

PRIMENA BIM METODOLOGIJE PRILIKOM UNAPREĐENJA NASTAVE ZAŠTITE NA RADU U GRAĐEVINARSTVU

Vladimir Mučenski¹, Igor Peško², Srđan Kolaković³

^{1,2,3}Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

¹mucenskiv@uns.ac.rs, ²igorbp@uns.ac.rs, ³kolak@uns.ac.rs

Kratak sadržaj: Građevinarstvo je delatnost u kojoj su povrede na radu gotovo svakodnevne.. U ovoj grani privrede je najveći broj smrtnih slučajeva što je u glavnom posledica nepridržavanja osnovnih propisa zaštite na radu. Utvrđeno je da dobra organizacija može predvideti mnogo veći procenat rizika od povreda koristeći BIM modele, posebno dinamične BIM modele koji se ažuriraju u različitim fazama izgradnje jer svaka faza nosi nove rizike.

Ključne reči: BIM, Zaštita na radu, Povrede, Rizik, Obrazovanje

THE USE OF BIM METHODOLOGY IN ADVANCING THE TEACHING OF SAFETY AT WORK IN CIVIL ENGINEERING

Abstract: Construction is an industry where workplace injuries are almost daily and, unfortunately, more frequent. The highest number of fatalities is in this sector of the economy, which is mainly a consequence of non-compliance with basic occupational safety regulations. It has been found that a good organization can predict a much higher percentage of injury risk using BIM models, especially dynamic BIM models that are updated at different stages of construction as each phase carries new risks.

Key Words: BIM, Safety at work, Injuries, Risk, Education

1. UVOD

Osnovni zadatak zaštite na radu jeste normalno, nesmetano i bezbedno odvijanje radnih zadataka u nekoj radnoj sredini. Radna sredina obuhvata prostor, mašine, alate, pribor, uređaje, tehnološki postupak, kao i uslove u kojima se radi (temperatura, buka, zračenje, vlažnost, štetni gasovi, itd.). Građenje je veoma složen proces koji sadrži niz aktivnosti i događaja, kao i samih učesnika koji te aktivnosti realizuju. Različiti resursi, velika finansijska ulaganja, veliki obimi poslova dovode do pojave neizvestosti oko realizacije definisanog cilja, odnosno rizik od pojave nepredviđenih situacija koje će biti nepogodne za postizanje cilja. To se može nazvati rizik projekta. Da bi smo te rizike sveli na minimum, moramo ih prvo predvideti, a to ćemo najlakše učiniti detaljnom analizom projekta, odnosno sistemskim pristupom projektu. Da bi smo se dobro upoznali sa projektom trebalo bi ga razložiti na komponente koje povezujemo odgovarajućim međusobnim vezama. Ovakav proces kontrole nad rizikom nazivamo upravljanje rizicima. [1]

Planiranje upravljanja rizikom podrazumeva definisanje načina upravljanja, gde definišemo nivo, tip, izvodljivost kao i značaj projekta kojim se upravlja za organizaciju. U fazama planiranja moraju se doneti neke pretpostavke od kojih dalje zavisi razvoj planiranja. Prema tome, te pretpostavke moraju biti na visokom nivou pouzdanosti. Planiranje je potrebno raditi paralelno sa planiranjem upravljanja projektom, i vršiti provere prethodno donesenih odluka kako bi iteracijama uskladili ova dva procesa. Identifikacija rizika predstavlja određivanje svih mogućih rizika kako bi se oni predvideli i umanjili. Kada je u pitanju identifikacija rizika osnovu trebamo potražiti u istorijskoj bazi podataka, članovima menadžment tima, svim zaposlenima na projektu itd. Ovo je iterativan proces, jer svaka izmena projekta generiše nove rizike, i utiče na one već identifikovane. Vršiti se u nekoliko faza, gde se prve faze fokusiraju na određivanje globalnih faktora i parametara, pa se u sledećim fazama vrši detaljnija analiza sve dok se ne dođe do nivoa dovoljne detaljnosti analize.

BIM (eng. Building Information Model) je sveobuhvatni proces projektovanja koji počinje idejnim rešenjem, a završava se izradom projektne dokumentacije za izgradnju objekta, upravljanjem izgradnjom objekta i održavanjem objekta u fazi eksploatacije i uklanjanjem objekta. On može predstaviti kompletan životni vek objekta. BIM pruža jednostavno dobijanje svih potrebnih informacijama o količinama (na primer, prilikom izrade specifikacije i proračuna troškova). Informacioni model objekta objedinjuje geometriju, prostorne odnose, analizu osvetljenja, geografske parametre, količine i tehnički opis elemenata (na primer, detalje proizvođača pojedinih elemenata). Obim i određena polja rada mogu biti izdvojena iz projekta i posebno definisana. Sistemi, montaža ili delovi objekta mogu biti prikazani u odgovarajućoj razmeri u odnosu na ceo objekat ili grupu objekata.[2]

BIM je jedan od izuma koji mnogo obećava a svoju primenu nalazi u arhitekturi, građevinarstvu i mnogim sferama inženjerstva. BIM služi za potrebe izrade projekata i detaljnog 3D modela u virtuelnom okruženju. Nakon virtuelne izgradnje objekta omogućava brzu izradu projektne dokumentacije. Ukoliko se tokom izgradnje objekta ukaže potreba za izmenom projekta, sve izmene se vrši na jedinstvenom 3D modelu. Sve mere potrebne za izgradnju se skidaju direktno sa digitalnog modela, i time se sprečavaju greške izgradnje usled dvostruke dokumentacije.

Ovaj rad prikazuje na koji to način nove tehnologije kao što je BIM mogu da utiču na identifikacije rizika još u fazi projektovanja i na koje sve načine su neki od autora to primenili kao i da ukaže na potrebu da se nastava iz oblasti zaštite na radu unapredi implementacijom BIM metodologije.

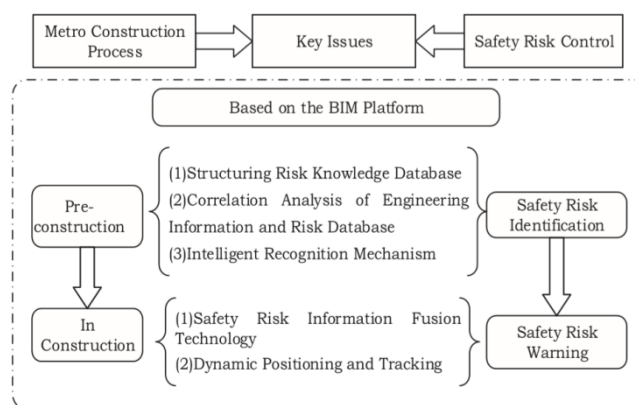
2. ZNAČAJ BIM-A U PROCESU UPRAVLJANJA ZAŠTITOM NA RADU

Malekitabar H. i ostali [3] u svom radu navode da je automatsko prepoznavanje rizika uz pomoć BIM modela moguće, ali je za to potreban set upravljačkih programa koji još uvek ne postoje. Mnogi rizici, pogotovo od povreda u građevinarstvu se ne mogu predvideti proučavanjem tehničke dokumentacije, a BIM je ograničen samo proverom klauzula bezbednosnih standarda. Procedura koja vodi do skupa pokretača rizika mora sagledati rizike koji se javljaju u projektu i analizirati formu gde nastaju, koji put slede i kakve posledice imaju. Od presudnog značaja su baze podataka sa prethodnih projekata. U ovom radu Malekitabar je koristio model Behm-a iz 2005. koji se zasniva na Depth-first-search i utvrdio da su za čak 42% smrtnih slučajeva uzrok bili fizički aspekti projekta. Analizirano je 363 nesreće prijavljene od tri različita izvora.

Martinez-Aires M. i ostali [4] navode da nekoliko studija pokazuje da bi BIM mogao u velikoj meri koristiti industriji arhitekture, inženjerstva i građevine (eng. Architecture, Engineering and Construction - AEC) kao oruđe koje doprinosi upravljanju sigurnošću, npr. kroz raspored, otkrivanje grešaka, praćenje napretka u izgradnji, doslednost dizajna i vizuelizacija, integracija podataka, procena troškova, primena vitke konstrukcije ili poboljšana saradnja članova tima itd. BIM je najperspektivnija tehnologija za informisanje i komunikaciju, delimično zahvaljujući svojoj sposobnosti i svestranosti, što omogućava njenu upotrebu u različitim oblastima AEC industrije, posebno u upravljanju sigurnošću. Pored toga, ova tehnologija omogućava efikasnu saradnju na projektu i integraciju podataka od faze dizajna do završetka projekta. BIM pomaže u identifikaciji rizika, pripremi za rad i ispunjavanju zadataka efikasnije i sigurnije, identifikujući svaki zadatak i radno područje s pripadajućim opasnostima, omogućavajući komunikaciju i saradnju različitih članova tima, kako u fazi projektovanja tako i u fazi izođenja.

Lia M. i ostali [5] navode da su se nesreće u Kini pri izgradnji metroa često dešavale zbog nedostatka efikasne kontrole bezbednosti u kontekstu velike gradnje. Kontrola bezbednosnog rizika za izgradnju metroa u Kini uglavnom uključuje identifikaciju rizika pre izgradnje i upozorenje na rizik u izgradnji. Na osnovu BIM tehnologije, napravljen je sistem identifikacije sigurnosnog rizika (eng. Safety risk identification system - SRIS) i sistem ranog upozoravanja (eng. Early warning system - SREVS) za izgradnju kineskih metroa. Kineski institut je korišćenjem BIM platforme utvrdio preko 500 nesuglasica u projektima cevovoda i infrastructure prilikom integrisanja ta dva projekta, koje do tada nisu bile očigledne. Sistem identifikacije sigurnosnog rizika se bavi izgradnjom baze znanja o rizicima, identifikujući korelaciju između inženjerskih informacija i sigurnosnih rizika i mehanizam prepoznavanja identifikacije sigurnosnog rizika. S druge strane, sistem ranog upozoravanja dizajniran u ovom radu ima za cilj da reši efikasnu integraciju informacija o bezbednosti u BIM platformu i proučava dinamično pozicioniranje i praćenje nebezbednih procesa u trodimenzionalnom prostoru (Slika 1.).

Kada se izrađuje baza podataka prvo se sumiraju podaci iz tehničkih priručnika i časopisa, a vrlo je važno iskustvo inženjera koje je vrlo teško zapisati pa se uglavnom to znanje prenosi učenjem i komunikacijom.



Slika 1. Istraživački okvir [6]

Baza podataka o sigurnosnom riziku, uključuje opis rizika, pretpostavku, ime i rizik i zaključak, u softveru SQL. Drugi korak je efikasno skladištenje znanja o bezbednosnom riziku u BIM cloud. BIM-cloud koji je platforma za više korisnika može dinamički deliti i ažurirati znanje o bezbednosnom riziku, poput standardnih odredbi, uputstava, zakona, propisa i rešenja. Rešena su dva kritična problema. Jedan je da se predloži postupak prepoznavanja i realizuje nabavljanje inženjerskih parametara za identifikaciju rizika, drugi je izgradnja sistema identifikacije sigurnosnog rizika za projekte izgradnje metroa po modelu BIM-a. Ovaj sistem prihvata bazu podataka o identifikaciji rizika, dizajnira algoritam podudaranja pretraživanja i računa nivo rizika. S druge strane, u

procesu izgradnje metroa generiše se značajna količina bezbednosnih informacija. Pa su primene spajanja podataka, BIM-a i savremene informacione tehnologije načini za nadgledanje stanja bezbednosti na gradilištu, a korisno je i poboljšanje dostupnosti bezbednosnih informacija, kao i mogućnost prenosa i analize rizika od bezbednosti građenja.

Arslan M. i ostali [6] smatraju da je nebezbedno ponašanje radnika glavni je uzrok smrtnih slučajeva na gradilištima. Kretanje radnika preko područja koje je za njih zabranjeno, korišćenje prečica kao i nametanje rezultata radnicima može vrlo negativno da utiče na sigurnost na gradilištu.

1. Da bi se znalo kretanje radnika u dinamičnom građevinskom okruženju, postavljeni su BLE Bluetooth prijemnici koji primaju signal sa uređaja koji nose radnici i tako se procenjuju lokacije u obliku prostorno vremenskih tačaka. (Slika 2.)

2. Prostorno-vremenske tačke radnika obogaćene su odgovarajućim lokacijama zgrade koristeći geografske podatke izvučene iz Open street Map datoteka građevina i kasnije pohranjene u STRIDE-ovom modelu podataka (tj. triplestor) za istoriju sa informacijama o profilima radnika. STRIDE je model pretnji, gde se pretnje odnosno greške otkrivaju računarskom sigurnošću.

3. Pomoću podataka sačuvanih u bazi podataka STRIDE modela, otkrivaju se pretnje. Izlaz iz triplestora je povezan sa BIM softverom za vizuelizaciju mesta zgrada na kojima je došlo do pretnji.

4. Sve informacije o pretnjama tokom napretka zgrade biće smeštene u triplestore skladištu za buduće svrhe istrage i pomoći će u sprovođenju analize uzroka i posledica rizika na lokacijama blizu posmatranog gradilišta.

Tradicionalne metode bezbednosti na osnovu ponašanja radnika na gradilištu imaju sporu povratnu informaciju, odnosno sporu reakciju lica zaduženih za bezbednost, prema tome potrebno je razvijati tehnologije zasnovane na senzorima. Međutim problem je što ovakve metode ne mogu da se primenjuju u dinamičnim okruženjima u toku napredovanja izgradnje zgrade, tj po fazama. Ovo otvara mnoge izazove upravljanja podacima za praćenje promena u kontekstualnim i prostornim informacijama povezanim sa lokacijama koje se tokom. Integracija BIM-a olakšava praćenje i saradnju struka čija se saradnja na projektu konstantno prepliće.

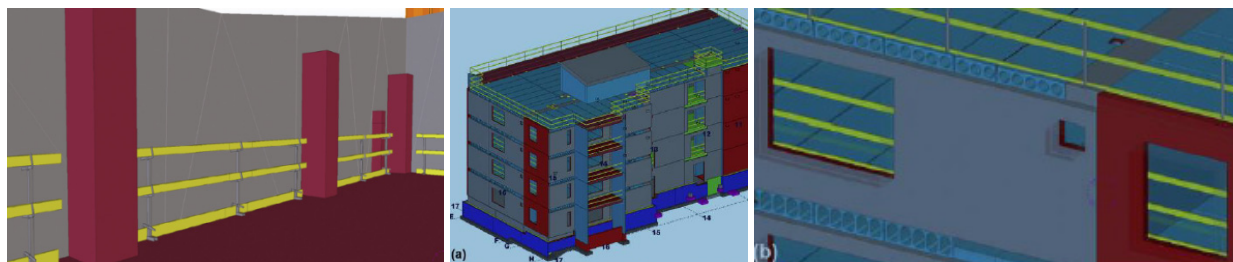


Slika 2. Mape lokacija radnika lociranih pomoću BLE Bluetooth prijemnika [7]

Zhang S. i ostali [7] u svom radu imaju za cilj da istraže kako se potencijalne opasnosti od pada, koje se nesvesno ugrađuju u plan izgradnje i koje mogu identifikovati i otkloniti još u fazi planiranja građevinskog projekta. Smatrajući da je do sada iskorišćena samo ograničena automatizacija u modeliranju i planiranju sigurnosnih procesa. Postojeća sigurnosna pravila, smernice i najbolje prakse mogu se koristiti zajedno sa postojećim trodimenzionalnim (3D) dizajnom i rasporedom informacija za formulisane automatizovanog sistema za proveru bezbednosnih pravila. Namera je da se automatski identifikuju ovi dinamički uslovi, kako je zgrada izgrađena, identifikuju njihovu lokaciju u virtualnom 3D prostoru, pa interaktivno ili automatski pružaju rešenja i vizualizaciju zaštitnih sistema za ublažavanje identifikovanih opasnosti. Navođenje sigurnosnih mera pomoći će menadžerima za sigurnost da unapred planiraju sigurnost tokom faze planiranja izgradnje, kao i tokom izgradnje.

Za svaki zadatak ispituje su da li su ploče povezane sa zadatim radnim zadatkom. Za svaku ploču povezanu sa zadatkom, algoritam proverava treba li ploču spojiti sa postojećom pločom. Ako na istom nivou nema postojeće ploče, izračunava se granica ploče. Takođe se otkrivaju postojeći zidni elementi kako bi se videlo da li bilo koji deo granice ploče ne treba zaštititi od pada. Tako se izračunavaju nezaštićene ivice kojima je potrebna zaštita. U suprotnom se postojeće ivice, nezaštićene ivice i ivice koje se preklapaju izračunavaju na osnovu stanja geometrije, odnosno nakon spajanja ploče. Tako se postavljaju novi štitnici za nezaštićene ivice, a postojeći štitnici za prekrivene ivice se uklanjaju. Na slici 3. je prikazano na koji način se postavljaju zaštitne ograde na ivicama ploče u programu i kako one izgledaju u modelu. Algoritam je bio u stanju da otkrije lokaciju potencijalnih opasnosti od pada sa betonskih ploča i krajnjim ivicama i pruži smernice za ugradnju (npr. Račun materijala, vizualizacije) odgovarajuće opreme za zaštitu od pada koja rešava identifikovane opasnosti praktično u BIM-u. Rezultati pokazuju

efikasnost predloženog pristupa u otkrivanju i vizualizaciji potencijalnih opasnosti od pada, posebno tokom faza projektovanja i planiranja bezbednosti.



Slika 3. Planiranje sprečavanja pada sa ploče [8]

3. ZAKLJUČAK

U okviru rada utvrđeno je da dobrom organizacijom može da se predvidi mnogo veći procenat rizika od povreda koristeći BIM modele, pogotovo dinamičke BIM modele koji se ažuriraju u različitim fazama izgradnje, jer svaka faza nosi nove rizike.

Autori su pokazali da BIM tehnologija može efikasno da predvidi rizik od povrede. Ovakva primena BIM-a treba da se implementira u nastavne procese zaštite na radu što i jeste plan Fakulteta tehničkih nauka. BIM modeli sadrže veliku količinu podataka potrebnih za prepoznavanje rizika u građevinarstvu, pa tako i rizika od povreda što olakšava sagledavanje i razumevanje pojma rizika od povreda na gradilištima od strane studenata bez izlaganja istih realnim rizicima gradilišta.

BIM služi kao velika baza podataka (sadrži geometriju, prostorne odnose, analizu osvetljenja, geografske parametre, količine i tehnički opis elemenata) pa je u takvom modelu mnogo lakše već u fazi projektovanja predvideti kritična mesta u konstrukciji kao i potencijalne rizične situacije što pomaže studentima, koji će ubrzo nakon završetka fakulteta biti na pozicijama projekatana, odgovornih izvođača radova kao i na pozicijama koordinatora za bezbednost i zdravlje na radu, da se bolje pozicioniraju na tržištu rada.

ZAHVALNOST

U radu je prikazan deo istraživanja koje je pomogao Departman za građevinarstvo i geodeziju Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu u okviru projekta pod nazivom: „Sveobuhvatni pristup unapređenju interdisciplinarnih istraživanja u obrazovanju i nauci u oblasti građevinarstva“.

4. LITERATURA

- [1] Mučenski V., *Model semikvantitativne procene rizika zaštite na radu za procese izgradnje*-doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2013
- [2] Sabadoš I., Ninkov T., Petković M., Batilović M., Antić N., *BIM i geodezija*, Zbornik radova Građevinskog fakulteta 30, 2016, 149-161, DOI: 10.14415/zbornikGFS30.13
- [3] Malekitabar H., Ardeshtir A., Hassan Sebt M., Stouffs R., *Construction safety risk drivers: A BIM approach*, Safety Science 82, 2016, 445–455, ISSN: 0925-7535
- [4] Martínez-Airesa M., López-Alonsob M., Martínez-Rojasc M., *Building information modeling and safety management: A systematic review*, Safety Science 101, 2018, 11-18, ISSN: 0925-7535
- [5] Lia M., Yua H., Jinb H., Liua P., *Methodologies of safety risk control for China's metro construction based on BIM*, Safety Science 110, 2018, 418-426, ISSN: 0925-7535
- [6] Arslana M., Cruza C., Ginhacb D., *Visualizing intrusions in dynamic building environments for worker safety*, Safety Science 120, 2019, 428-446, ISSN: 0925-7535
- [7] Zhang S., Sulankivi K., Kiviniemi M., Romo I., Eastman C., Teizer J., *BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning*, Safety Science, 72, 2015, 31–45, ISSN: 0925-7535