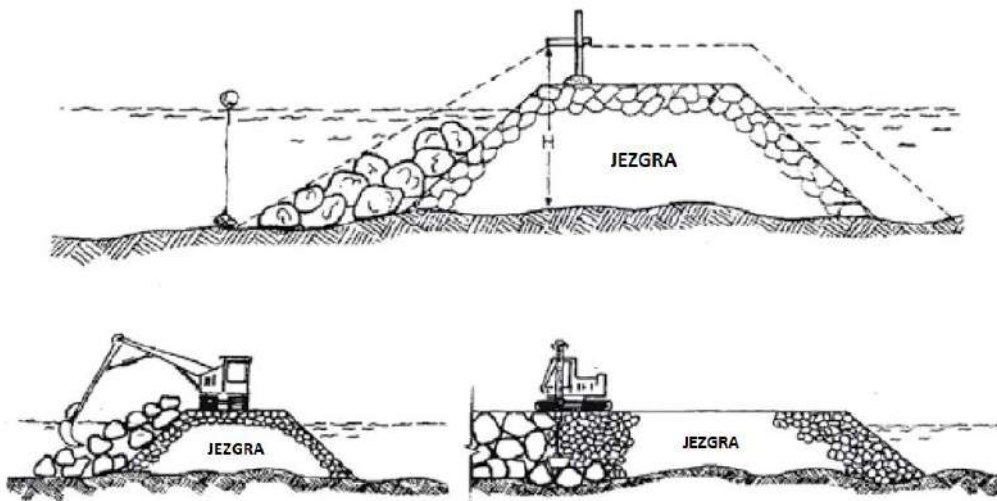
Slika 53 – Klapeta i remorker (<https://www.go-shipping.net/ships/split-hopper-barges/go-0801>)

Uklonivši nestabilni mulj možemo pristupiti gradnji pera. Gradnju ćemo provesti sa kopna, naime korištenje plutajuće građevne mehanizacije u ovom slučaju nije isplativo zbog relativno plitkog mora na području zahvata. Ukoliko bi koristili plutajuću mehanizaciju, zbog gaza predmetnih plovila, gradnja bi se mogla izvesti samo do kote od -2,5 m, dok bi se ostatak opet morao izvesti kopnenim putem. Također korištenjem morskog pristupa gradnje, bilo bi potrebno osigurati i mjesto za pretovar materijala, na kojem bi se vršio pretovar materijala dopremljenog kamionima u morske teglenice.

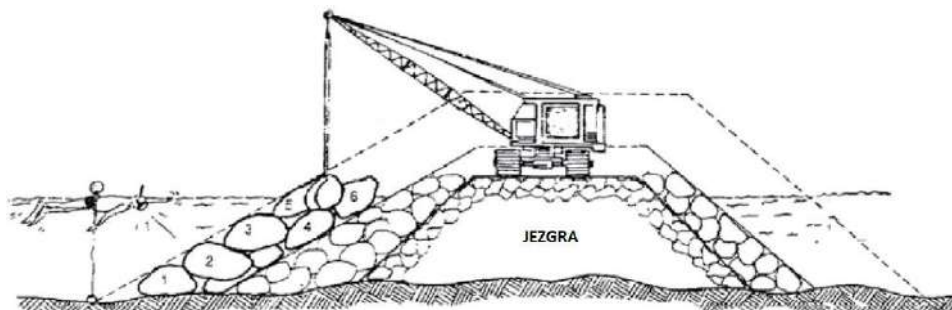
Kopnenim pristupom, direktno kamionima, nasipavamo jezgru građevine koja se sastoji od sitnog kamenog materijala, a koju potom bagerom dugog dosega (slika 57) oblikujemo u trapeznu formu s pokosom u nagibu 1:1 i sa širinom krune jezgre od min. 3,0m. Krunu jezgre potrebno je održavati ravnom i na visini barem 1,0 m iznad morske razine, kako bi se njom mogao vršiti dovoz nasipa kamionima (slika 54). Jezgra nasipa zbog sitne granulacije i strmog pokosa nije pretjerano stabilna pri lošim vremenskim uvjetima, pa je nasipavanje potrebno izvoditi za mirnog vremena, te odmah po završetku nasipa jezgre pristupiti izradi sekundarnog filterskog sloja i primarne obloge. Nezaštićeni dio jezgre ne bi trebao biti veći od 30 -50 m. Sekundarni filterski sloj planiramo bagerom dugog dosega sa krune jezgre, preko jezgre nasipa, u nagibu 1:1,5 (slika 55). Slaganje zaštitne školjere (primarnog sloja) potrebno je izvesti sa naručitom pozornošću, naime svi elementi moraju biti tako postavljeni da su međusobno uklješteni i da tvore jednu cjelinu. Tako izvedena primarna obloga jamči stabilnost cijele građevine uslijed uspinjana i spuštanja te prelijevanja valova preko iste (slika 56).



Slika 54 – Prikaz gradnje jezgre lukobrana (<http://www.fao.org/docrep/013/i1883e/i1883e07.pdf>)



Slika 55 - Prikaz gradnje filterskog sloja lukobrana (<http://www.fao.org/docrep/013/i1883e/i1883e07.pdf>)



Slika 56 - Prikaz gradnje zaštitne školjere lukobrana (<http://www.fao.org/docrep/013/i1883e/i1883e07.pdf>)

Nakon izgradnje pera može se pristupiti gradnji plaže. Jedan od načina gradnje je nasipanje jednog pojasa kamenog materijala uz izvedeno pero na odgovarajućem odmaku, omogućiti tako pristup bageru dugog doseg (slika 57) najudaljenijoj točki plaže i cijelom prostoru između pera i nasipanog pojasa. Zatim vršimo simultanu gradnju zaštitnog podmorskog praga i općeg kamenog nasipa plaže preko kojeg stavljamo 1 m završnog nasipa granulacije 8 - 16 mm. Kako određeni profil završavamo tako pojas kamenog materijala na kojem manipulira bager selimo prema suprotnom peru, dok ne završimo cijelu površinu plaže.



Slika 57 – Prikaz bagera dugog doseg (https://highways.today/2019/12/10/case-cx350d/)

## 5. Iskaz masa i troškovnik

### VARIJANTA I

U sljedećim tablicama prikazan je iskaz masa pera, podmorskog zaštitnog praga i nasipa žala, te troškovnik radova za I. varijantu predmetne plaže.

Tablica 7 – Iskaz masa pero 1 – varijanta I

Pero 1									
Profil br.	Stacionaža (m)	Iskop (m <sup>2</sup> )	Primarni sloj (m <sup>2</sup> )	Sekundarni sloj (m <sup>2</sup> )	Jezgra (m <sup>2</sup> )	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )	Sekundarni sloj (m <sup>3</sup> )	Jezgra (m <sup>3</sup> )
1	0+ 0,00	0,00	9,36	0,00	0,00				
						45,30	377,80	100,90	202,50
2	0+ 20,00	4,53	28,42	10,09	20,25				
						105,80	678,30	253,80	684,90
3	0+ 40,00	6,05	39,41	15,29	48,24				
						138,92	912,24	360,26	1326,57
4	0+ 61,00	7,18	47,47	19,02	78,10				
<b>UKUPNO</b>						<b>290,02</b>	<b>1968,34</b>	<b>714,96</b>	<b>2213,97</b>

Tablica 8 – Iskaz masa pero 2 – varijanta I

Pero 2									
Profil br.	Stacionaža (m)	Iskop (m <sup>2</sup> )	Primarni sloj (m <sup>2</sup> )	Sekundarni sloj (m <sup>2</sup> )	Jezgra (m <sup>2</sup> )	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )	Sekundarni sloj (m <sup>3</sup> )	Jezgra (m <sup>3</sup> )
6	0+ 0,00	0,00	9,36	0,00	0,00				
						38,00	324,60	75,50	172,60
7	0+ 20,00	3,80	23,10	7,55	17,26				
						90,50	567,20	200,60	489,30
8	0+ 40,00	5,25	33,62	12,51	31,67				
						97,33	610,81	241,66	742,48
9	0+ 57,00	6,20	38,24	15,92	55,68				
<b>UKUPNO</b>						<b>225,83</b>	<b>1502,61</b>	<b>517,76</b>	<b>1404,38</b>

Tablica 9 – Zbir masa pero 1 i pero 2 – varijanta I

Pero	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )	Sekundarni sloj (m <sup>3</sup> )	Jezgra (m <sup>3</sup> )
Pero 1	290,02	1968,34	714,96	2213,97
Pero 2	225,83	1502,61	517,76	1404,38
<b>UKUPNO</b>	<b>515,84</b>	<b>3470,95</b>	<b>1232,71</b>	<b>3618,35</b>



Tablica 10 – Iskaz masa podmorski prag – žalo 1 – varijanta I

Podmorski prag - žalo 1					
Profil br.	Stacionaža (m)	Iskop (m <sup>2</sup> )	Primarni sloj (m <sup>2</sup> )	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )
I	0+ 0,00	3,75	41,66		
				197,51	2002,13
II	0+ 57,00	3,18	28,59		
				181,83	1658,70
III	0+ 114,00	3,20	29,61		
<b>UKUPNO</b>				<b>379,34</b>	<b>3660,83</b>

Tablica 11 – Iskaz masa podmorski prag – žalo 2 – varijanta I

Podmorski prag - žalo 2					
Profil br.	Stacionaža (m)	Iskop (m <sup>2</sup> )	Primarni sloj (m <sup>2</sup> )	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )
IV	0+ 0,00	3,54	36,14		
				202,74	1936,26
V	0+ 62,00	3,00	26,32		
				192,51	1674,93
VI	0+ 124,00	3,21	27,71		
<b>UKUPNO</b>				<b>395,25</b>	<b>3611,19</b>

Tablica 12 – Zbir masa podmorski prag – žalo 1 i žalo 2 – varijanta I

Podmorski prag	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )
Podmorski prag - ž1	379,34	3660,83
Podmorski prag - ž2	395,25	3611,19
<b>UKUPNO</b>	<b>774,585</b>	<b>7272,015</b>

Tablica 13 – Iskaz masa žalo 1 – varijanta I

Žalo 1					
Profil br.	Stacionaža (m)	Opći kam. nasip (m <sup>2</sup> )	Nasip žala (m <sup>2</sup> )	Opći kam. nasip (m <sup>2</sup> )	Nasip žala (m <sup>3</sup> )
I	0+ 0,00	49,94	38,04		
				3966,30	2404,80
II	0+ 60,00	82,27	42,12		
				4907,70	2517,90
III	0+ 120,00	81,32	41,81		
<b>UKUPNO</b>				<b>8874,00</b>	<b>4922,70</b>



Tablica 14 - Iskaz masa žalo 2 – varijanta I

Žalo 2					
Profil br.	Stacionaža (m)	Opći kam. nasip (m <sup>2</sup> )	Nasip žala (m <sup>2</sup> )	Opći kam. nasip (m <sup>2</sup> )	Nasip žala (m <sup>3</sup> )
IV	0+ 0,00	130,46	51,71		
				8276,85	3367,09
V	0+ 67,00	116,61	48,80		
				7726,78	3241,80
VI	0+ 134,00	114,04	47,97		
<b>UKUPNO</b>				<b>16003,62</b>	<b>6608,88</b>

Tablica 15 – Zbir masa žalo 1 i žalo 2 – varijanta I

Žalo	Opći kam. nasip (m <sup>2</sup> )	Nasip žala (m <sup>3</sup> )
Žalo 1	8874,00	4922,70
Žalo 2	16003,62	6608,88
<b>UKUPNO</b>	<b>24877,62</b>	<b>11531,58</b>

Tablica 16 – Troškovnik radova – varijanta I

Red. br.	Opis stavke	Jed. mj.	Predviđena (okvirna) količina	Jedinična cijena (bez PDV-a)	Ukupno (bez PDV-a)
	<b>KONSTRUKCIJA OBALNOG POJASA</b>				
<b>1.</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>				
1.1.	Iskolčenje predmetnog zahvata, s označavanjem i osiguranjem točaka iskolčenja.	kom	1,00	25.000,00	25.000,00
<b>1.</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI - UKUPNO :</b>				<b>25.000,00 kn</b>
<b>2.</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>				
	'Sav materijal koji će proizaći iskopima, Izvođač je dužan zbrinuti na propisani način te o istome dostaviti i odgovarajuću popratnu dokumentaciju.				
2.1.	Iskop postojećeg sedimentnog materijala na području izrade nove plaže. U cijenu je uključen iskop, ukrcaj u plovilo ili vozilo, odvoz te odlaganje na trajnu deponiju uz odgovarajuću popratnu dokumentaciju.				
	Obračun po m3 iskopanog materijala.	m <sup>3</sup>	1.290,00	120,00	154.800,00

2.2.	Izrada prve faze općeg kamenog nasipa plaže. Nasip se formira kamenom mase od 0 - 500 kg. Nasip se obavlja sa kopna. Stavka uključuje dobavu materijala (kamen), utovar, transport i ugradnju, te sva pomoćna sredstva, materijal i rad potreban do potpunog dovršenja stavke.				
	Obračun po m3 ugrađenog materijala.	m <sup>3</sup>	24.900,00	85,00	2.116.500,00
2.3.	Izrada temeljnog kamenometa (jezgre) zaštitnog pera iz kamenih blokova veličine 1-50 kg. Ugradba kamenih blokova će se vršiti sa kopna, strojno, uz asistenciju ronioca u podmorskom dijelu. Za izradu će se upotrijebiti zdravi kameni materijal. U jediničnu cijenu uračunati utovar kamena sa privremene deponije udaljene do 10 km, transport i ugradnju, te sva pomoćna sredstva, materijal i rad potreban do potpunog dovršenja stavke.				
	Obračun po m3 ugrađenog kamena.	m <sup>3</sup>	3.470,00	110,00	381.700,00
2.4.	Izrada filterskog sloja pera kamenim materijalom mase 80-150 kg. Za izradu će se upotrijebiti zdrav kameni materijal. U jediničnu cijenu uračunati dobavu kamena, transport i ugradnju, te sva pomoćna sredstva, materijal i rad potreban do potpunog dovršenja stavke.				
	Obračun po m3 ugrađenog kamena.	m <sup>3</sup>	1.240,00	250,00	310.000,00
2.5.	Izrada primarne obloge pera kamenim materijalom mase 850-1400 kg. Za izradu će se upotrijebiti zdrav kameni materijal bijele do umjereno žute boje u suglasnosti sa NI. U jediničnu cijenu uračunati dobavu kamena, transport i ugradnju, te sva pomoćna sredstva, materijal i rad potreban do potpunog dovršenja stavke.				
	Obračun po m3 ugrađenog kamena.	m <sup>3</sup>	3.620,00	600,00	2.172.000,00
2.6.	Izrada nožice nasipa plaže (podmorskog praga). Nasip se formira kamenom mase 1-100kg. Ugradba kamenih blokova će se vršiti sa kopna, strojno, uz asistenciju ronioca u podmorskom dijelu. Za izradu će se upotrijebiti zdravi kameni materijal. U jediničnu cijenu uračunati dobavu kamena, transport i ugradnju, te sva pomoćna sredstva, materijal i rad potreban do potpunog dovršenja stavke.				
	Obračun po m3 ugrađenog kamena.	m <sup>3</sup>	7.280,00	130,00	946.400,00
2.7.	Nasipanje drobljenim plažnim šljunkom vapnenačkog podrijetla bijele do umjereno žute boje u suglasnosti sa NI., frakcije od 8-16 mm. Nasip se izvodi u debljini od min 50 cm. Nagib nasipavanja (inicijalni nagib) zastora plaže je 1:7 na dijelu plaže ispod SMR i 1:9 na dijelu plaže iznad SMR. U jediničnu cijenu uračunati dobavu šljunka te transport i ugradnju. Obračun po m3 ugrađenog materijala.				
	Obračun po m3 ugrađenog materijala.	m <sup>3</sup>	11.540,00	220,00	2.538.800,00
2.	<b>ZEMLJANI RADOVI - UKUPNO :</b>				<b>8.620.200,00 kn</b>

3.	OSTALI RADOVI				
3.1.	Izrada geodetskog elaborata nakon završetka radova. Elaborat treba sadržavati situaciju kopnenog i podmorskog dijela građevine. Za podmorski dio uz uobičajena mjerenja u pojedinim točkama, provjeru postignutih dubina u pojasu širine 20 m, ispred privezne crte potrebno je dokazati i kontrolom sa horizontalnom krutom letvom.				
	Letvom, pričvršćenom na dva plovila potrebno je prijeći cijelu kontroliranu površinu.				
	Uz elaborat potrebno je sačiniti prijavne listove za Katastar, Sud i Pomorske vlasti. Elaborat treba biti izrađen po ovlaštenoj organizaciji i osobi.				
		kom	1,00	12.000,00	12.000,00
3.	<b>OSTALI RADOVI- UKUPNO:</b>				<b>12.000,00</b>
<b>REKAPITULACIJA</b>					
1.	PRIPREMNI RADOVI				25.000,00 kn
2.	ZEMLJANI RADOVI				8.620.200,00 kn
3.	OSTALI RADOVI				12.000,00 kn
				<b>UKUPNO:</b>	<b>8.657.200,00 kn</b>
				<b>PDV 25%:</b>	<b>2.164.300,00 kn</b>
				<b>SVEUKUPNO:</b>	<b>10.821.500,00 kn</b>

## VARIJANTA II

U sljedećim tablicama prikazan je iskaz masa pera, podmorskog zaštitnog praga i nasipa žala, te troškovnik radova za II. varijantu predmetne plaže.

Tablica 17 – Iskaz masa pero 1 – varijanta II

Pero 1									
Profil br.	Stacionaža (m)	Iskop (m <sup>2</sup> )	Primarni sloj (m <sup>2</sup> )	Sekundarni sloj (m <sup>2</sup> )	Jezgra (m <sup>2</sup> )	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )	Sekundarni sloj (m <sup>3</sup> )	Jezgra (m <sup>3</sup> )
1	0+ 0,00	0,00	10,78	0,00	0,00				
						44,50	385,20	98,50	184,70
2	0+ 20,00	4,45	27,74	9,85	18,47				
						103,80	660,80	245,70	634,40
3	0+ 40,00	5,93	38,34	14,72	44,97				
						90,80	593,89	232,93	833,03
4	0+ 54,10	6,95	45,90	18,32	73,19				
<b>UKUPNO</b>						<b>239,10</b>	<b>1639,89</b>	<b>577,13</b>	<b>1652,13</b>

Tablica 18 – Iskaz masa pero 2 – varijanta II

Pero 2									
Profil br.	Stacionaža (m)	Iskop (m <sup>2</sup> )	Primarni sloj (m <sup>2</sup> )	Sekundarni sloj (m <sup>2</sup> )	Jezgra (m <sup>2</sup> )	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )	Sekundarni sloj (m <sup>3</sup> )	Jezgra (m <sup>3</sup> )
6	0+ 0,00	0,00	9,15	0,00	0,00				
						39,80	334,30	81,50	122,50
7	0+ 20,00	3,98	24,28	8,15	12,25				
						91,30	570,60	202,80	418,90
8	0+ 40,00	5,15	32,78	12,13	29,64				
						116,00	749,90	286,80	876,10
9	0+ 60,00	6,45	42,21	16,55	57,97				
						73,06	480,22	189,97	713,18
10	0+ 70,80	7,08	46,72	18,63	74,10				
<b>UKUPNO</b>						<b>320,16</b>	<b>2135,02</b>	<b>761,07</b>	<b>2130,68</b>

Tablica 19 – Iskaz masa pero 3 – varijanta II

Pero 3									
Profil br.	Stacionaža (m)	Iskop (m <sup>2</sup> )	Primarni sloj (m <sup>2</sup> )	Sekundarni sloj (m <sup>2</sup> )	Jezgra (m <sup>2</sup> )	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )	Sekundarni sloj (m <sup>3</sup> )	Jezgra (m <sup>3</sup> )
12	0+ 0,00	0,00	10,33	0,00	0,00				
						41,10	340,40	79,10	113,10
13	0+ 20,00	4,11	23,71	7,91	11,31				
						93,90	574,00	202,90	432,00
14	0+ 40,00	5,28	33,69	12,38	31,89				
						114,30	738,60	280,20	831,20
15	0+ 60,00	6,15	40,17	15,64	51,23				
						95,48	620,87	243,89	863,44
16	0+ 74,60	6,93	44,88	17,77	67,05				
<b>UKUPNO</b>						<b>344,78</b>	<b>2273,87</b>	<b>806,09</b>	<b>2239,74</b>

Tablica 20 – Zbir masa pero 1, pero 2 i pero 3 – varijanta II

Pero	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )	Sekundarni sloj (m <sup>3</sup> )	Jezgra (m <sup>3</sup> )
Pero 1	239,10	1639,89	577,13	1652,13
Pero 2	320,16	2135,02	761,07	2130,68
Pero 3	344,78	2273,87	806,09	2239,74
<b>UKUPNO</b>	<b>904,05</b>	<b>6048,78</b>	<b>2144,30</b>	<b>6022,55</b>

Tablica 21 – Iskaz masa podmorski prag – žalo 1 – varijanta II

**Podmorski prag - žalo 1**

Profil br.	Stacionaža (m)	Iskop (m <sup>2</sup> )	Primarni sloj (m <sup>2</sup> )	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )
I	0+ 0,00	3,25	41,40		
				108,08	1333,37
II	0+ 33,00	3,30	39,41		
				116,82	1302,35
III	0+ 66,00	3,78	39,52		
			<b>UKUPNO</b>	<b>224,90</b>	<b>2635,71</b>

Tablica 22 – Iskaz masa podmorski prag – žalo 2 – varijanta II

**Podmorski prag - žalo 2**

Profil br.	Stacionaža (m)	Iskop (m <sup>2</sup> )	Primarni sloj (m <sup>2</sup> )	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )
IV	0+ 0,00	3,29	31,00		
				116,46	1142,10
V	0+ 36,00	3,18	32,45		
				122,04	1249,20
VI	0+ 72,00	3,60	36,95		
			<b>UKUPNO</b>	<b>238,50</b>	<b>2391,30</b>

Tablica 23 – Iskaz masa podmorski prag – žalo 3 – varijanta II

**Podmorski prag - žalo 3**

Profil br.	Stacionaža (m)	Iskop (m <sup>2</sup> )	Primarni sloj (m <sup>2</sup> )	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )
IV	0+ 0,00	3,66	39,37		
				122,74	1345,72
V	0+ 34,00	3,56	39,79		
				125,97	1400,80
VI	0+ 68,00	3,85	42,61		
			<b>UKUPNO</b>	<b>248,71</b>	<b>2746,52</b>

Tablica 24 – Zbir masa podmorski prag – žalo 1, žalo 2 i žalo 3 – varijanta II

Podmorski prag	Iskop (m <sup>3</sup> )	Primarni sloj (m <sup>3</sup> )
Podmorski prag - ž1	224,90	2635,71
Podmorski prag - ž2	238,50	2391,30
Podmorski prag - ž3	248,71	2746,52
<b>UKUPNO</b>	<b>712,11</b>	<b>7773,53</b>

Tablica 25 – Iskaz masa žalo 1 – varijanta II

#### Žalo 1

Profil br.	Stacionaža (m)	Opći kam. nasip (m <sup>2</sup> )	Nasip žala (m <sup>2</sup> )	Opći kam. nasip (m <sup>2</sup> )	Nasip žala (m <sup>3</sup> )
I	0+ 0,00	52,22	36,40		
				2654,23	1393,53
II	0+ 35,00	99,45	43,23		
				3921,23	1613,15
III	0+ 70,00	124,62	48,95		
				<b>6575,45</b>	<b>3006,68</b>

Tablica 26 – Iskaz masa žalo 2 – varijanta II

#### Žalo 2

Profil br.	Stacionaža (m)	Opći kam. nasip (m <sup>2</sup> )	Nasip žala (m <sup>2</sup> )	Opći kam. nasip (m <sup>2</sup> )	Nasip žala (m <sup>3</sup> )
IV	0+ 0,00	113,61	50,78		
				3597,27	1717,98
V	0+ 38,00	75,72	39,64		
				3765,23	1716,27
VI	0+ 76,00	122,45	50,69		
				<b>7362,50</b>	<b>3434,25</b>

Tablica 27 – Iskaz masa žalo 3 – varijanta II

#### Žalo 3

Profil br.	Stacionaža (m)	Opći kam. nasip (m <sup>2</sup> )	Nasip žala (m <sup>2</sup> )	Opći kam. nasip (m <sup>2</sup> )	Nasip žala (m <sup>3</sup> )
IV	0+ 0,00	191,48	60,64		
				6839,10	2241,36
V	0+ 36,00	188,47	63,88		
				7006,86	2309,76
VI	0+ 72,00	200,80	64,44		
				<b>13845,96</b>	<b>4551,12</b>



Tablica 28 – Zbir masa žalo 1, žalo 2 i žalo 3 – varijanta II

Žalo	Opći kam. nasip (m <sup>2</sup> )	Nasip žala (m <sup>3</sup> )
Žalo 1	6575,45	3006,68
Žalo 2	7362,50	3434,25
Žalo 3	13845,96	4551,12
<b>UKUPNO</b>	<b>27783,91</b>	<b>10992,05</b>

Tablica 29 – Troškovnik radova – varijanta II

Red. br.	Opis stavke	Jed. mj.	Predviđena (okvirna) količina	Jedinična cijena (bez PDV-a)	Ukupno (bez PDV-a)
	<b>KONSTRUKCIJA OBALNOG POJASA</b>				
<b>1.</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>				
1.1.	Iskolčenje predmetnog zahvata, s označavanjem i osiguranjem točaka iskolčenja.	kom	1,00	25.000,00	25.000,00
<b>1.</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI - UKUPNO :</b>				<b>25.000,00 kn</b>
<b>2.</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>				
	<b>*Sav materijal koji će proizaći iskopima, Izvođač je dužan zbrinuti na propisani način te o istome dostaviti i odgovarajuću popratnu dokumentaciju.</b>				
2.1.	Iskop postojećeg sedimentnog materijala na području izrade nove plaže. U cijenu je uključen iskop, ukrcaj u plovilo ili vozilo, odvoz te odlaganje na trajnu deponiju uz odgovarajuću popratnu dokumentaciju.				
	Obračun po m3 iskopanog materijala.	m <sup>3</sup>	1.620,00	120,00	194.400,00
2.2.	Izrada prve faze općeg kamenog nasipa plaže. Nasip se formira kamenom mase od 0 - 500 kg. Nasip se obavlja sa kopna. Stavka uključuje dobavu materijala (kamena), utovar, transport i ugradnju, te sva pomoćna sredstva, materijal i rad potreban do potpunog dovršenja stavke.				
	Obračun po m3 ugrađenog materijala.	m <sup>3</sup>	27.790,00	85,00	2.362.150,00
2.3.	Izrada temeljnog kamenometa (jezgre) zaštitnog pera iz kamenih blokova veličine 1-50 kg. Ugradba kamenih blokova će se vršiti sa kopna, strojno, uz asistenciju ronioca u podmorskom dijelu. Za izradu će se upotrijebiti zdravi kameni materijal. U jediničnu cijenu uračunati utovar kamena sa privremene deponije udaljene do 10 km, transport i ugradnju, te sva pomoćna sredstva, materijal i rad potreban do potpunog dovršenja stavke.				
	Obračun po m3 ugrađenog kamena.	m <sup>3</sup>	6.030,00	110,00	663.300,00

2.4.	Izrada filterskog sloja pera kamenim materijalom mase 80-150 kg. Za izradu će se upotrijebiti zdrav kameni materijal. U jediničnu cijenu uračunati dobavu kamena, transport i ugradnju, te sva pomoćna sredstva, materijal i rad potreban do potpunog dovršenja stavke.				
	Obračun po m3 ugrađenog kamena.	m <sup>3</sup>	2.150,00	250,00	537.500,00
2.5.	Izrada primarne obloge pera kamenim materijalom mase 850-1400 kg. Za izradu će se upotrijebiti zdrav kameni materijal bijele do umjereno žute boje u suglasnosti sa NI. U jediničnu cijenu uračunati dobavu kamena, transport i ugradnju, te sva pomoćna sredstva, materijal i rad potreban do potpunog dovršenja stavke.				
	Obračun po m3 ugrađenog kamena.	m <sup>3</sup>	6.050,00	600,00	3.630.000,00
2.6.	Izrada nožice nasipa plaže (podmorskog praga). Nasip se formira kamenom mase 1-100kg. Ugradba kamenih blokova će se vršiti sa kopna, strojno, uz asistenciju ronionca u podmorskom dijelu. Za izradu će se upotrijebiti zdravi kameni materijal. U jediničnu cijenu uračunati dobavu kamena, transport i ugradnju, te sva pomoćna sredstva, materijal i rad potreban do potpunog dovršenja stavke.				
	Obračun po m3 ugrađenog kamena.	m <sup>3</sup>	7.780,00	130,00	1.011.400,00
2.7.	Nasipanje drobljenim plažnim šljunkom vapnenačkog podrijetla bijele do umjereno žute boje u suglasnosti sa NI., frakcije od 8-16 mm. Nasip se izvodi u debljini od min 50 cm. Nagib nasipavanja (inicijalni nagib) zastora plaže je 1:7 na dijelu plaže ispod SMR i 1:9 na dijelu plaže iznad SMR. U jediničnu cijenu uračunati dobavu šljunka te transport i ugradnju. Obračun po m3 ugrađenog materijala.				
	Obračun po m3 ugrađenog materijala.	m <sup>3</sup>	11.000,00	220,00	2.420.000,00
2.	<b>ZEMLJANI RADOVI - UKUPNO :</b>				<b>10.818.750,00 kn</b>
3.	<b>OSTALI RADOVI</b>				
3.1.	Izrada geodetskog elaborata nakon završetka radova. Elaborat treba sadržavati situaciju kopnenog i podmorskog dijela građevine. Za podmorski dio uz uobičajena mjerenja u pojedinim točkama, provjeru postignutih dubina u pojasu širine 20 m, ispred privezne crte potrebno je dokazati i kontrolom sa horizontalnom krutom letvom.				
	Letvom, pričvršćenom na dva plovila potrebno je prijeći cijelu kontroliranu površinu.				
	Uz elaborat potrebno je sačiniti prijavne listove za Katastar, Sud i Pomorske vlasti. Elaborat treba biti izrađen po ovlaštenoj organizaciji i osobi.				
		kom	1,00	12.000,00	12.000,00
3.	<b>OSTALI RADOVI- UKUPNO:</b>				<b>12.000,00</b>

REKAPITULACIJA						
1.	PRIPREMNI RADOVI					25.000,00 kn
2.	ZEMljANI RADOVI					10.818.750,00 kn
3.	OSTALI RADOVI					12.000,00 kn
					<b>UKUPNO:</b>	<b>10.855.750,00 kn</b>
					<b>PDV 25%:</b>	<b>2.713.937,50 kn</b>
					<b>SVEUKUPNO:</b>	<b>13.569.687,50 kn</b>

## 6. Zaključak

Konstantan rast turističkih noćenja u priobalnom djelu Republike Hrvatske, javlja se još od sredine prošlog stoljeća, a naročito je vidljiv u ljetnim mjesecima. Tako turisti najviše vole odsjedati u manjim mirnijim mjestima, nije čudno da se u ljetnim mjesecima broj žitelja uveća i za nekoliko desetaka puta. Upravo iz tog razloga potrebna su konstantna ulaganja u kompletnu turističku infrastrukturu, kao i u potrebna znanja o gradnji istih. Poseban dio turističke infrastrukture su obalne građevine, od kojih su najzastupljenije umjetne plaže, obalne šetnice, komunalne lučice kao i marine za brodice.

Slijedom toga u ovom diplomskom radu razmotrene su mogućnosti projektiranja raznih obalnih građevina od pera, lukobrana i valobrana, potopljenih lukobrana i valobrana i podmorskih zaštitnih pragova, kao i ostalih hibridnih verzija istih. Za svaki od njih navedene su prednosti i mane, kao i mogući izbor građevnih materijala. Također je analizirano djelovanje valova na obalne građevine.

U djelu metodologije proračuna prikazane su i obrazložene matematičke formule za izračun umjetnih pera, lukobrana i podmorskih zaštitnih pragova po metodi Hudson-a i van der Meer-a, te izračuni za definiranje granulometrije umjetnih žala. Analizom podataka sa meteorološke stanice u Crikvenici sproveden izračun mogućih incidentnih valova na predmetnoj lokaciji. Taj podatak nam je bio potreban kako bi mogli pristupiti hidrauličkom proračunu kojeg smo prethodno opisali u poglavlju metodologije izračuna. Hidraulički proračun na predmetnoj lokaciji sproveden je za izgradnju umjetnih nasutih pera, podmorskih pragova i žala, ali i za izgradnju male lučice komunalnog karaktera.

U daljnjoj razradi, na predmetnoj lokaciji, a u nastavku kupališta Podvorska prema naselju Selce, odlučeno je izraditi samo idejno rješenje proširenja kupališnog prostora, ali bez izgradnje komunalne lučice, koja se zbog neposredne blizine lučice Podvorska, jednostavno pokazala financijski neutemeljenom, te bi nepotrebno umanjila kvalitetu kupališnog prostora.

Idejnim rješenjem dane su dvije varijante nove plaže. U obje varijante odabran je isti pristup gradnji – sa kopna, ponajprije zbog cijene troškova a potom i dostupnosti kopnene mehanizacije na području predviđenog zahvata u prostoru. Prvu varijantu tvori koncept sa dva nasuta pera između kojih se formiraju dva umjetna žala, ukupne površine od 8407 m<sup>2</sup>, dok se drugom varijantom predviđa izgradnja tri nasuta pera sa tri umjetna žala koji tvore

površinu od 8836 m<sup>2</sup> novoformiranog plažnog prostora, što je u odnosu na prvu varijantu povećanje od 429 m<sup>2</sup>, odnosno 4,89%. Analizom troškova gradnje utvrđujemo kako glavninu investicije nose zemljani radovi, dok su ostali radovi tek neznatni dio cjelokupnog projekta. Prema troškovničkim stavkama za prvu varijantu plaže procjenjujemo ukupnu cijenu radova u iznosu od 10.821.500,00 kn, odnosno 1.287,20 kn/m<sup>2</sup>. Zbog veće površine, prema analogiji druga varijanta plaže je i skuplja a ukupna procijenjena vrijednost radova iznosi 13.569.687,50 kn, odnosno 1.535,73 kn/m<sup>2</sup> površine novog žala. Prema svemu narečenom možemo ustvrditi kako je druga varijanta u odnosu na prvu skuplja za gotovo tri milijuna kuna, što je uvećanje u pogledu troškova od 16,18%, a sve kako bi se dobilo 4,89% površine novoformiranog žala.

Sukladno tome ovim radom je zaključeno kako je prva varijanta iako površinom novoformiranog žala manja, ipak najbolji omjer uloženog i dobivenog, kako zbog povoljnije cijene izvođenja tako i zbog manjeg vizualnog utjecaja na gradsku vizuru.

## 7. Literatura

### Knjige:

- Milat - Ružić, Grad Crikvenica (2008), Kamik, more i čovik
- Reeve – Chadwick – Fleming (2004), Coastal Engineering: Processes, teory and design practice
- Jentisje W. van der Meer (1992), Conteptual Design of Rubble Mound Breakwaters
- Dean G. Robert (2002); Beach Nourishment: Teory and Practice, Advanced Series on Ocean; Engineering: Vol. 18
- US Army Corps of Engineers, Vicksburg, Mississippi, USA (2003), Coastal Engineering Manual (CEM): Coastal Engineering Research Center (CERC)
- Department of the Army, Costal Engineering Research Center (1984), Shore protection maunal, volume I
- Department of the Army, Costal Engineering Research Center (1984), Shore protection maunal, volume I

### Radovi i članci:

- Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, Split (studeni 2006), Vjetrovna klima za područje uvale kod ušća Dubračine u Crikvenici.
- SN Grada Crikvenice, Crikvenica (2016), god. 2-16, broj 12
- Dr.sc. Igor Ružić dipl.ing.građ. Rijeka (2014), Skripta iz kolegija Inženjerstvo obalnih građevina
- Dr.sc. Igor Ružić dipl.ing.građ. Rijeka (2017), Skripta iz kolegija Obalne građevine
- Doc.dr.sc. Maja Oštrić, dipl.ing.geol., Osijek (2018), HIDROGEOLOGIJA KRŠA
- Dr.sc. Igor Ružić, prof. emeritus Čedomir Benac i ostali, Rijeka (2018) Geomorfološke promjene minijaturnog žala na kršu
- Nerea Cossutti, Završni rad, Pula (2017), Povijest turizma u Crikvenici
- Antonio Bogdan, Diplomski rad, Rijeka (2017), Idejno rješenje marine u Ičićima
- Ivana Bilić, Diplomski rad, Rijeka (2018) Projekt umjetnih žala u mjestu Selce u ulici Emila Antića
- Matija Dika, Diplomski rad, Rijeka (2018), Idejno rješenje marine u Novalji
- Filip Koren, Završni rad, Rijeka (2015), Refleksija i transmisija valova na nasutim lukobranima
- Patricia Blažić, Inženjerstvo obalnih građevina, Rijeka (2020), Programski zadatak: Idejni projekt luke otvorene za javni promet
- Krystian W. Pilarczyk, Road and Hydraulic Engineering Division, International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Colombo, Sri Lanka (2003), Design of low-crested (submerged) structures – an overview



- D. Bowman, J. Guillén, L. López, V. Pellegrino,(2008), Planview Geometry and morphological characteristics of pocket beaches on the Catalan coast
- Mads Røge Eldrup, Thomas Lykke Andersen, Hans Falk Burcharth (2019), Stability of Rubble Mound Breakwaters - A Study of the Notional Permeability Factor, Based on Physical Model Tests

*Web izvori:*

- <https://hr.wikipedia.org/wiki/Crikvenica>
- <http://www.ekomurvica.hr/Murvica/>
- <https://www.jadran-crikvenica.hr/interesi/plaze-u-crikvenici>
- [http://www.rivieracrikvenica.com/croatia/kucni\\_ljubimci](http://www.rivieracrikvenica.com/croatia/kucni_ljubimci)
- <http://meteo.hr/>, <http://www.rivieracrikvenica.com/croatia/crikvenica-klima-bioklima>
- <http://www.geografija.hr/hrvatska/rasirenost-krsa-u-hrvatskoj/>
- [https://hr.wikipedia.org/wiki/Vinodolski\\_kanal](https://hr.wikipedia.org/wiki/Vinodolski_kanal)
- <http://www.fao.org/docrep/013/i1883e/i1883e07.pdf>

## 8. Grafički prilozi

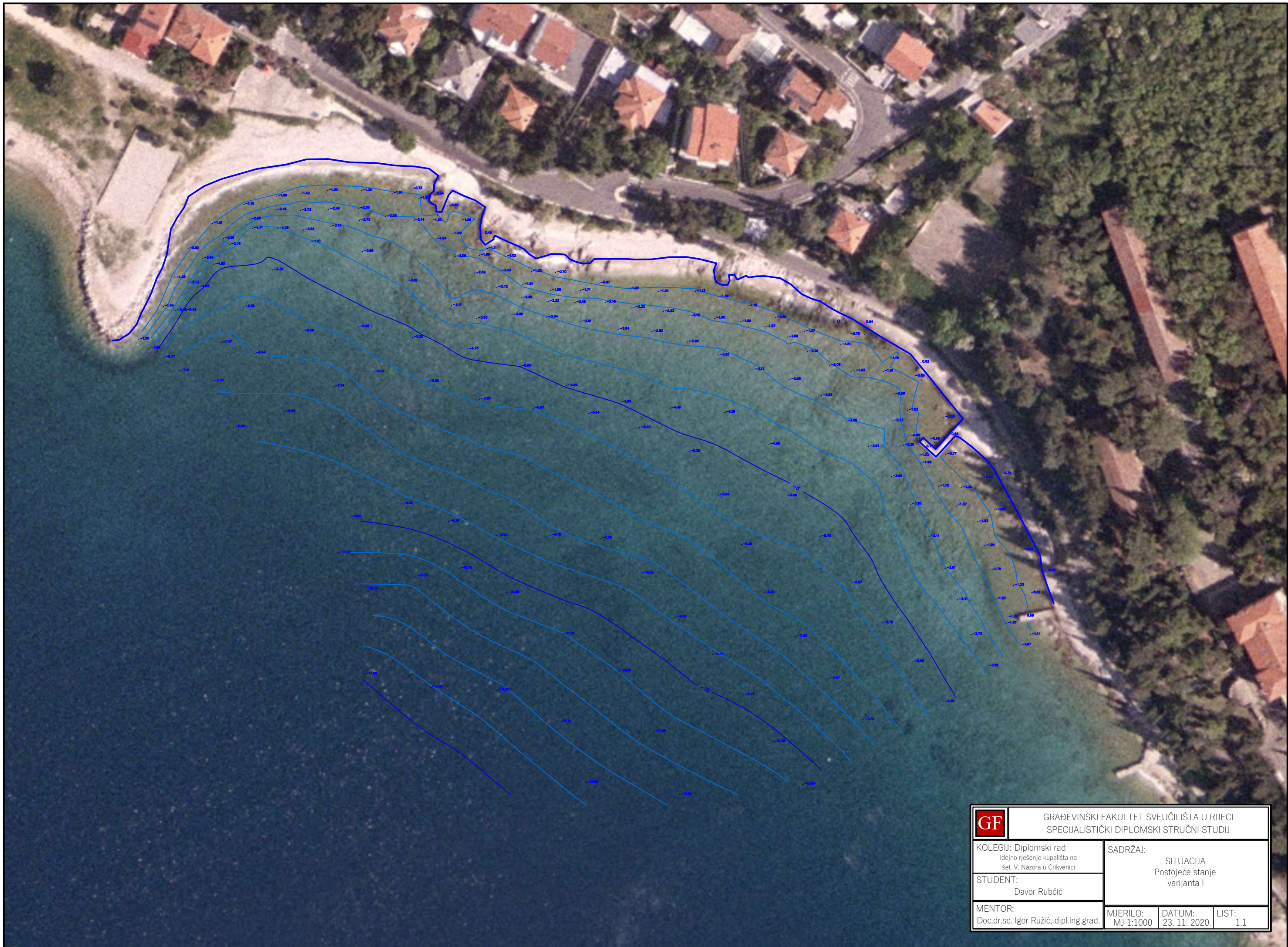
### VARIJANTA I

LIST	NACRT	MJERILO
1.1	Prikaz postojećeg stanja	M 1:1000
1.2	1. faza - postavljanje pera	M 1:1000
1.3	2. faza - postavljanje zaštitnog praga	M 1:1000
1.4	3. faza - nasipavanje umjetnog žala	M 1:1000
1.5	Nasuto pero – karakteristični presjek	M 1:100
1.6	Poprečni presjek - pero 1, profil 1 i 2	M 1:200
1.7	Poprečni presjek - pero 1, profil 3 i 4	M 1:200
1.8	Poprečni presjek - pero 2, profil 6 i 7	M 1:200
1.9	Poprečni presjek - pero 2, profil 8 i 9	M 1:200
1.10	Nasuto pero – uzdužni profil 5 i 10	M 1:200
1.11	Žalo – karakteristični presjek	M 1:100
1.12	Poprečni presjek žala sa zaštitnim pragom – profil I i II	M 1:200
1.13	Poprečni presjek žala sa zaštitnim pragom – profil III i IV	M 1:200
1.14	Poprečni presjek žala sa zaštitnim pragom – profil V i VI	M 1:200

### VARIJANTA I

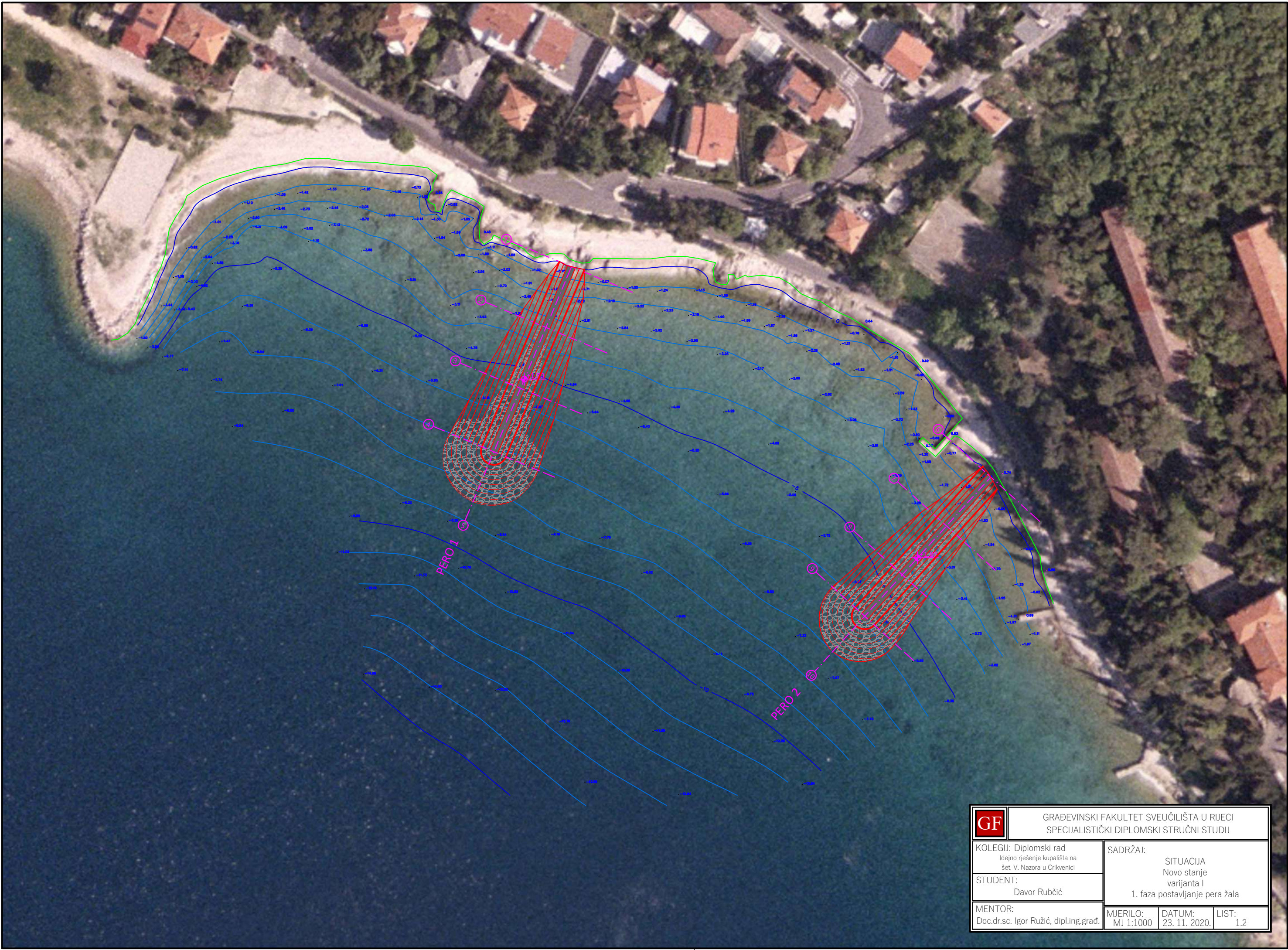
LIST	NACRT	MJERILO
2.1	Prikaz postojećeg stanja	M 1:1000
2.2	1. faza - postavljanje pera	M 1:1000
2.3	2. faza - postavljanje zaštitnog praga	M 1:1000
2.4	3. faza - nasipavanje umjetnog žala	M 1:1000
2.5	Nasuto pero – karakteristični presjek	M 1:100
2.6	Poprečni presjek - pero 1, profil 1 i 2	M 1:200
2.7	Poprečni presjek - pero 1, profil 3 i 4	M 1:200
2.8	Poprečni presjek - pero 2, profil 6, 7 i 8	M 1:200
2.9	Poprečni presjek - pero 2, profil 9 i 10	M 1:200
2.10	Poprečni presjek - pero 2, profil 12, 13 i 14	M 1:200
2.11	Poprečni presjek - pero 2, profil 15 i 16	M 1:200
2.12	Nasuto pero – uzdužni profil 5 i 11	M 1:200
2.13	Nasuto pero – uzdužni profil 17	M 1:200
2.14	Žalo – karakteristični presjek	M 1:100
2.15	Poprečni presjek žala sa zaštitnim pragom – profil I i II	M 1:200
2.16	Poprečni presjek žala sa zaštitnim pragom – profil III i IV	M 1:200
2.17	Poprečni presjek žala sa zaštitnim pragom – profil V i VI	M 1:200
2.18	Poprečni presjek žala sa zaštitnim pragom – profil VII i VIII	M 1:200
2.19	Poprečni presjek žala sa zaštitnim pragom – profil IX	M 1:200






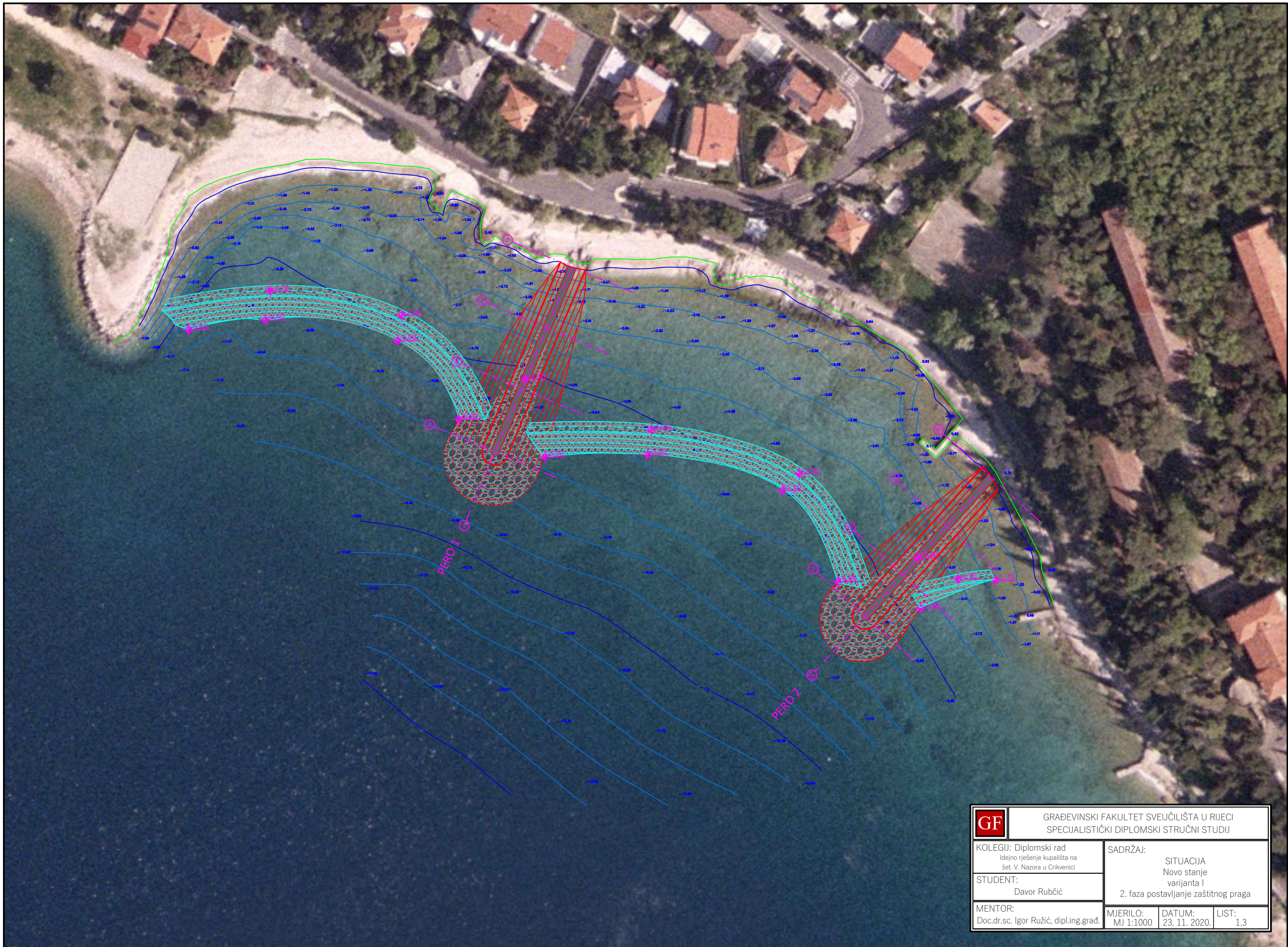
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ: SITUACIJA Postojeće stanje varijanta I	
STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:1000	DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 1.1
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			





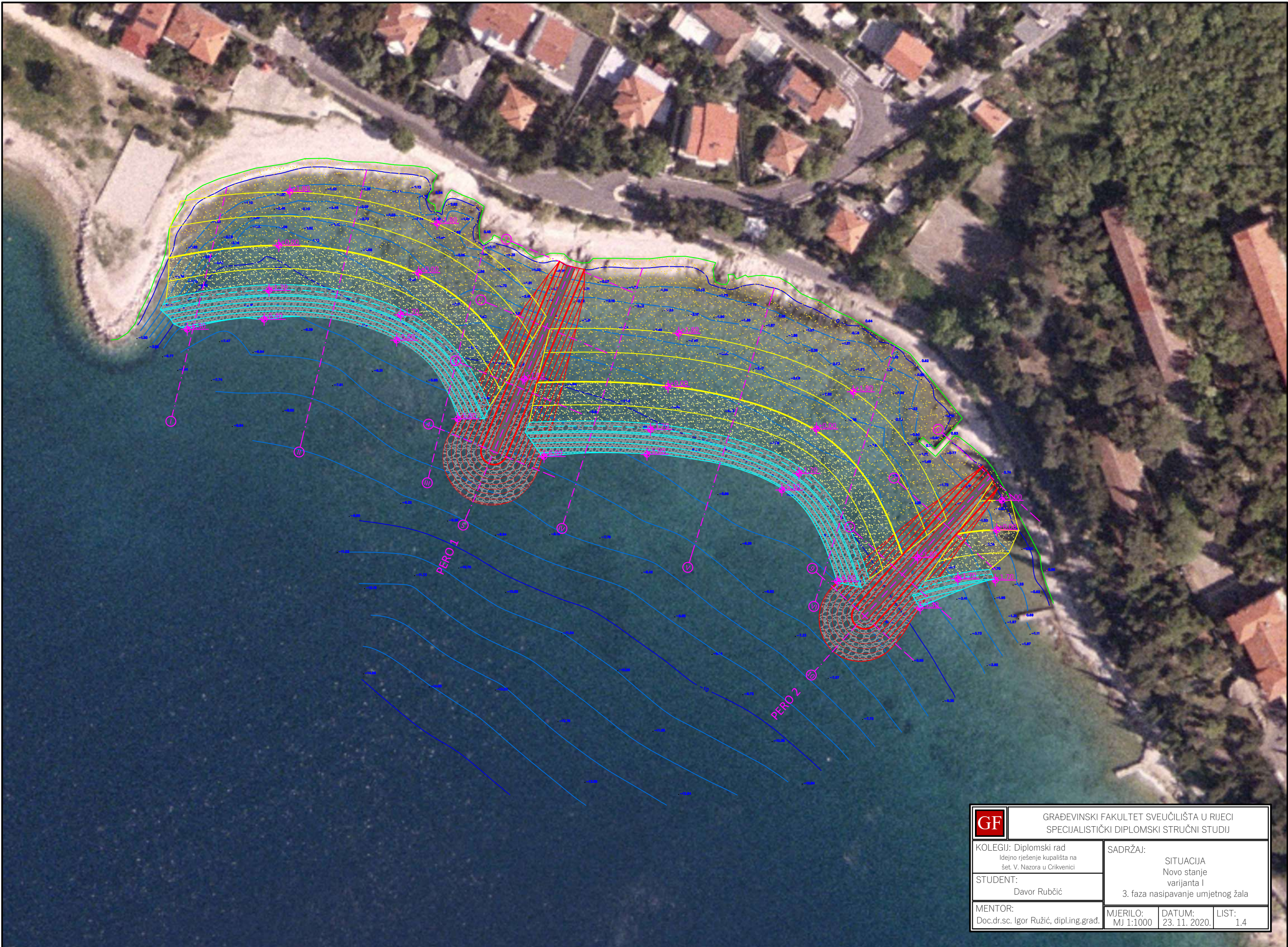
	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ: SITUACIJA Novo stanje varijanta I 1. faza postavljanje pera žala	
STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:1000	DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 1.2
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			






<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  SITUACIJA Novo stanje varijanta I  2. faza postavljanje zaštitnog praga	
STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:1000	DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 1.3
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			





 GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		SADRŽAJ:  SITUACIJA Novo stanje varijanta I  3. faza nasipavanje umjetnog žala		
STUDENT: Davor Rubčić		DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 1.4	
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.				

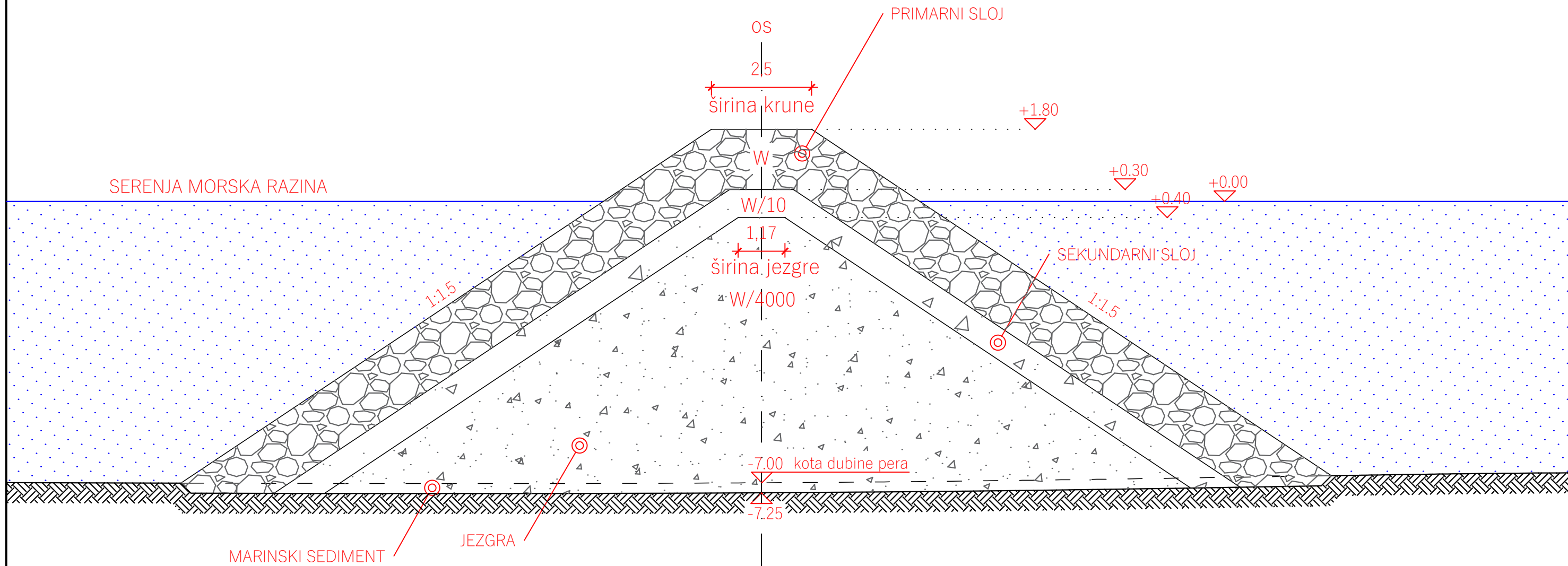


# NASUTO PERO

## Karakteristični presjek

### PROFIL 4

M 1:100



OZNAKA	SLOJ	RASPON VELIČINA ELEMENATA
W	PRIMARNI SLOJ	W <sub>min</sub> =8.50kN; W <sub>max</sub> =14.00kN
W/10	SEKUNDARNI SLOJ	W/10 <sub>min</sub> =0.80kN; W/10 <sub>max</sub> =1.50kN
W/4000	JEZGRA	W/4000 <sub>min</sub> =1,00N; W/4000 <sub>max</sub> =5,50N

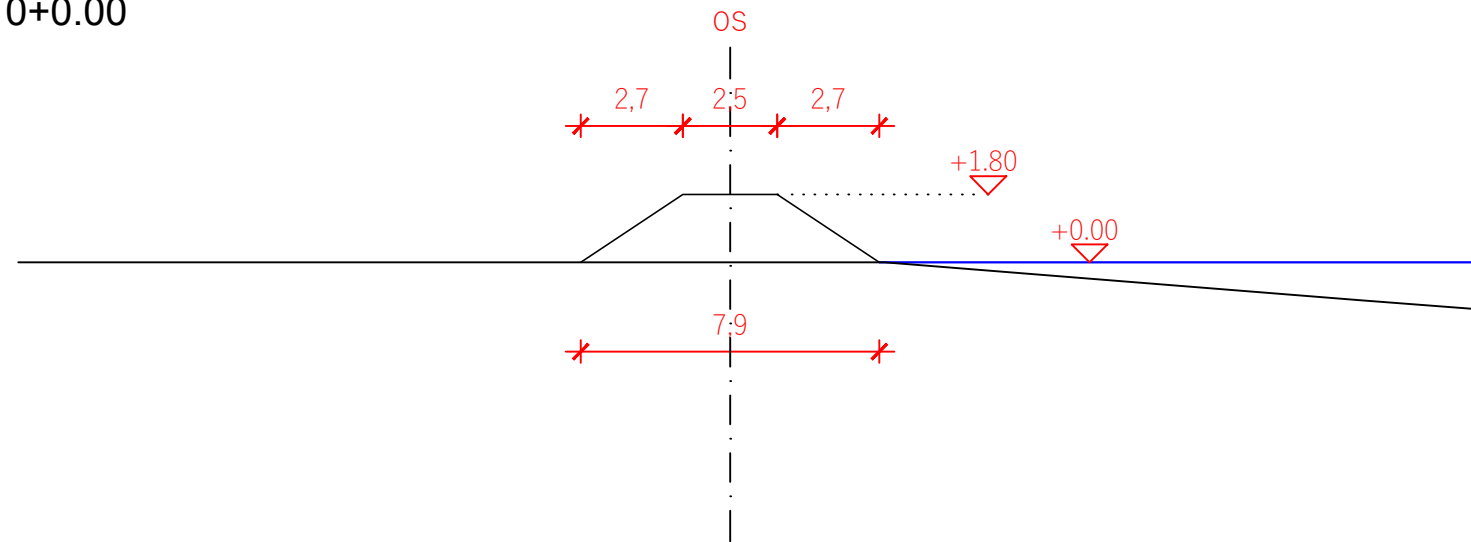
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici		SADRŽAJ:
	STUDENT: Davor Rubčić		NASUTO PERO varijanta I KARAKTERISTIČNI PRESJEK
	MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.	MJERILO: MJ 1:100	DATUM: 23. 11. 2020.
		LIST: 1.5	

# NASUTO PERO 1

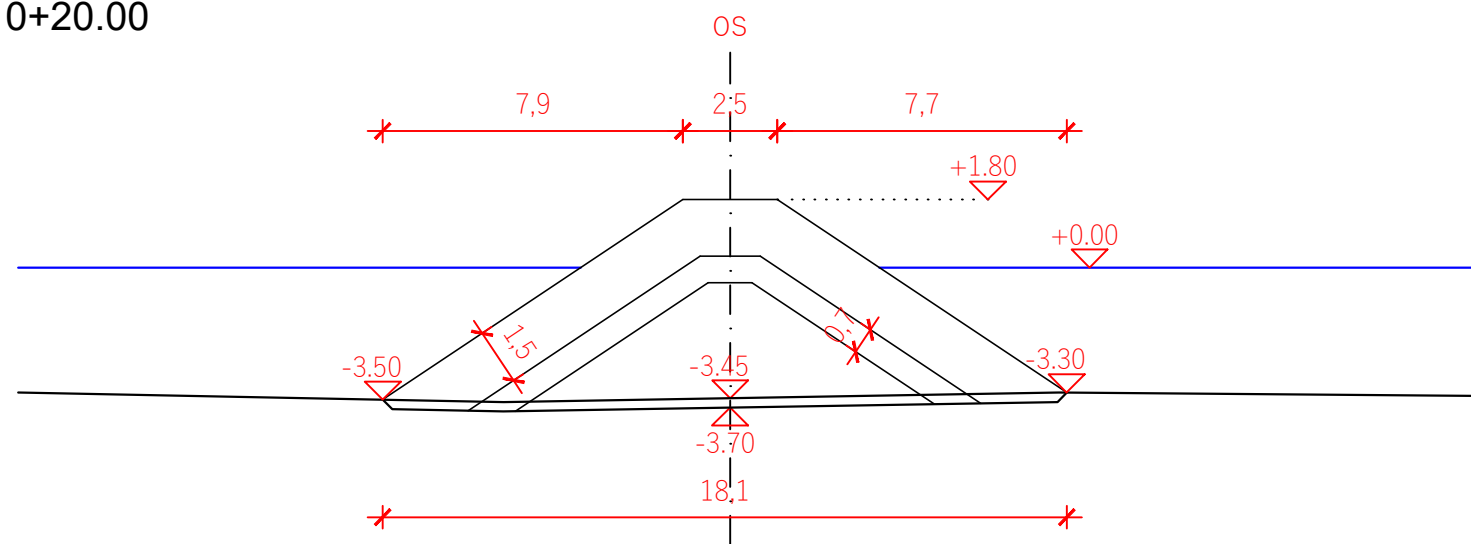
## POPREČNI PROFILI

M 1:200

PROFIL 1  
0+0.00



PROFIL 2  
0+20.00



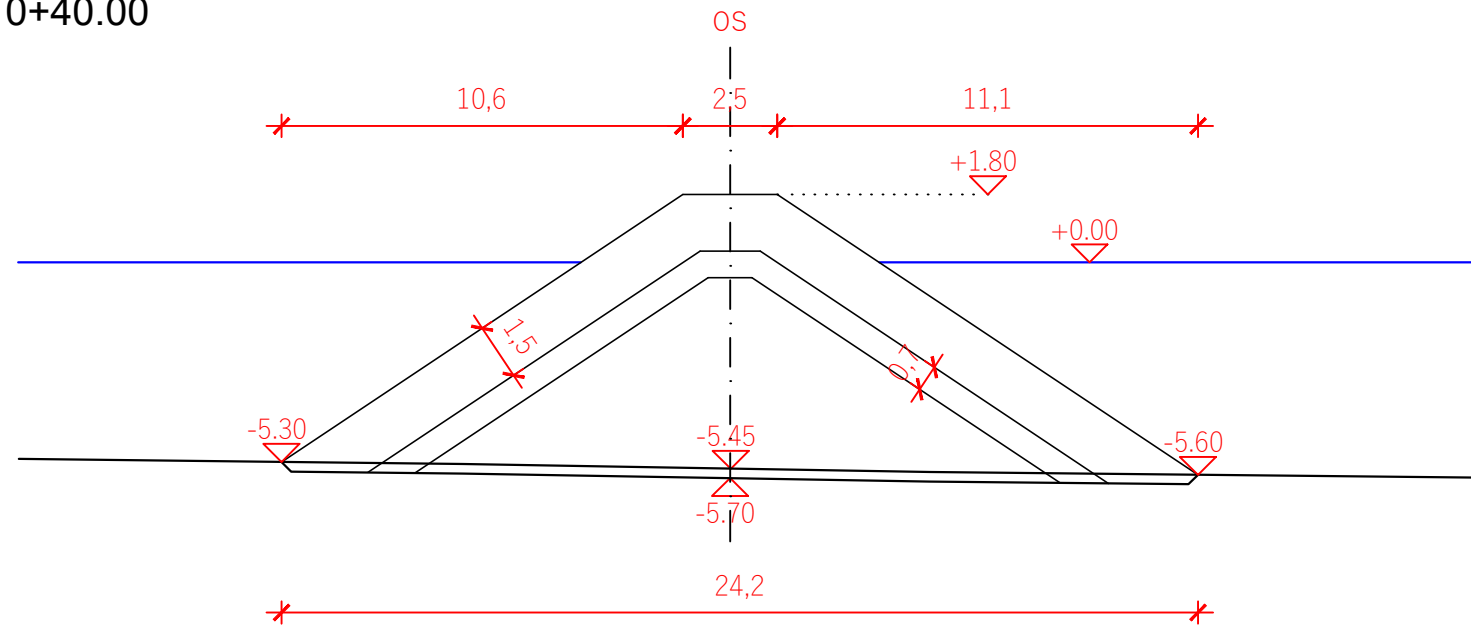
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI PERA 1 PROFIL 1 I 2 varijanta I	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			

# NASUTO PERO 1

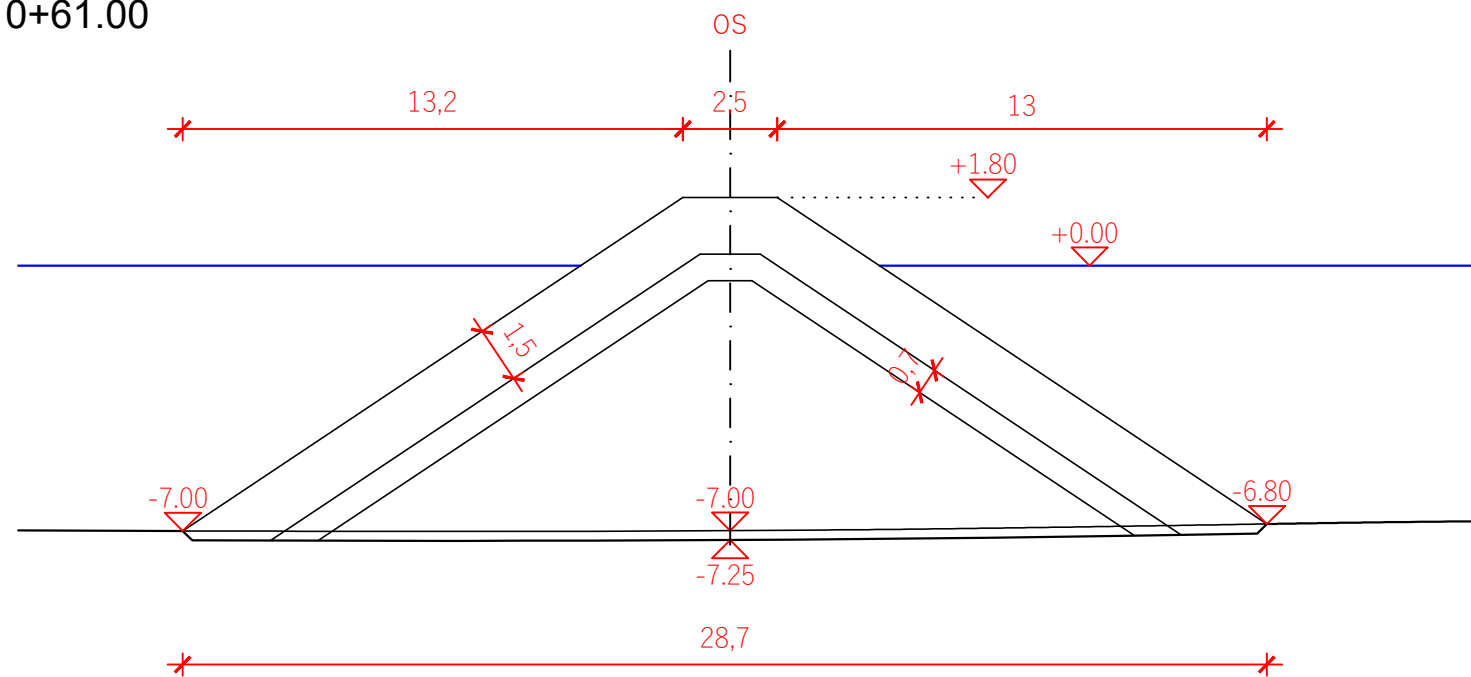
## POPREČNI PROFILI


M 1:200

PROFIL 3  
0+40.00



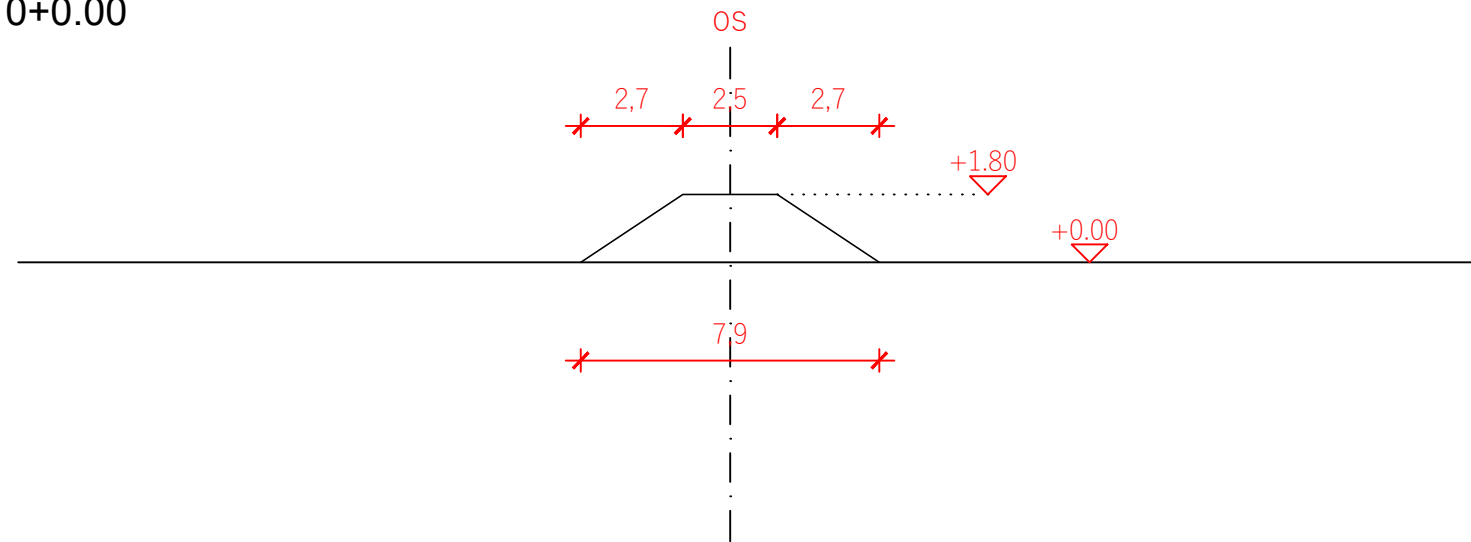
PROFIL 4  
0+61.00



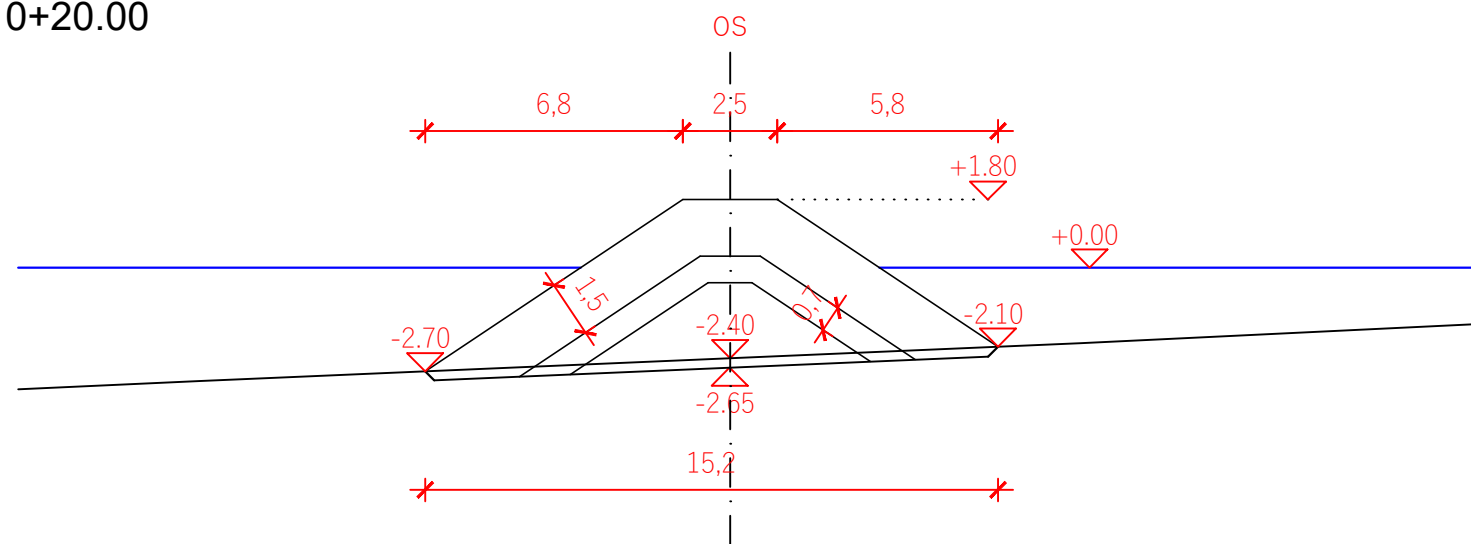
	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI PERA 1 PROFIL 3 I 4 varijanta I	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			


# NASUTO PERO 2 POPREČNI PROFILI M 1:200

PROFIL 6  
0+0.00



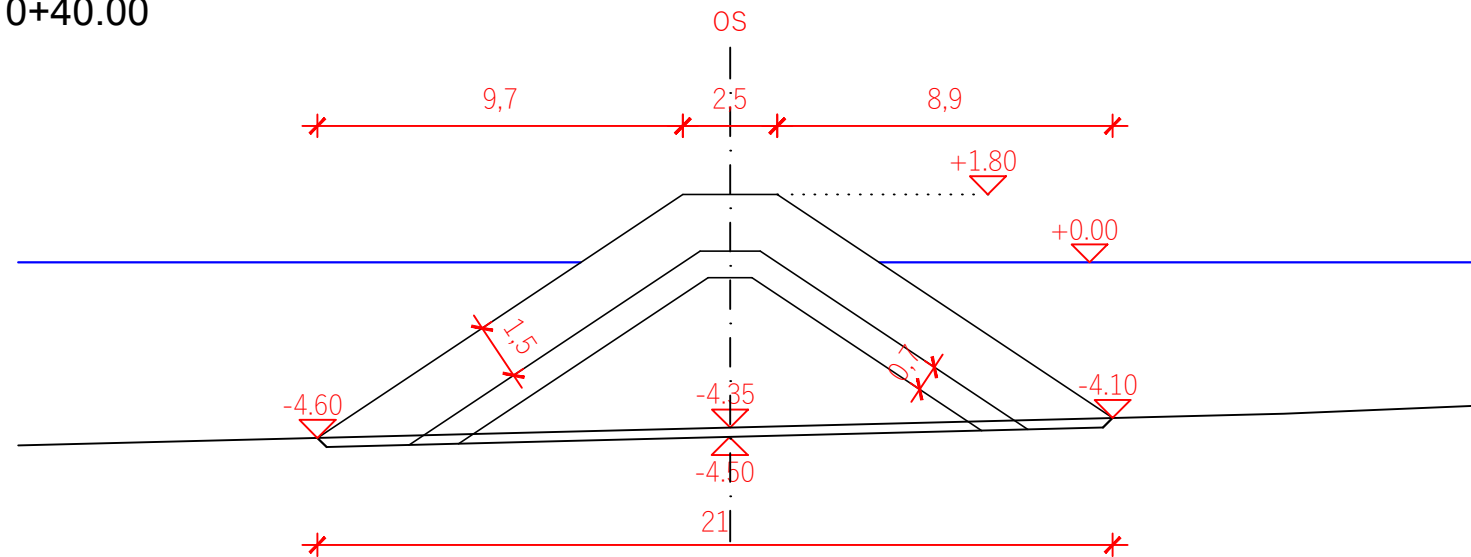
PROFIL 7  
0+20.00



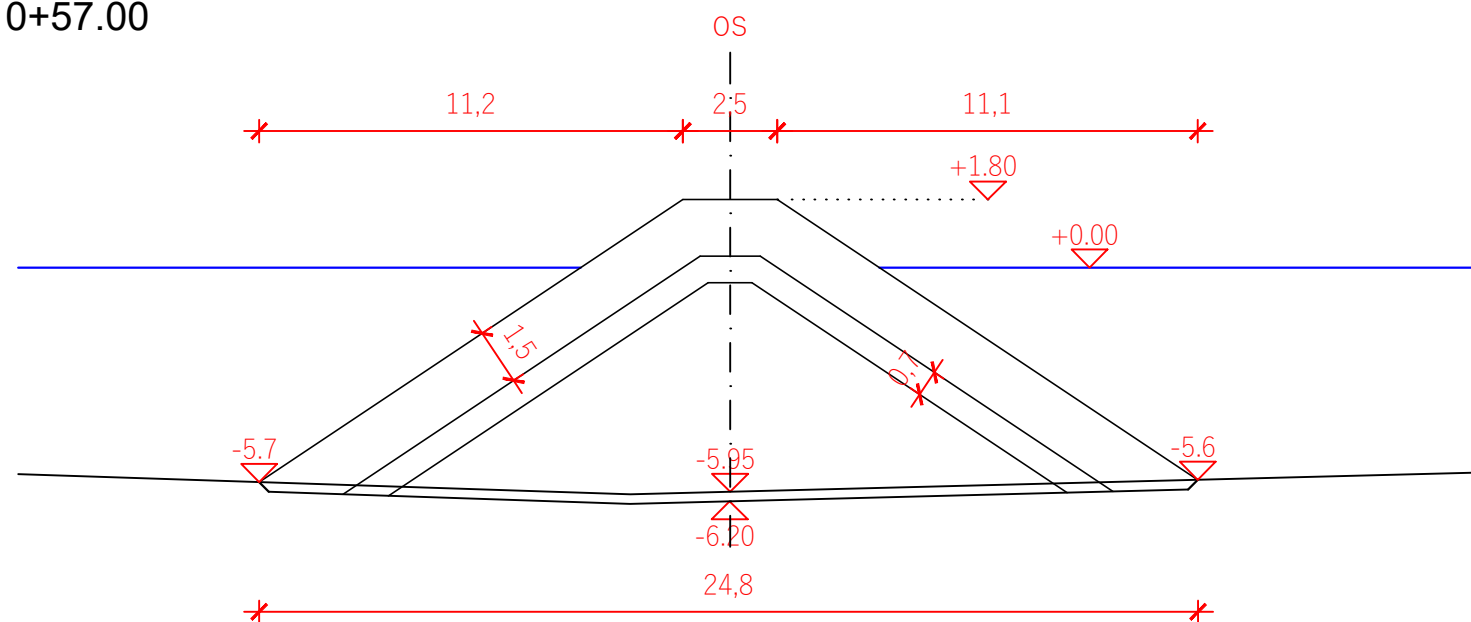
	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI PERA 2 PROFILI 6 I 7 varijanta I	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			


# NASUTO PERO 2 POPREČNI PROFILI M 1:200

PROFIL 8  
0+40.00



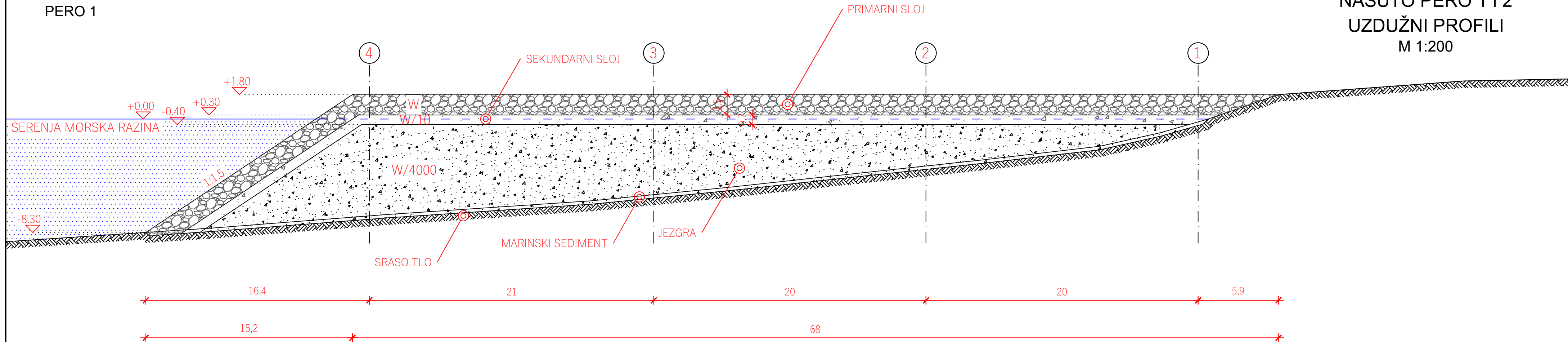
PROFIL 9  
0+57.00



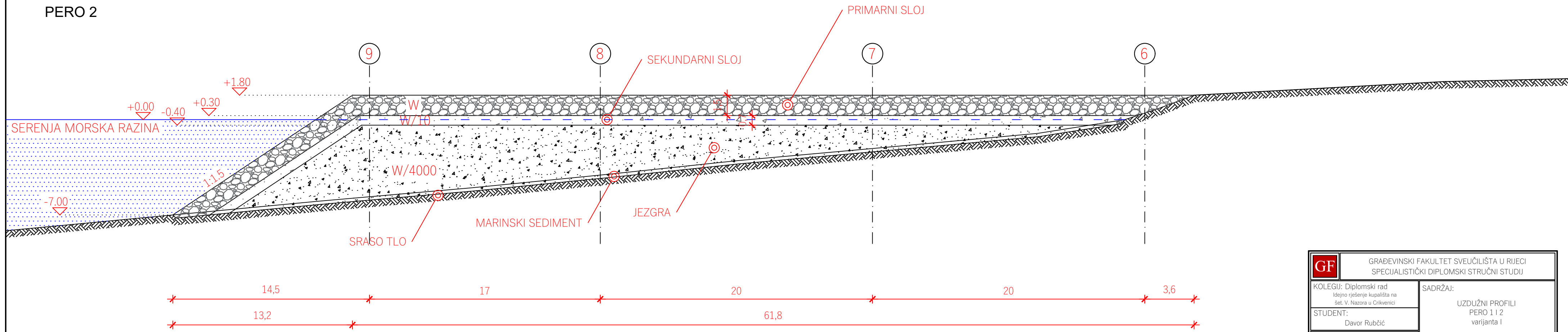
	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI PERA 2 PROFIL 8 I 9 varijanta I	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			

PERO 1

# NASUTO PERO 1 I 2 UZDUŽNI PROFILI M 1:200



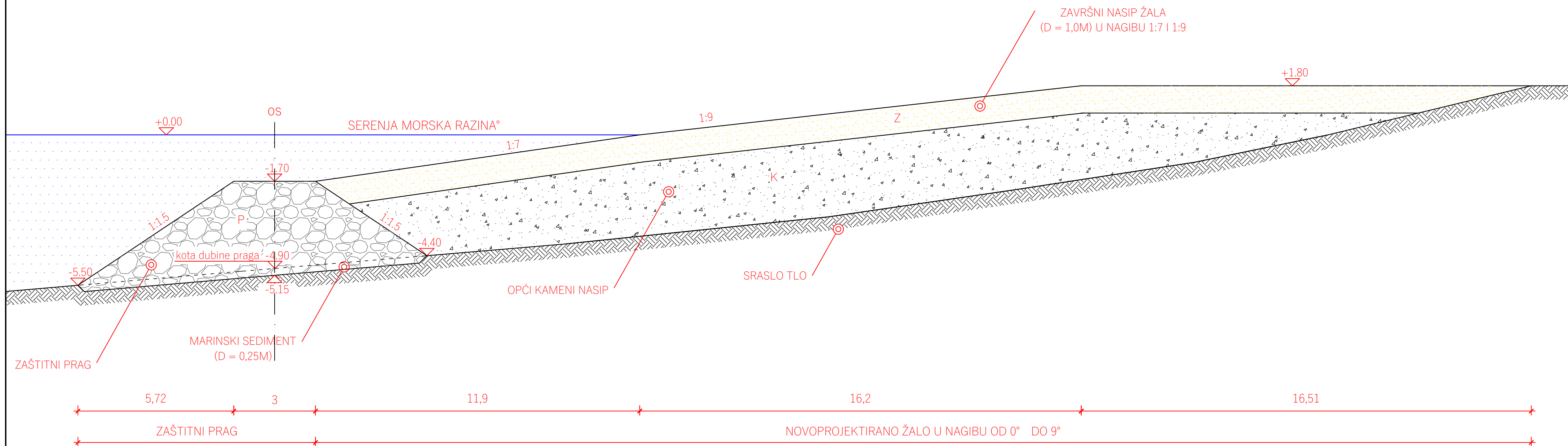
PERO 2




<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ: UZDUŽNI PROFILI PERO 1 I 2 varijanta I	
STUDENT: Davor Rubčić	MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.		
MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 1.10	



ŽALO  
 Karakteristični presjek  
 PROFIL II  
 M 1:100



OZNAKA	SLOJ	RASPON VELIČINA ELEMENATA	
Z	ŽALO	Zmin=8mm;	Zmax=16mm
K	OPĆI KAM. NASIP	Kmin=1,00N;	Kmax=500N
P	ZAŠTITNI PRAG	Pmin=1,00N;	Pmax=1,00kN

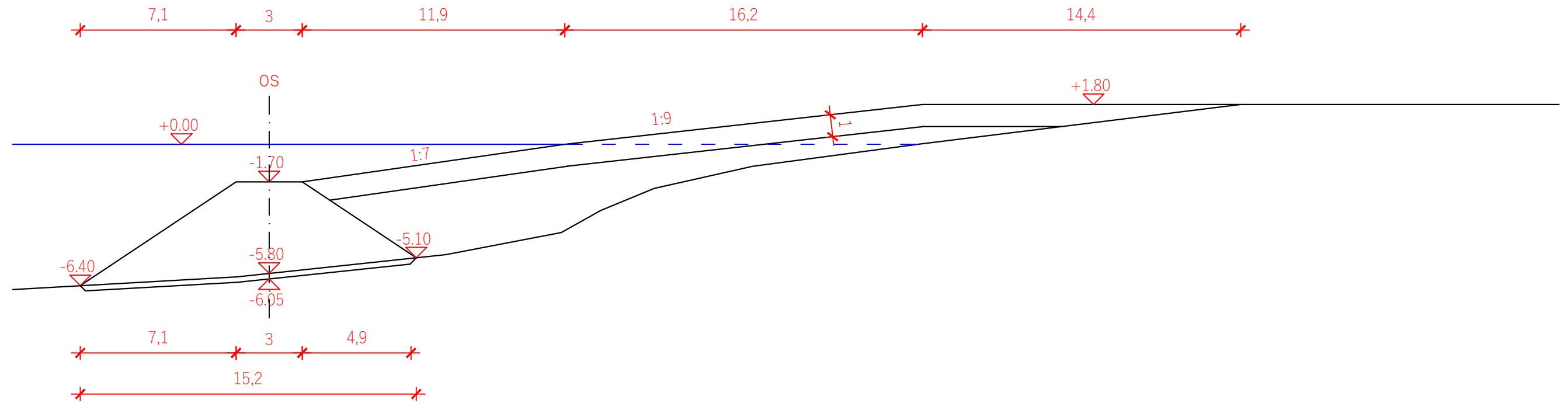
 GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ			
KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici		SADRŽAJ:  ŽALO KARAKTERISTIČNI PRESJEK varijanta I	
STUDENT: Davor Rubčić		MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.	
MJERILO: MJ 1:100	DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 1.11	

# ŽALO

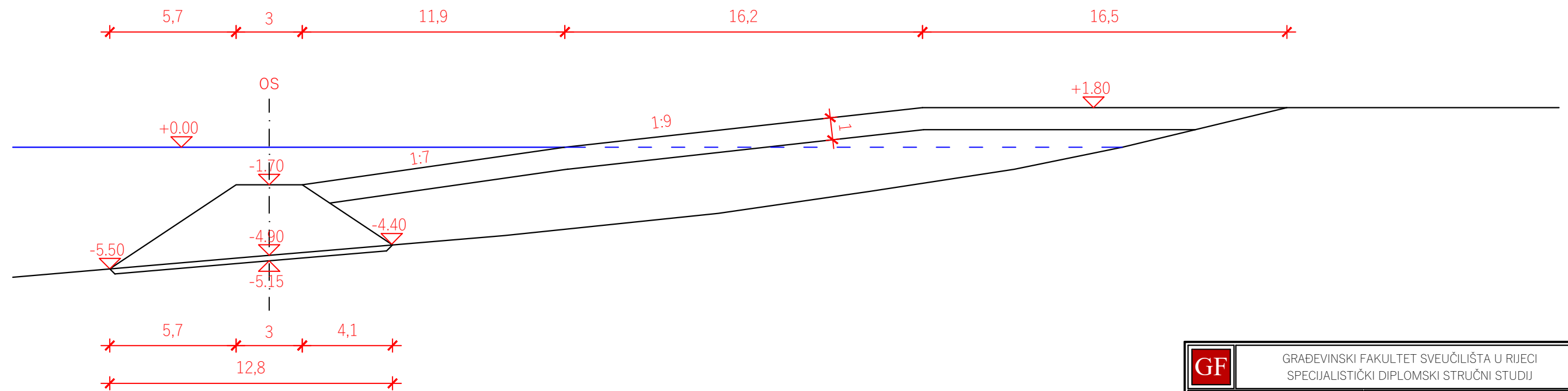
## POPREČNI PROFILI

M 1:200

PROFIL I



PROFIL II



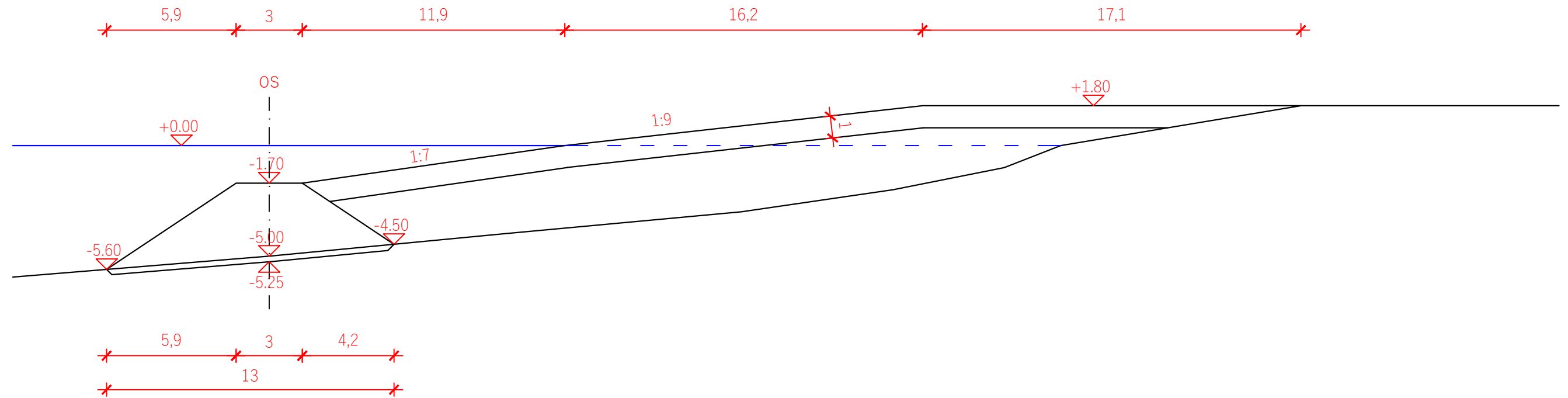
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ			
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici		SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI ŽALO PROFIL 1 I 2 varijanta I	
	STUDENT: Davor Rubčić			
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.		MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 1.12

# ŽALO

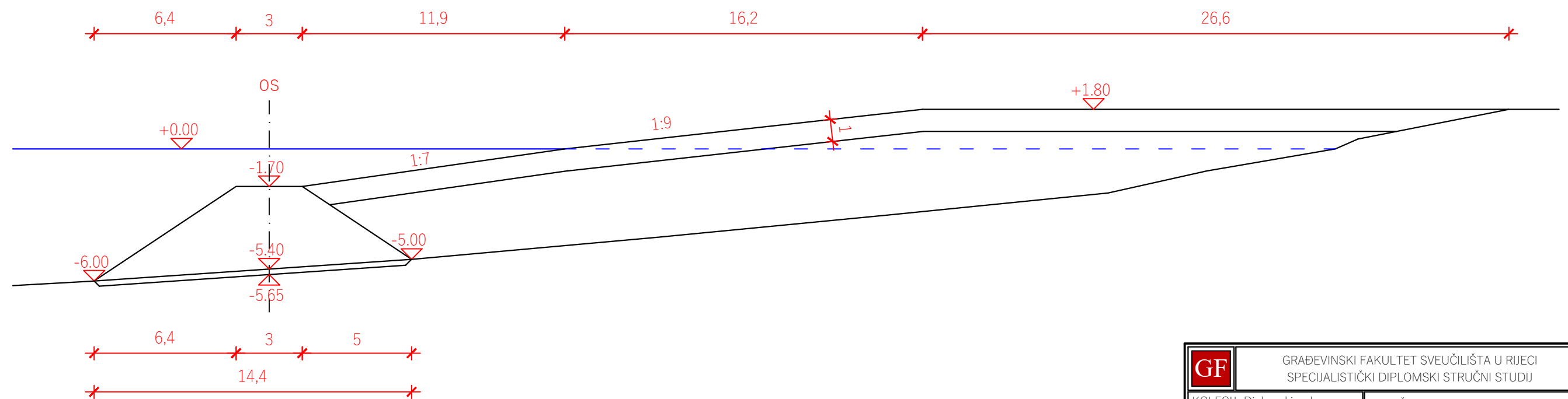
## POPREČNI PROFILI

M 1:200

PROFIL III



PROFIL IV



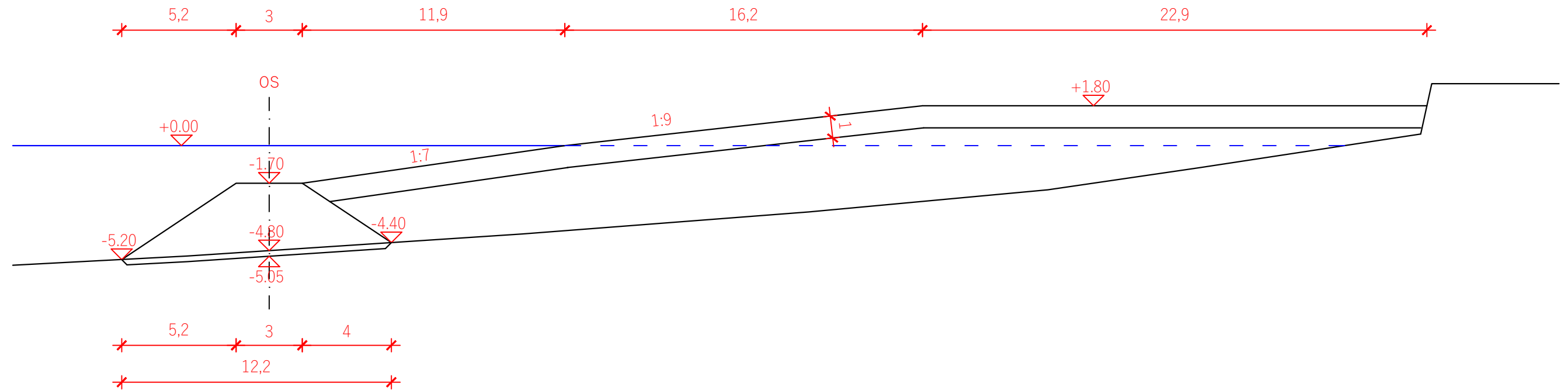
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI ŽALO PROFIL 3 I 4 varijanta I	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			

# ŽALO

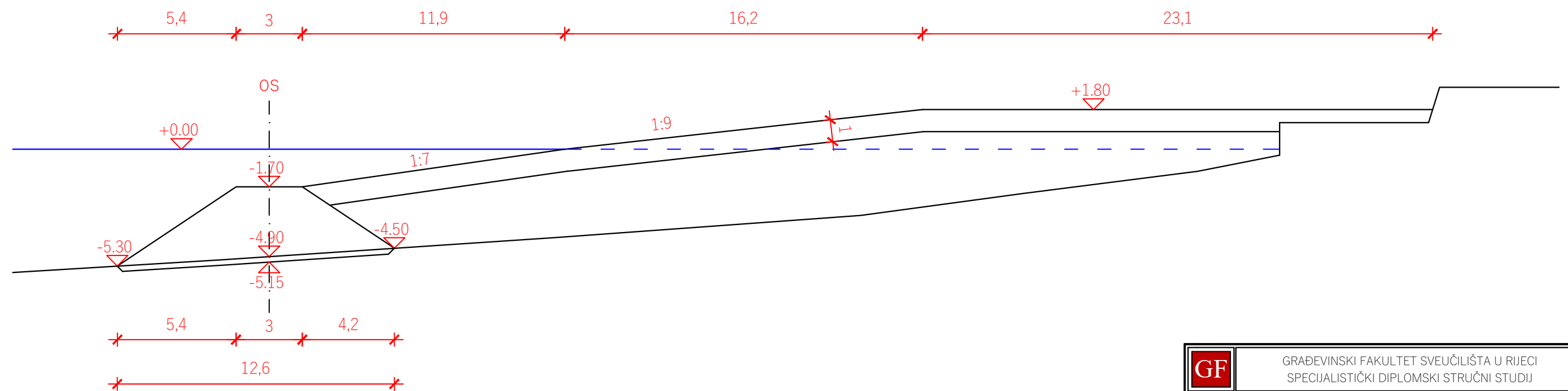
## POPREČNI PROFILI

M 1:200

PROFIL V

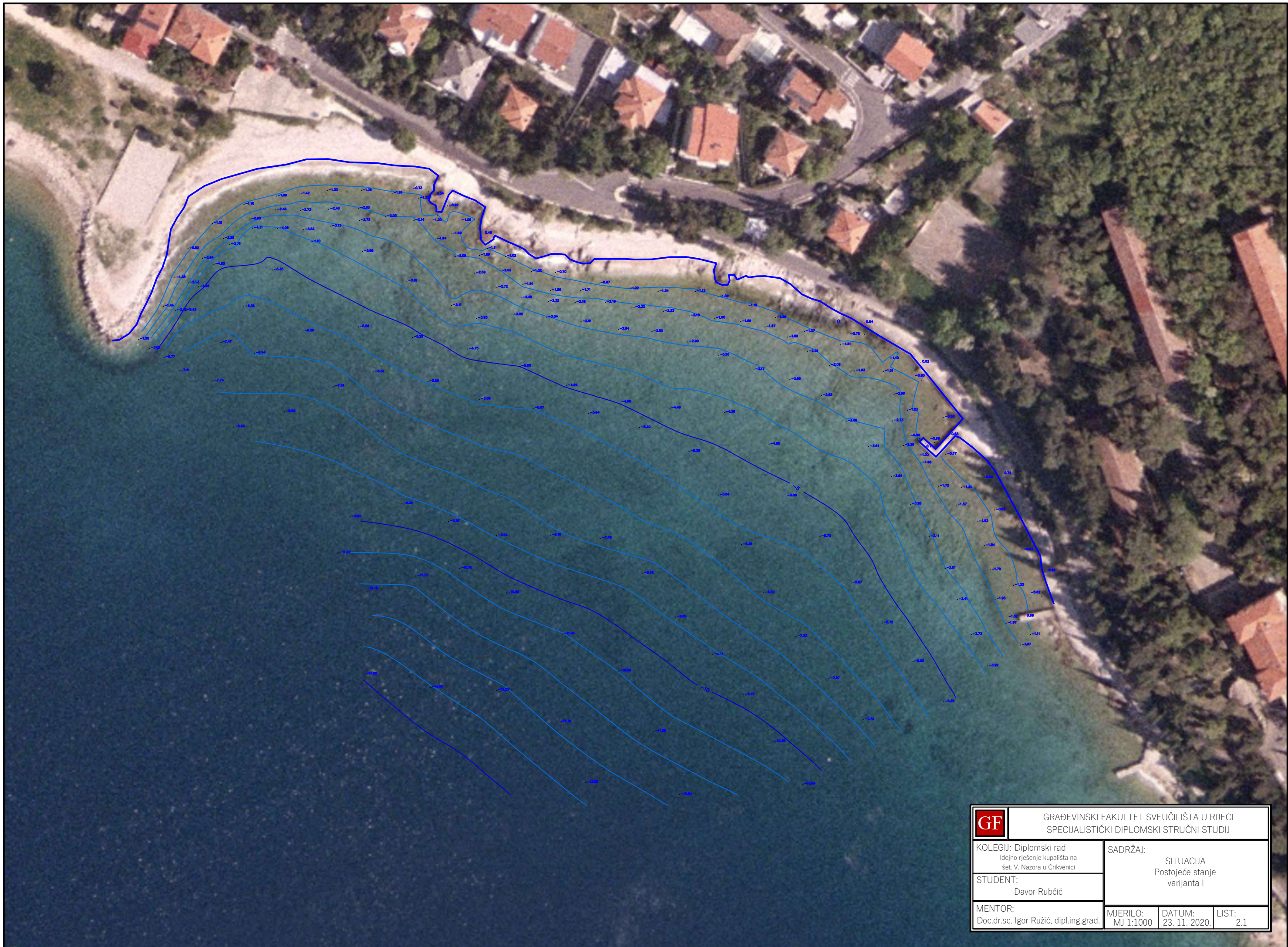


PROFIL VI



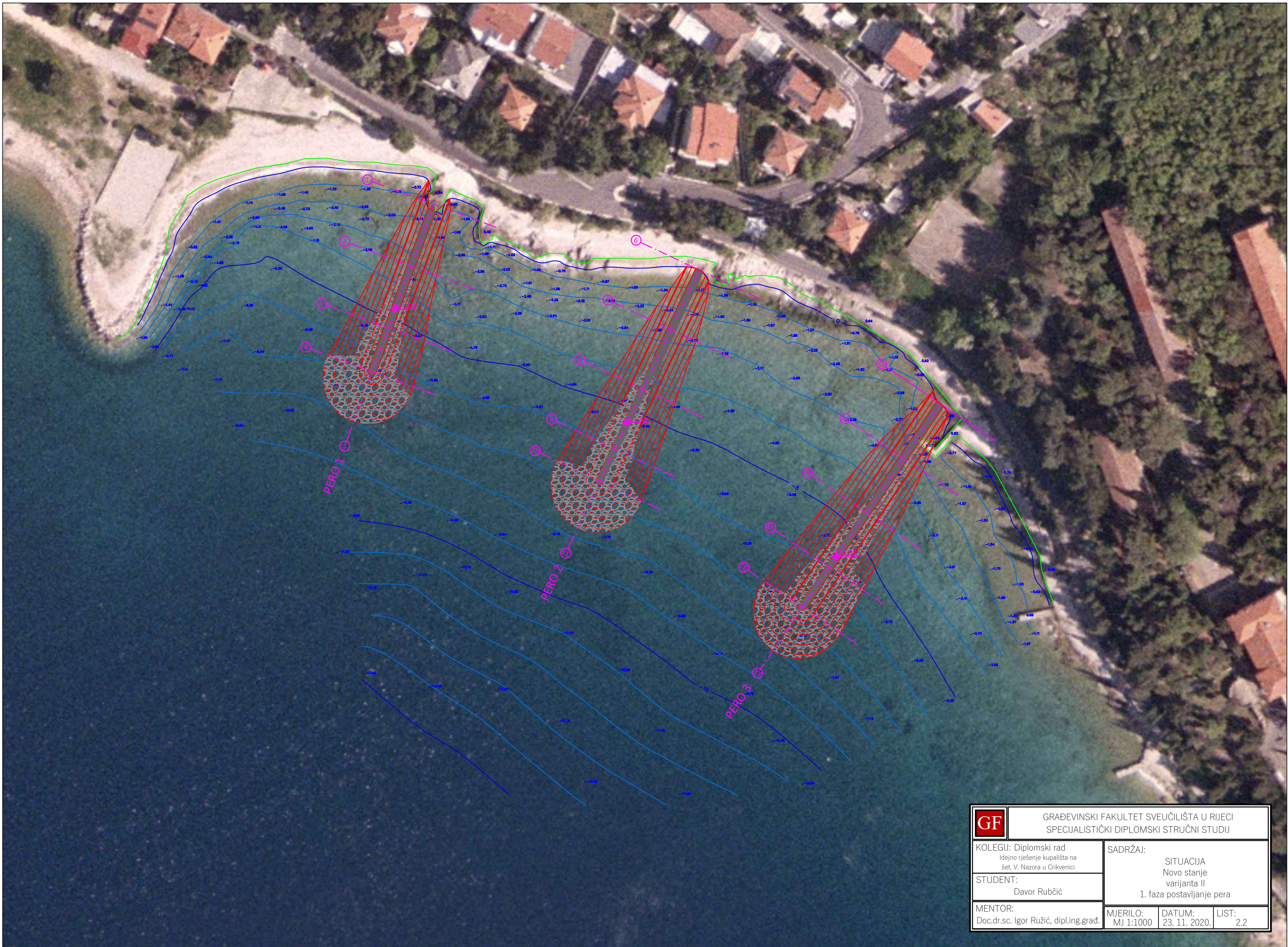
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI ŽALO PROFIL 5 I 6 varijanta I	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			






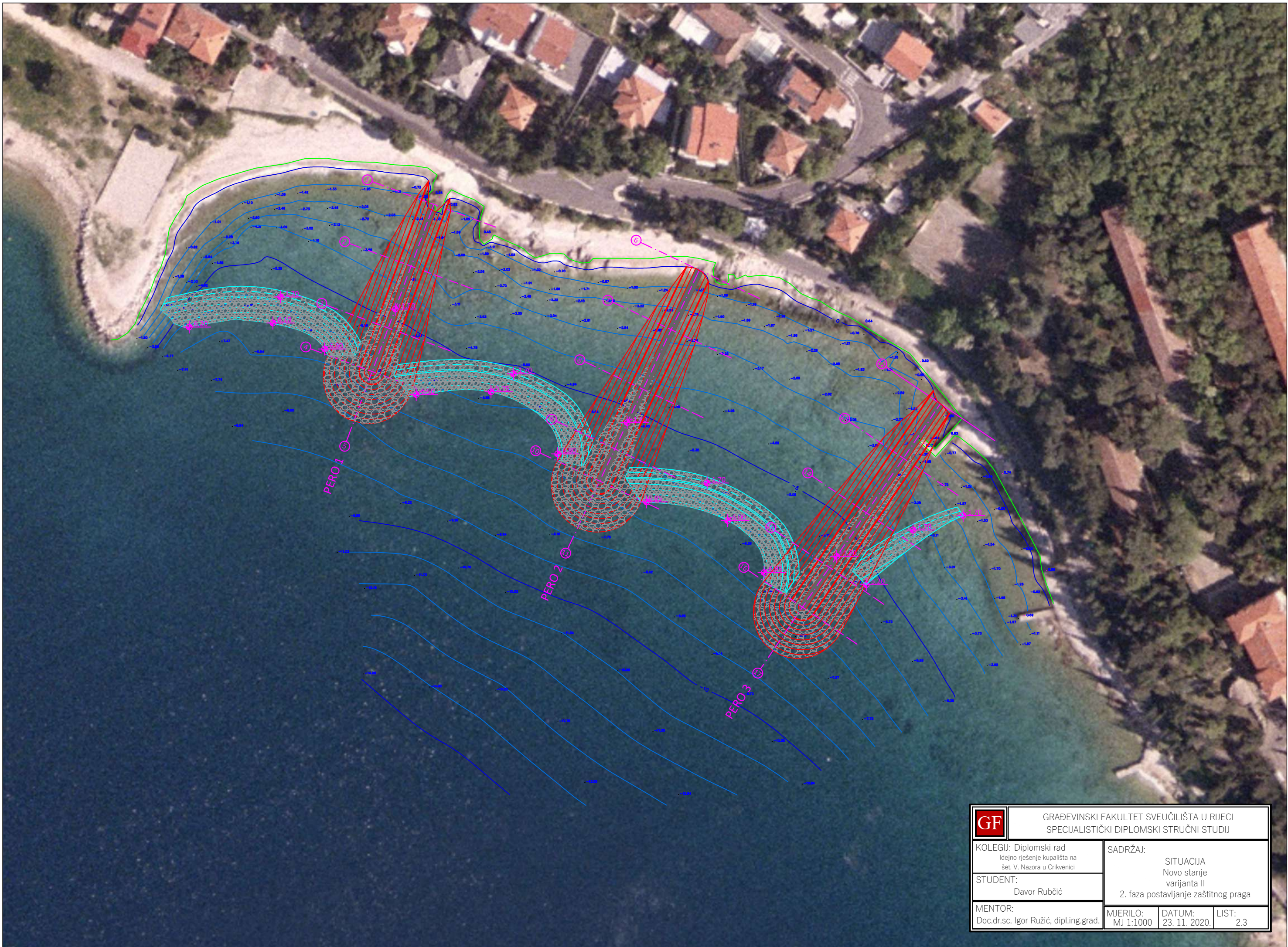
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ: SITUACIJA Postojeće stanje varijanta I	
STUDENT: Davor Rubčić			
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.	MJERILO: MJ 1:1000	DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 2.1






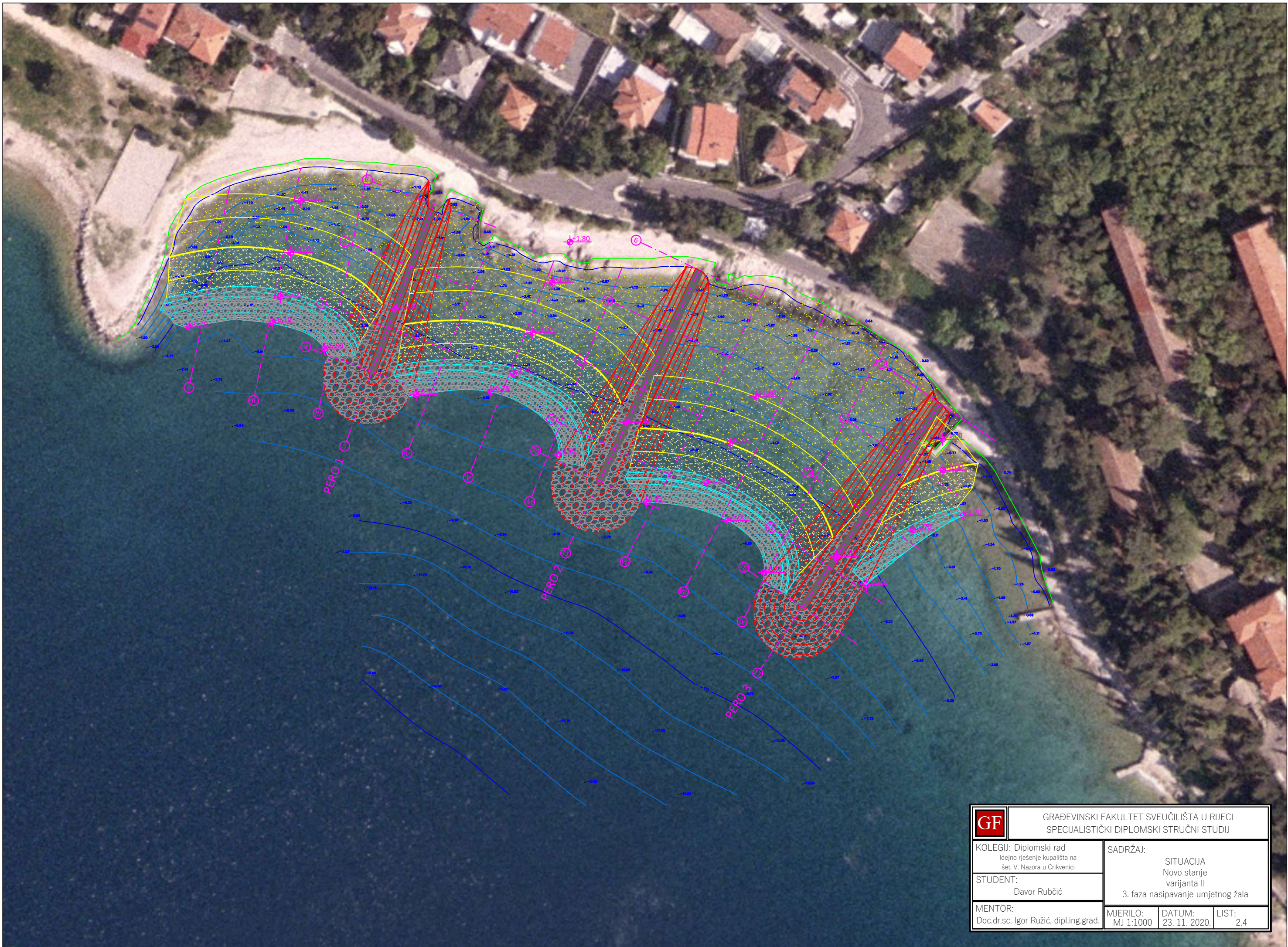
	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ			
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ: SITUACIJA Novo stanje varijanta II 1. faza postavljanje pera		
STUDENT: Davor Rubčić	MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.	MJERILO: MJ 1:1000	DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 2.2





 GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		SADRŽAJ: SITUACIJA Novo stanje varijanta II 2. faza postavljanje zaštitnog praga			
		MJERILO:	DATUM:	LIST:	
KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	STUDENT: Davor Rubčić		MJERILO:	DATUM:	LIST:
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			MJ 1:1000	23. 11. 2020.	2.3

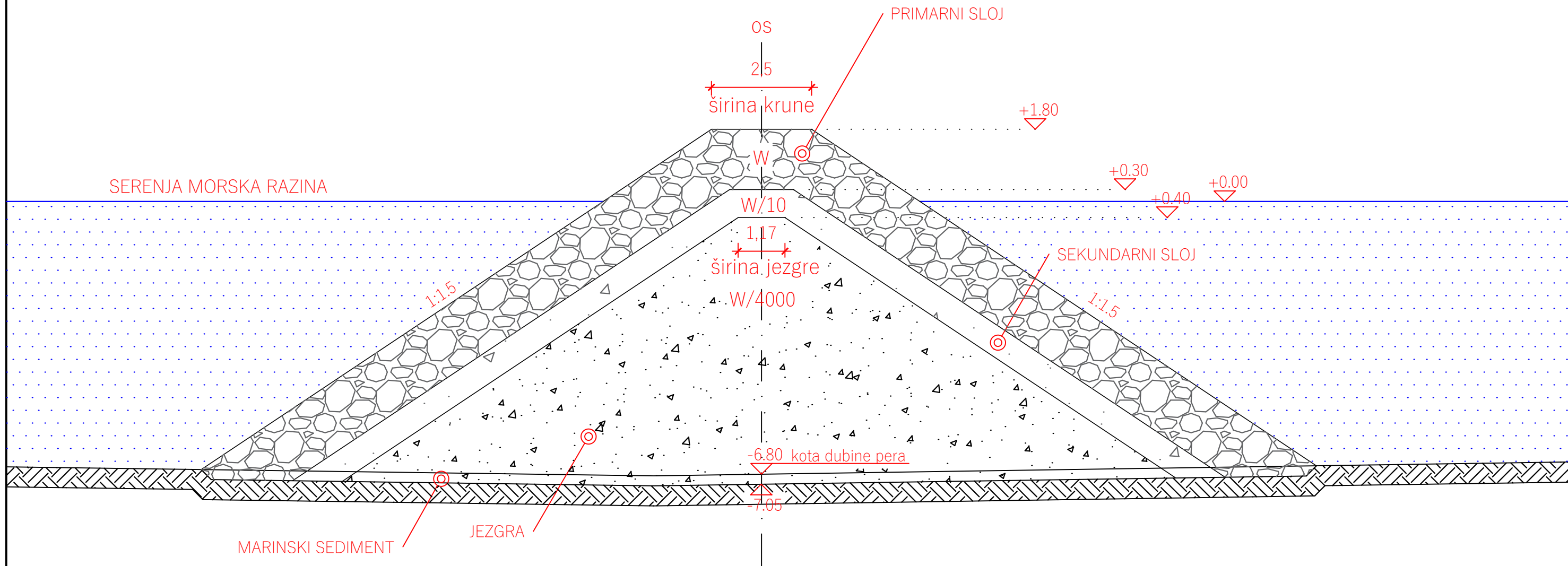




<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  SITUACIJA Novo stanje varijanta II  3. faza nasipavanje umjetnog žala	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:1000	DATUM: 23. 11. 2020.
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			



NASUTO PERO  
 Karakteristični presjek  
 PROFIL 4  
 M 1:100



OZNAKA	SLOJ	RASPON VELIČINA ELEMENATA
W	PRIMARNI SLOJ	Wmin=8.50kN; Wmax=14.00kN
W/10	SEKUNDARNI SLOJ	W/10min=0.80kN; W/10max=1.50kN
W/4000	JEZGRA	W/4000min=1.00N; W/4000max=5.50N

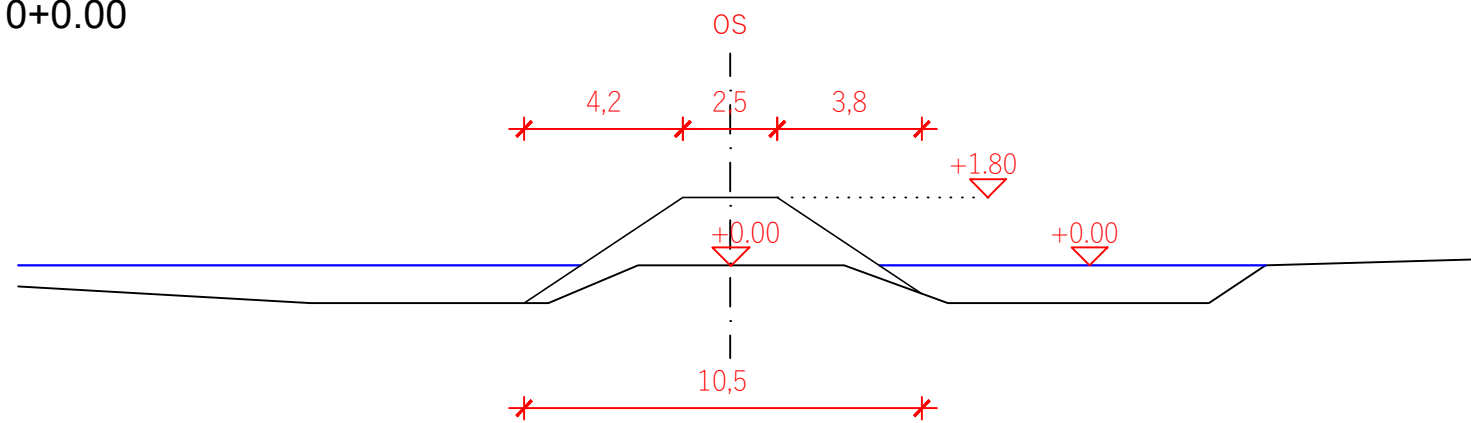
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  NASUTO PERO varijanta II KARAKTERISTIČNI PRESJEK	
	STUDENT: Davor Rubčić		
	MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.	MJERILO: MJ 1:100	DATUM: 23. 11. 2020.

# NASUTO PERO 1

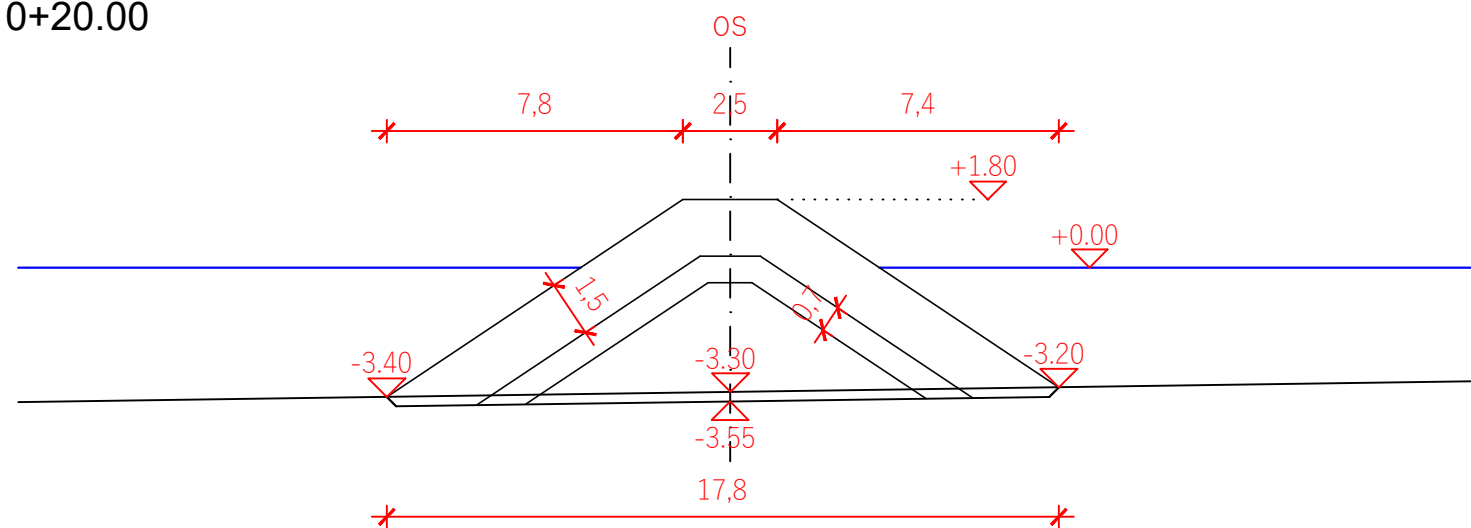
## POPREČNI PROFILI


M 1:200

PROFIL 1  
0+0.00



PROFIL 2  
0+20.00



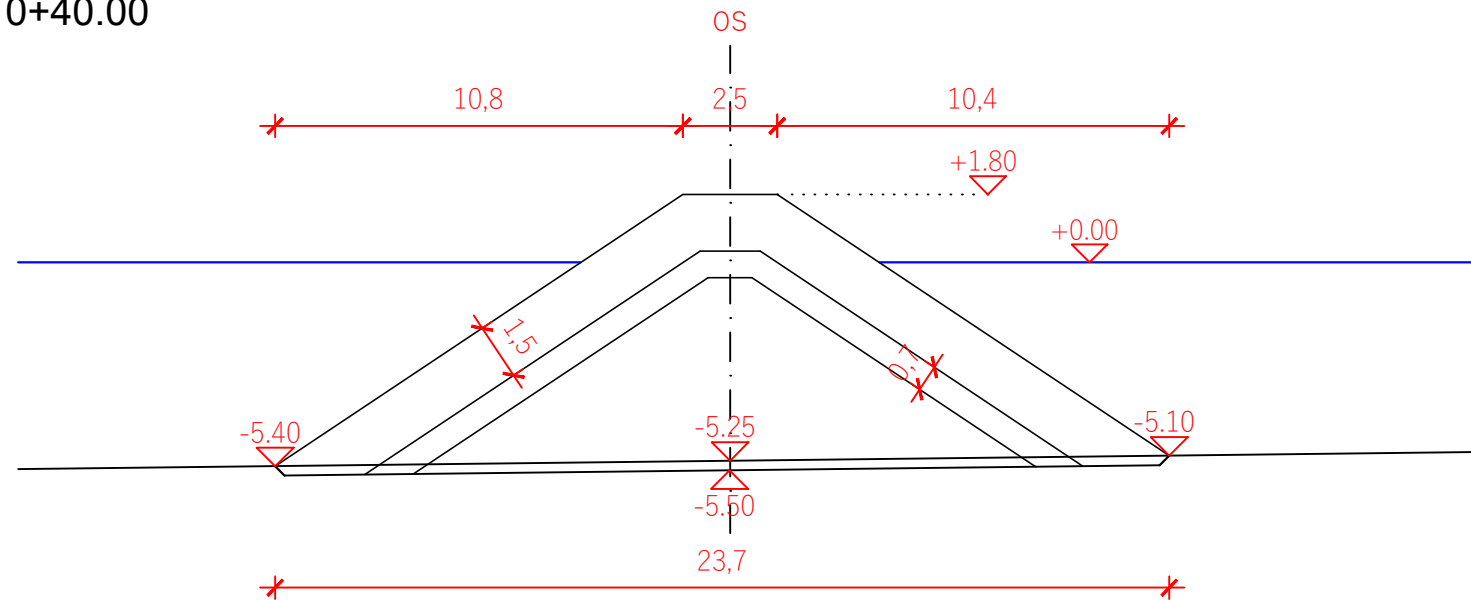
	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI PERA 1 PROFIL 1 I 2 varijanta II	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.

# NASUTO PERO 1

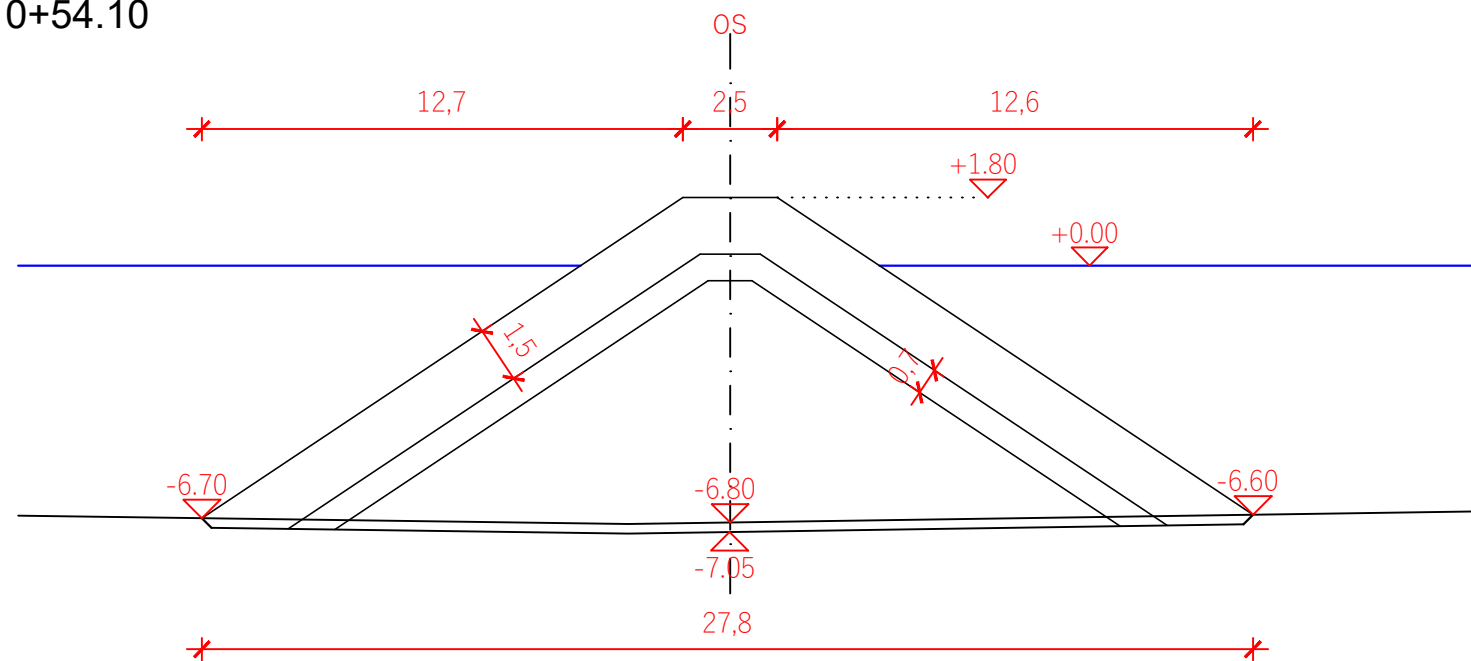
## POPREČNI PROFILI


M 1:200

PROFIL 3  
0+40.00



PROFIL 4  
0+54.10



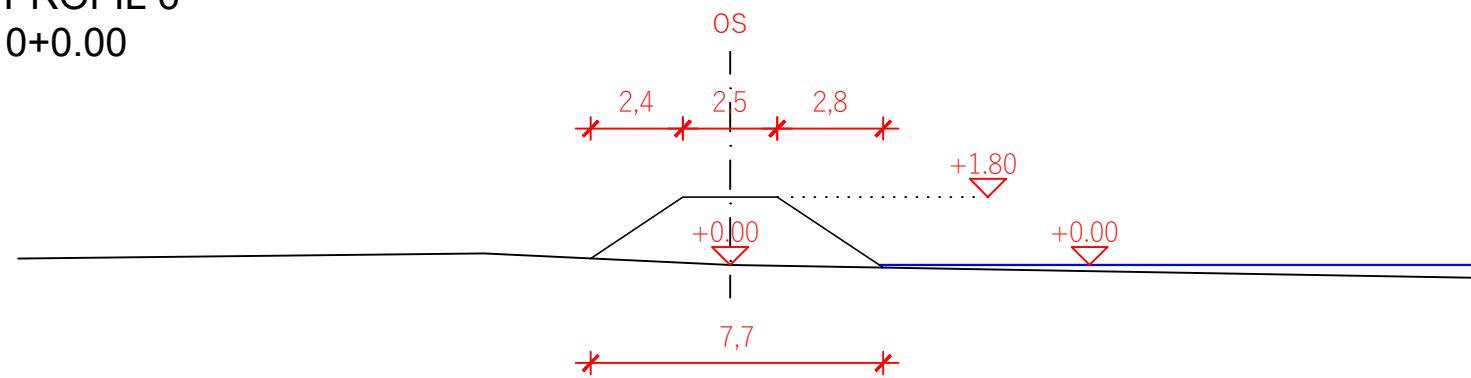
	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI PERA 1 PROFIL 3 I 4 varijanta II	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			

# NASUTO PERO 2

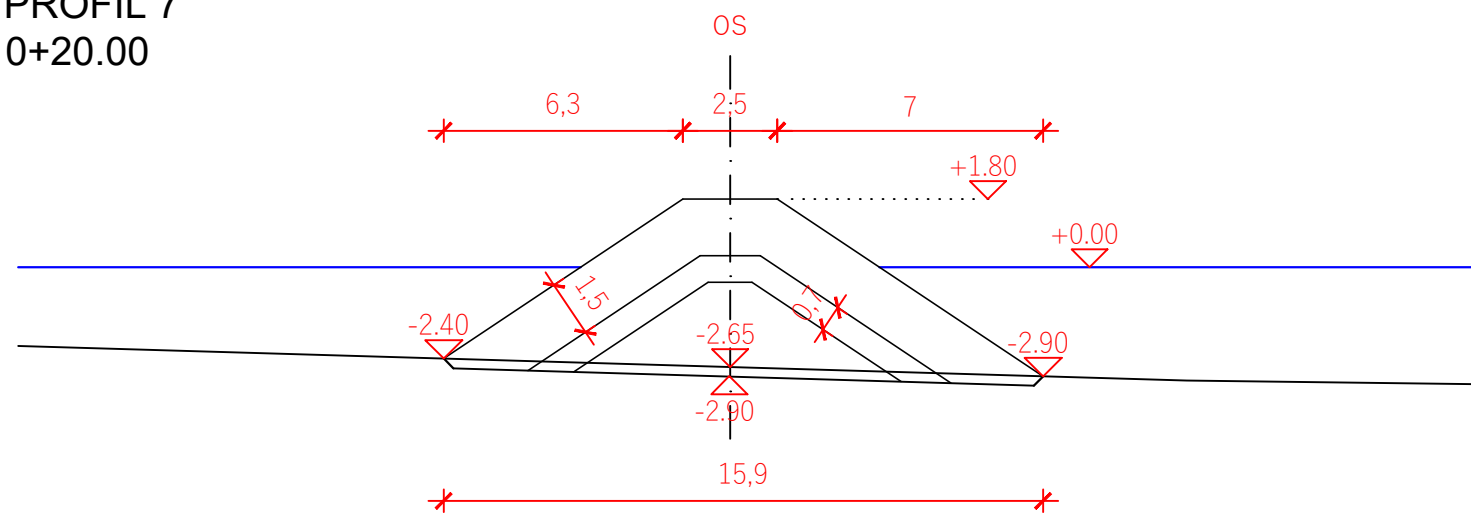
## POPREČNI PROFILI

M 1:200

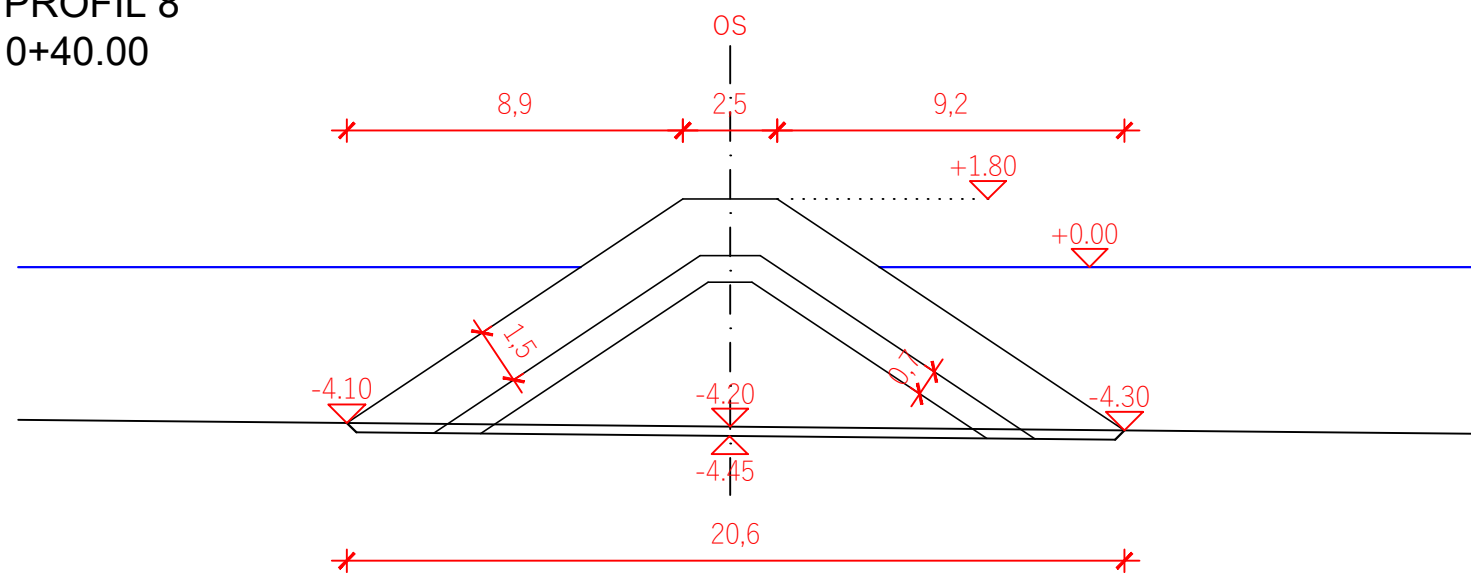
PROFIL 6  
0+0.00



PROFIL 7  
0+20.00



PROFIL 8  
0+40.00



<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI PERA 2 PROFILI 6, 7 I 8 varijanta II	
STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 2.8
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			

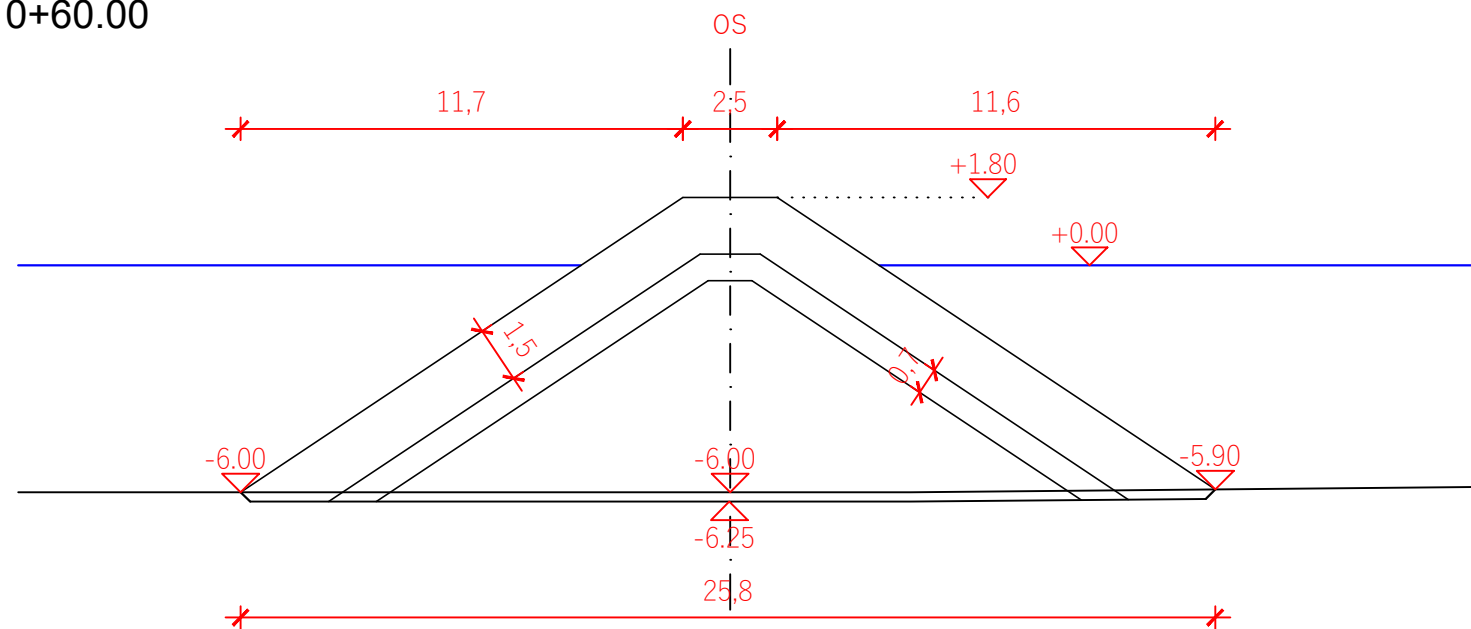


# NASUTO PERO 2

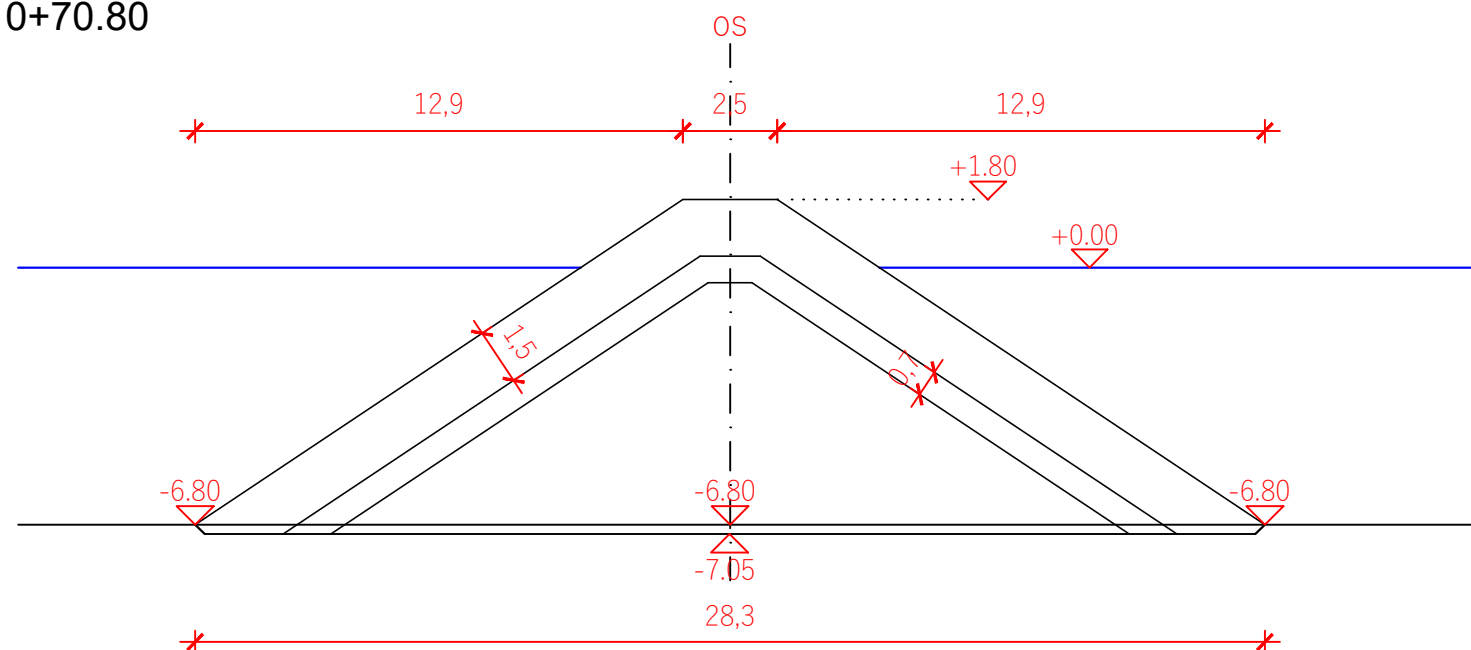
## POPREČNI PROFILI

M 1:200

PROFIL 9  
0+60.00



PROFIL 10  
0+70.80



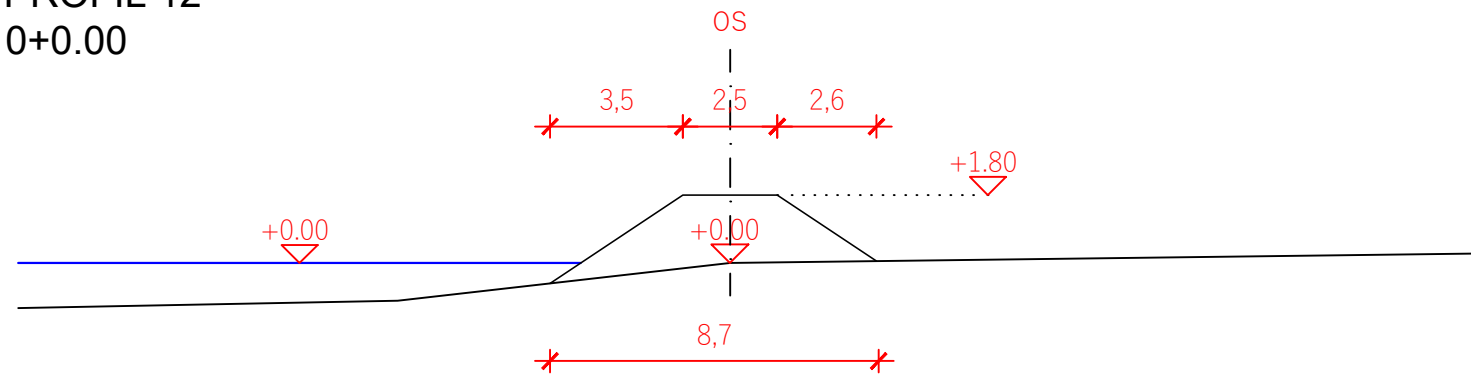
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI PERA 2 PROFIL 9 I 10 varijanta II	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			

# NASUTO PERO 3

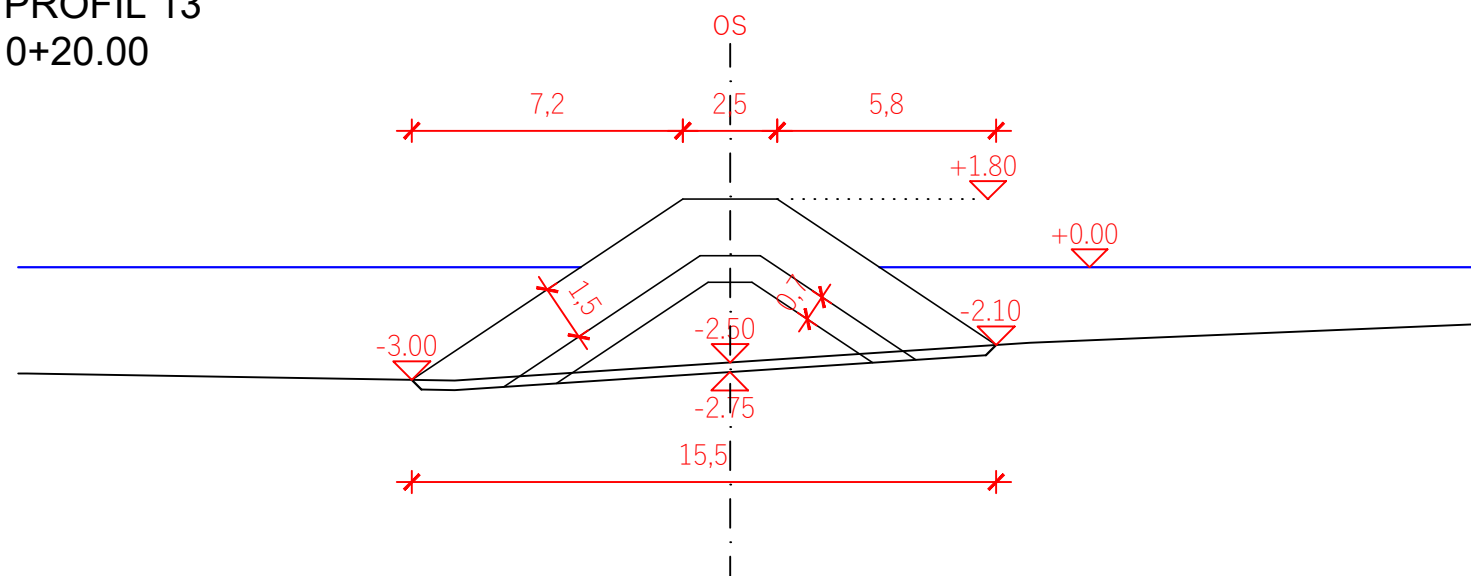
## POPREČNI PROFILI

M 1:200

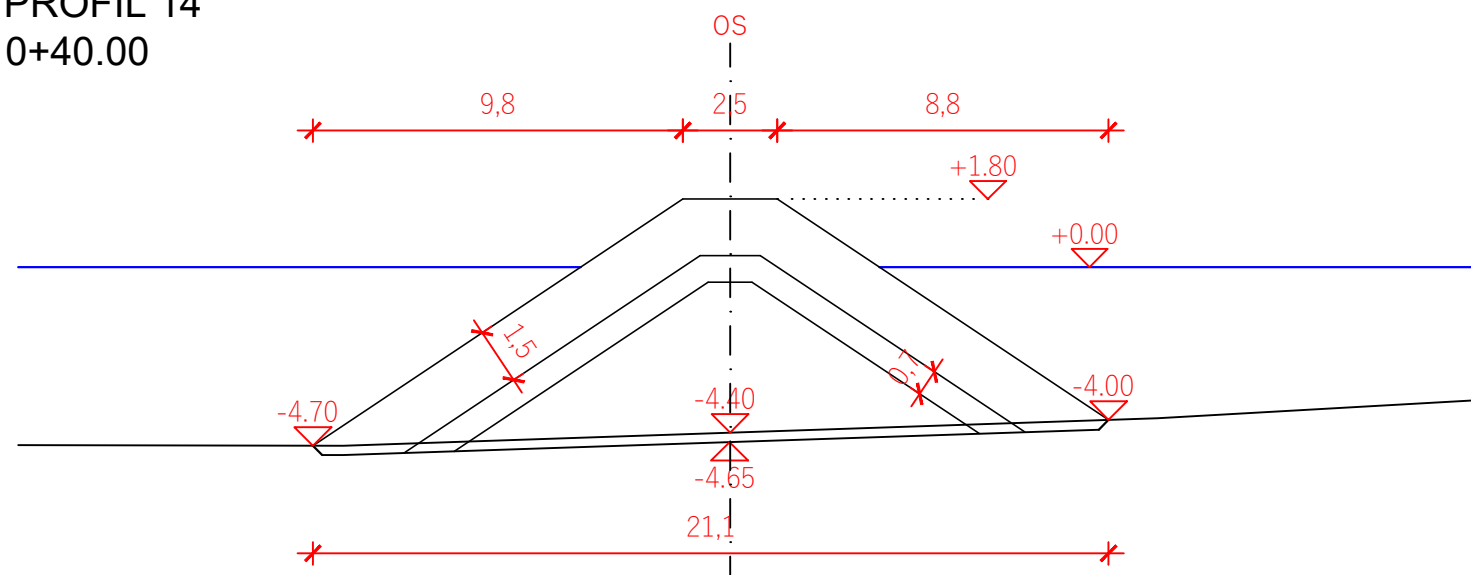
PROFIL 12  
0+0.00



PROFIL 13  
0+20.00



PROFIL 14  
0+40.00



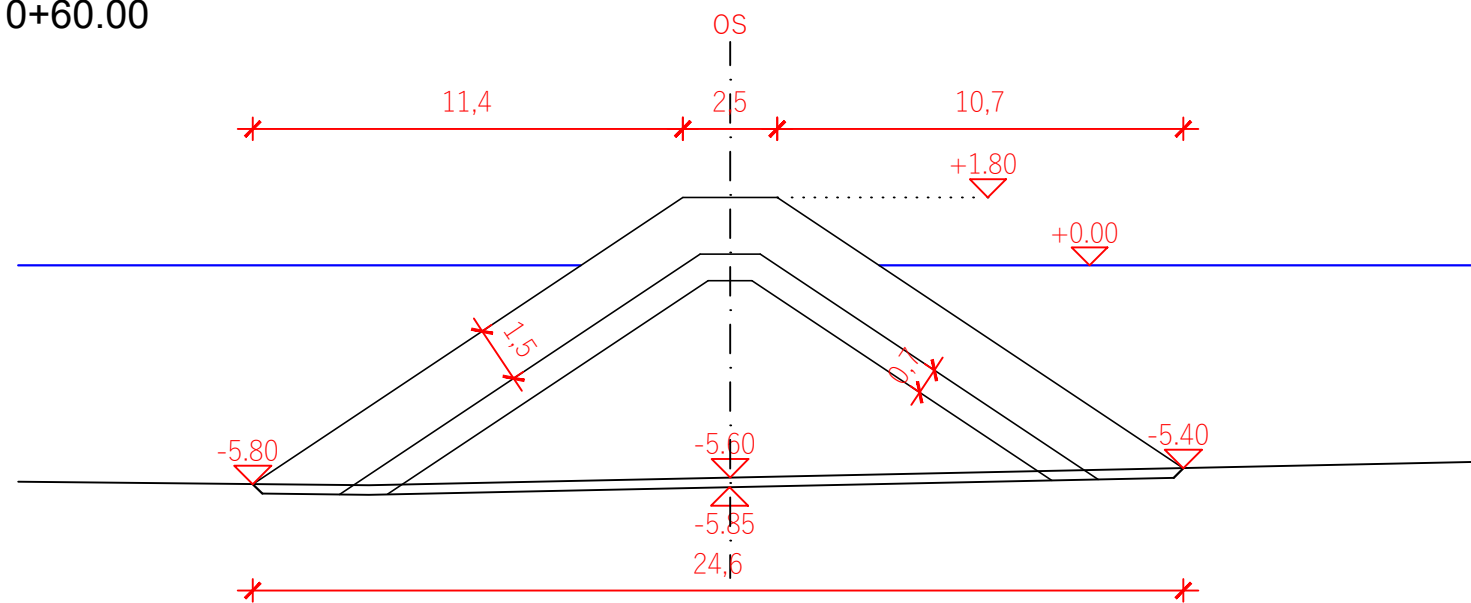
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI PERA 2 PROFILI 12, 13 I 14 varijanta II	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			

# NASUTO PERO 3

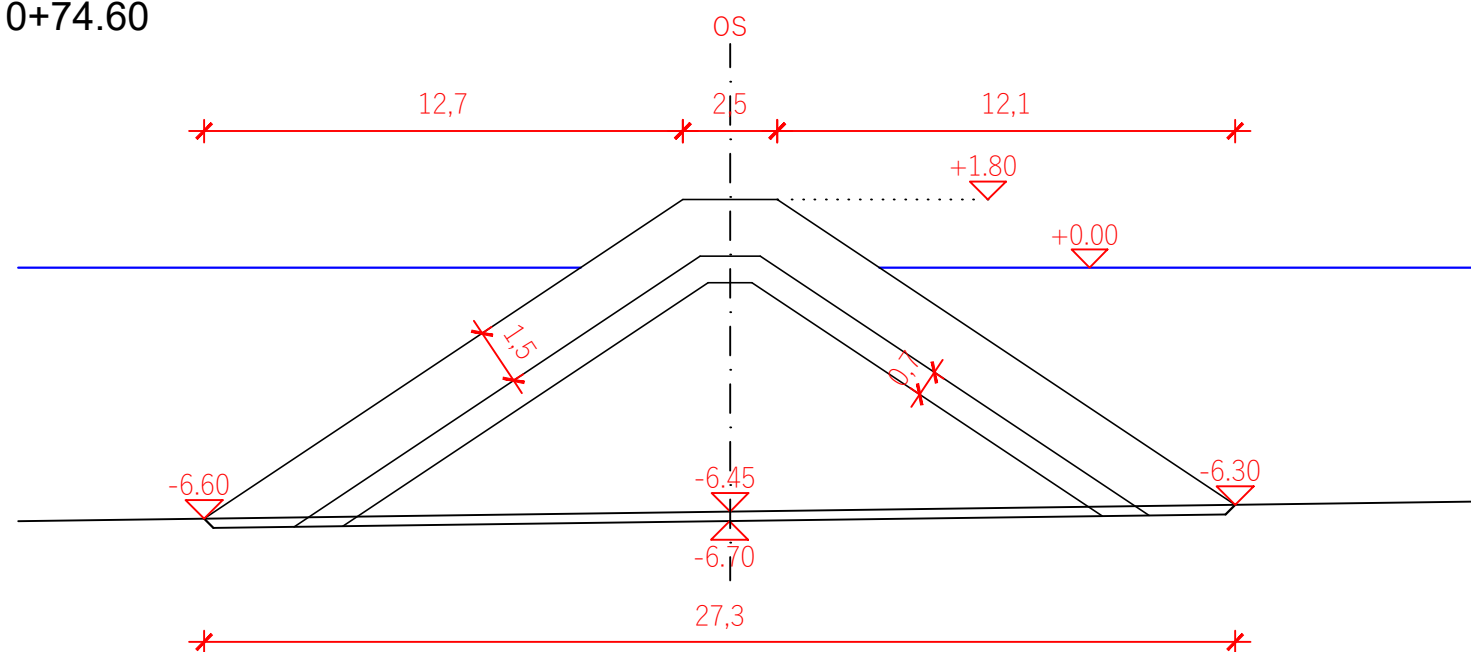
## POPREČNI PROFILI


M 1:200

PROFIL 15  
0+60.00



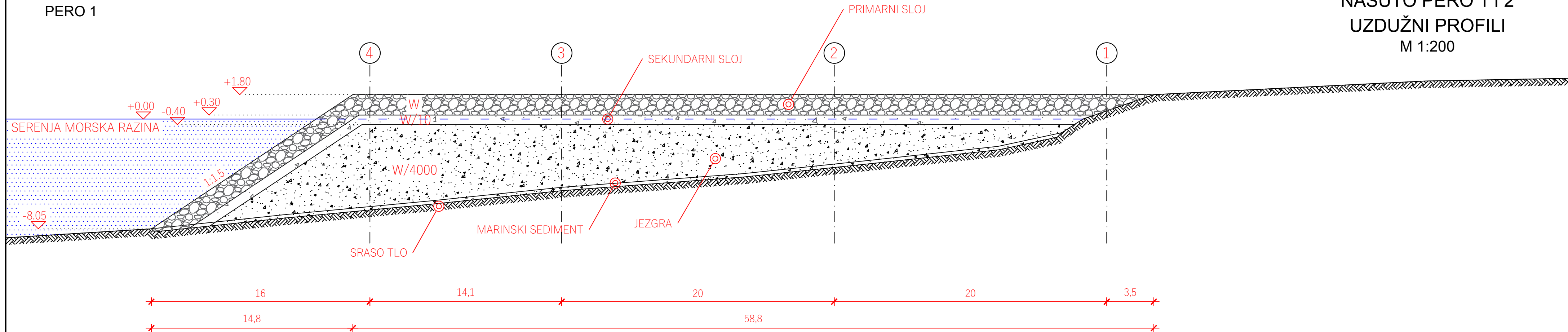
PROFIL 16  
0+74.60



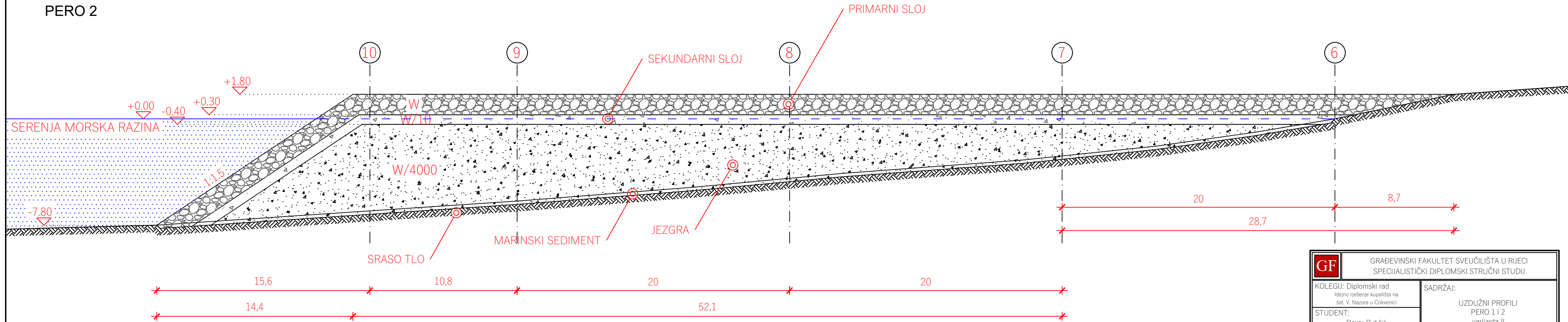
	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI PERA 2 PROFIL 15 I 16 varijanta II	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			

PERO 1

# NASUTO PERO 1 I 2 UZDUŽNI PROFILI M 1:200



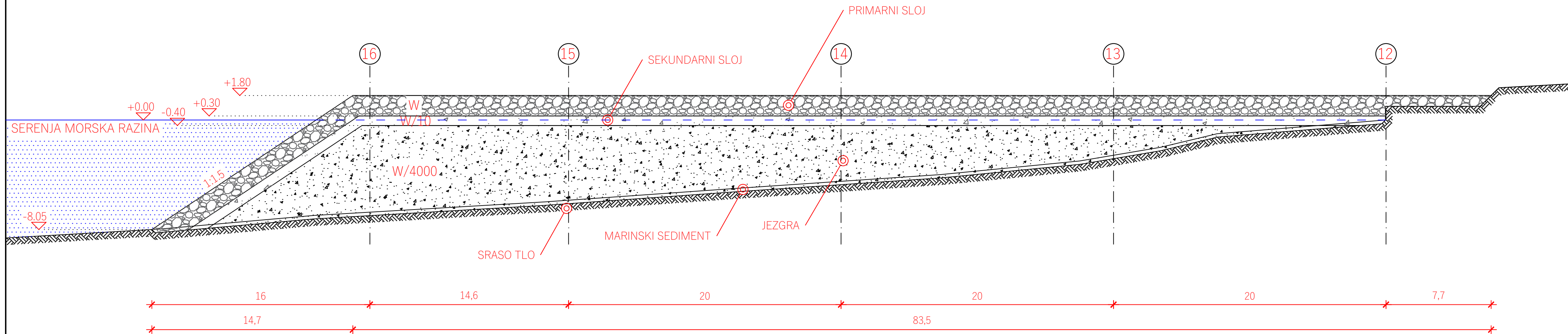
PERO 2



<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici		SADRŽAJ:
	STUDENT: Davor Rubčić		UZDUŽNI PROFILI PERO 1 I 2 varijanta II
	MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020. LIST: 2/12

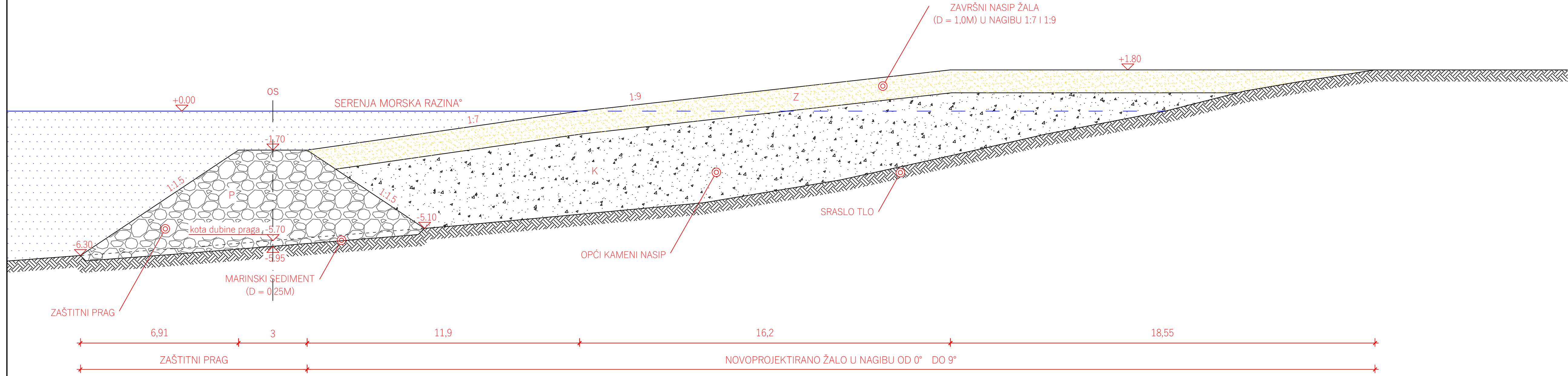
PERO 3

NASUTO PERO 3  
UZDUŽNI PROFILI  
M 1:200




<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  UZDUŽNI PROFILI PERO 3 varijanta II	
STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 2/13
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			

ŽALO  
 Karakteristični presjek  
 PROFIL II  
 M 1:100



OZNAKA	SLOJ	RASPON VELIČINA ELEMENATA
Z	ŽALO	Zmin=8mm; Zmax=16mm
K	OPĆI KAM. NASIP	Kmin=1,00N; Kmax=500N
P	ZAŠTITNI PRAG	Pmin=1,00N; Pmax=1,00kN

 GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ			
KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na set. V. Nazora u Crkvenici		SADRŽAJ:  ŽALO KARAKTERISTIČNI PRESJEK varijanta II	
STUDENT: Davor Rubčić			
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.	MJERILO: M 1:100	DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 2.14

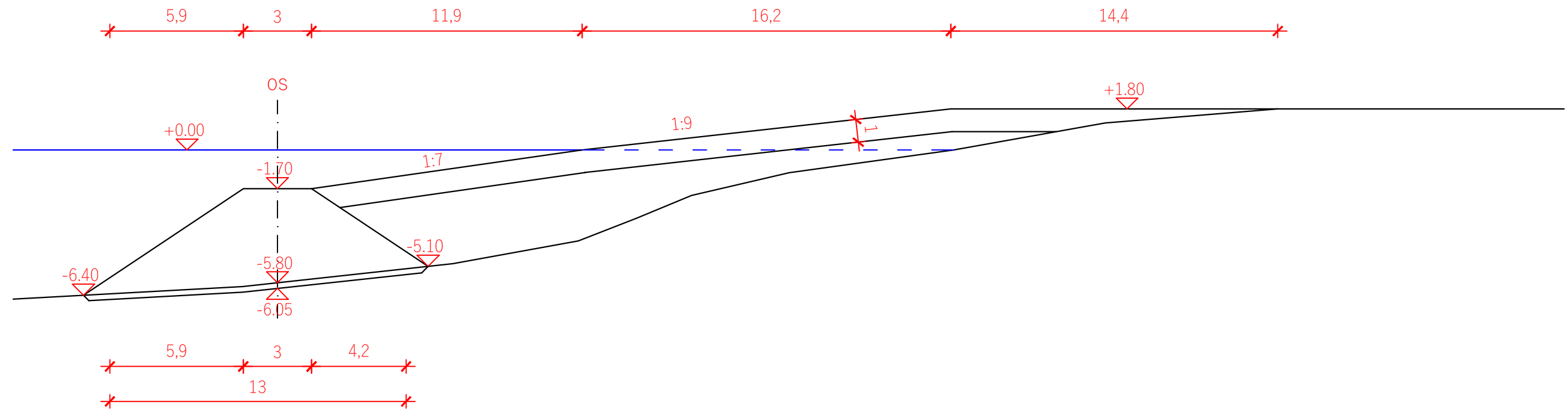


# ŽALO

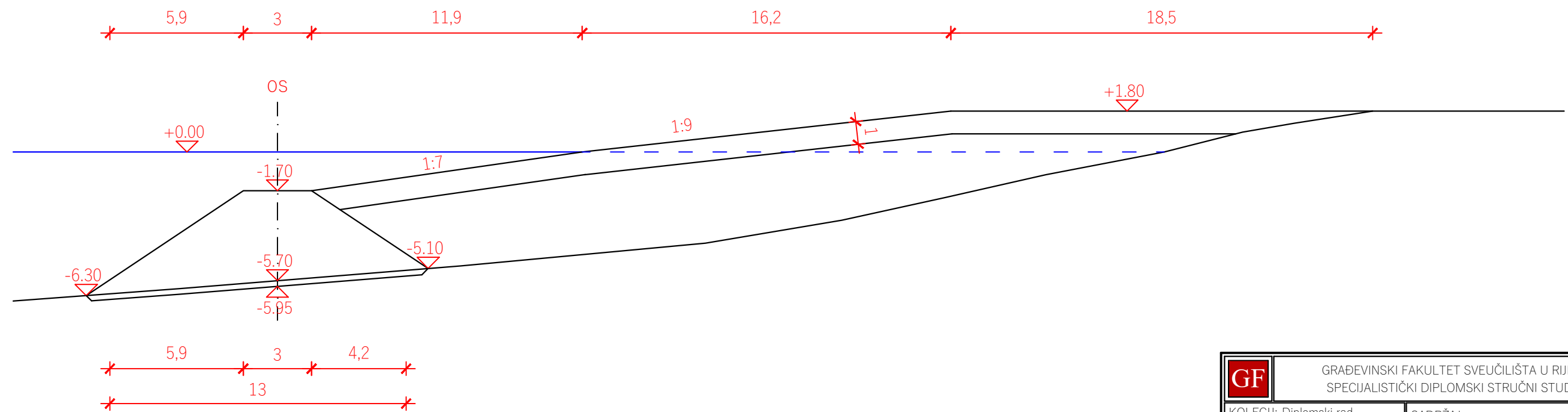
## POPREČNI PROFILI

M 1:200

PROFIL I



PROFIL II



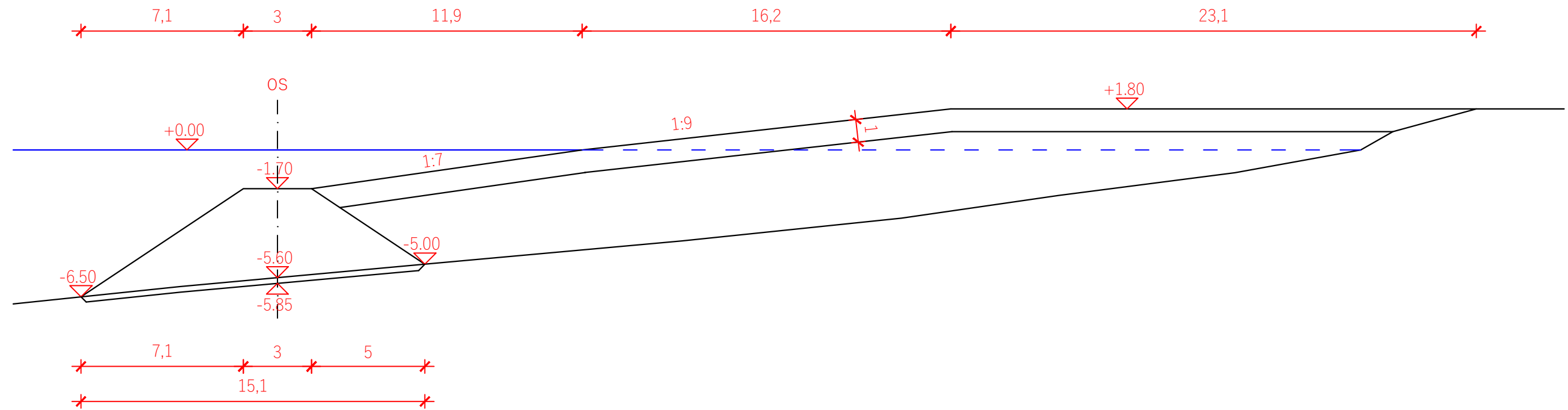
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici		SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI ŽALO PROFIL 1 I 2 varijanta II
	STUDENT: Davor Rubčić		MJERILO: MJ 1:200
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.		DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 2.15

# ŽALO

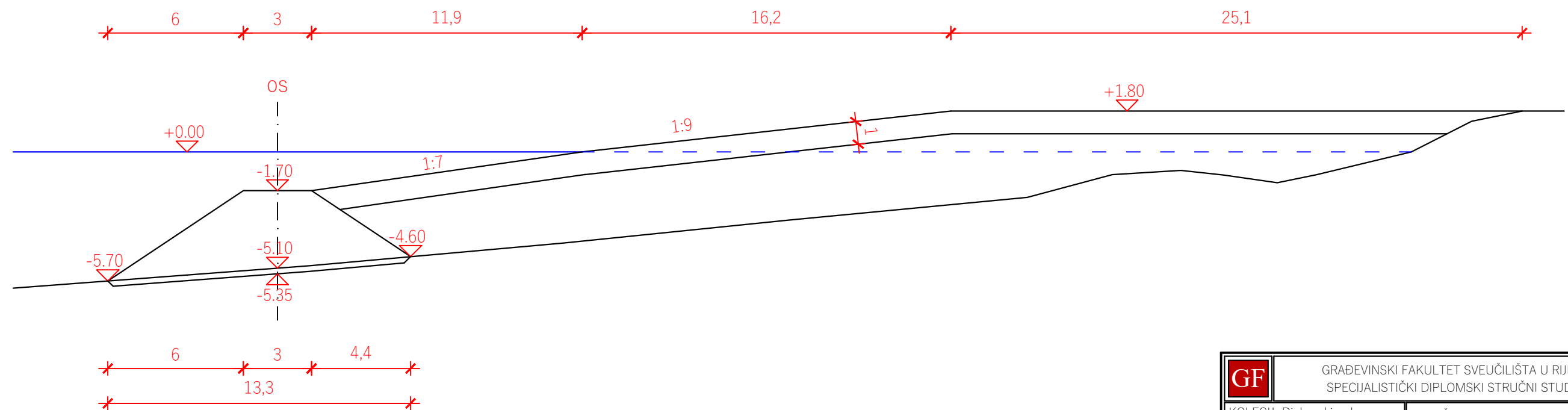
## POPREČNI PROFILI

M 1:200

PROFIL III



PROFIL IV



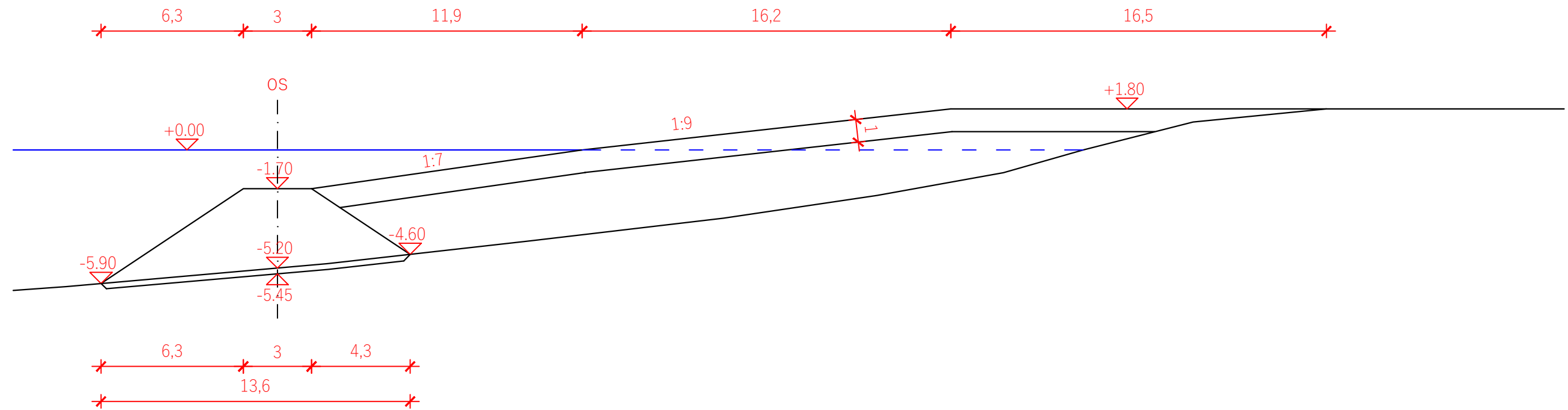
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici		SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI ŽALO PROFIL 3 I 4 varijanta II
	STUDENT: Davor Rubčić		MJERILO: MJ 1:200
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.		DATUM: 23. 11. 2020.	LIST: 2.16

# ŽALO

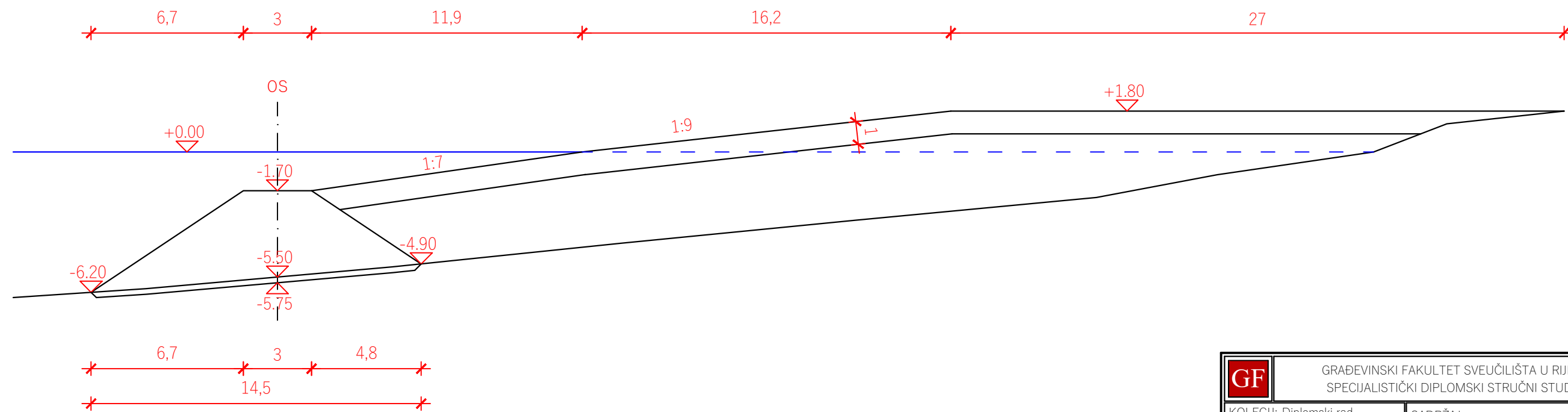
## POPREČNI PROFILI

M 1:200

PROFIL V



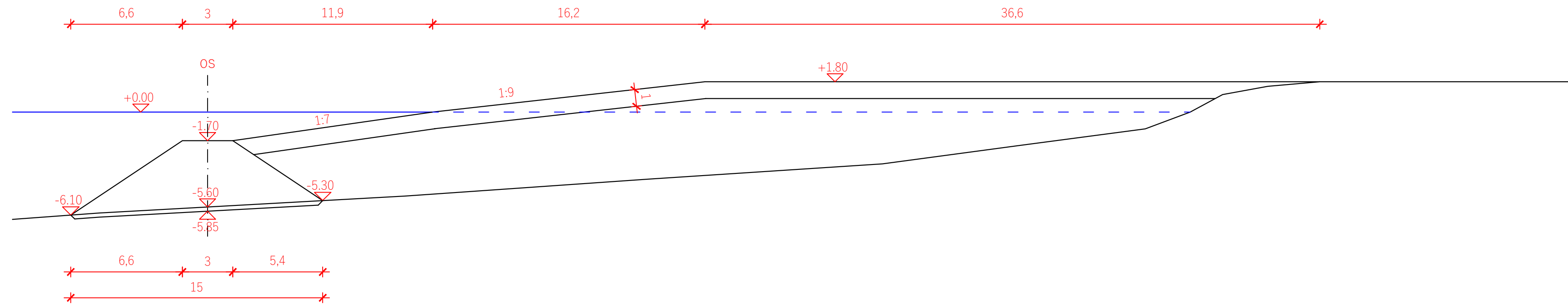
PROFIL VI



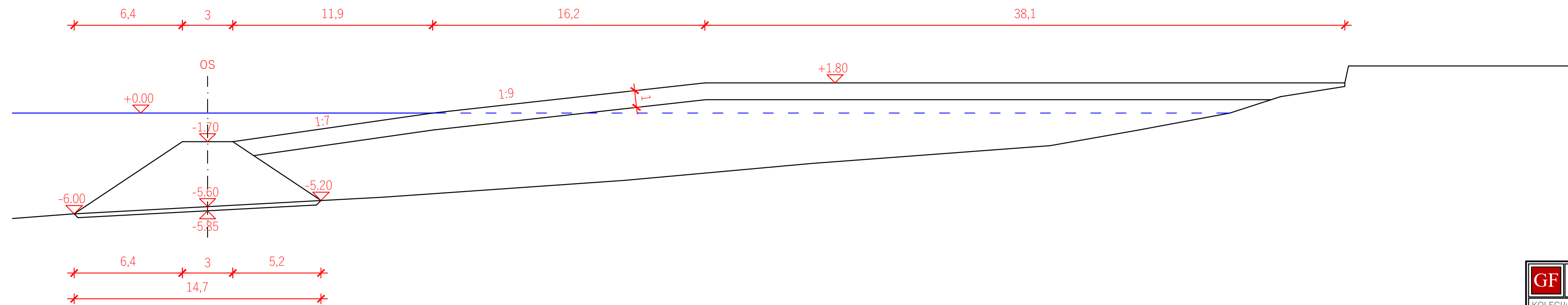
<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI ŽALO PROFIL 5 I 6 varijanta II	
	STUDENT: Davor Rubčić	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.
MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.			

ŽALO  
POPREČNI PROFILI  
M 1:200

PROFIL VII



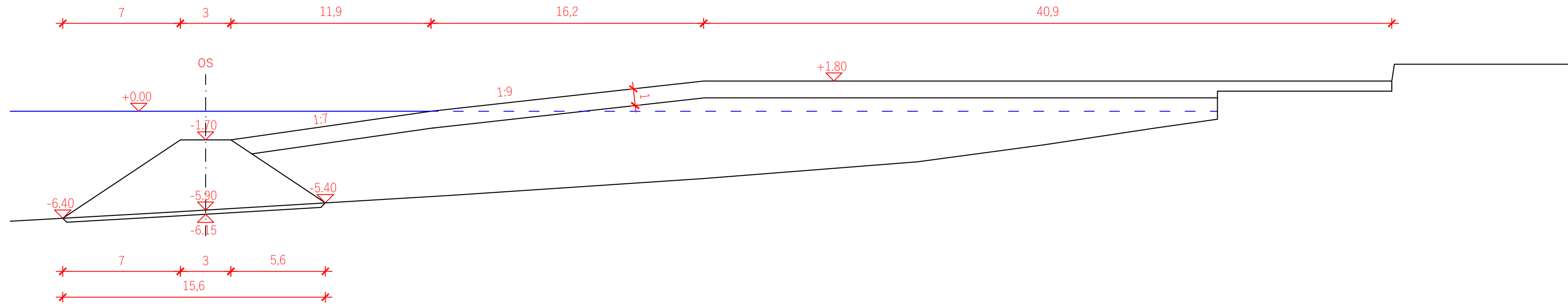
PROFIL VIII



GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ: POPREČNI PROFILI ŽALO PROFIL 7 I 8 varijanta II	
STUDENT: Davor Rubčić	MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.
		LIST: 2,18	

ŽALO  
POPREČNI PROFILI  
M 1:200

PROFIL IX



<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ		
	KOLEGIJ: Diplomski rad Idejno rješenje kupališta na šet. V. Nazora u Crikvenici	SADRŽAJ:  POPREČNI PROFILI ŽALO PROFIL 9 varijanta II	
	STUDENT: Davor Rubčić		
	MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.grad.	MJERILO: MJ 1:200	DATUM: 23. 11. 2020.