

4. IZBOR MAŠINA

Presudnu ulogu na izbor mašina ima izabrana metoda rada i tehnologija građenja, pa pri izboru mašina treba voditi računa o:

- frontu rada,
- količini i vrsti rada,
- roku izgradnje,
- terenskim uslovima i lokalnim prilikama,
- stanju raspoložive mehanizacije,
- finansijskom stanju preduzeća,
- stanju tržišta mašina,
- mogućnosti održavanja mašina,
- stanju kadrova.

Osnovni principi izbora su:

- izvršavanje što većeg broja radova mašinama,
- najprije izabrati ključnu mašinu,
- ostale mašine prilagoditi ključnoj mašini (po kapacitetu i uslovima),
- izabrati standardne mašine, koje su ujedno i jeftinije,
- za veći obim radova predvidjeti mašine koje izvršavaju više operacija istovremeno, za manji obim različitih radova birati univerzalne mašine (bager),
- iskoristiti postojeće mašine u preduzeću.

4.1. ŠIRI IZBOR MAŠINA

Prvi korak u izboru mašina kojim se identifikuju vrste mašina koje mogu izvršavati operacije proučene u okviru studije tehnološkog procesa. U zaglavlju redova tabele se upisuju operacije, a u zaglavlju kolona mašine, dok se u presjeku operacije i mašine koja može da izvrši tu operaciju upisuje neki znak (vidi tabelu).

oznaka kombinacije mašina	I		II	
operacija	bager sa dubinskom kašikom	kiper vozilo		
iskop temelja				
utovar				
prevoz				

UPUTSTVO:

1. Za **ZEMLJANE I ARMIRANOBETONSKE RADOVE** treba uraditi šire izbore mašina u po dvije varijante. Koristiti uradene karte tehnološkog procesa za identifikaciju operacija koje treba "pokriti" mašinama.

4.2. PRORAČUN PRAKTIČNOG UČINKA MAŠINA

Teorijski učinak (U_t): količina posla koju obavi idealna mašina, u idealnim uslovima, sa idealnim materijalom, uz idealnog rukovaoca.

Za mašine sa cikličnim dejstvom je :

$$U_t = \frac{T}{T_c} \cdot q \quad \text{gdje je: } T_c\text{-trajanje ciklusa (sec, min, h)}$$

T - broj jedinica vremena u satu (3600, 60, 1) i zavisi u kojim je jedinicama izraženo T_c

q - zapremina radnog organa mašine (kg, m³, kN)

Praktični učinak (U_p): količina posla koju obavi (realna) mašina, u stvarnim (realnim) uslovima, sa realnim materijalom, uz stvarnog rukovaoca.

$$U_p = U_t \cdot k_p \cdot k_v \cdot k_r \cdot k_g \cdot k_o, \quad \text{gdje su: koeficijenti } k_i \leq 1$$

redni br.	oznaka	proračun	naziv	mašine kod kojih se primjenjuje
1	k_v	$k_v = t_{ef} / t$ t_{ef} -stvarno (efektivno) radno vrijeme, bez pauza i zastoja	koeficijent vremena	sve
2	k_p	$k_p = q_s / q$ q_s -stvarno punjenje radnog organa mašine	koeficijent punjenja	kod većine mašina (uglavnom za zemlj. radove i transport)
3	k_r	$k_r = \gamma_r / \gamma_s$ γ_r - zapreminska masa iskopanog (rastresitog) materijala γ_s - zapreminska masa materijala u samoniklom stanju	koeficijent rastresitosti	kod svih mašina za zemljane radove i kod odgovarajućih transportnih mašina
4	k_g	iskustveni koeficijent koji zavisi od uslova i organizacije gradilišta	koeficijent gradilišta	kod buldozera
5	k_o	iskustveni koeficijent koji zavisi od: α - ugla kojeg zauzima bager u odnosu na vozilo prilikom utovara materijala, h_{pr} / h_{op} -odnosa prosječne dubine iskopa i optimalne dubine iskopa za posmatrani bager	koeficijent okreta	kod bagera

UPUTSTVO:

- Za **ZADATE** mašine treba sračunati praktične učinke:
 - koristiti knjigu Građevinske mašine za izbor koeficijenata i proračun trajanja ciklusa mašine.
 - za sve koeficijente pretpostaviti srednje vrijednosti.

4.2.1. PRIMJER PRORAČUNA PRAKTIČNOG UČINKA BAGERA I KIPER VOZILA:

pretpostavljene veličine (za bager i kiper vozilo):

$\gamma_r = 13,30 \text{ kN/m}^3$ - zapreminska težina za suhu zemlju

$Kr = 0,80$ - koeficijent rastresitosti za suhu zemlju

a) proračun praktičnog učinka bagera sa dubinskom kašikom (U_{pb})

(korišćeni su podaci za bager sa čeonom kašikom, zbog slične konstrukcije i načina rada)

zadate veličine:	pretpostavljene veličine:	sračunate veličine:
$q = 0,75 \text{ m}^3$ - zapremina kašike bagera	$T_c = 24 \text{ sec}$ - trajanje ciklusa za lak iskop	$K_v = t_{ef} / 60 = 47 / 60 = 0,783$ - koeficijent vremena
$h_o = 2,25 \text{ m}$ - optimalna visina rada	$K_p = 0,975$ - koeficijent punjenja za lak iskop	$h_p = 4,8 / 2 = 2,4 \text{ m}$ - prosječna dubina iskopa
$t_{ef} = 47 \text{ min}$ - trajanje efektivnog radnog časa		$K_o = K_o (\alpha = 180^\circ; h_p / h_o = 2,4 / 2,25 = 107\%) = 0,71$ - koeficijent okreta
$\alpha = 180^\circ$ - ugao zaokreta bagera		

$$U_{pb} = \frac{3600}{T_c} \cdot q \cdot Kr \cdot K_p \cdot K_v \cdot K_o$$

$$U_{pb} = \frac{3600}{24} \cdot 0,75 \cdot 0,80 \cdot 0,975 \cdot 0,783 \cdot 0,71 = 48,78 \text{ m}^3 / \text{h}$$

b) proračun praktičnog učinka kiper vozila (U_{pv}):

zadate veličine:	pretpostavljene veličine:	sračunate veličine:
$l = 9 \text{ km}$ - dužina transporta	$K_v = 0,83$ - koeficijent vremena za prosječne radne uslove	$q_v = \frac{N}{\gamma_r} = \frac{90}{13,30} = 6,77 \text{ m}^3$ - zapremina koša vozila
$N = 90 \text{ kN}$ - nosivost kiper vozila	$K_p = 1,0$ - koeficijent punjenja	$t_u = \frac{60}{U_{pb}} \cdot q_v = \frac{60}{48,78} \cdot 6,77 = 6,52 \text{ min}$ - vrijeme utovara
	$t_o = 0,3$ - manevar kod utovara za prosječne uslove rada	$t_{vp} = \frac{l}{V_{vp}} = \frac{9}{30} \cdot 60 = 18 \text{ min}$ - vrijeme vožnje sa teretom
	$t_i = 1,3$ - okretanje i istovar	$t_{vpr} = \frac{l}{V_{vpr}} = \frac{9}{40} \cdot 60 = 13,5 \text{ min}$ - vrijeme vožnje bez tereta
	$V_{vp} = 20 \text{ km/h}$ - brzina opterećenog vozila	$T_c = t_u + t_o + t_i + t_{vp} + t_{vpr} = 6,52 + 0,3 + 1,3 + 18 + 13,5 = 39,62 \text{ min}$ - trajanje ciklusa vozila
	$V_{vpr} = 24 \text{ km/h}$ - brzina neopterećenog vozila	

$$U_{pv} = \frac{T}{T_c} \cdot q_v \cdot k_v \cdot k_p \cdot k_r = \frac{60}{39,62} \cdot 6,77 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \cdot 0,80 = 6,81 \text{ m}^3 / \text{h}$$

4.3. PRORAČUN CIJENE MAŠINSKOG RADA

Cijena mašine (C_m) kao osnovnog sredstva obuhvata cijenu mašine fco prodavac, transport, prvu montažu. **Cijena koštanja (radnog časa) mašine** (K_h) zavisi od troškova koje mašina ostvaruje prilikom rada, a prodajna cijena zavisi od tržišta. Cijena koštanja radnog časa se sračunava prema:

$$Kh = \frac{J_t}{n_{ef}} + \frac{A + G_t + E_t}{n_g}, \quad (\text{ako se plate mašinista i režijski troškovi obračunavaju naknadno})$$

gdje je:

J_t - jednokratni trošak - trošak dopreme i stavljanja mašine u funkciju [€]

$n_{ef} = Q / (n_m \cdot U_p)$ - broj sati koje mašina efektivno radi na gradilištu [h]

Q - ukupna količina posla za datu mašinu [t, kg, m², m³ i sl.]

n_m - broj mašina koji se planira angažovati [kom]

U_p - praktični učinak mašine [t/h, kg/h, m²/h, m³ i sl.]

n_g - godišnji fond časova (\leq od raspoloživog fonda) jer zavisi od tržišta i kapaciteta mašine) [h/god]

$A = C_m \cdot A_s$ - amortizacija - troškovi za nabavku nove mašine [€/god]

A_s - stopa amortizacije [%/god]

$G_t = t_k + t_{os} + t_{vo} + t_{so}$ - godišnji troškovi - uobičajeno se utvrđuje jedinstveno za preduzeće, pa se proporcionalno raspoređuje na sve mašine.

$t_k = C_{ms} \cdot K_s$ - troškovi kamate (ako je mašina kupljena na kredit) [€/god]

$C_{ms} = C_m (T_m + 1) / 2T_m$ - srednja vrijednost mašine [€]

$T_m = 1/A_s$ - vijek trajanja mašine [god]

K_s - kamatna stopa na godišnjem nivou [%/god]

$t_{os} = C_m \cdot O_s$ - troškovi osiguranja [€/god]

O_s - godišnja stopa osiguranja [%/god]

$t_{vo} = C_m \cdot S_{vo}$ - troškovi velikih opravki [€/god]

S_{vo} - godišnja stopa troškova velikih opravki [%/god]

$t_{so} = C_m \cdot S_{so}$ - troškovi srednjih opravki [€/god]

S_{so} - godišnja stopa troškova srednjih opravki [%/god]

$E_t = t_e + t_{od}$ - eksploatacioni troškovi - direktni toškovi koji se ostvaruju radom mašine [€/god]

$t_e = 1.1 \cdot C_e \cdot q \cdot n_g$ - troškovi pogonske energije i maziva [€/god]

1.1 - troškovi maziva uvećavaju troškove pogonske energije za 10%

C_e - cijena energije [€/l, €/kW]

q - potrošnja energije u jedinici vremena [l/h, kW/h]

$t_{od} = t_{od}^t + t_{od}^d + t_{od}^g$ - troškovi održavanja [€/god]

$t_{od}^t = C_m \cdot S_{od}^t$ - troškovi tekućeg održavanja [€/god]

S_{od}^t - godišnja stopa tekućeg održavanja [%/god]

$t_{od}^d = C_m \cdot S_{od}^d$ - troškovi habajućih djelova [€/god]

S_{od}^d - godišnja stopa habajućih djelova [%/god]

$t_{od}^g = 1.1 \cdot n \cdot C_g / T_g$ - troškovi guma za

mašine [€/god]

$t_{od}^g = 1.1 \cdot n \cdot C_g \cdot I_{km}^g / l_{km}$ - troškovi

guma za vozila [€/god]

n - broj guma [kom]

C_g - cijena gume za mašine [€/kom]

T_g - vijek trajanja guma za mašine [god]

I_{km}^g - broj kilometara koje vozilo pređe u jednoj godini [km/god]

l_{km} - izdržljivost guma [km]

UPUTSTVO:

1. Za **ZADATE** mašine treba sračunati koštanje radnog časa (koristiti priložene podatke)
2. Jednokratne troškove (J_t) sračunati prema sljedećem:

- za kiper vozila i slična transportna sredstva $J_t=0$
- za samohodne mašine:

$$J_t = \frac{2 \cdot L \cdot K_h^*}{v}, \text{ gdje je: } L - \text{daljina sa koje se doprema mehanizacija [km]}$$

v - brzina kojom se mašina kreće do gradilišta [km/h]

K_h^* - koštanje radnog časa bez jednokratnih troškova [€]

- za mašine koje treba samo dovesti i odvesti sa gradilišta (nije potrebna nikakva njihova montaža i premještanje u toku rada):

$$J_t = 2 \cdot L \cdot G_m \cdot c_{tkm}, \text{ gdje je: } L - \text{daljina sa koje se doprema mehanizacija [km]}$$

G_m - težina mašine:

- utovarivač 12-15t
- bager 20-25 t
- buldozer 10-20 t

c_{tkm} - cijena prevoza po t km, može se pretpostaviti 0.5 €/tkm

- za mašine za koje je potrebno izvršiti i neke pripremne radove, montažu i probni rad i ove radove treba uzeti u obzir (i uklanjanje tih radova). Može se pretpostaviti da jednokratni troškovi za ove mašine iznose u procentima od nabavne vrijednosti mašine:

- za gradilišne fabrike betona 2%
- za centralne fabrike betona 6%
- za toranjske dizalice 5%

3. Efektivne sate angažovanja mašine sračunati kako je rečeno, osim za centralnu fabriku betona, koja svoje J_t treba da naplati kroz cio period angažovanja, tj.:

$$n_{ef} = T_m \cdot n_g \quad [h]$$

4. Cijena energije je:

- nafta 1.1 €/l
- benzin 1.27 €/l
- el. energija 0,1 €/kW/h

4.4. UŽI IZBOR MAŠINA

U užem izboru bira se kombinacija mašina koja će izvršavati dati posao. Izbor se radi na osnovu sračunatih K_h i potrebne dinamike obavljanja posla (odnosno količine rada koju treba završiti u određenom vremenskom periodu).

U ovoj fazi dinamiku obavljanja posla procjenjujemo na osnovu:

- ukupne količine date vrste rada;
- orijentacionog ili tačnog roka izvršenja radova;
- raspoloživog fonda radnog vremena;
- stečenog iskustva na ovakvim radovima.

Na osnovu procjenjene dinamike obavljanja posla bira se broj **ključnih mašina**, a zatim i ostalih mašina u kombinaciji. Ključna mašina je ona koja:

- odgovara ključnom procesu (vidi studiju tehnološkog procesa-tačka 3);
- je najskuplja;
- ima najmanji U_p ;
- je ograničena u broju raspoloživih mašina.

Rezultat izbora koji se radi tabelarno (vidi primjer) je:

- usklađena grupa mašina (konkretnih i određenih karakteristika), na primjer: *bager RDG 700/LC i Kiper vozilo FAP 1820*;
- broj mašina, npr.: *1 bager i 7 kiper*;
- cijena obavljanja posla mašinama [€/jed. mjere posla], npr.: *6.39€/m³ mašinskog iskopa*;
- proračunata (ne pretpostavljena) dinamika obavljanja posla, npr.: *47.67 m³ iskopa/h*

4.4. UŽI IZBOR MAŠINA-primjer

Pretpostavljena dinamika obavljanja posla ≥ 45 m³/h

Komb.	Naziv mašine	U_p (m ³ /h)	Broj mašina	$n \times U_p \geq 45$	K_h (€/h)	$n \times K_h$	$\Sigma n \times K_h / \min(n \times U_p)$	C_k (€/m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Bager RDG-1000/LC	65,60	1	65,60	50,91	50,91	421,61	6,43
	Kiper vozilo FAP 1820	6,87	10	68,70	37,07	370,70	65,60	
2	Bager RDG-700/LC	48,78	1	48,78	45,03	45,03	304,52	6,39
	Kiper vozilo FAP 1820	6,81	7	47,67	37,07	259,49	47,67	
3	Bager RDG-1000/LC	65,60	1	65,60	50,91	50,91	452,08	7,04
	Kiper vozilo FAP 1314	5,84	11	64,24	36,47	401,17	64,24	

* zatamnjena polja odgovaraju ključnim mašinama

UPUTSTVO:

1. Za **zemljane i armirano betonske radove** treba napraviti uzi izbor mašina pri čemu uvijek treba obraditi po dvije kombinacije.
2. Pretpostaviti dinamiku obavljanja posla za radove kako slijedi:
 - **zemljane** 20-50m³/h
 - **armirano betonske** 7-18 m³/h
3. Koristiti podatke (K_h i U_p) koji su :
 - sračunati za mašine zadate tačkama 4.2. zadatka;
 - pretpostavljeni za ostale mašine koje nijesu obuhvaćene proračunom u 4.2.

Podaci o mašinama

Naziv i kapacitet	kapacitet radnog organa	Snaga (u kW)	Pogon	Stopa amortizacije	Potrošnja goriva (l/h)	Nabavna vrijednost u EURIMA	Kh bez jednokratnih troškova €/h	Orjentaciono Up
<i>Autodizalica</i>								
COLES HUSKI 620	20 t	220	N	10,00%	32	450.000,00	173,33	5,5 m3/h
<i>Automikser</i>								
STEYR	4 m3	160	N	14,30%	28	90.000,00	56,35	5,2 m3/h
STEYR	6 m3	191	N	14,30%	31	100.000,00	62,47	6,9 m3/h
AM-5	5 m3	160	N	14,30%	26	85.000,00	52,78	6,2 m3/h
AM-7	7 m3	191	N	14,30%	28	120.000,00	65,36	7,5 m3/h
<i>Bager</i>								
CATERPILLAR 320 CL	1,1 m3	103	N	14,30%	26	205.000,00	80,85	60 m3/h
Univerzalni ICB	0,5 m3	66	N	20,00%	16	115.000,00	52,27	44 m3/h
VOLVO EC 210 B LC	0,75 m3	119	N	20,00%	20	150.000,00	66,65	50 m3/h
<i>Buldozer</i>								
COMATSY D-155	9,5 m3	145	N	11,00%	35	191.250,00	80,51	60 m3/h
CATERPILLAR D5N XL	3,1 m3	108	N	14,30%	30	199.800,00	82,24	48 m3/h
CATERPILLAR D4G XL	1,9 m3	65	N	20,00%	20	124.000,00	57,83	40 m3/h
<i>Fabrika betona</i>								
FAGRAM ASEV-18	500 l	20	E	20,00%	0	65.000,00	22,49	12,8 m3/h
FAGRAM ABEV-30	1000 l	40	E	14,30%	0	86.000,00	27,53	27 m3/h
<i>Kiper</i>								
MERCEDES ACTROS 4141	250 kN	300	N	16,50%	35	119.300,00	70,41	7,5 m3/h
MERCEDES ACTROS 3341	200 kN	300	N	14,30%	35	104.200,00	64,56	6,5 m3/h
MERCEDES ACTROS 2641	150 kN	300	N	14,30%	30	98.000,00	57,72	5 m3/h
<i>Pervibrator</i>								
RADOJE DAKIĆ	30 mm	2,8	E	25,00%	0	900,00	0,62	2,55 m3/h
<i>Pumpa za beton</i>								
Autopumpa SHEELE	39 m3/h	132	N	20,00%	33	180.000,00	113,70	23 m3/h
FAGRAM STACIONARNA PDV-70-25	27 m3/h	49	N	20,00%	12	105.000,00	58,70	18 m3/h
<i>Toranjska dizalica</i>								
POTAIN 360-A	1,5 t	30	E	10,00%	0	160.000,00	34,45	6,5 m3/h
POTAIN 643 J	1,5 t	18	E	12,50%	0	120.000,00	27,22	6,5 m3/h
<i>Utovarivač</i>								
CATERPILLAR 930G	2,3 m3	97	N	20,00%	22	169.000,00	73,75	45 m3/h
VOLVO L60 E	1,9 m3	103	N	14,30%	25	135.000,00	60,93	40 m3/h
CATERPILLAR 930G	2,8 m3	111	N	14,30%	25	236.000,00	86,65	55 m3/h
COMATSY 380-5	3,1 m3	140	N	12,50%	35	150.000,00	73,15	65 m3/h

Indeksi i stope korišćeni za proračun Kh

Vrsta mašine	Godišnji fond radnih sati	Stope						Cijena guma	Vijek guma
		velikih opravki	srednjih opravki	tekućeg održavanja	habajućih djelova	kamata	osiguranja		
Autodizalica	1200	10,00%	5,00%	2,00%	1,00%	12,00%	2,50%	250,00	3
Automikser	1400	10,00%	5,00%	2,00%	1,00%	12,00%	2,50%	250,00	5
Bager	1400	7,00%	3,00%	2,00%	1,00%	12,00%	2,50%	450,00	3
Betonska mješalica	1200	8,00%	3,00%	2,00%	1,00%	12,00%	2,50%	0,00	0
Buldozer	1400	7,00%	2,00%	2,00%	1,00%	12,00%	2,50%	550,00	2
Fabrika betona	1400	8,00%	3,00%	2,00%	1,00%	12,00%	2,50%	0,00	0
Kiper	1600	10,00%	5,00%	1,00%	2,00%	12,00%	2,50%	250,00	2
Pervibrator	1400	8,00%	3,00%	2,00%	1,00%	12,00%	2,50%	0,00	0
Pumpa za beton	1000	8,00%	3,00%	2,00%	1,00%	12,00%	2,50%	250,00	4
Toranjka dizalica	1700	8,00%	3,00%	2,00%	1,00%	12,00%	2,50%	0,00	0
Utovarivač	1400	7,00%	2,00%	2,00%	1,00%	12,00%	2,50%	400,00	3
Vibro valjak	1200	8,00%	3,00%	2,00%	1,00%	12,00%	2,50%	400,00	2