



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - ŠUMARSKI FAKULTET
ZAVOD ZA ŠUMARSKE TEHNIKE I TEHNOLOGIJE



Svetošimunska 25

10000 Zagreb

Projekt: Optimizacija sustava pridobivanja drva i šumske prometne infrastrukture na strateško-taktičkoj razini planiranja

Polugodišnje izvješće: lipanj 2016. do prosinac 2016.



Voditelj projekta: prof. dr. sc. Dubravko Horvat

UVOD

Ovim izvješćem obuhvaćeno je razdoblje rada na projektu od lipnja do kraja prosinca 2016. godine. U njemu se neće prikazati kronologija rada već će većinom biti prikazani obavljeni poslovi i to načelno prema četiri osnovna cilja istraživanja (potprojekta) navedena u obrascu "Radni plan":

1. Određivanje reljefnih područja šuma sa stajališta pridobivanja drva i otvaranja šuma.
2. Definiranje kriterija i razvoj pripadajuće metodologije izračuna parametara procjene primarne i sekundarne te ciljane gustoće i oblika primarne šumske prometne infrastrukture.
3. Provedba kategorizacije pogodnih sustava pridobivanja drva i primijenjene šumske mehanizacije unutar pojedinog sustava, s definiranjem područja njihove primjene u suglasju s "5E" kriterijima.
4. Razvoj modela za višekriterijsku analizu efikasnosti pojedinih sustava pridobivanja drva i organizacije izvođenja radova s obzirom na glavne utjecajne čimbenike.

Odmah nakon uplate polovice sredstava za 2016 godinu, početkom lipnja 2016. godine, sastao se cijeli istraživački tim (slika 1) te su dogovorene temeljne smjernice rada na projektu s podjelom zaduženja istraživača i dinamikom izvršenja.



Slika 1. Prvi sastanak istraživačkoga tima – lipanj 2016.

Jedan od važnih zaključaka s ovoga sastanka bio je određenje mjesta istraživanja glavnoga pokusa. Kako je UŠP Bjelovar izrjekom pokazala interes za istraživanje primjene strojne sječe i izrade u proredama na području Bilogore, razgovori u tome smjeru vođeni su na nizu sastanaka u Bjelovaru. Tim su sastancima prisustvovali, osim stručnjaka iz Proizvodnoga odjela UŠP Bjelovar i zaposlenici Direkcije poduzeća "Hrvatske šume" (direktor Sektora za šumarstvo, i zaposlenici u Službi razvoja). Važan rezultat ovih razgovora je e-pošta poslana od strane direktora Sektora za šumarstvo voditelju projekta:

Poštovani,

Temeljem našeg prošlotjednog sastanka u podružnici Bjelovar, a po pitanju dogovora oko organizacije i provedbe istraživanja u projektu:

Optimizacija sustava pridobivanja drva i šumske prometne infrastrukture na strateško-taktičkoj razini planiranja, obavještavam vas da Hrvatske šume d.o.o., Uprava šuma podružnica Bjelovar u planu za 2017. godinu planiraju radove izvoditi harvesterom, te ćete shodno tome moći izvršiti mjerenja i potrebna praćenja u svrhu istraživanja u navedenom projektu.

Za sve ostale pojedinosti kontaktirajte kolege u Bjelovaru.

S osobitim poštovanjem,

 **HRVATSKE
ŠUME** d.o.o. Zagreb

Direktor sektora za šumarstvo

Vlatko Petrović, dipl. ing. šum.

Tel: +385 (1) 48 04 113

Mob: +385 (0) 98 439 598

VPN 21803

e-mail: vlatko.petrovic@hrsume.hr

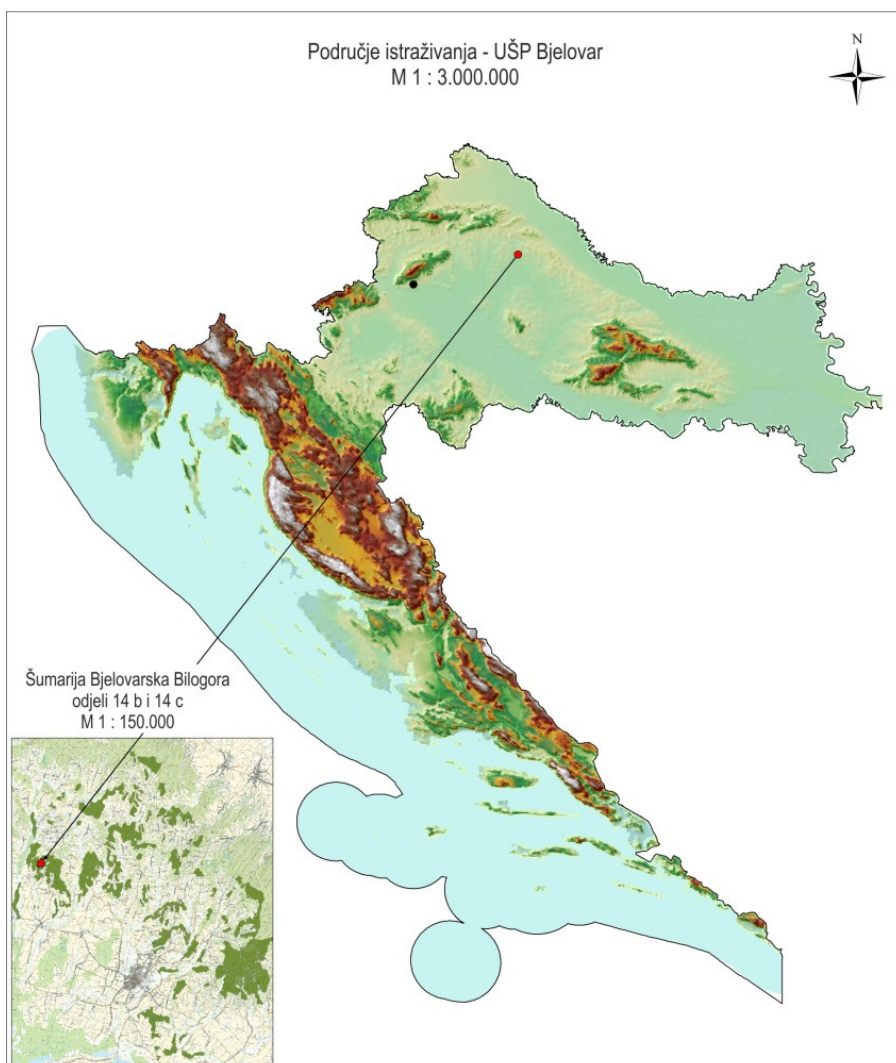
Time je potvrđeno da se glavni pokus može odvijati na području Bilogore u UŠP Bjelovar. Nakon toga se na sastancima sa stručnjacima iz Proizvodnoga odjela dogovorio način organizacije provedbe istraživanja. Tijekom srpnja i kolovoza 2016. godine, u nekoliko su terenskih obilazaka izabrani odsjeci u kojima će se odvijati istraživanja (slika 2).



Slika 2. Izbor pogodnih odsjeka za glavni pokus

Kao primjerni sustav pridobivanja drva, izabran je sustav harvester-forvarder u prethodnome priходу (proredi) na blaže nagnutim terenima na području Bjelovarske Bilogore – Šumarija Bjelovar. Višekratnim pregledom potencijalnih sastojina (odsjeci u kojima se predviđaju radovi proreda u 2017. godini) u GJ Bjelovarska Bilogora izabrani su (slika 3):

- odsjek 14b - lužnjak, obični grab s bukvom, starost 79 godina,
- odsjek 14c. submontanska bukova šuma s trepavičastim šašem, starost 79 godina.



Slika 3. Pregledna karta s područjem istraživanja.

Pregledani su i potencijalni odsjeci iz 2. i 3. dobnog razreda ali su oni eliminirani kao nepogodni za izabrani sustav harvester-forwarder.

Dogovor s UŠP Bjelovar je da će se u natječaju za izvođenje radova staviti uvjet da se radovi obavljaju izabranim sustavom kakvoga imaju samo privatni poduzetnici u RH.

Tijekom prosinca 2016. u UŠP Bjelovar održan je trojni sastanak (UŠP Bjelovar-Šumarski i fakultet-potencijalni izvođač radova) na kojemu je tražen pristanak izvođača radova na mjerenja koja će obavljati Šumarski fakultet na strojevima u njegovu vlasništvu i to predviđenim sustavom daljinskih mjerenja. Kako su zaključci sa ovoga sastanka od presudne važnosti za odvijanje glavnoga pokusa prilaže se zapisnik (vodio: dr. sc. Zdravko Pandur):

Zapisnik

sa sastanka održanog na području UŠP Bjelovar između predstavnika Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, predstavnika UŠP Bjelovar i predstavnika obiteljskog poduzeća Šumarske usluge i trgovina na veliko i malo ogrjevnim drvom i trupcima.

Sastanak je održan 09. prosinca 2016.g.

Cilj sastanka je bio dogovor oko istraživanja vezanih uz projekt pod nazivom *Optimizacija sustava pridobivanja drva i šumske prometne infrastrukture na strateško-taktičkoj razini planiranja* koji je financiran sredstvima naknade opće-korisnih funkcija šuma.

Sastanku su prisustvovali sljedeći sugovornici:

Ispred fakulteta: Prof. Dubravko Horvat i Zdravko Pandur

Ispred UŠP Bjelovar: Marijan Bedeković, Marinko Unger, Ivan Cug i Renata Horvat

Ispred obiteljskog poduzeća Šumarske usluge i trgovina na veliko i malo ogrjevnim drvom i trupcima: Božo Žilić, Ivan Žilić i Stjepan Žilić.

Budući da je na prethodnim sastancima između predstavnika Fakulteta i UŠP Bjelovar već bilo dogovoreno koji će odsjeci na području šumarije Bjelovar, GJ Bjelovarska Bilogora ući u istraživanja, na ovom sastanku je bila prisutna i treća strana (obiteljsko poduzeće) sa kojom se je dogovarala mogućnost strojne sječe i izrade stabala te izvoženje drvnih sortimenata iz prorednih sastojina tvrde bjelogorice.

Nakon predstavljanja projektnih aktivnosti trećoj strani (obiteljskom poduzeću) donešeni su sljedeći **zaključci**:

Obiteljsko poduzeće Šumarske usluge i trgovina na veliko i malo ogrjevnim drvom i trupcima, spremno je ući u projekt, ali isključivo zbog dosadašnjeg dobrog poslovanja sa šumarijom Bjelovar

Planirani početak radova strojne sječe i izrade te izvoženja je lipanj 2017.g.

S obzirom na količinu drvene mase od 1000 m³ očekivano trajanje poslova strojne sječe i izrade te izvoženja drva je oko 1,5 mjeseci

Dnevno radno vrijeme strojeva je 10 sati + svaka druga subota je radna pri čemu će se osobe zadužene za mjerenja na terenu morati prilagoditi tome

Strojevi koji će se koristiti u istraživanju imaju ugrađen sustav za daljinsko praćenje rada (FMS, Mobilis) i pristup podacima rada strojeva će biti omogućen za potrebe projekta kao i moguća dodatna nadogradnja pojedinih komponenti FMS-a (npr. diferencijalni mjerač potrošnje goriva)

Planirana ugradnja tableta u kabinu harvestera u svrhu snimanja radnih operacija i njihovog vremenskog trajanja (studij rada i vremena) nije dozvoljena, ali je dozvoljeno snimanje izvan kabine.

Treba naglasiti da će činjenica da su sustavi daljinskoga praćenja rada strojeva kod izvođača te kod poduzeća Hrvatske šume istoga proizvođača vjerojatno bitno pojednostaviti praćenje rada strojeva.

Na izabranome području predviđeno je terensko istraživanje u trajanju, s pripremama, do 3 mjeseca (svibanj-lipanj-srpanj 2017.) kompleksnim "in situ" mjerenjima sljedećih najvažnijih 5E pokazatelja:

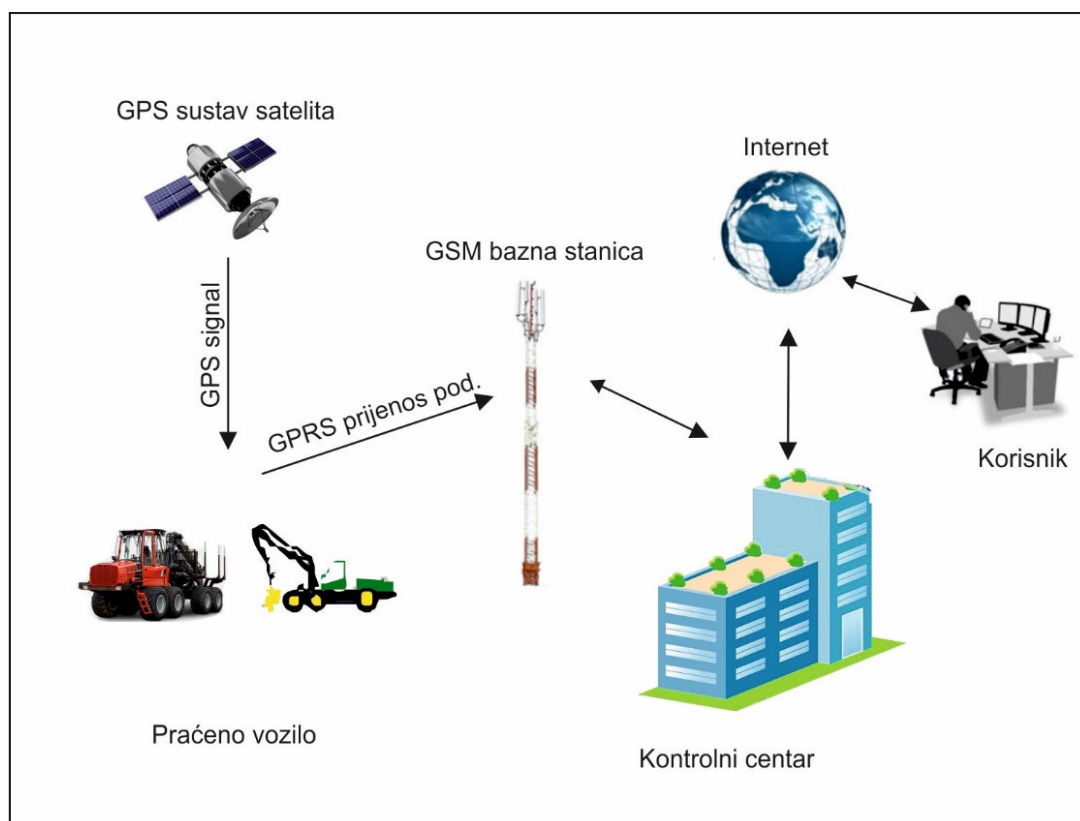
- proizvodnost,
- energijska učinkovitost (mjerenje potrošnje goriva)
- kretanje harvestera i forvardera u svrhu analize gaženja sastojine putem GPS-a,
- stanje tla prije i poslije kretanja vozila,
- oštećivanje dubućih stabala,
- itd.

Za dio ovih mjerenja postoji mjerna oprema u Laboratoriju za tehničko-tehnološke izmjere u Zavodu za šumarske tehnike i tehnologije a dio (posebno onaj koji će biti montiran na vozilima) morat će se nabaviti. Kako je za mjerenje parametara vozila predviđeno daljinsko prikupljanje podataka u ovome dijelu očekuju se i najveći troškovi nabave nove opreme.

Za dio terenskih mjerenja, čija je shematska skica prikazana na slici 4, trebat će, osim mjernih pretvornika (sigurno barem jednoga protočnog mjerila goriva), nabaviti i (polu)terensko računalo čije osnovne značajke trebaju biti:

- lako prenosivo,
- veliki kapacitet baterije (8 sati rada),
- barem i5 procesor,
- 8 GB interne memorije i do 256 GB SSD disk.

Ovim putom, u slučaju prihvaćanja ovoga izvješća traži se odobrenje za nabavu terenskog računala kao dijela mjernoga sustava.



Slika 4. Shema mjernoga sustava s daljinskim prikupljanjem podataka

Tijekom prosinca 2016. godine obavljeno je prethodno istraživanje rada sustava harvester-forvarder na području UŠP Delnice, šumarije Gerovo (slika 5). Ovo je istraživanje posebno zanimljivo zbog primjene ovoga sustava u području sastojina s prebornim načinom gospodarenja.



Slika 5. Prethodno istraživanje rada harvestera u šumariji Gerovo

Kako je harvester bio u privatnome vlasništvu podaci o proizvodnosti spremljeni u računalu harvestera nisu bili dostupni, a pregovori s vlasnikom još su u tijeku. Istraživanje je stoga usmjereno na okolišnu pogodnost s mjerenjem:

- konusnoga indeksa tla (potrebnog za izračun indeksa kotača),
- otpora tla na smicanje,
- dubine kolotraga (slika 6),
- kamenitosti terena,
- visine panjeva (obrađa u svrhu jednoga diplomskog rada).



Slika 6. Mjerenja kolotraga nakon prolaska harvestera u šumariji Gerovo

Ovi su podaci u obradi, a neki će rezultati biti prikazani u izvješću kasnije.

Jedna od obveza, određena Ugovorom između Ministarstva poljoprivrede i Šumarskoga fakulteta, bila je izrada internetske stranice projekta - što je obavljeno – slika 7.

Slika 7. Internetska stranica projekta na serveru Šumarskoga fakulteta:

<http://okfs-optimizacija.sumfak.hr>



Ova je stranica zamišljena tako da se stalno može nadopunjavati novim podacima pa stoga, ukoliko ovo izvješće bude prihvaćeno od strane Ministarstva poljoprivrede, bit će stavljeno na stranicu.

Treba spomenuti da su u istraživački tim uključena dva nova asistenta-doktoranta:

1. Marin Bačić i
2. David Janeš,

koji u trenutku prijave na natječaj za projekt nisu bili zaposleni na Šumarskome fakultetu. Od njih se očekuje, osim studiranja na doktorskome studiju, uključivanje u istraživanja čiji bi rezultati trebali biti dio njihove disertacije.

1. ODREĐIVANJE RELJEFNIH PODRUČJA ŠUMA SA STAJALIŠTA PRIDOBIVANJA DRVA I OTVARANJA ŠUMA

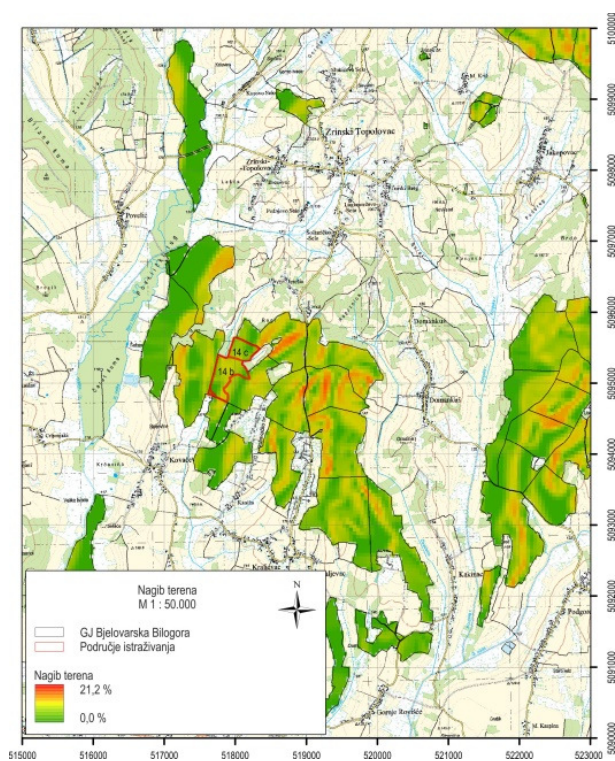
Radi određivanja reljefnih područja šuma sa stajališta pridobivanja drva i otvaranja šuma, pristupilo se prikupljanju dostupnih prostornih podataka s ciljem njihove prilagodbe, a zatim i analize. Na strateškoj se razini planiranje pridobivanja drva i otvaranja šuma, uslijed različitosti terenskih i sastojinskih prilika te načina i smjernica gospodarenja šumama većeg područja, prvenstveno odnosi na:

- 1) grubu opisnu razredbu terena zasnovanu na analizi nagiba,
- 2) analizu gustoće primarne šumske prometne infrastrukture,
- 3) načelnu funkcionalnu razredbu terena vezanu uz izbor mogućih sustava pridobivanja drva,
- 4) analizu dobave drva pogonima prerade drva, odnosno energanama pojedinih reljefnih područja (nizina, brežuljak, brdo, gora, planina).

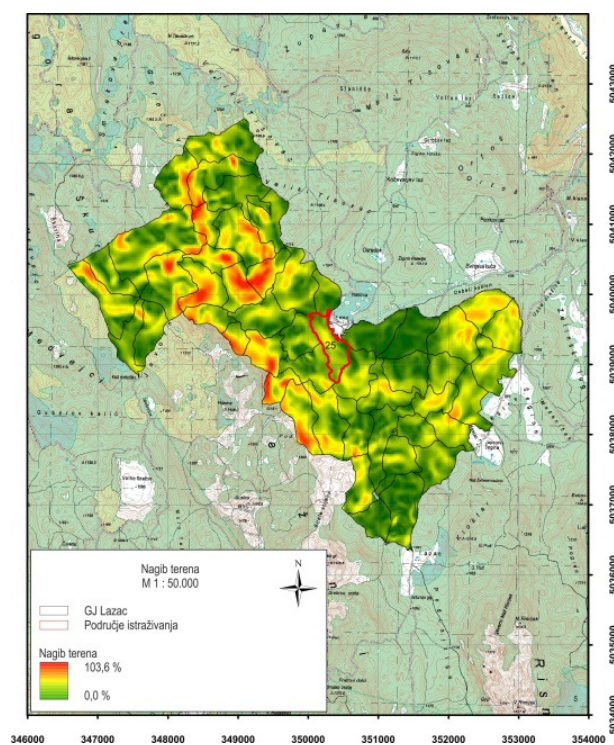
Obavljena je analiza digitalnog modela visina terena (DEM) rezolucije 25 m korištenjem programskih paketa ArcGIS 10.1 i QGIS Desktop 2.14.3. Digitalnome modelu visina terena dodijeljen je službeni položajni projekcijski koordinatni referentni sustav Republike Hrvatske poprečne Mercatorove projekcije (HTRS96/TM). Digitalni model visina terena posužiti će za izradu digitalnog modela reljefa (DTM) kao osnove za analizu ključnih ograničenja kretnosti šumskih vozila, ali i sustava pridobivanja drva, odnosno prometnosti terena.

Pristupilo se analizi nagiba terena kao najvažnijem terenskom čimbeniku (sa stajališta planiranja pridobivanja drva i otvaranja šuma na strateškoj razini) koji neposredno utječe na odabir sustava pridobivanja drva. Nagib terena utječe na stabilnost vozila pri kretanju jer se svi kotači vozila sukobljavaju s jednakim makrotopografskim vrijednostima što, zajedno sa površinskim preprekama terena, značajno utječe na stabilnost (uzdužnu i bočnu) šumskih vozila, na njihovu kretnost, sigurnost pri radu, ali i na razinu njihove djelotvornosti. Osim vrijednosti nagiba, primjenjivost pojedinih sustava pridobivanja drva pod utjecajem je i smjera pružanja nagiba odnosno ekspozije terena, čije nagle promjene mogu negativno utjecati na sustav, ali i na smjer privlačenja drva, odnosno, na njegov primarni transport. Na temelju podataka visine terena te smjera pružanja nagiba terena, određena je i indeks neravnosti terena (TRI) koji se temelji na ukupnoj promjeni (suma) visine terena i smjera pružanja nagiba između središnje ćelije rastera i njezinih 8 susjednih ćelija.

Dijelom opisanih postupaka određeni su nagibi pokusnih ploha u Šumariji Bjelovar gdje će se odvijati glavni pokus (slika 8) te pokusne plohe u šumariji Gerovo gdje je obavljeno prethodno istraživanje (slika 9).



Slika 8. Nagibi Bjelovarska Bilogora



Slika 9. Nagibi Lazac (Gerovo)

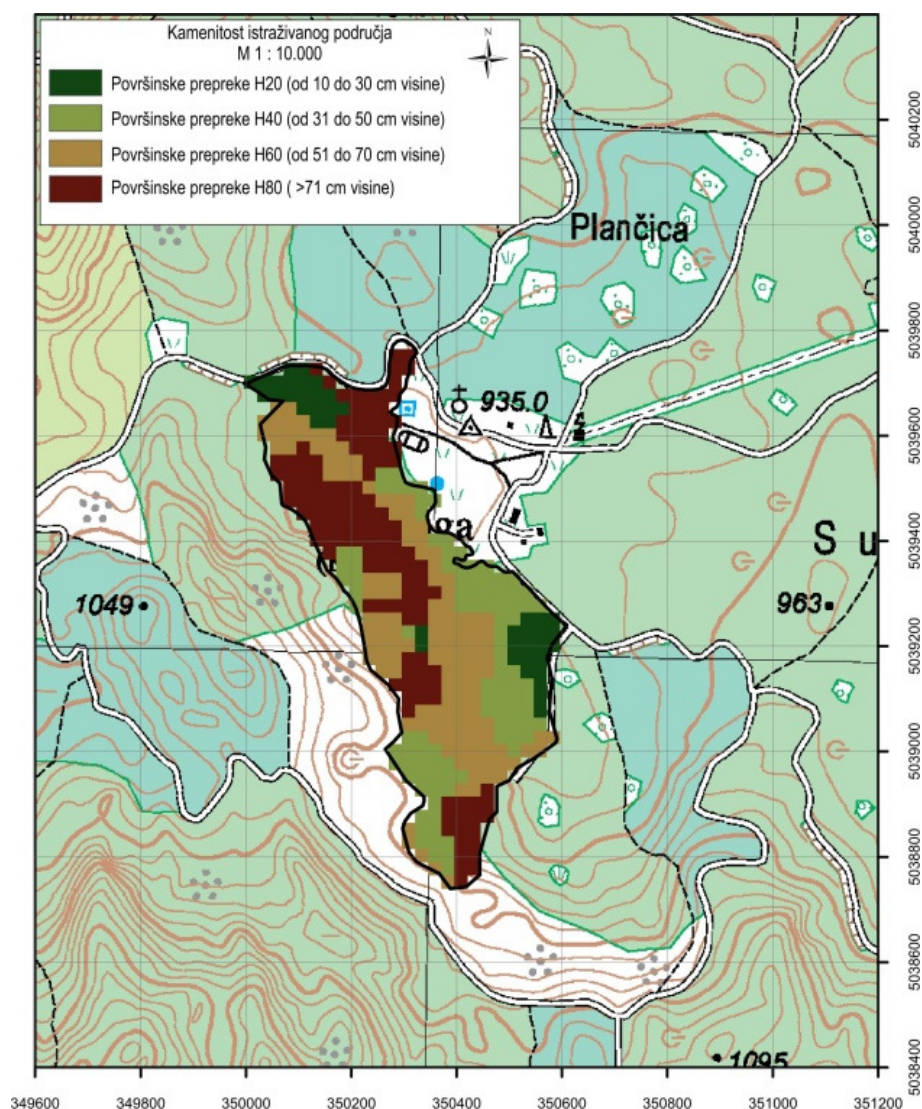
Analiza nagiba pokazala je da se na istraživanome području u GJ Bjelovarska Bilogora, odsjecima 14 b i 14 c, nagibi terena kreću u rasponu od 0 do 7,77 %, sa srednjom vrijednosti od 4,23 % $\pm$ 1,99 % (standardna devijacija), dok je drugo područje istraživanja, GJ Lazac, okarakterizirano "težim" terenskim uvjetima i strmijim nagibima terena. Raspon nagiba u odjelu 25, GJ Lazac je od 0 do 37,86 %, sa srednjom vrijednošću (mean) od 20,80 % uz $\pm$ 7,86 % (st. devijacija).

Osim makrotopografskih značajki terena, započeto je i prikupljanje podataka mikrotopografskih značajki (površinske prepreke, vodna tijela, nosivost tla i dr.) čija je dostupnost iz službenih baza podataka (HOK, DOF, Osnovna pedološka karta Republike Hrvatske) upitna sa stajališta gospodarenja šumama, odnosno sustava pridobivanja drva. Površinske prepreke terena kao mikoreljefna ispuččenja (stijenje, kamenje, gromade) i uleknuća (vodotoci, jarci, vrtače), zatim dubeca stabla, panjevi posječenih stabala, otpad te šumski ostatak pri sječi i izradbi drva ograničavaju kretanje vozila te su sastavni dio razredbi terena u svijetu.

Analiza kamenitosti obavljena je za GJ Lazac u šumariji Gerovo – slika 10. S obzirom da je riječ o području visokog krša, od površinskih prepreka mjerena je kamenitost tj. stjenovitost (bez njihove međusobne diferencijacije) sukladno smjernicama Mellgren (1980), Löffler (1984), Berg (1990) i Rowan (1995). Snimljeni podaci sa 27 primjernih ploha, međusobnog razmaka 100 m i veličine 10 x 10 m objedinjeni su u bazi podataka, te prvo analizirani u Excelu putem testova logičkih funkcija AND, OR i IF, a potom i analizirani u GIS programima ArcGIS 10.1 i QGIS 2.14.3.

Određeno opisanom metodom udjeli i površine pojedinog razreda su slijedeći:

- H20 2,56 ha 10,12 %
- H40 6,31 ha 24,94 %
- H60 8,33 ha 32,92 %
- H80 8,10 ha 32,02 %



Slika 10. Kamenitost GJ Lazac

Osim analiza značajki terena započeta je i analiza utjecaja na okoliš sustava pridobivanja drva, kao temelja potrajnosti gospodarenja te održivog razvoja u gospodarenju šumama, putem LCA analize (Life Cycle Assessment) u SimaPro programskome paketu.

S obzirom da se kupnja SimaPro 8.2.3 programskog paketa planira u 2017. godini, analize su započete u »demo« verziji programa te nisu završene zbog ograničenja neposjedovanja pune licence.

LCA analizama omogućit će se proučavanje utjecaja sirovine, ali i proizvoda na okoliš od proizvodnje, upotrebe, pa sve do recikliranja i odlaganja, čime će se usporediti različiti sustavi pridobivanja drva, a s ciljem određivanja okolišno najpovoljnije inačice.

2. DEFINIRANJE KRITERIJA I RAZVOJ PRIPADAJUĆE METODOLOGIJE IZRAČUNA PARAMETARA PROCJENE PRIMARNE I SEKUNDARNE TE CILJANE GUSTOĆE I OBLIKA PRIMARNE ŠUMSKE PROMETNE INFRASTRUKTURE.

Reljefna područja (potpodručja) Republike Hrvatske (prema trenutnoj podjeli to su nizinsko, brežuljkasto, brdsko, gorsko i krško reljefno područje) odlikuju se različitim: 1. terenskim uvjetima, 2. sastojinskim značajkama i 3. načinom gospodarenja šumama koje tamo rastu. Navedene različitosti pri radovima pridobivanja drva i otvaranja šuma utječu na primjenu različitih: 1. sustava pridobivanja drva, 2. metoda sječe i izradbe drva, 3. tipičnih oblika mreže primarnih i sekundarnih šumskih prometnica i 4. vrijednosti ciljane gustoće primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture.

U okviru definiranih podciljeva projekta:

1. određivanje reljefnih područja šuma sa stajališta pridobivanja drva i otvaranja šuma (nizinsko, brežuljkasto, brdsko, gorsko, krško), na osnovi mjerljivih parametara koji su utjecajni čimbenici odabira pogodnih sustava pridobivanja drva, odnosno oblika i gustoće mreže primarnih i sekundarnih šumskih prometnica i
2. definiranje kriterija i razvoj pripadajuće metodologije izračuna kvantitativnih i kvalitativnih parametara procjene primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture, na osnovu kojih će se provesti analiza primarne otvorenosti uređenih šuma Republike Hrvatske, odnosno, odrediti ciljane gustoća i oblik mreže primarne šumske prometne infrastrukture pojedinoga reljefnoga područja,

a sukladno opisanim aktivnostima po fazama Projekta obavljene su dalje opisane aktivnosti.

2A) Prikupljena je i detaljno proučena domaća i strana literatura povezana s otvaranjem šuma, odnosno s planiranjem primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture na strategijskoj i taktičkoj razini.

Obavljena je studija literature od samih početaka sustavnog otvaranja šuma oko 1860. godine u Francuskoj i u Njemačkoj (Lallane, 1863; Launhardt, 1872) te prve objavljene knjige u kojoj se planiranju šumske prometne infrastrukture pristupa kompleksno (Shuberg, 1873).

Također je detaljno proučena literatura tiskana nakon kraja 30-ih godina 20. stoljeća kada se za radove privlačenja drva počinju koristiti skideri (Mathews, 1939; Mathews, 1942; Soom, 1950; Soom 1952; Sundberg 1953; Gayson, 1958; Larsson, 1959; Segebaden 1964; Sundberg, 1963; Silversides, 1963; Suddarth & Herrick, 1964; Abegg, 1978; itd.). Neke od značajnijih knjiga u kojima se nalaze osuvremenjeni "klasični" postulati planiranja šumske prometne infrastrukture jesu: Hafner (1971), Kuonen (1983), Dietz i dr. (1984), Wenger (1984), itd.

Iako je pri planiranju radova pridobivanja drva i otvaranja šuma digitalni model terena (DTM) primijenjen već 70-ih godina 20. stoljeća (Burke, 1974), tek se od 90-ih godina prošloga stoljeća slojnički zemljovid, koji su bili temelj planiranja šumske prometne infrastrukture, zamjenjuju digitalnim modelom terena (tek su tada mnoge zemlje počele sustavno izrađivati i distribuirati DTM za svoje područje). To je i ozbiljniji početak računalom podržanog planiranja šumske prometne infrastrukture (Kobayashi, 1984; Sessions, 1987; Liu & Sessions, 1993; itd.).

Posebno se naglašava zajedničko planiranje/optimiziranje radova pridobivanja drva i šumske prometne infrastrukture. Osnovne postavke u svojim su radovima dali Weintraub & Navon (1976), a kasnije značajniji doprinos: Dykstra & Riggs (1977), Church i dr. (1998), Epstein i dr. (1999), Epstein i dr. (2001), Chung i dr. (2004), Epstein i dr. (2006), Stükelberger (2006b), Legües i dr. (2007), Bont (2012), Lo (2015), Bont (2015), Heinniman (2017) itd.

O strategijskom planiranju primarnih šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj objavljeno je mnogo radova. Najnovija istraživanja, provedena u zadnjih petnaestak godina, prikazana su u radovima: Pentek (2002), Pentek i dr. (2005b), Pentek i dr. (2007), Pentek i dr. (2011), Hodić & Jurušić (2011), Pentek i Poršinsky (2012), Nevečerel i dr. (2012), Pentek i dr. (2012), Poršinsky i dr. (2014), Pentek i dr. (2014).

Također su i o taktičkom planiranju šumskih prometnica (i primarnih i sekundarnih) autori iz Republike Hrvatske, samostalno ili u koautorstvu s autorima iz inozemstva, u zadnjih petnaestak godina, objavili dosta radova: Pičman i dr. (2002), Pentek (2002), Pentek i dr. (2003), Pentek i dr. (2005a), Potočnik i dr. (2005), Nevečerel i dr. (2007), Pentek i dr. (2008a), Pentek i dr. (2008b), Pentek i dr. (2008c), Pičman i dr. (2011), Bumber (2011), Dasović (2012), Pentek i Poršinsky (2012), Poršinsky i dr. (2014), Lepoglavec (2014), Enache i dr. (2015), Anon. (2015), Pentek i dr. (2016).

2B) Prikupljeni su i raščlanjeni postojeći podaci o registru primarne šumske prometne infrastrukture na razini poduzeća Hrvatske šume d.o.o.

Pri svakom je planiranju, tako i pri planiranju mreže primarnih šumskih prometnica, vrlo važno poznavati postojeće stanje, odnosno treba imati detaljan i točan uvid u postojeću primarnu šumsku prometnu infrastrukturu područja zahvata otvaranja šuma. Za to služi registar primarne šumske prometne infrastrukture. Ne postoje podaci o registru postojeće primarne šumske prometne infrastrukture na razini čitavoga poduzeća Hrvatske šume d.o.o. Postojeći su podaci, promatrano po Upravama šuma Podružnicama, dosta neujednačeni i nejednolike kvalitete. Potrebno je, za odabrano područje istraživanja, ustrojiti kvalitetan i homogen registar primarne šumske infrastrukture. Za gospodarske jedinice u kojima će se provesti planiranje/optimiziranje primarne šumske prometne infrastrukture na taktičkoj razini se započelo sa uređivanjem registra kontrolom i prikupljanjem terenskih podataka.

2C) Definirani su, opisani te tekstualno i matematičkim izrazima pojašnjeni parametri procjene kvantitete i kvalitete mreže primarnih šumskih prometnica: 1. gustoća primarne šumske prometne infrastrukture/klasična primarna otvorenost šuma, 2. teorijski razmak između cesta, 3. srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva, 4. faktor mreže šumskih cesta, 5. relativna primarna otvorenost šuma/primarna dostupnost šumske površine i 6. faktor učinkovitosti primarne šumske prometne infrastrukture.

2D) Raščlanjena je postojeća/važeća metodologija/kriteriji izračuna gustoće primarne šumske prometne infrastrukture.

Želi li se valjano procijeniti kvantiteta postojeće primarne šumske prometne infrastrukture (gustoća/klasična primarna otvorenost) potrebno je jasno i nedvosmisleno definirati metodologiju i kriterije određivanja gustoće postojeće primarne šumske prometne infrastrukture. Postojeća metodologija izračuna gustoće primarne šumske prometne infrastrukture u Republici Hrvatskoj (Šikić i dr., 1989) nije dovoljno jasna i precizna. Temeljem navedene metodologije nije moguće jednoznačno odrediti gustoću primarne šumske prometne infrastrukture određenog šumskog područja (u našem slučaju gospodarske jedinice), ova se metodologija previše oslanja na subjektivnu procjenu šumarskih stručnjaka te je stoga nedovoljno precizna za buduće planiranje/optimiziranje primarne šumske prometne infrastrukture.

Postoji i metodologija te pripadajući izračun gustoće primarne šumske prometne infrastrukture definirana u okviru Obrasca za izradu Elaborata učinkovitosti mreže šumskih prometnica – primarne šumske prometne infrastrukture. Obrazac je sastavni dio Pravilnika o provedbi mjere M04 „Ulaganja u fizičku imovinu“, podmjere 4.3. „Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano

uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva", tipa operacije 4.3.3. „Ulaganje u šumsku infrastrukturu“ iz Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020. (NN 106/15). Ova je metodologija daleko bolja od prethodno opisane, kriteriji su puno jasniji i precizniji ali je ipak uočeno par nedostataka/nejasnoća/dvosmislenosti koje bi, u cilju njezina poboljšanja, odnosno povećanja kvalitete postupka planiranja primarne šumske prometne infrastrukture, trebalo otkloniti.

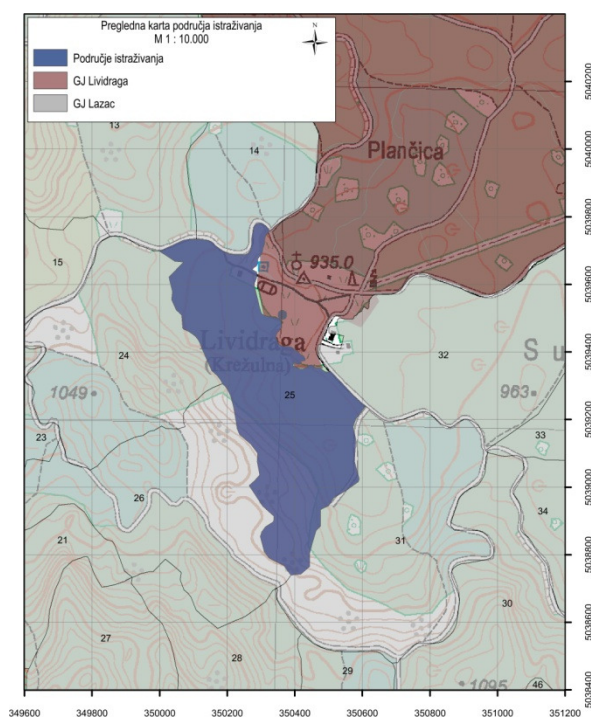
3. PROVEDBA KATEGORIZACIJE POGODNIH SUSTAVA PRIDOBIVANJA DRVA I PRIMIJENJENE ŠUMSKE MEHANIZACIJE UNUTAR POJEDINOG SUSTAVA, S DEFINIRANJEM PODRUČJA NJIHOVE PRIMJENE U SUGLASJU S "5E" KRITERIJIMA

U ovome dijelu istraživanja (potprojektu/cilju) predviđen je najveći dio terenskih radova. U prvome redu trebalo je u suradnji cijeloga istraživačkog tima definirati osnovne sastojinske pokazatelje pokusnih mjesta.

3A) Prethodno istraživanje – GJ Lazac, odjel 25A

Opis sastojine:

Strojna sječa i izrada drvnih sortimenata obavljala se na području šumarije Gerovo, GJ Lazac u odjelu 25a. Površina odjela iznosi 25,3 ha, sjeverno – istočne je ekspozicije i nadmorske visine od 930 do 1020 m – slike 11 i 12.



Slika 11. Istraživani odsjek 25a u GJ Lazac.

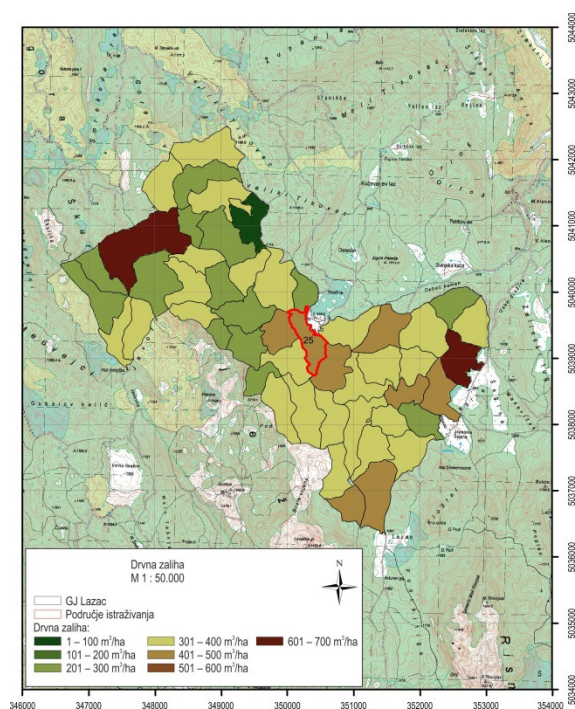
Slika 12. Izgled sastojine nakon izvršene strojne sječe.

Riječ je o mješovitoj bukovo – jelovoj sastojini s primješanim stablima gorskog javora, brijesta i smreke. Ima dijelova koji su jače kameniti (prikazano u dijelu izvješća za potprojekt 1). U odjelu je bilo dosta polomljenih i izvaljenih stabala kao posljedica ledoloma u veljači 2014. godine.

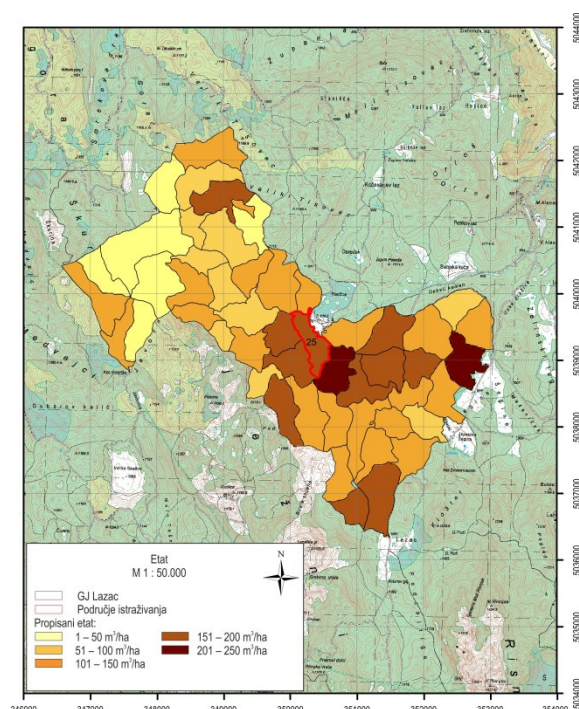
Drvena zaliha iznosi 408 m³/ha, odnosno, ukupna u cijelom odjelu iznosi 10.330 m³.

Prema gospodarskoj osnovi planirani 10-godišnji etat iznosi 120,35 m³/ha, odnosno ukupno u odjelu 3045 m³ pri čemu intenzitet sječe iznosi 29,47 %.

Drvena zaliha i etat prikazani su na slikama 13 i 14.



Slika 13. Drvena zaliha



Slika 14. Etat

Opis mehanizirane sječe i nekih značajki primjenjenoga harvesteru:

U posljednjem kvartalu 2016. godine obavljena je strojna sječa i izrada drvnih sortimenata pri čemu je ukupno posječeno 1664 stabala bukve, gorskog javora, smreke i jele ukupnog obujma 1362,63 m³. Sječa i izrada obavljena je harvesterom Ponsse Scorpion.

Opis harvesteru:

Ponsse Scorpion je 8-kotačni harvester (slike 15 i 16) s inteligentnim sustavom stabilizacije koji mu omogućuje rad na zahtjevnim terenima s velikim nagibima i izraženim površinskim preprekama kakav prevladava u većini istraživanog odjela 25a. To je stroj ukupne deklarirane mase 21.900 kg sa snagom pogonskog motora od 210 kW. Hidraulična dizalica je dohvata 10 m i podiznog momenta 252 kNm na čijem kraju se nalazi harvesterska glava Ponsse H7 mase 1150 kg i najvećeg sječivog promjera u iznosu od 64 cm.

Harvester je bio opremljen gumama dimenzija 710/45 – 26,5 i polugusjenicama na oba bogi mosta. Članci polugusjenica su oblika koji je namjenjen povećanju trakcije na kamenitoj podlozi i na nagnutim terenima, dakle članci su uži sa izbočenim dijelovima u visini od 40 mm.

Ovaj će harvester biti analiziran metodama morfološke raščlambe kada baza podataka harvesteru bude gotova.

Neki pokazatelji okolišne pogodnost harvesteru:

Na osnovu dimenzija guma harvesteru i njegove mase, te preraspodjele mase (21.900 kg) u odnosu 60:40 u korist stražnjeg bogi mosta izračunat je nominalni tlak kotača na tlo – NGP i indeks kotača - Nk sa i bez polugusjenica na kotačima. NGP je izračunat kako navodi Mellgren (1980) uzimajući u obzir opterećenje kotača i dodirnu površinu gume i tla koja se izračunava preko polumjera i širine gume. U slučaju kada su ugrađene polugusjenice dodirna površina kotača se, prema Poršinsky i dr. (2011) koji navode tvrdnje Mellgren-a (1980), poveća za 3,5 puta kod polugusjenica sa širokim člancima namjenjenim slabo nosivim tlima, odnosno u ovom

slučaju uskih članaka pretpostavka je da se dodirna površina između kotača i tla poveća za 1,75 puta.



Slika 15. Harvester Ponsse Scorpion.



Slika 16. Izgled polugusjenica.

Za potrebe izračuna indeksa kotača - M_k korišteni su izračunati iznosi NGP-a i izmjerene vrijednosti nosivosti tla mjerene konusnim penetrometrom na negaženom tlu u odjelu 25a. Srednja vrijednost konusnog indeksa - CI za istraživano radilište iznosi 1030 kPa pa se prema EcoWood klasifikaciji (tablica 1) tlo sastojine može svrstati u klasu čvrstih tala.

Tablica1- EcoWood raščlamba razreda čvrstoće tla (Owende i dr. 2002, Ward i Owende 2003)

Čvrstoća (nosivost) tla		Parametri čvrstoće tla*			Dopušteno opterećenje
		Konusni indeks	Modul elastičnosti	Otpor tla na smicanje	vozila na tlo
Razredi	Opis	CI , kPa	E , MPa	τ , kPa	NGP , kPa
1	Čvrsto tlo	> 500	> 60	> 60	> 80
2	Osrednje čvrsto tlo	300 – 500	20 – 60	20 – 60	60 – 80
3	Meko tlo	< 300	< 20	< 20	40 – 60
4	Vrlo meko tlo	<< 300	<< 20	<< 20	< 40

Rezultati izračuna NGP-a i M_k harvestera Ponsse Scorpion sa i bez polugusjenica su prikazani u tablici 2.

Tablica 2. Izračunate vrijednosti NGP-a i M_k harvestera Ponsse Scorpion sa i bez polugusjenica za istraživani odjel 25a, GJ Lazac, šumarija Gerovo.

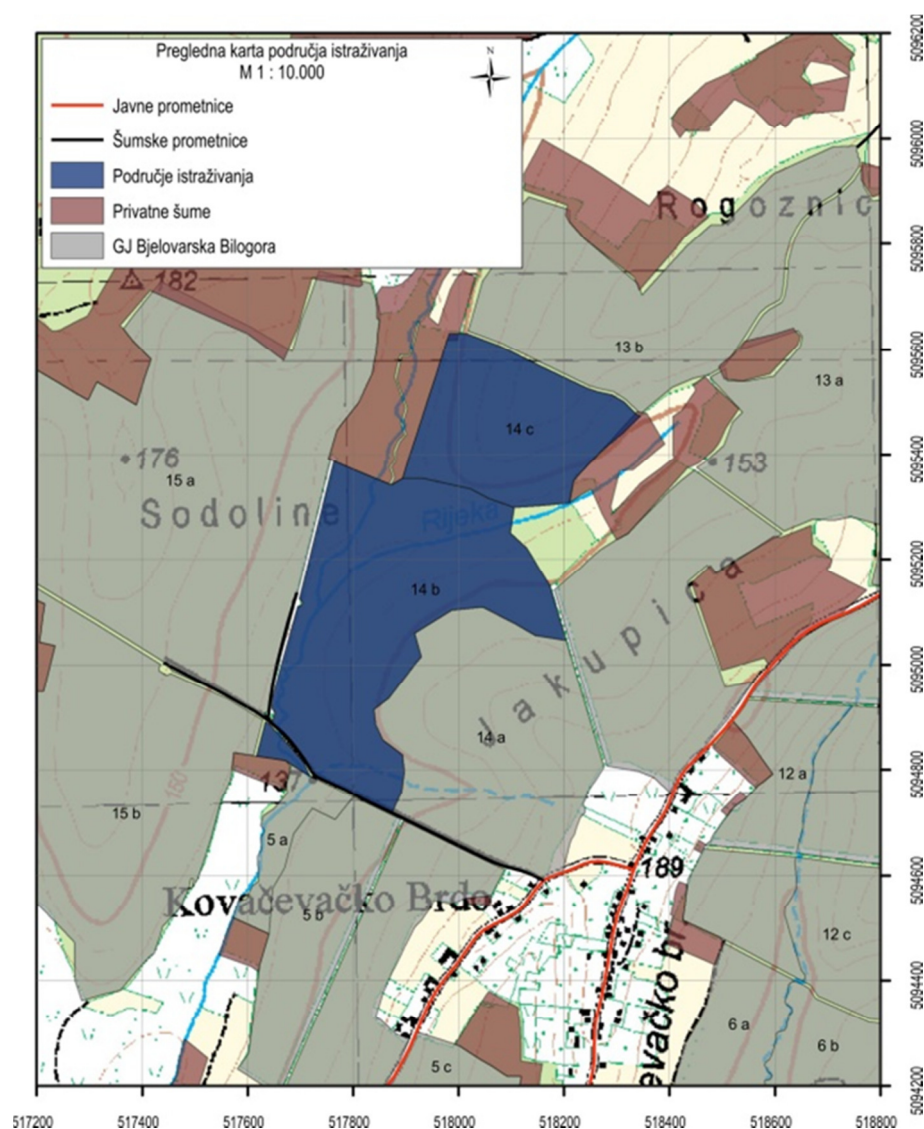
	Prednji kotači		Stražnji kotači	
G_k (kN)	21,48		32,22	
	Bez polugusjenica	S polugusjenicama	Bez polugusjenica	S polugusjenicama
A (m ²)	0,4757	0,832	0,4757	0,832
NGP (kPa)	45,15	25,82	67,73	38,72
M_k	22,8	39,9	12,2	26,6

Poršinsky i dr. (2011) navode da na tlima ograničene nosivosti granica okolišne pogodnosti za iznos NGP -a teba biti manja od 60 kPa. Kao što je vidljivo iz tablice 1 stražnji kotači prelaze tu granicu u slučaju da na njima nisu ugrađene polugusjenice. U ovom slučaju kada su na kotačima bile ugrađene polugusjenice dodirni tlak iznosi 38,72 kPa što je značajno ispod navedene granice, a i nosivost tla je bila jako dobra.

Prema metodi WES za izračunati indeks kotača - M_k veći od 3, klasa kretnosti vozila koja se kreću po bespuću je dobra. U tablici 1 su prikazane vrijednosti izračunatih indeksa kotača za prednje i stražnje kotače sa i bez polugusjenica koje su višestruko veće od navedene granične pri čemu se može zaključiti da su uvjeti za kretanje ovog harvestera, s obzirom na uvjete na terenu i opterećenja na kotačima, jako dobri.

3B) Glavni pokus - GJ Bjelovarska Bilogora, odjeli 14B i 14C

Terenski dio istraživanja primjene strojne sječe i izrade u proredi bjelogoričnih sastojina planira se provesti u odsjecima 14 B i 14 C gospodarske jedinice "Bjelovarska Bilogora" kojom gospodari šumarija Bjelovar, Uprava šuma podružnica Bjelovar trgovačkog društva „Hrvatske šume“ d.o.o. Zagreb – slika 17.

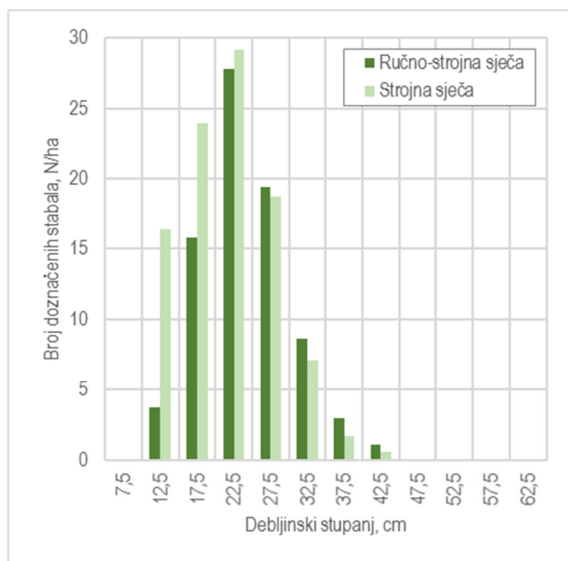


Slika 17. Pokusne plohe glavnoga istraživanja u GJ Bjelovarska Bilogora

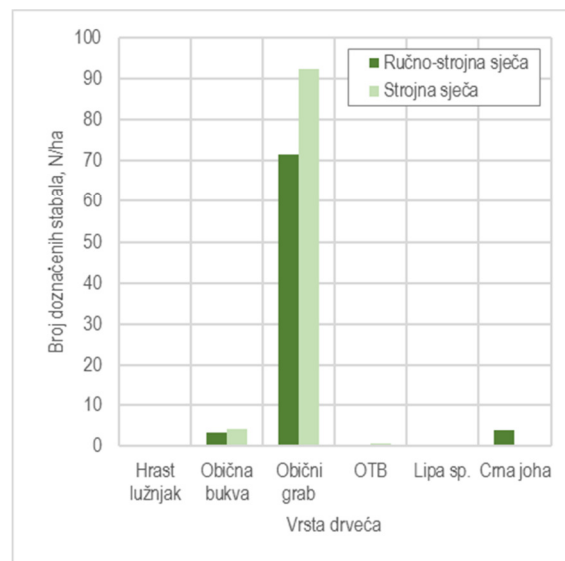
Pripremni su radovi provedeni tijekom ljeta i jeseni 2016. godine, a uključivali su obilježavanje vlaka u sječini, nužnih za nesmetan rad harvestera i forvardera. S obzirom na nužnost doznake pojedinih stabala na trasama vlaka bilo je nužno obaviti i korekciju doznake stabala.

Odsjek 14 B u naravi predstavlja mješovitu sastojinu običnog graba (84 %), obične bukve, hrasta lužnjaka, crne johe i hrasta kitnjaka, površine 18,28 ha i starosti 79 godina. Odsjek pripada uređajnom razredu sjemenjače običnog graba. Drvna je zaliha utvrđena u ukupnom iznosu od 5.330 m³, odnosno 291,58 m³/ha, a osnovom je gospodarenja propisano u prvom polurazdoblju obaviti proredu intenzitetom 11,67 %.

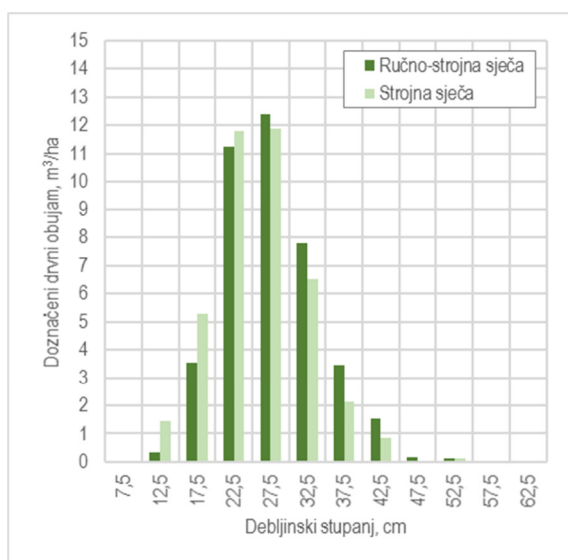
Prilikom doznake za ručno-strojnu sječu i izradu ukupno je doznačeno 1.455 stabala ukupnog obujma 741,81 m³. Naknadno je doznakom stabala na vlakama i korekcijom prethodne doznake dostignut broj od 1.782 doznačenih stabla za strojnu sječu ukupnog obujma 731,24 m³. Distribucija doznačenih stabala i doznačenog obujma po debljinskim stupnjevima i vrstama drveća obrađena je i prikazana u histogramskom obliku (slika 18).



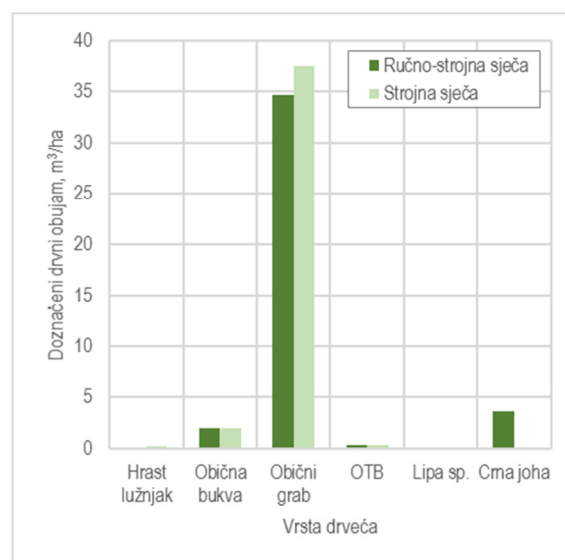
Slika 18. a) Distribucija doznačenih stabala po debljinskim stupnjevima za odsjek 14 B



Slika 18. b) Distribucija doznačenih stabala po vrstama drveća za odsjek 14 B



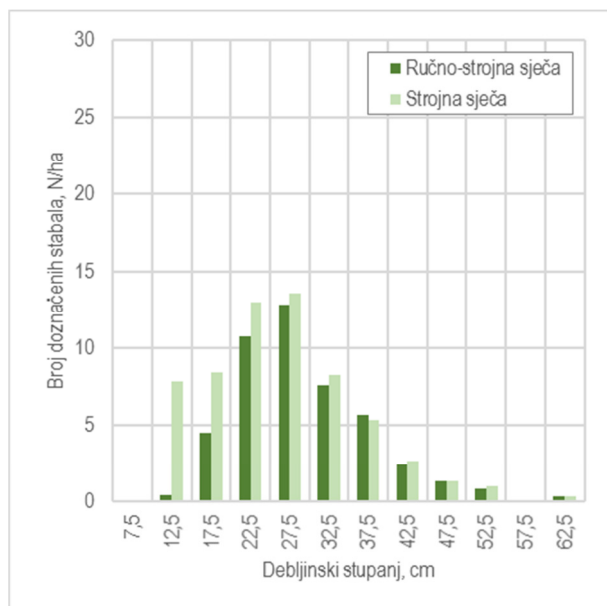
Slika 18. c) Distribucija doznačenog obujma po debljinskim stupnjevima za odsjek 14 B



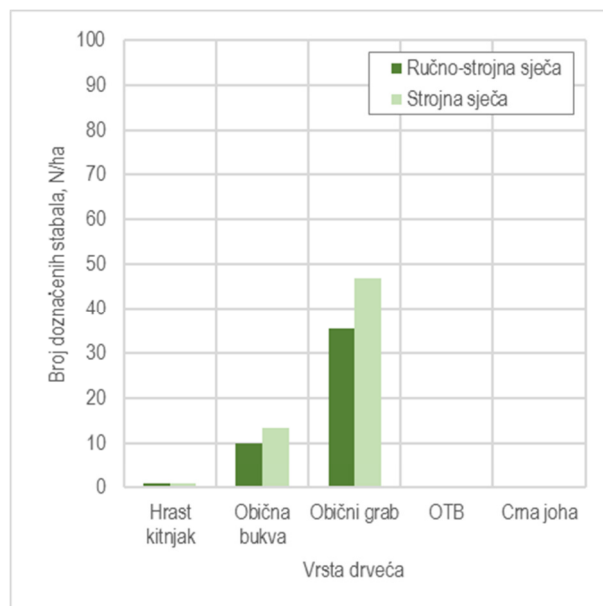
Slika 18. d) Distribucija doznačenog obujma po vrstama drveća za odsjek 14 B

Odsjek 14 C u naravi predstavlja mješovitu sastojinu obične bukve (50 %), običnog graba (44 %), hrasta kitnjaka i hrasta lužnjaka, površine 9,07 ha i starosti 79 godina. Odsjek pripada uređajnom razredu sjemenjače obične bukve propisane ophodnje 100 godina. Drvena je zaliha utvrđena u ukupnom iznosu od 3.681 m³, odnosno 405,84 m³/ha, a osnovom je gospodarenja propisano u prvom polurazdoblju obaviti proredu intenzitetom 11,08 %.

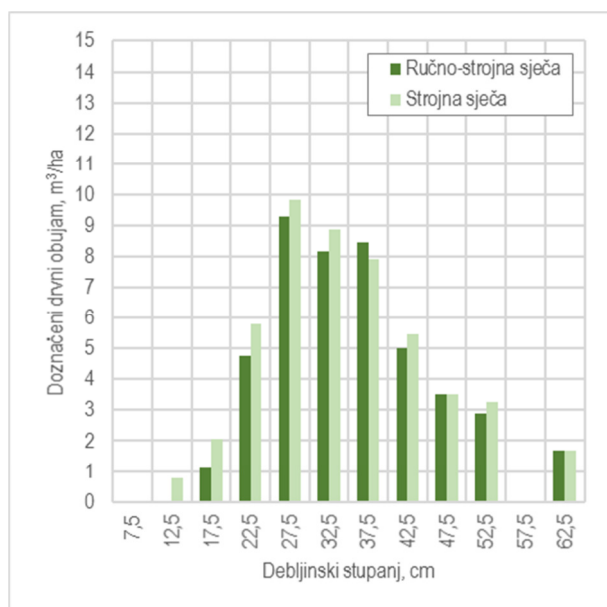
Prilikom doznake za ručno-strojnu sječu i izradu ukupno su doznačena 423 stabala ukupnog obujma 407,02 m³. Naknadno je doznakom stabala na vlakama i korekcijom prethodne doznake dostignut broj od 559 doznačenih stabala za strojnu sječu ukupnog obujma 446,3 m³. Distribucija doznačenih stabala i doznačenog obujma po debljinskim stupnjevima i vrstama drveća obrađena je i prikazana u histografskom obliku (slika 19).



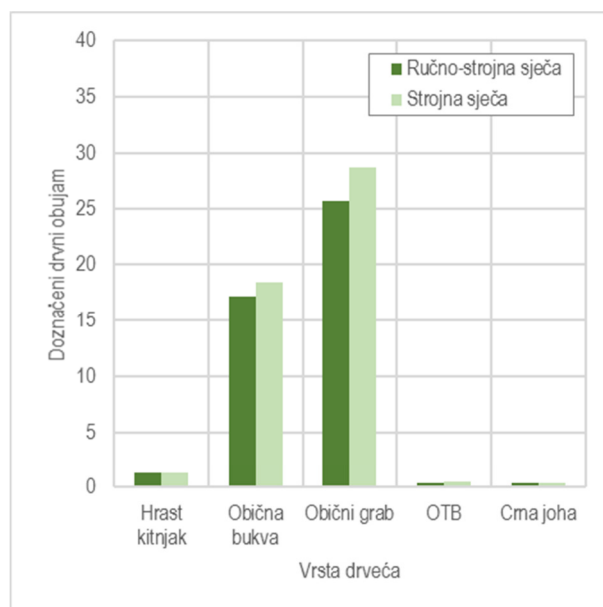
Slika 19. a) Distribucija doznačenih stabala po debljinskim stupnjevima za odsjek 14 C



Slika 19. b) Distribucija doznačenih stabala po vrstama drveća za odsjek 14 C



Slika 19. c) Distribucija doznačenog obujma po debljinskim stupnjevima za odsjek 14 C



Slika 19. d) Distribucija doznačenog obujma po vrstama drveća za odsjek 14 C

3C) Baze podataka harvestera i forvardera

Ovo je izuzetno značajna sastavnica projekta jer su tehničke značajke strojeva, zajedno s terenskim i sastojinskim čimbenicima, važan ulazni parametar za optimizaciju sustava pridobivanja drva i šumske prometne infrastrukture.

Započelo je stvaranje baza za slijedeće strojeve:

- nove harvestere – slika 20,
- rabljene harvestere,
- jednozahvatne harvesterske glave – slika 21,
- rabljene jednozahvatne harvesterske glave.

Baza podataka harvestera kao i ostale baze izrađuju se u MS Excel softveru pomoću kojega će se raditi i morfološka analiza. Trenutno je prikupljeno podataka za 50-ak harvesetra i 30-ak harvesterskih glava.

HarvesterQ - Microsoft Excel

FileHomeInsertPage LayoutFormulasDataReviewViewAdd-InsNitro Pro 9

CutCopyPasteFormat Painter

Calibri11A+

B

I

U

A

ClipboardFontAlignmentMerge & CenterNumber

Wrap Text

General

Conditional Formatting as Table

Normal

Bad

Good

Neutral

Calculation

Check Cell

InsertDeleteFormat

AutoSumFillClear

Sort & Find & FilterSelect

CellsEditing

A1	ID															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	ID	Naziv	Snaga	Spremnik	PromjerSjeka	PromjerTrzaca	Brzina	MasaRotatora	Duzina	Sirina	Visina	DuzinaOkretanja	Clearance	Masa	Cijena	
2	1	ROTTNE H 11 C GWD	164	377	450	350	6	640	7888	2830	3633	14,1	600	17400	317.424,00 €	
3	2	ROTTNE H 11 C BWD	164	377	420	350	6	640	7888	2830	3633		600	18900	338.620,00 €	
4	3	SILVATEC Slepner 8280TH B.O.S.S - Top Line	205	400	635	600	5,5	1350	7700	2850	3350	7,5	580	23200	456.000,00 €	
5	4	SILVATEC Slepner 8280TH Mountaineer - Performance Line	205	400	635	600	5,5	1350	7700	2850	3350	7,5	580	18800	451.000,00 €	
6	5	SILVATEC Slepner TH8280 Efficiency Line	205	400	550	500	6,5	1024	7700	2620	3300	7,5	580	18200	395.000,00 €	
7	6	ECO LOG 550 D	195	460	500	355	4,2	630	7145	2606	3420		1324	15400	325.000,00 €	
8	7	ECO LOG 560 D	195	460	500	355	4,2	630	7300	2990	3420		1291	17500	390.000,00 €	
9	8	ECO LOG 570 D	210	460	660	415	5	950	7125	2820	3420		1324	16000	385.000,00 €	
10	9	ECO LOG 580 D	210	460	660	500	5	1300	7300	2990	3420		1191	18500	425.000,00 €	
11	10	ECO LOG 590 D	240	460	720	560	5,1	1575	7680	2995	3430		1260	19500	455.000,00 €	
12	11	GREMO 1050 H	164	330	600	430	5	990	7599	2600	3455	7,5	560	14700	368.000,00 €	
13	12	HIGHLANDER	200	380	650	600	3	1350	10500	2950	3200	7	1700	20000	330.000,00 €	
14	13	HSM 405 H1 BWD	175	550	530	450	4,5	650	7780	2700	3720		645	18000	426.300,00 €	
15	14	HSM 405 H2 BWD	175	550	710	680	5	1250	7970	2860	3750		675	19500	473.500,00 €	
16	15	HSM 405 H2 BWD Steilhang	175	550	710	680	5	1250	8370	2860	3750		675	21500	517.200,00 €	
17	16	HSM 405 H3 BWD	175	460	710	680	5	1250	8380	3000	3720		675	23000	515.900,00 €	
18	17	IMPEX KÖNIGSTIGER T 25	126	320	630	560	5	1200	13900	4500	3780		600	28000	450.000,00 €	
19	18	IMPEX KÖNIGSTIGER T30 und T30 Gigant	180	830	790	750	5	1750	11100	3000	3400		600	32000	585.000,00 €	
20	19	IMPEX MINI KÖNIGSTIGER	98	350	510	430	5	750	8900	2800	3300		500	17500	311.000,00 €	
21	20	JOHN DEERE 1070D Eco III	136	300	550	400	5	780	6750	2640	3620		575	14200	296.000,00 €	
22	21	JOHN DEERE 1070E	136	320	470	400	5	930	6820	2800	3620		575	15750	345.000,00 €	
23	22	JOHN DEERE 1170E	145	320	570	400	5	950	7080	2820	3605		635	17800	390.000,00 €	
24	23	JOHN DEERE 1270E IT4 6w	170	435	710	460	4,9	7550	2770	3880		625	20500	440.000,00 €		
25	24	JOHN DEERE 1270E IT4 8w	190		710	460	5	7927	2750	3880		715	22800	475.000,00 €		
26	25	KAISER FORST S2 4 x 4 Cross	117	395	550	500	4	980	6660	2440	2530		190	10500		
27	26	Komatsu 901TX.1 4 6 - Rad	150	370	600		5	960	7065	2900	3740			16800		
28	27	Komatsu 911.5 4 6 - Rad	130	370	650	575	5	1250	7170	2960	3740	14	650	1790	45.000,00 €	
29	28	Komatsu 931	185	405	720	650	5	1345	7550	2730	3930		690	19600	48.000,00 €	
30	29	Komatsu 931.1	155	370	700	600	5	1470	7300		33910			19400		
31	30	Komatsu 941.1	210	550	700	600	5	1600	8075	2990	3920			23500		
32	31	LOGSET SH GT	125	500				6940	2680	3860		12	575	14000		
33	32	LOGSET BH GT	205	520	650	550	4,4	1300	7200	2930	3700	12	630	18000		
34	33	MENZI MUCK A111 knickgelenker RAD SCHREIT-	104	330	550	500	4	1350	5610	2445	2753		1640	13100	320.000,00 €	

HarvesterQ

16:4130.1.2017

Slika 20. Baza podataka harvestera

A1	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ID	Naziv	Promjer kresanja (mm)	Promjer sjeka (mm)	Snaga (kW)	Tlak (bar)	HidraKapacitet	Brzina	Sila	Masa	Cijena	
1	1 SP 861 LF	550	800				6	46	2055		
2	2 AFM 60	500	700	80	320	250	6	25	1400		
3	3 AFM 85 Magnum	700	900	110	320	450	5	40	2900		
4	4 CTL 40 HW										
5	5 LAUBHOLZAGGREGAT	400	430	75	280	160	4,5	24	740	53.700,00 €	
6	6 CTL 453	450	530	75	200	160	4,5	20	710	50.700,00 €	
7	7 JOHN DEERE 754	400	550		280	200	4,5	28	820		
8	8 JOHN DEERE H 270	480	650		240	225	4,5	34	1310		
9	9 JOHN DEERE H 290	510	750		280	350	4,5	42	1870		
10	10 JOHN DEERE H 412	330	470		280	280	5,3	17	733		
11	11 JOHN DEERE H 414	430	620		280	340	5,3	27	1000		
12	12 JOHN DEERE H 480	480	650		280	240	4,5	30	1200	59.500,00 €	
13	13 JOHN DEERE H 480C	460	710		280	340	4,2	30	1240		
14	14 KESLA 20 SH	330	450	44	175	120	1		520	31.000,00 €	
15	15 KESLA 25 RH	550	670	90	210	200	3,8	23	750	50.400,00 €	
16	16 KETO 105 Supreme	400	450	70	210	190	4	18	690		
17	17 KETO 155 Supreme	450	550	85	210	240	3,8	24	850		
18	18 KETO 455 Supreme	600	700	150	210	300	3,8	30	1080		
19	19 KETO 55 Supreme	320	370	60	210	160	3,8	15	510		
20	20 Komatsu 340	350	530		250	220	5	18			
21	21 Komatsu 350.1	400	600		250	300	5	25	960		
22	22 Komatsu 360.2	500	650		250	310	5	26	1245		
23	23 Komatsu 365	470	650		280	300	5	28	1200		
24	24 Komatsu 370.2	600	700		380	200	6	31	1470		

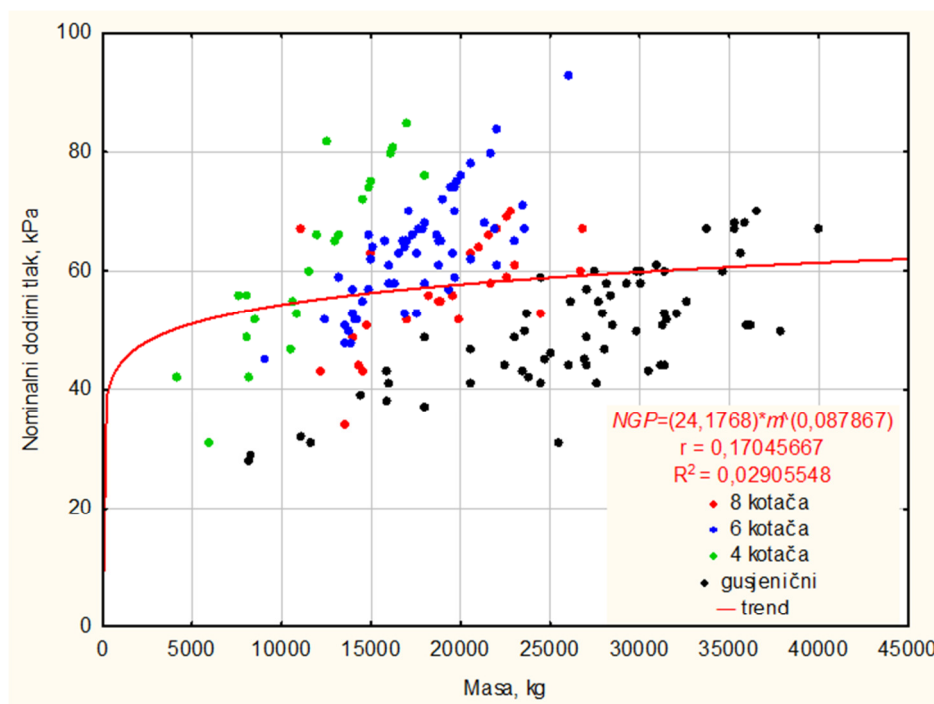
Slika 21 Baza podataka harvesterskih glava

Iz slika 20 i 21 vidljive su dimenzijske značajke koje će se analizirati morfološkom račšlambom. U pripadajuće baze unose se i cijene za one tipove strojeva kod kojih su iskazane.

Najveći problemi javljaju se kod prikupljanja podataka za rabljene strojeve s inozemnoga tržišta i vjerojatno će se morati koristiti samo za tvornički obnovljene. Na stvaranju svih ovih baza rade

studenti uz vođenje nastavnika i biti će objavljeni kao diplomski radovi. Time se postiže ne samo prikupljanje važnih podataka već se i studenti uključuju u istraživački rad.

U ovome izvješću, samo za ilustraciju, iz trenutne baze za harvestere prikazat će se analiza ovisnosti nominalnoga tlaka harvestera na tlo (NGP) o njihovoj masi i vrsti – slika 22.



Slika 22. Ovisnost NGP-a o masi harvestera.

Ova je analiza pogodna jer daje smjernice za nastavak istraživanja. Naime, može se zapaziti da jedinstvena krivulja izjednačenje ima mali i indeks i koeficijent korelacije pa bi za ovu, a onda i za sve ostale analize, trebalo odvojeno promatrati vrste harvestera. Vidljivo je da, očekivano, gusjenični harvesteri imaju najmanje djelovanje na tlo, a četverokotačni najveće.

Baze podataka za forvardere već su ustrojene i bit će nadopunjene modelima napravljenim u zadnjih pet godina.

4. RAZVOJ MODELA ZA VIŠEKRITERIJSKU ANALIZU EFIKASNOSTI POJEDINIH SUSTAVA PRIDOBIVANJA DRVA I ORGANIZACIJE IZVOĐENJA RADOVA S OBZIROM NA GLAVNE UTJECAJNE ČIMBENIKE

Planiranje šumskoga gospodarenja predstavlja vrlo složenu zadaću zbog mnogobrojnosti i širokog raspona kriterija uključenih u procese odlučivanja. Analiza efikasnosti pojedinih sustava pridobivanja drva, ocjena njihove pogodnosti i donošenje odluka o najpovoljnijim načinima šumarske proizvodnje pritom se nužno moraju temeljiti na racionalnim argumentima. U takvoj situaciji se smatra da višekriterijski modeli i metode mogu današnjem šumarstvu, s brojnim ciljevima i zadaćama te više uključenih i zainteresiranih strana često s različitim interesima, pružiti snažnu, fleksibilnu i svestranu podršku u donošenju takvih odluka i ocjena.

Provedenim studijem literature i ostalih dostupnih izvora u okviru ovoga projekta utvrđeno je da, iako se radi o metodama koje nisu tradicionalno korištene u šumarstvu, metode višekriterijskog odlučivanja u posljednje vrijeme dobivaju sve više pažnje u šumarskoj znanstvenoj i stručnoj javnosti. Tako je od početka 1990-ih godina objavljen značajan broj radova u kojima se različita šumarska pitanja i problemi nastoje riješiti primjenom metoda višekriterijskog odlučivanja. Uvjetno određena područja šumarstvu u kojima su dosada primijenjeni višekriterijski modeli uključuju: pridobivanje drva, prošireno iskorištavanje šuma, očuvanje biološke raznolikosti, održivo šumsko gospodarenje, pošumljavanje, regionalno planiranje, šumarsku industriju te rizik i neizvjesnost kao zasebno područje. Također je utvrđen izraziti trend porasta brojnosti takvih 'višekriterijskih' radova u šumarstvu.

Glavne metode višekriterijskog odlučivanja koje su primijenjene u provedenim istraživanjima obuhvaćaju: analitički hijerarhijski proces (Analytic Hierarchy Process - AHP), analizu omeđivanja podataka (Data Envelopment Analysis - DEA), višeatributnu teoriju korisnosti (Multi-Attribute Utility Theory - MAUT), metode višega ranga (PROMETHEE i ELECTRE), glasačke metode (npr. Multicriteria Approval method), analizu stohastičke višekriterijske prihvatljivosti (Stochastic Multicriteria acceptability analysis - SMAA). Navedeni pristupi predstavljaju različite teorije i škole u okviru operacijskih istraživanja pri čemu svaka metoda ima svoje specifične karakteristike i različite tehnike koje su primjenjive u odgovarajućim situacijama i slučajevima.

Na temelju upoznavanja s temeljnim značajkama pojedinih metoda kao i provedenog izučavanja pojedinih primjera tj. šumarskih istraživanja u kojima su one primijenjene, odgovarajućima za potrebe predmetnoga projekta smatraju se AHP i DEA metoda. U nastavku projekta se, za odabrane višekriterijske metode, namjerava nabaviti odgovarajuće softverske pakete, te provesti detaljnije proučavanje njihovih matematičkih podloga i postavki, odnosno istraživačkih postupaka i tehnika u primjeni tih metoda. Time će se ujedno pristupiti i razradi početnoga modela za višekriterijsku analizu i ocjenu pojedinih sustava pridobivanja drva.

Najosjetljiviji dio, uz postavljanje alternativa (sustavi pridobivanja drva) koje se ocjenjuju, u uspostavi višekriterijskoga modela je utvrđivanje kriterija, tj. definiranje glavnih utjecajnih čimbenika koji će biti uključeni u model. Između utjecajnih čimbenika pridobivanja drva koji će se kao kriteriji uključiti u višekriterijski model, planira se obuhvatiti razinu sigurnosti pri radu, fizičko opterećenje i energetska potrošnja radnika, prirodne i financijske pokazatelje proizvodnje, značajke reljefnih područja/kategorija šuma i otvorenosti šuma te druge elemente važne za primjenu pojedinih sustava pridobivanja drva, odnosno ocjenu njihove efikasnosti.

Vezano uz utvrđivanje pokazatelja primjene pojedinih sustava i prikupljanje potrebnih podataka dosada je u okviru projekta provedeno prikupljanje podataka o ozljeđivanju i profesionalnim oboljenjima šumarskih radnika na području Uprave šuma Bjelovar kao istraživačkom poligonu. Pritom je obuhvaćeno 5-godišnje razdoblje (2011-2015.). U nastavku će se na temelju prikupljenih i relevantnih literaturnih podataka o ozljedama na radu napraviti usporedba

mehanizirane spram klasične (ručno-strojne) sječe i izrade drva. Za utvrđivanje razine fizičkog opterećenja radnika i energetske potrošnje pri radu pribavljen je mjerni uređaj pomoću kojega se može provesti snimanje pulsa tj. frekvencije srca te odrediti potrošnja kisika (energije) pri radu. Također se za potrebe snimanja pojedinih sustava pridobivanja drva namjeravaju nabaviti softverski paketi: 'UMT Plus MAX' – softver za provođenje studija rada i vremena (analize trajanja radnih elementa) te uzorkovanja rada (analize pojavnosti radnih elementa) koji će se primijeniti s ciljem utvrđivanja proizvodnosti i optimizacije radnog procesa; i 'ErgoFellow 2.0' – softver koji sadrži 17 ergonomske alata za procjenu i poboljšanje uvjeta rada u radnoj okolini rukovatelja radnih sredstava, a s ciljem smanjenja profesionalnog rizika (ozljeda na radu, razvoja profesionalnih bolesti) i povećanja njihove produktivnosti.

Navedene aktivnosti i oprema omogućiti će nastavak rada na razvoju višekriterijskog modela. Razvojem modela za višekriterijsku analizu efikasnosti pojedinih sustava pridobivanja drva i organizacije izvođenja radova namjerava se omogućiti objektivna usporedba različitih proizvodnih sustava i primijenjene šumske mehanizacije unutar pojedinog sustava, te razviti podloga za donošenje odluka o najpogodnijim načinima pridobivanja drva s obzirom na konkretne uvjete i glavne utjecajne čimbenike šumarske proizvodnje.

PLANIRANE AKTIVNOSTI U 2017. GODINI

Najznačajnija i najzahtjevnija aktivnost u prvoj polovici 2017. godine biti će priprema i provođenje glavnoga pokusa na pokusnim plohama u Bjelovarskoj Bilogori što će zahtijevati angažman cijeloga tima te pomoć studenata.

Poseban naglasak bit će na osmišljavanju mjernoga sustava, za što će se morati angažirati još jedna tvrtka koja daje uslugu prikupljanja i prijenosa mjernih podataka te njihovu prilagodbu za obradu. U tome se dijelu očekuje i najveći trošak nabave opreme.

Kako se rad na projektu u 2016. godini odvijao u skladu s predviđenim radnim planom u nastavku se očekuje završetak nekih započetih radova (baze podataka strojeva npr.).

U Zagrebu, 30. siječanj 2017.

Voditelj projekta
i predstojnik Zavoda ŠTiT:

Prof. dr. sc. Dubravko Horvat