

(odobrenja za građenje). Redovito je u svim zakonima to općinski organ osim za objekte za koje je određeno da građevinsku dozvolu izdaje republički, odnosno pokrajinski organ uprave. Sastavni dio građevinske dozvole je tehnička dokumentacija. Građevinska dozvola može se izdati samo u slučaju kada je tehnička dokumentacija izrađena u skladu s uvjetima koji proizlaze iz prostornih planova te propisa kojima se reguliraju pojedine oblasti (energetika, vodoprivreda, narodna obrana, zaštita zdravlja, zaštita na radu itd.). Prije zahtjeva za građevinsku dozvolu potrebno je riješiti imovinsko-pravna pitanja u vezi s upotrebom zemljišta te osigurati sredstva za izgradnju. Redovito se građevinska dozvola izdaje za cijeli objekt (ekonomsko-tehnička cjelina) koji se može samostalno iskorištavati. Za neke objekte kontrolira se tehnička dokumentacija, ali u tom su pogledu znatnije razlike u zakonima. U njima, također, nije na isti način određen stupanj razrade tehničke dokumentacije potrebne za dobivanje građevinske dozvole. Najniži propisani stupanj razrade je u SRH a najviši u SRBiH (izvedbeni projekt).

Izdavanje građevinske dozvole nije diskrecijsko pravo organa uprave, već je on dužan izdati građevinsku dozvolu ako podnositelj zahtjeva ispunjava sve propisane uvjete.

Različite su odredbe zakona i prema uvjetima za *registraciju izvođačkih organizacija*. Ustupanje građenja redovito se provodi na dva načina: javnim natječajem ili neposrednom pogodbom. Javni natječaj može se provesti i uz prethodni natječaj s obzirom na podobnost natjecatelja, a zatim od onih koji su proglašeni podobnim prikupiti ponude. U nekim zakonima postoje ograničenja u pogledu ustupanja građenja neposrednom pogodbom.

Investitor i izvođač radova sklapaju pismeni *ugovor o građenju*.

U zakonima je predviđeno i ustupanje radova putem inženjeringa. Pod *inženjeringom* razumijeva se građenje objekta zajedno s nabavom i ugradbom opreme, osposobljavanjem stručnih kadrova za eksploataciju objekta, stavljanjem izgrađenog objekta u pogon i izradbom dijela tehničke dokumentacije i sl.

U svim zakonima slično su regulirane dužnosti izvođača radova, koji treba da se pridržavaju tehničke dokumentacije na temelju koje je izdana građevinska dozvola; da obave radove prema tehničkim normativima i jugoslavenskim standardima te drugim propisima; da ugrađuju materijale, elemente i opremu koji odgovaraju jugoslavenskim standardima i drugim tehničkim propisima; da pravovremeno poduzimaju mjere za sigurnost objekta i radova, radnika, prolaznika, opreme i materijala, prometa, susjednih objekata i okoline.

Nadalje, u zakonima SRH i SRCG posebno se obrađuje pitanje *dokazivanja kvalitete obavljenih radova*. Prema tim zakonima, izvođač je dužan dokazati kvalitetu cijelog objekta i radova u pojedinim fazama građenja obrađenim rezultatima ispitivanja, atestiranja ili na drugi način u skladu s tehničkim propisima i uvjetima iz projekta. U SR Hrvatskoj obavezni su i terenski ili pogonski laboratoriji izvođača radova, a ukoliko ih on nema, dužan je laboratorijsku kontrolu povjeriti registriranim organizacijama.

Izgrađeni objekt ne smije se upotrijebiti prije nego što se od nadležnog organa (najčešće je to organ koji je izdao građevinsku dozvolu) ne pribavi *dozvola za upotrebu* (odobrenje za upotrebu). U postupku izdavanja građevinske dozvole provjerava se da li je tehnička dokumentacija izrađena u skladu s propisima, odnosno javnim interesima, a u postupku izdavanja dozvole za upotrebu provjerava se da li je objekt izgrađen u skladu s tim interesima i propisima. To se utvrđuje komisijski tehničkim pregledom. U pravilu se dozvola za upotrebu izdaje za objekt u cjelini a ne za pojedine njegove dijelove.

Investitor je dužan *nadzirati* ispunjenje ugovornih obveza graditelja i drugih sudionika za vrijeme izgradnje. Osim Zakona SRH koji je detaljno razradio pitanje dužnosti i odgovornosti investitora za vrijeme gradnje objekata, ostali zakoni tu materiju samo djelomično reguliraju. Prema tom zakonu investitor je odgovoran osobito za: izradbu investicijskog programa te, u vezi s time, za obim izvršenih prethodnih istraživanja, osiguranje sredstava (financijsku konstrukciju) potrebnih za gradnju objekta u cjelini (i po količini i po dinamici), ustupanje iz-

radbe kako idejne tako i tehničke dokumentacije, ustupanje građenja i izbor izvođača radova, izbor proizvođača opreme, koordinaciju svih sudionika za vrijeme gradnje, realizaciju investicije u cjelini, a osobito u pogledu trošenja sredstava i rokova gradnje, opravdanost i ekonomičnost investicijskog ulaganja, te obavljanje drugih poslova u vezi s investicijom.

Organi inspekcije nadziru primjenu propisa kojima se regulira izgradnja objekata. To su u prvom redu građevinska inspekcija (u SRH građevinsko-urbanistička), elektroenergetska te inspekcija parnih kotlova, zaštite na radu i dr. Organizacija i djelovanje pojedinih inspekcija regulira se posebnim zakonima.

U svim zakonima predviđene su kaznene odredbe kada se sudionici za vrijeme gradnje ne pridržavaju odredbi tih zakona.

Osim navedenih zakona, koji se potpuno odnose na gradnju objekata, i drugi republički i pokrajinski zakoni reguliraju pojedina pitanja iz te oblasti. To su npr. propisi o prostornom uređenju, vodoprivredi, elektroprivredi, cestama, željeznici, zaštiti prirode, zaštiti spomenika kulture, zaštiti zdravlja, zaštiti na radu, uređenju građevnog zemljišta i drugi propisi.

Propisima općinskih skupština donose se prostorni planovi te se na taj način gradnja objekata usklađuje s lokalnim klimatskim i drugim uvjetima te s tradicijom građenja na određenom području.

U nekim republikama i pokrajinama općinskim propisima uređuje se izgradnja objekata u vlasništvu građana kao i druga pitanja za koja ih je ovlastio zakon.

Društveni dogovori i samoupravni sporazumi. U skladu s novim odnosima u našem samoupravnom društvu sve više pitanja u oblasti izgradnje objekata regulira se društvenim dogovorima i samoupravnim sporazumima. Tako se npr. društvenim dogovorima reguliraju način i uvjeti izvedbe investicijskih radova u inozemstvu, poslovni odnosi s privatnim tvrtkama u inozemstvu, usklađivanje uvjeta stjecanja dohotka, pitanja industrijalizacije i racionalizacije usmjerene stambene gradnje itd.

Općim samoupravnim aktima organizacija udruženog rada regulira se, između ostalog, stručna sprema i praksa radnika koja je potrebna za određene poslove, donošenje internih standarda, unutrašnja kontrola kvalitete građenja i projektiranja, i dr.

Sudska praksa. U reguliranju izgradnje objekata važna je i sudska praksa. Iako se pojedine presude sudova odnose samo na konkretni pojedinačni slučaj, ipak djeluju u izvjesnom smislu kao regulator ponašanja u gradnji i kao tumač primjene određenih zakonskih propisa u praksi.

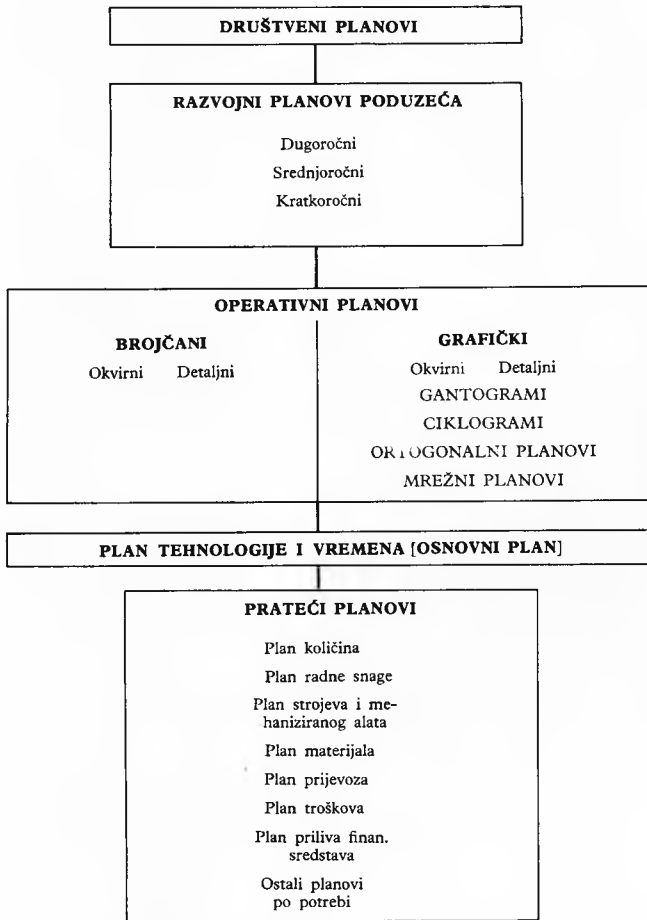
LIT.: F. Spiller-Muys, Standardizacija i njena uloga u daljnjem razvoju privrede SFRJ, Gospodarska zbornica SR Slovenije i Elektrotehniška zveza Slovenije, Ljubljana 1974. — M. Bosanac, V. Simić, Građevinska regulativa '75, Centar za informacije i publicitet, Zagreb 1975.

V. Simić

GRAĐEVINSKO PLANIRANJE. Planiranje u građevinarstvu odnosi se na sve planove koje izrađuju i donose građevna poduzeća.

Planovi mogu biti razvojni i operativni. *Razvojni planovi* šireg su značenja s obzirom na kretanje poslovanja i na duži ili kraći razvoj te obuhvaćaju sve vrste poslovanja od iskorištavanja radne snage, strojnih kapaciteta i sl. pa do poslovnih i financijskih rezultata. Razvojni planovi usklađuju se s društvenim planovima, te se tako razvojna politika prenosi na poduzeća. Građevni razvojni planovi mogu biti dugoročni (za 10 ili više godina), srednjoročni (do 5 godina) i kratkoročni za jednu godinu. Dugoročni i srednjoročni planovi razrađuju se u godišnje i služe kao osnovica za planiranje razvoja proizvodnih kapaciteta i iskorištavanja radne snage, u kalkulacijama, a i u druge svrhe.

Svaki objekt koji se gradi mora se posebno organizirati i planirati. *Operativni planovi* izrađuju se na različitim razinama. Na višoj su razini okvirni planovi sažetiji, a na nižoj detaljniji. Osnovni je operativni plan tehnološki i terminski. Na njemu se dopunjuju svi ostali prateći operativni planovi (sl. 1). Operativni planovi izrađuju se broječno i grafički, a mogu se i spojiti.



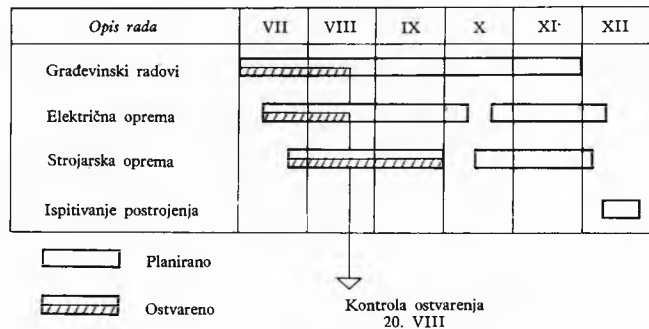
Sl. 1. Sustav planiranja i način detaljiranja planova u građevinarstvu

Redni broj	Opis radova	Jedinična mjera	Količina	Objašnjenje kolone 5 i 6	Godina 1977.												1978.					
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV		
1	Široki otkop zemlje III. kategorije sa deponiranjem na 200 m	m ³	25000	Plan	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV		
					Rješiv. Plan	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
						Zbirno	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
					Rješiv. Ostr.		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Zbirno	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000				
	2.	i slično	m ³	Zbirno	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV		
1000					1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000		
1000					1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
1000					1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	

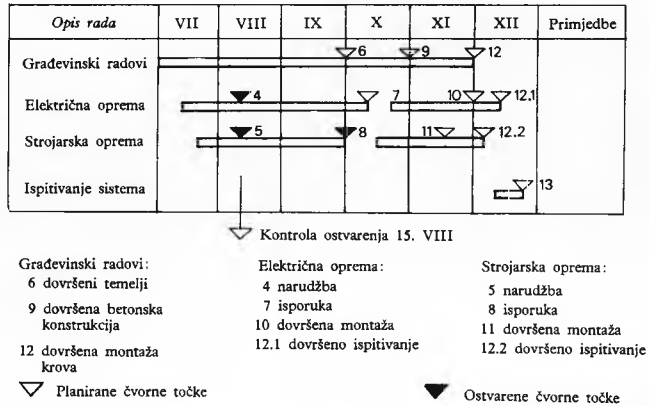
Sl. 2. Primjer brojčanog operativnog plana

Brojčani operativni planovi izrađuju se tablicama i prikazuju planirane i ostvarene količine rada, npr. m³ iskopa, m² oplata i sl., po danu, dekadi, mjesecu i sl. (sl. 2).

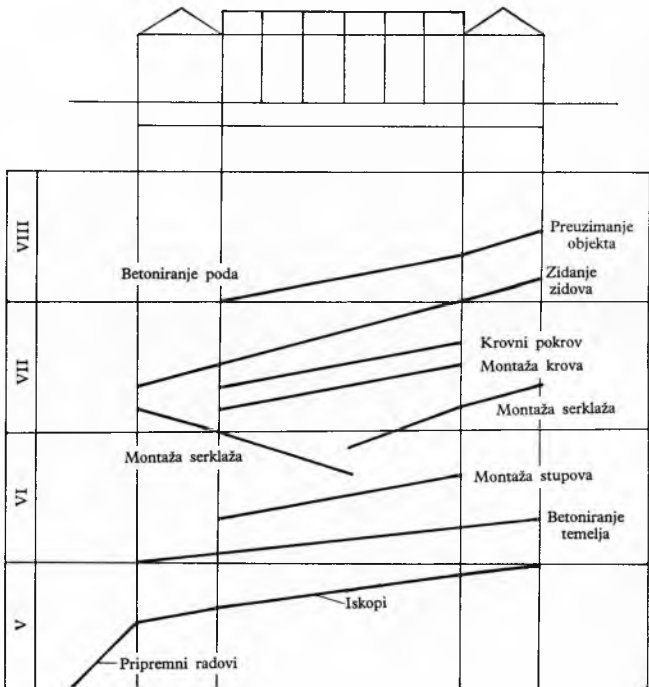
Grafičke metode operativnog planiranja. Čovjek je rano počeo razmišljati o redoslijedu i vremenu u kojem će rad izvršiti. Organizaciju rada i planiranje prikazuju stari egipatski papirusi. Određenje mjere za planiranje rada uveo je u Babilonu Hamurabi (←1729 do ←1686). Vozni red prve polovine prošlog stoljeća, prvi je poznati plan u današnjem smislu riječi. H. L. Gant predložio je grafičku metodu, tzv. *gantogram*, koja prikazuje plan i njegovo ostvarenje (sl. 3). U nas je u upotrebi u građevinarstvu prije rata kao *kalendarski plan*. Kasnije se upotrijebio tzv. *miljokaznim točkama* uzduž linije trajanja radova, koje označa-



Sl. 3. Izvorni oblik gantograma



Sl. 4. Primjer miljokazne karte



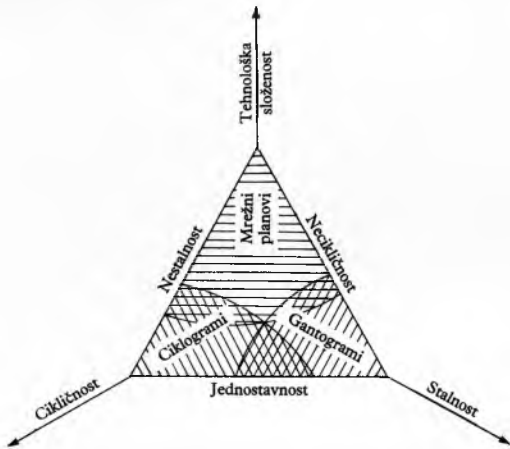
Sl. 5. Ortogonalni plan za gradnju industrijske hale

vaju stupanj završenog rada po količini ili u postotku (sl. 4). Gantogram se primjenom industrijskih lančanih metoda rada u građevinarstvu oko 1950. g. razvio u *ciklogram* (sl. 9). Kasnije su se razvili *ortogonalni planovi*, koji su osobito pogodni za planiranje prometnica i sličnih objekata (sl. 5).

Unapređenje planiranja bilo je usmjereno na planiranje tehnologije i, kasnije, na planiranje vremena, nakon stečenog znanja o teoriji grafova. Prve su metode *mrežnog planiranja* nastale gotovo istovremeno 1956/57. u Americi i Francuskoj. To su: Metoda kritičnog puta (*Critical Path Method* – CPM), Tehnika ocjene i ispitivanje programa (*Project Evaluation and Review*

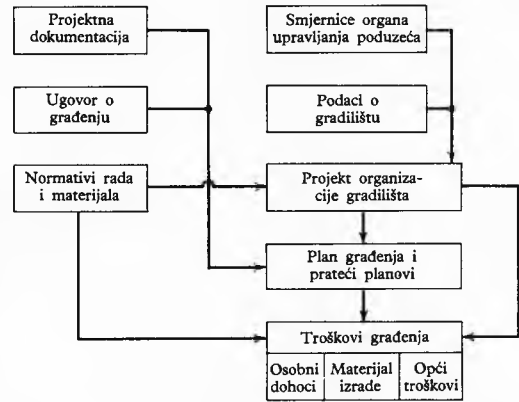
Technique – PERT) i Potencijalna metoda (Metra Potential Method – MPM). Iz tih se metoda postupno razvio čitav niz novih metoda (više od 60), od kojih su neke razvijenije klasične metode, ali i nove metode, koje su unaprijedile i pojednostavnile mrežno planiranje. Od prve svoje primjene, 1958. g., metode mrežnog planiranja prešle su granicu SAD i u širokoj su primjeni u Kanadi, Velikoj Britaniji, Francuskoj, Saveznoj Republici Njemačkoj, Švicarskoj i drugim razvijenim zemljama. 1963. g. uvedene su u SSSR-u i u drugim socijalističkim zemljama, gdje je primjena obvezna za sve investicijske radove. U Jugoslaviji je ograničena primjena, ali je u stalnom porastu, u ručnoj i elektroničkoj obradi.

Područje primjene glavnih metoda planiranja. Naše građevinarstvo primjenjuje tri vrste planova: gantograme, ciklograme i mrežne planove. Unatoč nedostacima, gantogrami su pogodni za planiranje tehnološki manje složenih zadataka, koji se ciklički ne ponavljaju. Njihova se primjena preporuča ako ne postoji mogućnost primjene suvremenijih metoda. Ciklogrami su pogodni za planiranje radova koji se ciklički ponavljaju, a nisu suviše složeni. U njima su svi radovi kritični i vrlo su osjetljivi na poremećaje u toku izvođenja radova. Tehnološke veze nisu u ciklogramima jasno prikazane, ali su vrlo uočljivi planirani proizvodni procesi, odvijanje radova na objektima i njihovo trajanje. Metode mrežnog planiranja pogodne su za sve vrste zadataka, a posebno ako su radovi međusobno zavisni i različito traju. Sl. 6 prikazuje primjenu navedenih metoda planiranja u trokutnom grafikonu. Kriteriji za područje primjene jesu složenost, stalnost i cikličnost.



Sl. 6. Prikaz područja primjene gantograma, ciklograma i mrežnih planova

Podloge i svrha izradbe planova. Plan mora dati odgovor na pitanja koja su povezana s tehnologijom i vremenom građenja. Pri izradbi plana potrebno je raspolagati s dovoljno podataka



Sl. 7. Shema podloga i toka izradbe plana (s kalkulacijom)

koji će omogućiti svestrano uočavanje planskog objekta. Planeru su potrebne smjernice za rad od organa upravljanja poduzećem, studije organizacije rada, projektna dokumentacija, ugovor o građenju, planski normativi i dr. Sl. 7 prikazuje podloge za izradbu plana, njihovu vezu i kalkulaciju, koja treba ekonomski opravdati predloženu organizaciju i plan građenja. Svaki plan mora udovoljiti sljedećim zahtjevima: mora biti potpun i mora obuhvatiti u neprekinutom lancu tehnologiju rada potrebnu za njegovo ostvarenje, mora biti pregledan (s obzirom na njegov grafički prikaz), mora se dati rekonstruirati ako nastanu nejasnoće, mora biti dinamičan i mora se povremeno suglasiti s novim spoznajama o stanju rada.

GANTOGRAMI

Gantogram je grafički prikaz zamišljenog tehnološkog redoslijeda i vremena odvijanja radova. Na apscisnu os unosi se vrijeme izvođenja radova, a na ordinatnu os planirani radovi. Trajanje rada označeno je punom crtom. Gantogram se može dopuniti podacima o količini rada, broju radnika i sl. U toj tehnici planiranja oblikuju se radovi, od kojih se sastavlja plan iz stavaka troškovnika. Ako tehnologija rada dozvoljava, istovrsni radovi mogu se sažeti u jednu grupu radova. Vrijeme trajanja radova TA u danima jest $TA = \frac{QNs}{RS}$ (Q je ukupna količina rada, Ns norma sati potrebni za jediničnu proizvodnju Q , R broj radnika koji sudjeluju u jediničnoj proizvodnji, S broj radnih sati na dan). Ako se rad izvodi strojno, vrijeme rada izračunava se iz učinka stroja $TA = \frac{Q}{US}$ (U je praktični učinak

stroja). Gantogrami se izrađuju u tri faze. Prva faza se sastoji od popunjavanja tabelarnog dijela gantograma, sl. 8 (stupci 1-4). U drugoj fazi utvrđuje se vrijeme trajanja radova (stupci

Redni broj	Opis radova	Jedinična mjera	Količina	Norma sati NS	Ukupno NS (4 x 5)	Računanje trajanja rada				Godina																					
						Broj radnika	Broj smjena	h/dan (7 x 8)	Trajanje dana (6:9)	Mjesec																					
										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Uređenje gradilišta	m ²	160	1,0	160	4		32	5	II																					
2	Iskop temelja	m ³	112	3,2	360	6		48	8	II																					
3	Oplata temelja	m ²	57	0,6	34	2		16	2	II																					
4	Oplata stupova	m ²	87	1,9	165	2	1 smjena 8h/dan	16	10	II																					
5	Armiranje temelja	t	0,5	42,5	21	2		16	2	II																					
6	Armiranje stupova	t	1,0	42,5	43	2		16	3	II																					
7	Betoniranje temelja i td.	m ³	112	2,6	291	6		48	6	II																					
I faza						II faza				III faza																					

Sl. 8. Gantogram s podacima za njegovu izradbu

5...10). U trećoj fazi izrađuje se gantogram utvrđivanjem tehnološkog slijeda radova i povlačenjem crta koje označavaju dužinu njihovog trajanja (stupac 11), koja se može označiti ili brojem radnih dana od 1 do n , ili kalendarskim danima podjelom na tjedne i mjesece, ili na oba opisana načina. Utvrđivanje redoslijeda radova najvažniji je dio planskoga rada. O njemu ovisi rok dovršenja objekta, koji može biti duži ili kraći pri istom broju radnika, odnosno strojeva. Ako se radovi odvijaju samo jedan po jedan, njihovo trajanje će biti duže. Tehnološki i konstruktivni zahtjevi građenja objekata gotovo uvijek dozvoljavaju istovremeno odvijanje više ili manje radova. Planiranje građevnih radova omogućuje skraćivanje rokova građenja kombinacijom različitog redoslijeda i međusobnih ovisnosti radova.

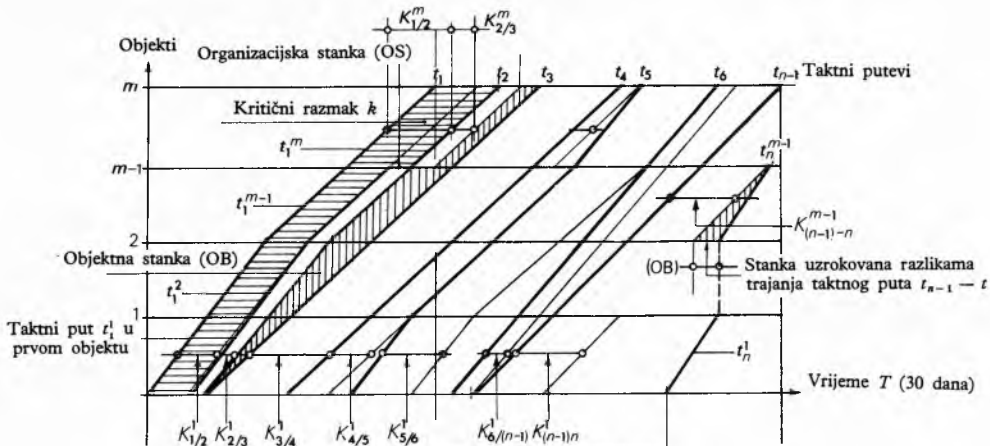
CIKLOGRAMI

Ciklogrami su grafički prikazi posebne tehnike planiranja radova, organiziranih na načelima lančane metode rada. Moguća su dva načina njene primjene u građevinarstvu: prvi, da se predmet rada kreće i prolazi pored stalnih nepokretnih radnih mjesta, u kojima specijalizirane radne grupe obavljaju svoj dio rada, tako da proizvod tek na posljednjem radnom mjestu dobiva svoj konačni oblik i kvalitetu (u pretfabrikaciji), i drugi, da se na građevne objekte ili njegove dijelove vode specijalizirane radne grupe koje tamo obavljaju svoj specijalizirani dio rada; završetkom rada posljednje radne grupe na posljednjem objektu ili njegovom dijelu završava se gradnja objekta. Ciklogramska tehnika na jednostavan način rješava sve probleme lančane metode rada u građevinarstvu. Osim grafičke metode, razvijene su i računске metode za vremensku analizu ciklograma.

Osnove ciklogramske tehnike planiranja. Lančanu metodu rada u građevinarstvu obilježavaju: procesi građenja objekata ili njegovih dijelova koji se sastoje od građevnih radova, koje uvijek izvode iste specijalizirane radne grupe; radne grupe koje se sastavljaju, prema potrebi vrste radova, od stručne i pomoćne radne snage opremljene odgovarajućim strojevima, mehaniziranim i ručnim alatom i priborom. Građenje se obavlja neprekinutim prijelazom svih radnih grupa na sve objekte, koje na temelju velikog radnog iskustva postižu visoke proizvodne učinke i kvalitetu rada. Tu je potrebna čvrsta organizacijska i radna povezanost radnih grupa na svim objektima. Put koji se oblikuje prijelazom pojedinih radnih grupa na objekte ili njegove dijelove naziva se *taktni put*, a dio koji prelazi na pojedine objekte naziva se *takt*. Za grafičko prikazivanje ciklograma apscisa T je podijeljena na vremenske jedinice (dan, tjedan, dekada i sl.), ordinata m je nosilac planske jedinice (objekata, katova pojedinih objekata, dionica u cestogradnji i sl.). Taktni putevi t sastavljeni su od pojedinačnih taktova u planskim jedinicama, a oblikuju se kao kosi (vrijeme-put) pravci. Taktno vrijeme (vrijeme potrebno za izvršenje rada u objektu) jest projekcija takta, odnosno taktnog puta na apscisu T . Najmanji uzajamni razmak između dva takta naziva se *kritički razmak* i označava se sa k . Kritički razmak je uvjetovan tehnologijom rada, jer slijedeći takt može početi tek kada je prethodni vre-

menški dovoljno odmakao. Osim kritičnog razmaka mogu nastupiti još i slijedeći vremenski razmaci ili prekid između dva uzastopna takta: *tehnološka stanika OS*, tj. prekid rada uzrokovan tehnologijom materijala (stvrđnjavanje betona i sl.), koja se uključuje u kritični razmak; *objektna stanika OB*, tj. vremenski razmak u kojemu bi se moglo raditi s obzirom na kritični razmak, ali se odustaje da bi se osigurao neprekinuti slijed rada radnih grupa na svim objektima i u kojem se gubi određeno vrijeme (radna grupa se kasnije uključuje u rad), ali se dobiva kontinuitet rada na više ili na svim objektima, što je i osnovni cilj ove tehnike rada (ova stanika proizlazi iz konstrukcije ciklograma i uključuje se u kritični razmak); *organizacijska stanika OS* je prekid rada zbog prijelaza radne grupe s jednog na drugi objekt i zbog drugih organizacijskih zahtjeva, a iskazuje se samo ako prekid traje dulje od 1 radnog dana, inače se uključuje u taktno vrijeme.

Konstrukcija ciklograma priprema se uobičajenim metodama planiranja; to su posebno: izbor planskih jedinica (objekti, njegovi dijelovi, faze rada i sl.); utvrđivanje i izbor vrsta radova koji oblikuju taktne putove; utvrđivanje količina rada za takti put ili taktove, ako se međusobno po količini razlikuju; oblikovanje radnih grupa sastavljenih od stručne i pomoćne radne snage, te izbor sredstava rada za radne grupe; utvrđivanje vremena trajanja taktih putova ili taktova, ako su oni različiti, i izbor redoslijeda odvijanja taktih putova, utvrđivanje kritičnih razmaka, organizacijskih stanika i dr. Korisno je da se pripremni rad obavlja pomoću formulara i tablica, koje sistematizacijom materijala smanjuju mogućnost propusta i pogrešaka. Vremenske se vrijednosti ciklograma, u kojima radne grupe prolaze kontinuirano na svim objektima, mogu uočiti u matrici. Prednost je rada pomoću formulara, tablica i matrica, što planer može prije toga usredotočiti svoju pažnju na tehnologiju rada, kritične razmake, trajanje organizacijskih i drugih prekida. Tako se svestranije uočavaju planski problemi i olakšava izradba ciklograma. Ciklogrami se izrađuju tako da se: 1. Pomoću pripremljenih podataka u unaprijed sastavljeni ciklogram unose linije prvog taktog puta $t_1^1 - t_1^m$ na svim objektima (sl. 9). 2. Tankom usporodnom linijom ucrtava se kritični razmak k između prethodnog i slijedećeg taktog puta. Ako su na prijelazima od jednog objekta na drugi predviđene organizacijske stanice OS, one se također unose i označavaju vodoravnom crtom na prijelazu iz jednog na drugi objekt (takti put t_2 na prijelazu s objekta $m-1$ na m na sl. 9). 3. Ucrtava se slijedeći takti put $t_2^1 - t_2^m$. Počinje se od prvog objekta i nastavlja se do posljednjeg. Pri tome mogu nastupiti tri slučaja: slijedeći takt je dužeg, jednakog ili kraćeg trajanja od prethodnog. U prvom slučaju se slijedeći takti put ucrtava, počevši od početka kritičnog razmaka objekta, prema gore (takti put t_3). U drugom su slučaju oba takta usporedna, pa se kritični razmak i slijedeći takt poklapaju (takti put t_4). U trećem slučaju se takti put ucrtava prema dolje, počevši od kraja kritičnog razmaka (takti put t_5 , tj. takti put 5 u prvom objektu). 4. Na isti se način u ciklogram unose svi takti putovi od $t_1 \dots t_n$ u svim objektima od $1 \dots m$. Taktinim putem t_3 prikazan je smisao objektna stanice OB, koja



Sl. 9. Ciklogram i njegova konstrukcija

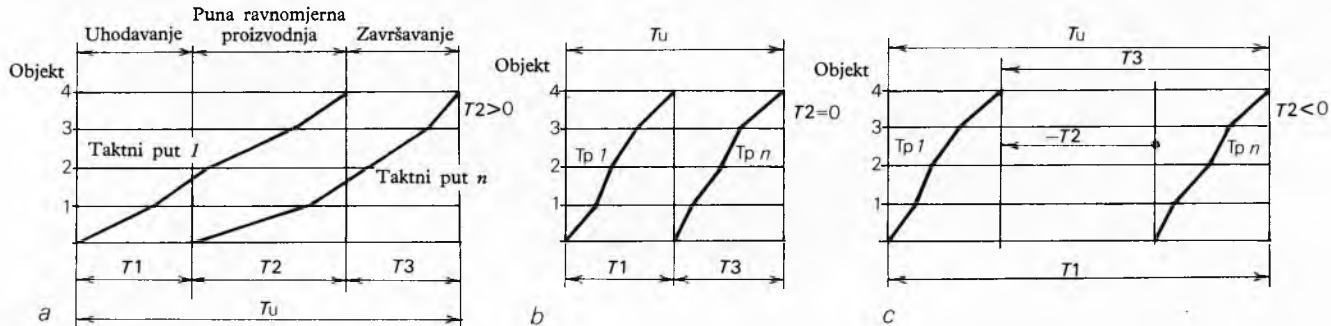
osigurava kontinuirani rad taktnog puta t_3 , koji bi se inače prekinuo na prijelazu od objekta $(m - 1)/m$ zbog organizacijske stanke. Redosljed protjecanja pojedinih taktova na objekte ne mora biti uvijek isti i ne mora prelaziti redom od objekta $1 \dots m$. Redosljed se može i mijenjati, ako to dozvoljavaju tehnološki i radni uvjeti i ako se tim postupkom skraćuje vrijeme izvršenja plana.

Ostala svojstva ciklogramske tehnike planiranja. Primjena je ciklogramske tehnike planiranja u visokogradnji dosta jednostavna. Međutim, u većini objekata niskogradnje teže ju je ostvariti zbog nejednakosti niskograđevnih objekata po funkciji, konstrukciji, veličini i oblikovanju. Zbog toga se težište primjene lančane metode rada usredotočuje na održavanje neprekinutog slijeda rada radnih grupa, ali se jednolikost rada (paralelnost taktnih putova) većinom ne može postići. Često svi dijelovi takta

vršavanja što moguće kraće, a puno proizvodno vrijeme što duže (slučaj c na sl. 10).

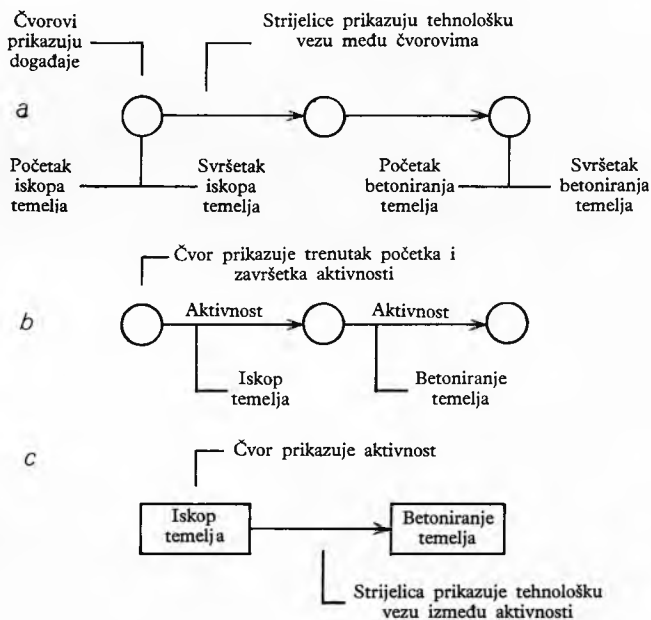
METODE MREŽNOG PLANIRANJA

Mrežno planiranje odnosi se na tehnologiju i vrijeme. Planirani radovi (u nastavku aktivnosti) svrstavaju se u one radove koji su neprekinuto međusobno vremenski povezani, od početka do kraja planiranog građenja objekta (kritične aktivnosti), i koji određuju trajanje građenja, i u one koji se mogu s obzirom na vrijeme slobodno *pomicati* unutar određenih granica, tj. koji imaju tzv. vremensku rezervu. Ta spoznaja daje metodama mrežnog planiranja mnoge prednosti s obzirom na do tada razvijene metode. Tehnologija rada prikazuje se mrežnim dijagramima, upotrebom grafičkih oznaka koje ovise o primijenjenoj metodi. Postoje dvije mogućnosti prikazivanja tehnologije rada: da se nje-

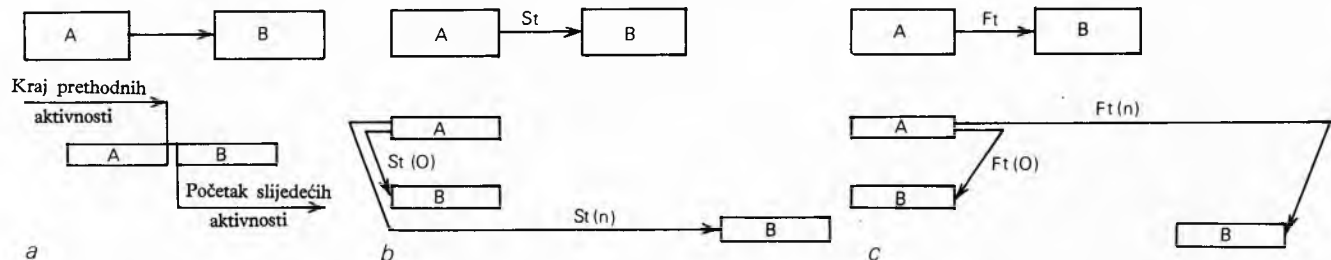


Sl. 10. Prikaz proizvodnog vremena u ciklogramu. a puno proizvodno vrijeme je pozitivno, b puno proizvodno vrijeme jednako je nuli, c puno proizvodno vrijeme je negativno

ne prolaze na svim objektima. Tada se pojedini objekt preskače (taktni put t_n na sl. 9). Katkada se u pojedinim objektima moraju organizirati posebni taktovi i označavaju se sa t_{sp} . Skoro redovito izvršavaju se pomoću posebnih pogona, koji u određeno vrijeme upućuju na gradilište radnu snagu. U ciklogramima se može očitati ukupno vrijeme trajanja planiranog rada T_u , vrijeme uhodavanja T_1 , puno proizvodno vrijeme T_2 i vrijeme završavanja proizvodnje T_3 (sl. 10). Vrijeme uhodavanja T_1 jest vrijeme od početka plana do početka rada posljednje radne grupe u prvom objektu. Karakteristično je po stalnom porastu radnog kapaciteta. Puno proizvodno vrijeme T_2 stalnog je radnog kapaciteta i u njemu su u rad uključene sve radne grupe i sva sredstva rada. Vrijeme svršavanja T_3 počinje krajem rada prve radne grupe na posljednjem objektu i traje do svršetka plana proizvodnje. Karakteristično je po stalnom opadanju radnog kapaciteta. Puno proizvodno vrijeme može biti pozitivno, jednako nuli i negativno: puno proizvodno vrijeme T_2 je pozitivno, prva radna grupa nije još napustila posljednji objekt, a zadnja se radna grupa već uključila u rad prvog objekta $T_u - (T_1 + T_3) > 0$; puno proizvodno vrijeme T_2 jest jednako nuli, ukupno vrijeme trajanja plana sastoji se samo od vremena uhodavanja i svršavanja plana; prva radna grupa napustila je posljednji objekt u isto vrijeme kada je posljednja radna grupa uključena u rad u prvom objektu, $T_u - (T_1 + T_3) = 0$; vrijeme uhodavanja i vrijeme svršavanja radova preklapaju se, T_2 je negativno, prva radna grupa je napustila posljednji objekt u nizu određeno vrijeme prije nastupa na rad posljednje radne grupe u prvom objektu, $T_u - (T_1 + T_3) < 0$. Ekonomski povoljne okolnosti postižu se kada je vrijeme uhodavanja i za-



Sl. 11. Mogućnost prikazivanja u mrežnom dijagramu. a mrežni dijagram opisan i prikazan čvorovima događaja (MVD), b mrežni dijagram opisan i prikazan strelicama aktivnosti (MSA), c mrežni plan u kojem su aktivnosti opisane i prikazane čvorovima (MVA)



Sl. 12. Mogućnost vremenskog povezivanja aktivnosti u mrežnom dijagramu. a normalna vremenska veza kraj-početak, b vremenska veza početak-početak (St vremenska veza), c vremenska veza kraj-kraj, (Ft vremenska veza)

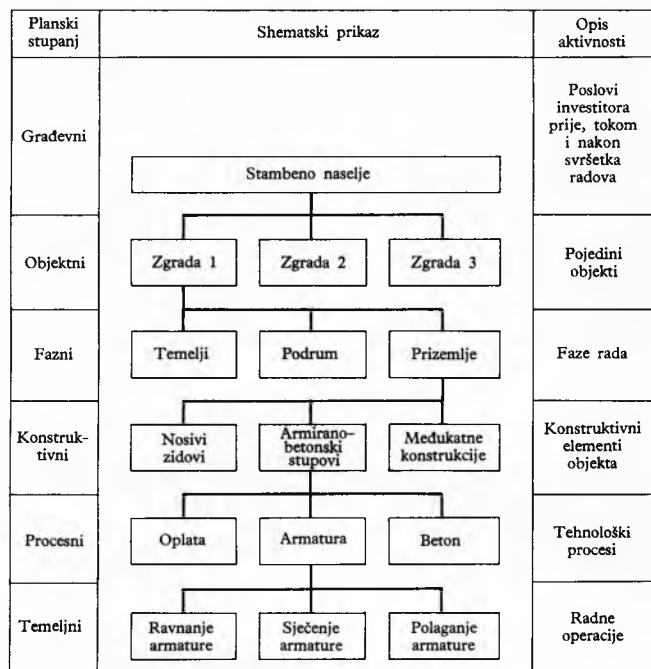
zino težište usmjeri na trenutak početka i kraja rada, ili da se usmjeri na izvršenje aktivnosti. U prvom je slučaju mrežni dijagram opisan i prikazan čvorovima događaja, sl. 11a (po JUS-u oznaka MVD). U drugom je slučaju opisan i prikazan strelicama aktivnosti, sl. 11b (po JUS-u oznaka MSA). Drugi slučaj se može u mrežni dijagram upisati i prikazati i na drugi način: aktivnost pomoću čvora, a tehnološka povezanost među njima strelicama, sl. 11c (po JUS-u oznaka MVA). Osim po načinu opisivanja i prikazivanja tehnologije rada, mrežni dijagrami se razlikuju i po načinu vremenskog povezivanja uzastopnih aktivnosti: normalna vremenska veza povezuje trenutak kraja prethodne aktivnosti s trenutkom početka slijedeće, stoga se naziva i vremenska veza *kraj—početak*; vremenska veza *početak—početak* (*St veza*) povezuje trenutak početka prethodne aktivnosti s početkom slijedeće, što omogućuje njezino slobodno *pomicanje* u vremenu; vremenska veza *kraj—kraj* (*Ft veza*) povezuje trenutak svršetka prethodne aktivnosti sa svršetkom slijedeće, što također omogućuje njezino vremensko *pomicanje*. Ta su tri slučaja prikazana na sl. 12. Osim navedenih vremenskih veza postoje i druge, ali sa složenijim računskim postupcima. S obzirom na spomenuta tehnološka i vremenska svojstva mogu se do sada razvijene metode planiranja uglavnom svrstati u tri osnovne grupe: metode koje su usmjerene na događaje, metode koje su usmjerene na aktivnosti sa strelicama aktivnosti i metode koje su usmjerene na aktivnosti sa čvorovima aktivnosti (sl. 13). Metode mrežnog planiranja eliminirale su nedostatke klasičnih gantograma i omogućile da se svestrano uoče mnogostruki problemi objekata u gradnji te da se planiranje izvede u nekoliko odvojenih faza. Te faze trebaju utvrditi i prikazati logičan tehnološki sastav procesa građenja objekta u grafičkom obliku u mrežnom dijagramu, računanjem utvrditi njegovo pojedinačno i ukupno trajanje, utvrditi sastav potrebnih kapaciteta za njegovo ostvarenje i njihov vremenski raspored (radna snaga, strojevi i sl.), utvrditi količinu materijala za građenje, pomoćnog materijala i

transporta, te utvrditi njihov vremenski raspored, da se s raznih stajališta optimiraju pojedini planski elementi, tehnologija, vrijeme, kapaciteti, troškovi i dr. U ovom složenom procesu planiranja najprije se utvrđuje tehnologija građenja, a zatim se utvrđuju svi ostali planski elementi, vrijeme, kapaciteti, troškovi i dr., da bi se na kraju optimirali oni planski elementi, koji u određenom trenutku imaju prednost.

Tehnološki elementi plana i konstrukcija mrežnog dijagrama. Tehnološki elementi plana sastoje se od izbora aktivnosti, utvrđivanja njihovog tehnološkog redoslijeda i konstrukcije mrežnog dijagrama. Planiranje počinje s izborom aktivnosti. U građevinarstvu aktivnosti mogu biti bilo koji radovi koji troše ili samo vrijeme ili sredstva rada. Sl. 14 prikazuje stupnjeve kojima se mogu oblikovati aktivnosti u građevinarstvu. Izbor stupnjeva ovisi o svrsi kojoj je plan namijenjen. Građenje objekta odvija se redoslijedom određenim konstrukcijom i tehnologijom građenja, pri čemu aktivnosti mogu slijediti jedna drugu ili se odvijati usporedno, djelomično ili potpuno. U prvom slučaju, prethodna aktivnost mora biti svršena da bi mogla početi slijedeća, a u drugom slučaju, slijedeća može započeti prije svršetka prethodne, a najranije istovremeno s njom. Utvrđivanje redoslijeda odvijanja aktivnosti obavlja se u toku konstrukcije mrežnog dijagrama. Ako su neke aktivnosti zbirne (sastoje se od više pojedinačnih aktivnosti), onda se moraju utvrditi prethodne aktivnosti koje su o njima ovisne. Mrežni dijagram je grafička predodžba tehnološkog toka radova za planirani objekt i može se izraditi na više načina, kao npr. sastavljanjem popisa aktivnosti, usmjerenim na prethodne sastavne aktivnosti. Taj je način sastavljanja mrežnog dijagrama vrlo pogodan, jer je mogućnost pogrešaka manja a mreža je vrlo pregledna, i jer su aktivnosti svrstane prema redoslijedu njihovog tehnološkog i vremenskog slijeda. Sastavljanje mrežnog dijagrama podliježe određenim pravilima koja ovisе o primijenjenoj metodi i moraju se prethodno proučiti.

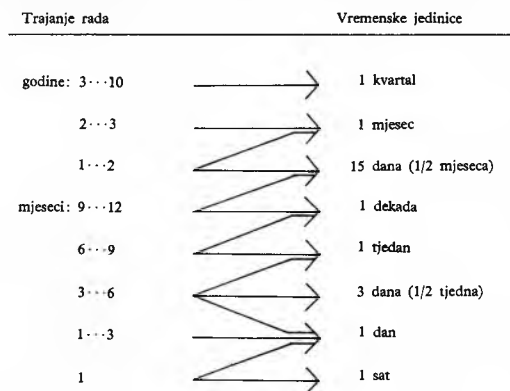
	Opis	1. Mrežni dijagram sa čvorovima događaja (MVD)	2. Mrežni dijagram sa strelicama aktivnosti (MSA)	3. Mrežni dijagram sa čvorovima aktivnosti (MVA)			
		3	4	5	6	7	8
Tehnološki elementi	Karakteristika mreže	Događaji su opisani i predstavljeni čvorovima	Aktivnosti su opisane i predstavljene strelicama	Aktivnosti su opisane i predstavljene čvorovima			
	Elementi mreže	○ čvor/događaj →	○ čvor početak i svrшетak aktivnosti → aktivnost - - - prividna aktivnost	□ čvor = aktivnost → strijelica = tehnološka veza između aktivnosti □ prividni čvor = start i cilj (samo u zatvorenim mrežnim dijagramima)			
	Grafički prikaz mrežnog dijagrama	Sa čvorovima događaja 	Sa strelicama aktivnosti 				
Vremenski elementi	Vremenska povezanost elemenata mreže	Normalna (kraj—početak) Čvor a označava trenutak završetka prethodne i početak slijedeće aktivnosti	Normalna A i B su aktivnosti, čvor označava svršetak aktivnosti A i početak aktivnosti B	Normalna A i B su aktivnosti, strijelica označava samo tehnološku vezu	Početak—početak (St vremenska veza) 	Početak—početak kraj—kraj vremenska veza (+ -) 	Normalna ili početak—početak (St) ili kraj—kraj (Ft) vremenska veza
	Vremenska opterećenost	Čvor	Strijelica	Čvor MVA/3.1	Čvor i vezna strijelica MVA/3.2 MD		
	Dopunska vremenska opterećenost	Nema	Prividna aktivnost nije vremenski opterećena, prikazuje samo tehnološku vezu među aktivnostima	Nema	Dopunsko vremensko opterećenje strelicama		
					Jedna vremenska veza MVA/3.2.1 	Dvije vremenske veze MVA/3.2.2 	Jedna vremenska veza MVA/3.2.3
	Način utvrđivanja vremena	Stohastički	Deterministički				
Poznatiji predstavnik metode	PERT	CPM	Novije metode (unaprijeđeni CPM i druge)	Potencijal metoda (PM)	Metra potencijal metoda (MPM)	Project control sistem (PCS), Optima i druge metode	

Sl. 13. Pregled i osnovne karakteristike važnijih metoda mrežnog planiranja primjenjivih u građevinarstvu



Sl. 14. Oblikovanje aktivnosti na različitim planskim stupnjevima

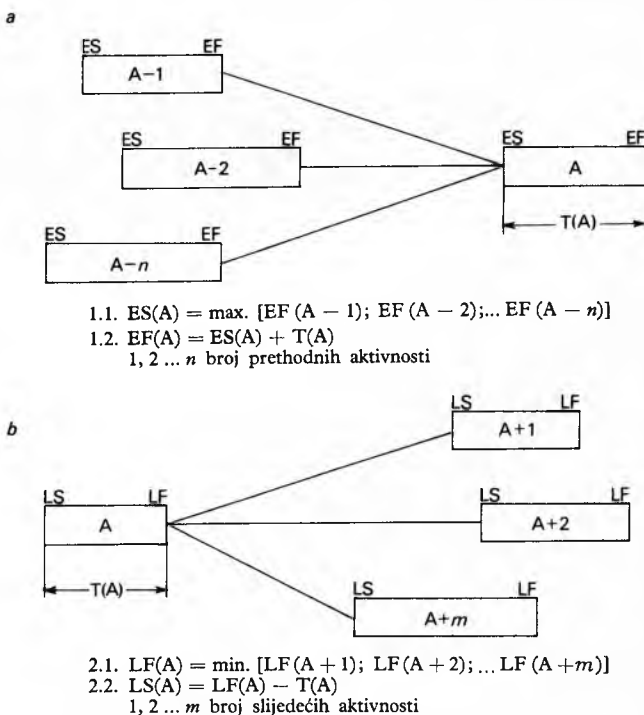
Vremenski elementi plana. Sastoje se od utvrđivanja trajanja aktivnosti i vremenske analize mrežnog dijagrama. *Trajanje aktivnosti* može se utvrditi stohastičkom i determinističkom metodom. Stohastička metoda utvrđuje trajanje aktivnosti TO ocjenom iz tri vremenske vrijednosti (najmanje, najveće i najvjerojatnije). Najpoznatija je metoda PERT koja izračunava vrijeme na temelju teorije vjerojatnosti. Ovamo se nadovezuje i postupak utvrđivanja nesigurnosti računskog rezultata vremenske analize planiranog zadatka. Deterministička metoda utvrđuje trajanje aktivnosti računanjem iz poznatih planskih veličina: količine rada, normativa rada ljudi (ili strojeva), broja radnika i sati rada u planiranoj vremenskoj jedinici. Točnost utvrđivanja trajanja aktivnosti ovisi o točnosti osnovnih podataka i o stupnju na kojemu se oni oblikuju. Točnost na objektnom stupnju je manja, a na temeljnom najveća. U građevinarstvu se jedinica trajanja aktivnosti kreće od dana (u jednoj, dvije ili tri smjene) do kvartala. Izbor vremenske jedinice ovisi o mnogim čimbenicima, a napose o stupnju na kojem se plan izrađuje raspoloživim planskih podlogama, trajanju plana, finoći planiranja i sl. Thumb je izradio jednostavne pokazatelje koji olakšavaju izbor vremenske jedinice plana s obzirom na njegovo trajanje (sl. 15). Vremenska jedinica može se usvojiti na višoj ili nižoj razini, ako raspoloživa dokumentacija dozvoljava finije planiranje.



Sl. 15. Izbor vremenske jedinice u ovisnosti o trajanju plana

Vremenska analiza mrežnog dijagrama. Vremenska analiza obuhvaća analizu i najbolju organizaciju vremena planiranog zadatka. Sastoji se od uočavanja i utvrđivanja njegovog vremen-

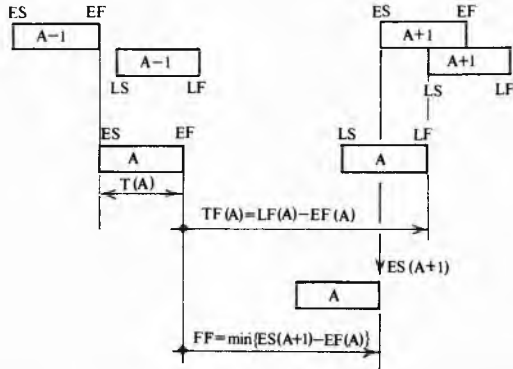
skog sastava računanjem, pomoću razvijenih postupaka za pojedine metode mrežnog planiranja. U svim su metodama računski postupci u osnovi jednaki (račun unaprijed i unatrag), a razlikuju se u pojedinostima s obzirom na vremensku povezanost aktivnosti (normalna, St i Ft vremenska veza). U mrežnom dijagramu sa čvorovima događaja (MVD) i strelicama aktivnosti (MSA) analizira se djelomično u mreži, a djelomično u tablici. U mrežnom dijagramu sa čvorovima aktivnosti (MVA) analizira se isključivo u mreži, što je povoljno, jer su svi podaci na jednom mjestu u mreži. Najjednostavniji se računski postupak vremenske analize obavlja u mrežnom dijagramu sa čvorovima aktivnosti i vremenskom vezom kraj-početak (MVA/3.1, sl. 13). Pored računa unaprijed i unatrag, utvrđuje se kritični put i vremenska rezerva. Račun unaprijed počinje s početnom aktivnošću mrežnog dijagrama, s vrijednošću ES (start) = 0. Slijedi utvrđivanje vrijednosti EF (start) = 0 + $T(A)$, pomoću izraza 1.2 (sl. 16a). Vrijednost slijedećih aktivnosti A dobit će se primjenom izraza 1.1 prenošenjem najveće EF vrijednosti prethodnih aktivnosti ($A - 1 \dots n$) na promatranu aktivnost A . Tako se nastavlja zbrajanjem najvećih $T(A)$ vrijednosti do posljednje aktivnosti EF (cilj). Ta je vrijednost istovremeno i najduže trajanje plana L , iz čega slijedi da je EF (cilj) = LF (cilj), s kojom vrijednošću počinje račun unatrag. Postupak je isti kao račun unaprijed, samo se odvija unatrag primjenom izraza 2.1 i 2.2 koji su prikazani na sl. 16b. Račun je ispravan ako je LS (cilj) = ES (cilj) = 0. U spomenutim računima utvrđuju se četiri osnovne vrijednosti mrežnog dijagrama (ES , EF , LS , LF) koje su osnova za utvrđivanje kritičnih aktivnosti i aktivnosti s vremenskim rezervama. Rezultat računa unaprijed i unatrag podijelio je aktivnosti u dvije grupe, kritične i s vremenskom rezervom.



Sl. 16. Položaj aktivnosti i izrazi za račun unaprijed i unatrag. a račun unaprijed, b račun unatrag

Kritične aktivnosti su one pri kojima je $ES = LS$, odnosno $EF = LF$. One povezuju u neprekinutom vremenskom nizu ili nizovima početak i kraj plana. Tako oblikovani put naziva se *kritični put*. To je najduže planirano vrijeme izvršenja plana i daje uvid u one aktivnosti od kojih u prvom redu ovisi njegovo izvršenje. Karakteristično je da svako vremensko zakašnjenje bilo koje aktivnosti na kritičnom putu pomiče krajnji rok dovršenja plana za iznos njezinog pomicanja. *Aktivnosti s vremenskom rezervom* jesu one pri kojima su četiri osnovne vrijednosti računa unaprijed i unatrag različite, odnosno $ES < LS$ i $EF < LF$. Karakteristične su po tome što se mogu unutar određenih vremenskih granica (ES i LF) pomaknuti, a da to ne

utječe na krajnji rod dovršenja plana. Svaka aktivnost pri kojoj je $LF(A) - ES(A) > T(A)$ ima vremensku rezervu. Vremenskih rezerva ima više vrsta, ali najčešće se primjenjuju samo dvije, ukupna i slobodna. Ukupna vremenska rezerva je vremenski raspon između najranijeg i najkasnijeg položaja aktivnosti, pod pretpostavkom da su prethodne aktivnosti utvrđene na njihovim najranijim rokovima, a slijedeće aktivnosti na najkasnije rokove. Utvrđuje se pomoću izraza $TF(A) = LF(A) - EF(A)$. Slobodna vremenska rezerva je vremenski raspon za koji se neka aktivnost

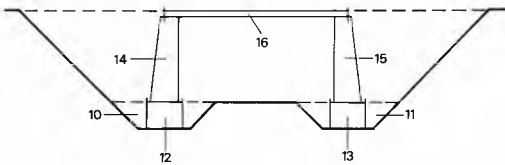


Sl. 17. Ukupna TF i slobodna FF vremenska rezerva u mrežnim dijagramima sa čvorovima aktivnosti i vremenskom vezom kraj-početak

Broj i opis aktivnosti			T(A)
ES	TF	EF	
LS	FF	LF	

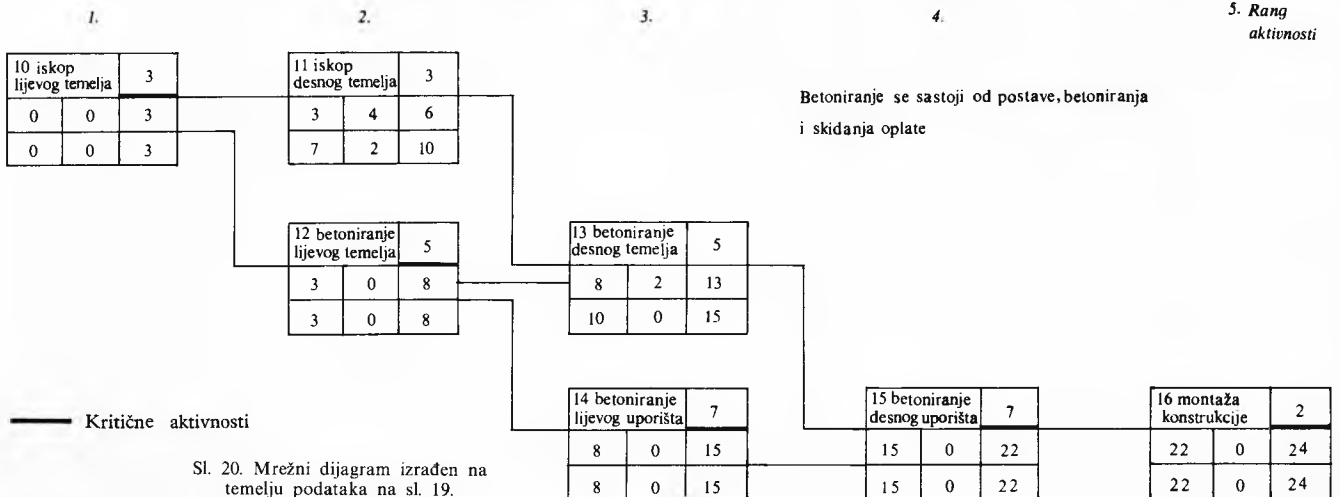
BR	TF	T(A)
ES	FF	EF
LS	IF	LF

Sl. 18. Neke mogućnosti prikazivanja vremenskih vrijednosti mrežnog dijagrama sa čvorovima aktivnosti (IF nezavisna vremenska rezerva koja se rjeđe upotrebljava)



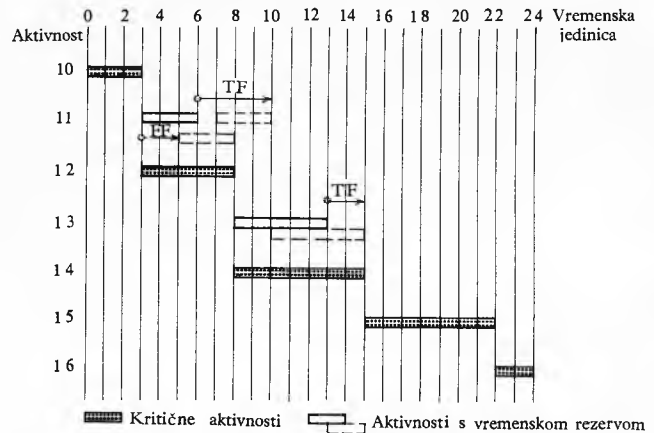
Broj i opis promatrane aktivnosti	Prethodna aktivnost	T(A)	Rang aktivnosti
10 Iskop lijevog temelja	Start	3	0 + 1
11 Iskop desnog temelja	10	3	1 + 1
12 Betoniranje lijevog temelja	10	5	1 + 1
13 Betoniranje desnog temelja	11, 12	5	2 + 1, 2 + 1
14 Betoniranje lijevog uporišta	12	7	2 + 1
15 Betoniranje desnog uporišta	13, 14	7	3 + 1, 3 + 1
16 Montaža konstrukcije	14, 15	2	4 + 1

Sl. 19. Shematski prikaz objekta, te lista i rang aktivnosti. Rang aktivnosti mjerja je vremenskog razmaka od startne točke 0



Sl. 20. Mrežni dijagram izrađen na temelju podataka na sl. 19.

može pomaknuti s najranijeg položaja, pod uvjetom da su prethodne i slijedeće aktivnosti utvrđene na njihove najranije rokove. Utvrđuje se pomoću izraza $FF(A) = \min[ES(A + 1) - EF(A)]$. Položaj ukupne i slobodne vremenske rezerve prikazuje sl. 17. Poznavanje vremenskih rezerva također je potrebno, jer daje uvid u vremenski raspon za koji se aktivnost može pomaknuti bez utjecaja na krajnji rok dovršenja plana. Poznavanje vremenskih rezerva važno je za planiranje i organizaciju rada i omogućuje da se aktivnosti izvode u ranijim ili kasnijim rokovima ili produže do kraja vremenske rezerve. Vremenske rezerve koriste se za postizavanje povoljnijeg rasporeda radne snage i ostalih sredstava rada, a i za skraćivanje kritičnog puta, odnosno trajanja plana. Vremenske vrijednosti plana izravno se utvrđuju i upisuju u čvorove MD, koji prikazuju aktivnosti (sl. 18). Na sl. 19 i 20 prikazani su, npr., način konstrukcije mrežnog dijagrama i njegova vremenska analiza. Na sl. 21 prikazan je dobiveni rezultat u gantogramu.



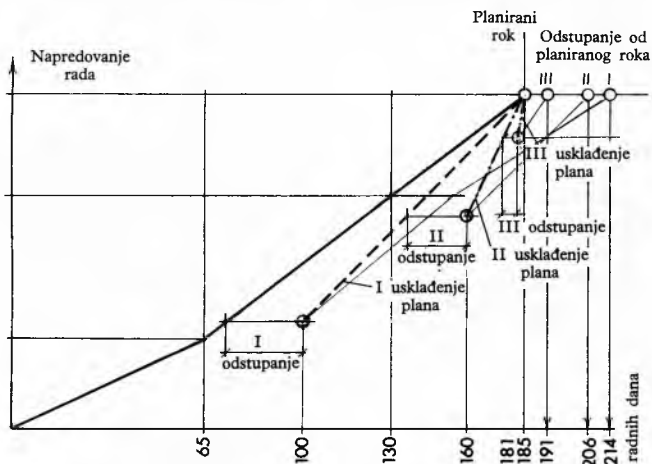
Sl. 21. Gantogram mrežnog dijagrama na sl. 20

Optimiranje planova. Kao i u drugim planovima, tako se i u mrežnim planovima mogu uskladiti planirani rokovi građenja s unaprijed utvrđenim rokovima i međurokovima. Također se mogu međusobno uskladiti planirana i raspoloživa radna snaga i sredstva rada (strojevi, mehanizirani alat, materijal, ugrađeni i pomoćni, novčana sredstva i ostalo po potrebi). Planiranje i usklađenje raspoložive radne snage i ostalih sredstava rada obavlja se pomoću aktivnosti, koje su uz vrijeme još i nosioci radne snage i svih ostalih sredstava rada uključenih u određeni plan. Uspoređenjem planiranih i raspoloživih veličina i vremenskog rasporeda radne snage i ostalih sredstava rada dobiva se uvid u mogući raskorak među njima, koji se tada može otkloniti primjenom odgovarajućih postupaka optimiranja, koji su u tu svrhu posebno razrađeni. Među njima se ističu: usklađenje roka građenja; usklađenje vremenskog rasporeda radne snage i drugih sredstava rada; pronalaženje najmanjih troškova građenja iz od-

5. Rang aktivnosti

nosa vrijeme/troškovi i drugi postupci za optimiranje. Svi spomenuti postupci mogu se obrađivati elektroničkim računalima i njihovim programima za optimiranje.

Vremenska kontrola i vremensko i tehnološko usklađenje planova. Plan je predviđanje događaja u bližoj i daljoj budućnosti na temelju prihvaćenih pretpostavki. Događaji bliže budućnosti mogu se relativno točnije uočiti i pretpostaviti. Međutim, to nije moguće i za događaje koji će se odvijati u udaljenijim rokovima. Tim unutrašnjim poteškoćama planiranja pridružuju se i vanjske, koje također remete plan. Ostvarenje plana odvija se u građevinarstvu skoro samo na otvorenome, pod utjecajem mnogih čimbenika koji se ne mogu predvidjeti, a koji na različite načine remete njegovo ostvarenje. Iz tih spoznaja proizlaze dvije osnovne postavke planiranja: planiranje vremenski bližih događaja može biti točnije, dok planiranje vremenski udaljenijih događaja mora biti sažetije i planovi moraju biti dinamičniji. Pod *dinamičnošću planova* podrazumijeva se nužnost njihovog stalnog vremenskog usklađenja (i tehnološkog, ako to prilike traže) sa stanjem ostvarenja, i raščlanjenje planiranje onih aktivnosti koje su u izvornom planu prikazane u sažetom obliku. Vremensko usklađenje planova obavlja se posebnim postupkom *vremenske kontrole*, koji daje uvid u utjecaj nastalih poremećaja u radovima koji slijede i u krajnji rok dovršenja rada. Postupak počinje utvrđivanjem stanja rada na dan kontrole x , a kontrolirane aktivnosti raspoređuju se u 4 grupe: 1. Svršene aktivnosti na dan kontrole dobivaju vrijednosti $T(A) = 0$. 2. Aktivnosti koje su u radu dobivaju novu $T(A)$ vrijednost za preostali dio do potpunog dovršenja. 3. Aktivnosti koje još nisu započete, a za koje nove spoznaje traže izmijenjeno trajanje, dobivaju novu $T(A)$ vrijednost. 4. Preostaju aktivnosti čije se vrijeme ne mijenja. Vremenska analiza s novim $T(A)$ vrijednostima obavlja se u izvornom planu, računom unaprijed i unatrag, utvrđivanjem kritičnih aktivnosti i onih s vremenskom rezervom. Račun počinje od prvog događaja ili aktivnosti, koja ne dobiva uobičajenu početnu vrijednost 0, već broj radnih dana kontroliranja x . Ako rezultat kontrole nije zadovoljavajući, prilazi se vremenskom skraćivanju plana (skraćivanjem trajanja aktivnosti, uvođenjem preklapanja aktivnosti i drugim mjerama), tako da ga se stalno usmjeruje na dovršenje u izvornom planiranom roku (sl. 22). Ako su u trenutku vremenske kontrole plana potrebne i tehnološke izmjene, tada se prije toga mijenja plan, a tek se nakon toga obavlja vremenska kontrola na opisani način.

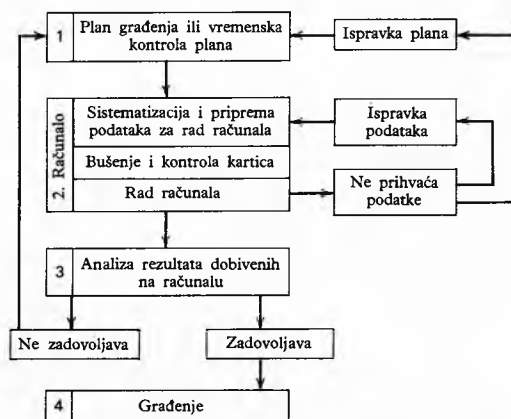


Sl. 22. Vremensko usklađenje plana s planiranim rokom

Preporuča se s obzirom na vremenske kontrole: 1. Periodička kontrola je potrebna. Može se usvojiti za orijentaciju da je prva kontrola potrebna nakon isteka $1/4 \cdot 1/3$ ukupnog vremena potrebnog za gradnju objekta. Dalje kontrole obavljaju se nakon isteka $1/4 \cdot 1/3$ preostalog vremena. Tako kontrole postaju sve učestalije, što je logično, jer se skraćuje raspoloživo vrijeme za ispravak nastalih poremećaja. Od kontrole se odustaje kada postoji sigurnost da više ne može doći do većih poremećaja. 2. Ona je potrebna ako je na kritičnom putu došlo do većih vremenskih raskoraka između ostvarenja i plana. 3. Ona je po-

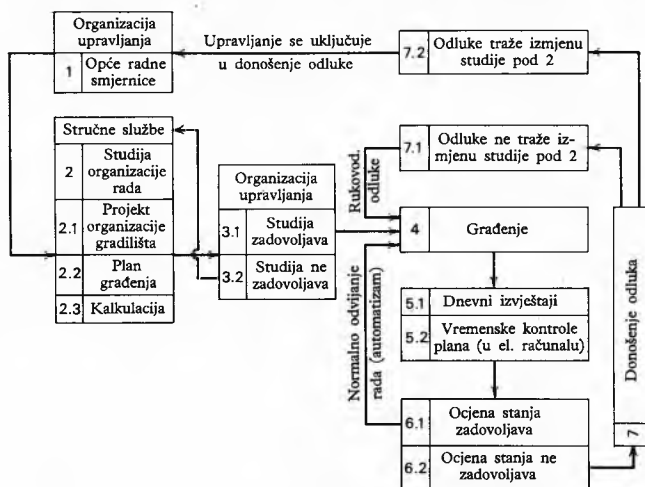
trebna ako je u lancu aktivnosti, koje nisu kritične, došlo do vremenskih poremećaja koji prelaze ukupnu vremensku rezervu, ili se oni očekuju. 4. Ona je potrebna ako se tokom ostvarenja plana predviđaju ozbiljniji vremenski ili tehnološki poremećaji.

Primjena elektroničkih računala u mrežnom planiranju. Planiranje, optimiranje planova, njihova vremenska kontrola i usklađenje stalni su procesi, koji prethode i prate građenje od početka do njegovog kraja. Oni traže stalni rad, koji je od koristi jedino ako se izvršava na vrijeme. Primjena elektroničkih računala olakšava i znatno ubrzava te procese. Oni omogućuju također i sveobuhvatno planiranje, koje znatno prelazi uobičajene okvire planiranja tehnologije i vremena. Time doprinose proširenju i učvršćenju sustava planiranja i rukovođenja. Za različite metode planiranja postoje gotovi, sveobuhvatni programi, za njihovu obradu na elektroničkim računalima. Poznavanje programa i njegovih mogućnosti osnovni je uvjet za njegovu primjenu. Rad s računalima obuhvaća više dijelova koji su tehnološki među sobom povezani: organizacijsko-planski dio sastoji se od studije organizacije i izradbe plana građenja; sistematizacija i priprema podataka organizacijsko-planskog dijela za obradu na računalu (unošenje podataka u liste i bušenje kartica); rad računala; studija i analiza dobivenih rezultata; unošenje ispravaka i ponovna obrada, ako je potrebna. Posljednji postupak se ponavlja dok se ne dobiju zadovoljavajući rezultati (sl. 23).



Sl. 23. Shematski prikaz obrade planskih (ili kontrolnih) podataka na elektroničkom računalu

Rukovođenje na planskim osnovama. Usporedo s razvojem tehnike i tehničkih pomagala razvijaju se i sustavi rukovođenja. Napuštaju se tradicionalne metode osnovane na autoritativnim mišljenjima, iskustvu, intuiciji i sl., i primjenjuju se metode koje počivaju na kvantitativnoj analizi. Podloge za takvo rukovođenje daje mnogo podataka koje pružaju planovi, informacije i vremenske kontrole planova, na kojima se mogu donositi



Sl. 24. Shema podloga za odlučivanje u procesu građenja

sigurne, dokumentirane odluke. Primjenom elektroničkih računala mogu se simulirati različiti utjecajni faktori i između više rješenja odabrati ono koje je u danom slučaju najpovoljnije. Sl. 24 prikazuje ciklus postanka podloga za organizaciju građenja (1, 2, 3.1, 3.2), koje su osnova vođenja gradnje (4). Uspoređenjem stanja (5.1, 5.2) s planom građenja (2.2) može se donijeti ocjena stanja, koje zadovoljava (6.1) ili ne zadovoljava (6.2). Ako zadovoljava, nastavlja se s radom, a ako ne zadovoljava, donose se odgovarajuće odluke (7.1). Ako su odstupanja takve prirode da se ne mogu riješiti unutar gradilišta i traže odstupanja od izvornog plana građenja (2.2), tada se u rješavanje nastalih problema moraju uključiti i organi upravljanja poduzećem. U ciklusu upravljanja važni su dnevni izvještaji, jer omogućuju trenutnu intervenciju, koja je uvijek najdjelotvornija (često je dovoljno produžiti rad na nekoliko dana da se problemi riješe i spriječe kasnije teže intervencije). Postupci optimiranja, izvršeni nakon vremenske kontrole ili nastalih odstupanja, također mogu uspješno riješiti mnoge probleme i uskladiti izvršenje preostalih radova s izvornim planom.

LIT.: H. Gliemann, Netzplantechnik in Beispielen. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1971. — B. Trbojević, Organizacija građevinskih radova. Beogradski izdavačko-grafički zavod, Beograd 1972. — JUS Tehnika mrežnog planiranja, nazivi i objašnjenja pojmova A.E0.001, V. 1972. — N. Jurecka, Netzwerk-planung im Baubetrieb, Teil 1. Verfahrensgrundlagen, Teil 2. Optimierungsverfahren. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin 1972. — OPTIMA, Users Manual 1973. — OPTIMA, 1100 Project Management System 1976.

S. Nonveiller

GRAĐEVNA KALKULACIJA, računski postupak za utvrđivanje i obračun troškova građenja.

Od suvremene se građevne kalkulacije traži da ona obuhvati troškove građenja i da omogući njihovu kontrolu za vrijeme gradnje objekata. U našim je uvjetima kalkulacija veoma važna, zbog promjena društveno-imovinskih odnosa, posebice zbog nove organizacije u građevnim poduzećima i načela, da sve njegove proizvodne jedinice stvaraju jedinstvenu organizacijsku i produktivnu cjelinu, u kojoj svaka stječe dio dohotka od zajedničkog krajnjeg proizvoda — građevinskog objekta. U toj organizacijskoj samoupravnoj strukturi, kalkulacija treba da omogući točno kalkuliranje troškova svih njenih organizacijskih dijelova koji sudjeluju u građenju objekta i da tokom rada osigura praćenje kretanja njihovih troškova, te da po završetku rada omogući pravilnu raspodjelu stečenog dohotka među svim sudionicima u njegovoj gradnji.

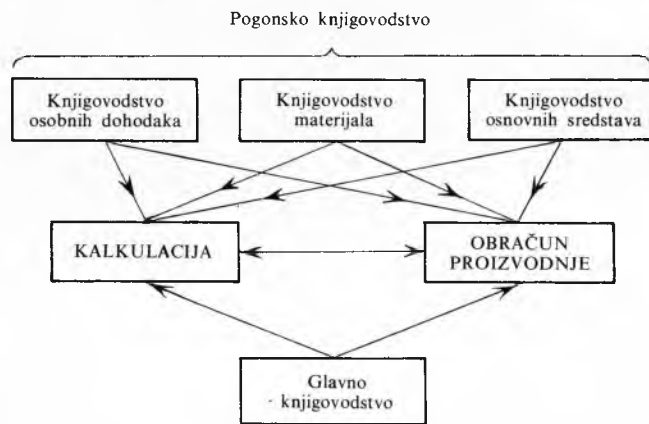
Prva spoznaja o cijeni izgrađenih objekata — stambenih zgrada — nalazi se u Hamurabijevu zakoniku (+1729—1686): *Gradi li graditelj kuću nekom čovjeku i dovrši je, neka mu taj da za naplatu 2 šekela srebra po jednom saru.* (1 šekel = 9,1 g, a 1 sar = 14,88 m²). Početak računanja troškova gradnje gubi se u davnini. Prve su kalkulacije u današnjem smislu nastale u industriji i sastojale su se od neposrednih troškova materijala i rada, i dodatka od 100% za pokrivač posrednih troškova i dobiti. Postepeno jačanje konkurencije prisiljava vlasnike industrija da snize svoje prodajne cijene i traže nove putove za povećanje profita. Kako utvrđivanje vlastitih troškova materijala i rada nije nikada bilo problematično, pazilo se na posredne troškove. Oni se postepeno snižavaju na 50%, a pod pritiskom konkurencije izračunavaju se na osnovi knjigovodstvenih podataka. Usvaja se i načelo individualnosti troškova po poduzećima (naročito posrednih troškova), što dovodi do individualnih kalkulacija troškova u privrednim organizacijama. Građevinarstvo je s obzirom na razvoj kalkulacije zaostajalo za industrijom. Današnji pogledi na kalkulaciju u građevinarstvu stari su jedva 50 godina. Za to je zaslužan ekonomista G. Opitz svojim djelom *Selbst kostenermittlung für Bauarbeiten* (1926.). Tu se prvi put analiziraju i utvrđuju načela kalkulacije posrednih troškova u građevinarstvu. Kasniji autori su produbili i razradili Opitzove postavke. U nas su se nekad cijene oblikovale proizvoljno prema ponudi i potražnji. Troškovi materijala i rada utvrđivali su se nešto točnije, na osnovi uzanca i vlastitog iskustva. Posredni troškovi uopće se nisu kalkulirali. Dodavali su se prema iskustvu ili postojećim uzancama. Godine 1936. F. Dedek objavio je prvi priručnik na našem jeziku: *Analiza cijena građevinskih i obrtničkih radova*, prema kojemu su građevna poduzeća primjenjivala jedinstvene postotke već prema njihovoj veličini. Poduzeća su svrstana u 3 kategorije: I mala, II srednja i III velika poduzeća. Postoci, detaljno analizirani i utvrđeni od Dedeka, iznosili su:

Primijenjeni postotak na:	Kategorija poduzeća		
	I	II	III
nadnice	40	30	25
materijal	10	10	10

U ovim je postocima uračunata zarada od 5% na nadnice i 3% na materijal. Ta se kalkulacija posrednih troškova primjenjivala do svršetka drugog svjetskog rata. Kako su se pretežno poslovi dobivali na licitacijama, konkurentske cijene

su se postizale smanjivanjem postotaka zarade na rad i materijal. Nakon svršetka drugog svjetskog rata, u prvom razdoblju obnove porušenih objekata, nije se mnogo kalkuliralo. U sljedećem razdoblju primjenjivale su se jedinstvene planske cijene. Predajom tvornica i poduzeća radnicima na upravljanje, uvode se ekonomske računice u proizvodnji. Tada se prvi put u nas u građevinarstvu usvaja individualna kalkulacija posrednih troškova u poduzećima.

Kalkulacija i knjigovodstvo. Kalkulacija potječe iz knjigovodstva i usko je vezana s njime, jer obrađuje isti predmet — troškove. Pri izradbi kalkulacije upotrebljavaju se računovodstveni podaci: cijene materijala i rada, unutrašnje prodajne cijene vlastitih proizvoda, podaci za računanje posrednih troškova, ugovornih i zakonskih obveza i sl. Računovodstvo donekle izravno i sudjeluje u kalkulaciji, posebno u obračunima proizvodnje, koji prikazuju financijsko stanje toka gradnje. Uvjet za izradbu upotrebljivog obračuna proizvodnje jest mogućnost usporedbe ostvarenih troškova, koje prikuplja računovodstvo, s kalkuliranim. Taj problem je riješen analitičkim kontnim planom koji se može i proširiti, ako posebnosti poduzeća ili kalkulacija to traže. Povezanost kalkulacije i obračuna proizvodnje s pogonskim knjigovodstvom vidi se na sl. 1.



Sl. 1. Odnos kalkulacije i obračuna proizvodnje (naknadne kalkulacije) s knjigovodstvom

Zadaci kalkulacije. Kalkulacija je instrument politike cijena i mora udovoljiti višestrukim zadacima. Prethodi građenju i omogućava da se unaprijed utvrde struktura i visina vlastitih troškova građenja, obveze prema društvenoj zajednici, vlastitim fondovima i kooperantima. Ona je i plan troškova gradnje određenog objekta u kojemu se oblikuju vlastiti, pojedinačni i ukupni troškovi i prodajne cijene u skladu s poslovnim politikom poduzeća. Izrađuje se na temelju postavki u projektu organizacije rada i vremenskom planu, te je ujedno i ekonomska dokumentacija zamišljene organizacije gradnje i vremenskog plana rada, koja omogućava usporedbu i analizu planiranih i ostvarenih troškova građenja. Kalkulacija ima i niz drugih unutrašnjih i vanjskih zadataka. Tako su npr. unutrašnji zadaci: analiza i kontrola cjelokupnog poslovanja, izračunavanje troškova i oblikovanje unutrašnjih obračunskih cijena, raspodjela dohotka i sl. Vanjski su zadaci: uspoređivanje vlastitih cijena s cijenama drugih sličnih poduzeća, utvrđivanje vrijednosti osiguranja, nastalih šteta i drugih sličnih troškova.

Vrste kalkulacije. Postoji više vrsta i podvrsta kalkulacija u građevinarstvu: djelidbena, dodatna i kalkulacija izravnih troškova (Direct Costing). U djelidbenoj kalkulaciji jedinična se cijena proizvoda utvrđuje omjerom:

$$\frac{\text{ukupni proizvodni troškovi}}{\text{ukupna količina proizvoda}} = \text{jedinična cijena proizvoda.}$$

Ta se kalkulacija izvodi tamo gdje se proizvodi uvijek isti produkt, ili gdje se produkti proizvode u većim serijama (npr. u proizvodnji građevnog kamena, tucanika, u šljunčarama i sl.). U dodatnoj se kalkulaciji s pomoću analiza utvrđuju neposredni proizvodni troškovi, ugrađeni materijal i radna snaga, njma se dodaje dio posrednih troškova prema određenom ključu raspodjele. Ona se primjenjuje u onim proizvodnim djelatnostima, koje se bave pojedinačnom i maloserijskom proizvodnjom,