

**Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programmas 2016.-  
2021. gadam**

**2021. gada īstermiņa zinātniskās misijas**

**“Koksnes pelnu izmantošanas ietekme uz *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Alnus glutinosa* augšanu demonstrējuma objektā Kaigu purvā”  
gala ziņojums**

Lūse, K.E., Pētersone, L.



Pētījums veikts a/s “Latvijas valsts meži” un LVMI Silava  
2011. gada 11. oktobra memoranda  
“Par sadarbību zinātniskajā izpētē” ietvaros



## **Kopsavilkums**

Izstrādātu purvu kūdraugšņu ielabošana ar barības vielām bagātiem koksnes pelniem, ne tikai sekmē stādītās kokaudzes ražību, bet arī atbilst aprites ekonomikas principam - notiek koksnes pelnu, kas tiek radīti enerģijas ražošanā kā blakus produkts, atgriešanas barības vielu apritē. Pēc piecām augšanas sezonām vērojams, ka priežu, bērzu un melnalkšņu augstumu un caurmēru būtiski ietekmē tas, kādas koksnes pelnu devas iestrādātas augsnē – jo lielāka koksnes pelnu deva, jo lielāks pieaugums, resnāku stumbri. Bērzs kā pioniersuga aug ātrāk, nekā melnalksnis. Pētījuma rezultāti uzrāda, ka parauglaukumos, kas ielaboti ar 5 t ha<sup>-1</sup> un 10 t ha<sup>-1</sup> koksnes pelnu devu, pastāv ciešāka korelācija starp augstumu un caurmēru, savukārt pielietojot 15 t ha<sup>-1</sup> koksnes pelnu devu, mērījumi norāda uz koku tendenci stiepties garumā, caurmēram nedaudz atpaliekot.

Kūdraugšņu rekultivēšanā var tikt izmantotas koksnes pelnu devas 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup>, jo tad *P. sylvestris* sasniedz labākus dendroloģiskos rādītājus augstums, caurmērs, sakņu kakla diametrs, un optimālāku koku augstuma/caurmēra attiecību. Labākus augšanas rādītājus koki sasniedz, ja augsnē iestrādāti 15 t ha<sup>-1</sup> koksnes pelni, lielāka deva ne tikai sniedz labākos dendroloģiskos rādītājus, bet var atbrīvot barības vielas ilgākā laika periodā, samazinot nepieciešamību atkārtot ielabošanu nekultivējamā teritorijā, tomēr deva un papildmēlošanas biežums ir jāizvērtē arī no vides piesārņojuma riska aspekta.

Veicot augsnes ielabošanu, ar *P. sylvestris* apmežojamā platība ir jāatbrīvo no parastās apses, lai samazinātu priežu-apšu rūsas veidošanās risku.

## Ievads

Projekta Life Restore ietvaros Latvijas Valsts mežzinātnes institūts (LVMI) "Silava", ierīkoja izmēģinājumus, tā izstrādātos kūdras laukos SIA Latflora teritorijās ir ieviesti un tiek ilgtermiņā pārbaudīti vairāki no iespējamajiem degradētu kūdrāju rekultivācijas veidiem. Zinātniskās izpētes misija "Augsnes ielabošanas līdzekļu izmantošanas ietekmes uz koku sugu – parastā priede *Pinus sylvestris*, āra bērzs *Betula pendula*, melnalksnis *Alnus glutinosa* – augšanu demonstrējumu objektā Kaigu purvs", pēta pēc LIFE Restore noslēguma notiekošo ierīkotajās demonstrācijas teritorijā, kur augsne ielabota ar koksnes pelniem ir noslēdzošā īstermiņa zinātniskā misija laika periodā no 2016. līdz 2021. gadam, kas ir īstenota Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programmā.

Zinātniskās misijas pētījuma objekts ir šobrīd apmežota kūdras ieguves teritorija Kaigu purva Veļu tīrelī, kur pirms tam ieguva kūdras dārzkopībai. Kā darba mērķis – noteikt efektīvākās koku sugas, kā arī optimālās koksnes pelnu – koncentrācijas, kas īsā laika periodā spēj nodrošināt lielāko koksnes apjomu stādītas degradētu kūdrāju teritorijās Latvijas apstākļos.

Izstrādāta kūdraugsne ir specifiska vide, kurā veikt apmežošanu, tās īpašību dēļ. Kūdraugsni raksturo skāba augsnes reakcija, liels organisko vielu daudzums, augsta N koncentrācija, salīdzinot ar minerālaugsnēm, un zema K, P koncentrācija. Kūdras slānī ir maz augiem nepieciešamo barības vielu, un, apmežojot susinātu purvu, ir jāņem vērā šī barības vielu disbalansa ietekme uz koku produktivitāti (Kikamagi et al. 2014; Jansone et al. 2020). Susinātos purvos augsnes virsējiem slāņiem piekļūstošais skābeklis nodrošina aerētu vidi koku saknēm. Tādā situācijā kūdraugsnē koku attīstības limitējošie faktori ir iepriekš minētā zemā P un K koncentrācija, jo kūdras lielais organisko vielu sastāvs nenodrošina barības vielu ienesi minerālu dēdēšanas rezultātā. Turklāt zemais pH ierobežo mikroorganismu darbību (Ernfor et al. 2010; Bebre et al. 2017). Ilgtspējīgs risinājums ir augsnes ielabošana ar koksnes pelniem, uzlabojot augsnes apstākļus kvalitatīvu koku augšanai.

Pētījumos ir pierādīta koksnes pelnu ilgtermiņa pozitīvā ietekme uz koku augšanu izstrādātos purvos (Bebre et al. 2017). Kūdraugsnē iestrādātie koksnes pelni nodrošina augu fizioloģiskajiem procesiem nepieciešamos elementus, tai skaitā K, P, Ca, Mg, Zn, B un Cu (Jansone et al. 2020). Savukārt oglekli un slāpekli koksnes pelni nesatur vai arī satur tos niecīgā daudzumā, jo šie elementi ir atbrīvojušies degšanas procesā gāzveida savienojumos. Ienestie bāziskie katjoni veicina augsnes pH pieaugumu, kas aktivizē mikroorganismu darbību.

Pieaugošā mikroorganismu darbība paātrina kūdras sadalīšanos, rezultējoties intensīvākā augsnes elpošanā (Hökkä et al. 2005; Ernfor et al. 2010) un augsnes organiskā slāpekļa mineralizācijā - atbrīvojas augiem pieejamas slāpekļa formas  $\text{NH}_4^+$  un  $\text{NO}_3^-$  (Christensen et al. 2021). Šie procesi savukārt pazemina augsnes C/N attiecību (Ferm et al. 1992).

Izstrādātu purvu apmežošana ir ilgtspējīgs risinājums to rekultivācijai, iegūstot koksni, atjaunojot  $\text{CO}_2$  saistīšanu un saglabājot bioloģisko daudzveidību (Kikamagi et al. 2014), tāpēc ir nepieciešami turpmāki pētījumi, lai noteiktu optimālāko koksnes pelnu daudzumu, kas ilgtermiņā nodrošina sekmīgāko koku augšanu un sniedz ekonomisko atdevi. Koksnes pelnu sastāvā esošie elementi augiem ir pieejami atšķirīgā apjomā un intensitātē noteiktos vides apstākļos. Ar tiem ienestais K laika gaitā var kļūt par vienu no limitējošajiem faktoriem, jo ir ļoti šķīstošs un viegli izskalojams, kamēr P paliek relatīvi nešķīstošs (Demeyer et al. 2001). Koksnes pelnu ietekmi nosaka arī kūdras slāņa biezums un tajā esošais N (Kukkola et al. 2014).

Koksnes pelnu izmantošana ir videi draudzīgāka augsnes ielabošanas metode nekā minerālmēslojums. Pelnu izmantošana veicina aprites ekonomiku un ilgtspējīgu mežsaimniecību, atgriežot mežā no tā iznestās barības vielas, un samazina atkritumu daudzumu (Bebre et al. 2017). Koksnes pelni augsnes ielabošanai tiek izmantoti, piemēram, Somijā (Kikamagi et al. 2014) un Zviedrijā (Ernfor et al. 2010). Lai gan pozitīvs efekts, pielietojot ielabošanu ar koksnes pelniem, ir novērojams visu pētāmo koku sugu augšanā, tomēr pastāv zināmas atšķirības starp ietekmi uz skujkokiem un lapu kokiem, tāpēc šajā pētījumā tiek apskatīta koksnes pelnu ietekme uz trim koku sugām: *P. sylvestris*, *B. pendula*, *A. glutinosa*.

Jāņem vērā, ka plantāciju mežos kokiem pastāv lielāks risks tikt pakļautiem vējgāzēm, ugunsgrēkiem, kaitēkļiem. Ierīkojot plantāciju mežu izstrādātās kūdras ieguves vietās, papildus augsnes īpašībām, koku augšanu apgrūtina arī izstrādātām kūdras ieguves vietām raksturīgie vides apstākļi. Augstāks gruntsūdens līmenis rezultējas seklākā sakņu sistēmā, palielinot noslieci uz saslimšanām ar trupēm un vājinot pretošanos dažādiem patogēniem (Priede et al. 2019).

*P. sylvestris* tiek uzskatīta par izturīgu koku sugu, kas ir piemērota izstrādātu purvu apmežošanai, jo tā spēj augt ekstrēmos apstākļos (Kikamagi et al. 2014). Pēc kūdraugsnes ielabošanas *P. sylvestris* pieaugums un barības vielu statuss ir atkarīgs no klimata, kūdrāja veida, kūdras N koncentrācijas un slāņa biezuma (Hökkä et al. 2005). Taču pētījumos ir

pierādīts, ka *P. sylvestris* augšanas rādītāji uzlabojas, ja augsnē tiek palielināta P un K koncentrācija (Almqvist et al. 2010).

Igaunijā tika pētīta koksnes pelnu devu  $10 \text{ ha}^{-1}$ ,  $15 \text{ t ha}^{-1}$  iedarbība uz *P. sylvestris* ar N bagātā izstrādātā kūdrājā 2 gadu periodā kopš augsnes ielabošanas. Rezultātā ielabotajā platībā lielāko biomasas daļu veidoja skujas, tad stubrs, saknes un zari, bet kontroles laukumos - stubrs, saknes, skujas, zari. Lielākais *P. sylvestris* vidējais augstuma pieaugums, salīdzinot ar kontroles laukumu, bija 1,8 reizes ( $15 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Kikamagi et al. 2014). Pētījumā Somijā 13 gadus pēc pelnu iestrādes ( $5, 15 \text{ t ha}^{-1}$ ) susinātā kūdrājā ar lielu N saturu, kur auga jaunas un vidēja vecuma *P. sylvestris*, tika novērots, ka, izmantojot lielāku pelnu devu, veidojies lielāks koku pieaugums (Issakainen et al. 2013). Latvijā veiktā pētījumā novērota pozitīva koksnes pelnu ietekme uz *P. sylvestris* radiālo, augstuma un diametra krūšaugstuma pieaugumu 10 gadus pēc iesēšanas, kur susinātā kūdraugsnē ar augstu N koncentrāciju pirms sēšanas tika iestrādāti koksnes pelni ( $5, 10 \text{ t ha}^{-1}$ ), kas apstiprina, ka, ielabojot augsni pirms sēšanas, var uzlabot koku augšanas rādītājus arī 15 gadus pēc ielabošanas (Jansone et al. 2020).

Bērzs (*Betula* spp.) tiek vērtēts kā nozīmīgi ekonomiska koku suga gan malkas un šķeldas kurināmā ražošanai gan apaļkoksnes audzēšanai. Tādēļ bērzu audzēšanu plaši pielieto Ziemeļvalstīs un arī Latvijā.

Kā viena no bērza galvenajām priekšrocībām ir zināma šīs sugas ātraudzība un produktivitāte. Vienlīdz nozīmīgas bērza īpašības ir pielāgošanās klimatiskām pārmaiņām un integrācija daudzveidīgās, kā arī produktīvās kokaudzēs. Zemas prasības dzīvotnei un tolerance pret plašu vides apstākļu spektru, padara bērzu par sugu ar lielu sukcesijas potenciālu (Jonczak et al. 2020). Tomēr bērza vājās puses ir augsta jutība pret vainagu konkurenci un koksnes puvi, kas ir izaicinājums mežkopībai (Dubois et al. 2020).

Ziemeļeiropā veiktajos pētījumos par izstrādātu purvu apmežošanu izmantotas galvenokārt tiek tādas bērza sugas kā *Betula pendula* (āra bērzs) un *Betula pubescens* (purva bērzs). Jāatzīmē, ka salīdzinājumā ar purva bērzu, kas ir ēncietīgs, āra bērzs ir gaismas prasīga koku suga. Taču āra bērzam raksturīgi ievērojami lielāki ikgadējie pieaugumi un tas ir ātraudzīgāks par purva bērzu.

Somijā veiktais pētījums izstrādāta purva apmežošanā, izmantojot purva bērzu, parāda, ka ielabošana ar koksnes pelniem pozitīvi ietekmēja bērza dīgtpēju un agrīno attīstību jau

pirmajā augšanas sezonā (Huotari et al. 2008). Eksperimentālajās platībās, kas tika ielabotas ar pelniem, pēc pirmās veģetācijas sezonas bija lielākais bērzu stādu daudzums un pieaugums, salīdzinot ar laukumiem, kas netika ielaboti – šo stādu iesaģšana gan augšana bija ļoti vāja.

Saskaņā ar Aguraijuja et al. 2015, koksnes pelnu izmantošana izstrādāta purva teritorijā būtiski palielināja *Betula pendula* lapu laukumu platību – tā bija piecas reizes lielāka ar pelniem apstrādātajos parauglaukumos nekā kontroles, bet jāatzīmē, ka ielabošana neietekmēja specifisko lapas īpatnējo laukumu. Arī koku fotosintētiskā aktivitāte ar koksnes pelniem ielabotajos parauglaukumos bija lielāka nekā kontroles laukumos. Šis pats pētījums atklāj, ka koksnes pelnu izmantošanai izstrādātos kūdrājos vislielākā ietekme ir uz P un K koncentrāciju. Pēc 4 gadiem P un K koncentrācijas augsnes augšējā slānī apstrādātajos parauglaukumos bija ievērojami augstākas nekā kontrolē, savukārt N, Ca un Mg koncentrācijas starp apstrādēm neuzrādīja būtiskas atšķirības: N, P, Ca un Mg izskalošanās pazīmes nebija, bet K koncentrācija apakšējos slāņos bija ievērojami augstāka apstrādātajos parauglaukumos nekā kontroles parauglaukumos.

Savukārt Igaunijā veiktais pētījums uzskatāmi parāda, ka vislabvēlīgākie apstākļi un vislabākie jauno bērzu augšanas rezultāti tika sasniegti pielietojot lielākās koksnes pelnu devas abās pētījuma teritorijās, attiecīgi 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup> devu (Kikamägi et al. 2013). Pielietojot 10 t ha<sup>-1</sup> koksnes pelnu devu, bērzu pieaugums pirmajā gadā bija aptuveni 56 cm, un 60 cm – 15 t ha<sup>-1</sup> devas gadījumā. Taču pretēji 10 t ha<sup>-1</sup> devas eksperimentālajam apgabalam, kur gada pieaugums turpināja palielināties arī otrajā gadā, ar 15 t ha<sup>-1</sup> pelniem apstrādātajos parauglaukumos, koki uzrādīja ievērojamu mazāku pieaugums otrajā sezonā. Tomēr, ikgadējais koku pieaugums arī šajā eksperimentālajā platībā statistiski nozīmīgi atšķīrās no kontroles laukumiem, kas netika apstrādāti ar koksnes pelniem: gada vidējais pieaugums kontroles parauglaukumā bija aptuveni 7 cm pirmajos divos gados un apmēram 3 cm nākamo divu gadu laikā.

Salīdzinoši mazāk ir veikti pētījumi par *A. glutinosa* (melnalksnis) izmantošanu kokaudžu stādījumos kūdraugsnes. Pētījumā Igaunijā tika novērots, ka pēc pirmās veģetācijas sezonas labāku pieaugumu uzrādīja stādi, kas ielaboti ar zemām un vidējām koksnes pelnu devām, tas ir 2,5 t ha<sup>-1</sup> un 5 t ha<sup>-1</sup>. Tika izteikts viedoklis, ka paaugstinātas substrāta pH vērtības, ko izraisa lielāka pelnu devas ienešana augsnē (10 t ha<sup>-1</sup>) var samazināt dažu svarīgu barības

vielu, piemēram, N un Mn, mobilitāti un pieejamību kokiem (Pärn et al. 2009). Šajā pētījumā koksnes pelnu deva 5 t ha<sup>-1</sup> bija visefektīvākā koku vidējā augstuma rādītāju ziņā.

## 1. Materiāli un metodes

Pētījuma teritorija ir izstrādāta kūdras atradne, kas atrodas Kaigu purva Veļu tīrelī, Latvijā (56°43'42.1"N, 23°34'33.3"E). Pēc kūdras ieguves palikušo kūdras slāni veidoja par 0,5 m biezāka, skāba, vidēji sadalījusies augstā purva kūdra. Veicot apmežošanu, platība apstrādāta ar dziļfrēzi, izveidots jauns savācējgrāvis lieko gruntsūdeņu novadīšanai un veikti citi darbi, kas paredzēti jauno kokaugu stādījumu pasargāšanai no applūšanas.

Teritorija ir sadalīta ar grāvi atdalītās slejās pēc augsnes ielabošanas veida. 2017. gada pavasarī tika mehanizēti izkliedēti un iestrādāti no enerģijas ražotāja SIA "Fortum" iegūtie ar ūdeni mitrināti koksnes pelni 10-20 cm dziļumā 0, 5, 10 un 15 t ha<sup>-1</sup> devās (K 24,7, Mg 18,2, Ca 120,4, P 6,6 g kg<sup>-1</sup>), katru izkliedi veicot trijos atkārtojumos. Jāatzīmē, ka, ņemot vērā koksnes pelnu fizikālās īpašības un tehniski sarežģīto izkliedēšanas procesu, kā arī nepārtraukto vēja ietekmi pētījuma teritorijā, šī bioloģiskā ielabotāja koncentrācijas parauglaukumos var būt nevienmērīgas. Paraugteritorijā 2017. gada maijā iestādīti 2247 āra bērza *Betula pendula*, 1463 melnalkšņa *Alnus glutinosa* un 1463 parastās priedes *Pinus sylvestris* ietvarstādi. Katra pētāmā koku suga ir stādīta 45 m × 20 m izmēra 12 laukumos, reprezentējot koksnes pelnu devu 0, 5, 10, 15 t ha<sup>-1</sup> trijos atkārtojumos (2.1. att.).

Slejā	Koksnes pelni, t/ha												Dabiskā meklis	Degatān meklis	
	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	Sēklas			
20 m	45 m	Gājais												Dabiskā priede	Dabiskā priede
		Gājais													
		Gājais													
	3 m	Gājais												Dabiskā priede	Dabiskā priede
		Gājais													
		Gājais													
	45 m	Gājais												Dabiskā priede	Dabiskā priede
		Gājais													
		Gājais													
	3 m	Gājais												Dabiskā priede	Dabiskā priede
		Gājais													
		Gājais													
45 m	Gājais												Dabiskā priede	Dabiskā priede	
	Gājais														
	Gājais														
3 m	Gājais												Dabiskā priede	Dabiskā priede	
	Gājais														
	Gājais														

2.1. attēls. Stādījuma shēma.

Visos laukumos uzmērīti rādītāji kokiem trijās no piecām rindām - laukuma vidū, starp vidu un grāvi un grāvja malā – no sestās līdz 14. stādvietai, kur kopā ir 19 stādvietai.



*P. sylvestris* mērīts augstums, caurmērs un sakņu kakla diametrs. *B. pendula* un *A. glutinosa* mērīts augstums un caurmērs. Tā kā *P. sylvestris* bija inficēta ar priežu-apšu rūsū, tad *P. sylvestris* tika noteikta slimības pakāpe, grupējot kokus “veselas”, “maz bojātas” (1-10%), “stipri bojātas” (10-90%), “nedzīvas” (90-100%).

Datu analīze un grafiku veidošana tika veikta Microsoft Excel 2016, novērtējot statistisko ticamību ar analīzi Anova: Single Factor, Anova Two-Factor Without Replication. Lai izņemtu par turpmāko datu novērtēšanas t-testa izvēli (t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances un t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances), tika izmantots F-Test Two-Sample for Variances t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances un t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances.

## 2. Rezultāti

### 2.1. *P. sylvestris*

Pie koksnes pelnu devas  $10 \text{ t ha}^{-1}$  no veiktajiem četriem augsnes ielabošanas veidiem *P. sylvestris* saglabāšanās bija vislabākā, tām saglabājoties 100%. Pārējo devu saglabāšanās rādītāji ir vienādi (97,5%) taču saglabāšanās rādītājos izejas datus ietekmē agrotehniskās kopšanas laikā nozāģētie koki, kuru veselības stāvoklis nav zināms. Tādi koki ar devu  $15 \text{ t ha}^{-1}$  ielabotajā teritorijā veido 1,2%, tāpēc pastāv iespēja, ka šajā teritorijā būtu augstāka saglabāšanās (skat. 3.1. tab.).

3.1. tabula *P. sylvestris* saglabāšanās rādītāji 2021. gada veģetācijas perioda beigās

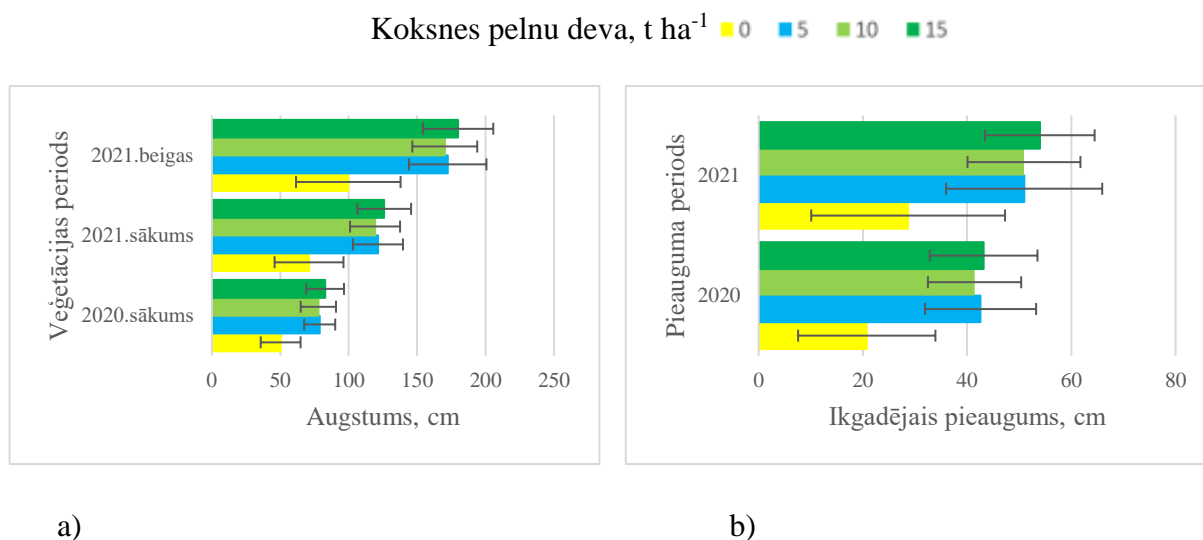
Koksnes pelnu deva, $\text{t ha}^{-1}$	Saglabāšanās, %	Nozāģēti, %
0	97,5	0,0
5	97,5	0,0
10	100,0	0,0
15	97,5	1,2

Lai gan 2020. gada veģetācijas perioda sākumā, 2021. gada veģetācijas perioda sākumā un 2021. gada veģetācijas perioda beigās zemākais ikgadējais pieaugums un zemākais augstums ir kontroles laukumā, kas netika ielabots (vidējais aritmētiskais augstums  $99,71 \text{ cm}$  2021. gada beigās  $\pm$  standartkļūda  $4,30 \text{ cm}$ , vidējais ikgadējais pieaugums 2021. gadā  $28,68 \text{ cm} \pm$  standartkļūda  $2,10 \text{ cm}$ ). Taču šajā grupā ikgadējam pieaugumam ir liela rādītāju izkliede, ko var ietekmēt koku novietojums slejās un pieejamās barības vielas. Izkliede arī palielinās augstuma rādītājiem 2021. gada beigās, kas liecina par konkurences apstākļiem starp



stādītājām *P. sylvestris* un atšķirīgo barības vielu daudzumu vai vides apstākļiem. Kontroles laukuma *P. sylvestris* augstums raksturotajos veģetācijas periodos ir statistiski būtiski mazāks nekā ielabotajās augsnēs augošo *P. sylvestris* augstums (skat. 3.1. att.)

2021. gada beigās lielāko vidējo augstumu ir izdevies sasniegt ar devu 15 t ha<sup>-1</sup> (179,92 cm ± standartklūda 2,89 cm). 1. pielikuma tabulā “*P. sylvestris* augstuma un caurmēra mediāna, saglabāšanās 2021. gada veģetācijas perioda beigās” var novērot, ka tikai *P. sylvestris*, kuru augsne ielabota ar devu 15 t ha<sup>-1</sup>, zemāko mediānu sasniedz augstuma intervālā 110-130 cm ar vienu izņēmumu (68 cm), kā arī pārējos sešos augstuma intervālos no 110-230 cm parāda lielāko sasniegto augstuma mediānu trijos intervālos. Taču lielākā augstuma mediāna ir sasniegta, izmantojot koksnes pelnu devu 5 t ha<sup>-1</sup> (220,5 cm) (skat. Pielikums nr. 1).



3.1. att. *P. sylvestris* rādītāji, norādot standartnovirzi: a) 2021. gada veģetācijas perioda beigu vidējais augstums, cm; b) vidējais ikgadējais pieaugums 2020., 2021. gadā, cm.

Kaut arī izmantotā koksnes pelnu deva 5 t ha<sup>-1</sup> ir sniegusi lielāku augstumu nekā koksnes pelnu deva 10 t ha<sup>-1</sup>, ar laiku šīm grupām samazinās ikgadējā pieauguma starpība, un 10 t ha<sup>-1</sup> 2021. gada ikgadējais pieaugums no 5 t ha<sup>-1</sup> ikgadējā pieauguma atšķiras tikai par 0,04 cm (skat. 3.1. att.).

Salīdzinot tieši šīs divas koksnes pelnu devas, var pieņemt, ka sasniegtā *P. sylvestris* augstuma atšķirība 2021. gada veģetācijas perioda beigās nav būtiska ( $p=0,6041$ ;  $\alpha=0,05$ ). Starp pārējo koksnes pelnu devu ietekmi uz augstumu pastāv statistiski būtiskas atšķirības. Vislielākā atšķirība ir starp kontroles laukumiem un visiem ielabotajiem variantiem. Savukārt,

salīdzinot *P. sylvestris* augstumu ielabotajā augsnē, starp 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup> devām ir visbūtiskākā atšķirība (skat. 3.2. tab.).

3.2. tabula *P. sylvestris* augstuma p-vērtības ( $\alpha=0,05$ )

Koksnes pelnu deva, t ha <sup>-1</sup>	0	5	10	15
0		2,5E-27	1,85E-27	8,69E-33
5			0,60410	0,02934
10				0,00286
15				



a)



b)

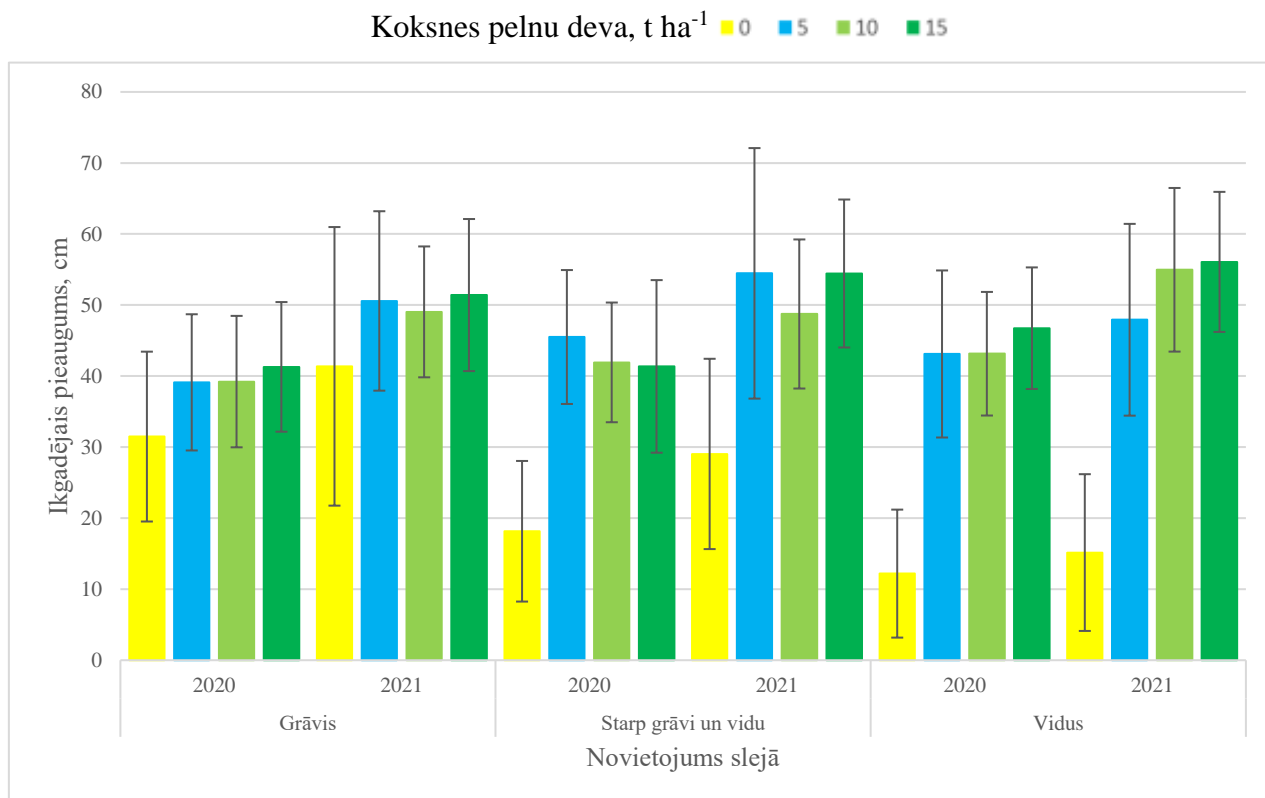
3.2. att. *P. sylvestris* koku stādi: a) kontroles laukumos; b) parauglaukumos ar 15 t ha<sup>-1</sup> pelnu devu (2021. gada veģetācijas perioda beigās, 11.11.2021.). Foto: K.E. Lūse.

Lielāks ikgadējais pieaugums kontroles laukumos novērojams gar grāvi, salīdzinot ar kontroles laukumiem starp grāvi un vidu vai kontroles laukumiem vidū. Iespējams, ka koki no grāvja uzņem papildus barības vielas.

Novietojumā slejas vidū starp ielabotajā augsnē augošajiem kokiem un starp kontroles laukumu ir statistiski ticama būtiska ikgadējā pieauguma atšķirība gan 2020. gadā, gan 2021. gadā. Slejas vidū redzams, ka koksnes pelnu devas 10 t ha<sup>-1</sup> veicinātais ikgadējais pieaugums ir apsteidzis 5 t ha<sup>-1</sup>, kas 2020. gadā bija vienāds, lai gan nav statistiski ticama būtiska atšķirība.

Un starp grāvi un vidu 2021. gadā ikgadējais pieaugums ar 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē ir apsteidzis ikgadējo pieaugumu ar devu 10 t ha<sup>-1</sup>, kas 2020. gadā bija pretēji, kā arī ar kontroles

laukumā augošo *P. sylvestris* ikgadējais pieaugums 2021. gadā vairs būtiski neatšķiras no *P. sylvestris*, kuru augsne ir ielabota ar koksnes pelniem (skat. 3.3. att.).



3.3. att. *P. sylvestris* ikgadējā pieauguma saistība ar novietojumu slejā (vidējie rādītāji), norādot standartnovirzi, 2020., 2021. gads.

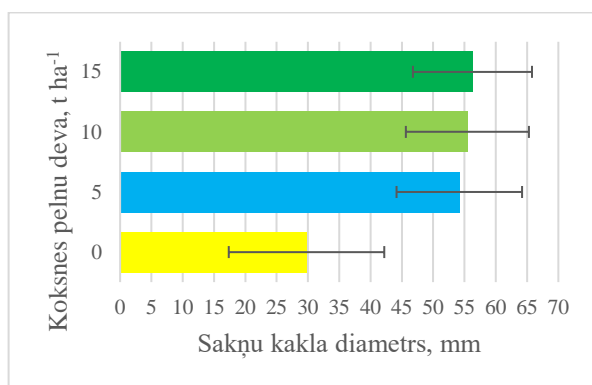
2021. gadā sasniegtais sakņu kakla diametrs *P. sylvestris* ielabotajā augsnē ir statistiski ticami būtiski lielāks nekā neielabotajā augsnē augušajām *P. sylvestris*. Un sasniegtais diametrs pieaug, palielinoties koksnes pelnu devai.

Lielākais vidējais sakņu kakla diametrs ir pie koksnes pelnu devas 15 t ha<sup>-1</sup> (56,28 mm ± standartklūda 1,07 mm) (skat. 3.4. att.). Statistiski būtiska *P. sylvestris* sakņu kakla diametra atšķirība ir starp kontroles laukumiem un ielabotajām koksnes pelnu devām. Salīdzinot ielaboto teritoriju *P. sylvestris* sakņu kakla diametru atšķirības nav statistiski būtiskas. Vislīdzīgākais sakņu kakla diametrs tiek sasniegts, izmantojot koksnes pelnu devas 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup> (skat. 3.4. tab.).

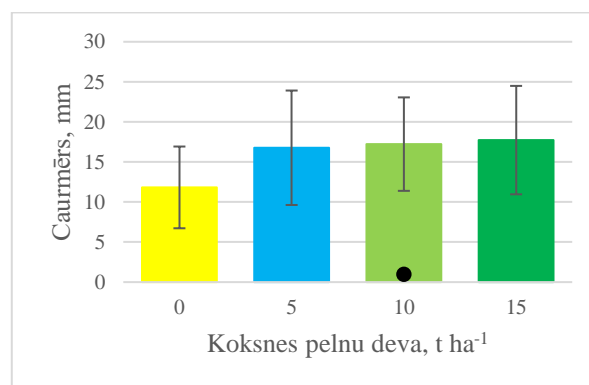
Atbilde uz koksnes pelnu devu ir redzama arī sasniegtajā *P. sylvestris* caurmērā 2021. gada veģetācijas perioda beigās, caurmēram palielinoties pie lielākas koksnes pelnu devas (skat. 3.4. att.). 1. pielikuma tabulā “*P. sylvestris* augstuma un caurmēra mediāna, saglabāšanās 2021.

gada veģetācijas perioda beigās” redzams, ka lielākā *P. sylvestris* caurmēra mediāna, četros caurmēra intervālos no astoņiem tiek sasniegta, kuru augsne ielabota ar koksnes pelnu devu 5 t ha<sup>-1</sup>. Trijos no astoņiem augstuma intervāliem lielākā caurmēra mediāna ir *P. sylvestris*, kuras augsne ielabota ar devu 10 t ha<sup>-1</sup>, taču šajā grupā ir deviņi koki, kas nesasniedz nepieciešamo augstumu 1,3 m, lai kokam tiktu mērīts krūšaugstuma caurmērs (skat. Pielikums nr. 1).

Caurmēra atšķirībām starp *P. sylvestris* ielabotajā augsnē un neielabotajā augsnē statistiskā ticamība ir nebūtiska, jo ir liela standartnovirze, pārklājoties sasniegtajiem rezultātiem. Tomēr jāņem vērā, ka kontroles laukumā caurmērs tika mērīts 21% koku, kas sasnieguši 1,3 m augstumu. Statistiski būtiska *P. sylvestris* caurmēra atšķirība ir tikai starp koksnes pelnu devām 0 t ha<sup>-1</sup> un 5 t ha<sup>-1</sup>, 10 t ha<sup>-1</sup>, 15 t ha<sup>-1</sup>. Savukārt *P. sylvestris* caurmērs ielabotajā augsnē neuzrāda statistiski būtiskas atšķirības (skat. 3.3. tab.). Var arī secināt, ka augsnes ielabošana ar devām 5 t ha<sup>-1</sup> un 10 t ha<sup>-1</sup> uzrāda vislīdzīgāko sasniegto caurmēru.



a)



b)

3.4. att. *P. sylvestris* 2021. gada veģetācijas perioda beigu vidējie rādītāji, norādot standartnovirzi: a) sakņu kakla diametrs, mm; b) caurmērs, mm. Melns punkts apzīmē ekstrēmu.

3.3. tabula *P. sylvestris* caurmēra p-vērtības ( $\alpha=0,05$ )

Koksnes pelnu deva, t ha <sup>-1</sup>	0	5	10	15
0		0,00282	0,00068	0,00045
5			0,67651	0,40233
10				0,59682
15				

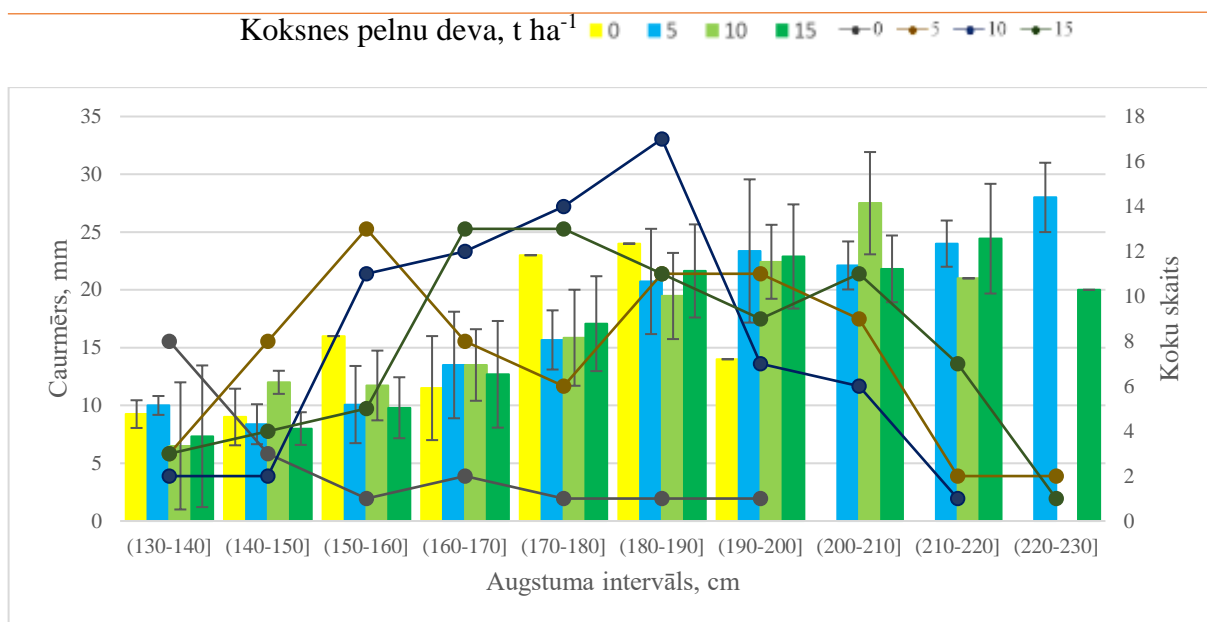
3.4. tabula *P. sylvestris* sakņu kakla diametra *p*-vērtības ( $\alpha=0,05$ )

Koksnes pelnu deva, t ha <sup>-1</sup>	0	5	10	15
0		1,21E-27	6,11E-30	2,82E-31
5			0,414613	0,181206
10				0,599718
15				

Kontroles laukumos 17 *P. sylvestris* sasniegušas augstumu no 130 cm, lai varētu mērit caurmēru, atbilstoši apskatītajiem augstuma rādītājiem 2021. gada veģetācijas perioda beigās. Turklāt lielākais koku skaits ir pirmajā augstuma intervālā 130-140 cm. Kontroles laukumos augošo *P. sylvestris* lielākos augstuma intervālus 170-200 cm reprezentē katrā viens koks, no kuriem augstuma intervālā 190-200 cm caurmērs uzrāda statistiski ticamu būtisku atšķirību no ielaboto augšņu *P. sylvestris* sasniegtajiem vidējiem caurmēriem, kas pierāda kontroles laukumā sasniegtos zemos rādītājus.

Ar koksnes pelnu devu 10 t ha<sup>-1</sup> ielabotajās augsnēs augošās *P. sylvestris* lielā skaitā reprezentē augstuma intervālus no 150-160 cm līdz 180-190 cm, atbilstoši tam, ka šīs grupas vidējo augstumu pārspēj *P. sylvestris*, kuru augsne ielabota ar devām 5 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup>. Intervālos 190-200 cm un 200-210 cm, kur gadījumu skaits vēl ir salīdzinoši liels, tiek sasniegts grupas lielākais vidējais caurmērs. Tātad atsevišķi koki saglabā veselīgu augstuma/caurmēra attiecību, attiecīgi vidējā augstuma/caurmēra attiecība intervālā 190-200 cm ir 0,9 un intervālā 200-210 cm – 0,8. Un var secināt, ka ar 10 t ha<sup>-1</sup> pelnu devu ielabotajā augsnē augošo *P. sylvestris* augstuma intervālā 200-210 cm augšana caurmērā pārsniedz augšanu augstumā.

Ar koksnes pelnu devu 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajās augsnēs augošās *P. sylvestris* lielākā skaitā ir sākot no augstuma intervāla 160-170 cm, norādot uz labvēlīgiem koka augšanas apstākļiem un augstāka augstuma sasniegšanu. Un koku skaits salīdzinoši vienmērīgi sadalās līdz pat intervālam 200-210 cm, kurā notiek vidējā caurmēra samazinājums, rezultējoties vidējā augstuma/caurmēra attiecībā 1. Arī intervālā 220-230 cm mazākais caurmērs joprojām veido optimālu augstuma/caurmēra attiecību 1,1 (skat. 3.5. att.).



3.5. att. Dažādi augušo *P. sylvestris* skaitliskais sadalījums (augstums/caurmērs), norādot standartnovirzi, 2021. gada veģetācijas perioda beigās.

Ielabotajās teritorijās augošās *P. sylvestris* ir sasniegušas līdzīgu augstuma/caurmēra attiecību. Labākā augstuma/caurmēra tiek sasniegta ar koksnes pelnu devu 10 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē augošajām *P. sylvestris* (vidējā vērtība 1,1 ± standartklūda 0,04). Šajā grupā netiek iekļauts izteikti atšķirīgs caurmērs 1 mm 135 cm augstam kokam, kurš tātad ir bijis pakļauts specifiskai ietekmei.

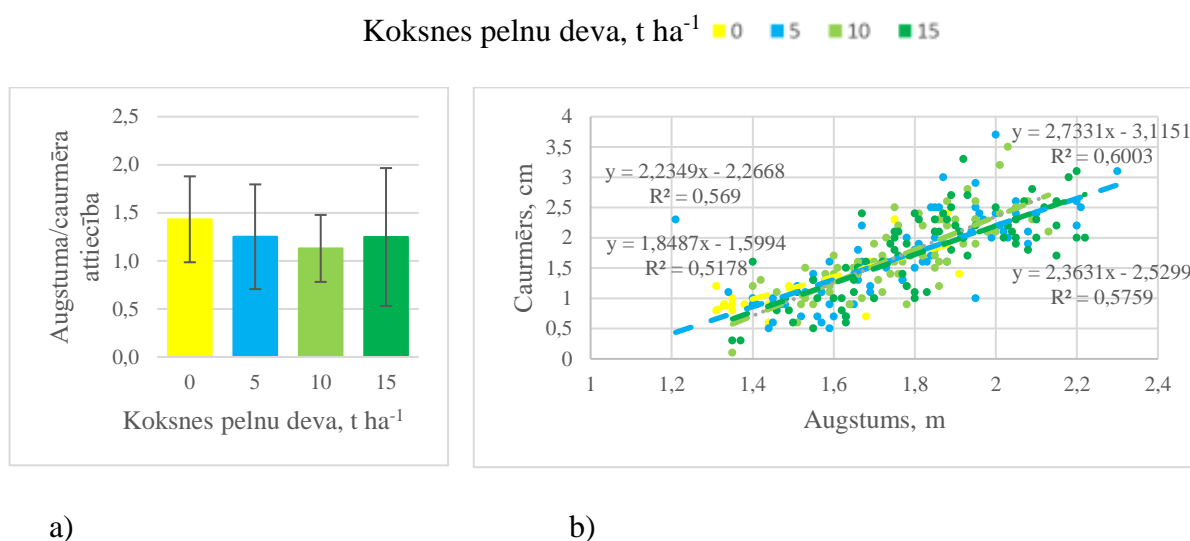
Ar koksnes pelnu devu 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē augušo *P. sylvestris* sasniegtā vidējā augstuma/caurmēra attiecība ir 1,2 ± standartklūda 0,08 - daži koki nav labi izaugušies un tiem ir mazs augstums un ļoti mazs caurmērs 130 cm augstumā. Lielākai augstuma/caurmēra attiecībai 1,3, kas sasniegta, ielabojot augsni ar devu 5 t ha<sup>-1</sup>, arī ir lielākā standartklūda, salīdzinot koksnes pelnu devas 5 t ha<sup>-1</sup>, 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup>, tātad šajā grupā koku augšana ir bijusi nevienmērīgāka un citu apstākļu ietekmētāka.

Tomēr, salīdzinot savstarpēji visu koksnes pelnu devu *P. sylvestris* augstuma/caurmēra attiecību, iegūtā p=0,20 vērtība ir lielāka par α=0,05, tāpēc var secināt, ka izmantotā koksnes pelnu deva statistiski būtiski neietekmē sasniegto augstuma/caurmēra attiecību.

Visām koksnes pelnu devām koku augstuma un caurmēra korelācijas p-vērtība ir mazāka par α=0,05, tāpēc var secināt, ka pastāv statistiski būtiska korelācija starp koku augstumu un caurmēru. Tā kā lielākā R<sup>2</sup> vērtība tiek sasniegta attiecībai pie pelnu devas 10 t ha<sup>-1</sup>, tad šajā pelnu devu grupā ir ciešāka saistība augstumam ar caurmēru nekā pārējās grupās.

Palielinoties koku augstumam virs aptuveni 1,7 m, palielinās arī koku skaits ar lielāku caurmēru, kas samazina augstuma/caurmēra attiecību. Savukārt zemākiem kokiem ir mazāks caurmērs, kas palielina augstuma/caurmēra attiecību. Var novērot, ka augstākiem kokiem šī attiecība ir optimālāka, savukārt zemāki koki ir izstīdzējuši.

Var arī novērot, ka palielinoties augstuma vērtībai par viens, caurmērs visvairāk pieaug ar koksnes pelnu devu 10 t ha<sup>-1</sup> ielabotajos laukumos augošajām *P. sylvestris* (x koeficients ir 2,7331) (skat. 3.6. att.).



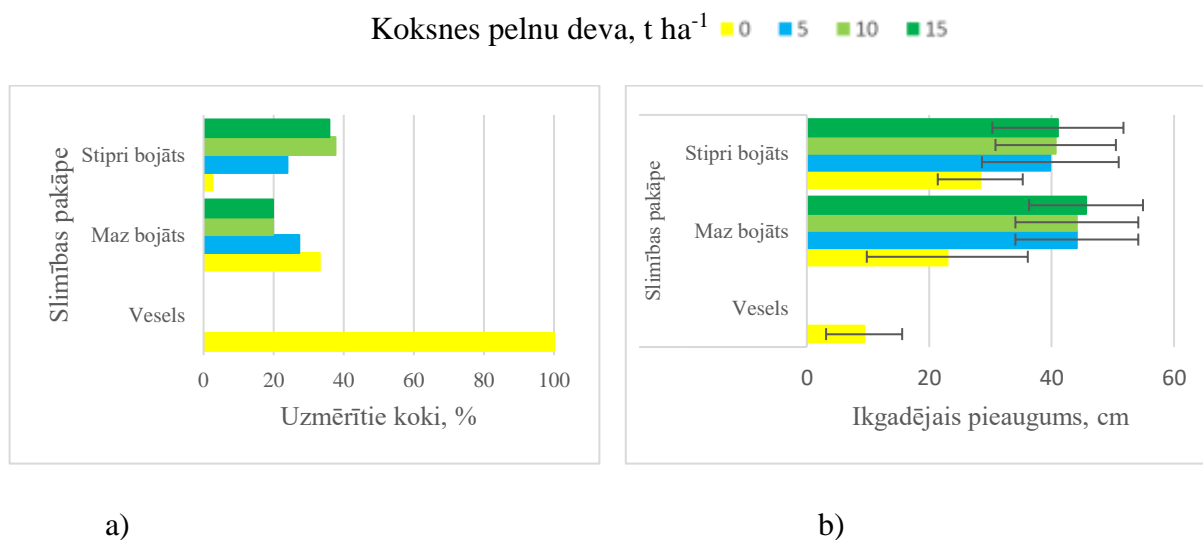
3.6. att. *P. sylvestris* augstuma/caurmēra attiecība 2021. gada veģetācijas sezonas beigās: a) vidējā augstuma/caurmēra attiecība, norādot standartnovirzi; b) augstuma un caurmēra lineārā regresija.

Procentuālais sadalījums veidots katras slimības pakāpes grupā, norādot īpatsvaru, kādu veido *P. sylvestris* atšķirīgi ielabotā augsnē. Veselas *P. sylvestris* ir novērotas tikai kontroles laukumos. No visām maz bojātajām *P. sylvestris* procentuāli vairāk sastopamas neielabotajos laukumos. Savukārt stipri bojāto *P. sylvestris* kontroles laukumos ir vismazāk. Visvairāk stipri bojāto *P. sylvestris* ir 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajos laukumos, attiecīgi 37,6% un 35,9%.

Lielākais ikgadējais pieaugums gan slimības pakāpei stipri bojāts, gan – maz bojāts ir bijis kokiem, kuru augsne ielabota ar devu 15 t ha<sup>-1</sup>. Taču ielabotajā augsnē augošiem kokiem, kam norādīta slimības pakāpe maz bojāts, ir bijis lielāks ikgadējais pieaugums 2020. gadā nekā stipri bojātiem kokiem. Un tikai kontroles laukumos daļa no augošām *P. sylvestris* ir atzītas par veselām (skat. 3.7. att.).



Tomēr nav statistiski būtiskas atšķirības ikgadējā pieaugumā atkarībā no koksnes pelnu devas ( $p=0,54$ ,  $\alpha=0,05$ ). Un ir statistiski būtiskas atšķirības ikgadējā pieaugumā atkarībā no slimības pakāpes ( $p=0,00097$ ,  $\alpha=0,05$ ). Tas nozīmē, ka slimības pakāpi neietekmē *P. sylvestris* augsnē ienestā koksnes pelnu deva, bet slimības pakāpi ietekmē *P. sylvestris* 2020. gada ikgadējais pieaugums. Tas arī ir redzams turpmākajos grafikos.



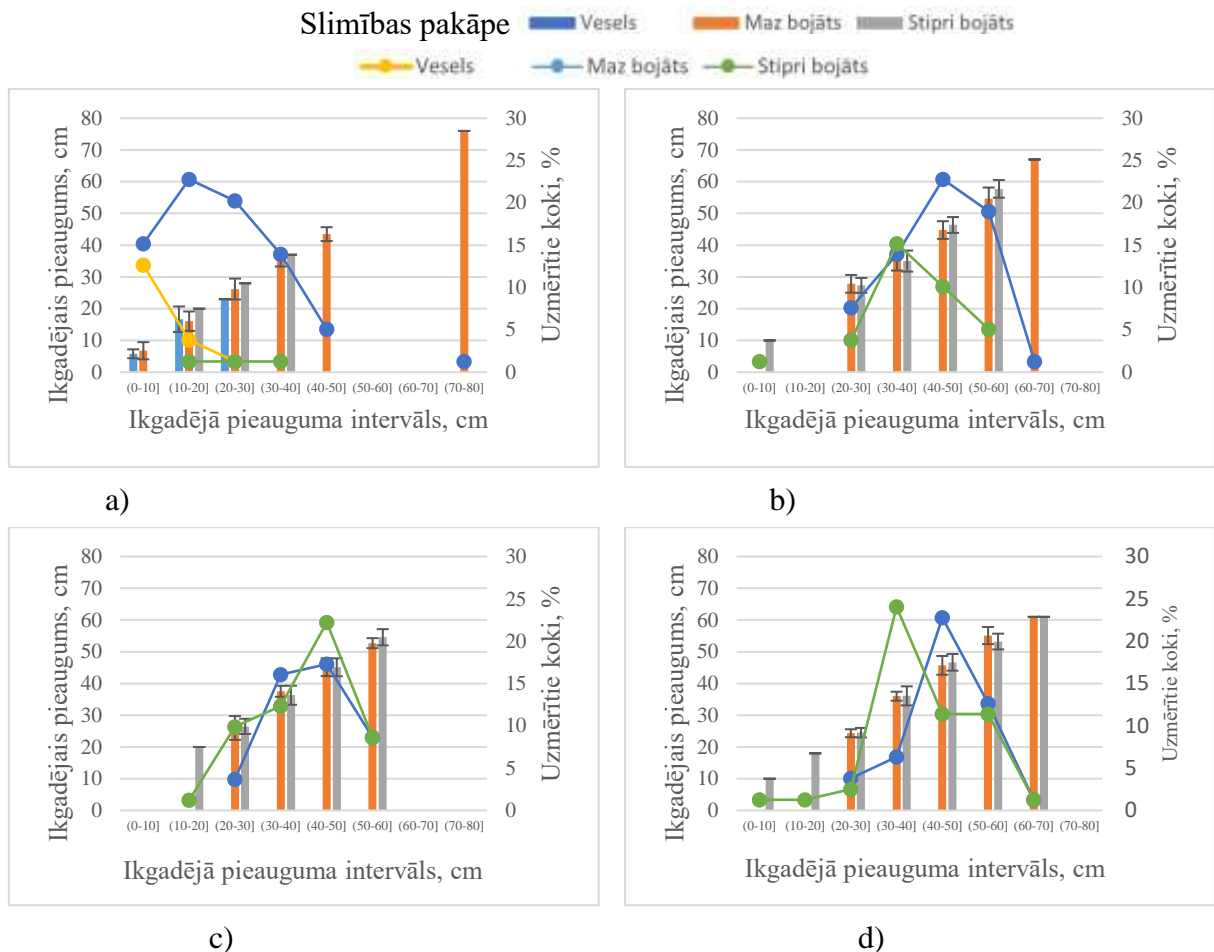
3.7. att. *P. sylvestris* noteiktās slimības pakāpes: a) *P. sylvestris* slimības pakāpes procentuālais sadalījums starp uzņēmīto koku skaitu katrai izmantotai koksnes pelnu devai 2021. gada veģetācijas perioda beigās, %; b) *P. sylvestris* vidējais ikgadējais pieaugums, norādot standartnovirzi, 2020. gadā, cm.

Ar 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē augošās *P. sylvestris* vislielākajā skaitā ir ar slimības pakāpi stipri bojāts pie vidēja pieauguma intervāla 30-40 cm. Salīdzinoši liels stipri bojāto koku skaits ir arī 40-50 cm un 50-60 cm ikgadējā pieauguma intervālā. Maz bojāto koku visvairāk ir ikgadējā pieauguma intervālā 40-50 cm. Tātad lielākā skaitā stiprāk ir bojāti koki ar mazāku ikgadējo pieaugumu, savukārt lielākā skaitā ir maz bojātu koku ar lielāku ikgadējo pieaugumu.

Pelnu devas variantā 10 t ha<sup>-1</sup> maz bojāto koku visvairāk ir ikgadējā pieauguma intervālā 30-50 cm, savukārt visvairāk stipri bojāto koku ir ikgadējā pieauguma intervālā 40-50 cm. Tātad lielākā skaitā stiprāk ir bojāti koki ar lielāku ikgadējo pieaugumu, savukārt maz bojāto koku ir vairāk ar mazāku ikgadējo pieaugumu.

Savukārt 5 t ha<sup>-1</sup> maz bojāto koku ir vairāk ikgadējā pieauguma intervālā 40-60 cm un stipri bojāto koku ir vairāk – 30-40 cm, un, pieaugot ikgadējam pieaugumam, to skaits samazinās. Koki ar lielāku pieaugumu lielākā īpatsvarā ir maz bojāti, savukārt stipri bojāti koki izteiktāk ir ar mazāku ikgadējo pieaugumu.

Kontroles laukumā koki ar mazāko ikgadējo pieaugumu ir atzīti par veseliem. Pieaugot ikgadējā pieauguma intervālam, veselos kokus aizstāj maz bojātie koki, kuru ir visvairāk ikgadējā pieauguma intervālā 20-30 cm (skat. 3.8. att.).



3.8. att. *P. sylvestris* noteiktās slimības pakāpes saistība ar 2020. gada ikgadējo pieaugumu, norādot standartnovirzi, procentuālais sadalījums no visu uzmērīto koku skaita katrā koksnes pelnu grupā: a) 0 t ha<sup>-1</sup>; b) 5 t ha<sup>-1</sup>; c) 10 t ha<sup>-1</sup>; d) 15 t ha<sup>-1</sup>.

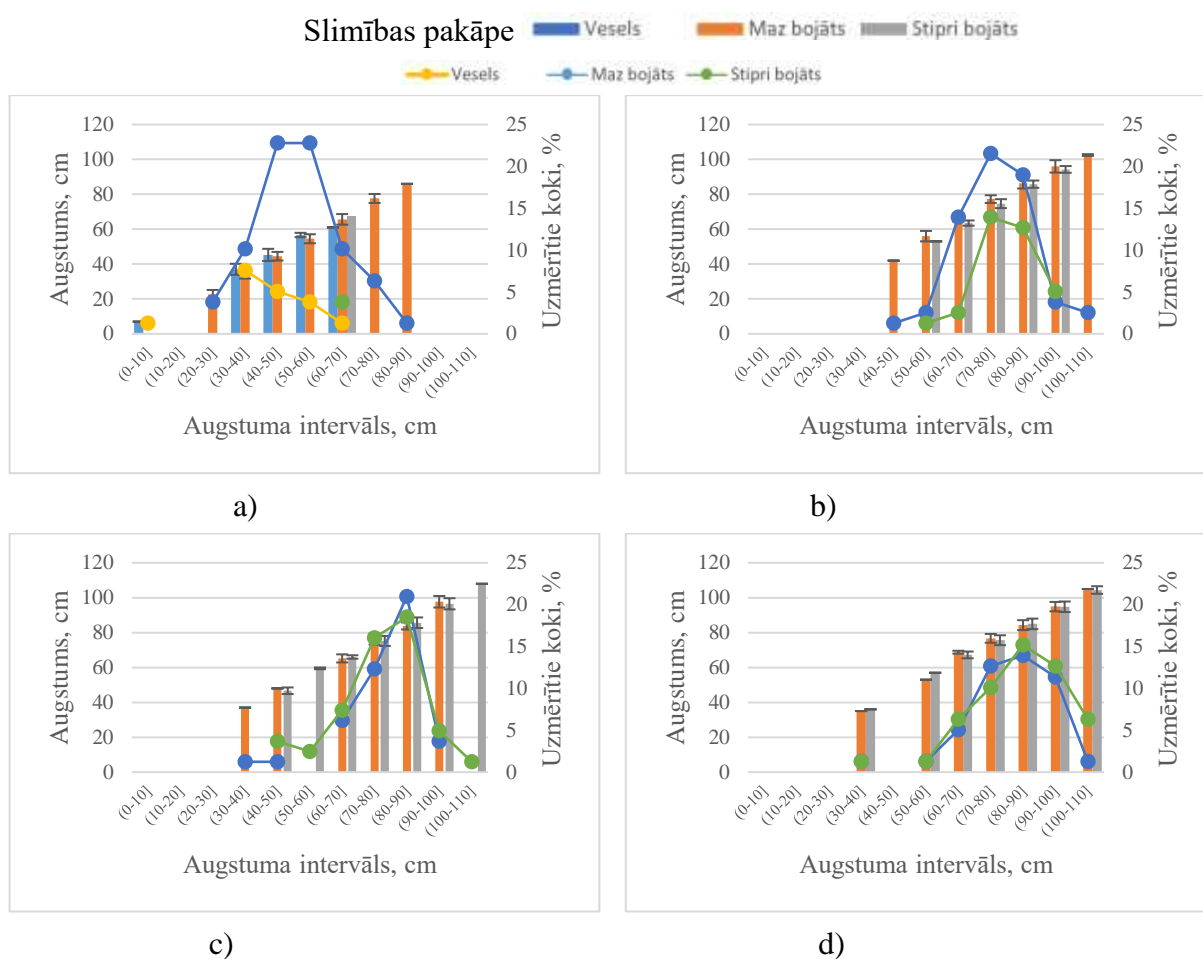
Var novērot, ka kontroles laukumā procentuāli no visu koku skaita visvairāk ir maz bojāto koku. Palielinoties augstumam, samazinās veselo koku skaits.

Teritorijā, kas ielabota ar koksnes pelnu devu 5 t ha<sup>-1</sup>, maz bojāto koku ir vairāk nekā stipri bojāto koku, ar izņēmumu augstuma intervālā 90-100 cm. Turklāt redzams, ka, palielinoties augstuma intervālam līdz 90-100 cm, pieaug stipri bojāto koku īpatsvars. Un stipri bojāti koki novērojami gan kontroles laukumā, gan ar 5 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā teritorijā sākot no attiecīgi 60-70 cm, 50-60 cm.

Platībās, kas ielabotas ar koksnes pelnu devu  $10 \text{ t ha}^{-1}$ , gandrīz visos augstuma intervālos, izņemot 30-40 cm, 80-90 cm ir lielāks stipri bojāto koku īpatsvars, kas novērojams jau mazākā augstuma intervālā (40-50 cm). Vidējā augstuma atšķirības starp slimības pakāpēm katrā augstuma intervālā nav statistiski ticami būtiskas.

Ar koksnes pelnu devu  $15 \text{ t ha}^{-1}$  ielabotajā augsnē augošās *P. sylvestris* ar slimības pakāpi stipri bojātas dominē visos augstuma intervālos, izņemot 70-80 cm (skat. 3.9. att.).

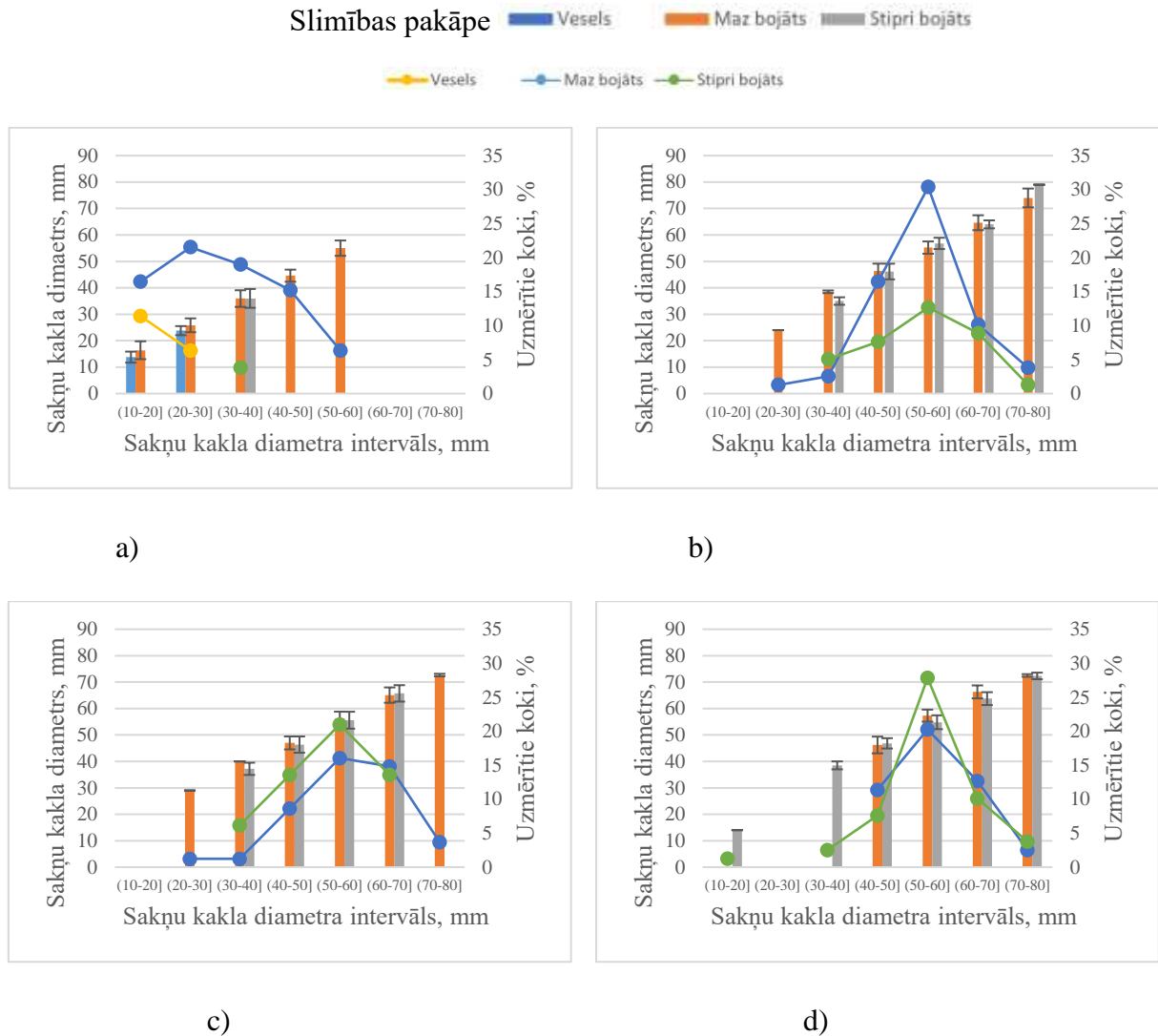
Var secināt, ka stipri bojātu koku īpatsvars ielabotajās augsnēs izteiktāks ir augstākiem kokiem.



3.9. att. *P. sylvestris* slimības pakāpes saistība ar 2020. gada veģetācijas perioda sākuma augstumu, norādot standartnovirzi, procentuālais sadalījums no visu uzņēmīto koku skaita katrā koksnes pelnu grupā: a)  $0 \text{ t ha}^{-1}$ ; b)  $5 \text{ t ha}^{-1}$ ; c)  $10 \text{ t ha}^{-1}$ ; d)  $15 \text{ t ha}^{-1}$ .

Ar koksnes pelnu devām  $5 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $10 \text{ t ha}^{-1}$  un  $15 \text{ t ha}^{-1}$  ielabotajā augsnē augošajām *P. sylvestris* vislielākais maz bojāto koku skaits un stipri bojāto koku skaits ir pie sakņu kakla diametra intervāla 50-60 mm. Savukārt kontroles laukumā maz bojāto *P. sylvestris* ir visvairāk ar sakņu kakla diametru 20-30 mm.

Var secināt, ka stiprāk ir bojāti koku, kuru sakņu kakla diametrs pārsniedz katras pelnu devas grupas vidējo sakņu kakla diametru, izņemot ar koksnes pelnu devu  $15 \text{ t ha}^{-1}$  ielabotajos variantos augošās *P. sylvestris*. Un arī maz bojāto koku sakņu kakla diametrs pārsniedz vidējo rādītāju, izņemot kontroles laukumā augošās *P. sylvestris*, taču arī šajā grupā pārējos lielāka diametra intervālos līdz 60 mm ar vienu izņēmumu sastopami maz bojāti koki (skat. 3.10. att.).



3.10. att. *P. sylvestris* slimības pakāpes saistība ar 2021. gada veģetācijas perioda beigu sakņu kakla diametru, norādot standartnovirzi, procentuālais sadalījums no visu uzņēmīto koku skaita katrā koksnes pelnu grupā: a)  $0 \text{ t ha}^{-1}$ ; b)  $5 \text{ t ha}^{-1}$ ; c)  $10 \text{ t ha}^{-1}$ ; d)  $15 \text{ t ha}^{-1}$ .

## 2.2. *B. pendula* un *A. glutinosa*

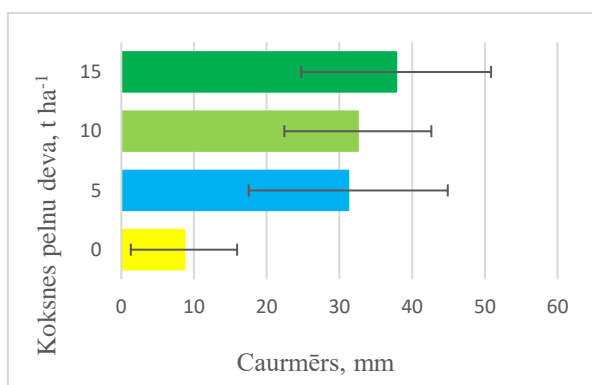
Atbilstoši *B. pendula* un *A. glutinosa* uzmērījumiem 2021. gada augšanas sezonā, koki, kas aug ar pelniem ielabotajos parauglaukumos, uzrāda salīdzinoši labākus saglabāšanās rādītājus, kā kontroles laukumos augošie (skat. 3.5. tab.).

3.5. tabula *B. pendula* un *A. glutinosa* saglabāšanās rādītāji 2021. gada veģetācijas perioda beigās

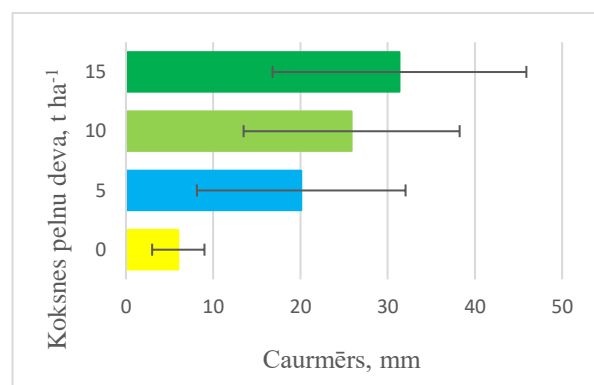
Koksnes pelnu deva, t ha <sup>-1</sup>	Saglabāšanās, %		Nozāģēti, %	
	Bērzs	Melnalksnis	Bērzs	Melnalksnis
0	79,2	72,2	0,0	0,0
5	96,3	80,2	0,0	0,0
10	93,7	71,3	2,5	0,0
15	92,9	87,3	1,0	1,2

Pielietojot dažādas pelnu devas, nav vērojamas būtiskas atšķirības starp bērza saglabāšanos, tomēr šīs pioniersugas izdzīvošana neielabotajā augsnē uzrāda vidēji par 15% zemākus saglabāšanās rādītājus. Savukārt melnalksnim augstākais saglabāšanās rezultāts, kas ir 87%, tika sasniegts pie koksnes pelnu devas 15 t ha<sup>-1</sup>. Jāatzīmē, ka saglabāšanās rādītājus abām koku sugām nedaudz ietekmē agrotehniskās kopšanas rezultātā nejauši nozāģētie koki.

Veiktie mērījumi piektajā koku augšanas sezonā pārlicecinoši reprezentē koksnes pelnu pielietošanas efektu gan koku caurmēra rādītājos gan sasniegtajos augstumos.



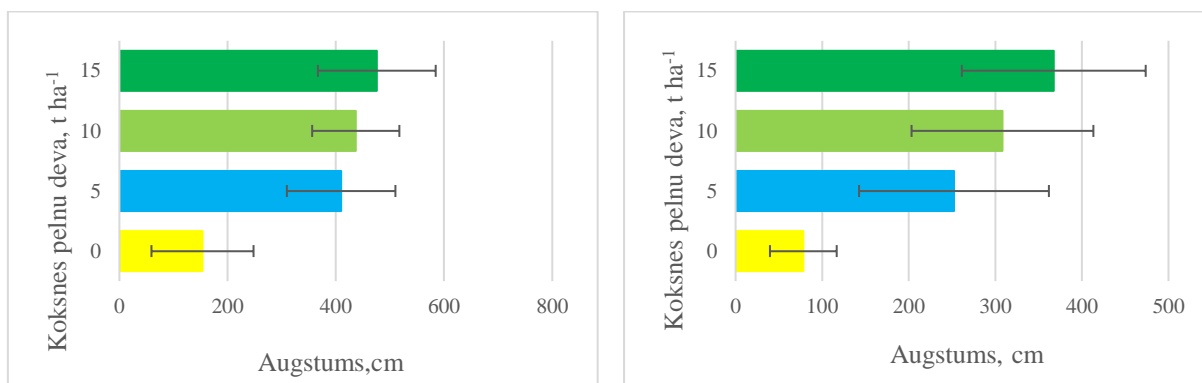
a)



b)

3.11. att. 2021. gada veģetācijas perioda beigu caurmērs, norādot standartnovirzi, mm: a) *B. pendula*; b) *A. glutinosa*.

Būtiska koksnes pelnu ietekme vērojama uz koku caurmēra rādītājiem. Pelnu deva 15 t ha<sup>-1</sup> ir bijusi visefektīvākā – attiecībā pret kontroles laukumos sasniegtajiem vidējajiem caurmēra rādītājiem, bērzi pie 15 t ha<sup>-1</sup> devas uzrāda pat četras reizes labāku sniegumu. Statistiski nav būtiskas atšķirības pielietojot 10 t ha<sup>-1</sup> un 5 t ha<sup>-1</sup> pelnu devas. Melnalkšņiem caurmēra rādītāji kumulējoši demonstrē proporcionālu pieaugumu palielinoties koksnes pelnu devai (skat.3.11. att.). Pielietojot 15 t ha<sup>-1</sup> pelnu devu, *A. glutinosa* uzrāda gan augstākos vidējos caurmēra mērījumus, gan sasniegto maksimālo caurmēra rādītāju.



a)

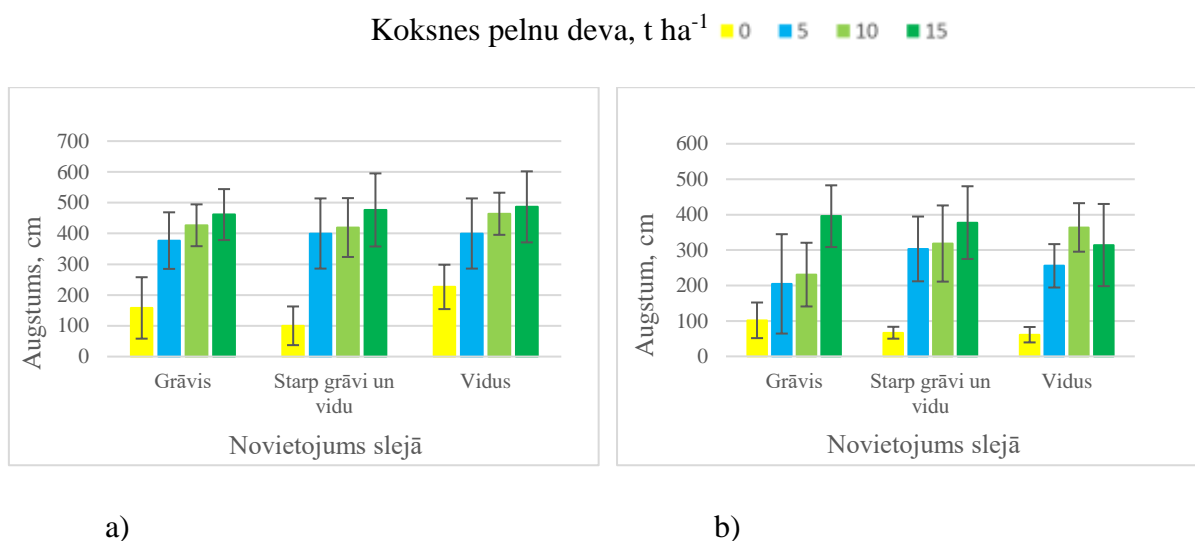
b)

3.12. att. 2021. gada veģetācijas perioda beigu augstums, norādot standartnovirzi, cm: a) *B. pendula*; b) *A. glutinosa*.

*B. pendula* augstumu mērījumu rezultāti rāda, ka nav novērojamas statistiski ticamas būtiskas atšķirības, pielietojot dažādas koksnes pelnu devas, jo pastāv liela standartnovirze. Parauglaukumos, kas ielaboti ar 10 t ha<sup>-1</sup> koksnes pelnu devu, bērzi ir auguši vienmērīgāk pretstatā laukumiem, kas ielaboti ar 5 t ha<sup>-1</sup>. Izteikta augstumu rādītāju izkliede ap vidējo vērtību, iespējams, saistīta ar nevienmērīgu pelnu izkliedi augsnē.

Līdzīgi kā *A. glutinosa* sasniegtie caurmēra rādītāji 2021. gadā, arī augstuma rezultāti saglabā kumulējošu tendenci proporcionāli pieaugt, palielinoties koksnes pelnu devai. Balstoties uz iepriekš veiktajiem uzmērījumiem, zināms, ka pēc pirmās augšanas sezonas melnalkšņi augstāki bija laukumos, kas tika ielaboti ar 10 t ha<sup>-1</sup> koksnes pelnu devu, savukārt pēc otrās augšanas sezonas atšķirība bija minimāla starp melnalkšņiem, kas auguši laukumos ar 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup> pelnu devu (Lazdiņa et al. 2019). Tā pat jāatzīmē, ka otrās sezonās beigās atšķirība starp kontroles un ielabotajiem *B. pendula* un *A. glutinosa* variantiem kļuva daudz izteiktāka, šai tendencei saglabājoties arī 2021. gada veģetācijas perioda beigās (skat.3.12. att.).

Novērtējot koku vidējo augstumu atkarībā no atrašanās vietas attiecībā pret grāvi, *B. pendula* labāko augstuma mērījumu sniegumu uzrāda parauglaukumos, kas atrodas vidū, šāda tendence vērojama gan neielabotajos kontroles laukumos, gan visos parauglaukumos, kas ielaboti ar atšķirīgām koksnes pelnu devām. Līdzīgi neviennozīmīgi rezultāti redzami *A. glutinosa* attāluma no grāvja ietekmē uz koku augstumu. Kontroles laukumos viennozīmīgi pārāki ir vidējie augstuma rādītāji grāvja tuvumā, tā pat kā variantos, kas ielaboti ar 15 t ha<sup>-1</sup> pelnu devu, kas varētu liecināt par grāvja lomu barības vielu apritē, kā arī labvēlīgākiem mitruma apstākļiem sausajā sezonā (skat. 3.13. att.).

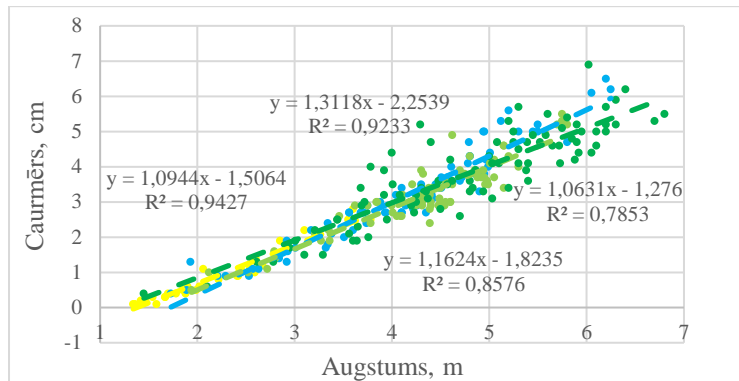
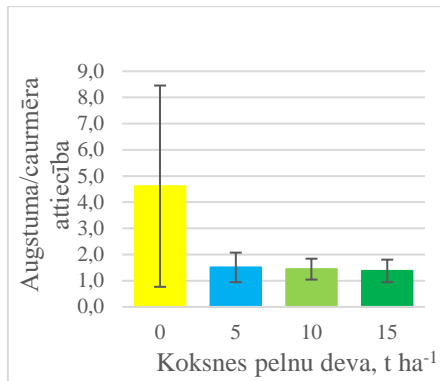


3.13. att. Koku augstumu saistība ar novietojumu slejā (vidējie rādītāji), norādot standartnovirzi, 2021. gada veģetācijas perioda beigās: a) *B. pendula*; b) *A. glutinosa*.

Pētījuma ietvaros tika analizēta arī koku augstuma un caurmēra attiecība. 3.14. attēlā redzams, ka lielākā R<sup>2</sup> vērtība (0,9427) *B. pendula* uzmērījumos tiek sasniegta augstuma un caurmēra korelācijai ar pelniem neielabotajā variantā, bet jāņem vērā, ka ievērojama daļa uzmērīto koku kontroles laukumos nerasniedz 1,3 metru augstumu, tāpēc šis rādītājs nav uzskatāms par pietiekami reprezentablu. Otra augstākā R<sup>2</sup> vērtība (0,9233) tiek uzrādīta pie pelnu devas 5 t ha<sup>-1</sup>, kas norāda, ka, šajos parauglaukumos pastāv ciešāka korelācija starp augstumu un caurmēru pielietojot konkrēto pelnu devu.



Koksnes pelnu deva, t ha<sup>-1</sup> ■ 0 ■ 5 ■ 10 ■ 15



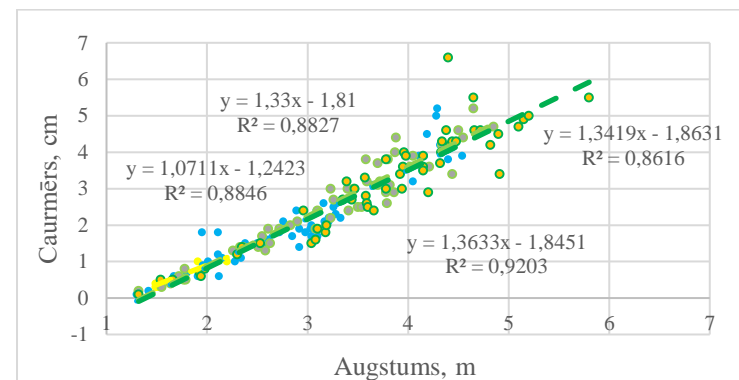
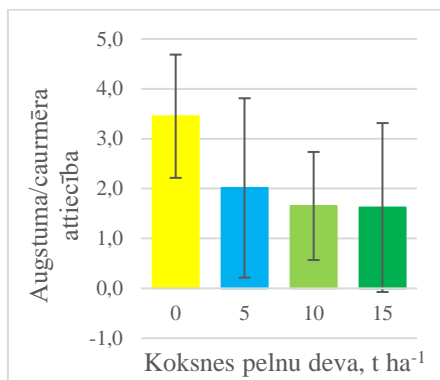
a)

b)

3.14. att. *B. pendula* augstuma/caurmēra attiecība 2021. gada veģetācijas sezonas beigās: a) vidējā augstuma/caurmēra attiecība, norādot standartnovirzi; b) augstuma un caurmēra regresija.

Aprēķinātā vidējā *A. glutinosa* augstuma/caurmēra attiecība samazinās, pieaugot koku augstumam. Visbūtiskākā atšķirība vērojama starp kontroles un ar 5 t ha<sup>-1</sup> ielabotajiem laukumiem (skat. 3.15. att.). Var pieļaut, ka izteiktāka korelācija starp augstumu un caurmēru pastāv parauglaukumos, kas ielabota ar 10 t ha<sup>-1</sup> koksnes pelnu devu, jo šī varianta koku mērījumi uzrāda augstāko  $R^2$  (0,9203) un koeficienta x vērtību (1,3633). Kopumā rezultāti parāda, ka pieaugot melnalkšņu augstumam, dominē koki ar lielākiem caurmēra rādītājiem.

Koksnes pelnu deva, t ha<sup>-1</sup> ■ 0 ■ 5 ■ 10 ■ 15



a)

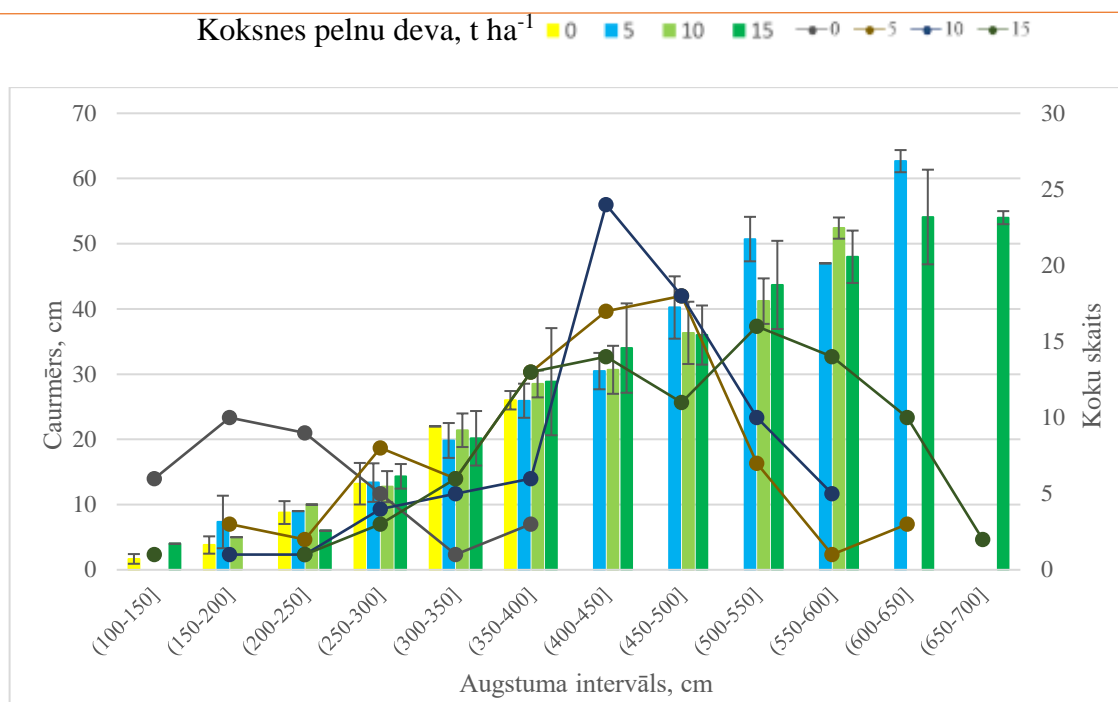
b)

3.15. att. *A. glutinosa* augstuma/caurmēra attiecība 2021. gada veģetācijas sezonas beigās: a) vidējā augstuma/caurmēra attiecība, norādot standartnovirzi; b) augstuma un caurmēra lineārā regresija.

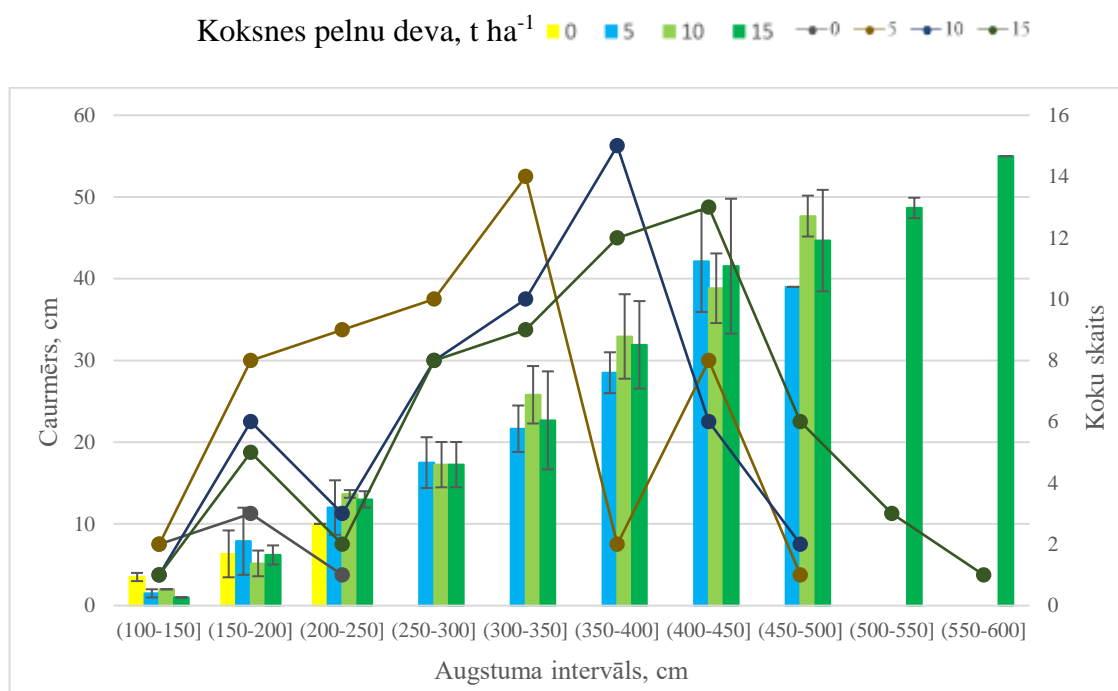
---

Ienestās koksnes pelnu devas – 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup> reprezentē optimālāko augstuma/caurmēra attiecību rādītāju bērziem – 1,4. Koku, kas auguši parauglaukumos ar 15 t ha<sup>-1</sup> devu, maksimālais augstums pārsniedz pat 600 cm, vienlaikus saglabājot optimālu caurmēra rādītāju, tomēr, jāatzīmē, ka šādu eksemplāru īpatsvars nav liels. Vislielākais augstuma/caurmēra attiecību rādītājs bērziem – 4,6 ar standartnovirzi  $\pm 3,8$  – tika konstatēts kontroles laukumos, kas norāda uz *B. pendula* augšanai nepieciešamo barības vielu trūkumu – koki ir novājināti un izstīdzējuši. Jāatzīmē, ka kontroles laukumos 23 *B. pendula* nebija sasnieguši 1,30 m augstumu un lielākais koku skaits ir augstuma amplitūdā no 150 cm līdz 250 cm, attiecīgi ar vidējo caurmēru no 3,8 cm līdz 8,8 cm (skat. 3.16. att.).

Līdzīgi kā bērzam, arī melnalkšņa labākā augstuma/caurmēra attiecība tiek sasniegta parauglaukumos ar 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup> koksnes pelnu devu. Tomēr mērījumi norāda uz koku tendenci stiepties garumā, caurmēram nedaudz atpaliekot. Pielietojot 10 t ha<sup>-1</sup> devu augstuma/caurmēra attiecības rādītājs ir 1,7 ar standartnovirzi  $\pm 1,08$ . Visvairāk koku (15) 10 t ha<sup>-1</sup> devas variantā ir ar augstumu robežās no 350 cm līdz 400 cm un vidējo caurmēru 3,3 cm, savukārt laukumi ar 15 t ha<sup>-1</sup> koksnes pelnu devu uzrāda 1,6 augstuma/caurmēra rādītāju – ar standartnovirzi  $\pm 1,69$ . Ar koksnes pelnu devu 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajos parauglaukumos dominē *A. glutinosa* augstuma intervālā no 400 cm līdz 450 cm, ar vidējo caurmēra rādītāju 41,5 cm, kas liecina par šo koku pozitīvu augšanas dinamiku. Savukārt parauglaukumos, kuros ienesta 5 t ha<sup>-1</sup> koksnes pelnu deva, novērota stādīto koku caurmēra pieauguma stagnācija (skat. 3.17. att.).



3.16. att. Dažādi augošo *B. pendula* skaitliskais sadalījums (augstums/caurmērs), norādot standartnovirzi, 2021. gada veģetācijas perioda beigās.



3.17. att. Dažādi augošo *A. glutinosa* skaitliskais sadalījums (augstums/caurmērs), norādot standartnovirzi, 2021. gada veģetācijas perioda beigās.

Salīdzinot *B. pendula* un *A. glutinosa* saglabāšanās rādītājus, vērojams, ka bērzs uzrāda labākus rezultātus visos variantos – gan kontroles laukumos, gan ar koksnes pelniem ielabotajos

parauglaukumos. Iespējams, melnalkšņu stādu augšanas attīstību vairāk kā bērzu ietekmējuši mainīgie meteoroloģiskie apstākļi un citi ekstrēmie apstākļi kā vēja erozija, saules ietekme D pusē, kūdras virsmas uzkaršana u.c., tāpēc *A. glutinosa* sugai tika novērota sliktāka saglabāšanās. Papildus zināms, ka melnalkšnim pēc stādījuma ierīkošanas lapas skeletēja alkšņu lapgrauzis *Agelastica alni*, kas var būt iemesls salīdzinoši sliktākam saglabāšanās rādītājam (Lazdiņa et al. 2019).

Kūdraugšnes ielabošana ar koksnes pelniem pārliecinoši sekmē lielākus *B. pendula* un *A. glutinosa* caurmēra un augstuma rādītājus. Bez tam, vizuāli novērtējot abas koku sugas lauka uzmērījumos, var apgalvot, ka koki, kas aug ar pelniem ielabotajos parauglaukumos izskatās veselīgāki, ar labu vitalitāti salīdzinot ar neielaboto parauglaukumu pārstāvjiem (skat. 3.18. att.).



kontrolle

15 t ha<sup>-1</sup>

kontrolle

15 t ha<sup>-1</sup>

3.18. att. *B. pendula* un *A. glutinosa* koku stādi kontroles laukumos un parauglaukumos ar 15 t ha<sup>-1</sup> pelnu devu (2021. gada veģetācijas perioda beigās, 11.11.2021.). Foto: K.E. Lūse.

Ņemot vērā pētījumā iegūtos rezultātus un statistiskos datus, redzams, ka bērzs kā pioniersuga gan prezentē lielākas augstuma un caurmēra vidējās vērtības salīdzinot ar melnalkšni, gan uzrāda šo parametru sasniegtās maksimālās vērtības. Detalizēti *B. pendula* un *A. glutinosa* 2021. gada veģetācijas perioda beigu mērījumu dati (augstuma, caurmēra mediāna, saglabāšanās rādītāji) ir skatāmi pielikumā (skat. Pielikums nr. 2, Pielikums nr. 3).

### 3. Diskusija

#### 3.1. *P. sylvestris*

100% saglabāšanās 2021. gada veģetācijas perioda beigās ir *P. sylvestris*, kas aug ar koksnes pelnu devu 10 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē. Tā kā 1,2% *P. sylvestris*, kas stādītas ar devu 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē, ir nozāģētas agrotehniskās kopšanas laikā, tad saglabāšanās 97,5% ir neviennozīmīga.

*P. sylvestris* 2021. gada ikgadējais pieaugums pārsniedz 2020.gada ikgadējo pieaugumu. Var secināt, ka *P. sylvestris* izmanto ar koksnes pelniem ienesto barības vielu potenciālu. Turklāt izlīdzinās ikgadējais pieaugums starp augsnēs, kas ielabotas ar 5 t ha<sup>-1</sup> un 10 t ha<sup>-1</sup>, augošajām *P. sylvestris*, tātad labāks ilgtermiņa rezultāts varētu būt novērojams *P. sylvestris*, kas aug ar devu 10 t ha<sup>-1</sup> ielabotā augsnē. Tam nepieciešams ilgāka laika perioda novērojums.

Efektīvākā koksnes pelnu deva *P. sylvestris* augstuma, caurmēra un sakņu kakla diametra veicināšanai un ikgadējam pieaugumam ir 15 t ha<sup>-1</sup>. Salīdzinot ar devām 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē augošo *P. sylvestris* augstumu, tiek sasniegta statistiski ticama būtiska atšķirība. Turklāt *P. sylvestris*, kas aug ar koksnes pelnu devu 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē, vidējo ikgadējo pieaugumu redzami neietekmē novietojums slejās, uzrādot lielāko vidējo aritmētisko ikgadējo pieaugumu tieši slejas vidū. Lai akcentētu šo aspektu, var izvērtēt ar devu 5 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē augošās *P. sylvestris*, kas lielāko 2021. gada ikgadējo pieaugumu tāpat kā kontroles laukā augošās *P. sylvestris* sasniedz slejās blakus grāvim un slejās starp grāvi un vidu, saņemot izskālotās barības vielas un papildus barības vielas no grāvja.

Augstuma/caurmēra attiecība *P. sylvestris* ielabotajā augsnē ir salīdzinoši līdzīga, pārsniedzot vērtību 1, kas liecina par ielabotajos variantos koku izteiktāku augšanu augstumā nevis caurmērā. To var ietekmēt gan konkurence starp kokiem, pirmajos gados cenšoties iegūt labāku apgaismojumu, gan priežu-apšu rūsas izplatība ieaugušos parasto apšu dēļ, gan citi vides apstākļi. *P. sylvestris*, kas aug ar koksnes pelnu devu 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā teritorijā, sasniedz otru labāko augstuma/caurmēra attiecību 1,2, ko palielina dažu slimo koku augstuma/caurmēra attiecība. Turklāt augstākiem kokiem ir lielāks īpatsvars ar optimālu caurmēra lielumu, tātad augstāki koki ir konkurētspējīgāki un varējuši augt arī resnumā.

---

Var secināt, ka lielāka koksnes pelnu deva sniedz lielāku efektu un ir pielietojama, lai nodrošinātu *P. sylvestris* augšanu ilgā laika posmā bez nepieciešamības to atkārtot vismaz novērotajā laika posmā.

Tikai kontroles laukumos ir noteiktas veselas *P. sylvestris*. Kontroles laukumos augošajiem kokiem attiecīgi ir mazākais ikgadējais pieaugums, augstums un pārējie noteiktie denroloģiskie rādītāji. Un visvairāk veselo koku ir mazākā ikgadējā pieauguma intervālā. Kontroles laukumā augošiem kokiem lielāks ikgadējais pieaugums ir rezultējies stipri bojātos kokos.

Ielabotajā augsnē 2020. gada ikgadējais pieaugums ir bijis lielāks kokiem, kas 2021. gada veģetācijas perioda beigās ir atzīti par maz bojātiem nevis stipri bojātiem. Taču slimības pakāpe stipri bojāts galvenokārt sastopama *P. sylvestris*, kas aug ar devām 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē. Ielabotajā augsnē augošajām *P. sylvestris* lielākais maz bojāto koku īpatsvars ir 40-50 cm ikgadējā pieauguma intervālā. Savukārt lielākais stipri bojāto koku īpatsvars ar devām 15 t ha<sup>-1</sup> un 5 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē ir ikgadējā pieauguma intervālā 30-40cm, kamēr ar devu 10 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē – 40-50 cm. Var secināt, ka *P. sylvestris* ar mazāku ikgadējo pieaugumu, slimo retāk vai vieglākā formā. Taču, ņemot vērā šo stipri bojāto koku ikgadējā pieauguma intervāla atšķirību, nepieciešama papildus izpēte, lai izprastu *P. sylvestris* reakciju uz priežu-apšu rūsu rekultivētās kūdraugsnēs un iespējamos ietekmējošos vides faktoros.

Arī, palielinoties augsnē ienestajai koksnes pelnu devai, samazinās īpatsvara atšķirība starp maz bojātiem un stipri bojātiem augstajiem kokiem. Turklāt augstākiem kokiem īpatsvara atšķirība starp maz bojātu un stipri bojātu ir mazāka, kas liecina, ka smagāk slimo augstāki koki. *P. sylvestris*, kas ielabotas ar devām 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup>, šāds līdzīgs sadalījums starp maz bojātiem un stipri bojātiem ir novērojams visā augstuma intervālā. Tas liecina, ka šīs *P. sylvestris* grupas ir uzņēmīgas pret priežu-apšu rūsu un būtu nepieciešama papildus izpēte, lai izprastu koksnes pelnu devas un koku augstuma ietekmi uz slimības gaitu.

Lai gan izskatās, ka maz bojātu un stipri bojātu koku lielākais īpatsvars ielabotajā augsnē ir sakņu kakla diametra intervālā 50-60 cm, *P. sylvestris*, kas aug ar devām 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā platībā, tomēr šajā intervālā uzrāda stipri bojātu koku dominēšanu. Interesanti, ka tikai ar devu 15 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā augsnē *P. sylvestris* ar mazu sakņu kakla diametru (10-40 cm) ir stipri bojātas, citās grupās mijas veselas, maz bojātas un stipri bojātas.

---

### 3.2. *B. pendula* un *A. glutinosa*

Veiktais pētījums uzrāda bērza pārākumu saglabāšanās rādītājos salīdzinājumā ar melnalksni, ne tikai ar koksnes pelniem ielabotajos variantos, bet arī kontroles laukumos. Zināms, ka *B. pendula* kā oligotrofa suga salīdzinot ar *A. glutinosa*, vairāk piemērojas apkārtējo vides apstākļu ietekmei un tam piemīt tolerance pret augsnes auglības īpašībām. Tomēr augšņu agroķīmiskajām īpašībām ir būtiska nozīme bērzu augšanas gaitai tieši kūdras augsnēs. Ir veikti pētījumi, kas liecina, ka kūdras augsnēs bērzu augšana galvenokārt atkarīga no divu elementu koncentrācijas – fosfora un magnija (Kāposts 2005; Liepiņš et al. 2013). Tāpēc, lai nodrošinātu *B. pendula* iespējami labākos augšanas rādītājus izstrādātu purvu kūdraugsnēs, nepieciešams sekot līdz augsnes agroķīmisko analīžu rezultātiem.

Zināms, ka melnalksnim pirmās veģetācijas sezonas laikā lapas bojājis alkšņu lapgrauzis *Agelastica alni*, kas var būt papildus iemesls salīdzinoši sliktākam saglabāšanās rādītājam (Lazdiņa et al. 2019). Turpretī bērzam līdz šim jaunaudzēs nav konstatētas masveidīgas lapu kaitēkļu savairošanās, kas varētu izraisīt būtisku kaitējumu, un atlapoto koku augšana un attīstība turpmākajos gados netiek ietekmēta (Liepiņš et al. 2013).

Neskatoties uz *B. pendula* pārākumu saglabāšanās rezultātos, kā arī labāku sniegumu augstuma un caurmēra vidējās un maksimālās vērtības rādītājos, vērts atzīmēt, ka kokaudzēs melnalksni iespējams izvērtēt kā piemistrojuma sugu. Zināms, ka *Alnus* ģints koku sugām ir raksturīga simbioze ar slāpekli fiksējošām aktinobaktērijām *Frankiella alni*, kas piesaista atmosfēras slāpekli un deponē to augsnē augiem uzņemamā nitrātu formā. Tādējādi alksnis uzlabo arī tiešā tuvumā atrodošos citu koku augšanas rādītājus (Liepiņš et al. 2010).

Pētījuma rezultāti piektajā koku augšanas sezonā pārlicinoši reprezentē koksnes pelnu pielietošanas efektu gan koku caurmēra rādītājos gan sasniegtajos augstumos.

Saskaņā ar Sellin et al. 2019, jo lielākas ir koka lapas un dzinumi, jo lielāks ir vadaudu laukums un hidrauliskā vadītspēja, tādējādi nodrošinot augam lielāku ūdens plūsmu. Aguraijuja et al. 2015 koksnes pelnu pielietošanas ietekmē atklāj *B. pendula* vadaudu biezuma palielināšanos ne tikai lapās, bet arī dzinumos. Kā zināms, viena no galvenajām kokaugu sastāvdaļām ir ksilēma - vadaudu sistēma, kas nodrošina ūdens un tajā izšķīdušo minerālvielu transportēšanu no auga saknēm uz patēriņa vietām augā. Atsaucoties uz Aguraijuja et al. 2015,



---

pielietojot maksimālo koksnes pelnu devu  $10 \text{ t ha}^{-1}$  tika atklāts lielākā ksilēma dzinumos, kas ļauj nogādāt uz lapām lielāko nepieciešamo šķīstošo minerālvielu daudzumu. Arī pētījumā, pielietojot maksimālo koksnes pelnu devu ( $15 \text{ t ha}^{-1}$ ), *B. pendula* un *A. glutinosa* uzrāda gan vidēji augstākās caurmēra un augstuma vērtības, gan sasniegto maksimālo caurmēra un augstuma rādītāju.

Vērtējot augstuma un caurmēra attiecības rādītāju *B. pendula* un *A. glutinosa* labākie rezultāti tiek sasniegti parauglaukumos ar  $10 \text{ t ha}^{-1}$  un  $15 \text{ t ha}^{-1}$  koksnes pelnu devu, tomēr jāatzīmē, ka mērījumi norāda uz koku tendenci stiepties garumā, caurmēram nedaudz atpaliekot. Līdzīgi, pielietojot  $5 \text{ t ha}^{-1}$  pelnu devu parauglaukumos ar melnalkšņu kokaudzēm, tika novērota stādīto koku caurmēra pieauguma stagnācija. Jāņem vērā, ka vides apstākļi uz caurmēra pieaugumu atstāj lielāku ietekmi nekā uz garuma pieaugumu (Dreimanis 2016).

## Atziņas

Izstrādātu purvu kūdraugšņu ielabošana ar barības vielām bagātiem koksnes pelniem, ne tikai sekmē stādītās kokaudzes ražību, bet arī palīdz ilgtspējīgi risināt koksnes pelnu, kas tiek radīti enerģijas ražošanā, izmantošanu.

Koksnes pelnu iestrādāšana kūdraugsnēs veicina lielākus *P. sylvestris*, *B. pendula*, *A. glutinosa* augstuma un caurmēra pieaugumus un nodrošina labākus *B. pendula*, *A. glutinosa* saglabāšanās rādītājus.

Pielietojot 15 t ha<sup>-1</sup> pelnu devu, *B. pendula*, *A. glutinosa* uzrāda gan vidēji augstākās caurmēra un augstuma vērtības, gan sasniegto maksimālo caurmēra/ausgtuma rādītāju.

Bērzs kā pioniersuga īstermiņā sasniedz lielākas augstuma un caurmēra vidējās vērtības un uzrāda lielākus šo parametru rādītājus salīdzinot ar melnalksni.

Pētījuma rezultāti uzrāda, ka parauglaukumos, kas ielaboti ar 5 t ha<sup>-1</sup> un 10 t ha<sup>-1</sup> koksnes pelnu devu, pastāv ciešāka korelācija starp augstumu un caurmēru, savukārt pielietojot 15 t ha<sup>-1</sup> koksnes pelnu devu, mērījumi norāda uz koku tendenci stiepties garumā, caurmēram nedaudz atpaliekot.

*B. pendula* salīdzinājumā ar *A. glutinosa* uzrāda labākus saglabāšanās rādītājus gan kontroles laukumos, gan ar koksnes pelniem ielabotajos parauglaukumos, jo *A. glutinosa* kā mezofīla suga, domājams, ir vairāk pakļauta ne tikai augsnes auglības svārstībām, bet arī mainīgo meteoroloģisko apstākļu un citu ekstrēmo apstākļu ietekmei.

Pētījuma rezultātu būtiski var ietekmēt izmantotā stādmateriāla kvalitāte, meteoroloģiskie apstākļi, tā pat liela nozīme ir slimību, kā arī edafiskajiem faktoriem.

Pētījuma rezultātus varēja ietekmēt nevienmērīga koksnes pelnu ienese augsnē vēja darbības rezultātā, tāpēc katrā atkārtojumā koki varēja saņemt atšķirīgu barības vielu daudzumu un uzrādīt atšķirīgus dendroloģiskos rādītājus.

Kūdraugšņu rekultivēšanā var tikt izmantotas koksnes pelnu devas 10 t ha<sup>-1</sup> un 15 t ha<sup>-1</sup>, lai sasniegtu lielus *P. sylvestris* dendroloģiskos rādītājus, kā augstums, caurmērs, sakņu kakla diametrs, un optimālāku koku augstuma/caurmēra attiecību. Ņemot vērā labākus rādītājus devai 15 t ha<sup>-1</sup>, tieši tā varētu tikt izmantota primāri.

Lielāka koksnes pelnu deva, ne tikai ietekmē koku dendroloģiskos rādītājus, bet arī var atbrīvo barības vielas ilgākā laika periodā, samazinot nepieciešamību atkārtot

ielabošanu rekultivējamā teritorijā. Taču augsnē ielabojamā koksnes pelnu deva un atkārtotības biežums ir jāizvērtē arī no vides piesārņojuma riska aspekta.

*P. sylvestris*, kas aug ar koksnes pelnu devu 5 t ha<sup>-1</sup> ielabotajā platībā, 2021. gada ikgadējais pieaugums ir lielākais slejās gar grāvi un starp grāvi un vidu, tad šīs koksnes pelnu devas efekts visticamāk mijiedarbojas ar attāluma no susinātājgrāvjiem ietekmi.

Veicot augsnes ielabošanu, ar *P. sylvestris* apmežojamā platība ir jāatbrīvo no parastās apses, jo priežu-apšu rūsa izteiktāk ietekmē kokus ar lielākiem dendroloģiskajiem rādītājiem un lielāku ikgadējo pieaugumu, salīdzinot ar kontroles laukumā novēroto.

---

## Literatūras saraksts

Aguraijuja, K., Klōšeiko, J., Ots, K., Lukjanova, A. 2015. Effect of wood ash on leaf and shoot anatomy, photosynthesis and carbohydrate concentrations in birch on a cutaway peatland. *Environmental Monitoring and Assessment*. 187, 444–456.

Almqvist, C., Jansson, G., Sikström, U. 2010. Growth of *Pinus sylvestris* after application of wood ash or P and K fertilizer to a peatland in southern Sweden. *Silva Fennica*. 44 (3), 411–425.

Bebre, I., Celma, S., Dūmiņš, K., Jansons, J., Lazdiņa, D., Lazdiņš, A., Skrandā, I. 2017. Wood ash – green energy production side product as fertilizer for vigorous forest plantations. *Agronomy Research*. 15 (2), 468–477.

Christensen, S., Cruz-Paredes, C., Ekelund, F., Hovmand, M., Johansen, J.L., Kjølter, R., Mortensen, L.H., Nielsen, M.L., Rønn, R., Vestergård, M. 2021. The complexity of wood ash fertilization disentangled: Effects on soil pH, nutrient status, plant growth and cadmium accumulation. *Environmental and Experimental Botany*. 185, 104424.

Demeyer, A., Verloo, M.G., Voundi Nkana, J.C. 2001. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. *Bioresource Technology* 77, 287-295.

Dubois, H., Verkasalo, E., Claessens, H. 2020. Potential of birch (*Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh) for forestry and forest-based industry sector within the changing climatic and socio-economic context of Western Europe Forests. 11 (3), 336.

Ernfors, M., Klemedtsson, L., Nilsson, M., Sikström, U. 2010. Effects of wood ash fertilization on forest floor greenhouse gas emissions and tree growth in nutrient poor drained peatland forests. *Science of the Total Environment*. 408, 4580-4590.

Ferm, A., Hokkanen, T., Issakainen, J., Moilanen, M. 1992. Effects of wood bark ash on the growth and nutrition of a Scots pine afforestation in central Finland. *Plant and Soil*. 147 (2), 305-316.

Hökkä, H., Issakainen, J., Moilanen, M., Silfverberg, K. 2005. Wood ash as a fertilizer on drained mires — growth and foliar nutrients of Scots pine. *Canadian Journal of Forest Research*. 35, 2734–2742.

Huotari, N., Tillman-Sutela, E., Moilanen, M., Laiho, R., 2015. Recycling of ash – for the good of the environment? *Forest Ecology and Management*. 348, 226–240.

Huotari, N., Tillman-Sutela, E., Pasanen, J., Kubin, E. 2008. Ash-fertilization improves germination and early establishment of birch (*Betula pubescens* Ehrh.) seedlings on a cut-away peatland. *Forest Ecology and Management*. 255, 2870–2875.

Issakainen, J., Kukkola, M., Moilanen, M., Saarsalmi, A. 2013. Effects of stabilized wood ash on nutrient status and growth of Scots pine – Comparison between uplands and peatlands. *Forest Ecology and Management*. 295, 136-144.

Jonczak, J., Jankiewicz, U., Kondras, M., Kruczkowska, B., Oktaba, L., Oktaba, J., Olejniczak, I., Pawłowicz, E., Polláková, N., Raab, T., Regulska, E., Słowińska, S., Sut-

---

Lohmann, M. 2020. *The influence of birch trees (Betula spp.) on soil environment – A review. Forest Ecology and Management. 477 (118486), 1-13.*

Jansone, B., Kļaviņa, D., Lazdiņa, D., Okmanis, M., Samariks, V. 2020. *Effect of High Concentrations of Wood Ash on Soil Properties and Development of Young Norway Spruce (Picea abies (L.) Karst) and Scots Pine (Pinus sylvestris L). Sustainability. 12, 9479.*

Kāposts, V. 2005. *Augsnes īpašību ietekme uz bērzu plantāciju mežu produktivitāti. Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”. Salaspils. p. 64.*

Kikamägi, K., Ots, K., Kuznetsova, T. 2013. *Effect of wood ash on the biomass production and nutrient status of young silver birch (Betula pendula Roth) trees on cutaway peatlands in Estonia. Ecological Engineering. 58. 17–25.*

Kikamagi, K., Kuznetsova, T., Ots, K., Pototsk, A. 2014. *The growth and nutrients status of conifers on ash-treated cutaway peatland. Trees. 28, 53-64.*

Kukkola, M., Moilanen, M., Saarsalmi, A., Smolander, A. 2014. *Wood ash in boreal, low-productive pine stands on upland and peatland sites: Long-term effects on stand growth and soil properties. Forest Ecology and Management. 327, 86-95.*

Liepiņš, K., Daugaviete, M., Zālītis, P. 2013. *Bērza plantācijas lauksiamniecības zemēs. Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”, Salaspils.*

Liepiņš, K., Liepiņš, J. 2010. *Field performance of grey alder (Alnus incana L. (Moench)) and common alder (Alnus glutinosa L.) container seedlings in experimental plantation on former farmland. Mežzinātne | Forest Science 21 (54), 4-15.*

Pärn, H., Mandre, M. and Tilk, M. 2009. *Changes in the Growth of Silver Birch (Betula pendula Roth) and Black Alder (Alnus glutinosa (L.) Gaertn.) Seedlings on Peat Soils Fertilised with Wood and Peat Ashes. Baltic Forestry. 15 (2), 168-176.*

Priede A., Gancone A. (red.) 2019. *Kūdras ieguves ietekmētu teritoriju atbildīga apsaimniekošana un ilgtspējīga izmantošana. Baltijas krasti, Rīga.*

Renou-Wilson, F., Pöllänen, M., Byrne, K., Wilson, D., Farrell, E.P. 2010. *The potential of birch afforestation as an after-use option for industrial cutaway peatlands. Suo – Mires and peat. 61, 59–76.*

Sellin, A., Õunapuu, E., Kaurilind, E., Alber, M. 2012. *Size-dependent variability of leaf and shoot hydraulic conductance in silver birch. Trees. 26, 821–831.*

## Pielikumi

1.pielikums. *P. sylvestris* augstuma un caurmēra mediāna, saglabāšanās 2021. gada veģetācijas perioda beigās

Koksnes pelnu deva, t ha <sup>-1</sup>	Augstums, cm									
	(30-50]	(50-70]	(70-90]	(90-110]	(110-130]	(130-150]	(150-170]	(170-190]	(190-210]	(210-230]
0	46,5	60	78	102	123	135	168	181,5	192,5	
5				105	121	145	159	183	200	220,5
10				107	126	141	161	182	200	213
15		68			126	146	163	180	202,5	216,5

Koksnes pelnu deva, t ha <sup>-1</sup>	Caurmērs, mm									Saglabāšanās, %	Nozāģēti, %
	na	(0-5]	(5-10]	(10-15]	(15-20]	(20-25]	(25-30]	(30-35]	(35-40]		
0	64		9	12	16	23,5				97,5	0,0
5	7	5	9	13	18	23	27,5	31	37	97,5	0,0
10	9	1	9	14	17	23	26	33,5		100,0	0,0
15	4	3	9	13	19	22,5	27	32		97,5	1,2



2.pielikums. *B. pendula* augstuma un caurmēra mediāna, saglabāšanās 2021. gada veģetācijas perioda beigās

Koksnes pelnu deva, t ha <sup>-1</sup>	Augstums, cm													
	(0-50]	(50-100]	(100-150]	(150-200]	(200-250]	(250-300]	(300-350]	(350-400]	(400-450]	(450-500]	(500-550]	(550-600]	(600-650]	(650-700]
0	26,5	67	134	174	222	260	310	360						
5				189	225	282	333	371	425	479,5	530	580	620	
10				194	212	275,5	335	381	431,5	477,5	510	575		
15			145		210	278	325	372	427	480	527,5	577,5	620	675

Koksnes pelnu deva, t ha <sup>-1</sup>	Caurmērs, mm								Saglabāšanās, %	Nozāģēti, %
	(0-10]	(10-20]	(20-30]	(30-40]	(40-50]	(50-60]	(60-70]	(70-80]		
0	4	11,5	25						79,2	0,0
5	9	15	27	35	47	53	62		96,3	0,0
10	10	16	29	35,5	43	52,5			93,7	2,5
15	5	17	26,5	34	46	53	65,5		92,9	1,0

3.pielikums. *A.glutinosa* augstuma un caurmēra mediāna, saglabāšanās 2021. gada veģetācijas perioda beigās

Koksnes pelnu deva, t ha <sup>-1</sup>	Augstums, cm													
	(0-50]	(50-100]	(100-150]	(150-200]	(200-250]	(250-300]	(300-350]	(350-400]	(400-450]	(450-500]	(500-550]	(550-600]	(600-650]	(650-700]
0	34	64,5	118	169	220									
5	35	80,5	127	185,5	215	280,5	317,5	371,5	423,5	454				
10		86	132	174,5	233	262	330,5	378,5	427,5	465				
15		99	132	193	232,5	274,5	319	378	434	477	515	580		

Koksnes pelnu deva, t ha <sup>-1</sup>	Caurmērs, mm								Saglabāšanās, %	Nozāģēti, %
	(0-10]	(10-20]	(20-30]	(30-40]	(40-50]	(50-60]	(60-70]	(70-80]		
0	5								72,2	0,0
5	6	17	23,5	39	50	52			80,2	0,0
10	5	14,5	27	35	44	52			71,3	0,0
15	5,5	15,5	27	36	45	55	66		87,3	1,2