

# Scan-to-4D BIM u planiranju i izvedbi građevinskih projekata

---

Begić, Hana

*Source / Izvornik:* **Zajednički temelji 2023. - uniSTem : deseti skup mladih istraživača iz područja građevinarstva i srodnih tehničkih znanosti, Split, 14.-17. rujna, 2023. : zbornik radova, 2023, 32 - 37**

**Conference paper / Rad u zborniku**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

<https://doi.org/10.31534/10.ZT.2023.01>

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:516575>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-02**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



## SCAN-TO-4D BIM U PLANIRANJU I IZVEDBI GRAĐEVINSKIH PROJEKATA

Hana Begić<sup>1</sup>

(1) Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Republika Hrvatska, [hbegic@gfos.hr](mailto:hbegic@gfos.hr)

### Sažetak

Građevinarstvo doživljava značajan napredak u digitalizaciji usvajanjem tehnologije informacijskog modeliranja građevina (engl. Building Information Modeling - BIM). BIM pruža digitalni prikaz građevina, olakšava suradnju, donošenje odluka i poboljšava rezultate projekta. Unutar BIM-a razvijaju se nove dimenzije među kojima je i 3D modeliranje i 4D vremensko planiranje. Koncept "Scan to BIM" koristi se za prijenos podataka laserskog skeniranja u digitalne BIM modele, što omogućava dokumentiranje početnog stanja, praćenje promjena tijekom vremena i izradu dokumentacije izvedenog stanja dok integracija vremenske dimenzije u BIM modele, poznata kao 4D BIM, omogućuje vizualizaciju i analizu procesa izgradnje tijekom vremena, poboljšavajući upravljanje projektima. Ove tehnologije omogućuju građevinskoj industriji preciznije planiranje i praćenje, smanjujući greške i povećavajući učinkovitost izgradnje.

*Ključne riječi: BIM, Scan-to-BIM, 4D BIM*

## SCAN-TO-4D BIM IN THE PLANNING AND EXECUTION OF CONSTRUCTION PROJECTS

### Abstract

The construction industry is experiencing significant progress in digitization through the adoption of Building Information Modeling (BIM) technology. BIM provides a digital representation of buildings, facilitates collaboration and decision-making, and improves project results. New tools are being developed within BIM, including 3D modeling and 4D time planning. The "Scan to BIM" concept is used to transfer laser scanning data into digital BIM models, which enables documenting the initial state, monitoring changes over time, and creating documentation of the derived state, while the integration of the time dimension into BIM models, known as 4D BIM, enables visualization and analysis of the construction process over time, improving project management. These technologies enable the construction industry to plan more accurately, monitor, reduce errors, and increase construction efficiency.

*Keywords: BIM, Scan-to-BIM, 4D BIM*

## 1. Uvod

Građevinarstvo duži niz godina pokazuje značajni napredak, posebice u domeni digitalizacije, usvajanjem tehnologije informacijskog modeliranja građevina (engl. Building Information Modeling - BIM). Tema BIM-a trenutno predstavlja središnju i, vjerojatno, najvažniju temu za unapređenje građevinarstva, a ujedno i temeljnu tehnologiju za podupiranje ideje četvrte industrijske revolucije u građevinskoj industriji [1]. BIM pruža digitalni prikaz fizičkih i funkcionalnih karakteristika građevine čime olakšava suradnju, poboljšava donošenje odluka i pospešuje rezultate projekta. Unatoč tome što se građevinarstvu često pripisuju karakteristike tradicionalizma te usporenosti u usvajanju novih promjena, smatra se da je građevinska industrija kontinuirano u fazi napretka te se razvijaju i različiti podskupovi BIM-a koji se mogu nazvati dimenzijama, gdje je 3D model građevine, 4D je vrijeme, 5D su troškovi, 6D je rad, 7D je održivost dok je 8D sigurnost [2]. Osim toga, oko BIM-a se razvijaju i razni koncepti njegove primjene kao što je „Scan to BIM“ odnosno proces prijenosa podataka laserskog skeniranja u BIM modele [3]. Važna značajka BIM-a je dvosmjerna koordinacija između fizičkih i virtualnih domena što dovodi do digitalne kopije građevine koja poboljšava kontrolu i optimizaciju procesa izgradnje, a istovremeno generira vrijedne podatke za održavanje građevine, kao i za fazu projektiranja i planiranja buduće izgradnje. Spomenuta virtualna replika građevine može se usporediti sa sličnim konceptom koji se naziva digitalni blizanac građevine [4]. Unatoč mnogim prednostima koje BIM donosi, tradicionalnim 3D BIM modelima često nedostaje važan aspekt: informacije o vremenu i planiranju. Uz sve veću složenost građevinskih projekata, njihovo planiranje i praćenje postali su ključni kako bi se osiguralo učinkovito upravljanje projektima i postizanje očekivanih performansi. Zadaća planiranja izvođenja nije samo izrada plana kao dokumenta koji sadrži popis svih aktivnosti projekta i predviđenih resursa za njihovu realizaciju, već i pronalazak mogućih varijanti izvedbe te stvaranje osnove za odlučivanje o najboljem načinu izvođenja [5]. U tom kontekstu, integracija aspekta vremena u BIM modele uključuje integraciju informacija o planu i redoslijedu u 3D digitalnom prikazu građevinskog projekta. Dodavanjem vremenske dimenzije prostornim podacima moguće je vizualizirati i analizirati proces izgradnje tijekom vremena što dovodi do poboljšanog upravljanja projektom i donošenja odluka. Shodno tome dodavanje vremenske dimenzije poboljšava ne samo aspekt planiranja projekta, nego i aspekt praćenja odnosno monitoringa izgradnje građevine gdje planiranje podrazumijeva izradu početnog plana, dok praćenje osigurava da projekt ostane u skladu s planom ili bilježi odstupanja od plana i nedostatke [6].

## 2. Scan-to-BIM

Tradicionalna praksa praćenja napretka izgradnje ovisi o vizualnim pregledima gdje se mjerenja izvode ručno te dnevnim ili tjednim izvješćima koja se izrađuju na temelju tih pregleda. S obzirom na to da je nužno osigurati da radovi zadovoljavaju specifikacije ugovora i vremenskoga plana, često se koriste zapisnici za izvješćivanje problema i nedostataka o kojima se raspravlja na naknadnim tjednim sastancima [7]. Takva vizualna opažanja i ručno mjerenje su najdominantniji pristupi prikupljanja podataka u stanju izgrađenosti, ali oduzimaju puno vremena, podložni su greškama te je vrlo teško njima postići brzo i pouzdano donošenje odluka [8]. Odgovor na nedostatke tradicionalnih metoda su novije metode prikupljanja podataka kao

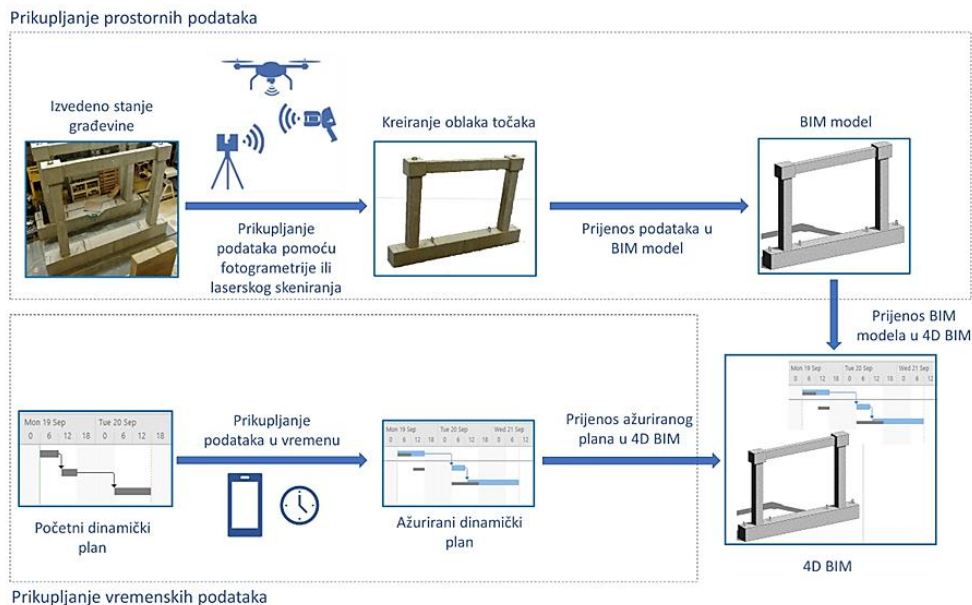
što su integracija fotogrametrije i laserskog skeniranja u rad BIM-a, a integracija tih tehnologija naziva se Scan-to-BIM. Predstavlja značajnu prednost u građevinarstvu jer omogućava dokumentiranje početnog stanja građevine, vođenje ažurirane evidencije praćenja gradilišta, otkrivanje mogućih nedostataka u konstrukciji, procjenu promjena tijekom vremena i izradu dokumentacije izvedenog stanja [9]. Navedeni proces uključuje korištenje tehnologija fotogrametrije ili laserskog skeniranja za snimanje fizičkih karakteristika građevine i pretvaranje tih podataka u digitalni BIM model. Iz konteksta planiranja i praćenja Scan-to-BIM pruža točan prikaz postojećeg stanja na gradilištu. Uspoređujući podatke skeniranja s modelom i početnim planom, voditelji projekta mogu potvrditi status izvedenog projekta. Sva odstupanja ili promjene od plana mogu se rano identificirati omogućujući pravovremene prilagodbe i izbjegavajući potencijalna kašnjenja. Ova se tehnika najčešće koristi za potrebe utvrđivanja odstupanja, preklapanja ili „sudara“ različitih građevinskih elemenata (npr. konstrukcijskih komponenti, mehaničkih sustava, električnih sustava) između inicijalnog modela i izvedene građevine ili dijelova građevine [10].

### 3. 4D BIM

U posljednjem desetljeću porasla je zastupljenost korištenja 4D modeliranja za provođenje analize prije izgradnje te za praćenje aktivnosti na gradilištu tijekom izgradnje. Upotreba 4D modeliranja u kombinaciji s metodama kontrole na gradilištu za praćenje stvarnog napretka i analizu učinaka kašnjenja na cjelokupan dinamički plan dovela je do viših razina performansi izgradnje. Istraživanja u područjima upotrebe 4D BIM-a za planiranje te kontrolu napretka pokazala su da može povećati razinu sigurnosti pri radu i smanjenje otpada te istovremeno smanjiti mogućnost kašnjenja projekta i porasta troškova [11]. Za održavanje kvalitetnog rada projektnog tima potrebno je da projekti tijekom planiranja i izvedbe budu što pouzdaniji kroz točna i ažurirana trajanja, logičan slijed, identifikaciju visokorizičnih aktivnosti i jednostavno praćenje stvarnog napretka u odnosu na planirani napredak, a sve kako bi se osigurala bolja kvaliteta projekta. U ovom kontekstu važno je razumijevanje prednosti uvođenja vremenske dimenzije u 3D modeliranje, odnosno stvaranje 4D BIM-a koji omogućava pravovremeno identificiranje rizičnih aktivnosti te direktno utječe na performanse projekta i sudionika projektnog tima [12]. Osim navedenih prednosti, upotreba 4D BIM-a omogućava i kreiranje simulacije izgradnje. 4D simulacija sastoji se od povezivanja aktivnosti izgradnje s 3D elementima iz modela. Može se provesti u različitim fazama projekta kako bi se analizirao dizajn i izgrađenost te za potrebe praćenja napretka, odnosno u trenutku korištenja početnog dinamičkog plana te kasnije ažuriranog plana [13].

## 4. Scan-to-4D BIM

U ovome radu predlaže se metodologija izrade 4D BIM modela u kontekstu provođenja tehnike Scan-to-4D BIM (Slika 1.)



**Slika 1.** Proces stvaranja 4D BIM modela tehnikom Scan-to-4D BIM

Proces započinje prikupljanjem prostornih podataka o stvarnom izvedenom stanju građevine ili njezinog dijela, odnosno ovaj se proces ne mora provoditi na završetku projekta pri finalno izvedenoj građevini, nego se može provoditi i kontinuirano za praćenje stanja izvođenja. Podaci se mogu prikupljati tehnikom fotogrametrije ili laserskog skeniranja. Pri prikupljanju podataka fotogrametrijom fotografije se najčešće prikupljaju dronom te pomoću prikladnih računalnih programa pretvaraju se u oblak točaka. Prikupljanje podataka laserskim skenerima zahtijeva znatno veća ulaganja u uređaj te se snimljen oblak točaka obrađuje, odnosno pročišćava pomoću prikladnih računalnih programa. Nakon što je oblak točaka obrađen i uređen, podaci se mogu prenijeti u računalni program za 3D modeliranje gdje se stvara 3D model, odnosno BIM model izvedenog stanja. Paralelno s procesom prikupljanja prostornih podataka odvija se prikupljanje vremenskih podataka. Prvobitno je potreban početni dinamički plan izvedbe nakon kojega slijedi prikupljanje podataka u vremenu mobitelom, tabletom i kamerama te se bilježe stvarni počeci i završeci izvedbe elemenata. Prikupljanjem podataka o stvarnim trajanjima aktivnosti ažurira se dinamički plan te postoji mogućnost povezivanja ažuriranog dinamičkog plana s 3D modelom izvedenog stanja na temelju čije povezanosti nastaje 4D BIM. Pomoću 4D BIM-a izvedenog stanja može se provesti i simulacija na temelju koje se može postići lakše razumijevanje napretka, uočavanje grešaka, kašnjenje te postizanje pravovremene komunikacije među sudionicima. Nadalje, primjenom predloženog pristupa i u početnim fazama

projekta može se postići poboljšana vizualizacija, otkrivanje sukoba odnosno sudara elemenata, planiranje resursa i optimizacija plana.

## 5. Zaključak

Digitalizacija građevinarstva značajno je napredovala pomoću BIM-a koji je postao središnja tema i ključna tehnologija za implementaciju četvrte industrijske revolucije u građevinarstvu. BIM pruža digitalni prikaz fizičkih i funkcionalnih karakteristika građevine olakšavajući suradnju, poboljšavajući donošenje odluka i unapređujući rezultate projekta. S vremenom su se razvile i brojne dimenzije BIM-a među kojima su 3D modeliranje i 4D vremensko planiranje. Tijekom posljednjih godina intenzivno se povećava učestalost korištenja 4D modeliranja za provođenje analiza pri planiranju i za praćenje aktivnosti na gradilištu tijekom izgradnje, a osim toga omogućuje i prikaz simulacije izgradnje, kako prema početnom planu, tako i prema ažuriranom. Pridodavanjem vremenskih informacija prostornim podacima, moguće je vizualizirati i analizirati proces izgradnje tijekom vremena što dovodi do poboljšanog upravljanja projektima i donošenja odluka čime se pospješuje praćenje izgradnje osiguravajući da izvedba ostane u skladu s planom. Takve metode odgovor su na nedostatke tradicionalnih metoda te se danas često koristi integracija fotogrametrije i laserskog skeniranja u rad BIM-a pod nazivom Scan-to-BIM. Pri korištenju fotogrametrije podaci se, najčešće, prikupljaju dronom te pomoću prikladnih računalnih programa pretvaraju u oblak točaka, dok prikupljanje podataka laserskim skenerima zahtijeva znatno veća ulaganja. Osim što se prikupljaju prostorni podaci, odvija se i prikupljanje vremenskih podataka pri čemu je potreban početni dinamički plan građenja. Prikupljanjem podataka o stvarnim trajanjima aktivnosti ažurira se dinamički plan, a integracija ažuriranog dinamičkog plana s modelom izvedenog stanja čini 4D BIM. Integracija BIM-a, Scan-to-BIM i 4D BIM-a omogućuje preciznije planiranje, praćenje i upravljanje projektima u građevinarstvu čime se smanjuju greške, povećava učinkovitost izgradnje te poboljšava kvaliteta projekta.

## Literatura

- [1] Oesterreich, T.D., Teuteberg F.: Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry, *Computers in industry*, 83, pp. 121 - 139, 2016, doi: 10.1016/j.compind.2016.09.006
- [2] Smith, P.: BIM & the 5D project cost manager, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 119, pp. 475- 484, 2014, doi: 10.1016/j.sbspro.2014.03.053
- [3] Wang, Q., Guo, J., Kim, M.-K.: An application oriented scan-to-BIM framework, *Remote sensing*, 11(3), pp. 365, 2019, doi: 10.3390/rs11030365
- [4] Maskuriy, R., Selamat, A., Ali, K.N., Maresova, P., Krejcar, O.: Industry 4.0 for the construction industry—how ready is the industry?, *Applied Sciences*, 9(14), pp. 2819, 2019, doi: 10.3390/app9142819
- [5] Radujković, M., Burcar Dunović, I., Dolaček-Alduk, Z., Nahod, M., Vukomanović, M.: Organizacija građenja, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2015
- [6] Ratajczak, J., Schimanski, C.P., Marcher, C., Riedl, M., Matt, D.T.: Mobile application for collaborative scheduling and monitoring of construction works according to lean construction methods, *Mobile application for collaborative scheduling and monitoring of*

- construction works according to lean construction methods, Springer, pp. 207 - 214, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-66805-5\_26
- [7] Bosché, F., Ahmed, M., Turkan, Y., Haas, C.T., Haas, R.: The value of integrating Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM techniques for construction monitoring using laser scanning and BIM: The case of cylindrical MEP components, *Automation in Construction*, 49, pp. 201-213, 2015, doi: 10.1016/j.autcon.2014.05.014
- [8] Son, H., Kim, C., Turkan, Y.: Scan-to-BIM-an overview of the current state of the art and a look ahead, *Scan-to-BIM-an overview of the current state of the art and a look ahead*, Citeseer, pp. 1, 2015, doi: 10.22260/ISARC2015/0050
- [9] Rocha, G., Mateus, L., Fernández, J., Ferreira, V.: A scan-to-BIM methodology applied to heritage buildings, *Heritage*, 3(1), pp. 47 - 67, 2020, doi: 10.3390/heritage3010004
- [10] Suprun, E., Mostafa, S., Stewart, R.A., Villamor, H., Sturm, K., Mijares, A.: Digitisation of Existing Water Facilities: A Framework for Realising the Value of Scan-to-BIM, *Sustainability*, 14(10), pp. 6142, 2022, doi: 10.3390/su14106142
- [11] Jupp, J.: 4D BIM for environmental planning and management, *Procedia engineering*, 180, pp. 190-201, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.178
- [12] Crowther, J., Ajayi, S.O.: Impacts of 4D BIM on construction project performance, *International Journal of Construction Management*, 21(7), pp. 724 - 737, 2021, doi: 10.1080/15623599.2019.1580832
- [13] Boton, C., Kubicki, S., Halin, G.: The challenge of level of development in 4D/BIM simulation across AEC project lifecycle. A case study, *Procedia Engineering*, 123, pp. 59 - 67, 2015, doi: 10.1016/j.proeng.2015.10.058