

**ULOGA BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) U ODRŽIVOM PROJEKTOVANJU ZGRADA: ANALIZA INTEGRACIJE BIM-A ZA ODRŽIV RAZVOJ GRAĐEVINSKE INDUSTRIJE****THE ROLE OF BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) IN SUSTAINABLE BUILDING DESIGN: AN ANALYSIS OF BIM INTEGRATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY**Saša Jovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad istražuje ključnu ulogu BIM-a u postizanju održivosti u građevinskoj industriji. Fokusiramo se na analizu inicijativa za održiv razvoj, sisteme za ocenjivanje zelenih zgrada, i integraciju BIM-a za unapređenja održivog projektovanja. Naglasak na primeni BIM-a za efikasno upravljanje resursima, energetsom efikasnošću i održivim materijalima, čime se doprinosi globalnim ciljevima održivog razvoja.

**Ključne reči:** Održiv razvoj, Sistemi za ocenjivanje zelenih zgrada, BIM tehnologija, Održivost, Održiv projekat

**Abstract** – This paper explores the pivotal role of BIM in achieving sustainability in the construction industry. We focus on analysing initiatives for sustainable development, green building assessment systems, and the integration of BIM to enhance sustainable design. Emphasis is placed on the use of BIM for efficient resource management, energy efficiency, and sustainable materials, thereby contributing to global sustainability goals.

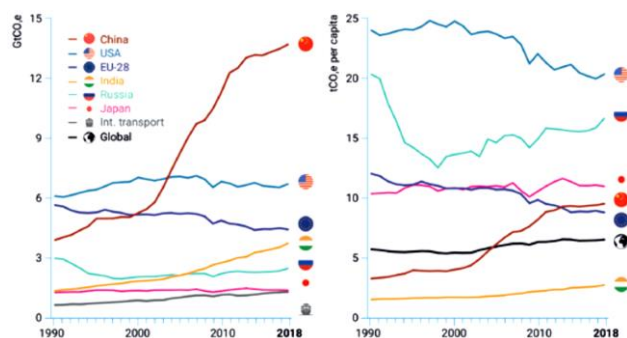
**Keywords:** Sustainable development, Green building assessment systems, BIM (Building Information Modelling technology), Sustainability, Sustainable project

**1. UVOD**

Klimatske promene su izazov s kojim se suočava čovečanstvo već decenijama. Građevinski sektor, ključan u ovom kontekstu, nije dovoljno napredovao ka održivosti. Digitalne tehnologije nude priliku za transformaciju sektora. Prema istraživanjima, porast globalne temperature je realnost zbog ljudskih aktivnosti. Inicijative poput Agende 2030 i Pariskog sporazuma naglašavaju hitnost i planove za smanjenje emisija gasova. EU takođe ima strategije za smanjenje emisija do 2030. godine. Potrebno je zajedničko delovanje, svest o promenama i angažman na globalnom nivou kako bi se suzbile klimatske promene.

**NAPOMENA:**

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



Slika 1: Najveći emiteri gasova sa efektom staklene bašte apsolutno (levo) i po glavi stanovnika (desno) (UNEP 2019).

**2. SISTEMI ZA OCENJIVANJE ZELENIH ZGRADA**

Ocene zelenih zgrada su postale ključne u proceni ekološke održivosti građevinskih projekata.

Razvijeno je više od 34 sistema za ocenjivanje zelenih građevinskih objekata širom sveta, s naglaskom na četiri glavna zajednička elementa: kategorije, sistem ocenjivanja, sistem ponderisanja i prikaz rezultata.

Među najpopularnijim sistemima su BREEAM, LEED, Level(s), CASBEE i SBTool, a njihova primena širi se globalno. BREEAM, prvi takav sistem, razvijen je u Engleskoj 1990. godine i široko se koristi u različitim vrstama objekata širom sveta, ocenjujući performanse u devet kategorija i dodeljujući ocene od 1 do 5 zvezdica. LEED, pokrenut 2000. godine u SAD-u, takođe se koristi globalno, nudeći ocenjivanje u šest varijanti i dodeljujući sertifikate na nivou Sertifikata, Srebra, Zlata i Platine. Level(s) je okvir Evropske komisije za procenu održivosti zgrada, oslanjajući se na šest makro-ciljeva. CASBEE, razvijen u Japanu, ocenjuje ukupnu performansu zgrada koristeći princip Efikasnosti građevinske zaštite životne sredine.

SBTool, koji se koristi u više od 20 zemalja, pruža prilagodljiv alat za ocenjivanje zgrada prema sedam glavnih kategorija. Svi ovi sistemi nude jedinstvene pristupe u ocenjivanju ekološke održivosti građevinskih projekata, prilagođene različitim lokalnim potrebama i uslovima, uz naglasak na smanjenju negativnog uticaja na okolinu.

### 3. POTREBE ZA BIM TEHNOLOGIJOM

Potreba za BIM tehnologijom proizlazi iz ključnih potreba u upravljanju vremenom, troškovima i resursima u građevinskim projektima. Građevinska industrija se suočava s izazovima kao što su kompleksnost procesa, nedostatak efikasnog upravljanja informacijama i nedostatak dugoročne strategije. Priroda informacija i njihov protok zahtevaju efikasno prikupljanje i prezentaciju informacija. Nedostatak standardizacije otežava deljenje informacija između učesnika. Upravljanje informacijama putem BIM-a može poboljšati integraciju praksi u industriji. Nedostatak dugoročnog strateškog menadžmenta i nedostatak interoperabilnosti IT sistema su ključni problemi. Investicije u IT se često doživljavaju kao trošak, a ne kao korist, što ograničava napredak ka standardizaciji. To posebno utiče na male građevinske organizacije, dovodeći do zabrinutosti za njihovo preživljavanje i odlaganje napretka u industriji.

### 4. BIM TEHNOLOGIJA

Modeliranje informacija o građenju (BIM) je revolucija u građevinskoj industriji. BIM je digitalna reprezentacija objekata koja se koristi kao zajednički resurs za informacije tokom celog životnog ciklusa objekta. Osnova BIM-a je koncept saradnje podržane digitalnom tehnologijom za efikasnije projektovanje, isporuku i održavanje objekata. BIM ima široke implikacije, obuhvatajući sektor građevinarstva, životni ciklus projekta i veze sa operativnim sistemima građevinskog okruženja. On se razvija kroz različite nivoe zrelosti, uključujući 2D i 3D geometriju, integraciju vremenskih (4D) i troškovnih (5D) elemenata, kao i aspekte poput održavanja (6D) i održivosti (7D). Napredak BIM-a vodi ka digitalnom blizancu - modelu koji odgovara stvarnom objektu, pružajući tačne informacije za upravljanje tokom celog životnog veka. Budućnost BIM-a obuhvata Lean BIM (fokus na kontinuiranom unapređenju) i AI BIM (veća primena veštačke inteligencije), otvarajući vrata pametnim gradovima i informisanom donošenju odluka u građevinskom procesu.



Slika 2. Generičko upravljanje projektima i upravljanje informacijama o životnom ciklusu imovine

Ključna je efikasna razmena podataka, a digitalizacija omogućava prikupljanje i deljenje informacija putem tehnoloških sredstava. Zajedničko okruženje za razmenu podataka (CDE) postaje srž BIM procesa, omogućavajući organizovano deljenje informacija među stručnjacima uz precizne sisteme bezbednosti i zaštitu intelektualne

svojine. Standardi poput ISO 19650:2018 igraju ključnu ulogu u upravljanju informacijama tokom životnog ciklusa objekta i olakšavaju interoperabilnost softvera.

### 5. ODRŽIVOST

Zgrada zelene izgradnje pruža okvir za održivost, smanjujući štetu na planeti i osiguravajući dugoročnu funkcionalnost. Ova ideja evoluirala je kroz vekove, s izgradnjom prilagođenom okolini u drevnim kulturama do industrijske ere koja je poticala masovnu proizvodnju. U sedamdesetima i osamdesetima javila se svest o ekološkim problemima, što je rezultiralo formiranjem organizacija poput EPA i USGBC, promovisući zelenu gradnju. Održiv projekt nadilazi zelenu gradnju, obuhvatajući širi uticaj na ekologiju, društvo i ekonomiju. Definicija održivog projekta uključuje aspekte ekološke očuvanosti, socijalne odgovornosti i ekonomske izvodljivosti. To traži balans između Ljudi, Planete i Prosperiteta. Održiv projekt nije samo "100% manje loš", već teži obnavljanju i regeneraciji naše planete. Inicijalne reference za održivi projekat potiču iz 1960-ih. Ove ideje održivosti su duboko ukorenjene u arhitekturi i građevinarstvu kroz vekove, prilagođavajući se klimatskim uslovima i dostupnim materijalima. Primeri, eskimski iglu je efikasno sklonište koje koristi sneg kao izolaciju, dok su konstrukcije u toplim klimama koristile masivne adobe za odbijanje toplote. Ove tehnike su vremenom zamijenjene novim tehnologijama, gubeći pasivne pristupe za aktivne sisteme. Knjige poput "Projekat s Klimom" Olgyaya (1963) i eksperimentalni projekti poput solarnih stanova iz tog vremena označili su početak definiranja održivog razvoja. Njihov utjecaj bio je temeljan u promicanju ideje o gradnji prilagođenoj okolišu. Održivi projekt teži smanjenju ekološkog uticaja kroz ekološki osveštene prakse u projektovanju i gradnji. Različite definicije se razlikuju, ali osnovno je očuvanje okoline. Uspostavljanje smernica je ključno za postizanje ciljeva održivosti. Ovi principi se odnose na lokaciju, energetske resurse, kvalitet unutaršnjeg okoliša i materijale. Na primjer, princip pametnog rasta naglašava važnost odabira odgovarajuće lokacije i obnavljanja postojećih objekata. Održivi projekti donose ekološke, ekonomske, društvene i poslovne koristi. Smanjenje otpada, energetska učinkovitost i unapređenje unutrašnjeg okoliša su neke od ključnih prednosti. Osim toga, održiva gradnja može poboljšati kvalitet života korisnika zgrada. Saradnja timova, nedostatak znanja o alatima i pritisak za smanjenjem materijala su izazovi u postizanju održivosti. Također, otpad na gradilištima, tehnološki napredak i pogoršanje okoliša zahtijevaju intenzivnije istraživanje kako bi se pronašla rješenja koja odgovaraju budućim generacijama.

### 6. BIM I ODRŽIV PROJEKAT

BIM i održivi projekti su ključni zbog zabrinutosti oko potrošnje energije. U Velikoj Britaniji, gotovo polovina potrošene energije dolazi iz zgrada. Korišćenje BIM-a omogućava poboljšanje energetske efikasnosti tokom čitavog projektnog ciklusa, ali naponi za stvaranje visoko efikasnih zgrada još nisu ispunili svoj pun potencijal. Održiva rešenja su važna za unapređenje kvaliteta života, smanjenje otpada i očuvanje resursa. Integracija BIM-a s

projektantskim timom doprinosi boljem kvalitetu u svim fazama projekta. U 2016., Velika Britanija je učinila BIM obaveznim u građevinskoj industriji kako bi unapredila održiva rešenja. Za postizanje održivosti, ključne strategije uključuju orijentaciju zgrade, oblikovanje, dnevno svetlo, sakupljanje vode, energetska modeliranje, obnovljivu energiju, materijale i izolaciju. BIM omogućava brže iteracije i analize, što pomaže u optimizaciji ovih strategija za održive rezultate. Kvalitet informacija unesenih u BIM model direktno utiče na preciznost podataka koje dobijate iz modela. Kroz ove koncepte, koristimo različite alate bazirane na BIM modelu koji pomažu u analizama i kreiranju geometrije projekta.

### 6.1. Orijehtacija zgrade

Orijehtacija zgrade se odnosi na postavljanje zgrade u odnosu na putanju sunca. To utiče na energetska efikasnost i udobnost, omogućavajući optimizaciju pasivnih solarnih strategija za osvetljenje, grejanje i hlađenje. Ova faza projektovanja zahteva razumevanje geoprostorne lokacije, solarnog juga i pravca vetrova. Pravilna orijentacija omogućava manje energetska opterećenje i pasivne strategije poput senčenja u vrućim klimama ili povećanje solarnog zračenja u hladnim klimama. Uprkos njenom blagom direktnom uticaju na energetska efikasnost, pravilna orijentacija postavlja temelj za uspeh ostalih strategija.

Različite klime zahtevaju prilagođene strategije. U vrućim klimama, senčenje održava svežinu, dok u hladnim klimama omogućava upotrebu sunčeve svetlosti za zagrevanje. Pravilna orijentacija takođe olakšava prirodnu ventilaciju. Orijehtacija zgrade utiče na potrošnja energije. U kancelarijskim zgradama, pravilna orijentacija može značajno smanjiti potrebu za električnim osvetljenjem. U drugim vrstama zgrada, poput laboratorija, uticaj može biti manji zbog većeg unutrašnjeg opterećenja. Ciljevi projekta trebaju biti realni i prilagođeni specifičnostima lokacije. Pravilna orijentacija treba biti jedno od prvih razmatranja u projektantskom timu. BIM omogućava precizna orijentacija prema solarnom jugu. Identifikacija solarnog juga u BIM okruženju je ključna za postizanje pravilne orijentacije. Orijehtacija zgrade je ključna za održivost projekta, pružajući temelj za efikasna korišćenje resursa i implementaciju drugih održivih strategija.

### 6.2. Oblikovanje mase zgrade

U oblikovanju mase zgrada, ključna je osigurati optimalna struktura koja omogućava pristup dnevnom svetlu i efikasna termoizolaciju. Postoje različiti oblici zgrada koji se prilagođavaju tipu zgrade i lokaciji, uzimajući u obzir estetiku, ekonomiju i programski zahtev. Pravilno oblikovanje mase zgrade ima za cilj smanjenje ukupnih energetskih potreba, omogućavajući investiranje u efikasna opremu i prihvatljiviju upotrebu obnovljivih sistema.

Analiza oblika zgrada putem softvera za energetska analizu pruža uvid u godišnje troškove energije za različite oblike. Simulacije pokazuju da određeni oblici zgrada omogućavaju značajna uštede do 22% na troškovima energije u poređenju s baznom potrošnjom.

Klima, kultura i lokacija igraju ključna uloga u oblikovanju mase zgrade. Na primer, oblici zgrada variraju ovisno o klimatskim uslovima kako bi iskoristili pasivne projektantske strategije za grejanje, hlađenje i osvetljenje. Organizaciona kultura takođe utiče na oblik zgrade, a lokacija može odrediti visinu, raspored spratova i uticati na okolinu. Korišćenje softvera za oblikovanje (BIM) omogućava istraživanje različitih oblika zgrada i upoređivanje njihovih prednosti i mana. Osim toga, pravilno oblikovanje zgrade može smanjiti potrebe za resursima, kao što je to slučaj s kancelarijskim zgradama koje zahtevaju različite pristupe prema unutrašnjim i spoljnim opterećenjima.

### 6.3. Dnevna rasveta

Dnevna rasveta znači iskorišćenje prirodne svetlosti kako bi se smanjila potreba za veštačkim osvetljenjem u zgradama. Ovo ne samo da doprinosi smanjenju potrošnje energije, već i utiče na unutrašnja udobnost. Bitni faktori za uspešan dizajn dnevne rasvete uključuju orijentaciju zgrade, odabir pravog stakla, spoljne uređaje za zasenčivanje i organizaciju prostora. Takođe, ključna je razumeti kako klima, kultura i lokacija utiču na efikasnost korišćenja dnevne svetlosti. Za analizu se koriste sofisticirani alati poput BIM modela i softverskih paketa kao što su Radiance, Integrated Environmental Solutions Virtual Environment i Daysim.

### 6.4. Sakupljanje vode

Fokus održivog projektovanja često je na energiji, ali voda je ključna, ograničena resurs. Postoji velika potrošnja vode, a svest o njenoj štednji raste. To se posebno odnosi na ispiranje toaleta i zalivanje travnjaka. Korišćenje manjih količina vode za ispiranje i alternativnih materijala za travnjake može značajno smanjiti potrebu za vodom. Razumevanje klimatskih uticaja može naročito uticati na naša potrošnja vode. Smanjenje potrošnje vode je ključna, a postoji nekoliko strategija, kao što su eliminisanje nepotrebne upotrebe vode, odabir efikasnih sistema, sakupljanje kišnice, ponovna upotreba sive vode i tretman otpadnih voda na licu mesta. Korišćenje BIM modela i drugih alata omogućava projektantima da analiziraju i planiraju efikasna korišćenje vode u projektima. S tim u vezi, sakupljanje informacija o padavinama za određenu lokaciju je ključna za planiranje održivog korišćenja vode.

### 6.5. Model energetike

Energetski modeli omogućavaju razumevanje potreba zgrade za energijom i kako se sistemi integrišu. Postoji mnogo načina za smanjenje potrošnje energije, od orijentacije zgrade i masiranja do optimizacije stakla i osvetljenja. Integracija ovih strategija može značajno smanjiti potrebu za hlađenjem zgrade. Osim toga, primena obnovljivih izvora energije, poput solarnih i vetrovih sistema, može zadovoljiti energetska potrebe zgrade. Međutim, cena i dostupnost ovih sistema variraju od lokacije do lokacije. Utvrđivanje najefikasnijeg rešenja za generisanje obnovljive energije zahteva analizu ekonomske isplativosti i izbor sistema u skladu sa specifičnostima lokacije i troškovima. Kupovina sertifikata za obnovljivu energiju može biti alternativa

ako direktna implementacija ovih sistema nije trenutno ekonomski izvodljiva.

## 6.6. Materijali

Razmišljanje o materijalima za izgradnju ključno je za stvaranje održivih zgrada. Od odabira materijala do završne konstrukcije, svaki korak u projektu može značajno uticati na energetske potrošnje i ekološki otisak. Pri izboru materijala, važno je uzeti u obzir nekoliko faktora. Pored funkcionalnosti, materijali bi trebalo da imaju višestruku svrhu ili doprinosti efikasnosti zgrade na različite načine. Na primer, beton i metalne ploče ne samo da su građevinski materijali već i reflektuju svetlost, produžavajući dnevno osvetljenje unutar zgrade. Treba voditi računa o materijalima poput Portland cementa jer zahtevaju značajnu energiju tokom proizvodnje, što može znatno povećati ukupnu energetske potrošnje zgrade. Izbor materijala s manjim energetske troškovima može biti ključan za stvaranje održivog okruženja. Transport materijala takođe ima važnu ulogu jer se građevinski materijali često prevoze velikim udaljenostima, trošeći fosilna goriva i stvarajući štetne emisije. Preferiranje lokalnih materijala ne samo da smanjuje ekološki otisak već podržava i lokalnu ekonomiju kroz zapošljavanje ljudi u zajednici. Reciklirani materijali takođe igraju ključnu ulogu u smanjenju ekološkog uticaja građevinskih projekata. Korišćenje materijala koji su već bili u upotrebi značajno smanjuje emisije i otpad, pridonoseći boljoj povezanosti s lokalnom zajednicom i ekonomijom.

## 6.7. Optimizacija građevinske termoizolacije

Da optimizujemo termoizolaciju zgrade, moramo pažljivo razmotriti materijale i parametre poput klime, mesta i karakteristika termoizolacije. Ovi faktori zajedno određuju efikasnost zgrade i udobnost unutar nje. Klimatski uslovi igraju ključnu ulogu u odabiru materijala za termoizolaciju. Različite klime zahtevaju različite nivoe otpora toploti između unutrašnjosti i spoljnosti zgrade. Preporuke za termoizolaciju variraju u skladu s klimatskim zonama, a propisi takođe mogu imati svoje standarde. Efikasna termoizolacija zavisi od dva ključna faktora: uštede energije i nivoa udobnosti koji pruža. Pri odabiru materijala za termoizolaciju, fokus je na elementima poput izolacije i stakla. Kada je reč o izolaciji, ključna energetska svojstva uključuju U-vrednost, koja meri prenos toplote kroz materijal, i koeficijent solarnog toplotnog dobitka (SHGC), koji određuje količinu direktnog solarnog zračenja koje ulazi u zgradu. Takođe, providnost vidljivog svetla (VLT) i odnos svetla prema solarnom dobitku (LSG) su bitni faktori. Optimizacija termoizolacije znači balansiranje ovih svojstava prema specifičnim potrebama zgrade i okoline. U krajnjem slučaju, odabir materijala za građevinski projekat trebao bi biti usmeren ka stvaranju efikasne, održive zgrade koja ne samo da ispunjava svoju funkciju već i minimalizuje negativne uticaje na životnu sredinu.

## 6.8. Korišćenje besplatnih ili lokalnih resursa i prirodnih sistema

Odlučili smo se fokusirati na tri besplatna resursa: vetar, kišnicu i sunce, koristeći ih za energiju i smanjenje potrošnje resursa. Vetar se može koristiti za prirodno hla-

đenje kroz ventilaciju, posebno u povoljnim klimatskim uslovima. Kišnica, sakupljena i filtrirana, može biti izvor vode za različite namene. Sunce je izvor svetlosti i toplote, što se može efikasno koristiti za osvetljenje prostora i grejanje. Integracija ovih resursa zahteva pažljivo projektovanje zgrada i odgovarajuće sisteme za sakupljanje i korišćenje. Za korišćenje vetra u prirodnom hlađenju, važno je pravilno orijentisati zgradu i koristiti odgovarajuće prozore. Sakupljanje kišnice je jednostavan način smanjenja potrošnje vode, za zalivanje ili čak tehničke procese. Sunčeva svetlost i toplota mogu se efikasno koristiti za osvetljenje i grejanje prostora, s pravilnim postavljanjem prozora i stakala. Koristeći ove prirodne resurse zahteva precizno projektovanje i integraciju u zgradu, što može značajno smanjiti potrebu za konvencionalnim sistemima, poput veštačke rasvete, grejanja ili rashladnih sistema. Integracija ovih resursa zahteva detaljno planiranje i prilagođavanje prema klimatskim uslovima i potrebama zgrade.

## 7. ZAKLJUČAK

BIM je ključan za održivost u građevinskoj industriji, omogućavajući integraciju održivih principa kroz sve faze projekata. Ova tehnologija optimizuje energetske efikasnost, smanjuje uticaj na okolinu i promovise upotrebu održivih materijala. Integracija BIM-a u projektovanje daje priliku za stvaranje građevinskih objekata koji imaju pozitivan uticaj na planetu, gradeći održive zajednice za sadašnje i buduće generacije. BIM nije samo softver, već alat za transformaciju, podsećajući nas da svaka zgrada ili infrastruktura može biti prilika za ostvarenje održive vizije. U vremenima kada je održivost ključna, BIM tehnologija nas podstiče da budemo inovativni, odgovorni i da gradimo za bolju budućnost.

## 8. LITERATURA

- [1] G. Heerkens, "Project Management, 24 Steps to Help You Master Any Project," McGraw Hill, 2007.
- [2] P.J. Lewis, "The Project Manager's Desk Reference, 2nd Edition," McGraw Hill, 2000.
- [3] C.J. Kibert, "Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery."
- [4] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston, "BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors."
- [5] B.D. Ojha, B. Schwartz, "BIM for Sustainable Design: Best Practices and Techniques."

### Kratka biografija:



**Saša Jovanović** rođen je u Beogradu 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Tehnologija i organizacija građenja odbranio je 2023 god. kontakt: [sasaklein94@gmail.com](mailto:sasaklein94@gmail.com)