

$$h_3(z) = \frac{\varphi_1(x) - \varphi_1(y)}{\varphi_2(x) - \varphi_2(y)} \quad (64)$$

To je općenit oblik jednadžbe koja se može prikazati nomogramom s jednom ravnom i dvije krivocrtne ljestvice.

Na sl. 27 prikazan je primjer takva nomograma koji vrijedi za jednadžbu

$$k = \frac{a^2 + b^2}{8a + 12b} \quad (65)$$

**Nomogrami s četiri i više varijabli.** Jednadžba s četiri varijable

$$v = \frac{xy}{z} \quad (66)$$

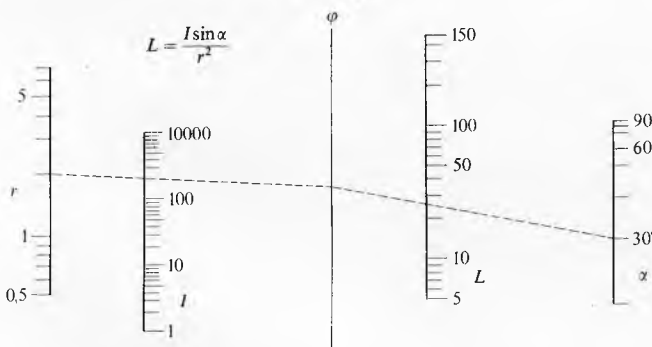
može se uvođenjem pomoćne varijable  $\varphi$  rastaviti u dvije jednadžbe

$$xy = \varphi, \quad zv = \varphi. \quad (67)$$

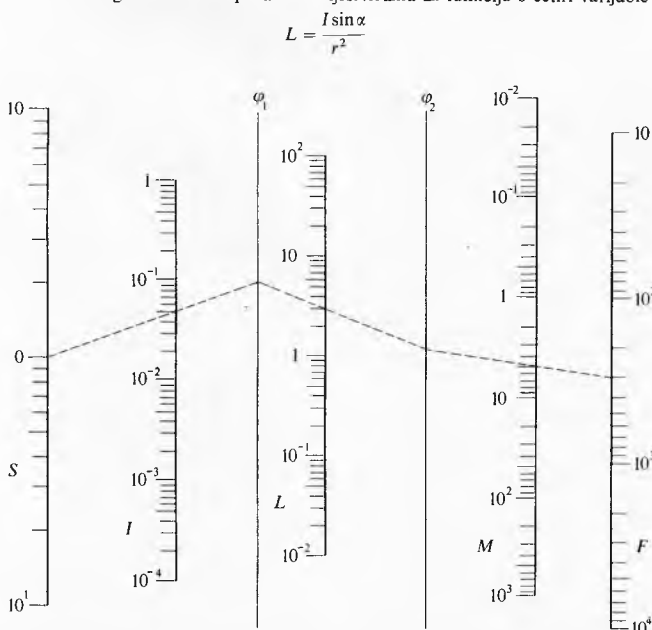
Svaka od tih dviju jednadžbi može se prikazati sa tri ravne paralelne ljestvice (npr. kao na sl. 14), uz uvjet da je ljestvica pomoćne varijable  $\varphi$  zajednička za obje jednadžbe. Ta ljestvica služi samo za prijelaz s jednog dijela nomograma u drugi, a nije ni potrebno očitavati njezinu vrijednost, pa zbog toga na njoj nisu ni potrebne oznake vrijednosti. Ona, međutim, mora imati isti modul, isti početak i isti smjer za oba dijela nomograma.

Na sl. 28 prikazan je nomogram za jednadžbu

$$L = \frac{I \sin \alpha}{r^2} \quad (68)$$



Sl. 28. Nomogram s ravnim paralelnim ljestvicama za funkciju s četiri varijable



Sl. 29. Nomogram s ravnim paralelnim ljestvicama za funkciju sa pet varijabli

$$F = \frac{MS}{IL}$$

koji je nacrtan uvođenjem pomoćne varijable  $\varphi$ , pa je

$$I = \varphi r^2, \quad \varphi = \frac{L}{\sin \alpha} \quad (69)$$

Ako postoji pet varijabli, treba uvesti dvije pomoćne varijable. Tako se npr. za jednadžbu

$$F = \frac{MS}{IL} \quad (70)$$

za koju je nomogram prikazan na sl. 29, mogu postaviti jednadžbe s pomoćnim varijablama  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$ :

$$S = I \varphi_1, \quad L \varphi_1 = \varphi_2, \quad M \varphi_2 = F. \quad (71)$$

Da bi se odredio prikazani nomogram, bilo je potrebno logaritmirati sve tri jednadžbe (71), jer u nomogramu sve ljestvice imaju logaritamsku raspodjelu.

Analognog se konstruiraju nomogrami sa šest i više varijabli.

LIT.: R. Mehmke, Numerisches Rechnen; Leitfaden zum graphischen Rechnen. Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften, Band I F; Leipzig 1917. — M. D'Ocagne, Traité de nomographie. Paris 1921. — M. Pirani, I. Runge, Graphische Darstellung in Wissenschaft und Technik. Berlin 1931. — P. Luckey, Nomographie. Teubner Verlag, Leipzig 1954. — S. Muftić, Nomogram za dimenzioniranje armiranih betonskih nosača. Građevinar, god. VI, br. 3, Zagreb 1954. — S. Elazar, Nomografija. Tehnička knjiga, Zagreb 1965. — O. Muftić, Nomografija. Školska knjiga, Zagreb 1967.

O. Muftić

### NORMIRANJE U GRAĐEVINARSTVU

postupak mjerenja utroška radnog vremena posebno radnika i posebno stroja, radnika i stroja zajedno, te materijala za jedinicu proizvoda.

Radna norma je učinak koji treba da postigne radnik ili grupa radnika uz određenu kakvoću proizvoda i uz određene organizacijske i tehničke uvjete rada. Norme su rezultat mjerenja utroška radnog vremena radnika i strojeva, utroška materijala i energije, i dr. Normativi su mjerila koja se određuju proučavanjem i analizom radnih procesa i načina rada uz određene uvjete, a uzimajući pri tom u obzir i dodatno vrijeme kad uvjeti rada nisu normalni.

Na temelju norma proračunavaju se potrebna sredstva za proizvodnju, radna snaga, strojevi i materijal, usklađuju se mogućnosti različitih radnih postupaka, proračunava se vrijednost radne snage, strojeva i materijala za jedinicu proizvoda (analiza cijena), određuje se stupanj produktivnosti i ekonomičnosti, analizira se rentabilnost upotrebe novih sredstava i metoda rada, određuju se radni zadaci i vrijednost rada u radnim nalogima, planira se dinamika radova. Norme su osnova i za nagrađivanje. S razvojem sredstava za proizvodnju i tehnologije, te upotrebom novih materijala potrebno je utvrđivati i nove norme, odnosno korigirati postojeće.

**Oblici norma.** Norme mogu biti elementarne i kompleksne. *Elementarne* se norme odnose na pojedine radne operacije (npr. čišćenje, sječenje, vezivanje i montažu betonskog željeza). *Kompleksne* norme dobivaju se sintezom elementarnih norma (npr. priprema i postavljanje betonskog željeza).

Osim toga, postoje norme vremena i norme učinka. *Norma je vremena* utrošak vremena za jedinicu proizvoda dobre kvalitete uz pravilnu i svrsishodnu organizaciju. *Norma vremena*  $N_v$  određuje se pomoću izraza

$$N_v = \frac{V}{Q} \quad (1)$$

gdje je  $V$  utrošeno vrijeme, a  $Q$  količina proizvoda. *Norma vremena*, npr., za postavljanje i vezivanje 1 tone savijenog betonskog željeza promjera 4...12 mm iznosi 26,25 sati. *Norma učinka* daje podatak o učinku ili proizvodnji u jedinici vremena (sat, dan). Tako npr. norma učinka bagera kašikara iznosi iskop 60 m<sup>3</sup> zemlje III kategorije za jedan sat. Normom vremena obično se normira utrošak vremena radnika, a normom učinka rad strojeva.

*Norma utroška materijala i energije* određuje potrebnu količinu materijala i energije za jedinicu proizvoda.

U nas su prve norme u građevinarstvu utvrđene kao privremene norme 1946. godine, dok su 1955. god. utvrđene prosječne norme. Za radove koji nisu obuhvaćeni prosječnim normama potrebne norme određuju radne organizacije.

**Postupci normiranja.** Građevni radovi, koji treba da posluže za ustanovljivanje norma, moraju se odvijati u normalnim uvjetima, to znači da moraju biti dobro organizirani s obzirom na raspoloživi materijal i potrebna sredstva rada, i da ih moraju obavljati dobri radnici koji su uvijek za takve poslove. Da bi se osigurala dobra organizacija radnog procesa, treba poznavati tehnologiju rada, te sastav i dispoziciju sredstava za rad.

Radne norme određuju se računski na osnovi provjeravanja proizvodnih mogućnosti radnika, sredstava rada, radnog mjesta i organizacije rada da bi se postigla tražena kvaliteta i ekonomičnost. Da bi se utvrdile radne norme, treba organizaciju građevnog procesa tako postaviti da ona odgovara normalnim uvjetima, zatim treba proces rada rasčlaniti na elemente (radne operacije), utvrditi vrijeme rada uz njegovu klasifikaciju te odabrati elemente koji će se promatrati. Tokom rada mjeri se utrošeno vrijeme za dijelove radnog procesa i količina proizvoda. Na temelju tih mjerenja obrađuju se rezultati nakon što su izdvojeni trošci vremena koji se ne normiraju, određuje se elementarna i kompleksna norma, pa se sastavlja elaborat radne norme s opisom karakteristika radnog procesa.

Organizirati građevni proces da on odgovara normalnim uvjetima znači definirati radna mjesta i odrediti djelokrug rada, tehnološki razraditi radni proces, odrediti potrebna sredstva i sastav radne grupe, izabrati radnike prema kvalifikacijama, odrediti potrebnu količinu materijala i energije, te omogućiti održavanje normalnog toka proizvodnje.

**Elementi i uvjeti proizvodnje.** Osnovni su uvjeti proizvodnje: radni proces, radnici u proizvodnji, radno vrijeme, radno mjesto, materijal, alat i strojevi, način rada (tehnologija) i upravljanje radnim procesom. Uvjeti proizvodnje mogu biti fiziološki (ljudski organizam, atmosferske prilike, rasvjeta, buka, prašina, spol i dob radnika, smještaj i prehrana) i psihološki (sklonost za rad, suradnja, odnosi u radu, priprema radnika, prilagođivanje radu i sl.).

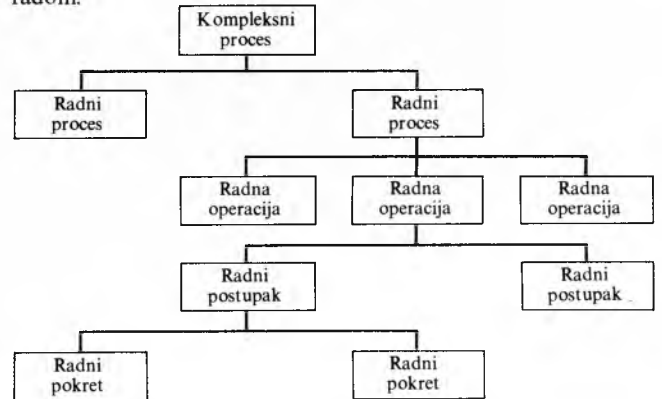
**Radni proces.** U građevinarstvu se obavljaju različite vrste radova (zemljani, betonski, tesarski, zidarski i dr.) unutar kojih ima niz radnih procesa (iskop bagerom, betoniranje stupova, savijanje armature, transport materijala itd.). Svaka vrsta rada sadrži više ili manje složene radne procese koje izvršavaju kombinirane ili specijalizirane radne brigade s upotrebom mehanizacije ili bez nje. S obzirom na upotrebu sredstava rada proces može biti ručni, polumehaniziran, mehaniziran ili automatiziran.

Osnovni radni proces odvija se usporedno s građenjem (iskop temelja, zidanje zidova i sl.). Pomoćni procesi obuhvaćaju pripreme i pomoćne radove (priprema nacрта, priprema materijala, priprema betona i sl.) koji se odvijaju na radilištu ili u radionicama.

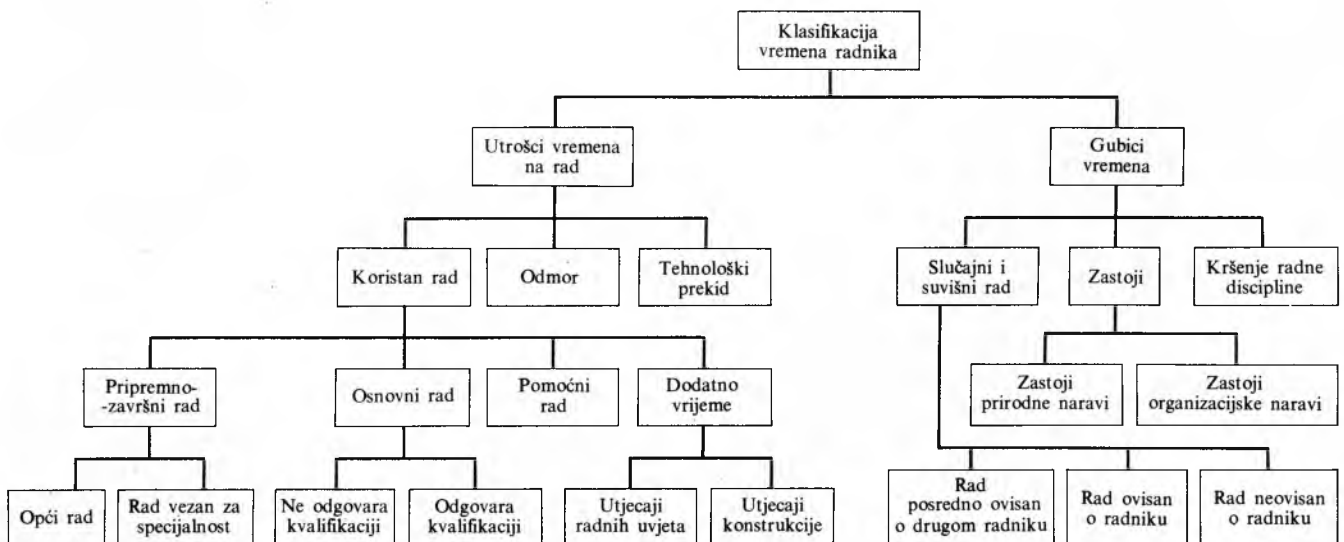
Kompleksni ili složeni proces skup je radnih procesa koji se obavljaju u vremenskom slijedu i koji su međusobno zavisni. Radni proces sastoji se od radnih operacija, radne operacije od radnih postupaka, a radni postupci od radnih pokreta (sl. 1). Tokom radnog procesa ne mijenja se sastav radnika, ali se može mijenjati alat i materijal. Radnu operaciju, međutim, karakterizira isti sastav radnika i upotreba istog alata te istih materijala. Radni postupak označuje posebni dio operacije ili dio građevine, a u prvom se redu odnosi na upotrebu strojeva. Radni su pokreti elementarni dijelovi radnog postupka koje izvršava radnik.

Za normiranje (elementarne norme) služi podjela kompleksnog procesa na radne operacije, a ponekad i na radne postupke. Dalja podjela služi za proučavanje i usavršavanje rada sa svrhom da se uklone suvišni pokreti, da se grčeviti pokreti zamijene blagima, te da se nepodesivi pokreti korigiraju.

**Radno vrijeme.** Pod radnim vremenom razumijeva se rad u jednoj smjeni koja traje 7 ili 8 sati, već prema broju radnih dana u tjednu. Radni tjedan traje u nas 42 sata. U građevinarstvu je rad u toku zime otežan, pa je često radno vrijeme zimi kraće, a ljeti dulje. Na preraspodjelu radnog vremena utječu geografski položaj, klima i vrste radova. Kad su radni uvjeti teški, može se skratiti radno vrijeme (npr. rad u kesonima). Moguće je uvesti prekovremeni i noćni rad. Podzemni radovi (gradnja tunela) obavljaju se obično u tri smjene na umjetnoj rasvjeti, ali se oni ne smatraju noćnim radom.



Sl. 1. Podjela kompleksnog radnog procesa



Sl. 2. Klasifikacija radnog vremena radnika

Zbog različitih okolnosti (kiša, snijeg, niske temperature) u građevinarstvu nastaju zastoji koji se ne ubrajaju u produktivno ili normalno vrijeme. Zbog toga treba klasificirati radno vrijeme radnika, stroja ili radnika i stroja zajedno (sl. 2). Samo utrošak vremena za rad uračunava se u normu, dok se zastoji koji se pojavljuju nepredviđeno (npr. kiša) i oni koji su nastali krivnjom radnika ili zbog loše organizacije ne uračunavaju u vrijeme rada koje je mjerodavno za normiranje. Kad se radi prema učinku, zastoji koji nastaju bez krivice radnika posebno se obračunavaju.

Pripremni i završni radovi obuhvaćaju pripremu na početku te čišćenje i spremanja nakon završetka rada. Trajanje pripremnih i završnih radova ovisi o vrsti rada, radnom mjestu, alatu i stroju, potrebnim uputama, primjeni zaštite, pranju itd.

Osnovni rad obuhvaća neposredan rad u promatranom radnom procesu, a obavljaju ga radnici s primjerenim kvalifikacijama. Pomoćni radovi su dopuna osnovnih radova (npr. premještanje skela) i služe da bi se mogli izvršiti osnovni radovi. Dodatno se vrijeme pojavljuje zbog nenormalnih uvjeta koji se povremeno javljaju (niske temperature, vlaga, prašina, niske prostorije, neudoban položaj tijela i sl.).

Odmori su kratkotrajni prekidi rada radi prikupljanja snage i zadovoljenja fizioloških potreba. Trajanje odmora ovisi o intenzitetu rada. Prema intenzitetu mogu se radovi svrstati u sljedeće kategorije: vrlo teški radovi (npr. ručno razbijanje betona) s trajanjem odmora od 25...30% radnog vremena, teški radovi (npr. ručni iskop tvrde zemlje) s trajanjem odmora 15...25% radnog vremena, srednje teški radovi (npr. armiranje, zidanje) s odmorom od 10...15% radnog vremena i laki radovi (npr. bojenje) s trajanjem odmora od 6...8% radnog vremena. Za zadovoljenje fizioloških potreba prekid rada iznosi za muškarce 5%, a za žene 7% od radnog vremena.

Ustanovljeno je da je za isti efekt fizičkog rada potrebno manje vremena za odmor ako je odmor podijeljen u više kraćih vremenskih intervala (sl. 3). Produženo vrijeme za odmor diktiraju i uvjeti okoline koji se mogu mjeriti (temperatura i vlažnost zraka, brzina strujanja zraka, buka, rasvjeta, vibracije i sl.) i koji se mogu procijeniti (neugodni mirisi, zaprašenost, zadimljenost i sl.).

Tehnološki zastoji spadaju u predvidljive prekide rada koji su neizbježni, pa spadaju u normirano vrijeme. Oni nastaju zbog različitih uvjeta u organizaciji rada. Takvi prekidi nastaju

zbog promjene radnog mjesta u toku smjene (prijelaz u drugu prostoriju za žbukanje, prijelaz u drugu etažu za postavljanje oplata, premještanje na drugu dionicu pri gradnji ceste), zbog promjene transportnih putova za dopremu materijala, zbog promjenljivog opsega konstrukcije, zbog neujednačenosti radnih procesa i zbog tehnološke neusklađenosti radnog procesa. S dobrom organizacijom mogu se takvi prekidi rada skratiti, ali se ne mogu eliminirati, pa se oni uračunavaju u normirano vrijeme.

Gubici radnog vremena i zastoji mogu nastati zbog suvišnog rada, zbog prirodnih uvjeta, zbog organizacijskih zastoja i zbog kršenja radne discipline.

Suvišan rad nastaje kad je materijal ili kad su građevni elementi pogrešno disponirani (potrebno dodatno preslaganje), ili kad je pogrešno izvršen rad (potrebno pregrađivanje ili rušenje).

Zastoji zbog prirodnih uvjeta nastaju zbog vanjskih utjecaja, pa se oni ne mogu ukloniti. To su pojave kišnih dana, niskih temperatura, visokih voda, vrućina i sl. Njihovo trajanje može se predvidjeti na temelju statističkih podataka. Među prirodne uvjete treba uključiti i nepredvidljive događaje (potresi, požari, poplave i sl.).

Zastoji organizacijske naravi nastaju zbog nedovoljne pripreme proizvodnje, pomanjkanje materijala i sredstava, neprikladnih sredstava, nedovoljne koordinacije, loše organizacije kontrole i službe tehničke zaštite, nepridržavanja planskih rokova, nepravodobne isporuke materijala i sredstava rada, zbog nedovoljnih financijskih sredstava, te zbog nepotpune tehničke dokumentacije. Takvi zastoji mogu se ukloniti ili skratiti, ali ih treba poznavati i kvantificirati.

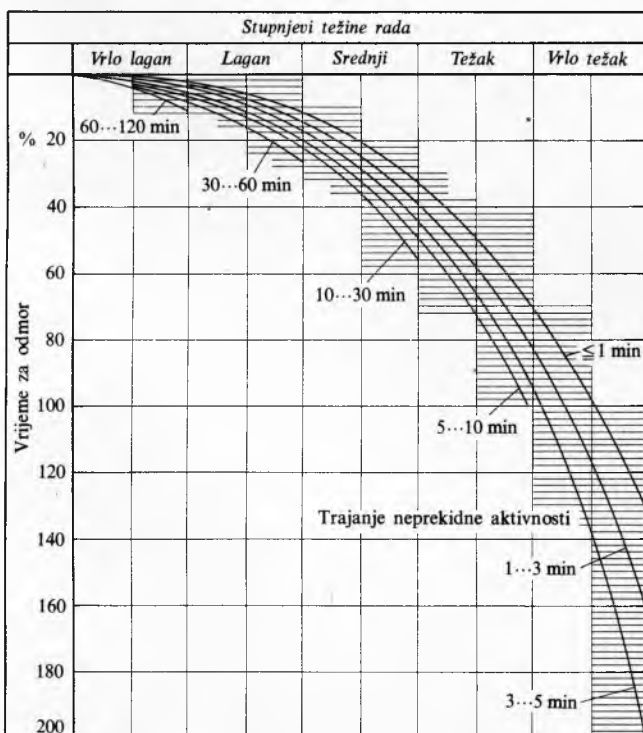
Kršenje radne discipline očituje se u zakašnjavanju na rad i neopravdanom napuštanju radnog mjesta.

Kad se promatra radno vrijeme stroja, treba razlikovati rad s punim i s djelomičnim opterećenjem, te rad u praznom hodu. Rad s nepotpunim opterećenjem stroja pojavljuje se zbog tehnoloških ili organizacijskih razloga. Rad u praznom hodu pojavljuje se ciklički (npr. povratak žlice bagera nakon istresanja zemlje) i povremeno (dolazak buldozera na radno mjesto i njegov povratak). Postoje zastoji koji se mogu ukloniti (pomanjkanje materijala, nedostatak goriva, loše održavanje, zakrčenost radnog mjesta, loš raspored strojeva, neusklađenost kapaciteta, nestručno rukovanje i sl.) i koji se ne mogu eliminirati (promjena radnog mjesta tokom smjene, izmjena radnih elemenata, tekuće održavanje, odmori i sl.).

Radno mjesto je prostor gdje radnik radi i gdje se nalazi potrebni materijal, stroj, naprava, alat ili poluproizvodi (mort, beton). Radno mjesto mora biti tako organizirano da je radnik slobodan u pokretima, da je alat na dohvat radniku, da je materijal smješten na najpogodnijem mjestu i da ne smeta pri radu, da putovi do radnog mjesta budu rasvijetljeni i prohodni, da se ukloni suvišan materijal i alat, da se održava čistoća i da se provede potrebna tehnička zaštita. Na gradilištima je često ograničen radni prostor (npr. u tunelima, na visokim tornjevima i mostovima), što traži posebnu organizaciju smještaja strojeva i alata, te kretanja radnika. Na nekim radnim mjestima potrebno je da radnici rade vezani (npr. na krovu, pri podizanju visokih skela i sl.). Sve to može zahtijevati dodatno vrijeme što treba uzeti u obzir pri normiranju.

**Način rada (tehnologija rada).** Prilikom normiranja potrebno je analizirati predviđeni tehnološki proces građenja i provjeriti da li je on u prihvatljivim granicama ili ga treba korigirati. Tehnološkim procesom određuje se tok rada, sastav radne ekipe (broj i kvalifikacijska struktura radnika), potrebna sredstva za rad (strojevi, alat, materijali) i način rada. Proces građenja odvija se na prostoru na kojemu može raditi više ili manje radnika i strojeva, pa je potrebno pronaći najpogodnije rješenje.

Svrha je proučavanja tehnološkog procesa građenja pronaći najpovoljnije odnose sredstava za proizvodnju i odrediti takav njihov raspored koji će omogućiti najdjelotvorniji tok procesa. Analiza tehnološkog procesa mora obuhvatiti realnu ocjenu mogućih radnih procesa na osnovi raspoložive dokumentacije, određivanje kvalifikacijske strukture radne snage, izbor strojeva



Sl. 3. Dijagram za određivanje trajanja dodatnog vremena za odmor prema težini fizičkog rada

i uređaja, izbor transportnog sustava i transportnih sredstava, raspored i organizaciju radnih mjesta, usklađivanje procesa i operacija, određivanje trajanja pojedinih radnih operacija i proračun troškova građenja.

Da bi se uspješno proučio i što objektivnije ocijenio predviđeni način rada, potrebno je pregledno prikazati tehnološki proces. U tu svrhu upotrebljavaju se dvije metode: metoda dijagrama toka i metoda karte procesa. U objema metodama proces se rastavlja u dijelove da bi se prikazao slijed operacija, tok materijala, kretanje radnika i usklađenost kapaciteta.

*Dijagram toka* grafički prikazuje tehnološki proces u tlocrtu ili pogledu s prikazom proizvodnih sredstava (strojevi, vozila, skladišta materijala) i njihovih veza (sl. 4 gore). Ta je metoda pogodna za prikaz kontinuiranih tehnoloških procesa.

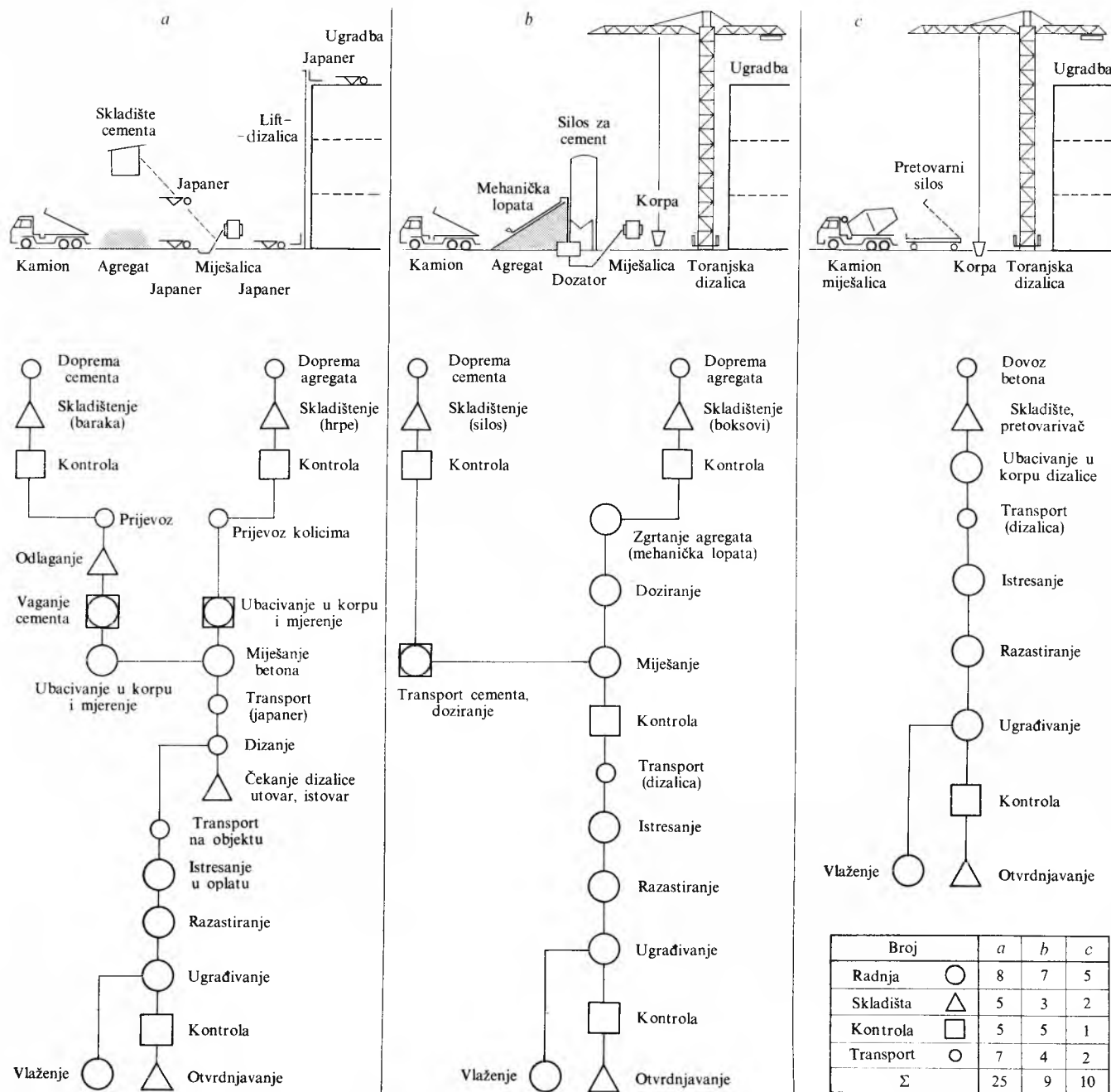
*Karta procesa* prikazuje pojedine faze rada ili povezani niz radnji, od dovoza sirovina na gradilište do njihove preradbe i ugradnje (sl. 4 dolje). Karta procesa može se izraditi na posebnim obrascima (sl. 5) sucrtanim simbolima koji se radi preglednosti grafički povezuju. U obrazac se unose i podaci o udaljenostima i vremenu rada za pojedine faze radnog procesa.

*Uvjeti proizvodnje.* Za vrijeme gradnje radnik je izložen djelovanju mnogih faktora koji mogu utjecati na njegov organizam, na zdravstveno stanje i na radnu sposobnost, a time i na produktivnost i kvalitetu proizvoda.

Subjektivni faktori ovise o konstituciji i naravi radnika, vanjski su faktori pretežno objektivne naravi (atmosferske prilike, buka, rasvjeta i dr.), ali neki od njih ovise o organizaciji rada, o sredstvima rada, o rasporedu rada i odmora, o zaštiti na radu i sl.

Ispitivanja pokazuju da se mogu više ili manje utvrditi granice o radnoj sposobnosti radnika i mogućnosti olakšanja rada. Ispitivanja, osim toga, pokazuju da se mogu postići bolji radni efekti ako se osigura dobra prehrana na gradilištu, ako radnici imaju prikladnu odjeću i obuću, te ako se racionaliziraju pokreti pri radu.

Utrošak energije u organizmu ovisi o težini rada, intenzitetu rada, vrsti i trajanju rada, te o uzrastu radnika. Prema utrošku energije tokom 8 sati fizički rad može se svrstati u sljedeće kategorije: vrlo laki (utrošak energije do 1250 kJ), laki



Sl. 4. Dijagrami toka betonskih radova (gore) i njihove karte procesa (dolje) u tri varijante (a, b i c)

PLAN TOKA RADA

Sadašnje stanje

Prijedlog

Broj Šifra List

Radni proces		Mjesto rada		Promijeniti					Tiskanica									
MONTAŽA ARMIRANOBEŽONJSKIH ZIDNIH ELEMENATA 1,0x2,80m, mase 3 t TORANJSKOM DIZALICOM		Stambena zgrada B6		Analiza	Što?	Gdje?	Tko?	Kako?	Akcija	Isključiti	Spojiti	Mjesto	Redoslijed izvršio	Nacin				
Red. broj	Faza radnog procesa		Napomene	Aktivnost					Udaljenost, m	Vrijeme, min	Šifra							
	1	2		3	4	5	Operacija	Dostava			Kontrola	Zastoj	Odlaganje	I	II	III	IV	V
1	Z		Obznacavanje mjesta za postavljanje montažnih elemenata	●	→	□	□	□	□	□		7						
2	Z	R	Priprema ležaja s razastiranjem cementnog morta	●	→	□	□	□	□	□		6						
3		R	Vješanje elementa za užice dizalice	●	→	□	□	□	□	□		2						
4		R	Čekanje na povratak dizalice	○	→	□	□	□	□	□		10						
5		D	Transport elementa	○	→	□	□	□	□	□		2						
6	M	D	Pridržavanje elementa pri montaži	○	→	□	□	□	□	□		4						
7	M	P	Provjeravanje vertikalnosti	○	→	□	□	□	□	□		2						
8		R	Učvršćenje elementa poduporom	●	→	□	□	□	□	□		1						
9		D	Vraćanje ruke dizalice	○	→	□	□	□	□	□		1						
10	Z	R	Brtoljenje i zaravnavanje stijubnice	●	→	□	□	□	□	□		10						
Sadašnje stanje				Vrijeme							Primjerak A							
Prijedlog		X									Primjerak A							
Razlika +											Primjerak A							
Razlika -											Primjerak A							
Legenda				Sastavio					Datum		Odobrava							
									1. VII 1983									

Sl. 5. Obrazac za izradbu plana toka rada

(do 3350 kJ), srednji (do 6300 kJ), teški (do 8400 kJ) i vrlo teški rad (više od 8400 kJ).

Utrošak energije u organizmu nadoknađuje se hranom. U građevinarstvu se obično organizira prehrana, pogotovo na udaljenijim gradilištima.

Rad opterećuje mišiće, skelet, krvotok i dr. To se opterećenje očituje u umoru, pa je potrebno odmor tako rasporediti da se spriječi negativni utjecaj umora. Zbog umora smanjuje se, naime, učinak i kvaliteta rada, te se povećavaju nesreće na radu.

Kad se gradi na otvorenom, okolni zrak može se smatrati normalnim za čovjeka. U zatvorenim prostorima i u podzemnim radilištima može se sastav zraka toliko promijeniti da postane neprijatan, pa i opasan za čovjeka. Povećani sadržaj ugljik-dioksida uzrokuje ubrzani ritam disanja i povećava umor, pa je tada potrebno dovoditi svježi zrak (ventilatorima).

Temperatura, vlažnost i brzina strujanja zraka djeluje na radnu sposobnost čovjeka. Čovječi organizam održava tjelesnu temperaturu dosta konstantnom. Višak topline predaje se okolini, a intenzivnost predaje topline ovisi o razlici temperatura tijela i zraka, te o vlažnosti i brzini strujanja zraka. S povećanjem temperature zraka povećava se znojenje, dok porast vlažnosti zraka ometa znojenje, ali ga pospješuje strujanje zraka. Da bi se uzeli u obzir svi spomenuti utjecaji, uveden je pojam efektivne temperature koja je pokazatelj čovjekova osjeta temperature (sl. 6). O visini efektivne temperature ovisi dodatno vrijeme odmora.

Na velikim nadmorskim visinama smanjuje se radni učinak zbog manje količine kisika. To se osjeća na visinama iznad 1000 m. Kad se radi pod većim tlakom (npr. u kesonu), brže

se pojavljuje zamor. I u tim prilikama treba predvidjeti duži odmor.

Za normalan rad, zdravlje i sigurnost na radu vrlo je važna dobra rasvjeta.

Buka štetno djeluje na slušne organe i na nervni sustav. Zbog toga se povećava zamor, smanjuje se koncentracija, pa zbog toga opada produktivnost. Negativno djelovanje ovisi o intenzivnosti, frekvenciji i trajanju buke. Zaštita od buke poduzima se kad se radi s pneumatskim čekićima, kad se zakiva, kad se radi u kovačnicama i s drobilicama, kad se zabijaju piloti i sl. Tada je potrebno predvidjeti i dodatno vrijeme za odmor.

Vibracije su štetne za zdravlje radnika koji duže vremena rade s vibracijskim napravama. Utjecaju vibracija izloženi su i radnici koji rade na drobilicama i separacijama, s vibracijskim valjcima, s vozilima na neravnim cestama i terenima i sl. Intenzivnije vibracije utječu na zamor, pa je potrebno osigurati dodatno vrijeme za odmor.

Prašina je gotovo uvijek prisutna na građevnim radilištima. Najčešće se pojavljuje kad se rukuje s cementom u vrećama, gipsom i hidratiziranim vapnom, u kamenolomima, drobilicama i separacijama, kad se izvode zemljani radovi, kad se radi s pneumatskim čekićima, kad se ruše zgrade i sl. Prema količini prašine u zraku određuje se dodatno vrijeme odmora.

Za dobar radni učinak važna je psihološka atmosfera na gradilištu, što se postiže dobrom organizacijom i dobrim rukovođenjem pravilnim nagradivanjem i sl.

**Pripremni radovi za tehničko normiranje.** Prije početka tehničkog normiranja potrebno je prikupiti podatke o radnom procesu, radnom mjestu, sredstvima za rad, radnicima, prostoru

na kojem se gradi, trajanju rada i svrsi rada. Na temelju tih podataka može se odabrati metoda tehničkog normiranja i mogu se izvršiti potrebne pripreme. U tim pripremanjima izrađuje se opis radnog procesa i potrebne skice, te popis radnika sa sljedećim podacima: ime i prezime, kvalifikacija, vrijeme provedeno u struci i na radu koji se normira, položaj tijela za vrijeme rada (sjedeći, stojeći, klečeći, čučajući i sl. položaj). Ako se odabrani radnici ne mogu smatrati prosječnima, mora se ocijeniti svakog od izabranih radnika ili grupe radnika prema zalaganju na radu. Smatra se normalnim zalaganjem normalni rad u toku smjene bez štete za zdravlje. Prilikom ocjenjivanja

treba uzeti u obzir brzinu pokreta, točnost i kvalitetu rada, te poštivanje tehničkih propisa. Ako se normalan rad označi sa 100%, prilikom tehničkog normiranja odabiru se radnici kojima se zalaganje može procijeniti u granicama između 70 i 130%. Normirano radno vrijeme  $t_N$  dobiva se iz izraza

$$t_N = t_M \frac{PZ}{100}, \quad (2)$$

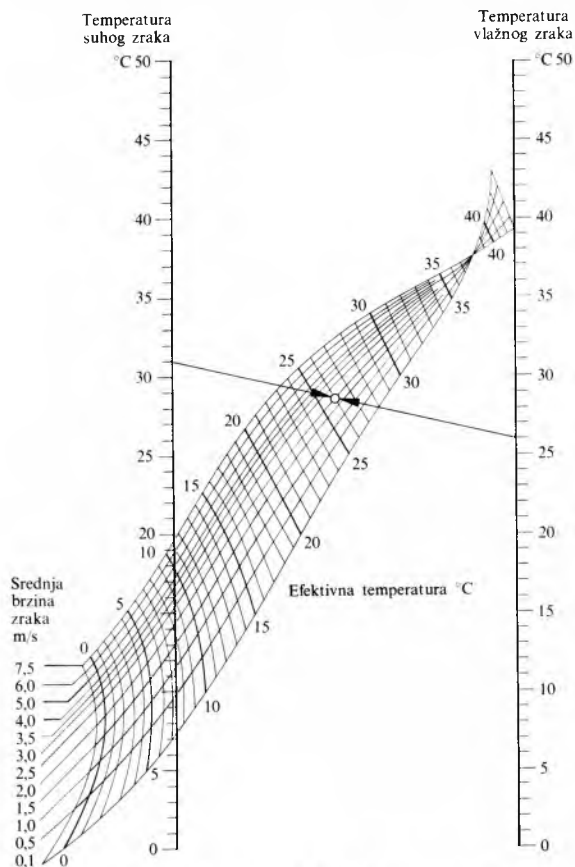
gdje je  $t_M$  izmjereno vrijeme, a PZ postotak zalaganja.

**Mjerenje utroška vremena.** Utrošak vremena određuje se mjerenjem vremena potrebnog za promatrano radnu operaciju, radni postupak ili radni pokret. Promatrač ili promatrači koji mjere moraju poznavati tehnološki proces, metode mjerenja i obradbe podataka. Utrošak vremena mjeri se na dovoljno uzoraka da bi se omogućila statistička obradba podataka. Istovrsna mjerenja mogu se provesti unutar jedne radne organizacije ili u više radnih organizacija. Tada se, naime, mogu uzeti u obzir utjecaji organizacije rada i okoline.

S obzirom na mjerenje utroška vremena razlikuju se ciklički i kontinuirani radni procesi. Utrošak vremena u cikličkim procesima (npr. rad s bagerom, dizalicom i sl.) može se točnije mjeriti, i to za svaku operaciju posebno, dok se u kontinuiranim procesima mjeri učinak tokom smjene, i to na više uzoraka. Podaci dobiveni mjerenjem moraju biti homogeni i bez sistematskih grešaka. Aritmetička sredina izmjerenih vrijednosti mjerodavni je rezultat mjerenja, a pouzdanost rezultata određuje se pomoću standardne devijacije i relativne pogreške. Za statističku obradbu podataka upotrebljava se normalna (Gaussova) razdioba kad postoji više od 30 podataka, a Studentova razdioba kad ima manje od 30 podataka. Kad postoji mnogo podataka, može se upotrijebiti binomna razdioba (v. Statistika).

Utrošak vremena može se mjeriti kronometrom, metodom foto-pregleda, metodom trenutnih opažanja i filmskim snimanjem. Osim toga, utrošak vremena može se utvrditi na temelju izvještaja s radilišta.

**Mjerenje kronometrom.** Kad se mjeri utrošak vremena kronometrom, može se postići točnost od 0,2 s. Za mnoge radne procese u građevinarstvu, međutim, dovoljna je točnost od 1 s, pa se tada upotrebljava običan sat sa sekundnom kazaljkom. Takav se postupak primjenjuje za mjerenje vremena rada u cikličkim radnim procesima (npr. operacije dizanja, pomicanja, okretanja, istovara i vraćanja u početni položaj toranjske dizalice). Promatrani radni proces treba podijeliti u radne operacije ili radne postupke (sl. 7). Mjerenjem se dobiva utrošeno vrijeme za jedan radni proces, što odgovara jednom uzorku.



Sl. 6. Nomogram za određivanje efektivne temperature

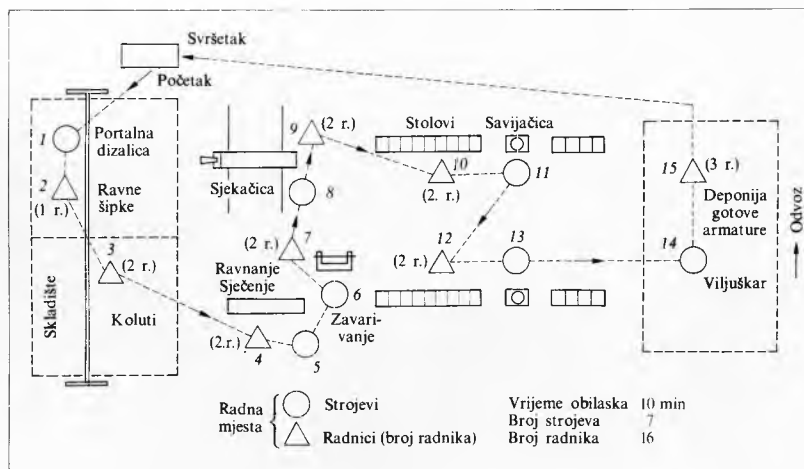
GRO .....	Gradilište, pogon .....	Objekt .....	Datum snimanja .....	Početak .....	Vrijeme .....	List br. ....															
OUR .....	.....	.....	.....	Svršetak .....	Temperatura .....	.....															
Opis procesa <i>Iskop zemlje III kategorije bagerom s povlačnom žlicom i utovarom u vozilo</i>																					
Red. broj	Podjela procesa (operacija, postupak)	Ukupno vrijeme		Utrošak vremena za proces, s															Sredeno		Aritm. sredina $\bar{x}$
		s	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Broj cikl.	$\Sigma$	
1	Kopanje zemlje	301	22,5	20	18	22	17	19	21	18	22	19	17	21	18	<sup>1</sup> 32	19	18	14	269	19,21
2	Dizanje žlice, okretanje i istovar	563	42,0	37	39	38	33	39	34	32	35	37	<sup>2</sup> 48	39	35	38	39	40	14	515	36,79
3	Povrat i ispuštanje žlice na zemlju	474	35,5	31	30	33	34	31	32	34	29	35	31	30	32	29	30	33	15	474	31,60
		1338	100																		
Snimao: .....		Odstupanje od normalnih uvjeta:					Obradba rezultata:					87,60' = 1,46'									
Provjerio: .....		<sup>1</sup> veći konijev					$S_1 = 1,72$ $\epsilon_1 = 5,02$														
		<sup>2</sup> izmjena vozila					$S_2 = 2,55$ $\epsilon_2 = 3,89$														
							$S_3 = 1,88$ $\epsilon_3 = 3,23$														

Sl. 7. Primjer obrasca za registraciju rezultata mjerenja utroška vremena



Sastav grupe	Radna organizacija	Gradilište Pogon	Objekt	Datum	Početak	Svršetak	Trajanje	List br.	Vrijeme														
					7 <sup>00</sup> h	11 <sup>00</sup> h			4 h	oblađeno													
Zidar VII	Opis rada: Zidanje zidova u prizemlju dubljine 38 cm punom opekom NF s produžnim mortom. Pričeni radnik sudjeluje u radovima odgovarajućim kvalifikaciji (sustav dvojke). Materijal je dopremljen na radno mjesto.								Temperatura 22 °C														
Pričeni radnik III									Rasvjeta normalna														
Operacije, zastoji	7	10	20	30	40	50	8	10	20	30	40	50	9	10	20	30	40	50	11	količ	min.	Bilješke	
1 Namještanje koplja																					28		28
2 Promješavanje morta																					-	-	2 povreda na radu
3 Razastivanje morta																					46	74	
4 Dodavanje opeke																					-	64	
5 Zidanje																					2,60	158	
6 Kontrola																					-	32	
7 Odmor																					-	22	
8 Zastoji																					1	16	
9																						12	
10																							
Provjero	Obradba rezultata: Ukupno, min $T_u$ Po kvalifikaciji $T_1 = \frac{240}{2,60} = 92 \text{ min.}$																			2,60	$\frac{240}{2,60}$		
	Nenormirano vrijeme $t$ Normirano vrijeme $T$ $T_2 = \frac{240}{2,60} = \frac{T}{2,60} = 1,85 \times$																			$Q$	$T_u$		

Sl. 8. Grafički foto-pregled



Sl. 9. Tlocrt armiračnice s oznakom radnih mjesta, broja radnika i smjera obilaska za primjenu metode trenutnih opažanja

Na temelju više uzoraka dobiva se utrošak vremena za svaku operaciju ili postupak kao aritmetška sredina svih uzoraka. To, dakako, vrijedi i za cijeli radni proces. Prilikom određivanja aritmetške sredine ne uzimaju se u obzir oni podaci koji su dobiveni uz nenormalne uvjete.

Metoda foto-pregleda upotrebljava se za promatranje cjelokupnog radnog vremena, koje osim radnog procesa (podijeljenog na radne operacije), obuhvaća vrijeme odmora, tehnoloških prekida i različitih zastoja koji su ovisni i koji su neovisni o radniku. Postupak je pogodan za radove koji duže traju (npr. betoniranje, žbukanje, montaža armature), kad je dovoljna točnost registracije vremena od 1 minute. Podaci se upisuju numerički, grafički ili kombinirano. Kad u radnom procesu sudjeluje 1-3 radnika, često se upotrebljava grafički upis podataka (sl. 8). Da

bi se dobio jedan uzorak, snima se u toku jedne ili više smjena. Više uzoraka dobiva se ponovnim snimanjem istog procesa u istim uvjetima. Ako ima više radnika, iznad horizontalne crte upisuje se broj radnika po kvalifikacijama.

Metoda trenutnih opažanja novija je metoda koja se osniva na promatranju stanja u kojemu se u nekom trenutku nalazi sudionik u radnom procesu. Do rezultata ispitivanja dolazi se na temelju učestalosti promatranih pojava. Promatra se, u određenim vremenskim intervalima, pa za mjerenje utroška vremena nije potreban sat. Pri tom se bilježi sve što se zbiva na radilištu, dakle i ono što spada u normirano vrijeme i ono što se u to vrijeme ne uračunava. Metoda služi za određivanje iskorištenja proizvodnih kapaciteta, za određivanje razine organiziranosti radnih mjesta, za evidenciju izvršenja poslova na

radnim mjestima i dr. Ona je pogodna za ispitivanje kompleksnih radnih procesa s više radnika kad se duže vremena radi s približno jednakim intenzitetom (npr. centralne betonare, armiračnice, radovi na većim gradilištima).

Za primjenu metode trenutnih opažanja na tlocrtu gradilišta, pogona ili radnog prostora označe se sva radna mjesta koja se želi promatrati, rednim brojevima prema redoslijedu obilaska uz naznaku broja radnika (sl. 9). Gradilište se obilazi naznačenim redoslijedom u jednakim vremenskim intervalima i na posebnom obrascu (sl. 10) bilježi se stanje na svakom radnom mjestu prema klasifikaciji vremena radnika ili stroja.

Kao primjer primjene metode trenutnih opažanja mogu poslužiti opažanja koja su provedena u mehaniziranoj centralnoj armiračnici sl. 9. Promatrana su stanja radnika i strojeva. Prilikom obilaska bilježena su sljedeća stanja radnika: pripremno-završno stanje ( $t_p$ ), osnovno operativno stanje ( $t_{op}$ ), pomoćno operativno stanje ( $t_{gp}$ ), neizbježni tehnološki prekid ( $t_n$ ), odmor ( $t_{od}$ ), zastoj ovisan o radniku ( $t_{zo}$ ), zastoj neovisan o radniku ( $t_{zn}$ ) i ostalo ( $t_{os}$ ). Također su bilježena stanja strojeva: stroj u pogonu ( $t_{sp}$ ) i stroj nije u pogonu ( $t_{sn}$ ). Pokusnim obilascima ustanovljeno je da je trajanje obilaska 10 minuta. Opažanja su bilježena u obrazac prikazan na sl. 10.

Radilište		Sniiao		Datum		Početak		Trenutna opažanja		List br.	
Vrijeme sati min	Radno mjesto	$t_p$ $N_1$	$t_{op}$ $\sum R$	$t_{gp}$ $N_2$	$t_n$ $\sum R$	$t_{od}$ $N_3$	$t_{zo}$ $\sum R$	$t_{zn}$ $N_4$	$t_{os}$ $\sum R$	Stroj ne ra di	R ukupno
6	00	1									
		2	/ 1								1
		3		/ 1							2
		4			// 2			/ 1			2
		5									/
		6									/
		7	/ 1					/ 1			2
		8									/
		9		/ 1				/ 1			2
		10		/ 1	/ 1						2
		11									/
		12						/ 1	/ 1		2
		13									/
		14									/
		15		/ 1		// 2					3 $\Sigma 16$
6	10	1									/
		2		/ 1							1
		3	/ 1		/ 1						2
		4			// 2						2
		5									/
		6									/
		7				/ 1		/ 1			2
		8									/
		9									/
		10									/
		11									/
		12									/
		13									/
		14									/
		15									/
6	20	1									/
		2									/
		3									/
		4									/
		5									/
		6									/
		7									/
		8									/
		9									/
		10									/
		11									/
		12									/
		13									/
		14									/
		15									/

$t_p$  = pripremno i završno vrijeme  
 $t_o = t_{go} + t_{gp}$  = operativno vrijeme  
 $t_{go}$  = osnovno vrijeme  
 $t_{gp}$  = pomoćno vrijeme  
 $t_n$  = neizbježni (tehnološki) prekid

$t_{od}$  = odmor  
 $t_{zo}$  = zastoj neovisan o radniku  
 $t_{zn}$  = zastoj ovisan o radniku  
 $t_{os}$  = ostali rad

Sl. 10. Obrazac s upisanim opažanjima tokom obilaska prema metodi trenutnih opažanja

Tokom tri radna dana po 8 sati (1440 min) izvršeno je 144 obilazaka i ubilježeno je 3312 ( $N$ ) opažanja, i to 2304 opažanja stanja radnika i trajanja opažanja 1002 min, te 1008 opažanja stanja strojeva i trajanja opažanja 438 min. Podaci o opažanjima stanja radnika vide se u tabl. 1, a opažanja o stanju strojeva u tabl. 2.

Tablica 1  
 PREGLED OPAŽANJA STANJA RADNIKA U MEHANIZIRANOJ CENTRALNOJ ARMIRAČNICI

Stanje	Broj opažanja $n_i$	Udjel opažanja $p_i\%$	Udjel vremena $T_i$ min	Apsolutna greška, $f_i$	Relativna greška $\varepsilon_i\%$
$t_p$	124	5,4	54	0,92	17,03
$t_{go}$	892	38,7	388	1,99	5,14
$t_{gp}$	214	9,3	93	1,19	12,80
$t_n$	270	11,7	118	1,31	11,20
$t_{od}$	198	8,6	86	1,14	13,26
$t_{zo}$	240	10,4	104	1,25	12,02
$t_{zn}$	203	8,8	88	1,16	13,18
$t_{os}$	163	7,1	71	1,05	14,79
<i>Ukupno</i>	2304	100,0	1002		

Tablica 2  
 PREGLED OPAŽANJA STANJA STROJA U MEHANIZIRANOJ CENTRALNOJ ARMIRAČNICI

Stanje	Broj opažanja $n_i$	Udjel opažanja $p_i\%$	Udjel vremena $T_i$ min	Apsolutna greška $f_i$	Relativna greška $\varepsilon_i\%$
$t_{sp}$	564	55,95	245	3,06	5,48
$t_{sn}$	444	44,05	193	3,06	6,95
<i>Ukupno</i>	1008	100,00	438		

Omjer broja opažanja nekog stanja ( $n_i$ ) i ukupnog broja opažanja stanja radnika ( $N_p$ ), odnosno strojeva ( $N_s$ ) daje podatak o udjelu promatranog stanja ( $p_i$ ) koje se dobiva iz izraza

$$p_i = \frac{n_i}{N_r} \cdot 100\% \quad (3)$$

Množenjem udjela s ukupnim vremenom dobiva se udjel vremena. Apsolutna greška izračunava se iz izraza

$$f_i = \pm \lambda \left[ \frac{p_i(100 - p_i)}{N_r} \right]^{1/2} \quad (4)$$

a relativna greška iz izraza

$$\varepsilon_i = 100 \frac{f_i}{p_i} \quad (5)$$

U izrazu (4)  $\lambda$  je faktor sigurnosti, koji iznosi  $\lambda = 1,96$  da bi se dobila sigurnost od 95%. Navedene formule vrijede za opažanja stanja radnika, pa je zbog toga u njih uvršten broj opažanja stanja radnika  $N_r$ . Za određivanje podataka o stanju strojeva treba u izraze (3) i (4) uvrstiti broj opažanja stanja strojeva.

Smatra se da je postignut dovoljno točan rezultat ako relativne greške nisu veće od 10%. Ako nije postignuta dovoljna točnost, treba povećati broj obilazaka da bi se dobilo više opažanja. Potrebni broj opažanja može se izračunati iz izraza

$$N_p \frac{\lambda^2(100 - p_i)}{p_i} 10^2 \quad (6)$$

koji se dobiva ako se u izraz (4) uvrsti vrijednost za  $f_i$  iz izraza (5), te ako se postavi da je  $\varepsilon_i = 10$ , što odgovara dopuštenoj relativnoj grešci. Najveća se vrijednost  $N_p$  dobiva ako se u (6) uvrsti najmanja vrijednost udjela opažanja promatranih stanja. Tako se za stanje  $t_p$  u tabl. 1, koje ima udjel opažanja 5,4%, dobiva  $N_p = 6730$ , što znači da bi se dobila dovoljna točnost kad bi bilo zabilježeno 6730 opažanja.



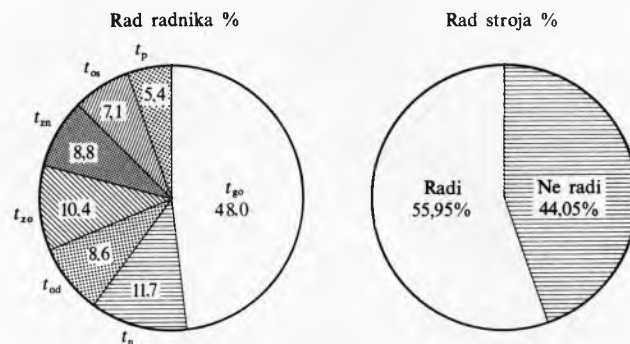
Norma se određuje za pojedine dijelove radnog procesa koji se izvršavaju na pojedinim radnim mjestima. Tako se, npr., u mehaniziranoj centralnoj armiračnici (sl. 9) željezo ravna na radnim mjestima 4 i 5, zavaruje na radnim mjestima 6 i 7, siječe na radnim mjestima 8 i 9, a savija na radnim mjestima 10, 11, 12, i 13.

Da bi se odredila norma za savijanje željeza, iz obrasca s upisanim zapažanjima izdvoje se podaci o opažanjima na radnim mjestima 10 do 13 koji se odnose na pripremno-završno ( $t_p$ ) i operativna stanja ( $t_{go}$  i  $t_{gp}$ ). Tako je ustanovljeno da zbroj tih opažanja za primjer u tabl. 1 iznosi 307, pa je udjel opažanja 13,32%, a udjel vremena 133 min. Iz tih podataka dobiva se apsolutna  $f = 1,39\%$  i relativna greška  $\varepsilon = 10,43\%$ . Tokom opažanja savijeno je 1,15 t betonskog željeza promjera 16 do 20 mm. Konstruktivna norma iznosi  $N_1 = 133/1,15 = 116 \text{ min/t} = 1,93 \text{ h/t}$ . Tehnološki zastoj i odmor iznosi 20,3% ukupnog vremena, pa je ukupna norma  $N = 116 \frac{100}{100 - 20,3} = 146 \text{ min/t} = 2,43 \text{ h/t}$ .

Norma utroška vremena dobiva se iz omjera normiranog vremena i ukupnog vremena za kompleksni (npr. potpuno obrađena armatura) ili za radni proces (npr. savijanje armature).

Metoda trenutnih opažanja osobito je pogodna za utvrđivanje zastoja i prekida radi poboljšanja procesa proizvodnje. Rezultati se mogu prikazati grafički (sl. 11 i 12).

**Metoda filmskog snimanja.** Metoda daje vrlo točne rezultate, ali se zbog visokih troškova primjenjuje samo za studij radnih pokreta, za organizacijsku i tehnološku obuku, te za analizu zastoja. Upotreba je na gradilištu ograničena zbog visinskih razlika, kuta vidljivosti, položaja radnika i sl. Da bi se smanjila ta ograničenja, primjenjuju se dva postupka: videosnimanje filmom uz istodobno prikazivanje na ekranu i snimanje filmskom kamerom s prekidima.

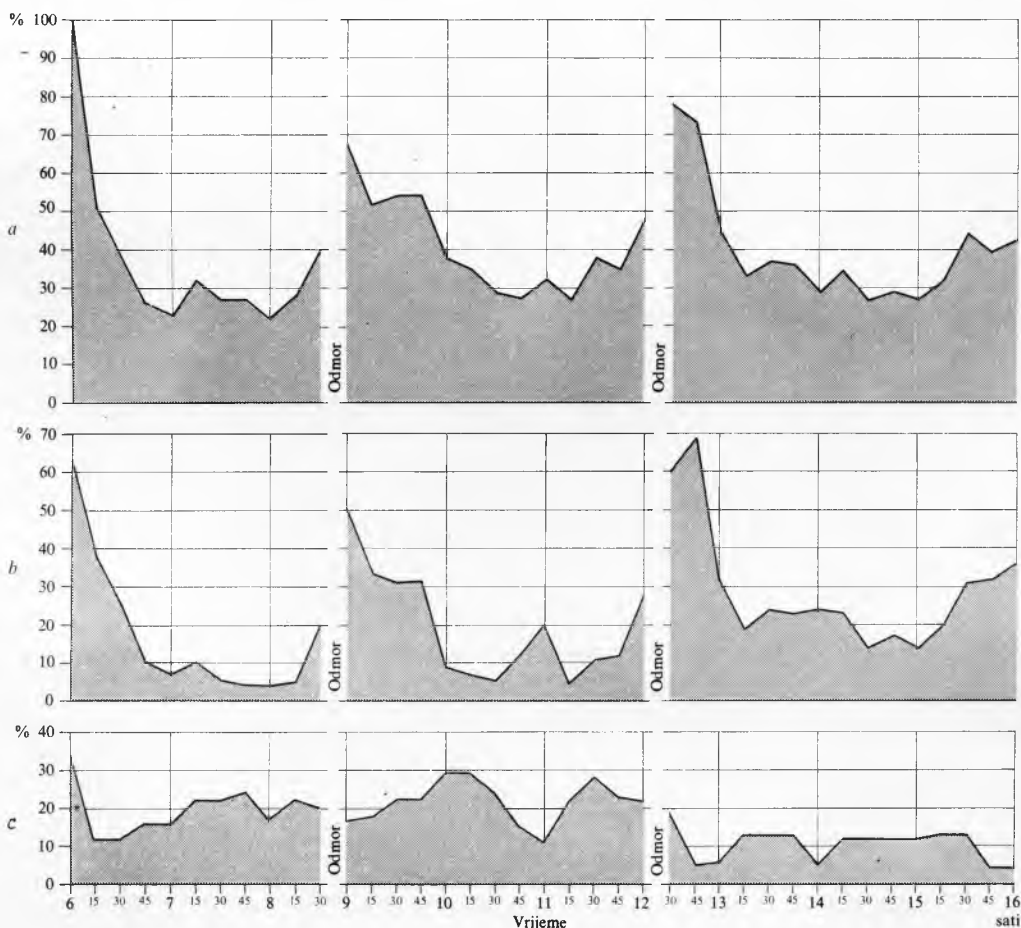


Sl. 11. Grafički prikaz utroška radnog vremena radnika i stroja

Rezultati *videosnimanja s više kamera* na različitim mjestima i visinama mogu se odmah vidjeti na televizijskom ekranu, a mogu se opetovano prikazivati pomoću videokasete. Jednom se filmskom vrpcom snima 45 minuta, a izmjena vrpce traje 1 minutu. Norma se određuje iz poznate brzine odvijanja vrpce. Analiza i obradba moguće su nakon snimanja uz potpuni pregled toka rada.

Snimanje *filmskom kamerom s prekidima* obavlja se u vremenski određenim razmacima koji se odabiru prema potrebnoj točnosti za određivanje podataka o utrošku vremena. Prema poznatom trajanju prekida snimanja i prema broju slika određuje se utrošeno vrijeme za radni proces ili radnu operaciju. Za projekciju filma služi specijalni projektor s više brzina da se skрати trajanje projekcije onih dijelova koji trenutno nisu zanimljivi za analizu.

*Dnevni izvještaji s gradilišta* mogu se upotrijebiti za određivanje utroška vremena. To omogućuje evidencija utroška vremena radnika prema kvalifikacijama za pojedine radne procese. Utrošeno radno vrijeme bilježi se u satima. Više građevnih



Sl. 12. Gubici vremena u toku radnog dana: a ukupni gubici, b gubici ovisni o radniku, c gubici neovisni o radniku

radnih procesa traje duže vremena (iskop, zidanje, betoniranje), pa se kumulativnim registriranjem utrošenog vremena i količine radova pogreške smanjuju. Omjer utrošenog vremena i količine radova daje orijentacijske norme koje služe za provjeru postojećih normi.

**Normiranje utroška materijala.** Normom utroška materijala određuje se potrebna količina materijala za jedinicu proizvoda određene kvalitete i dimenzija. Osim količina koje se neposredno normiraju, u normu se uračunavaju otpaci i gubici materijala (npr. kod sječenja betonskih pločica, drvene građe, zidnih pločica i sl.). Neki se materijali prerađuju u poluproizvode (npr. beton, mort, asfalt i sl.). Za njih se određuje norma utroška pojedinih materijala. Posebno se određuje norma utroška pojedinih materijala u finalnom proizvodu (npr. količina morta za 1 m<sup>2</sup> zida od opeke).

Prilikom normiranja utvrđuje se način rada, mjeri se utrošak materijala i količina otpadaka, utvrđuje se dozvoljeno rasipanje i mjeri se količina proizvoda. Norma utroška materijala  $N_m$  određuje se iz izraza

$$N_m = \frac{M}{Q}, \quad (7)$$

gdje je  $M$  količina ugrađenog materijala s dozvoljenim otpadom i rasipanjem, a  $Q$  količina proizvoda.

Za normiranje utroška materijala moguća je primjena proizvodne, eksperimentalno-laboratorijske i računsko-analitičke metode, te metode tehničke evidencije.

**Proizvodna metoda** sastoji se u mjerenju utroška materijala i količine proizvoda tokom rada na gradilištu ili pogonu tokom jedne ili više smjena. Mjeri se neposredno ugrađeni materijal i otpaci. Mjerenje otpadaka često je dosta složeno. Ta se metoda

uglavnom primjenjuje kad upotrijebljeni materijali tokom preradbe, obradbe i ugradnje mijenjaju oblik (npr. sječenje opeke, obradba kamena, rezanje drvene građe, betonskog željeza, stakla i sl.). Istodobno se provjerava tehnološki postupak sa svrhom da se smanji količina otpadaka. Da bi se dobili pouzdani podaci, radni proces mora biti dobro organiziran i konstrukcija mora imati više sličnih građevnih elemenata.

**Eksperimentalno-laboratorijska metoda** služi za određivanje utroška materijala za poluproizvode kao što je beton, mort i sl., od kojih se izrađuju probna tijela (uzorci) za ispitivanje njihovih svojstava (čvrstoća, elastičnost, vodopropusnost i sl.) koja ovise o svojstvima upotrijebljenih materijala i njihovu omjeru. Utrošak materijala za izradbu uzoraka povećava se za dopuštena rasipanja na gradilištu.

**Računsko-analitička metoda** sastoji se u proračunu utroška materijala za elemente konstrukcije kao što su montažni blokovi, čelične i drvene konstrukcije, kolosijeci i sl.

**Metoda tehničke evidencije** osniva se na mjerenju materijala prije početka rada i preostalog materijala nakon dovršenog rada. Pri tom treba uračunati i dopremljeni materijal u toku smjene ili dana. Ako se još izmjeri količina proizvoda u istom vremenskom razdoblju, dobiva se osnova za određivanje norme utroška materijala. Ta je metoda najmanje točna, pa se primjenjuje za radove manjeg obujma i za provjeru postojećih normi.

Za neke radove u građevinarstvu može se upotrijebiti nekoliko metoda za određivanje normi utroška materijala (tabl. 3), već prema vrsti materijala.

LIT.: G. Dressel, Die Arbeitsstudie in Baubetrieb. Bauverlag, Wiesbaden-Berlin 1961. — H. Hilf, Nauka o radu (prijevod). Otokar Keršovani, Rijeka 1963. — R. Barnes, Studij pokreta i vremena (prijevod). Panorama, Zagreb 1964. — I. A. Petrov, Техническое нормирование и сметное дело в строительстве. Издательство литературы по строительству, Москва 1964. — U. Popović, Normiranje u građevinarstvu. Prosveta, Novi Sad 1967. — J. Ulle, Verlustquellenforschung auf Baustellen. Bauverlag, Wiesbaden-Berlin 1970. — D. Taboršak, Studij rada. Tehnička knjiga, Zagreb 1970. — S. Fišpovski, Industrijska ergonomija (prijevod). Institut jugoslovenske i inostrane dokumentacije zaštite na radu, Niš 1974. — D. Spranz, Arbeitszeiten im Baubetrieb. Bauverlag, Wiesbaden-Berlin 1975. — J. Klepac, Proučavanje rada u građevinarstvu. Fakultet građevinskih znanosti, Zagreb 1982.

J. Klepac

Tablica 3  
GRUPE MATERIJALA I METODE NORMIRANJA UTROŠKA  
MATERIJALA

Grupa materijala	Imenovanje grupe materijala	Primjeri osnovnih materijala	Metode normiranja
I	Elementi i konstrukcije rađeni u radionicama bez preradbe pri montaži	Veliki betonski blokovi, stolarija, građevne konstrukcije, sanitarni predmeti	Računsko-analitička
II	Dužinski materijali	Drvene grede, daske i sl., tračnice, profilirani čelici, armirani čelici, cijevi	Računsko-analitička i proizvodna
III	Pločasti materijali	Limovi, ploče i pločice, parket, staklo, pregradne ploče itd.	Računsko-analitička i proizvodna
IV	U rolama	Ljepenka, juta, tapete	Računsko-analitička i proizvodna
V	Sipki i prašnasti	Cement, vapno, gips, pijesak, šljunač, troska i sl.	Proizvodna i laboratorijska
VI	Betonske smjese i mortovi	Betonske mješavine, mortovi za zidanje, za žbuku itd.	Proizvodna i laboratorijska
VII	Kamen nepravilna oblika	Kamen za zidanje, za pločnike i sl.	Proizvodna i laboratorijska
VIII	Kamen pravilna oblika	Opeka, betonski i keramički blokovi i sl.	Računsko-analitička i proizvodna
IX	Žitki sastavi i ljepila	Firniši, boje, lakovi, izolacijski premazi, bitumen i dr.	Proizvodna i laboratorijska
X	Komadni materijali	Čavli, vijci, spojnice i sl.	Proizvodna i računsko-analitička
XI	Materijali za zavarivanje	Elektrode, acetilen, kiseline i sl.	Proizvodna, laboratorijska i rač.-analitička
XII	Inventarni elementi za višekratnu upotrebu	Elementi za oplata, skele, podupore i sl.	Proizvodna

**NUKLEARNA ENERGETSKA POSTROJENJA**, postrojenja za iskorištenje toplinske energije dobivene raspadom (fisijsom) atomskih jezgara urana i plutonija (v. *Nuklearna energija*; v. *Nuklearno gorivo*). Ta se toplinska energija može iskoristiti nakon pretvorbe u mehaničku energiju za proizvodnju električne energije ili za propulziju, odnosno neposredno za tehnološke procese i grijanje. Toplinska energija pretvara se u mehaničku energiju u načelu na isti način kao u konvencionalnim energetskim postrojenjima (v. *Elektrane*, TE3, str. 547; v. *Turbine*) jednim od pogodnih kružnih termičkih procesa (v. *Termodinamika*).

#### TIPOVI NUKLEARNIH ENERGETSKIH POSTROJENJA

Nuklearna energetska postrojenja mogu se razvrstati prema različitim kriterijima. Najčešće se razvrstavaju prema tipovima nuklearnih reaktora (v. *Nuklearni reaktori*), dok je s gledišta iskorištavanja proizvedene topline najprikladnije takva postrojenja, odnosno reaktore, klasificirati prema vrstama rashladnih sredstava (hladila) kojima se odvodi toplina proizvedena u reaktoru. Prema rashladnom sredstvu razlikuju se reaktori hlađeni vodom pod tlakom, kipućom vodom, plinom i rastaljenim metalom. Osim o rashladnom sredstvu, izvedba postrojenja i potrebni pomoćni sustavi ovise o izvedbi reaktora, materijalu moderatora itd. Prema toj klasifikaciji danas su u pogonu ili se grade sljedeći tipovi nuklearnih energetskih postrojenja: a) *postrojenja s reaktorima hlađenima vodom pod tlakom*: 1) reaktor hlađen i moderiran običnom vodom pod tlakom (reaktor tipa PWR, Pressurized Water Reactor, ili u sovjetskoj literaturi reaktor tipa VVR, водо-водяной реактор), 2) reaktor