

UNAPREĐENJE PUTNE INFRASTRUKTURE PRIMENOM BIM METODOLOGIJE U RAZLIČITIM FAZAMA ŽIVOTNOG CIKLUSA OBJEKTA**IMPROVING TRANSPORT INFRASTRUCTURE THROUGH THE APPLICATION OF BIM METHODOLOGY IN DIFFERENT PHASES OF THE OBJECT'S LIFECYCLE***Emrah Muhović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratka sadržaj – Transportna infrastruktura je jedna od ključnih delova društvenog i ekonomskog prosperiteta zemlje. U ciju usavršavanja infrastrukture pribegava se mnogim novim tehnologijama među kojima se izdvaja BIM metodologija. Ovaj rad je upravo zasnovan na analizi primene BIM metodologije u izgradnji infrastrukturnih objekata. U radu su objašnjeni osnovni pojmovi vezani za BIM metodologiju uopšteno, a zatim i na bazi putogradnje detaljnije uz navođenje primera primene BIM-a u svetu.

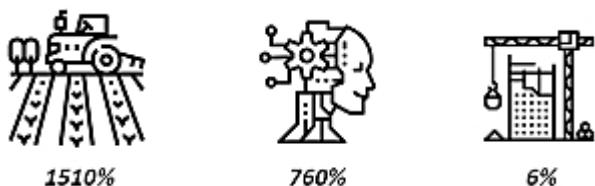
Ključne reči: BIM, Putogradnja, IFC, Objekat

Abstract – Transport infrastructure is one of the key parts of a country's social and economic prosperity. In order to improve the infrastructure, many new technologies are used, among which the BIM methodology stands out. This work is precisely based on the analysis of the application of BIM methodology in the construction of infrastructure facilities. The paper explains the basic terms related to the BIM methodology in general, and then on the basis of road construction in more detail, citing examples of the application of BIM in the world.

Keywords: BIM, Road construction, IFC, Building

1 UVOD

Građevinska industrija neprestano ima interes da učini proces izgradnje efikasnijim, razvoj tokom industrijskih revolucija zaostaje u odnosu na druge industrijske grane. U poslednjih 70 godina ako napravimo paralelu između nekoliko profesija kao što su: poljoprivreda, robotika, građevinarstvo možemo videti da rast produktivnosti kada je u pitanju građevinarstvo drastično zaostaje za ostalim profesijama u pogledu modernizacije (Slika 1) [1].



Slika 1 Produktivnost izržena u procentima za poslednjih 70 godina u različitim profesijama.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Peško, vanr. prof.

Ova zaostajanja su rezultat složenosti i jedinstvenosti građevinskih projekata.

Proučavanjem ograničenja u kojima se realizuju građevinski projekti, kao što su vreme, troškovi i obim, dolazimo do podataka da 70% projekata prekoračuje zadate rokove, a 72% prekoračuje budžet [2].

Kada je u pitanju produktivnost, samo 10% aktivnosti koje se sprovode tokom izgradnje doprinosi stvaranju vrednosti za sam projekat, dok u drugim granama taj broj iznosi 62%.

Za rešavanje navedenih problema potrebno je smanjiti nepotrebne aktivnosti na razumnu meru, kao i preusmeriti fokus efikasnosti sa resursa na protok informacija i, što je najvažnije, integraciju procesa. Jedno od rešenja za ovaj problem leži u BIM (Building Information Modeling) metodologiji.

2 BIM METODOLOGIJA

BIM (Building information modeling) je proces ili metod upravljanja informacijama koje se odnose na objekte (postojeće i nove) koristeći uobičajene digitalne prikaze fizičkih i funkcionalnih karakteristika tih objekata [3]. BIM je koncept koji obuhvata šire područje od samo softvera ili 3D modela.

To je filozofija upravljanja i realizacije celokupnog projekta. BIM predstavlja digitalni integrisani model informacija o postojećem ili budućem građevinskom objektu [4].



Slika 2 BIM - koncept koji obuhvata šire područje od samo softvera ili 3D modela [4].

BIM pristup se može posmatrati kao tehnologija i metodologija. Kao tehnologija, BIM predstavlja digitalnu reprezentaciju fizičkih i funkcionalnih karakteristika građevine. Kao metodologija, BIM omogućava saradnju između različitih učesnika u različitim fazama životnog ciklusa građevine [3].

BIM princip pruža brojne mogućnosti i benefite kao što su: 3D vizualizacija, upravljanje izmenama, manipulacija podacima, simulacije objekata i mnoge druge.

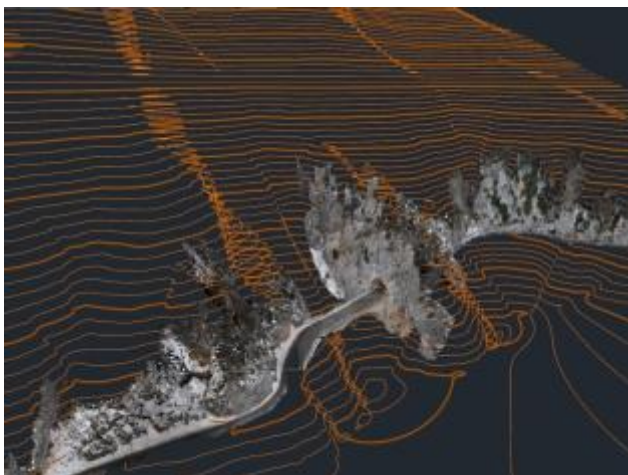
3 BIM U PUTOGRADNJI

U građevinskoj struci veruje se da je primena BIM metodologije u oblasti visokogradnje (zgradarstvu) razvijenija nego u oblasti infrastrukture. Prema istraživanju [5] broj ukupnih radova vezanih za infrastrukturne projekte u 2016-oj godini iznosi 178, a za projekte konstrukcije 2816, na osnovu ove informacije vidi se da je istraživanje vezano za infrastrukturne projekte u velikom zaostatku. Danas se broj radova povećao, ali i dalje zaostaje u poređenju sa istraživanjima vezanim za konstrukcije. Osim toga, rezultati pokazuju da uprkos ograničenjima i prazninama, upotreba BIM-a za infrastrukturu transporta raste.

3.1 Faza projektovanja

Primena BIM-a u projektima putne infrastrukture uglavnom je bila usmerena na geometrijsko projektovanje puteva, gde se naponi fokusiraju na poboljšanje, automatizaciju i optimizaciju geometrije putnih projekata [6].

Tradicionalni način izrade autoputeva je započinjao izradom 2D crteža idejnog projekta, glavnog projekta i građevinske dokumentacije. Svaki korak je završen pre nego što počne sledeći. Ovakav pristup funkcioniše dobro dok ne dođe do potrebe za promenom projekta. Dok se primenom BIMa za projektovanje puteva i autouteva počinje izradom kvalitetnih 3D podloga terena, kao što su digitalni model površi (DSM) i digitalni model terena (DTM) (Slika 21) DTM predstavlja modeliranu mrežu sa vrednostima nadmorskih visina na svakom čvoru. Ove prirodno nepravilne površine ne podležu parametarskom modelovanju, već veštačke površine nastale inženjerskim dizajnom, kao što su npr. površine puteva.



Slika 3. Digitalni Model Terena(DMT)

3.1.1 Softveri

Kvalitetna primena BIM-a ne bi bila moguća bez primene BIM sertifikovanih softvera, koji su ključni za uspešno upravljanje i realizaciju BIM projekata. Ovi softveri pružaju različite funkcionalnosti i alate koji podržavaju sve faze životnog ciklusa infrastrukturnih projekata.

Organizacija bulidingSmart sprovodi sertifikaciju BIM softvera i na svojoj stranici se nalazi njihov popis [3] među kojima se nalaze Autodesk Infracore, Autodesk Civil 3D, Bentley OpenRoads, and Bentley OpenRail kao i CGS Labs Plateia i BEXEL Manager. Važno je

napomenuti da neki od alata (kao što je Autodesk CivilCAD 3D) i dalje koriste CAD softver kao njihovu osnovnu geometrijsku mašinu. Ovo ograničava njihove sposobnosti da odražavaju ponašanje objekta i nameru dizajna, što je jedna od ključnih karakteristika BIM platformi [6].

3.2 Faza izgradnje

Za inženjere na terenu, BIM koristi GPS zapisivanje, mobilno računarstvo što pruža pristup najnovijim informacijama o projektu i modelima [7]. Ograničeni budžeti za istraživanje i razvoj sprečavaju kompanije da troše sredstva na digitalna rešenja.

BIM, IoT ili različite tehnologije senzora pružaju nove mogućnosti tokom izgradnje puteva poboljšavajući efikasnost prenosa informacija uz smanjenje potrošnje resursa. Sabijanje (kompakcija) je jedan od najkritičnijih koraka u procesu izgradnje puta. Tradicionalne metode kontrole kvaliteta i osiguranja kvaliteta oslanjaju se na ručnu kontrolu sabijanja na licu mesta i testiranje nakon sabijanja, što dovodi do nepouzdatih rezultata testiranja. Tehnologija inteligentne kompakcije (IC) je u razvoju. Koristi visokoprecizne uređaje postavljene na vibracioni valjak i prati kretanje bubnja dok ocenjuje kvalitet sabijanja tokom izgradnje [8].

Uz pomoć mnogih alata kojima program raspolaže izvršena je vizuelna obrada 3D modela, izrada pogleda i animacija kao i suštinska animacija dinamičkog plana, samim tim 4D model. Dodatno, različite veb i mobilne aplikacije danas omogućavaju praćenje izgradnje i stvaranje baze podataka koju svi učesnici projekta mogu ažurirati u bilo koje vreme. Podaci uneti u bazu podataka prikazuju se tabelarno i na geografskoj mapi. Na taj način, svi učesnici su uključeni u proces izgradnje, a komunikacija među njima je pojednostavljena. Rezultat je efikasno praćenje, optimizacija procesa izgradnje i bolja kontrola izvedenih radova. Kontinuiranim praćenjem izgradnje objekta, moguće je izbeći greške i smanjiti rizik od nedostatka kvaliteta. Ovo BIM rešenje u oblaku je odlična platforma za prikazivanje svih podataka koji se odnose na proces izgradnje i konstantno se prilagođava potrebama učesnika.

3.3 Faza održavanja

Većina informacija o izgrađenom putu čuva se u velikom broju papirne dokumentacije koja se pored velikog obima nekada ni ne poklapa sa stvarnim stanjem objekta. Međutim, BIM nudi jedan model (model za evidenciju) za čuvanje svih podataka o konstrukciji i njenim sistemima, komponentama, opremi. Konkretno, kada model bude generisan od strane projektog tima i ažuriran tokom faze izgradnje, može postati model izgrađenog objekta koji se zatim predaje vlasniku. Informacije koje pruža model mogu biti iskorišćene za dalju upotrebu od strane menadžera objekata, čime su operacije i održavanje objekta efikasniji. Potražnja za podacima o upravljanju imovinom prepoznata je kao jedna od važnih komponenti u isporuci koja koristi BIM kako za nove objekte tako i za postojeće koji se ažuriraju i održavaju. BIM sistem može pomoći odgovornim osobama da lociraju i kontinuirano identifikuju potencijalne opasnosti i druge hitne situacije i pruže specifične informacije u slučaju katastrofe,

proceniti gubitke istih ili ih simuliraju i testiraju planove reakcija.

4 PRIMENA BIM METODOLOGIJE U IZGRADNJI PUTEVA

Jedana od velikih prednosti BIM-a je njegova mogućnost upotrebe u razvoju i implementaciji obimne dokumentacije i šablona, koji pomažu da projekat bude zasnovaniji na podacima. Pristup otvorenih podataka se koristi da bi se obezbedio efikasan prenos informacija između različitih zainteresovanih strana i grupa. Sve informacije se čuvaju u centralnoj bazi podataka koja će se koristiti tokom celog operativnog perioda projekta, a glavni format razmene je u tipu koji se može prevoditi između svih softverskih programa. Sve informacije su kreirane i organizovane na isti način, tako da su razumljive u različitim disciplinama i dizajnerskim kompanijama. Svi ovi aspekti čine da se projekti na kojima se koristi BIM odvijaju na pojednostavljen način koji štedi vreme i rad.

U radu [9] istražuje se implementacija BIM metodologije u analizi kolovozne konstrukcije. Iako je BIM pokazao pozitivne rezultate u projektovanju puteva, zaostaje u strukturalnoj analizi kolovozne konstrukcije. Koristeći alat Dynamo, izgrađen je trodimenzionalni model puta sa kontrolisanim parametrima kolovoza. Implementiran je Python temeljen na Dynamo, koji povezuje model sa Mehanističko-Empirijskim Vodičem za Dizajn Kolovoza (MEPDG), omogućavajući analizu strukture kolovoza unutar BIM okruženja.

U radu su prikazane različite dubine tragova u zavisnosti od opterećenja i debljine slojeva, pokazujući da tanji fleksibilniji sloj pruža manje prostora za deformaciju. Osim toga, predložena su dalja istraživanja poput provere umora od pucanja i vertikalnog pritiska.

Sledeći od projekata je na Kojima je primenjen Bim je **Rail Baltica** koji predstavlja širok železnički projekat koji ima za cilj integraciju baltičkih država u širu evropsku železničku mrežu. Finansira ga Evropska unija zajedno sa državama Estonija, Letonija i Litvanija, a obuhvata izgradnju 870 km koloseka i više od 400 novih mostovskih konstrukcija. Proces digitalizacije Rail Baltica projekta je sproveden kroz implementaciju BIM pristupa koji je usmeren na efikasnost i napredak u AEC industriji. Za ostvarenje postavljenih ciljeva, definisani su određeni principi koji obuhvataju korišćenje BIM modela pre izgradnje, smanjenje gubitka informacija tokom životnog ciklusa objekta, proširenje upotrebe BIM-a izvan 3D modela, kao i implementaciju tehnologija, metodologije i BIM kulture koja podržava ove ciljeve [10].



Slika 4 Planned BIM implementation timeline

Izgradnja, održavanje i projektovanje tranzitnih sistema u urbanim centrima guste naseljenosti predstavljaju jedinstvene izazove i složenosti. U kontekstu postojećeg tranzitnog sistema u Kalgariju, "Zelena linija" predstavlja izazovne mogućnosti izgradnje nove tranzitne linije, koja će biti treća linija u tranzitnom sistemu lako dostupne železnice C-Train. Projekat zahteva BIM pristup kako bi se efikasno koordinisalo višestruko planiranje, dizajniranje i procena izgradnje, uz pažljivo razmatranje uticaja na grad i njegovo stanovništvo. Iako je finansiranje projekta neizvesno, očekuje se da će "Zelena linija" biti otvorena do 2026. godine [11].



Slika 5 Putem punog tunela linija LRT prolazi pod zemljom od 20th Avenue.

Razvoj "otvorenog BIM-a" za integrisano upravljanje građevinom napredovao je za vertikalnu infrastrukturu, ali nije rešio pitanje interoperabilnosti za horizontalnu infrastrukturu. Studije slučaja su pokazale primenu digitalne razmene informacija u izgradnji železničkih objekata, pri čemu su australijski projekti fokusirani na razmenu dizajna zasnovanog na objektima i strin-govima, dok je malezijski projekat integrisao građevinski CAD model i GIS podatke. Obe studije su identifikovale izazove interoperabilnosti, posebno u kontekstu horizontalne infrastrukture.

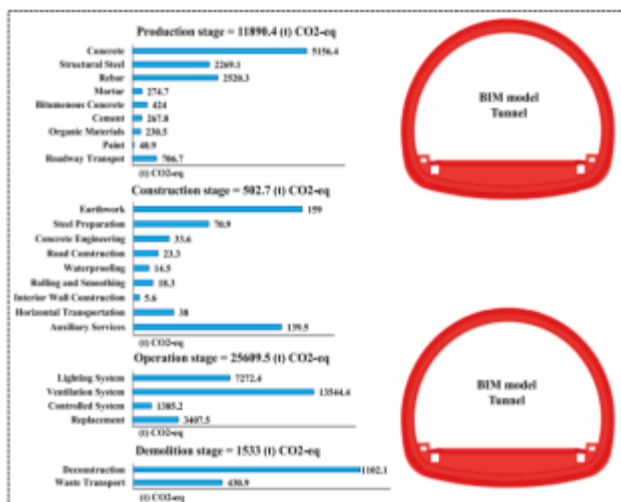
Za uspeh "otvorenog BIM-a" u horizontalnoj infrastrukturi, ključno je unaprediti interoperabilnost između različitih sistema, modela i alata. Globalni naponi za razvoj otvorenih standarda i modela zasnovanih na objektima podržavaju vertikalnu infrastrukturu, ali nedostatak standardizacije predstavlja izazov za vlasti koje teže efikasnim digitalnim sistemima za izgradnju železnica. U budućnosti, istraživači trebaju istražiti potrebe za razmenom informacija u ovakvim projektima, a usklađivanje sa standardima poput Industrijske Fondacije Klasa (IFC) može poboljšati interoperabilnost različitih modela zasnovanih na objektima i GIS modela [12].

U ovom opisu, predstavljena je analiza studije slučaja koja ističe značaj upotrebe metodologije BIM (Building Information Modeling) u dizajniranju i održavanju infrastrukturnih projekata, kao što je brza železnička pruga. Primena BIM metodologije omogućila je dizajnerima da obuhvatnije ispituju parametre koji su uključeni u projektovanje i analiziraju buduće implikacije u vezi sa troškovima održavanja tokom radnog veka infrastrukture. Takođe se ističe značaj integracije alata za dizajn usklađivanja sa softverom za upravljanje budžetom i razvoja višekriterijumske analize radi izbora najbolje opcije među alternativama. Rezultati pokazuju da primena BIM metodologije može dovesti do značajne uštede troškova održavanja i boljih odluka u fazama dizajna, izgradnje i operativne faze infrastrukturnog projekta.

Važno je istaći potrebu za neprekidnim unapređenjem kompatibilnosti BIM softvera i olakšavanjem podaka između faza projekta.

U ovom opisu, predstavljeno je istraživanje koje se bavi razvojem PLCCA modela (Proactive Life-Cycle Carbon Assessment) koji integriše aspekte održivosti u proces dizajna infrastrukture. Ovo istraživanje ocenjuje uticaj emisija ugljenika u različitim fazama životnog ciklusa infrastrukture, ali ističe neka ograničenja i mogućnosti za nadogradnju modela.

Upotreba PLCCA modela uz pomoć BIM alata omogućava dizajnerima da procenjuju ekološki uticaj dizajna, što im omogućava da donesu upravljene dizajnerske odluke na osnovu informacija o ugljeničnom otisku. Ipak, ograničenja u kreiranju i harmonizaciji podataka, kao i u statičkim metodama računanja, naglašavaju potrebu za unapređenjem i razvojem modela kako bi se uključili dinamični aspekti ugljeničnog otiska i drugi faktori kako bi se dobili kompletniji uticaji na životnu sredinu, uključujući ekonomske i društvene aspekte. Kako bi se ovo postiglo, predloženo je da buduća istraživanja eliminišu ručne korake u procesu harmonizacije podataka i uključe dinamične aspekte ugljeničnog otiska i različite ekološke indekse, kako bi se obuhvatili različiti aspekti uticaja na životnu sredinu [13].



Slika 6 Trakasti grafikoni emisija ugljenika u BIM okruženju

5 ZAKLJUČAK

BIM (Building Information Modeling) predstavlja značajnu tehnologiju za efikasno i održivo upravljanje transportnom infrastrukturom. Ovo uključuje bolju koordinaciju između različitih učesnika projekata, smanjenje konflikata u ranoj fazi projekta, efikasnije projektovanje i bolje praćenje stanja konstrukcije. Međutim, potrebno je usaglasiti standarde i prakse, kako bi se ostvario pun potencijal BIM-a. Transportna industrija ima priliku da unapredi svoje infrastrukturne projekte korišćenjem ove tehnologije i da stvori održivije građevinske rešenja za buduće generacije.

6 LITERATURA

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=eb4DsnSZSUK&t=66s&abchannel=Gradnja>
- [2] <https://www.youtube.com/watch?v=gU62ez3eWIU>
- [3] PUTplus 2023/2024; Beograd 2023; ISSN 2335-0474
- [4] [What is BIM? - YouTube](#)
- [5] A. Bradley, H. Li, R. Lark, and S. Dunn, "BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective," *Automation in Construction*, vol. 71, pp. 139–152, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.autcon.2016.08.019.
- [6] [REVIT BIM Services, Revit Drafting, Revit Modeling India](#)
- [7] Jan Koelman and others, "Decoding digital transformation in construction", McKinsey & Company, 20 August 2019.
- [8] Tao Han, Tao Ma, Zhou Fang, Yang Zhang, Chengjia Han, (2022). A BIM-IoT and intelligent compaction integrated framework for advanced road compaction quality monitoring and management. (*Computers and Electrical Engineering*, April 2022, doi:https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.107981)
- [9] F. Jiang et al, "Building demolition estimation in urban road widening projects using as-is BIM models," *Automation in Construction*, vol. 144, p. 104601, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.autcon.2022.104601.
- [10] [Rail Baltica and BIM: What Students Should Know \(digitalschool.ca\)](#)
- [11] [A Look at Calgary's Green Line for Students in BIM Courses \(digitalschool.ca\)](#)
- [12] https://www.researchgate.net/publication/305309325_BIM_Interoperability_Limitations_Australian_and_Malaysian_Rail_Projects
- [13] M. Hussain, B. Zheng, H.-L. Chi, S.-C. Hsu, and J.-H. Chen, "Automated and continuous BIM-based life cycle carbon assessment for infrastructure design projects," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 190, p. 106848, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.resconrec.2022.106848.

Kratka biografija:



Emrah Muhović rođen je u Prijepolju 16.08.1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo "Unapređenje putne infrastrukture primenom BIM metodologije u različitim fazama životnog ciklusa objekta" odbranio je 2023.god.

Kontakt: muhovic.g126.2022@uns.ac.rs