

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Dolar, U. 2012. Virtualna gradnja: primera simulacij 4D. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Cerovšek, T.): 32 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Dolar, U. 2012. Virtualna gradnja: primera simulacij 4D. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Cerovšek, T.): 32 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVA

Kandidatka:

URŠKA DOLINAR

VIRTUALNA GRADNJA: PRIMERA SIMULACIJ 4D

Diplomska naloga št.: 3/B-GR

**VIRTUAL CONSTRUCTION: CASE STUDIES OF 4D
SIMULATIONS**

Graduation thesis No.: 3/B-GR

Mentor:
doc. dr. Tomo Cerovšek

Predsednik komisije:
izr. prof. dr. Janko Logar

Član komisije:
prof. dr. Darko Beg

Ljubljana, 18. 09. 2012

IZJAVE

Podpisana Urška Dolinar izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »Virtualna gradnja: primera simulacij 4D«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 13. 8. 2012

Urška Dolinar

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	004.946:624(043.2)
Avtor:	Urška Dolinar
Mentor:	doc. dr. Tomo Cerovšek
Naslov:	Virtualna gradnja: primera simulacij 4D
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	32 str., 1 pregl., 19 sl.
Ključne besede:	BIM, informacijski model zgradbe, simulacija gradnje, terminski plan dela, lokacijske metode

Izveček

V diplomski nalogi je obravnavano področje informacijskega modeliranja gradbenih objektov. Pristop omogoča boljše medsebojno sodelovanje in komunikacijo med investitorjem, arhitektom, gradbenikom in izvajalci. Želja investitorja, arhitekta ter gradbenika je narediti čim boljši projekt še pred začetkom gradnje, da kasneje ne pride do zastojev na gradbišču. V nalogi je predstavljeno, kako z računalniškim programom ArchiCAD modeliramo model večstanovanjske stavbe ter nato na podlagi dejanskega terminskega plana dela prikažemo simulacijo gradnje. Izdelava 4D simulacije gradnje poteka po korakih, kjer konstrukcijskim elementom določamo njihove naloge oziroma aktivnosti, ki se z njimi zgodijo. Tako se na primer skupini sten v določenem nadstropju določi tip naloge: »Gradnja« ter datum začetka in dokončanja del. Ta isti model smo tudi uvozili v program Navisworks, kjer smo ravno tako naredili 4D simulacijo gradnje. Programa in simulaciji smo primerjali med seboj in prišli do ugotovitve, da je program Navisworks boljši za prikaz simulacij, ArchiCAD pa nudi več drugih možnosti.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 004.946:624(043.2)
Author: Urška Dolinar
Supervisor: assist. Prof. Tomo Cerovšek, Ph.D.
Title: Virtual construction: case studies of 4D simulations
Document type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 32 p., 1 tab., 19 fig.
Keywords: BIM, building information modeling, construction simulation, schedule, location based management

Abstract

This thesis deals with the specific area of civil engineering known as building information modeling. Approach is based on cooperation between investor, architect, builder and contractors. The desire of investor, architect and builder is to optimize the project, prior to the beginning of the construction in order to avoid later congestion at the site. The remainder of the thesis illustrates how the computer aided program ArchiCAD can be used in order to build an information model of residential building and creation of construction simulation based on actual schedule afterward. Creating 4D construction simulation is done step by step where structural elements are determined their functions or activities, which occur with them. For example in given floor the group of walls has to »know« its task type: »Build«, the start and completion of work. The same model was imported into program Navisworks where we also made 4D construction simulation. Programs and the simulations were compared. We found out that the program Navisworks is better to be used for creation of construction simulation than ArchiCAD.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Tomu Cerovšku. Zahvaljujem se tudi Gradbenemu podjetju Tržič za dovoljenje uporabe njihovih arhitekturnih načrtov.

Rada bi se zahvalila tudi vsem ostalim, ki so mi bili v pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE

Izjave	I
Bibliografsko-dokumentacijska stran in izvleček	II
Bibliographic-documentalistic information and abstract	III
Zahvala	IV
1 UVOD	1
1.1 Opredelitev problema	1
1.2 Namen in cilj diplomske naloge	1
1.3 Struktura diplomske naloge	2
2 INFORMACIJSKI MODEL ZGRADBE	3
2.1 Splošno o informacijskem modeliranju zgradb	3
2.2 Orodja za informacijsko modeliranje zgradb	4
2.2.1 Autodesk REVIT	5
2.2.2 Graphisoft ArchiCAD	6
2.2.3 Autodesk Navisworks	7
2.3 Prednosti uporabe informacijskih modelov zgradb	8
3 MODELNE IN LOKACIJSKE METODE PLANIRANJA	11
3.1 4D informacijski model zgradbe	11
3.2 Lokacijske metode	13
3.2.1 Kontrola produktivnosti	15
4 IZDELAVA INFORMACIJSKEGA MODELA VEČSTANOVANJSKE STAVBE	16
4.1 Opis večstanovanjske stavbe	16
4.2 Izdelava geometrijskega modela	17
4.3 Simulacija gradnje v programu ArchiCAD	20
4.4 Simulacija gradnje v programu Navisworks	22
4.5 Primerjava med izdelavo modelov in simulacij v programih ArchiCAD in Navisworks	25
5 ZAKLJUČKI	28

VIRI IN LITERATURA

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Primerjava med programoma ArchiCAD in Navisworks	25
----------------	--	----

KAZALO SLIK

Slika 1:	Zaslonski posnetek dela v programu Revit Architecture (Autodesk Revit 2013, 2012)	6
Slika 2:	Zaslonski posnetek dela v programu ArchiCAD 15 (Graphisoft ArchiCAD 15, 2012)	7
Slika 3:	Zaslonski posnetek dela v programu Navisworks Manage (Autodesk Navisworks 2013, 2012b)	8
Slika 4:	Trije glavni načini izdelave 4D modelov (Cerovšek, 2011)	11
Slika 5:	Grafični prikaz izdelave stroškovnega in terminskega plana dela na podlagi količin pridobljenih iz modela (Model-based scheduling, 2012)	12
Slika 6:	Zaslonski posnetek programskega okna za pripravo terminskega plana (Flowline view, 2012)	14
Slika 7:	Zaslonski prikaz dela v programu ArchiCAD 16	17
Slika 8:	ArchiCAD 16, nastavitve konstrukcijskega sklopa stene in plošče	18
Slika 9:	ArchiCAD 16, nastavitve etažnih višin	18
Slika 10:	ArchiCAD 16, pogovorni meni za vnašanje oblikovnih lastnosti plošč in zidov	19
Slika 11:	ArchiCAD 16, posnetek 3D modela večstanovanjske stavbe	19
Slika 12:	ArchiCAD 16, pogovorni meni za določitev posameznih nalog, tip dela ter njihov začetek in konec del	20
Slika 13:	ArchiCAD 16, zaslonski posnetek poteka označevanja sten ter pripisovanja njihovih nalog	21
Slika 14:	ArchiCAD 16, zaslonski posnetek pogovornega menija za nastavitve animacije simulacije gradnje	21
Slika 15:	Windows Media Player, prikaz simulacije gradnje	22
Slika 16:	Navisworks, definiranje barv posameznih elementov stavbe	23
Slika 17:	Navisworks, prikaz vnašanja podatkov v pogovorni meni terminskega plana gradnje	23
Slika 18:	Navisworks, povezovanje konstrukcijskih elementov modela z aktivnostmi podanimi v terminskem planu dela	24
Slika 19:	Navisworks, zaslonski posnetek predvajanja simulacije gradnje	25

1 UVOD

Računalniško modeliranje gradbenih objektov se je skozi zgodovino spreminjalo. Z napredkom računalniške tehnologije se je projektiranje preneslo v digitalno obliko tako, da se geometrija podaja v programih CAD. Sedaj pa stremimo k novim tehnologijam, ki nam bodo s pomočjo simulacij poleg časa privarčevale tudi denar ter količino uporabljenega gradbenega materiala. Tu nam že sedaj lahko pomaga nov pristop informacijskega modeliranja zgradb BIM (*angl.* Building Information Modeling).

Raziskave v Ameriki so pokazale, da so z leti vse gospodarske panoge napredovale in si tako povečale dobiček na podlagi racionalizacije svojega dela in uvedbe inovacij. Gradbeništvo v tem pogledu zaostaja. V vseh teh letih se ni veliko spremenilo in tako sedaj ta panoga trpi za preveliko porabo časa ter denarja na posameznem gradbenem projektu, kar pa ne prinaša zelenih finančnih rezultatov.

V diplomski nalogi bi želeli raziskati nove možnosti za povečanje produktivnosti in dokončanja del v predpisanem časovnem okviru. Rezultat novega pristopa je, da gradbeno podjetje lahko privarčuje čas ter denar, investitor pa lahko svoj gradbeni objekt prej uporablja za gospodarske namene, ki mu prinašajo dohodek.

V diplomski nalogi bi želeli prikazati način izdelave informacijskega modela večstanovanjske stavbe, ki ga bomo uporabili za predstavitev simulacij gradnje. Simulaciji gradnje, izdelani v programih ArchiCAD in Navisworks, bosta temeljili na dejanskem terminskem planu gradnje stavbe.

1.1 Opredelitev problema

Diplomska naloga obravnava področje modeliranja informacijskega modela zgradbe, ki nam na podlagi dejanskega terminskega plana omogoča 4D simulacijo gradnje stavbe. Zanimalo nas je, kako poteka modeliranje gradbenega objekta s pomočjo BIM tehnologije ter izdelava simulacij gradnje. Prav tako so nas zanimale prednosti in metode izdelave 4D modelov.

1.2 Namen in cilj diplomske naloge

Namen diplomske naloge je spoznati pristop informacijskega modeliranja ter prikazati izdelavi 4D simulacij gradnje na podlagi obstoječega terminskega plana dela.

Cilji diplomske naloge so:

- preučiti prednosti in metode izdelave 4D modelov;
- ugotoviti, kako nam programi, ki podpirajo BIM tehnologijo, pomagajo pri izdelavi integriranega informacijskega modela zgradbe;
- ugotoviti, kako nam programi, ki podpirajo BIM tehnologijo, pomagajo pri izdelavi simulacije gradnje na podlagi obstoječega terminskega plana dela.

V diplomski nalogi bi radi pokazali, kako nam programi, ki podpirajo BIM tehnologijo, olajšajo delo pri projektiranju in tudi nadaljnjem nadzoru dela na gradbišču. To bo pokazano na praktičnem primeru.

1.3 Struktura diplomske naloge

Na začetku smo predstavili nekaj splošnih teoretičnih informacij o BIM pri izdelavi integriranega informacijskega modela zgradbe. To se lahko doseže z različnimi računalniškimi programi, ki so naštetih, nekateri pa tudi podrobneje opisani v nadaljnjih poglavjih. Predstavljene so tudi prednosti uporabe informacijskega modela, ki zadevajo vse vpletene v gradbenem procesu.

V nadaljevanju smo opisali modelne in lokacijske metode planiranja, ki vsebujejo poleg 3D modela zgradbe še terminski plan dela. 4D model zgradbe predstavlja 3D geometrijski model, ki vključuje terminski plan dela. Podrobneje smo opisali glavne tri načine izdelave 4D modelov, ki so osnovani na povezavah: Element-Receptura, Aktivnost-Element in vgrajenih povezavah.

V projektnem delu naloge smo izdelali integrirani informacijski model večstanovanjske stavbe A2, ki se nahaja v Virmašah. Arhitekturni načrti so bili pridobljeni iz projekta izvedenih del. Tako smo praktično prikazali proces 4D modeliranja na podlagi obstoječega terminskega plana dela v programu ArchiCAD. Ugotavljali smo, kako poteka sama gradnja. V program Navisworks smo uvozili datoteko iz ArchiCAD-a, ter tako dobili primerjalno simulacijo gradnje. Zaključni del diplomske naloge predstavlja primerjavo med postopkoma modeliranja v navedenih programih, kot tudi med samima simulacijama gradnje.

2 INFORMACIJSKI MODEL ZGRADBE

Informacijski model zgradbe je digitalni zapis in predstavitev informacij o konkretni stavbi za komunikacijo med udeleženi v gradbenem projektu. Model BIM vsebuje geometrijske in ne-geometrijske informacije, ki jih potrebujejo in izdelajo arhitekti ter inženirji za načrtovanje, analizo, simulacije, vizualizacije in dokumentacijo tako v fazah pred gradnjo, med njo in po njej (Cerovšek, 2010).

Geometrijske informacije določajo 3D digitalni model stavbe, sestavljen iz elementov, ki so digitalni ekvivalent »pravih« elementov stavb (od temeljev do strehe). Ne-geometrijski del določa dodatne informacije o stavbi in njenih elementih ter lastnosti, ki se nanašajo na funkcijo, obliko in materiale (Cerovšek, 2010).

2.1 Splošno o informacijskem modeliranju zgradb

Bolj uveljavljen izraz za informacijsko modeliranje zgradb je kratica BIM (*angl.* Building Information Modeling). Informacijsko modeliranje zgradbe predstavlja nov način projektiranja zgradb, ki temelji na prostorskem informacijskem modelu (Muhič, Žagar, Todorović, 2011). Končni izdelek tega procesa pa je informacijski model zgradbe.

BIM je usmeril tehnologijo računalniško podprtih načrtov (CAD) v smer, ki bo vsebovala komponente zgradbe, obogatene z informacijami. Preprosta računalniška grafika se spremeni v objekt, ki vsebuje informacije o proizvajalcih, stroških, dobavi, instalacijskih metodah, stroških dela ter vzdrževanja skozi celotni življenjski cikel objekta (Smith, Tardif, 2009).

BIM je sistemski pristop k načrtovanju, gradnji, lastništvu, upravljanju, vzdrževanju, uporabi, rušitvi ali ponovni uporabi objekta (Smith, Tardif, 2009). Načrtovan je tako, da bi med udeleženci v projektu prišlo do čim več sodelovanja. Tako naj bi bili že v zgodnjem procesu načrtovanja poleg arhitektov in gradbenikov vključeni tudi podizvajalci in seveda končni uporabniki.

Definicijo pa podaja podjetje McGraw – Hill Construction: »Je proces ustvarjanja in uporabljanja digitalnih modelov za oblikovanje, gradnjo in upravljanje zgradbe.« (The business value of BIM, 2012)

Informacijski model zgradbe, lahko vsebuje več dimenzij (Muhič, Žagar, Todorović, 2011):

- 3D predstavlja geometrijski model zgradbe,

- 4D predstavlja komponento časa,
- 5D predstavlja komponento denarja oz. vrednosti.

2.2 Orodja za informacijsko modeliranje zgradb

Model BIM lahko izdelamo z BIM modelirnikom, računalniškim orodjem, ki ima dve funkciji (Cerovšek, 2010):

- (1) *modeliranje poteka s 3D digitalnimi elementi stavb, ki so »inteligentni« in parametrizirani tako, da odražajo bistvene lastnosti elementov dejanskih, fizičnih stavb (BIM element »okno« na primer »ve«, da ne more stati v zraku, temveč mora biti vključen v steno. Oknu lahko določimo parametre, kot so, višina parapeta, zasteklitev, tip in barva okovja in podobno) in*
- (2) *vsaka informacija je zapisana le enkrat: projektna dokumentacija, izdelana na osnovi BIM modela, je bolj kakovostna in vedno usklajena (tlorisi, prerezi, fasada, izvlečki količin in tudi matematični modeli za analize se na primer avtomatično generirajo iz skupnega zapisa informacijskega modela stavbe in so zato vedno usklajeni. Če torej spremenimo steno v tlorisu, je ta debelina avtomatično popravljena v vseh odvisnih tlorisih, prerezih, pogledih in popisih).*

Izbira orodij za modeliranje je zelo pomembna in odvisna od specializacije podjetja. Avtorski programi, kot so Autodesk Revit, Bentley Architecture, Graphisoft ArchiCAD in Nemetschek Vectorworks ter nekateri drugi so optimizirani za modeliranje stavb (Smith, Tardif, 2009).

BIM programi delujejo na principu parametričnih gradnikov. To pomeni, da programi vsebujejo posebne knjižnice gradnikov, ki jih potrebujemo pri modeliranju zgradbe (Blagus, 2011).

Koncept parametričnih gradnikov je razumevanje BIM-a in njihova ločitev od 2D gradnikov.

Parametrični gradniki so definirani kot (Eastman et al., 2008):

- gradniki, ki vsebujejo geometrijske definicije in pripadajoče podatke ter pravila;
- ne dovoljujejo nedoslednosti;
- parametrična pravila avtomatično modificirajo geometrijski opis gradnika, ko je le-ta vstavljen v zgradbo ali se pojavijo spremembe;
- gradniki so lahko definirani na različni stopnji združevanja, tako da lahko definiramo na primer zid kot tudi njegove sestavne dele;
- gradniki lahko identificirajo, kdaj določene spremembe kršijo njihovo fleksibilnost;
- gradniki imajo sposobnost sprejeti ali posredovati sklop lastnosti za prenos v druge aplikacije ali za nadaljnje analize.

2.2.1 Autodesk REVIT

Revit Architecture je trenutno najbolj poznan in vodilni na trgu za uporabo BIM projektiranja med arhitekti. Predstavil ga je Revit 2001 in je popolnoma ločen od programa AutoCAD (Eastman et al., 2008).

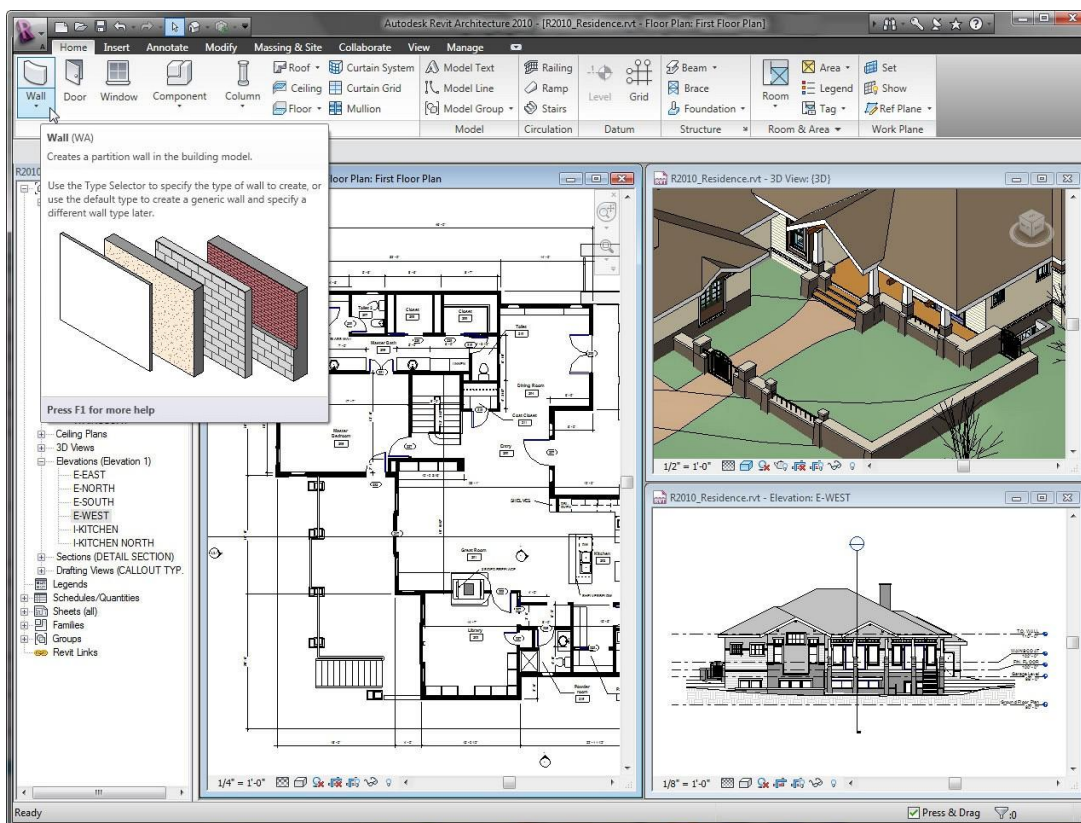
Revit je programski paket, ki je sestavljen iz treh ločenih programov in omogoča BIM projektiranje v sodelovanju z arhitekti, gradbeniki, statiki, izvajalci in investitorji v celotnem življenjskem ciklu zgradbe od idejne zasnove do rušenja ali rekonstrukcije (Muhič, Žagar, Todorović, 2011).

Programi, ki sestavljajo programski paket so (Muhič, Žagar, Todorović, 2011):

- Revit Architecture, namenjen je arhitekturnemu projektiranju;
- Revit Structure, namenjen je statičnemu in konstrukcijskemu projektiranju;
- Revit MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), namenjen projektiranju strojnih inštalacij.

Izmed zgoraj navedenih programov se najbolj uporabljajo modeli, ki se jih modelira v Revit Architecture in zajemajo vse potrebne informacije, ki jih podajajo arhitekti in so pomembni za nadaljnje delo gradbenih in strojnih inženirjev. Program vsebuje knjižnice parametričnih gradnikov (stene, plošče, okna, vrata idr.), ki pa jih uporabnik lahko prilagodi lastnim potrebam in zahtevam naročnika.

Program nudi grafično oblikovanje gradbenih komponent po željah uporabnika, kot tudi izražanje oblikovalskih idej na bolj podrobni ravni, pri tem pa nam ni potrebno poznati programskega jezika (Parametric components, 2012). Ti gradniki so opremljeni z informacijami, ki jih program potrebuje za nadaljnjo analizo. Pri izdelavi modela lahko na enem projektu sodeluje več ljudi istočasno. Poleg tega sprememba na enem delu modela avtomatsko generira nove tlorise in prereze zgradbe.



Slika 1: Zaslonki posnetek dela v programu Revit Architecture (Autodesk Revit 2013, 2012)

2.2.2 Graphisoft ArchiCAD

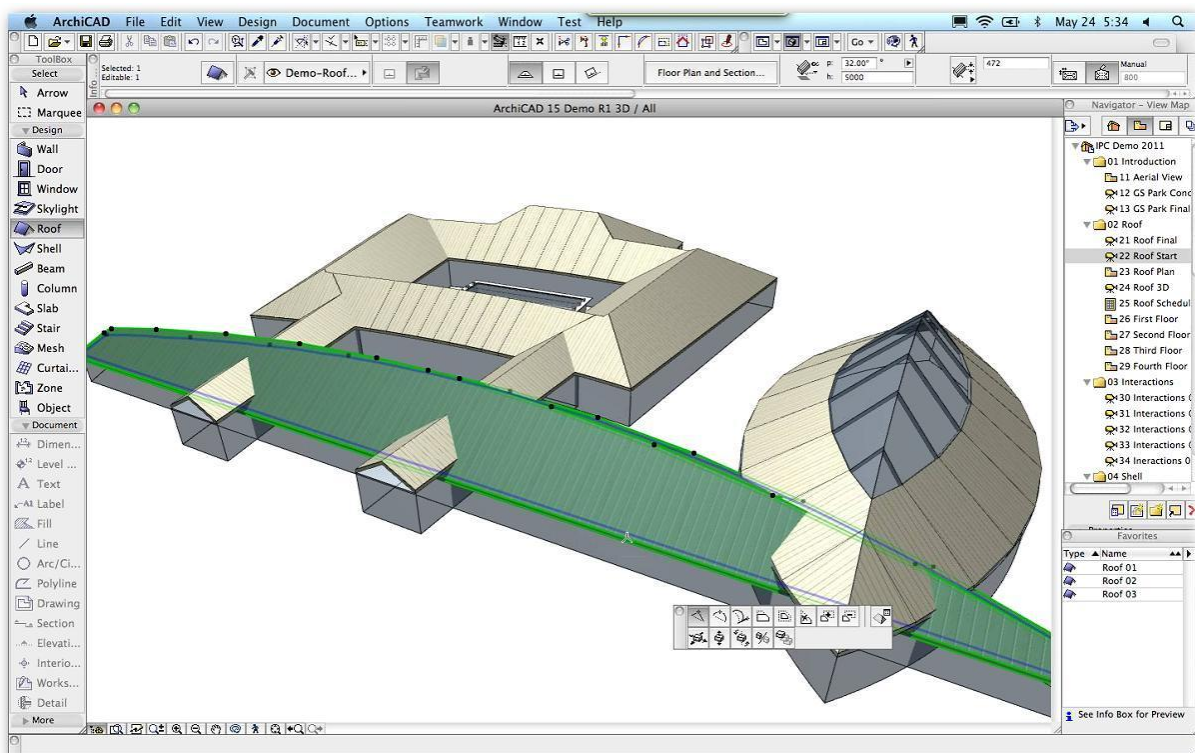
ArchiCAD je najstarejši program, ki je neprekinjeno na trgu in podpira BIM. Graphisoft ga je začel tržiti že v zgodnjih osemdesetih letih (Eastman et al., 2008).

ArchiCAD je računalniški program namenjen predvsem arhitektom. To je bil prvi program na osebem računalniku, ki je poleg 2D izdelal tudi 3D risbe (ArchiCAD, 2012). Ravno tako kot Revit ima tudi ArchiCAD vgrajene knjižnice parametričnih gradnikov, ki jih uporabnik prilagaja lastnim zahtevam (Blagus, 2011).

ArchiCAD-ov virtualni model zgradbe je za razliko od enostavnega 3D modela, ki je uporaben le za izdelavo vizualizacij navadnih površin, kompleksna zbirka podatkov, ki se uporabljajo za upravljanje zgradbe v celotnem življenjskem ciklu (ArchiCAD kao rješenje, 2012).

Graphisoft pa je naredil še korak naprej. ArchiCAD 15 ima dodane naslednje sposobnosti (Graphisoft ArchiCAD 15, 2012):

- prostoročna BIM orodja,
- dokumentacija poteka dela, ki obravnava 3D in 2D,
- enostavno urejanje v kateremkoli 3D pogledu.



Slika 2: Zaslonski posnetek dela v programu ArchiCAD 15 (Graphisoft ArchiCAD 15, 2012)

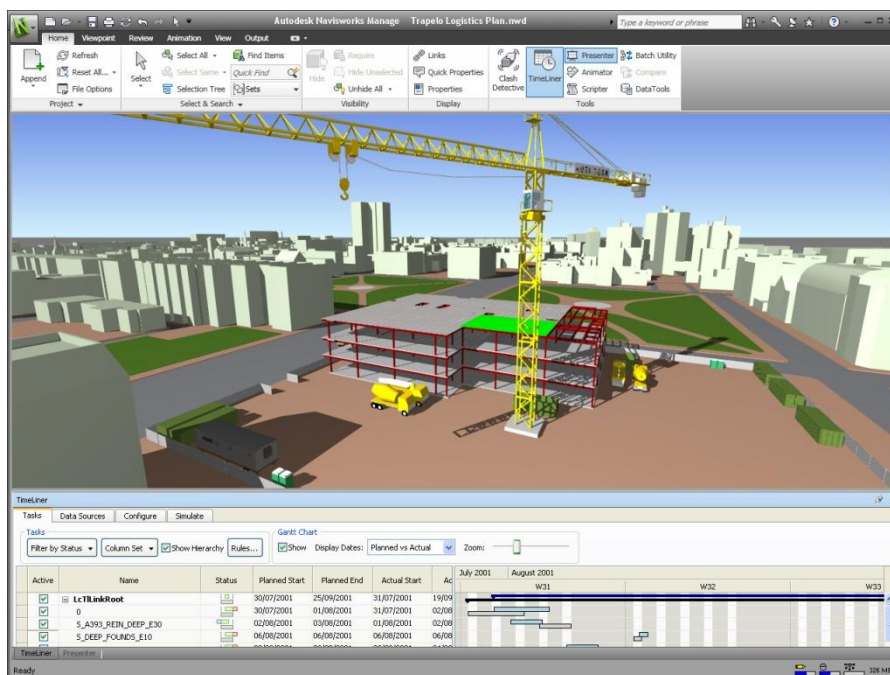
2.2.3 Autodesk Navisworks

Skupina programov Autodesk Navisworks vsebuje tri izdelke za zagotavljanje uspešnega sodelovanja, usklajevanja ter učinkovitejše komunikacije med udeleženci v projektu (Autodesk Navisworks 2013, 2012a):

- Autodesk Navisworks Simulate,
- Autodesk Navisworks Manage,
- Autodesk Navisworks Freedom.

Ti programi pomagajo arhitektom, gradbenim inženirjem ter nadzornikom na gradbišču nadzorovati rezultate projektne delo. Z rešitvami, ki jih program ponuja, lahko podrobno modeliramo gradbeni objekt. Poleg tega lahko projekt pregledujejo vsi sodelujoči, ki pomagajo uporabniku dosegati

konkurenčne prednosti grajenih objektov s pomočjo BIM tehnologije. Digitalno pregledovanje informacijskega modela gradbenega objekta pred začetkom gradnje pripomore k hitrejšemu, bolj ekonomičnemu uresničevanju projekta, pri tem pa gradnja povzroča manjši vpliv na okolje (Autodesk Navisworks 2013, 2012a).



Slika 3: Zaslonski posnetek dela v programu Navisworks Manage (Autodesk Navisworks 2013, 2012b)

Z Autodeskovimi rešitvami lahko uporabniki združujejo projektne podatke, ki so bili ustvarjeni v drugih aplikacijah, kot je na primer Autodesk Revit, ter jih tako uvozijo v Navisworks. Pri tem se prenese geometrija gradbenega objekta ter vsi ostali podatki v aplikaciji. S tem se poveča natančnost dokumentacije gradbenih del ter napovedi uspešnosti načrtovanja (Autodesk Navisworks 2013, 2012a).

2.3 Prednosti uporabe informacijskih modelov zgradb

Trenutna gospodarska situacija kaže, da je trg vedno bolj tekmovalen. Lastniki iščejo poti, kjer bi privarčevali več denarja in pospešili gradnjo (Vico's win the deal bundle, 2012).

Poročilo SmartMarket podjetja McGraw – Hill Construction navaja pet glavnih prednosti uporabe BIM (The business value of BIM, 2012):

- povečuje dobiček,
- zmanjšuje popravila,

- zmanjšuje napake in pomanjkljivosti v gradbeni dokumentaciji,
- pomaga pri pridobivanju novih strank,
- pomaga pri ohranjanju stalnih strank.

Uporaba BIM lahko prinese ogromno koristi vsem vpletenim v gradbeni proces (Blagus, 2011). V fazi načrtovanja pogosto rečejo, da je v prvih 20% časa načrtovanja določeno 80% celotne cene zgradbe (Smith, Tardif, 2009). Tako vidimo, da se že v fazi načrtovanja da narediti marsikaj, kar bi koristilo celotnemu postopku projektiranja in gradnje. Poleg tega je potrebno k sodelovanju pri načrtovanju gradnje v zgodnjih fazah povabiti podizvajalce in uporabnike končnih zgradb, ki nam lahko že na začetku priskočijo na pomoč s svojimi nasveti in izkušnjami.

Prednost je tudi v tem, da program zazna nepravilnosti ali kolizije med samim načrtovanjem. Če težave vidiš že vnaprej in jih rešiš, potem delo na gradbišču poteka nemoteno. Ko je informacijski model pravilno narejen, lahko te količine uporabimo pri nadaljnji koordinaciji terminskega plana gradnje (3D BIM clash detection, 2012).

Prednost prinaša tudi uporaba informacijskega modela za podporo dela na gradbišču. Gradnjo objekta nam olajša terminski plan dela, s pomočjo katerega lahko za katerikoli datum preverimo, kako napredujejo dela in ali smo še znotraj dovoljenega časovnega okvira (Blagus, 2011). Tako lahko produktivnost in posledično število delavcev v posamezni delovni enoti prilagodimo predhodno narejenemu terminskemu planu dela, da bo gradnja zaključena pred določenim rokom in ne po njem. Za doseg le-tega pa je potrebno že v procesu planiranja predvideti število delavcev in njihovo produktivnost ter to upoštevati v kalkulacijah časovnega okvira gradnje. Če je čas gradnje predolg, ga skrajšamo tako, da povečamo število delovnih enot. Za nemoteno delo je potrebno že predhodno načrtovati, kje se bo posamezna delovna enota nahajala in da le-ta ne bo ovirala drugih delovnih skupin (401: Model-based scheduling, 2012).

Informacijski model zgradbe se uporablja tudi po zaključeni gradnji in sicer pri vzdrževanju, obnovi ter morebitni rušitvi (Smith, Tardif, 2009). Upravitelj stavbe lahko na podlagi informacijskega modela vsako leto izračuna kakšen strošek mu povzročajo vzdrževalna dela ter tako lastniku zgradbe poda natančen podatek in ne le okvirnega, ki se lahko zelo razlikuje od dejanskega. Lastnik s tem vidi, kakšen je njegov dejanski dobiček.

V današnjem času pa ima ekologija vse večjo vlogo pri deponiranju gradbenih odpadkov. Tudi pri tem nam BIM lahko pomaga. Ko naredimo informacijski model zgradbe je v njem zabeležena vrsta materiala, količina in lokacija. Tako lahko pri rušitvi posamezne surovine ločimo in jih ponovno uporabimo (Smith, Tardif, 2009).

Glavne prednosti so, da si z uporabo BIM optimiziramo celoten proces projektiranja, zmanjšamo število napak v načrtih in imamo sprotni pregled nad potekom dela, stroški in materialom. Vsako spremembo na projektu izvedemo le enkrat, saj se vsi ostali prerezi in tlorisi, terminski in stroškovni plan samodejno posodobijo (Blagus, 2011). Poleg tega programi ponujajo 3D modele zgradb ter 4D simulacije, predstavitvene filme, kjer investitor že v času načrtovanja vidi, kako bo zgradba videti, ko bo dokončana. Vključeni v proces gradnje lažje komunicirajo med seboj in predlagajo izboljšave, saj imajo že v zgodnjih fazah načrtovanja vpogled v 3D model zgradbe, tako da pri delu ne prihaja do nejasnosti.

3 MODELNE IN LOKACIJSKE METODE PLANIRANJA

BIM model, ki vključuje 3D geometrijo in terminski plan dela je videti ravno tako kot 3D model, le da je dinamičen. To pomeni, da če klikneš na katerikoli element zgradbe, lahko vidiš nastavitve, ki določajo terminski plan dela. Lahko vidiš tudi dobavitelje, njihove čase dostave, stroške ter produktivnost. Poleg tega lahko model vprašaš: »Koliko takih zidov je potrebno izolirati, pobarvati?« in tako definiraš celotni čas potreben za to delo (BIM 401: Model-based scheduling, 2012).

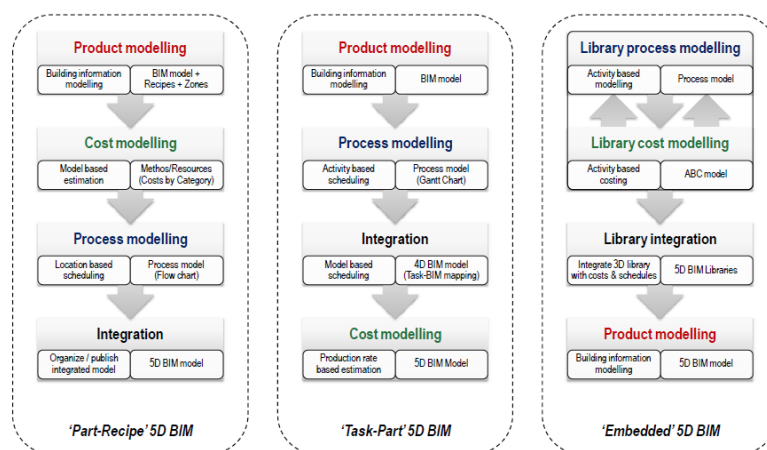
Pri planiranju poteka gradnje se osredotočimo na naslednje stvari: razdelitev lokacije na podenote, seznam nalog in logičnih povezav med njimi, potrebnih količin na lokaciji, določitev kritičnih in prednostnih nalog, tveganja in meritev produktivnosti (BIM 401: Model-based scheduling, 2012).

Ključna storitev BIM programov je v upravljanju storitev na posamezni lokaciji. To je drugačen sistem od metode kritične poti, ki se je uporabljala do sedaj. Osredotoči se na planiranje, načrtovanje in kontroliranje projekta, vezanega na lokacijo. Upravljanje storitev na lokaciji temelji na napredovanju delovnih skupin skozi gradbeni objekt. Cilj je ohranjanje produktivnosti in omejitev števila prekinitev (Location-based management system, 2012).

3.1 4D informacijski model zgradbe

4D modele lahko razdelimo na tri glavne načine izdelave (Cerovšek, 2011):

- na osnovi povezave Element-Receptura (*angl.* Part-Recipe),
- na osnovi povezave Aktivnost-Element (*angl.* Task-Part),
- na osnovi vgrajenih povezav (*angl.* Embedded link).

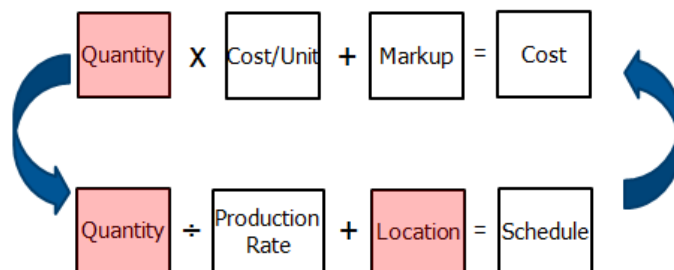


Slika 4: Trije glavni načini izdelave 4D modelov (Cerovšek, 2011)

Povezava Element-Receptura

Proces se začne z modeliranjem gradbenega objekta, pri katerem se uporablja le del knjižnice za modeliranje, vzporedno z vrsto referenčnih arhitekturnih skic ali modelov. Vsakemu delu konstrukcije je pripisana neka receptura. Ta je shranjena v podatkovni zbirki, ki je povezana z metodami, katere vsebujejo edinstveno povezavo z viri (delo, material, oprema, podizvajalci). Vsak izmed navedenih virov definira ceno ali proizvodno ceno na enoto. Izračun stroškov temelji na integriranem modelu, ki omogoča avtomatski izračun količin, katere se pomnožijo z vrednostmi na enoto potrebnih sredstev (Cerovšek, 2011).

Če količine pridobimo iz modela, lahko na podlagi podatkov, ki nam jih dajo podizvajalci, gradbeni objekt razdelimo na posamezne enote in določimo produktivnost posameznih delovnih skupin. S tem naredimo veliko natančnejši terminski plan dela. Še večji pomen kot načrtovanje ima za uspeh projekta kontroliranje terminskega plana. Kontrolne karte uporabljamo, da lahko sledimo posameznim podizvajalcem in tako preverimo, ali je njihova dejanska produktivnost res taka, kot smo jo upoštevali v izračunih. Poleg tega je potrebno predvideti morebitne napake, ki se lahko pojavijo med gradnjo (Model-based scheduling, 2012).



Slika 5: Grafični prikaz izdelave stroškovnega in terminskega plana dela na podlagi količin pridobljenih iz modela (Model-based scheduling, 2012)

Zaporedje gradnje in planiranja lahko prenesemo v 4D simulacije gradnje. To pomeni, da se elementom iz modela pripiše logično zaporedje in se predvaja animacija simulacije gradnje, ki investitorju pokaže, kako bo potekala gradnja. Razlika med 4D simulacijo in 4D planiranjem gradnje je velika, kar mnogo investitorjev zmede. V Vico Software so pripravili animacijo simulacije planiranja dela, ki pomaga pri komunikaciji med lastniki in podizvajalci (What does 4D BIM mean to you?, 2012).

Povezava Aktivnost-Element

V tem primeru se lahko procesni model razvije pred gradnjo ali vzporedno z njo. V prvem koraku procesnega modeliranja, se struktura dela hierarhično razdeli z opredeljenimi klasifikacijami nalog. Ko imamo izdelan BIM model, lahko delom stavbe pripišemo njihove naloge. Nato uporabimo

funkcijo izdelave terminskega plana dela, kjer se trajanje posamezne naloge izračuna na podlagi stopnje produktivnosti in dejanskih količin, samodejno iz informacijskega modela stavbe. Poleg tega, postavitev in zaporedje lahko opredelimo tako, da preko delnega filtriranja, dobimo oceno stroškov zelenih elementov. Najbolj izrazit primer programa, ki uporablja ta pristop je Tekla (Cerovšek, 2011).

Delo z vgrajenimi povezavami

Postopek dela temelji na 4D knjižnici gradnikov. Vsak element že vsebuje parametrizirane informacije o stroških in času potrebnim za izgradnjo gradbenega objekta. Ko modeliramo gradbeni objekt, se 4D model, ki vsebuje informacije o geometriji, stroških in terminskemu planu dela samodejno generira. Te knjižnice lahko tudi povežemo z internetnimi storitvami (Cerovšek, 2011).

4D BIM planiranje je posledica 3D geometrije zgradbe in optimizacije virov. Iz geometrije pridobimo potrebne količine, ki jih potem povežemo z določeno lokacijo (What does 4D BIM mean to you?, 2012).

4D načrtovanje je tako sestavljeno iz štirih komponent (4D BIM scheduling with Vico Office, 2012):

- količine vezane na lokacijo,
- črtnega diagrama,
- kontrole produktivnosti na gradbišču in
- 4D simulacije gradnje.

Cilj izdelave terminskega plana dela je ohranjanje produktivnosti celotne skupine, ko se le-ta pomika po gradbišču in minimizirati število nepotrebnih prekinitev dela (401: Model-based scheduling, 2012).

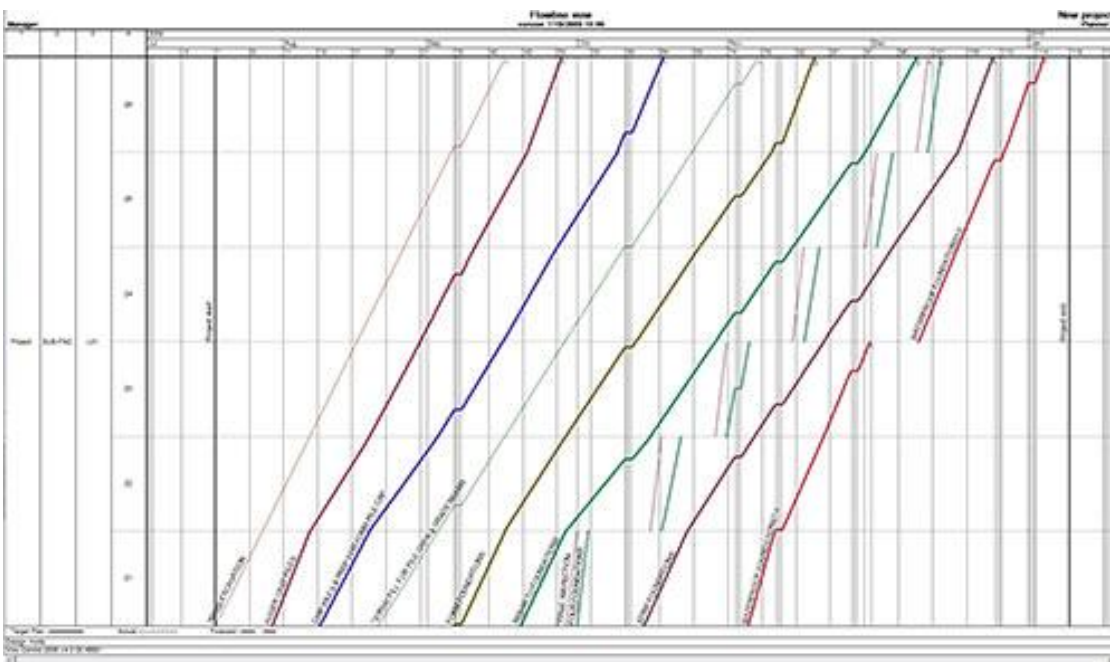
3.2 Lokacijske metode

The Empire State Building je bil dokončan v samo 17 mesecih, ker so uporabili upravljanje storitev na lokaciji ter grafično sledenje dejanske produktivnosti (Location-based management system, 2012).

Ključna rešitev je bila uporaba črtnih diagramov. V Vico Software so naredili študije, ki so pokazale, da poslovni partnerji, ki pravilno uporabljajo upravljanje storitev na lokaciji, privarčujejo 10% časa ter pri tem ne ogrožajo roka za dokončanje del (Location-based management system, 2012).

Črtni diagram zagotavlja, da so lahko podizvajalci najbolj produktivni, ko imajo zagotovljeno optimalno varnost ter se na njihovi lokaciji dela ne nahajajo nepotrebne delovne skupine in material. Čisto delovno okolje povečuje produktivnost (Flowline scheduling, 2012).

Ko podizvajalci vedo, da njihovo delo ne bo moteno s prekinitvami na delovišču, lahko zagotovijo potrebne surovine, delovno silo in opremo. Ta učinkovit krog nam daje pravilne podatke o produktivnosti in tako lahko nadrejeni naredijo terminske plane za vnaprej ter preprečijo napake, preden se zgodijo (Flowline scheduling, 2012).



Slika 6: Zaslonski posnetek programskega okna za pripravo terminskega plana (Flowline view, 2012)

Na sliki 6 vidimo, da je programsko okno razdeljeno na 3 segmente. Na prvem, ki se nahaja na zgornjem delu, je časovni raspored (koledar). Na levem delu slike pa so navedene lokacije dela (delitev po posameznih nadstropjih gradbenega objekta). V vmesnem prostoru so barvne linearne črte, ki nam povedo, kje se posamezna delovna skupina nahaja vsak dan, njihov medsebojni časovni razmik in kako hitro poteka delo (Flowline scheduling, 2012).

Izdelava terminskega plana dela temelji na optimalnem zaporedju nalog in poteku dela z uporabo podatkov o produktivnosti in številu razpoložljivih delavcev. Črtni diagram opisuje optimizacijo procesa s terminskim planom dela, vezanim na lokacijo. Izračuna optimalna zaporedja in pretok surovin na različnih lokacijah pri gradnji. To pomeni, da je potrebno pred barvanjem zidu počakati, da se le-ta tudi posuši. Nemoten terminski plan nam vizualizira, kateri dan in kje se posamezna delovna skupina nahaja (401: Model-based scheduling, 2012).

3.2.1 Kontrola produktivnosti

Na gradbišču je potrebno gradnjo kontrolirati. Hitro odkrivanje in odpravljanje napak pred in med gradnjo ima velik pomen za uspeh projekta. Četudi so bili načrti narejeni pravilno, se lahko med gradnjo zgodi človeška napaka. To se je zgodilo na primer pri gradnji Letterman Digital Arts centra v San Franciscu, kjer je bila zabetonirana prevelika temeljna plošča. Če te napake ne bi odkrili pravočasno, bi bila posledica izgradnja prevelikih naslednjih etažnih plošč (Eastman et al., 2008).

Sedaj so na trgu že sofisticirane naprave za kontrolo gradnje na gradbišču in digitalno primerjavo z načrti (Eastman et al., 2008):

- tehnika laserskega skeniranja (laserske merilne naprave podatke posredujejo BIM programski opremi, ki na primer preveri, ali se vlivanje betona dogaja na pravi lokaciji in ali so stebri pravilno nameščeni);
- tehnologija vodenja naprav (uporablja se za vodenje in kontrolo zemeljskih del ter primerjavo z BIM modelom);
- tehnologija GPS (vsakomur hitro dostopno preverjanje lokacije preko mobilnega aparata);
- RFID kode (*angl.* Radio Frequency Identification kode podpirajo sledenje dostave komponent in nameščanje instalacij na gradbišču. BIM komponente, ki imajo vključene reference za RFID kode avtomatično posodobijo podatke preko povezav med napravami za skeniranje na gradbišču in tako zagotovijo izvajalcem hitre povratne informacije glede napredovanja gradnje).

4 IZDELAVA INFORMACIJSKEGA MODELA VEČSTANOVANJSKE STAVBE

V tem poglavju je opisan postopek modeliranja stanovanjske stavbe. Pred pričetkom dela smo v podjetju Gradbeno podjetje Tržič pridobili projekt izvedenih del večstanovanjske stavbe v Virmašah.

Pred pričetkom izdelave informacijskega modela smo natančno preučili načrte stavbe, da smo si tako olajšali delo s kopiranjem enakih elementov. Model stavbe smo izdelali v programu ArchiCAD, ki je namenjen projektiranju gradbenih objektov. Izdelava modela je potekala po posameznih nadstropjih, na koncu so sledili le manjši popravki prekrivajočih se elementov.

Sledila je izdelava simulacije gradnje, ki smo jo ravno tako naredili v programu ArchiCAD. Na podlagi obstoječega modela smo konstrukcijske elemente povezali s terminskim planom dela in tako dobili simulacijo gradnje, ki smo si jo lahko ogledali v programu Windows Media Player.

Za primerjavo smo model stavbe uvozili v program Navisworks, kjer smo ravno tako na podlagi obstoječega terminskega plana izdelali simulacijo gradnje. Tako smo prišli do medsebojne primerjave med postopkom modeliranja v navedenih programih, kot tudi samima simulacijama gradnje.

4.1 Opis večstanovanjske stavbe

Gradnjo večstanovanjske stavbe A2 v Virmašah je investirala občina Škofja Loka. Projekt izvedenih del je bil narejen avgusta leta 2010. V projektu so opisane vse spremembe, ki so se zgodile od izdaje projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja do dokončanja gradnje. Načrti kleti, pritličja, prvega nadstropja in mansarde so narisani v merilu 1:100. Na vseh načrtih je poleg legende in podatkov o projektu zapisan tudi seznam prostorov in pripadajoča tlorisna površina.

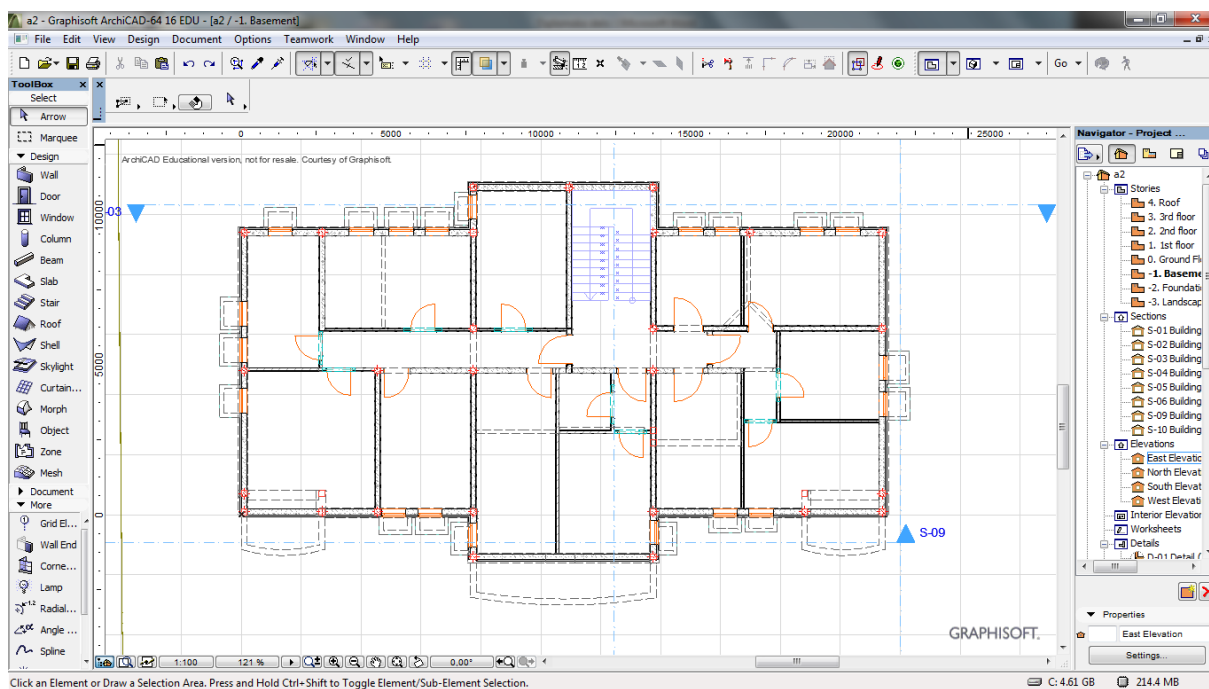
Večstanovanjska stavba A2 vsebuje 9 stanovanj. Stavba je podkletena in ima pritličje, prvo nadstropje ter mansardo. Tlorisne dimenzije objekta so $21,5\text{ m} \times 9,5\text{ m}$, sleme objekta sega do višine $11,61\text{ m}$, kap objekta pa do višine $6,22\text{ m}$. Kota večstanovanjskega objekta je 30 cm dvignjena od okoliškega urejenega terena. Višina posameznega nadstropja je $2,85\text{ m}$, neto tlorisna površina stavbe pa znaša $806,9\text{ m}^2$.

Nosilna konstrukcija stavbe je armiranobetonska. V pritličju in višjih nadstropjih je armiran beton kombiniran z opečnim modularnim blokom. Debelina zunanjih sten ter notranjih nosilnih znaša 20 cm , predelnih pa 12 cm . Predelne stene v notranjosti so iz penjenega betona. Povezavo med stenami predstavljajo armiranobetonske vezi, kot so stebri in preklade nad vratnimi ter okenskimi odprtini.

Medetažna konstrukcija je armiranobetonska plošča debeline 20 cm. Strešna konstrukcija je lesena krita z opečno kritino. V streho so vgrajene tri frčade za izhod na balkon ter tri za povečanje etažne višine in vgradnjo okna. Naklon vseh strešin znaša 42°. Poleg tega so v streho vgrajena strešna okna za zagotavljanje večje osvetljenosti prostorov.

4.2 Izdelava informacijskega modela stavbe v programu ArchiCAD

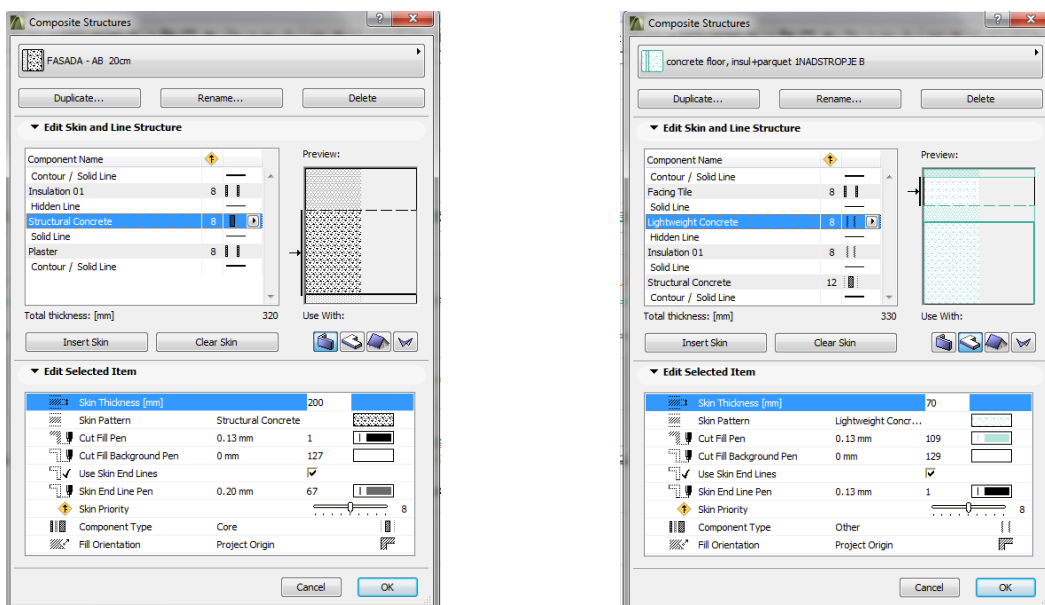
Izdelava modela večstanovanjske stavbe A2 v Virmašah poteka po načrtih, ki so bili izdani v projektu izvedenih del. Namen izdelave geometrijskega modela je spoznati program ArchiCAD ter se tako seznaniti s potekom izdelave integriranega informacijskega modela stavbe. V programu delo poteka s pomočjo parametričnih gradnikov, kot so: plošče, stene, stebri, nosilci, vrata, okna, stopnice, streha, lupina idr. S temi elementi sestavljamo 2D tloris stavbe.



Slika 7: Zaslonski prikaz dela v programu ArchiCAD 16

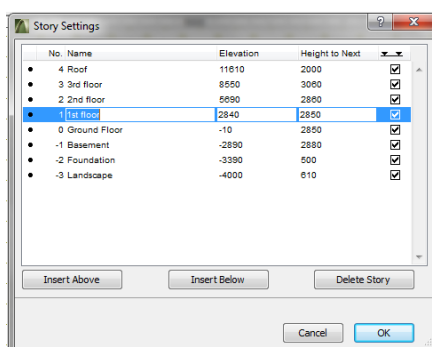
Pred pričetkom dela si nastavimo enote ter merilo risanja. Ta nam določa natančnost izrisa posameznih konstrukcijskih elementov. Nato lahko začnemo z risanjem sten. Delo poteka tako, da v zavihku *Opcije, Atributi elementov* pred pričetkom risanja posamezne stene, naj bo to kletna, zunanja ali predelna, v pogovornem meniju nastavimo, kateri materiali jo sestavljajo ter definiramo njihovo debelino in funkcijo. Funkcije materialov so lahko: jedro, finalna obdelava ali drugo, kot sta hidro in

toplotna izolacija. Te stene so povezane s ploščo, ki ji ravno tako definiramo sestavo materialov, preden jo vrišemo. Definiranje konstrukcijskih sklopov sten in plošč je prikazano na sliki 8.



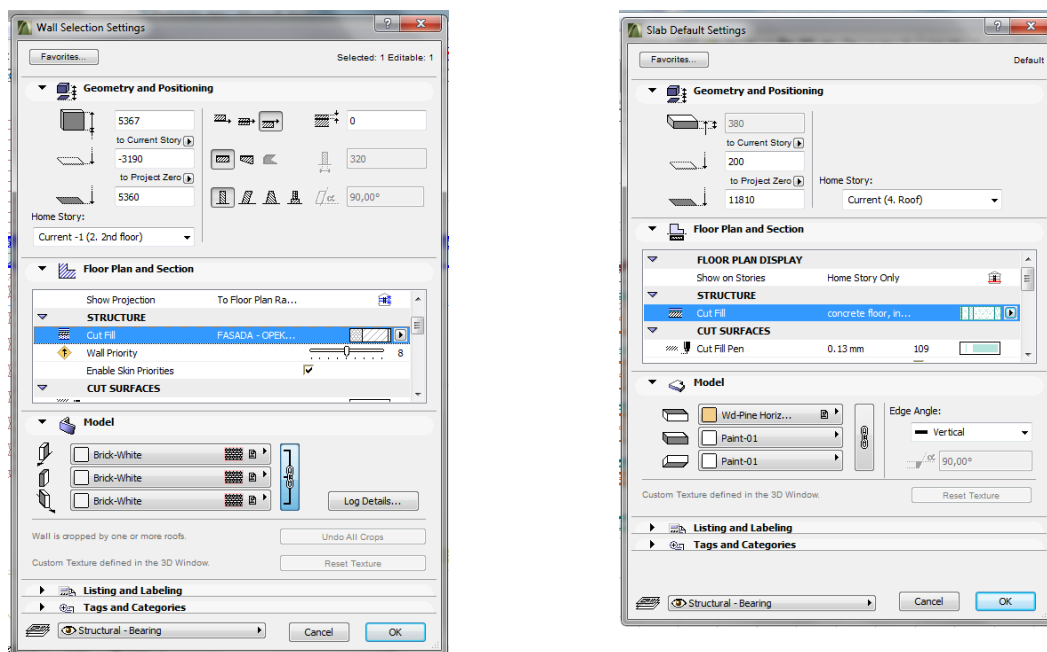
Slika 8: ArchiCAD 16, nastavitve konstrukcijskega sklopa stene in plošče

Risanje plošče poteka tako, da z linearno črto narišemo obris vseh zidov. Ko je črta sklenjena, se samodejno v 3D pogledu izriše plošča. Izdelava 3D modela temelji na izrisanem tlorisu ter podanimi višinami med etažami. Višine med etažami podamo preko gumba *Nastavitve*, ki ga najdemo v spodnjem desnem kotu aplikacije. Z definiranjem medetažnih višin ter imen se nam v zavihku nadstropja pokažejo nove ikone tlorisov.



Slika 9: ArchiCAD 16, nastavitve etažnih višin

Ko imamo izrisane stene in plošče, v tloris vstavimo okna in vrata. Ta najdemo v levem delu aplikacije pod zavihkom *Oblikovanje*. Preden jih vstavimo na njihovo mesto, v pogovornem meniju *Nastavitve* določimo obliko, dimenzijo vrat in oken ter višino parapeta. V opečnih zidovih je potrebno dodati protipotresne vezi, ki jih predstavljajo stebri in preklade nad okenskimi in vratnimi odprtinami.



Slika 10: ArchiCAD 16, pogovorni meni za vnašanje oblikovnih lastnosti plošč in zidov

Po natančnem izrisu enega tlorisa sledi izdelava naslednjih po enakem postopku. Na koncu izrišemo še streho, ki ji ravno tako določimo sestavo materialov. Naša streha je dvokapna z naklonom strešin 42° . Na vsaki strani ima po tri frčade, ki zagotavljajo zadostno etažno višino v mansardi.



Slika 11: ArchiCAD 16, posnetek 3D modela večstanovanjske stavbe

4.3 Simulacija gradnje v programu ArchiCAD

Za izdelavo simulacije gradnje je bilo potrebno pridobiti terminski plan gradnje večstanovanjske stavbe A2. Izdelan je bil v programu Microsoft Office Project. Na podlagi teh podatkov smo v program ArchiCAD vnesli začetne in končne datume gradnje posameznih delov stavbe. Tako smo celotno gradnjo razdelili na lokacije: temelji, klet, pritličje, prvo nadstropje, mansarda ter streha. Poleg razdelitve na lokacije smo ločili tudi gradnjo armirano betonskih oziroma zidanih sten. Posamezne delovne skupine, ki se nahajajo na gradbišču, tako vsak dan vedo, kje se bo odvijalo njihovo delo ter tako ne bodo pri tem ovirane.

Na podlagi obstoječega terminskega plana smo videli, kako so dela potekala. Na začetku gradnje so delavci začeli s pripravljalnimi deli, nato so sledila zemeljska, betonska, zidarska, obrtniška dela, zunanja ureditev ter električne in strojne instalacije. Od naštetih del smo v projektu simulacije gradnje podrobno obdelali le časovne intervale za betonska, zidarska in obrtniška dela. Ta dela smo nadalje razdelili na betoniranje plošč ter sten po posameznih nadstropjih. Sledilo je zidanje sten. Obrtniška dela so se začela z gradnjo strehe, končala pa z vgradnjo oken, notranjih ter vhodnih vrat. To smo tudi prikazali na predhodno izdelanem informacijskem modelu stavbe. Izdelava 4D simulacije je potekala na osnovi povezav Aktivnost – Element. Tako smo že obstoječim konstrukcijskim elementom pripisovali njihove aktivnosti, ki smo jih pridobili iz terminskega plana dela.

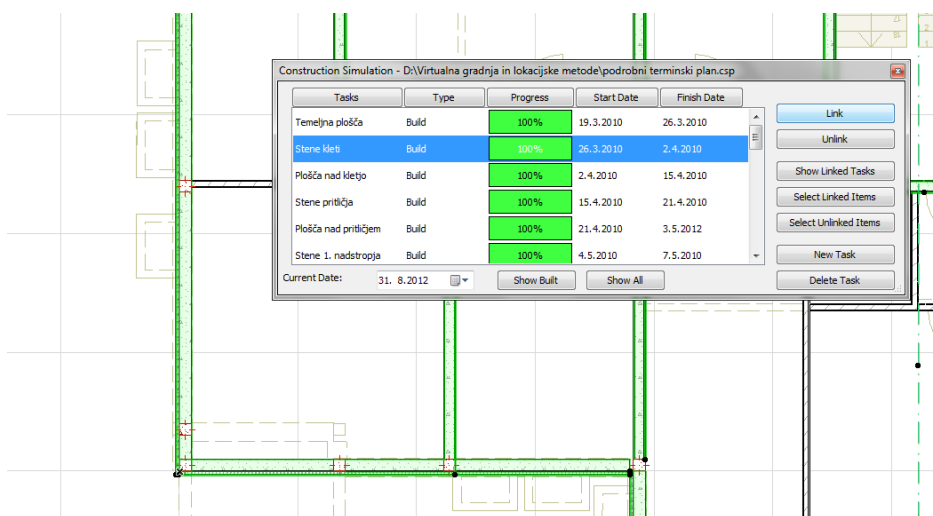
Izdelava procesnega modela je potekala tako, da smo v programu ArchiCAD pod zavihkom *Dokumenti* odprli aplikacijo *Simulacija gradnje*. V ta pogovorni meni smo vnesli naloge, njihov tip ter datum začetka in dokončanja posamezne naloge. Tako smo, na primer za gradnjo zidane stene v pritličju, v meni vnesli pod točko naloga: »Zidanje sten v pritličju«, pod tip: »Gradnja«, začetni in končni datum pa smo vzeli iz terminskega plana dela tega odseka. To smo ponovili za vsako nalogo, za katero smo želeli, da se izvede med simulacijo gradnje.

Tasks	Type	Progress	Start Date	Finish Date
Stene mansarde	Build	100%	20.5.2010	26.5.2010
Plošča nad mansardo	Build	100%	26.5.2010	4.6.2010
Zidanje sten v kleti	Build	100%	28.4.2010	6.5.2010
Zidanje sten v pritličju	Build	100%	2.4.2010	23.4.2010
Zidanje sten nadstropja	Build	100%	4.5.2010	24.5.2010
Zidanje sten mansarde	Build	100%	20.5.2010	10.6.2010

Slika 12: ArchiCAD 16, pogovorni meni za določitev posameznih nalog, tip dela ter njihov začetek in konec del

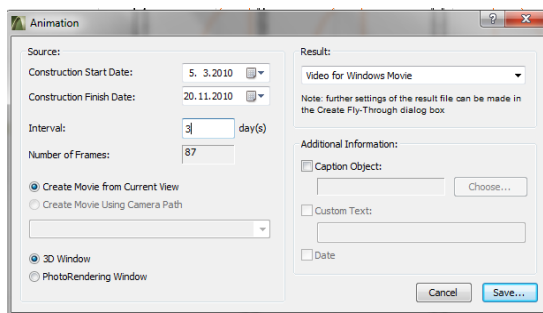
Ko smo imeli definirane vse postavke dela, smo odprli tloris kleti ter tam označili vse stene, ki jih je potrebno zabetonirati. S klikom na označeno nalogo v pogovornem meniju *Simulacija gradnje* smo tako povezali izbrane stene z nalogo, ki se mora izvesti. Potek tega dela je prikazan na sliki 13. Tako

je bilo potrebno povezati vse stene, plošče, okna ter vrata v posameznem nadstropju z njihovimi nalogami.



Slika13:ArchiCAD 16, zaslonski posnetek poteka označevanja sten ter pripisovanja njihovih nalog

Po vseh opravljenih povezavah med tlorisi ter pogovornim menijem *Simulacije gradnje* je bilo potrebno definirati čas začetka in dokončanja gradnje. To smo potrebovali za izdelavo simulacije gradnje. Do želenega pogovornega menija pridemo preko zavihka *Dokumenti, Urniki in sezname, Simulacija gradnje, Simulacija*. Tam je poleg terminskega plana dela potrebno definirati še, v kakšnem časovnem intervalu naj aplikacija prikaže ključni odsek dela. S tem povemo, koliko slik bi radi v predstavitvi. Manjše je število dni, ki jih predpišemo, bolj natančen je prikaz same gradnje. Za naš primer smo vzeli prikaz gradnje na vsake 3 dni.



Slika 14:ArchiCAD 16, zaslonski posnetek pogovornega menija za nastavitve animacije simulacije gradnje

Izhodišče gradnje je 3D prikaz modela stavbe. Na podlagi teh podatkov nam je ArchiCAD izdelal animacijo simulacije, ki si jo lahko ogledamo v programu Windows Media Player. Gradnjo večstanovanjske stavbe opazujemo z izbranega zornega kota, ki ga nastavimo pred samo izdelavo

simulacije. Tako vidimo, kako se pred začetkom del izkoplje gradbena jama ter se nato začne betonirati temeljno ploščo. Dela nato napredujejo vse do strehe, model pa pred našimi očmi raste.



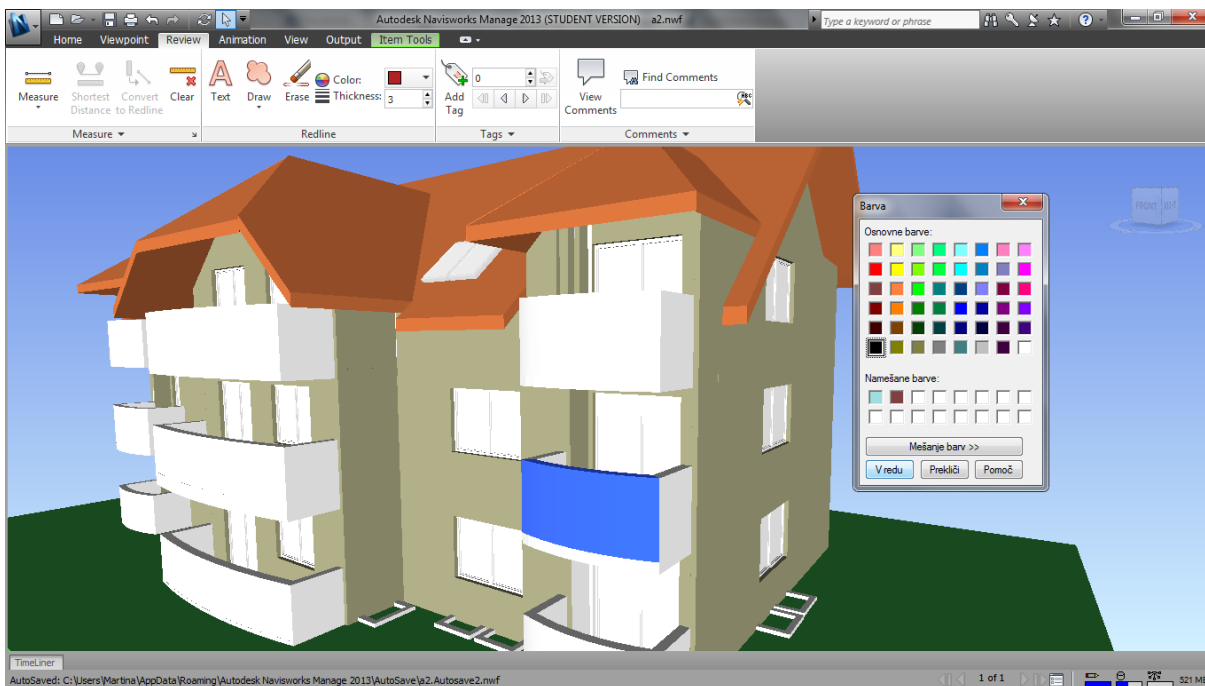
Slika 15: Windows Media Player, prikaz simulacije gradnje

Na sliki 15 vidimo, da so stene v gradnji zelene, že zgrajene pa sive barve. Poleg tega program ArchiCAD s simulacijo gradnje sten vriše že okna, katera se vgrajujejo kasneje. Njihovo vgrajevanje je kasneje pokazano le z zeleno osvetljenostjo.

4.4 Simulacija gradnje v programu Navisworks

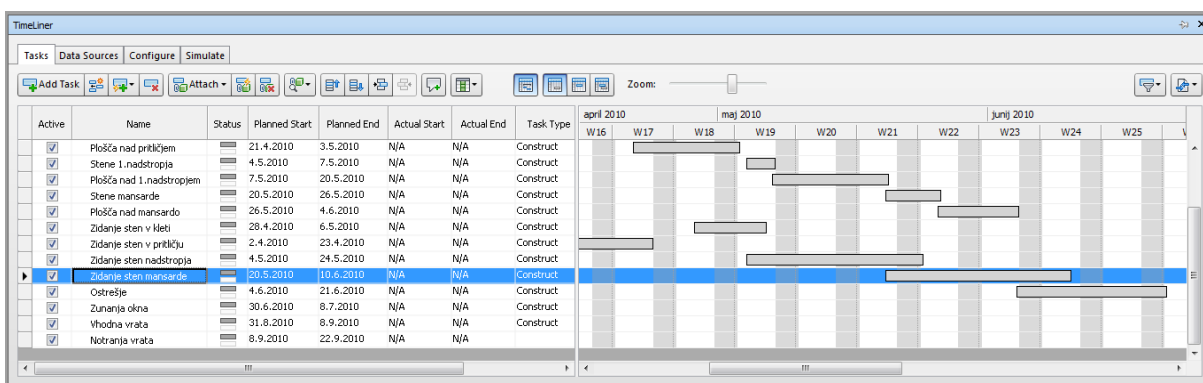
Po izdelanem integriranem informacijskem modelu večstanovanjske stavbe A2 smo naredili simulacijo gradnje v programu Navisworks. Tako bomo prišli do medsebojne primerjave geometrijskih modelov in simulacij gradnje, ki ju naredita programa ArchiCAD ter Navisworks.

Delo je potekalo tako, da smo iz programa ArchiCAD izvozili datoteko s končnico IFC, ki jo lahko odpremo v programu Navisworks. Tam smo nadaljevali z delom. Najprej je bilo potrebno določiti barve posameznih elementov stavbe, saj so se ti podatki med prenosom izgubili in je bil tako začetni model bele barve. Poleg tega je bilo potrebno oknom in vratom določiti prosojnost, da lahko vidimo v notranjost stavbe. Pri prenosu modela iz enega programa v drugega smo tudi opazili, da so nam nekateri zidovi prekrili vrata, zato jih je bilo treba skrajšati ter premakniti na ustrezno mesto. Izdelava 4D modela simulacije je potekala na osnovi povezav Aktivnost – Element.



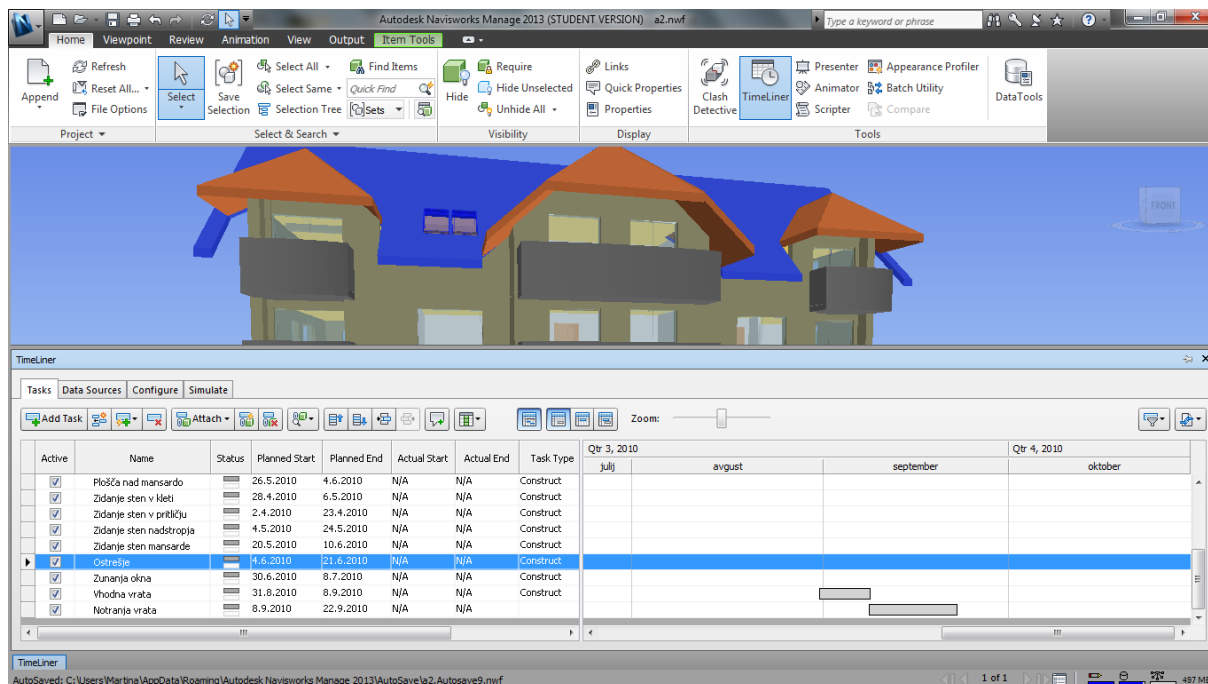
Slika 16: Navisworks, definiranje barv posameznih elementov stavbe

Izdelava simulacije gradnje je potekala tako, da smo v programski meni *Urniki gradnje*, najdemo ga pod zavihkom *Doma*, vnesli podatke o gradnji. V pogovorni meni smo vnesli posamezne aktivnosti, jim pripisali datum začetka ter dokončanja del. Tako smo na primer pod ime aktivnosti vnesli: »Zidanje sten mansarde«, tip naloge: »Gradnja« ter začetek: »20. 5. 2010« in konec del: »10. 6. 2010«. Izhajali smo iz dejanskega terminskega plana gradnje. Na sliki 17 vidimo, da se na levi strani tabele nahajajo podatki o aktivnostih, na desni pa je gantogramski grafični prikaz gradnje.



Slika 17: Navisworks, prikaz vnašanja podatkov v pogovorni meni terminskega plana gradnje

Po izdelanem terminskem planu gradnje na modelu stavbe označimo posamezne elemente in jih povežemo s postavkami v pogovornem meniju. Pri označevanju enakih elementov si lahko pomagamo s funkcijo, ki izbere posamezno skupino, ali pa jih ročno označimo. Elemente, ki smo jih že povezali z aplikacijo terminskega plana gradnje, nato skrijemo, da imamo neoviran pogled na ostale, še nepovezane elemente. V programu imamo dostop do modela kot celote, ne pa razdeljenega na posamezna nadstropja, kar otežuje delo v notranjosti.

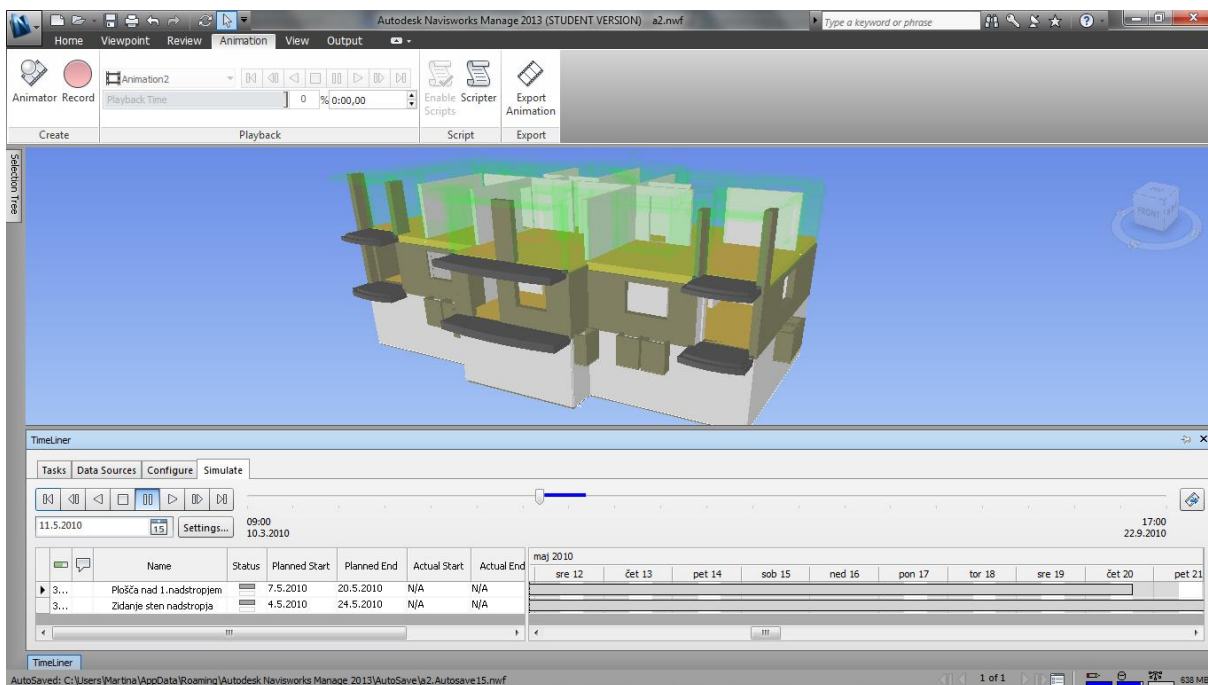


Slika 18: Navisworks, povezovanje konstrukcijskih elementov modela z aktivnostmi podanimi v terminskem planu dela

Ko elementom modela pripisujemo njihove aktivnosti, je potrebno paziti, da lahko aktivnosti pripravimo le eni skupini elementov; če dodajamo druge, je potrebno uporabiti funkcijo dodaj, saj se drugače podatki za prejšnje skupine izbrisajo.

Iz predhodno narejenega terminskega plana dela ter povezavami med elementi stavbe se samodejno generira simulacija gradnje. To aplikacijo najdemo v *Terminskem planu dela* pod zavihkom *Simulacija*. Prikaz simulacije gradnje poteka tako, da v spodnjem delu zaslona opazujemo, kako se izvajajo naloge v odstotkih (levi spodnji del na sliki 19) ter gantogramski prikaz (desni spodnji del slike 19), da lažje vidimo, kdaj se določena dela začnejo in končajo. Nad prikazom, kakšen odstotek dela je opravljen, vidimo še prikaz takratnega datuma. V osrednjem delu zaslona opazujemo simulacijo gradnje, ki jo narekuje terminski plan dela. Prednost simulacije je, da med virtualno gradnjo lahko stavbo vrtimo in tako gledamo stvari, ki nas zanimajo, in nismo vezani le na en zorni kot opazovanja. Na sliki 19 opazimo dele konstrukcije, ki so zelene barve. S tem nam program pokaže,

kateri del stavbe je v gradnji v tem trenutku. To simulacijo nato posnamemo. Aplikacijo najdemo pod zavihkom *Animacija* in gumbom *Snemaj*.



Slika19: Navisworks, zaslonki posnetek predvajanja simulacije gradnje

4.5 Primerjava med izdelavo modelov in simulacij v programih ArchiCAD in Navisworks

Program ArchiCAD je namenjen predvsem arhitektom in njihovemu delu pri oblikovanju arhitekturne podobe stavbe. Vloga programa Navisworks pa je drugačna. V njem ne projektiramo, toda izdelujemo animacije simulacije gradnje že narejenih informacijskih modelov. Tako je potrebno v program Navisworks izvoziti datoteko, ki smo jo naredili v ArchiCAD-u, da lahko začnemo z delom. V spodnji preglednici so navedene primerjave med samim procesom izdelave modela, kot tudi izdelavo simulacij gradnje v navedenih programih.

Preglednica 1: Primerjava med programoma ArchiCAD in Navisworks

Možnosti	ArchiCAD	Navisworks
<u>Izdelava modela stavbe:</u>		
Modeliranje stavbe	X	
Uvoz podatkov	X	X
Operiranje z elementi	X	X
Parametrični gradniki	X	

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 1

Pregled količin v modelu	x	x
Vgrajene knjižnice	x	
Definiranje konstrukcijskih sklopov	x	
Ločitev modela po nadstropjih	x	
Prikaz 3D modela stavbe	x	x
Generiranje prerezov	x	
<u>Procesni model:</u>		
Model stavbe	x	x
Uvoz podatkov	x	x
Urejanje podatkov	x	x
Označevanje elementov	x	x
Gantogramski prikaz		x
Vnos dejanskega začetka, konca del		x
Takojšno predvajanje simulacije		x
Možnost operiranja z modelom med simulacijo		x
Upoštevanje odprtih za okna, vrata		x
Prikazovanje odstotkov opravljenega dela		x
Možnost snemanja simulacije v programu		x

Iz medsebojne primerjave med procesom izdelave modela v programu ArchiCAD in Navisworks vidimo, da smo v slednjem pri tem zelo omejeni. V program Navisworks je potrebno izvoziti že narejen informacijski model. Pri prenosu iz ArchiCAD-a pa pride do nekaterih izgub informacij, kot sta bili izguba barve modela ter višin nekaterih sten. Omejeni smo tudi pri operiranju z elementi. Izbiramo lahko le med možnostmi premikanja, raztezanja ter vrtenja elementov. Poleg tega so v programu ArchiCAD vgrajene knjižnice parametriziranih gradnikov, ki nam lajšajo načrtovanje gradbenih objektov. V ArchiCAD-u imamo tudi več funkcij, ki nam omogočajo razdelitev stavbe po nadstropjih ter samodejno izdelavo poljubnih prerezov gradbenih objektov, kar v Navisworks-u ni mogoče. Tako smo prišli do sklepa, da je program ArchiCAD namenjen lažji izdelavi arhitekturnih načrtov, v Navisworks pa informacijski model izvozimo za nadaljnje analize.

V zaključnem delu diplomske naloge smo naredili primerjavo med obema posnetima simulacijama, narejenima v omenjenih programih. Program ArchiCAD za izdelavo simulacije potrebuje veliko časa, kar pa je tudi odvisno od zmogljivosti računalnika. Na drugi strani imamo v Navisworksu simulacijo narejeno vzporedno, s povezovanjem aktivnosti in pripadajočih elementov modela. Poleg tega se simulacija, narejena v ArchiCAD-u, predvaja v programu Windows Media Player. Tako ne moremo

operirati z modelom med predstavitvijo in ga je potrebno že pred izdelavo simulacije pravilno postaviti, da vidimo pomembnejše dele gradnje. Na simulaciji gradnje tudi ni časovnega prikaza dela. Opazujemo le nekaj deset sekund trajajočo gradnjo, ne vemo pa, kateri dan se odvija katero delo. V nasprotju z ArchiCAD-om pa v Navisworks-u vse to vidimo. V slednjem lahko simulacijo gradnje gledamo neposredno v programu, lahko pa jo posnamemo in gledamo tudi na računalniku, ki ne vsebuje tega programa.

Razlika je tudi v samem prikazu modela na animaciji simulacije gradnje. V programu ArchiCAD se nam v simulaciji gradnje takoj, ko se začne gradnja sten, pojavijo tudi okna in vrata, katerih vgradnja poteka kasneje. Ko nastopi čas njihove vgradnje, se le posvetijo zeleno. Navisworks pa nam med simulacijo gradnje »pusti« odprtine na mestih kamor bodo vgrajena okna in se le-ta vrišejo, ko nastopi čas za to.

Prišli smo do ugotovitve, da je program Navisworks bolj primeren za izdelavo simulacij gradnje. Delo tu poteka lažje, tudi predstavitve so bolj nazorne. Program ArchiCAD ni prvotno namenjen izdelavi simulacij, temveč arhitekturnih načrtov, poleg tega pa ima vgrajeno funkcijo simulacije gradnje, da lahko investitor vnaprej vidi potek gradnje.

5 ZAKLJUČKI

V prvem delu diplomske naloge je bilo teoretično razloženo, kaj je BIM in kako ga uporabljamo pri projektiranju, gradnji, vzdrževanju ter rušitvi oziroma obnovi gradbenih objektov. Nato so bili predstavljeni nekateri računalniški programi, ki omogočajo izdelavo informacijskih modelov gradbenih objektov. Podrobneje smo predstavili ArchiCAD, ki smo ga uporabili pri izdelavi informacijskega modela večstanovanjske stavbe. Načrti stavbe A2, ki je že zgrajena in se nahaja v Virmašah, so bili pridobljeni iz projekta izvedenih del.

V drugem delu naloge smo predstavili, kako s pomočjo 3D modela in terminskega plana izdelamo 4D simulacijo gradnje. Izdelava 4D modela je osnovana na treh glavnih načinih povezovanja: Element-Receptura, Aktivnost-Element ali na osnovi vgrajenih povezav. Pri izdelavi terminskega plana si pomagamo s črtnim diagramom, delo razdelimo na posamezne lokacije, predvsem pa je pomembno sprotno kontroliranje produktivnosti. Ko smo imeli izdelan model stavbe, smo uporabili dejanski terminski plan ter ga povezali z modelom, ki je bil izdelan v programu ArchiCAD. S pomočjo povezav med terminskim planom in našimi parametriziranimi gradniki smo izdelali simulacijo gradnje. Pri tem smo analizirali sosledje del po nadstropjih stavbe ter vrstah dela: betonska, zidarska in obrtniška. Simulacija se začne s pripravo gradbišča, nato sledijo betonska in zidarska dela, na koncu pa obrtniška (na primer vgradnja notranjih vrat, oken, ter gradnja strehe).

Model stavbe smo iz programa ArchiCAD izvozili v program Navisworks, kjer smo ravno tako izdelali simulacijo gradnje. Pred tem pa je bilo potrebno model popraviti, saj so se podatki med prenosom iz enega programa v drugega izgubili. Tako je bil model v programu Navisworks bele barve, nekatere stene pa so se podaljšale.

Na koncu smo primerjali modela in simulaciji, narejenim z navedenima programoma med seboj. Razlika med programoma je že v sami izdelavi informacijskega modela. V ArchiCAD-u ga lahko modeliramo s parametriziranimi gradniki medtem, ko ga v Navisworks-u ne moremo. Nadalje smo ugotovili, da je simulacija izdelana v programu Navisworks veliko bolj pregledna in natančna kot tista, narejena v programu ArchiCAD. V slednjem pri prikazu del vidimo samo simulacijo gradnje, ne vemo pa, katera dela se odvijajo. Pri simulaciji v Navisworks-u pa poleg simulacije gradnje vidimo še, kako tečejo posamezne dejavnosti ter tako v vsakem trenutku vidimo, kakšen procent del je opravljen. Prišli smo do sklepa, da je boljši program za izdelavo simulacije gradnje Navisworks, medtem ko ArchiCAD nudi več drugih možnosti.

VIRI IN LITERATURA

ArchiCAD, 2012. wikipedija.org.

<http://sl.wikipedia.org/wiki/ArchiCAD> (Pridobljeno 14. 8. 2012.)

ArchiCAD kao rješenje, 2012. 3dart.hr.

<http://www.3dart.hr/Item.aspx?Id=208> (Pridobljeno 14. 8. 2012.)

Autodesk Navisworks 2013, 2012a. cadac.com.

<http://www.cadac.com/en/products/products1/Pages/autodesk-navisworks.aspx> (Pridobljeno 4. 9. 2012.)

Autodesk Navisworks 2013, 2012b. cadac.com.

<http://www.cadac.com/nl/product/Pages/autodesk-navisworks.aspx> (Pridobljeno 4. 9. 2012.)

Autodesk Revit 2013, 2012. down.cd.

<http://down.cd/8108/buy-Autodesk-Revit-2013-download/> (Pridobljeno 14. 8. 2012.)

BIM 401: Model-based scheduling, 2012. vicosoftware.com.

<http://www.vicosoftware.com/community/bim-401-webinar/tabid/86619/Default.aspx> (Pridobljeno 14. 8. 2012.)

Blagus, K. 2011. Vloga informacijskega modela zgradbe (BIM) v fazi projektiranja gradbenega objekta. Diplomski naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba K. Blagus): 86 str.

Cerovšek, T. 2010. Informacijsko modeliranje zgradb (BIM): uvod. Gradb. vest., mar. 2010, letn. 59, št. 3, str.: 71-72, ilustr.

Cerovšek, T. 2011. A Framework for CPD and 5D BIM process REUSE, Proceedings of the 28th International Conference of CIB W78, Sophia Antipolis, France, 26-28 October.

<http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2011-Paper-157.pdf> (Pridobljeno 6. 9. 2012.)

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. 2008. BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.: 490 str.

Flowline scheduling, 2012. vicosoftware.com.

<http://www.vicosoftware.com/what-is-flowline-scheduling/tabid/88211/Default.aspx> (Pridobljeno 16. 8. 2012.)

Flowline view, 2012. vicosoftware.com.

<http://www.vicosoftware.com/products/vico-office-client-features--benefits-copy/tabid/229085/Default.aspx> (Pridobljeno 16. 8. 2012.)

Graphisoft ArchiCAD 15, 2012. upfrontezine.com.

<http://www.upfrontezine.com/2011/upf-694.htm> (Pridobljeno 14. 8. 2012.)

Location-based management system, 2012. vicosoftware.com.

<http://www.vicosoftware.com/location-based-management-system/tabid/88213/Default.aspx>
(Pridobljeno 16. 8. 2012.)

Model-based scheduling, 2012. vicosoftware.com.

<http://www.vicosoftware.com/model-based-scheduling/tabid/88209/Default.aspx> (Pridobljeno 16. 8. 2012.)

Muhič, S., Žagar, I., Todorović, M. 2011. Osnove programa Autodesk Revit. Ljubljana, CGS Plus d.o.o.: 30 str.

Parametric components, 2012. usa.autodesk.com

<http://usa.autodesk.com/revit/architectural-design-software/> (Pridobljeno 10. 9. 2012.)

Smith, D. K., Tardif, M. 2009. Building Information Modeling: A strategic implementation guide for architects, engineers, constructors and real estate asset managers. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.: 186 str.

The business value of BIM, 2012. vicosoftware.com.

<http://www.vicosoftware.com/McGraw-Hill-business-value-of-bim/tabid/88950/Default.aspx>
(Pridobljeno 13. 8. 2012.)

Vico's win the deal bundle, 2012. Vicosoftware.com.

<http://www.vicosoftware.com/community/vicos-win-the-deal-bundle/tabid/85921/Default.aspx>
(Pridobljeno 14. 8. 2012.)

What does 4D BIM mean to you?, 2012. vicosoftware.com.

<http://www.vicosoftware.com/what-is-4D-BIM/tabid/88206/Default.aspx> (Pridobljeno 16. 8. 2012.)

3D BIM clash detection, 2012. vicosoftware.com.

<http://www.vicosoftware.com/products/3d-bim-software-clash-detection/tabid/229117/Default.aspx>
(Pridobljeno 14. 8. 2012.)

4D BIM scheduling with Vico Office, 2012. vicosoftware.com.

<http://www.vicosoftware.com/4d-bim-scheduling-with-vico-office-/tabid/235341/Default.aspx>
(Pridobljeno 16. 8. 2012.)

Ostali viri

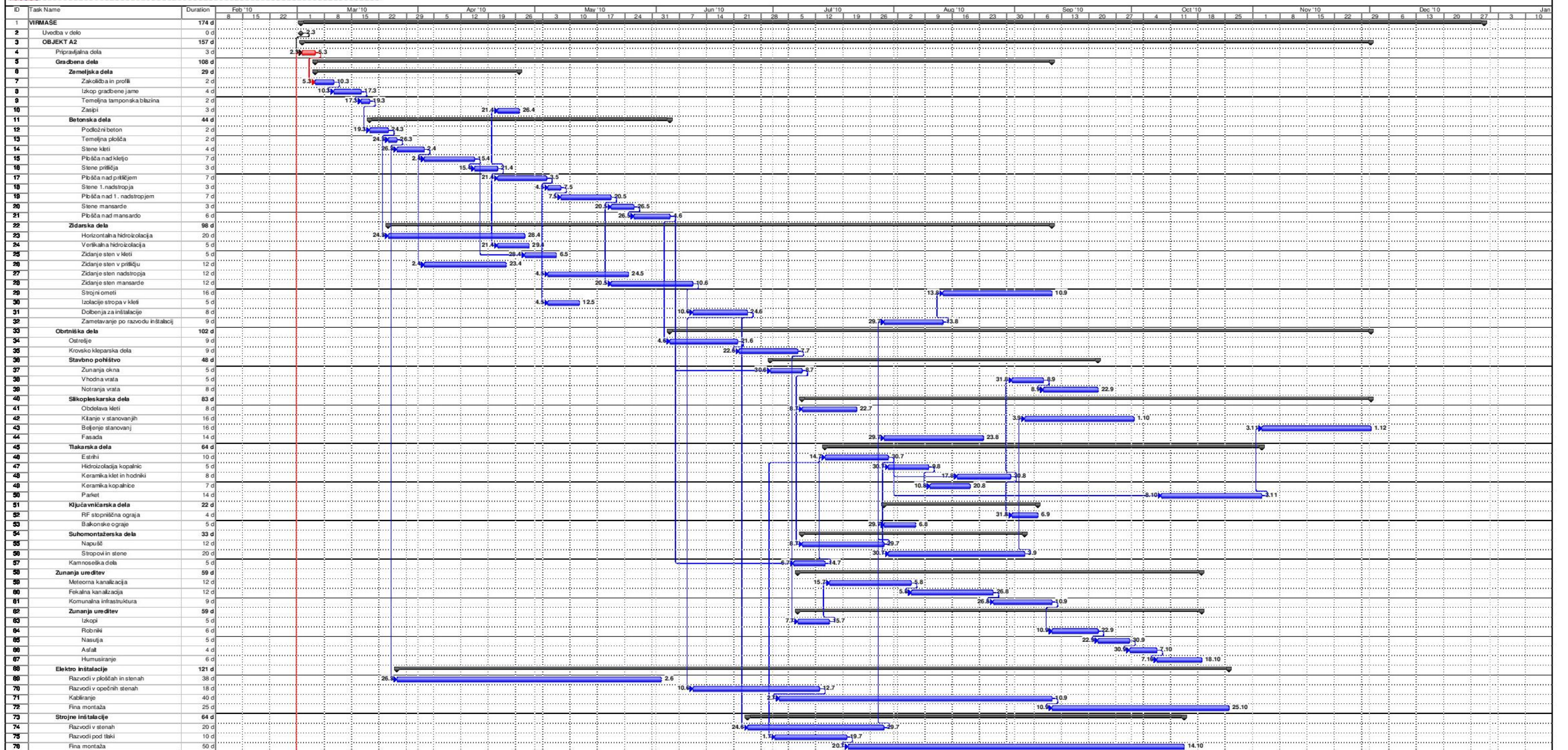
Shiratuddin, M. F., Sulbaran, T., Germany, S. 2010. Introduction to ArchiCAD: A BIM Application, First Edition. New York, Delmar Cengage Learning, Inc.: 221 str.

SEZNAM PRILOG

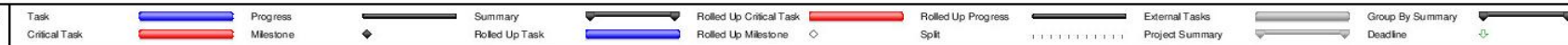
Priloga A:	TERMINSKI PLAN GRADNJE	A1
Priloga B:	SLIKE SIMULACIJE GRADNJE POSAMEZNIH NADSTROPIJ V PROGRAMU ARCHICAD	B1
Priloga C:	SLIKE SIMULACIJE GRADNJE POSAMEZNIH NADSTROPIJ V PROGRAMU NAVISWORKS	C1

PRILOGA A

Terminski plan gradnje



Projekt: Terminski plan Virmaše izvedbeni
Datum: Toč 28.8.12



Vodja projekta:

Podjela

Plan pripravil: Gregor Štefanič

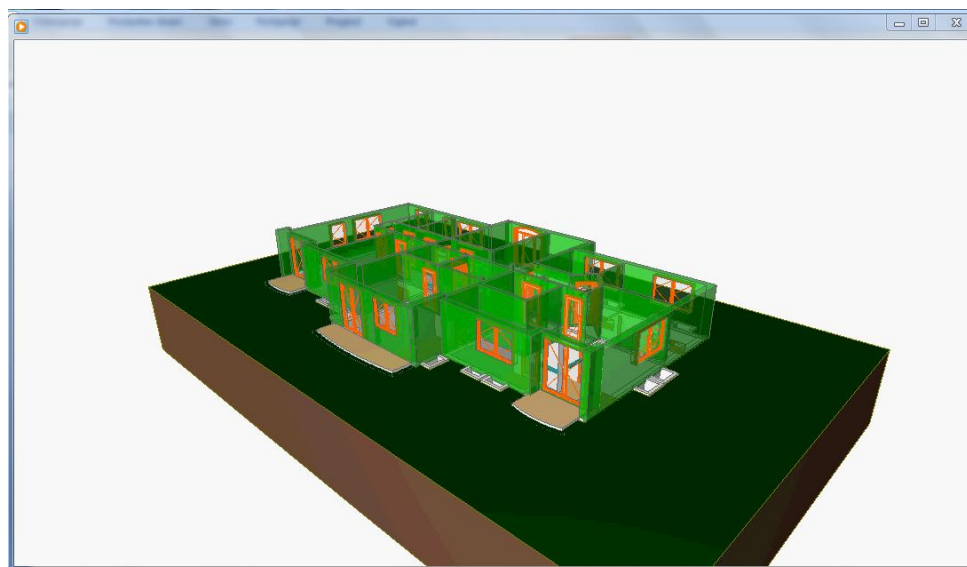
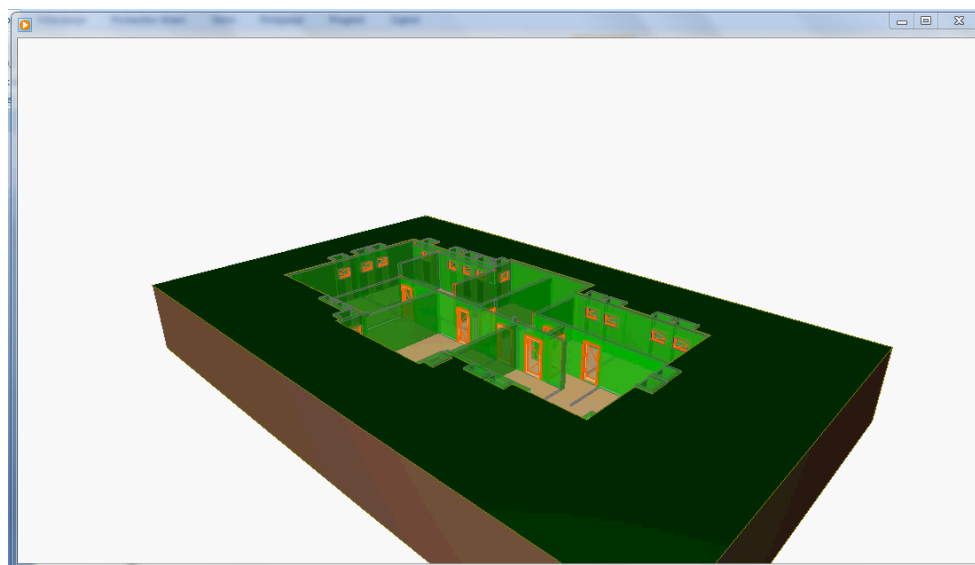
Podjela

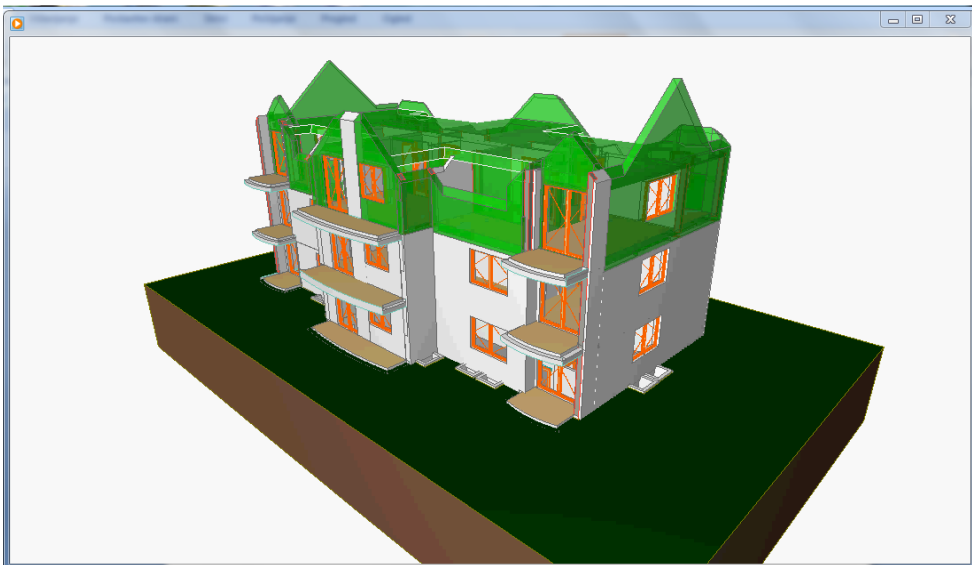
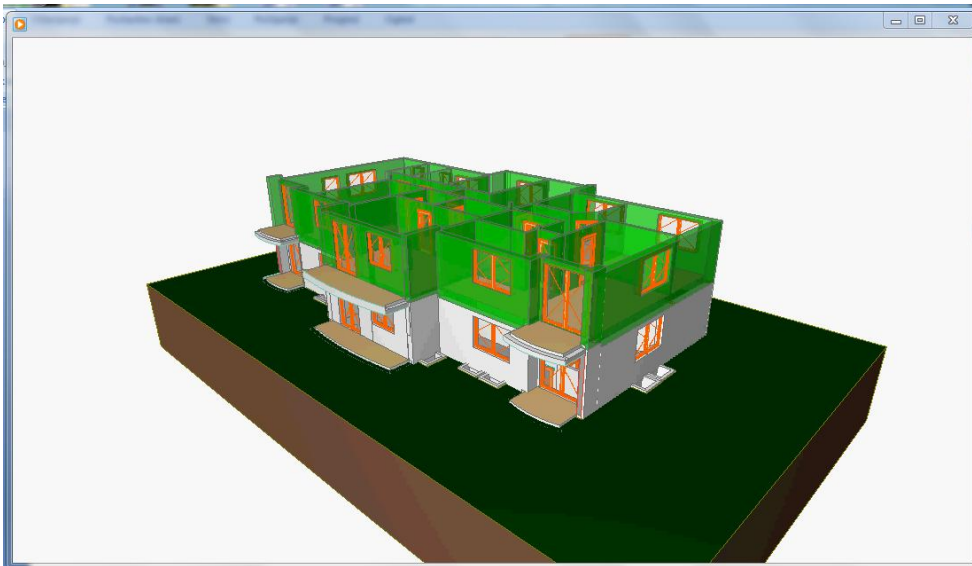
Vodja pripravne dela:

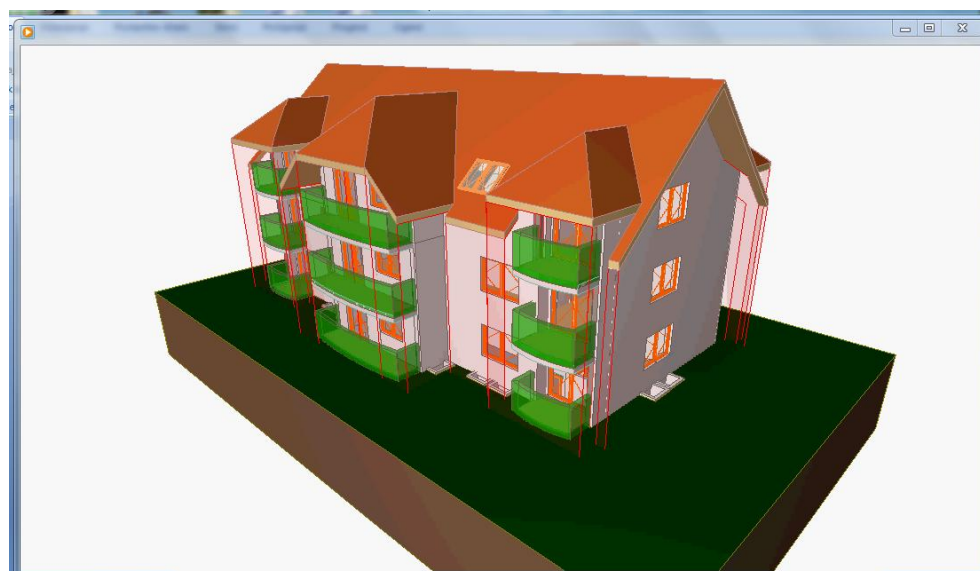
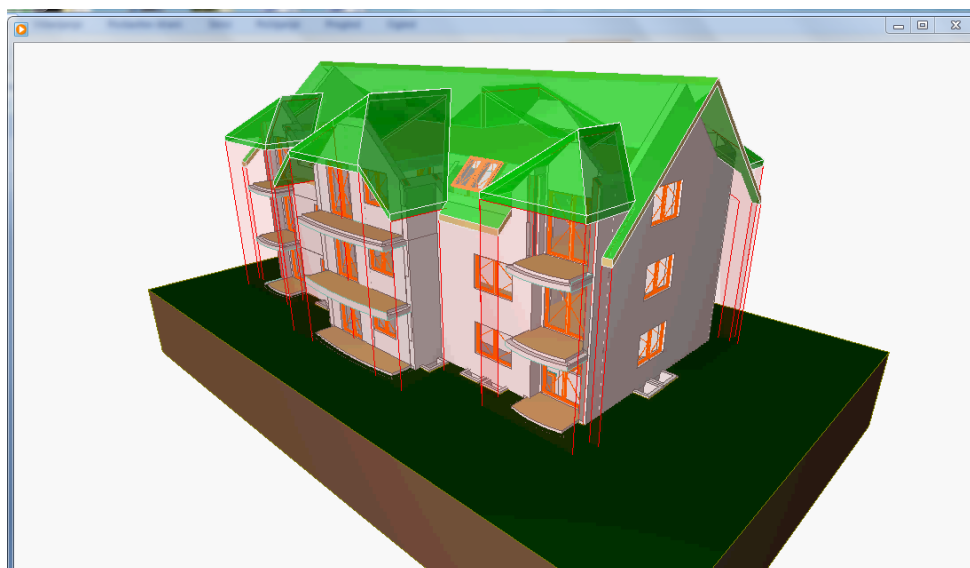
Podjela

PRILOGA B

Slike simulacije gradnje posameznih nadstropij v programu ArchiCAD







PRILOGA C

Slike simulacije gradnje posameznih nadstropij v programu Navisworks

