

BIM za sustav gospodarenja mostovima

Hlebec, Jurica Tin

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:064903>

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

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

Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Jurica Tin Hlebec

**BIM ZA SUSTAV GOSPODARENJA
MOSTOVIMA**

ZAVRŠNI ISPIT

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Jurica Tin Hlebec

**BIM ZA SUSTAV GOSPODARENJA
MOSTOVIMA**

ZAVRŠNI ISPIT

Mentor: doc. dr. sc. Jelena Bleiziffer

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Jurica Tin Hlebec

BIM FOR BRIDGE MANAGEMENT SYSTEMS

FINAL EXAM

Supervisor: Jelena Bleiziffer

Zagreb, 2024



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Student/ica :

Jurica Tin Hlebec
(Ime i prezime)

0082063900
(JMBAG)

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

BIM za sustav gospodarenja mostovima

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

BIM for bridge management systems

(Naslov teme završnog ispita na engleskom jeziku)

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

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

-

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

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

-

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum:

17. 9. 2024.

Mentor:

doc., dr. sc. Jelena Bleiziffer

Potpis mentora:

Komentor:

Građevinski fakultet
Fra Andrije Kačića-Miošića 26, HR-10000 Zagreb, OIB: 62924153420
TEL: +385 (0) 1 4639 115, FAKS: +385 (0) 1 4828 051
www.grad.unizg.hr



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja :

Jurica Tin Hlebec, 0082063900

(Ime i prezime, JMBAG)

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

BIM za sustav gospodarenja mostovima

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

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

Datum:

17. 9. 2024.

Potpis:

Jurica Hlebec



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Ja:

Junka Tiw Hlebec, ~~XXXXX~~ 14226254944
(Ime i prezime, OIB)

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

BIM za sustav gospodarenja mostovima
(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

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

doc. dr. sc. Jelena Bleiziffer
(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

24. 9. 2024.
(Datum obrane)

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

Datum: 17. 9. 2024

Potpis: Junka Hlebec

ZAHVALE

Zahvaljujem mentorici doc. dr. sc. Jeleni Bleiziffer na stručnoj pomoći tijekom izrade završnog rada.

SAŽETAK

U okviru ovog rada predstavljena je BIM tehnologija (eng. Building Information Modelling) pri uporabi kod gospodarenja mostovima. Primjena BIM-a u gospodarenja je tek u početnoj fazi te se sve više pokušava unaprijediti. BIM nam pruža bržu, sigurniju i jeftiniju fazu gospodarenja. U radu je opisana važnost protoka informacija kroz BIM i sustav koji se koristi u gospodarenju mostova. Navedene su prednosti i mane koje nam pruža sama BIM tehnologija prilikom gospodarenja te je ustanovljeno kako nam BIM uveliko može pomoći odnosno pružiti podršku za evidentiranje i analizu oštećenja, a kako bi u konačnici građevina bila sigurna za uporabu. Kako je BIM tehnologija relativno nova, prikazano je nekoliko primjera gdje se razrađuje metodologija za gospodarenje izgrađenim mostovima te prenošenje njihovih BIM modela u sam sustav gospodarenja. U radu je prikazana budućnost BIM tehnologije te su navedeni sustavi za koje se procjenjuje da će u bližoj budućnosti zajedno s BIM-om još više olakšati i unaprijediti gospodarenje te smanjiti ukupne troškove, kao što je npr. virtualna stvarnost (eng. Virtual Reality – VR) koja se danas sve više koristi u različitim aspektima života. U radu su sumirane neke od smjernica i mogućnosti iz različitih zemalja kojima se potiču poduzeća na sve veću uporabu BIM-a. Prikazana je i uporaba BIM-a u Hrvatskoj te inicijative i koraci koji se poduzimaju za širu primjenu.

Ključne riječi: BIM, gospodarenje, mostovi, sustav gospodarenja mostovima, protok informacija.

SUMMARY

This overview presents BIM technology (Building Information Modelling) when used in bridge management. The application of BIM in management is only in the initial phase, and more and more efforts are being made to improve it. BIM provides us with a faster, safer and cheaper management phase. This publication describes the importance of the flow of information through the BIM and a bridge management system that is used for bridge maintenance management. The advantages and disadvantages that BIM technology itself offers us during management are listed, and it was established that BIM may greatly help and provide support in registering and analysing damage, and ultimately ensuring the safe use of the structure. As BIM technology is relatively new, several examples are shown in which the methodology for the management of already built bridges is explored as well as the transfer of their BIM models to the bridge management systems. The paper also deals with the future of BIM technology and lists the systems that are soon expected to, together with BIM, facilitate and improve management and significantly reduce the total cost of management – e.g. virtual reality (VR), which is increasingly used today in many aspects of life. A summary of some of the guidelines and possibilities from different countries to encourage companies to use BIM more and more is provided. The use of BIM in Croatia and initiatives and steps for its wider implementation are also presented.

Key words: BIM, management, bridges, bridge management system, information flow.

SADRŽAJ

ZAHVALE	i
SAŽETAK	ii
SUMMARY	iii
SADRŽAJ	iv
1. UVOD	1
2. METODE I TEHNIKE RADA	2
3. BIM (modeliranje informacija o građevinama)	3
3.1. Razvoj i definicija BIM-a	3
3.2. BIM u Republici Hrvatskoj	4
3.3. Primjena BIM-a za mostove	6
4. KORISTI BIM-A U GOSPODARENJU I ODRŽAVANJU	8
5. INTEGRACIJA BIM-A I SUSTAVA GOSPODARENJA MOSTOVIMA	11
5.1. BIM model za potrebe održavanja građevina	11
5.2. Razine razvijenosti elemenata BIM modela	12
5.3. Primjeri korištenja BIM-a za gospodarenje mostovima	15
5.4. BIM u gospodarenju izgrađenih građevina	24
5.5. Prednosti i nedostaci BIM-a u gospodarenju mostova	26
5.6. Budućnost BIM tehnologije u gospodarenju mostova	27
6. ZAKLJUČAK	30
POPIS LITERATURE	31
POPIS SLIKA	34
POPIS TABLICA	35

1. UVOD

Rad se odnosi na pregled i analizu primjene BIM tehnologije za sustave gospodarenja mostovima.

Gospodarenje mostovima ima za cilj održati odgovarajuću razinu uporabljivosti i nosivosti građevine tijekom planiranog vijeka uporabe, uz minimalne troškove. Gospodarenje mostovima je vrlo zahtjevno i od iznimne je važnosti jer se, s jedne strane, bavi planiranjem i praćenjem održavanja mostova čime se izravno utječe na ispunjavanje zahtjeva funkcionalnosti i sigurnosti građevine, a s druge strane, upravo zbog vrlo dugog uporabnog vijeka povezano je s visokim utroškom financijskih sredstava. Zbog toga se u praksi uglavnom koriste sustavi gospodarenja mostovima koji sadrže bazu podataka o mostovima kojima se gospodari i precizno definirane procedure za provođenje i evidentiranje pojedinih aktivnosti održavanja. Takvi sustavi gospodarenja mostovima imaju za svrhu osigurati podlogu i pružiti pomoć u odlučivanju kada i kako intervenirati, a kako bi se očuvala funkcija odnosno poboljšala svojstva i stanje konstrukcije.

BIM je nova tehnologija koja se uvodi u područje graditeljstva i predstavlja važan segment strateške odrednice digitalizacije u području graditeljstva. Kako su temelj BIM-a zapravo podaci odnosno informacije sadržane u tzv. BIM modelu građevine, jasna je poveznica s bazama podataka koje se koriste u sustavu gospodarenja mostovima, a u okviru ovoga rada napravljen je kratki pregled mogućnosti, primjera i istraživanja u tom području.

U radu je najprije dan kratki uvod kojim se поближе objašnjava što je BIM i njegove glavne karakteristike, posebnosti primjene BIM-a za mostove te stanje implementacije BIM-a u Hrvatskoj (poglavlje 3.). Zatim su navedene koristi primjene BIM-a u gospodarenju i održavanju građevina općenito, ne samo mostova (poglavlje 1.). U 1. poglavlju razrađena je tema integracije BIM-a i sustava gospodarenja mostovima kroz razmatranje potrebnih karakteristika odnosno razina razvijenosti BIM modela za potrebe održavanja, dani su prikupljeni podaci više primjera korištenja BIM-a za gospodarenje mostova, istaknute prednosti i nedostaci takvog pristupa te očekivanja za budućnost. Zaključci napravljenog pregleda dani su na kraju rada.

2. METODE I TEHNIKE RADA

Razrada teme ovoga rada provedena je pretraživanjem i pregledom relevantne literature u području teme ovoga rada.

Relevantna literatura prikupljena je najprije zahtjevom za tematsko pretraživanje upućenom Nacionalnoj sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu u svibnju 2024. Prema njihovim izvorima dobiveno je 18 zapisa, 5 dodatnih mrežnih izvora i 5 ocjenskih radova (diplomskih radova) povezanih s naslovom rada odnosno pojmovima „BIM“ i „gospodarenje mostovima“. U prvoj skupini, vrijedan dokument u pogledu teme ovoga rada jesu „Smjernice za BIM pristup u infrastrukturnim projektima“ [4] u izdanju Hrvatske komore inženjera građevinarstva, a koje unutar poglavlja „BIM postupci tijekom održavanja“ se bavi i pitanjem upravljanja imovinom, zatim rad objavljen u časopisu koji se odnosi na implementaciju BIM-a u održavanju građevina [3], iako se na bavi specifično mostovima te konferencijski rad usmjeren na korištenje BIM-a za upravljanje odnosno gospodarenje mostovima (specifično mostovima na rijekama) [24]. Dio preostalih je pružio određen uvid u primjerice osnovne karakteristike i uvod u primjenu BIM-a, karakteristike primjene BIM-a za mostove, analizu stanja primjene BIM-a te su kao takvi korišteni i primjereno referirani, međutim veći dio je izostavljen budući im težište nije niti na BIM-u niti na gospodarenju mostovima ili drugim vrstama građevina, već na projektiranju, proračunu i građenju mostova općenito. Težište 5 ocjenskih radova je na modeliranju mostova u BIM-u pa nisu posebno razmatrani u okviru ove teme.

Da bi se proširila literatura za ovaj pregled, nadalje je napravljeno pretraživanje u bazi Scopus. Ključne riječi korištene u pretraživanju su BIM, bridge, management system kojim je generirano više od 600 zapisa. Budući da bi detaljan pregled i analiza tako velikog broja publikacija izašla iz opsega završnog rada, u ovom pregledu izdvojeno je i obrađeno nekoliko njih koje daju primjere istraživanja načina implementacije BIM-a u sustave gospodarenja mostovima.

3. BIM (MODELIRANJE INFORMACIJA O GRAĐEVINAMA)

Kada govorimo o građevinarstvu govorimo o složenoj struci koja danas ima veliki utjecaj na okoliš i život ljudi. Radi kvalitetnijeg, točnijeg i bržeg projektiranja, građenja i održavanja građevine, bila to visokogradnja ili niskogradnja¹, pojavljuju se nove tehnologije koje olakšavaju te procese. BIM je jedna od novih tehnologija koja se sve više koristi u građevinarstvu, a koja nudi niz prednosti, uključivo i u području održavanja građevina, pa tako i mostova, razvojem sustava gospodarenja temeljenih na BIM-u.

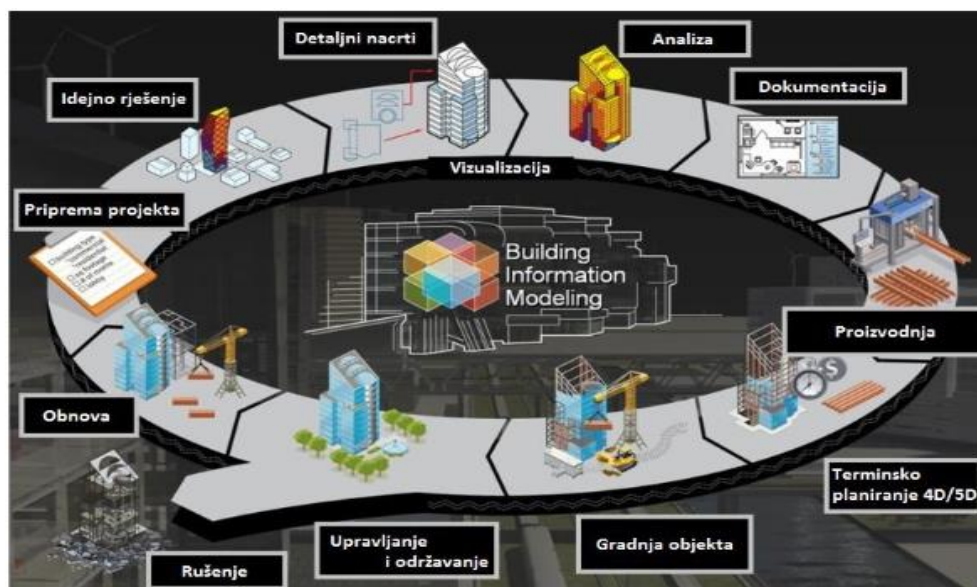
3.1. Razvoj i definicija BIM-a

Razvoj onoga što danas nazivamo BIM započinje prije pola stoljeća razmatranjem parametarskog projektiranja i 3D prikaza u kojima su integrirane baze podataka, a zatim i razvojem prvih softvera [1]. Pošto su u to vrijeme programi bili skromnijih mogućnosti, nisu se mogli koristiti u svrhe i na načine koji su mogući i na raspolaganju danas. Međutim, proteklih desetljeća BIM se vrlo intenzivno razvija i, prema različitim strateškim dokumentima i stupnju implementacije u gospodarski razvijenim državama svijeta, može se smatrati da će u budućnosti bez BIM-a biti gotovo nezamislivo voditi kompleksne i skupe projekte, kao što je i gradnja mostova.

Riječ BIM zapravo je skraćenica od Building Information Modelling tj. modeliranje informacija o građevinama [2]. Cerić i sur. opisuju kako „BIM podrazumijeva izradu višedimenzionalnog informacijskog modela građevine, koji se temelji na osnovnom 3D modelu i omogućava dijeljenje informacija među sudionicima u projektu tijekom cijelog životnog vijeka građevine“ [3]. Upravo to dijeljenje informacija i to što su te informacije na jednom mjestu i dostupne svim sudionicima u gradnji omogućuje poboljšanja i povećanje efikasnosti u različitim fazama životnog ciklusa neke građevine (Slika 1, [1]). BIM model neke građevine bit će sastavljen od BIM elemenata za koje je ključno da, uz geometrijske, sadrže i sve druge podatke koji pružaju informacije potrebne najprije za gradnju, a potom i za kasniju fazu uporabe i održavanja tj. za cjelokupno gospodarenje građevinom. Na taj način se otklanja problem nekontinuiranog, nekonzistentnog i nepotpunog tijeka informacija između različitih faza projekta, ali i između različitih disciplina sudionika unutar pojedine faze [4]. Cilj i svrha implementacije BIM-a sažeto su opisani normiranom definicijom BIM-a

¹ Pojmovi „visokogradnja“ i „niskogradnja“ nisu zakonski definirani, ali su uvriježeni u praksi i korišteni su u ovom radu, budući da su korišteni i u referiranoj literaturi.

prema kojoj se radi o dijeljenom digitalnom prikazu izgrađene imovine (npr. zgrade, mosta, ceste) koji olakšava projektiranje, građenje i uporabu na način da daje pouzdani temelj za donošenje odluka [2].



Slika 1.: Vizualni prikaz BIM-a (Izvor: [1])

3.2. BIM u Republici Hrvatskoj

Analiza primjene BIM-a u hrvatskom graditeljstvu [5] prikazuje rezultate istraživanja iz 2016. godine. Ovdje se za ilustraciju iz tog istraživanja prenosi odgovor sudionika ankete na jedno od pitanja iz kojeg je vidljivo da je u tom trenutku manje od 1/4 poduzeća u Hrvatskoj koja koriste BIM te da je udio onih koji nemaju želju odnosno potrebu za korištenjem BIM tehnologije gotovo 1/4 (Slika 2, [5]). Za pretpostaviti je da će se i ta poduzeća s vremenom ipak trebati prilagoditi novim uvjetima i investirati u primjenu novih tehnologija kako će investitori više postavljati uvjet primjene BIM-a u projektima. Uvrštavanje BIM-a u EU direktivu o javnoj nabavi [6] – iako ne kao obavezan uvjet, već samo mogućnost – sasvim sigurno je poticaj javnim naručiteljima za češći zahtjev implementacije BIM pristupa u okviru projekata. I doista, na nekim postupcima javne nabave u Republici Hrvatskoj, upravo u području niskogradnje, javni naručitelji prilikom nabave usluga projektiranja natječajnom dokumentacijom specificiraju, između ostalog, i izradu BIM modela odnosno primjenu BIM pristupa [7].



Slika 2.: Odgovor na pitanje unutar koliko će godina poduzeća biti spremna koristiti BIM
(Izvor: [5])

Za što bržu prilagodbu korištenja BIM tehnologije u procesima čitavog životnog vijeka neke građevine, pa onda i gospodarenja koje je tema ovoga rada, nužno je usvojiti norme, smjernice i upute te poticati što veću uporabu BIM pristupa [3]. U Hrvatskoj trenutačno traje početna faza uvođenja same BIM tehnologije [3] te BIM nije obavezan. U ovoj pripremnj fazi od strane Hrvatske komore inženjera građevinarstva objavljene su „Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu“ [8] te „Smjernice za BIM pristup u infrastrukturnim projektima“ [4]. Također je čitav niz međunarodnih normi koje se bave problematikom modeliranja informacija o građevinama usvojen kao hrvatske norme (npr. [2]). Na razini Europske unije, pa onda i u Hrvatskoj je aktivna i radna skupina za BIM (BIM Task Group) koja radi „na promociji i implementaciji BIM-a“ odnosno „u cilju implementacije BIM-a u Republici Hrvatskoj“ [9].

Ako je suditi po trendovima u visoko razvijenim državama [10], a zbog niza prednosti BIM tehnologije općenito („npr. analiza i koordinacija kolizija elemenata, smanjenje pogrešaka, ponovnog rada i troškova, povećanje kontrole, brže donošenje odluka“ [5]), a koje se onda odražavaju i u fazi gospodarenja, može se očekivati kako bi se u budućnosti moglo uvesti i obavezno korištenje BIM-a, barem u slučaju javnih naručitelja za projekte velike financijske vrijednosti.

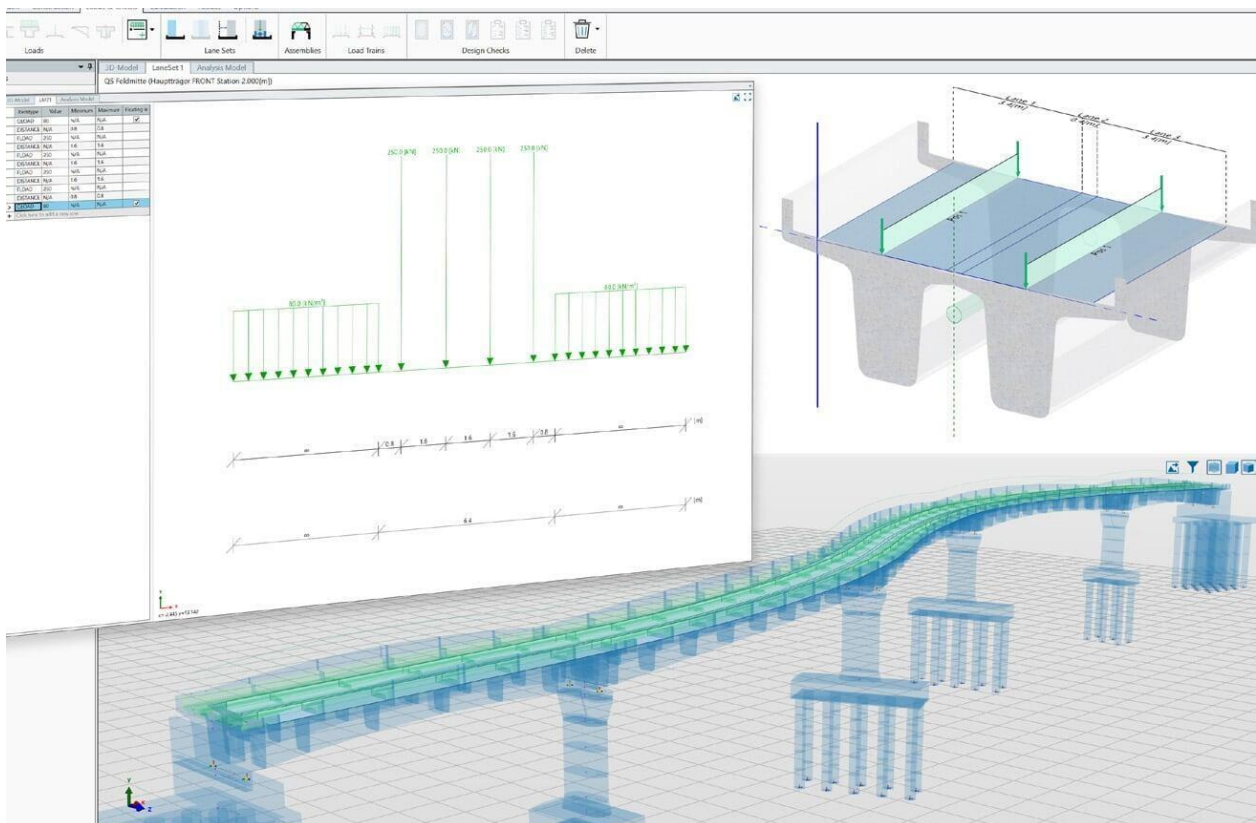
Kada govorimo o održavanju odnosno gospodarenju, za uspješnu primjenu tj. kako bi mogli na najbolji način koristiti informacije sadržane u BIM modelu nakon izgradnje građevine, nužna je edukacija [3] i stalna prilagodba na nove tehnologije koje se razvijaju u svijetu i to za sve uključene sudionike.

Za očekivati je da će u narednom periodu BIM modeli postati uobičajeni dio isporuke, a kroz niz prednosti koje BIM tehnologija pruža omogućiti i jednostavnije i uspješnije upravljanje u

fazi gospodarenja građevinama općenito, pa tako i mostovima, osiguravajuće praćenje i kontrolu vođenjem svih informacija i kroz povezivanje s BIM modelom mosta.

3.3. Primjena BIM-a za mostove

Andabaka i sur. daju pregled različitih aspekata povezanih s BIM pristupom u niskogradnji, što uključuje i mostove [4]. Ističu da, iako se počeci BIM-a vežu za visokogradnju, danas se BIM sve češće primjenjuje i u niskogradnji. Međutim, kako mostovi imaju određene specifičnosti u odnosu na zgrade, tako vrlo često osnovni BIM softveri nisu pogodni za modeliranje mostova pa su uglavnom potrebni specijalizirani BIM softveri i/ili dodaci [4]. Naime, sama izrada 3D BIM modela u smislu definiranja geometrije ima bitnu razliku u polazištu što zahtijeva prilagodbu BIM softvera koji se koriste za zgrade kako bi se mogli koristiti za modeliranje mostova. Kod mostova je, kao i kod drugih linijskih infrastrukturnih građevina geometrija vezana za krivulju sastavljenu od segmenata koji horizontalno i vertikalno mogu biti u krivini ili u pravcu, dok su kod zgrada osnova međusobno okomite osi [11] (Slika 3, [12]).



Slika 3.: Primjer BIM modela mosta (Izvor: [12])

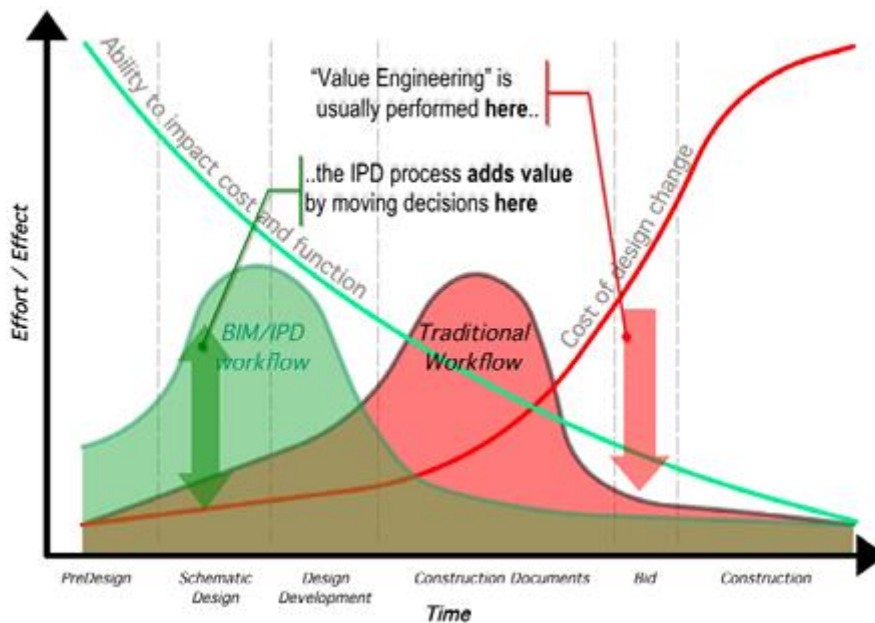
Andabaka i sur. [4] dodatno naglašavaju koristi zbog samog financijskog aspekta izgradnje i održavanja cesta, mostova, tunela i sl. osobito povezano s činjenicom da se većina niskogradnje financira javnim novcem, a ne privatnim kao što je u visokogradnji. Ne manje važnom motivacijom za primjenu BIM pristupa u niskogradnji smatraju i mogućnost značajnijeg smanjenja njihovog velikog utjecaja na okoliš i mijenjanje zatečenog stanja.

4. KORISTI BIM-A U GOSPODARENJU I ODRŽAVANJU

Gospodarenje je dio životnog ciklusa neke građevine od posebne važnosti jer se odnosi na vrlo dugi period pa je povezano s utroškom velikih financijskih sredstava, a istodobno ima zahtjevnu zadaću odgovoriti na sve izazove koji se pojavljuju tijekom uporabe građevine, a da se zadrži ispunjavanje svih temeljnih zahtjeva koji se postavljaju na građevinu. Gospodarenje ima za cilj održati svojstva i stanje građevine na zahtijevanoj razini, a u nekim slučajevima može uključivati čak i poboljšanja. Pri tome je fokus uglavnom na održavanju stanja u prihvatljivim granicama da bi građevina i dalje bila uporabiva, ali uz optimalan utrošak financijskih sredstava.

Cerić i sur. u svom radu [3], između ostaloga, predstavljaju koristi BIM-a za fazu održavanja građevina. Prenose zaključke ranijih istraživanja kako je glavna korist od uporabe BIM-a u gospodarenju građevina to da su sve bitne informacije tj. informacije koje su potrebne za gospodarenje građevinama sadržane u jednoj datoteci, što znači da više nije nužno pregledavati veliki broj papira odnosno dokumentacije da bi se došlo do potrebnih podataka za provedbu istih radnji [3]. Navedeno je ogromna prednost BIM pristupa, jer BIM model već u sebi sadrži niz podataka koji daju informacije potrebne za fazu održavanja odnosno gospodarenja. U suprotnom tj. do sada, ti podaci su se morali najprije utvrditi iz projektne i druge dokumentacije o nekoj građevini i/ili uvidom na licu mjesta za postojeće građevine, a zatim unijeti u bazu podataka koju koristi softver/sustav za održavanje građevine. U slučaju BIM pristupa, podaci su na jednom mjestu i povezani su i s 3D grafičkim prikazom tj. modelom što olakšava snalaženje, interpretaciju odnosno cjelokupno korištenje. Na taj način je zapravo BIM pristupom omogućeno izostaviti cijelu pripremu za unos i sami unos podataka u bazu softvera za održavanje jer su podaci već pripremljeni u samom BIM-u čime je proces olakšan i ubrzan, a i mogućnost pogrešaka bi trebala biti manja. Iako BIM djeluje vrlo korisno u gospodarenju građevinama općenito, pa onda i u slučaju mostova, i dalje vrlo zaostaje njegova primjena u toj fazi u odnosu na faze projektiranja i građenja [3]. Činjenica jest da prethodno navedene prednosti vrijede samo ako je BIM pristup primijenjen već u prethodnim fazama odnosno kontinuirano tijekom čitavog ciklusa koji neminovno uključuje i čitav niz sudionika u procesima, odnosno kako ističu Cerić i sur. model mora biti visokog stupnja razvijenosti [3], što je detaljnije prikazano u poglavlju 5.2. U tom smislu, od iznimnog su značaja specifikacije koje investitor daje u pogledu svojih zahtjeva na projektu vezane na primjenu BIM pristupa u projektiranju, građenju i održavanju, a sadržane su u dokumentu naziva "BIM zahtjevi naručitelja" [8] ili "Specifikacija zahtjeva naručitelja za BIM" [4] za koji se uobičajeno koristi skraćenica EIR od engleskog naziva (BIM Employer's Information Requirements (npr. [13])).

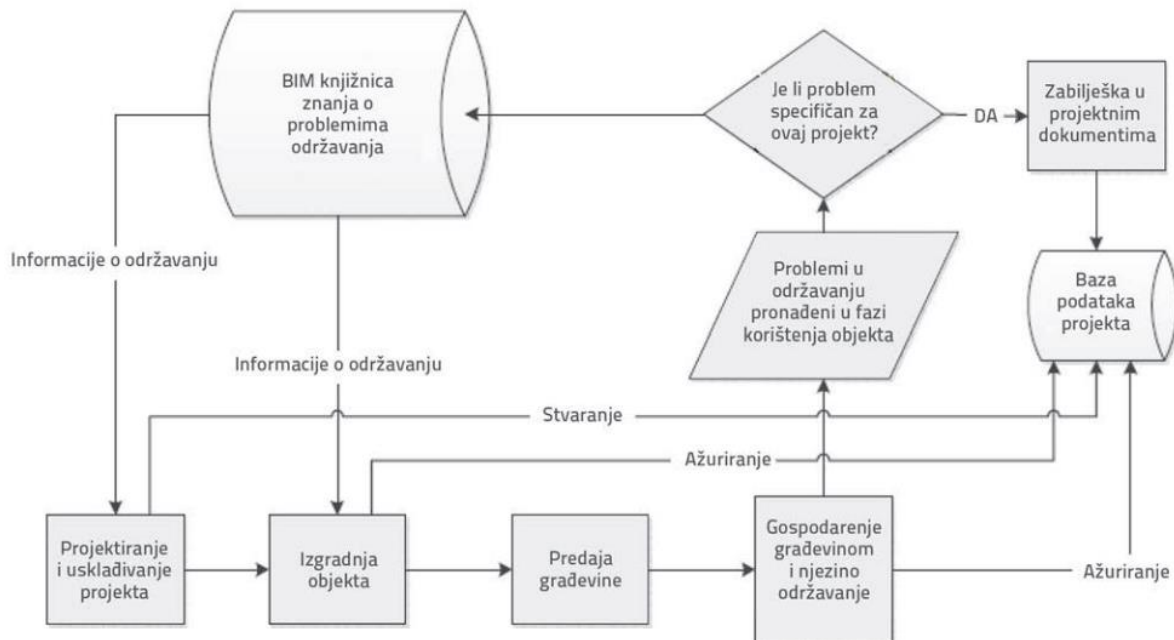
Nikako ne manje bitna karakteristika zbog koje prednosti BIM-a za fazu održavanja odnosno gospodarenja osobito dolaze do izražaja i omogućuju rezultat bliži optimalnom na razini čitavog životnog ciklusa građevine jest povezivanje održavanja i početnih ulaganja u projekt [3].



Slika 4.: Tijek rada tradicionalnog i BIM pristupa (Izvor: [14])

To jest tu govorimo o tome kako BIM tehnologija potiče i pomiče suradnju različitih sudionika, pa tako i suradnju projektanta i osoba za održavanje i gospodarenje građevinama, u početne faze čitavoga projekta (Slika 4, [14]) što može uvelike utjecati na lakše gospodarenje građevinama tj. smanjiti potrebu ili učestalost provođenja održavanja. Prema nekim istraživanjima 50 % problema koji su vezani za održavanje neke građevine može se izbjeći u slučaju njihovog izbjegavanja u ranim fazama projekta [3]. To se može postići uključivanjem stručnjaka za održavanje u te rane faze tj. osoba koje poznaju postupke i metode koje se koriste u fazi uporabe i održavanja te iskustvima o ponašanju konstrukcija i različitih materijala tijekom uporabe. U mnogim zemljama koje su predvodnice u građevinarstvu plan održavanja je unaprijed određen i nalazi se u projektnoj dokumentaciji [3]. I u Hrvatskoj prema Zakonu o gradnji, uvjeti za održavanje građevine trebaju biti sadržani u glavnom projektu građevine, a daje ih i izvođač u svojoj pisanoj izjavi [15]. Ali, u stvarnosti to možda neće biti u potpunosti obuhvaćeno jer informacije koje su potrebne za pravilno gospodarenje i iskustva iz održavanja često ne dolaze do projektanata, niti je tim stručnjaka za održavanje u tim ranim fazama projekta uvijek moguće angažirati jer još nije ni uspostavljen [3]. BIM bi mogao biti odlično rješenje za navedeni problem zato što se već veliki dio informacija koji su potrebni za gospodarenje može naći u arhivama ili knjižnicama

te samim time tim stručnjaka koji bi bili zaduženi za gospodarenje ne bi trebao biti angažirani u početnim fazama projekta ili se smanjuje potreba za njihovim angažiranjem, a sva nužna znanja o problemima održavanja priključena su BIM bazi podataka [3].



Slika 5.: Funkcioniranje BIM baze podataka o održavanju (Izvor: [3] [16])

Model kako se upravlja informacijama za održavanje građevina korištenjem BIM-a predstavljen je u radu [3] (Slika 5, [3] [16]) – u središtu se nalazi baza podataka u BIM-u u kojoj su, s jedne strane, dostupna iskustva iz održavanja sličnih građevina, a s druge strane bilježe se sve daljnje aktivnosti koje se provode na nekom projektu ili se nešto mijenja u određenim fazama, čime se opet nadopunjuje baza postojećih znanja i iskustava.

5. INTEGRACIJA BIM-A I SUSTAVA GOSPODARENJA MOSTOVIMA

5.1. BIM model za potrebe održavanja građevina

Cerić i sur. daju pregled osnovnih karakteristika i funkcioniranja BIM-a i njegove integracije u ciklus održavanja [3]. Naglašavaju da je za uspješno gospodarenje odnosno upravljanje održavanjem građevina potrebno prikladno surađivanje svih sudionika koji su sudjelovali na projektiraju i građenju građevine. Bolju suradnju i izradu plana održavanja omogućuje izrada višedimenzionalnog informacijskog modela koji uz 3D model sadrži i nužne informacije o npr. materijalima same građevine, opterećenjima i drugim djelovanjima kojim je izložen kroz čitavi svoj životni ciklus. Spajanje 3D modela mosta s podacima koji su dostupni o njegovim materijalima i opterećenjima smanjuje troškove održavanja i vremena koje je potrebno za isto. Autori opisuju postupanje s BIM modelom nakon izgradnje građevine, a za potrebe njenog održavanja [3] kako slijedi:

1. ažurirati BIM model da prikazuje izvedeno stanje,
2. dodati podatke potrebe za uporabu i održavanje,
3. uvesti BIM model u specijalizirane softvere za održavanje.

Pri tome naglašavaju da softver koji se odnosi na održavanje treba biti unaprijed određen te se treba moći spojiti s ranije korištenim platformama, a posebno ističu potrebu za edukacijom osoblja u održavanju pa čak predlažu i uvođenje neobaveznih certifikata osposobljenosti rada na BIM projektu što ima za cilj s jedne strane čuvanje interesa investitora, a s druge dokaz prednosti neke tvrtke na tržištu [3]. Naime, ažurirani BIM model izvedenog stanja s potrebnim dodatnim podacima za uporabu i održavanje u ovoj fazi preuzimaju stručnjaci za gospodarenje i održavanje stoga je nužna njihova edukacija kojom bi stekli vještine potrebne za ispravan način korištenja BIM modela.

Nadalje, u istom radu [3] se ističu dva važna međusobno povezana aspekta nužna za uspješnost gospodarenja u fazi uporabe i održavanja:

1. „integracija svih faza životnog vijeka“ pa će se informacije koje trebaju biti sadržane u BIM modelu definirati na početku projekta, a ne tek na početku faze uporabe i održavanja,
2. multidisciplinarnost timova gdje će stručnjaci za održavanje biti uključeni i u fazu projektiranja odnosno obrnuto, projektanti uključeni u fazu održavanja.

Faza gospodarenja građevinom općenito je izuzetno bitna jer su zbog dugog uporabnog vijeka građevina i troškovi povezani s tom fazom veći od troškova preostalih faza. Njihov







udio razlikovat će se ovisno o vrsti građevine o kojoj se radi, a procjena je da prosječno na gospodarenje odlazi 60% cjelokupnih troškova životnog ciklusa [3] tj. od idejne faze do kraja njene eksploatacije. Zbog tako velikih troškova povezanih s fazom gospodarenja, danas se sve više ulaže u integraciju BIM tehnologije kako bi se iskoristile sve prednosti koje pruža – i kroz povezivanje s ostalim fazama gradnje, ali i s ostalim strukama koje sudjeluju u cjelokupnom procesu projektiranja i građenja neke građevine općenito, pa i nekog mosta.

5.2. Razine razvijenosti elemenata BIM modela

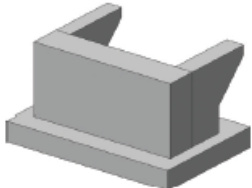
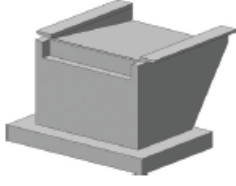
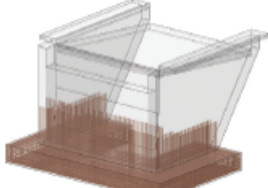
Cerić i sur. ističu da je za upotrebu BIM-a u održavanju građevina „neizbježno potreban velik stupanj razvijenosti BIM modela“ [3].



Stupanj razvijenosti uobičajeno se u praksi formulira razinama razvijenosti (eng. Level of Development, skraćenica LOD). LOD može biti 100, 200, 300, 400 i 500 pri čemu je 100 najniži, a 500 najviši stupanj razvijenosti [17], iako je moguće definirati i međukorake [8]. Osmišljeni su kako bi svi sudionici u projektu znali što je točno sadržano u modelu i elementima modela [17] odnosno LOD je „mjera je koja se koristi za opisivanje pouzdanosti informacija koje su dio elemenata modela u različitim fazama razvijenosti BIM modela, odnosno, projekta“ [8].

Na sljedećoj slici dan je primjer LOD razina za armiranobetonsku gredu preuzet iz [8], dok je „Smjernicama za BIM pristup u infrastrukturnim projektima“ [4] razrađena razina razvijenosti za pojedine elemente infrastrukture pa tako i za elemente BIM modela mostova. U ovom radu su za primjer iz te literature izdvojeni prikazi razrada razina razvijenosti za upornjak mosta i prijelazne naprave za mostove (**Slika 7**, [4]) za koje je za svaku od razina LOD 100, 200, 300, 350, 400 i 500 definiran način modeliranja, izlazna geometrija i potrebni atributi. Isto je napravljeno i za druge elemente mosta pri čemu su grupirani u: donji ustroj, gornji ustroj i pomost. Uz upornjake i prijelazne naprave dane kao primjer u ovom radu, obuhvaćeni su stupovi, ležajevi, glavni nosači, poprečni nosači, podužni nosači, spregovi i ukrute, ploča kolnika, sekundarni nosači, stupovi pomosta, čeonci zid, ispuna pomosta, vješaljke, zatege, slojevi hodnika i kolnika te ograde. Na najnižoj razini razvijenosti LOD 100 ne modeliraju se pojedini elementi mosta, već je element BIM modela tada cijeli most koji se zapravo modelira kao linijski prikaz predviđenog položaja mosta, opisan atributom duljina.

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 350	LOD 400	LOD 500
					
Nema informacija (nije uopće poznato je li greda potrebna).	Postoji greda, vjerojatno će biti armirano-betonska, procijenjenih dimenzija.	Armirano-betonska greda, točno određenih svojstava betona i armature definiranog presjeka, predgotovljena, sve su dimenzije precizno određene.	Kompromis: koristi se LOD međukorak, plan oplate i armature te PKOK grede u tvornici.	Izvedbeni projekt, uz plan oplate i armature te PKOK, razrađeni su svi detalji građenja, oprema za podizanje, mjesta prihvata i drugo.	Snimak izvedenog stanja.

Slika 6.: Primjer LOD razina za armiranobetonsku gredu (Izvor: [8])

Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Donji ustroj			
Element:	Upornjak			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao element približnih dimenzija i treba sadržavati minimalno temelj, stup i krila upornjaka.	3D solid približnih dimenzija poprečnog presjeka i približne duljine	Materijal	
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija poprečnog presjeka i duljine s definiranim poprečnim i uzdužnim nagibima. Treba sadržavati sve ostale elemente projektiranog uporanjaka (prijelazna ploča, podnožni zidić)	3D solid preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Uključuje sve promjene poprečnog i uzdužnog presjeka na elementima uporanjaka. Ne mora uključivati prodore za instalacije.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona)	
LOD 350	Element se modelira sa svim pripadajućim zaobljenima, istacima i utorima. Modeliraju se razdjelne reške. Modeliraju se podložni betoni, armatura te prodori za instalacije.	3D solid elemenata armature s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Također uključuje prodore za instalacije.	Vrsta materijala i faznost izvedbe	
LOD 400	Modelira se privremena konstrukcija za tehnologiju izvođenja.	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima za spojeve (vijci, pločice)	-	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Gornji ustroj			
Element:	Prijelazni uređaji (Dilatacijske naprave)			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Ne modelira se	-	-	
LOD 300	Modelira se kao element ukupnih vanjskih gabarita	3D solid s dimenzijama koje se mogu izmjeriti iz modela.	Vrijednost dopuštenog pomaka	
LOD 400	Modelira se kao element točnih dimenzija sa svim pripadajućim dijelovima naprave	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima naprave	Materijali svih elemenata naprave	
LOD 500	-	-	Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

Slika 7.: Primjer LOD razina za upornjak mosta i prijelazne naprave na mostu (Izvor: [4])

Jurčević i sur. u pogledu prikladne razine LOD-a za propisanu razinu razrade i namjenu projekta navode uobičajenu uporabu za većinu elemenata [8]:

- u idejnim rješenjima i analizama: LOD 100
- u idejnim projektima: LOD 200
- glavnog projekta: LOD 300
- izvedbenog projekta: LOD 400
- projekta izvedenog stanja: LOD 500

Za sustav gospodarenja mostovima stoga je nužan BIM model s elementima razine razvijenosti LOD 500 koji odgovara najvećoj razini razvijenosti elemenata BIM modela.

Kako je prethodno navedeno, LOD-ovi su uobičajena formulacija stupnja razvijenosti elemenata modela koja se koristi u praksi. Međutim, današnje međunarodne norme usvojene i kao hrvatske norme govore o razini potrebnih informacija (Level of information need) [18] [3] definirane kroz kvalitetu, kvantitetu i granularnost informacija [18].

5.3. Primjeri korištenja BIM-a za gospodarenje mostovima

U radu [4] dan je pregled BIM alata u postupcima održavanja. Objašnjava se da se svi dijelovi u životnom ciklusu građevine mogu dokumentirati, a na pravilan način njima se može služiti u raznim sustavima korištenjem softvera koji to olakšavaju. Nakon šta se neki most izgradi i nakon što on krene u funkciju za koju je i u prvu ruku napravljen, slijedi faza održavanja u njegovom životnom ciklusu za planiranje i praćenje koje se uobičajeno koriste sustavi gospodarenja. Dok je sam most u funkciji postoji niz sustava koji omogućuju praćenje i neometan rad mosta, a uključuju i „preventivno i prediktivno održavanje, održavanje na zahtjev“ [4] te niz drugih stvari, a u kojima može pomoći BIM tehnologija. Sustavi koji služe za gospodarenje građevinama uobičajeno se označavaju CAFM (eng. Computer Aided Facility Management) ili CMMS (eng. Computerized Maintenance Management System), a danas se javljaju i nove tehnologije koje su izvedenice iz navedenih te imaju niz novih i poboljšanih aktivnosti, npr. specijalizirane u pogledu upravljanja radnim mjestima IWMS (eng. Integrated Workplace Management System) [4]. U području mostova uobičajeni naziv je jednostavno sustav gospodarenja mostovima (eng. Bridge Management System) jer se radi o specijaliziranim softverima za tu vrstu građevina.

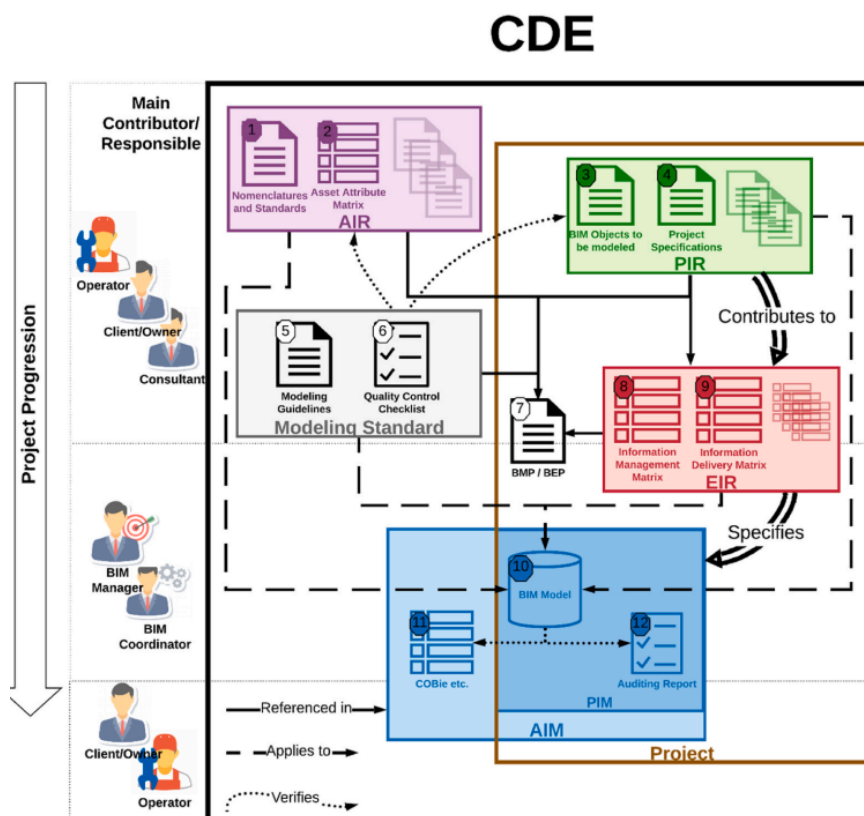
Slično, svako područje u građevinarstvu ima svoje specifičnosti i zahtijevat će prilagođeni BIM softver te iako se može reći da je niz tih programa međusobno slično i kompatibilno, na kraju će se međusobno razlikovati po nizu specifičnosti koje pružaju i u svom sektoru nemaju zamjenu [4]. Kada govorimo o mostovima i sustavima za gospodarenje mostovima oni su vrlo specifični bili i prije razvitka BIM tehnologije, a takvi su i danas kada se nastoji integrirati BIM u sustav gospodarenja mostovima. Sustavi gospodarenja u području infrastrukture, a koji koriste BIM su vrlo rijetki. BIM je općenito bio ponajprije razvijen u području visokogradnje, a zatim su se s vremenom BIM softveri uz prilagodbe i dodatke prilagođavali za građevine u niskogradnji pa tako i mostove. Kada dolazimo do gospodarenja mostovima kroz BIM tehnologiju najvažnija komponenta tog modela je podatkovni dio. U fazi gospodarenja podatkovni dio se integrira s alatima nekog od sustava gospodarenja i sve zajedno je povezano i prikazano na BIM modelu.

Li i sur. daju primjer razvoja sustava gospodarenja mostovima utemeljenog na BIM-u, a usmjereni su prvenstveno na upravljanje i korištenje podataka o tzv. defektima tj. oštećenjima i nedostacima uočenim na nekom mostu tijekom pregleda [19]. Razradu sustava su podijelili u šest faza odnosno razina: istraživanje zahtjeva, analiza prototipa, dizajn prototipa sustava, programiranje, testiranje sustava na studiji slučaja jednog mosta te implementacija i održavanje sustava. Sami izgled i podaci o mostu su iz BIM modela mosta, dobiveni njegovom vizualizacijom i integracijom, a podatkovni dio o defektima na

mostu koji su utvrđeni pregledima se povlači iz baze podataka oštećenja/nedostataka koja je u tu svrhu kodirana prema IFD standardima.

Fang i sur. u svom radu [20] pokazuju kako se dolazi do podataka i kvalitetu podataka koje se koristi prilikom primjene BIM-a u području gospodarenja. Smatraju da svaka građevina mora imati svoj SAM (Strategic Asset Management) plan, odnosno moraju imati strategiju na koji način će se upravljati građevinama. Glavni cilj SAM-a je poboljšati strateško upravljanje rizikom i optimizirati odnosno povećati ukupnu vrijednost građevinama. Više tvrtki je pružalo svoje SAM usluge za različite tipove projekata te su uspostavljene cijele SAM jedinice ili odjeli. Inovativne SAM usluge moraju se, na kraju njihovog završetka, moći primijeniti na većinu projekata. SAM jedinice trebaju osigurati ne samo dobro odvijanje projekta već i optimizaciju kroz rizike i potencijale. SAM stručnjaci moraju prikupiti i usporediti točne i potrebne podatke kako bi se podaci na pravilan način mogli koristiti. Ti podaci se danas koriste kroz različite BIM softvere te sustave za fazu gospodarenja te je početni korak njihovo prikupljanje. Kako bi se ubrzale SAM jedinice i iskoristile informacije koje su stvorene moraju se riješiti sljedeći ciljevi: ocijeniti kvalitetu podataka, analizirati i sažeti kako dobiti podatke iz BIM-a i upravljati tim podacima, istražiti načine kako iskoristiti strateške prednosti takvog pristupa. U području gospodarenja imovinom postoje određeni rizici kada govorimo o kvaliteti podataka. Već ranije su relevantna tijela razvila šestodimenzionalni okvir za kvalitetu podataka. Najpopularnije dimenzije kvalitete podataka su: točnost, potpunost, pravodobnost i dosljednost. Znanstvenici su ih uspješno objedinili i povezali s karakteristikama podataka te se kvaliteta podataka sastoji od pet glavnih dimenzija: dostupnost, upotrebljivost, pouzdanost, relevantnost i kvaliteta prezentacije.

Leygonie, Motamedi i Iordanova u svom radu [21] se također bave problematikom korištenja podataka iz BIM-a u sustavima za upravljanje i održavanje građevina. Informacijski zahtjevi (Information requirement, IR) koje sastavlja naručitelj su osnova prema kojima se rade BIM modeli i zahtjevi koji proizlaze iz faze gospodarenja moraju biti uključeni u njih. Zahtjevi za informacijama se razvrstavaju u različite kategorije kako je navedeno u normi ISO 19650. U informacijske zahtjeve svrstavamo: zahtjevi za informacijama o organizaciji (Organization Information Requirement, OIR), koji se smatraju kako su zahtjevi visoke razine, zahtjevi za informacije o imovini (Asset Information Requirement, AIR), koje se odnose na građevine i njihova obilježja, te zahtjevi za razmjenu informacija (Exchange Information Requirement, EIR), koji se odnose na detalje nastanka i prijenosa informacija. Zahtjevi za informacijama su ključni za uspješnu primjenu u fazi gospodarenja odnosno upravljanja i održavanja.

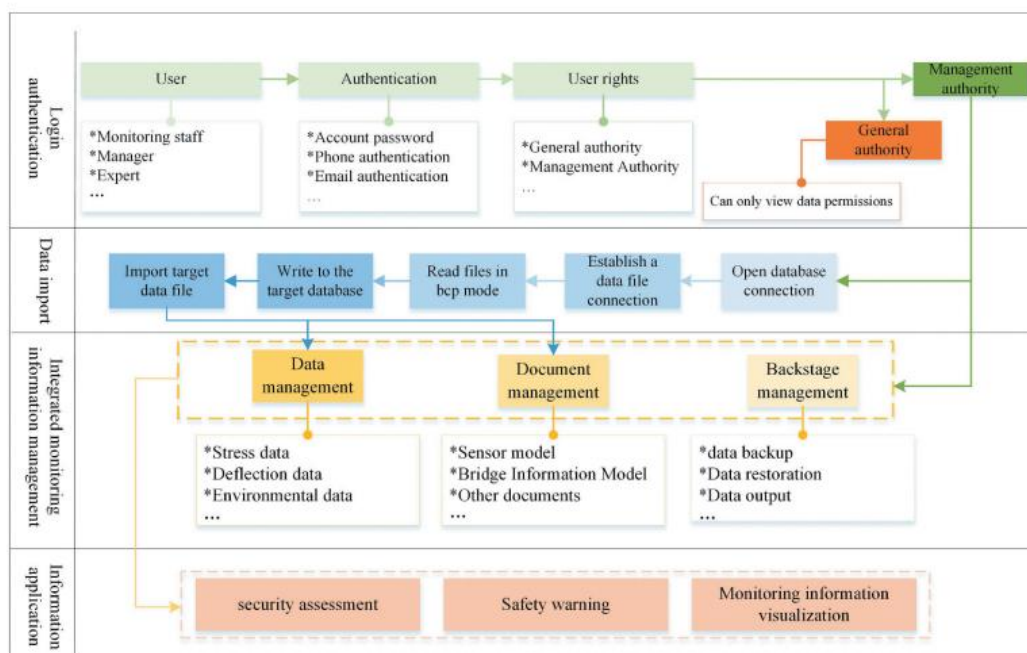


Slika 8.: Veza između različitih vrsta zahtijevanih informacija (eng. Information Requirements – IR) (Izvor: [21])

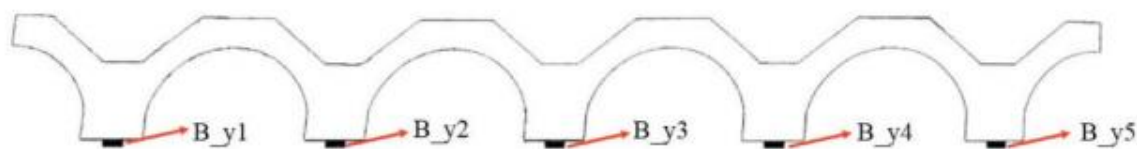
Gornja slika (Slika 8, [21]) prikazuje način za kontrolu podataka i njihove kvalitete te uključenost i prihvaćanje od strane pojedinih sudionika. Sivi okvir na navedenoj slici označava „Modeling standard” iz kojeg se provjerava ispunjavaju li podaci i informacije standarde koji su definirani u AIR-u i PIR-u. U AIR-u (ljubičasti okvir) nalaze se informacije koje nisu posebne za projekt. U PIR-u (zeleni okvir) informacije su koje su vezane za projekt. Sve informacije za upravljanje nalaze se u EIR-u (crveni okvir) iz kojeg se dalje dijele te informacije koje su potrebne za korištenje prilikom gospodarenja. Primjenjivanje gore navedenih procesa omogućuje izradu BIM modela koji će kasnije biti prikladan za upotrebu prilikom gospodarenja.

Deng i sur. u svom radu [22] prikazuju kako se u sustavima temeljenim na BIM-u može upravljati informacijama i pratiti rana upozorenja o sigurnosti konstrukcije te opisuju primjer razvoja takvog sustava i njegovo korištenje, a sličan slučaj susreće se i u radu [23]. I ranije su znanstvenici modelirali sustav senzora koje su stavljali u elemente kako bi mogli izravno dobiti podatke na BIM modelu, nakon toga i daljnjih istraživanja razvila se BIM dinamička metoda koja automatski generira parametarske modele obogaćene velikim brojem

podataka i omogućuje prikaz na dinamični i interaktivni način. Kod sustava za gospodarenje koji koriste BIM, veliki problem je također osigurati kako bi se velika količina podataka mogla generirati i pohranjivati te kako bi ti podaci bili dostupni i kako bi ih svi mogli koristiti. Jedan od načina rješavanja je razvoj SQL baze podataka koja u kombinaciji s BIM tehnologijom omogućuje integriranu metodu gospodarenja temeljenu na BIM-u u cilju ranog vizualnog sigurnosno upozorenje i praćenje podataka o stanju konstrukcije mosta (Slika 9 i Slika 10, [22]). Autori opisuju da sigurnosno rano u upozorenje uključuje pet aspekata: prikupljanje informacija, pohranjivanje informacija, analiza informacija, snimanje te dijeljenje informacija. U današnje vrijeme prikupljanje podataka može se vršiti pomoću senzora koji se nalaze u konstrukcijskim elementima te se uz podršku napredne tehnologije ti podaci bežično prenose u BIM sustave te se na taj način u realnom vremenu može pratiti životni ciklus mosta, a što se tiče pohrane podataka tehnologija osigurava brzu pohranu informacija te prijenos, a te informacije na kraju su dostupne onima koji za njima imaju potrebu.



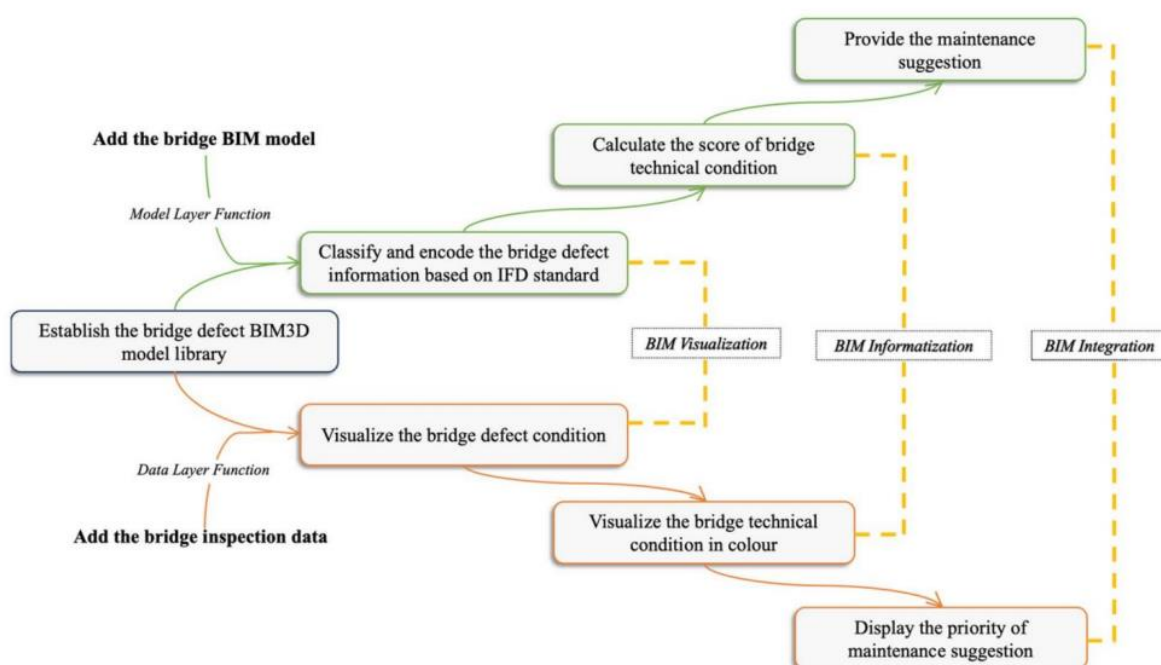
Slika 9.: Upravljanje informacijama za praćenje oštećenja na mostovima (Izvor: [22])






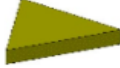



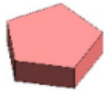

Slika 10.: Raspored senzora na mostu (Izvor: [22])

U primjeru koji daju Li i sur. [19] prvi korak je uspostava baze defekata u BIM-u (Slika 11, [19]). Razdijelili su ih u 4 kategorije: oštećenja (npr. pukotine, ljuštenje), korozija (npr.

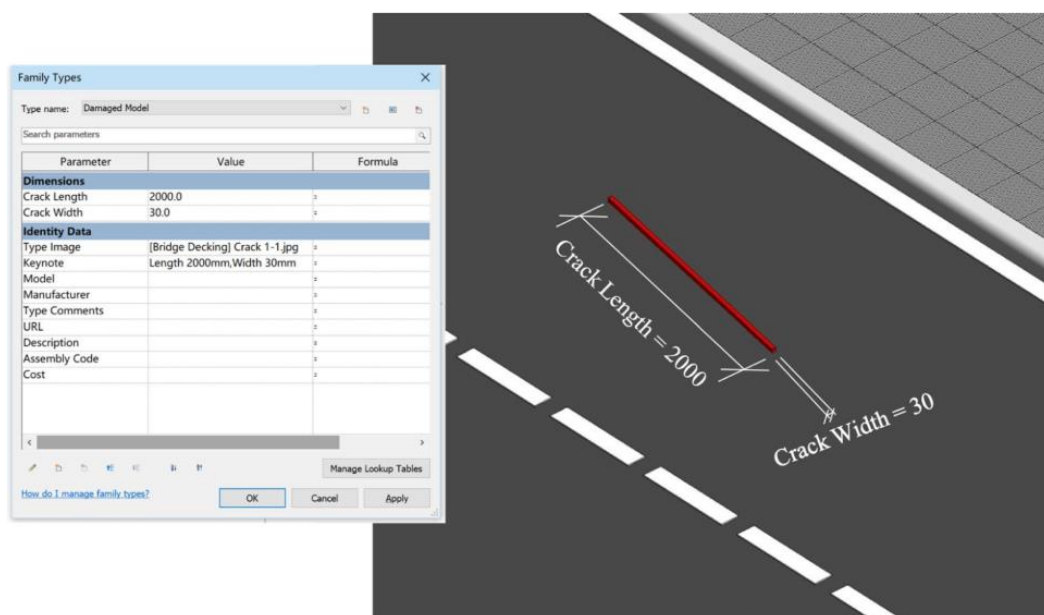
armature, kabela), nedostaci (npr. otkazivanje ili gubitak konstrukcijskog elementa) te deformacije (npr. deformacija stupa, kabela) i svaki od njih predstavili BIM3D modelom (Slika 12, [19]). Informacije su razdijeljene u razine prema kojima se može prepoznati defekt i vidjeti o kakvom se defektu radi. Prva razina je vrsta defekta, druga razina je detaljna informacija o defektu, a treća i četvrta razina su tipovi koji karakteriziraju točno o kakvom se defektu radi. Navedene se razine mogu i proširiti i dopuniti – npr. kada se radi o pukotini, peta razina daje informacije o duljini pukotine, a šesta širini pukotine. BIM model mosta se unosi u sustav te se dodaje model defekta mosta s njegovim podacima i dostupnim informacijama. Na temelju norme ISO 19650-2:2018, šifra podataka o modelu mosta je uglavnom podijeljena u tri skupine: gornji ustroj, donji ustroj i kolnik, a dijelovi tih skupina se dalje dijele. Za povezivanja s podacima o defektima uspostavljen je tzv. CDE (eng. Common Data Environment) tj. okolina za razmjenu podataka.



Slika 11.: Dijagram korištenja BIM sustava za održavanje mostova (Izvor: [19])

Category	Type	Geometry Design	Primitive
Damage model	Surface crack	Slender cuboid	
	Surface honeycomb and scale	Cube	
	Surface spalling	Hexagonal cube	
Corrosion model	Concrete corrosion	Triangular cube	
	Reinforcement corrosion	Curved cylinder	
	Cable corrosion		
Deficiency model	Structural member losses	Cylinder	
	Aggregate exposure		
	Structural member ageing and failure	Cone	
Distortion model	Pier deformation	Pentagonal cube	
	Cable	Torus	

Slika 12.: Primjer klasifikacije BIM modela defekata mosta (Izvor: [19])



Slika 13.: Kombinacija BIM modela pukotine u betonu i BIM modela mosta (Izvor: [19])

Za vrijeme postupka proračuna i analize stanja svaki dio mosta se ocjenjuje. Isto tako cijeli most zasebno dobiva ocjenu stanja radi lakšeg uvida u kakvom se stanju nalazi. BIM omogućuje vizualizaciju, informatizaciju i integraciju pa se svaki segment mosta prikazuje u različitim bojama koje nam daju vizualno upozorenje i kako bi spriječili neželjene posljedice te u krajnjem slučaju urušavanje mosta. Osim toga, informacije o sigurnosnim uvjetima na mostu se u BIM programima ažuriraju u stvarnom vremenu i uvelike pomažu u brzini reakcije na njegovo gospodarenje [19].

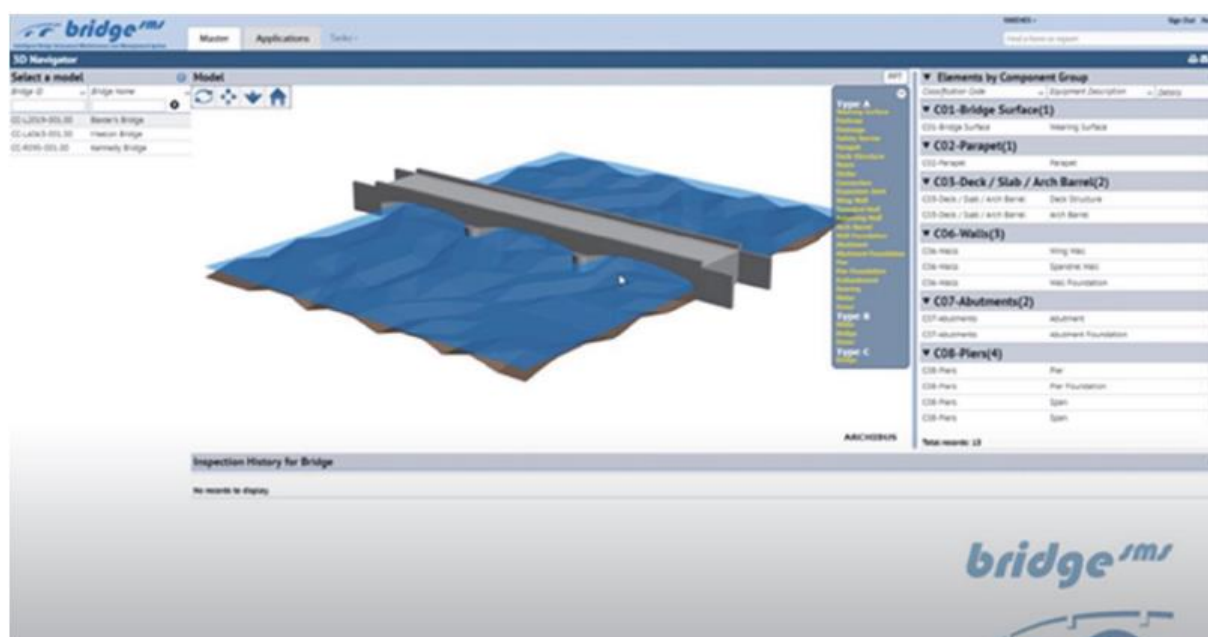
Ocjene stanja konstrukcije mosta u tom primjeru koji koristi BIM, imaju redoslijed gospodarenja od prve do četvrte razine, pri čemu od razine jedan do razine četiri rizik sigurnosti postepeno raste (Tablica 1, [19]). Prioritet razine jedan je preporuka za rješavanje problema s nedostacima, rizik razine dva sugerira obraćanje pozornosti na nedostatke u dnevnom pregledu, rizik razine tri znači rješavanje prijetnji defekata što je prije moguće kako ne bi došlo do nekakvih težih situacija, a rizik razine 4 označava defekt na mostu koji je potrebno što prije riješiti i ukloniti kako ne bi došlo do urušavanja mosta jer postoji velika opasnost za samu sigurnost mosta. Zapisi o popravcima mosta pohranjeni su u sustavu što omogućava osoblju više opcija gospodarenja ne temelju nekih povijesnih zapisa [19].

Tablica 1.: Prijedlozi prioriternog održavanja mosta za nedostatak mosta (Izvor: [19])

Type of bridge defect	Score of bridge technical condition	Level of bridge defect	Priority of bridge maintenance suggestion
Damaged: surface cracks	Above 80	1	Common: routine maintenance
Corrosion: cable corrosion	60–80	2	Normal: small-scale repair
Deficiency: abutment defect	40–60	3	Rapid: moderate-scale repair
Distortion: pier deformation	Below 40	4	Urgent: large-scale repair

Andabaka i sur. u svojoj publikaciji [4] također predstavljaju neke od sustava za gospodarenje mostovima. Jedan od njih odnosi se na „u sklopu EU-ova znanstveno-istraživačkog projekta, financiranog iz programa Marie Curie FP7 iz dijela vezanog uz suradnju znanosti i gospodarstva (IAPP), razvijeno softversko rješenje koje upraviteljima infrastrukturnim građevinama omogućava učinkoviti pregled, monitoring i održavanje mostova” [4]. Projektu su pridonijela istraživanja hidroloških i ostalih utjecaja na stabilnost mostova, a glavno istraživanje se odnosilo na rizik od hidrauličke erozije. Na pitanje kako ublažiti potencijalna nepoželjna djelovanja na mostove razvijena je metoda pregleda mosta u kojoj su sudjelovali znanstvenici partnera iz Irske, Hrvatske i Portugala. Radi se o softveru BRIDGE SMS. Korištenje i funkcioniranje BRIDGE SMS se opisuje u radovima [4] i [24]. Istaknuto je da „BRIDGE SMS predstavlja učinkovito rješenje kao dio sustava potpore odlučivanju u segmentu gospodarenja mostovima” [4]. Sam sustav se sastoji od triju povezanih dijelova: „centralnoga repozitorija podataka inventara portfelja mostova zajedno s modulima za upravljanje održavanjem mostova i izvještajima o pregledima te GIS

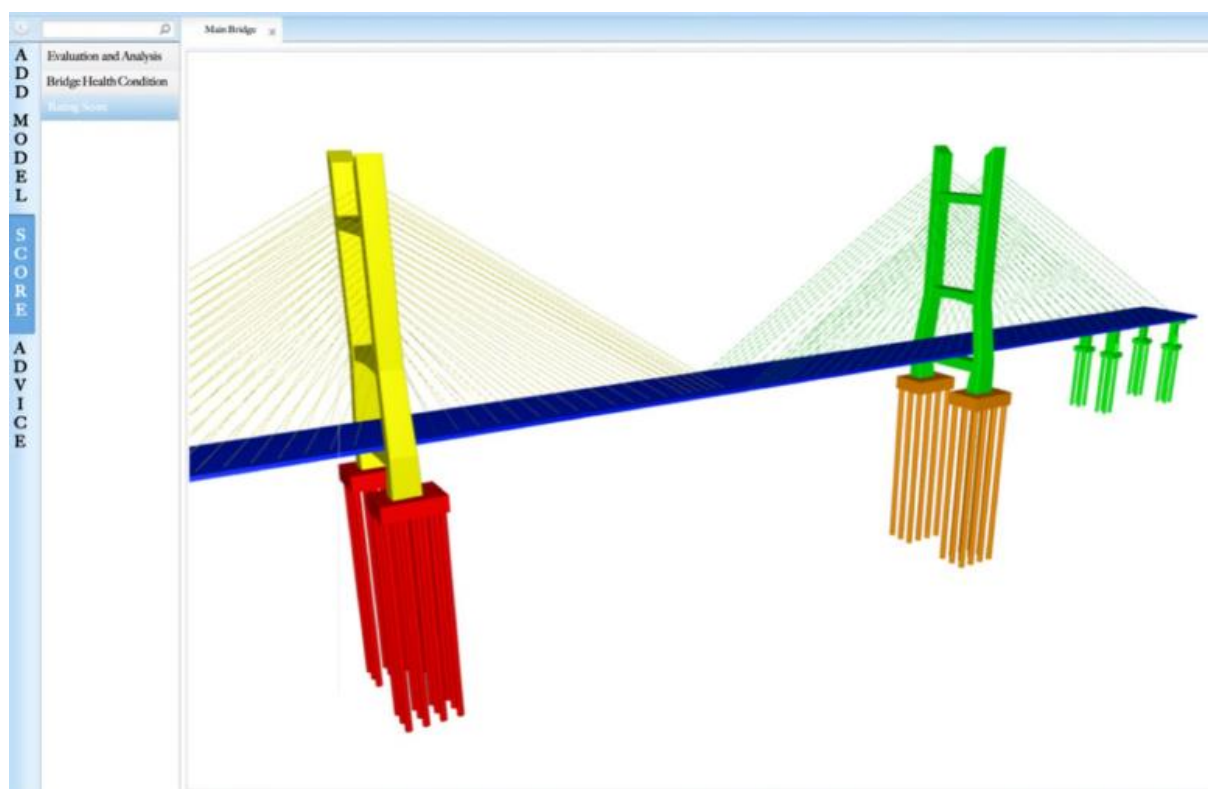
preglednikom i BIM funkcionalnostima prikaza sheme mostova, mobilne aplikacije za pregled i ocjenu stanja erozije i konstrukcijskih elemenata na mostovima te sustava za rano predviđanje i upozorenje od poplava i erozija zajedno s vanjskim Internet of Things (IoT) sensorima za prikupljanje meteoroloških i hidroloških podataka“ [4]. BRIDGE SMS sustav omogućuje donošenje odluka o neposrednim aktivnostima, ali i strateških odluka koje uključuju mogućnosti predviđanja i prepoznavanja potencijalno štetnih djelovanja na most te učinkovito upravljanje mostovima uz znatno smanjenje troškova gospodarenja. Pomoću razvijenosti BIM pristupa omogućeno je vizualno programiranje modela uz korištenje velike baze podataka sastavljanje od geometrijskih karakteristika elemenata mosta koje se dobiju prilikom pregleda. BIM tehnologija koristi navedene podatke te izrađuje shemu mosta i pojedinog djela mosta s određenom razinom detaljnosti koji u sustavu omogućuju lakšu analizu i pripremanje stručnjaka za izlazak na teren. Dijelovi mosta u sustavi obojeni su različitim bojama, a svaka boja označava ocjenu uporabljivosti (Slika 14, [4]).



Slika 14.: Prikaz sheme mosta u sustavu BRIDGE SMS (Izvor: [4])

U primjeru korištenja BIM-a za sustav gospodarenja mostovima [19] opisana je priprema BIM modela za integraciju u sustav. BIM model je izrađen u BIM softveru REVIT koji koristi parametarsko modeliranje (promjenom parametara – dimenzija, jednostavno i brzo se generiraju modeli više mostova sličnog tipa). Struktura modela odnosno elemenata od kojih je izgrađen BIM model je prilagođena tako da se za svaki dio mosta mogu prikazati njegova oštećenja uočena pregledom, odnosno da je jasan uvid u stanje pojedinih komponenti. U sustavu se dodaju informacije o dijelovima mosta kao što su vrste materijala, razred betona, organizacije gradnje i troškova, stvarajući BIM model s kojim je kasnije lakše gospodariti

mostom te kako bi se kasnije lakše mogle pretraživati informacije o mostu tijekom njegovog životnog ciklusa. U tom primjeru BIM model mosta u REVITu razdijeljen je u gornji ustroj, donji ustroj i kolnik mosta, a koji se dalje dijele na sve manje i manje komponente. Sustav je prilagođen za primjer gdje se most pregledava dva puta tjedno te se dobivene informacije zatim unose u sustav, povezano s bazom podataka o defektima kako bi se osigurala podrška za funkcionalno korištenje modela i podataka. U tom sustavu pregledno se bojama označava stanje mosta određeno na temelju pregledom utvrđenih oštećenja. Zelena boja označava da je mostu potrebno rutinsko održavanje, plava boja označava mali popravak, žuta boja označava „umjereno“ održavanje za provedbu kojeg je potrebno razmotriti i osiguranje uvjeta za promet preko mosta, a konačno crvena boja označava ozbiljno oštećenje što može utjecati na siguran rad mosta (primjer **Slika 15**, [19]). Međutim, model u REVITu je vrlo „težak“, ima puno nepotrebnih informacija i parametara koje se nastoji ukloniti za daljnje korištenje u sustavu gospodarenja [19].



Slika 15.: Simulacija prikaza u boji za ocjenu pojedinih dijelova mosta (Izvor: [19])

Neki od sustava koji su također razvijeni su: ECODOMUS, YouBIM te ARCHIBUS koji je više godina važan alat u industriji integriranih sustava za upravljanjem radnim mjestima te se ističe da je „sedam godina zaredom svrstan među vodeće industrijske alate u Gartnerovu 'Čarobnom kvadratu za IWMS'“ [4]. O tome svjedoči velika baza korisnika sustava i sučelje platforme prilagođeno korisnicima. Sustav ARCHIBUS je usmjeren na smanjenje ukupnih troškova posjedovanja imovine, a omogućuje i donošenje ciljeva upravljanja okolišem

odnosno održivošću. Navedeni sustavi u većoj mjeri se koriste u visokogradnji te su tamo vrlo učinkoviti, a ponekad ali vrlo rijetko možemo naići na njih u niskogradnji. Trenutačno se BIM tehnologija kombinira s naprednim tehnologijama kao što je IoT, a sve te navedene tehnologije će pomoći u digitalizaciji graditeljstva općenito pa onda i gospodarenju mostovima čineći ih učinkovitijim [4].

5.4. BIM u gospodarenju izgrađenih građevina

Cerić i sur. u svom radu [3] daju i smjernice kako se BIM primjenjuje na već izgrađene građevine. Gospodarenje postojećim građevinama uz korištenje BIM-a zahtjeva dodatne aktivnosti koje prethode izradi BIM modela, a u cilju olakšavanja i smanjenja troškova budućeg gospodarenja. Kada govorimo o već izgrađenoj građevini potrebne su informacije o njezinoj veličini i dimenzijama odnosno geometriji te topologiji same građevine. Kada se za neku postojeću građevinu želi napraviti BIM model, mogu se rabiti posebne tehnike i istražni radovi, a jedna od mogućnosti su fotogrametrijom tj. fotokamerom i linijskim kartiranjem kontura iz stereomodela, dok lasersko skeniranje uključuje „snimanje terestričkim laserskim skenerom i obradu snimljenog oblaka točaka“ [3]. Autori ističu da su obje metode brze i da je moguće pomoću metoda dobivene podatke prenijeti u BIM model. Na sljedećoj slici (Slika 16, [25]) prikazana je snimka koja je nakon terenskih istraživanja prenesena u BIM model. Prikazani primjer je za jednu manju stambenu građevinu, ali slični principi vrijede i za mostove, naravno uz uvažanje osobitosti odnosno specifičnosti koji vrijede za tu vrstu građevina (mogućnost pristupa za snimanje i dr.).



Slika 16.: Usporedba oblaka točaka skenirane građevine i BIM modela (Izvor: [3] i [25])

Posebno zahtjevne za gospodarenje su građevine koji su od povijesne važnosti odnosno kulturna dobra [3]. Za njih je tehnički vrlo zahtjevno izraditi BIM model jer su pojedini elementi redovito nepravilnih oblika (Slika 17, [3] i [28]), a u većoj mjeri su prisutni i brojni

detalji koji predstavljaju dodatan izazov. Ako se naiđe na takve probleme nastoji ih se riješiti automatskim ili poluautomatskim prepoznavanjem u BIM programima prilikom uvođenja oblaka točaka iz laserski snimaka [3].

Zbog specifičnosti povijesnih građevina, a to će vrijediti i za mostove proglašene kulturnim dobrom, javlja se pojam HBIM (eng. Historic Building Information Modelling [3] odnosno Heritage Building Information Modeling [26]) koji se koristi kao pojam kada govorimo od modeliranja odnosno korištenju BIM-a za povijesne građevine koji su od kulturnog značenja, a HBIM zapravo predstavlja pristup gdje se spaja suvremena tehnologija i pristupi u povijesnim građevinama [3] budući da u tom slučaju podaci uključeni u BIM model trebaju obuhvatiti dodatne specifične informacije kojih nema kod uobičajenih građevina.

Automatizacijom BIM-a te prednostima koje navedeni postupci nude bave se Massafra, Jabi i Gulli u svom radu [27]. „Ručna“ tj. neautomatizirana izrada BIM modela zahtjeva puno vremena te ulaganja te na kraju samog postupka poslije obrade podatka često ti modeli imaju svoje nedosljednosti te mogu odstupati od stvarnosti. Navode da postoje tri glavna područja istraživanja u pogledu automatizacije BIM-a: (1) automatizirana segmentacija oblaka točaka i označavanje, (2) automatizirano pretvaranje 3D oblaka točaka u BIM, (3) automatizirano pretvaranje 2D crteža u BIM. Naglašavaju da su točke iz oblaka točaka dobivenih skeniranjem građevina zapravo informacije i da uz pomoću njih možemo izraditi detaljan BIM modela građevine općenito, pa tako i mosta. Oblaci točaka su ključni dijelovi stvaranja BIM modela jer sadrže informacije o svim komponentama što sve u konačnici pomaže i u fazi gospodarenja. Prednosti koje automatizacija nudi su značajne, ali se danas još rijetko primjenjuju. Danas se najviše u svijetu koriste poluautomatske tehnike gdje se BIM modeli građevina pokušavaju napraviti raznim automatskim tehnikama te na kraju se elementima pridodaju njihova svojstva, prednosti, nedostaci te način na kako se elementi ponašaju u različitim uvjetima. Navedena poluautomatska tehnika danas prevladava jer je važna ljudska kontrola nad informacijama i protokom informacija što se pokazalo korisnim.

Korištenje BIM-a kod povijesno važnih mostova tj. građevina uvelike pomaže planiranju njihovih popravaka pa i rekonstrukcija i može se brže doći do informacija o stanju pojedinih konstrukcijskih elemenata. BIM modeli nam mogu pomoći u drugim stvarima kada pričamo o povijesno značajnim mostovima kao što je stvaranje virtualne realnosti koja može poslužiti i u edukativne i turističke svrhe [3].



Slika 17.: BIM model nepravilnog zida (Izvor: [28])

5.5. Prednosti i nedostaci BIM-a u gospodarenju mostova

Cerić i sur. u svom radu [3] govore o najbitnijim prednostima i nedostacima uporabe BIM-a u održavanju građevina općenito, a navedeno se može analogno prepoznati i za područje gospodarenja mostovima.

Pregledom dijela dostupne literature može se izdvojiti puno prednosti i neke mane u BIM tehnologiji, koja je u ovom radu primarno razmatrana u svrhu korištenja za gospodarenje mostovima. Može se reći da, kako bi se ostvarile sve prednosti, prvo se mora zaobići sve nedostatke koji se javljaju.

Kao neke od glavnih prednosti koje pruža uvođenje BIM tehnologije kod gospodarenja mostovima možemo navesti poboljšanje u načinu dijeljenja i točnosti informacija koje su potrebne kako bi osigurali najbolji način za gospodarenje građevina općenito, pa onda i mostova [3]. Korištenjem BIM tehnologije brže dolazimo do informacija između pojedinih sudionika u različitim fazama samog projekta. Jedna od glavnih prednosti zbog čega se danas nastoji iskoristiti potencijal BIM tehnologije u gospodarenju građevinama je zapravo smanjenje troškova popravka za 3 % do 6 % [3] ukoliko su podaci i informacije koje se koriste u tim postupcima točne i potpune, nadodano na to poboljšava se i efikasnost u izvođenju popravaka i gospodarenju. Kako prilikom gospodarenja nekim mostom mora biti osiguran uvid u niz dokumenata, danas BIM tehnologija daje mogućnost „uvođenja pravnih i ostalih

dokumenata potrebnih kod održavanja u model i povezivanje s mjestom gdje pripadaju“ [3]. Daljnje prednosti obuhvaćaju [3]: sami modeli omogućavaju lakše pronalaženje mjesta defekata i automatsko uočavanje nedostatka prilikom pregledavanja 3D modela. Kako bi troškovi bili što manji i kako bi unaprijed dali uvid u različite mogućnosti popravaka građevina općenito, pa tako i nekog mosta, BIM nam daje mogućnost simulacije scenarija u 3D okruženju [3]. Utjecaj građevine na okoliš i općenito kriteriji održivosti postaju i kod mostova sve razmatranija stavka. BIM tehnologija pruža pomoć i s tih aspekata.

Kada govorimo o manama koje se pojavljuju prilikom korištenja BIM tehnologije u nastavku se navodeo i raspravljaju one istaknute u literaturi [3]. Primjerice, ponekad su nejasno definirane koristi od uvođenja BIM-a u gospodarenje. Kako je i danas prisutno relativno slabije poznavanje BIM tehnologije i još nije se toliko probila na tržište tako je i mala potražnja za BIM-om od strane klijenata. S druge strane, i osobe koje se bave gospodarenjem odnosno održavanjem ističu kako je prilikom gospodarenja koje koristi BIM modele opseg posla velik odnosno potrebne su vrlo detaljnije specifikacije kako bi se posao mogao obaviti na adekvatan način. Veliki nedostatak koji može biti prilikom korištenja BIM tehnologije u gospodarenju mostovima su nedefinirane točne informacije koje su potrebne za gospodarenje i njezino održavanje koje moraju biti implementirane u BIM model. Pošto je BIM tehnologija nova i tek se u zadnje vrijeme počinje sve više razvijati možemo reći da je i jedan od nedostataka i nedovoljno znanje i iskustvo od strane učesnika prilikom gospodarenja. Pošto je na tržištu veliki broj BIM aplikacija problem se može pojaviti kao posljedica činjenice da velika većina tih aplikacija nema standardizirane elemente za uporabu prilikom gospodarenja, a samo neki omogućuju modeliranje mostova. Kako je građevinarstvo jedno od najstarijih zanimanja tako je još jedna njegova mana što građevinska industrija sporo prihvaća nove promjene u procesima i tehnologija [3].

Najveći rizici kod prelaska na BIM tehnologiju su neadekvatna edukacija osoblja i velika cijena programa koji se koriste za BIM tehnologiju te veliki troškovi računalne opreme za korištenje iste te tehnologije [3]. Na temelju toga može se reći da za uspješnu implementaciju BIM-a je nužna veća edukacija osoblja u vidu korištenja BIM tehnologije.

5.6. Budućnost BIM tehnologije u gospodarenju mostova

Cerić i sur. u svom radu [3] prikazuju budućnost BIM-a kod gospodarenja. Budućnost korištenja BIM tehnologije u procesima održavanja i gospodarenja građevinama općenito pa tako i mostovima prema svim istraživanjima i radovima koji su objavljeni je vrlo svijetla. Sve veći broj država počinje osnivati institucije i vijeća kako bi počeli koristiti BIM tehnologiju i kako bi se educirali u cilju uspješnog korištenja istih. Jedna od prvih država koja je počela s

uvođenjem normi i smjernice za korištenje BIM tehnologija je SAD, koja i danas prednjači u svijetu s uporabom BIM tehnologije.

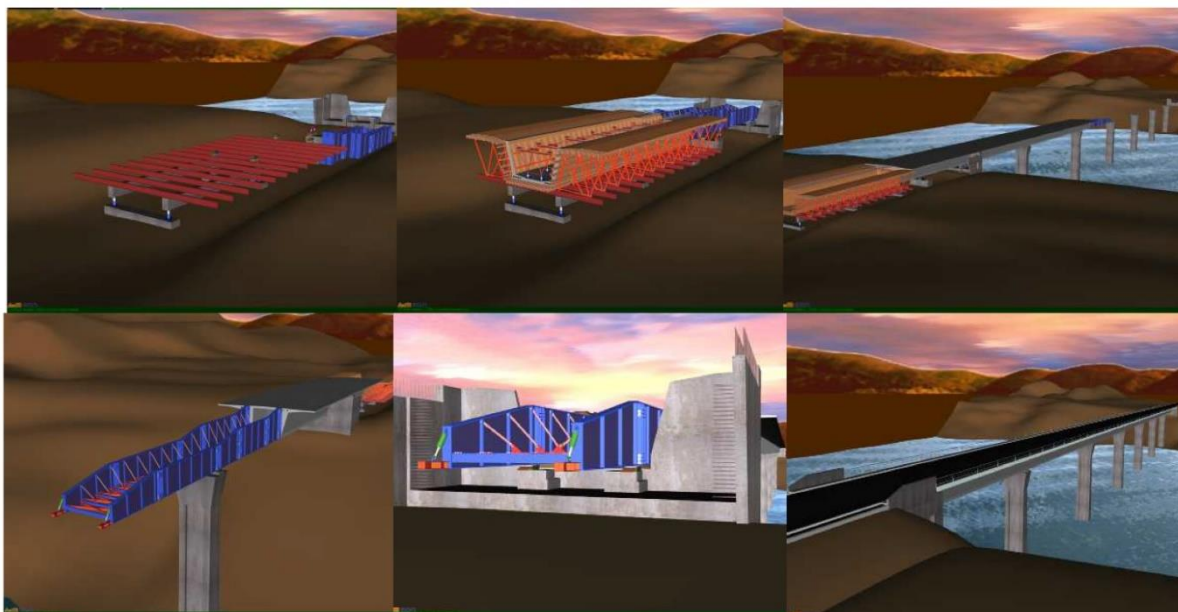
Neke od glavnih smjernica koje se danas i koje će se koristiti u budućnosti prilikom implementacije BIM tehnologije su [3]:

- „Smjernice vlada pojedinih zemalja i industrija
- Stvaranje kompetitivne prednosti u struci
- Nacionalni i globalni standardi
- Nacionalne i globalne BIM baze podataka (knjižnice/arhive)
- Pravna regulacija BIM procesa
- Integrirani sustavi nabave (eng. Integrated Procurement Delivery – IPD)
- Reguliranje potrebnih informacija tj. kvalitete modela
- Rangiranje BIM kompetencija (eng. Maturity Models)
- Edukacije i istraživanja za područje BIM-a
- Promjene u poslovnim procesima“

Danas se stvaraju nove tehnologije u svijetu koje će također još više pomoći napredovanju i korištenju BIM-a za gospodarenje građevinama općenito pa tako i mostovima. Kada govorimo o takvim tehnologijama mora se spomenuti virtualnu stvarnost (eng. Virtual Reality – VR) i proširenu stvarnost (eng. Augmented Reality – AR) [3]. Navedene tehnologije bi omogućile bolje uvide u realnom vremenu i realnom okruženju te pozitivne iskorake u provođenju radova. Vrijedan doprinos daju i QR kodovi (eng. Quick Response Code) pomoću kojih se brzo može doći do željenih informacija. Samim tim procesima bi se obogatila arhiva dostupnih informacija za gospodarenje i tako bi se u svim zemljama u svijetu omogućila brza i učinkovita rješenja za probleme koje se pojavljuju u toj fazi. Isto tako certifikacija za BIM tehnologiju istakla bi prednosti pojedinih tvrtki.

Honghong i sur. u svom radu [29] prikazuju još jednu novu tehnologiju koje zajedno s BIM sustavima može olakšati i pomoći prilikom gospodarenja mostovima. Nova tehnologija koju oni predstavljaju naziva se Digital Twin (DT). DT je poboljšana tehnologija za oblikovanje BIM modela prilikom gospodarenja koja nam u potpunosti omogućava prikaz konstrukcije tijekom cijelog životnog ciklusa. Prema autorima, trenutačna implementacija DT-a u području mostova uzrokuje veliku zbrku zbog čega još uvijek ne može dostići svoj puni potencijal. Smatraju kako će se u budućnosti zajedničkim korištenjem BIM-a i DT-a poboljšati mogućnosti gospodarenja mostova. Trenutačna uporaba BIM-a usmjerena je prema pohranjivanju i vizualizaciji podataka o funkcioniranju i ponašanju mosta, dok nedostaju detaljnija istraživanja, podaci i znanja za pružanje dodatne vrijednosti kod održavanja – što bi upravo trebao pokriti DT. DT se koristi u fazi uporabe i održavanja

mostova kopiranjem postojećih mostova u njihove virtualne modele blizance gdje se na njima simuliraju različiti scenariji rada i održavanja. Danas se dolazi i do hibridnih modela koji će u novije vrijeme imati veliku ulogu u gospodarenju mostovima. Jedan takav hibridni model je DT-BIM. Ovaj model prepoznaje nedostatak resursa, analizira zahtjeve te donosi odluke uz pomoć AI-ja. DT-BIM koristi integraciju IoT-a i AI-a putem semantičkih podataka. U radu se prikazuje vrijednost kombinacije BIM-a i DT-a, ali u današnje vrijeme njihov odnos nije jasno definiran. Smatra se da će DT tehnologija uveliko poboljšati fazu gospodarenja mostova pomoću BIM-a no trenutačno ne postoji jasan okvir za protok informacija i interakciju između BIM-a i DT-a.



Slika 18.: Projektiranje mosta u virtualnoj realnosti (Izvor: [30])

6. ZAKLJUČAK

Pregledom dijela dostupne literature u području teme ovoga rada, dan je prikaz osnovnih mogućnosti i smjerova istraživanja te glavnih mana i prednosti prilikom korištenja BIM tehnologije u procesu gospodarenja mostovima. Mane i prednosti BIM-a je potrebno poznavati kako bi uspješno provodili gospodarenje kroz BIM tehnologiju. Pokazuje se da je glavna prepreka u uvođenju BIM tehnologije u fazi uporabe i održavanja odnosno gospodarenja zapravo nedovoljna edukacija i nedovoljna mogućnost edukacije te nedovoljna svijest o važnosti i koristima BIM tehnologije koja bi mogla pomoći u svim fazama gradnje, a ne samo prilikom gospodarenja.

Koristi same BIM tehnologije su velike uštede i smanjenje troškova automatskog prijenosa točnih, potpunih i nedvosmislenih informacija prilikom primopredaje. Nadalje, BIM tehnologija daje učinkovitost u gospodarenju s pravovremenim reagiranjem kako bi osigurali sigurnost konstrukcije mosta i sigurnost korištenja odnosno prometovanja po mostu.

Uvođenje BIM tehnologije je velika financijska investicija i u smislu nabavke potrebnih softvera, a zatim i integracije sa sustavima gospodarenja koji su i sami po sebi kompleksni.

Na temelju primjene BIM-a u različitim državama svijeta danas i gledajući zemlje koje su nadalje došle u primjeni BIM tehnologije u svojem građevinskom sektoru, opaža se da je glavnu ulogu u tome imala država odnosno institucije koje su poticale edukaciju i promicale svijest o važnosti uvođenja BIM-a pa se i angažirale kako bi omogućile edukaciju svojim građanima. Zemlje osim što kroz odgovarajuće institucije sudjeluju u izradama nacionalnih normi i smjernica za razvoj i uvođenje BIM tehnologije, omogućuju i financiraju i istraživanje pa i razvoj BIM tehnologije. Obzirom na to, Hrvatska ima veliki prostor za napredak u tom spektru tehnologije, ali postoje naznake kako se to danas mijenja i kako bi u budućnosti BIM u različitim primjenama, pa i sustavima za gospodarenje bio sve zastupljeniji.

Slijedom navedenoga može se zaključiti kako bi BIM tehnologija jako ubrzala i pospješila postupke evidentiranja i interpretacije defekata kod mostova i ubrzala niz procesa i aktivnosti u okviru gospodarenja osiguravajući njihovo funkcioniranje uz što manju potrebu zatvaranja radi većih popravaka. Za unaprjeđenje dosadašnjih metoda i lakšu preglednost samog problema u gospodarenju danas se intenzivno rade istraživanja u cilju povezanosti BIM-a, automatizacije odnosno daljnjeg uvođenja niza modernih tehnologija poput proširene stvarnosti.

POPIS LITERATURE

- [1] Milić, A.: Uporaba BIM metodologije kod razvoja projektnih rješenja, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, završni rad, 2022.
- [2] HRN EN ISO 19650-1:2019 Organizacija i digitalizacija informacija o zgradama i inženjerskim građevinama uključujući modeliranje informacija o građevinama (BIM) – Upravljanje informacijama modeliranjem informacija o građevinama – 1. dio: Koncepti i načela (ISO 19650-1:2018; EN ISO 19650-1:2018), Hrvatski zavod za norme, 2019.
- [3] Cerić, A., Završki, I., Vukomanović, M., Ivić, I., Nahod, M.-M.: Implementacija BIM-a u održavanju građevina, *Građevinar*, HSGI, Vol. 71, 10, 889-900, 2019.
- [4] Andabaka, F., Dolaček-Alduk, Z., Ecimović, A., Galić, D., Grošić, M., Pavlović Cerinski, M., Šimenić, D., Šolman, H.: Smjernice za BIM pristup u infrastrukturnim projektima, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, 2021.
- [5] Kolarić, S., Vukomanović, M., Bogdan, A.: Analiza primjene BIM-a u hrvatskom graditeljstvu, *Građevinar*, HSGI, Vol. 72, 3, 205-214, 2020.
- [6] DIREKTIVA 2014/24/EU EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 26. veljače 2014. o javnoj nabavi i o stavljanju izvan snage Direktive 2004/18/EZ, Službeni list Europske unije, 28. 3. 2014., L 94/65, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0024>, pristupljeno: 10. 9. 2024.
- [7] D. Šimenić, D. Butko: "Praktična primjena BIM pristupa i postupaka pri izradi idejnih i glavnih projekata državnih cesta", Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva, Opatija, 2020., https://www.hkig.hr/docs/Opatija_2020/prezentacije/BIM%20pristup%20u%20graditeljstvu/Prakticna%20primjena%20BIM%20pristupa%20i%20postupaka%20pri%20izradi%20idejnih%20i%20glavnih%20projekata%20drzavnih%20cesta.pdf, pristupljeno 10. 9. 2024.
- [8] Jurčević, M., Pavlović, M., Šolman, H.: Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, 2017.
- [9] Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine: BIM – „digitalna revolucija“ građevinskog sektora, <https://mpgi.gov.hr/o-ministarstvu/djelokrug-50/graditeljstvo-98/bim-digitalna-revolucija-gradjevinskog-sektora/9203>, pristupljeno 10. 9. 2024.
- [10] Hire, S. K., Sandbhor, S., Ruikar, K.: Bibliometric Survey for Adoption of Building Information Modeling (BIM) in Construction Industry– A Safety Perspective, *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29, 10.1007/s11831-021-09584-9, 2021.

- [11] Bleiziffer, J., Gladović, M., Krnjak, T.: BIM za mostove – zašto i kako, Ceste i mostovi, Glasilo Hrvatskoga društva za ceste – Via Vita, God. 65, br. 1, Zagreb, str. 148.-152.
- [12] Baldinistudio: Allplan Bridge! Allplan Bridge je 4D rješenje za projektiranje mostova, <https://www.baldinistudio.hr/konstrukterstvo/allplan-bridge>, pristupljeno: 10. 9. 2024.
- [13] Hrvatske ceste, Sektor za razvoj i informatičku podršku, Odjel za gospodarenje cestovnom infrastrukturom: Employer's information requirements (EIR), Specifikacija zahtjeva naručitelja za BIM – Građenje, Oznaka verzije : V 01, Datum verzije: 21.09.2021., <https://eojn.nn.hr/spin/application/ipn/documentmanagement/DokumentPodaciForm.aspx?id=5979330>, pristupljeno 10. 9. 2024.
- [14] Anderson, R.: An Introduction to the IPD Workflow for Vectorworks BIM Users, Nemetschek Vectorworks, https://download2.nemetschek.net/www_misc/2010/IPD_workflow_for_BIM.pdf, pristupljeno 10. 9. 2024.
- [15] Zakon o gradnji, „Narodne novine“ broj 153/13, 20/17, 39/19, 125/19.
- [16] Liu, R., Issa, R.R.A.: BIM for facility management design for maintainability with BIM tools, The 30th International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining, Montreal, pp. 321-328, 2013.
- [17] Germano, J.: So What is an LOD Anyway?, AIA Contract Documents, <https://learn.aiacontracts.com/articles/6469008-so-what-is-an-lod-anyway/> objavljeno: 14. 1. 2022., pristupljeno: 6. 9. 2024.
- [18] HRN EN ISO 19650-3:2020 Organizacija i digitalizacija informacija o zgradama i inženjerskim građevinama uključujući modeliranje informacija o građevinama (BIM) – Upravljanje informacijama modeliranjem informacija o građevinama – 3. dio: Operativna faza imovine (ISO 19650-3:2020; EN ISO 19650-3:2020), Hrvatski zavod za norme, 2020.
- [19] Li, S., Zhang, Z., Lin, D., Zhang, T., Han, L.: Development of a BIM-based bridge maintenance system (BMS) for managing defect data. *Scientific Reports*, 13, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27924-6>.
- [20] Fang, Z., Liu, Y., Lu, Q., Pitt, M., Hanna, S., Tian, Z.: BIM-integrated portfolio-based strategic asset data quality management, *Automation in Construction*, Vol. 134, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104070>.
- [21] Leygonie, R., Motamendi, A., Iordanova, I.: Development of quality improvement procedures and tools for facility management BIM, *Developments in the Built Environment*, Vol. 11, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2022.100075>.

-
- [22] Langni, D., Shijin, L., Jinchao, M., Mengjun, Z., Ling, L., Zheng, Z.: Visualization and monitoring information management of bridge structure health and safety early warning based on BIM, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Vol 21, 2, 427-438, 2022. <https://doi.org/10.1080/13467581.2020.1869013>.
- [23] Pan, Y., Zhang, L.; A BIM-data mining integrated digital twin framework for advance project management, *Automation in Construction*, Vol 124, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103564>.
- [24] Kulić, T., Bekić, D., Šolman, H., Meheš, N.: Primjena BIM pristupa kod upravljanja mostovima na rijekama, *Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode*, 995-1004, 2019.
- [25] Bečirević, D., Babić, L., Cigrovski, I.: Od podataka laserskog skeniranja do BIM modela postojećeg stanja, *Ekscentar*, 17 (2014), pp. 87-92, doi.org/n/a
- [26] Inception – Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D semantic modelling, H2020 project, <https://www.inception-project.eu/en/project>, pristupljeno 10. 9. 2024.
- [27] Massafra, A., Jabi, W., Gulii, R.: Topological BIM for Building performance management, *Automaton in Construction*, Vol 166, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105628>.
- [28] Chiabrando, F., Sammartano, G., Spano, A.: Historical buildings models and their handling via 3D survey: from points clouds to useroriented HBIM, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B5 (2016), pp. 633-640, doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B5-633-2016.
- [29] Honghong, S., Gang, Y., Haijiang, L., Tian, Z., Annan, J.: Digital Twin enhanced BIM to Shape full life cycle digital transformation for bridge engineering, *Automaton in Construction*, Vol 147, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104736>.
- [30] Sampaio, A. Z., Viana, L.: Building Bridges Activity within a Virtual Environment, *The Thousand Faces of Virtual Reality*, InTech; 2014., <http://dx.doi.org/10.5772/58919>, pristupljeno 10. 9. 2024.

POPIS SLIKA

Slika 1.: Vizualni prikaz BIM-a (Izvor: [1])	4
Slika 2.: Odgovor na pitanje unutar koliko će godina poduzeća biti spremna koristiti BIM (Izvor: [5])	5
Slika 3.: Primjer BIM modela mosta (Izvor: [12])	6
Slika 4.: Tijek rada tradicionalnog i BIM pristupa (Izvor: [14])	9
Slika 5.: Funkcioniranje BIM baze podataka o održavanju (Izvor: [3] [16])	10
Slika 6.: Primjer LOD razina za armiranobetonsku gredu (Izvor: [8])	13
Slika 7.: Primjer LOD razina za upornjak mosta i prijelazne naprave na mostu (Izvor: [4]).	14
Slika 8.: Veza između različitih vrsta zahtijevanih informacija (eng. Information Requirements – IR) (Izvor: [21])	17
Slika 9.: Upravljanje informacijama za praćenje oštećenja na mostovima (Izvor: [22])	18
Slika 10.: Raspored senzora na mostu (Izvor: [22])	18
Slika 11.: Dijagram korištenja BIM sustava za održavanje mostova (Izvor: [19])	19
Slika 12.: Primjer klasifikacije BIM modela defekata mosta (Izvor: [19])	20
Slika 13.: Kombinacija BIM modela pukotine u betonu i BIM modela mosta (Izvor: [19]) ..	20
Slika 14.: Prikaz sheme mosta u sustavu BRIDGE SMS (Izvor: [4])	22
Slika 15.: Simulacija prikaza u boji za ocjenu pojedinih dijelova mosta (Izvor: [19])	23
Slika 16.: Usporedba oblaka točaka skenirane građevine i BIM modela (Izvor: [3] i [25]) ..	24
Slika 17.: BIM model nepravilnog zida (Izvor: [28])	26
Slika 18.: Projektiranje mosta u virtualnoj realnosti (Izvor: [30])	29

POPIS TABLICA

Tablica 1.: Prijedlozi prioritetnog održavanja mosta za nedostatak mosta (Izvor: [19])21