

Štete na dubećim stablima u proredi bjelogorične sastojevine mehaniziranim sustavom pridobivanja drva

Ursić, Branko

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:981541>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO - SMJER TEHNIKA, TEHNOLOGIJA I MANAGEMENT U ŠUMARSTVU

BRANKO URSIĆ

ŠTETE NA DUBEĆIM STABLIMA U PROREDI
BJELOGORIČNE SASTOJINE MEHANIZIRANIM SUSTAVOM
PRIDOBIVANJA DRVA

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, LIPANJ, 2019.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

**ŠTETE NA DUBEĆIM STABLIMA U PROREDI BJELOGORIČNE
SASTOJINE MEHANIZIRANIM SUSTAVOM PRIDOBIVANJA DRVA**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Šumarstvo - Smjer Tehnika, tehnologija i management u šumarstvu

Predmet: Pridobivanje drva II.

Ispitno povjerenstvo: 1. doc. dr. sc. Dinko Vusić
2. prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky
3. doc. dr. sc. Ivica Papa

Student: Branko Ursić

JMBAG: 0068225979

Broj indeksa: 874/17

Datum odobrenja teme: 25. 04. 2019.

Datum predaje rada: 21. 06. 2019.

Datum obrane rada: 28. 06. 2019.

Zagreb, lipanj, 2019.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Štete na dubećim stablima u proredi bjelogorične sastojine mehaniziranim sustavom pridobivanja drva
Title	Damage to residual trees in thinning of broadleaf stand by mechanized harvesting system
Autor	Branko Ursić
Adresa autora	Kolodvorska 113, 32254 Vrbanja
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	doc. dr. sc. Dinko Vusić
Izradu rada pomogao	
Godina objave	2019.
Obujam	45 stranica + 4 tablice + 43 slike + 65 navoda citirane literature
Ključne riječi	oštećenja kore, harvester, forvarder
Key words	bark damage, harvester, forwarder
Sažetak	<p>Cilj istraživanja je bio utvrditi intenzitet, uzrok, mjesto (deblo, pridanak, žilište, korijen) i veličinu oštećenja dubećih stabala pri sječi i izradi stabala harvesterom, te izvoženju drvnih sortimenata forvarderom. Istraživanje je provedeno u G.J. »Bjelovarska Bilogora« pri proredi odsjeka 14b, površine 18,28 ha, uređajnog razreda običnog graba, starosti 70 godina i odsjeka 14c, površine 9,07 ha, uređajnog razreda obične bukve starosti 79 godina. Na temelju terenske izmjere stabala na primjernim prugama intenzitet štete iskazan je odnosom oštećenih i neoštećenih stabala, uz detaljnu analizu oštećenja kore. Rezultati istraživanja upućuju na najveću zastupljenost oštećenja dubećih stabala u obliku oguljene kore. Stabla s oguljenom korom, u odnosu na ukupan broj preostalih stabala, zastupljenija su u odsjeku 14c (39 %) za 6 % u odnosu na odsjek 14b (33 %). S obzirom na uzrok oštećenja, harvester i forvarder su u odsjeku 14b oštetili podjednak broj stabala, dok je u odsjeku 14c harvester ošteti 10 % više stabala u odnosu na forvarder. S obzirom da je primjena sustava harvester - forvarder u hrvatskom šumarstvu sve učestalija, nužno je kontinuirano provoditi edukacije operatera strojeva o važnosti šumskih ekosustava i osposobljavati ih na način da se oštećenja svedu na najmanja moguća.</p>

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA	OB ŠF 05 07
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristio* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

vlastoručni potpis

Branko Ursić

U Zagrebu, 21.6.2019.

POPIS SLIKA

Slika 1. Shematski prikaz čimbenika koji utječu na stupanj oštećenja	10
Slika 2. Potpuno mehanizirani sustav pridobivanja drva sortimentnom metodom	14
Slika 3. Mjesto istraživanja na karti Republike Hrvatske	16
Slika 4. Distribucija doznačenih stabala po debljinskim stupnjevima za odsjek 14b	18
Slika 5. Distribucija doznačenih stabala po vrstama drveća za odsjek 14b	18
Slika 6. Distribucija doznačenog obujma po debljinskim stupnjevima za odsjek 14b	18
Slika 7. Distribucija doznačenog obujma po vrstama drveća za odsjek 14b	18
Slika 8. Distribucija doznačenih stabala po debljinskim stupnjevima za odsjek 14c	20
Slika 9. Distribucija doznačenih stabala po vrstama drveća za odsjek 14c	20
Slika 10. Distribucija doznačenog obujma po debljinskim stupnjevima za odsjek 14c	20
Slika 11. Distribucija doznačenog obujma po vrstama drveća za odsjek 14c	20
Slika 12. Položaj primjernih pruga u istraživanim odsjecima	23
Slika 13. Prikaz položaja stabala uz »harvestersku prugu«	24
Slika 14. Uzrok oštećenja	24
Slika 15. Izmjera dimenzija oštećenja	25
Slika 16. Oštećenje kore korijena, žilišta i pridanka	25
Slika 17. Razradba položaja oštećenja prema Mengu (1987)	26
Slika 18. Razradba položaja oštećenja na terenu	26
Slika 19. Shema rada harvestera i forvardera u skupnom radu	28
Slika 20. Harvester u radu	29
Slika 21. Harvester Timberjack 1470D	29
Slika 22. Forvarder na pomoćnom stovarištu	31
Slika 23. Forvarder Timberjack 1710D	31

Slika 24. Površina nagnječene kore u odsjecima 14b i 14c.....	33
Slika 25. Nagnječenje kore.....	33
Slika 26. Udio oštećenih stabala u odsjeku 14b po debljinskim stupnjevima	35
Slika 27. Udio oštećenih stabala u odsjeku 14c po debljinskim stupnjevima.....	36
Slika 28. Uzrok oštećenja u odsjeku 14b.....	37
Slika 29. Uzrok oštećenja u odsjeku 14c.....	37
Slika 30. Mjesto oštećenja pri radu harvestera u odsjeku 14b	38
Slika 31. Mjesto oštećenja pri radu harvestera u odsjeku 14c.....	38
Slika 32. Mjesto oštećenja pri radu forvardera u odsjeku 14b	39
Slika 33. Mjesto oštećenja pri radu forvardera u odsjeku 14c	39
Slika 34. Mjesto oštećenja u odsjeku 14b	39
Slika 35. Mjesto oštećenja u odsjeku 14c.....	39
Slika 36. Lokacija oštećenih stabala u odsjeku 14b	41
Slika 37. Lokacija oštećenih stabala u odsjeku 14c	41
Slika 38. Lokacija neoštećenih stabala u odsjeku 14b	41
Slika 39. Lokacija neoštećenih stabala u odsjeku 14c	41
Slika 40. Površina oguljene kore (po oštećenju) u odsjeku 14b	42
Slika 41. Površina oguljene kore (po oštećenju) u odsjeku 14c	42
Slika 42. Površina oguljene kore (po stablu) u odsjeku 14b	42
Slika 43. Površina oguljene kore (po stablu) u odsjeku 14c	42

POPIS TABLICA

Tablica 1. Sustavi i metode pridobivanja drva	13
Tablica 2. Tehničke značajke harvestera Timberjack 1470D	30
Tablica 3. Tehničke značajke forvardera Timberjack 1710D	31
Tablica 4. Broj evidentiranih, oštećenih i neoštećenih stabala s obzirom na oguljenu koru	32

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA	4
2.1. Prorede sastojina	5
2.2. Oštećenja sastojina	6
2.3. Posljedice ozljeđivanja stabala	8
2.4. Utjecajni čimbenici	9
2.5. Sustavi i metode pridobivanja drva	13
2.6. Cilj istraživanja.....	15
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA	16
3.1. Mjesto istraživanja	16
3.1.1. Odsjek 14b, G.J. »Bjelovarska Bilogora«	17
3.1.2. Odsjek 14c, G.J. »Bjelovarska Bilogora«	19
3.2. Metode istraživanja.....	21
3.2.1. Planiranje istraživanja.....	21
3.2.2. Terenska izmjera	24
3.3. Istraživani sustav pridobivanja drva	27
3.3.1. Skupni rad harvesteri i forvarderi	27
3.3.2. Harvester	29
3.3.3. Forvarder	30
4. REZULTATI S RASPRAVOM	32
4.1. Udio oštećenih stabala.....	32
4.2. Nagnječena kora	33
4.3. Oguljena kora	34
4.2.1. Oštećenja s obzirom na vrstu drveća.....	34
4.2.2. Udio stabala s oguljenom korom po debljinskim stupnjevima.....	35
4.2.3. Uzrok i mjesto nastanka oguljene kore	37
4.2.4. Mjesto oguljene kore stabla	39
4.2.5. Lokacija stabla u sastojini	40
4.2.6. Veličina oguljene kore.....	42
5. ZAKLJUČAK	44
6. LITERATURA	

PREDGOVOR

Ovaj rad izrađen je na Zavodu za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskog fakulteta sveučilišta u Zagrebu u sklopu projekta: »Optimizacija sustava pridobivanja drva i šumske prometne infrastrukture na strateško-taktičkoj razini planiranja«.

Mentoru, doc. dr. sc. Dinku Vusiću, zahvaljujem na iskazanoj pomoći i savjetima pri odabiru teme, provođenju istraživanja i pisanju diplomskog rada.

Zahvaljujem i profesorima Šumarskog fakulteta koji su mi tijekom studiranja pružili novi pogled o šumarskoj struci i znanosti.

Posebno zahvaljujem svojoj obitelji, koja mi je omogućila studiranje i podržavala me u odlukama tijekom studiranja

Branko Ursić

1. UVOD

Razvoj šumarstva kao struke i znanosti na području Republike Hrvatske započinje 1765. godine ustrojem prvih šumarija u Krasnom, Oštarijama i Petrovoj Gori. Tijekom 1769. godine napisan je »Šumski red« Marije Terezije, koji ujedno predstavlja prvi udžbenik i zakon o šumama na osnovu kojeg se obavlja šumskogospodarska djelatnost tog doba (Matić 2011).

Kranjec i Poršinsky (2011) navode 1948. kao godinu u kojoj se uvode prve motorne pile lančanice s kojima započinje mehaniziranje sječe i izrade drva u hrvatskom šumarstvu. Prvim motornim pilama, pri radovima sječe i izrade drvnih sortimenata, rukovala su dva radnika sjekača. Iako su, uvođenjem takvih motornih pila, proizvodnost i ekonomičnost naglo porasle, one se u operativnom šumarstvu nisu dugo zadržale, a kao razloge za neuspjeh Bedžula i Slabak (1974) navode slabu izobrazbu radnika, nedostupnost rezervnih dijelova, nedostatak školovanih mehaničara, slabu organizaciju rada, masu motorne pile, te mogućnost mehaniziranja samo dijela sječe i izrade.

Krajem 1960. i početkom 1961. godine započinje drugi, uspješan pokušaj mehaniziranja radova sječe i izrade, uvođenjem motorne pile kojom rukuje jedan radnik (Trohar 1981). Od tog trenutka u cijelom hrvatskom šumarstvu započinje sve veća primjena motornih pila, koje istiskuju dotadašnji ručni način sječe i izrade pomoću ručne pile »amerikanke« i sjekire (Klepac i dr. 1981).

Primjena ručno – strojne sječe i izrade u Hrvatskoj i danas ima najveću zastupljenost, ali s postupnim porastom strojne sječe i izrade harvesterom. Tijekom održavanja »Dana hrvatskog šumarstva« 2001. godine, prikazan je rad harvestera tadašnjeg poznatog proizvođača šumskih strojeva i opreme Timberjack. Rad harvestera (Timberjack 1070) prikazan je u 37 – godišnjoj kulturi četinjača (bijeli bor, američki borovac i ariš) u kojoj se provodila proreda (Krpan i Poršinsky 2001).

Krpan i Poršinsky (2001) navode različite ograničavajuće čimbenike primjene strojne sječe i izrade drva u hrvatskom šumarstvu. Prvenstveno se ti čimbenici očituju kroz prirodnost nastanka naših šuma, vrste drveća i dimenzije stabala, makro i mikroreljef šumskih sastojina, te kroz metode uzgajanja i uređivanja šuma.

Upotreba harvestera prema autorima Krpan i Poršinsky (2001) u potpunosti je omogućena pri proredama i čistim sječama u kulturama četinjača, te plantažama brzorastućih vrsta listača, kojih u Hrvatskoj ima oko 5 % od ukupne šumske površine. Također, isti autori navode da je primjena harvestera omogućena u čistim johovim i jasenovim sastojinama zbog njihovih morfoloških karakteristika, pa bi učinkovitost harvestera bila jednaka kao u smrekovim sastojinama. U ostalim jednodobnim listopadnim šumama Krpan i Poršinsky (2001) naveli su dimenzije i granatost stabala, vrstu i intenzitet sječe, te značajke reljefa kao ograničavajuće faktore.

Krpan i Poršinsky (2001) navode kako bi se prema Bojaninu i Krpanu (1997) harvesterom moglo realizirati 54 % godišnjeg etata Hrvatske s obzirom na prsni promjer stabla kao ograničavajući čimbenik, dok bi se uključivanjem ostalih faktora kao što je nagib terena, mogućnost primjene harvesteru smanjila.

Upotreba forvardera u hrvatskom šumarstvu započinje u drugom razvojnem razdoblju (1970 – 1990. godina), kada se uz adaptirane poljoprivredne traktore uvode skideri i forvarderi (Vusić 2013). Upotreba forvardera nastupila je značajno ranije nego upotreba harvesteru, sukladno tome istraživanja kojima je bio cilj utvrđivanje oštećenja dubećih stabala, provodila su se prvo prilikom rada forvardera, a u novije vrijeme i kod primjene sustava harvester – forvarder.

Martinić (1990) definira oštećenje sastojine, kao mehaničke štete na ukupnom broju preostalih stabala u sastojini, nakon obavljenih radova. Oštećenost sastojine pri provođenju radova pridobivanja drva direktno je povezana s radnim sredstvima (strojevi i oprema), kakvoćom organizacije rada, pogodnošću radnih metoda, konkretnim terenskim i sastojinskim uvjetima, te kakvoćom radne tehnike izvršitelja šumskih radova (Martinić 2000).

Poršinsky i Ožura (2006) navode kako većina istraživača misli da je broj mehanički oštećenih stabala dobar pokazatelj ukupne oštećenosti sastojine (Athanassiadis 1997, Siren 2001, Tomanić i dr. 1989), a pored toga takve se štete mogu razmjerno jednostavno i točno odrediti.

U posljednje vrijeme, pored učinkovitosti strojeva tijekom obavljanja radova, sve se više pozornosti posvećuje i kvaliteti obavljenih radova, tj. pozornost se usmjerava i na

smanjivanje šteta prilikom obavljanja zahvata u šumskim sastojinama. Osim što mehanička oštećenja uzrokuju smanjenje prirasta, ona uvjetuju i pojavnost raznih grešaka i propadanje drva (Bobik 2008).

2. PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA

Primjena potpuno mehaniziranih sustava pridobivanja drva rezultira smanjivanjem fizičkog opterećenja radnika, kao glavnog aktera u sustavu, te povećanjem razine sigurnosti pri izvođenju pojedine radne operacije pridobivanja drva, a naponi u cilju racionalizacije i razvoja metoda i sustava pridobivanja drva, imaju za rezultat kreiranje istih, na način koji smanjuje negativne utjecaje na okoliš, kao što su oštećenja dubećih stabala tijekom izvođenja radova i oštećenje šumskog tla (Limbeck-Lilienau 2003).

Posljedice ozljeđivanja stabala najznačajnije su kod izvođenja radova proreda sastojina, gdje se i događaju najveća oštećenja, naročito u mladim i srednjedobnim sastojinama. Jedna od najznačajnijih posljedica ozljeđivanja je pojava sekundarnih biotskih štetnika, poput gljiva koje svojim djelovanjem uništavaju drvenu tvar. Budući da većina šteta nastaje na donjem dijelu debla (do 130 cm od tla), koji je većinom i najvrjedniji, značajno se smanjuje i ekonomska vrijednost takvih sastojina. Osim posljedica, nužno je poznavati i uzroke ozljeđivanja, kako bi se mogla obaviti prilagodba sustava pridobivanja drva, na način da se takve štete minimaliziraju za dane terenske i sastojinske uvjete.

Prilikom razvoja sustava i strojeva namijenjenih radovima u šumarstvu, treba obratiti pozornost na njihove glavne osobine kao što su: učinkovitost, jedinični trošak, te njihov utjecaj na šumski ekosustav, jer radovi pridobivanja drva mogu prouzrokovati mehanička oštećenja na preostalim stablima. Stoga, šumarski stručnjaci moraju poznavati karakteristike i namjenu pojedinih strojeva, te kako i na koji način smanjiti štetu u šumskim ekosustavima (Akay i dr. 2006).

Na količinu i značajke oštećenja dubećih stabala uslijed privlačenja drvnih sortimenata pri provođenju proreda, utječe intenzitet sječe iskazan brojem stabala po jedinici površine (Sist i dr. 1998), razina planiranja pri izvođenju radova (Pinard i Putz 1996), sezona sječe (Limbeck-Lilienau 2003), korišteni strojevi (Han i Kellogg 2000), gustoća primarne i sekundarne prometne infrastrukture (Iskandar i dr. 2006), te vještina operatera (Pinard i dr. 1995).

Cabral i dr. (2018) citirajući niz autora navode da u slučaju kada se prorede izvode potpuno mehanizirano, one postaju tehnički složene i imaju visoke troškove zbog smanjene kretnosti vozila unutar šume, uzrokovane ograničenim prostorom između stabala, što dovodi do smanjenja proizvodnosti te povećanja troškova pridobivanja drva (Spinelli i Nati 2009, Lopes i dr. 2016). Osim toga, na mehanizirani način provođenja proreda mogu utjecati sljedeći čimbenici: udaljenost privlačenja, iskustvo operatera, srednje kubno stablo, nagib terena, vrsta drveća, gustoća sastojine, te vrsta sortimenata koja se izrađuje (Oliveira i dr. 2009, Burla i dr. 2012, Seixas i Batista 2014, Barbosa i dr. 2015).

2.1. Prorede sastojina

Prorede su šumsko – uzgojni postupak njege kojim uz pomoć pozitivnog odabira sistematski usmjeravamo rast i razvoj odabranih stabala, oblikujemo optimalnu strukturu sastojine u skladu s ciljevima gospodarenja, povećavamo njezinu kvalitetu, stabilnost i vitalitet, te pripremamo sastojinu za prirodnu obnovu (Anić 2007).

Također, prorede se definiraju i kao nezreli prihod, prethodni prihod, međuprihod ili etat prethodnog prihoda. Etat prethodnog prihoda prema volumenu posljedica je njege sastojina radi oblikovanja strukture i usmjeravanja razvoja sastojina, pri čemu se siječe dio volumnog prirasta koji se ostvari tijekom razdoblja od posljednje prorede (Čavlović 2013).

Kako vidimo iz prethodnih definicija, prorede su nužan šumsko – uzgojni zahvat kojeg je potrebno provoditi kako bi do kraja ophodnje imali kvalitetno uzgojenu drvenu zalihu. Zbog toga je nužno posvetiti dovoljno pozornosti izvođenju proreda sastojina, kako bi se eventualna oštećenja na preostalim stablima svela na minimum.

2.2. Oštećenja sastojina

Oštećenja dubecih stabala pri provođenju šumsko – uzgojnih radova mogu nastati izravno fizički (mehanički), a kasnije i neizravno. Ovisno o intenzitetu oštećenja, može se ugroziti daljnji razvoj sastojine, ako su oštećenja na preostalim stablima takva da se narušava stabilnost i vitalnost sastojine, dok intenzitet oštećenja ima direktan utjecaj na kakvoću preostalih stabala nakon izvođenja radova, čime se smanjuje novčana vrijednost takvih sastojina.

Vuletić (1996) istražuje na koji način ozljeđivanje stabala utječe na kakvoću i cjenovnu vrijednost drva u sastojinama hrasta lužnjaka. Cilj je bio utvrditi na koji način ozljeda, ovisno o vrsti, mjestu i veličini, utječe na kakvoću drva, te kakvi i koliki gubici se mogu očekivati i što se na temelju saznanja o posljedicama ozljeđivanja može očekivati u budućnosti. Postotni udio ozljeđenih stabala između pojedinih pokusnih ploha bio je vrlo varijabilan i kretao se u rasponu od 27,6 – 66,7 % preostalih stabala, dok je na razini svih ozljeđenih i neozljeđenih stabala iznosio 46,6 %. S obzirom na mjesto ozljede na stablu, najviše su oštećena debla (37,6 %), zatim korijen (34,3 %) i pridanak (28,1 %). Prema veličini ozljede, najzastupljenije su one do 500 cm² (65,8 %), zatim od 501 – 1000 cm² (21,7 %), te iznad 1001 cm² (12,5 %). Tijekom daljnje razrade podataka utvrđeno je da 40 % ozljeda pripada u grupu ozbiljnih oštećenja (površine iznad 500 cm²). Rezultati istraživanja ukazuju na smanjenje kakvoće pojedinih ozljeđenih dubecih stabala pa i cijele sastojine. Posljedica ozljeđivanja stabala je gubitak novčane vrijednosti drva uslijed smanjenja njegove kakvoće. Ti gubici najizraženiji su na najvrjednijim drvnim sortimentima (furnirski trupci), a čija je proizvodnja jedan od ciljeva gospodarenja hrastovim šumama.

Štete nastale uslijed radova pridobivanja drva nisu problematika novoga doba tj. vremena početka primjene mehanizacije u šumarstvu, već problematika doba kad su radovi sječe i izrade obavljani ručnim alatima, a transport izrađenih sortimenata uz pomoć animala. Neke, danas primjenjivane metode izrade drvnih sortimenata, imaju sličnosti s onima koje su se primjenjivale u prošlosti (npr. sortimentna metoda), no sredstva rada kojima se danas obavlja pridobivanje drva omogućuju nam brže, jednostavnije i jeftinije obavljanje radova uz manji intenzitet rada.

Vuletić (1996) navodi kako Ivanek (1976) utvrđuje da privlačenje konjskom spregom u bukovoj sastojini starosti 50 – 60 godina uzrokuje oštećenje na 15 % preostalih stabala. Ivanek (1976) u istim sastojinama utvrđuje da je privlačenje drvnih sortimenata adaptiranim poljoprivrednim traktorom uzrokovalo oštećenje na 25,9 % preostalih stabala, a privlačenje zglobnim traktorom oštećenje na 14,5 % preostalih stabala. Martinić (1990) navodi, kako porastom mehaniziranosti radova u šumarstvu, dolazi do većeg udjela oštećenih stabala. Tako je utvrdio da su najmanja oštećenja dubećih stabala, prisutna pri sječi i izradi klasične oblovine i jednometarskog ogrjevnog drva, te pri privlačenju i iznošenju drva konjima, dok je najveći udio oštećenih stabala utvrdio pri primjeni poludeblovne metode izrade i mehaniziranog privlačenja.

Krpan i dr. (1993) provode istraživanje u nizinskim i brdskim sastojinama. U nizinskim šumama provedena je oplodna sječa, a izrađivana je oblovina hrasta i jasena srednjeg promjera 30,3 cm i srednje duljine 8,5 m. Nakon sječe međusobni razmak između stabala iznosio je 5,1 m. U bukovoj sastojini (brdski uvjeti) starosti 130 godina provedena je sječa primjenom sortimentne metode izrade, trupci su bili prosječne duljine 4,7 m i srednjeg promjera 40,8 cm. Međusobni razmak stabala nakon sječe iznosio je 6,4 m. Tijekom faze privlačenja drva traktorima s vitlom došlo je do ozljeda na 38,5 % svih stabala u sastojini poljskog jasena (nizinski uvjeti) i 7,4 % svih stabala u sastojini obične bukve (brdski uvjeti). Kao razloge različitog udjela oštećenosti dubećih stabala, autori navode utjecaj duljine privlačene oblovine, gustoću sastojine kroz smanjen međusobni razmak stabala, ali i nekontrolirano kretanje vozila po cijeloj površini sječine u nizinskim uvjetima. Ističu da su stabla uz vlak najugroženija, a najčešća su oštećenja nagnječena i oguljena kora, i to na deblima visine do 1,5 m od tla. Utvrđen je gubitak volumnog prirasta dominantne etaže za 4,7 % godišnje u odnosu na neozlijeđena stabla. Prema mjestu ozljede, većina ih se nalazi na deblu (58 %), a do visine od 1,5 m iznad tla nalazi ih se 76 %. S obzirom na veličinu ozljede, 74 % ozljeda ima površinu manju od 500 cm², dok je najveća oguljotina imala površinu od 3300 cm². Na pojedinom oštećenom stablu u prosjeku se nalazi 1,5 ozljeda. Tri godine nakon završetka radova, na četvrtini oštećenih hrastovih stabala utvrđena su plodna tijela gljiva i destrukcija bijeli. Razvoj mikoza nije utvrđen na ozljedama <100 cm², iz čega se može zaključiti da stablo može sanirati ozljedu takve

veličine. Također, provedena je analiza širine godova, te je utvrđeno smanjenje volumnog prirasta od 1 do 4,7 %.

2.3. Posljedice ozljeđivanja stabala

Oštećenje stabla u svakom slučaju ima negativan utjecaj na njegov daljnji rast i razvoj. Osim što može dovesti do smanjenog prirasta i kakvoće stabla, ozbiljna oštećenja u konačnici mogu uzrokovati odumiranje stabla.

S fitopatološkog aspekta, oštećenja kore predstavljaju direktan ulaz različitim gljivama truležnicama, najčešće iz rodova *Armillaria*, *Heterobasidion*, *Fomes* i dr., koje razaraju drvenu tvar. Osim pojave gljivičnih oboljenja, uslijed ozljede kore, pojavljuje se i nepravna srž kod bakuljavih vrsta drveća, koja je s gospodarskog gledišta najznačajnija kod obične bukve. Ozljedom bukove kore, otvara se mjesto ulaska zraka u stanice drva koje se brane osržavanjem i tvorbom tila. Ukoliko se takvo stablo ponovno ozljedi ono biva izloženo napadu gljiva truležnica, što dovodi do pojavnosti specifične bijele truleži tzv. piravosti, prešlosti ili prozuhlosti bukovog drva (Glavaš 1999).

Prema Meng-u (1978) ozljede veličine $<10 \text{ cm}^2$ su nevažne i u pravilu nema rizika od gljivične infekcije takve rane. Porastom površine ozljede raste i mogućnost gljivičnih infekcija. Isto potvrđuju Butora i Schwager (1986), koji zaključuju, da se kod površinskog oštećenja kore gljivična infekcija u pravilu ne očekuje.

Bettinger i Kellog (1993) smatraju da su stabla s ozljedama kore debla, bližima razini tla, izloženija razvoju mikoza razarača drva. Isti autori kao popratnu pojavu navode smanjenje volumnog prirasta stabla, odnosno gubitak vrijednosti buduće oblovine.

Poršinsky i Ožura (2006) navode kako nigdje u literaturi nije izričito navedeno koja površina ozljede ima utjecaj i s kojom posljedičnošću na oštećeno stablo. Bettinger i Kellogg (1993) te Bragg i dr. (1994) navode da je površina kritične ozljede oguljene kore, koja uzrokuje odumiranje stabla, ovisna o vrsti drveća, dobi stabla, genetskoj predispoziciji stabla, mjestu i položaju ozljede na stablu, dimenzijama i obliku ozljede (okrugla, poprečna ili uzdužna) s obzirom na uzdužnu os stabla. Smith i dr. (1994)

navode, kao smjernicu, da je ozljeda kore kritična ako joj je površina jednaka kvadratu prsnoga promjera stabla.

Ozljeđivanje stabala uzrokuje i pojavu raznih grešaka drva (promjena boje, zimotrenost, okružljivost, paljivost, rakaste tvorevine), koje smanjuju vrijednost buduće oblovine (Filip 2001).

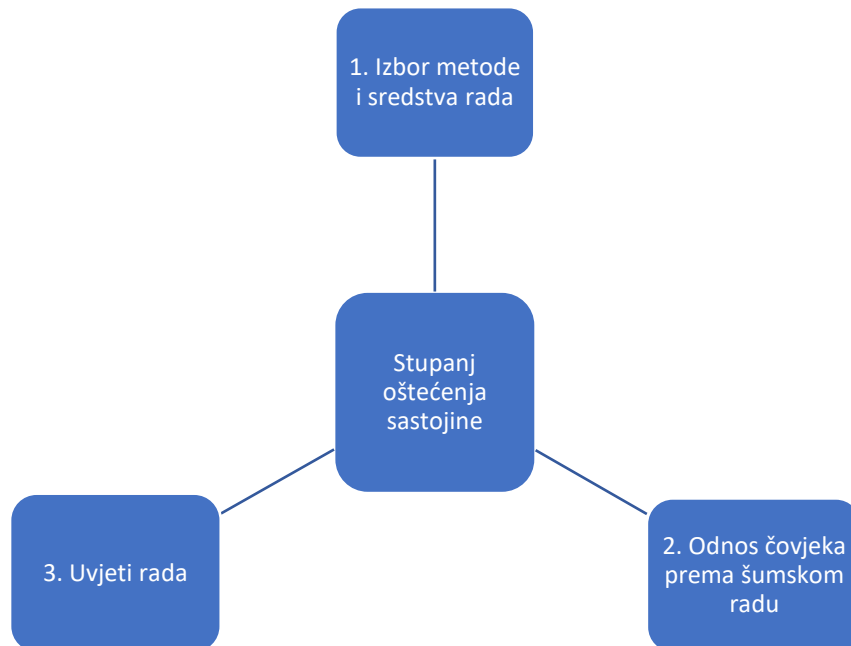
Acuna i dr. (2018) citirajući Kiser-a (2011) navode kako oštećenja stabala dovode do smanjenja prirasta i povećanja vjerojatnosti napada insekata ili gljivičnih bolesti, te uzrokuju smanjenje kvalitete preostalih stabala, što za posljedicu ima ozbiljne ekonomske gubitke.

Kako je jedan od ciljeva gospodarenja šumama proizvodnja visoko kvalitetnih drvnih sortimenata, nužno je provoditi kontinuirana istraživanja, te konstantno usavršavati sustave i metode pridobivanja drva, kako bi se potrebni zahvati u šumi mogli obaviti na najbolji mogući način u danim uvjetima.

2.4. Utjecajni čimbenici

Čimbenici koju uvjetuju manju ili veću pojavnost oštećenja dubećih stabala tijekom provođenja radova u sastojinama su brojni, te se nadovezuju jedan na drugog. Oni se trebaju prepoznati tijekom organizacije šumskih radilišta, te bi se njihov utjecaj trebao što je više moguće umanjiti. Zbog toga, tijekom faze planiranja izvođenja radova pridobivanja drva ili provođenja drugih vrsta radova, treba posvetiti dovoljno pozornosti izboru metode i sustava izvođenja radova, kako bi se na što učinkovitiji način smanjila sveukupna oštećenja sastojina, kako dubećih stabala, tako i šumskog tla.

Martinić (1991) navodi kako su najznačajniji čimbenici koju utječu na oštećivanje sastojina: izbor metode rada i sredstva privlačenja, odnos čovjeka prema šumskom radu i radni uvjeti.



Slika 1. Shematski prikaz čimbenika koji utječu na stupanj oštećenja

Izbor metode rada

Južinić (1984) je u sastojini bukve starosti 30 – 60 godina utvrdio udio oštećenih stabala (u odnosu na broj preostalih) u iznosu od 9,4 % pri sortimentnoj metodi izrade i 22,8 % pri deblovnoj metodi izrade, uz korištenje istog sredstva rada (adaptirani poljoprivredni traktor) (Martinić 1990). Kako je korišteno isto sredstvo rada, a različite metode izrade, može se zaključiti da sortimenti manje duljine (ako se ostali uvjeti ne promjene) pogoduju smanjenju oštećenja dubećih stabala. Nasuprot tome, Petreš (2006) istražuje na koji način duljina i promjer privlačenih trupaca uzrokuje oštećenje pomlatka hrasta lužnjaka u dovršnom sijeku. Tako je utvrdio da primjena deblovne i poludeblovne metode uzrokuje značajno manje oštećenje mladog naraštaja nego što je to pri primjeni sortimentne metode izrade. Kao razloge navodi manji broj čela trupaca koja se privitlavaju pri formiranju tovara, te smanjenje površine po kojoj se pojedinačni komadi privitlavaju.

Izbor sredstva rada

Prema istraživanjima Han-a (1998) najviše oštećenja dubećih stabala prouzrokovala je primjena sustava harvester – forvarder, te primjena sortimentne metode sječe i izrade

(eng. *Cut – to – lenght*) na 31,9 – 41,3 % preostalih stabala nakon prorede. Autor navodi kako je harvester prouzrokovao dvostruko više oštećenja na dubećim stablima u odnosu na forvarder, ali je forvarder prouzrokovao veći prosječni broj ozljeda po stablu, te da su one veće (179 cm²) u odnosu na harvester (144 cm²). Također navodi kako bi optimalan razmak između »harvesterskih pruga« trebao biti 15,2 m kako harvester ne bi morao silaziti s pruga, pa bi se na taj način smanjilo oštećenje stabala. Ostali istraživani sustavi prouzrokovali su oštećenja na preostalim stablima u sljedećim postotcima: helikopter 11 %, adaptirani poljoprivredni traktor 7,5 – 25,4 % i žičara 13,5 – 37,3 %. Veliku varijabilnost oštećenja dubećih stabala prouzrokovanih adaptiranim poljoprivrednim traktorima Han objašnjava širinom traktorske vlake. Manja oštećenja stabala zabilježena su uz traktorske vlake širine 6,1 m, dok se intenzitet oštećenja znatno povećao kod širine traktorskog puta od 4,2 m.

Budući da su dimenzije adaptiranih poljoprivrednih traktora manje od dimenzija harvestera i forvardera, može se zaključiti, kako s porastom dimenzija sredstva rada raste i stupanj oštećenosti sastojine. Pored toga, za očekivati je da će se u mlađim sastojinama koristiti strojevi manjih dimenzija, nego u starijim sastojinama. U slučaju kada se radovi obavljaju neprikladnim strojevima (predimenzionirani strojevi) za dane sastojinske i terenske uvjete, za očekivati je veću pojavnost oštećenja.

Odnos čovjeka prema šumskom radu

Pod odnosom čovjeka prema šumskom radu podrazumijeva se zainteresiranost za rad svakog pojedinca zaduženog za izvršavanje određenog dijela posla pri radovima pridobivanja drva. Svaki radnik na poslovima pridobivanja drva prethodno je prošao određenu obuku, čiji je cilj bio osposobiti svakog radnika za rad na stručan i siguran način. Tako se primjerice sjekači tijekom svoje obuke uče usmjereno obarati stabla, a na samom radniku je da naučeno primjeni u svome radu. Martinić (1990) tijekom svog istraživanja opaža, kako je dosta šteta nastalo zbog uklještenja obaranog stabla u krošnju susjednog stabla, što bi se trebalo izbjeći ako se pravilno koristi tehnika obaranja stabla. Iz toga se može zaključiti, da na pojavnost oštećenja utječu i radnici koji u tom trenutku obavljaju radove. Isto se može primijeniti za traktoriste koji bi trebali pažljivim odabirom smjera privitlavanja i privlačenja nastojati smanjiti oštećenja dubećih stabala. Pored

zainteresiranosti, treba navesti i iskustvo, ali i vještinu pojedinog radnika koje uvelike mogu pridonijeti smanjenju oštećenja sastojine.

Prema Pravilniku o zaštiti na radu u Hrvatskim šumama d.o.o. (Anon. 2009) propisana je obveza ovlaštenika trećeg i četvrtog stupnja da nadzire obavljanje radova, te u slučaju povrede radne dužnosti tj. ukoliko se rad ne obavlja po pravilima struke, da takvog radnika privremeno udalji s radnog mjesta, a po potrebi pošalje na ponovno osposobljavanje. Na taj se način kontinuiranim nadzorom utječe da se pridobivanje drvnih sortimenata iz sječine obavi na način kojim se postiže maksimalna zaštita pomlatka te preostalih, debećih stabala u sastojini.

Uvjeti rada

Pod uvjetima rada podrazumijevaju se terenski, sastojinski i vremenski uvjeti u kojima se obavlja pridobivanje drva. Svaki od njih se sastoji od različitih varijabli o kojima ovisi odabir metode i sustava pridobivanja drva. Kako je prethodno navedeno stupanj oštećenosti mijenja se s obzirom na primijenjenu metodu i sustav, pa je tijekom faze planiranja radova potrebno prepoznati sve terenske, sastojinske i planirane vremenske uvjete kako bi se odabrala najbolja moguća metoda i sustav pridobivanja drva. Ako promatramo različite radove u šumarstvu, može se reći da su uvjeti rada uglavnom povoljniji u starijim sastojinama, većih dimenzija stabala i s većim razmakom između stabala. Pretpostavka je da će u takvim sastojinama doći do manje pojavnosti oštećenja debećih stabala, nego što bi to bilo u mlađim sastojinama u kojima se provode prve prorede.

Uvjete rada djelomično definira i Pravilnik o doznaci stabala, obilježavanju drvnih sortimenata, popratnici i šumskom redu (NN 17/2015) prema kojem se vrijeme sječe, izrade, izvoza, iznošenja i privlačenja određuje šumskogospodarskim planovima s obzirom na tip gospodarenja. Tako je u jednodobnim sastojinama propisano obavljanje oplodne sječe (pripremni, naplodni, naknadni i dovršni sijek) za vrijeme mirovanja vegetacije, izuzev sastojina izloženih poplavama većih razmjera, kada se isti radovi mogu obavljati dva mjeseca nakon početka vegetacije. U raznodobnim i jednodobnim sastojinama u kojima se obavlja sječa prethodnog prihoda, zabranjeno je obaranje stabala u prva dva mjeseca od početka vegetacije, u prebornim sastojinama vrijeme sječe

ovisi o vrsti drveća, nadmorskoj visini i klimatskim uvjetima svake gospodarske jedinice, a u kulturama i plantažama sječa se može obavljati tijekom cijele godine.

2.5. Sustavi i metode pridobivanja drva

Vusić (2013) navodi da se u svijetu koriste tri glavne metode pridobivanja drva: sortimentna, deblovna i stablovna koja ima različite inačice ovisno o tome koristi li se samo nadzemna biomasa stabla ili i panj, bez ili s dijelom korijenja. Vusić (2013) citirajući Heinricha (1998) raščlanjuje sustave s obzirom na stupanj mehaniziranosti na: nemehanizirane, djelomično mehanizirane i mehanizirane. Višom razinom raščlambe razlikuju se visokomehanizirani sustavi (samo se sječa obavlja ručno – strojno) i potpuno mehanizirani sustavi u kojima se svi postupci obavljaju strojno.

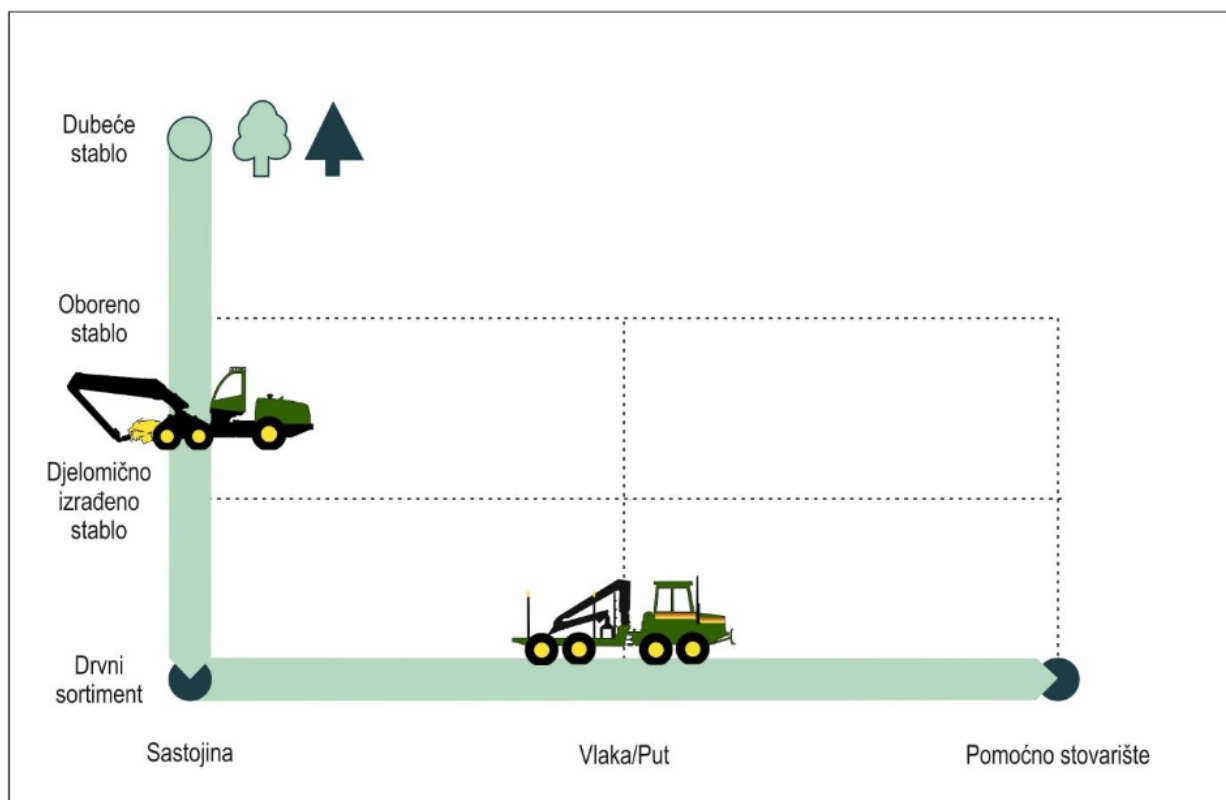
U Hrvatskoj se pridobivanje drva najčešće obavlja primjenom djelomično mehaniziranih sustava. Djelomično mehanizirani sustav pridobivanja drva podrazumijeva sječu i izradu pomoću motorne pile, a transport drva iz sječine do pomoćnog stovarišta skiderima, adaptiranim poljoprivrednim traktorima i forvarderima (Vusić 2013).

Tablica 1. Sustavi i metode pridobivanja drva
(http://okfs-optimizacija.sumfak.hr/images/dokumenti/tekst/Prilog%202_ Sustavi.pdf)

STUPANJ MEHANIZIRANOSTI	METODA RADA	SREDSTVO RADA			PROIZVOD
		SJEČA	IZRADA	PRIMARNI TRANSPORT	
1. Djelomično mehaniziran	1. Sortimentna	Motorna pila	Motorna pila	1. Traktorska ekipaža	Oblo drvo
				2. Forvarder	
				3. Vučena žičara	
				4. Kamionska žičara	
	-	5. Poljoprivredni traktor	1-m ogrjevno drvo		
	2. Poludeblovna	Motorna pila	6. Adaptirani poljoprivredni traktor	Oblo drvo	
7. Skider mase < 5 t					
8. Skider mase > 5 t					
2. Visoko mehaniziran	3. Stablovna	Motorna pila	Procesorska glava	4. Kamionska žičara	Oblo drvo
	4. Polustablovna	-	Iverač	2. Forvarder	Drvena sječka
3. Potpuno mehaniziran	1. Sortimentna	Harvester		2. Forvarder	Oblo drvo
		Harvester s vitlom		9. Forvarder s vitolm	

Potpuno mehanizirani sustav pridobivanja drva podrazumijeva obavljanje sječe i izrade te primarnog transporta drva potpuno strojno. U svijetu postoji puno inačica potpuno mehaniziranih sustava koje se uglavnom razlikuju po tome gdje se obavlja izrada

posječenih stabala. Sustav se sastoji od stroja namijenjenog sječi i/ili izradi drva (harvester, feller buncher i dr.), te stroja namijenjenog transportu posječenog i (ne)izrađenog drva od mjesta sječe i/ili izrade do pomoćnog stovarišta (clambunk skidder, grapple skidder, forvarder i dr.). Kada se izrada sortimenata obavlja na pomoćnom stovarištu tada sustav uključuje različite vrste procesora i iverača, te svih ostalih strojeva namijenjenih izradi drvnih proizvoda.



Slika 2. Potpuno mehanizirani sustav pridobivanja drva sortimentnom metodom
(http://okfs-optimizacija.sumfak.hr/images/dokumenti/tekst/Prilog%202_Sustavi.pdf)

Na slici 2. prikazana je jedna od inačica potpuno mehaniziranog sustava koja je korištena u istraživanim odsjecima. Sustav se sastoji od harvestera koji obavlja sječu i izradu drvnih sortimenata i forvardera koji obavlja sakupljanje i izvoženje drvnih sortimenata od mjesta sječe do pomoćnog stovarišta.

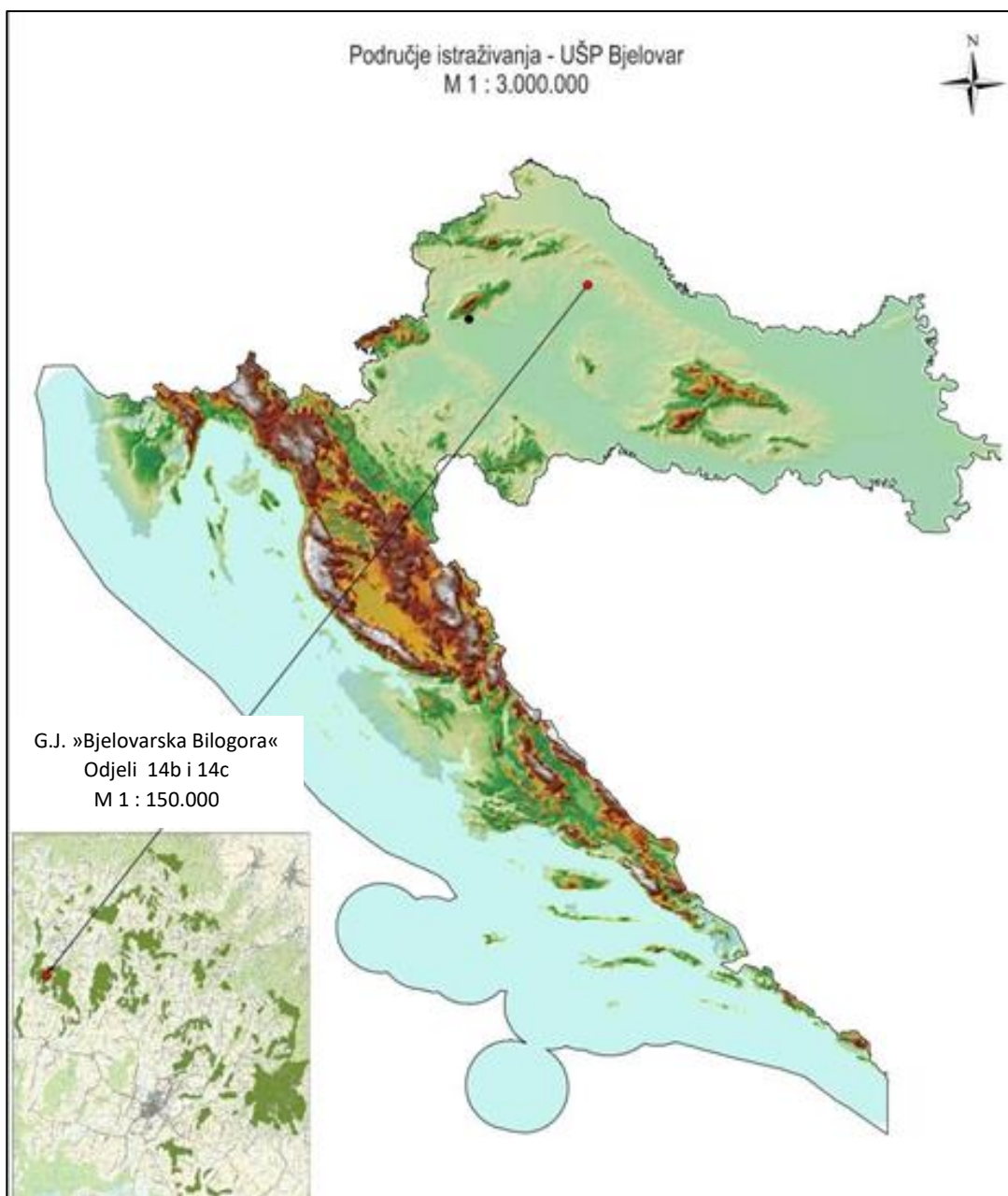
2.6. Cilj istraživanja

Cilj je istraživanja bio utvrditi intenzitet, uzrok, mjesto (deblo, pridanak, žilište, korijen) i veličinu oštećenja dubećih stabala pri sječi i izradi stabala harvesterom, te izvoženju drvnih sortimenata forvarderom. Na temelju terenske izmjere stabala na primjernim prugama intenzitet štete planira se iskazati odnosom oštećenih i neoštećenih stabala uz detaljnu analizu oštećenja kore.

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. Mjesto istraživanja

Istraživanje sustava harvester – forvarder provedeno je na području UŠP Bjelovar, Šumarije Bjelovar, gospodarske jedinice »Bjelovarska Bilogora«, u odsjecima 14b i 14c.



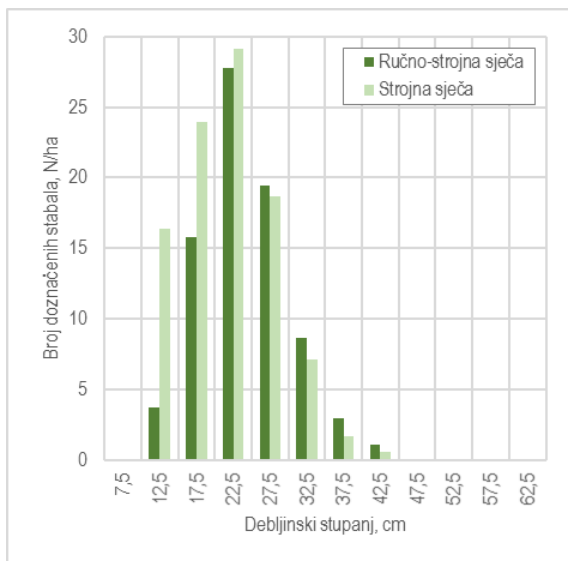
Slika 3. Mjesto istraživanja na karti Republike Hrvatske

3.1.1. Odsjek 14b, G.J. »Bjelovarska Bilogora«

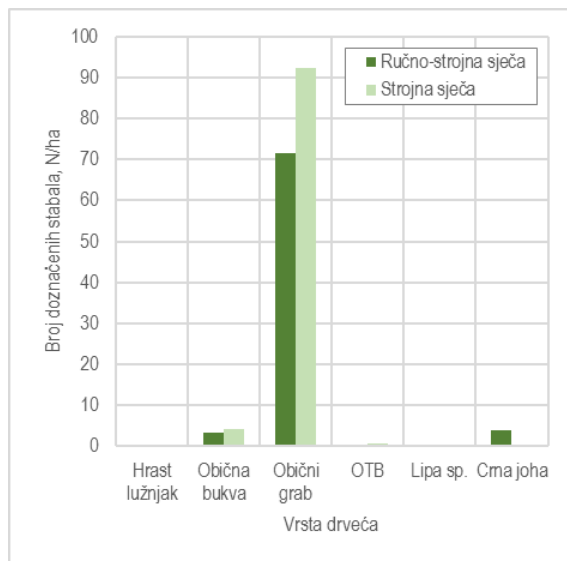
Na temelju podataka iz važeće osnove gospodarenja, površina odsjeka 14b je 18,28 ha, uređajnog razreda graba starosti 79 godina na II bonitetu. Propisana ophodnja ovog odsjeka iznosi 70 godina. Odsjek se nalazi na 100 m nadmorske visine, zapadne ekspozicije, nagiba 3 – 9 %. Tlo je lesivirano te se na njemu razvija fitocenoza šume hrasta lužnjaka i običnog graba s bukvom (*Carpino betuli - Quercetum roboris fagetosum*). Sastojina je potpunog sklopa, a obrast iznosi 1,23. Drvna zaliha iznosi 5330 m³, odnosno 291,58 m³/ha, od čega 243,71 m³/ha čini obični grab, 18,16 m³/ha hrast lužnjak, 17,34 m³/ha obična bukva, 3,72 m³/ha hrast kitnjak, 8,32 m³/ha crna joha i 0,33 m³/ha OTB. S obzirom na zastupljenost pojedine vrste u smjesi, grab je najzastupljeniji (84 %) zatim slijedi hrast lužnjak (6 %), obična bukva (6 %), crna joha (3 %) i hrast kitnjak (1 %). Broj stabala po jedinici površine iznosi 784 kom/ha, a temeljnica iznosi 28,88 m²/ha. Srednje plošno stablo je promjera 21,60 cm, a godišnji tečajni prirast 7,49 m³/ha, odnosno 137 m³ u odsjeku.

Za prvo polurazdoblje u osnovi gospodarenja, za ovaj odsjek propisan je šumskouzgojni zahvat prorede intenziteta 11,67 %, odnosno 34,03 m³/ha. Propisani etat trebao se realizirati na sljedećim vrstama: obični grab u intenzitetu 32 m³/ha i obična bukva u intenzitetu 2,02 m³/ha.

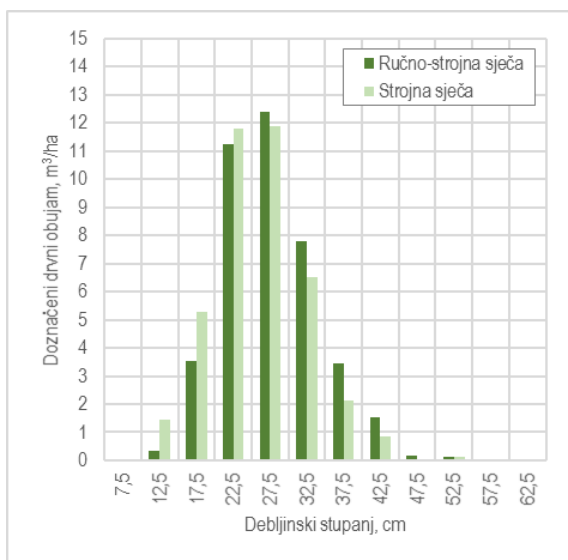
Prilikom redovne doznake u odsjeku 14b, za ručno – strojnu sječu i izradu ukupno je doznačeno 1455 stabala ukupnog obujma 741,81 m³. Nakon korekcije redovne doznake i naknadne doznake stabala na »harvesterskim prugama«, ukupno je doznačeno 1782 stabla čiji obujam iznosi 731,24 m³. Distribucija broja doznačenih stabala i doznačenog obujma po debljinskim stupnjevima i vrstama drveća prikazana je u histogramskom obliku (slika 4, 5, 6 i 7). Srednji promjer doznačenih stabala iznosi 21,7 cm, a srednje kubno stablo ima volumen od 0,41 m³.



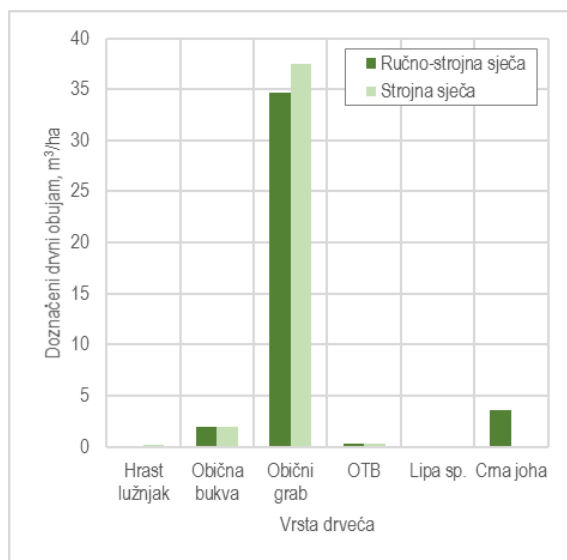
Slika 4. Distribucija doznačenih stabala po debljinskim stupnjevima za odsjek 14b



Slika 5. Distribucija doznačenih stabala po vrstama drveća za odsjek 14b



Slika 6. Distribucija doznačenog obujma po debljinskim stupnjevima za odsjek 14b



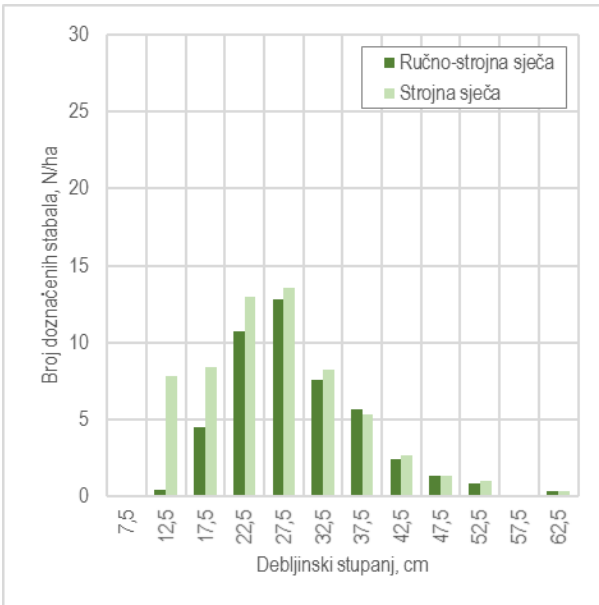
Slika 7. Distribucija doznačenog obujma po vrstama drveća za odsjek 14b

3.1.2. Odsjek 14c, G.J. »Bjelovarska Bilogora«

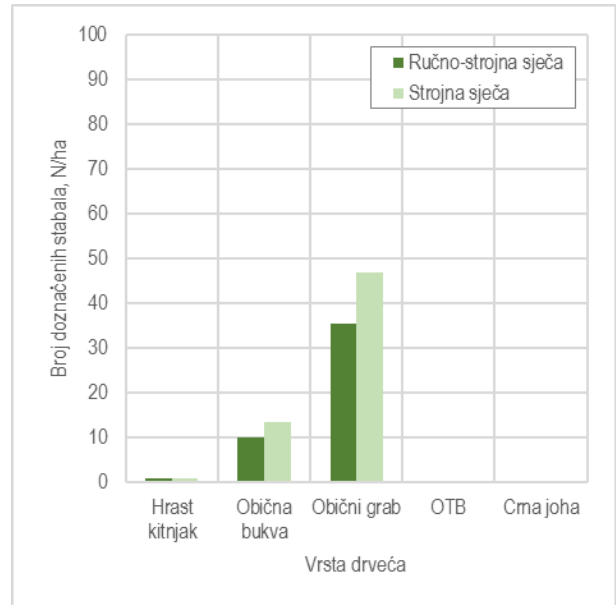
Na temelju podataka iz važeće osnove gospodarenja, površina odsjeka 14c je 9,07 ha, uređajnog razreda bukve starosti 79 godina na I bonitetu. Propisana ophodnja ovog odsjeka iznosi 100 godina. Odsjek se nalazi na 150-175 m nadmorske visine, jugo – zapadne ekspozicije, nagiba 3 – 9 %. Tlo je lesivirano, te se na njemu razvija fitocenoza submontanska bukova šuma s trepavičastim šašem (*Carici pilosae* – *Fagetum*). Sastojina je potpunog sklopa, a obrast iznosi 1,06. Drvna zaliha iznosi 3681 m³, odnosno 405,84 m³/ha od čega 201,76 m³/ha čini obična bukva, 179,60 m³/ha obični grab, 16,54 m³/ha hrast kitnjak i 7,94 m³/ha hrast lužnjak. S obzirom na zastupljenost pojedine vrste u smjesi, obična bukva je najzastupljenija (50 %), zatim slijedi obični grab (44 %), hrast kitnjak (4 %) i hrast lužnjak (2 %). Broj stabala po jedinici površine iznosi 540 kom/ha dok temeljnica iznosi 30,98 m². Srednje plošno stablo je promjera 30,98 cm, a godišnji tečajni prirast 9,70 m³/ha, odnosno 88 m³ u odsjeku.

Za prvo polurazdoblje u osnovi gospodarenja, za odsjek 14c propisan je šumskouzgojni zahvat prorede intenziteta 11,08 %, odnosno 44,98 m³/ha. Propisani etat trebao se realizirati na sljedećim vrstama; obična bukva u intenzitetu 19,96 m³/ha i obični grab 25,03 m³/ha.

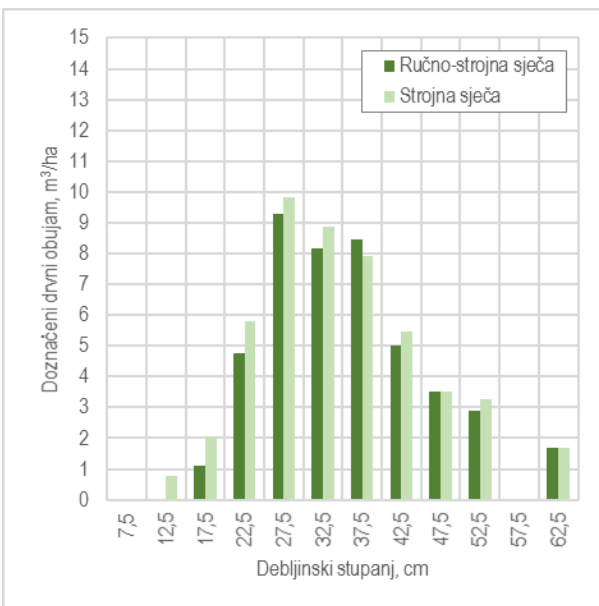
Prilikom redovne doznake u odsjeku 14c, za ručno – strojnu sječu i izradu, ukupno je doznačeno 423 stabla ukupnog obujma 407,02 m³. Nakon korekcije redovne doznake i naknadne doznake stabala na »harvesterskim prugama«, ukupno je doznačeno 559 stabala čiji obujam iznosi 446,3 m³. Distribucija broja doznačenih stabala i doznačenog obujma po debljinskim stupnjevima i vrstama drveća prikazana je u histogramskom obliku (slika 8, 9, 10 i 11). Srednji promjer doznačenih stabala iznosi 26,4 cm, a srednje kubno stablo ima volumen od 0,80 m³.



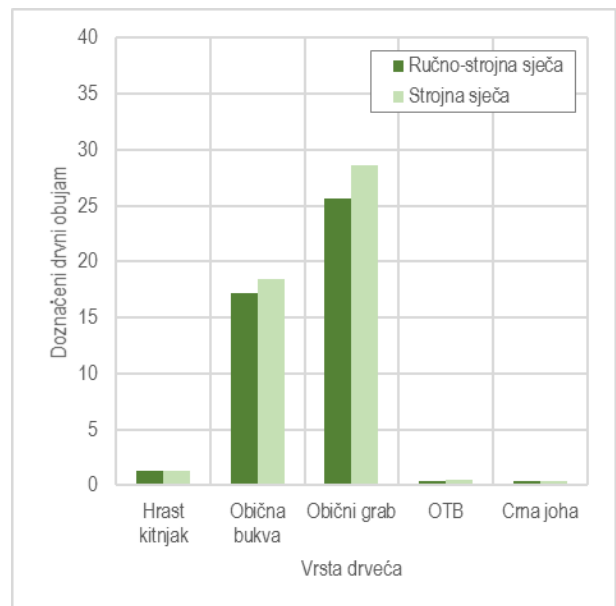
Slika 8. Distribucija doznačenih stabala po debljinskim stupnjevima za odsjek 14c



Slika 9. Distribucija doznačenih stabala po vrstama drveća za odsjek 14c



Slika 10. Distribucija doznačenog obujma po debljinskim stupnjevima za odsjek 14c



Slika 11. Distribucija doznačenog obujma po vrstama drveća za odsjek 14c

3.2. Metode istraživanja

Istraživanje sa svrhom prikupljanja podataka za izradu ovog diplomskog rada sastojalo se od 3 faze:

1. Planiranje istraživanja koje je obuhvaćalo određivanje intenziteta izmjere, veličine uzorka, postavljanje primjernih pruga na karti, te planiranje vremena provođenja terenskih izmjera;
2. Terenska izmjera koja se sastojala od postavljanja primjernih pruga i izmjere stabala na primjernim prugama;
3. Unos i obrada podataka u uredu pomoću programa Microsoft EXCEL.

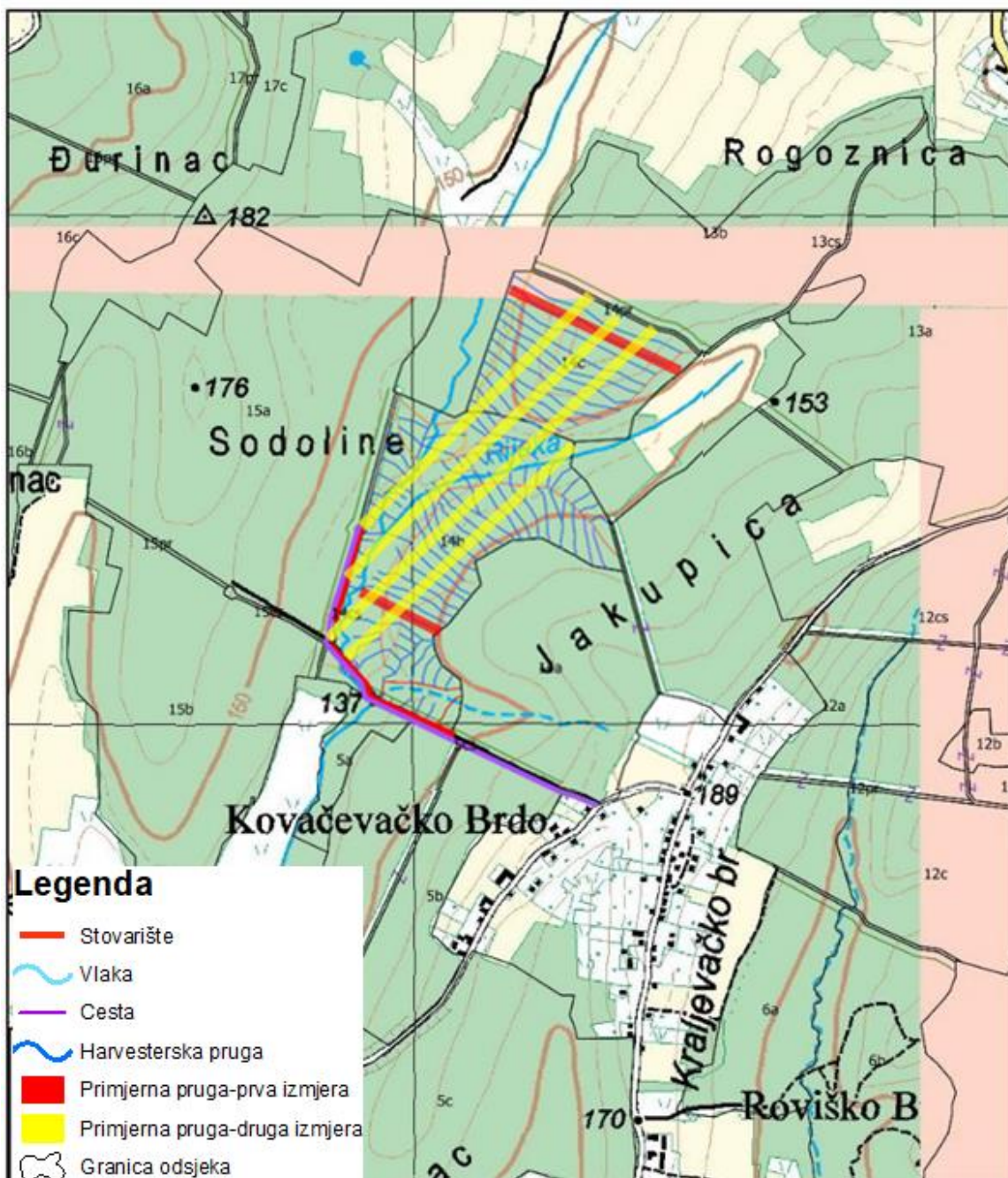
3.2.1. Planiranje istraživanja

Kako bi se omogućila provedba terenske izmjere, prethodno je provedena faza planiranja. U fazi planiranja izračunata je površina uzorka kojom se trebaju obuhvatiti istraživani odsjeci. Za prvu terensku izmjeru odabrala se u svakom odsjeku po jednu »harvesterska pruga« duž koje se postavila primjena pruga kako bi se utvrdile štete na dubecim stablima neposredno nakon rada harvestera, a zatim nakon rada forvardera. Duljina primjerne pruge u odsjeku 14b iznosila je 170 m, a u odsjeku 14c 340 m.

Prema Pravilniku o uređivanju šuma iz 1997. godine (NN 11/1997) mjerenje prsnih promjera stabala obavlja se na primjernim površinama (prugama ili krugovima) uzimajući od ukupne površine odsjeka najmanje: 2 % u drugom dobnom razredu; 5 % u sastojinama do dvije trećine ophodnje; 10 % u sastojinama iznad dvije trećine ophodnje. Kako je odlučeno da se izmjera provede na primjernim prugama, odabrana je veličina uzorka u iznosu od 10 % površine istraživanih odsjeka.

Sukladno tomu, za drugu terensku izmjeru izračunata je površina uzorka za svaki odsjek. U odsjeku 14b veličina uzorka iznosila je 1,83 ha, a u odsjeku 14c 0,91 ha. Izračunate površine uzoraka podijeljene su sa širinom primjerne pruge od 10 m, te se na taj način dobila ukupna duljina primjernih pruga. U odsjeku 14b duljina primjernih pruga iznosila je 1830 m, a u odsjeku 14c 828,1 m. Primjerne pruge postavljene su na međusobnom razmaku od 50 m kako bi se postigao potreban intenzitet izmjere s obzirom

na širinu primjerne pruge i izračunatu površinu uzorka. Kako je očekivano da će na »harvesterskim prugama« biti najviše oštećenja, primjerne pruge su postavljene pod azimutom od 45° kako bi okomito presijecale »harvesterske pruge«. Na taj se način omogućilo reprezentativno obuhvaćanje »harvesterskih pruga« i dijela sastojine između njih. Ukupno su u odsjeku 14b postavljene četiri primjerne pruge, a u odsjeku 14c tri primjerne pruge. Na slici 12 prikazan je položaj primjernih pruga prve (crvene pruge) i druge izmjere (žute pruge).



Slika 12. Položaj primjernih pruga u istraživanim odsjecima

3.2.2. Terenska izmjera

Prva terenska izmjera obavljena je u srpnju 2017. godine na dvije primjerne pruge, dva puta. Prvi put nakon sječe i izrade sortimenata harvesterom, te drugi puta nakon izvoženja izrađenih sortimenata forvarderom. Ovom izmjerom trebao se utvrditi uzrok oštećenja, odnosno koliki je udio oštećenih stabala pri sječi i izradi harvesterom, a koliki je udio oštećenih stabala prilikom izvoženja drvnih sortimenata forvarderom. Tijekom izmjere oštećenja nakon rada harvestera, sve su ozljede obojane sprejom kako bi se izbjeglo evidentiranje jedne ozljede dva puta.



Slika 13. Prikaz položaja stabala uz »harvestersku prugu« (X) Slika 14. Uzrok oštećenja, 1 - harvester, 2 - forvarder

Druga terenska izmjera provedena je u ožujku i travnju 2018. godine na četiri primjerne pruge u odsjeku 14b i na tri primjerne pruge u odsjeku 14c. Primjerne pruge postavljane su na način da se s karte očitao početnu točku svake pojedine pruge te se s te točke započelo s postavljanjem pruge pod azimutom od 45°. Svaka pruga je širine 10 m, a duljina pojedinog segmenta pruge (primjerne plohe od kojih se sastoji pruga) iznosi 20 m. Pruge su postavljane pomoću busole, trasirki (6 komada), mjerne vrpce i Vertex-a, na način da je početna središnja trasirka označavala početak novog segmenta i kraj prethodnog. Nakon obilježbe sredine pruge bilo je potrebno odrediti širinu pruge, na način da se sa svake strane postavljala po jedna trasirka na udaljenosti od 5 m pod kutem

od 90° u odnosu na azimut kretanja. Mjerene su horizontalne komponente duljine i širine primjerne pruge kako bi se dobilo površinu tlocrtne projekcije pojedinog segmenta.

Za potrebe prikupljanja podataka o sastojini, utvrđivanje, klasifikaciju i evidentiranje oštećenja nastalih na stablima, sadržaj i struktura snimačkih listova bazirani su na konceptu koji predlažu Tomanić i dr. (1989), uvažavajući specifičnosti potpuno mehaniziranog sustava pridobivanja drva.

Terenskom izmjerom bilo je potrebno utvrditi i izmjeriti za sva preostala stabla nakon prorede, a koja su se nalazila na primjernim prugama, sljedeće parametre: vrstu drveća, prsni promjer, položaj stabla u sastojini, vrstu oštećenja, položaj oštećenja na stablu, dimenzije oštećene kore.

Nakon što je određena vrsta drveća, te izmjeren prsni promjer stabla pomoću promjerke, bilo je potrebno odrediti položaj stabla u sastojini. S obzirom na položaj stabla u sastojini ona su evidentirana kao: stablo u sastojini, uz »harvestersku prugu« (ona stabla koja su se nalazila neposredno uz »harvestersku prugu«) ili uz glavnu vlatku (ona stabla koja su se nalazila neposredno uz glavnu vlatku).



Slika 15. Izmjera dimenzija oštećenja

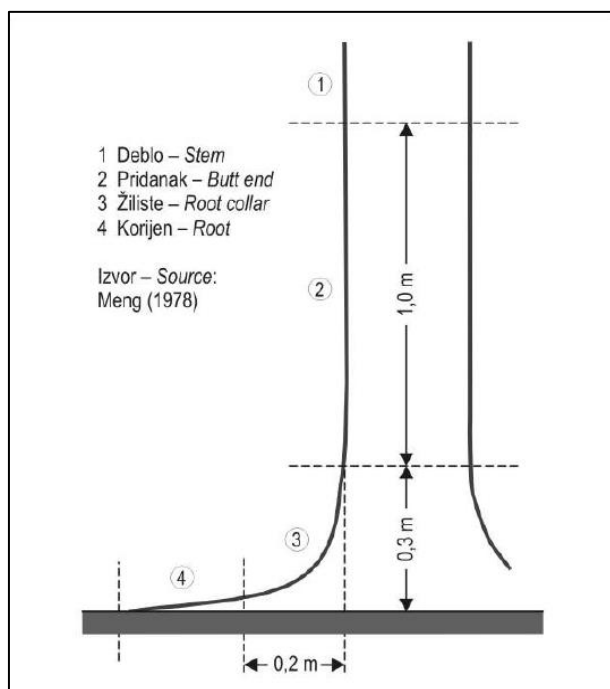


Slika 16. Oštećenje kore korijena, žilišta i pridanka

Nadalje, za svako stablo bilo je potrebno odrediti vrstu oštećenja (ako je oštećeno) koja je definirana kao izvaljeno i/ili polomljeno stablo, polomljene grane na stablu,

nagnječena kora ili oguljena kora stabla. Pod nagnječenom korom podrazumijeva se površinsko oštećenje vanjskog mrtvog dijela kore, a pod oguljenom korom podrazumijeva se takav oblik oštećenja kore kod kojeg je vidljiva zona kambija.

Način određivanja položaja pojedine ozljede prikazan je na slici 17. Korištenu shemu određivanja položaja oštećenja na stablu uspostavio je Meng 1978. godine. Prema toj shemi (slika 17) oštećenja kore koja su se nalazila iznad 130 cm od tla evidentirana kao oštećenja debla. Oštećenja u zoni pridanka su ona koja se nalaze na visini 30 – 130 cm od tla. Pod oštećenjem na žilistu, evidentirane su one ozljede koje se nalaze do 30 cm od tla i do 20 cm udaljenosti od uzdužnog ruba debla. Pod oštećenjem korijena evidentirana su sva ostala oštećenja stabla koja se nalaze na tlu na udaljenosti većoj od 20 cm od ruba debla. U rijetkim slučajevima ozljede su obuhvaćale više mjesta na stablu, te su zbog toga prvo kredom razdijeljene (slika 18) zatim izmjerene i evidentirane kao pojedinačna ozljeda.



Slika 17. Razradba položaja oštećenja prema Mengu (1987)

Slika 18. Razradba položaja oštećenja na terenu

Veličina oštećenja kore, odnosno dimenzije oštećenja, mjerene su na način da je oblik ozljede aproksimiran s pravilnim četverokutom pa je mjerena duljina i širina svake ozljede.

3.3. Istraživani sustav pridobivanja drva

3.3.1. Skupni rad harvestera i forvardera

Istraživanje šteta nastalih uslijed obavljanja djelatnosti pridobivanja drva, provedeno je prilikom primjene potpuno mehaniziranog sustava, koji se sastoji od harvestera kao stroja koji obavlja sječu i izradu drvnih sortimenata, te forvardera, stroja namijenjenog izvoženju drvnih sortimenata.

Skupni rad harvestera i forvardera predstavlja vrhunsku tehnologiju pridobivanja drva određenu sortimentnom metodom izrade drva, kojom se obavlja proizvodnja kratke oblovine, od sječe i izrade do privlačenja, čime je postignuta zaokružena cjelina sustava pridobivanja drva (Krpan i Poršinsky 2001). Ovaj sustav razvijen je u skandinavskim zemljama, te predstavlja sustav potpuno mehaniziranog pridobivanja kratkog drva (Poršinsky 2005). Primjenu ovog sustava uvjetuje korištenje sortimentne metode izrade drva (Štimac 2017).

Na Hrvatskom tržištu šumarskih usluga, sustav harvester – forvarder, pojavljuje se 2005. godine kada privatni poduzetnik uvozi harvester Timberjack 870. Iza toga slijedi nabava harvestera Timberjack 1270C, 2007. godine, te harvestera Timberjack 1470 2008. godine (Vusić i Rukavina 2010). Do 2017. godine u Hrvatskoj se nalazi nekoliko harvestera u privatnom vlasništvu, a u siječnju 2017. godine poduzeću Hrvatske šume d.o.o. isporučen je prvi harvester, Komatsu 951 čiji je primarni zadatak rad u plantažama i kulturama vrba i topola na području UŠP Osijek, a kao razlog za nabavku harvestera istaknuta je nužnost sanacije velikih šteta u mladim sastojinama topole nakon olujnog nevremena 2016. godine (Vincec 2018).

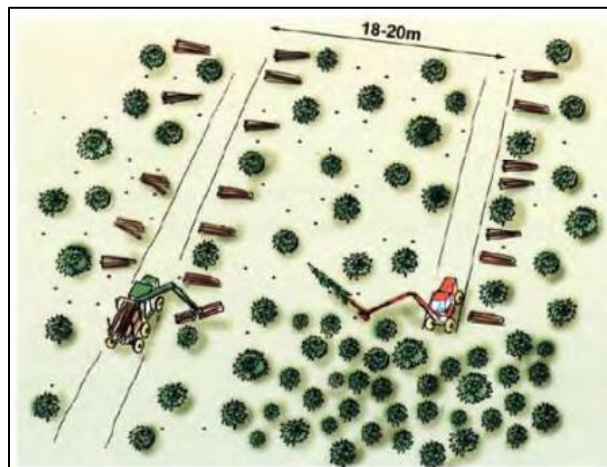
Korištenjem potpuno mehaniziranog sustava harvester – forvarder, postiže se veća iskoristivost forvardera tijekom ljetnih mjeseci, a istovremeno se rješava i problem pomanjkanja kvalificirane radne snage za ručno – strojnu sječu i izradu (Vusić i Rukavina 2010).

Pri strojnoj proredi harvesterom Timberjack 1270B u prirodnoj mješovitoj sastojini hrasta kitnjaka, obične bukve i običnoga graba starosti 80 godina, Poršinsky i dr. (2004) navode kako je oštećeno 6,4 % stabala preostalih nakon sječe ili 29,5 stabala po ha, što

je, kako autor navodi, prema dotadašnjim spoznajama manje u odnosu na sječu obavljenu motornom pilom.

Prilikom provođenja čistih sječa harvester se slobodno kreće po šumskom bespuću, dok kod ostalih vrsta sječa (prorede, sanitarne sječe, preborne sječe i sl.) zahtijeva infrastrukturu po kojoj bi se mogao kretati. U tu svrhu, obilježavaju se vlake širine 3,5 do 4 metra, koje harvester tijekom rada prosijeca na odgovarajućim međusobnim razmacima (Sambo 1999). Iz tog razloga, prije početka sječe provedeni su pripremni radovi tijekom ljeta 2016. godine. Pripremni radovi obuhvaćali su korekciju redovne doznake koja je provedena za ručno – strojnu sječu. Korekcija redovne doznake provedena je s ciljem doznake stabala na obilježenim »harvesterskim prugama«, kako bi se omogućilo, ali istovremeno ograničilo kretanje harvestera i forvardera po istraživanim odsjecima.

U istraživanim odsjecima primijenjena je sortimentna metoda sječe i izrade oblog drva. Na početku rada harvester je započeo sa sječom i izradom stabala koja su obilježena na »harvesterskim prugama«, kako bi se omogućilo kretanje prvenstveno harvestera, a zatim i forvardera. »Harvesterske pruge« postavljene su na međusobnom razmaku od 20 m, kako bi se omogućio dohvat svih stabala koja su se nalazila između pruga, a bila su doznačena za sječu. Nakon obavljene sječe i izrade slijedilo je izvoženje drvnih sortimenata pomoću forvardera od mjesta sječe odnosno izrade do pomoćnog stovarišta.



Slika 19. Shema rada harvestera i forvardera u skupnom radu
(Krpan i Poršinsky 2002)

Na slici 19 prikazana je shema skupnog rada harvestera i forvardera koja je primijenjena u istraživanim odsjecima, iz koje je jasno vidljiv tijek radnih operacija.

Harvester prosijeca obilježene »harvesterske pruge«, te sječe i izrađuje doznačena stabla koja se nalaze na »harvesterskim prugama« i između njih. Nakon što su sortimenti izrađeni forvarder obavlja utovar i transport izrađenih sortimenata krećući se po »harvesterskim prugama«.

3.3.2. Harvester

Harvesteri su šumska vozila za kretanje po šumskom bespuću, čija je osnovna namjena obaranje stabala i izrada kratkog drva kraj panja (Drushka i Konttinen 1997). Danas se harvesteri proizvode isključivo kao jednozahvatni strojevi, namijenjeni za sječu stabala, kresanje grana, trupljenje debla, mjerenje sortimenata, te njihovo slaganje u hrpe (Kellog i dr 1993). Harvesteri su ponajprije predviđeni za uporabu u šumama četinjača (Bojanin i Krpan 1997).

U promatranim odsjecima primijenjen je jednozahvatni harvester marke Timberjack 1470D. Ovaj harvester je predstavnik kategorije velikih harvestera čije su tehničke značajke prikazane su u tablici 2.



Slika 20. Harvester u radu



Slika 21. Harvester Timberjack 1470D

Tablica 2. Tehničke značajke harvestera Timberjack 1470D

Dimenzije	
Duljina, mm	7.700
Visina, mm	3.730
Širina, mm	3.000
Masa, kg	18.800
Motor	
Tip motora	6-cilindrični turbo dizel sa prednabijanjem
Snaga motora (1200 – 2000 min ⁻¹), kW	180
Zakretni moment (1400 min ⁻¹), Nm	1250
Transmisija	Hidrostatko-mehanička
Dizalica	
Tip dizalice	TJ 200 H 97
Podizni moment, kNm	178
Zakretni moment, kNm	43,6
Doseg dizalice, mm	10.000
Kut zakretanja	220°
Tip sječne glave	Timberjack 758
Najveći sječni promjer, cm	65
Masa sječne glave, kg	1.080

3.3.3. Forvarder

Forvarderi su samopogonjena vozila namijenjena pomicanju stabala ili njegovih dijelova izvozeći ih utovarene u tovarnom prostoru vozila (ISO 2016). Osim za izvoženje forvarderi se koriste i za daljinski prijevoz drvnih sortimenata na kraćim udaljenostima (Poršinsky 2005).

U istraživanim odsjecima primijenjen je forvarder Timberjack 1710D. To je osmerokotačno vozilo s bogi sustavom na prednjoj i stražnjoj osovini. Ovaj forvarder pripada kategoriji teških forvardera, mase preko 14 tona. Tehničke značajke forvardera prikazane su u tablici 3.



Slika 22. Forvarder na pomoćnom stovarištu



Slika 23. Forvarder Timberjack 1710D

Tablica 3. Tehničke značajke forvardera Timberjack 1710D

Dimenzije	
Duljina, mm	10.900
Širina, mm	3.050
Visina, mm	3.900
Masa, kg	18.500-19.500
Nosivost, kg	17.000
Motor	
Tip	6-cilindrični turbo diesel
Snaga (2100 min ⁻¹), kW	160
Zakretni moment (1400 min ⁻¹), Nm	1.090
Transmisija	Hidrostatsko-mehanička
Dizalica	
Tip	Boom CF885
Dohvat, mm	8.500
Podizni moment, kNm	151
Zakretni moment, kNm	41

4. REZULTATI S RASPRAVOM

Na primjernim prugama evidentirano je ukupno 1090 stabala u oba odsjeka, od kojih 387 ima neki oblik oštećenja. Podaci o evidentiranim stablima po vrstama drveća i odsjecima prikazani su u tablici 4. Oguljena kora kao najzastupljenija vrsta oštećenja, detaljno je analizirana i prikazana u rezultatima istraživanja. Nagnječena kora, kao drugo najzastupljenije oštećenje značajno je manjeg intenziteta, dok ostala oštećenja (polomljena i/ili izvaljena stabla, polomljene grane) gotovo da nisu ni prisutna.

Tablica 4. Broj evidentiranih, oštećenih i neoštećenih stabala s obzirom na oguljenu koru

Odsjek		Hrast lužnjak i kitnjak	Obična bukva	Obični grab	Crna joha	Ostalo	Ukupno
14b	Evidentirano stabala	18	43	777	10	11	859
	Stabla s oguljenom korom (%)	1 (5,6 %)	5 (11,6 %)	275 (33,1 %)	2 (20 %)	1 (9,1 %)	284 (33 %)
	Neoštećeno	17	38	502	8	10	575
14c	Evidentirano stabala	6	98	127	-	-	231
	Stabla s oguljenom korom (%)	3 (50 %)	34 (34,7 %)	54 (42,5 %)	-	-	91 (39 %)
	Neoštećeno	3	64	73	-	-	140

4.1. Udio oštećenih stabala

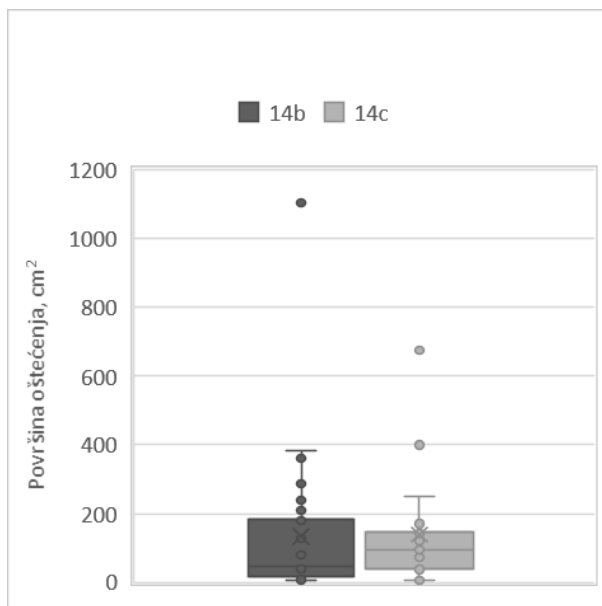
U odsjeku 14b evidentirano je ukupno 290 oštećenih stabala. Od toga je jedno stablo bilo polomljeno, jedno stablo je imalo polomljene grane i oguljenu koru, na 21 stablu je evidentirana nagnječena kora od kojih je 16 imalo i oguljenu koru, a na 267 stabala je evidentirana samo oguljena kora. U odsjeku 14c evidentirano je ukupno 97 oštećenih stabala. Od toga je jedno stablo bilo polomljeno, na 25 stabala je evidentirana nagnječena kora od kojih je 20 imalo i oguljenu koru, a na 71 stablu je evidentirana samo oguljena kora.

4.2. Nagnječena kora

Pod nagnječenjem kore podrazumijevaju se ona oštećenja kore kod kojih nije vidljiv kambij tj. oštećenja samo vanjskog mrtvog dijela kore (slika 25). Mogućnost infekcije gljivama truležnicama je značajno manja kod nagnječene kore u odnosu na oguljenu koru. Kod ponovnog ozljeđivanja nagnječene kore pretpostavka je da će se kora oguliti u cijelosti pa će tada stablo biti izloženo napadu gljiva.

Ukupno je evidentirano 29 nagnječenja kore na 21 stablu u odsjeku 14b, a u odsjeku 14c, 31 nagnječenje kore na 25 stabala. Na slici 24 vidi se kako je većina oštećenja u obliku nagnječene kore, u oba odsjeka veličine do 200 cm². U odsjeku 14b površina najvećeg nagnječenja bila je 1104 cm², a na jednom stablu evidentirana su najviše tri nagnječenja kore. U odsjeku 14c površina najvećeg nagnječenja bila je 695 cm², a na jednom stablu evidentirana su najviše dva nagnječenja kore.

Kako se gljivična infekcija na stablima s nagnječenom korom u pravilu ne očekuje, a takvih je oštećenja značajno manje u odnosu na oguljenu koru, ista nisu detaljnije analizirana.



Slika 24. Površina nagnječene kore u odsjecima 14b i 14c



Slika 25. Nagnječenje kore

4.3. Oguljena kora

Kako je oguljena kora prema vrsti oštećenja bila najzastupljenija, u daljnjem prikazu rezultata, pod oštećenim stablom i oštećenom korom podrazumijevaju se samo ona stabla koja su imala oguljenu koru.

U odsjeku 14b evidentirano je 859 stabala, a na 33 % stabala bilo je prisutno oštećenje u obliku oguljene kore. U odsjeku 14c ukupno je evidentirano 231 stablo, a na 39 % stabala evidentirano je oštećenje u obliku oguljene kore.

Usporedbom broja stabala pojedinog odsjeka prije sječe, vidi se kako je u odsjeku 14b bilo više stabala po jedinici površine nego u odsjeku 14c. Promatramo li teorijski prostorni raspored stabala, svako stablo u odsjeku 14b zauzimalo je površinu od 12,76 m², što znači da su se stabla nalazila na međusobnom razmaku od oko 3,5 m, a u odsjeku 14c svako stablo zauzimalo je površinu od 23,64 m², odnosno stabla su se nalazila na međusobnom razmaku od 4,9 m. Na osnovi broja doznačenih stabala vidi se da je sječna gustoća u odsjeku 14b bila veća nego u odsjeku 14c. Promatramo li strukturu doznačenih stabala prema debljinskim stupnjevima, može se vidjeti kako je u odsjeku 14c bilo više doznačenih stabala u višim debljinskim stupnjevima nego u odsjeku 14b. Iz navedenog je za očekivati veću pojavnost oštećenja dubelih stabala u odsjeku 14b zbog veće sastojinske ali i sječne gustoće. Kako rezultati upućuju na veću pojavnost oštećenja dubelih stabala u odsjeku 14c, može se reći da su osim sastojinske gustoće i sječne gustoće, na veću pojavu oštećenja utjecale dimenzije stabala za sječju, a prvenstveno, zbog uobičajenog načina iskaza, manji broj preostalih stabala u odsjeku 14c nakon sječe.

4.2.1. Oštećenja s obzirom na vrstu drveća

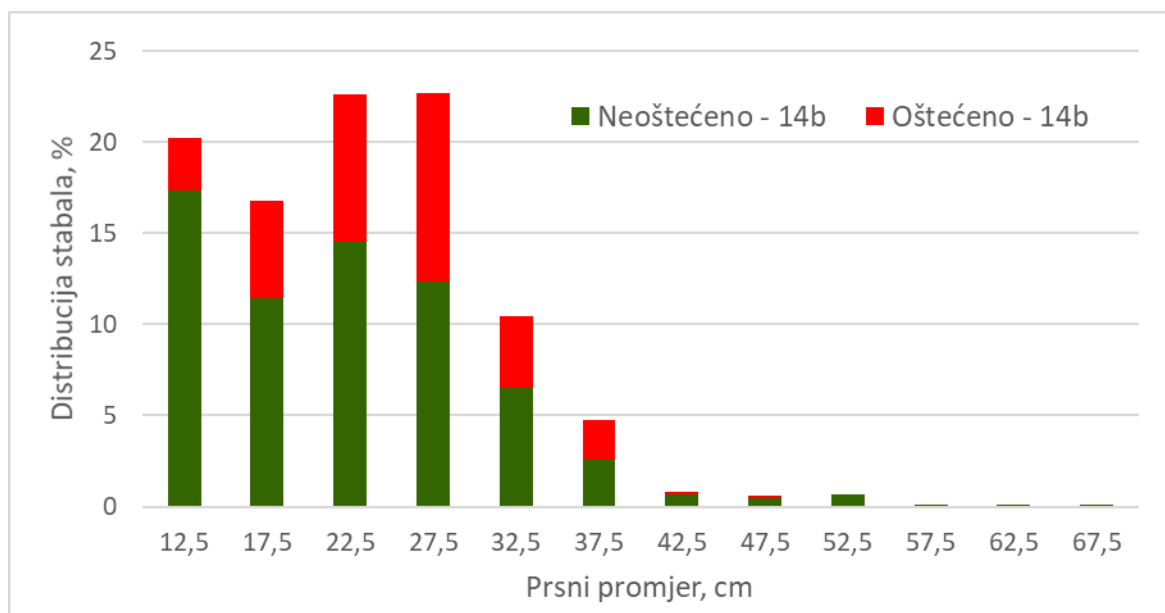
Utjecaj vrste drveća na veću ili manju pojavnost oguljene kore u istraživanim odsjecima nije moguće utvrditi iz razloga što sve vrste drveća nisu bile podjednako zastupljene. Sukladno tomu, za očekivati je da će se najviše oštećenja dogoditi na stablima one vrste drveća koja je najzastupljenija.

Prema vrsti drveća u odsjeku 14b najviše oštećenja bilo je prisutno na običnom grabu. Osim što je običnog graba po broju stabala bilo najviše, treba uzeti u obzir činjenicu da je

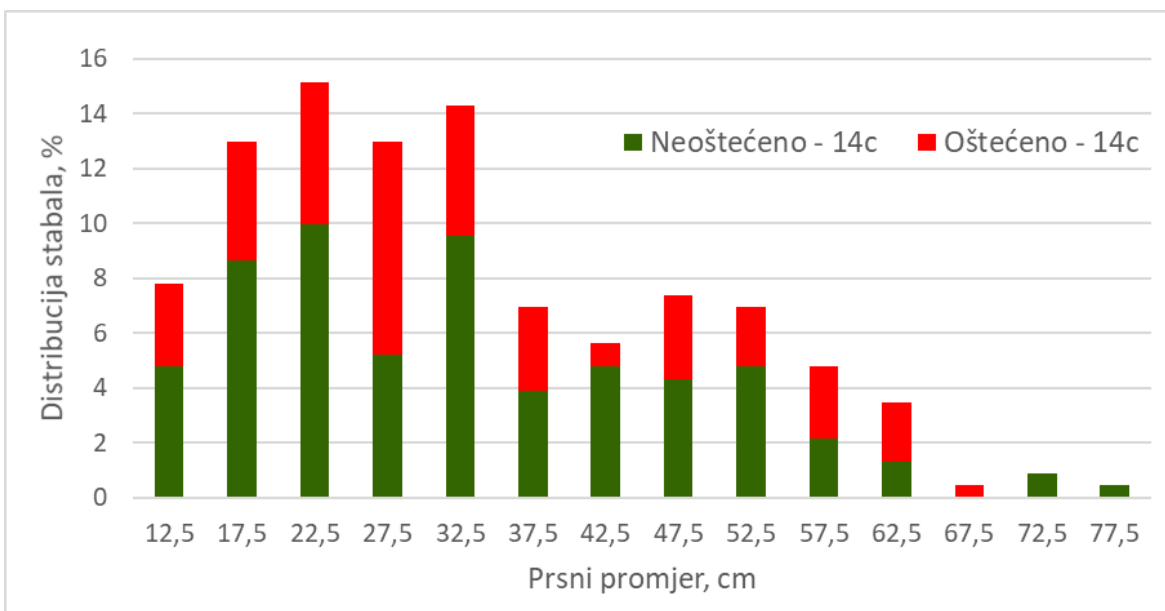
grab vrsta glatke i tanke kore na kojoj se mehanička oštećenja mogu ostvariti puno lakše nego što je to primjerice na hrastu, koji ima debelu i hrapavu koru. U odsjeku 14c oštećenja kore bila su podjednako zastupljena na običnoj bukvi i običnom grabu što se moglo i očekivati budući da su te vrste podjednako zastupljene, a osim toga imaju vrlo sličnu koru s obzirom na debljinu kore.

Daljnja istraživanja trebalo bi usmjeriti prema utvrđivanju kritične sile koja je potrebna da se stablu oguli kora, za gospodarske vrste drveća, te za različito godišnje doba. Dosadašnja strana istraživanja upućuju na činjenicu da se sila, koja je potrebna da bi se ogulila kora, mijenja tijekom ljetnih i zimskih mjeseci (Poršinsky 2019). Na osnovi rezultata takvog istraživanja, moglo bi se utvrditi u kojim mjesecima godine su stabla najosjetljivija na ozljeđivanje kore, pa bi se u skladu s tim trebalo propisati optimalno vrijeme izvođenja radova mehaniziranim sustavima pridobivanja drva.

4.2.2. Udio stabala s oguljenom korom po debljinskim stupnjevima



Slika 26. Udio oštećenih stabala u odsjeku 14b po debljinskim stupnjevima



Slika 27. Udio oštećenih stabala u odsjeku 14c po debljinskim stupnjevima

U oba odsjeka, broj oštećenih stabala bio je prisutan najviše u debljinskom stupnju (dalje u tekstu DS) 27,5 cm. Prosječan prsni promjer oštećenog stabla u odsjeku 14b iznosio je 24,24 cm, a u odsjeku 14c 31,24 cm. U odsjeku 14c oštećenja su bila prisutna na stablima DS iznad 47,5 cm, što je bilo za očekivati budući da se radi o sastojini obične bukve koja postiže veće dimenzije u odnosu na obični grab (uz približno istu starost), a osim toga doznaka stabala bila je provedena i na stablima tih debljinskih stupnjeva. Kako je u odsjeku 14b promjer srednjeg plošnog stabla 21,6 cm može se zaključiti da su oštećenja prisutna najviše na stablima koja predstavljaju nositelje proizvodnje te sastojine. Osim toga, u odsjeku 14b najviše stabala bilo je doznačeno u DS 17,5 cm, 22,5 cm i 27,5 cm (77 %). Pretpostavka je da tanja stabla rastu na međusobno manjem razmaku, a kako ih je među njima bilo najviše za posjeći očekivao se velik udio oštećenja upravo na tim stablima.

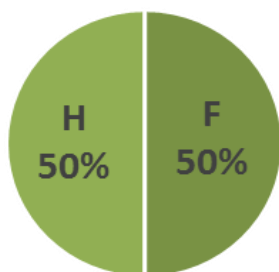
Promatranje oštećenja kore s obzirom na prsni promjer je bitno, iz razloga što jednaka veličina ozljede ne utječe jednako na stablo bilo kojeg promjera, naročito ako su te ozljede poprečnog oblika. U budućim istraživanjima trebalo bi usmjeriti analizu površine oguljene kore s obzirom na prsni promjer, odnosno na usporedbu opsega stabla i opsega stabla zahvaćenog oguljenom korom.

4.2.3. Uzrok i mjesto nastanka oguljene kore

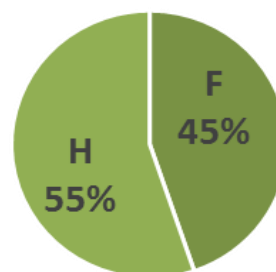
Uzrok nastanka oguljene kore

Jedan od ciljeva prve terenske izmjere bilo je utvrđivanje koje sredstvo rada uzrokuje veću pojavnost oštećenja u istraživanim odsjecima. Tako je u odsjeku 14b utvrđeno da su harvester i forvarder uzrokovali oštećenje na jednakom broju stabala, dok je broj oštećenih stabala koja je ošteti harvester u odsjeku 14c bio veći za 10 %.

Većina autora navodi kako oštećenja dubećih stabala kod djelomično mehaniziranih sustava primarno nastaju kod transporta (privlačenje i izvoženje) drvnih sortimenata. Kako rezultati istraživanja upućuju na to da su oštećenja primarno nastala pri strojnoj sječi i izradi u odsjeku 14c (slika 29), te podjednako s izvoženjem u odsjeku 14b (slika 28) treba potražiti uzroke toga. Analizirajući razlike između načina obaranja stabala i izrade sortimenata kod strojne sječe te kod ručno – strojne sječe motornim pilama, može se zaključiti kako oštećenja pri ručno – strojnoj sječi primarno nastaju samo pri obaranju stabla dok se oštećenja pri izradi sortimenata u pravilu ne događaju. U nizinskim uvjetima rada to je pravilo, dok u brdskim uvjetima rada postoji izuzetak jer se izrađeni sortimenti, u slučaju kada nisu na neki način osigurani, mogu kretati niz nagib što može dovesti do ozbiljnih oštećenja dubećih stabala u sastojini. Kod strojne sječe harvesterom oštećenja na dubećim stablima pojavljuju se i tijekom izrade oborenog stabla, zbog toga što harvester oboreno stablo privlači k sebi kako bi ga mogao izraditi, pa se prilikom manipulacije oborenim stablom događaju ozljede koje su izbjegnute pri korištenju motornih pila. Pored toga, oštećenja mogu nastati i zbog udaraca čela izrađivanog sortimenta o drugo stablo prilikom izrade.



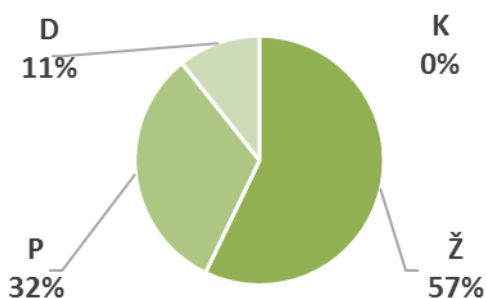
Slika 28. Uzrok oštećenja u odsjeku 14b
(H - harvester; F - forvarder)



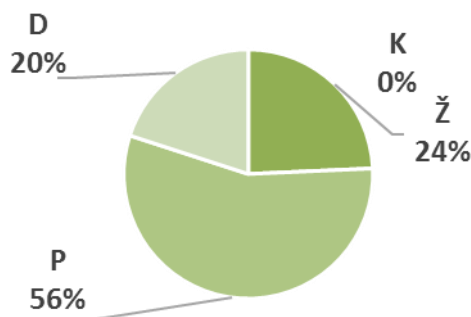
Slika 29. Uzrok oštećenja u odsjeku 14c
(H - harvester; F - forvarder)

Mjesto oguljene kore s obzirom na uzrok oštećenja

U odsjeku 14c oštećenja pri radu harvestera primarno su nastala na pridanku (56 %), u odnosu na odsjek 14b, gdje su ozljede primarno nastale na žilištu (57 %). Promatrajući sliku 30 i sliku 31 može se vidjeti gdje štete nastaju, ali se ne može sa sigurnošću reći što je točno uzrok za veću ili manju pojavnost ozljeda na pojedinom dijelu stabla. Čimbenici o kojima ovisi gdje će se šteta na stablu dogoditi prilikom strojne sječe mogu biti brojni, kao npr. rukovanje operatera dizalicom, granatost stabla, dimenzije stabala i sl. Operater samovoljno odlučuje hoće li dizalicu sa stablom podići 10 cm više ili niže, a to automatski može dovesti do različite pojave oštećenja promatrajući dvije susjedne lokacije na stablu. Nadalje, uzrok tomu mogu biti dimenzije stabala koje su veće u odsjeku 14c, pa je pretpostavka da je to uvjetovalo veću pojavnost ozljeda na pridanku, a da su manje dimenzije stabala uvjetovala veću pojavu oštećenja na žilištu u odsjeku 14b. Ono što bi još moglo utjecati na mjesto oštećenja je granatost stabla. Tijekom izrade harvester stablo »provlači« kroz harvestersku glavu, a grane stabla bi mogle tijekom izrade zahvaćati susjedna stabla i na taj način ih ozljeđivati na većoj visini u odnosu na deblo izrađivanog stabla. Jake grane koje se nisu polomile tijekom obaranja isto tako »drže« stablo na određenoj visini pa bi tada oštećenja mogla nastati više na pridanku nego na žilištu i obrnuto.



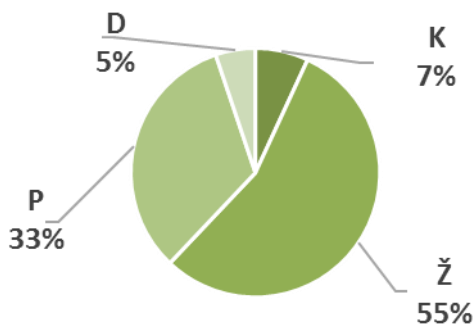
Slika 30. Mjesto oštećenja pri radu harvestera u odsjeku 14b
(K - korijen, Ž - žilište, P - pridanak, D - deblo)



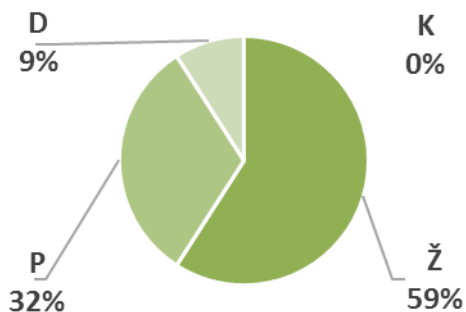
Slika 31. Mjesto oštećenja pri radu harvestera u odsjeku 14c
(K - korijen, Ž - žilište, P - pridanak, D - deblo)

Prilikom rada forvardera nije došlo do značajnijeg odstupanja u mjestu nastanka oguljene kore između istraživanih odsjeka. Isto tako vidi se da su štete koje je uzrokovao forvarder u oba odsjeka u većinskom udjelu prisutne na žilištu (55 i 59 %), iz čega se može zaključiti da upravo te štete nastaju pri kretanju forvardera, odnosno uzrokovane

su pneumatikom vozila, te pri utovaru drvnih sortimenata. Štete u zoni debla i pridanka, osim pri utovaru drvnih sortimenata, vjerojatno su nastale zbog udarca šasije vozila o stablo ili zbog udarca izvoženog tovara prilikom kretanja vozila.

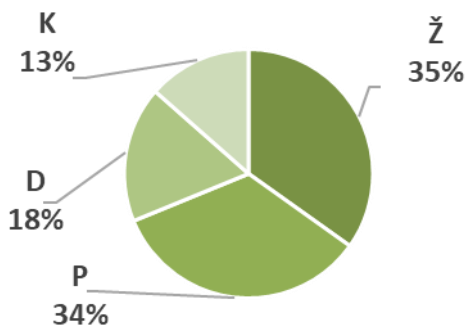


Slika 32. Mjesto oštećenja pri radu forvardera u odsjeku 14b (K - korijen, Ž - žilište, P - pridanak, D - debla)

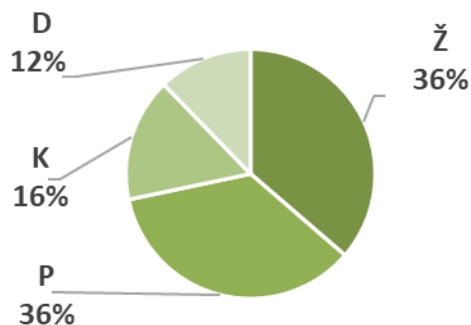


Slika 33. Mjesto oštećenja pri radu forvardera u odsjeku 14c (K - korijen, Ž - žilište, P - pridanak, D - debla)

4.2.4. Mjesto oguljene kore stabla



Slika 34. Mjesto oštećenja u odsjeku 14b (K - korijen, Ž - žilište, P - pridanak, D - debla)



Slika 35. Mjesto oštećenja u odsjeku 14c (K - korijen, Ž - žilište, P - pridanak, D - debla)

Na slici 34 i slici 35 prikazani su rezultati druge izmjere s obzirom na mjesto oguljene kore na stablu. Između istraživanih odsjeka nema značajnih razlika u mjestu oštećenja kore na stablu. Iz navedenih slika vidi se kako je oko 70 % ozljeda kore prisutno na žilištu i pridanku, a ako se zbroje ozljede korijena, žilišta i pridanka, može se reći da se u oba odsjeka 82 – 88 % ozljeda kore nalazi na visini do 130 cm od tla. Ova činjenica je vrlo važna iz razloga što dosadašnja istraživanja upućuju na to da su stabla s ozljedama do 130 cm od tla više izložena napadu sekundarnih štetnika, prvenstveno gljiva truležnica,

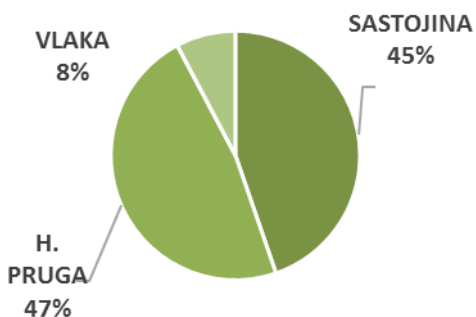
nego stabla s oštećenjima koja se nalaze iznad 130 cm od tla. Promatrajući dugoročno (do sljedeće sječe), može se sa sigurnošću reći da će ozljede na tim mjestima (ovisno o veličini i količini) značajno pridonijeti smanjenju kakvoće budućih sortimenata. Najvrjedniji sortimenti se uglavnom očekuju iz donjeg dijela stabla (tzv. perac), a ozljeđivanjem žilišta i pridanka otvaraju se mjesta ulaska gljivama koje će svojim djelovanjem smanjiti kakvoću donjeg dijela stabla i na taj način umanjiti novčanu vrijednost sastojine. U istraživanim odsjecima štete su najviše prisutne na običnom grabu. S obzirom na manju razliku u cijeni pojedinih sortimenata običnog graba i očekivanu konačnu uporabu sortimenata za očekivati je da utjecaj oštećenja kore neće izazvati značajniji negativni financijski efekt, koji bi prema rezultatima prethodnih istraživanja bio očekivan u slučaju primjerice hrastovih stabala. S obzirom na navedeno, prilikom odabira sječina za rad potpuno mehaniziranih sustava osim prihvatljive razine očekivanog intenziteta oštećenja svakako treba voditi računa i o prihvatljivoj razini negativnog financijskog efekta koje oštećivanje dubelih stabala uzrokuje.

4.2.5. Lokacija stabla u sastojini

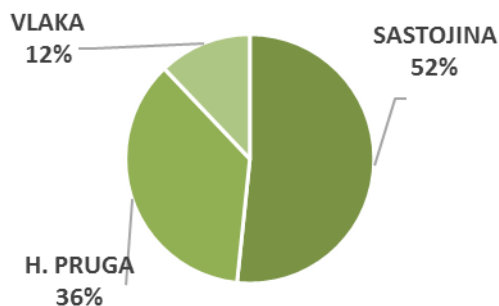
Lokacija stabla u sastojini također utječe na pojavnost oštećenja. Za očekivati je da će najveći dio oštećenja biti prisutan na stablima uz »harvestersku prugu«, gdje se obavlja izrada svih posječenih stabala. Na slikama 36 i 37, vidi se kako je velik dio oštećenih stabala prisutan unutar sastojine odnosno između prosječenih »harvesterskih pruga«. Promatra li se visina stabla, prilikom obaranja, stablo svojom visinom, odnosno duljinom zahvaća stabla unutar sastojine. Upravo se to može smatrati kao razlog veće pojavnosti oštećenih stabala unutar sastojine u odsjeku 14c u kojem se nalaze stabla većih dimenzija, tj. stabla veće visine. Osim toga, harvester je nakon obaranja, stabla morao privući na »harvestersku prugu« kako bi ih mogao izraditi, a na taj se način dodatno oštećuju stabla unutar sastojine.

U odsjeku 14b oštećenja se primarno pojavljuju na stablima uz »harvestersku prugu« i glavnu vlak (55 %), što je očekivano budući da su stabla izrađivana uz »harvesterske pruge« i vlake, a kako je za sječicu bilo više stabala u odsjeku 14b nego u odsjeku 14c, može se reći da osim dimenzija stabala, na lokaciju oštećenog stabla utječe i broj stabala

koja je potrebno posjeći. Osim izrade sortimenata, s »harvesterskih pruga« i vlaka, obavljao se utovar i transport izrađenih sortimenata forvarderom. Osim toga, može se reći da je glavni uzrok oštećenja stabala unutar sastojine harvester, a da su oštećenja stabala uz »harvesterske pruge« i vlake uzrokovana podjednako harvesterom i forvarderom.

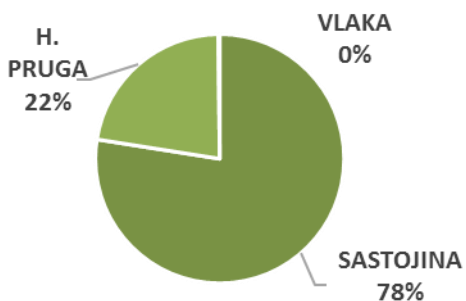


Slika 36. Lokacija oštećenih stabala u odsjeku 14b

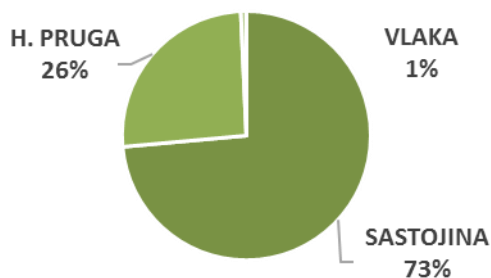


Slika 37. Lokacija oštećenih stabala u odsjeku 14c

Analizirajući lokaciju neoštećenih stabala (slika 38 i slika 39) dolazi se do zaključka kako nema značajne razlike između istraživanih odsjeka. Također, rezultati upućuju da je najviše neoštećenih stabala unutar sastojine tj. između »harvesterskih pruga« što je i za očekivati jer se strojevi u pravilu nisu kretali izvan vlaka i »harvesterskih pruga«.



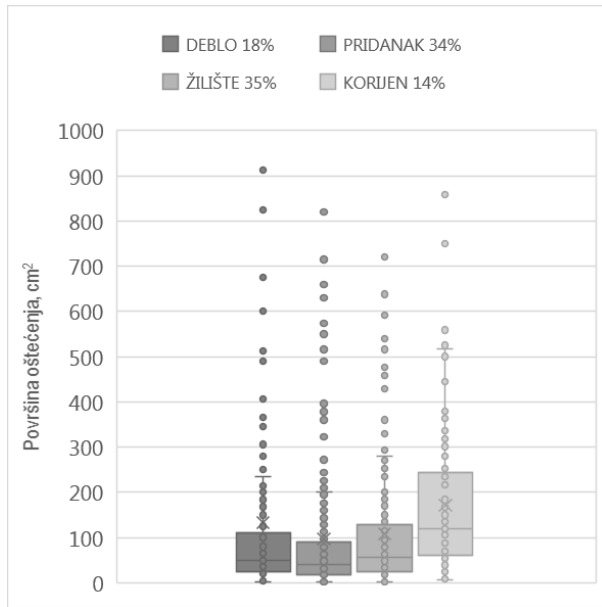
Slika 38. Lokacija neoštećenih stabala u odsjeku 14b



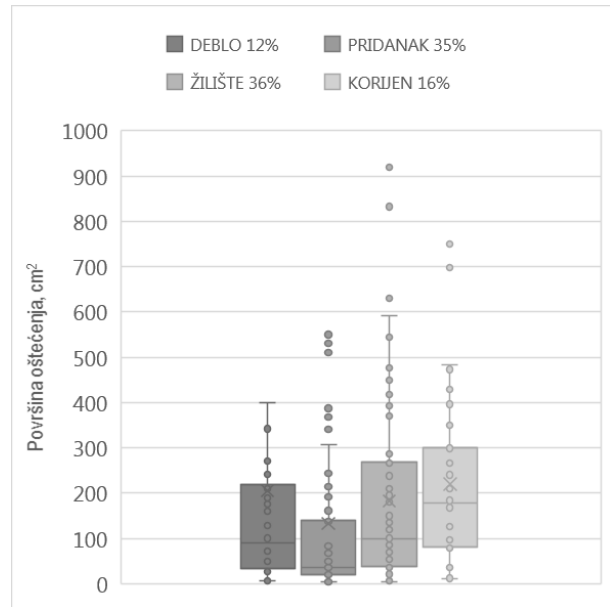
Slika 39. Lokacija neoštećenih stabala u odsjeku 14c

4.2.6. Veličina oguljene kore

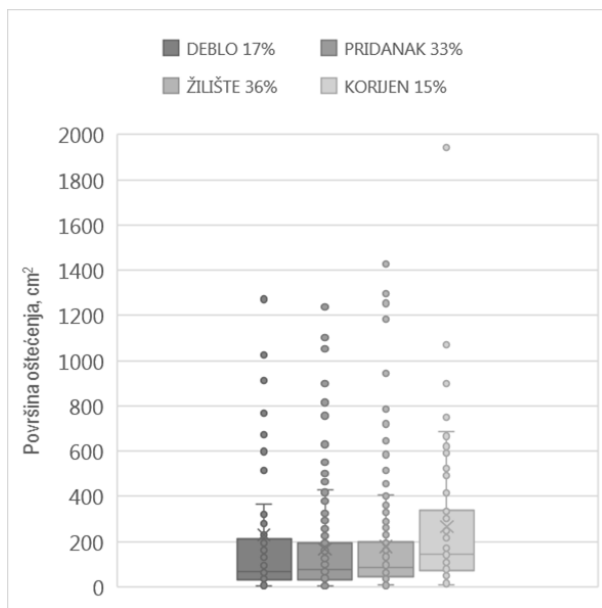
Veličina ozljede ima višestruki utjecaj na daljnji razvoj stabla. Osim što utječe na fiziologiju stabla, uvjetuje i pojavu sekundarnih biotskih štetnika, od kojih su najznačajnije gljive razarači drva, zbog kojih dolazi do smanjenja tehničke, ali isto tako i ekonomske vrijednosti drvnih sortimenata.



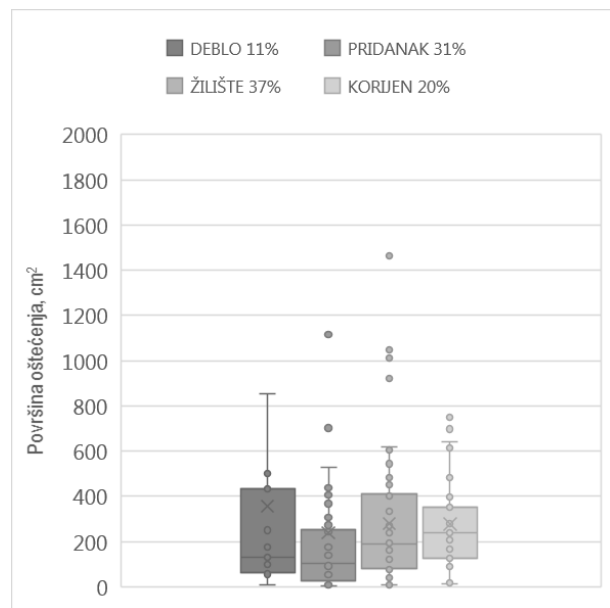
Slika 40. Površina oguljene kore (po oštećenju) u odsjeku 14b



Slika 41. Površina oguljene kore (po oštećenju) u odsjeku 14c



Slika 42. Površina oguljene kore (po stablu) u odsjeku 14b



Slika 43. Površina oguljene kore (po stablu) u odsjeku 14c

Prema istraživanjima Meng-a (1978.) kod ozljeda površine $<10 \text{ cm}^2$, gljivična infekcija se ne očekuje pa kao takve ih ne treba detaljno analizirati. Prema istraživanjima Krpan i dr. (1993) na ozljedama veličine do 100 cm^2 nije se pojavila gljivična infekcija, te su stabla uspjela sanirati ozljedu takve veličine. U odsjeku 14b, ozljede veličine do 100 cm^2 najzastupljenije su na pridanku (37,93 %) i žilištu (35,21 %), te sveukupno u strukturi ozljeda takvih ima najviše (69,57 %). Ozljede površine $101 - 500 \text{ cm}^2$ zastupljene su s 26,14 %, te su one najzastupljenije na žilištu (34,78 %). U kategoriji ozbiljnih oštećenja, tj. onih većih od 501 cm^2 ima svega 34 ozljede, odnosno 4,29 % u odnosu na ukupan broj ozljeda dok je najveća ozljeda prisutna na deblu u veličini od 4200 cm^2 . Na jednom stablu zbroj površina svih ozljeda iznosi 7499 cm^2 , a zabilježeno je najviše 14 ozljeda prosječne veličine $166,36 \text{ cm}^2$.

U odsjeku 14c, ozljede veličine do 100 cm^2 najzastupljenije su na pridanku (46,61 %), te sveukupno u strukturi ozljeda takvih ima najviše (55,66 %). Ozljede površine $101 - 500 \text{ cm}^2$ zastupljene su s 38,21 %, te su one najprisutnije na žilištu (40,74 %). U kategoriji ozljeda većih od 501 cm^2 ima 13 ozljeda što čini 6,13 % svih ozljeda u odsjeku. Najveće oštećenje prisutno je na deblu s površinom od 2250 cm^2 , dok je na jednom stablu zbroj svih ozljeda 4101 cm^2 . Na jednom stablu evidentirano je najviše 12 ozljeda.

Osim što je značajna veličina oguljene kore, treba poznavati i oblik oguljene kore u odnosu na uzdužnu os debla (poprečna, uzdužna ili okruglasta), te koliki je zapravo opseg stabla obuhvaćen ozljedama kore. Primjer, ako promatramo oštećenje oguljene kore veličine 50 cm^2 , koje je kategorizirano u skupinu malih oštećenja, smatra se da to oštećenje nije značajno opasno za stablo. Ako su dimenzije te ozljede $10 \times 5 \text{ cm}$, te je to uzdužna ozljeda, može se reći da je to ozljeda koja neće imati velik utjecaj na stablo, no ukoliko bi ozljeda bila poprečna, zahvatio bi se dvostruko veći opseg kore čime bi se značajno smanjila površina neoštećene kore u horizontalnom smjeru u odnosu na uzdužne ozljede. U istraživanim odsjecima ozljede su u pravilu bile uzdužnog oblika.

5. ZAKLJUČAK

- Najzastupljenija vrsta oštećenja dubećih stabala primjenom potpuno mehaniziranog sustava harvester – forvarder u istraživanim odsjecima je oguljena kora, zatim nagnječena kora ali s značajno manjim intenzitetom dok ostali oblici oštećenja (izvaljeno i/ili polomljeno stablo i polomljene grane) gotovo da nisu ni prisutni.
- Udio stabala s oguljenom korom, iskazan u postotku s obzirom na broj preostalih stabala nakon obavljenih radova pridobivanja drva, iznosio je 33 % u odsjeku 14b i 39 % u odsjeku 14c. S obzirom na uzrok oštećenja kore, harvester je u odsjeku 14c oštetiio 10 % više stabala nego forvarder, dok su u odsjeku 14b oštećenja uzrokovana jednako harvesterom i forvarderom.
- Prema sredstvu rada i mjestu oguljene kore na stablu, harvester i forvarder su napravili podjednaka oštećenja u odsjeku 14b, dok u odsjeku 14c harvester primarno oštećuje pridanak (56 %), a forvarder žilište (59 %).
- S obzirom na veličinu oguljene kore, u oba odsjeka su najzastupljenije ozljede veličine do 100 cm² (u odsjeku 14b 69,57 %, u odsjeku 14c 55,66 %), za koje se smatra da neće imati velike posljedice na sastojinu. Udio stabala s oguljenom korom koja prema veličini pripada kategoriji ozbiljnih oštećenja (>501 cm²) bilo je 4,29 % u odsjeku 14b i 6,13 % u odsjeku 14c.
- Rezultati istraživanja upućuju na činjenicu da se čimbenici koji utječu na pojavnost oštećenja dubećih stabala ne mogu jednoznačno odrediti, te da je to splet raznih čimbenika poput; sastojinskih značajki; strukture doznačenog obujma; dimenzija stabala; dimenzija korištenih strojeva; radne tehnike operatera; vještine i iskustva operatera; brige operatera za očuvanje šumskih sustava i sl.
- U vrijeme današnje gospodarske situacije, gdje postoji velik problem s nedostatkom radnika sjekača, istraživani oblik sustava pridobivanja drva zauzima sve veći udio u pridobivanju drva te će se zasigurno nastaviti povećati što zbog trendova koji su prisutni u drugim europskim zemljama ali i zbog sve veće brige za radnika kao glavnog aktera u kompletnom sustavu. Razina oštećenja na preostalim stablima može ovisiti o vještini i tehnici rada koju koriste operateri.

Stoga je jedan od načina smanjenja oštećenja stabala dodatna obuka operatera, kao i razvijanje specifičnih postupaka pri provođenju proreda.

- Uz sve navedeno, treba odrediti te implementirati u zakonske regulative kolika su maksimalna dozvoljena oštećenja šumskih sastojina nakon provođenja radova pridobivanja drva, te postupati u skladu s istim.

6. LITERATURA

1. Acuna, E., Sanfuentes, E., Cancino, J., Mena, P., 2018: Damage to Remaining Trees by Four Systems of Mechanized Harvest in Commercial Thinning of *Pinus radiata*. *Ciência Florestal* 28(3): 1317–1327.
2. Akay, A., Yilmaz, M., Tongue, F., 2006: Impact of mechanized harvesting machines on forest ecosystem: Residual stand damage. *Journal of Applied Sciences* 11: 2414–2419.
3. Anić, I. 2007: Uzgajanje šuma I. Interna skripta, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet: 37.
4. Anon., 2009: Pravilnik o zaštiti na radu u Hrvatskim šumama d.o.o. https://www.hrsume.hr/images/stories/vijesti2017/interni_pravilnik_o_znr_hs_2009.pdf, 15.6.2019.
5. Athanassiadis, D., 1997: Residual stand damage following cut-to-length harvesting operations with a farm tractor in two conifer stands. *Silva Fennica* 31(4): 461–467.
6. Barbarosa, R. H. S., Fiedler, N. C., Mendonca, A. R., Chichorro, J. F., Goncalves, S. B., Alves, E. G., Kuboyama, F. A. Q., 2015: Análise técnica e econômica do desbaste em um povoamento de eucalipto na região sul do Espírito Santo. *Nativa Sinop* 3(2): 125–130.
7. Bedžula, D., Slabak, M., 1974: Razvoj mehanizacije šumskih radova na području istočne Slavonije, stanje danas i perspektive. Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva jugoistočne Slavonije, JAZU – Centar za znanstveni rad Vinkovci, Posebno izdanje, knjiga 1: 185–204.
8. Bettinger, P., Kellogg, L. D., 1993: Residual stand damage from cut-to-length thinning of second-growth timber in the Cascade Range of western Oregon. *Forest Products Journal* 43(11-12): 59–64.
9. Bobik, M., 2008: Damages to residual stand in commercial thinnings. Swedish University of Agricultural Sciences, Master Thesis no. 127, Southern Swedish Forest Research Centre, 30.
10. Bojanin, S., Krpan, A. P. B., 1997: Mogućnost tzv. visokoga i potpunog mehaniziranja sječe i izrade te mehaniziran(a) privlačenja drva u šumama Hrvatske. *Šumarski list* 121(7-8): 135–150.

11. Bragg, W. C., Ostrofsky, W. D., Hoffman, B. F., 1994: Residual tree damage estimates from partial cutting simulation. *Forest Products Journal* 44(7-8): 19–22.
12. Burla, E. R., Fernandes, H. C., Machado, C. C., Leite, D. M., Fernandes, P. S., 2012: Avaliação técnica e econômica do harvester em diferentes condições operacionais. *Engenharia na Agricultura* 20(5): 412–422.
13. Butora, A., Schwager, G., 1986: Holzernteschäden in Durchforstungsbeständen. Bericht der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Nr. 288, Schweiz, 47.
14. Cabral, O. M. J. V., Lopes, E. S., Fiedler, N. C., Diniz, C. C. C., Oliveira, F. M., 2018: Damage caused to the remaining trees of a pinus stand submitted to two mechanized thinning models. *FLORESTA* 48(4): 535–542.
15. Čavlović, J., 2013: Osnove uređivanja šuma. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 295.
16. Drushka, K., Konttinen, H., 1997: Tracks in the forest; Timberjack Group Oy; Helsinki.
17. Filip, G. M., 2001: Managing Tree Wounding and Stem Decay in Oregon Forests. The Woodland Workbook EC 1519, Extension Service – Oregon State University: 1–3.
18. Glavaš, M., 1999: Gljivične bolesti šumskog drveća, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 54–56.
19. Han H. S., 1998: Damage to Young Douglas-fir Stands from Commercial Thinning with Various Timber Harvesting System and Silvicultural Prescriptions: Characteristics, Sampling Strategy for Assessment and Future Value Loss. Oregon State University, 1–140.
20. Han H. S., Kellogg L. D., 2000: Damage characteristics in young Douglas-fir stand from commercial thinning with four Timber harvesting systems. *Western Journal of Applied Forestry* 15: 1–7.
21. Heinrich, H., 1998: Recent developments on environmentally friendly forest road construction and wood transport in mountainous forests. Proceedings of the Seminar on environmentally sound forest roads and wood transport, Sinnaia, FAO Rome, 366–376.

22. Iskandar, H., Snook, L. K., Toma, T., MacDicken, K., Kanninen, M., 2006: A comparison of damage due to logging under different forms of resource access in East Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management* 237: 83–93.
23. ISO 13860:2016: Machinery for forestry – Forwarders – Terms, definitions and commercial specifications.
24. Ivanek, F., 1976: Vrednotenje poškodb pri spravilu lesa v gozovih na Pohorju. Institut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotenički fakulteti, 194, Ljubljana.
25. Južinić, B., 1984: Poškodbe pri sječnji in spravila lesa v bukovih drogovnjakih Biotehniška fakulteta. V TZOD Gozdarstvo, Ljubljana, 75.
26. 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.
27. Kiser, J., 2011: Histochemical and geometric alterations of sapwood in coastal Douglas-fir following mechanical damage during commercial thinning. *Silva Fennica* 45(4): 729–741.
28. Klepac, V., Pleše – Curl, I., Polić, A., 1981: Iskorišćavanje šuma. Monografija »Šumsko gospodarstvo Delnice 1960–1980. s osvrtom na prošlost šumarstva Gorskog kotara«, Delnice, 243–266.
29. Kranjec, J., Poršinsky, T., 2011: Povijesni razvoj motorne pile lančanice. *Nova mehanizacija šumarstva* 32: 23 – 37.
30. Krpan, A. P. B., Petreš, S., Ivanović, Ž., 1993: Neke fizičke štete u sastojini, posljedice i zaštita (Forest stand damage, effects and protection). *Glasnik za šumske pokuse, Posebno izdanje* 4: 271–279.
31. Krpan, A. P. B., Poršinsky, T., 2001: Harvester Timberjack 1070 u Hrvatskoj. *Šumarski list* 125(11-12): 619–624.
32. Krpan, A. P. B., Poršinsky, T., 2002: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 1. dio: Promišljanje struke o strojnoj sječi i izradbi drva, *Šumarski list* 128(3-4): 127–136.
33. Krpan, A. P. B., Poršinsky, T., 2002: Djelotvornost strojne sječe i izradbe u sastojinama tvrdih i mekih listača. Znanstvena studija, *Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, 1–40.

34. Krpan, A. P. B., Poršinsky, T., 2002: Proizvodnost harvesterata Timberjack 1070 pri proredi kulture običnoga bora. Šumarski list 126(11-12): 551–661.
35. Limbeck – Lilienau, B., 2003: Residual stand damage caused by mechanized harvesting systems. In: Steinmuller T., Stampfer K. (eds): Proceedings of High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain. Sclaegl, 5.–9. October 2003. Vienna, University of Natural Resources and Life Sciences (CD-ROM): 11.
36. Lopes, E. S., Diniz, C. C. C., Serpe, E. L., Cabral, O. M. J. V., 2016: Efeito do sortimento da madeira na produtividade e custo do forwarder no desbaste comercial de Pinus taeda. Scientia Forestalis 44(109): 57–66.
37. Martinić, I., 1990: Interakcije metoda rada, radnih uvjeta i proizvodnosti rada pri sječi i izradi drva u proredama sastojina. Magistarski rad. Šumarski fakultet u Zagrebu, 1–100.
38. Martinić, I., 1991: Oštećivanje sastojine pri obaranju stabala, izradi i privlačenju drva. Šumarski list 115(1-2): 33–47.
39. Martinić, I., 2000: Koliko smo blizu ekološki prihvatljivoj uporabi mehanizacije u šumarstvu? Šumarski list 124(1-2): 3–13.
40. Matic, S., 2011: Međunarodna godina šuma u svjetlu 50-godišnje uske suradnje hrvatske šumarske znanosti i struke. Croatian Journal of Forest Engineering 32(1): 1–3.
41. Meng, W., 1978: Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzermte – Ausmaß und Verteilung, Folgeschäden am Holz und Versuch ihrer Bewertung. Schriftenreihe der LFV Baden-Württemberg, Band 53: 159.
42. NN, 1997: Pravilnik o uređivanju šuma. Narodne novine, NN 11/1997.
43. NN, 2015: Pravilnik o doznaci stabala, obilježavanju drvnih sortimenata, popratnici i šumskom redu. Narodne novine, NN 17/2015.
44. Oliveira, D., Lopes, E., Fiedler, N., 2009: Avaliação Técnica e Econômica do Forwarder na Extração de Toras de Pinus. Scientia Forestalis 37(84): 525–533.
45. Petreš, S., 2006: Oštećivanje ponika i pomlatka pri privitlavanju i privlačenju oblovine trektorom LKT 81 T iz dovršne sječine hrasta lužnjaka. Šumarski list 130(3-4): 87–10.
46. Pinard, M. A., Putz, F. E., 1996: Retaining forest biomass by reducing logging damage. Biotropica 28: 278–295.

47. Pinard, M. A., Putz, F. E., Tay, J., Sullivan, T. E., 1995: Creating timber harvesting guidelines for a reduced impact logging project in Malaysia. *Journal of Forestry* 39: 41–45.
48. Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 1–170.
49. Poršinsky, T., 2019: Oštećivanje stabala i podmlatka pri radovima pridobivanja drva. Okolišno prihvatljive tehnologije, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–20.
50. Poršinsky, T., Krpan, A. P. B., Stankić, I., 2004: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 4. dio: Okolišna pogodnost strojne sječe u prirodnim sastojinama. *Šumarski list* 128 (11-12): 655–669.
51. Poršinsky, T., Ožura, M., 2006: Oštećivanje dubećih stabala pri izvoženju drva forvarderom. *Nova mehanizacija šumarstva* 27: 41–49.
52. Projekt: »Optimizacija sustava pridobivanja drva i šumske prometne infrastrukture na strateško-taktičkoj razini planiranja, Katalog sustava pridobivanja drva« (http://okfsoptimizacija.sumfak.hr/images/dokumenti/tekst/Prilog%202_Sustavi.pdf)
53. Sambo, S. M., 1999: Reduction of trail density in a partial cut with a cut-to-length system. For. Eng. Res. Inst. Can. (FERIC), Pointe-Claire, Que. Tech. Note TN-293. 1–12.
54. Seixas, F., Batista, J. L. F., 2014: Comparação técnica e econômica entre harvesters de pneus e com máquina base de esteiras. *Ciência Florestal* 24(1): 185–191.
55. Siren, M., 2001: Tree Damage un Single – Grip Harvester Thinning Operations. *Journal of Forest Engineering* 12 (1): 29–38.
56. Sist, P., Nolan, T., Bertault, J. G., Dykstra, D., 1998: Harvesting intensity versus sustainability in Indonesia. *Forest Ecology and Management* 108: 251–260.
57. Smith, H. C., Miller, G. W., Schuler, T. M., 1994: Closure of Logging Wounds After 10 Years. USDA Forest Service – Northeastern Forest Experiment Station, Research Paper, NE-692: 1–10.
58. Spinelli, R., Nati, C. A., 2009: Low-Investment fully mechanised operation for pure selection thinning of pine plantations. *Croatian Journal of Forest Engineering* 30 (2): 8–97.

59. Štimac, Z., 2017: Proizvodnost mehaniziranog sustava pridobivanja drva u šumskoj kulturi obične smreke (*Picea abies* /L./ Karsten) na području Gorskog kotara. Završni specijalistički rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–107.
60. Tomanić, S., Vondra, V., Martinić, I., 1989: Oštećenje sastojina pri šumskim radovima (Damage on Stands at Forest Work). *Mehanizacija šumarstva* 14(3-4): 65–72.
61. Trohar, V., 1981: Dvadeset godina korišćenja motornih pila u šumarstvu naše Republike. *Mehanizacija šumarstva* 6 (7-8): 217–227.
62. Vincec, G., 2018: Prvi harvester u Hrvatskim šumama. *Časopis za popularizaciju šumarstva, Hrvatske šume* 255: 8–9 .
63. Vuletić, D., 1996: Ekonomski gubici na vrijednosti drva hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) kao posljedica ozljeđivanja stabala. Magistarski rad. Šumarski fakultet u Zagrebu, 1–89.
64. Vusić, D., 2013: Pogodnost sustava pridobivanja drvne biomase u smrekovoj šumskoj kulturi. Doktorski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u zagrebu, 1–199.
65. Vusić, D., Rukavina, N., 2010: Utjecaj rašljivosti stabala crnoga bora na proizvodnost harvestera. *Nova mehanizacija šumarstva* 31: 37–43.