

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ ŠUMARSTVA
SMJER: TEHNIKE, TEHNOLOGIJE I MENADŽMENT U ŠUMARSTVU

LOVRE GRANIĆ

MORFOLOŠKA RAŠČLAMBA HARVESTERA

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2013

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK

MORFOLOŠKA RAŠČLAMBA HARVESTERA

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Šumarstvo, smjer Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu

Predmet: Mehanizacija pridobivanja drva

Ispitno povjerenstvo: 1. prof. dr. sc. Dubravko Horvat

2. izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar

3. Zdravko Pandur, mag. ing. silv.

Student: Lovre Granić

JMBAG: 0068024466

Broj indeksa: 244/2011

Datum odobrenja teme: 27. 05. 2013.

Datum predaje rada: 04. 07. 2013.

Datum obrane rada: 12. 07. 2013.

Zagreb, srpanj, 2013.

Ključna dokumentacijska kartica

Naslov	Morfološka raščlamba harvestera
Title	Morphological analysis of harvester
Autor	Lovre Granić
Adresa autora	S. S. Kranjčevića 7, 21320 Baška Voda
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Prof. dr. sc. Dubravko Horvat
Izradu rada pomogao	Marko Zorić mag. ing. silv., Zdravko Pandur mag. ing. silv., Izv. prof.dr.sc. Marijan Šušnjar
Godina objave	2013.
Obujam	I – IV + 27 str. + 1 tablica + 12 slika + 33 literat.
Ključne riječi	strojna sječa, harvester, morfološka analiza
Izvorni jezik	hrvatski
Sažetak	<p>Cilj istraživanja je izvršiti morfološku analizu različitih tipova harvestera te na osnovu rezultata ukazati na posebnosti njihovih dimenzijskih i tehničko-tehnoloških značajki te ekološku pogodnost harvestera za izvođenje radova.</p> <p>Analizom su utvrđene ovisnosti između pojedinih morfoloških značajki i položaj unutar cijele obitelji (skupine) harvestera.</p> <p>Na osnovu provedenih istraživanja mogu se istaknuti slijedeći rezultati:</p> <ul style="list-style-type: none">• Većina vrijednosti indeksa oblika nalaze se u području gdje visina prevladava nad širinom vozila. Ova značajka je uvjetovana potrebom za velikom pokretljivošću pri radu u šumskim stajinama.• Ovisnost širine i visine do vrha kabine o masi harvestera ima čvrstu vezu, što nam ukazuje da svi harvesteri pripadaju zasebnoj grupi, odnosno obitelji vozila.• Analizom ovisnosti dohvata hidraulične dizalice o masi harvestera utvrđeno je da se dohvat dizalice povećava s porastom mase do 11 m, nakon čega počinje stagnirati. Razlog tomu je što upotrebom dizalice većeg dosega, bitno bi se narušila stabilnost samoga stroja, čime bi se u opasnost doveo život operatera.• Utvrđeno je da povećanjem mase harvestera raste nominalni dodirni tlak vozila na tlo. <p>Morfološkom analizom značajki istraživanih modela harvestera ustanovljeno je trenutačno stanje, svojstva i zakonitosti, ali i mogući tijek razvoja harvestera kao strojeva za sječu i izradbu drva.</p>

Kazalo sadržaja

Ključna dokumentacijska kartica	I
Kazalo sadržaja	II
Popis slika	III
Popis tablica	III
Predgovor.....	IV
1. UVOD.....	1
1.1 HARVESTER.....	2
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	6
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA.....	7
3.1 MORFOLOŠKA ANALIZA	11
3.2 DODIRNI TLAK	13
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	14
4.1 INDEKS OBLIKA	14
4.2 OVISNOST NEKIH MORFOLOŠKIH ZNAČAJKI O MASI HARVESTERA.....	15
4.3 OVISNOST NOMINALNOG DODIRNOG TLAKA O MASI HARVESTERA.....	20
5.ZAKLJUČAK	22
LITERATURA.....	24

Popis slika

Slika 1. Razina mehaniziranosti radova sječe i izrade u nekim europskim zemljama

Slika 2. Harvester

Slika 3. Dijelovi harvestera

Slika 4. Unutrašnjost kabine harvestera

Slika 5. Osnovne dimenzije harvestera

Slika 6. Ovisnost indeksa oblika B/L o indeksu oblika H_C/L

Slika 7. Ovisnost duljine harvestera o masi

Slika 8. Ovisnost širine o masi harvestera

Slika 9. Ovisnost visine do krova kabine o masi harvestera

Slika 10. Ovisnost snage pogonskog motora o masi harvestera

Slika 11. Ovisnost dohvata dizalice o masi harvestera

Slika 12. Ovisnost nominalnog dodirnog tlaka o masi harvestera

Popis tablica

Tablica 1. Popis harvestera i njihove značajke

Predgovor

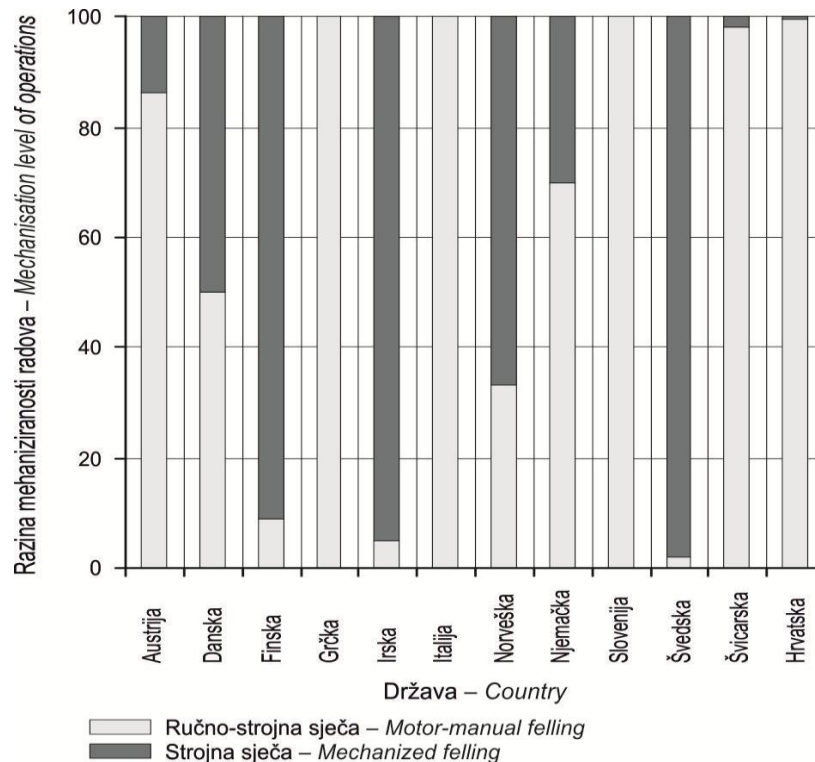
Ovaj rad je izrađen na Zavodu za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Zahvaljujem mentoru, prof. dr. sc. Dubravku Horvatu te izv. prof. dr. sc. Marijanu Šušnjaru, Marku Zoriću mag. ing. silv., Zdravku Panduru mag. ing. silv., na ukazanom povjerenju, trudu, stručnoj pomoći i savjetima tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Lovre Granić

1. UVOD

Razmatrajući stanje mehaniziranja radova strojne sječe u eksploataciji šuma, možemo reći da se osobito u posljednje vrijeme čine znatni naponi na povećanju stupnja mehaniziranosti ove faze radova pridobivanja drva. Radovi strojne sječe uspješno se mehaniziraju primjenom samohodnih, a sve više i samoupravljačkih harvesterata. Na slici 1 je prikazana razina mehaniziranosti radova u nekim europskim zemljama.



Slika 1. Razina mehaniziranosti radova sječe i izrade u nekim europskim zemljama (Izvor: Bosner i Poršinsky 2008 prema Schwaiger i Zimmer 2001)

Na svjetskom tržištu harvesterata pojavljuje se danas velik broj proizvođača. Svi se ti uređaji reklamiraju sasvojim mnogobrojnim, više ili manje značajnim osobinama; ističu se pojedini detalji kao značajne prednosti; naglašava se mogući način rada ili pak elementi koji pridonose sigurnosti odnosno komforu rukovatelja.

Sredstva rada u šumarskoj proizvodnji od posebnog su značenja. Njihova uporaba u složenom ekosustavu kakva je šuma vrlo je zahtjevna te je značajan i njihov utjecaj na rukovatelja. Poznate su mnoge metode njihova proučavanja, od povijesnog razvoja čimbenika njihove gradnje, do onih metoda koje određuju graničnu upotrebljivost.

Kao jedna metoda ocjene tehničke pogodnosti je i morfološka analiza masenih, geometrijskih i drugih parametara šumskih strojeva. Najviše se ovakvih istraživanja odnosi na strojeve u pridobivanju drva, ponajprije zbog njihove brojnosti, gospodarskih razloga te ekološkoga i ergonomskeg djelovanja.

1.1 HARVESTER

Harvesteri su vozila za kretanje po bespuću, čija je osnovna namjena obaranje stabala i izradba kratkog drva kraj panja (Drushka i Konttinen 1997) (slika 2). Kellog i dr. (1993) određuju harvester kao stroj za sječu, kresanje grana, prevršivanje te trupljenje stabala na mjestu sječe. Harvesteri se prema izvedbi voznoga sustava dijele na gusjenične i kotačne harvestere, a kotačni prema broju kotača na četverokotačne, šesterokotačne i osmerokotačne harvestere.



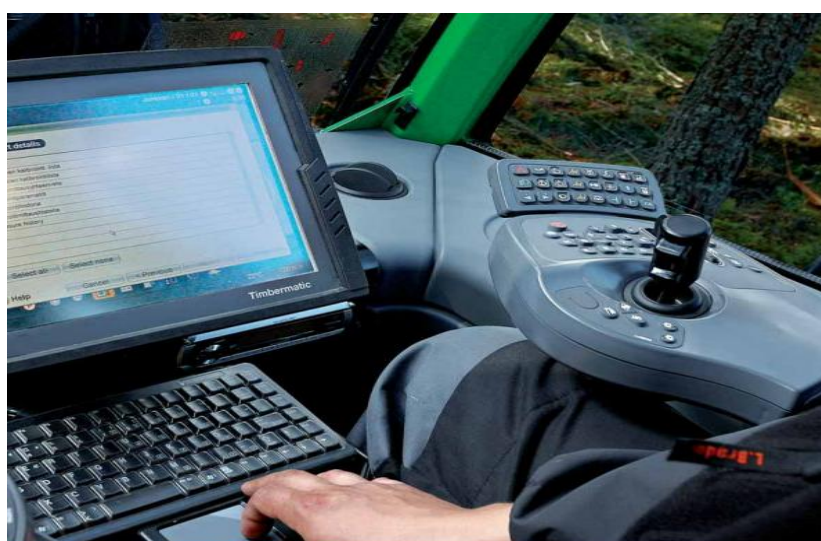
Slika 2.Harvester

Šasija kotačnog harvesteras sastoji od dva odvojena okvira. Prednji dio vozila (kabina, hidraulična dizalica sa sječnom glavom) i stražnji (pogonski motor) spojeni su zglobno, s mogućnošću gibanja u vodoravnoj i vertikalnoj ravnini. Harvesterom se upravlja preko zgloba, promjenom kuta prednjeg i stražnjeg dijela vozila u vodoravnoj ravnini, što omogućavaju dva hidraulična cilindra. Kod harvestera s više od četiri kotača, na prednju osovinu se ugrađuje bogi most, kod kojega su po dva kotača smještena jedan blizu drugoga, u tzv. tandem rasporedu. Sastavni dijelovi harvestera prikazani su na slici 3.



Slika 3. Dijelovi harvestera

Primjena bogiosovina omogućava amortiziranje vozila pri kretanju po površinskim pretekama bespuća, ali i njegovu povećanu stabilnost prilikom obaranja stabla. Računalni sustav harvestera kontrolira rad sječne glave, izmjeru stabla, donošenje odluke o mjestu trupljenja u svrhu najveće iskoristivosti debla, odnosno odluke o izradbi sortimenata zadanih dimenzija prema zahtjevima kupaca (Krpan 2000). Glavni nedostatak harvesteraje njegova složenost zbog koje vozači moraju biti vrhunski obučeni. Obuka vozača jeskupa i može trajati do dvije godine, dok vozač u cijelosti ne ovlada rukovanjem strojem. Ipak, kroz nekoliko mjeseci većina vozača stječe zadovoljavajuća znanja i vještine (Hoss 2001).



Slika 4. Unutrašnjost kabine harvestera

Jedan je od osnovnih zadataka mehaniziranja oslobađanje ljudi od teškog, zamornog i opasnog šumskog rada. Fizičko opterećenje pri radu s harvesterom je neusporedivo manje nego pri radu motornom pilom. Zapravo se rukovatelj u suvremenim strojevima vrhunske strojarske i računalne tehnologije nalazi u ugodnom okruženju klimatizirane kabine i upravljačke ploče (slika 4), lišen svih neugodnih vanjskih utjecaja. Unatoč smanjenju fizičkog opterećenja i ugodnoga, ergonomski povoljno riješenog okruženja radnoga mjesta vozači pate od psihičkoga opterećenja. Smatra se da ono nastaje iz čestoga ponavljanja jednostavnih radnji uz trajni visoki stupanj usredotočenosti i osjećaja osamljenosti urelativno skućenom prostoru kabine. Nadalje upotrebom harvestera produljuje se radno vrijeme operatera, jer na rad harvestera vanjske vremenske prilike (kišni dan) nemaju utjecaj za razliku od sustava u kojem se koristi motorna pila. Također prilikom upotrebe motorne pile, zbog njenih štetnih utjecaja, buke i vibracija, mora se skratiti efektivno radno vrijeme, dok je zbog ergonomske pogodnosti harvestera, te opremanja stroja jakim rasvjetnim tijelima moguć smjenski rad.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

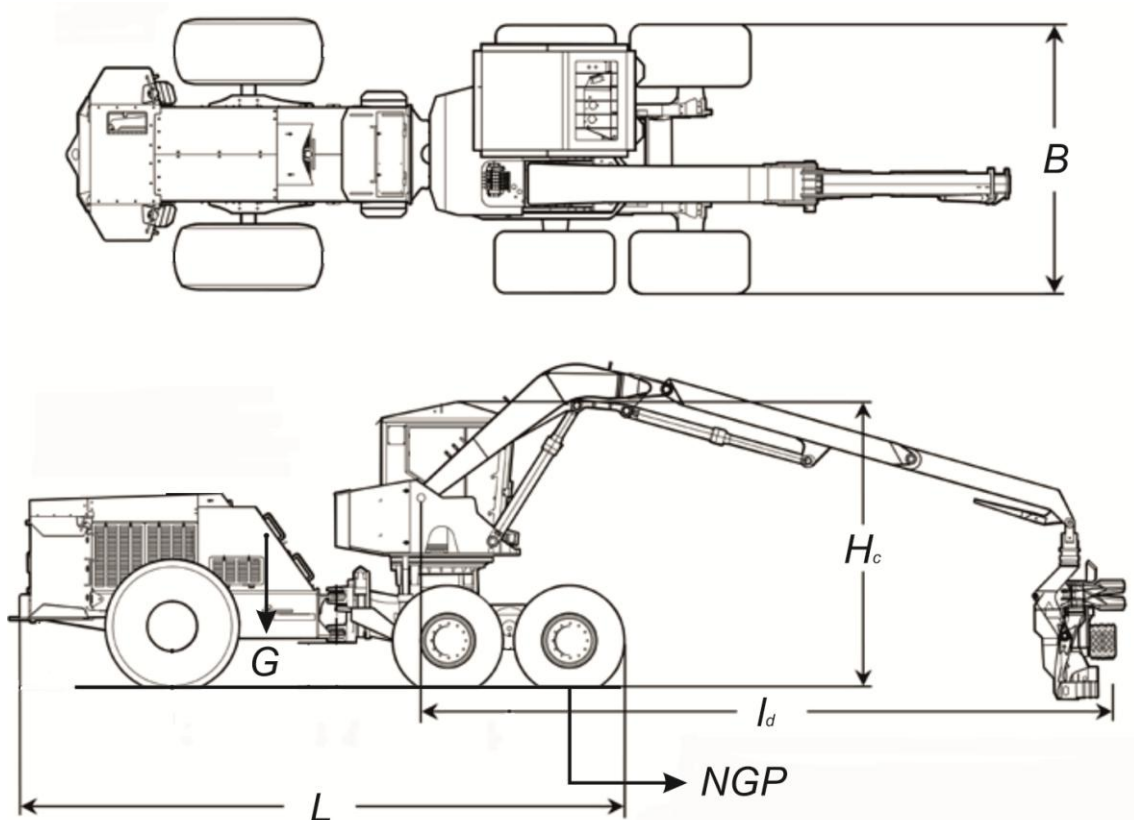
Glavni cilj istraživanja je određenje položaja različitih vrsta harvestera unutar obitelji harvestera na temelju morfološke analize. Svrha ovakvih analiza je ustanoviti stanovite objektivne kriterije, koji bi omogućili uspoređivanje sličnih tipova strojeva i uređaja, ustanovljivanjem sličnosti ili pak njihovih bitnih razlika, moguće je ocijeniti njihovu tehničku pogodnost.

Svrha ovoga diplomskog rada izvršiti morfološku analizu različitih tipova harvestera te na osnovu rezultata ukazati na posebnosti njihovih dimenzijskih i tehničko-tehnoloških značajki te ekološku pogodnost harvestera za izvođenje radova.

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno na osnovu prikupljenih podataka o harvesterima. Podaci su preuzeti sa internetskih stranica i kataloga, proizvođača i uvoznika harvestera. Odabrano je osam osnovnih morfoloških značajka za 130 tipova harvestera (tablica 1). Cijela zamisao morfološke analize zasniva se na korelacijskoj ovisnosti između pojedinih parova tehničkih značajki harvestera. Pri tome su odabrane slijedeće značajke (slika 5) :

- ⇒ masa – m (kg)
- ⇒ snaga pogonskog motora – P_M (kW)
- ⇒ duljina – L (m)
- ⇒ širina – B (m)
- ⇒ visina krova kabine – H_C (m)
- ⇒ duljina dohvata dizalice – l_D (m)
- ⇒ indeksi oblika – H/L i B/L
- ⇒ nominalni dodirni tlak – NGP (kPa)



Slika 5. Osnovne dimenzije harvestera

Tablica 1. Popis harvesteri i njihove značajke

	Naziv	Snaga (kW)	Duljina (mm)	Širina (mm)	Visina do krova kabine(mm)	Masa (kg)	Dohvat dizalice (m)	Broj kotača
1	Harvester GREMO 950 HPV	115	7490	2600	3445	13970	10	8
2	Harvester PIKA FORVESTER Senior	114	9100	2800	3700	14500	10	8
3	Harvester PONSSE HS10 COBRA	157	7160	2610	3600	14500	10	8
4	Harvester PIKA FORVESTER Junior	114	8123	2800	3600	13500	10,5	8
5	Harvester STEFAN-Mini	127	8600	2500	3450	12200		8
6	Harvester STEFAN-Bavaria	240	9600	2700	3600	14300		8
7	HarvesterGremo 1350 H	164	7599	2600	3455	14700	10	8
8	HarvesterGremo 1050 H	205	7700	2850	3350	19870	10	8
9	Harvester HSM 405H1 8WD	175	7785	2700	3720	17000	10	8
10	Harvester HSM 405H2 8WD	175	7975	2880	3750	19500	10	8
11	Harvester HSM 405H3 8WD	260	8374	2920	3723	23000	11	8
12	HarvesterPonsse Bear 8W	240	8890	3170	3890	26800	10	8
13	HarvesterPonsse Ergo 8W	240	8060	3100	3770	20500	10	8
14	HarvesterRottne H11 8WD	168	7638	2830	3650	18800	11,3	8
15	HarvesterSilvatec TH8280	205	7700	2620	3300	18200	8,3	8
16	HarvesterSilvatec TH8280	205	7700	2850	3350	23200	10	8
17	HarvesterTigercat 1135	170	6690	2220	3790	15000	9,3	8
18	HarvesterTigercat H09	134	6160	2100	3300	11000	7,5	8
19	HarvesterGremo 1750h	205	7700	2850	5800	22500	11	8
20	Harvester UTC FS 2665	111	6900	2650	3200	13200	9,5	6
21	Harvester TBM 84	88	5900	2300	3150	9100	8	6
22	Harvester TBM 85	133	6690	2330	3318	12400	9,05	6
23	Harvester PIKA 856	114	6770	2830	3600	14150	9,8	6
24	Harvester CAT 580	165	7300	2980	3170	17500	10,1	6
25	Harvester VALMET 901 S-2/6-Rad	84	6610	2710	3750	13500	9,6	6
26	Harvester VALMET 911/6-Rad	130	6890	2990	3750	14500	9,2	6
27	Harvester VALMET 921	155	7315	2990	3920	18000	9,2	6
28	Harvester PONSSE HS16 ERGO	157	7545	1650	3750	16500	10	6
29	Harvester TIMBERJACK 1270 B	152	7070	2680	3645	16350	10	6
30	Harvester STEFAN-Elefant	270	10000	2900	3750	26000	15	6
31	Harvester TIMBERJACK 1070	123	6550	2620	3600	13700	9,7	6
32	Harvester Eco-log 560 D	190	7300	2800	4500	18600	11,5	6
33	Harvester Eco-log 580D	205	7300	2880	4500	19700	11,5	6
34	Harvester Eco-log 590 D	240	7600	2980	4500	20500	11,5	6
35	Harvester HSM 405H1 6WD	175	7785	2700	3720	16000	10	6
36	Harvester HSM 405H2 6WD	175	7975	2700	3750	18000	10	6
37	HarvesterJohnDeere 1070E 6WD	136	6820	2600	3630	15500	10,8	6
38	HarvesterJohnDeere 1270E	170	7550	2750	3830	19250	11,7	6
39	HarvesterJohnDeere 1470E	190	7690	2990	3930	20700	11	6
40	HarvesterJohnDeere 1170E	145	7080	2720	3655	17900	11,3	6
41	HarvesterKomatsu 901TX.1 6WD	150	7065	2730	3740	16800	11	6
42	HarvesterKomatsu 9011.4	170	7170	2730	3740	17300	11	6
43	HarvesterKomatsu 9011.4 6WD	170	7170	2730	3740	17300	11	6
44	HarvesterKomatsu 931.1	193	7360	2730	3910	19400	9,8	6
45	HarvesterKomatsu 931	193	7360	2730	3910	19400	9,8	6

46	HarvesterKomatsu 941.1	210	8075	2990	3820	23500	10	6
47	HarvesterLogman 811H	125	6630	2870	3550	13500	9,3	6
48	HarvesterLogman 821H	166	6930	2870	3550	14900	9,3	6
49	HarvesterLogset 5H	125	6445	2780	3660	14000	11	6
50	HarvesterLogset 8H	179	7200	2970	3700	18000	11	6
51	HarvesterLogset 10H	220	7700	3070	3850	22000	11	6
52	HarvesterPonsse Bear	240	8800	3170	3860	25100	10	6
53	HarvesterPonsse Ergo	240	7800	3030	3830	19800	10	6
54	HarvesterPonsse Fox	145	7900	2840	3800	18200	10	6
55	HarvesterPonsse	129	7070	2840	3700	17100	10	6
56	HarvesterProfi 50	120	6450	2650	3550	14800	10	6
57	HarvesterRottne H11 6WD	168	7638	2830	3650	18800	10,3	6
58	HarvesterRottne ROTTNE H14C	185	7800	2890	3650	19500	10,3	6
59	HarvesterRottne ROTTNE H20B	187	8700	3000	3700	23000	10	6
60	HarvesterTimberPro TB630	220	7400	2970	3580	21899	10	6
61	HarvesterPrentice 2510	147	7600	3000	3520	21319	10,4	6
62	Harvester BIBER	55	3800	2300	2950	5950	7,4	4
63	Harvester MEFOR - FENDT 395 GHA	88	7650	2280	3110	8200	7,5	4
64	Harvester TIMBERJACK 770	82	5878	2300	3616	10600	9,2	4
65	Harvester VALMET 901 S-2/4-Rad	84	5830	2770	3750	12500	9,6	4
66	Harvester CAT 570	165	6790	2780	2950	15000	10,1	4
67	Harvester CAT 550	122	6650	2780	3170	13000	10,1	4
68	Harvester VALMET 911/4-Rad	130	6110	2960	3750	13200	9,2	4
69	Harvester UTC F 1047	89	6000	2650	3200	10800	8	4
70	Harvester KONRAD RAD	84	5305	2450	2550	10500	9,5	4
71	Harvester Eco-log 550 D	190	7145	2580	4560	17000	11,5	4
72	Harvester Eco-log 570 D	205	7145	2900	4560	18000	11,5	4
73	HarvesterJohndeere 1070E 4WD	136	6335	2600	3600	14850	10,8	4
74	HarvesterKomatsu 901TX.1 4WD	150	6359	2730	3740	16200	11	4
75	HarvesterKomatsu 9011.5 4WD	170	7170	2730	3740	16100	11	4
76	HarvesterLogman 801H	125	6270	2840	3550	12000	9,3	4
77	HarvesterRottne H8	116	8369	2050	3060	8500	7	4
78	Harvester SAMPO ROSENLEW HR46	84	4900	2100	2735	8000	7,1	4
79	HarvesterSampoRosenlew 1046pro	84	4900	2100	2735	8000	7,1	4
80	HarvesterSampoRosenlew 1066	125	5300	2550	3232	13000	7,1	4
81	HarvesterVimex 404 T4	44	3350	2100	1800	4100	4,6	4
82	HarvesterEnviroThinning	88	4580	2100	3160	7580	6	4
83	Harvester NEUSON 11002 HV	75	3120	2400	3300	11600	9	-
84	Harvester NEUSON 8002 RDV-HV	46	3120	2150	2750	8300	9	-
85	Harvester NEUSON 9002 HV	75	3120	2150	3080	11000	9	-
86	Harvester ROBIN 2.29 SN	63	2880	1800	3300	8700	9,2	-
87	Harvester TAKEUCHI TB 070 mit	42	6950	2150	2660	8100		-
88	Harvester TAKEUCHI TB 070 mit	42	6950	2150	2660	8100		-
89	HarvesterCat 501HD	122	3960	2840	3454	18000	8,23	
90	HarvesterCat 511	184,2	4572	3200	3378	23790	9,8	
91	HarvesterCat 521	211,8	4801	3200	3556	26050	9,8	
92	HarvesterCat 522	211,8	4801	3200	3861	29806	9,8	
93	HarvesterCat 532	211,8	4893	3200	3962	31450	9,8	
94	HarvesterCat 541	227,4	4893	3327	3556	30512	11,3	

95	HarvesterCat 551	227,4	4903	3327	3658	31377	11,3	
96	HarvesterCat 552	227,4	4903	3327	3962	36000	11,3	
97	Harvesterimpex T25	126	4913	3000	3680	28000	15	
98	Harvesterimpex T30	185	4913	3000	3400	40000	15	
99	HarvesterJohn Deere 703JH	135	4410	3180	3450	23650	8,5	
100	HarvesterJohn Deere 753JH	180	4410	3180	3500	23590	8,5	
101	HarvesterJohn Deere 759 JH	180	4410	3050	3930	26990	8,5	
102	HarvesterJohn Deere 903KH	224	4690	3180	3530	30000	8,84	
103	HarvesterJohn Deere 909 KH	224	4920	3330	4020	35840	8,84	
104	HarvesterKaiser S3	116,9	6550	4780	2530	12900	7	
105	HarvesterKobekcicase CX225MSR	114,4	4460	3190	2970	24200	9	
106	HarvesterKomatsu XT430	224	4590	3140	4500	27685	9,4	
107	HarvesterKomatsu XT 445L	224	4770	3140	3850	30415	9,4	
108	HarvesterKomatsu XT 450L	224	4770	3140	3880	31545	9,4	
109	HarvesterNeuson 132 HVT	104	3370	2550	3400	14400	11	
110	HarvesterNeuson 182HVT	132	4045	2550	3500	20500	11	
111	HarvesterNeuson 242 HV	183	4420	2950	3550	23500	11	
112	HarvesterNeuson 242 HVT	183	4420	2950	3600	24700	11	
113	HarvesterPrentice 2090	117	3632	2591	3327	15900	8,2	
114	HarvesterPrentice 2190	117	3962	2845	3429	18000	8,2	
115	HarvesterTigercat H250B	153	5260	3430	3605	25445	9,75	
116	HarvesterTigercat H822c	224	4750	3400	3730	24490	8,9	
117	HarvesterTigercat LH 822C	224	4750	3400	3730	31330	11,08	
118	Harvester TigercatLH830C	224	4750	3400	3730	32660	11,08	
119	HarvesterTigercat H 845 C	19	4900	3435	3360	27000	10,8	
120	HarvesterTigercat LH 845C	194	4900	3275	3760	31300	10,8	
121	HarvesterTigercat H 855C	205	5380	3400	3330	27600	11,9	
122	HarvesterTigercat LH855 C	205	5280	3400	3710	35600	11,9	
123	HarvesterTimber Pro TN725-B	224	4360	2860	3170	22407	9,7	
124	HarvesterTimber Pro TL725-B	224	4720	3150	3630	25061	9,7	
125	HarvesterTimber Pro TL735-B	224	4670	3150	3760	27070	9,7	
126	Harvester Volvo FC212C	123	4460	2730	3050	24500	5,7	
127	Harvester Volvo FC2421C	123	4460	3300	3725	27900	5,7	
128	Harvester Volvo FC2924C	138	4891	3490	3935	34600	6	
129	Harvester VolvoFC3329C	153	4968	3490	3975	37800	6,2	
130	HarvesterLandrich LR-HV	205	4800	3200	3672	28420	10	

Podaci su tablično razvrstani i obrađeni u računalnom programu Microsoft Excel, pomoću kojega su određene postojeće ovisnosti i dobivene regresijske jednadžbe (polinomni ili linearni modeli), koje predstavljaju rezultate istraživanja. Čvrstoću odabranih regresijskih modela program prikazuje pomoću parametra R^2 – kvadrat indeksa korelacije, pomoću njega određena je čvrstoća povezanosti između zadanih parametara. Dakle, može se reći da je regresijska analiza metoda kojom se grupa podataka izjednačuje linearnom ili nekom od nelinearnih funkcija izjednačenja. Ako se radi o linearnoj regresijskoj analizi, čvrstoća veze pokazuje koeficijent korelacije; ako je

funkcija izjednačenja nelinearna, onda čvrstoću te veze pokazuje indeks korelacije. Računala omogućuju da se određivanje koeficijenata regresijskog modela ne vrši Gaussovim jednadžbama, već direktnom minimalizacijom sume kvadrata odstupanja.

3.1. MORFOLOŠKA ANALIZA

Morfološkom analizom utvrđuje se trenutno stanje, svojstva i zakonitosti, ali i povijesni te mogući tijek razvoja strojeva u šumarstvu. Na temelju izabranih geometrijskih, masenih i drugih veličina izražavaju se ovisnosti i donosi sud o valjanosti izbora stroja. Rezultati provedenih analiza služe:

- ⇒ šumarskim stručnjacima pri odabiru novih strojeva,
- ⇒ najpovoljnijoj uporabi strojeva u raznim radnim uvjetima,
- ⇒ određivanju parametara pri konstrukciji novih strojeva unutar poznatih obitelji.

Bekker (1956) provodi jednu od prvih morfoloških analiza vozila za kretanje izvan putova, iznoseći mišljenje kako će objekt koji se kreće u nekom mediju poprimiti oblik koji pruža najmanji otpor kretanju. S tog se stajališta, morfološka analiza može učiniti ne samo za iskaz dostignute razine dimenzijskog razvoja vozila ili za traženje položaja nekoga vozila u skupu sličnih, već i za procjenu budućeg razvoja. On navodi kako odnos geometrijskih pokazatelja vozila, a posebice tzv. faktora noseće ploštine vozila, određuje kretnost vozila na mekim tlima.

Sever (1980) morfološkom analizom uspoređuje šumske zglobne traktore s vitlom s adaptiranim poljoprivrednim traktorima, nedvojbeno utvrdivši kako se, iako razvijeni iz poljoprivrednih traktora, skideri mogu svrstati u poseban skup/obitelj vozila koja ima svojstvene morfološke značajke. Ovu analizu proširuje (1986) i na ostala šumarska vozila pa tako i na forvardere, utvrdivši kako i obitelj forvardera također ima svojstvene morfološke značajke. Sever i Horvat (1985) pri izradi studije skidera, a za stvaranje projektnog zadatka za srednji skider, upotrebljavaju rezultate morfološke analize. Takvu analizu za proračun onih dimenzija skidera (ako nisu poznate) koje trebaju za proračun dinamičke preraspodjele opterećenja upotrebljava i Horvat (1989).

Sever i Knežević (1991) traže, između ostalog, razliku u morfološkim značajkama forvardera raznih formula pogona (4x6, 6x6 i 8x8). U ovoj analizi, kao i u ostalima gdje

se slikovno iskazuju značajke obitelji vozila, najčešće se kao osnovni pokazatelj upotrebljava tzv. indeks oblika.

Sever i Horvat (1992A) prikazuju bazu podataka geometrijskih i drugih značajki skidera i forvardera. Isti autori (1992B) analiziraju temeljne morfološke značajke raznih šumskih vozila. Iznose mišljenje kako se ovakvim podacima mogu služiti konstruktori pri konstrukciji vozila i šumarski stručnjaci pri njihovu izboru. Njihovu bazu podataka forvardera proširuje Poršinsky (1996), tražeći položaj jednog tipa forvardera u cijeloj obitelji.

Istražujući i uspoređujući značajke srednjih skidera i APT-a, Horvat i Sever (1995, 1996), Horvat (1996A i 1996B), Sever i Horvat (1997) te Horvat i dr. (2002) upotrebljavaju morfološku analizu.

Horvat i Kristić (1999) iznose prvu morfološku analizu prorednih traktorskih skupova (traktor s poluprikolicom i hidrauličkom dizalicom) kao polazište u traženju optimalnoga rješenja za nizinske šume.

Na Šumarskom fakultetu u Zagrebu morfološka je analiza upotrebljavana i za istraživanje drugih šumskih strojeva, pa je tako Košćak i dr. (1995) rabe za šumske sitnilice, Šušnjar (1998) za šumske iverače, isti autor 2007. koristi morfološku analizu za šumske hidraulične dizalice, te 2008. za raščlambu farmerskih vitala.

Horvat (2001) morfološkom analizom utvrđuje razlike između adaptiranih poljoprivrednih traktora s ugrađenim različitim izvedbama šumskih vitala.

Horvat i Šušnjar (2001A i 2001B) prikazuju razvoj morfoloških značajki poljoprivrednih traktora, zaključujući da dostignuta raznovrsnost njihove konstrukcije omogućava izbor pogodne inačice traktora za prilagodbu za šumske radove. Isti autori (2003) rabe morfološku raščlambu u dijelu analize pogodnosti opremanja uzgojnog traktora tzv. farmi izvedbama vitla.

Poršinsky i dr. (2008) pomoću morfološke analize prikazuju razvoj i utvrđuju razlike između različitih modela motornih pila lančanica.

Iz ovoga se kratkoga pregleda nekih dosadašnjih radova lako se da zapaziti kako je morfološka analiza značajna metoda u analizi pogodnosti šumskih vozila i drugih strojeva općenito.

3.2. DODIRNI TLAK

Dodirni tlak vozila s tlom predstavlja omjer težine i površine oslonca vozila s tlom (Poršinsky, 2005). Isti autor navodi da prijenos naprezanja kroz zrnate materijale, kakva su šumska tla, vrši se preko mjesta dodira između pojedinih zrna, koja su neravnomjerno raspoređena u prostoru. Rasprostiranje tlaka u tlu, kao posljedica kretanja vozila, povezano je s određivanjem prostornog rasporeda sila koje se javljaju na površini i unutar opterećenog tla.

Problem pri utvrđivanju površine dodira kotača i tla je ovisnost o elastičnim deformacijama opterećenoga kotača odnosno o deformacijama tla. Za gumene pneumatike površina dodira ovisi o progibu gume, koji je pod utjecajem tlaka punjenja zrakom i opterećenja kotača. Pod stalnim tlakom punjenja guma zrakom i stalnim opterećenjem kotača, površina dodira ovisi o čimbeniku koji utječe na nosivost koherentnog tla tj. trenutnoj vlažnosti tla.

Dodirni se tlakovi na površini tla mjere:

- ⇒ Neposredno pomoću mjerila tlaka postavljenih na površinu gume,
- ⇒ Rasprostiranje tlaka u dubini tla primjenom mjernih pretvornika koji se ukopavaju na različitim dubinama. Kao glavni nedostatak ove metode je spoznaja da se ukopavanjem krutih kućišta mjernih pretvornika u šumsko tlo narušava njegova prirodna uslojenost i struktura, ali i da se ukupni mjerni sustav u tlu ponaša kao kruti sloj.
- ⇒ Posrednom metodom utvrđivanja dodirnih tlakova (proračun) zasniva se na poznavanju opterećenja pojedinog kotača vozila, odnosno dodirne površine kotača i tla.

Nominalni dodirni tlak (NGP) vozila je računat posrednom metodom (proračun) tako da je težina vozila (G_{voz} , kN), podijeljen sa dodirnom površinom vozila (A , m²). Dodirna površina između vozila i tla je računata kao zbroj dodirnih površina svih kotača harvestera pomoću izraza za površinu (Mellgren 1980):

$$A = r \times b \quad (1)$$

Za izračun nominalnog dodirnog tlaka odnosno dodirne površine harvestera uzete su u obzir ponuđene serijske gume od proizvođača.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

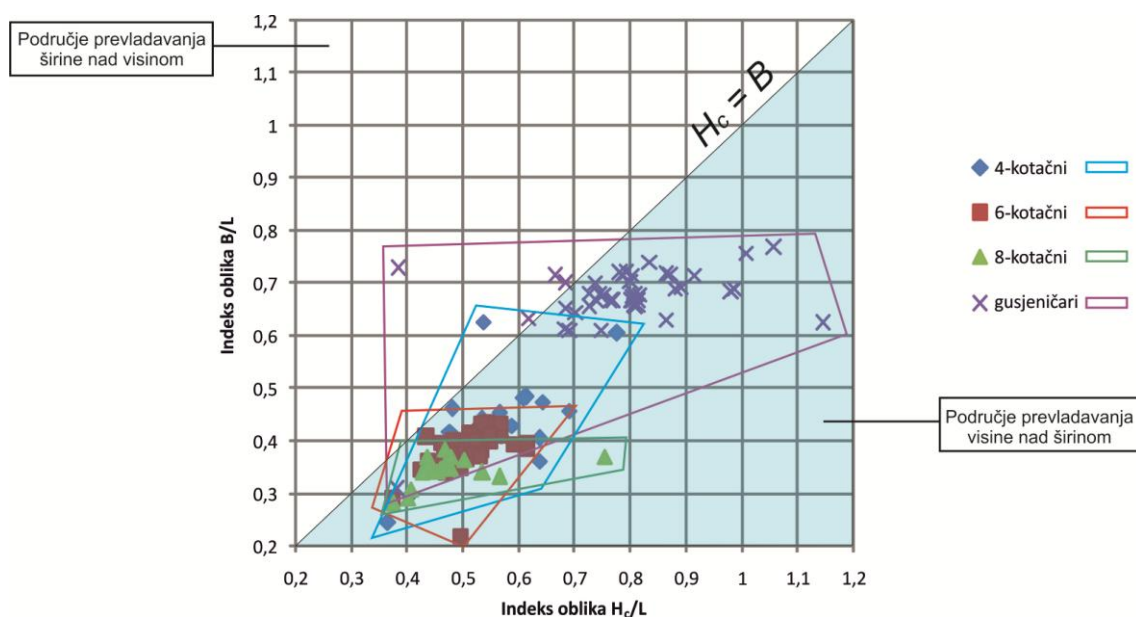
Morfološkom analizom su utvrđene ovisnosti između pojedinih morfoloških značajki i položaj unutar cijele obitelji (skupine) harvestera. Odabrano je osam osnovnih morfoloških značajki za harvestere, od toga pet osnovnih značajki (duljina L , širina B , visina do krova kabine H_C , masa m , snaga motora P_M) te tri izračunate značajke (indeksi oblika H_C/L i B/L , nominalni dodirni tlak na tlo NGP (kPa)).

4.1. INDEKS OBLIKA

Bekker (1956, 1960, 1969) iznosi mišljenje da vozila trebaju poprimiti oblik čijem kretanju okoliš pruža najmanji otpor, tj. vozila trebaju imati što veću probojnost. Ako se vozilo prikaže u obliku prizme, tada omjeri H/L (visina/duljina) i B/L (širina/duljina) iskazuju važne obujmne značajke i nazivaju se indeksima oblika. Kod harvestera imamo dvije visine, visinu do krova kabine i visinu do vršne točke dizalice, a u ovom istraživanju korištena je visina do krova kabine harvestera (H_C). Za vozila koja pripadaju istoj obitelji, indeksi oblika najvažnije su značajke kojima se ona opisuju i služe kao početna obavijest o proučavanom vozilu i njegovom svrstavanju u već poznatu obitelj vozila.

Na slici 6 prikazana je međusobna ovisnost spomenutih indeksa oblika te izjednačenje linearnim korelacijskim modelom. Većina vrijednosti indeksa oblika nalazi ispod pravca $H = B$, tj. nalaze se u području gdje visina prevladava nad širinom vozila. Općenito kod harvestera karakteristično je da se indeksi oblika nalaze u području ispod pravca $H=B$. Ova značajka je uvjetovana potrebom za velikom pokretljivošću pri radu u šumskim sastojinama. Vozila manje širine omogućavaju lakši pristup do stabala namijenjenih za sječu kao i manje gaženje šumskog tla i oštećivanje dubećih stabala.

Na grafikonu se vidi da se harvesteri s gusjenicama izdvajaju iz skupine harvestera, a to je zbog načina konstrukcije samih gusjeničnih harvestera, te ih je stoga potrebno promatrati kao zasebnu skupinu šumskih vozila. U raspodjeli indeksa oblika kotačnih harvestera nema značajnijih odstupanja osim jednog četverokotačnog harvestera koji se nalazi u području prevladavanja širine nad visinom.



Slika 6. Ovisnost indeksa oblika B/L o indeksu oblika H_c/L

4.2. OVISNOST NEKIH MORFOLOŠKIH ZNAČAJKI O MASI HARVESTERA

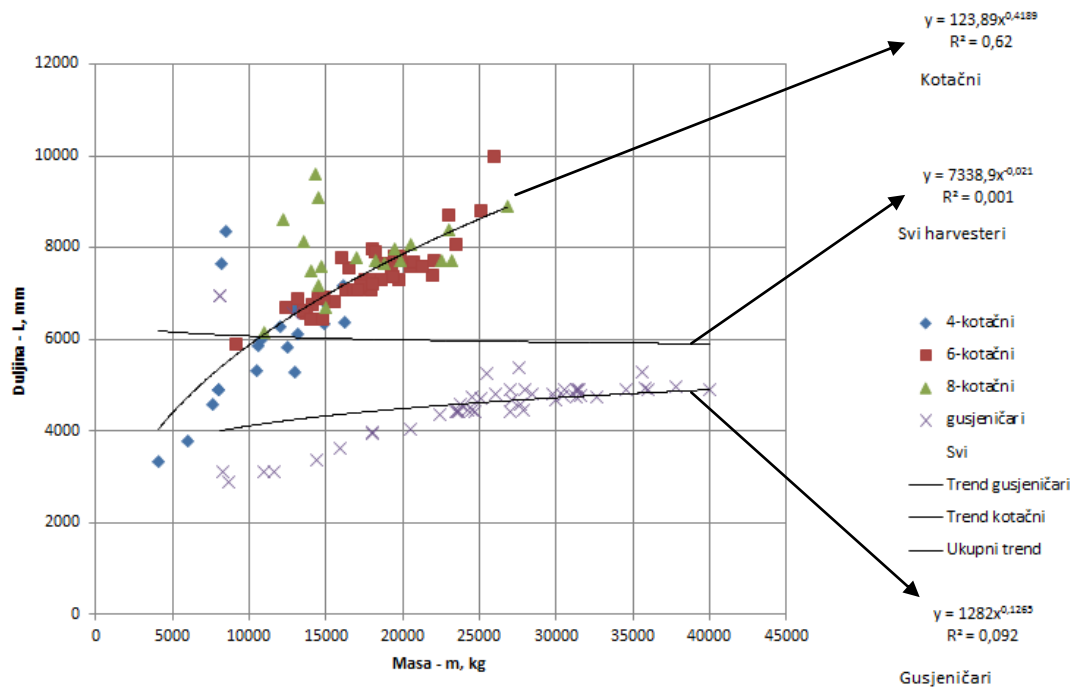
Masa vozila se smatra bitnom morfološkom značajkom zbog činjenice da pri nepostojanju mase vozila ne postoje ni druge značajke. Iako se veća masa smatra u pravilu nepovoljnom, kod harvestera ona ima ulogu održavanja stabilnosti stroja prilikom rada sa hidrauličkom dizalicom i harvesterском glavom. No s druge strane veća se masa vozila smatra nepovoljnom zbog većeg otpora kotrljanja te većeg pritiska kotača na tlo uslijed čega dolazi do oštećivanja šumskoga tla.

Usporedba duljine harvestera s masom prikazana je na slici 7, pri čemu su pri utvrđivanju ovisnosti odabrane eksponencijalne regresijske jednadžbe izjednačenja.

Na slici 7 je vidljivo da su se grupirali posebno kotačni a posebno gusjeničniharvesteri. Ta se pojava objašnjava zbog drukčijih konstrukcijskih rješenja, naročito podvozja gusjeničniharvestera, što ponovno ističe činjenicu da bi se gusjeničniharvesteri trebali promatra kao zasebna skupina vozila.

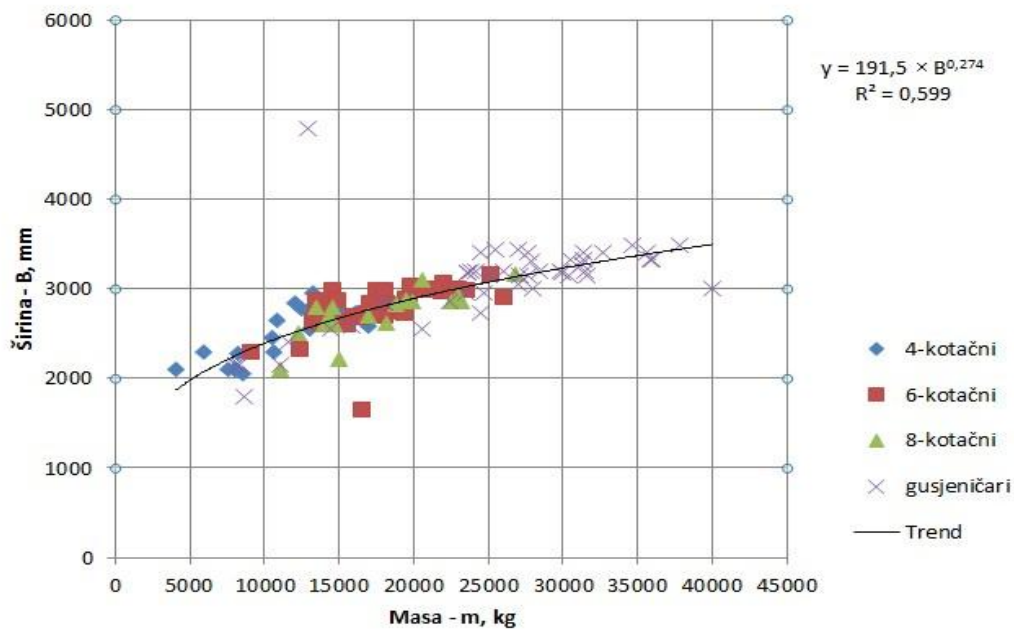
Rast duljine harvestera s povećanjem mase je nepovoljan sa stanovišta njegove kretnosti u šumskim sastojinama. Veća duljina podrazumijeva veći krug okretanja harvestera te time njegovu manju pokretljivost. Trend povećanja duljine kotačnihharvestera s masom je moguć zbog načina konstrukcije ove obitelji vozila gdje se sa središnje postavljenim

zglobom može ostvariti manji krug okretanja i s relativno velikim međuosovinskim razmakom ili ukupnom duljinom harvestera.



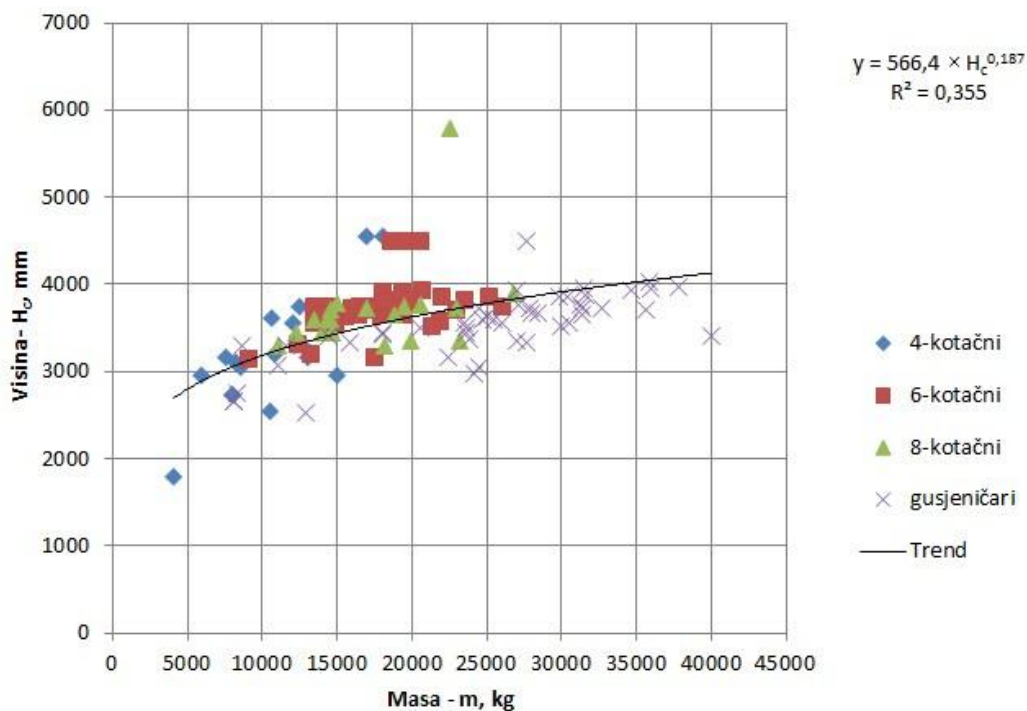
Slika 7. Ovisnost duljine harvestera o masi

Ovisnosti širine o masi prikazane su na slici 8. Ovaj grafikon pokazuje da kod harvestera širina vozila neznatno mijenja u odnosu na masu. Razlog tome počiva s jedne strane u činjenici da je kod vozila za kretanje po bespuću potrebna manja širina, a sve zbog uvjeta rada u šumi, radi utjecaja širine na oštećivanje dubećih stabala. Ovisnost širine o masi vozila jasno dokazuje da svi harvesteri pripadaju istoj, zasebnoj grupi, odnosno obitelji vozila.



Slika 8. Ovisnost širine o masi harvestera

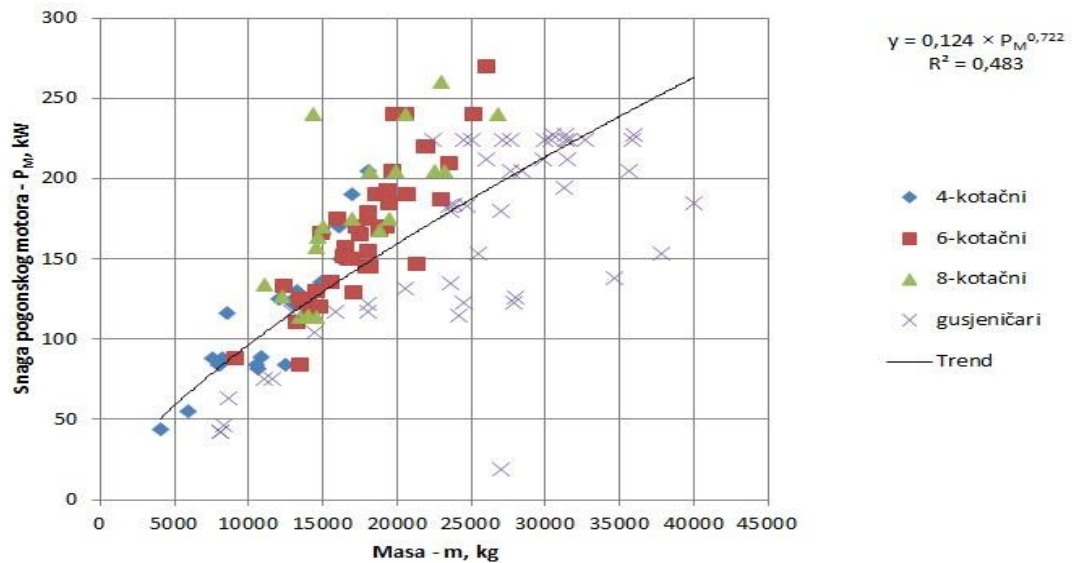
Ovisnost visine o masi iskazana je na slici 9. Ovdje se radi o visini kabine od tla. Može se uočiti da je porast visine neznatan u odnosu na masu harvestera. To se objašnjava zakonskim propisima, koje ti strojevi moraju zadovoljiti tijekom njihovog transporta po javnim prometnicama. Nadalje harvesteri, zbog vrste posla koji obavljaju, ne smiju imati preveliku visinu kako bi im se osigurala stabilnost prilikom rada u bespuću, jer porastom visine točka težišta se pomiče sve više čime je narušena bočna stabilnost samog stroja.



Slika 9. Ovisnost visine do krova kabine o masiharvestera

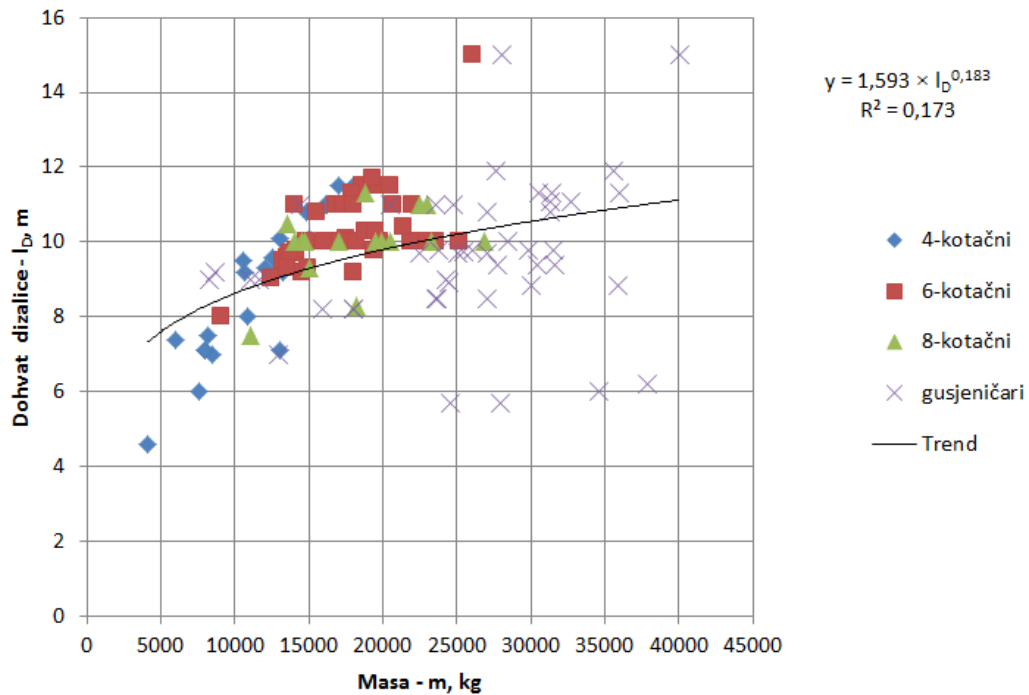
Analiza ovisnosti snage pogonskog motora o masi značajna je sa stanovišta razdvajanja harvesterakao obitelji vozila. Odnos snage motora i mase vozila može se tumačiti kao odnos koliko snagu motora može nositi jedinica mase vozila. Potrebitost veće mase harvestera ogleda u povećanju adhezijskog opterećenja čime će se omogućiti trakcija kotača s tlom i pri nepovoljnim terenskim uvjetima. Veća masa ima ulogu održavanja stabilnosti stroja prilikom rada sa hidrauličkom dizalicom i harvesterskom glavom.

Na slici 10vidi se grafički prikaz ovisnosti snage pogonskog motora obzirom na masu vozila. Uočljivo je da je povećanjem mase harvestera potrebna i veća snaga motora, kako bi se osigurala kretnostharvestera po bespuću te njegova stabilnost prilikom rada. Nadalje iz slike 10 je vidljivo da se ponovno zbog specifične konstrukcije gusjeničniharvesteri izdvajaju od ostalih te ih je potrebo izučavati kao zasebnu skupinu vozila.



Slika 10. Ovisnost snage pogonskog motora o masi harvestera

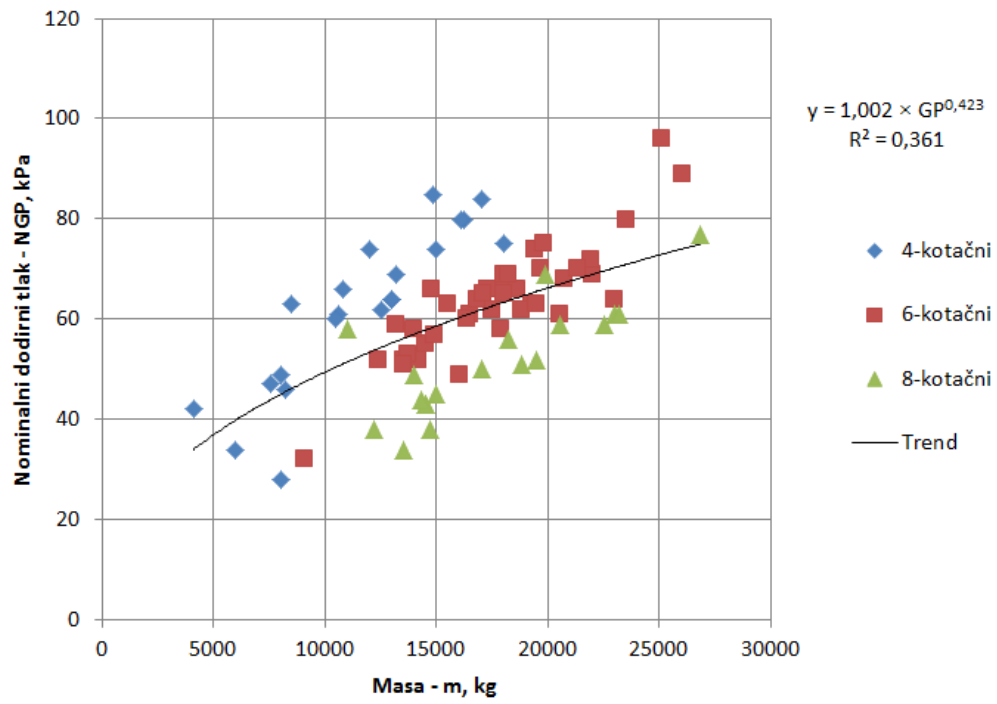
Kod harvestera postoji mogućnost izmjene dizalice s tim da se mora paziti na ostale značajke stroja kako se ne bi narušila stabilnost stroja i samim time ugrozio život operatera. Analiza ovisnosti dohvata hidraulične dizalice o masi harvesteraprikazana je na slici 11. Iz slike 11 je razvidno da se dohvat dizalice povećava s porastom mase do određene vrijednosti (11 m), nakon čega počinje stagnirati. Razlog tomu je taj da ako bi se upotrebljavale dizalice većeg doseg, bitno bi se narušila stabilnost samo ga stroja, čime bi se u opasnost doveo život operatera. Nadalje, iz slike se može iščitati da gusjeničniharvesteri unatoč znatno većoj masi nego kotačniharvesteri ne mogu koristiti dizalice većeg dohvata zbog svoje konstrukcije, prvenstveno zbog male duljine stroja te zbog konstrukcije podvozja koje je značajno kraće od kotačniharvestera. Takav rezultat još jednom upućuje na to da se gusjeničniharvesteripromataraju kao zasebna skupina vozila.



Slika 11. Ovisnost dohvata dizalice o masi harvestera

4.3. OVISNOST NOMINALNOG DODIRNOG TLAKA O MASI HARVESTERA

Na slici 12 prikazana je ovisnost nominalnog dodirnog tlaka harvestera o masi harvestera. Analizom izračunatih vrijednosti nominalnog dodirnog tlaka utvrđeno je da povećanjem mase raste i nominalni dodirni tlak vozila s tim da vozila sa više kotača (većom dodirnom površinom) imaju znatno manji nominalni dodirni tlak. Manji dodirni tlak vozila na tlo znači bolju ekološku prihvatljivost vozila, tj. veći indeks kotača odnosno manju opasnost oštećivanja šumskog tla (zbijanja tla) pri kretanju vozila. Smanjenje nominalnog dodirnog tlaka harvestera može se još postići i upotrebom širih pneumatika, iako se korištenjem širih pneumatika povećava sama širina vozila te se na taj način utječe na oštećenja dubećih stabala, šire pneumatike se preporuča koristiti u čistim sječama ili u dovršnim sijekovima.



Slika 12. Ovisnost nominalnog dodirnog tlaka o masi harvester

5. ZAKLJUČAK

Harvesteri su strojevi koji služe za obaranje stabala i izradu sortimenata. Imaju višestruka korisna djelovanja u šumarstvu. Rad ovim strojevima je sigurniji i ergonomski uvjeti rada radnika su bitno poboljšani što je i najvažnije. Strojna sječa harvesterom je ekonomičnija od ručno-strojne sječe poglavito u sastojinskim uvjetima kakvi vladaju u kulturama četinjača i listača, te u drugačijem sustavu pridobivanja drva od onog koji se koristi u Hrvatskoj, pošto nema dodatnih troškova prethodne doznake, prikrajanja sortimenata, preuzimanja sortimenata i svi drugih naknadnih troškova klasične tehnologije.

Sustavno uvođenje harvestera, te izbacivanje motornih pila u fazi sječe i izrade, u potpunosti bi riješilo problem buke i vibracija motornih pila kao osnovnog uzroka profesionalnih bolesti šumskih radnika, čime bi se produžilo efektivno radno vrijeme. Nadalje upotrebom harvestera produljuje se radno vrijeme operatera, jer na rad harvestera vanjske vremenske prilike (kišni dan) nemaju utjecaj za razliku od sustava u kojem se koristi motorna pila. Također zbog ergonomske pogodnosti harvestera, te opremanja stroja jakim rasvjetnim tijelima mogući smjenski rad.

Morfološkom analizom značajki istraživanih modela harvestera ustanovljeno je da gusjeničneharvestere, kod analize indeksa oblika, ovisnosti duljine o masi i ovisnosti dohvata dizalice o masi, zbog njihove specifične konstrukcije treba promatrati kao zasebnu skupinu vozila. Većina vrijednosti indeksa oblika nalaze se u području gdje visina prevladava nad širinom vozila. Općenito kod harvestera karakteristično je da se indeksi oblika nalaze u području prevladavanja visine nad širinom. Ova značajka je uvjetovana potrebom za velikom pokretljivošću pri radu u šumskim sastojinama. Manje širine vozila omogućavaju lakši pristup do stabala namijenjenih za sječu i manje oštećivanje dubećih stabala.

Ovisnost širine i visine do vrha kabine o masi harvestera ima čvrstu vezu, što nam ukazuje da svi harvesteripripadaju zasebnoj grupi, odnosno obitelji vozila.

Analizom ovisnosti dohvata hidraulične dizalice o masi harvesterautvrđeno je da se dohvat dizalice povećava s porastom mase do 11 m, nakon čega počinje stagnirati. Razlog tomu je što upotrebom dizalice većeg dosega, bitno bi se narušila stabilnost samo ga stroja, čime bi se u opasnost doveo život operatera.

Morfološkom analizom utvrđuje se trenutačno stanje, svojstva i zakonitosti, ali i mogući tijek razvoja harvestera kao strojeva za sječu i izradbu drva. Rezultati provedenih istraživanja mogu poslužiti kao pomoć šumarskim stručnjacima pri odabiru novih strojeva.

Utvrđeno je da povećanjem mase harvesterarastena nominalni dodirni tlak vozila na tlo. Kao i manji broj kotača harvestera (manja dodirna površina) povećava nominalni dodirni tlak vozila s tlom. Upotrebom širih guma i polugusjenica, odnosno povećanjem dodirne površine harvestera smanjuje se nominalni dodirni tlak vozila na tlo što znači bolju ekološku prihvatljivost vozila, odnosno manju opasnost oštećivanja šumskog tla pri kretanju vozila.

LITERATURA

1. Bekker, M., G., 1956.: Theory of Land Locomotion, Univ. of Michigan Press, 1-499.
2. Bekker, M., G., 1960: Off-the-road locomotion, The University of Michigan Press, 1-215
3. Bekker, M., G., 1969: Introduction to Terrain-Vehicle Systems, Univ. of Michigan Press, 1-846.
4. Bosner, A., Poršinsky, T., 2008: Analiza životnog ciklusa – izazov za šumarstvo. Nova mehanizacija šumarstva 29: 37 – 49.
5. Drushka, K., Konttinen, H., 1997: Tracks in the Forests – The Evolution of Logging Machinery. Timberjack Group Oy, Helsinki, Finland, 1 – 254.
6. Horvat, D., 1989: Prediction of Tractive Performance for a four-wheel Drive Skidder. International seminar "Forestry transporting machinery and terrain interaction", College of forestry Garpenberg, Sweden, str. 1-12.
7. Horvat, D., Sever, S., 1995: Some Properties of the Skidders used in Mountain Forest Stand Thinning, dobrovoljni referat na XX. IUFRO kongresu, Tampere, Finska, str 211-216.
8. Horvat, D., Sever, S., 1996: Neke tehničke značajke traktora za privlačenje drva u prorjedama sastojina brdsko-planinskog područja, Šumarski list, 120(3-4): 157-162.
9. Horvat, D., 1996: Tractive parameters of four skidders used for wood transportation in mountain forest thinning, ECE/FAO/ILO & IUFRO Seminar on environmentally sound roads and wood transportation, Sinaia, Rumunjska, str 377-381.
10. Horvat, D., Kristić, A., 1999: Research of some morphological features of thinning tractor assemblies with semi-trailer [Istraživanje nekih morfoloških značajki prorjednih traktorskih skupova s poluprikolicom], Zbornik sažetaka na IUFRO savjetovanju "Emerging Harvesting Issues in Technology Transition at the End of Century", Opatija, str. 99 – 100.

11. Horvat, D., 2001: Morfološke značajke adaptiranih poljoprivrednih traktora s ugradnjom različitih vitala (Morphological characteristics of adapted farming tractors equipped with different winches), Znanstvena knjiga "Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama", str. 525 – 533.
12. Horvat, D., Šušnjar, M., 2001: Morphological analysis of farming tractors used in forest works, 35. Internationales wissenschaftliches symposium - FORMEC 2001, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, p. 27 – 38.
13. Horvat, D., Šušnjar, M., 2001: Neke značajke poljoprivrednih traktora prilagođenih šumskim radovima (Some characteristics of farming tractors used in forest works), Znanstvena knjiga "Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama", str. 535 – 544.
14. Horvat, D., Goglia, V., Šušnjar, M., 2002: Some technical and ergonomic characteristics of thinning skidder Ecotrac, International conference "Logistics of wood technical production in the Carpathian mountains", Zvolen, Slovakia, str. 80-93.
15. Horvat, D., Šušnjar, M., 2003: Comparison between some technical characteristics of STEYR farming tractor equipped with 3 variants of tajfun farmi winches and with fixed TIGAR winch, Proceedings of Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO Workshop on operation improvements in farm forests, Logarska dolina (Slovenija), pp. 83-95.
16. Hoss, C., 2001: Harvester simulators as effective tools in education. Proceedings of International conference "Thinnings: A valuable forest management tool", September 9-14, 2001, IUFRO Unit 3.09.00 & FERIC & Natural Resources Canada & Canadian Forest Service, CD.
17. Kellog, L.D., Bettinger, P., Studier, D., 1993: Terminology of Ground-Based Mechanized Logging in the Pacific Northwest. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. Research Contribution 1, 1 – 12.
18. Koščak, B., Horvat, D., Sever, S., 1995: Morfološka rasčlamba tehničkih značajki rotošitnilica

- (Morphological Analysis of Malching Flail Mower Technical Characteristics),
 Mehanizacija šumarstva, Vol. 20, No. 3, str. 137-144.
19. Krpan, A.P.B., 2000: Mogućnosti primjene vrhunskih tehnologija pri iskorištavanju šuma u Hrvatskoj (Possibilities of implementation of high technologies in forest harvesting in Croatia). Znanstveni skup "Vrhunske tehnologije u uporabi šuma", Zagreb, 11. travnja 2000., HAZU, Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo, 45 – 63.
 20. Mellgren, P. G., 1980: Terrain Classification for Canadian Forestry, Canadian Pulp and Paper Association, 1–13.
 21. Poršinsky, T., 1996: Forwarder application to wood transportation in Croatia. Proceedings "Progresses in Forest Operations", Ljubljana, Slovenija, 133 – 141.
 22. Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1-170.
 23. Poršinsky, T., Stankić, I., Bosner, A., Pentek, T., 2008: Morphological Analysis of Chainsaws. Proceedings of the International Scientific Conference FORTECHNEVI 2008. Editors: Skoupy, A., Machal, P., Marecek, L., Brno, Mendel University of Agriculture and Forestry, 2008. 380-380.
 24. Sever, S., 1980: Istraživanje nekih eksploatacijskih parametara traktora kod privlačenja drva. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 301.
 25. Sever, S., Horvat, D., 1985: "Šumski zglobni traktor snage oko 60 kW", Studija, Zagreb, ZIŠ, str. 1-187.
 26. Sever, S., 1986: Morphological characteristics of flogging machines (Morfološke karakteristike strojeva eksploatacije šuma). Zbornik radova 18th IUFRO World Congress, Division 3, Forest operations and Techniques, Ljubljana s. 9-20.
 27. Sever, S., Knežević, I., 1991: Formindex as a possible criterion for classification of off-road vehicles. 5th European Conference ISTVS, Budapest, Volume II, 468 – 476.

28. Sever, S., Horvat, D., 1992: Logging wheel tractor database for assistance in machine family evaluation. Proceedings of IUFRO IUFRO workshop „Computer supported planning of roads and harvesting“, Feldafing, Germany, 281-288.
29. Sever, S., Horvat, D., 1992: 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, str. 196-200.
30. Sever, S., Horvat, D., 1997: Choosing and Application of Forest Soft Machines, 7th European ISTVS Conference, 7-10. October, 1997, Ferrara, Italy, 549-556.
31. Šušnjar, M., 1998: Istraživanje ovisnosti nekih tehničkih značajki iverača morfološkom raščlambom. *Mehanizacija šumarstva*. 23 (3-4), 139-150.
32. Šušnjar, M., Horvat, D., Grahovac, I., 2007: Morfološka raščlamba šumskih hidrauličnih dizalica. *Nova mehanizacija šumarstva* 28: 15 – 26.
33. Šušnjar, M., Borić, D., 2008: Morfološka raščlamba farmerskih vitala. *Nova mehanizacija šumarstva* 29: 29 – 35.