

DOPRINOS, PREDNOSTI I NEDOSTACI PRI IMPLEMENTACIJI BIM SOFTVERA U INŽENJERSKU PRAKSU**CONTRIBUTION, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF IMPLEMENTING BIM IN ENGINEERING PRACTICE**

Milana Marković, vanr. prof. Aleksandar Anđelković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ENERGETSKE TEHNOLOGIJE

Kratak sadržaj – Master rad se sastoji iz teorijskog i praktičnog dijela. U teorijskom dijelu objašnjen je pojam BIM-a (Building Information Modelling), način rada u BIM softverima, kao i dimenzije i upotreba u svijetu. Poseban naglasak stavljen je na upotrebu u mašinskom sektoru, u oblasti HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) projektovanja. Prikazani su koraci za pravljenje efikasnog HVAC sistema pomoću BIM-a, prvo u teoriji a zatim i na primjeru, pomoću softvera Revit i LINEAR. Urađeno je poređenje sa klasičnim načinom projektovanja u softverima IntegraCAD i 2D AutoCAD, kako bi se kao rezultat dobile prednosti i nedostaci ovakvog načina rada i ukupan doprinos BIM tehnologija.

Ključne reči: BIM modelovanje, nivoi BIM-a, doprinos u mašinstvu, gubici i dobici toplote, podno grijanje, ventilacija

Abstract – The Master thesis consists of theoretical and practical parts. The theoretical section explains the definitions of BIM (Building Information Modelling), the workflow in BIM software, as well as dimension and applications in the world. Special emphasis is placed on its use in the mechanical sector, specifically in HVAC (Heat, Ventilation and Air Conditioning) design. The steps for creating an efficient HVAC system using BIM are presented first theoretically and then through an example, utilizing Revit and LINEAR software. A comparison is made with traditional design methods using IntegraCAD and 2D AutoCAD software to highlight the advantages and disadvantages of this approach, as well as the overall contribution of BIM technologies.

Keywords: BIM modelling, levels of BIM, contribution in mechanical engineering, heat loads, floor heating, ventilation

1. UVOD

Tokom faze izgradnje objekata, javljaju se razne nepredviđene situacije kao i poteškoće u komunikaciji i koordinaciji usljed nedovoljno informacija.

U građevinskoj struci, ali i mnogim drugim kao što je mašinstvo, ovaj problem može se riješiti usvajanjem BIM-a (Building Information Modelling), za koji se smatra da je tehnologija koja može uvesti značajne promjene u oblasti projektovanja i izvođenja objekata. Evropska federacija građevinske industrije predviđa da će usvajanje BIM-a omogućiti uštede od 15-20% na globalnom tržištu infrastrukture do 2025. godine [1].

BIM nije jedan softver ili jedna stvar, nego ljudska aktivnost koja može bitno uticati na proces promjena u projektovanju. U ovom radu biće prikazani efekti koje pravilna upotreba BIM-a može donijeti svim članovima projektnog tima, kao i organizacioni problemi vezani za implementaciju ovih softvera u postojeći sistem rada. Takođe, prikazan je primjer primjene nekih od BIM softvera (Revit, LINEAR), kao i poređenje sa softverima koji su ranije korišćeni u inženjerskoj praksi (IntegraCAD, 2D AutoCAD). Cilj rada jeste prikazati prednosti koje podstiču veću implementaciju ovog načina rada, kao i poteškoće i nedostatke sa kojim će se susretati budući korisnici.

2. BIM MODELOVANJE**2.1 Pojam BIM-a (Building Information Modelling)**

Stručnjaci iz različitih oblasti inženjerstva, imaju različita mišljenja o tome šta je BIM. Neke od definicija su: „Tehnologija modelovanja i seta povezanih procesa za proizvodnju, komunikaciju i analizu modela zgrada“ („A modelling technology and associated set of processes to produce, communicate and analyse building models.“), kao i : „Novi pristup koji omogućava opisivanje i prikaz informacija potrebnih za dizajn, izgradnju i rad izgrađenih objekata“ („A new approach to being able to describe and display the information required for the design, construction and operation of constructed facilities“).

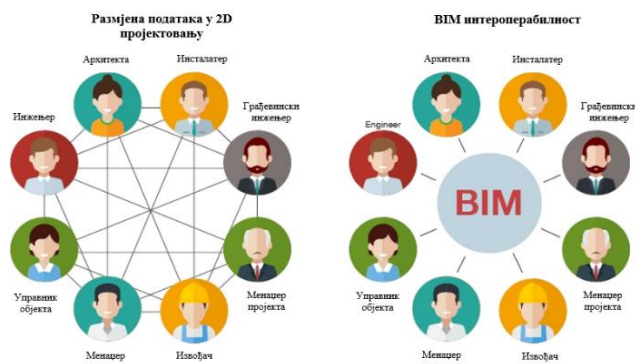
Pored postojanja različitih definicija, postoji jednoglasan dogovor da je BIM proces kombinovanja informacija i tehnologija kako bi se stvorila digitalna reprezentacija projekta. On integriše podatke iz raznih izvora i razvija se paralelno sa stvarnim projektom, tokom cijelog njegovog trajanja. Podaci uključuju informacije o dizajnu, izgradnji i operativnom korišćenju. Ono što je velika prednost, jeste mogućnost izmjene projekta, u bilo kojoj etapi, bez velikih poteškoća [2].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bio vanr. prof. Aleksandar Anđelković.

2.2 Nivoi BIM modelovanja

U centru BIM-a je informacija. Sve opisne ili kvantitativne informacije koje su povezane sa modelom mogu se lako razmjenjivati između različitih disciplina. Svi ljudi koji rade sa modelom mogu dodati nove informacije u model ili koristiti informacije koje su već unutar modela. Ovakav način rada simbolično je prikazan na Slici 1.



Slika 1 Načini komunikacije u 2D i BIM projektovanju [3]

Prvi softver koji se može smatrati BIM softverom je *ArchiCAD* iz 1987. godine. Na početku, *ArchiCAD* je bio standardni CAD softver, ali kasnije postaje više usmjeren na BIM. Danas postoji mnogo različitih BIM softvera, a neki od najčešće korišćenih su: *ArchiCAD*, *Revit AUTODESK*, *MagicCAD*, *Tekla Structures*, *VectorWorks* i sl.

Termin „Building“ u nazivu, ne odnosi se u potpunosti na zgrade. Ova metodologija se može primjeniti na sve vrste građevinskih projekata. Modele objekata u BIM-u karakteriše definisanje progresije nivoa zrelosti.

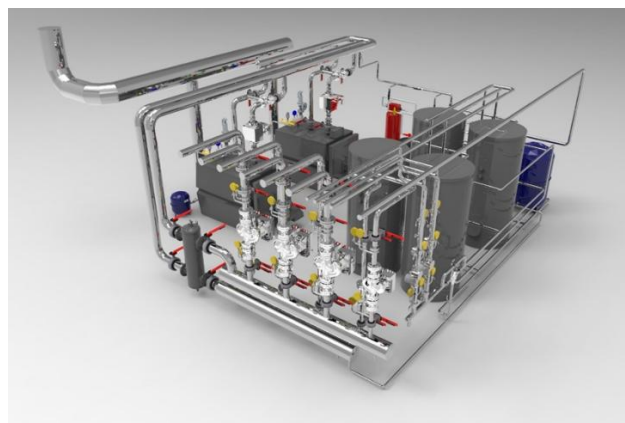
Usvojena su četiri nivoa (Nivo 0 – Nivo 3) koji su postali široko prihvaćena definicija kriterijuma da bi projekat bio označen kao BIM-usaglašen.

- **Nivo 0 BIM** - model je najčešće predstavljen u 2D, sa informacijama koje se dijele putem tradicionalnih papirnih crteža ili, u nekim slučajevima, digitalno putem PDF-a, što su suštinski odvojeni izvori i pokrivaju osnovne informacije o objektu.
- **Nivo 1 BIM** – na ovom nivou trenutno posluje dosta kompanija. Ovaj nivo tipično obuhvata mješavinu 3D CAD-a za konceptualni rad i 2D za izradu dokumentacije. Modeli se ne dijele između članova projektnog tima.
- **Nivo 2 BIM** - Ovaj nivo se razlikuje po kolaborativnom radu - sve strane koriste svoje 3D modele, ali ne rade na jednom zajedničkom modelu. Informacije vezane za dizajn se dijele putem zajedničkog formata datoteka, što omogućava bilo kojoj organizaciji da kombinuje te podatke sa sopstvenim.
- **Nivo 3 BIM** - Ovaj nivo predstavljen je potpunom saradnjom između svih disciplina, korišćenjem jednog zajedničkog modela projekta. Sve strane koje učestvuju na projektu mogu pristupiti i modifikovati taj isti model, a prednost je što se uklanja i rizik od suprotstavljenih informacija [4].

3. BIM TEHNOLOGIJE U MAŠINSTVU

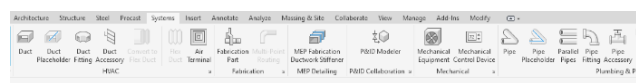
BIM modelovanje, kao što je već rečeno, predstavlja novu i naprednu 3D metodologiju razrade projekata, koja je još uvijek u fazi razvoja. Prvenstveno je razvijena za arhitektonske i građevinske svrhe sa ciljem lakog i brzog stvaranja kvalitetnih 3D modela, dok se danas ova pravila modelovanja mogu koristiti vrlo efikasno i u mašinstvu.

Prvo pojavljivanje BIM modelovanja može se povezati sa 1970-im godinama. Zbog ograničenog tehnološkog razvoja u tom periodu, nije imalo značajan napredak do danas. Danas, BIM postavlja glavne principe modelovanja u oblasti arhitekture, građevinarstva i mašinstva. Glavni cilj BIM-a je da pomogne inženjerima tokom procesa dizajna. To nije samo alat za 3D crtanje, već može pomoći inženjerima da riješe različite probleme, poput analize naprezanja, dinamičkih simulacija, optimizacije dizajna, protoka fluida, prenosa toplote itd. BIM se u mašinstvu najviše koristi za razvoj sistema za grijanje, ventilaciju i klimatizaciju (HVAC) i nepoznato je koliki potencijal ima za korišćenje u drugim oblastima mašinstva [5]. Na Slici 2 vidimo 3D prikaz mašinske podstanice.



Slika 2 Prikaz podstanice u 3D-u pomoću BIM softvera [6]

Korišćenje BIM tehnologija u mašinstvu neophodno je da bi projekat bio potpun. Obično, BIM softveri imaju posebne odjeljke za mašinski i električni dio projekta, koji se zajednički naziva MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*), kao što je prikazano na Slici 3. Ove odjeljke, kao i same 3D modele (razmjenjivači toplote, pumpe, ventili i sl.), moraju razvijati inženjeri mašinstva i elektrotehnike.



Slika 3 Odjeljak za MEP sisteme u softveru Revit

4. PROJEKTOVANJE HVAC SISTEMA POMOĆU BIM-A

Efikan dizajn HVAC sistema je ključan za stvaranje udobnih i održivih unutrašnjih prostora. BIM se pokazao kao moćan alat koji unaprijeđuje proces dizajna HVAC sistema, omogućavajući inženjerima da optimizuju energetska efikasnost, poboljšaju performanse sistema i smanje operativne troškove. Kroz primjer proračuna gubitaka i dobitaka za objekat, kao i proračuna podnog grijanja i sistema za ventilaciju, prikazan je doprinos ove tehnologije prilikom projektovanja HVAC sistema.

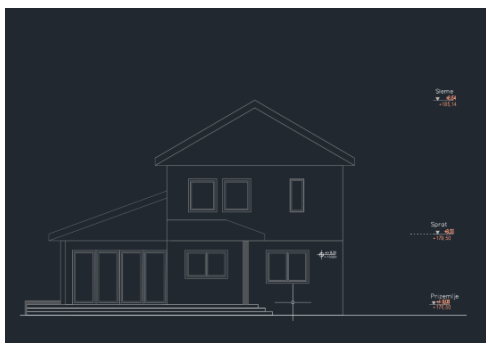
4.1 Proračun gubitaka i dobitaka za objekat

Svaki proračun sistema za grijanja i hlađenje objekta počinje izračunavanjem toplotnog opterećenja tog objekta. Pod toplotnim opterećenjem se podrazumijeva količina toplote potrebna za zagrijavanje prostorija u zimskom periodu – **gubici toplote** i količina toplote potrebna za hlađenje u ljetnjem periodu – **dobici toplote**. U primjeru je posmatran stambeni objekat u Sremskoj Kamenici.

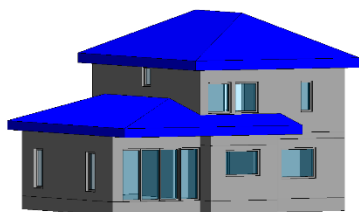
Proračun gubitaka i dobitaka je urađen na dva načina, gdje je prvi način urađen pomoću konvencionalnih softvera *2D AutoCAD* i *IntegraCAD*. Drugi način urađen je pomoću BIM softvera – *Revit* i *LINEAR*.

U oba slučaja je prvobitno bilo potrebno definisati koeficijente prolaza toplote za sve elemente termičkog omotača objekata – zidove, prozore, vrata, pod, krov. Pored toga, definisane su i spoljašnje i unutrašnje projektne temperature, kao i tip zgrade.

Prva razlika između ova dva načina rada jeste da se za potrebe rada u BIM softveru *LINEAR*, posmatrani objekat mora nacrtati u 3D u *Revit*-u. Izgled osnova objekta za prvi i drugi način rada vidimo na Slikama 3 i 4.



Slika 4 Izgled objekta u 2D AutoCAD-u



Slika 5 3D izgled objekta u Revit-u

Tokom rada u programu *IntegraCAD*, da bismo dobili gubitke, za svaku prostoriju manuelno su unošeni elementi koji je čine, kao i dimenzije tih elemenata, što oduzima dosta vremena, a i mogućnost za grešku se povećava.

U drugom načinu rada, razlika je u tome što *LINEAR*, na osnovu datog 3D modela objekta, sam prepoznaje prostorije, i nakon definisanja pomenutih koeficijenata za prolaz toplote, dobijamo vrijednosti gubitaka.

Isti je slučaj i za proračun dobitaka toplote. U prvom slučaju, za svaku prostoriju ručno se unose podaci o broju ljudi u prostorijama, količini toplote dobijenoj od osvjjetljenja, mašina i slično. Sa druge strane, *LINEAR* sam unosi ove podatke u odnosu na prosječnu vrijednost za datu vrstu prostorije. Ukoliko su dobijene vrijednosti izvan realnih okvira, podešavanja je moguće mijenjati ručno.

Na kraju proračuna, prikazane su dobijene vrijednosti za toplotno opterećenje objekta na prvi i drugi način, koje možemo da vidimo u Tabeli 1.

Tabela 1 Prikaz vrijednosti za gubitke i dobitke objekta

	I način 2D AutoCAD, IntegraCAD	II način Revit, LINEAR
Toplotni gubici objekta	12 152 W	14 040 W
Toplotni dobitci objekta	9 387 W	8 381 W

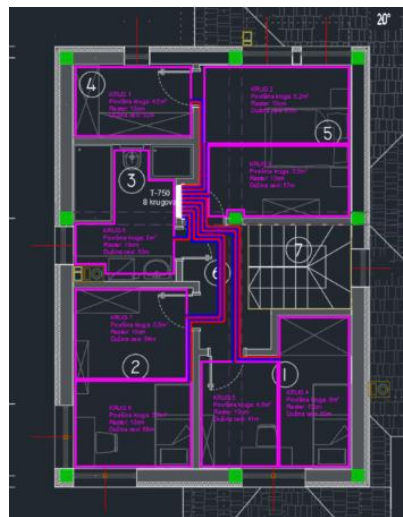
Vidimo da razlika u dobijenim krajnjim vrijednostima nije velika, a do razlike su dovele razlike u vrijednostima koeficijenata za prolaz toplote, na koje treba obratiti posebnu pažnju.

Vrijeme izrade proračuna je znatno manje u drugom slučaju, zbog izbjegavanja reperativne radnje pojedinačnog unošenja podataka za prostorije.

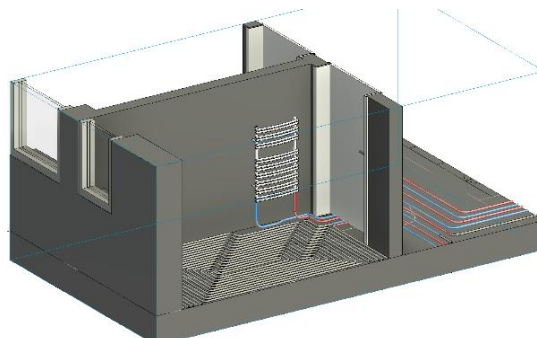
4.2 Proračun podnog grijanja

Za isti objekat prikazano je i dimenzionisanje sistema za podno grijanje na osnovu izračunatih gubitaka toplote iz prošlog primjera. Podno grijanje predstavlja niskotemperaturni sistem grijanja, gdje temperatura potisa i povrata iznosi 40-45/35-40 °C i gdje razlika temperature (Δt) obično iznosi 5-10 °C.

Proračun je ponovo urađen pomoću 2 softvera-*IntegraCAD* i *LINEAR*, a na Slikama 6 i 7 pokazani su i načini prikaza podnog grijanja na crtežima; u *AutoCAD*-u u prvom slučaju i *Revit*-u u drugom slučaju.



Slika 6 Prikaz cijevi za podno grijanje u AutoCAD-u



Slika 7 Prikaz podnog grijanja u Revit-u

Prilikom izrade proračuna u softveru IntegraCAD, potrebno je za svaku prostoriju pojedinačno unijeti krugove, njihove površine i dužine spojnih cijevi. Na osnovu toga, dobija se ukupno odata količina toplote.

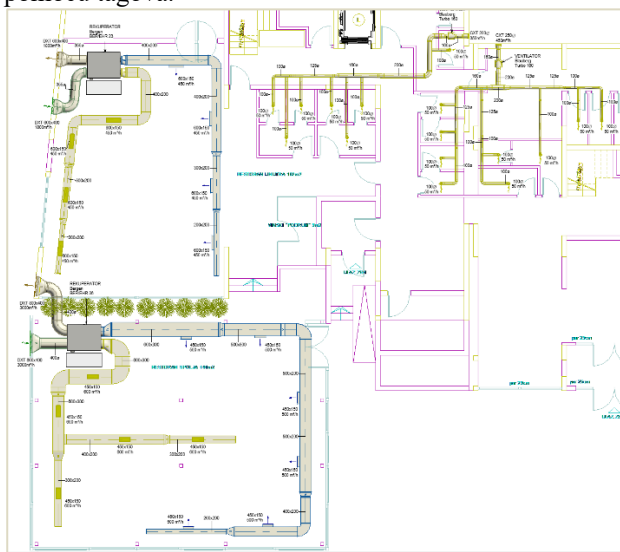
Prilikom rada u softveru LINEAR, potrebno je samo označiti površine gdje želimo postaviti krugove i zatim ih softver sam ubacuje u model, nakon čega dobijamo 3D prikaz kao na Slici 7.

Prednosti koje se uočavaju pri ovom načinu rada su mnoge: izbjegavanje ručnog unošenja krugova, što nam donosi uštedu u vremenu; automatsko označavanje krugova pomoću predefinisanih tagova, koji sadrže bitne informacije za taj sistem; takođe i vjerodostojniji prikaz cijevi na modelu, koji može doprinijeti lakšem i bržem izvođenju.

4.3 Sistem za ventilaciju

Pored grijanja i hlađenja, da bi se obezbijedio prijatan boravak u prostorijama, potrebno je obezbijediti svjež vazduh - ventilisati prostor. Ventilacija podrazumijeva proces izmjene vazduha u nekom zatvorenom prostoru, da bi se kontrolisao kvalitet vazduha, količina vlage, mirisa, dima, kao i da bi se unio svjež vazduh.

Na Slici 8 imamo prikazana dva sistema za ventilaciju sa rekuperatorima, kao i sisteme za ventilaciju kupatila pomoću klasičnih plafonskih ventilatora. Oznake za sve uređaje, kao i za dimenzije kanala i rešetke ubačene su pomoću tagova.



Slika 8 Prikaz sistema za ventilaciju

Ukoliko se radi o kompleksnijem sistemu za ventilaciju, pomoću opcije *Schedule* u Revit-u, moguće je definisati izvještaj u zavisnosti od toga koje dimenzije su nam potrebne. Takođe je moguće klasifikovati elemente po kategorijama (npr. samo pravougaoni kanali), kao i sumirati neke dimenzije. Ovakva opcija znatno olakšava pravljenje premjera i predračuna za potrebnu opremu, kada dođe do izvođenja objekta.

5. PREDNOSTI I NEDOSTACI BIM-a

Na kraju rada, moguće je sumirati prednosti i nedostatke implementacije BIM softvera u inženjersku praksu:

Prednosti - jasna komunikacija; “šta ako” analiza dizajna; lakša detekcija preklapanja i revizija; garantovano planiranje i rad; bolja kontrola nad troškovima; rast produktivnosti; održivo projektovanje i izgradnja.

Nedostaci – visoka početna investicija u softvere; više različitih BIM softvera; potrebna obuka na svim nivoima korišćenja softvera; nedostatak BIM stručnjaka; neusaglašenost sa krajnjim izvođačem.

Glavne prednosti rada u BIM-u, tokom izrade primjera, su ušteda na vremenu, usljed izbjegavanja repetitivnih radnji tokom proračuna gubitaka i dobitaka, kao i podnog grijanja; realan 3D prikaz sistema, koji doprinosi smanjenju grešaka pri izvođenju; prikaz informacija koje jednostavno unosimo u projekat pomoću tagova i mogućnost generisanja izvještaja pomoću opcije *Schedule*.

6. ZAKLJUČAK

Doprinos BIM-a u ukupnoj izradi objekta ogroman, dok se u oblasti mašinstva, doprinos najviše vidi u oblasti projektovanja HVAC sistema. Kroz primjer mogle su se jasno vidjeti glavne prednosti rada u ovim softverima: poboljšana komunikacija, smanjenje vremena izrade projekta, vjerodostojniji prikaz elemenata pomoću 3D modela i druge.

Može se zaključiti da će, uz stalni napredak i podsticanje korišćenja u budućnosti, BIM postati standard za realizaciju javnih infrastrukturnih projekata širom svijeta.

7. LITERATURA

- [1] “Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector, Strategic action for construction sector performance: driving value, innovation and growth”, EU BIM Task Group, 2017.
- [2] I. B. Kjartansdóttir, S. Mordue, P. Nowak, D. Philp, J. T. Snæbjörnsson, “Building Information Modelling BIM”, Iceland, Great Britain, 2017.
- [3] <https://biblus.accasoftware.com/en/what-is-bim-and-what-is-it-for-everything-you-need-to-know/> (pristupljeno u avgustu 2024.)
- [4] R. Sacks, C. Eastman, G. Lee, P. Teicholz, “BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers”, Third Edition, New Jersey, Wiley, 2018.
- [5] E. Huskić, A. J. Muminovic, I. Saric, N. Pervan, “BIM Modeling in Mechanical Engineering”, ResearchGate, 10.1007/978-3-031-05230-9_19, 2022.
- [6] <https://www.cgtrader.com/3dmodels/industrial/other/industrial-boiler-room> (prestupljeno u avgustu 2024.)



Milana Marković rođena je u Bijeljini 1999. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Energetskih tehnologija je odbranila 2024. godine.
Kontakt:
markovicjovic.99@gmail.com