

# Analiza ovisnosti osnovnih radnih karakteristika i operativne mase skrepera

---

Ferić, Nina

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:386642>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Preddiplomski studij rudarstva

**ANALIZA OVISNOSTI OSNOVNIH RADNIH KARAKTERISTIKA I  
OPERATIVNE MASE SKREPERA**

Završni rad

Nina Ferić

R4374

Zagreb, 2023.



KLASA: 602-01/23-01/145  
URBROJ: 251-70-11-23-2  
U Zagrebu, 14.09.2023.

**Nina Ferić, studentica**

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/23-01/145, URBROJ: 251-70-11-23-1 od 03.07.2023. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

### ANALIZA OVISNOSTI OSNOVNIH RADNIH KARAKTERISTIKA I OPERATIVNE MASE SKREPERA

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Izv.prof.dr.sc. Tomislav Korman nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Voditelj

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Tomislav Korman

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Mario Klanfar

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje  
Pašić

(titula, ime i prezime)

ANALIZA OVISNOSTI OSNOVNIH RADNIH KARAKTERISTIKA I OPERATIVNE MASE

SKREPERA

Nina Ferić

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za rudarstvo  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Skreper je specifičan stroj koji samostalno u ciklusima izvodi iskop zemljanih materijala, utovar, transport te istovar s grubim razastiranjem materijala. Cilj istraživanja je naglasiti važnost parametara i svojstava koji znatno utječu na izbor skrepera i njegovu učinkovitost. Na temelju tih parametara može se donijeti odluka o tome koji skreper predstavlja najekonomičniji izbor za konkretni projekt. Poseban naglasak stavljen je na analizu osnovnih radnih karakteristika skrepera i kako te karakteristike ovise o njegovoj operativnoj masi. Analiza provedena za tri vodeća proizvođača Terex, Komatsu i Caterpillar. Uspoređene su radne karakteristike, a dobiveni rezultati prikazani u obliku dijagrama kako bi se lakše uočio utjecaj operativne mase.

Ključne riječi: Skreper, konstrukcija, zapremina, tlo, radni ciklus

Završni rad sadrži: 20 stranica, 1 tablica, 16 slika i 5 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Tomislav Korman, izvanredni profesor RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Tomislav Korman, izvanredni profesor RGNF  
Dr. sc. Trpimir Kujundžić, redovni profesor RGNF  
Dr. sc. Mario Klanfar, izvanredni profesor RGNF

## SADRŽAJ

POPIS TABLICA .....	III
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA .....	IV
1. UVOD .....	1
2. SKREPER .....	2
2.1. POVIJESNI RAZVOJ .....	2
2.2. KONSTRUKCIJA SKREPERA.....	4
2.2.1. Skreperka posuda .....	4
3. IZVEDBE SKREPERA .....	7
3.1. PRIMJENA I PRINCIP RADA.....	9
4. RADNE KARAKTERISTIKE SKREPERA .....	11
5. RADNI CIKLUS I KAPACITET SKREPERA .....	14
6. PRORAČUN POTREBNE SNAGE SKREPERA.....	16
7. ANALIZA RADNIH KARAKTERISTIKA SKREPERA .....	20
8. ZAKLJUČAK .....	24
9. POPIS LITERATURE .....	25

## POPIS SLIKA

Slika 2-2. Prvi praktični vučeni skreper (Contractor,2016)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 2-1. Fresno (Digital dessert, 2019.)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 2-3. Digancarry (Contractor, 2016.)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 2-4. Konstrukcija skrepera	4
Slika 3-1. Samohodni skreper - jednomotorni	7
Slika 3-2. Samohodni skreper - dvomotorni	7
Slika 3-3. Vučeni skreper	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 3-4. Skreper s elevatorom	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 3-5. Skreper s pužnim transporterom	9
Slika 5-1. Radni ciklus skrepera	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 7-1. Odnos mase skrepera i ukupne snage motora	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 7-2. Odnos mase skrepera i širine reza	21
Slika 7-3. Odnos mase skrepera i kapacitet sanduka	21
Slika 7-4. Odnos mase skrepera i njegove maksimalne brzine	22
Slika 7-5. Odnos mase skrepera i nosivosti	22
Slika 7-6. Odnos mase skrepera i snage motora po metru dužnom noža	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## **POPIS TABLICA**

Tablica 3-1. Radne karakteristike skrepera .....	11
--	----

## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

Oznaka	Jedinica	Opis
$t_c$	s	vrijeme trajanja ciklusa
$l_k$	m	dužina kopanja i punjenja sanduka
$l_p$	m	dužina transporta punog skrepera
$l_{pr}$	m	dužina transporta praznog skrepera
$l_i$	m	dužina istresanja stijenske mase iz sanduka
$v_k, v_p, v_{pr}$ i $v_i$	m/s	brzina skrepera u procesu kopanja i punjenja, vožnje punog, praznog i istresanja sanduka
$t_{ok}$	s	vrijeme okretanja skrepera
$t_z$	s	vrijeme neplaniranih zastoja skrepera u ciklusu
$K_T$	m	širina između kotača skrepera
$B_T$	m	širina pneumatika skrepera
$\Delta B$		praznina između unutrašnje strane gume i bočne strane sanduka skrepera
$V_s$	m	geometrijska zapremina sanduka skrepera
$k_p$	m	koeficijent punjenja sanduka
$k_r$	m	koeficijent rastresitosti stijenske mase u sanduku skrepera
$k_v$		koeficijent vremenskog iskorištenja efektivnog rada skrepera
$k_g$	$(k_g = 1,2 - 1,5)$	koeficijent gubitka stijenske mase iz vučne prizme
$k_d$	$(k_d = 0,7 - 0,9)$	koeficijent neravnomjerne debljine odreska
$k_f$	$N/cm^2$	specifični otpor stijenskog masiva kopanju
$h$	m	debljina odreska
$b$	m	širina odreska (obično jednaka širini reznog ruba sanduka)
$H_l$	m	debljina sloja stijenske mase pri istovaru
$V_{st.m.}$	m	zapremina stijenske mase u sanduku skrepera
$W_k$	N	otpor kretanju punog skrepera
$W_p$	N	otpor pri punjenju sanduka



$W_r$	N	otpor pri kopanju (rezanju) stijenskog masiva
$W_{pr}$	N	otpor vučne prizme
H	m	visina stijenske mase u sanduku skrepera (m).
$\varphi$	°	kutunutrašnjeg trenja stijenske mase
A	m	širina sanduka skrepera
B	m	dužina sanduka skrepera
$\tau$		odnos zapremine vučne prizme ispred sanduka skrepera prema njegovoj zapremini
f		koeficijent otpora kotrljanju
i	%	nagib trase otkopa

## 1. UVOD

U 21. stoljeću, važnost ekonomičnosti u svakodnevnom životu postala je primarna i popularna tema. Želi se postići visok stupanj ekonomičnosti kako bi se kvaliteta života u današnjem vremenu podigla na novu razinu. Tako, primjerice, bitan spektar određuje i to koji će skreper biti najekonomičniji izbor za neki projekt. Upravo su zbog toga skreperi tema ovog završnog rada.

Skreper je specifičan stroj koji samostalno u ciklusima izvodi iskop zemljanih materijala (struganjem pomoću sanduka ili koša), utovar, transport te istovar s grubim razastiranjem materijala. Ova tema je odabrana temeljem spoznaje da, koliko su važna terenska istraživanja za odabir skrepera, podjednako su važne i radne karakteristike koje se mogu pronaći u relativnim izvorima, a koje će biti navedene kasnije u ovom radu.

Cilj ovog rada je prikazati ključne veličine koje utječu na učinak i izbor skrepera. Kako bi se postigao cilj istraživanja, u ovom radu analizirane su osnovne radne karakteristike skrepera u ovisnosti o njihovoj operativnoj masi. Također su analizirani otpori koji se javljaju pri radu skrepera i utječu na izbor potrebne snage skrepera.

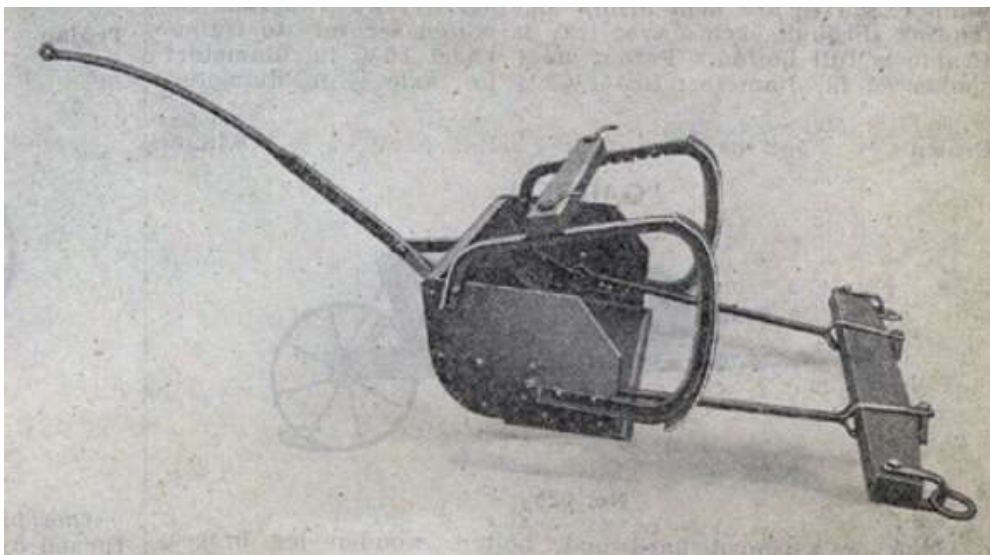
## 2. SKREPER

Na površinskim kopovima skreperi se koriste za iskopavanje i izvlačenje širokog spektra materijala, uključujući površinski sloj zemlje, glinu, mulj, pijesak i šljunak. Najčešća izvedba skrepera je na kotačima, a može biti i na gusjenicama (rjeđe), primjenjuju se na ravnim terenima i na terenima nepovoljnih nagiba. Pokreće ih jedan dizel motor na traktoru ili dvostruki dizel motori od kojih se jedan nalazi na traktoru, a drugi na stražnjem dijelu skrepera.

Postoje dvije vrste skrepera vučeni i samohodni. Razlika između vučenih i samohodnih skrepera je u gabaritima odnosno u veličini sanduka, ekonomičnoj udaljenosti i brzini kretanja.

### 2.1. POVIJESNI RAZVOJ

Prije motornog skrepera postojao je vučeni skreper, bio je namijenjen za zemljane radove ponajviše poljoprivrede. Vučeni skreper tip 'Fresno' (nazvan po području u SAD-u gdje je nastao) (Slika 2-1.) bio je jednostavna posuda koju su vukli magarci, volovi ili se vukla ručno, a rad s njime je bio naporan i dugotrajan.



Slika 2-1. Fresno (Digital dessert, 2019.)

Robert LeTourneau 1923. godine dizajnirao je i napravio prvi praktični vučeni skreper (Slika 2-2.) koji je vukao traktor na gusjenicama, kada kreće modernizacija zemljanih radova. Nakon toga kasnih 1940-ih napredovanjem kako tehnologije i znanosti razvijaju se skreperi kojima je upravljanje izvedeno upotrebom užeta, a kasnije upotrebom hidrauličkih cilindara. (Contractor,2016).



Slika 2-2. Prvi praktični vučeni skreper (Contractor,2016)

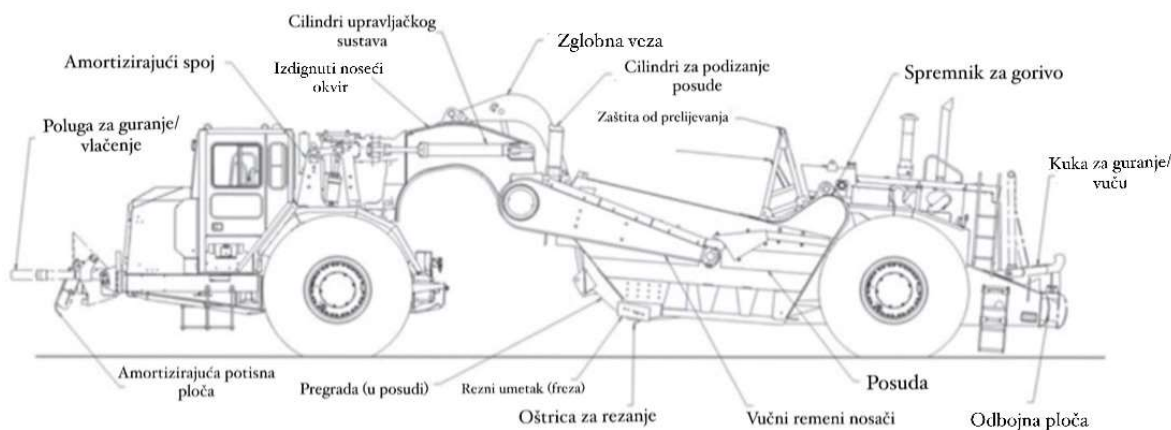
MackWooldridge ranih 1930-ih izrađujući noževe buldozera i vučne skrepere osnovao je tvrtku WooldridgeManufacturing Company, a njegov prvi vučni skreper na četiri kotača, stroj od 12 m<sup>3</sup>. Na slici 2-3 prikazan je skreper 'Digancarry'.



Slika 2-3. Digancarry (Contractor, 2016.)

## 2.2. KONSTRUKCIJA SKREPERA

Temeljna konstrukcija skrepera omogućuje optimalno iskorištavanje rada i resursa, čime se znatno ubrzava proces izgradnje i pripreme terena. Konstrukcija skreperaje robusna kako bi se postigla što veća trajnost, a projektirana je na način da stroj samostalno obavlja iskop, utovar i transport. Različiti modeli mogu varirati u veličini, kapacitetu i specifičnim značajkama, pružajući prilagodljivost za različite zadatke i uvjete rada. Skreperi se sastoje od nekoliko komponenata: poluga za potiskivanje materijala, amortizirajući spoj, izdignuti noseći okvir, cilindri upravljačkog sustava, zglobna veza, cilindri za podizanje posude, zaštita od prelijevanja, potiskivač, spremnik za gorivo, kuka za guranje/vuču, odbojna ploča, posuda, vučni remeni nosači, rezni umetak (freza), pregrada (u posudi), amortizirajuća potisna ploča kao što je prikazano na slici 2-4.



Slika 2-4. Konstrukcija skrepera

### 2.2.1. Skreperaska posuda

Najkarakterističniji dio skrepera je posuda skrepera, po kojoj je cijeli stroj dobio ime. Izrađuje se od čeličnih limova koji imaju visoku otpornost na habanje. Posuda je obješena na nosivom okviru te se prilikom rada može podizati i spuštati. S gornje strane posuda je otvorena, a prednja stranica (poklopac) s koje se obavlja rezanje se podiže i otvara ili zatvara. Na rubu donje plohe gdje se poklopac otvara nalazi se nož koji horizontalno reže tlo u slojevima i također je vrlo otporan na trošenje.

Skreperaska posuda složen je radni organ koji svoju funkciju obavlja precizno i učinkovito.

Širina posude odabire sena način da odgovara razmaku između stražnjih kotača na koje se posuda postavlja. (Ignjatović, 2011.)

Stoga je:

$$B = K_T - B_T - 2\Delta B \quad (2-1)$$

Gdje je:

$K_T$ - širina između kotača skrepera (m),

$B_T$ - širina gumaskrepera (m),

$\Delta B$ - praznina između unutrašnje strane gume i bočne strane sanduka skrepera (m).

Pri odabranoj zapremini posude bira se njena maksimalna moguća širina, jer se s većom širinom posude dobije i veća širina noža, a time i manji specifični otpor tla na rezanje. Ukupni utrošak u radnom procesu moguće je smanjiti jer se pri minimalnoj visini sanduka u radnom procesu pri punjenju gubici znatno smanjuju, odnosno moguće je smanjiti utrošak energije u radnom procesu. Kako se poveća širina posude pri istom volumenu smanjuje se i visina posude, s povećanjem širine ne mora se povećavati visina skreperske posude da bi se zadržao isti volumen.

Posude mogu biti različitih volumena stoga skreperedjelimo na:

- Skrepere malih zapremina,
- Skrepere srednjih zapremina i
- Skrepere velikih zapremina.

Kod skrepera malih zapremina, volumen sanduka je do  $6 \text{ m}^3$ , kod skrepera srednjih zapremina, volumen sanduka iznosi od 6 do  $15 \text{ m}^3$  i kod velikih zapremina volumen sanduka iznosi više od  $15 \text{ m}^3$  (Korman, 2020). Ovisno o dužini transportnog puta u ciklusu rada skrepera bira se jedan od navedenih skrepera. Ako se radi na dugim transportnim udaljenostima izabrat će se veliki skreper jer će utrošak snage i cijene skrepera biti ekonomičniji, isto tako vrijedi i obratno.

Nakon utovara i transporta materijala skreperom slijedi slijedeća radnja, a to je istovar materijala koji se razasitire u slojevima, na određenom mjestu. Debljina slojeva ovisi o visini posude u odnosu na tlo, koja se lako podiže i spušta te tako pravi deblje odnosno tanje slojeve. Skreperski nož sada služi kao dozerski, potisnom pločom guran materijal izlazi iz skreperskog sanduka i razastire se na tlo.

Najčešći tip skrepera je s istovarom prema naprijed koji koriste potisnu ploču za pražnjenje, dok se vrlo rijetko u praksi pojavljuju skreperi s istovarom prema nazad i skreperi s okretanjem sanduka u stranu.

Rezni dio posude skrepera također je poznat kao oštrica ili nož, ključna je komponenta stroja koja omogućuje učinkovito rezanje i podizanje materijala s površine. Oštrica se nalazi na prednjem dijelu posude skrepera i igra ključnu ulogu u procesu rezanja i premještanja materijala. Rezni dio posude treba imati minimalni dopušteni kut rezanja. Stražnji kut ne smije biti manji od  $10^\circ$ , a kut rezanja ne veći od  $30^\circ$  (Ignjatović, 2011). Na rad skrepera veliki utjecaj ima zatupljenost i ravnina trošenja noža, zbog toga rezna oštrica mora biti oštra.

Oštrice se rade od visokokvalitetnog čelika visoke čvrstoće koji je otporan na habanje i trošenje. Oštrice moraju izdržati intenzivno trenje i mehaničko naprezanje tijekom rada, te se zbog toga koriste posebni materijali kako bi se održala njihova dugovječnost. Ovisno o namjeni i vrsti materijala s kojima skreper radi postoje:

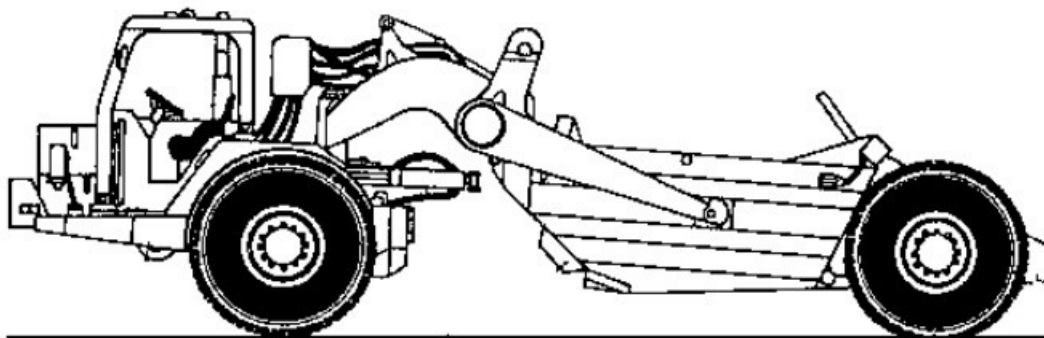
- Ravne oštrice- koriste se za općenite zadatke
- Oštrica sa zubima- na sebi imaju dodatne ureze i zupce te su korisne za premještanje tvrdog materijala poput stijena (Ignjatović, 2011).

Oštrice se moraju redovno provjeravati zbog njihovog trošenja i habanja tijekom rada. Pravovremena zamjena oštrica važna je za održavanje optimalnih učinaka skrepera. Habane oštrice mogu usporiti rad skrepera i smanjiti učinkovitost premještanja materijala.

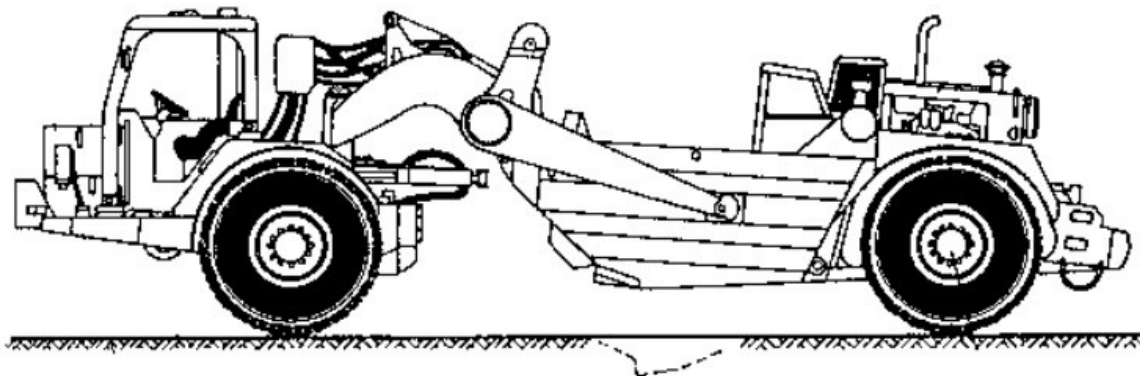
### 3. IZVEDBE SKREPERA

Prema konfiguraciji i funkcionalnosti, skreperi se klasificiraju u različite tipove, uključujući jednomotorne, više motorne, samohodne, vučene, skrepere s elevatorom te skrepere s pužnim transporterom.

Samohodni skreper – motoskreper, sastoji se od prednjeg pogonskog dijela (ujedno i glavni dio traktora) koji je spojen sa stražnjim dijelom preko zglobnog okvira. Zbog nejednolikog korištenja snage tijekom radnog ciklusa postoje jednomotorni (Slika 3-1.) i dvomotorni (Slika 3-2.) skreperi, a razlika je u tome da je kod dvomotornog skrepera dodan jedan pomoćni motor odzada koji ostvaruje pogon. Dvomotorni skreperi na kotačima mogu samostalno utovariti i transportirati materijal, što ih čini idealnim kod terena s nepovoljnim otporom kotrljanja i velikih nagiba. Kod skrepera s dva motora pogon je na četiri kotača, što im daje dodatnu snagu i bolju raspodjelu vučne sile. Također su teži, što im osigurava veću adheziju. Često mogu raditi samostalno bez pomoći „push“ dozera. Veličina sanduka iznosi 5,5-42 m<sup>3</sup>. Brzina kretanja pri transportu materijala iznosi do 30 km/h. Ekonomična radna udaljenost 600-1500 m, tolerira se i do 3000 m.



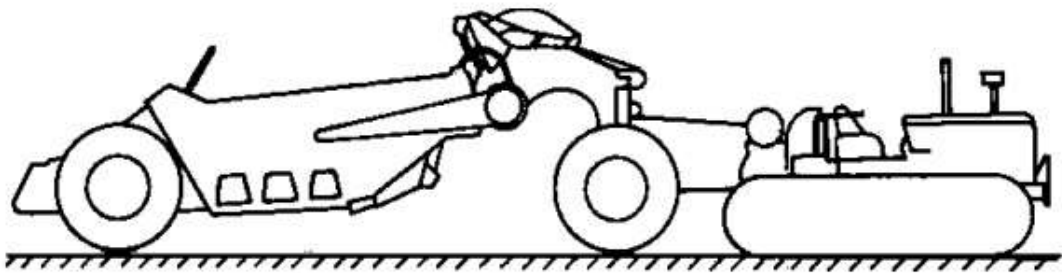
Slika 3-1. Samohodni skreper - jednomotorni



Slika 3-2. Samohodni skreper - dvomotorni



Vučeni skreper (Slika 3-3.) sastavljen je od traktora gusjeničara i kukom zakačenog vučenog skreperskog sanduka. Koriste se za manje zadatke, priključni su te se mora odabrat odgovarajuća snaga vučnog dozera. Sanduk je smješten na dvije osovine između kotača vučenog dijela. Veličina sanduka iznosi 3-22 m<sup>3</sup>. Brzina kretanja vučenih skrepera je do 9 km/h, a ekonomična radna udaljenost 150-300 m, tolerira se i 500 m.



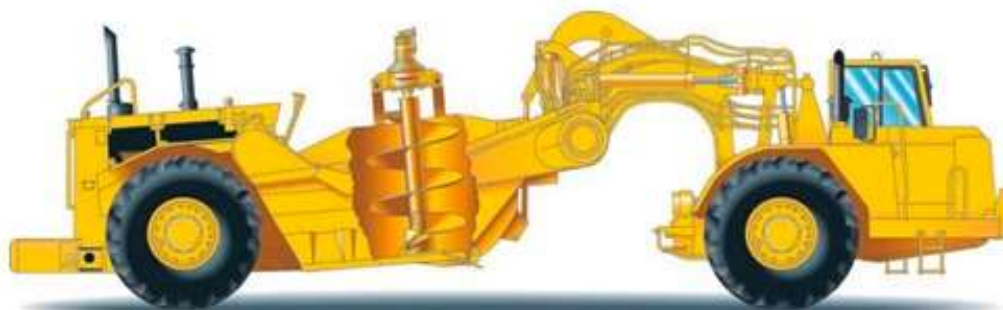
**Slika 3-3.** Vučeni skreper

Samohodni skreper s elevatorom (Slika 3-4.) veći je od običnog skrepera, a koristi se u rastresitom materijalu radi lakšeg i boljeg punjenja posude. On ima dodatnu komponentu grabuljati elevator koji se nalazi na stražnjem dijelu skrepera, obično je vertikalni s rebrastim površinama. Primarna funkcija elevatora je osigurati kontinuirani utovar materijala, čime se smanjuje vrijeme potrebno za utovar te se na taj način postiže veća radna učinkovitost. Prednosti kod skrepera s elevatorom su: miješanje i homogeniziranje materijala pri utovaru, smanjuje se otpor pri rezanju i utovaru, nema potrebe za „push“ dozerima, a neke od mana su: veća zaprašnost pri radu i lijepljenje glinovith materijala.



**Slika 3-4.** Skreper s elevatorom

Pužni transporter (Slika 3-5.) odnosno helikoidalna spirala smještena duž stražnjeg dijela skreperске posude. Rotacija puža omogućuje podizanje materijala iz posude skrepera i gura ga natrag prema istovarnom mjestu. Iste su prednosti i mane kao kod elevatora, ali ima manju zaprašnost pri radu, jer je posuda zatvorenog tipa.



**Slika 3-5.** Skreper s pužnim transporterom

### **3.1. PRIMJENA I PRINCIP RADA**

Skreperi su izuzetno korisni i vrlo često korišteni strojevi u građevinskoj i rudarskoj industriji. Uobičajena primjena obuhvaća izgradnju cesta, transport materijala, izgradnju nasipa i brana, formiranje kanala i drenažnih sustava, kao i upotrebu na velikim gradilištima. Skreperi rade na principu različitih radnih operacija, koje su međusobno povezane određenim redoslijedom i rade u ciklusima bez zastoja. Radni ciklus skrepera sastoji se od više radnja u koje ubrajamo iskop sa samo utovarom, prijevoz materijala, pražnjenje skrepera i njegov povratak. Prva radna operacija je iskop. Kod iskopa skreper spušta i otvara sanduk na kojem se nalazi nož tako da zasječe u površinu tla 25-40 cm. (Kovači sur., 2006). Skreperovom kretanjem prema naprijed sloj materijala koji je odrezao ulazi u sanduk te ga postepeno puni. Otpor rezanja raste s povećanjem brzine rezanja na putu koji iznosi od 30 do 60 m i tada je skreperu potrebna najveća snaga za pogon, a brzina skrepera u tom periodu ciklusa iznosi 2-3 km/h. Pri punjenju sanduka skreper treba uvijek pomaknuti za dvije širine, tako da između dva rezanja ostaje srednji trak, koji skreper kopa naknadno i na taj način štedi energiju. Što se više sanduk popunjava materijalom njegov otpor se povećava. Također još jedan otpor koji se javlja je otpor guranja zemlje pred nožem skrepera. Kod tvrdih zemljišta (gline) nož treba spustiti toliko da se materijal ne nagomilava ispred njega, kako bi se osigurala povoljna brzina kretanja tijekom rezanja. Duljina dionice na kojoj se obavlja iskop i punjenje sanduka ovisi o dimenzijama skrepera i debljini sloja iskopa, a obično je 30 do 60 m. Kada se sanduk napuni, zatvara se prednja

strana i sanduk se podiže da nebi zapinjao o neravnine na putu kojim prolazi, te se obavlja transport do mjesta istovara. Prilikom istovara, sanduk se opet otvara, a materijal se iz njega potiskuje prema otvoru pomicanjem potisne ploče. Istovar se obavlja u sloju željene debljine - između 30 i 60 cm (Kovač i sur., 2006).

Skreperi se pri izvođenju zadataka mogu kretati prema različitim shemama kako bi učinkovito prikupili i prenijeli materijal. Neki od načina kretanja uključuju:

**Prstenasto kretanje sa i bez križanja** - skreperi se kreću u obliku prstena oko radnog područja prikupljanja materijala. Omogućuje ravnomjerno prikupljanje materijala.

**Spiralno kretanje** – skreperi se kreću u spiralnom obliku prema unutra ili prema van. Omogućuje ravnomjerno prikupljanje materijala.

**Kretanje po sinusoidi** – skreperi se kreću po krivulji koja nalikuje valovima ili cik-caku. Omogućuje temeljitije prikupljanje materijala (Ignjatović, 2011).

## 4. RADNE KARAKTERISTIKE SKREPERA

Radne karakteristike skrepera obuhvaćaju niz ključnih parametara i svojstava koji utječu na izvedbu i učinkovitost stroja. U ovom radu analizirane su sljedeće karakteristike: masa skrepera, snaga motora, širina reza, kapacitet utovara, maksimalna brzina, nosivost i najveća odnosno maksimalna dubina reza. Za potrebe izrade rada, analizirane su i uspoređene radne karakteristike tri proizvođača: Terex, Komatsu i Caterpillar koje su prikazane u tablici 3-1.

**Tablica 4-1.** Radne karakteristike skrepera

Proizvođač	Model	Masa[t]	Snaga prvog motora [kW]	Snaga drugog motora [kW]	Ukupna snaga motora [kW]	Širina reza [mm]	Volumen sanduka [m3]	Maksimalna brzina [km/h]	Nosivost [t]	Maksimalna dubina reza [mm]
TEREX	TS 46 C	52,595	171	209	380	3391	42,8	-	37	
	TS 38 C	51,529	171	209	380	3391	35,2	-	37	
	TS 14 C	26,065	15	112	127	-	15,3	37	21,77	
	TS 14 G	20,27	13	123	136	3000	15,3	48,4	21,77	
	TS 14 F	28,27	15	119	134	-	15,3	45,4	21,8	
	TS 14 B	26,13	-	-	119	-	10,7	37	21,77	
KOMATSU	WS16-2	33,6	-	157	157	3030	16	60	22	
	WS23-2	34,5	-	298	298	3480	24	53	46,8	
	WS23-1	47,2	-	272	272	3480	24	55	34,5	
CATERPILLAR	627 G	37,1	104	168	272	3020	15,96	51,5	21,8	333
	657 E	75,9	154	298	452	-	33,6	-		
	631G	45,36	166	198	364	3512	26	53,5	37,28	437
	657G	72,19	141	306	447	3846	56	53		440
	613G	16,626	-	-	135	2430	8,4	39,3	11,98	160
	621F	37,8	104	168	272	3500	15,96	51,5	21,8	
	637K	52,14	209	216	425	3510	38	55,8	37,2	440
	631K	46,6	-	-	425	3510	26	55,8	37,2	475
	623K	39,94	-	-	304	3140	17,6	53,9	25	262
	651E	61,1	-	-	452	3850	33,6	50	-	440

Masa skrepera varira ovisno o veličini, tipu i namjeni stroja. Također njegova masa ovisi o materijalima koji se koriste u njegovoj konstrukciji. Moderni skreperi koriste različite materijale poput čelika visoke čvrstoće i drugih laganih legura kako bi se postigla optimalna kombinacija izdržljivosti i težine. U novije doba tehnološki napredak znatno je poboljšao te izborom novih materijala, komponenata i dizajna samog stroja mogu smanjiti njegovu težinu bez narušavanja izdržljivosti stroja ili njegovih izvedba.

Snaga motora vrlo je važna pri odabiru skrepera zbog otpora koji se javljaju usred rezanja, a određuje se prema ukupnim otporima koji se javljaju pri radu i sposobnosti premještanja materijala, izražava se u kilovatima (kW). Odabir snage motora skrepera ovisi o puno faktora, uključujući vrstu rada poput namjene, karakteristike materijala koji se reže/transportira, karakteristike transportnog puta, zahtijevanog učinka, a određuje se prema ukupnim otporima koji se javljaju u radu. Snaga motora određuje se kako bi se osiguralo kvalitetno izvođenje zadataka, ovisno o njihovoj vrsti i namjeni snaga motora varira. Kod većih i težih skrepera koji ujedno imaju i veću nosivost zahtjeva se veća snaga motora. Ako skreper ima premalu snagu u odnosu na svoju masu rezultat će smanjenim učinkom, a s druge strane prevelika snaga motora rezultat će nepotrebnim trošenjem goriva i viših troškova održavanja. Za pokretanje kotača odgovoran je pogonski sustav skrepera koji također ovisi o snazi motora. Snaga se može prenositi na sve kotače ili samo određene.

Širina reza određena je širinom noža, odnosno duljinom skreperske posude. Budući da skreperi dolaze u različitim veličinama i različitim kapaciteta, širina reza će također varirati. Manji skreperi imaju užu rez, dok veći skreperi imaju širi rez i mogu zahvatiti veću površinu reza. Ovisno o tome je li teren ravan ili neravan skreper će moći ili neće moći koristiti svoju punu širinu reza. Uzimajući u obzir faktore, odabir prave širine reza kod skrepera je važan zbog osiguranja optimalne produktivnosti i učinkovitosti tijekom rada na različitim projektima. U tablici 3-1. možemo vidjeti širine reza kod izdvojenih proizvođača i modela skrepera koje smo uzeli kao primjer promatranja u ovom radu.

Kapacitet utovara odnosi se na količinu materijala koju skreper može podići i prenijeti tijekom svakog ciklusa odmetanja. On utječe na brzinu i učinkovitost premještanja materijala s jednog mjesta na drugo. Znatno ovisi o veličini sanduka skrepera, veći sanduk omogućuje veći kapacitet i obratno. Također ovisi o vrsti materijala i njegovoj gustoći. Teren na kojem radi u velikoj mjeri može utjecati na kapacitet utovara. Na nepravilnim i terenima s velikim nagibom kapacitet utovara može biti ograničen kako bi se održala

stabilnost i sigurnost skrepera. Odabir skrepera s odgovarajućim kapacitetom ovisi o zahtjevima projekta na kojima se radi.

Maksimalna brzina skrepera u idealnim uvjetima odnosi se na najveću brzinu koju stroj može postići tijekom vožnje ili premještanja materijala. Važan je faktor koji utječe na produktivnost, učinkovitost i sigurnost rada skrepera. Veća brzina često rezultira većom potrošnjom goriva, zato je važno pronaći balans kako bi se postigao optimalni ekonomski učinak. Maksimalna brzina mora se pažljivo uzeti u obzir u skladu s projektom, terenom, sigurnosnim standardima i ekonomskim faktorima zbog što boljeg učinka i rezultata rada.

U tablici 3-1. možemo vidjeti maksimalne brzine odabranih proizvođača i modela skrepera.

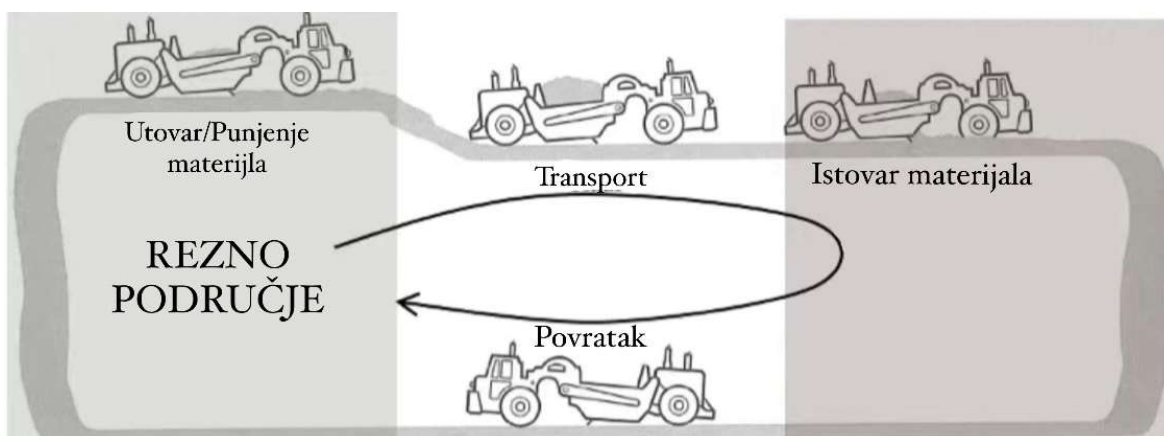
Nasipna gustoća materijala koju možemo vidjeti u tablici 3-1. odnosi se na maksimalnu težinu materijala koju skreper može podići i premjestiti tijekom rada, važan je parametar jer utječe na količinu koju skreper može efikasno premjestiti u svakom ciklusu. Prilikom određivanja nosivosti važno je uzeti u obzir sigurnosne faktore, jer preopterećenje može dovesti do oštećenja stroja i tako može ugroziti operatera i okolinu. Nosivost skrepera je od velike važnosti kada je u pitanju efikasnost i produktivnost rada skrepera. Pravilno odabran skreper s odabranom nosivošću može doprinijeti brzini i učinkovitosti premještanja materijala na gradilištima ili drugim lokacijama. Tablica prikazuje nam nosivost skrepera koje smo uzeli kao primjer u ovom radu.

Maksimalna dubina reza kod skrepera varira ovisno o modelu, tipu terena i specifikaciji skrepera. Skreperi su dizajnirani tako da mogu ostvariti rez dubine do nekoliko centimetara ili čak desetke centimetara.

## 5. RADNI CIKLUS I KAPACITET SKREPERA

Radni ciklus skrepera (slika 5-1.) sastoji se od više radnja u koje ubrajamo iskop sa samoutovarom, prijevoz materijala, pražnjenje skrepera i njegov povratak.

Iskop započinje zasijecanjem noža u tlo do dubine 25-40 cm, u fazi utovara duljina puta punjenja iznosi 30-60 m te je tada potrebna najveća snaga za pogon, a brzina tokom punjenja iznosi 2-3 km/h. Put transporta vrši se većom brzinom od puta utovara, skreperski nož mora biti dovoljno odignut od tla kako bi transport protekao bez ikakvih problema (npr. zapinjanje noža za tlo prilikom vožnje), udaljenost transporta kreće se do 1,5 km najviše 2 km, brzina kod transporta iznosi 30 km/h, max:50 km/h. prilikom istovara materijala debljina razastrtog sloja ovisi o visini koša odignutog od tla te može biti 30-60 cm, a brzina tokom istovara iznosi: 3-5 km/h. Povratni hod vrši se najvećom mogućom brzinom do 40-50 km/h te je u tom hodu skreperski koš odignut od tla (Korman, 2020).



Slika 5-1. . Radni ciklus skrepera

Trajanje ciklusa skrepera računa se prema formuli:

$$t_c = \frac{l_k}{v_k} + \frac{l_p}{v_p} + \frac{l_{pr}}{v_{pr}} + \frac{l_i}{v_i} + 2 \cdot t_{ok} + t_z \quad (s) \quad (5-1)$$

gdje su:

$t_c$  – vrijeme trajanja ciklusa (s),

$l_k$  - dužina kopanja i punjenja sanduka (m),

$l_p$  – dužina transporta punog skrepera (m),

$l_{pr}$  – dužina transporta praznog skrepera (m),

$l_i$  – dužina istresanja stijenske mase iz sanduka (m) ,

$v_k, v_p, v_{pr}$  i  $v_i$  – brzina skrepera u procesu kopanja i punjenja, vožnje punog, praznog i istresanja sanduka (m/s) ,

$t_{ok}$  – vrijeme okretanja skrepera (s) ,

$t_z$  – vrijeme neplaniranih zastoja skrepera u ciklusu (s).

Kapacitet skrepera određuje se ovisno o volumenu skreperske popsude, a računa se prema formuli (Sredojević, 2016):

$$Q_s = \frac{3,600 \cdot V_s \cdot k_p}{t_c \cdot k_r} \quad (m^3/h) \quad (5-2)$$

gdje je:

$V_s$  – geometrijska zapremina sanduka skrepera (m),

$k_p$  – koeficijent punjenja sanduka (m),

$k_r$  – koeficijent rastresitostistijenke mase u sanduku skrepera (m),



## 6. PRORAČUN POTREBNE SNAGE SKREPERA

Proračun potrebne snage skrepera temelji se na nekoliko faktora i parametara kako bi se osigurala adekvatna učinkovitost stroja. U ukupne otpore pri radu skrepera obično se ubrajaju sljedeći čimbenici (Sredojević, 2016):

Dužina puta kopanja i punjenja sanduka skrepera, te se može izračunati pomoću jednadžbe:

$$l_k = \frac{V_s \cdot k_p \cdot k_g}{k_d \cdot b \cdot h} \quad (6-1)$$

gdje je:

$V_s$  – geometrijska zapremina sanduka skrepera (m),

$k_p$  – koeficijent punjenja sanduka (m),

$k_g$  – koeficijent gubitka stijenske mase iz vučne prizme ( $k_g = 1,2 - 1,5$ );

$k_d$  – koeficijent neravnomojnosti debljine odreska ( $k_d = 0,7 - 0,9$ );

$h$  – debljina odreska (m),

$b$  – širina odreska (obično jednaka širini reznog ruba sanduka), (m).

Dužina istovara izračunava se ovisno o debljini sloja razastiranja prema izrazu:

$$l_i = \frac{V_{st.m.} \cdot k_p \cdot k_r}{b \cdot h_1} \quad (6-2)$$

gdje je:

$V_{st.m.}$  – zapremina stijenske mase u sanduku skrepera (m),

$k_p$  – koeficijent punjenja sanduka (m),

$k_r$  – koeficijent rastresitostistijenske mase u sanduku skrepera (m),

$h_1$  – debljina sloja stijenske mase pri istovaru (m).

Pri radu skrepera javljaju se sljedeći otpori (Sredojević, 2016):

$$W = W_k + W_p + W_r + W_{pr} \quad (6-3)$$

gdje je:

$W_k$  – otpor kretanju punog skrepera (N),

$W_p$  – otpor punjenju sanduka (N),

$W_r$  – otpor koptanju (reznju) stijenskog masiva (N),

$W_{pr}$  – otpor vučne prizme (N),

Otpor pri kretanju punog skrepera računa se prema formuli:

$$W_k = (G_s + Q) \cdot (f \pm i) \quad (\text{N}) \quad (6-4)$$

gdje je:

$G_s$  – vlastita težina skrepera (N),

$Q$  – težina stijenske mase u sanduku (N).

$f$  – koeficijent otpora kotrljanju

$i$  – nagib trase otkopa (%).

Otpor punjenja sanduka stijenskom masom, računa se po formuli:

$$W_p = W_d + W_t \quad (\text{N}) \quad (6-5)$$

gdje je:

$W_d$  – otpor dizanja odreska stijenske mase na vrh sanduka (N),

$W_t$  – otpor od trenja čestica o čestice stijenske mase u sanduku (N).

$$W_d = h \cdot b \cdot H \cdot k_r \cdot g \quad (\text{N}) \quad (6-6)$$

$$W_t = \frac{H^2 \cdot b \cdot \gamma_n \cdot k_r \cdot tg \varphi}{1 + tg^2 \alpha} (\text{N}) \quad (6-7)$$

gdje je pak:

$h$  – debljina odreska (m),

$b$  – širina odreska (najčešće jednaka širini reznog ruba sanduka) (m),

$H$  – visina stijenske mase u sanduku skrepera (m).

$$H = \frac{V_{st.m.} \cdot k_p}{A \cdot B} \quad (\text{N}) \quad (6-8)$$

A – širina sanduka skrepera (m)

B – dužina sanduka skrepera (m)

$\varphi$  – kut unutrašnjeg trenja stijenske mase ( $^{\circ}$ )

Otpor kopanju (rezanju) stijenskog masiva, računa se po formuli:

$$W_r = h \cdot b \cdot k_f \quad (\text{N}) \quad (6-9)$$

gdje je:

$k_f$  – specifični otpor stijenskog masiva kopanju ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )

Otpor premještanju vučne prizme, računa se po formuli:

$$W_p = \frac{\tau \cdot V_{st.m.} \cdot k_p \cdot \gamma_n \cdot g}{k_r} \cdot (\mu \pm i) \quad (\text{N}) \quad (6-10)$$

gdje je:

$\tau$  – odnos zapremine vučne prizme ispred sanduka skrepera prema njegovoj zapremini

$\mu$  – koeficijent trenja stijenske mase o sanduk skrepera ( $\mu = 0,3 - 0,5$ ).

Potrebna snaga motora traktora za prikolicu može se odrediti iz izraza:

$$N = \frac{(m(f \pm i)W) \cdot v \cdot 0,003}{\eta} \quad (\text{kW}) \quad (6-11)$$

gdje je:

m – vlastita masa skrepera (kg),

f – koeficijent otpora kotrljanja (kg/t),

i – koeficijent nagiba terena (kg/t),

$\eta$  - koeficijent iskoristivosti motora,

$v$  – brzina kretanja skrepera (km/h).

Potrebna snaga motora traktora samohodnog skrepera dobiva se iz izraza:

$$N = \frac{0,003 \cdot v \cdot \sum W}{\eta} \text{ (kW)} \quad (6-12)$$

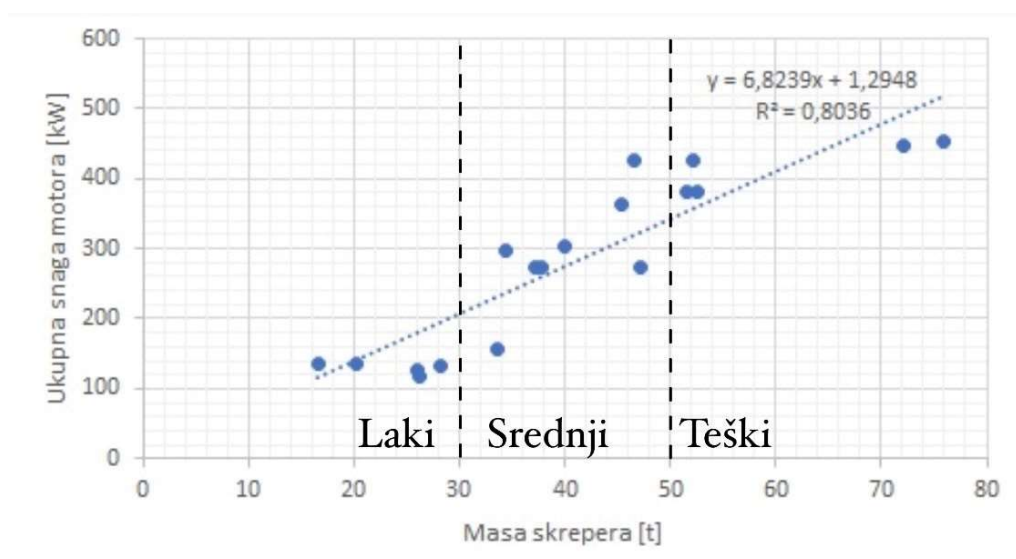
gdje je:

$\sum W$  - ukupni otpor skrepera (N)

## 7. ANALIZA RADNIH KARAKTERISTIKA SKREPERA

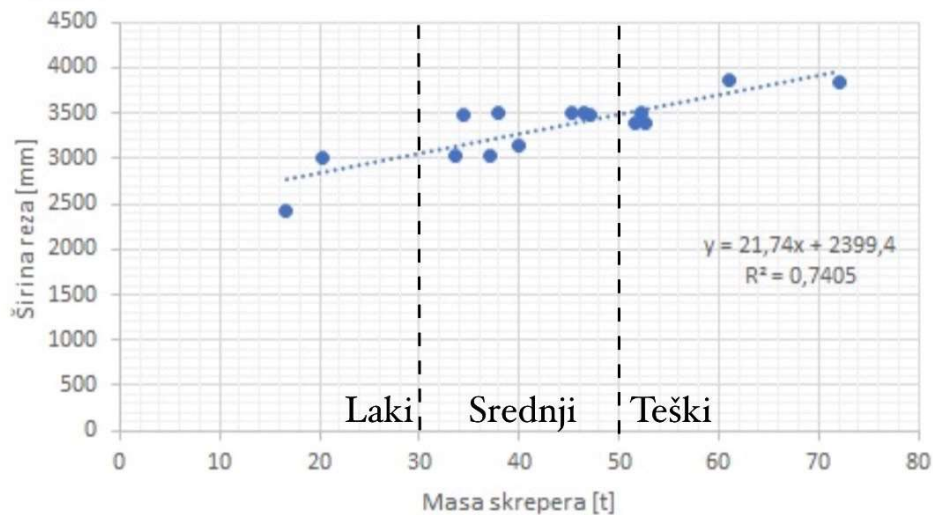
U ovom radu analizirane su osnovne radne karakteristike skrepera u ovisnosti o njihovoj operativnoj masi. Kod analize koristili smo radne karakteristike triju različitih proizvođača Terex, Komatsu i Caterpillar.

Na slici 7-1. prikazan je odnos ukupne snage motora i operativne mase skrepera za sve navedene proizvođače. Iz prikazanog grafa može se sa sigurnošću zaključiti da je odnos ukupne snage motora i mase linearan.



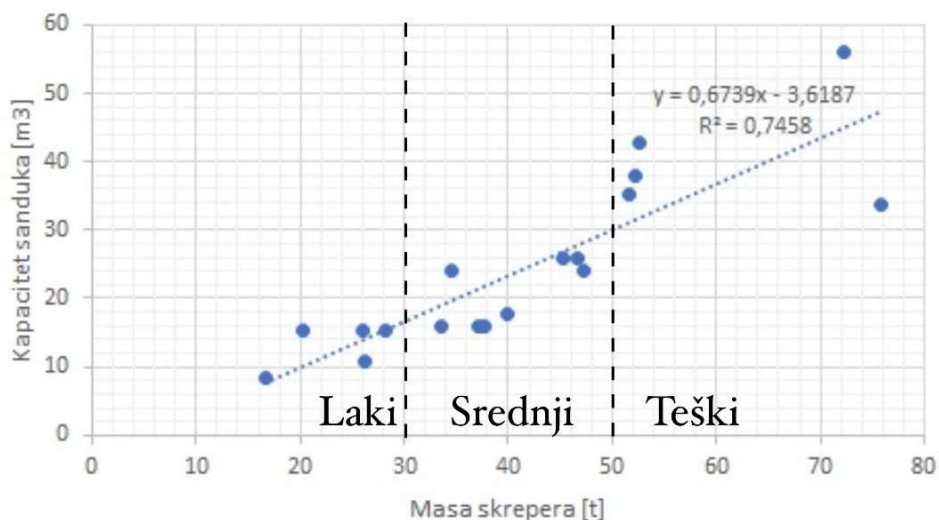
Slika 7-1. Odnos mase skrepera i ukupne snage motora

Na slici 7-2 prikazan je odnos širine reza skrepera i njegove operativne mase. Iz analize grafičkog prikaza zaključujemo da postoji pozitivna korelacija između mase skrepera i dimenzija njegova noža, pri čemu se primjećuje blago proporcionalno povećanje noža kako masa skrepera raste. Osim toga, primjećuje se da se odnos između noža skrepera i mase skrepera ponaša skoro pa linearno, kako masa skrepera kontinuirano raste.



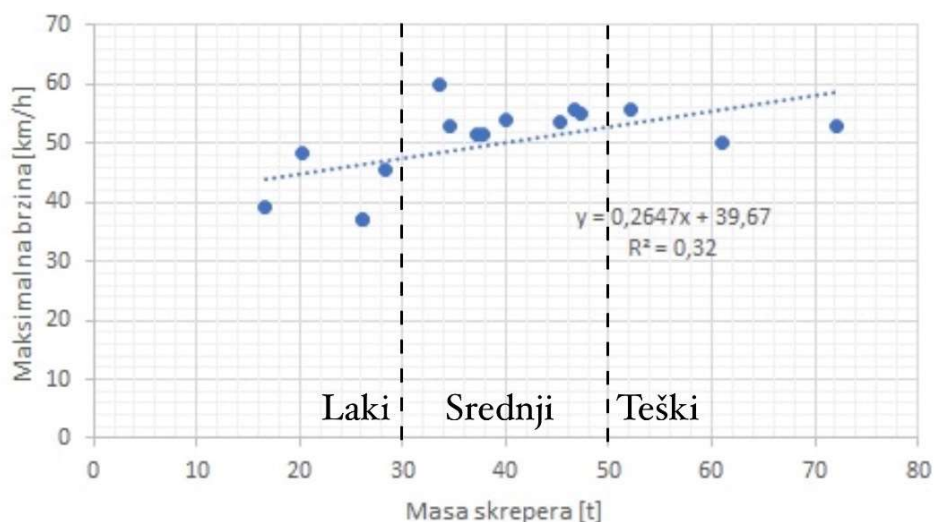
**Slika 7-2.** Odnos mase skrepera i širine reza

Iz prikazanog grafičkog prikaza na slici 7-3. povezanost mase skrepera i kapaciteta sanduka postaje evidentna, pri čemu se jasno promatra da uz porast mase skrepera postoji istodobno povećanje kapaciteta sanduka i obrnuto.



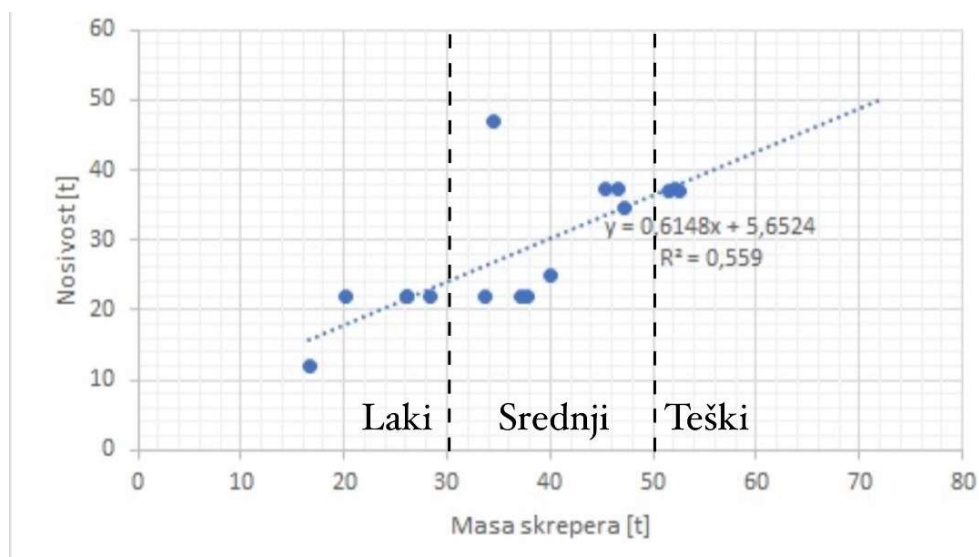
**Slika 7-3.** Odnos mase skrepera i kapacitet sanduka

Proučavanjem sadržaja pratećeg grafičkog prikaza, koji uspoređuje maksimalne brzine skrepera s njihovim operativnim masama (slika 7-4.), zaključujemo da masa skrepera ne utječe na brzinu izravno. Iz jednadžbe (6-12) vidljivo je da će brzina skrepera prvenstveno ovisiti o otporima koji se javljaju u stijenskoj masi tijekom rezanja i snazi motora.



**Slika 7-4.** Odnos mase skrepera i njegove maksimalne brzine

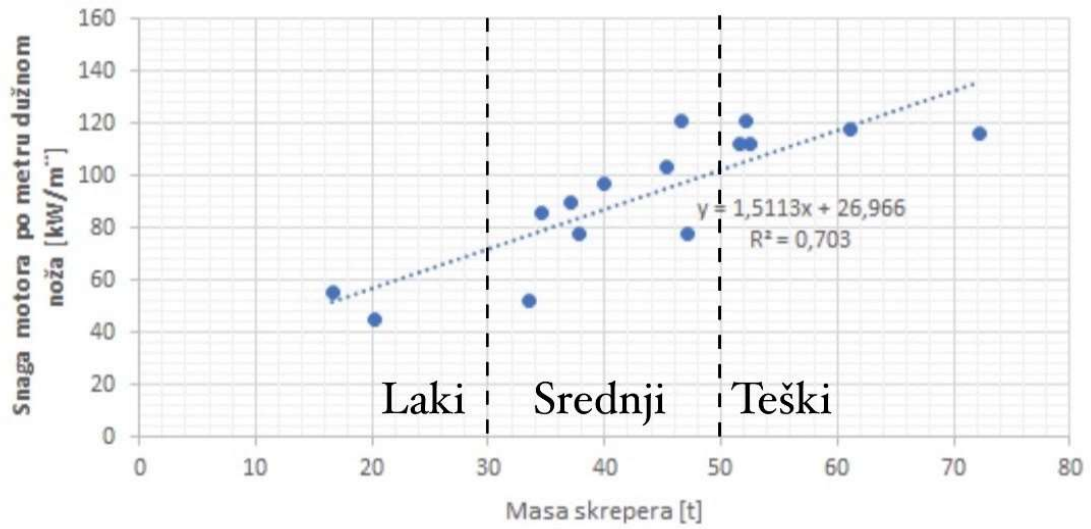
Analizom predočenog grafičkog prikaza koji nam ilustrira odnos mase skrepera i njegove nosivosti (slika 7-5.), možemo vidjeti kako manja masa skrepera korelira s manjom nosivošću, no primjetno je kako se s povećanjem mase povećanje i kapacitet nosivosti skrepera. Grafički prikaz prikazuje gotovo linearnu vezu između parametra koji su u fokusu analize.



**Slika 7-5.** Odnos mase skrepera i nosivosti

Na slici 7-6. prikazana je linearna veza između mase skrepera i snage motora po dužnom metru noža. Iz regresijske analize možemo uočiti trend rasta snage motora skrepera po dužnom metru noža koji raste proporcionalno s povećanjem njegove mase u jediničnoj duljini. Međutim, potrebno je uočiti da na samom prikazu postoje točke koje

sugeriraju da kod teških skrepera nije slučaj. Iz ovoga proizlazi da se kod lakših skrepera potrebna snaga kreće od 40 do 60 kW/m' noža, kod srednjih skrepera to je od 40 do 100 kW/m' noža , a kod teških skrepera prelazi 100 kW/m'.



Slika 7-6. Odnos mase skrepera i snage motora po metru dužnom noža



## 8. ZAKLJUČAK

Kao što je već navedeno na samom početku ovog rada, analizirane su osnovne radne karakteristike skrepera u ovisnosti o njihovoj operativnoj masi. Nadalje, za potrebe izrade rada, analizirane su radne karakteristike tri proizvođača (Terex, Komatsu i Caterpillar) koje su uspoređene, a dobiveni rezultati prikazani u tablicama i grafovima. Iz navedenih analiza moguće je zaključiti da je odnos ukupne snage motora i mase skrepera linearan. Osim toga, zaključuje se da postoji značajna korelacija između mase skrepera i dimenzija njegova noža, pri čemu se primjećuje linearno povećanje dužine noža sa porastom mase skrepera. Na temelju analize maksimalne brzine skrepera i njegove operativne mase, zaključuje se da ne postoji značajna veza između navedenih parametara već da brzina prvenstveno ovisi o ukupnim otporima pri radu skrepera i snazi motora. Osim navedenog, zaključeno je da manja masa skrepera korelira s manjom nosivošću, no primjetno je kako se s povećanjem mase povećava nosivost skrepera i ukupna potrebna snaga skrepera po metru dužnom noža.

U konačnici, nakon iznošenja svih dobivenih analiza, može se zaključiti da ovi rezultati ukazuju na to da radne karakteristike zavise jedna o drugoj, a najviše o operativnoj masi skrepera. Kako bi se adekvatno odabrale karakteristike skrepera, osim njegove namjene i zahtjevanog učinka, potrebno je poznavati i otpore koji se javljaju pri radu skrepera.

## 9. POPIS LITERATURE

CATERPILLAR, 2017. *Caterpillar Performance Handbook 47, Peoria, Illinois, U.S.A.: Caterpillar Inc.*

CONTRACTOR 2016, Thehistoryofthetowedscraper. ContrafedPublishing  
URL:<https://contractormag.co.nz/classic-machines/history-towed-scraper/> (18.08.2023.)

CONTRACTOR 2023, Protected: Wooldridge'sfirst motor scraper.  
ContrafedPublishingURL: <https://contractormag.co.nz/classic-machines/wooldridges-first-motor-scraper/> (18.08.2023.)

DIGITAL DESSERT, 2019URL: <https://digital-desert.com/equipment/fresno-scraper.html>  
(18.08.2023.)

IGNJATOVIĆ, D. 2011. Rudarske mašine – 2 dio. Interna skripta Beograd: Rudarsko-geološki fakultet, 231-243

KORMAN, T, 2020. Skreperi i grejderi.<https://moodle.srce.hr/2022-2023/mod/resource/view.php?id=3148566>

KOVAČ, B., BRANA, P., VIDAKOVIĆ, D., 2006. Nastavni materijali iz predmeta: Tehnologija građenja. Osijek: Sveučilište u Osijeku, Građevinski fakultet.

LECTURA, 2023. URL:<https://www.lectura-specs.com/en/specs/construction-machinery/scrapers-terex> (18.08.2023.)

PFLEIDER, E., 1968. SurfaceMining. New York. American Institute ofMining, Metallurgical, and Petroleum Engineers/AIME, New York.

PREVENTA, 2018. URL:<https://preventa.hr/zastita-na-radu-upit/rad-na-siguran-nacin-s-gradevinskim-strojevima-gradevinski-strojevi> (23.8.2023.)

SREDOJEVIĆ, J. 2016. Rudarsko-građevinske mašine za otkopavanje stijenskih masa, Zenica,347-364.