

## PĀRSKATS

PAR MEŽA ATTĪSTĪBAS FONDA ATBALSTĪTO PĒTĪJUMU

<u>PĒTĪJUMA NOSAUKUMS:</u>	<b>KRITĒRIJI UN METODIKA ENERĢĒTISKĀS KOKSNES KRĀJAS NOVĒRTĒŠANAI UN JAUNAUDŽU MEHANIZĒTAI KOPŠANAI DABISKI APMEŽOJUŠĀS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒS</b>
----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LĪGUMA NR.: 300408/S126

IZPILDES LAIKS: 30.04.2008 – 03.11.2008

IZPILDĪTĀJS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

PROJEKTA VADĪTĀJS Mg.biol. Andis Lazdiņš

# KOPSAVILKUMS

---

---

Pētījuma ilgtermiņa mērķis ir radīt priekšnosacījumus ekonomiski, ekoloģiski un ainaviski efektīvai dabiski apmežojušos lauksaimniecības zemju (DALZ) apsaimniekošanai, nodrošinot ES un Latvijas Meža un Enerģētikas nozaru politikas realizācijai nepieciešamos resursus.

Darba tiešais mērķis ir izstrādāt metodisko bāzi DALZ raksturošanai ar instrumentālo uzmērījumu un attālinātās novērtēšanas metodi, kā arī veikt DALZ kopšanas mehānizācijas paņēmieni mezsaimniecisko novērtējumu.

Projekta uzdevumi:

- Meža resursu monitoringa 2005.-2007.g. datu analīze – DALZ platība, krāja un mežaudžu raksturojums;
- platību raksturošana un krājas novērtējums;
  - dažādu koku sugu biomasas funkciju izstrādāšana jaunaudzēm DALZ platībās (*stumbra un zaru sausnas masa bērzam, baltalksnim, apsei, eglei un priedei*),
  - platību attālinātā novērtēšana, izmantojot satelīt uzņēmumus (*apmežojušos teritoriju un lauču platības, mežaudžu biežība, vidējais koku augstums un caurmērs, apmežojušos zemju robežu un ceļu tīkla raksturojums*),
- dažādu mehānizācijas paņēmieni novērtējums jaunaudžu kopšanā, apauguma novākšanā un enerģētiskās koksnes sagatavošanā;
  - kopšana bez enerģētiskās koksnes sagatavošanas ar AHWI FM600 Profi mulčētāju,
  - kopšana ar enerģētiskās koksnes sagatavošanu – uzkarināmais plāvējs smalcinātājs AHWI AM600 mežaudzēs ar koku caurmēru līdz 10 cm, jaunaudžu harvesteri – saiņotājs Fixteri platībās ar koku caurmēru virs 8 cm,
- zvēru bojājumu (apkodumu, mizas bojājumu) novērtējums 2007.g. izkoptajās jaunaudzēs DALZ platībās, kurās veikta enerģētiskās koksnes sagatavošana, un kontroles platībās, kur sīkkoki pēc kopšanas atstāti izklaidus, lai noskaidrotu, cik lielā mērā tehnoloģisko koridoru veidošana un sīkkoku izvākšana sekmē lielo meža zīdītāju uzturēšanos izkoptajās platībās un kokiem nodarītos bojājumus;
- sabiedrības informēšana – projekta faktu lapas sagatavošana, DALZ apsaimniekošanai veltītas mājas lapas izveide, jaunaudžu kopšanas tehnikas (AHWI AM600 un FM600 Profi meža augsnes mulčētāji) demonstrējuma un semināra organizēšana.

Pētījuma īstenošanas rezultatīvie indikatori:

- izstrādātas aprēķinu funkcijas dažādu koku sugu sīkkoku virszemes biomasas (*stumbra un zaru sausnas*) aprēķināšanai;
- veikti jaunaudžu taksācijas rādītāju attālinātās novērtēšanas izmēģinājumi, veicot DALZ platību raksturošanu;
- projekta rezultāti apkopoti faktu lapā par jaunaudžu mehānizētās kopšanas tehnoloģijām;

- izstrādātas rekomendācijas mehanizētai enerģētiskās koksnes gatavošanai jaunaudžu kopšanā DALZ platībās.

Projekta darba grupu veido LVMI Silava un LLU speciālisti ar pieredzi dažādu mežsaimniecības problēmu risināšanā. Lauka darbiem (jaunaudžu kopšanai) slēgti pakalpojumu līgumi ar uzņēmumiem, kam ir šādu darbu veikšanai nepieciešamā pieredze un tehniskais aprīkojums.

Pētījumā iesaistīto darbinieku atbildības jomu sadalījums:

- Andis Lazdiņš – metodikas sagatavošana, MRM datu analīze, informatīvo materiālu sagatavošana, parauglaukumu datu analīze;
- Kaspars Liepiņš – izmēģinājumu objektu atlase un kopšanas izmēģinājumu shēma sagatavošana, biomasas aprēķinu funkciju izstrādāšana;
- Dagnija Lazdiņa – semināra organizēšana, kopšanas kvalitātes novērtējums;
- Juris Zariņš – DALZ platību attālinātās novērtēšanas izmēģinājumu ierīkošana;
- Mariama Nartiša – bojājumu uzskaitē 2007.g. ierīkotajos parauglaukumos, kociņu uzmērījumi biomasas aprēķinu funkciju izstrādāšanai, citi uzmērījumi, apskats par dzīvnieku bojājumiem jaunaudzēs;
- Jānis Liepiņš – parauglaukumu uzmērīšana, apskats par ģeometrisko jaunaudžu kopšanu;
- Endijs Bāders – mežaudžu uzmērīšana attālinātās novērtēšanas izmēģinājumos, apskats par tāizpēti un attēlu analīzi.

Projekta rezultāti 2008.g. prezentēti vairākos nozares semināros. Sagatavota fakts lapa latviešu valodā par enerģētiskās koksnes mehanizētu sagatavošanu jaunaudzēs apmežojušās lauksaimniecības zemēs.

Jautājumi, ko plānots risināt 2009.gadā:

- attālinātās novērtēšanas un GIS tehnoloģiju pielietojuma iespēju novērtējums DALZ raksturošanai un apsaimniekošanas efektivitātes paaugstināšanai;
- dažādu mežizstrādes mašīnu ražības un darba kvalitātes izmēģinājumi DALZ kopšanā un vienlaidus apauguma novākšanā;
- priekšlikumu un kritēriju sagatavošana mežaudžu izvēlei dažādu mehanizācijas paņēmieni pielietojšanai un enerģētiskās koksnes savākšanai DALZ kopšanā;
- lēmumu pieņemšanas modeļa un rekomendāciju izstrādāšana DALZ apsaimniekošanai, uzlabojot esošo mežaudžu sastāvu, veicot mežaudžu rekonstrukciju vai likvidējot mežaudzes un mainot zemes lietošanas veidu, piemēram, uz daudzgadīgajām energokultūrām;
- pētījuma rezultātu prezentēšana zemes īpašniekiem, kontraktoriem, pašvaldību un valsts pārvaldes institūcijām.

# SATURS

---



---

<b>Kopsavilkums .....</b>	<b>2</b>
<b>Saturs.....</b>	<b>4</b>
<b>Ievads.....</b>	<b>6</b>
<b>Literatūras analīze .....</b>	<b>7</b>
Mehанизēta jaunaudžu kopšana joslās un apauguma novākšana .....	7
Kopšanas metodes un aprīkojums .....	8
Darba plānošana.....	10
Kopšanas darba izpilde.....	11
Kopšanas izmaksas .....	12
Jaunaudžu kopšana ar harvesteriem – saiņotājiem.....	13
Enerģētiskās koksnes sagatavošanas ietekme uz dzīvnieku bojāto koku īpatsvaru jaunaudzēs .....	16
Tālizpētes tehnoloģijas .....	17
<b>Metodika .....</b>	<b>25</b>
Meža resursu monitoringa datu analīze .....	25
Parauglaukumu ierīkošana un uzmērīšana.....	25
Parauglaukumi allometrisko biomasas aprēķinu vienādojumu izstrādāšanai .....	25
Parauglaukumi dzīvnieku bojājumu novērtēšanai jaunaudzēs .....	26
Parauglaukumi mehānisko bojājumu novērtēšanai mehanizētajā jaunaudžu kopšanā .....	26
Tālizpētes izmēģinājumi .....	27
Ražības un pašizmaksas pētījumi.....	29
Tehnikas raksturojums.....	29
Hronometrāža .....	30
<b>Rezultāti un to analīze .....</b>	<b>33</b>
Meža resursu monitoringa datu analīze .....	33
Dabiski apmežojušos platību sadalījums pa Latvijas rajoniem.....	33
Mežaudžu izcelsme .....	34
Meža tipi un valdošās sugas .....	35
Mežaudžu vecums .....	37
Biezums .....	42
Bonitāte.....	46
Kopšanas krāja .....	47
Platību raksturošana un krājas novērtējums .....	48
Dažādu koku sugu biomasas funkciju izstrādāšana jaunaudzēm .....	48
DALZ platību tālizpēte.....	55
Dažādu mehanizācijas paņēmienu novērtējums jaunaudžu kopšanā un apauguma novākšanā .....	57

AHWI FM600 PROFI hronometrāžas rezultāti un pašizmaksas aprēķins .....	58
Uzkarināmu plāvēju – smalcinātāju izmantošana jaunaudzū kopšanai un enerģētiskās koksnes sagatavošanai. 61	
<i>Kārklu plantāciju izstrāde</i> .....	64
<i>Apauguma novākšana</i> .....	66
<i>AHWI AM600 pielietošanas iespējas DALZ apsaimniekošanā</i> .....	69
Harvestera – saiņotāja Fixteri izmantošana enerģētiskās koksnes un papīrmalkas sagatavošanai.....	78
<i>Fixteri ražības pētījumi Somijā</i> .....	78
<i>Mehānisko bojājumu novērtējums mehānizēti izkoptajās jaunaudzēs Somijā un Latvijā</i> .....	79
<i>Saiņošanas tehnoloģiju pielietošanas potenciāls jaunaudzū kopšanā DALZ platībās</i> .....	83
Zvēru bojājumu novērtējums 2007.gadā izkoptajās jaunaudzēs .....	85
Sabiedrības informēšana .....	86
<b>Secinājumi</b> .....	<b>88</b>
<b>Literatūra</b> .....	<b>90</b>
<b>Pielikumi:</b>	
<b>1.Pielikums: Tālīzpētē izmantoto parauglaukumu uzmērījumu rezultāti</b>	
<b>2.Pielikums: Pašizmaksas aprēķinu modeļi</b>	
<b>3.Pielikums: Faktu lapa “Enerģētiskās koksnes sagatavošanas iespējas apmežojušās lauksaimniecības zemēs”</b>	

## IEVADS

---

---

Pētījums par dabiski apmežojušos lauksaimniecības zemju apsaimniekošanas jautājumiem uzsākts 2007.g. Meža attīstības fonda (MAF) projekta "Kritēriju izstrāde dabiski apmežojušos lauksaimniecības zemju efektīvai apsaimniekošanai" ideju projektu konkursa ietvaros. 2007.g. uzsākta Meža resursu monitoringa (MRM) datu analīze par DALZ platībām, kā arī veikti rokas darba instrumentu pielietošanas izmēģinājumi jaunaudžu kopšanā un enerģētiskās koksnes plantācijās.

2007.g. veiktā pētījuma ietvaros konstatēts, ka MRM metodika krājas aprēķināšanai neļauj iegūt pietiekoši objektīvus datus par faktisko enerģētiskās koksnes apjomu. DALZ platībās koku izvietojums bieži ir grupveida, bet koku morfoloģiskie parametri, vecums un sugu sastāvs var būtiski atšķirties. Perspektīvs risinājums precīzākas informācijas ieguvei ir attālinātās novērtēšanas metodes, tomēr pagaidām trūkst praktiskās pieredzes šajā darbā un nav pieejami izejas dati, kas nepieciešami biomasas aprēķinu funkcijām.

Kopšanas izmēģinājumi 10-12 gadus vecās bērza audzēs liecina, ka DALZ var būt nozīmīgs enerģētiskās koksnes resursu avots ( $12,5 t_{\text{sausnas}}/\text{ha}$ ), tomēr sīkkoku savākšanas izmaksas, izmantojot roku darba spēku, ir par lielu, lai konkurētu ar citiem enerģētiskās koksnes resursiem un motivētu zemes īpašniekus veikt kopšanu aizaugušajās platībās, tāpēc jāmeklē jauni mehanizētas sīkkoku izstrādes un savākšanas risinājumi, kas nodrošinātu lielāku ražību, vienlaicīgi nemazinot kopšanas kvalitāti.

Saglabājoties esošajam stāvoklim, DALZ platībās veidosies saimnieciski mazvērtīgas mežaudzes vai krūmāji. Atbilstošu mežsaimniecisko pasākumu pielietošana nodrošinās produktīvu un kvalitatīvu mežaudžu izveidošanos, kas būtiski palielinās apaļo kokmateriālu sortimentu un enerģētiskās koksnes resursu apjomu pēc 30-60 gadiem, kad šīs mežaudzes sasniegs saimniecisko vecumu.

LR Zemkopības ministrijā izstrādāts prioritāšu plāns mežsaimniecības sektora konkurētspējas celšanai laika posmā no 2007. līdz 2013.g. Atbalstāmo pasākumu mērķis ir paaugstināt mežu ekonomisko vērtību, uzturot ilgtspējīgu apsaimniekošanu un mežu daudzfunkcionālo lomu. Atbalstītās aktivitātes ir jaunaudžu kopšana, mazvērtīgo mežaudžu nomaiņa un neproduktīvu mežaudžu aizstāšana ar mērķtiecīgi izveidotām produktīvām audzēm, kā arī jaunaudžu kopšanai piemērotas jaunas tehnikas, instrumentu, aprīkojuma vai iekārtu iegāde. Atbalsts ir izmantojams produktīvu mežaudžu un meža plantāciju izveidei apmežojušās lauksaimniecības zemēs.

Lai subsīdijas meža ieaudzēšanai, kopšanai, sastāva ielabošanai un energokultūru ierīkošanai tiktu izmantotas maksimāli lietderīgi, jāveic DALZ novērtējums un jāizstrādā kritēriji, kas ļaus izvēlēties saimnieciski, ainaviski un ekoloģiski efektīvāko zemes apsaimniekošanas veidu. Jāizstrādā lēmumu pieņemšanas mehānisms, kas palīdzētu izvēlēties apsaimniekošanas mērķi un ar to saistītās saimnieciskās darbības, atkarībā no jaunaudžu sastāva, biežības, platības novietojuma un augšanas apstākļiem.

# LITERATŪRAS ANALĪZE

---

---

## MEHANIZĒTA JAUNAUDŽU KOPŠANA JOSLĀS UN APAUGUMA NOVĀKŠANA

Daļēji mehanizēto sabiezinātu jaunaudžu kopšanu joslās praksē plaši pielieto Kanādā. Šis kopšanas paņēmiens ļauj samazināt meža apsaimniekošanas izmaksas un nodrošina tādu pašu kopšanas kvalitāti, kā rokas darba instrumenti. Mehanizēta jaunaudžu izkopšana joslās uzlabo darba apstākļus strādniekiem, kas pēc tam pabeidz kopšanu, izmantojot rokas darba instrumentus. Koridoru iztīrīšana ar mašīnām atvieglo kopšanu, darba apstākļi ir drošāki un strādnieki var labāk izvēlēties atstājamās, perspektīvās kokus [St-Amour, 2007].

Kopšana joslās atļauj izkopt lielāku platību, nekā, izmantojot tādu pašu skaitu strādnieku ar krūmgriežiem. Joslās izkoptajās platībās strādniekiem pēc tam ir vieglāk pārvietoties un orientēties, veicot atlikušās teritorijas kopšanu.

Joslu izkopšanas tehnoloģijas ieviešanai praksē ir daudz priekšrocību, tomēr pastāv arī vairākas problēmas. Svarīgākais no iebildumiem pret kopšanu joslās ir atsevišķos gadījumos neapmierinošā mežsaimnieciskā darba izpildes kvalitāte. Praksē kopšanu joslās visbiežāk pielieto sabiezinātās (virs 10 000 gab.ha<sup>-1</sup>) skujkoku audzēs. Ir veikti sekmīgi izmēģinājumi arī apses atvasājos [St-Amour, 2006].

Jaunaudžu mehanizētās kopšanas tehniku var izmantot arī vienlaidus apauguma novākšanai pirms mežaudžu rekonstrukcijas vai zemes lietošanas veida maiņas. Pielietojot modernas mulčēšanas iekārtas (Att. 1), apauguma novākšanu vai kopšanu joslās var apvienot ar augsnes sagatavošanu, kas ir sevišķi būtiski aizaugušās lauksaimniecības zemēs ar nevienmērīgu apaugumu, kurās augsnes sagatavošana jākombinē ar vienlaidus vai joslu apauguma novākšanu.

Att. 1 Meža mulčētājs AHWI FM6001



<sup>1</sup> <http://www.ahwi.com.au/pages/fm600.htm> – apmeklēts 03.10.2008

Kopšanai joslās piemērota sabiezinātas jaunaudzes, kurās ir apgrūtināta pārvietošanās strādniekiem ar motor instrumentiem. Kopšanu joslās iesaka veikt audzēs, kurās ir vismaz 10 000 kociņu ha<sup>-1</sup> un kurās jāizzāģē vismaz 85% kociņu. Minimālais paliekošo kociņu skaits skujkoku sugām ir vismaz 2000 gab.ha<sup>-1</sup>. Mazāka biezuma audzēs mehānizētā kopšana joslās neatmaksājas [Ryans & Lirette, 2003]. Lai mehānizētā kopšana joslās atmaksātos, kopējai darba teritorijai, kurā nav nepieciešama tehnikas pārvietošana ar treileri, jābūt vismaz 100 ha [St-Amour, 2007].

## Kopšanas metodes un aprīkojums

Mehānizētai kopšanai joslās ir divas praksē pārbaudītas metodes: vienrindas<sup>2</sup> un divrindu<sup>3</sup> kopšana:

- divrindu kopšanai lieto, piemēram, traktoru Nokamic NP-540 (Att. 2), kas atstāj neizzāģētas vismaz 2 m platas joslas. Tā klīrens ir 1,5 m augsts un tas veido divas 1,5-1,6 m platas izstrādātas joslas. Optimālais attālums starp joslām ir 2 m, šajā gadījumā kopšanas intensitāte būs 50%;
- vienrindu kopšanai nav ierobežots koku augstums, tomēr, ņemot vērā mežaudžu pašizretināšanās procesu, šo paņēmieni nav lietderīgi pielietot audzēs, kurās koku augstums pārsniedz 8 m. Vienrindu kopšanu izpilda šauras mašīnas (Att. 2), kas veido izkoptas joslas visā mašīnas platumā. Šādas mašīnas viegli manevrē, nebojājot paliekošos kokus, neskatoties uz to augstumu.

### Att. 2 Jaunaudžu kopšanai izmantojamā vienrindu un divrindu tehnika



*Nokamic NP-540 divrindu kopšanai*



*Nokamic NP-8030 vienrindu kopšanai*

Nokamic NP-540 divrindu krūmu smalcinātājs ir vienīgā rūpnieciski ražotā divrindu kopšanas mašīna, pārējās praksē pielietotās iekārtas ražotas vienrindas kopšanai. Vairākums no tām ir aprīkotas ar horizontālu krūmu smalcinātāju vai mulčēšanas iekārtu. Var izdalīt trīs kategorijas vienrindu kopšanas mašīnām [St-Amour, 2007]:

- riteņtraktori, kas var būt modificēti lauksaimniecības traktori;
- kāpurķēžu traktori bez šarnīra;
- kāpurķēžu vai riteņu traktori ar šarnīru (Att. 3).

Ir pieejami dažādu modeļu četru riteņu traktori, kuri plānoti mežsaimnieciskam darbam. Tie maksā 60-100 tūkst.Ls robežās (ieskaitot krūmu griešanas galvu), atkarībā no izmēriem un jaudas (75-95 kW). Šie daudzfunkcionālie traktori var izpildīt dažāda veida darbus. Mazākie

<sup>2</sup> Vienrindas kopšanas metode ir piemērota kociņu kopšanai, kuru augstums ir līdz 8 m.

<sup>3</sup> Divrindu kopšanas metode ir paredzēta vietās, kur kociņi ir zemāki par 3 m. Ja kociņi būs garāki, traktors bojās to galotnes.



modeļi ir ļoti kompakti un manevrētspējīgi, bet tiem ir maza jauda. Šis trūkums samazina ražību lielas biežības audzēs. Jaudīgākajiem modeļiem ir lielāka ražība, bet tie parasti ir platāki par 2 m.

Kāpurķēžu traktori bez šarnīra arī ir kompakti un manevrētspējīgi. Traktoru cena svārstās 80-120 tūkst.Ls robežās, atkarībā no to izmēra un jaudas (65-95 kW). Šie traktori ir efektīvāki grūtākos darba apstākļos vai uz mazas nestspējas augsnēm, bet, atkarībā no modeļa, to trūkumi var būt nepietiekama manevrētspēja un stabilitāte grūtākos darba apstākļos. Nogāzes un šķēršļi uz zemes var būtiski samazināt šo traktoru ražību.

Traktori ar šarnīru ir būvēti speciāli kopšanai joslās. Tie ir labāk pielāgoti mežsaimnieciskiem apstākļiem, bet to cena ir ievērojami lielāka (145-250 tūkst.Ls robežās). Traktoru stabilitāte, manevrētspēja un jauda (170-200 kW) ir ievērojamā lielā, nekā citu tipa traktoriem. Šie traktori bez grūtībām var pārvarēt šķēršļus un nogāzes, saglabājot relatīvi augstu ražīgumu dažādos darba apstākļos [St-Amour, 2007].

Dažādu traktoru salīdzinājums dots Tab. 1.

**Tab. 1 Tehnikas raksturojums [St-Amour, 2007]**

	Riteņtraktori bez šarnīra	Kāpurķēžu traktori bez šarnīra	Traktori ar šarnīru
Jauda	maza	vidēja	liela
Stabilitāte	slikta	vidēja	laba
Manevrētspēja	ļoti laba	laba	vidēja
Piemērotība darba apstākļiem	vieglēm	vieglēm - vidējiem	vieglēm - smagiem
Jūtība pret audzes biežību	augsta	vidēja	zema
Ražība (ha gadā <sup>-1</sup> )	600 - 1000	1000 - 1500	1800 - 2600
Darba ātrums	mazs	vidējs	liels

**Att. 3 Jaunaudžu kopšanai izmantotie traktori [St-Amour, 2007]**



Lauksaimniecības traktors Carraro



Kāpurķēžu traktors Forestrac



Traktors ar šarnīru Nokamic NSS-2700

Audzis biežības ietekme ir pirmais faktors, kas jāņem vērā, izvēloties traktoru jaunaudžu kopšanai. Ražības samazināšanās, pieaugot biežībai, ir stipri izteikta traktoriem, kuru jauda ir zem 100 kW. Traktorus, kuru jauda ir vismaz 150 kW, audzis biežība ietekmē daudz mazāk [Ryans & Lirette, 2003].

Visu trīs veidu traktori kopšanā strādā ļoti optimālos darba apstākļos. Tomēr vieglos darba apstākļos lieto vairāk riteņtraktorus. Kāpurķēžu traktorus bez šarnīra lieto vidēji grūtos darba apstākļos, un tiem raksturīga salīdzinoši augsta ražība platībās ar zemu augsnes nestspēju. Šāda veida traktori uz augsni rada mazāku spiedienu uz augsni, nekā traktori ar šarnīru [Ryans & Lirette, 2003].

Ikgadējā ražība ir lielāka traktoriem ar šarnīru, kas ir jaudīgāki, stabilāki un kustīgāki. Šo traktoru priekšrocības samazinās uz mitrām augsnēm ar zemu nestspēju [St-Amour, 2007].

Otrs faktors, kas nosaka tehnikas izvēli, ir kopjamo objektu izkliedētība un piekļuves iespējas. Mazie kāpurķēžu traktori var vieglāk piekļūt pie objektiem ar zemu augsnes nestspēju. Šie traktori rada mazāku spiedienu uz augsni un var vairākkārtīgi var braukāt pa vienu un to pašu vietu, neizraisot augsnes sablīvēšanos. Riteņtraktori var paši pārvietoties pietiekami ātri starp objektiem, kas atrodas vairāku kilometru attālumā, attiecīgi, tiem ir būtiskas priekšrocības nelielu, izkliedētu audžu kopšanā.

Joslu kopšanā izmantojamiem traktoriem ir divu veidu griešanas mehānismi:

- horizontālā mulčēšanas galva;
- vertikālā griešanas galva.

Pēdējā laika visvairāk traktoru aprīkoti ar horizontālo mulčēšanas galvu, turpretim vertikālā griešanas galva ir vairāk paredzēta apauguma novākšanai.

Horizontālā mulčēšanas galva sastāv no tērauda karbīda griešanas asmeņiem, kas vienmērīgi izvietoti visapkārt cilindriskajam veltnim. Ar šādu galvu var lieliski sasmalcināt virszemes biomasu un, nepieciešamības gadījumā, arī saknes augsnes virskārtā. Akmeņainās un piesārņotās augsnes asmeņi ātri nodilst vai salūzt. Uzņēmēji, kas Latvijā strādā ar AHWI mulčētājiem, vidēji izlieto 1 asmeni uz 1 ha apstrādātās platības<sup>4</sup>.

Vertikālā griešanas galva sastāv no viena vai diviem diskiem, kuri aprīkoti ar rotējošiem nažiem. Šī griešanas galva kokus nesasmalcina, bet nopļauj. Tomēr šī galva ir spēcīgāka un mazāk jūtīga pret akmeņiem un rezultātā mazāk lūzt. Tērauda diski ir uzmontēti zem rotējošajiem nažiem tādējādi aizsargājot no akmeņiem un no to ieduršanās zemē [St-Amour, 2007]. Griezējgalvas ir drošākas no darba aizsardzības viedokļa un ievērojami lētākas [Ryans, 1995].

Kopšanā izmantojamiem traktoriem jābūt aprīkoti ar aizsardzības mehānismiem. Lai izvairītos no griezējmehānisma, ritošās daļas un rāmja mehāniskiem bojājumiem uz traktoriem uzmontē dažāda veida aizsargus – tērauda caurules rāmja pastiprināšanai ap traktoru, uz kāpurķēdēm un vairogi uz griešanas galvas pasargā mašīnu no krītošajiem kokiem un to šķepelēm [St-Amour, 2007].

GPS navigācijas iekārtas ir ļoti noderīgas, kopjot audzes, kurās koku augstums ir lielāks par 2 m. GPS iekārtas palīdz orientēties platībā un ieturēt pareizu attālumu starp joslām. Īpaši noderīgi tas ir, strādājot naktīs. Praksē izmantojamās navigācijas iekārtās ir darba plānošanas un kontroles funkcijas [St-Amour, 2007].

## Darba plānošana

Pirmais etaps ir mehanizētai kopšanai piemēroto objektu atlase pēc audžu platības un izvietojuma. Topogrāfiskās kartes, aerofoto un satelītu attēli kombinācijā ar efektīvu navigācijas iekārtu var būt ļoti noderīgi potenciālo objektu atlasīšanā un mašīnas izmantošanas efektivitātes paaugstināšanā.

Nākamais solis ir audžu apskatīšana dabā un noteikšana, kurās audzēs, atbilstoši to biežumam un citiem taksācijas rādītājiem, būtu piemērota daļēji mehanizētā kopšana joslās un kurās – kopšana ar rokas darbarīkiem. Izmantojot GPS, objektu apsekošanas laikā var fiksēt šķēršļus, mitrās vietas un pārbraucieniem piemērotos ceļus.

Pareizai mehanizētās kopšanas intensitātes noteikšanai ir būtiska ietekme uz kopšanas mežsaimniecisko kvalitāti un strādnieku darba ražību, izkopjot starpjoslu teritorijas. Ieteicamā mehanizētās kopšanas intensitāte ir 19-24% pie biežības 10 000-30 000 kociņi 1 ha<sup>-1</sup>. Ja kopšanu veic pieredzējuši operatori, kopšanas intensitāti var palielināt par 6%, bet nedrīkst pārsniegt 30% [St-Amour, 2007].

Piemērotākais kopšanas laiks ir ziema, kad augsne ir sasalusi vai vasara, kad koku miza ir biežāka un ir mazāks bojājumu risks. Jā paliekošie kociņi ir bojāti ar mehānismiem kopšanas

<sup>4</sup> Šie dati attiecas uz vienlaidus apauguma novākšanu zem elektrolinijām vai aizaugušās lauksaimniecības zemēs.

laikā, strādniekiem, kas pēc tam kopj starpjoslū platību, tie ir jāizzāģē [St-Amour, 2006].

Plānojot jaunaudžu kopšanu, ir jāatjauno ceļi uz kopjamo objektu. Ar krūmiem aizaugušos meža ceļus var iztīrīt ar to pašu traktoru, ko izmantos jaunaudžu kopšanā. Ceļu tīrīšanai piemērotāki mulčētāji, kas sasmalcina virszemes biomasu, atvieglojot pārvietošanos pa ceļu un uzlabojot darba drošības apstākļus [St-Amour, 2007].

## Kopšanas darba izpilde

Traktora operatora darbs saistīts ar koncentrēšanos, it sevišķi, ja operatoram nav pieredzes. Lai mazinātu operatora nogurumu, jāstrādā ar īsiem pārtraukumiem. Operatoriem, kas strādā divās maiņās, ieteicams otro maiņu iekārtot naktīs. Naktīs vēlams veikt mazāk svarīgus darbus, piemēram, attīrīt no krūmiem ceļus vai sadalīt platību blokos, lai operatoram, kas strādās dienā, būtu vieglāk un ātrāk izkopt platību [Ryans & Lirette, 2003].

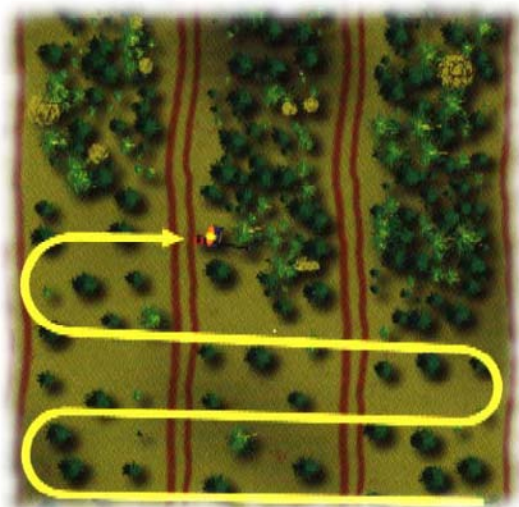
Tradicionāla pieeja, kopjot platību, ir to darīt paralēlās joslās secīgi veidojot vienu joslu pēc otras. Joslu virziens ir perpendikulārs ceļiem, lai atvieglotu piekļuvi strādniekiem, kas pabeigs kopšanu. Vadoties pēc navigācijas sistēmas, operators kontrolē vajadzīgo attālumu starp joslām [Ryans & Lirette, 2003].

Dažreiz, veicot kopšanu ir jāapbrauc šķēršļi un šajos gadījumos klasiskā kopšanas metode nav piemērojama. Apbraucot šķēršļus, neizkoptā platība palielinās, jo traktoriem ir nepieciešams liels apbraukšanas rādiuss, lai nebojātu paliekošos kokus. Tāpēc savlaicīgai plānošanai, izmantojot navigācijas iekārtas, ir būtiska nozīme, lai neizkoptā platība būtu pēc iespējas mazāka un attālums starp joslām nemainītos [St-Amour, 2007].

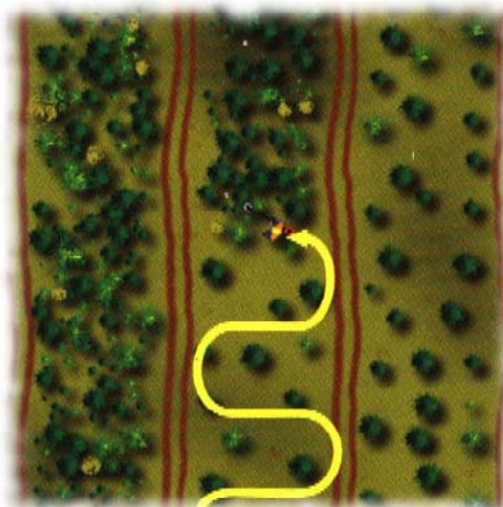
Joslu izkopšanas kvalitāte ietekmē strādnieku ar krūmgriežiem darba ražību un kopšanas kvalitāti. Joslu kopšanas kvalitātes rādītāji ir celmu augstums, bojāto koku īpatsvars un vēlams koku sugas saglabāšanās. Lai samazinātu celmu augstumu, operatoram visu laiku ir jācenšas noturēt griezējinstrumentu pēc iespējas tuvāk zemei, tāpēc visu laiku ir jāpievērš uzmanība zemē esošajiem akmeņiem, virs kuriem griezējinstrumenti ir jāpaceļ. Lai bojātu pēc iespējas mazāk paliekošos kokus, operatoram ir jāizvairās no liekiem manevriem un jāveido pēc iespējas taisnāka kopšanas josla. Saglabājot vēlamo koku sugu mistrotā audzē, operatoram jāveic manevrus, lai apbrauktu šo platību vai mainītu kopšanas intensitāti atsevišķās teritorijās [Ryans & Lirette, 2003].

Pēdējo piegājienu kopšanā izpilda strādnieki ar krūmgriežiem, kopšanu var veikt ar divām metodēm: zāģēt šķērsām visām joslām vai virzīties uz priekšu pa vienu joslu. Pielietotā paņēmiena izvēle ir atkarīga no tā kā strādnieks vēlas strādāt, bet vēja virziens vai nogāzes slīpums ir arī svarīgi faktori metodes izvēlē. Plašāk pielietotā metode ir kopšana šķērsām pāri joslām. Vienas joslas izkopšanas metodi parasti pielieto uz nogāzēm, virzoties lejā vai augšā (Att. 4).

Att. 4 Joslās izkopto platību kopšana ar krūmgriezi [St-Amour, 2007]



Kopšana šķērsām joslām



Atsevišķas joslas izkopšana

## Kopšanas izmaksas

Daļēji mehanizētās kopšanas izmaksas sastāv no diviem galvenajiem posteļiem:

1. mehanizētās kopšanas izmaksas;
2. krūmgriežu operatoru izmaksas.

Mehanizētās kopšanas izmaksas nosaka pēc motorstundas izmaksām un ražības. Motorstundas izmaksas aprēķina pēc šādiem izejas datiem:

- investīcijas un amortizācijas izmaksas;
- ekspluatācijas izmaksas;
- darba vadīšanas izmaksas;
- galvenās uzturēšanas izmaksas;
- administratīvās izmaksas un peļņas likme [Ryans, 1995].

Kopējās izmaksas var mainīties, arī atkarībā no kopšanas intensitātes un jaunaudzes parametriem. Kopjot audzi mehanizēti ar lielāku intensitāti, kopējās kopšanas izmaksas samazināsies [St-Amour, 2007].

Riteņtraktoru izmantošana atmaksājas vieglos un vidējos darba apstākļos, ja kociņu skaits ir lielāks par 15 000 gab.ha<sup>-1</sup>. Jo lielāka biežība, jo lielāka atšķirība starp motor-manuālās un daļēji mehanizētās kopšanas izmaksām. Traktoriem ar šarnīru nav lietošanas ierobežojumu, atkarībā no darba apstākļiem, tomēr tiem ir salīdzinoši vislielākās investīciju, amortizācijas un ekspluatācijas izmaksas, tāpēc šādas tehnikas izmantošana atmaksājas tikai lielās platībās ar minimālu nepieciešamību pārvadāt tehniku starp mežaudzēm. Smagos darba apstākļos traktoru ar šarnīru pielietošana atmaksājas, ja audzes biežums ir lielāks par 24 000 gab.ha<sup>-1</sup>.

Kanādā veiktos pētījumos konstatēts, ka joslu izkopšana ļauj samazināt kopējo skujkoku jaunaudžu kopšanas laiku par 6-10%. Vidējais darba stundu skaits gadā, ņemot vērā īso jaunaudžu kopšanas sezonu, parasti nepārsniedz 2000, tāpēc ir ļoti būtiski, lai pārējā laikā mašīnu varētu izmantot citiem darbiem mežsaimniecībā vai lauksaimniecībā, piemēram, apauguma novākšanā, samazinot motorstundas izmaksas uz investīciju un amortizācijas izmaksu rēķina. Noslogojot traktoru visu gadu (4 000 darba stundas), vienas motorstundas izmaksas samazinās gandrīz divas reizes. Kopējās daļēji mehanizētās jaunaudžu kopšanas

izmaksas Kanādā audzēs ar biežumu 10 000 gab.ha<sup>-1</sup> un vieglos darba apstākļos ir ap 350 Ls ha<sup>-1</sup>, bet audzēs ar biežumu 40 000 gab.ha<sup>-1</sup> un smagos darba apstākļos 660 Ls ha<sup>-1</sup> [St-Amour, 2007].

Būtisku daļēji mehanizētās kopšanas ekonomiskā efekta palielinājumu var panākt, izmantojot nozāģētos sīkkokus enerģētiskās koksnes sagatavošanai. Šim darbam var izmantot gan modificētus mulčētājus, piemēram, AHWI AM 600, gan sākotnēji kārkļu un papeles plantācijām paredzētas iekārtas ar ķēdes griezējmehānismu, piemēram, Salix Maskiner AB izgatavotais smalcinātājs Bender (Att. 5). Lielākā daļa no šim darbam potenciāli piemērotajām mašīnām eksistē tikai prototipu līmenī, tāpēc nepieciešams izpētes darbs, lai noskaidrotu, pirmkārt, pašu mehānismu piemērotību darbam nevienmērīgai lauksaimniecības zemju apauguma vai meža jaunaudžu apstākļos un, otrkārt, to ražību, pašizmaksu un darba optimizācijas iespējas.

**Att. 5** Plāvēji – smalcinātāji, ko var izmantot enerģētiskās koksnes sagatavošanai jaunaudžu kopšanā



*AHWI AM 600*



*Bender 5<sup>5</sup>*

## JAUNAUDŽU KOPŠANA AR HARVESTERIEM – SAIŅOTĀJIEM

Somija ir viena no vadošajām valstīm pasaulē pēc koksnes izmantošanas enerģijas ieguvei. Vairāk nekā 20% no visas izmantojamās enerģijas Somijā ir koksnes izcelsmes un šis apjoms turpina pieaugt<sup>6</sup>. Summārs enerģijas patēriņš visā enerģētiskās koksnes ražošanas procesā ir mazāks nekā 3% no kopējās transportētās biomasas sadegšanas siltuma [Wihersaari & Palasuo, 2000].

Rūpniecībā izmantotās apaļkoksnes atlieku apjoms 2006.gadā bija 50,8 milj.m<sup>3</sup>, no kuriem 78% nāca no privātajiem mežiem un 53% bija papīrmalkas atliekas. Visu veidu koksnes atlieku izmantošanas apjoms enerģētikā strauji pieauga, sākot ar 1997.gadu, savukārt no 2004.gada pieauguma temps samazinājās. Sākot ar 2000.gadu, šķeldu ikgadējais patēriņš Somijā ir pieaudzis gandrīz četras reizes, (līdz 3,4 milj.m<sup>3</sup>) [Forest Finland in brief, 2007]. Starpciršu un enerģētiskās koksnes izmantošanas apjomu pieaugums ir savstarpēji cieši saistīts, kas skaidrojams ar intensīvu kopšanās iegūto sīkkoku pārstrādi enerģētiskajā koksne [Jylhä & Laitila, 2007].

Viens no Somijas enerģētiskās un klimata stratēģiju galamērķiem ir sekmēt šķeldu materiālu izmantošanas pieaugumu un palielināt ikgadējo patēriņu līdz 5 milj.m<sup>3</sup> 2010.gadā [Metsäsektorin tulevaisuuskaatsaus, 2006]. Enerģētiskās koksnes apjomiem palielinoties, samazinās piegādes izmaksas (Rummukainen et al. 2003). Transportēšanas izmaksas ir 30-60% no kokmateriālu piegādes pašizmaksas gala krautuvē. Enerģētiskās koksnes iegūšana vienlaikus ar papīrmalkas izstrādi, var uzskatīt par daudzsoļošu risinājumu, piegādes izmaksu samazināšanai, sīkkoksnes kokmateriāliem. Nākotnē koksnes biomasa var kalpot par nozīmīgu

<sup>5</sup> <http://www.salix.se> – apmeklēts 04.10.2008.

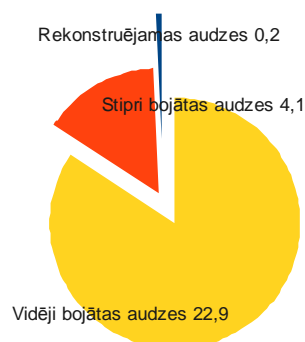
<sup>6</sup> <http://www.pinox.com> – apmeklēts 03.10.2008

izejvielu biorafinātiem produktiem, piemēram, bioetanolam vai deggāzei, radot jaunu noieta tirgu sīkkoksnei un mežizstrādes atliekām [Jylhä et al., 2007]. Dažas meža kompānijas jau ir deklarējušas savu interesi investēt jaunas paaudzes biodeģvielas ražošanā<sup>7</sup>.

Atbilstoši Somijas mežaudžu sadalījumam vecuma klasēs, tuvākajos gados Somijā nepieciešama būtiska jaunaudžu kopšanas apjoma palielināšana. Patreiz jau aptuveni 1 milj.ha jaunaudžu gaida kopšanu. Savukārt, līdz ar mežizstrādes apjomu palielināšanu jaunaudzēs, var nozīmīgi pieaugt mežizstrādes izmaksas un sīkkoku sortimentu cena, tādēļ nepieciešami jauni ekonomiski izdevīgāki risinājumi.

Somijā 27,3% no visu mežu platībām konstatētas bojājumu pazīmes (Att. 6), tajā skaitā 7,5% radījusi abiotisko faktoru ietekme, 5,2% – slimības, 3,3% – aļņu postījumi un 1% (aptuveni 200 tūkst.ha) ir bojājumi, kuru cēlonis ir cilvēka darbība [Forest Finland in brief, 2007].

**Att. 6 Bojāto mežaudžu sadalījums bojājumu pakāpēs Somijā, % no kopējās meža zemju platības**



Bojājumu statistika liecina, ka ir ļoti svarīgi pareizi veikt visa veida kopšanas cirtes, jo no tā tieši ir atkarīgs paliekošās audzes sanitārais stāvoklis. Veicot mehanizētu kopšanu, ir rūpīgi jāpārbauda izvēlētās tehniskās vienības piemērotību attiecīgajiem apstākļiem. Jebkura tehnikas pārvietošanās pa mežaudzi bojā zemsedzi un koku saknes, bet, manevrējot ar krānu un pievedot materiālus, tiek nobrāzta atstājamo koku miza. Šādu ievainojumu dēļ kokos veidojas trupe un tie zaudē tirgus vērtību<sup>8</sup>.

Skuju koku tīraudzēs, mistrotās skuju koku un mistrotās skuju koku – cieto lapu koku audzēs pielietojama tikai apakšējā kopšanas cirte, izcērtot tievākos un zemākos kokus, un, ja nepieciešams, daļu no tievākajiem vai sliktas kvalitātes valdaudzes kokiem. Skuju koku audzēs ar mīksto lapu koku piemestojumu, izretinot audzi līdz  $G_{pal.}$ , vispirms izcērtami starpaudzes un kalstošie koki, tālāk – nevēlamo sugu mīkstie lapu koki un, ja pieļaujams, daļa no tievākajiem vai sliktas kvalitātes valdaudzes kokiem.

Harvestera – saiņotāja, sava veida mežizstrādes kombaina, pielietošana kombinētai enerģētiskās koksnes un papīrmalkas sagatavošanai bija liels atklājums tūkstošgadu mijā, kas perspektīvā ļauj paaugstināt kompaktizētas lieldimensionālās enerģētiskās koksnes pievešanas efektivitāti un samazināt ražošanas izmaksas. Somijas zinātnieki uzsver šīs metodes būtisko nozīmi un praktiskās pielietošanas iespējas, sākot ar mežizstrādes atlieku izvākšanu un beidzot ar sīkkoksnes kokmateriālu un enerģētiskās koksnes izstrādi [Hakkila, 2004]. Jaunaudzēs tradicionālais mežizstrādes cikls, izmantojot harvesteru, forvarderu un ceļa malā strādājošo saiņotāju vai smalcinātāju un kokvedēju vai šķeldotāju nav pietiekoši ekonomiski izdevīgs un konkurētspējīgs risinājums lielu transportēšanas izdevumu dēļ [Laitila

<sup>7</sup> <http://w3.upm-kymmene.com>; <http://www.storaenso.com> – apmeklēts 03.10.2008.

<sup>8</sup> <http://www.vmd.gov.lv> – apmeklēts 03.10.2008.

et al., 2004]. Citi pētījumi liecina, ka saiņotāja pielietošana kopšanas cirtēs var būt izdevīga tikai tajā gadījumā, ja tas ir apvienots ar mežizstrādes mašīnu [Jylhä et al., 2007]. Šādas iekārtas piemērs ir harvesters – saiņotājs Fixteri (Att. 7 un Att. 8).

Att. 7 Harvesters – saiņotājs Fixteri uz ekskavatora bāzes<sup>9</sup>



Att. 8 Fixteri sagatavotie sīkkoku saiņi



Fixteri ir Somijas kompānijas Biotukki Oy izgatavots koku gāšanas un saiņošanas iekārtas prototips, kas paredzēts mazo dimensiju koku novākšanai visu veidu audzēs un cirtēs. Šīs iekārtas izmantošana ļauj samazināt mazdimensionālo koku gāšanas un izvešanas izmaksas, pateicoties īpašajai akumulējošajai griezējgalvai un automatizētajai standarta izmēra saiņu sagatavošanas iekārtai. Saiņus var pārstrādāt kopā ar parasto papīrmalku, mizošanas un smalcināšanas ciklā atdalot enerģētiskās koksnes (zari un mizas) un papīrmalkas (stumbra koksne un lielākie zari) frakcijas. Pētījumu rezultāti liecina, ka celulozes kvalitāte, izmantojot šādas izejvielas nepasliktinās un celulozes rūpnīcās nav nepieciešamas būtiskas tehnoloģiskā cikla izmaiņas. Kopšanas mežsaimnieciskā kvalitāte ar Fixteri ir laba, jo būtiski samazinās pievešanas procesā bojāto koku īpatsvars, savukārt ražību ir jādubulto, lai nodrošinātu augstāku peļņas procentu un, attiecīgi, lielāku meža īpašnieku ieinteresētību veikt meža kopšanu [Jylhä et al., 2007].

Fixteri izmantošanas iespēju analīze veikta vairākos Somijas zinātnieku darbos. [Jylhä & Laitila, 2007] ziņojumā sniegts visdetalizētākais Fixteri ražības un pašizmaksas novērtējums, kā arī piedāvāti vairāki tehnoloģiski risinājumi papīrmalkas un enerģētiskās koksnes sagatavošanas apvienošanai kopšanas cirtēs. Izmantojot kombinēto papīrmalkas un enerģētiskās koksnes sagatavošanas metodi, enerģētiskās koksnes frakcijas (vainaga biomasa), gan papīrmalkas frakcijas ir iesaiņotas vienā kopīgā saiņī. Šīs frakcijas neatdala, līdz tās nokļūst mizošanas iekārtās celulozes rūpnīcā. Saiņi parasti ir 2,6-2,7 m gari, to caurmērs ir 60-80 cm. Saiņa tilpums ir 0,5 m<sup>3</sup>, bet enerģētiskais potenciāls – aptuveni 0,4-0,5 MWh, kas ir vienlīdzīgs 30-40 litriem naftas produktu. No 1 hektāra lielas platības var iegūt aptuveni 80-180 saiņu, atkarībā no

<sup>9</sup> Attēls no - [http://www.biotukki.fi/en/fixteri\\_baler.htm](http://www.biotukki.fi/en/fixteri_baler.htm)

audzes atrašanās vietas un sastāva<sup>10</sup>.

## ENERĢĒTISKĀS KOKSNES SAGATAVOŠANAS IETEKME UZ DZĪVNIĒKU BOJĀTO KOKU ĪPATSVARU JAUNAUDZĒS

Viens no argumentiem pret intensīvu enerģētiskās koksnes sagatavošanu jaunaudzēs ir dzīvnieku bojājumu pieauguma risks, izvēcot sīkkokus un mežizstrādes atliekas, tādējādi, atvieglojot dzīvnieku iekļūšanu un pārvietošanos izkoptajās mežaudzēs. Latvijā līdz nav veikti pētījumi par mehanizētās jaunaudžu kopšanas un enerģētiskās koksnes sagatavošanas saistību ar dzīvnieku radītajiem bojājumiem, tomēr, ņemot vērā šī faktora potenciālo nozīmīgumu attiecībā uz kritēriju izstrādi kopjamo jaunaudžu izvēlei, tajā skaitā atstājamo koku biežuma noteikšanu un izkopjamo audžu optimālajiem taksācijas rādītājiem, dzīvnieku bojājumu riskam ir jāpievērš pastiprināta uzmanība.

Nereti cilvēka darbība ir viens no galvenajiem faktoriem, kas tieši ietekmē dzīvnieka uzvedību. Uzsākot intensīvu meža apsaimniekošanas procesu, pārnadži sāk apdzīvot svaigus izcirtumus, jo tie aizņem ar ātraudzīgajām lapu koku sugām un krūmājiem, kas palielina pārnadžu barošanās bāzi. Nosakot faktorus, kuri ierobežo piemēram, aļņu izplatību, pirmkārt min barošanās apstākļus, tad sniega segas dziļumu un antropogēnā iedarbību [Верещагин & Рысаков, 1979].

Rudenī, nobirstot koku un nokalstot zālaugiem, daudzi augi tiek izslēgti no briežveidīgo barības bāzes un aizstāti ar brūklenēm, mellenēm un citiem sīkkrūmiem, kā arī koku mizām, skuju un zariem [Andersson & Markkula, 1974].

Stirnām pamatbarība ir zaļie lakstaugi, koku un krūmu lapas, jaunie dzinumi, dažādi kultūraugi. Vēlu rudenī un pavasarī stirnas pārtiek arī no ziemāju zelmeņa. Ziemā ēd meža ogulājus, viršus, koku un krūmu sīkos zariņus, arī mazo priedīšu un eglīšu galotnes.

Staltbriedim, kā tipiskam augēdājam – atgremotājam galvenā barības bāze vasarā un rudenī ir lakstaugi – graudzāles, augļi un sēklas, koku jaunie dzinumi un lapas, bet ziemā – sīkkrūmi, koku zariņi un miza, brūklenāji, mellenāji, skuju koku dzinumi. Vasarā viens staltbriedis diennaktī patērē 10-12 (maksimāli 30) kg, bet ziemā 1,5-6 kg barības.

Aļņiem ziemā iecienītākie barības augi ir kadiķi, blīgzņas, pīlādži, kārkli, krūkļi, apses (alnis ēd to mizu, dzinumus, tievos zariņus, lapas un skuju), sīkkrūmi (mellenes, brūklenes, virši, ja tie ir pieejami). Ja šo augu trūkst, alnis ēd priedi un egli [Gaross, 1982]. Skujkoku jaunaudžu dzinumus alnis sāk patērēt jau decembrī un turpina līdz aprīlim. Līdzīgi kā vasaras periodā, ziemā atsevišķu barības veidu loma ir ļoti bieži atkarīga no to daudzuma aļņu apdzīvotajā teritorijā, tādēļ dažādos biotopos ir vērojams barības sastāva neviendabīgums aļņu racionā [Верещагин & Рысаков, 1979]. Somijā, kur aļņu ziemas barības bāze ir vītoli (*Salix* sp.) dzimtas augi, ziemas beigās to īpatsvars barībā samazinās līdz 50%.

Briežveidīgo dzimtas pārnadži uzturas dažāda tipa mežos, kur ir izcirtumi, jaunaudzes, atklātas lauces, bagātīga paauga un pamežs, kas robežojas ar lauksaimniecībā izmantojamām zemēm. Ziemā pārnadži paliek mazāk aktīvi, taupa enerģiju un uzturas vienā salīdzinoši nelielā teritorijā, cenšoties atrast visu nepieciešamo uz vietas. Piemēram, tie var uzturēties vienas mežaudzes vai mežmalas ietvaros ilgstošu laiku, kamēr nepatērē visu kas ir apēdams. Tāda veida uzvedība vairāk raksturīga ziemās ar ļoti biezu sniega kārtu [Pulliainen et al., 1964].

Vislielākos postījumus mežsaimniecībai dzīvnieki nodara tieši ziemas periodā un agrajos pavasaros, kā arī, berzējot ragus gar koku stumbriem.

lemesls, kādēļ briežveidīgie izvēlas barošanai atklātās meža pļavas, vairumā gadījumu saistīts ar šo vietu barības bāzes bagātīgo izvēli un daudzumu. Alnis, salīdzinājumā ar staltbriedi (*Cervus elaphus* L.), biežāk uzturas atklātās laucēs blakus meža masīviem ar ūdenskrātuvēm tuvumā, bet ziemas periodā tam nepieciešams relatīvi lielāks atklāts apvidus [Euler, 1981].

<sup>10</sup> <http://www.pinox.com> – apmeklēts 03.10.2008



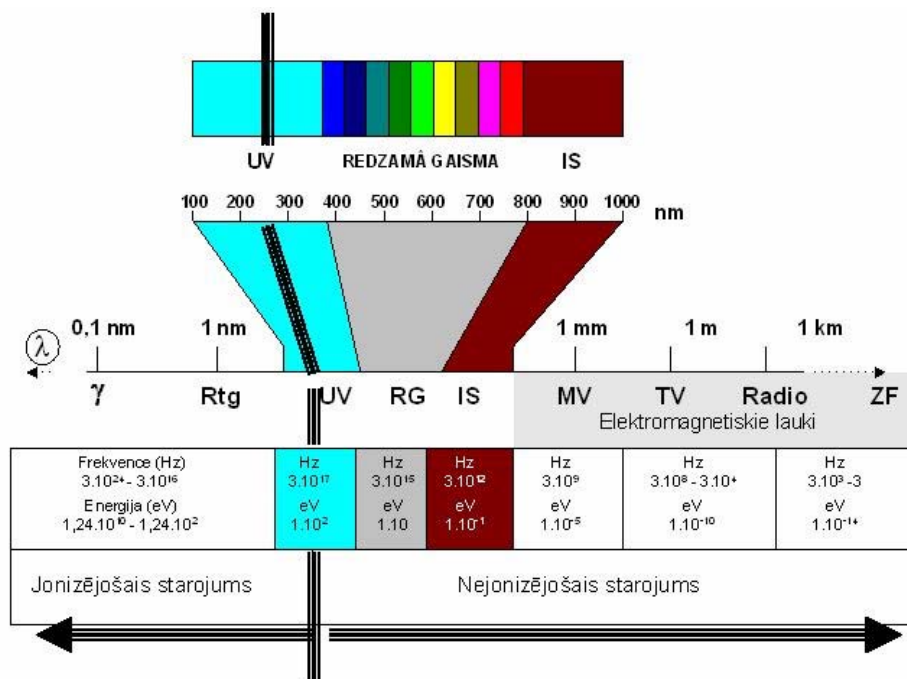
Vidēja vecumu audžu klātbūtne ir ļoti svarīga sastāvdaļa ziemas periodā, lai nodrošinātu optimālus briežveidīgo barošanās un uzturēšanās apstākļus [Hamilton et al., 1980]. Piemēram, aļņu teļu un govju barošanās ziemā, galvenokārt, koncentrēta izcirtumu malās, blakus meža masīviem, kuru barības resursus, ieskaitot egļu mizu, izmantoti ziemas beigās [Heikkilä & Harkonen, 1993].

Dzīvnieku bojātie koku stumbri ne tikai samazina savu saimniecisko vērtību, bet kļūst par kaitēkļu barošanās un slimību izplatīšanās vietu. Piemēram, brūču vietās, egles koksne barojās melnās ragastes kāpurī, kā arī bojājumu vieta var tikt inficēta ar trupi izraisošām sēnēm, piemēram, *Haematostereum sanguinolentum*, L. [Isomaki & Kalio, 1974]. Brūces vietā egles nolauž vējš, bet laužto koku mizā attīstās egļu astoņzobu mizgrauži u.c. kukaiņi, tādā ekonomiskie zudumi ir relatīvi augsti.

Pat salīdzinoši nenozīmīgu mizas bojājumu nopietnās sekas vedina uz domām, ka, veicot enerģētiskās koksnes sagatavošanu jaunaudzēs, lielāka uzmanību jāvelta mežsaimniecisko darbu plānošanai, tajā skaitā, veicot enerģētiskās koksnes sagatavošanu jaunaudžu kopšanā, kura var tieši ietekmēt briežveidīgo populācijas izplatību un barošanas iespējas. Novērojumi, ka dzīvnieki dažreiz sāka izmantot koku mizu, pat tad, kad blakus ir piemērotākā barība, pierāda šī mazizpētītā fenomena nozīmīgumu.

## TĀLIZPĒTES TEHNOLOĢIJAS

Tālizpēte jeb attēlu izpēte ir prasme un zināšanas iegūt informāciju par Zemes virsmu un tās objektiem izmantojot attēlus, kas iegūti no mazāka vai lielāka attāluma [Wikipedia], [Kerne et al., 2001]. Tālizpēti var definēt arī kā zemes virsmas izziņāšanas zinātne – neesot tiešā saskarsmē ar zemes virsmu, par pamatu ņemot enerģijas atstarošanas vai izstarošanas no objektiem, ierakstot iegūto informāciju un pēc tam šo informāciju apstrādājot un analizējot ar dažādām metodēm [<http://ccrs.nrcan.gc.ca>]. Datus ievāc, izmantojot sensorus, kas uztver elektromagnētisko starojumu, kuru izstaro vai atstaro no objektiem uz zemes. Šie sensori ir veidoti tā, lai tie uztvertu dažāda veida elektromagnētisko starojumu [Canada Centre for Remote Sensing, 2003]. Elektromagnētiskie viļņi aptver ļoti plašu elektromagnētisko svārstību spektru, kura diapazonu no 0 līdz 1020 Hz izmanto visdažādākajās tehnikas nozarēs [Ziemelis, 2008] (Att. 9).

Att. 9 Elektromagnētisko viļņu spektra diagramma<sup>11</sup> [Ziemelis, 2008]

Divas sevišķi svarīgas elektromagnētiskā starojuma īpašības, kas ir jāzina, lai saprastu attālo izpēti, ir viļņa garums un frekvence. Viļņa garums un frekvence savā starpā ir cieši saistīti. Ja viļņa garumu saīsina, tad frekvence palielinās, savukārt ja viļņa garumu palielina, tad frekvence samazinās [Tindall, 2006].

Atkarībā no uztveramā starojuma avota, datu iegūšanas sistēmas iedala divās grupās:

- neaktīvie sensori jeb pasīvās sistēmas, kas uztver dabisko enerģiju – radiāciju, kura tiek izstarota vai atstarota no pētāmās teritorijas vai objektiem. Visbiežāk sensori uztver saules gaismu, kura tiek atstarota no objektiem uz zemes. Pasīvas izpētes piemēri ir fotogrāfijas un infrasarkanie uzņēmumi [Wikipedia], [Richards & Jia, 2006]. Pasīvā datu ieguves sistēma ir tieši atkarīga no enerģijas avota, tādējādi iegūtie dati atkarīgi no dažādām atmosfēras parādībām [Ģeogrāfiskā informācijas sistēmas] (Att. 10);
- aktīvie sensori paši izstaro enerģiju. Izmantojot šo metodi, noteiktā kārtībā tiek noskanēta teritorija, ar pasīviem sensoriem fiksējot radiāciju, kas atstarojas no mērķa. Atšķirības enerģijas kvantitatē un virzienā tiek izmantotas, lai noteiktu uz virsmas esošo objektu īpašības [Ģeogrāfiskā informācijas sistēmas].

Aktīvās izpētes piemērs ir radars, kur laika aizkavēšanos starp signāla nokļūšanu līdz mērķim un atgriešanos ir nomērītais lielums. Radaru sistēmas virsmas skenēšanai izmanto tikai vienu viļņu garumu, tādējādi parasti tiek iegūts monohromatisks attēls. Tādā veidā var noteikt objekta atrašanās vietu, augstumu, virzienu un citus parametrus [Wikipedia].

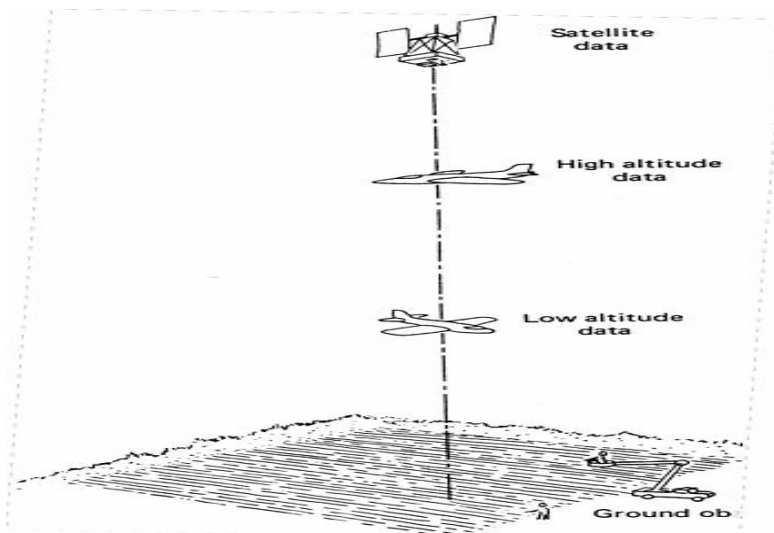
<sup>11</sup> Rtg - rentgena viļņi; UV - ultravioletie viļņi; RG - redzamā gaisma; IS - infrasarkanais starojums; MV - mikroviļņi; TV - televīzijas viļņi; Radio - radioviļņi; ZF - zemās un ekstremālās frekvences viļņi

Att. 10 Pasīvās tālziņas uzņēmums



Vienkāršs piemērs pārvietojamiem sensoriem ir lidmašīna, pie kuras apakšas ir piestiprināta kamera. Līdzīgi, kā ar kamerām, arī ar satelītiem, kas novietoti uz zemes mākslīgajiem pavadoņiem, var ievākt datus, izmantojot izstarotu un atstaroto elektromagnētisko enerģiju. (Att. 11) Piemēram, šādu tehnoloģiju pielieto Landsat Thematic Mapper (Landsat TM) un Sattellite Pour l'observation de la Terra (SPOT) [Richards & Jia, 2006].

Att. 11 Sensoru platformu novietojanas augstumi [Walsh, 2003]



Tālziņe nomaina dārgas un lēnas datu ievākšanas metodes uz zemes, neiejaucoties procesos uz zemes. Tālziņes materiālus pēc to uzmērīšanas metodēm un izmantojamās tehnikas iespējams izdalīt šādus veidus:

- fotoattēli,
- skanētie uzņēmumi,
- radiolokācijas un hidrolokācijas attēli,
- multispektrālie uzņēmumi,

- sintezētie uzņēmumi.

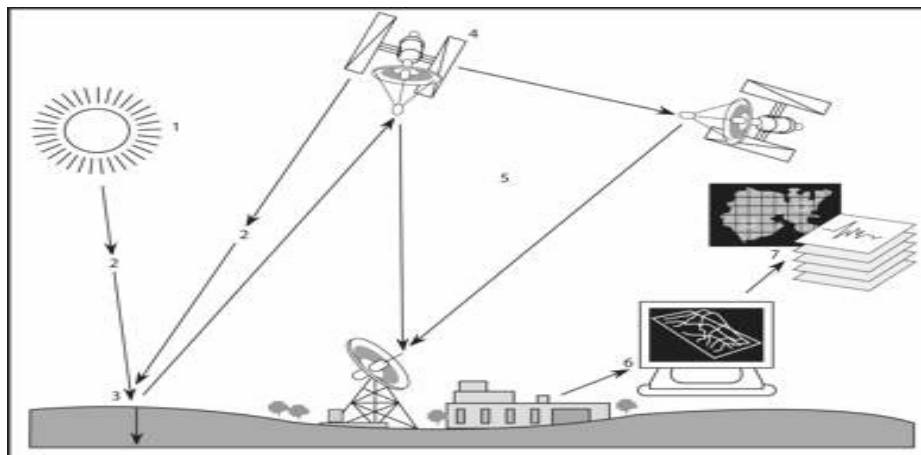
Fotoattēli ir zemes virsmas attēli vai objektu atstarotie attēli, kuri tiek uzņemti ar gaismas jūtīgo fotofilmu. Skanētie uzņēmumi ir zemes virsmas attēli, kuri iegūti uztverot skenera uz zemes virsmas raidītos signālus. Radiolokācija vai hidrolokācijas attēli tiek iegūti skanēšanas rezultātā, kad tiek skanēts tikai zemes vai kāda cita objekta virsmas reljefs. Multispektrālie uzņēmumi tiek iegūti, zemes virsmu vienlaicīgi uzņemot vairākās spektra gammās, kad katrā gammā tiek fiksēta kāda konkrēta no zemes virsmas atstarotā vai izstarotā informācija. Sintezētajos uzņēmumos attēlo kādu vienādu objektu grupu [Ģeogrāfiskā informācijas sistēmas].

Tālīzpētes process sastāv no 7 galvenajiem komponentiem:

- 1) enerģijas avota izgaismošana (pasīvā vai aktīvā – saule vai satelīts). Pirmais, kas nepieciešams tālīzpētei, ir enerģijas avots, kurš apgaismo vai apgādā interesējošo objektu ar elektromagnētisko enerģiju;
- 2) radiācija – tā kā enerģija ceļo no tās avota līdz objektam, tā neizbēgami nonāk kontaktā ar atmosfēru un, šķērsojot to, savstarpēji mijiedarbojas;
- 3) radiācijas un atmosfērā esošo daļiņu savstarpējā mijiedarbība – enerģijas mijiedarbība ar objektu ir atkarīga gan no objekta īpašībām, gan no radiācijas;
- 4) enerģijas ierakstīšana izmantojot sensorus – sensors ir nepieciešams, lai ievāktu un ierakstītu elektromagnētisko starojumu pēc tam, kad tā tikusi izkliedēta vai emitēta no objekta;
- 5) pārsūtīšana, uzņemšana un apstrāde – sensora ierakstītā enerģija ir jāpārsūta (elektroniskā formā) uz uztveršanas staciju, kur dati ar datora palīdzību tiek pārveidoti attēla veidā;
- 6) datu interpretācija un analīze – iepriekš iegūtais attēls tiek interpretēts vizuāli un (vai) digitāli vai elektroniski, lai iegūtu informāciju par nepieciešamo objektu. Pazīstamākās datorprogrammām, kuras izmanto datu interpretēšanai ir Erdas Imagine, ArcGis, TnTmips, Multispec un Grass;
- 7) datu izmantošana – tālīzpētes process pēdējais elements, kas parāda kopsakarības pētāmajā objektā, kas savukārt ir izmantojamas jaunu zināšanu ieguvei [Kepner & Edmonds, 2002], [Tindall, 2006] (Att. 12).

Viena no pamatmetodēm tālīzpētes rastra apstrādē ir fotogrāfijas sadalīšana pa zonām, kurām ir atšķirīgas tekstūras, piemēram koku galotņu veidotās tekstūras. Tā kā tālīzpētes programmas ir ekspertsistēmas, tad pirmais solis ir programmas apmācība ar piemēriem. Iespējama automātiska programmas apmācība, kad tiek izmantots noteikts skaits ainu, kuras klasificē pēc atšķirīgas tekstūras nogabaliem, vai arī manuāla apmācība, kad operators sistēmai grafiski norāda (uzzīmē nogabalu robežas) vietas, kur ir tipiskas mežaudzes, ūdeņi vai kādi citi objekti. Jebkurā gadījumā ekspertsistēma uzkrāj sistēmas datu bāzi ar piemēriem, kas kalpo tālākai automātiskai objektu atpazīšanai rastra attēlā. Pēc programmas palaišanas darba režīmā programma klasificē visu fotogrāfiju – sadala to pa nogabaliem un piekārto katram nogabalam visticamāko apzīmējumu [Stūrmanis, 2005].

Att. 12 Tālizpētes process, kurš sastāv no 7 komponentiem [Tindall, 2006]



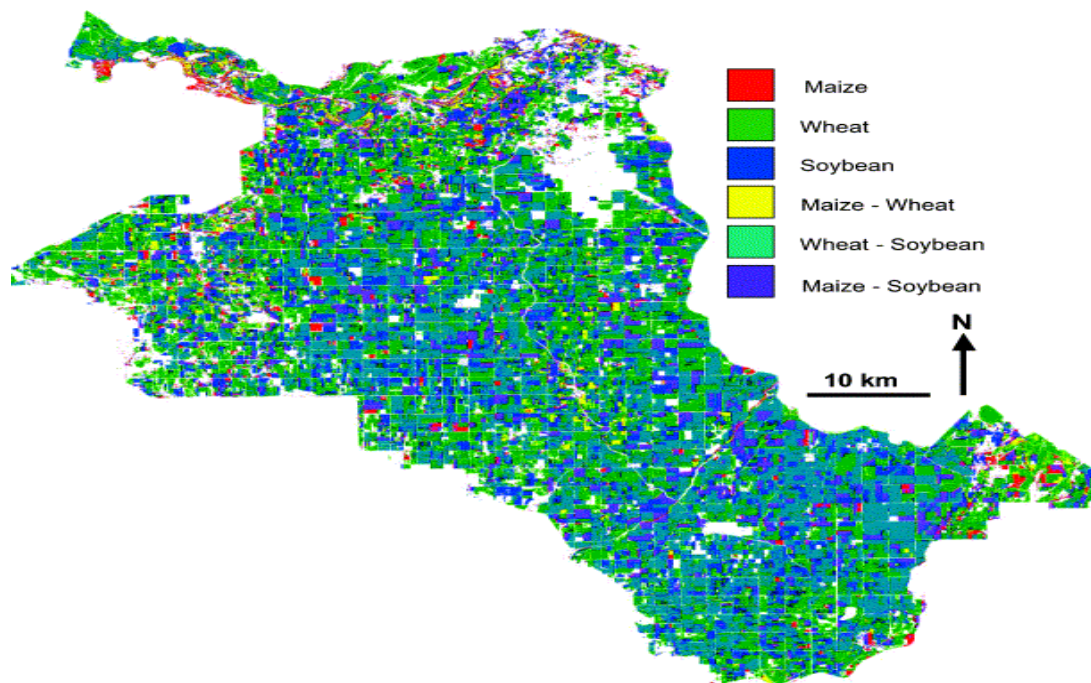
Izmantojot lidmašīnas, satelītus, helikopterus, kuģus un zemūdenes, kā arī virszemes novērošanas stacijas, tiek iegūta ļoti dažāda un plaša informācija par objektiem vai parādībām, kas notiek uz zemes. Var iegūt datus ar lielu platību pārklājumu par samērā zemām izmaksām un daudz ātrāk, nekā tas bija agrāk, pielietojot lauka uzmērīšanas metodes. Šie materiāli atšķiras pēc to mēroga, izšķirtspējas un citiem parametriem, kuri atkarīgi no uzņēmuma tipa, lidojuma augstuma, izmantotās aparatūras, kā arī no atmosfēras īpašībām brīdī, kad iegūti tālizpētes materiāli. Aerofotogrāfijas ir pamats precīzām liela mēroga kartēm, taču šo datu iegūšanas procesā var rasties arī neprecizitātes no fotokameras, lēcām, fotofilmām vai satelīta tipa ar uztveršanas iekārtām [Ģeogrāfiskā informācijas sistēmas].

Attālo izpēti lieto, lai varētu iegūtu datus par bīstamām un nerasniedzamām vietām. Iegūtie materiāli izmantojami dažādos veidos, piemēram, meteoroloģijas vajadzībām – tie palīdz pētīt procesus un parādības, kas norisinās atmosfērā, palīdz veidot dažāda mēroga un satura ģeogrāfiskās kartes un veikt topogrāfisko uzņemšanu un atjaunināšanu [Vanags, 2003]. Lauksaimniecībā aeroainas un satelīta attēlus izmanto zemes lietošanas veidu kartēšanai, piemēram, lai noteiktu, vai deklarētais zemes lietojuma veids atbilst faktiskajam.

Eiropas Parlamenta un Padomes regulas Nr.1445/2000/EK un Nr.2066/2003/EK paredzēja pilotprojekta realizēšanu Kopienas teritorijā par attālās izpētes tehnikas un reģionālo apsekojumu pielietošanu lauksaimniecības statistikai un tirgus uzraudzībai 1999.-2007.gadā. Attālās novērošana sistēma šajā laika periodā parādīja, ka spēj nodrošināt Kopienas lauksaimniecības politikas administrēšanas vajadzībām nepieciešamo informāciju tā, kā to nespēj nodrošināt tradicionālā lauksaimniecības statistika un prognozēšanas sistēma. Attālās novērtēšanas sistēma ir uzlabojusi informācijas precizitāti, objektivitāti, ātrumu un pārskatu biežumu, galvenokārt patiecoties reģionālo modeļu ieviešanai. Regulas projektā ir noteikta nepieciešamība turpināt šo attālās novērtēšanas sistēmu 2008.-2013.gadā un finansēt to no Eiropas Lauksaimniecības Garantijas fonda [Zemkopības ministrija, 2008].

Tālizpētes materiālus lauksaimnieks var izmantot, lai novērotu un noteiktu savu tīrumu un ganību stāvokli. Novērojot vienas sugas augu grupu vai arī visus augus konkrētajā platībā, var noteikt šīs platības un tajā esošo augu stāvokli (Att. 13) [Sivakuman et al., 2003].

Att. 13 Augsekas rotācija par 1993.-1994.g. Yaqui ielejas lauksaimniecības rajonos secināja no multi-temporal Landsat datu un kultūras fenoloģijai<sup>12</sup> [Lobell, 2002]



Tālizpētes dati tiek izmantoti arī dabas aizsardzībā [Canada Centre for Remote Sensing, 2003]. Latvijas Natura 2000 vietu monitoringa ietvaros tika izmantotas attālās izpētes metodes un aerofotogrāfijas, lai kontrolētu biotopu platības [<http://biodiv.lvgma.gov.lv>], [Yijum, 2003]. Ar tālizpētes materiālu palīdzību var paātrināt hidrobūvju un citu inženierbūvju projektēšanu, kā arī veikt arheoloģiskos vai ģeogrāfiskos pētījumus. Tālizpēti ļoti plaši izmanto arī militārajā jomā. Tālizpētes materiālus izmanto arī teritoriju plānošanā novērtējot esošos zemes lietošanas veidus, satiksmi, ainavu aizsardzības pasākumus, detaļiem plānojumam un dažādu izmaiņu dokumentēšanai, kā arī tehniskās infrastruktūras plānošanai apdzīvotajās vietās [Editorial, 2001]. Lai varētu veikt teritorijas plānošanu ir nepieciešami dažādi materiāli, kas raksturo visu teritoriju no dažādiem aspektiem. Teritorijas plānošanu var veikt, izmantojot aeroainas, kas veiksmīgi aizvieto tradicionāli zīmētās kartes. Aeroainas noder gan kā dokumentācijas līdzeklis, gan kā komunikācijas līdzeklis starp visiem plānošanas dalībniekiem [Kerne et al., 2001]. Aeroainas nav vienīgie tālizpētes materiāli, ko var izmantot teritorijas plānošanā. Vēl šajā darbā tiek izmantoti satelīta attēli, kas pielietojami situācijās, kad ir nepieciešams aptvert lielu teritoriju [Vanags, 2003].

Aeroainas izmanto arī, lai veiktu meža inventarizāciju. Tālizpētes uzdevums šajā gadījumā ir fiksēt mežu stāvokli vesela reģiona mērogā. Praksē izmanto dažādas metodes. Ir tādi inventarizācijas paņēmieni, kuru pamatā ir lauka darbi, bet aeroainas izmanto, lai orientētos apvidū, bet ir arī tādas metodes, kurās izmanto tikai aeroainas un satelītattēlus, pirms tam sagatavojot interpretēšanas atslēgas un mācību apgabalus multispektrālās klasifikācijas vajadzībām [Manakos et al., 2000], [Shaw & Burke, 2003], [2001, Goodchild]. Lielām teritorijām, kas ir ekstensīvi apsaimniekotas, izmanto satelītattēlus, tajā pat laikā vietās, kur tas nepieciešams, papildus izmanto aeroainas. Lai varētu novērtēt bojājumus, kas rodas sēņu un kukaiņu ietekmē, nepieciešams interpretēt simptomus, kas redzami vainagu struktūrā un zaru sistēmā [Ivits & Koch, 2002], [Felicisimo et al., 2002]. Mežsaimniecībā liela nozīme ir arī krāsu infrasarkanajām fotogrāfijām, jo atstarošanās īpašības šajā spektra diapazonā raksturo koka vitalitātes stāvokli.

Tālizpētes materiāli palīdz pētīt un racionāli izmantot mežu resursus. Viens no galvenajiem tālizpētes datu izmantošanas mērķiem mežsaimniecībā ir dažāda veida izmaiņu fiksēšana un

<sup>12</sup> Baltajos apgabalos (liels kanāls caur ielejas centru un pilsētas apgabalu ziemeļaustrumos) raža nebija atklāta.

analīze mežos. Aeroainas mežsaimniecībā izmantojamu kopš 20.g. divdesmitajiem gadiem. Šie dati palīdz arī labāk saprast sarežģīto mežu struktūru. Lielu mežu masīvu kartēšana ar aeroainām ļoti nozīmīga ir valstīs, kur ir lieli mežu resursi, piemēram Kanādā un Krievijā [Vanags, 2003], [Natural Resources Canada, 2002], [Barni et al., 2000]. Piemēram, izmantojot SPOT 5 imagery, var iegūt attēlus ar relatīvi plašu teritorijas pārklājumu 60 x 60 km un augstu telpisko izšķirtspēju. Šādi dati noder, ja nepieciešamas iegūt datus no stāvām kalnu nogāzēm (Att. 14).

**Att. 14 Mežu aizsardzība, mežu kartēšana (koku tipi) Austrijas Alpos veidots no Spot5 datiem**

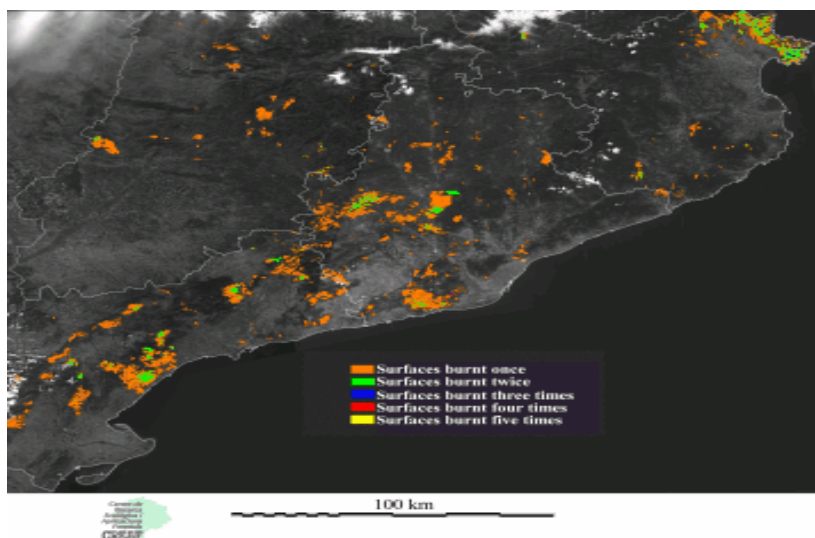


Tālīzpētes datus izmanto mežu postījumu atklāšanā un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanā. Piemēram, 2007.gadā tika veikts pētījums „Meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumu mērījumu interpolācijas projekts izmantojot satelītu uzņēmumu analīzes iespējas”, ar kura palīdzību centās risināt meža nozares ilgspējīgas attīstības jautājumus.

Tālīzpētes datus var lietot, lai izsekotu lietusgāzes, paredzētu vēja virzienus, kā arī ūdens un ozona saturu gaisā [Stein et al., 2007], [Canada Centre for Remote Sensing, 2003]. Datu analīze var palīdzēt noteikt klimata savienojamību ar meža augšanu, un paredzēt potenciālās problēmas. Mežsaimniecībā liela nozīme ir krāsu infrasarkanajām fotogrāfijām, jo atstarošanās īpašības šajā spektra diapazonā raksturo koka vitalitātes stāvokli. Ar tālīzpētes palīdzību lemj, kā risināt mežu platību samazināšanās problēmas [Canada Centre for Remote Sensing, 2003].

Meža augšanā svarīgs faktors ir hidroloģija. Landsat TM virsmas hidroloģijas Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR) dati nodrošina informāciju par augsnes mitrumu. Analizējot šo datus, var noteikt arī citus būtiskus rādītājus, piemēram, iztvaikošana un notece. Kvantitatīvā teritorijas aerofotogrāfēšanas attēlu analīze ir cits hidroloģijas datu modelēšanai avots. Šīs analīzes atļauj mežziņiem noteikt ūdens pieejamību un pareģot sausumus un applūdināšanu [Walsh, 2003], [Kepner & Edmonds, 2002].

Svarīgs tālīzpētes uzdevums ir mežu ugunsgrēku monitorings. Šim mērķim izmanto no lidmašīnām iegūtus skenera attēlus termālajā spektra diapazonā [<http://www.creaf.uab.es>]. Piemēram, Spānijā uguns apkarošanai izmanto monitoringa sistēmu, kas no lidmašīnas iezīmē termālo attēlu joslas (Att. 15).

**Att. 15** Karte ar sadegušajām meža platībām un mežu ugunsgrēku biežumu Katalonijā (Spānijā), laika periodā no 1975.-1993.gadam [<http://www.creaf.uab.es>]

Lai saskatītu sugai raksturīgās vainaga pazīmes, zaru izvietojumu ir jāizmanto tāda pietiekami liela mēroga ainas, mežsaimniecība izmanto lielāku mērogu, salīdzinot ar lauksaimniecību (biežāk 1:15000) [Natural Resources Canada, 2002]. Koku augstumu nosaka pēc radiālajām pārbīdēm, ēnu garuma vai stereoskopiski. Vainagu slēguma pakāpes noteikšanai izmanto blīvuma skalu, savukārt, vecumu nosaka pēc koku augstuma un vainagu izmēra [Vanags, 2003]. Lai noteiktu sugas, nepieciešamas padziļinātas zināšanas par attiecīgajā reģionā augošajām koku sugām un to iespējamo izvietojumu un šis process ir diezgan sarežģīts. Bieži vien šo parametru noteikšanā ierobežo vairāki traucējoši faktori – apvidus reljefs, apgaismojums, attēla datu iegūšanas ģeometrija [Felicitimo et al., 2002].



# METODIKA

---

---

## MEŽA RESURSU MONITORINGA DATU ANALĪZE

DALZ platību novērtējums veikts 2005., 2006. un 2007.g. Monitoringa objektos – kopā 873 parauglaukumi un atsevišķi to sektori, kas atbilst 62. un 64. zemju kategorijām (mežs lauksaimniecības zemē un aizaugusi lauksaimniecības zeme). Aptuveni 1/3 no šīm teritorijām apsekošanas laikā konstatēts tikai apmežošanās fakts, bet nav veikti uzmērījumi, jo koku augstums nerasniedza 2 m, attiecīgi, nevarēja noteikt vienu no monitoringa pamatrādītājiem – koku caurmēru krūšu augstumā. Meža tips šādās platībās noteikts subjektīvi, pieņemot, ka augšanas apstākļi ir tādi paši, kā tuvējās mežaudzēs. Faktiski, valdošā suga, krāja un citi mežaudžu rādītāji novērtēti, balstoties uz 573 parauglaukumos iegūto informāciju, kuros noteikti meža taksācijas rādītāji.

Izejas datiem nav veikta papildus matemātiskā apstrāde, jo datu ticamība novērtēta jau to ievadīšanas laikā. Saskaņā ar MRM datiem platības kļūdas robeža nemeža zemēs ir 4,68% un krājas kļūdas robeža – 14,91%, attiecīgi, platības kļūdas robeža DALZ platībās ir 16 498 ha, bet krājas kļūdas robeža – 540 917 m<sup>3</sup>.

Atbilstoši 2005., 2006. un 2007.g. apsekoto parauglaukumu skaitam, viens 500 m<sup>2</sup> liels parauglaukums reprezentē 573 ha. Proporcionāli laukumam pārrēķināta atsevišķu par vienu parauglaukumu mazāku sektoru pārstāvētā platība (1 m<sup>2</sup> atbilst 0,87 ha).

Datu ticamības palielināšanai, it īpaši attiecībā uz krāju un mežaudžu biežumu, datu analīzē jāietver vismaz viens pilns Monitoringa uzmērījumu cikls. Pētījuma ietvaros veiktie krājas aprēķini un tās sadalījums pa administratīvajām teritorijām uzskatāmi par provizoriskiem, jo lielā objektu daudzveidība un salīdzinoši nelielais atkārtojumu skaits var radīt lielu kļūdu.

## PARAUGLAUKUMU IERĪKOŠANA UN UZMĒRĪŠANA

### Parauglaukumi allometrisko biomasas aprēķinu vienādojumu izstrādāšanai

Aptaujājot Rīgas, Ogres, Balvu, Liepājas un citu rajonu pašvaldību un mežniecību darbiniekus, izraudzītas kopšanai piemērotas platības (vidējais valdošās sugas koku augstums 4-9 m, biežums 3-5 tūkst. kociņi uz ha). Katrai sugai katrā kociņu garuma grupā (solis 50 cm) nomērīti vismaz 10 kociņi. Uz lauka noteikts kociņu augstums, caurmērs celma augstumā, krūšu augstumā, kopējā virszemes daļas masa, atsevišķi zaru un stumbra masa. Laboratorijā zaru un stumbra koksnes paraugiem (5-7 cm gariem nogriežņiem no stumbra resgaļa, vidus un tievgaļa) noteikts koksnes mitruma saturs. Sākotnēji plānotā biomasas modeļu izstrādāšana atsevišķi dažādām augsnes granulometriskā sastāva grupām netika veikta, jo neizdevās atrast dabiskas priedes un egles jaunaudzes uz smilšmāla augsnēm, savukārt baltalksnis konstatēts, galvenokārt, uz smilšmāla augsnēm.

Kad atrasts atbilstošs parauglaukums biomasas uzmērīšanai vispirms parauglaukumā nodastoti visi koki un uzmērīts koku augstumus augstumlīknes konstruēšanai. Katrā parauglaukumā izraudzīti 30 koki augstumā no 4 līdz 9 m, lai katrā garuma grupā būtu vienāds koku skaits. Izraudzītie koki nozāģēti 5 cm augstumā no zemes un atlasīti<sup>13</sup>. Atlasītajiem kokiem ar mērlenti nomērīts garums, caurmēru pie sakņu kakla un caurmērs 1,3 m augstumā.

<sup>13</sup> Skujkoku zarus svēra ar skujām.

Pēc kociņu uzmērīšanas tie atzaroti un zari nosvērti atsevišķi. No katra stumbra izgrieztas trīs ripas (stumbra resgalī, vidū un galotnē, kur caurmērs samazinās līdz 3 cm) un tās kopā ar stumbru nosvērtas. Katrs nogrieztais stumbrs numurēts un pretī tā numuram ievadīti atbilstošie uzmērījumu rezultāti.

Mežaudžu raksturošanai biomasas funkciju izstrādāšanai, attālinātajai novērtēšanai un pirms kopšanas izmēģinājumu veikšanas ierīkoti apļveida parauglaukumi ar kopējo platību 500-1000 m<sup>2</sup>/ha, tajā skaitā audzēs ar vidējo koku augstumu virs 6 m katra parauglaukuma platība bija 500 m<sup>2</sup>, audzēs ar vidējo koku augstumu līdz 3 m – 25 m<sup>2</sup> (apļa rādiuss 2,82 m), bet audzēs ar vidējo koku augstumu 3-6 m – 50 m<sup>2</sup> (apļa rādiuss 3,99 m). Parauglaukumi vienmērīgi izvietoti audzē, to skaits atkarībā no audzes lieluma bija 2-20). Parauglaukumos noteikts koku skaits, sugu sastāvs, caurmērs un augstumu vismaz 9 katras sugas kokiem.

## Parauglaukumi dzīvnieku bojājumu novērtēšanai jaunaudzēs

Darba gaitā tika novērtēti un apsekoti dzīvnieku bojājumi Balvu rajona Rubeņu pagastā un Zemgales mežsaimniecības Garozas iecirknī 2007.g. izkoptās platībās, kur veikta enerģētiskās koksnes sagatavošana un kontroles platībās (tikai Balvu rajonā), kur sīkkoki atstāti izklaidus. 2008.g. rudenī, uzmērījumu veikšanai ierīkoti taisnstūrveida parauglaukumi, 0,1 ha lieli (20 x 50 m), bet ne mazāk kā 10% no audzes platības, kuros tika ievākti dati par bojāto koku skaitu, kā arī noteikts bojājumu raksturs, pakāpe un sadalījums pa sugām. Katrā no parauglaukumiem, katras koku sugas 10 kokiem uzmērīts augstums augstumlīknes konstruēšanai. Visiem parauglaukumā esošajiem kokiem uzmērīts caurmērs 1,3 m augstumā. Pēc datu ievākšanas tiek noteikti katra koka izlīdzinātais augstums (m), šķērslaukums (m<sup>2</sup>) un krāja (m<sup>3</sup>), izmantojot I.Liepas metodi [Liepa, 1999].

Pētījuma ietvaros visi novērojumi un mērījumi, galvenokārt tika attiecināti uz bojājumu intensitāti. Balstoties uz Ministra kabineta, 2007.g. 17.jūlija noteikumu Nr.497 4.pielikumu par „Medijamo dzīvnieku nodarīto postījumu novērtēšanas kritērijiem” izdalītas 3 bojājuma pakāpes:

1. vesels – miza bojāta atsevišķām sīkām skrambām;
2. vidēji bojāts – miza bojāta līdz 1/3 no stumbra apkārtmēra;
3. iznīcis – stumbrs nolauzts (nolūzis) vai miza bojāta vairāk par 1/3 no stumbra apkārtmēra.

## Parauglaukumi mehānisko bojājumu novērtēšanai mehanizētajā jaunaudžu kopšanā

Somijā (Kangasniemi) un Latvijā (Garozā) 2007.g. koptajās priedes, egles un mistrotās jaunaudzēs reprezentatīvās platībās ierīkoja 50 x 20 m lielus taisnstūrveida parauglaukumus, kuri aptvēra teritoriju starp diviem tehnoloģiskajiem koridoriem, neietverot pašus koridorus. Šajos parauglaukumos uzmērīja visu paliekošo koku, kuri sasniedz 2 m augstumu, caurmēru krūšu augstumā ( $D_{1,3}$ ) un vismaz 10 katras sugas kokus augstumlīknes konstruēšanai. Papildus Somijā nomērīja attālumu no katra koka līdz koridoru vidum, lai noteiktu kopšanas intensitāti atkarībā no treilēšanas ceļa attāluma.

Katram no uzmērītajiem kokiem novērtēja bojājumus, īpašu uzmanību pievēršot mehāniskajiem, izstrādes vai pievēršanas laikā radītajiem bojājumiem. Parauglaukumus vispirms ierīkoja mežaudzēs Latvijā un pēc tam Somijā izvēlējās ar Fixteri koptās platības, kas ir pēc augšanas apstākļiem un sugu sastāva līdzīgas (Att. 16). Sākotnējā biežība (pirms kopšanas), vērtējot pēc celmu skaita un caurmēram visās Somijā apsekotajās audzēs bija lielāka, nekā Latvijā, tāpēc sākotnēju biežību izslēdza no vērtējamiem audžu parametriem. Šim faktoram, pamatojoties uz literatūras datiem, ir mazāk būtiska loma, jo lielākā daļa mehānisko bojājumu mehanizētajā kopšanā rodas sīkkoku pievēršanas etapā.

Pēc datu ievākšanas noteikts katra koka izlīdzinātais augstums (H, m), šķērslaukums (G, m<sup>2</sup>) un tilpums (V, m<sup>3</sup>), izmantojot I.Liepas metodi [Liepa, 1999].

Att. 16 Raksturīga mehanizēti kopta jaunaudze Somijā



Par bojātu darba ietvaros uzskatīja tādu koku, kura  $D_{1,3} > 8$  cm un:

1. uz koka stumbrā vai sakņu daļas atsevišķa bojājuma (koksne bez mizas) izmērs ir lielāks par  $15 \text{ cm}^2$  (sērkociņu kastītes lielumā);
2. koka stumbrā iezāģējums 10% no koka caurmēra vai 20% no koka apkārtmēra zāģējuma vietā;
3. līdz 70 cm attālumā no koka stumbrā pārrauta koka sakne resnāka par 2 cm diametrā.

## TĀLIZPĒTES IZMĒGINĀJUMI

Tālizpēte jeb attālinātā novērtēšana novērtēšana veikta vairākos etapos:

- attēlu klasifikācija;
- nevadītā klasifikācija;
- vadītā klasifikācija;
- veģetācijas indeksēšana;
- novērtēšana.

Attēlu klasifikācijas mērķis ir, izmantojot satelītu attēlu dažādo spektra joslu vizuālo (redzamo un neredzamo) informāciju, veikt to skaitlisku analīzi, sadalot attēlu informācijas vienības – pikselus, noteiktās kategorijas klasēs. Iegūtā informācija tālāk izmantojama tematisko karšu sagatavošanai un noteiktu teritoriju statistiskas informācijas aprēķināšanai (noteikšanai). Satelītu attēlu analīzei, lai noteiktu zemes apaugumu (lietojuma veidu) izmantots testa teritorijā pieejamais multispektrālais (7 joslas) LANDSAT satelīta attēls ar 30 m izšķirtspēju.

Nevadītājā klasifikācijā attēlu informācijas vienības netiek attiecinātas pret zemes apauguma mērījumiem dabā – parauglaukumu informāciju. Attēlu pikseli tiek grupēti klasifikācijas noteikumos noteiktu klašu skaitu grupās, salīdzinot to spektra joslu vērtības, un, atrodot tuvākās (salīdzināmās) vērtības. Sadalītajām klasēm analīzes rezultātā netiek piešķirta noteikta identitāte. To piešķir datu analizētājs, balstoties uz attēlu vizuālu novērtējumu vai citiem pieejamiem ģeotelpiskiem datiem, piemēram, topogrāfiskām kartēm. Testa apgabala nevadītājā klasifikācijai tiek izmantots ISO datu klasifikācija LANDSAT attēlu iedalot 30 klasēs.

Vizuāli novērtējot klasifikācijas rezultātus, testa apgabalos uz aizaugošām meža teritorijām izdalāmas divas apauguma klases.

Vadītā klasifikācija ir līdzīgu pikseļu meklēšana atbilstoši tuvākajam pēc spektra joslu vērtībām, kas atbilst sagatavotam zemes virsmas klašu (kategoriju) sagatavotajam spektrālajam atribūtu skaitliskajam aprakstam (parauglaukumam). Kategorijas apzīmējums tiek ierakstīts atbilstošajā šūnā izejas – rezultējošā datu kopā, kuras digitālos rezultātus iespējams sagatavot gan rastra tematisko karšu, gan pārkonvertējot – vektoru informācijas veidā.

Papildus biomasas daudzuma novērtēšanai, analizējot satelītu attēlus, izmanto dažādu veģetācijas indeksu aprēķinus. Tiem pamatā ir vairāku satelītu joslu spektrālā pieraksta savstarpējo attiecināšanu. Kā visbiežāk izmantotais ir NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), kas tiek izteikts ar vienādojumu:

$$NDVI = NIR - \frac{RED}{NIR} \quad RED \text{ kur ;}$$

NIR - tuvu infrasarkanā spektra josla,

RED - sarkanā spektra josla.

Novērtēšana ir parauglaukumu (kontroles) punktu koordinātu telpiskā savietošana ar klasifikācijas rezultātā iegūtā attēla pikseļu vērtībām. Rezultātā iegūstama savietošanas tabula, kurā iespējams novērtēt klasifikācijas precizitāti.

Objektos, kas tika atlasīti attālinātās novērtēšanas izmēģinājumiem, ierīkoti 96 parauglaukumi (vidēji 7 parauglaukumi uz 1 ha) (Att. 17).

**Att. 17 Parauglaukumu izvietojums attālinātās novērtēšanas izmēģinājumu objektos**

SIA "Rīgas meži" Olaines mežniecības 159.kv.

SIA "Rīgas meži" Olaines mežniecības 163.kv.

**RAŽĪBAS UN PAŠIZMAKSAS PĒTĪJUMI****Tehnikas raksturojums**

Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums dots Tab. 2, Tab. 3 un Tab. 4. AHWI AM600 smalcinātāja un bāzes mašīnas raksturojums, ņemot vērā tehnikas specifiku, izdalīts atsevišķi. Darbā nav dots Fixteri raksturojums, jo šīs mašīnas specifikācijas vēl nav publicētas.

**Tab. 2 Traktors CLAAS Xerion 3300 Trac VC**

Dzinējs	CATERPILLAR C9 (6 cilindri, 8,8 l, MAX jauda pēc ECE R 24 (pie 1700 – 1800 apgr/min) 335 ZS, MAX griezes moments (pie 1500 apgr/min) 1450 Nm)
Degvielas tvertne	650 l, degvielas filtrs ar ūdens separatoru
Transmisija	ZF ECCOM 3,5 CVT (Vario)
MAX ātrums abos virzienos	50 km/h
Svara sadalījums (priekša/aizmugure %)	55/45
Četru riteņu stūrēšana	Krabja gaita, priekšas stūrēšana, aizmugures stūrēšana
Apriepojums	Četri vienāda izmēra riteņi, 650/85 R38
Hidraulikas sistēmas ietilpība un tehniskais raksturojums	130 l, MAX darba spiediens 200 bar, MAX plūsma uz vienu izvadu 110 l/min, MAX hidraulikas jauda 45 kW, hidrauliskā sūkņa ražība 150 l, hidro izvadu pāru skaits ar plūsmas regulatoriem 5 gab.
Jūgvārpsta 6 & 21 nūts	1000 apgr.
Priekšējā uzkarē, CAT III N, abpusējās darbības	Konstanta celtpēja 7000 kg, MAX celtpēja 8200 kg, MAX darba gājiens 841 mm, funkcijas – pacelšana, nolaišana (piespiedu), „peldošā” pozīcija
Aizmugurējā uzkarē, CAT III, abpusējās darbības	Konstanta celtpēja 11500 kg, MAX celtpēja 11700 kg, MAX darba gājiens 756 mm, funkcijas – pacelšana, nolaišana (piespiedu), „peldošā” pozīcija
Dimensijas	Garums (bez atsvara) 6630 mm, platums (minimāli) 2490 mm, augstums 3720 mm, riteņu bāze 3300 mm
Klīrenss	32” diskām – 470 mm, 42” diskām – 570 mm
Minimālais apgrīšanās rādiuss	12 m
Traktora pašmasa	12700 kg

Priekšējo hidroizvadu skaits	4 gab.
Darba apstākļi	Sānu logu tīrītāji + saules sargi, aizmugurējā loga tīrītājs, elektriski regulējami + apsildāmi atpakaļskata spoguļi, pneimatiskas piekabes bremzes, automātiska klimata kontrole, pneimatisks komforta sēdekļis, maināms vadīšanas virziens

**Tab. 3 Pļāvējs – smalcinātājs AHWI AM 600**

Piekare	Iekārta izgatavota uzstādīšanai uz traktora trīspunktu uzkares
Dimensijas	Platums 2600 mm, darba platums 1900 mm
Pašmasa	5200 kg
Piedziņa	Mehānisks spēka pārvads uz rotoru
Minimāli nepieciešamā traktora jauda	260 Zs
Rotors	Rotors 580 mm diametrā ar 60 griezējinstrumentiem
Šķeldu ražošana	Gatavās frakcijas izvadīšana ar ventilatora palīdzību

**Tab. 4 Mulčētājs AHWI FM600 Profi**

<b>Bāzes mašīna</b>	
Dzinējs	160 kW
Maks. ātrums abos virzienos	30 km/h
Jūgvārpsta	1000 apgr., 130 kW
Aizmugurējā uzcare	Celbspēja 2800 kg
Citi nosacījumi	Traktors pielāgots darbam mežā, maināms vadīšanas virziens
Piekare un piedziņa	3 punktu piekare, piedziņa no jūgvārpstas, apgriezīgu skaits 1000 RPM, nepieciešamā dzinēja jauda 112-160 kW, iekārtas piedziņas jauda 104-149 kW
<b>Mulčētājs</b>	
Dimensijas	Platums 2,7 m, darba joslas platums – 2,3 m
Iekārtas pašmasa	2790 kg
Mulčēšanas mehānisms	Rotors ar griezējasmeņiem, Ø vismaz 600 mm, vienlaicīgi veic biomasas smalcināšanu – mulčēšanu un augsnes sagatavošanu līdz vismaz 5 cm dziļumam

## Hronometrāža

Smalcinātāja AHWI AM600 ražības hronometrāža veikta SIA "Rīgas meži" valdījumā esošās aizaugušās lauksaimniecības zemēs 7 ha platībā, tajā skaitā aizaugusī platība, kurā veikta vienlaidus apauguma novākšana un enerģētiskās koksnes sagatavošana – 3,5 ha. Rekultivējamo platību pirms tam uzmērīja ar parauglaukumu metodi, lai novērtētu sasmalcināmās biomasas daudzumu. Mulčētāja AHWI FM600 Profi ražības hronometrāža veikta tajā pašā teritorijā 3 ha platībā. Smalcinātāja AHWI AM600 ražības hronometrāža veikta arī 2 gadus vecā kārklu plantācijā Olaines kokaudzētavā 0,8 ha platībā.

**Att. 18 AHWI AM600 un FM600 Profi hronometražai izmantotās platības<sup>14</sup>**

Olaines kokaudzētava

SIA "Rīgas meži" Olaines mežniecības 163.kv.



AHWI FM600 Profi



AHWI AM600

AHWI FM600 Profi hronometrētie parametri ir:

- 1) manevrēšanas laiks;
- 2) darba laiks;
- 3) pārejās darba operācijas;
- 4) manevru skaits
- 5) citas ar darbu nesaistītas operācijas

Izmantojot hronometrāžas rezultātus un traktora datora izdruku (apstrādātā platība un kopējais degvielas patēriņš), aprēķināts nobrauktais attālums, vidējais ātrums un degvielas patēriņš darba stundā. Hronometrāža veikta trim darba režīmiem:

- 1) vienlaidus krūmu apauguma novākšana un augsnes apstrāde;
- 2) krūmu apauguma novākšana un augsnes apstrāde joslās (ik pēc 5 m);
- 3) jaunaudžu kopšana joslās (ik pēc 6 m).

Platību, kas izmantotas AHWI FM600 Profi hronometrāžā, raksturojums dots Tab. 5.

**Tab. 5 Platību raksturojums**

Suga	Biezums, gab./ha	Vid. Ø, cm	Vid. H, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	Biomasa, t <sub>sausnas</sub> /ha
<b>Jaunaudze, kurā veikta vienlaidus apauguma novākšana<sup>15</sup></b>					
B	400	1,8	3,9	0,1	0,3
Salix sp.	54 800	1,1	2,2	7,0	23,4
<b>Kopā:</b>	<b>55 200</b>	<b>1,1</b>	<b>2,2</b>	<b>7,1</b>	<b>23,8</b>
<b>Jaunaudze, kurā veikta kopšana joslās ar augsnes sagatavošanu<sup>16</sup></b>					

<sup>14</sup> Attēli no GoogleEarth

<sup>15</sup> Vidējie rādītāji par apstrādāto, nevis kopējo platību.

<sup>16</sup> Vidējie rādītāji par visu platību.

Suga	Biezums, gab./ha	Vid. Ø, cm	Vid. H, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	Biomasa, t <sub>sausnas</sub> /ha
A	5 186	2,3	2,4	3,7	6,9
B	1 009	2,1	3,2	1,6	4,1
Salix sp.	4 200	0,7	1,2	4,1	9,5
<b>Kopā:</b>	<b>10 395</b>	<b>5,1</b>	<b>6,8</b>	<b>9,4</b>	<b>20,5</b>
<b>Jaunaudze, kurā veikta kopšana joslās bez augsnes sagatavošanas<sup>17</sup></b>					
A	7 400	2,8	3,5	6,8	12,9
B	400	1,4	3,7	0,1	0,2
<b>Kopā:</b>	<b>7 800</b>	<b>2,7</b>	<b>3,5</b>	<b>6,9</b>	<b>13,0</b>

AHMI FM600 Profi hronometrētie parametri ir:

- 1) manevrēšanas laiks;
- 2) darba laiks;
- 3) pārejās darba operācijas;
- 4) manevru skaits;
- 5) ar darbu nesaistītās operācijas;
- 6) pārbraucieni.

Izmantojot hronometrāžas rezultātus un traktora datora izdruku (apstrādātā platība un degvielas patēriņš uz platības vienību), aprēķināts nobrauktais attālums un vidējais ātrums.

DALZ platības un kārkļu plantācijas, kas izmantotas AHWI AM600 hronometrāžā, raksturojums dots Tab. 6.

**Tab. 6 Platības, kur veikta enerģētiskās koksnes sagatavošana ar AHWI AM 600 smalcinātāju<sup>18</sup>**

Suga	Biezums, gab./ha	Vid. Ø, cm	Vid. H, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	Biomasa, t <sub>sausnas</sub> /ha
<b>DALZ platības</b>					
Salix sp.	15 000	1,8	4,0	4,4	13,6
<b>Kārkļu plantācija</b>					
Šķirnes Tora un Torhild	22 000	1,5	3,5	3,9	14,3

Hronometrāžas datu uzkrāšanai un pirmējai apstrādei izmantoti Juniper Systems lauka datori Allegro CX ar SDI programmatūru. Tālākā ražības datu apstrāde tikai veikta programmā OpenOffice.org Calc izklājlapas veidā izstrādātā modelī.

Ražības un ražošanas izmaksu novērtēšanai izveidots datormodelis, kas ietver sīkkoku un kārkļu pļaušanu, pievešanu un piegādi patērētājam. Mulčētāja ražība aprēķināta uz apstrādātas platības vienību. Šī modeļa pamatā ir Zviedrijas mežu institūta Skogforsk 2005.g. izveidotais datormodelis kurināmās koksnes ražošanas izmaksu novērtēšanai galvenajā cirtē [Skogforsk/LVM, 2006].

<sup>17</sup> Vidējie rādītāji par izkopto platību.

<sup>18</sup> Vidējie rādītāji par izstrādāto platību.



# REZULTĀTI UN TO ANALĪZE

## MEŽA RESURSU MONITORINGA DATU ANALĪZE

Darba ietvaros veikta MRM 2005.-2007.g. iegūto datu analīze, novērtējot DALZ platību sadalījums pa Latvijas rajoniem, mežaudžu izcelsmi, izplatītākos meža tipus un valdošās koku sugas, mežaudžu vecuma struktūru, biežumu, bonitāti un krāju.

### Dabiski apmežojušos platību sadalījums pa Latvijas rajoniem

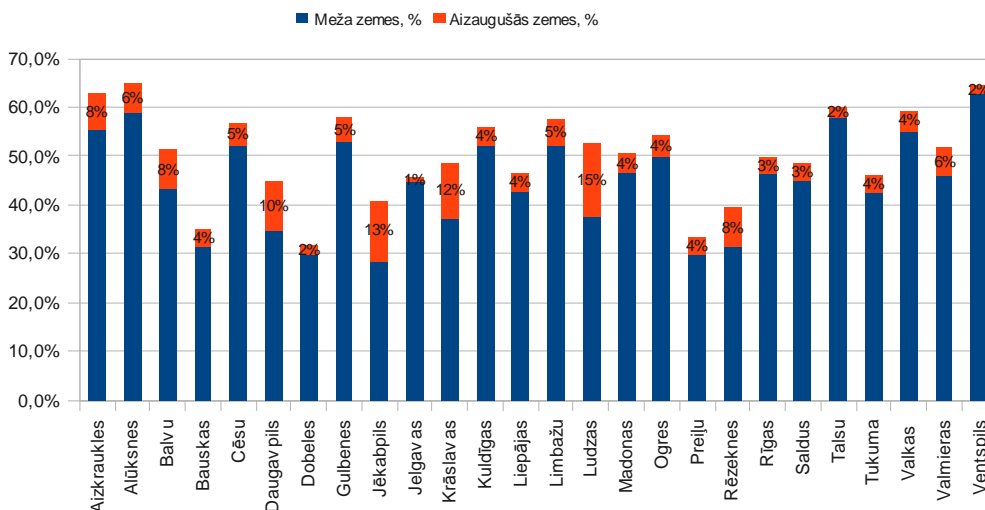
Kopējā DALZ platība Latvijā ir 353 tūkst.ha, kopējā valdaudzes stumbra koksnes krāja bez mizas – 3,6 milj.m<sup>3</sup>, šķērslaukums – 789 tūkst.m<sup>2</sup> (vidēji 2,24 m<sup>2</sup>/ha, Tab. 7). Vislielākais DALZ īpatsvars ir Latgales reģionā – līdz 15% no rajonu kopplatības (Ludzas rajons) (Att. 19).

Tab. 7 DALZ platību izplatība Latvijā

Rajons	Platība ha	Krāja, m <sup>3</sup>	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha
Aizkraukles	19 609	174 225	2,17
Alūksnes	14 066	53 217	1,12
Balvu	18 763	151 795	2,42
Bauskas	7 353	7 681	0,34
Cēsu	13 639	167 364	3,85
Daugavpils	27 123	392 181	2,48
Dobeles	3 392	10 432	0,95
Gulbenes	8 740	47 747	1,41
Jēkabpils	20 828	297 499	3,03
Jelgavas	3 418	25 731	1,82
Krāslavas	26 458	286 545	2,15
Kuldīgas	10 119	163 703	4,55
Liepājas	14 225	274 826	4,09
Limbažu	13 517	256 663	3,62
Ludzas	36 989	427 787	1,87
Madonas	14 738	170 394	2,53
Ogres	8 179	41 750	1,3
Preiļu	7 296	87 112	2,85
Rēzeknes	22 763	269 356	2,13
Rīgas	11 560	27 757	0,64
Saldus	7 307	84 933	2,41
Talsu	6 346	25 219	1,26
Tukuma	8 657	19 650	0,76
Valkas	9 865	52 081	1,33

Rajons	Platība ha	Krāja, m <sup>3</sup>	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha
Valmieras	13 443	109 636	2,11
Ventspils	4 119	2 598	0,23
<b>Kopā</b>	<b>352 513</b>	<b>3 627 882</b>	<b>2,24</b>

Att. 19 DALZ un mežu platība procentos no Latvijas rajonu kopplatības



Salīdzinot mežaudžu vidējo krāju DALZ platībās, parādās citāda aina, nekā izvērtējot DALZ platības sadalījumu. Vislielākā krāja uz platības vienību ir Liepājas (19,3 m<sup>3</sup>/ha) un Limbažu (19,0 m<sup>3</sup>/ha) rajonos.

Lielākā daļa DALZ platību pieder privātpersonām (344 tūkst.ha un 3,5 milj.m<sup>3</sup>), otrs lielākais īpašnieks ir A/s "Latvijas valsts meži" (A/s LVM) ar 6,6 tūkst.ha (Tab. 8). Salīdzinot vidējo krāju DALZ platībās, lielākā krāja ir pašvaldību mežos (82 m<sup>3</sup>/ha), tomēr šis rezultāts iegūts no viena MRM parauglaukuma sektora, tāpēc nav objektīvs.

Tab. 8 DALZ īpašnieki

Īpašums	Platība ha	Krāja, m <sup>3</sup>	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	Šķērslaukums, m <sup>2</sup>
Citi valsts meži	1 042	23 636	23	5 560
Pašvaldības	378	30 853	82	5 987
Privātpersonas	343 727	3 520 380	10	760 193
Uzņēmumi	725	2 458	3	739
A/s LVM	6 641	50 555	8	16 934
<b>Kopā / vidēji</b>	<b>352 513</b>	<b>3 627 882</b>	<b>10</b>	<b>789 413</b>

### Mežaudžu izcelsme

Lielākā daļa mežaudžu DALZ platībās veidojušās no sēklām (Tab. 9). Tomēr 16 tūkst.ha ir mākslīgi ierīkotas mežaudzes, kas nav transformētas par meža zemēm. Šajās platībās ir salīdzinoši vismazākā krāja (vidēji 5 m<sup>3</sup>/ha). Lielākā daļa mākslīgi ieaudzēto mežaudžu ierīkotas pēdējo 10 gadu laikā.

Tab. 9 Mežaudžu izcelsme

Izcelsme	Platība, ha	Krāja, m <sup>3</sup>	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	Šķērslaukums, m <sup>2</sup>
dabīga atvases	10 620	249 732	24	44 357
dabīga sēklas	325 450	3 299 236	10	735 096
mākslīga	16 422	78 914	5	9 960
<b>Kopā</b>	<b>352 492</b>	<b>3 627 882</b>	<b>10</b>	<b>789 413</b>

### Meža tipi un valdošās sugas

Lielākā daļa DALZ platību (197 tūkst.ha) raksturojas ar vēra augšanas apstākļiem<sup>19</sup>, otrajā vietā pēc izplatības ir damaksnis (66 tūkst.ha) un šaurlapju ārenis (44 tūkst.ha). Dažādu meža tipu platība korelē ar kopējo krāju, tomēr šaurlapju ārenī vidējā krāja uz platības vienību ir izteikti lielāka, nekā citos izplatītākajos meža tipos (Tab. 10).

Tab. 10 Meža tipi DALZ platībās

Meža tips	Platība, ha	Krāja, m <sup>3</sup>	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha
Sils	473	118	0,1
Liekņa	569	13	0,0
Niedrājs	743	2	0,0
Mētrājs	1 245	27 808	5,6
Slapjā gārša	1 617	12 202	1,9
Lāns	1 836	40 618	4,8
Gārša	1 842	19 434	2,2
Platlapju kūdrenis	4 294	5	0,0
Slapjais damaksnis	5 223	58 696	2,5
Dumbrājs	5 577	10 852	0,4
Platlapju ārenis	5 943	37 635	1,8
Šaurlapju kūdrenis	7 872	99 219	1,8
Slapjais vēris	9 364	85 361	1,6
Šaurlapju ārenis	43 450	430 604	2,3
Damaksnis	65 554	382 479	1,7
Vēris	196 891	2 422 837	2,6
<b>Kopā</b>	<b>352 492</b>	<b>3 627 882</b>	<b>2,2</b>

Vērtējot koku sugu izplatību DALZ platībās, analizē nav iekļauti 111 tūkst.ha apmežojušos lauksaimniecības zemju, kurās nav uzmērīti mežaudžu taksācijas rādītāji. Izplatītākās koku sugas DALZ platībās ir bērzs (99 tūkst.ha) un baltalksnis (49 tūkst.ha) (Tab. 11).

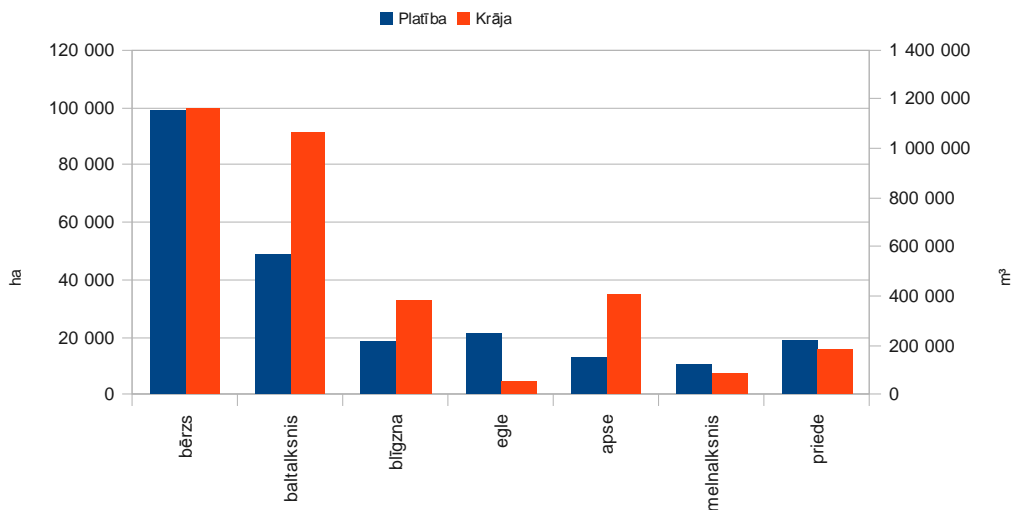
Izplatītāko sugu platība un krāja salīdzināta Att. 20. Grafikā redzams, ka baltalksnim divas reizes mazākā plātībā ir gandrīz tikpat liela krāja, kā bērzam (attiecīgi, 1,1 milj.m<sup>3</sup> un 1,2 milj.m<sup>3</sup>). Pārējo koku sugu krāja ir 38% no kopējās krājas DALZ platībās.

<sup>19</sup> Raksturojums DALZ platībās veikts, galvenokārt, balstoties uz piegulošo mežaudžu tipu un sugu sastāvu.

Tab. 11 Valdošās sugas DALZ platībās

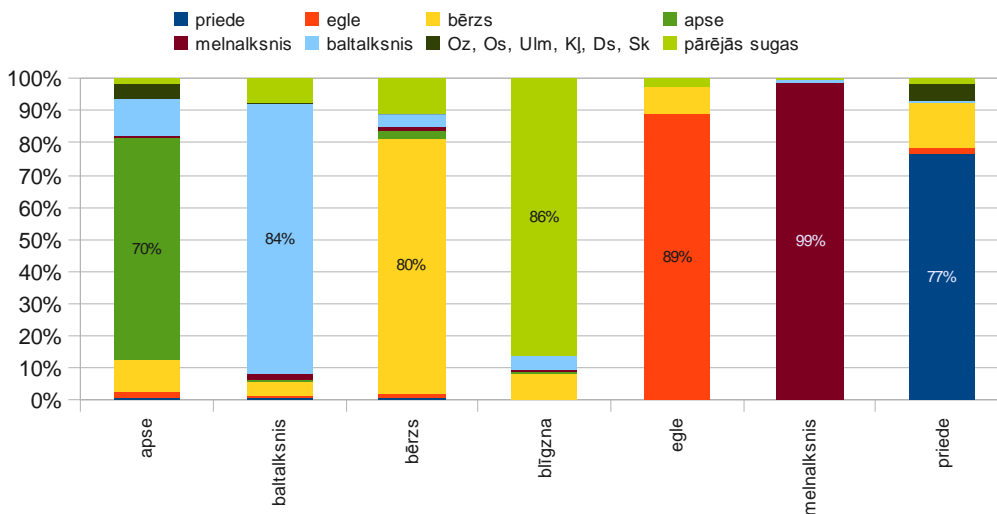
Valdošā suga	Platība, ha	Krāja, m <sup>3</sup>	Šķērslaukums, m <sup>2</sup>
goba, vīksna	166	3	0,0
pīlādži	556	5 604	2,4
kļava	798	27 973	6,9
citas egles	901	214	0,1
osis	1 068	49 202	5,6
mežābele	1 138	23	0,0
ozols	1 926	91 691	5,4
ievas	1 975	66 241	7,7
vītols	2 464	53 573	4,4
melnalksnis	10 519	86 207	1,9
apse	12 854	408 421	5,3
blīgzna	18 644	387 786	4,6
priede	19 321	178 868	2,2
egle	21 176	48 286	0,9
baltalksnis	49 050	1 064 584	5,0
bērzs	98 846	1 159 207	2,6
<b>Kopā</b>	<b>241 402</b>	<b>3 627 882</b>	<b>3,3</b>

Att. 20 Izplatītāko koku sugu<sup>20</sup> platība un krāja



MRM datu bāze sniedz iespēju salīdzināt koku sugu sastāvu dažādu valdošo sugu audzēs. Att. 21 redzams, ka vairumā gadījumu citu sugu piemistrojums ir mazāks par 20% no kopējās krājas. Lielāks citu sugu piemistrojums ir priedes un apses audzēs.

Att. 21 Dažādu koku sugu krājas sadalījums atkarībā no valdošās sugas



### Mežaudžu vecums

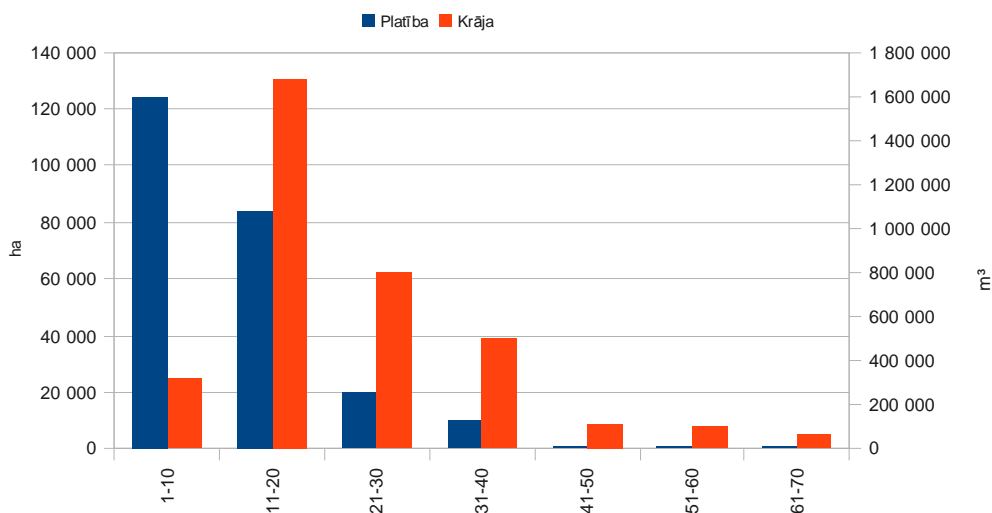
Darba ietvaros visas platības, kurās noteikti mežaudžu taksācijas rādītāji, tajā skaitā vecums (239 tūkst.ha), iedalītas vecuma klasēs ar soli 10 gadi. Vislielāko platību aizņem 1-10 gadus vecas audzes (124 tūkst.ha), otrajā vietā ir 11-20 gadus vecas audzes (84 tūkst.ha) (Tab. 12). Negatīva korelācija starp vecuma klasi un mežaudžu kopplatību saglabājas visās vecuma klasēs, turpretim, vislielākā krāja raksturīga 11-20 gadus vecām audzēm (47% no kopējās krājas DALZ platībās) (Att. 22).

<sup>20</sup> Grafikā parādītas tās koku sugas, kuru audžu kopējā platība DALZ saskaņā ar MRM datiem ir vismaz 10 000 ha.

Tab. 12 Dažāda vecuma mežaudžu platība, šķērslaukums un krāja<sup>21</sup>

Vecuma klases	Platība, ha	Krāja, m <sup>3</sup>	Šķērslaukums, m <sup>2</sup>
1-10	124 013	323 588	135 097
11-20	83 841	1 675 282	399 962
21-30	19 591	803 647	138 825
31-40	9 731	504 207	76 613
41-50	753	109 345	13 650
51-60	513	97 859	11 436
61-70	569	63 191	7 509
<b>Kopā:</b>	<b>239 011</b>	<b>3 577 119</b>	<b>783 092</b>

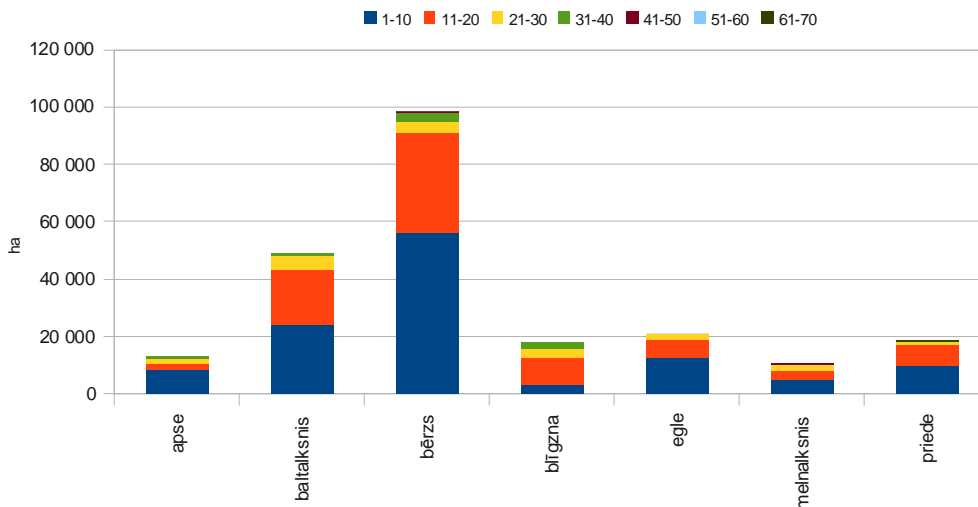
Att. 22 Platības un krājas sadalījums dažāda vecuma audzēs



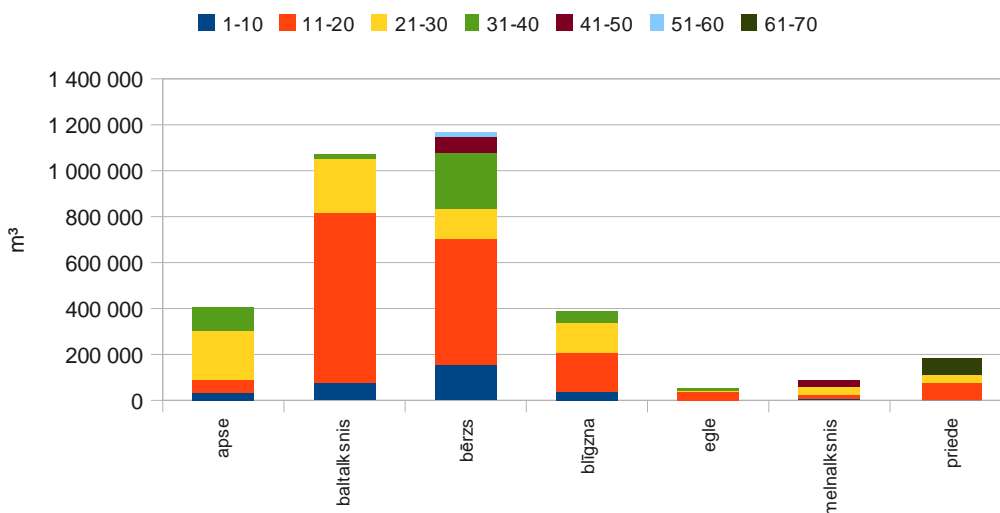
Lielākā daļa bērza audžu ir 1-10 gadus vecas, baltalksnim ir lielāks 11-20 gadus vecu audžu īpatsvars (Att. 23), kas izskaidro ievērojami lielāku baltalkšņa krājas īpatsvaru 11-20 gadus vecās audzēs (Att. 24). Bērzam lielākā daļa krājas, tāpat, ir 11-20 gadus vecās audzēs, taču salīdzinoši lielu krājas daļu veido arī 31-40 gadus vecas audzes.

<sup>21</sup> Tabulā nav iekļautas platības, kurās vidējais koku augstums ir mazāks par 2 m.

Att. 23 Valdošās koku sugas dažāda vecuma audzēs



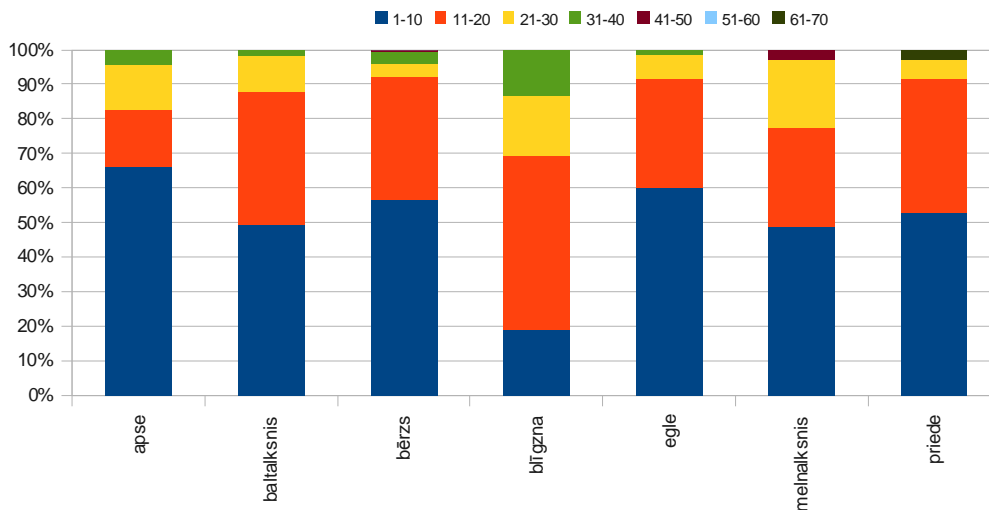
Att. 24 Dažādu koku sugu krājas sadalījums vecuma klasēs



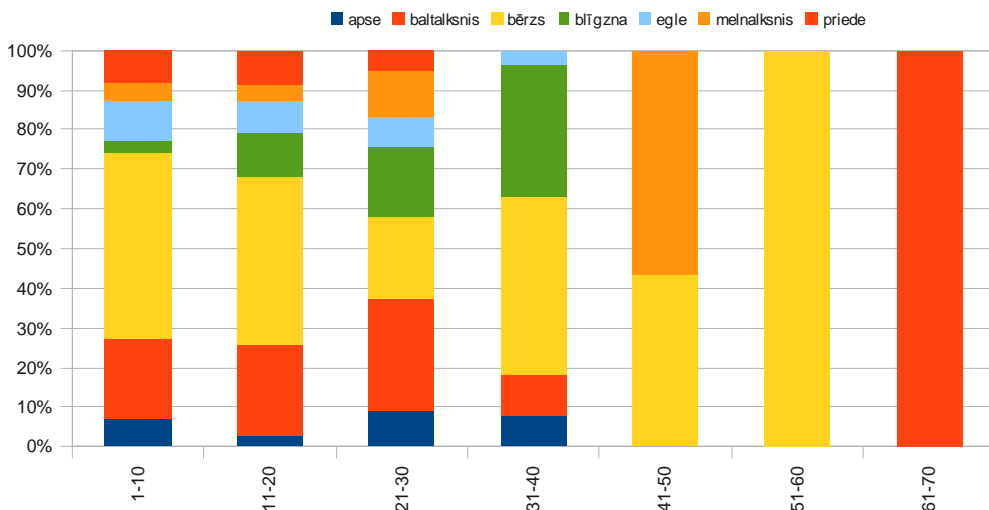
Dažādu sugu platības procentuālais sadalījums dots Att. 25. Vislielākais jaunu audžu (vecums 1-10 gadi) īpatsvars ir apsei, lielāks vecāku audžu īpatsvars (vecums 31-50 gadi) blīgznai un melnalksnim. Blīgznai raksturīgs arī salīdzinoši vismazākais par 10 gadiem jaunāku audžu īpatsvars (19%).

Saskaņā ar MRM datiem vecākās audzēs ir mazāka sugu daudzveidība (61-70 gadus vecās audzēs dominē priede, savukārt 41-60 gadus vecās audzēs izplatītākās valdošās sugas ir bērzs un melnalksnis). Jaunās audzēs raksturīga lielāka valdošo sugu dažādība (Att. 26), tomēr tas tas varētu būt skaidrojams ar salīdzinoši nelielo vecāko audžu skaitu.

Att. 25 Dažādu koku sugu mežaudžu sadalījums vecuma grupās



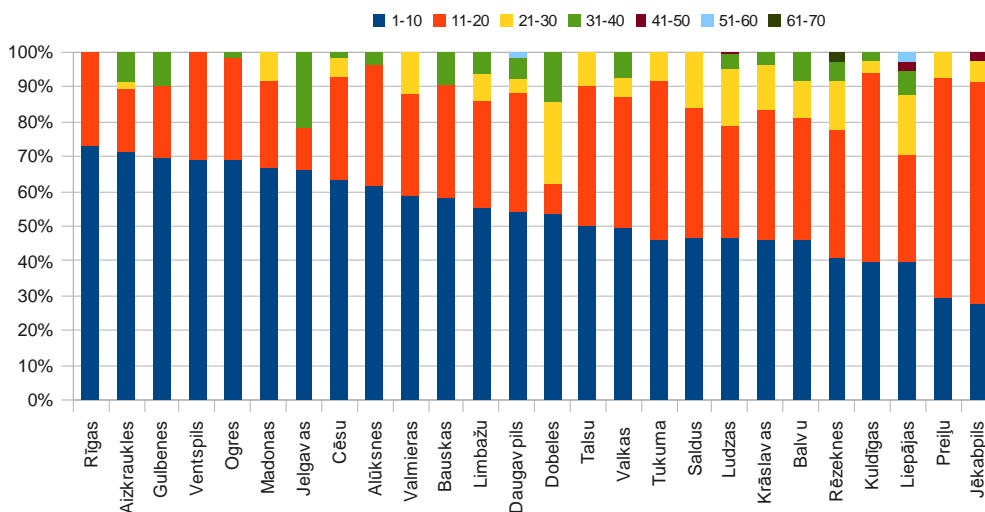
Att. 26 Valdošās sugas dažādās vecuma grupās procentuāli



Vislielākais jaunu (vecums 1-10 gadi) mežaudžu īpatsvars DALZ platībās ir Rīgas, Aizkraukles, Gulbenes, Ventspils, Ogres, Madonas un Jelgavas rajonos (> 65% no kopplatības). Vismazākais 1-10 gadus vecu audžu īpatsvars (< 40% no kopplatības) ir Jēkabpils, Preiļu un Liepājas rajonos (Att. 27).



Att. 27 Mežaudžu platības vecuma struktūra Latvijas rajonos



Gan baltalksnim (Tab. 13), gan bērzam (Tab. 14) raksturīgi, ka vecākās audzēs samazinās citu koku sugu krājas īpatsvars, taču tas var būt saistīts ar nelielu MRM parauglaukumu skaitu vecākās audzēs.

## Rezultāti un to analīze

**Tab. 13 Koksnes krāja dažāda vecuma baltalkšņa audzēs (m<sup>3</sup>)**

Dati	1-10	11-20	21-30	31-40	Kopā
Priede	0	5 988	0	0	5 988
Egle	3 471	618	0	0	4 090
Bērzs	3 935	35 341	8 625	0	47 901
Apse	1 753	6 774	1 558	0	10 085
Melnalksnis	0	10 619	10 414	0	21 033
Baltalksnis	62 838	633 759	186 390	21 675	904 662
Oz, Os, Ulm, Kļ, Ds, Sk	1 473	3 982	0	0	5 454
Pārējās sugas	0	49 307	27 034	0	76 341
<b>Kopā</b>	<b>73 470</b>	<b>746 388</b>	<b>234 020</b>	<b>21 675</b>	<b>1 075 553</b>

**Tab. 14 Koksnes krāja dažāda vecuma bērza audzēs (m<sup>3</sup>)**

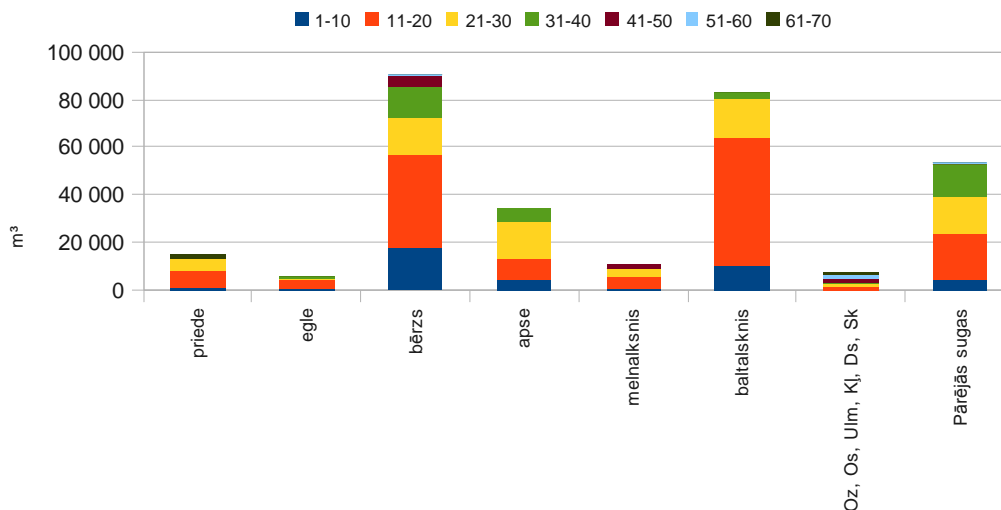
Dati	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	Kopā
Priede	247	7 738	0	0	0	0	7 986
Egle	3 035	7 135	0	5 108	0	0	15 278
Bērzs	133 998	447 047	125 533	148 658	68 321	10 571	934 128
Apse	2 319	11 037	0	16 591	0	0	29 948

**Rezultāti un to analīze**

<b>Dati</b>	<b>1-10</b>	<b>11-20</b>	<b>21-30</b>	<b>31-40</b>	<b>41-50</b>	<b>51-60</b>	<b>Kopā</b>
Melnalksnis	454	7 740	0	0	0	0	8 194
Baltalksnis	11 707	25 680	4 144	5 339	0	0	46 870
Oz, Os, Ulm, Kļ, Ds, Sk	0	0	0	0	0	1 196	1 196
Pārējās sugas	978	46 478	4 965	64 581	0	10 548	127 549
<b>Kopā</b>	<b>152 737</b>	<b>552 856</b>	<b>134 642</b>	<b>240 277</b>	<b>68 321</b>	<b>22 315</b>	<b>1 171 147</b>

Lielākais kārtējā gada krājas pieaugums raksturīgs 11-20 gadus vecām audzēm (Att. 28). Šis rādītājs korelē ar kopējo krāju attiecīgā vecuma audzēs, izņemot bērzu. Baltalkšņa audzēs lielākais kārtējais krājas pieaugums ir 21-30 gadus vecās audzēs, savukārt bērzam – 41-50 gadus vecās audzēs (Tab. 15). 1-10 gadus vecumā bērza un baltalkšņa audzēs ir gandrīz vienāds kārtējā gada krājas pieaugums, bet 11-20 gadu vecumā baltalkšņa audzēs ir vairāk nekā 2 reizes lielāks krājas pieaugums, nekā šī vecuma bērzu audzēs. Baltalkšņa kārtējā gada krājas pieaugums strauji samazinās pēc 30 gadu vecuma sasniegšanas.

Att. 28 Krājas pieaugums dažādu sugu un dažāda vecuma audzēs



Tab. 15 Krājas pieaugums bērza un baltalkšņa audzēs (m³/gadā)

Vecuma klase	Ba	B
1-10	0,6	0,5
11-20	3,4	1,3
21-30	3,5	3,8
31-40	1,5	6,9
41-50		17,1
51-60		4,1
<b>Kopā</b>	<b>2,0</b>	<b>1,4</b>

## Biezums

Biezums ir viens no būtiskākajiem rādītājiem, kas nosaka mežizstrādes mašīnu ražību jaunaudžu kopšanā un apauguma novākšanā, jo viena atsevišķa koka apstrādei patērējams laiks būtiski nemainās, atkarībā no koka dimensijām, attiecīgi, jo vairāk koku, jo lielākas kopšanas izmaksas. Tā kā koku skaits parasti negatīvi korelē ar koku dimensijām, it īpaši sabiezinātās audzēs, kopšanas izmaksas pieaug vēl vairāk uz samazinātā savāktās sīkkoku biomasas rēķina.

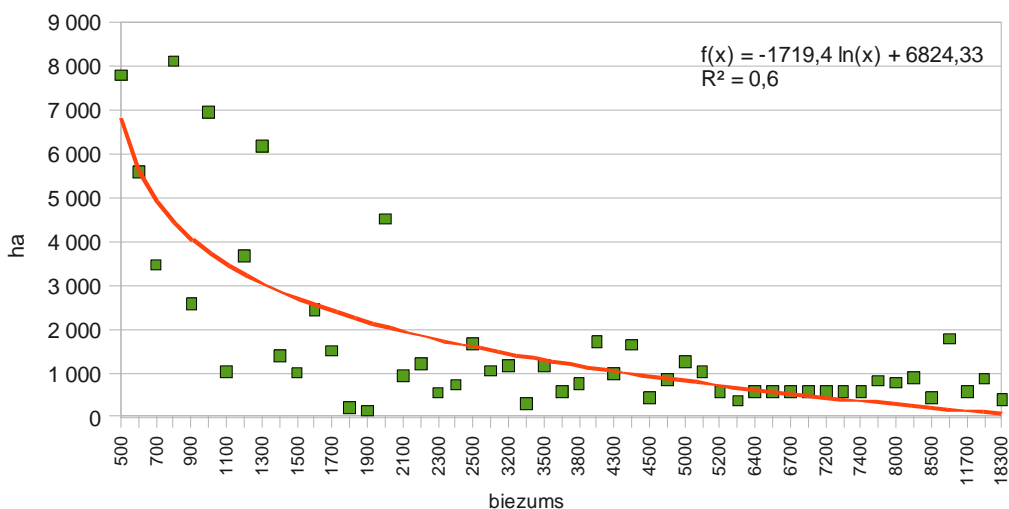
Biezums ir arī viens no rādītājiem, kas nosaka jaunaudžu apsaimniekošanas risinājuma izvēli DALZ platībās. Ja koku skaits ir mazāks par kritisko, jāpieņem lēmums par audzes papildināšanu vai pilnīgu rekonstrukciju, ja koku skaits ir lielāks starp minimālo un maksimālo,

audzi var atstāt tādu, kā tā ir vai veikt kopšanu, lai uzlabotu audzes sastāvu. Ja koku skaits vai šķērslaukums saskaņā ar aprēķiniem nebūs mazāks par kritisko pēc 20% no koku kopskaita izvākšanas, ierīkojot tehnoloģiskos koridorus mehānizētai kopšanai, var pieņemt lēmumu par enerģētiskās koksnes sagatavošanu jaunaudžu kopšanā.

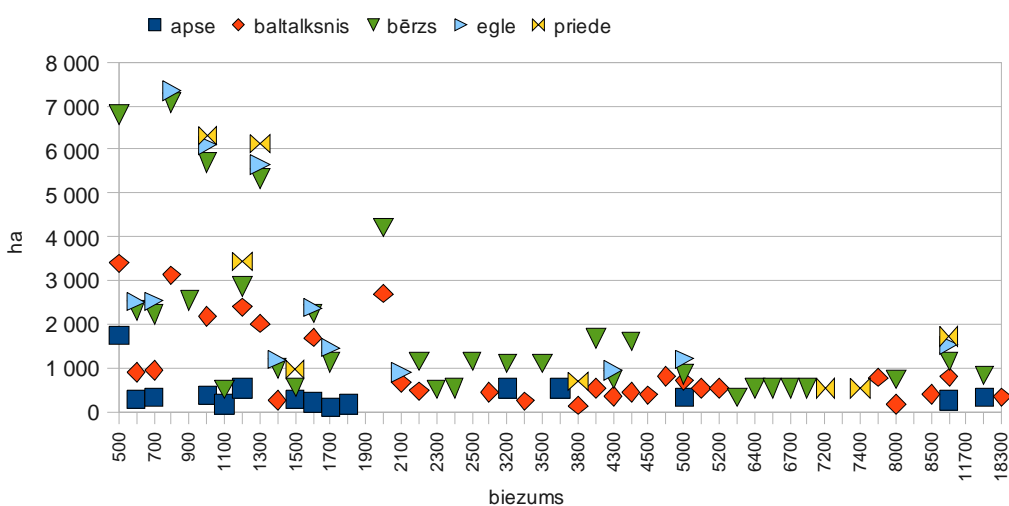
DALZ platībās visvairāk ir tādu mežaudžu, kurās koku skaits nepārsniedz 1000 gab./ha (Att. 29). Tas liecina, ka vairumā gadījumu reālistiskākais lēmums par saimniecisko darbību šajās platībās būs audžu pilnīga rekonstrukcija vai papildināšana.

Salīdzinot izplatītāko sugu mežaudžu biežumu DALZ platībās (Att. 30), redzams, ka šeit tāpat ir ļoti liels retu (koku skaits < 1500 gab./ha) audžu īpatsvars, bet biežākās audzes (2 100-18 000) pārstāv 1-3 MRM parauglaukumi attiecīgā biežuma audzēs.

Att. 29 Dažāda biežuma mežaudžu platība



Att. 30 Dažāda sugu mežaudžu biežums<sup>22</sup>



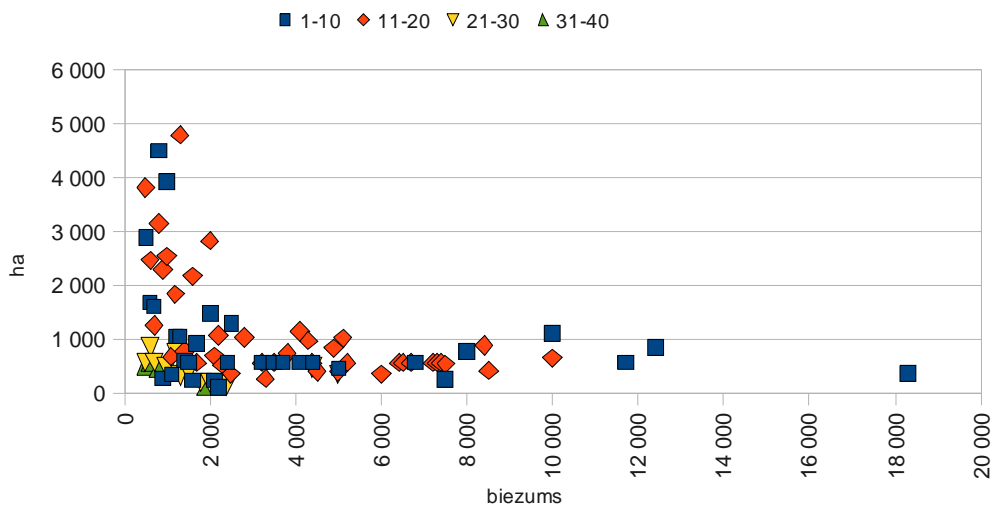
Att. 31 redzams, ka tikai 1-20 gadus vecās mežaudzēs sastopams par 3000 gab./ha lielāks biežums. Visām vecuma klasēm lielākajā daļā audžu biežums nepārsniedz 2000 gab./ha.

Salīdzinot valdošās sugas koku caurmēru audzēs ar dažādu biežumu, nav konstatēta izteikta

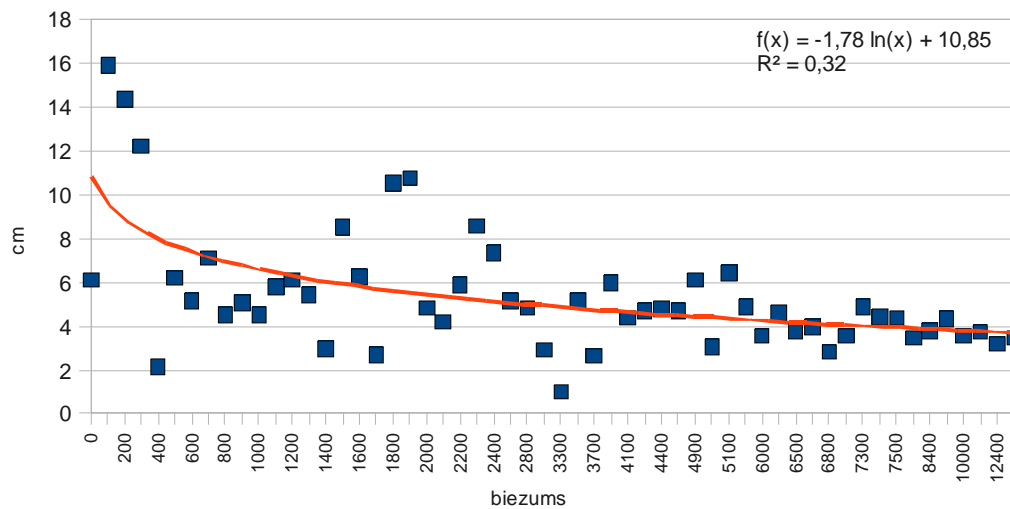
<sup>22</sup> Neskaitot tās mežaudzes, kurās vidējais biežums ir < 500 kociņi uz 1 ha (156 tūkst.ha)

korelācija ( $R^2 = 0,32$ ) (Att. 32). Šāda korelācija neparādās arī audzēs ar biežību virs 3000 gab./ha (Att. 33).

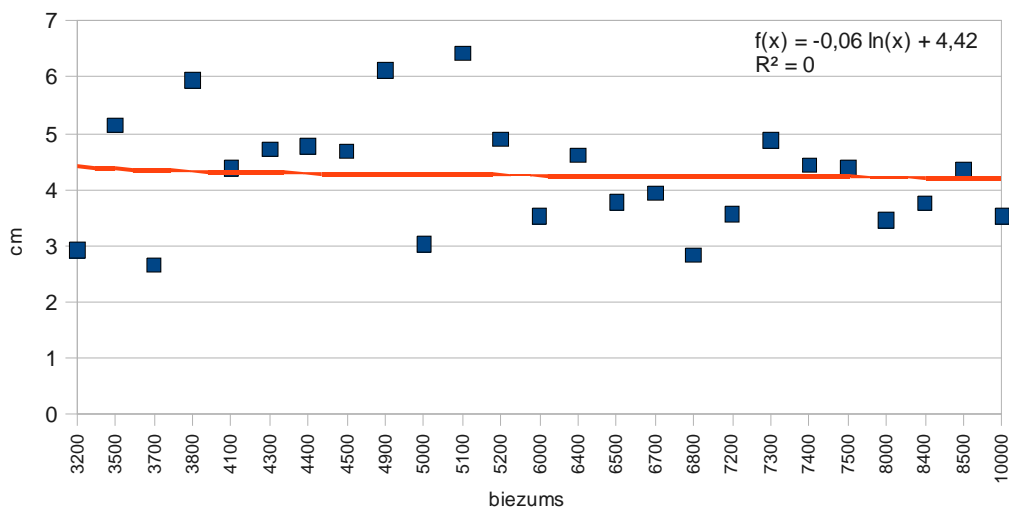
Att. 31 Dažāda vecuma mežaudžu biežums



Att. 32 Kociņu caurmērs dažāda biežuma audzēs

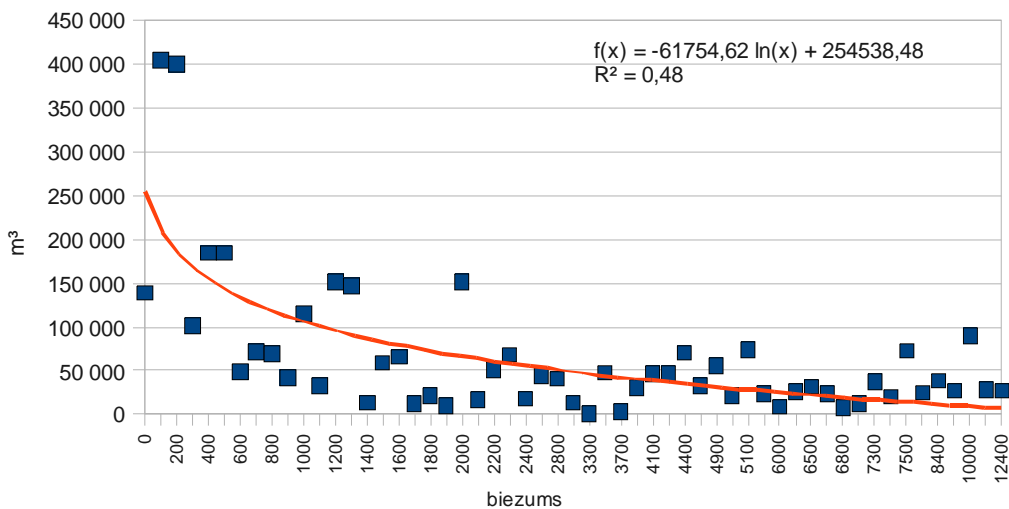


Att. 33 Kociņu caurmērs audzēs audzēs ar biežumu 3 000-10 000

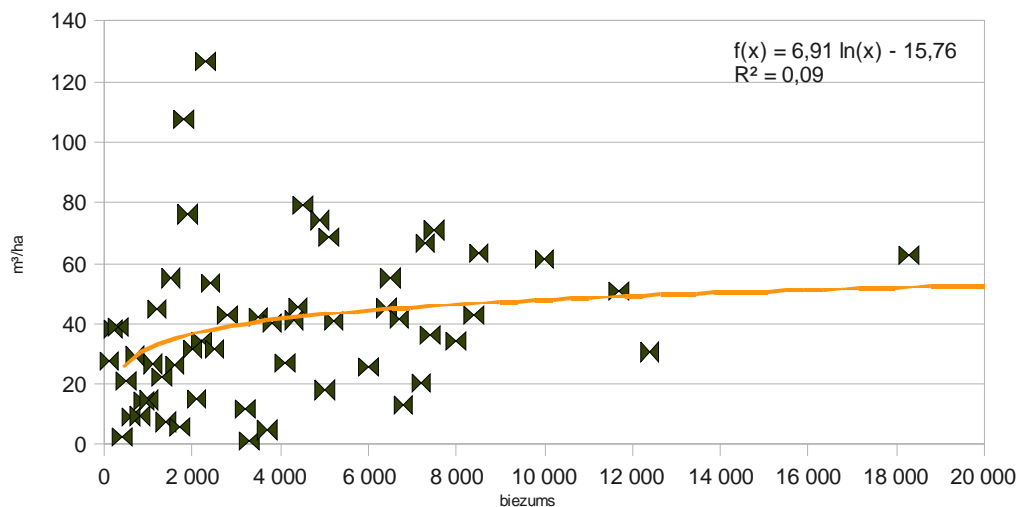


Lielākā kopējā krāja ir retākās audzēs (Att. 34), kas skaidrojams gan ar šo audžu lielo kopplatību, gan lielāku vecāku mežaudžu īpatsvaru. Nav konstatēta izteikta korelācija starp vidējo krāju un mežaudžu biežumu (Att. 35).

Att. 34 Kopējā krāja dažāda biežuma audzēs



Att. 35 Vidējā krāja dažāda biezuma audzēs



## Bonitāte

Lielākā daļa mežaudžu DALZ platībās atbilst 1 un 1A bonitātei (Tab. 16), kas skaidrojams gan ar labiem augšanas apstākļiem lauksaimniecības zemēs, gan ar lielo retu audžu īpatsvaru, kurās jaunajiem kociņiem nav jākonkurē savā starpā, attiecīgi, tie salīdzinoši ātri var sasniegt lielu augstumu.

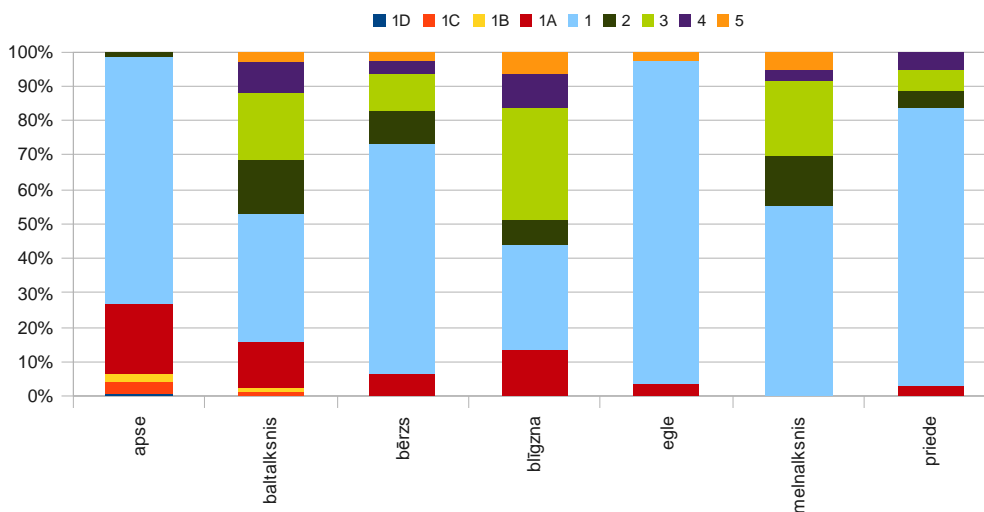
Vislielākais augsta bonitātes audžu īpatsvars ir eglei, apsei un priedei (Att. 36).

Tab. 16 Mežaudžu bonitāte

Bonitāte	Platība, ha	Krāja, m <sup>3</sup>	Šķērslaukums, m <sup>2</sup>
1D	84	19 903	2 238
1C	1 026	18 248	4 342
1B	933	76 985	16 161
1A	131 252	1 161 079	194 260
1	145 472	1 042 496	274 588
2	22 305	517 918	106 856
3	29 369	430 381	112 809
4	13 338	284 334	57 229
5	8 735	76 536	20 931
<b>Kopā:</b>	<b>352 513</b>	<b>3 627 882</b>	<b>789 413</b>



Att. 36 Dažādu sugu mežaudžu bonitāte



## Kopšanas krāja

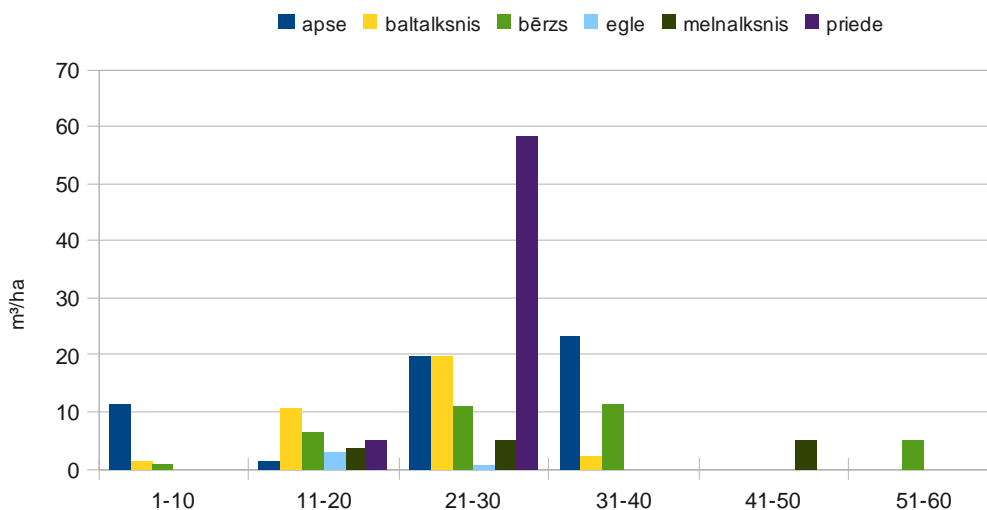
MRM dati sniedz priekšstatu arī par krāju, kas izkopjama kopšanas cirtēs DALZ platībās (Tab. 17). Kopējā kopšanas krāja DALZ platībās ir 452 tūkst.m<sup>3</sup>, tajā skaitā vislielākā kopšanas krāja ir 11-30 gadus vecās baltalkšņa un bērza audzēs. Kopjamo audžu kopplatība ir 52 tūkst.ha.

Kopšanas krāja, pārrēķinot uz platības vienību, reti kur pārsniedz 20 m<sup>3</sup>/ha (Att. 37). Tas liecina, ka mehanizēta kopšana un enerģētiskās koksnes vai apalkoku sortimentu sagatavošana šajās platībās daudzos gadījumos būs nerentabla un prasīs papildus ieguldījumus no zemes īpašnieka.

Tab. 17 Kopšanas krāja

Valdošā suga	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	Kopā
apse	5 371	446	31 074	13 369			<b>50 260</b>
baltalksnis	1 414	137 702	54 437	1 090			<b>194 642</b>
bērzs	1 788	92 705	24 765	23 710		1 238	<b>144 207</b>
blīgzna		5 298					<b>5 298</b>
egļe		1 680	364				<b>2 044</b>
ievas				1 029			<b>1 029</b>
melnalksnis		5 380	4 373		1 576		<b>11 329</b>
ozols					3 859	602	<b>4 461</b>
priede		14 569	24 251				<b>38 820</b>
<b>Kopā</b>	<b>8 572</b>	<b>257 780</b>	<b>139 264</b>	<b>39 197</b>	<b>5 435</b>	<b>1 840</b>	<b>452 089</b>

Att. 37 Dažādu sugu kopšanas krāja



## PLATĪBU RAKSTUROŠANA UN KRĀJAS NOVĒRTĒJUMS

Pētījuma ietvaros izstrādātas biomasas aprēķinu allometriskās funkcijas virszemes biomasas aprēķināšanai DALZ platībās. Paraleli veikta attālinātās novērtēšanas tehnoloģiju pielietošanas iespēju analīze šādu platību raksturošanai. Ņemot vērā, ka tālāpāte ir jauna tehnoloģija mežsaimniecībā, it īpaši jaunaudžu novērtēšanā, šai projekta sadaļai galvenais mērķis bija noskaidrot, kādas ir esošo zināšanu pielietošanas iespējas un kādos virzienos nepieciešama tālāka izpēte.

### Dažādu koku sugu biomasas funkciju izstrādāšana jaunaudzēm

Koksnes biomasas aprēķināšanai kokiem mērīti trīs parametri – koku augstums (H) metros, krūšaugstuma caurmērs ( $D_{1,3}$ ) un sakņu kakla diametrs ( $D_0$ ) centimetros. Lai noskaidrotu, kurš no šiem rādītājiem visciešāk korelē ar koku kopējo biomasu un stumbru un zaru sausnas masu, veikta korelācijas analīze (Tab. 18).

Kopējā koku biomasā visciešāk korelē ar koku krūšaugstuma caurmēru ( $r=0,855$ ) un sakņu kakla diametru ( $r=0,846$ ). Mazāk izteikta ir kopējās biomasas korelācija ar koku augstumu ( $r=0,427$ ), tomēr arī šī korelācija ir statistiski būtiska. Ļoti augsta korelācija vērojama starp stumbra sausnas masu un koku krūšaugstuma caurmēru ( $r=0,925$ ); nedaudz vājāka ir korelācija ar sakņu kakla diametru ( $r=0,892$ ). Arī stumbra sausnas masa visvājāk korelē ar koku augstumu ( $r=0,675$ ), tomēr arī šī korelācija ir cieša un statistiski būtiska. Zaru sausnas masas korelācija ar stumbru dimensijas raksturojošajiem parametriem ir mazāk izteiktas nekā stumbru sausnai un kopējai biomasai. Visciešākā korelācija zaru sausnas masai vērojama ar stumbru sakņu kakla diametru ( $r=0,618$ ); nedaudz vājāka – ar krūšaugstuma caurmēru ( $r=0,599$ ). Korelācijas analīze neatklāja sakarības starp zaru sausnas masu un koku augstumu.

Tab. 18 Korelācijas matrica (Pīrsona korelācija)

	Kopējā biomasā, kg	Stumbra sausnas masa, kg	Zaru sausnas masa, kg	$D_{1,3}$ , cm	H, m	$D_0$ , cm
Kopējā biomasā, kg	1,000	0,907	0,890	0,855	0,427	0,846
Stumbra sausnas masa, kg	0,907	1,000	0,615	0,925	0,675	0,892

	Kopējā biomasa, kg	Stumbra sausnas masa, kg	Zaru sausnas masa, kg	D <sub>1,3</sub> , cm	H, m	D <sub>0</sub> , cm
Zaru sausnas masa, kg	0,890	0,615	1,000	0,599	0,069	0,618
D <sub>1,3</sub> , cm	0,855	0,925	0,599	1,000	0,641	0,950
H, m	0,427	0,675	0,069	0,641	1,000	0,552
D <sub>0</sub> , cm	0,846	0,892	0,618	0,950	0,552	1,000

Šajā darbā kopējās biomasas, stumbra sausnas masas un zaru sausnas masas aprēķinu modeļu izveidei izmantotais parametrs ir krūšaugstuma diametrs. Šis rādītājs visciešāk korelē ar kopējo koku biomasu un stumbra sausnas masu, kā arī uzrāda augstu korelāciju ar zaru sausnas masu. Koku krūšaugstuma diametrs ir vienkārši nosakāms un ir salīdzinoši visbiežāk lietotais parametrs koksnes biomasas parēķinu modeļos, kuros tiek izmantoti stumbra dimensijas raksturojošie parametri.

Biomasas aprēķināšanai atkarībā no koku krūšaugstuma diametra ļoti bieži tiek pielietota pakāpes regresija, piemēram, [Juhansson, 1999a], [Juhansson, 1999b], [Juhansson, 2007]. Šī formula ir salīdzinoši vienkārša un ir izmantota zaru un stumbra sausnas masas un kopējās biomasas aprēķinu modeļa konstruēšanai arī mūsu darbā. Vispārējā pakāpes vienādojuma formula ir:

$$Y_i = b_0 x_i^{b_1}; \quad 1 \quad \text{kur:}$$

$Y_i$  – rezultātīvā pazīme (biomasa, stumbra sausnas masa, zaru sausnas masa (kg));

$x_i$  – faktoriālā pazīme (krūšaugstuma caurmērs (cm));

$b_0; b_1$  – koeficienti.

Izveidoto modeļu precizitāte noteikta, aprēķinot relatīvo kļūdu procentos pēc šādas formulas [Siipilehto, 1999]:

$$s_{\%} = 100 \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{\hat{Y}_i} \right]^2 \quad \text{kur:}$$

$Y_i$  – parametra faktiskā vērtība;

$\hat{Y}_i$  – parametra aprēķinātā vērtība;

$n$  – paraugkopas apjoms.

Izveidoto modeļu parametri attēloti tabulās (Tab. 19 - Tab. 21); grafiski rezultātīvās pazīmes atkarību no faktoriālās pazīmes var aplūkot grafikos (Att. 38 - Att. 40).

Zaru sausnas masas aprēķināšanas precizitāte, sadalījumā pa pētāmajām koku sugām, ir ļoti atšķirīga. Baltalkšņa, egles, melnalkšņa un priedes zaru sausnas aprēķinu modeļiem kļūda svārstās ap 10% (Tab. 19). Nedaudz lielāka tā ir apses zaru sausnas aprēķināšanas modelim (-16,6%). Ļoti augsta kļūda (-58,6%) ir bērzu sausnas masas aprēķinu modelim. Arī šī modeļa determinācijas koeficients ( $R^2=0,325$ ) norāda uz to, ka izvēlētais vienādojums apraksta tikai

32.5% no rezultātu izkliedes. Arī attēlā, kurā redzama bērza sausas masas mērījumu izkliešana atkarībā no koku krūšaugstuma diametra (Att. 38) redzams, ka mērījumos iegūtie datu izkliešana ir liela.

Tab. 19 Zaru sausnas aprēķināšanas modeļa parametri

Suga	$R^{223}$	$F^{24}$	$d_{f25}$	$p^{26}$	Aprēķinātie koef.		Ierobežojumi	S%
					$b_0$	$b_1$		
Apse	0,511	76,344	74	0,000	0,092	1,174	0,8cm<D <sub>1,3</sub> <7,0cm	-16,6
Bērzs	0,325	63,956	134	0,000	0,098	1,213	0,6cm<D <sub>1,3</sub> <6,9cm	-58,6
Baltalksnis	0,819	330,266	74	0,000	0,036	1,779	0,6cm<D <sub>1,3</sub> <6,0cm	-8,2
Egle	0,523	80,192	74	0,000	0,804	1,108	1,0cm<D <sub>1,3</sub> <7,9cm	-10,6
Melnalksnis	0,744	81,324	29	0,000	0,018	2,029	1,6cm<D <sub>1,3</sub> <5,5cm	-9,3
Priede	0,843	957,547	179	0,000	0,081	1,992	0,7cm<D <sub>1,3</sub> <9,3cm	-11,6

Tab. 20 Stumbru sausnas aprēķināšanas modeļa parametri

Suga	$R^2$	F	$d_f$	p	Aprēķinātie koef.		Ierobežojumi	S%
					$b_0$	$b_1$		
Apse	0,894	616,652	74	0,000	0,173	1,775	0,8cm<D <sub>1,3</sub> <7,0cm	-5,1
Bērzs	0,936	1940,462	134	0,000	0,174	1,951	0,6cm<D <sub>1,3</sub> <6,9cm	-4,3
Baltalksnis	0,948	1328,027	74	0,000	0,164	1,774	0,6cm<D <sub>1,3</sub> <6,0cm	-2,0
Egle	0,757	227,535	74	0,000	0,363	1,372	1,0cm<D <sub>1,3</sub> <7,9cm	-5,8
Melnalksnis	0,951	546,880	29	0,000	0,099	2,266	1,6cm<D <sub>1,3</sub> <5,5cm	-1,4
Priede	0,954	3679,658	179	0,000	0,140	1,880	0,7cm<D <sub>1,3</sub> <9,3cm	-2,8

Tab. 21 Biomasas aprēķināšanas modeļa parametri

Suga	$R^2$	F	$d_f$	p	Aprēķinātie koef.		Ierobežojumi	S%
					$b_0$	$b_1$		
Apse	0,884	554,060	74	0,000	0,274	1,613	0,8cm<D <sub>1,3</sub> <7,0cm	-4,5
Bērzs	0,851	762,538	134	0,000	0,290	1,757	0,6cm<D <sub>1,3</sub> <6,9cm	-9,3
Baltalksnis	0,954	1520,774	74	0,000	0,202	1,783	0,6cm<D <sub>1,3</sub> <6,0cm	-1,8
Egle	0,634	126,382	74	0,000	1,162	1,210	1,0cm<D <sub>1,3</sub> <7,9cm	-8,0
Melnalksnis	0,952	558,468	29	0,000	0,118	2,235	1,6cm<D <sub>1,3</sub> <5,5cm	-1,4

23 Determinācijas koeficients.

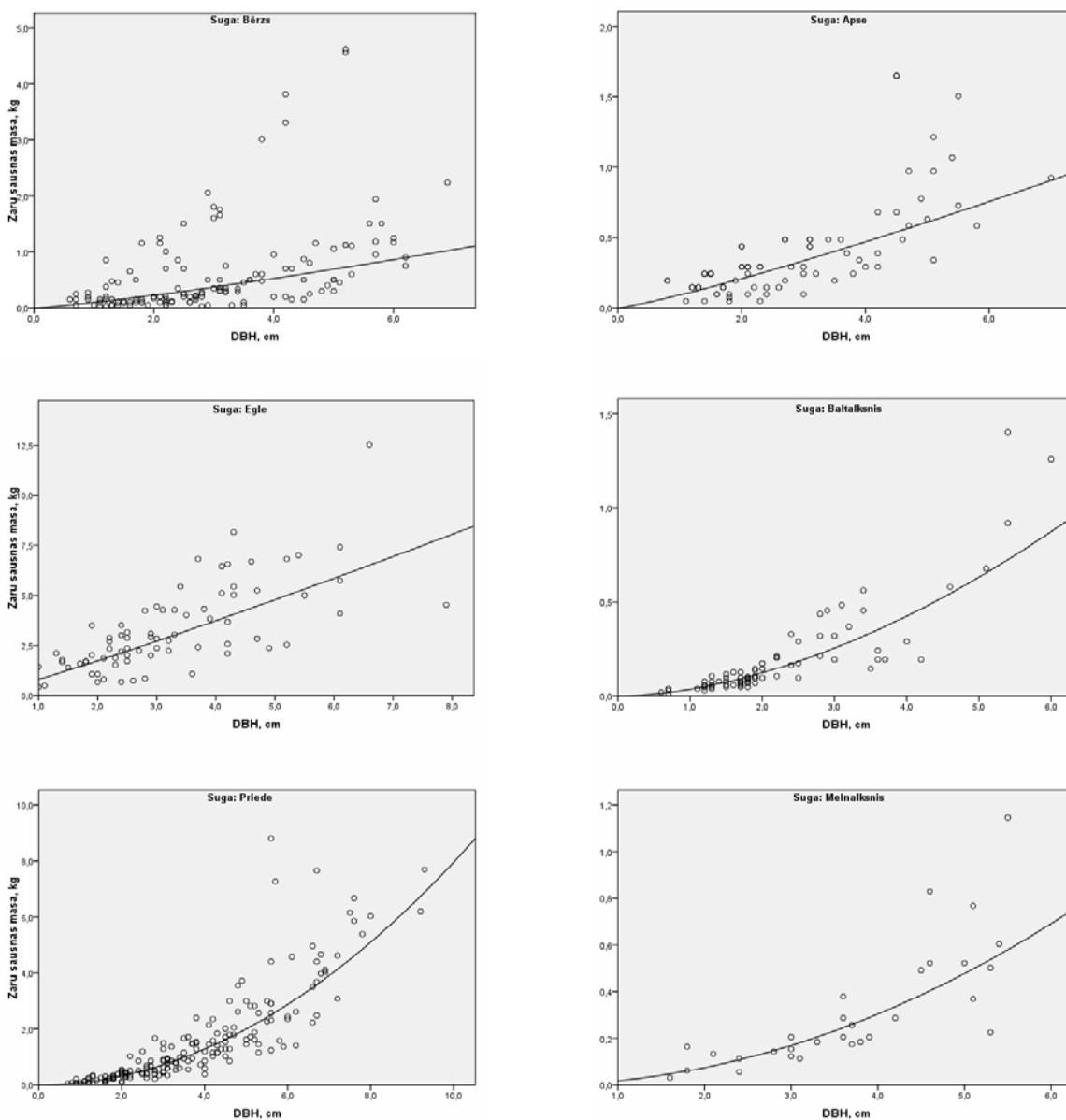
24 Fišera kritērijs.

25 Brīvības pakāpju skaits.

26 Regresijas būtiskums.

					Aprēķinātie koef.			
Priede	0,939	2744,284	179	0,000	0,230	1,910	0,7cm<D <sub>1,3</sub> <9,3cm	-3,7

Att. 38 Zaru sausa masa (kg) atkarībā no krūšaugstuma caurmēra (cm) sadalījumā pa koku sugām

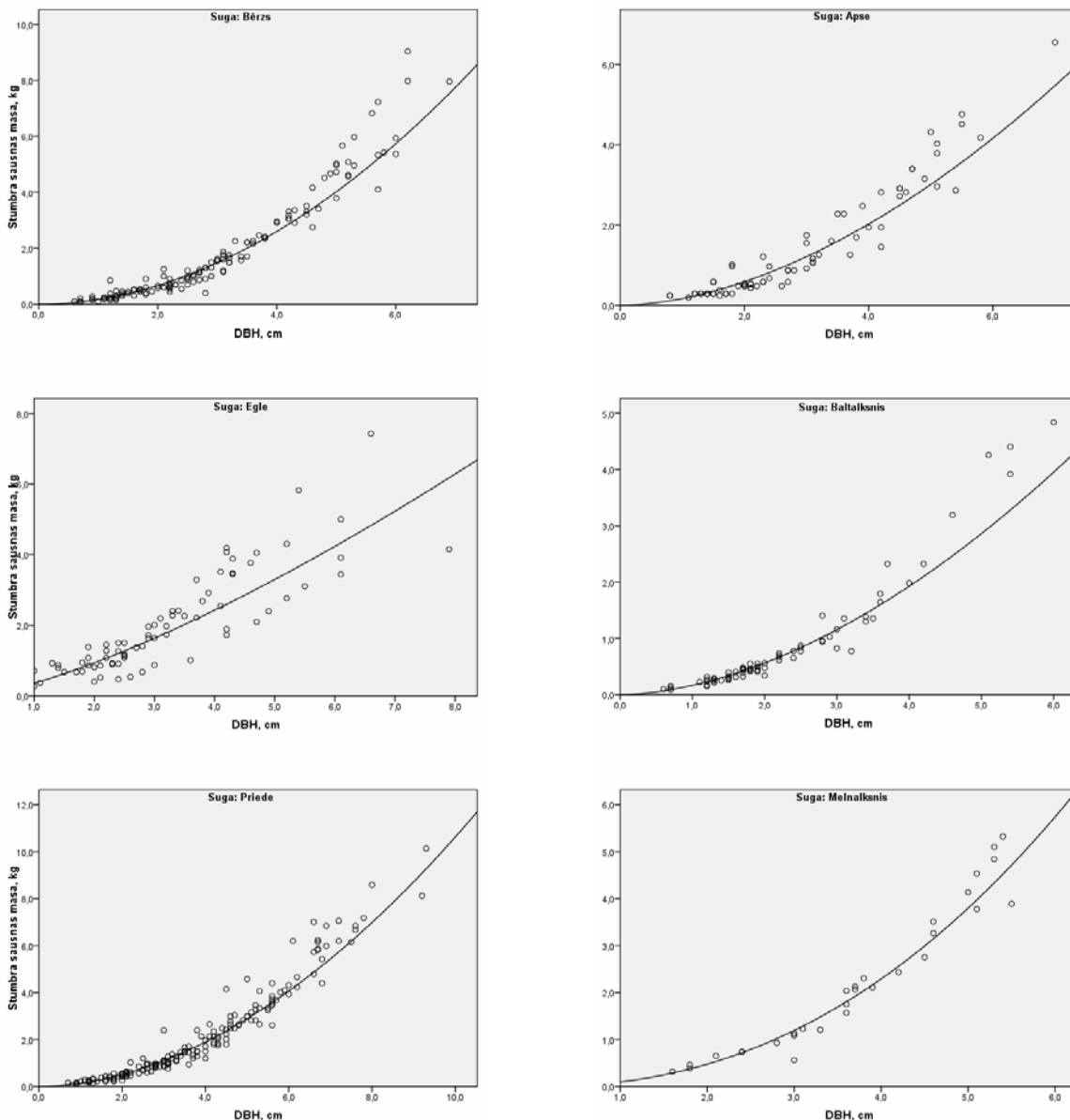


Modeļu konstruēšanai pielietotais pakāpes vienādojums ļoti precīzi apraksta koku stumbru sausas masas variāciju atkarībā no koku krūšaugstuma diametra. Visām koku sugām stumbru sausas masas aprēķina modeļiem determinācijas koeficienti svārstās robežās no 0,757 līdz 0,954, kas norāda uz ļoti ciešu regresiju. Modeļu kļūda stumbru sausas masas aprēķināšanai visām pētītajām sugām nepārsniedz 6% (Tab. 20). Vislielāko kļūdu (-5,8%) uzrāda modelis egles stumbru sausas masas aprēķināšanai. Arī attēlā, kurā atainota stumbru sausas masas variācija atkarībā no koku krūšaugstuma diametra (Att. 39) redzams, ka dati ļoti cieši grupējas ap aprēķināto regresijas vienādojuma līkni.

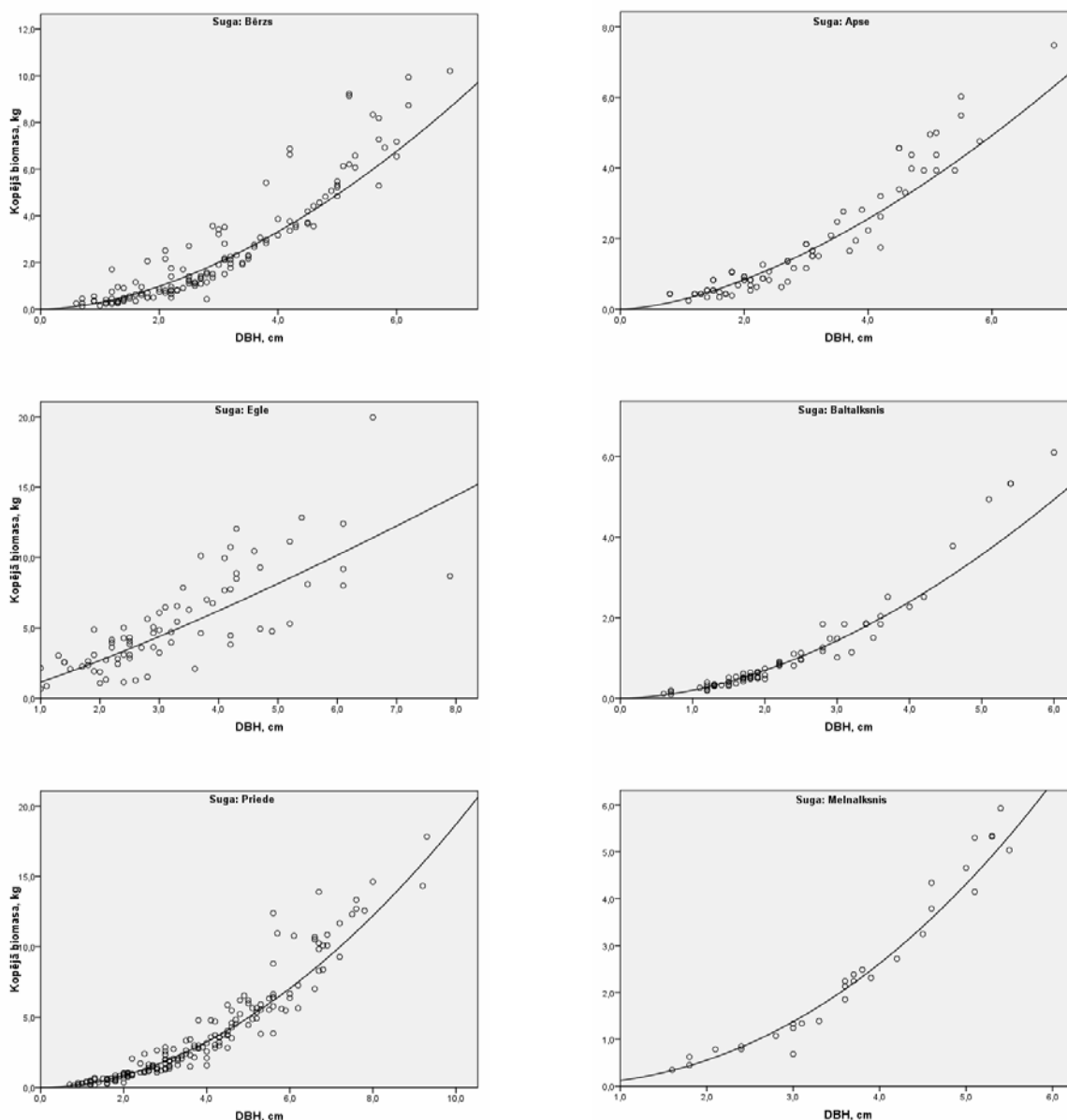
Vislielākā praktiskā nozīme ir kopējās koku virszemes daļas biomasas aprēķinu modelim. Mūsu

aprēķini uzrāda, ka pakāpes vienādojuma pielietošana biomasas aprēķina modeļa konstruēšanai ļauj iegūt augstas precizitātes rezultātus. Determinācijas koeficienti visiem izveidotajiem modeļiem, kuri apraksta koku kopējās biomasas atkarību no krūšaugstuma diametra svārstās robežās no 0,634 (eglei) līdz 0,954 (baltalksnim) (Att. 39).

**Att. 39 Stumbrā masa (kg) atkarībā no krūšaugstuma caurmēra (cm) sadalījumā pa koku sugām**



Att. 40 Kopējā biomasa (kg) no krūšaugstuma caurmēra (cm) sadalījumā pa koku sugām



Koku kopējās biomasas aprēķina modeļu kļūda visām koku sugām nepārsniedz 10%, kas norāda, ka šo modeļu pielietošana ļauj iegūt pietiekoši precīzus rezultātus. Visaugstākā kļūda (-9,3%) ir bērza kopējās biomasas aprēķina modelim. Visticamāk, tas skaidrojams ar lielo datu izkliedi zaru sausnas masas noteikšanai. Bērzs ir gaismas prasīga suga un tā zarojums (zaru masa) var būt ļoti atšķirīga atkarībā no biežuma, kādā koks ir audzis. Jaunaudžu biežums dabiski aizaugušās lauksaimniecības zemēs ir ļoti dažāds, kas varētu būt arī galvenais iemesls lielākai iegūto datu izkliedei.

Kopumā jāatzīst, ka izveidotie modeļi ir pietiekoši precīzi un pielietojami koku biomasas aprēķināšanai dabiski aizaugušo lauksaimniecības zemju platībās. Nepieciešams atzīmēt, ka modeļi pielietošanā nepieciešams ievērot noteiktos ierobežojumus koku dimensijām – krūšaugstuma diametram.

Salīdzinot ar [Zianis et.al., 2005] apkopotajiem biomasas aprēķinu regresijas vienādojumiem dažādām koku sugām, konstatēts, ka vidējie rezultāti 96 tālzipētes izmēģinājumos izmantotajos

parauglaukumos atšķiras par 10-15%. Egļei konstatēta vislielākā atšķirība (75%), tomēr šajos parauglaukumos egļe konstatēta nelielā skaitā (vidēji 3 kociņi uz 1 ha), tāpēc šis rādītājs nav objektīvs. Vismazākās atšķirības konstatētas priedei (3%) (Tab. 22).

Tab. 22 Aprēķinu kopsavilkums

Dati	A	B	Ba	Cits	E	Ma	P	Kopā
<b>Aprēķinu rezultāti, izmantojot pētījuma ietvaros izstrādātos biomasas aprēķinu regresijas vienādojumus</b>								
SIA "Rīgas meži" Olaines mežniecības, 159.kv.								
Biezums, gab./ha		21		5 850		86		5 957
Vid. Ø, cm		8,97		3,63		11,05		5,25
Vid. H, m		8,3		4,94		8,6		5,86
Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha		0,14		7,53		1,11		8,77
<b>Biomasas, tsausnas/ha</b>		<b>0,3</b>		<b>14,61</b>		<b>3,46</b>		<b>18,36</b>
SIA "Rīgas meži" Olaines mežniecības, 163.kv.								
Biezums, gab./ha	1 337	760		6 262	3	279	203	8 845
Vid. Ø, cm	4,41	3,97		2,44	2,6	5,54	4,32	3,54
Vid. H, m	3,76	5,28		4,59	3,6	5,42	4,62	4,58
Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	1,05	1,17		3,28	0	0,51	0,79	6,81
<b>Biomasas, tsausnas/ha</b>	<b>1,93</b>	<b>2,77</b>		<b>8,42</b>	<b>0,01</b>	<b>1,28</b>	<b>1,89</b>	<b>16,29</b>
<b>Aprēķinu rezultāti, izmantojot [Zianis et.al., 2005] publicētos biomasas aprēķinu regresijas vienādojumus</b>								
SIA "Rīgas meži" Olaines mežniecības, 159.kv.								
Biezums, gab./ha		21		5 850		86		5 957
Vid. Ø, cm		8,97		3,63		11,05		5,25
Vid. H, m		8,3		4,94		8,6		5,86
Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha		0,14		7,53		1,11		8,77
<b>Biomasas, tsausnas/ha</b>		<b>0,57</b>		<b>14,61</b>		<b>5,10</b>		<b>20,28</b>
SIA "Rīgas meži" Olaines mežniecības, 163.kv.								
Biezums, gab./ha	1 337	760		7 094	3	279	203	9 677
Vid. Ø, cm	4,41	3,97		2,43	2,6	5,54	4,32	3,52
Vid. H, m	3,76	5,28		4,56	3,6	5,42	4,62	4,57
Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	1,05	1,17		3,55	0,00	0,51	0,79	7,08
<b>Biomasas, tsausnas/ha</b>	<b>1,69</b>	<b>4,53</b>		<b>9,21</b>	<b>0,01</b>	<b>1,81</b>	<b>1,93</b>	<b>19,18</b>

legūtie biomasas aprēķinu modeļi izmantoti mežaudzes taksācijas rādītāju aprēķinu un kopšanas modelēšanas programmas izveidei. Izņēmums ir "citu sugu", galvenokārt Salix sp., aprēķinu vienādojumi, kas ņemti no agrākajiem LVMI Silava pētījumiem kārkļu plantācijās [MAF C65, 2006]. Programma izstrādāta izklājlapas veidā. Koku skaita ierobežojums uzmērītajā platībā ir 200. Ja koku skaits ir lielāks, vai jāsalīdzina vairāki parauglaukumi, aprēķini vispirms jāveic katram parauglaukumam vai tā sektoram ar koku skaitu līdz 200 atsevišķi. Aprēķinu modelis elektroniskā veidā pieejams [http://sites.google.com/site/energyforests/aprekinu-modeli-1/E\\_dastlapa\\_LV.ods?attredirects=0](http://sites.google.com/site/energyforests/aprekinu-modeli-1/E_dastlapa_LV.ods?attredirects=0).



Šajā izklājlappā pārbaudīti visu projekta ietvaros uzmērīto parauglūkumu dati, salīdzinot rezultātus, kas iegūti ar biomasas aprēķinu funkcijām, kas iegūtas pētījuma ietvaros un zinātniskajā literatūrā publicētajām Ziemeļvalstīs izstrādātajam dažādu koku sugu biomasas aprēķinu funkcijām, kuras raksturojas ar augstāku ticamības līmeni [Zianis et.al., 2005]. Attiecīgi, faktiski projekta ietvaros izstrādāti 2 aprēķinu modeļi – pirmais specifisks Latvijas apstākļiem un aizaugušām lauksaimniecības zemēm un otrs – vispārīgs, kas raksturo meža augšanas apstākļus Ziemeļvalstīs.

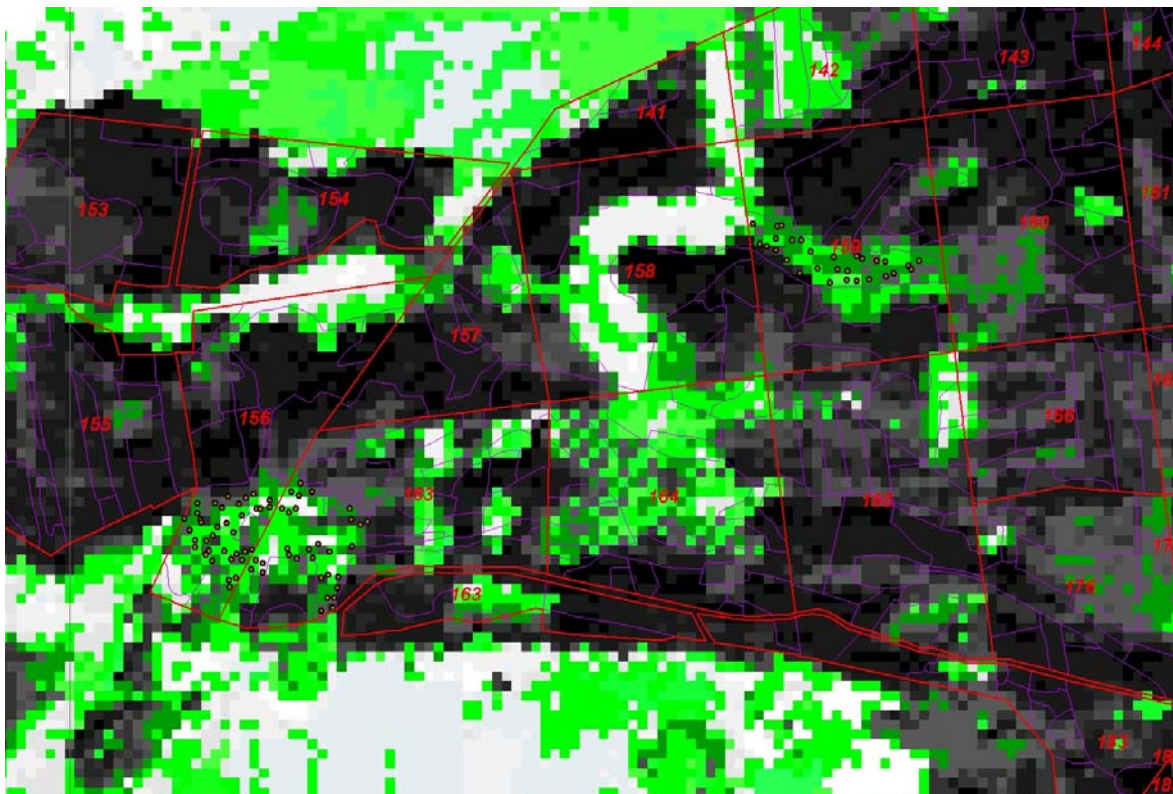
Modeļi veido šādas tabulas:

<b>Objekts</b>	Pētījuma objekta un uzmērītā parauglūkuma vispārīgs raksturojums
<b>Mērījumi</b>	Mērījumu rezultāti (caurmērs krūšu augstumā un augstums augstuma līknes koeficientu aprēķināšanai, atzīmes par mehāniski vai bioloģiski bojātajiem kokiem)
<b>“1” – slēpta lapa</b>	Aprēķinu lapa – Ø, augstums un šķērslūkums, dažādu koku sugu biomasas, koku skaita, šķērslūkuma un biomasas pārrēķins uz 1 ha, dažādu koku sugu caurmēru un augstuma sadalījums
<b>Audzes raksturojums</b>	Aprēķinu rezultātu kopsavilkums par audzes esošo stāvokli – dažādu sugu biežums, īpatsvars pēc skaita, vid. Ø, vid. H, šķērslūkums, īpatsvars pēc šķērslūkuma, biomasas, īpatsvars pēc biomasas, atsevišķi valdošās sugas raksturojums, koku sadalījums caurmēra un augstuma pakāpēs
<b>“2” – slēpta lapa</b>	Aprēķinu lapa – minimālais un kritiskais audzes šķērslūkums vai koku skaits valdošajai koku sugai
<b>Kopšanas modelis</b>	Meža audzes kopšanas nosacījumi – saglabājamās koku sugas, minimālais caurmērs, tehnoloģisko koridoru ierīkošanas un citi kopšanas nosacījumi
<b>“3” – slēpta lapa</b>	Dažādu kopšanas nosacījumu izpildē izzāģējamo koku skaits, šķērslūkums un biomasas
<b>Kopšanas rezultāts</b>	Kopšanas rezultātu kopsavilkums – dažādu sugu biežums, īpatsvars pēc skaita, vid. Ø, vid. H, šķērslūkums, īpatsvars pēc šķērslūkuma, biomasas, īpatsvars pēc biomasas, atsevišķi valdošās sugas raksturojums, koku sadalījums caurmēra un augstuma pakāpēs
<b>Izdruka</b>	Visu aprēķinu kopsavilkums izdrukai

## DALZ platību tālīzpēte

No ISO klasifikācijas rezultātā iegūtā attēla, kas sadalīts 30 zemes apauguma klasēs pēc teritorijas vizuāla novērtējuma uz ortofoto kartes izdalītas divas apauguma klases, kas noteiktas kā cirsmu (vaļēju teritoriju) aizaugums (Att. 41).

Att. 41 ISO klasifikācijas zemes apauguma klašu iedalījums



Novērtēšanai sagatavota zemes virsmas uzmērījumu – parauglaukumu datu bāze, kas kā digitālā karte savietota ar klasifikācijas rezultātu attēla vērtībām. Klasifikācijas rezultātu precizitāte zema – no 96 parauglaukiem atbilstoši apaugumam izdalīti 45% parauglaukumu. Inventarizācijas kopsavilkums par uzmērītajām platībām dots Tab. 23, katra parauglaukuma uzmērījuma dati doti 1.Pielikumā.

Tab. 23 Uzmērījumu kopsavilkums

Dati	A	B	Ba	Cits	E	Ma	P	Kopā
SIA "Rīgas meži" Olaines mežniecības 159.kv.								
Biezums, gab./ha		21		5 850		86		5 957
Vid. Ø, cm		8,97		3,63		11,05		5,25
Vid. H, m		8,3		4,94		8,6		5,86
Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha		0,14		7,53		1,11		8,77
Biomasa, t <sub>sausnas</sub> /ha		0,3		14,61		3,46		18,36
SIA "Rīgas meži" Olaines mežniecības 163.kv.								
Biezums, gab./ha	1 337	760		6 262	3	279	203	8 845
Vid. Ø, cm	4,41	3,97		2,44	2,6	5,54	4,32	3,54
Vid. H, m	3,76	5,28		4,59	3,6	5,42	4,62	4,58
Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	1,05	1,17		3,28	0	0,51	0,79	6,81
Biomasa, t <sub>sausnas</sub> /ha	1,93	2,77		8,42	0,01	1,28	1,89	16,29

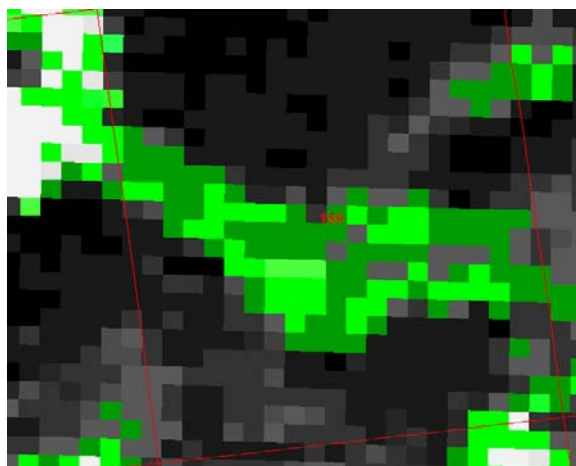
Klasifikācija pēc NDVI veģetācijas indeksa signifikantas atšķirības biomasas daudzumā starp izdalītajām apauguma klasēm neizdala (Tab. 24).

**Tab. 24 Aizauguma klašu NDVI novērtējums**

Maks.	Min	AVE	STDV
Kopējais izdalīto aizauguma klašu NDVI novērtējums			
208	185	197	5
1. Aizauguma klases NDVI novērtējums			
204	185	195	5
2. aizauguma klases NDVI novērtējums			
208	185	198	5

Klasifikācijas precizitāte attiecībā uz apauguma (aizauguma) klasēm un NDVI veģetācijas indeksa noteikšanu noteikti ietekmēta no satelītu attēla izšķirtspējas (30 m attēla pikselis), kas uz nelielu teritoriju novērtēšanu rada vērtību izlīdzinājuma kļūdas. Var palikt neklasificētas šauras un nelielu platību aizaugumu teritorijas, kuru vērtības pie pikseļu izlīdzināšanas pazūd vai tiek apvienotas ar citām apauguma klasēm. Tomēr vizuāli novērtējot nevadītās klasifikācijas rezultātus salīdzinājumā ar ortofoto attēliem (Att. 42), metode izmantojama aizaugušu lauksaimniecības zemju noteikšanai. Precīzākiem aprēķiniem nepieciešami satelīti ar augstāku izšķirtspēju, piemēram SPOT5 10 m multispektrālie attēli.

**Att. 42 Ortofoto un satelītu attēla klasifikācijas salīdzinājums**



## DAŽĀDU MEHANIZĀCIJAS PAŅĒMIENU NOVĒRTĒJUMS JAUNAUDŽU KOPŠANĀ UN APAUGUMA NOVĀKŠANĀ

Darba ietvaros novērtētas 3 tehnoloģiju pielietošanas DALZ platībās:

- vienlaidus apauguma novākšana vai apauguma novākšana joslās vietās, kur esošās mežaudzes papildināšana nav lietderīga ar vai bez enerģētiskās koksnes sagatavošanas (AHWI FM600 Profi augsnes mulčētājs un AHWI AM600 smalcinātājs);
- jaunaudžu ģeometriskā kopšana bez enerģētiskās koksnes sagatavošanas ( AHWI FM600 Profi augsnes mulčētājs);

- jaunaudžu kopšana ar enerģētiskās koksnes sagatavošanu, pielietojot saiņošanas tehnoloģiju (Fixteri harvesters – saiņotājs).

Vērtējot Fixteri koncepcijas pielietošanas iespējas, analizēts, galvenokārt, šīs tehnoloģijas mežsaimnieciskais efekts – bojāto koku īpatsvars koptajās audzēs. AHWI AM600 ir mežizstrādes mašīnas prototips, kas ir vēl tālu no sērijveida ražošanas stadijas, tāpēc, analizējot šīs mašīnas ražību un pielietošanas iespējas, tehniskie defekti, kuru novēršana aizņēma lielāko daļu izmēģinājumu laika, nav ņemti vērā, pieņemot, ka nākotnē šīs problēmas tiks novērstas. Jāpiebilst, ka šīs mašīnas prototips tika izgatavots aptuveni 1 mēnesi pirms izmēģinājumiem Latvijā, un tas bija pirmais AHWI AM600 pārbaudījums zinātniska projekta ietvaros. AHWI FM600 Profi ir sērijveida meža augsnes mulčētājs. Izmēģinājumu laikā neradās ar šo iekārtu saistītas tehniskas problēmas, tomēr tieši pirms lauka darbiem mulčētājam uzstādīja jaunas slīdes padziļinātai augsnes apstrādei, un pirmajās darba stundās iekārtas ražība samazinājās, jo operators vēl nebija pielāgojies tam, ka padziļināta augsnes apstrāde rada lielāku slodzi uz bāzes mašīnu.

### AHWI FM600 PROFI hronometrāžas rezultāti un pašizmaksas aprēķins

AHWI FM600 Profi izmēģinājumi veikti SIA "Rīgas meži" valdījumā esošā aizzēlušā lauksaimniecības zemē Olaines pagastā un Olaines kokaudzētavā, veicot kārklu plantācijas rekultivāciju. Kopējā apstrādātā platība 3 ha.

Augsnes apstrādi joslās veica krūmiem un sīkkokiem aizaugušā platībā, ierīkojot koridorus ik pēc 5 m. Šajā gadījumā mērķis bija nevis veikt esošās audzes izkopšanu, bet sagatavot augsni mežaudzes rekonstrukcijai, stādot cietos lapu kokus starp kārklu, apses un baltalkšņa kulisēm. Šajā eksperimentā ap mežaudzi pa visu perimetru ierīkoja tehnoloģisko koridoru mašīnas manevriem, taču operators to neizmantoja, bet gan izbrauca no mežaudzes atpakaļgaitā pa to pašu koridoru, pa kuru iebrauca.

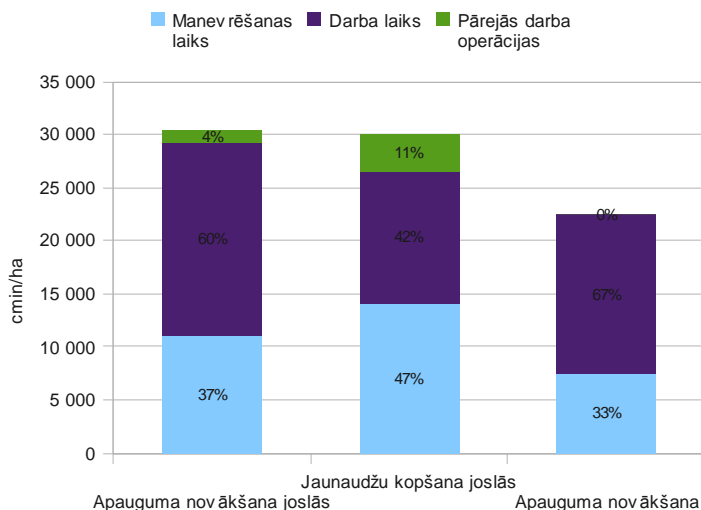
Kopšana joslās notika apses jaunaudzē, ierīkojot 2 m platus tehnoloģiskos koridorus ik pēc 6 m. Šajā gadījumā darba agregātu nelaida iekšā augsnē, bet turēja apmēram 5 cm virs augsnes virskārtas. Tehnoloģisko koridoru pa audzes perimetru neierīkoja, bet no audzes brauca ārā pa to pašu koridoru, pa kuru iebrauca. Operators nebija pieradis pie šāda darba paņēmiena, tāpēc maksimālo ražību sasniedza tikai izmēģinājuma beigās. Apses jaunaudzē, neskatoties uz lielo koku izmēru (daudzu celmu  $D_0$  bija lielāks par 10 cm), traktors varēja pārvietoties ar maksimālo ātrumu (4 km/h).

Veicot vienlaidus apauguma novākšanu, operators novāca krūmu un koku apaugumu un safrēzēja augsni aizaugušajā platībā, bet neveica augsnes apstrādi pārējā platībā, kur auga tikai zālaugi, attiecīgi, apstrādātā platība ir mazāka par kopējo platību.

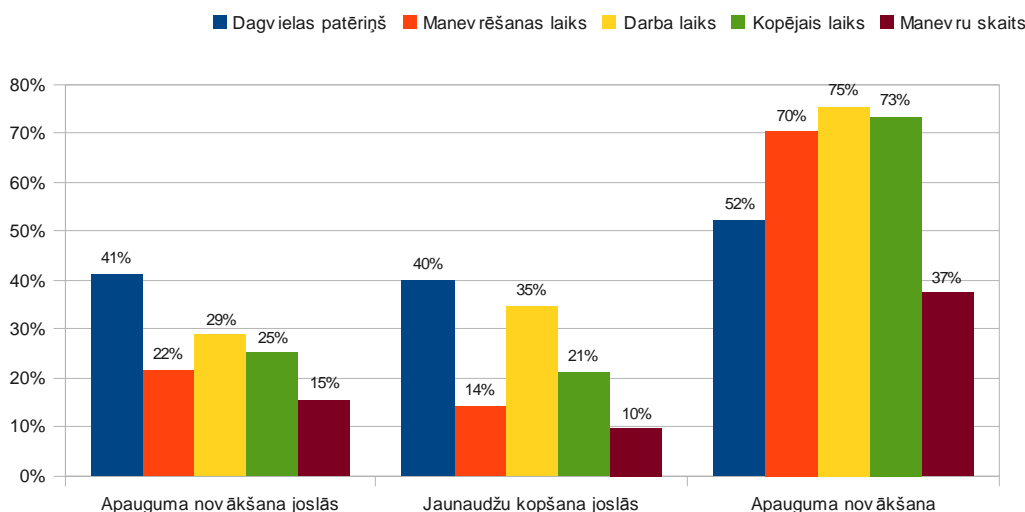
Efektīvā laika sadalījums redzams Att. 43. Visātrāk notikusi apauguma novākšana. Jaunaudžu kopšana un augsnes apstrāde joslās aizņem aptuveni vienādu laiku. Vienlaidus apauguma novākšana ir darbs, ko operators veic ikdienā, tāpēc, uzlabojot darba metodiku, kopšanā varētu panākt būtisku ražības palielinājumu. Par to liecina arī lielais manevriem patērētā laika īpatsvars (37%, novācot apaugumu joslās, un 47%, veicot jaunaudžu kopšanu joslās).

Salīdzinot faktisko un teorētisko ražību, kas izrēķināta, ņemot vērā optimālo darba ātrumu un manevru skaitu taisnstūra laukā, redzams, ka, veicot apauguma novākšanu un augsnes apstrādi joslās, ražību dažādās operācijās var palielināt pat 78-71%, bet degvielas patēriņu var samazināt par 59%. Jaunaudžu kopšanā ražības palielinājuma potenciāls dažādam operācijām ir 86-65%, bet degvielas patēriņa samazinājuma potenciāls – 60%. Vienlaidus apauguma novākšanā faktiskā ražība ir daudz tuvāka teorētiskajai (70-75%), tāpēc būtisks ražības palielinājums šeit nav iespējams (Att. 44).

Att. 43 Tehnikas ražības kopsavilkums



Att. 44 Faktiskā ražība un degvielas patēriņš, salīdzinot ar teorētisko



Pieņēmumi, kas izmantoti pašizmaksas aprēķinos, doti Tab. 25. Aprēķinos pieņemts, ka traktors pārvietojas starp laukiem patstāvīgi, bet operatora dzīvesvieta atrodas vidēji 25 km no garāžas vai lauka. Operatora pārbraucieniem nepieciešamais laiks nav iekļauts darba laikā, bet traktora pārvietošanās starp laukiem atskaitīta no efektīvā darba laika.

Viens no svarīgākajiem rādītājiem, kas nosaka attālumu starp laukiem, ir to vidējais izmērs un izvietojums. Aprēķinā pieņemts, ka vidējais DALZ platības (savienotu lauku grupu) izmērs atbilst vidējam lauku bloka izmēram Latvijā (8,3 ha), attiecīgi kopā ir 42 420 DALZ lauku bloki, kuru centri atrodas vidēji 1,2 km attālumā. Faktiskais DALZ platību izvietojums nav novērtēts, tāpēc precīzākas informācijas iegūšana ieviešīs korekcijas pašizmaksas aprēķinā.

Tab. 25 Izejas dati ražības un pašizmaksas aprēķiniem

	Apauguma novākšana	Apauguma novākšana un augsnes apstrāde joslās	Jaunaudžu kopšana joslās
Degvielas cena, Ls/l	0,63		
<b>Ceļu transports:</b>			
vidējais attālums līdz darba vietai, km	25		

	Apauguma novākšana	Apauguma novākšana un augsnes apstrāde joslās	Jaunaudžu kopšana joslās
vidējais braukšanas ātrums uz darba vietu, km/h	50		
vidējais traktora braukšanas ātrums, km/h	10		
vidējais traktora degvielas patēriņš, l/h	15		
darba joslas platums, m	2,3		
<b>Lauka izmēra un ceļu transporta aprēķinu dati:</b>			
vidējais lauku bloka izmērs, ha	8,3		
DALZ platību skaits atbilstoši lauku bloku skaitam	42420		
vidējais attālums starp DALZ platībām, km	1,2		
<b>Izejas dati ražības aprēķiniem:</b>			
ražība, E <sub>0</sub> stundas/ha	3,8	5,1	5,0
tiešais darba laiks, E <sub>0</sub> stundas/ha	2,5	3,0	2,1
vidējais darba ātrums, km/h	1,7	1,4	2,1
vidējā apstrādātā platība, %	-	46%	38%
vidējais darba pārbraucienu attālums, km/ha	5,8	3,4	2,9
vidējais degvielas patēriņš, l/E <sub>0</sub>	39	17	15

Pašizmaksas aprēķinu rezultāti pievienoti 2.Pielikumā, kopsavilkums - Tab. 26. Vidējā ražība stundā (tajā skaitā pārbraucieni starp laukiem), veicot apauguma novākšanu, ir 0,21 ha/E<sub>15</sub> stundā. Aprēķins veikts uz aizaugušo, nevis kopējo lauka platību, attiecīgi apauguma intensitāte neietekmēs ražību. Apauguma novākšanas pašizmaksa, vienlaicīgi veicot augsnes apstrādi nofrēzētajās platībās, ir 248 Ls/ha (rēķinot uz aizaugušo platību). Veicot augsnes sagatavošanu joslās un jaunaudžu kopšanu joslās, pašizmaksa ir, attiecīgi, 219 un 227 Ls/ha, tomēr hronometrāžas un teorētiski iespējamās ražības salīdzinājums liecina, ka gan ģeometriskās kopšanas, gan augsnes sagatavošanas joslās ražību var palielināt vismaz par 30% (tiešais darba laiks apauguma novākšanas līmenī). Proporcionāli samazināsies pašizmaksa. Lai novērtētu faktisko ražošanas efektivitātes paaugstināšanas potenciāla novērtējumu, jāveic plašāka mēroga izmēģinājumi.

Kopējās oglekļa emisijas atmosfērā, veicot augsnes sagatavošanu un jaunaudžu kopšanu joslās ir aptuveni 2 reizes mazākas, nekā veicot vienlaidus apauguma novākšanu un augsnes sagatavošanu (Tab. 27).

**Tab. 26 Ražības un izmaksu aprēķinu rezultātu kopsavilkums**

	AHWI FM600 Profi		
	Apauguma novākšana	Apauguma novākšana un augsnes apstrāde joslās	Jaunaudžu kopšana joslās
<b>Izmaksas, Ls/gadā</b>			
Investīcijas	27 408	27 408	27 408
Atalgojums	32 680	32 680	32 680
Tiešās ražošanas izmaksas	144 497	74 785	77 605
<b>Kopā, Ls/gadā</b>	<b>204 584</b>	<b>134 872</b>	<b>137 692</b>
<b>Ražība</b>			
ha/E <sub>15</sub> stundā	0,21	0,16	0,15
ha/gadā	841	634	623

Tab. 27 Oglekļa emisiju aprēķinu rezultātu kopsavilkums

	AHWI FM600 Profi		
	Apauguma novākšana	Apauguma novākšana un augsnes apstrāde joslās	Jaunaudžu kopšana joslās
<b>Oglekļa emisijas</b>			
kg/ha	105	54	62
t/gadā	12 962	2 565	3 346

Veicot MRM datu analīzi, konstatēts, ka krūmāju platība, kurās valdošās sugas ir blīgzna, ieva, goba, vīksna, pīlādži un dažādu sugu vītoli ir 24 tūkst.ha (Tab. 28), attiecīgi, apauguma novākšanai un augsnes apstrādei šajās platībās nepieciešamas 4 mašīnas ar 7 gadu nolietojuma periodu, kas strādātu 2 maiņās 252 dienas gadā. Ja šai platībai pievienotu vēl 111 tūkst.ha ar krūmiem un sīkkokiem aizaugušo lauku, kuros MRM neuzmērīja taksācijas rādītājus, jo koki bija zemāki par 2 m, tad būtu nepieciešamas 19 mašīnas, kas nepārtraukti veic apauguma novākšanu.

Tab. 28 Krūmāju platība un koksnes krāja

Dati	blīgzna	ievas	goba, vīksna	pīlādži	vītols	Kopā
Platība. ha	18 837	1 996	168	562	2 490	<b>24 052</b>
Kopējā krāja, m <sup>3</sup>	391 791	66 925	3	5 662	54 127	<b>518 507</b>
<b>Krāja m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>23,1</b>	<b>44,7</b>	<b>0,0</b>	<b>9,5</b>	<b>26,7</b>	<b>20,8</b>

## Uzkarināmu plāvēju – smalcinātāju izmantošana jaunaudžu kopšanai un enerģētiskās koksnes sagatavošanai

Pētījuma ietvaros jaunaudzēs ar vidējo koka caurmēru līdz 8 cm un kārkļu plantācijā veikti AHWI AM600 smalcinātāja prototipa izmēģinājumi. Pašizmaksas aprēķinu kopsavilkums dots 2. Pielikumā.

Strādājot kārkļu plantācijā AHWI AM600 ražība bija 2,2 minūtes E<sub>0</sub> uz 1 ber.m<sup>3</sup>, savukārt dabiskā kārkļu apaugumā 1 ber.m<sup>3</sup> saražošanai vajadzēja 3,8 minūtes E<sub>0</sub>. Kārkļu plantāciju izstrādei patērēja divreiz mazāk degvielas, nekā dabiskā kārkļu apaugumā (0,8 un 1,7 l/ber.m<sup>3</sup>), taču ievērojami vairāk laika izmantoja pārbraucieniem (Tab. 29). Tā vietā, lai apgrieztos lauka galā un turpinātu plaut no otras lauka puses, operators atpakaļgaitā brauca pa izplauto joslu un visu lauku nopļāva no vienas puses.

Salīdzinot teorētisko un faktisko ražību, redzams, ka kārkļu plantācijās un dabiskā kārkļu apaugumā efektīvais laiks ir aptuveni vienāds (64 un 65%) (Tab. 30). Abas darba metodes operatoram bija svešas, tāpēc, pieaugot pieredzei, darba ražīgums palielināsies. Jāpiezīmē, ka kārkļu plantācijā smalcinātāja ventilatora tvertne ne reizi neaizsērēja ar sīkkoksni, bet, strādājot dabiskā apaugumā, lielākā daļa darba laika tika pavadīta, tīrot aizsērējušo ventilatora tvertni. Tīrīšanai patērētais laiks nav iekļauts hronometrāžas aprēķinos, jo saskaņā ar ražotāja sniegto informāciju, šis defekts nākošajā mašīnas versijā tiks novērsts.

Darba laika sadalījums pa hronometrētajām operācijām dots Att. 45.

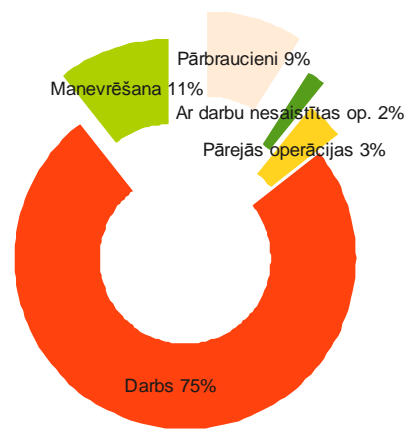
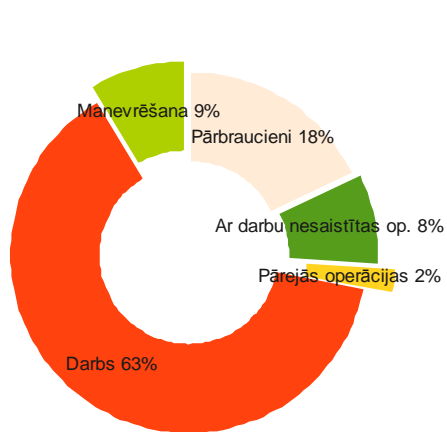
### Att. 45 Darba laika sadalījums kārkļu plantāciju izstrādē un apauguma novākšanā

*Kārkļu plantāciju izstrāde*

*Apauguma novākšana*

## Rezultāti un to analīze

Kritēriji un metodika enerģētiskās koksnes krājas novērtēšanai un  
jaunaudžu mehanizētai kopšanai dabiski apmežojušās  
lauksaimniecības zemēs





## Rezultāti un to analīze

**Tab. 29 AHWI AM600 ražības pārrēķins uz kurināmā vienību**

Kopsavilkums	Mērv.	Nobrauktais attālums, m	Degvielas patēriņš, l	Darba laika sadalījums, cmin					Manevru skaits	Efektīvais laiks	
				manevrēšana	darba laiks	pārejās darba operācijās	ar darbu nesaistītas op.	pārbraucieni		cmin	min
Kārklu plantāciju pļaušana	Uz 1 ber.m <sup>3</sup>	95,2	0,8	20,4	150,4	4,9	19,4	42,3	1,1	218,0	2,2
Vienlaidus krūmu apauguma novākšana	Uz 1 ber.m <sup>3</sup>	44,6	1,7	40,8	289,5	13,4	6,8	35,1	1,3	378,7	3,8

**Tab. 30 Faktiskā ražība pret teorētisko**

Kopsavilkums	Degvielas patēriņš	Manevrēšanas laiks	Darba laiks	Efektīvais laiks
Kārklu plantāciju pļaušana	74%	89%	80%	64%
Vienlaidus krūmu apauguma novākšana	65%	33%	80%	65%

Kārķu plantāciju izstrāde

Veicot pašizmaksas aprēķinu kārķu plantācijas izstrādē, aprēķinu pieņēmumos izmantota faktiskā koksnes krāja (70 ber.m<sup>3</sup>/ha), faktiskais darba ātrums, šķeldu konteineru tilpums un citi parametri. Pievešanas attālums pieņemts 500 m, bet vidējais ceļu transporta attālums vienā virzienā – 50 km (Tab. 31). Iekrāvēja un šķeldu vedēja pašizmaksas izmantoti citu LVMI Silava pētījumu rezultāti [Skogforsk/LVM, 2006].

**Tab. 31 Izejas dati AHWI AM600 pašizmaksas aprēķinam kārķu plantācijā**

Šķeldu cena, Ls/ber.m <sup>3</sup>	5,00
Kopējā krāja, ber.m <sup>3</sup>	70
<b>Degvielas cena:</b>	
Ls/l	0,63
<b>Pievešana un ceļu transports:</b>	
Bezceļu transporta distance, m	500
Ceļu transporta distance, km	50
Šķeldu vedēja konteineru tilpums, m <sup>3</sup>	70
Pievedējtraktora konteineru tilpums, m <sup>3</sup>	35
Darba ātrums, m/Eo stundā	2600
Darba platums, m	1,5
<b>Ogleklis koksnē, kg/t<sub>sausnas</sub>:</b>	
Salix sp.	431
Šķeldu bēruma blīvums, ber.m <sup>3</sup> /t <sub>sausnas</sub>	5

Kārķu šķeldu pašizmaksa, veicot izstrādi ar AHWI AM600 ir 4,10 Ls/ber.m<sup>3</sup>, ražība 20,8 ber.m<sup>3</sup> darba stundā. Sezonā (120 darba dienas), strādājot 2 maiņās, viena mašīna var saražot 37,5 tūkst.ber.m<sup>3</sup> šķeldu, kas atbilst viena šķeldu vedēja kapacitātei šajā pat laikā, attiecīgi šāda mašīna var noslogot vienu pievedējtraktoru un šķeldu vedēju, strādājot ar maksimālo noslodzi. Kopējās izmaksas uz 1 ha ir 287 Ls (Tab. 32).

Jāņem vērā, ka AHWI AM600 nav ne drupinātājs, ne šķeldotājs tradicionālā izpratnē. Šī iekārta gatavo sasmalcinātu biomasu ar lielu rupju daļiņu piemaisījumu, kas nav piemērota izmantošanai nelielos šķeldu katlos, tāpēc papildus izmaksas var veidot atkārtota materiāla sasmalcināšana, ja to plānots izmantot vietējā siltumapgādē.

**Tab. 32 AHWI AM600 pašizmaksas aprēķins kārķu plantācijā**

	Kārķu plantāciju izstrāde				Σ
	AHWI AM600	Pievedējtraktors	Iekrāvējs	Šķeldu vedējs	Kopā
<b>Izmaksas, Ls/gadā</b>					
Investīcijas	38 066	6 091	4 299	14 922	63 378
Algas	16 017	16 017	16 017	16 762	64 813
Tiešās ražošanas izmaksas	49 432	21 027	22 317	17 564	110 341
<b>Kopā, Ls/gadā</b>	<b>103 516</b>	<b>43 135</b>	<b>42 634</b>	<b>49 248</b>	<b>238 532</b>
<b>Ražība</b>					
ber.m <sup>3</sup> /E <sub>15</sub> stundā	20,81	23,15	269,17	19,29	-
ber.m <sup>3</sup> /gadā	37 464	41 663	484 500	37 031	
<b>Rezultāts</b>					

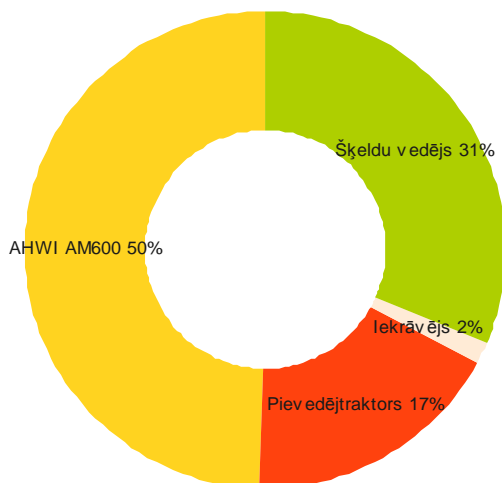
Ls/ber.m <sup>3</sup>	2,87	1,13	0,10	1,41	<b>4,10</b>
<b>Kopējās izmaksas, Ls/ha</b>	<b>287</b>				
<b>Plānotie ieņēmumi, Ls/ha</b>	<b>350</b>				
<b>Peļņa, Ls/ha</b>	<b>63</b>				

Oglekļa emisijas kurināmā sagatavošanas un piegādes procesā ir 1,22 kg/ber.m<sup>3</sup>, attiecība starp oglekli saražotajā un patērētajā kurināmajā ir 71 (Tab. 33). Puse no emisijām rodas izstrādes un smalcināšanas procesā (Att. 46).

Tab. 33 Oglekļa bilance, izmantojot AHWI AM600 kārklu plantācijā

	Kārklu plantāciju izstrāde				Σ
	AHWI AM600	Pievēdētorktors	Iekrāvējs	Šķeldu vedējs	Kopā
<b>Oglekļa emisijas</b>					
kg/ber.m <sup>3</sup>	0,88	0,31	0,03	0,56	1,77
kg/ha	62	22	2	39	124
t/gadā	33	13	13	21	79
<b>Ogleklis saražotajā koksņē</b>					
kg/ber.m <sup>3</sup>	86				
kg/ha	6 034				
<b>Faktiskās oglekļa emisijas</b>					
kg/m <sup>3</sup>	0,88	0,31	0,03	0,56	1,22
<b>Oglekļa attiecība (biomasa/degviela)</b>	<b>71</b>				

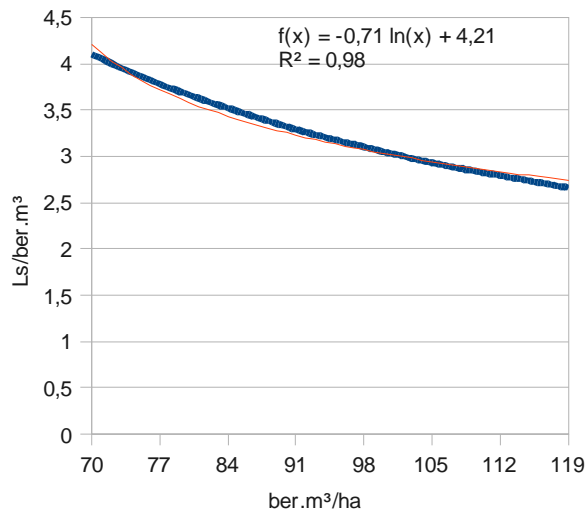
Att. 46 Degvielas patēriņš dažādos kurināmā ražošanas etapos kārklu plantācijās



Izstrādājot plantāciju ar dažādu krāju, varēja novērot, ka mašīnas ražība (braukšanas ātrums) būtiski neatšķiras labāk augušajā daļā (virszemes biomasa 24 t<sub>sausnas</sub>/ha) un vidējos apstākļos (virszemes biomasa 14 t<sub>sausnas</sub>/ha), tāpēc jutīguma analīze veikta pašizmaksai, atkarībā no izstrādājamās biomasas daudzuma (Att. 47). Palielinoties krājam, ražošanas izmaksas strauji samazinās – no 4,10 Ls/ber.m<sup>3</sup> līdz 2,66 Ls/ber.m<sup>3</sup>, ja biomasas daudzums pārsniedz 23 t<sub>sausnas</sub>/ha. Lielāks ražošanas izmaksu samazinājums diez vai ir iespējams, jo, pieaugot kārklu dimensijām, samazināsies mašīnas darba ātrums, attiecīgi, samazināsies ražība. Jutīguma analīze neietver degvielas patēriņa un iekārtas nolietojuma izmaksu pieaugumu, pieaugot koku dimensijām, tāpēc faktiskās izmaksu samazināšanas iespējas ir mazākas, nekā redzams

jutīguma analīzē.

Att. 47 Ražošanas izmaksas atkarībā no izstrādājamās biomasas



#### Apauguma novākšana

Atšķirībā no kārkļu plantāciju izstrādes pašizmaksas aprēķina, dabisku kārkļu audžu izstrādes aprēķinā pieņemts, ka mašīna strādā visu gadu (252 darba dienas), bet darba ātrums atbilstoši eksperimenta rezultātiem pieņemts 930 m/stundā (Tab. 34). Faktiski sevišķi biežās blīgznas saudzēs ātrumu vajadzēja samazināt līdz 300 m/stundā, tāpēc būtiski, lai bāzes mašīnai ir Vario vai līdzvērtīga ātrumkārbā, kas spēj sadalīt jaudu starp riteņiem un jūgvārpstu.

Pārējie izejas dati ir tādi paši, kā kārkļu plantāciju pašizmaksas aprēķinā. Attālums starp apstādāmajiem laukiem un to platība nav ņemta vērā, pieņemot, ka tāpat kā mežizstrādes mašīnām, AHWI AM600 vajadzēs pārvietot no lauka uz lauku vidēji 60 reizes gadā. Mašīnas pārvietošanas izmaksu un laika patēriņa aprēķinā pieņemts, ka mašīnu pārvieto ar treileri.

Tab. 34 Izejas dati AHWI AM600 pašizmaksas aprēķinam dabiskā kārkļu audzē

Šķeldu cena, Ls/ber.m <sup>3</sup>	5,00
Kopējā krāja, ber.m <sup>3</sup>	68
<b>Degvielas cena:</b>	
Ls/l	0,63
<b>Pievešana un ceļu transports:</b>	
Bezceļu transporta distance, m	500
Ceļu transporta distance, km	50
Šķeldu vedēja konteineru tilpums, m <sup>3</sup>	70
Pievedējtraktora konteineru tilpums, m <sup>3</sup>	35
Darba ātrums, m/Eo stundā	930
Darba platums, m	2
<b>Ogleklis koksņē, kg/t<sub>sausnas</sub>:</b>	
Salix sp.	431
Šķeldu bēruma blīvums, ber.m <sup>3</sup> /t <sub>sausnas</sub>	5

Šķeldu pašizmaksa, veicot apauguma novākšanu ar AHWI AM600 ir 8,20 Ls/ber.m<sup>3</sup>, ražība 7,5 ber.m<sup>3</sup> darba stundā. Sezonā (252 darba dienas), strādājot 2 maiņās, viena mašīna var saražot 29,4 tūkst.ber.m<sup>3</sup> šķeldu. Kopējās izmaksas uz 1 ha ir 558 Ls (Tab. 35).

Eksperimenta rezultāti pierādīja, ka AHWI AM600 prototips savā pašreizējā izpildījumā nav piemērots dabiska kārklu apauguma novākšanai, taču tas ļoti labi strādā sabiezinātās apses un bērza audzēs ar lielāku krāju. Iespējams, ka ievērojami augstāku ražību varētu sasniegt arī baltalkšņa atvasājos, taču, lai to novērtētu, ir jāveic plašāki izmēģinājumi.

Tab. 35 AHWI AM600 pašizmaksas aprēķins dabiskā kārklu audzē

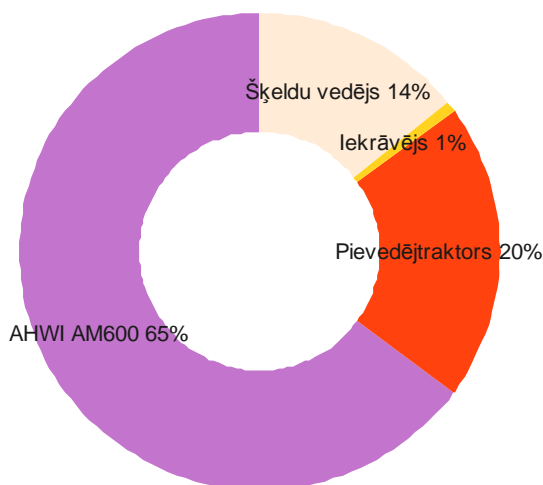
	Kārklu izstrāde				Σ
	AHWI AM600	Pievedējtraktors	Iekrāvējs	Šķeldu vedējs	Kopā
<b>Izmaksas, Ls/gadā</b>					
Investīcijas	38 066	6 091	4 299	14 922	63 378
Algas	34 455	34 455	34 455	35 200	138 565
Tiešās ražošanas izmaksas	92 002	40 771	43 419	36 885	213 077
<b>Kopā, Ls/gadā</b>	<b>164 523</b>	<b>81 317</b>	<b>82 173</b>	<b>87 006</b>	<b>415 020</b>
<b>Ražība</b>					
ber.m <sup>3</sup> /E <sub>15</sub> stundā	7,51	9,16	268,1	19,29	-
ber.m <sup>3</sup> /gadā	29 364	35 831	1 048 800	77 765	
<b>Rezultāts</b>					
Ls/ber.m <sup>3</sup>	5,74	2,38	0,08	1,16	8,20
<b>Kopējās izmaksas, Ls/ha</b>	<b>558</b>				
<b>Plānotie ieņēmumi, Ls/ha</b>	<b>340</b>				
<b>Peļņa, Ls/ha</b>	<b>-218</b>				

Oglekļa emisijas kurināmā sagatavošanas un piegādes procesā ir 3,33 kg/ber.m<sup>3</sup>, attiecība starp oglekli saražotajā un patērētajā kurināmajā ir 26 (Tab. 36). 65% no emisijām rodas izstrādes un smalcināšanas procesā (Att. 48).

Tab. 36 Oglekļa bilance, izmantojot AHWI AM600 dabiskā kārklu audzē

	Kārklu izstrāde				Σ
	AHWI AM600	Pievedējtraktors	Iekrāvējs	Šķeldu vedējs	Kopā
<b>Oglekļa emisijas</b>					
kg/ber.m <sup>3</sup>	2,53	0,78	0,03	0,56	3,89
kg/ha	172	53	2	38	265
t/gadā	34	13	13	21	81
<b>Ogleklis saražotajā koksņē</b>					
kg/ber.m <sup>3</sup>	86				
kg/ha	5 862				
<b>Faktiskās oglekļa emisijas</b>					
kg/m <sup>3</sup>	2,53	0,78	0,03	0,56	3,33
<b>Oglekļa attiecība (biomasa/degviela)</b>	<b>26</b>				

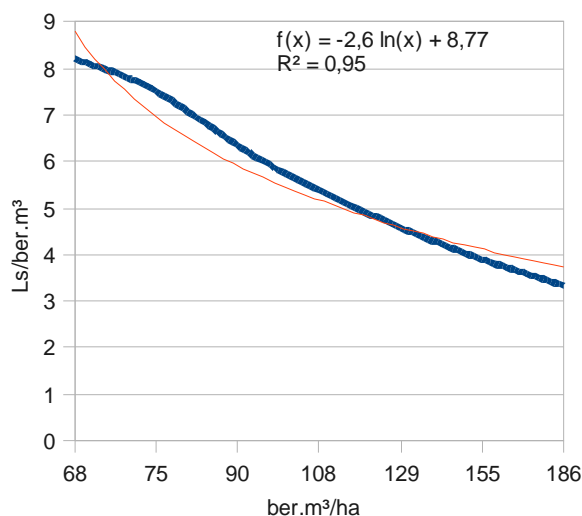
Att. 48 Degvielas patēriņš dažādos kurināmā ražošanas etapos dabiskās kārkļu audzēs



Izstrādājot DALZ ar dažādu krāju un sugu sastāvu, varēja novērot, ka mašīnas ražība (braukšanas ātrums) var būt lielāks apšu un bērza apaugumā, neatkarīgi no koku caurmēra (izmēģinājumos koku caurmērs pie sakņu kakla sasniedza 12 cm), tāpēc jutīguma analīze veikta pašizmaksai, atkarībā no izstrādājamās biomasas daudzuma, pieņemot, ka labākos darba apstākļos mašīna var ar nemainīgu ātrumu pārvietoties arī tad, ja krāja ir 180 ber.m<sup>3</sup>/ha (Att. 49). Šādam pieņēmumam gan trūkst praktisku izmēģinājumu rezultātu, tāpēc faktiskais ražības pieaugums varētu būt mazāks uz kustības ātruma samazinājuma rēķina.

Palielinoties krājai, ražošanas izmaksas samazinās vairāk nekā 2 reizes – no 8,20 Ls/ber.m<sup>3</sup> līdz 3,34 Ls/ber.m<sup>3</sup>, ja biomasas daudzums pārsniedz 37 t<sub>sausnas</sub>/ha. Jutīguma analīze neietver degvielas patēriņa un iekārtas nolietojuma izmaksu pieaugumu, pieaugot koku dimensijām, tāpēc faktiskās izmaksu samazināšanas iespējas ir mazākas, nekā redzams jutīguma analīzē. Bez tam izmēģinājumu ilgums bija nepietiekošs, lai spriestu par ražības izmaiņām rūpnieciskas ražošanas apstākļos. Svarīgi atzīmēt, ka, strādājot apses un bērza jaunaudzē, mašīnas ventilatora kamera ne reizi neaizsērēja.

Att. 49 Ražošanas izmaksas atkarībā no izstrādājamās biomasas



#### AHWI AM600 pielietošanas iespējas DALZ apsaimniekošanā

Pētījuma ietvaros izvērtētas AHWI AM600 un citu vienlaidus apauguma novākšanas mašīnu

pielietojamas iespējas DALZ platībās, enerģētiskās koksnes plantācijās un mežā jaunaudžu kopšanā. Šī izvērtējuma rezultāti apkopoti Tab. 37.

Rezultāti un to analīze

Tab. 37 AHWI AM600 pielietojšanas iespēju analīze

Esošais tehniskais risinājums			Uzlabots tehniskais risinājums			
Pielietojšanas iespējas	Priekšrocības	Trūkumi	Nepieciešamie uzlabojumi	Pielietojšanas iespējas	Priekšrocības	Trūkumi
<b>DALZ platības</b>						
<i>Vienlaidus apauguma novākšana.</i>	Var izmantot sīkkoku ( $D_{1,3} < 8$ cm) un krūmu izstrādei pirms apmežošanas zemes lietojuma maiņas ar sekojošu augsnes apstrādi ar mulčētāju, mašīna var tikt galā ar lielāka izmēra kokiem uz grāvju trasēm un pie bijušajām mājvietām.	Tehniskas problēmas ar ventilatora kameru, strādājot ar krūmiem aizaugušās platībās, enerģētiskās koksnes ražošana rentabla tikai, ja sīkkoksnes krāja pārsniedz 25 $t_{sausnas}/ha$ .	Smalcinātāja darba platuma palielināšana vismaz līdz bāzes mašīnas platumam un šķeldu konteineru uzstādīšana uz bāzes mašīnas.	<i>Sabiezinātu jaunaudžu ģeometriskā kopšana joslās.</i>	Joslās sagatavotās enerģētiskās koksnes realizācija samazinās kopšanas izmaksas un atvieglos sekojošo kopšanu ar rokas instrumentiem. Kopšanas laikā var ierīkot tehnoloģiskos koridorus, kurus pēc tam izmantos visā meža apsaimniekošanas ciklā.	Manevrējot salīdzinoši lielajai bāzes mašīnai, mežaudžu galos veidosies plašas izstrādātas joslas, kā rezultātā vidējais biežums var samazināties zem kritiskā. Konteineru uzstādīšana palielinās iekārtas masu un samazinās caurgājāmību. Ražība var samazināties būtiski tajos gadījumos, ja ir liels pievešanas attālums.
<i>Baltalkšņa, iespējams, arī bērza un apses atvasāju izstrāde.</i>	Augsta ražība, mašīnas ražību būtiski neietekmē atvasāju izvietojuma regularitāte, atvasājus var mēsot ar lauksaimniecības vai komunālās saimniecības blakusproduktiem, audzējot kā kārķu plantācijas, un, vienlaicīgi ietaupot līdzekļus plantāciju ierīkošanai.	Trūkst pētījumu datu par mašīnas ražību dažādu koku sugu atvasājos, tāpat trūkst pētījumu datu par tīrcirtmeta atvasāju saimniecību audzēšanās iespējām un mēslojuma ietekmi. Esošās dabiskās baltalkšņa, bērza un apses audzes DALZ platībās ir retas un ar nevienmērīgu koku izvietojumu, kas negatīvi ietekmēs darba ražīgumu.		<i>Joslu izstrāde zemas kvalitātes mežaudzēs vai krūmājos ar vai bez sekojošas augsnes apstrādes augstvērtīgu koku sugu stādījumu ierīkošanai (piem. ozols).</i>	Realizējot enerģētisko koksni, samazinās mežaudzes ierīkošanas izmaksas, paaugstinās darba ražīgums augsnes apstrāde (var izmantot mulčētāju ar šaurāku apstrādes joslu), kokus un krūmus no aizsargstādījuma vēlāk var izstrādāt, izmantojot šo pašu tehniku vai lielāku dimensiju kokiem piemērotas mežizstrādes mašīnas.	Mazvērtīgās audzēs ir niecīga krāja, tāpēc pastāv risks, ka jaudīgās tehnikas izmantošana kulišu veidošanai palielinās, nevis samazinās ražošanas izmaksas.
<b>Plantāciju meži un tīrcirtmeta plantācijas</b>						
<i>Kārķu plantāciju izstrāde.</i>	Liels ražīgums, relatīvi nelielas kapitālizmaksas, lauka galos	Izstrādes procesā tiek bojāti kārķu celmiņi, kas var negatīvi	Smalcinātāja darba platuma palielināšana	<i>Hibrīdās apses plantāciju kopšana joslās pēc pirmās</i>	Izmēģinājumos pierādījies, ka mašīna spēj sasmalcināt	Lai nodrošinātu rentabilitāti, atvasājiem jābūt liela



## Rezultāti un to analīze

Esošais tehniskais risinājums			Uzlabots tehniskais risinājums			
Pielietojšanas iespējas	Priekšrocības	Trūkumi	Nepieciešamie uzlabojumi	Pielietojšanas iespējas	Priekšrocības	Trūkumi
	nav nepieciešamas platas tehnoloģiskās joslas.	ietekmēt kārklu ataugšanu. Enerģētiskās koksnes kvalitāte ir sliktāka, nekā strādājot ar Claas Jaguar vai Bender smalcinātājiem.	vismaz līdz bāzes mašīnas platumam un šķeldu konteineru uzstādīšana uz bāzes mašīnas.	rotācijas.	arī liela izmēra apses. Tās ražīgumu maz ietekmē atvasāju izvietošanas regularitāte.	auguma (izstrādājamā krāja 20-30 t <sub>sausnas</sub> /ha), kas var būt pretruna ar plantācijas apsaimniekošanas mērķiem. Palielināts atstājamo koku bojājumu risks.
				Regulāru bērza un citu koku sugu stādījumu kopšana, izstrādājot liekās rindas (piem. palielinot attālumu starp rindām no 2 uz 4 m).	Liela ražība, papildus ieņēmumi no enerģētiskās koksnes realizācijas.	Izstrādājamā krāja vai platība var būt nepietiekoša, lai mašīnas pārvadāšana būtu rentabla.
<b>Dabiskie meži</b>						
<i>Sīkkoku apauguma novākšana pēc meža ugunsgrēkiem</i>	Efektīva resursu izmantošana, sagatavoto biomasu var izkliedēt turpat mežā, nodrošinot organisko vielu rezervi un samazinot apdegušās koksnes inficēšanas risku.	Lielas izmaksas, bāzes mašīna (lauksaimniecības traktors) jāpārbūvē, lai tas varētu pārvietoties meža apstākļos, par nepārvaramiem šķēršļiem var kļūt izgāzti koki un reljefa nelīdzenumi.	Smalcinātāja darba platuma palielināšana vismaz līdz bāzes mašīnas platumam, šķeldu konteineru un neliela manipulatora ar kniebējgalvu uzstādīšana uz bāzes mašīnas.	<i>Jaunaudžu kopšana, sagatavojot enerģētisko koksni tehnoloģiskajos koridoros un joslas starp koridoriem.</i>	Mašīna var ātri izveidot tehnoloģiskos koridorus jaunaudzē, nepieciešamības gadījumā ar kniebējgalvu izvācot lielākos kokus vai veicot atlikušās jaunaudzes daļas izkopšanu.	Palielināta jau tā smagās mašīnas masa, kas samazinās tās pielietojšanas iespējas apgrūtinātās caurgājāmības apstākļos. Patreiz izmantojamais smalcināšanas mehānisms nav piemērots sīkkoku pacelšanai no zemes, tāpēc tie ar manipulatoru jāievada smalcinātājā. Trūkst pētījumu datu par mašīnas izmantošanas iespējām skujkoku audzēs un mistrotās audzēs. Nelīdzens reljefs būtiski apgrūtinās mašīnas darbu.
				<i>Meža ceļu un meliorācijas trasu attīrīšana no apauguma.</i>	Liela ražība, ko sekmē arī labi darba apstākļi (nolīdzinātas atbērtnes un	Visos gadījumos, strādājot mežā, ražošanas efektivitāti samazinās liels

## Rezultāti un to analīze

Esošais tehniskais risinājums			Uzlabots tehniskais risinājums			
Pielietošanas iespējas	Priekšrocības	Trūkumi	Nepieciešamie uzlabojumi	Pielietošanas iespējas	Priekšrocības	Trūkumi
					meža ceļi).	pievešanas attālums konteineru izkraušanai. Trūkst pētījumu datu par šīs iekārtas pielietošanas iespējām, strādājot galvenokārt ar manipulatoru.

Vienlaidus apauguma novākšanas tehnoloģiju pielietošanas iespēju analīze DALZ platībās veikta, atlasot MRM parauglaukumus, kas atbilst noteiktiem kritērijiem:

- rekonstruējamas audzes, kurās vidējais koku skaits vai šķērslaukums ir mazāks par normatīvos noteikto vai to audzēšana nav perspektīva (vītoli, blīgznu, ievu, pīlādžu u.c. sugu audzes)<sup>27</sup> (Tab. 38);
- audzes, kurās iespējama kopšana – t.i. šķērslaukums vai koku skaits uz platības vienību ir lielāks par minimālo (Tab. 39<sup>28</sup>);
- platības, kas piemērotas mehanizētai kopšanai joslās, savācot enerģētisko koksni – t.i. platības, kurās šķērslaukums vai koku skaits uz platības vienību pēc izkopšanas joslās, ierīkojot tehnoloģiskos koridorus 20% no audzes platības, nebūs mazāks par minimālo un vidējais koku caurmērs ir mazāks par 8 cm (Tab. 40<sup>29</sup>).

Veicot mehanizēto kopšanu joslās iegūstamā krāja aprēķināta Tab. 41. Arī šajā gadījumā baltalksnis un citas saimnieciski mazāk nozīmīgas koku sugas pielīdzinātas apsei.

Kopējā krāja rekonstruējamās audzēs (161 tūkst.ha) ir 561 tūkst.m<sup>3</sup>, vidēji 3,9 m<sup>3</sup>/ha. AHWI AM600 izmantošana šādās platībās vairumā gadījumu būs ekonomiski nerentabla un enerģētiskās koksnes sagatavošana neatmaksātos. Šajās platībās jāpieņem lēmums par par audzes rekonstrukciju, novācot apaugumu ar rokas darba instrumentiem vai mežizstrādes mašīnām, vai, papildinot esošo audzi.

Krāja audzēs, kurās iespējama kopšana (37 tūkst.ha), gandrīz 2 milj.m<sup>3</sup>, vidēji 51 m<sup>3</sup>/ha. 21-30 gadus vecās baltalkšņa audzēs, kurās vidējā krāja ir 111 m<sup>3</sup>/ha (1,7 tūkst.ha) jāizvēlas starp kailcirti un kopšanas cirti, atkarībā no mežaudzes taksācijas rādītājiem. Jāņem vērā, ka galvenajā cirtē mežizstrādes izmaksas vienmēr būs mazākas, nekā kopšanas cirtē. Vislielākā krāja kopšanai piemērotās cirmās ir apses audzēs (191 m<sup>3</sup>/ha 31-40 gadus vecās audzēs), taču to kopplatība ir neliela (faktiski šādi taksācijas rādītāji konstatēti tikai 1 MRM parauglaukumā).

DALZ platību, kurās iespējama mehanizētai kopšanai joslās, sagatavojot enerģētisko koksni ar AHWI AM 600 vai līdzvērtīgām mašīnām, kopējā platība ir 30 tūkst.ha, bet joslās, kuru platība nepārsniedz 20% no audzes platības, iegūstamā enerģētiskās koksnes krāja ir 233 tūkst.m<sup>3</sup> (vidēji 7,3 m<sup>3</sup>/ha). Salīdzinot ar pētījumā iegūtajiem AHWI AM600 ražības un pašizmaksu datiem, vairumā gadījumu enerģētiskās koksnes sagatavošana joslās būs ekonomiski nerentabla. Atlasot audzes, kurās uz tehnoloģiskajiem koridoriem iegūstamā krāja pārsniedz 20 m<sup>3</sup>/ha, pāri paliek tikai 1,6 tūkst.ha, galvenokārt baltalkšņa audžu ar kopējo krāju 37 tūkst.m<sup>3</sup>. Salīdzinājumam, audžu, kurās kopējā krāja pārsniedz 20 m<sup>3</sup>/ha, bet valdošās sugas koku vidējais caurmērs nepārsniedz 8 cm, kopplatība ir 26 tūkst.ha (krāja 1,2 milj.m<sup>3</sup>, vidēji 49,8 m<sup>3</sup>/ha). Šajā kategorijā ietilpst galvenokārt baltalkšņa, bērza un blīgzņas audzes.

Iegūtie rezultāti liecina, ka AHWI AM600 un citas apauguma novākšanas mašīnas var efektīvi izmantot vienlaidus apauguma novākšanā DALZ platībās, bet to pielietošana jaunaudžu ģeometriskajā kopšanā, vismaz DALZ platībās, vairumā gadījumu būs nerentabla.

<sup>27</sup> Neskaitot audzes, kurām nav noteikti taksācijas rādītāji.

<sup>28</sup> Šeit iekļauts arī baltalksnis, pielīdzinot minimālo šķērslaukumu apsei.

<sup>29</sup> Šeit iekļautas arī baltalkšņa, blīgzņas un vītoli audzes, pielīdzinot minimālo šķērslaukumu apsei.

## Rezultāti un to analīze

**Tab. 38 Rekonstruējamo mežaudžu platība un krāja**

Vecuma klases	Parametrs	apse	baltalksnis	bērzs	blīgzna	citas egles	egle	ievas	kļava	melnalksnis	mežābele	pīlādži	priede	vītols	Kopā
1-10	Platība, ha	5 381	17 652	45 534	2 576	910	12 185		327	4 635	1 150		9 116		<b>99 464</b>
	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>	551	9 323	14 938	5 643	216	808		105	3 860	23		647		<b>36 114</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	0,1	0,5	0,4	2,4	0,2	0,1		0,2	0,8	0,0		0,1		<b>0,4</b>
11-20	Platība, ha	1 427	4 845	17 174	6 390		4 800			2 597		381	5 072	575	<b>43 259</b>
	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>	28 671	14 819	73 299	71 840		8 286			9 028		4 231	12 965	104	<b>223 242</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	12,6	3,0	4,6	12,6		2,0			3,1		11,1	2,5	0,2	<b>5,4</b>
21-30	Platība, ha		2 829	2 731	1 771		1 442			1 685		182	575	1 044	<b>12 258</b>
	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>		37 997	75 972	26 501		3 159			18 271		1 431	604	13 212	<b>177 146</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha		15,5	27,6	17,7		2,5			11,0		7,9	1,1	13,3	<b>15,2</b>
31-40	Platība, ha		805	1 598	2 050		281	1 387						323	<b>6 443</b>
	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>		21 675	16 343	27 499		8 437	36 107						13 886	<b>123 946</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha		26,9	12,2	13,0		30,1	34,6						43,0	<b>21,5</b>
<b>Kopā</b>	<b>Platība, ha</b>	<b>6 807</b>	<b>26 131</b>	<b>67 037</b>	<b>12 787</b>	<b>910</b>	<b>18 707</b>	<b>1 387</b>	<b>327</b>	<b>8 917</b>	<b>1 150</b>	<b>562</b>	<b>14 762</b>	<b>1 942</b>	<b>161 424</b>
	<b>Kopējā krāja, m<sup>3</sup></b>	<b>29 222</b>	<b>83 813</b>	<b>180 552</b>	<b>131 482</b>	<b>216</b>	<b>20 690</b>	<b>36 107</b>	<b>105</b>	<b>31 158</b>	<b>23</b>	<b>5 662</b>	<b>14 215</b>	<b>27 201</b>	<b>560 447</b>
	<b>Krāja, m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>3,1</b>	<b>3,8</b>	<b>2,8</b>	<b>11,3</b>	<b>0,2</b>	<b>1,6</b>	<b>34,6</b>	<b>0,2</b>	<b>3,3</b>	<b>0,0</b>	<b>9,5</b>	<b>1,0</b>	<b>17,4</b>	<b>3,9</b>

## Rezultāti un to analīze

**Tab. 39 Mežaudžu, kurās iespējama kopšana, platība un krāja**

Vecuma klases	Parametri	apse	baltalksnis	bērzs	egle	melnalksnis	priede	Kopā
0-10	Platība, ha	2 548	1 892	5 804			156	<b>10 400</b>
	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>	28 156	44 774	114 876			708	<b>188 514</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	28,5	21,4	22,1			4,5	<b>19,13</b>
11-20	Platība, ha	17	10 308	8 286	1 123	451	1 774	<b>21 959</b>
	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>	2 287	652 814	319 345	22 534	13 632	58 325	<b>1 068 937</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	132,6	66,2	39,2	30,9	30,3	33,8	<b>55,5</b>
21-30	Platība, ha	862	1 694	20				<b>2 576</b>
	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>	156 591	169 534	1 722				<b>327 847</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	181,2	111,8	88,1				<b>127,03</b>
31-40	Platība, ha	575		991				<b>1 566</b>
	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>	109 622		168 523				<b>278 145</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	190,7		175,0				<b>182,9</b>
41-50	Platība, ha			240		314		<b>554</b>
	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>			68 321		26 271		<b>94 592</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha			284		84		<b>184</b>
51-60	Platība, ha			235				<b>235</b>
	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>			22 315				<b>22 315</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha			95,2				<b>95,2</b>

## Rezultāti un to analīze

Vecuma klases	Parametri	apse	baltalksnis	bērzs	egle	melnalksnis	priede	Kopā
<b>Kopā</b>	Platība, ha	<b>4 003</b>	<b>13 894</b>	<b>15 575</b>	<b>1 123</b>	<b>764</b>	<b>1 930</b>	<b>37 289</b>
	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>	<b>296 657</b>	<b>867 123</b>	<b>695 101</b>	<b>22 534</b>	<b>39 903</b>	<b>59 033</b>	<b>1 980 351</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	<b>76,8</b>	<b>61,8</b>	<b>51,7</b>	<b>30,9</b>	<b>57</b>	<b>28</b>	<b>51,03</b>

**Tab. 40 Platības, kas piemērotas kopšanai joslās**

Vecuma klases	Parametri	apse	baltalksnis	bērzs	blīgzna	egle	melnalksnis	priede	vītols	Kopā
1-10	Platība, ha	2 158	1 369	5 085	636			156	409	<b>9 813</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	32,7	26,1	24,8	45,7			4,5	53,1	<b>28,6</b>
	Krāja, m <sup>3</sup>	22 250	42 452	111 448	31 600			708	21 717	<b>230 175</b>
11-20	Platība, ha	17	8 060	5 659	2 047	879	451	1 774		<b>18 887</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	132,6	53,3	37,3	39,5	35,8	30,3	33,8		<b>45,5</b>
	Krāja, m <sup>3</sup>	2 287	476 569	210 534	80 938	20 960	13 632	58 325		<b>863 244</b>
21-30	Platība, ha		856							<b>856</b>
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha		66,0							<b>66,0</b>
	Krāja, m <sup>3</sup>		59 313							<b>59 313</b>
<b>Kopā</b>	<b>Platība, ha</b>	<b>2 175</b>	<b>10 286</b>	<b>10 744</b>	<b>2 683</b>	<b>879</b>	<b>451</b>	<b>1 930</b>	<b>409</b>	<b>29 557</b>
	<b>Krāja, m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>43,8</b>	<b>47,6</b>	<b>31,0</b>	<b>41,5</b>	<b>35,8</b>	<b>30,3</b>	<b>28,0</b>	<b>53,1</b>	<b>39,4</b>
	<b>Krāja, m<sup>3</sup></b>	<b>24 537</b>	<b>578 334</b>	<b>321 981</b>	<b>112 538</b>	<b>20 960</b>	<b>13 632</b>	<b>59 033</b>	<b>21 717</b>	<b>1 152 732</b>

## Rezultāti un to analīze

**Tab. 41 Mehanizētajā kopšanā joslās iegūstamā krāja**

Vecuma klases	Dati	apse	baltalksnis	bērzs	blīgzna	egle	melnalksnis	priede	vītols	Kopā
1-10	Joslās iegūstamā krāja, m <sup>3</sup>	4 450	8 955	22 975	6 554			142	4 343	<b>47 419</b>
	Joslās iegūstamā krāja, m <sup>3</sup> /ha	6,5	4,3	4,4	6,4			0,9	10,6	<b>5,1</b>
11-20	Joslās iegūstamā krāja, m <sup>3</sup>	457	95 473	43 291	16 188	4 192	2 726	11 665		<b>173 992</b>
	Joslās iegūstamā krāja, m <sup>3</sup> /ha	26,5	10,2	6,7	7,9	7,2	6,1	6,8		<b>8,6</b>
21-30	Joslās iegūstamā krāja, m <sup>3</sup>		11 863							<b>11 863</b>
	Joslās iegūstamā krāja, m <sup>3</sup> /ha		13,2							<b>13,2</b>
<b>Joslās iegūstamā krāja, m<sup>3</sup></b>		<b>4 907</b>	<b>116 290</b>	<b>66 266</b>	<b>22 742</b>	<b>4 192</b>	<b>2 726</b>	<b>11 807</b>	<b>4 343</b>	<b>233 274</b>
<b>Joslās iegūstamā krāja, m<sup>3</sup>/ha</b>		<b>8,8</b>	<b>8,7</b>	<b>5,6</b>	<b>7,3</b>	<b>7,2</b>	<b>6,1</b>	<b>5,6</b>	<b>10,6</b>	<b>7,3</b>

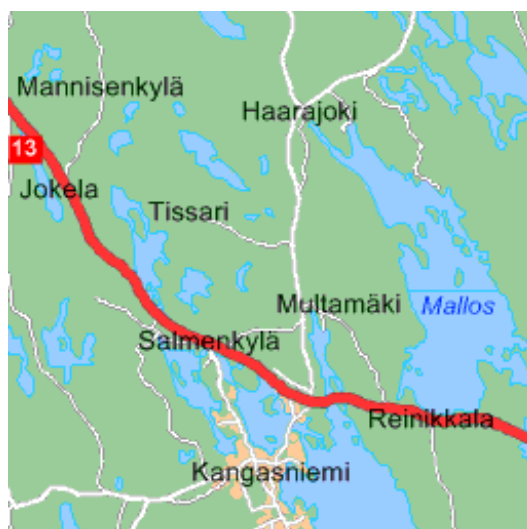
## Harvestera – saiņotāja Fixteri izmantošana enerģētiskās koksnes un papīrmalkas sagatavošanai

Šī darba uzdevuma mērķis ir noskaidrot Somijā izgatavotā harvestera – saiņotāja Fixteri pielietojamas iespējas enerģētiskās koksnes un papīrmalkas sagatavošanai jaunaudžu kopšanā, galveno uzmanību pievēršot koku mehānisko bojājumu īpatsvaram izstrādes, saiņošanas un pievešanas procesā. Iekārtas ražības un pašizmaksas pētījumus veic Somijas mežu pētniecības institūta speciālisti. Projekta izpildes laikā ar somu zinātniekiem notika informācijas apmaiņa, kas skāra galvenokārt jaunās bāzes mašīnas – kāpurķēžu ekskavatora – iespējamo ietekmi uz tehnoloģisko koridoru platumu un mehānisko bojājumu īpatsvaru. Projekta ietvaros ierīkoti parauglaukumi atrodas platībās, kas izkoptas ar Fixteri saiņotāju uz harvesteru bāzes.

### Fixteri ražības pētījumi Somijā

LVMI "Silava" speciālistiem bija iespēja piedalīties kā novērotājiem Somijas mežu pētīšanas institūta un Metsäteho Oy veiktajos Fixteri ražības hronometrāžā Haarajoki apkārtnē 2006. un 2007.gadā (Att. 50). Vēlāk turpat ierīkoja parauglaukumus mehānisko bojājumu pakāpes novērtēšanai.

Att. 50 Fixteri ražības pētījumu teritorija



Fixteri ražības datus ieguva trijās audzēs. Audžu koku parametrus ievāca no četriem apļveida parauglaukumiem (50 m<sup>2</sup> katrs), kas vienmērīgi izvietoti visā audzes platībā. Koku parametru datus izmantoja, lai noteiktu izcērtamo un faktiski izcirsto koku skaitu un krāju. Papildus šiem datiem uzskaitīja arī visu pamežu. Pēc kopšanas paliekošie koki bija sanumurēti, lai varētu uzskaitīt nocirstos kokus. Paliekošo koku bojājumus novērtēja apļveida parauglaukumos tūlīt pēc izstrādes. Stumbru tilpumu aprēķināja, izmantojot [Laasasenaho, 1982] modeli. Koku vainagu (zari un lapu koku lapotne) sauso masu aprēķināja, izmantojot [Marklund, 1988] modeli, izejot no caurmēra krūšu augstumā un koku augstuma. Audžu raksturojums dots Tab. 42.

Tab. 42 Mežaudžu raksturojums pirms kopšanas un pēc kopšanas

	1. audze			2. audze			3. audze		
	Sākotnējais koku skaits	Nocirsto koku skaits	Paliekošo koku skaits	Sākotnējais koku skaits	Nocirsto koku skaits	Paliekošo koku skaits	Sākotnējais koku skaits	Nocirsto koku skaits	Paliekošo koku skaits
Koku skaits uz ha	3 950	2 850	1 100	2 750	1 400	1 350	2 650	1 800	850
Priede	2 400	1 550	850	0	0	0	1 200	650	550



	1. audze			2. audze			3. audze		
	Sākotnējais koku skaits	Nocirsto koku skaits	Paliekošo koku skaits	Sākotnējais koku skaits	Nocirsto koku skaits	Paliekošo koku skaits	Sākotnējais koku skaits	Nocirsto koku skaits	Paliekošo koku skaits
Egle	300	300	0	1 650	800	850	750	600	150
Bērzs	1 250	1 000	250	1 100	600	500	700	550	150
Koku DBH, mm	92	78		98	85		100	83	
Priede	114	98					120	95	
Egle	54	54		92	74		94	85	
Bērzs	59	54		107	99		71	66	
Pameža apjoms ha <sup>-1</sup>	7 150			11 350			4 200		
Kopējā audzes sausā biomasa, kg ha <sup>-1</sup>	102 501	50 408	52 093	97 453	38 146	59 307	79 815	32 900	46 915

Kā visbūtiskāko šīs metodes priekšrocību min transportēšanas izmaksu samazināšanos, salīdzinot ar veselo koku un atzarošanas – sagarumošanas metodes izmaksām.

Somijā veiktajā pētījumā sagatavoja 45 saiņi (12-19 saiņi katrā izmēģinājuma platībā, 1000 m<sup>2</sup>). Izmēģinājumā sagatavoja divus saiņu veidus: papīrmalkas saiņus, kas satur papīrmalkas dimensiju priedes un egles sīkkokus kopā ar enerģētisko koksni (vainagu biomasu). Bērzus un mazu dimensiju skujkokus akumulēja vai nu enerģētiskās koksnes saiņos vai arī nozāģēja un atstāja zemē. Pirmajā audzē, kur kopšana notika visintensīvāk, sagatavoja tikai papīrmalkas saiņus, savukārt otrajā audzē sagatavoja galvenokārt enerģētiskās koksnes saiņus. Trešajā audzē sagatavoja gan papīrmalkas, gan enerģētiskās koksnes saiņus. Skujkokus ar caurmēru krūšu augstumā mazāku nekā 7 cm trešajā audzē uzskatīja par enerģētisko koksni.

Saiņus pieveda ar forvarderu un sakrāva apaļkoku krautuvē ceļa malā, kur tos uzmērīja. Pirmajā un otrajā audzē mērīja saiņu garumu. Potenciālā papīrmalkas daļa novērtēta piecos saiņos, kas sagatavoti pirmajā audzē. Šos saiņus atvēra atdalīja stumbra un zaru daļu. Tad atsevišķi nosvēra stumbra daļu. Zaru daļas sasmalcināja un homogenizēja, no katra saiņa paņemot vienu litru lielu paraugu mitruma noteikšanai.

Vidējā papīrmalkas saiņu zaļā masa bija 453 kg. Enerģētiskās koksnes saiņi vidēji svēra 325 kg. Saiņu garums bija 256 cm. Vidējais galotņu caurmērs visos stumbru griezumos bija 55 mm. Stumbra koksne kopā ar mizu bija 82% no kopējās papīrmalkas saiņu masas. Stumbra koksnes zaļā masa statistiski būtiski korelēja ar kopējo saiņa zaļo masu (Pīrsona korelācijas koeficients  $R^2=0,972$ ,  $p<0,01$ ,  $n=5$ ).

Veicot pašizmaksas analīzi, noskaidrojās, ka Fixteri ražībai jābūt par vismaz 50% lielākai, nekā harvesterā ražībai (vismaz 4,6 m<sup>3</sup> vai 9,2 saiņi efektīvajā darba stundā, E<sub>0</sub>), lai to būtu ekonomiski izdevīgi izmantot jaunaudžu kopšanā audzēs, kur koku vidējais caurmērs, D<sub>1,3</sub>, ir 7 cm. Ja koku vidējais caurmērs ir 11 un 13 cm, ražībai jāpārsniedz, attiecīgi, 7,6 un 8,7 m<sup>3</sup> E<sub>0</sub><sup>-1</sup>. Saskaņā ar Somijā veikto pētījumu rezultātiem, Fixteri izdevīgāk pielietot tajos gadījumos, kad ir liels treilēšanas un ceļu transporta garums. Tikai enerģētiskās koksnes sagatavošana (D<sub>1,3</sub> < 7 cm) ar Fixteri nav ekonomiski rentabla [Kärhä et al., 2008].

#### Mehānisko bojājumu novērtējums mehanizēti izkoptajās jaunaudzēs Somijā un Latvijā

Parauglaukumi bojājumu novērtēšanai Latvijā ierīkoti 2008.gadā mežaudzēs, kur veikti mehanizētās kopšanas ražības izmēģinājumi A/s "Latvijas valsts meži" pētījuma "Forest energy from small-dimension stands, "infra-structure objects" and stumps" ietvaros 2007.gadā [Skogforsk & Silava, 2008]. Somijā parauglaukumi ierīkoti 2006. un 2007.gadā izkoptajās mežaudzēs, izvēloties objektus, kuros mašīnu darba apstākļi (reljefs, koku sugu sastāvs un biežums) ir līdzīgi, kā Latvijā ierīkotajos parauglaukumos. Parauglaukumi ierīkoti 4 priedes un egles audzēs.

Parauglaukumu raksturojums Somijā Kangasniemi apkārtnē dots Tab. 43.

Tab. 43 Parauglaukumu raksturojums Somijā

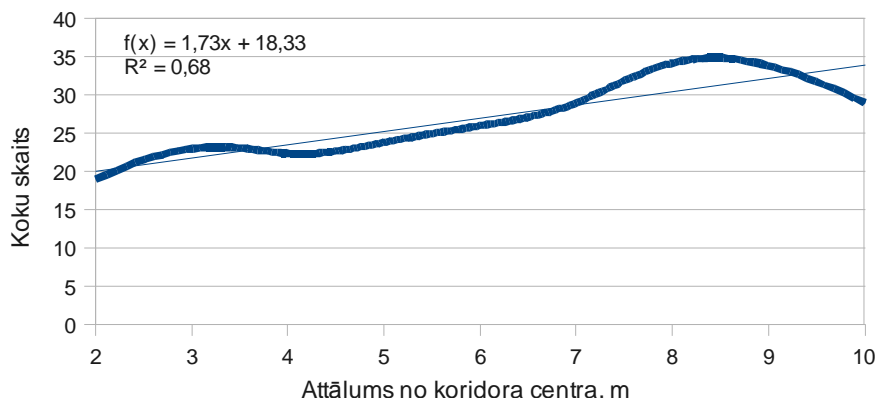
Suga	Biezums, gab. ha <sup>-1</sup>	Vid. Ø, cm	Vid. H, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Biomasa, t <sub>sausnas</sub> ha <sup>-1</sup>
<b>Priedes jaunaudze (1.1.) pēc kopšanas</b>					
A	60	2,3	5,1	0,0	0,0
B	270	6,0	7,7	1,0	4,2
E	20	3,8	5,5	0,0	0,1
P	1 060	8,4	7,9	7,2	18,5
<b>Kopā:</b>	<b>1 410</b>	<b>7,7</b>	<b>7,7</b>	<b>8,3</b>	<b>22,9</b>
<b>Egles jaunaudze (1.2.) pēc kopšanas</b>					
B	80	14,0	14,3	1,3	6,5
E	420	15,7	14,3	9,0	39,3
P	260	16,8	14,6	6,0	21,7
<b>Kopā:</b>	<b>760</b>	<b>15,9</b>	<b>14,4</b>	<b>16,4</b>	<b>67,5</b>
<b>Priedes jaunaudze ar bērza piemistojumu (2.1.) pēc kopšanas</b>					
B	500	13,1	14,8	7,7	38,1
E	60	12,6	10,9	0,8	3,0
P	480	19,3	17,3	14,8	58,7
<b>Kopā:</b>	<b>1 040</b>	<b>16,0</b>	<b>15,8</b>	<b>23,3</b>	<b>99,8</b>
<b>Priedes jaunaudze (2.2.) pēc kopšanas</b>					
B	171	9,7	13,6	1,3	5,9
E	236	10,6	9,7	2,2	8,3
<b>Kopā:</b>	<b>931</b>	<b>11,9</b>	<b>13,8</b>	<b>11,2</b>	<b>37,4</b>

Nevienā no parauglaukumiem mehāniskie vai cita veida bojājumi valdošās sugas kokiem netika konstatēti. Tikai priedes jaunaudzē ar bērza piemistojumu (2.1.) konstatēti atsevišķi bērza stumbra mizas nobrāzumi, kas, pārrēķinot uz koku skaitu, ir 2% bojātu koku.

Koku skaits svārstās robežās no 760 līdz 1410, vidēji 930 koki uz hektāra. Vidējā stumbra krāja ir 143 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Koku šķērslaukums visos objektos atbilst MK noteikumu Nr.398 "Meža atjaunošanas noteikumi" ("LV", 131 (2518), 18.09.2001.) prasībām.

Koku attālums no tehnoloģisko koridoru centra vidēji visos parauglaukumos dots Att. 51. Grafikā redzams, ka, pieaugot attālumam no koridora centra, koku skaits palielinājies. Tas liecina, ka kopšanas intensitāte visā audzes teritorijā nav bijusi vienmērīga un koridoru tuvumā mežaudze ir ievērojami retāka. Koridora platums vidēji visās audzēs ir 4 m, attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem – 20-25 m.

Att. 51 Koku skaits dažādos attālumos no tehnoloģiskā koridora centra



Latvijā mērījumi mehanizētās kopšanas un sīkkoku pievešanas procesā radīto bojājumu novērtēšanai veikti 5 audzēs A/s "Latvijas valsts meži" Zemgales mežsaimniecības Misas (bijušajā Garozas) iecirknī. Parauglaukumu raksturojums dots Tab. 44. Parauglaukumi netika sadalīti pēc tā, ar kādu mežizstrādes mašīnu (Lokomo harvesters ar Bracke C16.a griezējgalvu vai Ponsse Gazelle forvarders ar EH25 kniebējgalvu) tajos strādāts, jo iepriekšējā gadā, veicot audžu dastošanu tūlīt pēc kopšanas, konstatēja, ka bojājumi ir minimāli, ne vairāk kā 1% no palikušajiem kokiem, attiecīgi, lielākā daļa bojājumu radās pievešanas procesā.

Tab. 44 Latvijā uzmērīto izkopto jaunaudžu raksturojums

Suga	Biezums, gab. ha <sup>-1</sup>	Vid. Ø, cm	Vid. H, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Biomasa, t <sub>sausnas</sub> ha <sup>-1</sup>
<b>Priedes jaunaudze īpašumā "Vilciņi" pēc kopšanas</b>					
B	20	15,5	16,6	0,4	1,9
P	1 220	15,0	13,8	22,8	77,1
<b>Kopā:</b>	<b>1 240</b>	<b>15,0</b>	<b>13,8</b>	<b>23,2</b>	<b>79,0</b>
<b>Egles jaunaudze Misas iecirkņa 295.kv., 6.nog. (1.pl.) pēc kopšanas</b>					
B	550	5,3	8,8	1,3	4,9
Cits	180	11,8	8,9	2,3	4,7
E	1 150	11,2	8,3	13,0	46,3
<b>Kopā:</b>	<b>1 880</b>	<b>9,5</b>	<b>8,5</b>	<b>16,6</b>	<b>55,9</b>
<b>Egles jaunaudze Misas iecirknī 295.kv., 6.nog. (2.pl.) pēc kopšanas</b>					
B	60	5,7	6,6	0,2	0,6
Cits	10	11,0	8,9	0,1	0,2
E	1 230	12,5	9,1	16,5	60,0
P	20	12,5	9,3	0,2	0,7
<b>Kopā:</b>	<b>1 320</b>	<b>12,1</b>	<b>8,9</b>	<b>17,0</b>	<b>61,4</b>
<b>Lapu koku jaunaudze Misas iecirknī 271.kv., 1.nog. pēc kopšanas</b>					
A	640	10,1	11,4	5,4	11,8
B	380	8,3	10,1	2,5	10,9
Cits	110	8,1	9,8	0,8	2,1
E	10	2,0	4,9	0,0	0,0
Ma	40	7,5	9,8	0,2	0,8
<b>Kopā:</b>	<b>1 180</b>	<b>9,2</b>	<b>10,7</b>	<b>9,0</b>	<b>25,6</b>
<b>Egles jaunaudze Misas iecirknī 291.kv., 9.nog. pēc kopšanas</b>					

Suga	Biezums, gab. ha <sup>-1</sup>	Vid. Ø, cm	Vid. H, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Biomasa, t <sub>sausnas</sub> ha <sup>-1</sup>
B	380	11,3	14,1	4,0	18,2
Cits	20	22,0	15,4	0,8	2,0
E	940	12,9	10,5	14,5	57,3
Ma	90	8,7	13,6	0,6	2,1
<b>Kopā:</b>	<b>1 430</b>	<b>12,3</b>	<b>11,7</b>	<b>19,8</b>	<b>79,5</b>

Informācija par mehānisko un bioloģisko bojājumu īpatsvaru uzņēmējās mežaudzēs apkopota Tab. 45. Daudzos gadījumos uzņēmēšanas laikā, it īpaši priežu audzē Vilciņos, nevarēja konstatēt, vai bojājums sākotnēji bijis mehānisks vai bioloģisks, tāpēc visi bojājumi sasummēti. Bojājumu intensitāte visos parauglaukumos ir no 1% līdz 14% robežās, vidēji 7% no kopējā koku skaita. Tik liels bojājumu īpatsvars saistīts augstu inficēšanos risku ar stumbra un sakņu trapes izraisošām sēnēm.

Uzņēmēšanas laikā neizdevās konstatēt, kāpēc vienā audzē (295.kv.), kurā ierīkoja 2 parauglaukumus, bojājumu īpatsvars ir tikai 1%, lai gan atstājamo koku biežums šajā audzē vidēji ir vislielākais. Šajā audzē ir vismazākais vidējais valdošās sugas koku augstums (8,7 m), kas varētu būt viens no iemesliem mazākiem bojājumiem – forvardera operatoram ir mazāk jāmanevrē iekraušanas laikā.

**Tab. 45 Koku mehāniskie un bioloģiskie bojājumi**

Objekts	Bojāto koku īpatsvars, %	Bojāto koku masa, t <sub>sausnas</sub>
Vilciņi	14	7,2
Misas iecirkņa 295.kv., 6.nog. (1.pl.)	1	0,2
Misas iecirknī 295.kv., 6.nog. (2.pl.)	1	0,9
Misas iecirknī 271.kv., 1.nog.	10	2,6
Misas iecirknī 291.kv., 9.nog.	13	10,9

Koku skaits uz platības vienību dažādos parauglaukumos svārstās no 1180 līdz 1880 gab.ha<sup>-1</sup>, vidēji – 1300 gab.ha<sup>-1</sup>. Tas ir 1,4 reizes vairāk, nekā Somijā. Nevienā no audzēm valdošās sugas koku skaits nav mazāks par kritisko, bet ir tuvu minimālajam, izņemot 295.kv., 6.nog. 1.parauglaukumu, kurā paliekošo koku skaits ir ievērojami lielāks par minimālo.

Pētījuma rezultāti liecina, ka saņošanas tehnoloģijas pielietošana var pozitīvi ietekmēt mehanizētās jaunaudžu kopšanas mežsaimniecisko kvalitāti, jo samazinās pievešanas procesā radīto bojājumu īpatsvars, tomēr iegūtā informācija ir nepietiekoša, lai novērtētu, kādu efektu var dot šīs tehnoloģijas pielietošana audzēs ar lielāku sākotnējo biežumu vai atstājamo koku skaitu, jo visās Somijā uzņēmējās audzēs pie līdzīgām koku dimensijām atstājamo koku skaits konstatēts mazāks nekā Latvijā. Otrs būtisks faktors, kas ietekmē bojājumu īpatsvaru, ir tehnoloģisko koridoru platums. Somijā ierīkotajos parauglaukumos tehnoloģisko koridoru platums vidēji ir 4 m, savukārt Latvijā tas nepārsniedz 3,5 m, praktiski neatstājot manevrēšanas iespējas forvardera operatoram. Lielākā daļa no mehāniski bojātajiem kokiem atrodas tehnoloģiskā koridora malā, kas apstiprina šo pieņēmumu.

#### Saņošanas tehnoloģiju pielietošanas potenciāls jaunaudžu kopšanā DALZ platībās

Saskaņā ar Latvijā, Somijā un Zviedrijā veiktu pētījumu rezultātiem [Skogforsk & Silava, 2008] harvesteru ar akumulējošu griezēj- vai kniebējgalvu izmantošana papīrmalkas un enerģētiskās koksnes sagatavošanai var būt rentabla mežaudzēs, kur kociņu vidējais D<sub>1,3</sub> ir vismaz 8 cm. DALZ platībās ir aptuveni 6,3 tūkst.ha mežaudžu, kas atbilst šim kritērijam un kuru biežība pārsniedz pieļaujamo. Kopējā krāja šajās audzēs ir 1 milj.m<sup>3</sup>, tajā skaitā kopšanas krāja 111 tūkst.m<sup>3</sup> (Tab. 46).

Vidējā kopšanas krāja uz platības vienību ir neliela – 10,6 m<sup>3</sup>/ha, Vislielākā tā ir 21-30 gadus

vecās apšu audzēs ( $24,1 \text{ m}^3/\text{ha}$ ). Izkopjamās krājas apjomu var palielināt, samazinot paliekošo koku biežību. Pārrēķinot uz Fixteri harvestera – saiņotāja vidējo ražību ( $2,6\text{-}3,7 \text{ m}^3/E_0$  stundā) [Jylhä et al., 2007], šo platību izkopšanai nepieciešams 43-61 tūkst. motorstundas, bet, pārrēķinot uz vidējo sīkkoku harvestera ražību Latvijā veiktos izmēģinājumos  $11 \text{ (m}^3/E_0 \text{ stundā)}$  [Skogforsk & Silava, 2008] – 15 tūkst. motorstundas. Ar maksimālo noslodzi 4032 darba stundas gadā un nolietojuma periodu 5 gadi DALZ platības spētu nodrošināt ar darbu 2-3 Fixteri harvesterus – saiņotājus vai 1 sīkkoku harvesteri. Aptuveni  $\frac{1}{3}$  kopšanas krājas atrodas baltalkšņa audzēs, kurās saiņošanas tehnoloģijas pielietošana nebūtu lietderīga, ņemot vērā, ka šajās audzēs negatavo papīrmalkas sortimentu.

Rezultāti un to analīze

Tab. 46 Kopšanai piemērotas jaunaudzes ar vidējo koku caurmēru virs 8 cm

Vecuma klases	Parametri	apse	baltalksnis	bērzs	melnalksnis	ozols	Kopā
11-20	Platība, ha		1 253	674			1 927
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha		197,4	99,8			158,3
	Kopšanas krāja, m <sup>3</sup>		16 817	11 361			28 179
	Kopšanas krāja, m <sup>3</sup> /ha		9,8	10,5			10,0
21-30	Platība, ha	862	838	20			1 720
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	181,2	142,3	88,1			138,6
	Kopšanas krāja, m <sup>3</sup>	28 453	20 099				48 551
	Kopšanas krāja, m <sup>3</sup> /ha	24,9	16,9				12,6
31-40	Platība, ha	575		991			1 666
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	190,7		175,0			158,4
	Kopšanas krāja, m <sup>3</sup>	13 369		17 819			31 188
	Kopšanas krāja, m <sup>3</sup> /ha	23,3		14,0			13,1
41-50	Platība, ha			240	314		554
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha			284,4	83,7		184,0
	Kopšanas krāja, m <sup>3</sup>				1 576		1 576
	Kopšanas krāja, m <sup>3</sup> /ha				5,0		2,5
51-60	Platība, ha			235		284	518
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha			95,2		269,6	182,4
	Kopšanas krāja, m <sup>3</sup>			1 238		602	1 840
	Kopšanas krāja, m <sup>3</sup> /ha			5,3		2,1	3,7
<b>Kopā</b>	<b>Platība, ha</b>	<b>1 437</b>	<b>2 091</b>	<b>2 159</b>	<b>314</b>	<b>284</b>	<b>6 284</b>

## Rezultāti un to analīze

Vecuma klases	Parametri	apse	baltalksnis	bērzs	melnalksnis	ozols	Kopā
	Krāja, m <sup>3</sup> /ha	183,6	169,8	149,0	83,7	269,6	154,3
	Kopšanas krāja, m <sup>3</sup>	41 822	36 916	30 419	0	602	109 758
	Kopšanas krāja, m <sup>3</sup> /ha	24,5	13,4	8,5	5	2,1	10,6

## ZVĒRU BOJĀJUMU NOVĒRTĒJUMS 2007.GADĀ IZKOPTAJĀS JAUNAUDZĒS

zvēru bojājumu (apkodumu, mizas bojājumu) novērtējums 2007.g. izkoptajās jaunaudzēs DALZ platībās, kurās veikta enerģētiskās koksnes sagatavošana, un kontroles platībās, kur sīkkoki pēc kopšanas atstāti izklaidus, lai noskaidrotu, cik lielā mērā tehnoloģisko koridoru veidošana un sīkkoku izvākšana sekmē lielo meža zīdītāju uzturēšanos izkoptajās platībās un kokiem nodarītos bojājumus.

Balvu rajonā ierīkoto izmēģinājumu objektu raksturojums dots Tab. 47. Garozas apkārtnē ierīkoto izmēģinājumu objektu raksturojums dots iepriekšējā nodaļā Tab. 44.

Tab. 47 Izmēģinājumu objektu raksturojums

Suga	Biezums, gab.ha <sup>-1</sup>	Vid. Ø, cm	Vid. H, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Biomasa, tsausnas ha <sup>-1</sup>
<b>1. izmēģinājumu objekta raksturojums – sīkkoki savākti tehnoloģisko koridoru malā</b>					
A	24	5,8	7,4	0,1	0,1
B	1 096	5,3	8,0	2,6	6,3
Ba	32	7,4	8,7	0,1	0,2
Cits	16	10,8	10,9	0,1	0,3
<b>Kopā:</b>	<b>1 168</b>	<b>5,4</b>	<b>8,1</b>	<b>2,9</b>	<b>6,9</b>
<b>2. izmēģinājumu objekta raksturojums – sīkkoki savākti tehnoloģisko koridoru malā</b>					
A	16	3,7	4,3	0,0	0,0
B	768	4,9	6,0	1,7	4,1
Cits	80	3,8	4,7	0,1	0,2
<b>Kopā:</b>	<b>864</b>	<b>4,7</b>	<b>5,8</b>	<b>1,8</b>	<b>4,3</b>
<b>3. izmēģinājumu objekta raksturojums – kontrole, nozāģētie sīkkoki izklaidus audzē</b>					
A	30	5,8	7,4	0,1	0,1
B	1 370	5,3	8,0	3,2	7,8
Ba	40	7,4	8,7	0,2	0,3
Cits	20	10,8	10,9	0,2	0,4
<b>Kopā:</b>	<b>1 460</b>	<b>5,4</b>	<b>8,1</b>	<b>3,7</b>	<b>8,6</b>

Parauglaukumos ievāktie dati un aprēķini liecina, ka enerģētiskās koksnes sagatavošana jaunaudzēs nav ietekmējusi dzīvnieku izraisīto bojājumu intensitāti. Visos apsekotajos parauglaukumos, tika konstatētas tikai četras apses ar mizas bojājumiem uz stumbra, kurus izraistīja dzīvnieku darbība. Pārējo bojājumu iemesli bija vai nu mehāniskie bojājumi, kuri palika pēc kopšanas cirtes izstrādes, vai nu sveķu vēzis (parauglaukumā, kura valdošā suga ir priede). Bojājumu intensitāte visos parauglaukumos bija 0,5% līdz 14% robežās, tātad vidēji 7% no kopējā koku skaita. Tik augsts bojājumu procents ir izskaidrojams ar mehānisko bojājumu lieliem apjomiem (egļu audzē). Kā arī ar sveķu vēža izplatību priežu jaunaudzē. Bērza audzēs lauksaimniecības zemēs Balvu rajonā netika konstatēti dzīvnieku radīti valdaudzēs koku bojājumi.

Dzīvnieku bojājumi, neskatoties uz mežsaimnieciskā pasākuma (kopšanas cirte) veikšanas, nav izteikti. Neapšaubāmi, šo faktu ietekmē virkne ar iemesliem, ieskaitot klimatiskos apstākļus. Saskaņā ar Kroniša pētījumiem (1970), koku laušana un galotņu bojāšana nenotiek, ja, piemēram, aļņu uzturēšanās vietās ziemā barības ir vismaz trīs reizes vairāk, nekā nepieciešams (diennaktī vidēji patērē 13 kg barības) [Верещанин & Русаков, 1979]. Tādēļ visefektīvākais paņēmiens ir vismaz neliela pameža saglabāšana. Ir gadījumi, kad visapkārt



audzei veido aizsargstādījumu no mīksto lapu koku sugām (apse, bērzs, baltalksnis u.c.). Daļā no pētījumu objektiem tika atstāti nocirstie koki izklaidus vai kaudzēs pa visu teritoriju.

Vācijas speciālisti uzskata, ka dzīvnieku bāzes stabilizēšanai ir nepieciešamas platības 2,3% apmērā no meža masīvu teritorijām, kur aug zālāji, speciālās barības kultūras, kokaugu un krūmu stādījumi dzīvnieku barībai un paslēptuvēm, kā arī mazuļu izaudzēšanai [Gaross, 1982].

Augsts briežveidīgo populācijas skaits izskaidro relatīvi biežus un apjomīgus koku mizas bojājumus bargo un sniegaino ziemu laikā. Briežveidīgo organisma nepieciešamība pēc šķiedraina materiāla var izskaidrot mizas bojājumus tajos apgabalos, kur tas nekad netika novērots iepriekš.

Saskaņā medību kolektīvu novērojumiem, aļņu bojātās egļu audzes ir izvēlētas tajos meža masīvos, kur barības bāzes bagātīgums un pieejamība ir vienlīdzīgi laba gan vasaras, gan ziemas periodā. Tas var nozīmēt, ka aļņu izvēlētajās teritorijās ir pietiekams mīksto lapu koku sugu daudzums un izvēle. Neskatoties uz to, ka rudenī lapām dzeltējot un samazinoties svaigo, zemāko stāvu, augu pieejamībai, aļņu barības bāze ir papildināma ar egļu mizu.

## SABIEDRĪBAS INFORMĒŠANA

Pētījuma ietvaros sagatavota fakto lapa par enerģētiskās koksnes sagatavošanas iespējām DALZ platībās, izmantojot vienlaidus apauguma novākšanas iekārtas, kurā apkopota informācija par mehanizētās kopšanas izmēģinājumu rezultātiem un enerģētiskās koksnes resursiem DALZ platībās. Fakto lapa pievienota 3.pielikumā un publicēta elektroniski mājas lapā <http://sites.google.com/site/energyforests/>.

Pētījuma ietvaros sadarbībā ar cita MAF projekta "Enerģētiskās koksnes sagatavošana no celmiem un daudzgadīgo enerģētisko augu plantācijās – tehnoloģijas un darba organizācija" darba grupu organizēts seminārs "Enerģētiskās koksnes plantāciju un apmežojušos lauksaimniecības zemju apsaimniekošanas demonstrējumi", kurā tika demonstrētas AHWI AM600 pielietojšanas iespējas kārkļu plantāciju izstrādē un lauksaimniecības zemju apauguma novākšanā. Tehnisku problēmu dēļ izdevās parādīt tikai mašīnas pielietojšanas iespējas kārkļu plantācijās (Att. 52).

Att. 52 Projekta mājas lapa



Pētījuma ietvaros izveidota mājas lapa "Meža un daudzgadīgo enerģētisko kultūru apsaimniekošana lauksaimniecības zemēs" (<http://sites.google.com/site/energyforests/>) (Att. 53), kurā apkopota informācija par LVMI "Silava" un citiem pētījumiem apmežojušos lauksaimniecības zemju un enerģētiskās koksnes plantāciju apsaimniekošanas jomā. Mājas lapa sastāv no šādām nodaļām:

- vispārīgā informācija par lauksaimniecības zemju apsaimniekošanu Latvijā;
- normatīvā bāze, tajā skaitā ES un Latvijas normatīvi, kas reglamentē lauksaimniecības zemju apmežošanu un enerģētisko augu audzēšanu;
- projekti – informācija par izpētes projektiem, kas skar lauksaimniecības zemju apmežošanas jautājumus;
- informācija par demonstrējumiem un semināriem, kas skar lauksaimniecības zemju apmežošanas un kārkļu plantāciju apsaimniekošanas jautājumus;
- dažādi informatīvie materiāli, tajā skaitā prezentācijas konferencēs un izstādēs, bukleti un video materiāli;
- rekomendāciju un tehnoloģiju sadaļa par enerģētiskās koksnes plantāciju apsaimniekošanu un enerģētiskās koksnes sagatavošanu jaunaudzēs;
- aprēķinu modeļi enerģētiskās koksnes krājas novērtēšanai, kopšanas modelēšanai un citiem aprēķiniem.

Att. 53 Projekta mājas lapa



## SECINĀJUMI

---

---

1. Meža resursu monitoringa datu analīze liecina, ka kopējā DALZ platība Latvijā ir  $352\,513 \pm 16\,498$  ha, bet kopējā krāja  $3\,627\,882 \pm 536\,760$  m<sup>3</sup>. Lielākā daļa šo platību atrodas Latgales un Vidzemes reģionos un pieder privātpersonām (343 727 ha). Gandrīz visas mežaudzes DALZ platībās veidojušās dabiski no sēklām (325 450 ha).
2. DALZ platībās dominē auglīgi meža tipi – vēris (196 891 ha), damaksnis (65 554 ha) un šaurlapju ārenis (43 450 ha). Valdošās sugas tajās platībās, kur noteikti mežaudžu taksācijas rādītāji (241 402 ha), ir bērzs (98 846 h) un baltalksnis (49 050 ha). Baltalkšņa audzēs divreiz mazākā platībā ir gandrīz tāda pati krāja, kā bērza audzēs, attiecīgi, 1 064 584 m<sup>3</sup> un 1 159 207 m<sup>3</sup>. Visvairāk DALZ platībās ir 1-10 gadus vecus audžu (124 013 ha), tomēr lielākā daļa krājas (1 675 282 m<sup>3</sup>) koncentrēta 11-20 gadus vecās audzēs. Lielākais 1-10 gadus vecu audžu īpatsvars (66% no kopplatības) raksturīgs apsei.
3. Kārtējā gada krājas pieaugums DALZ platībās ir neliels – 302 013 m<sup>3</sup> (< 1 m<sup>3</sup>/ha). Tas saistīts gan ar lielu jaunu audžu īpatsvaru, gan mežaudžu mazo biežumu, kas daudzos gadījumos nepārsniedz kritisko. Lielākais krājas pieaugums gadā raksturīgs 11-20 gadus vecām audzēm. Baltalkšņa audzēs maksimālais krājas pieaugums ir 21-30 gadus vecās audzēs (3,5 m<sup>3</sup>/ha), bērza audzēs – 41-50 gadus vecās audzēs (17,1 m<sup>3</sup>/ha), tomēr šāda vecuma bērza audžu īpatsvars DALZ zemēs ir mazāks par 1% no bērza audžu kopplatības. Kopšanas krāja DALZ platībās ir 452 089 m<sup>3</sup> un vairāk nekā puse no tās (257 780 m<sup>3</sup>) koncentrēta 11-20 gadus vecās audzēs. Lielākā kopšanas krāja (> 20 m<sup>3</sup>/ha) ir priedes, baltalkšņa un apses jaunaudzēs.
4. Pētījuma ietvaros izstrādātas virszemes biomasas aprēķinu pakāpes regresijas vienādojumi apsei, bērzam, baltalksnim, eglei, melnalksnim un priedei, izmantojot kā faktoriālo pazīmi koku caurmēru ( $D_{1,3}$ ). Determinācijas koeficients ( $R^2$ ) kopējai virszemes biomasai dažādām koku sugām ir robežās no 0,634 (egle) līdz 0,954 (baltalksnis). Salīdzinot ar šiem regresijas vienādojumiem iegūto biomasu 96 parauglaukumos, kas izmantoti tālīzpētes izmēģinājumos, un aprēķinu rezultātus, izmantojot [Zianis et.al., 2005] publicētos vienādojumus ar augstāko determinācijas koeficientu, konstatēts, ka vidējie rezultāti atšķiras par 10-15%, tomēr atsevišķām sugām konstatēta būtiska atšķirība (eglei 75%).
5. Platību tālīzpētes izmēģinājumos izmantoti LANDSAT satelītu uzņēmumi, kuru analīze 2 DALZ platībās, kurās ierīkoti 96 apļveida parauglaukumi, deva 45% atbilstību faktiskajai apauguma klasei. LANDSAT uzņēmumu izšķirtspēja ir nepietiekoša, lai tos izmantotu atsevišķu DALZ platību raksturošanai (sadalījumam laucēs, krūmu un sīkkoku apauguma klasēs). Iespējams, ka labāku rezultātu dos aerofotouzņēmumu izmantošana, taču, lai to pierādītu, ir jāveic plašāks pētnieciskais darbs.
6. Pētījuma ietvaros novērtēta mulčētāja AHWI FM600 Profi ražība un pašizmaksa vienlaidus apauguma novākšanā krūmājos, augsnes sagatavošanā joslās meža ieaudzēšanai un jaunaudžu kopšanai joslās. Visos izmēģinājumos iekārta uzrādīja labus tehniskos rādītājus taču jaunaudžu kopšanā operatora pieredze bija nepietiekoša un faktiskā ražība būtiski atpalika no teorētiski iespējamās. Jaunaudžu kopšanas pašizmaksa pie maksimālas noslodzes gada griezumā ir 227 Ls/ha, bet augsnes sagatavošanas joslās ar vienlaicīgu veģetācijas novākšanu pašizmaksa ir 219 Ls/ha. Pieaugot mašīnas ražībai, var būtiski palielināties degvielas patēriņš, tāpēc kopšanas vai augsnes sagatavošanas joslās pašizmaksa samazināsies, taču ne tik ļoti, kā to var aprēķināt, izmantojot izmēģinājumos iegūtos degvielas patēriņa datus. Gandrīz pusē

no DALZ platībām šķērslaukums vai koku skaits ir mazāks par kritisko, vai arī sugu sastāvs neļauj izveidot augstvērtīgu audzi, tāpēc tādu iekārtu, kā AHWI FM600 PROFI izmantošanas apjoms nākotnē gan apauguma novākšanā, gan augsnes sagatavošanā varētu būtiski pieaugt.

7. AHWI AM600 izmantošanas pašizmaksa kārkļu plantācijās ir 4,1 Ls/ber.m<sup>3</sup> un šo iekārtu bez būtiskiem tehniskiem uzlabojumiem var izmantot selekcionētu kārkļu plantāciju izstrādē, taču dabiska un neviendabīga kārkļu un blīgznašas apauguma apstākļos šķeldu pašizmaksa ir 8,20 Ls/ber.m<sup>3</sup>, bet oglekļa emisijas atmosfērā ražošanas procesā 3 reizes lielākas, nekā, strādājot plantācijā. Iekārtai ir nepieciešami būtiski tehniski uzlabojumi, lai to varētu izmantot dabiskās kārkļu audzēs. Ģeometrisko kopšanu joslās ar AHWI AM600 vai līdzīgām mašīnām var veikt DALZ platībās 16 179 ha platībā apses, bērza, egles, melnalkšņa un priedes audzēs, taču izstrādājamā krāja vairumā gadījumu ir niecīga un neseģa ražošanas izmaksas. Vienlaidus apauguma novākšanai piemēroti ( $D_{1,3} < 8$  cm,  $V > 30$  m<sup>3</sup>/ha) 19 399 ha, taču nepieciešami tehniski uzlabojumi mašīnas konstrukcijā. Procesa ekonomisko efektivitāti būtiski samazinās liels pārbraucienų attālums starp laukiem, tāpēc svarīgi, lai bāzes mašīna spētu ātri pārvietoties un darba agregāts būtu vieglāks, nekā tas ir tagad. Pētāms jautājums ir AHWI AM600 izmantošanas iespējas organizētā atvasāju saimniecībā.
8. Veicot ar harvesteri – saiņotāju Fixteri izkopto platību uzmērīšanu Somijā, konstatēts, ka mehāniskie bojājumi kokiem, kas radīti izstrādes vai pievešanas procesā, ir 0%, salīdzinot ar 1-14% bojāto koku jaunaudžu kopšanas cirtēs Latvijā. Lielākā daļa bojājumu radušies pievešanas procesā, operējot ar 6-12 m gariem koku stumbriem iekraušanas un pievešanas laikā. Fixteri izmantošana ļautu daļēji atrisināt šo problēmu, taču jāņem vērā, ka Somijā harvestera operators uzreiz atstāj maksimāli platus (4-4,5 m) tehnoloģiskos koridorus, bet Latvijā koridori sākotnēji bijuši 3-3,5 m plati un tieši koridoru malās konstatēts visvairāk bojāto koku, tāpēc būtisku bojājumu īpatsvara samazinājumu var panākt, uzlabojot esošo darba metodi – ierīkojot platus un taisnus tehnoloģiskos koridorus jaunaudžu kopšanā.
9. 2007.g. izkoptajā bērza jaunaudzēs DALZ platībās, kurās veikta enerģētiskās koksnes sagatavošana, nav konstatēti valdaudzes koku bojājumi, ko būtu radījuši lielle zīdītāji, taču vietām tehnoloģiskajos koridoros un pašās audzēs ir apgrauzti pameža atvasāji, kas apstiprina pieņēmumu, ka jaunaudžu kopšanā lietderīgi atstāt pamežu vai veicināt tā ataugšanu, apzāģējot lielākos kārkļu un lazdu krūmus, lai tiem veidotos svaigas atvases. Tomēr projekta ietvaros veiktie novērojumi ir nepietiekoši, lai izdarītu viennozīmīgus secinājumus par sīkkoku savākšanas ietekmi uz dzīvnieku radīto bojājumu īpatsvaru.

# LITERATŪRA

---

---

1. Andersson & Markkula, 1974: Andersson E., Markkula A., *The chemical composition of the winter nutrition of the moose*, 1974
2. Barni et al., 2000: Barni M., Garzelli A., Mecocci A., Sabatini L., *A Robust Fuzzy Clustering Algorithm for the Classification of Remote Sensing Images*,
3. Canada Centre for Remote Sensing, 2003: Canada Centre for Remote Sensing, *Fundamentals of Remote Sensing*, 2003
4. Walsh, 2003: Chief Walsh M.J., *Remote Sensing*, 2003
5. Yijun, 2003: Cui Yimun, *Remote Sensing and GIS for Supporting Sustainable Forest Management Certification in the Tropics*, 2003
6. Zianis et al., 2005: Dimitris Zianis, Petteri Muukkonen, Raisa Mäkipää and Maurizio Mencuccini, *Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe*, 2005
7. Stein et al., 2007: Ed. Stein A., van der Meer F., Gorte B., *Spatial Statistics for Remote Sensing*, 2007
8. Kerne et al., 2001: Ed. Kerne N., Janssen L.L.F., Huurnamen G.C., *Principles of Remote Sensing*, 2001
9. Metsäsektorin tulevaisuuskatsaus, 2006: Ed. Marja Kokkonen & Leena Hytönen, *Metsäsektorin tulevaisuuskatsaus*, 2006
10. Sivakuman et al., 2003: Ed. Sivakuman M.V.K., Roy P.S., Harmsen K., *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology*, 2003
11. Editorial, 2001: Editorial, *Statistical sensing of the environment - Space, time, scale: combining remote sensing and spatial statistics for ecology and the environment*, 2001
12. Stūrmanis, 2005: Ervins Stūrmanis, *Ģeoinformācijas sistēmas*, 2005
13. Euler, 1981: Euler D., *A moose habitats strategy for Ontario*, 1981
14. Felicísimo et al., 2002: Felicísimo A.M., Frnces E., Fernandez J.M., Gonzalez-Diez A., Varas J., *Modeling the Potential Distribution of Forests with a GIS*, 2002
15. Forest Finland in brief, 2007: Finnish Forest Research Institute, *Forest Finland in brief*, 2007
16. Gaross, 1982: Gaross V., *Latvijas PSR aļņu populācija un tās racionālā izmantošana*, 1982
17. 2001, Goodchild: Goodchild M.F., *Metrics of scale in remote sensing and GIS*, 2001
18. Hakkila, 2004: Hakkila D., *Developing Technology for Large-Scale Production of Forest Chips. Wood Energy Technology Programme 1999–2003*, 2004
19. Hamilton et al., 1980: Hamilton G., Drysdale P., Euler D., *Moose winter browsing patterns on clear-cuttings in northern Ontario*, 1980
20. Heikkila & Harkonen, 1993: Heikkila R. Harkonen S., *Moose (Alces alces L.) browsing in young Scots pine stands in relation to the characteristics of their winter habitats*, 1993
21. Isomaki & Kalio, 1974: Isomaki A., Kalio T., *Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of (Picea abies (L.) Karst.)*, 1974
22. Ivits & Koch, 2002: Ivits E., Koch B., *Object-Oriented Remote Sensing Tools for Biodiversity Assessment: a European Approach*, 2002
23. Tindall, 2006: James A. Tindall, *Deconvolution of Plant Type(s) for Homeland Security Enforcement Using Remote Sensing on a UAV Collection Platform*, 2006
24. Jylhä & Laitila, 2007: Jylhä P., Laitila J., *Energy wood and pulpwood harvesting from young stands using a prototype whole-tree bundler*, 2007
25. Jylhä et al., 2007: Jylhä P., Väättäinen K. & Asikainen A., *Resultat fran Skogforsk Nr. 10/2007*, 2007
26. Juhansson, 2007: Juhansson T., *Biomass production and allometric above- and below-ground relations for young birch stands planted at four spacings on abandoned farmlands*, 2007
27. Juhansson, 1999b: Juhansson T., *Biomass equations for determining fractions of European aspen growing on abandoned farmland and some practical implementations*, 1999

28. Juhansson, 1999a: Juhansson T., *Biomass equations for determining fractions of common and grey alders growing on abandoned farmland and some practical implementations*, 1999
29. Kärhä et al., 2008: Kärhä K., Jylhä P., Laitila J. and Pajuoja H., *Whole tree bundling: A new concept for integrated pulpwood and energy wood procurement from early thinnings*, 2008
30. Kepner & Edmonds, 2002: Kepner W.G., Edmonds C.M., *Remote Sensing and Geographic Information Systems for Decision Analysis in Public Resource Administration: A Case Study of 25 Years of Landscape Change in a Southwestern Watershed*, 2002
31. Laasasenaho, 1982: Laasasenaho J., *Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch*, 1982
32. Laitila et al., 2004: Laitila J., Asikainen A., Sikanen L., Korhonen K.T. & Nuutinen Y., *Pienpuuhakkeen tuotannon kustannustekijät ja toimituslogistiikka. Metlan työraportteja*, 2004
33. MAF C65, 2006: Lazdiņš A., Lazdiņa D., *Īscirtmeta enerģētiskās koksnes plantāciju produktivitātes paaugstināšanas iespējas*, 2006
34. Liepa, 1999: Liepa J., *Pieauguma mācība*, 1999
35. Lobell, 2002: Lobell D.B., Asner G.P., Ortiz-Monasterio J.I., Benning T.L., *Remote sensing of regional crop production in the Yaqui Valley, Mexico: estimates and uncertainties*,
36. Skogforsk/LVM, 2006: Magnus Thor, Henrik von Hofsten, Hagos Lundström, Valentīns Lazdāns, Andis Lazdiņš, *Extraction of logging residues at LVM*, 2006
37. Manakos et al., 2000: Manakos I., Liebler J., Schneider T., *Parcel based calibration of remote sensing data for precision farming purposes (Eichung von Fernerkundungsdaten anhand von Testparzellen für Precision Farming-Anwendungen)*, 2000
38. Marklund, 1988: Marklund L.G., *Biomassa funktioner för tall, gran och björk i Sverige [Biomass functions for pine, spruce and birch in Sweden]*,
39. Natural Resources Canada, 2002: Natural Resources Canada, *Educational Resources for Radar Remote Sensing*, 2002
40. Pulliainen et al., 1964: Pulliainen E., Loisa K., Pohjalainen T., *Winter food of the moose (Alces alces L.) in eastern Lapland*, 1964
41. Richards & Jia, 2006: Richards J.A., Jia X., *Remote Sensing Digital Image Analysis*, 2006
42. Ryans, 1995: Ryans M., *Precommercial strip thinning with Hydro-Ax brush cutters in Nova Scotia*, 1995
43. Ryans & Lirette, 2003: Ryans M. and Lirette J., *Mechanized early stand tending: a literature review*, 2003
44. Shaw & Burke, 2003: Shaw G.A., Burke H.K., *Spectral Imaging for Remote Sensing*, 2003
45. Siipilehto, 1999: Siipilehto J., *Improving the accuracy of predicted basal-area diameter distribution in advanced stands by determining stem number*, 1999
46. St-Amour, 2007: St-Amour M., *Semi-mechanized precommercial strip thinning - A practical operations guide*, 2007
47. St-Amour, 2006: St-Amour M., *Evaluation of three brushcutters for semi-mechanized precommercial thinning in Quebec*, 2006
48. Ziemelis, 2008: Valdis Ziemelis, *Elektromagnētiskie lauki un nodarbināto aizsardzība*, 2008
49. Vanags, 2003: Vanags V., *Mūsdienu Latvijas topogrāfiskās kartes. Fotogrammetrija*, 2003
50. Wihersaari & Palasuo, 2000: Wihersaari M., Palasuo T., *Puuenergia ja kasviuonekaasut. Osa 1: Päätehakkuun haketuotantoketjujen kasviuonekaasupäästöt. (Study of greenhouse gas emissions from final harvest fuel chips production.)*, 2000
51. <http://www.creaf.uab.es>: Remote sensing of forest fires, Apmeklēts 10.10.2008., [http://www.creaf.uab.es/MIRAMON/publicat/papers/lisboa98/for\\_fire.htm](http://www.creaf.uab.es/MIRAMON/publicat/papers/lisboa98/for_fire.htm)
52. <http://biodiv.lvgma.gov.lv>: Bioloģiskā daudzveidība Latvijā, Apmeklēts 10.10.2008, <http://biodiv.lvgma.gov.lv/fol302307/fol818778>
53. Zemkopības ministrija, 2008: , Apmeklēts 09.09.2008, <http://www.zm.gov.lv/index.php?id=5288&sadala=1113>
54. <http://ccrs.nrcan.gc.ca>: Canada Center for remote sensing, Apmeklēts 09.09.2008, [http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index\\_e.php](http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php)
55. Wikipedia: , Apmeklēts 09.09.2008, <http://lv.wikipedia.org/wiki/%C4%A2eogr%C4%81fija#T.C4.81lizp.C4.93te>
56. Ģeogrāfiskā informācijas sistēmas: , Apmeklēts 07.10.2008, <http://www.gis.lv/>
57. Skogforsk & Silava, 2008: Nordén B., Iwarsson-Wide M., von Hofsten H., Thor M., Lazdāns V.,

Lazdiņš A. and Zimelis A., *Forest energy from small-dimension stands, "infra-structure objects" and stumps*, 2008

58. Верещагин & Русаков, 1979: Верещагин Н. К., Русаков О. С., *Копытные Северо-Запада СССР (история, образ жизни и хозяйственное использование)*, 1979

**1.Pielikums: Tālizpētē izmantoto parauglaukumu  
uzmērījumu rezultāti**



Tab. 1 Parauglaukumu uzmērijumu dati

Pl.Nr.	Dati	A	B	Ba	Cits	E	Ma	P	Vidēji
70	Biezums, gab./ha				12000				12000
	Vid. Ø, cm				1				1
	Vid. H, m				3,2				3,2
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				0,9				0,9
	Biomasa, tsausnas/ha				5,8				5,8
71	Biezums, gab./ha				10800				10800
	Vid. Ø, cm				7,4				7,4
	Vid. H, m				7,9				7,9
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				45,9				45,9
	Biomasa, tsausnas/ha				85,7				85,7
73	Biezums, gab./ha				11600				11600
	Vid. Ø, cm				2,7				2,7
	Vid. H, m				5,6				5,6
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				6,8				6,8
	Biomasa, tsausnas/ha				18,9				18,9
75	Biezums, gab./ha		200		9600				4900
	Vid. Ø, cm		9,7		4,6				7,15
	Vid. H, m		10,7		6,8				8,75
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha		1,5		15,8				8,65
	Biomasa, tsausnas/ha		3,2		33,7				18,45
76	Biezums, gab./ha		200		16400				8300
	Vid. Ø, cm		9		6,4				7,7
	Vid. H, m		9,2		7,7				8,45
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha		1,3		53,6				27,45
	Biomasa, tsausnas/ha		2,8		103,9				53,35
79	Biezums, gab./ha				8400		1000		4700
	Vid. Ø, cm				3,8		18,5		11,15
	Vid. H, m				5,1		13		9,05
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				9,3		29		19,15
	Biomasa, tsausnas/ha				17,3		92		54,65
80	Biezums, gab./ha				10000				10000
	Vid. Ø, cm				2,3				2,3
	Vid. H, m				2,8				2,8
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				4,2				4,2
	Biomasa, tsausnas/ha				7				7

Pl.Nr.	Dati	A	B	Ba	Cits	E	Ma	P	Vidēji
82	Biezums, gab./ha		200		8200		1400		3266,67
	Vid. Ø, cm		8,2		2,5		3,6		4,77
	Vid. H, m		5		3,2		4,2		4,13
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha		1,1		4,1		2		2,4
	Biomasa, tsausnas/ha		2,4		7,1		4,8		4,77
85	Biezums, gab./ha				6400				6400
	Vid. Ø, cm				2,9				2,9
	Vid. H, m				3,8				3,8
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				4,1				4,1
	Biomasa, tsausnas/ha				7,4				7,4
86	Biezums, gab./ha				15200				15200
	Vid. Ø, cm				3,4				3,4
	Vid. H, m				4,6				4,6
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				13,6				13,6
	Biomasa, tsausnas/ha				25,2				25,2
89	Biezums, gab./ha				16000				16000
	Vid. Ø, cm				3				3
	Vid. H, m				4,1				4,1
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				11,6				11,6
	Biomasa, tsausnas/ha				21,1				21,1
92	Biezums, gab./ha				12400				12400
	Vid. Ø, cm				2,9				2,9
	Vid. H, m				3,8				3,8
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				7,9				7,9
	Biomasa, tsausnas/ha				14,3				14,3
95	Biezums, gab./ha				12000				12000
	Vid. Ø, cm				4,6				4,6
	Vid. H, m				6,1				6,1
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				20,2				20,2
	Biomasa, tsausnas/ha				38,2				38,2
96	Biezums, gab./ha				14800				14800
	Vid. Ø, cm				3,3				3,3
	Vid. H, m				4,5				4,5
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				12,7				12,7
	Biomasa, tsausnas/ha				23,4				23,4

Pl.Nr.	Dati	A	B	Ba	Cits	E	Ma	P	Vidēji
2	Biezums, gab./ha	7400						400	3900
	Vid. Ø, cm	2,8						1,4	2,1
	Vid. H, m	3,5						3,7	3,6
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	6,8						0,1	3,45
	Biomasa, tsausnas/ha	12,9						0,2	6,55
4	Biezums, gab./ha		5400		1200		600	1800	2250
	Vid. Ø, cm		3,7		2,3		5,7	4	3,93
	Vid. H, m		5,7		4,4		7,7	6,1	5,98
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha		7,7		0,7		1,6	2,9	3,23
	Biomasa, tsausnas/ha		19,1		1,8		3,8	7,2	7,98
5	Biezums, gab./ha		400		200			4200	1600
	Vid. Ø, cm		2,5		3			6,2	3,9
	Vid. H, m		4,8		5,7			4,8	5,1
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha		0,2		0,1			17,9	6,07
	Biomasa, tsausnas/ha		0,6		0,4			42,7	14,57
6	Biezums, gab./ha		14200						14200
	Vid. Ø, cm		3,9						3,9
	Vid. H, m		5,4						5,4
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha		28,3						28,3
	Biomasa, tsausnas/ha		64,4						64,4
8	Biezums, gab./ha							5600	5600
	Vid. Ø, cm							7,4	7,4
	Vid. H, m							5	5
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha							32,1	32,1
	Biomasa, tsausnas/ha							75,9	75,9
9	Biezums, gab./ha		2800		16800				9800
	Vid. Ø, cm		4,2		2,9				3,55
	Vid. H, m		6,2		4,9				5,55
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha		4,5		16,5				10,5
	Biomasa, tsausnas/ha		11,2		37,9				24,55
11	Biezums, gab./ha	9600	4000		8400				7333,33
	Vid. Ø, cm	2,4	3,1		2,6				2,7
	Vid. H, m	2,9	5		4,4				4,1
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	8,8	4,1		7,2				6,7
	Biomasa, tsausnas/ha	15,4	10,5		16,5				14,13
12	Biezums, gab./ha	15000							15000

Pl.Nr.	Dati	A	B	Ba	Cits	E	Ma	P	Vidēji
	Vid. Ø, cm	2,2							2,2
	Vid. H, m	2,8							2,8
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	9,7							9,7
	Biomasa, tsausnas/ha	18,7							18,7
13	Biezums, gab./ha		400		54800				27600
	Vid. Ø, cm		1,8		1,1				1,45
	Vid. H, m		3,9		2,2				3,05
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha		0,1		7				3,55
	Biomasa, tsausnas/ha		0,3		23,4				11,85
15	Biezums, gab./ha	400			24800				12600
	Vid. Ø, cm	8,3			2,6				5,45
	Vid. H, m	5,7			4,7				5,2
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	2,2			17,1				9,65
	Biomasa, tsausnas/ha	3,3			42,1				22,7
16	Biezums, gab./ha				15200				15200
	Vid. Ø, cm				1,6				1,6
	Vid. H, m				3,4				3,4
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				3,3				3,3
	Biomasa, tsausnas/ha				11				11
18	Biezums, gab./ha				15000				15000
	Vid. Ø, cm				1,8				1,8
	Vid. H, m				4				4
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				4,4				4,4
	Biomasa, tsausnas/ha				13,6				13,6
19	Biezums, gab./ha				15000				15000
	Vid. Ø, cm				1,8				1,8
	Vid. H, m				4				4
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				4,4				4,4
	Biomasa, tsausnas/ha				13,6				13,6
20	Biezums, gab./ha				26800				26800
	Vid. Ø, cm				1,2				1,2
	Vid. H, m				2,7				2,7
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				3,7				3,7
	Biomasa, tsausnas/ha				13,2				13,2
21	Biezums, gab./ha	1732	309						1020,5
	Vid. Ø, cm	2,2	3						2,6

Pl.Nr.	Dati	A	B	Ba	Cits	E	Ma	P	Vidēji
	Vid. H, m	2,9	4,3						3,6
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	1	0,3						0,65
	Biomasa, tsausnas/ha	2,1	0,8						1,45
24	Biezums, gab./ha	16600			200	200			5666,67
	Vid. Ø, cm	2,3			7,4	2,6			4,1
	Vid. H, m	3,2			8,6	3,6			5,13
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	8,7			0,9	0,1			3,23
	Biomasa, tsausnas/ha	19,2			1,7	0,7			7,2
25	Biezums, gab./ha	12200			400				6300
	Vid. Ø, cm	1,9			0,4				1,15
	Vid. H, m	2,9			0,8				1,85
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	4,4			0				2,2
	Biomasa, tsausnas/ha	10,6			0				5,3
29	Biezums, gab./ha	8600			8400		400		5800
	Vid. Ø, cm	2,1			2,7		11		5,27
	Vid. H, m	3,1			5,1		6,1		4,77
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	3,5			6,4		3,9		4,6
	Biomasa, tsausnas/ha	8,3			15,5		10,7		11,5
30	Biezums, gab./ha				3800				3800
	Vid. Ø, cm				4,7				4,7
	Vid. H, m				6,6				6,6
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				8,2				8,2
	Biomasa, tsausnas/ha				16,6				16,6
32	Biezums, gab./ha		400		12000				6200
	Vid. Ø, cm		14,1		2,9				8,5
	Vid. H, m		10,5		5,6				8,05
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha		6,2		8,6				7,4
	Biomasa, tsausnas/ha		12,2		22				17,1
33	Biezums, gab./ha	200	17800		6800				8266,67
	Vid. Ø, cm	15,5	3,3		1,7				6,83
	Vid. H, m	6,8	4,7		4,1				5,2
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	3,8	23,9		1,9				9,87
	Biomasa, tsausnas/ha	4,5	57,6		6,4				22,83
35	Biezums, gab./ha				24800				24800
	Vid. Ø, cm				2,8				2,8
	Vid. H, m				5,3				5,3

Pl.Nr.	Dati	A	B	Ba	Cits	E	Ma	P	Vidēji
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				18				18
	Biomasa, tsausnas/ha				44,9				44,9
36	Biezums, gab./ha	800	1200		21200				7733,33
	Vid. Ø, cm	14,1	2,2		3,3				6,53
	Vid. H, m	6,5	3,6		5,7				5,27
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	13,3	0,6		23				12,3
	Biomasa, tsausnas/ha	15,8	1,6		51,9				23,1
39	Biezums, gab./ha				28800				28800
	Vid. Ø, cm				1,2				1,2
	Vid. H, m				3,5				3,5
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				3,9				3,9
	Biomasa, tsausnas/ha				18,1				18,1
41	Biezums, gab./ha				32000				32000
	Vid. Ø, cm				1,3				1,3
	Vid. H, m				3,7				3,7
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				4,7				4,7
	Biomasa, tsausnas/ha				21,2				21,2
44	Biezums, gab./ha				12400		3000		7700
	Vid. Ø, cm				1,9		5		3,45
	Vid. H, m				4,5		5,6		5,05
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				4,1		7,8		5,95
	Biomasa, tsausnas/ha				13,2		19,3		16,25
45	Biezums, gab./ha	3600							3600
	Vid. Ø, cm	2,9							2,9
	Vid. H, m	3,7							3,7
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	2,8							2,8
	Biomasa, tsausnas/ha	5,9							5,9
48	Biezums, gab./ha	1600	2800		15200		7600	1600	5760
	Vid. Ø, cm	2	1,6		1		1,3	1,9	1,56
	Vid. H, m	3,1	2,9		2,9		2,4	3,3	2,92
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	0,6	0,7		1,4		1,4	0,5	0,92
	Biomasa, tsausnas/ha	1,4	2,2		7,4		2,6	1,5	3,02
49	Biezums, gab./ha				3000		7400		5200
	Vid. Ø, cm				2,1		4,7		3,4
	Vid. H, m				4,9		5,3		5,1
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				1,1		19,7		10,4

Pl.Nr.	Dati	A	B	Ba	Cits	E	Ma	P	Vidēji
	Biomasa, tsausnas/ha				3,5		50,3		26,9
52	Biezums, gab./ha				17600				17600
	Vid. Ø, cm				3,5				3,5
	Vid. H, m				5,4				5,4
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				31,6				31,6
	Biomasa, tsausnas/ha				63,9				63,9
56	Biezums, gab./ha				10800				10800
	Vid. Ø, cm				3,2				3,2
	Vid. H, m				5,8				5,8
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				9,9				9,9
	Biomasa, tsausnas/ha				23,7				23,7
57	Biezums, gab./ha				15200				15200
	Vid. Ø, cm				2,7				2,7
	Vid. H, m				5,5				5,5
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				9,6				9,6
	Biomasa, tsausnas/ha				25,7				25,7
60	Biezums, gab./ha				25200				25200
	Vid. Ø, cm				2,1				2,1
	Vid. H, m				4,9				4,9
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha				10,2				10,2
	Biomasa, tsausnas/ha				31,3				31,3
62	Biezums, gab./ha	1000	2000		1000			200	1050
	Vid. Ø, cm	3,1	4,2		1,5			5	3,45
	Vid. H, m	3,9	6,4		4,2			4,8	4,83
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	0,9	3,1		0,2			0,4	1,15
	Biomasa, tsausnas/ha	1,8	7,8		0,8			1	2,85
63	Biezums, gab./ha	10800							10800
	Vid. Ø, cm	1,8							1,8
	Vid. H, m	2,7							2,7
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	3,8							3,8
	Biomasa, tsausnas/ha	8,9							8,9
68	Biezums, gab./ha	1400			8800				5100
	Vid. Ø, cm	2,6			3,6				3,1
	Vid. H, m	2,7			5,6				4,15
	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> /ha	1,4			15,1				8,25
	Biomasa, tsausnas/ha	2,5			31,1				16,8

## **2.Pielikums: Pašizmaksas aprēķinu modeļi**



<b>AHWI FM600 Profi</b>		
<b>Removal of vegetation and soil preparation</b>	<b>Strip cleaning</b>	<b>Strip cleaning with soil preparation</b>

#### Investments and costs

Investment, Ls	180 000	180 000	180 000
Depreciation, years	7	7	7
Interest rate %	6,0	6,0	6,0
End value, Ls	27 000	27 000	27 000
Repayment factor	0,18	0,18	0,18
Investment, Ls/year	27 408	27 408	27 408

#### Staff & salaries

Staff salary, Ls/hour	5	5	5
Social costs and taxes, %	24,09	24,09	24,09
Working days / year	252	252	252
Working hours / shift	8	8	8
Overtime / shift	2	2	2
Overtime, Ls/h	5	5	5
Per day allowance, Ls/day	4	4	4
No. Shifts/day	2	2	2
$E_{15}/E_0$	0,7	0,7	0,7

#### Travel to work

Travel to Work, km/day	25	25	25
Travel to Work, Ls/km	0,1	0,1	0,1
Travel to work, km/year	25 200	25 200	25 200
Travel to work, hours/year	504	504	504

#### Travel between sites

No. of moves (sites) / year	89	67	66
Time consumption per move, hours	0,2	0,2	0,2
Time consumption per move, hours/year	21,9	16,5	16,3
Fuel consumption during driving, l/hour	15,0	15,0	15,0
Fuel consumption during driving, l/year	329	248	244
Fuel costs for driving, Ls/year	330	248	245

Overtime/year	504	504	504
Working $E_{15}$ hours/year	4 032	4 032	4 032
$E_0$ hours/year	3 153	3 159	3 159

#### Staff costs

Salaries Ls/year	20 160	20 160	20 160
Overtime, Ls/year	2 520	2 520	2 520
Travel to work, Ls/year	2 520	2 520	2 520
Social costs and taxes/year	5 464	5 464	5 464
Per day allowance, Ls/year	2016	2016	2016
	32 680	32 680	32 680

#### Operating costs

Diesel, Ls/l	0,63	0,63	0,63
Oils, Ls/l	2,33	2,33	2,33

Diesel consumption, l/ $E_{15}$ hour	39	15	17
Oils consumption, l/ $E_{15}$ hour	0,45	0,45	0,45
Repair & maintenance, Ls/ $E_{15}$ hour	1	1	1
Mulcher knives, Ls/ha	40	40	40
Miscellaneous Ls/ $E_{15}$ hour	0,2	0,2	0,2
Moving costs, Ls/move	35	35	35

Taxes, Ls/year	26,2	26,2	26,2
Insurance, Ls/year	4 000	4 000	4 000
Fuel costs, Ls/year	98 857	38 195	43 253
Oils, Ls/year	4 228	4 228	3 312
Repair & maintenance, Ls/year	4032	4032	3158,92
Mulcher knives, Ls/year	33635	25354	24939
Miscellaneous Ls/year	630,65	631,74	631,78
Moving costs, Ls/year	3 115	2 345	2 310
	144 497	74 785	77 605
Total costs Ls/year	208 610	138 898	141 718
Ls/ha	248,09	219,14	227,31
Ls/ $E_{15}$ working hour	51,74	34,45	35,15
Ls/ $E_0$ hour	66,16	43,97	44,86

#### Productivity

Productivity, $E_0$ hours/ha	3,75	4,98	5,07
------------------------------	------	------	------

$E_{15}$ hours/ha	5,36	7,12	7,24
Ha/year	841	634	623

Fuel consumption, l/yearly	123 306	47 628	53 946
Fuel consumption, l/ha	146,64	75,14	86,52
C emission, kg/ha	105,12	53,86	62,02

## Harvesting of willows

AHWI AM600	Tractor	Loader	Chip truck	
<b>Investments and costs</b>				
Investment, Ls	250 000	40 000	40 000	98 000
Depreciation, years	7	7	7	7
Interest rate %	6,0	6,0	6,0	6,0
End value, Ls	37 500	6 000	16 000	14 700
Repayment factor	0,18	0,18	0,18	0,18
Investment, Ls/year	38 066	6 091	4 299	14 922
<b>Staff &amp; salaries</b>				
Staff salary, Ls/hour	5	5	5	5
Social costs and taxes, %	24,09	24,09	24,09	24,09
Working days / year	252	252	252	252
Working hours / shift	8	8	8	8
Overtime / shift	2	2	2	2
Overtime, Ls/h	5	5	5	5
No. Shifts/day	2	2	2	2
$E_{15}/E_0$	0,7	0,95	0,95	0,85
Travel to Work, km/day	50	50	50	50
Travel to Work, Ls/km	0,1	0,1	0,1	0,1
No. of moves (sites) / year	60	60	60	
Standstill per move, hours	2	2	2	
Per day allowance, Ls/day	4	4	4	4
Overtime/year	504	504	504	504
Working $E_{15}$ hours/year	3 912	3 912	3 912	4 032
$E_0$ hours/year	3 052	4 195	4 195	3 856
Travel to work, km/year	50 400	50 400	50 400	50 400
<b>Staff costs</b>				
Salaries Ls/year	19 560	19 560	19 560	20 160
Overtime, Ls/year	2 520	2 520	2 520	2 520
Travel to work, Ls/year	5040	5040	5040	5040
Social costs and taxes/year	5 319	5 319	5 319	5 464
Per day allowance, Ls/year	2016	2016	2016	2016
	34 455	34 455	34 455	35 200
<b>Operating costs</b>				
Diesel, Ls/l	0,63	0,63	0,63	0,63
Oils, Ls/l	2,33	2,33	2,33	2,33
Diesel consumption, l/m <sup>3</sup> loose volume	1,08			
Diesel consumption, l/ $E_{15}$ hour	26,57	10	10	15
Fuel consumption, l/100km				40
Oils consumption, l/ $E_{15}$ hour	0,45	0,45	0,45	0,05
Repair & maintenance, Ls/ $E_{15}$ hour	2	2	2	
Chipper knives, Ls/m <sup>3</sup> loose volume	0,25			
Miscellaneous Ls/ $E_{15}$ hour	1	0	0	0
Moving costs, Ls/move	70	70	70	
Taxes, Ls/year	26,2	32,4	26,2	335
Insurance, Ls/year	4 000	4 000	4 000	2 500
Fuel costs, Ls/year	65 483	24 646	26 430	36 435
Oils, Ls/year	4 102	4 102	4 399	449
Repair & maintenance, Ls/year	7824	7824	8390,4	0
Chipper knives, Ls/year	7338			
Miscellaneous Ls/year	3052,18	0	0	0
Moving costs, Ls/year	4 200	4 200	4 200	0
	92 000	40 771	43 419	36 885
Total costs Ls/year	168 547	85 349	86 199	89 841
Ls/ $E_{15}$ working hour	43,08	21,82	22,03	22,28
Ls/ $E_0$ hour	55,22	20,34	20,55	23,30
<b>Ls/m<sup>3</sup> loose volume</b>				
	5,74	2,38	0,08	1,16
<b>Productivity</b>				
Loading, min/load		218,36		35
Unloading, min/load		3,3		12
Waiting min/load				10
<b>Transport</b>				
Average speed, m/h (km/h)		5000		50
One way distance, m (km)		500		50
Driving, min (hour)		12		2
Time/load, min		233,66		2,95
$\Sigma$ time/load, E15-h		4,10		3,47
Average load, m <sup>3</sup> loose volume		35		70
Trees/E15h				
Volume/tree (m <sup>3</sup> loose)				
m <sup>3</sup> solid/m <sup>3</sup> loose volume				
<b>Productivity, m<sup>3</sup> loose/<math>E_0</math></b>				
	9,62	8,54	250	20,17
<b>Productivity, <math>E_0</math> hours/ha</b>				
	7,07			
<b>Average harvesting speed, m/<math>E_0</math> hour</b>				
	930			
Production m <sup>3</sup> loose/year	29 353	35 819	1 048 800	77 765
<b>Volume, m<sup>3</sup> loose /ha</b>				
	67,98	67,98	67,98	67,98
<b><math>E_{15}</math> hours/ha</b>				
	10,1	7,96	0,05	0,67
<b>Ha/year</b>				
	432	527	15 429	1 144
<b>Fuel consumption, l/yearly</b>				
	103 942	39 120	39 120	60 480
<b>Fuel consumption, l/m<sup>3</sup> loose</b>				
	3,54	1,09	0,04	0,78
<b>C emission, kg/m<sup>3</sup> loose</b>				
	2,54	0,78	0,03	0,56
<b>Carbon content, kg/m<sup>3</sup> loose</b>				
	86,2	86,2	86,2	86,2
<b>Carbon balance</b>				
	34	110	3 224	155

## Harvesting of willow plantations

AHWI AM600	Tractor	Loader	Chip truck	
<b>Investments and costs</b>				
Investment, Ls	250 000	40 000	40 000	98 000
Depreciation, years	7	7	7	7
Interest rate %	6,0	6,0	6,0	6,0
End value, Ls	37 500	6 000	16 000	14 700
Repayment factor	0,18	0,18	0,18	0,18
Investment, Ls/year	38 066	6 091	4 299	14 922
<b>Staff &amp; salaries</b>				
Staff salary, Ls/hour	5	5	5	5
Social costs and taxes, %	24,09	24,09	24,09	24,09
Working days / year	120	120	120	120
Working hours / shift	8	8	8	8
Overtime / shift	2	2	2	2
Overtime, Ls/h	5	5	5	5
No. Shifts/day	2	2	2	2
$E_{15}/E_0$	0,7	0,95	0,95	0,85
Travel to Work, km/day	50	50	50	50
Travel to Work, Ls/km	0,1	0,1	0,1	0,1
No. of moves (sites) / year	60	60	60	
Standstill per move, hours	2	2	2	
Per day allowance, Ls/day	4	4	4	4
Overtime/year	240	240	240	240
Working $E_{15}$ hours/year	1 800	1 800	1 800	1 920
$E_0$ hours/year	1 383	1 938	1 938	1 836
Travel to work, km/year	24 000	24 000	24 000	24 000
<b>Staff costs</b>				
Salaries Ls/year	9 000	9 000	9 000	9 600
Overtime, Ls/year	1 200	1 200	1 200	1 200
Travel to work, Ls/year	2400	2400	2400	2400
Social costs and taxes/year	2 457	2 457	2 457	2 602
Per day allowance, Ls/year	960	960	960	960
	16 017	16 017	16 017	16 762
<b>Operating costs</b>				
Diesel, Ls/l	0,63	0,63	0,63	0,63
Oils, Ls/l	2,33	2,33	2,33	2,33
Diesel consumption, l/m <sup>3</sup> loose volume	0,44			
Diesel consumption, l/ $E_{15}$ hour	25,57	10	10	15
Fuel consumption, l/100km				40
Oils consumption, l/ $E_{15}$ hour	0,45	0,45	0,45	0,05
Repair & maintenance, Ls/ $E_{15}$ hour	2	2	2	
Chipper knives, Ls/m <sup>3</sup> loose volume	0,25			
Miscellaneous Ls/ $E_{15}$ hour	1	0	0	0
Moving costs, Ls/move	70	70	70	
Taxes, Ls/year	26,2	32,4	26,2	335
Insurance, Ls/year	4 000	4 000	4 000	2 500
Fuel costs, Ls/year	28 996	11 340	12 209	17 350
Oils, Ls/year	1 887	1 887	2 032	214
Repair & maintenance, Ls/year	3600	3600	3876	0
Chipper knives, Ls/year	9366			
Miscellaneous Ls/year	1382,62	0	0	0
Moving costs, Ls/year	4 200	4 200	4 200	0
	49 432	21 027	22 317	17 564
Total costs Ls/year	107 542	47 167	46 660	52 083
Ls/ $E_{15}$ working hour	59,75	26,20	25,92	27,13
Ls/ $E_0$ hour	77,78	24,34	24,08	28,37
<b>Ls/m<sup>3</sup> loose volume</b>				
	2,87	1,13	0,10	1,41
<b>Productivity</b>				
Loading, min/load		77,5		35
Unloading, min/load		3,3		12
Waiting min/load				10
<b>Transport</b>				
Average speed, m/h (km/h)		5000		50
One way distance, m (km)		500		50
Driving, min (hour)		12		2
Time/load, min		92,8		2,95
$\Sigma$ time/load, E15-h		1,63		3,47
Average load, m <sup>3</sup> loose volume		35		70
Trees/E15h				
Volume/tree (m <sup>3</sup> loose)				
m <sup>3</sup> solid/m <sup>3</sup> loose volume				
<b>Productivity, m<sup>3</sup> loose/<math>E_0</math></b>				
	27,1	21,5	250	20,17
<b>Productivity, <math>E_0</math> hours/ha</b>				
	2,58			
<b>Average harvesting speed, m/<math>E_0</math> hour</b>				
	2600			
<b>Production m<sup>3</sup> loose/year</b>				
	37 464	41 663	484 500	37 031
<b>Volume, m<sup>3</sup> loose /ha</b>				
	70	70	70	70
<b><math>E_{15}</math> hours/ha</b>				
	3,69	3,26	0,06	0,69
<b>Ha/year</b>				
	535	595	6 921	529
<b>Fuel consumption, l/yearly</b>				
	46 026	18 000	18 000	28 800
<b>Fuel consumption, l/m<sup>3</sup> loose</b>				
	1,23	0,43	0,04	0,78
<b>C emission, kg/m<sup>3</sup> loose</b>				
	0,88	0,31	0,03	0,56
<b>Carbon content, kg/m<sup>3</sup> loose</b>				
	86,2	86,2	86,2	86,2
<b>Carbon balance</b>				
	98	278	3 237	155

**3.Pielikums: Faktu lapa “Enerģētiskās koksnes  
sagatavošanas iespējas  
apmežojušās lauksaimniecības  
zemēs”**

KRITĒRIJU IZSTRĀDE DABISKI  
APMEŽOJUŠOS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMJU  
EFEKTĪVAI APSAIMNIEKOŠANAI

ENERĢĒTISKĀS KOKSNES  
SAGATAVOŠANA  
APMEŽOJUŠĀS  
LAUKSAIMNIECĪBAS  
ZEMĒS

ĪSUMĀ PAR PROJEKTU

Pētījuma "Kritēriji un metodika enerģētiskās koksnes krājas novērtēšanai un jaunaudžu mehanizētai kopšanai dabiski apmežojušās lauksaimniecības zemēs" mērķis ir radīt priekšnosacījumus ekonomiski, ekoloģiski un ainaviski efektīvai apmežojušos lauksaimniecības zemju apsaimniekošanai. Darba tiešais mērķis ir izstrādāt metodisko bāzi šādu zemju raksturošanai ar instrumentālo uzmērījumu un attālinātās novērtēšanas metodi, kā arī veikt jaunaudžu kopšanas mehanizācijas mežsaimniecisko novērtējumu.

2008.gadā izstrādātas aprēķinu funkcijas dažādu koku sugu sīkkoku virszemes biomasas aprēķināšanai, veikti jaunaudžu taksācijas rādītāju attālinātās novērtēšanas eksperimenti un vienlaidus apauguma novākšanas tehnikas izmēģinājumi apmežojušās lauksaimniecības zemēs.

Viena no pētījuma prioritātēm ir enerģētiskās koksnes sagatavošanas iespēju novērtējums, veicot apauguma novākšanu un jaunaudžu kopšanu. Šajā faktu lapā apkopotas atziņas, kas iegūtas, veicot enerģētiskās koksnes sagatavošanas izmēģinājumus 2007. un 2008.gadā.

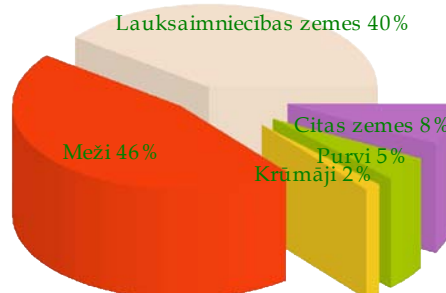
LATVIJAS ZEMES BILANCE

Valsts kopplatība ir 6,5 milj.ha, tajā skaitā 46% ir meža zemes un 40% (2,6 milj.ha) lauksaimniecības zemes (Att. 1).

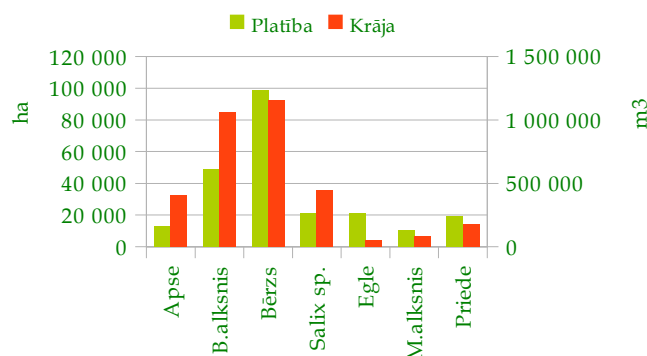
Dabiski apmežojušās lauksaimniecības zemes (DALZ), saskaņā ar Meža resursu monitoringa datiem, ir 353 tūkst.ha (14% no lauksaimniecības zemēm) ar kopējo koksnes krāju 3,6 milj.m<sup>3</sup> (Att. 2). Vairāk, nekā puse krājas atrodas 11-20 gadus vecās mežaudzēs (Att. 3). Liela daļa no šīm audzēm (161 tūkst.ha) ir retas (biezums vai šķērslaukums mazāks par kritisko) un enerģētiskās koksnes sagatavošana tajās var būt nerentabla. 150 tūkst.ha DALZ platību krāja pārsniedz 100 m<sup>3</sup>/ha. 36 tūkst.ha DALZ platību piemēroti mehanizētai

kopšanai ar enerģētiskās koksnes savākšanu, tajā skaitā 24 tūkst.ha izkopjamā krāja ir lielāka par 50 m<sup>3</sup>/ha (kopā 298 tūkst.m<sup>3</sup>). Ģeometriskai kopšanai joslās piemēroti (D<sub>1,3</sub> < 8 cm) 30 tūkst.ha. (izkopjamā krāja 233 tūkst.m<sup>3</sup>).

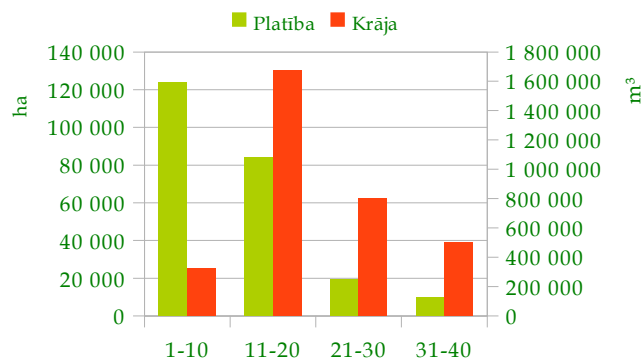
Att. 1 Latvijas zemes balance



Att. 2 Valdošās koku sugas un to krāja



Att. 3 Krājas un platības sadalījums pa vecuma klasēm



ĒKSPERIMENTA METODIKA

2007. un 2008.gadā LVMI Silava pētījumu ietvaros veikti enerģētiskās koksnes sagatavošanas izmēģinājumi DALZ platībās, izmantojot roku darba spēku jaunaudžu kopšanā, un smalcinātāju AHWI AM 600 uz Claas Xerion bāzes vienlaidus apauguma novākšanā un kārkļu plantācijās.

Jaunaudzes raksturojums pirms kopšanas:

- 80% B, 20% A, pamežā kārkli;
- biežums 18 tūkst./ha, H<sub>vid.</sub> 5,4 m, D<sub>1,3</sub> 2,8 cm;
- virszemes biomasā 29,4 t<sub>sausnas</sub>/ha.

Jaunaudze izkopta līdz līdz 3,4 tūkst./ha biežumam, 20%

platības aizņem tehnoloģiskie koridori (Att. 4). Sikkoku pievešanai izmantots Ponsse Gazelle forvarders, smalcināšanai – JENZ HEM 561 šķeldotājs.

Att. 4 Jaunaudžu kopšana



Platības raksturojums pirms vienlaidus apauguma novākšanas:

- dabiska dažādu sugu kārkļu audze;
- biežums 15 tūkst./ha,  $H_{vid.}$  4,0 m,  $D_{1,3}$  1,8 cm;
- krāja 13,6  $t_{sausnas}/ha$ .

Izstrāde ar AHWI AM 600 smalcinātāju uz Claas Xerion bāzes, pievešana ar traktoru, kam piekarināta 35  $m^3$  piekabe.

Kārkļu plantācijas raksturojums:

- divgadīga šķirņu Tora un Torhild plantācija;
- biežums 19 tūkst./ha,  $H_{vid.}$  4,3 m,  $D_{1,3}$  1,9 cm;
- krāja 14,3  $t_{sausnas}/ha$ .

Izstrāde ar AHWI AM 600 smalcinātāju, tāpat kā, novācot apaugumu (Att. 5).

Att. 5 Kārkļu plantāciju izstrāde



## ĒKSPERIMENTA REZULTĀTI

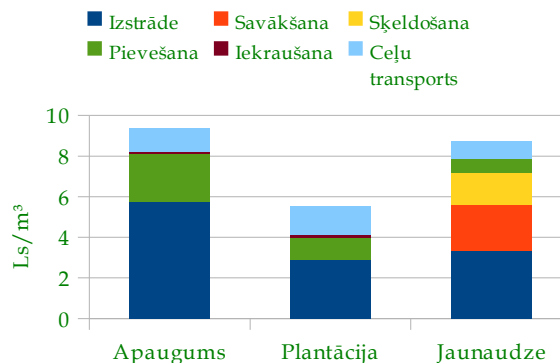
Jaunaudžu kopšanā sagatavotas 12,5  $t_{sausnas}/ha$  (34% no kopējās biomasas) enerģētiskās koksnes. Enerģētiskās koksnes izmaksas jaunaudžu kopšanā – 8,3 Ls/ber. $m^3$ , 64% no izmaksām attiecas uz kopšanu un sikkoku savākšanu. Tehnoloģisko koridoru ierīkošana neietekmē ražību. Kopšanas izmaksas, neskaitot kurināmā

sagatavošanu, ir 156 Ls/ha.

Enerģētiskās koksnes pašizmaksa apauguma novākšanā ir 8,2 Ls/ber. $m^3$  (558 Ls/ha), vidējais darba ātrums – 0,9 km/h. Blīvu kārkļu saaudžu izstrāde ir problemātiska.

Kārkļu plantācijas izstrāde izmaksā 4,1 Ls/ber. $m^3$  (287 Ls/ha), vidējais darba ātrums 2,6 km/h. Tehniskas problēmas kārkļu plantāciju izstrādē nerodas.

Att. 6 Kurināmā ražošanas izmaksu sadalījums



## SECINĀJUMI

Sabiezinātu jaunaudžu kopšana, it īpaši platībās, kur valdošā suga ir bērzs, būtiski uzlabotu šo audžu kvalitāti un īstermiņā dotu vismaz 1 milj.ber. $m^3$  enerģētiskās koksnes. Galvenās cirtes vecumā DALZ platībās varētu iegūt 20-30 milj.ber. $m^3$  enerģētiskās koksnes no mežizstrādes atliekām, neskaitot malkas sortimentu. Tomēr jāņem vērā, ka mežaudžu biežība un kopšanas krāja DALZ platībās ir neliela, tāpēc kopšanā iegūtās koksnes realizācija vairumā gadījumu nenosegs kopšanas izmaksas.

Dabiskas baltalkšņa un apses audzes var veidot kā atvasāju saimniecības, izmantojot AHWI AM 600 vai līdzīgas apauguma novākšanas mašīnas, tomēr zināšanas par šāda meža apsaimniekošanas veida efektivitāti ir nepietiekošas.

Apauguma novākšana enerģētiskās koksnes ražošanai ar AHWI AM 600 var konkurēt ar citiem meža kurināmā veidiem vai kārkļu plantācijām, ja biomasas ir vismaz 30  $t_{sausnas}/ha$ , tomēr mašīna būtiski tehniski jāpilnveido, lai to varētu izmantot nevienmērīga apauguma apstākļos.

Kārkļu plantācijās AHWI AM 600 spēj konkurēt ar praksē biežāk lietotajām iekārtām izmaksu un ražības ziņā. Mašīnai nav nepieciešama tehnoloģiskā josla manevrēšanai lauku galos, taču smalcināšanas mehānisms vairāk piemērots tādiem atvasājiem, kas veidojušies no sakņu, nevis celma atvasēm, tāpēc AHWI AM 600 pielietošana varētu saīsināt kārkļu plantāciju mūža ilgumu.

## AUTORI UN KONTAKTINFORMĀCIJA

Mg.biol. Andis Lazdiņš, Mg.biol. Dagnija Lazdiņa

LVMI Silava – Rīgas ielā 111, Salaspils, LV 2169

Tālr.: +37126595586; Fakss: +37167901359; E-pasts: andis.lazdins@silava.lv



**LVMI Silava**

Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169

tālrunis: 67942555, fakss: 67901359, e-pasts: [inst@silava.lv](mailto:inst@silava.lv)