

Projekt umjetnog žala u uvali Žurkovo, općina Kostrena

Miroslav, Iva

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2022

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:157:028182>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



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**

Iva Miroslav

PROJEKT UMJETNOG ŽALA U ŽURKOVU, OPĆINA KOSTRENA

Diplomski rad

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Specijalistički diplomski stručni studij građevinarstvo
Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi
Obalne građevine**

**Iva Miroslav
JMBAG: 0082051180**

PROJEKT UMJETNOG ŽALA U ŽURKOVU, OPĆINA KOSTRENA

Diplomski rad

Rijeka, rujan, 2022.

IZJAVA

Diplomski rad izradila sam 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.



Iva Miroslav

U Rijeci, 14.9.2022.

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu opisano je idejno rješenje uređenje umjetnog žala u uvali Žurkovo u sklopu općine Kostrena. Cilj idejnog rješenja je povećanje i uređenje postojećeg žala. Rad daje uvid u problematiku nestajanja manjih žala u Hrvatskom primorskom području te njihov značaj za turističku ponudu Kvarnera. Kroz rad je opisano postojeće stanje žala te je opisana metodologija proračuna i karakteristike nasutih građevina kojima se namjerava obnoviti postojeće žalo. Kroz pomorsko hidraulični proračun prikazan je način dimenzioniranja tih građevina za odabrano rješenje te je u konačnosti opisano predloženo idejno rješenje uz što je predložen iskaz masa, troškovnik i grafički prilozi.

KLJUČNE RIJEČI: žalo, pero, podmorski prag, nasute građevine, nasuti lukobrani, plaža, val, vjetar, Kostrena, Žurkovo, Kvarner

ABSTRACT

This graduate thesis describes the conceptual design solution for the reconstruction of an artificial shore located in Žurkovo bay within the municipality of Kostrena. The goal of the conceptual design is to increase the size and reconstruct the existing shore. The paper provides an insight into the disappearance of miniature shores in the Croatian coastal area as well as their tourist significance for the Kvarner area. In the following chapters the shore's current condition is described as well as the methodology used in calculations and the core characteristics of the intended structures. The methods used in the design of these coastal structures is shown through the marine hydraulic calculation for the selected solution. Finally, the proposed conceptual solution is described along with the proposed mass statements, construction cost sheet and graphic attachments.

KEY WORDS: shore, groyne, submerged breakwater, embarkments, rubble mound breakwater, beach, wave, wind, Kostrena, Žurkovo, Kvarner

SADRŽAJ

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | UVOD | 1 |
| 2. | POSTOJEĆE STANJE | 3 |
| 2.1. | Geografski smještaj | 3 |
| 2.2. | Fotodokumentacija postojećeg stanja..... | 4 |
| 3. | METODOLOGIJA PRORAČUNA..... | 8 |
| 3.1. | Pera..... | 8 |
| 3.1.1. | Tipičan poprečni presjek pera..... | 10 |
| 3.2. | Podmorski pragovi | 12 |
| 3.3. | Djelovanja na građevinu..... | 14 |
| 3.3.1. | Vjetar | 14 |
| 3.3.2. | Valovi | 15 |
| 3.4. | Dimenzioniranje pera | 19 |
| 3.5. | Dimenzioniranje podmorskog praga | 28 |
| 3.6. | Dimenzioniranje žala..... | 31 |
| 3.7. | Zaklonjenost žala..... | 32 |
| 4. | POMORSKO HIDRAULIČNI PRORAČUN | 34 |
| 4.1. | Odabir projektne valne visine | 34 |
| 4.2. | Određivanje zaklonjenosti žala | 37 |
| 4.3. | Proračun pera..... | 38 |
| 4.3.1. | Provjera loma valova | 38 |
| 4.3.2. | Dimenzioniranje slojeva ovisno o mogućnosti oštećenja..... | 39 |
| 4.3.3. | Hudson-ova formula – određivanje mase bloka primarne zaštite | 39 |
| 4.3.4. | Odabir širine krune | 41 |
| 4.3.5. | Odabir dimenzija primarnog sloja W | 42 |
| 4.3.6. | Odabir dimenzija sekundarnog sloja W/10 | 43 |
| 4.3.7. | Jezgra | 45 |
| 4.3.8. | Proračun visine poprečnog presjeka | 45 |
| 4.3.9. | Odabir poprečnog presjeka..... | 48 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.3.10. | Dimenzioniranje podmorskog praga – Van der Meer..... | 49 |
| 5. | PROJEKTNO RJEŠENJE UMJETNOG ŽALA | 51 |
| 5.1. | Geografski položaj | 51 |
| 5.2. | Opis zahvata | 52 |
| 5.3. | Komunalna infrastruktura | 56 |
| 5.4. | Tehnologija izvođenja | 57 |
| 6. | ISKAZ MASA | 59 |
| 7. | ZAKLJUČAK..... | 66 |
| 8. | LITERATURA | 69 |
| 9. | PRILOZI | 73 |
| 9.1. | Odabrane granulacije kamenometa | 73 |
| 9.2. | Grafički prilozi | 75 |

1. UVOD

Uvala Žurkovo prirodna je uvala smještena u Kvarnerskom području koje se nalazi Istarskog poluotoka i Vinodolsko-velebitske obale. Unutar uvale formirano je nekoliko manjih prirodnih žala uz koje se u uvali nalaze postojeći zahvati u prostoru. Dio plaža unutar uvale uređeno je građevinskim zahvatima te se u uvali nalaze i betonske plaže.

U Glavnom planu razvoja turizma Primorsko-goranske županije iz 2005. godine ističe se povoljan geoprometni položaj Kvarnerskog područja koje je osim toga bogat prirodnim resursima i atraktivnim krajolicima. Međutim, kao jedan od nedostataka navodi se i nekontrolirana i neplanska gradnja duž obala te nedovoljna iskorištenost i očuvanje prirodnih resursa. [1]

Od geološke građe, na području Kvarnera dominiraju karbonatne stijene, dok se mjestimično pojavljuje fliš odnosno siliciklastične stijene. Na područjima gdje se pojavljuje fliš formirane su neki od najpoznatijih prirodnih žala na ovom području. Kvarnersko područje karakterizira razvedena obala. Obala je pretežno strma i stjenovita što je prvenstveno posljedica potopljenog krškog reljefa, a prirodni žali čine manji dio obale. Sedimenti koji se pojavljuju u priobalnom dijelu podmorskih padina nastaju marinskom erozijom obale ili su doneseni s kopna kao posljedica djelovanja vode i gravitacije. [2][3]

Prirodni žali javljaju se pretežno u obliku malih, odnosno minijaturnih žala duž obale Kvarnera. Iako sačinjavaju manji dio obale, prirodna žala često su najznačajnija područja za turističku ponudu obalnih naselja. Unatoč tome prirodna žala izrazito su ranjiva područja te se pojavljuje prijetnja erodiranja i nestajanja žala.

Na jadranskoj obali vidljive su posljedice dugogodišnje neplanske gradnje kao i nedovoljne zaštite jadranskog obalnog pojasa kao u prostornim planovima i prostorno planskoj dokumentaciji tako i kontroli izgradnje te izvođenju kvalitetnih projekata uređenja obala. Kao pokušaj održavanja prirodnih žala, u priobalnim gradovima primjetan je trend uređenja obala putem nasipavanja mora ili postojećih

žala uz crpljenje materijala iz dubljih morskih područja što često uzrokuje daljnju eroziju i nestajanje žala. [2]

Osim nasipavanja, na jadranskoj obali često se mogu primijetiti uređenja postojećih plaža betoniranjem ili izgradnja novih betonskih plaža što može predstavljati veoma agresivne zahvate u prostoru.

Jedna od prijetnji za nestajanje prirodnih žala također je podizanje morske razine. Istraživanja koja koriste višestoljetne zapise razina mora ukazuju na veću stopu rasta globalne razine mora nakon 1993. godine, a očekivan je nastavak ubrzanog podizanja razine mora do kraja 21. stoljeća. [4]

Podizanje morske razine može prouzročiti nestajanje i transformaciju prirodnih žala pri čemu su najugroženija žala formirana od fliša koja su najosjetljivija na promjenu dinamike mora dok na šljunkovitim žalima podizanje razine mora može prouzročiti značajno preoblikovanje žala.

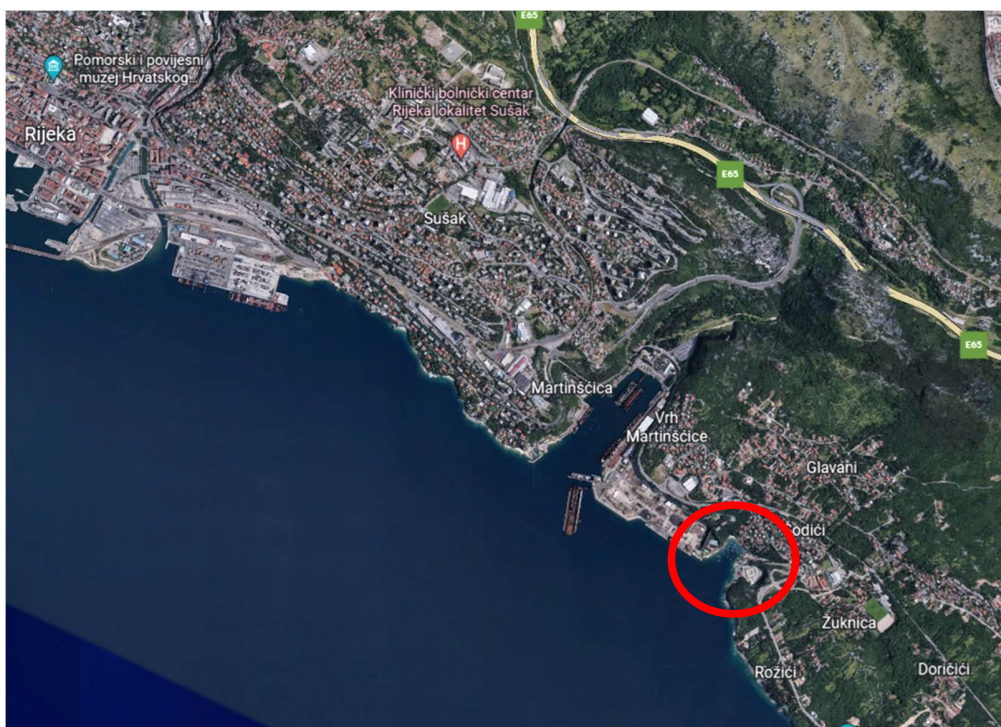
Na nepovoljne čimbenike koji utječu na eroziju i nestajanje žala može se utjecati odgovarajućom zaštitom i planiranjem građevinskih zahvata koji će povećati površinu prirodnih žala. [2]

U nastavku rada obradit će se idejni projekt uređenja žala u uvali Žurkovo pomoću nasutih obalnih građevina, pera, sa ciljem zaštite uvale i povećanja tijela žala.

2. POSTOJEĆE STANJE

2.1. Geografski smještaj

Uvala Žurkovo smještena je u općini Kostrena u neposrednoj blizini Rijeke. Uvala Žurkovo najveća je uvala u Kostreni te je tijekom ljetnih mjeseci često posjećena od strane lokalnog stanovništva i turista. Na Slici 1 označena je lokacija uvale u širem Riječkom području.

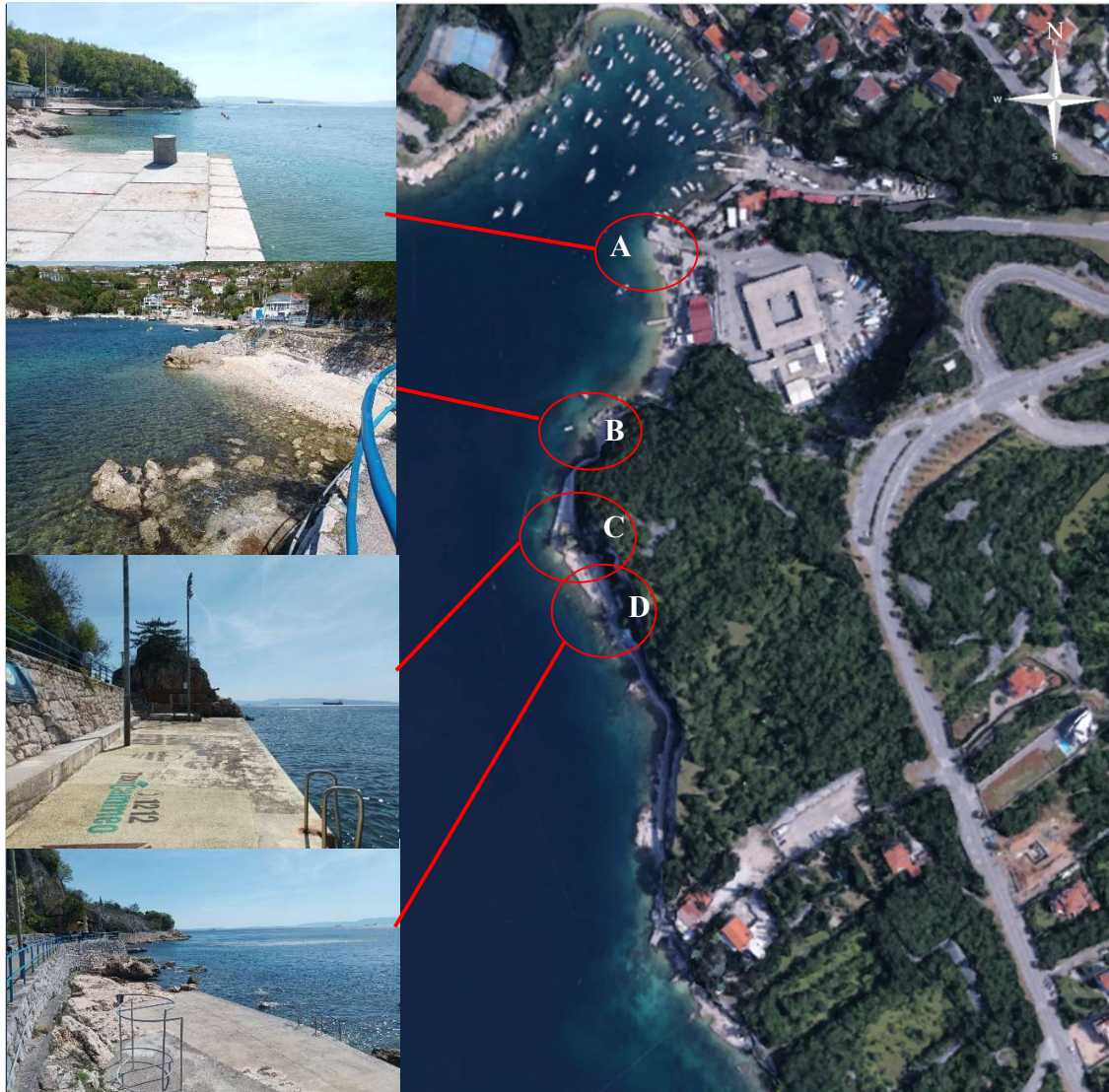


Slika 1 Lokacija uvale Žurkovo (Izvor: Google earth)

Na užem okružju uvale Žurkovo nalaze se brojni prateći sadržaji. Uz samu plažu Žurkovo nalazi se parkiralište te jedriličarski klub i caffe bar „Galeb“. Od ulaza u plažu, se u smjeru juga, prostire šetnica uz more sa koje se dolazi do manjih uređenih plaža i nekoliko manjih ugostiteljskih objekata i rekreativnih sadržaja. Na sjevernoj strani uvale nazali se manja šljunčana plaža te nekoliko molova za pristanak brodica. Na kopnu sa sjeverne strane smješteni su stambeni i ugostiteljski objekti. Sa sjeverozapadne strane, u smjeru Rijeke nalazi se sportski park Kostrena te luka Martinšćica. [5]

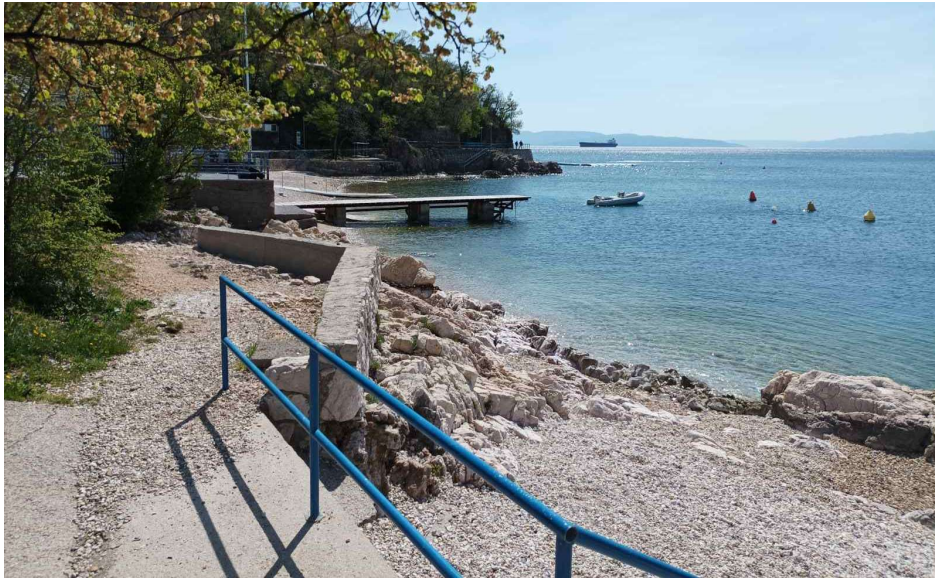
2.2. Fotodokumentacija postojećeg stanja

Na Slici 2 prikazana je mikrolokacija uvale Žurkovo sa fotografijama postojećeg stanja snimljenih na četiri lokacije sa postojećim plažama unutar uvale.



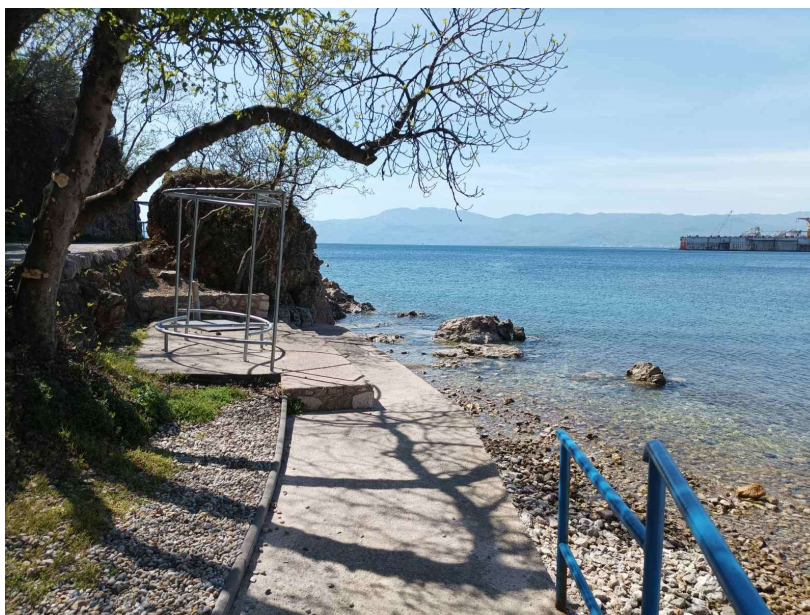
Slika 2 Mikrolokacija uvale Žurkovo (Izvor: Izrada autora)

Lokacija A nalazi se u neposrednoj blizini parkirališta sa kojeg se dolazi do pješačkog ulaza na plažu i početka šetnice. Tu se nalazi manje šljunčano žalo na kojem je smješten postojeći drveni mol (slika 3) i ugostiteljski objekt. Na početku plaže nalazi se betonski mol obložen kamenom- Vela Riva, koja je nekad služila za privez brodske linije. U smjeru juga, uz obalu se prostire se obalni zid koji omeđuje šetnicu.



Slika 3 Pogled na plažu Žurkovo- pozicija A (Izvor: Izrada autora)

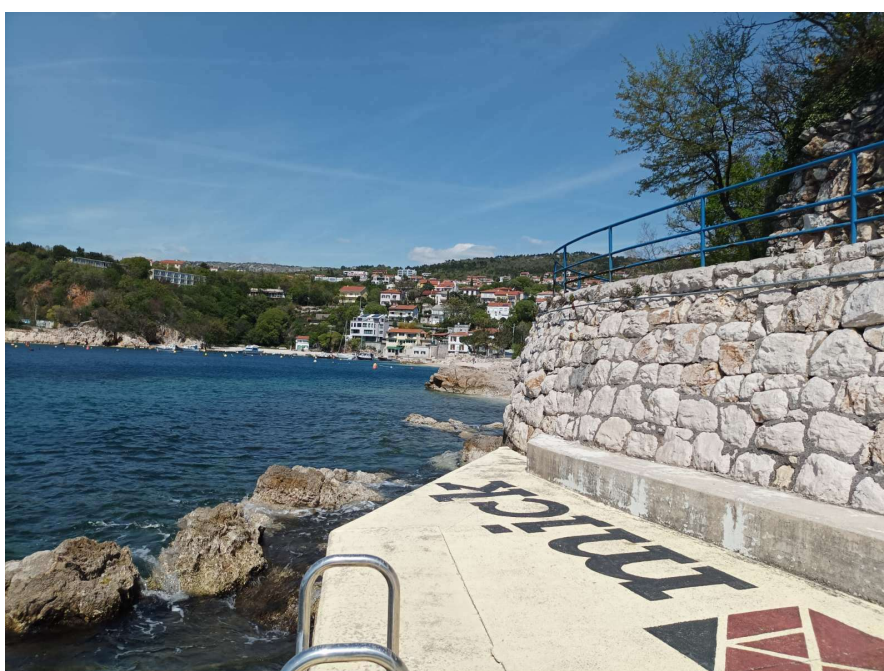
Na poziciji B također se može pronaći manje šljunčano žalo formirano između većih stijenskih masa. Na toj lokaciji započinje i betonski obalni zid obložen kamenom uz koji se može primijetiti uređenje obale betonom. Podno zida vidljiva je značajnija erozija žala koja je moguće intenzivirana pojavom refleksije valova na prikazanom zidu (Slika 4). Na obali su postavljeni postojeći objekti- kabine za presvlačenje, stepenice i ograde.



Slika 4 Uređenje plaže uz početak obalnog zida – pozicija B (Izvor: Izrada autora)

Na plaži se mogu primijetiti sitniji sedimenti dok se uz početak obalnog zida javljaju krupniji sedimenti te prirodne kamene formacije. Nakupine šljunka formiraju se pretežno oko pozicije A označenoj na Slici 2, dok je oko pozicije B vidljivo potpuno nestajanje žala pri povišenju razine mora.

U nastavku šetnice se podno obalnog zida, na poziciji C, nalazi nekoliko umjetnih betonskih plaža. Za ulazak u more postavljene su metalne stepenice (Slika 5), a na plaži je smješten sezonski ugostiteljski objekt.

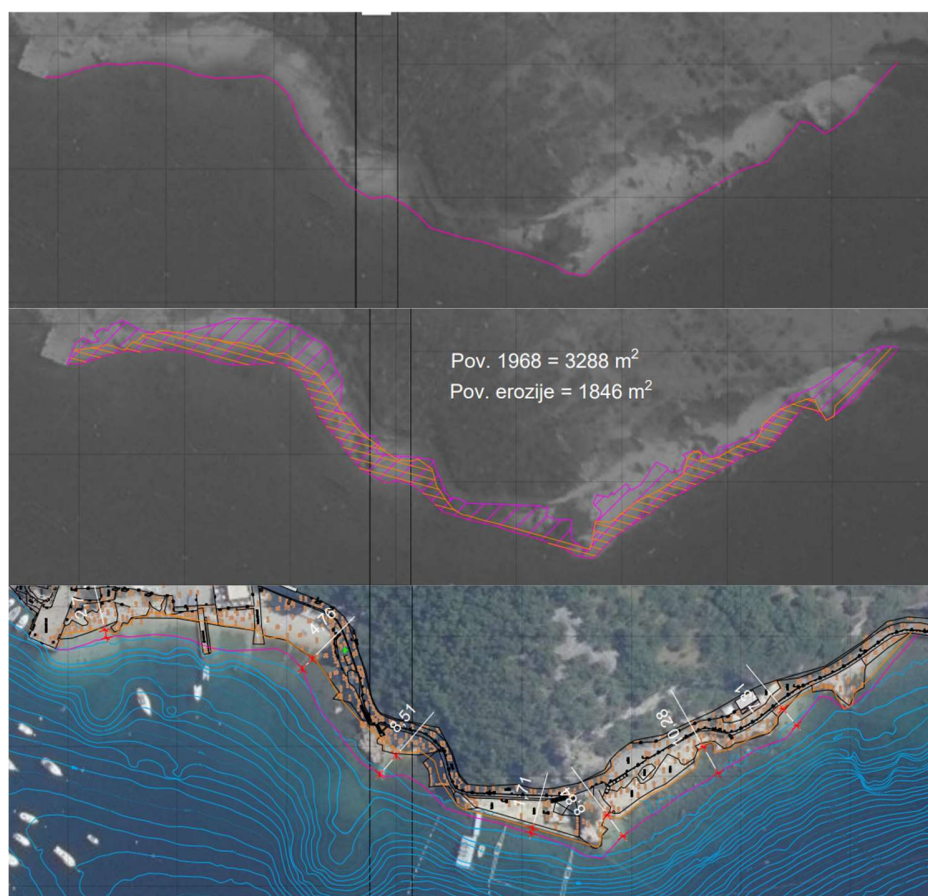


Slika 5 Uređenje betonske plaže – pozicija C (Izvor: Izrada autora)

Plaža je, u smjeru juga omeđena prirodnom stijenom oko koje se formiraju manje šljunčane nakupine. Sa šetnice do betonske plaže vode betonske stepenice.

Na poziciji D također je vidljiva umjetna betonska plaža uz koju se, u nastavku betonskog zida, pojavljuju stijene i manja šljunčana žala, a uz šetnicu je smješten još jedan ugostiteljski objekt. Obalni zid i šetnica u nastavku slijede prirodan oblik obale. Obala se može okarakterizirati kao strma uz pojavu lokalnih plićih dijelova. Plići dijelovi i manji žalovi formiraju se od nakupina manjih sedimentima oko postojećih stijena u moru.

Promatrajući postojeće stanje može se zaključiti da su duž obale u uvali izvedeni brojni građevinski zahvati sa ciljem uređenja i obnove erodiranog žala. Na Slici 6 prikaza je usporedba u smanjenju tijela žala unutar uvale Žurkovo vidljive sa ortofotografija dobivenih sa Geoportala Državne geodetske uprave. Prva slika prikazuje stanje 1968. godine te je rožom linijom označena obalna linija, dok zadnja slika prikazuje stanje 2022. godine gdje je narančasto prikazana postojeća obalna linija. Na slici iz 2022. godine jasno je vodljivo pomicanje obalne linije i smanjenje tijela žala te je izmjeren pomak obalne linije od 1,7 do 10,28 m. Na slici je prikazana i usporedba površina žala 1968. godine te je izmjerena površina od 3288 m². Preklapanjem linije postojećeg žala dobivena je površina erozije, odnosno površina smanjenja žala koja iznosi 1846 m² što iznosi malo više od 50% početne površine.



Slika 6 Usporedba žala u uvali Žurkovo 1968. i 2022. (Izvor: Izrada autora; Izvor podloge www.geoportal.dgu.hr)

3. METODOLOGIJA PRORAČUNA

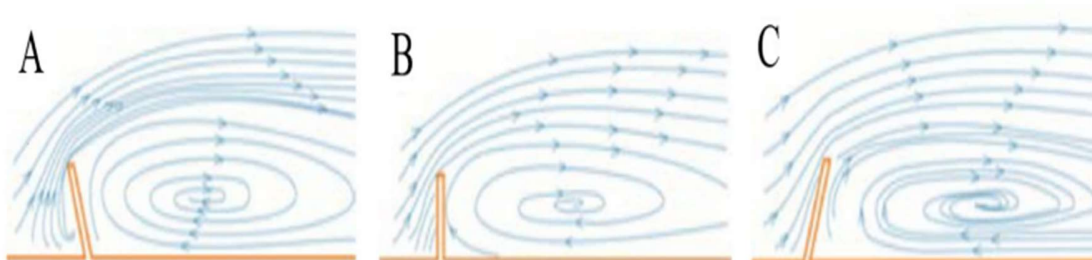
3.1. Pera

Općenito, pera se definiraju kao poprečne regulacijske građevine kojom se utvrđuje nova obalna linija, odnosno obala se premješta na novi položaj.

Pera se najčešće izgrađuju u svrhu regulacije vodotoka, odnosno rijeka te su njihova hidrotehnička svojstva najčešće opisivana za te uvjete, no često se upotrebljavaju i pri uređenju morskih obala. [6]

Pri izgradnji pera, cilj je omogućiti brzo taloženje nanosa pomoću strujanja vode. Obično se izgrađuje niz od više pera, pri čemu prvo pero stvara povoljne hidrauličke uvjete za nizvodna pera. Pera su najčešće postavljena pod kutom od 90° na smjer strujanja vode, no mogu bit i inklinatorna- zaokrenuta uzvodno ili deklinatorna- zaokrenuta nizvodno. Iza pera pojavljuje se cirkularno strujanje vode što omogućuje taloženje nanosa i stvaranje nove obalne linije. [7]

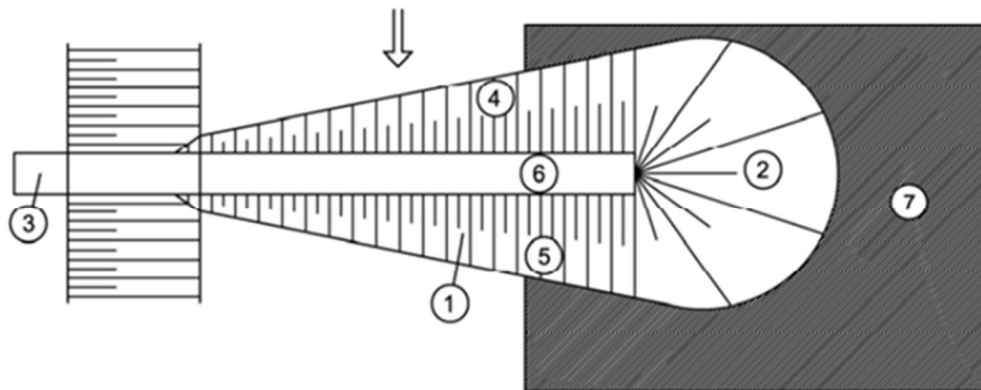
Na slici niže prikazana su pera ovisno o kutu na smjer strujanja te cirkularna strujanja koja se pojavljuju iza pera.



Slika 7 Cirkularna strujanja iza pera, A- uzvodno pero, B- okomito pero, C- nizvodno pero [7]

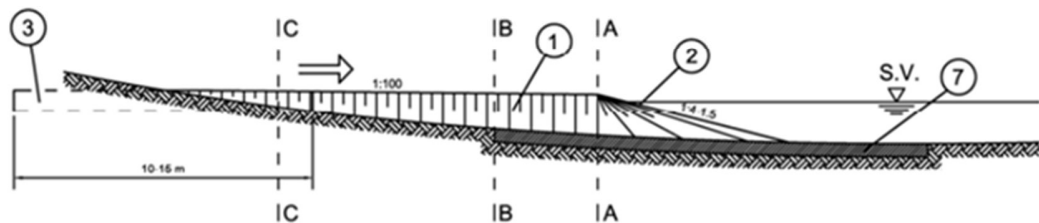
Na Slici 8 prikazani su specifičan tlocrt i presjek pera sa označenim glavnim dijelovima. Glavni dio konstrukcije čini tijelo pera koje se može izvesti od različitih materijala kao što su kamen, šljunak, beton ili drvo, a odabir materijala ovisi o raznim hidrološkim i hidrauličkim čimbenicima ali i građevinsko-ekonomskim čimbenicima. Najčešće se izvodi od prirodnog kamenog materijala, pri čemu je značajan

građevinsko- ekonomski čimbenik dostupnost kamenog materijala, blizina pozajmišta te dostupne vrste kamena i dostupne granulacije. [6]



1 - Tijelo pera
2 - Glava pera
3 - Korijen pera
4 - Prsa pera

5 - Leda pera
6 - Kruna pera
7 - Temelj pera ili temeljni jastuk



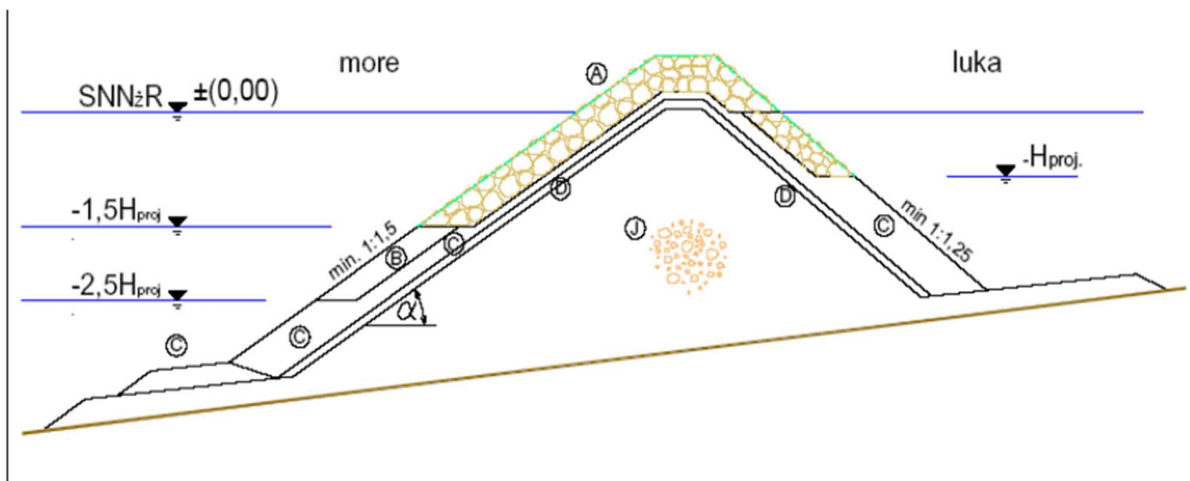
Slika 8 Tlocrt i presjek pera [6]

Glava pera na slici je označena brojem 2 i predstavlja najizbočeniji dio pera koji je ujedno i najizloženiji erozijskom djelovanju voda te je završni sloj glave potrebno dodatno utvrditi. U području glave može se izvesti dodatno temeljenje ili temeljni jastuk. Ostali dijelovi pera su korijen, prsa pera, leđa pera i kruna pera. Gradnja pera započinje se od korijena koji služi za utvrđivanje građevine u postojeću obalu. Prsa i leđa pera predstavljaju uzvodni odnosno nizvodni pokos. Prsa pera su strana pera

koja dolazi u kontakt sa strujanjem vode koja se prelijeva preko pera. Dolazi do prelijevanja vode preko leđa pera i stoga nagib leđa može biti blaži od nagiba prsa. Kruna pera, gledajući na uzdužnom presjeku je najviši dio konstrukcije. Na kruni i leđima pera najizraženija je pojava prelijevanja vode pa su samim time ti dijelovi najviše izloženi fluvijalnoj eroziji. [6]

3.1.1. Tipičan poprečni presjek pera

Tipičan poprečni presjek nasutog lukobrana ili zaštitnog pera prikazan je na Slici 9.



| | | |
|-----------------------|-------------|------------------------------|
| A – primarna obloga | G | (±25%) |
| B – sekundarna obloga | G/2 | (±25%) |
| C – filter 1 | G/10 | (±30%) |
| D – filter 2 | G/200 | (±50%) |
| J – jezgra | min. G/4000 | (±70%), ali veći ne smetaju! |
| J – jezgra troslojnog | min. G/200 | (±70%) |

Slika 9 Četveroslojni nasipani lukobran [8]

Na Slici 9 je prikazan poprečni presjek sa četiri sloja. Vidljivo je da je na kruni i vanjskom pokosu ugrađen primarni sloj od krupnog materijala. Ispod primarne obloge nalazi se sekundarna obloga nešto manjih dimenzija ugrađenog materijala. Oznakama C i D označeni su filterski slojevi čije se dimenzije materijala također

smanjuju u odnosu na primarni sloj. Veći dio presjeka sastoji se od jezgre, odnosno najsitnijeg materijala u presjeku. [8]

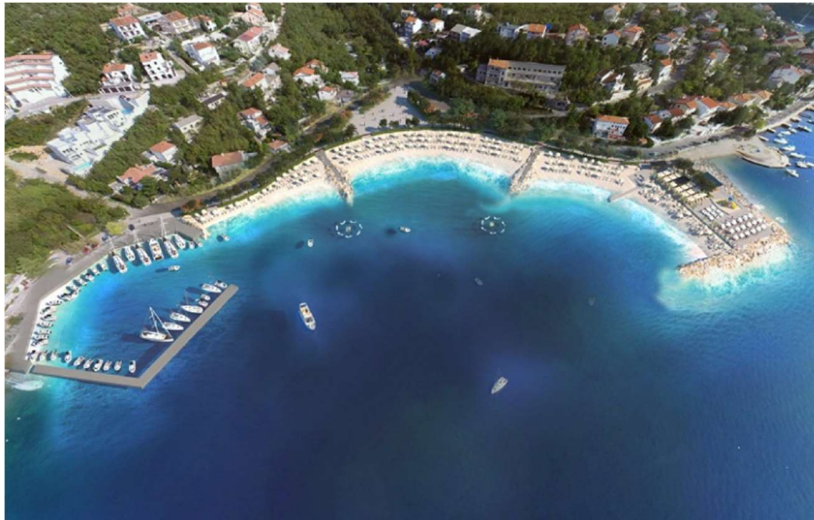
Jedan od ciljeva pri izgradnji nasipanih obalnih građevina je postizanje čim veće ekonomičnosti. Iz tog razloga dolazi do razvoja nehomogenih poprečnih presjeka nasipnih građevina. U različite dijelove poprečnog presjeka ugrađuje se materijal različitog granulometrijskog sastava prema prirodnoj dostupnosti materijala. Primarna obloga u pravilu se izvodi kao grubo hrapava obloga od velikih elemenata koji se polažu na pokos u metodi bez velikog slaganja (engl. rip-rap).

Primarna obloga od prirodnog kamenog materijala naziva se školjera. Elementi primarne obloge velikih su dimenzija te formiraju jednolični pokos velike šupljikavosti, no elementi moraju biti dobro ukliješteni tako da je težina bloka ojačana okolnim blokovima. Elementi primarne obloge moraju biti dovoljno čvrsti i teški kako bi se osigurala stabilnost pokosa. Šupljikavost između elemenata primarne obloge pospješuje disipaciju valova tako da valovi ulaze u šupljine i gube valnu energiju.

Gradnja nasipanih obalnih građevina zahtjevan je i složen proces osobito pri izgradnji jezgre od sitnijeg materijala koja je izložena djelovanju mora. Gradnja se izvodi u više fazana pri čemu se nakon izgradnje jezgre odmah izrađuju filteri i obloga.

Polaganje blokova primarne obloge izvodi se prema unaprijed utvrđenom projektu organizacije na osnovi tipa bloka koji se ugrađuje te raspoloživoj mehanizaciji kao što su plovne dizalice ili plovne i kopnene dizalice. Ugradnja blokova teče prema horizontalnim slojevima kako bi se postigla što veća ukliještenost blokova. [8]

Jedan od primjera uređenja plaže pomoću nasutih pera u Hrvatskoj može se pronaći na plaži Jadranovo uz istoimeno mjesto koje se nalazi između Rijeke i Crikvenice nedaleko od Krčkog mosta. Slika 10 prikazuje 3D vizualizaciju uređenja plaže i obližnje lučice čija izgradnja je završila 2017. godine. Uređenjem plaže obnovljena je postojeća betonska plaža te je pomoću pera i nasipavanjem žala povećano kupalište u centru primorskog gradića, a dodan je i novi trg te manja luka. Izgradnjom plaže uređena je vizura grada te se ujedno postignut cilj povećanja turističke posjećenosti plaže i samog grada. [9]

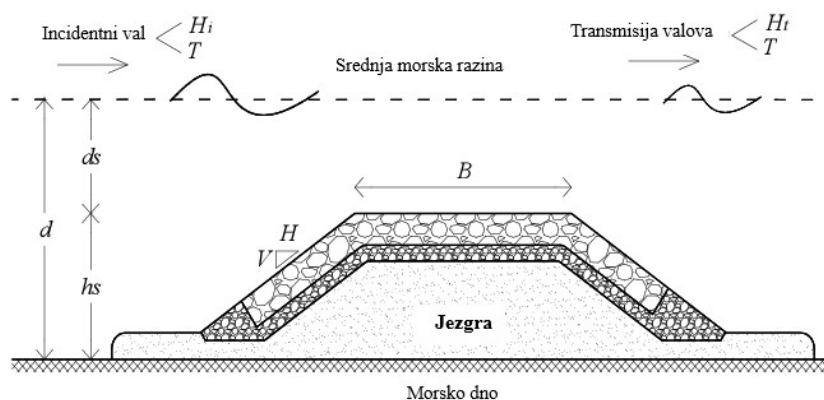


Slika 10 Plaža Jadranovo- 3D projektantski prikaz [9]

3.2. Podmorski pragovi

Za razliku od pera, pragovi su u potpunosti uronjene građevine koje se mogu izvoditi kao obalne građevine ili građevine za regulaciju riječkog korita te u tom slučaju govorimo o riječnim pragovima. Podmorski pragovi koriste se kako bi se osigurala stabilizacija nanosa na morskom dnu. Kako uslijed djelovanja valova na obalu, dolazi do ispiranja sedimenata, pragovi su oblikovani kako bi se imitirao prirodan oblik zaštićenog žala i spriječili odnošenje sedimenata pri pojavi olujnih valova. [6] [10]

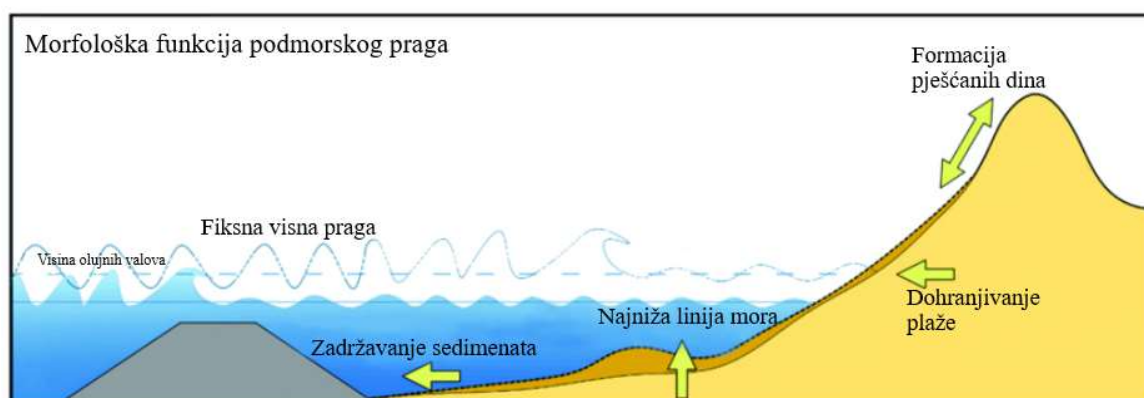
Na Slici 11 je prikazan poprečni presjek podmorskog praga. Ovisno o zahtjevnosti konstrukcije presjek može biti homogen ili izrađen u slojevima od različitih materijala.



Slika 11 Poprečni presjek podmorskog praga [11]

Glavni dio praga sačinjava tijelo praga, odnosno sav materijal koji se ugrađuje u projektom predviđeni profil. Ispod tijela praga može se izvesti temeljni madrac, koji je najčešće sastavljen od fliša ili kamena ali i sintetičkih materijal, a na koji se zatim nasipava materijal koji će sačinjavati tijelo. Svrha madraca je da prihvati težinu konstrukcije i prenese ju na slabije nosivo podložno tlo te da spriječi eventualnu eroziju materijala sa dna. [6] Kruna (B) najviši je dio konstrukcije, gledano u poprečnom presjeku. Kako uslijed pojave valova, preko krune dolazi do protjecanja vode, to je dio koji je ujedno i najviše izložen eroziji.

Na Slici 12 prikazan je presjek plaže sa podmorskim pragom na kojem je opisana željena funkcija praga.



Slika 12 Prikaz funkcije podmorskog praga [12]

Pri pojavi valova koji se približuju plaži dolazi do nanošenja sedimenata sa morskog dna na obalu. Isto tako prilikom refleksije valova sa obale dolazi do odnošenja sedimenata sa tijela žala. Kod žala na kojima je vidljiv utjecaj erozije moguća je izgradnja podmorskog praga kao što je prikazano na Slici što dovodi do zadržavanja sedimenata ispred tijela praga i prirodnog obogaćenja tijela žala uz što je moguće i dodatno nasipavanje tijela žala odgovarajućim materijalima. Dio energije vala disipira se na podmorskom pragu ovisno o odnosu dubine i širine krune te parametrima vala što plaži pruža dodatnu zaštitu. [10] [12]

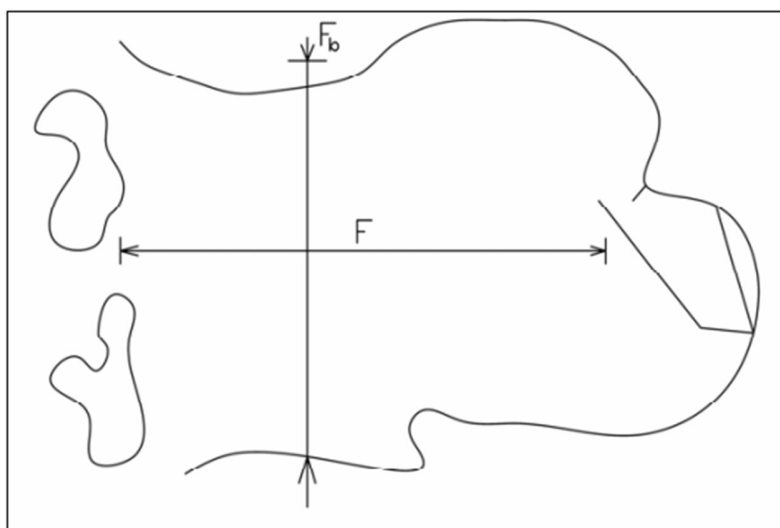
3.3. Djelovanja na građevinu

Pri projektiranju obalne građevine, jedan od najznačajnijih djelovanja su morski valovi. Podaci o valovima potrebni su za proračun funkcionalnosti iz kojeg se dobivaju podaci o agitaciji ili prelijevanju te proračune konstrukcije obalnih građevina gdje je potrebno definirati dinamička opterećenja. [8]

Valove je moguće opažati vizualno i instrumentalno. Za instrumentalno mjerenje na pojedinim točkama koristi se valograf koji ispisuje valni zapis o fizičkom pomaku mora u funkciji vremena te anemograf kojim se mjeri smjer valova. Morski valovi sustavno se ne opažaju na državnoj razini već se mjerenja uglavnom vrše na zahtjev investitora u svrhu izrade pojedinačnih projekata, no valovi se mogu prognozirati i iz vjetrovne kline, koja se sustavno opaža što znači da vjetar također predstavlja značajan ulazni parametar za projektiranje. [13]

3.3.1. Vjetar

Kako bi se valovi prognozirali iz podataka o vjetru potrebni su podaci o smjeru, trajanju i brzini vjetra te privjetrištu. Privjetrište (engl. Fetch) je morska površina iznad koje puše vjetar te generira valove. Prikazano je na Slici 13 gdje F [km] označava dužinu privjetrišta, a F_b [km] širinu privjetrišta. [13] [14]



Slika 13 Privjetrište [13]

Veličina vala ovisi o površini privjetrišta na kojoj se sila vjetra transformira na morsku površinu. Najprije se formiraju mali valovi, nakon čega dolazi do njihovog povećanja. [14]

Na bazi vjetra može se formirati kratkoročna prognoza valova, na osnovu jedne oluje ili dugoročna prognoza za višegodišnji niz više oluja. Podaci o vjetru sakupljaju se na državnoj razini te ih prikuplja Državni hidrometeorološki zavod. Osnova za procjenu energetske potencije vjetra u Hrvatskoj je Atlas vjetra Hrvatske koji prikazuje karte srednje godišnje brzine vjetra [m/s]. [15]

3.3.2. Valovi

U svrhu opisa morskih valova razvijena su tri načina opisa morskih valova, i to deterministički, statistički i spektralni, koji se međusobno razlikuju po složenosti.

Valovi za koje se primjenjuje deterministički opis nazivaju se idealni valovi. Idealni valovi predstavljaju pravilne dvodimenzionalne valove s konstantnim parametrima valnog profila, a u prirodi su izrazito rijetki. Mogu se opisati u laboratoriju te se koriste kao matematički modeli te pri opisu ponašanja valova.

Statističkim opisom prikazuju se realni valovi. Realni valovi pojavljuju se u prirodi i mogu se opisati kao nepravilni trodimenzionalni valovi na određenoj geografskoj točki za stacionarno stanje mora. [13]

DETERMINISTIČKI OPIS

Deterministički opis valova sadrži valni profil odnosno oblik fizičke površine mora i gibanje čestica ispod valnog profila.

Za opis valnog profila koriste se sljedeći osnovni parametri:

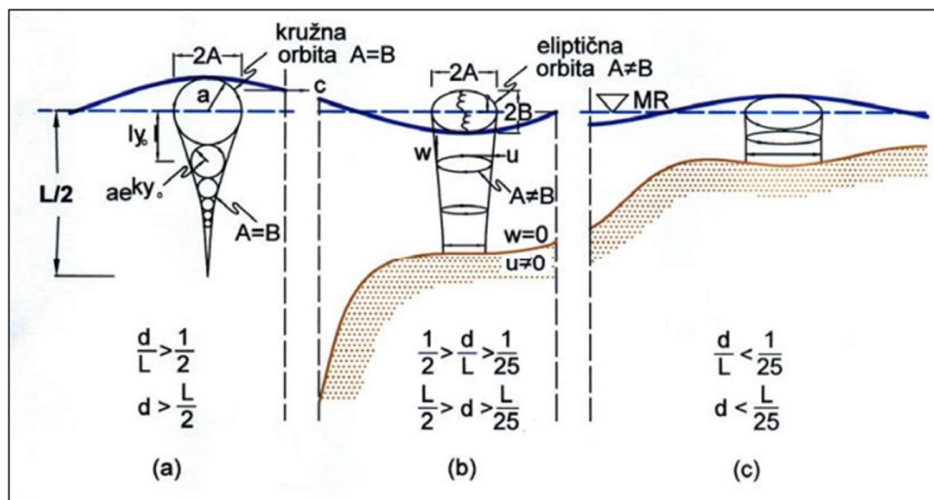
- H [m] visina vala, visinski razmak između dola i grebena
- L [m] dužina vala, razmak između dva dola ili dva grebena

- T [s] period, vremenski period između dva uzastopna prolaza grebena kroz istu točku
- a [m] amplituda ($a = H/2$), maksimalni pomak fizičke površine mora od srednjice vala

Parametri visine H i dužine L , mijenjaju se sa dubinom dok se period ne mijenja. Valna dužina i period vezani su jednadžbom prikazanom u izrazu (1):

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L}; \quad T = \sqrt{\frac{2\pi L}{g} \operatorname{cth} \frac{2\pi d}{L}} \quad (1) \quad [13]$$

Gibanje vodnih čestica prikazano je na Slici 14 te općenito u linearnoj valnoj mehanici važi da se čestice gibaju u kružnim putanjama u dubokom moru te u eliptičnim putanjama u plitkim i prijelaznim zonama. [13]



Slika 14 Gibanje čestica vode u a) dubokoj vodi b) prijelaznom području c) u plitkoj vodi [13]

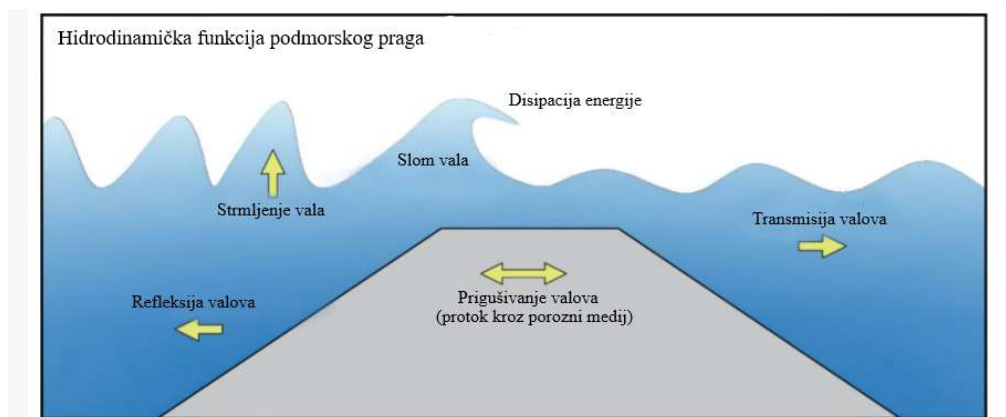
Dubina mora (d) izražena je pomoću valne dužine kao što je prikazano na Slici 12. U slučaju a prikazano je duboko more kada val ne osjeti morsko dno. U slučaju b prikazano je prijelazno područje, a u slučaju c plitko more. U oba slučaja valovi osjete morsko dno.

Valovi se formiraju u dubokom moru te se, idući prema obali deformiraju na nagnutom morskom dnu te se, prema Slici 14 mijenja ponašanje vodnih čestica. Na priobalne građevine uglavnom djeluju deformirani valovi, stoga je važno da se valne

deformacije uzimaju u obzir te da se građevine dimenzioniraju u funkciji deformiranih valova. [13]

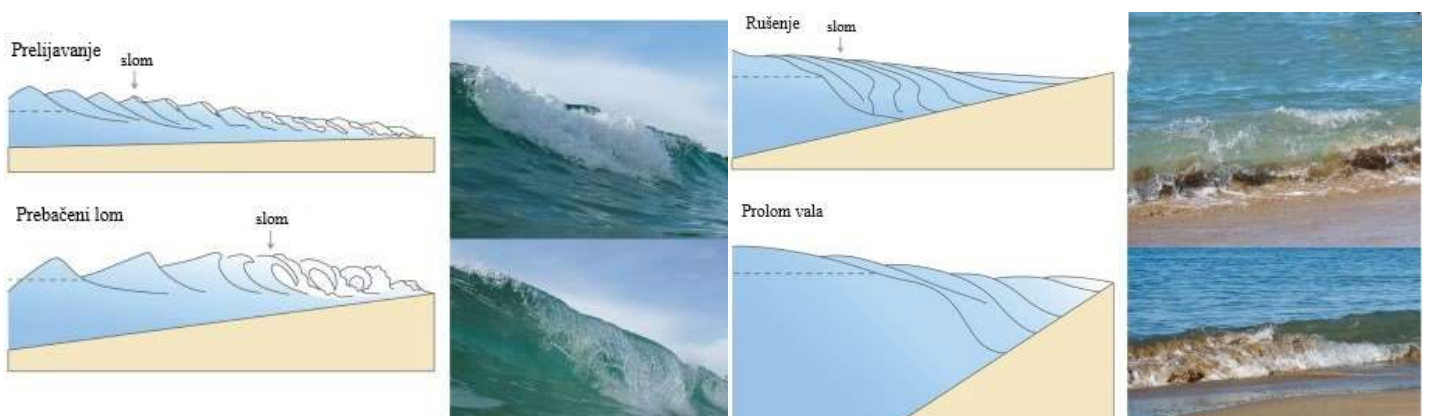
Osim na morskom dnu, valovi se deformiraju i pri nailasku na prepreku kao što su lukobrani ili obalni zidovi. U slučaju kada val nailazi na vertikalnu ili nagnutu prepreku dolazi do odbijanja ili refleksije vala, odnosno potpunog ili nepotpunog reflektiranja vala u suprotnom smjeru. Kod nepropusnih vertikalnih prepreka dolazi do potpunog reflektiranja pri čemu dolazi do superpozicije dolazećeg i reflektirajućeg vala, odnosno valna visina se udvostruči. [13]

Na Slici 15 je prikazan primjer valnih pojava do kojih može doći prilikom nailaska vala na podmorski prag.



Slika 15 Valne pojave pri nailasku na podmorski prag [11]

Značajna pojava pri projektiranju vertikalnih obalnih građevina je lom vala. Pri prijelazu valova iz dubokog u plitko more dolazi do loma vala (Slika 16).



Slika 16 Tipovi loma vala [16]

Pojava loma vala osobito je značajna pri dimenzioniranju vertikalnog zida, no i pri dimenzioniranju nasutih građevina ima utjecaj na odabir završne obloge građevine. U slučaju kada dolazi do loma vala ispred zida javlja se mnogo puta veći tlak. Pritom, kako bi odredili da li dolazi do loma vala ispred zida ili nasute građevine koristi se uvjet:

$$d > 2,5 H_{dol} \quad (2) [13]$$

Gdje je d dubina dna ispred zida. Ukoliko je dubina veća od $2,5H$, odnosno visine vala, može se zaključiti da ne dolazi do loma vala. [13]

STATISTIČKI OPIS

Statistički opis opisuje realne valove koji se pojavljuju u prirodi te se razlikuju od idealnih jer nemaju pravilnosti po smjeru frekvenciji ni amplitudi. Statistički opis ne daje kompletnu valnu sliku jer se ne odnosi na gibanje vodnih čestica već samo na valni profil. [13]

Prilikom uporabe statističkog opisa, dobivaju se reprezentativni parametri valnog profila statističkom obradom svih pojedinačnih valova tokom kratkoročnog stacionarnog stanja mora u trajanju od 5 do 15 minuta. Dobiveni reprezentativni parametri uvrštavaju se u izraze za idealne valove te se sa takvim idealnim valovima tretiraju građevinske konstrukcije.

Neki od reprezentativnih parametara koji se odnose na visinu vala su:

- H_{max} [m] maksimalna valna visina koju donese neki val u jednom valnom zapisu
- $H_{1/10}$ [m] desetinska valna visina; prosjek od 1/10 najviših valnih visina u jednom valnom zapisu
- $H_{1/3}$ [m] značajna valna visina; prosjek od 1/3 najviših valnih visina u jednom valnom zapisu

Može se promatrati i dugoročno vremensko razdoblje te se u tom slučaju primjenjuju parametri:

- H_S^{PR} [m] Značajna valna visina povratnog razdoblja
- T_S^{PR} [m] Značajni valni period povratnog razdoblja

Pri čemu povratni period označuje razdoblje od 1, 5, 10, 20, 50 ili 100 godina. U tom vremenskom razdoblju značajna valna visina ili period mogu biti jedan puta dostignuti ili premašeni.

Svim reprezentativnim valnim parametrima, kratkoročnim ili dugoročnim, pridružuje se smjer dolaska vjetra. [13] [14]

3.4. Dimenzioniranje pera

Nakon što su određeni početni uvjeti te djelovanja na konstrukciju, potrebno je dimenzionirati pero kao nasutu građevinu. Proračunom je potrebno odrediti težinu bloka koji se ugrađuje u nasip. Pritom se koriste empirijske formule koje, između ostalog, uzimaju u obzir gustoću materijala i vode, visinu valova te nagib stranice poprečnog presjeka. U periodu nakon drugog svjetskog rata, Robert Hudson je pomoću ispitivanja na različitim modelima upotpunio postojeće formule proračun bloka nasipanih lukobrana, a Hudson-ova formula i danas jedna je od najčešće korištenih. Hudson-ova formula dana je sljedećim izrazom (3) [17]

$$G_A^{50\%} = \frac{\rho g H_{proj}^3}{K_d \left(\frac{\rho_{obl}}{\rho_m} - 1 \right)^3 \text{ctg } \alpha} \quad (3) [18]$$

Gdje je:

$G_A^{50\%}$ [N] – Težina bloka primarne obloge 50%-tne zastupljenosti na granulometrijskoj krivulji materijala za oblogu pokosa uz raspon granulacije od 0,75

$G_A^{50\%}$ do 1,25 $G_A^{50\%}$

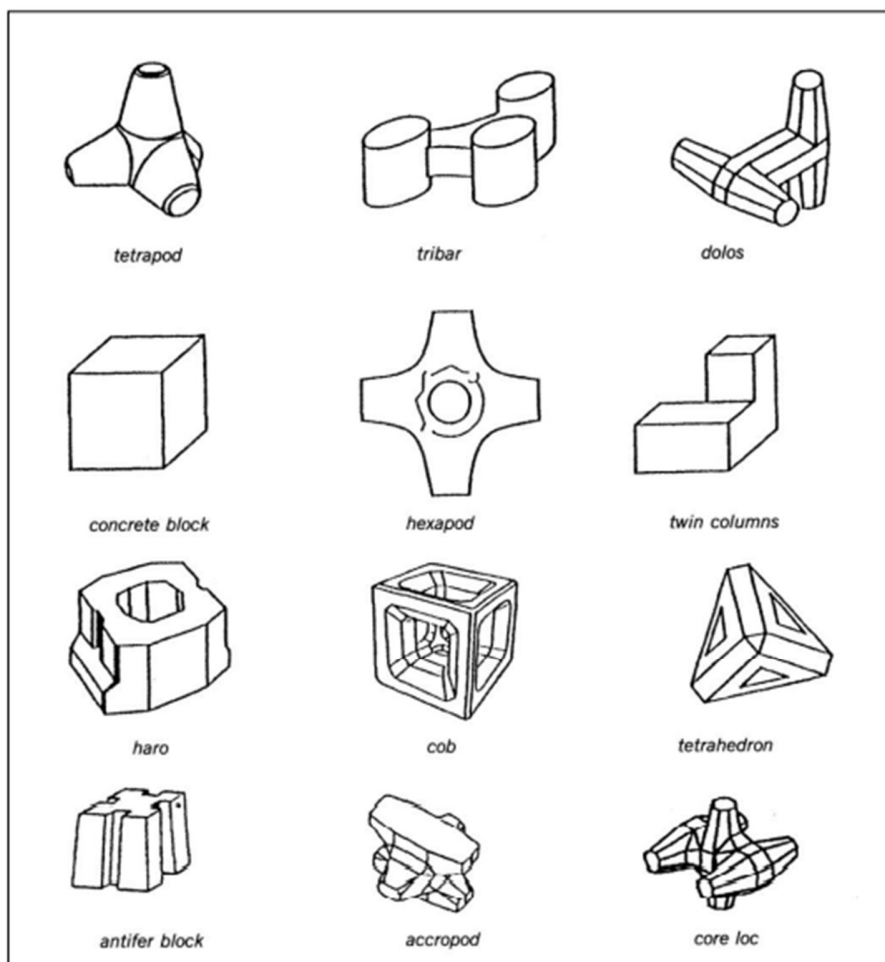
ρ_m [kg/m³] – gustoća mase mora

ρ_{obl} [kg/m³] – gustoća mase materijala obloge

$K_D = K_{D=0}$ – eksperimentalni koeficijent obloge za 0 do 5%-tno oštećenje – ovisan o tipu blokova

$$H_{\text{proj}} [\text{m}] = H_{1/10}^{100g} = 1,27 H_S^{100g} \quad (4) [18]$$

Kao primarni sloj, osim prirodnog kamenometa, koji se u nasute lukobrane i druge nasute građevne, s pažnjom ugrađuje u primarni sloj, mogu se koristiti i različiti betonski oblici. Zbog nedostatka prirodnog kamenog materijala, cijene, načina ugradnje i konačnog izgleda, prefabricirano se proizvode različiti betonski blokovi koji se dovoze do mjesta ugradnje i ugrađuju kao primarni sloj. [18] Neki od betonskih oblika prikazani su na Slici 17.



Slika 17 Tipovi umjetnih blokova [18]

U Hudson-ovoj formuli naveden je eksperimentalni koeficijent obloge $K_D = K_{D=0}$ koji je prikazan u Tablici 1. Koeficijent služi za proračun težine bloka G_A na vanjskom pokosu nasipnog nepreljevnog lukobrana od stabilne uniformne primarne obloge ili usko graduirane prirodne kamenometne primarne obloge. Koristi se kriterij da ne dolazi do oštećenja što praktično znači da 0 – 5 % blokova projektirane primarne obloge može pasti s pokosa pri projektnim opterećenjima. [18]

Tablica 1 Eksperimentalni koeficijent obloge [18]

| Vrsta elementa pokrovnog sloja | Broj slojeva | Način smještaja | Bok valobrana K_D ¹⁾ | | Glava valobrana K_D | | Nagib |
|--------------------------------|--------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
| | | | Lomljeni valovi ⁵⁾ | Valovi koji se ne lome ⁵⁾ | Lomljeni valovi | Valovi koji se ne lome | |
| Glatki zaobljeni kamen | 2 | slučajno | 1.2 | 2.4 | 1.1 | 1.9 | 1:1,5 do 1:3 |
| | 3 | slučajno | 1.6 | 3.2 | 1.4 | 2.3 | 1:1,5 do 1:3 |
| | 2 | slučajno | 2.4 | 4.0 | 1.9 | 3.2 | 1:1,5 |
| Oštrobridni lomljeni kamen | 3 | slučajno | 2.2 | 4.5 | 1.6 | 2.8 | 1:2 |
| | | | | | 1.3 | 2.3 | 1:3 |
| | | | | | 2.1 | 4.2 | 1:1,5 do 1:3 |
| Tetrapodi | 2 | slučajno | 7.0 | 8.0 | 6.4 | 7.0 | 1:1,5 do 1:3 |
| | | | | | 4.5 | 5.5 | 1:2 |
| Antifer blok | 2 | slučajno | 8.0 | - | 3.5 | 4.0 | 1:3 |
| | | | | | - | - | 1:2 |
| | | | | | 9.5 | 11.5 | do 1:1.33 |
| Akropod | 1 | | 12.0 | 15.0 | 9.5 | 11.5 | do 1:1.33 |
| Core loc | 1 | | 16.0 | 16.0 | 13.0 | 13.0 | do 1:1.33 |
| Tribari | 2 | slučajno | 9.0 | 10.0 | 8.3 | 9.0 | 1:1,5 |
| | | | | | 7.8 | 8.5 | 1:2 |
| | | | | | 6.0 | 6.5 | 1:3 |
| Dolosi | 1 | uniformno položeni | 12.0 | 15.0 | 7.5 | 9.5 | 1:1,5 do 1:3 |
| | | | | | 2 | slučajno | 15.8 ³⁾ |
| | | | | | 7.0 | 14.0 | 1:3 |

¹⁾ Za nagibe od 1:1,5 do 1:5
²⁾ Uzdužna os kamena je okomita na površinu
³⁾ K_D vrijednosti su eksperimentalno potvrđene samo za nagib 1:2 pri većim zahtjevima (razaranje < 2%), vrijednost K_D potrebno je prepoloviti
⁴⁾ Ne preporučaju se nagibi strmiji od 1:2
⁵⁾ Do sloma valova dolazi češće kada dubina od srednje morske razine ispred valobrana umanjuje visinu valova

Kao što je vidljivo iz Tablice 1, koeficijent obloge, K_D odabire se u ovisnosti na pojavu loma vala te u ovisnosti o tipu primarne obloge. Lom valova provjerava se prema spomenutom kriteriju $d > 2,5 H_{dol}$ pri čemu d označava krajnju dubinu nasutog lukobrana odnosno pera.

Nakon odabira bloka primarne obloge potrebno je odabrati dimenzije elemenata poprečnog presjeka.

Debljina sloja primarne obloge dobiva se prema izrazu (5):

$$t = n \cdot k_{\Delta}^3 \sqrt{\frac{G_A}{\rho_{obl} \cdot g}} = n \cdot k_{\Delta}^3 \sqrt{\frac{G_A}{\gamma_{obl}}} \quad (5) [18]$$

Gdje je:

t [m] – debljina sloja primarne obloge

n – broj blokova u sloju primarne obloge (uglavnom n= 2)

k_{Δ} – koeficijent sloja

G_A [N] – težina bloka primarne obloge

ρ_{obl} [kg/m³] – gustoća mase materijala obloge

γ_{obl} [N/m³] – zapreminska težina materijala obloge

Koeficijent sloja, k_{Δ} , odabire se prema Tablici 2 u ovisnosti o vrsti odabrane primarne obloge te načinu slaganja blokova u primarnu oblogu.

Tablica 2 Koeficijent sloja [18]

| Vrsta elementa pokrovnog sloja | n | Način smještaja | Koeficijent sloja k_{Δ} | Porozitet (P) % |
|---|----------|--------------------|--------------------------------|-----------------|
| Glatki zaobljeni kamen ¹ | 2 | slučajno | 1.02 | 38 |
| Oštrobridni lomljeni kamen ² | 2 | slučajno | 1.00 | 37 |
| Oštrobridni lomljeni kamen ² | >3 | slučajno | 1.00 | 40 |
| Kamen (paralepiped) ⁶ | 2 | specijalno položen | -- | 27 |
| Kocke (modificirane) ¹ | 2 | slučajno | 1.1 | 47 |
| Tertapodi ¹ | 2 | slučajno | 1.04 | 50 |
| Kvatripodi ¹ | 2 | slučajno | 0.95 | 49 |
| Hekspodi ¹ | 2 | slučajno | 1.15 | 47 |
| Tribari ¹ | 2 | slučajno | 1.02 | 54 |
| Dolosi ⁴ | 2 | slučajno | 0.94 | 56 |
| Toskane ⁵ | 2 | slučajno | 1.03 | 52 |
| Tribare ¹ | 1 | uniformno | 1.13 | 47 |
| Kameni nabačaj ⁷ | gradiran | slučajno | -- | 37 |

¹ Hudson (1974).

² Carver (1983).

³ Hudson (1961a).

⁴ Carver and Davidson (1977).

⁵ Carver (1978).

⁶ Debljina sloja jednaka je dvostrukoj prosječnoj duljini dulje dimenzije paralepipeda. Poroznost je procijenjena pomoću ispitivanja provedenih na jednom sloju uniformno položenih modificiranih kocki (Hudson, 1974).

⁷ Minimalna debljina sloja trebala bi biti jednaka dvostrukoj kubičnoj dimenziji W_{50} riprapa. Potrebna je provjera da je debljina graduiranog sloja ≥ 1.25 kubične dimenzije W_{max} riprapa. (primjer 7-123 i 7-124).

Pri odabiru širine krune, B koristi se analogna formula (6):

$$B = n \cdot k_{\Delta}^3 \sqrt[3]{\frac{G_A}{\rho_{obl.g}}} = n \cdot k_{\Delta}^3 \sqrt[3]{\frac{G_A}{\gamma_{obl}}} \quad (6) [18]$$

n – broj blokova (minimalno n= 3)

Gdje u ovom slučaju broj blokova, n iznosi minimalno tri, odnosno minimalna preporučena širina krune jednaka je širini tri elementa primarnog sloja.

Širina i visina krune, praktično ovise i o planiranom načinu uporabe buduće građevine. Na primjer, kod nasutih lukobrana sa uporabnom krunom koja se koristi za prolaz ljudi i vozila ili za privez brodova, pri dimenzioniranju potrebno je uzeti u obzir funkcionalnost krune. Ovisno o planiranoj funkciji krune, potrebno je uzeti u obzir učestalost i količinu dopuštenog prelijevanja i otpornost obloge na prelijevanje. Uzevši u obzir kriterij prelijevanja, visina krune dobiva se zbrajanjem visine projektnog vala na vanjskom pokosu i ekstremno visokog morskog raza 5 godišnjeg povratnog perioda. [14][18]

(7) [14]

$$\text{Kota krune} = vv (5 \text{ gpp}) + 1,25 H_{\text{proj}}$$

Gdje je

Kota krune- izražena u [m.n.m]

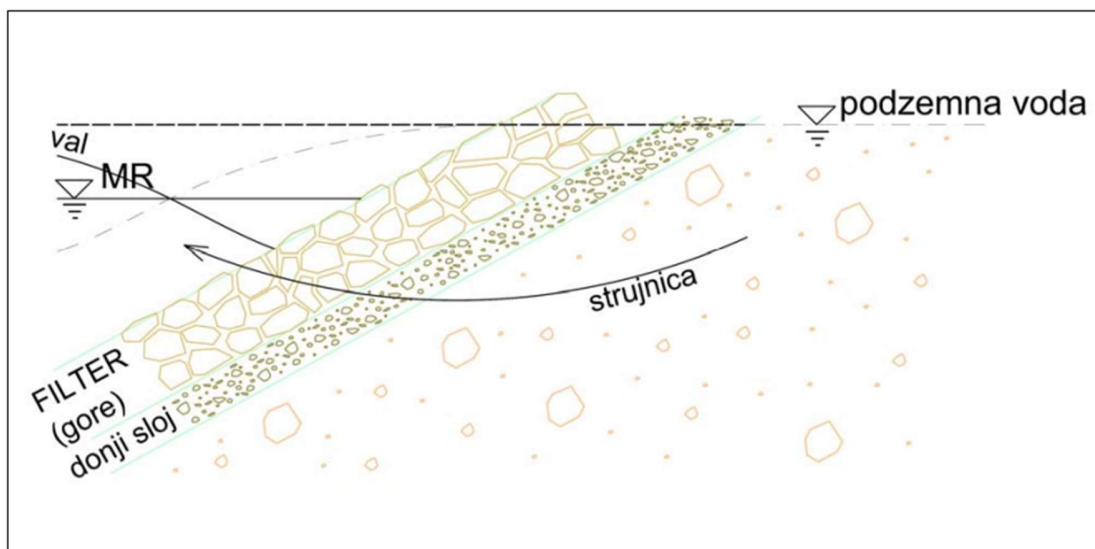
vv (5 gpp) [m.n.m] – ekstremno visoki morski raz za povratni period PR= 5 god

H_{proj} – visina projektnog vala

Nakon što je definiran primarni sloj određuje se debljina ostalih slojeva u poprečnim presjeku, a najčešće to su sekundarni sloj i jezgra. Pritom se za određivanje debljine sekundarnog sloja koristi analogna formula debljini primarnog sloja pri čemu je razlika u težini promatranih blokova. Uobičajeno se za sekundarni sloj uzimaju blokovi težine $W/10$, a za drugi međusloj blokovi težine $W/200$, dok se preostali dio poprečnog presjeka popunjava jezgrom za koju se uzima težina $W/4000$ u odnosu na težinu bloka primarne obloge.

U primarnu oblogu ugrađuju se blokovi različitih veličina kako bi se usko definirala granulometrijska krivulja. Za pojedine slojeve područje granulacije omeđeno je donjom i gornjom granicom. Granulometrijski raspon primarnog sloja iznosi 125% - 75%, za sekundarni sloj iznosi 130% - 70%, za drugi međusloj 150% do 50%, a za jezgru 170% do 30%. [14][18]

Nasipane obalne građevine su propusne građevine te dolazi do prodiranja, odnosno transmisije morske vode kroz konstrukciju građevine. Iz tog razloga izrazito je važan granulometrijski sastav te je potrebno slijediti filtersko pravilo koje definira da sitna zrna materijala koja se nalaze u donjem sloju ispod filtera, odnosno primarnog sloja, ne smiju biti strujanjem izvučena kroz šupljine filtera (primarnog sloja). Na Slici 17 prikazana je pojava strujnica te primjena filterskog pravila. [8]



Slika 18 Prikaz principa strujanja unutar nasipanog lukobrana [8]

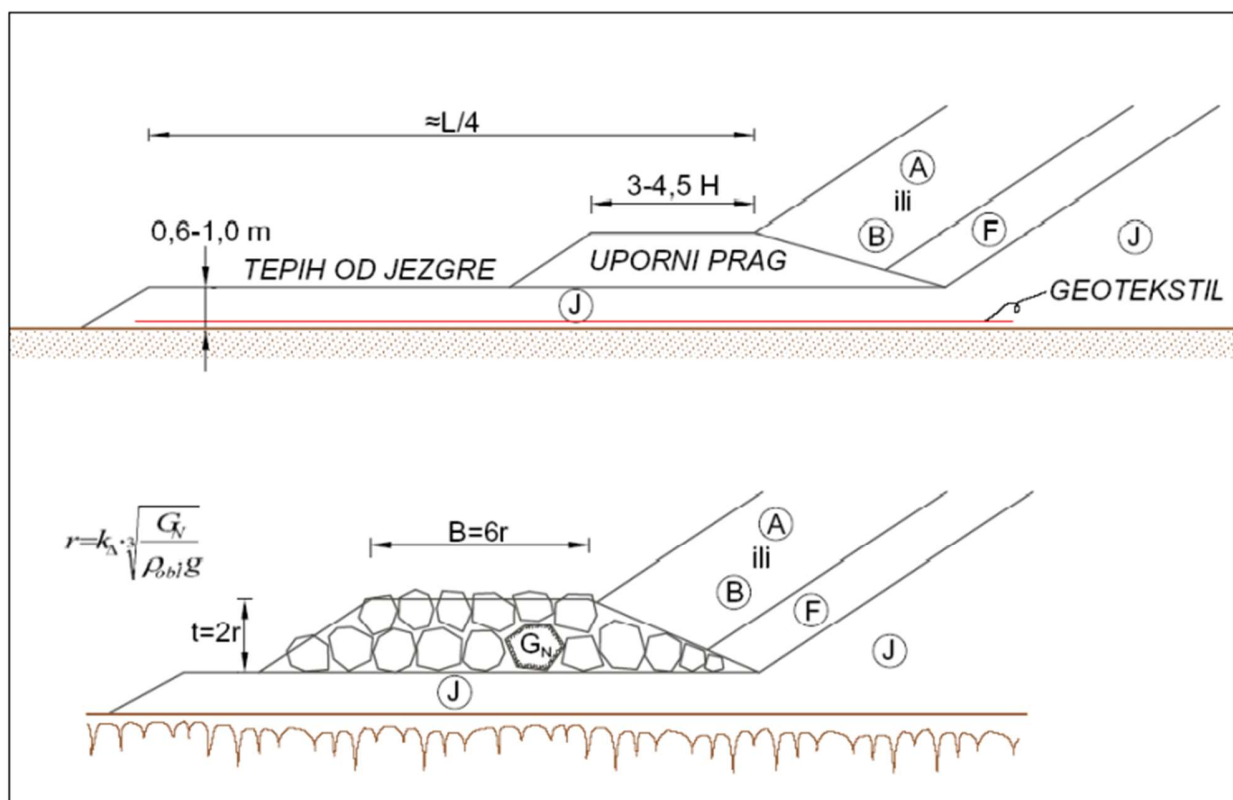
Prema Terzagiju, granulometrijska krivulja primarnih slojeva treba se nalaziti u sljedećem granulometrijskom području:

$$4xD_{85\%}^{\text{donje}} \geq D_{15\%}^{\text{gornje}} \geq 4xD_{15\%}^{\text{donje}} \quad (8) [8]$$

Značajan element poprečnog presjeka čini nožica nasipanog lukobrana koja predstavlja kontakt nasipane konstrukcije i temeljnog tla na morskom dnu. Ponašanje nožice na morskom dnu razlikuje se ovisno o vrsti tla na kojem se vrši temeljenje. Prema tome, temeljno tlo na morskom dnu može biti erodibilno, odnosno sačinjeno

od pjeskovitog materijala, šljunka ili gline, a u drugom slučaju temeljno tlo može biti srasla kamena stijena. [18]

U slučaju erodibilne podloge, moguće je da se u tlu pojavi strujanje koje za posljedicu ima podizanje čestica tla na morskom dnu koje se zatim premještaju prema glavi ili korijenu lukobrana u smjeru morske struje. Kao posljedica pomicanja čestica tla dolazi do erozije na nožici trupa lukobrana što može dovesti do povećanja strmine pokosa, klizanja temeljnog tla i klizanja cijelog pokosa. Kako bi se priječilo znatno oštećenje nasute građevine zbog navedene pojave temeljno tlo potrebno je osigurati od erozije što je moguće postići slojem geotekstila na koji se postavlja tepih od jezgre (Slika 18). U lošijim uvjetima temeljnog tla nožicu je moguće ukopati te načiniti tepih od gabiona ili fašinskog madraca. [18]



Slika 19 Zaštita nožice [18]

Pri gradnji na stabilnom, neerodiranom tlu, nožicu nije potrebno štititi od erozije te nije potrebno ugrađivati geotekstil ni dugačke tepihe od materijala jezgre, no

ugrađuje se uporni prag. Uporni pragovi u oba slučaja, erodirajućeg i stabilnog tla, moraju biti otporni na djelovanje valova.

Kako bi se osigurala stabilnost praga, težina blokova praga računa se s obzirom na pojavu loma valova. U slučaju kada je prag na većoj dubini te ne dolazi do loma valova, težina bloka nožice, G_N proračunava se formulom za stabilnost nožice vertikalnog lukobrana danom u izrazu (9):

$$G_N = \frac{\rho_{obl} g H_{proj}^3}{N_S^3 (\frac{\rho_{obl}}{\rho_m} - 1)} \quad (9) \quad [18]$$

Gdje je:

N_S^3 – broj stabilnosti za proračun stabilnosti nožice vertikalnog lukobrana (prema CERC II 7-244)

$$H_{proj} = H_{max}^{100g} = 2H_s^{100g}$$

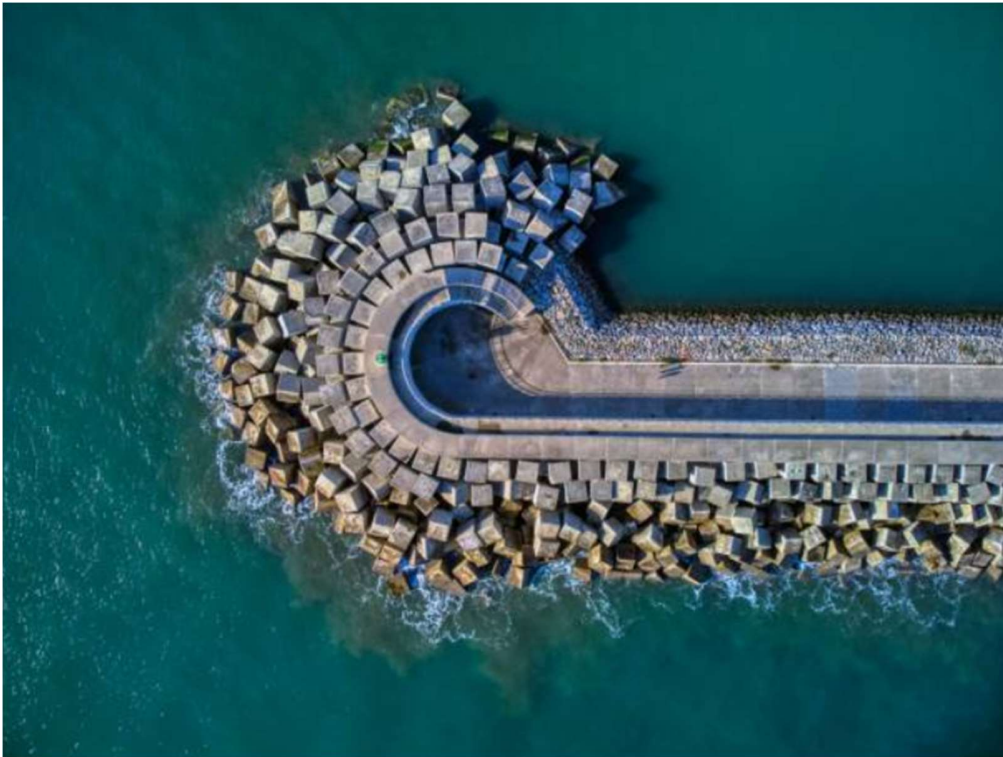
Ostale vrijednosti iz jednadžbe jednake su kao i u Hudson-ovoj formuli. Za širinu praga uzima se 6 zrna, a za debljinu 2 zrna.

U slučaju kada dolazi do loma vala, ako težina maksimalnih blokova praga uzima se:

$$G_N^{max} \leq G_B = \frac{G_A}{2} \quad (\text{prema CERC II 7-246}) \quad [18]$$

Gdje je G_A masa bloka primarne obloge. Ovaj uvjet za G_N^{max} , primjenjuje se u slučaju kada se dimenzioniraju plitki pragovi koji se još uvijek nalaze ispod razine mora te nisu direktno pod utjecajem loma valova. U slučaju kada je prag izložen žljebu vala, odnosno u slučaju kada dolazi do odzračanja praga u procesu loma vala iznad praga, za težinu blokova nožice uzima se ista vrijednost kao i kod blokova primarne obloge. Vrijedi: $G_N = G_A$ i u tom slučaju debljina praga jednaka je jednom zrnju. [18]

Kao što je vidljivo na Slici 19, glava nasipanog lukobrana u tlocrtu se izvodi polukružno. Zbog prikazanog zaobljenog oblika nije moguće postići jednaku ukliještenost blokova primarne obloge, koji zbog toga moraju biti teži od blokova na trupu. To se može postići korištenjem manjeg koeficijenta K_D u Hudson-ovoj formuli za blokove glave. U slučaju kada se zadržavaju isti blokovi, na glavi lukobrana ili zaštitnog pera potrebno je predvidjeti blaži pokos. [18]

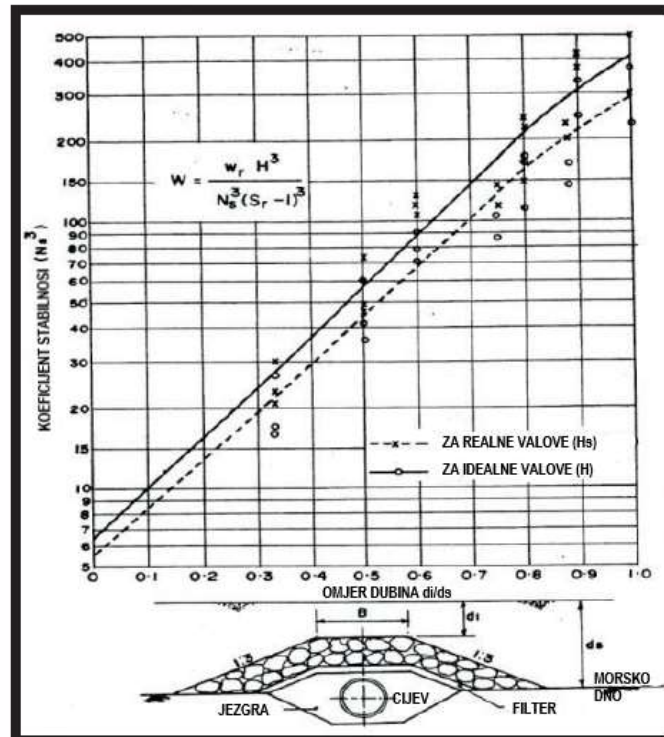


Slika 20 Glava nasipanog lukobrana [Izvor: www.gettyimages.com]

Kod dimenzioniranja nasipanih građevina, također je potrebno uzeti u obzir prirodno slijeganje kamenog nasipnog materijala uslijed djelovanja gravitacije kao i vibracija valova i drugih sila. U pravilu se uzima da zbijanje od potresa može biti reda 2 do 4%, dok zbijanje od valova može biti reda veličine 1%. Prosječno prirodno zbijanje, dakle iznosi 3%, što znači da je potrebno predvidjeti nadvišenja od 4% ukoliko je potrebno zadovoljiti kriterij uporabljivosti krune. [18]

3.5. Dimenzioniranje podmorskog praga

Dimenzioniranje podmorskog praga moguće je provesti pomoću Hudsonove formule na sličan način opisan u prethodnoj točki, no u obzir se uzima i koeficijent stabilnosti (N_s) koji se dobiva prema dijagramu sa Slike 21, a ovisan je o omjeru odabrane dubine krune praga i dubine nožice te vrsti valova koje djeluju na građevinu.



Slika 21 Dijagram odnosa koeficijenta stabilnosti (N_s) i omjera dubine krune i ukupne dubine praga [14]

Formula za proračun težine bloka primarne obloge tada glasi:

$$W = \frac{w_r \cdot H^3}{N_s^3 \cdot (S_r - 1)^3} \quad (10)[18]$$

W - težina elementa primarne obloge [kg]

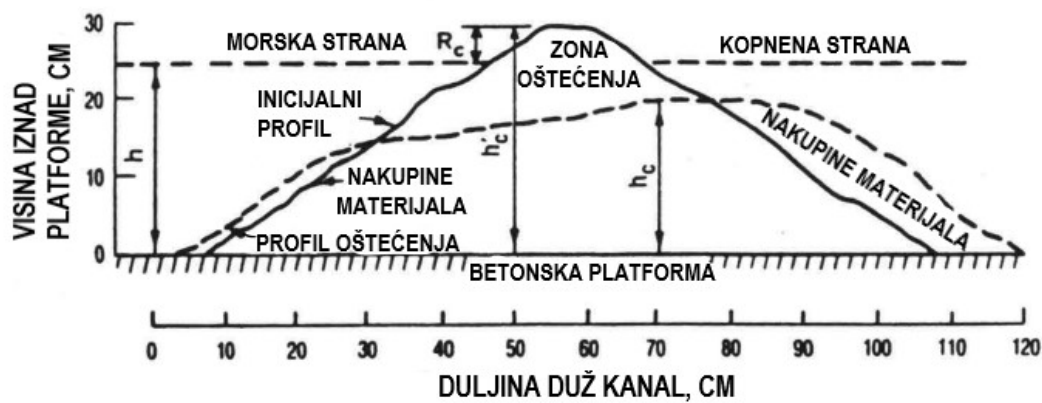
w_r - jedinična težina elementa primarne obloge [kg]

H - visina vala

N_s^3 - koeficijent stabilnosti

S_r - specifična težina materija

Osim Hudson-ovog proračuna, jedan od najčešće korištenih je van der Meerov proračun. J.W. Van de Meer i J.P. Ahrens proučavali su 1980-ih nasipane građevine sa niskim krunama odnosno potopljene nasipe kao što su podmorski pragovi. [17] Njihova istraživanja najviše su proučavala promjene u visini krune kako je veći dio oštećenja pri djelovanju valova koncentriran u tom području kao što je prikazano na Slici 22. Pretežno, rezultati istraživanja prikazivali su da se stabilnost građevine povećava što je kruna niža. [19]



Slika 22 Prikaz oštećenja na poprečnom presjeku nasipnog lukobrana uslijed djelovanja valova

Stabilnost se proračunava prema izrazu (11):

$$\frac{h'_c}{h} = (2,1 + 0,1s)e^{-0,14N_s^*} \quad (11)[19]$$

h'_c/h - relativna visina praga

S- Stupanj oštećenja

N_s^* - broj spektralne stabilnosti

Broj spektralne stabilnosti dan je sljedećim izrazom (12):

$$N_s^* = \frac{H_s}{\Delta \cdot D_{n50}} \cdot s_p^{-\frac{1}{3}} \quad [14] \quad (12)[19]$$

H_s - visina vala

D_{n50} - medijan promjera bloka primarne zaštite

Δ - gustoća materijala u morskoj vodi

s_p - strmina vala (H/L)

Preoblikovanjem izraza (12) može se dobiti izraz za promjer bloka primarne obloge koji je dan izrazom (13).

$$D_{n5} = \frac{H_s}{\Delta \cdot N_s^*} \cdot S_0^{-\frac{1}{3}} \quad (13)[19]$$

Broj spektralne stabilnosti tada je potrebno dobiti pomoću izraza 13 i na taj način dobivamo izraz (14).

$$N_s = -7 \ln \left(\frac{1 + \frac{h'_c}{h}}{2,1 + 0,1 \cdot S} \right) \quad (14)[19]$$

Nakon što se pomoću opisanih izraza odredi promjer bloka, njegova težina određuje se tako da se promjer umnoži gustoćom materijala, a blokovi se biraju u rasponu od 70% do 130%.

Stupanj oštećenja odabire se iz Tablice 3 empirijski dobivenih podataka o oštećenju građevine za različite postotke oštećenja.

Tablica 3 Empirijske dobivene vrijednost za stupanj oštećenja [19]

| STUPANJ ¹ | A | B | C | D ² |
|--|----------|----------|----------|-----------------------|
| 0,1 | 1,12 | 1,34 | 0,55 | 2,58 |
| 1 | 1,01 | 1,24 | 0,48 | 2,15 |
| 2 | 0,96 | 1,17 | 0,46 | 1,97 |
| 5 | 0,86 | 1,05 | 0,44 | 1,68 |
| 10 | 0,77 | 0,94 | 0,42 | 1,45 |
| značajan (<i>significant</i>) | 0,72 | 0,88 | 0,41 | 1,35 |
| medijan (<i>mean</i>) | 0,47 | 0,6 | 0,34 | 0,82 |
| *1- razina prekoračenja u ovisnosti o broju valova * 2- odnosi se samo na propusne nagibe | | | | |

3.6. Dimenzioniranje žala

Pri izradi umjetnih žala ili uređenju postojećih žala najčešće je potrebno dodatno nasipavanje tijela novog žala. Žalo se može nasipavati različitim materijalima čiji odabir ovisi o različitim kriterijima kao što je vrta žala koji se žali dobiti te namjena i udobnost krajnjih korisnika no najčešće se koriste šljunak ili pjeskoviti materijali.

Odabir krupnijih zrna smanjit će trošak izgradnje kao i trošak eventualnih održavanja jer je krupniji manje podložan transportu prilikom djelovanja valova, no sitniji materijali omogućavaju veću udobnost.

Granulacija se može izračunati prema sljedećem izrazu:

$$z = A \cdot y^m \quad (15)[14]$$

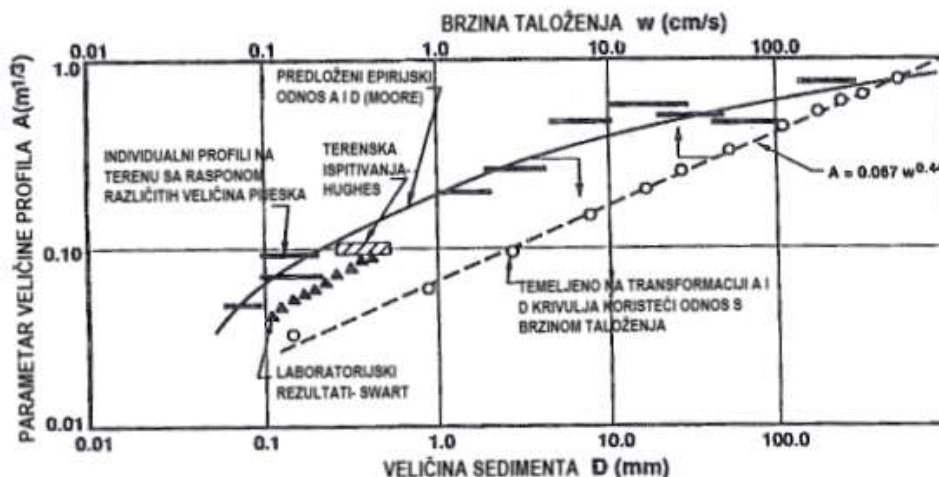
z = dubina mora na najdubljem mjestu ispune

A = eksperimentalni koeficijent (dobiven Dean-ovim dijagramom)

y = udaljenost od obale

m = eksperimentalni koeficijent ($m=2/3$)

Koeficijent A dobiva se iz Dean-ovog dijagrama prikazanog na Slici 23, a koji prikazuje empirijske vrijednosti dobivene istraživačkim radom temeljenim na teoriji linearnih valova. Iz dijagrama se temeljem dobivenog koeficijenta A odabire granulacija.

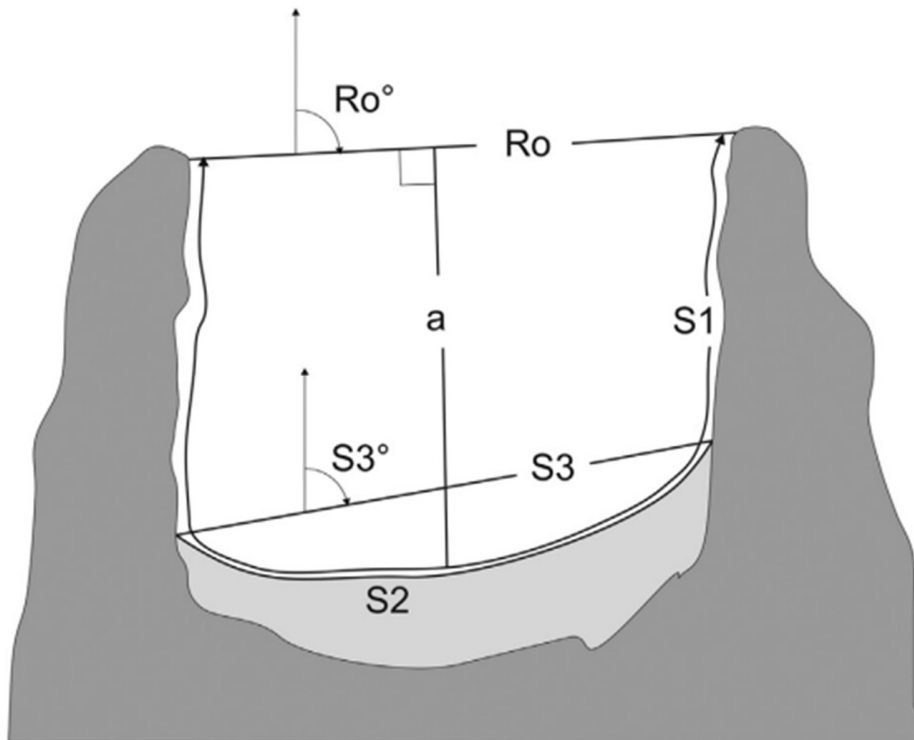


Slika 23 Dean-ov dijagram odnosa veličine sedimenta i osobina poprečnog presjeka [14]

3.7. Zaklonjenost žala

Minijturni žalovi mogu se definirati kao zaklonjeni morfološki oblici smješteni između izbočenih dijelova obale. Prirodno se pojavljuju na strmim stjenovitim obalama koje su tipične za područje mediterana. Umjetno se mogu postići izgradnjom zaštitnih građevina kao što su pera. Istraživanja provedena na minijturnim žalovima na talijanskoj obali ukazuju na povezanost između geometrije obale i erozije sedimentata unutar uvale žala zbog djelovanja valovanja. [14] [20]

Zaklonjenost uvale žala može se definirati u odnosu na geometrijske parametre između dva pera ili rta koji omeđuju žalo prema Slici 24.



Slika 24 Geometrijski parametri zaklonjenosti uvale [20]

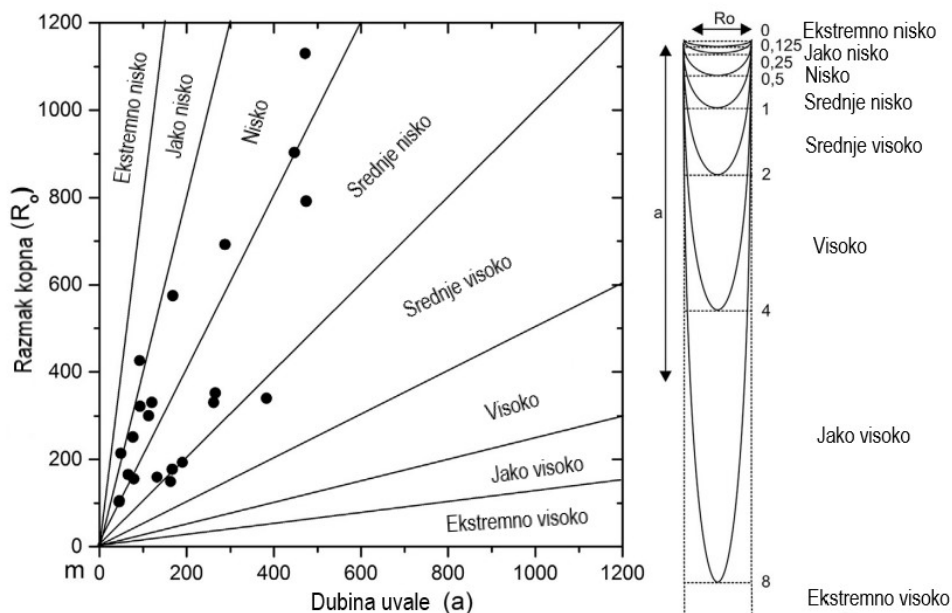
R_0 na slici prikazuje udaljenost između dva pera ili rta, udaljenost između linije koja ih povezuje i tijela žala označena je sa a . S_1 predstavlja ukupnu duljinu uvale, S_2 je duljina žala odnosno područje prekriveno sedimentima, a S_3 je linearna udaljenost između rubova žala.

Na osnovu odnosa spomenutih geometrijskih parametara formirani su indeksi koji ukazuju na zaklonjenost žala. Prema dobivenim odnosima zaklonjenost žala može se svrstati u pet kategorija navedenih u Tablici 4. Odnos a/R_0 ukazuje na dubinu uvale, odnosno na dubinu uvale koju popunjavaju sedimenti. Odnos $S1/R_0$ također ukazuje na dubinu uvale te ukazuje na njezin oblik, a odnos $S2/S1$ ukazuje na postotak uvale koji je prekriven sedimentima, odnosno zastupljenost tijela žala. [20]

Tablica 4 Kategorije zaklonjenosti uvale [20]

| Kategorija | % | a/R_0 [m] | $S1/R_0$ [m] | $S2/S1$ [m] |
|-----------------------|----|----------------|-----------------|----------------|
| 1. Nezaklonjena | 24 | 0,10 - 0,30 | 1,08 - 1,69 | 0,77 |
| 2. Slabo zaklonjena | 13 | 0,34 - 0,38 | 1,40 - 2,08 | 0,66 |
| 3. Srednje zaklonjena | 20 | 0,39 - 0,65 | 1,40 - 2,86 | 0,80 |
| 4. Zaklonjena | 30 | 0,66 - 0,95 | 2,34 - 3,72 | 0,40 |
| 5. Jako zaklonjena | 13 | 1,05 - 2,03 | 2,95 - 6,79 | 0,86 |

Logaritamski odnos parametara a i R_0 prikazan je na Slici 25.



Slika 25 Logaritamska klasifikacija oblika žala [20]

4. POMORSKO HIDRAULIČNI PRORAČUN

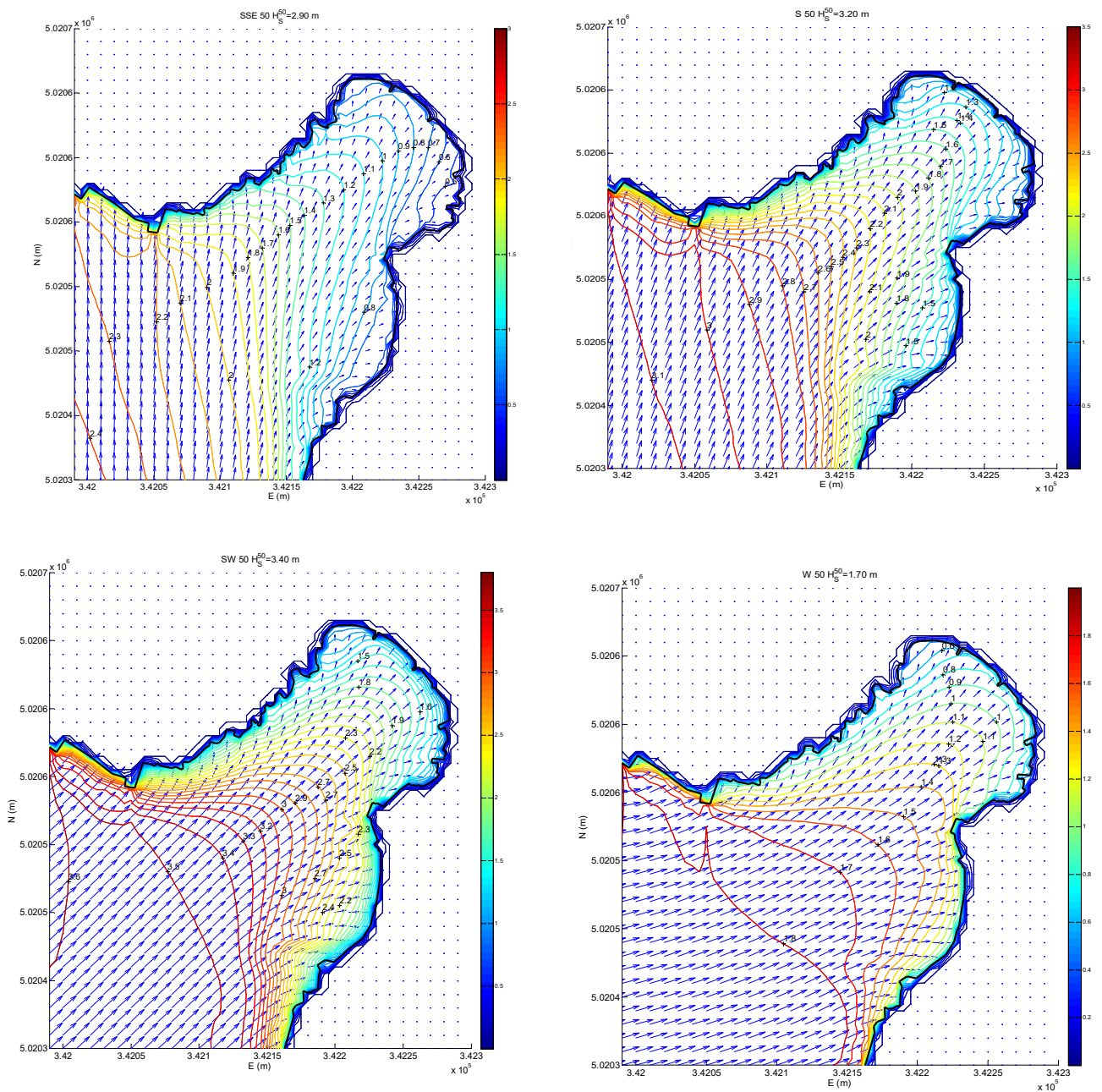
4.1. Odabir projektne valne visine

Za promatranu uvalu izrađene su numeričke simulacije postojećih stanja valova za povratni period od 50 godina. Slika 26 prikazuje korištene koeficijente refleksije na različitim tipovima obale koji se javljaju u uvali.



Slika 26 Koeficijent refleksije valova numeričkih simulacija postojećeg stanja [14]

Na Slici 27 prikazani su rezultati numeričke simulacije kao vektorski prikazi valova za najutjecajnije smjerove djelovanja vjetrova. Dobivene valne visine za korištene brzine vjetrova iskazane su u Tablici 5.



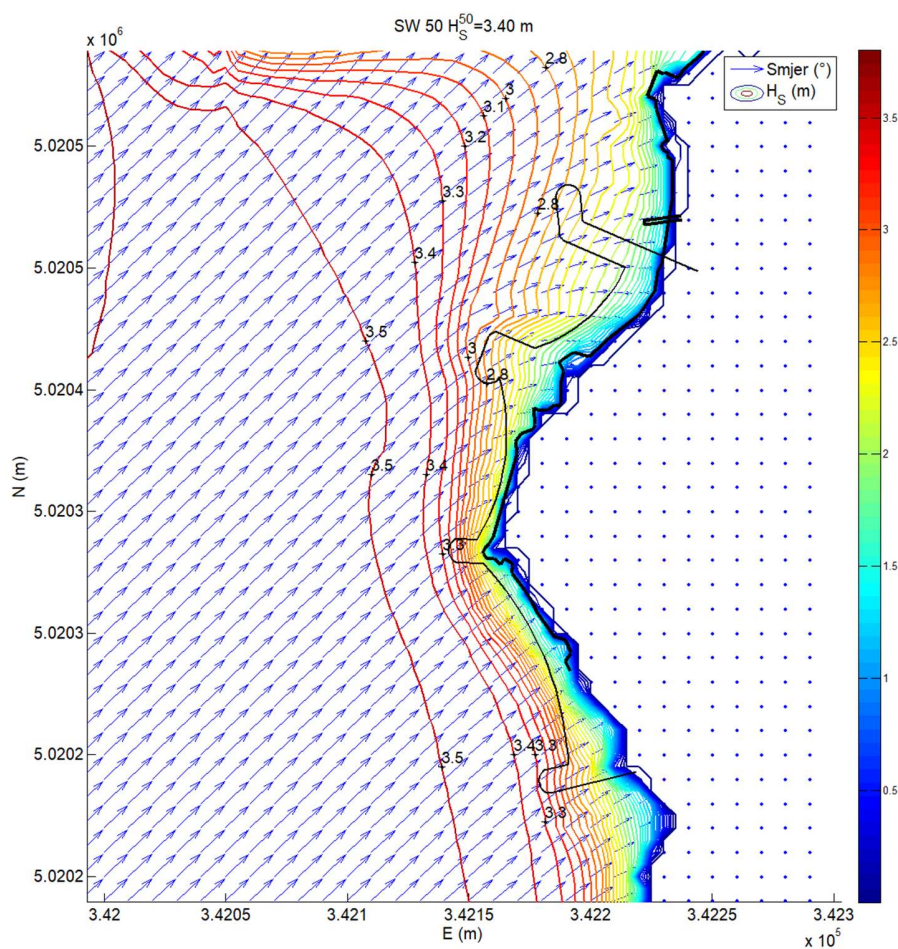
Slika 27 Prikaz vektora valova [14]

Tablica 5 Valne visine za PR 50 god [14]

| SMJER VJETRA | BRZINA VJETRA | H_S^{50} |
|--------------|---------------|------------|
| SSE | 26 m/s | 2,90 m |
| S | 24 m/s | 3,20 m |
| SW | 24 m/s | 3,40 m |
| W | 16 m/s | 1,70 m |

Kao najnepovoljnije djelovanje odabran je smjer vjetra SW za koji se dobiva visina vala $H_S^{50} = 3,40$ m.

Na Slici 28 prikazan je rezultat numeričke simulacije valova za smjer vjetra SW na projektiranoj obalnoj liniji.

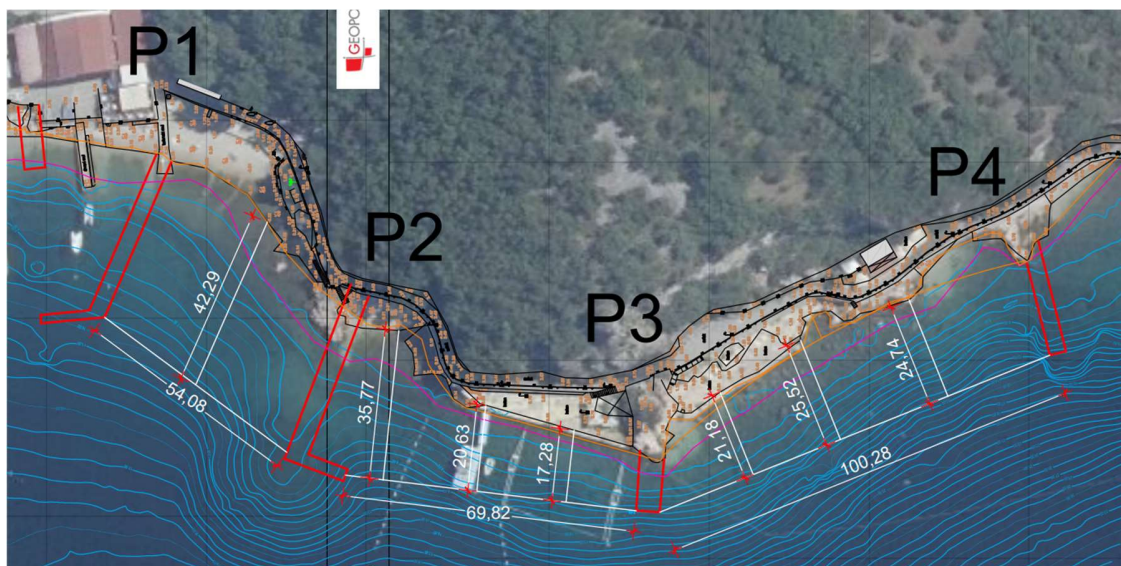


Slika 28 Prikaz djelovanja valova na projektirano stanje [14]

Sukladno rezultatima sa Slike 28, u daljnjem proračunu za pero P1 korištena je visina vala $H_S^{50} = 2,80$ m, za pero P2 $H_S^{50} = 3,00$ m, a za P3 i P4 $H_S^{50} = 3,40$ m.

4.2. Određivanje zaklonjenosti žala

Unutar uvale planirana su četiri pera čije okvirne pozicije su ucrtane na Slici 29 te su pera označena sa P1, P2, P3 i P4.



Slika 29 Planiran položaj pera (Izvor: Izrada autora)

Koristeći parametre iz Tablice 3, za pera, na Slici 29 prikazani su parametri R_0 i a između pera P1 i P2, P2 i P3 te pera P3 i P4.

Uzimajući u obzir parametre prikazane na slikama dobivaju se kategorije zaklonjenosti žala iskazane u Tablici 6.

Tablica 6 Kategorije zaklonjenosti žala (Izvor: Izrada autora)

| Pozicija | a_{sr} | R_0 | a/R_0 | Kategorija |
|----------|----------|----------|---------|-----------------------------|
| P2-P1 | 42,29 m | 54,08 m | 0,78 | Zaklonjena |
| P3-P2 | 35,77 m | 69,82 m | 0,51 | Slabo do srednje zaklonjena |
| | 20,63 m | | 0,30 | |
| | 17,28 m | | 0,25 | |
| P3-P4 | 21,18 m | 100,28 m | 0,21 | Slabo zaklonjena |
| | 25,52 m | | 0,25 | |
| | 24,74 m | | 0,28 | |

Prema rezultatima iz Tablice 6 može se zaključiti da prvo formirano žalo između P1 i P2 ima zadovoljavajuću zaklonjenost te će novo formirano žalo imati veću površinu

dok drugo između P2 i P3 ima slabu do srednju zaklonjenost, a treće žalo između P3 i P4 ima najmanju zaklonjenost te će preostala dva žala imati manju površinu. Zbog strmine morskog dna vidljive pomoću izobata te konfiguracije terena, izrada pera na povoljnijem položaju za postizanje veće zaklonjenosti žala predstavljalo bi preveliku financijsku investiciju i uvećalo složenost zahvata. Iz tih razloga odabire se rješenje sa jedim većim i dva manja žala.

4.3. Proračun pera

Proračun se vrši za četiri pera koja su raspoređena unutar uvale prema Slici 29. Kao primarna obloga koristi se oštrobriđni lomljeni kamen koji je slučajno smješten u primarnu oblogu.

4.3.1. Provjera loma valova

Tablica 7 Ulazni parametri za proračun pera (Izvor: Izrada autora)

| ULAZNI PARAMETRI ZA PRORAČUN PERA | | | | |
|-----------------------------------|--------------|---|------|-------------------|
| Dubina pera | | | | |
| P1 | d | = | 9,0 | m |
| P2 | d | = | 8,0 | m |
| P3 | d | = | 7,0 | m |
| P4 | d | = | 9,0 | m |
| Gustoća kamenometa | ρ_{obl} | = | 2600 | kg/m ³ |
| Gustoća morske vode | ρ_w | = | 1025 | kg/m ³ |

$d > 2,5 H_s$

Dubina se za pojedino pero provjerava u odnosu na sljedeće valne visine:

Za P1: $H_s = 2,80$ m

Za P2: $H_s = 3,00$ m

Za P3: $H_s = 3,40$ m

Za P4: $H_s = 3,40$ m

Iz Tablice 1 odabrane su vrijednosti za koeficijent K_D i nagib:

Tablica 8 Odabir koeficijenta K_D (Izvor: Izrada autora)

| OZNAKA PERA | DUBINA [m] | $2,5 H_s$ [m] | $d > 2,5 H_s$ | LOM VALA | K_D bok | K_D glava | NAGIB BOK | NAGIB GLAVA |
|-------------|------------|---------------|---------------|------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| P1 | 9,0 | 7,00 | DA | Ne dolazi do loma vala | 4,0 | 2,8 | 1:1,5 | 1:2 |
| P2 | 8,0 | 7,50 | DA | Ne dolazi do loma vala | 4,0 | 3,2 | 1:1,5 | 1:1,5 |
| P3 | 7,0 | 8,5 | NE | Dolazi do loma vala | 2,0 | 1,9 | 1:1,5 | 1:1,5 |
| P4 | 9,0 | 8,5 | DA | Ne dolazi do loma vala | 4,0 | 3,2 | 1:1,5 | 1:1,5 |

4.3.2. Dimenzioniranje slojeva ovisno o mogućnosti oštećenja

Pri odabiru mase blokova koji će se ugrađivati u slojeve pera potrebno je razmotriti postotak opterećenja.

Primarni sloj moguće je dimenzionirati i na veći postotak opterećenja pri čemu se promatra koeficijent $H/H_{D=0}$ Prema tablici u nastavku. Pri projektiranju sa većom vjerojatnošću oštećenja smanjuju se parametri projektnog vala.

Tablica 9 Raspodjela koeficijenta H/H_0 [10]

| Unit | Damage (D), Percent | | | | | | |
|--------------------------|---------------------|--------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 0 - 5 | 5 - 10 | 10 - 15 | 15 - 20 | 20 - 30 | 30 - 40 | 40 - 50 |
| Quarry stone (smooth) | 1.00 | 1.08 | 1.14 | 1.20 | 1.29 | 1.41 | 1.54 |
| Quarry stone (rough) | 1.00 | 1.08 | 1.19 | 1.27 | 1.37 | 1.47 | 1.56 ^(b) |
| Tetrapods and Quadripods | 1.00 | 1.09 | 1.17 ^(c) | 1.24 ^(c) | 1.32 ^(c) | 1.41 ^(c) | 1.50 ^(c) |
| Tribar | 1.00 | 1.11 | 1.25 ^(c) | 1.36 ^(c) | 1.50 ^(c) | 1.59 ^(c) | 1.64 ^(c) |
| Dolos | 1.00 | 1.10 | 1.14 ^(c) | 1.17 ^(c) | 1.20 ^(c) | 1.24 ^(c) | 1.27 ^(c) |

4.3.3. Hudson-ova formula – određivanje mase bloka primarne zaštite

U Hudsonovu formulu uvrštene su vrijednosti za pojedina pera te su rezultati prikazani u tablici niže. Prikazan je primjer proračuna sa uvrštenim vrijednostima za pero P1.

$$G_A^{50\%} = \frac{\rho g H_{proj}^3}{K_d \left(\frac{\rho_{obl}}{\rho_m} - 1 \right)^3 \text{ctg } \alpha}$$

$$\rho_{obl} = 2600 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_m = 1025 \text{ kg/m}^3$$

Za pero P1 uvrštavaju se vrijednosti:

$$K_{D \text{ bok}} = 4,0$$

$$K_{D \text{ glava}} = 2,8$$

$$\text{ctg } \alpha_{\text{bok}} = 1,5$$

$$\text{ctg } \alpha_{\text{glava}} = 2,0$$

$$H_s = 2,80 \text{ m}$$

Proračun težine bloka za **bok** pera:

$$G_A^{50\%} = \frac{2600 \times 9,81 \times 2,8^3}{4 \times \left(\frac{2600}{1025} - 1 \right)^3 \times 1,5} = \frac{559908}{21,7681} = 25721,4 \text{ N}$$

$$G_A = 25,72 \text{ kN} = W_{50}$$

$$M_{50} = 2622 \text{ kg}$$

Proračun težine bloka za **glavu** pera:

$$G_A^{50\%} = \frac{2600 \times 9,81 \times 2,80^3}{2,8 \times \left(\frac{2600}{1025} - 1 \right)^3 \times 2,0} = \frac{559908}{20,3169} = 27558,7 \text{ N}$$

$$G_A = 27,56 \text{ kN} = W_{50}$$

$$M_{50} = 2809 \text{ kg}$$

Prikazani proračun Hudsonovom formulom proveden je za stupanj oštećenja 0-5% te možemo primijetiti da su dobivene vrijednosti težina blokova poprilično visoke. Kako bi se umanjili troškovi gradnje kao i kompleksnost izvođenja radova može se odabrati proračun sa većim stupnjem oštećenja. U Tablici 10 prikazane su mase blokova za P1u ovisnosti o stupnju oštećenja pri čemu su korišteni koeficijenti iz Tablice 9.

Za daljnji proračun odabran je stupanj oštećenja 15-20%, a rezultati za sva pera dana su u Tablici 11.

Tablica 10 Težina bloka pera P1 s obzirom na stupanj oštećenja (Izrada autora)

| D= | H/H ₀ | H _{proj - D} | Težina primarne obloge bok | Težina primarne obloge glava |
|-------|------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| % | 1 | m | kg | kg |
| 0-5 | 1 | 2,80 | 2622,00 | 2809,00 |
| 5-10 | 1,08 | 2,59 | 2081,00 | 2230,00 |
| 10-15 | 1,19 | 2,35 | 1556,00 | 1667,00 |
| 15-20 | 1,27 | 2,20 | 1280,00 | 1371,00 |
| 20-30 | 1,37 | 2,04 | 1020,00 | 1093,00 |
| 30-40 | 1,41 | 1,98 | 935,00 | 1002,00 |
| 40-50 | 1,54 | 1,82 | 718,00 | 769,00 |

Tablica 11 Odabir mase blokova primarne obloge (Izvor: Izrada autora)

| PRORAČUN ZAŠTITNOG PERA – PRIMARNI SLOJ HUDSONOVA FORMULA SPM 1977 Mogućnost oštećenja 15-20% | | | | | | | | | |
|---|----------------------|------------------------|-----------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-----------------------|-------------------------|
| OZNAKA PERA | ctg α _{bok} | ctg α _{glava} | H _{proj} [m] | M50 bok [kg] | W50 bok [kN] | M50 glava [kg] | W50 glava [kN] | M50 bok ODABRANO [kg] | M50 glava ODABRANO [kg] |
| P1 | 1,5 | 2 | 2,20 | 1280 | 12,56 | 1371 | 13,45 | 1300 | 1400 |
| P2 | 1,5 | 1,5 | 2,36 | 1574 | 15,44 | 1968 | 19,31 | 1600 | 1980 |
| P3 | 1,5 | 1,5 | 2,68 | 4584 | 44,97 | 4825 | 47,33 | 4600 | 4800 |
| P4 | 1,5 | 1,5 | 2,68 | 2292 | 22,48 | 2865 | 28,10 | 2300 | 2800 |

4.3.4. Odabir širine krune

Proračun širine krune izvodi se po formuli:

$$B = n \cdot k_{\Delta} \sqrt[3]{\frac{G_A}{y_{obl}}}$$

Vrijednosti za parametre materijala primarne obloge dane su u Tablici 12:

Tablica 12 Ulazni parametri za širinu krune pera P1 (Izvor: Izrada autora)

| ULAZNI PARAMETRI ZA ŠIRINU KRUNE B | | | | |
|------------------------------------|-----------------|---|-------|-------------------|
| Broj elementa | n | = | 3 | |
| Koef. Sloja | k _Δ | = | 1,00 | |
| Specifična težina primarnog sloja | w ₅₀ | = | 12,56 | kN/m ³ |

Za pero P1 dobiva se:

$$B = 3 \cdot 1,00 \sqrt[3]{\frac{12,56}{25,51}} = 2,369 \text{ m}$$

B ODABRANO = 2,50 m

Tablica 13 Usvojene širine krune B (Izvor: Izrada autora)

| ŠIRINA KRUNE B | | | |
|----------------|--------------|--------------------|-----------------------------|
| OZNAKA PERA | W50 bok [kN] | Širina krune B [m] | Usvojena širina krune B [m] |
| P1 | 12,56 | 2,369 | 2,60 |
| P2 | 15,44 | 2,536 | 2,60 |
| P3 | 44,97 | 3,624 | 3,65 |
| P4 | 22,48 | 2,876 | 2,90 |

4.3.5. Odabir dimenzija primarnog sloja W

Proračun debljine primarnog sloja izvodi se po formuli:

$$t = n \cdot k_{\Delta} \sqrt[3]{\frac{G_A}{\gamma_{obl}}}$$

Vrijednosti za parametre materijala primarne obloge dane su u tablici 14:

Tablica 14 Ulazni parametri za debljinu primarnog sloja pera P1 (Izvor: Izrada autora)

| ULAZNI PARAMETRI ZA DEBLJINU PRIMARNOG SLOJA W | | | | |
|--|-----------------|---|-------|-------------------|
| Broj elementa | n | = | 2 | |
| Koef. Sloja | k Δ | = | 1,00 | |
| Specifična težina primarnog sloja | w ₅₀ | = | 12,56 | kN/m ³ |

Za pero P1 dobiva se:

$$t = 2 \cdot 1,00 \sqrt[3]{\frac{12,56}{25,51}} = 1,579 \text{ m}$$

t ODABRANO = 1,70 m

Tablica 15 Odabir debljine primarnog sloja t (Izvor: Izrada autora)

| DEBLJINA PRIMARNOG SLOJA W | | | |
|----------------------------|--------------|------------------------|-----------------------------|
| OZNAKA PERA | W50 bok [kN] | Širina prim. sloja [m] | Usvojena širina sloja t [m] |
| P1 | 12,56 | 1,579 | 1,70 |
| P2 | 15,44 | 1,691 | 1,70 |
| P3 | 44,97 | 2,416 | 2,40 |
| P4 | 22,48 | 1,917 | 1,90 |

Računa se granulometrijski raspon sloja u vrijednosti do 125% - 75%. U Nastavku su prikazani rasponi slojeva pera P1 i P2.

Tablica 16 Granulometrijski raspon primarnog sloja pera P1 i P2 (Izvor: Izrada autora)

| GRANULOMETRIJSKI RASPON SLOJA: 125%- 75% | |
|--|------------|
| PERO P1 | |
| W _{MAX} | = 15,94 kN |
| M _{MAX} | = 1625 kg |
| W _{MIN} | = 9,56 kN |
| M _{MIN} | = 975 kg |

| GRANULOMETRIJSKI RASPON SLOJA: 125%- 75% | |
|--|------------|
| PERO P2 | |
| W _{MAX} | = 19,63 kN |
| M _{MAX} | = 2000 kg |
| W _{MIN} | = 11,77 kN |
| M _{MIN} | = 1200 kg |

4.3.6. Odabir dimenzija sekundarnog sloja W/10

Proračun debljine sekundarnog sloja izvodi se po formuli:

$$r = n \cdot k_{\Delta} \sqrt[3]{\frac{G_A/10}{y_{obl}}}$$

U ovom slučaju za težinu bloka uzima se vrijednost W/10.

Vrijednosti za parametre materijala sekundarne obloge dane su u Tablici 17:

Tablica 17 Ulazni podaci za prvi sekundarni sloj pera P1 (Izvor: Izrada autora)

| ULAZNI PARAMETRI ZA DEBLJINU SEKUNDARNOG SLOJA W/10 | | | |
|---|-----------------|---|-------------------------|
| Broj elementa | n | = | 2 |
| Koef. Sloja | k Δ | = | 1,00 |
| Specifična težina primarnog sloja | w ₅₀ | = | 12,56 kN/m ³ |

Za pero P1 dobiva se:

$$r = 2 \cdot 1,00 \sqrt[3]{\frac{1,25}{25,51}} = 0,73 \text{ m}$$

r ODABRANO = 0,80 m

Tablica 18 Odabir debljine sekundarnog sloja r (Izvor: Izrada autora)

| DEBLJINA SEKUNDARNOG SLOJA W/10 | | | |
|---------------------------------|--------------|------------------------|-----------------------------|
| OZNAKA PERA | W50 bok [kN] | Širina prim. sloja [m] | Usvojena širina sloja t [m] |
| P1 | 12,56 | 0,730 | 0,80 |
| P2 | 15,44 | 0,785 | 0,80 |
| P3 | 44,97 | 1,121 | 1,20 |
| P4 | 22,48 | 0,890 | 0,90 |

Računa se granulometrijski raspon sekundarnog sloja u vrijednosti do 130% - 70%.

U Nastavku su prikazani rasponi slojeva pera P1 P2.

Tablica 19 Granulometrijski raspon sekundarnog sloja pera P1 i P2 (Izvor: Izrada autora)

| GRANULOMETRIJSKI RASPON SLOJA: 130%- 70% | |
|--|-----------|
| PERO P1 | |
| W _{MAX} | = 1,66 kN |
| M _{MAX} | = 170 kg |
| W _{MIN} | = 0,90 kN |
| M _{MIN} | = 91 kg |

| GRANULOMETRIJSKI RASPON SLOJA: 130%- 70% | |
|--|-----------|
| PERO P2 | |
| W _{MAX} | = 2,04 kN |
| M _{MAX} | = 208 kg |
| W _{MIN} | = 1,10 kN |
| M _{MIN} | = 112 kg |

4.3.7. Jezgra

U jezgru se ugrađuju sitnije čestice za čiju težinu se uzima vrijednost $W/4000$.

Računa se granulometrijski raspon jezgre u vrijednosti do 170% - 30%. U Nastavku su prikazane specifične težine te rasponi slojeva pera P1 i P2.

Tablica 20 Dimenzioniranje jezgre pera (Izvor: Izrada autora)

| JEZGRA PERA PERA W/4000 | | | | |
|---|---------------|------|-------------|-----------|
| PERO P1 | | | | |
| Težina jezgre | W/4000 | = | 3,19 | N |
| Spec. težina jezgre | M/4000 | = | 0,33 | kg |
| GRANULOMETRIJSKI RASPON SLOJA: 170%- 30% | | | | |
| W_{MAX} | = | 5,42 | N | |
| M_{MAX} | = | 0,55 | kg | |
| W_{MIN} | = | 0,96 | N | |
| M_{MIN} | = | 0,09 | kg | |

| JEZGRA PERA PERA W/4000 | | | | |
|---|---------------|------|-------------|-----------|
| PERO P2 I P3 | | | | |
| Težina jezgre | W/4000 | = | 3,93 | N |
| Spec. težina jezgre | M/4000 | = | 0,40 | kg |
| GRANULOMETRIJSKI RASPON SLOJA: 170%- 30% | | | | |
| W_{MAX} | = | 6,67 | N | |
| M_{MAX} | = | 0,68 | kg | |
| W_{MIN} | = | 1,18 | N | |
| M_{MIN} | = | 0,12 | kg | |

4.3.8. Proračun visine poprečnog presjeka

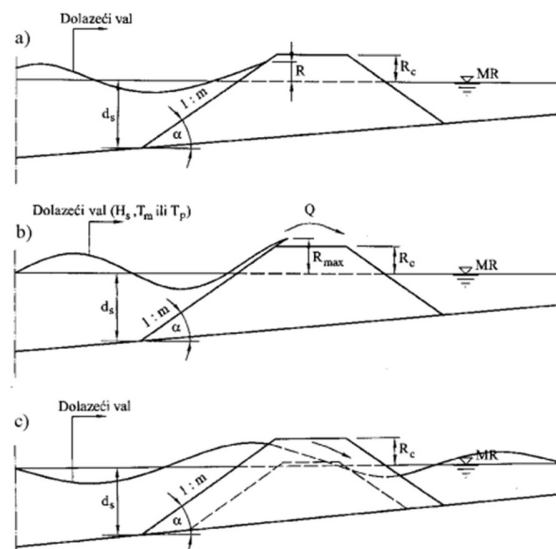
Pri projektiranju poprečnog presjeka nasipane konstrukcije kao što je lukobran ili pero potrebno je razmotriti veličinu konstrukcije s obzirom na njezinu sigurnost i funkciju, kao i sigurnost akvatorija koji će građevina štiti.

Osim samog akvatorija, kruna lukobrana može imati različite funkcije te se koristiti za boravak ljudi ili prometovanje vozila. Visina krune je dakle, značajna dimenzija nasute građevine s aspekta djelovanja valova na građevinu i akvatorij koji štiti.

Kada se razmatraju troškovi izgradnje i održavanja, spuštanje visine krune jednostavan je način da se umanje troškovi te je potrebno utvrditi zadovoljavajuću visinu krune koja će osigurati dovoljnu sigurnost s obzirom na valnu klimu, ali i ekonomičnost građevine.

U našem slučaju razmatramo pera koja će ograđivati budući žal, a kruna nije namijenjena duljem boravku ili uporabi ljudi. Sa skice iz prethodne točke vidljivo je dobivena građevina poprilično masivna sa krunom na visini od 5,40 m.n.m. Kako bi se očuvala vizura postojeće uvale i građevina uklopila u okolni teren, a uzimajući u obzir funkciju građevine, može se zaključiti da

Pri djelovanju valova na nasipanu konstrukciju neka od najznačajnijih djelovanja koja se javljaju su valno uspinjanje i spuštanje, valno prelijevanje, propuštanje što je prikazano na Slici 30. [21]



Slika 30 Djelovanje valova na nasipanu konstrukciju a- uspinjanje, b- prelijevanje, c- propuštanje [21]

Za odabir visine krune najznačajnije je valno prelijevanje. Proračun je proveden prema formulama van der Meera. Uzimajući u obzir Sliku 31, može se zaključiti da do valnog prelijevanja dolazi kada maksimalno valno uspinjanje R_{max} , premaši visinu

krune R_c . Cilj je odrediti visinu krune za koju će veličina prelijevanja biti ispod dozvoljene količine što će se iščitati iz dijagrama na Slici 32.

Ulazni parametri:

Visina značajnog vala: $H_s = 3,40$ m (najnepovoljniji slučaj)

Period značajnog vala: $T_{om} = 5,1$ s

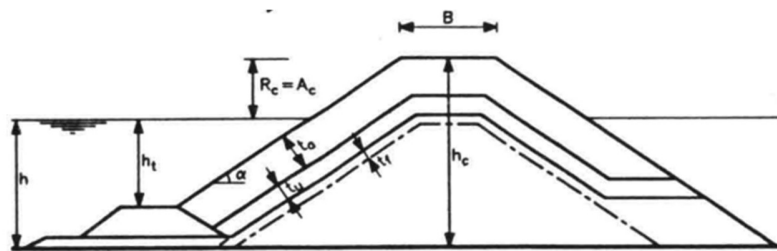
Duljina značajnog vala: $L_{om} = 40,63$ m

Nagib : 1:1,5

Fizički parametri:

Širina krune B : 3,65 m

Visina od SMR do vrha primarne obloge $R_c = A_c = 2,00$ m



Slika 31 Elementi poprečnog presjeka za proračun prelijevanja preko krune [19]

Količina prelijevanja preko krune lukobrana

$$\frac{q \cdot T_{om}}{L_{om}^2} = 3,2 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{H_s}{R_c}\right)^3 \cdot \frac{H_s^2}{\cot \alpha \cdot B \cdot A_c} \quad (15)$$

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

$$q = 3,2 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{3,4}{2,10}\right)^3 \cdot \frac{3,4^2}{1,49 \cdot 3,70 \cdot 2,10} \cdot \frac{40,63^2}{5,1}$$

$$q = 0,0438 \text{ m}^3/\text{s} = 43,8 \text{ l/s}$$

Dobiveni iznos označen je na dijagramu sa Slike 33. Iz dijagrama se može iščitati da je kod nasipanih lukobrana čiju krunu ne koriste ljudi i vozila, pri ovom iznosu prelijevanja osigurana dovoljna sigurnost. Kako će se čitavo pero prekriti proračunatim primarnim slojem W , možemo zaključiti da neće doći do značajnog oštećenja te da je rezultat zadovoljava.



Slika 32 Kritične vrijednosti srednjeg prelijevnog protoka [21]

4.3.9. Odabir poprečnog presjeka

Nakon provedenih proračuna mogu se definirati karakteristike poprečnog presjeka nasutog pera. Odabran je presjek sa tri sloja materijala- primarnim, sekundarnim i jezgrom. Primarni sloj pera P1 izvodi se u rasponu materijala od 0,97 t do 1,6t, a primarni sloj pera P2 izvodi se u rasponu od 1,2 t do 2,0. Na oba pera primarni sloj je širine 1,7m. Primarni sloj pera P4 izvodi se materijalom u rasponu od 1,7 t to 2,8 t u sloju širine 1,9 m, a primarni sloj pera P3 izvodi se u rasponu materijala 3,4 t do 5,7t u sloju širine 2,40 m. Sekundarni sloj izvodi se u rasponu od 91 kg do 170 kg za P1 i 112 kg do 208 kg za P2 u širini 0,8 m za oba pera. Za P4 izvodi se u rasponu od 180kg do 330kg i širini 0,9 m, a za P3 u rasponu od 320 kg do 595 kg i širini 1,2 m.

Jezgra presjeka izvodi se u rasponu od 0,09 kg do 0,55 kg za P1, 0,12 kg do 0,68 kg za P2, 0,17 kg do 0,96 kg za P4, i u rasponu od 0,35 kg do 1,95 kg za P3. Razlika u težini materijala javlja se zbog pojave loma vala do koje dolazi na peru P3. Pokosi se izvode u nagibu 1:1,5. Za širinu krune pera P1 i P2 odabrano je 2,6 m, a za P3 i P4 3,7 m. Visina krune izvodi se na visini +2,1 m.n.m.

4.3.10. Dimenzioniranje podmorskog praga – Van der Meer

Težina bloka primarne obloge provodi se prema van der Meer-ovoj formuli koristeći sljedeće valne parametre:

$$H_s = 2,04 \text{ m}$$

$$T_s = 5,10 \text{ s}$$

Prikazan je proračun za podmorski prag prvog žala između pera P1 i P2.

Pomoću valnih parametra prvo je potrebno odrediti valnu duljinu i strmost vala što je prikazano sljedećim izrazima:

Izračun valne duljine:

$$L_s = \frac{g \cdot T_s^2}{2 \cdot \pi}$$

$$L_s = \frac{9,81 \cdot 5,10^2}{2 \cdot 3,14} = 40,63 \text{ m}$$

Strmina vala:

$$s_0 = \frac{H_s}{L_s} = \frac{2,04}{40,63} = 0,0502$$

Odabir parametara prema van der Meer-u

| | |
|--|------------------------|
| Dubina mora (d) | 5,00 m |
| Razina mora (RM) | 0,00 m.n.n |
| Kota krune praga (k_k) | -1,70 m.n.m |
| Uronjenost krune ($R_c = k_k - RM$) | -1,70 m.n.m |
| Relativna uronjenost (R_c / d) | -0,34 |
| Gustoća mase materijala obloge (ρ_{obl}) | 2600 kg/m ³ |
| Gustoća mase mora (ρ_m) | 1025 kg/m ³ |
| Relativna gustoća ($\Delta = (\rho_{obl} / \rho_m) - 1$) | 1,54 |
| Dozvoljeni stupanj oštećenja (S) | 2 |

Izračun spektralne stabilnosti

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

$$N_s = -7 \ln \left(\frac{1 - 0,34}{2,1 + 0,1 \cdot 2} \right) = 8,7389$$

Pomoću dobivenih vrijednosti izračunava se nominalni promjer i masa kamenometa.

$$D_{50} = \frac{H_s}{\Delta \cdot N_s} \cdot s_0^{-1}$$

$$D_{50} = \frac{2,04}{1,54 \cdot 8,7389} \cdot 0,06108^{-1} = 0,4123 \text{ m}$$

$$M_{50} = D_{50}^3 \cdot \rho_{obl}$$

$$M_{50} = 0,4123^3 \cdot 2600$$

$$M_{50} = 182,20 \text{ kg}$$

$$W_{50} = 1,78 \text{ kN}$$

Za kamenomet odabire se sljedeći raspon granulacije materijala:

$$M_{\max} = 1,3 \cdot 182,20 \text{ kg} = 236,91 \text{ kg} ; \text{ Odabrano} = 240 \text{ kg}$$

$$M_{\min} = 0,7 \cdot 182,20 \text{ kg} = 127,56 \text{ kg} ; \text{ Odabrano} = 130 \text{ kg}$$

Odabrane granulacije kamenometa pera i podmorskih pragova dani su u prilogu 1.

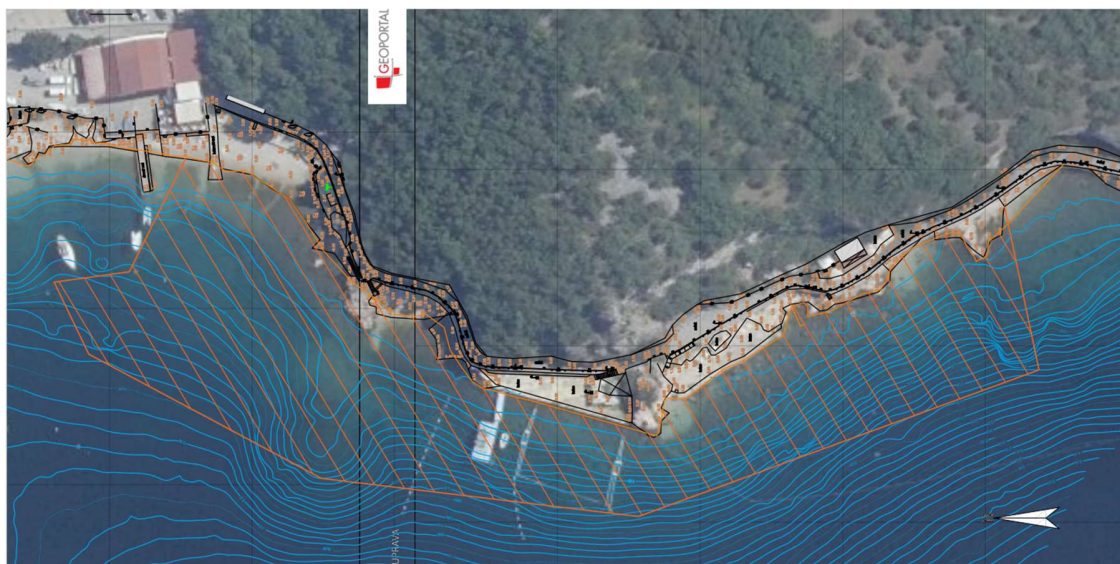
5. PROJEKTNO RJEŠENJE UMJETNOG ŽALA

5.1. Geografski položaj

Planirani zahvat na izgradnji umjetnog žala uvale Žurkovo planira se na katastarskim česticama 5525/5 i 5525/1, katastarske općine Kostrena- Lucija. Obje čestice ubrajaju se u zaštićeni obalni pojas.

Pristup do lokacije omogućen je motornim vozilima preko lokalne ceste ulice Žurkovo koja se preko ulice Šetalište Kostrenskih boraca spaja državnom cestom D8. Pješački pristup moguće je preko postojeće šetnice. Šetnicom je omogućen pristup do postojeće šljunčane plaže „Žurkovo“ te postojećih betonskih plaža. Sjeverno od lokacije zahvata nalazi se i postojeća lučica „Žurkovo“ te više ugostiteljskih objekata koji djelomično koriste površine postojećih plaža.

Površina zahvata prikazana je na Slici 33 te iznosi 10380 m² , a duljina zahvata u obalnoj liniji iznosi oko 290 m. Lokacija zahvata obuhvaća obalni pojas na kopnu te morski dio.



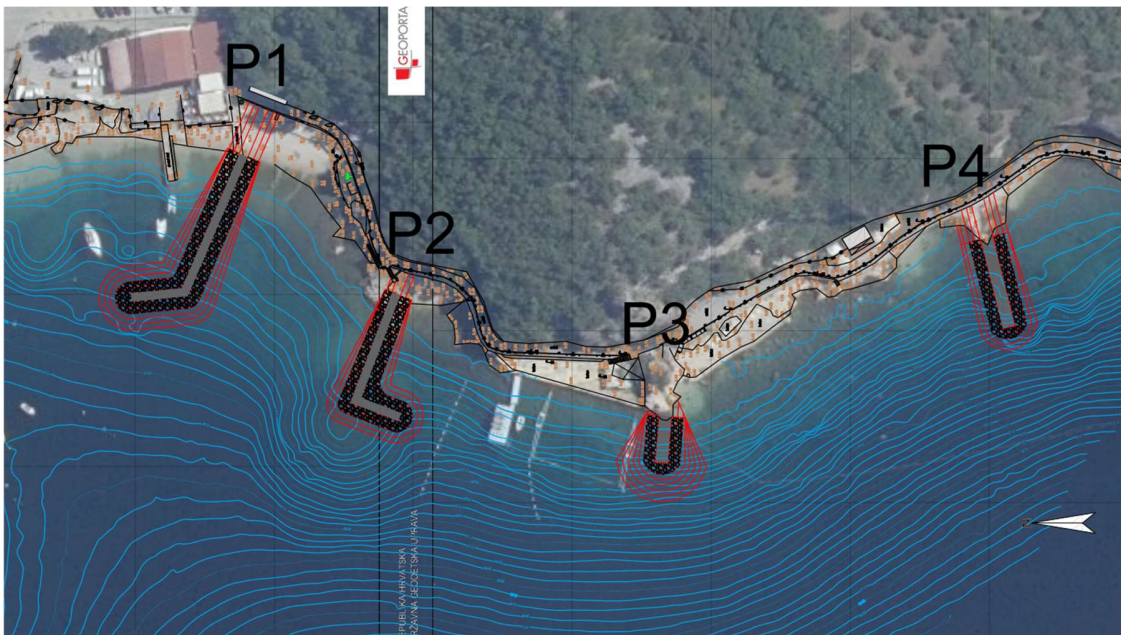
Slika 33 Površina zahvata (Izrada autora)

5.2. Opis zahvata

Na opisanoj lokaciji planirano je izvođenje umjetnog žala, odnosno uređenje postojeće gradske plaže. Zahvat je planiran na način da se obnovi i proširi tijelo postojećeg žala izgradnjom pera sa funkcijom pružanja zaštite novom žalu te podmorskih pragova sa funkcijom održavanja stabilnosti nasipa. U završnoj fazi planirano je nasipavanje tijela žala sitnijim kamenim materijalom.

PERA

Unutar obuhvata zahvata planira se izvođenje četiri pera kao što je prikazano na Slici 34. Pera su dimenzionirana kao nasute građevine sa primarnom oblogom, sekundarnom oblogom i jezgrom. Pero P1 smješteno je najsjevernije unutar uvale na postojećoj šljunčanoj plaži, a izvodi se u duljini od 55,14 m od obale. Ostala pera prostiru se u smjeru jugoistoka pa je pero P2 udaljeno je 57 m od P1 te se izvodi u dužini do 44,65m od obale, pero P3 udaljeno je 137 od P1 i izvodi se u dužini 12,81 m, a završno pero P4 udaljeno je 239 m od P1 i izvodi se u duljini od 27,15 m.



Slika 34 Faza 1- izrada pera (izrada autora)

Zbog prilagodbe strmosti podmorskog reljefa za pera P1 i P2 odabran je zaobljen oblik dok su pera P3 i P4 manje dužine.

Nagib pokosa iznosi 1:1,5 te su na krajnjim točkama formirane nožice sa nagibom 1:1 kako bi se građevine prilagodile strmom terenu i umanjili troškovi izgradnje.

Kruna pera P1 i P2 izvodi se u širini 2,6 m, a P3 i P4 u širini od 3,7 m te se nalazi na visini + 2,10 m.n.m. Za pero P1 koristi se primarna obloga težine od 9,56 kN do 15,94 kN i sekundarni sloj težine 0,9 kN do 1,66 kN. Za P2 koristi se primarna obloga težine 11,77 kN do 19,63 kn te sekundarna obloga težine od 1,10 kN do 2,04 kN. Za P3 koristi se primarna obloga težine od 33,72 kN do 56,21 kn te sekundarna obloga težine od 3,14 kN do 5,84. Za zadnje pero P4 koristi se primarna obloga težine od 16,86 kN do 28,10 kn, sekundarna obloga težine od 1,74 kN do 3,22 kN. U nožice se ugrađuje materijal sekundarne obloge.

Na slikama u nastavku označene su lokacije na kojima je planirana izgradnja pera.



Slika 35 Pozicija pera P1 (Izrada autora)

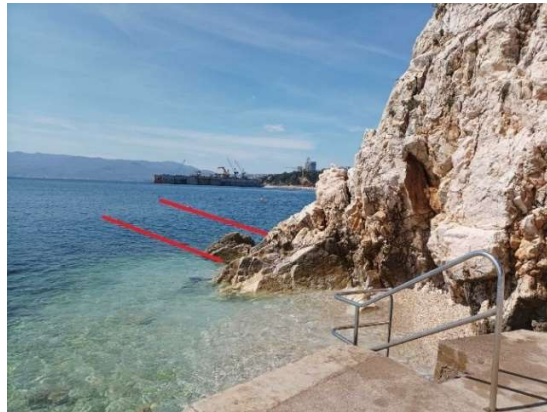


Slika 36 Pozicija pera P2 (Izrada autora)

Na Slici 35 označena je pozicija izgradnje pera P1 koje. Na postojećoj lokaciji nalazi se betonski mol do kojeg vodi postojeći pješački ulaz sa parkirališta. Postojeće šljunčano žalo omeđeno je nižim betonskim zidom čija visina se povećava duž obalnu liniju. Izgradnjom novog pera na lokaciji će se povećati kota postojećeg terena. Krunu pera na koti +2,10 m.n.n. potrebno je produžiti do postojećeg zida koji se nalazi na koti +2,70 m.n.m. Početni dio krune ujedno će formirati pješački ulaz na prvo žalo koje se prostire do postojećeg zida.

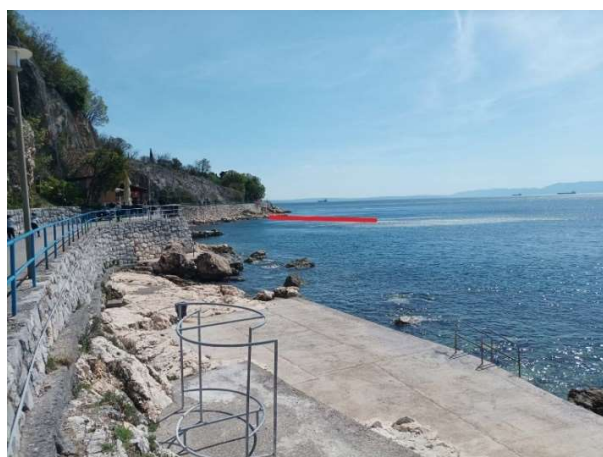
Slika 36 prikazuje okvirnu poziciju pera P2. Na lokaciji je vidljiva postojeća stijenska masa i manje šljunčano žalo. Sa šetnice do žala vode postojeće betonske stepenice. Između pera P1 i P2 kao i P2 i P3 potrebno je izvesti mjestimične iskope sa razbijanjem stijenskih masa zbog izravnavanja površine žala koje će se naspavati.

Na Slici 37 prikazana je lokacija pera P3 koje se također nastavlja na čim korijenu se također nalaze postojeće formacije stijena. Na ovoj lokaciji vidljiva je veća stijena koja je smještena između dviju postojećih betonskih plaža do kojih je moguće pristupiti betonskim stepenicama. Na ovoj lokaciji planira se nasipavanje novog žala do postojećih betonskih plaža na koti od oko +0,50 m.n.m



Slika 37 Pozicija pera P3 (Izrada autora)

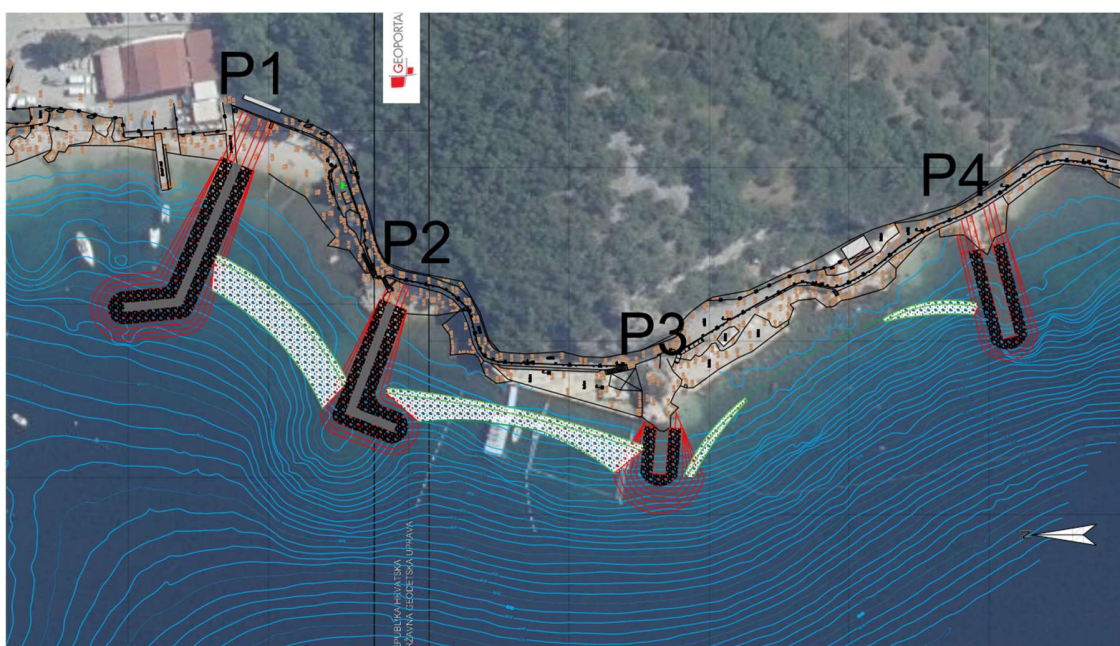
Na Slici 38 označena je lokacija posljednjeg pera P4 koje se nalazi podno obalnog zida. Pero je smješteno jugoistočno od pera P3 i postojeće betonske plaže koja završava oko 55 m prije planirane lokacije pera. Nakon postojeće betonske plaže do obalnog zida vidljive su postojeće formacije većih stijena bez značajnih šljunčanih nakupina koje bi formirale manja žala. Na lokaciji nisu formirani pristupne stepenice sa šetnice do obale.



Slika 38 Pozicija pera P4 (Izrada autora)

PODMORSKI PRAGOVI

Kako bi se omogućilo formiranje žala nasipavanjem, nakon izgradnje pera izvode se podmorski pragovi. Planirana je izgradnja četiri podmorska praga između pera na način da je između pera P1 i P2 te P3 i P3 smješten po jedan prag cijelom dužinom žala, a između P3 i P4 planirana su dva manja praga zbog oblika podmorskog reljefa kao što je prikazano na Slici 39. Pragovi su konkavnog oblika te slijede prirodnu obalnu liniju.



Slika 39 Planirane pozicije podmorskih pragova (Izrada autora)

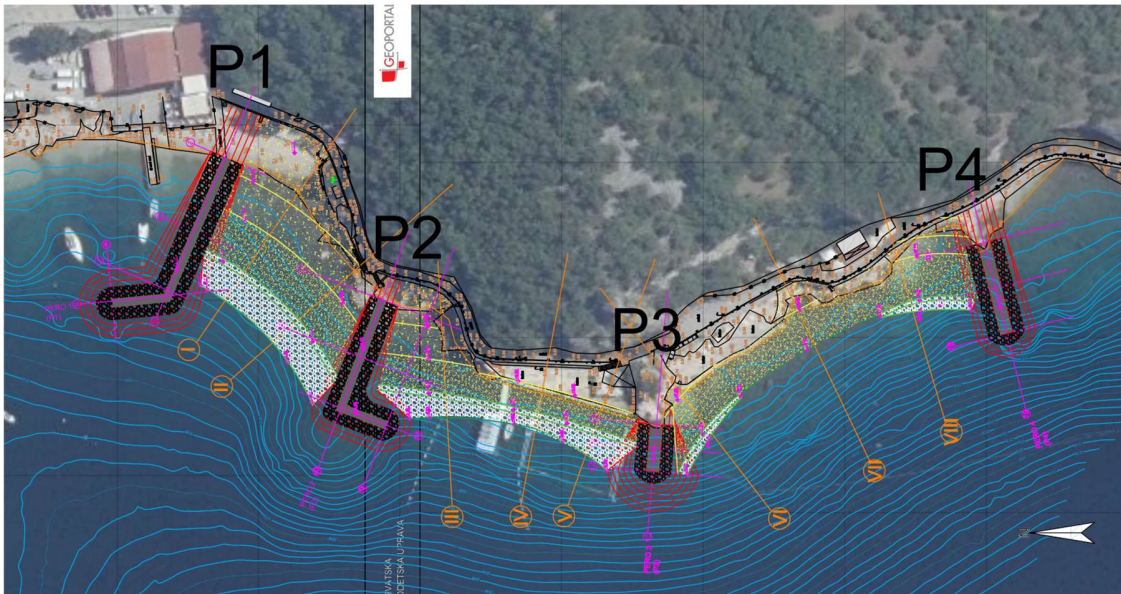
Pokos se izvodi u nagibu od 1:1,5. Širina krune prva dva praga iznosi 1,5 m sa kotom krune od -1,70 m.n.m. između P1 i P2 te -1,50 m.n.m. i - 1,00 m.n.m. između P2 i P3. Pragovi između P3 i P4 izvode se sa širinom krune od 1,0 m te visinom -1,50 m.n.m. Pragovi se izrađuju od kamenog materijala težine od do.

ŽALO

U završnoj fazi izgradnje izvodi se nasipavanje žala šljunčanim materijalom kao što je prikazano na Slici 40. Odabran je šljunčani materijal koji se pojavljuje na postojećim

žalovima kako bi se očuvao prirodan izgled uvale. Između pera formiraju se tri žala od kojih je prvo površine 1495 m², drugo 740 m², a površina trećeg dobivenog žala iznosi 1310 m².

Nasipavanje se vrši u nagibu 1:7 od podmorskog praga do kote 0,00 m.n.m te u nagibu 1:9 za ostatak plaže do visine 2,00 m.n.m te horizontalno bez nagiba iznad te visine.



Slika 40 Prikaz nasipavanja žala (Izrada autora)

Različite kote krune pragova odabrane su s obzirom na konfiguraciju postojećeg terena koji se javlja ispod razine mora. Između pera P2 i P4 javljaju se manje dubine uz obalu nakon kojih slijedi naglo povećanje dubine i strmosti morskog dna. Kako bi se omogućila obnova i proširenje postojećih betonskih plaža uz minimalne zahvate, dubina praga na toj lokaciji je smanjena što znači da se mogu očekivati vidljive promjene u dubini prilikom djelovanja plime i oseke.

5.3. Komunalna infrastruktura

Na postojećim plažama duž obalu je postavljena komunalna infrastruktura, između ostalog stepenice, rukohvati, stepenice za ulazak u more, kabine za presvlačenje, kante za otpatke i ugostiteljski objekti. Stanje očuvanosti postojeće infrastrukture varira te je u sklopu zahvata veći dio potrebno zamijeniti i prilagoditi.

Betonske plaže zadržavaju se kako bi se omogućio rad ugostiteljskih objekata smještenih na njima, no potrebno je obnoviti beton koji je mjestimično oštećen. Kako se visina žala podiže do razine betona, postojeće stepenice za ulazak u more potrebno je ukloniti i zamijeniti uspravnim rukohvatima za osobe slabije pokretljivosti.

Postojeće stepenice koje služe kao prilazi sa šetnice do obale potrebno je obnoviti i prilagoditi novim visinskim kotama žala, a prije pera P4 potrebno je izgraditi nove prilazne stepenice. Postojeće dotrajale rukohvate potrebno je zamijeniti novim, otpornim na djelovanje morske vode jednako kao i kante za otpatke i kabine za presvlačenje.

Na postojećoj plaži ne postoje tuš kabine, dok je uz šetnicu vidljiva javna rasvjeta. Zbog mogućeg naknadnog širenja i dodavanja sadržaja kao što su tuš kabine, wc, ugostiteljski objekti i ostali koncesionari potrebno je predvidjeti svu neophodnu infrastrukturu, odnosno vodovod, odvodnju i električnu energiju.

5.4. Tehnologija izvođenja

Radovi na promatranom zahvatu izvodit će na obali kao i ispod razine mora. Gradnji ovakvih građevina može se pristupi sa kopna ili sa mora.

Kopnena mehanizacija dostupnija je jeftinija no mogućnost korištenja ovisi o dostupnosti pristupnih puteva sa kopna. U ovom slučaju zbog visinske konfiguracije terena, odnosno pojave manjih dubina na većim duljinama u blizini obale korištenje bilo bi moguće korištenje kopnene mehanizacije na većem dijelu zahvata.

Pristup kopnenim putem moguće je pomoću lokalnih prometnica no za pristup sa parkirališta do samog žala potrebna je izrada pristupnih puteva zbog izgrađenih postojećih objekata. Pristup kopnenim putem postaje otežan nakon pera P2 gdje od kopnenih puteva postoji samo šetnica za pješački promet, a ispod obalnog zida izgrađena je betonska plaža. Može se zaključiti da je kopneni pristup do pera P3 i P4 otežan bez oštećenja postojeće infrastrukture.

Pri gradnji s kopna, gradnja započinje na korijenu nasipane građevine nasipavanjem materijala direktno iz kamiona ili dumpera. Postepenim nasipavanjem od kopna dolazi se do nasipa na većim dubinama. Pokos se formira pomoću bagera sa dugim

dosegom na način da se prvo formira jezgra te sekundarni i primarni sloj, a materijal je moguće dovesti direktno kamionima do mjesta ugradnje ako je širina krune dovoljno velika za njihov prolazak. (Slika 41)



Slika 41 Izrada nasipanog lukobrana kopnenom mehanizacijom (Izvor: www.wikiwand.com/, 30.8.2022)

Gradnja s mora moguća je uz upotrebu plovila kao što su pontoni (Slika 42) na koje je montiran bager ili klapete odnosno brodovi za rasijavanje rastresitog materijala. Gradnja s mora često je efikasnija ali i cjenovno veća, a mogućnost gradnje ovisi o gazu plovila što znači da gradnju na plićim dijelovima uz obalu nije moguće obaviti s mora.



Slika 42 Izrada nasipane građevine s mora pomoću pontona (Izvor: <https://mpsbv.com>, 30.8.2022)

Prije početka radova potrebno je provesti geotehnička istraživanja na lokaciji zahvata, zbog mogućnosti pojave nestabilnog tla na morskom dnu, no struktura tla na

obalama ovog geološkog područja pretežno je stjenovita što se može primijetiti i po vidljivim stijenskim formacijama na postojećem žalu.

S obzirom na to da je veći dio zahvata planiran na plićem dijelu obale, može se zaključiti da će se zahvat jednostavnije izvesti sa kopna, nasipavanjem od korijena pera prema glavi. Za dublje dijelove pera na kojima se javlja naglo povećanje strmosti morskog dna, prema potrebi moguća je gradnja pomoću pontona. Također pri gradnji obavezan je angažman ronionca.

Zbog uređenja i poravnanja budućeg žala potrebno je mjestimično razbijanje stijena uz obalu pomoću hidrauličnih čekića. Dobiveni usitnjeni materijal moguće je ugraditi u nasipanu građevinu. Nasipavanje završnog sloja žala odvija se nasipavanjem pomoću kamiona te ravnanjem pomoću manjih bagera.

Nabavu materijala za ugradnju moguće je vršiti kamionima pomoću kopnenih puteva iz obližnjih pozajmišta kamena koji mogu osigurati odgovarajući materijal. Najbliži kamenolom nalazi se u blizini Grobnika, no dostupni kamenolomi mogu se pronaći i na Fužinama te na otoku Krku.

6. ISKAZ MASA

U tablicama koje su dane u nastavku prikazan je iskaz masa, odnosno proračun količina materijala potrebnog za izgradnju pera, podmorskih pragova i žala.

Tablica 21 Iskaz masa za pero P1 (Izrada autora)

PERO P1

| Broj profila | STACIONAŽA (m) | Površina iskopa (m ²) | Površina primarnog sloja (m ²) | Površina sekundarnog sloja (m ²) | Površina jezgre (m ²) | ISKOP (m ³) | PRIMARNI SLOJ (m ³) | SEKUNDARNI SLOJ (m ³) | JEZGRA (m ³) |
|----------------|----------------|-----------------------------------|--|--|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 0 | -14,06 | 3,75 | 15,68 | 0,00 | 0,00 | 57,48 | 239,93 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,00 | 4,42 | 18,45 | 0,00 | 0,00 | 164,95 | 635,38 | 167,86 | 445,03 |
| 2 | 21,52 | 10,91 | 40,60 | 15,60 | 41,36 | 237,45 | 891,36 | 357,26 | 1368,78 |
| 3 | 38,96 | 16,32 | 61,62 | 25,37 | 115,61 | 327,16 | 1076,46 | 520,19 | 2612,91 |
| 4 | 55,14 | 24,12 | 71,44 | 38,93 | 207,32 | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | 787,04 | 2843,13 | 1045,30 | 4426,72 |

Tablica 22 Iskaz masa pera P2 (Izrada autora)

PERO P2

| Broj profila | STACIONAŽA (m) | Površina iskopa (m ²) | Površina primarnog sloja (m ²) | Površina sekundarnog sloja (m ²) | Površina jezgre (m ²) | ISKOP (m ³) | PRIMARNI SLOJ (m ³) | SEKUNDARNI SLOJ (m ³) | JEZGRA (m ³) |
|----------------|----------------|-----------------------------------|--|--|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0,00 | 0,00 | 15,73 | 0,00 | 0,00 | | | | |
| | | | | | | 75,64 | 499,40 | 111,34 | 73,14 |
| 2 | 16,68 | 9,07 | 44,15 | 13,35 | 8,77 | | | | |
| | | | | | | 430,32 | 1425,77 | 756,73 | 1737,36 |
| 3 | 44,65 | 21,7 | 57,8 | 40,76 | 115,46 | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | 505,96 | 1925,17 | 868,07 | 1810,50 |

Tablica 23 Iskaz masa pera P3 (Izrada autora)

PERO P3

| Broj profila | STACIONAŽA (m) | Površina iskopa (m ²) | Površina primarnog sloja (m ²) | Površina sekundarnog sloja (m ²) | Površina jezgre (m ²) | ISKOP (m ³) | PRIMARNI SLOJ (m ³) | SEKUNDARNI SLOJ (m ³) | JEZGRA (m ³) |
|----------------|----------------|-----------------------------------|--|--|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0,00 | 0,00 | 13,27 | 0,00 | 0,00 | | | | |
| | | | | | | 29,86 | 194,24 | 41,47 | 24,54 |
| 2 | 6,4 | 8,52 | 31,57 | 11,05 | 17,42 | | | | |
| | | | | | | 85,93 | 760,23 | 152,94 | 239,64 |
| 3 | 12,81 | 19,29 | 40,63 | 24,42 | 174,78 | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | 115,78 | 954,47 | 194,41 | 264,18 |

Tablica 24 Iskaz masa pera P4 (Izrada autora)

PERO P4

| Broj profila | STACIONAŽA (m) | Površina iskopa (m ²) | Površina primarnog sloja (m ²) | Površina sekundarnog sloja (m ²) | Površina jezgre (m ²) | ISKOP (m ³) | PRIMARNI SLOJ (m ³) | SEKUNDARNI SLOJ (m ³) | JEZGRA (m ³) |
|----------------|----------------|-----------------------------------|--|--|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 0 | -10,94 | 0,00 | 14,42 | 0,00 | 0,00 | | | | |
| | | | | | | 0,00 | 237,78 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,00 | 0,00 | 29,05 | 0,00 | 0,00 | | | | |
| | | | | | | 64,30 | 450,85 | 98,88 | 204,82 |
| 2 | 12,62 | 10,19 | 42,40 | 15,67 | 32,46 | | | | |
| | | | | | | 217,59 | 927,30 | 371,24 | 1430,19 |
| 3 | 27,15 | 19,76 | 85,24 | 35,43 | 164,4 | | | | |
| UKUPNO: | | | | | | 281,89 | 1615,94 | 470,12 | 1635,01 |

Tablica 25 Iskaz masa za podmorski prag 1 (Izrada autora)

PODMORSKI PRAG ŽALO 1

| Broj profila | STACIONAŽA (m) | Površina iskopa (m ²) | Površina primarnog sloja (m ²) | ISKOP (m ³) | PRIMARNI SLOJ (m ³) |
|----------------|----------------|-----------------------------------|--|-------------------------|---------------------------------|
| Ia | 0,00 | 0,00 | 7,56 | | |
| | | | | 32,01 | 187,49 |
| I | 10,31 | 6,21 | 28,81 | | |
| | | | | 104,98 | 512,70 |
| II | 28,52 | 5,32 | 27,50 | | |
| | | | | 49,48 | 261,33 |
| Ila | 47,12 | 0 | 0,6 | | |
| UKUPNO: | | | | 186,47 | 961,52 |

Tablica 26 Iskaz masa za podmorski prag 2 (Izrada autora)

PODMORSKI PRAG ŽALO 2

| Broj profila | STACIONAŽA (m) | Površina iskopa (m ²) | Površina primarnog sloja (m ²) | ISKOP (m ³) | PRIMARNI SLOJ (m ³) |
|----------------|----------------|-----------------------------------|--|-------------------------|---------------------------------|
| IIIa | 0,00 | 0,00 | 1,13 | | |
| | | | | 32,09 | 111,58 |
| III | 14,26 | 4,50 | 14,52 | | |
| | | | | 87,33 | 274,61 |
| IV | 39,00 | 2,56 | 7,68 | | |
| | | | | 62,87 | 216,65 |
| V | 54,62 | 5,49 | 20,06 | | |
| | | | | 26,41 | 160,32 |
| Va | 64,24 | 0,00 | 13,27 | | |
| UKUPNO: | | | | 208,69 | 763,17 |

Tablica 27 Iskaz masa za podmorski prag 3-1 (Izrada autora)

PODMORSKI PRAG ŽALO 3-1

| Broj profila | STACIONAŽA (m) | Površina iskopa (m ²) | Površina primarnog sloja (m ²) | ISKOP (m ³) | PRIMARNI SLOJ (m ³) |
|----------------|----------------|-----------------------------------|--|-------------------------|---------------------------------|
| Vla | 0,00 | 0,00 | 3,33 | | |
| | | | | 9,02 | 39,95 |
| VI | 13,87 | 1,30 | 2,43 | | |
| | | | | 8,09 | 15,13 |
| Vlb | 26,32 | 0,00 | 0,00 | | |
| UKUPNO: | | | | 17,11 | 55,07 |

Tablica 28 Iskaz masa za podmorski prag 3-2 (Izrada autora)

PODMORSKI PRAG ŽALO 3-2

| Broj profila | STACIONAŽA (m) | Površina iskopa (m ²) | Površina primarnog sloja (m ²) | ISKOP (m ³) | PRIMARNI SLOJ (m ³) |
|----------------|----------------|-----------------------------------|--|-------------------------|---------------------------------|
| VIIIb | 0,00 | 0,00 | 0,86 | | |
| | | | | 12,52 | 32,04 |
| VIII | 16,69 | 1,50 | 2,98 | | |
| | | | | 6,93 | 13,77 |
| VIIIa | 25,93 | 0,00 | 0,00 | | |
| UKUPNO: | | | | 19,45 | 45,81 |

Tablica 29 Iskaz masa za žalo 1 (Izrada autora)

ŽALO 1

| Broj profila | STACIONAŽA (m) | Površina kam nasip (m ²) | Površina završni nasip (m ²) | OPĆI KAMENI NASIP (m ³) | ZAVRŠNI NASIP (m ³) |
|----------------|----------------|--------------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|
| Ia | 0,00 | 22,89 | 29,06 | | |
| | | | | 265,47 | 337,11 |
| I | 10,31 | 28,61 | 36,33 | | |
| | | | | 313,67 | 527,82 |
| II | 28,52 | 5,84 | 21,64 | | |
| | | | | 97,76 | 362,25 |
| Ila | 47,12 | 4,67 | 17,31 | | |
| UKUPNO: | | | | 676,90 | 1227,18 |

Tablica 30 Iskaz masa za žalo 2 (Izrada autora)

ŽALO 2

| Broj profila | STACIONAŽA (m) | Površina kam nasip (m ²) | Površina završni nasip (m ²) | OPĆI KAMENI NASIP (m ³) | ZAVRŠNI NASIP (m ³) |
|----------------|----------------|--------------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|
| IIIa | 0,00 | 1,60 | 19,37 | | |
| | | | | 25,67 | 310,71 |
| III | 14,26 | 2,00 | 24,21 | | |
| | | | | 32,53 | 378,77 |
| IV | 39,00 | 0,63 | 6,41 | | |
| | | | | 12,96 | 99,19 |
| V | 54,62 | 1,03 | 6,29 | | |
| | | | | 8,92 | 54,46 |
| Va | 64,24 | 0,82 | 5,03 | | |
| UKUPNO: | | | | 80,08 | 843,13 |

Tablica 31 Iskaz masa za žalo 3 (Izrada autora)

ŽALO 3

| Broj profila | STACIONAŽA (m) | Površina iskopa (m ²) | Površina primarnog sloja (m ²) | ISKOP (m ³) | PRIMARNI SLOJ (m ³) |
|----------------|----------------|-----------------------------------|--|-------------------------|---------------------------------|
| Vla | 0,00 | 1,14 | 9,28 | | |
| | | | | 17,85 | 144,80 |
| VI | 13,87 | 1,43 | 11,60 | | |
| | | | | 27,03 | 349,93 |
| VII | 51,68 | 0,00 | 6,91 | | |
| | | | | 0,00 | 174,00 |
| VIII | 80,85 | 0,00 | 5,02 | | |
| | | | | 0,00 | 71,61 |
| VIIIa | 96,70 | 0,00 | 4,02 | | |
| UKUPNO: | | | | 44,88 | 740,34 |

Tablica 32 Troškovnik radova (Izrada autora)

| r.b. | OPIS STAVKE | j.m. | Količina po predračunu | Jedinična cijena | UKUPNO bez PDV-a [HRK] |
|--------------------------------|--|----------------|------------------------|------------------|-------------------------|
| IZGRADNJA UMJETNOG ŽALA | | | | | 11.789.632,10 kn |
| 1. | PRIPREMNI RADOVI | | | | 149.524,00kn |
| 1.1. | Iskolčenje građevina i obuhvata zahvata prije početka zemljanih radova sa izbacivanjem pomoćnih točaka izvan područja iskopa, stacioniranjem istih i obilježavanjem visina. U cijenu stavke uključeno je i osiguranje točaka iskolčenja. Obračun po m ² iskolčenog terena | m ² | 10380,00 | 12,00 | 124560,00 |
| 1.2. | Postava zaštitne ograde oko obuhvata gradilišta za vrijeme izvođenja radova. Obračun po m' postavljene ograde | m' | 300,00 | 8,50 | 2550,00 |
| 1.3. | Demontaža postojeće komunalne opreme. Demontirani materijal odvozi se za to predviđenu lokaciju. Stavka uključuje sav potreban rad, materijal te pomoćna i transportna sredstva. Obračun po komadu odnosno m' | | | | 0,00 |
| 1.3.1. | kabine za presvlačenje | kom | 2,00 | 857,00 | 1714,00 |
| 1.3.2. | rukohvati | kom | 8,00 | 840,00 | 6720,00 |
| 1.3.3. | kante za otpatke | kom | 4,00 | 520,00 | 2080,00 |
| 1.3.4. | ograda | m | 85,00 | 140,00 | 11900,00 |
| 2. | ZEMLJANI RADOVI | | | | 11.599.108,10 kn |
| 2.1. | Strojni iskop kamenog materijala. Iskop se vrši na kopnenoj dionici do potrebnih kota za izradu profila žala te na podmorskoj dionici za izradu temeljnih stopa građevina. Iskopani materijal usitnjuje se te po mogućnosti ugrađuje u nasipane građevine. Neodgovarajući materijal potrebno je zbrinuti na za to predviđenoj lokaciji. Jediničnom cijenom obuhvaćeni su svi potrebni radovi, materijali i pomoćna sredstva te odvoz neiskorištenog materijala. U iskop podmorske dionice potrebno je uključiti i ekipu ronionca s potrebnim plovnim objektima i opremom. Obračun po m ³ materijala | | | | |

| | | | | | |
|--------|---|----------------|---------|---------|------------|
| 2.1.1. | Iskop na kopnu | m ³ | 133,00 | 185,00 | 24605,00 |
| 2.1.2. | Podmorski iskop | m ³ | 1690,67 | 1450,00 | 2451471,50 |
| 2.2. | Izrada kamenometa - jezgre pera. Kamenomet se izvodi nasipavanjem od kopna prema moru materijalom prema specifikaciji iz projekta. U cijenu je uključena dobava, dovoz i ugradnja materijala. Obračun po m ³ ugrađenog materijala | | | | |
| 2.2.1. | P1 - 0,09 kg do 0,55 kg | m ³ | 4426,72 | 210,00 | 929611,20 |
| 2.2.2. | P2 - 0,12 kg do 0,68 kg | m ³ | 1810,50 | 210,00 | 380205,00 |
| 2.2.3. | P3 - 0,35 kg do 1,95 kg | m ³ | 264,18 | 225,00 | 59440,50 |
| 2.2.4. | P4 - 0,20 kg do 0,96 kg | m ³ | 1635,01 | 225,00 | 367877,25 |
| 2.3. | Izrada kamenometa - sekundarnog sloja pera. Kamenomet se polaže na izgrađenu jezgru u predviđenom nagibu nasipavanjem od kopna prema moru materijalom prema specifikaciji iz projekta. U cijenu je uključena dobava, dovoz i ugradnja materijala. Obračun po m ³ ugrađenog materijala | | | | |
| 2.3.1. | P1 - 91 kg do 170 kg | m ³ | 1045,30 | 405,00 | 423346,50 |
| 2.3.2. | P2 - 112 kg do 208 kg | m ³ | 868,07 | 405,00 | 351568,35 |
| 2.3.3. | P3 - 320 kg do 595 kg | m ³ | 194,41 | 430,00 | 83596,30 |
| 2.3.4. | P4 - 180 kg do 330 kg | m ³ | 470,12 | 430,00 | 202151,60 |
| 2.4. | Izrada kamenometa - primarnog sloja pera. Kamenomet se polaže na izgrađenu sekundarnu oblogu u predviđenom nagibu od kopna prema moru materijalom prema specifikaciji iz projekta. Primarna obloga slaže se od dna nasipa prema kruni. Potrebno je osigurati stabilnost nasipa. U cijenu je uključena dobava, dovoz i ugradnja materijala. Obračun po m ³ ugrađenog materijala | | | | |
| 2.4.1. | P1 - 0,97 t do 1,65 t | m ³ | 2843,13 | 650,00 | 1848034,50 |
| 2.4.2. | P2 - 1,2 t do 2,0 t | m ³ | 1925,17 | 650,00 | 1251360,50 |
| 2.4.3. | P3 - 3,45 t do 5,75 t | m ³ | 954,47 | 720,00 | 687218,40 |
| 2.4.4. | P4 - 1,75 t do 2,87 t | m ³ | 1615,94 | 670,00 | 1082679,80 |
| 2.5. | Izrada podmorskog praga žala. Pragovi se formiraju nasipavanjem kamenim materijalom prema specifikacijama iz projekta sa nagibom pokosa od 1:1,5. U cijenu je uključena dobava, dovoz i ugradnja materijala. Obračun po m ³ ugrađenog materijala | | | | |

| | | | | | |
|-----------|--|----------------|---------|----------|---------------------|
| 2.5.1. | Prag 1 130 kg – 240 kg | m ³ | 961,51 | 395,00 | 379796,45 |
| 2.5.2. | Prag 2 135 kg – 250 kg | m ³ | 763,17 | 395,00 | 301452,15 |
| 2.5.3. | Prag 3-1 150 kg – 280 kg | m ³ | 55,07 | 350,00 | 19274,50 |
| 2.5.4. | Prag 3-2 35 kg – 65 kg | m ³ | 45,81 | 280,00 | 12826,80 |
| 2.6. | Izrada nasipa žala od čistog kamenog materijala frakcije 16- 32 mm. Nasip se izvodi kao ispuna žala i podloga završnog nasipa u nagibu od 1:7 do 1:9. Nasip se izvodi u potrebnoj debljini ovisno o profilu žala. U cijenu je uključena dobava, dovoz i ugradnja materijala. Obračun po m3 ugrađenog materijala | m ³ | 801,87 | 190,00 | 152355,30 |
| 2.7. | Nasipavanje žala šljunčanim materijalom vapnenačkog podrijetla bijele do umjereno žute boje frakcije 0 – 8 mm. Nasip se izvodi u debljini od 0,5 do 1,0 m u nagibu od 1:7 do 1:9. U cijenu je uključeno i završno planiranje i nasipa. U cijenu je uključena dobava, dovoz i ugradnja materijala. Obračun po m3 ugrađenog materijala | m ³ | 2810,65 | 210,00 | 590236,50 |
| 3. | OSTALI RADOVI | | | | 41.000,00 kn |
| 3.1. | Izrada elaborata izvedenog stanja sa svim dopunama i izmjenama koje su nastale tokom građenja. Elaborat treba sadržavati situaciju kopnenog i podmorskog dijela zahvata. Potrebno je priložiti prijavne listove za Katastar, Sud i Pomorske vlasti. Elaborat treba izrađen od za to ovlaštene osobe te se predaje u digitalnoj i tiskanoj verziji. Obračun po komadu. | kom | 1,00 | 41000,00 | 41000,00 |

7. ZAKLJUČAK

Na priobalju kvarnerskog područja dominantna jer prirodna formacija manjih šljunčanih žala koji se javljaju u uvalama i između stijenskih formacija pretežno strme obale. Kroz višegodišnje praćenje te različita istraživanja može se primijetiti da, zbog djelovanja mora i podizanja morske razine, dolazi do erozije takvih žala i smanjenja njihove površine.

Ovim radom razmatralo se uređenje manjeg žala u uvali Žurkovo u općini Kostrena na kojem je vidljiva erozija postojećeg žala. Oko samog žala bazirana je ugostiteljska ponuda, a same plaže su veoma posjećene tijekom sezone kupanja.

Površina šljunčane plaže u uvali Žurkovo smanjila se za 1442 m² te je prije 1968. g iznosila 3288 m² dok je danas 1846 m².

U ovom radu predloženo je proširenje postojećeg žala s izgradnjom četiri pera za zaštitu žala između kojih se nalaze pripadajući podmorski pragovi do kojih se izvodi nasipavanje tijela žala šljunčanim materijalom u nagibu od 1:7 do 1:9. Pera, koja su imenovana od P1 do P4, različitih su dužina sa nagibom pokosa od 1:5 i visinom krune od + 2,10 m.n.m, pri čemu je širina krune pera P1 i P2 2,6 m, a pera P3 i P4 3,7 m.

Iz geodetske podloge vidljivo je da se na promatranom području radi o izrazito strmom, nepovoljnom podmorskom reljefu sa nešto dužim plićim područjem.

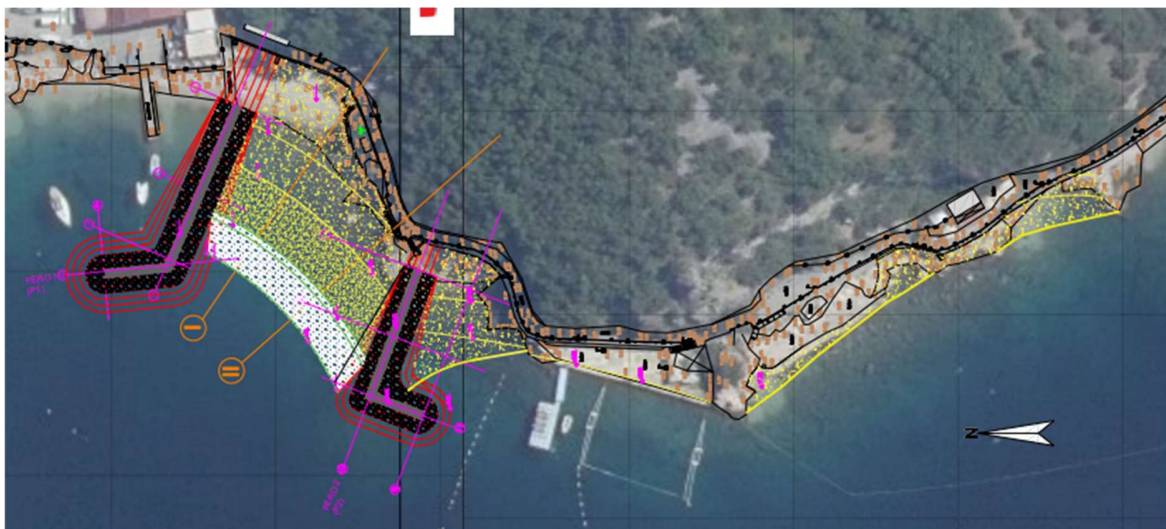
Kako bi se smanjio trošak ulaganja i zahtjevnost gradnje, objekte se nastojalo ograničiti na plići dio mora do obalnog pojasa što omogućuje formaciju tri žala od kojeg bi jedno imalo značajnu zaklonjenost, a dva manju zaklonjenost. Veća zaklonjenost omogućuje formiranje većeg žala, dok pera koja pružaju manju zaklonjenost omogućuju formiranje manjih žala na promatranjoj lokaciji kojima će se žalo vratiti u stanje prije vidljive erozije. Novo žalo potrebno je nasipati sitnijim kamenim materijalom, a kako bi se spriječio transport i odnošenje materijala duž strmo morsko dno na podnožju žala zamišljeni su podmorsku pragovi koji prate konkavni oblik kakav bi se prirodno stvorio na žalovima zbog djelovanja valova. Kroz ovaj rad opisane su glavne karakteristike pera i podmorskih pragova kao obalnih građevina te je proveden hidraulični proračun za odabrano idejno rješenje. Pera i

pragovi zamišljeni su kao nasipane građevine sa ciljem korištenja prirodnog materijala koji će se uklopiti i obogatiti vizuru postojeće uvale.

Nakon razmatranja projektiranog rješenja, tehnologije izvođenja i troškova gradnje i održavanja, može se zaključiti da prikazana pera P3 i P4 nisu financijski isplativa za izvođenje. Pera su izložena jačem djelovanju valova što rezultira potrebom za ugradnjom težeg kamenog materijala, a zbog strmosti i naglog povećanja dubine u podmorju izgradnja ovih pera bila bi tehnički zahtjevnija od pera P1 i P2. Količine materijala potrebnog za izvođenje tih pera prelaze pet tisuća kubičnih metara, sa nožicom nasipa na dubini od preko 20 m. Također, pristup sa kopna do krajnjih pera je izrazito ograničen, a zbog plitkog područja na korijenu pera, pristup plovila također bi bio zahtjevan.

Za područje između pera P3 i P4 potrebno je analizirati drugo projektno rješenje, sa znatno manjim perima i nasipom žala. Takva varijanta neće biti hidro-dinamički stabilna kao varijanta prikazana u ovom radu, no vjerojatno bi bila višestruko ekonomski prihvatljivija bez obzira na buduće potrebe pojačanog održavanja.

Alternativno projektno rješenje bez izvođenja krajnja dva pera te sa manjom površinom nasipavanjem žala prikazano je na Slici 43.



Slika 43 Prikaz alternativnog rješenja (Izrada autora)

Na projektnom rješenju opisanom u radu predviđen je podmorski nasip u nagibu 1:1, koji zbog nepovoljne konfiguracije dna predstavlja jednino prihvatljivo rješenje za izvođenje pera iako tako strmi nasipi nisu realni u izvođenu.

Također, vidljivo je da se na podmorskim pragovima između pera P2 i P4, smanjuje visina krune kao rezultat prilagodbe strmoj obali te kako bi se izbjeglo izvođenje pragova na većim dubinama. Izrada pragova bi omogućila zadržavanje šljunčanog nasipa žala, no pragovi sa uronjenosti krune manjom od -1,70 m nisu osobito praktični za krajnje korisnike- kupaće te bi rezultirali izrazito plitkim žalima gdje se dubina naglo povećava nakon barijere podmorskog praga.

Uzimajući u obzir opisanu problematiku i krajnju ekonomičnost idejnog rješenja, pri obnovi promatranog žala mogu se izvesti pera P1 i P2 sa podmorskim pragom između njih, dok je za ostatak promatranog obuhvata žala, između P2 i P4, prihvatljivije rješenje dohranjivanje tijela žala šljunkovitim materijalom do obalne linije koja je vidljiva na povijesnim ortofotografijama prije utjecaja erozije uz uređenje postojeće obale.

8. LITERATURA

- [1] Glavni plan razvoja turizma Primorsko-goranske županije, Turistička zajednica primorsko goranske županije, Rijeka, 2005.
dostupno na <https://rektor.uniri.hr/gprt/b.html>
- [2] Benac, Č., Ružić, I., Žic, E., Ranjivost obala u području Kvarnera, Pomorski zbornik, 44: 201-214, 2007.
- [3] Benac, Č., Ružić, I., Dugonjić, S., Jardas, B., Jagodnik, V., Podizanje morske razine i stabilnost obala u području Kvarnera. Publikacija sa sažecima 5. Savjetovanja Hrvatskog geotehničkog društva: izvori rizika u geotehničkim zahvatima, Osijek, svibanj, 2009. Hrvatsko geotehničko društvo i Građevinski fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, 2009.
- [4] Church, J. A., White, N.J., A 20th century acceleration in global sea- level rise, Geophysical research letters, vol. 33, L01602, 2006.
- [5] TZO Kostrena: Zanimljivosti o Kostreni, <http://tzo-kostrena.hr/zanimljivosti/o-kostreni/>, (30.05.2022.)
- [6] Brezak, S., Kuspilić, N., Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu, Knjiga 1, Gradnja i održavanje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i vodnih građevina za melioracije; Prilog A, Hrvatske vode, 2010,
dostupno na https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/prilog_a-regulacijske_gra-evina.pdf
- [7] Petrović, N., Božić, B., Kereži P., Građevine za zaštitu od poplava, Hrvatsko društvo inženjera geotehnike, Veleučilište Velika Gorica, str. 360.-362, Velika Gorica, 2020.
- [8] Beraković, B., Kuspilić, N., Pršić, M., Hidrotehničke građevine- 1 dio, Sveučilište u Zagebu, Građevinski fakultet, 2011.
- [9] Tunera.info,
<https://tunera.info/foto-jadranovo-dobiva-plazu-ljepoticu-vrijednu-14-milijuna-kuna/>
(30.8.2022)
- [10] Coastal coral <https://coastalcoral.weebly.com/loss-of-coastal-protection.html>
(30.8.2022) pragovi tekst
- [11] Hashim, A. M., „Wave Transmission on Submerged Rubble Mound Breakwater Using L-Blocks.”, 2011.

- [12] Cardenas- Rojas D., Mendoza E., Escudero M., Verduzco- Zapata M., „Assessment of the performance of an Artificial Reef made of modular elements through small scale experiments“, Journal of marine science and engineering. 2021,9,130, 2021.
- [13] Pršić, M., Vodogradnje II, Tehničko Veleučilište Zagreb, 2007.
- [14] Dr. sc. Igor Ružić, materijali s kolegija Obalne građevine, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2022.
- [15] DHMZ, Atlas vjetra,
https://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska¶m=k1_8, (30.05.2022.)
- [16] Power, H. E., „Sandy beach morphodynamics“, Elsevier, 103-130, 2020.
- [17] Smith, O. P., „Cost -effective optimization of rubble-mound breakwater cross sections“, Coastal engineering research center, Technical report cerc-86-2, 11-38, 1986.
- [18] Pršić, M., Pomorske građevine, Pogl 1: Detaljno projektiranje lukobrana, Sveučilište u Zagebu, Građevinski fakultet, 2013.
- [19] Van der Meer, J. W., „Conceptual design of rubble mound breakwaters“, 1992.
- [20] Bowman, D., Rosas, V., Pranzini, E., Pocket beaches of Elba Island (Italy)- Planview geometry, debth of closure and sediment dispersal, Estuarine, Coastel and shelf science 138; 37-46, 2014.
- [21] Vuković Ž., Pršić M., Brica P., „Prelijevanje nasipnih lukobrana slučajnim valovima“, Građevinar 52 (2000) 5, 263-269, 2000.

WEB IZVORI

<https://geoportal.dgu.hr/> (30.8.2022.)

<https://www.katastar.hr/#/> (30.8.2022.)

<https://www.gettyimages.com/detail/photo/aerial-view-of-cement-blocks-protecting-the-shore-royalty-free-image/1316752354?adppopup=true> (30.8.2022.)

https://www.wikiwand.com/en/Breakwater_%28structure%29 (30.8.2022.)

<https://mpsbv.com/products/backhoe-dipper-pontoons/> (30.8.2022.)

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1 Lokacija uvale Žurkovo (Izvor: Google earth)..... | 3 |
| Slika 2 Mikrolokacija uvale Žurkovo (Izvor: Izrada autora) | 4 |
| Slika 3 Pogled na plažu Žurkovo- pozicija A (Izvor: Izrada autora)..... | 5 |
| Slika 4 Uređenje plaže uz početak obalnog zida – pozicija B (Izvor: Izrada autora) .. | 5 |
| Slika 5 Uređenje betonske plaže – pozicija C (Izvor: Izrada autora)..... | 6 |
| Slika 6 Usporedba žala u uvali Žurkovo 1968. i 2022.(Izvor: Izrada autora; Izvor podloge www.geoportal.dgu.hr) | 7 |
| Slika 7 Cirkularna strujanja iza pera, A- uzvodno pero, B- okomito pero, C- nizvodno pero [7]..... | 8 |
| Slika 8 Tlocrt i presjek pera [6] | 9 |
| Slika 9 Četveroslojni nasipani lukobran [8] | 10 |
| Slika 10 Plaža Jadranovo- 3D projektantski prikaz [9] | 12 |
| Slika 11 Poprečni presjek podmorskog praga [11] | 12 |
| Slika 12 Prikaz funkcije podmorskog praga [12] | 13 |
| Slika 13 Privjetrište [13] | 14 |
| Slika 14 Gibanje čestica vode u a) dubokoj vodi b) prijelaznom području c) u plitkoj vodi [13] | 16 |
| Slika 15 Valne pojave pri nailasku na podmorski prag [11] | 17 |
| Slika 16 Tipovi loma vala [16] | 17 |
| Slika 17 Tipovi umjetnih blokova [18] | 20 |
| Slika 18 Prikaz principa strujanja unutar nasipanog lukobrana [8] | 24 |
| Slika 19 Zaštita nožice [18]..... | 25 |
| Slika 20 Glava nasipanog lukobrana [Izvor: www.gettyimages.com]..... | 27 |
| Slika 21 Dijagram odnosa koeficijenta stabilnost (N_s) i omjera dubine krune i ukupne dubine praga [14] | 28 |
| Slika 22 Prikaz oštećenja na poprečnom presjeku nasipanog lukobrana uslijed djelovanja valova..... | 29 |
| Slika 23 Dean-ov dijagram odnosa veličine sedimenata i osobina poprečnog presjeka [14]..... | 31 |
| Slika 24 Geometrijski parametri zaklonjenosti uvale [20] | 32 |
| Slika 25 Logaritamska klasifikacija oblika žala [20]..... | 33 |
| Slika 26 Koeficijent refleksije valova numeričkih simulacija postojećeg stanja [14]34 | |
| Slika 27 Prikaz vektora valova [14] | 35 |
| Slika 28 Prikaz vektora valova [10] | 35 |
| Slika 29 Planiran položaj pera (Izvor: Izrada autora) | 37 |
| Slika 30 Djelovanje valova na nasipanu konstrukciju a- uspinjanje, b- prelijevanje, c- propuštanje [21]..... | 46 |
| Slika 31 Elementi poprečnog presjeka za proračun prelijevanja preko krune [19] . | 47 |
| Slika 32 Kritične vrijednosti srednjeg preljevnog protoka [21]..... | 48 |
| Slika 33 Površina zahvata (Izrada autora) | 51 |
| Slika 34 Faza 1- izrada pera (izrada autora) | 52 |
| Slika 35 Pozicija pera P1 (Izrada autora) | 53 |
| Slika 36 Pozicija pera P2 (Izrada autora) | 53 |
| Slika 37 Pozicija pera P3 (Izrada autora) | 54 |
| Slika 38 Pozicija pera P4 (Izrada autora) | 54 |

| | |
|---|----|
| Slika 39 Planirane pozicije podmorskih pragova (Izrada autora) | 55 |
| Slika 40 Prikaz nasipavanja žala (Izrada autora) | 56 |
| Slika 41 Izrada nasipanog lukobrana kopnenom mehanizacijom (Izvor: www.wikiwand.com/, 30.8.2022) | 58 |
| Slika 42 Izrada nasipane građevine s mora pomoću pontona (Izvor: https://mpsbv.com, 30.8.2022) | 58 |
| Slika 43 Prikaz alternativnog rješenja (Izrada autora) | 68 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1 Eksperimentalni koeficijent obloge [18]..... | 21 |
| Tablica 2 Koeficijent sloja [18]..... | 22 |
| Tablica 3 Empirijske dobivene vrijednost za stupanj oštećenja [19]..... | 30 |
| Tablica 4 Kategorije zaklonjenosti uvale [20]..... | 33 |
| Tablica 5 Valne visine za PR 50 god [14]..... | 36 |
| Tablica 6 Kategorije zaklonjenosti žala (Izvor: Izrada autora) | 37 |
| Tablica 7 Ulazni parametri za proračun pera (Izvor: Izrada autora) | 38 |
| Tablica 8 Odabir koeficijenta K_D (Izvor: Izrada autora) | 39 |
| Tablica 9 Raspodjela koeficijenta H/H_0 [10] | 39 |
| Tablica 10 Težina bloka pera P1 s obzirom na stupanj oštećenja (Izrada autora).... | 41 |
| Tablica 11 Odabir mase blokova primarne obloge (Izvor: Izrada autora)..... | 41 |
| Tablica 12 Ulazni parametri za širinu krune pera P1 (Izvor: Izrada autora)..... | 41 |
| Tablica 13 Usvojene širine krune B (Izvor: Izrada autora) | 42 |
| Tablica 14 Ulazni parametri za debljinu primarnog sloja pera P1 (Izvor: Izrada autora)..... | 42 |
| Tablica 15 Odabir debljine primarnog sloja t (Izvor: Izrada autora) | 43 |
| Tablica 16 Granulometrijski raspon primarnog sloja pera P1 i P2 (Izvor: Izrada autora)..... | 43 |
| Tablica 17 Ulazni podaci za prvi sekundarni sloj pera P1 (Izvor: Izrada autora) | 44 |
| Tablica 18 Odabir debljine sekundarnog sloja r (Izvor: Izrada autora) | 44 |
| Tablica 19 Granulometrijski raspon sekundarnog sloja pera P1 i P2 (Izvor: Izrada autora)..... | 44 |
| Tablica 20 Dimenzioniranje jezgre pera (Izvor: Izrada autora)..... | 45 |
| Tablica 21 Iskaz masa za pero P1 (Izrada autora) | 59 |
| Tablica 22 Iskaz masa pera P2 (Izrada autora) | 60 |
| Tablica 23 Iskaz masa pera P3 (Izrada autora) | 60 |
| Tablica 24 Iskaz masa pera P4 (Izrada autora) | 60 |
| Tablica 25 Iskaz masa za podmorski prag 1 (Izrada autora) | 60 |
| Tablica 27 Iskaz masa za podmorski prag 2 (Izrada autora) | 61 |
| Tablica 28 Iskaz masa za podmorski prag 3-1 (Izrada autora)..... | 61 |
| Tablica 29 Iskaz masa za podmorski prag 3-2 (Izrada autora)..... | 61 |
| Tablica 30 Iskaz masa za žalo 1 (Izrada autora)..... | 62 |
| Tablica 31 Iskaz masa za žalo 2 (Izrada autora)..... | 62 |
| Tablica 32 Iskaz masa za žalo 3 (Izrada autora)..... | 63 |
| Tablica 33 Troškovnik radova (Izrada autora)..... | 63 |

9. PRILOZI

9.1. Odabrane granulacije kamenometa

| GRANULOMETRIJSKI RASPON SLOJEVA PERA | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|---------|---------|---------|----------|--------------|
| PERO P1 | | | | | | |
| SLOJ | OZNAKA | Mmin | Mmax | Wmin | Wmax | ŠIRINA SLOJA |
| Primarni sloj | W | 975 kg | 1625 kg | 9,56 kN | 15,94 kN | 1,7 m |
| Sekundarni sloj | W/10 | 91 kg | 170 kg | 0,90 kN | 1,66 kN | 0,8 m |
| Jezgra | W/4000 | 0,09 kg | 0,55 kg | 0,96 N | 5,42 N | |

| GRANULOMETRIJSKI RASPON SLOJEVA PERA | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|---------|---------|----------|----------|--------------|
| PERO P1 I P4 | | | | | | |
| SLOJ | OZNAKA | Mmin | Mmax | Wmin | Wmax | ŠIRINA SLOJA |
| Primarni sloj | W | 1200 kg | 2000 kg | 11,77 kN | 19,63 kN | 1,7 m |
| Sekundarni sloj | W/10 | 112 kg | 208 kg | 1,10 kN | 2,04 kN | 0,8 m |
| Jezgra | W/4000 | 0,12 kg | 0,68 kg | 1,18 N | 6,67 N | |

| GRANULOMETRIJSKI RASPON SLOJEVA PERA | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|---------|---------|----------|----------|--------------|
| PERO P4 | | | | | | |
| SLOJ | OZNAKA | Mmin | Mmax | Wmin | Wmax | ŠIRINA SLOJA |
| Primarni sloj | W | 1750 kg | 2870 kg | 17,16 kN | 28,15 kN | 1,9 m |
| Sekundarni sloj | W/10 | 180 kg | 330 kg | 1,76 kN | 3,22 kN | 0,9 m |
| Jezgra | W/4000 | 0,20 kg | 0,96 kg | 1,96 N | 9,42 N | |

| GRANULOMETRIJSKI RASPON SLOJEVA PERA | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|---------|---------|----------|----------|--------------|
| PERO P3 | | | | | | |
| SLOJ | OZNAKA | Mmin | Mmax | Wmin | Wmax | ŠIRINA SLOJA |
| Primarni sloj | W | 3450 kg | 5750 kg | 33,84 kN | 56,40 kN | 2,4 m |
| Sekundarni sloj | W/10 | 320 kg | 595 kg | 3,14 kN | 5,84 kN | 1,2 m |
| Jezgra | W/4000 | 0,35 kg | 1,95 kg | 3,34 N | 19,10 N | |

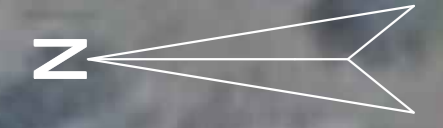
| GRANULOMETRIJSKI RASPON PORMORSKIH PRAGOVA | | | | |
|--|--------|--------|---------|---------|
| SLOJ | Mmin | Mmax | Wmin | Wmax |
| Prag 1 | 130 kg | 240 kg | 1,24kN | 2,35 kN |
| Prag 2 | 135 kg | 250 kg | 1,32 kN | 2,45 kN |
| Prag 3-1 | 150 kg | 280 kg | 1,47 kN | 2,75 kN |
| Prag 3-2 | 35 kg | 65 kg | 0,34 kN | 0,64 kN |

9.2. Grafički prilozi

| LIST | NACRT | MJERILO |
|-------------|---|----------------|
| 1. | Situacija postojećeg stanja | 1: 1000 |
| 2.1. | Pregledna situacija; Novo stanje- uređenje žala | 1: 1000 |
| 2.2. | Situacija; Novo stanje – uređenje žala | 1: 1000 |
| 3.1 | Karakteristični presjek nasutog pera P1 | 1:100 |
| 3.2 | Karakteristični presjek nasutog pera P3 | 1:100 |
| 4.1. | Poprečni presjeci pera P1; profil 1 i 2 | 1:200 |
| 4.2. | Poprečni presjeci pera P1; profil 3 i 4 | 1:200 |
| 4.3. | Poprečni presjeci pera P2; profil 7 i 8 | 1:200 |
| 4.4. | Poprečni presjeci pera P2; profil 9 | 1:200 |
| 4.5. | Poprečni presjeci pera P3; profil 12 i 13 | 1:200 |
| 4.6. | Poprečni presjeci pera P3; profil 14 | 1:200 |
| 4.7. | Poprečni presjeci pera P4; profil 16 i 17 | 1:200 |
| 4.8. | Poprečni presjeci pera P4; profil 18 | 1:200 |
| 5.1. | Uzdužni presjeci pera P1; profil 5 | 1:200 |
| 5.2. | Uzdužni presjeci pera P1; profil 6 | 1:200 |
| 5.3. | Uzdužni presjeci pera P2; profil 10 | 1:200 |
| 5.4. | Uzdužni presjeci pera P2; profil 11 | 1:200 |
| 5.5. | Uzdužni presjeci pera P3; profil 15 | 1:200 |
| 5.6. | Uzdužni presjeci pera P4; profil 19 | 1:200 |
| 6. | Karakterističan presjek žala | 1:100 |
| 6.1. | Presjek žala; profil I i II | 1:200 |
| 6.2. | Presjek žala; profil III i IV | 1:200 |
| 6.3. | Presjek žala; profil V i VI | 1:200 |
| 6.4. | Presjek žala; profil VII i VIII | 1:200 |

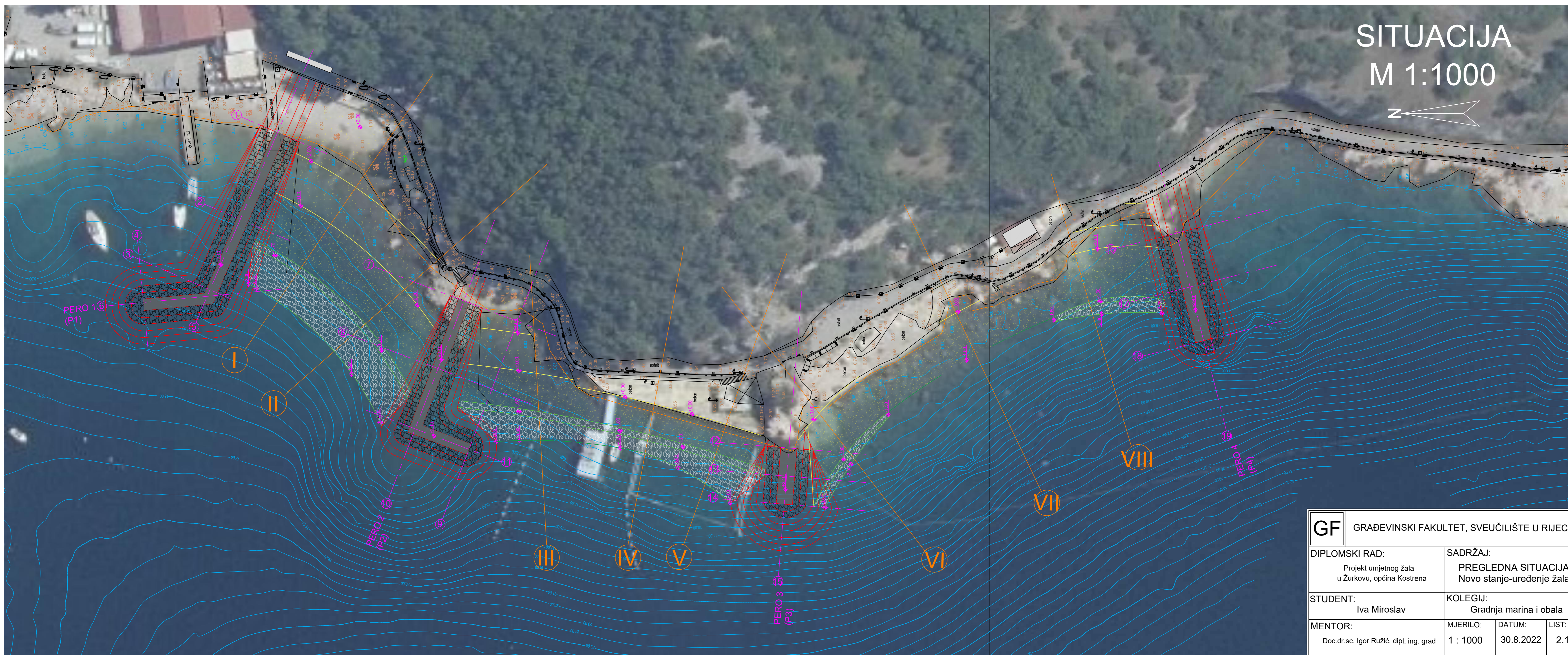
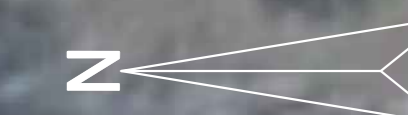
SITUACIJA POSTOJEĆEG STANJA

M 1:1000



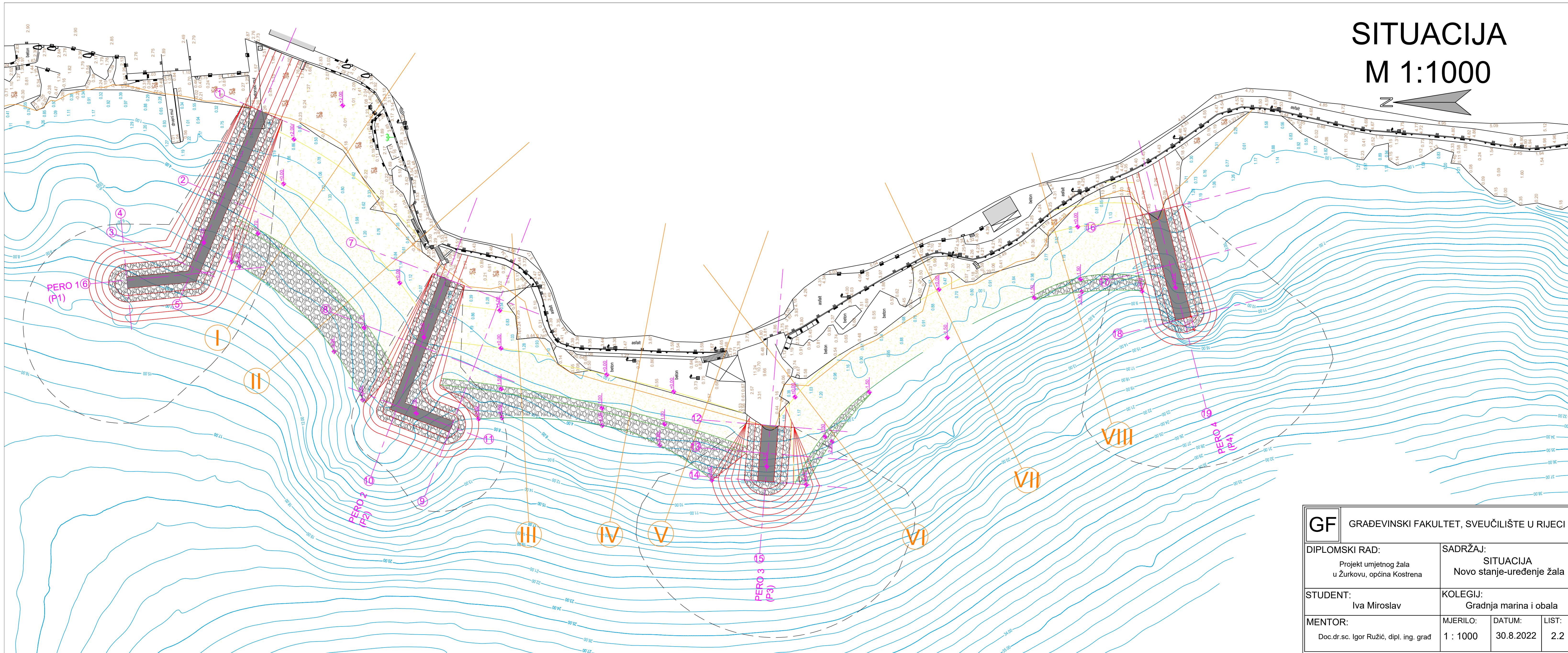
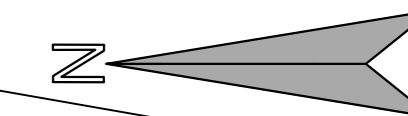
| | | | |
|--|--|-----------|-------------------------------|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| DIPLOMSKI RAD: | Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: |
| | | | SITUACIJA Postojeće stanje |
| STUDENT: | Iva Miroslav | | KOLEGIJ: |
| | | | Gradnja marina i obala |
| MENTOR: | MJERILO: | DATUM: | LIST: |
| Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | 1 : 1000 | 30.8.2022 | 1 |

SITUACIJA M 1:1000



| | | | |
|---|----------------------|--|--------------|
| GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | | |
| DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: PREGLEDNA SITUACIJA Novo stanje-uređenje žala | |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 1000 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 2.1 |

SITUACIJA M 1:1000



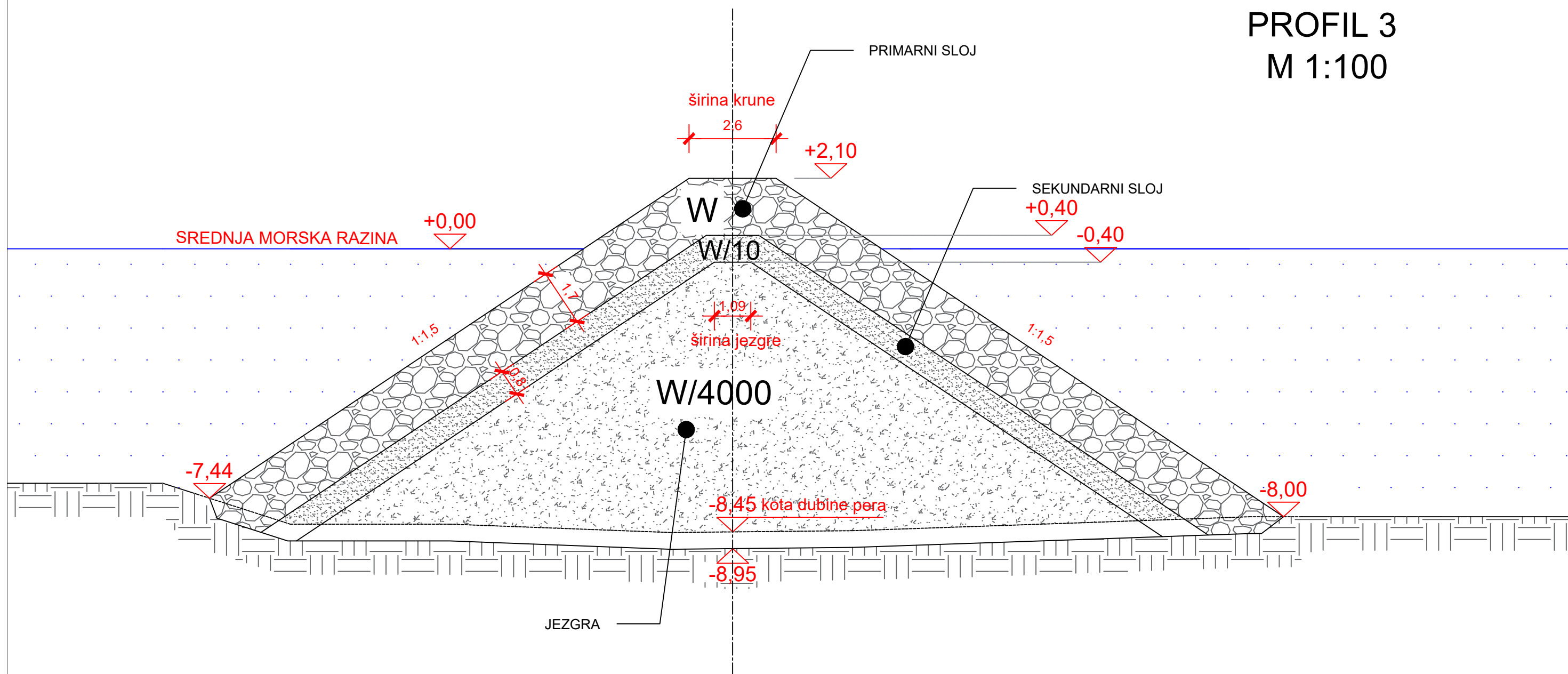
| | | | |
|--|---|-----------|--|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| DIPLOMSKI RAD: | Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: SITUACIJA Novo stanje-uređenje žala |
| STUDENT: | Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala |
| MENTOR: | MJERILO: | DATUM: | LIST: |
| Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | 1 : 1000 | 30.8.2022 | 2.2 |

NASUTO PERO

Karakteristični poprečni presjek

PROFIL 3

M 1:100



| OZNAKA | SLOJ | RASPON VELIČINA | |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| W | PRIMARNI SLOJ | Wmin = 9,56 kN | Wmax = 15,94 kN |
| W/10 | SEKUNDARNI SLOJ | Wmin = 0,90 kN | Wmax = 1,66 kN |
| W/4000 | JEZGRA | Wmin = 0,96 N | Wmax = 5,42 N |

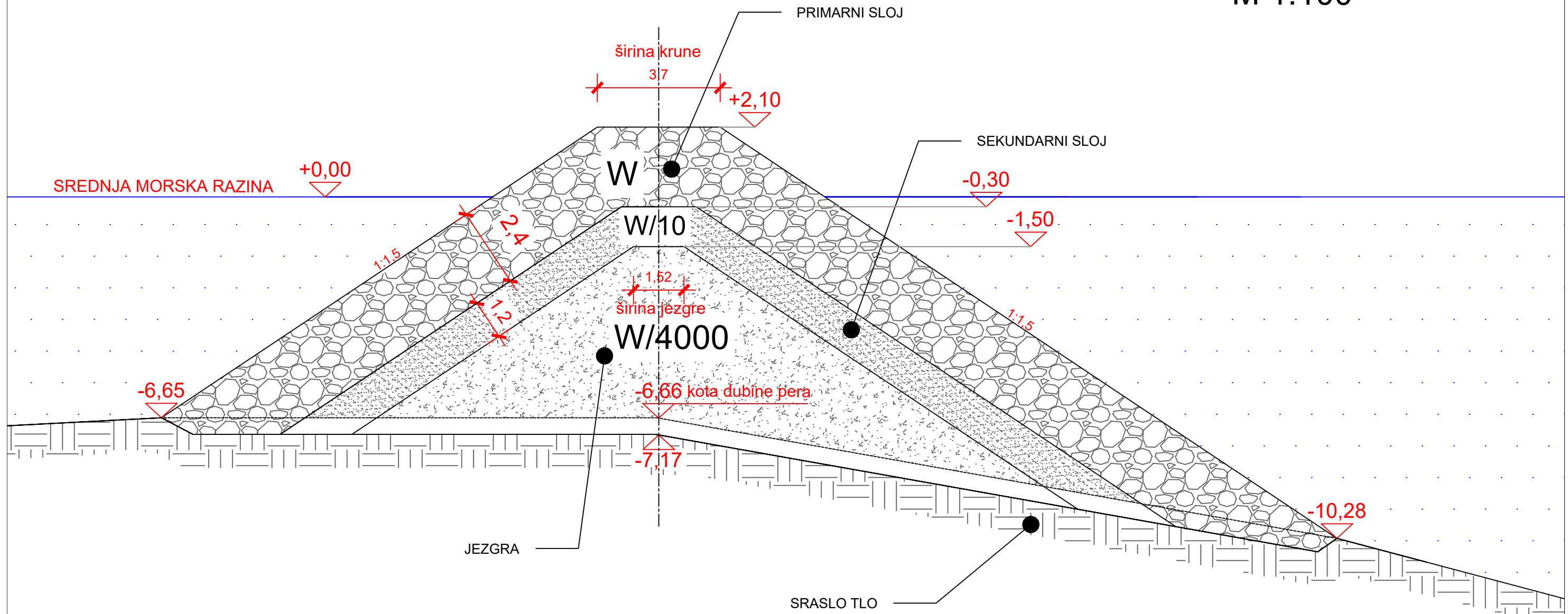
| | | | |
|---|---|------------------------------------|---|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| | DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Karakteristični poprečni presjek nasutog pera P1 |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 100 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 3.1 |

NASUTO PERO

Karakteristični poprečni presjek

PROFIL 14

M 1:100



| OZNAKA | SLOJ | RASPON VELIČINA | |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| W | PRIMARNI SLOJ | Wmin = 33,72 kN | Wmax = 56,21 kN |
| W/10 | SEKUNDARNI SLOJ | Wmin = 3,14 kN | Wmax = 5,84 kN |
| W/4000 | JEZGRA | Wmin = 3,37 N | Wmax = 19,10 N |

GF

GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI

DIPLOMSKI RAD:

Projekt umjetnog žala
u Žurkovu, općina Kostrena

SADRŽAJ:

Karakteristični poprečni
presjek nasutog pera P3

STUDENT:

Iva Miroslav

KOLEGIJ:

Gradnja marina i obala

MENTOR:

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

MJERILO:

1 : 100

DATUM:

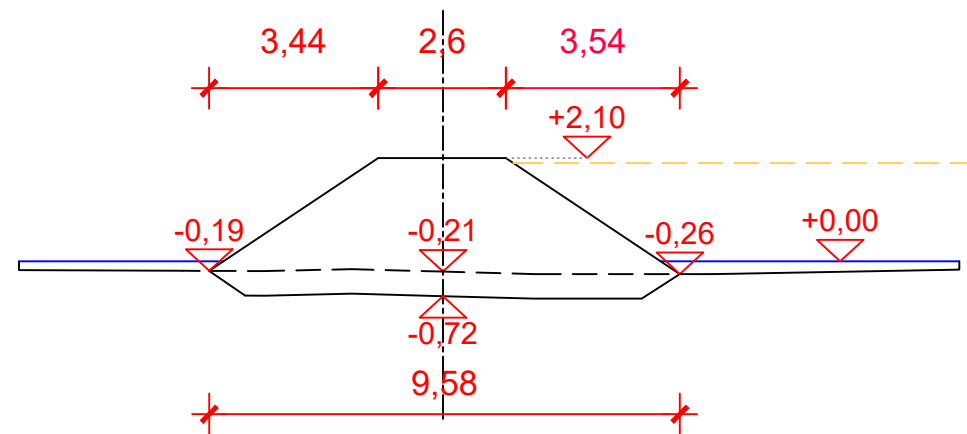
30.8.2022

LIST:

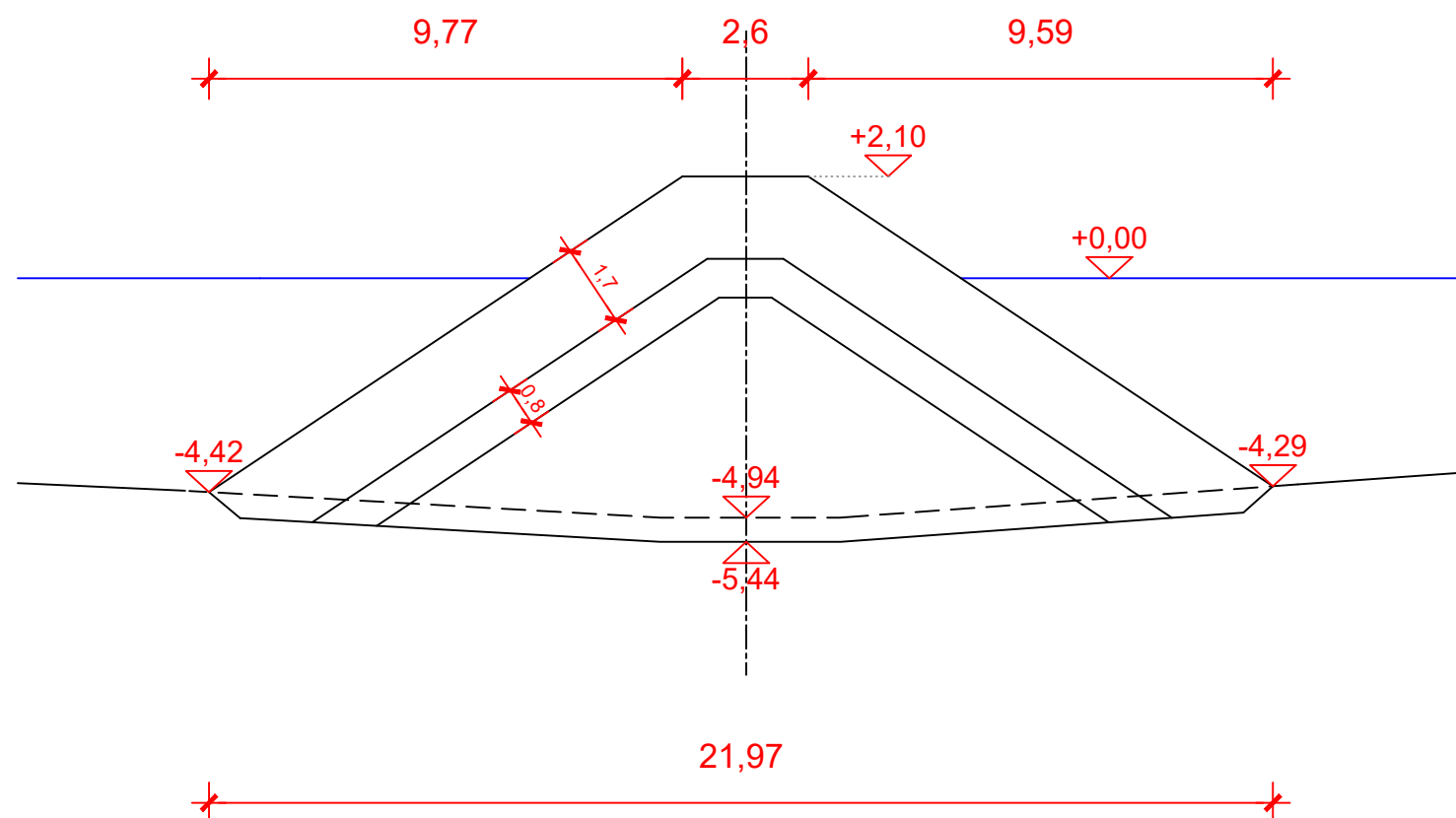
3.2

Poprečni profili nasutog pera PROFIL 1 i PROFIL 2 M 1:200

PROFIL 1
st. 0+0,00



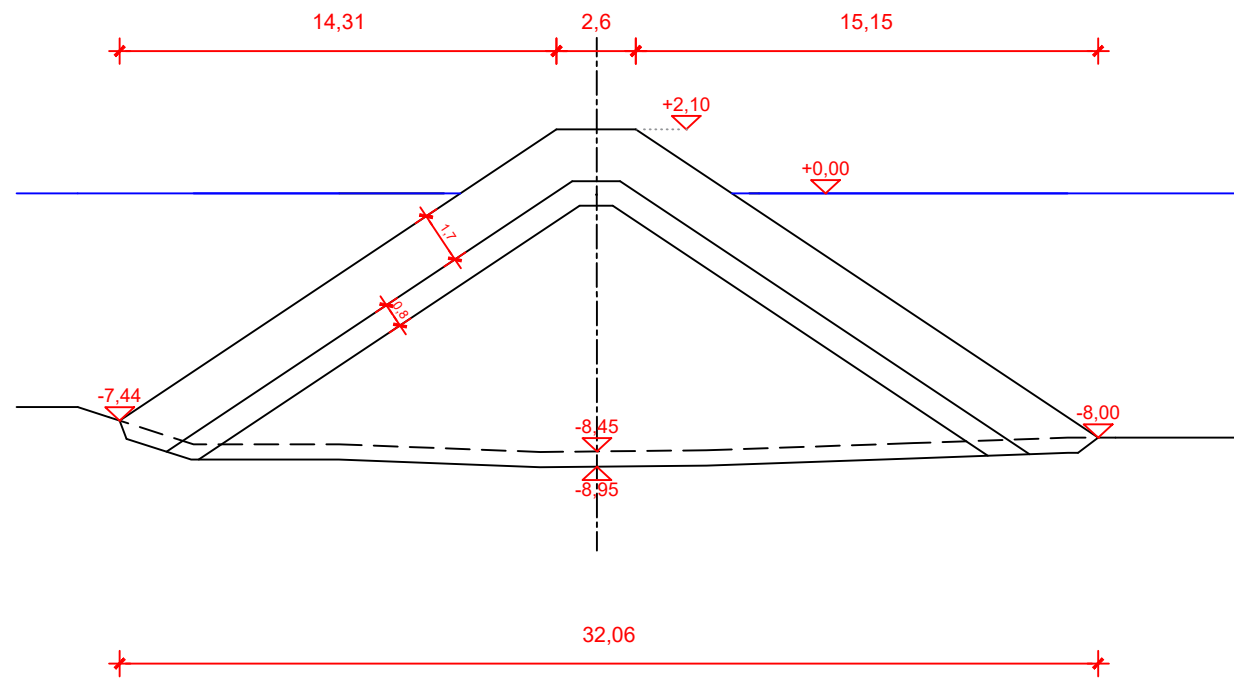
PROFIL 2
st. 0+21,52



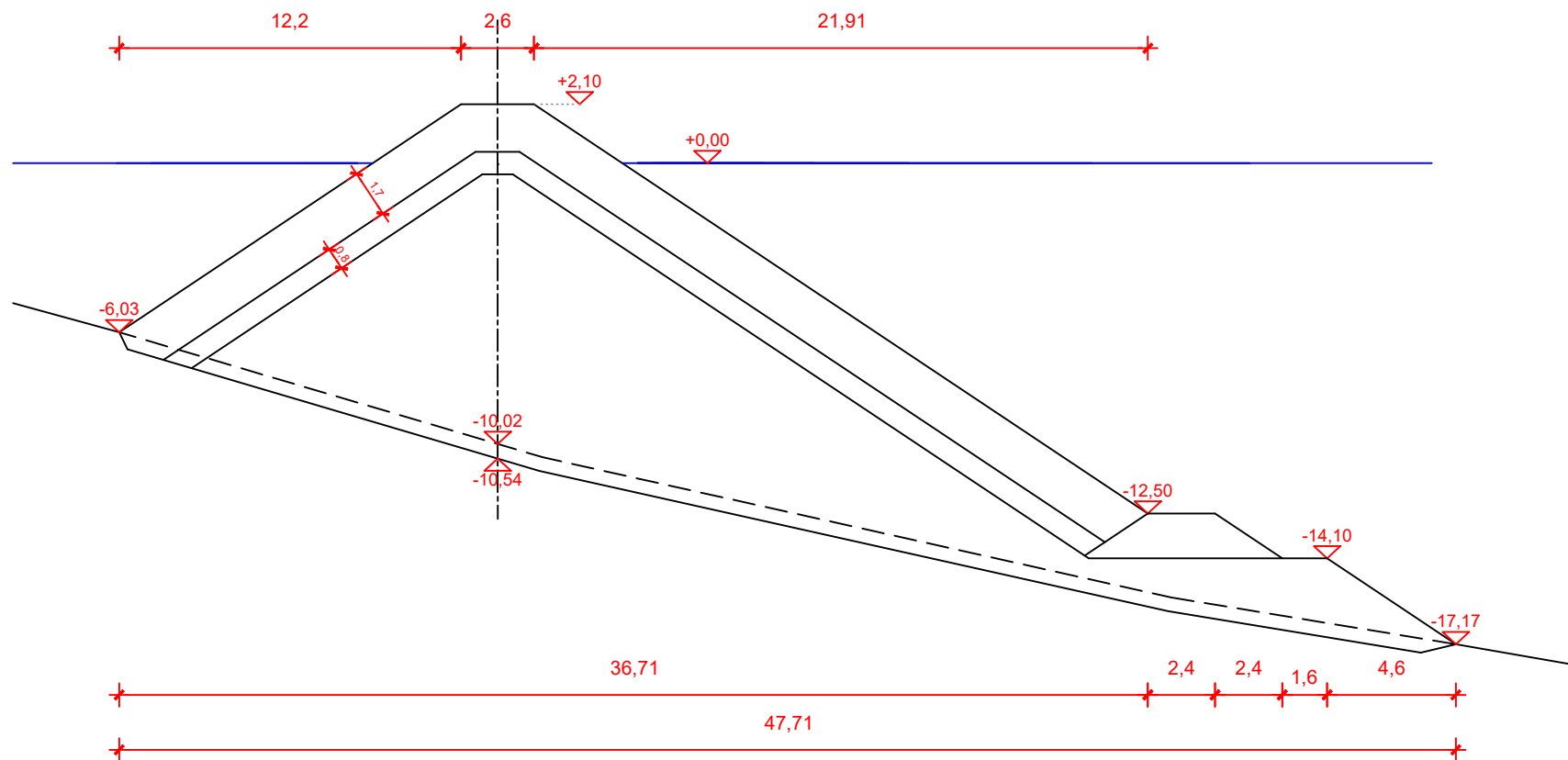
| | | | |
|---|---------------------|--|--------------|
| GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | | |
| DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Poprečni presjeci pera P1 PROFIL 1 i PROFIL 2 | |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 4.1 |

Poprečni profili nasutog pera PROFIL 3 i PROFIL 4 M 1:200

PROFIL 3
st. 0+38,96

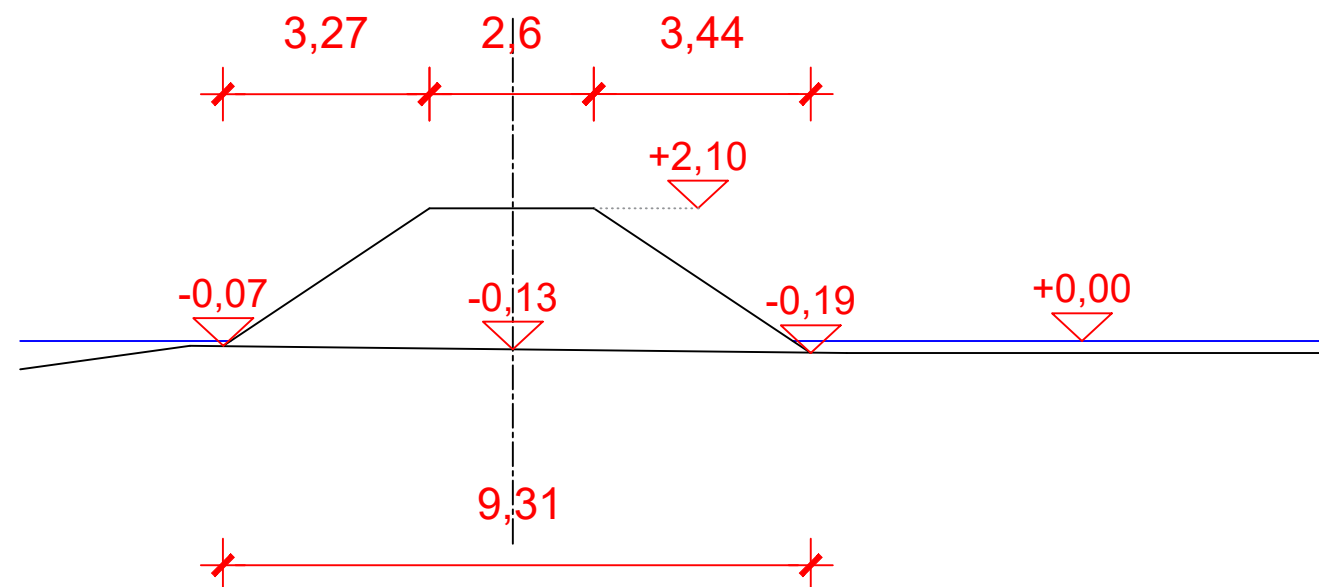


PROFIL 4
st. 0+55,14

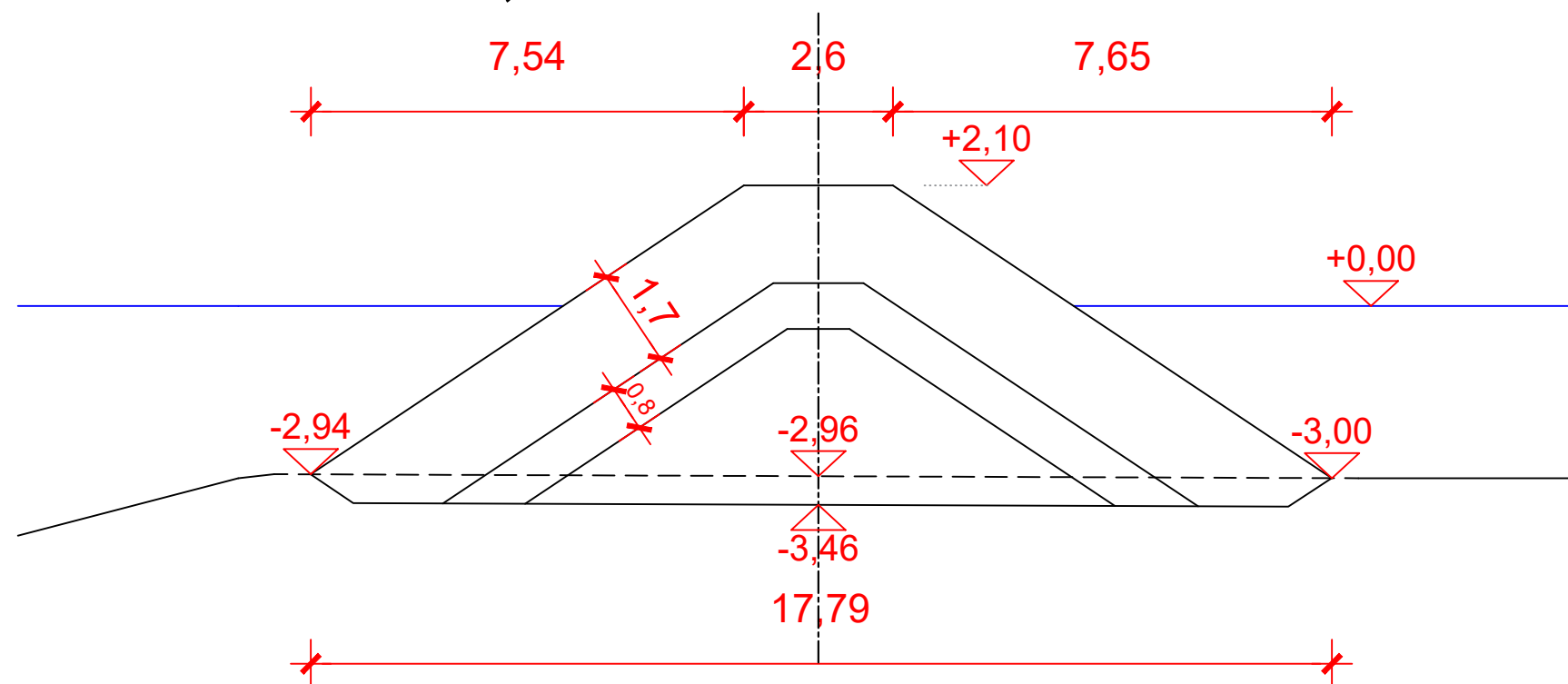


| | | | |
|---|--|--|---------------------|
| GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | | |
| DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Poprečni presjeci pera P1 PROFIL 3 i PROFIL 4 | |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 |
| | | LIST: 4.2 | |

PROFIL 7
st. 0+0,00



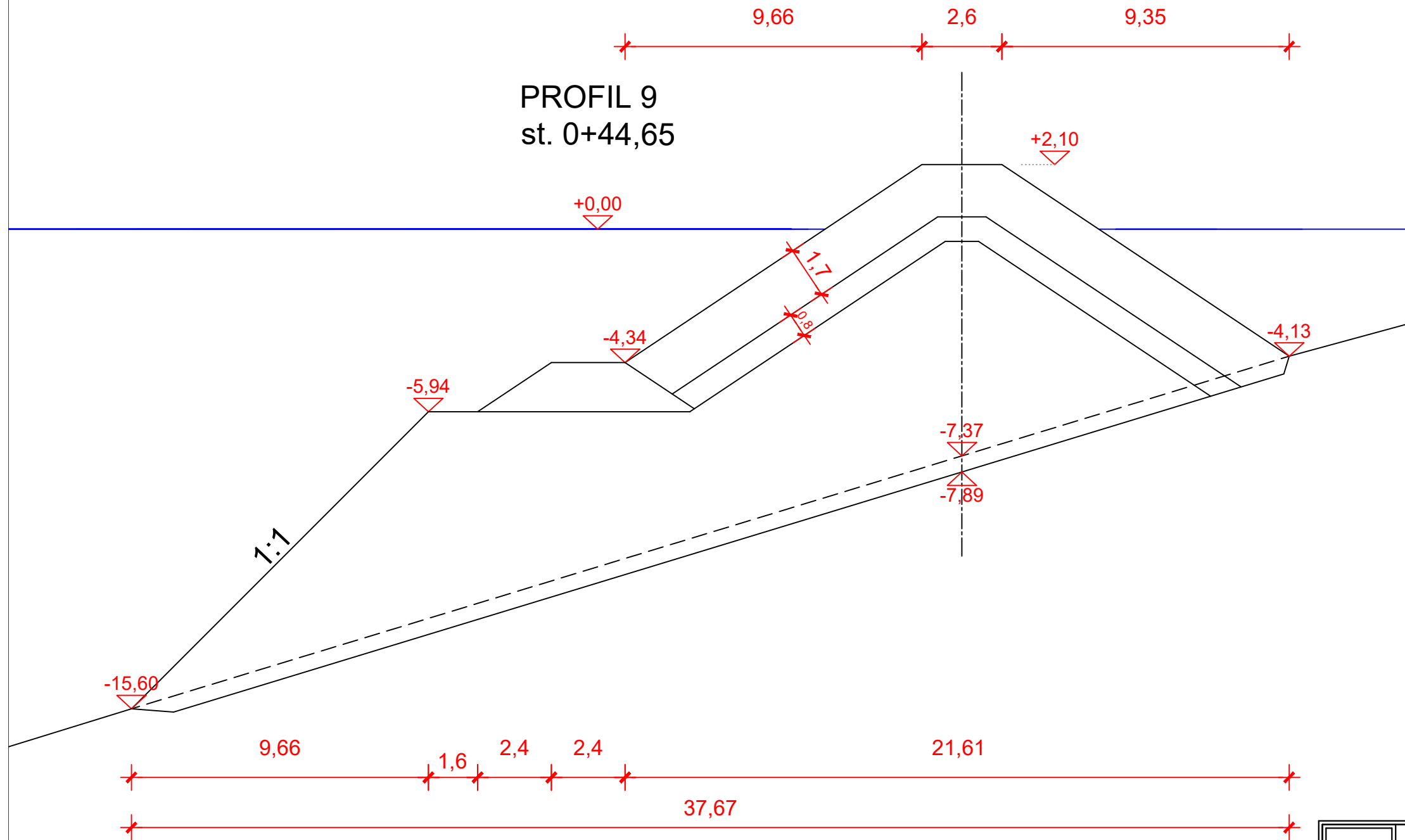
PROFIL 8
st. 0+16,68



Poprečni profili nasutog pera
PROFIL 7 i PROFIL 8
M 1:200

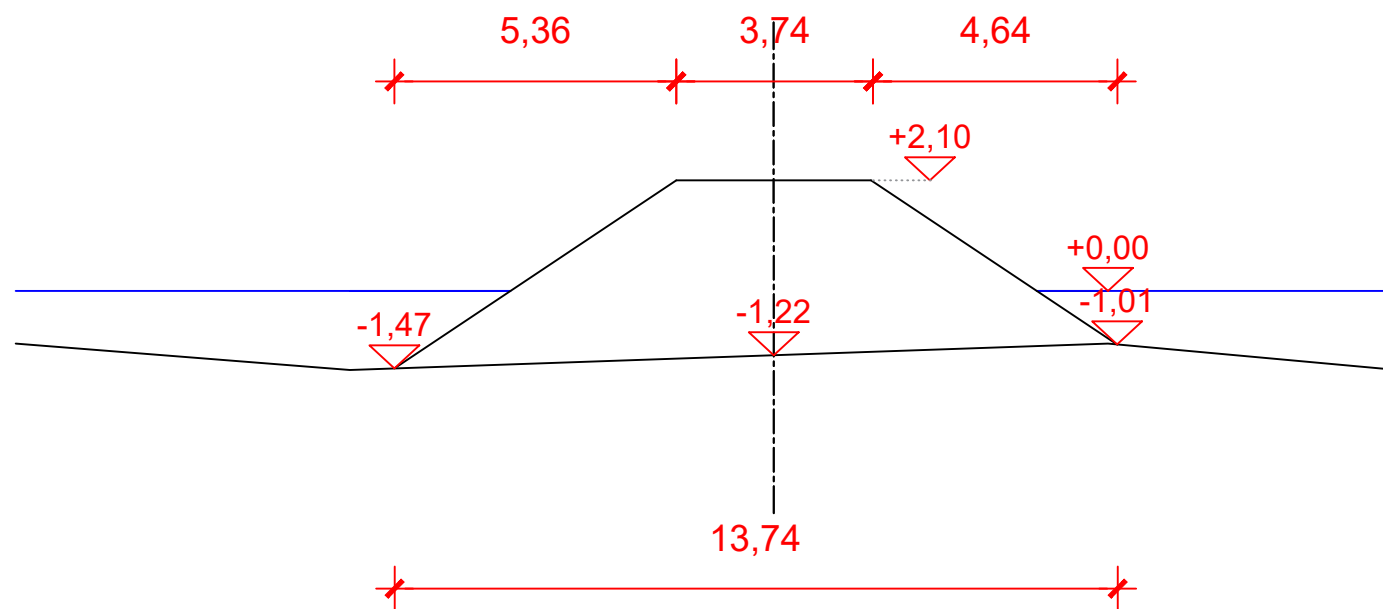
| | | | |
|---|--|--|---------------------|
| GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | | |
| DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Poprečni presjeci pera P2 PROFIL 7 i PROFIL 8 | |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 |
| | | LIST: 4.3 | |

Poprečni profil nasutog pera PROFIL 9 M 1:200

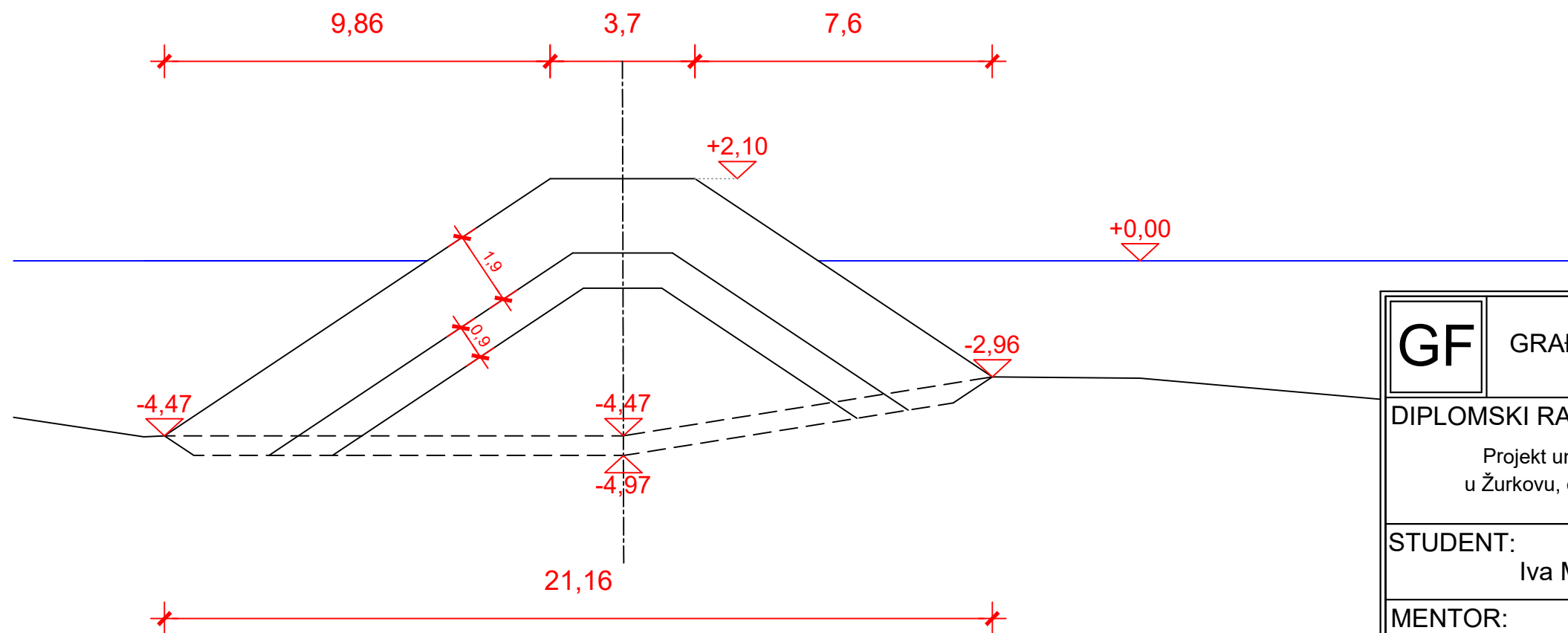


| | | | |
|---|---|------------------------------------|---|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| | DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Poprečni presjeci pera P2 PROFIL 9 |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 4.4 |

PROFIL 16
st. 0+0,00



PROFIL 17
st. 0+12,62

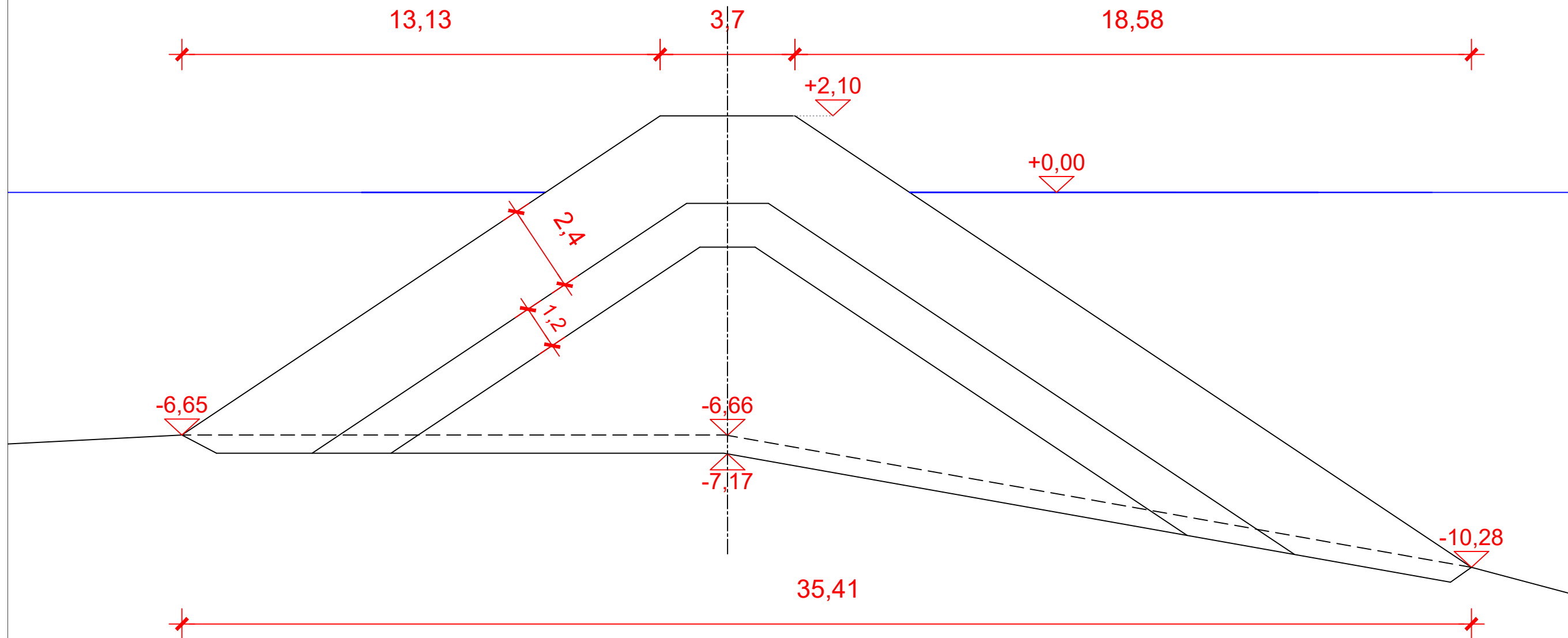


Poprečni profili nasutog pera
PROFIL 12 i PROFIL 13
M 1:200

| | | | |
|---|--|--|---------------------|
| GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | | |
| DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Poprečni presjeci pera P3 PROFIL 12 i PROFIL 13 | |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 |
| | | LIST: 4.5 | |

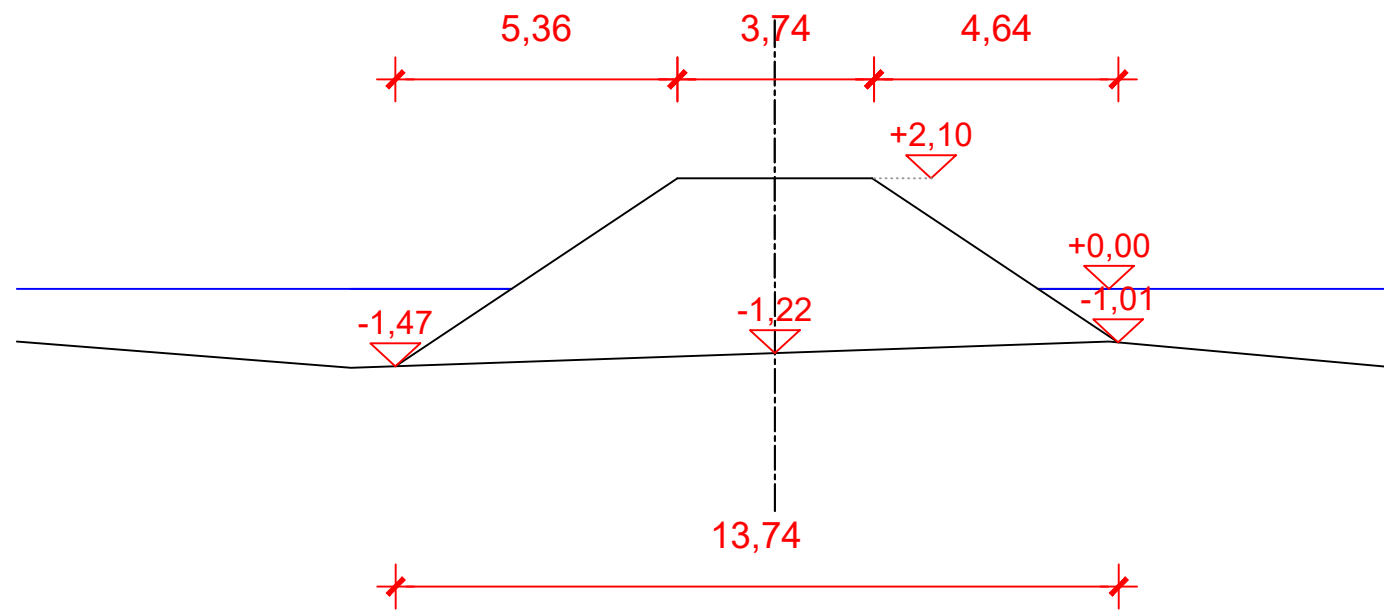
Poprečni profil nasutog pera
PROFIL 14
 M 1:200

PROFIL 14
 st. 0+12,81

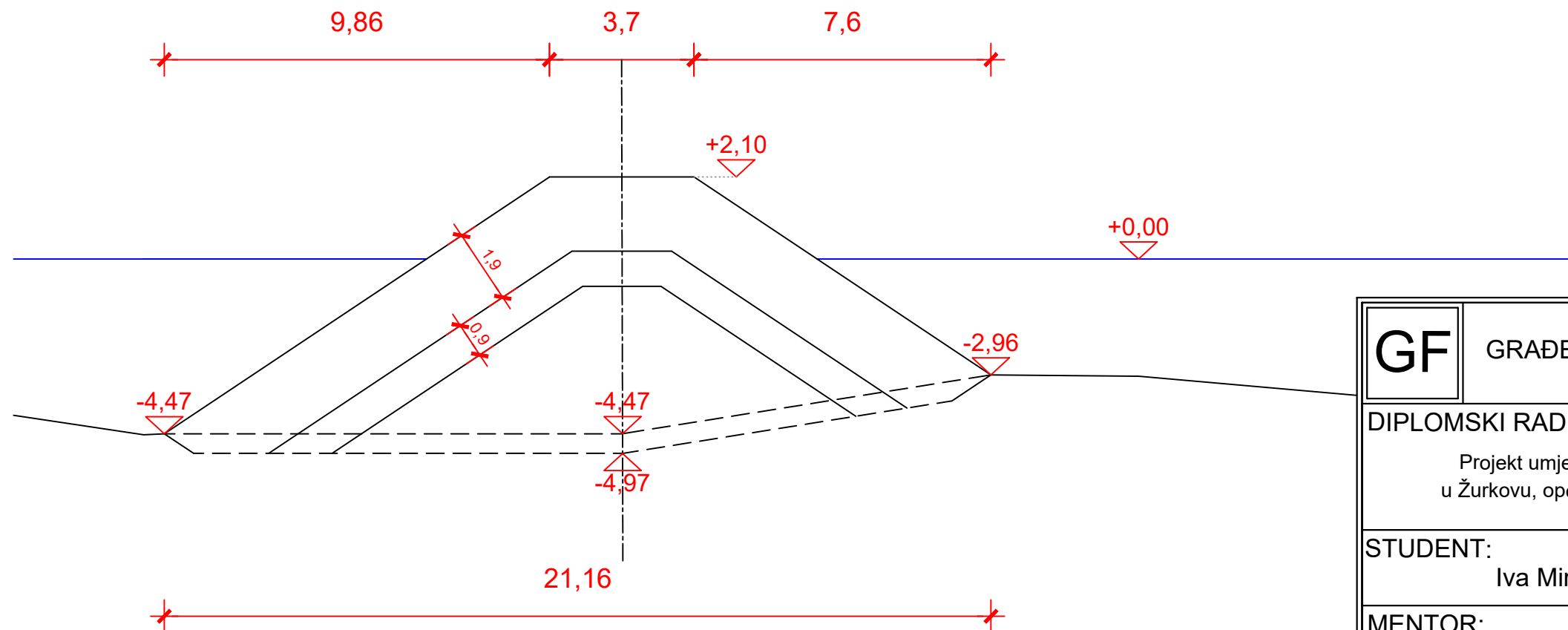


| | | | |
|---|---|------------------------------------|--|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| | DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Poprečni presjeci pera P3 PROFIL 14 |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 4.6 |

PROFIL 16
st. 0+0,00



PROFIL 17
st. 0+12,62

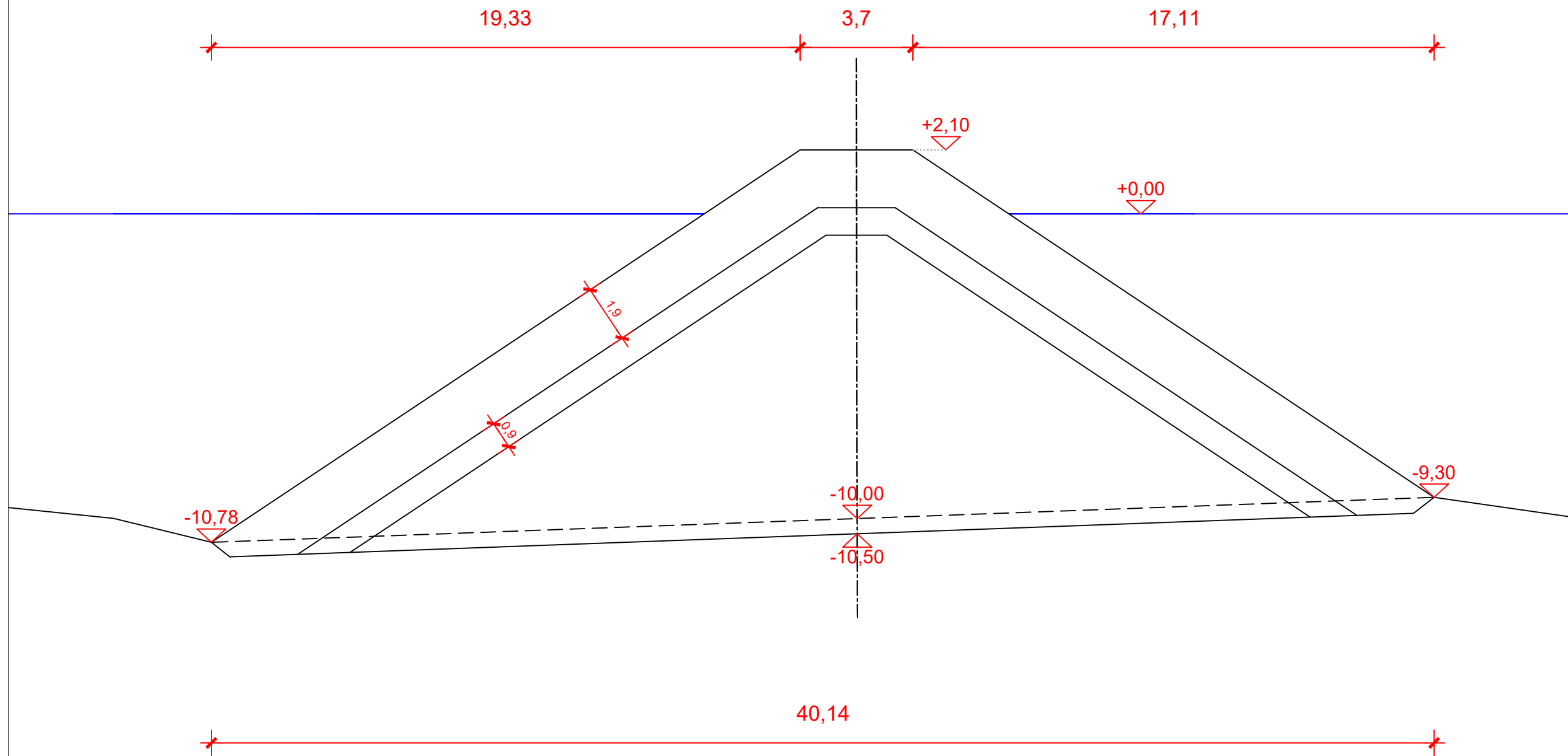


Poprečni profili nasutog pera
PROFIL 16 i PROFIL 17
M 1:200

| | | | |
|---|---------------------|--|--------------|
| GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | | |
| DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Poprečni presjeci pera P4 PROFIL 16 i PROFIL 17 | |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 4.7 |

Poprečni profil nasutog pera PROFIL 18 M 1:200

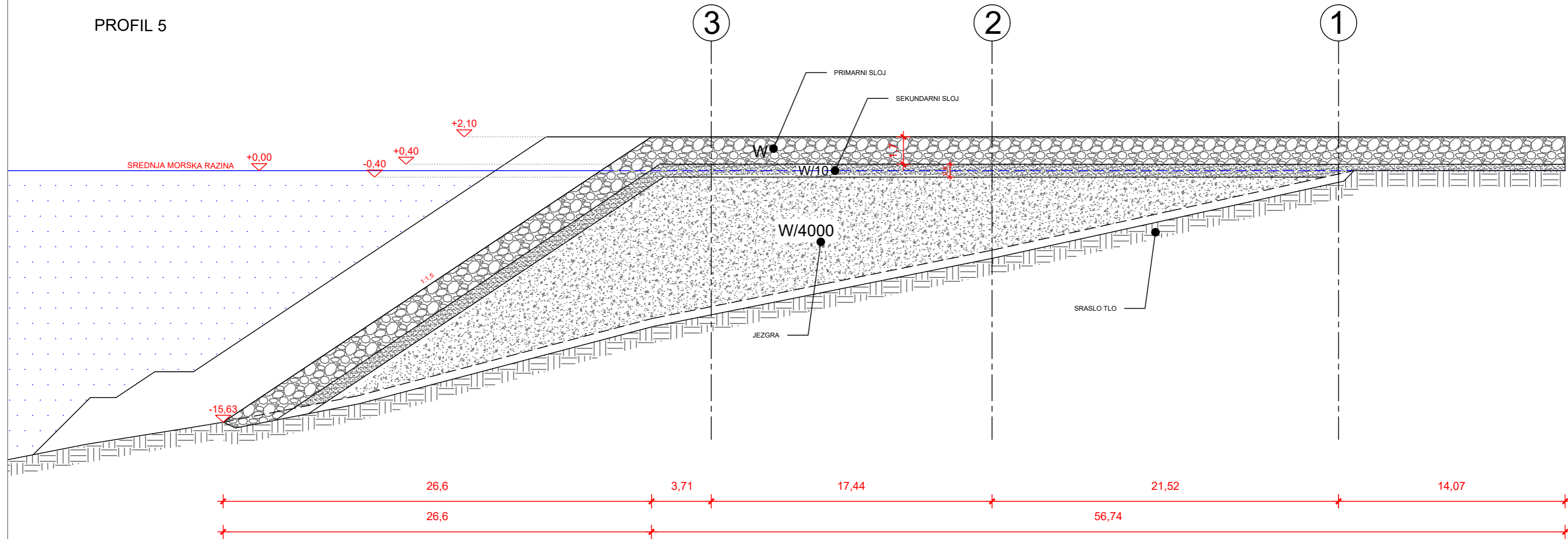
PROFIL 18
st. 0+27,15



| | | | |
|---|---|--|--------------|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| | DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | SADRŽAJ: Poprečni presjeci pera P4 PROFIL 18 | |
| STUDENT: Iva Miroslav | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 4.8 |

Uzdužni profil nasutog pera PROFIL 5 M 1:200

PROFIL 5

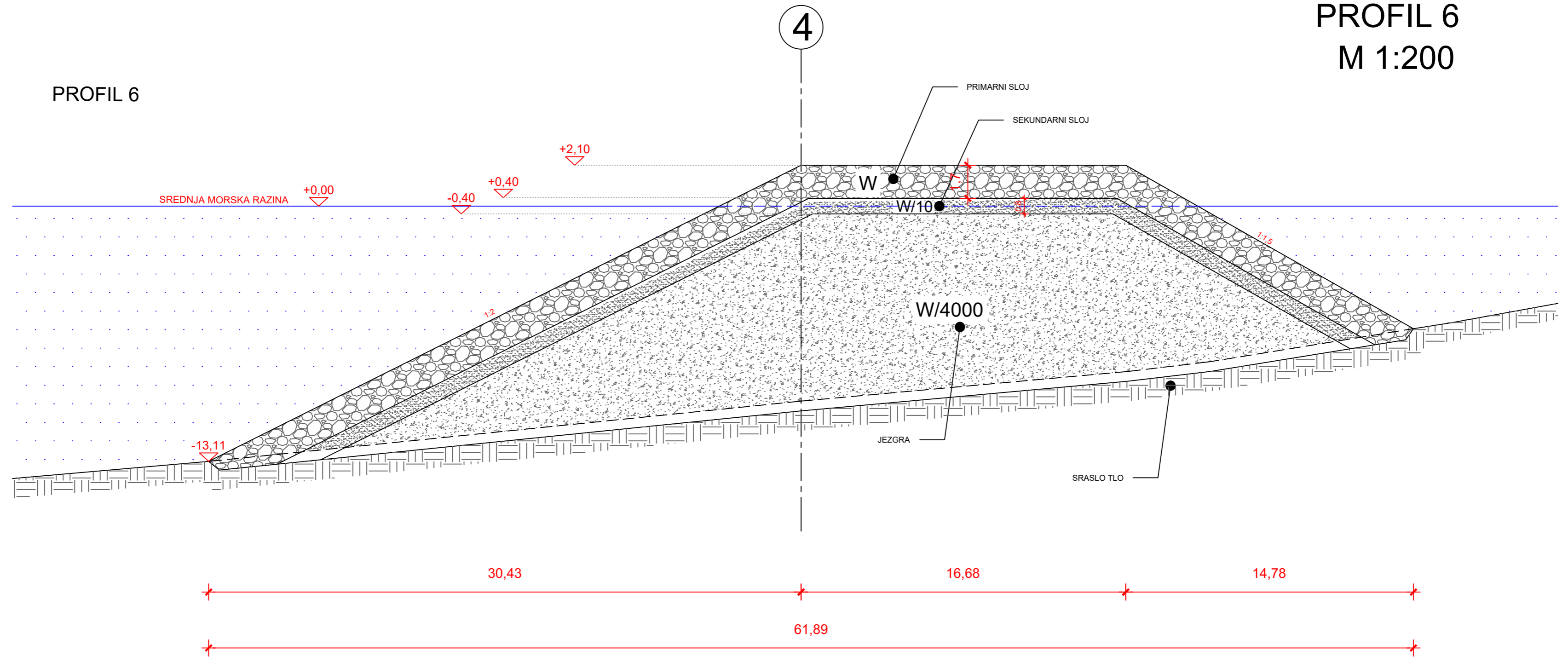


| OZNAKA | SLOJ | RASPON VELIČINA | |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| W | PRIMARNI SLOJ | Wmin = 9,56 kN | Wmax = 15,94 kN |
| W/10 | SEKUNDARNI SLOJ | Wmin = 0,90 kN | Wmax = 1,66 kN |
| W/4000 | JEZGRA | Wmin = 0,96 N | Wmax = 5,42 N |

| | | | |
|---|---|------------------------------------|--|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| | DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Uzdužni presjeci pera P1 PROFIL 5 |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 5.1 |

Uzdužni profil nasutog pera PROFIL 6 M 1:200

PROFIL 6

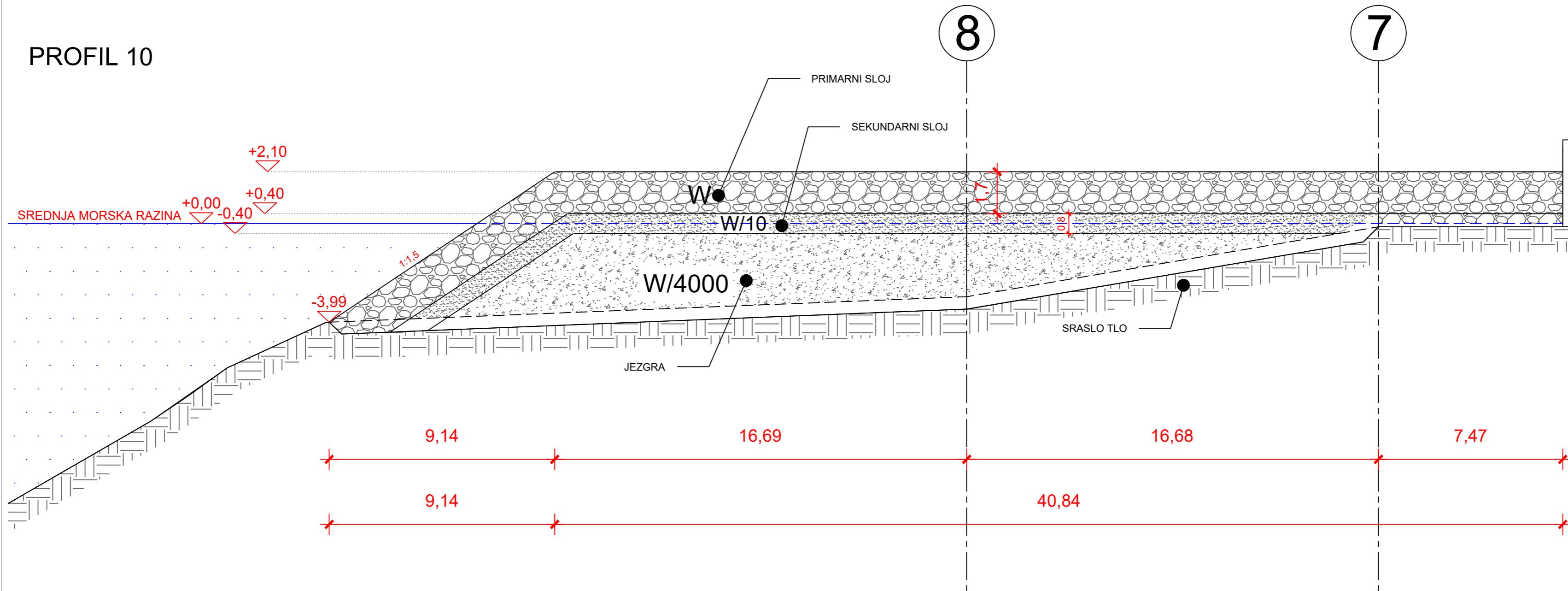


| OZNAKA | SLOJ | RASPON VELIČINA | |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| W | PRIMARNI SLOJ | Wmin = 9,56 kN | Wmax = 15,94 kN |
| W/10 | SEKUNDARNI SLOJ | Wmin = 0,90 kN | Wmax = 1,66 kN |
| W/4000 | JEZGRA | Wmin = 0,96 N | Wmax = 5,42 N |

| | | | |
|---|---|------------------------------------|--|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| | DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Uzdužni presjeci pera P1 PROFIL 6 |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 5.2 |

Uzdužni profil nasutog pera PROFIL 10 M 1:200

PROFIL 10



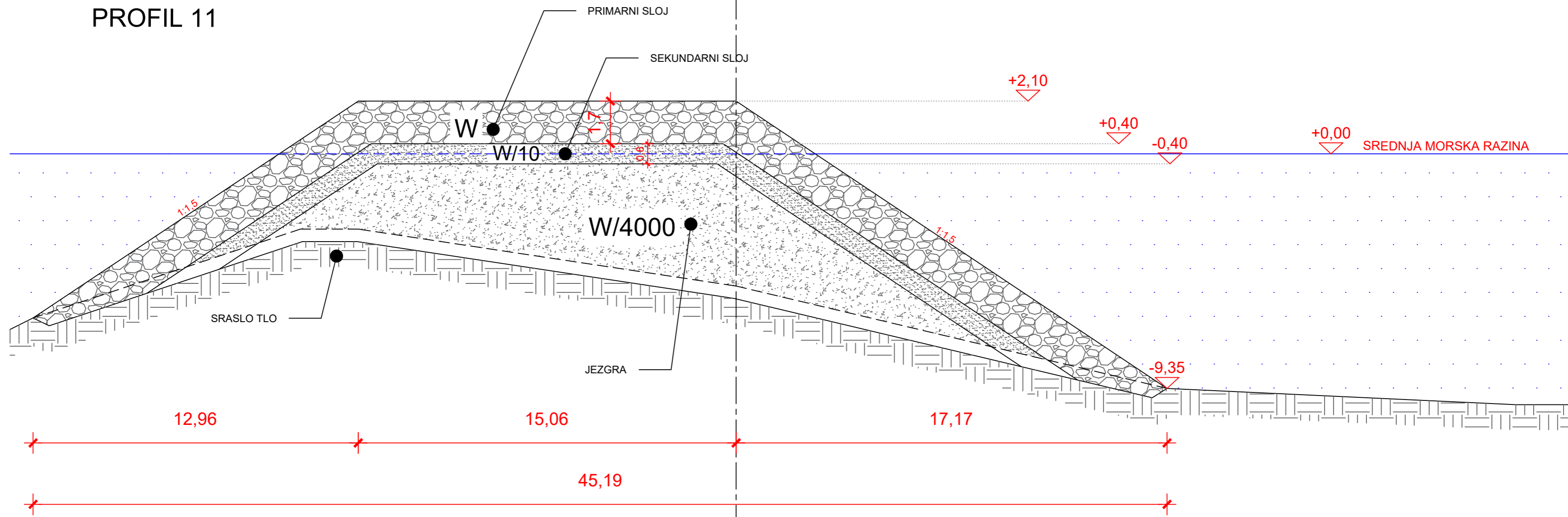
| OZNAKA | SLOJ | RASPON VELIČINA | |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| W | PRIMARNI SLOJ | Wmin = 11,77 kN | Wmax = 19,63 kN |
| W/10 | SEKUNDARNI SLOJ | Wmin = 1,10 kN | Wmax = 2,04 kN |
| W/4000 | JEZGRA | Wmin = 1,18 N | Wmax = 6,67 N |

| | | | |
|-----------|---|---------------------|---|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| | DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Uzdužni presjeci pera P2 PROFIL 10 |
| | STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala |
| | MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 |
| | | | LIST: 5.3 |

Uzdužni profil nasutog pera PROFIL 11 M 1:200

7

PROFIL 11



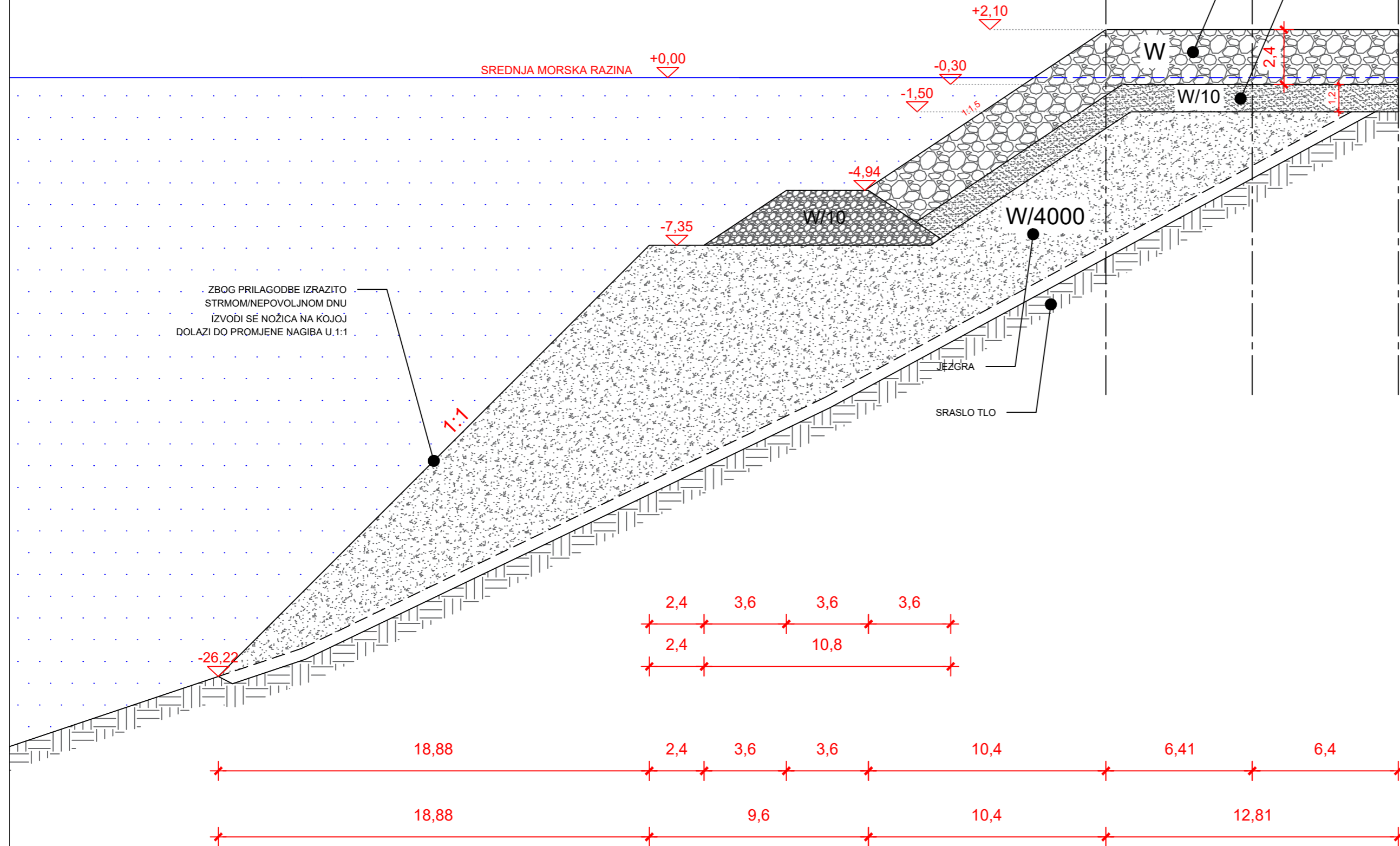
| OZNAKA | SLOJ | RASPON VELIČINA | |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| W | PRIMARNI SLOJ | Wmin = 11,77 kN | Wmax = 19,63 kN |
| W/10 | SEKUNDARNI SLOJ | Wmin = 1,10 kN | Wmax = 2,04 kN |
| W/4000 | JEZGRA | Wmin = 1,18 N | Wmax = 6,67 N |

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| | DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Uzdužni presjeci pera P2 PROFIL 11 |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 5.4 |

Uzdužni profil nasutog pera PROFIL 15 M 1:200

PROFIL 15

| OZNAKA | SLOJ | RASPON VELIČINA | |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| W | PRIMARNI SLOJ | Wmin = 33,72 kN | Wmax = 56,21 kN |
| W/10 | SEKUNDARNI SLOJ | Wmin = 3,14 kN | Wmax = 5,84 kN |
| W/4000 | JEZGRA | Wmin = 3,37 N | Wmax = 19,10 N |

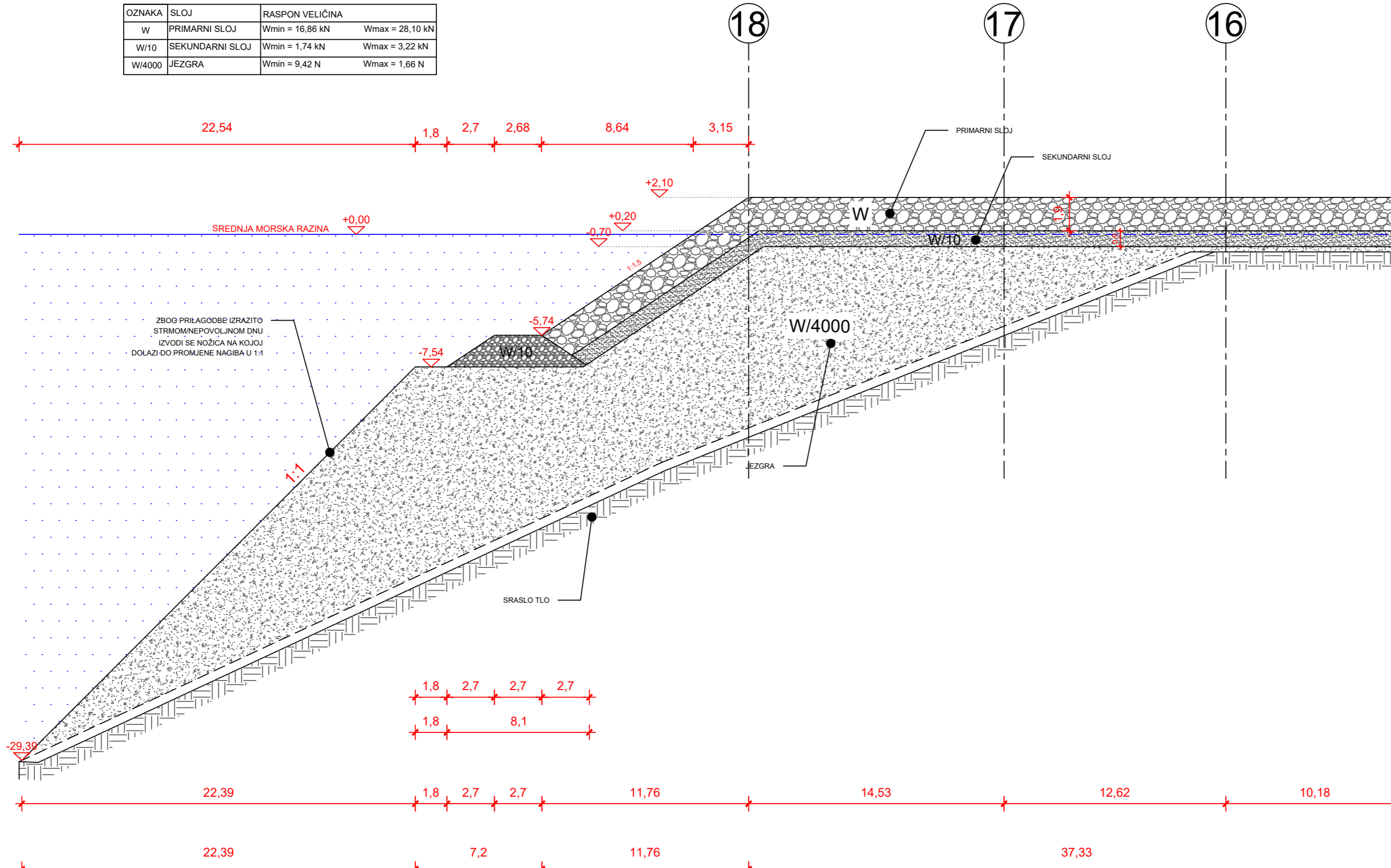


| | | | |
|---|---|---|--------------|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| | DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | SADRŽAJ: Uzdužni presjeci pera P3 PROFIL 15 | |
| STUDENT: Iva Miroslav | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 5.5 |

Uzdužni profil nasutog pera PROFIL 19 M 1:200

PROFIL 19

| OZNAKA | SLOJ | RASPON VELIČINA | |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| W | PRIMARNI SLOJ | Wmin = 16,86 kN | Wmax = 28,10 kN |
| W/10 | SEKUNDARNI SLOJ | Wmin = 1,74 kN | Wmax = 3,22 kN |
| W/4000 | JEZGRA | Wmin = 9,42 N | Wmax = 1,66 N |



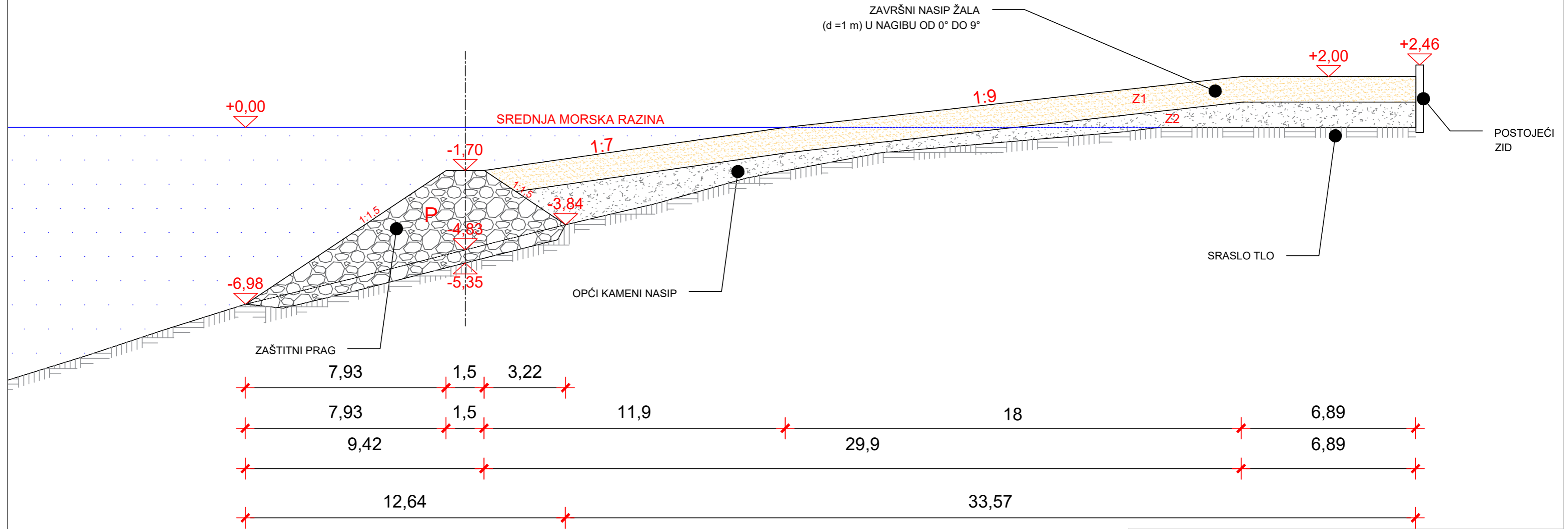
| | | | |
|---|---------------------|---|--------------|
| GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | | |
| DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Uzdužni presjeci pera P3 PROFIL 19 | |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 5.6 |

ŽALO

Karakteristični presjek

PROFIL I

M 1:100

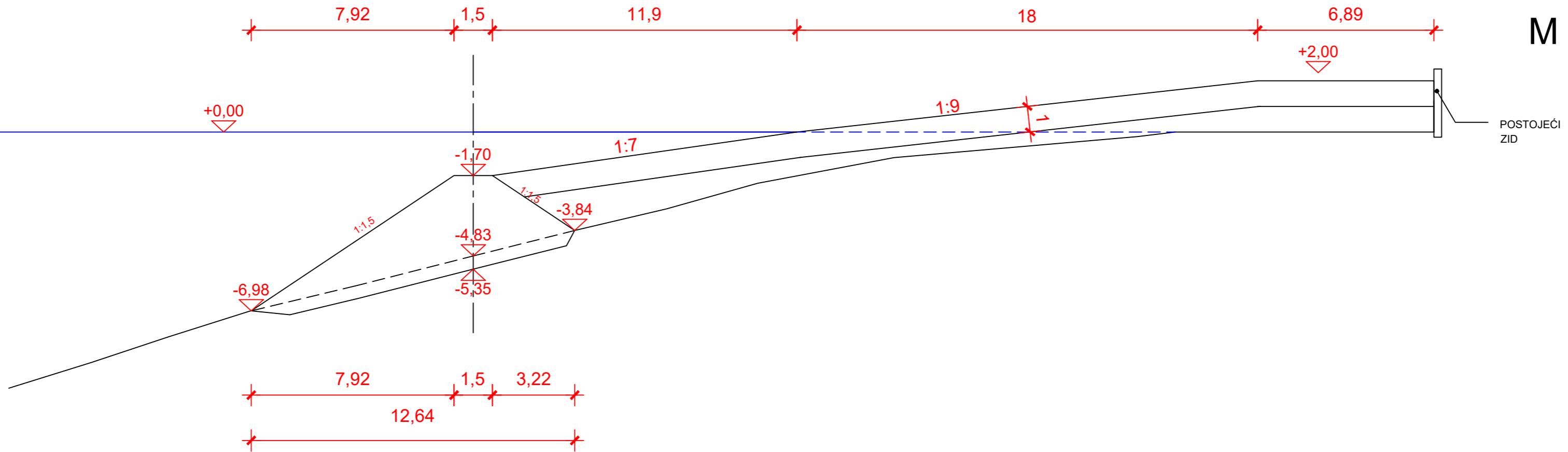


| OZNAKA | SLOJ | RASPON VELIČINA |
|--------|-------------------|--------------------------|
| Z1 | ŽALO | Dmin = 4mm Dmax = 16mm |
| Z2 | OPĆI KAMENI NASIP | Dmin = 0 mm Dmax = 64 mm |
| P | ZAŠTITNO PERO | Wmin=1,27N Wmax = 2,35kN |

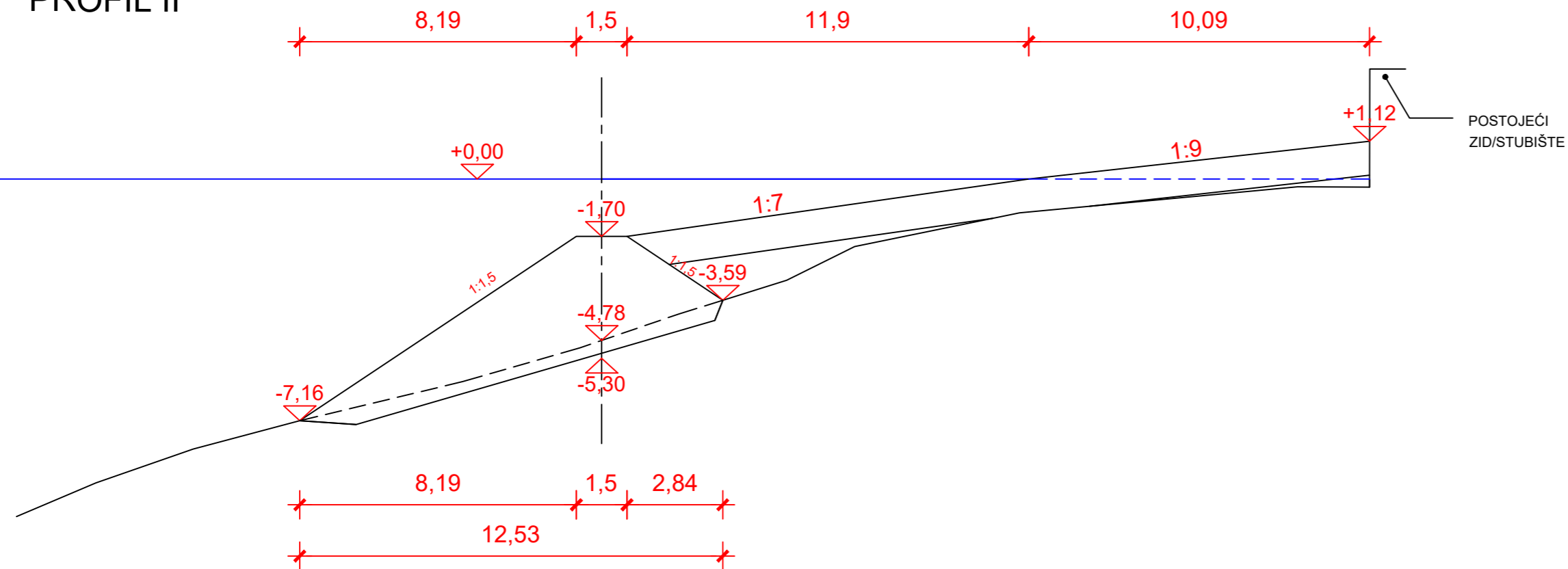
| | |
|---|--|
| GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | |
| DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | SADRŽAJ: Karakteristični presjek žala PROFIL I |
| STUDENT: Iva Miroslav | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ | MJERILO: 1 : 100 |
| | DATUM: 30.8.2022 |
| | LIST: 6 |

Uzdužni profil nasutog pera PROFIL I i PROFIL II M 1:200

PROFIL I



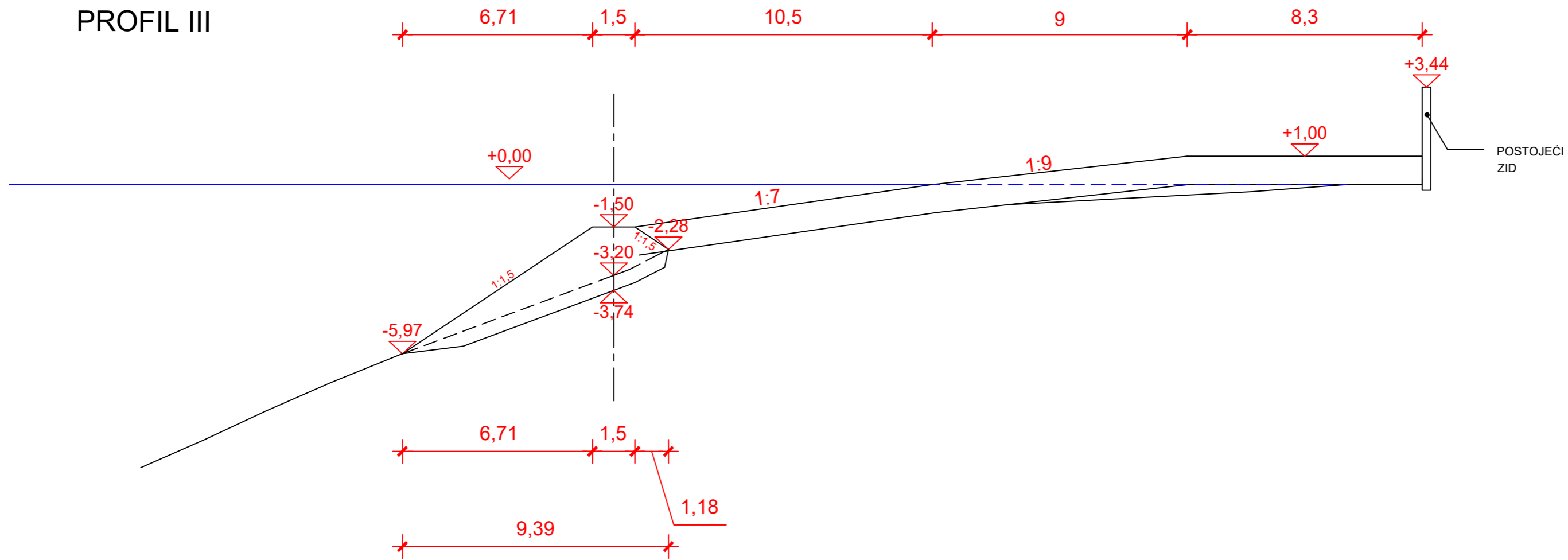
PROFIL II



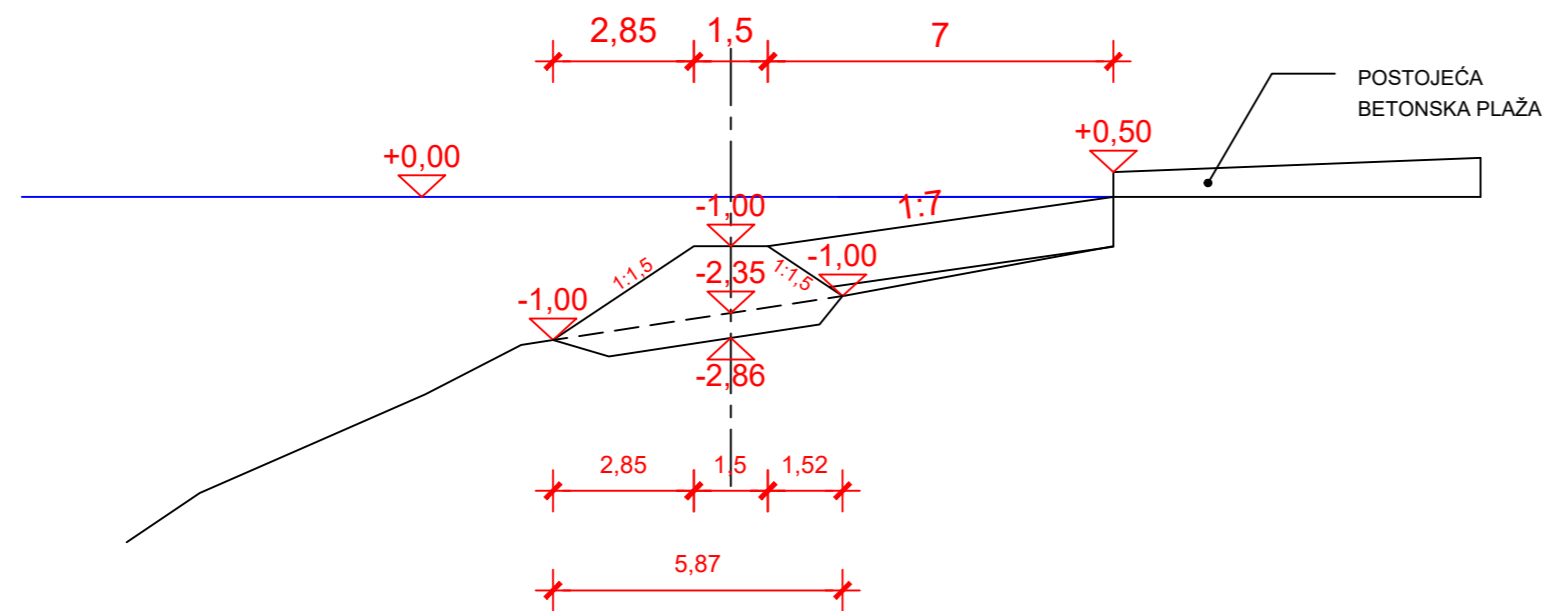
| | | | |
|--|---|--|--------------|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| | DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | SADRŽAJ: Presjek žala PROFIL I i PROFIL II | |
| STUDENT: Iva Miroslav | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ. | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 7.1 |

Uzdužni profil nasutog pera PROFIL III i PROFIL IV M 1:200

PROFIL III



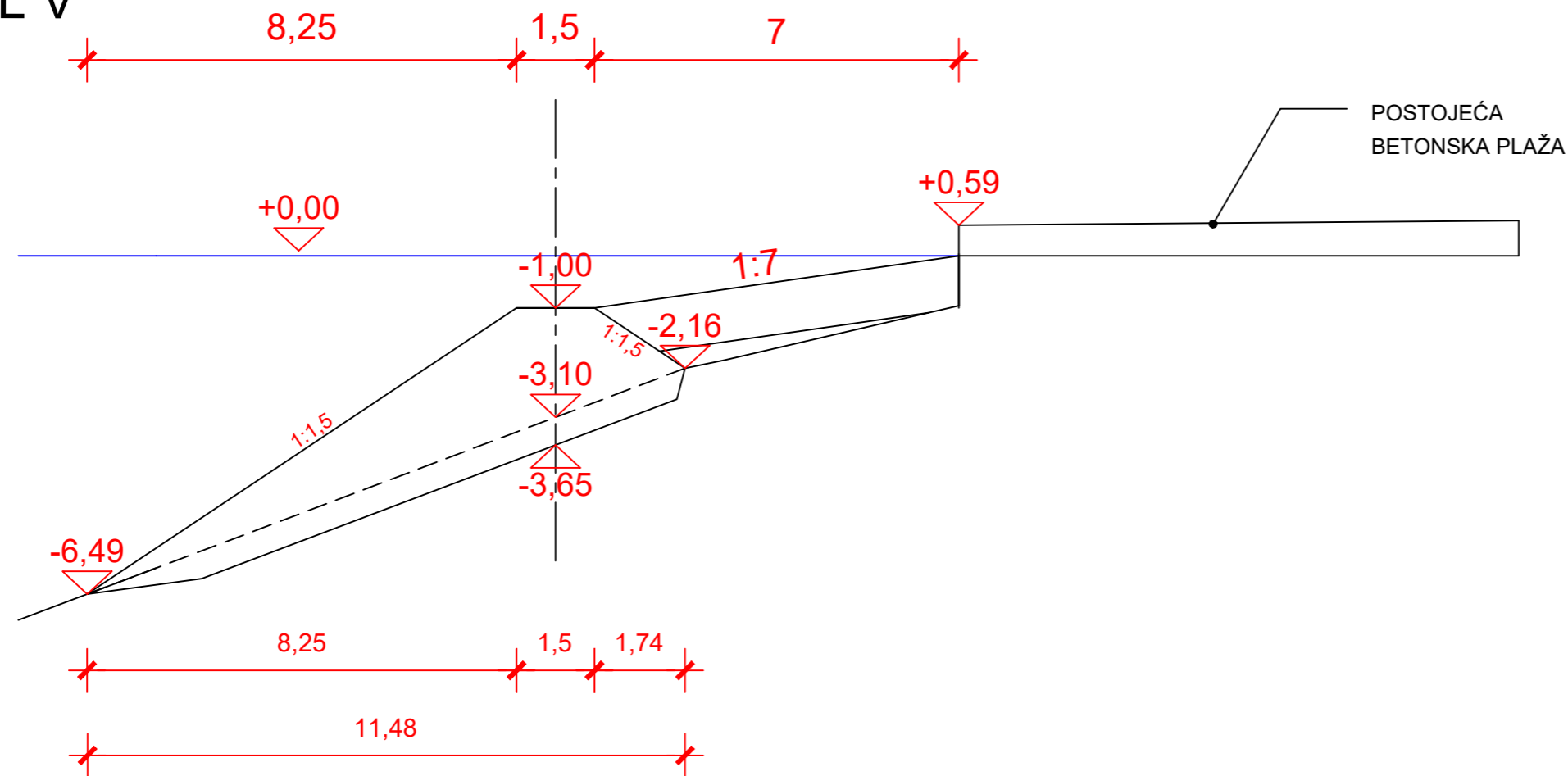
PROFIL IV



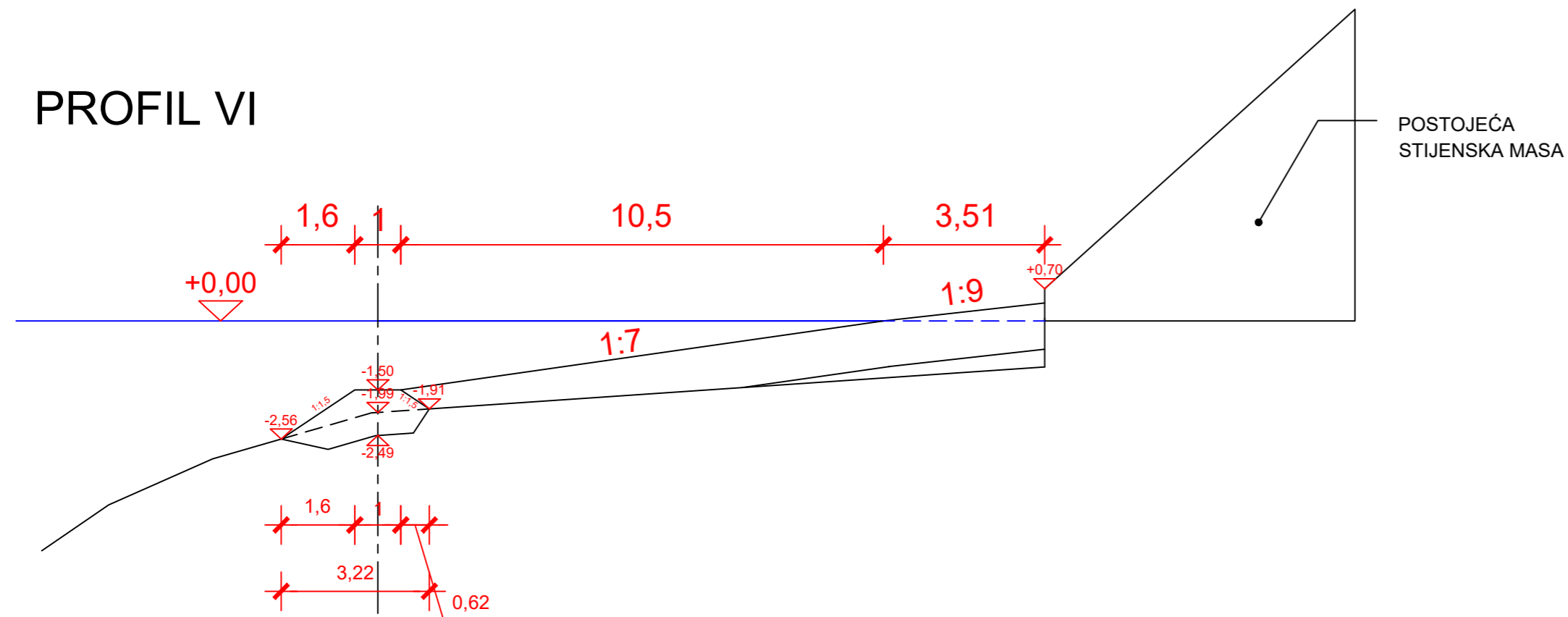
| | | | |
|--|---|------------------------------------|--|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| | DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Presjek žala PROFIL III i PROFIL IV |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ. | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 7.2 |

Uzdužni profil nasutog pera PROFIL V i PROFIL VI M 1:200

PROFIL V



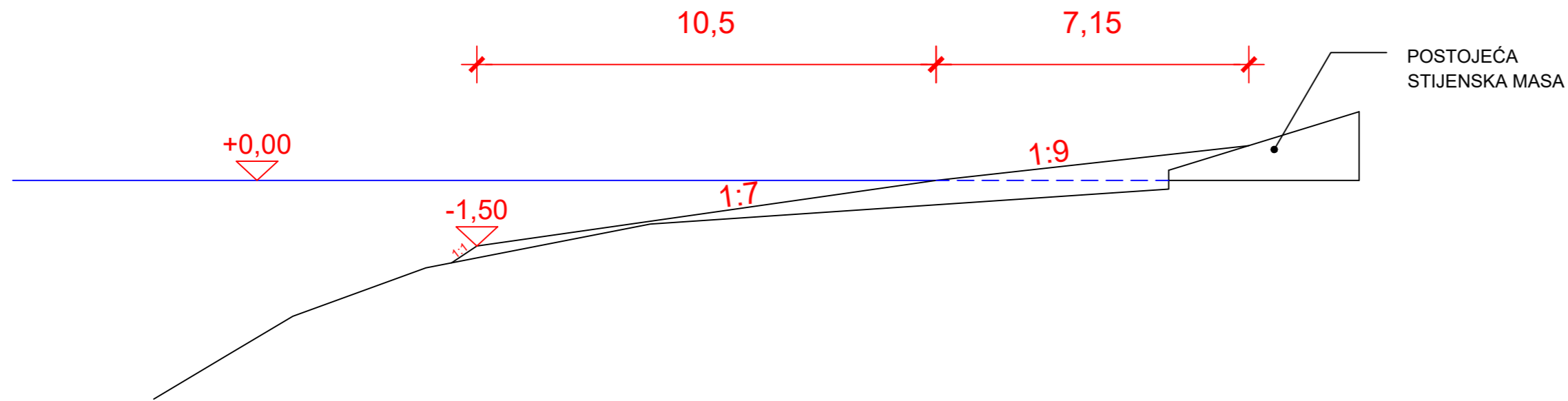
PROFIL VI



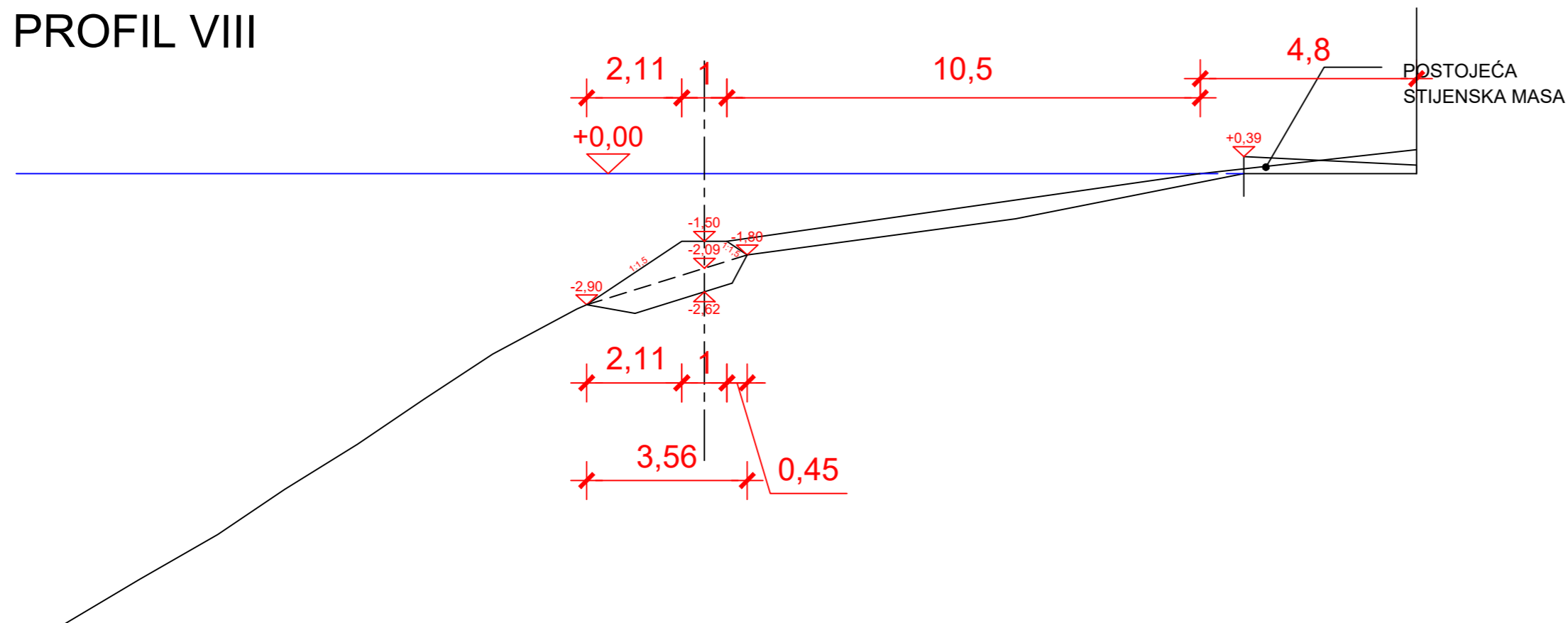
| | | | |
|---|---------------------|--|--------------|
| GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | | |
| DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | | SADRŽAJ: Presjek žala PROFIL V i PROFIL VI | |
| STUDENT: Iva Miroslav | | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ. | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 7.3 |

Uzdužni profil nasutog pera PROFIL VII i PROFIL VIII M 1:200

PROFIL VII



PROFIL VIII



| | | | |
|--|---|--|--------------|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI | | |
| | DIPLOMSKI RAD: Projekt umjetnog žala u Žurkovu, općina Kostrena | SADRŽAJ: Presjek žala PROFIL VII i PROFIL VIII | |
| STUDENT: Iva Miroslav | KOLEGIJ: Gradnja marina i obala | | |
| MENTOR: Doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ. | MJERILO: 1 : 200 | DATUM: 30.8.2022 | LIST: 7.4 |