

Dizajniranje sustava praćenja i kontrole za izgradnju zgrade armirano - betonske konstrukcije

Design of monitoring and control system for the construction of the building with reinforced concrete structure

¹Ratko Matotek, ²Ivan Pintar

¹Međimursko veleučilište u Čakovcu

Bana J. Jelačića 22a, 40000 Čakovec, Hrvatska

²student Međimurskog veleučilišta u Čakovcu

e-mail: ¹rmatotek@mev.hr, ²ipintar@student.mev.hr

Sažetak: *Ovim se radom želi ukazati na važnost praćenja i kontrole u građevinskim projektima. Naime, promatrajući velik broj sudionika u svakom projektu, vrlo je lako doći do pogrešaka i propusta. S tim je razlogom potrebno izraditi sustav praćenja i kontrole radi izbjegavanja većih odstupanja između planiranog i ostvarenog. Svaki projekt je unikat i ne može se nikada ponoviti, ali su teoretske postavke planiranja, praćenja i kontrole iste kod svih projekata. U radu su korištene najpoznatije tehnike linijskog planiranja, a odnose se na gantogram, histogram i S-krivulju. Obraden je primjer dizajniranja sustava praćenja i kontrole za zgradu armirano-betonske konstrukcije u etažama prizemlja i 10 katova. Kako su sve etaže jednake, time se i praćenje te kontrola svode na jednostavnije elemente, ali je pristup i postupak isti kod svih projekata. Izrađene su dvije varijante izvođenja sa svim elementima bez kojih se ne bi mogao provesti sustav praćenja i kontrole.*

Ključne riječi: *kontrola, linijsko planiranje, praćenje, projekt, sudionici projekta*

Abstract: *This paper aims to show the importance of monitoring and control in construction projects. Analysing a large number of participants in each project, it is very easy to get to errors and omissions. With this reasons it is necessary to develop a system for monitoring and control in order to avoid greater deviations between planned and realized.*

Each project is unique and can never be repeated, but the theoretical settings of planning, monitoring and controlling are the same for all projects. The best known techniques of linear planning were used, and refer to the Gantt chart, histogram and S-curve. Designing, monitoring and control system is made for building with reinforced concrete structure with ground and 10 floors. Since all floors are equal, thus the monitoring and control are reduced to simple elements, but the approach and process is the same for all projects. Two versions of construction are made with all the elements needed for designing the monitoring and control system.

Keywords: *control, linear planning, control, project, stakeholders*

1. Uvod

Projekti su prisutni u svim područjima ljudske djelatnosti (poslovanje, kultura, sport, vojska i sl.), pa se tako svijet može proglasiti svijetom projekata. Može se ukazati da tekući trendovi u kojima nisu izvorno orijentirani na projekte sve više pokreću projekte ili se njima koriste. Kod takvih trendova može se govoriti o upravljanju putem projekata umjesto upravljanju projektima. Upravljanje projektom jest primjena znanja, vještina i tehnika na aktivnosti projekta radi ostvarivanja njegovih ciljeva. Planiranje je neizostavni dio upravljanja projektom. Nemoguće je uspješno upravljanje bez uspješnog planiranja. Planiranje osigurava stvaranje niza podloga koje su neophodne za upravljanje projektom. Bez plana voditelj projekta je kao vozač koji je zalutao, ali bjesomučno juri u želji da stigne tamo gdje možda uopće ne treba stići. Poznato je da je planiranje staro kao i organizirani ljudski rad. Kad se spominje povijest čovječanstva moguće je utvrditi da postoje mnoge imponzantne građevine za koje postoje zapisi o tehničkim detaljima, ali gotovo ništa o planiranju rada. U ranim godinama 20. stoljeća pojavili su se radovi F. Taylora i H. Gantta, koji su prvi sustavno pristupili problemu planiranja rada (Radujković i sur., 2012.).

2. Praćenje i kontrola građevinskih projekata

Priprema projekta ključni je proces u kojem se odabiru i izračunavaju svi parametri vezani za namjenu projekta. Planovi građenja se prikazuju pomoću različitih metoda. To je u pravilu kombinirani grafički prikaz s brojevima i tekstom, koji pojašnjavaju neke specifične podatke.

U praksi su najpopularnije metode linijskog planiranja gantogram, histogram i S-krivulja (Radujković i sur., 2012.).

Nijedan proces u građevinarstvu nije izoliran sam po sebi za postizanje ukupnog uspjeha građenja. Stoga se tek povezivanjem više procesa dobiva neophodna slika cjeline, a koja ima viši stupanj složenosti i vodi u višu organizacijsku razinu analize procesa građenja. Načini građenja međusobno mogu biti povezani u:

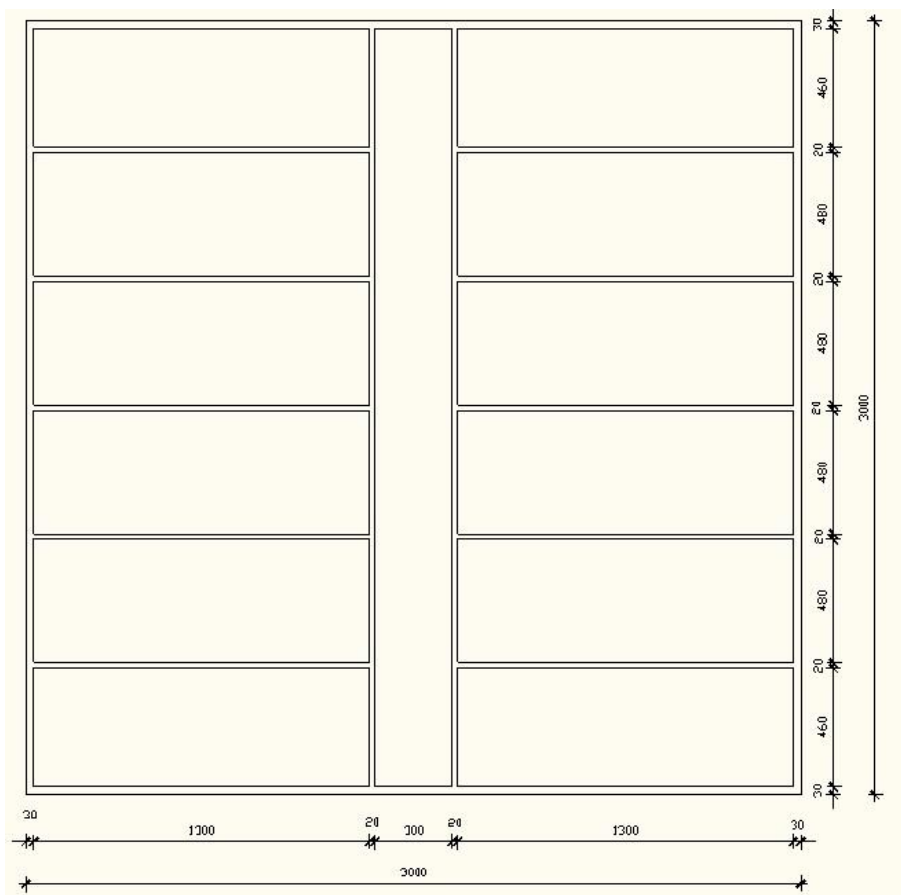
- građenje po redoslijedu,
- paralelno građenje i
- taktno građenje (Radujković i sur., 2015.).

Bez praćenja i kontrole planiranje nema smisla. Praćenje i kontrola nikako ne smije biti *ad hoc* radnja, već tekuća, kontinuirana, repetitivna radnja koja ima zadatak održavanja spoznaja o napredovanju građenja i usporedbi s planom. Praćenje i kontrola najčešće se spominju zajedno, tako da se katkad poistovjećuju. Praćenje (monitoring) jest prikupljanje, obrada i raspodjela informacija u vezi s nečim i svim gledištima izvršenja i svojstva projekta koja potražuje voditelj projekta ili netko unutar organizacije. Praćenje ne sadržava mjere promjena, reakcije ili korekcije. Kontrola je aktivni dio postupka koji uključuje analize, ali i izravnu provedbu mjera za otklanjanje odstupanja od plana ili negativnih trendova. Zadatak praćenja je prikupljanje podataka i izvještavanje o izvršenosti. Osigurava da svaki sudionik u projektu ima raspoložive informacije o izvršenju tijekom vremena. Ostali zadaci su stvaranje baze podataka za buduće projekte kao i podloga za učenje iz prošlih pozitivnih ili negativnih iskustva i poboljšanja u budućim sličnim građenjima. Informacije bez praćenja ostaju dostupne samo osobama koje su bile uključene u procese, pri čemu oni često skrivaju, subjektiviziraju ili ih zaboravljaju tijekom vremena. To znači da se ista greška može ponoviti, a najbolje prakse se mogu zaboraviti (Radujković i sur., 2012.).

3. Tehnički opis planiranog projekta

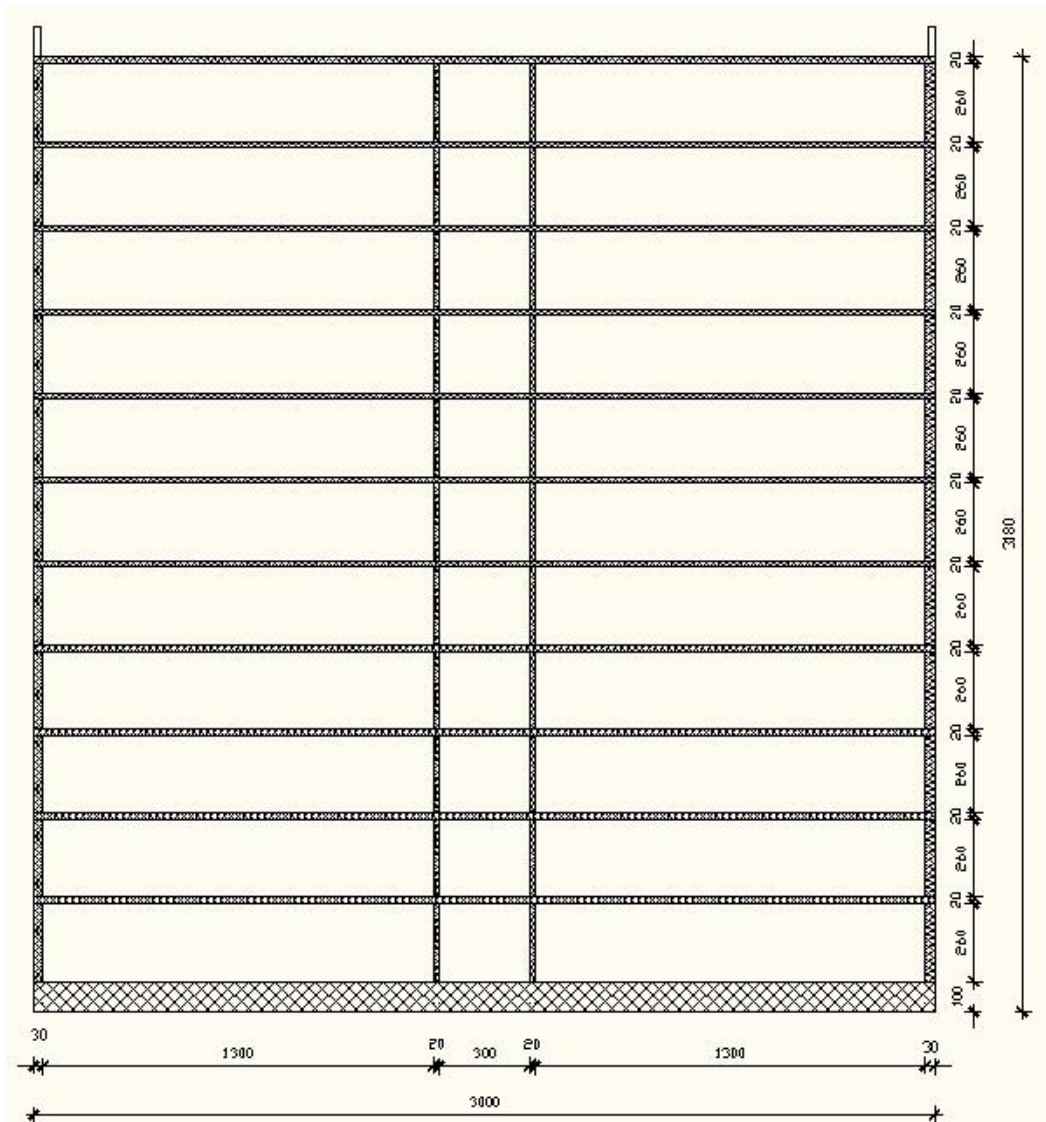
U radu će se obraditi primjer sustava planiranja, praćenja i kontrole za zgradu armirano - betonske konstrukcije, s naglaskom na praćenje i kontrolu. Zgrada je tlocrtnih dimenzija 30 x 30 m. Sastoji se od 11 jednakih etaža, što je vidljivo na tlocrtu (slika 1.) i poprečnom presjeku (slika 2.). Svaka etaža ima istu površinu i volumen što olakšava izradu sustava praćenja i kontrole u ovom primjeru, ali je postupak isti i kod složenijih projekata.

Slika 1. Tlocrt zgrade



Izvor: izrada autora

Slika 2. Presjek zgrade



Izvor: izrada autora

4. Priprema projekta za praćenje i kontrolu

Priprema projekta ključan je dio u svakom projektu. Odabiru se i izračunavaju svi karakteristični elementi projekta.

4.1. Izračun količina

Potrebno je izračunati sve količine po elementima koji se kasnije koriste prilikom dizajniranja sustava praćenja i kontrole. Izračuni imaju svoj logički slijed. Tako se prvo izračunava volumen betona (tablica 1.) a nakon toga površina oplata i količina armature.

Tablica 1. Proračun betona

BETON				
ETAŽA	ELEMENTI	TLOCRTNE DIMENZIJE (m)	VISINA (m)	VOLUMEN (m ³)
TEMELJI	TEMELJI	30,00 x 30,00	1,00	900,00
KARA. ETAŽA				
	NOSIVI ZIDOVI	(0,30 x 30,00 x 2) + (0,30 x 29,40 x 2)	2,60	92,66
	PREG. ZIDOVI	(0,20 x 58,80) + (0,20 x 130,00)	2,60	98,18
	STRO. PLOČA	30,00 x 30,00	0,20	180,00
			UKUPNO:	1.270,84

Izvor: izrada autora

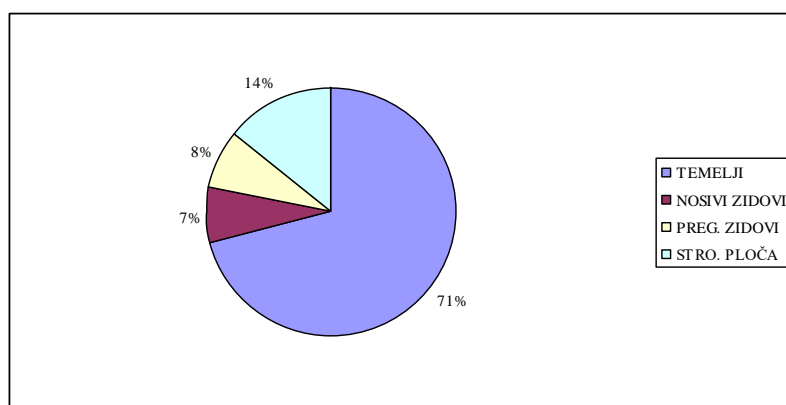
Količina armature će se izračunati prema pojednostavljenom načinu uz pretpostavljeni normativ udjela količine armature u jedinici mjere betona od 100 kg/m³, a sam izraz glasi:

$$Q_{\text{armature}} = Q_{\text{betona}} \times q, \text{ pri čemu je}$$

Q_{armature} – količina armature, Q_{betona} – količina betona i q – normativ.

Najveći udio betona je sadržan u temeljnoj ploči zbog velike površine i debljine. Vidljivo je da se 71% ukupne količine betona odnosi upravo na temeljnu ploču, dok se ostala količina odnosi na nosive zidove i pregradne zidove te stropnu ploču. Na slici 3. su prikazane planirane količine prema nosivim elementima.

Slika 3. Udio volumena betona

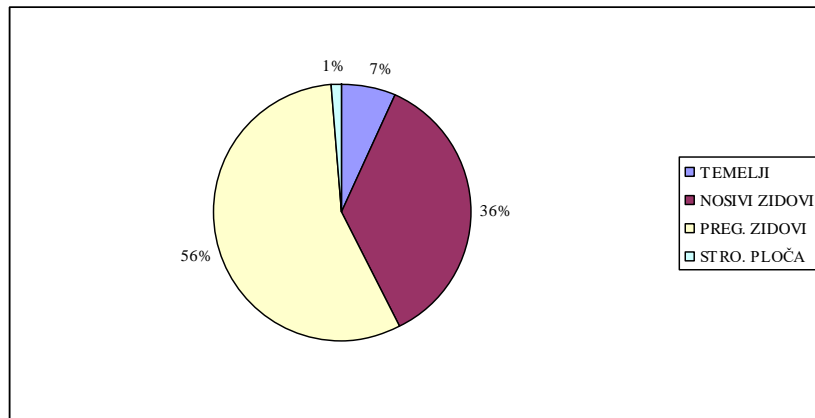


Izvor: izrada autora

U prethodnom dijagramu najveći udio količine betona odnosi se na temeljnu ploču, dok je prema dijagramu na slici 4. najveći udio površine pregradnih zidova. Za izvedbu pregradnih

zidova potrebna je puno veća površina oplata zbog toga što zauzimaju više od jedne trećine zgrade.

Slika 4. Udio površina oplata



Izvor: izrada autora

4.2. Varijanta građenja 1

U prvoj varijanti će se primijeniti način građenja po redoslijedu. Građenje po redoslijedu izvodi se tako da kad jedna radnja završi, počinje druga. Za potrebe primjera koristi se kranska dizalica koja može snabdijevati 25 radnika. Prvi korak je točno izračunati sve količine radova. Zatim se primjenjuju normativi koji se odnose na izvedbu betonskih, tesarskih i armiračkih radova. U primjeru se uzima da je potrebno 3,50 sati za ugradnju jednog kubnog metra betona, zatim 0,40 sati za izradu jednog metra kvadratnog oplata i 0,017 sati za ugradnju jednog kilograma armature. Primjenom navedenih normativa dobiva se sljedeći izraz:

$$3,50 \text{ h/m}^3 \times V_{\text{betona}} + 0,40 \text{ h/m}^2 \times P_{\text{oplate}} + 0,017 \text{ h/kg} \times M_{\text{armature}}, \text{ pri čemu je}$$

V_{betona} – volumen betona, P_{oplate} – površina oplata i M_{armature} – masa armature.

Nakon dobivanja izraza može se izračunati potreban broj radnih sati za izvođenje jednog elementa neovisno o vrsti radova. Obzirom da se u metodama koriste radni dani, a ne sati, izračunat će se potreban broj radnih dana, koji se zaokružuju na sljedeći cijeli broj, a izraz glasi:

$N_{\text{radnih sati}} / N_{\text{radnika}} / N_{\text{radnih sati na dan}}$, pri čemu je

$N_{\text{radnih sati}}$ – potreban broj radnih sati, N_{radnika} – broj radnika i $N_{\text{radnih sati na dan}}$ – broj radnih sati na dan.

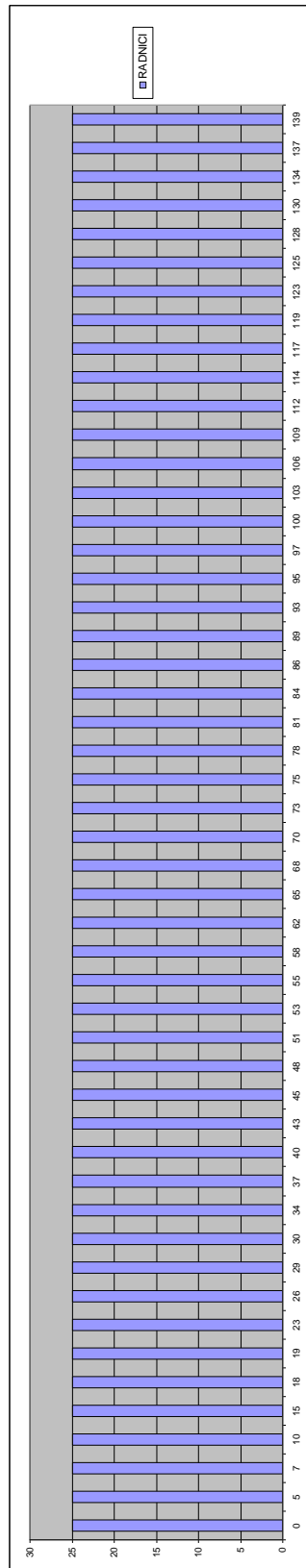
Kada se izračunaju svi potrebni elementi može se izraditi gantogram i histogram radne snage. Izrada gantograma i histograma je ključan dio u izradi sustava praćenja i kontrole jer je završni dio u planiranju. Unosi se točan broj planiranih radnika i količina materijala koju je potrebno ugraditi u jednom radnom danu. U ovom projektu je gantogram prikazan u tablici 2. a histogram radnika na slici 5. Gantogram može biti prikazan i financijski. Izrađuje se jednako kao i gantogram radne snage, samo što se unose planirane novčane vrijednosti koje se utroše u jednom danu ili jednom tjednu.

4.3. Varijanta građenja 2

Varijanta građenja 2 se razlikuje od varijante 1 po tome što se planira 50 radnika i dvije kranske dizalice. Primjenjuje se taktno građenje u kojem se svaki proces odvija neprekinuto u tehnološkom slijedu jedan iz drugoga. Izračuni su ostali isti kao i kod varijante 1 samo što je uvršteno 50 radnika u izračune. Cijeli proces izgradnje zgrade se smanjuje za polovicu jer je angažirano dvostruko više radnika. Time dolazi i do povećanja utroška novca u istoj vremenskoj jedinici. Potrebno je više financijskih sredstava koja se ulažu u dodatnih 25 radnika i dodatnu kransku dizalicu. Kad se uzme u obzir da varijanta 2 traje kraće, time su mogući veći problemi prilikom izvođenja radova jer je na gradilištu prisutan veći broj radnika i moguć je problem zasićenosti. Potrebno je više voditelja radova, poslovođa i brigadira te bolja koordinacija. S druge pak je strane pozitivno za ukupne troškove izvođača što su manji troškovi najma skela, ograda, kontejnera i sl. koji se odnose na posredne troškove gradilišta.

Tablica 2. Gantogram radnika varijante 1 Slika 5. Histogram radnika varijante 1 po danima

AKTIVNOST	TRAJANJE	BEZUSI	RADNIDANI	0-18	19-28	29-40	40-51	51-62	62-73	73-84	84-95	95-106	106-117	117-128	128-139
temeljna roba	19	25		25	25	25	25								
prezimate	11	25		25	25	25	25								
1. kat	11	25		25	25	25	25								
2. kat	11	25		25	25	25	25								
3. kat	11	25		25	25	25	25								
4. kat	11	25		25	25	25	25								
5. kat	11	25		25	25	25	25								
6. kat	11	25		25	25	25	25								
7. kat	11	25		25	25	25	25								
8. kat	11	25		25	25	25	25								
9. kat	11	25		25	25	25	25								
10. kat	11	25		25	25	25	25								
			UKUPNO	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25



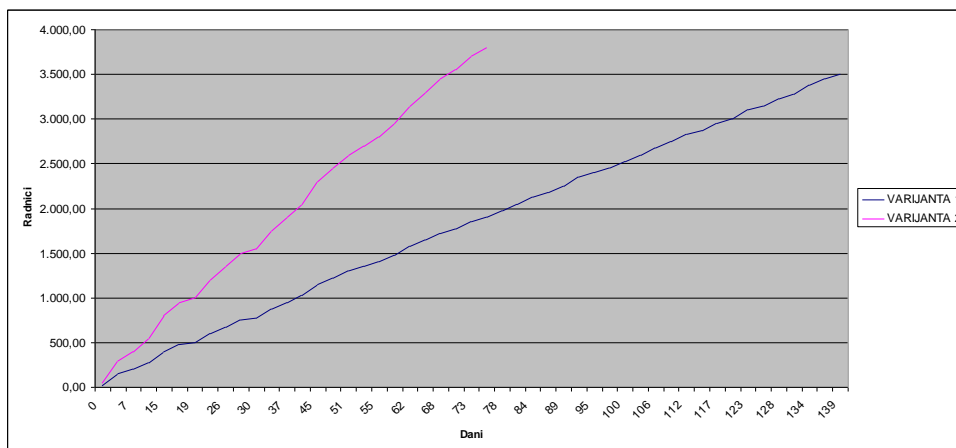
Izvor: izrada autora

4.4. Analiza projekta

Analiza projekta se odnosi na radnu snagu. Utvrđeno je da se dvije varijante razlikuju po broju radnika i vremenu građenja pa su odabrani ključni dani kako bi se analiza pojednostavila. Svi podatci su izračunati kumulativno po danima dok se to u projektu svodi na određene dane kako bi se lakše prikazala razlika između varijanti.

Radi lakšeg prikaza i interpretacije podataka izrađena je S-krivulja za obje varijante, koja je prikazana na slici 6. Nagib S-krivulje upućuje na intenzitet izvođenja radova. Što je taj nagib veći, to je veći intenzitet građenja. Slijedom navedenoga veći je intenzitet izvođenja radova u varijanti 2, što je i logično jer je angažiran veći broj radnika.

Slika 6. S-krivulje radne snage



Izvor: izrada autora

Temeljem ovih dviju varijanti moguće je donošenje odluka o broju angažirane radne snage ili pak se radi sljedeća iteracija kada se na dobije najpovoljniji način građenja. U izračun se može ući s planiranim brojem radnika ili pak s raspoloživim brojem radnika, na temelju čega se dobivaju potrebne podloge za donošenje odluka pri odabiru između predloženih varijanti izvođenja. Ukoliko se premašuje traženi rok građenja, jer nema na raspolaganju dovoljan broj vlastitih resursa, tada je ovakav pristup dobar za pravovremeno donošenje odluka o angažiranju vanjske radne snage, odnosno podizvođača.

5. Dizajniranje sustava praćenja i kontrole

Dizajniranje sustava praćenja i kontrole se provodi nakon što se svi podatci prikupe i pripreme. U prethodnim poglavljima izračunati su svi ključni elementi koji služe za dizajniranje, a to su: analiza složenosti projekta, vremenski tijek građenja, financijska analiza, odabir načina građenja i sudionika u građenju. Kao što je navedeno u prethodnim poglavljima dizajniranje sustava radi se na temelju dvije varijante s različitim brojem radne snage i kranskih dizalica. Tako su dizajnirana dva sustava praćenja i kontrole. Sustav praćenja i kontrole ugradnje betona za varijantu 1 prikazan je u tablici 3. Odabrana vremenska jedinica praćenja i kontrole je radni tjedan. Zadnji radni dan u tjednu se tijekom građenja unose podatci o ugrađenom betonu te uspoređuje s planom, što je jednostavnije od unosa utrošenih novaca. Temeljem kumulativnih podataka u tablicama vrlo se jednostavno mogu izraditi S-krivulje plana i izvršenja, iz kojih se dobiva koristan podatak o trendu.

Kod druge varijante prikazane u tablici 4. je sustav praćenja i kontrole kraći po tjednima jer je i izvođenje radova kraće pa su veći troškovi izvođenja tijekom tjedna. Trend vremenskog i troškovnog izvršenja mora se stabilizirati unutar 20% od ukupno predviđenog trajanja građenja. Sustav praćenja i kontrole ugradnje betona je puno jednostavniji i precizniji te se kao takav koristi skoro u svim građevinskim projektima.

U tablicama 3. i 4. su prikazane tjedne i kumulativne planirane količine betona, koje će se prema planu ugraditi. U praznim stupcima se popunjavaju podaci o stvarno ugrađenim količinama tijekom izvođenja. Usporedbom kumulativnih podataka planiranog i izvršenog vrlo se jednostavno dobivaju 3 podatka: gdje smo, gdje trebamo biti i kamo idemo?

Tablica 3. Sustav praćenja i kontrole varijanta 1

SUSTAV PRAĆENJA I KONTROLE (VARIJANTA 1 - BETON)				
RADNI TJEDNI	PLANIRANA KOLIČINA (m ³)	KUMULATIVNO (m ³)	UGRAĐENA KOLIČINA (m ³)	KUMULATIVNO (m ³)
1	236,80	236,80		
2	236,80	473,60		
3	236,80	710,40		
4	223,15	933,55		
5	168,57	1.102,12		
6	168,57	1.270,69		
7	168,57	1.439,26		
8	168,57	1.607,83		
9	168,57	1.776,40		
10	168,57	1.944,97		
11	168,57	2.113,54		
12	168,57	2.282,11		
13	168,57	2.450,68		
14	168,57	2.619,25		
15	168,57	2.787,82		
16	168,57	2.956,40		
17	168,57	3.124,97		
18	168,57	3.293,54		
19	168,57	3.462,11		
20	168,57	3.630,68		
21	168,57	3.799,25		
22	168,57	3.967,82		
23	168,57	4.136,39		
24	168,57	4.304,96		
25	168,57	4.473,53		
26	168,57	4.642,10		
27	168,57	4.810,67		
28	168,57	4.979,24		

*Izvor: izrada autora***Tablica 4. Sustav praćenja i kontrole varijanta 2**

SUSTAV PRAĆENJA I KONTROLE (VARIJANTA 2 - BETON)				
RADNI TJEDNI	PLANIRANA KOLIČINA (m ³)	KUMULATIVNO (m ³)	UGRAĐENA KOLIČINA (m ³)	KUMULATIVNO (m ³)
1	450,00	450,00		
2	450,00	900,00		
3	339,94	1.239,94		
4	339,94	1.579,87		
5	339,94	1.919,81		
6	339,94	2.259,75		
7	339,94	2.599,68		
8	339,94	2.939,62		
9	339,94	3.279,56		
10	339,94	3.619,49		
11	339,94	3.959,43		
12	339,94	4.299,37		
13	339,94	4.639,30		
14	339,94	4.979,24		
15	185,42	4.979,24		

Izvor: izrada autora

6. Zaključak

Pojavom planiranja u 20. stoljeću javljaju se i prvi problemi kod građenja zgrada različitih namjena. Kako bi se olakšalo izvođenje radova, uvedeni su vremenski planovi u koje se unose svi važni podatci. U daljnjem razvijanju metoda planiranja uvršteni su i drugi elementi koji su povezani s građenjem. Tako danas postoje planovi koji se ne zasnivaju na vremenskom tijeku već na ograničenjima resursa, vremenskim uvjetima, okolnim čimbenicima i sličnim problemima. Razvijanjem metoda koje su danas poznate dolazi se i do otkrića da je za svaki projekt potrebno dizajnirati sustav praćenja i kontrole kako bi se izbjegli propusti u vremenskom izvršenju. Dobar sustav može uštedjeti značajan novac i ukloniti gubitke gledajući sa stanovišta ostalih resursa. Vrlo je važno da se prije same izrade sustava, projektni tim koji radi na izradi sustava zapita kolika je isplativa izrada sustava i koliki će biti troškovi, a kolike su moguće uštede i koristi.

Prilikom svakog planiranja potrebno je izraditi više varijanti te izabrati najpovoljniju radi izbjegavanja zaostataka i neželjenih gubitaka. Kako svaki plan ima i svoje mane potrebno je pratiti više elemenata, a ne se vezati samo na jedan te možda donositi krive zaključke u usporedbi planiranog i izvršenog. Niz praćenja može se izraditi prema različitim kriterijima, a to su utrošak pojedinog resursa, financijskih sredstava, broja radnika na gradilištu kao i drugi raspoloživi kriteriji.

Literatura

1. Orešković, M. (2011). Graditeljski projekt i njegova knjiga. Zagreb, Hrvatska sveučilišna naklada.
2. Radujković, M. i sur. (2012). Planiranje i kontrola projekata. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet.
3. Radujković, M. i sur. (2015). Organizacija građenja. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet.