GRAĐEVINSKI STROJEVI

IV PREDAVANJE

ODREĐIVANJE VREMENA RADA STROJA

Sveučilite u Zagrebu, Građevinski fakultet; doc. dr. sc. Mladen Vukomanović

SADRŽAJ

1. UVOD
2. ELEMENTI VREMENA IZRADE
3. ODREĐIVANJE VREMENA IZRADE
4. IZRAČUN UČINKA I NORMATIVA
5. TRAJANJE AKTIVNOSTI/UKUPNOG RADA

Frederick W. Taylor (1856.-1915.)

- Još 1875. godine odustaje od pohađanja koledža. Radi kao modelar i mehaničar, a 1878. godine zapošljava se u Midvale Steel Company u Philadelphiji.
- Pohađanjem večernje nastave diplomirao strojarstvo i uzdigao se do položaja glavnog inženjera kompanije.
- Taylor je općenito priznat kao otac znanstvenog menadžmenta. Njegov glavni interes u većem dijelu karijere bilo je povećanje efikasnosti u proizvodnji. Priciples of Scientific Management je naslov njegovog poznatog rada koji je objavljen 1911. godine.

Taylor je još 1912. godine postavio sustav studija vremena putem slijedećih smjernica:

- analizirati rad
- proučavati najbolji način rada radnika
- odrediti minimalno vrijeme izrade
- sinkronizirati čitavo odvijanje rada
- postaviti takvu organizaciju rada, koja će osigurati ispravan tijek odvijanja rada te njegovu kontrolu

ŠTO JE NORMATIV ?

Općenito pod pojmom normativ podrazumijeva se vrijeme rada potrebno prosječno učinkovitom stroju (prosječnom vještom i određeno kvalificiranom radniku) da pod normalnim okolnostima, sa propisanim sredstvima, na točno određen način, uz uobičajeno zalaganje i zamor, kvalitetno obavi točno definiran posao.

METODOLOGIJA IZRADE NORMATIVA

Metodologija izrade normativa u graditeljstvu pretpostavlja da se raščlanjivanjem radnog procesa dolazi do glavnog predmeta izračuna, a to je ukupno vrijeme rada koje je potrebno za određeni posao.

KOJI SU SASTAVNI ELEMENTI UKUPNOG VREMENA?

- pripremno-završno vrijeme (t_{pz})
- tehnološko vrijeme (t_t)
- pomoćno vrijeme (t_p)
- dodatno vrijeme (t_d)
- dnevni planirani odmor

PRIPREMNO-ZAVRŠNO VRIJEME (t_{pz})

- potrebno vrijeme koje je nužno za sve pripreme, kako bi se rad mogao ispravno obavljati, nazivamo pripremno vrijeme
- po završetku posla, radno mjesto moramo dovesti u prvobitno stanje, a za to utrošeno vrijeme nazivamo završno vrijeme

TEHNOLOŠKO VRIJEME (t_t)

Onaj dio vremena izrade koji je potreban da se obavi posao direktno povezan s predmetom rada npr. iskopom, promjenom oblika ili svojstvom materijala ili predmeta obrade u smislu tehnološkog procesa zove se tehnološko vrijeme.

POMOĆNO VRIJEME (t_P)

Vrijeme potrebno za obavljanje pomoćnih poslova, koje omogućuje izvođenje tehnološkog vremena, nazivamo pomoćno vrijeme.

POMOĆNO VRIJEME SE SASTOJI OD:

- puštanja stroja u rad i zaustavljanje,
- promjena načina rada u tijeku rada,
- premještanje stroja, alata ili naprava, (tehnološki planirani prekidi rada),
- uređenje mjesta rada (prigrtanje materijala bez utovara, povrat stroja),
- promjena alata i naprava na stroju u tijeku rada (ne početno),

DODATNO VRIJEME (t_d)

U građevinarstvu se često izvode radovi na otvorenom prostoru pod promjenljivim uvjetima, (kiša, skučeni prostor, itd.) odnosno usporeni rad, pa je potrebno dodati neko vrijeme za kompenzaciju tih gubitaka.

To vrijeme nazivamo dodatnim vremenom, a dodaje se preko;

- **koeficijenata zamora (Kz)**
- **koeficijenta djelovanja okoline (Ko)**

KOEFICIJENTI KOREKCIJE VREMENA

- **Koeficijent zamora K_z:**
  - zamor zbog položaja tijela pri radu,
  - zamor zbog monotonije pri radu.
- **Koeficijent djelovanja okoline K_o:**
  - utjecaj temperature, vlažnosti i zagađenosti zraka (u zatvorenom prostoru),
  - utjecaj atmosferskih prilika (na otvorenom).
- **Koeficijent dopunski K_d:**
  - dodatak za kratke odmore i predahe,
  - dodatak za osobne (fiziološke) potrebe.

Koeficijent zamora K_z i koeficijent djelovanja okoline K_o

- Koeficijente dodatnog vremena K_z i K_o nazivamo stalnim koeficijentima, jer ovise jedino o vrsti rada i okolini u kojoj se taj rad obavlja, te o utrošku energije ljudskog organizma za dotični posao.
- Za njihovo određivanje možemo upotrijebiti podatke dobivene ispitivanjima u institutima koji se bave problemima psihofiziologije rada.
- Koristimo ih kod izračuna normalnog vremena.

	ODREĐIVANJE EFEKTIVNE TEMPERATURE OKOLINE e °C																			Prilog 2
e °C na suhom termometru	Stupanj vlažnosti zraka u % u radnoj prostoriji																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									18
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				18	18	18	18,5	18,5	19
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	18,5	18,5	19	19	19	19	19,5	19,5	20
23	-	-	-	-	18	18	18	18	18,5	18,5	19	19,5	19,5	19,5	20	20	20	20,5	20,5	21
24	-	-	-	18	18,5	18,5	19	19	19,5	19,5	20	20	20,5	20,5	21	21	21,5	21,5	21,5	22
25	18	18,5	18,5	19	19	19	20	20	20	20,5	21	21	21	21,5	21,5	22	22,5	22,5	22,5	23
26	18,5	19	19	19,5	19,5	20	20,5	21	21	21,5	21,5	22	22	22,5	22,5	23	23,5	23,5	23,5	24
27	19	20	20	20	20,5	21	21,5	22	22	22,5	22,5	23	23	23,5	23,5	24	24,5	24,5	24,5	25
28	19,5	20,5	20,5	21	21,5	21,5	22	22,5	22,5	23	23	23,5	24	24,5	24,5	25	25	25,5	25,5	26
29	20	21	21,5	21,5	22	22	22,5	23	23,5	24	24	24,5	25	25	25,5	26	26	26,5	26,5	27
30	20,5	21,5	22	22	22,5	23	23,5	24	24	24,5	25	25,5	25,5	26	26	26,5	27	27	27	28
31	21	22	22,5	23	23	23	24	24,5	25	25,5	26	26	26,5	26,5	27	27,5	28	28	28	29
32	21,5	22,5	23	23,5	24	24,5	24,5	25	25,5	26	26,5	26,5	27	27,5	28	28,5	28,5	29	29	30
33	22	23	23,5	24	24,5	25	25,5	26	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29	29,5	30	30	31,5
34	22,5	23,5	24,5	25	25	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28	28,5	29	29,5	30	30,5	31	31	33
35	23,5	24,5	25	25,5	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	30,5	31	31,5	32,5	32,5	34
36	24	25	25	26,5	26,5	26,5	27,5	28	28,5	29	29,5	30	30,5	31,5	32	32,5	33	33,5	33,5	35
37	24,5	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	30,5	31,5	32	32,5	33	33,5	34	34	36
38	25	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	30,5	31,5	32	32,5	33	33,5	34	35	35	37
39	25,5	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	31	31,5	32	32,5	33	33,5	34	35	36	36	38
40	26,5	2	27,5	28	28,5	29	29,5	30	31	31,5	32	32,5	33	33,5	34	35	36	37	37	-

	KOEFICIJENTI DODATNOG VREMENA							Prilog 1
Način rada	Koeficijent zamora							Kn (Kz)
1. Sjedenje ili stajanje uz rukovanje alatima i predmetima	Teret koji treba svladati u N							
	do 49,00	49,01-98,00	98,01-147,00	147,01-196,00	196,01-245,00	245,01-294,00	294,01-343,00	343,01-392,00
	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,23	0,26	0,29
2. Obavljanje rada u klečećem položaju	Teret koji treba svladati u N							
	do 49,00	49,01-98,00	98,01-147,00	147,01-196,00	196,01-245,00	245,01-294,00	294,01-343,00	343,01-392,00
	0,30	0,33	0,35	0,37	0,40	0,42	0,44	0,47
3. Obavljanje rada u ležećem položaju	Teret koji treba svladati u N							
	do 49,00	49,01-98,00	98,01-147,00	147,01-196,00	196,01-245,00	245,01-294,00	294,01-343,00	343,01-392,00
	0,41	0,44	0,46	0,49	0,51	0,54	0,56	0,59
4. Podizanje ili skidanje tereta s raznih visina	Teret koji treba podići ili skinuti u N							
	do 49,00	49,01-98,00	98,01-147,00	147,01-196,00	196,01-245,00	245,01-294,00	294,01-343,00	343,01-392,00
do 0,40 m	0,24	0,25	0,27	0,30	0,33	0,36	0,40	0,44
0,41 - 0,80 m	0,18	0,20	0,23	0,26	0,30	0,34	0,38	0,44
0,81 - 1,20 m	0,15	0,17	0,20	0,24	0,28	0,33	0,39	0,46
1,21 - 1,60 m	0,15	0,17	0,20	0,25	0,30	0,37	0,44	0,54
1,61 - 1,80 m	0,17	0,19	0,22	0,27	0,34	0,42	0,52	-

	KOEFICIJENTI DODATNOG VREMENA				Prilog 3
	Koeficijent djelovanja okoline				Ka (Ko)
Opis utjecajnosti na okolinu					KOEFICIJENT
zaprašenost	zadimljenost	zagađenost neugodnim mirisima	zasićenost raspršinama i parama	EFEKTIVNA temperatura e °C	
Normalna				18	1,00
				18,5	1,05
				19	1,10
				19,5	1,15
				20	1,20
				20,5	1,25
				21	1,30
				21,5	1,35
				22	1,40
Uočljiva	Mala	Neznatna		22,5	1,45
				23	1,50
				23,5	1,55
Dobro uočljiva	Uočljiva	Mala	Jedva uočljiva	24	1,65
				24,5	1,75
				25	1,85
Znatna	Dobro uočljiva	Uočljiva	Neznatna	25,5	1,95

NORMALNO VRIJEME

Analizom i statistički obrađenim snimljenim tehnološkim i pomoćnim vremenima dobijemo normalno vrijeme (t_n), odnosno vrijeme korisnog rada ili vrijeme jednog radnog ciklusa (t_c), za izvršenje planirane proizvodnje (Q_C).

Tehnološko (t_{ts}) i pomoćno (t_{ps}) stvarno vrijeme zajedno naziva se normalno vrijeme (t_n):

$$t_n = t_{ts} + t_{ps}$$

odnosno to je vrijeme koje je potrebno za izradu određene (teoretske) količine (Q_c) predmetnog rada ili kraće rečeno učinak.

Tako dobiveno vrijeme naziva se stvarno vrijeme (t_s) koje može biti stvarno tehnološko (t_{ts}) i pomoćno vrijeme (t_{ps}), a izračunavaju se prema izrazu:

$$t_{ts} = t_{tn} * (1 + K_z * K_o + K_d)$$

$$t_{ps} = t_{pn} * (1 + K_z * K_o + K_d)$$

Kada zbrojimo ta dva vremena dobijemo normalno vrijeme.

$$t_n = t_{ts} + t_{ps}$$

DOPUNSKI KOEFICIJENT K_d

- Dopunski koeficijent K_d nazivamo promjenljivim, jer se on mijenja ne samo u različitim poduzećima, već i na pojedinim gradilištima ili pogonima istog poduzeća, pa čak i na pojedinim radnim mjestima, a i na samom radnom mjestu tokom vremena.
- Za svako gradilište, pogon ili radno mjesto moramo ga posebno odrediti, a povremeno i kontrolirati .
- Njegova veličina je unaprijed određena propisom o duljini trajanja odmora i korištenje vremena za fiziološke potrebe.

ODREĐIVANJE VREMENA IZRADE - KORIŠTENJE IZVJEŠTAJA

- U tijeku rada bilo da se radi o proizvodnji ili u uredu, uobičajeno se dnevno vodi određena dokumentacija poslovanja.
- Osnovni dokument je građevinski dnevnik u koji se upisuju dnevna zbivanja na gradilištu te građevinska knjiga.
- Ovaj način izvještaja može se organizirati i prirediti na način da se dobiju podaci o utrošenom vremenu.

ODREĐIVANJE VREMENA IZRADE PROCJENOM VREMENA

- sve se više gubi iz proizvodnje, jer se ne može održati zbog netočnosti podataka koji se njime dobivaju
- to je određivanje vremena izrade u cijelosti procjenom
- određuje se zapravo normativ za neki posao koji treba obaviti, i to po sjećanju ili dokumentacijom koja opisuje neke slične poslove

- ne određuje se najprije vrijeme izrade, a onda izračunava normativ, kako bi bilo pravilno
- takav je način određivanja vremena izrade subjektivan, jer se temelji na osobnim dojmovima i iskustvu o nekim prošlim događajima
- te je mogućnost greške jako velika, to više, što često nema nikakvih podataka o načinu izvođenja rada

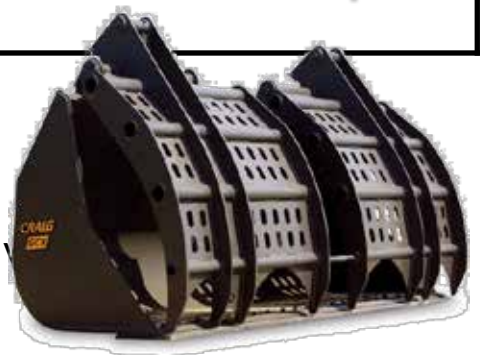
KAKO IZRAČUNATI UČINAK I NORMATIV ?

Za određivanje radnog učinka (U), kao rezultata radnih procesa strojeva koji ciklički rade, postojeće metode izračuna koriste sustav teorijskih izraza (formule) za strojni rad s unaprijed određenim vremenima ili mjerenje radnog ciklusa.

Primjer izračunatih radnih učinka

IZRAČUN PREMA	ELEMENTI IZRAČUNA PLANSKOG UČINKA BAGERA U_p		
	Učinak U_p	Koeficijent korekcije k_i	Obujam lopate q
Trbojević	$U_p = \frac{T_h \times q}{t_c} \times k_i$	k_v, k_o, k_p, k_r	Prema SAE heaped
Slunjski	$U_p = \frac{T_h \times q}{t_c} \times k_i$	k_z, k_p, k_v, k_r, k_d	Prema SAE heaped
Caterpillar	$U_p = \frac{T_h \times Q_c}{t_c} \times k_i$	k_z, k_e, k_r, k_{pu}	Prema SAE heaped
Fiat-Hitachi	$U_p = \frac{T_h \times Q_c}{t_c} \times k_i$	k_{pu}, k_{rv}, k_{rs}	Prema SAE heaped

The Society for Automotive Engineers (SAE), SAD
- Wheel Loader Buckets; 2:1
- Hydraulic Excavator Buckets; 1:1



Korišteni koeficijenti korekcije

gdje su;

- Th = trajanje jednog sata (s).
- Tc = trajanje jednog ciklusa (s).
- q = obujam lopate bagera (m3),
- Qc = radni obujam lopate,
- Ki = koeficijent korekcije,
- kv (krv) = koeficijent iskorištenja vremena,
- ko = koeficijent kuta zaokreta stroja,
- kp = koeficijent punjenja radne lopate stroja,
- kr (krs) = koeficijent rastresitosti materijala.
- kv = koeficijent iskorištenja vremena,
- kz = koeficijent korekcije za kut zaokreta,
- kd = koeficijent dotrajalosti stroja,
- kg = koeficijent organizacije,
- kpu = koeficijent punjenja radne lopate stroja.

Koeficijent organizacije (k_{og})

RADNI UVJETI	ODRŽAVANJE PRIJEVOZNIH SREDSTAVA (VOZILA)				
	IZVRSNO	DOBRO	UOBIČAJENO	LOŠE	VRLO LOŠE
IZUZETNO DOBRI	0,84	0,81	0,76	0,70	0,63
DOBRI	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
UOBIČAJENI	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
LOŠI	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
VRLO LOŠI	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

ili

RUKOVOĐENJE RADOVIMA	ORGANIZACIJA GRADILIŠTA			
	ODLIČNA	DOBRA	SREDNJA	LOŠA
ODLIČNO	0,84	0,81	0,76	0,70
DOBRO	0,78	0,75	0,71	0,65
SREDNJE	0,72	0,69	0,65	0,60
LOŠE	0,63	0,61	0,57	0,52

Iskorištenje radnog vremena (k_{rv})

UTJECAJNI PARAMETRI	Kv=0,80	Kv=0,65	Kv=0,50
UVJETI RADA	laki	srednji	teški
MATERIJAL	rastresita zemlja, suha glina	pijesak, šljunak	nabijena zemlja. vlažna glina, kamen
ZONA RADA	širok prostor, suho tlo, ravnica	grbav teren, dosta zakrčen	vlažan teren, klizav, mekan, skučen prostor
PUTOVI	stalno održavani	povremeno održavani	neodržavani
ZONA ISTOVARA	širok prostor	zakrčen prostor, mek teren	skučen prostor, vlažan i mek teren
PROMET	nezavisan od javnih putova i željeznica	križanje s javnim putovima i željeznice	promet javnim putem
KLIMA	vedro	pretežno vedro	sklono promjenama
SMJENA	dnevna	dnevna	dnevna i noćna
RUKOVALAC	dobar	srednji	loš
KONTROLA RADA	adekvatna	povremena	minimalna

U slučaju više utjecajnih parametara, tada se prosječna vrijednost koeficijenta iskorištenja radnog vremena izračuna iz izraza:

$$K_v = \frac{\sum_{i}^{n} \times K_{vi}}{n}$$

Iskorištenje radnog vremena (k_{rv})

RADNI UVJETI	TRAJANJE EFEKTIVNOG RADNOG SATA (u min.)	k_v
ODLIČNI	55	0,92
PROSJEČNI	50	0,83
NEPOVOLJNI	40	0,67

EFEKTIVNI RAD min/sat	ISKORIŠTENJE %	OCJENA RADA	k_{rv}
60	100	TEORETSKI	1,00
55	92	IDEALNO	0,92
50	83	VRLO DOBRO	0,83
45	75	PROSJEČNO	0,75
40	67	NEPOVOLJNO	0,67
30	50	LOŠE	0,50

Da bismo mogli utvrditi podatke koje ćemo pratiti i uspoređivati, moramo postaviti osnovnu relaciju, praktični učinak (U_p) dobije se iz izraza:

$$U_p = U_t \times k_i = (n_c \times Q_c) \times k_i = \frac{T_h}{t_n} \times Q_c \times k_i$$

gdje je:

- Q_c = **količina proizvoda u jednom ciklusu,**
- U_t = **učinak teoretski,**
- T_h = **vrijeme jednog sata,**
- k_i = **koeficijent korekcije planirane količine,**
- t_n = **normalno vrijeme.**

Element vremena u nazivniku (t_n - normalno vrijeme) nazivamo vrijeme korisnog rada ili vrijeme jednog ciklusa, a označavamo ga sa (t_c). Ako zamijenimo (t_n) sa (t_c), dobijemo izraz za praktični učinak:

$$U_p = \frac{T_h}{t_c} \times Q_c \times k_i$$

KAKO ĆEMO IZRAČUNATI UČINAK?

- **Prvi nepoznati** element je vrijeme jednog radnog **ciklusa (t_c)** ili **korisnog rada**
- **Druga nepoznanica** je **količina proizvodnje (Q)** koja može biti zadana ili planirana, ali stvarnu količinu moramo izračunati,
- **Treća nepoznanica** su uvjeti rada na gradilištu koje zamjenjuje **koeficijent korekcije (k_i)** kojim se **korigira planirana količina proizvoda.**

VRIJEME KORISNOG RADA

Prvu nepoznanicu, korisni rad ili (normalno) vrijeme jednog ciklusa, možemo odrediti na dva načina, i to;

- unaprijed određenim vremenom
- mjerenjem

Pod unaprijed određeno vrijeme, misli se vrijeme jednog radnog ciklusa određenog stroja ili na sveukupno vrijeme rada.

UNAPRIJED ODREĐENO VRIJEME

Kao primjer, a za ilustraciju unaprijed određenog vremena, dajemo tablicu, prema iskustvu proizvođača opreme npr. Caterpillar performance handbook, za iskop srasle zemlje (označeno tamnije) i zbijene gline).

UVJETI RADA	SNAGA STROJA (kW) I OBUJAM RADNE LOPATE (m^3)								
	59	66	74	86	96	114	125	165	213
	0,77	0,89	1,00	1,35	1,5	1,8	1,9	2,2	2,6
	TRAJANJE CIKLUSA U SEKUNDAMA (t_c)								
IZVRSNI	10	11	11	13	13	14	14	16	17
IZNAD PROSJEKA	12	14	15	16	16	17	17	19	22
PROSJEČNI	14	16	17	19	19	20	22	24	27
ISPOD PROSJEKA	17	18	19	21	21	23	25	28	32
TEŠKI	19	20	21	23	24	26	28	33	38

Količina proizvoda ili učinaka po jednom ciklusu izračunamo iz izraza;

$$Q_c = q \times k_{pu}$$

gdje je:

q = konstruktivni obujam radnog dijela stroja,

k_{pu} = koeficijent punjenja,

KOEFICIJENTI KOREKCIJE

- (k_o) umnožak **općih koeficijenata** korekcije "teorijskog" učinka i on je isti za sve strojeve koji rade u okviru nekog tehnološkog procesa ili gradilišta **(tzv. opći koeficijent korekcije).**

- (k_p) je umnožak **posebnih koeficijenata** korekcije "teorijskog" učinka i on se pretpostavlja različit za pojedine vrste strojeve koji rade u okviru nekog tehnološkog procesa ili gradilišta **(tzv. posebni koeficijent korekcije).**

IZRAČUN VREMENA RADA

- **Izračun vremena aktivnosti se izračunava prema slijedećoj formuli:**

$$T_a = \frac{Qc}{U_{p(m)} . H_d . N_{rg}}$$

gdje su;

- **Ta = trajanje aktivnosti (dani).**
- **Qc = radni obujam lopate, noža itd.**
- **Up(m) = praktični učinak ili mjereni učinak,**
- **Hd = broj radnih sati u danu**
- **Nrg = broj radnih grupa**

IZRAČUN POTREBNOG UČINKA (KOD ZADANOG ROKA)

- **Izračun potrebnog učinka, izračunava se prema slijedećoj formuli:**

$$T_a = \frac{Q}{U_{potg}} \qquad U_p \pounds U_{pg}$$

gdje su:

- T_a = trajanje aktivnosti (dani).
- Q = predmet rada, količina
- U_{potg} = potrebni učinak grupe
- U_{pg} = planirani učinak grupe

Primjeri iz prakse

- http://www.youtube.com/watch?v=nuijt6b0k5w
- http://www.youtube.com/watch?v=RK-A_SpbnXA