

# Energijske i troškovne osobitosti portalne dizalice na stovarištu trupaca

## ENERGY AND ECONOMIC FEATURES OF GANTRY CRANE AT LOG STORAGE

mr. sc. **Ružica Beljo**, dipl. inž.  
Šumarski fakultet Zagreb

UDK 630\*832.13

Primljeno: 1. 3. 1994.  
Prihvaćeno: 25. 10. 1994.

Izvorni znanstveni članak

### Sažetak

U radu su analizirane energijske i troškovne osobitosti portalne dizalice nosivosti 10 t pri radu na stovarištu trupaca. Istraživana je potrošnja električne energije (mjesečna, dnevna, smjenska, jedinična), stupanj iskorištenja instalirane snage elektromotora, električna snaga pojedinih mehanizama granika u ovisnosti o masi transportiranoga tereta i brzini vožnje te cijena radnoga sata portalne dizalice. Utvrđena je relativno mala potrošnja električne energije u odnosu prema ukupnoj potrošnji u pilani te mali udio troškova energije u cijeni radnoga sata portalne dizalice. Na potrošnju energije bitno utječe način upravljanja portalnom dizalicom, a manja jedinična potrošnja energije postiže se boljom organizacijom rada i većim ostvarenim učinkom.

**Ključne riječi:** portalna dizalica, potrošnja energije, električna snaga, troškovi.

### Summary

Log handling and transportation do not increase the quality and value of sawmill products. However, they participate considerably in the expenses of sawmill processing. Gantry cranes are the most frequently used means of transport for log handling at sawmill storages.

The aim of this article was to establish some energy and economic features of the gantry crane with carrying capacity 10 t, operating at the log storage of Lučice sawmill. The investigation covered the consumption of active and reactive electric energy (monthly, daily, shiftly and per unit of handled material), utilization of installed electric motors, electric power of individual gantry crane mechanisms depending on the transported load mass and driving speed, and costs of a gantry crane working hour.

It has been established that the energy consumption of gantry crane participates with only 3,8 % in the total sawmill consumption of electric energy. The energy costs also account for a small part of the costs of a gantry crane working hour. It has been evidenced that the crane operator can influence energy consumption. It has been established that the utilization of the installed power is 0.25 and only the electrical power of the lifting mechanism depends on the transported load mass.

It is indicated that better work organisation with a larger gantry crane output can decrease energy consumption and costs per working hour.

**Key words:** gantry crane, energy consumption, electrical power, costs

## 1. UVOD

### 1. Introduction

S obzirom na naglašene energijske probleme današnjice i visoke cijene energenata, među svim obilježjima transportnoga sredstva posebno značenje ima potrošnja pogonske energije. U drvnjoj je industriji najčešći ručni ili motorni pogon transportnih sredstava. Od motornih pogona na prvom je mjestu pogon elektromotorima, zatim pogon motorima s unutarnjim izgaranjem, oba često imaju hidrauličku i pneumatičku pogonsku pretvorbu.

S obzirom na prekidni tok materijala i ostale radne zahtjeve na stovarištu trupaca, portalna je dizalica (granik, kran) najprikladnije transportno sredstvo. Rukovanjem oblovinom pomoću portalnih dizalica štedi se skladišni prostor i omogućuje nesmetan transport na stovarištima velike površine, a za rad s dizalicom potreban je samo jedan radnik.

Pogon granika gotovo je uvijek električni jer najbolje zadovoljava zahtjeve rada dizalice: pokretanje u mirovanju pod opterećenjem, isprekidan rad, promjena smjera gibanja, česte promjene opterećenja, nužnost fine regulacije hoda i dr. Pritom su problemi električnog

pogona najčešće vezani za relativno velik broj okretaja pogonskih elektromotora i gubitke u prijenosnicima, povezanost pogonskih motora s kontaktnom mrežom ili kabelima za napajanje električnom energijom te zagrijavanje elektromotora.

Podaci o eksploatacijskim obilježjima portalnih dizalica u različitim radnim uvjetima malobrojni su ili ih nema. Pri odabiru granika i planiranju proizvodnih normativa uzimaju se u obzir projektirane vrijednosti, teorijski proračuni i iskustveni podaci.

Na stovarištima trupaca upotrebljavaju se portalni granici čije su brzine portala i voznog vitla veće i od 100 m/min, a brzine dizanja do 60 m/min. Korisna visina slaganja složaja pri uporabi portalnih dizalica seže do visine hvatala s teretom u najvišem položaju, a smanjena je za 2 do 3 m radi sigurnosti radnika koji su eventualno na složaju /4/. Iskorištenje površine stovarišta pri transportu trupaca portalnim granikom uz poprečno postavljanje složajeva iznosi 0,5 do 0,8, a pri uzdužnom postavljanju složajeva površinska korisnost iznosi 0,4 do 0,6 /1/.

U svezi s istraživanjem energijskih osobitosti transportnih sredstava poznati su podaci koje navodi Hamm /8/. Kao osnovno obilježje drvnoindustrijskoga transportnog sredstva Hamm navodi njegovu znatnu potrošnju energije za neopterećeni hod. Faktor iskorištenja instalirane snage elektromotornih pogona za uređaje na stovarištu trupaca iznosi 0,3, a za portalne dizalice od 0,15 do 0,2. Taj faktor ovisi o opterećenju elektromotora i istodobnosti njihova uključivanja tijekom promatranoga vremena, a iskazuje se u odnosu prema instaliranoj snazi. Prosječni faktor snage ( $\cos \varphi$ ) za elektromotorne pogone na stovarištu trupaca iznosi 0,5, koliki je i faktor snage za portalnu dizalicu /8/.

Važnu ulogu pri odabiru portalne dizalice i ocjeni njezine učinkovitosti imaju nabavni i eksploatacijski troškovi.

Mađarević /11/ izdvaja sljedeće pokazatelje djelotvornosti transportnih uređaja:

- troškove po radnome satu kao omjer ukupnih troškova za rad transportnoga sredstva i broja pogonskih sati u vijeku trajanja
- troškove po jedinici premetnutoga tereta kao omjer ukupnih troškova transportnog sredstva i njegova učinka.

## 2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

### 2. Aims of research

Cilj provedenih istraživanja bio je:

- utvrditi potrošnju električne energije portalne dizalice pri radu na stovarištu trupaca te njezin udio u ukupnoj potrošnji električne energije u pilani
- istražiti ovisnost potrošnje električne energije o premetnutome teretu, vremenu rada i učinku transportnoga sredstva
- odrediti stupanj iskorištenja instaliranih elektromotornih kapaciteta portalne dizalice
- ispitati utjecaj rukovatelja granikom na potrošnju

električne energije

- izmjeriti potrebnu snagu za pogon pojedinih mehanizama portalne dizalice u ovisnosti o masi transportiranoga tereta u zahvatu i brzini vožnje
- utvrditi cijenu radnoga sata portalne dizalice, troškove po jedinici premetnutoga tereta te udio troškova energije u ukupnim troškovima.

## 3. OBJEKT ISTRAŽIVANJA

### 3. Object of research

Istraživanja su obavljena na portalnoj dizalici proizvođača "Đuro Đaković", Slavonski Brod, tv. br. 8.13.053. Portalna se dizalica rabi za premetanje oblovine i trupaca na mehaniziranom stovarištu pilane u Lučicama (sl. 1). Nazivne je nosivosti 10 t, sa zahvatnom napravom (grabilicom za trupce) mase 3,5 t. Raspon portala iznosi 60 m, s prepustima od 12,6 m na svakom kraju. Visina dizanja hvatala je 6,5 m. Maksimalni pritisak svakog kotača dizalice je 144,5 kN, a instalirana snaga iznosi 115,95 kW. Radna brzina vožnje portala i vožnje vitla iznosi 80 m/min, a brzine dizanja i spuštanja grabilice su 12 m/min (brzo dizanje) i 1 m/min (sporo dizanje).



Slika 1. Portalna dizalica pri radu na stovarištu trupaca  
Figure 1. Gantry crane working at log storage

Granik je svrstan u II. pogonsku klasu dizalica prema DIN-u 126, a ima pet radnih mogućnosti:

1. dizanje grabilice
2. otvaranje i zatvaranje grabilice
3. okretanje grabilice
4. vožnja voznog vitla
5. vožnja portala.

Portal dizalice je čelične konstrukcije s cijevnim rešetkastim glavnim nosačem. Upravljanje svim pogonima je poluautomatsko a obavlja se iz upravljačke kabine ovješene na voznom vitlu. Portal i vozno vitlo gumenim se kabelima napajaju električnom energijom iz mreže. Glavni napojni kabel tipa RGCT namotan je na kabelski bubanj koji ima vlastiti motorni pogon te ugrađen na nepomičnoj nozi. Dizalica se kreće po željezničkim tranicama tipa 49, koje su posebnim pločicama i sidrenim vijcima učvršćene za betonski temelj. Na svakom kraju kranske pruge nalazi se specijalni odbojnik koji može amortizirati veliku udarnu energiju.

Mehanizam dizanja sastoji se od dva vitla proizvodnje "R. Stahl", s ugrađenim motorom za brzo i sporo dizanje. Pomoću užeta i sklopa kolotura te preko nosive grede ovješena je grabilica.

Mehanizam vožnje portala ugrađen je na bočnu stranu pogonskoga dijela koji ima dva pogonska kotača uležištena na kotrljajuće ležajeve. Ti su pogonski elektromotori vezani u tzv. radnu električnu osovinu, što omogućuje mimo i jednoliko pokretanje i zaustavljanje portala. Sigurnosne naprave granika omogućuju njegov normalan i siguran rad i u slučaju vozačeve pogreške ili vremenskih nepogoda.

#### 4. METODE ISTRAŽIVANJA

##### 4. Research methods

#### Mjerenje potrošnje električne energije

##### Measuring of electric energy consumption

Potrošnja električne energije granika mjerena je tijekom četiri tjedna. Mjerenje je obavljeno dvotarifnim trofaznim brojilom priključenim na napojnu mrežu dizalice. Mjerila su priključena u pogonskoj transformatorskoj stanici (sl. 2). Spajanje brojila na napojnu strujnu mrežu obavljeno je pomoću tri strujna mjerna transformatora priključena na pojedine faze. Stalnica mjernih transformatora određena je prema načinu njihova postavljanja u strujni krug, a jednaka je omjeru ulazne i izlazne struje jer je napon priključenih mjerila ostao jednak radnome (sl. 3).

Brojilom se mogao mjeriti utrošak radne i jalove energije. Karakteristike brojila radne energije bile su: tip T3CTDMP F-4.188, 3x220/380 V, 5(1,5-6) A, 50 Hz, 600 o/kWh. Brojilo jalove energije imalo je ove odrednice: tip T3CTRD2 F-4.191, 5(1,5-6) A, 3x220/380 V, 50 Hz, 600 o/kvarh.

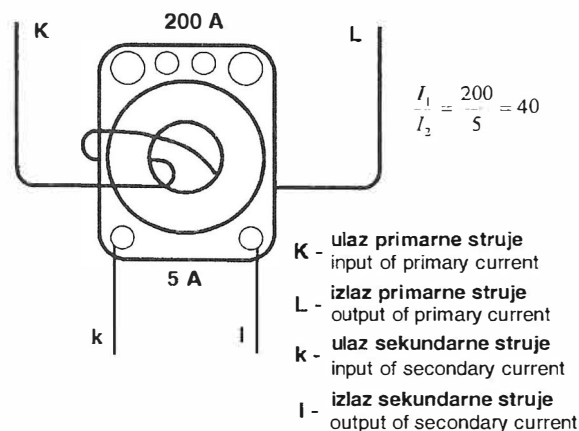
Tarifni sat brojila bio je podešen tako da je mjerena potrošnja električne energije u svakoj smjeni posebno. Na početku svake smjene odčitano je i zabilježeno stanje brojila. Potrošnja električne energije određena je iz razlike dvaju uzastopnih odčitavanja pomnožena sa stalnicom strujnoga transformatora.

Tijekom mjerenja potrošnje električne energije bilježeno je vrijeme rada granika i premetnuti teret te je izračunana satna potrošnja električne energije i jedinična potrošnja po m<sup>3</sup> premetnutoga tereta.



Slika 2. Priključeno električno brojilo u transformatorskoj stanici

Figure 2. Connected electricity meter in the transformer station



Slika 3. Spoj strujnog mjernog transformatora

Figure 3. Connection of the electric transformer

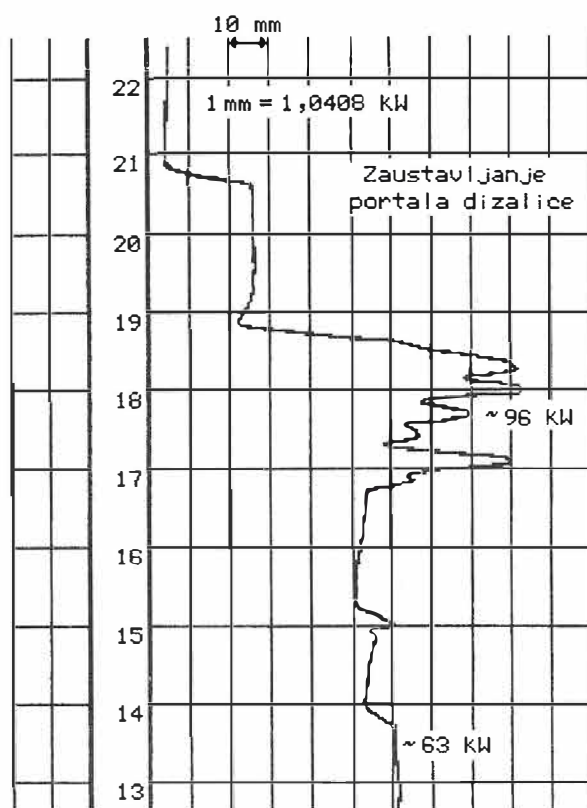
#### Mjerenje snage pojedinih pogona granika

##### Power measuring of the gantry crane individual drives

Električna snaga zasebnih elektromotornih pogona pojedinih mehanizama portalne dizalice tijekom mjerenja zapisivana je na mjernom uređaju NORMA (model 535), koji je pri odabranom pomaku papira upisivao promjenu snage (vatmetar). Radilo se na mjernom području ukupne mjerne stalnice C=5.

Mjerni je uređaj bio spojen na napojnu mrežu portalne dizalice u pogonskoj transformatorskoj stanici, na mjestu postavljanja električnoga brojila, preko istih strujnih mjernih transformatora. Zapis snage mjernim

uređajem NORMA prikazan je na slici 4. Konstanta za odčitavanje iznosa električne snage sa zapisa bila je 1,0408 kW/mm.



Slika 4. Zapis snage registrirajućim vatmetrom NORMA  
Figure 4. Power registered with the wattmeter NORMA

Usmjerenim mjerenjima izvan radnoga vremena zasebno su se uključivali pojedini elektromotori i trošila portalne dizalice te je za svaki posebno utvrđena električna snaga. Trenutak uključivanja pojedinih elektromotora praćen je u dogovoru s rukovateljem, i to pomoću radiostanice. Rukovatelj dizalice najavljivao je svaki sljedeći rad, što je bilježeno na mjernoj vrpci, uz pripadni zapis djelatne snage. Snaga je mjerena pri pojedinim zahvatima portalne dizalice bez tereta, s teretom 4-metarskih trupaca i teretom 8-metarskih trupaca. Pri zahvatu trupaca dugih 4 m u grabilici je bilo 19 trupaca promjera 30 do 36 cm. Iz podatka o gustoći drva podizanih trupaca i njihova obujma izračunana je masa tereta. Za masu tereta trupaca duljine 8 m pretpostavljena je dvostruko veća vrijednost od mase tereta 4-metarskih trupaca. Snaga za pogon vožnje vitla mjerena je za četiri brzine vožnje, a vožnje portala za pet različitih brzina.

#### Troškovi transportnog sredstva

Costs of means of transport

Postupak proračuna troškova po radnome satu transportnoga sredstva uzet je prema metodi FAO-a /7/, a

podaci za izračunavanje tih troškova iz literature /6, 11, 14/, iz vlastitih istraživanja i iz knjigovodstvenih podataka DIP-a Delnice. Troškovi su iskazani u novčanim jedinicama, uz zadržavanje odnosa pojedinih cijena koštanja prema DEM.

Za godišnji broj radnih sati uzeto je 2 000 h. Nabavna cijena i troškovi postavljanja granika uzeti su prema knjigovodstvenim podacima DIP-a Delnice. Pretpostavljeno je da je vijek trajanja 12 godina. Amortizacija je izračunana linearno. Godišnje kamate na osnovna sredstva uzete su u iznosu 6 % od polovice nabavne cijene, a godišnji iznos za osiguranje 4,3 % nabavne vrijednosti. Pretpostavljeni su troškovi održavanja i popravaka u iznosu 90 % amortizacije. U iznos troškova održavanja i popravaka uključen je i dio troškova zaposlenih na održavanju te troškovi potrošnoga materijala i rezervnih dijelova.

Troškovi energije rada portalne dizalice proračunani su prema izmjerenoj potrošnji električne energije i cijeni kilovatsata energije za privredu.

#### Obradba rezultata

Result analysis

Rezultati pojedinih mjerenja analizirani su softverskim rješenjem Horvata i Hitreca /9, 14/ za regresijsku analizu i crtanje krivulje izjednačenja. Koeficijent odnosno indeks korelacije testiran je t-testom uz  $t=0,05$ . Značaj razlike uspoređivanih rezultata mjerenja ispitivan je statističkim testiranjem prema Hitreću i Pavliću /9, 12/.

Pri obradbi rezultata upotrijebljen je i softverski paket EXCEL 4.0.

## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S DISKUSIJOM

5. Results and discussion

### 5.1. Potrošnja energije

5.1. Energy consumption

U tablici 1 navedene su prosječne vrijednosti izmjerene potrošnje električne energije za I. i II. smjenu te proračunana jedinična potrošnja. Naveden je i značaj razlika među smjenama.

Razlika u potrošnji energije između smjena nije značajna (uz  $t=0,05$ ), no zbog značajno različitoga premetnutog tereta utvrđene se jedinične potrošnje energije bitno razlikuju. Pretpostavlja se da je veću jediničnu potrošnju u II. smjeni dijelomice uzrokovalo pripisivanje tereta premetnutoga u II. smjeni onome u I. Naime, jedan dio sortiranih trupaca pripisan I. smjeni ponekad se iz sortirnih predjelaka iznosio tek u II. smjeni.

Ukupna potrošnja radne električne energije u promatranom razdoblju (listopad 1992) iznosila je 4414 kWh, što je prosječno 98,09 kWh po smjeni, odnosno 196,18 kWh po danu. Prema knjigovodstvenim podacima pogona Lučice, ukupna potrošnja električne energije u

Prosječna potrošnja električne energije portalne dizalice  
The average energy consumption of the gantry craneTablica 1.  
Table 1.

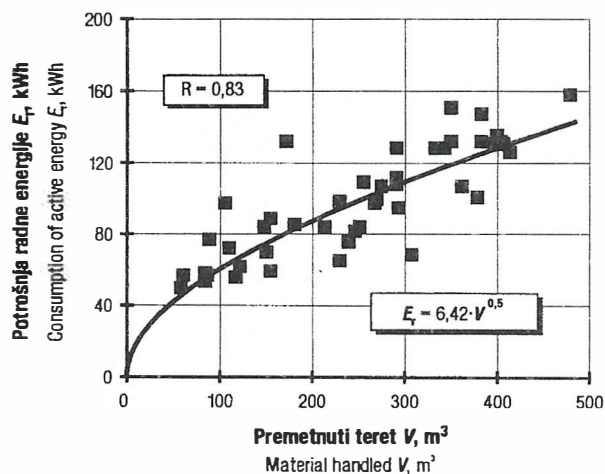
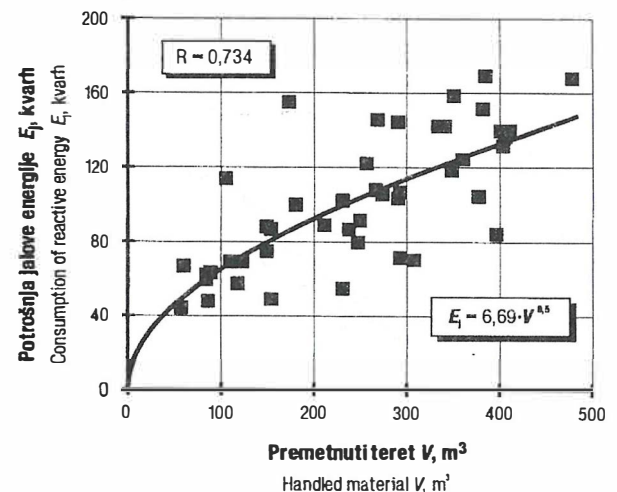
Smjena Shift	Premetnuti teret Material handled	Potrošnja energije Energy consumption		Jedinična potrošnja Consumption per m <sup>3</sup>	
		Radna en. Active en.	Jalova en. Reactive en.	Radna en. Active en.	Jalova en. Reactive en.
	m <sup>3</sup>	kWh	kvar	kWh/m <sup>3</sup>	kvar/m <sup>3</sup>
I	284,48	103,12	105,85	0,41	0,42
II.	202,08	88,15	93,62	0,49	0,52
Značaj razlike Significance	F=1,586 t=2,273	F=1,628 t=0,964	F= 1,414 t=0,718	F=1,999 t=2,107	F=2,050 t=2,278

pilani za listopad 1992. godine bila je 1 16 363 kWh. Prema tomu, potrošnja električne energije portalne dizalice na stovarištu iznosi svega 3,8 % ukupne potrošnje u pilani, a instalirana je snaga portalne dizalice u odnosu prema ukupno instaliranoj snazi u pilani bila 6,65 %.

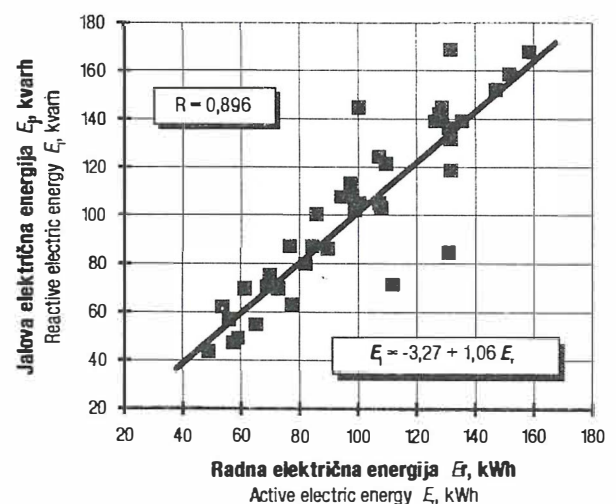
Takav je rezultat posljedica smanjenoga korištenja tehničkoga kapaciteta portalne dizalice za vrijeme ovih istraživanja /3/.

Prosječna jedinica potrošnje električne energije granika iznosi 0,45 kWh/m<sup>3</sup>. Utrošak električne energije po 1 m<sup>3</sup> drvene sirovine u pilanama za preradb drva četinjača iznosi 10 do 25 kWh/m<sup>3</sup>, ovisno o veličini postrojenja te stupnju mehanizacije i automatizacije /8/. Usporedi li se srednja vrijednost jedinične potrošnje električne energije u pilani s potrošnjom energije granika, proizlazi da portalna dizalica u ukupnoj potrošnji električne energije pri pilanskoj preradbi 1 m<sup>3</sup> drvene sirovine sudjeluje sa samo 2,6%.

Regresijskom analizom podataka dobivene su ovisnosti potrošnje električne energije (radne i jalove) o premetnutome teretu s relativno visokim indeksom korelacije (dijagram 1. i 2).

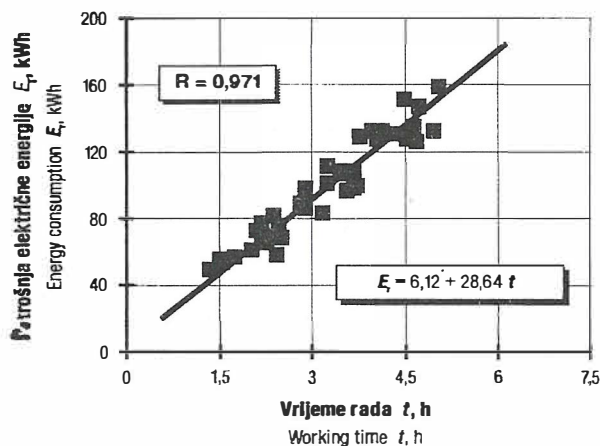
Dijagram 1. Ovisnost potrošnje radne električne energije o premetnutome teretu  
Graph 1. Consumption of active energy vs. material handledDijagram 2. Ovisnost potrošnje jalove električne energije o premetnutome teretu  
Graph 2. Consumption of reactive energy vs. material handled

Na dijagramu 3. prikazana je linearna korelacijska sveza potrošnje jalove električne energije i utrošene radne energije s koeficijentom korelacije  $R=0,896$ .

Dijagram 3. Ovisnost jalove električne energije o potrošnji radne električne energije  
Graph 3. Consumption of reactive energy vs. consumption of active energy

Veliku potrošnju jalove energije uzrokovao je znatan induktivni otpor elektromotornih pogona. S obzirom na znatnu jalovu energiju te nezadovoljavajući faktor snage, nužno je provesti kompenzaciju. U pilani Lučice jalova se energija kompenzira tek iza mjesta našega mjerenja te se nije mogao utvrditi njezin stvarni iznos.

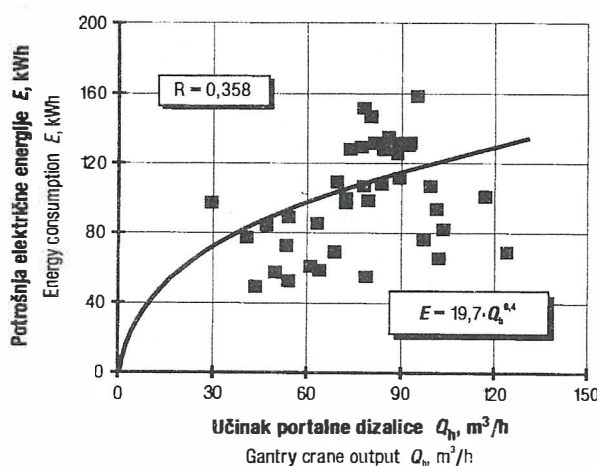
Potrošnja električne energije u određenome vremenu rada ovisi o prosječno djelujućoj snazi pri radu portalne dizalice. Pravac na dijagramu 4. određuje potrošnju radne energije u ovisnosti o vremenu rada, a koeficijent smjera pravca daje prosječnu snagu. Prosječno djelujuća snaga (kW), odnosno satna potrošnja radne energije jest 28,64 kWh. S obzirom na ukupnu instaliranu snagu od 115,95 kW dobiven je faktor iskorištenja snage od 0,25, što je više negoli navodi Hamm (0,15-0,2)/8/. Razlog tomu je vjerojatno rad s većom istodobnošću uključivanja pojedinih pogona.



Dijagram 4. Ovisnost potrošnje električne energije o vremenu rada

Graph 4. Consumption of electric energy vs. working time

Analizom podataka o potrošnji radne energije i učinka dizalice dobivena je slaba korelacijska veza (dijagram 5). To znači da ostvareni učinak u jedinici vremena neznatno utječe na potrošnju električne energije.



Dijagram 5. Ovisnost potrošnje električne energije o učinku portalne dizalice

Graph 5. Consumption of electric energy vs. gantry crane output

S obzirom na to da portalnom dizalicom naizmjenice upravljaju dva radnika, uspoređena je jedinična i satna potrošnja energije pri radu oba rukovatelja (tabl. 2).

Usporedba jedinične i satne potrošnje energije portalne dizalice između dva rukovatelja  
A comparison of energy consumption per hour and per m<sup>3</sup> between two operators

Tablica 2.

Table 2.

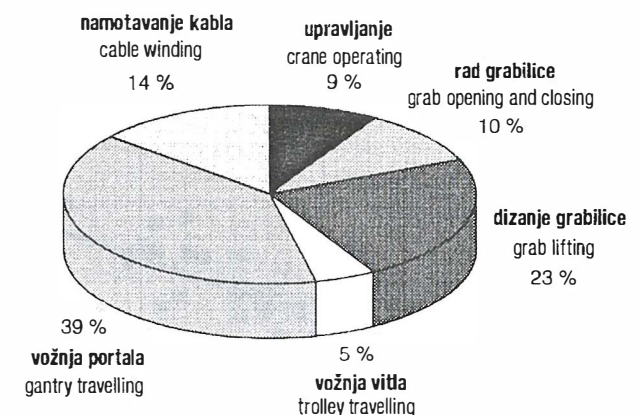
Rukovatelj Operator	Jed. potrošnje energije Energy consumption per m <sup>3</sup> kWh/m <sup>3</sup>	Satna potrošnja energije Energy consumption per hour kWh
I.	0,456	31,525
II.	0,441	29,66
Značaj razlike Significance	0,290	2,290

Između jediničnih potrošnji energije nije se pokazala značajna razlika (pri  $t=0,05$ ), a satna je potrošnja energije bila veća dok je dizalicom upravljao I. radnik. To dokazuje da i način upravljanja dizalicom može utjecati na potrošnju električne energije.

## 5.2. Snaga pojedinih pogona portalne dizalice

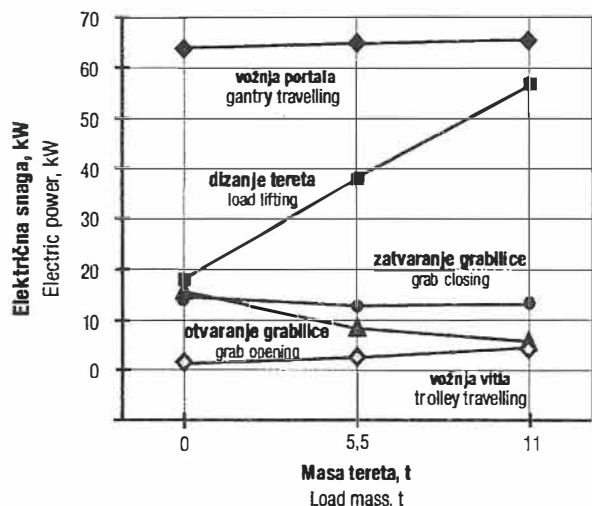
### 5.2. Gantry crane power of individual drives

Udio snage pojedinih pogona i trošila u ukupno instaliranoj snazi portalne dizalice prikazan je na slici 5. Najveći udio u ukupno instaliranoj snazi portalne dizalice čini pogon vožnje portala te mehanizam za dizanje tereta. Za kretanje voznog vitla instalirana je relativno mala snaga.



Slika 5. Udio snage pojedinih pogona u ukupnoj instaliranoj snazi portalne dizalice  
Figure 5. Power share of the particular mechanisms in the total installed power of gantry crane

Odčitanjem zapisa registrirajućeg vatmetra dobivene su električne snage pojedinih pogona portalne dizalice. Ovisnost o masi zahvaćenih trupaca predočuje dijagram 6.



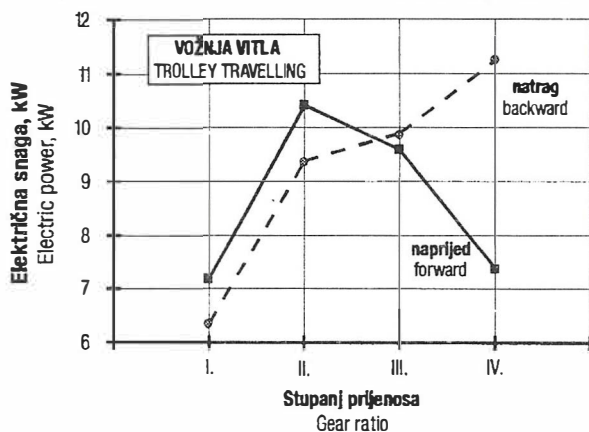
Dijagram 6. Ovisnost električne snage pojedinih mehanizama o masi tereta

Graph 6. Electric power of the particular mechanism vs. mass of load

Električna snaga za pogon vožnje portala, vožnju vitla i zatvaranje grabilice ne mijenja se bitno s povećanjem mase tereta. Snaga potrebna za otvaranje grabilice malo je manja kada je u njoj teret veće mase. Najveće promjene snage s povećanjem mase tereta utvrđene su za elektromotore mehanizma za dižanje. Snaga potrebna za dižanje tereta razmjerno se povećava s povećanjem mase zahvaćenih trupaca.

Prema približnome pogonskom dijagramu elektromotora dizanja (koristeći se izvornim podacima s pločice elektromotora) određena je mehanička snaga za izmjerene električne vrijednosti te izračunano opterećenje elektromotora. Opterećenje motora dizanja iznosilo je pri zahvatu pune grabilice 4-metarskih trupaca 86,8 %. Pri dizanju pune grabilice 8-metarskih trupaca (oko 11 t), uz prekoračenje nosivosti granika, nastaje i preopterećenje elektromotora od 56 %.

Promjena električne snage s mijenjanjem stupnja prijenosa pogona vitla (brzine vožnje) dana je na dijagramu 7.

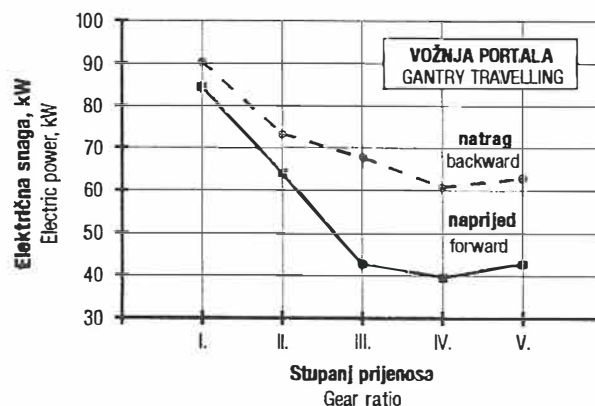


Dijagram 7. Ovisnost električne snage za pogon vožnje vitla o brzini vožnje (stupnju prijenosa)

Graph 7. Electric power of trolley travelling vs. driving speed (gear ratio)

Pri kretanju voznog vitla naprijed (kada ono vuče za sobom napojni kabel) najmanja je snaga pri vožnji prvim stupnjem prijenosa (najmanja brzina), a najveća pri drugom stupnju prijenosa. Daljnjom promjenom stupnja prijenosa (povećanjem brzine vožnje) smanjuje se potrebna pogonska snaga. Vožnja vitla unatrag, tj. kada se ne vuče napojni kabel, uz manje brzine kretanja, zahtijeva manju pogonsku snagu negoli pri vožnji naprijed, a s povećanjem brzine kretanja povećava se i potrebna snaga.

Iz dijagrama 8. vidi se ovisnost električne snage o brzini vožnje portala (tj. o stupnju prijenosa pogona). Pri vožnji portala potrebna je veća snaga pri kretanju unatrag kada je uključen i elektromotor bubnja za namotavanje napojnoga kabela. S povećanjem brzine kretanja smanjuje se pogonska snaga, što se može dvojako objasniti. Pri pokretanju portala potrebna je veća djelatna snaga radi svladavanja inercijskih sila. Uz manje brzine vožnje pogonske elektromotore treba kočiti te jedan dio snage troši i kočnički mehanizam.



Dijagram 8. Ovisnost električne snage za pogon vožnje portala o brzini vožnje (stupnju prijenosa)

Graph 8. Electric power of gantry travelling vs. driving speed (gear ratio)

Najveća djelatna električna snaga izmjerena je pri pokretanju portala granika iz stanja mirovanja; ona iznosi 115 kW, a najveće promjene električne snage s čestim vršnim opterećenjem zabilježene su pri zahvaćanju tereta.

### 5.3. Troškovi portalne dizalice

#### 5.3. Costs of the gantry crane

Zbrajanjem troškova amortizacije, osiguranja, kamata na osnovna sredstva, troškova popravaka i održavanja, troškova energije te plaća rukovatelja i troškova uprave dobiveni su ukupni godišnji troškovi za rad portalne dizalice od 65 781 n.j. Izračunana cijena radnoga sata iznosi 32,9 n.j./h. Dobivene vrijednosti teško je usporediti s literaturnim podacima /6, 13/ zbog promjenljive vrijednosti novca i različitog neproizvodnog i negospodarstvenog utjecaja na veličinu pojedinih troškova.

S povećanjem iskorištenosti kapaciteta transportnoga sredstva raste broj radnih sati u godini, posljedica čega je smanjenje cijene radnoga sata. Osobitosti portalne dizalice su visoki stalni (nepromijenljivi, fiksni) troškovi te je nužno potpunije iskorištenje njezina tehničkog kapaciteta radi smanjenja cijene njezina rada. Povećanjem učinka transportnoga sredstva smanjuje se trošak po jedinici premetnutoga materijala.

Troškovi energije portalne dizalice iznose 3 n.j./h, što je samo 9,1 % ukupnih troškova po radnome satu.

## 6. ZAKLJUČCI

### 6. Conclusions

Na osnovi istraživanja energijskih i troškovnih obilježja portalne dizalice nosivosti 10 t ri radu na stovarištu trupaca iznose se sljedeći rezultati.

- Portalna dizalica ima relativno malen udio (3,8 %) u ukupnoj pilanskoj potrošnji električne energije.

- Potrošnja električne energije portalne dizalice nosivosti 10 t iznosi 28,64 kWh, a faktor iskorištenja snage je 0,25. Potrošnja električne energije ne ovisi bitno o učinku već o vremenu rada.

- Prosječna potrošnja električne energije po jedinici premetnutoga obujma drva iznosi 0,45 kWh/m<sup>3</sup>.

- Potrošnja električne energije ovisi o načinu upravljanja dizalicom. Usporedbom rada dvojice kranista pokazala se signifikantna razlika u potrošnji električne energije.

- U instaliranoj snazi portalne dizalice najveći udio ima pogon vožnje portala i mehanizma za dizanje tereta. Snaga pojedinih pogona portalne dizalice ne mijenja se bitno s promjenom opterećenja grabilice, osim mehanizma za dizanje, pri čemu se snaga povećava razmjerno masi zahvaćenih trupaca.

- Opterećenje elektromotora pri dizanju pune grabilice sa zahvaćenim 4-metarskim trupcima iznosi 86,8 %. Pri zahvatu pune grabilice 8-metarskih trupaca javlja se preopterećenje elektromotora za oko 56 %.

- Cijena radnoga sata portalne dizalice nosivosti 10 t iznosi 32,9 n.j./h. Troškovi energije iznose samo 9,1 % od ukupnih troškova po radnome satu.

Potrošnja električne energije portalne dizalice ne smije se zanemariti, iako je relativno malena u odnosu prema ukupnoj pilanskoj potrošnji. Potrebno je obratiti

pozornost na izobrazbu i disciplinu radnika koji pravilnim upravljanjem i pravodobnim uključivanjem i isključivanjem pojedinih mehanizama portalne dizalice mogu štedjeti energiju. Usto, treba osigurati zasebno električno brojilo koje bi omogućilo stalno praćenje i kontrolu potrošnje električne energije.

## LITERATURA

- [1] Augusta, G., Flader, H.D., Kugler, M.: *Transportieren und Lagern*, IV. izdanje, VEB Verlag Technik, Berlin, 1983, str. 333-338.
- [2] Biljan, M.: *Dizalice*, Šumarska enciklopedija, knjiga II, JLŽ "M. Krleža", Zagreb, 1980, str. 346-356.
- [3] Beljo, R.: *Neke tehnološke karakteristike pilanskih transportnih sredstava na stovarištu trupaca i skladištu piljenica*, magistarski rad, Šumarski fakultet, Zagreb, 1993.
- [4] Brežnjak, M., Herak, V.: *Proračun kapaciteta i elemenata kapaciteta pilanskih radnih strojeva, uređaja i transportnih sredstava*, "Drvna industrija" 24. 9/10, Zagreb, 1973, str. 255-261.
- [5] Dedijer, S.: *Osnovi transportnih uređaja*, II. izdanje, Izdavačko preduzeće Građevinska knjiga, Beograd, 1975, str. 141-161.
- [6] Fronius, K.: *Portalkran oder Gabelstapler auf dem Rundholzplatz*, *Holzwirtschaftliches Jahrbuch Nr. 17*, DRW-Verlags-GmbH, Stuttgart, 1967, str. 37-43.
- [7] Glaser, H.: *The costing of powered vehicles and machines*, *Forestry Equipment Notes C. 14.56*, Food and Agricultural Organization of United Nations, Rome, 1956.
- [8] Hamm, Đ.: *Energetika drvne industrije*, Šumarska enciklopedija, I. knjiga, JLŽ "M. Krleža", Zagreb, 1980, str. 506-515.
- [9] Hitrec, V.: *Mjerenje u drvnoj industriji*, skripta, II. izdanje, Šumarski fakultet Zagreb, 1981, str. 181-227.
- [10] Hitrec, V., Horvat, D.: *Jedna metoda određivanja regresijskog modela na primjeru krivulje klizanja kotača (A method of regression model determination on the example of wheel slip curve)*, *Zbornik međunarodnog savjetovanja "Projektiranje i proizvodnja podržani računalom (CAD-CAM)"*, Zagreb, 1986, str. 635-640.
- [11] Mađarević, B.: *Rukovanje materijalom*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1972, str. 183-197.
- [12] Pavlič, I.: *Statistička teorija i primjena*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1970, str. 235-248.
- [13] Rendberg, D.: *Holzumschlag mit Lagerkranen*, *Holzwirtschaftliches Jahrbuch Nr. 17*, DRW-Verlags-GmbH, Stuttgart, 1967, str. 19-36.
- [14] Serdar, J.: *Prenosila i dizala*, III. izdanje, Tehnička knjiga, Zagreb, 1975, str. 15-97.
- [15] Sever, S., Horvat, D.: *Skidders and forwarders database as source and help in determining morphological relationships*, *Proceedings of IUFRO workshop "Computer supported planning of roads and harvesting"*, Feldafing, Germany, 1992, str. 1-6.