

# Snimanje mosta pomoću 3D laserskog skenera

---

Genc, Laura

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:041381>

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

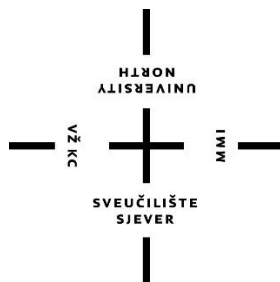
Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-25**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

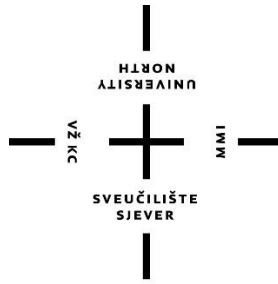
**Diplomski rad br. 34/GRD/2021**

## **Snimanje mosta pomoću 3D laserskog skenera**

**Laura Genc, 1181/336D**

Varaždin, rujan 2021. godine





# Sveučilište Sjever

**Odjel za graditeljstvo**

**Diplomski rad br. 34/GRD/2021**

## **Snimanje mosta pomoću 3D laserskog skenera**

**Student**

Laura Genc, 1181/336D

**Mentor**

doc. dr. sc. Danko Markovinović

Varaždin, listopad 2021. godine

## Prijava diplomskog rada

### Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJSKI PROGRAM	diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo		
PROFESORICA	Laura Genc	IBAN	0336014865
DATUM	13.09.2021.	KOLEGIJ	Organizacija gradilišta i građenja
NASLOV RADA	Snimanje mosta pomoću 3D laserskog skenera		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Observation the bridge using a 3D laser scanner		
MENTOR	dr.sc. Danko Markovinović	STANJE	docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc. dr. sc. Željko Kos		
	2. izv. prof. dr. sc. Bojan Đurin		
	3. doc. dr. sc. Goran Puž		
	4. prof. dr.sc. Božo Soldo		
	5.		

### Zadatak diplomskog rada

BR	34/GRD/2021		
OPIS	<p>U diplomskom radu je potrebno objasniti poslovne procese Organizacije gradilišta i građenja. Pregled zakonske regulative, te prateći akti održavanja građevine odnosno mostova se trebaju posebno prikazati i objasniti u radu. Dio tehničkih uvjeta i regulative treba pokriti i temeljne zahtjeve za mostovo odnosno održavanje mostova.</p> <p>Za potrebe praktičnog dijela rada potrebno je odabrati most koji će se snimiti primjenom 3D tehnologije. Posebno treba objasniti terestrički laserski skener koji će se koristiti pri snimanju mosta, njegove mogućnosti odnosno tehničke specifikacije. Odabrani most je potrebno snimiti primjenom 3D tehnologije, te podatke obraditi i interpretirati ih.</p>		
ZADATAK UVIĐAN	01.06.2021.	POSREDOVANJE	

## SAŽETAK:

U diplomskom radu se prikazuju poslovni procesi Organizacije gradilišta i građenja kao složen proces koji je potrebno pomno i detaljno isplanirati da bi se predviđeni radovi odvijali bez problema i bili dovršeni u ugovorenom roku. Važan dio građevinske infrastrukture čine i mostovi. Mostovi nam omogućavaju normalno životno funkcioniranje. S vremenom nakon njihove izgradnje podliježu raznim vremenskim utjecajima, stoga im se mora dati posebna pažnja u smislu održavanja ili rekonstrukcije istih. Mostovi zahtijevaju praćenje njihovog stanja, nastale promjene, oštećenja i daljnje održavanje. Održavanje mostova je nužan preduvjet za sigurnost i uporabljivost ceste. Održavanje građevine se, u cilju održavanja ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, energetskih svojstava zgrada te nesmetanog pristupa i kretanja, provodi putem redovitog i izvanrednog održavanja kojima se utvrđuje da li je građevina, odnosno da li su njezini bitni dijelovi u ispravnom stanju (deformacije, položaj i veličine napuklina i pukotina te druga oštećenja vezana za očuvanje tehničkih svojstava građevine). U radu se prikazuje najsvremenija metoda snimanja mosta koja je postala široko primjenjivana kod sanacija i rekonstrukcija objekata te praćenja stanja mosta kroz određene vremenske periode, a to je metoda 3D skeniranja primjenom terestričkih laserskih skenera velikih dometa.

## ABSTRACT:

The diploma thesis presents the business processes of the Organization of construction sites and construction as a complex process that needs to be carefully and in detail planned in order for the planned works to proceed without problems and be completed within the agreed time. Bridges are also an important part of the construction infrastructure. Bridges allow us to function normally in life. Over time, after their construction, they are subject to various weather influences, so they must be given special attention in terms of maintenance or reconstruction of the same. Bridges require monitoring of their condition, changes, damage and further maintenance. Maintenance of bridges is a necessary prerequisite for road safety and usefulness. Maintenance of buildings, in order to maintain compliance with the basic requirements for construction, energy performance of the building and unimpeded access and movement, is carried out through regular and extraordinary maintenance which determines that the building, or that its essential parts are in good condition (deformation, position and size cracks and fissures and other damage related to the preservation of technical properties of the building). The paper presents the most modern method of bridge imaging that has become widely used in the rehabilitation and reconstruction of buildings and monitoring the condition of the bridge over certain periods of time, and it is a method of 3D scanning using terrestrial long-range laser scanners.

## **Popis korištenih kratica**

CAD - computer-aided design

GIS - geographic information system

HC- Hrvatske ceste

BCP- Baza cestovnih podataka

HRMOS- Hrvatski sustav upravljanja mostovima

GNSS - Global Navigation Satellite system

CROPOS - CROatian POsitionig System

## Sadržaj:

1. UVOD.....	1
2. ORGANIZACIJA GRADILIŠTA I GRAĐENJA.....	2
2.1. Povijest graditeljstva .....	2
2.2. Zakon o prostornom uređenju.....	3
2.3. Sudionici u gradnji objekta.....	4
2.3.1. Investitor.....	4
2.3.2. Projektant .....	5
2.3.3. Izvođač .....	6
2.3.4. Nadzorni inženjer .....	7
2.3.5. Revident .....	8
2.4. Investicijsko-tehnička dokumentacija.....	8
2.5. Građenje i uporaba građevine .....	9
3. ZAKONSKA REGULATIVA ODRŽAVANJA ZGRADA I GRAĐEVINA .....	10
3.1. PRAVILNIK O ODRŽAVANJU GRAĐEVINA.....	11
3.2. UVJETI ZA ODRŽAVANJE GRAĐEVINE .....	12
3.2.1. Redoviti i izvanredni pregledi.....	13
3.2.2. Redovito i izvanredno održavanje .....	14
3.2.3. Način dokumentiranja održavanja građevine .....	17
3.2.4. Opća pravila za održavanje građevinskih konstrukcija .....	18
3.2.5. Pregledi građevinskih konstrukcija.....	19
3.2.6. Učestalost pregleda građevinskih konstrukcija .....	20
3.2.7. Sadržaj pregleda građevinskih konstrukcija.....	20
4. MOSTOVI .....	22
4.1. TEMELJNI ZAHTJEVI ZA MOSTOVE .....	24
4.1.1. Zahtjevi funkcije.....	24
4.1.2. Zahtjevi postojanosti.....	24
4.1.4. Zahtjevi ljepote.....	25
4.1.5. Gospodarski zahtjevi .....	25
5. PROJEKT MOSTA.....	26
5.1. Pregled mostova na državnim cestama u Republici Hrvatskoj .....	27
5.2. Provedba pregleda mostova u Hrvatskoj .....	28
5.3. Mostovi na mreži državnih cesta u Republici Hrvatskoj .....	30
5.4. Sustav gospodarenja mostovima u hrvatskim cestama .....	30
6. PODLOGE ZA PROJEKTIRANJE OBJEKATA NA CESTAMA.....	31
Prostorno-urbanističke osnove .....	31



Prometne površine.....	32
Geodetske podloge.....	32
Geološko-geomehaničke podloge.....	33
Hidrološko-hidrotehnički (vodoprivredne) podloge.....	33
Meteorološko-klimatske baze.....	34
Seizmološki podaci.....	34
7. ODRŽAVANJE MOSTOVA.....	35
7.1. Vrste uzroci i oštećenja mostova.....	35
7.2. Skup podataka o mostu.....	37
7.3. Radovi redovitog održavanja.....	38
7.4. Sanacije, adaptacije, rekonstrukcije.....	38
8. MONITORING MOSTOVA.....	41
8.1.1. Geodetske metode motrenja mostova.....	42
8.1.2. Korištenje akcelerometra za motrenje.....	44
9. LASERSKO SKENIRANJE MOSTA DRUŽBINEC.....	45
9.1. TRIMBLE SX-10.....	46
9.2. Izvedba laserskih mjerenja na mostu Družbinec.....	47
11. ZAKLJUČAK.....	57
12. LITERATURA.....	58
13. POPIS SLIKA.....	60
14. POPIS TABLICA.....	61

# 1. UVOD

U radu je prikazan proces organizacije gradilišta i građenja koji obuhvaća glavne sudionike u gradnji, zakonsku regulativu održavanja zgrada i građevina, pripremu investicijsko tehničke dokumentacije kao jedne od najvažnijih komponenata u izradi projekta mosta. Važan dio procesa održavanja građevina predstavlja primjena zakonskih i podzakonskih akata. Detaljnija objašnjenja postupanja održavanja građevina se propisuju pravilnicima, konkretno Pravilnikom o održavanju zgrada i građevina. Ovim Pravilnikom obuhvaćeni su redoviti i izvanredni pregledi mostova, redovito i izvanredno održavanje mostova, načini dokumentiranja održavanja građevine, pregledi građevinskih konstrukcija te njihova učestalost i sadržaj koji obuhvaćaju.

Mostovi kao jedni od najvažnijih infrastrukturnih građevina zahtijevaju ispunjenje temeljnih zahtjeva koji uključuju zahtjeve funkcije, postojanosti, ljepote i gospodarske zahtjeve. Kroz ovaj rad najveća pozornost biti će usmjerena na suvremene metode praćenja stanja mostova i sprečavanje njihovog propadanja. Razlozi za motrenje mostova su različiti, ali najčešći razlog je prikupljanje podataka na temelju kojih se utvrđuje ponaša li se most u skladu s pretpostavkama prema kojima je projektiran. Kako bi se mostovi održavali u prvobitnom stanju i kako bi se pravodobno uočila nastala oštećenja potrebno je provoditi kontinuirane preglede mostova.

Pravilnim projektiranjem, dimenzioniranjem, izvođenjem i zaštitom osiguravamo određenu početnu razinu sigurnosti i upotrebljivosti mostova. Pritom treba biti svjestan svih negativnih utjecaja na smanjivanje razina sigurnosti i upotrebljivosti pa ih treba nastojati unaprijed eliminirati ili smanjiti

Pod obnovu mosta podrazumijevamo sanaciju, adaptaciju ili rekonstrukciju istog, s obzirom na razinu nastalih oštećenja, a koja će se nakon pregleda za to odgovornih i stručnih osoba, ustanoviti što od navedenih mjera je potrebno poduzeti za njegovu obnovu. U praktičnom dijelu rada za prikupljanje podataka o mostu i skeniranja koristimo jednu od najsuvremenijih metoda, a to je snimanje pomoću laserskih skenera, u ovom slučaju sa skenerom/totalnom stanicom Trimble SX-10 koji nam omogućuje napredno upravljanje oblakom točaka te brzi izvoz podataka u vodeće CAD i GIS softvere za daljnju obradu i implementaciju u različite geoprostorne poslovne procese.

## 2. ORGANIZACIJA GRADILIŠTA I GRAĐENJA

### 2.1. Povijest graditeljstva

Graditeljstvo je jedna od prvih ljudskih djelatnosti, ujedno najstarija i najznačajnija grana tehnike koja je nastala iz potrebe za sigurnim skloništem. Graditeljstvo kao djelatnost obuhvaća gradnju svih vrsta građevina, a glavna podjela je na građevinarstvo, koje obuhvaća visokogradnju (stambeni, javni i gospodarski objekti) i niskogradnju (mostovi, vijadukti, prometnice, tuneli i dr.) te na arhitekturu. Građevinarstvo u Hrvatskoj ima dugu tradiciju kojoj svjedoče mnogobrojne crkve, utvrde, dvorci i ljetnikovci. Prvi značajni radovi na području vodogradnje su započeli 1876. godine na rijeci Savi, Dravi, Kupi i Krapini. Godine 1941. u Zagrebu je osnovan Ured za izgradnju hrvatskih radničkih obiteljskih domova i te je godine izgrađeno 308 domova. Za vrijeme II. svjetskog rata izgrađen je i kompleks oružničke škole u Bjelovaru, uređen je vodotok Save, izgrađena je cesta Varaždin - Sesvete sa suvremenim kolnikom te je započeta gradnja željezničke pruge od Knina prema Bihaću, pruge Karlovac-Slunj i Vrbovsko - Črnomelj. Također, započeta je izgradnja mostova kraj Topuskog, Čemernice Lonjske i Donjeg Miholjca. Razvoj građevinarstva traje još i danas i ono obuhvaća veliki broj različitih aktivnosti vezanih za realizaciju novih objekata te rekonstrukciju, adaptaciju i održavanje postojećih.

Karakteristike graditeljstva su:

1. nepokretnost građevinskih objekata (objekt ostaje na mjestu izgradnje)
2. složenost i nedjeljivost objekata (više katova, konstruktivnih elemenata, dilatacija i nemogućnost prenošenja dijelova objekta na drugo mjesto)
3. vremensko trajanje izgradnje (od nekoliko mjeseci do više godina, ovisno o tehnološkom procesu, klimatskim uvjetima i dr.)
4. uporaba velikih količina materijala (agregata, veziva – cementa, vapna i dr.)
5. ručno izvođenje radova (zidanje, betoniranje i dr.)

Temeljna je obveza svakog izvođača je graditi ekonomično, a ono podrazumijeva racionalnu uporabu građevnog materijala, izvođenje objekata u ugovorenom roku i dr. Za izgradnju je potrebno osigurati novčana sredstva koja se zovu investicije. Objekt izgrađen tim sredstvima naziva se investicioni objekt. Pravna ili fizička osoba u čije ime se gradi građevina i koja osigurava investicije zove se investitor.

Budući da planiranje i vođenje investicija nije jednostavan posao potrebno je sve radnje uskladiti sa Zakonom o gradnji [5], Zakonom o prostornom uređenju [1], tehničkim propisima i standardima te Hrvatskim normama [18].

## **2.2. Zakon o prostornom uređenju**

Ovim se Zakonom uređuje sustav prostornog uređenja: ciljevi, načela i subjekti prostornog uređenja, praćenje stanja u prostoru i području prostornog uređenja, uvjeti planiranja prostora, donošenje Strategije prostornog razvoja Republike Hrvatske, prostorni planovi uključujući njihovu izradu i postupak donošenja, provedba prostornih planova, uređenje građevinskog zemljišta i nadzor.

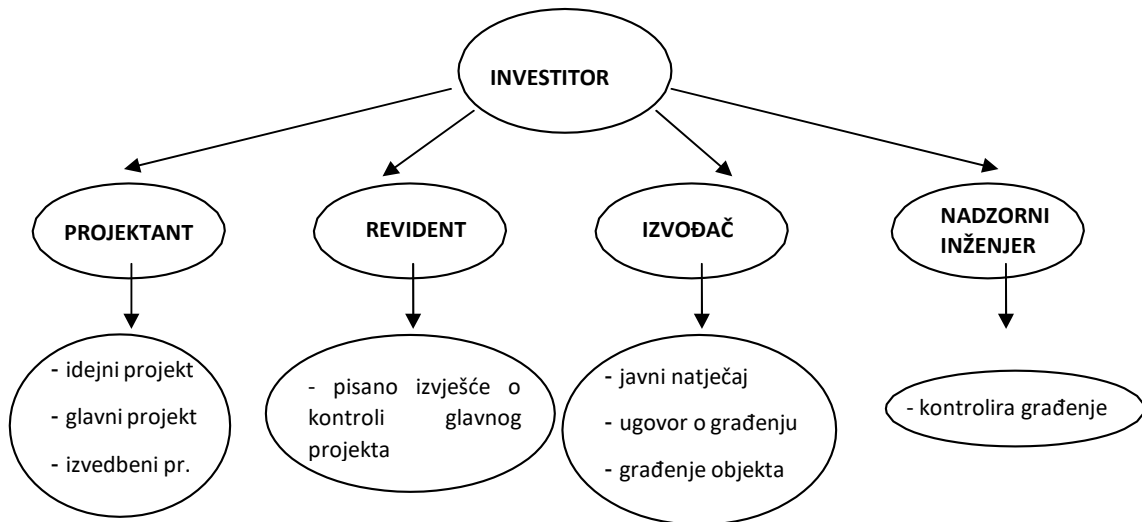
Prostorno uređenje temelji se na načelima integralnog pristupa u prostornom planiranju, uvažavanju znanstveno i stručno utvrđenih činjenica, prostorne održivosti razvitka i vrsnoće gradnje, ostvarivanja i zaštite javnog i pojedinačnog interesa, horizontalne integracije u zaštiti prostora, vertikalne integracije, javnosti i slobodnog pristupa podacima i dokumentima značajnim za prostorno uređenje [1].

Svaka građevina, ovisno o svojoj namjeni, tijekom svog trajanja mora ispunjavati temeljne zahtjeve za građevinu i druge uvjete propisane zakonom o gradnji i posebnim propisima koji utječu na ispunjavanje temeljnog zahtjeva za građevinu ili na drugi način uvjetuju gradnju građevina ili utječu na građevine i druge proizvode koji se ugrađuju u građevinu.

Temeljni zahtjevi za građevinu odnose se na mehaničku otpornost i stabilnost, zaštitu od požara, higijenu, zdravlje i okoliš, sigurnost i pristupačnost tijekom uporabe, zaštitu od buke, gospodarenje energijom i očuvanje topline, održiva uporaba prirodnih izvora [1].

## 2.3. Sudionici u gradnji objekta

Graditeljstvo je grana koja kod provođenja i realizacije projekta zahtjeva prisutnost više sudionika koji prate i zaslužni su za realizaciju projekta, a to su investitor, projektant, izvođač, nadzorni inženjer i revident. Svatko od sudionika ima točno određen zadatak koji je dužan obaviti kako bi projekt bio uspješno proveden. (vidi sliku 1.)



Slika 1. Sudionici u gradnji [11]

### 2.3.1. Investitor

Investitor je pravna ili fizička osoba u čije se ime gradi građevina i njegova dužnost je pisanim ugovorom projektiranje, kontrolu i nostrifikaciju objekta, građenje i stručni nadzor građenja povjeriti osobama koje ispunjavaju uvjete za obavljanje tih djelatnosti prema posebnom zakonu, ako to Zakonom o gradnji [5] nije propisano. Također, investitor je dužan osigurati dokumente i podatke potrebne za sastavljanje pisane izjave o izvedenim radovima i o uvjetima održavanja građevine ako tijekom građenja dođe do promjene izvođača. Ako je investitor ujedno i izvođač radova, tada stručni nadzor nad građenjem mora povjeriti drugoj osobi koja ispunjava uvjete za obavljanje stručnog nadzora građenja prema posebnom zakonu [5].

### **2.3.2. Projektant**

Projektant je fizička osoba ovlaštena za projektiranje. To znači da nosi strukovni naziv ovlaštenu arhitekt ili ovlaštenu inženjer sukladno Zakonu [5] i posebnim propisima.

Ovlaštenu arhitekt, odnosno ovlaštenu inženjer, stječe pravo na samostalno obavljanje poslova projektiranja upisom u Imenik ovlaštenih arhitekata, odnosno Imenike ovlaštenih inženjera Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu. Ako u projektiranju sudjeluje više projektanata tada je glavni projektant odgovoran je za primjenu propisa, cjelovitost i međusobnu usklađenost projekata. Bez njegove suglasnosti ne usvaja se niti mijenja bilo kakvo projektno rješenje.

Glavnog projektanta određuje investitor ugovorom o projektiranju ili druga osoba određena tim ugovorom. Prije izrade projekta, investitor i projektant zaključuju ugovor o projektiranju. Ugovor regulira njihove međusobne odnose, predmet ugovaranja, cijenu izrade projektne dokumentacije, rok završetka izrade projekta te druge obveze. Projektant je odgovoran da projekt koji je izradio ispunjava propisane uvjete, da je građevina projektirana u skladu s lokacijskom dozvolom, odnosno uvjetima za građenje građevina propisanim prostornim planom i da ispunjava temeljne zahtjeve za građevinu, zahtjeve propisane za energetska svojstva zgrada i druge propisane zahtjeve i uvjete [5].

### **2.3.3. Izvođač**

Izvođač je osoba koja gradi ili izvodi pojedine radove na građevini i koja ispunjava uvjete za obavljanje djelatnosti građenja prema posebnom zakonu. Izvođač je dužan graditi u skladu s građevinskom dozvolom, ovim Zakonom [5], tehničkim propisima, posebnim propisima, pravilima struke. Osim toga, izvođač radova može povjeriti izvođenje građevinskih radova i drugih poslova osobama koje ispunjavaju propisane uvjete za izvođenje i obavljanje poslova radove izvoditi tako da se ispune temeljni zahtjevi za građevinu, zahtjevi propisani za energetska svojstva zgrada i drugi zahtjevi i uvjeti za građevinu treba ugrađivati građevinske proizvode i opremu u skladu sa Zakonom o gradnji i posebnim propisima [5].

Izvođač je dužan osigurati dokaze o uporabljivosti ugrađenih građevnih proizvoda, dokaze o sukladnosti ugrađene opreme, isprave o sukladnosti određenih dijelova građevine temeljnim zahtjevima za građevinu i dokaze kvalitete za koje je obveza prikupljanja tijekom izvođenja građevinskih i drugih radova za sve izvedene dijelove građevine i za radove koji su u tijeku određena ovim Zakonom [5], posebnim propisom ili projektom sastaviti pisanu izjavu o izvedenim radovima i o uvjetima održavanja građevine, voditi svu potrebnu tehničku dokumentaciju, a obvezno građevni dnevnik, imenovati inženjera gradilišta, odnosno voditelja radova u svojstvu odgovorne osobe koja vodi građenje ili izvodi pojedine radove. Ako u građenju sudjeluju dva ili više izvođača, investitor određuje glavnog izvođača koji je odgovoran za međusobno usklađivanje radova i taj izvođač imenuje glavnog inženjera gradilišta.. Glavni izvođač mora izvoditi najmanje polovicu predviđenih radova na toj građevini. Glavni inženjer gradilišta može biti istodobno i inženjer gradilišta jednog od izvođača, odnosno voditelj određene vrste radova [5].

### **2.3.4. Nadzorni inženjer**

Nadzorni inženjer je fizička osoba ovlaštena za provedbu stručnog nadzora građenja u ime investitora. To znači da nosi strukovni naziv ovlašteni arhitekt ili ovlašteni inženjer sukladno posebnom zakonu.

Nadzorni inženjer dužan je u provedbi stručnog građenja nadzirati građenje tako da bude u skladu s rješenjem o uvjetima građenja, građevinskom dozvolom i potvrđenim glavnim projektom, utvrditi da li je iskolčenje građevine provela osoba ovlaštena za obavljanje geodetskih poslova, utvrditi ispunjava li izvođač uvjete za obavljanje poslova građenja, kontrolirati postupke u pogledu ocjenjivanja sukladnosti i dokazivanja kvalitete određenih dijelova građevine, pravodobno upoznati investitora, a po potrebi građevinsku i druge inspekcije, sa svim nepravilnostima i poduzetim mjerama, sastaviti završno izvješće o izvedbi građevine, kontrolirati i potpisivati svu potrebnu tehničku dokumentaciju, a obvezno građevni dnevnik, bez odgode upoznati investitora sa svim nedostacima, odnosno nepravilnostima koje uoči u glavnom projektu i tijekom građenja, a investitora i građevinsku inspekciju i druge inspekcije o poduzetim mjerama. Stručni nadzor građenja provodi se prilikom građenja svih građevina i izvođenja svih radova za koje se izdaje građevinska dozvola i/ili uporabna dozvola, ako ovim Zakonom[5] nije propisano drugačije. Stručni nadzor građenja zgrada 3.a i 3.b provodi se samo u odnosu na ispunjavanje temeljnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti [5].



### **2.3.5. Revident**

Revident je fizička osoba ovlaštena za kontrolu projekta prema propisu kojim se uređuje udruživanje u komoru arhitekata i komore inženjera u graditeljstvu i protornom uređenju. Odgovoran je da projekt ili dio projekta, za koji je proveo kontrolu i dao pozitivno izvješće, zadovoljava zahtjeve iz Zakona o gradnji [5], posebnih zakona i propisa donesenih na temelju tih zakona, tehničkih specifikacija i pravila struke u pogledu kontroliranog svojstva.

Revident ne može obavljati kontrolu projekta u čijoj je izradi u cijelosti ili djelomično sudjelovao ili ako je taj projekat u cijelosti ili djelomično izrađen ili nostrificiran u pravnoj osobi u kojoj je zaposlen.

### **2.4. Investicijsko-tehnička dokumentacija**

Investitor je dužan izradu projektne dokumentacije ustupiti projektantu. Projektna dokumentacija se radi na osnovi projektnog zadatka koji daje investitor (opći podaci o investitoru, podaci o građevini i drugo). Ovisno o vrsti i namjeni građevine odnosno vrsti radova koji se izvode tehnička dokumentacija sadrži odgovarajuće projekte (arhitektonske i građevinske, projekte raznih instalacija, projekte unutrašnjeg i vanjskog uređenja i druge).

Svaki od ovih projekata sadrži tehnički opis, razne vrste proračuna (statički, fizikalni, energetski i druge), dokaznicu mjera i troškovnik, nacрте (tlocrti, presjeci, pročelja, detalji za izvođenje radova, razne sheme i drugo).

Prema namjeni i razini razrade projekti se razvrstavaju u tri faze, koje se ne rade istovremeno, nego jedna za drugom. Te faze su: idejni projekt, glavni projekt i izvedbeni projekt. Projekt ovisno o namjeni i razini razrade mora sadržavati sve propisane dijelove i mora biti izrađen tako da građevina izgrađena u skladu s tim projektom ispunjava temeljne zahtjeve i uvjete iz Zakona o gradnji [11].

## 2.5. Građenje i uporaba građevine

Građenju građevine može se pristupiti pribavljanjem potrebnih dozvola za građenje, a to su, ovisno o vrsti, veličini i značaju građevine rješenje o uvjetima građenja, lokacijska dozvola, potvrda glavnog projekta i građevinska dozvola. Investitor je dužan tijelu graditeljstva, najkasnije u roku osam dana prije početka građenja, odnosno nastavka radova pisano prijaviti početak građenja. U prijavi početka građenja koja se gradi na temelju građevinske dozvole investitor je dužan navesti klasu, urudžbeni broj i datum izdavanja građevinske dozvole, izvođača i nadzornog inženjera te uz prijavu priložiti dokaz da je u katastru formirana građevna čestica, ako se gradi građevina za koju se određuje građevna čestica. Također, obveza investitora je ishoditi izmjenu i/ili dopunu građevinske dozvole ako tijekom građenja namjerava na građevini učiniti izmjene kojima se mijenja usklađenost građevine s utvrđenim lokacijskim uvjetima [5].

Za građevine čija bruto površina nije veća od 400 m<sup>2</sup>, za zgrade za obavljanje isključivo poljoprivrednih djelatnosti čija bruto površina nije veća od 600 m<sup>2</sup> i jednostavne građevine ne izdaje se uporabna dozvola nego rješenje za obavljanje djelatnosti, ali tek nakon što investitor nadležnom upravnom tijelu dostavi završno izvješće nadzornog inženjera o izvedbi građevine. Izgrađena građevina može se početi koristiti, odnosno staviti u pogon te se može donijeti rješenje za obavljanje djelatnosti u toj građevini prema posebnom zakonu, nakon što se za tu građevinu izda uporabna dozvola, ako Zakonom o gradnji [5] ili drugim posebnim zakonom nije propisano drugačije. Navedene dozvole izdaju nadležni uredi županija, Grad Zagreb ili Ministarstvo [5].

### 3. ZAKONSKA REGULATIVA ODRŽAVANJA ZGRADA I GRAĐEVINA

Održavanje građevine bitan je faktor kako bi se produžio sam vijek trajanja građevine. Za njezino održavanje odgovoran je vlasnik građevine. Vlasnik je dužan osigurati održavanje građevine tako da se tijekom njena trajanja očuvaju temeljni zahtjevi za građevinu te unapređivati ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu, energetske svojstava zgrada i nesmetanog pristupa i kretanja u građevini. U slučaju oštećenja građevine i stvari ili stabilnosti tla na okolnom zemljištu, vlasnik građevine je dužan poduzeti hitne mjere za otklanjanje opasnosti i označiti građevinu opasnom do otklanjanja oštećenja.

Temeljni dokument kojim je regulirana uporaba i održavanje građevina je Zakon o gradnji [5], a na djelatnost gospodarenja neposredno se odnosi poglavlje Uporaba građevine (članci 136. do 147.) i Održavanje građevine (članci 150. do 152.). Konkretni okvir za uspostavu sustava gospodarenja postavljen je člankom 151., kojim je predviđeno da održavanje građevine te poslove praćenja stanja građevine, povremene godišnje preglede građevine, izradu pregleda poslova za održavanje i unapređivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevine i druge slične stručne poslove vlasnik građevine, odnosno osoba koja obavlja poslove upravljanja građevinama prema posebnom zakonu mora povjeriti osobama koje ispunjavaju uvjete za obavljanje tih poslova propisane posebnim zakonom. Spomenuti zakon [5], kao i Pravilnik kojeg donosi Ministar, a kojim će biti propisani uvjeti za održavanje, još nisu izdani, premda za takvim dokumentima postoji potreba. Poslovima ispitivanja određenih dijelova građevine bavi se i članak 18. citiranog Zakona [5], propisujući da provjere, odnosno dokazivanja temeljnih zahtjeva za građevinu i/ili drugih zahtjeva, odnosno uvjeta, predviđeno glavnim projektom ili izvješćem o obavljenoj kontroli projekta, te prethodna istraživanja od važnosti za projektiranje, građenje i uporabu određene građevine dužan je osigurati investitor, a poslove ispitivanja, dokazivanja, odnosno istraživanja dužan je povjeriti osobama ovlaštenim za obavljanje istih na temelju posebnog zakona.

### 3.1. PRAVILNIK O ODRŽAVANJU GRAĐEVINA

Važan dio procesa održavanja građevina predstavlja primjena zakonskih i podzakonskih akata. Detaljnija objašnjenja postupanja održavanja građevina se propisuju pravilnicima. Poseban dio postupanja u smislu održavanja građevina predstavlja Pravilnik o održavanju građevina koji se s vremenom mijenjao, a danas je na snazi Pravilnik o održavanju građevina iz 2019. godine. U nastavku se daje kratki pregled najvažnijih članaka koji definiraju postupanja u održavanju.

#### Članak 1.

(1) Pravilnikom o održavanju zgrada i građevina [5] propisuju se uvjeti za održavanje i unapređivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, energetske svojstava zgrada te nesmetanog pristupa i kretanja u građevini kao i način ispunjavanja i dokumentiranja ispunjavanja ovih zahtjeva i svojstava.

(2) Ovaj Pravilnik se ne odnosi na izvođenje građevinskih i drugih radova na postojećoj građevini kojima se utječe na ispunjavanje temeljnih zahtjeva za tu građevinu ili kojima se mijenja usklađenost te građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena (dograđivanje, nadograđivanje, uklanjanje vanjskog dijela građevine, izvođenje radova radi promjene namjene građevine ili tehnološkog procesa i sl.), odnosno izvedba građevinskih i drugih radova na ruševini postojeće građevine u svrhu njezine obnove.

*Redovito održavanje* jest preventivno pregledavanje građevine odnosno njezinih dijelova i preventivno izvođenje radova kojima se sprječava gubitak svojstava građevine i njezine funkcionalnosti definirane namjenom u projektu građevine, kao i izvođenje radova na zamjeni, dopuni i/ili popuni dijelova građevine u razmacima i opsegu određenim projektom građevine ili zbog narušenog svojstva i/ili funkcionalnosti tih dijelova kojem uzrok nije kakav izvanredni događaj,

*Izvanredno održavanje* jest izvođenje radova na zamjeni, dopuni i/ili popuni dijelova građevine nakon nekog izvanrednog događaja nakon kojega građevina odnosno njezin dio više nije uporabljiv (npr. potres, požar, prirodno urušavanje tla, poplava, prekomjeran utjecaj vjetrova, leda i snijega i sl.) odnosno ako je građevina ili njezin dio zbog nepropisnog održavanja ili kojeg drugog razloga dovedena u stanje u kojem više nije uporabljiva [5].

Preventivno pregledavanje građevine i preventivno izvođenje radova kojima se sprječava gubitak svojstava građevine i njezine funkcionalnosti definirane namjenom u projektu građevine, provodi se, u okviru redovitog održavanja građevine, na temelju projekta prema kojem je građevina izgrađena.

(2) Izvođenje radova na zamjeni, dopuni i/ili popuni dijelova građevine u razmacima i opsegu određenim projektom građevine ili zbog narušenog svojstva i/ili funkcionalnosti tih dijelova kojem uzrok nije kakav izvanredni događaj, provodi se, u okviru redovitog održavanja građevine, na temelju projekta prema kojem je građevina izgrađena.

(3) Izvođenje radova na zamjeni, dopuni i/ili popuni dijelova građevine nakon kakvog izvanrednog događaja nakon kojega građevina odnosno njezin dio više nije uporabljiv (npr. potres, požar, prirodno urušavanje tla, poplava, prekomjeren utjecaj vjetra, leda i snijega i sl.) odnosno ako je građevina ili njezin dio zbog nepropisnog održavanja ili kojeg drugog razloga dovedena u stanje u kojem više nije uporabljiva, provodi se, u okviru izvanrednog održavanja, na temelju projekta kojeg se obvezno izrađuje za provedbu takvog održavanja, kojim projektom se ne smije mijenjati tehničko rješenje u skladu s kojim je građevina izgrađena [5].

### **3.2. UVJETI ZA ODRŽAVANJE GRAĐEVINE**

Bitan dio Pravilnika o održavanju zgrada i građevina su uvjeti koje je potrebno zadovoljiti kako bi se građevina mogla održavati sukladno važećim propisima i aktovima.

Održavanje građevine provodi se na postojećoj građevini radi očuvanja temeljnih zahtjeva za građevinu na razini ispunjavanja tih zahtjeva postignutoj danom izdavanja uporabne dozvole.

Važni dijelovi Pravilnika o održavanju građevine a tiču se uvjeta su:

(2) Za građevine kojima postupku izdavanja uporabne dozvole nije prethodilo ispitivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, održavanje se provodi u cilju očuvanja temeljnih zahtjeva na zatečenoj razini.

(3) Pod zatečenom razinom ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu iz stavka 2. ovoga članka podrazumijeva se razina koju građevina ima kada je u tehnički i/ili funkcionalno ispravnom stanju.[5]

#### **Članak 7.**

Održavanje građevine se provodi na način da se tijekom trajanja građevine očuvaju njezina tehnička svojstva i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom građevine i propisima te aktima za građenje u skladu s kojima je građevina izgrađena [5].

## Članak 8.

Održavanje građevine podrazumijeva:

1. redovite preglede građevine odnosno njezinih dijelova, u razmacima i na način određen projektom građevine i pisanom izjavom izvođača o izvedenim radovima i o uvjetima održavanja građevine, ovim Pravilnikom i/ili posebnim propisom donesenim u skladu s odredbama Zakona o gradnji, a u slučaju ugrađene opreme, uređaja i instalacija i drugog i s planom servisiranja u rokovima propisanim u jamstvima proizvođača ugrađenih proizvoda,
2. izvanredne preglede građevine odnosno njezinih dijelova nakon kakvog izvanrednog događaja ili po inspekcijskom nadzoru,
3. izvođenje radova kojima se građevina odnosno njezin dio zadržava ili se vraća u tehničko i/ili funkcionalno stanje određeno projektom građevine odnosno propisima te aktima za građenje u skladu s kojima je građevina izgrađena,
4. vođenje i čuvanje dokumentacije o održavanju građevine: u kontinuitetu rednih brojeva navedeni i danom nastanka sastavljeni zapisnici s priložima o redovitim i izvanrednim pregledima te izvedenim radovima u svrhu očuvanja projektiranih temeljnih zahtjeva za građevinu, funkcionalnosti i sigurnosti građevine u uporabi [5].

### **3.2.1. Redoviti i izvanredni pregledi**

Pod održavanje zgrada i građevina podrazumijevamo redovite i izvanredne preglede koje je potrebno provoditi kako bi se zgrada ili građevina čim dulje održala u projektiranom stanju i kako bi se moguća oštećena svela na minimum, a ako je već došlo do oštećenja da bi se ona sanirala u što kraćem roku kako nebi izazvala daljnje propadanje mosta.

## Članak 9.

(1) Redoviti pregledi i izvanredni pregledi iz članka 8. podstavka 1. i 2. ovoga Pravilnika [5] uključuju osobito:

1. utvrđivanje je li građevina odnosno jesu li njezini dijelovi u ispravnom stanju (deformacije, položaj i veličine napuklina i pukotina te druga oštećenja vezana za očuvanje tehničkih svojstava građevine),
2. utvrđivanje stanja zaštitnih slojeva odnosno sustava zaštite građevine, ako postoje,

3. utvrđivanje veličine geometrijskih odstupanja od projektiranog stanja, ako se na temelju vizualnog pregleda sumnja u geometrijska odstupanja koja su veća od dopuštenih odnosno izvan granica tolerancije,

4. utvrđivanje ispunjava li građevina u cjelini odnosno njezin dio zahtjeve određene projektom građevine,

5. utvrđivanje usklađenosti uređaja i opreme sa projektom građevine,

6. utvrđivanje osigurava li građevina nesmetan pristup i kretanje osobama s invaliditetom i smanjene pokretljivosti, ako je primjenjivo.

(2) Utvrđivanje činjenica iz stavka 1. ovoga članka provodi se opažanjima, mjerenjima, ispitivanjima, uvidom u dokumentaciju građevine (nacrti, troškovnici, građevinski dnevnik, izvještaji, potvrde, izvješća, fotodokumentacija, nalozi, zapisnici i sl.), uređaja, opreme, instalacija te na drugi prikladan način [5].

### **3.2.2. Redovito i izvanredno održavanje**

Radovi redovitog i izvanrednog održavanja vrlo su bitan dio procesa održavanja cjelokupnog stanja građevinske konstrukcije i omogućavaju nam kontinuirani uvid u nastala oštećenja te omogućuju pravodobno reagiranje.

#### **Članak 10.**

Održavanje građevine se, u cilju održavanja ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, energetskih svojstava zgrada te nesmetanog pristupa i kretanja, provodi putem redovitog i izvanrednog održavanja [5].

#### **Članak 11.**

(1) Redovito održavanje građevine obuhvaća provođenje skupa preventivnih mjera koje se provode prema prethodno utvrđenom planu i programu kako bi se trajno zadržala primjerena uporabljivost građevine tijekom njezina trajanja, te skup preventivnih ili interventnih mjera koje obuhvaćaju zamjenu, dopunu i/ili popunu dijelova građevine i ugrađene opreme u razmacima i opsegu određenim projektom građevine, odnosno u slučaju kada dio građevine više nije uporabljiv, a ta neuporabljivost nije posljedica kakvog izvanrednog događaja.

(2) Redovito održavanje iz stavka 1. ovoga članka obuhvaća osobito:

1. praćenje i kontrolu stanja građevine odnosno njezinog dijela radi uočavanja ili utvrđivanja nedostataka na njoj tijekom uporabe, a koji mogu ugroziti stabilnost građevine ili susjednih građevina, njezine funkcije, zdravlje ljudi i okoliš,

2. otklanjanje nedostataka na način i u opsegu potrebnom da se zatečeno stanje građevine uskladi s projektiranim stanjem građevine,

(3) Ovisno o vrsti građevine, skup preventivnih mjera koje se provode u okviru redovitog održavanja prema prethodno utvrđenom planu i programu kako bi se trajno zadržala primjerena uporabljivost građevine tijekom njezina trajanja, može obuhvatiti:

1. održavanje čistim i prohodnim dijelova građevine u slučajevima u kojima o čistoći i prohodnosti tih dijelova ovisi ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu ili trajnost građevine,

2. popravak dijelova građevine koji su oštećeni redovitom uporabom građevine, a kojima ovisi ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu ili trajnost građevine,

3. obnova zaštitnih slojeva odnosno sustava zaštite građevine,

4. ugađanje, čišćenje, podmazivanje, servisiranje ugrađene opreme i uređaja, provjera razine tekućina i druge aktivnosti koji su predviđeni projektom građevine i dokumentacijom te opreme, uređaja i instalacija.

(4) Ovisno o vrsti građevine, skup preventivnih ili interventnih mjera koje se provode u okviru redovitog održavanja, a koje uključuju zamjenu, dopunu i/ili popunu dijelova građevine i ugrađene opreme u razmacima i opsegu određenim projektom građevine, odnosno u slučaju kada dio građevine više nije uporabljiv a ta neuporabljivost nije posljedica kakvog izvanrednog događaja, može obuhvatiti:

1. zamjenu dijelova građevine i opreme, uređaja i instalacija za koje je istekao rok trajanja ili je dotrajala tijekom uporabe, odgovarajućim ispravnim dijelovima,

2. otklanjanje nedostataka glede osiguravanja nesmetanog pristupa i kretanje osobama s invaliditetom i smanjene pokretljivosti, ako je primjenjivo,

3. otklanjanje posljedica izazvanih predvidivim ili očekivanim erozijama okolnog tla, neposrednim djelovanjem vode ili djelovanjem atmosferilija na građevinu.

(5) Za građevine koje se s obzirom na zahtjevnost postupka u vezi s gradnjom prema odredbama Zakona o gradnji razvrstavaju u građevine 1., 2.a i 2.b skupine vlasnik je dužan izraditi plan i program održavanja koji određuje koje će se radnje redovitog održavanja provoditi u razdoblju od pet godina [5].



## Članak 12.

(1) Izvanredno održavanje podrazumijeva skup mjera koje se provode kako bi se uklonile posljedice izvanrednih djelovanja i okolnosti koje su umanjile ili ugrozile uporabljivost građevine te kako bi se građevina obnovila u prvobitno tehničko i/ili funkcionalno stanje ili dovela u stanje usklađeno s projektiranim stanjem građevine.

(2) Ovisno o vrsti građevine, skup mjera iz stavka 1. ovoga članka, može obuhvatiti:

1. zamjenu dijelova građevine i opreme, uređaja i instalacija koja je oštećena izvanrednim događajem, odgovarajućim ispravnim jednakovrijednim dijelovima,
2. otklanjanje posljedica izazvanih nepredvidivim ili neočekivanim erozijama okolnog tla, neposrednim djelovanjem vode, djelovanjem atmosferilija na građevinu ili seizmičkim djelovanjem [5].

## Članak 13.

(1) Pri održavanju građevina dopušteno je upotrijebiti samo građevne i druge proizvode koji ispunjavaju uvjete propisane Zakonom o gradnji, posebnim zakonima i propisima donesenim na temelju tih zakona.

(2) Pri održavanju građevina:

1. uporabljeni građevni proizvodi moraju imati svojstva bitnih značajki koja odgovaraju ili su povoljnija od svojstava bitnih značajki izvorno ugrađenih građevnih proizvoda,
2. drugi uporabljeni proizvodi moraju ispunjavati tehničke zahtjeve na način koji odgovara ili je povoljniji od ispunjavanja tehničkih zahtjeva izvorno ugrađenih proizvoda [5].

## Članak 14.

(1) Radovima na održavanju građevine ne smije se mijenjati tehničko rješenje građevine, ugrožavati ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu i drugih uvjeta koje mora ispunjavati građevina niti mijenjati usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je građevina izgrađena [5].

### 3.2.3. Način dokumentiranja održavanja građevine

Građevina prilikom održavanja mora ispunjavati propisane uvjete te se kao takva dokumentira raznim izvješćima i zapisima kako bi se za sve buduće preglede imao uredan zapis o tome kada je i kako građevina bila održavana, dokaz o tome da se proveo pregled građevine i što je poduzeto prilikom potrebnih sanacija i sl.

#### Članak 16.

(1) Ispunjavanje propisanih uvjeta održavanja građevine odnosno njezinih dijelova, dokumentira se na način kako je to određeno glavnim projektom građevine, te:

1. izvješćima (zapisnicima) o pregledima i ispitivanjima građevine odnosno njezinih dijelova,
2. zapisima (nalozima) o radovima održavanja,
3. prijavom početka izvođenja radova iz članka 15. ovoga Pravilnika, kada je ista potrebna,
4. na drugi prikladan način, ako drugim propisom donesenim u skladu s odredbama Zakona o gradnji nije što drugo određeno.[5]

(2) Ispunjavanje propisanih uvjeta održavanja građevine odnosno njezinih dijelova se, osim dokumentima iz stavka 1. ovoga članka, može dokumentirati i projektima iz članka 5. ovoga Pravilnika te zapisima o rezultatima aktivnosti dokumentima iz članka 9. stavka 2. ovoga Pravilnika.

(3) Za građevine koje se s obzirom na zahtjevnost postupka u vezi s gradnjom prema odredbama Zakona o gradnji razvrstavaju u građevine 1. 2.a i 2.b skupine vlasnik građevine dužan je voditi evidenciju održavanja u kojoj se pohranjuju:

1. plan i program održavanja,
2. dokumenti iz stavka 2. ovoga članka,
3. drugi dokazi da su predviđene mjere i radnje održavanja obavljene,
4. obveze odnosno preporuke za daljnje održavanje [5].

### **3.2.4. Opća pravila za održavanje građevinskih konstrukcija**

Prilikom održavanja građevina potrebno je pridržavati se određenih pravila kako bi građevina tijekom svog trajanja očuvala svojstva koja su određena projektom. Ta svojstva dana su u narednim člancima.

#### Članak 20.

- (1) Građevinska konstrukcija održava se na način da se tijekom trajanja građevine očuvaju njezina tehnička svojstva i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom građevine i ovim Propisom, te drugi temeljni zahtjevi koje građevina mora ispunjavati u skladu s posebnim propisima.
- (2) Građevinska konstrukcija koja je izvedena u skladu s ranije važećim propisima održava se na način da se tijekom trajanja građevine očuvaju njezina tehnička svojstva i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom građevine i propisima u skladu s kojima je građevinska konstrukcija izvedena.
- (3) Uz odredbe dane ovim Propisom, održavanje građevinskih konstrukcija mora se provoditi i sukladno odredbama posebnog propisa koji uređuje održavanje građevina.
- (4) Za održavanje građevinskih konstrukcija primjenjuju se pravila dana u hrvatskim normama iz Priloga II. ovoga Propisa, odnosno posebnim pravilima propisanim ovim Propisom za pojedine vrste konstrukcija ili jednakovrijedna.
- (5) Jednakovrijednim iz stavka 4. ovoga članka smatra se tehnička specifikacija koja postavlja jednake ili strože zahtjeve od onih danim normom na koju upućuje ovaj Propis.
- (6) U projektu građevinske konstrukcije moraju biti navedene primijenjene datirane važeće norme [5].

### 3.2.5. Pregledi građevinskih konstrukcija

Provođenje pregleda građevinskih konstrukcija važan je dio održavanja građevina jer se njima utvrđuje da li građevina ispunjava temeljne zahtjeve za građevinu i ostala svojstva zadana projektom.

#### Članak 21.

U okviru redovitog održavanja građevinske konstrukcije provode se redoviti pregledi, koji se obzirom na vremenske intervale provođenja pregleda i obim radnji provode kao:

1. osnovni pregledi koji obuhvaćaju minimalno radnje iz članka 23. stavka 1. ovoga Propisa
2. glavni pregledi koji obuhvaćaju minimalno radnje iz članka 23. stavka 2. ovoga Propisa
3. dopunski pregledi koji se provode za pojedine građevinske konstrukcije sukladno posebnim pravilima propisanim ovim Propisom za pojedine vrste konstrukcija.

(2) Izvanredno održavanje građevinske konstrukcije provodi se poslije izvanrednih događaja, sukladno odredbama posebnog propisa koji uređuje održavanje građevina.

(3) Osim za građevine koje se obzirom na zahtjevnost postupka u vezi s gradnjom prema odredbama Zakona o gradnji svrstavaju u građevine 1., 2. i 3. skupine, vlasnik je dužan i za građevine sa složenim građevinskim konstrukcijama iz članka 19. stavka 3. ovoga Propisa, izraditi plan i program održavanja koji određuje koje će se radnje redovitog održavanja provoditi u razdoblju od pet godina, uzimajući u obzir pripadne specifičnosti građevine.

(4) Za građevine sa složenim građevinskim konstrukcijama, vlasnik građevine mora voditi i čuvati dokumentaciju o održavanju u kontinuitetu rednih brojeva i datuma provedenih radnji, koja sadrži sve podatke o izvršenim pregledima i provedenim radovima, podatke o svojstvima građevnih proizvoda koji su ugrađeni u konstrukciju tijekom održavanja, radovima na ugradnji, izvješćima o ispitivanjima koja su provedena tijekom održavanja, osobama koje su provodile održavanje, projektima koji su izrađeni u svrhu održavanja građevine te ostaloj dokumentaciji kojom je tijekom održavanja građevinske konstrukcije bilo potrebno dokazati uporabljivost konstrukcije [5].

### **3.2.6. Učestalost pregleda građevinskih konstrukcija**

Pregledi građevinskih konstrukcija provode se s čim boljim ciljem u očuvanju prvotnog stanja građevine. Svaki pregled obavlja se u određenom vremenskom periodu.

#### Članak 22.

Vremenski razmak između pojedinih redovitih pregleda građevinske konstrukcije ne smije biti duži od:

1. osnovni pregledi – 1 godina (odnosno kraće prema pravilima danim posebnim dijelovima ovog Propisa za pojedine vrste konstrukcija)
2. glavni pregledi – 10 godina za zgrade, a 5 godina za mostove, tornjeve i druge inženjerske građevine
3. dopunski pregledi – prema posebnim pravilima propisanim ovim Propisom za pojedine vrste konstrukcija [5].

### **3.2.7. Sadržaj pregleda građevinskih konstrukcija**

Pregledi građevinskih konstrukcija obuhvaćaju pregled temelja, stanja nosive konstrukcije, stanje ležajeva i oslonaca, stanja otpornosti na požar, stanja geometrije konstrukcije i sl. Ovisno o vrsti pregleda određeno je što će se na konstrukciji pregledavati.

#### Članak 23.

(1) Osnovni pregledi građevinskih konstrukcija iz članka 21. stavka 1. podstavka 1. ovoga Propisa, kojima je svrha utvrđivanje općeg stanja konstrukcije, moraju obuhvatiti uvid u raspoloživu dokumentaciju i vizualni pregled stanja glavnih elemenata konstrukcije koji su bitni za nosivost i otpornost na požar konstrukcije u cjelini te za pravilno funkcioniranje građevine (spojevi glavnih nosivih elemenata, potporni elementi, glavni nosači, zatege, i sl.), a čijim otkazivanjem može biti ugrožena sigurnost korisnika građevine i/ili prouzročena značajna materijalna šteta.

(2) Glavni pregledi građevinskih konstrukcija iz članka 21. stavka 1. podstavka 2. ovoga Propisa, kojima je svrha utvrđivanje stanja konstrukcije i materijala, obavezno moraju obuhvatiti kontrolu:

– temelja – pregled stanja dostupnih dijelova temelja, a za temelje u vodi i podvodni pregled te posrednu kontrolu putem provjere ispravnosti geometrije ostalih dijelova građevine

- stanja elemenata nosive konstrukcije – detaljan pregled obavezan je za elemente konstrukcije koji su bitni za nosivost konstrukcije u cjelini te za pravilno funkcioniranje građevine (spojevi glavnih nosivih elemenata, potporni elementi, glavni nosači, zatege, i sl.), a čijim otkazivanjem može biti ugrožena sigurnost korisnika građevine i/ili prouzročena značajna materijalna šteta
- geometrije konstrukcije, koja je obavezna za sve one dijelove čija bi promjena oblika ili dimenzija u odnosu na izvorno izvedeno stanje mogla utjecati na sigurnost ili funkcionalnost građevine
- stanja ležajeva i oslonaca – pravilnost položaja, pritegnutost, čistoća, oštećenja i funkcionalnost
- stanja zaštite od korozije
- stanja otpornosti na požar (premazi, zaštitne obloge, zaštitni slojevi, i sl.)
- stanja sustava za odvodnju i drenažu
- stanja priključaka instalacija i opreme na elemente konstrukcije
- brtvljenja odnosno provjetravanja kod sandučastih elemenata
- stanja elemenata za osiguranje konstrukcije i ljudi, kao što su ograde, penjalice, leđnici, vodilice i
- ugrađene opreme za opažanje i mjerenje ponašanja građevinske konstrukcije (monitoring).

(3) Kod provedbe osnovnih pregleda iz stavka 1. ovoga članka, ukoliko se utvrde nedostaci koji mogu imati utjecaja na ispunjavanje zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti te otpornosti na požar, potrebno je provesti dodatne kontrole i ispitivanja.

(4) Kod provedbe glavnih pregleda konstrukcije, utvrđivanje činjenica iz stavka 2. ovoga članka provodi se vizualnim pregledom, mjerenjima, ispitivanjima te uvidom u dokumentaciju građevine, uređaja i opreme (projektne dokumentacija, građevinski dnevnik, izjave, potvrde, izvješća, fotodokumentacija, nalozi, zapisnici, otpremnice, i sl.) te na drugi prikladan način.

(5) Ako se pregledom utvrde nedostaci u tehničkim svojstvima građevinske konstrukcije, mora se provesti naknadno dokazivanje da građevinska konstrukcija u zatečenom stanju ispunjava minimalno zahtjeve propisa i pravila u skladu s kojima je projektirana i izvedena.

(6) U slučaju da se pokaže da zatečena tehnička svojstva građevinske konstrukcije ne zadovoljavaju zahtjeve propisa i pravila u skladu s kojima je konstrukcija projektirana i izvedena, potrebno je provesti zahvate (popravci, sanacija, adaptacija, rekonstrukcija) kojima se tehnička svojstva građevinske konstrukcije dovode na razinu koja zadovoljava minimalno zahtjeve tih propisa i pravila, ili je ukloniti.

(7) Za provedbu zahvata iz stavka 6. ovoga članka potrebno je izraditi odgovarajući projekt [5].

## 4. MOSTOVI

Važan dio građevinske infrastrukture čine i mostovi. Mostovi nam omogućavaju normalno životno funkcioniranje. S vremenom nakon njihove izgradnje podliježu raznim vremenskim utjecajima, stoga im se mora dati posebna pažnja u smislu održavanja ili rekonstrukcije istih. Mostovi su građevine kojima se ostvaruje prijelaz prometnica preko zapreka i koji u sebi sadržavaju nosive konstrukcije. Grade se radi premošćivanja prirodnih (rijeke, kanjoni, suhe doline, morski tjesnaci, kanali) ili umjetnih zapreka (druge prometnice, ulice, kolodvori) koje se nalaze na trasi pružanja prometnice [12].

Sastoje se iz gornjeg i donjeg ustroja. Gornjem ustroju pripadaju svi dijelovi povrh ležišta glavne nosive konstrukcije: glavni nosači, podužni nosači, poprečni nosači, stupovi, čeonu zidovi, prometne površine, kolničke konstrukcije, rubnjaci, ograde, vijenci, portali i spregovi. Donjem ustroju pripadaju dijelovi ispod ležišta rasponske konstrukcije: temelji, upornjaci i stupovi (koji nisu dijelovi pomosta). Prema vrsti prometa kojega provode mostovi se dijele na: cestovne, pješačke, željezničke, kombinirane, za cijevi, vodove ili kanale; prema mjestu i položaju: vijadukti, mostovi preko vodotoka, gradski mostovi, tvrđavni mostovi, mostovi na inundacijama i dr; prema značaju: lokalni, tranzitni, magistralni, sabirni, čvorišni i industrijski; prema trajnosti: provizorni, privremeni, polustalni ili stalni; prema fiksности: nepokretni, pokretni ili pontonski [12].

Ovisno o položaju kolnika dijelimo ih na:

- one s kolnikom gore
- s kolnikom dolje
- s upuštenim kolnikom

Prema tlocrtnom položaju mogu biti:

- okomiti
- kosi
- u pravcu ili zavoju

Prema obliku glavnog nosivog sklopa:

- gredni, lučni (vidi sliku 2.) ili svođeni
- viseći, razuporni ili ovješeni (vidi sliku 3.)

Prema tipu nosive strukture mogu biti

- pločasti
- rebrasti
- sandučasti.



*Slika 2.* Primjer lučnog mosta - Maslenički most [27]



*Slika 3.* Primjer ovješnog mosta - Domovinski most u Zagrebu [26]

Ovisno od gradiva od kojeg su izgrađeni mogu biti: drveni, metalni ( od lijevana željeza, čelika ili aluminija), masivni ( od opeke, prirodnog kamena, betona, armiranog betona ili prednapetog betona), mostovi od kombiniranih ili drugih gradiva ( plastične mase i dr.).

Kod projektiranja i izgradnje, graditelji moraju ispuniti prometne, estetske, tehničke, gospodarske i izvedbene zahtjeve, jer mostovi trebaju biti funkcionalni, postojani, trajni, stabilni, lijepi i ekonomični [12].



## **4.1. TEMELJNI ZAHTJEVI ZA MOSTOVE**

Mostovi moraju udovoljiti brojnim i složenim zahtjevima da bi njihova izgradnja predstavljala uspješno riješen graditeljski zadatak. Težnja graditelja je neprestano usmjerena prema zadovoljavanju svih potreba, obično izražena kroz zadovoljavanje četiriju grupa osnovnih zahtjeva za mostove, u koje se obično daju uključiti i svi ostali, a to su: zahtjevi funkcije, zahtjevi postojanosti, zahtjevi ljepote i zahtjevi gospodarnosti [13].

### **4.1.1. Zahtjevi funkcije**

Zahtjevi funkcije obično su zadani parametrima visinskih i tlocrtnih obilježja nivelete, dimenzija i razmještaja prometne podloge u poprečnom profilu, zahtjeva odvodnje; zaštite prometa, zaštite od buke, rasvjete i slično. Oni pak, čak i kad su tako oštro iskazani, obuhvaćaju znatno širu paletu utjecajnih funkcionalnih veličina koji mostovi svojim obilježjima moraju zadovoljiti, a ti su zahtjevi uvjeti prelaženja, udobnost i sigurnost prometa, psihički utjecaji, ustrajnost svojstva, ponašanje u posebnim klimatskim okolnostima i u izvanrednim okolnostima [13].

### **4.1.2. Zahtjevi postojanosti**

Dominantno tehnički, odnosno konstruktorski zahtjevi na mostove se iskazuju parametrima postojanosti, a odnose se na obilježja nosive konstrukcije mosta odnosno njenu sposobnost da preuzme sva djelovanja kojima jest ili će biti izložena tijekom svog trajanja. Pojam postojanost pritom obuhvaća sigurnost, stabilnost i trajnost. Njih je moguće iskazati kroz sigurnost koja je sposobnost konstrukcije za preuzimanje vanjskih djelovanja, stabilnost koja je sposobnost konstrukcije da se odupre promjeni oblika te trajnost koja ukazuje sposobnost konstrukcije da zadrži svojstva sigurnosti i upotrebljivosti iznad minimalno dopustivih razina u određenom vremenu [13].

#### **4.1.4. Zahtjevi ljepote**

Mostovi su građevine koje počesto dominiraju prostorima, kojih prizor utiskuje središnje značenje u ambijent i koji svojom strukturom, svojim očitovanjem u krajoliku te svojim dojmom na korisnike i motritelje iskazuju vlastite estetske vrijednosti. Iz toga onda i proizlazi zahtjev sažet u težnju, želju, nastojanje, da mostovi moraju biti lijepi. Sve parametre ljepote radi ocjene ukupnog dojma mosta valja analizirati ne samo u pogledu sa strane ili s mosta već s obzirom na sva moguća, a osobito najčešća motrišta na građevinu.

Ovi se zahtjevi mogu sažeti u nastojanje da budući izgled mosta bude skladan s okolnim prostorom, a to se može postići pravilnim odabirom linija mosta, sukladnošću logike forme i funkcije, redom i proporcijom, odabirom gradiva, obradom detalja i slično [13].

#### **4.1.5. Gospodarski zahtjevi**

Gospodarski zahtjevi nisu u tome da se ostvari jeftina građevina već da se tijekom vremena njegove eksploatacije ostvari uz neophodan minimum ulaganja. Odnosno da se dodatnim ulaganjima postižu i dodatne vrijednosti.

Zahtjeve ekonomičnosti mostova treba prihvaćati kao potrebu da se ostvari kvalitetan prijelaz preko zapreke, siguran, postojan, lijep i trajan uz minimum ulaganja. Zadnjih se nekoliko godina velika sredstva ulažu u održavanje mostova i to najčešće onih koji su u usporedbi s drugim varijantama sagrađeni upravo takvi jer su bili jeftiniji. Gospodarska analiza mosta obuhvaća ukupne izravne troškove pripreme, projektiranja i izgradnje, ukupne neizravne troškove izgradnje, planirane troškove redovitog održavanja, trajanje izgradnje i projektiranu trajnost mosta i izravne i neizravne prihode od eksploatacije mosta, naplatom mostarine ili uštedama u prometu [13].

## 5. PROJEKT MOSTA

Prema Zakonu o gradnji [5] prema stupnju razrade razlikuju se idejni projekt, glavni projekt i izvedbeni projekt. Osim ove dokumentacije često se izrađuje i idejno rješenje i projekt izvedbenih radova, a za neke mostove izrađuje se i projekt održavanja.

Izrada tehničke dokumentacije za mostove se odvija u više faza, obično usporedno s izradom projekta ceste. Pojedine faze izrade dokumentacije za mostove u načelu slijede za jednu fazu izradu projekta ceste. Kod opremanja projekta bitno je u svakoj pojedinoj fazi poznavati namjenu određene razine izrade dokumentacije [12].

Projektna dokumentacija mosta sastoji se od više faza u projektiranju. Početna faza projektiranja je studija u kojoj se analizira veći broj rješenja koja su tehnički moguća i za koje se pretpostavlja da su manje ili više prihvatljiva s drugih motrišta (uklapanje u prostor, ekonomija, ekologija, estetika..). Nakon utvrđene analize slijedi rasprava s investitorom, uklapanje u studiju prometnice, studiju utjecaja na okoliš i druge programske dokumente kao dio početne faze studija. Nakon studije slijedi faza izrade idejnog projekta koja se sastoji od razrade i provjere koncepta i osnovnih parametara sklopa, osnovne statičke provjere i preliminarno određivanje izmjera elemenata te ishoda lokacijske dozvole. Nakon izrade idejnog projekta slijedi izrada glavnog projekta čija je srž određivanje svih elemenata koji definiraju mehaničku otpornost i stabilnost, te detalja bitnih za funkcionalnost građevine, načelno razrađena tehnologija izvedbe te ishoda građevinske dozvole. Slijedi izrada tender dokumentacije u kojoj su svi elementi mosta definirani na razini potrebnoj za određivanje cijene izvedbe s pogreškom ne većom od 10% te na kraju provedba natječaja za dodjelu posla izvoditelju. U izvedbenom projektu je prikazana detaljna i jednoznačna razrada svih elemenata na razini potrebnoj za izvedbu te je to ujedno i neposredna dokumentacija za gradilište. U projektu izvedenog stanja prikazano je objedivanje svih izmjena projekta do kojih je došlo tijekom izvedbe, prikupljanje gradilišne dokumentacije i tehnički prijem. Na kraju je potrebna izrada projekta održavanja koji je ujedno skraćeni projekt izvedenog stanja s naglaskom na upute za održavanje [12].

## 5.1. Pregled mostova na državnim cestama u Republici Hrvatskoj

Održavanje mostova je nužan preduvjet za sigurnost i uporabljivost ceste. Ukoliko se izmjene okolnosti korištenja ili je narušena statika, potrebna je kvalitetna analiza stanja konstruktivne cjeline po kojoj će se projektirati obnova građevine. Kako bi se postigla sigurnost i očuvale konstrukcijske osobine potrebno je imati jedinstven model procjene stanja i standardizirane načine ojačanja istovrsnih elemenata.

Time se osigurava trajnost, zadržavaju projektirana svojstva i omogućava sigurna upotreba građevine sukladno prometnim potrebama. Kako bi se ostvarili kvalitetni ulazni podaci za predmetne analize, potrebno je osigurati redovite i cjelovite preglede građevina te standardizirati postupke za njihovu provedbu. Zakonska obveza vlasnika građevine je da tijekom čitavog uporabnog vijeka građevinu održava na primjeren način kako bi se zadržala njena bitna svojstva; prije svega mehanička otpornost i stabilnost te sigurnost korisnika građevine.

Prema Zakonu o javnim cestama [2] i Pravilniku o održavanju i zaštiti javnih cesta [3] u Republici Hrvatskoj provode se redovni, godišnji, glavni i izvanredni pregledi mostova.

Redovni pregledi cesta i pripadajućih građevina obavljaju se na svim cestama na kojima nije organizirana ophodarska služba i to na državnim cestama najmanje jednom tjedno, na županijskim cestama najmanje jednom u dva tjedna i na lokalnim cestama najmanje jednom u mjesec dana.

Godišnji pregledi građevina trebaju se obavljati najmanje jednom u dvije godine, a obavljaju ga inženjeri nadležnih ispostava poduzeća Hrvatske ceste d.o.o. Tom prilikom vizualno se pregledavaju svi dijelovi građevina dostupni bez upotrebe specijalne opreme za pregled te se procjenjuje stanje pojedinih dijelova i stanje mosta u cjelini, u pravilu bez razaranja [14].

Glavni pregledi, prema pravilniku [3], obavljaju se najmanje jedanput u šest godina. Glavne preglede obavljaju stručne osobe iz nadležne uprave za ceste sa suradnicima iz specijaliziranih stručnih organizacija. Glavni pregled je detaljan pregled svih dijelova građevine uz potrebne izmjere i ispitivanja. Uređaji i oprema koji se koriste za glavni pregled moraju omogućiti pregled svih dijelova mosta, a potrebna ispitivanja treba provesti s najmanje razaranja [14].

Izvanredni pregledi dijela ceste ili građevina obavljaju se nakon izvanrednih događaja (elementarne nepogode, teže nezgode i oštećenja, eksplozije, slijeganja i klizanja), prije i nakon prolaza izvanrednih tereta, ukoliko je to predviđeno izdanom dozvolom te pri kraju jamstvenog roka nove ceste ili građevine [14].

Izvanredne preglede mostova obavljaju specijalizirane tvrtke, odnosno ovlaštene pravne ili fizičke osobe ispitujući pri tome određene dijelove građevine u svrhu provjere, odnosno dokazivanja ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu te provođenjem prethodnih istraživanja bitnih za projektiranje, građenje ili održavanje građevina.

Tijekom godišnjih i glavnih pregleda mostova ocjenjuje se trinaest standardnih elemenata mostova: kolnički zastor, prijelazne naprave, pješačka staza, ograda, prilazne rampe, krila upornjaka, upornjaci, stupišta, ležajevi, ploča, nosači, obala rijeke te ostali elementi. Na kraju postupka donosi se ocjena za most općenito.

Preglede mostova na mreži državnih cesta provode uobičajeno po dva diplomirana inženjera građevinarstva koji daju i prijedloge za eventualnu sanaciju. Broj pregledanih mostova po timovima ocjenjivača, kao i potrebno vrijeme za pregled ovisi o broju mostova u nadležnoj Ispostavi [14].

## **5.2. Provedba pregleda mostova u Hrvatskoj**

Zadaci glavnih pregleda mostova se temelje na već ranije prikupljenim osnovnim podacima, oštećenjima ili evidentiranim nedostacima. Pri izradi troškovnika za glavni pregled mosta, nadležni inženjer treba obaviti osnovni pregled mosta na terenu kako bi mogao sastaviti radni zadatak i optimalan troškovnik potrebnih ispitivanja. Do sada izrađeni zadaci i troškovnici za provedbu glavnih pregleda imaju zajedničke sljedeće stavke:

1. vizualni pregled mosta s izradom kategorizacije oštećenja od strane stručne osobe. Predviđa se pregled nepristupačnih mjesta (npr. ležajeva) pomoću zrcala i endoskopa.
2. geodetski radovi, kojima se predviđa snimanje karakterističnih profila nad stupovima i upornjacima te u polovinama raspona.
3. kontrolna ispitivanja i uzimanje uzoraka radi utvrđivanja stanja materijala konstrukcije.
4. kod nekih mostova potrebno je predvidjeti i podvodni pregled za što je uz ronilačku opremu i ronioča potrebna i kamera za podvodno snimanje.
5. mjerenje otpora uzemljenja svih vidljivih metalnih dijelova konstrukcije.
6. obrada podataka i izrada elaborata o provedenom glavnom pregledu s popisom nužnih radova obnove mosta [14].

Predviđaju se i primjerena ispitivanja ovisno o veličini i stanju mosta, materijalu rasponske konstrukcije, stanju materijala i dr.

Kod pregleda mosta je potreban pregled i kontrolna ispitivanja za beton koje uključuju prekućavanje površina čekićem, utvrđivanje čvrstoće betona sklerometrom, utvrđivanje položaja i debljine zaštitnog sloja armature, mjerenje širine pukotina, uzorkovanje betona (izuzimanje valjaka), određivanje fizikalnih i mehaničkih svojstava betona, utvrđivanje dubine prodora i koncentracije klorida i utvrđivanje dubine karbonatizacije.

Uz pregled betona i potrebna kontrolna ispitivanja za beton potreban je pregled i kontrolna ispitivanja za čelik koje uključuju stanje spojeva i spojnih sredstava, stanje antikoroziivne zaštite, vizualno ocjenjivanje, debljina zaštitnog sloja antikoroziivne zaštite, ispitivanje prionjivosti sustava zaštite urezivanjem mrežice 2 mm. Na kraju je potreban pregled i kontrolna ispitivanja za kamen, asfalt, hidroizolaciju i drugo utvrđivanje stanja vizualno i mjerenjem [14].

Na trajnost mostova možemo u velikoj mjeri utjecati ako pravodobno uočimo sve promjene i oštećenja i na njih primjereno reagiramo. Zbog toga je potrebno obavljati redovite preglede prema pripremljenim programima i uz sudjelovanje odgovarajuće ekipe stručnjaka.

Preglede mostova razlikujemo prema njihovom značaju, usmjerenosti, učestalosti i dijelovima mosta na koji se odnose. Prema razini pregledi obuhvaćaju tekući i godišnji pregledi u kojem se ocjenjuju vizualni dijelovi mosta i uočavaju nastale promjene i oštećenja, osobito na onim elementima i uređajima o kojima izravno ovisi udobnost i sigurnost prometa. Jednostavni i glavni pregledi obuhvaćaju detaljne preglede svih dostupnih dijelova mosta uključujući i potrebna posebna mjerenja, specijalistička ispitivanja i analize uz upotrebu odgovarajućih pomagala. Posebni pregledi se obavljaju nakon nekog izvanrednog događaja ili pojave koja je očito imala ili je mogla imati posljedica na sigurnost i upotrebljivost mosta

Nakon obavljenih pregleda mostova, oni se prema svojem stanju svrstavaju u jednu od slijedećih kategorija:

- Dobar - nisu primjećena nikakva oštećenja
- Manje oštećen - uočena manja oštećenja koja ne ugrožavaju ni promet ni konstrukciju
- Znatnije oštećen - prisutna veća oštećenja koja ugrožavaju promet ili konstrukciju ili oboje
- Potpuniji pregled - oštećenja su takva da samo na osnovu vizualnog pregleda nije moguće ispravno ocijeniti stanje objekta
- Dotrajano - most je u takvom stanju da ga je potrebno zamijeniti novim [13].

Zakonom o cestama [2] poduzeće Hrvatske ceste d.o.o. određeno je da vodi jedinstvenu bazu cestovnih podataka za osiguranje tehničko-tehnološkog jedinstva mreže javnih cesta. Među ovim podacima su i podaci o mostovima. Pregledi građevina na cestama obavljaju se prema Pravilniku o održavanju i zaštiti javnih cesta [3].

### **5.3. Mostovi na mreži državnih cesta u Republici Hrvatskoj**

Prema podacima pregleda mostova raspona većeg od 5 metara iz razdoblja 2008. - 2010. godine evidentirane su ocjene stanja elemenata i mostova za 1160 građevina. Međutim, broj mostova u nadležnosti Hrvatskih cesta (HC) se mijenja: na mreži državnih cesta početkom 2012. godine evidentirana su 823 mosta (do odstupanja je došlo zbog nove kategorizacije cesta). Zabilježeno je 718 grednih mostova, od toga 587 sa armiranobetonskim glavnim nosačima, 113 sa betonskim prednapregnutim glavnim nosačima i 18 sa glavnim nosačima izgrađenih od drugih materijala (uglavnom čelični glavni nosači). Nadalje, evidentirane su 74 lučne konstrukcije mostova (zidane 34, betonske i armiranobetonske 39, čelične 1) te 31 most sa „ostalim“ statičkim sistemima glavnog nosača (okviri, razupore i sl.) [7,8].

### **5.4. Sustav gospodarenja mostovima u hrvatskim cestama**

Vizualni pregledi mostova na mreži državnih cesta u Republici Hrvatskoj počeli su se provoditi 1996. godine kada je uveden Hrvatski sustav za upravljanje mostovima - HRMOS. Konstrukcije raspona manjeg od 5 metara nisu se tretirale kao mostovi pa nisu bile obuhvaćene Hrvatskim sustavom za upravljanje mostovima. HRMOS je 2001. godine implementiran u sustav „Baza cestovnih podataka Hrvatskih cesta“ (BCP) [14].





## **Prometne površine**

Za veće neovisne, a posebno za gradske mostove se određuju intenzitet i vrsta prometa tijekom izgradnje i eksploatacije mosta. Podaci o mostu su osnova za određivanje broja i širine pojedine trake, hodnici za pješake, staze za bicikliste itd. Za objekte na cestama koji su sastavni dio nove trase ili kao dio rekonstrukcije postojeće ceste, nije potrebna posebna prometna površina pošto takvi objekti moraju biti u skladu sa uvjetima na cesti. Ograde na mostu kao i bočne zaštite ne mogu smanjiti propusnost kolničkih traka [11].

## **Geodetske podloge**

Osnovne geodetske podloge su:

- pregledna karta M 1: 5000
- detaljna, trenutna, ponovno združena tahimetrijska situacija u mjerilu 1: 100 za objekte duljine do 100 m i 1: 200 (1: 250, 1: 500) za duže mostove
- uzdužni presjek terena po projektiranoj dužini osi objekta u istom mjerilu za visinu i dužinu.

Tahimetrijska situacija i uzdužni profil sadrže apsolutne visine i koordinate sa položajnim poligonima i s koordinatama geološke bušotine. Za zgrade smještene na padinama mora se osigurati i uzdužni profili uz vanjske rubove zgrade.

Ovaj zahtjev posebno vrijedi za područja na kojima se nalaze srednja i završna potpora.

U području svih potpora potrebno je osigurati točne poprečne profile terena. Za veće i geometrijski zahtjevnije objekte za premošćivanje, potreban je poseban program ili studij za praćenje geometrije objekta tijekom izgradnje. Projektant također sudjeluje u izradi ove studije

Geodetski elaborat također može uključivati elemente geometrijskog praćenja za vrijeme rada i održavanja objekta [11].

## **Geološko-geomehaničke podloge**

U svrhu projektiranja objekata na cestama izrađuju se geološko-geomehaničke podloge u dvije faze.

Prva faza geoloških podloga, koja je namijenjena za izradu konceptualnih osnova kao dio trase ceste, te za veće objekte s ograničenim brojem orijentacijskih bušotina ili drugih geomehaničkih ispitivanja.

Prva faza geomehaničkih podloga mora definirati vrstu i položaj slojeva tla, njihovu stišljivost, orijentacijsku nosivost i prijedlog načina temeljenja. Podaci o sastavu i vrsti tla, koji su dati u prvoj fazi geoloških istraživanja, koje su projektanti koristili pri odabiru statičkog sustava, broj i veličinu raspona, ukupnu duljinu objekta, nosivi položaj i odabiru vrste temelja.

Druga faza geološko-geomehaničkih radova je konačna, ona daje sve bitne podatke potrebne za projektiranje posebnih geodetskih podloga za objekt na cesti. Nosivost tla određuje se na temelju bušotine izbušene na mjestu pomoći, na temelju stvarne dubine i površine temelja s obveznim proračunom za namirenje. Kodirati moraju se odrediti duboki temelji nosivi piloti za pojedine profile.

Dubina geoloških bušotina mora biti najmanje 5 do 6 m ispod razine dna temeljne ploče odnosno noge šiljka. Za projektiranje značajni su svi relevantni geološki i geomehanički podaci kao i podaci o stanju i promjenama razine podzemnih voda [11].

## **Hidrološko-hidrotehnički (vodoprivredne) podloge**

Kod mostova i propusta određuje se visina slobodnog profila koji omogućuje siguran protok visokih voda i sadrži odgovarajuću zaštitnu visinu između visokih voda i donjeg ruba gornje konstrukcije. Za mostove i propuste na autocestama, magistralne i regionalne ceste relevantna je stogodišnja voda. U obzir je potrebno uzeti utjecaj potpora na smanjenje hidrauličkog profila

Podaci o brzini vode i agresivnosti vodotoka važni su za pravilno određivanje materijala koji će se koristiti za izgradnju objekta na rijeci. Ako se ustanovi da je riječna voda kemijski agresivna postoji opasnost od habanja betonske podloge u riječni tok, u takvim slučajevima potrebno je osigurati beton koji je otporan na njihove utjecaje ili odgovarajuću zaštitu s otpornom kamenom oblogom ili čelični stup koji je zaštićen od korozije [11].

## **Meteorološko-klimatske baze**

Za projektiranje i izgradnju objekata na cestama, meteorološki podaci i klima imaju važnu ulogu, osobito kada radi se o temperaturnim razlikama, vlažnosti zraka, brzini i smjeru vjetra, čistoća i zagađenje zraka i trajanje mraza. Podaci o intenzitetu oborina važan je podatak za projektiranje odvodnje objekta i dimenzioniranje kanalizacije. Za dizajnere podaci o snježnim uvjetima također su korisni [11].

## **Seizmološki podaci**

Za projektiranje objekta na cestama koriste se opći seizmološki podaci makro-karte i propisi. Za veće i značajnije objekte potrebno je utvrditi stvarnu mikro-seizmičnost i potrebne intervencije za preuzimanje potresnih opterećenja pomoću prigušivača [11].

## **7. ODRŽAVANJE MOSTOVA**

Održavanje mostova jest skup svih mjera i postupaka koje je potrebno poduzimati tijekom njihova uporabnog vijeka da bi se postigla željena trajnost, odnosno, tijekom njihove eksploatacije stalno ostvarivala potrebna razina sigurnosti i upotrebljivosti [13].

Pravilnim projektiranjem, dimenzioniranjem, izvođenjem i zaštitom osiguravamo određenu početnu razinu sigurnosti i upotrebljivosti mostova. Pritom treba biti svjestan svih negativnih utjecaja na smanjivanje razina sigurnosti i upotrebljivosti pa ih treba nastojati unaprijed eliminirati ili smanjiti. Pod održavanje mosta podrazumijevamo skup aktivnosti koje uključuju prikupljanje, obradu i pohranjivanje podataka o mostovima, izradu i praktičnu provedbu programa korištenja i održavanja mostova, obavljanje pregleda po posebnom programu, neposredne radove redovitog održavanja, periodične radove obnove i izmjene uređaja i dijelova te veće radove popravaka, sanacije, rekonstrukcije [13].

### **7.1. Vrste uzroci i oštećenja mostova**

Do oštećenja na mostovima dolazi uslijed djelovanja različitih čimbenika i ta oštećenja možemo podijeliti u dvije skupine. Prva skupina su oštećenja, propadanje, dotrajalost potrošnih dijelova, što može i treba biti predviđeno i ne bi trebalo znatnije utjecati na ukupnu trajnost, ako ih se na vrijeme popravi ili zamijeni. Druga skupina su oštećenja i degradacije bitnih konstruktivnih elemenata ili sustava o kojima najizravnije ovisi trajnost. U praksi je česta situacija da se zbog nedovoljne brige ili neispravnog održavanja trošnih dijelova dogode izravna i puno teža konstruktivna oštećenja [13].

Oštećenja na mostovima najčešće nastaju zbog starenja i bržeg propadanja nekih materijala, zbog trošenja od utjecaja prometa ili nekih drugih vanjskih utjecaja osobito su prisutna na elementima mosta koji su u neposrednom dodiru s prometom, pa se takvi dijelovi periodički moraju obnavljati ili mijenjati, oštećenja zbog mehaničkih i kemijskih utjecaja prometa i okoline, djelovanja leda, temperaturnih promjena i oštećenja koja su posljedica pogrešaka u koncepciji, loše izvedenih detalja, pogrešaka u ugradnji itd. [13].

Mnoga od navedenih oštećenja moguće je potpuno ili djelomično izbjeći pravodobnim i prikladnim održavanjem, što je osobito važno za sprečavanje progresivnog povećanja, a time i ubrzanog slabljenja konstrukcije [13].



*Slika 5. Primjer pogleda na rasponsku konstrukciju - vidljivi tragovi korozije [20]*



*Slika 6. Detalj oštećene dilatacije na mjestu spoja nosača prvog raspona i upornjaka [20]*

## 7.2. Skup podataka o mostu

Prilikom izvođenja nekih većih radova na održavanju mostova, osobito rekonstrukcija, sanacija, provjera i dokaza nosivosti s obzirom na izmijenjena opterećenja, često se nailazi na situaciju da ne raspolažemo s projektnom dokumentacijom, pa čak ni s minimalnim podacima o mostu. Takva situacija stvara brojne probleme, onemogućuje efikasno i pravilno rješavanje postavljenog zadatka i uzrokuje znatne dodatne troškove.

Skup podataka o mostovima, banka podataka, ili katastar mostova u mnogim se zemljama posljednjih godina sve intenzivnije razvija i vodi uz primjenu različitih pomagala, od najjednostavnih do vrlo moćnih računala i naprednih geomatickih instrumenata. No bez obzira na način vođenja ili pohranjivanja takav bi skup podataka, u pravilu, trebao sadržavati dvije osnovne grupe podataka i to osnovne podatke o mostu koji obuhvaćaju glavne podatke o projektu i izvedbi promatranog mosta, a osobito podatke o prometnici u sklopu koje je most i zapreci iznad koje se nalazi. Osnovne dispozicijske veličine i glavne pregledne nacрте, o vrsti, tipu i statičkom sustavu konstrukcije, proračunskim opterećenjima, kritičnim vrijednostima, o izgradnji, korištenim skelama i oplatama, prekidima, radnim reškama, vremenu i trajanju izgradnje, popis ugrađenih materijala prema dijelovima mosta, njihove karakteristike, postignutu kvalitetu itd., o provedenim ispitivanjima materijala i konstrukcije tijekom izgradnje, kao i kasnije. Dodatne podatke o mostu koji obuhvaćaju najznačanije činitelje vezane uz postojanje i eksploataciju mostova, a naročito o intenzitetu prometa na mostu, dnevna i godišnja variranja, broj i vrstu osobito teških vozila u tim razdobljima. Podatke o izvanrednim događajima koji su se kao posljedice elementarnih nepogoda, prijelaza specijalnih tereta, prometnih nesreća ili nekih drugih pojava, zbili na mostu, uz ocjenu njihova utjecaja na sigurnost i upotrebljivost objekta, odnosno uslijed toga nastala oštećenja. Podatke o oštećenjima, njihovim uzrocima, progresiji i stupnju očitavanja na mostu, o sanacijama, rekonstrukcijama, te bilo kakvim naknadnim radovima koji su zbog funkcionalnih, konstrukcijskih ili nekih drugih razloga obavljani na mostu [13].

### **7.3. Radovi redovitog održavanja**

Izloženost mosta djelovanju prometa i atmosferskih utjecaja, i bez nekih posebnih izvanrednih i neuobičajenih pojava, utječe na onečišćavanje, trošenje ili propadanje određenih dijelova, koje je onda potrebno radovima redovitog održavanja, kontinuirano ili periodički, održavati u prikladnom stanju. Kontinuirano je potrebno obavljati radove čišćenja prometnih i drugih površina mosta, slivnika i drugih dijelova odvodnje, dilatacijskih uređaja, ležajeva i prostora uz njih, kako nečistoća koja do njih dopre ne bi ugrožavala njihovu osnovnu namjenu. Periodički valja obavljati poslove ličenja, antikorozivne i druge zaštite dijelova konstrukcije, zatim izmjenu ili obnovu dotrajalih uređaja i njihovih dijelova, uređenja i popravke kolničkih slojeva, ležajeva, ograda, stupišta i drugih vitalnih dijelova mosta [12].

### **7.4. Sanacije, adaptacije, rekonstrukcije**

#### **7.4.1. Adaptacija i sanacija objekta**

Adaptacija i sanacija objekta zapravo su sinonimi i podrazumijevaju renoviranje objekta. Adaptacija i sanacija spadaju u takozvane radove na investicijskom održavanju. U investicijsko održavanje spadaju popravci, građevinski, instalacijski i zanatski radovi, kao i ostali popravci kojima se poboljšavaju i osuvremenjuju sve instalacije, tehnološki uređaji i ostala oprema. Bit adaptacije odnosno sanacije je izvođenje navedenih radova na način kojim se ne intervenira u konstrukciju objekta, a da se pritom ne mijenja veličina, kapacitet, svrha i vanjski izgled objekta [29].

#### **7.4.2 Svrha sanacije i adaptacije objekta**

Do adaptacije odnosno sanacije objekta dolazi zbog istrošenosti pojedinih elemenata, bilo s unutarnje ili vanjske strane objekta. Do dotrajalosti dolazi zbog različitog vijeka pojedinih materijala i elemenata koji zbog svoje istrošenosti ograničavaju normalnu upotrebu objekta. Općenito, materijali stare, habaju se ili su nedovoljno testirani prije same ugradnje [29].

### 7.4.3. Rekonstrukcija objekta

Bit rekonstrukcije objekta je da se izvode radovi kojima se u većoj mjeri ne mijenja veličina objekta, nego se isključivo mijenjaju konstrukcijski elementi objekta. Za razliku od spomenute adaptacije i sanacije objekta, kod rekonstrukcije objekta moramo surađivati s građevinskim inženjerom, odnosno statikom, koji provjerava i pravi izračun postojećih opterećenja i nove izračune te opterećenja kod rekonstrukcije objekta. Oštećenja pojedinih dijelova katkad ugrožavaju sigurnost ili na neki način ograničavaju upotrebljivost mostova. Tada je potrebno odmah pristupiti sanacijama ili pak određenim privremenim rješenjima omogućiti sigurno odvijanje prometa, do izvođenja konačne obnove [29].

Drugu grupu sanacija čine popravci trošnih, dotrajalih ili znatnije oštećenih dijelova građevine. Ovamo ubrajamo i radove potrebne zbog znatnije izmijenjenih prometnih potreba, kao što su veća opterećenja, veći prometni profili, proširenja zbog povećanja propusne moći itd. Ove je radove moguće i potrebno detaljno planirati, projektirati i pripremiti [13].

Vrijedi istaknuti da se svi mostovi ne mogu ekonomski sanirati, a zamjena (ili rekonstrukcija) također je alternativna opcija i mogla bi biti isplativija za ozbiljno oštećene mostove. Zamjena mosta znači da je oštećena nadogradnja zamijenjena i nadograđena novim dizajnom nadgradnje s novim zahtjevom za nosivost i upotrebljivost [21].



*Slika 7. Rekonstrukcija mosta Atlagić u Kninu [28]*





*Slika 8. Sanacija stupišta, luka mosta i donje strane AB kolničke konstrukcije Šibenskog mosta [29]*

## 8. MONITORING MOSTOVA

Razlozi za motrenje mostova su različiti, ali najčešći razlog je prikupljanje podataka na temelju kojih se utvrđuje ponaša li se most u skladu s pretpostavkama prema kojima je projektiran. Motrenje se provodi uređajima koji su instalirani na mostu te kontinuirano mjere određene podatke. Ti podaci se dobivaju u analognom obliku pa ih je potrebno pretvoriti u digitalni kako bi ih osobe zadužene za održavanje mosta mogle koristiti na računalima [9].

Mjerni uređaj šalje podatke do prijammnika, prijammnik te podatke pretvara u digitalne signale i šalje do kontrolnog računala u centru za motrenje mosta. Kontinuirano motrenje je metoda praćenja mostova kojom se cijelo vrijeme na mostu mjere utjecaji koji djeluju na most i posljedice koje oni uzrokuju. Za kontinuirano motrenje, bitni elementi koje mjerimo su pomaci tijekom dužeg vremena i ubrzanja, te brzine ili pomaci u kratkom vremenu. Pomake tijekom dužeg vremena najčešće uzrokuju slijeganje tla ispod temelja upornjaka i stupova, puzanje betona i preraspodjela naprezanja tijekom vremena [9].

Kratkotrajna dinamička opterećenja koja djeluju na most uzrokovana su vjetrom, promjenom temperature, djelovanjem prometa, potresom, djelovanjem vode i sl. Za razliku od dugotrajnih opterećenja koja uzrokuju nepovratne deformacije, deformacije od kratkotrajnih opterećenja vratit će se u prvobitno stanje s prestankom opterećenja, osim ako pod ekstremnim opterećenjem nije došlo do trajnih oštećenja. Konvencionalni instrumenti i analize korištene u motrenju mostova ne mogu služiti kao prikladan alat za mjerenje te dvije vrste deformiranja konstrukcije istovremeno. Kao alternativa pojavio se GNSS (Global Navigation Satellite system) koji se pokazao kao korisnije rješenje jer je mnogo precizniji i točniji. Kako bi se smanjile pogreške uzrokovane mjerenjem pomoću GNSS-a, potrebno je na mostu ugraditi i druge neovisne sustave za mjerenje, kao na primjer akcelerometre i druge [9].

Kontinuirano motrenje je novija metoda motrenja mostova koja se primjenjuje kod novoizgrađenih mostova, ali postoje i primjeri primjene kod saniranih mostova. Prednost metode je da se u svakome trenutku može znati stanje mosta i reagirati na vrijeme. Velika prednost očituje se pri pojavi oštećenja uzrokovanih izvanrednim opterećenjima kao što su potres, elementarne nepogode, teroristički napadi, kod kojih je tada moguće odmah uočiti i ocijeniti oštećenje te sukladno tomu djelovati. Razlika u odnosu na tradicionalne metode motrenja mostova je u korištenju uređaja koji su instalirani na most te su ujedno i oprema mosta. Uređaji mogu biti ugrađeni u sam most ili postavljeni na most. Iako je u samome početku metoda skuplja od tradicionalnog pristupa motrenju mostova, dugoročno se višestruko isplati. Oprema koja se najčešće koristi je GNSS sustav praćenja, kao i akcelerometri koji razvojem tehnologije optičkih vlakana i uređaja dobivaju sve važniju ulogu u motrenju mostova. Prednost metode je u neprekidnom praćenju i motrenju mosta pa nije potrebno zatvarati most za promet kako bi se izvršio pregled [9].

### 8.1.1. Geodetske metode motrenja mostova

Razvojem tehnologije, prije svega satelita, omogućeno je korištenje globalnog navigacijskog satelitskog sustava (GNSS). Koristeći GNSS je moguće kontinuirano pratiti geometriju mosta u svim vremenskim uvjetima, u položajnom ili visinskom smislu. U Republici Hrvatskoj za ovu metodu geodetskih mjerenja koristimo Hrvatski pozicijski sustav (CROPOS) [24] i to visokoprecizni modul - VPPS, koji omogućava centimetarsku pouzdanost. Isti nam omogućava direktno trodimenzionalno praćenje dostupnih konstrukcijskih elemenata mosta.

Prednosti GNSS sustava u odnosu na klasične geodetske metode monitoringa su:

- sustav je neovisan o vremenskim uvjetima koji mogu uzrokovati prekid prikupljanja podataka
- ima mogućnost mjerenja na velikim udaljenostima
- neograničena je udaljenost između stanice za mjerenje podataka i stanice koja prikuplja podatke
- kratko vrijeme kašnjenja signala i kontinuirano praćenje omogućuju sinkronizirano mjerenje [9].

Važan dio praćenja pomaka mostova predstavljaju i precizna nivelmanska mjerenja koja nam omogućavaju mm pouzdanost i preciznost određivanja visinske komponente mosta. To se posebno odnosi na praćenje i izmjeru gornjeg postroja mosta. Metoda se treba primjenjivati periodički sa svrhom dobivanja eventualnih visinskih pomaka promatrane točke kroz vrijeme.

Razvojem tehnologije u zadnjih nekoliko godina se za prikupljanje geoprostornih podataka koriste laserski skeneri. Lasersko skeniranje kao metoda nam omogućava brzo i pouzdano prikupljanje velikog broja točaka u svrhu definiranja 3D modela opažane građevine, te u daljnjim postupcima za monitoring.

Terminologija 3D skeniranje danas sve više ulazi u radne procese raznih industrija i djelatnosti. Obično se odnosi na lasersko skeniranje, kontroliranu refleksiju laserskog vidljivog ili nevidljivog svjetla. Koristi se u stereolitografiji za 3D ispis ili u izradi „instant“ prototipa, što omogućuje izravnu transformaciju digitalnog modela u fizički objekt, a to je i glavna definicija 3D skeniranja.

Sve više djelatnosti implementiraju tu tehnologiju ne samo zbog ubrzanja procesa, već i zbog veće učinkovitosti i ekonomičnosti jer je pristupačnost te tehnologije sve veća. Postupak 3D skeniranja sastoji se od dva različita, odvojena procesa. Prvi je prikupljanje podataka. Postoje razne tehnologije na koji se način prikupljaju informacije. Kod profesionalnih, specijaliziranih postrojenja obično se upotrebljava laserska tehnologija zbog svoje velike preciznosti i učinkovitosti. Za manje zahtjevne poslove prikupljanje informacija može se postići optičkom tehnologijom, odnosno kamerama. Postoje različite kamere, od onih specijaliziranih i profesionalnih, pa sve do kamera na mobilnim uređajima. Nakon fizičkog dijela prikupljanja podataka kreće digitalna obrada.

Ovisno o načinu prikupljanja digitalna obrada se može sastojati od nekoliko zasebnih postupaka. Najduži postupak je zasebna obrada svake pojedine fotografije, što zahtijeva veliku ljudsku radnu snagu. Ti se postupci mogu obrađivati u odvojenim ili jedinstvenim programima, ovisno o odabranom softverskom rješenju. Softveri identificiraju i usklađuju položaj kamera u odnosu na mjereni objekt te analiziraju svaku fotografiju kako bi pronašli jedinstvene referentne točke iz kojih rekonstruiraju računalni model.

Prvotni 3D mjerni uređaji radili su na principu stereo kompilacije. To je dualna tehnika u kojoj su skeneri i kamere smješteni oko objekta. Ubrzo se prepoznao ogromni potencijal te tehnologije te se vrlo brzo razvila nova, zračna tehnologija koja je dodala novu domenu za mjerenje. Airborne Laser Scanning (ALS) je prvotno korišten u SAD-u kao alat u šumarskoj industriji za nadzor šuma i parkova. To je omogućilo nadzor nad tisućama kvadratnih kilometara unutar nekoliko sati, što je bilo nezamislivo prijašnjim tehnologijama [10].

Uređaji koji se baziraju na laserskim zrakama mogu se opisati kao motorizirane stanice koje automatski mjere horizontalna i vertikalna polja. Za svaku točku mjerenja zabilježeno je vrijeme kojom zraka putuje do objekta. Jednostavnim matematičkim izračunom dobiva se precizna udaljenost objekta od uređaja. Na temelju dobivenih amplituda u udaljenosti može se konstruirati geometrijska struktura i oblik objekta. Osim laserske postoji novija jeftinija tehnologija u 3D skeniranju, točnije optička tehnologija.

Razvojem optičkih tehnologija, prije svega leća, zrcala i senzora, nastala je nova grana u 3D skeniranju - fotogrametrija. Riječ je o postupku fotografiranja objekta iz svih kutova kako bi se dobila dovoljna redundancija, odnosno kako bi se preko metode triangulacije dobila trodimenzionalna struktura. Ti su podaci obično pohranjeni u obliku geometrijskog točkastog oblaka. Današnji uređaji bilježe sve kolorimetrijske informacije kako bi se mogla rekonstruirati i boja samog mjenenog objekta.

Za precizne podatke potrebne su stotine mjerenja iz svih kuteva. Dobiveni rezultati pohranjuju se u zajednički referentni sustav (registracija) iz kojeg nastaje 3D model.

Svrha 3D skenera obično je stvaranje 3D modela. Ovaj 3D model sastoji se od oblaka točaka geometrijskih uzoraka na površini subjekta. Te se točke tada mogu koristiti za ekstrapolaciju oblika subjekta (proces koji se naziva rekonstrukcija). Ako se podaci o boji prikupe u svakoj točki, tada se mogu odrediti i boje na površini subjekta. 3D skeneri dijele nekoliko osobina s kamerama. Kao i većina kamera, imaju vidno polje nalik stošcu, a poput kamera mogu prikupljati samo podatke o površinama koje nisu zaklonjene. Dok kamera prikuplja podatke o bojama o površinama u svom vidnom polju, 3D skener prikuplja podatke o udaljenosti o površinama unutar svog vidnog polja. "Slika" koju proizvodi 3D skener opisuje udaljenost do površine u svakoj točki slike. To omogućuje identifikaciju trodimenzionalnog položaja svake točke na slici.

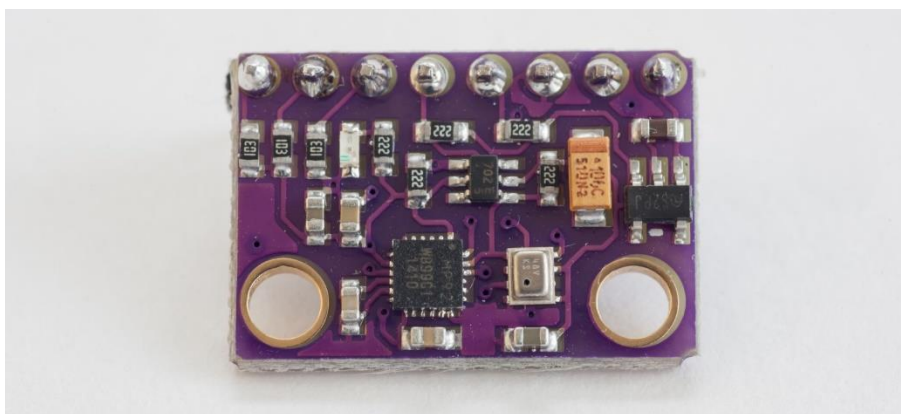
U većini situacija jedno skeniranje neće proizvesti potpuni model subjekta. Obično je potrebno više skeniranja, čak i stotina, iz različitih smjerova kako bi se dobile informacije o svim stranama subjekta. Ta se skeniranja moraju unijeti u zajednički referentni sustav, proces koji se obično naziva usklađivanje ili registracija, a zatim spojiti kako bi se stvorio cjeloviti 3D model. Cijeli ovaj proces, od pojedinačne karte raspona do cijelog modela, obično je poznat kao cjevovod 3D skeniranja [10].

### 8.1.2. Korištenje akcelerometra za motrenje

Akcelerometar je uređaj koji mjeri ubrzanja konstrukcije ili njezinog elementa. Pričvršćuje se na most, najčešće na glavni nosač ili na vješaljke ako je most ovješeni. Može mjeriti ubrzanja u jednoj, dvije ili sve tri osi uzrokovana prometom, vjetrom, udarom ili potresom.

Kod motrenja mostova najčešće se koristi troosni akcelerometar, upravo zbog sposobnosti mjerenja ubrzanja u sve tri osi. Vibracije konstrukcije uzrokuju pomake utega unutar akcelerometra te se ubrzanja utega bilježe u vremenu. Prednost akcelerometra je jednostavno postavljanje na mostu i jednostavna upotreba.

Glavni nedostatak akcelerometra su potrebe za velikom količinom energije da bi bilo moguće slati velike količine podataka kontrolnome računalu. Nedostatak energije se u nekim slučajevima nadoknađuje postavljanjem solarnog panela kraj kutije akcelerometra te se tako jeftino dobiva potrebna energija [9].



*Slika 9. Akcelerometar [25]*

## 9. LASERSKO SKENIRANJE MOSTA DRUŽBINEC

Praktični dio rada je obuhvatio izradu 3D laserskog modela mosta Družbinec. Na slici je prikazana lokacija mosta Družbinec u naselju Družbinec, pokraj Petrijanca u Varaždinskoj županiji. Most premošćuje rijeku Dravu i okružen je poljima te pristup mu je omogućen sa velikom preglednošću sa obje strane, a do mosta vodi nerazvrstana, neasfaltirana cesta.



*Slika 10. Prikaz lokacije mosta Družbinec u mjestu Družbinec [31]*

## 9.1. TRIMBLE SX-10

Za potrebe 3D skeniranja mosta je korišten laserski skener/totalna stanica Trimble SX-10. Totalna stanica Trimble SX10 u potpunosti mijenja uobičajene koncepte geodetskih instrumenata, integracijom 3D skenera, totalne stanice i fotogrametrijske kamere u jednom jedinom uređaju. Superiorno 3D skeniranje Trimble SX10 precizno i gusto skenira do 26 600 točaka, u punom krugu, na udaljenosti do 600 m, osiguravajući precizan i detaljan oblak točaka. Bilo da snima kompletan prostor ili dopunjava podatke skenera skeniranjem pojedinih detalja od interesa, svi podaci biti će precizno uklopljeni u jedinstveni koordinatni sustav.

Upravljanje skenerom se obavlja putem kontrolera, koji jednostavno omogućava praćenje i realizaciju svih koraka mjerenja i opažanja. U svakom trenutku možemo vidjeti izgled odskeniranog područja, te zaključiti o potrebnim koracima pri izvedbi terenskih mjerenja. Na kontroleru u realnom vremenu vidimo prikupljene podatke, snimljene fotografije te ostale alfanumeričke i grafičke pokazatelje. Na raspolaganju je više razina uvećanja i rezolucija, bilo da samo dokumentiramo gradilište ili precizno snimamo dodatne detalje prilikom mjerenja. Napredno upravljanje oblakom točaka te brzi izvoz podataka u vodeće CAD i GIS softvere omogućuje daljnju obradu i implementaciju u različite geoprostorne poslovne procese [15].



*Slika 11. 3D Skeniranje mosta „Družbinec“ [19]*

Trimble SX-10 je skener totalna stanica koja redefinira proces mjerenja i prikupljanja prostornih podataka, integracijom vrhunske robotizirane totalne stanice i 3D skenera velikog dometa u jednom instrumentu. U tablici 1. su prikazane tehničke specifikacije 3D laserskog skenera Trimble SX-10 koji je korišten pri izmjeri mosta Družbinec.

*Tablica 1. Tehničke specifikacije Trimble SX-10 skenera*

Tehničke specifikacije Trimble SX-10 skenera	
1.	Jednosekundna robotizirana totalna stanica i 3D skener visoke preciznosti
2.	Lightning 3DM tehnologija za skeniranje na daljini do 600m
3.	Skeniranje brzinom do 26.600 tačaka u sekundi; skeniranje punog kruga za 12 minuta
4.	Poboljšana Trimble VISION™ tehnologija za brzo i lako fotografiranje u visokoj rezoluciji
5.	Potpuna integracija u standardne geodetske procese, sa terenskim softverom Trimble Access i softverom za naknadnu obradu Trimble Business Center
6.	Kutna točnost: 1"
7.	Točnost dužina sa prizmom: 1,0 mm+ 1,5 ppm
8.	Točnost dužina bez prizme: 2,0 mm + 1,5 ppm

## **9.2. Izvedba laserskih mjerenja na mostu Družbinec**

Prije početka mjerenja, obavljeno je rekognosciranje terena. Ono je obuhvatilo vizualni pregled samoga mosta, utvrđivanje stanja okoliša oko mosta (provjera je li postoje prepreke oko mosta, raslinje i sl.), te definiranje lokacija stajališta s kojih će se obaviti lasersko skeniranje. Važno je dobro definirati stajališne točke a sve u svrhu dobrog preklapanja laserskih mjerenja. Naime, za dobivanje pouzdanog podatka potrebno je imati laserski opažan zajednički dio opažanog objekta sa dva ili više različitih stajališta, što će omogućiti dobar preklap skeniranih podataka.

Za potpuno i pouzdano dobivanje 3D modela mosta pri izvedbi laserskog skeniranja je korišteno 7 stajališta, koja su raspoređena u svrhu dobrog pokrivanja mosta laserskim opažanjem. Važno je naglasiti da su dva stajališta bila na samom kolniku mosta što je omogućilo još pouzdaniju 3D geometriju gornjeg postroja odnosno kolnika mosta.



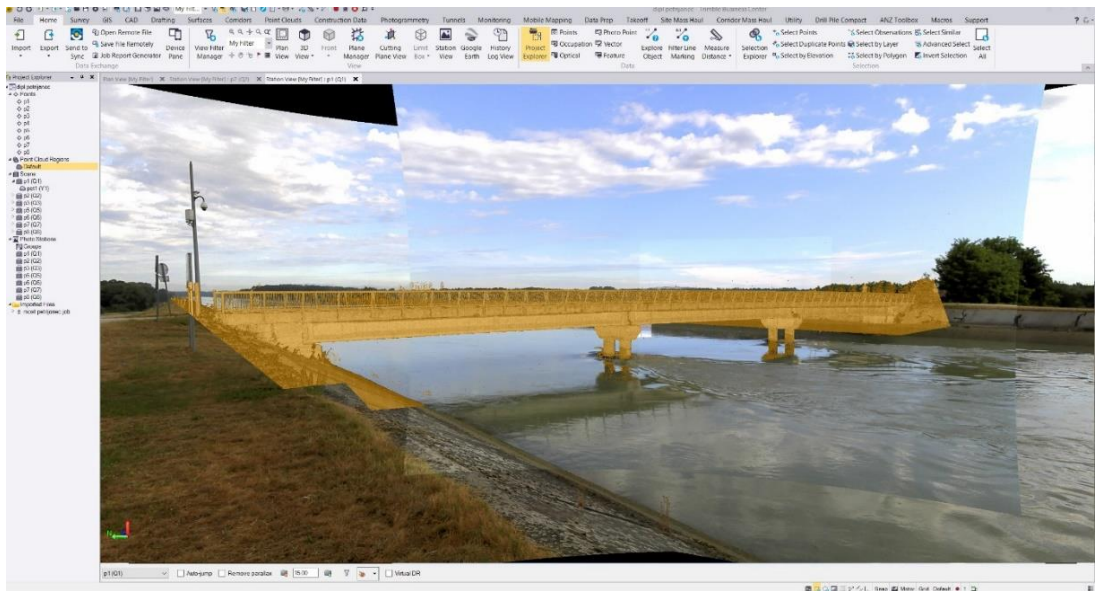
Mjerenja su se provodila u modu mjerenja „Fine“ koji omogućava dovoljnu gustoću točaka za pouzdan i precizan prikaz 3D modela građevine od interesa. Skeniranje se obavljalo na taj način da smo točno odredili okvir željenog područja skeniranja. Pored navedenog moda, postoje još tri dostupna moda skeniranja a to su „Corse“, „Standard“ i „Superfine“. Na slici 12 je prikazano jedno od stajališta s kojeg je obavljeno skeniranje mosta Družbinec (sliak 13.)



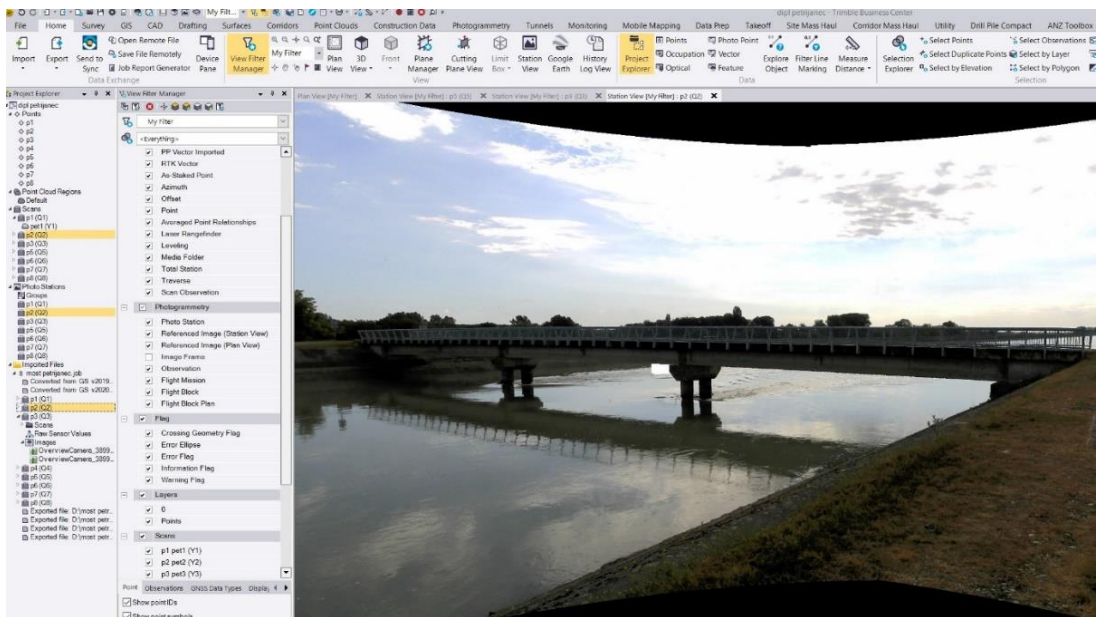
*Slika 12. Skeniranje mosta uređajem Trimble SX-10 [19]*



*Slika 13. Pogled na most „Družbinec“ [19]*

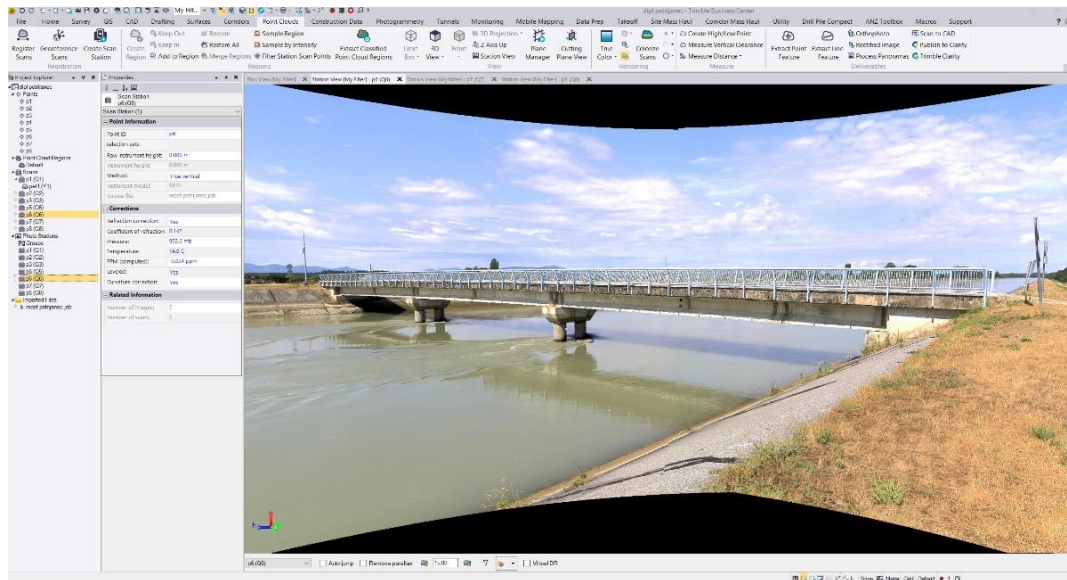


Slika 14. Prikaz odskeniranog mosta - stajalište 1



Slika 15. Prikaz odskeniranog mosta - stajalište 2

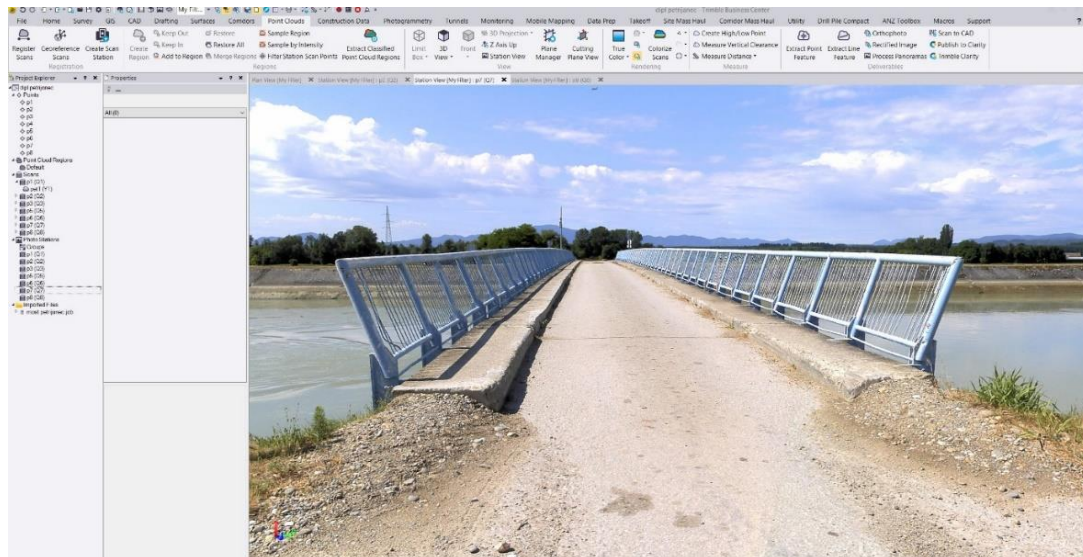




Slika 18. Prikaz odskeniranog mosta - stajalište 6



Slika 19. Prikaz odskeniranog mosta - stajalište 7



*Slika 20. Prikaz odskeniranog mosta - stajalište 7*

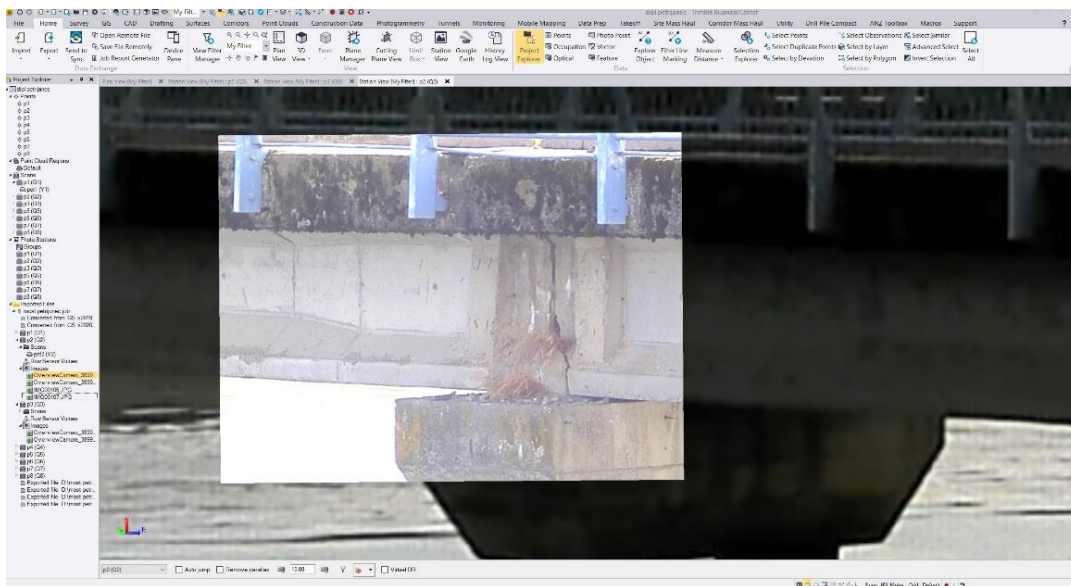


*Slika 21. Prikaz odskeniranog mosta - stajalište 8*

Na slikama 14. – 21. prikazani su modeli odskeniranih dijelova mosta te obrađeni u softveru Trimble Business Center. Obrada podataka se sastojala od „čišćenja“ šumova i smetnji koji su se javljali tijekom skeniranja, te objedinjavanjem zajedničkih dijelova skeniranog materijala, i to stajalište po stajalište (vidi sliku 24, 25. i 26.).

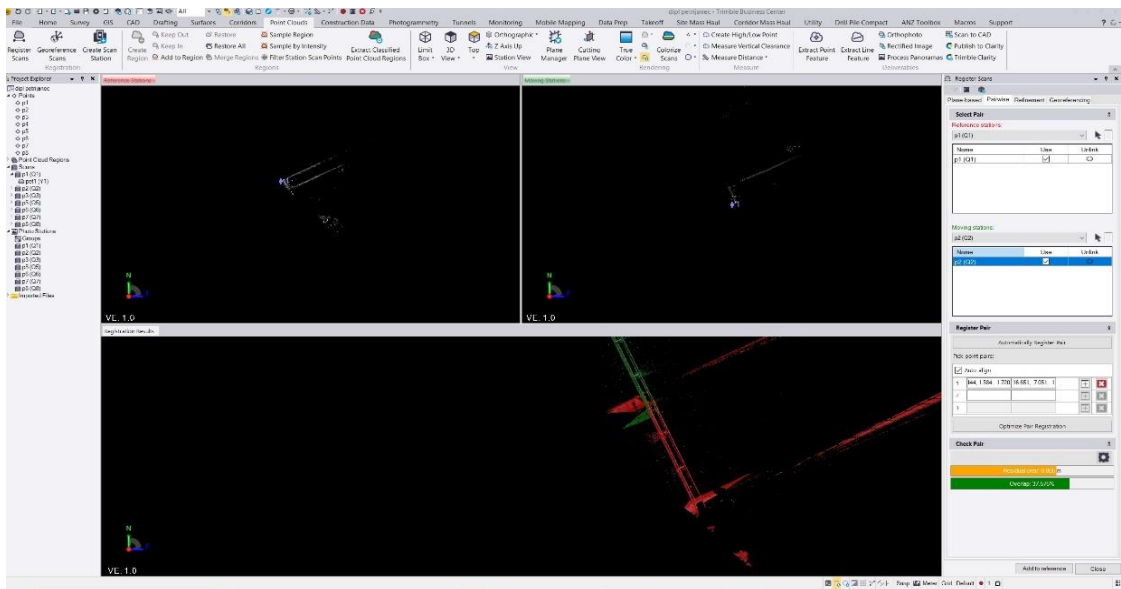


*Slika 22. Mjerenje oštećenja mosta sa stajališta 2*

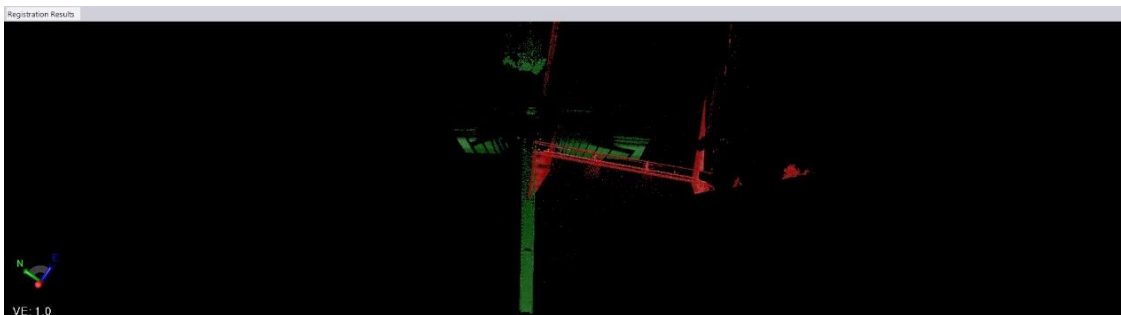


*Slika 23. Prikaz oštećenja mosta – telekamera*

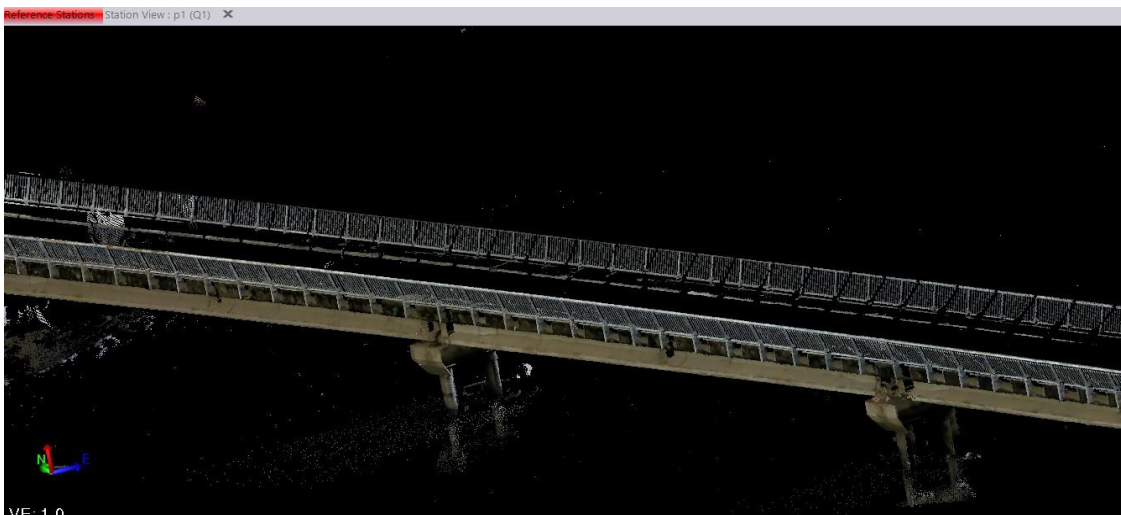
Poseban konstrukcijski dio totalne stanice čini i telekamera koja nam omogućava snimanje, evidentiranje i povećavanje područja od interesa. S obzirom na svoje povećanje od 84 x omogućava nam prikaz i najmanjih konstrukcijskih dijelova mosta. Ukoliko za neki dio sumnjamo da je oštećen možemo sustavom telekamere posebno evidentirati taj dio. Na mostu je uočen jedan takav dio te j posebno odskeniran i snimljen telekamerom (slika 22. i 23.).



Slika 24. Obrada sirovih podataka

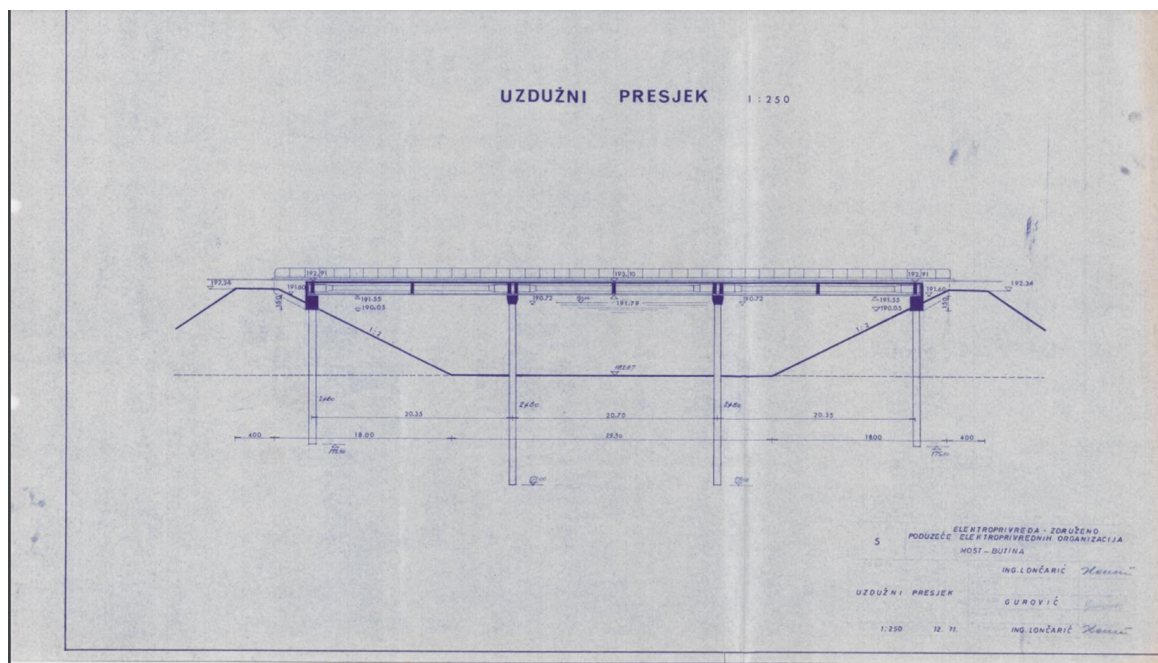


Slika 25. obrada sirovih podataka – položaj neobrađenih sken podataka



Slika 26. Odskenirani most sa stajališta 1

U okviru rada je analizirana dostupna prvobitna analogna dokumentacija mosta (slika 27.), te su rađene usporedbe dostupnih podataka iz analognog i digitalnog (3D) zapisa. U staroj analognoj dokumentaciji su dane dimenzije širine kanala od 29.30 m, a širina između dva nosiva srednja stupa iznosi 20.70 m.



Slika 27. Uzdužni presjek mosta Družbinec

Analizom i obradom skeniranog dijela mosta dimenzije između dva stupa iznose 20.781 m, dok dimenzije širine kanala iznose 56.088 m, tj. dimenzija vodenoga profila (slika 29.). Iz istoga se vidi rast razine vode, a samim time i širine kanala.



Slika 28. Uzdužni presjek mosta Družbinec iz 3D modela





Slika 29. Uzdužni presjek mosta Družbinec iz 3D modela



Slika 30. Očitavanje dimenzija iz 3D modela

Nakon što su obrađeni svi 3D podaci odnosno mjerenja, te preklapanjem geokodirane fotografije i odskeniranoga dijela mosta, moguće je dobiti svaku željenu dimenziju mosta. na slici 30. je prikazano očitavanje dimenzije donjeg postroja mosta.

Obrađeni i analizirani 3D model nam omogućuje kontinuiranu i pouzdanu geoprostornu analizu i praćenje svih dijelova mosta, što daje dodatnu vrijednost primjeni ove moderne geomaticke tehnologije.

## 10. ZAKLJUČAK

Laserski skener ima široku upotrebu u svrhu arhitektonskog projektiranja, arheoloških, geoloških, geodinamičkih, hidrografskih i geotehničkih istraživanja i projektiranja, primjene u inženjerstvu, te u svim ostalim projektima koji zahtijevaju točnu 3D vizualizaciju prostora i prostornih objekata. Ova tehnologija omogućuje najvjerodostojnije i trajno digitalno pohranjivanje postojećeg stanja objekta. Pravilnim projektiranjem, dimenzioniranjem, izvođenjem i zaštitom osiguravamo određenu početnu razinu sigurnosti i upotrebljivosti mostova. Pri tome treba biti svjestan svih negativnih utjecaja na smanjivanje razina sigurnosti i upotrebljivosti pa ih treba nastojati unaprijed eliminirati ili smanjiti.

Podaci dobiveni laserskim skenerom predstavljaju 3D model sa svim prepoznatljivim i precizno izmjerenim detaljima. Takav model prvenstveno služi kao trajno pohranjen mjerljiv prikaz postojećeg stanja, a daljnjom obradom mogu se iscrtati svi detalji, presjeci i pogledi u obliku klasičnog tehničkog CAD crteža postojećeg stanja, za potrebe rekonstrukcije, te ostale buduće radove potrebne za očuvanje objekta. Nesumnjivo je da će se prikazana metoda u budućnosti sve više primjenjivati i istisnuti tradicionalni pristup motrenju mostova i da će se daljnjim razvojem tehnologije mjernih uređaja sama metoda poboljšavati i kao takva postati standard za motrenje mostova. 3D skeniranje mosta je skupa metoda ali je dugoročno više isplativija jer prvenstveno nam omogućuje uvid u svaki dio mosta, prikaz svakog i najmanjeg oštećenja.

Kod monitoringa mosta pomoću GNSS uređaja i ostalih nije potrebno zatvaranje mosta da bi se izvršio pregled što smanjuje troškove zatvaranja mosta i unajmljivanje stručnjaka za pregled mosta što je jedna od najvećih prednosti ove metode motrenja mostova.

## 12. LITERATURA

- [1] Narodne novine (2019): Zakon o prostornom uređenju, br. 153/13, 65/17, 114/18, 39/19, 98/19
- [2] Narodne novine (2011): Zakon o javnim cestama, broj 84/11, Zagreb
- [3] Narodne novine (1998): Pravilnik o održavanju i zaštiti javnih cesta, broj 25/98, Zagreb
- [4] Vlada Republike Hrvatske (2008): Program građenja i održavanja javnih cesta za razdoblje od 2009. - 2013. godine
- [5] Narodne novine (2019): Zakon o gradnji, Pravilnik o održavanju građevina br. 153/13, 20/17, 39/19, 125/19
- [6] Ukrainczyk B., Peraica B. (2007): Planiranje provedbe glavnih pregleda mostova, Održavanje cesta, Zbornik radova, Šibenik
- [7] Croatian State Roads (1999)- Bridge Database: HRMOS, V 2.0, Vejdirektoratet, Danmark,
- [8] Croatian State Roads (2012) Road Database V 5.0, HC, TEB, Zagreb
- [9] Šarić M., Kaluđer F., Draganić H.(2011): Kontinuirano motrenje mostova
- [10] Miljković M. (2016): Lasersko skeniranje, 3D modeliranje i vizualizacija Đulinog ponora. Diplomski rad. Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- [11] Masatović M.(2016): Projekt organizacije građenja. Završni rad. Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- [12] Radić J., Mandić A., Puž G. (2005.): Konstruiranje mostova. Hrvatska sveučilišna naklada Jadring, Zagreb
- [13] Radić J. (2009.): Uvod u mostarstvo. Hrvatska sveučilišna naklada Jadring
- [14] Tenžera D., Puž G., Radić J., dipl.ing.građ.: Pregledi mostova na državnim cestama u Republici Hrvatskoj. Građevinski fakultet, Zagreb
- [15] Prostorno planska dokumentacija Zagreba i zagrebačkog područja 20. stoljeća i početka 21. stoljeća, Gradski ured za strateško planiranje i razvoj grada
- [16] URL: Profesionalni geodetski instrumenti, najam i servis geodetske opreme, edukacija i seminari Geomatika Smolčak d.o.o. (23.8.2021.)
- [17] URL: Trimble - Transforming the Way the World Works / Trimble. (25.8.2021.)
- [18] URL: <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2729/datastream/PDF/view> (25.8.2021.)

- [19] URL: <https://www.hzn.hr/default.aspx?id=79/> Hrvatski zavod za norme (27.8.2021.)
- [20] URL: [https://www.grad.unizg.hr/\\_download/repository/vizualni\\_pregled.pdf](https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/vizualni_pregled.pdf) / Vizualni pregledi (27.8.2021.)
- [21] URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/bridge-replacement> (22.8.2021.)
- [22] vlastiti izvor
- [23] URL: <https://varazdin.hr/urbanisticki-plan-uredenja-sjevernog-dijela-grada/> Urbanistički plan Varaždina (21.8. 2021.)
- [24] URL: <https://cropos.hr/>
- [25] URL: <https://www.tme.eu/hr/news/library-articles/page/22568/Akcelerometar-kako-djeluje-i-za-shto-sluzi/> Akcelerometar (21.8.2021.)
- [26] URL: <https://www.igh.hr/reference/domovinski-most-zagreb/> Domovinski most, Zagreb (1.9.2021.)
- [27] URL: <https://www.maslenica.hr/hr/multimedija#gallery60ae2d4f13-4>  
Maslenički most (1.9.2021.)
- [28] URL: <https://sibenskiportal.hr/zupanija/knin/zapocela-kompletna-rekonstrukcija-atlagic-mosta-u-kninu-promet-ce-se-odvijati-jednim-trakom/> Altagić most u Kninu. (2.9.2021.)
- [29] URL: <https://webgradnja.hr/clanci/sanacija-stupista-luka-mosta-i-donje-strane-ab-kolnicke-konstrukcije-sibenskog-mosta/635/> Šibenski most. (2.9.2021.)
- [30] URL: [https://www.emajstor.hr/clanak/265/obnova\\_sanacija\\_i\\_rekonstrukcija\\_kuce](https://www.emajstor.hr/clanak/265/obnova_sanacija_i_rekonstrukcija_kuce) (2.9.2021.)
- [31] URL: <https://geoportal.dgu.hr/>

### 13. POPIS SLIKA

Slika 1. Sudionici u gradnji .....	4
Slika 2. Primjer lučnog mosta - Maslenički most .....	23
Slika 3. Primjer ovješnog mosta - Domovinski most u Zagrebu .....	23
Slika 4. Urbanistički plan uređenja sjevernog dijela grada Varaždina .....	31
Slika 5. Primjer pogleda na rasponsku konstrukciju - vidljivi tragovi korozije .....	36
Slika 6. Detalj oštećene dilatacije na mjestu spoja nosača prvog raspona i upornjaka .....	36
Slika 7. Rekonstrukcija mosta Atlagić u Kninu .....	39
Slika 8. Sanacija stupišta, luka mosta i donje strane AB kolničke konstrukcije Šibenskog mosta .....	40
Slika 9. Akcelerometar .....	44
Slika 10. Prikaz lokacije mosta Družbinac u mjestu Družbinac .....	45
Slika 11. 3D Skeniranje mosta „Družbinac“ .....	46
Slika 12. Skeniranje mosta uređajem Trimble SX-10.....	48
Slika 13. Pogled na most „Družbinac“ .....	48
Slika 14. Prikaz odskeniranog mosta - stajalište 1 .....	49
Slika 15. Prikaz odskeniranog mosta - stajalište 2.....	49
Slika 16. Prikaz odskeniranog mosta – stajalište 3 .....	50
Slika 17. Prikaz odskeniranog mosta – stajalište 5 .....	50
Slika 18. Prikaz odskeniranog mosta - stajalište 6 .....	51
Slika 19. Prikaz odskeniranog mosta - stajalište 7 .....	51
Slika 20. Prikaz odskeniranog mosta - stajalište 7 .....	52
Slika 21. Prikaz odskeniranog mosta - stajalište 8 .....	52
Slika 22. Mjerenje oštećenja mosta sa stajališta 2 .....	53
Slika 23. Prikaz oštećenja mosta - telekamera.....	53
Slika 24. Obrada sirovih podataka.....	54
Slika 25. obrada sirovih podataka – položaj neobrađenih sken podataka .....	54
Slika 26. Odskenirani most sa stajališta 1 .....	54
Slika 28. Uzdužni presjek mosta Družbinac .....	55

## **14. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Tehničke specifikacije Trimble SX10 skenera.....	47
---	----



IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, LAURA GENC pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autorica diplomskog rada pod naslovom SNIMANJE MOSTA PONOCU 3D LASERSKOG SCENERA te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

Laura Genc  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, LAURA GENC neopozivo izjavljujem da sam suglasna s javnom objavom diplomskog rada pod naslovom SNIMANJE MOSTA PONOCU 3D LASERSKOG SCENERA čija sam autorica.

Student/ica:

Laura Genc  
(vlastoručni potpis)