



Meža attīstības fonda  
**PĒTĪJUMA PĀRSKATS**

PROJEKTA NOSAUKUMS: ERA-NET ForestValue pētījuma "Seeing trees and forests for the future: assessment of trade-offs and potentials to breed and manage forests to meet sustainability goals (Assess4EST)" īstenošana.

IZPILDES LAIKS: 15.03.2022 – 30.12.2022

IZPILDĪTĀIS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

PĒTĪJUMA VADĪTĀIS: \_\_\_\_\_  
Āris Jansons, LVMI Silava vadošais pētnieks

**Salaspils, 2022**

Saskaņā ar plānoto nodrošināta ERA-NET ForestValue apstiprināta pētījuma Assess4EST pirmā etapa īstenošana, piedaloties tajā kā sadarbības partnerim. Pētījumu "Seeing trees and forests for the future: assessment of trade-offs and potentials to breed and manage forests to meet sustainability goals" (Koki un meži nākotnē: meža selekcijas un mežkopības kompromisu un iespēju novērtējums ilgtspējības mērķu sasniegšanai) īsteno sadarbības partneri no 4 valstīm (Somijas, Zviedrijas, Norvēģijas un Latvijas). Tajā tiek vērtētas iespējas, pielāgojot un attīstot mežsaimniecību, nodrošināt meža nozares maksimālo devumu ilgtspējības mērķu sasniegšanai Ziemeļeiropā. Pētījumā apjomīgākais darbs plānots ar skuju kokiem, atsevišķos aspektos analizējot arī lapu koku izmantošanas potenciālu. Tiek vērtēta dažādu meža atjaunošanas metožu ietekme uz kokaudžu augšanu, klimata noturību un spējām pielāgoties strauji notiekošajam klimata pārmaiņām, iegūstamo koksnes kvalitāti, kas nodrošina maksimālo oglekļa uzkrājumu un fosilo materiālu aizstāšanas efektu.

Atbilstoši plānotajam nodrošināta dalība diskusijā par iepriekšējā posma ERA-NET rezultātiem un dalība darba grupā par uzsāktā ERA-NET pētījuma: "Seeing trees and forests for the future: assessment of trade-offs and potentials to breed and manage forests to meet sustainability goals (Assess4EST)" īstenošanas jautājumiem ar šī pētījuma vadītāju un partneriem 26.-29.09.2022. Madridē, Spānijā.



### Šajā posmā sasniedzamie rezultatīvie rādītāji un risinājumi to sasniegšanai

Sasniedzamais rezultatīvais rādītājs	Risinājums rādītāja sasniegšanai
Pārskats par vērtēto pazīmju ģenētisko variāciju	Jaunākās zinātniskās literatūras un pētījuma dalībnieku sagatavoto datu analīze
Dati pētījuma izpildei	Meža selekcijas datu apkopojums un papildus mērījumi (kopumā >1000 pluskoku ģimenēm) brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumos MPS. Informācijas nodošana par konkrēto darba uzdevumu izpildi atbildīgajam projekta dalībniekam
Priekšlikumu sagatavošana	Kopsavilkums un rekomendācijas rīcībpolitikas veidotājiem un meža īpašniekiem no pētījuma I etapa rezultātiem

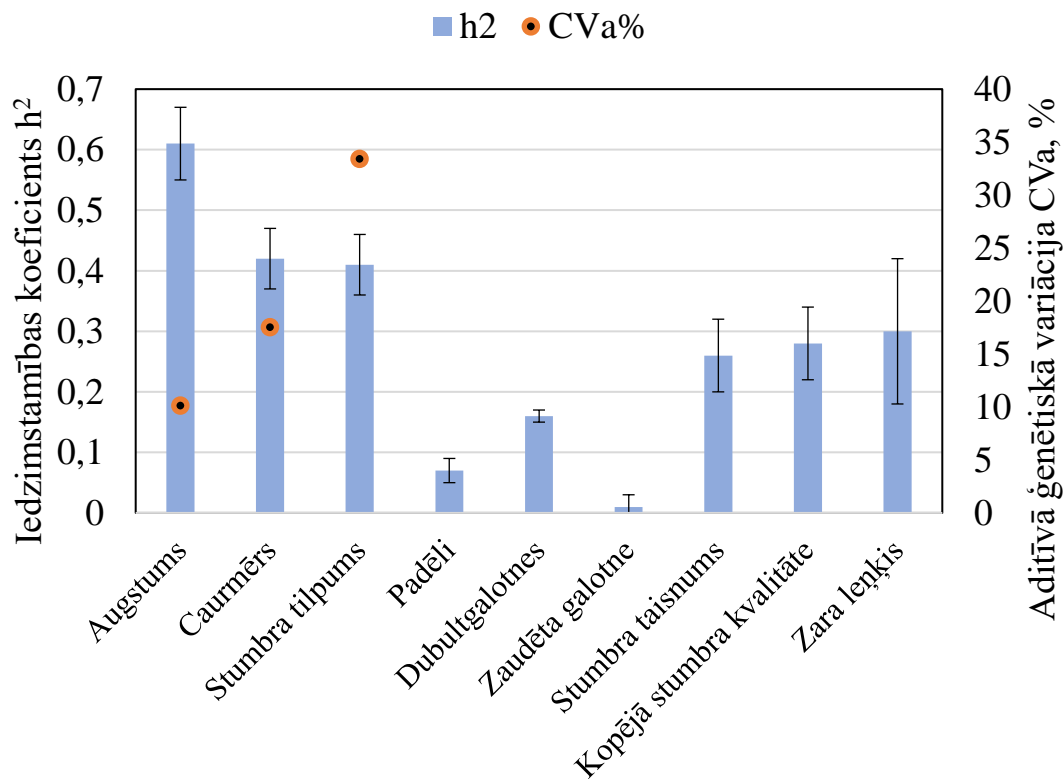
Nodrošināta visu plānoto rezultātu sasniegšana, raksturojot pazīmju ģenētisko nosacītību, sagatavojot un analizējot datus, kas ietverti manuskriptā, kā arī prezentēti un diskutēti 4 starptautiskos zinātniskos pasākumos un uz to pamata sagatavots zinātniskā pētījuma pieteikums.

### Pazīmju ģenētiskā variācija

Pētījuma pirmajā etapā fokuss bija bērza pazīmju analīze, par ko ir pieaugoša interese Zviedrijā (uzsākta jauna apjomīga bērza audzēšanas pētījumu programma), atjaunojusies interese Somijā (tiek strādāts pie plašākas pētījumu programmas izveides). Tāpat Latvijā ir pieaugošs pieprasījums pēc bērza stādmateriāla – tātad arī selekcijas darba rezultātu izmantošanas. Veiktās analīzes kopsavilkums:

- 1) ģenētikai ir būtiska ietekme kā uz koku stumbra kvalitāti, tā augšanu;
- 2) ģenētiskā korelācija starp stumbra kvalitāti un augšanu raksturojošajām pazīmēm vairumā gadījumu ir vāja, liecinot par iespējām vienlaikus veikt uzlabojumus abās pazīmju grupās;
- 3) cieša ģenētiskā korelācija starp rezultātiem dažādā stādījumu vecumā un vidēs liecina par to, ka selekcijas darba secinājumi, kas izdarīti uz ierobežota eksperimentu skaita pamata, ir vispārināmi. Tātad atlasītie genotipi uzrādīs labāku augšanu un stumbra kvalitāti dažādos, sugai piemērotos, meža tipos.

Analīzes kopsavilkums 1. attēlā un 1. tabulā.



1. attēls. Pazīmju iedzimstamības koeficients un aditīvā ģenētiskā efekta noteiktā variācija

Pazīmju ģenētiskā korelācija

Pazīme	D	Pad	Dub	Zg	St	Zl	Kvalit
<b>H</b>	0.9	0.4	0.2	0.1	-0.1	0.3	0.2
<b>D</b>		0.4	0.2	0.1	-0.1	0.2	0.2
<b>Pad</b>			0.6	0.1	-0.3	0	-0.5
<b>Dub</b>				-0.5	0	-0.1	-0.2
<b>Zg</b>					-0.7	0.5	-0.6
<b>St</b>						-0.7	0.8
<b>Zl</b>							-0.4

H- augstums, D – caurmērs, Pad – padēli, Dub – dubultgalotnes, Zg – zaudēta galotne, St – stumbra taisnums, Zl – zara leņķis, Kvalit – kopējais stumbra kvalitātes vērtējums

Ņemot vērā šos rezultātus, kā arī diskusijas ar projekta partneriem un citām zinātniskajām institūcijām (dalība konferencēs pārskata 3. sadaļā) un zinātniskās literatūras analīzi, identificēti aspekti, kur trūkst informācija. Sadarbībā ar meža nozares uzņēmumiem, kas ieinteresēti bērza efektīvā pavairošanā un audzēšanā, sagatavots pētījuma pieteikums: “Bērza audzēšanas tehnoloģija intensīvai un klimata viedai mežsaimniecībai”, kas iesniegts LAD. Pieteikuma:

1) *mērķis* – izveidot praksē izmantojamu tehnoloģiju intensīvai un klimata viedai bērza audzēšanai, radot risinājumu bērza audžu noturības kāpināšanai, koksnes deficīta mazināšanai nākotnē un efektīvai bioloģiskās daudzveidības elementu saglabāšanai stādījumos un plantāciju mežaudzēs. Sadarbojoties meža nozares uzņēmumiem ar pieredzi bērza stādījumu un plantāciju mežaudžu ierīkošanā un uzturēšanā, kā arī pētniecības organizācijai ar pieredzi dendroklimatoloģiskajās un bioloģiskās daudzveidības analīzēs, rast risinājumus noturīgu bērza audžu izveidei. Izmantojot pētniecības organizācijas infrastruktūras iespējas un piesaistot uzņēmumu par pieredzi vides monitoringā, atrisināt bērza stādījumu ierīkošanas iespējas platībās ar meliorētu auglīgu organisko augsni, novēršot nepieciešamību veidot lielas egles vienlaidus vienvecuma tīraudžu teritorijas un tādejādi mazinot ar klimata pārmaiņām saistītos riskus. Sadarbībā iesaistot organizāciju ar pieredzi meža nozares informācijas pasākumu organizēšanā un atpazīstamību, nodrošināt efektīvu informācijas par izstrādāto tehnoloģiju nodošanu mērķa grupai – meža īpašniekiem un apsaimniekotājiem (primārās produkcijas ražotājiem);

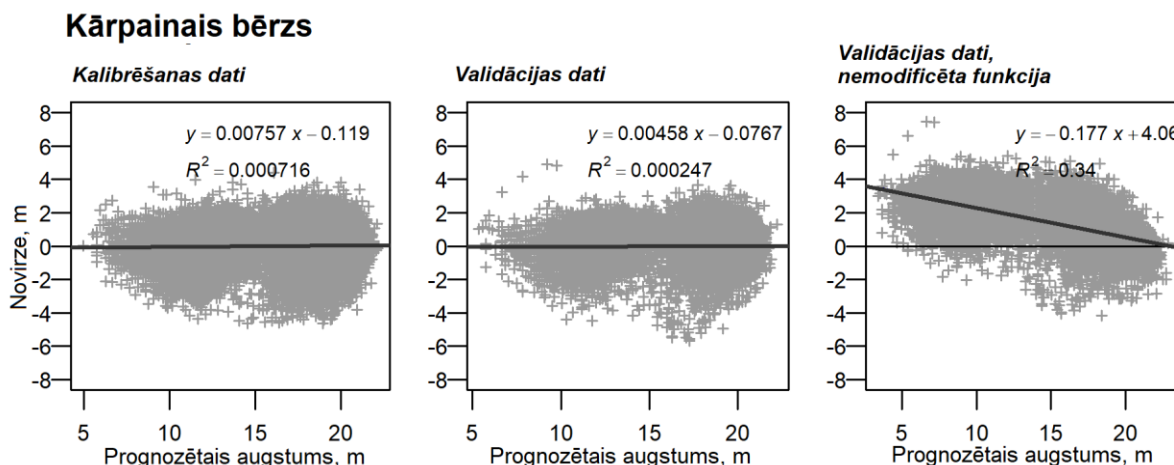
2) *kopsavilkums* – meža ainavā izvietotas teritorijas bez saimnieciskās darbības vai ar efektīvu biotopu apsaimniekošanu ir piemērots un būtisks risinājums bioloģiskās daudzveidības uzturēšanai (Moor et al., 2022). Lai vienlaikus nodrošinātu bioekonomikas attīstību, būtiski pielietot triāda principu un daļā no pārējās ainavas ierīkot ātraudzīgas mežaudzes (Muys et al., 2022). Šādas mežaudzes intuitīvi tiek saistītas ar zemu bioloģisko daudzveidību, tomēr trūkst pētījumu par faktiskajiem daudzveidību raksturojošajiem rādītājiem (un to kāpināšanas iespējām) bērza stādījumos. Bērza stādījumi būtu piemērota alternatīva platībās, kur egles ietekmē sakņu trupe, kā arī mazinot vienlaidus egles tīraudžu teritorijas – tādejādi reducējot ar klimata pārmaiņām saistītos riskus (Bādērs et al., 2018). Tāpat bērzs ir būtisks apmežojamu ierīkošanā platībās ar marginālām organiskajām augsnēm, kas kritiski nepieciešama (neizstājama) Latvijas klimata pārmaiņu mazināšanas saistību izpildei jau tuvākajā desmitgadē (Lazdiņš, 2018; Skrastiņa et al., 2021). Lai to nodrošinātu, svarīgi un pētījumā plānoti atrisināt šādas praktiskas problēmas: a)

nākotnes klimatam piemērota sēklu materiāla trūkums stādu ražošanai; b) zināšanu trūkums par papildus barības elementiem stādiem efektīvas pirmo gadu augšanas nodrošināšanai; c) zināšanu trūkums par piemērotāko stādījuma biežumu, t.sk. kvalitātes nodrošināšanai, risku mazināšanai un bioloģiskās daudzveidības elementu saglabāšanai.

## 2. Dati pētījuma izpildei

Nodrošināts meža selekcijas datu apkopojums un papildus mērījumi brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumos Meža pētīšanas stacijas teritorijā, sagatavojot datus par augšanas un kvalitātes pazīmēm par konkrētiem projekta Assess4EST darba uzdevumiem atbildīgajam dalībniekam. Bērza datu ieguve un analīze šī pētījuma ietvaros iekļauta manuskriptā, kas iesniegts žurnālam “Baltic Forestry”: “Height growth model for young stand of improved *Betula pendula*”. Recenzentu vērtējumi nav saņemti, labojumi atbilstoši tiem tiks veikti nākamajā etapā.

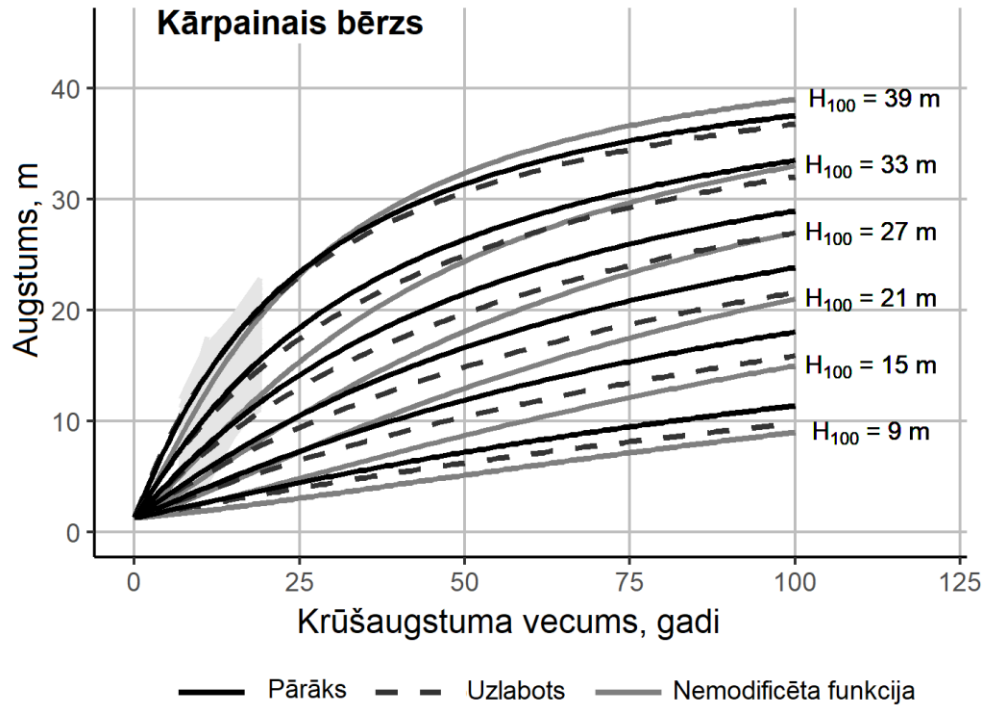
Secināts, ka bērza augšanas gaitas raksturošanai visatbilstošākā ir Kinga-Prodana vienādojumu dinamiskā forma (2. attēls).



2. attēls. Modeļa atlikumu sadalījums

Reproduktīvā materiāla kategorijas “Pārāks” augstums visā analizētajā vecuma posmā pārsniedz kategorijas “Uzlabots” augstumu, un iegūtais augstuma pieaugumu raksturojošais modelis ar katrai kategorijai specifiskiem koeficientiem pamatoti atspoguļoja meža selekcijas ietekmi uz koku faktisko augšanu (3. attēls). Modelis vienkārši izmantojams praksē, piemēram, atjaunošanas veidu salīdzinājumam un ekonomiskā efekta vērtēšanai, meža tipos, kur bērzs var veidot augstu bonitāšu (Ia-II) audzes.

Papildus iegūtie dati izmantoti, salīdzinot selekcijas rezultātus kaimiņvalstīs un identificējot tādus šobrīd nedaudz siltākā klimatā augošus genotipus, kas potenciāli varētu papildināt Latvijas selekcijas populāciju un nodrošināt labāku adaptāciju klimata pārmaiņām.



3. attēls. Bērza augstuma modelēšanas rezultāti

### 3. Priekšlikumu sagatavošana

Pētījuma I etapā nodrošināta daļība diskusijās un sākotnējo rezultātu sagatavošana, kas veidos bāzi praktiskām rekomendācijām pētījuma noslēguma etapā.

1. pētījuma rezultāti prezentēti starptautiskā zinātniskā konferencē “Local solutions for regional and global forest management chalanges”, 7.-9.06.2022., Latvijā, ziņojumā: “Height growth models for young stands of genetically improved Scots pine and silver birch in Latvia”.



International conference  
**LOCAL SOLUTIONS FOR REGIONAL AND  
GLOBAL FOREST MANAGEMENT  
CHALLENGES**

Organized by SNS Growth and Yield researchers Network  
In Salaspils and Riga, Latvia  
June 7-9, 2022



Nodrošināta dalība šīs konferences organizēšanā, un tās dalībnieki iepazīstināti ar bērza selekcijas rezultātiem Latvijā. Raksturota šajā pētījumā analizētā ģenētikas ietekme uz augšanas gaitu, kā arī īpašniekam īstermiņā (praktisks novērtējums no to stādījumu datiem, ar kuriem iepazīstināti konferences dalībnieki) un ilgtermiņā (modelēšanas rezultāti) iegūstamo ekonomisko vērtību.

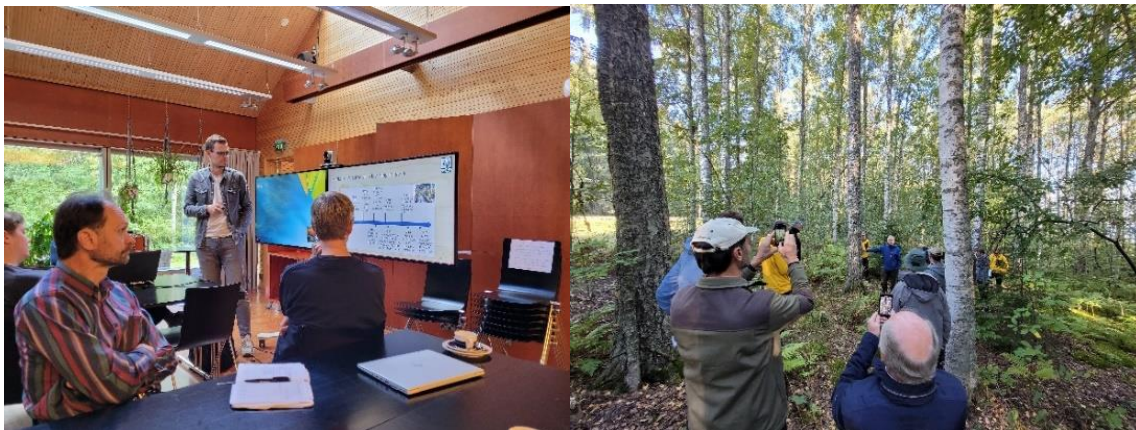
2. pētījuma rezultāti prezentēti starptautiskā zinātniskā konferencē “Managing Forest Genetic Resources for an uncertain future”, 19.-24.06.2022. Lisabonā, Portugālē, ietverot tos ziņojumā: “Height growth models for improved forest reproductive material of main tree species in Latvia”.





3. pētījuma rezultāti prezentēti starptautiskā zinātniskā seminārā “Stronger together – facilitating efforts in birch breeding in the Baltic Sea region”, 06.-09.09.2022., Somijā, ietverot tos ziņojumā: “Silver birch: breeding & growth modeling of improved birch in Latvia”. Semināra ietvaros ar meža selekcionāriem no Somijas, Zviedrijas, Norvēģijas, Polijas, Īrijas, Igaunijas un Latvijas diskutēts par bērza selekciju un atlasītā ģenētiski kvalitatīvākā materiāla pavairošanas aspektiem gan darba grupās, gan izbraukumā pētījumu objektos. Nozīmīgākie turpmāko eksperimentu temati attiecībā uz bērza pavairošanu:

- pumpuru attīstības detalizēts raksturojums, lai precīzi determinētu to diferencēšanās laiku un tādējādi varētu mērķtiecīgāk veikt ziedēšanas stimulēšanas pasākumus;
- aizsardzības līdzekļu pret kaitēkļu bojājumiem efektivitāte (ietekme uz kārtējā un nākamā gada ražu) un to izmantošanas iespējas (ņemot vērā katras valsts likumdošanas prasības), t.sk. pret laputīm (kā insekticīds Gazelle), pret lapu ērcēm (kā insekticīds Borneo);
- kombinētas laistīšanas (no augšas caur vainagiem un pie saknēm) ietekme uz koku fizioloģiskajiem parametriem un sēkļu ražu;
- sēkļu novākšanas laika un uzglabāšanas apstākļu (t.sk. apstākļu uzreiz pēc iesēšanas) ietekme uz stādu iznākumu. Sākotnējie novērojumi liecina, ka pat nelieli sausuma periodi šajā posmā iniciē sēkļu fizioloģiskā miera stāvokļa iestāšanos, taču būtiski detalizēti eksperimenti;
- vides parametru (t.sk. temperatūras amplitūdas un ekstrēmu, ogļskābās gāzes koncentrācijas, gaismas apstākļu dažādās vainaga vietās) un to mijiedarbības ietekme uz sēkļu ražu.





4. pētījuma rezultāti prezentēti konferencē “Zemes izmantošanas nozaru ilgtspēja – Eiropas vides politikas prasību un ģeopolitiskās realitātes apstākļos” 03.11.2022.



Selekcionēta kārpainā bērza augšanas gaitas modeļi jaunaudžu vecumam  
Height growth models for young stands of genetically improved silver birch

Pauls Zeltiņš, Virgilijus Baliuckas, Arnis Gailis, Āris Jansons  
Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"  
pauls.zeltins@silava.lv, aris.jansons@silava.lv



Meža koku selekcija Baltijas jūras reģionā ir būtiski veicinājusi bioekonomiskai nozīmīgo koksnes ražošanu. Attiecīgi selekcijas efekta pozitīvu ietekmi uz koku augšanu būtu jāņem vērā augšanas gaitas vienādojumos – veicot modifikācijas esošajās funkcijās vai izveidojot jaunus empīriskus modeļus, ja pieejamie mērījumu dati to ļauj. Šādi uzlaboti modeļi izmantojami, lai precīzāk novērtētu, piemēram, dažādas apsaimniekošanas alternatīvas. Mūsu mērķis bija izveidot jaunus individuālu koku augstuma augšanas gaitas funkcijas selekcionētam kārpainajam bērzam jaunaudžu vecumā.

**Materiāls un metodika**

Modeļa kalibrēšanai izmantoti augstuma mērījumu dati no vairākkārt pārņemtiem brīvspūtes pēcnācēju pārhaudu stādījumiem Latvijā un Lietuvā vecuma diapazonā no 5 līdz 22 gadiem. Mēs izmantojām vispārīgās algebriskās diferences pieeju, lai kalibrētu meža reproduktīvā materiāla kategoriju 'uzlabots' un 'pārāks' specifiskus kārpainā bērza augstuma modeļus, izvēloties bāzes funkciju, kas visprecīzāk apraksta augšanas gaitu.

**Rezultāti**

King-Prodan bāzes vienādojuma dinamiskā forma uzrādīja visaugstāko precizitāti ( $R^2 = 0.93$ ) ar statistiski būtiskiem koeficientiem ( $p < 0.001$ ) un bez izteiktām atlikuma kļūdu tendencēm gan kalibrēšanai izmantotajiem, gan validācijas datiem vērtētajā jaunaudžu vecumā. Kategorijas 'pārāks' prognozētā augstuma līkne bija virs kategorijas 'uzlabots'.

1. tabula. Modeļa elastitāte rādītāji. Table 1. Model statistics.

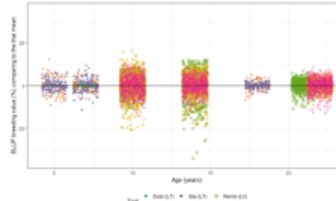
RMSE - vidējais kvadrātiskais kļūdas rādītājs (root mean square error); MEF - modeļa elastitāte (model efficiency); N - koku skaits (number of trees)

Rādītājs/ Statistic	RMSE (m)	MEF	N
Kalibrēšanas dati/ Calibration data	1.346	0.934	39135
Validācijas dati/ Validation data	1.361	0.933	16791

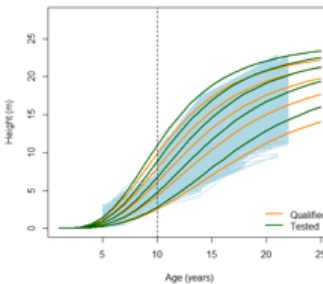
**Secinājumi/ Conclusion**

Modeļi ar uzlabotas meža reproduktīvā materiāla kategorijas specifiskiem koeficientiem pietiekami precīzi atspoguļoja kārpainā bērza faktisko augstuma augšanas gaitu. Šāds vienādojums ir viegli piemērojams praktiskajai izmantošanai. Nemot vērā pieejamo empīrisku datu kopu, ar kuras palīdzību veikta funkcijas kalibrēšana, rekomendējams modeļi izmantot augstuma prognozēm jaunaudžu vecumā ( līdz ~ 20 gadu vecumam) bērza audzēm sugai piemērotās augsnēs.

The model with FRM-category-specific coefficients reasonably reflected the actual growth of improved stands, and may be easy to apply for practical use. Still, such predictions are limited to sites with medium and high site indices, where improved planting stock is typically used. We recommend the model for young stands up to age of 20, considering empirical data cover on which the functions are based.



1. attēls. Prognozētais bērzātes augstums (m) salīdzinot ar faktiskajiem bērzātes augstuma mērījumiem (m) dažādos vecumos (5, 10, 15, 20 gadi). Katrs punkts atbilst konkrētai koksnei, kas ir kalibrēta vai pārbaudīta. Katrs punkts ir krāsaini apzīmēts atbilstoši kategorijai: 'uzlabots' (oranži) un 'pārāks' (zaļi).



2. attēls. Kārpainā bērza uzlabota reproduktīvā materiāla kategorijas ('uzlabots') specifiskās augšanas gaitas, matemātiskā apraksts ar King-Prodan dinamisko vienādojumu. Gaisā zils krāsainais fons atbilst 'uzlabots' un 'pārāks' kategoriju kopējai funkcijas modifikācijai.

Figure 2. Silver birch height growth curves (green and orange lines) for improved category 'qualified' (reproductive) saplings. King-Prodan dynamic model. Light blue colour in the background denotes dynamic height - age curves.



Pirmreizuma / Funding 2024-2027 "Green Deal project: 'Seeking trees and forests for the future: assessment of tree-off and potentials to breed and manage trees to meet sustainability goals (Assess4G20)'