

Pokretni mostovi

Barešić, Mia

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:500085>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Mia Barešić

POKRETNI MOSTOVI

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Mia Barešić

POKRETNI MOSTOVI

ZAVRŠNI RAD

Mentor: doc. dr. sc. Mladen Srbić

Komentor: doc. dr. sc. Dominik Skokandić

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Mia Barešić

MOVEABLE BRIDGES

FINAL EXAM

doc. dr. sc. Mladen Srbić

doc. dr. sc. Dominik Skokandić

Zagreb, 2024.



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Student/ica :

Mia Barešić

(Ime i prezime)

0082064710

(JMBAG)

zadovoljio/la je na pisanom dijelu završnog ispita pod naslovom:

Pokretni mostovi

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

Moveable bridges

(Naslov teme završnog ispita na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum:

17.09.2024.

Mentor:

doc.dr.sc. Mladen Srbić

Potpis mentora:

Komentor:

doc.dr.sc. Dominik Skokandić



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja :

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

Potpis:



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Ja :

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela završnog ispita i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom prijediplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio završnog ispita bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

Potpis:

SAŽETAK

Pokretni mostovi projektiraju se na područjima iznad vodenih prolaza ili ostalim mjestima na kojima je izvedba fiksnih mostova teško provediva ili nemoguća zbog nedovoljne svjetle visine za neometan promet plovila. Izvode se na područjima izmjene dvaju prometa, od kojih je jedan intenzivniji od drugog, te se ovisno o tome zatvaraju i otvaraju. Ovi mostovi sežu daleko u povijesti no tamo nisu i ostali, već brojnim primjerima izvedbi ovih konstrukcija zadnji niz godina možemo zaključiti da su svakako suvremeno i kvalitetno rješenje na brojnim područjima. Kroz ovaj rad ćemo se dotaknuti starijih i suvremenih tipova i objasniti njihov značaj i isplativost. Rad se sastoji od dva dijela. U prvom teorijskom dijelu prikazane su osnovne značajke pokretnih mostova, opći podatci o konstrukciji, tipovi pokretnih mostova s izvedenim primjerima. Cilj je istaknuti inovativnost i genijalnost inženjerskog znanja u projektiranju i samoj izgradnji ovih mostova. Posebna pažnja stavljena je na rasklopni tip pokretnog mosta, konkretno na Most hrvatskih branitelja u Trogiru, koji će biti analiziran u praktičnom dijelu rada. Projektni dio rada bavi se analizom mosta po fazama podizanja. Napravljena je analiza opterećenja stalnog djelovanja, dodatnog stalnog djelovanja i analiza vjetra. U statičkom programu SAP obrađeni se vrijednosti dobivene analizom opterećenja i kao rezultat dobivene su reakcije na prešu i bravu mosta.

Ključne riječi: pokretni most, otvaranje mosta, zatvaranje mosta, rasklopni sistem, analiza opterećenja

SUMMARY

Movable bridges are designed for areas above waterways or other locations where the construction of fixed bridges is difficult or impossible due to insufficient clearance for uninterrupted vessel traffic. They are used in areas where two types of traffic intersect, one of which is more intensive than the other, and they open and close accordingly. These bridges have a long history but have not remained in the past. Numerous examples of these structures in recent years demonstrate that they are indeed a modern and efficient solution in many areas.

This paper will address these contemporary types and explain their significance and cost-effectiveness. The paper consists of two parts. The first theoretical part presents the basic characteristics of movable bridges, general construction data, types of movable bridges with executed examples. The aim is to highlight the innovation and ingenuity of engineering knowledge in the design and construction of these bridges. Special attention is given to the bascule-type movable bridge, specifically the Croatian War Veterans Bridge in Trogir, which will be analyzed in the practical part of the paper. The project part of the paper deals with the analysis of the bridge during the phases of opening. An analysis of permanent load effects, additional permanent load effects, and wind analysis was conducted. In the SAP static program, the values obtained from the load analysis were processed, and as a result, reactions at the bridge's press and lock were obtained.

Keywords: movable bridge, bridge opening, bridge closing, bascule system, load analysis.

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 5 |
| 2. METODE I TEHNIKE RADA..... | 7 |
| 3. POVIJEST I RAZVOJ POKRETNIH MOSTOVA..... | 8 |
| 3.1. Rani primjeri pokretnih mostova..... | 8 |
| 3.2. Industrijska revolucija i tehnološke inovacije..... | 10 |
| 3.3. Moderno Doba i suvremeni pokretni mostovi..... | 11 |
| 3.4. Budućnost pokretnih mostova..... | 13 |
| 4. TIPOVI POKRETNIH MOSTOVA..... | 14 |
| 4.1. Rasklopni mostovi..... | 14 |
| 4.1.1. Povijesni Razvoj..... | 14 |
| 4.1.2. Osnovni tipovi Rasklopnih Mostova..... | 15 |
| 4.1.3. Podtipovi rasklopnih pokretnih mostova..... | 16 |
| 4.1.4. Primjeri rasklopnih mostova..... | 25 |
| 4.1.5. Rasklopni mostovi u Hrvatskoj..... | 27 |
| 4.2. Zaokretni mostovi..... | 31 |
| 4.2.1. Podjela zaokretnih mostova..... | 32 |
| 4.2.2. Primjer zaokretnih mostova..... | 35 |
| 4.2.2. Zaokretni mostovi u Hrvatskoj..... | 37 |
| 4.3. Povlačni mostovi..... | 39 |
| 4.3.1. Primjeri povlačni mostova..... | 39 |
| 4.3.2. Povlačni mostovi u Hrvatskoj..... | 41 |
| 4.4. Vertikalno podizni mostovi..... | 41 |
| 4.4.1. Dva tipa pogonskih sustava vertikalno podiznih mostova..... | 42 |
| 4.4.2. Primjeri vertikalno podiznih mostova..... | 44 |
| 4.4.3. Vertikalno podizni mostovi u Hrvatskoj..... | 46 |
| 4.5. Prijevozni tip pokretnog mosta..... | 47 |
| 4.5.2. Primjeri prijevoznog tipa pokretnih mostova:..... | 47 |
| 5. ANALIZA OPTEREĆENJA ZA MOST KOPNO – OTOK ČIOVO..... | 49 |

| | |
|---|-----------|
| 5.1.1. Vlastita težina..... | 49 |
| 5.2. Vjetar (EN 1991-1-4) | 50 |
| 5.2.2. Vjetar na rasponski sklop uzdužno Fw – otvoren most 25° | 54 |
| 5.2.3. Vjetar na rasponski sklop poprečno Fw..... | 55 |
| 5.2.4 Vjetar na rasponski sklop uzdužno Fw | 56 |
| 6. PRORAČUN POKRETNOG DIJELA MOSTA ZA FAZE OTVARANJA | 57 |
| 6.1. Prikaz djelovanja na most u podignutom stanju | 57 |
| 6.1.1. Kut zaokreta 0° – nakon početka podizanja; aktiviranje preša..... | 57 |
| 6.1.2. Kut zaokreta 25° - Most u podignutom stanju..... | 58 |
| 6.1.3. Kut zaokreta 50° - Most u podignutom stanju..... | 59 |
| 6.1.4. Kut zaokreta 75° - Most u podignutom stanju; aktivne preše | 60 |
| 6.1.5. Kut zaokreta 75° - Most u podignutom stanju; aktivne brave | 61 |
| 7. REZULTATI ANALIZE MOSTA | 63 |
| 7.1. Kut zaokreta 0° – rezultati analize nakon početka podizanja | 63 |
| 7.2. Kut zaokreta 25° - rezultati analize prilikom podizanja | 65 |
| 7.3. Kut zaokreta 50° - rezultati analize prilikom podizanja | 68 |
| 7.4. Kut zaokreta 75° - rezultati analize prilikom podizanja; aktivne preše | 69 |
| 7.5. Kut zaokreta 75° - rezultati analize prilikom podizanja; aktivne brave | 72 |
| 8. Sile na osovinu, preše i brave prilikom podizanja mosta | 75 |
| 9. ZAKLJUČAK..... | 77 |
| 10. LITERATURA | 78 |
| 12. POPIS SLIKA..... | 81 |
| 13. POPIS TABLICA | 84 |

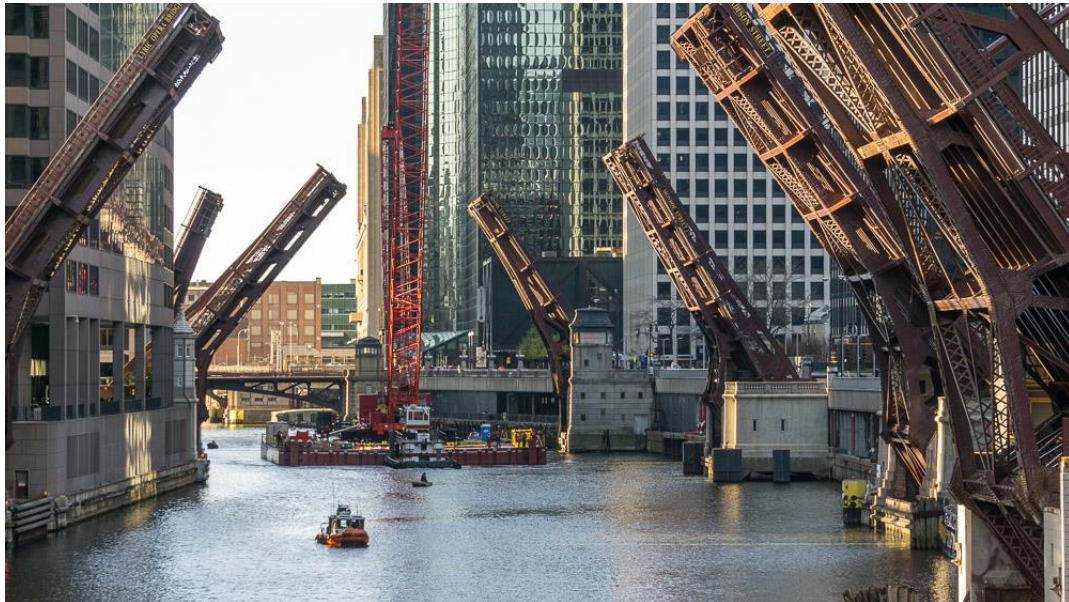
1. UVOD

Djelatnost građenja mostova nastala je iz ljudske potrebe za premošćivanjem prometa preko određenih zapreka bilo kopnenih ili vodenih. Svojom strukturom omogućuju kretanje pješaka, plovila ili vozila. Imajući to na umu sigurno je da na svim područjima nije moguće izvesti jednak most već se kroz povijest broj tipova mostova i različitih načina gradnje povećao te je tako i u jednom trenutku došlo do potrebe za izgradnjom mosta koji ima dio koji je moguće rastvoriti. Pokretni mostovi, kao što im ime nagovještuje, imaju pomične rasponske konstrukcije ili dijelove kojima se omogućuje prolaz većih plovila ili drugih objekata od osigurane visine slobodnog profila. Posebno su značajni u urbanim sredinama i prometnim čvorištima gdje prostor i navigacijski zahtjevi limitiraju mogućnosti izgradnje visokih mostova. Početci ovih tipova mostova, naravno puno primitivnije verzije od suvremenih, sežu daleko u srednji vijek kada su korišteni kao obrambeni objekti te su se ručno otvarali. Industrijskom revolucijom i razvojem složenijih mehaničkih sustava, pokretni mostovi postali su sofisticiraniji, ujedinjujući napredne inženjerske tehnike i materijale čime se omogućila izgradnja složenijih i efikasnijih struktura. [1]

Osnovna zadaća pokretnih mostova je da balansiraju potrebe kopnenog i vodenog prometa. Ovaj dualizam funkcije odražuje se simultano, odnosno dok je most otvoren za prolaz plovilima, cestovni ili pješački promet je zaustavljen i obrnuto. Zbog ovog periodičkog propuštanja prometa grade se tamo gdje nije jednak intenzitet za obje vrste prometa i na mjestima gdje mostove s visokom niveletom nije moguće izvesti zbog uvjeta terena ili visoke cijene. Izgradnja pokretnih mostova zahtijeva inovativna rješenja koja obuhvaćaju različite tipove mehanizama kao što su klasični zupčasti sistemi, hidraulični pogoni i moderni elektromehanički uređaji. Svaka od ovih tehnologija osmišljena je kako bi se osigurao siguran i učinkovit način rada, no kao i sve nosi svoje specifične izazove i prednosti. Kao i kod svih tipova mostova i pokretni imaju složenu strukturu koja se može podijeliti na gornji i donji ustroj. Svaki od ovih dijelova ima specifične komponente koje su ključne za funkcioniranje mosta. Razumijevanje gornjeg i donjeg ustroja pokretnih mostova ključno je za njihovo projektiranje, izgradnju i održavanje. Donji ustroj kao i nepokretni dijelovi pokretnih mostova projektiraju se na jednak način kao da se radi o nepokretnim mostovima. Pokretni dijelovi ovih mostova su ono na čemu se vidi znanje i posebnost inženjerskog zanata te se baš ti dijelovi nastoje izvesti što lakšima zbog jednostavnijeg pokretanja i velika se pažnja okreće prema pogonskim strojevima koji omogućavaju otvaranje ovih mostova. [1,2]

Obzirom na otvaranje mostova se upravo i dijeli pokretne mostove u više skupina, pa one najglavnije bi bili: rasklopni mostovi, vertikalno podizni mostovi, zaokretni mostovi, povlačni

mostovi i prijelazni pokretni mostovi. Izbor najboljeg tipa pokretnog mosta za određeno područje ovisi o svijetloj visini, širini i visini slobodnog profila ispod mosta, trajanju otvaranja i zatvaranja pokretnih dijelova , te i o prirodnim i klimatskim uvjetima područja za koje se most projektira.



Slika 1.: Mostovi rijeke Chicago [3]

2. METODE I TEHNIKE RADA

Za izradu ovog završnog rada koristili su se razni izvori kako bi se obuhvatili svi aspekti pokretnih mostova, s naglaskom na rasklopne mostove. Primarna metoda bila je analiza stručne literature, uključujući tehničke priručnike, inženjerske časopise i povijesne studije mostogradnje. Korištene tehnike uključuju:

- a) **Analizu literature:** Pregled dostupnih knjiga i radova koji obuhvaćaju povijest, razvoj i tehnologiju pokretnih mostova.
- b) **Studije slučaja:** Analize postojećih pokretnih mostova, kroz proučavanje tehničkih podataka, konstrukcijskih nacрта i operativnih karakteristika.
- c) **Usporedba:** usporedba različitih tipova pokretnih mostova, s posebnim naglaskom na njihove prednosti i nedostatke.
- d) **Proračun:** Korištenje separata i dostupnih materijala za proračun analize opterećenja i za proračun pokretnog dijela mosta za faze otvaranja. Korištenje programa SAP za statički proračun mosta.

3. POVIJEST I RAZVOJ POKRETNIH MOSTOVA

Pokretni mostovi imaju dugu i značajnu povijest koja svoje korijene vuče još od ranih civilizacija gdje su se gradili jednostavni prijelazi preko vodenih prepreka dok su istovremeno dizanjem omogućavali prolaz brodova. Danas je njihova ideja i funkcija ostala ista no razvikanom kroz godine koji je povezan s napretkom tehnologije i industrije, te inženjerskim znanjem i potrebama društva suvremeni pokretni mostovi su itekako mostovi današnjice i budućnosti.

3.1. Rani primjeri pokretnih mostova

Prvi dokazi o konstrukcijama sličnim rasklopnom pokretnom mostu vežu se za Egipat četrnaestog stoljeća prije Krista. Gradili su se preko jaraka kako bi pružali zaštitu od vojski ili pljačkaša. Kraljica Nitocris iz Babilona, prema Herodotu, dala je sagraditi je tip najbliži današnjem povlačnom mostu u svrhu zaštite preko Eufrata oko 460. godine prije Krista. [4]



Slika 2.: Kraljica Nitocris nadgleda gradnju mosta preko Eufrata [6]

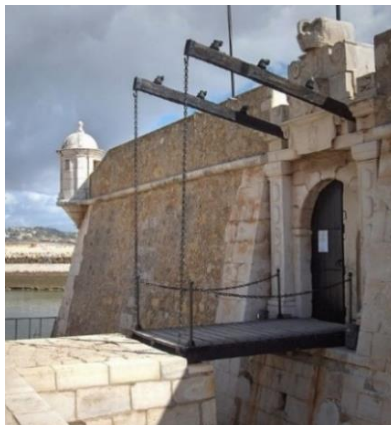
Gotovo su se svi rani mostovi gradili kako bi omogućili kopnenom prometu prelazak preko vodene zapreke. Mostove je bilo teško financirati u ranijim vremenima i obično su se gradili za vojne svrhe i često su bili privremeni. Ti mostovi su bili uglavnom jednostavni s prostim pokretnim dijelovima, poput drvenih platformi koje su se podizale zbog prolaska brodova. [5]

Područja sa značajnim trgovačkim putevima razvila su potrebu za mostovima relativno rano u povijesti. Primjer je London u Engleskoj koji se, barem za rimskih vremena, nalazio na glavnoj britanskoj trgovačkoj ruti, te na najnižoj točki rijeke Temze preko koje se lako mogao ostvarit prijelaz . Ondje su Rimljani izgradili prilično izdrživ drveni most koji, prema Richardu Thompsonu, je bio drveni most s pokretnim rasponom izgrađen 994. godine. Taj most je ostao stajati i u vrijeme Vilima Osvajača (1066.–1087.), ali je do dvanaestog stoljeća bio u lošem stanju. Zatim se dogovorno dao izgraditi novi most, koji je imao kratki rasponski sustav . Međutim, stupovi mosta su ometali protok vode nizvodno što je otežalo prolazak plovila kroz pokretni raspon, pa se pokretni raspon rijetko koristio. Ograničena korisnost pokretnog raspona, u kombinaciji s njegovim zahtjevima za dodatnim održavanjem, dovela je do toga da je na kraju zamijenjen fiksnim rasponom kakav je ostao i danas.



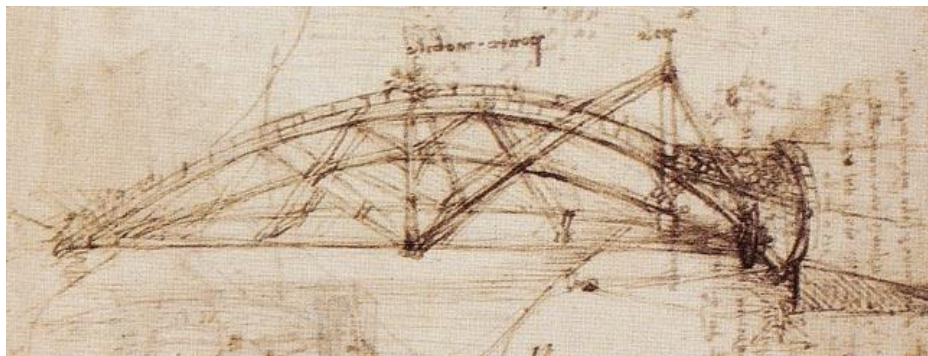
Slika 3.: Detalj uljane slike „View of London Bridge“ ,Claude de Jongh 1632. godine [7]

U srednjovjekovnom periodu cilj pokretnih mostova bio je pružiti zaštitu od vojska, pljačkaša i ostalih neprijatelja, a ovi mostovi su se često gradili preko zaštitnih jaraka oko utvrda. Namjena im je bila da se otvore kako bi prekinuli prilazne putove, a također otvoreni dio mosta služio je kao dodatna vrata, zatvarajući ulaz u utvrdu. [4,5]



Slika 4.: Primjer srednjovjekovnog pokretnog mosta na dvorcu [4]

Tijekom kasnog srednjeg vijeka i renesanse izumitelji su se bavili razvojem raznih tipova konstrukcija i izuma, u skupu njih postoje i dizajni pokretnih mostova. Kao jedan od istaknutijih inovatora tog vremena, Leonardo da Vinci, razvio je planove za asimetrični rotirajući most i rasklopni most. Njegov model pokretnog mosta bio je dizajniran za vojne svrhe i to se vidi kroz svojstva koja je taj most trebao imati: da bude lagan i lako prenosiv, da je jednostavan za upotrebu, koristi je zglojni mehanizam zbog lakšeg transporta jer se mogao preklopiti i trebao je biti dovoljno težak da izdrži prelazak vojnika i opreme. Njegovi radovi su bili ispred svog vremena i iako ne postoji informacija da je za njegova života takav most izgrađen ti crteži su kasnije utjecali na kasniji razvoj inženjeringa i vojnih tehnologija. [5]



Slika 5.: Crtež paraboličnog mosta sa zaokretnim dijelom [8]

3.2. Industrijska revolucija i tehnološke inovacije

Industrijska revolucija u 19. stoljeću bila je nova prekretnica koja je sa sobom donijela napredak i tehnologije i materijala, što je ujedno omogućilo gradnju većih, kompleksnijih i trajnijih pokretnih mostova. Uz nova tehnološka saznanja, simultano se razvija i inženjerska nauka te su proračuni konstrukcije bili bolji i kao rezultat toga iste te konstrukcije su bile sigurnije ali i dugovječnije. Mehanički napredak iskazao se izumom parnog storija i kasnije električnih motora, koji su bili ključ optimizacije rada mehanizma za dizanje mostova. Za vrijeme ranog industrijskog doba najčešći tip koji se dizajnirao je okretni most. Funkcionira tako da se pomični sklopovi horizontalno rotiraju na osovini smještenoj ispod njihova središta gravitacije, jer su bili jednostavniji za dizajniranje i općenito su smatrani ekonomičnijima pošto je tada energija bila skupa, a razmišljanje ljudi bilo je da su okretni sklopovi jeftiniji jer ih nije potrebno podizati i spuštati. Kasnije su razvijeni i rasklopni mostovi, koji se podižu oko horizontalne osi, slično principu rada klackalice (franc. bascule = klackalica). Oni su se pokazali korisnima u gradskim sredinama, gdje su bili potrebni česti prijelazi preko plovnih putova. Sva ova tehnološka postignuća su ključna za razvoj modernih transportnih sustava,

a industrijska revolucija postavila je temelje za daljnji razvoj mostogradnje i urbanog planiranja. [5]

3.3. Moderno Doba i suvremeni pokretni mostovi

U 20. stoljeću, razvoj betona, čelika i naprednih inženjerskih metoda i novih znanstvenih saznanja doveo je do izgradnje pokretnih mostova koji su bili sposobni podnijeti velike opterećenja i izdržati teške uvjete. Hidrauličkih sustavi postali su standard, omogućavajući preciznu kontrolu nad pokretanjem mostova. Današnji pokretni mostovi koriste sofisticirane tehnologije, uključujući automatizirane sustave i senzore za nadzor i kontrolu, kako bi se osiguralo sigurno i efikasno upravljanje prometom. Jedan takav primjer je most Botlek (slika 6.) koji ispod slike okarakteriziran. Oni su ključni za prometnu infrastrukturu u mnogim urbanim sredinama i na prometnim vodnim putovima. [9]

3.3.1. Napredak u dizajnu i tehnologiji:

- a) **Automatizacija sustava:** Suvremeni pokretni mostovi često su opremljeni naprednim sustavima za automatizaciju, koji omogućuju daljinsko upravljanje i nadzor. Time se smanjuje potreba ljudske intervencije i povećava sigurnost i efikasnost korištenja mosta. Pod takve sustave spadaju napredni senzori, računala za kontrolu kretanja i sustavi za prevenciju sudara.
- b) **Korištenje novih materijala:** Koriste se napredni materijali poput kompozita i visokokvalitetnog čelika, koji omogućuju izgradnju laganijih, ali čvrstih konstrukcija. Ovi materijali pružaju veću otpornost na koroziju i smanjuju troškove održavanja.
- c) **Ekološka održivost:** Suvremeni pokretni mostovi često se dizajniraju s naglaskom na ekološku održivost, što uključuje upotrebu energetski učinkovitih sustava za podizanje i spuštanje mostova te smanjenje ekološkog otiska tijekom gradnje i operacija. Neki mostovi koriste obnovljive izvore energije, poput solarne energije, za napajanje svojih operativnih sustava



Slika 6.: Botlek most, Rotterdam [10]

- Na slici iznad (slika 6.) prikazan je jedan primjer modernog pokretnog mosta , most Botlek u Nizozemskoj koji je dovršen 2015. godine. Ovaj je most dio infrastrukture Rotterdamske luke, jedan je od najnaprednijih inženjerskih i dizajnerskih dostignuća u tehnologiji pokretnih mostova danas i izvrstan je primjer kako moderna inženjerska rješenja mogu odgovoriti na zahtjeve prometa i pomorskog transporta u velikoj luci, dok istovremeno integiraju najnovije tehnologije, održivost i učinkovitost dizajna. [10,11]

Zašto se most Botlek smatra modernim:

1. **Veliki kapacitet i brzina:** Jedan je od najvećih podiznih mostova na svijetu, koji može podići svoj masivni središnji raspon (dužine preko 90 metara) na visinu od 45 metara u samo nekoliko minuta. Brzina i učinkovitost ovog procesa smanjuju prekide u prometu na cesti , što je bitno s obzirom na lokaciju mosta u vrlo prometnoj lučkoj zoni.
2. **Dvostruki rasponi:** Most se sastoji od dva odvojena podizna raspona, što omogućava podizanje jednog raspona za prolaz brodova dok drugi ostaje na mjestu za cestovni promet. Time se poboljšava protočnost prometa i osigurava lakšu operativnost kod održavanja ili tehničkih problema.
3. **Napredni materijali i dizajn:** Građen je od čelika visoke čvrstoće i betona, što ga čini izuzetno izdržljivim i sposobnim podnijeti težak cestovni promet i stres od čestih podizanja. Dizajn uključuje i najmodernije kontrolne sustave koji osiguravaju glatko i pouzdano funkcioniranje.
4. **Integracija s pametnom infrastrukturom:** Botlek most dio je šire pametne infrastrukturne mreže unutar Rotterdamske luke, koja uključuje sustave za praćenje u stvar-

nom vremenu i automatizaciju. Ovi sustavi optimiziraju protok prometa, poboljšavaju sigurnost i smanjuju troškove održavanja predviđanjem i reagiranjem na potencijalne probleme prije nego postanu ozbiljni.

5. **Održivost:** Dizajn je napravljen s naglaskom na energetske učinkovitost. Mehanizmi za podizanje optimizirani su na manju potrošnju energije, a cjelokupni moderni projekt smanjuje potrebu za opsežnim održavanjem, što je isplativo i ekološki prihvatljivo. [11]

3.4. Budućnost pokretnih mostova

S obzirom na sve veću urbanizaciju i potrebu za prilagodljivim rješenjima u prometnoj infrastrukturi, očekuje se daljnji razvoj tehnologija i dizajna pokretnih mostova. Korištenjem pametnih sistema optimizirati će se prometni tokovi, smanjiti gužve te olakšati održavanje mosta. Veliki značaj će biti na održivosti i razvoju ekološki prihvatljivih izvedba pokretnih mostova. Što uključuje korištenje obnovljivih izvora energije (solarni paneli, vjetroturbine) i uvođenje recikliranih i održivih materijala. Osim što će se raditi na tome da se poveća trajnost, sigurnost i funkcionalnost konstrukcije gledati će se da se novi pokretni mostovi dizajniraju s naglaskom na estetiku koja će kao i uvijek kada je riječ o mostovima doprinosti ljepoti i identitetu prostora gdje se gradi. Kao dio pametnih gradova, pokretni mostovi bit će dio globalno umreženih infrastruktura koje omogućuju praćenje, upravljanje i koordinaciju prometa na daljinu, s naglaskom na sigurnost i učinkovitost. Budućnost pokretnih mostova donosi spoj tehnologije, održivosti i estetike, stvarajući mostove koji ne samo da odgovaraju na suvremene izazove, već aktivno doprinose razvoju urbanih sredina. [12]

4. TIPOVI POKRETNIH MOSTOVA

Pokretni mostovi su specifična kategorija mostova koji imaju mogućnost podizanja, okretanja ili pomicanja, omogućujući prolaz brodova ili drugih plovila ispod njih. Klasificiraju se prema mehanizmu kojim se postiže pokretljivost pa ih dijelimo na rasklopne, vertikalno podizne, zaokretne, povlačne i prijevozne.

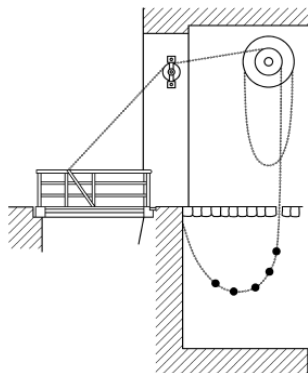
4.1. Rasklopni mostovi

Rasklopni mostovi su jedan od najčešćih tipova pokretnih mostova i često su upravo oni ono na što ljudi pomisle kada čuju pojam "pokretni most". Ovi mostovi omogućuju nesmetan prolaz brodova kroz vodene putove, dok istovremeno održavaju funkcionalnost cestovnog prometa na kopnu. Pokretni dio mosta otvara se rasklapanjem ili zakretanjem kraka oko horizontalne osi, koja je okomita na uzdužnu os mosta, podižući sredinu rasponskog dijela prema gore. Horizontalna os nalazi se blizu težišta kraka, čija je težina s jedne strane izbalansirana protutezima s druge, čime se osigurava minimalna potrebna sila za pokretanje. [2]

Prednosti rasklopnih mostova uključuju njihovu fleksibilnost u prilagodbi različitim visinama i širinama brodova te efikasnost u omogućavanju brzog i sigurnog prolaza plovila. No, izazovi se odnose na kompleksnost mehaničkog sustava, koji zahtijeva upotrebu visokokvalitetnih materijala i redovito održavanje, što povećava troškove izgradnje i održavanja. [4,5]

4.1.1. Povijesni Razvoj

Prvi rasklopni mostovi pojavili su se u srednjem vijeku, prvenstveno kao dio obrambenog sustava u europskim dvorcima. Ovi rani mostovi bili su jednostavne konstrukcije, najčešće podizani ručno pomoću sustava užadi i protutega. S razvojem inženjerskih znanja i industrijalizacije, rasklopni mostovi su postali sve sofisticiraniji, koristeći se u urbanim sredinama za omogućavanje prolaza brodova kroz gradske kanale. [4]



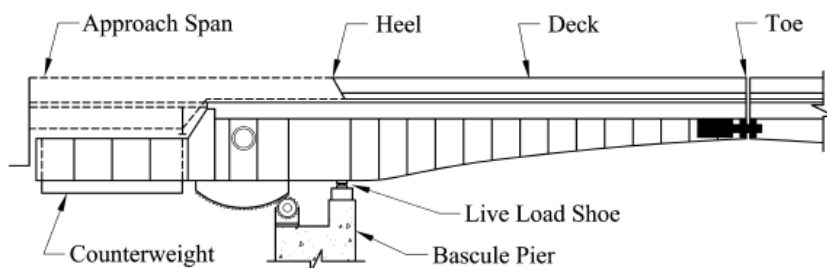
Slika 7.: Sistem podiznog mosta srednjevjekovnog dvorca [5]

4.1.2. Osnovni tipovi Rasklopnih Mostova

- a) **Jednostruki rasklopni mostovi** imaju jedan pokretni segment koji se podiže s jedne strane.



Slika 8.: Most Pont Jacques Thillard, Francuska [13]

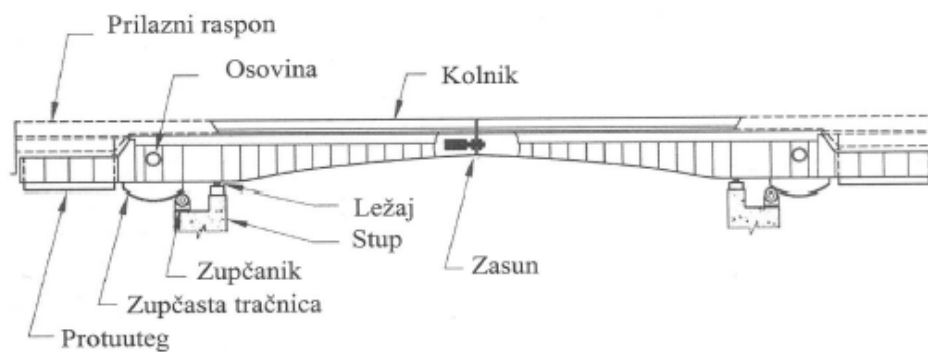


Slika 9.: Sistem jednostrukog rasklopnog mosta [16]

- b) **Dvostruki rasklopni mostovi** imaju dva pokretna segmenta odnosno dva konzolna dijela koja se u sredini dodiruju kada su zatvoreni, te koji se obostrano podižu uvis omogućujući širi prolaz za brodove.



Slika 10.: The Van Buren Street Bridge, Chicago [15]



Slika 11.: Sistem dvostrukog rasklopnog mosta [2]

4.1.3. Podtipovi rasklopnih pokretnih mostova

a) Osnovni (osovinski, „Chicago“) tip

Način rada : pokretni dio ili dijelovi (krak) se zaokreću oko horizontalne osi iz horizontalnog položaja u kojem je most zatvoren u vertikalni položaj u kojem je most otvoren. Osovine su postavljene u njihovo težište i za vrijeme otvaranja mosta prenose cjelokupnu težinu kraka i protutugeta. Jedan takav primjer je most Burnside (slika 12.) [2]



Slika 12.: Most Burnside, Portland [15]

Tablica 1.: Mehanizmi rada osnovnog tipa rasklopnog mosta

| Mehanizmi rada | Crtež |
|--|-------|
| Pokretni krak se nikada ne može otvoriti da stoji vertikalno | |
| Osovina oko koje se most okreće može služiti i kao oslonac u zatvorenom stanju | |
| Ležaj na koji se oslanja pokretni krak u zatvorenom položaju | |

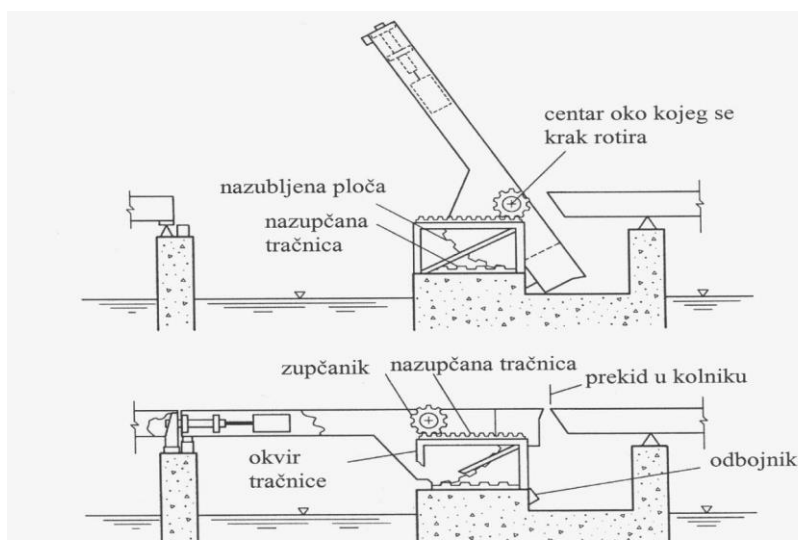
b) Scherzerov tip

Scherzerov tip rasklopnog mosta je jedna od najvažnijih inovacija u dizajnu pokretnih mostova. Dizajnirao ga je američki inženjer **William Donald Scherzer** 1893. godine te je s time zaslužio titulu jednog od najistaknutijih imena u povijesti mostogradnje.[2]



Slika 13.: Scherzerov most , Smiths Falls, Ontario [15]

Način rada: Mehanizam funkcionira tako da kada se sklop krene otvarati u isto vrijeme se i odmiče čime je omogućeno puno brže otvaranje uz manji napor te i tako kut otvaranja može biti manji. Ovaj most ima protutežu iznad mosta, što je karakteristično za Scherzerov most, takvim dizajnom omogućeno je postavljanje mosta relativno blizu vode i omogućuje vrlo jednostavan temelj. Pogonski se mehanizam nalazi na pokretnom krilu i obično koristi mehanički ili hidraulički pogon. Tako konstruiran most je bio brži i efikasniji u usporedbi s tadašnjim pokretnim mostovima čime se iskazuje njegova prednost nad drugim mehanizmima. Često se koristi za željezničke mostove te se tada izvodi sa jednim pokretnim krakom, jer teški tereti povezani s teškim željezničkim prometom onemogućuju postojanje zgloba na sredini raspona. [14]

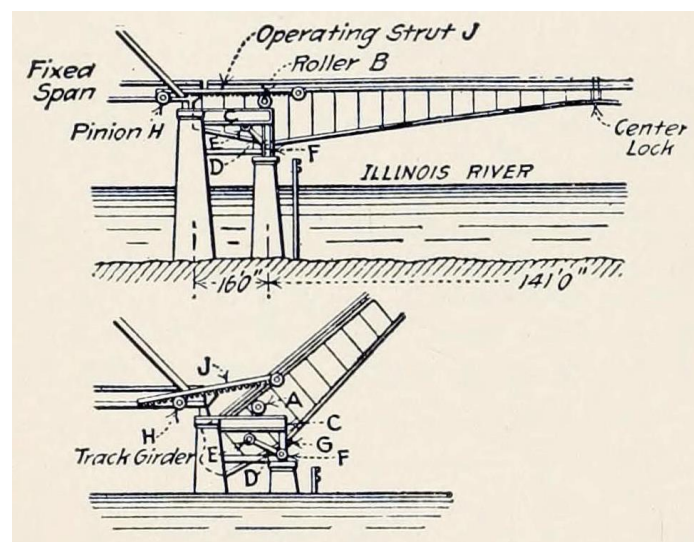


Slika 14.: Scherzer-ov tip rasklopnog mosta s jednim pokretnim krakom [14]

- Prve izvedbe ovih mostova projektirane su tako da prenose opterećenje kao trozglobni luk kada se pokretno opterećenje nalazi ispred središta rotacije kraka. U tom slučaju, koncentrirano pokretno opterećenje uravnotežuje se tlačnim linijama koje prolaze kroz sva tri zgloba (središnji zglob i zglobovi na stupovima). [2]
- Kasnije izvedbe uključivale su dodatne ležajeve na stražnjem dijelu pokretnog kraka, koji nisu u funkciji tijekom normalne uporabe, ali se aktiviraju u izvanrednim situacijama. Takvi slučajevi uključuju situacije kada se krak previše spusti ili kada je pokretno opterećenje smješteno na stražnjem dijelu kraka, iza središta rotacije. Na sredini mosta nalazi se sigurnosni zasun koji sprječava otvaranje mosta te mora biti zaključan kad je most zatvoren. [2, 14]

c) Rallove varijanta Scherzerovog tipa

Rallov model mosta dizajniran je s pokretnim krakom koji se oslanja na kotače koji se kreću po tračnicama. Ovaj tip rasklopnog mosta funkcionira uz pomoć sustava protuutega, zupčanika i motora koji omogućuju podizanje i spuštanje kraka. Za upravljanje mehanizmima podizanja i spuštanja nužan je operater koji iz kontrolne sobe, smještene uz most, kontrolira cijeli proces. [2]



Slika 15.: Rall-ov tip rasklopnog mosta [15]

Način rada: Pogon se sastoji od koji se okreću redukcijske zupčanike povezane s o-sovinama i zupčanicima. Zupčanici povlače upravljačke poluge povezane s podiznim rasponom i protutežama. Podizni raspon je podržan i vođen na stražnjim kutovima čeličnim Rallovim kotačima (slika 16.), nazvanim po njihovom izumitelju Theodoru Rallu. Težina podiznog raspona uravnotežena je s betonskim protutezima koji su iznad ceste mosta. Svaki protuteg je izravno povezan s krilima podiznog mosta. [17]



Slika 16.: Rall-ov kotač [17]



Slika 17.: Zapadni željeznički most, Chicago [15]

d) Rasklopni mostovi na paralelogram (engl. „heel trunnion)

Rasklopni mostovi na paralelogram imaju sistem koji se sastoji od poluga oblika paralelograma kojima se spajaju protutezi s pokretnim krakom, stoga protuteg kod njih ne mora biti pričvršćen za rešetku ili nosač. Svrha poluga na paralelogram je održavanje stalnog odnosa momenta od vlastite težine pokretnog kraka i protutega za sve kutove prilikom dizanja. [14]

Rasklopne mostove na paralelogram možemo dalje podijeliti na još dva podtipa:

- Holandski/Ravnotežni tip rasklopnog mosta



Slika 18.: Holandski tip rasklopnog mosta [2]

- Strauss-ov tip rasklopnog mosta

e) Strauss-ov rasklopni most

Strauss-ov sistem se koristi kod projektiranja vrlo glomaznih konstrukcija, uobičajeno za željezničke mostove. Na slici 18. prikazan je Strauss-ov jednostruki tip rasklopni most, geometrijski oblik B1DEB2 je paralelogram, a težište protutega nalazi se u točki C tako da je linija B2C paralelna s linijom između težišta krila mosta u točki A i pete osovine u točki B1. Posljedica toga je ta da omjer između momenta od vlastite težine pokretnog kraka (oko B1) i momenta protutega (oko B2) ostaje uglavnom nepromjenjiv tijekom rotacije krila. Straussovo krilo rotira oko pete osovine trupa B1 kao odgovor na silu koju na krilo prenosi pogonska poluga, koja je spojena na gornji zglobov D i obuhvaća izlazni zupčanik pogonskog stroja koji je smješten na okviru za potporu protuteže. Osovine B1, B2 i D, E su dosta opterećene tijekom kretanja. Straussovi pokretni mostovi razlikuju se od onih Chicago tipa po tome što svaki protutež visi na dvije osovine na stražnjem dijelu rešetke krila, omogućujući joj da ostane gotovo okomita tijekom otvaranja mosta. [14,18]



Slika 19.: South Front Street Bridge u otvorenoj poziciji [19]



Slika 20.: Protuuteg South Front Street bridge-a [19]

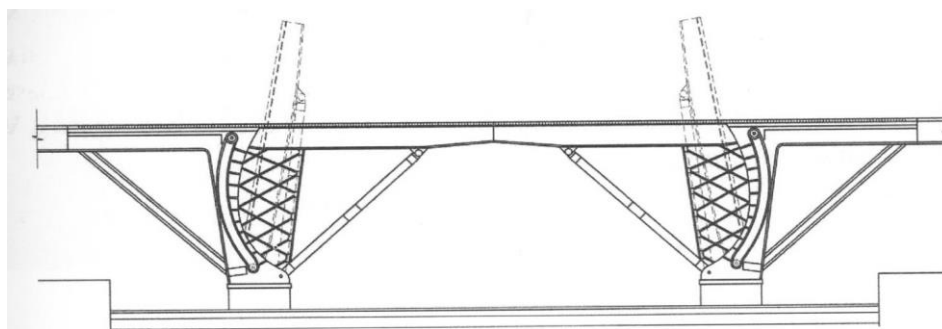
f) Ostali tipovi rasklopnih mostova

U skorije vrijeme sve češće se projektiraju rasklopni mostovi kod kojih nije postignuta potpuna ravnoteža između protuutega i pokretnog kraka. Ovi neuravnoteženi ili djelomično uravnoteženi mostovi otvaraju se korištenjem pogona s hidrauličkim cilindrima, koji omogućuju podizanje i spuštanje mosta unatoč neravnoteži između dijelova konstrukcije.

Primjeri ovakvih mostova:

- **Rasklopni most bez protuutega**

- Razlog za korištenje sistema bez protuutega je u isplativosti instaliranja i upravljanja većim mehanizmom za razliku od izgradnje duboke vodonepropusne jame za smještaj protuutega kada je krilo potpuno otvoreno. Bez krutosti koju obično osigurava masivna protuteža, potrebno je pronaći alternativno rješenje za održavanje dvaju rasklopnih nosača u istoj ravnini. To se postiže minimiziranjem sila potrebnih za otvaranje i zatvaranje mosta. Pokretni krakovi oslonjeni su u blizini svog težišta, što eliminira potrebu za protutezima. Ovakav pristup omogućuje lakše upravljanje mostom uz smanjenje zahtjeva za strukturnom ravnotežom. Snaga za podizanje krila tijekom otvaranja i usporavanje krila tijekom zatvaranja osigurana je s dva hidraulična cilindra, po jedan sa svake strane rasklopnog nosača. Veličina mehanizma potrebnog za ovaj most je mnogo veća nego što bi bila potrebna za izbalansirani raspon istih dimenzija.[2]



Slika 21.: Rasklopni most bez protuutega [2]

- **Rasklopni most s protuutegom iznad rasponskog sklopa**

- grade se na malim prijelazima preko rijeka ili kanala
- Prednost su relativno jednostavni stupovi i visok arhitektonski potencijal, no njihov nedostatak je što omogućuju samo prilično ograničene duljine raspona



Slika 22.: Duffené Bridge, Mannheim [20]



Slika 23.: Vincent van Gogh: Langlois Bridge at Arles, Francuska [20]

Tablica 2.: Prednosti i nedostaci rasklopnog tipa pokretnih mostova

| PREDNOSTI | NEDOSTATCI |
|---|--|
| Najveća brzina rada od ostalih pokretnih mostova | Osjetljivost na vjetar , pogotovo u otvorenom stanju |
| Moguća djelomična otvaranja za prolaz manjih plovila | Zasuni na spoju dvaju kraka skloni su trošenju materijala i umoru, osjetljivi na onečišćenje od prašine |
| Osigurana je veća sigurnost za plovila (ne prolaze direktno ispod rasponskog sklopa) i visina plovila je neograničena | Zasuni trpe značajna opterećenja tijekom prelaska teških vozila preko mosta |
| Arhitektonski gledano rasklopni mostovi jesu najprihvatljivija rješenja (najčešće) kod pokretnih mostova | Ukoliko je niveleta niska zasuni moraju biti zatvoreni u vodonepropusne komore što je teško izvedivo i skupo |

4.1.4. Primjeri rasklopnih mostova

a) Tower bridge – London, 1894.

a.1. Dužina : 270 metra

a.2. Tip: pokretni dvostruko rasklopni most , viseći most

a.3. Promet: pješački i cestovni

a.4. Materijal: čelik i opeka

a.5. Projektanti: Sir Horace Jones; Sir John Wolfie-Barry



Slika 24.: Tower Bridge , London [21]

b) Most Erasmus – Rotterdam, 1996.

b.1. Dužina: 802 metra

b.2. Tip: Pokretni jednostruko rasklopni most

b.3. Promet: pješački, biciklistički i cestovni

b.4. Materijal: beton, čelik

b.5. Projektanti: Ben van Berkel; Freek Loos; UN studio



Slika 25.: Most Erasmus (zatvoren), Rotterdam [22]



Slika 26.: Most Erasmus (otvoren), Rotterdam [22]

c) La Porta d'Europa – Barcelona, 2000.

c.1. Dužina: 109 metara

c.2. Tip: Pokretni dvostruko rasklopni most

c.3. Promet: pješački i cestovni

c.4. Materijal: čelik

c.5. Projektanti: Luis Vinuela , Jose Martinez Salcedo



Slika 27.: Most La Porta d'Europa (zatvoren), Barcelona [23]



Slika 28.: Most La Porta d'Europa (otvoren), Barcelona [23]

4.1.5. Rasklopni mostovi u Hrvatskoj

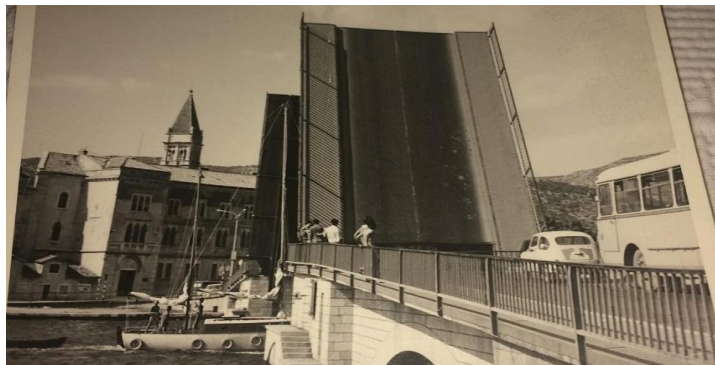
Ovi mostovi igraju ključnu ulogu u povezivanju različitih dijelova Hrvatske, omogućavajući efikasan cestovni promet i prolaz brodova. Rasklopni mostovi su posebno važni u priobalnim i riječnim područjima gdje su plovni putevi intenzivno korišteni.

a) RASKLOPNI MOST U TROGIRU

Stari rasklopni most

Lokacija: Trogir, Splitsko-dalmatinska županija

Opis: Stari rasklopni most u Trogiru je jedan od najstarijih rasklopnih mostova na Jadranu. Spaja povijesnu jezgru grada Trogira s otokom Čiovom preko Trogirskog kanala. Most je imao pokretni segment koji se kako bi omogućio prolaz brodovima. [24]



Slika 29.: Stari rasklopni most u Trogiru [24]

b) Novi rasklopni most

Lokacija: Trogir, Splitsko-dalmatinska županija

Opis: Novi rasklopni most u Trogiru je izgrađen kako bi zamijenio stariji most i unaprijedio prometnu povezanost između Trogira i otoka Čiova. Promet između kopna i otoka odvijao se preko jedne postojeće prometnice (D-315) koja prolazi neposredno uz apside trogirске katedrale, što predstavlja značajan rizik za povijesnu jezgru grada, koja je pod zaštitom U-NEESCO-a. S obzirom na povećanje intenziteta prometa, osobito zbog razvoja vikend-naselja i turističkih kapaciteta na otoku, nužno je bilo pronaći rješenje koje neće ugroziti povijesne i kulturne vrijednosti. [25]



Slika 31.: Rasklopni most u Trogiru [27]

- **Arhitektonsko urbanistički aspekti**

Most je projektiran s ciljem minimiziranja njegovog utjecaja na povijesne i prirodne resurse. Novi most smješten je između zaštićene povijesne jezgre grada Trogira i prirodnog rezervata Pantana. Novi most je građen tako da je gotovo „nevidljiv“ odnosno s niskom niveletom i bez vidljivih elemenata iznad kolnika, s minimalnom visinom slobodnog plovnog puta od 6,4 m i širinom od 30,0 m prema uvjetima Lučke kapetanije Split. [25]

- **Oblikovanje mosta**

Novi cestovni most iznad Trogirskog kanala dizajniran je kako bi se uskladio s urbanim i prirodnim okruženjem. Odabran je gredni most s minimalnim brojem nosivih elemenata i čeličnom rasponskom konstrukcijom. Oblik mosta je usklađen s povijesnim karakterom grada, dok je upotrijebljen minimalizam za postizanje estetike koja se ne natječe s gradom, nego se stapa s njim. Most je projektiran da bude što manje vidljiv, s naglaskom na harmoniju s okolišem i funkcionalnost. [25]

- **Dispozicija i konstrukcija mosta**

Dispozicija mosta temelji se na principima estetskog uklapanja i funkcionalnosti. Most je projektiran s tri dilatacije kako bi se prilagodio pokretnom dijelu. Rasponi mosta su odabrani kako bi se postigao vizualni sklad i funkcionalnost, a ukupna duljina mosta iznosi 523,24 m. Kolnička ploča mosta ima širinu od 12,0 m s dva vozna traka i pješačkim stazama. [25]

- **Pokretni dio mosta**

Projektiran je dvostruko rasklopni pokretni most (slika 31.) koji omogućuje najveću brzinu rada među pokretnim mostovima te je arhitektonski najprihvatljiviji. Sastoji se od dva kraka, od kojih svaki krak ima konzolu duljine 21,0 m (42/2) i stražnji dio duljine 6,0 m s betonskim protuutezima. Betonski protuutezi postavljeni su tako da se rezultanta ukupne težine krakova za nepromjenjiva djelovanja nalazi u osi ležajeva čime se omogućila vrlo mala potreba za silom prilikom otvaranja i zatvaranja mosta.

Otvaranje i zatvaranje mosta odvija se pomoću dvaju hidraulički pokretanih klipova. Uređaji za pokretanje uključuju kalotne ležajeve, amortizere, hidrauličke cilindre, stražnje uređaje za blokiranje pomaka i centrirajuću napravu koja se nalazi između krakova u sredini raspona. Ova naprava kod zatvorenog mosta prenosi samo posmične sile i omogućuje temperaturne pomake.

Visina plovila koja prolazi ispod mosta nije ograničena, a širina prolaza za plovila iznosi 30,0 m. Svi pokretni uređaji izrađeni su od nehrđajućeg čelika radi povećanja trajnosti i smanjenja potrebe za održavanjem. [25]



Slika 32.: Novi rasklopni most u Trogiru [27]

- **Gornji i donji ustroj mosta**

Gornji ustroj mosta koristi čelični sandučasti poprečni presjek, što omogućava bržu izvedbu i veću prozračnost izgleda mosta. Odabrani materijali i konstrukcijski elementi osiguravaju dugovječnost i stabilnost mosta, s posebnim naglaskom na smanjenje seizmičkih utjecaja.

Upornjaci mosta su plitko temeljeni, dok su stupovi duboko temeljeni na betonskim bušenim pilotima. Konstrukcija temelja i pilota osigurava stabilnost i dugovječnost mosta, dok su svi materijali i armature usklađeni s visokim standardima trajnosti. [25]

- **Oprema mosta**

Most će biti opremljen jednoslojnim elastomerom za hidroizolaciju, a kolnik će biti izveden od asfaltnog betona. Ograde i rasvjeta mosta projektirane su u skladu s funkcionalnim i estetskim zahtjevima, uz poštivanje svih tehničkih standarda i propisa. [25]

c) Most u Tisnom

Lokacija: Tisno, Šibensko-kninska županija

Opis: Ovaj most omogućuje cestovni promet između kopna i otoka Murtera. Most se obično podiže dva puta dnevno, omogućujući prolazak brodovima u unaprijed određenom vremenu. Most u Tisnom je značajan za lokalni promet, kao i za turizam, jer omogućuje nesmetan promet između kopna i otoka, a istovremeno omogućuje prolaz plovilima kroz kanal. [26] Danas je ovaj most rasklopnog tipa no postoje dokazi kako je nekoć u povijesti bio zaokretan što piše u knjizi Obale i otoci Istre i Dalmacije, izdanoj u Zadru 1840. godine.



Slika 30.: Rasklopni most u Tisnom [26]

4.2. Zaokretni mostovi

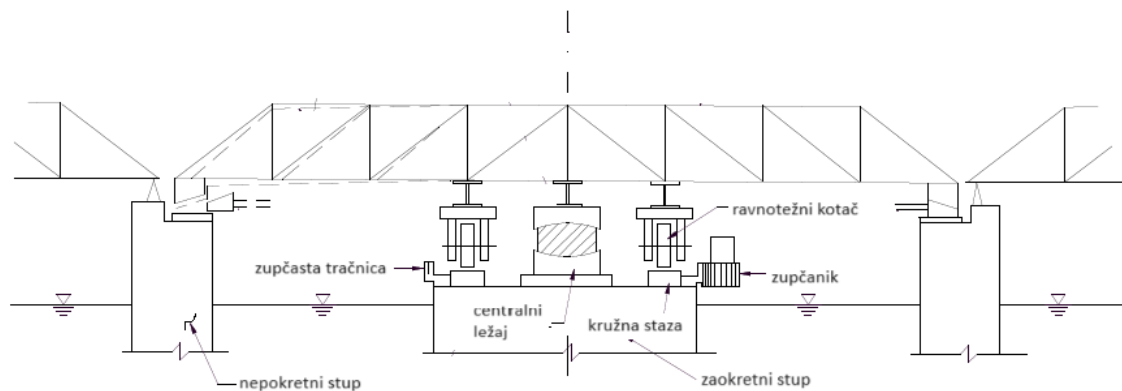
Zaokretni mostovi se otvaraju tako da se njihov pokretni dio (ili cijeli most) zaokrene oko vertikalne osi i time omogući prolazak plovilu. Centar okretanja može biti smješten u sredini konstrukcije i tada se kaže da je otvor simetričan ili nesimetrično postavljen. Kada je zaokretni most zatvoren, njegovi krajevi se oslanjaju na fiksne stupove ili upornjake. Pokretni dio mosta, poznat kao zaokretni raspon, sastoji se od dva kraka konzolnog statičkog sustava. Ovi kraci mogu biti iste ili različite duljine, ovisno o tome je li most podrezan ili ima nejednake krakove. Vlastita težina zakretnog raspona obično je uravnotežena oko osi zakretanja. Stoga, kod nejednakih krakova rasponi zahtijevaju protutege na krajevima kraćih ruku. Ukoliko se projektira zaokretni most s manjim rasponom može biti i samo jedan krak kod kojeg se stabilnost osigurava posebnim uređajem za zaokretanje. [2]

Ovi mostovi su posebno korisni na mjestima gdje je potreban širok prolaz za brodove, a prostor ne dopušta izgradnju visokih mostova ili drugih vrsta pokretnih mostova. Mehanizam ovih mostova je efikasan i relativno jednostavan i time omogućuje brzo i sigurno otvaranje (zaokretanje). Koriste zupčanike i motore za rotaciju koji moraju biti značajno kompleksniji od pogonskih strojeva drugih tipova pokretnih mostova. Središnji stup mora biti iznimno stabilan kako bi podnio težinu mosta tijekom rotacije, te zbog velikih dimenzija stupa, zaokretni mostovi zahtijevaju veliki prostor za njihovo otvaranje. [4, 14]

4.2.1. Podjela zaokretnih mostova prema načinu na koji je zaokretni raspon pridržan stupu kada je most u otvorenom položaju:

a) Zaokretni mostovi s centralnim ležajem

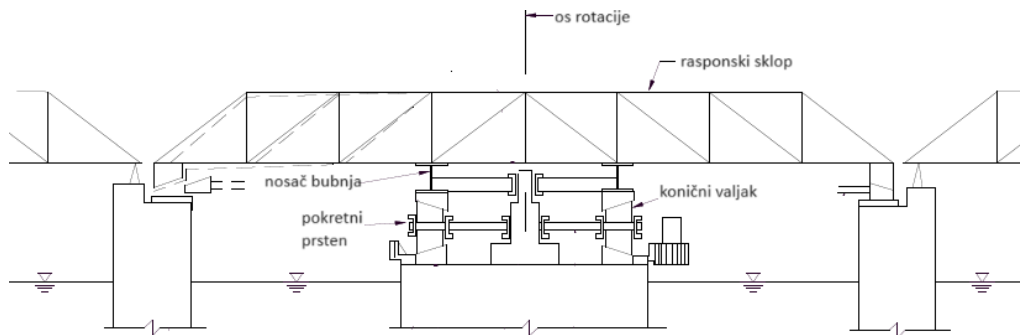
- Uređaj za zaokretanje:
 - hidraulički
 - mehanički
- Ravnotežni kotači kreću se po kružnoj stazi velikog promjera koja je koncentrična s osi zakretanja, čime se sprječava prevrtanje mosta oko te osi.
- Zaokretnim ležajem u osi rotacije se preuzima vlastita težina pokretnog krak



Slika 31.: zaokretni most s centralnim ležajem [14]

b) Zaokretni mostovi s obručnim ležajem

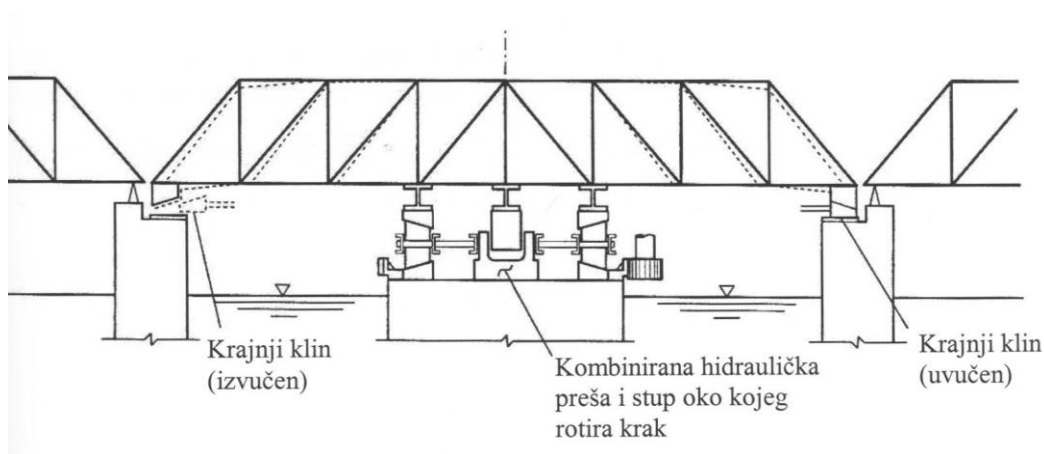
- Koničnim valjcima se preuzima vlastita težina pokretnog raspona
- Prikladno je rješenje za velike i teško opterećene mostove
- Nastaje problem kod postizanja ravnomjernog prijenosa težine sa nosača ili rešetke na veliki broj valjaka (može ih biti i 50)



Slika 32.: Zaokretni most s obručnim ležajem [14]

c) Zaokretni mostovi s kombiniranim centralnim i obručnim ležajem

- Obručnim ležajevima se uglavnom preuzima vlastita težina pokretnog raspona kada je u otvorenom položaju
- Raspodjela pokretnog opterećenja između središnjeg i obručnog ležaja ovisi o poprečnoj krutosti okvira koji raspodjeljuje opterećenje.



Slika 33.: Zaokretni most s kombiniranim centralnim i obručnim ležajem [2]

Tablica 3.: Prednosti i nedostatci zaokretnih pokretnih mostova

| PREDNOSTI | NEDOSTATCI |
|--|--|
| Ne prelazi visinu zatvorenog mosta (ni po kojoj osi) kada je u otvorenom položaju | Za razliku od ostalih tipova pokretnih mostova , zaokretni se najviše oslanjaju na mehaničke komponente kao oslone za vlastitu težinu i pokretno opterećenje |
| Manji utjecaj vjetra zbog sistema zaokretanja (ne podižu se) od ostalih tipova pokretnih mostova | Skuplje održavanje mehanizma zbog većeg broja pokretnih dijelova |
| Simetrični zaokretni mostovi osiguravaju dva pokretna raspona u jednoj pokretnoj konstrukciji | Duže trajanje otvaranja plovnog puta |
| Estetski prihvatljivi | Vjetar djeluje nesimetrično na krakove |
| Osiguravaju širok prolaz za brodove bez potrebe za izgradnjom visoke konstrukcije | Zaokretni stup je izložen udaru plovila |
| Koriste jednostavan mehanizam okretanja, koji je relativno jednostavan za izgradnju, održavanje i upravljanje. | Potrebna je velika slobodna duljina u uzdužnom smjeru plovnog kanala |



Slika 34.: Zaokretni most, Newcastle [15]



Slika 35.: Pokretni mehanizam na zaokretni mostu u Newcastle [15]

4.2.2. Primjer zaokretnih mostova

a) **El Ferdan – Sueski kanal, 2001.**

- a.1. **Dužina:** ukupna dužina oko 1.100 metara; njegov glavni raspon, koji se otvara je dužine od 340 metara
- a.2. **Tip:** dvokrilni zaokretni most
- a.3. **Promet:** željeznički
- a.4. **Materijal:** čelik
- a.5. **Projektanti:** njemačka tvrtka Krupp



Slika 36.: El Ferdan, Sueski kanal, Egipt [13]

b) **Most Friedrich Bayer, Sao Paulo, 2013.**

- b.1. **Dužina:** 360 m
- b.2. **Tip:** zaokretni most
- b.3. **Promet:** biciklistički, pješачki
- b.4. **Materijal:** čelik, beton
- b.5. **Projektanti:** Bayer



Slika 37.: Pješački most u Sao Paulu [13]

c) **Scale lane most, Hull, 2013.**

c.1. **Dužina:** 57 m

c.2. **Tip:** Zaokretni most na kojem pješaci mogu biti i dok je otvoren

c.3. **Promet:** pješački

c.4. **Materijal:** čelik i beton, s dodatnim elementima vode i drva

c.5. **Projektanti:** arhitektonski ured McDowell+Benedetti, u suradnji s inženjerskom tvrtkom Alan Baxter Associates.



Slika 38.: Scale lane most, Hull, Ujedinjeno Kraljevstvo [13]

4.2.2. Zaokretni mostovi u Hrvatskoj

a) Stari Most u Trogiru

Lokacija: Trogir, Hrvatska

Opis: Povezuje povijesnu jezgru Trogira s otokom Čiovom. Iako je prvenstveno poznat kao rasklopni most, u prošlosti je određeni period imao zaokretni mehanizam.



Slika 39.: Stari most u Trogiru [24]

b) Stari gradski most u Zadru

Lokacija : Zadar, Zadarska županija

Opis: Zadarski gradski most prošao je tehnički pregled u svibnju 1962., tijekom kojeg je zabilježeno da su radovi izvedeni kvalitetno, no uočeni su neki nedostaci koji nisu utjecali na stabilnost i funkcionalnost objekta. Jedan od stupova koji su osiguravali stabilnost nije se mogao zabiti u morski mulj do predviđene dubine. Zbog toga je odlučeno da se most, nakon tehničkog pregleda i prihvaćanja, ne otvara u svom središnjem dijelu. Iako je most otvoren samo jednom, sadržavao je pokretni mehanizam. [28]



Slika 40.: Gradski most, Zadar [28]

c) Pokretni mostovi na Malom Lošinju

Lokacija: Privlaka, Mali Lošinj

Opis: Zaokretni most dužine 80 m i širine 8 m. Otvara se dva puta dnevno, a ograničenje mu je 20 tona. Nalazi se u neposrednoj blizini marine, a prednost imaju plovila koja izlaze iz luke. [29]



Slika 41.: Zaokretni most u Privlaci, Mali Lošinj [30]

d) Pokretni most Osor

Lokacija: Osor – Mali Lošinj

Opis: Zaokretni most u Osoru je važna turistička značajka. Većinu dana je podignut te se za cestovni promet spušta dva puta dnevno. Prednost imaju brodovi što dolaze s juga, a kanalu može biti samo jedno plovilo. Most je 2018. godine obnovljen i saniran. Tijekom sanacije trebalo ga je demontirati i zamijeniti istrošene i dotrajale dijelove. Zamijenjen je tada i čitav sustav električnog pogona kojim se upravlja mostom. [29]



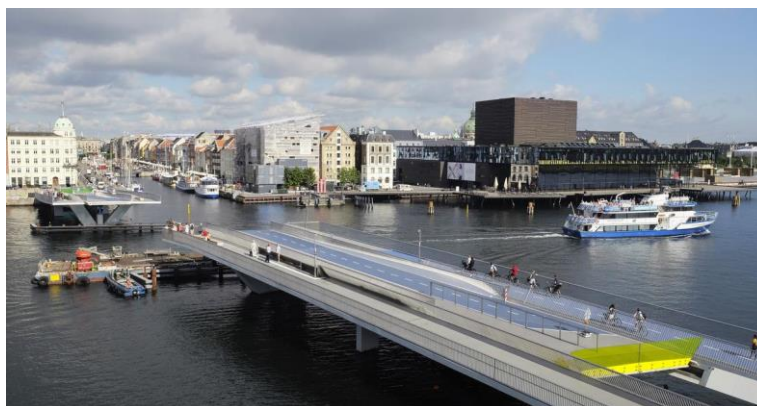
Slika 42.: Zaokretni most između Osora i Malog Lošinja [30]

4.3. Povlačni mostovi

Povlačni mostovi imaju rasponski sklop koji se povlači duž mosta, a nekad i neki njegov dio poprečno, pa tako omogućuje dostatan prostor za prolazak plovila. [1] Praktični su na industrijskim lokacijama ili u područjima gdje je vertikalni prostor ograničen. Moguće je otvaranje mosta takvo da se konstrukcija izdigne i u jednom ili dva dijela povuče duž prometnice ili da se pokretni dio uvuče u nepokretni dio mosta. Glavni nosači mosta su dosta duži od prolaska koji se stvara otvaranjem mosta. Zahtijevaju precizan sustav za pomicanje, često se kombiniraju hidrauličke cilindre i električne motore. Predstavljaju jedan od inovativnijih vrsta pokretnih mostova koji se upotrebljavaju širom svijeta kako bi omogućili integraciju prometa i navigacije u urbanim područjima i luka, no rijetko se izvode zbog složenosti mehanizma i ograničenja u prostoru potrebnom za kretanje mosta. [2]

4.3.1. Primjeri povlačni mostova

- a) **Inderhavnsbroen** (eng. 'The Inner Harbour Bridge'), **Kopenhagen, 2016.**
 - a.1. **Dužina:** 250 m
 - a.2. **Tip:** povlačni pokretni most; most s konzolnim nosačem
 - a.3. **Promet:** pješački i biciklistički
 - a.4. **Materijal:** čelik
 - a.5. **Projektant:** Flint & Neill



Slika 43.: Inderhavnsbroen (otvoren), Kopenhagen [13]



Slika 44.: Inderhavnsbroen, Kopenhagen [13]

b) The Carroll Street Bridge, New York, 1889.

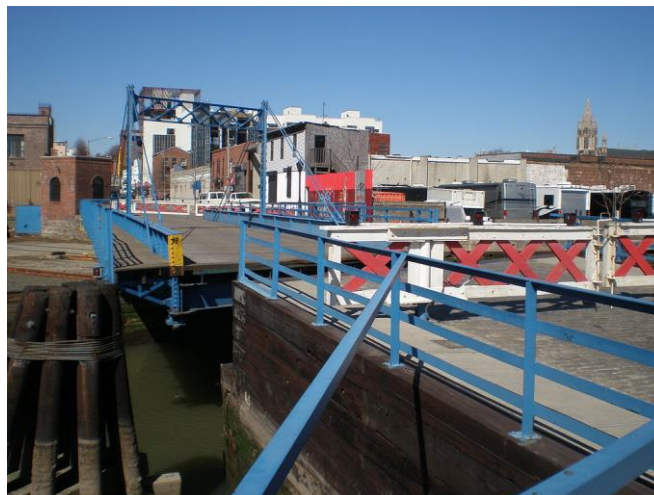
b.1. Dužina: 43 m

b.2. Tip: Povlačni

b.3. Promet: pješački, cestovni

b.4. Materijal: čelik, drvo

b.5. Projektant: Charles O. Shaler



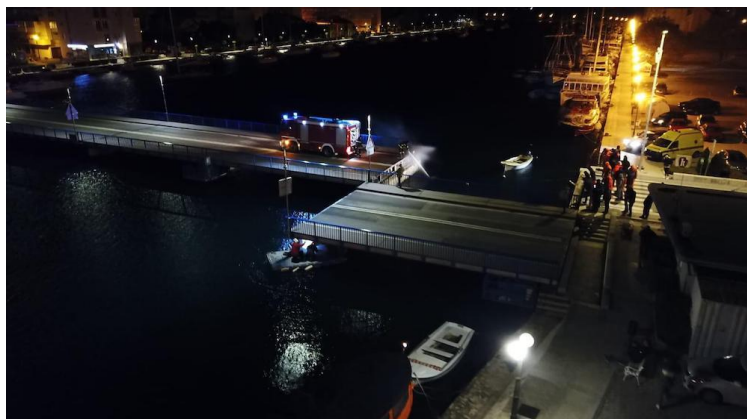
Slika 45.: The Carroll Street Bridge, New York [15]

4.3.2. Povlačni mostovi u Hrvatskoj

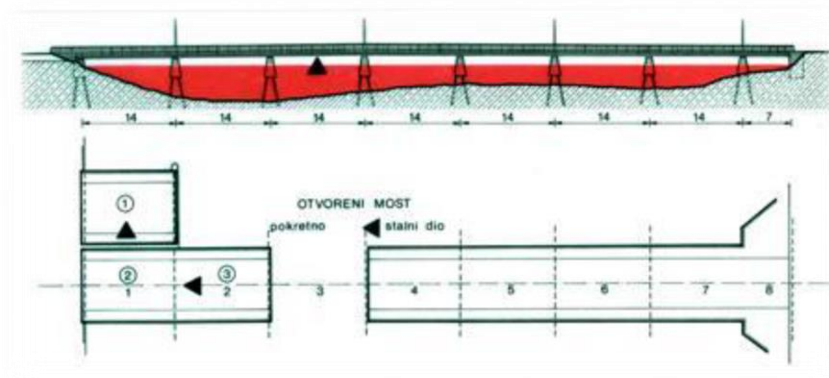
a) Povlačni most u Omišu

Lokacija: Omiš, Splitsko-dalmatinska županija

Opis: Omiški pokretni most se koristi za omogućavanje prolaska brodova kroz kanal rijeke Cetine u Omišu, Hrvatska. Povlačni most u Omišu je klasičan primjer povlačnog mosta koji se podiže vertikalno kako bi otvorio prolaz za plovila ispod njega.



Slika 46.: Povlačni most u Omišu, Hrvatska [31]

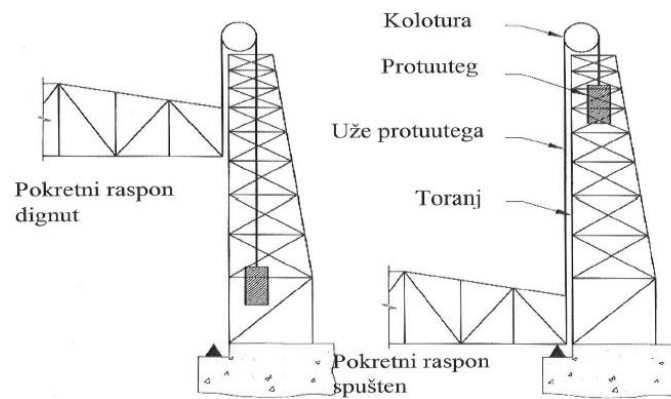


Slika 47.: uzdužni presjek i princip otvaranja Omiškog mosta [2]

4.4. Vertikalno podizni mostovi

Podizni mostovi se otvaraju vertikalnim podizanjem rasponskog sklopa, najčešće rešetkastog, uz pomoć tornjeva ili portala tako da niveleta uvijek ostaje paralelna početnom stanju.

Njihovo projektiranje i dizajn predstavljaju vrhunac inženjerskog znanja i kreativnosti, a očituje se time da se podizanje izvodi uvijek za onoliko koliko je potrebno da se omogući plovidba, kao i u mogućnosti da se podižu sklopovi vrlo velikih raspona. Konstrukcijski, ovi mostovi su veliki i teški, a mehanizam podizanja uključuje upotrebu kablova, kolotura i protuučega. Posebno su vitalni za integraciju prometnog sustava grada s pomorskom navigacijom, omogućujući glatki prolaz velikim plovilima preko vodenih putova. Svi podizni mostovi su opremljeni sigurnosnim sustavima kao što su svjetlosni signali, barijere za promet i ostale sigurnosne mjere kojima se osigurava sigurno podizanje i spuštanje mosta. Redovitim održavanjem se produžuje životnog vijek mostova i osigurava njihova funkcionalnost. To uključuje provjeru mehaničkih dijelova, hidrauličkih sustava i elektro-mehaničkih komponenti.

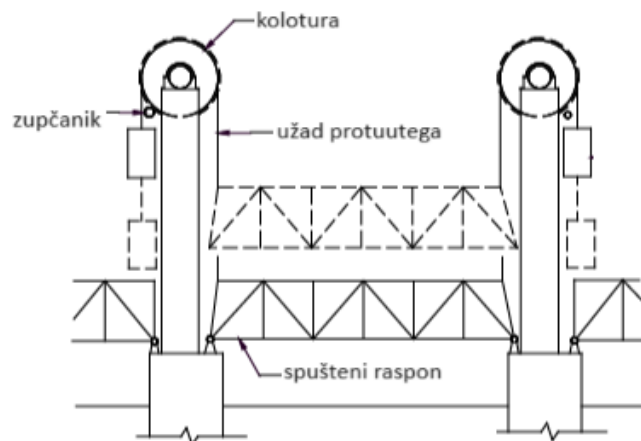


Slika 48.: Skica tornja vertikalnog podiznog mosta [4]

4.4.1. Dva tipa pogonskih sustava vertikalno podiznih mostova:

a) Tip s mehanizacijom u tornjevima

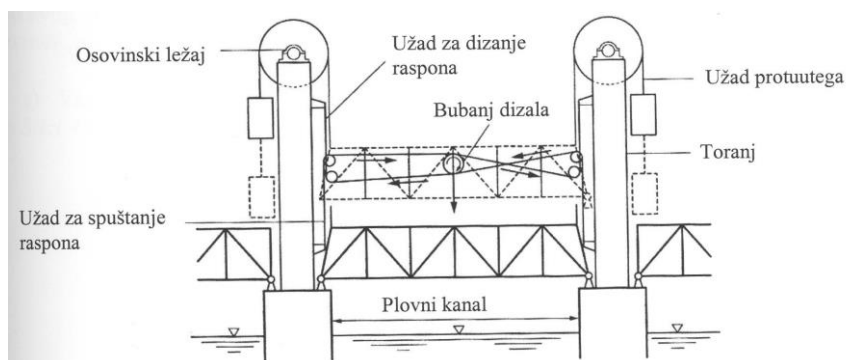
- Pogon u tornju koristi pogonski mehanizam unutar svakog tornja za rotaciju kolotura na vrhu tornja. Sile potrebne za podizanje pokretnog raspona prenose se putem trenja na čelična užad.
- Zahtjeva se koordiniranje pokreta na svakom kraju kako bi se podizanje izvelo jednakom brzinom čitavo vrijeme te kako bi raspon ostao paralelan početnom stanju te da se ne bi zaglavio



Slika 49.: skica tipa s mehanizacijom u tornjevima [2]

b) Tip s mehanizacijom u pokretnom rasponu

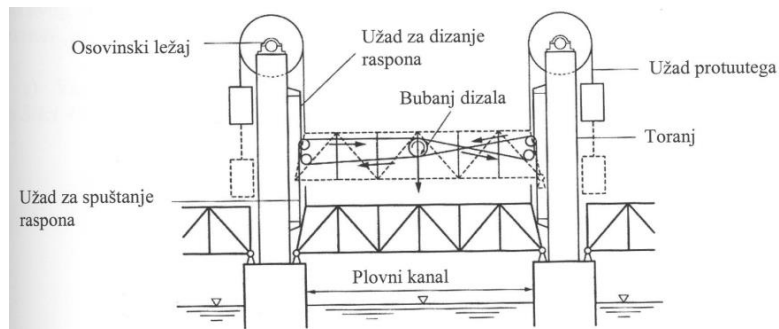
- Pogon na rasponu smješta pogonski mehanizam u središte podiznog dijela mosta i, putem svih četiri koloture navija užad za podizanje i spuštanje mosta. Sve koloture su vezane na jednu zajedničku pogonsku koloturu što sprječava nagnjanje prilikom kretanja pokretnog rasponskog sklopa.
- Prednost pogona na rasponu je ta što osigurava istodobno podizanje oba kraja mosta. Nedostaci pogona na rasponu su to što obično nije estetski privlačan.



Slika 50.: skica tipa s mehanizacijom u pokretnom rasponu [2]

c) Tip sa spojenim tornjevima

- Pogon se najčešće nalazi na konstrukciji koja se nalazi na spoju dvaju tornja, Prikladan je za male raspone, te su pokretni rasponi uravnoteženi protutezima.



Slika 51.: skica tipa s mehanizacijom u pokretnom rasponu [2]

Tablica 4.: Prednosti i nedostaci vertikalno podiznog tipa pokretnih mostova

| PREDNOSTI | NEDOSTATCI |
|---|---|
| duljina pokretnog raspona određena je samo konstrukcijskim ograničenjem rasklopnog sklopa , ne mehanizmom | Prolaz koji se otvara podizanjem <u>raspanskog sklopa</u> ograničen je po visini |
| Postoje primjeri raspona većih od 150 m | Zabilježeno je najviše nesreća dok je most parcijalno otvoren odnosno tijekom dizanja ili spuštanja |
| Za veće raspone je isplativiji od ostalih tipova u koliko nije potrebno dizati pokretni sklop na velikoj visini | Skupi i kompleksni tornjevi koji su neizostavni za pokretanje pokretnog sklopa |
| jednostavnija izvedba i proračunski dio od ostalih tipova pokretnih mostova | Cijena nelinearno raste s povećanjem visine zbog opterećenja vjetrom najviše |
| Za vlastitu težinu i pokretno opterećenje se gleda i ponaša kao fiksni most stoga se često koristi za željezničke mostove | Estetski se smatra najmanje privlačnim ,od ostalih pokretnih mostova |

4.4.2. Primjeri vertikalno podiznih mostova

a) Most u Portlandu, Oregon, USA

a.1. Dužina: 521 metara

a.2. Tip: vertikalni podizni most s dvostrukom palubom, pa se promet odvija u dvije razine

- a.3. **Promet:** Gornja razina, namijenjena cestovnom prometu, ostaje fiksna kako bi se omogućilo nesmetano odvijanje cestovnog prometa. Donja razina mosta, koja služi za željeznički promet, može se djelomično podići
- a.4. **Materijal:** čelik
- a.5. **Projektant:** Waddell & Harrington



Slika 52.: Podizni most u Portlandu, Oregon [15]

- b) **Most Jacques Chaban-Delmas , 2013.**
 - b.1. **Dužina:** ukupna dužina 575 metara; dužina pokretnog dijela 117 m
 - b.2. **Tip:** vertikalni podizni most ; gredni most
 - b.3. **Promet:** cestovni i tramvajski
 - b.4. **Materijal:** čelik
 - b.5. **Projektant:** Groupe egis



Slika 53.: Most Jacques Chaban-Delmas (spušten), Bordeaux [32]



Slika 54.: Most Jacques Chaban-Delmas (podignut), Bordeaux [32]

4.4.3. Vertikalno podizni mostovi u Hrvatskoj

a) Most Antenal

Lokacija: Novigrad, preko rijeke Mirne

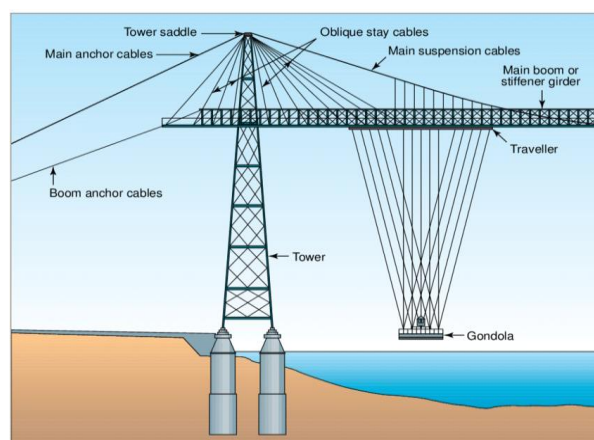
Opis: Preko rijeke Mirne prostire se most Antenal. Most je čelična konstrukcija koja se rasprostire na 13,7 metara. Ima šest jednakih otvora od kojih je jedan bio vertikalno podizan. Renoviran je 2007. godine te nakon renovacije se više ne može dizati kao nekada.



Slika 55.: Rekonstrukcija mosta Antenal, Novigrad [35]

4.5. Prijevozni tip pokretnog mosta

Prijevozni mostovi spadaju pod specijalan tip pokretnih mostova koji koriste viseću gondolu za prijevoz vozila i pješaka preko rijeke ili druge zapreke. Most ostaje nepomičan, dok se gondola kreće između obala. Sastoji se od: nosača postavljenog na dostatnu visinu kako bi se omogućio prolaz i najvišim plovilima, dva visoka tornja, tračnica pričvršćenih na nosač za koji su ovješene, teretnih kolica (gondole) kojom se prevoze vozila i pješaci. Gondola visi s metalnih kablova ili fiksnog transportera. Ovi mostovi su rijetki jer su njihovi kapaciteti izuzetno ograničeni, dok su skoro jednako skupi za izgradnju kao i puni most što ih je učinio ne isplativima. [2, 33].



Slika 56.: Skica sistema prijevoznog tipa mosta [34]

4.5.2. Primjeri prijevoznog tipa pokretnih mostova:

- a) **Newport Transporter Bridge, 1906.**
 - a.1. **Dužina:** 235,9 metara
 - a.2. **Tip:** Viseći most s kosim zategama, prijevozni most
 - a.3. **Materijal:** čelik
 - a.4. **Projektant:** Ferdinand Arnodin and Robert H. Haynes



Slika 57.: Prijevozni most u Newportu, Wales [33]

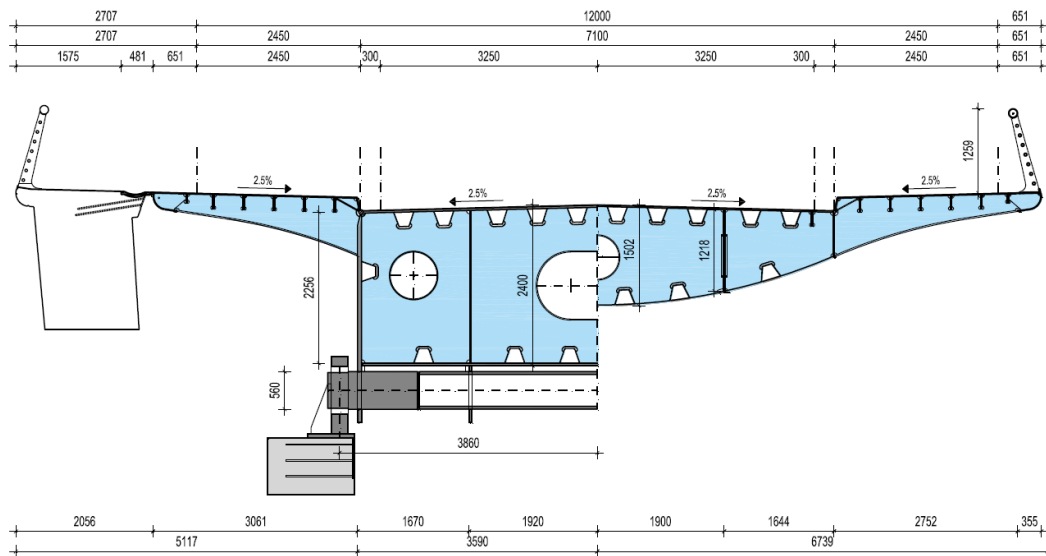


Slika 58.: Gondola Newportskog prijevoznog mosta [33]

5. ANALIZA OPTEREĆENJA ZA MOST KOPNO – OTOK ČIOVO

5.1. Stalna opterećenja

Proračun stalnih opterećenja je preuzet iz projekta te je pojednostavljen:



Slika 59.: Poprečni presjek pokretnog dijela mosta; lijevo na ležaju; desno u polju []

5.1.1. Vlastita težina

Uzeta je u proračun naredbom "*dead load*"

$$g=A \times \gamma \quad \gamma=80 \times 1.05 \text{ kN/m}^3 \text{ -čelik}$$

U ovo opterećenje spadaju sljedeći dijelovi:

-rasponski sklop: svi limovi poprečnog presjeka rasponskog sklopa koji su kontinuirani u uzdužnom smjeru (pojasevi, hrptovi, rubna nadvišenja s rubnjakom, sve uzdužne ukrute). Debljine navedenih elemenata su dane u nacrtu GP-T-M 0101-07/00 (Raspored čeličnog materijala). [36]

Dijafragme i poprečni nosači u polju rasponskog sklopa koji se nalaze na svakih 4 m uzeti su sa težinom od 15 kN (debljine lima dijafragme iznosi 12 mm). [36]

Zbog pojednostavljenja, opterećenja od dijafragme i poprečnih nosača nad hvatištem preša pokretnog raspona (debljina lima dijafragme nad ležajem je 20 mm) uzeta su skupa sa

debljinom lima dijafragme 30 mm nad osovinom pokretnog raspona te težinom brave za zaključavanje. Skupno opterećenja iznose 79kN.

Za statičku analizu mosta u podignutom stanju razmatra se dio pokretnog mosta kojemu je os rotacije na stupu S10.

1.2. Dodatno stalno

Kolnik (b=7.1 m)

Dvoslojni RHD zastor 0.01×24×7.1=1.704 [kN/m]

Hodnik

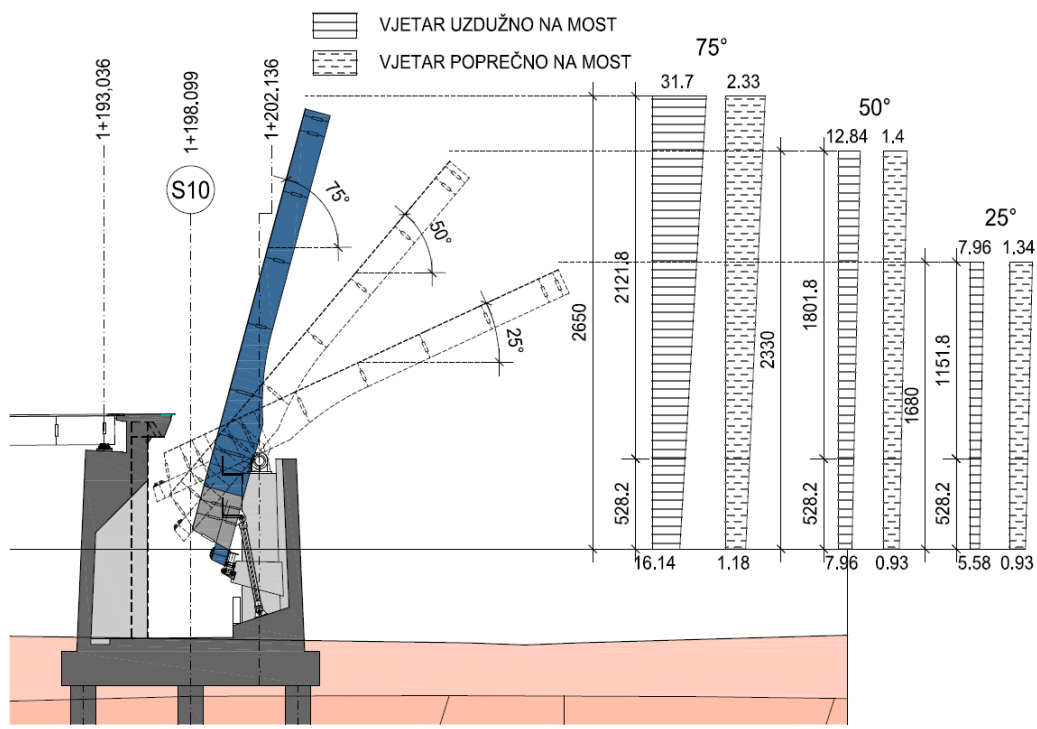
Dvoslojni RHD zastor 0.006×24×3.1×2=0.89 [kN/m]

Rubna ograda 2×0.8 [kN/m]=1.6 [kN/m]

$\Delta G=4.2$ [kN/m]

5.2. Vjetar (EN 1991-1-4)

5.2.1. Vjetar na rasponski sklop poprečno Fw – otvoren most 25°



Slika 60.: Vjetar poprečno i uzdužno na most [37]

$$F_w = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot C_d \cdot C_f \cdot A_{ref}$$

Iz vjetrovne karte Hrvatske (nHRN EN 1991-1-4) za lokaciju mosta **Trogir** očitano je:

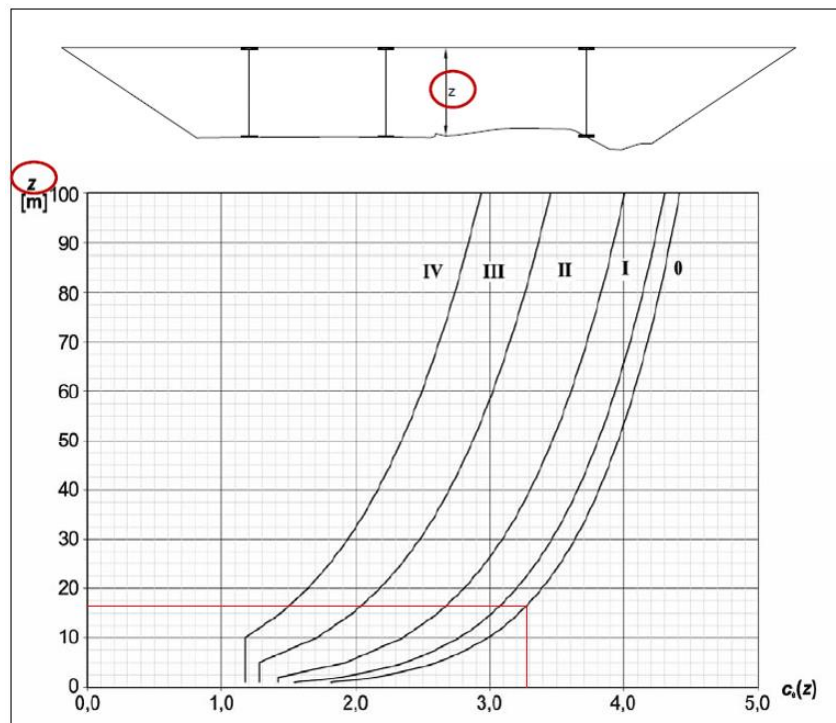
$$v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$$

Osnovna brzina vjetra:

$$v_{ref} = v_{b,0} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} = 30 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 30 \text{ m/s}$$

Osnovni pritisak vjetra:

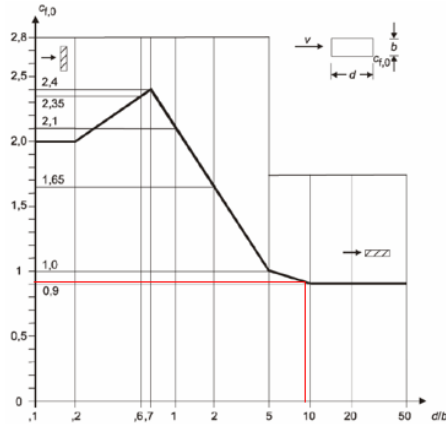
$$q_{ref} = \frac{\delta}{2} \cdot v_b^2 = \frac{1,25}{2000} \cdot 30,0^2 = \mathbf{0,563 \text{ kN/m}^2}$$



Slika 61.: Dijagram za očitavanje koeficijenta izloženosti $c_e(z)$ [36]

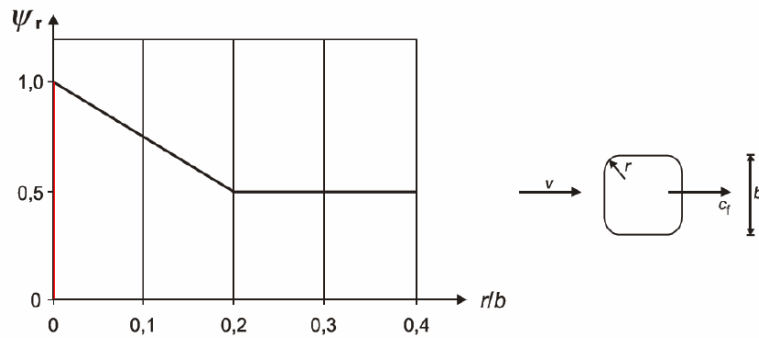
Iz dijagrama (slika 3.) prema visini ($z = 16,80 \text{ m}$) na kojoj se nalazi rasponski sklop od terena i prema kategoriji terena (kategorija 0) očitano je koeficijent izloženosti $c_e(z) = \mathbf{3,283}$

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda$$



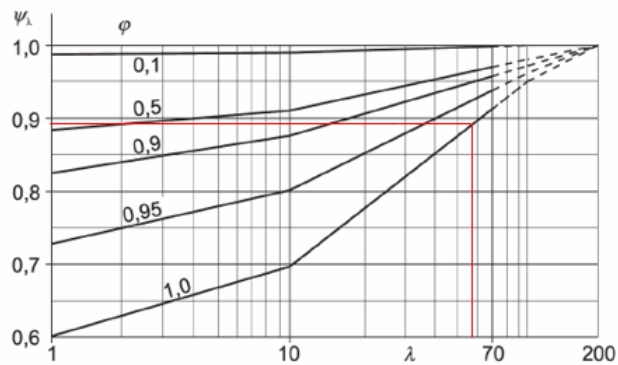
Slika 62.: Dijagram za očitavanje koeficijenta izloženosti $C(f,0)$ [36]

$$\frac{d}{b} = \frac{13,3}{1,5} = 8,867 \rightarrow C_{f,0} = 0,93 \text{ (očitano iz dijagrama slika 4)}$$



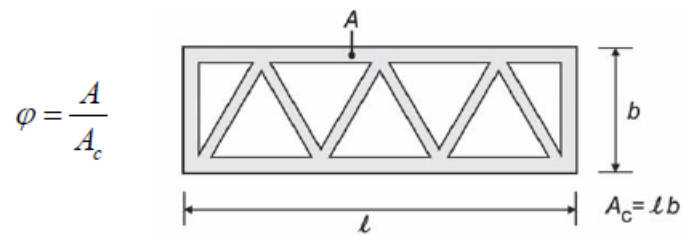
Slika 63.: Redukcija zbog zaobljenih uglova [36]

$$r = 0; \frac{r}{b} = 0 \rightarrow \psi_r = 1 \text{ (očitano iz dijagrama slika 5)}$$



Slika 64.: Redukcija zbog vitkosti [36]

gdje je φ koeficijent ispunjenosti za stupove sa otvorima ili rešetkaste stupove:



Slika 65.: Koeficijent φ [36]

A- površina bez otvora na koju udara vjetar,

A_c - ukupna površina stupa na koju udara vjetar

$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{19,95}{19,95} = 1$$

| Položaj konstrukcije, vjetar okomito na ravninu stranice | Proračunska vitkost λ |
|--|---|
| | $\lambda = (l/b)(2/c_{f,0})$ $\lambda = (2l/b)(2/c_{f,0})$ $\lambda = \infty$ |
| | |
| | |

Slika 66.: Vitkost λ [37]

$$\lambda = \frac{2l}{b} \cdot \frac{2}{c_{f,0}} = \frac{2 \cdot 20,5}{1,5} \cdot \frac{2}{0,93} = 58,78$$

$$\psi_\lambda = 0,89 \text{ (očitano iz dijagrama slika 6)}$$

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda = 0,93 \cdot 1 \cdot 0,89 = 0,828$$

$$w_i = c_e(z) \cdot C_f \cdot C_d \cdot q_{ref}$$

$$w_i = 3,283 \cdot 0,828 \cdot 1 \cdot 0,563 = 1,53 \text{ kN/m}^2$$

$$w_i^1 = (1,53 \cdot 0,3) + 0,2 = 0,66 \text{ kN/m}^2 \text{ (redukcija DIN 1072 4.2.4)}$$

$$F_w = w_i \cdot b = 0,66 \cdot 1,5 = 1,38 \text{ kN/m}$$

5.2.2. Vjetar na rasponski sklop uzdužno Fw – otvoren most 25°

$$F_w = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot C_d \cdot C_f \cdot A_{ref}$$

Iz vjetrovne karte Hrvatske (nHRN EN 1991-1-4) za lokaciju mosta **Trogir** očitano je:

$$v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$$

Osnovna brzina vjetra:

$$v_{ref} = v_{b,0} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} = 30 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 30 \text{ m/s}$$

Osnovni pritisak vjetra:

$$q_{ref} = \frac{\delta}{2} \cdot v_b^2 = \frac{1,25}{2000} \cdot 30,0^2 = 0,563 \text{ kN/m}^2$$

Iz dijagrama (slika 3) prema visini ($z = 16,80 \text{ m}$) na kojoj se nalazi rasponski sklop od terena i prema kategoriji terena (kategorija 0) očitani su koeficijenti izloženosti $c_e(z) = 3,283$

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda$$

$$\frac{d}{b} = \frac{1,5}{13,3} = 0,113 \rightarrow C_{f,0} = 2 \text{ (očitano iz dijagrama slika 4)}$$

$$r = 0; \frac{r}{b} = 0 \rightarrow \psi_r = 1 \text{ (očitano iz dijagrama slika 5)}$$

$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{19,95}{19,95} = 1$$

$$\lambda = \frac{2l}{b} \cdot \frac{2}{C_{f,0}} = \frac{2 \cdot 20,5}{13,3} \cdot \frac{2}{2} = 3,083$$

$$\psi_\lambda = 0,85 \text{ (očitano iz dijagrama slika 6)}$$

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda = 2 \cdot 1 \cdot 0,85 = 1,700$$

$$w_i = c_e(z) \cdot C_f \cdot C_d \cdot q_{ref}$$

$$w_i = 3,283 \cdot 1,700 \cdot 1 \cdot 0,563 = 3,14 \text{ kN/m}^2$$

$$w_i^1 = 3,14 \cdot 0,3 = 0,94 \text{ kN/m}^2 \text{ (redukcija DIN 1072 4.2.4)}$$

$$\text{Okomito na most} = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

$$F_w = w_i \cdot b = 0,6 \cdot 13,30 = 7,96 \text{ kN/m}$$

5.2.3. Vjetar na rasponski sklop poprečno Fw

U nastavku u tablici će biti prikazane vrijednosti opterećenja vjetrom u poprečnom smjeru i za slučaj kada je most otvoren 50° i 75°. Navedene vrijednosti su preuzete iz projekta.

| $F_w = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot c_d \cdot c_f \cdot A_{ref}$ | | | | | | | | | | $V_{ref} = 30 \text{ m/s}$ | | | | |
|--|---------------------------------|--|---|---------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|--|--|--------------------------------------|-------|-----------------|-----------|-------------------------|
| POPREČNO NA MOST | | | | | | | | | | | | | | |
| | z [m] | Kategorija terena | k_r | z_0 | z_{min} | $c_r(z)$ | $c_0(z)$ | $c_e(z)$ | d [m] | b [m] | d/b | L | λ | A_c [m ²] |
| Stupno mjesto | Visina elementa od tla ili vode | 1-Kategorija 0 2-Kategorija 1 3-Kategorija 2 4-Kategorija 3 5-Kategorija 4 | Koeficijent terena $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,ref}(=0,05)}\right)^{0,07}$ | Iz tablice za kategoriju terena | Iz tablice za kategoriju terena | Koeficijent hrapavosti terena $c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0)$ | Koeficijent topografije | Koeficijent izloženosti $c_e(z) = c_r(z)^2 \cdot c_f(z)$ $c_f(z) = \left[1 + \frac{7k_r(z-1)}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)}\right]$ | Dimenzija plohe paralelne na udar vjetra | Dimenzija plohe na koju vjetar udara | | Dužina elementa | | Stvama površina |
| otvoren most 75° | 0 | 1 | 0,156 | 0,003 | 1 | 0,906 | 1 | 1,811 | 13,3 | 1,500 | 8,867 | 20,5 | 58,781 | 19,95 |
| | 26,5 | 1 | 0,156 | 0,003 | 1 | 1,417 | 1 | 3,557 | 13,3 | 1,500 | 8,867 | 20,5 | 58,781 | 19,95 |
| otvoren most 50° | 0 | 1 | 0,156 | 0,003 | 1 | 0,906 | 1 | 1,811 | 13,3 | 1,500 | 8,867 | 20,5 | 58,781 | 19,95 |
| | 23,3 | 1 | 0,156 | 0,003 | 1 | 1,397 | 1 | 3,479 | 13,3 | 1,500 | 8,867 | 20,5 | 58,781 | 19,95 |
| otvoren most 25° | 0 | 1 | 0,156 | 0,003 | 1 | 0,906 | 1 | 1,811 | 13,3 | 1,500 | 8,867 | 20,5 | 58,781 | 19,95 |
| | 16,8 | 1 | 0,156 | 0,003 | 1 | 1,346 | 1 | 3,283 | 13,3 | 1,500 | 8,867 | 20,5 | 58,781 | 19,95 |

| A_c [m ²] | φ | $c_{f,0}$ | ψ_λ | r [m] | r/b | ψ_r | c_f | c_d | q_{ref} | w_i [kN/m ²] | Redukcija za otv. most | +/-0,2 | w_r [kN/m ²] | F_w / m [kN/m] |
|-------------------------|--|--------------------------|--|----------------------------|-----|--|---|---|---|--|------------------------|--------|----------------------------|------------------|
| Ukupna površina | lispunjeno st plohe $\varphi = \frac{A}{A_c}$ | Iz grafa u odnosu na d/b | Iz grafa u odnosu na λ i φ | Radius zakrivljenja uglova | | Koeficijent umanjenja uslijed zakrivljenosti uglova (iz grafa) | $c_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda$ | Dinamički koeficijent (iz grafa u odnosu na b i visinu h) | Referentni pritisak srednje brzine vjetra $q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2$ | $= c_e(z) \cdot c_f \cdot c_d \cdot q_{ref}$ | | | | $= w_i \cdot b$ |
| 19,95 | 1,00 | 0,93 | 0,89 | 0 | 0 | 1 | 0,828 | 1 | 0,563 | 0,84 | 0,7 | | 0,59 | 1,24 |
| 19,95 | 1,00 | 0,93 | 0,89 | 0 | 0 | 1 | 0,828 | 1 | 0,563 | 1,66 | 0,7 | | 1,16 | 2,44 |
| 19,95 | 1,00 | 0,93 | 0,89 | 0 | 0 | 1 | 0,828 | 1 | 0,563 | 0,84 | 0,3 | 0,20 | 0,45 | 0,95 |
| 19,95 | 1,00 | 0,93 | 0,89 | 0 | 0 | 1 | 0,828 | 1 | 0,563 | 1,62 | 0,3 | 0,20 | 0,69 | 1,44 |
| 19,95 | 1,00 | 0,93 | 0,89 | 0 | 0 | 1 | 0,828 | 1 | 0,563 | 0,84 | 0,3 | 0,20 | 0,45 | 0,95 |
| 19,95 | 1,00 | 0,93 | 0,89 | 0 | 0 | 1 | 0,828 | 1 | 0,563 | 1,53 | 0,3 | 0,20 | 0,66 | 1,38 |

Slika 67.: Slučaj opterećenja vjetrom poprečno na most [37]

5.2.4 Vjetar na rasponski sklop uzdužno Fw

U nastavku u tablici će biti prikazane vrijednosti opterećenja vjetrom u uzdužnom smjeru i za slučaj kada je most otvoren 50° i 75°. Navedene vrijednosti su preuzete iz projekta.

| $F_w = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot c_d \cdot c_f \cdot A_{ref}$ | | | | | | | | | $V_{ref} = 30 \text{ m/s}$ | | | | | |
|--|---------------------------------|--|---|---------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|--|--|--------------------------------------|-------|-----------------|-----------|---------------------|
| UZDUŽNO NA MOST | | | | | | | | | | | | | | |
| | z [m] | Kategorija terena | k_r | z_0 | z_{min} | $c_r(z)$ | $c_0(z)$ | $c_e(z)$ | d [m] | b [m] | d/b | L | λ | A [m ²] |
| Stupno mjesto | Visina elementa od tla ili vode | 1-Kategorija 0 2-Kategorija 1 3-Kategorija 2 4-Kategorija 3 5-Kategorija 4 | Koeficijent terena $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,ref} (= 0,05)}\right)^{0,07}$ | Iz tablice za kategoriju terena | Iz tablice za kategoriju terena | Koeficijent hrapavosti terena $c_r(z) = k_r \cdot \ln(z / z_0)$ | Koeficijent topografije | Koeficijent izloženosti $c_e(z) = c_r(z)^2 \cdot c_0(z)$ $\left[1 + \frac{7k_r (= 7 \cdot 1)}{c_0(z) \cdot \ln(z / z_0)}\right]$ | Dimenzija plohe paralelne na udar vjetra | Dimenzija plohe na koju vjetar udara | | Dužina elementa | | Stvama površina |
| otvoren most 75° | 0 | 1 | 0,156 | 0,003 | 1 | 0,906 | 1 | 1,811 | 1,5 | 13,300 | 0,113 | 20,5 | 3,083 | 19,95 |
| | 26,5 | 1 | 0,156 | 0,003 | 1 | 1,417 | 1 | 3,557 | 1,5 | 13,300 | 0,113 | 20,5 | 3,083 | 19,95 |
| otvoren most 50° | 0 | 1 | 0,156 | 0,003 | 1 | 0,906 | 1 | 1,811 | 1,5 | 13,300 | 0,113 | 20,5 | 3,083 | 19,95 |
| | 23,3 | 1 | 0,156 | 0,003 | 1 | 1,397 | 1 | 3,479 | 1,5 | 13,300 | 0,113 | 20,5 | 3,083 | 19,95 |
| otvoren most 25° | 0 | 1 | 0,156 | 0,003 | 1 | 0,906 | 1 | 1,811 | 1,5 | 13,300 | 0,113 | 20,5 | 3,083 | 19,95 |
| | 16,8 | 1 | 0,156 | 0,003 | 1 | 1,346 | 1 | 3,283 | 1,5 | 13,300 | 0,113 | 20,5 | 3,083 | 19,95 |

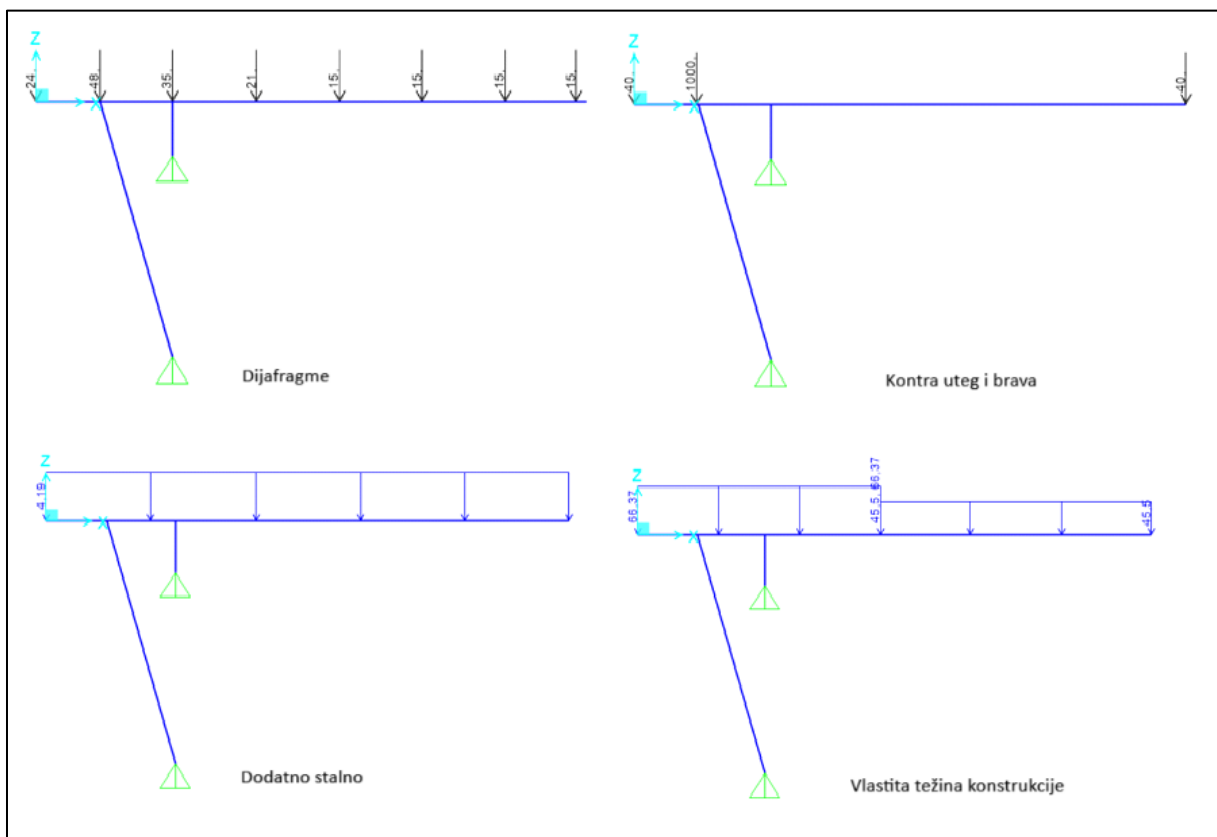
| A _c [m ²] | φ | c _{f,0} | ψ _λ | r [m] | r/b | ψ _r | c _r | c _d | q _{ref} | w _i [kN/m ²] | Redukcija za otv. most | +/-0,2 | w _r [kN/m ²] | okomito na most | F _w / m [kN/m] |
|----------------------------------|---|--------------------------|----------------------------|----------------------------|-----|--|---|--|---|--|------------------------|--------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Ukupna površina | ispunjeno st plohe $\varphi = \frac{A}{A_c}$ | Iz grafa u odnosu na d/b | Iz grafa u odnosu na λ i φ | Radius zakrivljenja uglova | | Koeficijent umanjenja uslijed zakrivljenosti uglova (iz grafa) | $c_r = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda$ | Dinamički koeficijent (iz grafa u odnosu na b i vsinu h) | Referentni pritisak srednje brzine vjetra $q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2$ | $w_i = c_e(z) \cdot c_f \cdot c_d \cdot q_{ref}$ | | | | | $= w_i \cdot b$ |
| 19,95 | 1,00 | 2 | 0,85 | 0 | 0 | 1 | 1,700 | 1 | 0,563 | 1,73 | 0,7 | | 1,21 | | 16,14 |
| 19,95 | 1,00 | 2 | 0,85 | 0 | 0 | 1 | 1,700 | 1 | 0,563 | 3,40 | 0,7 | | 2,38 | | 31,70 |
| 19,95 | 1,00 | 2 | 0,85 | 0 | 0 | 1 | 1,700 | 1 | 0,563 | 1,73 | 0,3 | 0,20 | 0,52 | 0,60 | 7,96 |
| 19,95 | 1,00 | 2 | 0,85 | 0 | 0 | 1 | 1,700 | 1 | 0,563 | 3,33 | 0,3 | 0,20 | 1,00 | 0,97 | 12,84 |
| 19,95 | 1,00 | 2 | 0,85 | 0 | 0 | 1 | 1,700 | 1 | 0,563 | 1,73 | 0,3 | 0,20 | 0,52 | 0,42 | 5,58 |
| 19,95 | 1,00 | 2 | 0,85 | 0 | 0 | 1 | 1,700 | 1 | 0,563 | 3,14 | 0,3 | 0,20 | 0,94 | 0,60 | 7,96 |

Slika 68.: Slučaj opterećenja vjetrom uzdužno na most [37]

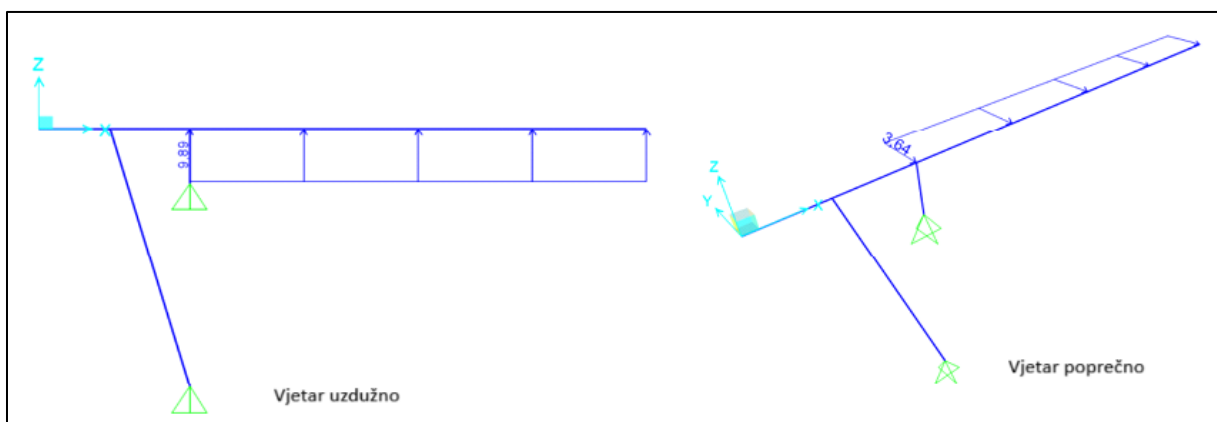
6. PRORAČUN POKRETNOG DIJELA MOSTA ZA FAZE OTVARANJA

6.1. Prikaz djelovanja na most u podignutom stanju

6.1.1. Kut zaokreta 0° – nakon početka podizanja; aktiviranje preša

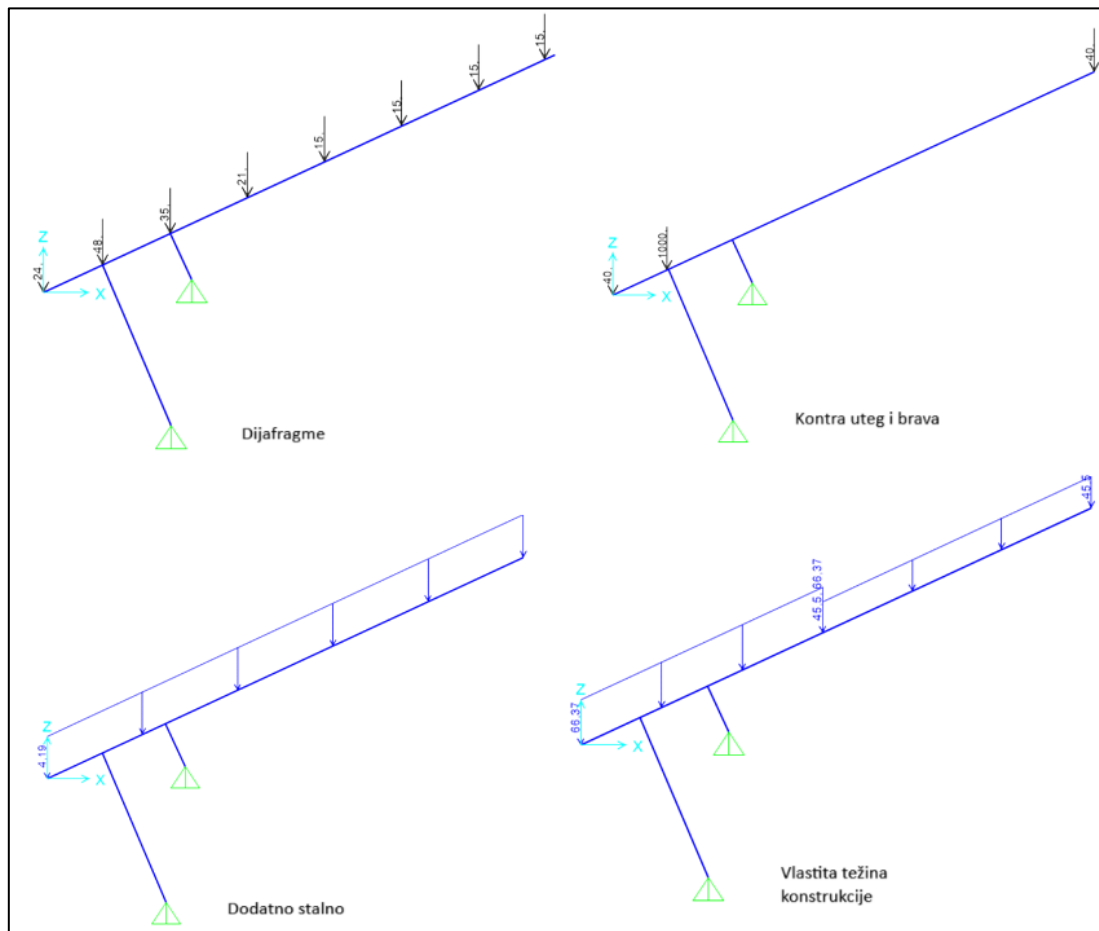


Slika 69.: Stalna djelovanja

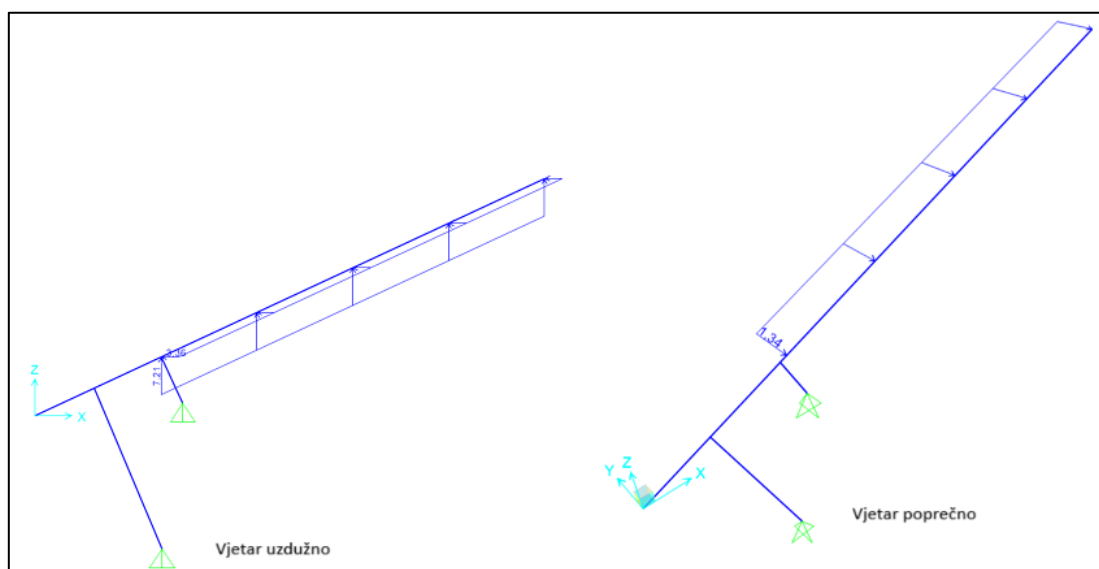


Slika 70.: Promjenjiva djelovanja

6.1.2. Kut zaokreta 25° - Most u podignutom stanju

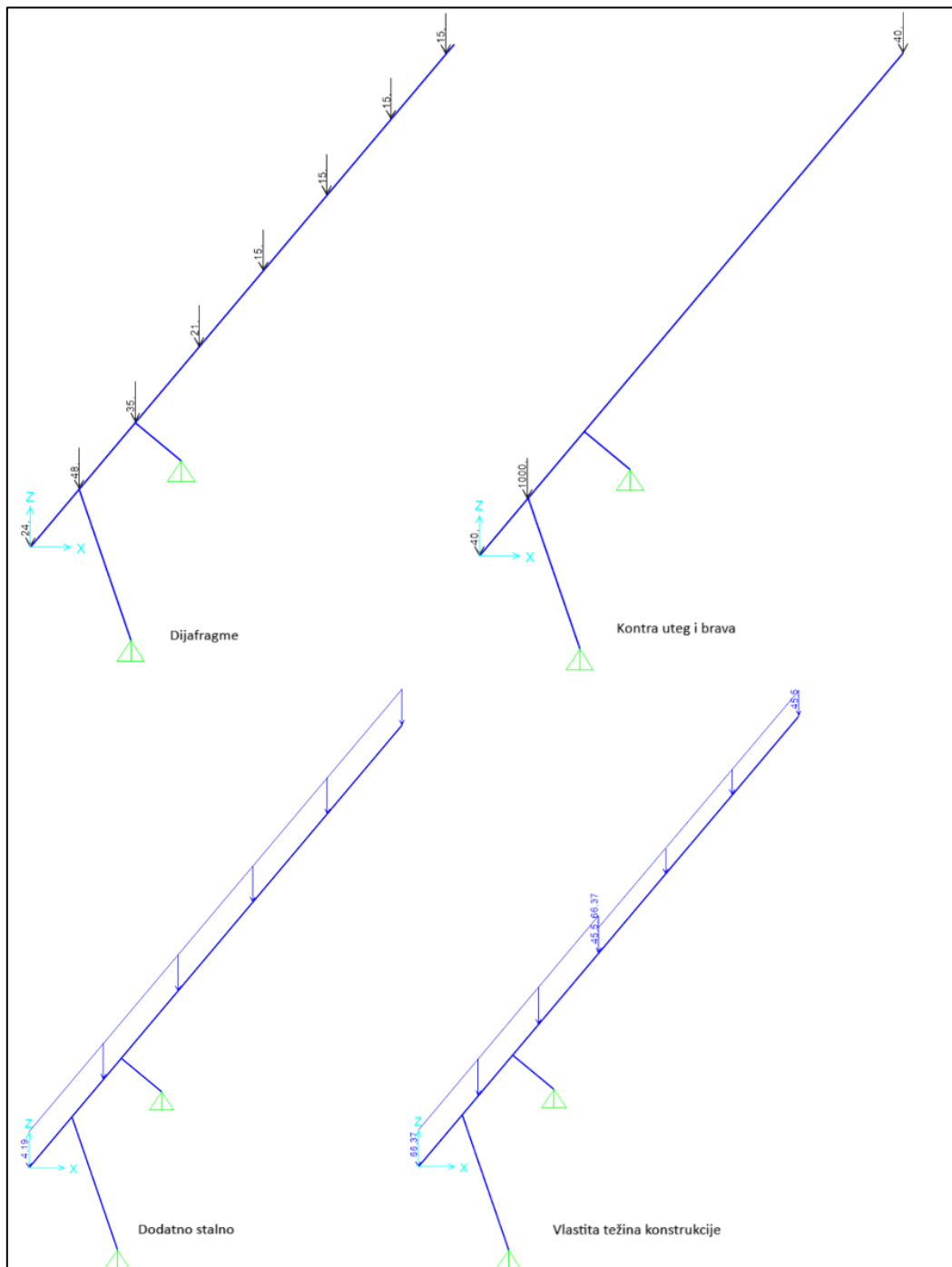


Slika 71.: Stalna djelovanja

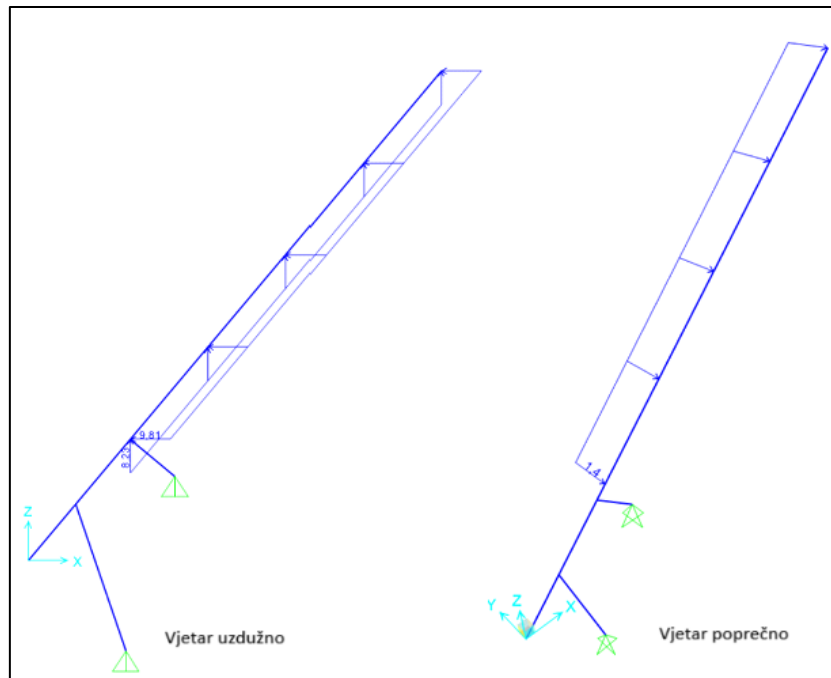


Slika 72.: Promjenjiva djelovanja

6.1.3. Kut zaokreta 50° - Most u podignutom stanju

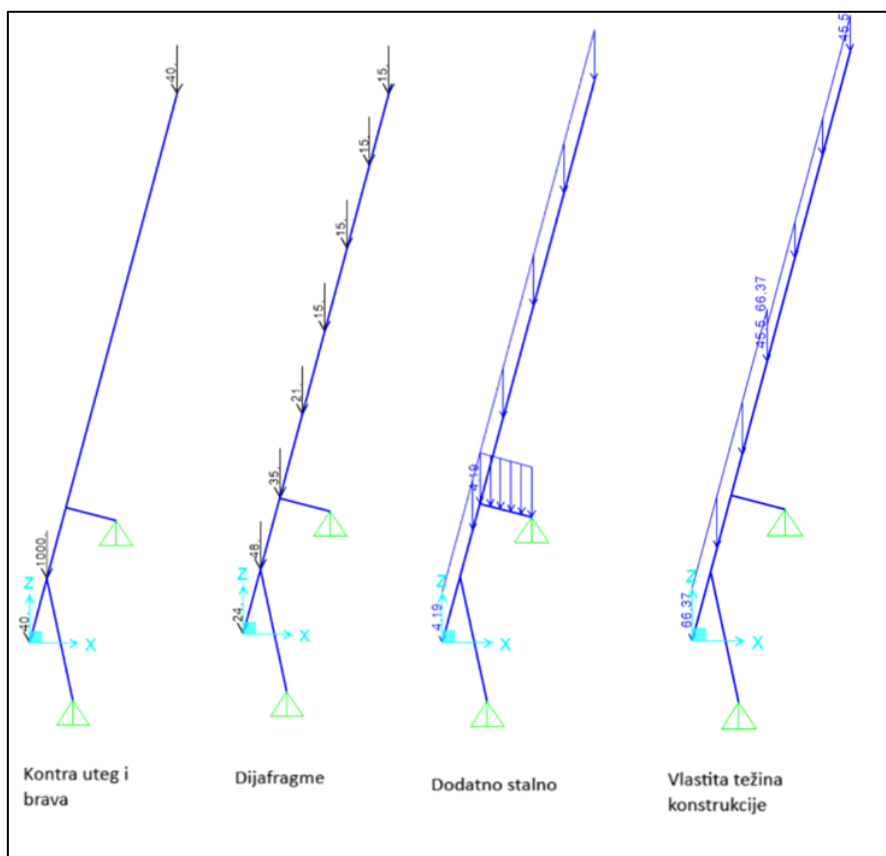


Slika 73.: Stalna djelovanja

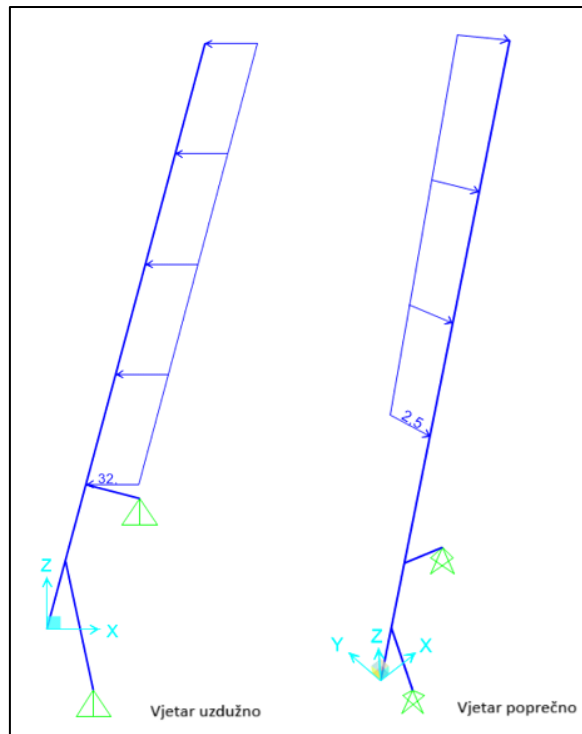


Slika 74.: Promjenjiva djelovanja

6.1.4. Kut zaokreta 75° - Most u podignutom stanju; aktivne preše

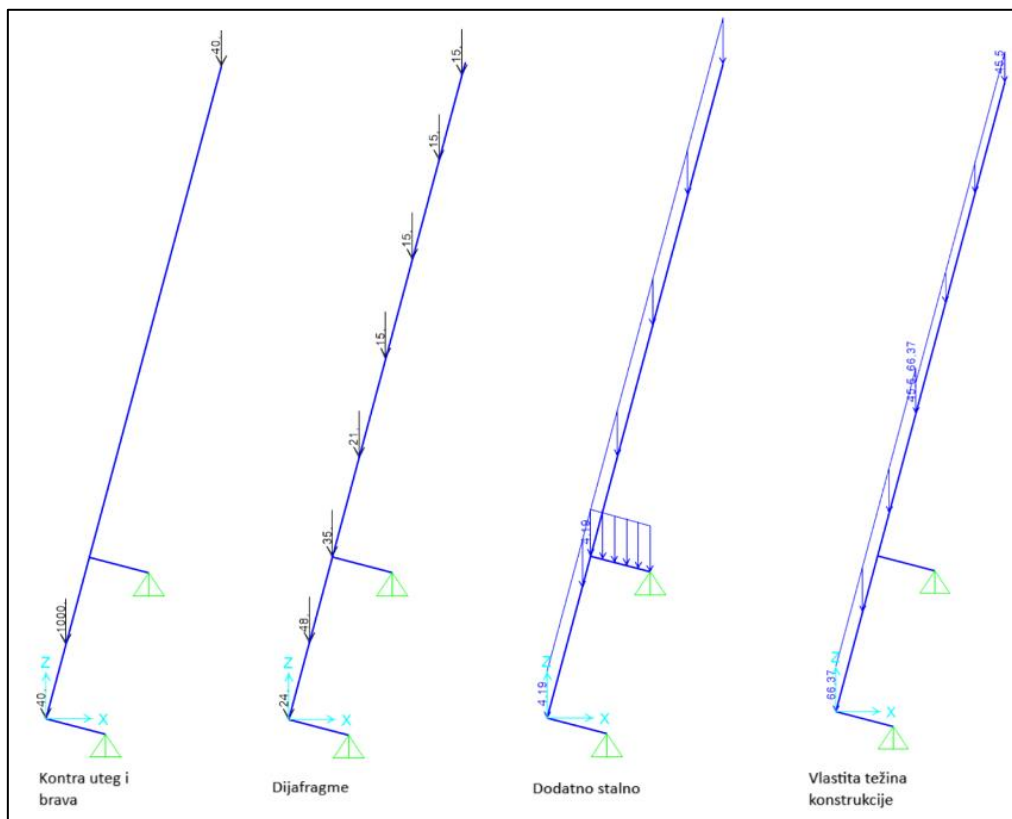


Slika 75.: Stalna djelovanja

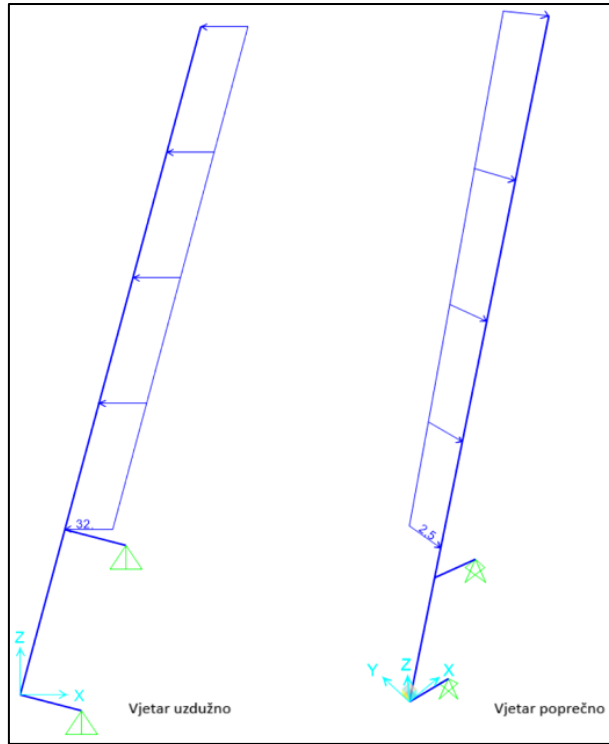


Slika 76.: Promjenjiva djelovanja

6.1.5. Kut zaokreta 75° - Most u podignutom stanju; aktivne brave



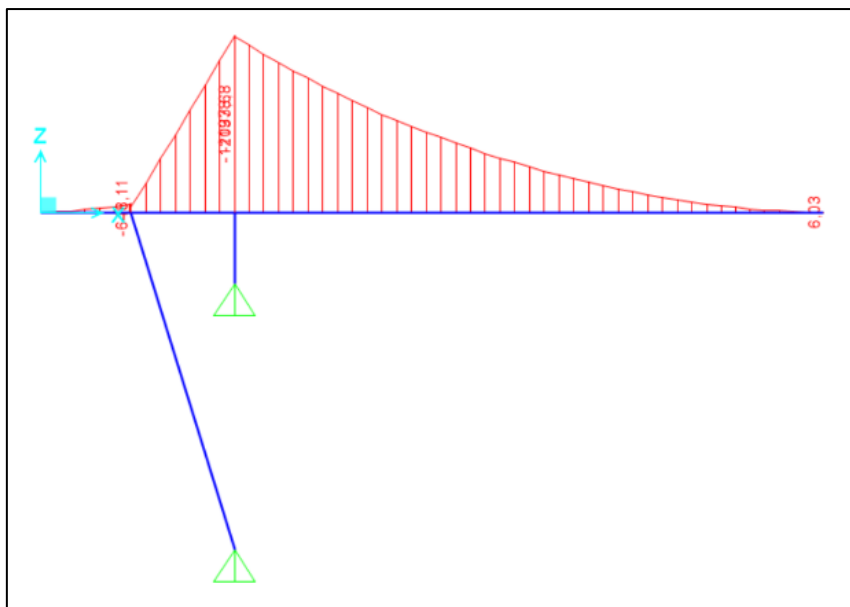
Slika 77.: Stalna djelovanja



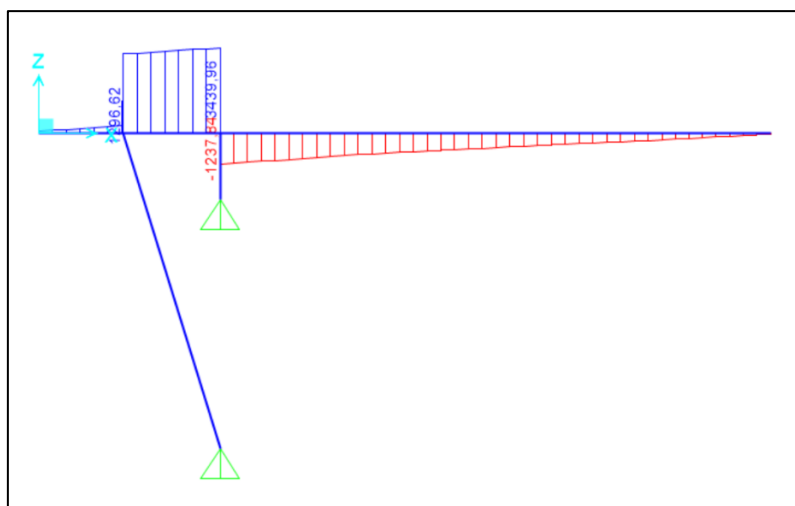
Slika 78.: Promjenjiva djelovanja

7. REZULTATI ANALIZE MOSTA

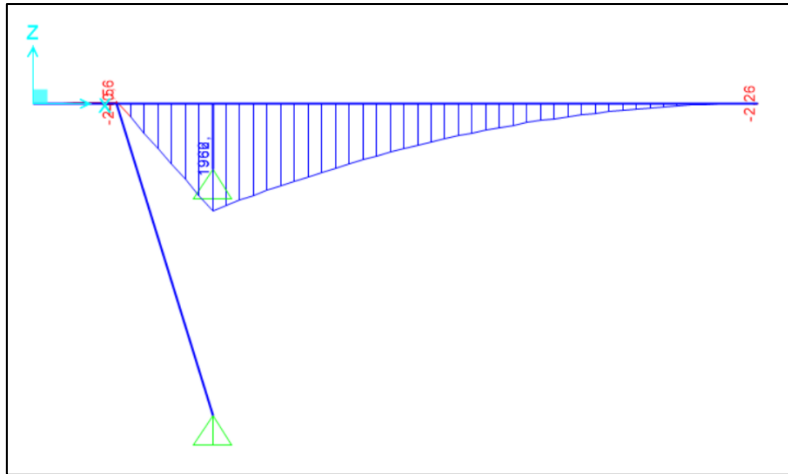
7.1. Kut zaokreta 0° – rezultati analize nakon početka podizanja



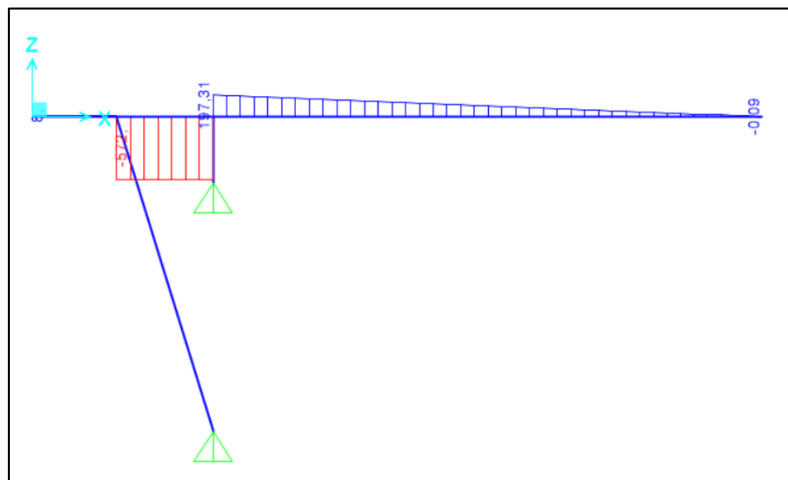
Slika 79.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Moment savijanja



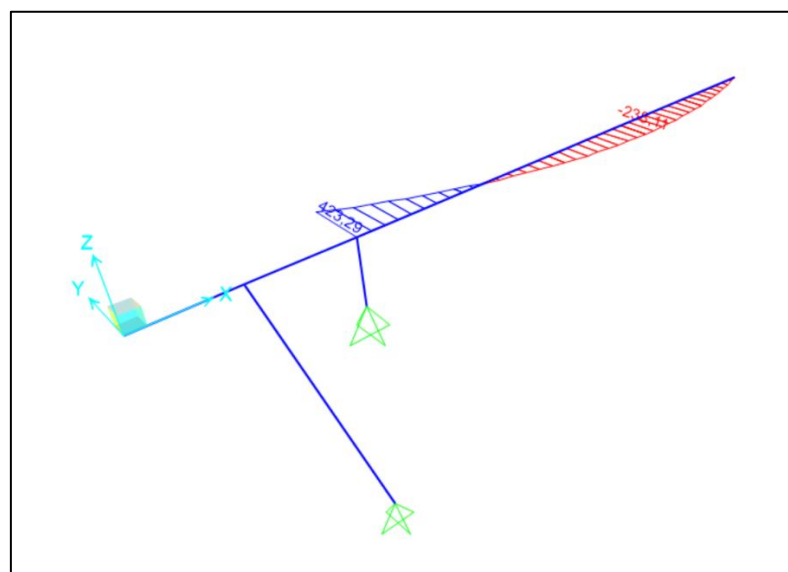
Slika 80.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Poprečne sile



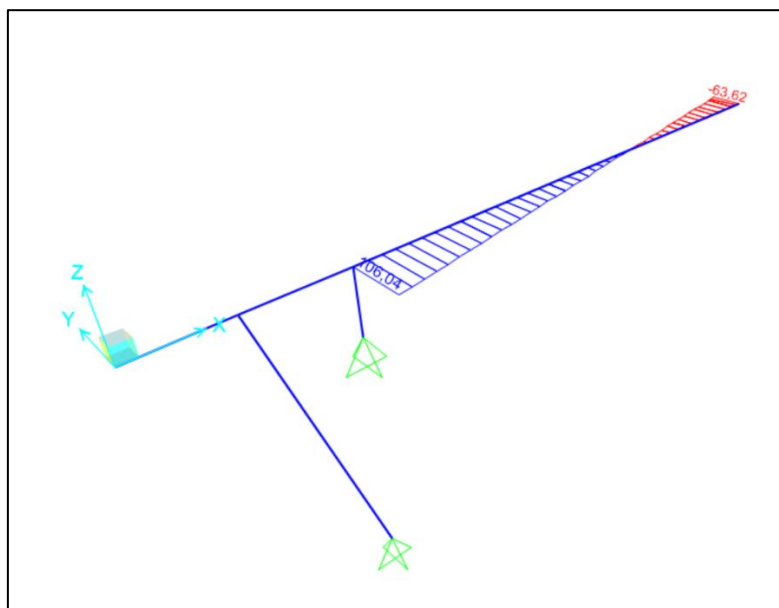
Slika 81.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most : Moment savijanja



Slika 82.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Poprečna sila

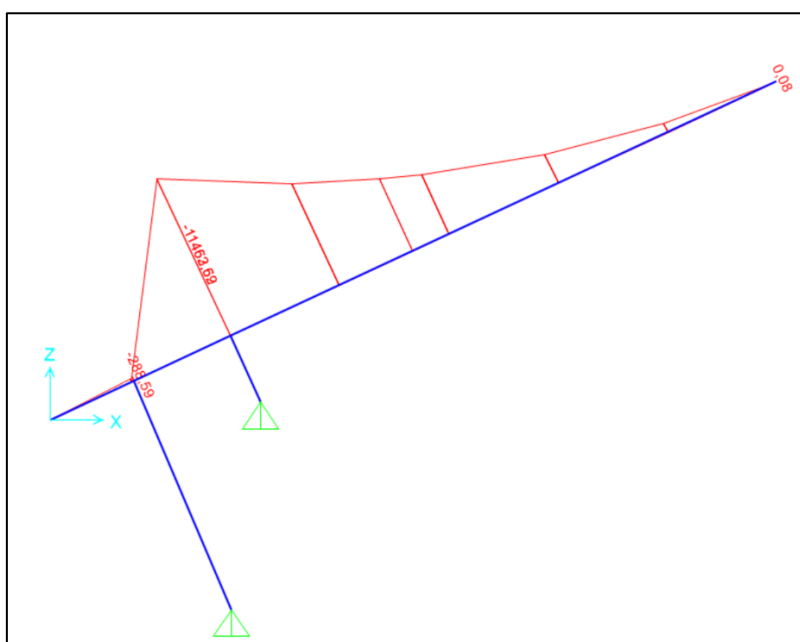


Slika 83.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja

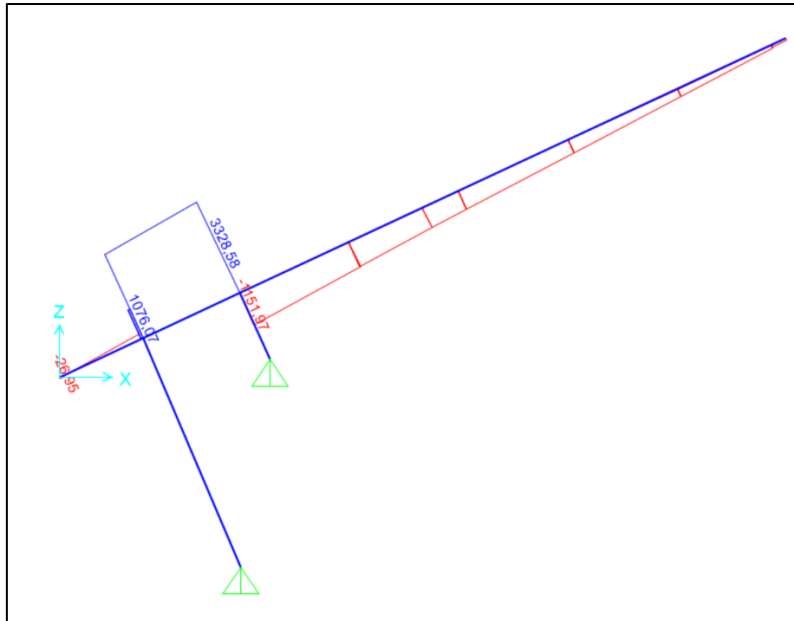


Slika 84. Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Poprečne sile

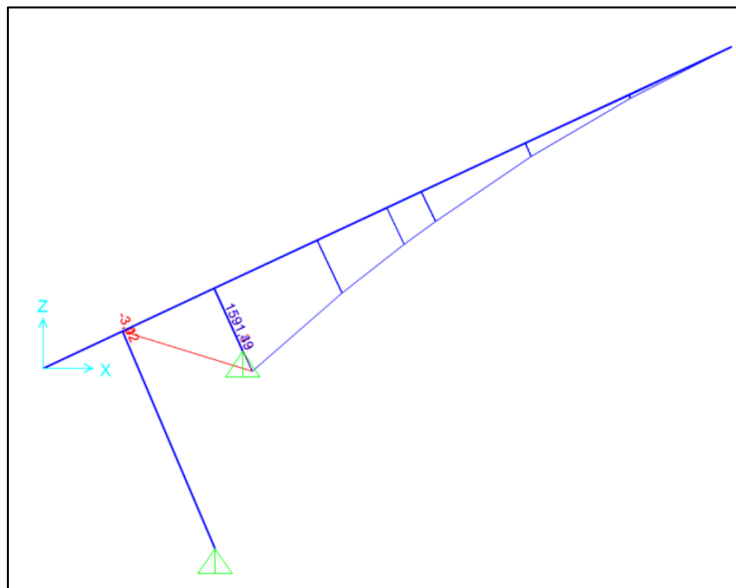
7.2. Kut zaokreta 25° - rezultati analize prilikom podizanja



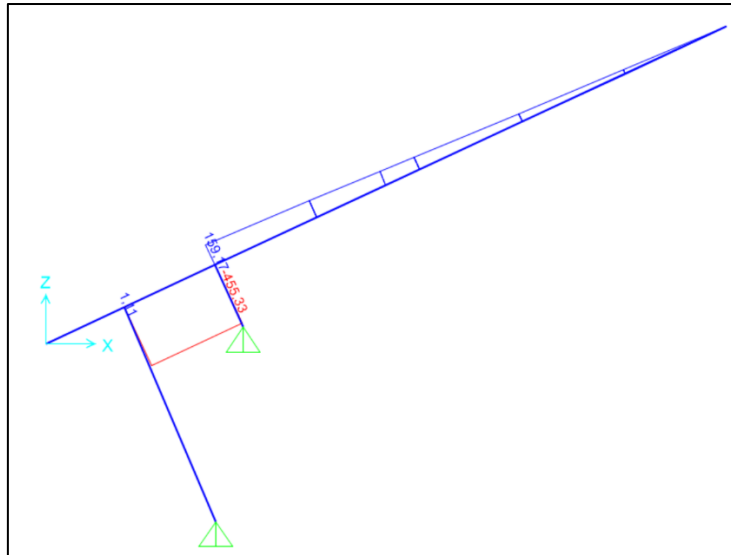
Slika 85.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Moment savijanja



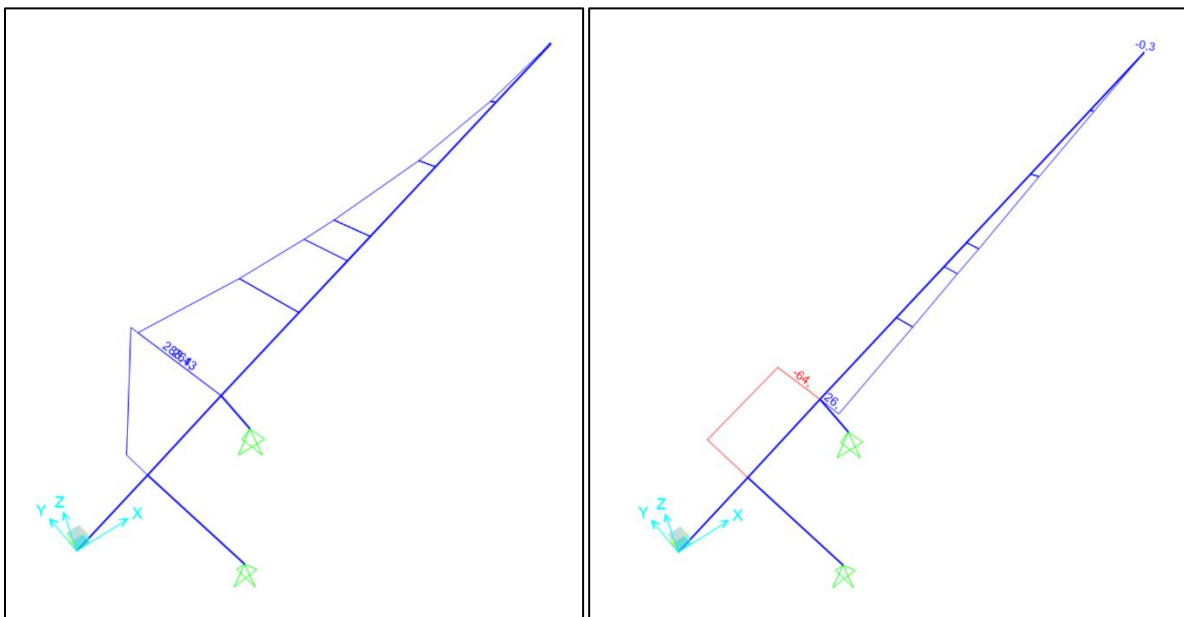
Slika 86.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Poprečne sile



Slika 87.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja

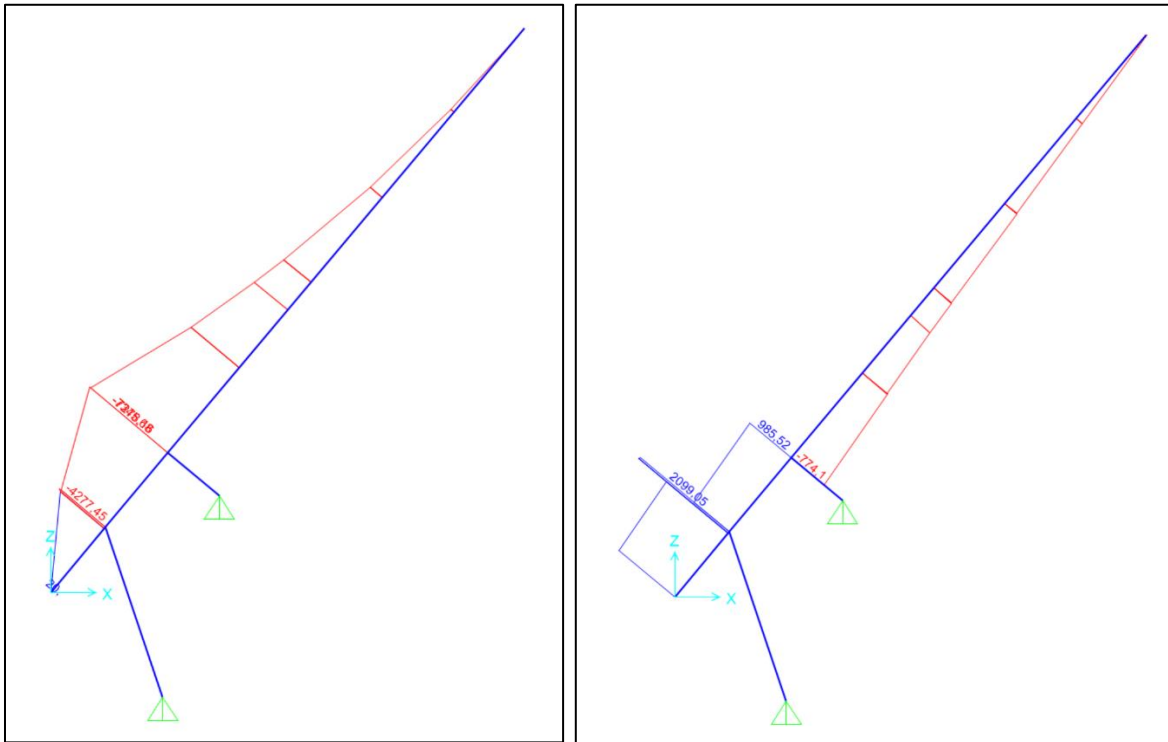


Slika 88.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Poprečne sile

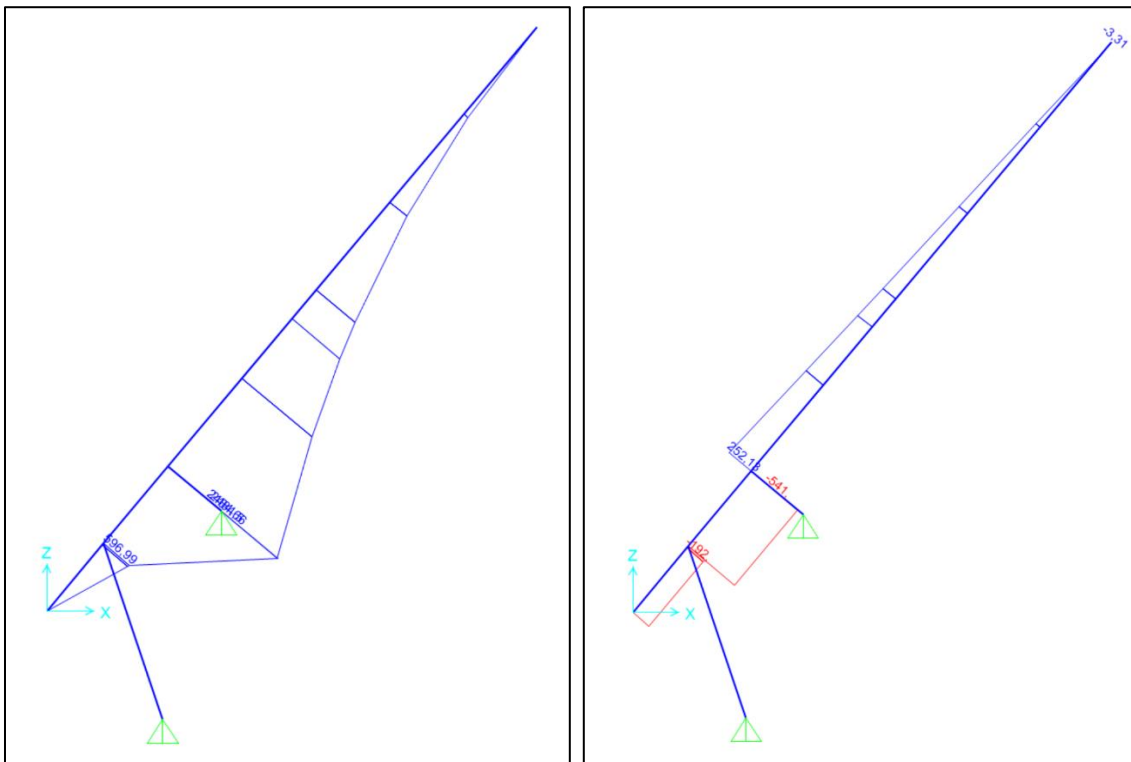


Slika 89.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno)

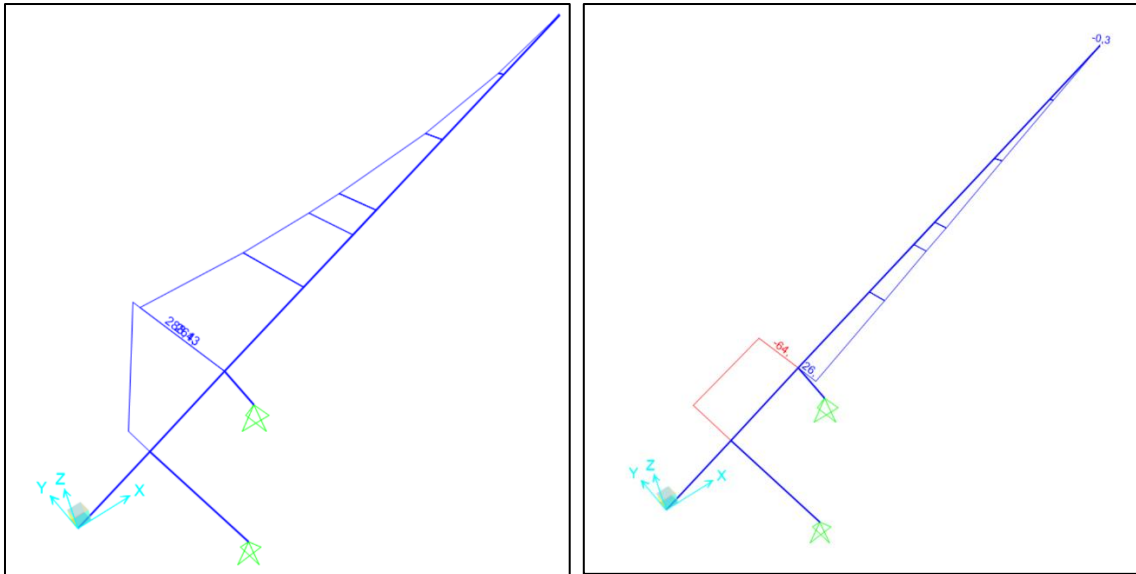
7.3. Kut zaokreta 50° - rezultati analize prilikom podizanja



Slika 90.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Moment savijanja (lijevo), Poprečna sila (desno)

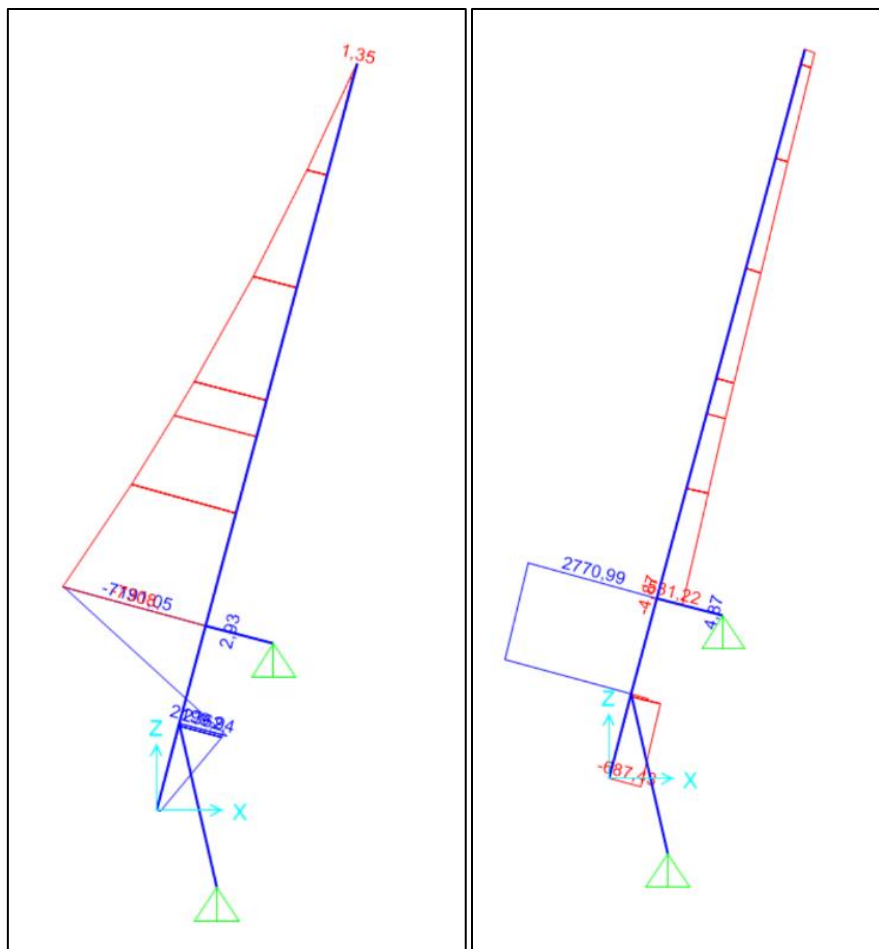


Slika 91.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno)

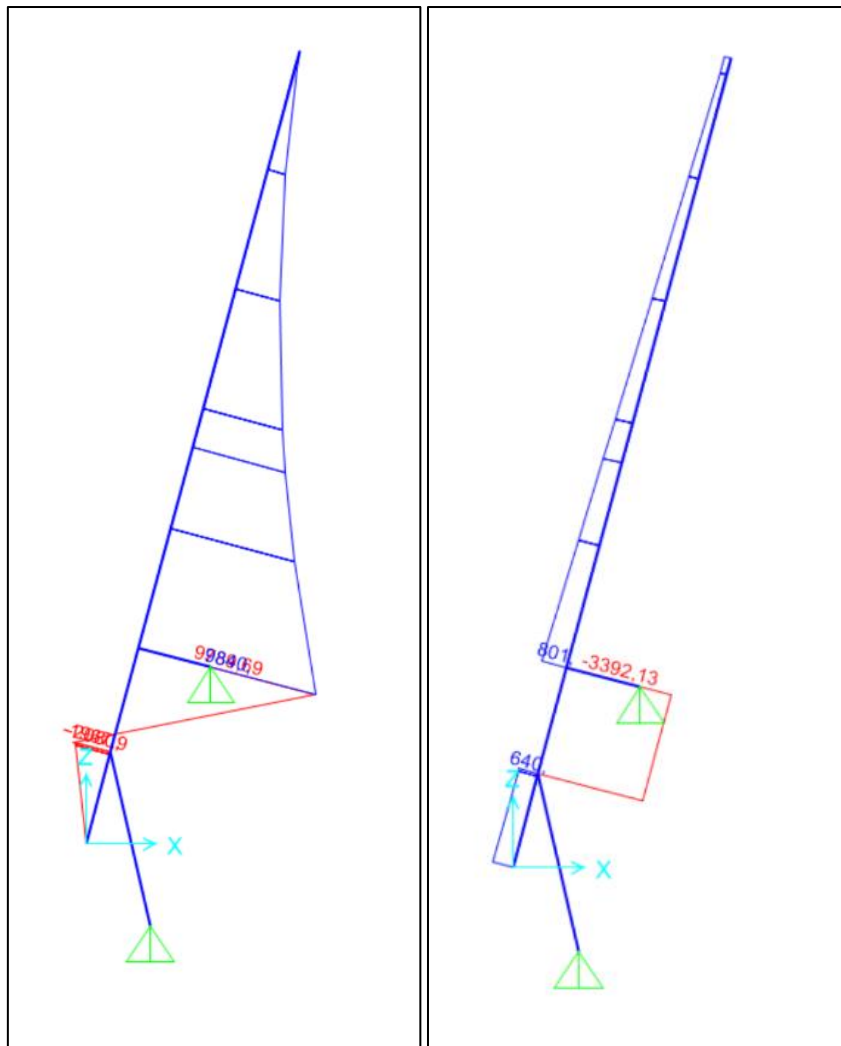


Slika 92.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno)

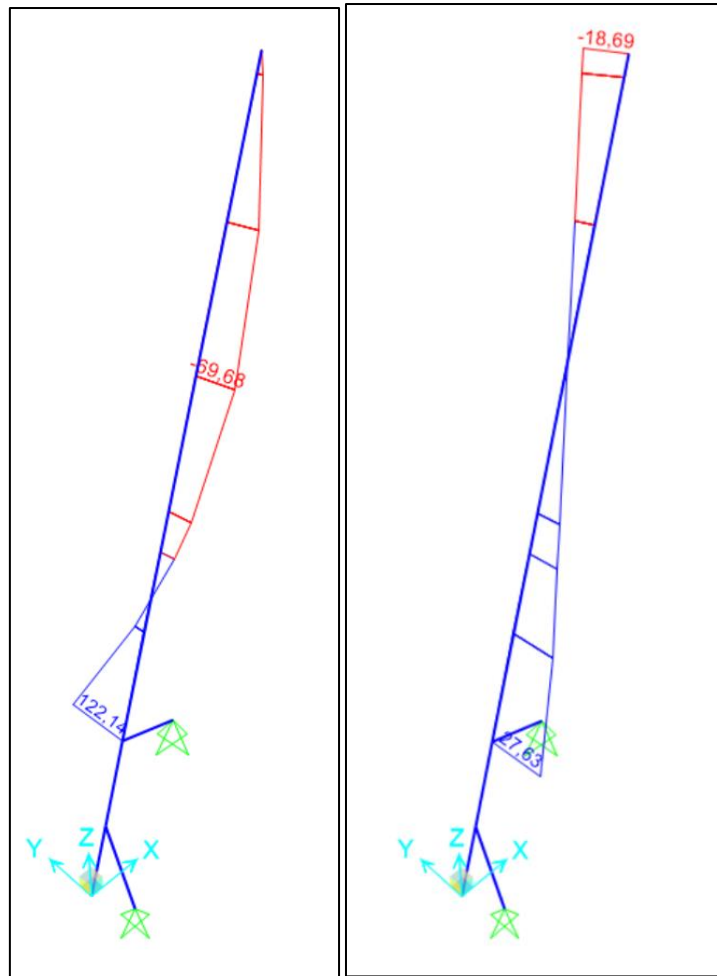
7.4. Kut zaokreta 75° - rezultati analize prilikom podizanja; aktivne preše



Slika 93.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Moment savijanja (lijevo), Poprečna sila (desno)

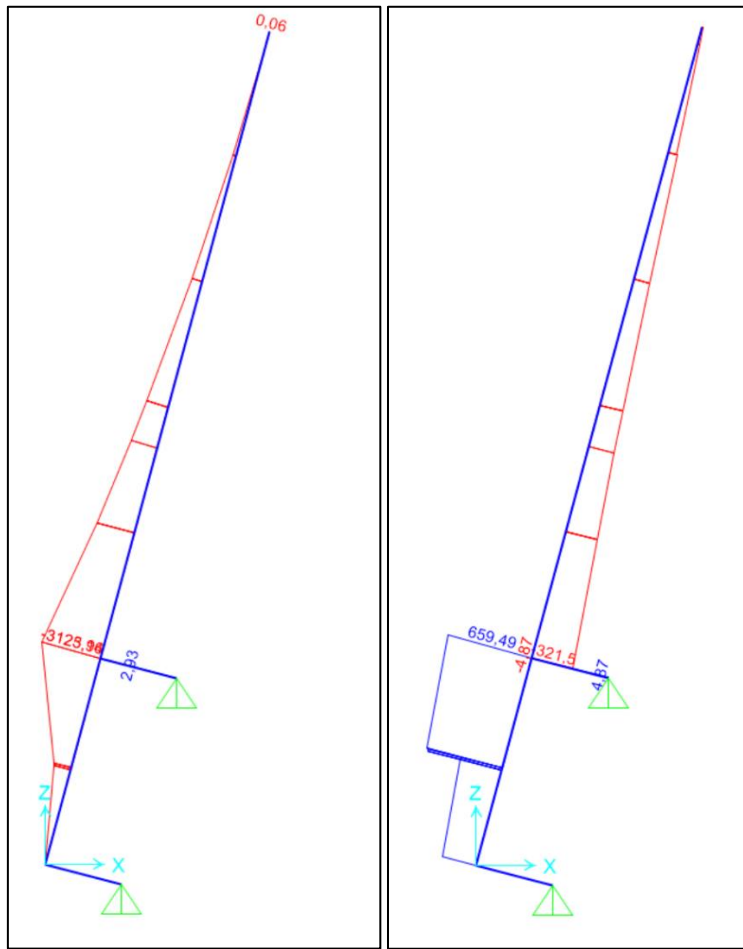


Slika 94.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno)

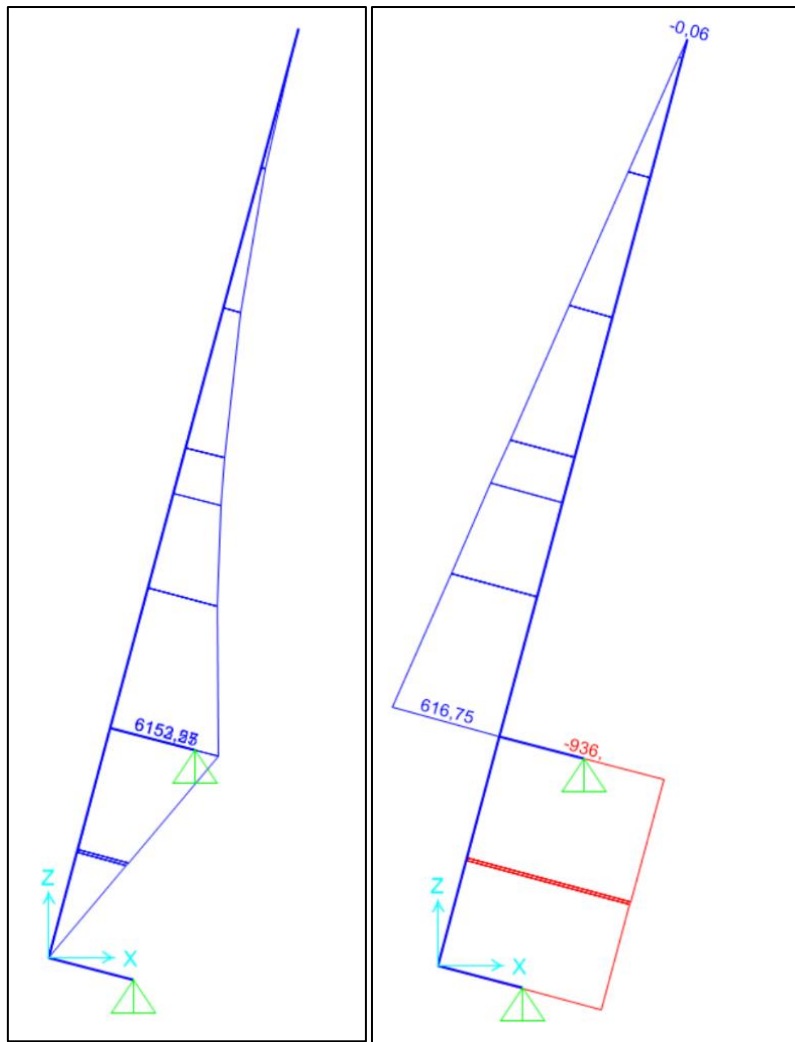


Slika 95.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno)

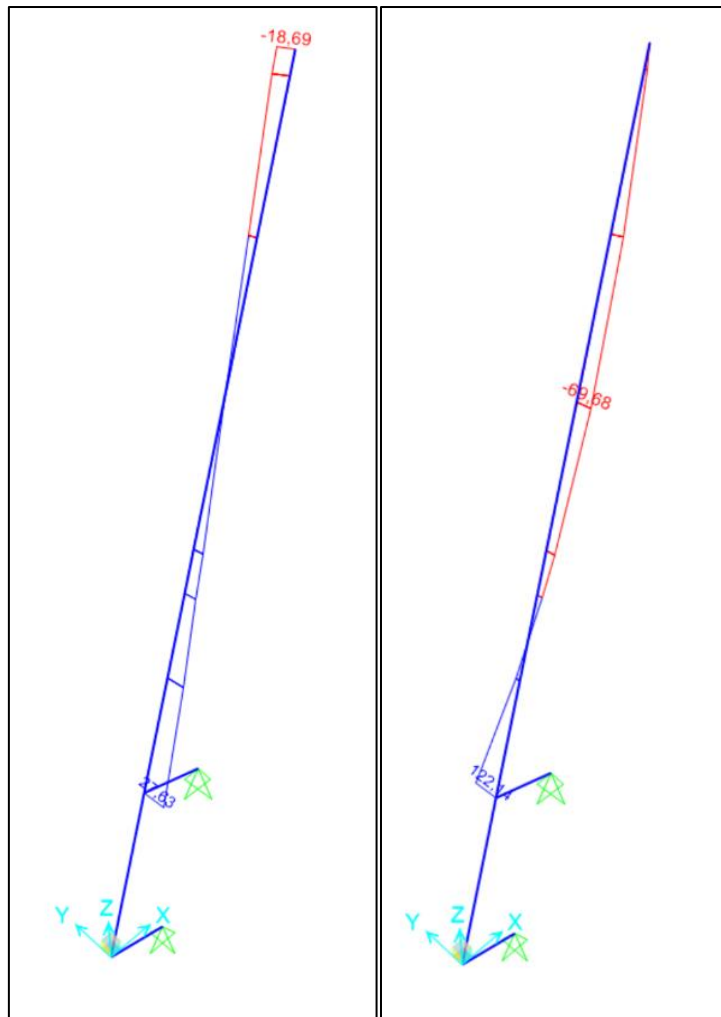
7.5. Kut zaokreta 75° - rezultati analize prilikom podizanja; aktivne brave



Slika 96.: Vlastita težina mosta + dodatno stalno: Moment savijanja (lijevo), Poprečna sila (desno)



Slika 97.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno)



Slika 98.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno)

8. Sile na osovinu, preše i brave prilikom podizanja mosta

Sile prikazane u tablicama odnose se na jedan par preša, koje se nalaze s lijeve (L) ili desne (D) strane kada se gleda u poprečnom smjeru mosta. Sile su izračunate za jedan krak mosta, dok su na suprotnom kraku mosta identične.

Tablica 5.: Sile na osovinu i preše - kut 0°

| Sile na osovine i dodatne sile u prešama (od vjetra) kada je most otvoren 0 stupnjeva | | | | | | | | | |
|---|----------------------|------|------|------|-------|------|--------------------|------|--|
| SILE - OTVOREN MOST | SILE NA OSOVINU (kN) | | | | | | SILA U PREŠAMA(kN) | | |
| | x | | y | | z | | | | |
| | L | D | L | D | L | D | L | D | |
| Vlastita težina i dodatno stalno | 672 | | 0 | | -2528 | | 2159 | | |
| Vjetar uzdužno 30 m/s | ±128 | ±128 | 0 | 0 | ±563 | ±563 | ±587 | ±587 | |
| Vjetar poprečno 30 m/s | | | ±106 | ±106 | | | ±0,5 | ±0,5 | |

Tablica 6.: Sile na osovinu i preše - kut 25°

| Sile na osovine i dodatne sile u prešama (od vjetra) kada je most otvoren 25 stupnjeva | | | | | | | | | |
|--|----------------------|------|-----|-----|-------|------|--------------------|------|--|
| SILE - OTVOREN MOST | SILE NA OSOVINU (kN) | | | | | | SILA U PREŠAMA(kN) | | |
| | x | | y | | z | | | | |
| | L | D | L | D | L | D | L | D | |
| Vlastita težina i dodatno stalno | 138 | | 0 | | -1280 | | 417 | | |
| Vjetar uzdužno 30 m/s | ±180 | ±180 | 0 | 0 | ±421 | ±421 | ±437 | ±437 | |
| Vjetar poprečno 30 m/s | | | ±25 | ±25 | | | ±0,5 | ±0,5 | |

Tablica 7.: Sile na osovinu i preše - kut 50°

| Sile na osovine i dodatne sile u prešama (od vjetra) kada je most otvoren 50 stupnjeva | | | | | | | | | |
|--|----------------------|------|-----|-----|-------|------|--------------------|------|--|
| SILE - OTVOREN MOST | SILE NA OSOVINU (kN) | | | | | | SILA U PREŠAMA(kN) | | |
| | x | | y | | z | | | | |
| | L | D | L | D | L | D | L | D | |
| Vlastita težina i dodatno stalno | 263 | | 0 | | -1341 | | 88 | | |
| Vjetar uzdužno 30 m/s | ±306 | ±306 | 0 | 0 | ±474 | ±474 | ±644 | ±644 | |
| Vjetar poprečno 30 m/s | | | ±17 | ±17 | | | ±1,0 | ±1,0 | |

Tablica 8.: Sile na osovину i preše - kut 75°

| Sile na osovine i dodatne sile u prešama (od vjetra) za otvoren most u krajnjem položaju (neposredno prije aktiviranja stražnjih brava) | | | | | | | | |
|---|----------------------|------|-----|-----|-------|-------|--------------------|-------|
| SILE - OTVOREN MOST | SILE NA OSOVINU (kN) | | | | | | SILA U PREŠAMA(kN) | |
| | x | | y | | z | | L | D |
| | L | D | L | D | L | D | | |
| Vlastita težina i dodatno stalno | 187 | | 0 | | -263 | | -1210 | |
| Vjetar uzdužno 30 m/s | ±393 | ±393 | 0 | 0 | ±2028 | ±2028 | ±3460 | ±3460 |
| Vjetar poprečno 30 m/s | | | ±28 | ±28 | | | ±2,0 | ±2,0 |

Sile prikazane u tablicama odnose se na jednu bravu, koja se nalaze s lijeve (L) ili desne (D) strane kada se gleda u poprečnom smjeru mosta. Sile su izračunate za jedan krak mosta, dok su na suprotnom kraku mosta identične.

Tablica 9.: Sile na osovinu i bravu - kut 75°

| Sile na osovine i stražnje brave za otvoren most | | | | | | | | |
|--|----------------------|------|-----|-----|-------|------|-------------------|------|
| SILE - OTVOREN MOST | SILE NA OSOVINU (kN) | | | | | | SILA NA BRAVU(kN) | |
| | x | | y | | z | | L | D |
| | L | D | L | D | L | D | | |
| Vlastita težina i dodatno stalno | 517 | | 0 | | -1543 | | -512 | |
| Vjetar uzdužno 30 m/s | ±924 | ±924 | 0 | 0 | ±332 | ±332 | ±863 | ±863 |
| Vjetar poprečno 30 m/s | | | ±28 | ±28 | | | ±2,0 | ±2,0 |

9. ZAKLJUČAK

U ovom radu istraženi su različiti tipovi pokretnih mostova, njihova funkcionalnost i konstrukcijska rješenja koja omogućuju njihovo podizanje, spuštanje ili otvaranje radi omogućavanja prolaza brodovima ili drugih plovila. Pokretni mostovi predstavljaju izuzetno kompleksne građevinske objekte koji, osim funkcionalnosti, moraju ispuniti stroge zahtjeve sigurnosti i trajnosti.

Istraživanje je pokazalo da svaki tip mosta (rasklopni, zaokretni, podizni itd.) ima svoje specifične tehničke karakteristike i primjenu, ovisno o prostoru u kojem se nalazi. Primjena inovativnih materijala i naprednih mehanizama dodatno doprinosi efikasnosti ovih struktura, čineći ih ključnim elementima moderne infrastrukture u urbanim i obalnim područjima.

Osim tehničkih aspekata, važnost pokretnih mostova leži u njihovoj prilagodljivosti prometnim i navigacijskim zahtjevima, što ih čini nezamjenjivima u određenim geografskim regijama. Ovaj rad doprinosi boljem razumijevanju kako teorijskih, tako i praktičnih izazova u projektiranju i izgradnji ovakvih objekata.

10. LITERATURA

- [1] Radić, Jure *Uvod u mostarstvo* / Kušter, Marija (ur.). Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada ; Jadrin ; Građevinski fakultet, 2009. , 584.
- [2] Srbić, M *Pokretni mostovi* [ppt]. Specijalne inženjerske građevine , Građevinski fakultet, Zagreb, Hrvatska.
- [3] Phillips J.S., *Chicago loop bridges*, dostupno: <https://chicagoloopbridges.com/> [pristupljeno 10.8.2024.]
- [4] Koglin TL. *Movable bridge engineering*. Hoboken: J. Wiley & Sons; 2003.
- [5] Otis Ellis Hovey. *Movable Bridges*. 1926.
- [6] Nitocris, Queen of Babylon, supervising the building of a bridge over the River Euphrates. Etching after J. de Seve. [Internet]. Wellcome Collection. 2024 [pristupljeno 15.8.2024.]. Dostupno: <https://wellcomecollection.org/works/gf23yyyma>
- [7] A Bluffer's Guide to ... Old London Bridge [Internet]. The London Wanderer. 2020 [pristupljeno 15.8.2024.]. Dostupno: https://thelondonwanderer.co.uk/2020/05/a-bluffers-guide-to-old-london-bridge/?doing_wp_cron=1725485600.2606930732727050781250
- [8] Ilmain J. *The Revolving Bridge* | COVE [Internet]. Covecollective.org. 2017. Dostupno: <https://editions.covecollective.org/chronologies/revolving-bridge>
- [9] R. Saul, K. Humpf *Innovative Bridge Design Handbook (Second Edition)*, 2022
- [10] Verdict Media Limited. Botlek-Bridge Replacement, A15 Highway, Rotterdam, Netherlands - Verdict Traffic [Internet]. Roadtraffic-technology.com. 2017 [pristupljeno 15.8.2024.]. Dostupno: <https://www.roadtraffic-technology.com/projects/botlek-bridge-replacement-a15-highway-rotterdam/>
- [11] Juraj Králik, Rosko P. Probabilistic and sensitivity analysis of Botlek Bridge structures. MATEC Web of Conferences. 2017 Jan 1;107:00004–4.
- [12] Heavy, Structures I. TWELFTH BEINNIAL SYMPOSIUM Innovative Design of Movable Bridges [Internet]. 2008 [pristupljeno 17.8.2024.]. Dostupno: <https://heavymovablestructures.org/wp-content/uploads/2017/12/Innovative-Design-of-Movable-Bridges.pdf>
- [13] Structurae. Pont de l'écluse François 1er (Le Havre, 1971) | Structurae [Internet]. Structurae. Structurae; 2016 [pristupljeno 17.8.2024.]. Dostupno: <https://structurae.net/en/structures/pont-de-l-ecluse-francois-1er>

- [14] Structure Inspection Manual Part 3 -Movable Structures Chapter 2 -Bascule Bridges [Internet]. 2017. Dostupno: <https://wisconsin.gov/dtsdManuals/strct/inspection/insp-fm-pt3ch2.pdf>
- [15] Historic Bridges .org [Internet]. historicbridges.org. Dostupno: <https://historicbridges.org/index.php>
- [16] Chen WF, Duan L. Bridge Engineering Handbook. CRC Press; 2023.
- [17] Rall-type Bascule Bridge [Internet]. Multnomah County. 2010. Dostupno: <https://www.multco.us/bridges/rall-type-bascule-bridge>
- [18] Strauss-type Bascule Bridge [Internet]. Multnomah County. 2010 [cited 2024 Sep 4]. Dostupno: <https://www.multco.us/bridges/strauss-type-bascule-bridge>
- [19] shayna. Strauss heel trunnion bascule [Internet]. bridgesnyc. 2011. Dostupno: <https://www.bridgesnyc.com/tag/strauss-heel-trunnion-bascule/>
- [20] Saul R, Humpf K. *Innovative Bridge Design Handbook*. 2016.
- [21] Gibson C. Tower Bridge From Above, London, UK [Internet]. Gibson C, editor. [pristupljeno 20.8.2024.]. Dostupno: <https://www.etsy.com/uk/listing/613432608/tower-bridge-from-above-london-uk>
- [22] Most, Rotterdam, Holandia, Erasmus Bridge [Internet]. Tapeciarnia.pl. 2016 [pristupljeno 20.8.2024.]. Dostupno: https://www.tapeciarnia.pl/249664_most_rotterdam_holandia_erasmus_bridge
- [23] Structurae. Porta d'Europa Bridge (Barcelona, 2000) | Structurae [Internet]. Structurae. Structurae; 2023 [pristupljeno 21.8.2024.]. Dostupno: <https://structurae.net/en/structures/porta-d-europa-bridge>
- [24] TROGIR KROZ POVIJEST. TROGIR KROZ POVIJEST [Internet]. Blogspot.com. 2021 [pristupljeno 15.8.2024.]. Dostupno: <https://tragurium.blogspot.com/>
- [25] Radić J, Šavor Z, Mujkanović N. Most kopno -otok Čiovo u Trogiru Most kopno -otok Čiovo u Trogiru Mainland -Čiovo Island Bridge in Trogir. 2009 [pristupljeno 21.8.2024.];9:863. Dostupno: <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-61-2009-09-06.pdf>
- [26] Markov M. Satnica podizanja i spuštanja mosta u Tisnom od 1.6. do 15.9. [Internet]. Tisno.hr. 2024 [pristupljeno 21.8.2024.]. Dostupno: <https://www.tisno.hr/clanci/satnica-podizanja-i-spuštanja-mosta-u-tisnom-od-1-6-do-15-9/1491.html>
- [27] Jurica Gašpar. VIDEO Rijetki prizori propuštanja plovila podizanjem novog mosta za Čiovo | | Morski HR [Internet]. Morski HR. Morski HR; 2020 [pristupljeno 21.8.2024.]. Dostupno:

<https://www.morski.hr/video-rijetki-prizori-propustanja-plovila-podizanjem-novog-mosta-za-ciovo/>

[28] Brigita Mamić. Gradski most u Zadru slavi 60. rođendan: Jeste li znali da ima mehanizam za otvaranje? [Internet]. Bauštela.hr. 2022 [pristupljeno 23.8.2024.]. Dostupno: <https://bauštela.hr/novosti/gradski-most-zadru-slavi-60-rodendan-jeste-li-znali-da-mehanizam-otvaranje/>

[29] Mostovi i dizalice - Županijska lučka uprava Mali Lošinj [Internet]. Županijska lučka uprava Mali Lošinj. 2024 [pristupljeno 23.8.2024.]. Dostupno: <https://www.luckauprava-losinj.hr/mostovi-i-dizalice/>

[30] Jurica Gašpar. Zbog rekonstrukcije mosta na Lošinju, brodovi će do daljnjeg oko cijelog otoka [Internet]. Morski HR. Morski HR; 2022 [pristupljeno 23.8.2024.]. Dostupno: <https://www.morski.hr/zbog-rekonstrukcije-mosta-na-losinju-brodovi-ce/>

[31] Nakon 10 godina otvoren most preko Cetine u Omišu [Internet]. Dalmatinski portal. 2020 [pristupljeno 23.8.2024.]. Dostupno: <https://dalmatinskiportal.hr/vijesti/fotogalerija-nakon-10-godina-otvoren-most-preko-cetine-u-omisu/81243>

[32] Jacques Chaban-Delmas Bridge | H&H [Internet]. H&H. 2013 [pristupljeno 24.8.2024.]. Dostupno: <https://www.hardestyhanover.com/projects/jacques-chaban-delmas/>

[33] Transporter Bridges – Puentes Transbordadores [Internet]. Puentestransbordadores.com. 2024 [pristupljeno 25.8.2024.]. Dostupno: <https://www.puentestransbordadores.com/en/transporter-bridges/>

[34] Mawson, Barry & Lark, Robert. (2000). Newport Transporter Bridge—an historical perspective. Proceedings of The Institution of Civil Engineers—civil Engineering - PROC INST CIVIL ENG-CIVIL ENG. 138. 40-48. 10.1680/cien.2000.138.1.40.

[35] Pregled projekata [Internet]. Wwv.tgi.hr. 2024 [pristupljeno 11.9.2024.]. Dostupno: <http://www.tgi.hr/index.php/en/pregeld-projekata?start=6>

[36] Vlašić A, Srbić M. **Mostovi II: Analiza opterećenja** [Internet]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet; 2019

[37] Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za konstrukcije, Katedra za mostove. **Most kopno - otok Čiovo u Trogiru sa pristupnim cestama: Statički i dinamički proračun**. Veljača 2012.

12. POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1.: Mostovi rijeke Chicago [3]..... | 6 |
| Slika 2.: Kraljica Nitocris nadgleda gradnju mosta preko Eufrata [6] | 8 |
| Slika 3.: Detalj uljane slike „View of London Bridge“ ,Claude de Jongh 1632. godine [7]..... | 9 |
| Slika 4.: primjer srednjovjekovnog pokretnog mosta na dvorcu [4] | 9 |
| Slika 5.: Crtež paraboličnog mosta sa zaokretnim dijelom [8] | 10 |
| Slika 6.: Botlek most, Rotterdam [10]..... | 12 |
| Slika 7.: Sistem podiznog mosta srednjovjekovnog dvorca [5]..... | 15 |
| Slika 8.: Most Pont Jacques Thillard, Francuska [13]..... | 15 |
| Slika 9.: Sistem jednostrukog rasklopnog mosta [16]..... | 15 |
| Slika 10.: The Van Buren Street Bridge, Chicago [15]..... | 16 |
| Slika 11.: Sistem dvostrukog rasklopnog mosta [2] | 16 |
| Slika 12.: Most Burnside, Portland [15]..... | 17 |
| Slika 13.: Scherzerov most , Smiths Falls, Ontario [15] | 18 |
| Slika 14.: Scherzer-ov tip rasklopnog mosta s jednim pokretnim krakom [14]..... | 18 |
| Slika 15.: Rall-ov tip rasklopnog mosta [15] | 19 |
| Slika 16.: Rall-ov kotač [17] | 20 |
| Slika 17.: Zapadni željeznički most, Chicago [15]..... | 20 |
| Slika 18.: Holandski tip rasklopnog mosta [2] | 21 |
| Slika 19.: South Front Street Bridge u otvorenoj poziciji [19] | 22 |
| Slika 20.: Protuuteg South Front Street bridge-a [19]..... | 22 |
| Slika 21.: Rasklopni most bez protuutega [2] | 23 |
| Slika 22.: Duffené Bridge, Mannheim [20] | 24 |
| Slika 23.: Vincent van Gogh: Langlois Bridge at Arles, Francuska [20] | 24 |
| Slika 24.: Tower Bridge , London [21] | 25 |
| Slika 25.: Most Erasmus (zatvoren), Rotterdam [22] | 26 |
| Slika 26.: Most Erasmus (otvoren), Rotterdam [22] | 26 |
| Slika 27.: Most La Porta d'Europa (zatvoren), Barcelona [23]..... | 27 |
| Slika 28.: Most La Porta d'Europa (otvoren), Barcelona [23]..... | 27 |
| Slika 29.: Stari rasklopni most u Trogiru [24]..... | 28 |
| Slika 30.: Rasklopni most u Tisnom [26]..... | 31 |
| Slika 31.: zaokretni most s centralnim ležajem [14]..... | 32 |
| Slika 32.: Zaokretni most s obručnim ležajem [14] | 33 |
| Slika 33.: Zaokretni most s kombiniranim centralnim i obručnim ležajem [2]..... | 33 |
| Slika 34.: Zaokretni most, Newcastle [15]..... | 34 |
| Slika 35.: Pokretni mehanizam na zaokretni mostu u Newcastle [15]..... | 34 |
| Slika 36.: El Ferdan, Sueski kanal, Egipat [13]..... | 35 |
| Slika 37.: Pješački most u Sao Paulu [13] | 36 |
| Slika 38.: Scale lane most, Hull, Ujedinjeno Kraljevstvo [13]..... | 36 |
| Slika 39.: Stari most u Trogiru [24] | 37 |
| Slika 40.: Gradski most, Zadar [28]..... | 37 |
| Slika 41.: Zaokretni most u Privlaci, Mali Lošinj [30]..... | 38 |
| Slika 42.: Zaokretni most između Osora i Malog Lošinja [30] | 38 |
| Slika 43.: Inderhavnsbroen (otvoren), Kopenhagen [13] | 39 |

| | |
|--|----|
| Slika 44.: Inderhavnsbroen, Kopenhagen [13]..... | 40 |
| Slika 45.: The Carroll Street Bridge, New York [15]..... | 40 |
| Slika 46.: Povlačni most u Omišu, Hrvatska [31]..... | 41 |
| Slika 47.: uzdužni presjek i princip otvaranja Omiškog mosta [2]..... | 41 |
| Slika 48.: Skica tornja vertikalnog podiznog mosta [4] | 42 |
| Slika 49.: skica tipa s mehanizacijom u tornjevima [2]..... | 43 |
| Slika 50.: skica tipa s mehanizacijom u pokretnom rasponu [2]..... | 43 |
| Slika 51.: skica tipa s mehanizacijom u pokretnom rasponu [2]..... | 44 |
| Slika 52.: Podizni most u Portlandu, Oregon [15]..... | 45 |
| Slika 53.: Most Jacques Chaban-Delmas (spušten), Bordeaux [32] | 45 |
| Slika 54.: Most Jacques Chaban-Delmas (podignut), Bordeaux [32]..... | 46 |
| Slika 55.: Rekonstrukcija mosta Antenal, Novigrad [35]..... | 46 |
| Slika 56.: Skica sistema prijevoznog tipa mosta [34] | 47 |
| Slika 57.: Prijevozni most u Newportu, Wales [33]..... | 48 |
| Slika 58.: Gondola Newportskog prijevoznog mosta [33] | 48 |
| Slika 59.: Poprečni presjek pokretnog dijela mosta; lijevo na ležaju; desno u polju []..... | 49 |
| Slika 60.: Vjetar poprečno i uzdužno na most [37]..... | 50 |
| Slika 61.: Dijagram za očitavanje koeficijenata izloženosti $c_e(z)$ [36] | 51 |
| Slika 62.: Dijagram za očitavanje koeficijenata izloženosti $C(f,0)$ [36] | 52 |
| Slika 63.: Redukcija zbog zaobljenih uglova [36]..... | 52 |
| Slika 64.: Redukcija zbog vitkosti [36]..... | 52 |
| Slika 65.: Koeficijent ϕ [36]..... | 53 |
| Slika 66.: Vitkost λ [37] | 53 |
| Slika 67.: Slučaj opterećenja vjetrom poprečno na most [37]..... | 55 |
| Slika 68.: Slučaj opterećenja vjetrom uzdužno na most [37]..... | 56 |
| Slika 69.: Stalna djelovanja | 57 |
| Slika 70.: Promjenjiva djelovanja | 57 |
| Slika 71.: Stalna djelovanja | 58 |
| Slika 72.: Promjenjiva djelovanja | 58 |
| Slika 73.: Stalna djelovanja | 59 |
| Slika 74.: Promjenjiva djelovanja | 60 |
| Slika 75.: Stalna djelovanja | 60 |
| Slika 76.: Promjenjiva djelovanja | 61 |
| Slika 77.: Stalna djelovanja | 61 |
| Slika 78.: Promjenjiva djelovanja | 62 |
| Slika 79.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Moment savijanja | 63 |
| Slika 80.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Poprečne sile..... | 63 |
| Slika 81.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most : Moment savijanja | 64 |
| Slika 82.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Poprečna sila..... | 64 |
| Slika 83.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja | 64 |
| Slika 84.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Poprečne sile..... | 65 |
| Slika 85.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Moment savijanja | 65 |
| Slika 86.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Poprečne sile..... | 66 |
| Slika 87.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja | 66 |
| Slika 88.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Poprečne sile..... | 67 |

| | |
|--|----|
| Slika 89.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno) | 67 |
| Slika 90.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Moment savijanja (lijevo), Poprečna sila (desno) | 68 |
| Slika 91.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno) | 68 |
| Slika 92.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno) | 69 |
| Slika 93.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Moment savijanja (lijevo), Poprečna sila (desno) | 69 |
| Slika 94.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno) | 70 |
| Slika 95.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno) | 71 |
| Slika 96.: Vlastita težina mosta+dodatno stalno: Moment savijanja (lijevo), Poprečna sila (desno) | 72 |
| Slika 97.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno) | 73 |
| Slika 98.: Opterećenje vjetrom na otvoreni most: Moment savijanja (lijevo) , Poprečne sile (desno) | 74 |

13. POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1.: Mehanizmi rada osnovnog tipa rasklopnog mosta | 17 |
| Tablica 2.: Prednosti i nedostaci rasklopnog tipa pokretnih mostova..... | 25 |
| Tablica 3.: Prednosti i nedostaci zaokretnih pokretnih mostova | 34 |
| Tablica 4.: Prednosti i nedostaci vertikalno podiznog tipa pokretnih mostova..... | 44 |
| Tablica 5.: Sile na osovinu i preše - kut 0° | 75 |
| Tablica 6.: Sile na osovinu i preše - kut 25° | 75 |
| Tablica 7.: Sile na osovinu i preše - kut 50° | 75 |
| Tablica 8.: Sile na osovinu i preše - kut 75° | 76 |
| Tablica 9.: Sile na osovinu i bravu - kut 75° | 76 |

