

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Matevž MIHELČ

**POŠKODBE SESTOJEV PRI UPORABI TEHNOLOGIJI STROJNE
SEČNJE V SLOVENIJI**

ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

**STAND DAMAGES AFTER THE USE OF CTL HARVESTING IN
SLOVENIA**

SCIENTIFIC MONOGRAPHY

Ljubljana, 2017

Studia forestalia Slovenica

Znanstvena in strokovna dela / Professional and scientific works 154

Izdajatelj / Issued by

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire / University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable resources

Naslov / Title

Poškodbe sestojev pri uporabi tehnologiji strojne sečnje v Sloveniji / Stand damages after the use of CTL harvesting method in Slovenia

Avtor / Author

dr. Matevž Mihelič

Tehnični urednik / Technical editor

dr. Matevž Mihelič

Recenzent / Reviewer

prof.dr. Boštjan Košir

Slovenska lektura / Slovene lectorship

Katarina Prosenc

Indeksiranje in klasifikacija / Indexing, classification and abstracting

Lucija Peršin Arifović

GDK 461:3

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID=293157376

ISBN 978-961-6020-77-0 (pdf)

DOI 10.20315/SFS.154

Financiranje / Financing

CRP V4-1624- Vpliv strojne sečnje na gozd in določitev meril za njeno uporabo

Cena / Price

Brezplačno / Free

Leto izida / Year of publishing

2017

Elektronska izdaja

<http://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=8159>

KAZALO VSEBINE

	str.
Kazalo vsebine	II
Kazalo slik	III
Kazalo preglednic	IV
1 UVOD	7
2 PREGLED DOSEDANJIH OBJAV	8
2.1 POŠKODBE SESTOJA	8
2.1.1 Razvoj raziskovanja poškodb sestojev v Sloveniji	11
2.1.2 Razvoj metod raziskovanja poškodb sestoja v Sloveniji	12
2.1.3 Primerljivost metod uporabljenih v literaturi s sodobnimi metodami uporabljenimi v Sloveniji	13
2.1.4 Faktorji, ki vplivajo na poškodovanost sestojev	15
2.1.5 Poškodbe mladja	16
2.1.6 Delež poškodovanih dreves v sestoku po pridobivanju lesa	17
2.1.7 Velikost poškodb preostalega drevja v sestoku	19
2.1.8 Vrste poškodb preostalega drevja v sestoku	21
2.1.9 Lega poškodb na drevesu	21
2.1.10 Starost poškodb na drevesih	23
2.1.11 Vpliv časa izvedbe del na poškodbe sestoja	23
2.1.12 Vpliv lokacije drevesa v sestoku na verjetnost poškodbe	24
2.1.12.1 Raziskave poškodovanosti sestojev v severni Ameriki	25
2.1.13 Raziskave poškodovanosti sestojev s sodobnimi tehnologijami kratkega lesa	28
2.1.13.1 Delež poškodovanih dreves v sestoku po strojni sečnji in izvozu lesa	28
2.1.13.2 Velikost poškodb na stoječih drevesih po strojni sečnji in izvozu lesa	30
2.1.13.3 Lokacija poškodb na drevju v sestoku po strojni sečnji in izvozu lesa	31
2.1.13.4 Lokacija poškodb v sestoku po strojni sečnji in izvozu lesa	32
2.1.14 Sklep pregleda literature	32
3 METODE	33
3.1 METODE ANALIZE PODATKOV IN MODELIRANJA	33
3.2 METODA UGOTAVLJANJA POŠKODB STOJEČEGA DREVJA	34
3.2.1 Ugotavljanje poškodovanosti sestojev z metodo krožnih ploskev	35
3.2.2 Ugotavljanje poškodovanosti sestojev z metodo popolnega popisa	36
3.3 Poškodbe sestoja in mladja: nosilec informacije je število drevja na ploskvi	106
3.4 Poškodbe sestoja: nosilec informacije je drevo na ploskvi	107
3.5 UPORABA GPS SISTEMA TRIMBLE	36
3.6 OPISI POSKUSOV	37
3.6.1 Stroji za strojno sečnjo in spravilo lesa	39
3.6.2 Poskusni objekt Bradačeva frata	40
3.6.3 Poskusni objekt Trije križi	42

3.6.4	Poskusni objekt Osankarica	47
3.6.5	Poskusni objekt Goričko	52
3.6.6	Poskusni objekt Mozelski Šahen.....	56
3.6.7	Poskusni objekt Vetrih (Mislinja)	61
3.6.8	Poskusni objekt Ljubelj	65
4	REZULTATI UGOTAVLJANJA POŠKODB SESTOJA	69
4.1	ANALIZA PODATKOV Z REGRESIJSKIMI METODAMI	76
4.1.1	Verjetnost za nastanek poškodbe na drevesu	76
4.1.2	Velikost poškodb.....	77
4.1.3	Lokacija poškodb	78
5	RAZPRAVA	80
5.1	POŠKODBE SESTOJA	80
5.1.1	Primerjava poškodb sestoja med klasično tehnologijo in novimi tehnologijami....	80
5.1.1.1	Lokacija poškodovanosti	82
5.1.1.2	Velikost poškodb	83
5.1.2	Primerjava naših ugotovitev z raziskavami strojne sečnje iz tujine.....	85
6	ZAKLJUČKI.....	91
7	POVZETEK	96
8	VIRI.....	99

KAZALO SLIK

Slika 1: Shematski prikaz vzorčenja ploskev na objektu.....	35
Slika 2: Sistem Trimble	37
Slika 3: Situacija objekta Bradačeva frata	41
Slika 4: Situacija objekta Šahen.....	43
Slika 5: Prikaz ploskev na katerih smo ugotavljali meritve poškodb sestoja	46
Slika 6: Situacija poskusnega objekta Osankarica.....	48
Slika 7: Objekt Osankarica; Prikaz objektov in ploskev za ugotavljanje poškodb sestojev..	51
Slika 8: Prikaz situacije objekta Goričko	53
Slika 9: Objekt Goričko; Prikaz ploskev za ugotavljanje poškodb sestoja.....	55
Slika 10: Situacija objekta Mozeljski Šahen.....	57
Slika 11: Objekt Mozeljski Šahen; Prikaz ploskev za ugotavljanje poškodb sestoja	60
Slika 12: Pregledna karta objekta Vetrih	62
Slika 13: Pregledna karta objekta Ljubelj	66
Slika 15: Frekvenčna porazdelitev prsnih premerov dreves po posameznih objektih.....	69
Slika 16: Primerjava vseh poškodovanih in nepoškodovanih dreves po posameznih objektih	70
Slika 17: Primerjava med nepoškodovanimi in na novo poškodovanimi drevesi po posameznih objektih	71
Slika 18: Poškodovanost glede na starost poškodb vseh poškodovanih dreves po posameznih objektih	72
Slika 19: Poškodovanost glede na lego novih poškodb v sestoju po posameznih objektih...	73
Slika 20: Poškodovanost glede na lokacijo poškodbe na drevesu po posameznih objektih..	74
Slika 21: Razporeditev vseh novih poškodb po velikostnih razredih	75
Slika 22: Poškodovanost glede na velikostni razred poškodbe za nove in stare tehnologije pridobivanja lesa	83

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Odstotek poškodovanih dreves v sestoju glede na različne Slovenske avtorje, posest, drevesno vrsto, razvojno fazo, čas sečnje in jakost odkazila.....	19
Preglednica 2: Deleži odrgrnin po velikosti in metodi spravila (Ivanek F., 1976).	20
Preglednica 3: Velikostni razredi poškodb sestoja in delež vseh poškodovanih dreves v posameznem razredu.....	20
Preglednica 4: Lega poškodb pri sečnji z motorno žago in spravilu s prilagojenim kmetijskim traktorjem (Šolar, S., 1994).....	22
Preglednica 5: Ugotovljene lokacije poškodb na drevesu v odstotkih pri različnih avtorjih, glede na sestoj in tehnologije	22
Preglednica 6: Starost poškodb glede na razvojno fazo in pravilno sredstvo Slovenskih in tujih avtorjev	23
Preglednica 7: Strukturni deleži števila poškodovanih dreves v sestojih in ob vlakah glede na razvojno fazo in pravilno sredstvo (Ivanek F., 1976).....	24
Preglednica 8: Odstotek poškodovanih dreves glede na velikost poškodbe v posameznih velikostnih razredih in lokacijo poškodbe (Ostrosky W. D. in Dirkman J. A., 1991)	27
Preglednica 9: Povzetek rezultatov raziskave; Podatki o sestoju pred sečnjo in po njej ter deleži poškodovanosti glede na velikost in lokacijo poškodb stoječih dreves v sestoju (Howard A. F., 1996).....	28
Preglednica 10: Podatki o strojih in deloviščih ter gojitvenih parametrih Slovenskih raziskav	29
Preglednica 11: Ugotovljeni odstotki poškodovanosti glede na posamezne razrede poškodovanosti sestoja.....	30
Preglednica 12: Rezultati raziskave (Heitzman E. in Grell A. G., 2002)) ter ugotovljeni odstotki poškodovanosti glede na posamezne razrede poškodovanosti sestoja.....	30
Preglednica 13: Rezultati raziskave in ugotovljeni odstotki poškodovanosti ter razredi poškodovanosti sestoja.....	31
Preglednica 14: Rezultati raziskave, in lega poškodb na drevesu v Švedski študiji.....	31
Preglednica 15: Razredi glede na velikost poškodbe.....	34
Preglednica 16: Povzetek odkazila v odseku 28A	44
Preglednica 17: Povzetek odkazila v oddelku 39A.....	56
Preglednica 18: Povzetek odkazila v oddelku 112B (Odkazilni, 2012)	61
Preglednica 19: Osnovni tehnični podatki žičnice Syncrofalke 3 t	67
Preglednica 20: Primerjava objektov iz tuje literature z našimi objekti	87

1 UVOD

V okviru projekta CRP V4-1624 z naslovom Vpliv strojne sečnje za gozd in določitev meril za njeno uporabo se je pojavil ponoven interes po proučevanju poškodb sestojev po strojni sečnji. Resda je sam projekt usmerjen v določevanje meril za uporabo strojne sečnje iz vidika poškodb tal, vendar je naročnika zanimalo tudi kakšna so najnovejša dognanja o vplivu strojne sečnje na poškodbe sestoja.

V pričujoči publikaciji odgovarjamo na ta vprašanja. Glavna metoda je metoda pregleda literature, kjer smo vključili novejše raziskave s področja vpliva stroje sečnje na sestoj. Vključili smo tudi raziskave, v katerih je bila uporabljena kombinirana strojna sečnja z namenom primerjave in kvantifikacije vpliva te tehnologije na poškodbe sestojev. Poleg tega smo pri analizi uporabili nove statistične metode, ki so nam omogočili bolj poglobljeno razumevanje obstoječih podatkov. Na osnovi teh spoznanj bomo lahko nadgradili in izboljšali raziskave tega področja v prihodnosti.

V delu odgovarjamo na sledeča vprašanja o novih dognanjih na področju o poškodb sestojev pri uporabi strojne sečnje v svetu, kakšni so uporabni vidiki teh raziskav. Prav tako kritično vrednotimo do sedaj uporabljene metode in predlagamo izboljšave ter podajamo predloge za nove raziskave na tem področju z izpostavljanjem lukenj v znanju.

2 PREGLED DOSEDANJIH OBJAV

2.1 POŠKODBE SESTOJA

Poškodbe na stoječem drevju lahko razdelimo na poškodbe, ki so posledica naravnih dejavnikov in na poškodbe zaradi antropogenih dejavnikov. Vzroki poškodb na drevesih zaradi naravnih dejavnikov so predvsem poškodbe zaradi padajočega kamenja, strele, vpliva prostoživečih živali ter gliv in žuželk. Poškodbe, ki nastajajo zaradi človekovega vpliva, lahko razdelimo na poškodbe, ki nastanejo zaradi nepravilnega gospodarjenja z gozdom ter na poškodbe, ki nastanejo zaradi pridobivanja lesa (Ivanek F., 1976).

Posledice poškodb stoječih dreves v sestoji so (Ivanek F., 1976):

- zmanjšanje števila nosilcev gozdnogojitvenih funkcij v sestoji,
- zmanjšanje števila vseh zdravih osebkov v sestoji,
- manjša biološka in mehanska stabilnost sestoja zaradi bolezni in vetra,
- negativen vpliv na količinski in vrednostni prirastek lesa (glive),
- večja nevarnost erozije,
- večanje stroškov obnove in vzdrževanja,
- manjšanje varovalnih in socialnih funkcij gozda.

Poškodbe sestoja lahko razdelimo tudi glede na razvojne faze gozda. Tudi njihov vpliv na rast in razvoj gozda je različen glede na razvojno fazo. Poškodbe pomladka, mladja ali gošče ovirajo naravno obnovo gozda in povečujejo vlaganja v gozdove, saj so potrebna vlaganja v umetno obnovo gozda. V starejših razvojnih fazah, - letvenjaku, drogovnjaku in debeljaku, pa se kažejo kot polomljena ali izravana drevesa, polomljene veje ter stisnine in odrtine na deblu, korenovcu in koreninah (Ivanek F., 1976). Poškodbe v mlajših razvojnih fazah imajo največje ekonomske posledice, saj ostajajo v sestoji dlje časa. Zmanjšana kakovost prirastka in s tem sestoja ima resne posledice, saj sta tekoči in vrednostni prirastek nižja, kot bi bila sicer, prav tako je kulminacija vrednostnega prirastka tudi po vrednosti nižja kot sicer. Poškodovani sestoj tudi slabše izkorišča proizvodno sposobnost rastišča, v primerih velikih poškodb pa se lahko pojavlja potreba po predčasnem pomlajevanju sestoja, kar je v nasprotju s sonaravnostjo in trajnostjo gospodarjenja (Košir B., 1998a).

V literaturi ni jasnih odgovorov ali mehanske poškodbe dreves povzročijo zmanjšanje debelinskega in višinskega prirastka. Manjše poškodbe namreč le mestoma prekinejo kambij. V smrekovih sestojih v Skandinaviji (Isomäki A. in Kallio T., 1974 cit. po Vasiliauskas R., 2001) so po poškodbah korenovca ugotovili 35 do 40 % zmanjšanje višinskega in debelinskega prirastka, poškodbe debla pa so prirastek zmanjšale za 15 %. Na Hrvaškem (Krpan A. P. B. in sod., 1993), v sestojih hrasta in bukve, ugotavljajo za 1,0 do 4,7 % letno zmanjšanje volumenskega prirastka pri poškodovanih dominantnih drevesih. Velikost in globina poškodb sta v raziskavi pozitivno korelirala z zmanjšanjem

volumenskega prirastka. V raziskavi pa niso izločili vpliva poškodovanosti tal na prirastek. Več drugih avtorjev ugotavlja zmanjšanje prirastka za 14 do 25 % zaradi poškodb stoječega drevja (Vasiliauskas R., 2001), medtem ko več raziskovalcev (Staines B. W. in Welch D., 1984; Zaruba C. in Snajdr J., 1966) te trditve zavrača. Zmanjšanja prirastka zaradi poškodb korenovca in debla po divjadi namreč niso ugotovili. Tudi na Japonskem zmanjšanja prirastka dreves zaradi poškodb niso ugotovili (Suzuki Y. in sod., 1993).

Eden izmed stranskih učinkov mehanskih poškodb stoječega drevja je tudi pojav obarvanja lesa. Obarvanje lesa ni nujno povezano z vstopom gliv v les, saj nekateri avtorji poročajo, da v bližini poškodbe les ni bil inficiran z mikroorganizmi, les pa se je vseeno obarval. Avtorji sklepajo, da je obarvanje lesa naravni zaščitni mehanizem pred napadom gliv (Aufsess H., 1984). Večina drevesnih vrst je zelo dovzetna za infekcije poškodovanih delov. Med avtorji, ki poročajo o teh pojavih je sicer veliko razlik, lahko pa zaključimo, da v 60 do 100 % primerov poškodb na stojećem drevju pride do obarvanja ali trohnjenja (cit. po Vasiliauskas R., 2001).

Infekcija dreves z glivami največkrat ne predstavlja direktne nevarnosti obstoju drevesa, saj glive napadajo osrednji del debla, ki je mrtev. Kljub temu pa glive povzročajo veliko gospodarsko škodo, saj z razkrojem lesa uničujejo najvrednejši del lesne mase (Ivanek F., 1976). Kot bomo še povedali je večina poškodb dreves skoncentrirana na spodnjih dveh metrih debla (poglavje 2.1.9), kjer je ekonomska vrednost lesa največja.

Razvoj trohnobe pri smreki, ki je zelo občutljiva drevesna vrsta je proučevalo več avtorjev. Pri nas ugotavljajo (Ivanek F., 1976), da se trohnoba razvije v povprečju 4,58 m navzgor po deblu, od mesta poškodbe. Trohnobo so ugotavljali več kot 10 let po poškodbi. Do zelo podobnih rezultatov so prišli tudi švedski raziskovalci, saj poročajo, da poškodbe korenin povzročijo trohnobo lesa na prvih 4 metrih dolžine debla od korenovca (Hagner S. in sod., 1964 cit. po Vasiliauskas R., 2001). Druga švedska študija je pokazala, da je dolžina razširjenosti trohnobe na deblu, po 10 letih po poškodbi, v večini primerov med 2 in 3 m, po poškodbah starih 33 let pa je bila dolžina trohnobe več kot 5 m (Nilsson P. O. in Hyppel A., 1968) cit. po (Vasiliauskas R., 2001). V nasprotju s smreko, bukev ni tako občutljiva na razvoj trohnobe in različna obarvanja zaradi poškodb po spravi lesa (Diehl M. in Seidenschur W., 1990; Ivanek F., 1976).

Ko na drevesu naredimo mehansko poškodbo, drevo z obstoječimi in novonastalimi biokemičnimi snovmi ter tkivi omeji izsušitev in razkroji obstoječa tkiva. Ta odziv se imenuje kompartmentalizacija, ki izolira poškodovana tkiva tako, da zaščiti osnovne funkcije drevesa. V vsakem primeru se razvijajo prevalitvena tkiva na robu poškodbe in površinski kalus na izpostavljenem lesu. Tkiva, ki nastanejo po ranitvi drevesa, poškodbe prerastejo (Marion L., 2007). Hitrost preraščanja je tesno korelirana z radialno rastjo drevesa pri smreki, hrastu in jesenu (cit. po (Vasiliauskas R., 2001). Pomemben je tudi odnos med

velikostjo površine poškodbe in popolnim zaprtjem poškodbe. Pri sitki (*Picea sitchensis* (Bong.) Carriere) je bilo opaženo (Welch D. in sod., 1997), da v 15 letih zapre vse poškodbe debela manjše od 60 cm², poškodbe večje od 60 in manjše od 180 cm² pa v istem času niso bile zaprte. Poškodba velikosti nad 30 cm² ima več kot 50 % verjetnost okužbe (Doležal B., 1984). Pri bukvi so ugotovili zaprtje poškodb brez infekcije pri ranah širokih manj kot 5 cm. Pri poškodbah širokih od 5 do 8 cm je bilo takšnih primerov 70 %, pri poškodbah širših od 8 cm pa je bilo zaprtih poškodb brez infekcije le 50 %. Zaprtje poškodbe preprečuje naknadne okužbe in nadaljnji razvoj infekcije v okuženi poškodbi (Vasiliauskas R., 2001).

Poškodbe sestojev, ki jih povzročimo tekom življenjske dobe dreves so krive za nižjo ekonomsko vrednost lesa ob končnem poseku. Te izgube niso majhne. Pri nas se je s to tematiko prvi ukvarjal Ivanek (Ivanek F., 1976), ki je za zelo nizke poškodovanosti sestojev (do 25 %) ugotovil kar od 5 do 12 % nižjo prodajno vrednost lesa. V presoji koncepta gospodarjenja s številnimi, po jakosti šibkimi, redčenji, avtor modelno ugotavlja, da takšen koncept povzroča veliko število poškodb že v mlajših razvojnih fazah. Rezultat tega je zmanjšanje vrednosti sortimentov in povečanje količine sečnih ostankov. Pri primerjavi vrednosti poškodovanega in nepoškodovanega sestoja ter z upoštevanjem stroškov pridobivanja lesa ugotavlja, da se v nepoškodovanem sestoju pridobivanje izplača že pri 22 cm prsnega premera, v poškodovanem sestoju pa šele pri 30 cm (Košir B., 1998b).

Tudi v svetovni literaturi zasledimo veliko raziskav na temo zmanjšanja vrednosti sestoja zaradi poškodb. Zaradi občutljivosti in ekonomske zanimivosti so raziskave večinoma usmerjene v smreko. Finančne izgube naj bi bile precejšne. V smrekovih sestojih Spodnje Saške so vrednost letne izgube zaradi trohnobe ocenili 1 milijon DEM (Kato F., 1969), v Baden-Württembergu pa je ocenjena izguba znašala kar 25 milijonov DEM (Dietz P., 1981). Na Švedskem cenijo ekonomske škode zaradi poškodb korenin in korenovca pri spravilu lesa na 200 do 430 švedskih kron na hektar (Dehlen R., 1977). Vrednost poškodovanih in zaradi trohnobe prizadetih smrekovih hlodov je 30 % nižja, v primerjavi z zdravimi hlodi enakih dimenzij. Glede na obseg poškodb naj bi se vrednost sestojev zaradi trohnobe zmanjšala za 7 do 20 % (Vasiliauskas R., 2001). Do podobnih rezultatov prihajajo tudi Britanci, ki za smrekov sestoj, ki je bil v 80 % poškodovan zaradi divjadi ugotavljajo za 20 % nižje donose (Guy D. C., 1983). Švicarji (Butora A. in Schwager G., 1986) ugotavljajo, 11,6 % izgubo dohodka, če se med delom poškoduje 35 % izbrancev. Ugotovljeno je bilo tudi, da ob zrelosti sestoja, zaradi poškodb od 16 do 50 % hlodovine prve kvalitete preide v energijski les in celulozo (Vasiliauskas R., 2001).

2.1.1 Razvoj raziskovanja poškodb sestojev v Sloveniji

Začetki raziskav o vplivih tehnologij na sestoj in stoječa drevesa segajo v sedemdeseta leta dvajsetega stoletja. Z raziskavami na tem področju je začel Ivanek (Ivanek F. in Krivec A., 1974), ki je prvič v našem prostoru podal klasifikacijo poškodb sestoja. V svojem nadaljnjem delu je proučeval poškodbe sestoja pri spravilu s traktorji in konjsko vprego ter poškodbe skušal predvsem ekonomsko vrednotiti (Ivanek F., 1976). Raziskave so se nadaljevale (Krivec A., 1975) s poskusi ugotavljanja poškodb na objektih redne sečnje, kjer so bile spremljane poškodbe v sestoju po ročnem spravilu, spravilu s traktorji in konjsko vprego, prav tako pa so raziskovali poškodbe po sečnji lesa.

V osemdesetih letih se je delo nadaljevalo z raziskavami poškodb sestojev listavcev po traktorskem spravilu v zimski in letni sečnji (Žagar Z., 1982) ter primerjavami poškodb na sestoju v drogovnjakih, po traktorskem spravilu kratkega in dolgega lesa (Južnič B., 1984).

Raziskave poškodb po traktorskem spravilu se nadaljujejo v devetdeseta leta, ko potekajo raziskave o ugotavljanju lokacij poškodb v sestoju (Papac B., 1992; Šolar S., 1994), ugotavljanju poškodb po spravilu z gozdarskim zgibnikom v zimski sečnji (Serec T., 1997), potekajo pa tudi raziskave o poškodbah pri spravilu z žičnim žerjavom (Fabjan D., 1998; Lapajna R., 2000). Prav tako se ves čas razvijajo metode ugotavljanja poškodovanosti sestoja (Beber M., 1998; Vintar M., 1995). Pomembne raziskave so potekale tudi na področju sanacije poškodb z različnimi zaščitnimi premazi (Ljubec M., 1993). Avtor ugotavlja, da je sanacija poškodb precej draga in se uporablja le za najvrednejša drevesa v sestoju ter za poškodbe večje od 10 cm².

Večina raziskav se je do tedaj osredotočala na uporabo sodobnih tehnologij, pri tem pa se je pozabljalo na dejstvo, da poškodbe nastajajo po vsakokratnem posegu tehnologije v gozd, zato so raziskovalci razvili teoretični model naraščanja poškodb drevja pri redčenjih (Košir B. in Cedilnik A., 1996) in ga v praksi, na primeru gorskih gozdov (Košir B., 1998a) ter rednih sečenj (Košir B., 2000) tudi preverili. Po modelu, z ozirom na ekološke in ekonomske dejavnike je sledila presoja koncepta zgodnjih redčenj (Košir B., 1998b).

Po letu 2000 se je še zmeraj raziskovalo poškodbe sestoja po traktorskem spravilu v državnih (Klun J. in Poje A., 2001; Vesel A., 2001) in zasebnih gozdovih (Žun B., 2002, Klančnik A., 2001). Ker se je v Sloveniji že začela uvajati strojna sečnja, se težišče raziskav seli na nove tehnologije. Tako že leta 2000 nastanejo prve objave raziskav poškodb sestojev s sodobnimi tehnologijami (Košir B. in Robek R., 2000), raziskave pa se nadaljujejo (Delavec J., 2003; Košir B., 2008b, 2008a; Košir B. in Mihelič M., 2011) še danes.

2.1.2 Razvoj metod raziskovanja poškodb sestoja v Sloveniji

Na področju razvoja metod in primerjav med metodami vzorčenja je bilo v državi v preteklosti narejeno veliko raziskav, zato tej temi posvečamo posebno poglavje.

V raziskavah iz sedemdesetih in osemdesetih letih ne moremo govoriti o dodelanih vzorčnih metodah. Običajno so znotraj večjega objekta izbrali ploskve, na katerih so spremljali delovni proces. Na teh ploskvah so poškodbe sestoja popisovali po opravljenem delu, na ozkem pasu ob vlakah (Žagar Z., 1982) ali pa spremljali sečnjo in spravilo lesa ter poškodbe na drevju beležili sproti (Južnič B., 1984). Slaba stran prve metode je, da z njo ne zajamemo poškodb celotnega sestoja, medtem ko je druga metoda delovno zelo intenzivna, saj zahteva stalno prisotnost raziskovalcev na delovišču. Velika prednost druge metode je dejstvo, da dobimo podatke o poškodbah sestojev ločeno za sečnjo in spravilo lesa. Podobno metodo, torej metodo sprotnega beleženja poškodb je v svojem delu uporabil tudi Ivanek (Ivanek F., 1976), v devetdesetih so na ta način delali tudi na trajnih raziskovalnih ploskvah (Papac B., 1992; Šolar S., 1994, Serec T., 1997).

Vzporedno se začne intenziven razvoj vzorčnih metod ugotavljanja poškodb sestoja po sečnji in spravilu lesa. Do sredine devetdesetih avtorji, zaradi ugotavljanja več drugih parametrov (poškodbe po sečnji, detajlna razporeditev poškodb v sestoju) še uporabljajo sprotni popis poškodb med delom (Papac B., 1992; Šolar S., 1994). V Sloveniji uporabljane vzorčne metode lahko danes razdelimo v tri večje skupine, in sicer na metodo poskusnih ploskev, na katerih se izvede popolni popis, metodo pasov, ki je primernejša za klasične tehnologije in metodo krožnih ploskev, ki daje dobre rezultate pri novejših tehnologijah pri gostejši mreži prometnic.

Metoda poskusnih ploskev je tesno povezana z metodo popolnega popisa. Raziskovalci v sestoju izločijo ploskve, na katerih spremljajo delo, nato pa popišejo vsa drevesa na ploskvah in ugotavljajo poškodbe. To metodo lahko zasledimo že na začetku raziskovanja poškodb sestojev v Sloveniji. Uporabljali so jo na mariborskem (Ivanek F., 1976) in kočevskem (Južnič B., 1984) ter na brežiškem (Papac B., 1992). Na ta način so avtorji tudi testirali metode (Vintar M., 1995).

Metoda pasov (Robek R. in Košir B., 1996) je bila razvita za potrebe ugotavljanja poškodb sestojev in znanstvenega proučevanja tega problema, njena praktična izvedba pa je namenjena tudi hitri oceni kvalitete dela v praksi. Avtorja na podlagi 15 analiziranih delovišč ugotavljata pomembne razlike med zimskimi in letnimi delovišči ter povezavo med poškodbami tal in sestoja. Metoda je namenjena za proučevanje klasičnih tehnologij sečnje z motorno žago in spravila lesa s traktorjem. Na slovenskem so jo začeli uporabljati po letu 1995. Metoda se je obnesla tudi v redčenjih s tehnologijo sečnje z motorno žago in spravila z žičnim žerjavom (Fabjan D., 1998; Lapanja R., 2000).

Prednost te metode je tudi možnost ocenjevanja poškodovanosti tal in mladja na delovišču. Nosilec informacije o poškodovanosti so pasovi - torej ocenjujemo poškodovanost posameznih pasov in ne posameznih dreves (Robek R. in Košir B., 1996). Temeljne primerjave med posameznimi vzorčnimi metodami in popolnim popisom stanja so bile narejene v začetku devetdesetih (Vintar M., 1995). Avtorica je primerjala metodo pasov in različne dendrometrijske metode (krožne ploskve, Bitterlichova metoda) s popolnim popisom stanja sestoja. Ugotovila je, da so vzorčne metode uporabnejše in boljše, kot popolni popis. Prav tako ugotavlja, da so dendrometrijske metode, kljub svoji objektivnosti, za uporabo v praksi neprimerne, saj so časovno preveč zahtevne. Za metodo pasov ugotavlja, da je objektivna metoda ter da ustreza postavljenim časovnim zahtevam (pregled 10 ha velikega delovišča v enem delavniku). Ugotovljeno je bilo (Beber M., 1998), da znaša dnevna norma za znanstveno metodo ugotavljanja poškodb sestoja in tal 9,08 ha/dan, za poenostavljeno metodo (popis poškodb sestoja) pa 13,10 ha/dan.

Metoda krožnih ploskev je sistematična metoda vzorčenja s ploskvami. Temelji na metodah, ki so se pri strojni sečnji uporabljale v Skandinaviji (Fröding A., 1982). Podobne metode so poznane tudi v ZDA (Han H. S. in Kellogg L. D., 2000a), kjer so ugotovili, da sistematično vzorčenje pri ugotavljanju poškodovanosti sestoja daje najboljše rezultate, z napako od -1,6 do +3,4 %. Kot smo že omenili, je metoda primerna predvsem za tehnologije, kjer so gostote prometnic zelo velike. Težava pri uporabi metode pasov pri strojni sečnji je predvsem v dejstvu, da je skoraj nemogoče popisati celoten pas, brez da bi ga sekala prometnica. Na ta način skoraj nikoli ne dobimo popolnega pasu, kar nam pokvari rezultate, saj pri metodi pasov delamo samo s celotnimi pasovi. Več o metodah, uporabljenih v naši raziskavi, je napisano v poglavju 3.2.

2.1.3 Primerljivost metod uporabljenih v literaturi s sodobnimi metodami uporabljenimi v Sloveniji

Metod, ki so uporabljene v dostopni domači in tuji literaturi, ne moremo direktno uporabiti pri vrednotenju rezultatov naših raziskav. Razlogov za to je več:

- Različnost kategoriziranja velikosti poškodb

V mednarodni literaturi se pojavljajo zelo različne definicije poškodbe sestoja. Večina starejših objav, - tujih in domačih, ima zelo široke razrede poškodovanosti, ki niso direktno primerljivi z našimi raziskavami.

- Različne delitve lokacije poškodb na drevesu

Glavna težava pri delitvi lokacije poškodb je ohlapnost delitve posameznih delov drevesa. Predvsem je to izrazito pri razmejitvi korenovca in debla. V starejših objavah je korenovec do višine 1 metra (Ivanek F., 1976; Ivanek F. in Krivec A., 1974), v novejših objavah pa kot korenovec razumemo spodnji del debla, do 0,3 metra višine od tal. Nekateri avtorji ugotavljajo le poškodbe na korenovcu in deblu, izpuščajo pa poškodbe korenin, vej ter krošnje (Južnič B., 1984; Žagar Z., 1982). V tujini so pristopi do tega vprašanja še bolj

raznovrstni, v nekaterih raziskavah (Siren M., 1981, 1982) na primer ločujejo le korenine in deblo.

- Starost poškodb

Ločitev starosti poškodb na stare, nove ter nove in stare je relativno nova. Uporabljati se je začela v devetdesetih letih, pomembna pa je predvsem za ugotavljanje akumulacije poškodb na drevesih. Zanima nas torej, katera oziroma koliko dreves je bilo poškodovanih v predhodnih posegih in koliko dreves je bilo poškodovanih pri zadnjem posegu v sestoj.

- Nezanesljivost vzroka nastanka poškodbe

Ugotavljanje vzroka poškodbe je zanesljivo le pri sprotne spremljanju dela v sestoj. Ugotovljena je bila neprimernost ugotavljanja vzroka poškodbe po opravljenem delu (Vintar M., 1995), zato nastanka poškodbe v naših raziskavah nismo proučevali. V tuji literaturi je pogosto ugotavljan vzrok nastanka poškodb.

- Ugotavljanje poškodb na vseh drevesih v sestoj, ali le na izbrancih

Takšen način spremljanja poškodb je poznan predvsem iz tuje literature. Ta podatek nas zanima predvsem, kadar skušamo poškodbe ekonomsko vrednotiti (Ivanek F., 1976). Glede na nizke odstotke poškodovanosti sestoja nekaterih tujih avtorjev menimo, da so popisovali poškodbe samo na izbrancih, saj drugače tako nizkega števila poškodb ne moremo tolmačiti. V svoji raziskavi na Finskem Siren (Siren M., 1981) ugotavlja 2 % poškodovanost, Eriksson (Eriksson H., 1981) na Švedskem 3 %, na Škotskem (El Atta H. A. in Hayes A. J., 1987) 2 % in v Rusiji (Georgievsky N. P., 1957) cit. po (Vasiliasuskas R., 2001) 4 % poškodovanost. V splošnem nas je tekom naših raziskav zanimal vpliv poškodb na gozd kot celoto, zato smo ugotavljali poškodbe vseh dreves s prsnim premerom nad 10 cm, pri nekaterih poskusih pa smo vključili tudi drevesa z manjšim premerom.

- Različno pojmovanje dreves v sestoj in ob vlakah

Različni avtorji postavljajo mejo, kje se konča področje ob vlaki in kje se začne sestoj precej različno. Pri metodi sprotne popisovanja (Ivanek F. in Krivec A., 1974) meja ni izrecno omenjena, avtorja opredelita, da so to poškodbe, ki nastanejo neposredno ob vlaki, medtem ko v drugih raziskavah (Žagar Z., 1982) to mejo začrtajo na 2-metrski pas na vsako stran vlake.

2.1.4 Dejavniki, ki vplivajo na poškodovanost sestojev

Dejavnikov, ki vplivajo na količino poškodb v sestoji je več in so med seboj povezani - kot sta povezana tudi sečnja in spravilo. Na število poškodb vpliva jakost odkazila oziroma sečnje, letni čas, terenske značilnosti, razvojna faza gozda, drevesna vrsta, terenske razmere, priprava dela in strokovni nadzor, uporabljena tehnologija in v veliki meri tudi človeški faktor, torej motiviranost in izurjenost delavca ter način plačila.

Številni avtorji ugotavljajo, da ti dejavniki vplivajo na kvaliteto izvedbe del na direkten in posreden način. Vpliv priprave dela na poškodbe so proučevali v Srbiji, kjer so ugotovili (Doležal B., 1984 cit. po Papac B., 1992) za 30 % zmanjšanje poškodb ob ustrezni pripravi dela. V Sloveniji je bilo ugotovljeno (Papac B., 1992), da je delavec povzročil vsaj 10 % poškodb pri sečnji in da se tem poškodbam da izogniti.

Vpliv nagrajevanja delavcev so proučevali v Švici, kjer so ugotovili, da pri spravilu lesa, plačilo po času zniža poškodovanost za 4,7 % (Butora A. in Schwager G., 1986). Isti vir trdi, da velikost poškodbe narašča z močjo stroja, dolžino sortimenta in velikostjo bremena. Pri nas je te odvisnosti proučeval Papac (Papac B., 1992), ki je ugotovil, da je najpomembnejši dejavnik poškodb dolžina sortimenta. Le-ta je pomembnejša kot dolžina privlačenja, volumen bremena in čas privlačenja. Naraščanja števila poškodb z velikostjo stroja (Nichols M. T. in sod., 1994) v ZDA niso ugotovili, je pa res, da je bila dolžina sečnih poti na hektar pri težjem stroju bistveno večja kot pri manjšem.

Na kitajskem (You X. in sod., 2009) so ugotovili, da je količina poškodb odvisna od jakosti sečnje, gostote sestoja in volumna drevesa, na Japonskem pa da je verjetnost poškodbe večja s povečevanjem volumna posekanih dreves in z zmanjševanjem razdalje do dreves ki so bila posekana ter do gozdnih prometnic (Tatsumi S., 2013).

Na Finskem (Siren M., 1981) so ugotavljali vpliv velikosti drevesa, jakosti sečnje in števila preostalih dreves, a je rezultate težko prenesti v naše razmere. V drugi raziskavi ugotavljajo, da sta glavna vplivna faktorja na količino poškodb število preostalih dreves in čas potreben za posek in izdelavo drevesa (Siren M., 1982). Na Norveškem pa so ugotovili (Fjeld D. in Granhus A., 1998) močne odvisnosti med poškodovanostjo sestoja ter interakcijo jakosti sečnje in tehnologije. Odstotek odstranjene temeljnice je pojasnil 22 % variance, odvzeti volumen 29 %, največjo pojasnjevalno moč pa je imelo razmerje projekcij krošenj, ki je pojasnilo 40 % variance. V novejših raziskavah je bilo ugotovljeno, da na verjetnost poškodovanosti najmočneje vpliva razdalja do najbližjega posekanega drevesa in posekana temeljnica v razdalji 25m (Siren, M., 2015).

V Sloveniji je Košir (Košir B., 2000) primerjal število drevja, jakost sečnje in gostoto sekundarnih prometnic za ugotavljanje poškodb drevja. Ugotovil je, da je količina

poškodovanosti drevja v sestoju odvisna od gostote sekundarnih prometnic in jakosti sečnje. Gostota prometnic na poškodbe ne vpliva direktno, temveč posredno preko razdalje zbiranja, saj so raziskave pokazale, da pri večji razdalji zbiranja lesa nastaja več poškodb (Butora A. in Schwager G., 1986). Prav tako delež poškodb ni neposredno odvisen od jakosti sečnje. Tudi ta odvisnost je posredna, saj je od jakosti redčenja odvisen delež poškodovanega drevja. Ugotavlja tudi (Košir B., 2000), da je število dreves na hektar boljši kazalec od starosti sestoja. S primerjavo modela in raziskav ugotovijo, da je najmanj poškodb v sestojih mlajših razvojnih faz in pri nižjih koncentracijah posekane lesne mase. Večja gostota prometnic pozitivno vpliva na zmanjšanje deleža poškodb, a je njen vpliv majhen. Delež poškodovanega drevja ob koncu proizvodne dobe je odvisen od števila posegov in od deleža poškodb po vsakem posegu (Košir B., 2000).

2.1.5 Poškodbe mladja

Del poškodb sestoja so tudi poškodbe mladja. Pod mladje uvrščamo vsa drevesa, ki imajo prsni premer manjši kot 10 cm. Zaradi zakona akumulacije poškodb v sestoju imajo poškodbe mladja posebno težo, saj drevo poškodujemo že v mladosti in se tako že zelo zgodaj uvrsti v kategorijo starih poškodb. Velik je tudi vpliv poškodb mladja na njegovo perspektivnost, saj je poškodovano mladje zlomljeno, poteptano, močno upognjeno, ali pa olupljeno (Košir B., 2008a).

Mladje običajno poškoduje pravilno sredstvo, predvsem pri zbiranju lesa s traktorjem, zato avtorji opozarjajo na pomembnost dobrega načrtovanja. Nenačrtovane vlake v mladih sestojih ne smejo biti tolerirane, hkrati pa morajo načrtovalci poskrbeti za ustrezno odprtost sestoja. Glede na odprtost sestoja avtorji ugotavljajo več odvisnosti. Večja, kot je površina mladja, večja je poškodovana površina. S tem je povezana tudi gostota načrtovanih vlak, saj večja kot je površina mladja, boljša mora biti odprtost s prometnicami za zagotavljanje kvalitetnega dela. Zanimivo je tudi, da večja kot je pomlajena površina, večje število vlak je bilo izmerjeno, ne glede na to, ali so bile načrtovane ali ne. Poškodbe mladja se povečujejo z velikostjo površine mladja. Največje poškodbe so ugotovljene pri 17 % pomlajene površine sestoja.

V raziskavi mladja (Košir B., 2008a) ugotavljajo, da se odstotek poškodovanosti mladja zmanjšuje proti koncu regeneracijskega obdobja, hkrati pa se povečuje delež poškodovanih letvenjakov. Celotno življenjsko dobo sestoja so glede na dinamiko poškodovanosti razdelili na tri obdobja:

- v prvi fazi, ko mladje postaja odrasel gozd poškodovanost narašča od nič in se med odstranjevanjem starih dreves, ki so oblikovala stari sestoj povečuje. Poškodovanost se zmanjšuje v naslednjem obdobju, ko je izvedenega malo redčenja,
- v drugi fazi, ko je mladje prisotno, a neperspektivno je čas, ko nas zanima obstoječi sestoj. Začne se prvo komercialno redčenje. Poškodovanost narašča, saj že s prvim

- redčenjem poškodujemo drevesa s prsnim premerom manjšim od 10 cm, ki so pomešana v obstoječih mladih sestojih,
- v tretji fazi, ko mladje postane perspektivno se poškodovanost zmanjšuje, saj je prisotnih vse manj odraslih dreves v pomlajencu. Večina odraslih dreves je že bila poškodovana.

Ugotavljajo tudi (Košir B., 2008a), da ni pomembne razlike med starostnimi razredi glede na sisteme gojenja gozdov. Razlog je v mozaični razporeditvi razvojnih faz, pri čemer razlika med sistemi gojenja ni vedno očitna. Iz raziskave izhaja še ena pomembna ugotovitev. Dokazano je bilo, da gostota vlak močno vpliva na poškodbe mladja. Torej boljša odprtost sestoja in posledično boljša dostopnost ugodno vpliva na zmanjševanje poškodb mladja, obenem pa boljša odprtost pomeni nekoliko več poškodb obstoječega sestoja.

Poškodbe mladja so ugotavljali tudi na Hrvaškem (Petreš S., 2004). V raziskavi so uporabljali traktorje, delo pa se je vršilo v hrastovih gozdovih. Ugotovili so poškodovanost mladja med 3,9 in 15,3 %. Navedeni odstotek velja za primerjavo vseh poškodovanih dreves proti vsem nepoškodovanim.

2.1.6 Delež poškodovanih dreves v sestoju po pridobivanju lesa

Ker sta sečnja in spravilo lesa povezana procesa, je veliko avtorjev ugotavljalo poškodbe sestojev ločeno, po sečnji in po spravilu. V iglastih sestojih na Pohorju (Ivanek F., 1976) so ugotovili 12 % poškodovanost po sečnji v letvenjakih, 6,7 % poškodovanost po sečnji v drogovnjakih in le 1,4 % poškodovanost po sečnji v debeljakih. V listnatih sestojih na kočevskem ugotavljajo (Južnič B., 1984), da je sečnja vzrok 18,7 % poškodb sestoja pri debelni in 11,2 % pri sortimentni metodi. Na brežiškem so ugotovili 37 % poškodovanost (Papac B., 1992), na novomeškem pa so ugotovili, da je kar 35,8 % poškodb nastalo zaradi sečnje (Šolar S., 1994). V raziskavi poškodovanosti sestojev v Sloveniji, glede na podatke iz ploskev popisa gozdov (Robek R. in Medved M., 1997) ugotavljajo 12,3 % poškodovanost sestojev po pridobivanju lesa. Nižji odstotki poškodovanosti so najverjetneje posledica nezanesljivosti ugotavljanja poškodb sestoja v večji časovni oddaljenosti od časa pridobivanja lesa in dejstva, da je ugotoviti dejanski vzrok poškodbe zelo težko, oziroma je obremenjeno s precejšnjo napako.

Redkeje v literaturi zasledimo samo ugotavljanje poškodb po sečnji - brez spravila lesa. V Iranu ugotavljajo 9,2 % poškodovanost po sečnji listavcev. Ugotovili so tudi, da v debeljaku največ poškodb povzroči sečnja debelih dreves (Azarnoush M. R. in sod., 2010), s čimer se strinjajo tudi naši avtorji (Šolar S., 1994). Pri sečnji iglavcev so poškodbe zaradi sečnje za 3 do 5 % manjše (Butora A. in Schwager G., 1986).

Povzamemo lahko, da slovenski avtorji ugotavljajo, da večino poškodb povzroči spravilo lesa. Ta pojav je dobro dokumentiran v domačih in tujih raziskavah. Na Češkem (Douda V., 1988b) so ugotovili 92 % poškodovanost zaradi spravila lesa. V Švici (Butora A. in Schwager G., 1986) so ugotovili, da sečnja poškoduje 37 % dreves, 63 % pa lahko pripišemo spravilu. Da so poškodbe po spravilu glavni vzrok za poškodbe sestoja v svojem preglednem članku ugotavlja tudi Vasiliauskas (Vasiliauskas R., 2001). Prav iz tega razloga se je proučevanje poškodb sestoja vse bolj premikalo k ugotavljanju poškodb na sestoji po opravljenem delu, torej po sečnji in spravilu lesa. Na ta način ugotovimo vpliv celotne tehnologije pridobivanja lesa na sestoj. Prav zato, ker gre za soodvisnost med poškodbami po sečnji in spravilu smo se odločili (Robek R. in Košir B., 1996), da bomo poškodbe po obeh fazah pridobivanja lesa obravnavali skupaj.

V literaturi najbolj pogosto uporabljenih kazalcev vpliva, ki ga ima tehnologija na sestoj, je vsekakor odstotek poškodovanih dreves v sestoji. Ta kazalec je pri nas uporabljan že v prvih raziskavah (Ivanek F., 1976), kjer je bilo ugotovljeno, da pri uporabi traktorskega spravila v smrekovih sestojih na Pohorju tehnologija poškoduje med 17 in 24 % sestoja v letvenjakih, med 17 in 20 % v drogovnjakih in med 19 in 20 % sestojev debeljakov. Narejene so bile tudi primerjave med debelno in sortimentno metodo, kjer (Južnič B., 1984) ugotavljajo, da je bila poškodovanost pri debelni metodi 18,7 %, pri sortimentni pa 11,2 %. Podatke iz ostalih raziskav povzemamo v preglednici 1.

Preglednica 1: Odstotek poškodovanih dreves v sestoju glede na različne Slovenske avtorje, posest, drevesno vrsto, razvojno fazo, čas sečnje in jakost odkazila

Avtor	Posest	Drevesna vrsta	Razvojna faza	Jakost odkazila [m ³ /ha]	Čas sečnje	Delež poškodovanih dreves v sestoju [%]
Papac B., 1992	Državno	Listnati sestoji	debeljak, drogovnjak	37	Letna	30
Šolar S., 1994	Državno	Mešani sestoji	debeljak,	60	/	29
Klun J. in Poje A., 2000	Državno	Mešani sestoji	debeljak	72	Letna in zimska	20
Serec T., 1997	Državno	Iglasti sestoji	mlajši debeljak	37	Zimska	41
Klančnik A., 2001	Zasebno	Iglasti sestoji	drogovnjak	42,8	Letna in zimska	24
Žun B., 2002	Zasebno	Mešani sestoji	debeljak, drogovnjak	7,7- 305	/	27

Na hrvaškem nekateri avtorji uporabljajo metodologijo, ki jo je razvil Ivanek, tako da so raziskave primerljive z njegovo. V listavcih so ugotovili (Martinić I., 1992), da je bilo po sečnji z motorno žago in spravilo s traktorjem poškodovanih 8,2 % sestoja. V podobni raziskavi (Krpan A. P. B. in sod., 1993) pa ugotavljajo 38,5 % poškodovanost v nižinskih hrastovih sestojih in le 7,4 % poškodovanost v bukovih sestojih. Treba je povedati, da so v nižini lahko traktoristi vozili prosto po sestoju. Razlika je težko razložljiva samo s tem faktorjem, saj so drugod (Suhartana S., 1997) ugotovili, da je razlika med prosto vožnjo v sestoju in vožnjo po vlakih manjša - avtorji navajajo 5 % večjo poškodovanost sestoja pri prosti vožnji po sestoju. Zelo nizke odstotke poškodovanosti sestoja so zabeležili v Gorskem Kotarju (Sabo A., 1999), kjer v iglavcih in listavcih ugotavljajo poškodovanost od 1,18 do 3,46 %. V Švici (Butora A. in Schwager G., 1986) so ugotovili, da traktorsko spravilo poškoduje 25 do 33 % stoječih dreves, spravilo z žičnimi žerjavi pa 34 % stoječih dreves. V Italiji raziskav o vplivih sodobnih in klasičnih tehnologij na poškodbe sestoja primanjkuje (Spinelli R. in sod., 2010), v raziskavi za klasične tehnologije ugotavlja $13,6 \pm 12,7$ % poškodovanost.

V Skandinaviji avtorji v splošnem ugotavljajo nižje stopnje poškodovanosti stoječega drevja. Razloge zato lahko iščemo v metodoloških razlikah.

2.1.7 Velikost poškodb preostalega drevja v sestoju

Velikost poškodbe je pomembna zato, ker je velikost poškodbe tesno povezana z verjetnostjo za okužbo poškodbe z glivami (Butora A. in Schwager G., 1986). Odstotek poškodovanih dreves ni dober kazalec za presojanje o tem, ali je ugotovljena poškodovanost sestoja lahko bistveno manjša od dejanske. Največji problem tega kazalca je sama definicija poškodbe, saj nam sprememba praga velikosti poškodbe spremeni delež poškodovanih dreves v sestoju.

Na začetku raziskovanja problematike poškodb so raziskovalci uporabljali razrede velikosti poškodb, ki so precej drugačni, kot ti, ki jih uporabljamo sedaj. Zasnova metodologija (Krivec A., 1975) je predvidevala delitev poškodb na precej obširne razrede. Le-ti so bili razdeljeni od 0 do 99, 100 do 299, 300 do 499 in nad 500 cm². To delitev in tej delitvi podobne delitve uporablja več slovenskih in hrvaških avtorjev (Ivanek F., 1976; Krpan A. P. B. in sod., 1993; Martinić I., 1992; Žagar Z., 1982), vendar so raziskave pokazale, da večine poškodb na ta način ne zajamemo. Kot ugotavlja že Ivanek, taka razporeditev razredov ni ustrezna, saj med delom v gozdu nastane veliko majhnih poškodb in relativno malo velikih. Njegove izsledke povzemamo v preglednici 2.

Avtor ugotavlja, da večina poškodb pri vseh tehnologijah nastane v prvih dveh razredih in sicer pri konjskem spravilu 90,4 %, pri prilagojenem kmetijskem traktorju (PKT) 69,4 %, in pri zgibnem traktorju 65,4 %. Njegovim trditvam pritrjujejo tudi raziskave iz tujine, ki jih lahko strnemo v misel, da je večina poškodb, ki nastanejo v sestoji manjša od 100 cm² (Siren M., 1981, 1982; Vasiliauskas R., 2001). V raziskavi so na Finskem (Fröding A., 1982) za zelo različne tehnologije ugotovili, da je 45 % poškodb velikosti do 100 cm², 21 % jih je velikosti od 100 do 200 cm², večjih poškodb pa je 34 %.

Preglednica 2: Deleži odrgnin po velikosti in metodi spravila (Ivanek F., 1976).

Razredi velikosti poškodb [cm ²]	Spravilno sredstvo		
	Konj	PKT	Zgibnik
Do 100	50,8	33,8	29,8
100 - 299	39,6	35,6	35,6
300 - 499	6,5	14,3	15,5
Nad 500	3,1	16,3	19,1

Glede na izsledke slovenskih raziskav na Pohorju, kjer so ugotovili večino poškodb v razredu do 100 cm², se pojavi bolj podrobna delitev, ki je bila namenjena predvsem ugotavljanju manjših poškodb in njihovega porazdeljevanja (Južnič B., 1984). Velikostni razredi so se ustalili šele po letu 1990. Podlaga za ustalitev razredov so bile raziskave, literatura iz tujine (Fröding A., 1992a) ter posvetovanje s kolegi s področja varstva gozdov (Košir B., 2012). Velikostne razrede poškodb in odstotke poškodb, ki so jih v posameznem razredu ugotovili slovenski avtorji, prikazujemo v preglednici 3.

Preglednica 3: Velikostni razredi poškodb sestoj in delež vseh poškodovanih dreves v posameznem razredu

Velikostni razredi [cm ²]	(Papac B., 1992)	(Šolar S., 1994)		(Klun J. in Poje A., 2001)	(Žun B., 2002)	(Serec T., 1997)
	Sečnja in spravilo	Sečnja	Spravilo	Sečnja in spravilo	Sečnja in spravilo	Sečnja in spravilo
Do 10	19	22	8	N/A	N/A	N/A
10 - 29	24	10	26	69	38	16
30 - 49	22	18	21	19	10	13
50 - 99	17	19	25	2	10	24
100 - 199	12	8	9	5	14	22
Nad 200	6	23	11	5	28	25

Velikostni razredi poškodb se tudi v mednarodni literaturi zelo razlikujejo. Na to opozarjamo zaradi možnosti primerjav. Na Finskem (Siren M., 1981, 1982) so uporabljali širine razredov poškodb z napredovanjem po 100 ali 200 cm², razredi pa so si sledili do 1600 cm². Na češkem so uporabljali razrede od 0-99, do 100-999 in nad 1000 cm² (Douđa V., 1988b), v Ameriški literaturi so razredi različni od raziskave do raziskave. Na razlike opozarjamo, saj je pri interpretaciji rezultatov potrebno veliko previdnosti. Največje težave pri študiju literature smo imeli z ugotavljanjem praga poškodbe, - torej ugotavljanja dejstva, kako velika mora biti poškodba, da jo še smatramo kot poškodbo. Veliko avtorjev tega podatka ne navaja, v literaturi pa se pojavljajo tudi primeri, ko manjše poškodbe zaradi gospodarske nepomembnosti tudi izpustijo in predstavijo le rezultate večjih poškodb.

2.1.8 Vrste poškodb preostalega drevja v sestoju

V literaturi lahko zasledimo tudi več ugotavljanja vrste poškodb (odrgnine, stisnine, zlomi vej, izruvano drevo). Pri nas se je s tem problemom v iglavcih prvič ukvarjal (Ivanek F., 1976). Ugotovil je, da so na terenu zabeležili 90 % odrgnin. Z vrsto poškodb, so se ukvarjali tudi drugi avtorji. Papac v listnatih sestojih (Papac B., 1992) ugotavlja, da se pri sečnji pojavljajo vse vrste poškodb: stisnine, odlomljeno deblo, odlomljene veje in veje na deblu v približno enakem deležu, dvakrat več je le odrgnin, pri spravilu lesa pa se pojavljajo le odrgnine in stisnine. Skupaj za sečnjo in spravilo v listnatih sestojih pa drugi avtorji (Šolar S., 1994) ugotavljajo, da odrgnine predstavljajo 69 % vseh poškodb, sledijo zlomi vej s 15 %, nato stisnine s 13 % vseh poškodb, izruvanin in ostalih poškodb pa je 4 %. Avtor torej ugotavlja, da veliko večino poškodb v sestoju predstavljajo odrgnine in stisnine - 82 %, kar se dobro ujema z ugotovitvami ostalih avtorjev.

2.1.9 Lega poškodb na drevesu

Glede lege poškodb na drevesu lahko ugotovimo dvoje:

- Razporeditev lege poškodb je odvisna od faze pridobivanja lesa (sečnja ali spravilo) in od uporabljene tehnologije.
- Načini ugotavljanja lege poškodb so v literaturi različni. Nekateri avtorji se ukvarjajo le s poškodbami korenin, korenovca in debla do 2 m višine, prav tako precej variira meja korenovec - deblo. Nekateri drugi avtorji pa ločijo le korenine in deblo (Siren M., 1981). Obstaja tudi več raziskav, kjer ugotavljajo poškodbe le na deblu.

Pri proučevanju razporeditve lege poškodb na drevesu pri spravilu lesa je bilo ugotovljeno (Papac B., 1992), da se 99 % poškodb pojavlja na koreninah, korenovcu in deblu do enega metra višine. Odnos med sečnjo, spravilom in lego poškodbe na drevesu pri listavcih prikazujemo v preglednici 4 (Šolar S., 1994). Avtor ugotavlja, da se pri sečnji največ poškodb pojavlja na krošnji in deblu, pri spravilu pa na koreninah in korenovcu.

Preglednica 4: Lega poškodb pri sečnji z motorno žago in spravilu s prilagojenim kmetijskim traktorjem (Šolar, S., 1994)

Lega poškodb na drevesu	Sečnja	Spravilo
Korenovec	6	41
Deblo	36	10
Krošnja	48	0
Korenine	2	49
Deblo in veje	8	0

Ugotovitve kasnejših raziskav o ugotavljanju poškodb po sečnji in spravilu lesa prikazujemo v preglednici 5. Iz preglednice je razvidno, da večina poškodb pri sečnji z motorno žago in spravilu s traktorjem nastane na korenovcu in deblu.

Preglednica 5: Ugotovljene lokacije poškodb na drevesu v odstotkih pri različnih avtorjih, glede na sestoje in tehnologije

Lega poškodb na drevesu	(Klančnik A., 2001)	(Žun B., 2002)	(Klun J. in Poje A., 2000)	(Serec T., 1997)
	Pretežno iglasti sestoji, PKT	Mešani sestoji, PKT	Mešani sestoji, zgibnik	Iglasti sestoji, zgibnik
Korenovec	48	36	21	28,5
Deblo	29	41	61	60
Krošnja	10	1	7	1,5
Korenine	7	12	6	6,5
Deblo in veje	6	10	5	3,5

Do podobnih rezultatov so prišli tudi tuji avtorji. Da se večina poškodb pri spravilu lesa pojavi na višini do dveh metrov od tal so ugotovili na Finskem (Siren M., 1981), poročajo pa tudi, da je pri zelo različnih tehnologijah (traktor, motorna žaga, stroj za sečnjo, zgibni polprikoličar, različne kombinacije) na korenovcu in koreninah 32 % poškodb, na deblu do treh metrov pa še nadaljnjih 54 % poškodb (Fröding A., 1982). V ZDA ugotavljajo, da se 82,7 % poškodb pri spravilu lesa z zgibnim polprikoličarjem pojavi na višini do 2,13 m od tal (Bettinger P. in Kellogg L. D., 1993). V Švici (Butora A. in Schwager G., 1986) ugotavljajo, da je 90,5 % poškodb na koreninah, korenovcu in deblu do 2 m višine. Na Hrvaškem (Krpan A. P. B. in sod., 1993; Sabo A., 1999) ugotavljajo, da se vse poškodbe pri iglavcih in listavcih pojavljajo na višini do 192 cm od tal. Bolj detajlno je poškodbe glede na lokacijo na drevesu pri listavcih razdelil Martinić (Martinić I., 1992). V raziskavi ugotavlja, da je največ - 71,5 % poškodb na korenovcu, sledi deblo z 19,8 %, bistveno manj poškodb pa je v krošnji 5,1 % in na koreninah 3,7 %.

2.1.10 Starost poškodb na drevesih

Ugotavljanje starosti poškodb je pomembno za ugotavljanje časa nastanka poškodb in za ugotavljanje predhodne poškodovanosti sestoja. S tem indikatorjem lahko ugotovimo, kakšna je bila poškodovanost sestoja zaradi predhodnih posegov ter kakšen je prirast poškodb po zadnjem posegu v sestoj. Dejstvo je, da se poškodbe v sestoju kopičijo (Košir B., 1998a, 2000), saj so po vsakem naslednjem posegu v gozd poškodovana povsem nova drevesa ter del dreves s starimi poškodbami. Pri naslednjih vračanjih v sestoj se nam dogaja, da imamo poleg nepoškodovanih še enkrat, dvakrat in večkrat poškodovane osebkke, del poškodovanih dreves pa se odstrani iz sestoja.

Preglednica 6: Starost poškodb glede na razvojno fazo in pravilno sredstvo Slovenskih in tujih avtorjev

Avtor	Mešanost sestojev, pravilno sredstvo	Razvojna faza	Starost poškodb		
			Nove	Stare	Stare in nove
(Šolar S., 1994)	Mešani sestoji, PKT	mlajši debeljak	52	29	19
(Klančnik A., 2001)	Pretežno iglasti sestoji, PKT	drogovnjak	53	45	2
(Douda V., 1988a)	Mešani sestoji, PKT	debeljak, drogovnjak	14	11	2
(Klun J. in Poje A., 2000)	Mešani sestoji, zgibnik	debeljak	10	42	10
(Serec T., 1997)	Iglasti sestoji, zgibnik	mlajši debeljak	20	53	26

Košir (Košir B., 1998a) ugotavlja, da se s starostjo sestoja večja delež starih poškodb in tudi drevja s starimi in novimi poškodbami. Analogno se manjša delež na novo poškodovanih dreves, saj je zato vse manj možnosti.

2.1.11 Vpliv časa izvedbe del na poškodbe sestoja

Čas sečnje, torej čas izvajanja del, je med pomembnejšimi dejavniki poškodovanosti sestojev. V grobem delimo sečnjo na letno in zimsko. Pozimi naj bi drevesa zaradi svoje neaktivnosti bila manj dovzetna za poškodbe. To domnevo potrjuje več domačih in tujih raziskav. V iglastih sestojih na Pohorju je bilo ugotovljeno (Ivanek F., 1976), da pri spravilu s prilagojenim kmetijskim traktorjem poleti nastane od 19 do 20 % poškodb, pozimi pa od 6 do 9 %. Pri spravilu z gozdarskim zgibnikom so deleži podobni; poleti od 17 – 19 %, pozimi le 10 %. V raziskavi, izvedeni v listnatih drogovnjakih in debeljakih, ugotavljajo (Žagar Z., 1982), da je odstotek poškodovanosti pri letni sečnji in spravilu za 13 % večji, kot pri delu pozimi. Do podobnih zaključkov so prišli tudi tuji avtorji, ki poročajo, da so zimske poškodbe manjše in ne tako globoke, kakor v poletnih sečnjah (Isomäki A. in Kallio T., 1974). Podobno ugotavljajo tudi v Švici (Butora A. in Schwager G., 1986), kjer so ugotovili, da je v poletnih sečnjah pogostost poškodb za 25 % večja, prav tako pa so pri spravilu ugotovili za 55 %, pri sečnji za 40 % večje poškodbe kot pri zimski sečnji.

2.1.12 Vpliv lokacije drevesa v sestoju na verjetnost poškodbe

Legi poškodb glede na lokacijo drevesa v sestoju je zanimiva, saj nam pove nekaj več o lokaciji drevesa v sestoju. V primerljivi literaturi zasledimo delitev na dva razreda (ob vlaki in v sestoju), pogosto pa tudi delitev na tri razrede (ob prometnici, v sestoju in na razlesnici).

S precejšnjo gotovostjo lahko trdimo, da večina poškodovanih dreves leži ob vlakah (Vasiliauskas R., 2001). V eni od finskih študij poročajo o 81 % poškodovanosti dreves blizu vlak (Hannelius S. in Lillandt M., 1970), v drugi pa o tem, da je le 10 % poškodovanih dreves v sestoju oddaljenih za več kot 5 m stran od sredine vlake. Podobno ugotavljajo v ZDA, kjer so ugotovili (Ostrowsky W. D. in Dirkman J. A., 1991), da je 82 % poškodb lociranih do 7,62 m od sredine vlake. V primerjavi več tehnologij ugotavljajo (Han H. S. in Kellogg L. D., 2000b), da je bilo v razdalji 4,6 m od sredine sekundarnih prometnic povzročenih 56 % poškodb sestoja pri žičnici, 64 % pri strojni sečnji in 80 % pri spravlilu s traktorji.

Razloge za takšno porazdelitev poškodb so podrobno razčlenjevali v Švici (Butora A. in Schwager G., 1986). V raziskavi so ugotovili veliko večjo poškodovanost dreves, ki so v pasu do 40 m od vlake. Ugotovili so, da je verjetnost poškodbe stoječega drevesa v sestoju večja, čim bližje vlake je. Razlog je v tem, da mimo dreves, ki so od vlake oddaljena 80 m poteka spravilo bistveno manjšega števila hlodov, kot mimo dreves, ki so od vlake oddaljena 10 m. Posledično je verjetnost za nastanek poškodbe na drevesih blizu vlake večja, saj se mimo njih spravlja večje število hlodov.

Pri nas je primerjava razlik med poškodbami v sestoju in ob vlakah (Ivanek F., 1976), pokazala, da značilnih razlik ni. Rezultate študije predstavljamo v preglednici 7. Kot vidimo, je poškodovanost glede na lokacijo precej variabilna. Ponekod odstotki poškodovanosti v sestoju celo presegajo poškodbe ob vlaki, drugje je poškodovanost v sestoju enaka poškodovanosti ob vlaki. Verjetnost nastopa poškodbe stoječega drevja upada z oddaljevanjem od prometnice, medtem ko verjetnost dotika s strani sortimentov narašča z približevanjem prometnici.

Preglednica 7: Strukturni deleži števila poškodovanih dreves v sestojih in ob vlakah glede na razvojno fazo in spravilno sredstvo (Ivanek F., 1976)

Spravilno sredstvo	Letvenjak (50-60 let)		Drogovnjak (70-80 let)		Debeljak (90-100 let)	
	PKT	Zgibnik	PKT	Zgibnik	PKT	Zgibnik
Lokacija poškodbe	V sestoju	Ob vlaki	V sestoju	Ob vlaki	V sestoju	Ob vlaki
V sestoju	23,1	16,0	20,0	16,3	17,9	19,4
Ob vlaki	37,2	26,1	15,6	21,1	29,2	20,8

Na Hrvaškem so v listavcih (Martinić I., 1992) ugotovili, da je v sestoji 61,5 % poškodb, ob vlaki pa le 38,5 %, torej je bilo poškodb v sestoji več kot ob vlakah. Bolj intenzivno se je s tem vprašanjem ukvarjal Papac (Papac B., 1992), ki je ponovil eksperiment podoben švicarskemu, a zmanjševanja poškodovanih dreves z oddaljenostjo od vlake ne ugotavlja. Razlog je lahko v precej majhnem vzorcu.

2.1.12.1 Raziskave poškodovanosti sestojev v severni Ameriki

Kot ugotavljajo že ameriški avtorji sami (Hassler C. C. in sod., 1999) je »Število različnih metodologij za ugotavljanje poškodb sestoja po pridobivanju lesa je skoraj enako številu študij«. Stanje se izboljša po letu 2000, saj se je stroka začela bolj aktivno ukvarjati z metodologijami. Predstavljena je metodologija (Stehman S. V. in Davis C. J., 1997) stratificiranega vzorčenja poškodb v sestoji, ki je razdeljen na stratum ob vlaki in na stratum v sestoji. Ob vlaki vzorčijo z metodo blokov v sestoji pa sistematično, z metodo krožnih ploskev. Z načini in stopnjami vzorčenja so se ukvarjali tudi drugi (Han H. S. in Kellogg L. D., 2000a), a nikjer ne omenjajo detajlne razdelite poškodb glede na velikost ali starost. Pozitiven vpliv teh del na nadaljnje raziskave je v tem, da definirajo poškodbe, kot poškodbe kateregakoli dela drevesa (ne samo debla) in da usmerjajo avtorje v ugotavljanje poškodb na vseh drevesih, ne samo na izbrancih, kar je v vseh Slovenskih raziskavah pravilo. Iz tega vidika so problematične primerjave s Hrvaškimi in severno-ameriškimi avtorji.

Primerjave med avtorji nadalje otežujejo tudi različne mere, s katerimi ugotavljajo poškodbe. Le-te so opredeljene, kot odstotki poškodovanih dreves glede na vrsto, skupno velikost odrgnine v kvadratnih čevljih na aker in odstotek odrgnin razdeljen v tri razrede glede na drevesno vrsto (Bettinger P. in Kellogg L. D., 1993). Kelley (Kelley R. S. in sod., 1983) poroča o odstotku poškodovanih dreves glede na premer drevesa. Drugo avtorji (Lamson N. I. in sod., 1985) uporabljajo za mero število uničenih dreves na aker (0,4047 ha), odstotek preostale temeljnice, ki je bila uničena in število dreves na aker z odrgninami. Prav tako uporabljajo za mero temeljnico po drevesnih vrstah in odstotek poškodovane temeljnice. Omenili smo samo nekaj primerov, a očitno je, da so primerjave že med samimi avtorji zelo problematične, če ne nemogoče. Dejstvo pa je, da so te študije med prvimi, ki omenjajo poškodbe pri delu s strojno sečnjo in stroji za podiranje in zbiranje lesa ter drevesno metodo. Iz tega razloga jih tudi omenjamo.

Prav tako v literaturi težko najdemo definicijo poškodbe, glede na njeno velikost. Šele Fajvan (Fajvan M. A. in sod., 2002) poda bolj detajlno definicijo velikosti poškodb. Poškodbe so ugotavljali na izbrancih in samo na prvih 4,9 m višine debla. Poleg tega so metodo izboljšali z ugotavljanjem poškodb na koreninah in korenovcu (30 cm od tal). Poškodbe na ostalih delih drevesa (drugi in tretji hlod ter krošnja) so ugotavljali le z odstotkom poškodovanosti. Velikost poškodbe delijo na tri razrede (Bustos O. in sod.,

2010): majhna poškodba je manjša od 65 cm^2 srednja sega od 66 do 323 cm^2 , velika poškodba pa je poškodba večja od 323 cm^2 .

V raziskavi sečnje z motorno žago in spravila s traktorjem ugotavljajo (Fajvan M. A. in sod., 2002), da je na ploskvah ostalo 1380 dreves, od tega je bilo 697 poškodovanih in 170 uničenih, torej je bila poškodovanost 37 %, ob 66,3 % intenzivnosti sečnje. V drugi raziskavi traktorskega spravila ugotavljajo poškodbe na 8,5 % debel izbrancev (Dwyer J. P. in sod., 2004). V listnatih sestojih so ugotavljali tudi poškodovanost dreves po opravljenem delu s traktorji (Lamson N. I. in sod., 1985). Ugotavljali so več vrst poškodb, od katerih nas najbolj zanimajo odrgrnine. Ugotovili so 15 % poškodovanost, sklepamo pa, da so ocenjevali poškodbe le na izbrancih. Povprečna velikost poškodbe je bila 70 cm^2 . Podobne deleže poškodovanosti ugotavljajo tudi druge (Verrier P., 1978). V mešanih gozdovih so ugotavljali poškodbe po spravilu lesa (Bustos O. in sod., 2010) z zgibnim polprikoličarjem (poškodbe po sečnji s strojem za sečnjo so predhodno izločili). Ugotavljajo 73 % poškodovanost dreves, od katerih je imelo manjše poškodbe debela 67 % poškodovanih dreves, večje poškodbe pa 32 % dreves. Prav tako poročajo, da je na ploskvah 27 % dreves utrpelo poškodbe korenin.

Različno poteka tudi označevanje in izbira drevja za posek. V splošnem lahko za evropske avtorje trdimo, da večina uporablja odkazilo dreves za posek, v Severni Ameriki pa uporabljajo več pristopov. Bettinger (Bettinger P. in Kellogg L. D., 1993) poroča, da je gozdar označil le drevesa, ki se jih ne sme posekati na majhnem delu površine, velikosti 1 ha. Na ta način je strojnik vedel kakšna lesna zaloga se pričakuje po poseku. Podobno so delali v več drugih raziskavah (Camp A. E., 2002; Dwyer J. P. in sod., 2004). V raziskavi (Cline M. L. in sod., 1991) izvedeni v listnatih in mešanih sestojih poročajo, da so ugotovili razliko med poškodbami v sestojih, kjer so drevesa odkazali, in tam, kjer jih niso. Razlika sicer ni značilna, a v označenih sestojih naj bi bilo poškodb več. V raziskavi v Mainu (Nichols M. T. in sod., 1994) so uporabili metodo blokov in odkazilo, pri katerem so uporabili označevanje dreves za posek.

Poškodbe pri popolni strojni sečnji v iglavcih je proučevalo več avtorjev. Ugotavljajo (Han H. S. in Kellogg L. D., 2000b), da stroj za sečnjo povzroči več poškodb (63,8 %), kot zgibni polprikoličar (28,6 %). V drugi raziskavi so ugotovili 29,4 % poškodovanost pri popolni strojni sečnji (Han H. S. in Kellogg L. D., 2000a). Spravilo lesa pa povzroči večje poškodbe, saj je bila povprečna poškodba po sečnji velika $55,8 \text{ cm}^2$, po spravilu pa $69,2 \text{ cm}^2$. Avtor ugotavlja tudi, da so poškodbe korenin po spravilu lesa večje. V izogib poškodbam pri sečnji priporoča optimalno gostoto sečnih poti in čim manj zavojev v izogib poškodbam pri spravilu lesa.

Poškodbe sestoja pri sečnjah za biomaso je ugotavljalo več avtorjev. Pri pridobivanju gozdne lesne biomase, za sečnjo večinoma uporabljalo stroje za podiranje in zbiranje lesa, za spravilo pa zgibne vertikalne traktorje s kleščami in sedlaste traktorje s kleščami.

Sortimenti se izdelujejo na skladiščih v gozdu. V iglavcih s temeljnico po poseku 17 m²/ha ugotavljajo 17,6 % poškodovanost preostalega sestoja (Ostrowsky W. D. in Dirkman J. A., 1991). Prav tako je raziskava pokazala izrazit trend zmanjševanja poškodb z oddaljenostjo od vlake. Raziskava je zanimiva tudi zaradi precej podrobnega spremljanja velikosti poškodb. Ugotavljajo, da je večina poškodb na deblu in koreninah manjših od 63,5 cm². Ugotovitve raziskave o velikostih poškodb prikazujemo v preglednici 8.

Preglednica 8: Odstotek poškodovanih dreves glede na velikost poškodbe v posameznih velikostnih razredih in lokaciji poškodbe (Ostrowsky W. D. in Dirkman J. A., 1991)

Velikostni razredi poškodb [cm ²]	Odstotki poškodb debla glede na velikostne razrede [%]	Odstotki poškodb korenin glede na velikostne razrede v [%]
63,5 - 190,4	50,4	36,6
190,5 - 317,4	20,5	26,4
317,5 - 444,4	10,1	12,7
444,5 - 517,4	6,5	7,1
517,5 - 698,4	4,1	4,2
698,5 - 825,4	3,3	2,3
825,5 - 952,4	1,2	3,1
Nad 952,5	4,0	7,7

Raziskava podobne biomasne tehnologije (Hartsough B., 2003), kjer je bil gojitveni predpis odstranjevanje vseh dreves s prsnim premerom med 10 in 25 cm je pokazala, da je bilo v sestoji po pridobivanju lesa poškodovanih 23 % izbrancev. Temeljnica pred redčenjem je znašala 37,4 m²/ha, po redčenju pa 21,1 m²/ha. Gostota dreves pred posegom je znašala 1280 dreves/ha, po posegu pa 343 dreves/ha.

Poškodbe pri žičničnem spravilu je ugotavljalo več avtorjev. 30 % poškodovanost je ugotovil Fairweather, S. E. (1991). Raziskava treh načinov redčenja (Kellogg L. D. in sod., 1986) je pokazala, da je pri goloseku na robnih drevesih 12 % poškodovanih, pri kratki razdalji med preostalimi drevesi so zabeležili 47 % in pri dolgi razdalji med preostalimi drevesi 61 %. Poroča tudi, da je večina poškodb nastala v razdalji 6,1 m od linije. Poškodbe po sečnji in spravilu so proučevali v Kaliforniji, kjer so ugotovili (Miles J. in Burk J., 1984) 25 % poškodovanost sestoja zaradi sečnje in 34 % poškodovanost zaradi spravila z žičnico. V Britanski Kolumbiji so ugotovili 33,2 % poškodovanost stoječega drevja (Howard A. F., 1996). Rezultate iz te raziskave prikazujemo v preglednici 9. Podobno, kot Miles in Burk so ugotavljali tudi poškodbe po vzroku. Ugotovili so, da sečnja poškoduje 14,5 % dreves, spravilo po trasi povzroči 19,2 %, največ poškodb pa povzroči privlačenje lesa do linije - kar 56,3 %. Zaradi dveh ali več vzrokov je bilo poškodovanih 9,9 % dreves.

Preglednica 9: Povzetek rezultatov raziskave; Podatki o sestoji pred sečnjo in po njej ter deleži poškodovanosti glede na velikost in lokacijo poškodb stoječih dreves v sestoji (Howard A. F., 1996)

Podatki o sestoji pred in po redčenju		Skupaj
Jakost redčenja [% volumna]		25 - 33 %
Povprečen prsni premer odstranjenega drevesa		20 - 22 cm
Povprečen prsni premer dreves, ki so ostala v sestoji		24 - 26 cm
Razredi velikosti poškodb [cm ²]	0 - 25	29,3 %
	26 - 100	27,0 %
	101 - 225	19,0 %
	Nad 225	24,6 %
Lokacije poškodb	Korenine	12,2 %
	Prvi meter	36,2 %
	Spodnja tretjina debla	9,1 %
	Srednja tretjina debla	0,8 %
	Zgornja tretjina debla	0,2 %
	Večkrat in na več mestih poškodovano drevo	41,6 %

2.1.13 Raziskave poškodovanosti sestojev s sodobnimi tehnologijami kratkega lesa

Hkrati z uvajanjem strojne sečnje oziroma sodobnih tehnologij kratkega lesa smo v Sloveniji začeli proučevati tudi poškodovanost sestojev. Tako že leta 2000 (Košir B. in Robek R., 2000) poročajo o uporabi metode ploskev s sistematičnim vzorčenjem pri ugotavljanju poškodb stoječega drevja. Ta metoda se uporablja tudi v vseh ostalih raziskavah na naših tleh. V tuji literaturi zasledimo več načinov vzorčenja. Med najbolj pogostimi so metode krožnih ploskev s sistematičnim, ali naključnim vzorčenjem ter metoda blokov.

2.1.13.1 Delež poškodovanih dreves v sestoji po strojni sečnji in izvozu lesa

V raziskavi na objektu, kjer so prevladovali iglavci, predvsem rdeči bor (Košir B. in Robek R., 2000), so pri iglavcih ugotovili 8 % poškodovanost dreves po strojni sečnji in spravilu lesa, pri listavcih pa 13 %. Vzorčili so na 2,6 % površine delovišča. Rezultati druge raziskave v iglavcih (Delavec J., 2003) se s to študijo precej dobro ujemajo, saj so ugotovili 8,2 % poškodovanost sestoja. Podatke o sestojih, v katerih so bile izvedene raziskave prikazujemo v preglednici 10.

Preglednica 10: Podatki o strojih in deloviščih ter gojitvenih parametrih Slovenskih raziskav

Avtor	(Košir B. in Robek R., 2000)	(Delavec J., 2003)
Sečnja	Timberjack 1270B	Timberjack 1270B
Spravilo	Timberjack 1410	Timberjack 1110
Drevesna vrsta	črni bor 16,4 %, rdeči bor 71,6 %, cer 8,1 %, ostalo 3,7 %	smreka 66 %, jelka 32 %, bukev 2 %
NMV [m]		1110 - 1260
Naklon		10°
Velikost delovišča [ha]		2,56
Število dreves pred redčenjem [n]	1646	
Lesna zaloga m ³ /ha	80 - 503	
Jakost odkazila		124,11 m ³ /ha
Jakost redčenja	25 % lesne zaloge, 77 m ³ /ha	31 % lesne zaloge
Povprečno neto drevo	0,11 m ³ /drevo	
Povprečno bruto drevo		0,22 m ³ /drevo

V tuji literaturi so razlike med raziskavami poškodovanosti precej velike. Na Slovaškem (Ferenčík M. in Stanovský M., 2011) so v dveh bukovih sestojih po strojni sečnji ugotovili 14 in 24 % poškodovanost sestoja. V Skandinaviji ugotavljajo nižje odstotke poškodovanosti, kot v naših raziskavah in v ZDA. Na Norveškem v smrekovih sestojih ugotavljajo (Fjeld D. in Granhus A., 1998) 11,6 % poškodovanost. Na Švedskem so v sestojih rdečega bora (Lageson H., 1997) za tri različne tretmaje ugotavljali poškodovanost okrog 5 %. Za redčenje tankih dreves (thinning from below) so ugotovili 5 % poškodovanost sestoja, za nadzorovano redčenje debelejših dreves (thinning from above) 4,6 % poškodovanost in za enak tretma brez nadzora 5 % poškodovanost. V drugi zelo obširni raziskavi poškodb sestoja v redčenjih (Fröding A., 1992b) so za strojno sečnjo ugotovili 5,9 % poškodovanost. Na Finskem so proučevali poškodbe sestoja po strojni sečnji (Siren M., 1982) in po spravilu z zgibnim polprikoličarjem (Siren M., 1981). Strojna sečnja je bila proučevana v 15 sestojih, kjer poročajo o povprečni poškodovanosti 11,1 %. Poškodbe so ugotavljali na več deloviščih, na katerih je poškodovanost segala od 5 % na najmanj poškodovanem delovišču, do 21,9 % poškodovanosti na najbolj poškodovanem delovišču. V raziskavi o spravilu lesa pa poročajo o izredno nizkih deležih poškodovanosti, ki naj bi dosegala le 1 % poškodovanosti. Razlog tako nizkih deležev najverjetneje leži v drugačnem načinu izračunavanja deleža poškodovanosti in v bistveno manjših gostotah drevja pri redčenjih.

V ZDA ugotavljajo precej višje deleže poškodovanosti. Razloge zato smo podrobneje predstavili v poglavju 2.1.12.1. Po strojni sečnji in spravilu v iglavcih (Bettinger P. in Kellogg L. D., 1993) ugotavljajo 39,8 % poškodovanost sestoja. Prav tako so v iglavcih v Oregonu (Han H. S. in Kellogg L. D., 2000b) ugotovili poškodovanost raziskovalnih sestojev v razponu od 31,9 do 41,3 %. Prag poškodbe v tej raziskavi je bil 60 cm². Višje odstotke poškodovanosti sestoja pa ugotavljajo v Washingtonu, kjer poročajo o 47 %

poškodovanosti. V Mainu (Heitzman E. in Grell A. G., 2002) so za smrekove sestoje ugotovili širok razpon poškodovanosti in sicer med 26,8 in 40,3 %.

2.1.13.2 Velikost poškodb na stoječih drevesih po strojni sečnji in izvozu lesa

Slovenski avtorji glede porazdelitve velikosti poškodb pri strojni sečnji ugotavljajo, da večina poškodb nastane do velikosti 100 cm². Na Žekancu (Košir B. in Robek R., 2000) je bil ugotovljeno, da do te velikosti nastane 67 % poškodb, drugi avtorji (Delavec J., 2003) pa poročajo o 54 % poškodovanosti sestoja.

Preglednica 11: Ugotovljeni odstotki poškodovanosti glede na posamezne razrede poškodovanosti sestoja

Avtor	Razredi velikosti poškodb [cm ²]				
	10 - 29	30 - 49	50 - 99	100 - 199	Nad 200
(Košir B. in Robek R., 2000)	28	26	13	13	21
(Delavec J., 2003)	36	9	9	0	46

Primerjave s tujimi raziskavami pokažejo na razlike v mejah razredov poškodovanosti. Bettinger (Bettinger P. in Kellogg L. D., 1993) poroča, da znaša skupna velikost poškodb na objektu 2,94 m²/ha ter da je velikost povprečne poškodbe 170 cm²/ha. Podobne enote uporabljajo tudi v Oregonu (Han H. S. in Kellogg L. D., 2000b), kjer poročajo o manjših skupni velikosti poškodb. Le-te so bile na dveh objektih med 2,43 in 2,54 m²/ha, na tretjem objektu pa so bile bistveno manjše - le 1,12 m²/ha. O nekoliko manjših poškodbah poročajo iz Slovaške, kjer (Ferenčík M. in Stanovský M., 2011) so ugotovili, da je velikost povprečne poškodbe 108 cm², ugotovljena skupna velikost poškodb pa je bila 1,81 m²/ha. Na Norveškem ugotavljajo (Fjeld D. in Granhus A., 1998), da je povprečna poškodba na drevesih s prsnim premerom manjšim od 10 cm 79 cm², za drevesa s prsnim premerom večjim od 10 cm pa je velikost povprečne poškodbe 105 cm². Bolj natančno o strukturi poškodb poročajo v Mainu, rezultate njihove raziskave podajamo v spodnji preglednici.

Preglednica 12: Rezultati raziskave (Heitzman E. in Grell A. G., 2002) ter ugotovljeni odstotki poškodovanosti glede na posamezne razrede poškodovanosti sestoja

Odstotek poškodovanosti [%]	Velikostni razredi poškodb [cm ²]					
	Nad 12,4	12,5-25,4	25,5-38,1	38,2-76,2	76,3-127	Nad 127
40,3	84,25	9,25	3,25	2,3	0,5	0,5
26,8	67,75	17,25	6,5	5,0	1,75	1,75

V raziskavi 403 sestojev na Švedskem (Fröding A., 1992b) poškodbe sestoja sicer precej podrobno delijo (preglednica 13), a je potrebno opozoriti, da vrednosti v preglednici veljajo za vse tehnologije, ne samo za strojno sečnjo.

Preglednica 13: Rezultati raziskave in ugotovljeni odstotki poškodovanosti ter razredi poškodovanosti sestoja

Avtor	Odstotek poškodovanosti [%]	Velikostni razredi poškodb [cm ²]			
		0 - 14	15 - 100	100 - 200	Nad 200
Fröding A., 1992b	5,9	23,9	11,3	1,1	1,2

Na Finskem v sestoju bora in smreke za kombinacijo več tehnologij sečnje in spravila ugotavljajo 71,5 % poškodb v razredu od 99 do 199 cm² in 28,5 % v razredu nad 200 cm² (Siren M., 1982). V drugi raziskavi, ki se je ukvarjala z različnimi spravilnimi sredstvi (Siren M., 1981), ugotavljajo 54,8 % poškodb v razredu od 99 do 199 cm² in 43,7 % v razredu nad 200 cm². Če povzamemo, lahko ugotovimo, da spravilo povzroča večje poškodbe.

2.1.13.3 Lokacija poškodb na drevju v sestoju po strojni sečnji in izvozu lesa

V Sloveniji ugotavljamo, da je pri strojni sečnji malo poškodb krošnje in vej. Na Žekancu so ugotovili (Košir B. in Robek R., 2000), da je na deblu nastalo 68 % poškodb, na korenovcu 13 % in na koreninah 11 % poškodb. Podobno ugotavljajo tudi na Gorenjskem (Delavec J., 2003), kjer so na deblu ugotovili 28 % poškodb, na korenovcu 36 % in na koreninah 36 % poškodb sestoja.

Ugotovitve iz tuje literature se skladajo z ugotovitvami naših raziskovalcev. Bettinger (Bettinger P. in Kellogg L. D., 1993) ugotavlja, da je večina poškodb blizu tal. Do višine 2,13 m so ugotovili 82,7 % poškodb. Treba je poudariti, da poškodb korenin v raziskavi niso ugotavljali. V Mainu so ugotovili, da so vse poškodbe na višini od tal do 2,7 m, vendar pa moramo povedati, da so v raziskavi ugotavljali le poškodbe debla. Na Slovaškem (Ferenčík M. in Stanovský M., 2011) so na deblu nad 1 m višine od tal ugotovili 25 % poškodb, na deblu do 1 m od tal 42 % poškodb, na korenovcu 22 % poškodb in na koreninah le 1 % poškodb. Na Norveškem (Fjeld D. in Granhus A., 1998) ugotavljajo 26 % poškodb na deblu nad 1 m višine od tal, na koreninah 12 %, največ poškodb, 62 % pa so ugotovili na deblu od tal do 1 m višine. Poškodb korenovca niso ugotavljali. Podobne so tudi izkušnje z Švedske, rezultate raziskave prikazujemo v preglednici.

Preglednica 14: Rezultati raziskave, in lega poškodb na drevesu v Švedski študiji

Avtor	Lega poškodb na drevesu		
	Nad 2 m	Od korenovca do 2m	Korenovec
Lageson H., 1997	33	62,2	4,8
	12,3	70,2	17,5
	20,1	61,5	18,4

V drugi švedski raziskavi (Fröding A., 1992b) ugotavljajo $82,3 \pm 2,0$ % poškodb debla in le $17,7 \pm 1,9$ % poškodb korenovca in korenin. Ugotovljeni podatki veljajo za več tehnologij, ne le za strojno sečnjo.

Na Finskem so za različne tehnologije spravila lesa v iglavcih (Siren M., 1981) ugotovili 55 % poškodb debla, 36,8 % poškodb korenin in 8,2 % poškodb korenovca.

2.1.13.4 Lokacija poškodb v sestoju po strojni sečnji in izvozu lesa

Tuji avtorji pogosto ugotavljajo poškodbe v sestoju glede na lokacijo drevesa. V raziskavi v smrekovih sestojih (Heitzman E. in Grell A. G., 2002) poročajo o izrazitem trendu večje poškodovanosti ob prometnici. Na prvem objektu so ugotovili 43 do 60 % poškodovanost dreves ob prometnicah, na drugem objektu, v katerem so delali z velikim strojem, pa so poškodovanosti nekoliko nižje in segajo od 30 do 43 %. Zanimivo je, da so z velikim strojem ugotovili nižje poškodovanosti dreves ob prometnicah. Res pa je, da so na obeh objektih delali različni strojniki.

2.1.14 Sklep pregleda literature

Iz pregleda literature lahko povzamemo, da metode raziskovanja poškodb sestojov v svetu in pri nas niso objektivizirane. Avtorji različno definirajo prag poškodbe, prav tako velikokrat izpuščajo ugotavljanje poškodb na določenih delih drevesa, ali pa poškodbe ugotavljajo le na izbrancih. Zaradi tega je rezultate raziskav težavno posploševati in uporabljati stare raziskave za neposredno primerjavo. Polemično vprašanje je, če so rezultati med seboj sploh primerljivi. Razlog za zelo nizke poškodovanosti nekaterih Hrvaških avtorjev je v dejstvu, da so poškodbe spremljali le na izbrancih, medtem ko razlogov za izredno nizko poškodovanost skandinavskih avtorjev še nismo uspeli doreči ugotoviti, menimo pa da gre za enak razlog, saj je tako nizko poškodovanost sicer nemogoče doseči. Poleg tega je velika težava tudi v pomanjkljivosti opisov sedanjega in predhodnega gospodarjenja z gozdom. Za dobro razumevanje dogajanja v sestoju je namreč potrebno opisati tudi način gospodarjenja. V primeru redčenj so pomembne informacije jakost redčenj, način, število ter cilj redčenj. Ni namreč vseeno ali redčimo zaradi zagotavljanja stabilnosti sestojev, ali zaradi ekonomskih razlogov.

Primerjave med raziskavami otežuje tudi dejstvo, da se s spremembo tehnologije spremeni tudi način in stopnja vzorčenja. Razlogov zato je več. Če primerjajmo strojno sečnjo in klasične oblike sečnje z motorno žago in spraviлом s traktorjem ali žičnim žerjavom, lahko ugotovimo, da je gostota prometnic pri strojni sečnji bistveno večja, kot pri klasičnih tehnologijah. Iz tega razloga so metode, ki so uporabne pri klasičnih tehnologijah neprimerne za uporabo pri strojni sečnji. Raziskovalci tako za proučevanje poškodb po strojni sečnji večinoma uporabljajo metode krožnih ploskev in blokov.

3 METODE

V tem poglavju bomo predstavili metode, ki so bile uporabljene v teku izdelave našega dela. Uporabljene metode lahko razdelimo na metode modeliranja in metode za zajem podatkov na terenu, ki smo jih nato uporabili pri modeliranju.

Metode ugotavljanja poškodb sestoja so metode, katere smo uporabljali za zajem podatkov na terenu, v poskusu kvantificiranja vplivov tehnologij na okolje. Podatkovne baze še niso popolne, a predstavljajo začetek poskusa kvantifikacije vpliva sodobnih tehnologij pridobivanja lesa na okolje v naših razmerah.

Vloga uporabe GPS sistema Trimble je bila predvsem vsestranska podpora raziskovanju, standardizacija vnosnih shem pri zajemu podatkov. Sistem je tudi omogočil hiter in učinkovit zajem podatkov o objektih z majhnim številom ljudi, potrebnih za izvajanje pregleda terena.

V drugem delu metod prikazujemo podatke o objektih, skupaj z načinom dela in morebitnimi posebnostmi, ki so se zgodile v času teka raziskave, saj so ti podatki pomembni za razumevanje razmer in okoliščin, v katerih se je delo na objektih izvajalo.

3.1 METODE ANALIZE PODATKOV IN MODELIRANJA

Za analizo podatkov o poškodbah sestoja po strojni sečnji smo uporabili program R verzijo 3.3.3 (2017-03-06) - "Another Canoe", Copyright (C) 2017 The R Foundation for Statistical Computing, Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit). V programu smo za obdelave podatkov uporabili orodje GLM, iz paketa »stats«, ki je uporabljano za prilagajanje generaliziranih linearnih modelov. Kot družino funkcij za prilagajanje distribuciji smo zaradi narave poškodovanosti dreves (je poškodovano oz. ni poškodovano) uporabili binomsko porazdelitev, ki je za takšne podatke primerna.

3.2 METODA UGOTAVLJANJA POŠKODB STOJEČEGA DREVJA

Cilj metode je ugotoviti deleže poškodb na nadmorskem drevju v sestoji po sečnji in spravi lesa. Poškodbe drevja na objektih so odvisne od velikega števila dejavnikov, med drugim tudi od uporabljene tehnologije.

Metoda ugotavljanja poškodovanosti sestojev se je tekom poskusov s povečevanjem našega znanja in spremembami v velikosti poskusnih objektov spreminjala. S spremljanjem poškodb v sestojih smo začeli že v devetdesetih letih, vendar so raziskovalci uporabljali metodo pasov, šlo pa je tudi za drugačne tehnologije. Metoda pasov za potrebe disertacije ni bila primerna, saj ni primerna za ugotavljanje poškodb na deloviščih, kjer je velika gostota prometnic, poleg tega pa zahteva tudi večje število popisovalcev. Razvoj metode je zato šel v smeri ugotavljanja poškodovanosti sestojev z metodo krožnih ploskev. Prednost te metode je v dejstvu, da lahko meritve na ploskvi izvaja en sam človek, čeprav je delo bistveno hitrejšo, če delata dva popisovalca. Poškodbe sestoja smo popisovali s pomočjo sistema Trimble, v katerega smo vnesli predkodirane obrazce.

Poudariti je potrebno, da smo ves čas raziskav vstajali pri enakih merah velikosti poškodb in načinu ugotavljanja le-teh. Poškodbe smo razdelili v 5 razredov, ki jih prikazujemo v preglednici 15, osnovna enota vzorčenja ni bila ploskev temveč posamezno drevo na ploskvi. Velikost poškodbe je definirana kot površina največje poškodbe na drevesu. Če je bilo drevo poškodovano večkrat se to odrazi v številu poškodb na drevesu. Pod velikost poškodbe pa zabeležimo le površino največje poškodbe na drevesu.

Preglednica 15: Razredi glede na velikost poškodbe

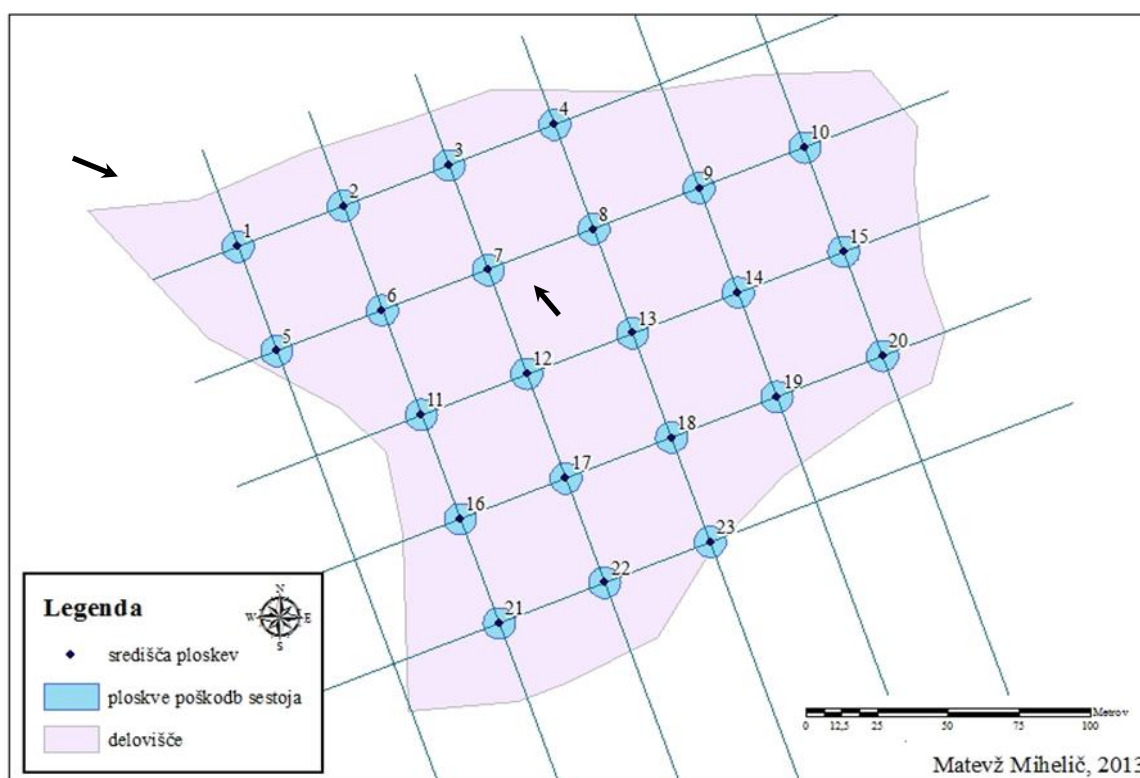
Razred poškodb	Velikost poškodb [cm²]
A	10 – 29,9
B	30 – 49,9
C	50 – 99,9
D	100 – 199,9
E	> 200

Za vse poškodbe smo na vseh objektih ugotavljali tudi njihovo lokacijo na drevesu. Zanimalo nas je, ali so poškodovane veje, deblo, korenovec ali korenine. Če so bile poškodbe na več mestih smo zabeležimo le lokacijo največje poškodbe.

Poleg velikosti poškodb smo na vseh objektih ugotavljali še starost poškodb (stara, nova ali nova in stara). Če je bilo poškodovano že prej smo zabeležili samo staro poškodbo, če pa je bilo poškodovano prej in sedaj smo zabeležili poškodbo ki je nova in stara. Pri ugotavljanju starih poškodb imamo bias na velike poškodbe (majhne izginejo), vseeno pa so stare poškodbe pomemben indikator preteklega gospodarjenja, ali pa vpliva okolja.

3.2.1 Ugotavljanje poškodovanosti sestojev z metodo krožnih ploskev

Metoda krožnih ploskev je relativno preprosta in hitra metoda za ugotavljanje kvalitete izvedenega dela. Najbolj primerna je za delovišča velikosti do 5 hektarov, ki pri nas prevladujejo. Pri tej metodi uporabimo sistematično vzorčenje delovišča s ploskvami velikosti 100 m². Vzorčimo, kot je razvidno iz slike 1- in glede na usmerjenost delovnega polja določimo azimut v katerem bodo postavljene ploskve. Število ploskev na delovišču, oz. stopnjo vzorčenja ugotovimo glede na velikost delovišča. Če je delovišče večje je stopnja vzorčenja manjša, če pa je majhno pa stopnjo vzorčenja povečamo (Mihelič in Košir, 2009). Stopnja vzorčenja je bila prilagojena glede na metode tujih raziskav (Fröding, 1992b).



Slika 1: Shematski prikaz vzorčenja ploskev na objektu

Pri metodi smo uporabljali stojalo, na katerega smo pripeli sekaški meter ali pa v tla zabili količek, na katerega smo meter pripeli. Popisovali smo vsa nadmerna drevesa v polmeru kroga 5,64 metra. Ker z večanjem nagiba terena postajajo ploskve vse manjše, smo uporabili korekcijo polmera ploskve (Mihelič in Košir, 2009). Podatke smo zapisovali na liste ali v dlančnik.

Metoda ne predvideva podrobnega popisa poškodovanega mladja, temveč le ocenimo delež zastrtosti z mladjem, upoštevamo pa le mladje omenjeno v gozdnogojitvenem načrtu. Delež ploskve, ki pade na vlako zapišemo in za ta odstotek zmanjšamo velikost ploskve.

Ker se je metoda spreminjala je potrebno omeniti še način dela na posameznih objektih.

Na objektih pri Treh križih in na Bradačevi frati smo določali lokacijo ploskev z busolo in metrom. Podatke smo zapisovali na liste (priloga 8.1), bistvena razlika z ostalimi objekti pa je bila v dejstvu, da smo podatke o deležu poškodovanosti zbirali za posamezno ploskev.

V Mozeljskem Šahnu pa smo lokacijo ploskev določali z uporabo sistema Trimble s sočasno korekcijo podatkov iz bazne postaje preko mobilnega telefona. Podatke smo zapisovali v dlančnik. Podatki za poškodovanost sestoj niso vezani le na ploskev, temveč na posamezno drevo na ploskvi.

3.2.2 Ugotavljanje poškodovanosti sestojev z metodo popolnega popisa

Metoda je primerna za ugotavljanje poškodovanosti sestoj na deloviščih manjših od enega hektarja in predvideva popoln popis vseh dreves in panjev na objektu. Zaradi tega je precej časovno zamudna.

Metodo smo uporabljali na objektih Osankarica in Goričko, kjer smo popisali poškodbe na vseh drevesih, ki so ostala na ploskvah, na katerih smo izvajali meritve učinkov stroja za sečnjo. Podatki o poškodovanosti so bili vezani na posamezno drevo (priloga 8.2).

Za vsako drevo smo zabeležili tudi njegovo lego (ob vlaki, v sestoju, ali na razlesnici), in jim izmerili premere, zabeležili smo tudi vse panje, njihovo starost in lokacijo (na vlaki, ob vlaki).

3.3 UPORABA GPS SISTEMA TRIMBLE

Za nakup submetrskega sistema Trimble smo se odločili zaradi prijaznosti uporabniku in dobrih izkušenj s strani GIS-a. Dejstvo je, da zaradi majhne količine razpoložljivih kadrov nismo mogli zagotoviti snemanja vseh sečnih poti ter profilov oziroma bi to lahko izvedli le shematsko, ne pa z dejanskimi meritvami. Poleg tega ni bilo mogoče zadovoljivo rešiti ugotavljanja pozicije strojev za sečnjo, saj ima merilec časovne študije preveč dela in ne more spremljati še premikov stroja.

Sistem Trimble sestavljajo antena, drog, nahrbtnik ter dlančnik GeoXT, predstavljamo pa ga na sliki 2. Poleg tega je na dlančniku naložena mobilna aplikacija Terra Sync, na osebem računalniku pa uporabljamo programski paket Pathfinder Office za prenos podatkov iz dlančnika na računalnik, postprocesiraje pridobljenih podatkov z podatki iz baznih postaj v Rinex formatu. Podatke iz dlančnika smo obdelovali z programom ESRI ArcGis verzij 9.2, 9.3 in 10.0.



Slika 2: Sistem Trimble

Lasten sistem Trimble smo uporabili pri snemanju vseh gozdnih prometnic pri vseh poskusih. Na poskusih na Osankarici, na Goričkem in v Mozelskem Šahnu smo z njim tudi ugotavljali lokacijo strojev za sečnjo in spravilo lesa in njihovo premikanje po sestoji. Antena sistema je bila montirana na strehi stroja ter povezana s sprejemnikom preko povezovalnega kabla.

S sistemom Trimble smo tudi posodobili pobiranje podatkov o poškodbah sestoja, saj program Pathfinder Office omogoča preprosto kodiranje obrazcev. To pomeni, da smo ugotovljene in zapisane parametre preprosto prenesli na računalnik v program ArcGis in nato izvozili direktno v MS Excel. Na ta način smo se izognili težavam s prepisovanjem podatkov ter napakam, ki se lahko pri tem opravilu zgodijo.

3.4 OPISI POSKUSOV

Poskusi izvedeni v okviru doktorske disertacije (Mihelič, 2014) so bili financirani s strani ciljnih raziskovalnih programov V4-0520 »Proučevanje ekosistemom prilagojenega gospodarjenja z gozdom« in V4-1126 »Možnosti in omejitve pridobivanja biomase iz gozdov«. Pri poskusih smo predvsem pridobivali podatke o učinkih, seveda pa so nas zanimali tudi vplivi na sestoj in tla, skupaj s tem pa smo tudi razvijali metode.

Poskusa izvedena v mariborskem in murskosoboškem GGO pa zahtevata nekoliko širšo razlago ozadja. Znotraj prej omenjenega ciljnega raziskovalnega programa deluje skupina za izdelavo vodil dobrega ravnanja za strojno sečnjo, ki je sestavljena iz predstavnikov Gozdarskega interesnega združenja, Zavoda za gozdove, Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov, Srednje gozdarske in lesarske šole Postojna, Gozdarskega inštituta Slovenije in Oddelka za gozdarstvo, Biotehniške fakultete. Skupina v podobni sestavi deluje že od leta 2008, glavni cilj pa je sestava vodil dobre prakse za strojno sečnjo.

Na sestankih v letu 2009 smo ugotovili, da nimamo dovolj podatkov in izkušenj s strojno sečnjo v redčenjih, zato smo se odločili, da je potrebno izvesti poskuse. K prizadevanjem raziskovalcev Gozdarskega inštituta Slovenije in Oddelka za gozdarstvo se je priključil tudi Zavod za gozdove Slovenije.

Zanimala jih je predvsem kvaliteta dela strojnika iz gozdnogojitvenega vidika, prav tako pa jih je zanimala kvaliteta dela strojnika, če drevje odkazuje sam. Zato smo poskus zastavili tako, da smo v objektih izbrali 6 linij dolžine približno 100 metrov in širine 19 metrov, nato pa je ZGS tri linije pripravil tako, kot je to stalna praksa (odkazilo s sprejem, označevanje sečnih poti), na drugih treh linijah pa se odkazila ni izvajalo, označilo se je le sečne poti. Na objektih so označili in popisali vsa drevesa po IUFRO klasifikaciji ter na neodkazanih linijah izvedli slepo odkazilo. Rezultati poskusa so objavljeni na spletu v obliki predstavitve (Živan, 2009).

Oddelek za gozdarstvo je na objektih izvedel časovne študije stroja za sečnjo ter zgibnega polprikoličarja, meritve vlage tal, nosilnosti tal, poškodb tal ter poškodb sestoja. Sodelavci z GIS so v raziskavi sodelovali s svojim certificiranim laboratorijem. Izvajali so ugotavljanje vlažnosti tal po standardiziranih metodah.

V maju 2009 smo člani skupine VDR skupaj z predstavniki Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter zaposlenimi Gozdnega gospodarstva Maribor izvedli izbiro objektov na Pokljuki in na Goričkem. Sledila je priprava in odkazilo, nato pa izvedba del s strani Gozdnega gospodarstva Maribor (na Pohorju) in Gozdnega lesnega gospodarstva (na Goričkem). Po koncu poskusov je ZGS v oktobru 2009 izvedel dvodnevno delavnico z naslovom »Pogledi na rabo sodobnih tehnologij strojne sečnje«, kjer smo izvedli predstavitev in predstavili preliminarne zaključke raziskav.

3.4.1 Stroji za strojno sečnjo in spravilo lesa

Na objektih na Bradačevi frati, pri Treh križih in v Mozelskem Šahnu so delo opravljali stroji v lasti Gozdnega gospodarstva Novo mesto in Gozdarstva Grče. Na vseh omenjenih objektih je sečnjo opravljal stroj za sečnjo John Deere 1470D, spravilo pa zgibni polprikoličar John Deere 1410D. Stroja sta bila nabavljena leta 2008.

Stroj za sečnjo John Deere 1470D spada v kategorijo težkih strojev za sečnjo in ima 3 osi. Namenjen je opravljanju končnih sečenj in redčenj v starejših razvojnih fazah, tako da je za delo na omenjenih objektih primeren. Stroj za sečnjo je težak 19700 kilogramov, z največjim dosegom hidravlične roke (CH8) 10,8 metra z dvižnim navorom 210 kNm in glavo za sečnjo H 480 z maso 1200 kilogramov. Višina stroja z lučmi znaša 4,00 metra. Sprednje štiri gume na stroju so bile: Nokian 650/60 26,5 forest king TRS, zadnji dve pa Nokia 700/70-34 Tractor special. Širina stroja na sprednjem delu tako znaša 3000 milimetrov, na zadnjem pa 2960 milimetrov.

Stroj za spravilo lesa John Deere 1410D ima 4 osi in je namenjen za delo v redčenjih in končnih sečnjah. Spada med velike zgibne polprikoličarje. Masa praznega stroja znaša 16500 kilogramov, na keson pa lahko naloži 17000 kilogramov tovora. Opremljen je s teleskopsko hidravlično roko CF772 z grabežem, z dosegom 7,2 metra in maksimalnim dvižnim navorom 1,25kNm. Gume na stroju so znamke Nokian Forest King, dimenzij 600/55R 26,5, kar pomeni, da je širina stroja 2890 milimetrov.

Na objektu Osankarica je sečnjo in spravilo lesa opravilo gozdno gospodarstvo Maribor d.d., na objektu Goričko pa podjetje Gozdno lesno gospodarstvo Murska Sobota d.o.o. Sečnja se je izvajala s strojem za sečnjo Eco Log 580 C, spravilo pa z zgibnim polprikoličarjem John Deere 1110. Stroj za sečnjo je bil kupljen leta 2008, zgibni polprikoličar pa leta 2006.

Stroj za sečnjo Eco Log 580 C spada v kategorijo težkih strojev za sečnjo in ima 3 osi. Namenjen je opravljanju končnih sečenj in redčenj v starejših razvojnih fazah, tako da za delo na objektu ni optimalen. Stroj za sečnjo je težak 18500 kilogramov, z največjim dosegom hidravlične roke 11,3 metra in glavo za sečnjo Log Max 6000 z maso 1330 kilogramov. Širina stroja znaša 2910 milimetrov. Sprednje štiri gume na stroju so dimenzij 600/55-26,5, zadnji dve pa 710/55-34.

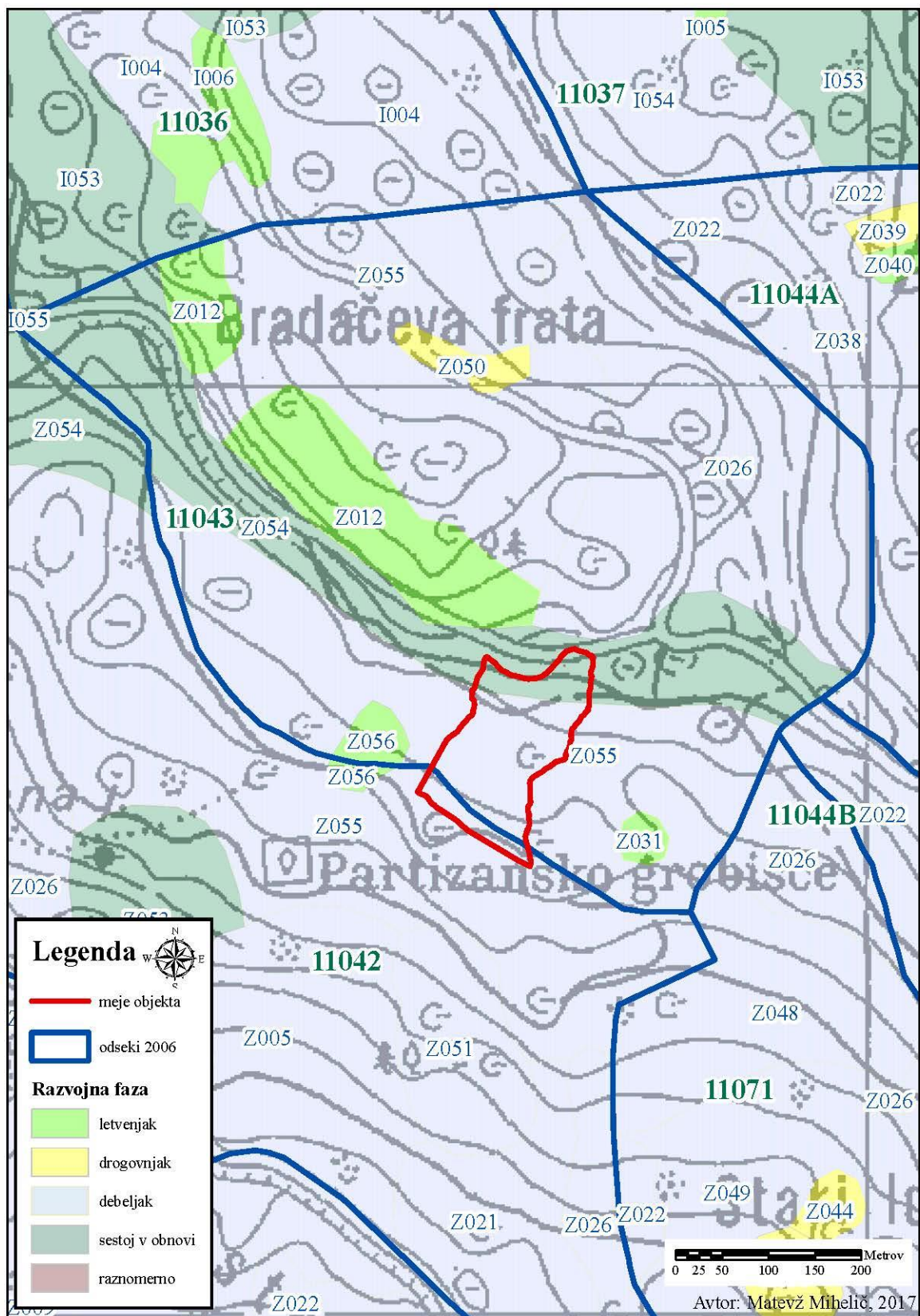
Stroj za spravilo lesa John Deere 1110D ima 4 osi in je nekoliko manjši od stroja John Deere 1410D. Masa praznega stroja znaša 14 600 kilogramov, na keson pa lahko naloži 12 000 kilogramov tovora. Opremljen je s teleskopsko hidravlično roko CF572 z grabežem, ki ima maksimalni doseg 7,2 metra in maksimalni dvižni navor 102 kNm. Gume na stroju so dimenzij 600/55-26,5, kar pomeni, da je širina stroja 2700 milimetrov.

3.4.2 Poskusni objekt Rog

Poskusni objekt Rog na katerem smo izvajali časovne študije stroja za sečnjo in zgibnih polprikoličarjev je del odseka 43, s krajevnim imenom Bradačeva frata in se nahaja v Gozdno gospodarski enoti Poljane, KE Podturn. Prikazujemo ga na sliki 3. Odsek je del novomeškega gozdnogospodarskega območja. Površina odseka je 45,07 ha, povprečni naklon v odseku znaša 18 %, kamnitost 16 %, skalovitosti pa 50 %. Odsek je primeren za traktorsko spravilo in je odprt v celoti, povprečna spravljalna razdalja pa znaša 250 metrov (Odseki, 2007).

Odsek v celoti zavzema gozdna združba *Omphalodo-Fagetum* (Marinček L. in sod., 2002). Matična podlaga na objektu je mešanica apnenca in dolomita. Tla na objektu so v večjem delu rjava pokarbonatna tla, ki so v nekaterih delih tudi izprana, pojavljajo pa se tudi sprsteninaste rendzine (Pedološka, 2007).

Poskusni objekt je del sestoja Z55 in Z54. Sestoj Z55 ima površino 20,82 hektara. Sestavljajo ga debeljaki z dobro zasnovano in tesnim sklepom. Lesna zaloga v sestoji je 310,73 m³/ha smreke in jelke ter 181,70 m³/ha bukve in javorja (Sestoji, 2008).



Slika 3: Situacija objekta Bradačeva frata

Na zgornji sliki prikazan objekt je objekt A2 in predstavlja del večjega objekta, na katerem je poškodbe sestoja ugotavljala mag. Černe (Černe M., 2016). Poskus je bil zastavljen tako, da smo sečno-spravilne enote razdelili v šest poskusnih polj. V njih je izmenično potekala ročno-strojna sečnja in traktorsko spravilo ter strojna sečnja in spravilo z zgibnim polprikoličarjem ter ročno predsečnjo. Na omenjenem objektu smo spremljali spravilo z zgibnim polprikoličarjem.

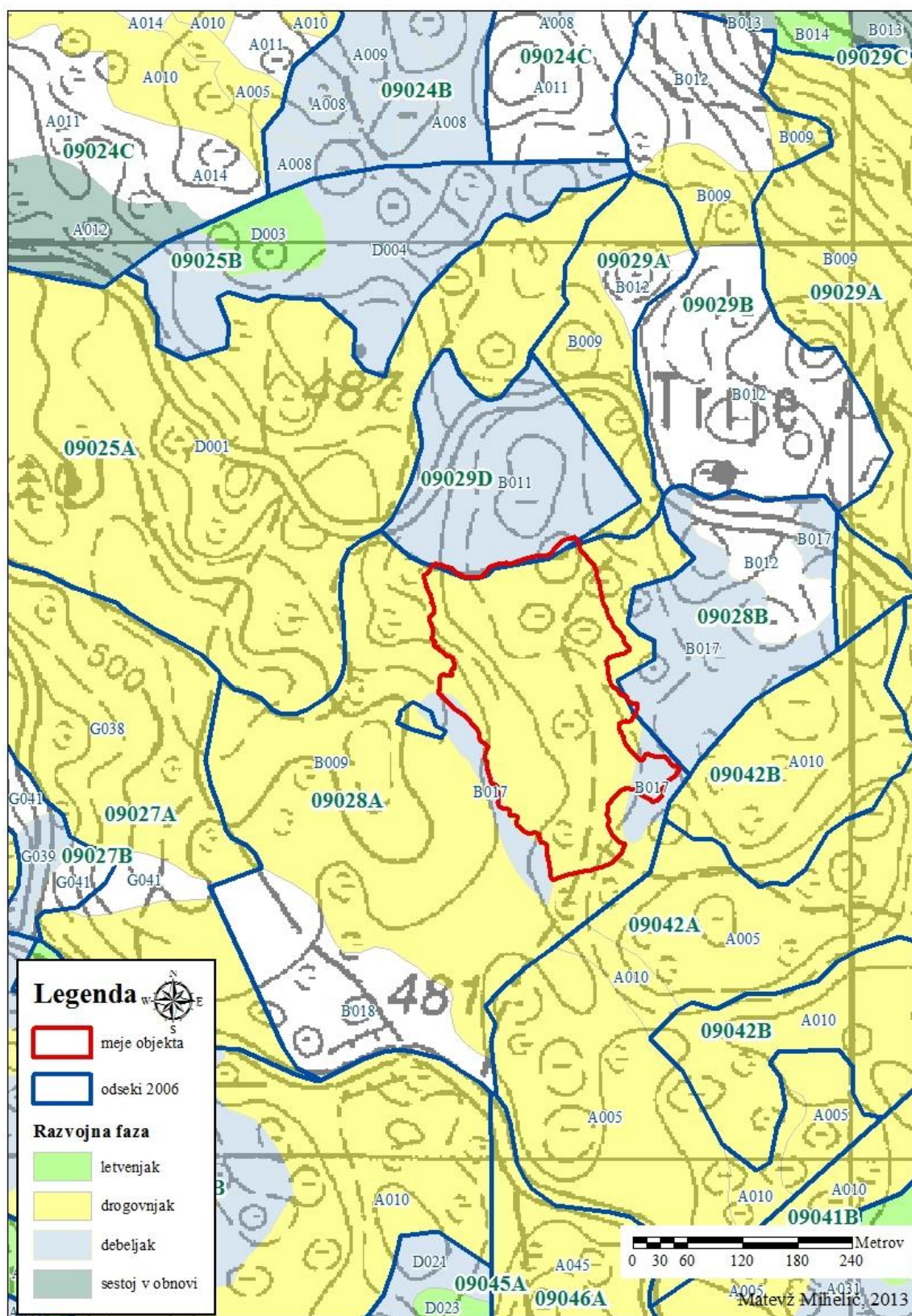
Poškodbe sestoja po sečnji in spravilu lesa so bile ugotovljene z metodo krožnih ploskev, s stopnjo vzorčenja 0,29, glede na površino pri strojni sečnji in 0,26 pri klasični sečnji (Černe M., 2016).

3.4.3 Poskusni objekt Trije križi

Poskusni objekt na katerem smo izvajali časovne študije zgibnih polprikoličarjev je del odseka 28A, s krajevnim imenom Trije križi. Prikazujemo ga na sliki 4. Odsek 28 je del kočevskega gozdnogospodarskega območja. Površina odseka je 21,94 ha, povprečni naklon v odseku znaša 5 %, kamnitost 5 %, skalovitosti pa v odseku ni. Gozd v odseku spada v kategorijo večnamenskih gozdov, ki so bili v preteklosti podvrženi premeni. Odsek je primeren za traktorsko spravilo in je odprt v celoti, povprečna pravilna razdalja pa znaša 300 metrov (Odseki, 2007).

Odsek v celoti zavzema gozdna združba *Asperulo odoratae-Carpinetum betuli*, tako kot na objektu Mozelski Šahen (Marinček L. in sod., 2002). Prav tako sta enaka matična podlaga in tla na celotnem objektu (Pedološka, 2007).

Poskusni objekt je del sestoja B9, ki ima površino 17,43 hektara. Sestavljajo ga drogovnjaki z dobro zasnovano in tesnim sklepom. Lesna zaloga v sestoji je 269,2 m³/ha smreke, 9,2 m³/ha bukve in 9,2 m³/ha belega gabra (Sestoji, 2008).



Slika 4: Situacija objekta Šahen

V odseku 28A je bilo predhodno opravljeno redno odkazilo, ki ga je opravil Zavod za gozdove Slovenije. V odkazilu močno številčno in volumensko prevladuje smreka (preglednica 16). Povprečen volumen bruto odkazanega drevesa je znašal 0,51 m³. Gostota odkazila glede na površino odseka znaša 56 m³/ha. Tarifa za smreko je bila 34, za bukev 32, za brezo pa 30.

Število dreves na objektu po redčenju je znašalo 886 dreves/ha. Do tega podatka smo prišli s pomočjo ploskev za ugotavljanje poškodovanosti sestoja, na katerih smo popisali vsa drevesa. Za izračun smo uporabili le ploskve, ki so ležale v sestoji, oziroma je manj kot 25 % ploskve ležalo na prometnici. S ploskvami smo vzorčili na 4,71 % objekta.

Preglednica 16: Povzetek odkazila v odseku 28A

Odkazana drevesa v odseku 28A	Število [n]	Bruto volumen [m ³]	Neto volumen [m ³]	Bruto volumen povprečno odkazanega drevesa [m ³ /drevo]	Neto volumen povprečno odkazanega drevesa [m ³ /drevo]
Smreka	2000	1033	878	0,52	0,44
Listavci	26	4	4	0,16	0,14
Skupaj	2026	1037	881	0,51	0,29

Dela na objektu so izvajali zaposleni podjetja Gozdno gospodarstvo Novo mesto d.d. in Gozdarstva Grča d.d.. Poskus pri treh križih je bil opravljen v sodelovanju z Gozdarskim inštitutom Slovenije. Raziskovalci Inštituta so opravili pripravo sestoja za strojno sečnjo in izvajali tudi časovne študije na stroju za sečnjo. Raziskovalci Oddelka za gozdarstvo pa smo ugotavljali učinke in izvajali časovne študije na zgibnem polprikoličarju ter s prej opisanimi metodami ugotavljali vplive na tla in sestoj.

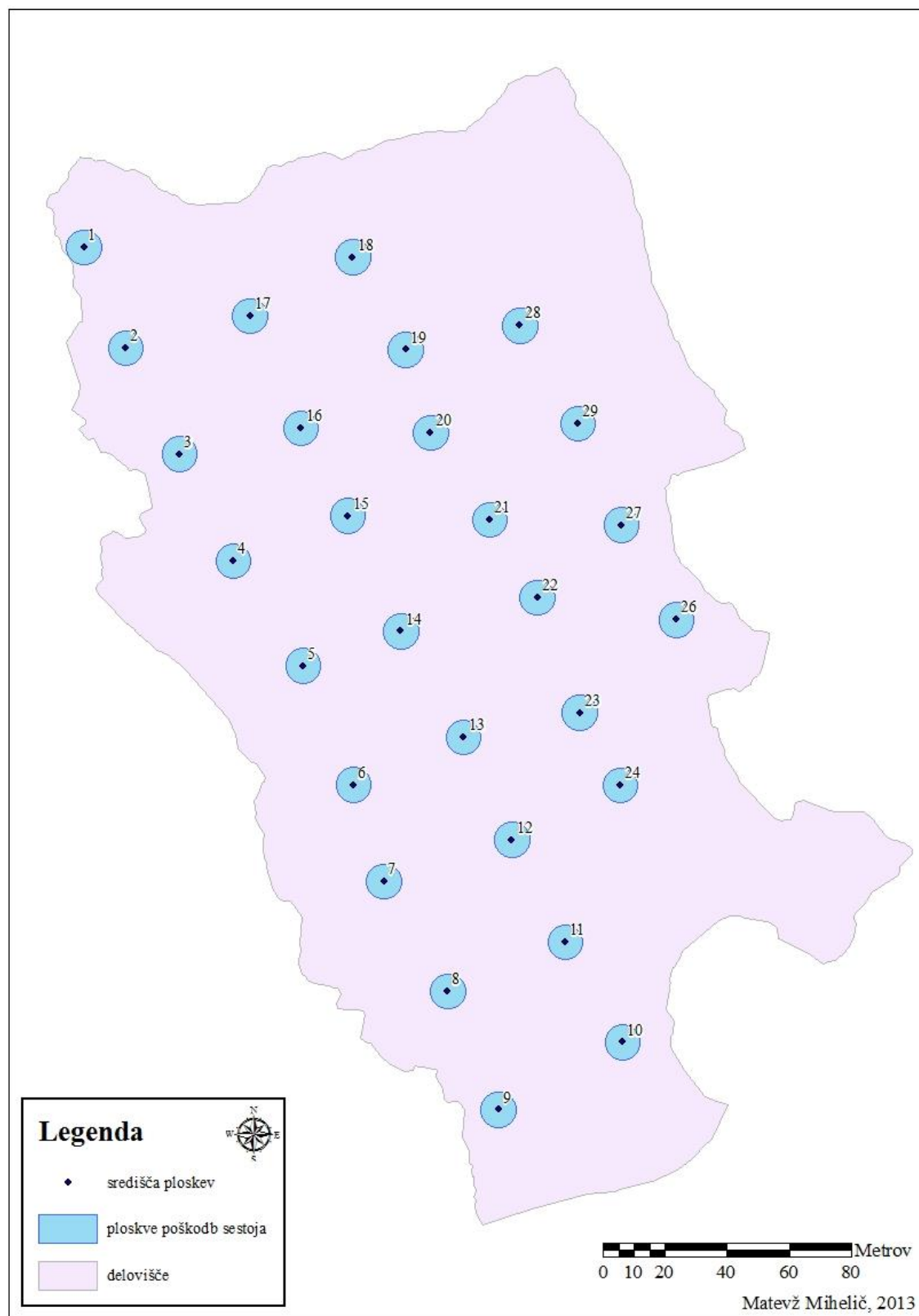
Poskusni objekt ima površino 5,52 ha, leži pa na nadmorski višini od 740 m do 774 m. Matična podlaga je apnenec, zato je na objektu več vrtač. Mladja na objektu ni v omembe vrednem deležu, zato je prehodnost terena izven prometnic lahka. Celotna dolžina vlak in sečnih poti na objektu znaša 3287 m. Povprečna odprtost objekta je 547,5 m/ha. Povprečna pravilna razdalja na objektu, izračunana z uporabo centroida objekta znaša 349,7 m.

Delo na objektu je potekalo od 12.8.2009 do 25.8.2009. Od 12.8.2009 do 21.8.2009 smo izvajali časovne študije in meritve učinkov stroja za spravilo, hkrati pa so potekale tudi meritve poškodovanosti tal. Po odhodu strojev iz objektov smo izmerili še poškodbe tal po zgibnem polprikoličarju in poškodbe sestoja.

Vse spremljano spravilo na objektu je vršil en strojnik z letom in pol delovnih izkušenj. Vedno smo merili delo strojnika v dopoldanskem delavniku, popoldne se je stroj prestavil na drugo delovišče.

Razmere za delo so bile v času poskusa ugodne, vreme je bilo skoraj ves čas sončno, temperatura na objektu je bila vse dni zelo podobna.

Na sliki 5 prikazujemo lokacije, število in površine ploskev, na katerih smo z metodo krožnih ploskev ugotavljali poškodovanost sestoja po strojni sečnji in spravilu lesa z zgibnim polprikoličarjem.



Slika 5: Prikaz ploskev na katerih smo ugotavljali meritve poškodb sestoja

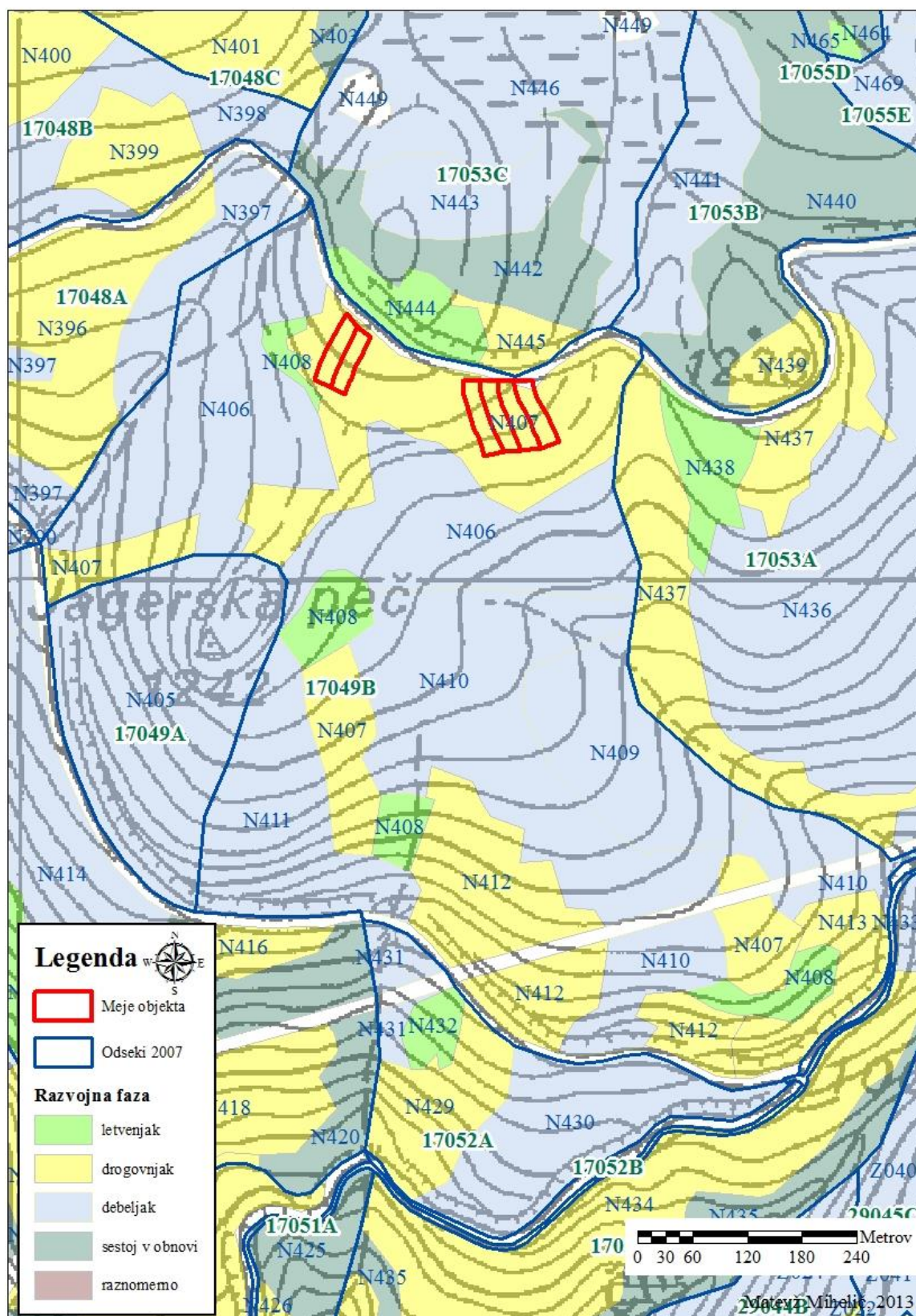
3.4.4 Poskusni objekt Osankarica

Poskusni objekt se nahaja v gozdnogospodarskem območju Maribor v gospodarski enoti Osankarica, odsek 49B. GE Osankarica leži na južnem pobočju masiva Pohorja in obsega 2756 ha, od katerih je večina v državni lasti. Najvišja točka gospodarske enote je Rogla s 1517 n.m.v., najnižja pa naselje Lukanja v oplotniškem jarku z 840 n.m.v. Za enoto so značilni številni vodotoki, ki oblikujejo zavoje, meandre in korita. Klima v enoti Osankarica je mešanica srednjegorsko alpskega in panonskega podnebja. Količina letnih padavin se giblje med 1200-1800 mm. Temperatura ima pomembno vlogo v višjih izpostavljenih legah, saj je, kot faktor v minimumu, omejujoča za rast listavcev (Gozdnogospodarski, 2005).

Odsek 49B leži na južnem pobočju z naklonom do 16° in ima valovit relief. Kamnitost je 5 %, skalovitosti ni. Površina odseka je 42,24 hektara (Odseki, 2007). Odsek v celoti zavzema gozdna združba *Galio rotundifolii-Abietetum albae*, oziroma združba bele jelke in okroglostne lakote (Marinček L. in sod., 2002). Sestoji so zaradi preteklega načina gospodarjenja spremenjeni (31 do 70 %). Danes v odseku prevladujejo sestoji smreke in bukve z mestoma večjo primesjo jelke vseh razvojnih faz. Odsek je uvrščen v gozdove vmesnih oblik, smreka in bukev sta v 7. tarifnem razredu (Gozdnogospodarski, 2005).

Matična podlaga na objektu je tonalit, ki ima kislo reakcijo in je mestoma nepropusten za vodo. Tla na objektu so tipična distrična rjava tla na tonalitu v 60 %, 20 % je distričnega rjavega rankerja, v enakem odstotku pa so prisotna tudi koluvialna distrična rjava tla. Po FAO klasifikaciji bi ta tla lahko uvrstili v tip distričnega kambisola (Pedološka, 2007).

Poskusni objekt je del sestoja N407. Sestoj ima površino 8,04 hektara, razvojna faza so drogovnjaki z dobro zasnovano in tesnim sklepom. Lesna zaloga v sestoju je 117,1 m³/ha smreke, 3,7 m³/ha bukve in 1,6 m³/ha gorskega javorja. Govorimo torej o iglastih sestojih s primesjo listavcev, kar je posledica preteklega gospodarjenja (Sestoji, 2008).



Slika 6: Situacija poskusnega objekta Osankarica

Poskusni objekt ima površino 1,2 hektara, leži na pobočju, na nadmorski višini od 1220 metrov do 1250 metrov. Celotna dolžina sečnih poti na objektu znaša 477 metrov, objekt pa odpira tudi 114 metrov cest. Povprečna odprtost objekta tako znaša 492 m/ha, od tega je odprtost s cestami 95 m/ha, odprtost s sečnimi potmi pa znaša 397 m/ha.

Gostota dreves na objektu po opravljenem delu je znašala 1951 dreves/ha. Gostoto smo ugotovili iz popisa vseh dreves na ploskvah. Iz ploskev smo ugotovili tudi gostoto dreves na objektu pred posegom in sicer tako, da smo vsem drevesom na ploskvi prišteli še vse popisane nove panje. Gostota dreves pred posegom znaša 2721 dreves/ha. Na objektu smo ugotavljali poškodbe sestoja na 21,7 % odstotka površine. Temeljnica po posegu na objektu znaša 38,67 m²/ha. Gostoto in temeljnico smo ugotovili iz popisa vseh dreves na ploskvah. Temeljnica je bila ugotavljana iz popisanih dreves v sestoji, katerim smo izmerili tudi prsni premer (skupaj s skorjo). Povprečni prsni premer sestoja po opravljenem posegu je znašal 15,0 cm.

Izbrani poskusni objekt je enostaven, ima zelo homogene razmere in homogeno sestojno zgradbo. Na Pohorju smo postavili 6 sečnih poti, dolgih 100 metrov in širokih 18 metrov. Sečne poti so bile slepe, postavljene neposredno ob gozdno cesto in na njo usmerjene pravokotno. Med seboj so bile vzporedne kar pomeni, da je bil razmik med sečnimi potmi enak. Sečne poti 1, 2, 3 in 4 so se med seboj stikale, poti 5 in 6 pa sta bili od ostalih linij oddaljene približno 110 metrov in del drugega sestoja, ki se je po dimenzijah dreves nekoliko razlikoval od sestoja, kjer so bile postavljene ostale štiri sečne poti.

Popis vseh dreves na linijah so izvedli zaposleni Zavoda za gozdove Slovenije. Znotraj sečnih poti smo postavili svoje ploskve velikosti 25×18 metrov, na katerih smo izvedli popolno premerbo odkazanih dreves, prav tako pa smo na drevesa napisali prsne premere zaradi ugotavljanja učinkov strojne sečnje. Na odkazanih sečnih poteh smo premere napisali le na odkazana drevesa, na neodkazanih poteh pa smo premere napisali na vsa drevesa na ploskvah, saj nismo vedeli katero drevo bo strojnik posekal.

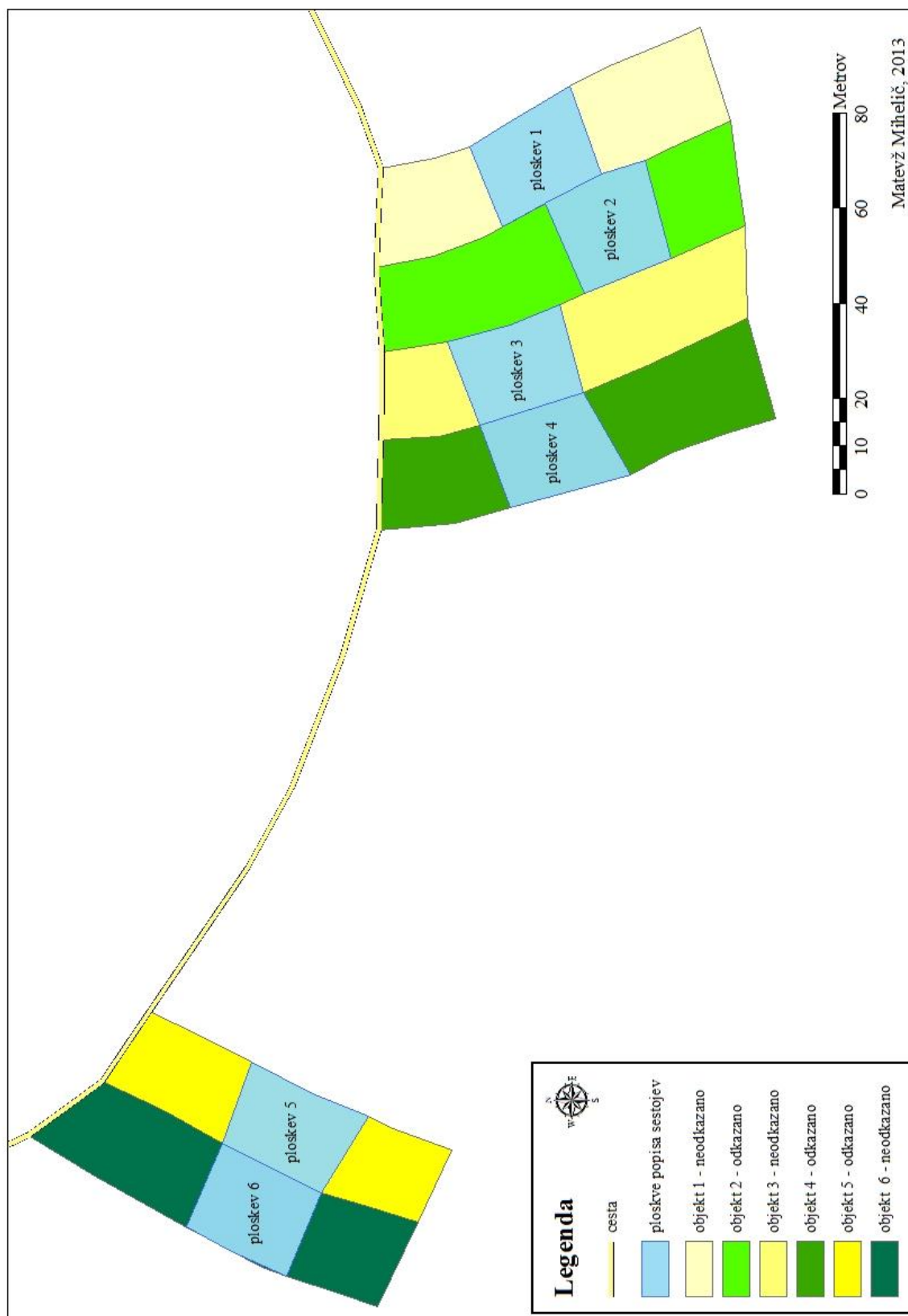
Stroja sta celoten čas poskusa delala brez nameščenih kolesnih verig ali verig v obliki gosenic. Normalna organizacija dela pri strojni sečnji je takšna, da strojniki na obeh strojih delajo 16 ur, nato pa so naslednji dan prosti.

Sečnjo na objektu je opravljal izkušen strojnik. V podjetju je začel delati kot sekač, nadaljeval pa kot traktorist. Po hujši poškodbi nog, zaradi katere ni bil več sposoben za delo sekača, mu je podjetje ponudilo možnost upravljanja stroja za sečnjo, ki jo je sprejel. Tako je eden redkih strojnikov v državi, ki ima gozdarsko in ne tehnično ozadje, kar pomeni, da je bil zelo primeren za poskus, v katerem je moral odkazovati sam. V času poskusa je imel tri leta izkušenj z upravljanjem stroja za strojno sečnjo. Spravilo na objektu sta vršila dva strojnika. Oba sta bila izkušena, eden s tremi leti dela s strojem, drugi pa z dvoletnim stažem.

Časovno študijo na obeh strojih je opravljala avtor doktorata, pomoč pri pripravi objekta, poškodbah tal in sestoji ter meritvah učinkov pa je opravljala študent.

Delo na objektu je bilo tekoče, brez strojelomov, v dobrih razmerah, z motiviranim strojnikom na stroju za sečnjo in motiviranim mlajšim strojnikom na stroju za spravilo lesa. Starejši strojnik na stroju za spravilo ni bil motiviran in je delal precej počasneje, kot je običajno.

Razmere za delo so bile v času poskusa ugodne, vreme je bilo skoraj ves čas sončno, temperatura na objektu je bila vse dni zelo podobna. Zjutraj ob 7:00 je bila minimalna 14°C, maksimalna pa 16°C, najvišja dnevna temperatura (ob 14:00) je znašala 20°C, najnižja pa 18°C. Povprečna zračna vlažnost je nihala med 70 in 95 %.



Slika 7: Objekt Osankarica; Prikaz objektov in ploskev za ugotavljanje poškodb sestojev

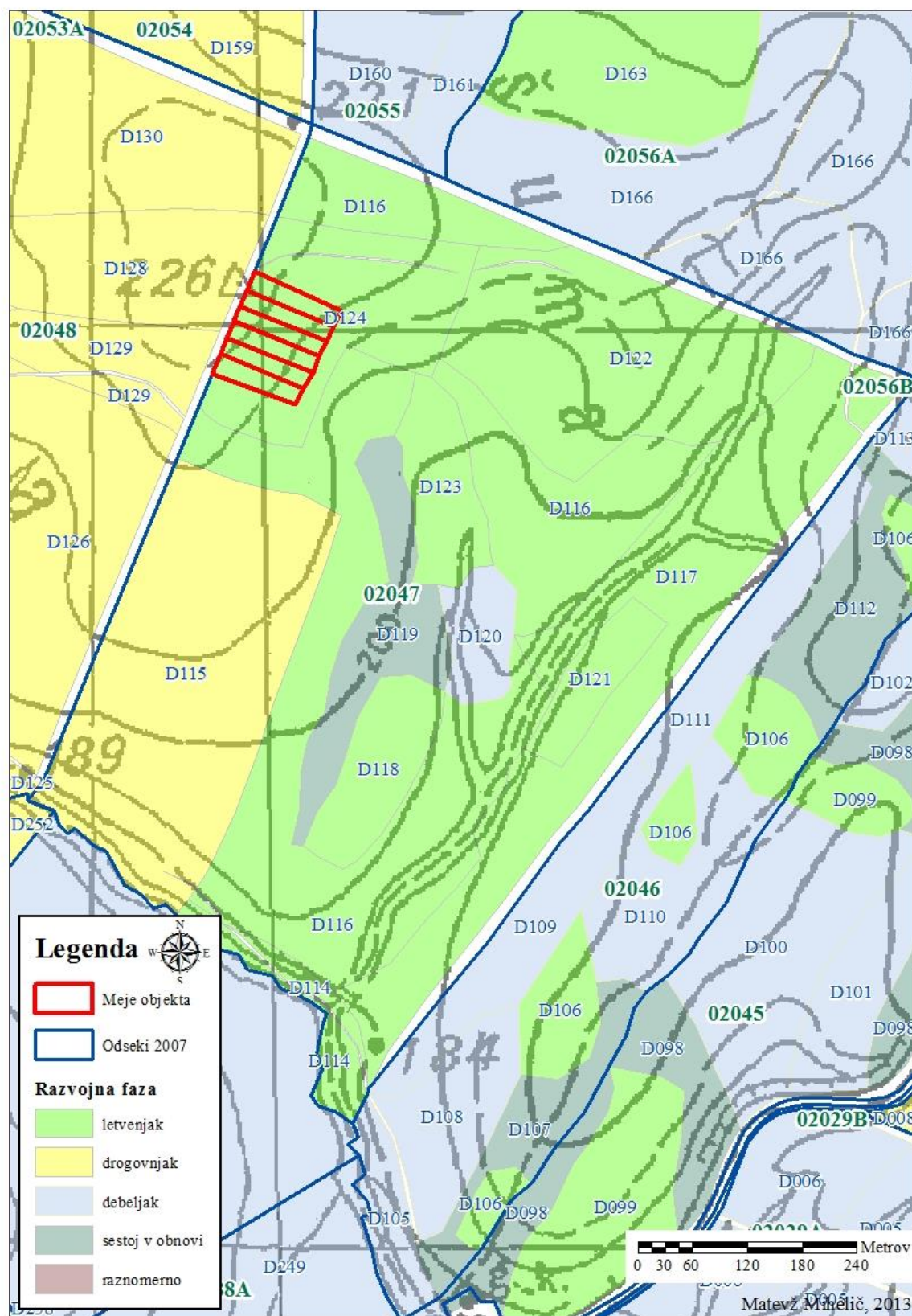
3.4.5 Poskusni objekt Goričko

Poskusni objekt se nahaja v gozdnogospodarskem območju Murska Sobota v gospodarski enoti Goričko obrobje, oddelek 47. Klima v enoti je subpanonska, količina letnih padavin je le 815 milimetrov na leto, kar je najmanj v Sloveniji. Odsek 47 leži na ravnini, z naklonom do 3 % in ima gladek do valovit relief. Površina odseka znaša 50,3 hektara. Kamnitosti, ali skalovitosti ni (Gozdnogospodarski, 2003). Odsek v celoti zavzema gozdna združba *Castaneo sativae-Fagetum*, oziroma združba bukve in pravega kostanja (Marinček L. in sod., 2002). Sestoji so zaradi preteklega načina gospodarjenja spremenjeni (31 do 70 %), saj se je gozd razvil na nekdanjih kmetijskih površinah. Danes v odseku prevladuje bukev v fazi drogovnjaka, gozd je enodoben, bukev in hrast pa sta v 6. tarifnem razredu (Gozdnogospodarski, 2003).

Matična podlaga na objektu so terciarni sedimenti, mestoma prekriti s pliocenskimi peščenjaki in terasastimi prodi. Tla na širšem območju sestavljaj pobočni, srednje globok distrični psevdoglej v 80 %, ostalo pa zavzemajo distrična rjava tla na pliocenskih nanosih (Pedološka, 2007).

Poskusni objekt je del sestoja D124. Sestoj ima površino 4,37 hektara, razvojna faza so drogovnjaki z dobro zasnovno in tesnim sklepom (Sestoji, 2008).

Popis vseh dreves na linijah so izvedli zaposleni Zavoda za gozdove Slovenije. Tudi na tem objektu smo znotraj sečnih poti postavili svoje ploskve velikosti 25×18 metrov, na katerih smo izvedli popolno premerbo odkazanih dreves, prav tako pa smo na drevesa napisali prsne premere zaradi ugotavljanja učinkov strojne sečnje.



Slika 8: Prikaz situacije objekta Goričko

Poskusni objekt ima površino 1,18 ha. Celotna dolžina sečnih poti na objektu znaša 583 m, objekt pa odpira 919 m dolga vlaka. Povprečna odprtost objekta tako znaša 1273 m/ha, od tega je odprtost z vlakami 779 m/ha, odprtost s sečnimi potmi pa znaša 494 m/ha.

Vse robne točke ploskev in vsa mesta količkov smo posneli z GPS instrumentom znamke Trimble, model GeoXT.

Gostota dreves na objektu po opravljenem delu je znašala 1875 dreves/ha. Gostoto smo ugotovili iz popisa vseh dreves na ploskvah. Iz ploskev smo ugotovili tudi gostoto dreves na objektu pred posegom in sicer tako, da smo vsem drevesom na ploskvi prišteli še vse popisane nove panje. Gostota dreves pred posegom znaša 2401 dreves/ha. Na objektu smo ugotavljali poškodbe sestoja na 23,9 % odstotka površine. Temeljnica po posegu na objektu je znašala 20,87 m²/ha. Gostoto in temeljnico smo ugotovili iz popisa vseh dreves na ploskvah. Temeljnica je bila ugotavljana iz popisanih dreves v sestoji, katerim smo izmerili tudi prsni premer (skupaj s skorjo). Povprečni prsni premer sestoja po opravljenem posegu je znašal 10,3 cm.

Razmere za delo so bile v času poskusa ugodne, vreme je bilo skoraj ves čas sončno. Minimalna temperatura na objektu merjena zjutraj ob 7:00 je znašala 17°C, maksimalna pa 19°C, najvišja dnevna temperatura (ob 14:00) je znašala 25°C, najnižja pa 11°C. Povprečna zračna vlažnost je nihala med 75 in 94 %.



Slika 9: Objekt Goričko; Prikaz ploskev za ugotavljanje poškodb sestoja

3.4.6 Poskusni objekt Mozelski Šahen

Poskusni objekt na katerem smo izvajali časovne študije zgibnih polprikoličarjev je del odseka 39A, s krajevnim imenom Mozelski Šahen, prikazujemo ga na sliki 10. Odsek 39 je del kočevskega gozdnogospodarskega območja. Površina odseka je 14,25 ha, povprečni naklon v odseku znaša 5 %, kamnitost 5 %, skalovitost pa 10 %. Gozd v odseku spada v kategorijo večnamenskih gozdov, ki so bili v preteklosti izmenjani. Odsek je primeren za traktorsko spravilo in je odprt v 90%, povprečna pravilna razdalja pa znaša 450 metrov (Odseki, 2007). Odsek v celoti zavzema gozdna združba *Asperulo odoratae-Carpinetum betuli*, oziroma drugotna združba navadnega gabra in dišeče lakote (Marinček L. in sod., 2002).

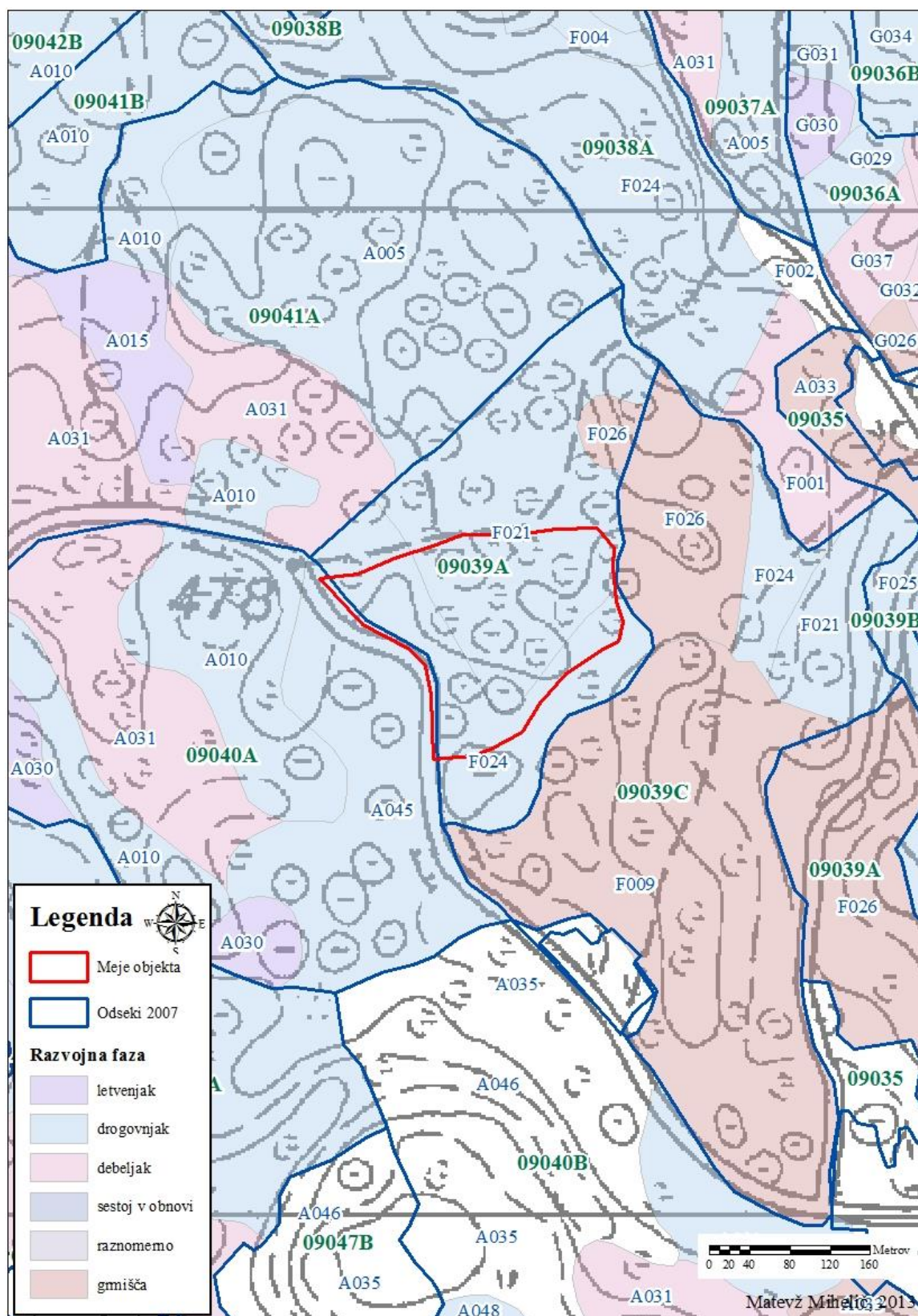
Matična podlaga na objektu je mešanica apnenca in dolomita. Tla na objektu so v večjem delu rjava pokarbonatna tla, ki so v nekaterih delih tudi izprana, pojavljajo pa se tudi sprsteninaste rendzine. Po FAO klasifikaciji bi ta tla lahko uvrstili v tip kromičnega kambisola (Pedološka, 2007).

Poskusni objekt je del sestojev F21 in F24 (slika 10). Sestoj F21 ima površino 5,7 hektara, sestoj F24 pa 3,4 hektara. V oba sestoja sestavljajo drogovnjaki z dobro zasnovano in normalnim do rahlim sklepom. Lesna zaloga v sestoju F21 je 241,6 m³/ha smreke, 2,4 m³/ha bukve in 4,9 m³/ha belega gabra. V sestoju F24 pa znaša lesna zaloga 367,7 m³/ha smreke, 3,8 m³/ha bukve, 3,8 m³/ha gradna in 3,8 m³/ha belega gabra. Govorimo torej o iglastih sestojih s primesjo listavcev, kar je posledica preteklega gospodarjenja (Sestoji, 2008).

Povzetek odkazila opravljenega v Mozelskem Šahnu prikazujemo v preglednici 17. Odkazilo je bilo redno in opravljeno pred sečnjo. V strukturi odkazila močno prevladujejo iglavci, pretežno smreka z manjšo primesjo rdečega bora. Povprečen volumen bruto odkazanega drevesa je znašal 0,93 m³. Gostota odkazila glede na površino odseka znaša 76 m³/ha. Tarifa za smreko v oddelku je bila 32, za listavce pa 30.

Preglednica 17: Povzetek odkazila v oddelku 39A

Odkazana drevesa v odseku 39A	Število [n]	Bruto volumen [m ³]	Neto volumen [m ³]	Bruto volumen povprečno odkazanega drevesa [m ³ /drevo]	Neto volumen povprečno odkazanega drevesa [m ³ /drevo]
Iglavci	2056	1987	1689	0,97	0,82
Listavci	236	142	123	0,60	0,52
Skupaj	2292	2129	1813	0,93	0,67



Slika 10: Situacija objekta Mozelski Šahen

Gostota dreves na objektu po opravljenem delu je znašala 643 dreves/ha. Iz ploskev smo ugotovili tudi gostoto dreves na objektu pred posegom in sicer tako, da smo vsem drevesom na ploskvi prišteli še vse popisane nove panje. Gostota dreves pred posegom je znašala 783 dreves/ha. Na objektu smo ploskve sestoj vzorčili na 4,03 % odstotka površine. Temeljnica po posegu na objektu znaša 36,11 m²/ha. Gostoto in temeljnico smo ugotovili iz popisa vseh dreves na ploskvah. Temeljnica je bila ugotavljana iz popisanih dreves v sestoj, katerim smo izmerili tudi prsni premer (skupaj s skorjo). Povprečni prsni premer v sestoj pred sečnjo je znašal 24,2 cm, po sečnji pa 24,4 cm. Povprečni prsni premer pred sečnjo smo ugotovili tako, da smo iz razmerja med premerom in korenovcem stoječih dreves ugotovili funkcijo in nato iz premera korenovca podrtih dreves sklepali na prsni premer.

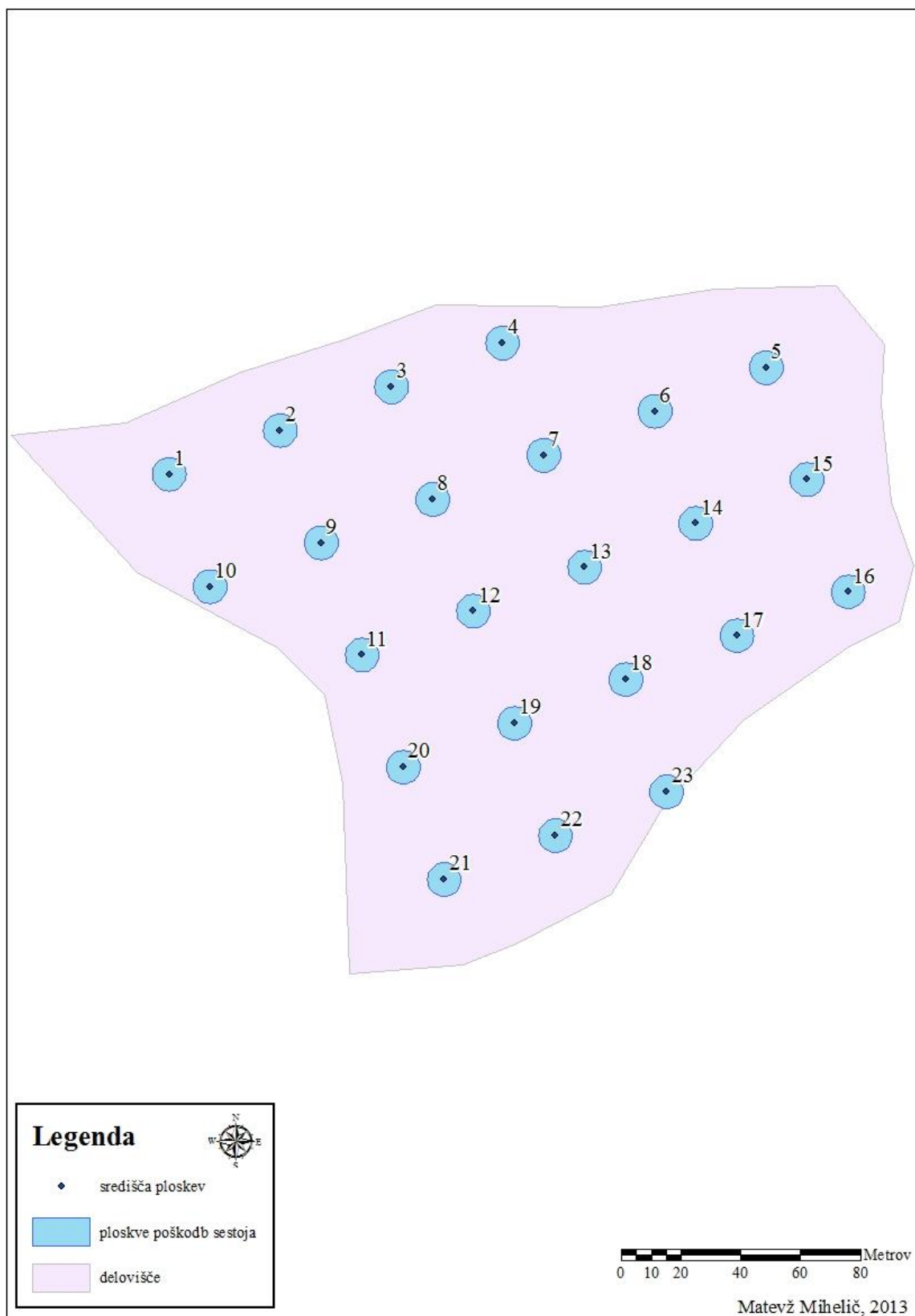
Delo na objektu je potekalo v maju in juniju 2011. Po izbiri objekta, ki smo jo izvedli skupaj z Zavodom za gozdove Slovenije je sledila priprava objekta na strojno sečnjo. V delu objekta smo zaradi ugotavljanja učinkov strojne sečnje na debela napisali premere.

Sečnjo in spravilo na objektu je opravljalo Gozdarstvo Grča d.d. s strojem za sečnjo JD 1470D Eco3 ter zgibnim polprikoličarjem JD 1410D. Stroja sta bila v času poskusa stara tri leta. Sečnja je potekala relativno hitro, z enim večjim zastojem. Organizacija dela in delavcev je bila dvoizmenska. Prvi delavec je delal od 6:00 do 14:00, drugi pa od 14:00 do 20:00. Delo s strojem za sečnjo je bilo opravljeno v enem dnevu- 2.6.2011. Celotno sečnjo smo nameravali opraviti z enim strojnikom, a zaradi strojeloma to ni bilo mogoče, saj so popravila vzela več kot tri ure časa. Stroj za sečnjo je delo na objektu opravil brez gosenic na sprednjih dveh kolesih, le na zadnjem kolesu je imel montirane verige. Zgibni polprikoličar je imel na zadnjih dveh kolesih montirane gosenice, na sprednjih dveh pa verige.

Med strojnikoma se pojavljajo razlike, kljub temu, da oba že tri leta delata na tem stroju. Prvi strojnik, ki je delal od 7:00 do 11:30 je delal slabše in počasneje kot drugi strojnik, ki je delal od 17:00 do 19:00. Pri delu prvega strojnika je bilo problematično predvsem izpuščanje odkazanih dreves, kljub temu, da so bila vidna, prav tako pa je slabo sortiral lesne sortimente- hlodovino, brusni les in celulozo je redno dajal na isti kup in tako povzročil nemalo težav pri spravilu lesa. Prav tako je prvi strojnik pokazal malo skrbi za poškodbe stoječega drevja.

Po opravljenem poseku je sledilo delo z zgibnim polprikoličarjem. Pred prihodom le-tega pa je bilo potrebno zabiti količke in nato opraviti meritve talnih profilov. Vlažnost in nosilnost tal smo ugotavljali med delom stroja za sečnjo. Delo zgibnega polprikoličarja se je začelo v petek, 3.6.2011 ob 8:00 s prvim strojnikom in je trajalo do 13:30 istega dne. Drugi strojnik je začel delo opravljati v ponedeljek 6.6.2011 ob 7:00, končal pa je ob 12:00. Prvi strojnik je bil relativno neizkušen, saj je na stroju delal le pol leta, medtem ko je bil drugi strojnik bolj izkušen, saj na stroju dela že več kot tri leta. Kvaliteta in hitrost dela sta bila usklajena z stažem delavcev. Prvi delavec se je zelo trudil delati hitro, a so bili njegovi učinki še zmeraj precej nižji od drugega strojnika. Imel je precej težav zaradi nesortiranih sortimentov, in naredil veliko nepotrebnih premikov po sečnih poteh. Prav tako se je s hidravličnim dvigalom ali sortimenti velikokrat dotaknil stoječega drevja in ga tudi poškodoval. Drugi strojnik je delal umirjeno a zelo usklajeno in hitro. Prikazal je zelo suvereno obvladovanje hidravlične roke in stroja. Za njegovo tehniko dela je bilo značilno večje število majhnih premikov med nakladanjem lesa, kjer je izvajal fino pozicioniranje stroja skupaj s hkratnimi premiki hidravličnega dvigala. Oba strojnika sta sortimente sortirala v gozdu, kljub temu pa je bila večina ciklov sestavljena iz kombinacije različnih sortimentov. Ciklov s čistim tovorom enega samega sortimenta je bilo zelo malo.

Vreme v času poskusov je bilo zelo spremenljivo, temperatura pa med 17 in 22 °C. Delo na objektu so vse dni spremljale plohe in nevihte, tla so bila ves čas zelo razmočena.



Slika 11: Objekt Mozelski Šahen; Prikaz ploskev za ugotavljanje poškodb sestoja

3.4.7 Poskusni objekt Vetric (Mislinja)

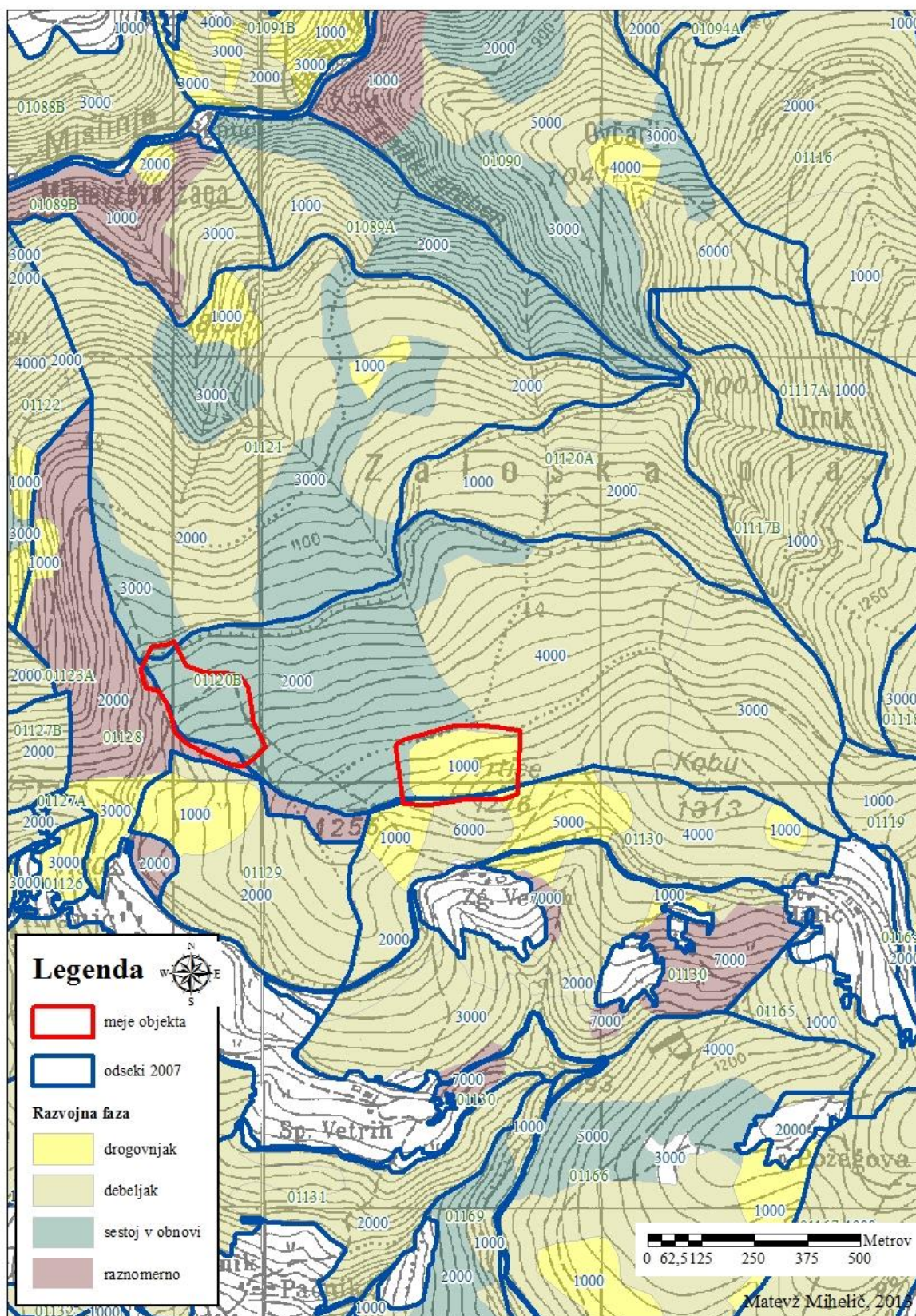
Poskusni objekt se nahaja v gozdnogospodarski enoti Mislinja, v odseku 112B, s krajevnim imenom Zaloh. Odsek je del gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec. Površina odseka je 76,78 ha, povprečni naklon v odseku znaša 20 %, kamnitosti in skalovitosti ni. Relief je valovit. Odsek spada v gospodarski razred visokogorski smrekovi gozdovi. Spravilno sredstvo je traktor, odprtost je 100%, povprečna spravilna razdalja pa znaša 400 metrov (Odseki, 2007). V odseku sta pomembni dve gozdni združbi: *Luzulo sylvaticae* – *Piceetum*, zastopan z 71 % ter *Luzulo albidae* – *Piceetum* z 29 % (Marinček L. in sod., 2002).

Matična podlaga na objektu je biotitno - muskovitni blestnik. Tla na objektu so v 60 % srednje globoka distrična rjava tla, v 30 % pa rankerji. Po FAO klasifikaciji ta tla uvrščamo v tip distričnega kambisola (Pedološka, 2007).

Poskusni objekt, kjer smo izvajali strojno sečnjo je del sestoja 1000 (preglednica 18), objekt, kjer smo uporabljali tehnologijo dolgega lesa pa je del sestoja 2000. Sestoj 1000 je v razvojni fazi letvenjaka s tesnim sklepom in površino 3,6 hektara, sestoj 2000 pa je v razvojni fazi debeljaka z normalnim sklepom in površino 28,9 hektara. Lesna zaloga v sestoj 1000 je 333 m³/ha iglavcev, predvsem smreke brez primesi listavcev. V sestoj 2000 znaša lesna zaloga 420 m³/ha iglavcev, predvsem smreke in 14 m³/ha bukve. Govorimo torej o skoraj čistih smrekovih sestojih s primesjo listavcev, kar je posledica preteklega gospodarjenja (Sestoji, 2008).

Preglednica 18: Povzetek odkazila v oddelku 112B (Odkazilni, 2012)

Odkazana drevesa v odseku 112B	Število [n]	Bruto volumen [m ³]	Neto volumen [m ³]	Bruto volumen povprečno odkazanega drevesa [m ³ /drevo]	Neto volumen povprečno odkazanega drevesa [m ³ /drevo]
Sestoj 1000- iglavci	567	194	165	0,34	0,28
Sestoj 2000- iglavci	75	90	76	1,2	1,01



Slika 12: Pregledna karta objekta Vetrih

Na objektu, kjer smo izvajali strojno sečnjo je bila gostota dreves pred delom 813 dreves/ha po opravljenem delu pa je znašala 613 dreves/ha. Gostoto smo ugotovili iz prsnih premerov in popisanih panjev. Na objektu smo ploskve sestoja vzorčili na 10,36 % odstotka površine. Temeljnica pred posegom je znašala 29,64 m²/ha po posegu pa 24,01 m²/ha. Gostoto in temeljnico smo ugotovili iz popisa vseh dreves na ploskvah. Temeljnica je bila ugotavljana iz popisanih dreves v sestoji, katerim smo izmerili tudi prsni premer (skupaj s skorjo). Povprečni prsni premer v sestoji pred sečnjo je znašal 24,7 cm, po sečnji pa 26,6 cm.

Na objektu, kjer smo izvajali spravilo s sedlastim traktorjem je bila gostota dreves pred delom 439 dreves/ha po opravljenem delu pa je znašala 351 dreves/ha. Gostoto smo ugotovili iz prsnih premerov in popisanih panjev. Na objektu smo izvedli popolno premerbo na ploskvi. Temeljnica pred posegom na objektu je merila 36,8 m²/ha, po posegu pa je padla na 36,11 m²/ha. Gostoto in temeljnico smo ugotovili iz popisa vseh dreves na ploskvah. Temeljnica je bila ugotovljena iz popisanih dreves v sestoji, katerim smo izmerili tudi prsni premer (skupaj s skorjo). Povprečni prsni premer v sestoji pred sečnjo je znašal 29,8 cm, po sečnji pa 30,8 cm.

Delo na objektu je potekalo v juniju 2012. Po izbiri objekta, ki so jo izvedli na gozdnem gospodarstvu Slovenj Gradec d.d., je sledila priprava objekta na strojno sečnjo. V obeh delih objekta smo zaradi ugotavljanja učinkov strojne sečnje na debela napisali premere.

Sečnjo in spravilo na objektu je opravljalo podjetje Gozdno gospodarstvo Slovenj Gradec d.d. s kombiniranim strojem za sečnjo in spravilo HSM 805F. Organizacija dela in delavcev je bila enoizemska. Na stroju je delal samo en strojnik, delavnik je bil od 6:00 do 15:00. Stroj je bil v času poskusa star eno leto. Strojnik na stroju za sečnjo ni bil izurjen. Drevesa s prsnim premerom nad 25 cm so povzročala manjše težave, drevesa s prsnim premerom nad 30 cm pa večje. Stroj za sečnjo je delal cel prvi in še del drugega dne (5 ur). Nato smo stroj predelali v zgibni polprikoličar, ki je les izvozil v dnevno in pol. Strojnik je bil navajen dela z zgibnim polprikoličarjem. Na stroju pri delu ni bilo nameščenih goseničnih, niti navadnih verig. Na spodnji sliki prikazujemo situacijo prometnic in lokacije ter številke količkov za ugotavljanje talnih profilov.

V drugem delu poskusa smo delali s kombinirano ročno – strojno sečnjo v debeljaku in starejšem drogovnjaku. Sečnja je trajala 1 cel delovnik ter tri ure drugega dne. Stroj za sečnjo je drevesa, katera je dosegel sam podrl, obvežil in zložil ob vlako. Ostalo drevje so proti vlaki usmerjeno podirali sekači, stroj pa jih je nato s hidravličnim dvigalom potegnil k vlaki, obvežil in pripravil za spravilo. Delo je bilo tekoče, zaznamovalo pa ga je več skorajšnjih nesreč, zaradi prisotnosti sekačev na delovišču.

Strojnik ni bil izkušen z delom v dolgem lesu, zato so bile poškodbe na sestoji večje, saj se je z drevesi pogosto dotikal stoječih dreves. Sistem dolgega lesa v taki obliki in intenziteti ni

primeren za redčenja v razvojni fazi drogovnjaka, saj je strojnik zaradi pomanjkanja prostora veliko časa porabil za manipulacijo debel.

Sledil je izvoz s sedlastim traktorjem. Tudi tu so bile večje težave z neizkušeno strojniki. Večkrat sem je namreč zgodilo, da je tovor zdrsnil iz sedla, kar je zmanjšalo učinke. Najverjetnejši razlog za to je bilo napačno zlaganje tovara.

Poškodbe sestoja smo na objektu, kjer smo izvajali strojno sečnjo ugotavljali z metodo krožnih ploskev. Sistematično smo postavili 31 ploskev in tako vzorčili na 10,36 % površine objekta. Na delu objekta, kjer smo izvajali traktorsko spravilo smo poškodbe sestoja ugotavljali z metodo popolne izmere na ploskvi.

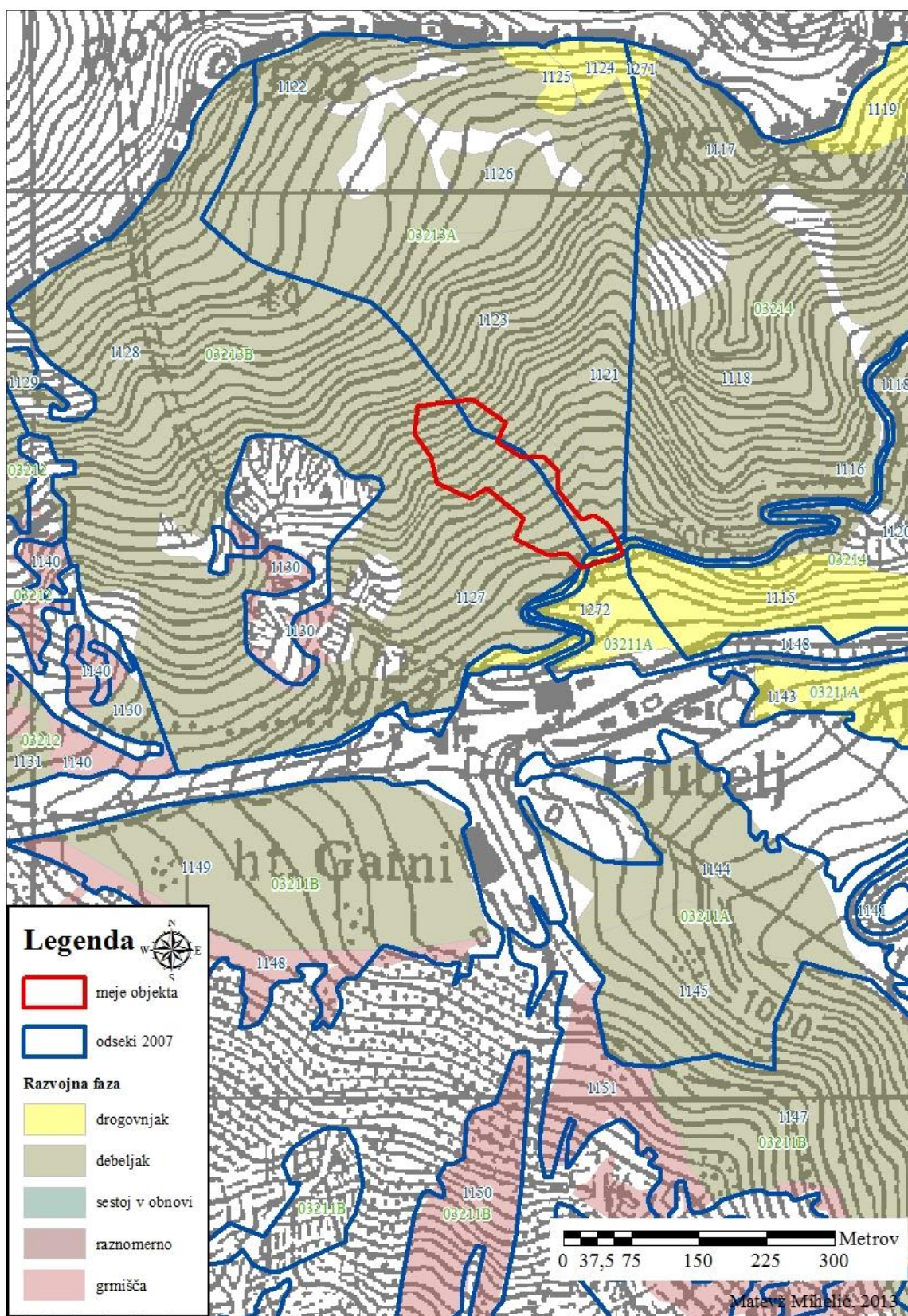
3.4.8 Poskusni objekt Ljubelj

Poskusni objekt se nahaja v odseku 3213B. Odsek je del gozdnogospodarskega območja Kranj. Površina odseka, ki leži na pobočju je 22,42 ha, povprečni naklon znaša 35 %, kamnitost je 30 %, skalovitost pa 35 %. Spravilno sredstvo je žični žerjav, odprtost je 80%, povprečna spravilna razdalja pa znaša 450 metrov. Gozdovi so ohranjeni (Odseki, 2007). V odseku prevladuje gozdna združba dlakavega sleča in navadnega slečnika z rušjem (Marinček L. in sod., 2002).

Poskusni objekt, kjer smo izvajali poskus je del sestojev 1127 in 1128. Sestoj 1127 je v razvojni fazi debeljaka s tesnim sklepom in površino 3,6 hektara, sestoj 1128 pa je v razvojni fazi debeljaka z normalnim sklepom in površino 18,8 hektara. Lesna zaloga v sestoju 1127 je 127,8 m³/ha smreke, 42,8 m³/ha macesna in 159,2 m³/ha bukke. V sestoju 128 znaša lesna zaloga 137,5 m³/ha smreke, 38,5 m³/ha macesna in 157,9 m³/ha bukke. Govorimo torej o skoraj mešanih sestojih smreke, bukke in macesna (Sestoji, 2008).

Matična podlaga na objektu je mešanica apnenca in dolomita. Tla so prhninaste in sprsteninaste rendzine. Po FAO klasifikaciji ta tla uvrščamo v tip rendzličnega leptosola (Pedološka, 2007).

Objekt leži na nadmorski višini med 1150 (cesta in stojišče) in 1336 m (glavno sidro), kar je po nekaterih priporočilih že blizu meje dopustne uporabe drevesne metode, ki pogojuje odstranitev vse nadzemne lesne biomase. Horizontalna dolžina linije je bila 260 m. Na objektu je bilo za posek ob prvem odkazilu označeno 316,23 m³, od tega 151,99 m³ listavcev ter 164,24 m³ iglavcev, vendar je bilo izvedeno še dodatno odkazilo. Ti gozdovi imajo status varovalnih gozdov, saj poraščajo zelo strme in mestoma skalovite terene. Gradnja prometnic je tukaj iz ekonomskega in ekološkega vidika nemogoča. Lega objekta nad obstoječo cesto, omogoča uporabo žičničnega spravila navzdol.



Slika 13: Pregledna karta objekta Ljubelj

Na objektu smo uporabili drevesno metodo, izdelovali pa smo okrogli les. Izdelava sortimentov je potekala ob cesti. Tukaj so na kup zložili tudi sečne ostanke, iz katerih so po koncu spravila izdelali zelene sekance.

Sečnja in izdelava okroglega je potekala z motornimi žagami ter procesorjem v več fazah. V prvi fazi so sekači podrli drevje na trasi in tisto drevje, ki bi kasneje pri podiranju ogrožalo linijo. V naslednji fazi je potekala sečnja ob hkratnem spravilu lesa, v zadnji fazi pa je potekala dodelava in izdelava sortimentov na kamionski cesti s procesorjem. Sečnja is spravilo lesa je potekalo v organizaciji gospodarske družbe Gozdarstvo Gorenjske d.o.o. Dela so potekala v oktobru in novembru 2011. Snega med delom ni bilo, smo pa med delom zabeležili večje zastoje zaradi dežja.

Poleg motornih žag je bil osnovni stroj, ki ga imenujemo po žičnici »Syncrofalke« s procesorjem Woody 60 na kamionu in z dvigalom. Proizvajalec žičnega žerjava je podjetje Meyr Melnhof Technik. Osnova za prevoz in delovanje žerjava je tovornjak IVECO 410. Hidravlično dvigalo na stroju je proizvod podjetja LIV, z oznako L25.94N. Dvigalo ima 240 kNm dvižne sile, doseg 6,5 m, in kot obračanja 405 °. Osnovne podatke o žičnem žerjavu prikazujemo v spodnji preglednici.

Preglednica 19: Osnovni tehnični podatki žičnice Syncrofalke 3 t

Del žičnice	Element žičnice	Element	Enota	Vrednost	
Vitli	Nosilna vrv	Dolžina	m	750	
		Premer	mm	20	
	Vlačilna vrv	Dolžina	m	1700	
		Premer	mm	11	
	Povratna vrv	Dolžina	m	1700	
		Premer	mm	9	
	Delovna vrv	Dolžina	m	1700	
		Premer	mm	11	
	Montažna vrv	Dolžina	m	1900	
		Premer	mm	6	
	Voziček	Sherpa U III	Nosilnost	t	3
			Upravljanje		Daljinsko
Masa			kg	400	
Stolp	Pregibno-teleskopski	Višina	m	11	
	Sidrne vrvi x 4	Dolžina	m	40	
		Premer	mm	18	

Stroj za izdelavo Woody 60 obvladuje premer kleščenja dreves in sortimentov v razponu med 8 in 60 cm. Posebnost procesorja sta dva vgrajena meča z verižno žago. Prvi je daljši, njegov namen je osnovno krojenje sortimentov, drugi meč pa je krajši, njegov namen je odžagovanje vrhov in tanjših delov drevesa. Prisotnost dveh mečev na glavi zmanjša količino manipulacije procesorske glave. Procesor ima tudi možnost dviga potisnih valjev. Na ta način postane procesor sposoben natančnejše manipulacije z lesom in učinkovito deluje kot grabež.

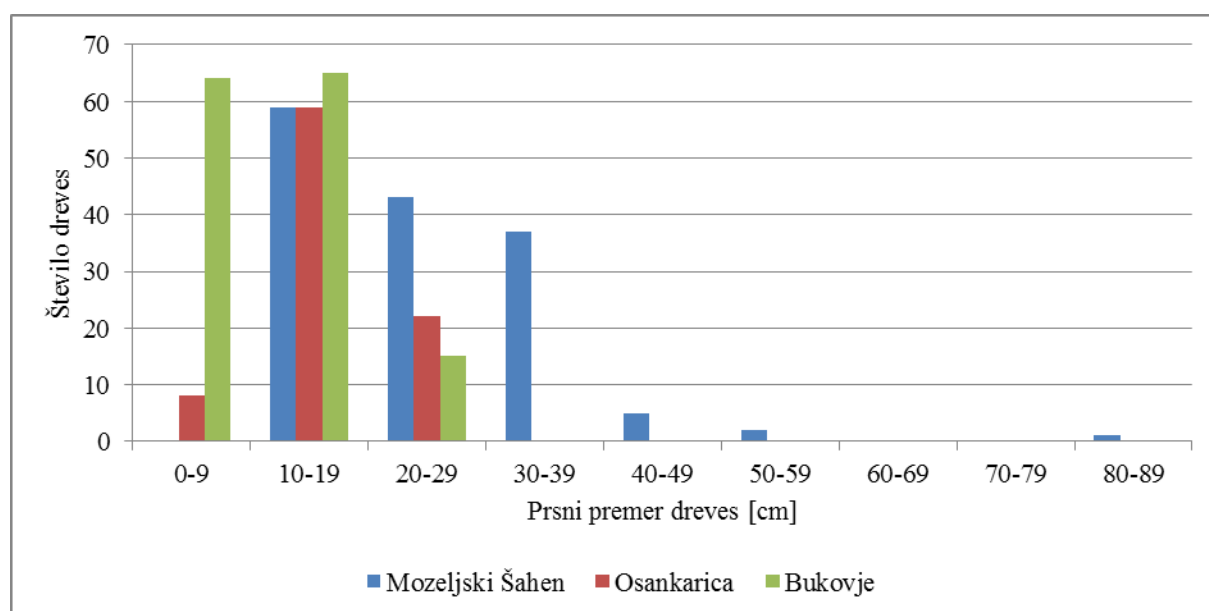
Po končanem spravilu okroglega lesa je podjetje Gajles d.o.o. s sekalnikom Starchl mk 74 600 na tovornjaku izdelalo zelene sekance. Zaradi omejenega prostora na cesti so sekance mleli v dve traktorski prikolici. Le – ti sta sekance odvažali na parkirišče pri mejnem prehodu Ljubelj. Sekance so nato s traktorjem s sprednjim nakladačem nalagali na tovornjak in odpeljali v toplarno v Svetem Andražu (Avstrija).

Proučevano deloviše je imelo žičnično linijo postavljeno vzporedno s pobočjem. Poleg tega gojitveni ukrep ni bilo klasično redčenje, temveč sečnja v jedrih. Zato smo spremenili metodo ugotavljanja poškodovanosti sestoja. Na objektu smo izvajali prilagojeno metodo popolnega popisa. Poškodbe smo ugotavljali tako, da smo popisali vsa drevesa na robu celotnega delovišča. Pas je bil širok 5 m in je segal od roba krošnje ob liniji v preostali sestoj. Pri ugotavljanju poškodb posameznih dreves smo ugotavljali enake parametre, kot pri metodi za ugotavljanje poškodb sestoja pri strojni sečnji.

4 REZULTATI UGOTAVLJANJA POŠKODB SESTOJA

Zaradi preglednosti rezultatov skušamo podatke združevati in jih prikazovati za vse objekte skupaj. Ko govorimo o vseh novih poškodbah mislimo na poškodbe, ki smo jih na terenu zbirali v kategorijah »nove« ter »nove in stare« poškodbe.

Na sliki 14 prikazujemo frekvenčno porazdelitev prsnih premerov vseh dreves, ki smo jih popisali na ploskvah za ugotavljanje poškodovanosti sestoja. Na y osi je predstavljeno število dreves, na x osi pa razdelitev dreves na razrede, s širino razreda 10 cm. V razredu 0 do 9 cm prsnega premera ni podatkov iz Mozeljskega Šahna, saj tam podatkov o drevesih s prsnim premerom manjšim od 10 cm nismo zbirali. Objekta Trije križi na grafikonu ne prikazujemo saj tam prsnih premerov nismo izmerili, enako velja za objekt Rog.

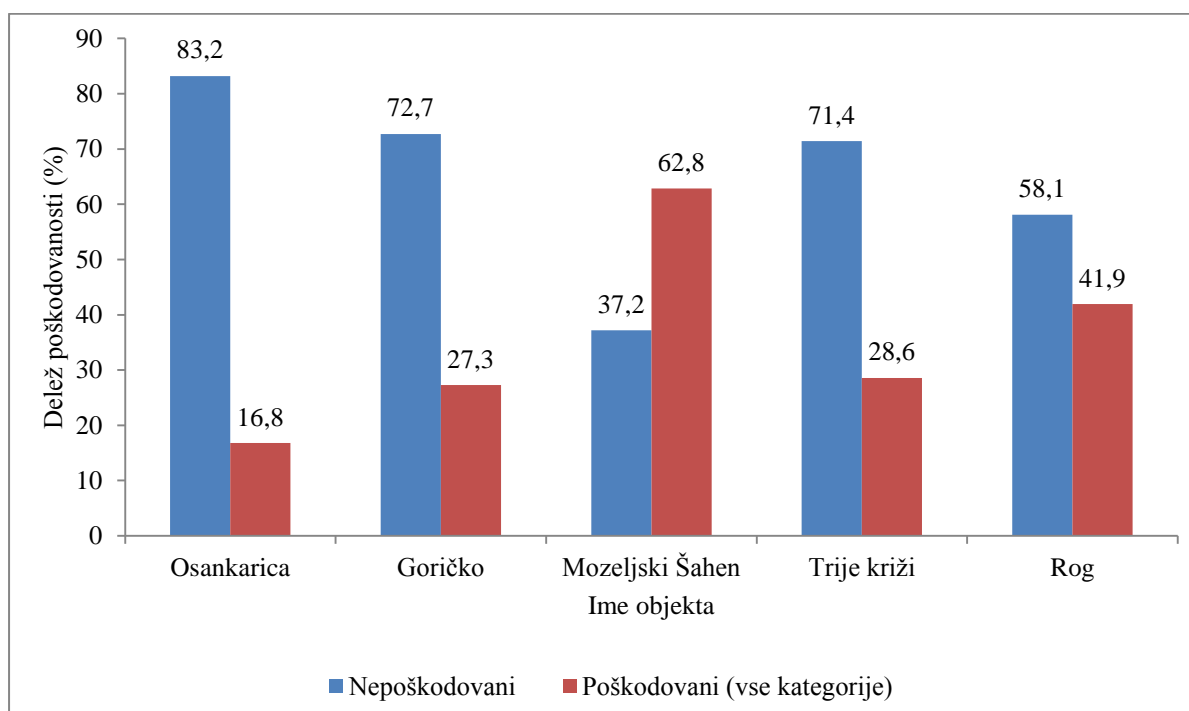


Slika 14: Frekvenčna porazdelitev prsnih premerov dreves po posameznih objektih

Frekvenčna porazdelitev dreves nam pokaže predvsem razvojno fazo sestoja na ploskvah. Prav tako nam frekvenčna porazdelitev omogoča vpogled v razvojno fazo sestoja, ki je za poškodbe sestoja bolj pomemben dejavnik. V neposredni povezavi razvojno fazo je tudi starost sestoja, ki nam pove več o številu predhodnih posegov. Ugotovimo lahko, da so sestoji na Osankarici in Bukovju v drugi razvojni fazi, kot v Mozeljskem Šahnu, saj so vsa drevesa na ploskvah tanjša od 30 cm prsnega premera. V Mozeljskem Šahnu pa lahko ugotovimo večji razpon premerov, večina dreves na ploskvah je imela premer manjši od 40 cm. Prsni premer povprečnega drevesa po posegu je na Osankarici znašal 15,0 cm, na Goričkem 10,3 cm, v Mozeljskem Šahnu pa 24,3 cm.

Na sliki 15 primerjamo deleže vseh poškodovanih in vseh nepoškodovanih dreves na posameznih objektih. Pokazati želimo število vseh poškodb - torej »starih«, »novih« ter

»novih in starih« poškodb. Veliko število poškodb lahko vidimo predvsem na objektu Mozelski Šahen, kjer je bilo poškodovanih 62,8 % dreves na objektu. V Bukovju in Treh križih je poškodovanost približno enaka, na Osankarici pa je delež poškodovanosti najnižji. Objekt Rog je zanimiv, saj je v njem potekala strojna sečnja s predsečnjo. Ta objekt je vseboval najstarejša drevesa, ki so bila tik pred končnim posekom. Opazimo lahko za takšne sestoje nizko poškodovanost, kar nakazuje na dejstvo, da je poškodbe zelo težko prepoznati. Poškodovanost dreves s poškodbami iz kategorije »stare« je bila zagotovo višja od ugotovljene.

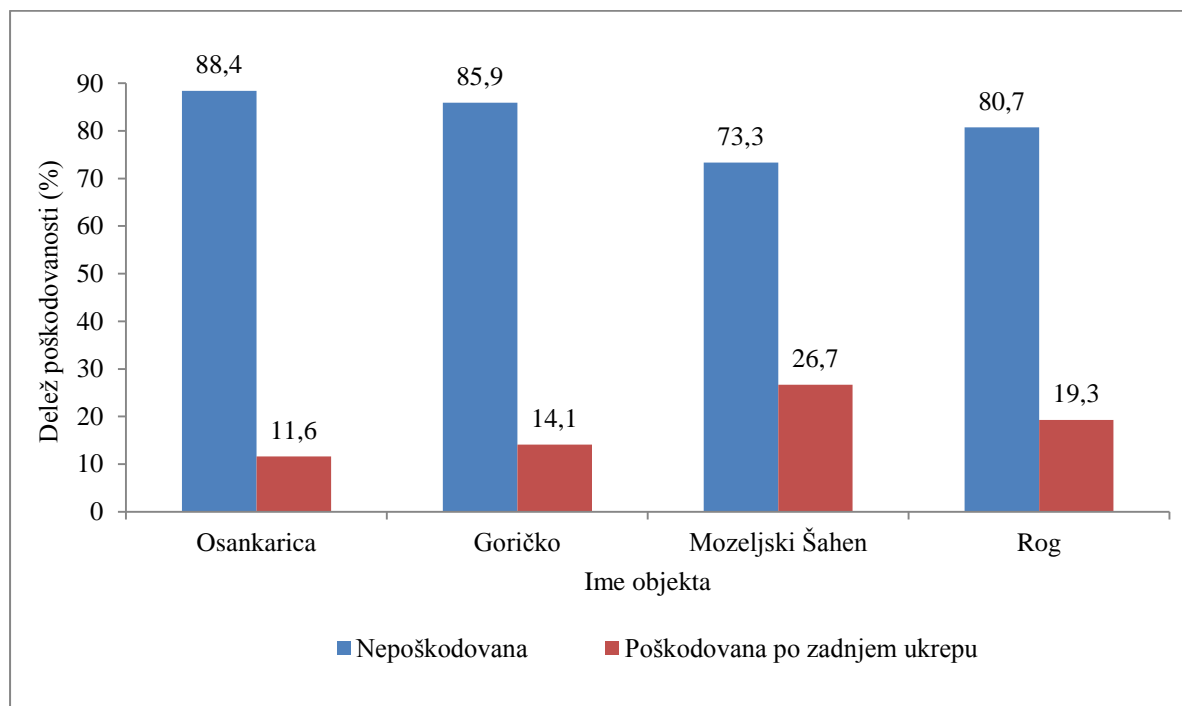


Slika 15: Primerjava vseh poškodovanih in nepoškodovanih dreves po posameznih objektih

Glavni razlog za tako visoke deleže poškodovanosti je dejstvo, da smo v izračunu upoštevali vse poškodbe - torej tudi poškodbe, ki so nastale pri predhodnih posegih. Najmanj poškodovan objekt, s 16,8 % poškodb, je Osankarica, kjer se redčenja še niso izvajala. Stare poškodbe torej niso posledica gospodarjenja, temveč so nastale zaradi naravnih dejavnikov. Na Goričkem, kjer je poškodovanega 27,3 % sestoja so vidne sledi preteklega gospodarjenja. Na zgornjem delu objekta, pod našimi vzorčnimi ploskvami, je potekala konjska vlaka. Očitno je torej, da so v sestoji že gospodarili. Situacija na objektih Mozelski Šahen in Trije križi je nekoliko drugačna. V obeh objektih je bilo gospodarjeno, vendar se poškodbam zaradi gospodarjenja pridružijo tudi poškodbe zaradi jelenjadi. Tu nastopi težava, saj je vzrok poškodbe zelo težko z gotovostjo ugotoviti. Drevesa na objektu Rog so bila starosti navkljub zelo vitalna in stare poškodbe je bilo težko ugotavljati.

Na sliki 16 primerjamo vsa nepoškodovana drevesa, z vsemi poškodovanimi drevesi glede na starost poškodbe. V izračunu smo upoštevali le kategorije poškodb »nova« ter »nova in

stara«. Podatke o starih poškodbah smo izločili, z namenom, da bi ugotovili koliko dreves je bilo poškodovanih le ob zadnjem gojitvenem posegu.



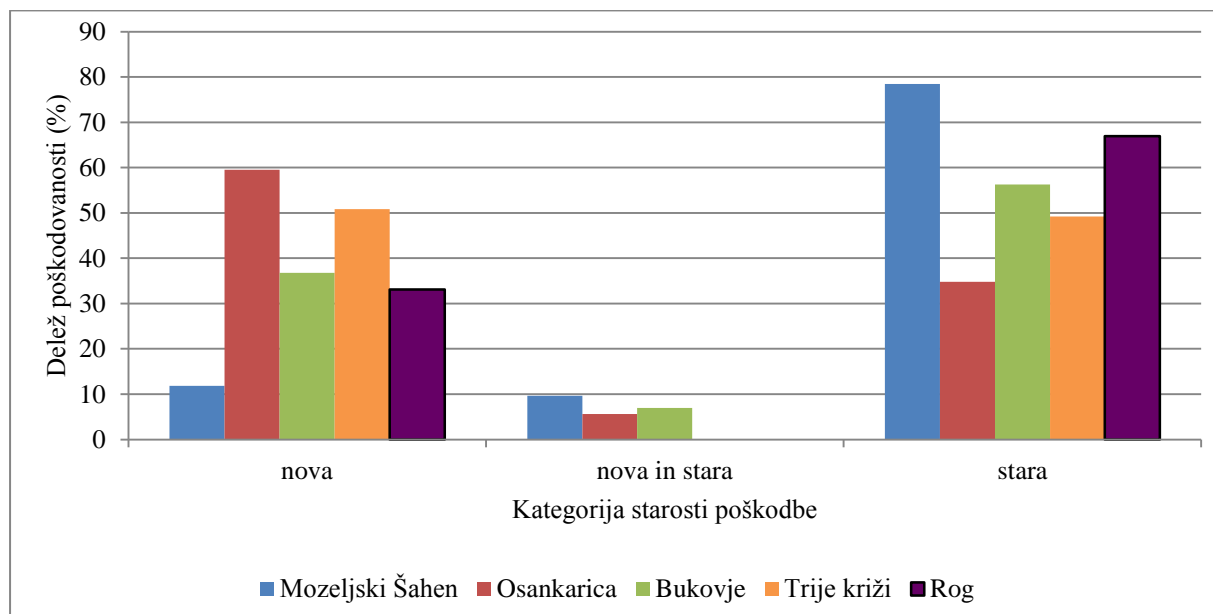
Slika 16: Primerjava med nepoškodovanimi in na novo poškodovanimi drevesi po posameznih objektih

V iglastih sestojih smo na objektih Osankarica in Mozelski Šahen ugotovili 11,6 % in 26,7 % novih poškodb. Poškodovanost je na Osankarici bistveno manjša, razloge za to lahko iščemo v načinu planiranja poskusa in izkušnjah strojnika. Vsekakor je poskus v Mozelskem Šahnu manj modelen in bližje realnosti, objekt Osankarica pa nam lahko poda orientacijo za minimalno mejo poškodovanosti ob delu v idealnih razmerah, v mladem sestoju. Na objektu Goričko, v sestojih listavcev, smo ugotovili 14,1 % poškodovanost. Ugotovimo lahko, da sta objekta Osankarica in Goričko poškodovana približno enako. V mešanih starejših sestojih smo ugotovili 19,3 % poškodovanost na objektu Rog.

Na slikah 15 in 16 prikazujemo razmerje med poškodovanimi in nepoškodovanimi drevesi v sestoju. Slika 15 prikazuje zelo velik delež poškodovanosti, razlog za to je upoštevanje starih poškodb. Veliko število poškodb lahko vidimo predvsem na objektu Mozelski Šahen, kjer je bilo poškodovanih kar 62,8 % dreves na objektu. Poškodovanost po posegu je znašala 26,7 %, kar pomeni, da je kar 36,1 % dreves bilo poškodovanih prej. Naši podatki torej potrjujejo zakon akumulacije poškodb, ki je bil dokazan z modelom (Košir B. in Cedilnik A., 1996) in terenskimi opazovanji (Košir B., 2000). Od tega zakona odstopa objekt Rog, ki je najstarejši, a nima največ starih poškodb.

Na sliki 17 prikazujemo starost poškodb na poskusnih objektih v treh razredih - »nova«, »stara« ter »stara in nova«. Deleži prikazani na sliki so odstotki izraženi od vseh

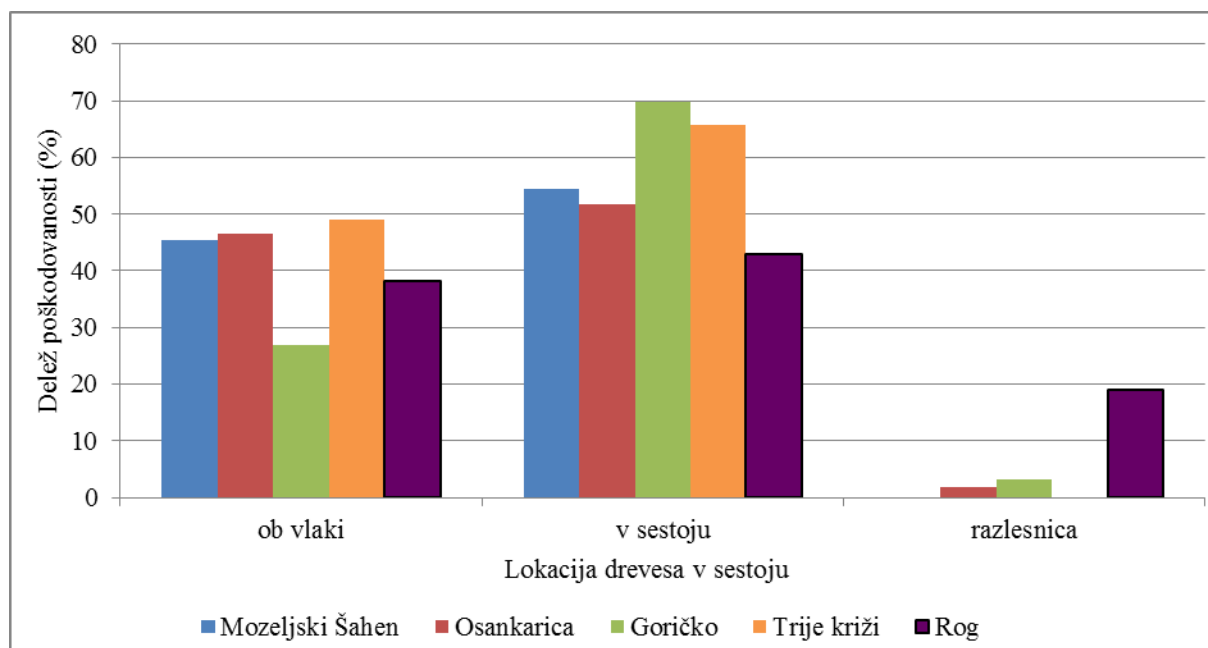
poškodovanih dreves. Na objektu Trije križi smo ugotovili samo »nove« in »stare« poškodbe. Pošodb v kategoriji »nova in stara« nismo zasledili. Prav tako ni bilo zabeleženih novi in stari poškodb na objektu Rog, kar je nenavadno in s tem lahko razložimo tudi odstopanja od zgoraj omenjenega zakona ter razlog za nizko poškodovanost na sliki 18.



Slika 17: Poškodovanost glede na starost poškodb vseh poškodovanih dreves po posameznih objektih

Iz grafikona starosti poškodb (slika 17) je razvidno, da je največ starih poškodb v sestojih, kjer so se že prej izvajala redčenja. Na prvem mestu je Mozeljski Šahen s 78,5 % starih poškodb, sledi Goričko s 56,3 % in Osankarica s 34,8 % starimi poškodbami. Največ novih poškodb je bilo ugotovljenih na Osankarici - 59,6 %, na Goričkem pa 36,8 %. Najmanj novih poškodb je bilo zabeleženih v Mozeljskem Šahnu - 11,8 %, a je delež novih in starih poškodb tukaj največji - 9,7 %. Odnos med »novimi« ter »novimi in starimi« poškodbami je obratno sorazmeren, saj je na Goričkem več »novih in starih« poškodb - 6,9 %, kot na Osankarici - 5,6 %. Pojav je lahko razložiti, saj je znano (Košir B., 2000), da večje kot je število dreves s starimi poškodbami, manjše je število na novo poškodovanih dreves, hkrati pa je večje število dreves v kategoriji »nove in stare«. Tako v starih sestojih že zmanjkuje dreves, ki bi jih lahko na novo poškodovali.

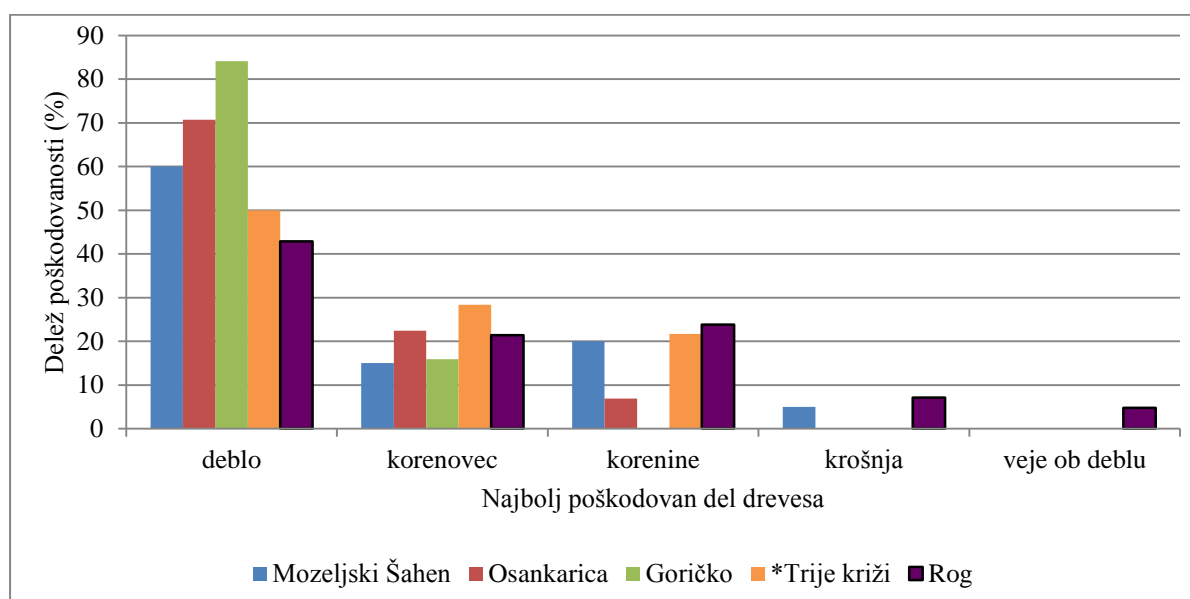
Na sliki 18 prikazujemo lego poškodb v sestoju na poskusnih objektih. Prikazane so le poškodbe, ki so nastale po tej tehnologiji, torej smo upoštevali le kategorije »nove« ter »nove in stare«. Na objektu Trije križi smo ploskve, na katerih smo ugotavljali poškodbe, razdelili v dve kategoriji. Prva kategorija so ploskve v sestoju, za katere je značilno, da je manj kot 25 % površine ploskve na prometnici. Druga kategorija so ploskve ob gozdnih prometnicah. Delež površine ploskve, ki leži na prometnicah je večji od 26 %. Ugotavljanje lege ploskve ob razlesnici na objektu Trije križi na opisani način ni bilo mogoče, zato vrednosti ob razlesnici nismo ugotavljali.



Slika 18: Poškodovanost glede na lego novih poškodb v sestoji po posameznih objektih

Grafikon na sliki 18 pokaže precej malo poškodb na razlesnici, saj v Mozeljskem Šahnu takšnih poškodb nismo zabeležili, na ostalih objektih pa je teh poškodb manj kot 5 %. Na vseh objektih smo opazili več poškodb v sestoji, kot ob vlaki. Razlika je velika na Goričkem, kjer smo ugotovili kar 69,8 % poškodb v sestoji in 27,0 % ob vlaki ter na Treh križih, kjer smo ugotovili 56,7 % poškodovanost v sestoji in 49,0 % ob vlaki. Razlika je manj izrazita v Mozeljskem Šahnu, kjer smo v sestoji ugotovili 54,5 % poškodb, ob vlaki pa 45,5 %. Na Osankarici bilo v sestoji poškodovanih 51,7 %, ob vlaki pa 46,6 % dreves. Razlike med obema objektoma so torej minimalne. V Rogu je bilo od vseh objektov največ zabeleženih poškodb dreves na razlesnici, kar 19,0 %. V sestoji je bilo več poškodb (42,9 %), kot ob vlaki (39,1 %), vendar je razlika minimalna. Razloge za tako velik delež poškodovanosti na razlesnici lahko iščemo v velikih višinah dreves in v dejstvu, da je podiranje dreves izvajal sekač in ne stroj za sečnjo.

Na sliki 19 prikazujemo lokacijo poškodb na posameznih popisanih poškodovanih drevesih. V izračunu so bila upoštevana le na novo poškodovana drevesa, razen na objektu Trije križi, kjer so upoštewane poškodbe vseh starosti. Rezultati na objektu Trije križi zato niso direktno primerljivi z ostalimi objekti.

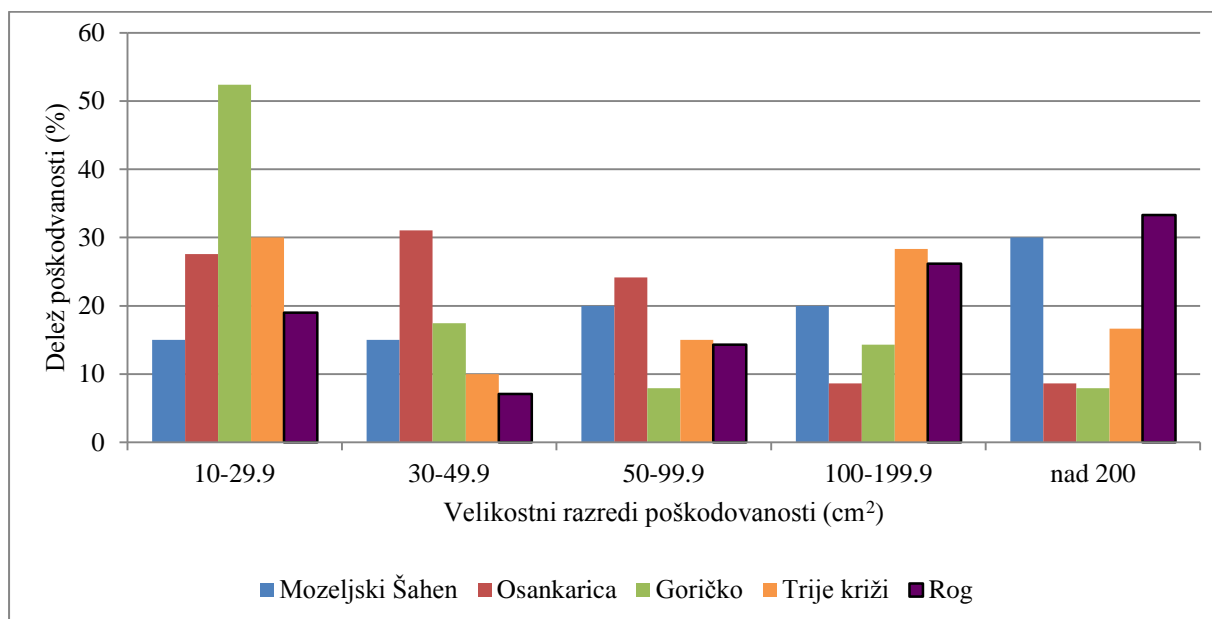


Slika 19: Poškodovanost glede na lokacijo poškodbe na drevesu po posameznih objektih

Rezultati poškodovanosti dreves glede na lokacijo poškodbe (slika 19) kažejo, da je večina novih poškodb skoncentrirana na deblu.

Poškodb vej ob deblu nismo ugotovili nikjer, razen na objektu Rog. Slika dobro ilustrira razliko med čisto strojno sečnjo in kombinirano strojno sečnjo. Pri čisti strojni sečnji namreč stroj v veliki meri lahko kontrolira padec drevesa in zato je poškodb krošnje in vej ob deblu manj. Na objektu Rog pa je bilo zaradi prisotnosti sečnje z motorno žago takšnih poškodb več, kar potrjuje ugotovitev, da so poškodbe vej pogostejše nastajajo med ročno-strojno sečnjo. Rezultati so zanimivi in kažejo na razlike med listavci in iglavci. Kot vidimo se pri listavcih poškodbe pojavljajo le na deblu in korenovcu, medtem ko so iglavci, precej bolj kot listavci, podvrženi poškodbam korenin.

Na sliki 20 prikazujemo razporeditev velikosti poškodb po velikostnih razredih površine poškodb. Za vse objekte so prikazane le nove poškodbe, razen na objektu Trije križi, kjer prikazujemo poškodbe vseh starosti.



Slika 20: Razporeditev vseh novih poškodb po velikostnih razredih

Velikost poškodb je precej različno porazdeljena in variira od objekta do objekta. V Bukovju ima velikost poškodb izrazit trend padanja, od majhnih poškodb proti velikim. Na objektu je največ majhnih poškodb in malo velikih. Večina poškodb – 52,4 % se nahaja v razredu od 10 do 30 cm². V razredu od 30 do 50 cm² je 17,5 % poškodb, v razredu od 100 do 200 cm² pa 14,3 % poškodb. V preostalih dveh razredih je poškodovanost enaka in znaša 7,9 %. Če seštejemo vse manjše poškodbe (od 10-99,9 cm²) in jih primerjamo z večjimi poškodbami (nad 100 cm²) lahko ugotovimo, da je v mladih sestojih pri strojni sečnji (Osankarica in Goričko) največ manjših poškodb (82,8 % in 77,8 %). Delež se zmanjša v starejših sestojih strojne sečnje, (Mozeljski Šahen in Trije križi), kjer smo ugotovili 50,0 oziroma 55,0 % manjših poškodb. Najnižji delež manjših poškodb je bil ugotovljen na objektu Rog, v najstarejšem objektu, kjer je bila tehnologija kombinirane strojne sečnje, delež manjših poškodb pa je bil najmanjši 40,4 %.

Razloge za opisani trend lahko iščemo v premerih dreves. Na Osankarici in na Goričkem imajo drevesa manjše premere, kot v Mozeljskem Šahnu in na Treh križih. Posledično je na drevesu z manjšim premerom težje narediti poškodbo večjo kot 200 cm². Zaradi tega je v tanjših sestojih več manjših poškodb, v debelejših pa je običajno več večjih poškodb. Objekt Rog ima največje prsne premere in tudi sledi opisanemu trendu, vendar vpliv ni čist, saj nismo kontrolirali učinka tehnologije (kombinirana proti čisti strojni sečnji).

4.1 ANALIZA PODATKOV Z REGRESIJSKIMI METODAMI

Z namenom pridobiti bolj poglobljeno razumevanje poškodb sestojev in razumevanja zakonitosti, ki bi nam lahko pomagale pri nadaljnjih raziskavah in izboljšavah metod v prihodnje, smo izvedli statistično analizo podatkov.

Po podrobnem pregledu obstoječih podatkovnih baz smo ugotovili, da lahko z regresijsko analizo odgovorimo na vprašanja glede verjetnosti za nastanek poškodbe in velikosti poškodbe ter lokacije poškodbe na drevesu.

4.1.1 Verjetnost za nastanek poškodbe na drevesu

Za pojasnitev razmerja med poškodovanimi in nepoškodovanimi drevesi tj. verjetnosti za nastanek poškodbe na drevesu smo uporabljali logistično regresijo. V regresijo so vstopali štirje objekti, za katere smo lahko zagotovili:

- Enako metodo
- Zanesljivost meritev
- Vse potrebne parametre

Na osnovi zgornjih kriterijev smo iz obdelav izločili vse objekte razen Mozelskega Šahna, Vetriha, Goričkega in Osankarice. Spremenljivke, ki smo jih spremljali na vseh objektih so:

- Poškodovanost drevesa – ali je drevo nepoškodovano (0) ali poškodovano (1)
- Oddelek – vsebuje podatke o sestoji, odkazilu, tehnologiji in strojniku
- Položaj – ob vlaki (1), v sestoji (2), na razlesnici (3)
- Drevesna vrsta (DV) – iglavci (1), listavci (2)
- Prsni premer dreves (D1,3)

Preverjali smo večje število modelov in izbrali najboljšega. Kriterij za izbiro je bil Akaike Information Criterion (AIC).

Preglednica 20: Rezultati modeliranja verjetnosti za nastanek poškodbe

Model in njegova sestava	AIC
Poškodovanost drevesa ~ Drevesna vrsta	1529,3
Poškodovanost drevesa ~ Oddelek	1538,1
Poškodovanost drevesa ~ D1,3	1698,2
Poškodovanost drevesa ~ Položaj	1607,3
Poškodovanost drevesa ~ oddelek/ Položaj	1512,3
Poškodovanost drevesa ~ oddelek/ D1,3	1512,2
Poškodovanost drevesa ~ oddelek/ DV	1526,7
Poškodovanost drevesa ~ oddelek/ Položaj	1512,3
Poškodovanost drevesa ~ oddelek/ (D1,3+ Položaj)	1490,1
Poškodovanost drevesa ~ oddelek/ (D1,3+ Položaj +DV)	1473,9

Model je stabilen, stabilni so torej odzivi vseh spremenljivk v preprostejših modelih ter pojasni varianco najboljše od vseh preverjenih modelov. AIC je pri tem modelu najnižji, od vseh obravnavanih, zato smo model »Poškodovanost drevesa ~ oddelek/(D1,3 + Položaj + DV)« izbrali kot najboljši.

Ugotovimo lahko, da je verjetnost za nastanek poškodbe drevesa povezana s prsnim premerom tako, da je večja verjetnost za nastanek poškodbe na objektih, kjer so imela drevesa manjši povprečni prsni premer – Osankarica ($p = 0,22$) in Goričko ($p = 0,006$). Na objektu, kjer so drevesa v povprečju imela večji prsni premer – Mozelski Šahen ($p < 0,001$) je verjetnost za nastanek poškodb manjša.

Položaj je bil kodiran z gradientom od vlake, preko sestoja do razlesnice. Ugotovimo lahko, da je trend upadanja števila poškodb od vlake proti razlesnici značilen za oddelek Osankarica ($p < 0,01$), kjer je verjetnost za nastanek poškodbe na drevesu ob vlaki za 0,853 večja kot v sestoji in na Goričkem ($p < 0,05$), kjer verjetnost za nastanek poškodbe ob vlaki za 0,54 večja kot v sestoji. Odvisnost na objektu Mozelski Šahen ni bila statistično značilna, čeprav je trend nekoliko negativen, objekt Vetrih je bil zaradi pomanjkanja podatkov izključen iz obdelav. Ugotovili smo torej, da se pri strojni sečnji več dreves poškoduje blizu sečne poti, kot na globlje v sestoji. Verjetnost za nastanek poškodbe na razlesnici je torej manjša kot za nastanek poškodbe ob vlaki.

Vpliv drevesne vrste na verjetnost nastanka poškodbe je šibka. Ugotovimo lahko, da je edini značilen vpliv drevesne vrste zaznati v Mozelskem Šahnu, kjer smo z visoko značilnostjo ($p < 0,001$) ugotovili, da je verjetnost za nastanek poškodbe na smreki za 2,88 večja kot za nastanek poškodbe na bukvi. Na drugih objektih je bila smer enaka, vendar ugotovitve niso bile značilne. Razlog zato, da je značilen samo Mozelski Šahen, je v dejstvu, da je to edini objekt, kjer je bilo razmerje mešanosti (bukev – smreka) zadostno, da se je razlika lahko izrazila. Na vseh ostalih objektih smo delali v zelo homogenih sestojih.

4.1.2 Velikost poškodb

Iz analize smo v prvem koraku izločili vse stare poškodbe. Zanima nas torej samo tisti del poškodb, ki je nastal po sečnji in spravilu lesa, torej »nove« in »nove in stare« poškodbe. Zaradi zelo omejenega števila različnih drevesnih vrst smo faktor drevesna vrsta izločili iz obdelav, saj variira samo na nivoju objekta. Iz nadaljnjih obdelav smo izločili tudi dejavnik naklon, saj ni bil povezan z vsemi objekti. Poleg tega smo iz obdelav izločili vsa nepoškodovana drevesa, saj na nepoškodovanih drevesih velikosti poškodbe ni in je torej 0. Ker obravnavamo samo poškodovana drevesa smo v nadaljevanju analize uporabljali linearni model.

V nadaljevanju prikazujemo le gnezdene modele, čeprav smo najprej naredili tudi preproste modele, a so spet rezultati boljši, če uporabljamo gnezdenje.

Preglednica 21: Rezultati modeliranja velikosti poškodb

Model in njegova sestava	AIC	
Velikost poškodbe ~ Oddelek / D1,3	2438,4	
Velikost poškodbe ~ Oddelek / Položaj	2433	
Velikost poškodbe ~ Oddelek/ Število_poškodb_na_drevesu	2433,8	
Velikost poškodbe ~ Oddelek/(D1,3+Položaj+Število_poškodb_na_drevesu)	2430,2	Izbrani model

Ugotovili smo, da na velikost poškodbe vpliva prsni premer drevesa. Z naraščanjem premera tudi velikost poškodbe narašča, kar je logično, saj lahko zelo veliko poškodbo naredimo na večjih drevesih. To se je izkazalo v Mozeljskem Šahnu ($p = 0,04$) in v Vetrihu ($p = 0,03$). Na teh objektih smo imeli večjo variabilnost v prsni premerih dreves, kot na ostalih objektih, kjer so sestoji bili mlajši, drevesa pa bila zelo podobnih premerov.

Ugotovili smo vpliv položaja v sestoji na velikost poškodbe na objektu Maribor ($p = 0,06$). Z oddaljevanjem od vlake se torej velikost poškodb zmanjšuje.

Ugotovili smo, da velikost poškodb močno narašča z naraščanjem števila poškodb. To se je izkazalo na objektu Vetrih ($p = 0,003$). V Mozeljskem Šahnu nismo ugotavljali števila poškodb na drevesih, zato tega podatka v modelu ni.

4.1.3 Lokacija poškodb

Tudi pri ugotavljanju lokacije poškodb smo iz analize smo izločili vse stare poškodbe. Zanima nas torej samo tisti del poškodb, ki je nastal po sečnji in spravilu lesa, torej »nove« in »nove in stare« poškodbe. Ker drevesna vrsta variira samo na nivoju objekta, smo jo izločili iz obdelav, prav tako kot vsa nepoškodovana drevesa. Ker sedaj obravnavamo samo poškodovana drevesa, smo v nadaljevanju analize uporabljali linearni model. Tudi tukaj prikazujemo le boljše, gnezdene modele.

Preglednica 22: Rezultati modeliranja lokacije poškodb

Model in njegova sestava	AIC	
Lokacija poškodbe ~ Oddelek / D1,3	452,74	
Lokacija poškodbe ~ Oddelek / Položaj	458,94	
Lokacija poškodbe ~ Oddelek / Število_poškodb_na_drevesu	237,8	
Lokacija poškodbe ~ Oddelek / Velikost poškodbe	456,54	

Vpliv prsnega premera na lokacijo poškodbe je značilen na objektu Mozeljski Šahen ($p = 0,098$). Večji kot je prsni premer večja je verjetnost, da bomo poškodovali korenine in koreničnik in manjša, da bomo poškodovali deblo ali krošnjo.

Število poškodb na drevesu in lokacija poškodb sta povezana. To se je pokazalo na Osankarici ($p = 0,001$), na Goričkem ($p = 0,0039$) in na Vetrihu ($p = 0,0055$). Na Osankarici

in Goričkem v zelo tankih sestojih ugotovimo, da s povečevanjem števila poškodb, ki jih je utrpelo drevo med sečnjo in spravirom se večja verjetnost, da bo največja poškodba nastala na koreninah in koreničniku, manjša pa je verjetnost, da bomo poškodovali deblo ali krošnjo. Trend je obraten v Vetrihu, kjer je ugotovljeno, da je s povečevanjem števila poškodb na drevesu verjetnost, da bomo ugotovili poškodovan koreničnik ali korenine manjša in večja verjetnost, da bomo poškodovali krošnjo in veje.

Velikost poškodbe statistično značilno vpliva na lokacijo poškodbe v oddelku Vetrih ($p = 0,073$). Ugotovimo lahko, da je največja verjetnost, da bomo naleteli na velike poškodbe na koreninah in koreničniku, manjša pa je verjetnost, da bo poškodovano deblo, ali da bodo poškodovane veje. Največje poškodbe pri strojni sečnji so torej skoncentrirane v spodnjem delu debel.

5 RAZPRAVA

5.1 POŠKODBE SESTOJA

Zaradi preglednosti razprave in lažjih primerjav smo se odločili razdeliti razpravo na dva dela. V prvem delu primerjamo poškodbe sestoja med različnimi tehnologijami. Osredotočili smo se na primerjave med tehnologijama sečnje z motorno žago in spravila lesa s traktorjem ter strojne sečnje in spravila lesa z zgibnim polprikoličarjem.

V nadaljevanju imenujemo tehnologijo strojne sečnje in izvozom lesa z zgibnim polprikoličarjem »nove tehnologije«, tehnologijo sečnje z motorno žago in spravila s traktorjem pa »klasična tehnologija«.

Zaradi velikega števila objav s področja poškodb sestoja pri klasični tehnologiji pri nas se osredotočamo na slovensko literaturo. V drugem delu skušamo umestiti naše rezultate v širši slovenski in svetovni okvir. Osredotočamo se na primerjave novih tehnologij. Ker je literature iz tega področja v pri nas malo, se naslanjamo na vire iz tujine.

5.1.1 Primerjava poškodb sestoja med klasično tehnologijo in novimi tehnologijami

Omenili smo že, da je bilo pri raziskovanju poškodb sestoja uporabljenih več metod. Žal pa uporabljene metode ugotavljanja poškodb sestoja pri novih ter klasičnih tehnologijah niso direktno primerljive. Raziskovalci so pri klasičnih tehnologijah uporabljali metodo pasov, pri strojni sečnji pa je boljša metoda krožnih ploskev. Kljub temu, da sta metodi različni, menimo, da sta obe statistično dovolj podkrepjeni, zato menimo, da so primerjave med metodama v omejenem obsegu mogoče.

Naše rezultate bomo primerjali le z raziskavami, ki ugotavljajo poškodbe po opravljenem delu. Izločamo torej raziskave, ki ugotavljajo poškodbe sestoja med samim delom. Razlogov za to je več, poudarimo naj predvsem razlike v metodah in razredih ugotavljanja poškodb. Poleg tega nas poškodbe sestoja po sečnji in spravilu ne zanimajo ločeno po fazah, temveč skupaj, deležev poškodovanosti pa ne moremo preprosto sešteti. Glavni razlog, zakaj ugotavljamo poškodbe sestoja po opravljeni sečnji in spravilu lesa, so interakcije med obema delovnim fazama, ki potekajo v obe smeri. Razložimo na primeru klasične tehnologije. Sekač lahko pri podiranju drevja naredi zelo malo poškodb, saj na stoječa drevesa pazi in tako zasledimo majhno poškodovanost po sečnji. Težava pa se pojavi, ker pri izbiri smeri podiranja drevja ne upošteva spravila lesa. Tako se zaradi napačne smeri podiranja večina poškodb preseli k spravilu lesa, saj so drevesa posekana na način, da se je poškodbam pri zbiranju lesa nemogoče izogniti. Podobni primeri so prisotni tudi pri strojni sečnji. Ker je te interakcije nemogoče kontrolirati, se poškodbe sestoja popisujejo po končanem delu na delovišču.

V Sloveniji lahko zasledimo več raziskav poškodb sestoja s klasično tehnologijo. Iz literature smo izbrali več primerov redčenj v drogovnjakih iglavcev.

Primerjava naših rezultatov z raziskavo, ki je bila opravljena v pretežno smrekovih drogovnjakih (Klančnik A., 2001) pokažejo nekoliko višjo poškodovanost na naših objektih. V raziskavi je avtor ugotovil 24 % poškodovanost, medtem ko je v Mozelskem Šahnu vseh novih poškodb 26,8 %, na Treh križih pa je vseh poškodb (»novih«, »novih in starih« ter »starih«) 28,6 %. Ta raziskava je ugotovila najnižje deleže poškodovanosti. Višje deleže poškodovanosti – 27 % ugotavljajo (Žun B., 2002) v mešanih sestojih in razvojni fazi starejšega drogovnjaka. Še več poškodb so ugotovili (Papac B., 1992) v starejšem drogovnjaku listavcev, je ugotovljena poškodovanost sestoja 30 %. Primerjava s tema dvema raziskavama je sicer težavna, saj so pri vsaki od njih delali v drugačnih razmerah in drevesnih vrstah, nam pa ti viri omogočajo vpogled v povprečno poškodovanost pri normalnem delu. Iz raziskav lahko zaključimo, da delež poškodovanosti dreves v letvenjaku in drogovnjaku, po klasični sečnji in spravilu s traktorjem dosega 24-30 %.

Za boljšo orientacijo si lahko pomagamo z modelom. Narejena je bila primerjava modela poškodovanosti z dejanskimi rezultati terenskih meritev (Košir B., 2000). Avtorji navajajo 22 % povprečno poškodovanost sestoja. Spodnje meje poškodovanosti so med 13 in 18 %, zgornje meje pa med 20 in 41 %. Povprečne vrednosti poškodovanosti sestoja se gibljejo med 16 in 31 %. Če primerjamo rezultate naših raziskav z orientacijskimi vrednostmi iz te študije, lahko ugotovimo, da je poškodovanost naših objektov v intervalu povprečnih vrednosti poškodovanosti sestoja. Objekta Osankarica (11,6 %) in Goričko (14,1 %) sta na spodnji meji poškodovanosti sestoja, objekta Mozelski Šahen (26,7 %) in Trije križi (s skupno poškodovanostjo 28,6 %) pa padeta v interval povprečne poškodovanosti.

Tuja literatura pri klasičnih tehnologijah poroča o večji poškodovanosti dreves, ki ležijo v bližini vlak (Hannelius S. in Lillandt M., 1970; Ostrofsky W. D. in Dirkman J. A., 1991; Vasiliauskas R., 2001). Opisani trend je logičen, saj mimo dreves ob vlakih privlačujemo največje količine lesa in posledično se poveča verjetnost za nastanek poškodbe. Opisani trend smo ugotovili tudi v naši regresijski analizi, vendar naklonov regresijskih krivulj z zgornjimi raziskavami ne moremo primerjati, saj so se avtorji posluževali metod deskriptivne statistike.

Verjetnost za nastanek poškodbe drevesa je povezana s prsnim premerom in sicer tako, da n arašča s povečevanjem prsnega premera dreves. Vpliv drevesne vrste na verjetnost nastanka poškodbe je šibka, ugotovili smo, da je verjetnost za nastanek poškodbe na smreki za 2,88 v ečja kot za nastanek poškodbe na bukvi. Podobno ugotavljajo tudi tuji avtorji (Vasiliauskas R., 2001).

5.1.1.1 Lokacija poškodovanosti

Ugotovljene lokacije poškodovanosti pri delu s klasičnimi tehnologijami (Klančnik A., 2001) v iglastem drogovnjaku, so nekoliko netipične, v primerjavi z ostalimi slovenskimi raziskavami (Klun J. in Poje A., 2000; Serec T., 1997; Žun B., 2002) ter nekaterimi tujimi (Bettinger P. in Kellogg L. D., 1993; Fröding A., 1982). Klančnik (2001) je namreč ugotovil več poškodb na korenovcu, kot na deblu. Večina drugih raziskav pa ugotavlja težišče poškodb na deblu, kateremu sledi korenovec. Zato trdimo, da pri klasični tehnologiji večina poškodb nastane na deblu, sledi pa korenovec. Poškodovanost korenin pa je pri strojni sečnji in izvozu lesa ter klasični tehnologiji močno odvisna od drevesne vrste. Iglavci, predvsem smreka so močno nagnjeni k poškodbam korenin. To dokazuje primerjava med objektoma Goričko in Osankarica ter več zgledov iz tuje literature (Butora A. in Schwager G., 1986; Fröding A., 1982).

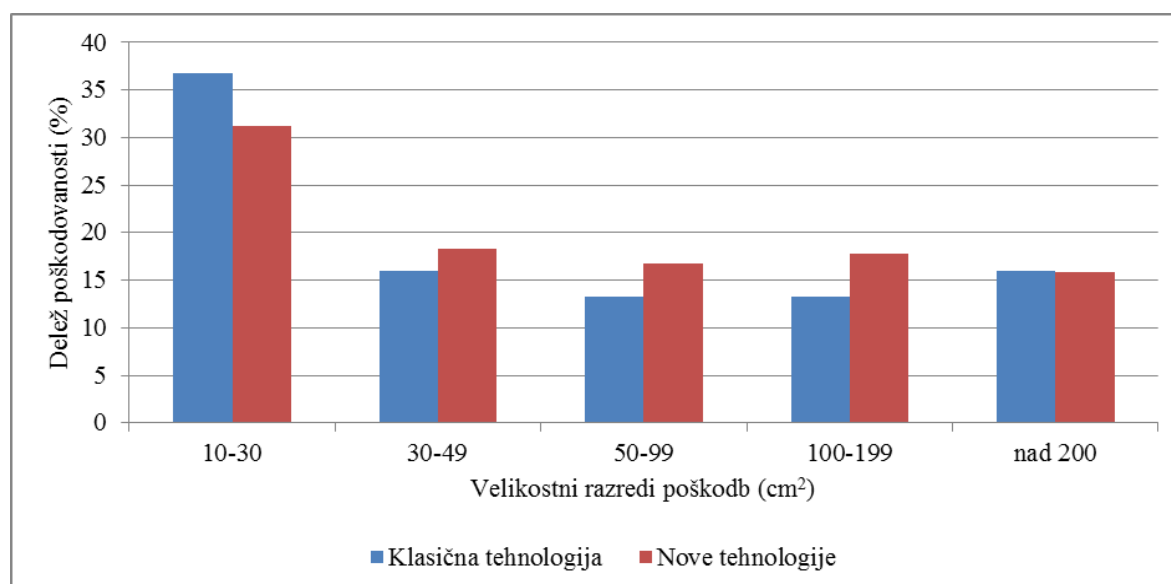
Ugotovimo lahko, da primerjava lokacij poškodb med strojno sečnjo in izvozom lesa s klasičnimi tehnologijami pokaže, da so pri klasičnih tehnologijah poškodbe bolj porazdeljene po vsem drevesu. Največ poškodb je sicer še zmeraj na deblu, le da delež poškodovanosti ne dosega 70 ali 80 %, temveč se povzpne le med 40 in 60 %. Sledijo poškodbe korenovca in korenin ter vej ob deblu in krošnje. Poškodb na krošnji in vejah ob deblu je pri strojni sečnji manj, saj stroj za sečnjo lažje kontrolira smer in padec drevesa kot sekač z motorno žago. Pri novih tehnologijah so torej kritične poškodbe debla in korenovca. V iglastih sestojih se precej poškodb pojavlja tudi na koreninah. Glede na rezultate iz objekta Rog, kjer je potekala kombinirana strojna sečnja lahko ugotovimo, da je ta tehnologija vmesna, saj povzroča več poškodb na vejah in deblu kot strojna sečnja in manj kot klasične tehnologije.

Izkušnje iz modeliranja kažejo, da pri strojni sečnji na verjetnost za nastanek poškodbe vplivajo prsni premer, položaj v sestoji in drevesna vrsta. Ugotovili smo, da z naraščanjem prsnega premera raste tudi verjetnost za poškodbo koreničnika in korenin. Enak trend je bil ugotovljen za število poškodb v tanjših sestojih. Treba je razumeti, da smo popisali število poškodb na drevesu, zabeležili pa smo le lokacijo največje poškodbe. V luči tega lahko trdimo, da je v mlajših razvojnih fazah zaradi manjših dimenzij dreves prisotnih več plitvih poškodb, najhujše so na koreničniku in koreninah. V starejših razvojnih fazah so drevesa večja in tako so poškodbe krošnje in debla pogostejše ter jih je več. Z naraščanjem števila poškodb se povečuje verjetnost, da je padajoče drevo poškodovalo stoječe drevo po krošnji, deblu in koreničniku (več poškodb). V tem primeru največje poškodbe pogosto niso na koreničniku temveč na deblu ali krošnji. Model je tudi pokazal, da se večje poškodbe pri strojni sečnji pojavljajo na koreničniku in koreninah, manj na deblu, najmanj pa v krošnji.

Ugotovimo lahko, da strojna sečnja in izvoz lesa, po naših raziskavah, povzročita nekoliko manj poškodb na sestoju kot klasična tehnologija. Lokacija poškodb na drevesu je pri strojni sečnji na vseh naših objektih skoncentrirana na deblu drevesa. Sledita korenovec in korenine. Poškodb krošnje in vej ob deblu skoraj ni.

5.1.1.2 Velikost poškodb

Primerjava velikosti poškodb je precej kompleksna, zato smo v ta namen naredili manjšo simulacijo velikosti poškodb. Primerjali smo povprečje poškodovanosti vseh naših objektov in povprečje iz več dosedanjih slovenskih raziskav klasične tehnologije. V to povprečje smo vključili raziskave, ki so jih opravili Papac (Papac B., 1992), Žun (Žun B., 2002), Serec (Serec T., 1997) ter Klun in Poje (Klun J. in Poje A., 2000). Rezultate primerjave prikazujemo na spodnji sliki.



Slika 21: Poškodovanost glede na velikostni razred poškodbe za nove in stare tehnologije pridobivanja lesa

Ugotovimo lahko, da večjih razlik v velikost poškodb med novimi tehnologijami in klasičnimi tehnologijami ni. Nekoliko več poškodb je pri klasičnih tehnologijah v razredu od 10 do 30 cm², vendar pa razlike niso velike.

Za primerjavo je zanimiva tudi študija več tehnologij (Han H. S. in Kellogg L. D., 2000b), v kateri avtorji ugotavljajo 64 % poškodovanost pri strojni sečnji in 80 % poškodovanost pri spravilu s traktorji. Ugotovitve raziskave se ujemajo z našimi opažanji, saj je očitno, da tehnologiji nista primerljivi, oziroma pri spravilu s traktorjem predstavlja problem faza privlačenja hlodov na gozdno prometnico, saj se tovor hitro nasloni ob drevo, ki stoji tik ob vlaki. Strojna sečnja je v tem pogledu bistveno boljše, saj stroj za sečnjo s hidravličnim dvigalom vrši kontrolo nad bremenom in ga lahko v veliki meri nadzoruje. Tako je verjetnost poškodb ob gozdni prometnici manjša.

Na sliki 17 lahko opazimo, da je kombinirana strojna sečnja povzročila 19,3 % poškodb stoječih dreves v sestoju v zelo starem in redkem sestoju. Poškodovanost na tem objektu je sicer manjša kot na objektu Mozelski Šahen, vendar je bil sestoj tam bistveno gostejši, zato objekta nista primerljiva. Na sliki 20 lahko primerjamo razliko med strojno sečnjo in kombinirano strojno sečnjo glede na strukturo poškodb. Ugotovimo lahko, da je verjetnost za nastanek poškodb debla in vej pri kombinirani strojni sečnji večja kot pri strojni sečnji. Pri kombinirani strojni sečnji namreč določen delež dreves podre sekač z motorno žago, pri čemer so poškodbe vej pogostejše. Kombinirana strojna sečnja je torej po strukturi poškodb nekje vmes med čisto strojno sečnjo in klasičnimi tehnologijami sečnje in spravila lesa. Iz slike 21 lahko ugotovimo, da je kombinirana strojna sečnja povzročila bistveno večje število velikih poškodb kot tehnologije strojne sečnje in je tako bolj podobna klasičnim tehnologijam. Rezultate je potrebno tolmačiti s previdnostjo – to je namreč edini objekt z zelo debelimi drevesi, na vseh ostalih objektih imajo drevesa manjše prsne premere.

Če pogledamo podrobneje podatke o velikosti poškodb za posamezen objekt ugotovimo, da domači in tuji raziskovalci ugotavljajo, da je večina poškodb, ki nastanejo v sestoju manjša od 100 cm² (Siren M., 1981, 1982; Vasiliauskas R., 2001). V raziskavi so na Finskem (Fröding A., 1982) za zelo različne tehnologije ugotovili, da je 45 % poškodb velikosti do 100 cm², 21 % jih je velikosti od 100 do 200 cm², večjih poškodb pa je 34 %.

Če te ugotovitve primerjamo z ugotovitvami iz naših raziskav, lahko ugotovimo veliko variabilnost med objekti. S trditvijo, da je večina poškodb manjša od 100 cm² se ujemajo objekti Osankarica, Goričko ter Trije križi. Objekta Rog in Mozelski Šahen se bolj približujeta raziskavi Frödinga (1982), ob čimer ne smemo pozabiti, da je bila v Rogu uporabljena kombinirana strojna sečnja. Na sploh se objekta zelo dobro ujemata z ugotovitvami te raziskave, saj je na obeh več poškodb nad 200 cm² kot poškodb od 100 do 200 cm².

Preglednica 23: Rezultati v naših raziskavah ugotovljenih velikosti poškodb v treh razredih

	do 99,9	100-199,9	nad 200
Mozelski Šahen	50,0	20,0	30,0
Osankarica	82,8	8,6	8,6
Goričko	77,8	14,3	7,9
Trije križi	55,0	28,3	16,7
Rog	40,4	26,2	33,3

Ugotovitve iz modela kažejo, da na velikost poškodbe vpliva prsni premer drevesa in da se z oddaljevanjem od vlake velikost poškodb zmanjšuje ter da velikost poškodb močno narašča z naraščanjem števila poškodb.

5.1.2 Primerjava naših ugotovitev z raziskavami strojne sečnje iz tujine

Hitra primerjava naših rezultatov z rezultati slovenskih avtorjev pokaže, da je poškodovanost, ki smo jo ugotovili na naših objektih nad državnim povprečjem. Na Krasu so (Košir B. in Robek R., 2000) v drobnem drevju (neto drevo $0,11\text{m}^3$) borovega sestoja ugotovili 8 % poškodovanost. V drugi raziskavi so v smrekovem sestoju (Delavec J., 2003), s povprečnim bruto drevesom $0,26\text{m}^3$ prišli do podobnih rezultatov in sicer 8,2 % poškodovanosti. Zanimiva je podrobnejša primerjava rezultatov omenjenih raziskav z našimi objekti. Poškodbe, ki jih je v svoji raziskavi ugotovil Delavec (2003) so zelo nizke, sploh, če vemo, da je bila poškodovanost pri spravilu z goseničnim traktorjem le 13,3 %. Razloge za tako nizke deleže poškodovanosti lahko iščemo v sestojnih razmerah ali pa metodoloških razlikah. Raziskava v Žekancu, z našimi objekti ni primerljiva zaradi bistveno drugačnih sestojnih razmer in drevesne vrste. Glede sestojnih razmer naj povemo, da je bil raziskovalni objekt lociran na Krasu, kjer so drevesne višine bistveno nižje in tako drevesa med podiranjem povzročijo manj poškodb na drugih drevesih. Drugi faktor, ki je najverjetneje celo pomembnejši, je drevesna vrsta. Na objektu Žekanc je prevladujoča drevesna vrsta rdeči bor, ki ima debelo skorjo in je po izkušnjah iz Evrope in Amerike zelo odporen na poškodbe (Vasiliauskas R., 2001).

Pogojno primerljive raziskave so bile izvedene tudi v Skandinaviji. V sestojih rdečega bora (Jäghagen K. in Lageson H., 1996), redčenih s tehnologijo strojne sečnje in izvoza lesa, so ugotavljali poškodovanost po metodi, ki je zelo podobna naši, saj prihaja ideja od istega avtorja. Razlika je le ta, da so vzorčili tudi znotraj ploskev. Popisali so le vsako četrto drevo na ploskvi. Nekoliko drugače so oblikovali tudi razrede poškodovanosti, saj se poškodba začne šele pri 20cm^2 . Drugačna je tudi definicija poškodbe, saj za poškodbo šteje le, če je skorja odstranjena in je les izpostavljen. Naša metoda je glede tega bolj stroga, saj kot poškodbo zabeležimo tudi manjše poškodbe kambija. Avtorji so na objektu ugotovili 12,7 do 17,0 % poškodovanost sestoja. Zaradi drugačne drevesne vrste in manjše gostote sestojev je objekt bolj primerljiv z Žekancem (Košir B. in Robek R., 2000), kjer so bile ugotovljene manjše poškodbe – le 8 %.

Lokacija poškodb sestoja na objektu Žekanc je precej podobna našim ugotovitvam. Avtorji poročajo o 68 % poškodovanosti debla, 13 % poškodb na korenovcu, 8 % poškodb na vejah ob deblu in 6 % poškodovanost korenin. Večina poškodb je torej na deblu in korenovcu, kar smo ugotovili tudi na naših objektih.

Prva težava na katero smo naleteli pri pregledu tuje literature, je relativno kratek seznam literature, ki je z našimi objekti primerljiva glede na sestojne razmere. Pri sestojnih razmerah

nas zanima predvsem gostota dreves, saj se v gostih sestojih drevo hitreje poškoduje, kot v zelo redkih sestojih. Zaradi večje preglednosti in za lažje razumevanje smo sestavili spodnjo preglednico, kjer so izbrani najbolj podobni objekti iz tuje literature, s katerimi bomo primerjali naše objekte.

Težave s primerljivostjo smo imeli pri objektih Osankarica in Goričko. V literaturi je malo primerov prvih redčenj s takšno gostoto sestojev, kot je to v naših primerih. Najbližje tem gostotam so prišli v ZDA (Camp A. E., 2002).

Težave s primerljivostjo so manjše na objektih Mozelski Šahen in Trije križi. V literaturi smo našli več poskusov, ki so po razmerah precej podobni tema dvema objektoma.

Preglednica 24: Primerjava objektov iz tuje literature z našimi objekti

Avtor in leto	Stroj za sečnjo	Stroj za spravilo	Naklon (%)	Število (dreves/ha) pred posegom	Število (dreves/ha) po posegu	Temeljnica pred posegom (m ² /ha)	Temeljnica po posegu (m ² /ha)	Lesna zaloga (m ³ /ha)	Lesna zaloga (m ³ /ha) po redčenju	Jakost odkazila	Jakost redčenja (%)	Povprečni premer sestoja (cm)	Povprečno neto drevo (m ³)
(Camp A. E., 2002)	Goseničar Kabelco 200, Kato 500	Valmet 982 FW, 14 ton	0	2525	1238	41,3							
	Goseničar Kabelco 200, Kato 500	Valmet 982 FW, 14 ton	40	1455	358	32,1							
(Heitzman E. in Grell A. G., 2002)	Valmet 701 4kolesnik, Valmet 945	Valmet 546 6 kolesnik	0-10	2275	1236	37,9	24,3						
	Valmet 901, 4kolesnik, Valmet 945	Valmet 546 6 kolesnik	0-10	1769	1097	43,1	32,3						
(Mihelič, 2014) Osankarica	Eco Log 580C	John Deere 1110	0-6	2721	1951	59,1	38,7					Pred: 15,0 Po: 13,97	
(Mihelič, 2014) Goričko	Eco Log 580C	John Deere 1110	0-3	2401	1875	35,9	20,9					Pred: 10,9 Po: 9,5	
(Fjeld D. in Granhus A., 1998)	88-155kW HW z 8,5-10m roko	80-100kW FW z 10-12t nosilnosti		950		22-45		131-396					
(Ferenčík M. in Stanovský M., 2011)	John Deere 1070D Eco3	John Deere 810E eco3	15-25	995	725			228	216	12,32m ³ /ha	28	23	0,39
	John Deere 1070D Eco3	John Deere 810E eco3	15-25	936	614			241	199	42,43m ³ /ha	33,6	20	0,27
(Lageson H., 1997)	Osa 260/752	Brez zgib.polprikoličarja	2-7	1465	800	27,7	19	214	151	30%		14,8	
	Osa 260/752	Brez zgib.polprikoličarja	2-7	1344	913	27,9	18,7	219	130	30%		15,7	
	Osa 260/752	Brez zgib.polprikoličarja	2-7	1301	833	27,5	18,5	217	148	30%		16,1	
(Fröding A., 1992b)	Različni stroji za sečnjo	Različni zgib.polprikolič.		1272+394	738+61					35,9-37,0%			
(Mihelič, 2014) Mozelski Šahen	JD 1470D	JD 1410D	0-30	783	643		36,1			76 m ³ /ha		24,4	0,67
(Mihelič, 2014) Trije križi	JD 1470D	JD 1410D	0-30		886		/			56m ³ /ha			
(Mihelič, 2014) Vetril- traktor	HSM 805F	HSM 805F	0-20	439	351	36,8	27,8					Pred: 29,8 Po: 30,8	
(Mihelič, 2014) Vetril- Stroj za sečnjo	HSM 805F	HSM 805F	0-20	813	613	29,6	24,0					Pred: 24,7 Po: 26,6	

Metode, ki jih v svojem delu uporablja Camp (2002) so podobne našim, gre torej za vzorčenje znotraj sestoja. Razlika je v vlogi dreves v sestoji. V raziskavi se ukvarjajo samo z izbranci (retention trees). Izbranci so bili vidno označeni z oranžno barvo. Prav tako je gostota sestoja po posegu samo gostota izbrancev. Druga drevesa avtorjev ne zanimajo. Gostota preostalega sestoja je bila precej višja, torej lahko trdimo, da so si objekti precej podobni. Težave pa nastanejo pri primerjavi rezultatov. Tudi ostali avtorji navajajo le deleže poškodovanosti izbrancev. Na vzorčnih ploskvah so ugotovili, da je bilo na strmih objektih nepoškodovanih 26 % izbrancev. Manjše poškodbe skorje je imelo 26 %, poškodbe na kambiju so ugotovili pri 27 %, globoke poškodbe pa so ugotovili na 21 % izbrancev. V sestoji na ravnini (0 % naklona) je bila poškodovanost še večja. Tu so ugotovili le 10 % izbrancev brez poškodb, poškodbe skorje so bile vidne na 44 % izbrancev, kambialne poškodbe so ugotovili na 34 %, velike poškodbe pa na 12 % izbrancev. Avtorji ne navajajo niti povprečne velikosti poškodb, niti njihove lokacije. Navedeni deleži poškodovanosti so zelo veliki, kljub temu, da so ugotavljali poškodbe le na izbrancih. Čeprav ne govorijo o starosti poškodb, je jasno, da gre pri raziskavi za nove poškodbe, res pa je tudi, da so sestoji precej mladi in da starih poškodb v takem obsegu ne more biti. Če povzamemo, so avtorji ugotovili 74 % poškodovanost izbrancev v sestoji na strmih terenu in 90 % poškodovanost izbrancev v sestoji na ravnini.

Tudi v drugi ameriški raziskavi (Heitzman E. in Grell A. G., 2002) so kot metodo uporabljali vzorčne ploskve s premerom 8,01 m, na katerih so za ugotavljanje poškodovanosti popisali vsa živa drevesa nad prsnim premerom 5,1 cm. Na ploskvah so ločevali med drevesi ob vlaki in v sestoji. Drevo ob vlaki je bilo definirano, kot drevo rastoče do 0,6 m stran od roba vlake. Kot vidimo, je sama metoda dobro primerljiva z našo metodo. Razlike pa so pri definiciji poškodbe. Kot poškodbo avtorji razumejo samo poškodbe debla, pri katerih je bila skorja odstranjena, les pa izpostavljen ali poškodovan. Poškodb na koreninah in krošnji niso proučevali. Prevladujoča drevesna vrsta je bila smreka (*Picea rubens* Sarg.). Drevesa v sestoji je za posek izbiral strojnik sam. Zaradi podobnosti sestojev, glede na prsni premer z objektom Osankarica in Goričko bomo poškodbe primerjali le z enim objektom, v raziskavi opisanim kot objekt »Allagash«. Na tem objektu je opravljal sečnjo 4-kolesni stroj Valmet 701 s sečno glavo Valmet 945, spravilo pa se je vršilo s 6-kolesnim zgibnim polprikoličarjem Valmet 546. Ta garnitura za strojno sečnjo je manjša, kot garnitura, ki je bila uporabljena v naših poskusih. Namenjena je za zgodnja redčenja, stroji so ožji in imajo krajši doseg hidravlične roke. Ugotovljena poškodovanost sestoja na objektu je bila med 34 in 46 %.

Primerjava naših objektov s tujimi raziskavami pokaže, da sta naša objekta na Osankarici in na Goričkem precej manj poškodovana, kot kažejo tuje raziskave. Kot smo že povedali je poškodovanost na Osankarici dosegla 11 %, na Goričkem pa 14 %. Primerjava z obema ameriškim objektoma, kjer so ugotovili med 74 in 91 % poškodovanost izbrancev ter drugo raziskavo s povprečno poškodovanostjo vseh dreves na ploskvah med 34 in 46 % pove, da smo na obeh objektih globoko pod povprečjem poškodovanosti. Res pa je, da sta bila

poskusna objekta dobro pripravljena in z lahkimi terenskimi razmerami, tako da lahko v praksi pričakujemo večje poškodbe.

Več primerjav z literaturo lahko naredimo z objektoma Mozeljski Šahen in Trije križi. V zelo obširni raziskavi, v kateri so pregledali 403 pretežno smrekovih sestojev (Fröding A., 1992b) so zajeta prva redčenja. Inventuro so večinoma izvajali zaposleni v podjetjih, ki se ukvarjajo s pridobivanjem lesa. Povprečna gostota obravnavanih sestojev pred redčenjem je znašala 1500 dreves/ha, po redčenju pa 850 dreves/ha.

Ugotovili so $7,2 \pm 0,6$ % poškodovanost sestojev po strojni sečnji in spravi z zgibnim polprikoličarjem. Večina poškodb pri strojni sečnji je bila locirana na deblu (52 %), sledi korenovec s 34 % in korenine s 13 % poškodovanosti. Velikost poškodb po razredih je sledeča; V razredu od 0 do 15 cm² je bilo ugotovljenih 23,9 % poškodb, v razredu od 15 do 100 cm² je bilo ugotovljenih 53,6 % poškodb, v razredu nad 100 cm² pa 22,5 % poškodb.

Primerjava z našimi objekti pokaže, da so ugotovljeni deleži poškodovanosti zelo nizki, kar ugotavlja tudi vrsta drugih avtorjev. Razlogov za to je več. Omenimo naj nižje višine dreves in manjše premere (tarifa), k razliki pa je zagotovo prispevalo tudi dejstvo, da poškodb najverjetneje niso vedno popisovali takoj po izvedbi del. Poškodbe v sestoji s časom namreč obledijo, postanejo sive barve in jih je zelo težko opaziti. Če naredimo primerjavo s slovenskimi raziskavami, je ugotavljanje poškodb z inventurnimi metodami s ploskev za popis poškodovanosti gozdov (Robek R. in Medved M., 1997) pokazalo 12,3 % poškodovanost. Ugotovljeni delež je bistveno nižji od dejanskega, torej poškodovanosti, ki jo ugotavljamo z našimi metodami. Razlog leži predvsem v časovnem zamiku med izvedbo in popisom, saj predvsem v vegetacijski dobi velik delež poškodb že po krajšem času postane neopazen in tako ostanejo vidne le velike poškodbe.

Lokacija poškodb na drevesu je podobna trendu, ki smo ga ugotovili tudi v naši raziskavi, torej je večina poškodb locirana na deblu, sledijo poškodbe korenovca ter poškodbe korenin. Z vidika velikosti poškodb so rezultati raziskav primerljivi, različnim velikostnim razredom navkljub. Tudi v naši raziskavi je večina poškodb v razredu od 15 do 100 cm², malo manj pa je poškodb nad 200 cm². Primerjave za razred »od 0 do 15 cm²« ne moremo narediti, saj podatkov nismo zbirali na primerljiv način, oziroma je tudi naša definicija poškodbe malce drugačna, kar bi se v tem, najmanjšem razredu zagotovo odražalo drugače.

V drugi Švedski raziskavi (Lageson H., 1997) so ugotavljali poškodbe sestoja samo po strojni sečnji, brez spravila lesa. Delali so z istimi stroji in strojniki, a po različnih gozdnogojitvenih predpisih. Sestoji imajo podobno gostoto kot naši sestoji, a so prsni premeri dreves precej manjši. Od poskusnih objektov je našim razmeram najbolj podoben

objekt, ki ga v članku imenuje »STB«. Ugotovljena poškodovanost v sestoji po strojni sečnji znaša 5,0 %.

Na Norveškem (Fjeld D. in Granhus A., 1998) so poškodovanost sestojev ugotavljali z neopredeljenim vzorčenjem v smrekovih sestojih. Sečnja se je izvajala pozimi. Ugotovili so 13,7 % poškodovanost po strojni sečnji in spravilu lesa.

Ugotovimo lahko, tako kot več drugih avtorjev (Hassler C. C. in sod., 1999; Heitzman E. in Grell A. G., 2002; Košir B. in Robek R., 2000), da skandinavski avtorji ugotavljajo nižje deleže poškodovanosti sestoja, kot ameriški ali srednjeevropski avtorji. Razlogov zato je več. Dejstvo je, da imajo drugače definirano poškodbo drevesa, saj kot poškodbo štejejo le velike poškodbe poleg tega pa pogosto ne popisujejo poškodb na koreninah in v krošnji. Poleg tega moramo upoštevati tudi močno drugačen sistem gospodarjenja, v katerem uporabljajo večje jakosti sečenj, kar skupaj z sestojnimi razmerami, v katerih je manj dreves na enoto površine ter dobro izšolanimi strojniki privede do manjše verjetnosti za nastanek poškodbe na drevesu.

Dostopnih objav o poškodbah sestoja s sodobnimi tehnologijami strojne sečnje iz srednje Evrope, kjer so sestoji podobni našim razmeram, ni veliko. Na Slovaškem (Ferenčík M. in Stanovský M., 2011), so izvedli poskus v podobnih razmerah, kot na naših objektih-primerljivi so srednji prsni premeri in gostote dreves. Žal je primerljivost omejena zaradi drevesne vrste sestoja, saj proučujejo bukev, dela pa so opravljali manjši stroji. Uporabljali so stroj za sečnjo JD 1070D in zgibni polprikoličar JD 810E. Oba stroja sta manjša od strojev uporabljenih v naših raziskavah. Sestoj so popisovali na ploskvah v velikosti 20 × 20 m. Ugotovili so, da je povprečna poškodovanost na ploskvah 105 dreves/ha v prvem oddelku in 150 dreves/ha na drugem. Če izrazimo v deležih, je poškodovanost v prvem oddelku znašala 15,2 %, v drugem pa 32,0 %. Ugotovimo lahko, da so rezultati te raziskave bližje našim ugotovitvam, kot ugotovitve skandinavskih raziskav. Ugotovljena poškodovanost v prvem oddelku je primerljiva z našimi ugotovitvami iz Osankarice in Goričkega, poškodovanost v drugem oddelku pa je primerljiva z objektoma Mozeljški Šahen in Trije križi. Razlogov za takšna odstopanja poškodovanosti med oddelkoma avtor ne podaja, ugotavlja pa, da je poškodovanost bistveno večja, kot v tuji literaturi. Očitno je, da v srednjeevropskih razmerah dosežemo drugačne poškodovanosti, kot v Skandinaviji. Razlogi so najverjetneje v bistveno drugačnih sestojnih razmerah.

6 ZAKLJUČKI

V zaključkih želimo predvsem odgovoriti na vprašanja, ki so se pojavila med nastajanjem teksta, zlasti pa želimo biti izčrpn in odgovoriti na vprašanja in dileme, ki se pojavljajo. Še enkrat ponovimo vprašanja, ki smo si jih zastavili v uvodu.

- Ali so uporabljene metode primerne in ali jih lahko izboljšamo?
- Kakšni so vplivi načina gospodarjenja in uporabe različnih tehnologij na poškodbe sestojev?
- Kaj se lahko naučimo iz dosedanjih raziskav domačih avtorjev?
- Kakšna so nova dognanja o poškodbah sestojev iz področja poškodb sestojev pri uporabi strojne sečnje v svetu?
- Kateri deli znanja o poškodbah sestojev še manjkajo in kakšni so predlogi za nadaljnje raziskave?

Ustreznost naše metode ugotavljanja poškodb.

Metode ugotavljanja poškodb sestojev v literaturi so še zmeraj daleč od poenotenja. Dejstvo je, da ugotavljamo močno različne definicije poškodb sestoja in prav tako tudi zelo različne načine merjenja. Razlike v razumevanju definicije poškodb so pravzaprav ekstremne. Pri naši metodi ugotavljamo velikost posameznih poškodb na drevesu (prag je poškodba velikosti 10 cm²), medtem ko drugi pristopi ugotavljajo, če je drevo poškodbo preživel ali ne. Ta pristop se nam ne zdi smiseln iz etičnega niti ekonomskega gledišča. Če so namreč drevesa zelo močno poškodovana, jih je smiselno posekati že med delom. S tem preprečimo počasno hiranje drevesa, povečamo pa tudi ekonomski vidik s sečnjo in spravirom zdravega lesa. Še zmeraj zagovarjamo ohranjanje 10 cm² kumulativne poškodbe na drevesu kot kriterij za poškodbo drevesa, saj tako majhne poškodbe drevo, ob pogoju vitalnosti zagotovo zelo hitro zaraste, raziskave pa tudi ugotavljajo, da je takšen vpliv na kakovost okroglega lesa minimalen. Dodaten argument je, da poškodbe manjše od 10 cm² zelo hitro izginejo (razbarvanje) in so tako zelo težko merljive. Poleg tega velikosti poškodb mednarodno še zmeraj nismo poenotili, definicija tega, kaj je majhna, srednja ali velika poškodba torej ni. Naša metoda operira z veliko razredi in v prihodnosti bi kazalo razrede razdeliti na manj enot z enakomernim razmakom znotraj posameznih intervalov, kar bi olajšalo obdelave podatkov. Predlagamo razdelitev od 10-49.9, 50-99.9, 100-149.9, 150-199.9 in nad 200. Za neznanstvene namene bi veljalo uporabiti tudi razrede od 10-100, 100-200 in nad 200.

Razlike v raziskavah nastajajo tudi zaradi vključevanja in izključevanja podmerskih dreves v ugotavljanje poškodovanosti sestoja, medtem ko druge raziskovalce zanimajo samo poškodbe na »komercialnih drevesih«, torej drevesih nad 30 cm. To močno spremeni glavni parameter, torej pomen povprečne poškodovanosti sestoja, saj s takšnimi razlikami v metodologijah ta kazalec ni več primerljiv med posameznimi raziskavami. Tudi v naših raziskavah smo v primeru mlajših razvojnih faz popisali vsa drevesa, tudi podmerska, saj je povprečni premer drevesa na objektu Osankarica znašal 15,5 cm, zato so bila podmerska

drevesa pomemben gradnik sestoja in so še konkurirala za prostor v sestoku. Temu ni tako v sestokih z večjimi premeri, kjer podmerska drevesa nimajo več možnosti ujeti nosilcev in konkurentov, ki tvorijo streho sestoja, zato gospodarsko niso pomembna. Predlagamo, da se ohrani ta način, torej da se na podmerskih drevesih ne ugotavlja poškodovanosti, če pa je temu tako, je to potrebno jasno povedati. Glede mladja prav tako ne ugotavljamo poškodovanosti na mladju, če le-to ni perspektivno.

Starost poškodb je pomemben parameter in ga je nujno ugotavljati. Tudi če v sestoku prej ni bilo gospodarjeno so lahko poškodbe nastale zaradi drugih razlogov in tako v sestoku brez nadaljnega so. Ne pomagajo sicer pri sami raziskavi poškodovanosti po posameznem posegu, nam pa veliko povedo o samem sestoku, njegovih lastnostih in o preteklem gospodarjenju ter vplivu na sortimentacijo okroglega lesa.

Glede uporabe različnih metod vzorčenja lahko ugotovimo, da so okrogle ploskve za ugotavljanje poškodb sestojev primerne, nujno pa je zastaviti dodatne raziskave, v katerih bi primerjali obe metodi (metodo pasov in krogov) na primeru strojne sečnje, s čimer bi poenotili pristop ugotavljanja poškodb pri vseh tehnologijah. Menimo, da je metoda krožnih ploskev ustrezna, potrebuje pa manjše korekcije.

Način gospodarjenja

Način gospodarjenja in s tem povezana jakost odkazila je pomemben dejavnik pri poškodbah sestoja. Pri uporabi strojne sečnje je v redčenjih (predvsem zgodnjih) nesmiselno imeti zelo nizko gostoto odkazila, saj se tako odkaže le lesna masa na sečnih poteh, preostanek sestoja pa ni deležen učinka gojitvenega ukrepa. Po drugi strani je res, da povečanje jakosti odkazila zmanjša količino poškodb, vendar je cilj gojitveno ukrepanje. Raziskave iz tujine tudi kažejo na dejstvo, da je pri uporabi strojne sečnje jakost odkazila pri uporabi strojne sečnje večja, kot je pri nas običajno za odkazilo pri uporabi tehnologije sečnje z motorno žago in spravila s traktorjem. Iz teh razlogov se je pri načrtovanju strojne sečnje potrebno zavedati, da ta tehnologija zahteva večje jakosti odkazila in zato za določene sestoje ni primerna.

Gozdne prometnice so zelo pomembne iz vidika poškodb sestoja (Košir, 2009), tako ceste kot vlake in sečne poti. Predvsem pomembna je primerna gostota gozdnih prometnic, saj le-ta zmanjšuje tveganje za poškodbe, kar je nekoliko v nasprotju z dejstvom, da se ob prometnicah pojavi največ poškodb, saj je tam vpliv tehnologije največji. Ob višji gostoti prometnic namreč poškodovanost sestoja upada do neke ravni, nato je prometnic preveč in zato začne poškodovanost sestoja spet naraščati. Za vse tehnologije sicer velja, da več poškodb nastane ob prometnicah, manj pa v sestoku. Težava pri uporabi tehnologije strojne sečnje nastane, ker le-ta potrebuje večje gostote gozdnih prometnic in lahko se zgodi, da prekoračimo optimalno gostote prometnic in povzročimo velike poškodbe sestojev. Glede na večjo gostoto prometnic bi lahko sodili, da strojna sečnja povzroča večje poškodbe sestojev kot tehnologija sečnje z motorno žago in spravila s traktorjem, vendar temu ni tako. Vpliv

kontroliranega podiranja je namreč močan in viden tako v strukturi kot tudi v številu poškodb. Zanimivo bi bilo narediti raziskavo, v kateri bi ugotavljali dejansko poškodovanost ob izvajanju del v redčenjih v državnih gozdovih, zlasti ob zadnjih ujmah, pogostemu vračanju v gozdove in različnih izvajalcih.

Tudi namen odkazila je pomemben in iz tehnološkega stališča moramo ločiti končne sečnje, redčenja in zgodnja redčenja. Odkazilo, skupaj z načrtovanjem prometnic, je potrebno prilagajati tehnološkim posebnostim za vsak primer posebej.

Tehnologije

Glede na zadnja proučevanja kombinirane strojne sečnje in primerjave s čisto strojno sečnjo lahko ugotovimo, da kombinirana strojna sečnja povzroča več poškodb kot čista, saj je vpliv nekontroliranega padanja dreves med podiranjem z motorno žago značilen. Tehnologiji sečnje se pogosto mešata, čista strojna sečnja je najbolj prisotna v mlajših fazah, kombinirana pa povsod tam, kjer so razmere manj ugodne in premeri dreves večji. Kombinirana strojna sečnja, za katero ugotavljamo, da je v državi vse pogostejša, se iz vidika poškodb sestojev kaže kot zanimiva alternativa. Na objektu Rog smo pokazali, da lahko z uporabo te tehnologije dosežemo sprejemljiv obseg poškodb sestojev. Ker v raziskavi ni bilo narejene primerjave med čisto in kombinirano strojno sečnjo, naj poudarimo potrebo po večji raziskavi na enem velikem objektu, kjer bi lahko potrdili ali zavrgli razlike med obema tehnologijama.

Kar se tiče sečnih poti, ki so nujno zlo pri uporabi strojne sečnje, jih je stroka sprejela in razume potrebo po takšnih prometnicah, precej so k temu pripomogle ujme po letu 2014, saj se je pokazalo, da je strojna sečnja uporabna tudi v takšnih terenskih in sestojnih razmerah, v katerih pred ujmani ni bila primerna. Zadržanost stroke glede strojne sečnje je razumljiva in v veliki meri tudi utemeljena, dejstvo pa je, da je sečne poti potrebno smiselno načrtovati in odstopanja od tega tudi primerno sankcionirati. Težavnejši so odgovori na vprašanje, kako velik stroj uporabiti v sestoji (majhen ali velik stroj za sečnjo), saj je gostota sečnih poti pri uporabi majhnega stroja bistveno večja in kako veliki stroji vplivajo na poškodbe sestojev. Ugotovitve naše raziskave kažejo, da veliki stroji lahko delajo zelo dobro, z zelo majhnimi poškodbami tudi v zelo mladih razvojnih fazah. Pojavlja pa se vprašanje ali je bolje v mlajših razvojnih fazah uporabiti manjše stroje za sečnjo in nato v starejših fazah večje. Zaradi različnega dosega dvigal to povzroči opuščanje dela sečnih poti. Dejstvo ostaja, da tehnologija potrebuje svoj prostor v sestoji in da je glavna dilema uporabe takšnih strojev izguba površine sestoja za prometnice. Poškodbe sestojev so tukaj nekoliko manjši problem, res pa je tudi, da raziskav o poškodovanosti sestojev z majhnimi stroji za sečnjo ni.

Pri nas pogosto zanemarjan vidik uporabe tehnologij je dejstvo, da se lahko oprema stroja za sečnjo menja. Ta možnost se pri nas redko uporablja, zaradi strukture podjetij in relativno kratkega časa od uvedbe strojne sečnje. S tem ukrepom bi lahko delno rešili zgornjo dilemo, o uporabi velikega ali majhnega stroja za sečnjo, saj bi vseskozi uporabljali le stroje z eno

dolžino dvigala in konstantno razdaljo sečnih poti. Če torej večji stroj za sečnjo opremimo z manjšo sečno glavo, je le-ta v sestoji bolj okretna in lahko opravi večino dela z manjšimi poškodbami sestojev, hkrati pa je doseg stroja ves čas konstanten in iste sečne poti lahko uporabljamo ves čas.

Terenske značilnosti predstavljajo pomemben dejavnik pri poškodbah sestojev, vendar se s tem vprašanjem do sedaj nismo ukvarjali, zaradi kompleksnosti takšne raziskave, vsekakor pa menimo, da je takšna raziskava potrebna. Prav tako ni raziskav glede poškodovanosti sestojev v odvisnosti od lastnosti sestojev. Dejstvo je, da imamo premalo podatkov in da je potrebno zastaviti širše raziskave z novimi metodologijami. Do sedaj smo namreč delali večinoma v monokulturah, redkeje v močno mešanih sestojih, v prebiralnih in raznomernih pa sploh ne.

Glede novih dognanj v svetu s področja uporabe strojne sečnje lahko ugotovimo, da se na tem področju dogaja malo. Objave so redke, večina raziskovalcev se osredotoča na delo s traktorji. Drugi del objav se ukvarja z modeliranjem verjetnosti za nastanek poškodbe, modeli pa so zelo kompleksni in kot takšni neuporabni za predvidevanje poškodb sestojev. Ugotovimo lahko, da je raziskovanje poškodb sestojev s stroji za sečnjo nujno potrebno, saj raziskovalna sfera v zadnjih štirih letih ni postregla z bolj jasnimi in boljšimi študijami, kot so te, ki so bile izvedene v okviru slovenskih raziskav.

Z modeliranjem smo potrdili predhodne ugotovitve raziskovalcev s področja poškodb sestojev. Ugotovili smo, da na verjetnost za nastanek poškodb najmočneje vplivajo prsni premer dreves, položaj v sestoji in drevesna vrsta. O kakovosti modelov lahko ugotovimo, da so slabi, saj so ostanki, ki ostanejo po pojasnjevanju modelne variance strukturirani. V prihodnje je tako pri raziskovanju poškodb sestoja potrebno v raziskavo vključevati nove parametre.

Ena izmed glavnih težav je veliko število objektov, ki se med seboj razlikujejo po strojniku, stroju, sestavi in razmerah (drevesne vrste, odkazilo, naklon). Vse to so dejavniki, ki jih težko nadzorujemo oziroma jih skušamo zaradi boljše kakovosti podatkov v tem večji meri kontrolirati. To samo po sebi ni problem, vendar se moramo zavedati, da na poškodovanost posameznega drevesa vpliva njegova mikrolokacija v sestoji in intenziteta sečnje.

Iz tega razloga predlagamo, da se v prihodnje posvetimo predvsem dodajanju prostorskih podatkov našim raziskavam, kar pomeni, da bi morali vedeti lokacijo vseh dreves v sestoji. Iz tega podatka bi lahko kot indikator uporabili intenziteto sečnje in spravila lesa v razdalji ene drevesne višine od posameznega drevesa ali enostavneje uporabili razdaljo do najbližjega posekanega drevesa in razdaljo do najbližje vlake ali sečne poti. Poleg tega nas mora zanimati tudi naklon terena na mestu, kjer drevo raste. Sodobne tehnologije, ki se neprestano razvijajo, nam pri tem lahko pomagajo, saj lahko s terestričnim LIDAR-jem ali GPS sprejemniki zajamemo lokacije vseh dreves v sestoji pred in po sečnji ter lokacije

prometnic ter naklon na vsakem delu površine sestoja. Zanimive so tudi časovne vrste, s katerimi lahko ugotovimo, kako se občutljivost posameznih sestojev oz. drevesnih vrst spreminja s časom.

Še enkrat naj poudarimo pomen ugotavljanja poškodb sestoja za ugotavljanje kakovosti dela v gozdovih – uporabimo jih lahko kot indikator za kakovost dela. Pomen kakovostnega dela v gozdu se pokaže šele čez nekoliko let in to z nižanjem kakovosti okroglega lesa, zato lastnik gozda, ki mu je izkupiček mar, pozorno bdi nad poškodbami dreves zaradi gozdne proizvodnje.

7 POVZETEK

Podajamo poglobljene rezultate Slovenskih raziskav s področja poškodb sestojev. V sestojih ugotavljamo poškodovanost po delu s strojno sečnjo od 13,1 do 36,4 %. Večjo poškodovanost ugotavljamo v zgodnjih redčenjih bukve (16,4 %), kot v zgodnjih redčenjih smreke (13,1 %). Pri delu s kombinirano strojno sečnjo ugotavljamo 23,9 % poškodovanost. Prisotnost starih poškodb je variirala med 78,5 in 34,8 %, več poškodb je bilo v starejših sestojih, manj pa v mlajših. Največ poškodb je bilo ugotovljenih na deblu, sledi korenovec in korenine. Poškodb na deblu ni bilo ugotovljenih nikjer, kjer je bila prisotna čista strojna sečnja. Situacija je drugačna na objektu Rog, kjer je bila prisotna kombinirana strojna sečnja, saj se tukaj poškodbe debla pojavljajo. Ugotavljamo, da je na razlesnici najmanj poškodb sestoja, medtem ko smo na večini objektov opazili več poškodb v sestoju kot ob vlakah. Velikost poškodb je precej različno porazdeljena in variira od objekta do objekta. V splošnem lahko trdimo, da se večje poškodbe pojavljajo na večjih drevesih, vendar je obratna smer trenda tudi mogoča. Ugotovili smo, da je številčno v sestoju največ majhnih poškodb manj pa velikih. Verjetnost za nastanek poškodbe drevesa je povezana s prsnim premerom dreves v sestoju. Upadanje števila poškodb od vlake proti razlesnici je bilo statistično značilno dokazano na več objektih. Prav tako smo s statistično značilnostjo ugotovili, da na velikost poškodbe vpliva prsni premer drevesa, vpliv je bil značilen na štirih objektih. V delu se ukvarjamo tudi z prikazom obstoječih lukenj v znanju, predvsem pa poudarjamo možnost uporabe poškodovanosti sestojev kot kazalnika dobrega dela.

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof.dr. Boštjanu Koširju za recenzijo monografije.

Poskusi izvedeni v okviru doktorske disertacije so bili izvedeni v okviru ciljnih raziskovalnih programov V4-0520 in V4-1126. Ponovno zanimanje za tematiko se je pojavilo v okviru projekta CRP V4- 1624; Vpliv strojev za sečnjo in spravilo lesa na gozdne ekosisteme in določitev meril za njihovo uporabo. Za finančno podporo pri recenziji monografije se zahvaljujem projektu CRP V4-1624, ki ga je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna. Pričujoča znanstvena monografija je izboljšana, z dodatnimi raziskavami in obdelavami razširjena verzija doktorske disertacije avtorja na Univerzi v Ljubljani, Biotehniški fakulteti.

8 VIRI

- Aufsess H. 1984. Some examples of wood discolorations related to mechanisms of potential protection of living trees against fungal attack. *IAWA Bulletin*, 5: 133-138
- Azarnoush M. R., Gholamnia A. R., Feiznejad A. R. 2010. Effects of utilized trees' diameter on the residual stand in the Savadkooh forest in Northern Iran. *African Journal of Agricultural Research*, 13, 5: 1678-1683
- Beber M. 1998. Časovna primerjava dveh metod ocenjevanja poškodb drevja zaradi pridobivanja lesa: višješolska diplomska naloga. Ljubljana, [M. Beber]: 32 str.
- Bettinger P., Kellogg L. D. 1993. Residual stand damage from cut-to-length thinning of 2nd-growth timber in the cascade range of Western Oregon. *Forest Products Journal*, 43, 11-12: 59-64
- Bustos O., Egan A., Hedstrom W. 2010. A Comparison of Residual Stand Damage along Yarding Trails in a Group Selection Harvest Using Four Different Yarding Methods. *Northern journal of applied forestry*, 27, 2: 56-61
- Butora A., Schwager G. 1986. Holzerntenschäden in Durchforstungsbeständen. Birmensdorf, Swiss Federal Institute of Forestry Research, Research S. F. I. f. F.: 51 str.
- Camp A. E. 2002. Damage to Residual Trees from a Commercial Thinning of Small-Diameter Mixed-Conifer Stands in Northeastern Washington. V: *Beyond 2001: A Silvicultural Odyssey to Sustaining Terrestrial and Aquatic Ecosystems: Proceedings of the 2001 National Silviculture Workshop, May 6-10, Hood River, Oregon*. Pacific Northwest Research Station, USDA Forest Service: 38-46
- Cline M. L., Hoffman B. F., Cyr M., Bragg W. 1991. Stand damage following whole-tree partial cutting in northern forests. *Northern journal of applied forestry*, 8, 2: 72-76
- Černe M. 2016. Primernost dveh tehnologij sečnje in spravila v pomlajenih sestojih jelovo-bukovih rastišč na visokem krasu (Magistrsko delo). (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta). Ljubljana: 117 str.
- Dehlen R. 1977. Long and short distances between strip roads- how much do they cost. *Skogen*, 10: 437-442
- Delavec J. 2003. Primerjava strojne in klasične tehnologije sečnje in spravila lesa : diplomsko delo - visokošolski strokovni študij = The comparison of the mechanical and classical felling and skidding the wood : graduation thesis - higher professional studies. Ljubljana, 67 str.
- Diehl M., Seidenschur W. 1990. Possibilities of wound closure are high on beech, damaged by bark stripping at the thicket stage. *Allgemeine Forstzeitung*, 19: 452-454
- Dietz P. 1981. Avoiding and treatment of extraction wounds. *Allgemeine Forstzeitung*, 36: 263-265
- Doležal B. 1984. Štete u šumi izazvane primenom mehanizacije. (Dokumentacija za tehniku i tehnologiju u šumarstvu, 81). Beograd, Jugoslavensko poljoprivredno šumarski center, Služba šumske proizvodnje: 47 str.
- Douda V. 1988a. Beschädigung von Waldbeständen durch Nutzung und Transporttechnik. *Lesnictvi*, 56-58
- Douda V. 1988b. Poškozovani lesnich poristu težebeni a dorpavni technikou [Češko]. *Lesnictvi*, 34: 29-50
- Dwyer J. P., Dey D. C., Walter W. D., Jensen R. G. 2004. Harvest impacts in uneven-aged and even-aged Missouri ozark forests. *Northern journal of applied forestry*, 21, 4: 187-193

- El Atta H. A., Hayes A. J. 1987. Decay in Norway spruce caused by *Stereum sanguinolentum* Alb.&Schw. ex Fr. developing from extraction wounds. *Forestry* (Oxford), 60: 101-111
- Eriksson H. 1981. Strip Roads and Transport Damages. Results from Inventory of State Forests 1978-1979. Garpenberg, Sweden, Department of operational efficiency, Swedish University of Agricultural Sciences, Sciences S. U. o. A.: N/A str.
- Fabjan D. 1998. Poškodbe v sestoji pri sečnji in spravilu lesa z večbobenskim žičnim žerjavom s stolpom-Syncrofalke : diplomsko delo - univerzitetni studij višješolska diplomska naloga. Ljubljana, [D. Fabjan]: 39 str.
- Fairweather S. E. 1991. Damage to residual trees after cable logging in northern hardwoods. *Northern journal of applied forestry*, 8, 1: 15-17
- Fajvan M. A., Knipling K. E., Tift B. D. 2002. Damage to Appalachian hardwoods from diameter-limit harvesting and shelterwood establishment cutting. *Northern journal of applied forestry*, 19, 2: 80-87
- Ferenčík M., Stanovský M. 2011. Impact of the cut-to-length technology on beech stand after savage felling. (Technology and Ergonomics in the Service of Modern Forestry, Krakow, Publishing house of the University of Agriculture in Krakow: 560 str.
- Fjeld D., Granhus A. 1998. Injuries After Selection Harvesting in Multi-Stored Spruce Stands– The Influence of Operating Systems and Harvest Intensity. *International Journal of Forest Engineering*, 9, 2: 33-40
- Fröding A. 1982. Hur ser våra nygallrade bestånd ut? En studie av 101 slumpmässigt valda gallringsbestånd= The condition of newly thinned stands. A study of 101 randomly selected thinnings. Garpenberg, The Swedish university of agricultural sciences, Department of operational efficiency, The Swedish university of agricultural sciences D. o. o. e.: 47 str.
- Fröding A. 1992a. Bestandsskador vid gallring = Thinning damage to coniferous stands in Sweden. Garpenberg, The Swedish university of agricultural sciences, Department of operational efficiency: 66 str.
- Fröding A. 1992b. Gallringsskador- En studie av 403 bestånd i Sverige 1988= Thinning damage- A study of 403 stands in Sweden in 1988. 193). Garpenberg, The Swedish university of agricultural sciences, Department of operational efficiency: 46 str.
- Georgievsky N. P. 1957. Thinning of forest stands. Moscow-Leningrad, Goslesbumizdat, Gozdnogospodarski. 2003. Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Goričko obrobje za leto 2003-2012. Murska Sobota, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Murska Sobota: 120 str.
- Gozdnogospodarski. 2005. Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Osankarica za leto 2004-2013. Maribor, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Maribor: 123 str.
- Guy D. C. 1983. Too many red deer? *Forestry and British Timber*, 12: 19-21
- Hagner S., Klofstein K., Lundmark A., Wentzel R. 1964. Study on decay in spruce, developing from injured roots. *Norrl.Skosv.Förb.Tidskr.*, 4: 337-353
- Hallonborg U., Bucht S., Olaison S. 1999. A new approach to thinning integrated off-ground handling reduces damage and increases productivity. *Results - SkogForsk*, 4
- Han H. S., Kellogg L. D. 2000a. A comparison of sampling methods for measuring residual stand damage from commercial thinning. *Journal of Forest Engineering*, 11, 1: 63-71
- Han H. S., Kellogg L. D. 2000b. Damage Characteristics in Young Douglas-fir Stands from Commercial Thinning with Four Timber Harvesting Systems. *Western Journal of Applied Forestry*, 15, 9 str.

- Hannelius S., Lillandt M. 1970. Damaging of Stand in Mechanized Thinnings. Helsinki, Department of Logging and utilization of Forest Products, Universtiy of Helsinki, Helsinki U. o.: 15 str.
- Hartsough B. 2003. Economics of harvesting to maintain high structural diversity and resulting damage to residual trees. *Western Journal of Applied Forestry*, 18, 2: 133-142
- Hassler C. C., Grushecky S. T., Fajvan M. A. 1999. An Assessment of Stand Damage Following Timber Harvests in West Virginia. *Northern journal of applied forestry*, 16, 4: 191-196
- Heitzman E., Grell A. G. 2002. Residual tree damage along forwarder trails from cut-to-length thinning in Maine spruce stands. *Northern journal of applied forestry*, 19, 4: 161-167
- Howard A. F. 1996. Damage to residual trees from cable yarding when partial cutting second-growth stands in coastal British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research- Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 26, 8: 1392-1396
- Isomäki A., Kallio T. 1974. Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Acta Forestalia Fennica*, 36, 1-25
- Ivanek F. 1976. Vrednotenje poškodb pri spravilu lesa v gozdovih na Pohorju. (Strokovna in znanstvena dela, 51). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo: 195 str.
- Ivanek F., Krivec A. 1974. Poškodbe v gozdu pri sečnji in spravilu lesa. *Gozdarski vestnik*, 32, 10: 387-395
- Jäghagen K., Lageson H. 1996. Timber quality after thinning from above and below in stands of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11, 4: 336-342
- Južnič B. 1984. Poškodbe pri sečnji in spravilu lesa v bukovih gozdovih : diplomsko delo. Ljubljana, [samozal.]: 75 str.
- Kärhä K. 2006. Whole-tree harvesting in young stands in Finland. *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused*, 45, 118:
- Kato F. 1969. Stem decay damage to spruce. *Forstarchiv*, 40: 81-92
- Kelley R. S., Bradley D., Stevens D. 1983. Stand damage from whole-tree harvesting in Vermont hardwoods. *Journal of Forestry*, 81, 2: 95-96
- Kellogg L. D., Olsen E. D., Hargrave M. A. 1986. Skyline thinning a western hemlock-Sitka spruce stand: harvesting costs and stand damage. (Research Bulletin, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Oregon State University: 26 str.
- Klančnik A. 2001. Poškodbe drevja zaradi pridobivanja lesa v zasebnih gozdovih revirja Sela pri Kamniku. Ljubljana, [Klančnik, A.]: 41 str.
- Klun J., Poje A. 2000. Spravilo lesa z zgibnim traktorjem iwafuji t- 41 in poškodbe sestoja pri sečnji in spravilu = Mechanical stand injuries and skid-trails damage in high Karst region due to wood extraction with IWAFUJI T-41 skidder: diplomsko delo (univerzitetni študij). (Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta). Ljubljana: 127 str.
- Klun J., Poje A. 2001. Spravilo lesa z zgibnim traktorjem iwafuji t- 41 in poškodbe sestoja pri sečnji in spravilu = Mechanical stand injuries and skid-trails damage in high Karst region due to wood extraction with IWAFUJI T-41 skidder. *Gozdarski vestnik*, 59, 3: 115-127
- Košir B. 1998a. Poškodbe gorskih smrekovih sestojev zaradi pridobivanja lesa. V: XIX. Gozdarski študijski dnevi, Gorski gozd: Logarska dolina. Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 95-107
- Košir B. 1998b. Presoja koncepta zgodnjih redčenj z vidika porabe energije in poškodb sestojev. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 56, 1: 55-71
- Košir B. 2000. Primerjava rezultatov modela poškodb drevja v sestoju zaradi pridobivanja lesa in rezultatov terenskih opazovanj. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 61, 1: str. 53-86

- Košir B. 2008a. Damage to young forest due to harvesting in shelterwood systems. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 29, 2: str. 141-153
- Košir B. 2008b. Modelling stand damages and comparison of two harvesting methods. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 29, 1: 5-14
- Košir B. 2012. "Širine velikostnih razredov poškodovanosti sestoja". Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo, 17.2.2012, (osebni vir)
- Košir B., Cedilnik A. 1996. Model naraščanja števila poškodb drevja pri redčenjih. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 48: 135-151
- Košir B., Krajnc N., Piškur M. 2009. Uvajanje tehnologij strojne sečnje in izkoriščanja sečnih ostankov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 177 str.
- Košir B., Mihelič M. 2011. Primerajva poškodb drevja v pretežno iglastih sestojih po strojni sortimentni metodi s poškodbami drevja po klasičnih oblikah sečnje in spravila lesa= Stand damage in conifer stands after established and fully mechanised methods of cutting and skidding. *Gozdarski vestnik*, 69, 10: 447-458
- Košir B., Robek R. 2000. Značilnosti poškodb drevja in tal pri redčenju sestojev s tehnologijo strojne sečnje na primeru delovišča Žekanc. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 62: 87-115
- Krivec A. 1975. Racionalizacija delovnih procesov v sečnji in izdelavi ter spravilu lesa glede na delovne razmere in poškodbe. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 13, 2: 145-193
- Krpan A. P. B., Petres S., Ivanovic Z. 1993. Neke fizicke stete u sastojini, posljedice i zastita = Forest stand damage, effects and protection. [Croatian]. *Glasnik za šumske poskuse*, 4, 271: 279
- Lageson H. 1997. Effects of thinning type on the harvester productivity and on the residual stand. *Journal of Forest Engineering*, 8, 2: 7-14
- Lamson N. I., Smith H. C., Miller G. W. 1985. Logging damage using an individual-tree selection practice in Appalachian hardwood stands. *Northern journal of applied forestry*, 2, 4: 117-120
- Lapajna R. 2000. Poškodbe v sestoju pri sečnji in spravilu lesa z večbobenskim žičnim žerjavom - syncrofalke : višješolsko diplomsko delo = Damages at the cutting and skidding wood extraction with mobile tower Yarder -Syncrofalke: graduation thesis Ljubljana, Lapajna, R.: 45 str.
- Lapanja R. 2000. Poškodbe v sestoju pri sečnji in spravilu lesa z večbobenskim žičnim žerjavom - syncrofalke = Damages at the cutting and skidding wood extraction with mobile tower Yarder : višješolsko diplomsko delo. Ljubljana, 45 str.
- Ljubec M. 1993. Sanacija poškodb gozdnega drevja z zaščitnimi premazi : diplomska naloga. Ljubljana, [M. Ljubec]: 88 str.
- Marinček L., Čarni A., Seliškar A., Zupančič M. 2002. Komentar k vegetacijski karti gozdnih združb Slovenije v merilu 1:400.000= Commentary to the vegetation map of forest communities of Slovenia in a scale of 1:400.000 Ljubljana, ZRC SAZU (Biološki inštitut Jovana Hadžija): 79 str.
- Marion L. 2007. Sezonska aktivnost kambija in njegov odziv na mehanske poškodbe pri mestnem drevju: doktorska disertacija (doktorski študij). Ljubljana: 182 str.
- Martinić I. 1992. Interakcije metoda rada, radnih uvjeta i proizvodnosti rada pri sjeci i izradi drva u proredama sastojina = Interactions of work methods, working conditions and work productivity in felling and processing of thinnings. *Glasnik za šumske poskuse*, 28, 133:
- Mihelič M., 2014. Gospodarnost in okoljski vidiki tehnologij pridobivanja lesnih sekancev za energetske rabo: doktorska disertacija (doktorski študij). Ljubljana: 303 str.

- Miles J., Burk J. 1984. Evaluation of relationships between cable logging system parameters and damage to residual mixed conifer stands. Paper, American Society of Agricultural Engineers, 26-1608
- Nichols M. T., Lemin R. C., Ostrofsky W. D. 1994. The impact of 2 harvesting systems on residual stems in a partially cut stand of Northern hardwoods. Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere, 24, 2: 350-357
- Nilsson P. O., Hyppel A. 1968. Studies on decay in scars of Norway spruce. Svenska Skogsvårersforen Tidskr, 66: 675-713
- Nurmi J., Lehtimäki J. 2011. Debarking and drying of downy birch (*Betula pubescens*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) fuelwood in conjunction with multi-tree harvesting. Biomass and Bioenergy, 35, 8: 3376-3382
- Odkazilni. 2012. Odkazilni manual objekta Mislinja. Mislinja, Zavod za gozdove Slovenije: 4 str.
- Odseki. 2007. Odseki- Podatkovna baza in grafični sloj odsekov Slovenije. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije
- Ostrofsky W. D., Dirkman J. A. 1991. A Survey Of Logging Damage To Residual Timber Stands Harvested For Wood Biomass In Southern Maine. CFRU: 9 str.
- Papac B. 1992. Prostorska in časovna predstavitev nastanka poškodb pri sečnji in spravilu lesa s traktorji : diplomska naloga. Ljubljana, [B. Papac]: 79 str.
- Pedološka. 2007. Pedološka karta Slovenije. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Sektor za sonaravno kmetijstvo
- Petreš S. 2004. Privlačenje oblovine zglobnim traktorima LKT 81 T i Timberjack 225 A iz dovršne sječine hrasta lužnjaka s osvrtno na oštečivanje mladog naraštaja : magistrski rad. Zagreb, [S. Petreš]: 222 str.
- Robek R., Košir B. 1996. Razvoj metode vzorčnega ocenjevanja motenj gozdov pri pridobivanju lesa. Izzivi gozdne tehnike, 73-81
- Robek R., Medved M. 1997. Poškodbe drevja zaradi gozdarskih del po podatkih popisov propadanja gozdov v Sloveniji = Tree damage due to forest operations in Slovenian forest decline inventories. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 52: 119-136
- Sabo A. 1999. Privlačenje obloga drva zglobnim traktorom LKT81 u gorskokotarskim prebornim sastojinama različitog stupnja otvorenosti. Magistrski rad. Zagreb, [Sabo, A.]: 131 str.
- Serec T. 1997. Poškodbe v sestoji pri zimski sečnji in spravilu lesa z zglobnim traktorjem GT 70-Woody : višješolska diplomska naloga. Ljubljana, [T. Serec]: 39 str.
- Sestoji. 2008. Sestoji - Podatkovna baza in grafični sloj sestojev Slovenije. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije
- Siren M. 1981. Puuston vaurioituminen havennuspuun korjuussa = Stand damage in thinning operations. Folia Forestalia, 474, 1: 23-80
- Siren M. 1982. Puuston vaurioituminen havennuspuun korjuussa kuormainproessorilla = Stand damage in thinning operations with a grapple loader processor Fenniae I. F.: 16 str.
- Siren M., Hyvonen J., Surakka H., 2015. Tree damage in mechanized uneven-aged selection cuttings, Croatian journal of forest engineering, 36,1: 33-42
- Spinelli R., Cuchet E., Roux P. 2007. A new feller-buncher for harvesting energy wood: Results from a European test programme. Biomass and Bioenergy, 31, 4: 205-210
- Spinelli R., Hartsough B. R. 2001. Extracting whole short rotation trees with a skidder and a front-end loader. Biomass and Bioenergy, 21, 6: 425-431

- Spinelli R., Hartsough B. R., Owende P. M. O., Ward S. M. 2002. Productivity and Cost of Mechanized Whole-Tree Harvesting of Fast-Growing Eucalypt Stands. *International Journal of Forest Engineering*, 13, 2: 49-59
- Spinelli R., Magagnotti N. 2010. A tool for productivity and cost forecasting of decentralised wood chipping. *Forest Policy and Economics*, 12, 194-198
- Spinelli R., Magagnotti N., Nati C. 2010. Benchmarking the impact of traditional small-scale logging systems used in Mediterranean forestry. *Forest ecology and management*, 260, 11: 1997-2001
- Spinelli R., Nati C., Magagnotti N. 2006. Biomass harvesting from buffer strips in Italy: three options compared. *Agroforestry Systems*, 68, 2: 113-121
- Staines B. W., Welch D. 1984. Habitat selection and impact of Red (*Cervus elaphus* L.) and roe (*Capreolus capreolus* L.) deer in sitka and spruce plantation. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 82, 303-319
- Stehman S. V., Davis C. J. 1997. A practical sampling strategy for estimating residual stand damage. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 27, 10: 1635-1644
- Sterle J. 1991. Nekatero ugotovitve o vplivih traktorskih vlak na priraščanje gozdnih sestojev = The influence of tractor skid trails on forest stand increments. *Gozdarski vestnik*, 49, 4: 193-198
- Suhartana S. 1997. Penyaradan yang direncanakan untuk minimasi kerusakan tegakan tinggal: kasus di dua perusahaan hutan di Kalimantan timur = Planned skidding for minimizing residual stand damages: a case study at two forest companies in East Kalimantan. *Buletin penelitian hasil hutan*, 15, 1: 60-67
- Suzuki Y., Kanzaki K., Kawakami Y. 1993. Damage and growth of a residual stand after a logging operation with a non-clearcutting system. *Journal of the Japanese Forestry Society*, 75, 6: 528-537
- Šolar S. 1994. Nastanek poškodb v sestoju po miniranju ter sečnji in spravilu lesa: Diplomsko naloga. Ljubljana, 75 str.
- Tatsumi S., Owari T., Kasahara H., Nakagawa Y., 2014. Individual-level analysis of damage to residual trees after single-tree selection harvesting in northern Japanese mixedwood stands, *Journal of Forest Research*, 19, 4: 369-378
- Trafela E. 1986. Vpliv izgradnje gozdnih prometnic na proizvodnjo v gozdu: magistrsko delo (magistrski študij). Ljubljana: 87 str.
- Unknown. 2005. Valmet Combi Bioenergy hakee uutta tuottavuutta harvennuksille. *Metsä trans*, 30, 2: 74-78
- Vasiliauskas R. 2001. Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. *Forestry (Oxford)*, 74, 4: 319-336
- Verrier P. 1978. A look at timber harvesting in New Hampshire. *Northern Logger and Timber Processor*, 26, 11: 10-12
- Vesel A. 2001. Ugotavljanje mehanskih poškodb drevja zaradi pridobivanja lesa v GE Čemšenik-Kolovrat, GE Mokerc in GE Ravnik : diplomsko delo - visokošolski strokovni študij. Ljubljana, [A. Vesel]: 40 str.
- Vintar M. 1995. Uporaba vzorčnih metod pri ugotavljanju poškodb sestojev zaradi sečnje in spravila : diplomsko naloga. Ljubljana, [M. Vintar]: 57 str.
- Welch D., Scott D., Staines B. W. 1997. Bark stripping damage by red deer in a Sitka spruce forest in Western Scotland III. *Trends in wound conditon. Forestry (Oxford)*, 70: 113-120

You X., Wang L., Meng C. 2009. Effect of chainsaw selective felling operations on damage rate of residual trees based on multiple regression analysis. [Chinese]. Journal of Northeast Forestry University, 37, 11: 36-37

Zaruba C., Snajdr J. 1966. Effect of bark stripping by red deer on timber production. Lesnický Casopis, 12, 81-100

Žagar Z. 1982. Poškodbe drevja ob vlakah pri spravilu različno dolgega lesa z IMT-558 : diplomska naloga. Ljubljana, [samozal.]: 50 str.

Žun B. 2002. Poškodbe pri sečnji in spravilu lesa s traktorjem v zasebnih gozdovih GE Sovodenj : diplomsko delo - visokošolski strokovni študij. Ljubljana, [B. Žun]: 39 str.

8.1 Poškodbe sestoj in mladja: nosilec informacije je število drevja na ploskvi

Lokacija (referenca): _____ Sestoj (referenca): _____ Stroj (faza): _____ Čas dela: _____ Čas meritve: _____ Merilci: _____

Plo-skev Št	Število dreves		Število panjev		Štev. starih panjev	Neposekano drevje	Število poškodb		Legi poškodb					Velikost poškodb (cm ²)					Starost poškodbe			Mladje %		Delež pl. na vlaki %	
	Igl	Lst	Igl	Lst			Igl	Lst	Krošnja	Veje	Deblo	Koreničnik	Korenine	> 10 < 30	> 30 < 50	> 50 < 100	> 100 < 200	> 200	Nova	Stara	Nova in stara	Zastrlost	Poškodovanost		
1	5	4				1	3				2	1	1		1	1		1	1	1	50	0			
2	4	3	1				2	1	1		2				1	2				2	1			10	
3	4	2			1																				
4	7	0	1				3			2	1		2				1	3							

Število dreves: vse drevje nad 10cm prsnega premera; Število panjev: samo novi panji; Število starih panjev: skupaj ne glede na vrsto = ostanki preteklih sečenj; neposekano drevje: samo označeno neposekano drevje; legi poškodb: krošnja: veje do 7cm, veje: posamične veje ob deblu, deblo: predvsem komercialno zanimiv del drevesa, koreničnik: od tal do 1,3 m višine.

8.2 Poškodbe sestoja: nosilec informacije je drevo na ploskvi

Lokacija (referenca): _____ Sestoj (referenca): _____ Zastornost ploskve (%): _____ Površina ploskve (m²): _____

Stroj (faza): _____ Čas dela: _____ Čas meritve: _____ Merilci: _____

Ploskev	Predmet opazovanja	Dimenzija		Položaj v sestoj		Poškodbe			Mladje	
	Drevesna vrsta/mladje	Prsni premer / premer panja	Višina drevesa/mladovja	Drevo / panj / star panj / neposekano odkazano / suho mladovje	Ob vlaki, sestoj, razlesnica, povsod	Kaj: Krošnja / veje/ deblo / koreničnik / korenine	Velikost: 30 / 50 / 100 /200 / 999	Kdaj: Nova / stara / NS	Površina mladja 0/ 25/ 50/ 75/ 100	Poškodbe mladja 0/ 25/ 50/ 75/ 100
1	sm	23		D	vl	KA	30	N		
1	sm	35		P	se					
1	bu	33		D	vl	VE	50	N		
1	bu	11		D	ra					
1	sm	25		S	ra					
1	sm	35		S	se					
1	bu	31		D	se	DO	999	S		
1	sm	21		D	se	KK	100	NS		
1	sm	21		D	se					
1	ja	17		N	se					
1	sm	18		D	se					
1	sm	11		T	ra					
1	sm	15		D	se					
1	sm	14		D	se	KE	50	NS		
1	mladovje		1	M	po				25	25
1	mladovje		3	M	po				25	0

Drevesna vrsta/mladje: sm, bu, ja itd. oz. ml (mladje); Prsni premer / premer panja (cm); Višina drevesa, če ugotavljamo tarifo oz. mladovja (m); D = drevo, P = svež panj, S = star panj, N = neposekano odkazano drevo, T = suho, puščeno drevo, M = mladovje; vl = drevo ob vlaki (do 4 m pri strojni sečnji, do 8 m ob traktorski vlaki), se = drevo v sestoj (do 8 m pri strojni sečnji, do 20 m pri traktorskem spraviu), drevo ob razlesnici (nad 8 m pri strojni sečnji, nad 30 m pri traktorski vlaki), po = po vsej ocenjevani površini pri mladovju; poškodbe Kaj: Krošnja = v strnjeni krošnji, veje = na posameznih vejah ob deblu, deblo = na deblu, koreničnik = na koreničniku, korenine = na koreninah; Velikost: 10 do 30, do 50, do 100, do 200 in nad 200 cm²; Kdaj: N = nova, S = stara, NS = nova in stara poškodba; Površina mladja: 0 = ni mladja, 25, 50, 75, 100 % površine ploskve; Poškodbe mladja: 0 = ni poškodb, 25, 50, 75, 100 % poškodovanih osebkov.

