

REPUBLIKA HRVATSKA



VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Miomir Stojnović

OSNOVE POLJOPRIVREDNOG STROJARSTVA

PRAKTIKUM

(Zbirka riješenih zadataka)



KRIŽEVCI, 2021.

Nakladnik

VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Glavni urednik

mr. sc. Miomir Stojnović

Tehnički urednik

dr. sc. Tatjana Tušek

Recenzenti

prof. dr. sc. Dubravko Filipović

mr. sc. Vlado Kušec

Lektor

Marina Vidović Krušić, prof.

©Copyright

Autor i Visoko gospodarsko učilište u Križevcima

Križevci, 2021.

ISBN 978-953-6205-43-1

(On line 12.5.2021.)

Elektronička publikacija

Sadržaj

1. UVOD	1
2. STROJNI MATERIJALI	2
3. ELEMENTI STROJEVA	5
3.1. Remenski prijenos	5
3.2. Zupčani prijenos	7
3.2.1. Proračun zubnog koraka i modula zupčanika	7
3.2.2. Proračun broja okretaja zupčanika	8
4. TRENJE, MAZIVA I PODMAZIVANJE	10
4.1. Trenje	10
4.2. Maziva i podmazivanje	12
5. RADNI STROJEVI	14
5.1. Crpke	14
5.2. Hidraulična dizalica	16
5.3. Vijčana dizalica	17
6. POGONSKI STROJEVI – MOTORI	18
6.1. Motori s unutrašnjim izgaranjem	18
6.2. Elektromotori	22
7. POLJOPRIVREDNI TRAKTORI	25
7.1. Bilanca snage traktora	25
7.2. Vučna bilanca traktora	27
7.3. Traktorsko-strojni agregati (TSA)	29
7.3.1. Radni otpor priključnog stroja – oruđa	29
7.3.2. Radni otpor lemešnog pluga	30
7.3.3. Proizvodnost rada traktorsko-strojnog agregata (radni učinak)	32
8. DODATAK	34
8.1. Međunarodni sustav mjernih jedinica	34
OSNOVNE SI JEDINICE	34
Tablica 1. Osnovne mjerne jedinice SI sustava ^[3]	34
Definicije osnovnih mjernih jedinica SI sustava	34
Tablica 2. Primjeri izvedenih SI jedinica koje su izražene pomoću osnovnih jedinica ^[3]	36
Tablica 3. Izvedene SI jedinice s posebnim nazivima i znakovima ^[3]	37
Tablica 4. Primjeri izvedenih SI jedinica čiji nazivi i znakovi uključuju izvedene SI jedinice s posebnim nazivima i znakovima ^[3]	38
Tablica 5. Jedinice izvan SI sustava koje se upotrebljavaju s međunarodnim sustavom jedinica ^[3]	39
Tablica 6. Druge jedinice izvan SI sustava ^[3]	39

Tablica 7. Mjerne jedinice dozvoljene samo za posebnu uporabu ^[3]	40
Tablica 8. Jedinice koje se definiraju na temelju SI jedinica, ali nisu njihovi decimalni višekratnici ili nižekratnici ^[3]	40
Tablica 9. Decimalne mjerne jedinice – SI predmetci ^[3]	41
9. LITERATURA	42
10. POPIS ILUSTRACIJA	44
Tehničko – urednički podaci praktikuma: „Osnove poljoprivrednog strojarstva“	45
11. BILJEŠKA O AUTORU	46

1. UVOD

Poljoprivredno strojarstvo grana je strojarstva koja obuhvaća konstruiranje, proizvodnju, korištenje i održavanje poljoprivrednih strojeva, uređaja i opreme za sva područja poljoprivredne proizvodnje. Upravo je razvoj poljoprivrednih strojeva i njihova primjena u poljoprivredi omogućila ubrzan tehnološki razvoj i modernizaciju te najstarije grane čovjekove djelatnosti.

Strojarstvo se oslanja na brojne bazične teorijske i primijenjene znanstvene discipline, kao što su matematika, fizika, kemija, elektrotehnika i računarstvo, ali i na neke društvene i humanističke znanstvene discipline, kao što su ekonomija, psihologija, sociologija te informacijske i komunikacijske znanosti.

Primjena strojeva u poljoprivredi znatno olakšava izvođenje raznih tehnoloških procesa, smanjuje udio ljudskoga rada, a povećava proizvodnost i kvalitetu obavljenoga posla. No, u poljoprivrednome strojarstvu moraju se uzeti u obzir određene specifičnosti poljoprivredne proizvodnje, a to su:

- sezonski karakter poljoprivredne proizvodnje – sezonsko korištenje strojeva
- promjenljivost klimatskih i edafskih čimbenika poljoprivredne proizvodnje
- primjena rada strojeva na žive organizme

Zbog navedenih specifičnosti, korištenje poljoprivrednih strojeva vezano je uz određene vremenske – agrotehničke rokove kao i uz neujednačene radne uvjete. Nepovoljni uvjeti klime i tla mogu čak onemogućiti korištenje i rad strojeva (kiša, vjetar, raskvašeno, blatno tlo i sl.).

Usvajanje znanja i vještina iz područja poljoprivrednoga strojarstva jedan je od preduvjeta za uspješno bavljenje poljoprivrednom proizvodnjom, pa tako i za stručnost i kompetentnost budućih poljoprivrednih inženjera – agronoma, pri čemu je od osobite važnosti njihova sposobnost rješavanja različitih problemskih zadataka, izračuna.

Ovaj priručnik, *Zbirka riješenih zadataka iz područja poljoprivrednog strojarstva*, pripremljen je s ciljem da pomogne studentima u stjecanju specifičnih znanja i vještina potrebnih za uspješno rješavanje različitih zadataka vezanih uz strojne materijale, izračune napreznja, pravilno dimenzioniranje strojnih dijelova poljoprivrednih strojeva i uređaja, kao i racionalan odabir poljoprivrednih strojeva i opreme uzimajući u obzir proizvodne kapacitete te strukturu proizvodnje gospodarstva.

Autor

2. STROJNI MATERIJALI

- 2.1. Izračunajte naprežanje štapa σ (N/mm²) promjera $D = 20$ mm opterećenog vlačnom silom od $F = 25$ kN.

Rješenje:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad [N/mm^2] = \frac{25000}{314} = 79,62 \text{ N/mm}^2$$

$$A_0 = \frac{D^2 \times \pi}{4} = \frac{20^2 \times 3,14}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

- 2.2. Izračunajte promjer štapa D (mm) za vlačno opterećenje od $F = 20$ kN ako je dozvoljeno naprežanje $\sigma_d = 65$ N/mm².

Rješenje:

$$A_0 = \frac{F}{\sigma_d} = \frac{20000}{65} = 307,69 \text{ mm}^2$$

$$A_0 = \frac{D^2 \times \pi}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times A_0}{\pi}} \rightarrow D = 2 \times \sqrt{\frac{A_0}{\pi}} \rightarrow D = 2 \times \sqrt{\frac{307,69}{3,14}} = 19,8 \approx 20 \text{ mm}$$

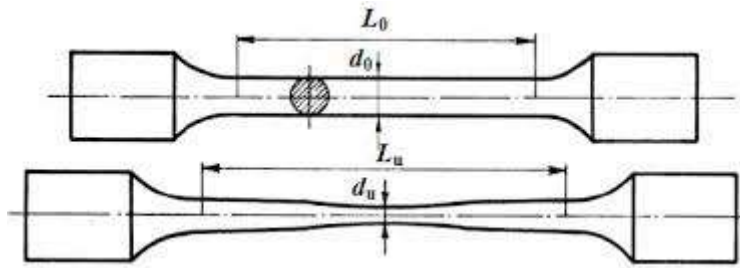
- 2.3. Izračunajte maksimalno moguće opterećenje štapa F (kN) promjera $D = 20$ mm ako je dozvoljeno naprežanje $\sigma_d = 75$ N/mm².

Rješenje:

$$F = \sigma_d \times A = 75 \times 314 = 23550 \text{ N} = 23,55 \text{ kN}$$

$$A = \frac{D^2 \times \pi}{4} = \frac{20^2 \times 3,14}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

- 2.4. Izračunajte relativno produljenje (ϵ), poprečnu dilataciju (ϵ_p) i završni promjer (d_1) probne palice početne duljine $l_0 = 200$ mm, početnog promjera $d_0 = 20$ mm ako je vlačnim opterećenjem došlo do istežanja od 5 mm ($\Delta l = 5$ mm), a Poissonov koeficijent (μ) iznosi 0,3.



Slika 1. Vlačni pokus – probna palica ^[11]

Rješenje:

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{5}{200} = 0,025$$

$$\varepsilon_p = \mu \times \varepsilon = 0,3 \times 0,025 = 0,0075$$

$$\Delta d = d_0 \times \varepsilon_p = 20 \times 0,0075 = 0,15 \text{ mm}$$

$$d_1 = d_0 - \Delta d = 20 - 0,15 = 19,85 \text{ mm}$$

- 2.5. Izračunajte dozvoljeno naprežanje σ_d (N/mm²) vijka opterećenog na vlak ako je materijal izrade vijka maksimalne čvrstoće $\sigma_m = 450$ N/mm², a faktor sigurnosti $\sqrt{m} = 6$.



Slika 2. Lom vijka uslijed preopterećenja ^[12]

Rješenje:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_m}{\sqrt{m}} = \frac{450}{6} = 75 \text{ N/mm}^2$$

- 2.6. Izračunajte potrebni promjer vijka D (mm) za predviđeno opterećenje vlačnom silom $F = 4000$ N ako je granica elastičnosti materijala $\sigma_e = 270$ N/mm², a potreban faktor sigurnosti $\sqrt{e} = 1,5$.

Rješenje:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_e}{\nu_e} = \frac{270}{1,5} = 180 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \frac{F}{\sigma_d} = \frac{4000}{180} = 22,22 \text{ mm}^2$$

$$D = 2x \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2x \sqrt{\frac{22,22}{3,14}} = 5,3 \text{ mm}$$

- 2.7.** Izračunajte maksimalno dozvoljeno vlačno opterećenje F (kN) štapa promjera $D = 10$ mm ako je lomna čvrstoća materijala $\sigma_L = 450 \text{ N/mm}^2$, a granica sigurnosti u odnosu na lomnu čvrstoću $\nu_L = 3$.

Rješenje:

$$F = \sigma_D \times A = \frac{\sigma_L}{\nu_L} \times \frac{D^2 \times \pi}{4} = \frac{450}{3} \times \frac{10^2 \times 3,14}{4}$$

$$F = 150 \times 78,5 = 11775 \text{ N} = 11,775 \text{ kN}$$

- 2.8.** Izračunajte dozvoljeno naprezanje σ_d (N/mm^2) i minimalno potreban promjer štapa D (mm) opterećenog vlačnom silom $F = 46 \text{ kN}$ (46000 N) ako je maksimalna čvrstoća materijala $\sigma_m = 480 \text{ N/mm}^2$, a faktor sigurnosti u odnosu na maksimalnu čvrstoću $\nu_m = 4$.

Rješenje:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_m}{\nu_m} = \frac{480}{4} = 120 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \frac{F}{\sigma_d} = \frac{46000}{120} = 383,33 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = 2 \times \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2 \times \sqrt{\frac{383,33}{3,14}} = 22,1 \text{ mm}$$

3. ELEMENTI STROJEVA

3.1. Remenski prijenos



Slika 3. Primjer remenskog prijenosa s klinastim remenjem ^[13]

- 3.1.1.** Izračunajte promjer gonjene remenice D_2 (mm) ako je promjer pogonske remenice $D_1 = 230$ mm, broj okretaja pogonske remenice $n_1 = 900 \text{ min}^{-1}$, broj okretaja gonjene remenice $n_2 = 450 \text{ min}^{-1}$, a klizanje remena 2 % ($\delta = 0,02$).

Rješenje:

Teoretski proračun:

$$D_{2t} = D_1 \times \frac{n_1}{n_2} = 230 \times \frac{900}{450} = 460 \text{ mm}$$

Stvarni proračun:

$$D_2 = D_{2t} - (\delta \times D_{2t}) = 460 - (0,02 \times 460) = 450,8 \text{ mm}$$

- 3.1.2.** Izračunajte broj okretaja pogonske remenice n_1 (min^{-1}) ako je promjer pogonske remenice $D_1 = 270$ mm, promjer gonjene remenice $D_2 = 120$ mm, broj okretaja gonjene remenice $n_2 = 1600 \text{ min}^{-1}$, a klizanje remena $\delta = 0,01$.

Rješenje:

Teoretski proračun:

$$n_{1t} = n_2 \times \frac{D_2}{D_1} = 1600 \times \frac{120}{270} = 711,11 \text{ min}^{-1}$$

Stvarni proračun:

$$n_1 = n_{1t} + (\delta \times n_{1t}) = 711,11 + (0,01 \times 711,11) = 718,22 \text{ min}^{-1}$$

- 3.1.3.** Izračunajte promjer pogonske remenice D_1 (mm) ako je promjer gonjene remenice $D_2 = 130$ mm, broj okretaja pogonske remenice $n_1 = 540 \text{ min}^{-1}$, broj okretaja gonjene remenice $n_2 = 1370$ mm, a klizanje remena $\delta = 0,02$.

Rješenje:

Teoretski proračun:

$$D_{1t} = D_2 \times \frac{n_2}{n_1} = 130 \times \frac{1370}{540} = 329,81 \text{ mm}$$

Stvarni proračun:

$$D_1 = D_{1t} + (\delta \times D_{1t}) = 329,81 + (0,02 \times 329,81) = 336,41 \text{ mm}$$

- 3.1.4.** Izračunajte broj okretaja gonjene remenice n_2 (min^{-1}) ako je promjer pogonske remenice $D_1 = 290$ mm, promjer gonjene remenice $D_2 = 160$ mm, broj okretaja pogonske remenice $n_1 = 720 \text{ min}^{-1}$, a klizanje remena $\delta = 0,03$.

Rješenje:

Teoretski proračun:

$$n_{2t} = n_1 \times \frac{D_1}{D_2} = 720 \times \frac{290}{160} = 1305 \text{ min}^{-1}$$

Stvarni proračun:

$$n_2 = n_{2t} - (\delta \times n_{2t}) = 1305 - (0,03 \times 1305) = 1265,85 \text{ min}^{-1}$$

3.2. Zupčani prijenos



Slika 4. Zupčani prijenos sa stožastim zupčanicima ^[14]

3.2.1. Proračun zubnog koraka i modula zupčanika

3.2.1.1. Izračunajte zubni korak (t) i modul zupčanika (m) ako je promjer zupčanika $d = 60$ mm, a broj zubi na obodu zupčanika $z = 30$.

Rješenje:

$$t = \frac{d \times \pi}{z} = \frac{60 \times 3,14}{30} = 6,28 \text{ mm}$$

$$m = \frac{t}{\pi} = \frac{6,28}{3,14} = 2 \text{ mm}$$

3.2.1.2. Izračunajte zubni korak (t) i modul zupčanika (m) promjera $d = 300$ mm ako je broj zubi zupčanika $z = 30$.

Rješenje:

$$m = \frac{d}{z} = \frac{300}{30} = 10 \text{ mm}$$

$$t = m \times \pi = 10 \times 3,14 = 31,4 \text{ mm}$$

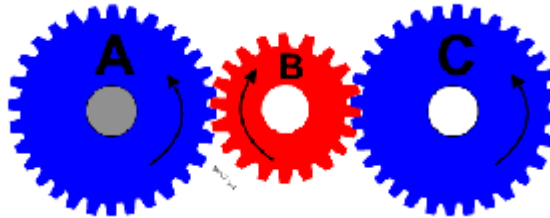
3.2.2. Proračun broja okretaja zupčanika

3.2.2.1. Izračunajte broj okretaja gonjenog zupčanika n_2 (min^{-1}) ako je broj okretaja pogonskog zupčanika $n_1 = 600 \text{ min}^{-1}$, broj zubi pogonskog zupčanika $z_1 = 28$, a broj zubi gonjenog zupčanika $z_2 = 56$.

Rješenje:

$$n_2 = \frac{z_1}{z_2} n_1 = \frac{28}{56} \times 600 = 300 \text{ min}^{-1}$$

Redni prijenos



Slika 5. Shema rednog zupčanog prijenosa ^[15]

3.2.2.2. Izračunajte broj okretaja gonjenog vratila n_2 (min^{-1}) rednog zupčanog prijenosa ako je broj zubi zupčanika $z_1 = 51$, $z_2 = 21$, $z_3 = 34$, $z_4 = 17$, a broj okretaja pogonskog vratila $n_1 = 300 \text{ min}^{-1}$.

Rješenje:

$$n_2 = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_2}{z_3} \times \frac{z_3}{z_4} \times n_1 = \frac{51}{21} \times \frac{21}{34} \times \frac{34}{17} \times 300 = \frac{51}{17} \times 300 = 900 \text{ min}^{-1}$$

Složeni prijenos



Slika 6. Shema složenog zupčanog prijenosa ^[16]

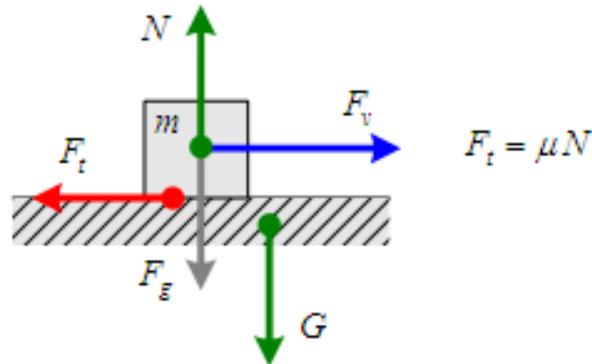
3.2.2.3. Izračunajte broj okretaja gonjenog vratila n_2 (min^{-1}) složenog zupčanog prijenosa ako je $z_1 = 22$, $z_2 = 44$, $z_3 = 22$, $z_4 = 44$, a broj okretaja pogonskog vratila (n_1) = 860 min^{-1} .

Rješenje:

$$n_2 = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} \times n_1 = \frac{22}{44} \times \frac{22}{44} \times 860 = 215 \text{ min}^{-1}$$

4. TRENJE, MAZIVA I PODMAZIVANJE

4.1. Trenje



Slika 7. Shema trenja klizanja [22]

- 4.1.1.** Izračunajte silu trenja F_t (N) ako je masa tijela koje klizi ujednačenom brzinom po ravnoj podlozi $m = 55$ kg, a koeficijent trenja klizanja $\mu = 0,65$.

Rješenje:

Sila trenja razmjerna je umnošku koeficijenta trenja klizanja (μ) i normalne reakcije podloge (F_N) na pritisak tijela koje po njoj klizi. Reakcija podloge jednaka je sili kojom tijelo pritišće podlogu ($m \times g$), ali suprotnog smjera djelovanja.

$$F_t = \mu \times F_N = \mu \times m \times g$$

$$F_t = 0,65 \times 55 \times 9,81 = 350,7 \text{ N}$$

- 4.1.2.** Izračunajte koeficijent trenja klizanja (μ) tijela mase $m = 80$ kg koje klizi po ravnoj podlozi ujednačenom brzinom djelovanjem sile $F = 600$ N.

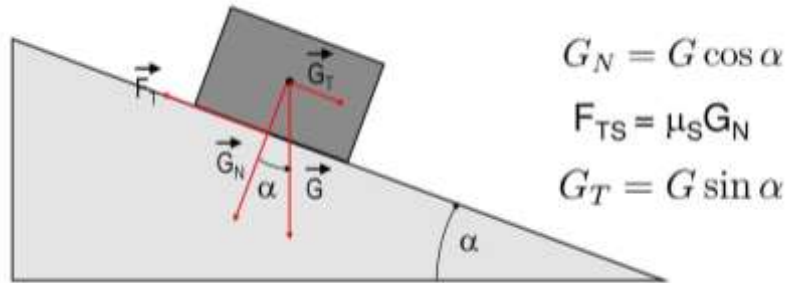
Rješenje:

Kod gibanja tijela po ravnoj podlozi ujednačenom brzinom, sila potrebna za vuču i sila trenja tijela s podlogom jednake su veličine, ali suprotnog smjera djelovanja ($F = F_t$).

$$F_t = \mu \times F_N$$

$$\mu = \frac{F_t}{F_N} = \frac{F_t}{m \times g} = \frac{600}{80 \times 9,81} = 0,76$$

- 4.1.3. Izračunajte statički koeficijent trenja (μ_s) za tijelo na kosini prema shemi na slici ako je nagib kosine u trenutku početnog klizanja tijela niz kosinu $\alpha = 35^\circ$.

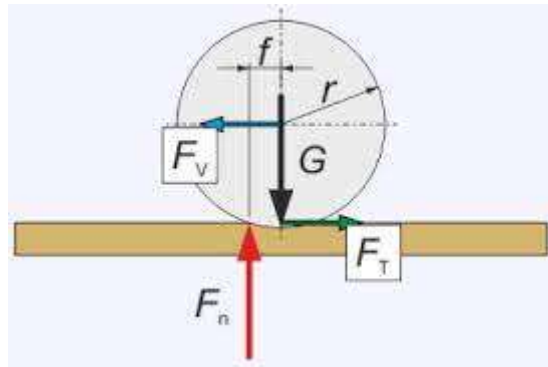


Slika 8. Shema trenja klizanja na kosini ^[1]

Rješenje:

$$\mu_s = \frac{F_t}{F_N} = \frac{G \times \sin \alpha}{G \times \cos \alpha} = \tan \alpha = \tan 35^\circ = 0,7$$

- 4.1.4. Izračunajte silu otpora kotrljanja F_T (N) koja djeluje na kotač pri kretanju po raskvašenoj, blatnoj podlozi ako je koeficijent otpora kotrljanja $f_k = 0,25$, a težina prijanjanja kotača o podlogu $G = 860$ N.



Slika 9. Shema trenja kotrljanja ^[23]

Rješenje:

$$F_R = G \times f_k = 860 \times 0,25 = 215 \text{ N}$$

4.2. Maziva i podmazivanje

4.2.1. Izračunajte viskoznost po Engleru η ($^{\circ}\text{E}$) mineralnog ulja temperature 50°C ako je vrijeme istjecanja 200 ml ulja kroz kalibrirani otvor Englerovog viskozimetra $\tau^{50} = 234$ s, a vrijeme istjecanja 200 ml vode temperature 20°C je konstanta i iznosi 52 s.

Rješenje:

$$\eta = \frac{\tau^{50}}{52} = \frac{234}{52} = 4,5^{\circ}\text{E}$$

4.2.2. Izračunajte dinamičku viskoznost sintetičkog motornog ulja μ (Pa s) SAE gradacije viskoznosti 10W-40 ako je deklarirana kinematička viskoznost pri temperaturi od 100°C $\nu = 14,0 \text{ mm}^2/\text{s}$ ($14,0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$), a gustoća ulja $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$.

Rješenje:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \left[\text{mm}^2/\text{s} \right]$$

$$\mu = \nu \times \rho = 14 \times 10^{-6} \times 850 = 11,9 \times 10^{-3} \text{ Pa s}$$

4.2.3. Izračunajte kinematičku viskoznost ν (mm^2/s) mineralnog ulja za hipoidne zupčaničke prijenosnike SAE gradacije viskoznosti 85W-140 čija je apsolutna (dinamička) viskoznost pri temperaturi od 100°C $\mu = 13,9 \times 10^{-3} \text{ Pa s}$, a gustoća $\rho = 860 \text{ kg/m}^3$.

Rješenje:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{13,9 \times 10^{-3}}{860} = 16,2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 16,2 \text{ mm}^2/\text{s}$$

4.2.4. Izračunajte protok ulja za podmazivanje Q (l/s) kroz cijev unutarnjeg promjera $D = \frac{1}{2}$ " (pola „cola“) ako je brzina protjecanja $v = 3$ m/s.

Rješenje:

$$1 \text{ " } = 25,4 \text{ mm} = 0,254 \text{ dm}$$

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ m/s} = 10 \text{ dm/s}$$

$$Q = \frac{D^2 \times \pi}{4} \times v = \frac{0,127^2 \times 3,14}{4} \times 30 = 0,379 \text{ l/s}$$

4.2.5. Izračunajte potreban promjer cijevi D (mm) za protok ulja za podmazivanje $Q = 0,5$ l/s brzinom $v = 2$ m/s.

Rješenje:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} = 2 \times \sqrt{\frac{Q}{\pi \times v}} = 2 \times \sqrt{\frac{0,5}{3,14 \times 20}} = 0,178 \text{ dm} = 17,8 \text{ mm}$$

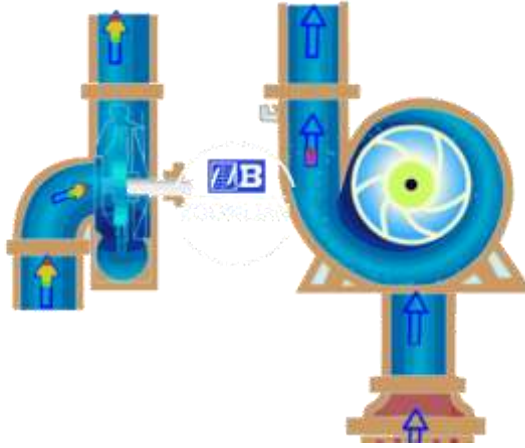
4.2.6. Izračunajte brzinu protjecanja ulja za podmazivanje motora v (m/s) kod protoka ulja $Q = 36$ l/min (0,6 l/s) kroz cijev unutrašnjeg promjera $D = 19,05$ mm.

Rješenje:

$$v = \frac{4 \times Q}{D^2 \times \pi} = \frac{4 \times 0,6}{0,1905^2 \times 3,14} = 21,06 \text{ dm/s} = 2,1 \text{ m/s}$$

5. RADNI STROJEVI

5.1. Crpke



Slika 10. Shema centrifugalne crpke ^[19]

5.1.1. Izračunajte snagu P (kW) za pogon centrifugalne crpke kapaciteta $Q = 18 \text{ m}^3/\text{h}$ vode ako je usisna visina $H_u = 6 \text{ m V. S.}$, tlačna visina $H_t = 15 \text{ m V. S.}$, otporna visina $h_o = 18 \text{ m V. S.}$, izlazni tlak $p_i = 1,5 \text{ bara}$, stupanj korisnog djelovanja crpke $\eta = 0,67$, a rezerva snage 15 %.

Rješenje:

Manometarska visina H_{man} :

$$H_{man} = H_u + H_t + h_o + p_i = 6 + 15 + 18 + 15 = 54 \text{ m V. S.}$$

$$p_i = 1,5 \text{ bar} \times 10 \text{ m/bar} = 15 \text{ m V. S.}$$

Snaga:

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{\eta \times 102} = \frac{1 \times 5 \times 54}{0,67 \times 102} = 3,95 \text{ kW}$$

$$Q = 18 \text{ m}^3/\text{h} : 3,6 = 5,0 \text{ l/s}$$

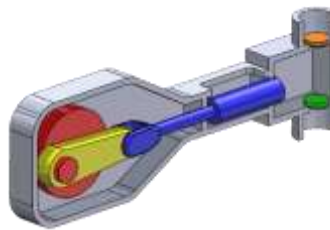
Rezerva snage 15 % :

$$\frac{15}{100} \times 3,95 = 0,59 \text{ kW}$$

Potrebna snaga:

$$3,95 + 0,59 = 4,54 \text{ kW}$$

5.1.2. Izračunajte kapacitet jednoradne stapne crpke Q (l/s) ako je promjer stapa $D = 240$ mm (2,4 dm), stapaj $s = 400$ mm (4 dm), stupanj korisnog djelovanja crpke $\eta = 0,75$, a broj okretaja pogonskog vratila stapnog mehanizma $n = 150 \text{ min}^{-1}$ ($2,5 \text{ s}^{-1}$).



Slika 11. Shema stapne crpke ^[20]

Rješenje:

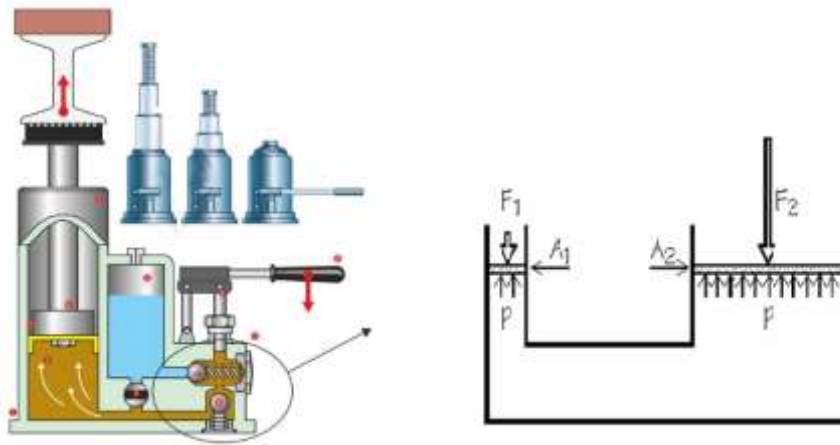
$$Q = \frac{D^2 \times \pi}{4} \times s \times n \times \eta = \frac{2,4^2 \times 3,14}{4} \times 4 \times 2,5 \times 0,75 = 33,9 \text{ l/s}$$

5.1.3. Izračunajte kapacitet dvoradne stapne crpke Q (l/s) ako je promjer stapa $D = 180$ mm (1,8 dm), stapaj $s = 360$ mm (3,6 dm), stupanj korisnog djelovanja crpke $\eta = 0,9$, a broj okretaja pogonskog vratila stapnog mehanizma $n = 120 \text{ min}^{-1}$ (2 s^{-1}).

Rješenje:

$$Q = \frac{D^2 \times \pi}{4} \times 2s \times n \times \eta = \frac{1,8^2 \times 3,14}{4} \times 2 \times 3,6 \times 2 \times 0,9 = 32,96 \text{ l/s}$$

5.2. Hidraulična dizalica



Slika 12. Shema hidraulične dizalice ^[17]

5.2.1. Izračunajte koliki će teret F_2 (daN) moći dići hidraulična dizalica ako je promjer klipa $D_1 = 3$ cm, promjer klipa $D_2 = 12$ cm, sila kojom djelujemo na manji klip $F_1 = 20$ daN, a stupanj korisnog djelovanja dizalice $\eta = 0,88$.

Rješenje:

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

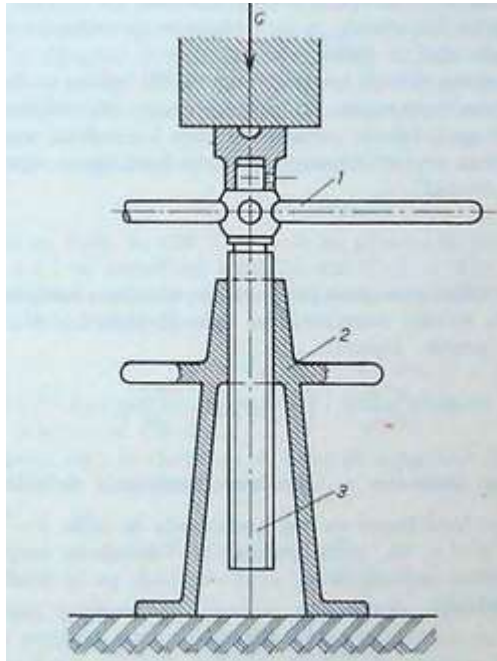
$$A_1 = \frac{D_1^2 \times \pi}{4} = \frac{3^2 \times 3,14}{4} = 7,065 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{D_2^2 \times \pi}{4} = \frac{12^2 \times 3,14}{4} = 113,04 \text{ cm}^2$$

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{20}{7,065} = 2,831 \text{ daN/cm}^2$$

$$F_2 = p \times A_2 \times \eta = 2,831 \times 113,04 \times 0,88 = 281,6 \text{ daN}$$

5.3. Vijčana dizalica



Slika 13. Shema vijčane dizalice ^[18]

5.3.1. Izračunajte koliki ćemo teret G (daN) moći podići vijčanom dizalicom ako je polumjer kruga pogonske ručice dizalice $r = 250$ mm, sila kojom djelujemo na ručicu $F = 30$ daN, uspon vijčanog vretena $h = 30$ mm, a stupanj korisnog djelovanja dizalice $\eta = 0,54$.

Rješenje:

Rad sile kojom okrećemo ručicu = rad dizanja tereta:

$$F \times 2r\pi \times \eta = G \times h$$

$$G = F \cdot \frac{2r\pi}{h} \cdot \eta = 30 \cdot \frac{2 \cdot 250 \cdot 3,14}{30} \cdot 0,54 = 847,8 \text{ daN}$$

6. POGONSKI STROJEVI – MOTORI

6.1. Motori s unutrašnjim izgaranjem



Slika 14. Shema 4-cilindričnog motora SUI ^[21]

6.1.1. Izračunajte radnu zapreminu cilindra V_h (cm^3), kompresijski volumen cilindra V_k (cm^3), ukupnu zapreminu cilindra V (cm^3) i radnu zapreminu (litražu) V_l (dm^3) 4-taktnog 3-cilindričnog Dieselova motora ako je promjer cilindra $D = 89$ mm (8,9 cm), hod klipa $H = 127$ mm (12,7 cm), a stupanj kompresije $\varepsilon = 17 : 1$.

Rješenje:

$$V_h = \frac{D^2 \times \pi}{4} \times H = \frac{8,9^2 \times 3,14}{4} \times 12,7 = 789,684 \text{ cm}^3$$

$$V_k = \frac{V_h}{\varepsilon - 1} = \frac{789,684}{17 - 1} = 49,355 \text{ cm}^3$$

$$V = V_h + V_k = 789,684 + 49,355 = 839,039 \text{ cm}^3$$

$$V_l = \frac{V_h \times i}{1000} = \frac{789,684 \times 3}{1000} = 2,369 \text{ dm}^3 (l)$$

6.1.2. Izračunajte radnu zapreminu cilindra V_h (cm^3), ukupni volumen cilindra V (cm^3) i stupanj kompresije (ε) 4-taktnog motora ako je promjer cilindra $D = 105$ mm, hod klipa $H = 130$ mm, a kompresijski volumen $V_k = 56$ cm^3 . Na temelju stupnja kompresije odredite radi li se o Ottovom ili Dieselovom motoru.

Rješenje:

$$V_h = \frac{D^2 \times \pi}{4} \times H = \frac{10,5^2 \times 3,14}{4} \times 13 = 1125,101 \text{ cm}^3$$

$$V = V_h + V_k = 1125,101 + 56 = 1181,101 \text{ cm}^3$$

$$\varepsilon = \frac{V_h + V_k}{V_k} = \frac{1125,101 + 56}{56} = 21,09$$

Radi se o Dieselovom motoru.

6.1.3. Izračunajte indiciranu snagu 4-taktnog 4-cilindričnog Dieselova motora P_i (kW) ako je srednji indicirani tlak u cilindru $p_i = 800$ kPa, promjer cilindra $D = 110$ mm (0,11 m), hod klipa $H = 130$ mm (0,13 m), a nominalni broj okretaja koljenastog vratila $n = 2200$ min^{-1} (36,66 s^{-1}).

Rješenje:

$$P_i = p_i \times V_h \times n \times i \times \frac{2}{T} = p_i \times \frac{D^2 \times \pi}{4} \times H \times n \times i \times \frac{2}{T}$$

$$P_i = 800 \times \frac{0,11^2 \times 3,14}{4} \times 0,13 \times 36,66 \times 4 \times \frac{2}{4} = 72,44 \text{ kW}$$

6.1.4. Izračunajte srednji efektivni tlak u cilindru p_e (kPa) i efektivnu snagu motora P_e (kW) iz prethodnog zadatka ako je mehanički stupanj korisnog djelovanja motora $\eta_m = 0,86$.

Rješenje:

$$p_e = p_i \times \eta_m = 800 \times 0,86 = 688 \text{ kPa}$$

$$P_e = p_e \times V_h \times n \times i \times \frac{2}{T} = P_i \times \eta_m = 72,44 \times 0,86 = 62,3 \text{ kW}$$

6.1.5. Izračunajte efektivnu snagu 4-taktnog 6-cilindričnog motora P_e (kW) ako je srednji indicirani tlak u cilindru $p_i = 690$ kPa, promjer cilindra $D = 90$ mm, hod klipa $H = 120$ mm, mehanički stupanj korisnog djelovanja motora $\eta_m = 0,85$, a broj okretaja koljenastog vratila $n = 2400 \text{ min}^{-1}$.

Rješenje:

$$P_e = p_i \times \eta_m \times V_h \times i \times n \times \frac{2}{T}$$

$$P_e = 690 \times 0,85 \times \frac{0,09^2 \times 3,14}{4} \times 0,12 \times 6 \times \frac{2400}{60} \times \frac{2}{4}$$

$$P_e = 690 \times 0,85 \times 0,00076302 \times 6 \times 40 \times \frac{2}{4} = 53,7 \text{ kW}$$

6.1.6. Izračunajte efektivni stupanj korisnog djelovanja 4-taktnog Dieselova motora (η_e) ako je specifična efektivna potrošnja goriva $g_e = 230$ g/kWh (0,23 kg/kWh), a donja ogrjevna vrijednost goriva $H_d = 44800$ kJ/kg.

Rješenje:

$$\eta_e = \frac{3600}{g_e \times H_d} = \frac{3600}{0,23 \times 44800} = \frac{3600}{10304} = 0,349 \times 100 = 34,9\%$$

6.1.7. Izračunajte specifičnu efektivnu potrošnju goriva 4-taktnog Dieselova motora g_e (kg/kWh) ako je efektivni stupanj korisnog djelovanja motora $\eta_e = 0,36$, a donja ogrjevna vrijednost goriva $H_d = 42$ MJ/kg (42000 kJ/kg).

Rješenje:

$$g_e = \frac{3600}{\eta_e \times H_d} = \frac{3600}{0,36 \times 42000} = \frac{3600}{15120} = 0,238 \text{ kg/kWh} = 238 \text{ g/kWh}$$

6.1.8. Izračunajte volumnu satnu potrošnju goriva 4-taktnog Dieselova motora $G_{h\ vol.}$ (l/h) pri radu s nominalnom snagom od $P_e = 106$ kW ako je deklarirana specifična efektivna potrošnja goriva $g_e = 220$ g/kWh. Gustoća goriva $\rho = 0,83$ kg/l.

Rješenje:

$$G_{h\ vol.} = \frac{P_e \times g_e}{\rho} = \frac{106 \times 0,220}{0,83} = 28,09 \text{ l/h}$$

6.1.9. Izračunajte indicirani stupanj korisnog djelovanja motora η_i ako je mehanički stupanj korisnog djelovanja motora $\eta_m = 0,86$, a efektivni stupanj korisnog djelovanja motora $\eta_e = 0,39$.

Rješenje:

$$\eta_i = \frac{\eta_e}{\eta_m} = \frac{0,39}{0,86} = 0,45$$

6.1.10. Izračunajte specifičnu efektivnu potrošnju goriva g_e (kg/kWh) motora traktora koji pri nominalnoj snazi od $P_e = 110$ kW troši $G_{h\ vol.} = 28$ l/h plinskog ulja gustoće $\rho = 0,83$ kg/l.

Rješenje:

$$g_e = \frac{G_{h\ vol.} \times \rho}{P_e} = \frac{28 \times 0,83}{110} = 0,211 \text{ kg/kWh}$$

6.2. Elektromotori



Slika 15. Presjek elektromotora ^[24]

- 6.2.1.** Izračunajte jakost električne struje koju elektropokretač nazivne snage $P = 2,7 \text{ kW}$ (2700 W) vuče iz akumulatora prilikom pokretanja traktorskog Dieselova motora s 12-voltnom električnom instalacijom.



Slika 16. Elektropokretač za traktor ^[25]

Rješenje:

$$P = U \times I \text{ [kW]}$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{2700}{12} = 225 \text{ A}$$

- 6.2.2.** Izračunajte kolika je sinkrona brzina n_s (min^{-1}) okretnog magnetskog polja 3-faznog asinkronog elektromotora s 3 para polova (p) priključenog na izmjeničnu struju frekvencije $f = 50 \text{ Hz}$ i koliko je klizanje (s) ako je brzina vrtnje rotora $n = 930 \text{ min}^{-1}$.

Rješenje:

$$n_s = \frac{60 \times f}{p} = \frac{60 \times 50}{3} = 1000 \text{ min}^{-1}$$
$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1000 - 930}{1000} = \frac{70}{1000} = 0,07$$

- 6.2.3.** Izračunajte snagu 3-faznog asinkronog elektromotora s namotajima spojenim u zvijezdu ako je nazivna struja koju uzima iz mreže $I = 4,8 \text{ A}$, fazni napon $U = 230 \text{ V}$ (0,230 kV), faktor snage $\cos \varphi = 0,78$, a stupanj korisnog djelovanja motora $\eta = 0,74$.

Rješenje:

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi \times \eta = 1,73 \times 0,230 \times 4,8 \times 0,78 \times 0,74 = 1,1 \text{ kW}$$

- 6.2.4.** Izračunajte koliko će električne energije E_{el} (kWh) biti utrošeno prilikom mljevenja zrna kukuruza mlinom čekićarom pogonjenim 3-faznim asinkronim elektromotorom nazivne snage $P = 4,0 \text{ kW}$ u vremenu (t) od 8 sati rada mlina.



Slika 17. Mlin čekićar – stočarski praktikum Visokoga gospodarskog učilišta u Križevcima

Foto: M. Stojnović

Rješenje:

$$E_{el} = P \times t = 4,0 \times 8 = 32 \text{ kWh}$$

7. POLJOPRIVREDNI TRAKTORI



Slika 18. Traktor u radu s diskosnom kosilicom – Surhuizum, Nizozemska

Foto: M. Stojnović

7.1. Bilanca snage traktora

7.1.1. Izračunajte snagu traktora na poteznici P_p (kW) i stupanj korisnog djelovanja traktora η_{tr} ako je instalirana snaga motora traktora $P_e = 68$ kW, težina traktora $G = 3100$ kg, radna brzina $v = 8$ km/h, stupanj korisnog djelovanja transmisije $\eta_m = 0,87$, koeficijent otpora kotrljanja $f_k = 0,1$, klizanje pogonskih kotača $\delta = 0,14$, a traktor radi na usponu od 50 ‰ ($i = 0,05$).

Rješenje:

Gubici snage u transmisiji:

$$P_t = P_e \times (1 - \eta_m) = 68 \times (1 - 0,87) = \mathbf{8,84 \text{ kW}}$$

Gubici snage za savladavanje otpora kotrljanja:

$$P_f = F_f \times v = 3,041 \times 2,22 = \mathbf{6,75 \text{ kW}} \quad (v = 8 \text{ km/h} : 3,6 = 2,22 \text{ m/s})$$

$$F_f = G \times f_k = 30,411 \times 0,1 = 3,041 \text{ kN} \quad (G = 3100 \text{ kg} \times 9,81/1000 = 30,411 \text{ kN})$$

Gubici snage na klizanje pogonskih kotača:

$$P_\delta = P_o \times \delta = 59,16 \times 0,14 = \mathbf{8,28 \text{ kW}}$$

$$P_o = P_e - P_t = 68 - 8,84 = 59,16 \text{ kW}$$

Gubici snage za savladavanje uspona:

$$P_u = F_u \times v = 1,52 \times 2,22 = \mathbf{3,375 \text{ kW}}$$

$$F_u = G \times i = 30,411 \times 0,05 = 1,52 \text{ kN}$$

Snaga na poteznici:

$$P_p = P_e - (P_t + P_f + P_\delta + P_u) = 68 - (8,84 + 6,75 + 8,28 + 3,375) = \mathbf{40,755 \text{ kW}}$$

Stupanj korisnog djelovanja traktora:

$$\eta_{tr} = \frac{P_p}{P_e} = \frac{40,755}{68} = \mathbf{0,599 \times 100 = 59,9 \%}$$

7.2. Vučna bilanca traktora

7.2.1. Izračunajte racionalnu silu traktora na poteznici F_p^r ako je težina traktora $G = 2600$ kg, radna brzina $v = 8$ km/h, koeficijent vuče $\mu = 0,7$, koeficijent otpora kotrljanja $f_k = 0,12$, a uspon $i = 50 \text{ ‰}$ ($50/1000$). Traktor je s pogonom na zadnje kotače.

Rješenje:

$$F_p^r = F_o^r - (F_f + F_u) [kN]$$

$$F_o^r = G_{adh} \times \mu [kN]$$

$$G_{adh} = 2/3 \times G [kN] \quad (\text{za traktore s pogonom na zadnje kotače} - 4 \times 2)$$

$$G_{adh} = 2/3 \times 25,506 = 17,004 kN \quad G = 2600 \times \frac{9,81}{1000} = 25,506 kN$$

$$F_o^r = 17,004 \times 0,7 = 11,903 kN$$

$$F_f = G \times f_k = 25,506 \times 0,12 = 3,061 kN$$

$$F_u = G \times i = 25,506 \times \frac{50}{1000} = 25,506 \times 0,05 = 1,275 kN$$

$$F_p^r = 11,903 - (3,061 + 1,275) = 7,567 kN$$

7.2.2. Izračunajte racionalnu silu traktora na poteznici F_p^r ako je težina traktora $G = 3900$ kg, radna brzina $v = 7$ km/h, koeficijent vuče $\mu = 0,65$, koeficijent otpora kotrljanja $f_k = 0,11$, a uspon $i = 45 \text{ ‰}$ ($45/1000$). Traktor je s pogonom na sve kotače (4×4).

Rješenje:

$$F_p^r = F_o^r - (F_f + F_u) [kN]$$

$$F_o^r = G_{adh} \times \mu [kN]$$

$$G_{adh} = G [kN] \text{ (za traktore s pogonom na sve kotače - 4x4)}$$

$$G_{adh} = \frac{3900 \times 9,81}{1000} = 38,259 kN$$

$$F_o^r = 38,259 \times 0,65 = 24,868 kN$$

$$F_f = G \times f_k = 38,259 \times 0,11 = 4,208 kN$$

$$F_u = G \times i = 38,259 \times \frac{45}{1000} = 1,721 kN$$

$$F_p^r = 24,868 - (4,208 + 1,721) = 18,939 kN$$

7.3. Traktorsko-strojni agregati (TSA)



Slika 19. Traktor u radu s rotacijskom kosilicom – Surhuizum, Nizozemska

Foto: M. Stojnović

7.3.1. Radni otpor priključnog stroja – oruđa

Specifični radni otpor strojeva i oruđa – k [N/m]

$$R_o = B_r \times k \quad [N]$$

$$B_r = \text{radni zahvat} \quad [m]$$

$$k = \text{specifični otpor} \quad [N/m]$$

7.3.1.1. Izračunajte radni otpor tanjurače radnog zahvata $B_r = 3m$ ako je specifični otpor po metru zahvata $k = 2500 N/m$.

Rješenje:

$$R_o = 3 \times 2500 = 7500N$$

7.3.1.2. Izračunajte radni otpor žitne sijačice ako je broj redova koje sije $n=24$, međuredni razmak u sjetvi $b=12\text{cm}$, a specifični otpor po metru zahvata $k = 2200\text{ N/m}$.

Rješenje:

$$B_r = n \times b = 24 \times 12 = 288\text{cm} = 2,88\text{m}$$

$$R_o = 2,88 \times 2200 = 6336\text{N}$$

7.3.2. Radni otpor lemešnog pluga

$$R_{pl} = B_r \times a \times k \text{ [N]}$$

B_r = radni zahvat pluga [cm]

a = dubina oranja [cm]

k = specifični otpor tla [N/cm^2]

7.3.2.1. Izračunajte radni otpor 2-brazdnog lemešnog pluga ako je radni zahvat jednog plužnog tijela $b = 30\text{ cm}$, dubina oranja $a = 25\text{ cm}$, a specifični otpor tla u oranju $k = 10\text{ N/cm}^2$.

Rješenje:

$$B_r = n \times b = 2 \times 30 = 60\text{cm}$$

$$R_{pl} = 60 \times 25 \times 10 = 15000\text{N} = 15\text{kN}$$

7.3.2.2. Izračunajte radni otpor 3-brazdnog lemešnog pluga ako je radni zahvat pluga

$B_r = 3 \times 40\text{ cm} = 120\text{ cm}$, dubina oranja $a = 30\text{ cm}$, a specifični otpor tla u oranju $k = 9\text{ N/cm}^2$.

Rješenje:

$$R_{pl} = 120 \times 30 \times 9 = 32400\text{N} = 32,4\text{kN}$$

7.3.2.3. Izračunajte dubinu oranja 1-brazdnim lemešnim plugom ako je radni zahvat $B_r = 30\text{ cm}$, specifični otpor tla $k = 12\text{ N/cm}^2$, a radni otpor pluga $R_{pl} = 9000\text{ N}$.

Rješenje:

$$a = \frac{R_{pl}}{B_r \times k} = \frac{9000}{30 \times 12} = 25 \text{ cm}$$

7.3.2.4. Izračunajte radni zahvat lemešnog pluga za oranje na dubinu od $a = 22$ cm ako je specifični otpor tla $k = 10$ N/cm², a radni otpor pluga može iznositi $R_{pl} = 20$ kN.

Rješenje:

$$B_r = \frac{R_{pl}}{a \times k} = \frac{20000}{22 \times 10} = 90,9 \text{ cm}$$

7.3.2.5. Izračunajte specifični otpor tla u oranju 2-brazdnim lemešnim plugom ako je radni zahvat pluga $B_r = 2 \times 35 = 70$ cm, dubina oranja $a = 25$ cm, a izmjereni radni otpor pluga bio je $R_{pl} = 15$ kN.

Rješenje:

$$k = \frac{R_{pl}}{B_r \times a} = \frac{15000}{70 \times 25} = 8,57 \text{ N/cm}^2$$

7.3.3. **Proizvodnost rada traktorsko-strojnog agregata (radni učinak)**

Proizvodnost rada agregata određena je radnim zahvatom (B_r) u metrima, brzinom rada (v) u km/h i koeficijentom iskorištenja radnog vremena (τ).

7.3.3.1. Izračunajte proizvodnost rada agregata traktor + 2-brazdni lemešni plug radnog zahvata $B_r = 70$ cm ako je radna brzina $v = 7$ km/h, a koeficijent iskorištenja radnog vremena $\tau = 0,65$.

Rješenje:

$$W_h = 0,1 \times B_r \times v \times \tau = 0,1 \times 0,7 \times 7 \times 0,65 = 0,32 \text{ ha/h}$$

7.3.3.2. Izračunajte proizvodnost rada univerzalnog žitnog kombajna u žetvi pšenice W_h (ha/h) i $W_{h \text{ mas.}}$ (t/h) ako je prinos (urod) $U = 6$ t/ha zrna, odnos zrno : slama je 1 : 1 (50% : 50%), propusna moć žitnog kombajna $Q = 12$ kg/s, iskorištenost propusne moći u radu $\eta = 0,9$ (90 %), radni zahvat žitnog hedera $B_r = 5,6$ m, a koeficijent iskorištenja radnog vremena $\tau = 0,55$.

Rješenje:

Izračun radne brzine:

$$v = \frac{Q \times \eta}{A_1 \times q} [m/s] \times 3,6 [km/h]$$

$$v = \frac{12 \times 0,9}{5,6 \times 1,2} = 1,607 \text{ m/s} \times 3,6 = 5,78 \text{ km/h}$$

$A_1 =$ površina za 1 m puta ($B_r \times 1 \text{ m} = \text{m}^2/\text{m}$ puta) = $5,6 \times 1 = 5,6 \text{ m}^2/\text{m}$ puta

$q =$ prinos zrna i slame po m^2 (kg/m^2) = $6000 \text{ kg}/10000 \text{ m}^2$ zrna + slama = $1,2 \text{ kg}/\text{m}^2$ zrna i slame

Izračun proizvodnosti rada (radnog učinka):

$$W_h = 0,1 \times B_r \times v \times \tau [ha/h]$$

$$W_h = 0,1 \times 5,6 \times 5,78 \times 0,55 = 1,78 \text{ ha/h}$$

$$W_{h \text{ mas.}} = W_h \times U = 1,78 \times 6 = 10,68 \text{ t/h}$$

7.3.3.3. Izračunajte proizvodnost rada traktora s prskalicom W_h (ha/h) ako je radni zahvat prskalice $B_r = 12$ m, norma prskanja $Q = 250$ l/ha, kapacitet rasprskivača $q = 1,2$ l/min, broj rasprskivača $n = 24$, a stupanj iskorištenja radnog vremena $\tau = 0,6$.

Rješenje:

Izračun radne brzine:

$$v = \frac{C_a \times 600}{Q \times B_r} \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$C_a = n \times q = 24 \times 1,2 = 28,8 \text{ l/min}$$

(C_a = kapacitet prskalice u l/min)

$$v = \frac{28,8 \times 600}{250 \times 12} = 5,76 \text{ km/h}$$

Izračun proizvodnosti rada:

$$W_h = 0,1 \times B_r \times v \times \tau \left[\frac{ha}{h} \right]$$

$$W_h = 0,1 \times 12 \times 5,76 \times 0,6 = 4,15 \text{ ha/h}$$

7.3.4. Utrošak rada traktorsko-strojnog agregata

Utrošak rada traktorsko-strojnog agregata recipročna je vrijednost njegove proizvodnosti rada (radnog učinka), a iskazuje se utrošenim satima po jedinici površine.

$$T_{ha} = \frac{1}{W_h} \left[\frac{h}{ha} \right]$$

7.3.4.1. Izračunajte utrošak rada traktora u oranju 3-brazdnim plugom radnog zahvata $Br = 3 \times 45$ cm prosječnom brzinom $v = 7$ km/h ako je koeficijent iskorištenja radnog vremena $\tau = 0,6$.

Rješenje:

$$T_{ha} = \frac{1}{W_h} = \frac{1}{0,1 \times 1,35 \times 7 \times 0,6} = \frac{1}{0,567} = 1,76 \text{ h/ha}$$

8. DODATAK

8.1. Međunarodni sustav mjernih jedinica

(SI - *Système International d'Unités*)

OSNOVNE SI JEDINICE

Međunarodni sustav mjernih jedinica (SI sustav) temelji se na 7 osnovnih mjernih jedinica (Tablica 1.).

Tablica 1. Osnovne mjerne jedinice SI sustava ^[3]

Osnovna veličina		Osnovna SI jedinica	
Naziv	Znak	Naziv	Znak
duljina	l, x, r, \dots	metar	m
masa	m	kilogram	kg
vrijeme, trajanje	t	sekunda	s
električna struja	I, i	amper	A
termodinamička temperatura	T	kelvin	K
množina (količina) tvari	n	mol	mol
svjetlosna jakost	I_v	kandela	cd

Definicije osnovnih mjernih jedinica SI sustava

Jedinica duljine

Metar je duljina puta koji svjetlost prijeđe u praznini za vrijeme jednog 299 792 458-og dijela sekunde.

Jedinica mase

Kilogram je jedinica mase; jednak je masi međunarodne pramjere kilograma.

Jedinica vremena

Sekunda je trajanje 9 192 631 770 perioda zračenja koje odgovara prijelazu između dviju hiperfinskih razina osnovnog stanja atoma cezija 133.

Jedinica električne struje

Amper je jakost stalne električne struje koja bi, tekući dvama usporednim, neizmjereno dugačkim ravnim vodičima, zanemarivo malena kružnoga presjeka, razmaknutim u praznini jedan metar, proizvela među tim vodičima silu od 2×10^{-7} njutna po metru njihove duljine.

Jedinica termodinamičke temperature

Kelvin je termodinamička temperatura koja je jednaka 273,16-om dijelu termodinamičke temperature trojnoga stanja vode.

Ova definicija se odnosi na vodu izotopnog sastava koji određuje sljedeći omjer tvari: 0,00015576 mola ^2H po molu ^1H , 0,0003799 mola ^{17}O po molu ^{16}O i 0,0020052 mola ^{18}O po molu ^{16}O .

Jedinica množine

Mol je množina sustava koji sadržava toliko elementarnih jedinki koliko ima atoma u 0,012 kilograma ugljika 12.

Kada se upotrebljava mol, treba iskazati elementarne jedinice; to mogu biti atomi, molekule, ioni, elektroni, druge čestice ili pojedinačno navedene skupine takvih čestica.

Jedinica svjetlosne jakosti

Kandela je svjetlosna jakost u određenome smjeru iz izvora koji odašilje jednobojno zračenje frekvencije 540×10^{12} herca i kojemu je zračena jakost u tome smjeru (1/683) vata po steradianu.

Iz osnovnih SI jedinica pravilom koherentnosti (jediničnih vrijednosti) dobivaju se izvedene SI jedinice čiji su primjeri prikazani u Tablicama 2. i 3.

Tablica 2. Primjeri izvedenih SI jedinica koje su izražene pomoću osnovnih jedinica ^[3]

Izvedena veličina		Izvedena SI jedinica	
Naziv	Znak	Naziv	Znak
Ploština	A	čtvorni metar	m^2
Obujam	V	kubični metar	m^3
Brzina	v	metar u sekundi	$m s^{-1}$
Ubrzanje (akceleracija)	a	metar u sekundi na kvadrat	$m s^{-2}$
valni broj	σ	recipročni metar	m^{-1}
gustoća, gustoća mase	ρ	kilogram po kubičnome metru	$kg m^{-3}$
površinska gustoća	ρ_A	kilogram po četvornome metru	$kg m^{-2}$
specifični obujam	v	kubični metar po kilogramu	$m^3 kg^{-1}$
gustoća struje	j	amper po četvornome metru	$A m^{-2}$
jakost magnetskog polja	H	amper po metru	$A m^{-1}$
množinska koncentracija, koncentracija	c	mol po kubičnome metru	$mol m^{-3}$
masena koncentracija	ρ, γ	kilogram po kubičnome metru	$kg m^{-3}$
osvjetljenje	L_v	kandela po četvornome metru	$cd m^{-2}$

Tablica 3. Izvedene SI jedinice s posebnim nazivima i znakovima ^[3]

Izvedena veličina	Izvedena SI jedinica			
	Naziv	Znak	Izražena pomoću drugih SI jedinica	Izražena pomoću osnovnih SI jedinica
ravninski kut	radijan	rad	1	$m\ m^{-1}$
prostorni kut	steradian	sr	1	$m^2\ m^{-2}$
frekvencija	herc	Hz		s^{-1}
sila	njutn	N		$m\ kg\ s^{-2}$
tlak, naprezanje	paskal	Pa	N/m^2	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
energija, rad, količina topline	džul	J	$N\ m$	$m^2\ kg\ s^{-2}$
snaga	vat	W	J/s	$m^2\ kg\ s^{-3}$
električni naboj, količina elektriciteta	kulon	C		$s\ A$
razlika električnih potencijala, elektromotorna sila	volt	V	W/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
kapacitet	farad	F	C/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
električni otpor	om	Ω	V/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$
električna vodljivost	simens	S	A/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
magnetski tijek	veber	Wb	$V\ s$	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
gustoća magnetskog tijeka	tesla	T	Wb/m^2	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
indukcija	henri	H	Wb/A	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
Celzijeva (Celsiusova) temperatura	Celzijev stupanj	$^{\circ}C$		K
svjetlosni tijek	lumen	lm	$cd\ sr$	Cd
osvjetljenje	luks	lx	lm/m^2	$m^{-2}\ cd$
aktivnost radionuklida	bekerel	Bq		s^{-1}
apsorbirana doza, specifična (predana) energija	grej	Gy	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
dozni ekvivalent	sivert	Sv	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
katalitička aktivnost	katal	kat		$s^{-1}\ mol$

Tablica 4. Primjeri izvedenih SI jedinica čiji nazivi i znakovi uključuju izvedene SI jedinice s posebnim nazivima i znakovima ^[3]

Izvedena veličina	Naziv	Izvedena suvisla SI jedinica	
		Znak	Izražena pomoću osnovnih SI jedinica
dinamička viskoznost	paskal sekunda	Pa s	$\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-1}$
moment sile	njutn metar	N m	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
površinska napetost	njutn po metru	N/m	kg s^{-2}
kutna brzina	radijan u sekundi	rad/s	$\text{m m}^{-1} \text{s}^{-1} = \text{s}^{-1}$
kutno ubrzanje	radijan u sekundi na kvadrat	rad/s ²	$\text{m m}^{-1} \text{s}^{-2} = \text{s}^{-2}$
gustoća toplinskog tijeka	vat po četvornome metru	W/m ²	kg s^{-3}
toplinski kapacitet, entropija	džul po kelvinu	J/K	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1}$
specifični toplinski kapacitet, specifična entropija	džul po kilogramu kelvinu	J/(kg K)	$\text{m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$
specifična energija	džul po kilogramu	J/kg	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$
toplinska vodljivost	vat po metru kelvinu	W/(m K)	$\text{m kg s}^{-3} \text{K}^{-1}$
gustoća energije	džul po kubičnome metru	J/m ³	$\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-2}$
jakost električnog polja	volt po metru	V/m	$\text{m kg s}^{-3} \text{A}^{-1}$
gustoća električnog naboja	kulon po kubičnome metru	C/m ³	$\text{m}^{-3} \text{s A}$
površinska gustoća naboja	kulon po četvornome metru	C/m ²	$\text{m}^{-2} \text{s A}$
gustoća električnog tijeka, električni pomak	kulon po četvornome metru	C/m ²	$\text{m}^{-2} \text{s A}$
permitivnost	farad po metru	F/m	$\text{m}^{-3} \text{kg}^{-1} \text{s}^4 \text{A}^2$
permeabilnost	henri po metru	H/m	$\text{m kg s}^{-2} \text{A}^{-2}$
molarna energija	džul po molu	J/mol	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{mol}^{-1}$
molarna entropija, molarni toplinski kapacitet	džul po molu kelvinu	J/(mol K)	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
izlaganje (X-zrakama i γ -zrakama)	kulon po kilogramu	C/kg	$\text{kg}^{-1} \text{s A}$
brzina apsorbirane doze	grej po sekundi	Gy/s	$\text{m}^2 \text{s}^{-3}$
jakost zračenja	vat po steradijanu	W/sr	$\text{m}^4 \text{m}^{-2} \text{kg s}^{-3} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$
radijancija	vat po četvornome metru steradijanu	W/(m ² sr)	$\text{m}^2 \text{m}^{-2} \text{kg s}^{-3} = \text{kg s}^{-3}$
koncentracija katalitičke aktivnosti	katal po kubičnome metru	kat/m ³	$\text{m}^{-3} \text{s}^{-1} \text{mol}$

Tablica 5. Jedinice izvan SI sustava koje se upotrebljavaju s međunarodnim sustavom jedinica ^[3]

Veličina	Naziv jedinice	Znak jedinice	Vrijednost u SI jedinicama
vrijeme, trajanje	minuta	min	1 min = 60 s
	sat	h	1 h = 60 min = 3 600 s
	dan	d	1 d = 24 h = 86 400 s
ravninski kut	stupanj	°	1° = ($\pi/180$) rad
	minuta	'	1' = (1/60)° = ($\pi/10\,800$) rad
	sekunda	"	1" = (1/60)' = ($\pi/648\,000$) rad
Ploština	hektar	ha	1 ha = 1 hm ² = 10 ⁴ m ²
Obujam	litra	L, l	1 L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
Masa	tona	t	1 t = 10 ³ kg

Tablica 6. Druge jedinice izvan SI sustava ^[3]

Veličina	Naziv jedinice	Znak jedinice	Vrijednost u SI jedinicama
tlak	Bar	bar	1 bar = 0.1 MPa = 10 ⁵ Pa
	milimetar žive	mmHg	1 mmHg \approx 133.322 Pa
duljina	angstrom	Å	1 Å = 0.1 nm = 10 ⁻¹⁰ m
udaljenost	morska milja	M	1 M = 1852 m
ploština	Barn	b	1 b = 100 fm ² = 10 ⁻²⁸ m ²
brzina	Čvor	kn	1 kn = (1852/3600) m s ⁻¹

Tablica 7. Mjerne jedinice dozvoljene samo za posebnu uporabu ^[3]

Područje primjene	Jedinica		
	Naziv	Znak	Vrijednost
Mjerenje udaljenosti i brzine	milja	mile	1 mile = 1 609 m
	jard	yd	1 yd = 0,9144 m
	stopa	ft	1 ft = 0,3048 m
	inč	in	1 in = $2,54 \times 10^{-2}$ m
Trgovanje plemenitim kovinama	troy unca	oz tr	1 oz tr = $31,10 \times 10^{-3}$ kg

Tablica 8. Jedinice koje se definiraju na temelju SI jedinica, ali nisu njihovi decimalni višekratnici ili nižekratnici ^[3]

Veličina	Jedinica		
	Naziv	Znak	Vrijednost
ravninski kut	okretaj		1 okretaj = 2π rad
	gon ili grad	gon	1 gon = $(\pi/200)$ rad
	stupanj	°	1° = $(\pi/180)$ rad
	kutna minuta	'	1' = $(\pi/10\ 800)$ rad
	kutna sekunda	"	1" = $(\pi/648\ 000)$ rad
vrijeme	minuta	min	1 min = 60 s
	sat	h	1 h = 3 600 s
	dan	d	1 d = 86 400 s

Tablica 9. Decimalne mjerne jedinice – SI predmetci ^[3]

Višekratnik	Predmetak	Znak	Višekratnik	Predmetak	Znak
10 ¹	deka	da	10 ⁻¹	deci	d
10 ²	hekto	h	10 ⁻²	centi	c
10 ³	kilo	k	10 ⁻³	mili	m
10 ⁶	mega	M	10 ⁻⁶	mikro	μ
10 ⁹	giga	G	10 ⁻⁹	nano	n
10 ¹²	tera	T	10 ⁻¹²	piko	p
10 ¹⁵	peta	P	10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ¹⁸	eksa	E	10 ⁻¹⁸	ato	a
10 ²¹	zeta	Z	10 ⁻²¹	zepto	z
10 ²⁴	jota	Y	10 ⁻²⁴	jokto	y

Dodavanjem odgovarajućeg predmetka ispred neke mjerne jedinice dobivamo tzv. decimalnu jedinicu koja je njezin višekratnik ili nižekratnik.

S obzirom na to da je osnovna jedinica za masu već decimalna jedinica (kilogram), ostali decimalni višekratnici i nižekratnici jedinice mase tvore se dodavanjem naziva predmetka nazivu „gram“, a znakovi predmetaka znaku jedinice „g“.

Ovi SI predmetci odnose se na potencije broja 10. Oni se ne smiju upotrebljavati za označavanje potencija broja 2 (na primjer jedan kilobit prikazuje 1000 bita, a ne 1024 bita). Nazivi i znakovi predmetaka i odgovarajuće potencije broja 2 su:

- kibi (Ki), 2¹⁰
- mebi (Mi), 2²⁰
- gibi (Gi), 2³⁰
- tebi (Ti), 2⁴⁰
- pebi (Pi) 2⁵⁰
- eksbi (Ei) 2⁶⁰.

Prema tome, jedan kibibajt bi se pisao $1 \text{ KiB} = 2^{10} \text{ B} = 1024 \text{ B}$, gdje B označava bajt. Premda ti predmetci nisu dio SI sustava, **treba ih upotrebljavati u području informacijske tehnike** kako bi se izbjegla neispravna uporaba SI predmetaka.

9. LITERATURA

1. Andreić, Ž. (2018.): *Fizika, Gibanja i sile 2*. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, dostupno na: <https://slideplayer.si/slide/17537808/>
2. Beštak, T. (1982.): *Eksploatacija traktorsko strojnih agregata*. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb
3. Državni zavod za mjeriteljstvo (2006): *Sažeti prikaz međunarodnog sustava jedinica SI*, dostupno na: <https://dzm.gov.hr/UserDocsImages/Zakonsko%20mjeriteljstvo/si-sazetak.pdf>
4. Državni zavod za mjeriteljstvo (2015.): *Pravilnik o mjernim jedinicama*, NN 88/2015, dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_08_88_1737.html
5. Jagar, N.; Filipović, D. (1997.): *Traktor na poljoprivrednim obiteljskim gospodarstvima*. Hrvatski zadružni savez, Zagreb
6. Jelaska, D. (2005.): *Elementi strojeva*, skripta. Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split
7. Kraut, B. (1988): *Strojarski priručnik*. Tehnička knjiga, Zagreb
8. Oberšmit, E.; Krasnik, A. (1980.): *Prijenosnici snage, zbirka riješenih zadataka iz elemenata strojeva*. Tehnička knjiga, Zagreb
9. Pavičić, M. (1984.): *Zbirka riješenih zadataka iz fizike*. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet građevinskih znanosti, Zagreb
10. Petrić, J. (2012.): *Hidraulika i pneumatika I. dio: Hidraulika*. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
11. <http://brod.sfsb.hr/~ikladar/Materijali%20I/Vlacni%20pokus.pdf>.
12. https://www.lancerregister.com/faq_f05.php
13. <https://hr.prodaja2021.com/category?name=remeni%20remenice%20bjelovar>
14. <https://www.google.com/search?q=zup%C4%8Dasti+parovi+gif&tbm>
15. <https://www.google.com/search?q=gears%20gif&tbm=isch&hl=hr&tbs>
16. <https://www.google.com/search?q=gear+train&tbm=isch&ved>
17. https://hr.wikipedia.org/wiki/Podna_dizalica
18. <https://www.google.com/search?q=vij%C4%8Dana+dizalica&tbm>
19. <https://www.zoompumps.com/article/working-principal-of-centrifugal-pump/>
20. https://medium.com/@communications_21063/understanding-how-reciprocating-pumps-work-designs-types-of-reciprocating-pumps-d86550e04cc7
21. <https://www.physics.hku.hk/~phys1055/images/engine-inline-4.gif>

22. <https://www.stem.ba/fizika/tutorijali/item/20-trenje>
23. <https://www.ffri.hr/~mdundjer/Elementi%20strojeva%20II/11TrenjeTrosenjeIPodmazivanje.pdf>
24. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Indukcijski_motor#/media/Datoteka:Rotterdam_Ahoy_Europort_2011_\(14\).JPG](https://hr.wikipedia.org/wiki/Indukcijski_motor#/media/Datoteka:Rotterdam_Ahoy_Europort_2011_(14).JPG)
25. <https://jakopic.hr/index.php/traktori/elektrika/elektropokretaci.html>
26. https://www.inamaziva.hr/storage/upload/product_categories/INA_MAZIVA_KATA_LOG_125244.pdf

10. POPIS ILUSTRACIJA

0.	Naslovna slika – zavarivanje, vježbe [Foto: M. Stojnović]	
1.	Vlačni pokus – probna palica ^[11]	3
2.	Lom vijka uslijed preopterećenja ^[12]	3
3.	Primjer remenskog prijenosa s klinastim remenjem ^[13]	5
4.	Zupčani prijenos sa stožastim zupčanicima ^[14]	7
5.	Shema rednog zupčanog prijenosa ^[15]	8
6.	Shema složenog zupčanog prijenosa ^[16]	8
7.	Shema trenja klizanja ^[22]	10
8.	Shema trenja klizanja na kosini ^[1]	11
9.	Shema trenja kotrljanja ^[23]	11
10.	Shema centrifugalne crpke ^[19]	14
11.	Shema stapne crpke ^[20]	15
12.	Shema hidraulične dizalice ^[17]	16
13.	Shema vijčane dizalice ^[18]	17
14.	Shema 4-cilindričnog motora SUI ^[21]	18
15.	Presjek elektromotora ^[24]	21
16.	Elektropokretač za traktor ^[25]	22
17.	Mlin čekićar – stočarski praktikum Visokoga gospodarskog učilišta u Križevcima [Foto: M. Stojnović]	23
18.	Traktor u radu s diskosnom kosilicom – Surhuizum, Nizozemska [Foto: M. Stojnović]	24
19.	Traktor u radu s rotacijskom kosilicom – Surhuizum, Nizozemska [Foto: M. Stojnović]	27

Tehničko-urednički podaci praktikuma „Osnove poljoprivrednog strojarstva“

Praktikum kao elektronička publikacija obuhvaća sljedeće elemente:

- 50 stranica
- 6 146 riječi
- odlomaka 1 034
- slika 10
- shema 10
- literatura
- znakova (bez praznina) 33 654/ 1.12 autorskih araka
- znakova (s prazninama) 39 137/1.30 autorskih araka
- redaka 1 529
- 3 knjige; 2 izvora – Državno mjeriteljstvo; 1 časopis, 1 skripta, 1 priručnik; 2 zbirke zadataka, 16 izvora s mrežnih stranica
- Praktikumom je obuhvaćeno ukupno 10 slika, 6 slika s mrežnih stranica i 4 autorske slike, te 9 shema s mrežnih stranica i 1 shema iz knjige.

11. BILJEŠKA O AUTORU

Mr. sc. Mimir Stojnović, v. pred.: rođen je u Brezovljanima Vojlovičkim kraj Orahovice, Republika Hrvatska, 28. rujna 1959. godine. U Zagrebu živi od 1962. godine. Po završetku gimnazije, upisuje studij Poljoprivrede, smjer Mehanizacija poljoprivrede, na Fakultetu poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu (danas Agronomski fakultet) na kojem diplomira 1982. godine. Na istome fakultetu upisuje poslijediplomski magistarski studij Mehanizacije poljoprivrede te magistrira 1989. godine.

Godine 1983. zapošljava se na Poljoprivrednom institutu u Križevcima (današnjem Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima), prvo kao pripravnik, a zatim kao asistent i viši predavač na predmetima iz područja mehanizacije poljoprivrede.

Nositelj je pet predmeta na preddiplomskom stručnom studiju *Poljoprivreda* (Osnove poljoprivrednog strojarstva, Strojevi i uređaji u stočarstvu, Mehanizacija i automatizacija farme, Eksploatacija i održavanje strojeva farme, Graditeljstvo u zootehnici) te predmeta Mehanizacija u održivoj i ekološkoj poljoprivredi na specijalističkom diplomskom stručnom studiju *Poljoprivreda*, smjer *Održiva i ekološka poljoprivreda*.

Tijekom dugogodišnjega neprekinutog nastavničkog, stručnog i znanstveno-istraživačkog rada na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima prenosio je svoje stručno znanje i iskustvo na brojne generacije studenata, bio je mentor studentima pri izradi velikog broja završnih i diplomskih radova, objavio je 40-tak znanstvenih i stručnih radova u inozemnim i domaćim stručnim časopisima, zbornicima s međunarodnih i domaćih znanstvenih i stručnih skupova – savjetovanja, simpozija i konferencija.

Tijekom dosadašnjeg rada usavršavao se u zemlji i inozemstvu sudjelujući na domaćim i međunarodnim znanstvenim i stručnim projektima te studijskim putovanjima. Aktivno sudjeluje u Erasmus i Erasmus⁺ programima mobilnosti Agencije za mobilnost i programe EU kao gostujući predavač studentima u Češkoj (Mendel University in Brno, Faculty of AgriSciences) i Bugarskoj (University of Agribusiness and Rural Development, Plovdiv) te transverzalnom programu za cjeloživotno učenje u Njemačkoj (Studienseminar für Gymnasien, Hessischer Lehrkräfteakademie, Heppenheim).