

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Konstrukcijska smer

Kandidat:

Beno Andrejka

Planiranje gradbenih projektov z orodjem "Vico Control" v okolju virtualne gradnje

Diplomska naloga št.: 3080

Mentor:

izr. prof. dr. Jana Šelih

Somentor:

viš. pred. dr. Aleksander Srdić

Ljubljana, 25. 9. 2009

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **BENO ANDREJKA** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»Planiranje gradbenih projektov z orodjem »Vico Control« v okolju virtualne gradnje«.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 10.09.2009

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 004.42:65.012.2:69(043.2)
Avtor: Beno Andrejka
Mentor: doc.dr. Jana Šelih
Somentor asist.dr. Aleksander Srdić
Naslov: Planiranje gradbenih projektov z orodjem »Vico Control« v okolju virtualne gradnje

Obseg in oprema:

Ključne besede: virtualna gradnja, vico software, vico control, ciklogramsko planiranje, linija ravnotežja delovnih virov

Izvleček

Diplomsko delo obravnava sodoben pristop k planiranju gradbenih projektov v okviru virtualne gradnje s programskim okoljem Vico Software. V prvem delu je predstavljena ideja virtualne gradnje z uporabo BIM tehnologije in njene prednosti v primerjavi z klasičnimi pristopi planiranja. V drugem delu po korakih predstavimo celoten proces virtualne gradnje na referenčnem 3D modelu. V tretjem delu se osredotočimo na program Vico Control, ki predstavlja močno orodje za izdelavo terminskih planov z upoštevanjem idej LBS (Location Based Scheduling) tehnike planiranja. Opisane so osnovne funkcije programa, ki omogočajo projektne vodji izdelavo različnih variant terminskega plana in njihovo analizo. V zadnjem delu je opisanih šest variant terminskega plana za stanovanjski objekt v katerih sem preizkušal vpliv spreminjanja posameznih parametrov na trajanje posameznih dejavnosti, trajanje celotnega procesa gradbenih del, produktivnost in izkoriščenost delovnih virov ter verjetnost terminskih planov ob upoštevanju zimskih razmer in nihanju produktivnosti delovnih ekip.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 004.42:65.012.2:69(043.2)
Author: Beno Andrejka
Supervisor: prof.dr. Jana Šelih
Cosupervisor: asist.dr. Aleksander Srđić
Title: Construction project scheduling with use of »Vico Control« as a part of virtual construction

Notes:

Key words: virtual construction, vico software, vico control, line of balance, location based scheduling, repetitive scheduling

Abstract

The present work focuses on contemporary approach in planning and scheduling construction project as a part of virtual construction with use of Vico software. In the first part we describe theoretical ideas of virtual construction and its benefits against classic way of planning and scheduling. The second part represents entire process of virtual construction step by step using referenced 3D model. The third part focuses on program Vico Control, a powerful software tool for scheduling construction projects using Location Based Scheduling technique. We describe basic functions of the program, that allow to create different variations of the schedule. Project manager is also able to analyze different variations of the schedule. Last part represents six different variations of the schedule, where we tested influence of changing parameters at duration of construction activities, duration of entire construction process, productivity and efficiency of resources including probability considering winter conditions and oscillation of productivity factor.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici doc.dr. Jani Šelih in somentorju asist.dr. Aleksandru Srdiću.

Zahvalil bi se tudi svojim staršema in bratu Nejcju, ki so me skozi vsa leta študija podpirali in mi stali ob strani.

Na koncu gre zahvala še vsem kolegom in kolegicam, še posebej Tilnu in Gašperju, s katerimi smo preživeli študijska leta na fakulteti.

Hvala vsem!

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 Namen in cilji diplomskega dela	2
2 SPLOŠNO O VIRTUALNI GRADNJI	3
2.1 BIM – Building Information Modeling	6
2.2 BIM tehnologija v praksi	8
2.3 Virtualna gradnja – prednosti.....	8
3 PROGRAMSKO OKOLJE VICO SOFTWARE.....	11
3.1 Vico Costructor.....	11
3.2 Vico Estimator	13
3.3 Vico Control	14
3.4 Vico Change Manager.....	15
3.5 Vico Cost Planer	15
3.6 Vico 5D Presenter	15
4 TIPIČEN PROCES VIRTUALNE GRADNJE.....	16
4.1 Prva faza procesa virtualne gradnje.....	16
4.2 Druga faza procesa virtualne gradnje	29
5 PROGRAM VICO CONTROL	31
5.1 Tehnike planiranja v programu Vico Control.....	31
5.1.1 Mrežno planiranje	31
5.1.2 Gantogramska tehnika planiranja.....	32
5.1.3 Ciklogramska tehnika planiranja	33

5.1.3.1 Splošno o ciklogramski tehniki planiranja	33
5.1.3.2 Line Of Balance (LOB)	35
5.1.3.3 Location - Based Scheduling (LBS)	46
5.2 Definiranje dejavnosti v programu Vico Control	47
5.3 Definiranje povezav med dejavnostmi v programu Vico Control.....	50
6 UPORABA PROGRAMA VICO CONTROL 2009 PRI NAČRTOVANJU GRADNJE POSLOVNO STANOVANJSKEGA OBJEKTA BISTRA A4.....	53
6.1 Predstavitev stanovanjsko poslovnega objekta D12-A4	53
6.2 Predstavitev predvidenega terminskega plana, ki je bil izdelan za objekt.....	56
6.3 Terminski plan gradbenih del na objektu izdelan s programom Vico Control	58
6.3.1 Opis.....	58
6.3.2 Varianta 0 – osnovna varianta.....	60
6.3.3 Varianta 1	66
6.6.4 Varianta 2	71
6.3.5 Varianta 3	75
6.3.6 Varianta 4	79
6.3.7 Varianta 5	82
6.3.8 Primerjava variant 0 – 5.....	85
7 ZAKLJUČEK.....	88
VIRI.....	90

KAZALO PREGLEDNIC

- Preglednica 1: Porabljene delovne ure V0
- Preglednica 2: Porabljeni delovni dnevi V0
- Preglednica 3: Porabljene delovne ure V0 - ZIMA
- Preglednica 4: Porabljene delovne ure V0 – REALNO
- Preglednica 5: Porabljene delovne ure V1
- Preglednica 6: Porabljeni delovni dnevi V1
- Preglednica 7: Porabljene delovne ure V1-ZIMA
- Preglednica 8: Porabljene delovne ure V1 - REALNO
- Preglednica 9: Porabljene delovne ure V2
- Preglednica 10: Porabljeni delovni dnevi V2
- Preglednica 11: Porabljene delovne ure V2-ZIMA
- Preglednica 12: Porabljene delovne ure V2 - REALNO
- Preglednica 13: Porabljene delovne ure V3
- Preglednica 14: Porabljeni delovni dnevi V3
- Preglednica 15: Porabljene delovne ure V3-ZIMA
- Preglednica 16: Porabljene delovne ure V3-REALNO
- Preglednica 17: Porabljene delovne ure V4
- Preglednica 18: Porabljeni delovni dnevi V4
- Preglednica 19: Porabljene delovne ure V5
- Preglednica 20: Porabljeni delovni dnevi V5
- Preglednica 21: Porabljene delovne ure V3-ZIMA
- Preglednica 22: Porabljene delovne ure V3-REALNO
- Preglednica 23: Primerjava rezultatov variant 0 – 5

KAZALO SLIK

- Slika 1: 3D model objekta izdelan v programskem okolju Vico Software
- Slika 2: Shema procesa virtualne gradnje
- Slika 3: Programsko okolje Vico Constructor; 3D model in pripadajoči 2D tloris referenčnega objekta.
- Slika 4: Programsko okolje Vico Estimator; Projektna baza podatkov
- Slika 5: Shema izmenjave podatkov med programi pri procesu projektiranja po principu virtualne gradnje
- Slika 6: Vico Estimator in Vico Constructor povežemo s projektno (Project Database) in glavno (Standard Database) bazo podatkov
- Slika 7: Vico Constructor: Funkcije v orodni vrstici, ki so namenjene uvozu in izvozu podatkov v aplikacijo za planiranje
- Slika 8: Vico Control; Bill Of Quantities (projektantski popis del/količin).
- Slika 9: Ciklogramski prikaz terminskega plana
- Slika 10: Mrežna tehnika
- Slika 11: Gantogramska tehnika planiranja
- Slika 12: Register delovne sile
- Slika 13: Grafični prikaz porabe delovne sile glede na časovni potek gradnje
- Slika 14: Dejavnostim določimo razred tveganja
- Slika 15: Razredi tveganja za verjetnostno analizo
- Slika 16: Distributivna razdelitev rezultatov pri analizi tveganja
- Slika 17: Simulacija tveganja prikaže kritične lokacije v terminskem planu rdeče
- Slika 18: Programsko okolje Vico 5D Presenter
- Slika 19: Vico 5D Presenter; opcija Walk
- Slika 20: Vico 5D Presenter: prerezne ravnine
- Slika 21: Simulacija gradnje v odvisnosti od terminskega plana
- Slika 22: Vico 5D Presenter; grafični prikaz stroškov
- Slika 23: Vico Control; spremljanje napredovanja del glede na terminski plan

- Slika 24: Vico Control - Control Mode, ki prikazuje primerjavo med planiranim in dejanskim potekom del.
- Slika 25: Krajevna odvisnost med dejavnostjo A in B
- Slika 26: Poraba delovne sile (tesar) glede na potek dejavnosti (opaž temeljev)
- Slika 27a: Dejavnosti B ima daljši čas trajanja
- Slika 27b: Dejavnosti B ima krajši čas trajanja
- Slika 28a: Pospeševanje dejavnosti B povzroči konflikt z vrha proti dnu in podaljšuje trajanje projekta
- Slika 28b: Izklop funkcije »Force task continuity« za dejavnost B
- Slika 29: Zmanjšanje celotnih stroškov zaradi krajšega trajanja projekta.
- Slika 30: Pogovorno okno za dejavnost A s katerim določamo vse parametre
- Slika 31: Ritmični potek dejavnosti z upoštevanjem efekta učenja v lokacijah C, D, E
- Slika 32: Primerjava med organizacijo dela v eni, dveh in štirih etapah
- Slika 33: Smer izvajanja finalnih del po vertikali kot element ekonomičnosti gradnje
- Slika 34: Vico Control, pogovorno okno za definiranje nove dejavnosti – zavihek z osnovnimi parametri (General)
- Slika 35: Vico Control, pogovorno okno za definiranje nove dejavnosti – zavihek za vnos delovnih virov (Resources)
- Slika 36: Vico Control, pogovorno okno v katerem definiramo povezavo med dejavnostmi.
- Slika 37: Intervali pričakovanih vrednosti pri analizi tveganja
- Slika 38: Terminski plan variante 0
- Slika 39: Graf delovne sile za tesarje (zgoraj) in zidarje (spodaj)
- Slika 40: Med dejavnosti, ki uporabljajo isto delovno ekipo, določimo odvisnosti, ki zagotavljajo enakomerno porabo delovne sile.
- Slika 41 : Graf porazdelitve datumov končanja gradbenih del ob upoštevanju realnega delovnega ritma (1000 ciklov)
- Slika 42: Terminski plan Variante 1
- Slika 43: Graf delovne sile za tesarje (zgoraj) in zidarje (spodaj)

- Slika 44: Primerjava gradnje 2. nadstropja v terminskem planu Variante 0 (zgoraj) in Variante 1 (spodaj)
- Slika 45: Graf porazdelitve datumov končanja gradbenih del ob upoštevanju realnega delovnega ritma (1000 ciklov)
- Slika 46: Primerjava med terminskim planom tipične etaže Variante 0 (zgoraj) in Variante 2 (spodaj)
- Slika 47: Graf delovne sile za tesarje; zgoraj Varianta 0, spodaj Varianta 2
- Slika 48: Graf delovne sile za zidarje; zgoraj Varianta 0, spodaj Varianta 2.
- Slika 49: Graf porazdelitve datumov končanja gradbenih del ob upoštevanju realnega delovnega ritma (1000 ciklov)
- Slika 50: Terminski plan na tipično etažo Variante 0 (zgoraj) in Variante 3 (spodaj)
- Slika 51: Graf delovne sile za tesarje (zgoraj) in zidarje (spodaj)
- Slika 52: Graf porazdelitve datumov končanja gradbenih del ob upoštevanju realnega delovnega ritma (1000 ciklov)
- Slika 52: Graf porazdelitve datumov končanja gradbenih del ob upoštevanju realnega delovnega ritma (1000 ciklov)
- Slika 53: Primerjava terminskega plana za 3. nadstropje Variante 3 (zgoraj) in Variante 4 (v sredini in spodaj).
- Slika 54: Barvne pike prikazujejo verjetnost zamude dejavnosti zaradi predhodnih dejavnosti. Varianta 3 (zgoraj) in Varianta 4 (spodaj)
- Slika 55: Terminski plan tipične etaže v Varianti 0 (zgoraj) in Varianti 5 (spodaj)
- Slika 56: Graf delovne sile za tesarje (zgoraj) in zidarje (spodaj)

KAZALO PRILOG

PRILOGA: Terminski plan objekta Bistra A4 – NK

1 UVOD

Človeštvo se že tisočletja navdušuje nad gradbeniški in arhitekturnimi dosežki. Nagon po varnosti in udobju je slehernega človeka silil v gradnjo objektov, ki arhitekturno ustrezajo geografskim pogojem in razvoju gradbenih tehnologij skozi zgodovino. Tok zgodovine beleži posameznike z vizijo, katerih sanje so segale preko uveljavljenih meja gradbeništva. Stare civilizacije so zaradi religioznih prepričanj in večanja blaginje ljudstva gradile veličastne objekte, ki danes predstavljajo simbole posameznih kultur. Kljub temu, da smo v letu 2009, lahko opazimo, da se zgodbe starih kultur ponavljajo tudi v sodobnem času. Napredni in ambiciozni investitorji zahtevajo gradnjo tehnološko zahtevnih objektov, katerih dimenzije lahko segajo tudi nekaj sto metrov v nebo. Gradbeniška stroka tem željam sledi z uporabo novih tehnologij, materialov in sodobnim pristopom organizacije vodenja projektov.

Gradbeni projekti običajno predstavljajo prevelik zalogaj, ki bi mu lahko kljuboval posameznik, zato je človeštvo skozi zgodovino razvilo različne pristope organizacije, ki koordinirajo delo vpletenih v gradbenem projektu. Gradnja objekta ima tudi sociološki pomen, saj povezuje številne sodelujoče, ki si z delom služijo kruh, ob tem pa s ponosom predstavljajo izvedena dela in prispevek k ustvarjanju družbene infrastrukture. Izveden objekt, predan v uporabo, v družbi dobi svojo vlogo, sodelujoči pri gradnji pa bogatejši za pridobljene izkušnje nadaljujejo delo na novih projektih.

Veliki in zahtevni projekti zahtevajo sodelovanje množice sodelujočih, ki s svoji talenti in znanji prispevajo svoj del pri gradbenem projektu. Organizacijo gradbenega projekta lahko primerjamo z glasbenim orkestrom. Vodjo gradbenega projekta (ang. Project Manager) lahko primerjamo z dirigentom, ki vodi sodelujoče h končnemu cilju. Organizacija gradbenega projekta je odvisna od sposobnosti vodje projekta, ki koordinira potek del, tako da vsakemu sodelujočemu določi svojo vlogo in ga

terminsko umesti v gradbeni proces, pri tem pa mora zagotoviti harmoničen potek del kot to stori dirigent glasbenega orkestra.

1.1 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA

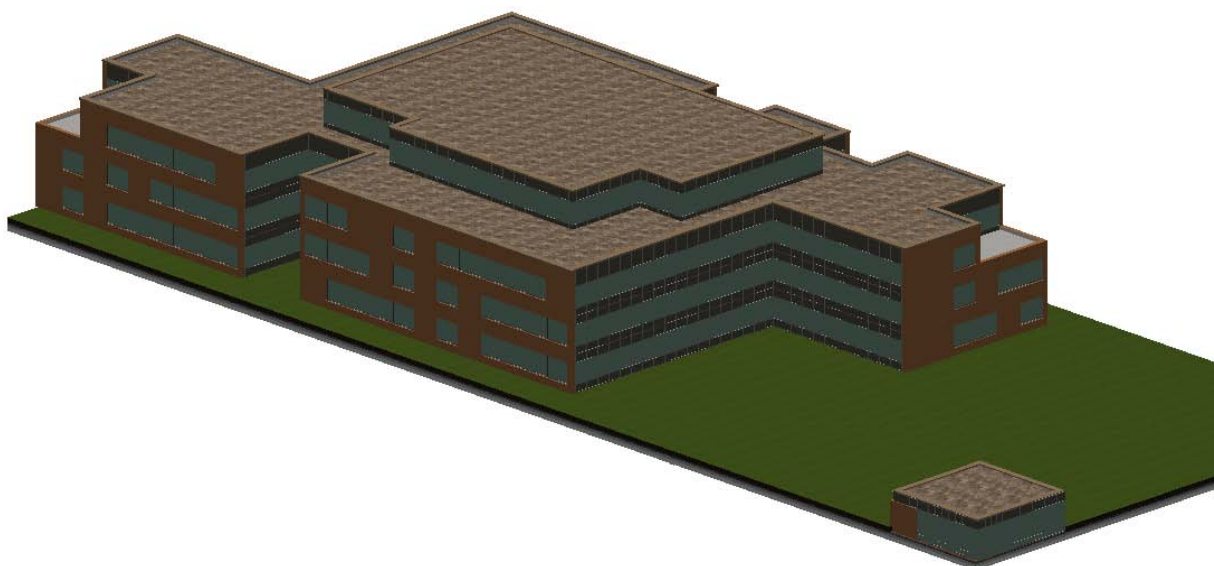
Namen diplomske naloge je predstaviti sodoben in celovit pristop k vodenju, organizaciji in planiranju gradbenih projektov s pomočjo programskega okolja Vico Software, ki omogoča uporabo principa virtualne gradnje v praksi. V prvem delu diplomske naloge bom predstavil teoretično ozadje principa virtualne gradnje z uporabo BIM (Building Information Model) tehnologije. Uporabo principa virtualne gradnje skozi celoten proces gradbenega projekta bom v drugem delu prikazal na simulaciji gradnje večnadstropnega referenčnega objekta. Kot bodoči gradbeni inženir se bom v tretjem delu diplomske naloge usmeril v podrobnejšo predstavitev programa Vico Control, ki je sodobno programsko okolje, namenjeno planiranju gradnje in izdelavi terminskih planov. S programom Vico Control bom izdelal več variant terminskih planov ter na koncu izvedel primerjavo, s katero želim ugotoviti, kako posamezne spremembe terminskega plana vplivajo na učinkovitost, produktivnost, verjetnost in finance gradbenega procesa.

2 SPLOŠNO O VIRTUALNI GRADNJI

Princip virtualne gradnje objektov predstavlja nov pristop k celotnemu procesu gradnje objektov, ki se začne s projektiranjem objekta ob upoštevanju investitorjevih želja in v skladu s pravilniki ter zakoni, nadaljuje z gradnjo objekta ter konča s primopredajo objekta investitorju in končnimi obračuni oz. rekapitulacijo stroškov. Princip virtualne gradnje omogoča koncept BIM tehnologije in sodobna programska oprema, ki združuje med seboj kompatibilne aplikacije, ki pri tem uporabljajo skupno bazo podatkov. Glavni razlog za uporabo principa virtualne gradnje objektov je, da celoten potek gradnje predvidimo z računalniškimi simulacijami že v fazi načrtovanja, kar omogoča t.i. cost–benefit analizo med možnimi variantami objekta, posledično pa izbiro optimalne zasnove objekta. Princip virtualne gradnje objektov zahteva sodelovanje vseh udeležencev že v fazi načrtovanja objekta. Investitor, arhitekt, statik, projektanti elektro in strojnih instalacij, izvajalci gradbenih in obrtniških del ter njihovi podizvajalci tako skupaj načrtujejo objekt oz. gradnjo objekta. Tak način jih prisili, da svoje rešitve in ideje uskladijo že v času projektiranja.

Projektiranje objekta temelji na 3D modelu in ne več 2D, ki je v praksi, kjer arhitekt nariše arhitekturni načrt objekta, nato pa podloge preda statiku in projektantom instalacij, ki potem vsak zase projektirajo. Tak način dela pripelje do neuskklajenosti projektov, kar se običajno opazi šele na gradbišču, posledice pa predstavljajo popravljane načrtov in zastoje del na gradbišču. Zasnova 3D načrta objekta na podlagi skupne baze podatkov o materialih, tehnologijah izvedbe in cenah delovne sile in produktov omogoča dobro oceno stroškov gradnje različnih variant in njihovo porazdelitev v času gradnje. S pomočjo aplikacij za terminsko planiranje lahko dobro predvidimo potek del oz. ocenimo realni čas gradnje z razpoložljivimi viri. V 3D model objekta vpeljemo še četrto dimenzijo, ki jo predstavlja planiranje gradnje (čas) in peto dimenzijo – denar (stroški). Celoten potek gradnje lahko grafično prikažemo na 5D modelu, ki 3D objekt prikaže po fazah gradnje z upoštevanjem izbranega terminskega plana. Ideja virtualne gradnje je, da pred začetkom gradnje izvemo vse

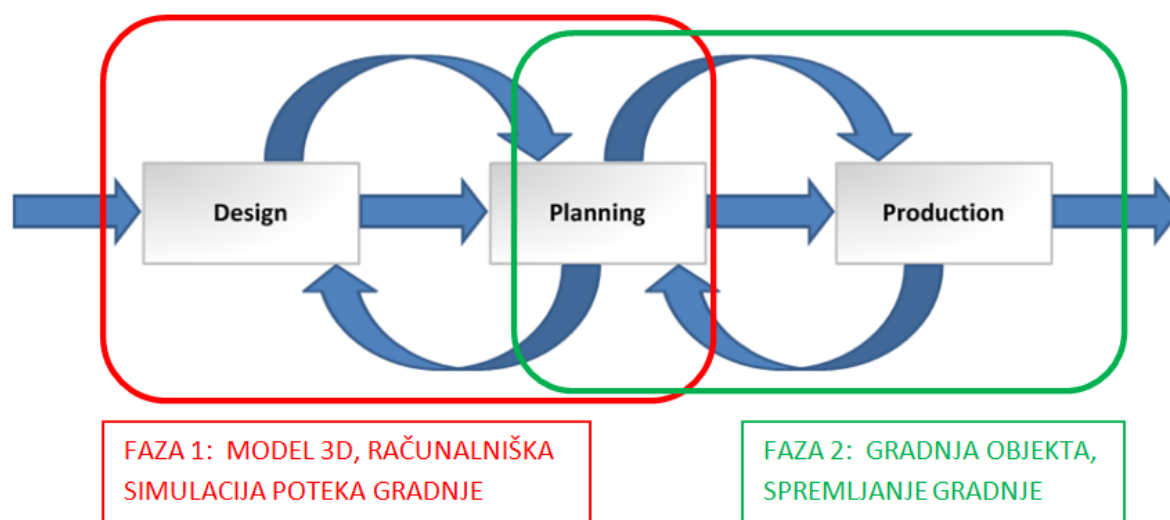
bistvene informacije o gradnji, ki jih z uporabo običajne prakse v celoti izvemo šele po končanju gradnje. To nam omogočajo računalniške simulacije.



Slika 1: 3D model objekta izdelan v programskem okolju Vico Software

Shema (Slika 2) prikazuje proces virtualne gradnje, ki je razdeljen na dve fazi. V prvi fazi ustvarimo 3D model zgradbe, ki predstavlja plod sodelovanja med projektanti, investitorjem in izvajalci. Z uporabo podatkov iz modela se začne proces planiranja in izdelava terminskega plan izvedbe objekta. Pri tem so pomembne reverzibilne krivulje, ki predstavljajo možnost povratka. Če torej v času planiranja odkrijemo pomanjkljivosti oz. dobijo projektanti nove zamisli in rešitve o objektu, lahko enostavno spremenimo model (načrte) in se vrnemo k planiranju s posodobljenimi podatki. Na podlagi modela prav tako ocenimo stroške objekta in njihovo potek v odvisnosti od časa. Ker stroški predstavljajo investitorju običajno glavno oviro pri načrtovanju investicije, se temu področju posveča prav posebno pozornost. Z računalniškimi simulacijami želimo izvesti t.i. »cost–benefit« analizo med različnimi variantami, pri tem pa nam ravno zmožnost vračanja v fazo projektiranja (design) omogoča spreminjanje konstrukcije in iskanje najbolj optimalne variante.

V drugi fazi se začne priprava na gradnjo in gradnja objekta. Proces virtualne gradnje predvideva stalno spremljanje gradnje in primerjavo z virtualno simulacijo. Podatke o časovnem napredovanju del in stroškov primerjamo s planiranimi. To nam omogoča stalne posodobitve terminskih planov, ki upoštevajo stanje na gradbišču.

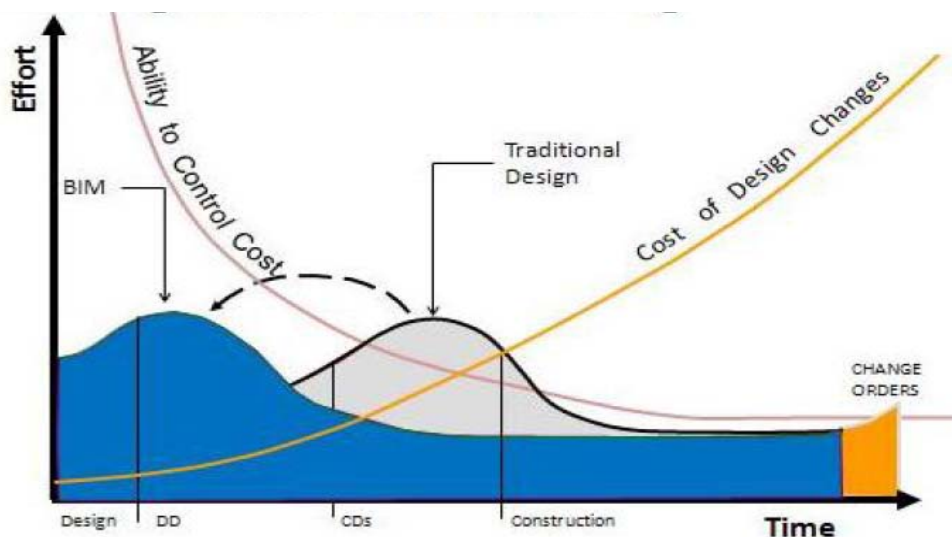


Slika 2: Shema procesa virtualne gradnje

V primeru slabše produktivnosti oz. zamud lahko planirano nove ukrepe kot so povečanje delovne sile, podaljšanje delovnega časa, reorganizacija del z več ekipami, itd. Posodobljeni terminski plan predstavlja osnovo za novo organizacijo. Vzporedno virtualno spremljanje gradnje dejansko ves čas posodablja podatke pridobljene z simulacijo.

2.1 BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

Princip virtualne gradnje temelji na BIM tehnologiji (Building Information Modeling), ki je bila razvita zaradi potreb investorjev po gradnji vse bolj kompleksnih objektov v čim krajšem času in ob upoštevanju ekonomičnosti gradnje. Poleg tega vedno obstaja želja po zmanjšanju zamud med potekom del. Vse to je pripeljalo projektante in podjetja, ki razvijajo programske opreme, da začnejo razmišljati preko mej dvo dimenzionalnih projektov iz začnejo razvijati tri dimenzionalne modele, ki bodo nadomestili obstoječo prakso projektiranja. 3D model ne predstavlja več le skupek narisanih črt in likov, ampak je sestavljen iz elementov, ki imajo svoje lastnosti kot so sestava (materiali), tehnologija izdelave, normativi, cena za enoto, itd. Model ustvarjamo že z v naprej pripravljenimi elementi, ki so shranjeni v elektronski knjižnici oz. bazi podatkov. Vzporedno z ustvarjanjem modela, se nam ustvarja tudi potrebna dokumentacija, kot je popis količin na modelu, stroški izbranih elementov, vključno z izdelavo in montažo. Ker so vsi podatki oz. informacije vključene v en model in med seboj povezane, se nam ob vsaki spremembi izvede posodobitev (update) podatkov.



Slika: Graf (Ability to Control Cost) prikazuje odvisnost med časom in možnostjo spreminjanja projektnih rešitev. Drugi graf (Cost of Design Changes) prikazuje finančni vpliv sprememb v odvisnosti od časa (Vir: U.S. CAD, www.uscadbim.com).

Primer: Če spremenimo debelino AB stene iz 20cm na 25cm. se bo samodejno povečala količina potrebnega betona in količina dela, potrebna za vgradnjo dodatne količine betona v popisu količin. O tem so projektanti pred nekaj leti lahko le sanjali, danes pa sodobne tehnologije to omogočajo in predstavljajo uporabno orodje naprednih projektantov. To avtomatično zagotavlja usklajenost dokumentacije (načrtov, popisov), brez dodatnih stroškov. Enotna baza informacij omogoča dober pregled nad dokumentacijo, medtem ko se pri trenutni praksi izdelave projektov veliko dokumentacije ponavlja in predstavlja le dodatno količino papirja na mizi in slabši pregled nad dokumentacijo.

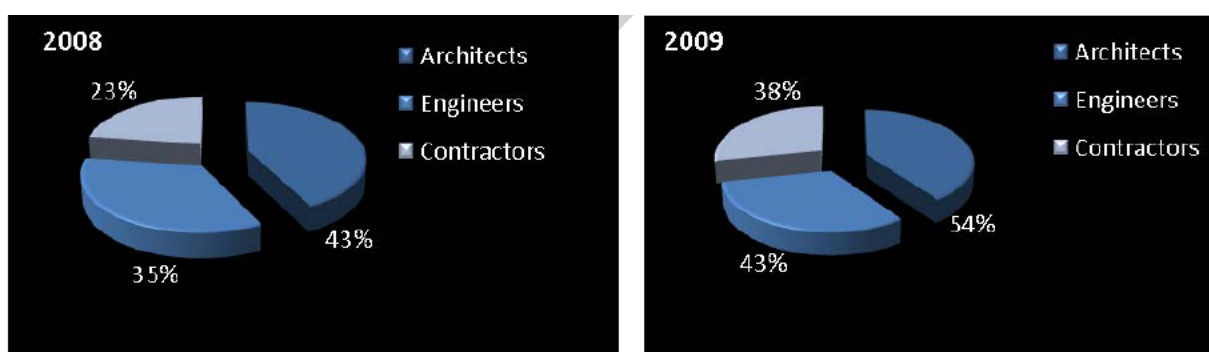
V času načrtovanja objekta imamo vse možnosti spreminjana tako zasnove konstrukcije kot opreme objekta, medtem ko se ta možnost zmanjšuje, bolj ko se približujemo začetku gradnje. Ob tem pa drugi graf (Cost of Design Changes) prikazuje finančni vpliv sprememb v odvisnosti od časa. Če moramo pri spremembi konstrukcije v času projektiranja popraviti le projektno dokumentacijo, to ne predstavlja velikih stroškov. Če pa spremembo izvedemo šele v času gradnje, to lahko posledično pomeni velike stroške.

V stalni gradbeni praksi običajno začnemo z načrtovanjem objekta prepozno in velikokrat se zgodi, da je objekt že v izgradnji, medtem ko arhitekti še rišejo načrte za višja nadstropja. Če tak način časovno umestimo v zgornji graf, hitro ugotovimo, da smo že v fazi projektiranja bistveno bolj omejeni z načrtovanjem, kar pa ne vodi k optimizaciji gradnje v smislu sodobnih prijemov gradnje, ki jih zahteva trg.

Princip virtualne gradnje stremi k načrtovanju in projektiranju objektov dovolj zgodaj, saj moramo za virtualno simulacijo imeti izpolnjene in usklajene projekte. To je edini način, da realizacija vseh projektantskih idej in zamisli poteka tekoče in brez večjih presenečenj.

2.2 BIM TEHNOLOGIJA V PRAKSI

BIM tehnologija se je v gradbeništvu izkazala za zelo uspešno predvsem pri načrtovanju metalnih konstrukcij, medtem ko pri sestavljenih konstrukcijah predstavlja oviro predvsem kompleksnost podatkov in je zato razvoj programske opreme v tej smeri počasnejši. Pri tem imajo veliko vlogo tudi projektanti, saj zelo težko sprejmejo nov princip in raje uporabljajo star sistem projektiranja, ki sicer še vedno deluje, vendar bo s časom postal neučinkovit.



Slika: Uporaba BIM tehnologije v gradbenih projektih v letu 2008 in 2009 (Vir: U.S. CAD, www.uscadbim.com)

2.3 VIRTUALNA GRADNJA – PREDNOSTI

SODELOVANJE PROJEKTANTOV IN IZVAJALCEV PRI NAČRTOVANJU, ANALIZA KONSTRUKCIJE IN USKLADITEV DOKUMENTACIJE IN NAČRTOV
Princip virtualne gradnje objektov zahteva sodelovanje vseh udeležencev že v fazi načrtovanja objekta. Investitor, arhitekt, statik, projektanti elektro in strojnih instalacij, izvajalci gradbenih in obrtniških del ter njihovi podizvajalci tako skupaj načrtujejo objekt oz. gradnjo objekta. Projektiranje objekta poteka na 3D virtualnemu modelu, ki predstavlja skupek zamisli vseh projektantov. Delo poteka podobno kot v stalni gradbeniški praksi, le da arhitekt potrebuje znanje računalniških programov, ki omogočajo modeliranje 3D načrtov. Ti načrti potem predstavljajo podlago za

projektiranje strojnih in elektro instalacij. Projektanti dobijo zaradi 3D modela boljši občutek za prostor, ob tem pa so vsi podatki združeni v enem modelu. Tako ne more priti do neuskkljenosti načrtov, saj obstaja le en pravi načrt - to je 3D model načrtovanega objekta, ki omogoča poglede 2D v katerikoli ravnini s potrebnimi kotami in podatki. Končni izdelek lahko prav tako predstavljajo 2D načrti, saj so za uporabo na gradbišču bistveno bolj enostavni. Projektanti že med projektiranjem ugotovijo neskladje v projektu ter določijo izvedbo detajlov na objektu. Kot primer lahko navedem neustreznost odprtih v konstrukciji glede na stojne instalacije. Projektant bo takoj opozoril arhitekta, ki po ob statikovem dovoljenju povečal oz. prestavil odprtine.

3D načrt objekta predstavlja tudi dober vizualni model, saj investitor že iz načrtov dobro vidi končni izdelek, ne da bi bilo potrebno posebej izdelovati 3D modele z uporabo programov za grafično modeliranje. Projektanti bodo tako že iz načrtov lahko preverili osvetlitve prostora, položaj objekta v prostoru, ustreznost konstrukcijskih sklopov glede zakonskih zahtev gradbene fizike, itd. Načrt bo omogočal virtualno hojo po objektu že v fazi načrtovanja. 3D elementi, ki sestavljajo model so definirani v skupni bazi podatkov in vsebujejo podatke o lastnostih in cenah materialov, tehnologijah gradnje in normativih ter cenah delovne sile. Če želimo realno simulacijo gradnje, potrebujemo prave podatke, ki pa jih lahko podajo le izvajalci gradbenih del, ki razpolagajo s pravimi vrednostmi, razpoložljivimi viri in tehnologijami na trgu. Sodelovanje izvajalca gradbenih del pri načrtovanju gradbenih del pripomore k projektiranju konstrukcij, ki omogočajo čim hitrejšo in enostavnejšo gradnjo, posledično tudi cenejšo. Skupinsko delo na enem načrtu pa omogoča boljšo komunikacijo med vsemi vpletenimi.

OCENA STROŠKOV

Če naredimo dober model objekta in uporabimo verodostojno bazo podatkov, lahko z simulacijo gradnje zelo dobro ocenimo stroške gradnje objekta. Ker popis količin pridobimo kot izhodno datoteko iz modela, imamo točne podatke, ki predstavljajo osnovo za natančno stroškovno analizo. Ker za simulacijo izdelamo terminski plan s

katerim prikažemo časovni potek gradnje objekta, ki je narejen z uporabo količin v 3D načrtu, dobimo tudi časovno razporeditev stroškov.

ANALIZIRANJE IN OPTIMIZIRANJE TERMINSKEGA PLANA

Programska oprema, ki omogoča virtualno gradnjo, vsebuje program za planiranje s katerim izdelamo terminski plan na podlagi dejanskih količin iz 3D načrta. Z upoštevanjem normativov, stroškov posameznih postavk in razpoložljivih virov lahko izdelamo detajlni terminski plan z upoštevanjem vseh pomembnih faktorjev, ki vplivajo na potek del. Ker ima rok izvedbe del pomembno vlogo v izvajalčevi pogodbi z investitorjem, je zelo pomembno izdelati dober terminski plan.

PREDVIDLJIVOST PROJEKTA IN »RISK REDUCTION«

Simulacije gradnje objekta izvajamo, da bi čim več vedeli o poteku gradnje objekta in se tako izognili nepredvidljivim dogodkom, ki so običajno povezani z dodatnimi stroški. Pri tem želimo zajeti vse možne vplive na potek gradbenih in obrtniških del kot so zamude pri posameznih delih, vpliv slabega vremena na produktivnost, itd.

UPORABA V PRIMERU SLABIH PROJEKTOV

V primeru slabih projektov lahko investitor uporabi princip virtualne gradnje predvsem za ocenitev stroškov in pripravo ustrezne ponudbe. Izdelava preprostega 3D modela (brez detajlov) omogoča simulacije, ki sicer niso 100% natančne, vendar dajo dobro oceno stroškov in časovnega poteka gradnje (rok izgradnje). To preprečuje, da bi izvajalec sklenil slabo pogodbo z investitorjem.

PRIVLAČNEJŠE ZA INVESTITORJA - VSE BO VEDEL ŽE PRED ZAČETKOM GRADNJE

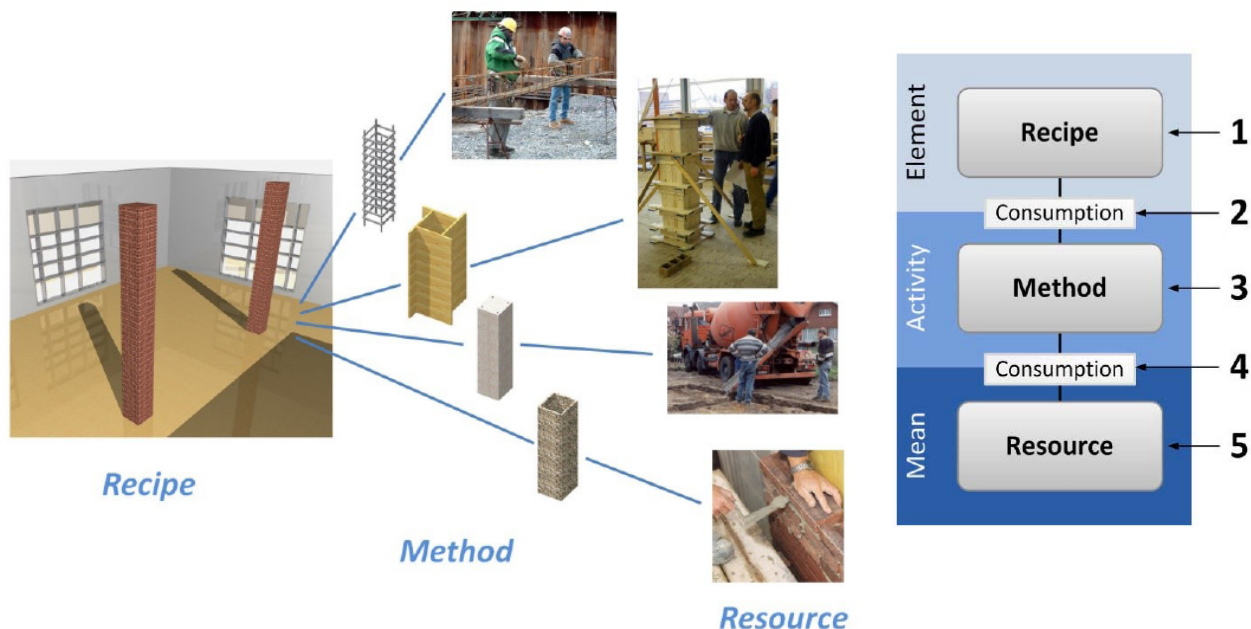
Z simulacijami gradnje investitor dobi večino informacij o gradnji že v fazi načrtovanja objekta. Če ima investitor z izvajalci del sklenjeno pogodbo o plačilu izvedenih del z mesečnimi situacijami, bo lahko že v naprej predvidel dinamiko stroškov v skladu s sprejetim terminskim planom.

3 PROGRAMSKO OKOLJE VICO SOFTWARE

Vico Software predstavlja programsko oprema, razvito za potrebe projektiranja objektov po principu virtualne gradnje. Programski paket sestavlja šest kompatibilnih programov, ki omogočajo realizacijo idej virtualne gradnje.

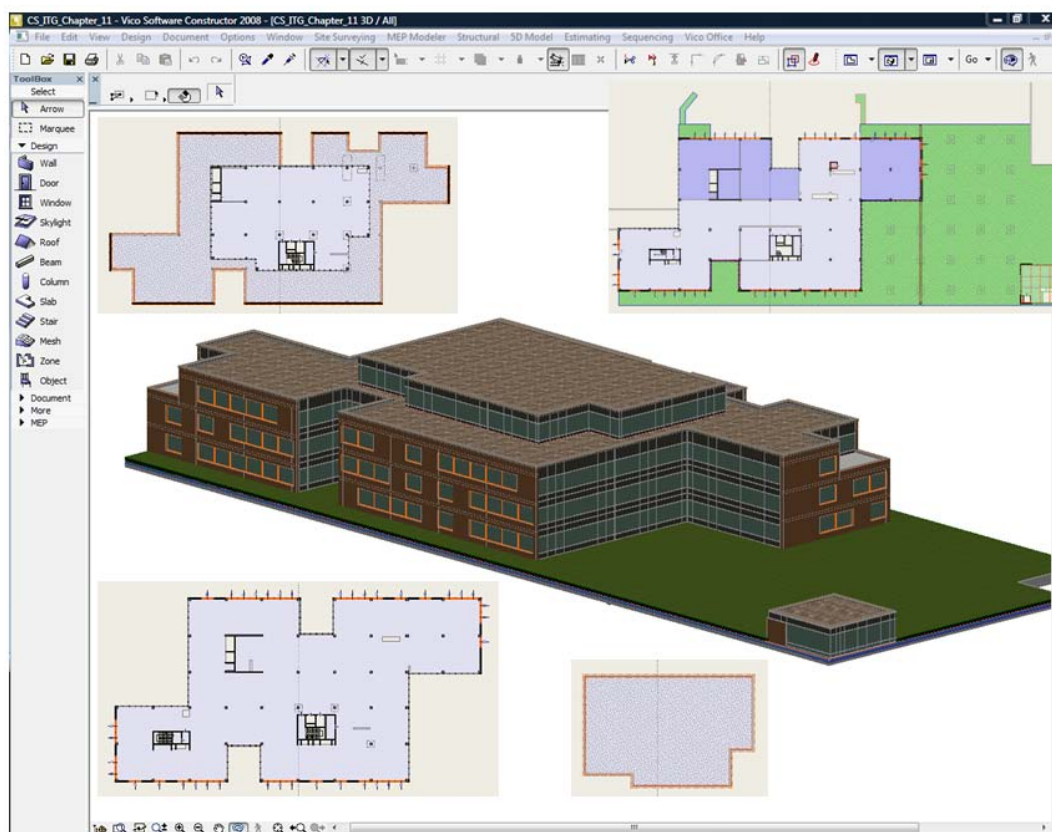
3.1 VICO COSTRUCTOR

Vico Constructor je program, ki omogoča izdelavo BIM (Building Information Model) s pomočjo uporabe inteligentnih 3D elementov. Gre za dopolnjen program ArchiCAD, ki je razvit za potrebe arhitektov in je namenjen izključno za uporabo v gradbeni industriji, medtem ko je bolj razširjen AutoCAD namenjen širši uporabi. Dopolnjen je z dodatnimi funkcijami, ki omogočajo virtualni proces gradnje. Objekt dejansko sestavimo iz elementov, ki nam jih podaja elektronska knjižnica oz. jih lahko definiramo sami. Za vsak element rečemo, da vsebuje t.i. paket informacij (Recipe)



Slika: Shema informacijskega paketa. (Vir: Virtual Construction User Guide, Vico Software)

Paket informacij (Recipe) vsakega elementa je sestavljen iz dveh delov. Prvi del predstavljajo metode (Method), ki so potrebne za izvedbo elementa, medtem ko drugi del (Resource) predstavlja spisek virov, ki jih zahtevajo metode v prvem delu. Primer stebra na sliki: V delovnem okolju programa uporabimo element stebel. V paketu informacij so zapisani podatki o sestavi stebra (armatura, opaž, beton, opeka), uporabljenem materialu, potrebni delovni sili in opremi za izvedbo. Vsi ti podatki so povezani s ceno in normativi in omogočajo virtualno simulacijo gradnje objekta. 3D model konstruiramo s pomočjo elementov kot so stebel, plošča, nosilci, zidovi, itd. Prednost uporabe 3D načrtov je v tem, da imamo takoj vizualne rezultate uporabe elementov, ob tem pa lahko vzporedno spremljamo tudi vpliv posameznih elementov na stroške objekta. Vico Constructor omogoča delo v 2D in 3D pogledu. Dejansko na 3D modelu le označimo prerezno oz. tlorisno ravnino v kateri bi radi imeli pogled z vsemi potrebnimi kotami in podatki, ki definirajo dimenzije elementov.

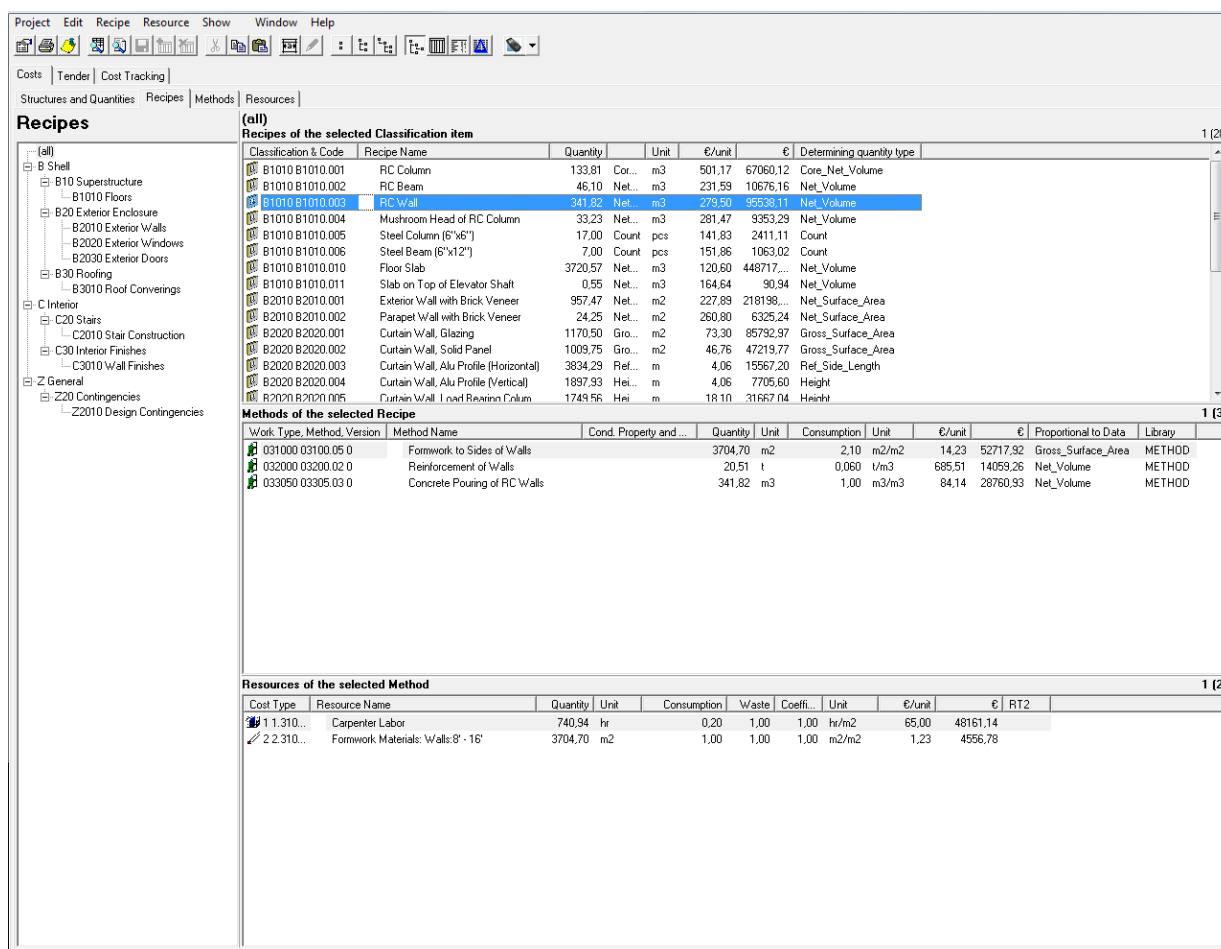


Slika 3: Programsko okolje Vico Constructor; 3D model in pripadajoči 2D tlorisi referenčnega objekta.

Vico Constructor vzporedno z modelom ustvarja popis količin, ki so definirane v informacijskem paketu elementov. Objekt lahko razdelimo na lokacije (etaže, cone) in tako dobimo popise količin glede na izbrane lokacije. Program vsebuje funkcijo Work Breakdown Structure (WBS), ki iz podatkov o modelu izlušči vse potrebne dejavnosti in pripadajoče količine, potrebna za izvoz kot vhodne datoteke za kompatibilne programe oz. kot dokumentacijo objekta (Pr.: popis količin).

3.2 VICO ESTIMATOR

Program, ki je namenjen izdelavi gradbenih kalkulacij, omogoča pregled in urejanje baze podatkov (Database) ter pregled nad stroški objekta. Ker podpira BIM tehnologijo in je kompatibilen z Vico Constructor-jem, upošteva razdelitev stroškov z WBS po lokacijah, ki jih določimo v Constructorju. Zato lahko hitro naredimo oceno stroškov celega objekta oz. posamezne lokacije z vsemi pripadajočimi dejavnostmi, ki so zapisane v informacijskem paketu. Podpira tudi ročni vnos podatkov, tako da ga lahko uporabimo ločeno in ne le v procesu virtualne gradnje. V modelu ločimo več stopenj detajlov, zato lahko v Estimatorju podamo oceno stroškov za izbrano stopnjo. Tako lahko izpišemo oceno stroškov konstrukcije ali pa končno poročilo stroškov. Uporabimo ga lahko že v začetni fazi načrtovanja objekta, saj omogoča vnos pričakovanih vrednosti in verjetnost podatkov. Program omogoča pregled nad vsemi količinami, potrebno delovno silo, materialom in delom podizvajalcev, ločeno po lokacijah. Vse te podatke, pa lahko enostavno natisnemo oz. izvozimo.



Slika 4: Programsko okolje Vico Estimator; Projektna baza podatkov.

3.3 VICO CONTROL

Vico Control je program za planiranje v gradbeništvu, ki omogoča izdelavo realnih, ekonomičnih in učinkovitih terminskih planov z upoštevanjem faktorjev tveganja, spremljanje poteka gradnje in sočasno posodabljanje terminskega plana med gradnjo. Temelji na metodi Location-Based Scheduling (LBS), ki vsako definirano dejavnost povezuje z lokacijo na objektu. Načrtovalcu omogoča dober pregled nad dejavnostmi in planiranje v treh različnih načinih kot so Gantt-ovi diagrami, ciklogrami in mrežnimi diagrami. Vsi trije diagrami so med seboj povezani in se stalno posodabljaajo. Tako se načrtovalec sam odloči kateri način bo uporabil, glede na tip projekta, ki ga načrtuje. Program uporabljamo v fazi načrtovanja za izdelavo

terminskega plana, v fazi gradnje pa za spremljanje gradbenih dejavnosti oz. njihov potek glede na terminski plan.

3.4 VICO CHANGE MANAGER

Program za pregled nad spremembami v projektih. Pregledno primerjavo omogoča arhiv vseh sprememb. Program dejansko prikaže na ekranu detajl objekta pred in po spremembi. Omogoča tudi izpis spremembe s sliko in opisom spremembe, ki si jih projektanti posredujejo med seboj oz. z izvajalcem.

3.5 VICO COST PLANER

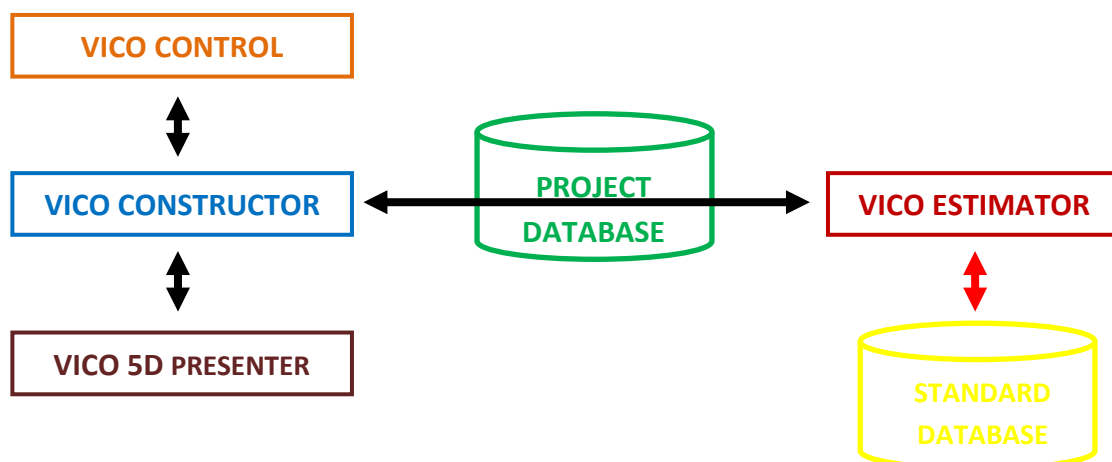
Program, ki omogoča kontrolo nad stroški objekta. Dejansko predstavlja program za grafični prikaz podatkov, ki jih urejamo z Estimator-jem, ob upoštevanju poteka dejavnosti v terminskem planu, izdelanim s programom Vico Control.

3.6 VICO 5D PRESENTER

Program za grafični prikaz modela, omogoča razrez objekta v 3D pogledu, kar je zelo uporabno za predstavitve. Lahko simuliramo gradnjo objekta v odvisnosti od časa, ki jo predvideva terminski plan. Vse simulacije lahko tudi shranimo v obliki video datoteke. Program omogoča definiranje filtrov, ki prikazujejo samo določene detajle. Vsak element še vedno ohrani svoj informacijski paket v simulaciji, tako da imamo ves čas dostop do podatkov elementa, ki so v informacijskem paketu.

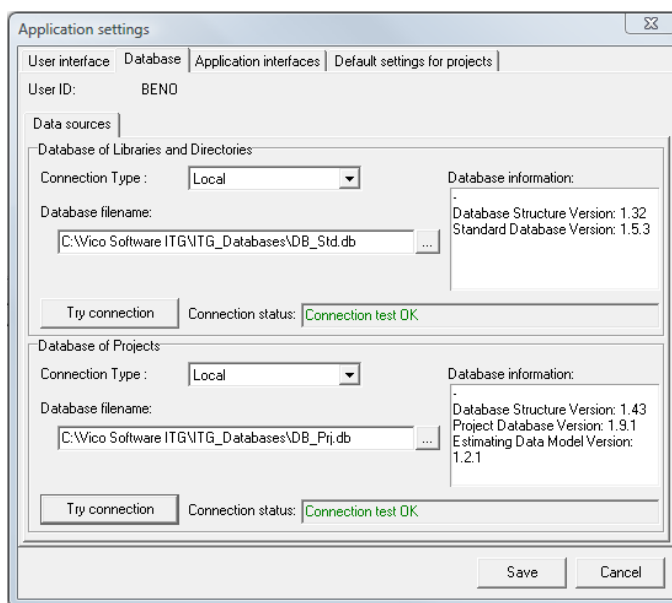
4 TIPIČEN PROCES VIRTUALNE GRADNJE

4.1 PRVA FAZA PROCESA VIRTUALNE GRADNJE



Slika 5: Shema izmenjave podatkov med programi pri procesu projektiranja po principu virtualne gradnje.

Jedro 5D modeliranja predstavlja projektna baza podatkov (Project Database), ki združuje podatke o 3D modelu, oblikovanim s programom Vico Constructor in informacijskih paketih (Recipe), ki jih pripravimo v programu Vico Estimator na podlagi glavne baze podatkov (Standard Database). Glavna baza vsebuje podatke o standardnih gradbenih dejavnostih na nivoju informacijskih paketov (Recipe – Method - Resource). Vir podatkov predstavljajo gradbene norme, tržne vrednosti posameznih del, materiala, strojev, opreme, itd. Z uporabo obeh programov ustvarimo 4D model (3D + informacijski paket), ki poleg geometrijskih lastnosti vsebuje podatke informacijskega paketa. Pri vsakem prehodu iz enega v drugo programsko okolje izvedemo sinhronizacijo, ki posodablja projektno bazo podatkov.

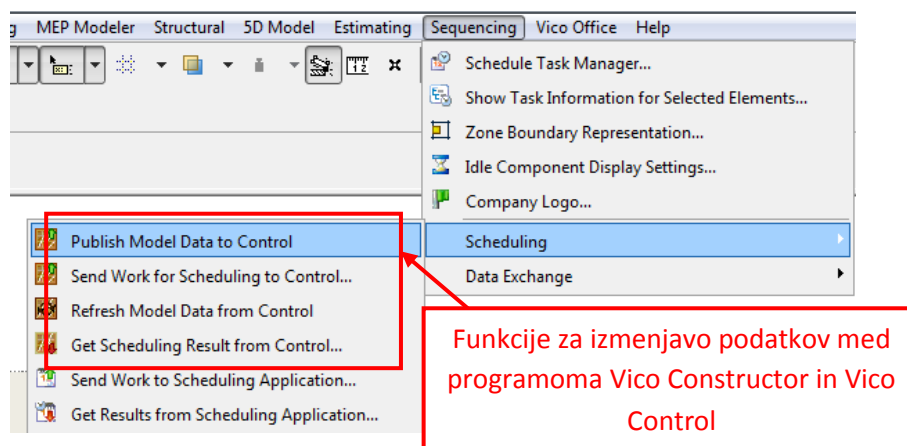


Slika 6: Vico Estimator in Vico Constructor povežemo s projektno (Project Database) in glavno (Standard Database) bazo podatkov.

Kot glavno bazo podatkov lahko izberemo privzeto bazo, ki jo vsebuje paket Vico Software ali ustvarimo lastno bazo. Za praktično uporabo moramo privzeto glavno bazo nujno dopolniti in popraviti oz. izdelati novo, saj je baza pomanjkljiva, ne vsebuje realnih normativov in tržnih cen. Dejansko ima vsako gradbeno podjetje oz. projektantski biro svojo bazo podatkov, zato je posodabljanje glavne baze predvideno.

Tretji korak virtualne gradnje predstavlja operativno planiranje gradnje (Scheduling). Ko imamo 4D model izdelan, v Constructor-ju določimo lokacije, na podlagi katerih program izvede t.i. »Work Breakdown Structure (WBS)«, ki za vsako lokacijo objekta določi dejavnosti potrebne za gradbeno realizacijo elementov modela, glede na podatke v informacijskem paketu posameznih elementov. Definicija lokacij je odvisna od narave objekta. Pri večnadstropnih stavbah objekt predstavlja lokacijo na najvišjem nivoju. Na drugem nivoju objekt razdelimo na etaže, na tretjem nivoju pa etaže razdelimo na cone. Definiramo lahko še več nivojev lokacij, odvisno od potreb po detajlnosti plana. Dejansko lahko vsaka stena predstavlja svojo lokacijo, saj

ciklogramski prikaz dejavnosti omogoča dober pregled nad dejavnostmi. Od načrtovalca terminskega plana (ang. Project Scheduler) je odvisno nadaljnje združevanje posameznih dejavnosti v skupine (npr: tesarska dela, armiranobetonska dela, obrtniška dela), odvisno od zahteve po detajlnosti in želene oblike terminskega plana.



Slika 7: Vico Constructor: Funkcije v orodni vrstici, ki so namenjene uvozu in izvozu podatkov v aplikacijo za planiranje.

Planiranje gradnje izvedemo s programom Vico Control v katerega uvozimo podatke 4D modela iz projektne baze podatkov (Izhodno datoteko izdelamo v programu Vico Constructor). Vico Control temelji na LBS tehniki planiranja in vse dejavnosti povezuje z lokacijami na objektu. Podatke o dejavnostih in lokacijski odvisnosti vsebuje uvozna datoteka, na podlagi WBS strukture objekta.

Target bill of quantities

Hierarchy	Appr	Code	Name	Quantity	Unit	Cost type	€ / units	€	Consumption	Hours	Resources
-1		04	REINFORCEMENT - SLABS AND BEAMS	226.49	T	1,2	616.94	139 735	2.0427	463	Steel Worker: 1
+1.1		03200	Reinforcement of Slabs	223.27	T	1,2	614.10	137 109	2	447	
+1.2		03200	Reinforcement of Beams	3.23	T	1,2	813.76	2 626	5	16	
-2		09	STEEL	24	PCS	1,2	144.76	3 474	2	48	Steel Worker: 1
+2.1		05102	Steel Column Placement	17	PCS	1,2	141.83	2 411	2	34	
+2.2		05102	Steel Beam Placement	7	PCS	1,2	151.86	1 063	2	14	
-3		07	ROOFING	9801.42	M2	1,2	105.28	1 031 864	0.1023	1003	General Labor: 1; Roofing Labor: 1
+3.1		07102	Flat Roof Water Proofing	4910.96	M2	1,2	38.94	191 213	0.1	491	
+3.2		07215	Roof Insulation	4890.46	M2	1,2	170.90	835 780	0.1	489	
+3.3		07401	Roof Ballast	457.43	M3	1,2	10.65	4 872	0.05	23	
-4		10	CURTAIN WALL	1962.22	M2	1,2	99.96	196 145	0.5697	1118	Steel Worker: 0.3; Curtain Wall Inst
+4.1		03304	Curtain Wall Bearing Column Placement (2" x 4")	148.37	M	1,2	43.15	6 402	0.6	89	
+4.2		05102	Curtain Wall Bearing Column Placement (2" x 6.5")	1749.56	M	1,2	18.10	31 667	0.1	175	
+4.3		08800	Placement of Aluminium Profile for Curtain Wall	5732.22	M	1,2	4.06	23 273	0.01	57	
+4.4		08800	Placement of Aluminium Bottom Channel for Curtain Wall	292.49	M	1,2	6.12	1 790	0.04	12	
+4.5		08800	Thermal Glazing of Curtain Wall	1053.45	M2	1,2	81.44	85 793	0.4	421	
+4.6		08800	Installation of Solid Panels of Curtain Wall	908.77	M2	1,2	51.96	47 220	0.4	364	
-5		12	DOORS AND WINDOWS	148	PCS	1,2	536.51	79 404	1.5041	223	General Labor: 0; Fitter
+5.1		0040	Installation of Alu Door	2	PCS	1,2	939	1 878	1.6	4	
+5.2		08504	Installation of Alu Window	146	PCS	1,2	531	77 526	1.5	219	
-6		08	EXTERIOR WALL	3187.33	M2	1,2	81.18	258 747	0.4012	1279	General Labor: 0.1; Masonry Labor
+6.1		04200	Brick Veneer	1102.81	M2	1,2	129.91	143 265	0.7	772	
+6.2		04400	Coping with Precast Elements							18	
+6.3		04400	Coping with Precast Elements							84	
+6.4		07210	Exterior Wall Insulation							110	
+6.5		07211	Infilling Block Wall							295	
-7		11	CONCRETE PAVING							260	General Labor: 1
+7.1		02750	Concrete Paving							260	
-8		01	FORMWORK - WALLS AND CO							1414	Carpenter Labor: 1
+8.1		03100	Formwork to Sides and Soffits							30	
+8.2		03100	Formwork to Sides of Walls							741	
+8.3		03100	Formwork to Sides of Rectangl							643	
-9		05	REINFORCEMENT - WALLS AND COLUMNS	37.89	T	1,2	737.41	27 943	3.9175	148	Steel Worker: 1
+9.1		03200	Reinforcement of Walls	20.51	T	1,2	685.51	14 059	3	62	
+9.2		03200	Reinforcement of Columns	16.37	T	1,2	798.24	13 068	5	82	
+9.3		03200	Reinforcement of Stairs	1.01	T	1,2	805.25	816	5	5	
-10		06	CONCRETE POURING - SLABS AND BEAMS	4414.43	M3	1,2	77.38	341 594	0.1871	826	Concrete Laborer: 1
+10.1		03305	Concrete Pouring of Screeds	613.98	M3	1,2	72.23	44 350	0.1	61	
+10.2		03305	Concrete Pouring of RC Slabs	3754.35	M3	1,2	78.14	293 365	0.2	751	
+10.3		03305	Concrete Pouring of RC Beams	46.1	M3	1,2	84.14	3 879	0.3	14	
+11		02	FORMWORK - SLABS AND BEAMS	1346.87	M2	1,2	21.88	29 472	0.3072	414	Carpenter Labor: 1
+12		03	CONCRETE POURING - WALLS AND COLUMNS	490.1	M3	1,2	84.14	41 237	0.3	147	Concrete Laborer: 1

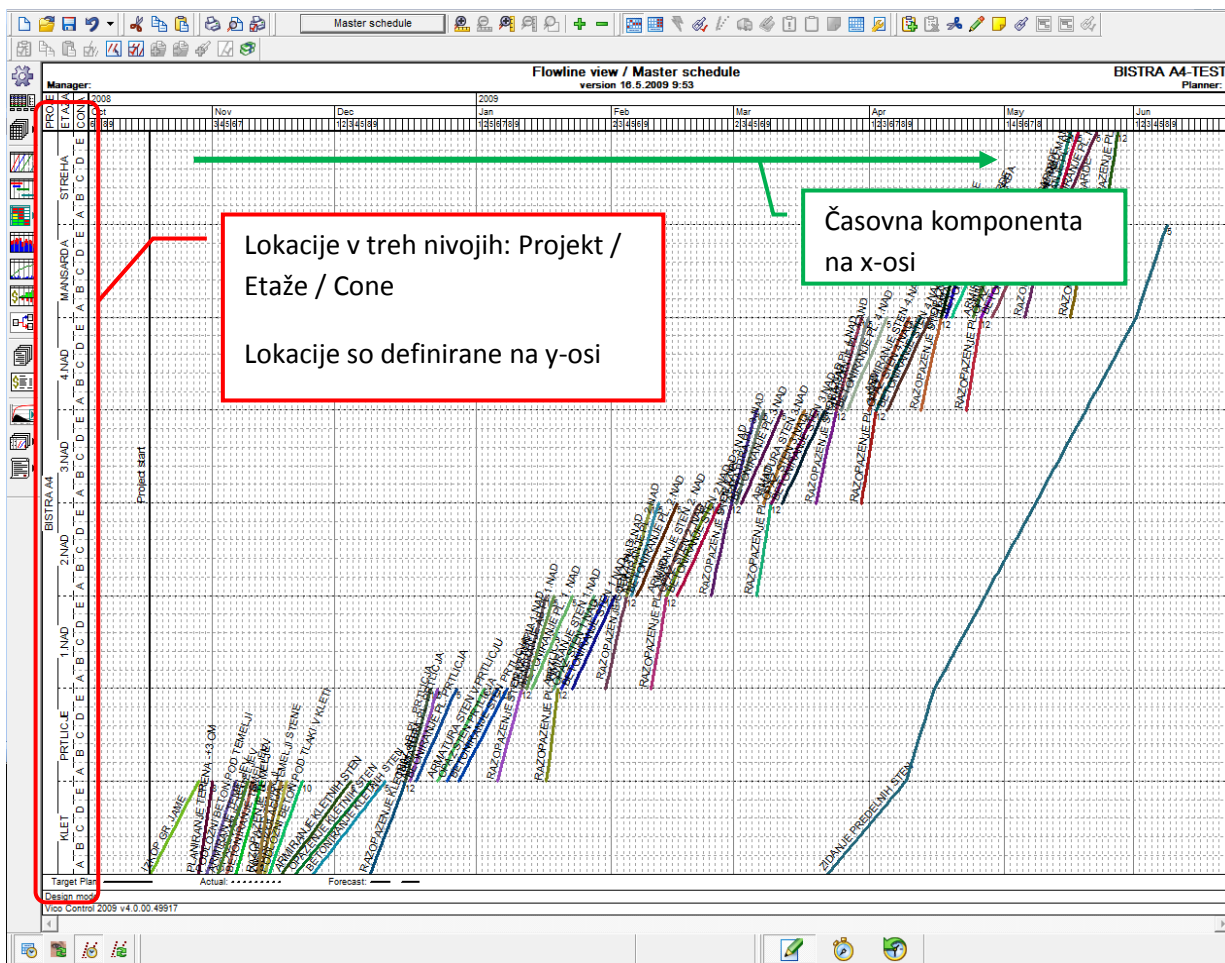
Free Quantities (quantities below this line are not assigned to tasks)

Total hours in the schedules = 7342 (100.0%) Free hours = 0 (0.0%) Total hours = 7342
Costs tied to schedules = 2 337 032€ (100.0%) Free costs = 0€ (0.0%) Total costs = 2 337 032€

Annotations:
- Red box: "Podatki, ki jih ustvari WBS za potrebe planiranja v programu Vico Control" (Data created by WBS for planning in the Vico Control program)
- Red box: "Definirane lokacije na objektu" (Defined locations on the object)
- Red arrows point from the text boxes to the corresponding data in the table and tree view.

Slika 8: Vico Control; Bill Of Quantities (projektantski popis del/količin).

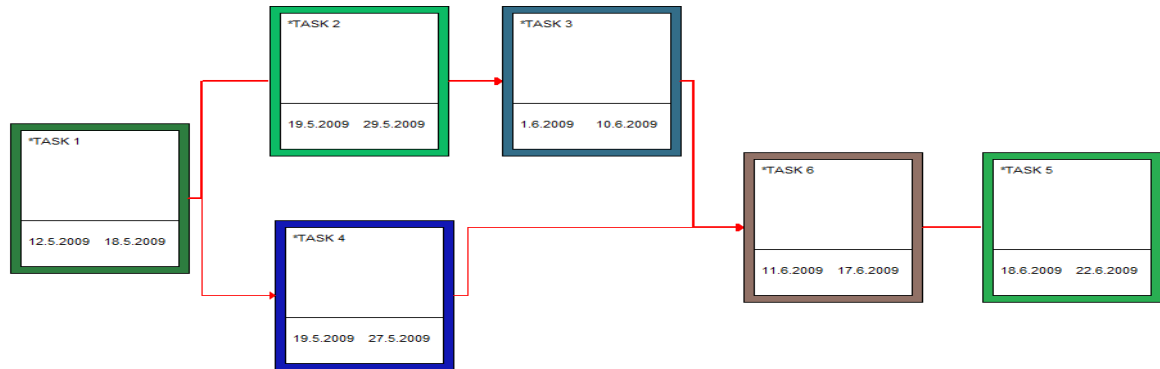
Podatki, ki jih vsebuje uvozna XML datoteka, se shranijo v t.i. »Bill Of Quantities«, na podlagi katerih se definirajo dejavnosti v ciklogramski obliki. Pri izdelavi terminskega plana določimo medsebojne odvisnosti med posameznimi dejavnosti na podlagi načel, ki jih predvideva LBS tehnika planiranja.



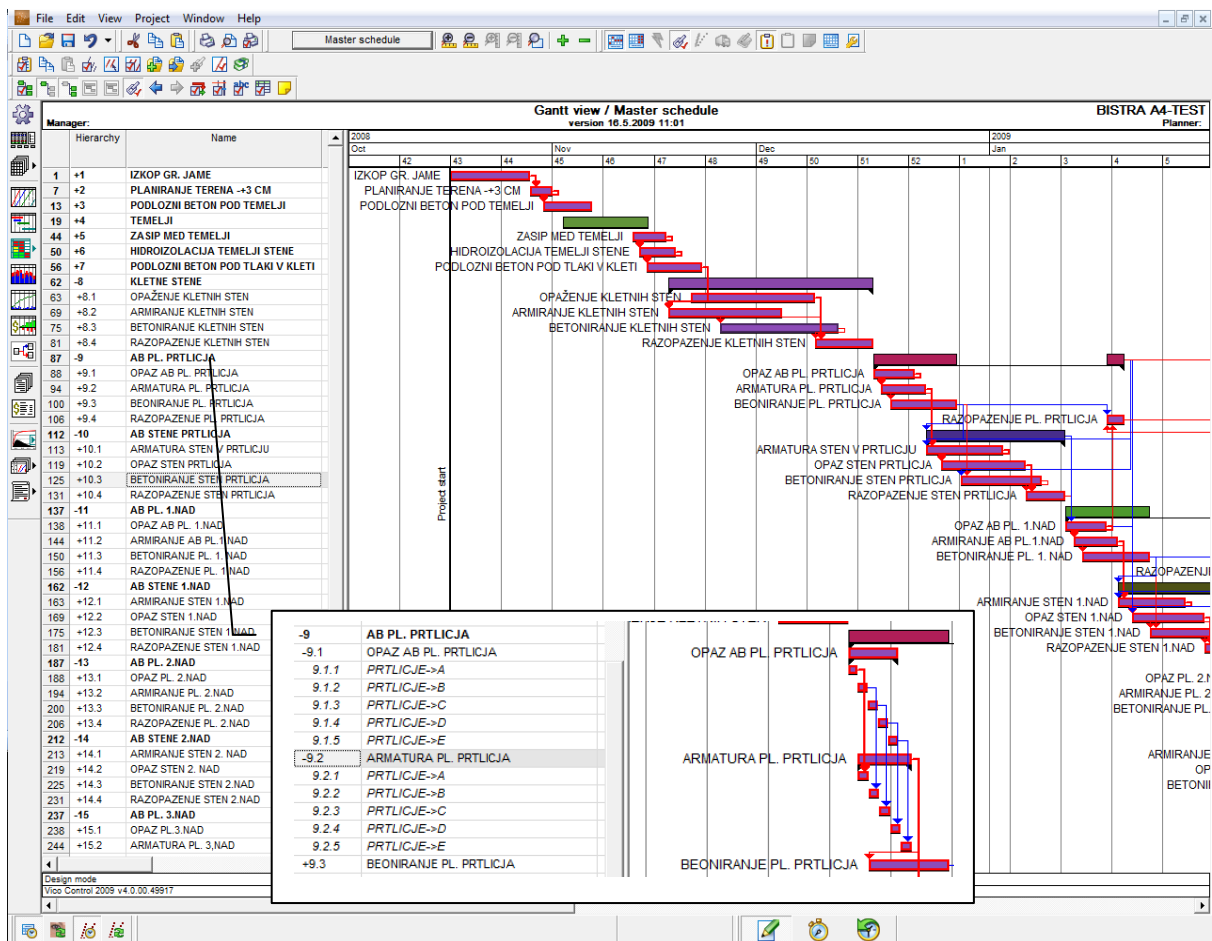
Slika 9: Ciklogramski prikaz terminskega plana

Čeprav v primeru planiranja z mrežno tehniko ali gantogramsko tehniko na zaslonu nimamo koordinatnega sistema, ki bi prikazoval lokacije (y-koordinato), vsebujejo vse dejavnosti lokacijsko informacijo.

Vico Control omogoča izdelavo terminskega plan še v mrežni in gantogramski tehniki.



Slika 10: Mrežna tehnika; dejavnosti predstavljajo obarvani okvirji, ki jim določimo medsebojne odvisnosti. Oblikujemo mrežo sledečih si dogodkov od leve proti desni.

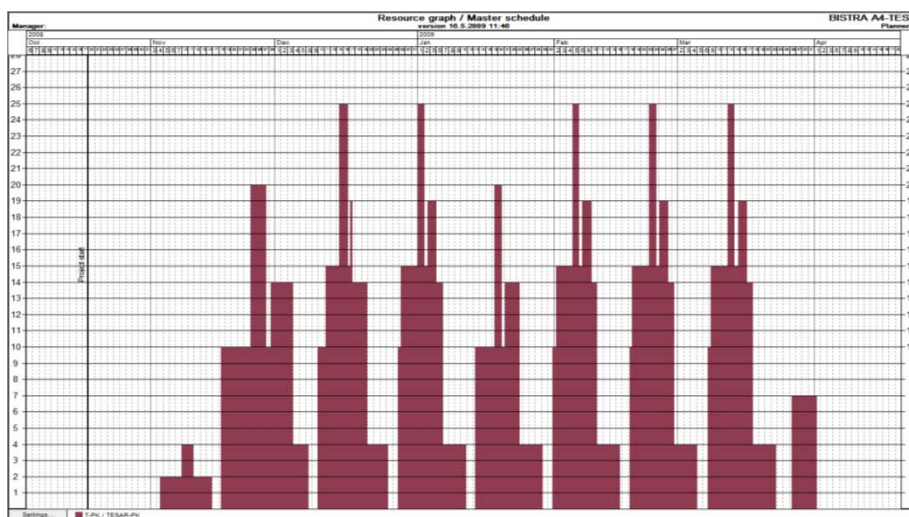


Slika 11: Gantogramska tehnika planiranja

Gantogramska in mrežne grafika pri večjem številu dejavnosti postaneta nepregledni. Pri optimizaciji terminskega plana potrebujemo dober pregled nad mrežo dejavnosti, odvisnosti med njimi in vplivom posameznih sprememb na celoten terminski plan. Metoda optimizacije ciklogramov LOB (Line of balance) temelji na LBS in na ravnovesju delovnih virov, ki jih definiramo v registru (Resource registry). Definirane vire nato uporabimo v dejavnostih pri izdelavi terminskega plana. Register delovnih virov ves čas spremlja porabo delovne sile v delovnih urah (dnevih, tednih). Grafični prikaz porabe posameznih delovnih virov, kjer x-os predstavlja časovno komponento, y-os pa število uporabljenih virov glede na izdelani terminski plan.

Hierarchy	Code	Name	No	Maximum usage	Unit cost	Unit	ation deition	Start time	End	Duration	Leave site when free
-1	Supplier independent resources		63					20.10.2008	6.4.2009	46646 HOURS	<input type="checkbox"/>
1.1	A-KV	ARMIRAC-KV	7		0.00 €	HOURS	0 0	3.11.2008	24.3.2009	4638 HOURS	<input type="checkbox"/>
1.2	A-PK	ARMIRAC-PK	7		0.00 €	HOURS	0 0	3.11.2008	24.3.2009	4638 HOURS	<input type="checkbox"/>
1.3	B	BAGER Z ZLICO	2		0.00 €	HOURS	0 0	20.10.2008	29.10.2008	125 HOURS	<input type="checkbox"/>
1.4	D-PK	GRADBENO DELO-PK	9		0.00 €	HOURS	0 0	29.10.2008	19.11.2008	961 HOURS	<input type="checkbox"/>
1.5	T-KV	TESAR-KV	10		0.00 €	HOURS	0 0	4.11.2008	23.3.2009	6991 HOURS	<input type="checkbox"/>
1.6	T-PK	TESAR-PK	25	50	0.00 €	HOURS	0 0	4.11.2008	1.4.2009	16659 HOURS	<input type="checkbox"/>
1.7	Z-KV	ZIDAR-KV	9		0.00 €	HOURS	0 0	31.10.2008	6.4.2009	6317 HOURS	<input type="checkbox"/>
1.8	Z-PK	ZIDAR-PK	9		0.00 €	HOURS	0 0	31.10.2008	6.4.2009	6317 HOURS	<input type="checkbox"/>
Altogether:			63					20.10.2008	6.4.2009	46646 HOURS	0
										5896 Days	0
										5057.6 Calendar days	0

Slika 12: Register delovne sile



Slika 13: Grafični prikaz porabe delovne sile glede na časovni potek gradnje.

Nihanje potrebne delovne sile je povezano s slabo učinkovitostjo. Ker ne moremo dnevno najemati in odpuščati delavcev, obdobja neizkoriščene delovne sile

predstavljajo izgube. V primeru plačevanje delovne sile po opravljenih urah prosta delovna sila direktno prinaša strošek izvajalcu. Namen optimizacije terminskega plana z uporabo LOB metode je zagotoviti konstantno porabo delovne sile skozi celoten potek gradnje.

Vse dejavnosti, ki jih definira WBS imajo informacijo o stroških, zato lahko vzporedno s terminskim planom spremljamo naraščanje stroškov, hkrati pa vidimo kako posamezne spremembe oz. optimizacija plana vpliva na raspored in višino stroškov.

Vico Control vsebuje funkcijo za izvedbo simulacije tveganja po metodi Monte Carlo. Za vsako dejavnost določimo razred tveganja, ki je povezan z verjetnostjo začetka dejavnosti kot je predvideno v terminskem planu, verjetnost predvidenega trajanja dejavnosti, verjetnost produktivnosti delovnih ekip in prihoda delovnih ekip nazaj na delo po prostem času. Vrednosti podamo v intervalih (podobno kot pri PERT metodi: optimistično, najverjetneje, pesimistično) za pet razredov tveganja (zero – ni tveganja, low - majhno, intermediate - srednje, high - visoko, custom - poljubna nastavitvev).

Hierarchy	Name	Start of schedule task	Schedule task duration (%)	Start risk	Come-back delay	Production factor distribution	Dependencies
+1	AB PL. 1.NAD	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+2	AB PL. 2.NAD	Zero	Low	Zero	Zero		
+3	AB PL. 3.NAD	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+4	AB PL. 4.NAD	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+5	AB PL. MANSARDE	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+6	AB PL. NAD MANSARDO	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+7	AB PL. PRTLICJA	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+8	AB STENE 1.NAD	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+9	AB STENE 2.NAD	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+10	AB STENE 3.NAD	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+11	AB STENE 4.NAD	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+12	AB STENE MANSARDE	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+13	AB STENE PRTLICJA	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+14	HIDROIZOLACIJA TEMELJI STEI	Zero	Low	Low	Zero	Low	
+15	IZKOP GR. JAME	Low	High	Zero	Zero	Low	
+16	KLETNE STENE	Zero	Low	Zero	Zero	Low	
+17	PLANIRANJE TERENA -+3 CM	Zero	Low	Zero	Zero	Low	+ (FS)
+18	PODLOZNI BETON POD TEMELJI	Zero	Intermediate	Zero	Zero	Low	+ (FS)
+19	PODLOZNI BETON POD TLAKI V	Zero	Low	Zero	Zero	Low	+ (FS)
+20	TEMELJI	Zero	Intermediate	Zero	Zero		
+21	ZA SIP MED TEMELJI	Zero	Low	Low	Zero	Low	+ (FS)
+22	ZIDANJE PREDELNIH STEN	Zero	Low	Low	Zero	Low	+ (FS) + (FS) + (

Slika 14: Dejavnostim določimo razred tveganja.

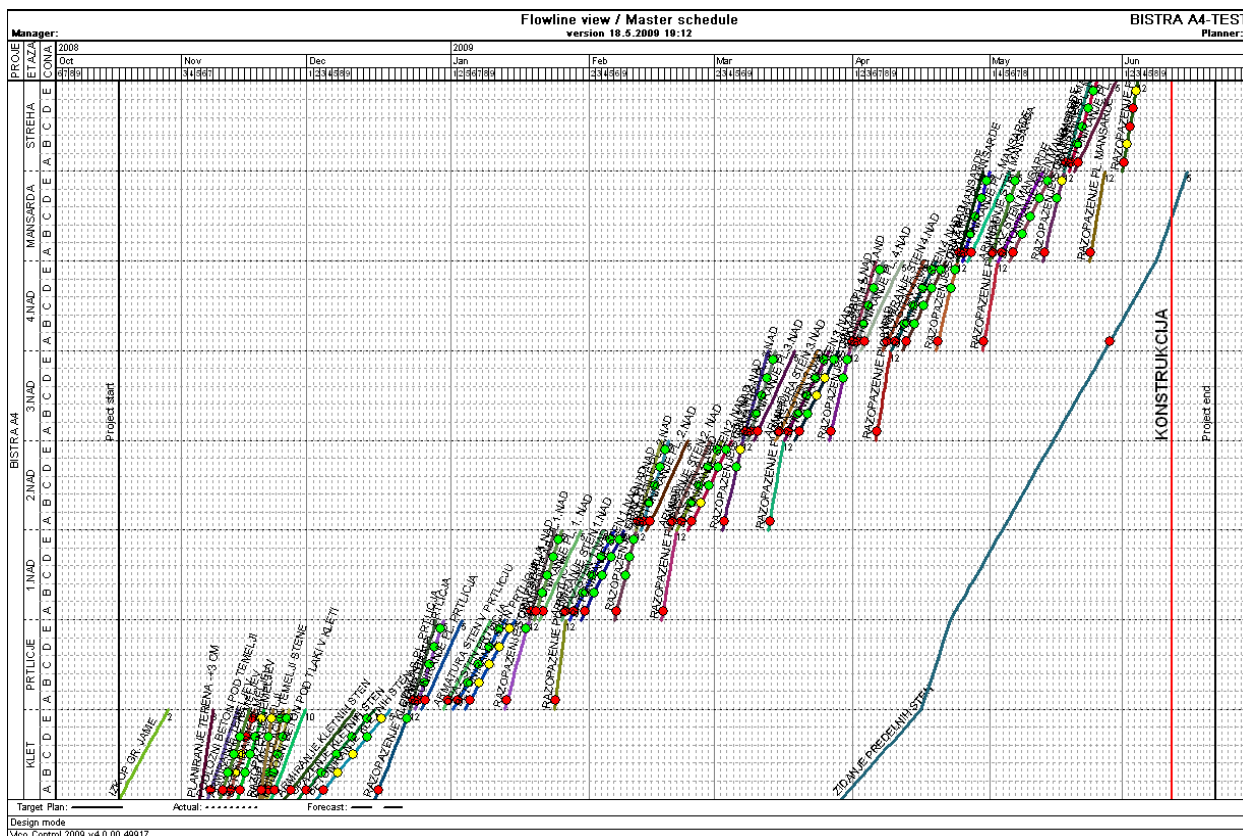
Name	Color	Start of schedule task			Schedule task duration			Start risk			Come-back delay			Production factor distribution		
		Min	Expected	Max	Min	Expected	Max	Min	Expected	Max	Min	Expected	Max	Min	Expected	Max
High		-10	0	15	50	100	200	0	40	80	0	40	120	0.5	1	1.5
Intermediate		-5	0	10	80	100	150	0	20	40	0	40	80	0.7	1	1.3
Low		-2	0	5	90	100	120	0	0	20	0	20	40	0.9	1	1.1
Zero		0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	1	1	1
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Slika 15: Razredi tveganja za verjetnostno analizo.

Metoda Monte Carlo naredi od 100 do 100000 simulacij terminskega plana, pri katerih naključno izbira vrednosti iz določenih razredov tveganja. Rezultate prikaže v grafični obliki grafa porazdelitve rezultatov izvedenih simulacij in poda verjetnost končanja gradnje oz. posamezne faze gradnje do izbranega časovnega roka.



Slika 16: Distributivna razdelitev rezultatov pri analizi tveganja.



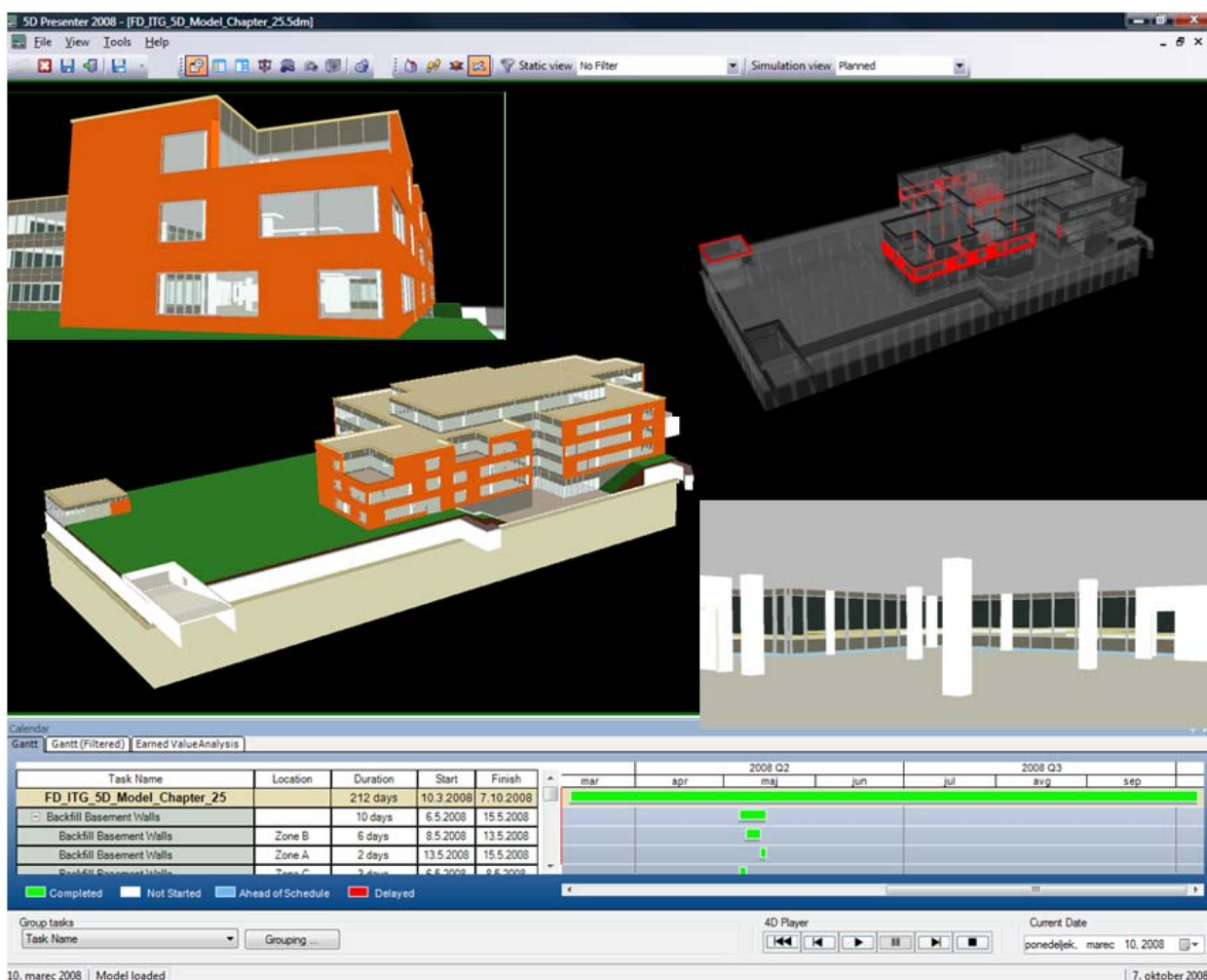
Slika 17: Simulacija tveganja prikaže kritične lokacije v terminskem planu rdeče.

Vsako dejavnost (po lokacijah), katere začetek je ogrožen s strani predhodnih dejavnosti, program označi z obarvanim krogom. Barva je odvisna od verjetnosti zamude (zelena – do 30%, rumena – od 30% do 60%, rdeča – 60% do 100%). Če se z miško približamo obarvanemu krogu, dobimo natančen podatek o verjetnosti in povzročitelju zamude. Na podlagi rezultatov analize tveganja lahko med dejavnosti vpeljemo dodaten prosti čas, ki omogoča podaljšanje trajanja predhodne dejavnosti, ne da bi to vplivalo na začetek sledečih dejavnosti ali pa dodajamo število delovnih ekip. Po spremembi terminskega plana ponovno izvedemo simulacijo tveganja in preverimo posledice narejenih sprememb. Postopek iterativno ponavljamo toliko časa, da dobimo realen plan v visoko verjetnostjo dosega pogodbenih rokov.

Z umestitvijo posameznih dejavnosti v terminski plan določimo elementom 4D modela še peto komponento, ki predstavlja čas. Pripravimo izvozno XML datoteko, s

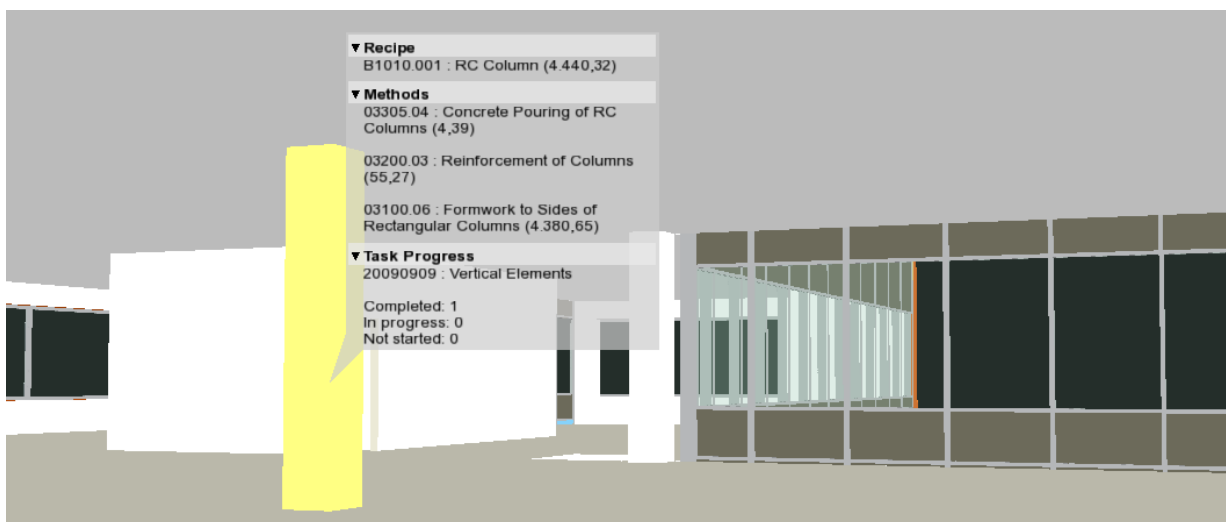
katero posodobimo projektno bazo podatkov še s peto dimenzijo (časom). Dobimo 5D model, ki poleg 3D geometrijskih podatkov, vsebuje informacijski paket s podatki o časovnem poteku posameznih gradbenih aktivnosti.

Za predstavitev 5D modela uporabimo program Vico 5D Presenter. Program omogoča prostorsko vizualizacijo modela. Uporabniku omogoča poglede iz vseh strani ter raziskovanje notranjosti modeliranega objekta. 5D model predstavimo v obliki simulacije gradnje v odvisnosti od časa, kjer se posamezni elementi izrisujejo na zaslonu glede na potek terminskega plana.

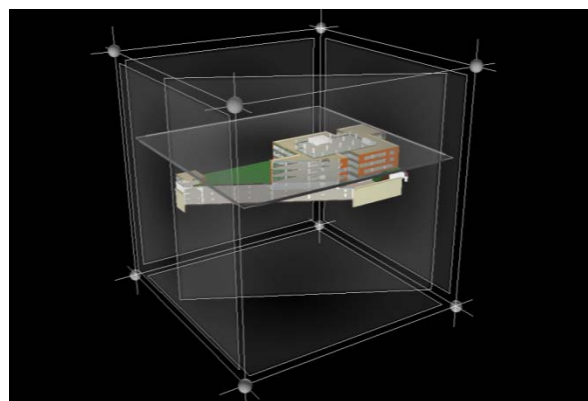
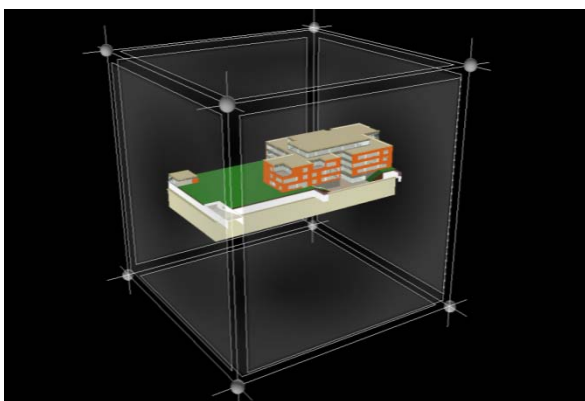


Slika 18: Programsko okolje Vico 5D Presenter

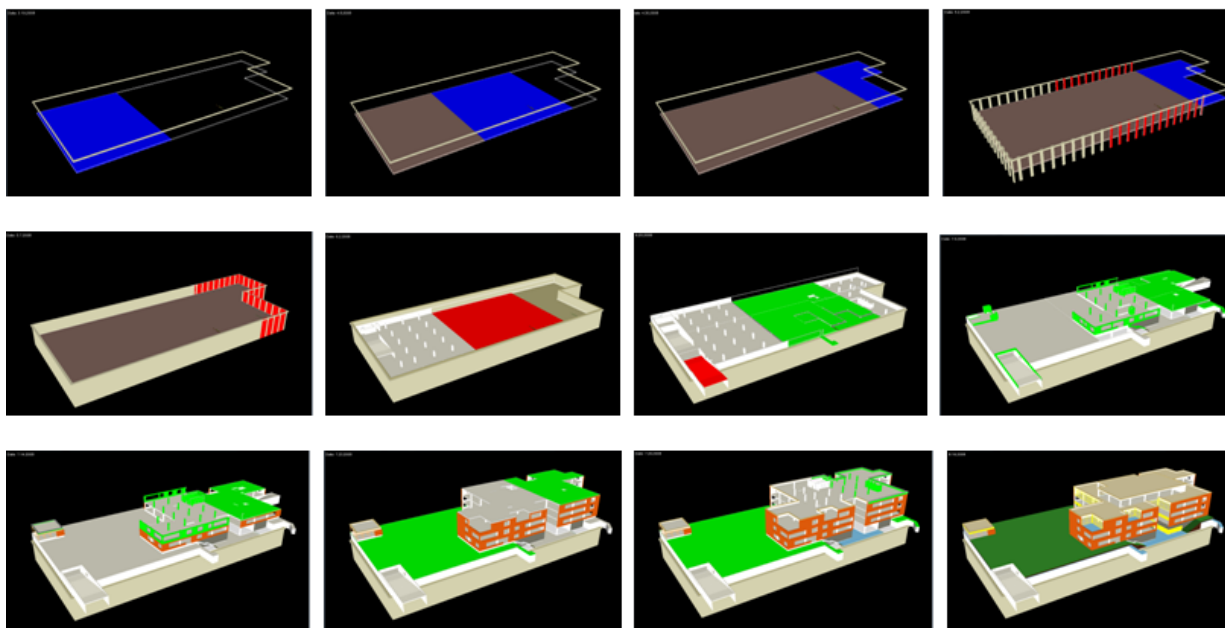
S prereznimi ravninami lahko prikažemo poljubne dele objekta v prostorskem načinu in simulacijah. Tako lahko prikažemo časovni potek del tudi v notranjosti objekta. Druga možnost vpogleda v notranjost objekta je opcija »Walk« omogoča hojo po objektu v prvi osebi.



Slika 19: Vico 5D Presenter; opcija Walk, ki omogoča hojo po objektu v prvi osebi. V 5D modelu posamezen element identificiramo s klikom nanj.



Slika 20: Vico 5D Presenter: prerezne ravnine.



Slika 21: Simulacija gradnje v odvisnosti od terminskega plana. Funkcija »Snapshot« omogoča zajem slike med potekom simulacije v JPEG formatu.

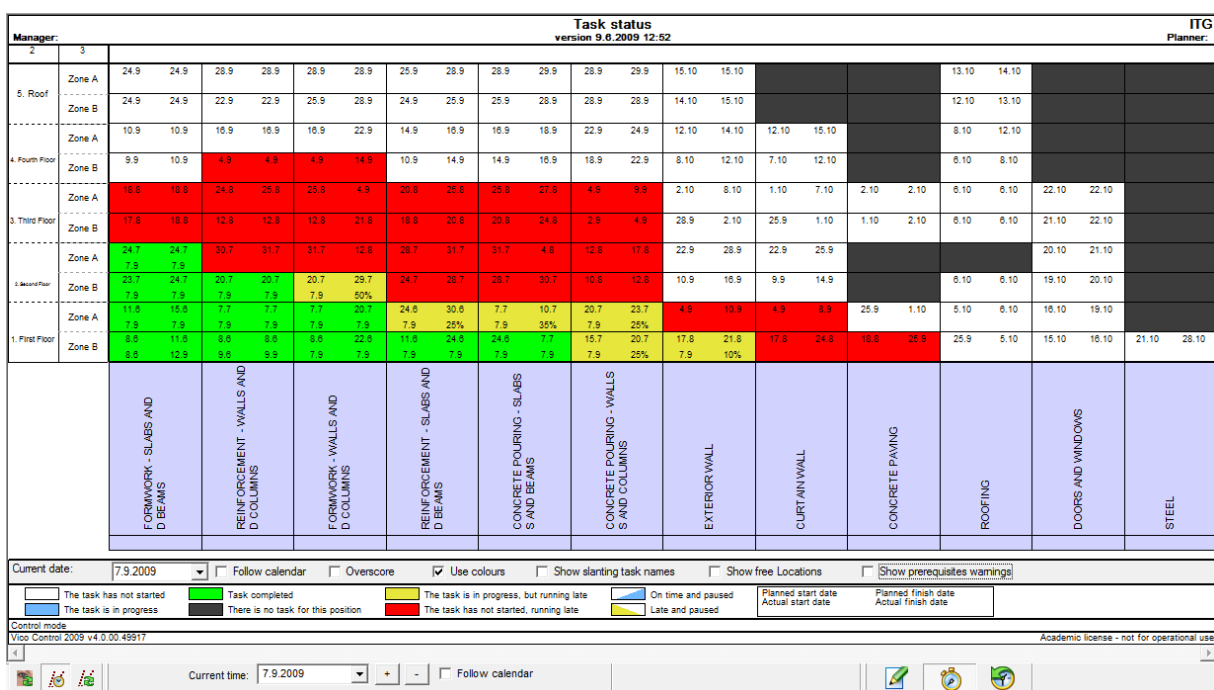
Vico 5D Presenter omogoča grafični prikaz stroškov gradnje vzporedno s simulacijo 5D modela. Prikažemo lahko stroške za posamezne delovne vire (delo, material, oprema, podizvajalci). Podatke lahko izvozimo v XLS datoteko.



Slika 22: Vico 5D Presenter; grafični prikaz stroškov.

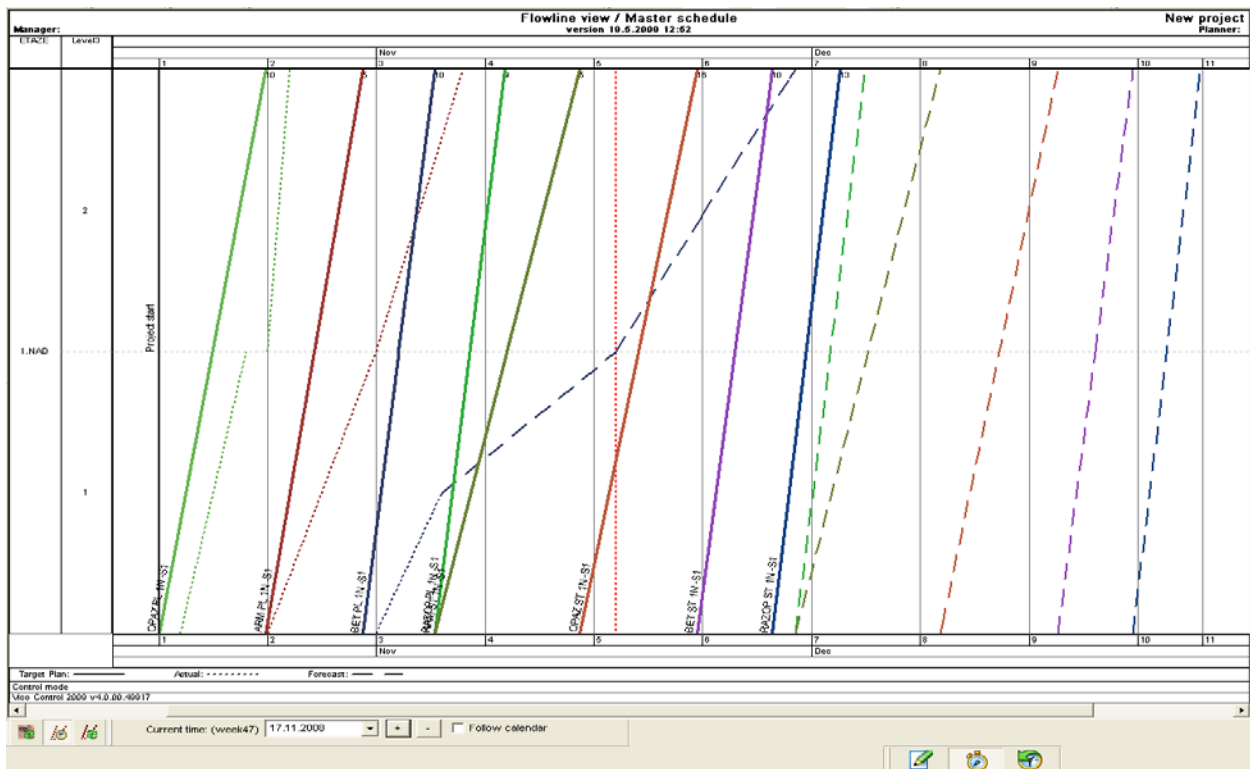
4.2 DRUGA FAZA PROCESA VIRTUALNE GRADNJE

Druga faza procesa virtualne gradnje predstavlja spremljanje poteka gradbenih del na gradbišču. Lahko imamo zelo dober terminski plan, vendar nam to nič ne pomaga, če mu med gradnjo ne sledimo. Vico Control omogoča primerjavo predvidenega terminskega plana z dejanskim potekom del na gradbišču.



Slika 23: Vico Control; spremljanje napredovanja del glede na terminski plan.

Vico Control preklopimo v »Control Mode« način, ki omogoča vnos dejanskih podatkov o poteku del. Končane dejavnosti se lokacijsko obarvajo zeleno, medtem ko so tekoče dejavnosti označene z rumeno barvo. Dejavnosti, ki zamujajo s pričetkom, se obarvajo rdeče. Z dnevним posodabljanjem aktualnih podatkov imamo pregled nad potekom del, program pa nam prikazuje spremembe med načrtovanim in dejanskim potekom del. Če se termini načrtovanega in dejanskega plana razlikujejo, program prikaže vpliv sprememb na sledeče dejavnosti v obliki napovedi poteka dejavnosti glede na dejansko napredovanje del.



Slika 24: Vico Control - Control Mode, ki prikazuje primerjavo med planiranim in dejanskim potekom del.

Funkcija Control Mode (sliki 24) s polnimi črtami prikazuje potek dejavnosti skladno s predvidenim terminskim planom, pikčaste črte prikazujejo dejanski potek dejavnosti na gradbišču, medtem ko črtkane črte prikazujejo napovedi obnašanja terminskega plana, glede na dejansko napredovanje del.

5 PROGRAM VICO CONTROL

5.1 TEHNIKE PLANIRANJA V PROGRAMU VICO CONTROL

Vico Control omogoča tri tehnike planiranja:

- gantogramska tehnika,
- mrežna tehnika,
- ciklogramska tehnika.

Rezultati uporabe naštetih tehnik so gantogrami, ciklogrami, ortogonalni plani in mrežni diagrami. Vsekakor imajo grafični terminski plani veliko prednost pred številčnimi terminskimi plani. Predvsem od tehnološke zapletenosti dela (aktivnosti) in od cikličnosti ponavljanja delovnih procesov je v glavnem odvisno, katero tehniko terminskega planiranja bomo izbrali. (Pšunder, 1990)

5.1.1 MREŽNO PLANIRANJE

Mrežno planiranje predstavlja osnovno tehniko planiranja. Temelji na celovitem prikazu projektnih dejavnosti oz. dogodkov s pomočjo mrežnega plana oziroma mrežnega diagrama. Le-ta v grafični obliki (v obliki mreže) predstavlja zaporedje in medsebojno odvisnost opravil, dejavnosti in dogodkov, ki so potrebni za realizacijo projekta.

Osnovna elementa vsakega mrežnega plana sta dejavnost in dogodek.

Dejavnost je proces, ki se mora opraviti, da bi se na poti h končnemu cilju projekta prešlo z nižje stopnje na naslednjo, višjo stopnjo. Vsaka dejavnost traja določen čas, ima začetni in končni dogodek, povezuje dva in samo dva dogodka in se prične šele po nastopu dogodka, ki pogojuje njen začetek in je pretežno vezana na vire. Dejavnosti v nekem projektu so lahko projektiranje, betoniranje, opaževanje, kontrola kakovosti.

Dogodek je stanje, ki nastopi, ko se neka dejavnost začne ali konča oziroma stanje, ki nastopi, ko se opravi ena ali več dejavnosti, ki vodijo k njemu. Velja, da se z istim dogodkom lahko začne oziroma konča več dejavnosti in da med dvema zaporednima dogodkoma poteka lahko samo ena dejavnost. (Rant, 1995)

Dogodek v nekem projektu je lahko, začetek projektiranja, končanje projektiranja, pričetek, naročanja materiala, dobava materiala, začetek in konec betoniranja oz. kontrola kakovosti zaključena.

5.1.2 GANTOGRAMSKA TEHNIKA PLANIRANJA

Je najstarejša tehnika terminskega planiranja. Koordinatni sistem uporabimo tako, da nam horizontalna os predstavlja čas, vertikalna os pa aktivnosti. Rezultat gantogramske tehnike so gantogrami oz. blokovni diagrami. Iz gantograma je razvidno kako si aktivnosti sledijo, koliko časa je za posamezno aktivnost na razpolago, kako se nekatere aktivnosti prekrivajo in čas izvršitve aktivnosti. Prikaz je enostaven. Njegova slabost je, da ne prikazuje medsebojnih odvisnosti med aktivnostmi, ne nakazuje rezervnih časov posameznih aktivnosti in ne določa kritične poti. (Pšunder, 1990)

Gantogrami so danes najbolj razširjena grafična oblika prikazovanja terminskih planov, ki pa je že dobro podprta z različnimi računalniškimi programi. Eden od najbolj razširjenih programov, ki temelji na omenjeni tehniki prikazovanja, je zagotovo Microsoft Project.

5.1.3 CIKLOGRAMSKA TEHNIKA PLANIRANJA

5.1.3.1 SPLOŠNO O CIKLOGRAMSKI TEHNIKI PLANIRANJA

Ciklogrami (ang. Flowline) ponazarjajo zaporedna dela (dejavnosti) s premicami, katerih naklon se spreminja glede na trajanje dela. Konstruira se za vse proizvodne procese, ki jih simbolizirajo poševne linije. Na absciso koordinatnega sistema se nanaša čas v merilu (navadno v delovnih dnevih), na ordinato pa se nanesejo delovne etape. Naklon premic je določen z začetnimi in zaključnimi točkami vsakega dela. Čim večji je naklon premic, v tem krajšem času, to je z večjo intenziteto, se mora delo opraviti.

Na osnovi ciklograma je možno proizvodnjo oziroma gradnjo zelo enostavno spremljati (časovno kontrolirati). Z nanašanjem dejanskega naklona napredovanja del lahko zelo hitro ugotovimo zamude ali prehitevanja pri izvajanju del.

To planiranje ima iste prednosti kot gantogram (prikaz je enostaven, lahko razumljiv in preprost za spremljanje), poleg tega ima še dodatno možnost, da se lahko uvrstijo v skupino vsa dela, ki se tičejo istega objekta in se lahko zasleduje isti delovni proces, predstavljen z nepretrgano črto. Obratno pa zahteva razumevanje tega planiranja več izkušenj, kot razumevanje gantograma in spremembe so tu bolj zapletene.

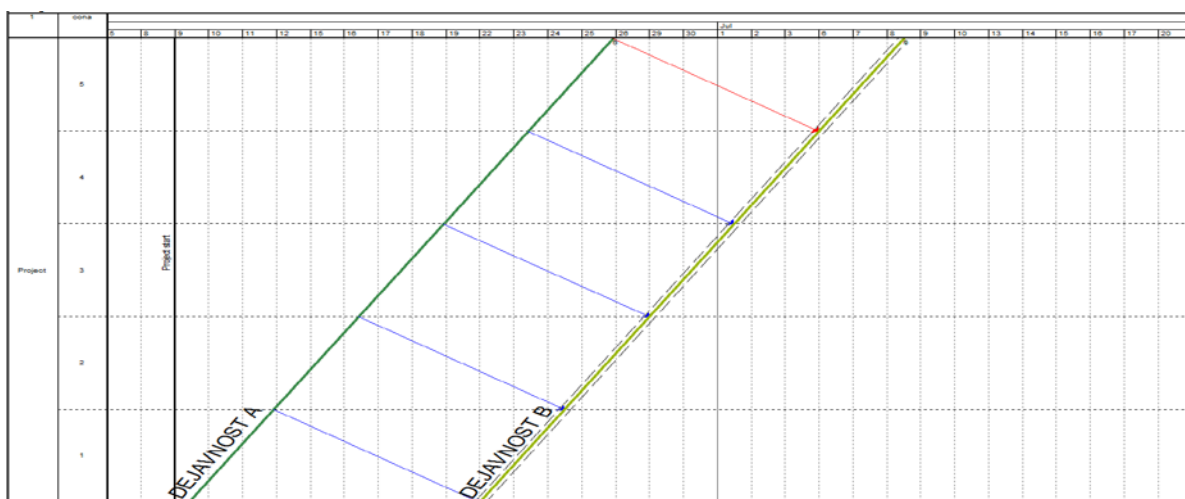
Ciklogramski plan prinaša bistvene prednosti, če ga primerjamo z gantogramom, zlasti na področju spremljanja gradnje. Tu je namreč z vnašanjem dejanskega naklona hitrosti napredovanja del možno izračunati zamude ali prehitevanja vseh tehnoloških tokov in obenem povzeti ustrezne protiukrepe. (Rodošek, 1985)

Na splošno lahko vsako delo, torej tudi gradnjo kakršnega koli objekta, razčlenimo na posamezne delovne procese, ki se med seboj razlikujejo po uporabljeni tehnologiji

(načinu opravljanja nekega dela), s tem pa največkrat tudi po poklicu delavcev oz. po specialni opreми, mehanizaciji, ali po orodju za to specifično vrsto dela.

Ti procesi so lahko med seboj odvisni in zato (pretežno) zaporedni. Ta odvisnost je lahko trojne narave:

logična ali **krajevna** (lokacijska) odvisnost; npr.: Betoniranje stene se lahko začne šele, ko tesarji končajo z opaženjem.



Slika 25: Krajevna odvisnost med dejavnostjo A in B. Šele ko se dejavnost A na lokaciji 1 konča, se lahko začne dejavnost B. Modra puščica označuje povezavo Finish – Start med dejavnostjo A in B.

kapacitivna odvisnost; npr.: Dejavnost A se mora končati na lokaciji 1, da se lahko začne na lokaciji 2, saj dejavnost opravlja samo ena delovna ekipa. (slika)

tehnološka odvisnost; npr.: Tesarji ne smejo razopažiti AB plošče vsaj 7 dni, da beton pridobi dovolj trdnosti. V programu Vico Control tak primer lahko upoštevamo s parametrom »Lag [zamik n dni]«, ki dovoli dejavnosti B začetek šele po n dneh od končanja dejavnosti A na izbrani lokaciji.

Med seboj neodvisni procesi so procesi, ki nimajo bodisi nobene soodvisnosti ali pa so prvotno odvisni procesi, ki jih napravimo neodvisne z organizacijskimi ali tehnološkimi posegi. (Rodošek, 1985)

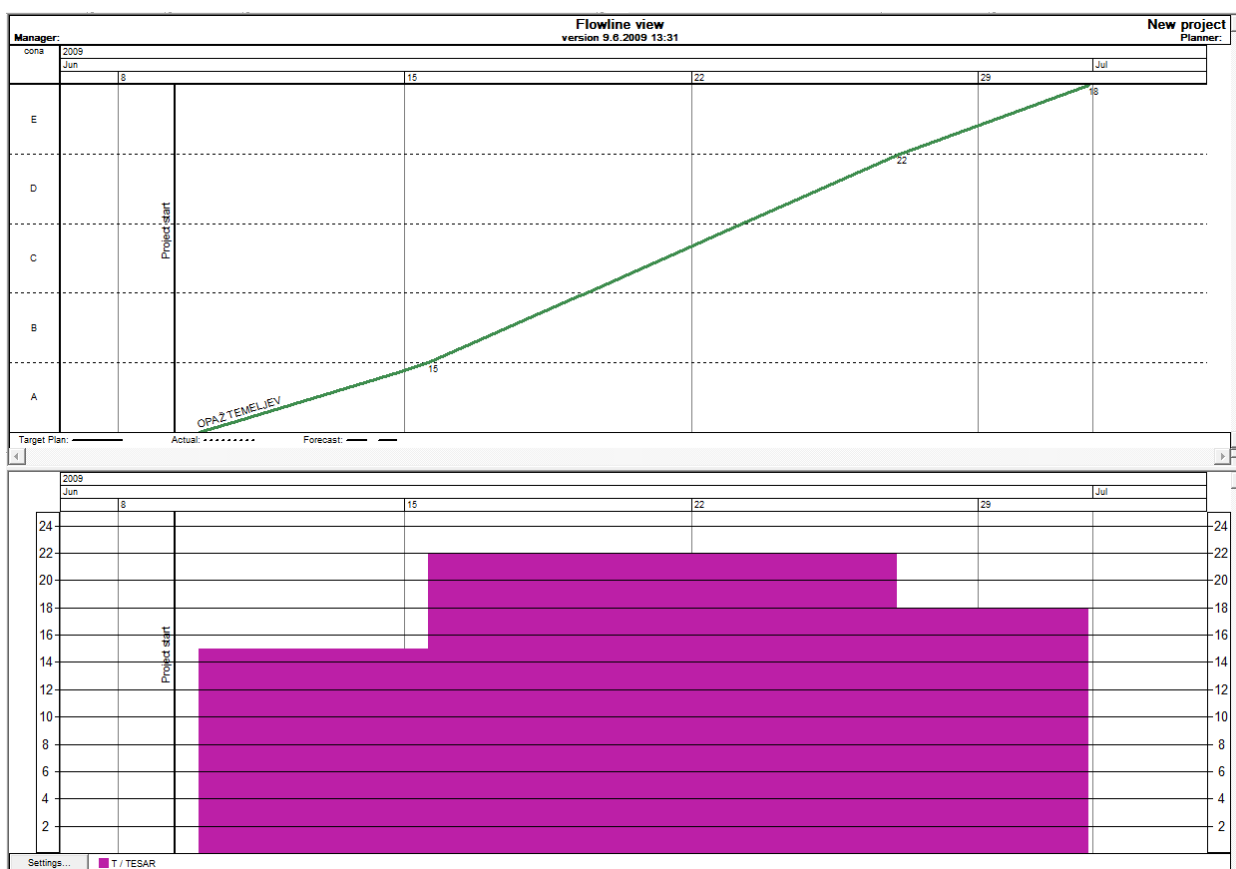
5.1.3.2 LINE OF BALANCE (LOB)

Gradnja objektov, sestavljenih iz skupine operacij, ki vsebujejo t.i. dejavnosti ponavljajoče narave, ki jih ponavljamo v vsaki enoti objekta. Kot primer lahko navedemo gradnjo večnadstropnih objektov, avtocest, plinovodov, kjer posamezne enote predstavljajo etaže oz. cestni odseki. Za vsako ponavljajočo enoto definiramo aktivnosti in potrebne vire, za katere moramo izdelati učinkoviti terminski plan, kateri prikazuje lokacijo delovnih ekip glede na čas. Zaradi ponavljajočih aktivnosti od delovnih ekip zahtevamo delo na različnih lokacijah, zato moramo z ustreznim načrtom zagotoviti časovno učinkovitost in ekonomičnost delovnih ekip. Želimo uravnotežiti delovne ekipe in zagotoviti največjo produktivnost delovnih ekip in opreme. LOB je tehnika planiranja, ki se osredotoča na sredstva oz. delovne vire, njen cilj pa je določitev ravnotežja, ki zagotavlja da so sredstva v polni meri izkoriščena in da ne prihaja do prekinitev dela. LOB uporablja ciklogramsko obliko planiranja, ki omogoča dober pregled nad potekom dejavnosti. Omogoča hitro analizo poteka aktivnosti, definiranja t.i. potencialni ozkih grl projekta, prikaz posledic sprememb v poteku dejavnosti na ostale.

Temeljna zahteva LOB planiranja je izpolnitev predpisanega roka za dokončanje ponavljajočih se (cikličnih) enot. Na podlagi tega izračunamo potrebno produktivnost delovnih ekip, ki ne sme biti manjša od zahtevane. Optimalno produktivnost delovnih ekip zagotavlja t.i. naravni ritem skozi celoten potek gradnje. Povečanje delovnega ritma oz. produktivnosti povzroča nelagodje delovnih ekip, utrujenost in zmanjšuje stopnjo varnosti dela na gradbišču.

Za nadzor nad delovnimi viri uporabimo histograme delovne sile, kjer prikazujemo porabo delovne sile v odvisnosti od časa. Poraba delovne sile med gradnjo

predstavlja za planerja učinkovit parameter za doseganje učinkovite in ekonomične gradnje. S planiranjem dejavnosti ob upoštevanju omejitve delovnih virov in kontinuiteto del posameznih ekip se izognemo odpuščanju in najmanju dodatnih delovnih ekip med gradnjo. Ker za več dejavnosti določimo isto ekipo, se te dejavnosti ne morejo izvajati sočasno, ampak mora ekipa najprej končati prvo dejavnost in nato nadaljevati drugo, tretjo, itd.

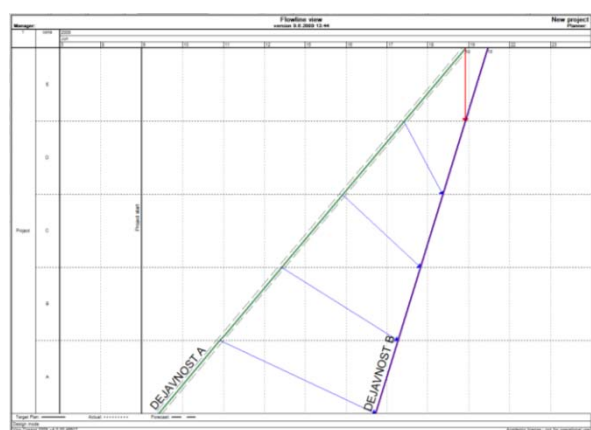
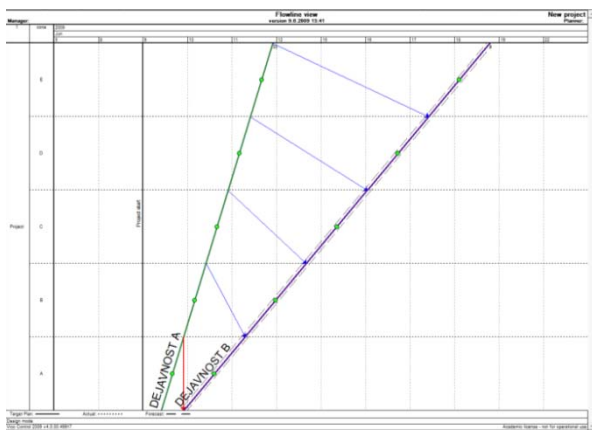


Slika 26: Poraba delovne sile (tesar) glede na potek dejavnosti (opaž temeljev).
Želimo zagotoviti čim bolj enakomerno porabo delovnih virov. "(Rodošek, 1985)"

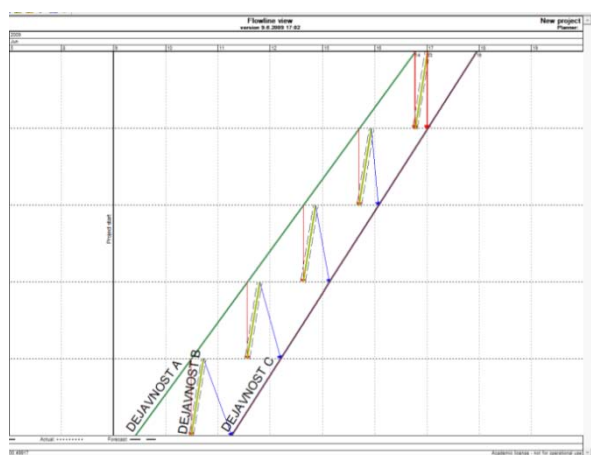
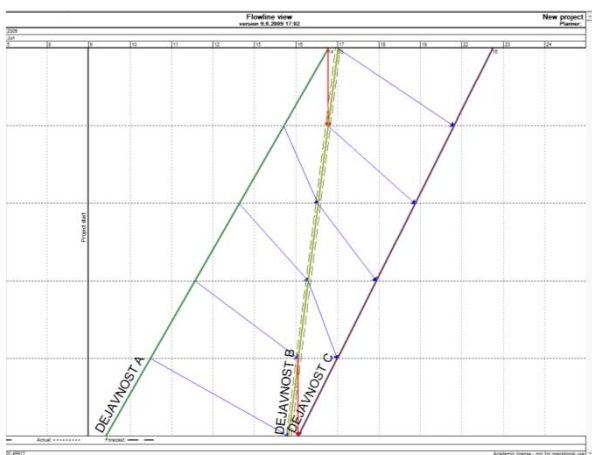
LOB analiza

Za vsako dejavnost izračunamo začetni čas dejavnosti in končni čas na vsaki enoti z upoštevanjem produktivnosti. Ker ima dejavnost B manjšo produktivnost kot dejavnost A, se lahko ta začne takoj, ko se konča dejavnost A na prvi enoti. (Slika 27a). Če pa dejavnosti sledi hitrejša kot je prikazano na sliki 27b, mora biti začetek

dejavnosti B načrtovan glede na zadnjo enoto dejavnosti A. Ker LOB predvideva kontinuiran potek dejavnosti, začetek dejavnosti B zamaknemo do te mere, da slednja v nadaljevanju poteka z želeno stopnjo napredka in brez prekinitev. V primeru, da dejavnost zakasni, preprečimo oviranje med zaporednimi dejavnostmi s tem, da vpeljemo v LOB pomožni čas (Buffer time).



Slika 27a: Dejavnosti B ima daljši čas trajanja. Slika 27b: Dejavnosti B ima krajši čas trajanja



Slika 28a: Pospeševanje dejavnosti B povzroči konflikt z vrha proti dnu in podaljšuje trajanje projekta. Slika 28b: Izklop funkcije »Force task continuity« za dejavnost B

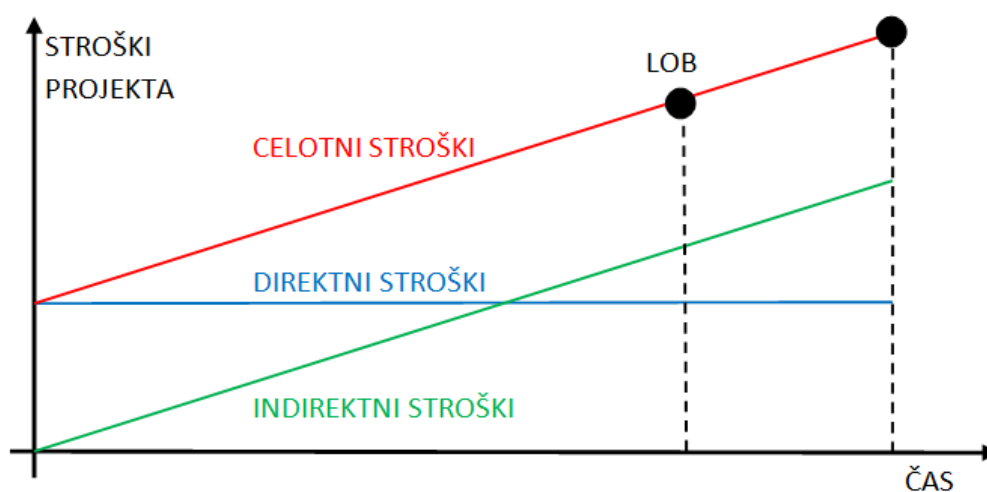
Spreminjanje stopnje produktivnosti (t.j. naklona) poljubne dejavnosti se odraža v trajanju celotnega projekta, ker lahko pospeševanje določene dejavnosti celo podaljša projekt. Na sliki 28a je prikazan primer konflikta med dejavnostjo A in B na lokaciji

številka 5. Če pospeševanje ali zakasnitev dejavnosti povzroča zakasnitev projekta, je treba s primerno strategijo načrtovati vzporedne dejavnosti. Vico Control omogoča funkcijo »Force task continuity«, ki zahteva kontinuiran potek del, vendar lahko to funkcijo izklopimo. Rezultat predstavlja potek dejavnost B na sliki 28b.

Ker dejavnost A poteka počasneje kot dejavnost B, se dejavnost B na posamezni lokaciji začne takoj, ko je mogoče (funkcija »As soon as possible«). Posledica neritmičnega poteka sledečih dejavnosti je nekontinuirani potek dejavnosti B. Kljub temu, da LOB stremi k kontinuiranemu poteku dejavnosti, ukrep zmanjša trajanje projekta, saj se dejavnost C lahko začne prej kot na sliki 28a, vendar ima delovna ekipa delavnosti B med delom na posameznih lokacijah prosti delovni čas.

Da bi dosegli sinhronizacijo delovnih procesov, ki si sledijo, je nujno, da izenačimo čase trajanja posameznih delovnih procesov in delovnih ekip. Tako zagotovimo ritmični potek delovnih procesov, ki so videti kot vzporedne ciklogramske linije terminskega plana - dobimo delo v taktu.

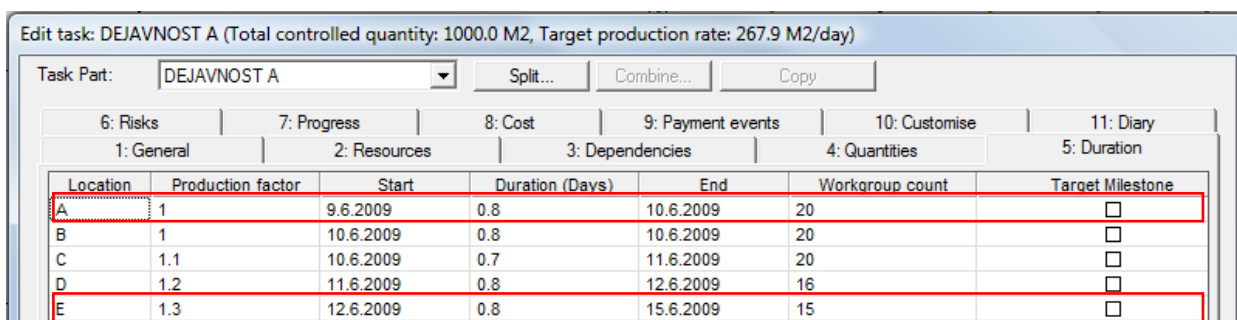
Bistveni cilj teorije »Line Of Balance« je zmanjšanje trajanja projekta z malo oz. brez povečanja stroškov. Optimizacijo stroškov zagotavlja koncept optimalne ekipe delovnih virov in t.i. naravni ritem dela. Ker projekt končamo predčasno, s tem zmanjšamo indirektno stroške gradbišča (režija, najem opaža, itd).



Slika 29: Zmanjšanje celotnih stroškov zaradi krajšega trajanja projekta.

Učinek učenja pri ponavljajočih se dejavnostih - Learning curve effect

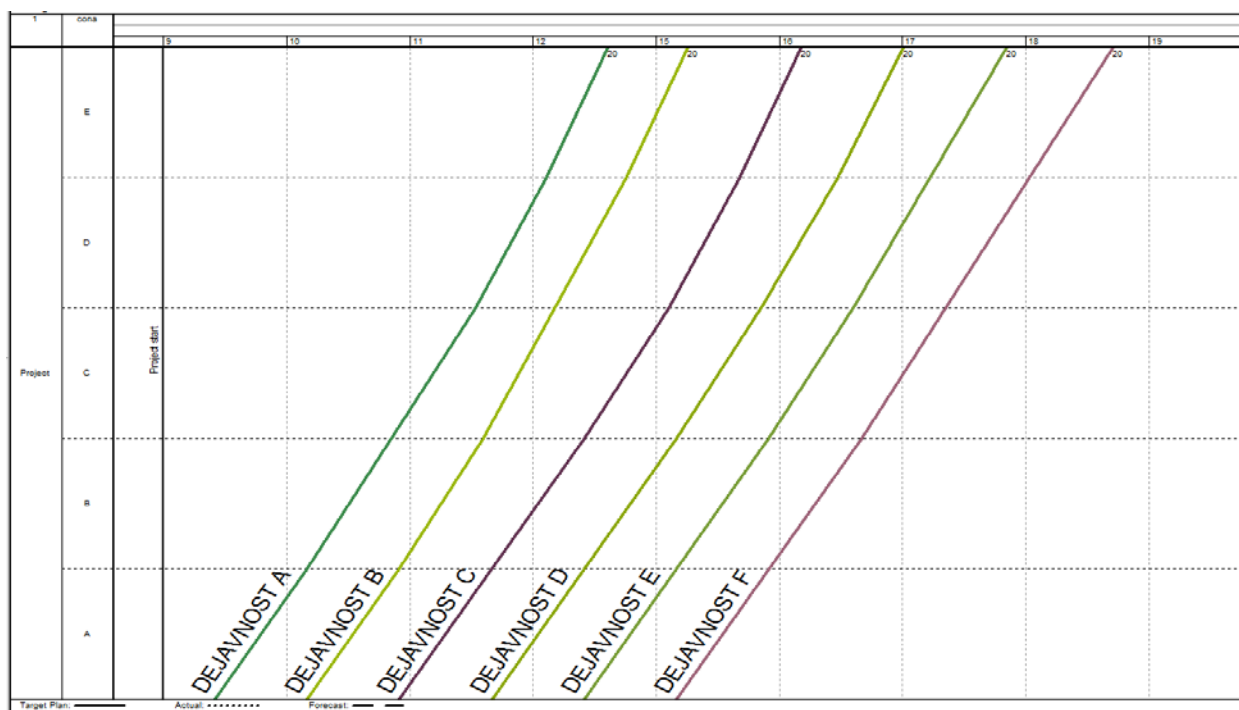
LOB predvideva linarno odvisnost med produktivnostjo ekipe in številom končanih dejavnosti, vendar v realnem projektu lahko upoštevamo t.i. učinek učenja, ki predvideva, da ekipa z vsako ponovitvijo dejavnosti poveča produktivnost. To pomeni, da ne moramo več analizirati trajanje dejavnosti za vse enote skupaj, ampak za vsako enoto posebej. Povečanje produktivnosti posameznih delovnih ekip omogoča zmanjšanje števila delovnih ekip na dejavnosti, ob tem pa ohranimo enako stopnjo napredovanja.



Location	Production factor	Start	Duration (Days)	End	Workaroup count	Target Milestone
A	1	9.6.2009	0.8	10.6.2009	20	<input type="checkbox"/>
B	1	10.6.2009	0.8	10.6.2009	20	<input type="checkbox"/>
C	1.1	10.6.2009	0.7	11.6.2009	20	<input type="checkbox"/>
D	1.2	11.6.2009	0.8	12.6.2009	16	<input type="checkbox"/>
E	1.3	12.6.2009	0.8	15.6.2009	15	<input type="checkbox"/>

Slika 30: Pogovorno okno za dejavnost A s katerim določamo vse parametre.

V pogovornem oknu »Edit task« lahko za vsako lokacijo dejavnosti določimo svoje parametre. Vpliv efekta učenja upoštevamo z povečanjem faktorja produktivnosti. Če primerjamo parametre na lokaciji A in lokaciji E lahko opazimo enako trajanje dejavnosti, vendar lahko zaradi povečane produktivnosti zmanjšamo delovno ekipa iz 20 na 15 delovnih virov. Če števila delovnih virov ne zmanjšamo, se nam poveča dnevna produktivnost delavne ekipe za 30%.



Slika 31: Ritmični potek dejavnosti z upoštevanjem efekta učenja v lokacijah C, D, E

Izračun potrebnih delovnih virov

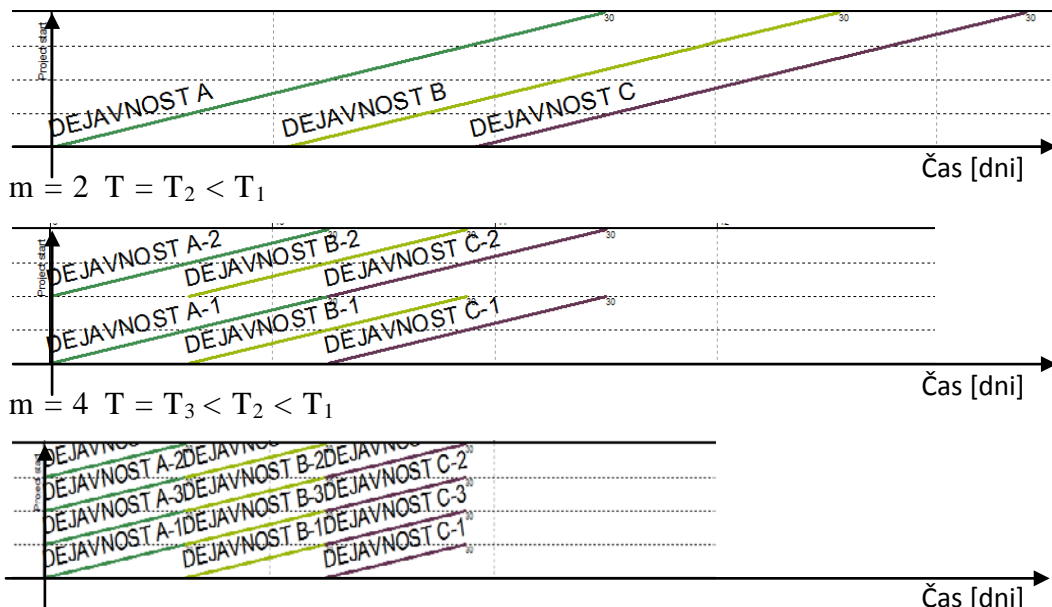
Optimalna velikost delovnih ekip je definirana kot kombinacija delavcev, materiala in opreme, ki zagotavlja maksimalno produktivnost. Učinkovit terminski plan je mogoče izdelati samo z uporabo ene ali več optimalnih ekip. Pospeševanje procesa gradnje s podaljševanjem delovnega časa povzroči zmanjšanje produktivnosti in nezadovoljstvo delovne sile, medtem ko uvedba dodatne delovne izmene predstavlja dodaten organizacijsko/stroškovni napor (razsvetljava, koordinacija delovne sile, nadzor del, dobava materiala, itd). Ukrepi kot so podaljšanje delovnega časa, nakup nove opreme, povečanje delovnih ekip, so povezani s povečanjem stroškov, medtem ko povečanje števila delovnih ekip ne povečuje stroškov, ampak le poveča dnevno produktivnost.

Prostorska delitev dela in njen vpliv na čas gradnje in kapacitete

Namesto popolne zaporednosti odvisnih delovnih procesov lahko vpeljemo njihovo delno vzporednost oz. časovno prekrivanje, kar v bistvu pomeni vpeljavo delitve dela na prostorske dele (odseke) oz. na časovne dele (etape). Z rastočim številom odsekov

(etap) "m" torej z rastočo paralelizacijo upada velikost odseka (trajanje etape), kar vpliva na skupni čas gradnje "T" in največje skupno angažirane kapacitete " S_{max} ".

$$m = 1 \quad T = T_1$$



Slika 32: Primerjava med organizacijo dela v eni, dveh in štirih etapah.

Ugotovitev: Pri konstantni skupni količini dela "Q" in konstantnem številu delovnih procesov "n" se z večanjem števila etap "m" krajša takt dela $t_o = T_p / m$. (Rodošek, 1985)

Vzpostavitev cikličnega dela

Pri določanju osnovnih parametrov cikličnega načina proizvodnje se po vrsti pojavljajo naslednje naloge:

- določanje najracionalnejše metode dela in izbor racionalnih materialov z ozirom na značaj in obliko objekta,
- na osnovi globalnega operativnega plana opredelitev vodilnih procesov gradnje in njihove dinamike s tem, da dosežemo predpisani rok gradnje,
- prilagajanje vodilne kapacitete dinamiki del oz. obratno, in
- izvedba vzporednosti delovnih procesov v optimalnem obsegu. (Rodošek, 1985)

Definiranje velikosti delovnih etap in izračun obsega dela v etapi

Pri postopku določanja števila oziroma velikosti delovnih etap velja splošno pravilo, da skušamo v planu doseči potekanje čim več vzporednih (neodvisnih) procesov, namesto zaporednih (odvisnih) procesov. Pri tem uporabljamo naslednje planske prijeme, oz. ukrepe:

-lokacijske odvisnosti skušamo delno zmanjšati z vpeljavo novih napadnih mest, kar je še zlasti učinkovito v nizki gradnji (komunikacije, komunalni vodi, letališča, parkirišča, melioracije), kjer se delo odvija v enem horizontu;

-kapacitivne odvisnosti se lahko poleg vpeljave novih kapacitet dosežejo tudi z delnim prekrivanjem, oz. paralelizacijo. Pri tem postopku definiramo torej obseg dela na etapi "j":

$$Q_{ej} = \sum_{i=1}^n q_{ij} ; \text{ in se odločamo za število etap "m".}$$

rastoče število etap zmanjšuje čas gradnje "T", vendar večja povprečne kapacitete " \bar{S} " in kapacitetno konico " S_{max} ". (Rodošek, 1985)

Dimenzioniranje kapacitet - delovnih skupin, mehanizacije in opreme

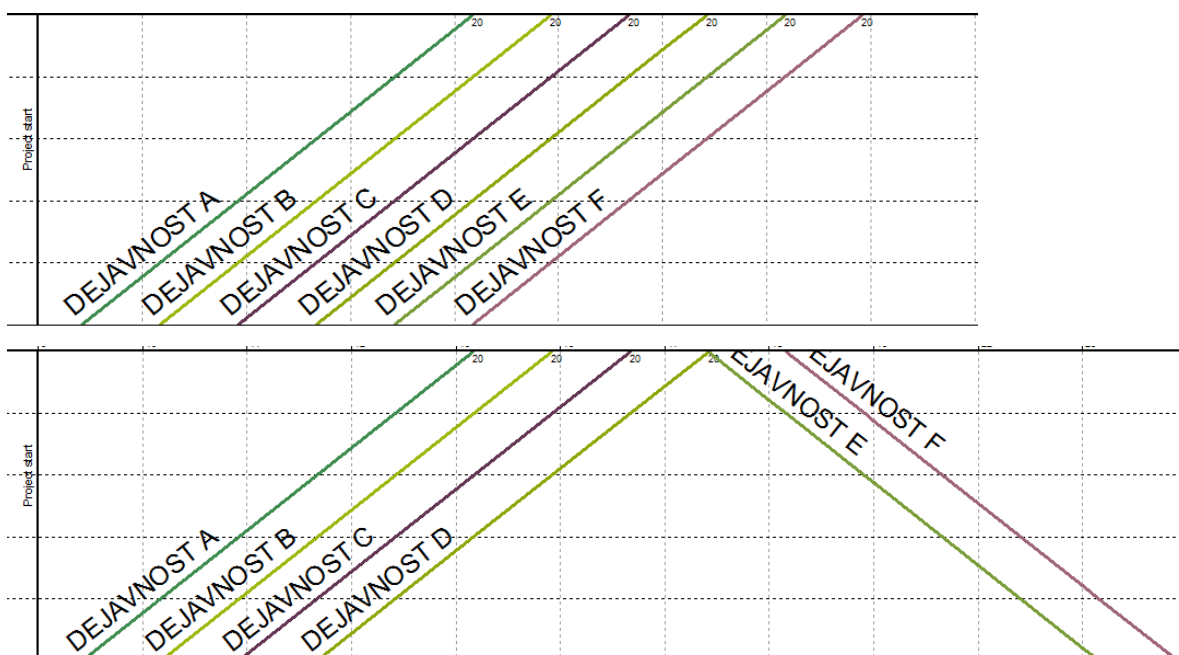
Za vsak proces je treba plansko predvideti take kapacitete, ki tvorijo tehnološko zaokroženo celoto s primerno notranjo strukturo. Velikost kapacitete je lahko bodisi mnogokratnik tako strukturirane tehnološke celote, ali večja tehnološka celota podobne strukture. (Rodošek, 1985)

Smer gibanja kapacitet - sheme proizvodnega toka

Smer gibanja kapacitet ima lahko prav tako odločilni vpliv na lokacijske odvisnosti procesov in s tem na skupni čas gradnje "T". Še zlasti je pomembno zagotoviti pri objektih, ki se raztezajo tudi v višino (visoka gradnja), dosledno vzporednost smeri gibanja kapacitet in dovolj široko bazo dela v osnovnem (spodnjem) horizontu.

Ker se osnovna gradbena dela v visoki gradnji izvajajo najprej v horizontali, nato pa od spodaj navzgor, je v tehnološkem pogledu edina logična rešitev, da se tudi finalna

dela izvajajo vzporedno, to je vertikalno navzgor. V nasprotnem slučaju, ki pa je pri nekaterih tehnologijah celo neizogiben, prihaja do relativno dolge prekinitve taktne proizvodnje " ΔT ", ker je treba čakati, da bo dokončana tudi najvišja etaža, da bi lahko začeli s finalizacijo nekaterih del od zgoraj navzdol (npr. ometavanje fasade). Čim višji je objekt, tem dalj traja ta neproduktivna prekinitvev in v tem primeru ne ostane prav dosti od paralelizacije.



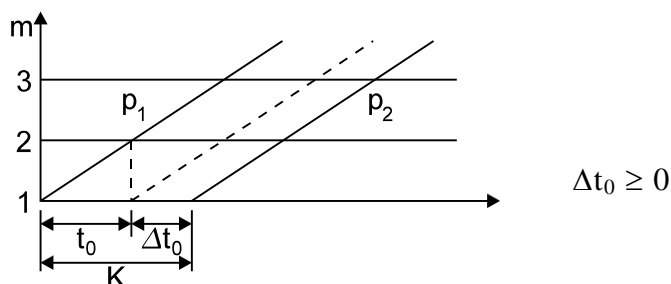
Slika 33: Smer izvajanja finalnih del po vertikali kot element ekonomičnosti gradnje.

Vse navedeno dokazuje, da lahko organizacija gradnje bistveno vpliva na spremembe v tehnologiji in da prav s tega področja dobivajo tehnologi največ impulzov in idej o izboljšanju sistema gradnje. (Rodošek, 1985)

Določanje optimalnega delovnega takta in delovnega koraka

Čas ciklusa " t_{ij} " je trajanje dela za proces "i" v etapi "j", če to delo opravlja kapaciteta " S_{ij} ", pri čemer na splošno velja: $t_{ij} = q_{ij} / S_{ij}$. Za delo v taktu je: $q_{ij} = q_i = \text{konst.}$ in $t_{ij} = t_0 = \text{konstantni čas dela}$, od katerega je direktno odvisen skupni čas gradnje:

$T' = t_0 (n + m - 1)$, pa tudi procesni čas: $T_{pi}' = m t_0 = \text{konst.}$ in etapni čas: $T_e' = n t_0$. To pomeni, da je takt dela osnovni parameter dinamike (intenzivnosti) gradnje. Ker obenem velja da je: $T = T_v + T_{pn}$, lahko z različnimi razmerji med T_v in T_p pri njuni isti vsoti ($T = \text{konst.}$) vplivamo tako na obliko ciklograma, kot tudi na velikost kapacitet. Delovni korak "K" je časovni interval med dvema zaporednima procesoma, ki je najmanj tako dolg kot takt dela:



Slika: Določanje optimalnega delovnega takta. (Vir: Rodošek, 1985)

V primeru, da je $\Delta t_0 = 0$, je minimalni korak enak taktu dela, torej: $K = t_0$, kar pomeni, da proces "p₁" ne sme zamujati, če noče povzročiti zamude še procesu "p₂". Pravimo, da sta procesa "p₁" in "p₂" kritično blizu. V primeru, da dodelimo vsakemu taktu "t₀" še tolerantni pribitek $\Delta t_0 > 0$ (»Buffer time«), dobimo tako imenovani koridor, to je razdaljo med črtkano označeno najzgodnejšo možno lego procesa "p₂" in med polno označeno plansko lego tega procesa. Proces "p₁" sme v tem primeru tudi nekoliko zamujati, ne da bi s tem povzročal še zamude procesa "p₂", vendar ne več, kot za vrednost " Δt_0 " v vsaki etapi. Ko (in če) doseže zamuda procesa "p₁" vrednost " Δt_0 " pravimo, da nastopi kritično približanje med procesoma "p₁" in "p₂". Razlog za vpeljavo tolerance takta " Δt_0 " leži v bojazni, da bi lahko že neznatne motnje v poteku kakega procesa povzročile popolni razpad dela v taktu.

Bistvo planskih ukrepov, ki to lahko preprečijo, je v tem, da se za vsako delovno skupino pusti nekaj širši časovni interval, tako imenovani koridor napredovanja del, ki v normalnih prilikah vsebuje zadostne tolerance za konkretno situacijo.

Sprememba vsakega od obeh delov " T_v " in " T_p " ni enako pomembna za spremembo časa gradnje " T ", ki je vsota obeh delov. Podaljšanje vstopnega časa: $T_v + \Delta T_v$, pri čemer je $\Delta T_v = \Sigma \Delta t_0$, (npr. zaradi vpeljave koridorjev) se namreč odraža linearno (aditivno), saj se za enako vrednost poveča tudi skupni čas: $T + \Delta T_v$. Podaljšanje T_p pa pomeni v bistvu podaljšanje takta dela oz. naklona procesne dinamike: $t_0' = a \cdot t_0$, pri čemer je $a > 1,0$.

V tem primeru pride do progresivnega (multiplikativnega) podaljšanja časa gradnje, ki znaša sedaj: $T + m \cdot (t_0' - t_0)$. (Rodošek, 1985)

5.1.3.3 LOCATION - BASED SCHEDULING (LBS)

LBS je metoda linearnega planiranja, ki temelji na LOB metodi. Nadgradnjo predstavlja lokacijska povezanost vsake dejavnosti. Vsaki delovni ekipi predpišemo hierarhijo lokacij, kjer opravljajo dejavnosti. LBS uporablja ciklogramsko grafiko v koordinatnem sistemu (x,y), kjer x-koordinata predstavlja časovno komponento, y-koordinata pa lokacijo. Lokacije pri večnadstropnih stavbah lahko predstavljajo etaže oz. cone, na katere razdelimo posamezne etaže. LBS temelji na učinkoviti porabi delovnih virov in zmanjševanju izgub, ki predstavlja temeljno načelo vitke gradnje. Vitka gradnja predvideva sodelovanje arhitekta, projektantov, investitorja in izvajalcev že v času načrtovanja objekta, podobno kot to predvideva princip virtualne gradnje. Izgube pri vitki gradnji predstavljajo napake pri projektiranju, odpadek materiala, transport, premiki delovnih ekip, čakanje delovnih ekip, neizkoriščena delovna sila in velike zaloge. Velik del naštetih izgub lahko zmanjšamo z dobrim terminskim planom.

LBS omogoča izdelavo detajlnih planov na posameznih lokacijah s ciljem optimizacije celotnega plana, saj le s podrobnim načrtovanjem vsake dejavnosti, analize del na posamezni lokaciji in ravnovesja delovnih ekip lahko izdelamo zanesljiv in realen plan.

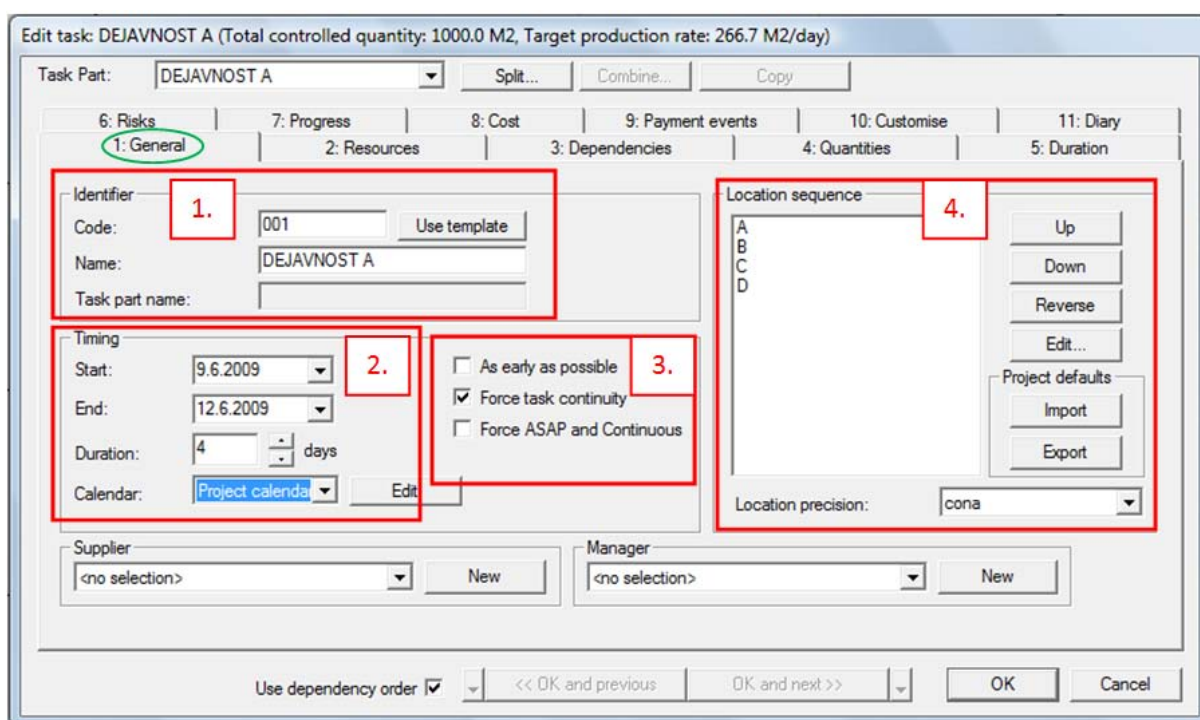
Kot osnovo za definiranje dejavnosti uporablja popis količin (t.i. Bill-of-quantity), ki vsebuje podatke o vseh količinah pridobljenih po principu Work-Breakdown-Structure. LBS nato na podlagi razpoložljivih delovnih virov, produktivnosti in delovnega ritma izračuna trajanje posameznih dejavnosti.

LBS uporablja simulacijo tveganja za posamezne dejavnosti s katero ugotavlja verjetnost začetka dogodkov, trajanja dogodkov in končanja dogodkov ter vpliv posameznega dogodka na celoten plan. Uporablja metodo Monte Carlo, ki temelji na n ponovitvah (n je vsaj 100) simulacij terminskega plana s katerimi ponazarjamo realne razmere in tako ustvarimo napoved terminskega obnašanja dejavnosti. V vsaki simulaciji uporabi naključne vrednosti, ki jih podamo kot intervale pričakovanih

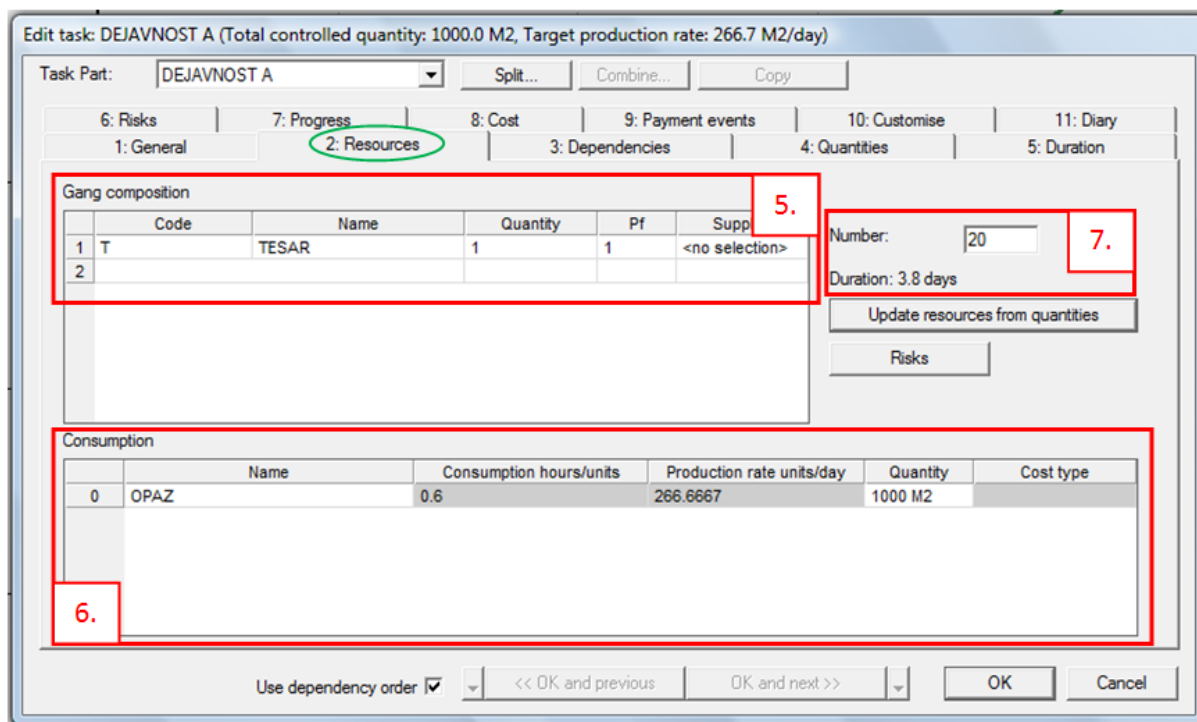
vrednosti trajanja posameznih dejavnosti. Rezultate prikažemo z grafom porazdelitve rezultatov simulacij. Statistično tako dobimo najbolj verjeten potek aktivnosti na gradbišču.

5.2 DEFINIRANJE DEJAVNOSTI V PROGRAMU VICO CONTROL

V tretjem koraku procesa virtualne gradnje v program Vico Control uvozimo vhodno XML datoteko v obliki t.i. seznama »Bill of Quantities« (Slika 8), ki vsebuje podatke 4D modela iz projektne baze podatkov, izdelane s funkcijo WBS o vseh potrebnih gradbenih in obrtniških delih na objektu, na podlagi katerih definiramo dejavnosti za potrebe planiranja. Za vsako gradbeno in obrtniško delo lahko definiramo svojo dejavnost oz. jih združimo v skupine, odvisno od detajlnosti terminskega plana.



Slika 34: Vico Control, pogovorno okno za definiranje nove dejavnosti – zavihek z osnovnimi parametri (General)



Slika 35: Vico Control, pogovorno okno za definiranje nove dejavnosti – zavihek za vnos delovnih virov (Resources)

Z definiranjem dejavnosti na podlagi seznama »Bill of Quantities« privzamemo podatke o količinah in normativne vrednosti (Slika 35, parameter št.: 6), vrsto delovnih virov (Slika 35, parameter št.: 5) in lokacije na katerih definiramo dejavnosti (Slika 34, parameter št.: 4). Ostale parametre pa določi projektni manager, na podlagi terminskih zahtev investitorja, razpoložljivih tehnologij in delovnih virov, upoštevajoč načela LBS tehnike planiranja.

Parametri št.: 1 (Slika 34, Identification)

Code: Omogoča identifikacijo dejavnosti s kodo

Name: Ime dejavnosti

Parametri št.: 2 (Slika 34, Timing)

Start: Pričakovan datum začetka dejavnosti. Ne vpliva na trajanje dejavnosti in potrebno število delovnih virov

End Time: Pričakovan datum končanja dejavnosti

Duration: Pričakovano trajanje dejavnosti v delovnih dnevih. Sinhronizirano s parametrom End Date, samodejno izračuna trajanje dejavnosti in obratno.

Calendar: Izbira koledarja, ki vsebuje podatke o praznikih, prostih delovnih dneh, delovnem času.

Parametri št.: 3 (Slika 34, Work continuity)

As early as possible: Dejavnost se mora začeti takoj ko je mogoče, glede na potek predhodnih dejavnosti, ki pogojujejo začetek

Force task continuity: Zahtevamo kontinuiran potek dejavnosti

Force ASAP and Continuous: Zahtevamo izpolnitev obeh zahtev; As early as possible in Force task continuity

Parametri št.: 7 (Slika 34, Crew number)

Number: število delovnih virov definiranih s parametrom št. 5 (Slika 35).

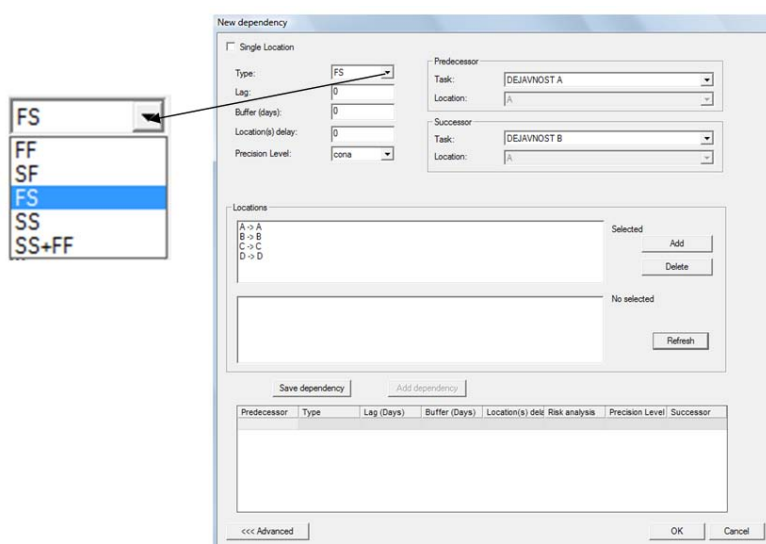
5.3 DEFINIRANJE POVEZAV MED DEJAVNOSTMI V PROGRAMU VICO CONTROL

Program Vico Control omogoča določitev petih tipov povezav oz. odvisnosti med lokacijsko definiranimi dejavnostmi . Povezavo med posameznimi dejavnostmi lahko določimo na poljubni ravni lokacijske razdelitve (objekt, etaže, cone).

Postopek definiranja povezave med dejavnostma A (predhodnik) in B (naslednik):

1. Korak: izbira tipa povezave

- a. FINISH – FINISH (FF): Dejavnost B se konča, ko se konča dejavnost A
- b. FINISH-START (FS): Dejavnost B se konča, ko se konča dejavnost A
- c. START-START (SS): Dejavnost B se začne, ko se začne dejavnost A
- d. START-FINISH (SF): Dejavnost B se začne, ko se konča dejavnost A
- e. FINISH-FINISH + START-START (FF + SS):
Dejavnost B se začne, ko se začne dejavnost A in konča, ko se konča dejavnost A



Slika 36: Vico Control, pogovorno okno v katerem definiramo povezavo med dejavnostmi.

2. Korak: Določimo čas T_1 [delovni dan] (Lag) med dejavnostmi

a. FINISH – FINISH (FF):

$T_1=0$, sledi: Dejavnost B se konča, ko se konča dejavnost A

$T_1<0$, sledi: Dejavnost B se konča T_1 dni preden se konča dejavnost A

$T_1>0$, sledi: Dejavnost B se konča T_1 dni po končanju dejavnosti A

b. FINISH-START (FS):

$T_1=0$, sledi: Dejavnost B se začne, ko se konča dejavnost A

$T_1<0$, sledi: Dejavnost B se začne T_1 dni preden se konča dejavnost A

$T_1>0$, sledi: Dejavnost B se začne T_1 dni po končanju dejavnosti A

c. START-START (SS):

$T_1=0$, sledi: Dejavnost B se začne, ko se začne dejavnost A

$T_1<0$, sledi: Dejavnost B se začne T_1 dni preden se začne dejavnost A

$T_1>0$, sledi: Dejavnost B se začne T_1 dni po začetku dejavnosti A

d. START-FINISH (SF):

$T_1=0$, sledi: Dejavnost B se konča, ko se začne dejavnost A

$T_1<0$, sledi: Dejavnost B se konča T_1 dni po začetku dejavnosti A

$T_1>0$, sledi: Dejavnost B se konča T_1 dni pred začetkom dejavnosti A

e. FINISH-FINISH + START-START (FF + SS):

Povezava predstavlja kombinacijo in združuje pravila obeh povezav opisanih v točkah a. in c.

3. Korak: Določimo prosti delovni čas T_2 [delovni dan] (Buffer Time) med dejavnostmi

a. FINISH – FINISH (FF):

$T_2<0$, sledi: Dejavnost B se lahko konča T_2 dni preden se konča dejavnost A

$T_2>0$, sledi: Dejavnost B se lahko konča T_2 dni po končanju dejavnosti A

b. FINISH-START (FS):

$T_2 < 0$, sledi: Dejavnost B se lahko začne T_2 dni preden se konča dejavnost A

$T_2 > 0$, sledi: Dejavnost B se lahko začne T_2 dni po končanju dejavnosti

c. START-START (SS):

$T_2 < 0$, sledi: Dejavnost B se lahko začne T_2 dni preden se začne dejavnost A

$T_2 > 0$, sledi: Dejavnost B se lahko začne T_2 dni po začetku dejavnosti A

d. START-FINISH (SF):

$T_2 < 0$, sledi: Dejavnost B se lahko konča T_2 dni po začetku dejavnosti A

$T_2 > 0$, sledi: Dejavnost B se lahko začne T_2 dni pred začetkom dejavnosti A

e. FINISH-FINISH + START-START (FF + SS):

Povezava predstavlja kombinacijo in združuje pravila obeh povezav opisanih v točkah a. in c.

4. Korak: Določimo lokacije na katerih sta definirani dejavnosti A in B, za katere velja povezava.

6 UPORABA PROGRAMA VICO CONTROL 2009 PRI NAČRTOVANJU GRADNJE POSLOVNO STANOVANJSKEGA OBJEKTA BISTRA A4

6.1 PREDSTAVITEV STANOVANJSKO POSLOVNEGA OBJEKTA D12 – SOSESKA BISTRA – OBJEKT A4

Stanovanjsko poslovni objekt A4 spada v novo sosesko v Domžalah na območju opuščene tovarne Helios. Zazidalno območje D12 BISTRA sestavlja osem novo oblikovanih samostojnih blokov (od A1 do A8) na skupni kletni etaži. Objekt A4 je zasnovan kot večnadstropna stavba (K + P + 4N + M), ki je po etažah razdeljena na klet v kateri se nahajajo parkirišča, shrambe stanovalcev, sušilnica, kolesarnica in prostori za instalacije. V pritličju se nahaja šest poslovnih prostorov z lastnimi zunanjimi vhodi, glavni vhod za stanovalce ter tri stanovanja z zunanjimi atriji. V projektu so poslovni prostori obdelani do podaljšane 3. gradbene faze (brez zaključno obrtniških del). Poslovnim prostorom je določena namembnost za neživilsko trgovsko dejavnost, pisarniško dejavnost in mirne storitvene dejavnosti, ki nimajo prekomernih hrupnih obremenitev in ne povzročajo posebnih vplivov na okolje oziroma na okolico. V 1. - 4. nadstropju se nahaja po 8 stanovanj v etaži. Stanovanja imajo zastekljene lože. V mansardi se nahajajo štiri stanovanja z terasami. Skupaj je predvidenih 39 stanovanj in 6 poslovnih prostorov. Dvoramno stopnišče in dvigalo povezujeta stanovanja v pritličju in zgornjih nadstropjih s kletjo. Objekt A4 je zasnovan v gabaritih pravokotne oblike (37,5m dolžine v smeri S-J, 16,3m širine v smeri V-Z). Kota kleti je na -3,03m, betonska konzola kot vrh ograje teras mansardnih stanovanj je +16,21m nad koto pritličja (0,00). Streha je dvokapnica, s čopom v blagem naklonu, slemenska lega je +20,43m nad pritličjem. Nosilna konstrukcija je zasnovana iz AB elementov. Raster nosilnih zidov se prilagaja funkcionalni shemi stanovanja v etažah, medtem ko raster nosilnih stebrov kletnega parkirišča omogoča obojestransko pravokotno parkiranje z vmesnim dovozom (7,5m x 8,1m). Temelji objekta so pasovni, armirano betonski (AB), na parkirišču v kleti pa so temelji točkovni. Stropne konstrukcije nad vsemi etažami, vključno z mansardo so predvidene kot AB plošče, ojačene z AB nosilci, kjer je to

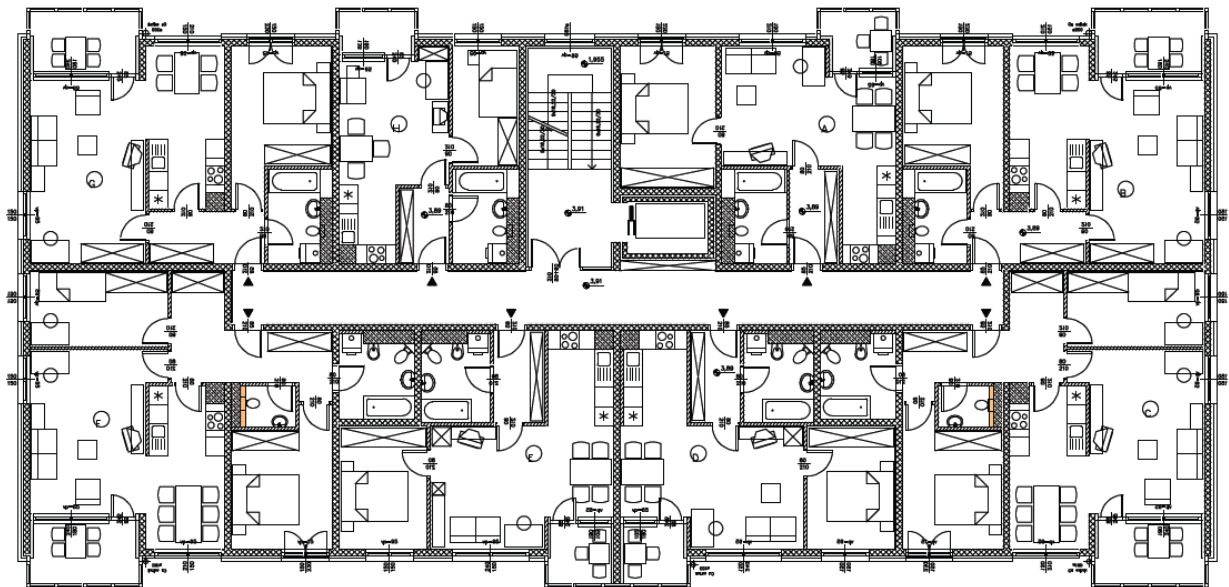
potrebno. Stropna plošča nad parkiriščem je podprta z AB ortogonalnimi stebri in AB vutami. Predelne stene v kleti, nadstropjih in mansardi so zidane z opečnim modularnim blokom ($d_1=9\text{cm}$, $d_2=19\text{cm}$). Tlaki so izvedeni kot plavajoči podi, razen v poslovnih prostorih, kjer je predvidena zgolj AB plošča (3. podaljšana faza). V kleti je predviden liti asfalt na podložnem betonu. Streha je sestavljena iz lesenih konstrukcijskih elementov (leg, soh, ročic, špirovcev) in na terasah podprta z jeklenimi stebri. Vidni deli napušča so oblikovani z ravnim spuščnim stropom iz skobljanih desk in okrasnih špirovcev in leg. Podstreha je neizkoriščena in prezračevana skozi zračnike v kapu in na slemenu. Hidroizolacija je predvidena povsod pod objektom (nad temelji) in povsod tam, kjer je objekt v stiku z zemljo. Notranji betonski zidovi so glajeni in slikani z poldisperzijsko barvo, razen stopnišča in notranjih hodnikov v vseh etažah, ki so dodatno obloženi z toplotno izolacijo in mavčno kartonskimi ploščami. Te so na stikih bandažirane, kitane in slikane s poldisperzijsko barvo. Predelne stene iz opečnega modularca so obojestransko grobo in fino ometane, glajene in slikane. Stene sanitarnih prostorov in čistil so obložene s keramičnimi ploščicami. Tlaki v posameznih prostorih so obdelani glede na namen; kamen, keramika, parket, protiprašni premaz in asfalt. Vhodna vrata v stanovanja so protivlomna, s kovinskim podbojem in požarno, dimotesno ter zvočno zaščitena. Notranja vrata so lesena s suhomontažnim furnirnim podbojem in lesenim okvirjem. Vrata med stopniščem in notranjimi hodniki so zastekljena v aluminijastih okvirjih in požarno odporna, zastekljena so z izolacijskim steklom. Glavna vhodna vrata so iz aluminijastih okvirjev in zastekljena z varnostnim steklom. Vrata shramb so lesena z kovinskimi podboji. Kletno parkirišče pa varujejo rolo vrata z odpiranjem na kartico. Fasada je toplotno zaščitena, obložena z naravnim granitom, fasadno opeko in tankoslojno fasado. Zunanja ureditev sestavljajo prane plošče in zelenice z zasajenimi drevesi .



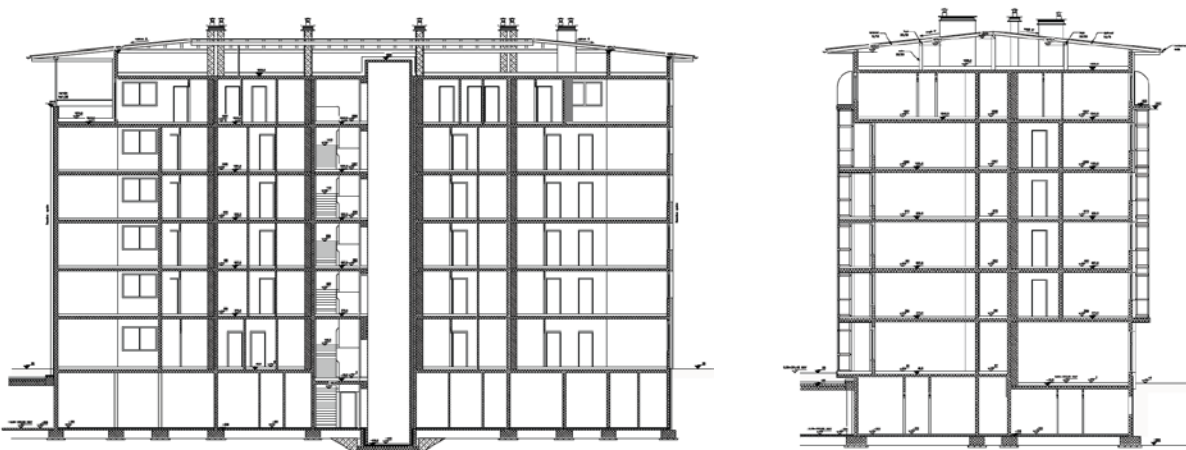
Slika: Stanovanjsko poslovna soseska Bistra (Vir: Arhitekti Breskvar)



Slika: Objekta A4 (Vir: Arhitekti Breskvar)



Slika: Tloris tipične etaže (Vir: Arhitekti Breskvar)



Slika: Vzdolžni in prečni prerez objekta A4 (Vir: Arhitekti Breskvar)

6.2 PREDSTAVITEV PREDVIDENEGA TERMINSKEGA PLANA, KI JE BIL IZDELAN ZA OBJEKT

Terminski plan je bil izdelan s pomočjo programa Microsoft Project, vendar kot slika, ki predstavlja gantogram. Vodja gradbišča je izdelal terminski plan na podlagi popisa del, s pomočjo programa Microsoft Excel, v katerem je z upoštevanjem normativov izračunal potrebne delovne ure za vsako dejavnost. Na podlagi podatkov

o trajanju posameznih dejavnosti je izdelal terminski plan v gantogramski obliki, ki vsebuje le informacijo o začetnem času in trajanju dejavnosti. Uporabljenih ni nobenih virov ali norm, kljub temu, da program tovrstne tehnike dobro podpira. V gantogramu so navedene delovne operacije, ki pa niso popolne in razčlenjene v celoti, niti ni vzpostavljenih logičnih odvisnosti, ki jih program omogoča (FS, SF, SS, FF). Izdelana sta bila dva terminska plana. Prvi je vseboval celoten proces gradnje; gradbena in obrtniška dela, vključno z ureditvijo okolice. V drugem planu je bil razčlenjen potek gradnje nosilne konstrukcije (nosilci, stebri, plošče, stene).

Objekt A4 se je gradil v okviru lastnih gradenj, ki zagotavljajo kontinuirano delo podjetju, zato je bila celotna soseska Bistra planirana tako, da se vsako leto zgradi en blok. Začetek gradnje objekta A4 je bil predviden za 19. september 2006, ko je izvajalec zemeljskih del začel z izkopom gradbene jame v velikosti 3650 m³. Za gradnjo konstrukcijskih elementov (nosilne konstrukcije) je bil predviden čas od 2. oktobra 2006 do 29. marca 2007. Dela v posamezni etaži so bila pri betoniranju plošč razdeljena na dve etapi, medtem ko so se stene in stebri betonirali v več etapah, zaradi omejene količine razpoložljivih opažnih elementov. Povprečno je bilo na gradbišču z enim žerjavom od 20 do 25 delavcev (8-12 tesarjev, 5-8 zidarjev, 5 železokrivcev). S tako zasedbo delovne sile so dosegli predvideno produktivnost (cca 3 tedne/etažo.) Delovne ekipe tesarjev in zidarjev so predstavljali lastni delavci; zaposleni v podjetju SGP Graditelj d.d, pod vodstvom izkušenih delovodji, ki dobro poznajo zmogljivosti delovne ekipe in razpoložljive opreme. Za vsa obrtniška dela in polaganje armature so bile sklenjene pogodbe s podizvajalskimi podjetji, ki so predvidevale plačilo po izvedenih delih (eur/ton). Podizvajalci so morali sami izračunati in zagotoviti potrebne delovne ekipe, za izpolnitev pogodbenih rokov, ki so bili predvideni v terminskem planu. Terminski plan predvideva končanje finalnih del na objektu do 11. septembra 2007, medtem ko morajo biti do 17. avgusta 2007 dela izvedena v taki meri, da je mogoče izvesti geodetski posnetek objekta za izdelavo Projekta izvedenih del (PID), ki je pogoj za tehnični pregled objekta (predviden 17. oktobra 2007) in izdajo uporabnega dovoljenja za objekt.

(Priloga: terminski plan Bistra A4).

6.3 TERMINSKI PLAN GRADBENIH DEL NA OBJEKTU A4 IZDELAN S PROGRAMOM VICO CONTROL 2009

6.3.1 OPIS

S programom Vico Control 2009 sem izdelal več variant terminskega plana za gradbena dela objekta A4. Kot štipendist podjetja SGP Graditelj d.d. bom po končani diplomi deloval v operativnem sektorju podjetja, zato sem se postavil v vlogo vodje gradbišča kot odgovornega vodja del, ki mora pred začetkom gradnje izdelati terminski plan z upoštevanjem razpoložljivih delovnih virov, predvidenih rokov izgradnje soseske Bistra in lokacijskih omejitev na gradbišču. Pri tem sem se osredotočil na gradbena dela, ki jih podjetje neposredno izvaja s svojimi delavci. Če želimo pri planiranju dejavnosti tekom gradnje upoštevati teoretične predpostavke »Line of Balance« in »Location Based Scheduling« moramo terminski plan izvesti detajlno na ravni predračunskih postavk (tesarska, betonerska, železokrivska, zemeljska dela, itd), ki omogočajo nadzor nad porabo delovne sile in medsebojno odvisnostjo posameznih lokacijsko definiranih delovnih aktivnosti. Upoštevamo osem urni delavnik ($8 \times 6 = 42$ urni delovni teden) in zaprtje gradbišča med božično-novoletnimi prazniki (23.12 – 2.1.). Z analizo tveganja želim izvedeti vpliv zimskih razmer oz. nihanje produktivnosti posameznih delovnih ekip na trajanje projekta. Za verjetnostno analizo določimo razrede pričakovanih vrednosti:

Name	Color	Start of schedule task			Schedule task duration			Start risk			Come-back delay			Production factor distribution		
		Min	Expected	Max	Min	Expected	Max	Min	Expected	Max	Min	Expected	Max	Min	Expected	Max
LOW	Red	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	3	8	0.7	0.9	1.2
ZIMA	Blue	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0.5	0.7	1
Zero	Black	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	Black	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Slika 37: Intervali pričakovanih vrednosti pri analizi tveganja

Kot rok izvedbe del (End date), navedemo datum končanja del po terminskem planu + 14 dni. Zanima nas verjetnost realizacije terminskega plana na dva tedna natančno. Normative, ki sem jih uporabil pri definiranju dejavnosti, sem povzel po GNG Gradbenih normah v primerjavi z lastnimi gradbenimi normami podjetja SGP Graditelj d.d.. Čeprav GNG Gradbene norme definirajo delo posameznih postavk z

PK in KV kvalifikacijo delovne sile, sem v simulacijah poenostavil sestavo delovnih ekip na tesarje, polagalce armature in zidarje, saj to omogoča boljši pregled nad porabo delovne sile.

Normativi, uporabljeni pri izdelavi terminskega plana.

Zemeljska dela:

- Strojni izkop gradbene jame (gramozno zemljišče): $0,034\text{h/m}^3$ (bager)
- Planiranje terena s točnostjo $\pm 3\text{cm}$: $0,2\text{ h/m}^2$
- Zasip pasovnih temeljev z prodom: $0,64\text{ h/m}^3$

Tesarska dela:

- Opaženje ravnih betonskih zidov in temeljev: $0,6\text{ h/m}^2$
- Razopaženje ravnih betonskih zidov in temeljev: $0,28\text{ h/m}^2$
- Opaženje AB plošč z opažnimi ploščami: $0,64\text{ h/m}^2$
- Razopaženje AB plošč z opažnimi ploščami: $0,38\text{ h/m}^2$

Zidarska, armiranobetonska in železokrivska dela:

- Strojno vgrajevanje betona v AB konstrukcije prereza nad $0,3\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{m}^1$: $1,1\text{ h/m}^3$
- Strojno vgrajevanje betona v AB plošče in stene debeline do 20 cm: $2,4\text{ h/m}^3$
- Vgrajevanje podložnega betona debeline cca. 10 cm za pasovne temelje: $3,6\text{ h/m}^3$
- Zidanje opečnih tankih zidov in predelnih sten: $1,2\text{ h/m}^2$
- Polaganje in vezanje enostavne armature: 22 h/ton
- Polaganje in vezanje armature AB sten: 23 h/ton
- Polaganje in vezanje armature AB plošč: 16 h/ton

Hidroizolacije:

- Hidroizolacija temeljev – stena s premazom Hidrotes: $0,85\text{ h/m}^2$

6.3.2 VARIANTA 0 – osnovna varianta

Varianta 0 predstavlja osnovno varianto, s katero sem poizkušal izdelati terminski plan, ki se bo čim bolj ujemal z obstoječim terminskim planom. Pri izdelavi sem upošteval podatke o delovnih ekipah, ki sem jih dobil od vodje gradbišča celotne soseske Bistra. Etaže sem razdelil na dve coni. Tako so dejavnosti definirane na dveh conah v posamezni etaži. Predpostavil se po eno delovno ekipo za posamezno dejavnost, ki po končanju dejavnosti na lokaciji A, začne z delom na lokaciji B (v vsaki etaži). Terminski plan vsebuje tri bistvene odvisnosti med dejavnostmi:

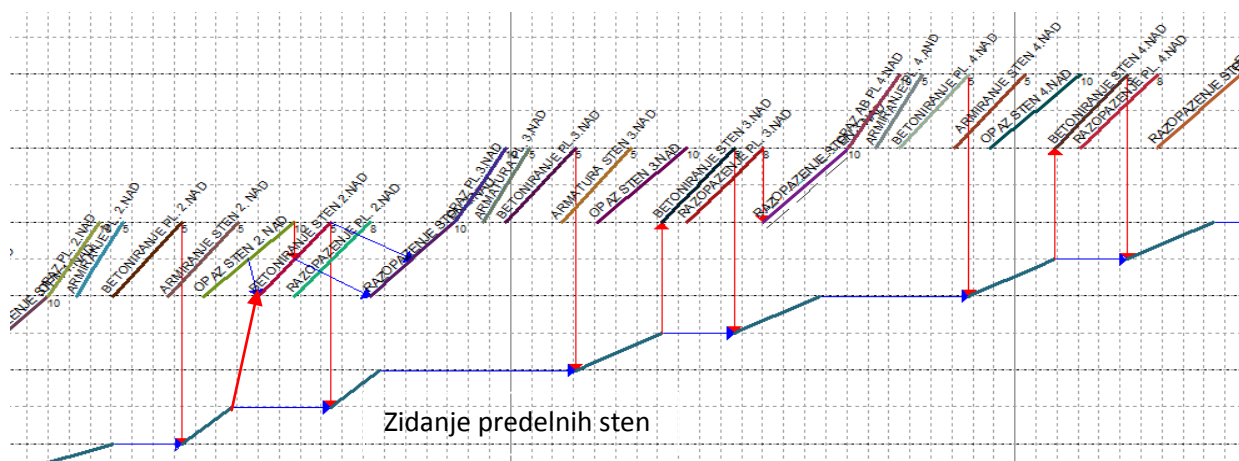
- lokacijsko odvisnost: Pr: Ekipa zidarjev mora počakati polagalce armature in tesarje, sej šele nato lahko pričnejo z betoniranjem na isti lokaciji.

- kapacitivno odvisnost: Trajanje dejavnosti je odvisno od razpoložljivih delovnih virov.

- tehnološko odvisnost: Pr: Razopaženje plošče lahko izvedemo šele po sedmih dneh od betoniranja, saj beton šele takrat pridobi zadostno trdnost. (OP: Betonu ne dodajamo dodatkov za pospešitev vezanja)

Graf delovne sile (Slika 39) nam prikazuje zasedenost in prosti čas delovnih ekip. Prosti čas predstavlja čas, ko delovne ekipe oz. posameznih delavcev ne potrebujemo in jih lahko uporabimo za druge dejavnosti ali pa jih pošljemo na drugo gradbišče. Na gradbišču je maksimalno 20 delavcev, ki jih lahko oskrbuje en žerjav. Na podlagi podatkov o številu delovnih virov lahko načrtujemo tudi organizacijo gradbišča (oprema, jedilnica, sanitarije, itd). Prav tako imamo podatke o prisotnosti kooperantskih delavcev, vendar njihov prosti čas oz. izraba tega z vidika podjetja SGP Graditelj d.d. nista pomembna.

Za zidanje predelnih sten z modularno opeko v coni A uporabimo prosti čas zidarjev med betoniranjem AB plošče in AB stenami, za zidanje predelnih sten v coni B pa prosti čas med betoniranjem AB sten in AB plošče naslednjega nadstropja. Zaradi lokacijske odvisnosti dejavnosti Zidanje predelnih sten, se lahko ta začne, ko se končajo vse druge dejavnosti v isti etaži. Pr: Zidanje predelnih sten v kleti lahko začnemo, ko razopažimo stene v kleti in ploščo nad kletjo. Čeprav pri planiranju stremimo k načelom LOB teorije, ki predvideva kontinuiran potek dejavnosti, pri zidanju predelnih sten tega načela ne upoštevamo.



Slika 40: Med dejavnosti, ki uporabljajo isto delovno ekipo, določimo odvisnosti, ki zagotavljajo enakomerno porabo delovne sile.

Delovne ekipe:

	Armatura:	Tesarji:	Zidarji:
1. delovna ekipa	5	10 (8)	5

Začetek del: 19. September 2006

Konec del: 28. Julij 2007

Preglednica 1: Porabljene delovne ure V0

	EFEKTIVNE URE	CELOTEN ČAS	AKORD:
VSE EKIPE	23.277	32.551	0,72
ARMATURA:	3.564		
TESARJI:	12.755	18.688	0,68
ZIDARJI:	6.833	10.173	0,67

Preglednica 2: Porabljeni delovni dnevi V0

	[dni]
ŠT. VSEH DELOVNIH DNI:	260
ŠT. DEL. DNI / ETAŽO	28
ŠT. DEL. DNI / PRTLČIČJE	29
ŠT. DEL. DNI / KLET	63

Akord predstavlja razmerje med efektivno porabo delovnih ur in celotnim številom delovnih ur, ki jih delavci opravijo, če so ves čas prisotni na gradbišču; tudi v prostem času. Sorazmerno nizek akord je posledica prostega delovnega časa tesarjev in zidarjev.

$$AKORD = \frac{EFEKTIVNE\ DEL.\ URE}{CELOTNI\ ČAS}$$

ANALIZA TVEGANJA ZA VARIANTO – 0

ZIMSKE RAZMERE:

Glede na terminski plan dejavnostim v zimskih mesecih (december, januar, februar) dopustimo odstopanje od normativnih vrednosti zaradi slabega vremena.

Predpostavimo podaljšanje aktivnosti od 30 do 50 procentov ob morebitnem slabem vremenu, ki bi onemogočal normalne pogoje dela na gradbišču. V zimskem času potekajo dejavnosti NK pritličja, 1. nadstropja in AB plošča 2. nadstropja. V primeru zimskih razmer se datum končanja del zamakne za cca. 5 tednov (pričakovan datum je 1.9.2007).

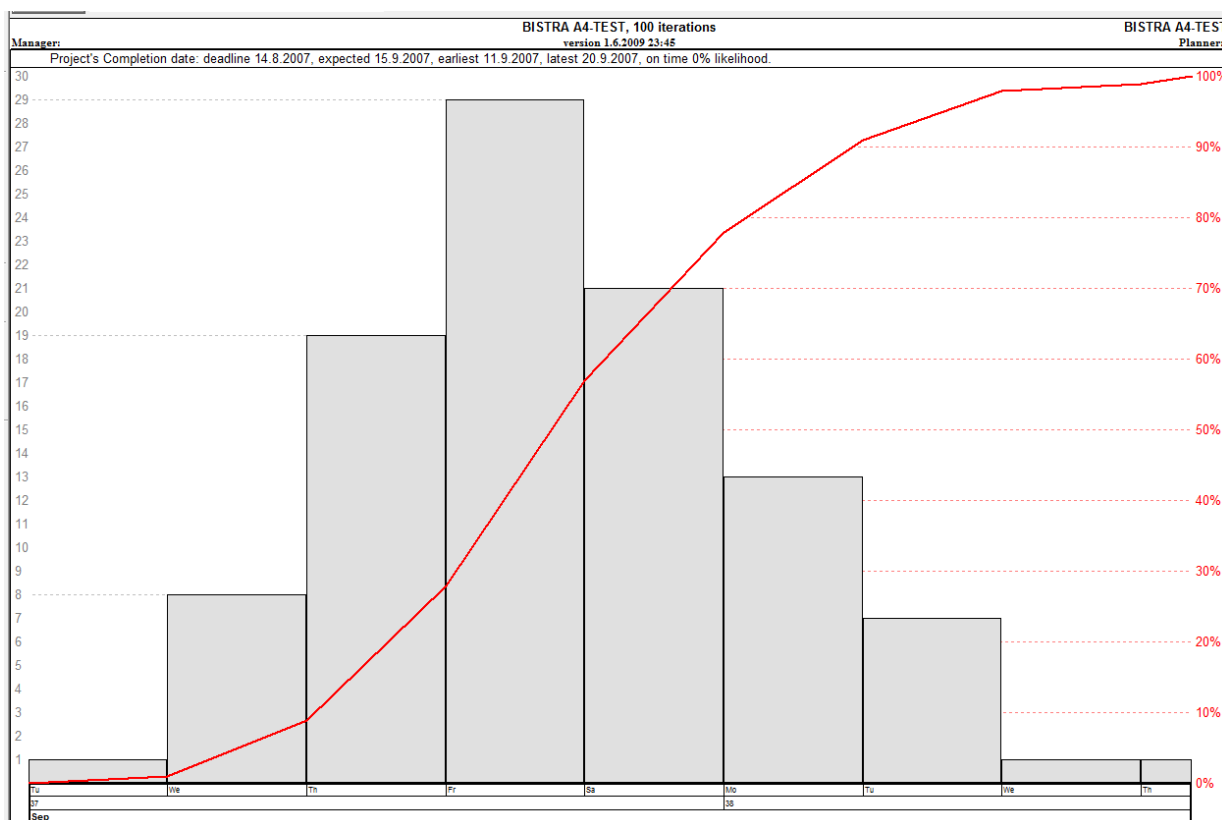
Preglednica 3: Porabljene delovne ure V0 – ZIMA

	EF. URE: IDEALNI TERMINSKI PLAN	EF. URE: UPOŠTEVANA ANALIZA TVEGANJA ZIMA	RAZLIKA [%]
VSE EKIPE	23.277	25.951	+ 11%
ARMATURA:	3.564	4.034	+ 13%
TESARJI:	12.755	14.364	+ 13%
ZIDARJI:	6.833	7.427	+ 9%

Zimske razmere povečajo stroške tesarske ekipe za 13% in stroške zidarske ekipe za 14%.

TVEGANJE ZARADI NIHANJA PRODUKTIVNOSTI

V terminskem planu predpostavimo idealne razmere, brez zamud. Delovne ekipe delajo z »naravnim ritmom«; tako za vse dejavnosti predpostavimo faktor produktivnosti 1.0. Realno stanje na gradbišču pravi, da stopnja produktivnosti delovnih ekip niha. S podanim intervalom pričakovanih vrednosti faktorja produktivnosti zajamemo nihanje ritma delovnih ekip, pričakovane izostanke delavcev zaradi zdravstvenih težav in koriščenja dopustov ter krajše zamude pri menjavi ekip na posamezni lokaciji. Vsem dejavnostim določimo razred stopnje tveganja LOW (Glej tabelo razredov stopnje tveganja na strani 59).



Slika 41 : Graf porazdelitve datumov končanja gradbenih del ob upoštevanju realnega delovnega ritma (1000 ciklov)

V primeru realnega delovnega ritma se datum končanja del zamakne za cca. 7 tednov (pričakovan datum je 15.9.2007).

Preglednica 4: Porabljene delovne ure V0 – REALNO

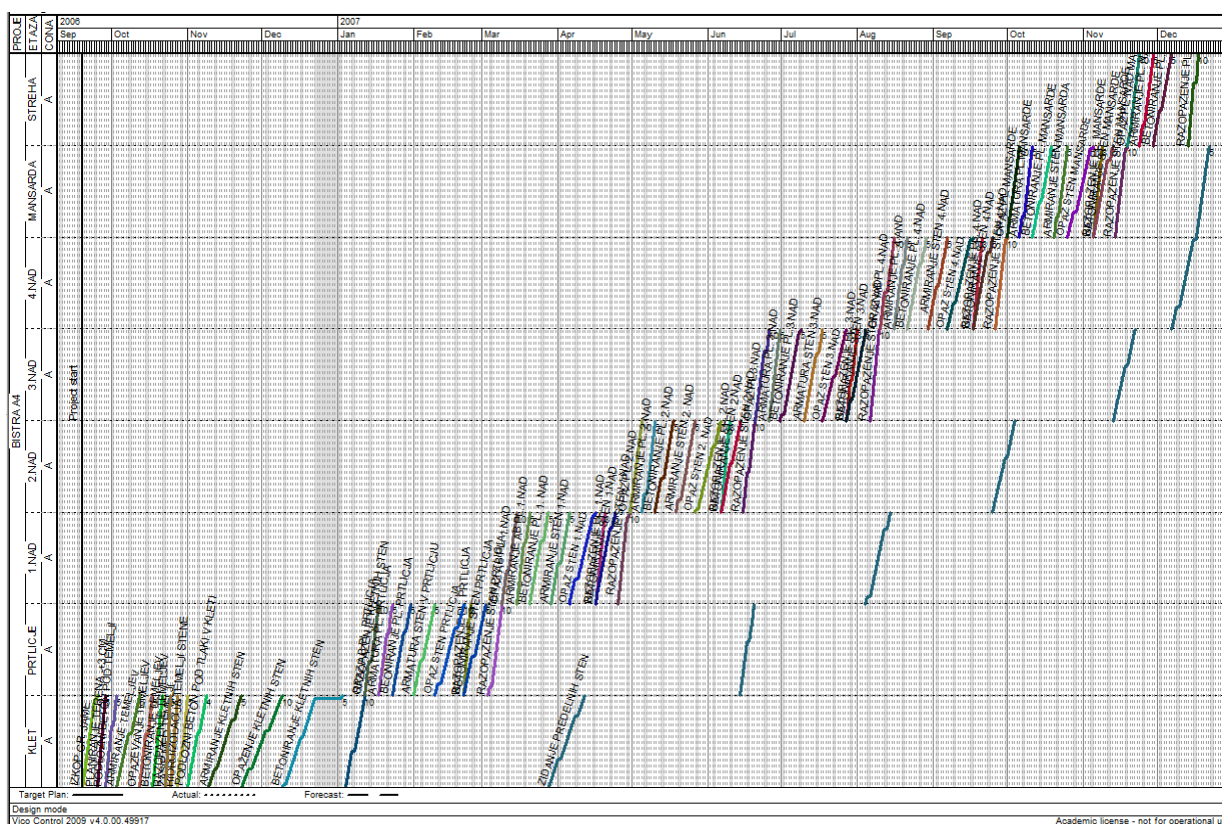
	EF. URE: IDEALNI TERMINSKI PLAN	EF. URE: UPOŠTEVANA ANALIZA TVEGANJA	RAZLIKA [%]
VSE EKIPE	23277	25864	+ 11%
ARMATURA:	3564	3960	+ 11%
TESARJI:	12755	14172	+ 11%
ZIDARJI:	6833	7592	+ 11%

V realnih razmerah lahko pričakujemo povečanje stroškov tesarske in zidarske ekipe za 11%.

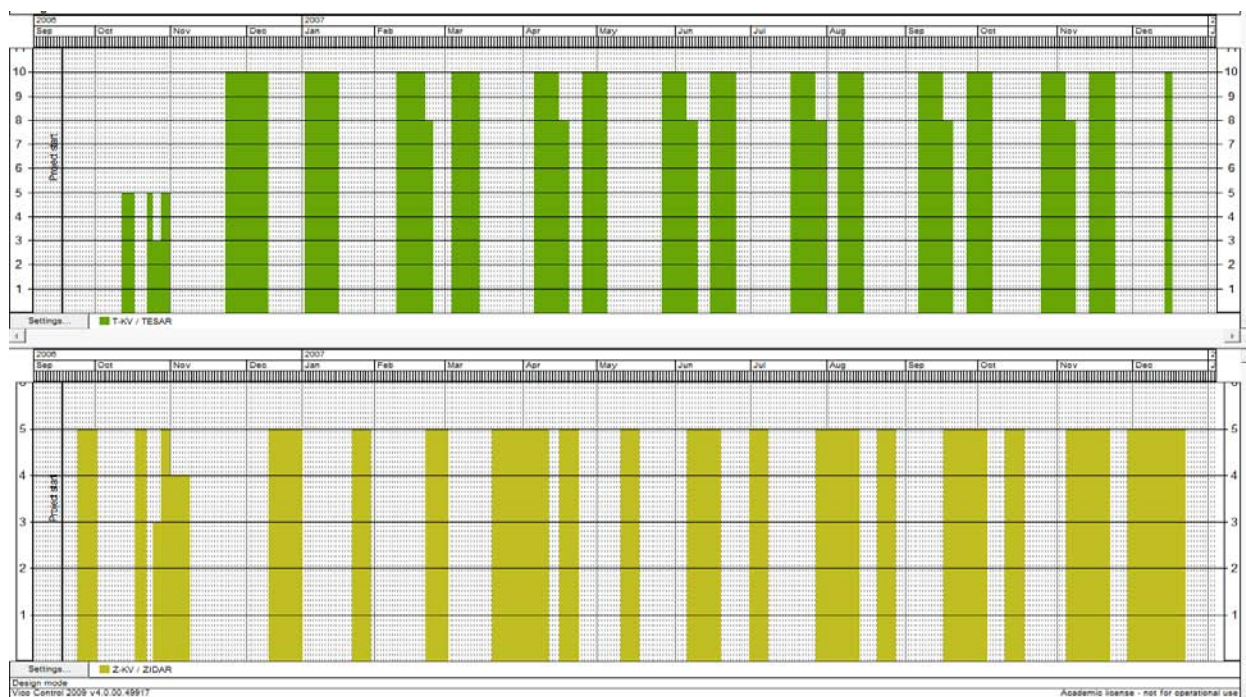
Kljub temu, da dela potekajo v dveh etapah, še vedno potrebujemo opazne elemente za celo AB ploščo, saj betoniranju plošče v coni A takoj sledi betoniranje v coni B, medtem ko opaž plošče ne smemo razopažiti prej kot v 7 dneh oz. moramo ploščo razopaževati izmenično in jo podpreti z podpornimi elementi.

6.3.3 VARIANTA 1

Varianta 1 predstavlja osnovno varianto terminskega plana, vendar posamezne etaže niso več razdeljene v dve coni. Etaža predstavlja lokacijo, na kateri definiramo dejavnosti. Predpostavimo, da dela v etaži potekajo v eni etapi z eno delovno ekipo za posamezne dejavnosti.



Slika 42: Terminski plan Variante 1



Slika 43: Graf delovne sile za tesarje (zgoraj) in zidarje (spodaj)

Delovne ekipe:

	Armatura:	Tesarji:	Zidarji:
delovna ekipa	5	10 (8)	5

Začetek del: 19. September 2006

Konec del: 22. December 2007

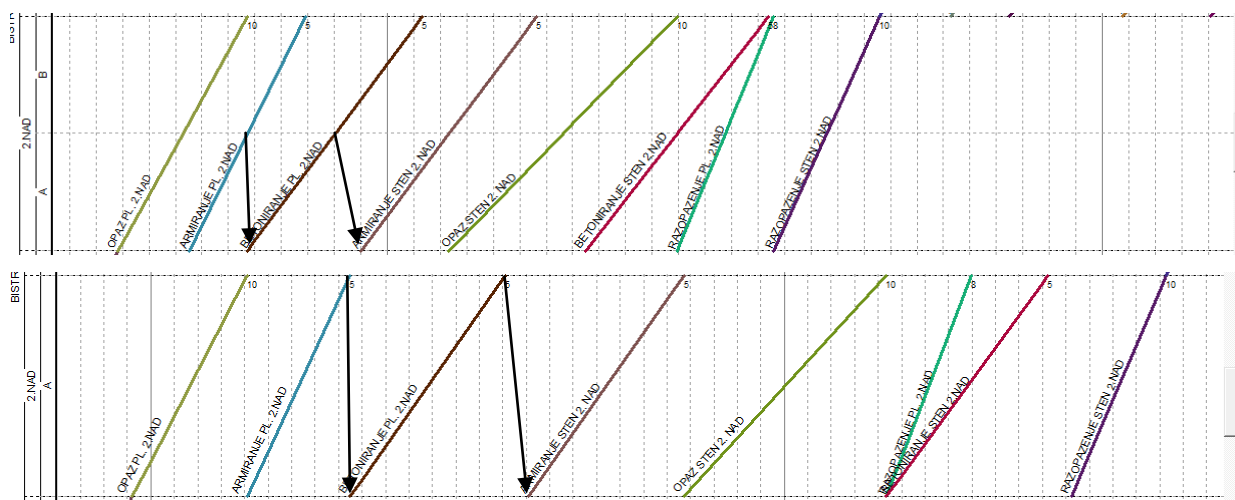
Preglednica 5: Porabljene delovne ure V1

	EFEKTIVNE URE	CELOTEN ČAS	AKORD:
VSE EKIPE	23462	46305	0,51
ARMATURA:	3564		
TESARJI:	12691	27414	0,46
ZIDARJI:	7081	15201	0,47

Preglednica 6: Porabljeni delovni dnevi V1

	[dni]
ŠT. VSEH DELOVNIH DNI	385
ŠT. DEL. DNI / ETAŽO	44
ŠT. DEL. DNI / PRTLČIČJE	47
ŠT. DEL. DNI / KLET	91

V primerjavi z Varianto 1 se gradnja podaljša za 125 delovnih dni. Kljub enako številnim delovnim ekipam, se zaradi spremembe organizacije dela občutno zmanjša akord tesarjev in zidarjev. Povečajo so prosti časi delovnih ekip, ki predstavljajo več kot polovico delovnega časa. Dejansko bi lahko ob taki produktivnosti gradbišča vzporedno gradili dva objekta. Gradnja tipične etaže (1.-4. etaže) se poveča za 16 dni, pritličja za 18 dni in kleti za 28 dni.



Slika 44: Primerjava gradnje 2. nadstropja v terminskem planu Variante 0 (zgoraj) in Variante 1 (spodaj)

Pri Varianti 0 se dejavnost lahko začne, ko se konča predhodna dejavnost na lokaciji A, medtem ko se pri Varianti 1 dejavnost lahko začne, ko je predhodna dejavnost končana v celotni etaži. To povzroči čakanje in povečuje prosti čas delovnih ekip.

ANALIZA TVEGANJA ZA VARIANTO – 1

ZIMSKE RAZMERE:

V zimskem času potekajo dejavnosti betoniranja in razopaženja kletnih sten in NK pritličja. V primeru zimskih razmer se datum končanja del zamakne za cca. 4 tedne (pričakovan datum je 23.1.2007).

Preglednica 7: Porabljene delovne ure V1-ZIMA

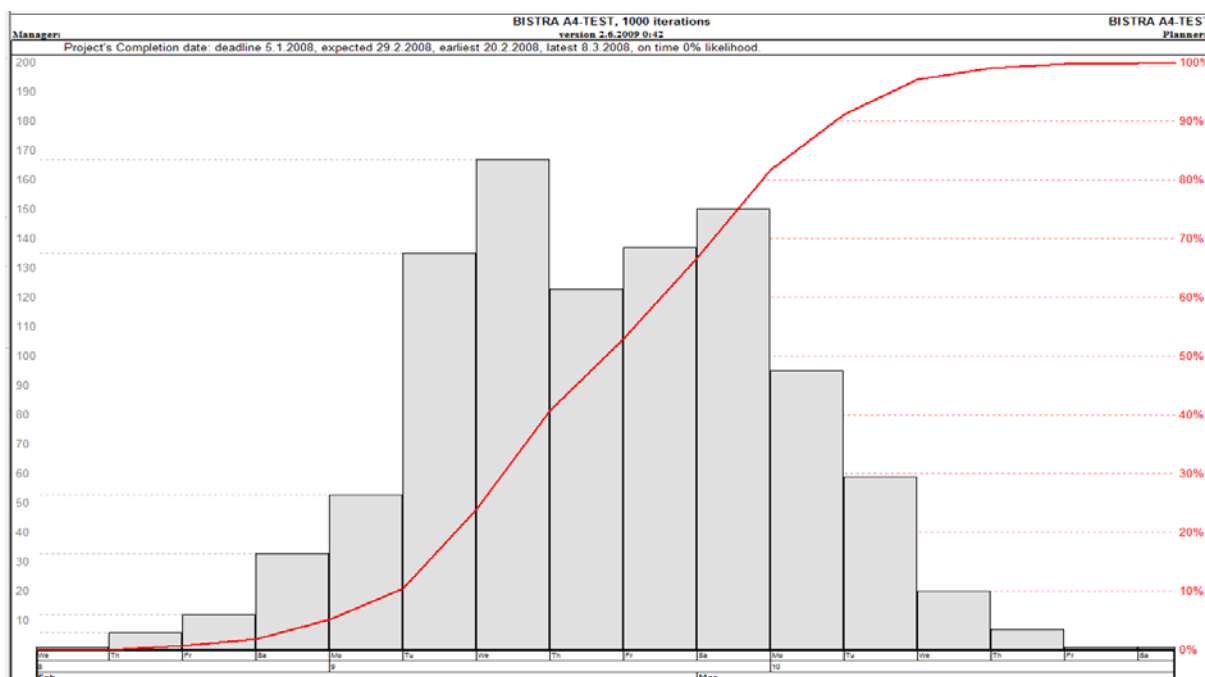
	EF. URE: IDEALNI TERMINSKI PLAN	EF. URE: UPOŠTEVANA ANALIZA	RAZLIKA [%]
VSE EKIPE	23462	25093	+ 7%
ARMATURA:	3564	3770	+ 6%
TESARJI:	12691	13666	+ 8%
ZIDARJI:	7081	7531	+ 6%

Zimske razmere povečajo stroške tesarske ekipe za 8% in stroške zidarske ekipe za 6%.

Vpliv zimskih razmer na potek del in stroške delovne sile je manjši kot pri Varianti 0, vendar samo zato ker v zimskem času poteka manj dejavnosti.

TVEGANJE ZARADI NIHANJA PRODUKTIVNOSTI

Vsem dejavnostim določimo razred stopnje tveganja LOW (Glej tabelo razredov stopnje tveganja na strani 59).



Slika 45: Graf porazdelitve datumov končanja gradbenih del ob upoštevanju realnega delovnega ritma (1000 ciklov)

V primeru realnega delovnega ritma se datum končanja del zamakne za cca. 10 tednov (pričakovan datum je 29.2.2008).

Preglednica 8: Porabljene delovne ure V1 – REALNO

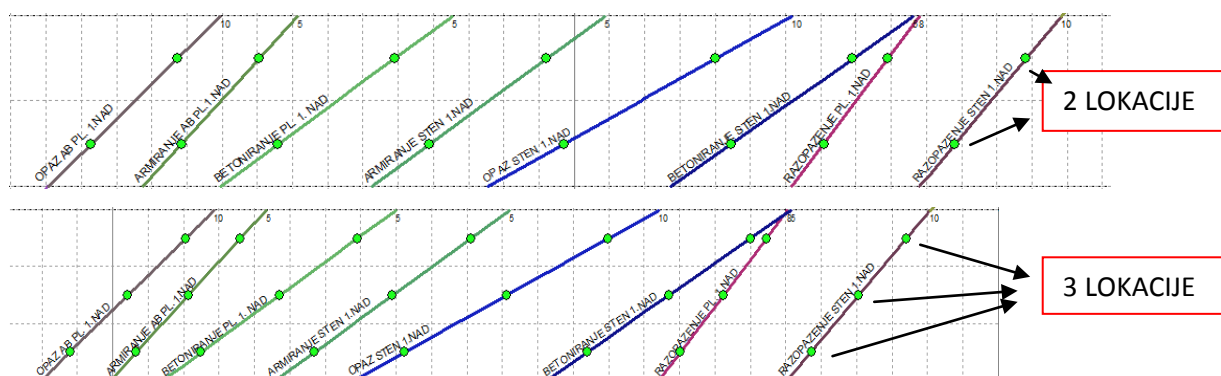
	EF. URE: IDEALNI TERMINSKI PLAN	EF. URE: UPOŠTEVANA ANALIZA	RAZLIKA [%]
VSE EKIBE	23462	26069	+ 11%
ARMATURA:	3564	3960	+ 11%
TESARJI:	12691	14101	+ 11%
ZIDARJI:	7081	7868	+ 11%

V realnih razmerah lahko pričakujemo povečanje stroškov tesarske in zidarske ekipe za 11%.

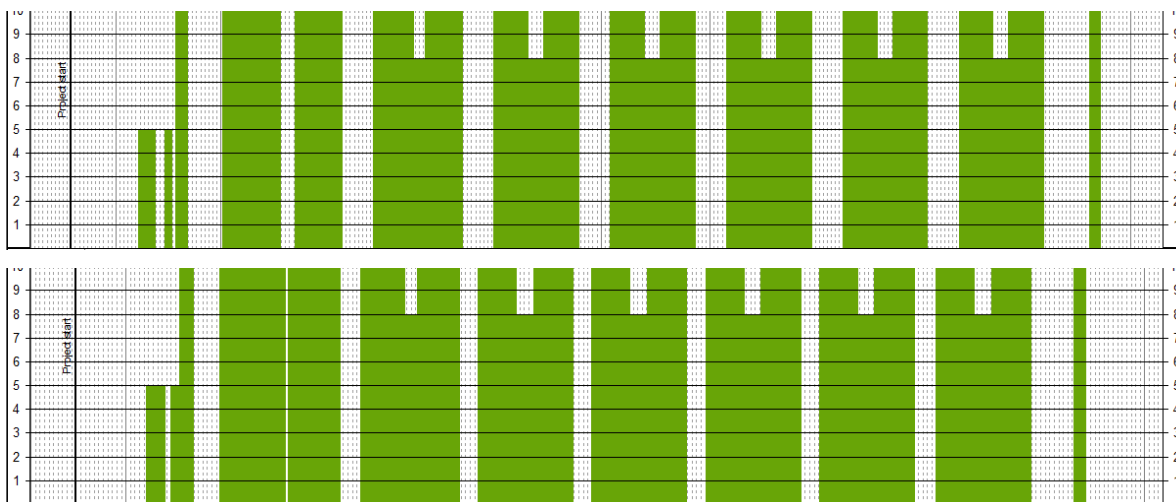
Dejavnosti v Varianti 1 vsebujejo manj rezervnega časa, zato ima vsaka sprememba trajanja posamezne dejavnosti direktni vpliv na trajanje gradnje. Čeprav so razlike med povečanjem delovnih ur zaradi nihanja delovnega ritma oz. produktivnosti med Varianto 0 in Varianto 1 majhne, se razlika pokaže pri trajanju projekta. V Varianti 1 se pričakovani rok končanja gradbenih del podaljša za 3 tedne glede na Varianto 0. Terminski plan Variante 1 je tako veliko manj verjeten od Variante 0. Teorija planiranja predvideva vključitev dodatnih rezervnih časov pri dejavnostih, ki so na t.i. kritični poti. Dodatni rezervni čas omogoča podaljšanje trajanja dejavnosti, ne da bi direktno vplivala na končno trajanje del. S takim ukrepom povečamo verjetnost terminskega plana.

6.6.4 VARIANTA 2

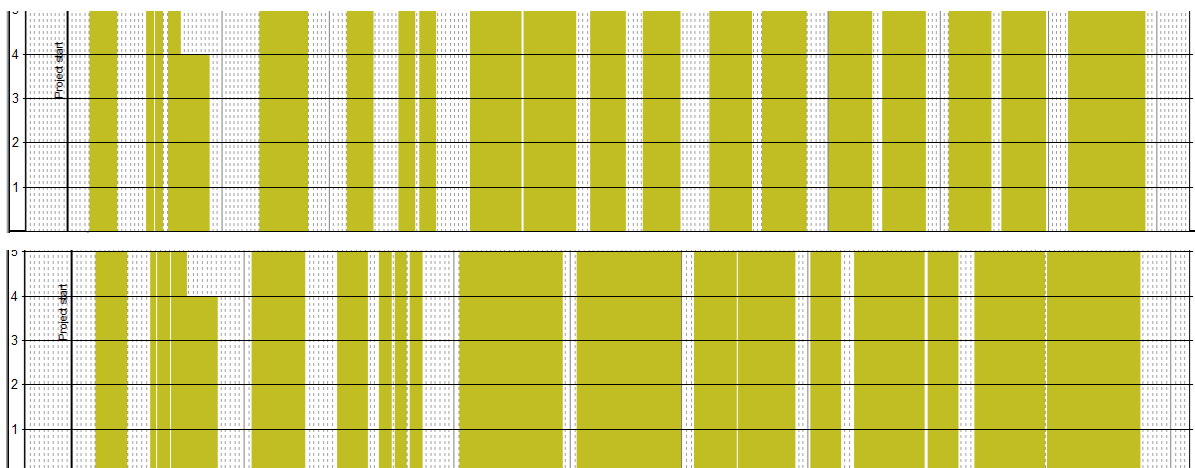
Varianta 2 predstavlja osnovno varianto, kjer je posamezna etaža razdeljena na 3 cone. Vsaka dejavnost je definirana za posamezno etažo na treh conah. Vse gradbene aktivnosti so razdeljene v 3 etape, kar je glede na florisno velikost objekta (611 m²) maksimalna razdelitev. Dejavnosti bi lahko teoretično razdelili tudi na 100 etap (100 con/etažo), vendar se nam potem pojavi vprašanje organizacije gradbišča in logističnih izgub.



Slika 46: Primerjava med terminskim planom tipične etaže Variante 0 (zgoraj) in Varjante 2 (spodaj).



Slika 47: Graf delovne sile za tesarje; zgoraj Varianta 0, spodaj Varianta 2.



Slika 48: Graf delovne sile za zidarje; zgoraj Varianta 0, spodaj Varianta 2.

Krajši čas gradnje v Varianti 2 je pridobljen z izkoristkom prostega časa in ravnovesjem delovnih ekip. Definiranje dejavnosti na treh conah v etaži zmanjša čas gradnje za 30 dni. Iz grafa porabe delovne sile je razvida dobra izraba delovnih ekip, kar prikazuje visoka vrednost akorda. Prosti čas pri tesarjih se pojavi šele v marcu po opaženju plošče nad mansardo, vendar v tem času poteka še betoniranje stebrov na podstrešju za NK strehe, kjer uporabimo prosto tesarsko ekipo. Zidarji imajo dva tedna prostega časa v fazi gradnje kleti in pritličja, medtem ko pri gradnji tipičnih etaž prostega časa skoraj nimajo.

Delovne ekipe:

	Armatura:	Tesarji:	Zidarji:
delovna ekipa	5	10 (8)	5

Začetek del: 19. September 2006

Konec del: 23. Junij 2007

Preglednica 9: Porabljene delovne ure V2

	EFEKTIVNE URE	CELOTEN ČAS	AKORD:
VSE EKIPE	23462	28979	0,81
ARMATURA:	3564		
TESARJI:	12755	16322	0,78
ZIDARJI:	7017	8968	0.78

Preglednica 10: Porabljeni delovni dnevi V2

	[dni]
ŠT. VSEH DELOVNIH DNI:	230
ŠT. DEL. DNI / ETAŽO	24
ŠT. DEL. DNI / PRTLJIČJE	26
ŠT. DEL. DNI / KLET	54

ANALIZA TVEGANJA ZA VARIANTO – 2

ZIMSKE RAZMERE:

V zimskem času potekajo dejavnosti AB sten pritličja, NK 1. in 2. nadstropja.

V primeru zimskih razmer se datum končanja del zamakne za cca. 4 tednov (pričakovan datum je 26.7.2007).

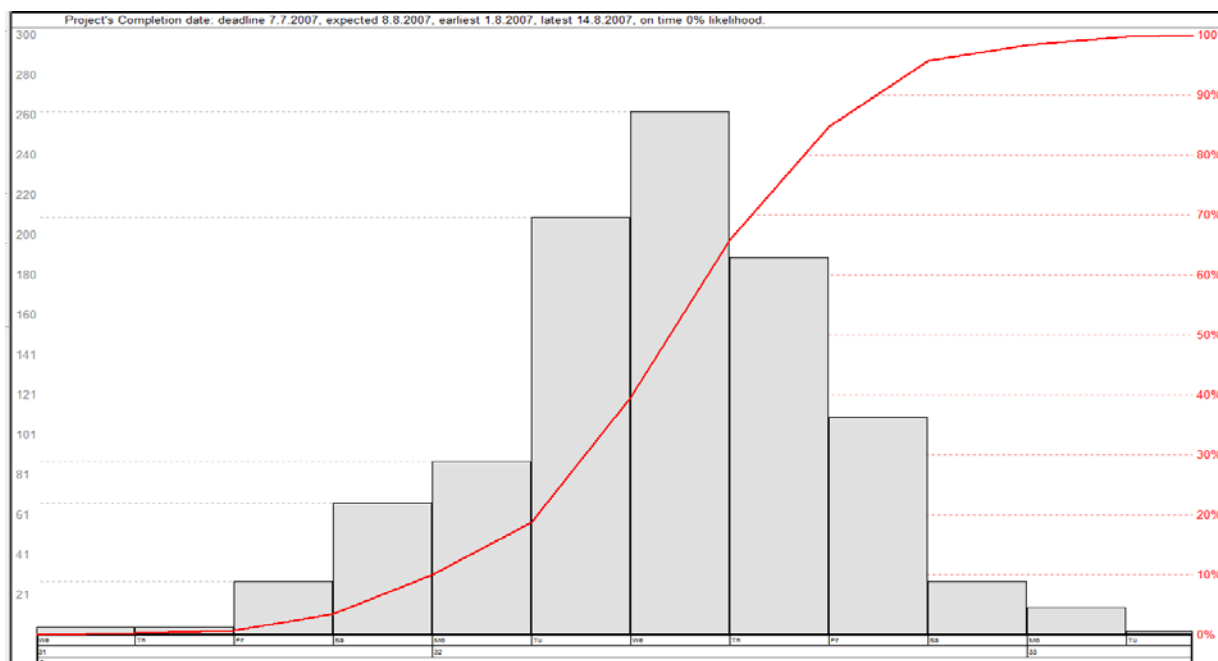
Preglednica 11: Porabljene delovne ure V2-ZIMA

	EF. URE: IDEALNI TERMINSKI PLAN	EF. URE: UPOŠTEVANA ANALIZA TVEGANJA ZIMA	RAZLIKA [%]
VSE EKIPE	23979	26470	+ 10%
ARMATURA:	3564	4072	+ 14%
TESARJI:	12755	14657	+ 15%
ZIDARJI:	7017	7616	+ 9%

Zimske razmere povečajo stroške tesarske ekipe za 15% in stroške zidarske ekipe za 9 %.

TVEGANJE ZARADI NIHANJA PRODUKTIVNOSTI

Vsem dejavnostim določimo razred stopnje tveganja LOW (Glej tabelo razredov stopnje tveganja na strani 59). V primeru realnega delovnega ritma se datum končanja del zamakne za cca. 7 tednov (pričakovan datum je 8.8.2007).



Slika 49: Graf porazdelitve datumov končanja gradbenih del ob upoštevanju realnega delovnega ritma (1000 ciklov)

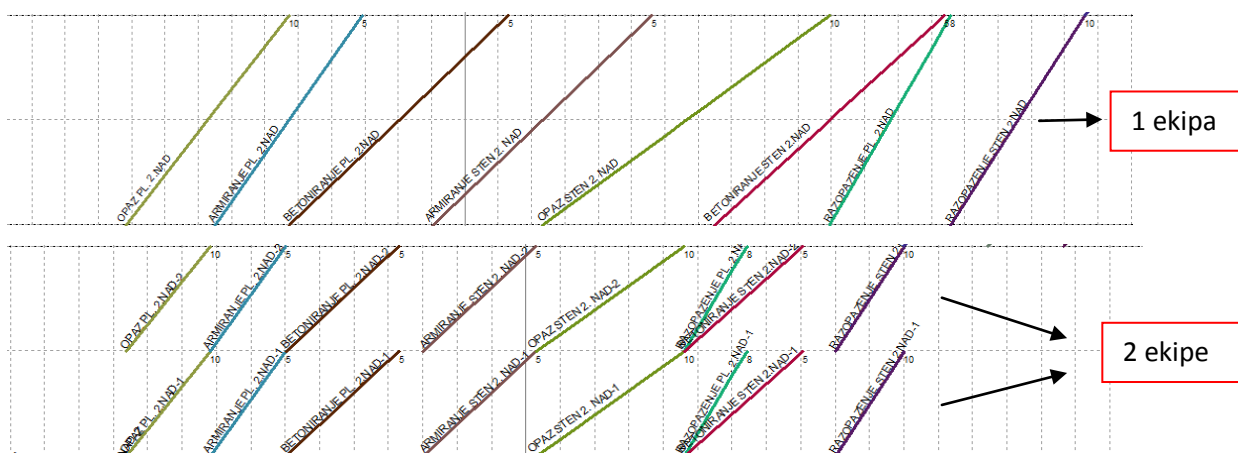
Preglednica 12: Porabljene delovne ure V2 – REALNO

	EF. URE: IDEALNI TERMINSKI PLAN	EF. URE: UPOŠTEVANA ANALIZA	RAZLIKA [%]
VSE EKIPE	23462	26069	+ 11%
ARMATURA:	3564	3960	+ 11%
TESARJI:	12755	14172	+ 11%
ZIDARJI:	7017	7797	+ 11%

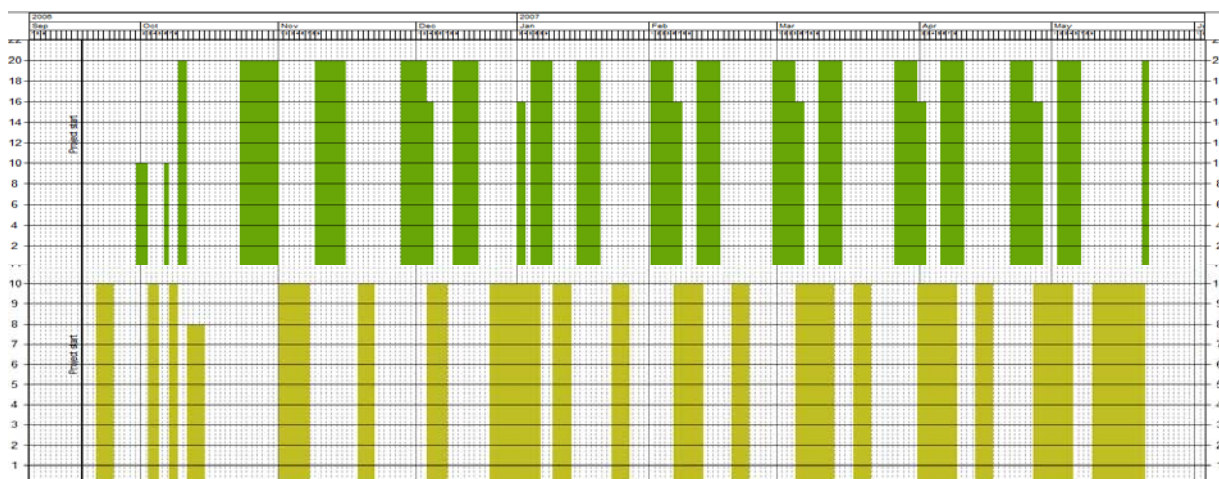
V realnih razmerah lahko pričakujemo povečanje stroškov tesarske in zidarske ekipe za 11 %.

6.3.5 VARIANTA 3

V varianti 3 objekt A4 razdelimo na dve coni A in B. Za razliko od Variant 1, 2, 3 definiramo dve delovni ekipi tesarjev, polagalcev armature in zidarjev. Prva delovna ekipa je zadolžena za opravljanje del v coni A od pritličja do mansarde, druga pa za opravljane dela v coni B od pritličja do mansarde. Dejansko je predvidena vzporedna gradnja obeh delov objekta.



Slika 50: Terminski plan na tipično etažo Variante 0 (zgoraj) in Variante 3 (spodaj).



Slika 51: Graf delovne sile za tesarje (zgoraj) in zidarje (spodaj)

Delovne ekipe:

	Armatura:	Tesarji:	Zidarji:
delovna ekipa	5	10 (8)	5
delovna ekipa	5	10 (8)	5

Začetek del: **19. September 2006**

Konec del: **22. Maj 2007**

Preglednica 13: Porabljene delovne ure V3

	EFEKTIVNE URE	CELOTEN ČAS	AKORD:
VSE EKIPE	23456	49498	0,47
ARMATURA:	3546		
TESARJI:	12755	29965	0,43
ZIDARJI:	7011	15843	0,43

Preglednica 14: Porabljeni delovni dnevi V3

	[dni]
ŠT. VSEH DELOVNIH DNI:	202
ŠT. DEL. DNI / ETAŽO	22
ŠT. DEL. DNI / PRTLJIČJE	25
ŠT. DEL. DNI / KLET	48

ANALIZA TVEGANJA ZA VARIANTO –3

ZIMSKE RAZMERE:

V zimskem času potekajo dejavnosti NK 1., 2. nadstropja in AB plošče 3. nadstropja
V primeru zimskih razmer se datum končanja del zamakne za cca. 3 tedne
(pričakovan datum je 15.6.2007).

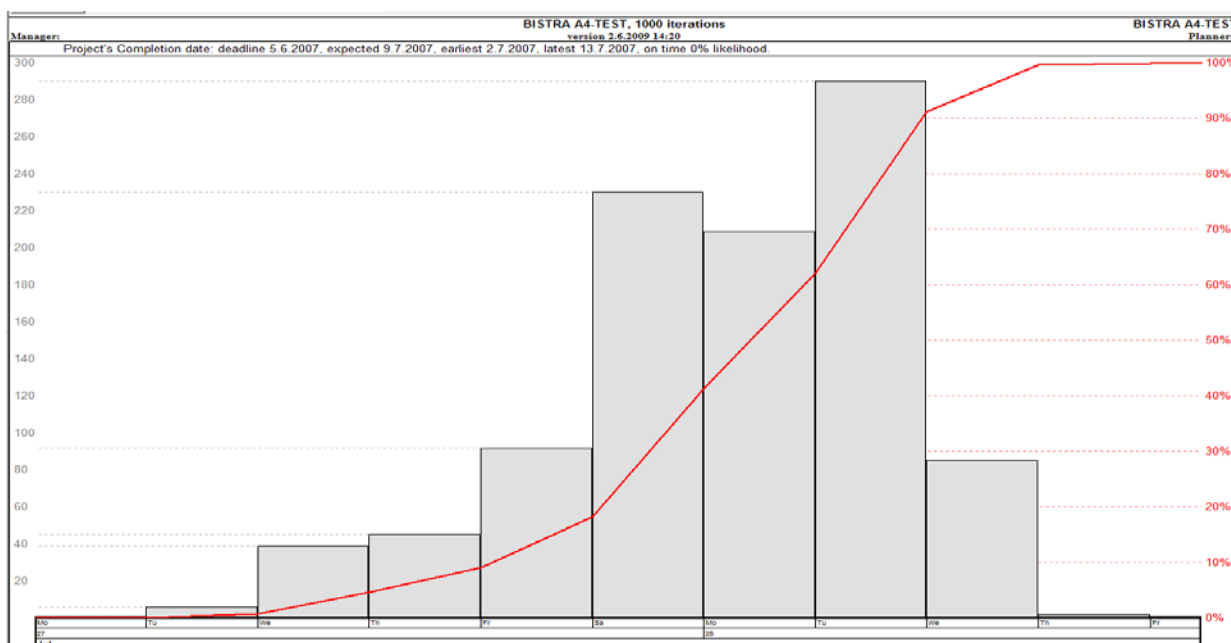
Preglednica 15: Porabljene delovne ure V3-ZIMA

	EF. URE: IDEALNI TERMINSKI PLAN	EF. URE: UPOŠTEVANA ANALIZA TVEGANJA ZIMA	RAZLIKA [%]
VSE EKIPE	23456	26153	+ 11%
ARMATURA:	3546	4017	+ 13%
TESARJI:	12755	14424	+ 13%
ZIDARJI:	7011	7587	+ 8%

Zimske razmere povečajo stroške tesarske ekipe za 13% in stroške zidarske ekipe za 8%.

REALNI TERMINSKI PLAN

Vsem dejavnostim določimo razred stopnje tveganja LOW (Glej tabelo razredov stopnje tveganja na strani 59)



Slika 52: Graf porazdelitve datumov končanja gradbenih del ob upoštevanju realnega delovnega ritma (1000 ciklov)

V primeru realnega delovnega ritma se datum končanja del zamakne za cca. 5 tednov (pričakovan datum je 9.7.2007).

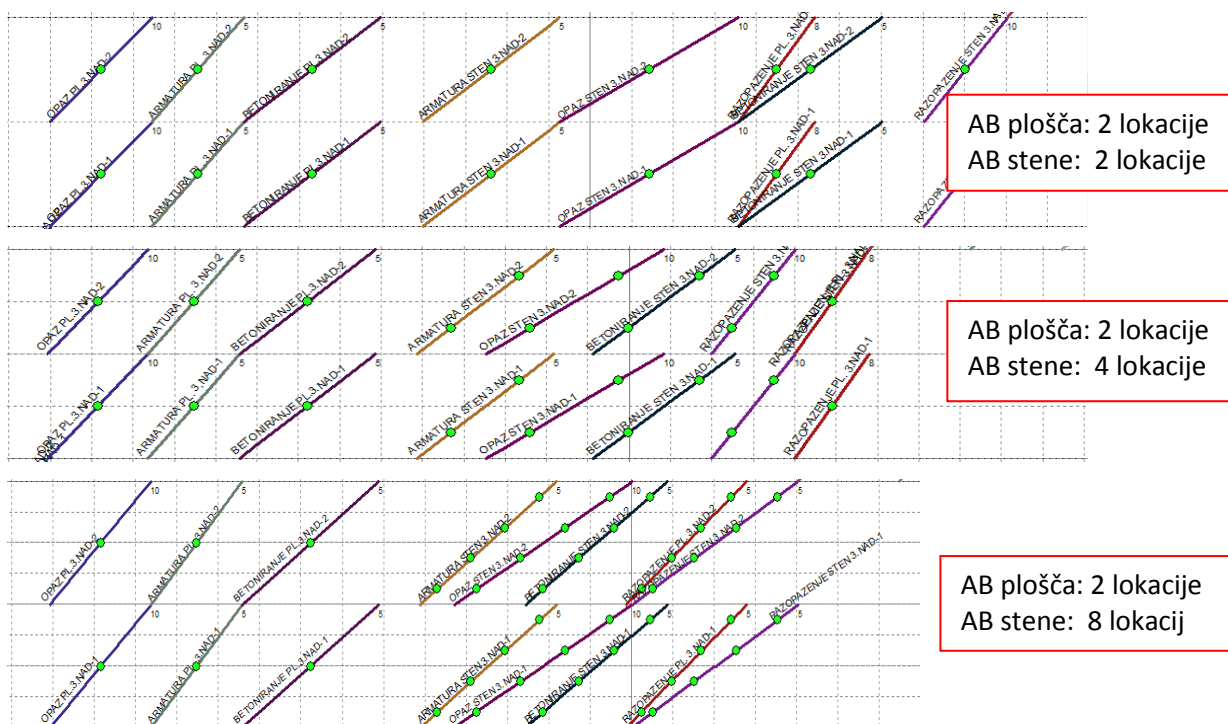
Preglednica 16: Porabljene delovne ure V3-REALNO

	EF. URE: IDEALNI TERMINSKI PLAN	EF. URE: UPOŠTEVANA ANALIZA TVEGANJA	RAZLIKA [%]
VSE EKIPE	23456	26062	+ 11%
ARMATURA:	3546	3960	+ 11%
TESARJI:	12755	14172	+ 10%
ZIDARJI:	7011	7790	+ 11%

V realnih razmerah lahko pričakujemo povečanje stroškov tesarske za 10% in zidarske ekipe za 11%.

6.3.6 VARIANTA 4

Varianta 4 predstavlja izboljšavo terminskega plana Variante 3. Dejavnosti, ki jih vključuje gradnja AB sten lahko izvedemo v več etapah, medtem ko betoniranje in polaganje armature AB plošč v več kot dveh etapah ni mogoče zaradi tehnoloških, lokacijskih in ekonomičnih razlogov. Etažo zato razdelimo na 4 oz. 8 lokacij (del), na katerih definiramo dejavnosti AB sten.



Slika 53: Primerjava terminskega plana za 3. nadstropje Variante 3 (zgoraj) in Variante 4 (v sredini in spodaj). Zelene pike prikazujejo število lokacije, na katerih definiramo dejavnosti.

Na sliki 53 (zgoraj) je prikazan terminski plan za 3. nadstropje, kjer so vse dejavnosti definirane na dveh lokacijah. Taka organizacija dela povzroča nepotrebne proste čase delavnih ekip; npr: čakanje zidarjev, da tesarska ekipa opaži vse stene v coni. Če cono razdelimo na več delov, se dejavnosti začnejo prej in lahko potekajo delno vzporedno. S tem pa zagotovimo enakomerno porabo delovne sile in skrajšamo proces gradnje.

Delovne ekipe:

	Armatura:	Tesarji:	Zidarji:
delovna ekipa	5	10 (8)	5
delovna ekipa	5	10 (8)	5

Začetek del: **19. September 2006**

Konec del: **11. Maj 2007**

Preglednica 17: Porabljene delovne ure V4

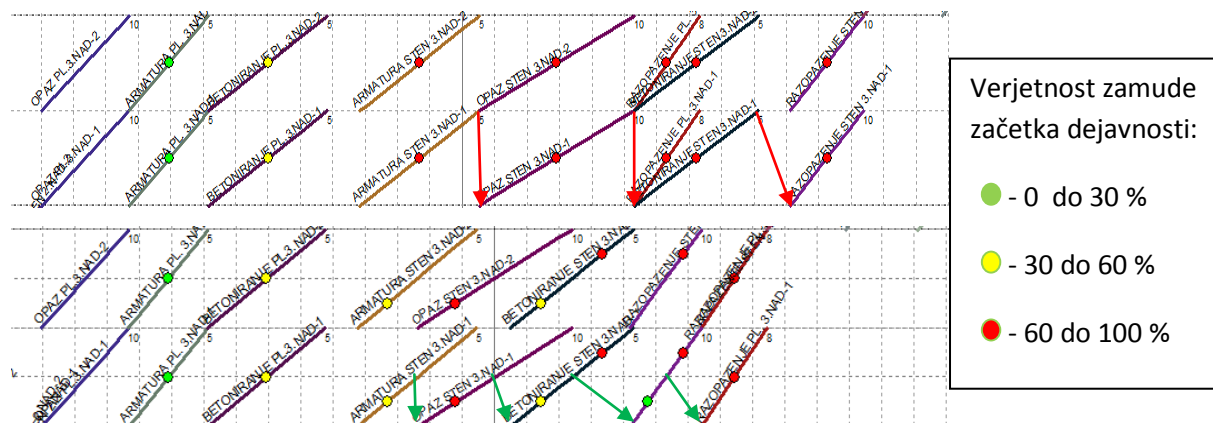
	EFEKTIVNE URE	CELOTEN ČAS	AKORD:
VSE EKIPE	23456	41612	0,56
ARMATURA:	3546		
TESARJI:	12755	24885	0,51
ZIDARJI:	7011	13037	0,53

Preglednica 18: Porabljeni delovni dnevi V4

	[dni]
ŠT. VSEH DELOVNIH DNI:	167
ŠT. DEL. DNI / ETAŽO	19
ŠT. DEL. DNI / PRTLČJE	19
ŠT. DEL. DNI / KLET	33

ANALIZA TVEGANJA

Naredimo analizo tveganja za tipično etažo (1. - 4. etaža) v Varianti 3 in 4. NK 3. nadstropja določimo razred tveganja LOW (Glej tabelo razredov stopnje tveganja na strani 59).

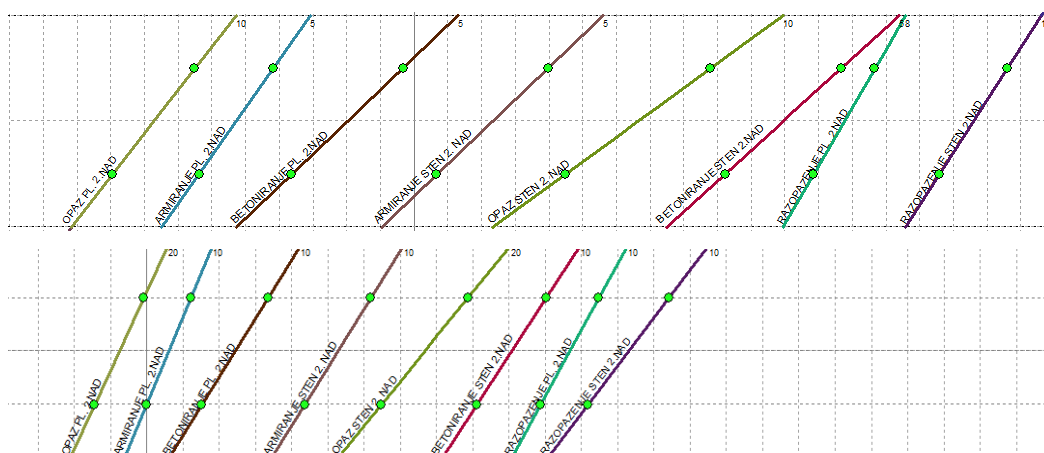


Slika 54: Barvne pike prikazujejo verjetnost zamude dejavnosti zaradi predhodnih dejavnosti. Varianta 3 (zgoraj) in Varianta 4 (spodaj).

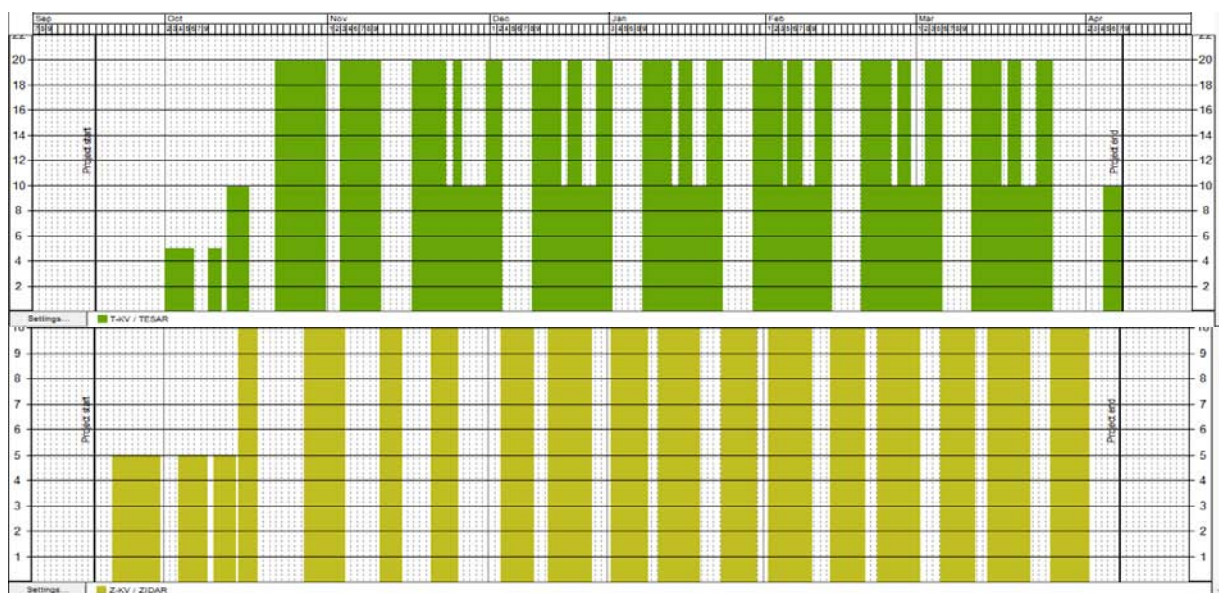
Kljub temu, da ima varianta 4 (spodaj) bolj zgoščen terminski plan je medsebojni vpliv dejavnosti zaradi podaljšanja trajanja dejavnosti manjši kot pri varianti 3, saj imajo dejavnosti v Varianti 4 več rezervnega časa. Rdeče puščice na sliki prikazujejo povezave med dejavnostmi. V primerjavi z zelenimi so navpične, kar pomeni, da se takoj po končanju dejavnosti A, začne dejavnost B (splošno). Terminski plan Variante 4 ima zato večjo verjetnost realizacije.

6.3.7 VARIANTA 5

Varianta 5 predstavlja osnovno varianto 0, ki ji povečamo število delovnih virov za 100%, vendar ohranimo organiziranost dela z eno ekipo.



Slika 55: Terminski plan tipične etaže v Varianti 0 (zgoraj) in Varianti 5 (spodaj)



Slika 56: Graf delovne sile za tesarje (zgoraj) in zidarje (spodaj)

Delovne ekipe:

	Armatura:	Tesarji:	Zidarji:
delovna ekipa	10	20	10

Začetek del: **19. September 2006**

Konec del: **22. Marec 2007**

Preglednica 19: Porabljene delovne ure V5

	EFEKTIVNE URE	CELOTEN ČAS	AKORD:
VSE EKIPE	23277	34196	0,68
ARMATURA:	3564		
TESARJI:	12755	19876	0,64
ZIDARJI:	6833	10631	0,64

Preglednica 20: Porabljeni delovni dnevi V5

	[dni]
ŠT. VSEH DELOVNIH DNI:	150
ŠT. DEL. DNI / ETAŽO	16
ŠT. DEL. DNI / PRTLČJE	18
ŠT. DEL. DNI / KLET	38

ANALIZA TVEGANJA ZA VARIANTO – 5

ZIMSKE RAZMERE:

V zimskem času potekajo dejavnosti AB stene 1. nadstropja, NK 2., 3., 4. Nadstropja in AB plošča mansarde.

V primeru zimskih razmer se datum končanja del zamakne za cca. 4 tedne (pričakovan datum je 20.4.2007).

Preglednica 21: Porabljene delovne ure V3-ZIMA

	EF. URE: IDEALNI TERMINSKI PLAN	EF. URE: UPOŠTEVANA ANALIZA TVEGANJA ZIMA	RAZLIKA [%]
VSE EKIPE	23277	27762	+ 19%
ARMATURA:	3564	4319	+ 21%
TESARJI:	12755	15558	+ 22%
ZIDARJI:	6833	7758	+ 14%

Zimske razmere povečajo stroške tesarske ekipe za 22% in stroške zidarske ekipe za 14%.

REALNI TERMINSKI PLAN

Vsem dejavnostim določimo razred stopnje tveganja LOW (Glej tabelo razredov stopnje tveganja na strani 59).

V primeru realnega delovnega ritma se datum končanja del zamakne za cca. 4 tedne (pričakovan datum je 26.4.2007).

Preglednica 22: Porabljene delovne ure V3-REALNO

	EF. URE: IDEALNI TERMINSKI PLAN	EF. URE: UPOŠTEVANA ANALIZA TVEGANJA	RAZLIKA [%]
VSE EKIPE	23277	25864	+ 11%
ARMATURA:	3564	3960	+ 11%
TESARJI:	12755	14172	+ 11%
ZIDARJI:	6833	7592	+ 11%

V realnih razmerah lahko pričakujemo povečanje stroškov tesarske in zidarske ekipe za 11%.

6.3.8 PRIMERJAVA VARIANT 0 – 5

Preglednica 23: Primerjava rezultatov variant 0 – 5

VARIANTA:	V-0	V-1	V-2	V-3	V-4	V-5
ŠT. TESARJEV:	10	10	10	20	20	20
AKORD TESARJEV: [%]	0,68	0,46	0,78	0,43	0,51	0,64
A.T. – ZIMA TES.: [%]	13	8	15	13	 	22
A.T. – REALNO TES.: [%]	11	11	11	10	 	11
ŠT. ZIDARJEV	5	5	5	10	10	10
AKROD TESARJEV: [%]	0,67	0,47	0,78	0,43	0,53	0,64
A.T. – ZIMA ZID.: [%]	9	6	9	8	 	14
A.T. – REALNO ZID.: [%]	11	11	11	11	 	11
KONEC DEL:	28.7.	22.12	23.6.	22.5.	11.5.	22.3.
ŠT. DEL. DNI:	260	385	230	202	167	150
Dt: [DNI]	0	+ 125	- 30	- 58	- 93	- 110
ŠT. DEL. DNI / T.E.:	28	44	24	22	19	16
ŠT. DEL. DNI / PRTLJIČJE:	29	47	26	25	19	18
ŠT. DEL. DNI / KLET:	63	91	54	48	33	38
Dt – ZIMA ZID.: [T]	5	4	4	3	 	4
Dt – REALNO ID.: [T]	7	10	7	5	 	4

KOMENTAR REZULTATOV

Za gradnjo objekta Bistra A4 sem izdelal pet variant terminskega plana, v katerih sem želel pokazati vpliv različnih parametrov na potek gradbenih del. V variantah 0, 1 in 2 sem preizkusil vpliv organiziranosti gradnje v eni, dveh in treh etapah. Najboljše rezultate dosega varianta 3, v kateri dejavnosti potekajo v treh etapah. Če primerjamo V-1 in V-2, se pri prehodu organiziranosti del iz ene na tri etape čas trajanja projekta zmanjša za 155 dni ob enaki porabi učinkovitih delovnih ur, vendar se razmerje akorda spremeni. Doseženi akord tesarjev in zidarjev se v V-2 poveča za 20%, zmanjša se količina prostega časa delovnih ekip. Vpliv zimskih razmer na

stroške delovne sile je pri V-0 in V-2 podoben (13 - 15%), medtem ko je pri V-1 povečanje stroškov dela le 8%, vendar zato, ker je terminski plan V-1 bolj raztegnjen in manj dejavnosti poteka v zimskem času. Analiza tveganja pokaže, da je terminski plan V-1 najbolj občutljiv na spremembe produktivnosti delovnih ekip, saj se pričakovani datum končanja del prestavi za cca. 10 tednov (3 tedne več kot v V-0 in V-2). Če primerjamo vse tri variante, opazimo bistveno razliko med organiziranostjo dejavnosti v eni in dveh etapah, medtem ko so rezultati med V-0 in V-2 bolj primerljivi. Skleпам, da bi ob uvedbi dodatne četrte etape, dobili še manjše razlike, saj v terminskem planu V-2 glede na V-0 predvsem bolje izkoristimo proste čase delovnih ekip.

Vpliv povečanja delovnih ekip je razvidna v V-3 in V-5. V V-3 delo organiziram ločeno z dvema delovnima ekipama za posamezna gradbena dela. Število delovnih virov povečam za 100%. Vendar velikost delovnih ekip ostane enaka. Trajanje projekta glede na V-0 sicer zmanjšam za 58 dni, vendar se akord zmanjša za več kot 15%. S tem ko dvakrat povečamo dnevno produktivnost na gradbišču, zmanjšamo izrabo delovnih ekip. Odvisnosti med dejavnostmi preprečujejo hitrejši ritem na gradbišču, zato imajo delovne ekipe več prostega časa, kar je v nasprotju z načeli LOB, ki predvideva enakomerni delovni ritem in ravnotežno porabo delovne sile. Terminski plan V-3 ima večjo verjetnost realizacije kot V-0, V-1 in V-2, vendar prav tako lahko zasledimo povečanje stroškov delovnih ekip za 10 - 13 %.

V V-5 ohranimo organiziranost del. Za vsako dejavnost imamo eno delovno ekipo v kateri podvojimo število delovnih virov za 100%. Ta varianta se izkaže za boljšo od V-3, saj glede na V-0 ohrani izkoriščenost (akord) delovnih virov, vendar zmanjša trajanje gradnje za 110 dni glede na V-0. Gradnja tipične etaže traja 16 dni in se v primerjavi z V-0 zmanjša za 12 dni. V-5 je tudi najmanj občutljiva na vpliv zimskih razmer in nihanje faktorja produktivnosti. Ker je potek dejavnosti v terminskem planu V-5 bolj zgoščen, v zimskem času poteka več dejavnosti, zato lahko pričakujemo do 22% povečanje stroškov delovne sile, kar je skoraj dvakrat več kot pri ostalih variantah.

Primerjava vseh variant pokaže veliko odvisnost organizacije del na gradbišču, torej vlogo projektne managerja oz. vodje gradbišča, ki načrtuje potek in organizacijo dejavnosti. Čeprav v vseh variantah porabimo enako število učinkovitih delavnih ur, se trajanje gradnje med V-1 in V-5 razlikuje za 235 dni, kljub temu, da še vedno nimamo optimalnega terminskega plana. Program Vico Control predstavlja projektne vodji močno orodje za uporabo LOB in LBS tehnike planiranja, saj omogoča upoštevanje večino idej naštetih tehnik, vendar pa se mora projektni vodja še vedno sam odločiti katere funkcije bo uporabil. Program omogoča izdelavo osnovnega oz. detajlnega terminskega plana.

7 ZAKLJUČEK

Zadnje študijsko leto sem namenil pisanju diplomske naloge, ob tem pa sem skoraj deset mesecev delal pri podjetju SGP Graditelj d.d. kot pomočnik vodje gradbišča. Pri svojem delu sem spoznal pomen planiranja in organizacije del na gradbišču, ki predstavljata bistvena parametra, tako pri zagotavljanju poslovne uspešnosti, kot izpolnitvi terminskih zahtev. Temelj uspešnega vodenja gradbenega projekta predstavlja planiranje v začetni fazi gradbenega procesa, v katerem vodilna ekipa projekta uskladi projektno dokumentacijo, pridobi zakonsko potrebna dovoljenja in soglasja, izbere glavne izvajalce gradbenih in obrtniških del ter izdelava terminski plan in posameznim izvajalcem kot dirigent glasbenega orkestra svojim glasbenikom dodeli vloge in jih časovno umesti v gradbeni proces. Planiranje gradbenega procesa pomeni predvideti vse faze gradnje, proučiti projektno dokumentacijo, določiti t.i. »ozka grla« v projektu, rešiti vse tehnične in konstrukcijske detajle, pripravo finančnega plana projekta, itd. Proces planiranja nadaljuje proces organizacije del in realizacija terminskega plana, ki predstavlja izhodišče za koordinacijo izvajalcev del.

Za planiranje gradbenih projektov obstaja več metod, ki jih uporabljajo vodilne ekipe. V diplomski nalogi sem predstavil sodoben pristop k planiranju gradbenih projektov v okviru virtualne gradnje z uporabo programskega okolja Vico software, ki temelji na BIM tehnologiji. Programsko okolje Vico Software predstavlja paket med seboj kompatibilnih programov, ki omogočajo realizacijo idej virtualne gradnje oz. izvedbo simulacije celotnega procesa gradnje že v fazi planiranja gradbenega procesa.

Programsko okolje Vico Software vsebuje program Vico Control, ki predstavlja učinkovito orodje za planiranje poteka dejavnosti med potekom gradnje oz. izdelavo terminskih planov z upoštevanjem načel LBS (Location-Based-Scheduling) tehnike planiranja. Pri izdelavi različnih variant terminskega plana, sem spoznal kako posamezni parametri in povezave med dejavnostmi vplivajo na trajanje posameznih dejavnosti oz. celotnega procesa gradbenih del, produktivnost in izkoriščenost

delovnih ekip ter verjetnost posameznih variant glede na pričakovana odstopanja od normativnih vrednosti zaradi zimskih razmer in nihanja stopnje produktivnosti.

Program Vico Control je enostaven za uporabo in uporabniku ponuja veliko možnosti, vendar je oblika terminskega plana kot končnega rezultata v veliki meri odvisna od izkušenosti in kvalitet projektne vodje, ki izdela terminski plan.

Mislím, da ideja o virtualni gradnji predstavlja smernice razvoja planiranja gradbenih projektov, saj je BIM tehnologija že vključena v sodobne programe za arhitekturno načrtovanje in analizo konstrukcij, razvoj tovrstnih programskih okolji pa strmo narašča, vendar je za uresničitev idej virtualne gradnje potrebno spremeniti obstoječo gradbeno prakso in vse udeležence pri načrtovanju gradbenih projektov prepričati v uporabo računalniških programov, ki omogočajo realizacijo teh idej in prinašajo številne prednosti na področju planiranja in vodenja gradbenih projektov. Kljub temu, da se starejše generacije upirajo novim pristopom in tehnologiji, gradbeni sektor vsako leto bogatijo mladi inženirji, polni znanja in idej, ki bodo lažje osvojili nove pristope in postali nosilci tovrstnih projektov, seveda pod mentorstvom izkušenih kolegov »stare šole«.

VIRI

Kymmell, W., 2008. Building Information Modeling, planning and managing construction projects with 4D CAD and simulatons, New York, The McGraw Hill Companies: 297 str.

Arditi, D., Tokdemr, O., Suh, K., 2002. Challenges in line of balance scheduling. Journal of construction engineering and management, november-december: 545-556

Hegazy, T., Kamarah, E., 2003. Efficient repetitive scheduling for high rise construction. Journal of construction engineering and management, april: 253-264

Ammar, A., 2003. Float analysis of non-serial repetitive activities. Construction management and economics, julij: 535-545

Ipsilandis, G., 2007. Multiobjective linear programming model for scheduling linear repetitive project. Journal of construction engineering and management, junij: 417-424

Sun, K., Huang, R., 2006. Non-unit based planning and scheduling of repetitive construction projects, Journal of construction engineering and management, junij: 585-579

El-Rayes, K., Hyari, K., 2006. Optimal planning and scheduling for repetitive construction project. Journal of manegement in engineering, januar: 11-19

Moselhi, O., El-Rayes, K., 2001. Optimizing resource utilization for repetitive construction project. Journal of construction engineering and management, januar-februar: 18-27

Hiliaz, A., Lutz, D., 1993. Planning repetitive construction-current practise. Construction management and economics, november: 99-110

Ioannov, P., Harris, R., 1998. Repetitive scheduling method. Center for construction engineering and management, University of Michigan, november: 56 str.

El-Gafy, M., Resource allocation for repetitive construction schedules – an ant colony optization approach. Illinois State University, 10 str.

El-Rayes, K., Moselhi, O., 1998. Resource driven scheduling of repetitive activities. Construction management and economics, 433-446

Ionnan, P., Harris, R., 1998. Scheduling projects with repeating activities. Journal of construction engineering and management, julij – avgust: 269-278

Suh,K., Tokdepir, O., Arditi, D., 2001. Scheduling system for repetitive unit construction using line of balance technology. Engineering, construction and arcitecture manegement, Illinois institute of technology, Chicago: 90-103

Chang, C., Yang, T., 2005. Stochastic resource - constrained scheduling for repetitive construction project with uncertain supply of resources and funding. International journal of project management: 546-553

Sun, K., Huang, R., 2005. System development for non-unit based repetitive scheduling. Automation in construction: 650-665

Pšunder, M., 1988. Operativno planiranje. Maribor, Tehniška fakulteta, 191 str.

Rodošek, E., 1985. Operativno planiranje, Ljubljana, FAGG, 237 str.

Žemva, Š., 2006. Gradbene kalkulacije in obračun gradbenih objektov - Priročnik za prakso. Ljubljana, Gospodarska zbornica slovenije: 325 str.

GNG Gradbene norme Giposs. četrta izdaja. 1984. Ljubljana SOZD ZGP GIPOSS

Projektana dokumentacija PZI soseka D12 objekt A4, 2006. Arhitekti Breskvar

Gradbiščna dokumentacija za objekt A4, 2006-2007. SGP Graditelj d.d., Kamnik

U.S. CAD,
<http://www.uscadbim.com> (5.5.2009).

Virtual Construction 2008 User Guide, Vico Software: 354 str.
<http://www.vicosoftware.com> (december 2008).

Control 2008 User Guide, Vico Software: 236 str.
<http://www.vicosoftware.com> (December 2008).

ArchiCAD Basic Training Guide, Graphisoft,
<http://www.graphisoft.com> (December 2008).

Graphisoft ArchiCAD 11 Basic Interaktive training guide,
<http://www.graphisoft.com> (December 2008).

ArchiCAD BIM Experience Training Guide, Graphisoft,
<http://www.graphisoft.com> (December 2008).

Graphisoft ArchiCAD 11 BIM Experience Interaktive training guide,
<http://www.graphisoft.com> (December 2008).

TERMINSKI PLAN KONSTRUKCIJE ZA BLOK A4

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	p '06			Oct '06				Nov '06				Dec '06				Jan '07				Feb '07				Mar '07				Apr '07			
					36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	izkop gr. Jame in planiranje	10 days	Tue 19.9.06	Mon 2.10.06	izkop gr. Jame in planiranje 19.9 [] 2.10																														
2	temelji	14 days	Mon 2.10.06	Thu 19.10.06	2.10 [] 19.10 temelji																														
3	zasip temeljev	12 days?	Mon 9.10.06	Tue 24.10.06	9.10 [] 24.10 zasip temeljev																														
4	stene kleti	19 days	Fri 20.10.06	Wed 15.11.06	20.10 [] 15.11 stene kleti																														
5	pl nad kl. 1/4	6 days	Fri 3.11.06	Fri 10.11.06	3.11 [] 10.11 pl nad kl. 1/4																														
6	pl nad kl. 2/4	7 days	Mon 6.11.06	Tue 14.11.06	6.11 [] 14.11 pl nad kl. 2/4																														
7	pl nad kl. 3/4+4/4	10 days	Wed 15.11.06	Tue 28.11.06	15.11 [] 28.11 pl nad kl. 3/4+4/4																														
8	stene pt.	12 days	Fri 17.11.06	Mon 4.12.06	17.11 [] 4.12 stene pt.																														
9	pl. nad pt. 1. Del	7 days	Tue 21.11.06	Wed 29.11.06	21.11 [] 29.11 pl. nad pt. 1. Del																														
10	pl. nad pt. 2. Del	7 days	Thu 30.11.06	Fri 8.12.06	30.11 [] 8.12 pl. nad pt. 2. Del																														
11	stene 1. Nd	12 days	Tue 5.12.06	Wed 20.12.06	5.12 [] 20.12 stene 1. Nd																														
12	pl. nad 1. Nd 1. Del	7 days	Mon 11.12.06	Tue 19.12.06	11.12 [] 19.12 pl. nad 1. Nd 1. Del																														
13	pl. nad 1. Nd 2. Del	3 days	Wed 20.12.06	Fri 22.12.06	20.12 [] 22.12 pl. nad 1. Nd 2. Del																														
14	GRADBIŠČE ZAPRTO	7 days	Sat 23.12.06	Mon 1.1.07	23.12 [] 1.1 GRADBIŠČE ZAPRTO																														
15	pl. nad 1. Nd 2. Del	4 days	Tue 2.1.07	Fri 5.1.07	2.1 [] 5.1 pl. nad 1. Nd 2. Del																														
16	stene 2. Nd	9 days	Wed 3.1.07	Sat 13.1.07	3.1 [] 13.1 stene 2. Nd																														
17	pl. nad 2. Nd 1. Del	7 days	Thu 11.1.07	Thu 18.1.07	11.1 [] 18.1 pl. nad 2. Nd 1. Del																														
18	pl. nad 2. Nd 2. Del	7 days	Sat 20.1.07	Sat 27.1.07	20.1 [] 27.1 pl. nad 2. Nd 2. Del																														
19	stene 3. Nd	12 days	Sat 20.1.07	Fri 2.2.07	20.1 [] 2.2 stene 3. Nd																														
20	pl. nad 3. Nd 1. Del	7 days	Mon 29.1.07	Mon 5.2.07	29.1 [] 5.2 pl. nad 3. Nd 1. Del																														
21	pl. nad 3. Nd 2. Del	7 days	Tue 6.2.07	Wed 14.2.07	6.2 [] 14.2 pl. nad 3. Nd 2. Del																														
22	stene 4. Nd	11 days	Wed 7.2.07	Wed 21.2.07	7.2 [] 21.2 stene 4. Nd																														
23	pl. nad 4. Nd 1. Del	7 days	Thu 15.2.07	Fri 23.2.07	15.2 [] 23.2 pl. nad 4. Nd 1. Del																														
24	pl. nad 4. Nd 2. Del	6 days	Fri 23.2.07	Fri 2.3.07	23.2 [] 2.3 pl. nad 4. Nd 2. Del																														
25	stene mansarde	14 days	Mon 26.2.07	Thu 15.3.07	26.2 [] 15.3 stene mansarde																														
26	pl. nad mansardo 1. Del	6 days	Thu 1.3.07	Thu 8.3.07	1.3 [] 8.3 pl. nad mansardo 1. Del																														
27	pl. nad mansardo 2. Del	7 days	Fri 9.3.07	Mon 19.3.07	9.3 [] 19.3 pl. nad mansardo 2. Del																														
28	nosilci in stebri podstrehe	10 days	Fri 16.3.07	Thu 29.3.07	16.3 [] 29.3 nosilci in stebri podstrehe																														