

Usporedna analiza uzroka odstupanja ostvarene realizacije i početnog dinamičkog plana i mjere prevencije

Marfan, Filip

Graduate thesis / Diplomski rad

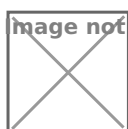
2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:255094>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Filip Marfan

**USPOREDNA ANALIZA UZROKA ODSUPANJA OSTVARENE
REALIZACIJE I POČETNOG DINAMIČKOG PLANA I MJERE PREVENCIJE**

Diplomski rad

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Stručni diplomski studij
Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi
Upravljanje projektima**

**Filip Marfan
JMBAG: 0114027120**

**USPOREDNA ANALIZA UZROKA ODSUPANJA OSTVARENE
REALIZACIJE I POČETNOG DINAMIČKOG PLANA I MJERE PREVENCIJE**

Diplomski rad

Rijeka, rujan 2023.

IZJAVA

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentoricom i komentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Filip Marfan

U Rijeci, 18. rujna 2023.

Usporedna analiza uzroka odstupanja ostvarene realizacije i početnog dinamičkog plana i mjere prevencije

Sažetak

U ovom radu analiziran je početni dinamički plan glavnog izvođača radova na gradnji Srednje škole u Umagu. U radu je naglasak na planu armiranobetonskih radova jer su unutar njih primjećeni problemi koji su uzrokovali velika vremenska odstupanja. Armiranobetonske radove na predmetnoj građevini je izvodio podizvođač radova, a jedan od njegovih inženjera gradilišta je autor ovog rada. Početni dinamički plan predviđao je izvedbu armiranobetonskih radova u roku od 86 radnih dana, a u stvarnosti su se radovi izvodili oko 272 radna dana što predstavlja odstupanje od 216,28% od planiranog. Nakon analize početnog dinamičkog plana izrađen je novi dinamički plan prema izvedenim radovima izračunat normativima podizvođača radova te je vremensko odstupanje između izvedenog i planiranog putem novog dinamičkog plana minimalno. Nakon izrade dinamičkog plana prema normativima izvođača armiranobetonskih radova izrađena je tablica u kojoj je ukratko naveden razlog odstupanja između dva dinamička plana te su dani prijedlozi mjera poboljšanja planiranja radova na sljedećim projektima.

Ključne riječi: projekt, WBS, dinamički plan, planiranje, normativi, vremensko odstupanje

Comparative analysis of the causes of deviations between the actual realization and the initial dynamic plan and prevention measures

Abstract

This paper analyzes the initial dynamic plan obtained by the main contractor to construct the Secondary School in Umag. The thesis focuses on the plan of reinforced concrete works because problems were noticed within them that caused large time deviations. A subcontractor performed concrete work on the building in question, and one of his site engineers is the author of this thesis. The initial dynamic plan predicted that the concrete and reinforced concrete works would be finished in 86 working days, but in reality, the works were finished in approximately 272 working days, which is a deviation of 216.28% from the planned. After the analysis of the initial dynamic plan, a new dynamic plan was created according to the performed works, calculated according to the standards of the subcontractor, and the time difference between the executed and planned through the new dynamic plan is minimal. After creating a dynamic plan according to the norms of the subcontractor, a table is presented in which the reason for the deviation between the two dynamic plans is briefly stated, as well as suggestions for measures to improve the planning of works on the following projects.

Key words: project, WBS, dynamic plan, planning, standards, time difference

SADRŽAJ

1	UVOD.....	5
1.1	PROJEKTNI ZADATAK.....	5
1.2	OBUH VAT RADA.....	6
1.3	GRAĐEVINSKI PROJEKT.....	7
1.4	UPRAVLJANJE PROJEKTIMA.....	8
1.5	PLANIRANJE PROJEKTA.....	10
1.5.1	STRUKTURNA RAŠČLAMBA PROJEKTA.....	11
1.5.2	DINAMIČKI PLAN.....	14
1.5.3	NORMIRANJE GRAĐEVINSKIH RADOVA.....	16
2	PROJEKT IZGRADNJE SREDNJE ŠKOLE U UMAGU.....	18
2.1	TEHNIČKI OPIS PROJEKTA.....	18
2.2	KONSTRUKCIJA.....	23
3	POČETNI PLAN IZVOĐENJA ARMIRANOBETONSKIH RADOVA.....	25
3.1	OPIS PROBLEMA.....	25
3.2	STRUKTURNA RAŠČLAMBA ARMIRANOBETONSKIH RADOVA.....	26
3.3	POČETNI DINAMIČKI PLAN.....	28
4	NOVI PLAN IZVOĐENJA ARMIRANOBETONSKIH RADOVA.....	29
4.1	STRUKTURNA RAŠČLAMBA PROJEKTA.....	29
4.2	DINAMIČKI PLAN.....	31
5	USPOREDNA ANALIZA POČETNOG PLANA I NOVOG PLANA.....	49
6	PRIJEDLOG MJERA POBOLJŠANJA PLANIRANJA RADOVA NA BUDUĆIM PROJEKTIMA.....	52
7	ZAKLJUČAK.....	53
8	LITERATURA.....	54

Popis slika:

Slika 1:	Prikaz WBS-a (izradio autor).....	13
Slika 2:	Makrolokacija katastarske čestice i satelitski snimak [10].....	18
Slika 3:	Mikrolokacija katastarske čestice i satelitski snimak [10].....	19
Slika 4:	Tlocrt prizemlja [11].....	20
Slika 5:	Presjek E-E [11].....	21
Slika 6:	Vizualizacija objekta srednje škole [11].....	22
Slika 7:	Prikaz temelja i podložnog betona [11].....	23
Slika 8:	Prikaz AB zidova i ploča objekta [11].....	24
Slika 9:	Početni WBS armiranobetonskih radova srednje škole Umag (izradio autor).....	26
Slika 10:	Prikaz početnog dinamičkog plana u software-u ProjectLibre (izradio autor).....	28
Slika 11:	WBS za novi dinamički plan (izradio autor).....	30
Slika 12:	Novi dinamički plan na temelju izračunatih aktivnosti (izradio autor).....	47

Popis tablica:

Tablica 1:	Prikaz podjele radova dobiven od strane glavnog izvođača (izradio autor).....	27
Tablica 2:	Usporedba planiranih radova i radova izračunatih normativima (izradio autor).....	49

1 UVOD

1.1 PROJEKTNI ZADATAK

Ovim diplomskim radom potrebno je izvršiti kontrolu postojećeg početnog dinamičkog plana izvedbe armiranobetonskih radova na objektu srednje škole u gradu Umagu. Početni dinamički plan izradio je glavni izvođač radova, no navedene radove izvodio je podizvođač. Armiranobetonski radovi su područje interesa jer su unutar njih na predmetnoj građevini nastala najveća vremenska odstupanja od planiranog. Također, autor ovog rada bio je jedan od inženjera na gradilištu u sklopu podizvođačkog poduzeća koje je izvodilo navedene radove stoga ima uvid u navedenu problematiku. Armiranobetonski radovi započeti su u veljači 2020. godine te je planirani rok izvedbe radova prema podacima iz početnog dinamičkog plana 86 radnih dana od početka izvođenja radova. Armiranobetonski radovi su se u stvarnosti izvodili 11 mjeseci, odnosno oko 272 radna dana, što predstavlja vrlo veliko prekoračenje od 216,28%. Potrebno je stoga ustanoviti uzroke produljenog izvođenja radova i potrebno je izraditi novi dinamički plan s realnijim trajanjem izvođenja, a na temelju normativa radova, te je potrebno dati smjernice kako izbjeći slične situacije na sljedećim projektima sličnih karakteristika.

1.2 OBUHVAT RADA

U uvodnom dijelu diplomskog rada istaknut je projektni zadatak te su u daljnjem tekstu definirani važni pojmovi vezani za temu rada, kao što je građevinski projekt, upravljanje projektom, metode planiranja projekta, te građevinski normativi kao važan ulazni podatak za proračun trajanja aktivnosti u projektu.

Metode planiranja građevinskim projektom primijenjene su na primjeru gradnje objekta srednje škole u Umagu. Analizom stvarnog početnog plana za armiranobetonske radove utvrđeno je da on ima nedostatke te da trajanja aktivnosti nisu u korelaciji s onim stvarno ostvarenima. Izrađen je novi dinamički plan gdje je prema troškovničkim stavkama dan vremenski proračun za trajanje obavljanja pojedine aktivnosti na temelju vremenskih normativa dobivenih od strane podizvođača. Na ovaj su način dobivena trajanja koja su bliska onim stvarno ostvarenima na gradilištu, pri čemu je dobivena realnija informacija o roku gradnje. Dobiveni podatci iz liste aktivnosti s vezama i planiranim trajanjem uneseni su u softver ProjectLibre uz pomoć kojeg je kreiran gantogram trajanja radova.

Na osnovu prikazanih podataka predložile su se moguće mjere sprječavanja nastajanja/minimiziranja odstupanja od planiranih trajanja kako bi se u budućim projektima moglo doći do optimalnijeg rješenja i realnijeg roka građenja.

1.3 GRAĐEVINSKI PROJEKT

Građevinski projekt je organizirani skup aktivnosti s ciljem izgradnje, obnove ili rekonstrukcije fizičkog objekta, kao što su zgrade, mostovi, ceste, tuneli ili infrastrukturni sustavi. Svrha građevinskog projekta može biti različita, uključujući zadovoljenje stambenih, komercijalnih, industrijskih ili infrastrukturnih potreba društva.

Građevinski projekti se odlikuju nekoliko ključnih karakteristika:

- **Jedinstvenost:** Svaki građevinski projekt je jedinstven i razlikuje se od drugih projekata. To znači da svaki projekt ima specifične zahtjeve, ciljeve i uvjete koje treba ispuniti.
- **Privremenost:** Građevinski projekti imaju definirano trajanje, od početka do kraja. Oni su privremeni jer se provode u određenom vremenskom razdoblju radi postizanja ciljeva projekta.
- **Složenost:** Građevinski projekti su obično složeni zbog velikog broja faktora koji su uključeni. To uključuje tehničke, ekonomske, pravne, društvene i ekološke aspekte koji zahtijevaju integraciju različitih stručnosti i disciplina.
- **Ograničenja:** Građevinski projekti su podložni određenim ograničenjima kao što su vremenski rokovi, budžeti, resursi i kvaliteta. Upravljanje tim ograničenjima ključno je za uspješnu provedbu projekta. [1, 2]

Izvođenje građevinskih projekata predstavlja srce samog procesa izgradnje i podrazumijeva niz ključnih aktivnosti koje su ključne za uspješno dovršenje projekta. Neke od ključnih aktivnosti za izvođenje građevinskih radova su: odabir izvođača radova, upravljanje građevinskim procesom, nabava materijala i opreme, kontrola kvalitete i sigurnosti na gradilištu, rješavanje problema tijekom izvođenja. [1, 2]

1.4 UPRAVLJANJE PROJEKTIMA

Upravljanje projektima u građevinskoj industriji ima ključnu ulogu u osiguravanju uspješne i učinkovite provedbe građevinskih projekata. Građevinski projekti su po svojoj prirodi kompleksni, s različitim dionicima, rokovima, budžetima i tehničkim zahtjevima. Upravljanje projektima pruža strukturiran pristup za planiranje, organiziranje, vođenje i kontrolu projekata kako bi se osiguralo postizanje željenih rezultata.

Građevinski projekti se suočavaju s trokutom ograničenja koji obuhvaća troškove, vrijeme i kvalitetu. Upravljanje tim ograničenjima zahtijeva ravnotežu i donošenje odluka kako bi se postigao uspješan rezultat.

Pri ostvarivanju projekta izmjenjuju se uloge i aktivnosti upravljanja projektom i izravno se utječe na realizaciju cilja ili ciljeva. Stvarno prisutna veza realizacije upravljanja građevinskim projektom, uz oformljenu kontrolu i praćenje, sadrži potencijalne strukturne aktivnosti koje mogu pridonijeti minimiziranju troškova. [3]

Aktivnosti upravljanja projektima uključuju:

- odrediti način praćenja projektnih veličina (ugovoreno/okončano),
- odrediti sadržaj i opseg informacija,
- odrediti regulaciju protoka informacija,
- odrediti razine izvješćivanja,
- odrediti način obrade informacija u skladu s očekivanim zahtjevima korisnika informacija,
- točno utvrditi projektne postupke za sve sudionike u projektu, kako bi se eliminiralo neregularno djelovanje na pojedine elemente projekta,
- osigurati brz i nesmetan povratni tijek informacija komunikacijskim kanalima,
- odrediti postupak vrednovanja informacija o stanju projektnih ciljeva (troškova, vremena i kvalitete),
- odrediti kritične točke unutar projekta i kontinuirano pratiti protok informacija,
- primijeniti sustav donošenja odluka na projektu,

- odrediti pojedinačne odgovornosti za (ne)uspješnost realizacije dijela projekta ili projekta u cijelosti,
- osigurati projektni tim koji je sastavljen od stručnjaka različitih specijalnosti, znanja i sposobnosti, ovisno o vrsti građevinskog projekta,
- monitoring projektnog tima mora imati zadaću bilježiti, snimati, kontrolirati i nadzirati napredak projekta praćenjem pojedinih elemenata projekta (troškova, vremena i kvalitete) i nepristrano, istinito i pravodobno izvješćivati o stanju u projektu,
- uspostaviti pravovaljanu organizaciju u projektu, uz poštovanje tehnoloških zahtjeva realizacije projekta,
- osigurati kvalitetno strukturirane konzultantske tvrtke koje raspolažu znanjima i iskustvima,
- osigurati stalno praćenje, evidentiranje i informiranje o nastalim promjenama u projektu,
- osigurati stalnu unutarnju i vanjsku provjeru i kontrolu ljudskih resursa, isključivanjem konflikata na liniji kontrola – praćenje – upravljanje projektom i slično. [1]

Upravljanje projektom uključuje utvrđivanje zahtjeva, postavljanje jasnih i ostvarivih ciljeva, uspostavu ravnoteže između suprotstavljenih zahtjeva za kvalitetu, doseg, vrijeme i trošak te prilagodbu specifikacija, planova i pristupa interesima i očekivanjima različitim zainteresiranim stranama. [1]

1.5 PLANIRANJE PROJEKTA

Planiranje je proces identifikacije ciljeva, definiranja aktivnosti i resursa te određivanja redoslijeda i vremenskog rasporeda za njihovu provedbu. U kontekstu građevinskih projekata, planiranje ima ključnu ulogu u uspješnoj organizaciji i vođenju projekta.

Ključni ciljevi planiranja građevinskog projekta su:

- Defniranje obujma projekta: Ovaj korak uključuje identifikaciju svih aktivnosti i radnih paketa koji su potrebni za postizanje ciljeva projekta. Jasan i precizan obujam projekta omogućuje bolju kontrolu nad provedbom projekta.
- Vremensko planiranje: Uspješno planiranje vremenskih rokova omogućuje postizanje ciljeva u određenom vremenskom okviru. Identifikacija ključnih aktivnosti i njihovih međuovisnosti pomaže u izradi realističnog rasporeda.
- Upravljanje resursima: Planiranje resursa uključuje identifikaciju potrebnih ljudskih resursa, materijala, opreme i financijskih sredstava. Upravljanje resursima osigurava da su potrebni resursi dostupni u pravom trenutku i u pravoj količini.
- Budžetiranje: Financijsko planiranje projekta uključuje procjenu troškova, izradu budžeta i praćenje financijskih resursa. Precizno planiranje troškova pomaže u upravljanju financijskim aspektima projekta.
- Upravljanje rizicima: Identifikacija rizika i planiranje mjera za njihovo upravljanje ključni su elementi uspješnog planiranja. Procjena rizika omogućuje anticipaciju mogućih problema i poduzimanje odgovarajućih koraka za njihovo prevladavanje. [4]

Planiranje je temeljni korak koji postavlja temelje za uspješnu provedbu projekta. Precizno definiran obujam, jasno postavljene ciljevi, realistično planirani resursi i vremenski rokovi te identificirani rizici omogućuju bolju kontrolu nad projektom, smanjenje kašnjenja, poboljšanje kvalitete i smanjenje troškova. [4]

Tehnike planiranja korištene u ovom radu obuhvaćaju prvenstveno strukturnu raščlambu projekta i dinamički plan izrađen na bazi normativa radova. Navedeno je objašnjeno u nastavku.

1.5.1 STRUKTURNA RAŠČLAMBA PROJEKTA

Strukturalna raščlamba projekta (engl. Work Breakdown Structure, WBS) je ključni alat koji se koristi u građevinskom sektoru za organizaciju, planiranje i upravljanje projektima. WBS se temelji na principu dekompozicije, tj. podjeli projekta na manje, upravljive radne aktivnosti.

WBS ima ključnu ulogu u organizaciji i upravljanju građevinskim projektima. Njegova osnovna svrha je strukturiranje projekta na manje, upravljive radne aktivnosti radi olakšanog planiranja, dodjeljivanja resursa, upravljanja rizicima i praćenja napretka projekta.

Glavni ciljevi WBS-a u građevinskom sektoru uključuju:

- Jasno definiranje svih aktivnosti i radnih paketa u projektu.
- Precizno utvrđivanje hijerarhijske strukture projekta.
- Omogućavanje bolje kontrole nad resursima, vremenom i troškovima.
- Identifikacija kritičnih aktivnosti i njihovih međuovisnosti.
- Olakšavanje komunikacije između sudionika projekta.
- Praćenje i evaluacija napretka projekta. [5, 6]

Izrada WBS-a uključuje sljedeće korake:

- Identifikacija ciljeva projekta: Prvi korak je jasno definiranje ciljeva projekta i identifikacija svih ključnih aktivnosti koje će doprinijeti postizanju tih ciljeva. Ciljevi mogu uključivati izgradnju određenog objekta, implementaciju infrastrukturnih sustava ili rekonstrukciju postojećih struktura.
- Strukturiranje radnih aktivnosti: Nakon identifikacije ciljeva, slijedi strukturiranje projekta na manje, upravljive radne aktivnosti. Ove radne aktivnosti trebaju biti dovoljno detaljne da se mogu precizno planirati i upravljati. Primjeri radnih aktivnosti u građevinskom projektu mogu uključivati iskope, temelje, zidove, krov, instalacije, vanjsko uređenje itd.
- Definiranje hijerarhijske strukture: Nakon strukturiranja radnih aktivnosti, dolazi do definiranja hijerarhijske strukture projekta. Ova strukturalna obično ima oblik stabla (Slika 1:

Prikaz WBS-a), gdje su radne aktivnosti različitih razina organizirane prema njihovim međusobnim odnosima. Na vrhu stabla nalazi se glavna radna aktivnost (npr. projekt objekta), dok se ispod njega nalaze podradne aktivnosti (npr. konstrukcija, instalacije, završni radovi).

- Dodjeljivanje resursa i vremensko planiranje: Nakon definiranja hijerarhijske strukture, slijedi dodjeljivanje resursa (ljudi, materijali, oprema) svakoj radnoj aktivnosti. Ovo uključuje procjenu potrebnih resursa, vremensko planiranje i utvrđivanje ovisnosti između različitih radnih aktivnosti.
- Praćenje i kontrola: Nakon što je WBS izrađen, ključno je redovito pratiti i kontrolirati napredak projekta. To uključuje usporedbu stvarnog napretka s planiranim, identifikaciju odstupanja i poduzimanje korektivnih mjera ako je potrebno. WBS omogućuje jasno praćenje i evaluaciju napretka pojedinih radnih aktivnosti i cijelog projekta. [5, 6]

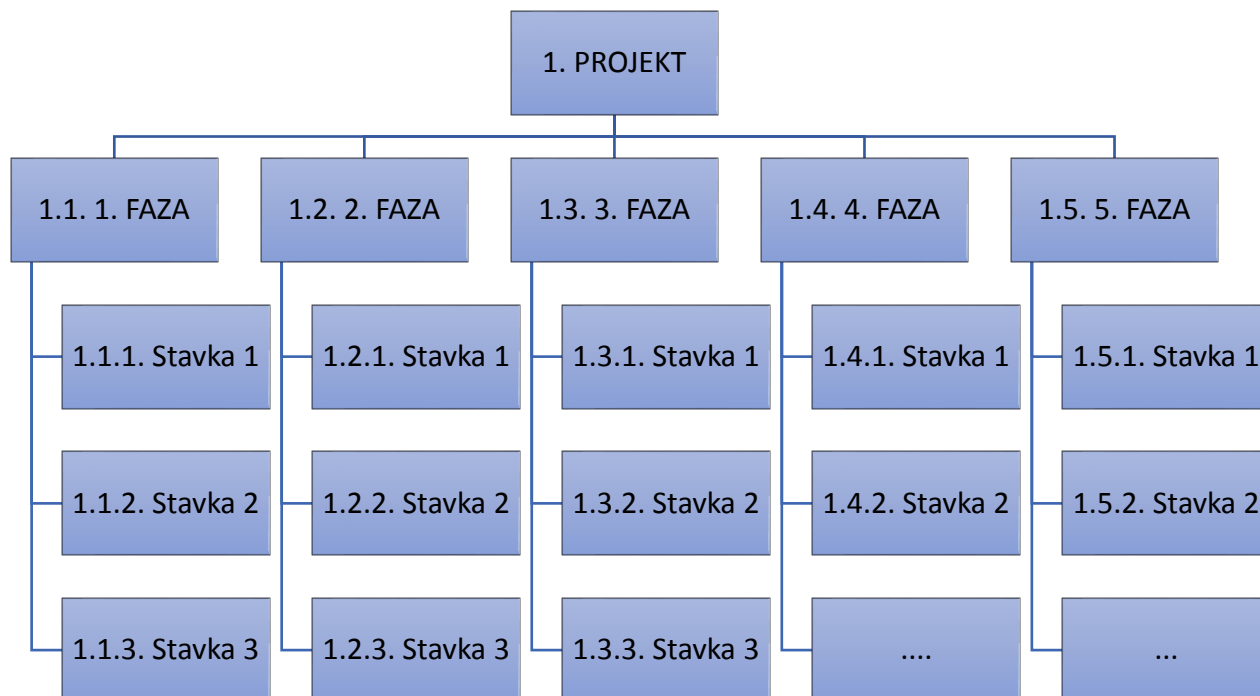
Prednosti WBS-a u građevinskom sektoru:

- Jasna struktura projekta: WBS pruža jasnu strukturu projekta koja olakšava razumijevanje i organizaciju.
- Upravljanje resursima: WBS omogućuje precizno dodjeljivanje resursa svakoj radnoj aktivnosti, što olakšava upravljanje resursima i optimizaciju njihove upotrebe.
- Kontrola vremenskih rokova: WBS omogućuje identifikaciju kritičnih aktivnosti i njihovu usklađenost s vremenskim rokovima, što pomaže u pravovremenom izvršavanju projekta.
- Praćenje troškova: WBS olakšava praćenje troškova jer omogućuje identifikaciju troškova povezanih s pojedinim radnim aktivnostima i usporedbu s planiranim budžetom.
- Komunikacija: WBS olakšava komunikaciju između dionika projekta jer pruža jasan pregled strukture i aktivnosti projekta. [5, 6]

WBS je ključni alat u građevinskom sektoru koji omogućuje organizaciju, planiranje i upravljanje projektima. Izrada WBS-a omogućuje jasnu strukturu projekta, precizno dodjeljivanje resursa, kontrolu vremenskih rokova i praćenje troškova. Kroz WBS, timovi

projekata u građevinskom sektoru mogu postići bolju kontrolu i uspješnost u provedbi projekata. [5, 6]

Primjer WBS-a građevinskog projekta prikazan je na Slici 1.



Slika 1: Prikaz WBS-a (izradio autor)

1.5.2 DINAMIČKI PLAN

Dinamički plan u građevinarstvu predstavlja fleksibilan i prilagodljiv pristup planiranju i upravljanju građevinskim projektima. Osnovna svrha dinamičkog plana je omogućiti kontinuirano prilagođavanje projektnih planova i rasporeda u skladu s promjenama i neočekivanim događajima koji se mogu pojaviti tokom izvođenja projekta. Ovaj pristup omogućava bolje upravljanje resursima, rizicima i efikasnost projekata.

Ključne karakteristike dinamičkog plana u građevini uključuju:

- **Fleksibilnost:** Dinamički plan može se brzo prilagoditi promjenama u projektu, kao što su promjene u zahtjevima klijenta, iznenadni problemi na gradilištu ili kašnjenje isporuke materijala.
- **Kontinuirano ažuriranje:** Plan se redovito ažurira kako bi odražavao trenutno stanje projekta. To uključuje promjene u rasporedu, preraspodjelu resursa i prilagodbe budžeta.
- **Efikasnost resursa:** Dinamički plan omogućava bolje iskorištavanje resursa poput radne snage, materijala i opreme, čime se minimiziraju gubici i troškovi.
- **Smanjenje rizika:** Brza reakcija na probleme i promjene pomaže u smanjenju rizika od kašnjenja i prekoračenja budžeta.
- **Bolja komunikacija:** Kontinuirano ažuriranje plana olakšava komunikaciju između svih uključenih strana, uključujući investitore, izvođače, projektante i nadzornike.
- **Očuvanje kvalitete:** Dinamički plan uzima u obzir i održavanje kvalitete građevinskih radova, čime se osigurava da se kvalitetni standardi ne žrtvuju zbog promjena u projektu.
- **Bolja prilagodba okolišnim uvjetima:** Dinamički plan može se prilagoditi promjenama u okolišu, zakonodavstvu i drugim faktorima koji utječu na građevinski projekt. [7]

Dinamički plan često zahtijeva upotrebu specijaliziranih softverskih alata za planiranje i upravljanje projektima, koji omogućavaju brzo ažuriranje i analizu različitih scenarija. Takav pristup postaje sve važniji kako građevinski projekti postaju kompleksniji i podložniji promjenama i rizicima. Dinamičko planiranje predstavlja odgovor na izazove i promjene koje se često pojavljuju u složenim građevinskim projektima. Primjenom ovog pristupa, projektanti

i upravitelji projektima mogu efikasnije reagirati na dinamično okruženje i osigurati uspješno dovršenje projekta. [7]

1.5.3 NORMIRANJE GRAĐEVINSKIH RADOVA

Norma predstavlja pravilo, propis, mjerilo, osnovu, načelo rada, razmjer nečega, odnosno utvrđenu mjeru ili količinu rada. Norma je pravilo, opis postupka, uvjeti izvršenja pod kojima se normativ može ostvariti. Normativ je ono što određuje normu, to je propisana maksimalna količina utroška materijala, vremena, pogonske energije i radne snage na osnovi koje se izrađuju planovi i proračuni poduzeća. Normativ predstavlja utrošak radnih sati ljudi ili strojeva, te utrošak materijala po jedinici proizvoda ili usluge.

Vrste normativa su sljedeće:

- Rad ljudi (h/m , h/m^2 , h/m^3 , $h/kom\dots$);
- Rada strojeva (h/m , h/m^2 , h/m^3 , $h/kom\dots$);
- Materijal (m/m , m^2/m^3 , m^3/m^3 , $kom/m^3\dots$). [8]

Normiranje građevinskih radova predstavlja proces uspostavljanja standarda, smjernica i tehničkih zahtjeva koji se primjenjuju na izvođenje različitih građevinskih radova. Ovi standardi obuhvaćaju sve aspekte radova, uključujući pripremu gradilišta, izgradnju temelja, montažu konstrukcija, završne radove, instalacije i druge relevantne aktivnosti.

Normiranje građevinskih radova ima nekoliko ključnih važnosti za građevinsku industriju. Prvo, norme osiguravaju dosljednost kvalitete. Definiranjem jasnih standarda i postupaka, norme omogućuju konzistentno izvođenje radova, što rezultira visokom kvalitetom izgrađenih objekata. To je od vitalne važnosti kako bi se zadovoljile potrebe korisnika i osiguralo trajno funkcioniranje građevinskih objekata. Drugo, normiranje građevinskih radova pridonosi sigurnosti. Norme postavljaju smjernice i zahtjeve za zaštitu radnika, sprečavanje nezgoda i osiguravanje sigurnog radnog okruženja. One obuhvaćaju propisane standarde za upotrebu osobne zaštitne opreme, postupke za rukovanje opasnim materijalima i smjernice za sprječavanje rizika na gradilištu. Treće, norme olakšavaju usklađenost s propisima i regulativama. Građevinska industrija podliježe različitim zakonodavnim zahtjevima, građevinskim propisima i regulativama. Norme su usklađene s ovim propisima i pomažu građevinskim tvrtkama da ispunjavaju zakonske obveze, smanje pravne rizike i izbjegnu potencijalne kazne ili sankcije. [9]

Normiranje građevinskih radova primjenjuje se na različite načine tijekom procesa izvođenja projekta. Prvo, norme se koriste pri planiranju i projektiranju. Definišu se standardi i smjernice za dimenzioniranje, materijale, izvođenje radova i ostale tehničke aspekte. Ove norme služe kao referenca za izradu tehničke dokumentacije i pružaju smjernice projektantima.

Normativi u graditeljstvu podijeljeni su prema vrstama radova u grupe: prethodni i pripremni radovi, zemljani radovi, tesarski radovi, armirački radovi, betonski radovi, zidarski radovi, kameno-polagački radovi, keramičarski radovi i dr. [9]

2 PROJEKT IZGRADNJE SREDNJE ŠKOLE U UMAGU

2.1 TEHNIČKI OPIS PROJEKTA

Objekt srednje škole nalazi se u Istarskoj Županiji u Umagu na sjevernom dijelu grada pored naselja Monterol na k.č. br. 1309/9 k.o. Umag (Slika 2: Makrolokacija katastarske čestice i satelitski snimak [10]) zauzimajući površinu od 12 010 m². Pristup gradilištu i parceli omogućen je s južnog prilaza preko k.č. br. 1309/16 k.o. Umag (Slika 3: Mikrolokacija katastarske čestice i satelitski snimak [10]).



Slika 2: Makrolokacija katastarske čestice i satelitski snimak [10]

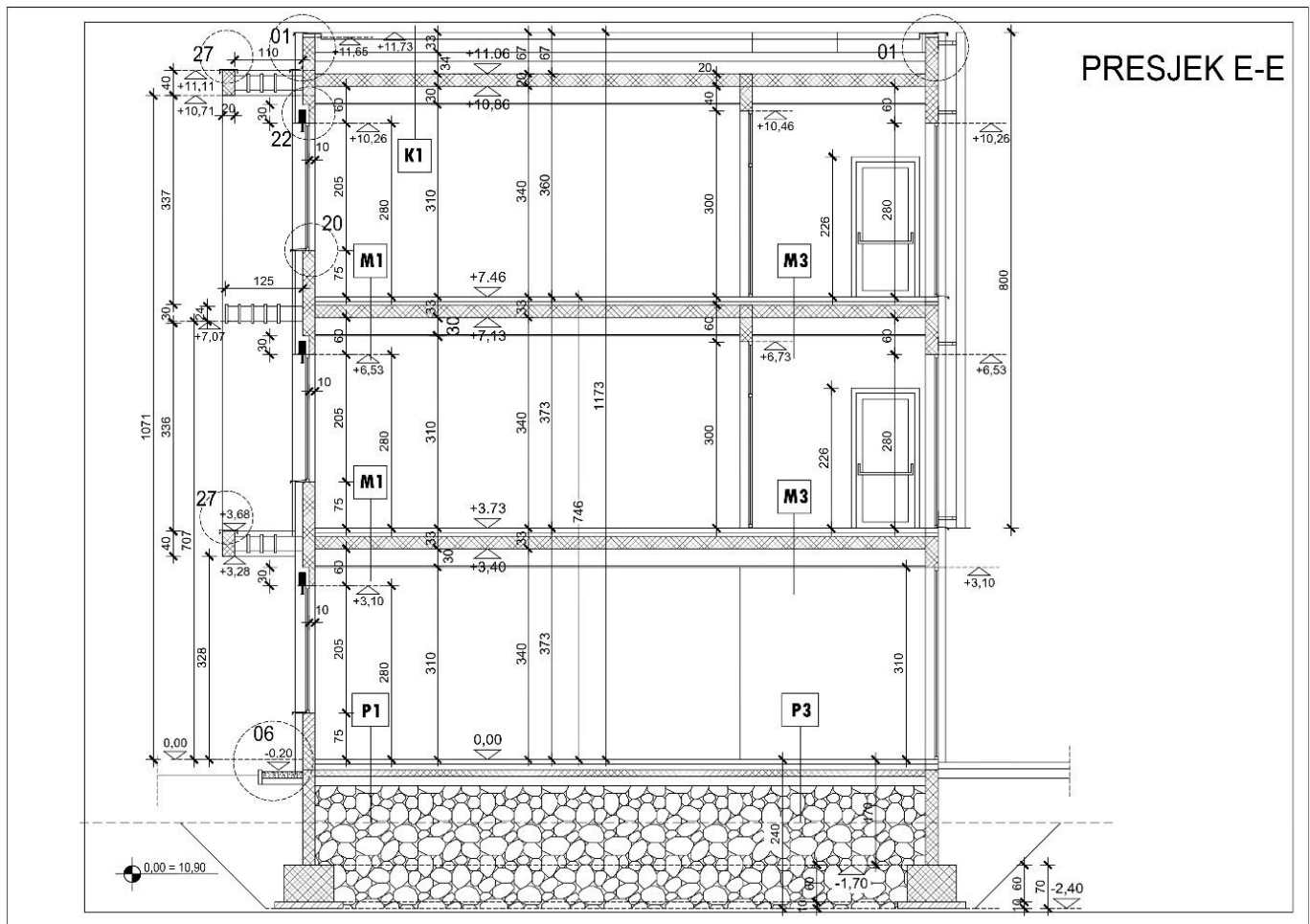


Slika 3: Mikrolokacija katastarske čestice i satelitski snimak [10]

Prije izgradnje nove srednje škole u gradu Umagu, srednja škola za mlade iz Umaga nalazi se u Bujama, gradu udaljenom 15 km od Umaga te se nakon dugog niza obećanja izgradnje srednje škole 2019. godine krenulo s građevinskim radovima. Na samoj parceli od 12 010 m² objekt srednje škole obuhvaća 1237 m² ukupne površine parcele.

Investitor izgradnje objekta srednje škole je Grad Umag te u 2019. godini izdaje natječaj za izgradnju objekta. Natječaj za izvođenje građevinskih radova kao glavni izvođač dobila je firma Makro 5 d.o.o., a kao podizvođač betonskih radova izabrana je firma Duotek d.o.o.

Zgrada srednje škole tlocrtno se izvodi u obliku slova „L“ (Slika 4: Tlocrt prizemlja [11]), sastoji se od prizemlja, 1. kata, 2. kata te je krov izveden kao ravan neprohodan (Slika 5: Presjek E-E [11]). Tlocrt je na sve 3 etaže jednak te se jedino razlikuju imena učionica po katu. [11]



Slika 5: Presjek E-E [11]

Na glavnom ulazu s jugozapadne strane nalazi se nadstrešnica ispod koje se ulazi u objekt jednom dvostrešnim vratima i jednim jednostrešnim vratima te sporedni ulaz sa sjeverozapadne strane za ulaz u objekt ima jedna dvostrešna vrata. Komunikacija među katovima osigurana je s 3 dvokraka stubišta i jednim dizalom. Objekt se nalazi na 10,90 metara nadmorske visine odnosno kota završnog sloja objekta $+0,00 = 10,90$ m.n.v. Objekt je visok 11,73 metara odnosno gornja kota atike sa završnim slojem limenog opšava jednaka je $+11,73$ m = 22,63 m.n.v. Katovi su visinski podjednako izvedeni, visina od gotovog poda do spuštenog stropa izvedenog od gipskartonskih ploča je 3,10 m, zračni prostor za instalacije od gipskartonskih ploča do betonske ploče iznosi 30 cm te armiranobetonske ploče su debljine 20 cm. Nosivi zidovi objekta su armiranobetonski debljine 20 cm te su izvedeni u glatkoj Doka oplati kako bi ostali vidni betoni. [11]

Uređenje okoliša parcele i zgrade nije bilo planirano u prvoj fazi izvođenja te se u radove uređenje okoliša krenulo u drugoj fazi projekta dvije godine nakon izgradnje samog objekta.



Slika 6: Vizualizacija objekta srednje škole [11]

Slika 6 prikazuje kako bi objekt srednje škole trebao izgledati pri završetku projekta.

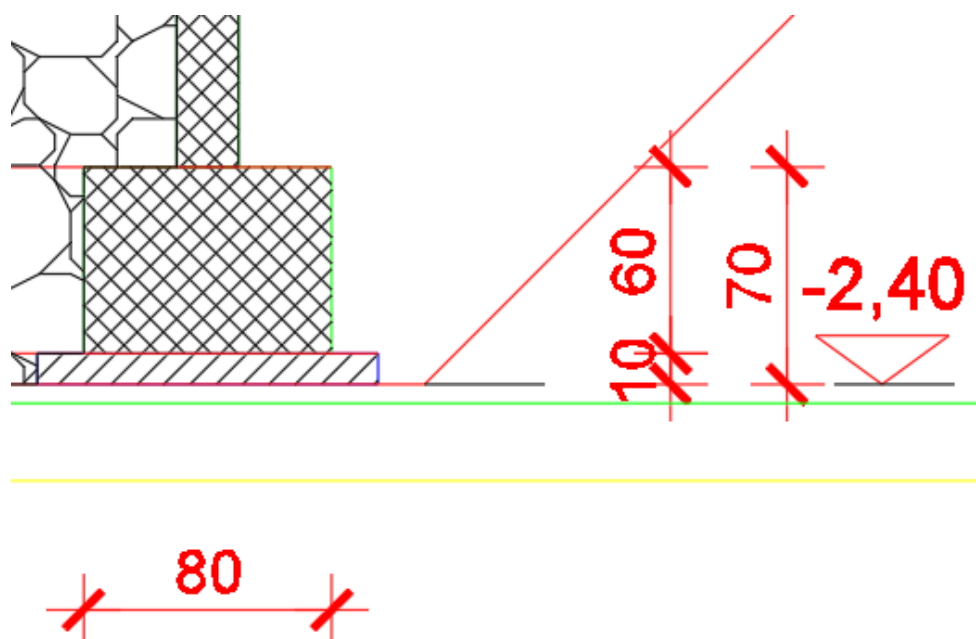
2.2 KONSTRUKCIJA

Objekt srednje škole temeljen je na armiranobetonskim temeljima dimenzija 60x80 cm koji se povezuju s donjom betonskom podlogom debljine 10 cm (Slika 7: Prikaz temelja i podložnog betona [11]). Osnovnu nosivu konstrukciju građevine čine armiranobetonski zidovi debljine 20 cm i visine 3,57 m u prizemlju te 3,53 na 1. katu i 2. katu (Slika 8: Prikaz AB zidova i ploča objekta [11]) koji se izvode u glatkoj širokoplošnoj oplati, armiraju se u dvije zone armaturnim mrežama te se betoniraju betonom klase C25/30. Na zahtjev investitora i projektanta armiranobetonski zidovi morali su ostati vidni, odnosno da se za unutarnju obradu zidova nije trebala koristiti žbuka već bi se zidovi trebali samo izravnati i bojati. Kako bi se postigao traženi cilj koristila se velikoplošna glatka oplata proizvođača „DOKA“ koja se međusobno spaja čeličnim spojnicama te toranjskom dizalicom montira na mjesto zida. Nakon što je oplata postavljena na određenu poziciju, fiksira se čeličnim sponama što uvelike ubrzava dinamiku izvođenja radova radi kasnijeg prebacivanja već izrađene oplata na druge pozicije. Beton se ugrađuje betonskom mobilnom pumpom.

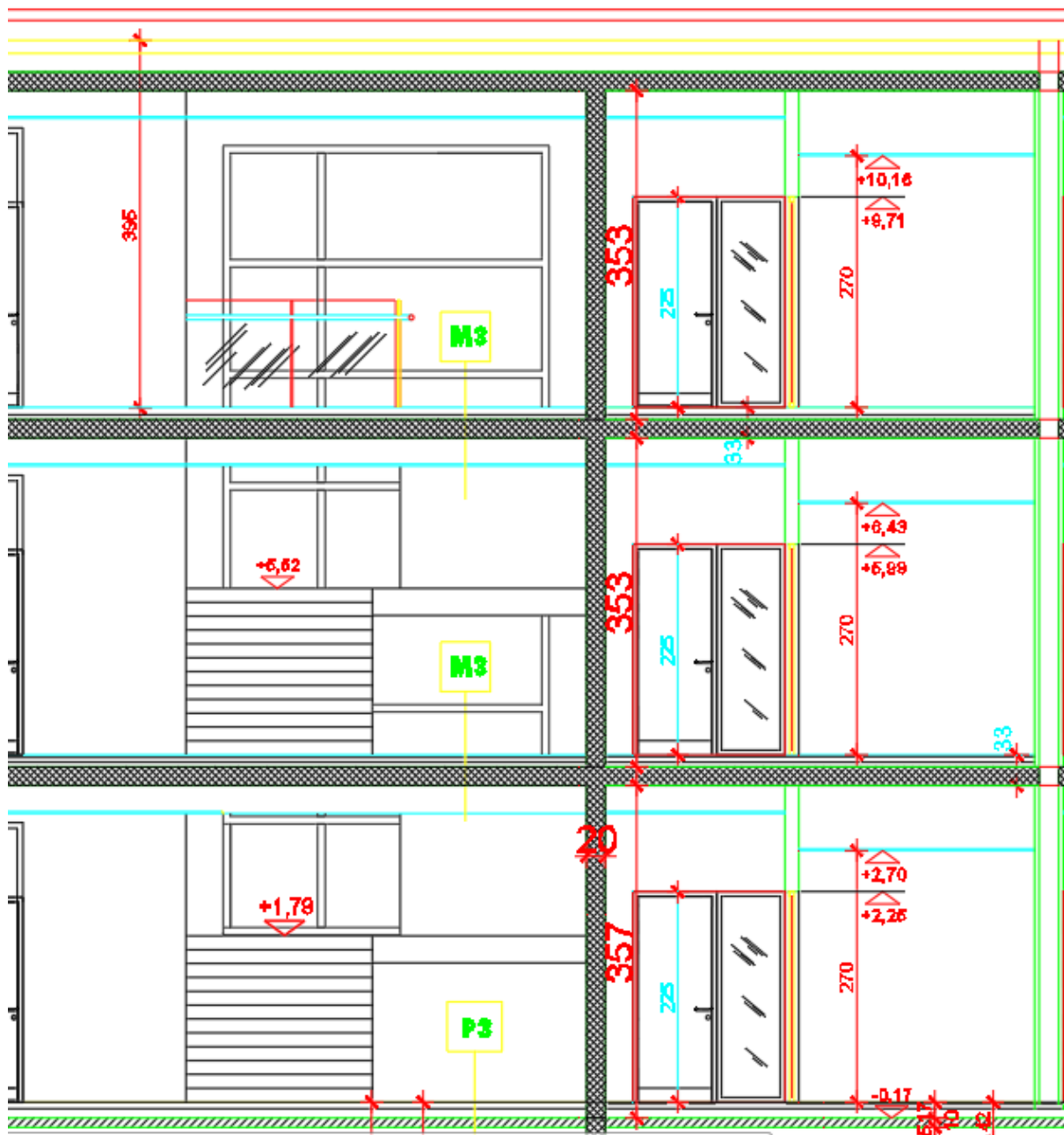
Stropne ploče, stepeništa i krovna konstrukcija izvedeni su monolitno od armiranog betona debljine 20 cm armirane u dvije zone armaturnim mrežama.

Grede objekta razlikuje se po visini te su sve debljine 20 cm.

Primjenjuje se betonski čelik B500 za armiranje. [11]



Slika 7: Prikaz temelja i podložnog betona [11]



Slika 8: Prikaz AB zidova i ploča objekta [11]

3 POČETNI PLAN IZVOĐENJA ARMIRANOBETONSKIH RADOVA

3.1 OPIS PROBLEMA

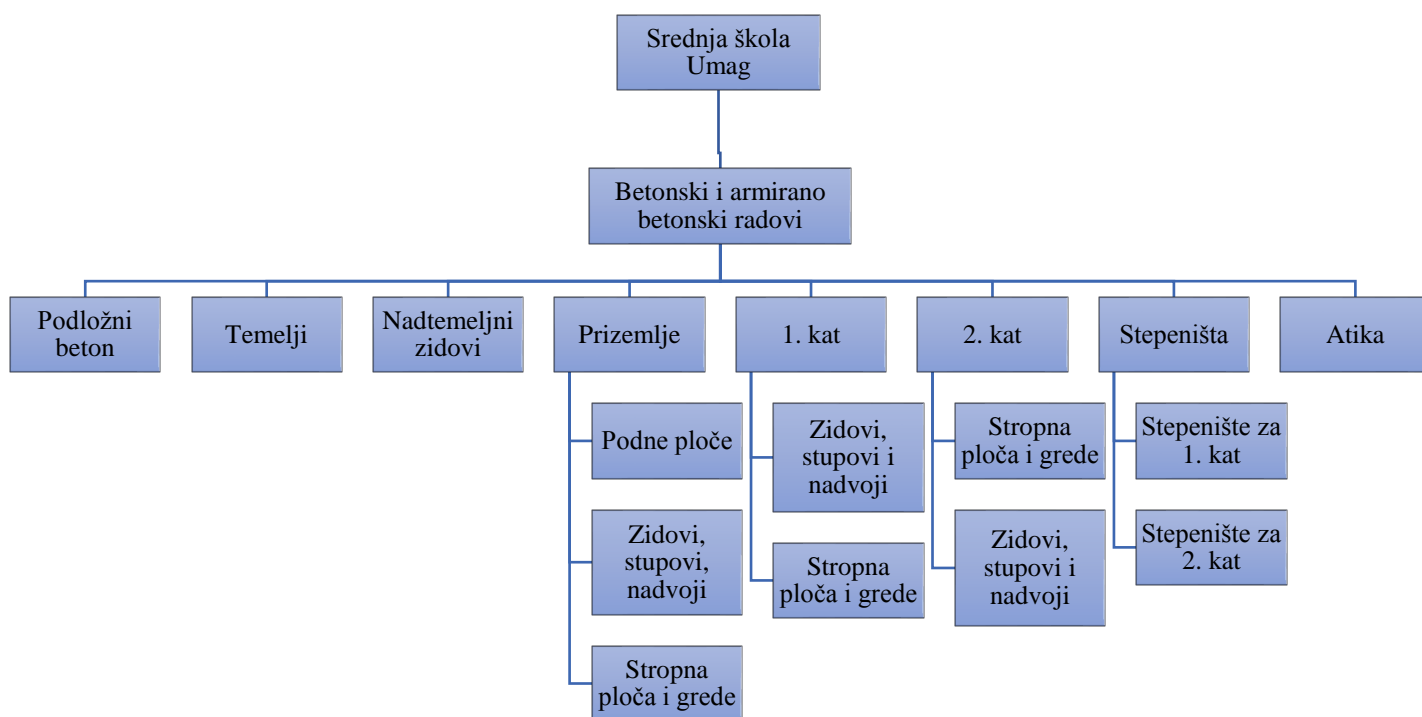
Priprema gradilišta prije početka izvođenja radova obuhvaćala je sagledavanje lokacije na kojoj se gradi, izradu plana smještaja gradilišnih kontejnera, lokaciju dizalice, ulaza i izlaza građevinskih vozila, smještaja za radnike odnosno organizaciju gradilišta, izradu dinamičkog plana, pronalazak svih potrebnih kooperanata kako bi sve mogle izvesti sve vrste radova. Od dokumentacije prije izvođenja radova potrebno je bilo sastaviti odluku o imenovanju glavnog inženjera gradilišta i voditelja radova, osiguranje gradilišta, ugovore kooperanata te tehnološke pripreme i planiranje resursa.

Srednja škola nalazi se u neposrednoj blizini naselja Monterol te okolnih gusto naseljenih kvartova. Stanovnici obližnjih kvartova od ponedjeljka do petka odlaze i dolaze s posla te je promet u jutarnjim i popodnevnim satima gušći, a u periodu ljetne turističke sezone od mjeseca travnja do listopada u prometu zna doći do velikih gužva zbog dolaska turista u obližnje hotele i apartmane. Zbog velikih gužva u periodu ljetne turističke sezone dolazak kamiona automješalica na gradilište bio je otežan.

Sredinom ožujka 2020. godine pojavila se u Hrvatskoj virusna bolest Korona (SARS-Cov-2) te se prema nalogu koordinatora 2 zaštite na radu moralo privremeno zatvoriti gradilište od svibnja do rujna iste godine što je produžilo izvođenje radove za 4 mjeseca, oko 120 kalendarskih dana. Radi stopiranja radova na period od 4 mjeseca radovi su se nakon ponovnog započinjanja trebali ubrzati radi želje investitora te je armiranobetonske radove jednim dijelom preuzeo glavni izvođač Makro 5 d.o.o. Tim preuzimanjem radova na drugom kraju objekta uslijedilo je premještanje gradilišne dizalice, trebala se posuditi armatura predviđena za taj dio, a u fazi nakon korone nabavka iste bila je uvelike stopirana radi zatvaranja granica i regija te se isporuka armature čekala duže od očekivanog. Radi preuzimanja posla dva izvođača, izvođenje oplata armiranobetonskih elemenata je bilo usporeno pošto se radilo s oplatom koju je samo dizalica mogla prenositi s pojedinih dijelova do mjesta ugradnje te su se izvođači trebali uskladiti u radovima što je bilo teže no očekivano.

3.2 STRUKTURNA RAŠČLAMBA ARMIRANOBETONSKIH RADOVA

U ovom radu glavni fokus je na betonskim i armiranobetonskim radovima budući da se uvelike kasnilo u tim radovima. Strukturna raščlamba projekta (WBS) prikazana na slici 9 (Slika 9: Početni WBS armiranobetonskih radova srednje škole Umag). Prema prikazanom WBS-u betonski i armiranobetonski radovi podijeljeni su u 8 cjelina: podložni beton, temelji, nadtemeljni zidovi, radovi u prizemlju, radovi na 1. katu, radovi na 2. katu, stepeništa i atika. Od navedenih 8 cjelina, 4 cjelina je podijeljeno u podskupine odnosno radove unutar određenih cjelina poput izvedba podnih ploča u prizemlju, izvedba zidova, stupova, nadvoja, stropnih ploča i grede u prizemlju, na 1. i 2. katu te stepeništa za 1. i 2. kat u cjelini stepeništa. Vidljivo je da nijedan dio ovog WBS-a nije odgovarajuće označen (kodiran).



Slika 9: Početni WBS armiranobetonskih radova srednje škole Umag (izradio autor)

U Tablici 1 prikazana je struktura plana izgradnje iz računalnog programa ProjectLibre za izradu dinamičkog plana.

Tablica 1: Prikaz podjele radova dobiven od strane glavnog izvođača (izradio autor)

Srednja škola Umag
Betonski i armirano betonski radovi
Podložni beton
Temelji
Nadtemeljni zidovi
Prizemlje
Podne ploče
Zidovi, stupovi, nadvoji
Stropna ploča i grede
1. kat
Zidovi, stupovi, nadvoji
Stropna ploča i grede
2. kat
Zidovi, stupovi, nadvoji
Stropna ploča i grede
Stepeništa
Stepeništa za 1. kat
Stepeništa za 2. kat
Atika

3.3 POČETNI DINAMIČKI PLAN

Dinamički plan za betonske i armiranobetonske radove izrađen je softwareom ProjectLibre. Na Slici 10 prikazan je početni dinamički plan izrađen na bazi glavnog projekta danog od strane glavnog izvođača prema podizvođaču i investitoru.



Slika 10: Prikaz početnog dinamičkog plana u software-u ProjectLibre (izradió autor)

Dinamički plan dobiven od strane glavnog izvođača ima neadekvatno postavljene aktivnosti. Aktivnosti nisu usklađene s troškovnikom. Nedostaje stavka betona u padu na ravnom neprohodnom krovu. Aktivnosti nisu povezane jedna s drugom odnosno, nemaju međusobnih veza te nije jasno da li se neki radovi mogu raditi simultano ili aktivnost 1 nakon aktivnosti 2 i sl. Veze među aktivnostima naglašavaju njihovu međusobnu ovisnost. Bez veza otežana je provjera točnosti plana kao i njegovo korištenje. Teško je shvatiti logiku kojom je određena dinamika rada i ukupno trajanje plana.

Aktivnosti nisu odgovarajuće označene, odnosno kodirane. U planu nije korištena nikakva WBS struktura. Pri izradi plana važno je dobro razumjeti sadržaj projekta i taj sadržaj pomoću strukture prikazati u planu.

Trajanja predmetih aktivnosti su određena aproksimativno ne uzimajući u obzir normative radova, te je dobiveno trajanje plana od 86 radnih dana što uvelike odstupa od stvarnog trajanja koje je na kraju bilo oko 330 kalendarskih dana odnosno 272 radna dana.

Uobičajeno, glavni ciljevi svakog projekta su završetak na vrijeme, unutar proračuna, uz postizanje odgovarajuće kvalitete. Planiranje, a onda i kontrola, preduvjeti su uspješnog upravljanja projektom. Podloge koje nastaju kao rezultat planiranja često su neophodni i korisni instrumenti upravljanja projektom stoga je plan sa što realnijim rokom građenja od iznimne važnosti. [2,12]

4 NOVI PLAN IZVOĐENJA ARMIRANOBETONSKIH RADOVA

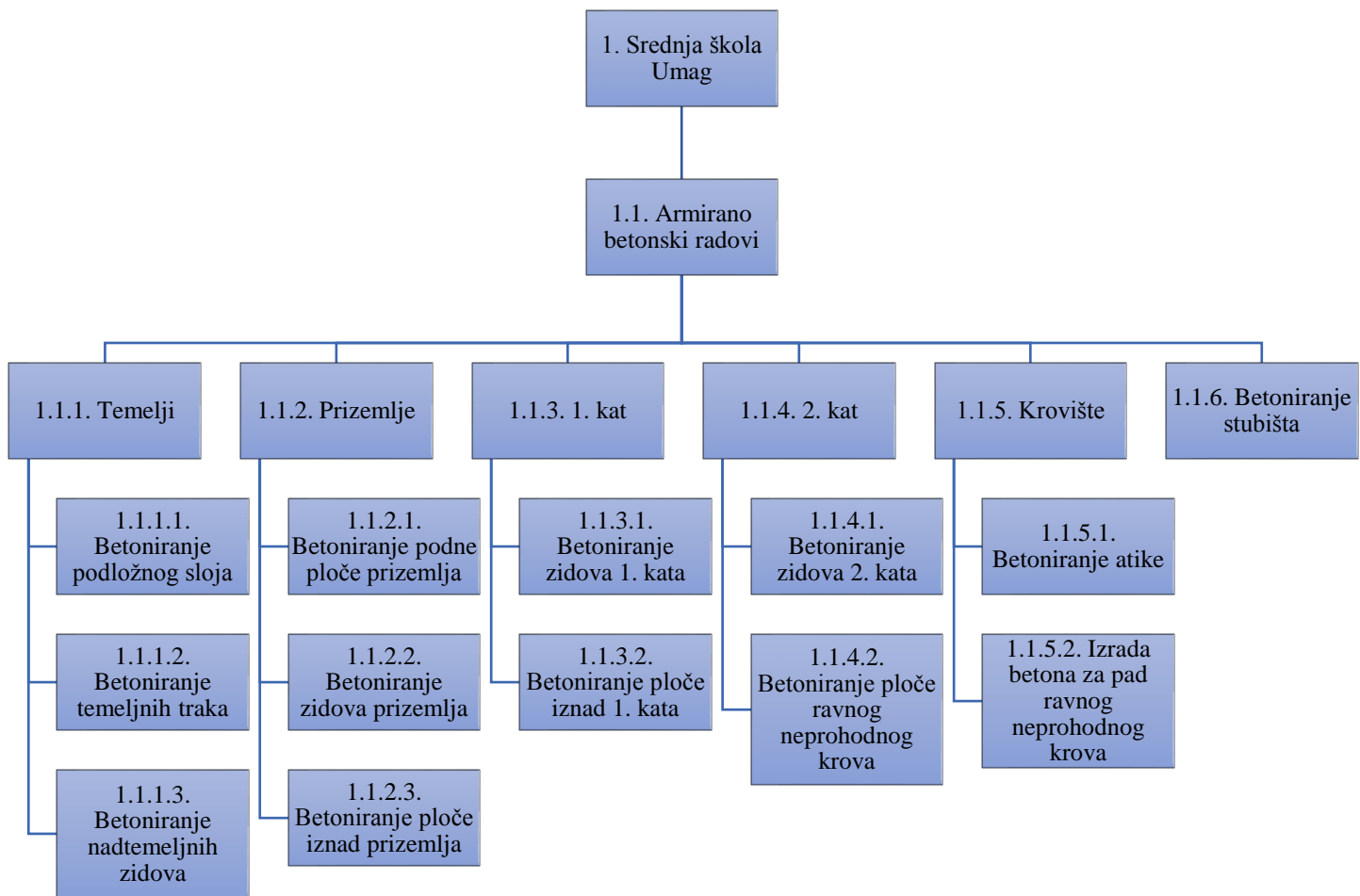
S obzirom na složenost radova i mnoštvo rizika vrlo je teško izraditi plan građenja koji neće doživjeti određene izmjene. Cilj je ovog rada izraditi novi plan s realnijim rokom građenja i to primjenom normativa radova. Primijenjeni normativi radova su interni normativi podizvođača na predmetnom gradilištu koji ima višegodišnje iskustvo na sličnim projektima.

4.1 STRUKTURNA RAŠČLAMBA PROJEKTA

Osnovna svrha WBS-a je ta da u potpunosti razmotri obim predmetnih radova i pruži adekvatnu osnovu za planiranje vremena, a kasnije i troškova i ostalih resursa na projektu. Ako se proces izrade WBS-a ne izvede pravilno, može doći do mnogobrojnih projektnih izmjena, odlaganja aktivnosti te povećanja troškova.

Nakon pregleda projektne dokumentacije izrađena je detaljna strukturna raščlamba projekta tzv. WBS armiranobetonskih radova. WBS se izrađuje radi lakšeg pregleda, planiranja, praćenja i kontrole projekta. Stavke armiranobetonskih radova hijerarhijski se raspoređuju kako bi se dobio grafički uvid u sve radove koji se trebaju izvesti sa ciljem uspješnog izvršenja ovog dijela projekta. Izrađeni WBS prikazan je na slici 11, a sastoji se od četiri razine. Ovakav WBS predstavlja jasno i organizirano određen cjelokupni obuhvat ovog dijela projekta. Sve razine WBS-a su odgovarajuće označene, kodirane i povezane. Zadatak WBS-a je povezano definirati i raščlaniti projekt do aktivnosti koje se mogu pojedinačno organizirano izvršiti, tj. u ovom slučaju planirati i proračunati kako bi se izradio projektni plan.

Slika 11 prikazuje novoizrađeni WBS armiranobetonskih radova srednje škole u Umagu.



Slika 11: WBS za novi dinamički plan (izradio autor)

Na temelju ovako izrađenog WBS-a prelazi se na sljedeću fazu planiranja, a to je izrada dinamičkog plana izvođenja radova

4.2 DINAMIČKI PLAN

Izvođenje građevinskih radova sastoji se od niza povezanih aktivnosti. Kako bi se moglo kvalitetno upravljati projektom, financijski, vremenski i s točnim brojem resursa potrebno je pratiti izvedene radove te radove koji se trebaju izvesti za što je dinamički plan od iznimne važnosti. Dinamički plan za betonske i armiranobetonske radove izrađen je softwareom ProjectLibre, koji se može kao slobodna inačica preuzeti s internetskih stranica.

Izradom realnijeg dinamičkog plana dobiva se predodžba na koji način se može organizirati posao, koliko je resursa potrebno da se ostvari te rokove, kada kojim kooperantima treba javiti da će radovi biti gotovi te rezervirati termin započinjanja fasaderskih radova, soboslikarskih radova i ostalih radova koji slijede nakon betonskih i armiranobetonskih radova. Time i investitor dobiva točniji uvid kad će radovi biti gotovi.

U svrhu izrade novog dinamičkog plana za gradilište srednje škole kroz ugovoreni troškovnik sastavljen je novi plan aktivnosti, a na temelju prethodno izrađenog WBS-a. Također, podizvođačka firma je dala na korištenje svoje izračunate normative za svaku pojedinu stavku. [13]

Primijenjeni normativi rezultat su višegodišnjeg rada u praksi na ovakvim i sličnim projektima stoga je njihova primjena opravdana. Temeljem tih podataka izrađen je plan aktivnosti zajedno s izračunatim trajanjem vremena za građevinske radove. Armiranobetonski radovi se u ovom slučaju odnose na radove izrade oplata, armiranja i betoniranja pojedinih elemenata. Predmetni radovi su dakle sljedeći:

- 1.1.1.1. Betoniranje podložnog sloja
- 1.1.1.2. Betoniranje temeljnih traka
- 1.1.1.3. Betoniranje nadtemeljnih zidova
- 1.1.2.1. Betoniranje podne ploče prizemlja
- 1.1.2.2. Betoniranje zidova prizemlja
- 1.1.2.3. Betoniranje ploče iznad prizemlja
- 1.1.3.1. Betoniranje zidova 1. kata
- 1.1.3.2. Betoniranje ploče iznad 1. kata

1.1.4.1. Betoniranje zidova 2. kata

1.1.4.2. Betoniranje ploče ravnog neprohodnog krova

1.1.5.1. Betoniranje atike

1.1.5.2. Izrada betona za pad ravnog neprohodnog krova

1.1.6. Betoniranje stubišta

Kako bi se odredilo potrebno vrijeme za izvođenje pojedinih aktivnosti koristiti će se formula za izračun trajanja aktivnosti koja objedinjuje količinu radova, normu za pojedini rad, broj resursa zadan za pojedinu aktivnost i radno vrijeme, a formula (1) glasi:

$$T_a = \frac{Q \text{ (količina stavke)} * N_s \text{ (Norma vremena)}}{S \text{ (broj resursa)} * T_n \text{ (broj radnih sati u danu)}} \text{ [dana]}. [6] \quad (1)$$

Znajući formulu može se pristupiti vremenskom izračunu pojedinih aktivnosti. Dalje u tekstu koristit će se sljedeće kratice:

Q_a = količina armature

Q_b = količina betona

Q_o = količina oplata

N_a = norma vremena armiračkih radova

N_b = norma vremena betonskih radova

N_o = norma vremena tesarskih radova

S_a = broj armirača

S_b = broj osoba koje betoniraju

S_o = broj tesara

Broj radnih sati tijekom dana je 10 h. Trajanje građevinskog rada izravno je povezano s brojem radnika koji ga obavljaju. Radne grupe i broj radnika su dimenzionirani prema ispravnim tehnološkim procesima, pravilima struke i odgovarajućim normama, te uzimajući u obzir da je podizvođač radova na gradilištu imao na raspolaganju ograničen broj radnika, do njih 10.

1.1.1.1. Betoniranje podložnog sloja

$$Q_b = 43 \text{ m}^3$$

$$Q_o = 72,40 \text{ m}^2$$

$$N_b = 0,35 \text{ h/m}^3$$

$$N_o = 0,70 \text{ h/m}^2$$

$$S_b = 3$$

$$S_o = 4$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$Ta_o = \frac{72,40 * 0,70}{4 * 10} = \mathbf{1,62 \text{ dana}}$$

$$Ta_b = \frac{43 * 0,35}{3 * 10} = \mathbf{0,50 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 2,50 dana.

1.1.1.2. Betoniranje temeljnih traka

$$Q_a = 17\,380 \text{ kg}$$

$$Q_b = 220 \text{ m}^3$$

$$Q_o = 550 \text{ m}^2$$

$$N_a = 0,042 \text{ h/kg}$$

$$N_b = 0,66 \text{ h/m}^3$$

$$N_o = 1,08 \text{ h/m}^2$$

$$S_a = 6$$

$$S_b = 4$$

$$S_o = 6$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$Ta_a = \frac{17380 * 0,042}{6 * 10} = \mathbf{12,17 \text{ dana}}$$

$$Ta_o = \frac{550 * 1,08}{4 * 10} = \mathbf{14,85 \text{ dana}}$$

$$Ta_b = \frac{220 * 0,66}{6 * 10} = \mathbf{2,42 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 29,50 dana.

1.1.1.3. Betoniranje nadtemeljnih zidova

$$Q_a = 36\,000 \text{ kg}$$

$$Q_b = 240 \text{ m}^3$$

$$Q_o = 838,40 \text{ m}^2$$

$$N_a = 0,042 \text{ h/kg}$$

$$N_b = 0,66 \text{ h/m}^3$$

$$N_o = 1,08 \text{ h/m}^2$$

$$S_a = 10$$

$$S_b = 5$$

$$S_o = 6$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$Ta_a = \frac{36000 * 0,042}{10 * 10} = \mathbf{15,12 \text{ dana}}$$

$$Ta_o = \frac{838,40 * 1,08}{8 * 10} = \mathbf{11,32 \text{ dana}}$$

$$Ta_b = \frac{240 * 0,66}{6 * 10} = \mathbf{2,64 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 29,50 dana.

1.1.2.1. Betoniranje podne ploče prizemlja

$$Q_a = 16\,050 \text{ kg}$$

$$Q_b = 107 \text{ m}^3$$

$$Q_o = 183 \text{ m}^2$$

$$N_a = 0,042 \text{ h/kg}$$

$$N_b = 0,66 \text{ h/m}^3$$

$$N_o = 1,08 \text{ h/m}^2$$

$$S_a = 10$$

$$S_b = 6$$

$$S_o = 6$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$Ta_a = \frac{16050 * 0,042}{10 * 10} = \mathbf{6,74 \text{ dana}}$$

$$Ta_o = \frac{183 * 1,08}{6 * 10} = \mathbf{3,29 \text{ dana}}$$

$$Ta_b = \frac{107 * 0,66}{6 * 10} = \mathbf{1,18 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 11,50 dana.

1.1.2.2. Betoniranje zidova prizemlja

$$Q_a = 29\,250 \text{ kg}$$

$$Q_b = 195 \text{ m}^3$$

$$Q_o = 2222 \text{ m}^2$$

$$N_a = 0,042 \text{ h/kg}$$

$$N_b = 0,66 \text{ h/m}^3$$

$$N_o = 1,08 \text{ h/m}^2$$

$$S_a = 10$$

$$S_b = 5$$

$$S_o = 6$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$Ta_a = \frac{29\,250 * 0,042}{10 * 10} = \mathbf{12,29 \text{ dana}}$$

$$Ta_o = \frac{2222 * 1,08}{6 * 10} = \mathbf{40 \text{ dana}}$$

$$Ta_b = \frac{195 * 0,66}{5 * 10} = \mathbf{2,57 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 55 dana.

1.1.2.3. Betoniranje ploče iznad prizemlja

$$Q_a = 31\,950 \text{ kg}$$

$$Q_b = 213 \text{ m}^3$$

$$Q_o = 1124 \text{ m}^2$$

$$N_a = 0,042 \text{ h/kg}$$

$$N_b = 0,66 \text{ h/m}^3$$

$$N_o = 1,08 \text{ h/m}^2$$

$$S_a = 10$$

$$S_b = 6$$

$$S_o = 8$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$Ta_a = \frac{31\,950 * 0,042}{10 * 10} = \mathbf{13,42 \text{ dana}}$$

$$Ta_o = \frac{1124 * 1,08}{8 * 10} = \mathbf{15,17 \text{ dana}}$$

$$Ta_b = \frac{213 * 0,66}{6 * 10} = \mathbf{2,34 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 31 dan.

1.1.3.1. Betoniranje zidova 1. kata

$$Q_a = 29\,250 \text{ kg}$$

$$Q_b = 195 \text{ m}^3$$

$$Q_o = 2222 \text{ m}^2$$

$$N_b = 0,042 \text{ h/kg}$$

$$N_b = 0,66 \text{ h/m}^3$$

$$N_o = 1,08 \text{ h/m}^2$$

$$S_a = 10$$

$$S_b = 5$$

$$S_o = 6$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$Ta_a = \frac{29250 * 0,042}{10 * 10} = \mathbf{12,29 \text{ dana}}$$

$$Ta_o = \frac{2222 * 1,08}{6 * 10} = \mathbf{40 \text{ dana}}$$

$$Ta_b = \frac{195 * 0,66}{5 * 10} = \mathbf{2,57 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 55 dana.

1.1.3.2. Betoniranje ploče iznad 1. kata

$$Q_a = 31\,950 \text{ kg}$$

$$Q_b = 213 \text{ m}^3$$

$$Q_o = 1124 \text{ m}^2$$

$$N_a = 0,042 \text{ h/kg}$$

$$N_b = 0,66 \text{ h/m}^3$$

$$N_o = 1,08 \text{ h/m}^2$$

$$S_a = 10$$

$$S_b = 6$$

$$S_o = 8$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$Ta_a = \frac{31\,950 * 0,042}{10 * 10} = \mathbf{13,42 \text{ dana}}$$

$$Ta_o = \frac{1124 * 1,08}{8 * 10} = \mathbf{15,17 \text{ dana}}$$

$$Ta_b = \frac{213 * 0,66}{6 * 10} = \mathbf{2,34 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 31 dan.

1.1.4.1. Betoniranje zidova 2. kata

$$Q_a = 29\,250 \text{ kg}$$

$$Q_b = 195 \text{ m}^3$$

$$Q_o = 2222 \text{ m}^2$$

$$N_a = 0,042 \text{ h/kg}$$

$$N_b = 0,66 \text{ h/m}^3$$

$$N_o = 1,08 \text{ h/m}^2$$

$$S_a = 10$$

$$S_b = 5$$

$$S_o = 6$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$Ta_a = \frac{29250 * 0,042}{10 * 10} = \mathbf{12,29 \text{ dana}}$$

$$Ta_o = \frac{2222 * 1,08}{6 * 10} = \mathbf{40 \text{ dana}}$$

$$Ta_b = \frac{195 * 0,66}{5 * 10} = \mathbf{2,57 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 55 dana.

1.1.4.2. Betoniranje ploče ravnog neprohodnog krova

$$Q_a = 31\,950 \text{ kg}$$

$$Q_b = 213 \text{ m}^3$$

$$Q_o = 1124 \text{ m}^2$$

$$N_a = 0,042 \text{ h/kg}$$

$$N_b = 0,66 \text{ h/m}^3$$

$$N_o = 1,08 \text{ h/m}^2$$

$$S_a = 10$$

$$S_b = 6$$

$$S_o = 8$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$Ta_a = \frac{31\,950 * 0,042}{10 * 10} = \mathbf{13,42 \text{ dana}}$$

$$Ta_o = \frac{1124 * 1,08}{8 * 10} = \mathbf{15,17 \text{ dana}}$$

$$Ta_b = \frac{213 * 0,66}{6 * 10} = \mathbf{2,34 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 31 dan.

1.1.5.1. Betoniranje atike

$$Q_a = 2576 \text{ kg}$$

$$Q_b = 32,2 \text{ m}^3$$

$$Q_o = 306,20 \text{ m}^2$$

$$N_a = 0,042 \text{ h/kg}$$

$$N_b = 0,66 \text{ h/m}^3$$

$$N_o = 1,08 \text{ h/m}^2$$

$$S_a = 10$$

$$S_b = 4$$

$$S_o = 6$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$Ta_a = \frac{2576 * 0,042}{10 * 10} = \mathbf{1,08 \text{ dana}}$$

$$Ta_o = \frac{306,20 * 1,08}{4 * 10} = \mathbf{8,27 \text{ dana}}$$

$$Ta_b = \frac{32,20 * 0,66}{6 * 10} = \mathbf{0,35 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 10 dana.

1.1.5.2. Izrada betona za pad ravnog neprohodnog krova

$$Q = 1040 \text{ m}^2$$

$$N = 2,15 \text{ h/m}^2$$

$$S = 10$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$T_a = \frac{1040 * 2,15}{10 * 10} = \mathbf{22,36 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 22,50 dana.

1.1.6. Betoniranje stubišta

$$Q_a = 6300 \text{ kg}$$

$$Q_b = 42 \text{ m}^3$$

$$Q_o = 218 \text{ m}^2$$

$$N_a = 0,042 \text{ h/kg}$$

$$N_b = 0,66 \text{ h/m}^3$$

$$N_o = 1,08 \text{ h/m}^2$$

$$S_a = 10$$

$$S_b = 5$$

$$S_o = 6$$

$$T_n = 10 \text{ h}$$

$$Ta_a = \frac{6300 * 0,042}{10 * 10} = \mathbf{2,65 \text{ dana}}$$

$$Ta_o = \frac{218 * 1,08}{6 * 10} = \mathbf{3,92 \text{ dana}}$$

$$Ta_b = \frac{42 * 0,66}{6 * 10} = \mathbf{0,46 \text{ dana}}$$

Ukupno trajanje 7,50 dana.

S izračunatim vremenom trajanja aktivnosti kreće se u izradu gantograma. U gantogramu se opisuje svaka pojedina aktivnost te joj se pridružuje potreban broj dana za izvedbu te se grafički prikazuje sve radove na vremenskoj liniji. Vrijeme trajanja radova zaokruženo je na cijeli dan, ili pola dana, ovisno o dobivenom trajanju. Izrada betona za pad ravnog neprohodnog krova je sa izračunatih 22,36 dana zaokružen na 22,50 dana i slično.

Gantogramom se dobiva jasan pregled izvedenih radova, radova koji se još trebaju izvesti te je omogućeno planiranje dopreme potrebnog materijala i opreme na gradilište.

Predviđeni kraj radova nakon novoizrađenog dinamičkog plana je nakon 266 radnih dana. U stvarnosti su radovi na kraju trajali 11 mjeseci, odnosno 330 dana. U tih 330 dana nije se radilo nedjeljom na što otpada 44 radnih dana te se dolazi na 286 dana. Također je bilo 14 dana praznika tijekom perioda Božića gdje se ukupna suma radnih dana dovedena na 272 dana. Bilo je i kišnih dana gdje se nije radilo te računajući da je rađeno na armiranobetonskim radovima 272 dana plus nepoznat broj kišnih dana može se reći da su radovi prema realnom planu normativa podizvođača napravljeni u realnim okvirima.

Novi realniji plan izvođenja armiranobetonskih radova prikazan je na slici 12.

WBS	Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names	Qtr 2, 2020		Qtr 3, 2020			Qtr 4, 2020			Qtr 1, 2021						
							Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	M	
1.	Srednja škola Umag	265.5 days	03/02/20 08:00	08/02/21 13:00																	
1.1.	ARMIRANO BETONSKI RADOVI	265.5 days	03/02/20 08:00	08/02/21 13:00																	
1.1.1.	Temelji	59 days	03/02/20 08:00	23/04/20 17:00																	
1.1.1.1.	Betoniranje podložnog sloja	2.5 days	03/02/20 08:00	05/02/20 13:00																	
1.1.1.2.	Betoniranje temeljnih traka	29.5 days	03/02/20 08:00	13/03/20 13:00																	
1.1.1.3.	Betoniranje nadtemeljnih zidova	29.5 days	13/03/20 13:00	23/04/20 17:00	5																
1.1.2.	Prizemlje	64 days	24/04/20 08:00	22/07/20 17:00																	
1.1.2.1.	Betoniranje podne ploče prizemlja	11.5 days	24/04/20 08:00	11/05/20 13:00	6																
1.1.2.2.	Betoniranje zidova prizemlja	55 days	06/05/20 08:00	21/07/20 17:00	8SS+8 days																
1.1.2.3.	Betoniranje ploče iznad prizemlja	31 days	10/06/20 08:00	22/07/20 17:00	9SS+25 days																
1.1.3.	1. Kat	61 days	15/07/20 08:00	07/10/20 17:00																	
1.1.3.1.	Betoniranje zidova 1. kata	55 days	15/07/20 08:00	29/09/20 17:00	10SS+25 days																
1.1.3.2.	Betoniranje ploče iznad 1. kata	31 days	26/08/20 08:00	07/10/20 17:00	12SS+30 days																
1.1.4.	2. Kat	61 days	30/09/20 08:00	23/12/20 17:00																	
1.1.4.1.	Betoniranje zidova 2. kata	55 days	30/09/20 08:00	15/12/20 17:00	13SS+25 days																
1.1.4.2.	Betoniranje ploče ravnog neprohodnog krova	31 days	11/11/20 08:00	23/12/20 17:00	15SS+30 days																
1.1.5.	Krov	32.5 days	24/12/20 08:00	08/02/21 13:00																	
1.1.5.1.	Betoniranje atike	10 days	24/12/20 08:00	06/01/21 17:00	16																
1.1.5.2.	Izrada betona za pad ravnog neprohodnog krova	22.5 days	07/01/21 08:00	08/02/21 13:00	18																
1.1.6.	Betoniranje stubišta	7.5 days	07/01/21 08:00	18/01/21 13:00	18																

Slika 12: Novi dinamički plan na temelju izračunatih aktivnosti (izradio autor)

Aktivnosti u novom dinamičkom planu poredane su logičkim slijedom izgradnje objekta. Nakon zemljanih radova slijede armiranobetonski radovi odnosno zalijevanje iskopanih traka podložnim betonom na koji se izvode temeljne trake. Nakon izvedbe temeljnih traka i kontrole nadzornog inženjera izvode se nadtemeljni zidovi između kojih se zatrpava materijalom iz iskopa i dovozenim kamenom granulacije 0-32 mm. Nakon zbijanja nasutog materijala izvodi se podna ploča.

Radi velike površine objekta betonaže ploča i zidova odvijalo se u više taktova pa su i veze tako postavljene odnosno nakon betonaže 2/3 podne ploče objekta dio radnika je krenuo sa armiranjem i izvođenjem oplata zidove dok je manja grupa radnika mogla dovršiti ostatak ploče.

Nakon betoniranja polovice zidova na tom dijelu objekta moglo se započeti s izvođenjem oplata stropnih ploča kako radovi ne bi zaostajali i kako bi se mogao ostvariti kontinuirani rad gdje je jedna grupa radnika pratila drugu i obrnuto.

Konačni cilj izrade vremenskog plana je izrada realističnog plana izvođenja koji predstavlja osnovu za praćenje vremenskog napretka izvođenja te planiranja i usklađivanja radova koji slijede, a kako bi glavni izvođač mogao uskladiti i dogovarati radove koji slijede nakon izvođenja armiranobetonskih radova.

5 USPOREDNA ANALIZA POČETNOG PLANA I NOVOG PLANA

U nastavku je dana usporedba početno planiranih trajanja stavki i onih izračunatih u ovom radu. Informacija o stvarnom trajanju pojedinih stavki nije dostupna, no poznati su razlozi nastanka odstupanja koji su navedeni u Tablici 2.

Tablica 2: Usporedba planiranih radova i radova izračunatih normativima (izradio autor)

WBS	Stavka	Izračunato normativima (dani)	Početno planirano (dani)	Razlozi odstupanja
1.1.1.1.	Betoniranje podložnog sloja	2.5	18	Priprema podložnog betona krivo izračunata u dinamičkom planu, radovi brže odrađeni od očekivanog
1.1.1.2.	Betoniranje temeljnih traka	29.5	20	Dužine temelja i izvedba armature odužile su vrijeme radova naspram planiranog radi zahtjevnijeg izvođenja armature
1.1.1.3.	Betoniranje nadtemeljnih zidova	29.5	20	Izvedba armature zidova te rezanje armaturnih mreži odužile su izvedbu naspram planiranog
1.1.2.1.	Betoniranje podne ploče prizemlja	11.5	17	Podna ploča izvedena brže od očekivanog radi jednostavne izvedbe oplata, pretpostavka da je preuzet krivi normativ
1.1.2.2.	Betoniranje zidova prizemlja	55	17	Neusklađena komunikacija s kooperantom armiranobetonskih radova radi preuzimanja njegovih internih normativa pošto radnici i poslovođa nisu nikad radili sa velikoplošnom oplatom

1.1.2.3.	Betoniranje ploče iznad prizemlja	31	12	U dobivenom dinamičkom planu nije planirana izvedbu armature koja je zahtjevna, odnosno radilo se sa šipkama promjera $\varnothing 20-25$ koje se ugrađuju u grede velikih dimenzija
1.1.3.1.	Betoniranje zidova 1. kata	55	17	Neusklađena komunikacija s kooperantom armiranobetonskih radova radi preuzimanja njegovih internih normativa pošto radnici i poslovođa nisu nikad radili sa velikoplošnom oplatom
1.1.3.2.	Betoniranje ploče iznad 1. kata	31	12	U dobivenom dinamičkom planu nije planirana izvedba armature koja je zahtjevna, odnosno radilo se sa šipkama promjera $\varnothing 20-25$ koje se ugrađuju u grede velikih dimenzija
1.1.4.1.	Betoniranje zidova 2. kata	55	17	Neusklađena komunikacija s kooperantom armiranobetonskih radova radi preuzimanja njegovih internih normativa pošto radnici i poslovođa nisu nikad radili sa velikoplošnom oplatom
1.1.4.2.	Betoniranje ploče ravnog neprohodnog krova	31	12	U dobivenom dinamičkom planu nije planirana izvedbu armature koja je zahtjevna, odnosno radilo se sa šipkama promjera $\varnothing 20-25$ koje se ugrađuju u grede velikih dimenzija
1.1.5.1.	Betoniranje atike	10	14	Radovi odrađeni brže od planiranog, izmjena visine atike

1.1.5.2.	Izrada betona za pad ravnog neprohodnog krova	22.5	X	Radovi nisu planirani dinamičkim planom glavnog izvođača
1.1.6.	Betoniranje stubišta	7.5	14	Radovi odrađeni brže od planiranog pošto betoni stubišta nisu trebali biti izvedeni kao vidni te se nije trebala dodatno obrađivati oplata

Početnim planom izvođenja planirani rok izvođenja armiranobetonskih radova je bio 86 radnih dana. Novoizrađenim planom je dobiven rok od 266 radnih dana, dok je stvarna izvedba bila 272 radna dana.

Početni plan izvođača u odnosu na stvarno izvođenje prekoračen je za 216,28%.

Novoizrađeni plan prekoračen je za 2,26%

6 PRIJEDLOG MJERA POBOLJŠANJA PLANIRANJA RADOVA NA BUDUĆIM PROJEKTIMA

Uspoređujući dobiveni dinamički plan od strane glavnog izvođača i dinamički plan radova izračunat normama možemo vidjeti veliko odstupanje od 180 radnih dana. Neke neočekivane okolnosti poput epidemije Korona virusa su promijenile tok izgradnje radi prekida radova u razdoblju od svibnja do kraja rujna te je epidemija usporila dopremu armature na gradilište. Uz epidemiju na koju se nije moglo utjecati, veliki problem na predmetnom gradilištu je bio nedostatak komunikacije između glavnog izvođača i podizvođača.

Neke od mjera poboljšanja izvođenja radova i izrade dinamičkog plana na sljedećim projektima kako ne bi došlo do slične ili iste situacije kao na projektu izgradnje Srednje Škole su:

- Prije početka planiranja radova, važno je detaljno analizirati projektnu dokumentaciju i identificirati sve zahtjeve i ciljeve projekta.
- Prije početka izvođenja poželjno je obići mjesto izvođenja radova te detaljno istražiti stanje na terenu i analizirati vanjske čimbenike koji bi mogli utjecati na prepreke u izvođenju.
- Nakon odabira podizvođača iskomunicirati da li postoje interni normativi te prilagoditi i uskladiti dinamički plan s planom podizvođača.
- Efikasno planiranje radova uključuje adekvatnu raspodjelu resursa, uključujući radnu snagu, materijale i opremu. Prijedlog mjera uključuje praćenje raspoloživih resursa, identifikaciju njihove dostupnosti i usklađivanje s potrebama projekta.
- Prijedlog mjera uključuje sustavno identificiranje i analizu rizika povezanih s planiranjem radova. Ovo će omogućiti ranu intervenciju i adekvatno upravljanje rizicima kako bi se smanjili negativni utjecaji na projekt. Izrada plana za kontinuitet poslovanja i alternativnih scenarija također je važna komponenta za suočavanje s neočekivanim situacijama.
- Nakon što je planiranje radova provedeno, važno je pratiti napredak projekta i redovito pregledavati plan. Prijedlog mjera uključuje redovite sastanke tima kako bi se izvijestilo o napretku, identificirali mogući problemi i donijeli prilagodbe u planu ako je potrebno. Kontinuirano praćenje i revizija plana omogućit će fleksibilnost i prilagodbu promjenama koje se mogu pojaviti tijekom izvođenja projekta.

7 ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je nedostatak dinamičkog plana izrađenog od strane glavnog izvođača te je sukladno stavkama iz troškovnika izrađen novi dinamički plan izgradnje Srednje Škole u Umagu. Definirali su se osnovni pojmovi upravljanja projektima i njegovi dijelovi koji su dijelom primijenjeni tijekom izrade ovog rada i koji su se pokazali kao važni alati za izradu realnijeg plana građenja. Napravljena je strukturna raščlamba projekta za armiranobetonske radove kako bi se prikazale planirane aktivnosti. Planiranim aktivnostima je uz pomoć internih normativa izračunato vremensko trajanje unutar dinamičkog plana te su aktivnosti prikazane kao gantogram aktivnosti. Postavljanjem veza između svakih od aktivnosti dobiven je točan uvid u trajanje i kraj svake od aktivnosti što izvođaču olakšava planiranje daljnje izgradnje. Nakon izrađenog novog dinamičkog plana u usporednoj tablici prikazana je vremenska razlika između dobivenog i novoizrađenog dinamičkog plana te su pojašnjeni razlozi vremenskih odstupanja između dva plana. Armiranobetonski radovi trebali su biti izvedeni u roku od 86 radnih dana odnosno od 1. veljače 2020. godine do 18. svibnja 2020. dok su radovi u stvarnosti trajali od 1. veljače 2020. godine do ožujka 2021. godine što je iznosilo 272 radna dana što je 216,28% više od planiranog, dok je odstupanje od izračunatog dinamičkog plana 6 radnih dana odnosno 2,26%. Nakon usporedbe dva dinamička plana dani su prijedlozi mjera poboljšanja planiranja radova kako se u budućim projektima ne bi dogodila slična odstupanja.

8 LITERATURA:

- [1] Špundak, M., *Upravljanje projektima – postoje li razlike u odnosu na tip projekta*, https://iri-ict.fer.hr/download/repository/9-Mario_Spundak_Upravljanje_projektima_-_postoje_li_razlike_u_odnosu_na_tip_projekta_final.pdf, pristup 01.07.2023.
- [2] Radujković, M., *Voditelj projekta*, Građevinar (52), 2000.
- [3] Marić, T., Radujković, M., Cerić, A., *Upravljanje troškovima, vremenom i kvalitetom izgradnje u građevinskim projektima*, Građevinar (59), 2007.
- [4] Špundak, M., *Upravljanje projektima - definicija i metodologije*, http://www.fer.unizg.hr/download/repository/kvalifikacijski_clanak.pdf, pristup 01.07.2023.
- [5] Jelić, T., *Projektne kontrolig: Strukturna analiza rada*, <https://www.poslovnaucinkovitost.hr/kolumne/poslovanje/1546-projektne-kontroling-strukturna-analiza-rada>, pristup 01.07.2023.
- [6] Radujković, M. i suradnici, *Planiranje i kontrola projekata*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2012.
- [7] Bojić, N., *Koliko je bitan dinamički plan u građevinarstvu*, <https://www.gradnja.me/clanak/257/Koliko-je-bitan-dinami%C4%8Dki-plan-u-gra%C4%91evinarstvu>, pristup 01.09.2023.
- [8] Car-Pušić, D., *Predavanja iz Organizacije i tehnologije građenja*, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Rijeka, 2018./2019.
- [9] Bučar, G., *Priručnik za građevinsko poduzetništvo: Normativi građevinskih radova*, ICG d.o.o., Rijeka, 1999.
- [10] Republika Hrvatska, Državna geodetska uprava, *Geoportal*, <https://geoportal.dgu.hr/>, pristup 01.07.2023.
- [11] Projektna dokumentacija projekta izgradnje Srednje škole u Umagu
- [12] PMI, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, 4th edition, Project Management Institut, Pennsylvania, USA, 2008.
- [13] Duotek d.o.o., *Interni normativi građevinskog poduzeća*.