

ПОРЕЂЕЊЕ BIM И ТРАДИЦИОНАЛНОГ ПРИСТУПА У ПРОЈЕКТОВАЊУ**COMPARISON OF BIM AND THE TRADITIONAL APPROACH IN DESIGN**Милана Ковачевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

Кратак садржај – Предмет овог мастер рада је поређење савремене BIM (енг. *Building Information Modeling*) технологије и традиционалног приступа у пројектовању грађевинских конструкција. Циљ рада је да се анализирају предности и недостаци оба приступа кроз конкретан пример пројектовања управне зграде у Шабацу. За израду планова позиција коришћени су софтвери Autodesk Revit 2024 и AutoCAD 2024, док су за прорачун конструкције примењени софтвери Autodesk Robot Structural Analysis Professional и Tower 8. На основу изведених анализа и упоређивања, рад пружа јасан увид у ефикасност, тачност и практичне предности BIM технологије у односу на традиционални приступ у пројектовању.

Кључне речи: BIM технологија, традиционални приступ, пројектовање конструкција

Abstract – The subject of this master's thesis is the comparison between modern BIM (Building Information Modeling) technology and the traditional approach in structural design. The aim of the research is to analyze the advantages and disadvantages of both approaches through a practical example of designing an administrative building in Šabac. For the preparation of structural layout plans, the software Autodesk Revit 2024 and AutoCAD 2024 were used, while Autodesk Robot Structural Analysis Professional and Tower 8 were applied for the structural analysis. The thesis provides a clear insight into the efficiency, accuracy, and advantages of BIM technology compared to the traditional approach.

Keywords: BIM technology, traditional approach, structural design

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Владимир Вукобратовић, ванр. проф.

1. BIM ТЕХНОЛОГИЈА

BIM представља колаборативни процес који омогућава свим учесницима на пројекту – архитектама, инжењерима, инвеститорима и извођачима – да заједно раде на планирању, пројектовању и изградњи пројекта кроз паметан 3D модел. Он пружа реалне информације у реалном времену у свакој фази процеса.

BIM, у целини, обухвата процес у којем сви учесници на пројекту међусобно сарађују и деле једну

јединствену базу података. Права снага BIM-а заснива се управо на информацијама. Један од кључних резултата BIM методологије је Информациони Модел (ИМ) који представља дигиталан опис елемената од којих се објекат састоји.

Све информације прикупљене од почетка планирања пројекта до самог завршетка нису само ускладиштене информације, већ представљају базу података. Оваква база података омогућава инвеститорима, менаџерима, инжењерима и другим заинтересованим странама да доносе унапред одлуке засноване на подацима, како пре, тако и након завршетка изградње објекта.

BIM унапређује и побољшава колаборацију и комуникацију између учесника на пројекту, побољшава визуализацију и прецизност пројектовања, повећава ефикасност и продуктивност, укључујући могућност детекције судара између различитих компоненти зграде. BIM методологија омогућава и ефикасно управљање ресурсима. Уопштено, BIM пружа низ предности које могу унапредити ефикасност и прецизност грађевинских објеката.

2. ОПИС ОБЈЕКТА

Управна зграда је објекат који се изводи у систему монтажне бетонске градње. Спратности П+1. Објекат је правоугаоног облика у основи габарита 84,80 x 12,80 m. Стубови су постављени у међусобним растерима 6,75 x 12,0 m. За вертикалну комуникацију између етажа предвиђено је трокрако степениште.

На објекту се изводи раван кров са слојевима термоизолације и кровне мембране. Раван кров као и међуспратне таванице формирају претходно-напегнуте ТТ плоче система просте греде распона 12,0 m висине 50 cm. Класа чврстоће бетона је C45/55, квалитет челика арматуре B500B, а каблова за преднапрезање 1680/1860 N/mm². Ослањају се на спратне греде и на кратке елементе стубова. Након постављања плоча преко њих се изводи слој за монолитизацију у дебљини од максимално 10 cm.

Плоче се ослањају на спратне и кровне греде класично армиране, L пресека, са горњом фланшом ширине 30 cm и висине пресека 80 cm, система просте греде распона 6,75 m. Класа чврстоће бетона је C40/50 а квалитет челика арматуре B500B. Веза са кратким елементима стубова остварује се преко навојне шипке M30. Рупе на крајевима носача у које улази навојна шипка се заливају нескупљајућим малтером. Спратне и ивичне греде су класично армиране правоугаоне греде пресека b/d = 40/70 cm, распона 12,0 m у систему просте греде. Класа

чврстоће бетона је C40/50, квалитет челика арматуре B500B. Греде се ослањају на стуб преко неопренских лежишта дебљине 1 cm. Веза са кратким елементима стубова остварује се преко нових шипки M30. Рупе на крајевима носача у које улазе шипке заливају се малтером.

Монтажни стубови су димензија 60 x 60 cm, квалитет бетона C40/50, челик за армирање B500B. Стубови улазе у темељну чашицу ребреним делом дужине 90 cm. Монтажне темељне чашице за стубове 60 x 60 cm су димензија 136 x 136 x 100 cm, дебљина зида у врху чашице 23 cm, а у дну 28 cm. Веза темељне чашице и стопе остварује се утапањем чашице у стопу у висини од 5 cm. Темелјна чашица је са темељном стопом повезана испуштеном арматуром из чашице. По обиму објекта уграђују се армирани бетонски парапетни панели дебљине 24 cm. Панели се ослањају на врх чашица. Класа чврстоће бетона свих панела је C30/37, квалитет челика арматуре B500B. Темелји димензија 2,0 x 3,0 m дебљине 60 cm се изводе испод дела објекта који нема спрат. Темелји димензија 2,50 x 3,50 m дебљине 60 cm се изводе испод дела објекта који има спрат. Анализа оптерећења која следи начелно је урађена у складу са одредбама [1]-[3].

3. АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА

3.1. Стално оптерећење

Сопствена тежина конструктивних елемената програмски је урачуната на основу геометрије попречног пресека и запреминске тежине материјала од којег је тај елемент израђен.

3.2. Додатно стално оптерећење

Додатно стално оптерећење на равном крову износи 0,50 kN/m², односно 1,70 kN/m² на међуспратним таваницама. Тежина фасадних панела износи 0,35 kN/m².

3.3. Корисно оптерећење

Корисно оптерећење износи 3,00 и 0,50 kN/m² на таваницама и кровној плочи, респективно.

3.4. Оптерећење снегом

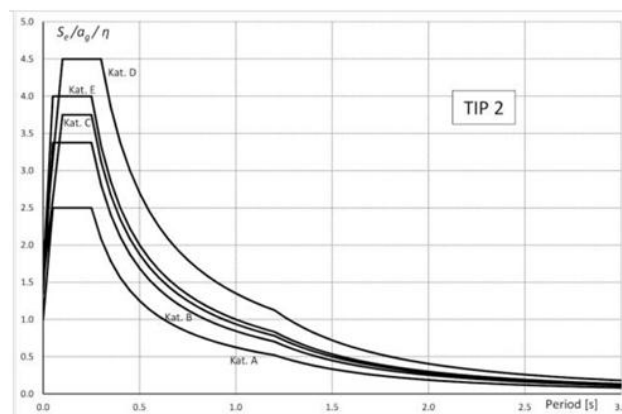
Објект је пројектован са атиком, што за последицу може имати нагомилавање снега у интензитету 2,9 kN/m², док интензитет снега на осталом делу крова износи 0,8 kN/m².

3.5. Оптерећење ветром

За II категорију терена, основу брзину ветра (Шабаци), димензија објекта и топографију терена, ударни притисак ветра износи $q_p(z_e) = 0,53 \text{ kN/m}^2$.

3.6. Сеизмичко дејство

Сеизмичко оптерећење је изражено преко спектра одговора тип 2, а тип тла је Д. Иако тип спектра 2 више није у употреби на територији Републике Србије, усвојен је у складу са првобитним пројектом.

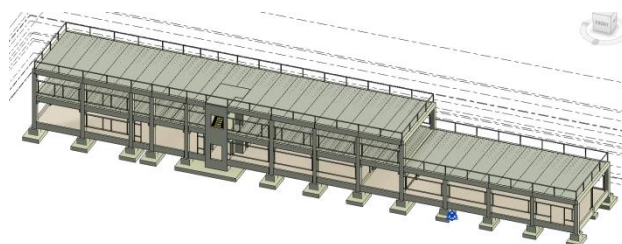


Слика 1. Еластични и пројектни спектар одговора [4]

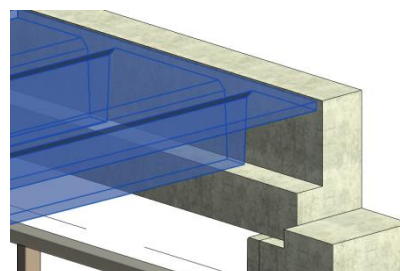
4. МОДЕЛИРАЊЕ КОНСТРУКЦИЈЕ И ОПТЕРЕЋЕЊА

4.1. Израда модела применом BIM технологије

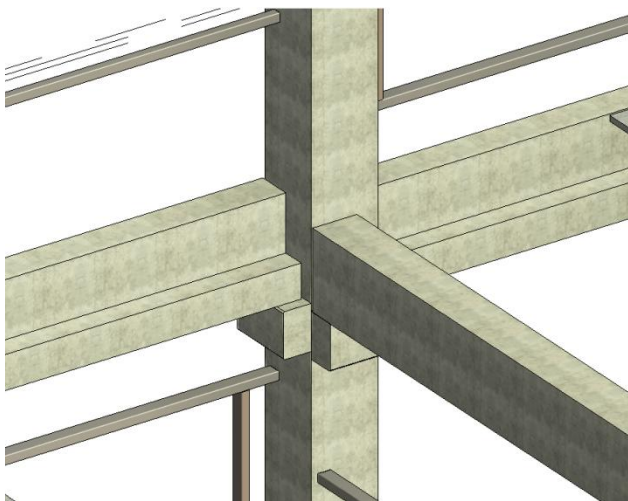
У оквиру израде мастер рада извршено је тродимензионално моделирање носеће конструкције управне зграде применом концепта информационог моделирања грађевина (BIM) у софтверском окружењу Autodesk Revit 2024. Процес је инициран формирањем физичког модела конструкције који репрезентује просторну геометрију и положај свих носећих елемената. Модел обухвата армирано-бетонске плоче, греде и стубове, темеље, темељне чашице, као и зидове укрућења који обезбеђују просторну стабилност система. Посебна пажња посвећена је тачном дефинисању конструктивних веза и међусобном усклађивању елемената, како би физички модел био у потпуности компатибилан са захтевима аналитичког моделирања и даљег статичког прорачуна.



Слика 2. Физички модел конструкције креиран у софтверу Autodesk Revit 2024

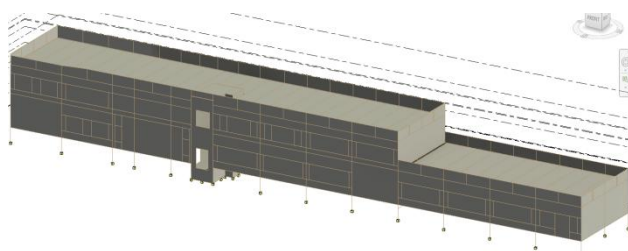


Слика 3. Спој кровне плоче са гредом



Слика 4. Спој стуба и греда

Након што је формиран прецизан физички модел конструкције, приступило се изради аналитичког модела који представља основу за статичку анализу и прорачун. У овој фази посебан акценат стављен је на коректно дефинисање положаја оса свих конструктивних елемената, укључујући греде, стубове, плоче, зидове укрућења и темељне елементе. Аналитичке линије и површине су мануелно позициониране тако да верно одражавају реални статички систем, уз усклађивање нивоа међусобних веза и тачака спајања.

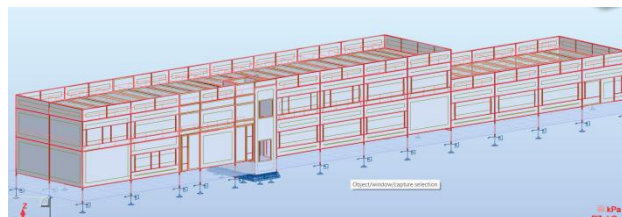


Слика 5. Аналитички модел конструкције креиран у софтверу Аутодеск Ревит 2024

Добијени аналитички модел затим је извезен у софтвер Autodesk Robot Structural Analysis Professional, где је извршена детаљна статичка анализа. У овој фази елементима аналитичког модела су додељене релевантне механичке карактеристике, укључујући модул еластичности, Поасонов коефицијент, густину материјала и друге параметре који одређују понашање елемената под оптерећењем. Такође су дефинисани услови ослањања и контакти између појединачних елемената, што омогућава реалну симулацију преноса оптерећења и просторне стабилности конструкције. Оваквим поступком омогућено је да процес моделирања и прорачуна буде у потпуности интегрисан и контролисан, чиме се обезбеђује висока тачност и поузданост резултата, као и оптимизација конструктивног решења у раним фазама пројектовања. У овој фази су додељени сви релевантни случајеви оптерећења који делују на конструкцију, укључујући сопствену тежину конструктивних елемената, додатна стална оптерећења, променљива корисна оптерећења, као и

оптерећења од снега, ветра и сеизмичко дејство у складу са важећим нормативима.

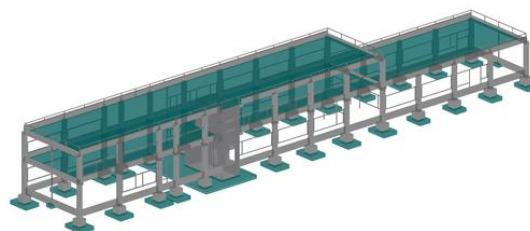
Након тога, спроведено је дефинисање комбинација оптерећења у складу са важећим нормативима, прорачун утицаја и провера реакција и деформација носећих елемената. Завршна верификација обухватила је носивост и стабилност плоча, греда, стубова, зидова укрућења и темељних елемената, уз контролу услова употребљивости, чиме је обезбеђена усклађеност конструктивног решења са техничким и нормативним захтевима.



Слика 6. Модел конструкције креиран у софтверу Autodesk Robot Structural Analysis Professional

4.2. Израда конструктивног модела применом традиционалног приступа у софтверу Tower 8

Приликом израде конструктивног модела у софтверу Tower 8, процес је започет креирањем тродимензионалне геометрије објекта, која обухвата стубове, греде, плоче, темеље и зидове укрућења. На основу физичког распореда елемената формиран је аналитички модел, при чему су елементима мануелно додељене механичке карактеристике, укључујући модул еластичности, Поасонов коефицијент, густина материјала, и др. Такође су дефинисани услови ослањања и спојева, што омогућава реалну симулацију преноса оптерећења и просторне стабилности конструкције. У модел су унета сва релевантна оптерећења: сопствена тежина, додатна стална и променљива оптерећења, као и ветар, снег и земљотрес. Након наношења оптерећења на модел, креиране су прорачунске комбинације у складу са важећим нормативима. Завршна анализа обухватила је прорачун унутрашњих сила, деформација и реакција ослањања, уз проверу носивости и услова употребљивости свих конструктивних елемената.



Слика 7. Модел конструкције креиран у софтверу Tower 8

5. ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧЦИ

Резултати анализе показали су да BIM софтвери омогућавају знатно већи степен контроле над моделом конструкције, лакшу детекцију грешака и

колизија, као и лакшу интеграцију података. Примена BIM технологије повећава тачност и брзину израде техничке документације, доприноси укупној економичности и транспарентности. На основу спроведеног истраживања може се закључити да BIM технологија није само алат, већ интегрисани систем који мења парадигму пројектовања. Њено увођење захтева од инжењера нове компетенције и начине размишљања, али истовремено доноси потенцијал за значајно унапређење квалитета, координације и ефикасности у целокупном процесу грађења.

5.1. Поређење софтвера Tower и Robot Structural Analysis

У оквиру практичног дела овог рада извршено је упоредно испитивање два програма за прорачун конструкција — Tower и Robot Structural Analysis. Анализа је усмерена на аспект приступачности коришћења, количину улазних података, детаљност прорачуна и брзину израде резултата.

Tower се показао као програм који је прилагођен брзом и ефикасном прорачуну. Карактерише га једноставан и интуитиван кориснички интерфејс, захтева минималан број улазних података и омогућава брзу проверу резултата. Такви параметри чине Tower приступачним алатом, нарочито за пројекте где је потребна брза анализа и где комплексност конструкције није превисока.

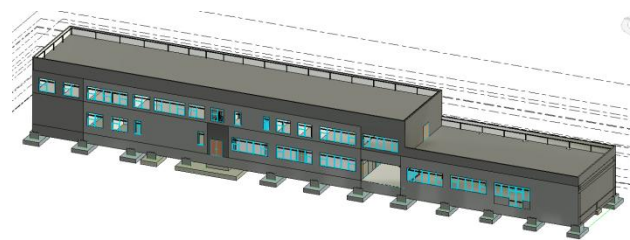
Супротно томе, Robot Structural Analysis представља знатно комплекснији и захтевнији софтвер. Савладавање његових функционалности подразумева више времена, стручног знања и пажљиво дефинисаних параметара, што га чини тежим за употребу у односу на Tower. Прорачун у Robot Structural Analysis-у траје дуже, али овај софтвер нуди значајне предности кроз висок ниво прецизности и детаљности у аналитичком процесу.

5.2. Поређење софтвера Revit и AutoCAD

У оквиру практичне анализе, Revit и AutoCAD представљају два различита приступа у изради пројектне документације у грађевинарству. AutoCAD се традиционално користи за креирање пројеката у 2D простору, где се основе, планови, пресеци и фасаде израђују као одвојени цртежи. Овај приступ захтева додатно спајање различитих дисциплина и подразумева одвојену израду предмера и предрачуна материјала, што повећава могућност грешака и захтева више времена.

Супротно томе, Revit користи 3D моделирање, омогућавајући интеграцију архитектонског, конструкцијског и инсталатерског пројекта у један информациони модел. Свака измена у моделу аутоматски се ажурира у свим основама, пресецима и другим цртежима, чиме се обезбеђује конзистентност информација и смањује потреба за ручним исправкама. Поред тога, софтвер омогућава неограничено извлачење пресека и основа, као и аутоматску генерацију количина материјала, и све потребне информације елиминишући потребу за традиционалним предмером и предрачуном. Такође Revit омогућава рад у тимском окружењу са

праћењем измена, што олакшава колаборацију на сложеним пројектима.



Слика 8. Информациони модел управне зграде

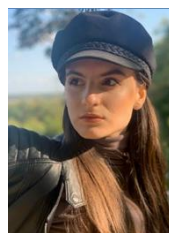
5.3. Могућности за унапређење BIM технологије

Будући развој BIM технологије усмерен је на интеграцију са напредним симулацијама (енергетска ефикасност, динамика конструкција, отпорност на земљотрес), као и на проширење модела у више димензија (5D–7D) који обухватају трошкове, фазе градње и одрживост. Даље се очекује повезивање са IoT (eng. Internet of Things) уређајима, што би омогућило праћење стања објекта у реалном времену и предиктивно одржавање. Развој подразумева и бољу интердисциплинарну сарадњу кроз јединствене стандарде и примену у зеленом грађевинарству, са фокусом на енергетску ефикасност и смањење угљеничног отиска.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Еврокод 0: EN 1990:2002, Основе прорачуна конструкција
- [2] SRPS EN 1990/NA:2012: Еврокод - Основе пројектовања конструкција - Национални прилог
- [3] Еврокод 1: EN 1991-1-3-2003, Дејства на конструкције
- [4] Бетонске конструкције у зградарству – др. Зоран Брујић

Кратка биографија:



Милана Ковачевић рођена је 30.11.2000. у Новом Саду. Мастер рад из области грађевинарства – Поређење BIM и традиционалног приступа у пројектовању је одбранила 2025. год.
Контакт: kovmilana333@gmail.com