
PĀRSKATS

PAR AS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" PASŪTĪTĀ PĒTĪJUMA IZPILDI

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: MEŽA MĒSLOŠANAS IETEKME UZ KOKAUDŽU VĒRTĪBAS PIEAUGUMU

LĪGUMA NR.: 5.5-5.1-001J-101-13-28

IZPILDES LAIKS: 27.05.2013. - 31.03.2014. - 1. REDAKCIJA

IZPILDĪTĀJS: LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS
"SILAVA"



PROJEKTA VADĪTĀJS: _____

A. Lazdiņš

Kopsavilkums

Meža sektoram ir būtiska loma ietekmes uz klimata izmaiņām samazināšanā. Nozīmīgākie mežsaimniecības pasākumi ietekmes uz klimata izmaiņām mazināšanai ir atmežošanas ierobežošana un kompensējošā apmežošana, CO₂ piesaistes veicināšana meža zemēs un koksnes produktu izmantošana fosilā kurināmā un energoietilpīgu materiālu aizstāšanai. Meža apsaimniekošanas intensifikācija var palielināt mežu lomu ietekmes uz klimata izmaiņām mazināšanā, ja saimnieciskā darbība vērsta uz augošo koku krājas palielināšanu un fosilā kurināmā un materiālu aizstāšanas apjoma palielināšanu (Sathre *et al.*, 2010).

Pāreja no tradicionālas, ekstensīvas mežsaimniecības uz intensīvu meža apsaimniekošanu ir līdzīga lauksaimniecības pārejai no vākšanas un medību saimniecības un mērķtiecīgu pārtikas ražošanu. Šādas pārejas rezultāts ir pieaugošas biomasas piegādes un plašākas iespējas aizstāt fosilo kurināmo un energoietilpīgos būvmateriālus ar atjaunojamiem koksnes materiāliem. Lielāks biomasas pieaugums intensīvi apsaimniekotos mežos ļauj izmantot pārējās meža zemes citiem mērķiem – medību saimniecībai, bioloģiskās daudzveidības un vides resursu aizsardzībai, kā arī rekreācijai. Saskaņā ar Zviedrijā veiktiem pētījumiem meža apsaimniekošanas intensifikācija līdz 2050. gadam ļauj palielināt krājas pieaugumu Zviedrijas mežos par 20 %, tajā pašā laikā nenodarot kaitējumu aizsargājamām dabas teritorijām un neradot negatīvu ietekmi uz citu meža ekosistēmu pakalpojumu īstenošanu (Nohrstedt, 2001).

Meža mēslošana ir viens no mežsaimniecības intensifikācijas paņēmieniem, kas var nodrošināt īpaši lielu krājas pieauguma palielinājumu boreālās klimatiskās joslas mežos (Saarsalmi & Mälkönen, 2001). Meža augšanu boreālajos mežos nereti ierobežo slāpekļa trūkums augsnē, un pagājušā gadsimta divdesmitajos gados uzsāktie meža mēslošanas darbi liecina, ka mēslojums var pat dubultot apaļo kokmateriālu iznākumu, neradot būtisku negatīvu ietekmi uz ūdeņu kvalitāti. Zviedrijā veiktos izmēģinājumus, kur eglēm ļāva augt pietiekoša mitruma un praktiski neierobežotas barības vielu pieejamības apstākļos 10 gadus pēc izmēģinājumu uzsākšanas Zviedrijas centrālajā daļā ierīkotajos izmēģinājumos mēslojums palielināja ikgadējo krājas pieaugumu no 3 m³ ha⁻¹ gadā kontroles parauglaukumos līdz 14 m³ ha⁻¹ gadā mēslotajos parauglaukumos; bet Zviedrijas dienvidos ierīkotajos izmēģinājumos ikgadējo krājas pieaugums pieauga no 12 m³ ha⁻¹ gadā kontroles parauglaukumos līdz 29 m³ ha⁻¹ gadā mēslotajos parauglaukumos. Mēslojuma deva tika koriģēta katru gadu atbilstoši prognozējamam barības vielu patēriņam, tāpēc meža mēslošana neradīja negatīvu ietekmi uz gruntsūdeņu kvalitāti (Bergh *et al.*, 1999).

Projekta mērķis ir apkopot pieredzi meža mēslošanā, izmantojot koksnes pelnus un ķīmiski nepārveidotus minerālus. Sagatavot tehnoloģijas aprakstu un teorētisko modeli meža mēslošanas procesam, respektējot Latvijas normatīvajos aktos definētās prasības, kā arī noskaidrojot meža mēslošanas teorētisko piensumu meža vērtības izmaiņām.

Projekta laiks 27.05.2013. - 31.03.2014. Darba izpildītāji Andis Lazdiņš, Dagnija Lazdiņa, Zīgurds Kariņš, Gatis Rozītis. Pētījums īstenots Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silva".

Saturs

Kopsavilkums	2
Saturs	3
Ievads	6
Latvijas un ārvalstu pieredze meža mēslošanā	15
Mēslošanai piemērotās mežaudzes.....	15
Mēslojuma ietekme uz mežaudžu augšanas gaitu.....	17
Metodes mēslošanas līdzekļa un devas noteikšanai.....	19
Pielietotie mēslošanas līdzekļi.....	19
Latvijā veikto meža mēslošanas izmēģinājumu rezultāti.....	27
Meža mēslošanas pieredze Ziemeļvalstīs.....	28
Likumdošanas analīze	31
Meža mēslošanas procesa ietekmes uz vidi vērtējums.....	32
<i>Meža mēslošanas ietekme uz SEG emisijām un CO₂ piesaisti</i>	32
Meža mēslošanas procesa teorētiskais apraksts Latvijas apstākļiem	38
Potenciāli mēslojamo mežaudžu apjoms.....	40
Secinājumi un ieteikumi	47
Izmantotā literatūra	48
Pielikumi:	

1.Pielikums: Zviedrijas Meža aģentūras rekomendāciju meža mēslošanai kopsavilkums

Tabulas

Tab. 1 Barības vielu nodrošinājuma procentuālā sadalījuma aplēses atbilstoši barības vielu asimilēšanai no vecajām lapām pirms to nokrišanas dažādu koku sugu audzēs (Miller, 2004).....	7
Tab. 2 Slāpekļa un kālija avoti (kg ha-1 gadā-1) jaunās (2 m augsti kociņi) un pieaugušās (11 m augsti koki) Pinus nigra audzēs (Miller, 2004).....	7
Tab. 3 Vizuali nosakāmās barības vielu trūkuma pazīmes (Bušs et al., 1974; Binns et al., 1980).....	8
Tab. 4 Optimālā barības vielu koncentrācija lapās un skujās 0,5-4 m gariem kokiem.....	10
Tab. 5 Barības vielu saturs priežu skujās (%) atkarībā no meža tipa un bonitātes.....	11
Tab. 6 Lapotnes biomasas pieaugums dažāda vecuma priedes un egles audzēs (Miller, 2004).....	12
Tab. 7 1967.-1973. gadā mēsloto priežu, egļu un bērzu audžu papildpieaugumu uzskaites rezultāti 1979. gadā (Kāposts, 1981).....	17
Tab. 8: Barības vielu krājumi meža augsnē (0-80 cm dziļumā) un zemsegā Latvijā atbilstoši BioSoil projekta rezultātiem...19	
Tab. 9: Dabiskie kaļķošanas materiāli (Ministru Kabinets, 2006).....	21
Tab. 10: Vidējais barības vielu saturs dažādu koku sugu pelnos (%) pēc Bušs et al., 1974.....	22
Tab. 11: Kompleksie mēslojuma veidi un to izmaksas.....	22
Tab. 12: Smago metālu masas koncentrācijas limits augsnes mēslošanai un rekultivācijai vai apglabāšanai sadzīves atkritumu poligonos un izgāztuvēs paredzētajās notekūdeņu dūņās un to kompostā.....	23
Tab. 13: Smago metālu, slāpekļa un fosfora gada emisijas robežvērtības lauksaimniecībā izmantojamās augsnēs.....	24
Tab. 14: Vidējais notekūdeņu dūņu un koksnes pelnu sastāvs.....	25
Tab. 15: Organiskie un organominerālie mēslošanas līdzekļi.....	26
Tab. 16: Dažādu kūdras veidu ķīmiskais sastāvs, %, pēc Bušs et al., 1974.....	27
Tab. 17: Smago metālu koncentrāciju limitējošās vērtības augsnē.....	31
Tab. 18: Smago metālu koncentrācija meža augsnes virskārtā (0-10 cm dziļumā) atbilstoši projekta BioSoil rezultātiem.....	31
Tab. 19: Nevēlamo piemaisījumu maksimāli pieļaujamā koncentrācija mēslošanas līdzeklī (Ministru Kabinets, 2006).....	32
Tab. 20: Meža mēslošanas ikgadējās ietekmes uz enerģijas patēriņu (PJ gadā) kopsavilkums (Sathre et al., 2010).....	33
Tab. 21: Meža mēslošanas ikgadējās ietekmes uz SEG emisijām (tūkst. tonnas CO2 ekv. gadā) kopsavilkums (Sathre et al., 2010).....	33
Tab. 22: Aktīvo barības vielu krājumi augsnē dažādos mežaudžu augšanas apstākļos g m-3.....	38
Tab. 23: Mēslojamo audžu secība (Bušs et al., 1974)*, (Kāposts, 1981)**.....	38
Tab. 24: Aktīvo barības vielu nodrošinājums augsnē (g m-3) un mēslojuma nepieciešamība (kg tīrvielas ha-1).....	39
Tab. 25: Minerāl mēslojuma devas (kg ha-1) meža tipu griezumā pēc Kāposts, 1981.....	39
Tab. 26: Mēslošanai piemēroto mežaudžu platība (tūkst. ha) meža tipu un valdošo koku sugu griezumā.....	40
Tab. 27: Papildus krājas pieauguma prognoze (tūkst. m3).....	40
Tab. 28: Pieņēmumi sortimentu struktūras aprēķinam dažādu koku sugu audzēs.....	41
Tab. 29: Papildus krājas pieauguma sortimentu struktūras aprēķins.....	41
Tab. 30: Apaļo kokmateriālu sortimentu realizācijas cenas.....	41
Tab. 31: Papildus ieņēmumi no sortimentu realizācijas esošajās cenās.....	42
Tab. 32: Mežizstrādes izmaksas un neto ieņēmumi no apaļo kokmateriālu realizācijas.....	42
Tab. 33: Meža mēslošanas izmaksas.....	43
Tab. 34: Izmaksas mēslojuma izkliešanai.....	43
Tab. 35: Naudas plūsmas aprēķins.....	45
Tab. 36: Teritorijas un to aizsargjoslas, kur meža mēslošana nav atļauta.....	54

Attēli un grafiki

Att. 1: Aktīvo barības vielu satura dinamika augsnē (Bušs et al., 1974).....	9
Att. 2: Priedes skuju sausnas masas, kā arī slāpekļa un kālija koncentrācijas dinamika (Miller, 2004).....	10
Att. 3: Shematiska sakarība starp barības vielu koncentrāciju lapās un skujās un augšanas gaitu (Havlin et al., 2005).....	10
Att. 4: Savstarpējās makroelementu attiecības, %, ar barības vielām nodrošinātās augsnēs augošu meža koku lapās pēc V. Lavričenko (Bušs et al., 1974).....	11
Att. 5: Priedes šķērslokuma pieauguma atbildes reakcija uz slāpekļa mēslojumu, kas ienests 3 gadu laikā (grafikā iezīmēti ar zvaigznītēm), atkarībā no mēslojuma devas (Miller, 1995).....	13
Att. 6: Priedes, egles un bērza gadskārtu platuma izmaiņas dažādos gados pēc slāpekļa mēslojuma lietošanas (Sathre et al., 2010).....	17
Att. 7 Optimizētās mēslošanas shēmas un nemēslota kontroles varianta salīdzinājums (Nordin, 2011).....	18
Att. 8 Maksimāli pieļaujamo mēslojuma devu lielums atbilstoši dažādu elementu koncentrācijai Tab. 14.....	25
Att. 9 Meža mēslošanas aktivitāte Latvijā 1968-1980.gads pēc Kāposts, 1981.....	27

Att. 10 Meža mēslošanas tehniskais risinājums Zviedrijā.....	28
Att. 11 Meža mēslošana Zviedrijā.....	28
Att. 12 Meža mēslošana Somijā (Ylitalo, 2012).....	29
Att. 13 Mežā izmantojamais N mēslojums.....	29
Att. 14 Vidējās mēslojuma devas aprēķins Somijā.....	30
Att. 15: Papildus biomasas pieauguma sadalījums(Sathre et al., 2010).....	35
Att. 16: Oglekļa piesaiste augsnē un nedzīvajā biomasā (Sathre et al., 2010).....	35
Att. 17: Koksnes produktu radītais aizstāšanas efekts (Sathre et al., 2010).....	36
Att. 18: Zviedrijas reģioni, kur noteikti atšķirīgi meža mēslošanas nosacījumi.....	53

Ievads

Kūtsmēslu pozitīvā ietekme uz lauksaimniecības kultūru augšanu zināma jau sen, tomēr tās sasaiste ar augu minerālo barošanu noskaidrota, iespējams, tikai 1727. gadā, kad Stefans Heils, veicot augļu ķīmiskā sastāva analīzes, konstatēja, ka tie sastāv no sēra, šķīstošiem sāļiem, ūdens un "augšnes" (Stephen Hales, 2013). Neskatoties uz iegūtajiem pierādījumiem par salpetra (nitrātu), magnija sulfāta un fosfātu sāļu pozitīvo ietekmi uz augu augšanu, priekšstati par minerālās barošanas lomu augu attīstībā vairākus gadu desmitus saglabājās nemainīgi, pieņemot, ka augs saņem visas nepieciešamās barības vielas un oglekli no augsnes humusa. Šo pieņēmumu 1845. gadā apstrīdēja Lībigs, pamatojoties uz oglekļa uzkrājuma aprēķiniem koksne un lauksaimniecības kultūrās, kas audzētas ar kūtsmēsliem neapstrādātās augsnes, secinot, ka kūtsmēsli var ietekmēt biomasas veidošanos un augu attīstību, taču tie nenodrošina oglekļa uzkrājuma veidošanos, ne arī ietekmē to (Justus von Liebig, 2013). Balstoties uz Lībīga darbiem, vairāki ķīmiķi, tajā skaitā francūzis Bossingaults un briti Leivs un Gilberts, svēra un analizēja kūtsmēslu un augu masu, lai izstrādātu pirmās barības vielu aprites tabulas nozīmīgākajām lauksaimniecības kultūrām. Bossingaulta datus 1882. gadā izmantoja Ebermaiers, lai salīdzinātu barības vielu akumulāciju kokos un lauksaimniecības kultūrās (Ebermayer, 1882). Pirms tam Ebermaiers bija pirmais, kas konstatēja slāpekļa deficītu degradētās Bavārijas mežaudzēs, kur meža nobiras ilgstoši vāktas dzīvnieku pakaišiem un citiem lauksaimnieciskiem mērķiem (Miller, 2004). Neskatoties uz šīm zināšanām, 19. gadsimta mežsaimnieki neizrādīja īpašu interesi par meža mēslošanu, balstoties uz Denglera darbos pausto atziņu, ka mežaudzei ar saslēgtiem koku vainagiem nepieciešami aptuveni 8 % no barības vielām, ko patērē lauksaimniecības kultūras (Schlich, 1904). Šlihs savā mežkopības rokasgrāmatā 20. gadsimta sākumā formulēja sava laika mežkopju valdošo uzskatu, ka jebkura meža augsne spēj nodrošināt pietiekoši lielu barības vielu daudzumu koku augšanai, ja no meža neizvāc nobiras (Schlich, 1904). Šo pašu atziņu publicēja Beikers 1934. gadā savā mežkopības teorijas un prakses apskatā, kas uz ilgu laiku kļuva par vienu no galvenajiem Rietumu pasaules mežkopju izziņas avotiem (Baker, 1934).

Neskatoties uz nostabilizējušos uzskatu, ka mežam mēslojuma nav nepieciešams, mežkopji Beļģijā un vēlāk arī Īrijā un Skotijā konstatēja, ka nabadzīgā augsnē iestādīti kociņi aug daudz straujāk, ja augsnē ienes fosforu saturošus nosēdumus, bet Ziemeļvalstīs konstatēja koksnes pelnu (visticamāk, ka tajos esošā kālija un fosfora) pozitīvo ietekmi uz koku augšanu. Arī Austrālijā un Jaunzēlandē konstatēja pozitīvu saistību starp plantācijās audzēto koku attīstību un fosfora mēslojumu (Nutrition of plantation forests, 1984). Austrālijas dienvidos konstatēja, ka atsevišķās vietās fosfora mēslojums nepalīdz, tomēr no cinkota pinuma veidota nožogojuma tuvumā koki auga labāk, nekā tālāk no žoga, un tā konstatēja cinka trūkumu augsnē (Miller, 2004).

Turpmākajās desmitgadēs mežkopji no valstīm, kurās īstenoja vērienīgas apmežošanas programmas, konstatēja viena vai vairāku ķīmisko elementu trūkumu augsnē (biežāk minēts slāpekļa, fosfora, kālija, magnija, dzelzs, cinka, vara, molibdēna un bora trūkums jaunaudzēs). Kalcija trūkums konstatēts atsevišķos gadījumos, galvenokārt, kokaudzētavās, taču ticami pierādījumi par šī elementa trūkumu meža augsnē pagaidām nav iegūti. Divdesmitā gadsimta vidū parādījās pētījumu pārskati, kas aprakstīja slāpekļa trūkumu pieaugušās skujkoku audzēs boreālajos mežos Eiropā un Ziemeļamerikā (Miller, 2004).

Augu minerālās barošanās pētījumi 20. gadsimta otrajā pusē ir izskaidrojuši daudzus no agrākajos mežkopības darbos uzdotajiem jautājumiem par mēslošanas ietekmi uz koku augšanu. Barības vielu aprite veselīgā mežaudzē ir kompakta un ar maziem zudumiem, nodrošinot efektīvu barības vielu izmantošanu, galvenokārt, caur atkārtotu barības vielu iesaistīšanu bioloģiskajā aprītē, asimilējot atmirušajās augu daļās esošās barības vielas. Kokaugiem ir mehānismi barības vielu saistīšanai no vecajām lapām un skujām pirms to nobiršanas. Kokaugu minerālajā barošanā iesaistās saknes, mikorizas sēnes un augsnes mikroorganismi, kas nodrošina nobirās esošo barības vielu pakāpenisku atbrīvošanu un atgriešanu bioloģiskajā aprītē.

Tab. 1 parādīts, cik lielu daļu barības vielu (N, P, K) jaunajiem kociņiem nodrošina vecās lapas, transportējot šos elementus no lapām pirms to nobiršanas uz stumbra un sakņu audiem. Tabulā redzams, ka 25-50 % no koku augšanai nepieciešamā N, P un K nodrošina vecās lapas. Citos pētījumos pierādīts, ka nobiru pienesums koku nodrošinājumā ar barības vielām ilgākā laika posmā (sadaloties zemsegai), nav mazāks par veco lapu devumu. Mežaudzēs ar saslēgtiem koku vainagiem un salīdzinoši nemainīgu nobiru daudzumu un vainaga biomasu, nobiru pakāpeniska sadalīšanās un lapās esošo barības vielu asimilācija nodrošina to, ka papildus barības vielu iznesums no augsnes ir salīdzinoši neliels. Pirms vainagu saslēgšanās, kad pieaugošā sakņu un vainagu biomasas saista arvien lielāku barības vielu daudzumu, nobiru sadalīšanās vairs nespēj nodrošināt pieprasījumu pēc

barības vielām un tiek izmantotas augsnē esošās barības vielu rezerves (Tab. 2). Neskatoties uz to, ka jauni koki kopumā patērē mazāk barības vielu, nekā pieauguši koki, to barības vielu nodrošinājumā daudz lielāka nozīme ir augsnē esošajām rezervēm. Tas nozīmē, ka vainaga un sakņu sistēmas veidošanās vai atjaunošanas laikā augsnes barības vielu patēriņš ir vislielākais un vēlāk to kompensē lapās un skujās esošo barības vielu asimilēšana pirms to nobiršanas vai vēlāk – no zemsegas. Ņemot vērā šo kokaugu minerālās barošanās īpatnību, nav brīnums, ka līdz pat 20. gadsimtam, kad Eiropā sākās mežu platības palielināšanas process, apmežojot nabadzīgas augsnes un degradētas teritorijas, barības vielu trūkums meža zemēs netika pierādīts (Nambiar & Fife, 1991).

Novērojot kokiem, mežaudze sāk sabrukt; krājas pieaugums samazinās, bet atmirums pieaug. Zemsegas sadalīšanās rezultātā atbrīvojušos barības vielu saistīšanas kokaugu biomasā intensitāte samazinās un sākas barības vielu izskalošanās no augsnes. Taču vēl pirms šī procesa boreālās klimata joslas skujkoku mežos notiek zemsegas akumulēšanās, ko sekmē lēnā organiskās vielas mineralizācija. Rezultātā arvien lielāka daļa no augsnes slāpekļa rezervēm ir ieslēgta zemsegā un koki sāk izjust slāpekļa trūkumu. Zemsegas barības vielu akumulācija ir viens no izskaidrojumiem tam, kāpēc Zviedrijā, Somijā, Kanādā, ASV ziemeļrietumos un Centrāleiropas kalnainajos apvidos slāpekļa mēslojuma ietekmē strauji palielinās krājas pieaugums skujkoku briestaudzēs un pieaugušās audzēs. Boreālās zonas mežu lielā saimnieciskā nozīme un lielais pētījumu skaits par boreālās zonas mežu minerālās barošanās īpatnībām radījis priekšstatu, ka slāpekļi ir galvenais krājas pieaugumu limitējošais ķīmiskais elements meža augsnēs, taču, ja ņem vērā citās klimatiskajās zonās gūto pieredzi, biežāk vai vismaz tikpat bieži konstatējams fosfora deficīts.

Tab. 1 Barības vielu nodrošinājuma procentuālā sadalījuma aplēses atbilstoši barības vielu asimilēšanai no vecajām lapām pirms to nokrišanas dažādu koku sugu audzēs (Miller, 2004)

Suga	Vecums gados	Procentuālais barības vielu patēriņa sadalījums		
		N	P	K
<i>Pinus taeda</i>	20	39	60	22
<i>Pinus sylvestris</i>	15	30	23	19
<i>Pinus sylvestris</i>	46	55	64	57
<i>Pinus sylvestris</i>	100	41	34	27
<i>Pinus nigra</i>	40	50	57	58
<i>Abies amabilis</i>	175	54	59	38
Jaukta lapkoku audze	Pieaugusi audze	54	25	15
Jaukta lapkoku audze	Pieaugusi audze	79	74	41
<i>Eucalyptus obliqua</i>	Pāraugusi audze	34	46	28

Tab. 2 Slāpekļa un kālija avoti ($\text{kg ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$) jaunās (2 m augsti kociņi) un pieaugušās (11 m augsti koki) *Pinus nigra* audzēs (Miller, 2004)

Kālija un slāpekļa avots	Slāpekļi		Kālijs	
	jauni koki	veci koki	jauni koki	veci koki
Kopējais augšanai nepieciešamais barības vielu daudzums	66	138	29	66
Skujās esošo elementu asimilācija	11	69	7	38
Piesaiste ar saknēm (1. – 2.)	55	69	22	28
Zemsegas mineralizācijā atbrīvotie elementi ¹	7	39	1	16
Elementu piesaiste no augsnes rezervēm (3. – 4.)	48	30	21	12
Neto piesaiste kokaugu biomasā	45	18	18	11

Ņemot vērā lapās un skujās esošo barības vielu asimilēšanas lomu augu minerālajā barošanā, jebkādi procesi, kas sekmē būtisku defoliāciju, var izraisīt īslaicīgu barības vielu trūkumu, kas vairāk raksturīgs jaunaudzēm. Tas iespējams kukaiņu, slimību invāzijas vai koku izstrādes laikā kopšanas cirtēs. Jaunaudzju vai krājas kopšanas laikā liela daļa no zaļās kokaugu biomasas nonāk uz augsnes, kurā ieslēgtās barības vielas augiem ir pieejamas tikai pēc ilgāka laika, mineralizējoties zemsegai. Daļa barības vielu, kas atbrīvojas ātrāk, piemēram, kālijs, izskalojas no augsnes un tā rezerves mežaudzē pēc kopšanas samazinās. Tajā pašā laikā kopšanā saglabātajiem kokiem atbrīvojas

¹ Zemsegas mineralizācijā uzskaita tikai nobiras no kārtējās aprites kokiem, zemsega, kas veidojusies iepriekšējā aprītē pieskaitīta augsnes resursiem.

augšanas telpa, ko tie cenšas aizpildīt ar saviem vainagiem. Lapās un skujiņās esošās ātri asimilējamās barības vielas vainaga un sakņu masas palielināšanai pēc kopšanas kokiem nav pieejamas, tāpēc tie izmanto augsnes barības vielu rezerves un šajā brīdī var izpausties viena vai vairāku ķīmisko elementu trūkums vai nesabalansēts to sastāvs, kas var traucēt koku attīstību. Tāpēc kopšana, kuras mērķis ir uzlabot augšanas apstākļus, var novest pie pretēja rezultāta – īslaicīgas pieauguma samazināšanās. Šo pieņēmumu apstiprina arī virkne pētījumu, kas pierāda pozitīvo mijiedarbību starp kopšanu un mežaudžu mēslošanu, savukārt audzēs, kur nav veikta kopšana, mēslojuma pozitīvā ietekme nav novērojama.

Barības vielu trūkuma izpausmju biežums un intensitāte atkarīga no mežaudžu vecuma, augsnes tipa, koku sugas un, nereti, arī no mitruma režīma. Mežsaimniekam ir jāspēj identificēt barības vielu trūkuma pazīmes un, iespēju robežās, arī veikt augšanas apstākļu uzlabošanas pasākumus, lai preventīvi novērstu barības vielu deficītu. Pastāv 4 metožu grupas augu barības vielu pieejamības novērtēšanai:

- vizuāls koku vainaga stāvokļa novērtējums (defoliācija, lapu forma un izmērs, lapu plātnes krāsojums, citas sekundāro bojājumu un vitalitātes trūkuma pazīmes);
- augsnes analīzes (augu barības vielu koncentrācija vai uzkrājums noteiktā augsnes slānī);
- augu audu analīzes (galvenokārt lapu un skuju ķīmiskā sastāva analīzes);
- augšanas apstākļu novērtējums (piemēram, augsts gruntsūdens līmenis).

Mīnerālvielām ir būtiska loma augu fizioloģiskajos procesos, tāpēc augu barības vielu trūkums ātri izpaužas vizuāli diagnosticējamās pazīmēs. Dažādām koku sugām šīs pazīmes var atšķirties, piemēram, skujkokiem un lapkokiem ir atsevišķu barības vielu trūkums izpaužas atšķirīgi, bet lielākā daļa vizuāli nosakāmo barības vielu trūkuma pazīmes visām koku sugām izpaužas līdzīgi (Tab. 3). Vizuālās pazīmes var radīt maldīgu iespaidu, tāpēc parasti izdarīto secinājumu pārbaudei veic augsnes vai lapu sastāva analīzes.

Tab. 3 Vizuāli nosakāmās barības vielu trūkuma pazīmes (Bušs *et al.*, 1974; Binns *et al.*, 1980)

Elementi	Vizuāli nosakāmi trūkuma simptomi pēc Binns <i>et al.</i> , 1980	Barības vielu nepietiekamības ārējās pazīmes pēc Bušs <i>et al.</i> , 1974
Slāpeklis	Skujas un lapas ir gaiši zaļas vai dzeltējošas visā koka vainagā, bet lielākie bojājumi raksturīgi jaunajām lapām	Skujas zaļas vai tumši zaļas, bet īsas un mazs pieaugums. (Slāpekļa trūkums kombinēts ar bagātīgu fosfora daudzumu vai otrādi daudz slāpekļa maz fosfora) Lapu plātnes un skujas mazas, dzeltenīgi zaļas, mazs pieaugums, rudenī lapas ātrāk nobirst. (slāpekļa trūkums kombinēts ar fosfora trūkumu)
Fosfors	Skujām un lapām raksturīga spilgtāka vai tumši zaļa krāsa, samazināts lapu un skuju izmērs, ekstrēmās gadījumos lapas un skujas var iegūt brūnganu nokrāsu, pumpuri virzienā uz koka galotni var atmirt	Uz lapām, galvenokārt to galos, parādās sarkanbrūni plankumi. Priedes viengadīgo sējeņu skujas rudens pusē krāsojas violetas (tam var būt arī citi cēloņi)
Kālijs	Vispirms lapu plātnes malas un skujas jauno dzinumu galos iegūst salmu dzeltenu nokrāsu, vēlāk skujas var iekrāsoties rozīgi brūnā krāsā; skujkokiem šāda krāsa īpaši izteikta ziemas laikā	Lapu malas dzeltē, tad nobrūnē, bet vidus paliek zaļš Ja trūkst kālija un magnija, priedēm skuju gali koši dzeltenī, bet pamatnes zaļas
Magnijs	Skuju gali vai lapu plātne iekrāsojas zeltaini dzeltenī (uz lapu plātnēm veidojas neregulāri plankumi), šādu parādību biežāk var novērot koka augšējā daļā rudenī	Lapām dzeltē starpdzīslu laukumi. Ap dzīslām zaļā krāsa saglabājas visilgāk
Varš	Nelielas izmaiņas lapu izmērā un krāsā, var veidoties tumši plankumi uz lapu plātnes, zari viegli lūzt, galotnes dzinums ir likumains vai pat noliecies	Skuju kokiem, sevišķi lapeglei, duglāzijai, veidojas miksti, nokareni dzinumi
Bors	Atmirst pumpuri un jaunie dzinumi, it īpaši pēc augšanas uzsākšanas vasarā; problēma vairāk raksturīga galotnes dzinumiem, dzinumu serdē veidojas brūni nekrozes plankumi	
Dzelzs		Dzels uzņemšana tiek traucēta pārāk bāziskās augsnes. Lapām veidojas neregulāri, gaiši dzeltenī plankumi, vai arī nodzeltē visa lapa – hloroze

Augsnes analīzes ir labs instruments augu mīnerālās barošanās problēmu identificēšanai lauksaimniecībā un dārzkopībā. Par augu iespējamo nodrošinājumu ar barības vielām var spriest jau pēc augsnes mehāniskā un mineraloģiskā sastāva noteikšanas. Ja augsne veidojusies sairstot

granītiem, paredzams, ka būs nepieciešams izmantot drīzāk fosfora nekā kālija mēslojumu, bet ja cilmiezis ir dolomīts – tad būs jāizmanto kālija mēslojums, jo elementa uzņemšanu traucēs lielais kalcija saturs. No smilšakmens veidojušās augsnēs parasti ir nepietiekams visu galveno barošanās elementu daudzums. Lielāks smalko daļiņu daudzums uzlabo barības elementu pieejamību koku saknēm, palielina mitruma ietilpību un un minerālā mēslojuma adsorbciju (Bušs *et al.*, 1974).

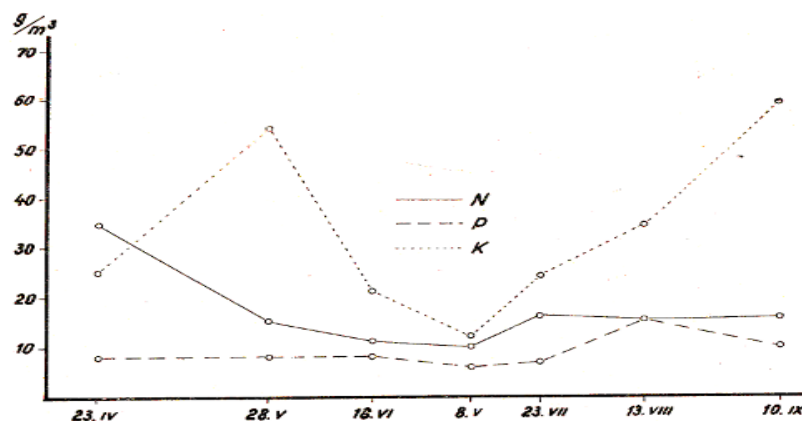
Mežsaimniecībā augsnes analīzes ne vienmēr uzrāda sakarību starp barības vielu pieejamību un koku augšanas gaitu. Daļēji tas skaidrojams ar koku un sēņu simbiozi, kas kokaugiem, iespējams, ļauj izmantot vairāk barības vielu, nekā ir pieejams laukaugiem, līdz ar to laukkopības kultūrām adaptētās analīžu metodes un pieņēmumi par barības vielu nodrošinājumu parasti nedarbojas meža zemēs. Vēl svarīgāks iemesls var būt tas, ka dažādās vietās kokaugu saknēm pieejams atšķirīga biezuma augsnes slānis un tajā esošās barības vielas, pie kam augiem pieejamā augsnes slāņa biezums var mainīties laika gaitā (piemēram, pazeminot vai paaugstinot gruntsūdens līmeni), tādēļ barības vielu nodrošinājuma izpētē būtiski ņemt vērā augu sakņu un barības vielu izvietojumu augsnē (Miller, 1995).

Izdarot pilnu augsnes ķīmisko analīzi var noteikt barības elementu kopdaudzumu. Kokaugu saknes nespēj uzņemt barības elementus no visām formām, kādās tie ir ieslēgti augsnē – saknes izdala šķīdumus, kas reaģējot ar augsnē esošajām vielām rada formas, kurās augiem barības elementi ir uzņemami, barības elementu uzņemšanu atvieglo arī uz saknēm esošie mikroorganismi. Tādēļ veicot augsnes analīzes, barības vielu izdalīšanai izmanto tādu vielu šķīdumus, kas pēc savas iedarbības ir līdzīgi koku sakņu un augsnes mijiedarbībai – tuvināti imitē sakņu šķīdinošo darbību. Šādi veiktu analīžu rezultātu sauc par viegli uzņemamo jeb apmaiņas barības vielu daudzumu. Viegli uzņemamo barības vielu daudzums atkarīgs ne tikai no mežaudzes patērētā, bet arī no gadalaika un metroloģiskajiem apstākļiem, augu segas, mitruma režīma (Bušs *et al.*, 1974).

Augsnes analīžu rezultāti dod objektīvu un salīdzināmu priekšstatu par augsnes barības vielu pieejamību līdzīgos augšanas apstākļos vai precīzi raksturojot augiem pieejamo barības vielu rezerves – aerēto augsnes slāni, kurā atrodas dzīvās koku saknes.

Auga daļu, galvenokārt, skuju un lapu analīzes dod iespēju visātrāk iegūt objektīvu priekšstatu par minerālās barošanās režīma traucējumiem. Barības vielu saturs lapotnē variē, atkarībā no lapu izvietojuma koku vainagā un lapas vai skuju vecuma. Fizioloģiski aktīvo barības vielu koncentrācija skujās pieaug, uzlabojoties apgaismojumam, turpretim, kalcijam raksturīga pretēja tendence. Daži pētnieki uzskata, ka mazāka barības vielu koncentrācija lapās vainaga lejasdaļā saistīta ar to, ka stresam pakļautajās lapās (nepietiekošs apgaismojums) esošās barības vielas asimilējas koka audos ātrāk, nekā vainaga augšdaļā esošajās labi eksponētajās lapās. Lai gan šo pieņēmumu pagaidām nav izdevies izteikt matemātiski.

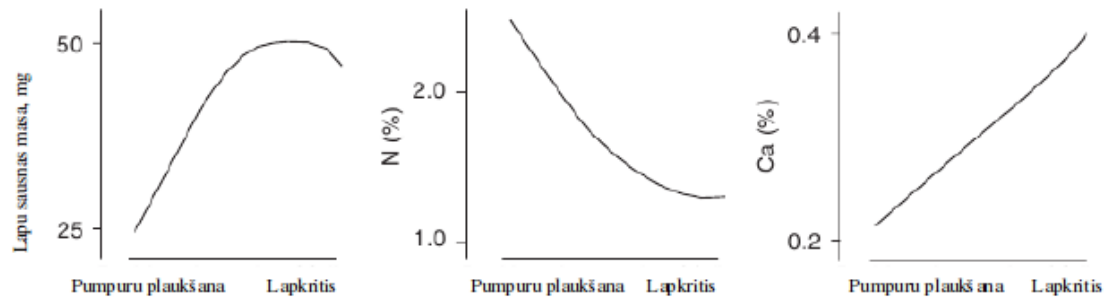
Att. 1 parādīts, ka augu aktīvo barības vielu daudzumam raksturīgas arī sezonālas svārstības, kas saistītas ar augu patēriņu un mikroorganismu aktivitāti.



Att. 1: Aktīvo barības vielu satura dinamika augsnē (Bušs *et al.*, 1974).

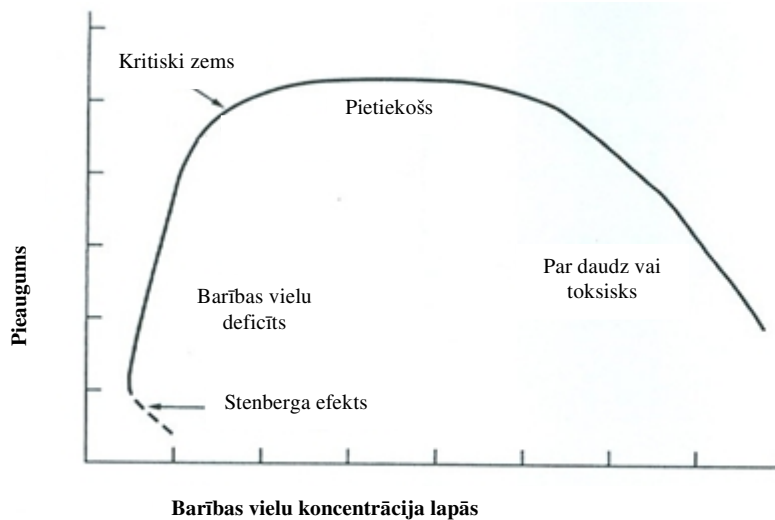
Auga daļu, galvenokārt, skuju un lapu analīzes dod iespēju visātrāk iegūt objektīvu priekšstatu par minerālās barošanās režīma traucējumiem. Barības vielu saturs lapotnē variē, atkarībā no lapu izvietojuma koku vainagā un lapas vai skuju vecuma (Bušs *et al.*, 1974). Sakarība starp priedes skuju izmēriem (vecumu) un slāpekļa un kalcija koncentrāciju skujās parādīta Att. 2. Būtiskā atšķirība elementu koncentrācijā dažāda vecuma skujās norāda uz nepieciešamību standartizēt paraugu ņemšanas laiku. Parasti skuju analīzēm ievāc pilnībā nobriedušas kārtējā gada pieauguma skujas

(Ziemeļvalstīs to dara oktobrī) no augstākajiem koku zariem; lapkoku audzēs paraugus ievāc vasaras beigās no vainaga augšējās daļas (ap 30 % no vainaga garuma) labi izgaismotās vietās.



Att. 2: Priedes skuju sausnas masas, kā arī slāpekļa un kalciņa koncentrācijas dinamika (Miller, 2004).

Teorētiskā sakarība starp barības vielu koncentrāciju lapās un skužās un koku augšanu parādīta Att. 3. Pietiekoša nodrošinājuma līmenis šajā grafikā ir pagrieziena punkts, kas, palielinoties barības vielu koncentrācijai augu audos, veido garu pieauguma plato. Šāda pieauguma un barības vielu koncentrācijas sakarība raksturīga slāpeklim, fosforam, kālijam, varam un it īpaši mangānam. Šī plato robežās augs uzņem vairāk barības vielu, neuzrādot būtiskas izmaiņas pieaugumā. Barības vielu piesaiste virs optimālā līmeņa ne vienmēr uzskatāma par "lieku greznību", jo uzkrātās rezerves var izmantot nākotnē (Miller, 1995).



Att. 3: Shematiska sakarība starp barības vielu koncentrāciju lapās un skužās un augšanas gaitu² (Havlin *et al.*, 2005).

Vērtējot lapu un skuju analīžu rezultātus, jāņem vērā, ka vismaz slāpeklim, bet, iespējams, arī lielākajai daļai makroelementu, optimālā koncentrācija mainās, atkarībā no koka vecuma. Slāpekļa koncentrācija parasti ir liela jaunos kokos, bet samazinās, kokam novecojot. Optimālā slāpekļa koncentrācija priedes sējeņos ir 3 %, bet, kad koks sasniedzis 2 m augstumu – 1,5 %. Optimālākās barības vielu koncentrācijas parādītas Tab. 4. Par kritisko barības vielu koncentrāciju parasti uzskata līmeni, kas ir 90 % no optimālās koncentrācijas. Ja mēslošanas līdzekļus izmanto audzēs, kur barības vielu koncentrācija skužās vai lapās ir zem optimālā līmeņa, var konstatēt pozitīvu mēslojuma ietekmi, bet, ja barības vielu saturs skužās vai lapās ir vismaz optimālā līmenī, pozitīvs mēslojuma efekts var neizpausties.

Tab. 4 Optimālā barības vielu koncentrācija lapās un skužās 0,5-4 m gariem kokiem

Elements	Mūžzaļie skujkoki	Lapkoki un skujkoki, kas met skujas ³
Slāpeklis	1,50%	2,20%

² Stenberga efekts – ekstremāla barības vielu deficīta situācija, kad straujš pieaugums var samazināt barības vielu koncentrāciju.

Elements	Mūžzaļie skujkoki	Lapkoki un skujkoki, kas met skuju
Fosfors	0,14%	0,20%
Kālijs	0,50%	0,90%
Magnijs	0,10%	0,10%
Varš	8 ppm	ND
Bors	2 ppm	ND

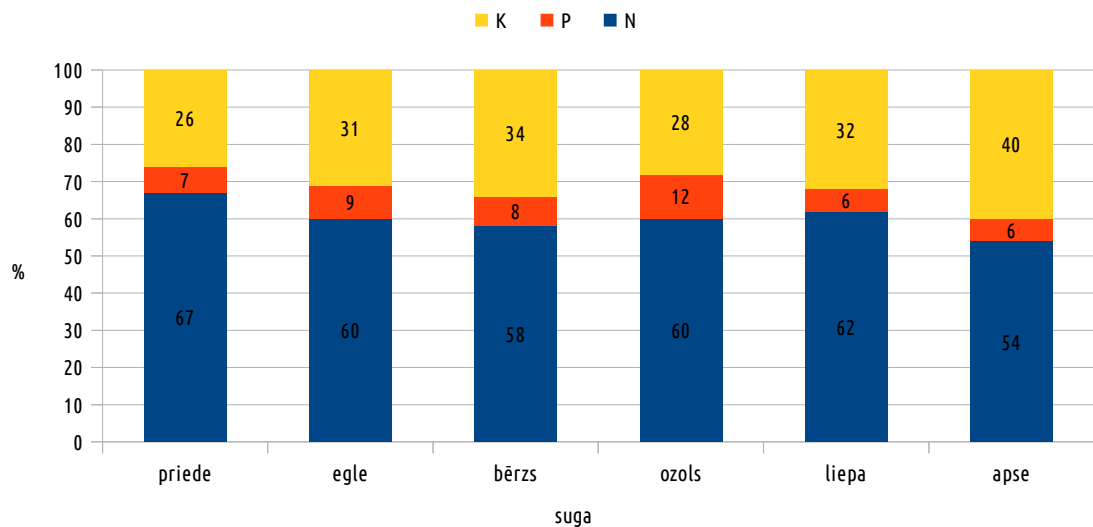
Miervalža Buša vadībā veiktajos pētījumos, konstatēts, ka priežu skuji ir jābūt vismaz 0,12-0,13 % fosfora, 0,42-0,50 % kālija, 1,2-1,3 % slāpekļa, 0,29 % kalcija un 0,05-0,06 % magnija (Bušs *et al.*, 1974).

Latvijas meža zinātnieki A. Rīšperes vadībā veikuši pētījumus par barības vielu daudzumu priežu skuji dažādos augšanas apstākļos – meža tips un dažādu bonitāšu audzes. Saskaņā ar rezultātiem, kas apkopoti Tab. 5, jo labāki koku augšanas rādītāji, jo lielāks arī kopējais minerālvielu saturs skuju pelnos un pelnu daudzums skuji (Bušs *et al.*, 1974).

Tab. 5 Barības vielu saturs priežu skuji (%) atkarībā no meža tipa un bonitātes

Meža tips	Bonitāte	N	P	K	Pelnu saturs
Sils	V	1,16	0,16	0,51	1,94
	IV	1,34	0,12	0,45	2,24
Mētrājs	III	1,25	0,13	0,53	2,22
	II	1,57	0,16	0,71	2,45
Vēris, Damaksnis	II	1,49	0,15	0,62	2,38
	I	1,86	0,18	0,69	2,57

Lapās un skuji ieslēgto elementu daudzums pa atsevišķiem gadiem svārstās vairāk nekā to savstarpējā procentuālā attiecība. Savstarpējā procentuāla attiecība ir noteikta katrai koku sugai (Bušs *et al.*, 1974). Savstarpējā procentuālās makroelementu attiecības saimnieciski nozīmīgām koku sugām dotas Att. 4.



Att. 4: Savstarpējās makroelementu attiecības, %, ar barības vielām nodrošinātās augsnēs augošu meža koku lapās pēc V. Lavričenko (Bušs *et al.*, 1974)

Jāņem vērā, ka barības vielu koncentrācija lapās var pieaugt nelabvēlīgu apstākļu ietekmē, piemēram, piesārņojums var samazināt fotosintēzes aktivitāti un barības vielu koncentrācija lapotnē var pieaugt sakarā ar organisko vielu sintēzes palēnināšanos. Ja augšanu ierobežo 1 elements, piemēram, fosfors, pārējo elementu koncentrācija var būt optimālā līmenī. Ja augu barības elementu trūkumu kompensē ar atbilstošu mēslojumu, var izpausties cita elementa trūkums, kas samazinātas biomasas veidošanās apstākļos nebija jūtams (Miller, 2004).

³ ND – nav datu.

Meža mēslošanas nepieciešamības novērtēšanai un efekta prognozēšanai būtisks rādītājs ir augšanas apstākļi, kas ietver augsnes tipu, teritorijas ģeoloģisko raksturojumu, zemsedzes veģetāciju un miruma režīmu. Zemsedzes augu sastāva izpēte ļauj pietiekoši precīzi prognozēt, vai ir iespējams barības vielu trūkums. Zemsedzes augu izpēte palīdz pieņemt lēmumu par mēslojuma pielietošanu, piemēram, plantācijās uz bijušajām lauksaimniecības zemēm. Lai gan šāda paņēmiena pielietošanai jābūt izstrādātai klasifikācijas sistēmai (Miller, 2004). Latvijā šī zemsedzes augu klasifikācijas sistēma ir sasaistīta ar meža tipoloģiju, taču lauksaimniecības zemju apmežojumos uz to nevar paļauties, jo dažādiem meža tipi raksturīgā veģetācija, kas raksturo augšanas apstākļus, veidosies tikai pēc vairākiem gadu desmitiem. Barības vielu nodrošinājumu raksturojošu zemsedzes augu sabiedrību klasifikācijas izstrādāšana ir būtisks priekšnosacījums izmaksu samazināšanai mežkopībā un efektīvai mēslošanas līdzekļu izmantošanai.

Pēc koku vainagu saslēgšanās augsnē esošo barības vielu patēriņš strauji samazinās. Pēc tam augsnē esošo rezervju patēriņš atbilst attiecīgo ķīmisko elementu akumulācijai koksne. Augu barības vielu koncentrācija koksne ir neliela un būtiski neatšķiras dažādām koku sugām. Atšķirības barības vielu patēriņā dažādām koku sugām raksturojas ar atšķirību vidējā ikgadējā krājas pieaugumā. Starp abiem procesiem, piemēram, fosforam un slāpeklim pastāv lineāra sakarība. Pirms vainagu saslēgšanās barības vielu patēriņa dinamika ir atšķirīga dažādām sugām. Vidēji lapkoku audzēs ir 3-6 tonnas ha⁻¹ lapu, priedes audzēs 6-12 tonnas ha⁻¹ skuju, bet egles audzēs – 10-20 tonnas ha⁻¹ skuju. Tas nozīmē, ka dažādām koku sugām nepieciešams atšķirīgs barības vielu daudzums, lai paplašinātu vainagu un atjaunotu lapotni. Skujkoku lapotnes pieaugums dažāda vecuma skujkoku audzēs parādīts Tab. 6.

Tab. 6 Lapotnes biomasas pieaugums dažāda vecuma priedes un egles audzēs (Miller, 2004)

Vecums (gadi)	Lapotnes masas pieaugums (tonnas ha ⁻¹ gadā)	
	priede	egle
0-10	+ 0,2	+ 0,5
10-15	+ 0,4	+ 1,0
15-20	+ 0,8	+ 1,4
20-25	+ 0,2	+ 0,2
25-30	- 0,1	- 0,3

Tab. 6 piedāvātais modelis liecina, ka egles augšanai nepieciešams lielāks barības vielu daudzums, nekā priedei. Ja šo modeli attiecina uz lapkokiem, piemēram, ozolu, tad teorētiski ozolam vajadzētu mazāk barības vielu, nekā eglei vai priedei, taču dabiskos apstākļos ozols parasti aizņem auglīgākas augsnes. Šī nesaiste bijusi par iemeslu jēdzienu "barības vielu patēriņš" un "prasības pret augšanas apstākļiem" nodalīšanai. Barības vielu patēriņš variē starp sugām, pateicoties atšķirīgai lapotnes biomasai, kas kokiem sākotnēji jāizveido, un krājas pieauguma atšķirībai. Prasības pret augšanas apstākļiem raksturo ne tikai barības vielu patēriņu lapotnes un koksnes veidošanai, bet arī koku sakņu un mikorizas kompleksa spēju iegūt barības vielas no augsnes mazšķīstošajiem sāļiem un kompleksajiem savienojumiem (Miller, 1995). Priede spēj iegūt barības vielas arī nabadzīgās augsnēs, bet ozolam nepieciešamas vieglāk pieejamas barības vielas.

Nemot vērā vispārējo tendenci samazināt augu aizsardzības līdzekļu izmantošanu mežsaimniecībā, mēslojuma pielietošanu nereti uzskata par pēdējo līdzekli augšanas apstākļu uzlabošanai, iesakot vispirms izvēlēties attiecīgajiem apstākļiem piemērotas koku sugas. Taču ir situācijas, kad šāda izvēle nav iespējama, piemēram, ja mežs jau ir iestādīts vai augsnē pietrūkst kāda no augu barības vielām. Barības vielu deficīts raksturīgs nemeža augsnēm, piemēram, apmežotām lauksaimniecības zemēm, raktuvju atbērtņēm un rekultivētām kūdras atradnēm. Šāda barības vielu deficīta situācija var veidoties arī laika gaitā sākotnēji pietiekoši auglīgās augsnēs, piemēram, egļu audzēs uz kūdras augsnēm, pieaugot kokaugu biomasai, var tikt izsmeltas augsnes kālija rezerves (Small, 1972; Kaunisto *et al.*, 2002; Lazdiņš *et al.*, 2010, 2011) vai arī, mainoties augšanas apstākļiem (paaugstinoties gruntsūdens līmenim), samazinās augiem pieejamo barības vielu rezerves. Šādās situācijās mēslojums ir efektīvs risinājums, lai ienestu ekosistēmā trūkstošās barības vielas un nodrošinātu kokaugu attīstībai labvēlīgus apstākļus. Meža mēslošana ir efektīvs līdzeklis arī cilvēka saimnieciskās darbības radītās ietekmes mazināšanai, atgriežot mežā ar kokmateriāliem un biokurināmo iznestās barības vielas pēc meža kopšanas vai galvenās cirtes (Lundborg, 1998).

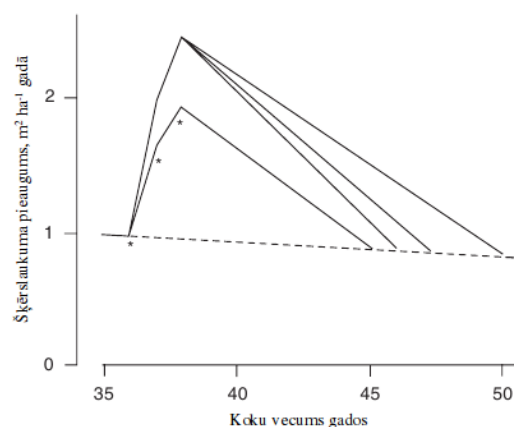
Meža mēslošanā var pielietot tradicionālos lauksaimniecības mēslošanas līdzekļus – minerālmēslus un organiskos mēslošanas līdzekļus. Konkrēta produkta izvēli nosaka izmantošanas vienkāršība un cena. Piemēram, urīnviela ir ekonomiski izdevīgākais slāpekļa mēslojums, jo tajā ir 46 % slāpekļa tīrvielas, salīdzinot ar 21 % amonija sulfātā un 35 % amonija nitrātā. Izkliešanas tehniskais risinājums visiem 3 mēslošanas līdzekļiem ir vienāds, jo lielāka aktīvās vielas koncentrācija, jo mazākas izkliešanas izmaksas. Organiskais mēslojums var nemaksāt neko, piemēram,

notekūdeņu dūņas, bet tā izkļiedēšana mežā ir darbietilpīgāka, nekā minerālmēsļu ienešana, tāpēc kopējās organiskā mēslojuma izmantošanas izmaksas var izrādīties lielākas, nekā minerālmēslojumam. Ja ar mēslojumu kompensē mežizstrādes rezultātā iznestās barības vielas, tad lietderīgi izmantot koksnes pelnus vai citāda veida dabisko komplekso mēslojumu, kas ienes augsnē barības vielas kokaugiem piemērotās proporcijās. Izmantojot koksnes pelnus, atsevišķi ir jāienes slāpekļa mēslojums, lai gan slāpekļa papildmēslojuma ienešanas lietderīgums jāvērtē individuāli, jo pētījumu rezultāti bieži neliecina par to, ka slāpekļa papildmēslojums palielina pelnu radīto papildus pieauguma efektu (Vesterinen, 2003). Mēslošanas līdzekļu izvēli nosaka arī tas, kādu mēslojumu izmanto lauksaimnieki, kas ir pieejams tirgū. Mēslošanas līdzekļu izvēli sertificētos mežos ietekmēt ierobežojumi, ko nosaka meža sertifikācijas prasības un normatīvie dokumenti. Zviedrijā meža mēslošanu ar slāpekļa mēslojumu reglamentē Meža aģentūras noteikumi (to kopsavilkums dots 1. pielikumā). Pētījuma laikā neizdevās atrast oficiālus normatīvus pelnu un fosfora mēslojuma izmantošanai mežaudzēs Ziemeļvalstīs, taču eksistē neoficiālas vadlīnijas par mēslojuma devām, iestrādes termiņiem un sagaidāmo efektu, atkarībā no mežaudzes raksturojuma.

Viena no hipotēzēm, kas sekmējusi meža mēslošanu Ziemeļvalstīs, ir bažas par to, ka skābie lieti paātrina augsnes izskalošanos un mēslojums nepieciešams, lai kompensētu barības zudumus augsnē. Tāpat, meža mēslošanas prakses attīstību sekmējis gaisa piesārņojums ar slāpekli, pieņemot, ka palielināta slāpekļa daudzuma nonākšana augsnē ar nokrišņiem veido nesabalansētas augiem pieejamo barības vielu proporcijas. Pētījumi šajā jomā sekmēja kompleksu, līdz 8 augu barības vielu elementus saturošu mēslošanas līdzekļu (augšanas apstākļu atjaunotāju) izstrādāšanu un izmantošanu mežsaimniecības praksē. Ilgtermiņā šādi mēslošanas līdzekļi var sekmēt labvēlīgākas vides veidošanos, bet īstermiņā tie nerada lielāku efektu, kā 1-2 augu barības vielu elementus saturoši mēslošanas līdzekļi. Rūpnieciskā piesārņojuma radītie skābie lieti ir atjaunojuši arī interesi par augsnes kaļķošanu mežā. Vairāki tūkstoši hektāru mežaudžu Ziemeļvalstīs un Rietumeiropā ir kaļķoti, sākot no 19. gadsimta beigām, taču būtiska pozitīva ietekme uz mežaudžu attīstību pagaidām nav pierādīta. Atsevišķos gadījumos kaļķošanas materiāls izmaina humusa struktūru, kas uzlaboja koku veselības stāvokli, taču pozitīvā ietekme izpaudās daudzus gadus pēc augsnes kaļķošanas un nebija sistemātiska (Miller, 1995).

Ja kokaugu augšanu limitējošie elementi noteikti pareizi, atbilstoša mēslojuma pielietošana vispirms izraisa kopējās koku lapotnes virsmas laukuma samazināšanos un fotosintētiskās aktivitātes pieaugumu atlikušajā lapotnes daļā, kam seko jaunu lapu un skuju veidošanās. Rezultātā, otrajā veģetācijas sezonā pēc mēslošanas kopējais fotosintezējošo lapu laukums ir būtiski lielāks, nekā pirms mēslošanas, kam seko arī būtiski lielāks koksnes krājas pieaugums. Koku atbildes reakcijas ilgums ir atkarīgs no barības vielu daudzuma, ko tie spēj akumulēt savā biomasā kā rezervi.

Att. 5 redzams, ka mēslojuma devas palielināšana var neradīt proporcionālu šķērslaukuma pieauguma palielinājumu tūlīt pēc mēslojuma ienešanas, taču jo deva ir lielāka, jo ilgāk izpaužas mēslojuma efekts, jo daļa barības vielu akumulējas biomasā rezervju veidā. Koki izmanto tikai daļu no barības vielām, kas ienestas ar mēslojumu. Lielāko daļu barības vielu izmanto zemsedzes augi, augsnes mikroorganismi un daļa, it īpaši fosfors, saistās mazšķīstošos kompleksos ķīmiskos savienojumos, kas augiem nav pieejami.



Att. 5: Priedes šķērslaukuma pieauguma atbildes reakcija uz slāpekļa mēslojumu, kas ienests 3 gadu laikā (grafikā iezīmēti ar zvaigznītēm), atkarībā no mēslojuma devas⁴ (Miller, 1995).

⁴ Ar nepārtrauktām svitrām iezīmēts šķērslaukuma pieaugums dažādu slāpekļa mēslojuma devu ietekmē, ar raustītu svitru – šķērslaukuma pieaugums kontroles parauglaukumos.

Ātrums, ar kādu saistītās barības vielas atbrīvojas vidē un kļūst pieejamas kokiem, ir tik mazs, ka tām nav būtiskas ietekmes uz koku augšanu. Papildus pieaugumu rada tikai tā barības vielu daļa, kas saistās koku biomasā tūlīt pēc mēslojuma ienešanas. Kad šīs rezerves ir izmantotas, papildus pieaugums vairs neveidojas. Faktiski, tas nozīmē, ka mēslojuma ienes nevis augsnē, bet koku biomasā (Miller, 2004). Tas nozīmē arī to, ka atkārtota mēslojuma ienešana (biomasā uzkrāto rezervju atjaunošana) var būtiski palielināt mēslojuma summāro ietekmi (Nordin, 2011). Ekstremālos barības vielu deficīta gadījumos, kad ar mēslojuma ienesto elementu daudzums ir būtisks, salīdzinot ar augsnē esošajām attiecīgo elementu rezervēm, mēslojuma efekts var būt ilgstošs. Šāda ilgstoša iedarbība raksturīga, piemēram, fosforam un atsevišķiem mikroelementiem. Latvijā veikti izmēģinājumi liecina, ka mēslojuma ilgstošu iedarbību var izraisīt arī tā ietekme uz augsni. Piemēram, notekūdeņu dūņu mēslojums kūdras augsnēs palielina mikrobioloģisko aktivitāti, un augsnes barības vielu rezerves pieaug kūdras mineralizācijas rezultātā, tāpēc papildus pieauguma veidošanās var turpināties arī tad, kad koku biomasā saistīts vairāk barības vielu, nekā sākotnēji ienests ar mēslojumu (Lazdiņa, 2009).

Latvijas un ārvalstu pieredze meža mēslošanā

Mēslošanai piemērotās mežaudzes

Latvijā viens no apjomīgākajiem pētījumiem, kas ietvēra meža mēslošanas izmēģinājumus, ir pagājušā gadsimta 80. gadu sākumā veiktā parastās egles plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas jautājumu izpētes programma, kurā izstrādātas rekomendācijas egļu plantāciju mēslošanai.

Pētījumu programmā izstrādātās rekomendācijas lielā mērā balstās uz agrāk un citās valstīs, tajā skaitā Somijā, veikto pētījumu rezultātiem. Šajā darbā uzskaitītas nozīmīgākās atziņas, kas izmantotas mežaudžu mēslošanas rekomendāciju izstrādē.

Pētījumi melnās priedes un citu skujkoku stādījumos apliecina, ka minerālmēsli, it īpaši slāpekli saturošie, sekmē sveķu veidošanos, uzlabojot augu noturību pret kaitēkļiem. Mēslojuma ietekmē egles plaukst agrāk, apgrūtinot *Pristophora abietina* oļiņu dēšanu. Saskaņā ar Latvijā veikto pētījumu rezultātiem, mēslojuma ietekmē dažādu meža tipu un koku sugu mežos veidojas papildus pieaugums 1,1-5,0 m³ ha⁻¹ gadā. III-V vecumklases priežu audzēs papildus pieaugums mēslojuma ietekmē ir 1,1-5,0 m³ ha⁻¹ gadā, IV-V vecumklases egles audzēs – 1,9-3,0 m³ ha⁻¹ gadā, VI-VIII vecumklases bērzu audzēs – 1,5-2,5 m³ ha⁻¹ gadā. Igaunijā veiktos pētījumos konstatēts, ka pieaugums mēslotajās priedes audzēs lānā ir 127-154 %, mētrājā 127-146 %, damaksnī 151 %, bet augstajos purvos – 123-170 % no nemēslotas audzes pieauguma. Papildus pieaugums turpinās 5-8 gadus. Kūdrenos mēslojuma efektu būtiski ietekmē teritorijas hidroloģiskais režīms. Ieteicamā mēslojuma deva 100-120 kg ha⁻¹ N, 100-150 kg ha⁻¹ P₂O₅ (citās publikācijās minēta līdzīga P tīrvielas deva, attiecīgi gandrīz 3 reizes lielāka mēslojuma deva). Agrāk Latvijā valdīja uzskats, ka kālija mēslojums kūdras augsnes var būt nepieciešams tikai tad, ja izmantotas lielas fosfora un slāpekļa mēslojuma devas (Kāposts, 1981). Latvijā viršu kūdreņos ienesot N₁₀₀P₆₀K₆₀ un N₈₅P₆₀K₈₀ mēslojumu, tā iedarbība novērota 6-8 gadi. Mēslotajās priežu IV,V vecumklases II bonitātes audzēs konstatēts 0,9 m³ papildpieaugums gadā. Savukārt, mēslojot II bonitātes IV un V vecumklases priežu mētru kūdreņus (N₇₀P₆₀ un N₁₀₀P₆₀K₆₀), 6 gadu laikā ik gadu iegūstams līdz 2,6 m³ papildus pieaugums (Kāposts, 1981).

Somijā kūdreņos veiktos pētījumos konstatēts, ka lielāko efektu dod NPK mēslojums, ja attālums starp susinātājgrāvjiem ir 10 m (Rone, 1982).

Priedes jaunaudzēs optimālā mēslojuma deva satur visus trīs makroelementus N₅₀P₁₀₀₋₁₂₀K₅₀₋₁₀₀ kg ha⁻¹ vai N₅₀P₁₀₀₋₁₂₀K₅₀₋₁₀₀ un P₁₀₀₋₂₀₀K₁₀₀₋₂₀₀K₅₀₋₁₀₀, kas pieaugumu palielina 2,5-5 reizes. Ienesot vidēja vecuma egļu audzēs N 200 kg ha⁻¹, pieaugums turpmāko 5 gadu laikā palielinās vidēji par 18 %. Nelielas mēslojuma devas (N₉₀ kg ha⁻¹), lielākā daļa no papildus pieauguma (27,3 %) veidojas pirmajā gadā pēc mēslojuma ienešanas. Mēslojuma iedarbības ilgums 6 gadi. Palielinot mēslojuma devu, palielinās tā iedarbības ilgums un attālinās mēslojuma iedarbības kulminācijas brīdis (Rone, 1982).

Saskaņā ar Krievijā veikto pētījumu rezultātiem ekonomiski efektīvākais risinājums ir pieaugušu egles un priedes audžu mēslošana 10-15 gadus pirms galvenās cirtes. Egļu audzēs atkārtota mēslojuma ienešana lietderīga 10 gadus pēc iepriekšējās mēslošanas, attiecīgi, pēdējo mēslošanu ieteicams veikt 10 gadus pirms galvenās cirtes (Паршевников *et al.*, 1979).

Latvijā veikto pētījumu rezultāti liecina, ka slāpekļa mēslojums (N₈₀, N₁₂₀, N₁₅₀) 5 gadu laikā nodrošina 12-28 % papildus pieaugumu (vidēji 21 %), fosfora mēslojums palielina papildus pieaugumu līdz 24 % (Kāposts, 1981). ASV veiktie pētījumi liecina, ka veicot mēslošanu, mazu dimensiju koku audzēs (jaunaudzēs, vidēja vecuma audzes) papildus pieaugums ir mazāks, tomēr jāņem vērā, ka mēslošanas rezultātā saīsināts cirtmets ļauj samazināt zaudējumus atmiruma veidā.

Saskaņā ar Lietuvā un Latvijā veikto pētījumu rezultātiem, mēslojuma radītajam papildus pieaugumam saīsinātas aprites plantāciju tipa egļu stādījumos jābūt lielākam par 15 % (Rone, 1982).

Būtisks koksnes kvalitātes rādītājs ir vēlinās koksnes īpatsvars. Pētījumi Baltkrievijā pierādīja, ka vēlinās koksnes veidošanos vairāk ietekmē mitruma režīms. Mēslošanas rezultātā vecākās egļu audzēs pieaug agrīnās koksnes īpatsvars, kas pasliktina koksnes kvalitāti. Tas nozīmē, ka plantācijās ar saīsinātu aprites ciklu, var iegūt kvalitatīvāku koksni (Ипатьев & Кирова, 1977).

Saskaņā ar egļu plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas rekomendācijām meža tipos, kur iespējams barības vielu deficīta risks (Ks un As) pēc stādīšanas ieteicams izmantot NPK mēslojumu. Devu nosaka atbilstoši augsnes sastāvam (devas aprēķinu vienādojums gan netika izstrādāts) vai, ja

augšnes dati nav pieejami, izmanto vidējo devu (N_{70-100} , P_{70-100} kg ha^{-1}). Kālija mēslojuma deva plantācijām netika izstrādāta, jo uzskatīja, ka kālija mēslojums mežā nav neieciešams. Mēslojumu ieteica izkliegt 2 m platā joslā ap rindās stādītiem kokiem. Pēc otrās kopšanas vai 10-15 gadus pirms galvenās cirtes egļu plantācijās I-l^a bonitātes audzēs mēslojumu ieteica ienest atkārtoti (Rone, 1982). Jāņem vērā, ka plantāciju ierīkošanas metodikā iekļautie priekšlikumi bija lielā mērā teorētiski un balstās uz tajā laikā pieejamajā zinātniskā literatūrā gūtām atziņām.

Apjomīgākie pētījumi par meža mēslošanu Latvijā veikti pagājušā gadsimta 70. gadu sākumā Visvalža Kāposta un Rūda Sacenieka vadībā, bet meža mēslošanas aizsākums Latvijā ir kāpu un virsāju apmežošanas izmēģinājumi 1950. gadā. Nedaudz vēlāk ierīkoti pirmie meža mēslošanas izmēģinājumi Meža pētīšanas stacijā Jaunkalsnavā. No 1968. gada meža mēslošanu sāka pielietot ražošanas apstākļos vidēja vecuma un pieaugušās skuju koku audzēs. Šajā laikā veikti arī vērīgākie meža mēslošanas izmēģinājumi, pētot dažādu mēslojuma devu un barības vielu attiecību uz mežaudžu papildus pieaugumu atšķirīgos meža augšanas apstākļos, sākot no kūdras augsnēm un beidzot ar sausieņu mežiem (Капустс & Сацениекс, 1977). Astoņdesmito gadu sākumā entuziasms par meža mēslošanas iespējām Latvijā, atbilstoši tā laika aculiecinieku stāstiem, bija būtiski noplicis, jo iepriekšējo 20 gadu pieredze rādīja, ka praktiski sasniegtais efekts būtiski atpaliek no zinātnieku prognozētajiem rezultātiem, tūklāt ar tā laika meža mēslošanas dogmām nevarēja izskaidrot, kāpēc slāpekļa un fosfora mēslojums ne vienmēr veicina papildus pieauguma veidošanos, piemēram, kūdreņos. Pret meža mēslošanu iestājās arī dabas aizsardzības aktīvistu. Tāpēc pētījumi par meža mēslošanu 80. gados krasī samazinājās. Fundamentāli pētījumi par mežaudžu barošanās režīmu un mēslojuma iedarbības mehānismiem saistībā ar augu fizioloģiju Latvijā faktiski tā arī netika uzsākti. Nepietiekošā izpratne par mēslojuma iedarbības fizioloģiskajiem mehānismiem un neefektīvā lauka darbu organizācija (mēslojamo audžu atlase un mēslojuma izkliešana) bija galvenie iemesli faktiskai meža mēslošanas pārtraukšanai jau 80. gadu vidū.

Septiņdesmitajos gados veiktajos pētījumos noskaidrots, ka mazāk auglīgajos meža tipos (silis, lāns) priežu audzēs mēslojuma iedarbība turpinās 8 gadus, bet mētrājā – 6 gadus. Mazāk auglīgajos meža tipos lielāko efektu rada N mēslojums ($80-120 \text{ kg ha}^{-1}$), kas palielina gadskārtu pieaugumu līdz 130 %, salīdzinot ar kontroli, un kompleksais N, P, K mēslojums ($80, 80$ un 120 kg ha^{-1}), kas palielina pieaugumu līdz 150 %, salīdzinot ar kontroli. Ceturtās vecuma klases III bonitātes priedes audzēs mētrājā lielāko efektu rada N mēslojums ($80-100 \text{ kg ha}^{-1}$), kas palielina gadskārtu pieaugumu līdz 144 %, salīdzinot ar kontroli, un kompleksais N, P, K mēslojums ($80-100, 80$ un 120 kg ha^{-1}), kas palielina pieaugumu līdz 141 %, salīdzinot ar kontroli. Mazāko efektu sausieņu meža tipos radīja P un K mēslojums. Atkarībā no mēslojuma veida, papildus pieaugums silā un lānā priedes audzēs, kurās ienests N un N, P, K mēslojums, bija $3,2-4,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā vai $25-32 \text{ kg ha}^{-1}$ 8 gadu laikā, bet mētrājā – $1,4-3,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā ($11-24 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 8 gadu laikā) (Капустс & Сацениекс, 1977).

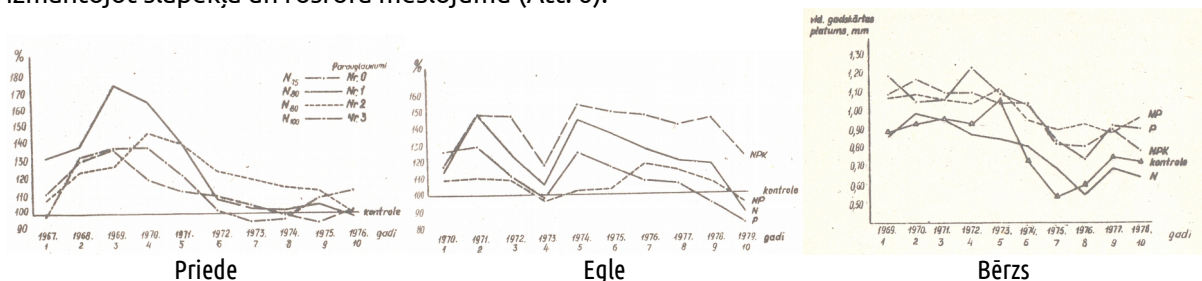
Uz minerālaugsnēm augošu egļu audžu produktivitātes palielināšanai Kāposta un Sacenieka vadībā veikto pētījumu rezultātā ieteica izmantot kompleksu N, P mēslojumu (attiecīgi, 120 un 80 kg ha^{-1} tīrvielas), kas palielina gadskārtu pieaugumu līdz 137 %, salīdzinot ar kontroli, un N, P, K mēslojumu (deva, attiecīgi, 120, 80 un 60 kg ha^{-1}), kas palielina gadskārtu pieaugumu līdz 143 %, salīdzinot ar kontroli. Slāpekļa mēslojums (120 kg ha^{-1}) palielināja gadskārtu pieaugumu par 20 %, salīdzinot ar kontroli. Mēslojuma iedarbība turpinās 5 gadus, bet papildus krājas pieaugums IV vecumklases egļu audzēs damaksnī ir $1,2-2,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā vai $7,5-13,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 5 gadu laikā (Капустс & Сацениекс, 1977). Mēslojuma iedarbība izpaudās pirmajā gadā pēc mēslojuma ienešanas. Pārrēķinot uz ienestā mēslojuma daudzumu, 1 m^3 papildus pieauguma iegūšanai nepieciešami 16 kg N, 6 kg P un 4,5 kg K. Pētījumos iegūtie rezultāti attiecībā uz N efektivitāti ir līdzīgi Zviedrijā iegūtajiem datiem (15 kg N m^{-3}). Atšķirībā no Zviedrijas Latvijā konstatēts, ka N mēslojums dod būtiski mazāku efektu, nekā kompleksais mēslojums (Nordin, 2011). Iespējams, ka tas saistīts ar atšķirīgu augsnes mineraloģisko sastāvu. Zviedrijā meža augsnes ir jaunākas un mazāk izskalotas, nekā Latvijā, tāpēc tajās var būt lielākas augiem pieejamā P un K rezerves.

Septiņdesmitajos un astoņdesmitajos gados Latvijā veiktajos pētījumos nostiprinājās uzskats, ka mežā, tajā skaitā uz kūdras augsnēm, nav nepieciešams K mēslojums, un atsevišķos gadījumos konstatēta pat negatīva K ienešanas ietekme uz gadskārtu pieaugumu. Kālija mēslojumu ieteica izmantot tikai tad, ja augsnē ienes lielas N un P mēslojuma devas (Kāposts, 1981). Šis secinājums ir pretrunā ar Somijā un Baltkrievijā veikto pētījumu rezultātiem un arī jaunāko Latvijā veikto pētījumu atziņām par K ietekmi uz egļu audžu attīstību uz susinātām augsnēm (Ипатьев & Кирова, 1977; Heljä-Sisko, 1992; Hytönen, 1998; Ērmane *et al.*, 2013). Iespējams, ka tajā laikā Latvijā un arī citās PSRS republikās iegūtos negatīvos rezultātus var saistīt ar K mēslojuma kvalitāti (piemaisījumi, kas negatīvi ietekmē koku augšanu) vai lielu hlora devu negatīvo ietekmi uz kokiem (KCl ir lētākais un meža mēslošanas izmēģinājumos visbiežāk izmantotais kālija mēslojums). Saskaņā ar Baltkrievijā

veiktu pētījumu rezultātiem limitējošā K mēslojuma (KCl) deva, ko pārsniedzot var izpausties koku augšanas traucējumi, ir 100 kg K tīrvielas. Šajos pašos pētījumos pamatots, ka maksimālā rekomendējamā P deva ir 150 kg tīrvielas (Ипатъев & Кирова, 1977). Igaunijā veiktos pētījumos secināts, ka maksimālā rekomendējamā K mēslojuma deva sausieņu mežos ir 200 kg ha⁻¹ (Тялли, 1977). Saskaņā ar 2011.-2012. gadā Latvijā veiktiem pētījumu datiem egļu bruņuts bojātās 30-40 gadus vecās parastās egles audzēs uz susinātām kūdras un minerālaugsnēm, K mēslojums (61 kg K tīrvielas K₂SO₄ veidā) palielināja gadskārtu pieaugumu nākošajā gadā pēc mēslošanas par 31 %. Līdzīgu efektu radīja pelnu (2,5 tonnas sausnas ha⁻¹) ienešana mežā. Vietās, kur iestrādāts minerālmēslojums (lielāka K deva), vairāk izpaudās koku atveseļošanās efekts (Skranda, 2013).

Mēslojuma ietekme uz mežaudžu augšanas gaitu

Mēsloto priežu, egļu un bērzu audžu veidotos papildpieaugumus V. Kāposts un R. Sacenieks publicējuši 1981. gadā izdotajā apskatā, kur iegūto uzmērījumu datu dinamika parādīta trīs koku sugām (priede, egle, bērzs) dati parādīti Att. 6 un detalizētāka informācija par izmantoto mēslojumu apkopota Tab. 7, no kurām izdarāmi secinājumi par mēslošanas ilgtermiņa iedarbību un tā laika mežaudžu mēslošanas nepieciešamību. Salīdzinoši platākas gadskārtas veidojas pirmajos gados pēc mēslošanas. Eglei, tās salīdzinoši platākas lietojot kompleks mēslojumu, bet bērzam izmantojot slāpekļa un fosfora mēslojumu (Att. 6).



Att. 6: Priedes, egles un bērza gadskārtu platuma izmaiņas dažādos gados pēc slāpekļa mēslojuma lietošanas (Sathre *et al.*, 2010)

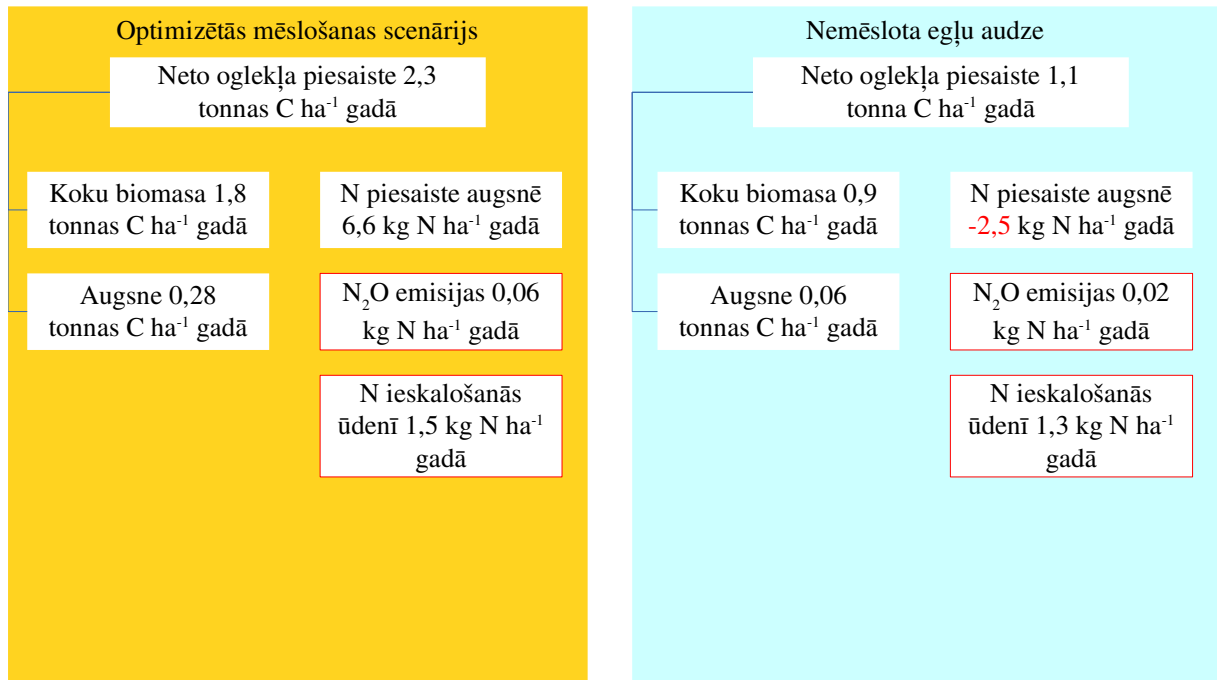
Salīdzinoši labāks proporcionālais (%) mēslojuma efekts novērots bērzu audzēs (VIII un VII vecumklase), izmantojot slāpekļa mēslojumu devās, kas lielākas par 100 kg ha⁻¹, kā arī kombinējot to ar fosfora un kālija mēslojumu – papildus gadā iegūti 1,5-2,5 m³ ha⁻¹. Egļu audzēs ievērojams produktivitātes kāpinājums iegūts, lietojot kombinēto mēslojumu (N₈₀ P₈₀ K₁₂₀) un slāpekļa mēslojumu 120 un 150 kg ha⁻¹ - IV un V vecumklasē papildus iegūti 2,2-3 m³ h⁻¹ gadā. Mēslojot V vecumklases priedes audzes ar slāpekļa mēslojumu (150 un 200 kg ha⁻¹), papildus iegūti 3,5 un 5 kubikmetri koksnes gadā (Tab. 7).

Tab. 7 1967.-1973. gadā mēsloto priežu, egļu un bērzu audžu papildpieaugumu uzskaites rezultāti 1979. gadā (Kāposts, 1981)

Suga	Vecumklase	Meža tips	Minerālmēslojums			Papildpieaugums		Cik gados
			N	P	K	m ³ ha ⁻¹ gadā	%	
Priede	III	lāns	75			1,9	11,9	10
Priede	IV	mētrājs	80	80	120	1,6	33,6	10
Priede	V	sils	80	80	120	1,2	32,9	10
Egle	IV	damaksnis	80	80	120	3	42,8	10
Priede	IV	mētrājs	85			2,5	32,2	5
Priede	V	mētrājs	85			1,1	22,3	10
Bērzs	VI	vēris	100	120		0,5	17,2	5
Bērzs	VII	damaksnis	100	120		1,5	75,8	5
Egle	IV	damaksnis	120			3	30	5
Egle	V	damaksnis	120	80		1,9	21,1	5
Priede	V	mētrājs	150			3,5	72	5
Egle	V	vēris	150			2,2	44	5

Bērzs	VIII	vēris	150			2,1	79,5	5
Bērzs	VIII	vēris	150	100	80	2,5	94,3	5
Priede	V	mētrājs	200			5	102,9	5

Zviedrijā biežāk pielietotais meža mēslošanas paņēmiens ir mehanizēta slāpekļa minerālmēslojuma ienesana skujkoku audzēs 1-3 reizes rotācijas laikā. Parasti mēslojumu ienes pēc kopšanas cirtēm. Mēslojuma deva – 150 kg N ha⁻¹ katrā mēslošanas reizē. Mēslojuma efektivitāte ir vidēji 10-15 kg N m⁻³ papildus pieauguma, t.i. 3 reizes veikta apstrāde ar minerālmēslojumu vidēji nodrošina 36 m³ ha⁻¹ papildus pieaugumu aprītē, ja mēslojums iestrādāts 3 reizes. Pēdējās desmitgadēs gūtās atziņas par meža mēslošanas efekta fizioloģiskajiem mehānismiem Zviedrijā veicinājusi vienā reizē ienesamās mēslojuma devas samazināšanu un apstrādes reižu skaita pieaugumu (optimizētās mēslošanas paņēmiens). Piemēram, 800-1500 kg N ha⁻¹ liela mēslojuma deva, kas ienesta augsnē pakāpeniski, izmantojot 100 kg N ha⁻¹ lielas vienā reizē iestrādājamās devas, palielina mēslojuma izmantošanas efektivitāti par vidēji 25 % (papildus pieaugums 4-10 kg N m⁻³ vai vidēji 160 m³ ha⁻¹ aprītē Nordin, 2011). Saskaņā ar citu pētījumu rezultātiem aptuveni 41 % papildus pieauguma veidojas resnajos lietkoksnēs sortimentos. Ja pieņem, ka 1 m³ apaļkoksnēs cena ir vidēji 40 Ls, mēslojuma efekts naudas izteiksmē, pielietojot tradicionālo mēslošanas shēmu, ir 3-4 Ls kg N⁻¹, bet optimizēto mēslošanas shēmu – 4-10 Ls kg N⁻¹ (Att. 7). Jāņem vērā, ka šādu papildus pieaugumu un ienēmumus var nodrošināt tad, ja augošo koku vainagi spēj izmantot mēslojumu, t.i. palielināt lapotnes masu, izmantojot tūlīt pēc iestrādes koku biomasā saistītās barības vielas (Miller, 1995). Tas nozīmē, ka intensificējot meža mēslošanu, jāpalielina arī kopšanas ciršu intensitāte, lielu daļu papildus krājas pieauguma izņemot starpcirtēs.



Att. 7 Optimizētās mēslošanas shēmas un nemēslota kontroles varianta salīdzinājums (Nordin, 2011).

Zviedrijā projekta Future Forests⁵ ietvaros veikts pētījums par slāpekļa un oglekļa apriti mežā, salīdzinot optimizēto meža mēslošanas paņēmienu ar dabisku nemēslotu egļu mežu. Mēslošanas modelī pieņemts, ka kopējā iestrādātā mēslojuma deva ir 1400 kg N ha⁻¹ un mēslojumu ienes katru 2. gadu. Rotācijas periods 50 gadi, t.i. vienā reizē iestrādājamā mēslojuma deva ir vidēji 60 kg N ha⁻¹. Slāpekļa un oglekļa aprites modelēšanas rezultāti parādīti Att. 7. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem slāpekļa ieskalošanās virszemes ūdenskrātuvēs palielinātos par 2 %, ja modelēto mēslošanas shēmu pielietotu 5 % no Zviedrijas mežiem (Nordin, 2011).

⁵ <http://www.slu.se/en/collaborative-centres-and-projects/future-forests/>

Metodes mēslošanas līdzekļa un devas noteikšanai

Mēslojuma devu novērtēšanas iespējamie risinājumi tiks sagatavoti uz nākošo pārskata periodu. Jāatzīst, ka Latvijā veiktajos pētījumos zinātnieki ir vairāk paļāvušies uz Ziemeļvalstu un tuvāko kaimiņu pieredzi, tāpēc nepastāv praksē pārbaudīta argumentācija mēslojuma devu noteikšanai Latvijā. Arī vispusīgs meža augšņu novērtējums barošanās režīma kontekstā nav veikts, piemēram, BioSoil programmā, kurā ārkārtīgi detalizēti vērtēja smago metālu saturu augsnē, netika novērtēts fosfora daudzums augsnē, tāpēc arī zināšanas par meža augsnēm Latvijā, kā arī citās Baltijas valstīs, ir ierobežotas. Pētījumā plānots sasaistīt pieejamos meža augsnes kvalitatīvos rādītājus (Tab. 8) un krājas pieauguma rādītājus, atlasot tos meža tipus, kuros meža mēslošana varētu dot lielāko efektu. Precīzāku datu iegūšanai būtu jāveic arī fosfora satura analīzes visos BioSoil projektā ievāktajos augsnes paraugos.

Ziemeļvalstīs slāpekļa mēslojuma devu parasti nosaka pēc maksimāli pieļaujamās devas nosacījumiem, jo mēslojuma izkliedēšana ir pietiekoši dārga, lai neriskētu ar nepietiekošas devas iestrādi.

Tab. 8: Barības vielu krājumi meža augsnē (0-80 cm dziļumā) un zemsegā Latvijā atbilstoši BioSoil projekta rezultātiem

Edafiskā rinda	Meža tips	Augsnes slāņa masa, kg ha ⁻¹	C _{karb.} , kg ha ⁻¹	C _{org.} , kg ha ⁻¹	N, kg ha ⁻¹	K, kg ha ⁻¹	Ca, kg ha ⁻¹	Mg, kg ha ⁻¹	Mn, kg ha ⁻¹
Āreņi	Am	7 976 067	13	179 543	8 643	4 421	10 485	2 594	190
	As	11 689 436	18 996	138 647	6 398	17 102	75 647	24 701	1 914
	Ap	12 337 213	82 216	143 531	8 041	26 452	431 710	46 762	2 950
Kūdreni	Ks	6 062 123	896	533 999	20 395	14 911	36 622	13 160	431
	Kp	11 583 000	1 448	94 285	5 292	3 438	9 097	1 948	240
Purvaini	Pv	845 875	-	368 314	8 676	166	2 357	283	7
	Nd	3 850 885	-	618 333	30 876	703	49 716	3 257	273
	Db	1 437 400	-	745 626	34 704	388	75 655	4 399	143
Sausieņi	Sl	11 199 570	265	74 090	2 465	899	8 012	1 349	271
	Mr	11 741 604	16	98 898	2 985	2 474	3 186	2 518	619
	Ln	11 778 275	1 898	91 126	3 566	5 124	9 099	6 367	1 232
	Dm	11 294 698	7 058	97 038	4 332	16 560	32 995	18 692	1 440
	Vr	11 919 939	17 212	126 410	7 508	41 262	89 398	51 603	3 013
Slapjaini	Dms	10 472 863	69	180 769	5 503	2 341	5 351	1 351	151
	Vrs	11 302 686	23 759	144 414	10 387	51 102	83 475	56 239	4 131
Visi meža tipi		10 215 431	9 762	192 920	8 533	16 734	52 835	20 193	1 472

Pielietotie mēslošanas līdzekļi

Saskaņā ar Latvijas nacionālā FSC sistēmas meža sertifikācijas standarta projektu (6.5.4 pants) pirms meža mēslošanas (izņemot koksnes pelnu izmantošanu un dabiskas izcelsmes minerālmēslojumu) meža apsaimniekotājam jāveic mēslojuma ietekmes uz bioloģisko daudzveidību, augsni un ūdeni novērtējums. Ietekmes mazināšanas pasākumus novērtē, pārbaudot iekšējās kārtības noteikumus (kā tajos atspoguļojas pasākumi, kas vērsti uz ietekmes mazināšanu), intervējot uzņēmumu darbiniekus un pakalpojumu sniedzējus, kā arī veicot pārbaudes uz vietas. FSC 10.7 kritērijā noteikts, ka meža apsaimniekošanā jāierobežo kaitēkļu izplatīšanos, ugunsgrēku un invazīvu augu savairošanās riskus. Integrētajām meža aizsardzības sistēmām jāieņem būtiska loma meža apsaimniekošanas plānošanā, prioritāte jādod preventīviem aizsardzības pasākumiem un bioloģiskas aizsardzības metodēm, nevis ķīmisku augu aizsardzības līdzekļu un mēslošanas līdzekļu izmantošanai. Arī plantāciju un kokaudzētavu apsaimniekošanā maksimāli jāizvairās no ķīmisko pesticīdu un mēslošanas līdzekļu pielietošanas (Latvian Forest Certification Council, 2012). Faktiski, tas nozīmē, ka FSC sertifikācija (sistēmas projekts) neierobežo koksnes pelnu un dabiskas izcelsmes minerālmēslu izmantošanu meža apsaimniekošanā, turpretim ķīmiski iegūto un organisko mēslošanas līdzekļu pielietošanai meža mēslošanā atbilstoši patreizējai FSC sertifikācijas nosacījumu redakcijai nepieciešams ietekmes uz vidi novērtējums.

Saskaņā ar PEFC meža sertifikācijas nacionālo standartu (2.1.9 pants) jebkāda veida augu aizsardzības līdzekļu un/vai minerālmēslu izmantošanai mežā un meža zemēs ir jābūt pamatotai. Pirms ķīmikāliju lietošanas jāizvērtē iespējamie alternatīvie veidi vēlām rezultāta sasniegšanai un jāveic ietekmes uz vidi izvērtēšana (*PEFC Mežu apsaimniekošanas sertifikācijas standarts Latvijai*, 2010). Sertifikācijas standarta angļiskajā tulkojumā nepieciešamība veikt ietekmes uz vidi novērtējumu attiecināta uz visiem mēslošanas līdzekļiem (*PEFC Forest Management Standard for Latvia*, 2010). Tas nozīmē, PEFC sertifikācija mēslojuma izmantošanas jomā izvirza stingrākas prasības, nekā FSC sertifikācijas sistēma, nešķirojot dabiskas un ķīmiskas izcelsmes mēslojuma veidus. PEFC sertifikācijas nacionālā standarta esošajā redakcijā, atšķirībā no pirms 2010. gada izmantotā standarta un FSC sertifikācijas standarta, vairs nav uzsvērti koksnēs pelnu, kā barības vielu iznesi kompensējošā mēslojuma, izmantošanas iespēja.

PEFC starptautiskajā standartā teikts, ka mēslojuma izmantošana mežā ir jāveic kontrolētā veidā, ņemot vērā ietekmes uz vidi aspektus (*PEFC international standard requirements for certification schemes, PEFC ST 1003:2010, Sustainable Forest Management – Requirements*, 2010). Netiek izdalīti dabiskas un mākslīgas izcelsmes mēslošanas līdzekļi un dažādi mēslojuma izmantošanas veidi.

Kā mēslojuma (angļiskajā variantā) izmantošanu aprakstošie indikatori PEFC standartā ir norādīti: mežaudžu un vai izcirtumu platības izmaiņas, kur lietots mēslojums. Pārējās prasības attiecas uz augu aizsardzības līdzekļu lietošanu, tajā skaitā kārtība augu aizsardzības līdzekļu lietošanai, uzskaitē un apmācībai (*PEFC Mežu apsaimniekošanas sertifikācijas standarts Latvijai*, 2010).

Latvijā reģistrēto mēslošanas līdzekļu sarakstu saskaņā ar Mēslošanas līdzekļu aprites likumu uztur Valsts augu aizsardzības dienests (*Mēslošanas līdzekļu aprites likums*, 2006). Aktualizēts reģistrēto mēslošanas līdzekļu saraksts ar atzīmi par tā ražošanas metodi (ķīmiskas vai dabiskas izcelsmes) ir iekļauts Ministru kabineta noteikumos Nr. 530 (Rīgā, 2006. gada 27. jūnijā) Mēslošanas līdzekļu identifikācijas, kvalitātes atbilstības novērtēšanas un tirdzniecības noteikumi (Ministru Kabinets, 2006).

Dabiskais slāpekļa mēslojums ir, piemēram, Čīles salpetris, ko ražo no tīrradņa Čīles salpetra, pamatsastāvdaļa – nātrijs nitrāts (NaNO_3), slāpekļa tīrvielas saturam jābūt vismaz 15 % (N-NO_3). Latvijā neizdevās atrast šī mēslošanas līdzekļa izplatītājus. Var iegādāties ķīmiskā ceļā iegūtu NH_4NO_3 mēslojumu, taču tas neatbilst dabisku minerālmēslu statusam. Amonija nitrāta cena ir aptuveni 190 Ls tonnā. Latvijā nav pieejams dabiskais Čīles salpetris rūpnieciskai izmantošanai nepieciešamā apjomā, tāpēc jāreķinās ar nepieciešamību veikt meža mēslošanas ietekmes uz vidi novērtējumu, pielietojot lauksaimniecībā izmantotos slāpekļa mēslojuma veidus.

PSRS meža mēslošanā izmantoja karbamīdu un amonija nitrātu. Kā būtiskākais karbamīda trūkums atzīta tā augstā cena un slāpekļa zudumi (līdz 30 %), ja mēslojumu iestrādā karstā laikā. Amonija nitrāta galvenais trūkums ir tā higroskopiskums. Kompleksmēslojumu (piemēram, nitrofoska) PSRS meža mēslošanā izmantoja tikai izmēģinājumos, jo šis mēslojums bija būtiski dārgāks, nekā vienkāršie mēslojumi.

Daudz lielāks ir dabiskas izcelsmes fosfora minerālmēslu piedāvājums. Vienkāršo superfosfātu iegūst, apstrādājot sasmalcinātus fosforītus vai apatītus ar sērskābi; tā pamatsastāvdaļas ir kalcija dihidrogēnfosfāts un kalcija sulfāts, satur 16 % neitrālā amonija citrātā šķīstoša fosfora (P_2O_5), vismaz 93 % deklarētā P_2O_5 daudzuma ir ūdenī šķīstošā veidā. Koncentrēto superfosfātu iegūst, apstrādājot sasmalcinātus fosforītus vai apatītus ar sērskābi un fosforskābi, tā pamatsastāvdaļas ir kalcija dihidrogēnfosfāts un kalcija sulfāts, satur 25 % neitrālā amonija citrātā šķīstoša fosfora (P_2O_5), vismaz 93 % deklarētā P_2O_5 daudzuma ir ūdenī šķīstošā veidā. Divkāršais superfosfāts iegūts, apstrādājot sasmalcinātus fosforītus vai apatītus ar fosforskābi, tā pamatsastāvdaļa – kalcija dihidrogēnfosfāts, satur 38 % neitrālā amonija citrātā šķīstoša fosfora (P_2O_5), ne mazāk kā 93 % deklarētā fosfora daudzuma ir ūdenī šķīstošā veidā. Superfoss iegūts, apstrādājot sasmalcinātu fosforītu ar sērskābi vai fosforskābi, tā pamatsastāvdaļas – kalcija dihidrogēnfosfāts, kalcija fosfāts un kalcija sulfāts, satur 20 % minerālskābēs šķīstoša fosfora (P_2O_5), vismaz 40 % deklarētā P_2O_5 daudzuma ir ūdenī šķīstošā veidā. Precipitāts iegūts, izgulsnējot fosforskābi no fosforu saturošiem iežiem vai kauliem, tā pamatsastāvdaļa – kalcija hidrogēnfosfāts, satur 38 % bāziskā amonija citrātā šķīstoša fosfora (P_2O_5). Kalcija termofosfāts iegūts, paaugstinātā temperatūrā apstrādājot maltus fosforītus ar bāziskiem šķīdumiem un silīcijskābi, tā pamatsastāvdaļas – bāziskais kalcija fosfāts un kalcija silikāts, satur 25 % bāziskā amonija citrātā šķīstoša fosfora (P_2O_5). Alumīnija-kalcija fosfāts iegūts, termiski apstrādājot un samaļot fosforītus un/vai apatītus (amorfā formā), tā pamatsastāvdaļa – alumīnija un kalcija fosfāti, satur 30 % minerālskābēs šķīstoša fosfora (P_2O_5), vismaz 75 % deklarētā P_2O_5 daudzuma ir bāziskā amonija citrātā šķīstošs. Fosforītmilti iegūti, samaļot fosforītus, to pamatsastāvdaļas – kalcija fosfāts un kalcija karbonāts, satur 25 %

minerālskābēs šķīstoša fosfora (P_2O_5), vismaz 55 % deklarētā P_2O_5 daudzuma ir 2 % skudrskābē šķīstošais fosfors (P_2O_5). Fosforu saturoši izdedži (Tomasmilti) iegūti dzelzs kausēšanas procesā, to pamatsastāvdaļas – kalcija silikāt-fosfāti, satur 12 % minerālskābēs šķīstoša fosfora (P_2O_5), vismaz 75 % deklarētā P_2O_5 daudzuma ir divprocentīgā citronskābē šķīstošais fosfors (P_2O_5). Efektīvākais (ar lielāko aktīvās vielas saturu) fosforu saturošais mēslošanas līdzeklis ir superfosfāts un divkārtšais superfosfāts. Šajos mēslošanas līdzekļos esošais fosfors ātri atbrīvojas vidē un ir pieejams augiem. Lēni šķīstošu fosfora savienojumu priekšrocība ir tajā apstākļi, ka tie ir grūtāk pieejami lakstaugiem un koki tos varēs saistīt ilgākā laika posmā, lai gan izmēģinājumi par dažādu mēslošanas līdzekļu efektivitāti šādā kontekstā vismaz Ziemeļvalstīs nav veikti. Superfosfāts un divkārtšais superfosfāts ir pieejams arī Latvijā. PSRS ziemeļu daļā veiktajos meža mēslošanas izmēģinājumos izmantoja superfosfātu un dubulto superfosfātu. Būtiskākais šo mēslošanas līdzekļu trūkums ir to higroskopiskums, augsta ūdens piesaistīšanas spēja, kā rezultātā uzglabājot mēslojums savilgst, kas apgrūtina minerālmēslojuma izmantošanu. Superfosfāta cena ir aptuveni 180 Ls tonnā. Superfosfāts iegūts no dabiskiem minerāliem, tāpēc tas formāli tas atbilst FSC prasībām par minerālmēslu izcelsmi, taču mēslojuma bagātināšana notiek ķīmiskā ceļā, tāpēc, visticamāk, arī šī mēslojuma izmantošanai būs nepieciešams ietekmes uz vidi vērtējums. Fosforītmiltus būtu lietderīgi izmantot meliorētās platībās, kur palielinās fosfora izskalošanās un ūdenskrātuvju piesārņojuma risks, tāpēc lēni šķīstošo fosforītmiltu izmantošana var būt drošāks meža mēslošanas paņēmieni.

Liels piedāvājums ir arī dabiskas izcelsmes kālija minerālmēsliem. Kainīts iegūts, samaļot dabīgos kālija sāļus, pamatsastāvdaļas – kālija hlorīds un magnija sulfāts, satur 10 % ūdenī šķīstošu kāliju (K_2O) un 3 % ūdenī šķīstošu magniju (Mg). Bagātināta kālija sāls iegūta, samaļot dabīgos kālija sāļus un bagātinot tos ar kālija hlorīdu, mehāniski sajaucot, satur 18 % ūdenī šķīstoša kālija (K_2O), var saturēt vairāk nekā 3 % magnija sāļu. Kālija hlorīdu iegūst, samaļot dabīgos kālija sāļus, pamatsastāvdaļa – kālija hlorīds, satur 37 % ūdenī šķīstoša kālija (K_2O). Magniju saturošs kālija hlorīds iegūts, samaļot dabīgos kālija sāļus un pievienojot magnija sāļus, pamatsastāvdaļas – kālija hlorīds un magnija sāļi (37 % ūdenī šķīstošais kālijs (K_2O) un 3,0 % ūdenī šķīstošais magnijs (Mg)). Kizerīts ar kālija sulfātu iegūts, samaļot kizerītu, pievienojot kālija sulfātu, satur 4,8 % ūdenī šķīstoša magnija (Mg), 6 % ūdenī šķīstoša kālija (K_2O), maksimālais hlora (Cl) saturs 3 %. Meža mēslošanai piemērotākais ir kālija hlorīds, kas satur salīdzinoši visvairāk kālija un kas ir ātri pieejams augiem. Šis mēslojuma veids ir biežāk izmantotais kālija mēslojums Latvijā. Pirms 20-40 gadiem veiktajos meža mēslošanas darbos PSRS ziemeļu daļā izmantota pārsvarā kālija sāls (KCl). Atsevišķos pētījumos kālija hlorīda izmantošana nav rekomendēta (Пахтеевко *et al.*, 1986), lai gan nav zinātnisku pierādījumu par šajā mēslojumā esošo hlora negatīvu ietekmi uz mežaudzi. Kālija sulfāta izmantošanu neieteica sakarā ar šī mēslojuma veida lielajām izmaksām. Kālija hlorīda cena ir aptuveni 265 Ls tonnā.

Meža augšņu paskābināšanās problēma Latvijā nav aktuāla, taču nepieciešamības gadījumā ir plaša dažādu dabisku kaļķošanas līdzekļu izvēle (Tab. 9). Izmantošanai mežā piemērotākais ir dolomīta smiltis vai rupji dolomītmilti. Šāds materiāls nerada putekļveida nosēdumus un iedarbojas lēni, neradot krasu augsnes skābuma izmaiņu risku. Alternatīvs kaļķošanas materiāls ir koksnes pelnu no katlumājām, kas sadedzina koksni bez akmeņogļu piejaukuma. Koksnes pelnos ir augsta kālija (līdz 10% K), kalcija (līdz 21 % Ca) un magnija (līdz 3 % Mg) koncentrācija (Saez *et al.*, 1998), tāpēc tos var izmantot gan kā kaļķošanas materiālu, gan mēslošanas līdzekli. Pārrēķinot uz kalcija karbonāta ($CaCO_3$) ekvivalentu, koksnes pelnu efektivitāte augsnes kaļķošanā ir 40-60 %, atkarībā no nepilnīgi sadegušās koksnes, kalcija, magnija un kālija oksīdu daudzuma (Lazdiņš & Lazdiņa, 2007).

Tab. 9: Dabiskie kaļķošanas materiāli (Ministru Kabinets, 2006)

Nosaukums	Ražošanas metode, pamatsastāvdaļas	Kalcija karbonāta ($CaCO_3$) ekvivalents
Dolomīta karbonātkalķi	Rūpnieciski ražots kaļķošanas materiāls, pamatsastāvdaļas – kalcija un magnija karbonāti, kalcija un magnija oksīdi, kalcija un magnija hidroksīdi	105 %
Kalķakmens milti	Rūpnieciski ražots kaļķošanas materiāls, pamatsastāvdaļa – kalcija karbonāts	80 %
Daļēji apdedzināts, malts dolomīts	Rūpnieciski ražots kaļķošanas materiāls, pamatsastāvdaļas – kalcija un magnija karbonāti, kalcija un magnija oksīdi, kalcija un magnija hidroksīdi	85 %
Dolomītmilti	Rūpnieciski ražots kaļķošanas materiāls, pamatsastāvdaļas – kalcija un magnija karbonāti	80 %
Elektrofiltru putekļi	Cementa rūpniecības atkritumprodukts, pamatsastāvdaļas – kalcija oksīdi un neredz magnija oksīdu	70 %

Nosaukums	Ražošanas metode, pamatsastāvdaļas	Kalcija karbonāta (CaCO ₃) ekvivalents
Degakmens pelni	Rūpniecības atkritumprodukts, pamatsastāvdaļas – kalcija oksīdi un nedaudz magnija oksīdu	60 %
Filtrkaļķi	Cukura rūpniecības atkritumprodukts, pamatsastāvdaļas – kalcija un magnija karbonāti. Nedaudz satur organiskās vielas, slāpekļa, fosfora, kālija u.c. augu barības elementus	30 %
Kriets	Rūpnieciski ražots kaļķošanas materiāls, pamatsastāvdaļa – kalcija karbonāts	95 %
Dolomīta smiltis, rupjie dolomīta milti	Rūpnieciski ražots kaļķošanas materiāls, pamatsastāvdaļas – kalcija un magnija karbonāti	80 %

Koksnes pelnos ir augsta kālija (līdz 10% K), kalcija (līdz 21% Ca) un magnija (līdz 3% Mg) koncentrācija (Saez et al 1998), tāpēc tos var izmantot gan kā kaļķošanas materiālu, gan mēslošanas līdzekli. Bez makroelementiem koksnes pelni satur arī mikroelementus, pelnu ķīmiskais sastāvs ir atkarīgs no sadedzināto koku sugas (Bušs *et al.*, 1974), bet to struktūra no kurināmā veida un sadedzināšanas tehnoloģijas. Iepriekš Latvijas zinātnieku veiktajos pētījumos iegūtie dati par vidējo barības vielu saturu koksnes pelnos doti 10. tabulā. No alkšņu malkas var iegūt ar augu barības elementiem visbagātākos pelnus.

Tab. 10: Vidējais barības vielu saturs dažādu koku sugu pelnos (%) pēc Bušs *et al.*, 1974

Kurināmais materiāls, malka	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	MnO
Bērzs	8,73	3,29	31,8	6,72	1,23	1,12
Alksnis	10,24	5,57	36,2			
Osis	11,20	5,11	31,6			
Priede	9,46	2,53	32,6	4,59	1,67	
Egle	5,60	2,16	24,5	8,07	2,94	0,64
Sūnu kūdra	0,3-2,0	0,5-2,1	12,8 -29,8		3,2 -19,5	

Komplekso minerālmēsļu sastāvā parasti ir vismaz viens ķīmiskā ceļā iegūts komponents, tāpēc to izmantošanai saskaņā ar FSC prasībām jāveic ietekmes uz vidi vērtējums. Kompleksā mēslojuma izmantošana mežsaimniecībā būtu izdevīgāka, jo samazinātos mēslojuma iestrādes izmaksas (vienā reizē iedodot visus nepieciešamos mikro un makroelementus) un tehnikas radītā ietekme uz vidi, jo samazinās tehnikas pārbraucienu skaits pa mežu. Komplekso mēslojuma veidu piemēri un to cenas dotas Tab. 11.

Tab. 11: Kompleksie mēslojuma veidi un to izmaksas

Nosaukums	Sastāvs	Cena, Ls tonna ⁻¹
Azofoska	Kompleksie NPK 16-16-16	250,00
Amofoska	NPK 5-10-25, Ca 8%, S 15%, B 0,1%	260,00
NPK ar mikroelementiem	NPK 12-5-14 vai līdzīgi ar Mg un S	270,00
NPK ar mikroelementiem bez Cl	11-9-20 bez Cl, S 16%, B 0,05%, Mg 1,5%	344,00
Yara NPK ar zemu N saturu	NPK 7-20-28, MgO 2 %, S 8 %, B 0,02 %, Fe 0,02 %, Mn 0,03 %, Zn 0,02 %	348,00

Organisko mēslošanas līdzekļu izmantošana meža mēslošanā nav reglamentēta, izņemot notekūdeņu dūņas un to kompostus, kuru devas un iestrādes paņēmieni ir noteikti Ministru kabineta noteikumos Nr. 362. Saskaņā ar šiem noteikumiem augšņu ielabošanai un mēslošanai mežsaimniecībā izmanto tikai apstrādātas notekūdeņu dūņas un kompostu. Katras notekūdeņu dūņu un to komposta sērijas kvalitātes raksturošanai nosaka sausnas saturu un smago metālu masas koncentrāciju. Mežsaimniecībā izmanto apstrādātas notekūdeņu dūņas un kompostu, kam sausnā smago metālu masas koncentrācija nepārsniedz MK noteikumu 9. pielikumā dotos koncentrācijas limitus (Tab. 12).

Tab. 12: Smago metālu masas koncentrācijas limits augsnes mēslošanai un rekultivācijai vai apglabāšanai sadzīves atkritumu poligonos un izgāztuvēs paredzētajās notekūdeņu dūņās un to kompostā

Nr.p.k.	Smagie metāli	Masas koncentrācija sausnā (mg kg ⁻¹)
1.	Kadmījs (Cd)	10
2.	Hroms (Cr)	600
3.	Varš (Cu)	800
4.	Dzīvsudrabs (Hg)	10
5.	Niķelis (Ni)	200
6.	Svins (Pb)	500
7.	Cinks (Zn)	2500

Plantāciju mežos atļauts izmantot apstrādātas dūņas un kompostu, bet mazauglīgo smiltāju, degradēto meža augšņu un meža degumu apmežošanai – tikai kompostu. Pieļaujamie apstrādes veidi ir:

- mezofilā anaerobā sadalīšana 35 °C temperatūrā, minimālais apstrādes ilgums 21 diennaktis;
- termofilā anaerobā sadalīšana 55 °C temperatūrā, minimālais apstrādes ilgums 10 diennaktis;
- termofilā aerobā stabilizēšana 55 °C temperatūrā, minimālais apstrādes ilgums 10 diennaktis;
- kompostēšana, kuras laikā vismaz 3 diennaktis temperatūra kaudzes iekšienē, 50 cm no kaudzes virskārtas, ir ne mazāka par 60 °C;
- apstrāde ar kaļķi līdz pH 12 vai vairāk, ne mazāk kā divas stundas pēc tās temperatūrai jābūt vismaz 55 °C;
- pasterizācija vismaz 30 minūtes 70 °C temperatūrā;
- žāvēšana līdz 100 °C temperatūrā, līdz sausnas saturs dūņu masā sasniedz vismaz 70 %;

Formāli lielāko daļu notekūdeņu dūņu Latvijā apstrādā, taču faktiski tiek apstrādāta tikai neliela daļa notekūdeņu dūņu, ko pārstrādā kompostā. Pārējās dūņas tiek ilgstoši uzglabātas pirms izmantošanas, taču šis apstrādes veids nenodrošina dūņu higiēnisko un fizikālo īpašību uzlabošanu. Rīgas pilsētā dūņas apstrādā metāntenkos mezofilajā ciklā, taču šāda apstrāde neuzlabo dūņu higiēniskās īpašības, t.i. cilvēkiem un dzīvniekiem patogēno organismu daudzums pēc apstrādes nesamazinās vai pat pieaug. Drošākie dūņu apstrādes paņēmieni ir žāvēšana un kompostēšana. Žāvēšanu Latvijā nepielieto, bet kompostēšanas gadījumā būtiski noskaidrot kompostēšanas tehnoloģiju. Latvijā vairumā gadījumu par kompostētām dūņām sauc ilgstoši uzglabātas notekūdeņu dūņas, kas ir potenciāli bīstamas cilvēku un dzīvnieku veselībai. Kompostētās dūņas ir drošākas par pasterizētām vai aerobi stabilizētām dūņām, jo tajās darbojas 2 drošības mehānismi; pirmkārt, paaugstināta temperatūra, kurā iet bojā patogēni, un, otrkārt, kompostētās dūņās savairojas plēsīgi mikroorganismi, kas iznīcina atlikušos patogēnos mikroorganismus un helmintu oļņas.

Izmantojot notekūdeņu dūņas vai kompostu mežsaimniecībā, notekūdeņu dūņas un komposti jāiestrādā augsnē un nav pieļaujama notekūdeņu dūņu izmantošana virsmēslošanai. Tas nozīmē, ka dūņas un to kompostus var izmantot kā starta mēslojumu plantācijās lauksaimniecības zemēs un atcelmotās platībās vai kā starprindu mēslojumu plantācijās, kur tehniski iespējama mēslojuma iestrādāšana arī pēc koku iestādīšanas. Latvijā ir veikti pētījumi par notekūdeņu dūņu un to kompostu pielietojumu smiltāju, meža degumu un noplicinātu lauksaimniecības zemju apmežošanā. Visos gadījumos iegūti pozitīvi rezultāti par dūņu ietekmi (Lazdiņš *et al.*, 2006; Lazdina *et al.*, 2007; Lazdiņa, 2009), taču dūņu un to kompostu pielietojumu mežsaimniecībā kavē intereses trūkums ūdenssaimniecības uzņēmumu pusē. Kamēr ūdens patērētāji nesegs visas ar dūņu apstrādi un izmantošanu saistītās izmaksas un netiks strikti ievērotas likumdošanā noteiktās prasības, notekūdeņu dūņu un to kompostu izmantošana mežsaimniecībā nebūs iespējama sakarā ar lielajām mēslojuma piegādes un iestrādes izmaksām.

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362 augsnē vienā reizē ar notekūdeņu dūņām vai kompostu drīkst iestrādāt tādu smago metālu (nosaka katram smagajam metālam atsevišķi) masu, kas nepārsniedz

5 gadu emisijas robežvērtības (Tab. 13). Augsnes izpēte pirms notekūdeņu dūņu vai komposta iestrādes nav nepieciešama.

Tab. 13: Smago metālu, slāpekļa un fosfora gada emisijas robežvērtības lauksaimniecībā izmantojamās augsnēs

Elements	Simbols	Mērv.	Deva ⁶
Kadmījs	Cd	g ha ⁻¹	30
Hroms	Cr	g ha ⁻¹	600
Varš	Cu	g ha ⁻¹	1000
Dzīvsudrabs	Hg	g ha ⁻¹	8
Niķelis	Ni	g ha ⁻¹	250
Svins	Pb	g ha ⁻¹	300
Cinks	Zn	g ha ⁻¹	5000
Amonija slāpeklis	N-NH ₄	kg ha ⁻¹	30
Kopējais fosfors	P	kg ha ⁻¹	40

Ja notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs un šī mēslojuma lietotājs vienojas par notekūdeņu dūņu vai komposta izmantošanu augšņu mēslošanai mežsaimniecībā, tie noformē rakstisku apliecinājumu, kas satur šādus dokumentus:

- notekūdeņu dūņu vai komposta sērijas kvalitātes apliecības kopiju;
- kartogrāfisko materiālu (mērogā 1:10000 vai 1:5000) ar iezīmētām platībām, kurās paredzēts iestrādāt notekūdeņu dūņas vai kompostu.

Ja platība, kuru paredzēts mēslot ar notekūdeņu dūņām vai kompostu, atrodas īpaši aizsargājamā dabas teritorijā, notekūdeņu dūņu un komposta izmantošanu saskaņo ar reģionālo vides pārvaldi.

Dūņu izmantošanas apliecinājumā norāda:

- notekūdeņu dūņu vai komposta izmantošanas veidu;
- notekūdeņu dūņu vai komposta daudzumu;
- iestrādei paredzēto platību;
- iestrādei maksimāli pieļaujamo sausnas un dabiski mitru notekūdeņu dūņu vai komposta devu.

Notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs pirms notekūdeņu dūņu vai komposta iestrādes aprēķina iestrādei maksimāli pieļaujamo dabiski mitru notekūdeņu dūņu un komposta devu un paziņo to mēslojuma lietotājam. Katru apliecinājumu notekūdeņu dūņu ražotājs vai komposta ražotājs numurē un reģistrē īpašā žurnālā (*Ministru Kabineta noteikumi Nr. 362 Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli, 2006*).

Vidējais Latvijas lielo pilsētu notekūdeņu dūņu sastāvs dots Tab. 14. Mēslojuma devu lielumu parasti nosaka kopējā slāpekļa vai fosfora koncentrācija notekūdeņu dūņās. Att. 8 redzams, ka atbilstoši Tab. 14 dotajām raksturīgajām elementu koncentrācijām dūņās vienā reizē var iestrādāt 15 tonnas notekūdeņu dūņu sausnas uz 1 ha (atbilstoši slāpekļa koncentrācijai dūņās). Šāds dūņu sausnas daudzums atbilst 60 tonnām dabiski mitru dūņu. Vienā reizē iestrādājamā slāpekļa daudzums atbilst 150 kg N ha⁻¹, bet fosfora daudzums – 197 kg P ha⁻¹. Fosfora saturs dūņās ir palielināts tad, ja to saista ķīmiski. Dūņās praktiski nav kālija.

Lai nodrošinātu barības vielu līdzsvaru, notekūdeņu dūņas un to kompostus ieteicams sajaukt ar koksnes pelniem, kuros ir daudz koku augšanai nepieciešamo katjonu (kālija, kalcija, magnija un citu). Koksnes pelnu ķīmiskais sastāvs galvenokārt atkarīgs no sadegšanas procesa efektivitātes, t.i. cik daudz pelnos ir nesadegušo koksnes atlieku, kā arī no tā, vai tiek sajaukti sodrēji, ko savāc skursteņos un ko izgrābj no krāšņu sadegšanas kamerām. Skursteņa sodrējos smago metālu, it īpaši kadmija, koncentrācija ir būtiski lielāka, tāpēc šo pelnu frakciju neiesaka izmantot augsnes ielabošanai. Vidējais labi sadegušas koksnes pelnu sastāvs dots Tab. 14. Tabulā pieņemts, ka skursteņa un krāsns pelni ir sajaukti kopā.

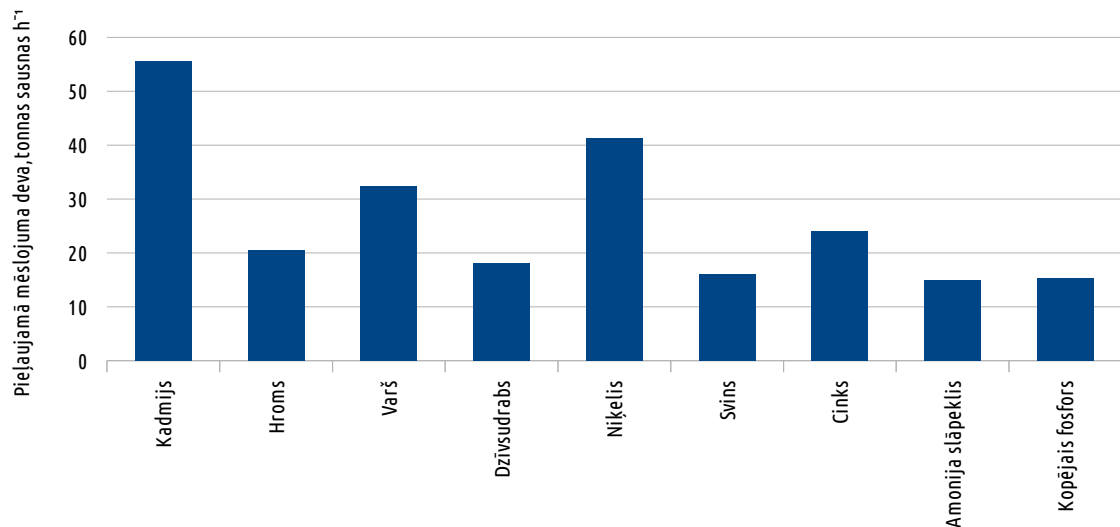
⁶ Smagajiem metāliem emisiju robežvērtības dotas smilts un mālsmilts augsnēm, māla un smilšmāla augsnēs pieļaujamas lielākas mēslojuma devas, taču, neveicot augsnes izpēti, ir jāizmanto mazākās pieļaujamas devas.

Ja šādus koksnes pelnus izmanto augsnes mēslošanai tīrā veidā, maksimāli pieļaujamā deva ir aptuveni 5 tonnas sausas ha⁻¹, un to ierobežo kadmija koncentrācija, ja uz koksnes pelniem attiecina notekūdeņu dūņu un to kompostu pielietošanas normatīvus. Ar šādu mēslojuma daudzumu augsne ienes līdz 270 kg K ha⁻¹. Praksē ienestā kālija daudzums ir būtiski mazāks sakarā ar koksnes nepilnīgu sadegšanu un straujo kālija izskalošanos, ja pelnus uzglabā zem kļājas debess.

Tā kā pelnu un dūņu sajaukšana var izsaukt strauju masas uzkaršanu, mitruma un gaistošu slāpekļa savienojumu izdalīšanos, maksimāli pieļaujamā deva jāreķina atbilstoši iegūtā maisījuma īpašībām.

Tab. 14: Vidējais notekūdeņu dūņu un koksnes pelnu sastāvs⁷.

Elements	Simbols	Mērvienība	Dūņas	Pelni
Kadmijijs	Cd	mg kg ⁻¹	2,7	28,6
Hroms	Cr	mg kg ⁻¹	146,2	225,0
Varš	Cu	mg kg ⁻¹	154,8	289,0
Dzīvsudrabs	Hg	mg kg ⁻¹	2,2	0,1
Niķelis	Ni	mg kg ⁻¹	30,2	64,0
Svins	Pb	mg kg ⁻¹	92,8	100,0
Cinks	Zn	mg kg ⁻¹	1 044,0	1,5
Kopējais slāpeklis	N	g kg⁻¹	24,2	0,2
Amonija slāpeklis	N-NH ₄	g kg ⁻¹	10,0	0,0
Kopējais fosfors	P	g kg⁻¹	13,1	28,0
Kopējais kālijs	K	g kg⁻¹	0,1	26,0
Tilpumsa	-	g kg ⁻¹	1,0	0,3
Organiskā viela	-	%	48,9	80,0
Mitruma	-	%	75,0	5,0



Att. 8 Maksimāli pieļaujamo mēslojuma devu lielums atbilstoši dažādu elementu koncentrācijai Tab. 14.

Organisko mēslošanas līdzekļu, kuru sastāvā nav notekūdeņu dūņas (Tab. 15), statuss attiecībā pret abām meža sertificēšanas sistēmām nav skaidrs. Formāli FSC sertificēšanas sistēma pieļauj šāda mēslojuma izmantošanu, jo tas ir dabiskas izcelsmes, bet atbilstoši PEFC prasību interpretācijai Latvijas standartā ietekmes uz vidi novērtējums nepieciešams arī tādā gadījumā, ja izmanto notekūdeņu dūņas nesaturošu organisko mēslojumu.

Jāņem vērā, ka slāpekļa saturs šādos mēslošanas līdzekļos ir niecīgs, tāpēc, lai ienestu nepieciešamo mēslojuma devu, jāizklieid vairākas tonnas mēslojuma, piemēram 100 kg N ienešanai ar mājputnu

⁷ Dati izmantoti notekūdeņu dūņu un koksnes pelnu mēslojuma devas modelēšanas programmā.

mēsliem, ir jāizklieš aptuveni 4 tonnas dabiski mitra materiāla uz 1 ha. Bioloģiski aktīva organiskā mēslojuma priekšrocība ir augsnes bioloģisko procesu aktivēšana, kā rezultātā atbrīvojas zemsegā un augsnes virskārtā ieslēgtais slāpekļis. Tāpēc arī ar salīdzinoši nelielām organiskā mēslojuma devām var panākt efektu, kas būtiski pārsniedz ar minerālmēsliem iegūstamo rezultātu.

Pagaidām maz pētīta bioloģiski neaktīvu vai mazaktīvu organiskā mēslojuma veidu, piemēram, pasterizētu vai žāvētu notekūdeņu dūņu ietekme uz kociņu attīstību. Žāvēšana ļauj būtiski samazināt ienesamā materiāla masu un atvieglo tā izklieššanu, attiecīgi samazinās degvielas patēriņš. Piemēram, 100 kg ienešanai ar dabiski mitrām dūņām mežā jāieved aptuveni 11 tonnas noturētu dūņu (sausnas saturs 30 %) vai 7 tonnas žāvētu dūņu (sausnas saturs 60 %).

Bioloģiski "pasterizētas" notekūdeņu dūņas, kas vienlaicīgi ir arī bioloģiski aktīvs mēslojums, ir notekūdeņu dūņu komposts. Šis materiāls gan sekmē augsnes mikrofloras attīstību un zemsegā saistīto barības vielu atbrīvošanos, gan ļauj samazināt piegāžu izmaksas, jo kompostēšanas procesā iztvaiko lielākā daļa dūņās uzkrātā ūdens. Komposta izklieššana ir vismaz tikpat vienkārša, kā žāvētu dūņu izklieššana. Jāņem vērā, ka kompostā ir līdz 2 reizes mazāk N, nekā notekūdeņu dūņās, tāpēc N pieejamība pieaugs, galvenokārt, pateicoties zemsegas mineralizācijai. Tas nozīmē, ka kompostu varētu izmantot pieaugušās skujkoku audzēs, lai veicinātu zemsegā ieslēgto barības vielu atbrīvošanos, taču ir jāatrisina notekūdeņu dūņu komposta iestrādes jautājums. Citi komposti, kas nesatur notekūdeņu dūņas, nav jāiestrādā augsnē. Kompostā var izmantot mazvērtīgās šķeldu frakcijas, piemēram, rupjos atbirumus un smalko frakciju, ja šķeldošanas procesā ievieš sijāšanu.

Organiskā mēslojuma būtisks trūkums ir arī lielās transportēšanas izmaksas, lai nogādātu materiālu uz mežu. Arī šajā etapā izdevīgāk izmantot žāvētas vai kompostētas dūņas, taču šie materiāli nav izmantojami augošās mežaudzēs saskaņā ar spēkā esošajiem normatīviem.

Tab. 15: Organiskie un organominerālie mēslošanas līdzekļi

Nr. p.k.	Mēslošanas līdzekļa nosaukums	Ražošanas metode un pamatsastāvdaļas	Kvalitātes prasības
1.	Sapropelis	Organisko vielu un minerālvielu komplekss nogulums	Sausna – 10 % Organiskās vielas – 5 %
2.	Mājputnu mēsli	legūti, žāvējot vai citādi apstrādājot mājputnu mēslus	0,5 % (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O) Sausna – 50 % Organiskās vielas – 30 %
3.	Zivju milti	Ražoti saskaņā ar regulā Nr. 1069/2009 ⁸ minētajām pārstrādes metodēm, bez citām piedevām	0,5 % (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O) Sausna – 80 % Organiskās vielas – 50 %
4.	Mājlopu ragi un nagi	Ražoti saskaņā ar regulā Nr. 1069/2009 ⁸ minētajām pārstrādes metodēm, bez citām piedevām	–
5.	Eļļas augu sēklu izspaidas	Atlikumi, kurus iegūst, izspiežot un (vai) ekstrahējot eļļu no sēklām, un kurus paredzēts lietot mēslojumam	–
6.	Apstrādāti organiskie un organominerālie mēslošanas līdzekļi	legūti: 1) gatavojot minerālmēsli un organisko mēsli maisījumus, tai skaitā no dzīvnieku izcelsmes blakusproduktiem, kas ražoti saskaņā ar regulā Nr. 1069/2009 ⁸ minētajām pārstrādes metodēm, un (vai) no žāvētiem vai citādi apstrādātiem augu izcelsmes produktiem; 2) no dzīvnieku izcelsmes blakusproduktiem, kas ražoti saskaņā ar regulā Nr. 1069/2009 ⁸ minētajām pārstrādes metodēm; 3) žāvējot vai citādi apstrādājot augu izcelsmes produktus	0,5 % (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O) Sausna – 10 % Organiskās vielas – 5 %
7.	Cietie organominerālie mēslošanas līdzekļi ar sekundārajiem elementiem un (vai) mikroelementiem	Cietie mēslošanas līdzekļi, kas iegūti no minerālmēsliem un augu izcelsmes organiskiem savienojumiem vai dzīvnieku izcelsmes blakusproduktiem, kuri ražoti saskaņā ar regulā Nr. 1069/2009 ⁸ minētajām pārstrādes metodēm, tos mehāniski sajaucot, un ar papildu apstrādi vai bez tās	0,5 % (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O) Sausna – 10 % Organiskās vielas – 5 %
8.	Šķidrie organominerālie mēslošanas līdzekļi ar sekundārajiem elementiem un (vai) mikroelementiem	Šķidri mēslošanas līdzekļi, kuru ražošanā izmantoti minerālmēsli un dzīvnieku izcelsmes blakusprodukti, kuri ražoti saskaņā ar regulā Nr. 1069/2009 ⁸ minētajām pārstrādes metodēm, vai augu izcelsmes organiski savienojumi	0,5 % (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O) Sausna – 2 % Organiskās vielas – 1 %

Kā organisko mēslojumu nabadzīgās minerāl augsnēs iespējams izmantot arī kūdru. Atkarībā no tā, kādos apstākļos kūdra ir veidojusies, izšķir trīs kūdras veidus, to ķīmiskā sastāva aptuvenie dati doti Tab. 16.

⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2009R1069:20101109:LV:HTML>

Tab. 16: Dažādu kūdras veidu ķīmiskais sastāvs, %, pēc Bušs *et al.*, 1974

Purvu kūdras veids	Pelnu saturs	N	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
Sūnu	1-5	0,80-1,20	0,15-0,65	0,06-0,20	0,06-0,15	0,04-0,12
Zāļu	8-15	2,30-3,75	1,80-4,50	0,25-0,65	0,06-0,20	0,12-0,50
Pārejas	5-8	1,00-2,30	0,50-2,50	0,10-0,20	0,08-0,12	0,10-0,20

Kūdras mēslojumam augsnē sadaloties pakāpeniski atbrīvojas kūdrā esošās augu barības vielas un kļūst pieejamas mežaudzes augiem (Bušs *et al.*, 1974). Tomēr kūdras izmantošana varētu būt aktuāla ekstremālos gadījumos, piemēram, karjeru rekultivācijā, atjaunojot augsnes virskārtu, vai meža degumos, kur izdedzis augsnes auglīgais slānis.

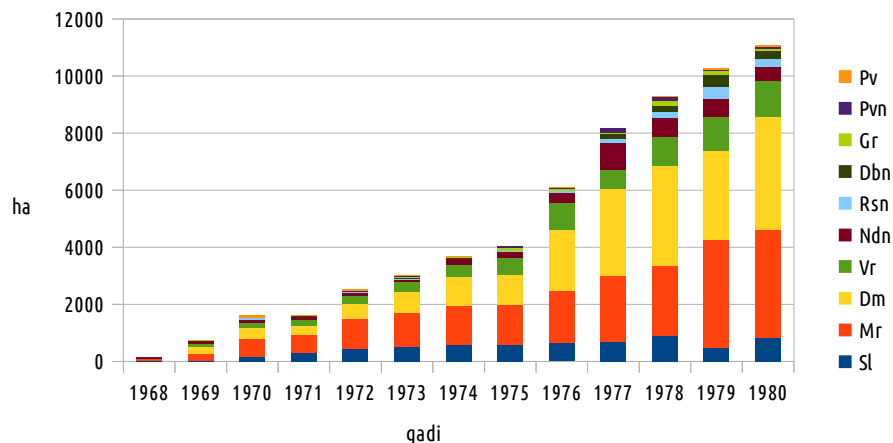
Latvijā veikto meža mēslošanas izmēģinājumu rezultāti

Meža mēslošanas pieredze Latvijā jau raksturota nodaļās "Mēslošanai piemērotās mežaudzes" un "Mēslojuma ietekme uz mežaudžu augšanas gaitu", tāpēc šajā nodaļā lielāka uzmanība pievērsta praktiskajai pieredzei meža mēslošanā.

Latvijā meža mēslošanu uzsāka 1968. gadā, kad mēslošanu veica tikai 4 audzēs, bet nākamajos gados jau 20, 22, 26 un 35 mežaudzēs un Mežu pētīšana stacijā "Kalsnava". Pētījumi par meža mēslošanu un meža mēslošana rūpnieciskos mērogos turpinājās līdz iepriekšējā gadsimta astoņdesmitajiem gadiem (Kāposts, 1981).

Meža mēslošana Latvijā pagājušā gadsimta 70. gados bija nozīmīga meža apsaimniekošanas cikla sastāvdaļa; jau 1971. gadā minerālmēslojumu izmantoja 1650 ha platībā, 1972. gadā – 2500 ha, 1973. gadā – 3000 ha, 1974. gadā – 3600 ha, 1975. gadā – 4000 ha, bet 1976. gadā – 6100 ha platībā. Tā laika plānos bija palielināt mēslojamo mežaudžu platību līdz 8000 ha gadā (Капоств & Сацениекс, 1977).

Periodā no 1981. līdz 1985.gadam bija paredzēts mēslot ar minerālmēsliem apmēram 65 000 ha meža. Līdz 1980. gada mēslošana bija veikta 62 251,9 ha meža (Att. 9).



Att. 9 Meža mēslošanas aktivitāte Latvijā 1968-1980.gads pēc Kāposts, 1981.

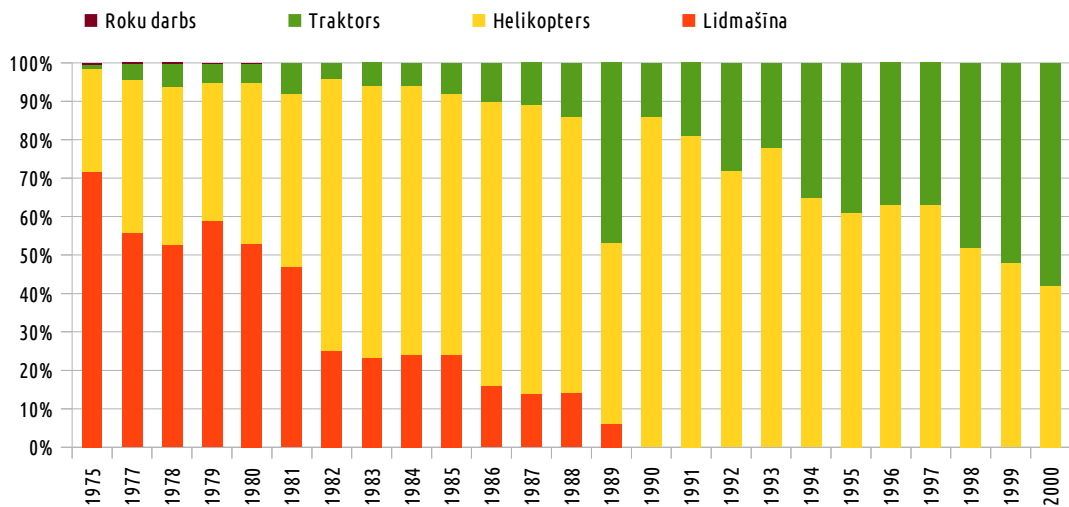
Mēslojuma ienešanai izmantoja mazo aviāciju (AN-2 lidmašīnas), kas apkalpoja sākumā teritoriju 50 km rādiusā ap lidlauku, bet vēlāk – 10 km rādiusā ap lidlauku. Mēslojuma izkliedēšanas izmaksas tajā laikā bija 50 rubļi ha⁻¹, tajā skaitā ap 30 rubļi – mēslojums (Капоств & Сацениекс, 1977).

1989. gadā meža mēslošanu oficiāli pārtrauca (Špalte, 1991), par iemeslu minot lielās aviācijas pakalpojumu izmaksas.

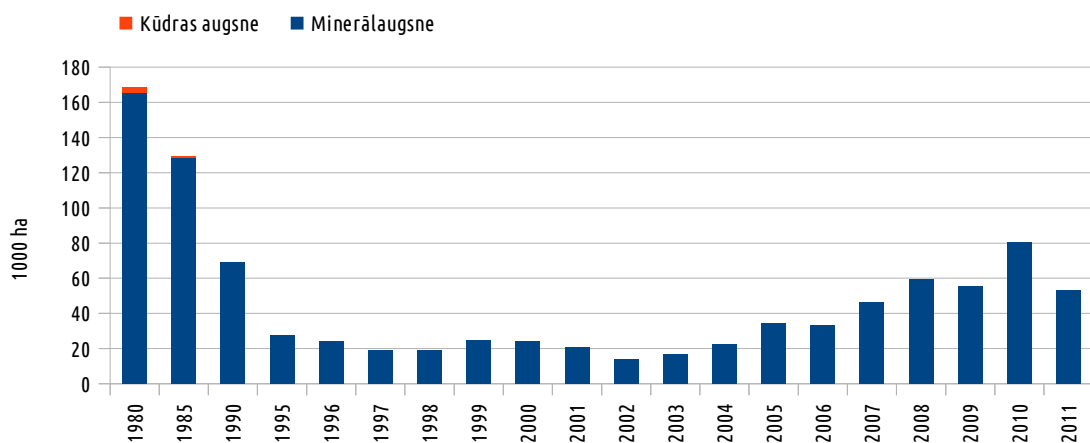
Meža mēslošanas pieredze Ziemeļvalstīs

Salīdzinājumam, Zviedrijā pagājušā gadsimta 70. gados lidmašīnas izmantotas mēslojuma izkliešanai 53-71 % gadījumu, bet, ja pieskaita helikopterus, aviāciju izmantoja mēslojuma izkliešanai vairāk nekā 90 % gadījumu no mēslojamajām audzēm (Att. 10). Laika gaitā samazinājās lidmašīnu izmantošanas īpatsvars, 1990. gadā sasniedzot 0 %, bet helikopteri 2000. gadā izmantoti nedaudz vairāk kā 40 % gadījumu no mēslojamajām audzēm. Laika gaitā palielinājies traktortehnikas izmantošanas īpatsvars un 1999. gadā traktortehnika kļuva par dominējošo mēslojuma izkliešanas tehnisko risinājumu Zviedrijā, un šī risinājuma popularitāte, saskaņā ar zviedru ekspertu atzinumu turpina palielināties. Roku darbs izmantots nelielās platībās tikai 70. gados.

Saskaņā ar Zviedrijas meža aģentūras datiem 1980. gadā meža mēslošana notika gandrīz 170 tūkst. ha platībā, bet turpmākajos gados strauji samazinājās, nokrītot līdz vidēji 20 tūkst. ha gadā. Meža mēslošanas apjoms pieauga pēc 2004. gada, sasniedzot 52 tūkst. ha 2011. gadā (Att. 11).



Att. 10 Meža mēslošanas tehniskais risinājums Zviedrijā⁹.



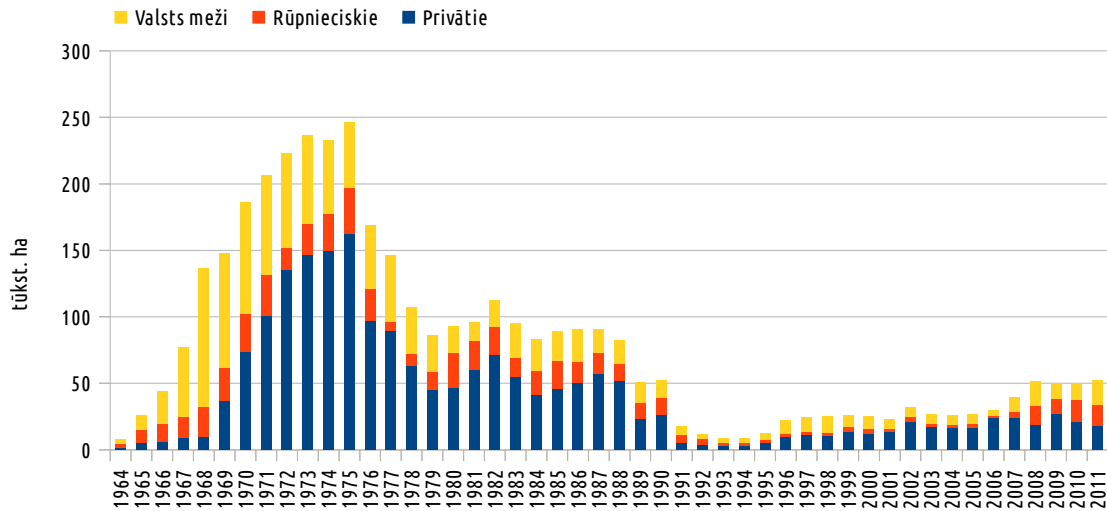
Att. 11 Meža mēslošana Zviedrijā¹⁰.

Somijā meža mēslošana uzplaukuma laiks bija pagājušā gadsimta 70. gadi, kad ik gadu mēslojamā platība pietuvojās 250 tūkst. ha. Pagājušā gadsimta 80. gados meža mēslošana samazinājās līdz

⁹ Zviedrijas meža aģentūras dati.

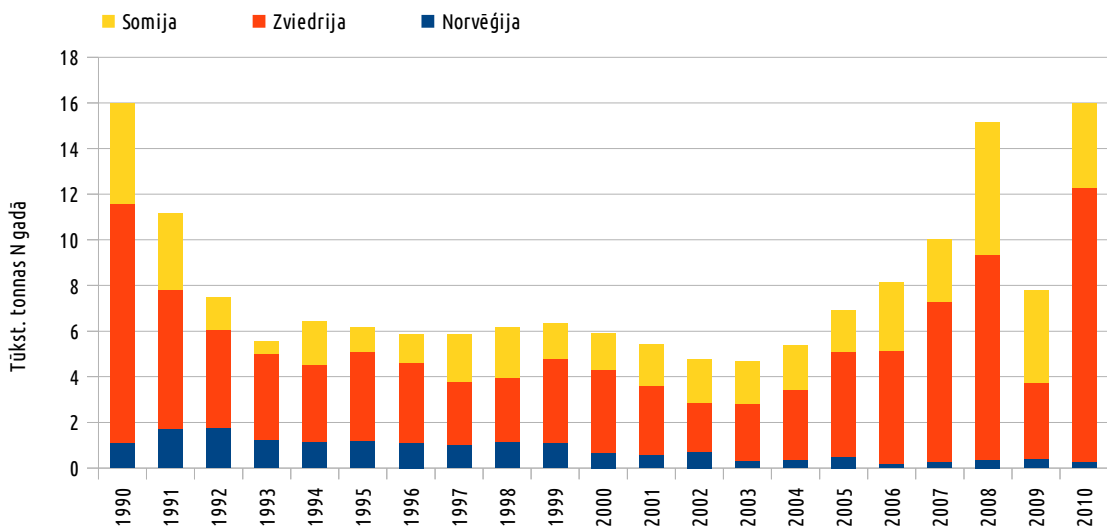
¹⁰ Zviedrijas meža aģentūras dati.

aptuveni 90 tūkst. ha gadā, bet 90. gadu sākumā nokritās gandrīz līdz nullei. Pēdējos gados meža mēslošanu Somijā veic vidēji 50 tūkst. ha platībā ik gadu (Att. 12). Salīdzinājumam, jaunaudzņu kopšanu katru gadu veic vidēji 200 tūkst. ha platībā (Ylitalo, 2012). Līdz pagājušā gadsimta 90. gadiem mēslošanu veica galvenokārt privātpersonām piederošās mežaudzēs, bet pēdējos gados privātajos, valsts un uzņēmumiem piederošajos mežos mēsloto platību īpatsvars ir izlīdzinājies.



Att. 12 Meža mēslošana Somijā (Ylitalo, 2012).

Saskaņā ar SEG inventarizācijas pārskatu, kurā ietver informāciju par meža mēslošanas radītajām emisijām, meža mēslošana ar N saturošiem minerālmēsliem no Eiropas valstīm notiek tikai Somijā, Zviedrijā un Norvēģijā. Kopā šajās valstīs 2010. gadā izmantotas 16 tūkst. tonnas N mēslojuma, tajā skaitā lielākā daļa Zviedrijā (Att. 13). Norvēģijā, pretēji pārējām Ziemeļvalstīm, vērojams minerālmēslojuma izmantošanas samazinājums.

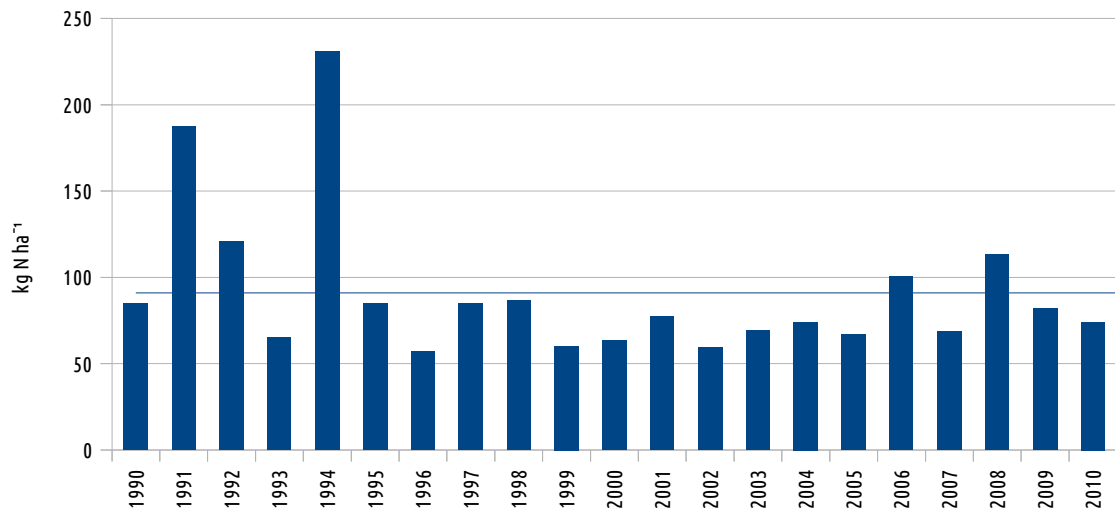


Att. 13 Mežā izmantojamais N mēslojums¹¹.

Mēslojuma devu var novērtēt, salīdzinot izmantotā mēslojuma daudzumu un mēsloto platību. Zviedrijas gadījumā šie dati šķiet maz ticami, jo vidējā mēslojuma deva atbilstoši aprēķinu

¹¹ SEG inventarizācijas datu apkopojums.

rezultātiem ir 180 kg N ha^{-1} un tā svārstās no 760 kg N ha^{-1} līdz 34 kg N ha^{-1} . Somijā mēslojuma devas aprēķins dod ticamākus rezultātus – vidējā mēslojuma deva ir 91 kg N ha^{-1} (Att. 14).



Att. 14 Vidējās mēslojuma devas aprēķins Somijā¹².

¹² SEG inventarizācijas datu un statistikas gadagrāmatā publicētās informācijas apkopojums.

Likumdošanas analīze

Augsnes un grunts kvalitātes normatīvi attiecībā uz varu (Cu), svinu (Pb), cinku (Zn), niķeli (Ni), arsēnu (As), kadmiju (Cd), hromu (Cr), dzīvsudrabu (Hg), naftas produktiem, poliaromātiskajiem ogļūdeņražiem (PAH) un polihlorbifeniliem (PCB) (*Ministru kabineta noteikumi Nr. 804 Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem, 2005*)

Tab. 17: Smago metālu koncentrāciju limitējošās vērtības augsnē¹³

Parametrs	Mērvienība	Smilts			Mālsmilts			Smilšmāls			Māls		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Cu	mg kg ⁻¹	4	30	150	7	40	150	12	50	150	19	60	150
Pb	mg kg ⁻¹	13	75	300	13	100	500	16	200	500	23	200	500
Zn	mg kg ⁻¹	16	250	700	24	250	700	46	350	700	70	350	700
Ni	mg kg ⁻¹	3	50	200	8	75	200	16	75	200	28	100	200
As	mg kg ⁻¹	2	10	40	2,5	10	40	3	15	40	5,5	20	40
Cd	µg kg ⁻¹	80	3000	8000	90	3000	8000	180	4000	10000	200	4000	10000
Cr	mg kg ⁻¹	4	150	350	11	150	350	22	170	350	40	170	350
Hg	µg kg ⁻¹	250	2000	10000	540	2000	10000	800	3000	10000	800	3000	10000

Saskaņā ar BioSoil projekta datiem mežā sastopamas galvenokārt mālsmilts un smilšmāla augsnes, kā arī augsnes uz organiska pamatmateriāla. Organiskās augsnes var pielīdzināt māla augsnēm (Tab. 17). Vara (Cu) koncentrācija nevienā no meža tipiēm nepārsniedz pieļaujamās koncentrācijas; svina (Pb) koncentrācija augsnē ir paaugstināta purvainos, mežaudzēs uz organiskām augsnēm; cinka (Zn) un niķeļa (Ni) koncentrācija meža augsnēs būtiski atpaliek no maksimāli pieļaujamiem rādītājiem; kadmija (Cd) koncentrācija meža augsnēs ir tuvu mērķlielumam noteikumos par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem vai pārsniedz to (ja organiskās augsnes pielīdzina māla augsnēm), hroma (Cr) un dzīvsudraba (Hg) koncentrācija meža augsnēs ir būtiski mazāka par mērķlielumiem (Tab. 18). BioSoil rezultātu apkopojums liecina, ka meža mēslošanā īpaša uzmanība jāpievērš Cd koncentrācijai mēslošanas līdzekļos, lai neradītu augsnes piesārņojumu ar Cd. Vislielākajā mērā tas attiecas uz koksnes pelniem, kas var saturēt daudz Cd savienojumu, ja pelni savākti skursteņos

Tab. 18: Smago metālu koncentrācija meža augsnes virskārtā (0-10 cm dziļumā) atbilstoši projekta BioSoil rezultātiem

Edafiskā rinda	Meža tips	Pb, mg kg ⁻¹	Cd, mg kg ⁻¹	Zn, mg kg ⁻¹	Cr, mg kg ⁻¹	Ni, mg kg ⁻¹	Hg, mg kg ⁻¹	Cu, mg kg ⁻¹
Āreņi	Am	8,39	0,11	4,20	4,15	1,61	0,08	4,63
	Ap	11,72	0,14	24,66	12,05	6,11	0,11	5,09
	As	8,28	0,08	5,19	4,06	1,56	0,04	2,45
	Vidēji	8,96	0,10	8,59	5,58	2,42	0,06	3,49
Kūdreņi	Ks	23,29	0,31	41,96	6,78	4,55	0,18	10,60
Purvaini	Db	37,94	0,62	16,00	4,09	2,36	0,25	8,93
	Nd	20,74	0,43	15,59	3,77	1,67	0,20	6,65
	Pv	29,15	0,56	22,41	3,37	2,73	0,12	2,90
	Vidēji	25,60	0,49	17,60	3,70	2,07	0,18	5,90
Sausieņi	Dm	7,74	0,05	9,68	4,69	2,18	0,03	2,25
	Ln	6,09	0,03	8,79	3,01	1,48	0,01	1,31
	Mr	5,49	0,03	6,79	1,70	0,75	0,01	3,19
	Sl	10,90	0,17	17,17	1,57	0,97	0,07	1,90
	Vr	11,92	0,12	25,92	12,71	7,18	0,06	7,00
	Vidēji	8,32	0,07	13,52	5,76	3,02	0,03	3,24
Slapjaini	Dms	13,35	0,13	3,61	1,63	0,86	0,08	2,93

¹³ mērķlielums (A vērtība) – norāda maksimālo līmeni, kuru pārsniedzot nevar nodrošināt ilgtspējīgu augsnes un grunts kvalitāti; piesardzības robežlielums (B vērtība) – norāda maksimālo piesārņojuma līmeni, kuru pārsniedzot iespējama negatīva ietekme uz cilvēku veselību vai vidi, kā arī līmeni, kāds jāsasniedz pēc sanācijas, ja sanācijai nav noteiktas stingrākas prasības; kritiskais robežlielums (C vērtība) – norāda, ka, to sasniedzot vai pārsniedzot, augsnes un grunts funkcionālās īpašības ir nopietni traucētas vai piesārņojums tieši apdraud cilvēku veselību vai vidi.

Edafiskā rinda	Meža tips	Pb, mg kg ⁻¹	Cd, mg kg ⁻¹	Zn, mg kg ⁻¹	Cr, mg kg ⁻¹	Ni, mg kg ⁻¹	Hg, mg kg ⁻¹	Cu, mg kg ⁻¹
	Vrs	15,62	0,16	41,27	22,76	12,35	0,08	15,32
	Vidēji	14,77	0,15	27,15	14,84	8,04	0,08	10,67
Visi meža tipi		11,82	0,14	17,13	6,45	3,43	0,07	4,88

Lielā kadmija vai kāda cita smago metālu koncentrācija, saskaņā ar MK noteikumus Nr. 530 (Tab. 19) teikto, var traucēt koksnes pelnu izmantošanu meža mēslošanā.. (Tab. 19).

Tab. 19: Nevēlamo piemaisījumu maksimāli pieļaujamā koncentrācija mēslošanas līdzeklī (Ministru Kabinets, 2006)

Mēslošanas līdzeklis	Nevēlamie piemaisījumi	Maksimāli pieļaujamā koncentrācija	Noteikšanas metode
Fosforu saturošie minerālmēsli	kadmiji (Cd)	60 mg Cd kg ⁻¹ P ₂ O ₅	Nosaka karaļūdens ekstraktā
Organominerālie un organiskie mēslošanas līdzekļi un kaļķošanas materiāli, netipiskie mēslošanas līdzekļi un augu augšanas veicinātāji	dzīvsudrabs (Hg)	2,0 mg kg ⁻¹	Nosaka karaļūdens ekstraktā
	kadmiji (Cd)	3,0 mg kg ⁻¹	Nosaka karaļūdens ekstraktā
	arsēns (As)	50 mg kg ⁻¹	Nosaka karaļūdens ekstraktā
	niķelis (Ni)	100 mg kg ⁻¹	Nosaka karaļūdens ekstraktā
	svins (Pb)	150 mg kg ⁻¹	Nosaka karaļūdens ekstraktā
	varš (Cu)	600 mg kg ⁻¹	Nosaka karaļūdens ekstraktā
	cinks (Zn)	1500 mg kg ⁻¹	Nosaka karaļūdens ekstraktā

Lai samazinātu smago metālu saturu pelnos līdz normatīvos noteiktajām robežām, tos var sajaukt ar slāpekli saturošu mēslojumu, kurā nav smago metālu, piemēram, kūtsmēsliem, vai nekaitīgas minerālvielas saturošu materiālu (piemēram, smiltīm), taču šādā gadījumā proporcionāli pieaug transportējamā un izkliešamā materiāla masa. Kadmija saturu pelnos var samazināt, nodalot sodrēju frakciju, ko savāc skurstenī, un birstošo smago pelnu frakciju, ko savāc no kurtuves, jo lielākā daļa kadmija koncentrējas sodrējos.

Uz meža mēslošanu neattiecas lauksaimniecības zemēs spēkā esošie nosacījumi par mēslojuma izmantošanu, tajā skaitā par mēslojuma devām. Tas nozīmē, ka ir jāizstrādā pamatojums devu noteikšanai un mēslojuma pielietošanas labas prakses noteikumi.

Meža mēslošanas procesa ietekmes uz vidi vērtējums

Meža mēslošanas ietekme uz SEG emisijām un CO₂ piesaisti

Pētījumi par meža mēslošanas sasaisti ar SEG emisijām un energobilanci meža apsaimniekošanā veikti vairākās Eiropas valstīs. Apjomīgākais datu apjoms uzkrāts Zviedrijā, kur meža mēslošana ir salīdzinoši ikdienišķa mezsaimniecības prakse. Projekta *Future Forest* ietvaros veiktā pētījumā novērtēts, kādu ietekmi uz SEG emisijām, energobilanci (energoresursu patēriņš meža apsaimniekošanā un aizstāšanas efekts, samazinot fosilā kurināmā patēriņu) un koksnes resursu piegādēm radītu meža mēslošana, ja to veiktu 10 % no Zviedrijas mežiem (2,3 milj. ha). Saskaņā ar pētījuma rezultātiem papildus krājas pieaugums ir 7,4 milj. m³ gadā (6 % no esošā krājas pieauguma), tajā skaitā 41 % krājas pieauguma veidojas lielo dimensiju apaļkoksnes sortimentos. Mēslojuma ražošanai un meža apsaimniekošanai papildus nepieciešami 1,7 TWh energoresursu gadā primārās enerģijas izteiksmē (0,74 MWh ha⁻¹ gadā). Izmantojot papildus iegūto pieaugumu enerģētikas sektorā samazinās energoresursu (dabasgāzes un akmeņogļu) patēriņš primārās enerģijas izteiksmē par 42-46 TWh gadā (Tab. 20). Aptuveni 22 % energoresursu patēriņa samazinājuma saistīts ar materiālu aizstāšanu, pārējais – ar fosilā kurināmā aizstāšanu (21 % biokurināmais no mazo dimensiju kokiem, 18 % kokrūpniecības atliekas, 15 % konstrukciju demontāžas atlikumi, 9 % mežizstrādes atliekas, 9 % celmi un pazemes biomasas un 5 % kopšanas ciršu atlikumi). Ieguvums primārās enerģijas izteiksmē atbilst 7 % no Zviedrijas kopējā energoresursu patēriņa. Neto SEG emisiju samazinājums, aizstājot fosilo kurināmo ar papildus iegūto biomasu, pateicoties meža mēslošanai, atbilst 11,9 vai 18,1 milj. tonnām CO₂ ekv. (atkarībā no tā vai aizstāj dabasgāzi vai akmeņogles), kas atbilst, attiecīgi, 18 % vai 28 % no Zviedrijas kopējām neto SEG emisijām 2007. gadā. Būtisks vienreizējs papildus oglekļa uzkrājuma pieaugums veidojas arī koksnes produktos un augošo koku biomasā, attiecīgi, 149 un 197 milj. tonnas CO₂ (Sathre *et al.*, 2010; Nordicforestry, 2013). Saskaņā ar Zviedrijā veikto pētījumu rezultātiem 1 MWh

papildus enerģijas patēriņa mēslojuma ražošanai un izkļiedēšanai mežā var radīt 24-27 MWh energoresursu patēriņa samazinājumu (18-20 MWh ha⁻¹ gadā).

Tab. 20: Meža mēslošanas Ikgadējās ietekmes uz enerģijas patēriņu (PJ gadā) kopsavilkums¹⁴ (Sathre *et al.*, 2010)

Rādītājs	Akmeņogles	Dabasgāze
Meža apsaimniekošana un mēslošana		
Meža atjaunošana, kopšana, izstrāde	0,9	0,9
Mēslojuma ražošanas un izkļiedēšana	2,3	2,3
<i>Kopā</i>	3,2	3,2
Lielo dimensiju apaļkoksne		
Transports	0,7	0,7
Materiālu aizstāšana (fosilā kurināmā patēriņa samazinājums)	-35,3	-32,8
Fosilā kurināmā aizstāšana (kokrūpniecības atliekas)	-26,9	-24,7
Fosilā kurināmā aizstāšana (būvniecības atliekas)	-2,8	-2,6
Fosilā kurināmā aizstāšana (reciklējamā koksne)	-25,0	-22,9
<i>Kopā</i>	-89,3	-82,2
Mazo dimensiju apaļkoksne		
Transports	0,5	0,5
Fosilā kurināmā aizstāšana	-34,3	-31,4
<i>Kopā</i>	-33,8	-30,9
Kopšanas atliekas (zari, lapotne)		
Savākšana, transports	0,4	0,4
Fosilā kurināmā aizstāšana	-8,8	-8,0
<i>kopā</i>	-8,4	-7,6
Mežizstrādes atliekas (zari, lapotne)		
Savākšana, transports	0,7	0,7
Fosilā kurināmā aizstāšana	-15,5	-14,2
<i>Kopā</i>	-14,8	-13,5
Celmi		
Savākšana transports	1,4	1,4
Fosilā kurināmā aizstāšana	-15,1	-13,8
<i>Kopā</i>	-13,7	-12,4
Pavisam kopā	-156,7	-143,4

Tab. 21: Meža mēslošanas ikgadējās ietekmes uz SEG emisijām (tūkst. tonnas CO₂ ekv. gadā) kopsavilkums¹⁵ (Sathre *et al.*, 2010)

Rādītājs	Akmeņogles	Dabasgāze
Meža apsaimniekošana un mēslošana		
Meža atjaunošana, kopšana, izstrāde	77	74
Mēslojuma ražošanas un izkļiedēšana	441	441
N ₂ O emisijas no augsnes	228	228
Augsnes oglekļa uzkrājuma izmaiņas	-672	-672
<i>Kopā</i>	74	72
Lielu dimensiju apaļkoksne		
Transports	62	57
Materiālu aizstāšana (fosilā kurināmā patēriņa samazinājums)	-3124	-2402
Materiālu aizstāšana (cementa ražošanas radītās emisijas)	-3197	-3197
Fosilā kurināmā aizstāšana (kokrūpniecības atliekas)	-2701	-1546
Fosilā kurināmā aizstāšana (būvniecības atliekas)	-280	-160
Fosilā kurināmā aizstāšana (reciklējamā koksne)	-2503	-1434
<i>Kopā</i>	-11744	-8683
Mazo dimensiju apaļkoksne		
Transports	41	38
Fosilā kurināmā aizstāšana	-3425	-1973
<i>Kopā</i>	-3384	-1935
Kopšanas atlikumi (zari, lapotne)		

¹⁴ Ar mīnuszīmi apzīmēts energoresursu patēriņa samazinājums.

¹⁵ Ar mīnuszīmi apzīmēts SEG emisiju samazinājums.

Rādītājs	Akmeņogles	Dabaszāze
Savākšana, transports	32	32
Augsnes oglekļa krājumi	102	102
Fosilā kurināmā aizstāšana	-875	-504
<i>Kopā</i>	-741	-370
Mežizstrādes atliekas (zari, lapotne)		
Savākšana, transports	57	57
Augsnes oglekļa krājumi	181	181
Fosilā kurināmā aizstāšana	-1553	-895
<i>Kopā</i>	-1316	-657
Celmi		
Savākšana, transports	110	110
Augsnes oglekļa krājumi	416	416
Fosilā kurināmā aizstāšana	-1506	-867
<i>Kopā</i>	-980	-341
Pavisam kopā	-18090	-11915

Meža mēslošanas ietekmes uz SEG emisijām un CO₂ piesaisti modelēšanas projektā pieņemts, ka izmanto katrai audei adaptētas (pēc skuju ķīmiskā sastāva) slāpekļa (N) un komplekso (NPK) mēslojumu devas, atbilstoši labākās prakses ieteikumiem. Mēslojumu iestrādā reizi 2 gados, tiklīdz koki sasniedz 2-4 m augstumu un līdz vainagu saslēgšanās brīdim. Vidējā N deva ir 100-150 kg N ha⁻¹, pēc vajadzības pievienojot pārējos barības vielu elementus. Mēslošanu atkārtoti 4-5 reizes Zviedrijas dienvidos un 6-7 reizes ziemeļos. Pēc vainagu saslēgšanās mēslojumu ienes ik pēc 7-10 gadiem, dodot 100-125 kg N ha⁻¹ un pārējās augu barības vielas pēc vajadzības. Atkārtoto mēslojuma iestrādi veic tikai 1-3 reizes, jo aprites cikla ilgums tiek būtiski saīsināts. Atkarībā no reģiona un augsnes kvalitātes aprites laikā izmanto 800-1500 kg N ha⁻¹, tajā skaitā 75 % mēslojuma izmanto jaunaudzēs. Galvenās cirtes laiku izvēlas tad, kad ikgadējais krājas pieaugums ir vienāds vai mazāks par vidējo krājas pieaugumu (Sathre *et al.*, 2010). Latvijā šāds mēslošanas modelis, visticamāk, nestrādās tikpat labi kā Zviedrijā, jo jaunaudzēs iestrādātais mēslojums sekmēs lapkoku un pameža augšanu, radot konkurenci skujkokiem un papildus izmaksas jaunaudzju kopšanai. Tāpēc Latvijas apstākļos jāizstrādā adaptētas mēslojuma iestrādes metodes, kombinējot mēslojuma iestrādes vecumu, kopšanas intensitāti un kopjamo koku dimensijas.

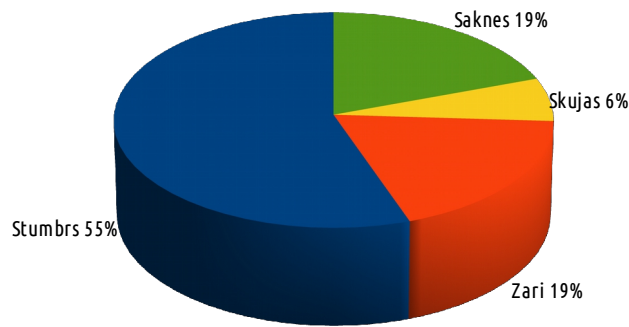
Saskaņā ar zviedru pētījumu datiem SEG emisijas slāpekļa minerālmēsli ražošanas procesā atbilst 9,0 kg CO₂ ekv. uz 1 kg N mēslojuma, tajā skaitā 62 % ir N₂O emisijas, 37 % CO₂ emisijas un 1 % ir CH₄ emisijas. Mēslojuma izkliedēšanas radītās emisijas (0,022 kg CO₂ uz 1 kg mēslojuma) aprēķinātas atbilstoši vidējiem rādītājiem, kaisot minerālmēslus no helikoptera (Mead & Pimentel, 2006).

Meža mēslošana ar koksnes pelniem un slāpekļa minerālmēsliem veicina krājas pieaugumu, taču vienlaicīgi aktivizē augsnes mikrobioloģiskos procesus, kas var izraisīt CH₄, N₂O un CO₂ emisiju pieaugumu, mineralizējoties nedzīvajai zemsegai un augsnes organiskajām vielām. Zviedrijā laboratorijas apstākļos veikti pētījumi liecina, ka N₂O un CO₂ emisijas mēslotajos un kontroles izmēģinājumos būtiski neatšķiras un ir vidēji 11-17 μg N₂O m⁻² h⁻¹ un 533-611 mg CO₂ m⁻² h⁻¹. Konstatēts, ka pelnu mēslojums sekmē CH₄ emisijas būtisku pieaugumu, turpretim slāpekļa mēslojums samazina CH₄ emisijas. Vidējais emisiju līmenis dažādos variantos (kontrolē, slāpekļa mēslojums, pelni, pelni un slāpekļa mēslojums) ir, attiecīgi, 153 ± 5, 123 ± 8, 188 ± 10 un 178 ± 18 μg m⁻² h⁻¹ (Maljanen *et al.*, 2006). Šie pētījumi gan nerada priekšstatu par ilgtermiņa ietekmi uz SEG emisijām. Līdzīgi secinājumi par mēslošanas ietekmi uz N₂O un CH₄ emisijām izdarīti Kanādā, apkopojot pētījumu rezultātus par meža mēslošanas ietekmi uz augsnes oglekļa uzkrājumu – mēslojums sekmē oglekļa uzkrāšanos augsnē, pateicoties lielākam virszemes biomasas pieaugumam un nobiru apjomam (Grayston, 2007). Saskaņā ar citu zviedru pētnieku datiem aptuveni 1 % no meža ienestā slāpekļa mēslojuma nonāk atmosfērā N₂O veidā (Sathre *et al.*, 2010). Saskaņā ar zviedru pētījumu datiem meža mēslošana 300 gadu laikā palielina augsnes oglekļa uzkrājumu par 88 tonnām CO₂ ha⁻¹, salīdzinot ar tradicionālo mežsaimniecību. Lielākā daļa augsnes oglekļa piesaistes veidojas pirmajā mēsloto koku rotācijā, bet mēslojuma efekts saglabājas arī 2. un 3. rotācijā, nodrošinot lielāku krājas pieaugumu, nekā kontroles audzēs (Sathre *et al.*, 2010).

Ja mēslojums neveicina papildus biomasas pieaugumu (piemēram, ir iestrādāts sabiezinātā audzē, kur koku attīstību ierobežo nepietiekošs apgaismojums), mēslojums teorētiski var palielināt CO₂ un citu SEG gāzu emisijas, organiskās vielas, kas mineralizējas, pieaugot mikrobioloģiskajai aktivitātei, netiek kompensētas ar pieaugošu nobiru daudzumu. Šis pieņēmums ir teorētisks, tomēr norāda uz

nepieciešamību rūpīgi plānot meža mēslošanu, lai līdzsvarotu mēslojuma devas un papildus pieauguma veidošanās iespējas.

Saskaņā ar Zviedrijā veiktās meža apsaimniekošanas intensifikācijas modelēšanas rezultātiem, katru gadu nepieciešamas 48,7 tūkst. tonnas N mēslojuma (vidēji 21 kg N ha^{-1} gadā). Vidējais papildus biomasas pieaugums mēslošanas rezultātā palielinās līdz 4 tonnām sausnas gadā ($5,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ stumbra koksnes). Lielākā daļa papildus pieauguma koncentrējas stumbra koksnē (Att. 15). N mēslojuma izmantošanas efektivitāte ir $3,86 \text{ kg N m}^{-3}$ stumbra koksnes. Vidējais egles rotācijas ilgums nemēslotajās audzēs Zviedrijas centrālajā daļā ir 90 gadi, bet pēc mēslošanas tas samazinās līdz 60 gadiem, sasniedzot tādas pašas koku dimensijas.

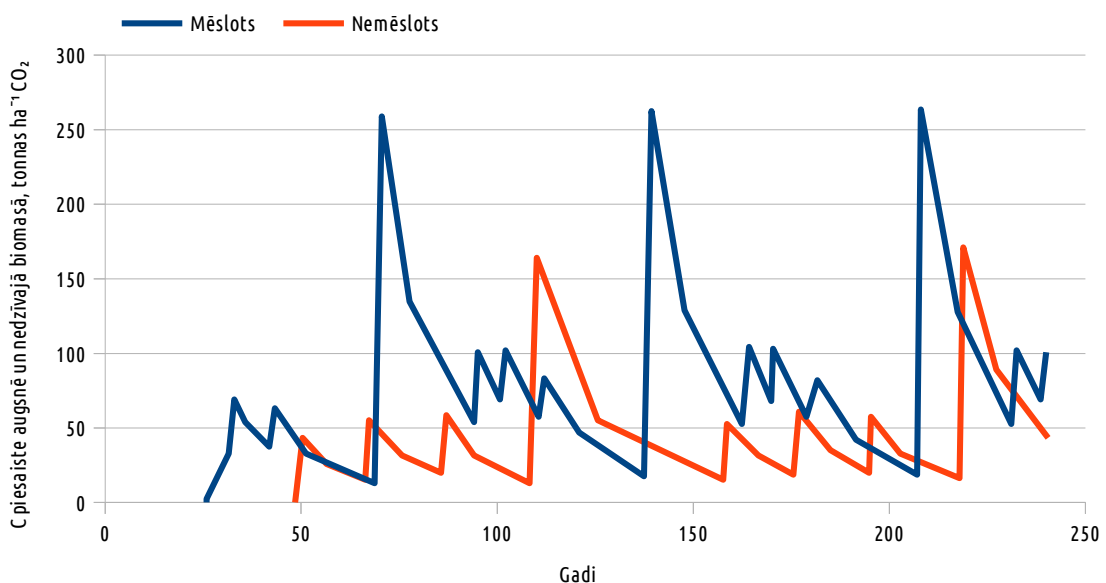


Att. 15: Papildus biomasas pieauguma sadalījums (Sathre *et al.*, 2010).

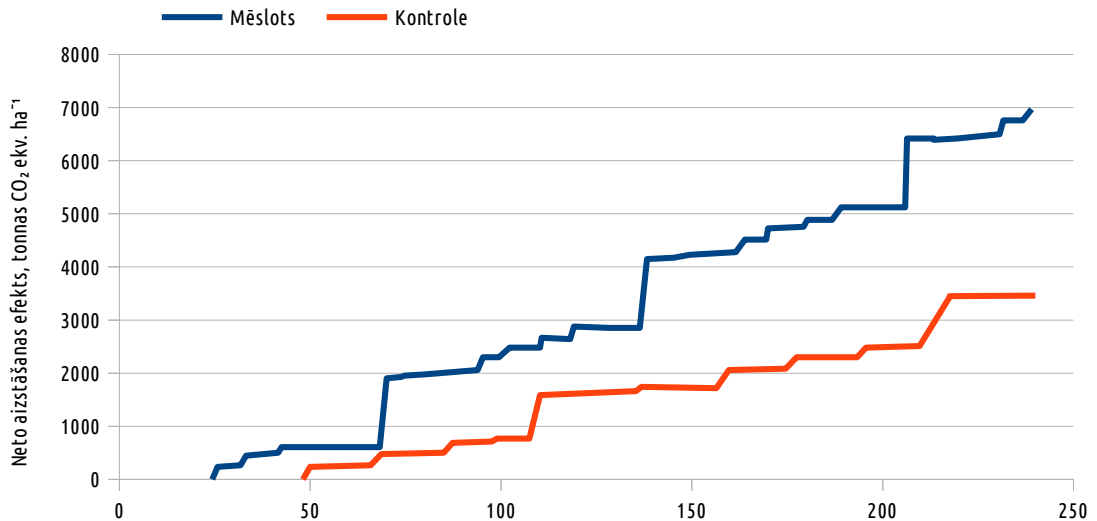
Vidējais oglekļa uzkrājums dzīvajā biomasā pieaugušās audzēs mēslošanas rezultātā atbilstoši modelēšanas rezultātiem Zviedrijas centrālajā daļā palielinās par 26 %, salīdzinot ar kontroli (no 209 līdz 267 tonnām sausnas ha^{-1}).

Augsnes un nedzīvā biomasas ir nozīmīgākās meža zemju oglekļa krātuves. Meža mēslošana, ja tā ir izdarīta tādā veidā, kas sekmē biomasas pieaugumu, veicina arī oglekļa uzkrāšanos augsnē un nedzīvajā biomasā (zemsegā un kitalās). Būtiski, ka mēslošana saīsina meža audzēšanas apriņķi (izaudzēt 3 rotācijas tajā laikā, kad nemēslotajās platībās izaug tikai 2 rotācijas), tāpēc meža mēslošana ļauj būtiski palielināt oglekļa piesaisti nedzīvajā biomasā un augsnē (Att. 16).

Kopumā mēslotajās audzēs 240 gadu laikā rada 2 reizes lielāku neto CO_2 piesaisti, nekā kontroles audzēs, pateicoties aizstāšanas efektam (Att. 17). 240 gadu laikā aizstāšanas efekts nodrošina emisiju samazinājumu, kas atbilst 7000 tonnām CO_2 ekv. ha^{-1} , t.i. vidēji 29 tonnas CO_2 ekv. ha^{-1} gadā.



Att. 16: Oglekļa piesaiste augsnē un nedzīvajā biomasā (Sathre *et al.*, 2010).



Att. 17: Koksnes produktu radītais aizstāšanas efekts (Sathre *et al.*, 2010).

Vērtējot potenciālos ieguvumus no papildus koksnes pieauguma, jāņem vērā, ka Latvijā, tāpat kā Zviedrijā (Sathre & Gustavsson, 2007), potenciālais papildus pieaugums, ko var dot meža mēslošana, iespējams, pārsniedz augstvērtīgās būvkonstrukcijās pielietojamās koksnes pieprasījumu, tāpēc maksimāli efektīvai papildus CO₂ piesaistes izmantošanai ir jānodrošina apstākļi koksnes patēriņa pieaugumam būvniecībā.

Zviedrijā veikto pētījumu rezultāti liecina, ka aizstāšanas efekts enerģētikas sektorā ir ievērojami lielāks, nekā materiālu aizstāšanas efekts, it īpaši, ja aizstāj akmeņogles (Sathre *et al.*, 2010), taču Latvijā akmeņogļu īpatsvars energobilancē ir niecīgs, tāpēc tik lielu fosilā kurināmā aizstāšanas efektu kā Zviedrijā, izmantojot mēslotajās mežaudzēs izaudzēto koksni, Latvijā neizdosies panākt. Tajā pat laikā citu zviedru pētnieku iegūtie dati liecina, ka emisiju samazinājums, izmantojot biokurināmo, ir vairāk atkarīgs no aizstājamā fosilā kurināmā veida, nekā no transporta emisijām, ja biomasa tiek eksportēta (Junginger *et al.*, 2008). Tas nozīmē, ka no Latvijas eksportētais biokurināmais, ko izmanto ogļu termoelektrocentrālēs, Eiropas kontekstā, iespējams, nodrošina lielāku SEG emisiju samazināšanas efektu, nekā tad, ja to izmantotu Latvijā, aizstājot dabasgāzi, piemēram, TEC 2. Lai gan šādam apgalvojumam nepieciešams matemātisks pamatojums.

Oglekļa piesaistes pieaugums dzīvajā biomasā un koksnes produktos, pateicoties meža mēslošanai, ir būtisks, taču ilgtermiņā to pārspēj materiālu aizstāšanas efekts (Sathre *et al.*, 2010). Aizstāšanas efekts jāplāno ilgtermiņā, t.i. jāparedz, ka koksnes piegādes no meža nākotnē nesamazināsies. Pretējā gadījumā šodienas pieaugošā oglekļa piesaiste koksnes produktos nākotnē var izvērsties palielinātās emisijās.

Primāro energoresursu patēriņš meža apsaimniekošanai un papildus emisijas, kas saistītas ar minerālmēslu ražošanu, izmantošanu un N₂O emisijām no augsnes, ir niecīgs, salīdzinot ar SEG emisiju samazinājumu mēslojuma pielietojuma rezultātā (4-6 % no neto CO₂ piesaistes, atkarībā no tā, vai aizstāj dabasgāzi vai akmeņogles). N₂O emisijām no augsnes raksturīga liela nenoteiktība, sākot no 3-5 % no izmantotā slāpekļa mēslojuma līdz nebūtiskai atšķirībai starp mēslojamiem un kontroles objektiem (Maljanen *et al.*, 2006; Crutzen *et al.*, 2007). Tieši tāpat, liela nenoteiktība raksturīga augsnes oglekļa uzkrājuma izmaiņu aprēķiniem, vērtējot meža mēslošanas ietekmi. Atsevišķos pētījumos konstatēts augsnes oglekļa uzkrājuma pieaugums 15 gadu laikā par 10-26 % (12-20 tonnas CO₂ ha⁻¹) ar slāpekli mēslojās priedes plantācijās (Nohrstedt *et al.*, 1989), citos pētījumos 30 gadu laikā mēslojās egļu audzēs konstatēts 15-167 % oglekļa uzkrājuma pieaugums minerālaugsnē un 14-87 % zemsegā (maksimāli par 70 tonnām CO₂ ha⁻¹, Hyvönen *et al.*, 2008). Salīdzinošos pētījumos Somijā un Zviedrijā konstatēts, ka NPK mēslojums skujkoku audzēs būtiski palielina augsnes oglekļa uzkrājumu 14-30 gadu laikā (egles un priedes audzēs, attiecīgi, par 2,4 un 0,9 tonnām CO₂ ha⁻¹ gadā vairāk, nekā kontroles laukumos, Hyvönen *et al.*, 2008). Vairums pētījumu rezultātu liecina par oglekļa uzkrājuma pieaugumu, taču sastopami arī dati par to, ka, piemēram, pelnu mēslojums samazina augsnes oglekļa uzkrājumu pieaugušos mežos, jo veicina nedzīvās zemsegas mineralizāciju.

Augsnes oglekļa uzkrājuma izmaiņas šķiet saistītas ar slāpekļa mēslojuma ienešanas perioda ilgumu un laika sprīdi, kas pagājis kopš mēslojuma iestrādes. Sākotnēji oglekļa akumulācija notiek strauji, pēc tam oglekļa piesaistes temps samazinās, atgriežoties sākotnējā stāvoklī, ja mežaudžu mēslošanu neturpina (Franklin *et al.*, 2003). Intensīvi apsaimniekojamos mežos pieaug arī koksnes izmantošanas intensitāte, piemēram, iegūstot celmu biomasu, tāpēc papildus CO₂ piesaiste augsnē un zemsegā var izlīdzināties ar oglekļa izņemšanu no ekosistēmas ar koksnes produktiem un biokurināmo. Saskaņā ar Zviedrijā veiktiem pētījumiem oglekļa piesaiste augsnē meža mēslošanas rezultātā ir neliela, salīdzinot ar aizstāšanas efektu, ko rada koksnes produkti un biokurināmais.

Meža mēslošanas procesa teorētiskais apraksts Latvijas apstākļiem

Meža augsnes pētnieku grupa Miervalža Buša vadībā, kas pētīja meža mēslošanas nepieciešamību iepriekšējā gadsimta septiņdesmitajos gados, augu barības vielu nodrošinājumu augsnēs (Tab. 22) sadalījumā pa meža tipiem un tajos esošajiem augšanas apstākļiem raksturo sekojoši:

- sils – trūdvielu horizonts tikai 3-5 cm, tāpēc augsnē trūkst slāpekļa un fosfora, augsnes vidēji nodrošinātas ar kāliju (piejūrā galveno augsnes masu veido graudiņi 0,05-0,25mm un tie satur tikai 1- 2% māla, tāpēc ir nēcīgs minerāl vielu nodrošinājums augsnē, un veidojas audzes ar zemu bonitāti);
- mētrājs - augsnes veidojušās kā uz piejūras tā sandru smiltājiem, tām nedzīvās zemsegas slānis 6-10 cm, maz aktīvā fosfora, kas varētu būt saistīts ar zemesdes un mežaudzes barošanās procesa patēriņu;
- damaksnis - veidojas uz mineraloģiski bagātākiem smilts un mālsmilts nogulumiem, ar labi izteiktu trūdvielu horizontu, kas 15-20 biezs, parasti nenovēro barības vielu trūkumu, veidojas ražīgas mežaudzes;
- vēris - veidojas uz morēnu augsnes, trūdvielas 15-20 cm biežā slānī, mehāniskais sastāvs - satur gan oļus, gan granti, gan smilti, arī māla daļiņas, kas daļēji pasliktina augsnes fizikālās īpašības, jo mazina gaisa un ūdens caurlaidību, veicina glejošanos;
- kūdras un kūdrainās augsnes raksturojas ar biezu trūda slāni un lielu organiskās vielas daudzumu, organiskās vielas noārdās lēni, mēdz būt atsevišķu barības vielu trūkums (Bušs u.c. 1974).

Tab. 22: Aktīvo barības vielu krājumi augsnē dažādos mežaudžu augšanas apstākļos g m⁻³.

Meža tips, augšanas apstākļi	N-NH ₄ *	P	K
Sils	15-20	10	30
Mētrājs	20-25	5	50
Damaksnis	20-30	20-25	50
Vēris	30-35	5	80
Kūdrainās augsnes	65-70	5-8	55-60

Šī pētnieku grupa, vadoties pēc MPS "Kalsnava" ierīkotajos eksperimentos iegūtajiem datiem un tā laika citu pētnieku rezultātiem, sastādīja mēslojamo audžu secību, pēc potenciāli iegūstamā produktivitātes kāpinājuma un iegūtā ekonomiskā efekta. Vislabākais mēslošanas efekts panākams veselīgās II un III bonitātes priežu un egļu audzēs vēra un damakšņa meža tipos, ja to biežība nav mazāka par 0,7 un mēslošanu veic vienu vecuma klasi pirms cirtmeta (Tab. 23), astoņdesmitajos gados rekomendē mēslo ar pirmās bonitātes audzes.

Tab. 23: Mēslojamo audžu secība (Bušs et al., 1974)*, (Kāposts, 1981)**

Pēc vecuma	Pēc meža tipa*	Pēc meža tipa**	Pēc koku sugas	Pēc bonitātes*	Pēc bonitātes*	Pēc biežības	Pēc sanitārā stāvokļa
Pieaugušas audzes vienu vecuma klasi pirms cirtmeta	Vr Dm		Priede, egle	II, III	I, II, III	>0,7	Veselīgas audzes
Briestaudzes	Mr	Ln, Mr	Bērzs, apse	I	II, III		
Vidēja vecuma audzes	Sl	Sl, Gr	Pārējās koku sugas	IV	I ^o , V		
Jaunaudzes (pēc depresijas iestāšanās)	Nosusināts niedrājs	Āreņi		I ^o u.c.			
Kultūras	Nosusināts riests u.c.	Kūdrenji					

Latvijas Valsts mežzinātnes institūta "Silava" 1981. gadā sagatavotajās rekomendācijās, kas tika pamatotas ar Meža pētīšanas stacijā "Kalsnava" ierīkoto izmēģinājumu rezultātiem, izveidota augšnes aktīvo barības vielu nodrošinājuma skala mēslojuma nepieciešamības noteikšanai dažādu meža augšanas apstākļu tipu augsnēm un sniegtas rekomendējamās mēslošanas devas aprēķināšanai (Tab. 24, Kāposts, 1981).

Tab. 24: Aktīvo barības vielu nodrošinājums augsnē (g m^{-3}) un mēslojuma nepieciešamība ($\text{kg}_{\text{tīrvielas ha}^{-1}}$)

Koku suga, vecuma klase, meža tips		Slāpekļis (N)			Fosfors (P)			Kālijs (K)		
		Nepilnīgi	Vidēji	Labi	Nepilnīgi	Vidēji	Labi	Nepilnīgi	Vidēji	Labi
Priede III, IV		<20	20 - 35	>35	<10	10-15	>15	<20	20-25	>25
Mēslojuma deva	Sl	150	120	100	80	60	-	60	-	-
	Mr	200	150	120	100	80	60	60	-	-
	Ln	150	120	100	100	80	-	60	-	-
Egle IV, V		<25	25-35	>35	<6	6-10	>10	<15	15-20	>20
Mēslojuma deva	Vr	150	120	100	120	100	80	80	-	-
	Dm	120	100	80	100	80	60	60	-	-
Bērzs VI-VIII		<25	25-35	>35	<6	6-10	>10	<15	15-20	>20
Mēslojuma deva	Vr	150	150	120	100	80	60	80	60	-
	Dm	150	120	100	100	80	60	80	60	-

Sagatavotas arī rekomendācijas dažādu minerālā mēslojuma veidu izmantošanai dažādos meža tipos (Tab. 25, Kāposts, 1981). Rekomendētās mēslojuma devas būtiski neatšķiras no Ziemeļvalstīs vienreizējai iestrādei ieteiktajām devām.

Tab. 25: Minerāl mēslojuma devas (kg ha^{-1}) meža tipu griezumā pēc Kāposts, 1981

Meža tips	Tīrviela				Tehniskais produkts							
	N	P	K	kopā	NH_4NO_3 amonija nitrāts	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ amonija sulfāts	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}$ urīnviela	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4$ superfosfāts	KCl kālija hlorīds	K_2SO_4 kālija sulfāts	$\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MgSO}_4$ kālija, magnija sulfāts	KCl + NaCl kālija sāls
Sl	120	80	60	260	340	570	260	400	110	125	220	150
Mr	150	80	-	230	430	715	325	400	-	-	-	-
Ln	120	80	-	200	340	570	260	400	-	-	-	-
Dm	100	80	-	180	285	475	215	400	-	-	-	-
Vr	120	100	-	220	340	570	260	500	-	-	-	-
Kūdreņi	100	80	60	240	285	475	215	400	110	125	220	150

Barības vielu nodrošinājuma raksturošanai augšnes paraugu ievākšana rekomendēta aprīlī un maijā pirmajā dekādē vai vēl rudenī uz katriem 50 ha ievācot vismaz 1-2 paraugus no augšnes ģenētiskajiem horizontiem līdz 50 cm dziļumam (Kāposts, 1981). Faktiski, plānojot meža mēslošanu nogabalu līmenī, šāds ieteikums nav racionāls, jo vidējā nogabala platība ir 1,5-2 ha. Vienlaikus meža mēslošanai piemērotie nogabali, visticamāk, neatradīsies blakus, tādēļ augšnes izpēte būtu veicama katram nogabalam atsevišķi. Augšnes izpēti racionālāk aizstāt ar barības vielu nodrošinājuma tabulu izstrādāšanu dažādiem meža tipi, ļaujoties uz vizuālām pazīmēm (pieaugums, skuju garums un krāsa). Pamatojoties uz vizuālu audzes novērtējumu tiktu noteikta mēslošanas vajadzība un nepieciešamās devas.

Ja nepieciešams veikt meža mēslošanu, tad tas darāms veģetācijas sezonas sākumā, vēlākais jūnijā. Nedrīkst mēslojumu izkliegt uz sniega segas! Ieteikts, ka audzes lietderīgi mēslot vien pēc kopšanas ciršu veikšanas. Noteikti nepieciešama mēsloto audžu iezīmēšana plānos un pazīmes reģistrēšana sistēmā, lai uzkrātu informāciju par mežaudzē veiktajiem pasākumiem (Kāposts, 1981).

Potenciāli mēslojamo mežaudžu apjoms

Meža mēslošanas iespēju izpētei (mēslojamā platība un papildus pieaugums) izmantota Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumu datu bāze, atlasot AS "Latvijas valsts meži" apsaimniekotajās zemēs tos objektus, kas atbilst pagājušā gadsimta 70. un 80. gados veiktajos pētījumos definētajiem perspektīvo (mēslojuma pielietošanai) mežaudžu kritērijiem. Ņemot vērā, ka dažādi autori devuši pretrunīgus priekšlikumus par dažādu bonitāšu audžu mēslošanu, pētījumā pieņemts, ka mēslojumu iestrādā 1.-3. bonitātes audzēs, t.i. tādās audzēs, kurās vēl iespējams būtisks pieauguma palielinājums, bet 4. un 5. bonitātes audzes nav iekļautas aprēķinā, pieņemot, ka tajās augšanas gaitas traucējumi ir pietiekoši nozīmīgi, lai tos nevarētu atrisināt ar mēslojuma palīdzību. Augstākas par 1. bonitāti audzes nav iekļautas aprēķinā, pieņemot, ka tajās mēslojuma efekts būs mazāk izteikts, jo augšanas apstākļi jau ir optimāli.

No atlikušajiem MSI parauglaukumiem atlasīti tādi, kuros ir mežsaimnieciskās darbības ierobežojumi, kas nepieļauj kailciršu veikšanu. No MSI parauglaukumiem, kuros var veikt kailcirtes, atlasīti 5.-15. vecuma desmitgades audzes, t.i. tādas, kurās papildus krājas pieaugumu var izmantot krājas kopšanā vai galvenajā cirtē.

Pēdējais atlases posms ir mežaudžu ar biežību < 0,8 atlase sausieņu, āreņu un kūdreņu meža tipos. Izņēmums ir sils, kurā meža mēslošana nav plānota. Atlasē iekļautas priedes, egles un bērza audzes. Atlases rezultāts parādīts Tab. 26. Kopā mēslošanai piemēroti 398 tūkst. ha mežaudžu, tajā skaitā 238 tūkst. ha priedes audžu, 83 tūkst. ha egles un 77 tūkst. ha bērza audžu. Visvairāk mēslošanai piemērotu mežaudžu koncentrētas sausieņu meža tipos (221 tūkst. ha). Jāņem vērā, ka Latvijā pielietotā bonitāšu skala ir nepilnīga un neraksturo augšanas apstākļus uz auglīgākajām augsnēm (1^a bonitātes audzes), tāpēc faktiskā meža mēslošanai piemērotā platība var būt lielāka. Tomēr jāņem vērā, ka, jo labāki augšanas apstākļi, jo mazāku efektu var dot papildus mēslojums.

Tab. 26: Mēslošanai piemērotu mežaudžu platība (tūkst. ha) meža tipu un valdošo koku sugu griezumā

Meža tips	priede	egle	bērzs	visas sugas
Mētrājs	55	-	1	56
Lāns	49	-	-	50
Damaksnis	45	26	11	82
Vēris	1	19	11	31
Gārša	-	1	2	3
Mētru ārenis	10	1	-	10
Šaurlapju ārenis	26	22	19	67
Platlapju ārenis	-	1	7	8
Mētru kūdrenis	24	1	1	25
Šaurlapju kūdrenis	28	10	19	58
Platlapju kūdrenis	-	2	6	8

Mēslojuma deva pieņemta 100 kg N ha⁻¹. Lielākajā daļā pētījumu, kas veikti Ziemeļvalstīs, secināts, ka tieši slāpekļis dod vislielāko efektu vidēja vecuma un pieaugušās skujkoku audzēs, bet optimālā deva ir 100-150 kg N ha⁻¹. Attiecībā uz bērzu ir maz pētījumu datu, taču mēslošanas efekta skaitliskās vērtības, kas pieminētas literatūrā, parasti ir līdzīgas tām, kas dotas saistībā ar skujkoku audžu mēslošanu. Mēslošanas efekts atbilstoši Zviedrijā veikto pētījumu datiem pieņemts 15 kgN m⁻³. Vidējais mēslošanas efekts papildus krājas pieauguma izteiksmē, attiecīgi ir 6,67 m³ ha⁻¹. Kopējais papildus krājas pieaugums, pielietojot mēslojumu visās teritorijās, kur tas iespējams atbilstoši MSI datiem, kopējais papildus krājas pieaugums LVM apsaimniekotajos mežos būtu 2 654 tūkst. m³ (Tab. 27), tajā skaitā priežu audzēs 1 584 tūkst. m³, egļu audzēs – 555 tūkst. m³ un bērza audzēs – 515 tūkst. m³. Mēslojuma iedarbība ilgst 5-10 gadus, tāpēc var pieņemt, ka ikgadējais papildus pieaugums mēslošanas rezultātā ir 250-536 tūkst. m³. Papildus pieauguma aprēķinā, iespējams, nav ņemti vērā iespējamie zudumi atmiruma rezultātā, jo Ziemeļvalstu literatūras avotos pieejamā informācija raksturo, galvenokārt krājas izmaiņas, nepieminot, cik liela daļa papildus pieauguma nonāk atmirumā.

Tab. 27: Papildus krājas pieauguma prognoze (tūkst. m³)

Meža tips	priede	egle	bērzs	visas sugas
Mētrājs	366	-	5	370

Lāns	330	2	1	333
Damaksnis	301	175	71	546
Vēris	5	128	76	210
Gārša	-	4	14	18
Mētru ārenis	64	4	-	69
Šaurlapju ārenis	171	146	129	446
Platlapju ārenis	-	9	44	54
Mētru kūdrenis	158	7	5	170
Šaurlapju kūdrenis	188	65	130	383
Platlapju kūdrenis	-	16	40	56

Papildus krājas pieauguma sortimentu struktūrā pieņemts, ka tas atbilst vidējam sortimentu sadalījumam LVM cirtēs (Tab. 28). Šis sadalījums izstrādāts sadarbībā ar LVM, meža apsaimniekošanas radīto SEG emisiju references līmeņa novērtēšanai (Lazdiņš *et al.*, 2012). No papildus pieauguma resno apažo kokmateriālu īpatsvars, saskaņā ar aprēķinu rezultātiem ir 54 % (1 412 tūkst. m³, Tab. 29). Zviedru pētījumos secināts, ka lielo dimensiju apažo sortimentu īpatsvars ir 40 %. Jāņem vērā, ka Latvijā galvenajā cirtē vidējā koka caurmērs ir lielāks, nekā Zviedrijā, tāpēc lielāks resnāko sortimentu īpatsvars ir likumsakarīgs.

Tab. 28: Pieņēmumi sortimentu struktūras aprēķinam dažādu koku sugu audzēs

Valdošā suga	Skujkoku zāģbaļķi	Lapu koku zāģbaļķi	Papīrmalka	Malka
apse	14,86%	17,44%	47,45%	20,25%
baltalksnis	12,25%	13,03%	30,96%	43,76%
bērzs	23,90%	13,57%	45,83%	16,69%
egle	42,91%	5,19%	36,69%	15,21%
melnalksnis	17,79%	19,89%	34,51%	27,81%
pārējās sugas	14 %	22 %	43 %	21 %
priede	60 %	2 %	30 %	8 %

Tab. 29: Papildus krājas pieauguma sortimentu struktūras aprēķins

Sortiments	priede	egle	bērzs	visas sugas
Skujkoku zāģbaļķi, tūkst. m ³	950	238	123	1 312
Lapu koku zāģbaļķi, tūkst. m ³	32	29	70	130
Papīrmalka, tūkst. m ³	475	204	236	915
Malka, tūkst. m ³	127	84	86	297
Apalkoksnes sortimenti, tūkst. m ³	1 584	555	515	2 654
Biokurināmais, tūkst. ber. m ³	684	216	278	1 178

Zāģbaļķu cenas pieņemtas atbilstoši atbilstoši Centrālās statistikas pārvaldes datiem par 2012. gadu (vidējie rādītāji attiecīgajā sortimentu grupā par 1. un 2. pusgadu, Tab. 30). Lapkoku papīrmalkas cena pieņemta 25,20 Ls m⁻³, skujkoku papīrmalka – 26,66 Ls m⁻³, lapkoku malkas cena – 15 Ls m⁻³, skujkoku malkas cena – 16,20 Ls m⁻³. Malkas cena aprēķināta ar mizu. Mežizstrādes atlieku šķeldu realizācijas cena pieņemta 8 Ls ber. m⁻³.

Tab. 30: Apažo kokmateriālu sortimentu realizācijas cenas

Sortiments	2012		
	1. pusgads	2. pusgads	Vidēji
Priedes zāģbaļķi ar diametru līdz 14 cm	27,94	27,55	27,75
Priedes zāģbaļķi ar diametru 14-18 cm	40,52	39,77	40,15
Priedes zāģbaļķi ar diametru 18-26 cm	43,26	43,55	43,41
Priedes zāģbaļķi ar diametru virs 26 cm	43,89	44,85	44,37
Egles zāģbaļķi ar diametru līdz 14 cm	30,66	30,07	30,37
Egles zāģbaļķi ar diametru 14-18 cm	40,39	41,58	40,99

Sortiments	2012		
	1. pusgads	2. pusgads	Vidēji
Egles zāģbaļķi ar diametru 18-26 cm	44,22	45,09	44,66
Egles zāģbaļķi ar diametru virs 26 cm	45,86	46	45,93
Bērza zāģbaļķi ar diametru 18-24 cm	34,08	36,37	35,23
Bērza zāģbaļķi ar diametru virs 24 cm	38,34	39,07	38,71
Melnalkšņa zāģbaļķi ar diametru 18-24 cm	23,26	23,03	23,15
Melnalkšņa zāģbaļķi ar diametru virs 24 cm	33,26	30,57	31,92
Apses zāģbaļķi ar diametru 18-24 cm	23,63	24,67	24,15
Apses zāģbaļķi ar diametru virs 24 cm	29,21	29,46	29,34
Bērza finierkluči (A kategorija)	44,73	44,48	44,61
Bērza finierkluči (B kategorija)	39,25	39,26	39,26

Papildus ieņēmumi no sortimentu realizācijas atbilstoši izmantotajiem pieņēmumiem esošajās cenās sasniegs 93 936 tūkst. Ls, tajā skaitā 90 % ieņēmumu nodrošinās apaļo kokmateriālu pārdošana. Vidējie papildus ieņēmumi uz 1 ha mēslojātās platības ir 236 Ls, bet uz 1 m³ papildus pieauguma – 35 Ls. Salīdzinoši lielākos ieņēmumus nodrošina priedes audžu mēslošana, kur ir vislielākais vērtīgo kokmateriālu sortimentu īpatsvars. Jāņem vērā, ka aprēķinā pieņemta vienāda dažādu sugu reakcija uz mēslojumu. Praksē dažādu sugu atsauce var izrādīties atšķirīga.

Tab. 31: Papildus ieņēmumi no sortimentu realizācijas esošajās cenās

Sortiments	priede	egle	bērzs	visas sugas
Skujkoku zāģbaļķi, tūkst. Ls	Ls 37 258	Ls 9 338	Ls 4 823	Ls 51 420
Lapu koku zāģbaļķi, tūkst. Ls	Ls 1 055	Ls 959	Ls 2 326	Ls 4 339
Papīrmalka, tūkst. Ls	Ls 12 669	Ls 5 430	Ls 5 944	Ls 24 043
Malka, tūkst. Ls	Ls 2 053	Ls 1 368	Ls 1 289	Ls 4 710
Apaļkoksnis sortimenti, tūkst. Ls	Ls 53 035	Ls 17 095	Ls 14 382	Ls 84 511
Biokurināmais, tūkst. Ls	Ls 5 474	Ls 1 727	Ls 2 223	Ls 9 424
Kopā, tūkst. Ls	Ls 58 509	Ls 18 822	Ls 16 605	Ls 93 936
Kopā, Ls ha ⁻¹	Ls 246	Ls 226	Ls 215	Ls 236
Kopā, Ls m ³	Ls 37	Ls 34	Ls 32	Ls 35

Papildus mežizstrādes izmaksu iekļaušana aprēķinā ir diskutējams jautājums, jo saskaņā ar daudzu, tajā skaitā Latvijā veiktu pētījumu rezultātiem (Brunberg *et al.*, 2007), mežizstrādes piegādes darba ražīgumu ietekmē koku skaits, nevis dimensijas, ja, mainoties koku dimensijām, netiek mainīta darba metode (Lazdiņš & Zimelis, 2012). Tieši tāpat, lielāku dimensiju koku audzēs varētu samazināties izmaksas apaļo kokmateriālu pievešanai uz augšgala krautuvi un uz patēriņa vietu. Tas liecina, ka mežizstrādes izmaksas mēslojātās audzēs nevar palielināt lineāri proporcionāli papildus krājas pieaugumam.

Lai korekti novērtētu koku dimensiju palielināšanās ietekmi uz mežizstrādes izmaksām, aprēķinos jāņem vērā vidējā koka caurmērs, caurmēra pieaugums, salīdzinot ar bāzes scenāriju (bez mēslojuma) un citi faktori, kas ietekmē darba metodes izvēli un ražību. Nekorektu aprēķinu koeficientu pielietošana šo faktoru raksturošanai var radīt pārāk optimistisku ieņēmumu ainu, tāpēc darbā pieņemts, ka mežizstrādes izmaksas pieaug lineāri, proporcionāli papildus krājas pieaugumam un koku dimensiju palielināšanās nerada ietekmi uz darba ražību.

Kopējie papildus izdevumi mežizstrādei, tajā skaitā mežizstrādes atlieku savākšanai, esošajās cenās ir 19 159 tūkst. Ls (Tab. 32). Neto ieņēmumi no apaļo kokmateriālu un biokurināmā realizācijas esošajās cenās – 74 776 tūkst. Ls (188 Ls ha⁻¹ vai 28 Ls m³ papildus pieauguma). Mežizstrādes izmaksas ir vidēji 20 % no ieņēmumiem no sortimentu realizācijas. Ieņēmumu daļa no apaļo kokmateriālu realizācijas pēc mežizstrādes izmaksu atskaitīšanas pieaug līdz 95 % no neto ieņēmumiem.

Tab. 32: Mežizstrādes izmaksas un un neto ieņēmumi no apaļo kokmateriālu realizācijas

Sortiments	priede	egle	bērzs	visas sugas
Mežizstrādes izmaksas				

Apaļkoksnes sortimenti, tūkst. Ls	Ls 7 920	Ls 2 776	Ls 2 573	Ls 13 269
Biokurināmais, tūkst. Ls	Ls 3 421	Ls 1 079	Ls 1 390	Ls 5 890
Kopā, tūkst. Ls	Ls 11 341	Ls 3 855	Ls 3 963	Ls 19 159
Neto ieņēmumi no sortimentu realizācijas				
Apaļkoksnes sortimenti, tūkst. Ls	Ls 45 115	Ls 14 319	Ls 11 808	Ls 71 242
Biokurināmais, tūkst. Ls	Ls 2 053	Ls 648	Ls 834	Ls 3 534
Kopā, tūkst. Ls	Ls 47 168	Ls 14 967	Ls 12 642	Ls 74 776
Kopā, Ls ha⁻¹	Ls 199	Ls 180	Ls 164	Ls 188
Kopā, Ls m⁻³ papildus pieauguma	Ls 30	Ls 27	Ls 25	Ls 28

Pēdējās desmitgadēs Latvijā nav veikta meža mēslošana, tāpēc prognozējamās meža mēslošanas izmaksas novērtētas aptuveni, balstoties uz lauksaimniecības pakalpojumu izmaksām. Visas pieejamās platības mēslošanai nepieciešamas 40 tūkst. tonnas slāpekļa tīrvielas, kas atbilst 91 tūkst. tonnai karbamīda (Tab. 33). Uz 1 ha jāpatērē aptuveni 230 kg minerālmēslu. Mēslojuma cena ir vidēji 208 Ls tonna⁻¹, attiecīgi mēslojuma izmaksas ir 18,8 milj. Ls. Mēslojuma izmaksās nav iekļautas mēslojuma piegādes izmaksas, jo atkarībā no piegādātā apjoma, šīs izmaksas var būt iekļautas mēslojuma cenā vai arī par piegādi, ir jāpiemaksā. Mēslojuma izkliedēšanas izmaksas aprēķinātas, pieņemot, ka minerālmēslu izkliedēšanai izmanto pievedējtraktoru, kura vidējās produktīvās darba stundas izmaksas ir 40 Ls. Pievedējtraktors mēslojumu izkliedē, braucot pa tehnoloģiskajiem koridoriem, kas atrodas ik pēc 20 m un galos ir savienoti. Vidējais pievedējtraktora pārvietošanās ātrums pieņemts 750 m stundā. Atbilstoši šiem pieņēmumiem vidējās izmaksas minerālmēslu izkliedēšanai mežā ir 26,67 Ls ha⁻¹. Salīdzinājumam, lauksaimniecības zemēs minerālmēslu izkliedēšana 2012. gadā maksāja vidēji 10,92 Ls ha⁻¹. Reālo izmaksu novērtēšanai jāveic izmēģinājumi ar meža un lauksaimniecības tehniku, lai novērtētu vietējo apstākļu un tehnikas īpatnību ietekmi uz ražīguma un izmaksu rādītājiem. Iespējams, ka meža mēslošanā izdevīgāk izmantot mazo lauksaimniecības tehniku, kas var braukt arī starp tehnoloģiskajiem koridoriem, nodrošinot vienmērīgāku mēslojuma izkliedēšanu.

Tab. 33: Meža mēslošanas izmaksas

Rādītājs	Skaitliskā vērtība	Piezīmes
Mēslojuma patēriņš, tonnas N	39 807	atbilstoši 100 kg ha ⁻¹ aktīvās vielas
Mēslojums, aktīvā viela % (N)	44%	karbamīds
Mēslojuma patēriņš, tonnas minerālmēslu	90 470	-
Mēslojuma cena, Ls tonna ⁻¹	208	-
Mēslojuma izmaksas, tūkst. Ls	18 818	-
Mēslojuma izkliedēšanas izmaksas, Ls ha ⁻¹	10,92	lauksaimniecībā
	26,67	pieņemts mežsaimniecībā

Vidējās mēslojuma izmantošanas izmaksas mežā ir 74 Ls ha⁻¹ (Tab. 34). Kopējās meža mēslošanas izmaksas patreizējās cenās, pieņemot, ka mēslojumu pielietojot visās platībās, kur tas varētu būt lietderīgi, ir 29 milj. Ls.

Tab. 34: Izmaksas mēslojuma izkliedēšanai

Izmaksas	priede	egle	bērzs	visas sugas
Ls ha ⁻¹	Ls 74			
tūkst. Ls kopā	Ls 17 568	Ls 6 157	Ls 5 708	Ls 29 433

Potenciālie neto ieņēmumi, realizējot papildus krājas pieaugumu mēslotajās audzēs, patreizējās cenās ir 45 milj. Ls vai vidēji 114 Ls ha⁻¹.

Darbā veikts arī iespējamās naudas plūsmas aprēķins, veicot meža mēslošanu maksimālā apjomā. Aprēķins veikts 15 gadu periodam, pieņemot, ka visas platības mēslo pirmo 7 gadu laikā un pēc tam turpmāko gadu laikā (7 gadi pēc mēslojuma ienesšanas) veic mēslo to audžu izstrādi galvenajā cirtē.

Atbilstoši aprēķinu pieņēmumiem projekta iekšējās atdeves norma (IRR) 11. gadā pēc projekta uzsākšanas sasniegs 6,9 %, bet projekta neto pašreizējā vērtība (NPV) pie diskonta likmes 5 % 11. gadā pēc tā uzsākšanas būs 2,6 milj. Ls. Naudas plūsmas aprēķins dots Tab. 35.

Mēslojuma devas palielināšana (piemēram, līdz 150 kg N ha^{-1}), nodrošinātu lielāku papildus krājas pieaugumu. Pētījumu rezultāti par to, kā mēslojuma devas palielināšana ietekmē papildus krājas pieaugumu, ir pretrunīgi, sākot no lineāras sakarības un beidzot ar negatīvu, palielinātas mēslojuma devas ietekmi.

Ja pieņem, ka sakarība starp mēslojuma devu jeb ienestā mēslojuma daudzumu un papildus pieaugumu ir lineāra (atbilstoši Zviedrijā veikto pētījumu rezultātiem, Nordin 2011), mēslojuma devas palielināšana līdz 150 kg ha^{-1} palielinātu IRR vērtību 11. gadā līdz 9,32 %, bet NPV pie 5 % diskonta likmes 11. gadā būtu 8,3 milj. Ls. Naudas plūsma kļūst pozitīva 10. gadā pēc projekta uzsākšanas (pēc tam, kad nozāģēti 38 % no papildus pieauguma, tieši tāpat kā scenārijā ar 100 kg ha^{-1} mēslojuma devu). Mēslojuma devas palielināšana var ietekmēt mēslojuma izkliedēšanas izmaksas (minerālmēslu transports uz mežu, mēslojuma ieviešana mežā). Ja pieņem, ka šī ietekme ir lineāri proporcionāla, tad mēslojuma devas palielināšanas radītais papildus pieaugums kompensē izmaksu pieaugumu mēslojuma izkliedēšanai (NPV pie 5 % diskonta likme 11. gadā pēc projekta uzsākšanas 3,9 milj. Ls). Jāņem vērā, ka empīriski dati par mēslojuma izkliedēšanas izmaksām meža apstākļos Latvijā nav pieejami, tāpēc aprēķinu rezultāti var būtiski mainīties, iegūstot precīzus datus par mēslojuma izkliedēšanas izmaksām.

Kompānijas COFORD pētījumos ar kāpurķēžu mazgabarīta tehniku konstatēts, ka meža mēslošanas izmaksas ir 206 Ls ha^{-1} (deva $250\text{-}350 \text{ kg ha}^{-1}$ kompleksā NP mēslojuma, Tiernan and Flannery 2010). Pētījumā gan nav dots salīdzinājums ar līdzīgas tehnikas pielietošanu lauksaimniecībā, tāpēc grūti saprast, kas ir galvenais iemesls tam, ka mēslojuma izkliedēšana mežā maksā vismaz 10 reizes vairāk, nekā lauksaimniecībā. Jāatzīst, ka COFOD konstatēja arī ārkārtīgi nekvalitatīvu darba izpildi – reāli iestrādātās mēslojuma devas bija līdz 10 reizes mazākas, nekā plānotās, t.i. lielākā daļa minerālmēslu nobira turpat pie mašīnas uz tehnoloģiskajiem koridoriem.

Ja mēslojuma izkliedēšanas izmaksas izrādītos tik lielas, kā COFORD pētījumā naudas plūsma kļūtu pozitīva tikai 15. gadā pēc projekta uzsākšanas. Pretrunīgā informācija par mēslojuma izkliedēšanas izmaksām un darbu izpildes kvalitāti liecina, ka tehniskā risinājuma jautājums ir būtisks meža mēslošanas rentabilitātes nodrošināšanai, un dažādu pieejamo tehnisko risinājumu pārbaude jāizvirza, kā viena no projekta galvenajām prioritātēm.

Tab. 35: Naudas plūsmas aprēķins

Rādītājs	1. gads	2. gads	3. gads	4. gads	5. gads	6. gads	7. gads	8. gads	9. gads	10. gads	11. gads	12. gads	13. gads	14. gads	15. gads
Investīcijas meža mēslošanā, tūkst. Ls gadā	Ls 4 205	Ls 4 205	Ls 4 205	Ls 4 205	Ls 4 205	Ls 4 205	Ls 4 205								
Mēsloātā platība, tūkst. ha	56,87	56,87	56,87	56,87	56,87	56,87	56,87								
Akumulētā mēsloātā platība, tūkst. ha	56,87	113,73	170,6	227,47	284,34	341,2	398,07	398,07	398,07	398,07	398,07	398,07	398,07	398,07	398,07
Akumulētais papildus krājas pieaugums, tūkst. m ³		379,12	758,23	1137,35	1516,46	1895,58	2274,69	2653,81	2653,81	2653,81	2653,81	2653,81	2653,81	2653,81	2653,81
Mežizstrāde, tūkst. m ³								379,12	379,12	379,12	379,12	379,12	379,12	379,12	379,12
Akumulētais papildus pieaugums, tūkst. m ³		758,23	1137,35	1516,46	1895,58	2274,69	2653,81	2653,81	2274,69	1895,58	1516,46	1137,35	758,23	379,12	0
Neto ieņēmumi no kokmateriālu realizācijas, tūkst. Ls gadā								Ls 10 682	Ls 10 682	Ls 10 682	Ls 10 682	Ls 10 682	Ls 10 682	Ls 10 682	Ls 10 682
Naudas plūsma, tūkst. Ls	Ls -4 205	Ls -4 205	Ls -4 205	Ls -4 205	Ls -4 205	Ls -4 205	Ls -4 205	Ls 10 682	Ls 10 682	Ls 10 682	Ls 10 682	Ls 10 682	Ls 10 682	Ls 10 682	Ls 10 682
Uzkrājošā naudas plūsma, tūkst. Ls	Ls -4 205	Ls -8 409	Ls -12 614	Ls -16 819	Ls -21 024	Ls -25 228	Ls -29 433	Ls -18 751	Ls -8 068	Ls 2 614	Ls 13 296	Ls 23 979	Ls 34 661	Ls 45 343	Ls 56 026
IRR									-7,08%	1,71%	6,89%	10,27%	12,59%	14,25%	15,47%
NPV, tūkst. Ls															
1 %										Ls 1 013	Ls 10 587	Ls 20 067	Ls 29 454	Ls 38 747	Ls 47 948
2 %											Ls 8 197	Ls 16 620	Ls 24 878	Ls 32 974	Ls 40 911
3 %											Ls 6 089	Ls 13 581	Ls 20 856	Ls 27 918	Ls 34 774
4 %											Ls 4 229	Ls 10 902	Ls 17 317	Ls 23 486	Ls 29 417
5 %											Ls 2 590	Ls 8 538	Ls 14 203	Ls 19 599	Ls 24 737
6 %											Ls 1 145	Ls 6 454	Ls 11 462	Ls 16 187	Ls 20 644

Secinājumi un ieteikumi

1. Līdz šim veiktie zinātniskie pētījumi apstiprina, ka meža mēslošana Latvijā var kļūt par perspektīvu meža vērtības palielināšanas paņēmieni, lai gan dati par iespējamo papildus pieaugumu ir pretrunīgi – 1-3 m³ ha⁻¹ gadā 5-8 gadu laikā, atkarībā no augšanas apstākļiem. Lielāko papildus krājas pieaugumu var iegūt uz mazauglīgām augsnēm, taču ekonomiski visizdevīgāk mēslojumu iestrādāt vidēji auglīgās augsnēs.
2. Ziemeļu un mērenās klimatiskās joslas mežos lielāko efektu rada slāpekļa mēslojums (100-200 kg N tīrvielas ha⁻¹), kā arī slāpekļa un fosfora kompleksais mēslojums. Uz kūdras augsnēm un susinātām minerālaugsnēm būtisku pozitīvu efektu rada kālija mēslojums.
3. Mēslojuma devu aprēķinu metodika ir nepilnīga; vairumā gadījumu tā balstās uz empīrisku pieredzi par mežaudžu reakciju uz dažādām mēslojuma devām dažādos meža tipos. Parasti rekomendējamā deva atbilst maksimāli pieļaujamai devai.
4. Neskatoties uz to, ka mežaudzes ir atsaucīgas pret mēslojuma iestrādi dažādos vecumos, ekonomiski izdevīgākais laiks meža mēslošanai ir 5-10 gadi pirms galvenās cirtes. Mēslojuma pielietošana pirms cirtes nodrošina to, ka ieguldītie līdzekļi tiek atgūti dažu gadu laikā un papildus pieaugums nenonāk kritalu kategorijā.
5. Koksnes pelnus kā kompensējošu mēslojumu var izmantot arī pēc kopšanas cirtēm, lielāka efekta nodrošināšanai sajaucot ar slāpekli saturošu mēslojumu. Koksnes pelnu tehniskie un organizatoriskie risinājumi, kā arī kvalitātes kontroles iespējas Latvijā ir maz pētītas, bet šī materiāla izmantošanas iespējas – gandrīz neierobežotas, ņemot vērā, ka koksnes pelnus var ievest arī no valstīm, uz kurām Latvija eksportē koksnes produktus.
6. Latvijā nav nopērkams minerālmēslojums, kā arī organiskais mēslojums, kas būtu reģistrēts kā piemērots lietošanai bioloģiskajās saimniecībās. Visi Latvijā izmantotie slāpekļa minerālmēsli ir sintētiskas izcelsmes. Tas liecina, ka, plānojot mēslojuma izmantošanu mežaudzēs, jārēķinās ar nepieciešamību veikt ietekmes uz vidi novērtējuma procedūru.
7. Zviedrijā, kur liela daļa mežu ir sertificēta atbilstoši FSC sistēmai, sertificētajos mežos pieļaujama meža mēslošana ar slāpekļa mēslojumu, sekojot norādījumiem Meža aģentūras sagatavotajās vadlīnijās. Citu mēslošanas līdzekļu pielietošanu reglamentē neoficiālas rekomendācijas.
8. Saskaņā ar sākotnējo izpēti AS "Latvijas valsts meži" apsaimniekotajos mežos mēslošanu var veikt 389 tūkst. ha platībā, tajā skaitā lielākā daļa šo platību ir priežu audzes. Papildus iegūstamais pieaugums ir 2 654 tūkst. m³. Naudas plūsmas aprēķins liecina, ka, mēslojot mežaudzes, kas pietuvojušās galvenās un krājas kopšanas cirtes vecumam, IRR 15 gadu laikā sasniegtu 15 %. Jāņem vērā, ka izmaksu aprēķini, kā arī pieņēmumi par papildus pieauguma sortimentu struktūru Latvijas apstākļos nav pārbaudīti, tāpēc praksē rezultāti var izrādīties citādi.
9. Zinātniskā informācija par meža mēslošanas ietekmi uz CO₂ piesaisti ir atšķirīga, taču vairumā gadījumu pētnieki secina, ka mēslojums sekmē CO₂ piesaisti augsnē un dažādās biomasas frakcijās. Ņemot vērā, ka mēslojums iedarbojas jau pirmajā gadā pēc tā iestrādes, meža mēslošana var izrādīties par visefektīvāko risinājumu CO₂ piesaistes palielināšanai līdz 2020. gadam, lai nodrošinātu valsts starptautisko saistību izpildi.

Izmantotā literatūra

- Baker, F. S. (1934). *Theory and Practice of Silviculture*. McGraw-Hill Book Company, Incorporated.
- Bergh, J., Linder, S., Lundmark, T. & Elfving, B. (1999). The effect of water and nutrient availability on the productivity of Norway spruce in northern and southern Sweden. *Forest Ecology and Management* [online], 119(1–3), 51–62. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811279800509X>. [Accessed 2013-08-06].
- Binns, W. O., Mayhead, G. J. & MacKenzie, J. M. (1980). *Nutrient deficiencies of conifers in British forests: an illustrated guide*. London: H.M.S.O. ISBN 011710227X 9780117102279.
- Brunberg, T., Lundström, H. & Norden, B. (2007). *Studies of harvester and forwarder at 5 and 13 assortments*. Uppasala: SKOGFORSK, The Forestry Research Institute of Sweden. (2007-05-24).
- Bušs, M., Kāposts, V. & Sacenieks, R. (1974). *Meža mēslošana : apskats* [online]. Rīga: LRZTIPI. Available from: <http://biblioteka.silava.lv/Alise/lv/book.aspx?id=1857>. [Accessed 2013-04-21].
- Crutzen, P. J., Mosier, A. R., Smith, K. A. & Winiwarter, W. (2007). N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* [online], 7(4), 11191–11205. Available from: <http://www.atmos-chem-phys-discuss.net/7/11191/2007/acpd-7-11191-2007.html>. [Accessed 2013-08-06].
- Ebermayer, E. W. F. (1882). *Physiologische Chemie der Pflanzen zugleich Lehrbuch der organischen Chemie und Agrikulturchemie fu r Forst- und Landwirthe, Agrikulturchemiker ,Botaniker etc. : erster Band. Die Bestandtheile der Pflanzen*. Berlin: J. Springer.
- Ērmāne, E., Bārdule, A., Lazdiņš, A. & Vīksna, A. (2013). Skuju ķīmiskā sastāva izvērtējums 2010. gadā bojātajās egļu (*Picea abies* (L.) H. Karst) audzēs pēc kālija saturoša mēslojuma ienešanas. *Proceedings of Latvian University 71. zinātniskā konference "Ģeogrāfija, ģeoloģija, vides zinātne"*, Rīga, 2013. pp 72–74. Rīga: Latvijas Universitāte.
- Franklin, O., Högberg, P., Ekblad, A. & Ågren, G. I. (2003). Pine Forest Floor Carbon Accumulation in Response to N and PK Additions: Bomb 14C Modelling and Respiration Studies. *Ecosystems* [online], 6(7), 644–658. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10021-002-0149-x>. [Accessed 2013-08-06].
- Grayston, S. J. (2007). *Effects of forest fertilization on soil C sequestration and greenhouse gas emissions* [online]. Canada: Department of Forest Sciences, University of British Columbia. (Greenhouse-gas budget of soils under changing climate and land use (BurnOut) • COST 639 • 2006-2010).
- Havlin, J. L., Beaton, J. D. & Tisdale, S. L. (2005). *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management*. Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall. ISBN 9780130278241 0130278246.
- Heljä-Sisko, H. (1992). Nutrient retranslocation in three *Pinus sylvestris* stands. *Forest Ecology and Management* [online], 51(4), 347–367. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0378112792903346>. [Accessed 2011-11-05].
- Hytönen, J. (1998). Effect of peat ash fertilization on the nutrient status and biomass production of short-rotation willow on cut-away peatland area. *Biomass and Bioenergy* [online], 15(1), 83–92. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V22-40PRJ54-C/2/57fd75b1ad4c18b3954eb5b80f149629>. [Accessed 2011-04-20].
- Hyvönen, R., Persson, T., Andersson, S., Olsson, B., Ågren, G. I. & Linder, S. (2008). Impact of long-term nitrogen addition on carbon stocks in trees and soils in northern Europe. *Biogeochemistry* [online], 89(1), 121–137. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10533-007-9121-3>. [Accessed 2013-08-06].
- Junginger, M., Bolkesjø, T., Bradley, D., Dolzan, P., Faaij, A., Heinimö, J., Hektor, B., Leistad, Ø., Ling, E., Perry, M., Piacente, E., Rosillo-Calle, F., Ryckmans, Y., Schouwenberg, P.-P., Solberg, B., Trømborg, E., Walter, A. da S. & Wit, M. de (2008). Developments in international bioenergy trade. *Biomass and Bioenergy* [online], 32(8), 717–729. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953408000123>. [Accessed 2013-08-06].
- Justus von Liebig (2013). *Wikipedia, the free encyclopedia*. Available from: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Justus_von_Liebig&oldid=560855454. [Accessed 2013-07-18].
- Kāposts, V. (1981). *Mežaudžu barošanās režīms un to mēslošana : Apskats*. Rīga: LatZTIPI.
- Kaunisto, S., Aro, L. & Rantavaara, A. (2002). Effect of fertilisation on the potassium and radiocaesium distribution in tree stands (*Pinus sylvestris* L.) and peat on a pine mire. *Environmental Pollution* [online], 117(1), 111–119. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749101001531>. [Accessed 2013-07-20].
- Latvian Forest Certification Council (2012). Latvian FSC Forest Stewardship Standard, FSC-STD-LVA V1-0 D2-4 EN (PRE-APPROVAL DRAFT). FSC Latvia / Association "Latvian Forest. Available from: http://www.fsc.lv/Latvian_FSC_Standard_Pre-approval_draft_20120518_01.pdf. [Accessed 2013-07-25].
- Lazdiņa, D. (2009). *Notekūdeņu dūņu izmantošanas iespējas kārklu plantācijās*. Jelgava: LLU.

- Lazdina, D., Lazdiņš, A., Karinš, Z. & Kāposts, V. (2007). Effect of sewage sludge fertilization in short-rotation willow plantations. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* [online], 15(2), 105. Available from: <http://www.informaworld.com/10.1080/16486897.2007.9636916>. [Accessed 2011-04-20].
- Lazdiņš, A., Donis, J., Kļaviņa, D. & Šmits, A. (2010). AS "Latvijas valsts meži" valdījumā esošajos mežos bojāto egļu audžu masveida bojājumu iemeslu noskaidrošana un rekomendāciju izstrāde bojāto audžu apsaimniekošanai. Salaspils: LVMI Silava. (5.5-5.1/0027/120/10/9).
- Lazdiņš, A., Donis, J. & Strūve, L. (2012). Latvijas meža apsaimniekošanas radītās ogļskābās gāzes (CO₂) piesaistes un siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju references līmeņa aprēķina modeļa izstrāde. Salaspils: LVMI Silava. (5.5-9.1-0070-101-12-91).
- Lazdiņš, A. & Lazdiņa, D. (2007). *Niedru (Phalaris arundinacea) lauku ierīkošanas biomasas ražošanai izstrādātās kūdras atradnēs zinātniskais pamatojums*. Salaspils: LVMI Silava. (RPA-RMA-06-86LĪ).
- Lazdiņš, A., Mieziņa, O. & Bārdule, A. (2011). Characterization of severe damages of spruce (*Picea abies* (L.) H.Karst.) stands in relation to soil properties. *Proceedings of Research for Rural Development 2011*, Jelgava, 2011. pp 22–29. Jelgava: Latvia University of Agriculture.
- Lazdiņš, A. & Zimelis, A. (2012). *Biokurināmā sagatavošanas darba ražīgumu un izmaksas ietekmējošo faktoru izpēte meža infrastruktūras objektu apaugumā*. Salaspils. (3. 5.5-5.1-000p-101-12-8).
- Lazdiņš, D., Liepa, I., Lazdiņš, A., Kariņš, Z. & Kāposts, V. (2006). Dūņu mēslojuma pielietošanas efekts kārkļu ģeogrāfijā un plantācijās un plantāciju mežos. *Proceedings of Latvian University 64. scientific conference Geogrāfija, ģeoloģija, vides zinātne*, Rīga, 2006. pp 245–247. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds.
- Lundborg, A. (1998). A sustainable forest fuel system in Sweden. *Biomass and Bioenergy* [online], 15(4–5), 399–406. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953498000464>. [Accessed 2013-07-20].
- Maljanen, M., Jokinen, H., Saari, A., Strömmer, R. & Martikainen, P. J. (2006). Methane and nitrous oxide fluxes, and carbon dioxide production in boreal forest soil fertilized with wood ash and nitrogen. *Soil Use and Management* 22(2), 151–157.
- Mead, D. J. & Pimentel, D. (2006). Use of energy analyses in silvicultural decision-making. *Biomass and Bioenergy* [online], 30(4), 357–362. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953405001650>. [Accessed 2013-08-06].
- Mēslošanas līdzekļu aprites likums (2006). Saeima. Available from: <http://likumi.lv/doc.php?id=127660>.
- Miller, H. G. (1995). The influence of stand development on nutrient demand, growth and allocation. *Plant and Soil* [online], 168-169(1), 225–232. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00029332>. [Accessed 2013-07-20].
- Miller, H. G. (2004). Nutrient limitations and fertilization. *Encyclopedia of forest sciences* The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK: Elsevier Ltd.
- Ministru Kabineta noteikumi Nr. 362 Noteikumi par noteikumu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli (2006). Ministru kabinets. Available from: <http://likumi.lv/doc.php?id=134653>. [Accessed 2013-08-18].
- Ministru kabineta noteikumi Nr. 804 Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem (2005). Ministru kabinets. Available from: <http://likumi.lv/doc.php?id=120072>. [Accessed 2013-08-18].
- Ministru Kabinets (2006). Ministru Kabineta noteikumi Nr. 530 Mēslošanas līdzekļu identifikācijas, kvalitātes atbilstības novērtēšanas un tirdzniecības noteikumi (27.06.2006 ar labojumiem līdz 30.05.2012). Latvijas Vēstnesis.
- Nambiar, E. K. S. & Fife, D. N. (1991). Nutrient retranslocation in temperate conifers. *Tree Physiology* [online], 9(1-2), 185–207. Available from: <http://treephys.oxfordjournals.org/content/9/1-2/185>. [Accessed 2013-07-20].
- Nohrstedt, H.-Ö. (2001). Response of Coniferous Forest Ecosystems on Mineral Soils to Nutrient Additions: A Review of Swedish Experiences. *Scandinavian Journal of Forest Research* [online], 16(6), 555–573. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827580152699385>. [Accessed 2013-08-06].
- Nohrstedt, H.-ö., Arnebrant, K., Bååth, E. & Söderström, B. (1989). Changes in carbon content, respiration rate, ATP content, and microbial biomass in nitrogen-fertilized pine forest soils in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research* [online], 19(3), 323–328. Available from: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/x89-048>. [Accessed 2013-08-06].
- Nordicforestry. *Forests in Sweden*. [online] (2013) (Nordic Family Forestry - startpage). Available from: <http://www.nordicforestry.org/facts/Sweden.asp>. [Accessed 2013-08-06].
- Nordin, A. (2011). Future forests: sustainable strategies under uncertainty and risk. Arlanda. *Nutrition of plantation forests* (1984). London ; Orlando: Academic Press. ISBN 0121209806.
- PEFC Forest Management Standard for Latvia (2010). Biedrība „PEFC Latvijas Padome”. Available from: http://www.pefc.org/images/stories/documents/NGB_Documentation/Latvia/Latvia_Standard.pdf.
- PEFC international standard requirements for certification schemes, PEFC ST 1003:2010, Sustainable Forest Management – Requirements (2010). . Available from: http://www.pefc.org/images/documents/PEFC_ST_1001_2010_Standard_Setting_2010_11_26.pdf.

- PEFC Mežu apsaimniekošanas sertifikācijas standarts Latvijai (2010). Biedrība „PEFC Latvijas Padome”. Available from: http://www.pefc.lv/wp-content/uploads/2010/09/PEFC_MA_standarts_2010-1.pdf.
- Rone, V. (1982). *Разработать научные основы организации и технологические процессы создания еловых насаждений плантационного типа в условиях Латвийской ССР, отчет за 1978-1982 гг.* Salaspils: Научно-производственное объединение “Силава”. (1575-8-327).
- Saarsalmi, A. & Mälkönen, E. (2001). Forest Fertilization Research in Finland: A Literature Review. *Scandinavian Journal of Forest Research* [online], 16(6), 514–535. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827580152699358>. [Accessed 2013-08-06].
- Saez et al (1998). Identification and quantification of polycyclic aromatic hydrocarbons in biomass combustion emissions (*Cynara Cardunculus*). *Proceedings of 10 th European Conference and Technology Exhibition*, Würzburg, Germany, 1998. pp 1417–1419. Würzburg, Germany: C.A.R.M.E.N.
- Sathre, R. & Gustavsson, L. (2007). Effects of energy and carbon taxes on building material competitiveness. *Energy and Buildings* [online], 39(4), 488–494. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778806002246>. [Accessed 2013-08-06].
- Sathre, R., Gustavsson, L. & Bergh, J. (2010). Primary energy and greenhouse gas implications of increasing biomass production through forest fertilization. *Biomass and Bioenergy* [online], 34(4), 572–581. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953410000528>. [Accessed 2013-07-24].
- Schlich, S. W. (1904). *Manual of Forestry: Sylviculture, 1904, W. Schlich*. Bradbury, Agnew & Company.
- Skranda, I. (2013). *Mēslojuma ietekme uz parastās egles Picea abies (L.) H. Karst. vitalitāti egļu bruņus Physokermes piceae (Schrank) bojātajās audzēs*. Diss. Jelgava: LLU.
- Small, E. (1972). Photosynthetic rates in relation to nitrogen recycling as an adaptation to nutrient deficiency in peat bog plants. *Canadian Journal of Botany* [online], 50(11), 2227–2233. Available from: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/b72-289>. [Accessed 2013-07-20].
- Špalte, E. (1991). Meža mēslošanas problēmas un perspektīvas. *Jaunākais mežsaimniecībā* (33), 47–53.
- Stephen Hales (2013). *Wikipedia, the free encyclopedia*. Available from: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Stephen_Hales&oldid=552594532. [Accessed 2013-07-18].
- Tiernan, D. & Flannery, M. (2010). *Assessing the potential for spreading fertiliser in forests using ground-based machines*. COFORD. (Silviculture / Management No. 17).
- Vesterinen, P. (2003). *Wood ash recycling: state of the art in Finland and Sweden, draft 31.10.2003*. P.O. Box 1603 FIN-40101 Jyväskylä, Finland: VTT Processes, Energy Production. (PRO2/6107/03).
- Ylitalo, E. (Ed.) (2012). *The new Statistical Yearbook of Forestry 2012*. Vantaa: METLA.
- Ипатьев, В. А. & Кирова, С. М. (1977). Некоторые вопросы удобрения осушенных лесов БССР. In: Будниченко, Н. И., Вишнякова, В. П., & Доркина, Н. В. (Eds) *Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве*. pp 74–78. Тарту: Всесоюзная опдена Ленина академия сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина Западное отделение Эстонской научно-исследовательский институт лесного хозяйства и охраны природы Эстонская сельскохозяйственная академия. (Материалы второго координационного совещания).
- Капустс, В. & Сацениекс, Р. (1977). Применение минеральных удобрений в насаждениях хвойных пород Латвийской ССР. In: Будниченко, Н. И., Вишнякова, В. П., & Доркина, Н. В. (Eds) *Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве*. pp 8–12. Тарту: Всесоюзная опдена Ленина академия сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина Западное отделение Эстонской научно-исследовательский институт лесного хозяйства и охраны природы Эстонская сельскохозяйственная академия. (Материалы второго координационного совещания).
- Паршевников, А. Л., Серый, В. С. & Бахвалов, Ю. М. (1979). *Рекомендации по применению минеральных удобрений в лесах Европейского севера*. Архангельск: Архангельский институт леса и лесохимии.
- Рахтеенко, Л. И., Новикова, А. А., Савельев, В. В., Моисеенко, Е. И., Пискунов, В. С. & Малюкович, А. И. (1986). *Применение удобрений в сосновых и еловых культурах (Рекомендации)*. Минск: Министерство Лесного хозяйства БССР Институт Экспериментальной ботаники АН БССР.
- Тялли, П. Г. (1977). Внутрипочвенная фильтрация минеральных удобрений на среднеподзолистых почвах сосняка чирничникового. In: Будниченко, Н. И., Вишнякова, В. П., & Доркина, Н. В. (Eds) *Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве*. pp 54–59. Тарту: Всесоюзная опдена Ленина академия сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина Западное отделение Эстонской научно-исследовательский институт лесного хозяйства и охраны природы Эстонская сельскохозяйственная академия. (Материалы второго координационного совещания).

**1.Pielikums: Zviedrijas Meža aģentūras
rekomendāciju meža
mēslošanai kopsavilkums**

ZVIEDRIJAS MEŽA AĢENTŪRAS VADLĪNIJAS ATBILSTOŠI MEŽA LIKUMA § 30 F(1979:429), SLĀPEKĻA MĒSLOJUMA IZMANTOŠANAI MEŽA ZEMĒS

SKSFS 2007:3

Mežsaimniecības padome pēc konsultācijām ar Vides aizsardzības aģentūru un atbilstoši Meža likuma 30. pantam un Meža apsaimniekošanas noteikumu 30. pantam (1993:1096) publicējusi vadlīnijas meža mēslošanai. Vadlīnijas parāda Mežsaimniecības padomes skatījumu uz dabas aizsardzības un citiem nosacījumiem, kas jāņem vērā veicot meža mēslošanu ar slāpekļa mēslojumu saimnieciskajos mežos. Vadlīnijas aizstāj Meža aģentūras vadlīnijas (SKSFS 1991:2) slāpekļa mēslojuma izmantošanai meža zemēs.

Saskaņā ar šīm vadlīnijām slāpekļa izmantošana saimnieciskajos mežos atbilst šādiem nosacījumiem:

- mēslojumu ienes mežaudzēs, ko plānots izstrādāt kopšanas (starpcirtē) vai galvenajā cirtēs,
- vienā reizē ienes ne vairāk kā 200 kg N ha⁻¹ slāpekļa mēslojuma,
- atkārtotu mēslojuma iestrādi var veikt ne ātrāk kā 8 gadus pēc iepriekšējās mēslošanas.

Ar slāpekļa (N) mēslojumu šajās vadlīnijās saprot amonija nitrātu (NH₄NO₃) vai kalcija nitrātu (Ca(NO₃)₂), t.i. minerālmēslojumu, kas satur kalciju, magniju un slāpekli un kurā šie elementi ir pārākumā pēc masas.

Ierobežojumi, kas noteikti šajās vadlīnijās, neattiecas uz organiskā mēslojuma izmantošanu kūdrājos, zinātnisko pētījumu objektos, kā arī rekultivējamās platībās (karjeri, atbērtnes), kur organisko mēslojumu izmanto augsnes virskārtas atjaunošanai.

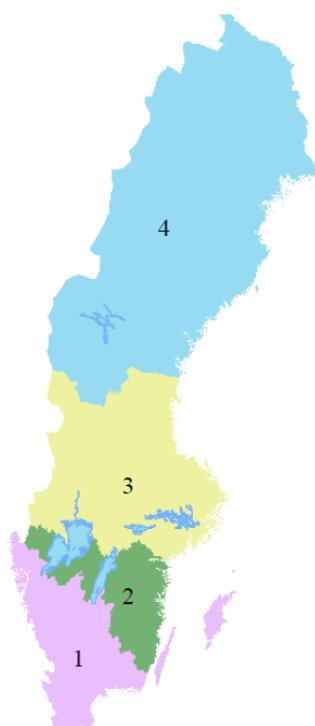
Anotācija

Vadlīniju mērķis ir nodrošināt tādas meža mēslošanas prakses izplatību, kas maksimāli mazina mēslojuma iespējamo negatīvo ietekmi uz mežu un ūdeņiem. Ietekmes uz vidi novērtējumā un rekomendācijās ņemti vērā faktori, kas var veicināt mēslojuma negatīvu iedarbību, piemēram, N savienojumi, kas nonāk uz augsnes ar atmosfēras nokrišņiem. Faktori, kas jāņem vērā, vērtējot meža mēslošanas ar N iespējamo negatīvo ietekmi:

- augsnes paskābināšanās;
- slāpekļa izskalošanās un gruntsūdeņu kvalitātes pasliktināšanās;
- slāpekļa uzkrāšanās augsnē pārmērīgas mēslojuma lietošanas rezultātā;
- iespējamā ietekme uz jutīgiem floras un faunas pārstāvjiem;
- vēsturisko un arheoloģisko vērtību bojājumi.

Ierobežojumi dažādās valsts daļās

Zviedrija sadalīta 4 reģionos, kuros noteikti atšķirīgi nosacījumi meža mēslošanai (Att. 18). Latvijai tuvākie reģioni atbilstoši Att. 18 ir 2. un 3.



Att. 18: Zviedrijas reģioni, kur noteikti atšķirīgi meža mēslošanas nosacījumi.

Pirmais reģions

Pirmajā reģionā ietilpst Zviedrijas dienvidu un dienvidrietumu daļa (Att. 18). Meža mēslošana ar slāpekļa mēslojumu šajā reģionā praksē nenotiek.

Otrs reģions

Otrs reģions ietver Zviedrijas dienvidaustrumu daļu (Att. 18). Praksē meža mēslošana šajā reģionā nenotiek. Izņēmums ir egļu audzes, kurās plānota svaigu mežizstrādes atlieku vākšana galvenās cirtes laikā. Šajās audzēs ieteicams iestrādāt līdz 150 kg N ha⁻¹ meža atjaunošanas laikā¹⁶.

Trešais reģions

Trešajā reģionā ietilpst Zviedrijas centrālā daļa (Att. 18), kas pēc klimatiskajiem rādītājiem visvairāk atbilst Latvijai, lai gan pēc augšņu izplatības Latvijas teritorija pielīdzināma 1. un 2. reģionam, jo augsnes Zviedrijas centrālajā daļā ir seklas un salīdzinoši mazauglīgas, atšķirībā no dienvidu līdzenumiem. Trešajā reģionā pieļaujamā N mēslojuma deva ir līdz 300 kg ha⁻¹ vienas meža aprites laikā.

Ceturtais reģions

Ceturtais reģions daļēji ietver Zviedrijas centrālo un visu ziemeļu daļu (Att. 18). Šajā reģionā N mēslojuma deva nedrīkst pārsniegt 450 kg n ha⁻¹ vienas aprites laikā.

¹⁶ Meža atjaunošana šajā gadījumā ietver galveno cirti.

Vispārīgie ierobežojumi

Platības, kurās slāpekļa mēslojuma izmantošana pieļaujama

Lēmums par mēslojuma izmantošanu jāpieņem atbilstoši vietējiem apstākļiem konkrētā audzē, rūpējoties par to, lai mēslojuma pielietošana nerada negatīvu ietekmi uz bioloģiski vai kultūrvēsturiski nozīmīgām teritorijām. Lai nodrošinātu šīs prasības izpildi, meža mēslošana nav pieļaujama:

- mežaudzēs uz auglīgām augsnēm ar kvalitātes indeksu virs G30;
- mežaudzēs uz brūnaugsnēm;
- mežaudzēs uz neauglīgām augsnēm ar kvalitātes indeksu zem T16;
- mežaudzēs uz seklām un viegli izskalojamām augsnēm;
- mežaudzēs uz augsto purvu kūdras augsnēm;
- atslēgas biotopos un citās teritorijās, kas būtiskas specifisku floras un faunas elementu saglabāšanai;
- mežaudzēs, kur nepieciešams labs izgaismojums un vietās, kas būtiskas kultūrvēsturiskā mantojuma saglabāšanai un kur mēslojums var radīt negatīvu ietekmi uz saglabājamiem elementiem.

Meža mēslošanu nerekomendē meža tipos, kur vairāk nekā 50 % zemesdzes veģetācijas pārklājuma veido ķērpji. Meža mēslošana Zviedrijā tāpat nav rekomendējama mežaudzēs, kur augsnes slānis ir plānāks par 20 cm, kā arī viegli izskalojamās grants un rupjas smilts augsnēs.

Teritorijas un to aizsargjoslas, kurās slāpekļa mēslojuma izmantošana nav ieteicama

Meža mēslošana nav atļauta teritorijās, kas uzskaitītas Tab. 36. Papildus šīm teritorijām paredzētas aizsargjoslas, kurās mēslojuma izmantošana arī nav atļauta. Maksimāli pieļaujamā slāpekļa mēslojuma deva, ko nepieciešamības gadījumā vai tehnoloģisku faktoru ietekmē var iestrādāt aizsargjoslās, ir 10 kg N ha⁻¹.

Tab. 36: Teritorijas un to aizsargjoslas, kur meža mēslošana nav atļauta

Mēslojumu nedrīkst izmantot	Aizsargjoslas minimālais platums, m
Ezeri un upes	25
Mitrzemes ar lielu bioloģisko vai kultūrvēsturisko vērtību (1. un 2. klases mitrzemes atbilstoši Zviedrijas meža inventarizācijai)	25
Aizsargājamās dabas teritorijas	25
Atslēgas biotopi	25
Kultūras un vēstures pieminekļi	25
Ceļi un to infrastruktūra	10

Upes šo vadlīniju izpratnē ir ūdensteces, kurās ūdens plūsma saglabājas visu gadu. Aizsargājamās dabas teritorijas ir dabas rezervāti, dzīvotņu un ūdens aizsardzības objekti, kā arī aizsargājamie biotopi.

Meža mēslošana Natura 2000 vai tam piegulošajās teritorijās vairumā gadījumu nevar radīt būtisku ietekmi uz vidi, tāpēc meža mēslošanas iespējas Natura 2000 teritorijās jāvērtē katrā gadījumā atsevišķi.

Uzstādījumi darbam heterogēnās teritorijās

Ja mēslojumu izklidē vietās, kur mijas teritorijas, kurās mēslojuma izmantošana nav pieļaujama vai nav rekomendējama un mežaudzēs, kurās var izmantot mēslojumu, mēslojuma ienešana jāorganizē tā, lai mēslojums nenonāk teritorijās, kur tas nav pieļaujams.

Mēslojuma izkliešanas laiks

Meža mēslošanu ar slāpekli saturošu mēslojumu veic:

- laikā, kad hidroloģiskie un augsnes apstākļi nodrošina vismazāko slāpekļa mēslojuma nonākšanas risku teritorijās, kuru mēslošana nav pieļaujama;

Mēslošanu neveic uz sasalušas vai ar sniegu klātas augsnes un atkušņa laikā vai sniega kušanas laikā pavasarī.

LVMĪ Silava
Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169
tālr.: 67942555, fakss: 67901359, e-pasts: inst@silava.lv