

Suvremene ekološki prihvatljive metode građenja mostova

Lepen Mijoković, Sven

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:237:907196>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-04**

Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Sven Lepen Mijoković

**SUVREMENE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVE
METODE GRAĐENJA MOSTOVA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Sven Lepen Mijoković

**SUVREMENE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVE
METODE GRAĐENJA MOSTOVA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Ivica Završki

Komentor: prof. dr. sc. Anđelko Vlašić

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Sven Lepen Mijoković

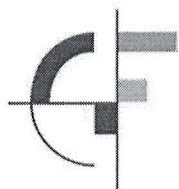
MODERN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY BRIDGE CONSTRUCTION METHODS

FINAL EXAM

Supervisor: prof. dr. sc. Ivica Završki

Cosupervisor: prof. dr. sc. Anđelko Vlašić

Zagreb, 2024.



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Student/ica :

Sven Lepen Mijoković

(Ime i prezime)

0082066918

(JMBAG)

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

Suvremene ekološki prihvatljive metode građenja mostova

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

Modern environmentally friendly bridge construction methods

(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:

27.08.2024.

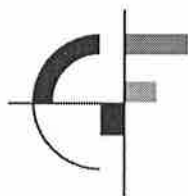
Mentor:

Ivica Završki

Potpis mentora:

Komentor:

Anđelko Vlašić



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja :

Sven Lepen Mijoković, 0082066918

(Ime i prezime, JMBAG)

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

Suvremene ekološki prihvatljive metode građenja mostova

(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:

21.08.2024.

Potpis:

Sven Lepen Mijoković



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Ja :

Sven Lepen Mijoković, 31574530647

(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:

Suvremene ekološki prihvatljive metode građenja mostova

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

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

Ivica Završki

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

03. Rujna 2024.

(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:

21.08.2024.

Potpis:

Sven Lepen Mijoković

ZAHVALE

Pišući ovaj rad stekao sam nove spoznaje i znanje koje nisam prije znao. Cijeli proces je bio zahtijevan i dugoročan, no gledajući sada, bilo je vrlo zabavno i poučno. Pri realizaciji ovog rada mi je pomoglo puno osoba koje nipošto ne smijem ne spomenuti. Prvo, htio bih se zahvaliti prof. Završkom, koji mi je davao kvalitetne savjete i smjernice kako da iskoristim znanje na najbolji mogući način. Prof. Završki mi je pružio puno pomoći oko prikupljanja dijela literature. Kao mentor je bio odličan, i zadovoljstvo mi je bilo surađivati s njim. Prof. Vlašić mi je također pružio puno literature koja je bila više nego korisna za pisanje ovoga rada. Tu su još gospodin Benutić, koji mi je dopustio korištenje dokumenata i prezentacija oko gradnje mosta Cetina, čija je kontribucija donijela značajno samoj kvaliteti rada. Kolegica Hrelja Kovačević mi je pružila korisne podatke vezano za gradnju pelješkog mosta, bez kojih ovaj rad nebi bio na istoj razini, na kojoj je sada. Pri ostvarenju ovog rada mi je pomoglo puno ljudi kojima sam zahvalan na tome što su mi pomogli ostvariti svoju ideju, i predočiti svoje misli na papir.

SAŽETAK

Sve više i više se pažnje posvećuje ekološkoj osviještenosti te načinima kako spriječiti zagađenje okoliša i održavanje kvalitete prirodnih resursa. Građenje mostova je djelatnost koja ima veliki utjecaj na prirodu te može znatno oštetiti neposredni okoliš. Bitno je da današnji, a i budući graditelji mostova prepoznaju probleme današnjice i primjenjuju određena znanja i alate kako bi se ti problemi mogli najjednostavnije riješiti. Primjenom takvih sredstva, može se postići jednostavna i jeftina gradnja, dok se zadovoljavaju ekološki standardi koji su danas više nego prije izuzetno bitni. Postoje metode i načini da se očuva priroda a zagađenje okoliša svede na minimum, dok drugi aspekti poput gradnje, i konačnog proizvoda ne nastradaju. U građenju mostova sudjeluje puno ljudi različitih stavova i predznanja, no neizmjerljivo je važno da svatko od sudionika u gradnji zna kako može svojim postupcima pripomoći ekološkoj gradnji, što je usko povezano sa samom kvalitetom i brzinom gradnje. Svakom izvođaču je u interesu da proces koji kontroliraju bude brz, dobro organiziran, jednostavan i siguran za svakog od sudionika. Primjenom određenih alata ekološki osviještene gradnje se svi ti kriteriji mogu zadovoljiti uz ispravno planiranje i organiziranje procesa građenja.

Ključne riječi: Građenje mostova, ekološka gradnja, očuvanje okoliša, racionalna gradnja, ekonomičnost, građevinska mehanizacija

SUMMARY

More and more attention is being paid to environmental awareness and ways to prevent environmental pollution and maintain the quality of natural resources. Building bridges is an activity that has a great impact on nature and can significantly damage the immediate environment. It is essential that today's and future bridge builders recognize today's problems and apply certain knowledge and tools so that these problems can be solved in the simplest way. By applying such means, simple and inexpensive construction can be achieved, while meeting environmental standards that are extremely important today more than before. There are methods and ways to preserve nature and reduce environmental pollution to a minimum, while other aspects such as construction and the final product do not suffer. A lot of people with different attitudes and prior knowledge take part in the construction of bridges, but it is extremely important that each of the participants in the construction knows how they can contribute to ecological construction with their actions, which is closely related to the quality and speed of construction. It is in the interest of every contractor that the process they control is fast, well organized, simple and safe for each of the participants. By applying certain tools of environmentally conscious construction, all these criteria can be met with proper planning and organization of the construction process.

Key words: Bridge construction, eco-friendly construction, environmental protection, rational construction, economy, construction machinery

SADRŽAJ

ZAHVALE	i
SAŽETAK.....	ii
SUMMARY.....	iii
SADRŽAJ.....	iv
1. UVOD.....	1
1.1. Općenito.....	1
1.2. Povijest građenja mostova.....	1
1.3. Potreba za ekološkom gradnjom.....	2
1.4. Prednost ekološke gradnje.....	2
1.5. Motivacija i svrha ovoga rada.....	2
1.6. Struktura i sadržaj	3
1.7. Metode i tehnike rada.....	3
2. OSNOVNI PRINCIPI EKOLOŠKE GRADNJE	4
2.1. Lokacija i uređenje mjesta građenja	4
2.2. Montažna gradnja	5
2.3. Zadiranje u prirodni okoliš.....	5
2.4. Utjecaj građevinske buke	7
2.5. Optimalno korištenje izvora svjetlosti.....	7
2.6. Prikladan izbor sredstva transporta.....	7
2.7. Zbrinjavanje otpada	9
2.8. Optimalan raspored dizalica.....	10
2.9. Najučinkovitiji odabir građevinskih strojeva.....	11
2.10. Sprječavanje nesreća tokom građenja	12
2.11. Detaljni plan aktivnosti	13
2.12. Upoznavanje sa problematikom ekološke gradnje	14
2.13. Suradnja stručnjaka iz mnogih područja	15
2.14. Modifikacija prošlih metoda i praksi	15
2.15. Primjena znanja iz ostalih područja.....	16
3. EKOLOŠKI PRIHVATLJIVE METODE.....	17

3.1.	Metoda građenja drvenih mostova	17
3.2.	Ubrzana metoda građenja mostova	22
3.2.1.	Montažna gradnja.....	22
3.2.2.	Metoda klizanja	23
3.2.3.	Geo sintetički poboljšano tlo-integralni mostovi.....	24
4.	ANALIZA NEDAVNO SAGRAĐENIH MOSTOVA	27
4.1.	Most cetina na omiškoj obilaznici.....	27
4.1.1.	Opis tehnologije građenja	27
4.1.2.	Analiza sa ekološkog aspekta	31
4.1.3.	Zaključno o mostu	33
4.2.	Pelješki most.....	34
4.2.1.	Opis tehnologije građenja	34
4.2.2.	Analiza sa ekološkog aspekta	38
4.2.3.	Zaključno o mostu	40
4.3.	1915 Çanakkale Köprüsü most.....	41
4.3.1.	Opis tehnologije građenja	41
4.3.2.	Analiza sa ekološkog aspekta	44
4.3.3.	Zaključno o mostu	47
5.	ZAKLJUČAK.....	49
	POPIS LITERATURE.....	51
	POPIS SLIKA.....	52
	POPIS TABLICA.....	54

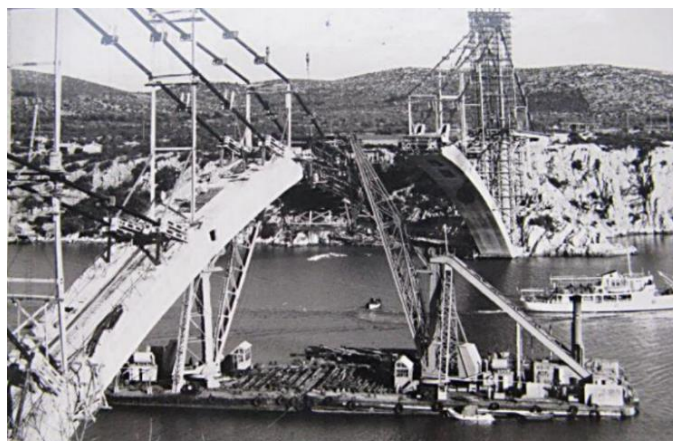
1. UVOD

1.1. Općenito

Oduvijek u ljudima postoji težnja za kvalitetnijom, jednostavnijom i bržom metodom rješavanja problema. To se isto može primijetiti na razini problema građenja mostova. Mostovi su prometni objekti, čija je osnovna funkcija pomoći prometnici da premosti zapreku (Radić J., 2009). To su građevine čije dimenzije ostavljaju dojam na graditelje i buduće korisnike mosta, u svim njegovim fazama pa tako i tokom izvođenja. Građenje mostova je oduvijek bio spektakularan pothvat za koji su bili uključeni mnogi stručnjaci iz različitih područja djelatnosti. Danas, više nego prije se posvećuje pažnja ekološki prihvatljivoj gradnji, koja igra veliku ulogu ne samo u mostarstvu nego i drugim zanimanjima.

1.2. Povijest građenja mostova

Od primitivnih masivnih drvenih skela, do plovnih dizalica koje mogu podići čak i cijele segmente mostova, izvođenje je napredovalo znatno (Radić J., 2009). Današnjem izvođenju se posvećuje puno više pažnje sa ekonomskog aspekta nego što je to bio slučaj prije 100 godina. Uzima se puno faktora u pitanje poput sigurnosti samih radnika, odabira optimalne metode izvođenja, razmatranje svih mogućih metoda izvođenja te najpovoljnije metode s obzirom na konfiguraciju terena samo da bi ih se navelo par (André J., 2018). Nastajale su iznimne ideje i postupci pri građenju mostova koje su dovele do revolucionarnih otkrića u tom području. Dakako da treba spomenuti Šibenski most, koji je bio prvi u Hrvatskoj koji je izgrađen slobodnim konzolnim postupkom, što je prikazano na *Slici 1.*



Slika 1.: Gradnja luka šibenskog mosta (Izvor: Šibenski, Foto Digital, 2021)

1.3. Potreba za ekološkom gradnjom

Međutim, metode koje su se krenule koristiti u svrhu ekonomične i racionalne gradnje nisu zadovoljavale potrebe ekološke gradnje. Kada se krenulo razmišljati o načinima brže, efikasnije gradnje nije se pridavalo dovoljno pažnje utjecaju same gradnje na eko sustav i zagađenje okoliša. Građenje mostova je postupak koji obuhvaća znatne volumene, koristi velike količine različite građevinske mehanizacije, direktno zadire u prirodni okoliš i samim time stvara velike probleme sa aspekta ekologije. Bitno je da se i dio pažnje posvećuje utjecaju na prirodu i okoliš zbog očuvanja eko sustava, što direktno utječe na kvalitetu same gradnje. Primjenom ekološki isplativih metoda može se znatno utjecati na kakvoću prirode oko gradilišta i samu ekonomičnost građenja.

1.4. Prednost ekološke gradnje

Graditelji mostova su oduvijek tražili optimum pri izgradnji jer se time postigla racionalna i ekonomična gradnja. Primjenom tehnika koje su se razvijale tokom vremena mogao se postići takav optimum. Korištenjem današnjih tehnika građenja, može se postići racionalna i brza gradnja uz zadovoljavanje ekoloških pravila. Dakle, korištenjem novih i starih metoda može se pronaći sklad koji je neophodan da bi građenje, i sam most na kraju krajeva bio uspješan. Bitno se držati principa ekologije tokom faza projektiranja i izvođenja da bi sama građevina bila što više "bolja" i praktičnija. Primjenom današnjih spoznaja i tehnika o održivoj izgradnji se mogu postići rezultati koji zadovoljavaju aspekte ekologije i održavanja prirode, uz istu razinu kvalitete kao da se gradilo samo uzimajući u obzir racionalnost.

1.5. Motivacija i svrha ovoga rada

Očigledno je da se događaju enormne klimatske promjene u svijetu koje znatno utječu na naše svakodnevne živote te prirodu i život oko nas. Građevinarstvo je struka koja znatno zagađuje okoliš, i stvara nove neprirodne oblike na zemljinoj površini što direktno utječe na životni prostor biljaka i životinja. Stoga je bitno biti educiran oko ove problematike koja postaje sve više i više bitnija za naš ugodan život na ovoj planeti. Primjena ovih principa i načela može značajno poboljšati sami proces građenja i time štedimo resurse i ne zadiremo u prirodu više nego što je to potrebno.

1.6. Struktura i sadržaj

Ovaj rad je koncipiran na način da se prvo navedu osnovni principi ekološke gradnje, koje su njihove karakteristike te primjena u sektoru izvođenja mostova. Drugo što će se navesti su dvije moderne metode građenja mostova koje sa ekološkog aspekta zadovoljavaju kriterije ekološke gradnje. Zatim će se ti principi primijeniti na tri mosta koja su izgrađena u zadnjih par godina, te će se rastumačiti proces građenja i vidjeti što je dobro a što je loše napravljeno sa ekološkog aspekta.

1.7. Metode i tehnike rada

Rad je koncipiran na način da prikaže osnovna načela ekološke gradnje, te će se ta načela primijeniti na 3 moderna mosta koji su nedavno izgrađeni. Proučeni su mnogi znanstveni članci koji su relativno nedavno napisani te oni služe kao podloga za teorijske principe. Ispitani su stručnjaci koji su se bavili izgradnjom naših mostova te su oni pridonijeli dobrim saznanjima i spoznajama o metodama gradnje tih mostova.

2. OSNOVNI PRINCIPI EKOLOŠKE GRADNJE

Da bi se mogla provoditi ekološka gradnja, prvo se moraju poznavati osnovni principi odnosno pravila koja treba pratiti da bi se mogla uspješno provesti ekološka gradnja. U ovom dijelu rada pokazat će se neka od osnovnih pravila koja treba pratiti da bi gradnja mostova bila ekonomična i ekološki prihvatljiva. Da bi se mogla postići održiva gradnja, graditelji mostova se moraju poslužiti inovativnim tehnikama i znanjima koja osiguravaju ispravan način građenja mostova sa malim ugljikovim utiskom. (Oni Bouluwatife D., i dr. 2024.).

2.1. Lokacija i uređenje mjesta građenja

Mostovi se grade u različitim ambijentima. Od dubokih krških kanjona do prostranih šumovitih livada. Činjenica je da gradnja zahvaća velika prostranstva i utječe na do tada ne promijenjeni prirodni okoliš. Od iznimne je važnosti proučiti sami krajolik kako bi se mogla definirati moguća rješenja sa aspekta uređenja gradilišta tokom mosta. Mostovi se također mogu graditi na mjestima koja su zakonom zaštićena, čime je još dodatno povećana važnost posvećivanja pažnje krajoliku. Mnogi dijelovi tokom faze gradnje mogu utjecati na mijenjanje i prilagođavanje ambijenta gradnji, a to su:

- Transportni putevi za strojeve
- Mjesta ugradnje samih stupova/upornjaka
- Prostor predviđen za pogon (ako se radi o monolitnoj betonskoj gradnji)
- Evakuacijski putevi za vatrogasna vozila
- Smještaj privremenih zgrada za radnike
- Itd.

Veliki dio površine prirodnog krajolika otpada na smještanje svih potrebnih aktivnosti koje su neophodne da bi se gradnja izvršila. Poželjno je da se minimalno zadire u okoliš uz ostvarivanje jednake ako ne i veće produktivnosti gradnje. Provode se studije i analize da se vidi koje je rješenje najisplativije sa ekonomskog i ekološkog aspekta. Korištenje istih privremenih puteva za dvije i više svrha, smanjuje površinu koja bi se uništila za potrebe jedne funkcije. Odabir metode građenja koja najmanje zadire u prirodni okoliš i prostor koji zauzima, je minimalno potreban da gradnja bude brza, ekonomična i sigurna. Ponekad nažalost uvjeti terena i krajolika ne dozvoljavaju primjenu nekih metoda koje bi se mogle koristiti negdje drugdje, zato je u takvim situacijama bitno proći što više mogućih rješenja da sačuva ambijent oko gradilišta, čime se zapravo može i utjecati na brzinu pripreme gradilišta. Jer za veće gradilište treba i više vremena da se ono pripremi. Može se vidjeti na **Slici 2.** kakav krajolik je bio za vrijeme gradnje mosta preko Krke kod Skradina, što pokazuje da su uvjeti lokacije rijetko kada optimalni.



Slika 2.: Prikaz gradnje mosta preko Krke kod Skradina
(Izvor: Građevinar, most preko rijeke Krke kod Skradina,
2003)

2.2. Montažna gradnja

Već neko vrijeme je poznato da je montažna gradnja povoljnija sa aspekta brže gradnje jer se smanjuje broj radne snage i eliminira se ili se reducira potreba za oplatom. Montažna gradnja predstavlja gradnju u kojoj se dijelovi mosta gotovi dopremaju na predviđeno mjesto ugradnje bez potrebe za oplatom, odnosno betoniranje na licu mjesta (Radić J., 2009). Gotovi elementi se mogu proizvoditi u tvornicama izvan gradilišta, što iziskuje transport tih glomaznih struktura, što je često skupo i iziskuje upotrebu specijalnih vozila. Ti elementi se također mogu i proizvoditi na gradilištu čime se eliminira potreba za velikim transportom. U tome i je najveća mana montažne gradnje, što zahtijeva skupu mehanizaciju za transport i ugradnju. No dokazalo se da ipak je povoljnija od monolitne gradnje koja ima veliku pripremu za oplatu, zatim doprema gradiva, miješanje gradiva, ugradbu gradiva... Montažnom gradnjom se ove stavke svedu na minimum ili eliminiraju, čime se poboljšava ekološka gradnja. Na **Slici 3.** se može vidjeti jedan takav tipični montažni element, koji je spreman za ugradnju.

2.3. Zadiranje u prirodni okoliš

Mnogi dijelovi mosta tokom eksploatacije i građenja zadiru u prirodni okoliš i okruženje. Bitno je da tokom svih faza se pokušava što više zadržati prirodni tok vode, prirodni oblik terena i biljni pokrov tako da bude minimalno promijenjen (Oni Bouluwatife D., i dr. 2024.). Primarno to znači da se bira takav način građenja koji se ne oslanja na tlo ili vodno tijelo ispod mosta, nego na strukturu samoga mosta. Neke od tehnika koje se prakticiraju već duže vrijeme su:



Slika 3.: Niz betonskih montažnih elemenata na mjestu ugradnje
(Izvor: AEC magazine, *A superior way to model precast girder bridges*, 2022)

- Slobodna konzolna gradnja grednih AB mostova pomoću kretke
- Metoda zaokretanja luka
- Uzdužno naguravanje grednih mostova

Ima još metoda koje bi se mogle navesti, no ovo su metode koje se već neko vrijeme koriste i pokazale su se efektivnima (Radić J., 2009). U **Tablici 1.** prikazane su navedene metode sa par svojih prednosti i mana u odnosu jedna na drugu.

Odabirom metode kojom se minimalizira remećenje tokova vode, preobrazba krajolika ili krčenje prirodnih zelenih površina, se održava eko sistem i čuva integritet okoline, što u konačnici može biti također ekonomično jer se izbjegava potreba za budućim uređenjem tih površina, koje bi bile uništene da se nije izabrala upravo metoda kojom se najmanje remeti okoliš.

Tablica 1.: Metode građenja sa prednostima i manama

Metoda	Slobodna konzolna gradnja grednih AB mostova pomoću kretke	Metoda zaokretanja luka	Uzdužno naguravanje grednih mostova
Prednost	Konstrukcija za transport elemenata i ugradbu se oslanja na već postojeće dijelove strukture, učinkovita i brza ugradnja elemenata	Korištenje jednostavne klizne oplata u kojoj se lijeva betonska masa, luk je okomit te ne zahtijeva puno horizontalnog prostora	Jednostavno potiskivanje čeličnih elemenata, elementi se montiraju na istom mjestu te se samo guraju
Mana	Konstrukcija za transport elemenata je složena i skupa, vrijeme montaže same konstrukcija da se osposobi za obavljanje posla	Korištenje oplata, sustav zatega koje drže oplatu dok sami beton ne očvrstne	Potreba za dimenzioniranjem konstrukcije na faze izvedbe što uzrokuje veće količine materijala

2.4. Utjecaj građevinske buke

Tokom gradnje, ne samo mostova, obavljaju se različiti poslovi sa različitim strojevima, alatima i opremom koja proizvodi zvukove. Ti zvukovi mogu biti u granicama podnošljivog, ne podnošljivog i do granice boli. Oni predstavljaju oblik zvučnog zagađenja koje itekako može biti štetno ako se ne tretira ispravno. Mostovi se mogu graditi u prirodnom okolišu ili gradskim cjelinama gdje obitavaju ljudi koji obavljaju svakodnevne aktivnosti. Ljudima, koji obitavaju blizu gradilišta, buka može stvarati smetnje. Buka također predstavlja štetno djelovanje na radnike koji su joj izloženi dnevno.

Zato je bitno da sami radnici koriste adekvatnu zaštitu, da se bučne radnje odvijaju u za to predviđenim zonama, tokom određenog perioda radnog vremena i da se koriste ako je potrebno, određene zvučne barijere ako se smatra neophodnim. Pridržavanjem tih mjera, buka će svesti na podnošljivu razinu koja ne remeti rad radnika na mostu i ljudi koji obitavaju u neposrednoj blizini.

2.5. Optimalno korištenje izvora svjetlosti

Ponekad, ako se gradnja mora ubrzati ili ako se preko dana ne mogu obavljati određeni poslovi, potrebno je raditi na gradnji mostova tokom noći. Noćni uvjeti su puno rigorozniji što se tiče izvora svjetlosti i time proizlazi potreba za korištenjem umjetnih svjetlila. Naravno, umjetna rasvjeta se koristi i u skućenim prostorima gdje nema dovoljno dobrog izvora svjetlosti. Kao i zagađenje bukom, tako i zagađenje svjetlom može stvarati nepovoljne učinke na okolne ljude ako se radi o građenju mosta u urbanim cjelinama.

Građevinska rasvjeta se detaljno analizira i pronalazi rješenje koje koristi najmanji broj rasvjetnih svjetala, a da se postigne najbolji rezultat sa aspekta efektivnosti rasvjete. Ključno je da rasvjeta sa gradilišta ne remeti okolni promet na prometnicama oko mosta, ne šteti prirodnom krajoliku oko mosta jer ta rasvjeta može utjecati na staništa mnogih životinja koja obitavaju tokom noći te da rasvjeta ne zadire u prostore obližnjih stanara. Provođenjem postupaka optimalizacije rasvjete, može se djelotvorno izvršiti osvjetljenje gradilišta bez remećenja procesa izvan njega.

2.6. Prikladan izbor sredstva transporta

Bilo da se radi o transportu materijala, radnika, opreme ili čak cijelih dijelova strukture mosta kao što je slučaj kod montažne gradnje prisustvo bilo kakvog oblika transporta je neizbježno. Mogu nastati ozbiljni problemi ili troškovi ako se načinu transporta ne pridoda dovoljno pažnje. Pogled na izbor sredstva transporta sa ekološkog aspekta gradnje se svodi na što jeftiniji ali najefikasniji odabir vozila i najkraći mogući put

prelaženja puta. Što se tiče izbora vozila, na tržištu postoje različiti proizvođači i šaroliki izbor modela, tipova i snage koji itekako mogu zadovoljiti tu svrhu. Na **Slici 4.** prikazan je jedan takav stroj, od poznatog proizvođača koji svojim dimenzijama može zadovoljiti bilo kakve zahtjeve. Vozilo koje je prikazano se uglavnom koristi u rudarske svrhe.



Slika 4.: Damper za transport velike i teške količine materijala (Izvor: TAMTRON)

Takvi strojevi jesu možda velikih dimenzija i mogu prevesti velike količine materijala, no oni puno koštaju, zahtijevaju osoblje koje zna upravljati takvim strojevima, koristi puno fosilnog goriva, i najbitnije sa ekološkog aspekta izlučuje velike količine ugljikovog dioksida. Ponekad najveća ili najjača varijanta nije najbolja upravo zbog njihove neekonomičnosti za vrstu posla koji se obavlja.

Potrebno je razmotriti puno opcija, koje su najbolje za upravo to gradilište i količine materijala koje se trebaju prevesti. Odabirom slabije varijante koja možda ne može tolike količine posla obaviti u usporedbi sa nekom drugom jačom opcijom, možda se može uštedjeti na drugim stavkama kao količina goriva za pogon tih strojeva. Razmatranje optimalnih i najkraćih transportnih puteva je bitno jer se time skraćuje na vremenu transporta, i tu je pravi primjer montažna gradnja, gdje se betonski elementi betoniraju na gradilištu i zahtijevaju znatno manje transportne putove. Pokazalo se efikasnim i korištenjem brodskog prijevoza za dopremanje čitavih struktura mosta zbog toga što je brodski transport relativno jeftin (Radić J., 2009). Radnici također mogu utjecati na njihov doprinos optimizaciji transporta tako što organiziraju zajednički transport gdje se njih više prevozi do samog gradilišta.

U pogledu odabira optimalnih strojeva, na tržištu ima mnogo opcija, te se za svakoga kupca pronade ono idealno. Dok graditelj mora pronaći idealno rješenje glede transportnih puteva, količine i rasporeda transportnih sredstava, zato da bi se mogla postići niska emisija ugljikovog dioksida i zagađenje koje predstavlja veliki problem. Ako se ti zahtjevi zadovolje, također se postiže ekonomičan učinak na gradnju.

2.7. Zbrinjavanje otpada

Tokom građenja različiti materijali se obrađuju, režu, skraćuju i modificiraju te ti dijelovi koji su odstranjeni zahtijevaju adekvatno zbrinjavanje na određenoj razini. Nastaje otpad koji je potrebno na brz, siguran i učinkovit način raspodijeliti i zbrinut. Tokom građenja nastaje raznovrstan otpad za koji je potrebno na samom gradilištu predvidjet mjesto, ili određeni otpad je potrebno transportirati na to određeno mjesto (deponija). U nastavku su navedeni neki tipični otpadi pri građenju mostova:

- Ostatci armaturnih šipki poslije rezanja
- Rezidualni ostatci betona koji nisu ugrađeni u konstrukciju
- Oplata koja se ne može više upotrijebiti
- Tlo koje je postalo višak tokom iskopa
- Višak materijala koji je bio naručen, no nije bio potreban
- Otpad koji radnici za sobom ostavljaju

Sve ne poželjne ili u tom trenutku ne potrebne predmete je potrebno odstraniti jer oni mogu prouzrokovati smetnje i zagađenje okoliša. Za neke je moguće pojedinačno djelovati, no ponekad je potrebno organizirati transport ako se radi o većoj količini ili volumenu. Za veće količine za koje se ne može pojedinačno utjecati mora se napraviti plan njihovog zbrinjavanja tako da to bude ekonomično i efikasno. Izvođač bi si također trebao postaviti pitanje kako smanjiti otpad. To se može postići ekonomičnijom gradnjom, racionalnijem naručivanjem materijala, dobrim planom građenja i uređenja gradilišta (Yanfen Y. i dr., 2023). Urednijim i organiziranijim gradilištem se povećava produktivnost i sama sigurnost obavljanja poslova na građenju mosta. U **Tablici 2.**, za gore navedene vrste otpada ponuđena su moguća rješenja, kako bi se smanjila ili otklonila mogućnost pojave problema zbog ne zbrinjavanja toga otpada.

Tablica 2.: Mogući načini zbrinjavanja otpada

Vrsta otpada	Način rješavanja
Ostatci armaturnih šipki poslije rezanja	<ul style="list-style-type: none"> • Što prije odstranjivanje ne upotrebljivih komada sa mjesta obavljanja radova jer one predstavljaju opasnost za radnike zbog mogućnosti povrede na oštre rubove. • Predviđanje na gradilištu mjesta za privremeno odlaganje odstranjenih dijelova šipki, do njihovog transporta do postrojenja za reciklažu čelika
Rezidualni ostatci betona koji nisu bili ugrađeni	<ul style="list-style-type: none"> • Čišćenje površina koje je kontaminirano uslijed grešaka pri betoniranju. • Adekvatno premještanje ostataka vlažne ili suhe betonske mase te ako postoji mogućnost transport do reciklažnog postrojenja
Oplata koja se ne može više upotrijebiti	<ul style="list-style-type: none"> • Čišćenje i pospremanje na za to predviđeno mjesto na gradilištu gdje ne remeti procese gradnje

	<ul style="list-style-type: none"> • Korištenje oplata za druge svrhe za koje može još poslužiti osim kao kalup za betonsku masu
Tlo koje je postalo višak tokom iskopa	<ul style="list-style-type: none"> • Predviđanje određenog broja kamiona kiperera, najoptimalnije rute i ostale mehanizacije koja može višak zemljanog ili kamenog materijala zbrinuti na brz i učinkovit način • Promišljanje opcija za koje bi se mogao taj višak zemljanog i/ili kamenog materijala iskoristiti
Višak materijala koji je bio naručen, no nije bio potreban	<ul style="list-style-type: none"> • U kratkom roku prikladno zbrinuti određeno gradivo tako da ne napravi dodatan problem za koji je potrebno izdvojiti vremena da bi se riješio • Proučiti, ako graditelj, ima još neka mjesta za koja bi se to gradivo moglo upotrijebiti npr. još jedno gradilište
Otpad koji radnici za sobom ostavljaju	<ul style="list-style-type: none"> • Napomenuti radnicima da za sobom ne ostavljaju otpad na nepotrebim mjestima, te da ga ne bacaju na za to ne predviđena ili ne primjerena mjesta • Postaviti na gradilištu kontejnere za manji otpad poput kontejnera za plastiku, staklo i papir

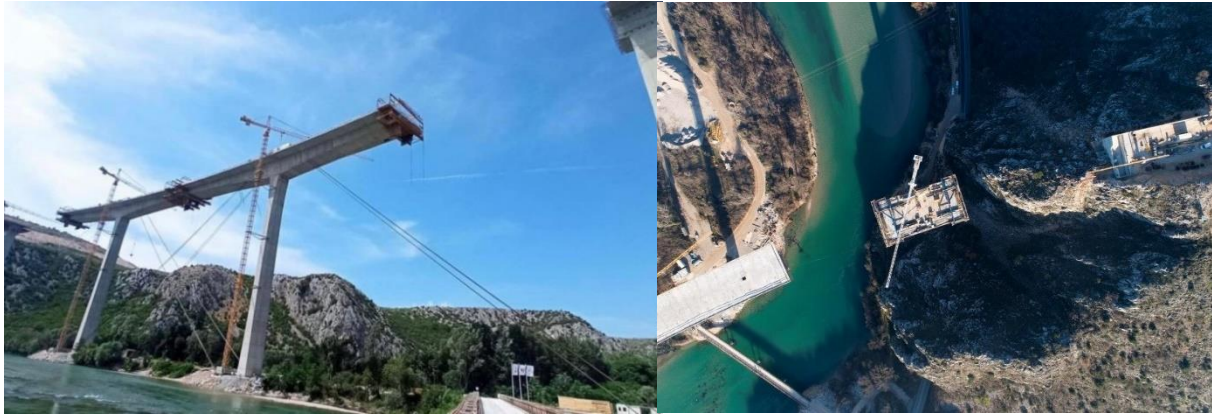
Kao što je vidljivo u **Tablici 2.**, mnoga rješenja zahtijevaju transport, koji može biti značajan sa aspekta duljine puta. Ni u tom području se ne smije iracionalno raspolagati sa transportnim sredstvima jer mogu stvoriti dodatni trošak koji prvobitno nije bio predviđen. Kao i za bilo koju drugu aktivnost koja zahtijeva mobilizaciju, potrebno je napraviti plan najoptimalnijih puteva, brojeva transportnih sredstava i njihovog rasporeda odvoženja otpada.

2.8. Optimalan raspored dizalica

Mostovi su građevine koje mogu doseći velike visine, što je specijalno izraženo kod vijadukata. Ako se radi o mostovima nad suhim dolinama gdje su stupovi armirano betonski, izvođenje je moguće postići pomoću kliznih oplata koja zahtijeva minimalnu upotrebu dizalica. No, kod ugradnje strukture rasponske konstrukcije koja se proteže horizontalno potrebno je koristi tehnologiju koja najbolje odgovara uvjetima građenja, odnosno, onu tehnologiju koja je najekonomičnija i najviše ekološki prihvatljiva. Dizalice su odlično pomagalo pri gradnji i najčešće korišteni tipovi su toranjska dizalica i auto dizalica. Prednost auto dizalice je što mogu teže terete podizati, ali ne mogu se u svim uvjetima koristiti, dok toranjske dizalice se mogu skoro u svim uvjetima koristiti. Na **Slici 5.** prikazano je koliko mogu biti toranjske dizalice visoke i za kakvu svrhu može poslužiti.

Da bi se postigla uspješna i učinkovita gradnja bitno je pravilno rasporediti sredstva vertikalnog i horizontalnog transporta tako da se što veća površina pokrije sa što manjim brojem dizalica. Postoje mnoga varijantna rješenja, no ponekad ono ekološki prihvatljivije ne mora nužno biti i najekonomičnije. Pravilnim odabirom i rasporedom dizalica se smanjuju troškovi, ubrzava vrijeme gradnje, reducira se prostor potreban za dizalice i

manjuju se radnje vezane za montažu i transport istih dizalica. Također, pravilnim rasporedom se eliminiraju problemi koji su mogli nastati ukoliko se nije dovoljno pažnje posvetilo optimizaciji dizalica. Ako se most gradi u naseljenom području (npr. gradski mostovi), ponekad dok su toranjske dizalice izvan funkcije, mogu stvarati nelagodu okolnim stanarima zbog straha od urušavanja dijelova strukture dizalice. Izvođači moraju pregledati sve varijante koje im se nude i izabrati onu koja je prikladna za terenske uvjete dok zadovoljavaju potrebe i želje ostalih indirektnih faktora koji utječu na odabir pravilnog rasporeda dizalica.



Slika 5.: Prikaz gradnje mosta u Hercegovini, gdje se vidi raspored toranjskih dizalica (Izvor: ĐAKA CITY, Čapljina portal, 2023.)

2.9. Najučinkovitiji odabir građevinskih strojeva

Izvođenje mostova je veliki pothvat koji osim ljudskog rada zahtijeva i strojni rad. Za neke radnje nije ih moguće obaviti samo pomoću radnika, nego je potrebna i mehanizacija za dizanje, premještanje, uklanjanje i kopanje materijala. Postoje različiti građevinski strojevi koji se upotrebljavaju a neki od njih su:

- Bageri
- Kamioni kiperi
- Dizalice (auto dizalice i toranjske)
- Grejderi
- Dozeri
- Finišeri
- Auto mješalice

Mostovi su građevine na kojima se obavljaju različiti građevinski poslovi te oni zahtijevaju različitu mehanizaciju koja varira od skupe i komplicirane do male i jednostavne. Na tržištu postoji mnogo proizvođača i varijanti istih strojeva, tako da graditelj mostova može odabrati onu mehanizaciju koju smatra ili se dokaže da je najprikladnija za točno određeni projekt.

Građevinski strojevi su skupi i mogu predstavljati dodatan trošak ako se njima ne koristi pravilno. Izvođač je dužan osigurati najbolji odabir strojeva tako da gradnja bude ekonomična i ekološka. Naime, građevinski strojevi su pogonjeni na fosilna goriva, koja tokom izgaranja oslobađaju velike količine Ugljikovog dioksida koji je štetan za prirodu. Sa druge strane, strojevi mogu biti vrlo bučni što može biti neugodno za okolne stanovnike gradilišta. Građevinski strojevi predstavljaju potencijalno opasna radna mjesta jer su glomazni i osoba koja upravlja njima može imati nepregledno radno okruženje te time može ugroziti ostale sudionike i prostor oko sebe koji može biti uništen. Pravilo je da izvođač osigura što manji broj strojeva dok sama kvaliteta gradnje se ne ugrožava. Time se smanjuju novčani troškovi na građevinsku mehanizaciju, smanjuju se troškovi goriva, reducira emisija CO₂, nije potrebno toliko radne snage da upravlja tim strojevima i reducira se potencijalne nesreće koje mogu nastati tokom građenja.

2.10. Sprječavanje nesreća tokom građenja

Gradilišta predstavljaju opasna mjesta za djelatnike i objekt koji se gradi. Tokom samog građenja postoje mogućnosti urušavanja strukture koje može jako puno materijalne štete prouzrokovati, a u najgorem slučaju stradavanje ljudi. Da bi se takve nesreće svele na minimum ili otklonile totalno, graditelj je dužan poduzeti sve mjere i radnje koje osiguravaju sigurnost radnika i sprječavaju urušavanje dijelova strukture mosta ili opreme koja se koristi za vrijeme gradnje poput skela, dizalica itd. Mnogi mogu biti uzroci nastanka nesreća tokom građenja. To mogu biti klimatološke nepogode, greške tokom projektiranja skela, ljudska pogreška i mnogi drugi. Na **Slici 6.**, prikazano je jedno takvo urušavanje mosta tokom izvođenja koje je uzrokovano rušenjem skele koja nije bila primjereno projektirana. U nesreći je stradalo 74-ero ljudi i uništeno je 14 000 t čelika. (Radić J., 2009.). Kao što je vidljivo iz primjera, te nesreće mogu biti katastrofalne i pogibeljne po ljudske živote te one predstavljaju veliki problem za graditelje mostova ako dođe do njih.

Nesreće se mogu spriječiti pri fazi izrade projekta građenja i one se nikako ne smiju zanemariti. Izvođač može razmatrati skuplju varijantu no ako je ona na strani sigurnosti onda je poželjno da ju odabere. Izvođač mora propisno osigurati gradilište od povrede radnika i naravno, radnici moraju nositi adekvatnu zaštitnu opremu. Također može doći do urušavanja dijelova strukture mosta. Takvi problemi se rješavaju tako da se osigura dovoljna nosivost dijelova koji su izgrađeni bilo to skelama ili ostalim pomagalima. Ponekad skele mogu biti vrlo visoke i teške. Njima isto treba osigurati dostatnu nosivost kako da same sebe nose tako i dijelove mosta za koje su namijenjene.

U slučaju nastanka bilo kakve nesreće, ona remeti tok gradnje i predstavlja problem koji je potrebno brzo sanirati da bi se gradnja mogla odvijati sigurno i brzo. Sanacija iziskuje vrijeme, radnu snagu i novac što sve utječe loše na građenje. Dijelovi strukture koji su se urušili tokom građenja mogu uništiti okolni okoliš, koji nije uopće smio biti oštećen. Dakle gledano sa ekološkog aspekta, nesreće loše djeluju jer produljuju vrijeme gradnje i

stvaraju veliku štetu na okoliš. Odabirom prikladne i sigurne tehnologije izvedbe mosta se takve nesreće reduciraju. Označivanje opasnih mjesta na gradilištu i osiguranje zaštitne opreme radnicima se mogu izbjeći ne poželjni događaji. Dokle god graditelj osigura ne pojavljivanje nesreća sama ekološka gradnja neće biti narušena.



Slika 6.: Urušena struktura mosta u Kanadi, koja je nastala zbog nepravilnog projektiranja nosivih skela
(Izvor: Canada's history, 2017.)

2.11. Detaljni plan aktivnosti

Aktivnostima se mogu smatrati radnje koje će biti izvršene zbog gradnje. Dakle, da bi se gradnja mosta mogla odvijati, potrebno je provesti određene akcije i postupke da bi se mogao izvršiti dio ili cijela gradnja mosta. Aktivnosti možemo podijeliti u radne procese i radne operacije. Radni procesi su opsežniji i veći, i sadržavaju nekoliko radnih operacija u sebi. Radnim operacijama smatramo bilo koju aktivnost koju treba izvršiti da bi radni proces bio potpun. U **Tablici 3.**, možemo vidjeti neke tipične radne procese koji se odvijaju za vrijeme gradnje mosta i prateće radne operacije. Graditelj mostova prije samoga započinjanja gradnje, definira aktivnosti koje će biti provedene, i određuje im trajanje, raspored po slijedu izvršenja i prateće postupke koji se neizbježno javljaju uz njih.

Dobro planiranje i definiranje aktivnosti je ključ ekonomske i ekološke gradnje. Postoje mnoga varijantna rješenja što se tiče rasporeda aktivnosti, no iskusan izvođač već može procijeniti koji raspored aktivnosti je najbolji za dotični most. Pravilnim odabirom aktivnosti se postiže jeftinija, brža i kvalitetnija gradnja kojom se troškovi reduciraju, poboljšava se radna dinamika te smanjuju se nepotrebne i neplanske aktivnosti. Drugim riječima, odabirom dobrog rasporeda aktivnosti, postiže se ekološka gradnja. Graditelj pri projektiranju plana izvođenja, mora imati na umu da ne može udovoljiti svim potrebama koje se moraju ispuniti, ali mora težiti tome da gradnja mosta bude ekološki prihvatljiva i ekonomska, što se postiže dobrim rasporedom aktivnosti.

Tablica 3: Tipični radni procesi i radne operacije za građenje mosta

Radni proces	Radna operacija
Betoniranje upornjaka	Dovoz betona do mjesta ugradnje
	Ugradnja betona
	Njegovanje betona
Ugradnja montažnih elemenata rasponske konstrukcije	Transport montažnih elemenata iz tvornice
	Transport do mjesta ugradnje
	Pričvršćivanje elemenata u konačni položaj
Ugradnja asfaltnih slojeva	Dovod asfaltnih masa do gradilišta
	Ugradnja finišeom
	Fino četkanje

2.12. Upoznavanje sa problematikom ekološke gradnje

Ekološka gradnja ne treba nužno značiti "najboljom" metodom gradnje, jer može predstavljati različite probleme za graditelje mostova. Tokom planiranja izvođenja mostova mogu nastati problemi koji su iskusnim graditeljima promaknuli čisto zbog ljudskih grešaka. Ti isti problemi mogu biti posljedica odabira metode koja je zadovoljavala ekološke kriterije dok su drugi kriteriji bili zanemareni. Ekološka gradnja ima i mana koje se mogu sanirati ukoliko graditelji reagiraju brzo i adekvatno. Problem nastaje u tome što se ekološka gradnja ne prakticira na toliko velikoj razini gdje su se razvili alati i metode koji se univerzalno mogu primijeniti. Neiskusni graditelj će u nekim ključnim situacijama zanemariti probleme koji će mu se kasnije pojaviti još veći.

Za ekološku gradnju je potrebno puno planiranja i vremena da se predviđeni postupci mogu izvesti na prikladan način. Time je potrebno veliko znanje i iskustvo da bi se planirana rješenja mogla realizirati, što znači da se moraju angažirati stručnjaci koji se razumiju u području ekološke gradnje. Rješenje koje se pokazalo optimalnim sa aspekta ekološke gradnje može biti skupo i rigorozno za realizaciju. Graditelj mostova je dužan proučiti i moguće posljedice koje mogu nastati primjenom metode ekološke gradnje te ih treba eliminirati ili smanjiti na prihvatljivu razinu.

2.13. Suradnja stručnjaka iz mnogih područja

Općenito, građevinarstvo je djelatnost koja obuhvaća veliki broj ljudi iz različitih struka koje mogu biti:

- Arhitektura
- Geodezija
- Strojtarstvo
- Elektrotehnika
- Biologija
- Geotehnika
- Pravo
- Itd.

Pri gradnji mostova koje su velike i impozantne građevine, potrebna je međusobna suradnja različitih stručnjaka da bi se gradnja izvela sigurno, ekonomično i ekološki. Osim različitih inženjera graditeljstva mogu sudjelovati i stručnjaci iz područja ekologije koji mogu izvođaču dati savijete pri odabiru sredstva izvođenja mosta koja utječu na živi svijet oko mosta. Graditelju je poželjno da osnova tim ljudi koji imaju širok spektar znanja tako da bi se moglo postići rješenje koje je najprihvatljivije sa strane ekološke gradnje. Proces odabira ispravnih i iskusnih stručnjaka može biti dug, ali ako tim koji se napravio sa istim tim stručnjacima ima dobra rješenja i ideje, to vrijeme i resursi koji su potrošeni na pravilan izbor stručnjaka iz područja ne samo građevinarstva, može se dobro odraziti na konačni rezultat gradnje.

2.14. Modifikacija prošlih metoda i praksi

Građevinska poduzeća koja se bave izvođenjem mostova, su organizacije koje imaju višegodišnje iskustvo pri građenju mostova i osoblje koje je stručno upoznato sa procesima koji se odvijaju tokom građenja. Većina poduzeća je već uhodano u taj proces, i primjenjuje metode i načela koja su se za njih pokazala uspješnima. Graditelj mostova može već od prve procijeniti kakvi su uvjeti i iz prošlih projekata primijeniti iste metode koje su se pokazale uspješnima za slično vezanu situaciju. Tu praksu pokušavaju građevinska poduzeća prakticirati jer se time poboljšava radna dinamika, skraćuje se vrijeme građenja i općenito se poboljšava sama kvaliteta gradnje.

Kada se graditelj mostova susretne sa problemom, kao što bi to mogla biti gradnja na ekološki prihvatljiv način, može pronaći rješenje u prijašnjim projektima. Ti projekti mogu a i ne trebaju biti slični, no uvijek se može pronaći rješenje bar za određeni dio problema ako se posegne za prošlim iskustvima. Kao što je već navedeno, poduzeća tokom vremena sistematiziraju svoje postupke pri građenju, u svrhu poboljšanja kvalitete gradnje. Graditelj može koristiti iste procese uz malu modifikaciju tako da se prilagodi ekološkim zahtjevima. Promjenama u do tada dokazanim metodama građenja mogu se

učiniti velike pozitivne razlike sa aspekta ekološke gradnje, koje zatim graditelj može također primjenjivati na ostale buduće projekte. Mogu se postići pozitivni rezultati uz malo ulaganje, bilo to novčano ili vremenski, dok konačni proizvod gradnje itekako zadovoljava sa aspekta ekološke gradnje.

2.15. Primjena znanja iz ostalih područja

Da bi se mogla postići ekološka gradnja potrebno je uskladiti mnogo procesa i saznanja. Za učinkovitu i djelotvornu ekološku gradnju potrebno je multidisciplinarno znanje iz mnogih područja koja se mogu dosta razlikovati od građevinarstva. Optimum, i sklad svih stavki pri ekološkoj gradnji dovodi do najboljeg rješenja (Yanfen Y. i dr., 2023). Preporučljivo je da se graditelj što više educira na tu temu tako da može iz svakog područja izvući znanja i pronaći primjenu pri građenju svoga mosta. Postoje razne podloge i ograničenja koja graditelj mora pratiti koja su dana ili od države, stečena iskustvom ili zakonom propisane. Prikupljanje takvih pravnih propisa i podloga je ključno da bi se moglo uopće krenuti sa ekološkom gradnjom.

Ponekad graditelj može i izvući korisne informacije iz vlastitih iskustva bila ona loša ili dobra. Čak i ideje koje se na prvu čine banalnim, mogu poslužiti svrsi. Svaka ideja je dobra i treba ju se razmotriti sa određenog stajališta i pokušati integrirati u rješavanje problema. Time je potrebno proučiti druge struke i iz njih naučiti potrebne alate koji mogu najefikasnije riješiti problematiku.

3. EKOLOŠKI PRIHVATLJIVE METODE

U ovom djelu rada bit će prikazane dvije metode koje bi se mogle svrstati u kategoriju ekoloških metoda građenja mostova. Prvo će se sama metoda opisati, odnosno objasniti njene značajke te će se vidjeti koje su prednosti same metode i nedostaci sa ekološkog aspekta.

3.1. Metoda građenja drvenih mostova

Dokazalo se da drveni mostovi itekako mogu biti konkurentni i betonskim i čeličnim mostovima u određenim uvjetima, namjenama i do određenog raspona. Prvenstveno zbog cijene, a i nizom drugih faktora koji su vrlo povoljni sa aspekta projektiranja, izvođenja, održavanja i korištenja. U modernije doba, prvo su razvijenije zemlje poput Finske, Švedske i Norveške krenule prakticirati gradnju drvenih mostova (M. Haiman, 2002.). Te zemlje imaju obilje drvene građe i dugi niz godina proizvode i prerađuju drvo. Ostale su države također krenule prakticirati i razmatrati da krenu graditi drvene mostove. Na *Slici 7.*, prikazan je jedan takav drveni most.



Slika 7.: Nesoddvegen most, drveni pješački nadvožnjak
(Izvor: Nov pristup građenju drvenih mostova 2002.)

U SAD-u, od 547 000 mostova, 7% njih su drveni (M. Haiman, 2002.). Napomena, ovi podaci su iz znanstvenog članka koji je objavljen 2002. godine, što znači da je postotak stvarnih drvenih mostova vjerojatno jako porastao.

U Hrvatskoj, prvi cestovni most od poprečno prednapetog lameliranog drva sa asfaltnim zaslonom izveden je 2000. god. (M. Haiman, 2002.). Jedna od prednosti drvenih mostova je to što se lako mogu uklopiti u ambijent ako se radi o šumama ili drugim zelenim površinama. Drvo je prirodan materijal, čime je dobro postignuta ekološka održivost i dostupnost takvog materijala za gradnju. Također, takvi mostovi se mogu lako montirati,

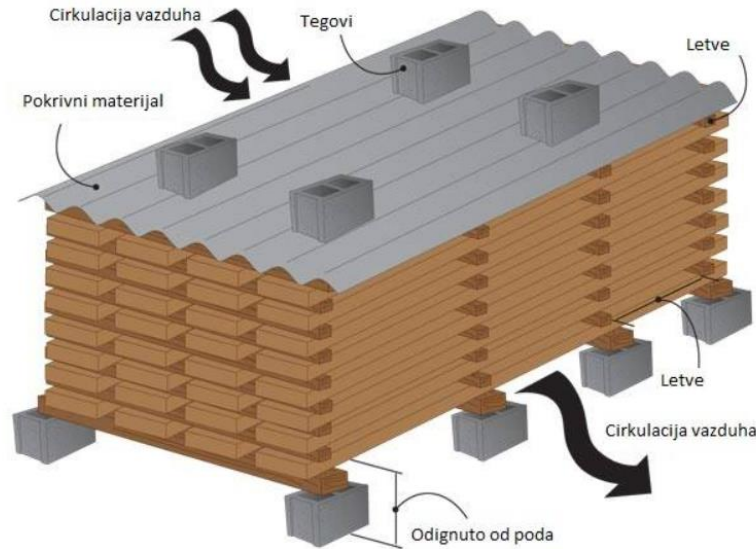
jer drvo kao materijal ima relativno malu zapreminsku težinu u odnosu na npr. beton ili čelik. Dakle, za premještanje ili transport same građe nije potrebna velika i teška mehanizacija koja zagađuje okoliš i emitira velike količine CO₂. Takvi manji mostovi se također mogu napraviti na jednom mjestu, te po potrebi transportirati na konačno mjesto ugradnje, što je prikazano na **Slici 8**.



Slika 8.: Most izveden na jednom mjestu, spreman za transport do mjesta ugradnje
(Izvor: Nov pristup građenju drvenih mostova 2002.)

Za takve mostove koji su relativno manjih dimenzija, prednost je isto što spojevi među nosivim elementima nisu kompleksni, i ne zahtijevaju upotrebu složene opreme i spojnih sredstava. Gradnja se odvija brzo i efikasno sa minimalnim brojem mehanizacije i radnom snagom.

Generalno gledajući, gradnja takvih mostova je jednostavna i dokazala se vrlo povoljnom, tako da graditelji sve više i više se odlučuju za gradnju takvih mostova. Problem koji nastaje, a to je jedan od nedostataka drva kao građevinskog materijala je to što je drvo vrlo osjetljivo na vanjske utjecaje. Drvo na određenoj razini okolne vlage može krenuti gubiti svoja mehanička svojstva kako zbog razvijanja insekata i gljivica tako i zbog samog lošeg djelovanja vode na vlaknastu strukturu drva. Time, potrebno je poduzeti određene mjere sprječavanja degradacije strukture, što se postiže premazima i impregnacijom. Time je utrošeno dodatno vremena i resursa na osiguranje pravilne aplikacije zaštitnog sredstva koje ako se želi postići adekvatna zaštita, može biti vrlo vremenski oduzimajući. Moraju se angažirati radni stručnjaci koji su educirani kako pravilno nanijeti sredstvo zaštite, i ponekad su sama sredstva zaštite vrlo skupa. Uz ispravno apliciranje zaštitnog sredstva, bitan je način na koji se drvena građa skladišti. Kao što je već prije navedeno, drvo može biti izloženo atmosferilijama i različitim štetnim vanjskim utjecajima. Stoga, bitno je osigurati pravilno skladištenje. Na **Slici 9.**, prikazan je jedan od takvih načina pravilnog skladištenja drvenih dasaka. Mora se osigurati da građa nije u direktnom kontaktu sa tlom, da ne bi došlo do upijanja vode od strane drva i dovoljna cirkulacija zraka tako da uvijek postoji svježiji zrak na kojem se ne mogu razvijati gljivice.



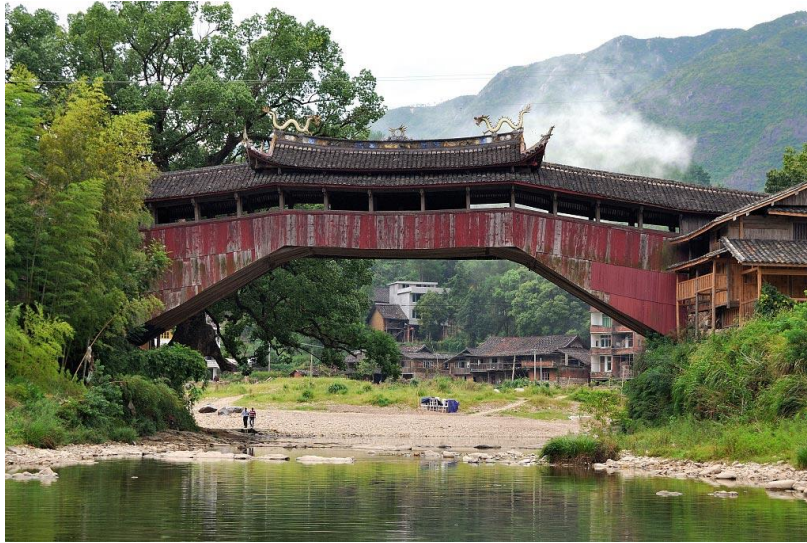
Slika 9.: Skica pravilnog načina skladištenja drvene grade (izvor: GRADNJA.ME)

Jedna od država koja ima veliku kulturu i tradiciju građenja drvenih mostova jest Kina. U Kini, gradnja drvenih mostova je zanat koji se prenosio sa koljena na koljeno, od majstora do učenika i tako se ta kultura održavala živom (Yang Y. i dr., 2012.). Danas nažalost nema toliko više ljudi u Kini koji praktiraju ili uče to staro umijeće, te je zbog toga, taj tradicionalni način građenja drvenih mostova uvršten u UNESCO-vu materijalnu baštinu (Yang Y. i dr., 2012.). U daljnjem tekstu, bit će prikazana i opisana ta tradicionalna metoda i analizirana sa ekološkog aspekta.

Graditelji takvih mostova u Kini su bili visoko vješti majstori jer su oduvijek mostovi imali veliko značenje i bili su neizostavan dio za dobro funkcioniranje zajednice i infrastrukture. Lokacija se pomno birala i ti mostovi su uglavnom imali religijsko značenje, koje je govorilo da most mora biti u skladu sa prirodom i samim okolišem (Yang Y. i dr., 2012.). Tako da su se i sami graditelji mostova odnosili sa velikim poštovanjem prema okruženju i prirodi, jer su znali da most ne smije narušavati prirodu, nego se treba skladno uklopiti sa okruženjem tako da tvori cjelinu koja je funkcionalna i estetski prihvatljiva (Radić J., 2009.). Mostovi su uglavnom bili ukrašeni sa različitim ornamentima ili su bili natkriveni. Na **Slici 10.**, vidi se jedan takav kineski most sa bogato ukrašenim detaljima.

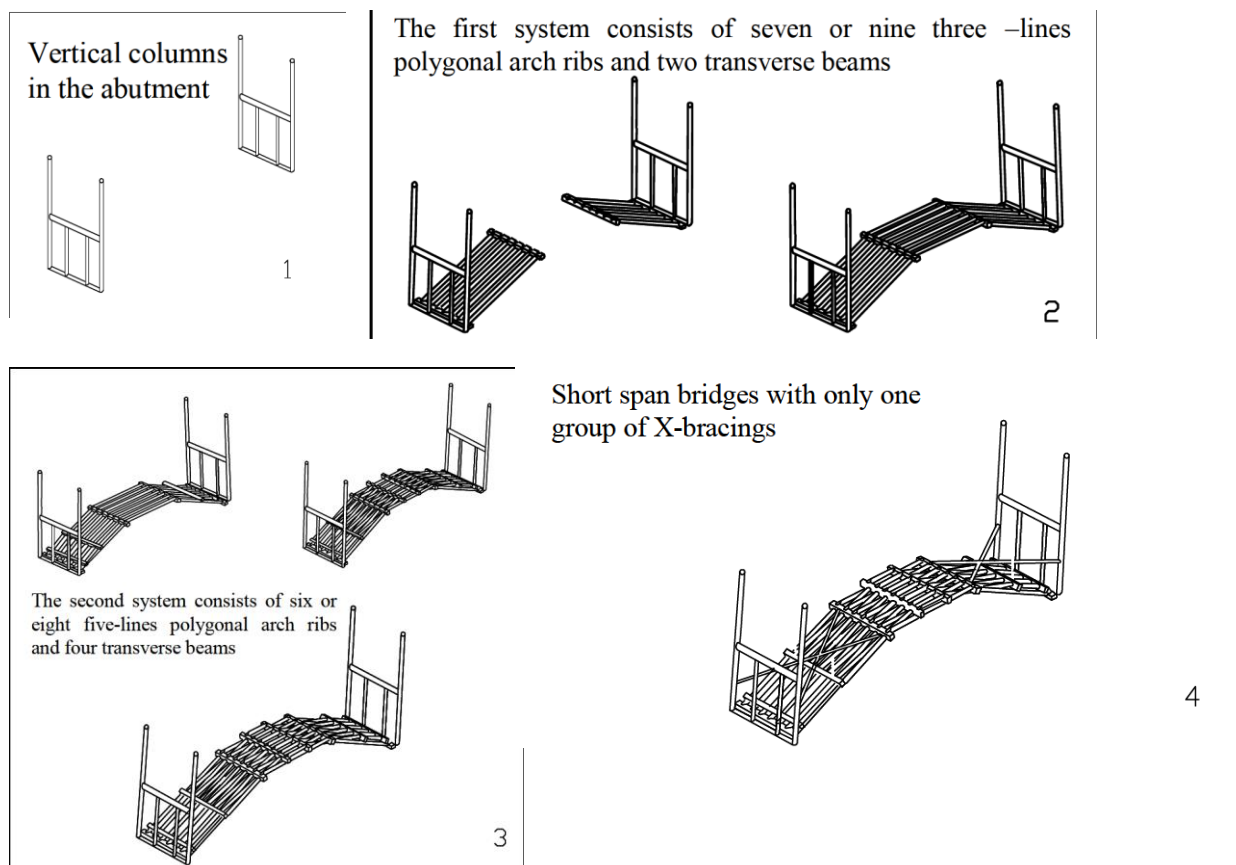
Kao što je vidljivo sa slike, ti mostovi su bili bogato oblikovani sa detaljima za koje je bila potrebna vješta i vrhunska radna snaga koju su tadašnji graditelji itekako posjedovali. Stvaranje takvih mostova je bilo umijeće i takvi mostovi i do dan danas stoje i funkcionalni su. Graditelji su u prošlosti bili vrlo snalažljivi i lukavi. Koristili su što su više mogli lokalne resurse, i tražili načine kako da gradnju mosta učine što bržom i efektivnijom. Za drvo su koristili stabla koja su se nalazila u blizini, tako da reduciraju transportne puteve na minimum i koristili su prirodne dobro nosive kamene kao temelje za lukove mosta. Tada nisu raspolagali naprednim i sofisticiranim alatima koji postoje danas, nego su koristili okruženje i pronalazili načine na jednostavnim mjestima (Yang Y. i dr., 2012.). Spojevi se

nisu radili pomoću čavala nego su bili izvedeni na tradicionalan način poput zuba ili zasjeka.



Slika 10.: Most Beijian u okrugu Taishun (Izvor:SIXTH TONE, Intellectual, 2022.)

Gradnja samog drvenog luka nije ništa drugačija od danas vrlo korištene slobodno konzolne gradnje. Prvo se na početku i kraju podignu drveni vertikalni stupovi koji će držati strukturu luka dok se dvije strane ne sjedine. Trupci koji čine strukturu luka su relativno malih dimenzija i mogu ih montirati svega par ljudi. Ti trupci su izvedeni sa tradicionalnim tesarskim spojevima tako da prijanjaju jedan na drugi. Takav proces je prikazan na **Slici 11.**, gdje se vidi tok gradnje takvog mosta. Tokom gradnje je također struktura potpomognuta pomoću dodatnih drvenih ukruta koje djeluju kao „izgubljena oplata“. Naravno, to se sve obavljalo sa tradicionalnim alatima, i ako se radilo o prijenosu i ugradnji većih drvenih trupaca, koristile su se poluge i sistemi užadi koji su omogućavali majstorima dizanje takvog tereta. Korišteni su čekići sa mekanom glavom koji su služili za zbijanje takvih drvenih gredica u konačni položaj i postaje za obradu drvnu, što bi se moglo usporediti sa današnjom postajom za preradu armature na gradilištu. Takva postaja i korišteni alati su prikazani na **Slici 12.** Da bi se pokazala zahvalnost graditeljima mosta, njihova imena su urezvana na vidljivim mjestima mosta tako da korisnici mosta znaju tko je bio zaslužan za gradnju toga mosta (Yang Y. i dr., 2012.).



Slika 11.: Proces pri građenju luka starih drvenih mostova u Kini (Izvor: Traditional construction technology of China timber arch bridges, 2012.)



a) rezanje drvenih trupaca



b) označivanje sa tintom



c) postaja za obradu drvenih trupaca



d) uklanjnje velikih komada drva pomoću sjekire



e) fino detaljiranje pomoću klina



f) brušenje za dobivanje željene površine

Slika 12.: Obrada drva sa tradicionalnim alatima (Izvor: Traditional construction technology of China timber arch bridges, 2012.)

Ovakav tip mostova se ponovno krenuo graditi u Kini da bi se sačuvala kulturna baština i da se izgrade pješački mostovi koji su pouzdani i sigurni. Također, vrlo su atraktivni što još dodatno može pozitivno utjecati na okolni krajolik. Gledajući sa ekološkog aspekta, metoda je vrlo prihvatljiva jer koristi drvo koje je prirodni materijal, sama gradnja je jednostavna i ne zahtijeva upotrebu teške mehanizacije koja emitira puno štetnih plinova i potiče graditelje da koriste resurse iz neposredne blizine čime je smanjeno vrijeme transporta za te resurse. Nedostaje jedino majstora koji se razumiju u proces građenja i koji znaju takve mostove graditi. Ta vještina se ne prakticira toliko koliko se prije prakticirala. Ako na gradnji mosta sudjeluju radnici koji nisu dovoljno dobro upoznati u taj zanat, mogu nastati poteškoće koje se mogu teško sanirati.

Gradnja drvenih mostova se ispostavila vrlo povoljnom, i može biti jednostavna i brza, gdje se koriste sve prednosti drva kao konstrukcijskog materijala. Nije potrebna velika građevinska oprema, komplicirani alati i veliki broj radnika koji bi trebao za građenje betonskih ili čeličnih mostova. Sa drvom treba postupati oprezno i pravilno ga održavati zbog prevencije truljenja strukture i gubljenja povoljnih svojstva drva kao građevinskog materijala.

3.2. Ubrzana metoda građenja mostova

ABC (Accelerated bridge construction) je skup metoda kojima se smanjuje vrijeme gradnje. Dakle, ne postoji jedna metoda koja spada u tu kategoriju nego postoji više metoda koje se mogu primjenjivati za projektiranje i izvođenje mostova. Ministarstvo prometa savezne države Wisconsin je izdalo priručnik u kojem su dane smjernice projektantima i graditeljima za ubrzanu metodu građenja. Metoda je već dugi niz godina upotrjebljena ne samo u saveznoj državi Wisconsin, nego i u ostalim savezним državama i ostatku svijeta te se ona pokazala efektivnom jer koristi razne metode koje su danas vrlo poznate.

Glavna bit ABC-a je da se vrijeme gradnje reducira na najmanju moguću mjeru i da se osigura ekonomski aspekt gradnje. Od faze planiranja i projektiranja do izvođenja se provodi metodologija dok se u isto vrijeme pazi na kvalitetu same gradnje i ne ugrožava se sigurnost sudionika i okolne postojeće infrastrukture. Prikazat će se neke od tih metoda koje spadaju pod kategoriju ABC-a i analizirat će se sa ekološkog aspekta dok detaljni opisi tih metoda se mogu naći u službenom izdanju od Ministarstva.

3.2.1. Montažna gradnja

Jedna od najčešće korištenih metoda za ABC. Ona je pokazala veliki uspjeh i dobru implementaciju u razne projekte. Značajka montažne gradnje je to da su elementi mosta napravljeni izvan konačnog mjesta ugradnje i transportirani do mjesta ugradnje pomoću različite građevinske mehanizacije. Takvi elementi su obično veće i bolje kvalitete jer su napravljeni u kontroliranim uvjetima. Korištenje montažnih elemenata, reducira se

vrijeme potrebno za sami beton koji sazrijeva u oplati i eliminiraju se radnje koje su vezane za betoniranje u oplati. Montaža takvih elemenata je brza i jednostavna i dosta građevinskih poduzeća ima već velikog iskustva što se tiče radnje sa takvim elementima. Jedan takav montažni element se vidi na **Slici 13.**



Slika 13.: Montiranje predgotovljenih elemenata rasponske konstrukcije mosta (Izvor: *GRAĐENJE MOSTOVA*, Arhitektonsko-građevinski fakultet, Sveučilište u Splitu)

Gradnja sa predgotovljenim elementima se može koristiti u gotovo svim uvjetima, što daje još veću prednost montažnoj gradnji, pri odabiru za metodu ABC-a. Građenje sa predgotovljenim elementima se koristi uz ostale ABC metode, čime se postiže bolja usklađenost i koriste se prednosti metoda koje su korištene za građenje mosta.

3.2.2. Metoda klizanja

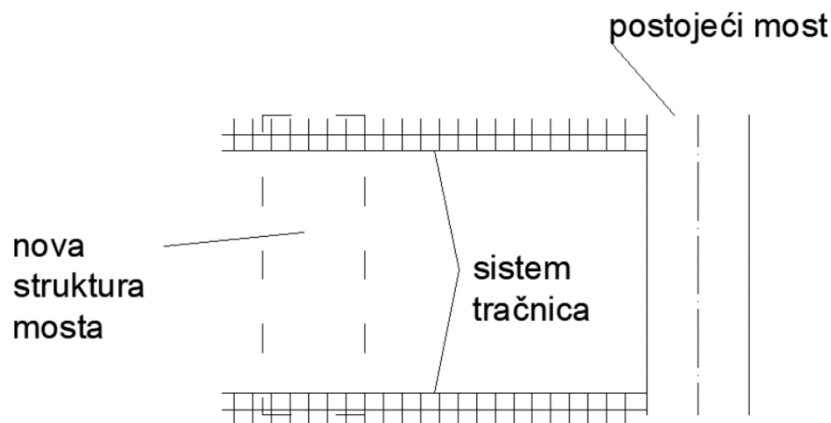
Još jedna od često korištenih ABC metoda, gdje se cijela struktura mosta sagradi preko noći ili preko tjedna, te se postavi na konačno mjesto. Koristi se ako se želi stari most zamijeniti sa novim. Kada je novi most gotov, stari se demolira i na isto mjesto se postavlja nova struktura. Ova metoda je dobra jer se na starom mostu i dalje može odvijati promet sve do trenutka kada ga treba demolirati. U isto vrijeme se negdje drugdje izvan konačnog položaja mosta, gradi nova struktura u kontroliranim i sigurnim uvjetima. Jedno takvo klizanje mosta je prikazano na **Slici 14.**

Sistem guranja strukture mosta je isto nešto što graditelj treba razmotriti. Obično se postavlja sistem specijalnih tračnica po kojima se most kreće. Na dovršenu strukturu se stavljaju kotači koji služe za kretanje mosta po tračnicama i takav sistem onda omogućuje slobodno gibanje mosta i premještanje u željeni položaj. na **Slici 15.,** je prikazan takav sistem sa ključnim dijelovima. Postoji još metoda poput kotača koji su pričvršćeni za most, gdje on klizi na glatkoj površini i mnogi drugi sustavi.

Metoda ima puno prednosti poput činjenice da se cijeli most može vrlo brzo i jednostavno zamijeniti te se ne remeti promet na već postojećem mostu. Nedostatak je to što sama metoda zahtijeva puno prostora i intrigantan sistem za premještanje strukture mosta.



Slika 14.: Klizanje rasponske strukture mosta u Zapadnoj Virginiji, SAD (Izvor: *West Virginia's Basnetville Bridge Lateral Slide*, 2016.)



Slika 15.: Susatv guranja mosta po specijalnim tračnicama

3.2.3. Geo sintetički poboljšano tlo – integralni mostovi

Ova metoda predstavlja skup dvije metode. Geo sintetički poboljšano tlo, je metoda kod koje se ne izvode standardni armiranobetonski upornjaci, nego su upornjaci sačinjeni od nabijenog tla koje drže niz pravilno postavljenih montažnih betonskih elemenata.

Integralni mostovi su mostovi kod kojih nema standardnih prijelaznih naprava i ležajeva nego je cijela struktura izvedena od jednog dijela.

Ovakav pristup građenju mostova se pokazao povoljnim jer se reducira vrijeme gradnje zbog jednostavnosti dizajna i dostupnosti materijala potrebnih za gradnju. Za samu izvedbu takvih upornjaka nije potrebna nikakva teška mehanizacija i kompliciran alat. Takvi upornjaci također pokazuju povoljno slijeganje, gdje kod klasičnih armiranobetonskih upornjaka postoji velika razlika između slijeganja okolnog tla koja može naštetiti uporabnom aspektu mosta. Slijeganje kod zemljanog tipa upornjaka je neznatno i može se lako sanirati ako postoji potreba. Da bi se поблише shvatio princip takvog upornjaka, na **Slici 16.**, prikazan je jedan takav dovršeni upornjak i pogled izbliza na betonske elemente.



Slika 16.: Gotovi upornjak sa geo sintetički poboljšanim tlom, i betonski elementi (Izvor: WisDOT, *ABC manual*)

Ova metoda posjeduje puno prednosti, neke od kojih su:

- Montaža je brza i jednostavna te ako postoji potreba za zamjenom ili popravkom, može se također brzo izvesti
- Materijali su redovito dostupni te ne postoji potreba za specijalnim naručivanjem
- Gotovo pa svaki izvođač može izvoditi takve mostove što daje prednost manjim poduzećima da se međusobno natječu te tako obogaćuju tržište
- Smanjenje buke tokom prelaženja preko mosta zbog toga što je upornjak sačinjen od lakih materijala

Konačno, gledajući sa ekološkog aspekta, *ABC* metoda posjeduje puno prednosti. Sama količina metoda koje spadaju pod *ABC* daje izvođaču mostova široki izbor koju je metodu prikladno odabrati za određeni most. Bilo koja odabrana metoda posjeduje prednosti, bile one značajne ili neznatne. Svaka od metoda koja spada pod *ABC* je moderna i sofisticirana te uzima u obzir puno parametara koji prvenstveno utječu na ekonomiku građenja a i time

posljedično na ekologiju građenja. Naravno, ne znači to da graditelj se treba striktno držati tih metoda koje su specificirane u *ABC* priručniku, nego može imati slobodu da modificira te metode tako da one zadovoljavaju i sa ekološkog aspekta.

ABC metoda nije toliko poznata koliko bi trebala biti, jer predstavlja odlično rješenje za graditelje ako bi htjeli da im gradnja bude sigurnija, brža i ekološki prihvatljivija.

4. ANALIZA NEDAVNO SAGRAĐENIH MOSTOVA

Da bi se mogli primijeniti principi ekološke gradnje, potrebno je sagledati nedavno sagrađene mostove koji su rađeni od strane profesionalaca prema najnovijim propisima. U ovom djelu će se analizirati sa ekološkog aspekta gradnje tri nedavno sagrađena mosta. Govorit će se o onome što je dobro napravljeno sa ekološkog aspekta a što loše.

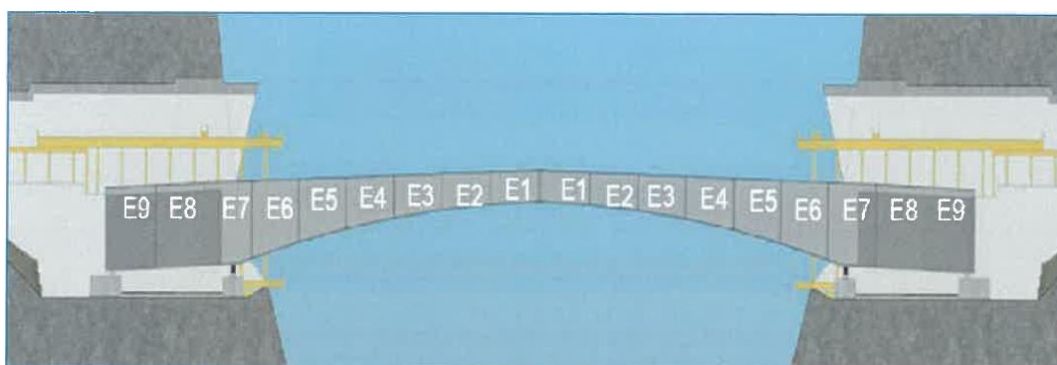
4.1. Most Cetina na omiškoj obilaznici

4.1.1. Opis tehnologije građenja

Most Cetina se nalazi između tunela Omiš i tunela Komorjak na brznoj cesti blizu Omiša. Most je sastavljen od čeličnih sandučastih montažnih elemenata promjenjivog presjeka. U **Tablici 4.**, prikazani su osnovni brojevi podaci o mostu. Sveukupno ima 18 čeličnih sandučastih segmenata koji su proizvedeni u tvornici na sjeveru Italije te kamionima dovezeni na gradilište. Dijelovi su bili odvojeni na manje dijelove radi lakoće transporta te zavareni na gradilištu u konačne veličine. Raspored segmenata je prikazan na **Slici 17.** Podaci o gradnji su preuzeti iz prezentacije sa dana HKIG-a.

Tablica 4.: Osnovni podaci o mostu Cetina

Ukupna duljina [m]	Promjenjiva visina p. p. [m]	Najveći raspon [m]	Ukupna širina [m]	Ukupna masa [t]	Širina kolničke ploče [m]
216	2,50 - 6,50	152	10,70	1280	7,10



Slika 17.: Raspored segmenata

Most se nalazi između dva tunela koji su također bili izvedeni sa mostom te ti tuneli imaju pripadno svoje evakuacijske puteve. Most se nalazi u vrlo zahtjevnom terenu (*Slika 18.*), i to je bio jedan od prvih velikih problema koji su graditelji trebali savladati. Kanjon preko kojega je most prelazio je dubok oko 70 m. To je bio jedan od prvih izazova koji su graditelji morali savladati. Pošto se radi o izrazito skućenom radnom prostoru morali su prvo sastaviti rješenje koje je prikladno za tako malo radnog prostora (*Slika 19.*). Također, pošto je glavni projekt napravljen 2007. godine, kada su se koristile druge norme, od 2013. se krenuo koristiti Eurokod. Time su projektanti trebali uskladiti proračune sa trenutno korištenim normama.



Slika 18.: Pogled iz zraka na kanjon rijeke Cetine



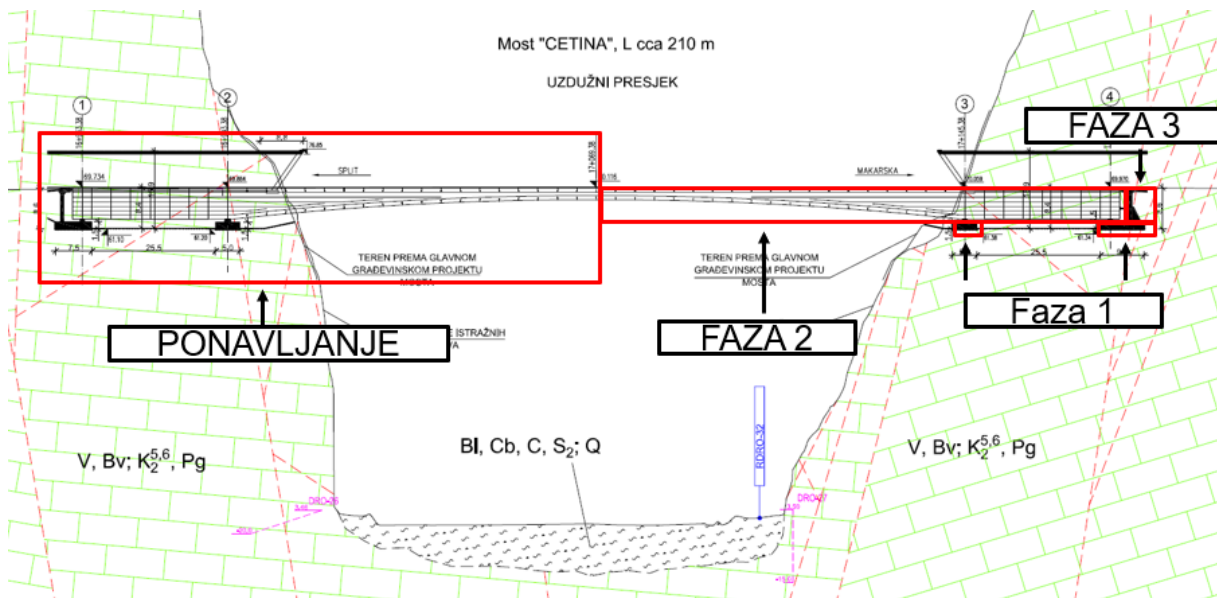
Slika 19.: Prostor za montažu čeličnih elemenata unutar tunela

Neke od izmjena koje su bile nužne zbog promjena normi su:

- Potresno i prometno opterećenje

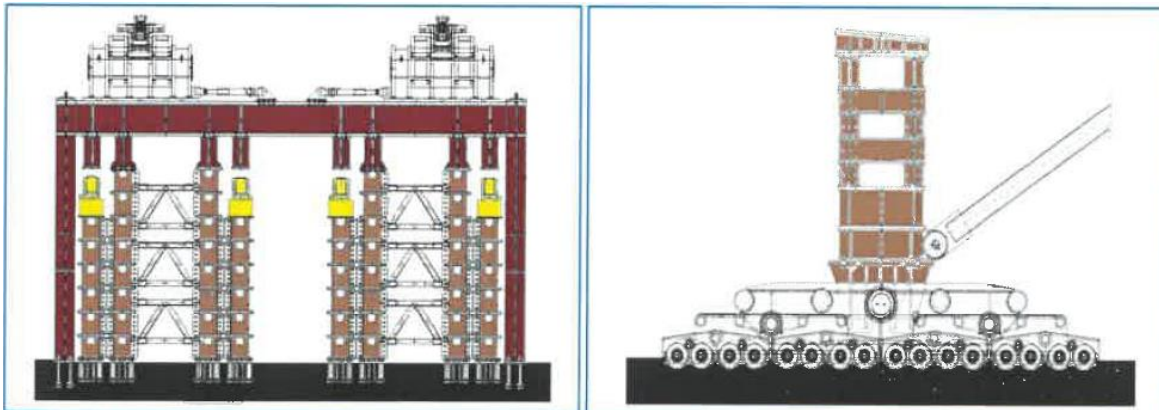
- Usklađenje sa projektima tunela
- Nova pravila za dimenzioniranje čelične konstrukcije

Razmatralo se mnogo tehnologija izvedbe, no na kraju su se izvođači odlučili za metodu naguravanja. Čelični segmenti kada su dovedeni na gradilište (u tunele), su zavareni u konačni sandučasti oblik te se montiraju i guraju naprijed do željene pozicije. Postupak je identičan sa druge strane kanjona. Na **Slici 20.**, prikazan je princip gradnje mosta po određenim fazama.

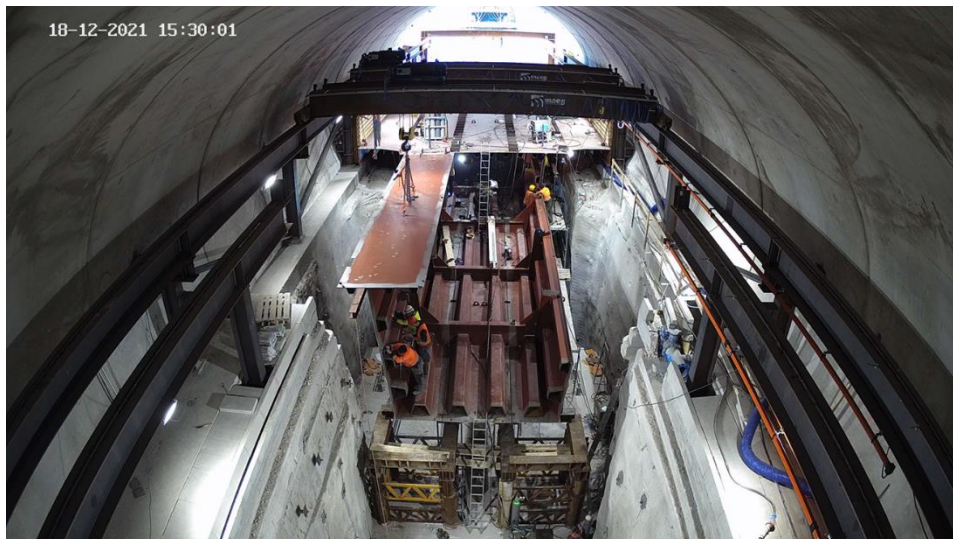


Slika 20.: Uzdužni presjek mosta, sa fazama gradnje mosta

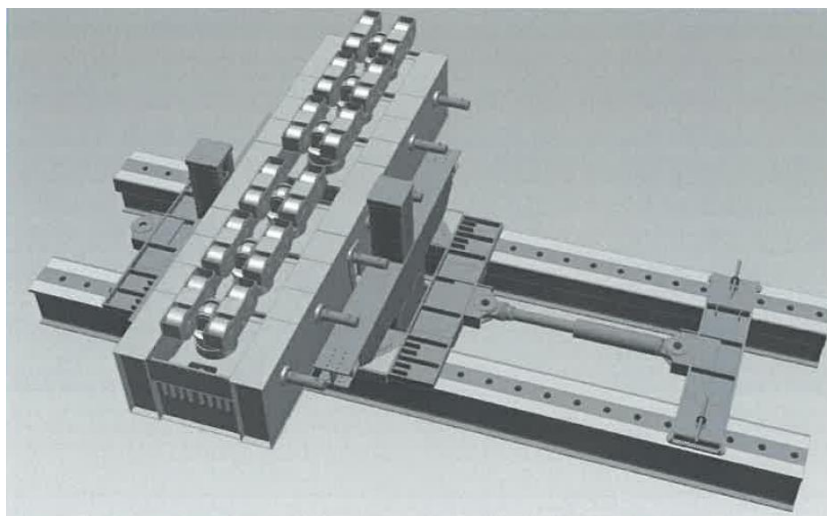
- Faza 1 predstavlja montažu specijalnih nosača (**Slika 21.**) koji su pozicionirani tako da nose strukturu mosta te omogućuju siguran i ne ometan rad radnika. Na tim nosačima se nalaze roleri po kojima se struktura mosta giba naprijed. U tunel je ugrađena mosna dizalica koja služi za transport čeličnih elemenata.
- U drugoj fazi, montiraju se čelični sandučasti elementi pomoću zavarivanja. Problem predstavlja manjak radnog prostora te je to nadoknađeno da kada se montira jedan element on se nagurava naprijed te se tako oslobađa prostor za novi dio. Montaža takvog elementa je prikazana na **Slici 22.**
- Faza 3 podrazumijeva montažu i dalje naguravanje sljedećeg segmenta. Naguravanje se obavlja pomoću specijalnih kolica koja služe za horizontalni transport elemenata (**Slika 23.**).



Slika 21.: Prednji nosači (lijevo) i stražnji nosači (desno) koji drže strukturu mosta za vrijeme montaže



Slika 22.: Montaža segmenata u tunelu pomoću radnika i mosne dizalice



Slika 23.: Transportna kolica

Opasnosti koje se javljaju pri građenju su:

- Rad na visini, pad u dubinu
- Opasne zone unutar samog tunela poput rada ispod mosne dizalice i ispod strukture mosta
- Opasnost od urušavanja okolnog terena pri iskopu evakuacijskih puteva
- Mehanička opasnost pri transportu
- Pad predmeta ili alata
- Strujni udar

4.1.2. Analiza sa ekološkog aspekta

- Optimalan raspored dizalica – uvjeti samoga terena nisu dopustili izvođaču veliku ponudu različitih tipova dizalica. Skućenost i manjak prostora predstavlja problem pri odabiru dizalica kao što je vidljivo sa **Slika 19.** i **22.** Dizalice zahtijevaju puno radnog prostora te prvenstveno visinu. Mostovi se obično grade na prostranim dijelovima ili nad morem gdje postoji mogućnost za montiranjem toranjskih dizalica. Izvođač se odlučio za mosnu dizalicu čija je prednost da može obavljati rad u skućenim prostorima. Nije bilo potrebe da dizalica može transportirati segmente na velike visine nego samo da može horizontalno pomicati dijelove tako da pripomaže pri montaži. Rješenje sa mosnom dizalicom je adekvatno i optimalno za uvjete kakvi su bili na gradilištu. Opcija, da se montira dizalica izvan samih tunela bi bila vrlo skupa i složena za izvest pošto se radi o strmom terenu te bi to zahtijevalo upotrebu drugih pomoćnih platformi koje također treba montirati i odvojiti vremena za njihovu montažu.
- Sprječavanje nesreća tokom građenja – izvedbeni projekt je napravljen prema svim važećim propisima i normama zaštite na radu. Sva opasna mjesta su označena prikladnim zaštitnim znakovima i poduzete su sigurnosne mjere tako da radnici, oprema ili dijelovi mosta ne budu ugroženi. Pri građenju pristupnih puteva za tunele, tokom osiguranja nosivosti padina dogodio se incident gdje se urušio dio usjeka (**Slika 24**). izvođač se pobrinuo da se šteta brzo sanira te da se problem ukloni na brz i siguran način. Takve greške jesu moguće, ova nije bila katastrofalnih razmjera nego je samo malo poremetila tok izvedbe projekta. Međutim, takve greške kakve god male bile, usporavaju izvedbu mosta i stvaraju novčani trošak koji nije bio predviđen u projektu. Bez obzira na to, izvođač se ponio vrlo profesionalno te omogućio da se rad obavlja na siguran način.



Slika 24.: Urušavanje dijela usjeka kod pristupnih cesta

- Zadiranje u prirodni okoliš - krajolik oko Omiša je prekrasan koliko je i sa građevinskog aspekta težak za obavljati rad. Pri gradnji mosta bilo još i nekoliko objekata koje je bilo potrebno sagraditi poput tunela, obilaznih evakuacijskih puteva i pristupnih cesta. Takvi putevi zahtijevaju puno prostora i trajno mijenjaju prirodni okoliš. No gledajući na prostoru gradnje samog mosta nije se mijenjao sam okolni prostor. Prvenstveno zbog toga što sam kanjon nije dopuštao da se koriste neke konvencionalne metode. Vidi se sa **Slike 25.**, da kanjon nije promijenjen te se time očuvao prirodni izgled. Osim obilnih radova koji su otpali na obilazne puteve i pristupne ceste (**Slika 26.**), graditelji nisu remetili okolni oblik oko mosta što još dodatno pridonosi ljepoti konačnog proizvoda.



Slika 25.: Pogled sa strane na most i njegovu okolinu



Slika 26.: Radovi na obilaznim i pristupnim cestama

4.1.3. Zaključno o mostu

Projekt mosta Cetine nije nimalo bio lagan zadatak kako za projektante tako i za graditelje mosta. Od pravilnog trasiranja brze ceste, do optimalnog odabira lokacije mosta te do teških uvjeta građenja, projektanti i graditelji su koristili sva svoja znanja i vještine kako bi taj projekt bio uspješan. Najveći uspjeh je taj da su ostvarili metodu koja je najbolje rješenje za uvjete koji su bili prisutni tokom građenja. Metoda je brza, jednostavna i sigurna i vrlo čista što se tiče korištenja dodatnih pomagala kao što su skele. Cijeli most se praktički može napraviti pomoću mosne dizalice i korištenja rolera za guranje dovršene strukture.

Nedostatak su obilni radovi koji su bili neophodni da se ostvari most a to su radovi na tunelu, obilaznim i pristupnim putevima. Jedan isto veliki trošak je bio transport segmenata mostova iz tvornice sa sjevera Italije. Graditelj je možda mogao razmotriti neku bližu opciju bila ona skuplja, u konačnici moguće da bi bila isplativija.

Graditelji su vrlo dobro obavili zadatak sa ekološkog aspekta primjenjujući inovativno i kreativno rješenje koje je osiguralo brzu i sigurnu gradnju. Suočili su se sa preprekama koje su im se našle na putu te su našli rješenja koja su ekonomična i ekološka.

4.2. Pelješki most

4.2.1. Opis tehnologije građenja

Pelješki most se nalazi između kopnenog dijela Hrvatske i pelješkog poluotoka. Svrha mu je da spoji teritorije Hrvatske te da se omogući prolazak autoceste kroz teritorije Hrvatske a ne kroz kako je prije bilo kroz teritorij Bosne i Hercegovine. Most je izvedenica ovješeneog tipa mosta sačinjen od armirano betonskih pilona gdje je rasponska konstrukcija od montažnih čeličnih elemenata. Sveukupna duljina mosta je 2 404 m, maksimalni raspon je 285 m. Masa čelične rasponske konstrukcije je preko 34 000 t. Piloni su promjenjive visine od 83 do 98 m, koji su temeljeni na sustavu pilota dubine do 130 m. Pogled na most iz zraka je vidljiv na **Slici 27**. Svi podaci i činjenice o gradnji su dostupni na prezentaciji sa dana HKIG-a, 2022. godine.



Slika 27.: Pelješki most iz zraka

Most se nalazi u iznimno zahtijevanom okruženju zbog mnogo razloga:

- Vrlo osjetljivo prirodno područje pod zaštitom od Nature 2000
- Frekventno pojavljivanje potresa gdje je ubrzanje tla 0,34g
- Izloženost Buri, gdje maksimalna brzina vjetera iznosi do 180 km/h
- Glineni slojevi ispod razine mora od 30 do 100 m, što predstavlja problem za temeljenje

Graditelji i projektanti su morali uzeti u obzir puno bitnih parametara koji utječu na izbor kritičnih dijelova pri projektiranju, sigurnost gradnje i tehnologiju izvedbe. Most se nalazi u zaštićenom području (**Slika 28**), pod uputstvom da se mora zadržati bioraznolikost okolnog područja. U blizini je grad Neum u Bosni i Hercegovini u koji uplovljavaju teretni i putnički brodovi te zbog toga je postojao zahtjev za brodskim slobodnim profilom koji iznosi 200 x 55 m. Bura je čest slučaj na Jadranu i ovo područje je karakteristično po udarima vjetera do 180 km/h. Takve velike brzine se moraju uzeti u obzir pri projektiranju nosivog sustava i izbora materijala i pri građenju jer takav vjetar može uzrokovati velika oštećenja nedovršenih dijelova mosta i opreme na njemu (**Slika 29**). Zbog kompleksne geologije temeljnog tla, projektanti su se odlučili za duboke čelične, djelomično spregnute pilote koji nisu nimalo laki za izvest.



Slika 28.: Prekrasan ambijent oko Pelješkog mosta

Nakon što je odobrena građevinska dozvola, započelo se sa gradnjom. Brodovima je dovezena oprema za pobijanje pilota i sami piloti do mjesta ugradnje. Privremeno skladište se uspostavilo na obali blizu upornjaka gdje su također bila ostala postrojenja za građenje mosta. Nakon što su piloti dovezeni do mjesta ugradnje pomoću broda, koriste se specijalni čekić za pobijanje, nakon čega je njihova gornja trećina ispunjena betonom (**Slika 30.**).



Slika 29.: Naleti vjetra od oko 160 km/h mogu predstavljati problem za gradnju mosta

Beton je ugrađen pomoću pumpe koja je montirana na brod. Nakon što su piloti izvedeni, krenulo se dalje sa montažom kape za dno pilona. Kapa je izvedena pomoću montažnih betonskih ploča i specijalnih plovila koja su transportirala te ploče (**Slika 31.**).



Slika 30.: Gradnja AB pilota pomoću broda na kojem je pumpa za beton



Slika 31.: Postavljanje betonskih ploča za bazu pilona pomoću plovne dizalice

AB piloni su sagrađeni sa kliznom oplatom (*Slika 32.*), koja je također montirana sa upotrebom plovne dizalice. Način kako se betonira pomoću klizne oplata je taj da se izbetonira jedan segment određene visine te se oplata pomakne prema gore, nakon što je beton sazrio dovoljno i time se ponavlja proces. Na dno pilona (na naglavnicu pilota), su se montirale toranjske dizalice koje su i kasnije korištene za transport pri gradnji ostalih segmenata mosta.

Ugradnja čelične superstrukture se vršila na mnoge načine. Ovisno o tome gdje se nalazi rasponska konstrukcija, koristile su se različite plovne dizalice, derrick dizalice i toranjske dizalice. Segmenti su mase od 180 do 800 tona, pa su korištene i različite nosive skele koje drže strukturu u različitim fazama gradnje. Za ugradnju segmenata na prilaznim dijelovima mosta korištena je plovna dizalica nosivosti 1000 t koja je te segmente pozicionirala na masivnu nosivu skelu. Ti dijelovi su se zatim pomicali po toj skeli do konačnog mjesta gdje bi se međusobno zavarili (*Slika 33.*).



Slika 32.: Gradnja AB pilona pomoću klizne oplata

Montaža drugih prilaznih segmenata koji su iznad mora i točno leže na stupovima, korištena je ista plovna dizalice, uz pomoć privremene nosive skele koja se oslanjala na strukturu stupova (**Slika 34.**).

Segmenti zavješanih raspona mosta su manji i lakši i time nije bila potrebna plovna dizalica za montažu samih segmenata u konačni položaj. Dovezeni su do pilona pomoću barke gdje ih se podiglo do mjesta ugradnje. Korištene su dvije derrick dizalice sa svake strane pilona, koje su sastavljene na obali, dovezene i podignute na dovršenu betonsku strukturu oko pilona. Takva metoda građenja kod koje se gradi struktura mosta sa obje strane pilona u isto vrijeme se zove uravnotežena konzolna gradnja. Postupak gradnje tog dijela mosta je prikazan na **Slici 35.** Kod ovješanih struktura, potrebna je izuzetno mala količina nosivih skela, jer kada se montira nosiva užad, ona pridržava strukturu mosta u fazi gradnje.



Slika 33.: Ugradnja segmenata sa plovnom dizalicom i skelom po kojoj se segmenti pomiču



Slika 34.: Transport prilaznih segmenata sa plovnom dizalicom koji se oslanjaju na stupove i pomoćne skele

4.2.2. Analiza sa ekološkog aspekta

- Lokacija i uređenje mjesta građenja – okoliš oko mosta je vrlo dragocjen i zaštićen od strane zakona te su zbog toga projektanti morali odabrati most koji se uklapa u okoliš i čija gradnja ne narušava okolnu prirodu. Projektant se odlučio za opciju koja ima veće raspone koja sukladno ima manji broj temelja, čime se postiže manje zadiranje u morsko dno. Graditelj je iskoristio okolni teren da postavi pogone i potrebna postrojenja za gradnju te je koristio slobodan prostor blizu mosta kao skladište za čelične montažne elemente strukture mosta (*Slika 36.*). Kod velikih mostova, mora se žrtvovati okolnog terena za smještaj pogona i ostalih bitnih stvari da bi gradnja mogla brzo i organizirano teći. U ovom slučaju graditelj je to vrlo dobro napravio jer je uspio u malo prostora smjestiti ključne stvari koje su neophodne za gradnju mosta. Organizacija gradilišta je bila takva da se ključnim dijelovima može lako pristupiti, da su blizu te da u što manjem prostoru se smjesti maksimalno moguće sadržaja, čime se postiže ekološka gradnja jer se okolni prostor minimalno preuređuje.
- Suradnja stručnjaka iz mnogih područja – od samih prvih ideja mosta 2003., godine, pa do njegovog završavanja 2022. godine, na projektu je radilo puno stručnjaka različitih struka i ideja. Most je prošao različite koncepte i oblike sve dok se projektant nije odlučio za onaj najbolji. Odabrani oblik zadovoljava puno kriterija, no oni koji su bitni sa ekološkog aspekta su da se most odlično uklapa u ambijent i da je vrlo dobar sa strane građenja. Izvođač posjeduje više nego adekvatnu tehnologiju izvedbe i veliko iskustvo građenja velikih mostova. Provele su se mnoge studije i surađivalo je puno institucija da taj most bude projektiran i sagrađen na siguran i dobar način. Nimalo se nije olako shvatio zadatak projektiranja i građenja ovoga mosta, što je na kraju rezultiralo

gradnjom bez ljudskih žrtava koja je ujedno i vrlo brzo izvršena u roku od 4 godine.



Slika 35.: Gradnja prvih glavnih segmenata oko pilona



Slika 36.: Skladištenje čeličnih montažnih elemenata na obali

- Prikladan izbor sredstva transporta – primarno sredstvo transporta koje je korišteno su brodovi i različiti plovni transportni uređaji. Za dovoz montažnih elemenata korišteni su veliki teretni brodovi (**Slika 37.**) koji mogu više montažnih dijelova dovesti do mjesta građenja. Za ugradnju tih montažnih elemenata korištena je plovna dizalica iznimno velike nosivosti i manji plovni strojevi za transport strojeva do njihovog mjesta postavljanja. Pošto su se montažni elementi proizvodili u tvornici u Kini, morski prijevoz

je najbolje rješenje jer je najjeftiniji. Moglo se pronaći rješenje da dovoz montažnih elemenata bude sa neke bliže lokacije, no to bi vjerojatno podiglo cijenu, jer odabrani izvođač već posjeduje svoj proizvodni pogon za proizvodnju takvih čeličnih montažnih elemenata. Time se razvija pitanje vrijedi li izdvojiti više financijski sredstva da se transportni put smanji. Sa ekološkog aspekta kraći transport put je povoljniji, jer sredstva transporta ne troše toliko goriva čime se reducira emisija CO₂. Dakle, pitanje je želi li investitor postići to da se transportni putevi smanje, čime se sukladno smanjuje onečišćenje okoliša i vjerojatno izdvojiti više financijskih sredstva ili odabrati jeftiniju opciju kojom su transportni putevi dugi i iziskuju veliku količinu goriva za prijevozna sredstva. Postoji i opcija gdje se odabire varijanta koja je jeftinija od ostalih i iziskuje manje transportne puteve za razne stvari. Investitor je dužan razmotriti sve opcije, čak i one skuplje, no ako se ispostave bolje sa ekološkog aspekta, može odabrati i tu opciju. Dok graditelj ako želi postići ekološku gradnju mora pronaći prikladna vozila i najoptimalnije puteve tako da transport bude brz i da ta vozila mogu što veću količinu u što manjem vremenu prevesti.



Slika 37.: Brod kojim su montažni dijelovi dovezeni do gradilišta

4.2.3. Zaključno o mostu

Ovaj most je kako svojim dimenzijama impozantan tako i njegovom gradnjom. Korištene su različite metode, alati i mnogo je stručnjaka sudjelovalo na gradnji. Korištenje različitih metoda na različitim stacionažama mosta, povlači sa sobom prednosti i mane. Svaka metoda je prikladna i vrhunski izvedena, no korištenje toliko različitih metoda iziskuje upotrebu puno strojeva, dizalica i ostale tehnologije da se izvede dio mosta. Područje ima puno prepreka koje su graditelji morali savladati da gradnja prođe ne ometano, što su izveli na vrlo profesionalan način. Korištenje betona iziskuje upotrebu skela oplata i

ostalih pomagala koje mogu stvoriti dodatne probleme ako se ne upotrebljava sa njima ispravno.

Izvođač je iskusan i posjeduje vrlo sofisticiranu tehnologiju izvedbe čime je most generalno izveden vrlo brzo i sigurno. Izbor metode gradnje podosta ovisi o okolnom terenu i samom tipu mosta, čime se graditelj znao poslužiti. Odabrane metode su dobre sa ekološkog aspekta jer su brze i zahtijevaju upotrebu minimalno skela. Most Pelješac je most velikih dimenzija i njegova gradnja je daleko od toga da bi se mogla reći da je lagana, no graditelj je vrlo iskusan i profesionalan i osigurao je da gradnja bude brza sigurna te da se ispoštuje okolni ambijent za vrijeme gradnje.

4.3. 1915 Çanakkale Köprüsü most

4.3.1. Opis tehnologije građenja

Most koji trenutno drži rekord za najveći raspon visećeg mosta od 2023 m između glavnih stupova (*Slika 38.*). Povezuje Europski i Azijski dio Turske preko Dardanela. Svrha gradnje takvog mosta je bila da se rasterete već postojeći mostovi u Instabulu koji su bili jedini mostovi u Turskoj koji su povezivali Europu i Aziju. Prognozira se da će Çanakkale most povećati lokalni turizam, poboljšati ekonomiju i najbitnije smanjuje vrijeme prijelaza preko kanala na oko samo 6 minuta vožnje. Stupovi visoki preko 300 m napravljeni su od montažnih čeličnih elemenata naslagani jedni na druge sa kolničkom čeličnom pločom sandučastog oblika. Kolnička ploča ima u sebi otvor koji je napravljen da most posjeduje bolje aerodinamičke karakteristike jer su viseći mostovi osjetljivi na vjetar. Ime 1915 je referenca na godinu kada se na tom prostoru vodila vrlo bitna bitka u Prvom svjetskom ratu, koja je obilježila tursku povijest.

Sa gradnjom se započelo betonirajući sidrene blokove i prilazne AB stupove (*Slika 39*) koji su građeni kako je ostatak mosta nastajao. Razlog tome je da se uštedi na vremenu i ljudstvu tako da most bude sagrađen čim prije. Za gradnju sidrenih blokova i prilaznih stupova korištena je klasična mehanizacija i oprema poput oplata, auto pumpi, bagera za iskop i toranjskih dizalica. Blizu mjesta gdje se nalaze sidreni blokovi su također graditelji predvidjeli mjesto za skladištenje, smještaj za radnike i ostale logističke privremene građevine. Sve spomenute činjenice i slike su dostupne na YouTube dokumentarcu o gradnji ovog mosta.



Slika 38.: Most sa rekordnim rasponom od 2023 m između glavnih stupova (Izvor: dezeen, Lizzie Crook, 2022.)



Slika 39.: Gradnja sidrenih blokova na obalama Europe i Azije

Kesoni koji su služili kao temelji za stupove visine preko 300 m su sastavljeni na obali te su dovezeni pomoću plovila do mjesta ugradnje gdje su postupno bili potopljeni do konačne dubine. Transport tih kesona je vršen pomoću masivne plovne dizalice koju je osigurala australska firma i dizalica koje su bile montirane na plovne barke. Postavljanje kesona na mjesto je prikazano na **Slici 40**.

Nakon postavljanja baze za stupove moglo se pristupiti montiranju čeličnih stupova (**Slika 41**). Segmenti su također sastavljeni na obali te su masivnom plovnom dizalicom transportirani do kesona gdje je prvih par segmenata montirano sa dizalicom na barci. Segmenti su na vrhu imali zube a na dnu su imali utore, pa je montaža bila osmišljena tako da se samo slažu jedan na drugi. Kada su stupovi dosegli određenu visinu, njihovu montažu je vršila dizalica sa postoljem koje se moglo povećavati kako je visina stupova napredovala.



Slika 40.: Postavljanje kesona u more



Slika 41.: Montaža prvih segmenata karakteristične crvene boje

U isto vrijeme se dalje od mosta gradio prilazni armirano betonski vijadukt. Stupovi su izvedeni klasično pomoću oplata dok je rasponska konstrukcija rađena metodom naguravanja pomoću čeličnog klina koji je pozicioniran na početku konstrukcije čija je svrha statička stabilizacija cijele konstrukcije tokom gradnje.

Nakon završetka čeličnih stupova završavala se gradnja sidrenih blokova te se moglo pristupiti montaži nosivog užeta. Prvi korak je bio da se osigura radna skela po kojoj radnici mogu sigurno i efektivno obavljati rad. Za to je služio sistem užeta i mreža po kojima su radnici hodali i obavljali rad (*Slika 42.*). taj sistem užadi i mreža je postavljen po putanji budućeg nosivog užeta i proteže se od jednog sidrenog bloka do drugog sidrenog bloka.

Proizvodnja montažnih elemenata kolničke konstrukcije je napravljena u zasebnoj tvornici te dovezena do gradilišta gdje su se privremeno skladištili. Za ugradnju tih elemenata poslužila je specijalna dizalica koja se oslanjala na nosivo uže po kojem je klizila

i sa plovila koja su te segmente dovezli do mjesta ugradnje, dizala i pozicionirala u pravilan položaj (*Slika 43.*).



Slika 42.: Montaža specijalnih radnih mreža



Slika 43.: Dizalica na nosivom užadi sa montažnim elementom

4.3.2. Analiza sa ekološkog aspekta

- Zadiranje u prirodni okoliš – uz sam most čija je ukupna duljina malo veća od 4 km, bilo je potrebno sagraditi pristupne vijadukte (*Slika 44.*), i osigurati prostor na obali za smještaj postrojenja i ostalih privremenih građevina za smještaj radnika, opreme itd. Puno prostora otpada na smještaj strukture i svih pratećih strojeva i oprema koji se trebaju smjestiti neposredno blizu gradilišta. Ne pomaže ni činjenica da se graditelj odlučio za AB vijadukt koji se betonira na gradilištu, čime se

povećava potreba za dodatnim radnicima, strojevima, oplatom i skelom. Postojale su i druge alternative za izbor materijala ili tehnologije izvedbe vijadukta koje je graditelj mogao razmotriti. Ono što je pozitivno je to što sami viseći most ne zahtijeva puno prostora za gradnju. Most se sastoji od dva stupa koji su jedini dijelovi koji zadiru u more i sidrenih blokova koji su neizbježni kod takvih ogromnih mostova. To je što se treba razmotriti pri odabiru tipa mosta u fazi projektiranja, dok u fazi građenja isto treba razmotriti koliko prostora si graditelj može priuštiti da upotrijebi za korist gradnje mosta. Za vrijeme gradnje čeličnih stupova, izvođač se poslužio metodama koje najmanje remete okolni promet u kanalu, a za vrijeme gradnje kolničke konstrukcije iskoristio je već sagrađeno nosivo uže i nije uopće koristio plovne puteve, osim za transport samih montažnih elemenata. Generalno gledajući graditelj je uspješno obavio zadatak gradnje mosta sa aspekta minimalnog zadiranja u okolinu, prvenstveno zbog toga što su viseći mostovi optimalni sa tog aspekta. Mogle su se naći alternative oko gradnje sidrenih blokova ili gradnje vijadukata, no sami viseći most je odlično sagrađen jer tokom gradnje svi pomoćni alati i mehanizacije nisu remetile prirodne procese i pojave koje su se odvijale prije gradnje tog mosta.



Slika 44.: Gradnja stupova pristupnog vijadukta gdje se vidi korištenje puno oplata, skela i dizalica

- Optimalan raspored dizalica – korišteno je puno dizalica i različite vrste dizalica za ostvarenje ovog visećeg mosta. Toranjske i auto dizalice za gradnju vijadukta i sidrenih blokova, dizalice na barkama za kesone i plovna dizalica za čelične stupove i dizalica sa kosom rukom za završne dijelove stupova. Vjerojatno najuočljivija je bila velika plovna dizalica koja je prikazna na **Slici 45**. Nju je osigurao australski dobavljač za takve dizalice. Jedna od isto impresivnih postignuća je montaža dizalice sa

kosom rukom, koja je služila za montiranje čeličnih stupova (*Slika 46.*). Njena montaža je obavljena samo u jednom danu, od transporta do fiksnog mjesta pa do njenog osposobljavanja za rad. Njena visina se može modificirati i mjenjati kako gradnja stupova napreduje, što je čini iznimno efektivnom pri gradnji toliko visokih konstrukcija.



Slika 45.: Plovna dizalica u vlasništvu australskog poduzeća



Slika 46.: Dizalica za montažu čeličnog stupa, čija visina je bila i do 300 m

Graditelj je itekako pomno razmotrio koje su najbolje pozicije i opcije za dizalice, tako da te iste dizalice mogu obavljati što veću količinu posla. Problem je što za toliku obilnu gradnju je potreban veliki broj i tip različitih dizalica, što predstavlja veliki trošak pri realizaciji mosta.

Izvođač je uspio nabaviti najmodernije i najbolje dizalice koje vrhunski i učinkovito obavljaju rad, čime je gradnja tekla brzo, sigurno, jednostavno i planirano, što su sve značajke ekološke gradnje. Sa dobrom iskorištenošću dizalica i njihovim dobrim pozicioniranjem, postigla se ekološka gradnja jer se odstranjuju poteškoće koje nastaju pri lošem korištenjem potencijala dizalica.

- Detaljni plan aktivnosti – izvođač iz Južne Koreje je poduzeće koje posjeduje veliki broj profesionalnih i iskusnih osoba koje su pomno radile na izvedbenom projektu ovog visećeg mosta. Sve aktivnosti koje su bile zamišljene su bile ostvarene na dobar i planiran način. Vidi se po tome što su različiti segmenti mosta i njegovih dijelova građeni po točno određenom rasporedu tako da se što je više moguće skratilo vrijeme gradnje. Radilo se puno na tome da se ostvari raspored aktivnosti koji najviše odgovara gradnji i da se poštuje proces kojim most mora nastati. Ishod toga je da gradnja teče kontrolirano, planski i brzo čime se poboljšava kvaliteta same gradnje a i samim time otisak koji gradnja ostavlja na prirodu i svijet. Dobrim planom i rasporedom aktivnosti, kao što je na gradnji ovog mosta bio slučaj, reduciraju se greške i potencijalni problemi koji nastaju tokom izvođenja čime se poboljšava ekološki utjecaj.
- Modifikacija prošlih metoda i praksi – gradnja ovog mosta je dokazala da građenje visećih mostova je znatno napredovala od početka građenja tih vrsta mostova. Izvođač iz Južne Koreje je uspio skratiti vrijeme gradnje čak za godinu dana, što je zapravo i najimpresivnija činjenica oko gradnje ovog mosta. Pomnim planiranjem i ispravnim odabirom tehnologije i metode, ovaj ogroman infrastrukturni projekt je uspio na mnogo razina. Ostvarenje takvog projekta odnosno gradnja, je jedan od najbitnijih dijelova realizacije tog projekta i graditelj je pokazao svoje znanje i sposobnost da se nosi sa velikim pritiskom koje je postavljeno od strane zahtjevnosti gradnje. Višegodišnjim iskustvom, velikim izborom mehanizacije i dobrim planiranjem je graditelj zadovoljio mnoge ekološke kriterije. To pokazuje koliko je bitno znanje i iskustvo koje izvođač posjeduje. Rezultat toga je gradnja koja nije uzrokovala niti jedan gubitak ljudskog života i koja je ekonomska i ekološka.

4.3.3. Zaključno o mostu

Jedan od najvećih infrastrukturnih projekata današnjice, gradnja 1915 mosta je bila veliki pothvat za bilo koje sudionike u projektu. Graditelj je pokazao svoju sposobnost da vlada situacijom i uspije ostvariti svoje ciljeve. Naravno, postoje moguće izmjene i alternative koje su mogle biti donesene, no unatoč manjim nedostacima graditelj je uspješno obavio

gradnju ovoliko velikog mosta. Gledajući sa ekološke strane, korištena je moderna mehanizacija, suvremene planske metode i nekoliko ključnih odluka koje su učinile ovu gradnju uspješnu prvenstveno sa ekonomskog aspekta a zatim sa ekološkog. Vidi se sa primjera 1915 mosta, da ako se poštuju pravila ekološke gradnje, da se izvođenje može izvesti na siguran, brz i učinkovit način.

5. ZAKLJUČAK

Gradnja mostova je uvijek bila u stalnom razvitku. Uvijek su graditelji mostova tražili načine kako unaprijediti svoj zanat i učiniti da njihova usluga bude najbolja. Kako su godine prolazile tako se i unaprjeđivala gradnja mostova. Značajan je napredak bio u tom segmentu graditeljstva i u vrlo kratkom periodu se došlo do novih otkrića, spoznaja i taktika. Takvo znanje se skupljalo iskustvom, učenja iz pogrešaka i konstantom evolucijom i razvojem dostupne tehnologije.

Prvo se fokusiralo na to da gradnja bude brža, ekonomičnija i što više efektivnija. Tako graditelj može biti konkurentan na velikom tržištu i može ponuditi najbolju uslugu. Promjenama koje je ljudska vrsta ostavila na ovom planetu, su natjerale ne samo graditelje mostova, nego i ostale, na to da trebaju težiti aktivnostima koje najmanje zagađuju i uništavaju naš planet. Različite države su uvele propise i pravila kojima se reguliraju određene aktivnosti u svrhu smanjenja zagađenja.

Na svu sreću u današnje doba, graditelji imaju veliki izbor metoda i taktika koje mogu primjenjivati da im gradnja mostova bude ekološka. Investitor traži graditelja koji može s dovoljnom razinom pouzdanošću zadovoljiti njegove potrebe. Te potrebe mogu biti različite, ovisno o investitoru, no ona koja mora biti nužna i ne smije se nikako izostaviti sa investitorovih kriterija je ta da gradnja bude ekološki prihvatljiva.

Ključno je za nas a i buduće generacije da se graditelji pridržavaju tih pravila, tako da se brinemo za naš eko sustav i prirodu koja je od nama iznimne koristi za normalno življenje i ostale sporedne aktivnosti. Graditelj mora biti svjestan da zahvatom, kao što je gradnja mosta, iznimno remeti prirodni tok koji se odvija u okolini. Potrebno je poznavati probleme koji nastaju tokom gradnje te pronaći način da se ti problemi reduciraju ili najbolje, totalno otklone.

Još nije toliko implementirana ideja o ekološkoj gradnji u naše društvo, no sigurno se kreće prema osvještavanju šire javnosti koje su posljedice ako se ne brinemo za našu okolinu. Različiti graditelji primjenjuju suvremene metode koje su vrlo sofisticirane i moderne te ih primjenjuju na svoje projekte tako da im proizvod bude ekološki prihvatljiv. Nema striktnih ograničenja koja se moraju pratiti, nego graditelj ima uglavnom slobodu i veliki izbor opcija koje mora iskoristiti na najbolji mogući način, ovisno o lokalnim prilikama.

Značajke koje čine ekološku gradnju su da gradnja mora biti brza, sigurna, ekonomična te da se koristi mehanizacija na ispravan način. Upotrebu oplata treba maksimalno izbjegavati kao i upotrebu skelu. Modifikaciju okolnog prostora treba svesti na minimum i težiti gradnji mostova čija struktura ne zadire u obližnju prirodu. Montažna gradnja uvelike olakšava ekološku gradnju, zbog svoje jednostavnosti. Odabirom najkraćih i bržih

transportnih puteva se postiže niža emisija CO₂, što uvelike pomaže ne zagađenju atmosfere.

Graditelji mostova su daleko napredovali, i sam proces je mnogo različit nego što je to bio prije 100 godina. Ohrabrujuće je to što se vidi da jako puno mostova je sagrađeno na ekološki prihvatljiv način, gdje se vidi da su si graditelji dali truda. Rezultat takve gradnje je vrlo nagrađujući jer gradnja bude skoro pa uvijek uspješna, ekonomična i sigurna. U konačnici i sam most kasnije bude uspješan jer je izveden na uspješan način.

POPIS LITERATURE

André, J., Beale, R., Baptista, A. (2012) 'Structural Engineering International', *Bridge Construction Equipment: An Overview of the Existing Design Guidance*, vol. 22, br. 3, str. 365-379 [Online]. Dostupno: <https://doi.org/10.2749/101686612X13363869853419>

(Pristupljeno: 28. lipnja 2024.)

Benutić, M., Đuran, M., Musulin, T. (2022) 'Izvedbeni projekt i montaža mosta Cetina na omiškoj obilaznici', *Hrvatska komora Inženjera Građevinarstva*, 16. Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva, Opatija, 09.-11.06.2022.

Haiman, M. (2002) *Nov pristup građenju drvenih mostova*.

Building The World's Longest Suspension Bridge – The 1915 Çanakkale Bridge (2022) YouTube video, dodao: Innovation Now TV [Online]. Dostupno: <https://www.youtube.com/watch?v=uhqr0aOagJk&list=LL&index=1>

Oni Boluwatife, D., Olaoye, F., Potter, K., Lucas, D. (2024) *Design and Construction of Sustainable Bridges in Civil Engineering*

Pipenbaher, M. (2022) 'Izazovi u projektiranju mosta pelješac', *Hrvatska komora Inženjera Građevinarstva*, 16. Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva, Opatija, 09.-11.06.2022.

Radić, J. (2009) Opći podaci, Elementi oblikovanja, Građenje mostova, Marija Kušter, *Uvod u mostarstvo*, Zagreb, Jadring, str. 23-46, 301-338, 339-374.

Bridge Manual Accelerated Bridge Construction (2019) Madison Wisconsin SAD, WisDOT.

Yanfen, Y., Jiqing, D., Aixia, L., (2023) 'Urban Studies and Public Administration', *Bridge Design and Construction Management from the Perspective of Sustainable Development*, vol. 6, br. 3, [Online]. Dostupno: www.scholink.org/ojs/index.php/uspa

(Pristupljeno: 28. lipnja 2024.)

Yang, Y., Nakamura, S., Chen, B., Nishikawa, T. (2012) 'Journal of Structural Engineering', *Traditional construction technology of China timber arch bridges*, vol. 58A

POPIS SLIKA

Slika 1.: Gradnja luka šibenskog mosta (Izvor: Šibenski, Foto Digital, 2021)	1
Slika 2.: Prikaz gradnje mosta preko Krke kod Skradina (Izvor: Građevinar, most preko rijeke Krke kod Skradina, 2003).....	5
Slika 3.: Niz betonskih montažnih elemenata na mjestu ugradnje (Izvor: AEC magazine, <i>A superior way to model precast girder bridges</i> , 2022)	6
Slika 4.: Damper za transport velike i teške količine materijala (Izvor: <i>TAMTRON</i>)	8
Slika 5.: Prikaz gradnje mosta u Hercegovini, gdje se vidi raspored toranjskih dizalica (Izvor: ĐAKA CITY, Čapljina portal, 2023.)	11
Slika 6.: Urušena struktura mosta u Kanadi, koja je nastala zbog nepravilnog projektiranja nosivih skela (Izvor: <i>Canada's history</i> , 2017.)	13
Slika 7.: Nesoddvegen most, drveni pješački nadvožnjak (Izvor: <i>Nov pristup građenju drvenih mostova 2002.</i>).....	17
Slika 8.: Most izveden na jednom mjestu, spreman za transport do mjesta ugradnje (Izvor: <i>Nov pristup građenju drvenih mostova 2002.</i>)	18
Slika 9.: Skica pravilnog načina skladištenja drvene građe (izvor: GRADNJA.ME).....	19
Slika 10.: Most Beijian u okrugu Taishun (Izvor: <i>SIXTH TONE</i> , Intellectual, 2022.).....	20
Slika 11.: Proces pri građenju luka starih drvenih mostova u Kini (Izvor: <i>Traditional construction technology of China timber arch bridges</i> , 2012.)	21
Slika 12.: Obrada drva sa tradicionalnim alatima (Izvor: <i>Traditional construction technology of China timber arch bridges</i> , 2012.).....	21
Slika 13.: Montiranje predgotovljenih elemenata rasponske konstrukcije mosta (Izvor: <i>GRADNJE MOSTOVA</i> , Arhitektonsko-građevinski fakultet, Sveučilište u Splitu)	23
Slika 14.: Klizanje rasponske strukture mosta u Zapadnoj Virginiji, SAD (Izvor: <i>West Virginia's Basnettville Bridge Lateral Slide</i> , FIU, 2016.)	24
Slika 15.: Susatv guranja mosta po specijalnim tračnicama.....	24
Slika 16.: Gotovi upornjak sa geo sintetički poboljšanim tlom, i betonski elementi (izvor: <i>WisDOT, ABC manual</i>)	25
Slika 17.: Raspored segmenata	27
Slika 18.: Pogled iz zraka na kanjon rijeke Cetine	28
Slika 19.: Prostor za montažu čeličnih elemenata unutar tunela.....	28
Slika 20.: Uzdužni presjek mosta, sa fazama gradnje mosta	29
Slika 21.: Prednji nosači (lijevo) i stražnji nosači (desno) koji drže strukturu mosta za vrijeme montaže	30
Slika 22.: Montaža segmenata u tunelu pomoću radnika i mosne dizalice	30
Slika 23.: Transportna kolica.....	30
Slika 24.: Urušavanje dijela usjeka kod pristupnih cesta	32
Slika 25.: Pogled sa strane na most i njegovu okolinu	32

Slika 26.: Radovi na obilaznim i pristupnim cestama.....	33
Slika 27.: Pelješki most iz zraka.....	34
Slika 28.: Prekrasan ambijent oko Pelješkog mosta.....	35
Slika 29.: Naleti vjetra od oko 160 km/h mogu predstavljati problem za gradnju mosta	35
Slika 30.: Gradnja AB pilota pomoću broda na kojem je pumpa za beton	36
Slika 31.: Postavljanje betonskih ploča za bazu pilona pomoću plovne dizalice	36
Slika 32.: Gradnja AB pilona pomoću klizne oplata	37
Slika 33.: Ugradnja segmenata sa plovnom dizalicom i skelom po kojoj se segmenti pomiču	37
Slika 34.: Transport prilaznih segmenata sa plovnom dizalicom koji se oslanjaju na stupove i pomoćne skele	38
Slika 35.: Gradnja prvih glavnih segmenata oko pilona.....	39
Slika 36.: Skladištenje čeličnih montažnih elemenata na obali.....	39
Slika 37.: Brod kojim su montažni dijelovi dovezeni do gradilišta.....	40
Slika 38.: Most sa rekordnim rasponom od 2023 m između glavnih stupova (Izvor: dezeen, Lizzie Crook, 2022.)	42
Slika 39.: Gradnja sidrenih blokova na obalama Europe i Azije	42
Slika 40.: Postavljanje kesona u more.....	43
Slika 41.: Montaža prvih segmenata karakteristične crvene boje	43
Slika 42.: Montaža specijalnih radnih mreža.....	44
Slika 43.: Dizalica na nosivom užadi sa montažnim elementom.....	44
Slika 44.: Gradnja stupova pristupnog vijadukta gdje se vidi korištenje puno oplata, skela i dizalica.....	45
Slika 45.: Plovna dizalica u vlasništvu australskog poduzeća	46
Slika 46.: Dizalica za montažu čeličnog stupa, čija visina je bila i do 300 m.....	46

POPIS TABLICA

Tablica 1.: Metode građenja sa prednostima i manama	6
Tablica 2.: Mogući načini zbrinjavanja otpada	9
Tablica 3: Tipični radni procesi i radne operacije za građenje mosta.....	14
Tablica 4.: Osnovni podaci o mostu Cetina	27