



Pārskats

par Meža attīstības fonda atbalstīto pētījumu

Pētījuma nosaukums: **Atsevišķas mežaudzes augšanas gaitas prognožu rīka izveide mežkopības lēmumu ilgtermiņa ietekmes novērtēšanai**

Pētījuma izpildes laiks: 01.06.2024. – 30.12.2024.

Pētījuma izpildītājs: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

Pētījuma vadītājs: Guntars Šņepsts, LVMI „Silava” pētnieks

Salaspils, 2024

Kopsavilkums

Zinātniskais pētījums: Atsevišķas mežaudzes augšanas gaitas prognožu rīka izveide mežkopības lēmumu ilgtermiņa ietekmes novērtēšanai.

Izpildes laiks: 01.06.2024. – 30.12.2024.

Izpildītājs: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”.

Pētījuma zinātniskais vadītājs: Guntars Šņepsts.

Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava" tiek īstenoti pētījumi, kas saistīti ar dažādu dabisko traucējumu un mežkopības pasākumu īstermiņa un ilgtermiņa ietekmes uz mežaudžu parametriem vērtēšanu un/vai prognozēšanu. LVMI Silava ir jau izstrādāts Latvijas meža resursu prognozēšanas un modelēšanas rīks, ar ko zinātniski korekti iespējams raksturot Latvijas meža resursu ilgtermiņa izmaiņas pie dažādiem mežsaimniecības scenārijiem, kas sniedz atbalstu stratēģisko lēmumu pieņemšanai par Latvijas meža zemes un koksnes resursu apsaimniekošanu. Tāpat atsevišķos pētījumos sagatavoti prognožu rīki konkrētu aspektu (piemēram, atsevišķu vēja bojājumu risku, konkrētas sugas atsauces reakcijas uz retināšanu (krājas kopšanu) u.c.) vērtēšanai. Tomēr trūkst visaptverošas pētījumu rezultātu integrācijas vienkāršā rīka, kas izmantojams nelielu meža platību īpašniekam/apsaimniekotājam, studentam vai vienkārši interesentam.

Pētījuma mērķis ir sagatavot publiski pieejamu un vienkārši izmantojamu atsevišķas mežaudzes prognožu rīku mežkopības pasākumu un meža apsaimniekotāja lēmuma ilgtermiņa ietekmes vērtēšanai.

Izveidots atsevišķas mežaudzes augšanas gaitas prognožu rīks MS Excel programmā, kas ir simulācijas modelis. Ar šo rīku iespējams modelēt vienas mežaudzes statistiski ticamāko attīstību pie četriem definētiem mežsaimniecības scenārijiem. Jāuzsver, ka ar šo rīku nav iespējams modelēt katras konkrētas mežaudzes attīstību nākotnē, jo nav iespējams izveidot modeļus, kas ņem vērā visus faktorus, kas šobrīd ietekmē mežaudzes attīstību vai prognozēt precīzi nākotnē visus faktorus, kas potenciāli ietekmēs mežaudzes attīstību. Piemēram, nav iespējams prognozēt meža likumdošanas izmaiņas, precīzi prognozēt meteoroloģiskos apstākļus vairākus gadu desmitus uz priekšu. Šis rīks paredzēts, lai lietotājs var izvērtēt dažādu mežaudzes apsaimniekošanas alternatīvu ilgtermiņa ietekmi.

Ar izstrādāto prognožu rīku iespējams modelēt par 10 gadiem vecāku mežaudžu potenciālo attīstību pie četriem dažādiem mežsaimniecības scenārijiem: 1) mežaudzē netiek modelēta mežsaimnieciskā darbība; 2) mežaudzē tiek modelēta ekstensīva mežsaimnieciskā darbība; 3) mežaudzē tiek modelēta ikdienišķa mežsaimnieciskā darbība; 4) mežaudzē tiek modelēta mūsdienīgi (mērķtiecīgi) mežsaimnieciskā darbība. Katrā no scenārijiem tiek modelēta mežaudzes attīstība divos veidos: bez un ar “dabiskajiem” traucējumiem. Rīkā “dabiskie” traucējumi ir uz vēsturiskiem datiem balstīts algoritms, kas modelē nejausi dabiskos traucējumus atkarībā no koku sugas, vecuma, mežsaimnieciskās darbības. Katrai audei lietotājam ir iespēja iegūt informāciju par potenciāli izaudzēto apjomu (mežaudzes krāja un uzkrātais ogleklis galvenās cirtes brīdī vai modelēšanas perioda beigās), potenciāli nocirsto apjomu un nocirstajiem sortimentu veidiem (zāģbalki, papīrmalka un malka dalījumā pa koku sugām).

Rīks izveidots MS Excel formātā, kas nodrošina, ka nākotnē mežzinātnes institūta pētnieki var viegli to uzturēt – aktualizēt un papildināt ar jaunākajām meža zinātnieku atziņām, modificēt atbilstoši lietotāju (meža īpašnieku vai meža nozares darbinieku) vajadzībām un ieteikumiem. Rīks pieejams LVMI “Silava” mājaslapā www.silava.lv (<https://www.silava.lv/petnieciba/petijumi/atseviskas-mezaudzes-augšanas-gaitas-prognozu-rika-izveide-mezkopibas-lemumu-ilgtermina-ietekmes-novertesanei>).

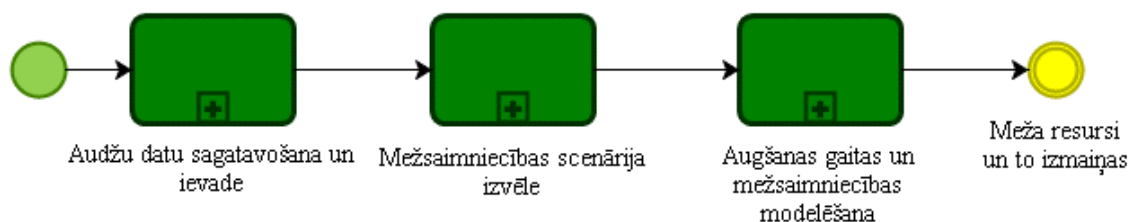
Saturs

| | |
|---|-----------|
| Kopsavilkums | 2 |
| 1. Atsevišķas mežaudzes augšanas gaitas prognožu rīka apraksts | 4 |
| 1.1. Mežsaimniecības scenāriji | 6 |
| 1.2. Modelēšanai nepieciešamie dati | 7 |
| 1.2.1. Ievades dati..... | 8 |
| 1.2.2. Atsevišķu meža elementu taksācijas rādītāju aprēķins | 8 |
| 1.2.3. Kokaudzes taksācijas rādītāju aprēķins | 11 |
| 1.3. Augšanas gaitas modelēšana | 12 |
| 1.3.1. Meža elementa stāvs..... | 13 |
| 1.3.2. Meža elementa vecums..... | 13 |
| 1.3.3. Meža elementa krūšaugstuma vecums | 13 |
| 1.3.4. Meža elementa virsaugstums..... | 13 |
| 1.3.5. Meža elementa vidējais augstums | 14 |
| 1.3.6. Meža elementa vidējais caurmērs | 14 |
| 1.3.7. Meža elementa koku skaits..... | 15 |
| 1.3.8. Meža elementa šķērslaukums | 15 |
| 1.3.9. Meža elementa krāja..... | 16 |
| 1.3.10. Meža elementa biomasa..... | 16 |
| 1.3.11. Meža elementa uzkrātais ogleklis..... | 16 |
| 1.4. Mežsaimnieciskās darbības un dabisko traucējumu modelēšana | 16 |
| 1.4.1. Jaunaudžu kopšana | 17 |
| 1.4.2. Krājas kopšana..... | 17 |
| 1.4.3. Galvenā cirte..... | 19 |
| 1.4.4. Dabiskie traucējumi..... | 19 |
| 1.4.5. Meža meliorācija un meliorācijas sistēmu renovācija | 20 |
| 1.4.6. Meža mēslošana..... | 21 |
| 1.5. Sortimentācija | 21 |
| 2. Prognozēšanas rīka lietošanas vadlīnijas | 24 |
| 2.1. Mežaudzes raksturojošās informācijas ievade..... | 25 |
| 2.2. Mežsaimniecības scenārija izvēle un modifikācija | 27 |
| 2.3. Modelēšanas rezultāti | 30 |
| Literatūra | 32 |
| 1. pielikums. Modelēšanā izmantotie klasifikatori | 33 |

1. Atsevišķas mežaudzes augšanas gaitas prognožu rīka apraksts

Izveidots atsevišķas mežaudzes augšanas gaitas prognožu rīks MS Excel programmā, kas ir simulācijas modelis. Ar šo rīku iespējams modelēt vienas mežaudzes statistiski ticamāko attīstību pie četriem definētiem mežsaimniecības scenārijiem. Jāuzsver, ka ar šo rīku nav iespējams modelēt katras konkrētas mežaudzes attīstību nākotnē, jo nav iespējams izveidot modeļus, kas ņem vērā visus faktorus, kas šobrīd ietekmē mežaudzes attīstību vai prognozēt precīzi nākotnē visus faktorus, kas potenciāli ietekmēs mežaudzes attīstību. Piemēram, nav iespējams prognozēt meža likumdošanas izmaiņas, precīzi prognozēt meteoroloģiskos apstākļus vairākus gadu desmitus uz priekšu. Šis rīks paredzēts, lai lietotājs var izvērtēt dažādu mežaudzes apsaimniekošanas alternatīvu ilgtermiņa ietekmi.

Vienkāršoti modelēšanas pamata process sastāv no trīs posmiem: modelēšanai nepieciešamo datu sagatavošana (taksācijas datu ievade un aprēķināšana), mežsaimniecības scenārija izvēle (ar papildus mežsaimniecisko darbību izvēli vai modificēšanu) un meža resursu izmaiņu modelēšana n laiku uz priekšu (1.1. attēls).



Powered by
bizagi
Modeler

1.1. attēls. Atsevišķas mežaudzes augšanas gaitas prognožu rīka mežu resursa izmaiņu prognozēšanas procesa shēma.

Meža resursu izmaiņu modelēšana notiek pa vienu gadu gariem periodiem.

Kokaudzes izmaiņu modelēšana rīkā notiek meža elementa līmenī, kur par vienu meža elementu pieņem vienas sugas un vienas paudzes vienā stāvā esošu koku kopu. Kokaudžu taksācijas rādītāju (H, D, G vai N) izmaiņu modelēšana ir determinisks process, un augšanas gaitas raksturošanai izmanto LVMI Silava izstrādātos augšanas gaitas vienādojumus (Donis u.c., 2015, Donis, 2023).

Modelēšanā iekļautā saimnieciskā darbība: kopšanas cirtes (jaunaudžu un krājas kopšana), galvenā cirte (vienlaidus atjaunošanas cirte), sanitārās cirtes (sanitārās izlases cirtes), meža meliorācija un meža mēslošana. Saimnieciskās darbības modelēšana ir determinisks process, proti, audzē modelē saimniecisko darbību visos gadījumos, kad izpildās šīs saimnieciskās darbības definētie kritēriji. Piemēram audzi modelē, ka nocērt, tiklīdz tā atbilst kādam no galvenās cirtes kritērijiem, vai arī sanitārās izlases cirti modelē tiklīdz audzē ir modelēti dabisko traucējumu bojājumi.

“Dabisko” traucējumu modelēšanā tiek izmantoti stohastiskie modeļi, kas, balstoties uz vēsturiskajiem datiem (pēdējie 20 gadi), izstrādātajiem algoritmiem pie vienādiem ieejas datiem prognozē dažādu dabisko traucējumu iespējamību.

Katru audzi modelē divos variantos: bez dabiskiem traucējumiem un ar dabiskajiem traucējumiem. Variantā bez dabiskajiem traucējumiem audzi modelē vienu reizi, jo gan

augšanas gaitas modeļi, gan saimnieciskās darbības modeļi ir determiniski, kas nozīmē, ka pat vairākkārt atkārtoti modelējot audzes attīstību iegūtais rezultāts neatšķirtos. Variantā ar dabiskajiem traucējumiem audze tiek modelēta 100 reizes, jo stohastiskais dabisko traucējumu modelis nodrošina, ka modelējot audzi vairākkārt rezultāti atšķirtas. Šajā rezultātā rezultātos atspoguļo aritmētiski vidējo vērtību un standartkļūdu.

1.1. Mežsaimniecības scenāriji

Programmā ir definēti četri dažādi mežsaimniecības scenāriji, kurus lietotājs var daļēji modificēt. Neviens no scenārijiem nav uzskatāms par optimālu mežaudzes apsaimniekošanas scenāriju. Ar rīku ir iespējams modelēt sekojošus mežsaimniecības scenārijus:

1. mežaudzi neapsaimnieko;
2. mežaudzi apsaimnieko ekstensīvi;
3. mežaudzi apsaimnieko ikdienišķi;
4. mežaudzi apsaimnieko mūsdienīgi (mērķtiecīgi), atbilstoši mežzinātnieku rekomendācijām.

Detālāka katra scenārija mežsaimniecība aprakstīta 4. nodaļā, bet šeit īss apraksts, lai izprastu mežsaimniecības scenāriju atšķirības.

Mežaudzi neapsaimnieko

Mežaudzē netiek modelēta mežsaimnieciskā darbība – netiek modelētas koku ciršanas, meža meliorācija un meža mēslošana. Mežaudzē modelē “dabiskos” traucējumus.

Mežaudzi apsaimnieko ekstensīvi

Mežaudzē tiek modelēta ekstensīvāka mežsaimnieciskā darbība kā tas ir ikdienišķas mežsaimniecības scenārijā. Biezība pie kādas tiek modelētas kopšanas cirtes (gan jaunaudžu, gan krājas kopšanas cirtes) ir nepieciešama lielāka nekā ikdienišķā mežsaimniecības scenārijā. Tāpat palikušās audzes biežība pēc kopšanas cirtes ir lielāka nekā ikdienišķas mežsaimniecības scenārijā.

Mežaudzi apsaimnieko ikdienišķi

Šajā scenārijā modelēšana tiek veikta atbilstoši šī brīža mežsaimniecības vispārīgai praksei (pēdējo 3-5 gadu).

Mežaudzi apsaimnieko mūsdienīgi

Šajā scenārijā modelēta mežsaimniecība ar mērķi veicināt mežu ražību. Mežsaimniecība modelēta intensīvāka un atbilstoši šī brīža zinātnieku izstrādātajām rekomendācijām. Salīdzinājumā ar ikdienišķu mežsaimniecību jaunaudžu kopšana tiek plānota savlaicīgāk un palikušo koku skaits mazāks (atbilstoši optimālajam koku skaitam). Krājas kopšanas cirtes jaunākās audzēs tiek modelētas pie zemākas biežības un ar lielāku intensitāti, bet vecākās audzēs (tuvāk potenciālajam galvenās cirtes brīdim) kopšanas cirtes tiek modelētas biežākās audzēs ar mazāku intensitāti.

Scenārijos ar mežsaimniecisko darbību ir iespējams mainīt galvenās cirtes vecumu un caurmēru. Šos rādītājus var gan palielināt vai samazināt, piemēram, eglēm galvenās cirtes vecumu var palielināt par 10 gadiem (91 gads) vai samazināt par 10 gadiem (71 gads). Tāpat šajos scenārijos ir iespējas papildus norādīt vai mežaudzē veic meža mēslošanu un/ vai meža meliorāciju. Meža mēslošanu programmā modelē tikai mazauglīgajos meža tipos – Sl, Mr, Ln, Gs, Mrs, Av, Am, Kv, vai Km. Savukārt meža meliorācija iespējama tikai daļā slapjainu un purvainu – Mrs, Dms, Vrs, Nd un Db.

Mežsaimniecības scenārijā bez mežsaimnieciskās darbības modelēšanas periods ir 140 gadi. Scenārijos ar mežsaimniecisko darbību modelēšana notiek līdz galvenās cirtes brīdim. Programmā modelē galveno cirti, kad audzes I stāva valdošās koku sugas vecums vai caurmērs sasniedz scenārijā definēto vērtību. Tātad, ja ātrāk tiek sasniegts galvenās cirtes vecums, tad galveno cirti modelē pēc vecuma, ja ātrāk tiek sasniegts galvenās cirtes caurmērs, tad galveno cirti modelē pēc caurmēra.

1.2. Modelēšanai nepieciešamie dati

Katrai audzei modelēšanā nepieciešamie mežaudzi un kokaudzi raksturojoši dati (pasvītrotie ir lietotāja ievades dati):

1. mežaudzi raksturojošā informācija:
 - 1.1. meža tips,
 - 1.2. kokaudzes izcelsme;
2. atsevišķu kokaudzes meža elementu raksturojošā informācija:
 - 2.1. suga,
 - 2.2. stāvs,
 - 2.3. vecums,
 - 2.4. krūšaugstuma vecums,
 - 2.5. bonitāte,
 - 2.6. caurmērs,
 - 2.7. augstums,
 - 2.8. virsaugstums,
 - 2.9. koku skaits,
 - 2.10. šķērslaukums,
 - 2.11. krāja,
 - 2.12. meža elementa īpatsvars,
 - 2.13. meža elementa teorētiski maksimālais koku skaits,
 - 2.14. meža elementa teorētiski maksimālais šķērslaukums;
3. kokaudzi raksturojošā informācija:
 - 3.1. I stāva valdošās koku sugas īpatsvars,
 - 3.2. I stāva valdošā koku suga,
 - 3.3. I stāva valdošās koku sugas vecums,
 - 3.4. I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums,
 - 3.5. I stāva valdošās koku sugas bonitāte,
 - 3.6. I stāva valdošās koku sugas virsaugstums,
 - 3.7. I stāva valdošās koku sugas vidējais augstums,
 - 3.8. I stāva valdošās koku sugas vidējais caurmērs,
 - 3.9. I stāva valdošās koku sugas koku skaits,
 - 3.10. I stāva valdošās koku sugas šķērslaukums,
 - 3.11. I stāva valdošās koku sugas krāja,
 - 3.12. kokaudzes koku skaits,
 - 3.13. I stāva koku skaits,
 - 3.14. II stāva koku skaits,
 - 3.15. kokaudzes šķērslaukums,
 - 3.16. I stāva šķērslaukums,
 - 3.17. II stāva šķērslaukums,
 - 3.18. kokaudzes krāja,
 - 3.19. I stāva krāja,
 - 3.20. II stāva krāja,
 - 3.21. kokaudzes I stāva relatīvais biezums,

- 3.22. kokaudzes I stāva biezība,
- 3.23. kokaudzes I stāva maksimālais koku skaits.

1.2.1. Ievades dati

Modelēšanā lietotājs var izmantot jebkurus sev pieejamos mežaudzi raksturojošos datus.

Lietotājam modelēšanai nepieciešami mežaudzi raksturojošie dati – meža tips un mežaudzes izcelsme, kas jāievada atbilstoši 1. pielikuma klasifikatoram.

Kokaudzes raksturošanai nepieciešami taksācijas dati meža elementu līmenī. Par vienu meža elementu pieņem vienas sugas un vienas paaudzes vienā stāvā esošu koku kopu. Katram meža elementam nepieciešams ievadīt:

- 1) koku sugas kods atbilstoši klasifikatoram (1. pielikums);
- 2) kokaudzes stāvs (1 – 2);
- 3) vecums (1 – A_{\max} gadi);
- 4) vidējais kvadrātiskais krūšaugstuma caurmērs (0.1 – D_{\max} cm);
- 5) vidējā kvadrātiskā krūšaugstuma caurmēra kokam atbilstošais augstums (0.1 – H_{\max} m);
- 6) koku skaits (10 – 20000 koki ha⁻¹) vai šķērslaukums (0,1 – 60.0 m²ha⁻¹).

Maksimālais vecums, caurmērs un augstums atkarīgs no koku sugas un to vērtības apkopotas 1. pielikumā. Katram meža elementam jāievada vai nu tā koku skaits vai šķērslaukums. Ievadot abus rādītājus, modelēšanā izmantots tiks koku skaits.

1.2.2. Atsevišķu meža elementu taksācijas rādītāju aprēķins

Programmā katram meža elementam bez lietotāja ievadītajiem mežaudzi raksturojošiem rādītājiem tiek aprēķināti papildus modelēšanai nepieciešamie taksācijas rādītāji.

Bonitāte

Katram meža elementam bonitāti aprēķina pēc M. Orlova vispārējās bonitāšu skalas dižmežam un atlasājjiem. Tās matemātiskā aproksimācija ir sekojoša (Матузанис, Я.К., 1988):

$$B = \frac{H - (\alpha_1 + \alpha_2 \cdot \ln(A) + \alpha_3 \cdot \ln(A)^2 + \alpha_4 \cdot \ln(A)^3)}{\beta_1 + \beta_2 \cdot \ln(A) + \beta_3 \cdot \ln(A)^2 + \beta_4 \cdot \ln(A)^3}, \quad (1)$$

kur

- B – bonitāte;
- A – meža elementa vecums, gadi;
- h – meža elementa vidējais augstums, m
- $\alpha_i; \beta_i$ – koeficienti.

Aprēķinātās vērtības noapaļotas veselos skaitļos, ja aprēķinātās bonitātes vērtība mazāka par -1, to pielīdzina -1. bonitātei, ja aprēķinātās bonitātes vērtība lielāka par 6, to pielīdzina 6. bonitātei.

Ja valdošās sugas vecums pārsniedz noteikto maksimālo ierobežojumu, aprēķinā pieņem maksimālo vecumu. Meža elementiem, kas jaunāki par noteikto minimālo vecumu, bonitāti nosaka atbilstoši meža tipam (Meža inventarizācijas noteikumi..., 2016).

Krūšaugstuma vecums

Krūšaugstuma vecums jeb vecums 1,3 m augstumā meža elementiem, kam vidējais augstums mazāks par 1,3 m, ir nulle gadi.

Meža elementiem, kam vidējais augstums lielāks par 1,3 m, krūšaugstuma augstumu aprēķina ņemot vērā meža elementa vecumu un bonitāti:

$$A_{1,3} = A - \Delta A_0, \quad (2)$$

kur

- $A_{1,3}$ – meža elementa krūšaugstuma vecums, gadi;
- A – MVR datu bāzē norādītais meža elementa vecums, gadi;
- ΔA_0 – vecuma starpība starp bioloģisko un krūšaugstuma vecumu, gadi.

Vecuma starpība starp bioloģisko un krūšaugstuma vecumu atkarīga no koku sugas, bonitātes un izcelsmes un tā svārstās robežās 2 – 20 gadi. Piemēram, skuju kokiem tā ir lielāka nekā lapu kokiem, zemākās bonitātēs tā ir lielāka nekā augstākās un selekcionētiem kokiem tā ir mazāka. Tātad jo ātraudzīgāka ir koku suga un jo piemērotāki tai augšanas apstākļi, jo starpība starp bioloģisko un krūšaugstuma vecumu ir mazāka, jeb koks ātrāk sasniedz 1.3 m augstumu.

Virsaugstums

Katra atsevišķa meža elementa virsaugstuma aprēķināšanai, izmanto sakarību (Donis et al., 2015):

$$H_{dom} = \left(\frac{H}{\alpha_1 \cdot N^{\alpha_3}} \right)^{\frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3)$$

kur

- H_{dom} – meža elementa virsaugstums, m;
- H – meža elementa vidējais augstums, m;
- α_{1-3} – koeficienti.

Meža elementa šķērslaukums un koku skaits

Katram meža elementam, ja tas nav norādīts ievades datos, aprēķina koku skaitu un šķērslaukumu izmantojot sekojošu sakarību:

$$G = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot N}{40000} \quad (4)$$

vai

$$N = \frac{40000 \cdot G}{\pi \cdot D^2}, \quad (5)$$

kur

- G – meža elementa šķērslaukums, $m^2 ha^{-1}$;
- D – meža elementa vidējais krūšaugstuma caurmērs, cm;
- N – meža elementa koku skaits, ha^{-1} .

Meža elementu šķērslaukums līdz 1,3 m augstuma sasniegšanai ir $0 m^2 ha^{-1}$.

Meža elementa krāja

Meža elementa krājas aprēķināšanai izmanto I. Liepas atsevišķa koka tilpuma formulu (Liepa, 1996) vai konusa tilpuma, ņemot vērā, koku skaitu, koku vidējo augstumu un vidējo kvadrātisko caurmēru:

ja $H < 1,5$ m

$$M = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{120000} \cdot N \quad (6)$$

ja $H \geq 1,5$ m

$$M = \psi \cdot H^\alpha \cdot D^{\beta \cdot \lg(H) + \phi} \cdot N, \quad (7)$$

kur

M – meža elementa krāja, $m^3 ha^{-1}$;

H – meža elementa vidējais augstums, m;

D – meža elementa vidējais krūšaugstuma caurmērs, cm;

N – meža elementa koku skaits, ha^{-1} ;

ψ ; α ; β ; ϕ – koeficienti.

Meža elementa īpatsvars

Meža elementu īpatsvars tiek rēķināts katram stāvam atsevišķi, ņemot vērā meža elementa šķērslaukumu attiecībā pret attiecīgā stāva kopējo šķērslaukumu:

$$p = \frac{g}{G}, \quad (8)$$

p – meža elementa īpatsvars;

g – meža elementa krāja, $m^2 ha^{-1}$;

G – meža elementa esošā stāva kopējā krāja, $m^2 ha^{-1}$.

Meža elementa teorētiski maksimālais koku skaits

Teorētiski maksimālais meža elementa koku skaits tiek aprēķināts tikai I stāva meža elementiem. Atsevišķu I stāva meža elementu maksimālā koku skaita aprēķināšanai izmanto sekojošu vienādojumu (Donis et al., 2015):

$$N_{max} = p \cdot \alpha_1 \cdot D^{\alpha_2} \cdot H^{\alpha_3}, \quad (9)$$

kur

N_{max} – meža elementa maksimālais koku skaits, ha^{-1} ;

H – meža elementa vidējais augstums, m;

p – meža elementa īpatsvars;

α_{1-3} – koeficienti.

Meža elementa biomasa

Katram meža elementam aprēķina gan virszemes, gan pazemes, gan arī stumbru biomasu atbilstoši sekojošam vienādojumam (Liepiņš et al., 2018; Liepiņš et al., 2021):

$$Biom = \alpha_0 \cdot e^{\alpha_1 + \alpha_2 \cdot \left(\frac{D}{D + \alpha_6}\right) + \alpha_3 \cdot H + \alpha_4 \cdot \ln(H) + \alpha_5 \cdot \ln(D)} \cdot N, \quad (10)$$

kur

- Biom – meža elementa biomasa, t·ha⁻¹;
- D – meža elementa vidējais caurmērs, cm;
- H – meža elementa vidējais augstums, m;
- N – meža elementa koku skaits, ha⁻¹;
- α₀₋₆ – koeficienti.

Meža elementa uzkrātais ogleklis biomasā

Katram meža elementam aprēķina uzkrāto oglekli virszemes un pazemes biomasā atbilstoši sekojošam vienādojumam:

$$C = k \cdot Biom, \quad (11)$$

kur

- C – uzkrātais ogleklis, t·ha⁻¹;
- Biom – meža elementa biomasa, t·ha⁻¹;
- k – koeficients (Bārdule et al., 2021).

Saskaitot uzkrāto oglekli virszemes un pazemes biomasā iegūst meža elementa uzkrāto oglekli kopā.

1.2.3. Kokaudzes taksācijas rādītāju aprēķins

Valdošais meža elements un tā taksācijas rādītāji

Valdošais meža elements tiek noteikts kokaudzes I stāvam. Par kokaudzes I stāva valdošo meža elementu pieņem to, kam ir lielākais īpatsvars. Ja īpatsvars ir vienāds, tad par valdošo meža elementu pieņem to, kam ir skaitliski mazākais sugas kods pēc klasifikatora. Piemēram, ja priedei (kods ir 1) un bērzam (4) ir vienāds īpatsvars, tad par valdošo meža elementu programmā pieņem priedi.

No meža elementu datiem programma pievieno I valdošās koku sugas taksācijas rādītājus: īpatsvars; sugas kods; vecums; krūšaugstuma vecums; bonitāte; vidējais caurmērs; vidējais augstums; virsavgstums; šķērslaukums; koku skaits; krāja.

Kokaudzes taksācijas rādītāji

Katram kokaudzes stāvam atsevišķi un kokaudzei kopā summē visu vienā stāvā esošo meža elementu šķērslaukumu, krāju un koku skaitu.

Kokaudzes I stāva relatīvais biežums tiek aprēķināts kā attiecība starp kokaudzes I stāva koku skaitu un aprēķināto summāro I stāva meža elementu teorētiski maksimālo koku skaitu:

$$RB = \frac{N}{\sum N_{max_i}}, \quad (12)$$

kur

- RB – kokaudzes I stāva relatīvais biežums;
- N – kokaudzes I stāva koku skaits, ha⁻¹;
- N_{max} – kokaudzes I stāva maksimālais koku skaits, ha⁻¹.

Kokaudzes maksimālais koku skaits ir atsevišķu I stāva meža elementu maksimālā koku skaita summa, kā aprēķins aprakstīts iepriekš.

Kokaudzes I stāvam aprēķina biežību. Ja kokaudzes I stāva valdošās koku sugas caurmērs ir vismaz 9,5 cm vai augstums ir vismaz 11,5 m, tad biežību aprēķina atkarībā no audzes šķērslaukuma, ja nē, tad atkarībā no koku skaita:

$$Biez = \frac{G}{G_{norm}} \quad (13)$$

vai

$$Biez = \frac{N}{N_{norm}}, \quad (14)$$

kur

Biez – kokaudzes I stāva biežība;

G – kokaudzes I stāva šķērslaukums, m^2ha^{-1} ;

G_{norm} – kokaudzes I stāva normālais šķērslaukums, m^2ha^{-1} ;

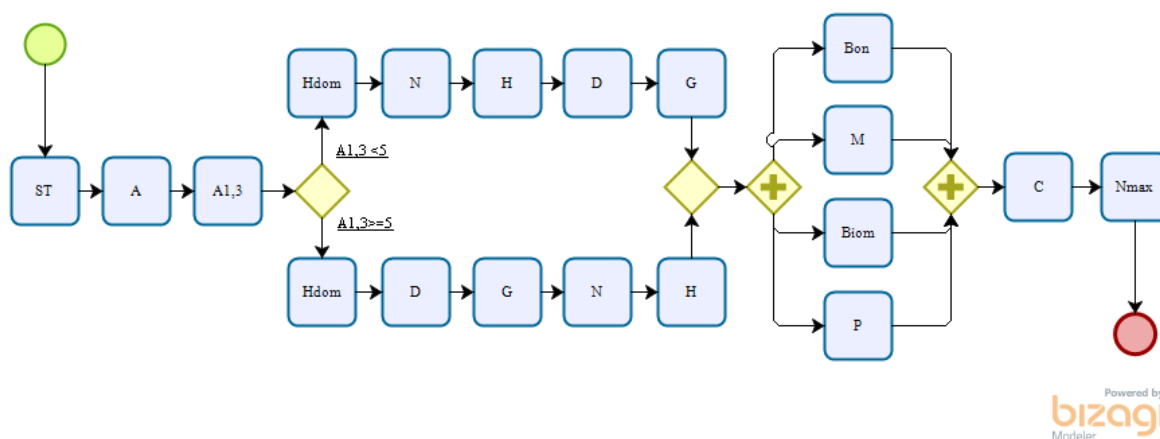
N – kokaudzes I stāva koku skaits, ha^{-1} ;

N_{norm} – kokaudzes I stāva normālais koku skaits, ha^{-1} .

Audzes I stāva normālais šķērslaukums un normālais koku skaits ir noteikts Latvijas likumdošanā (Meža inventarizācijas noteikumi..., 2016).

1.3. Augšanas gaitas modelēšana

Atsevišķa meža elementa augšanas gaita tiek modelēta divos variantos atkarībā no to vecuma: meža elementi līdz 5 gadu krūšaugstuma vecuma sasniegšanai un meža elementi pēc 5 gadu krūšaugstuma vecuma sasniegšanai. Starp abiem aktualizācijas variantiem nedaudz atšķiras atsevišķu meža elementu taksācijas rādītāju aktualizācijas secība (1.2. attēls).



1.2.attēls. Meža elementu taksācijas rādītāju aktualizācijas shēma:

A – vecums; A1,3 – krūšaugstuma vecums; Biom – biomasa; Bon – bonitāte; C – ogleklis; D – vidējais caurmērs; G – šķērslaukums; H – vidējais augstums; Hdom – virsaugstums; M – krāja; N – koku skaits; Nmax – teorētiski maksimālais koku skaits; P – īpatsvars; ST – stāvs.

1.3.1. Meža elementa stāvs

Katrā modelēšanas ciklā meža elementam aktualizē tā piederību kokaudzes stāvam. Meža elementa piederību kokaudzes I vai II stāvam ņem vērā modelēšanas cikla sākumā konkrētā meža elementa vidējā augstuma attiecību pret I stāva valdošās koku sugas vidējo augstumu. Ja attiecība ir mazāka par 0,75, tad meža elements tiek pieskaitīts II stāvam, ja nē, tad meža elements tiek pieskaitīts kokaudzes I stāvam.

Ja I stāva valdošās koku sugas vidējais augstums modelēšanas cikla sākumā mazāks par 6.0 m, tad meža elementiem piederību kokaudzes stāvam nemaina.

1.3.2. Meža elementa vecums

Meža elementa vecumam katrā modelēšanas ciklā pieskaita vienu gadu (modelēšanas cikla garums).

1.3.3. Meža elementa krūšaugstuma vecums

Ja modelēšanas cikla sākumā meža elementa krūšaugstuma vecums ir lielāks par nulli vai tā augstums ir lielāks par 1.3 m, tad krūšaugstuma vecuma aktualizēšanai pieskaita vienu gadu (modelēšanas cikla garums). Citos gadījumos krūšaugstuma vecums modelēšanas perioda beigās ir nulle gadi.

1.3.4. Meža elementa virsaugstums

Meža elementa virsaugstuma modelēšanai izmanto LVMI "Silava" izstrādātos algoritmus (Donis et al., 2020; Donis, 2023):

ja $A_{1,3} < 5$ gadiem

$$H_{dom} = H_{dom1} + \left(\beta_1 + \frac{\beta_2 \cdot B^{\beta_3}}{\beta_4 \beta_3 + B^{\beta_3}} \right) \cdot \frac{\Delta t}{\Delta A + 5}, \quad (15)$$

ja $A_{1,3} \geq 5$ gadiem

$$H_{dom} = 1.3 + \frac{A_2^{\alpha_1}}{\alpha_2 + 100 \cdot \alpha_3 \cdot \frac{A_1^{\alpha_1}}{100 \cdot \alpha_3 + A_1^{\alpha_1}} - \frac{A_1^{\alpha_1}}{H_{dom1} - 1.3} - \alpha_2 + \frac{A_1^{\alpha_1}}{100 \cdot \alpha_3 + A_1^{\alpha_1}} \cdot A_2^{\alpha_1}} \quad (16)$$

kur

- H_{dom} – prognozētais meža elementa virsaugstums, m.
- A_1 – meža elementa vecums 1,3 augstumā aktualizācijas perioda sākumā, gadi;
- A_2 – meža elementa vecums 1,3 augstumā aktualizācijas perioda beigās, gadi;
- B – meža elementa bonitātes kods;
- H_{dom1} – meža elementa virsaugstums aktualizācijas perioda sākumā, m;
- Δt – aktualizācijas perioda garums, gadi;
- ΔA – meža elementa vecuma starpība starp bioloģisko un krūšaugstuma vecumu, gadi;
- $\alpha_{1-4}; \beta_{1-4}$ – koeficienti.

Prognozējot meža elementa virsaugstuma izmaiņas, ņem vērā katras sugas meža tipā atbilstošo teorētiski maksimālo virsaugstumu (1. pielikums). Ja modelēšanas cikla sākumā virsaugstums lielāks par maksimālo vērtību, tad tiek modelēts, ka virsaugstums nemainās.

Selekcionētiem (stādītiem) meža elementiem paredz, ka bonitāte ir par vienu vienību augstāka nekā meža tipā sugai noteiktā bonitāte. Šādā veidā tiek nodrošināts potenciālais selekcijas efekts jaunākās audzēs. Vecākās audzēs šādu efektu programmā neparedz, jo tam pēc noklusējuma vajadzētu jau parādīties audzes jeb meža elementa taksācijas rādītājos. Vienādojumu forma jau paredz, ka augstākiem meža elementiem (tātad potenciāli selekcionētiem) augstuma pieaugums ir lielāks.

1.3.5. Meža elementa vidējais augstums

Visiem meža elementa vidējo augstumu aprēķina kā sekundāru parametru pārveidojot 3. formulu (Donis et al., 2015):

$$H = \alpha_1 \cdot H_{dom}^{\alpha_2} \cdot N^{\alpha_3}, \quad (17)$$

kur

- H – meža elementa vidējais augstums, m;
- H_{dom} – meža elementa virsaugstums, m;
- α_{1-3} – koeficienti.

1.3.6. Meža elementa vidējais caurmērs

Meža elementiem, kam krūšaugstuma vecuma mazāks par 5 gadiem, vidējais krūšaugstuma caurmēra pieaugums tiek modelēts kā sekundārs parametrs atkarībā no prognozētā vidējā augstuma, pieņemot, ka meža elementam saglabājas nemainīga HD attiecība:

$$D_2 = \frac{H_2}{HD}, \quad (18)$$

kur

- D_2 – meža elementa vidējais caurmērs aktualizācijas perioda beigās, cm;
- H_2 – meža elementa prognozētais vidējais augstums, m;
- HD – meža elementa augstuma un caurmēra attiecība perioda sākumā.

Meža elementiem, kam krūšaugstuma vecums ir 5 un vairāk gadi, vidējā caurmēra aktualizācijai izmantojams sekojošs algoritms (Donis, 2023):

$$D_2 = \frac{A_2^{\alpha_1}}{\alpha_2 \cdot RB + 100 \cdot \alpha_3 \cdot \frac{A_1^{\alpha_1}}{D_1} - \alpha_2 \cdot RB}{100 \cdot \alpha_3 + A_1^{\alpha_1}} + \frac{A_1^{\alpha_1} - \alpha_2 \cdot RB}{100 \cdot \alpha_3 + A_1^{\alpha_1}} \cdot A_2^{\alpha_1} \quad (19)$$

- D_2 – meža elementa vidējais caurmērs aktualizācijas perioda beigās, cm;
- D_1 – meža elementa vidējais caurmērs aktualizācijas perioda sākumā, cm;
- A_1 – meža elementa vecums 1.3 augstumā aktualizācijas perioda sākumā, gadi;
- A_2 – meža elementa vecums 1.3 augstumā aktualizācijas perioda beigās, gadi;
- RB – mežaudzes I stāva relatīvais biezums (12. formula);
- α_{1-3} – koeficienti.

Prognozējot meža elementa caurmēra izmaiņas, ņem vērā katras sugas meža tipā atbilstošo teorētiski maksimālo caurmēru (1. pielikums). Ja modelēšanas cikla sākumā caurmērs lielāks par maksimālo vērtību, tad tiek modelēts, ka caurmērs nemainās.

Tā kā selekcionētiem meža elementiem paredz, ka tiem bonitāte ir par vienu vienību augstāka nekā meža tipā sugai noteiktā bonitāte, līdz ar to arī caurmērs jaunākās audzēs ir lielāks. Bet attiecībā uz vecākām audzēm, līdzīgi kā augstumam, tā arī caurmēram papildus pieaugumu selekcionētiem meža elementiem neprognozē, lai izvairītos no dubultā selekcijas efekta pieskaitīšanas. Caurmēra pieauguma forma paredz, ka resnākiem meža elementiem pieaugums tiek modelēts lielāks, pieņemot, ka selekcionēti meža elementi ir resnāki nekā dabiski atjaunojušies, tad pieliekot papildus pieaugumu selekcijas efekts tiktu dubultā pieskaitīts.

1.3.7. Meža elementa koku skaits

Ja meža elementam krūšaugstuma vecums mazāks par 5 gadiem, tad koku skaitu modelē sekojoši:

$$N_2 = N_1 \cdot \left(1 - z_{Hdom} \cdot \alpha_0 \cdot \left(\frac{\alpha_1}{1 + \exp(\alpha_2 + \alpha_3 \cdot RB)} \right)^{\frac{1}{\alpha_4}} \right) \quad (20)$$

- N_2 – meža elementa koku skaits aktualizācijas perioda beigās, gab · ha⁻¹;
- N_1 – meža elementa koku skaits aktualizācijas perioda sākumā, gab · ha⁻¹;
- z_{Hdom} – prognozētais meža elementa viršaugstuma pieaugums, m;
- RB – mežaudzes I stāva relatīvais biežums (12. formula);
- α_{0-4} – koeficienti.

Meža elementiem, kam krūšaugstuma vecums ir 5 un vairāk gadi, koku skaits tiek aktualizēts kā sekundārs parametrs izmantojot 5. formulu.

1.3.8. Meža elementa šķērslaukums

Meža elementiem, kam krūšaugstuma vecums ir mazāks par 5 gadiem, šķērslaukums tiek aktualizēts kā sekundārs parametrs izmantojot 4. formulu.

Meža elementiem pēc 5 gadu krūšaugstuma vecuma sasniegšanas, šķērslaukuma izmaiņas atkarīgas no meža elementa prognozētās šķērslaukuma diferences un maksimālā šķērslaukuma. Šķērslaukuma diference tiek modelēta atkarība no meža elementa vecuma, šķērslaukuma, meža elementa sociālā stāvokļa mežaudzē un bonitātes (Donis u.c. 2020):

$$z_G = \left(b_0 + b_1 \cdot \frac{A_1}{100} + b_2 \cdot \left(\frac{A_1}{10} \right)^2 + b_3 \cdot \frac{G_1}{A_1} + b_4 \cdot \frac{GL}{A_1} + b_5 \cdot \frac{SI}{A_1} \right) \cdot \Delta t \quad (21)$$

$$z_g = G_1 \cdot \left(b_0 + b_1 \cdot \frac{A_1}{100} + b_2 \cdot \left(\frac{A_1}{10} \right)^2 \right) \cdot \Delta t \quad (22)$$

kur

- z_G – meža elementa šķērslaukuma diference, m²ha⁻¹;
- A_1 – meža elementa vecums 1.3 augstumā aktualizācijas perioda sākumā, gadi;
- G_1 – meža elementa šķērslaukums aktualizācijas perioda sākumā, m²ha⁻¹;

- GL – šķērslaukuma summa perioda sākumā meža elementiem, kas vienādi vai lielāki par konkrēto meža elementu (ja 1. stāva meža elements, tad 1. stāva šķērslaukums, ja 2. stāva meža elements, tad 1. un 2. stāva šķērslaukuma summa), ja 3. stāva meža elements, tad kokaudzes kopējais šķērslaukums), m^2ha^{-1} ;
- SI – prognozētais meža elementa augstums noteiktā krūšaugstuma vecumā (skuju kokiem un cietajiem lapu kokiem 100 gadi, bērziem, melnalkšņiem un apsēm 50 gadi, citām sugām 20 gadi), m
- Δt – aktualizācijas perioda garums, gadi;
- b_{0-5} – koeficienti.

Ja meža elementa šķērslaukums mazāks par $10 m^2ha^{-1}$ vai krūšaugstuma vecums lielāks par šķērslaukuma aktualizācijas robežvecumu (priede, lapegle, ozols, liepa 120 gadi; egle, baltegle, osis, goba, vīksna, dižskābardis, skābardis, kļava 100 gadi; bērzs, melnalksnis, apse 70 gadi; citas sugas 45 gadi), modelējot šķērslaukuma diferenci izmantojams 22. formulu, bet pārējos gadījumos 21. formulu.

Atsevišķu pirmā stāva meža elementu šķērslaukums aktualizācijas perioda beigās nedrīkst pārsniegt, teorētiski maksimālo šķērslaukumu (Donis u.c., 2020):

$$G_{max1} = b_1 \cdot b_2^H \cdot H^{b_3} \cdot p \quad (23)$$

kur

- G_{max1} – maksimālais pirmā stāva meža elementa šķērslaukums, m^2ha^{-1} ;
- H – meža elementa prognozētais vidējais augstums, m.
- p – meža elementa īpatsvars;
- b_{1-3} – koeficienti.

Ja meža elementa vecums ir lielāks par sugas bioloģiski maksimālo vecumu, tad tiek modelēts, ka meža elementa šķērslaukums aktualizācijas perioda beigās ir uz pusi mazāks nekā perioda sākumā.

1.3.9. Meža elementa krāja

Meža elementa krāju aprēķina kā sekundāru parametru attiecīgi pēc 6. vai 7. formulas.

1.3.10. Meža elementa biomasas

Meža elementa virszemes un pazemes biomasu aprēķina atbilstoši 10. formulai. Aprēķina arī kopējo biomasu kā summu starp abiem šiem rādītājiem.

1.3.11. Meža elementa uzkrātais ogleklis

Meža elementa uzkrāto oglekli virszemes un pazemes biomasā aprēķina atbilstoši 11. formulai. Aprēķina arī kopējo uzkrāto oglekli kā summu starp abiem šiem rādītājiem.

1.4. Mežsaimnieciskās darbības un dabisko traucējumu modelēšana

Modelēšanas rīkā iekļauti sekojoši mežsaimnieciskās darbības veidi: jaunaudžu kopšanas cirtes, krājas kopšanas cirtes, vienlaidus atjaunošanas cirte, sanitārās izlases cirtes, jauna meža meliorācija un meža mēslošana. Mežsaimniecības scenārijā bez mežsaimnieciskās darbības nemodelē saimniecisko darbību, bet tiek modelēti “dabiskie” traucējumi.

1.4.1. Jaunaudžu kopšana

Jaunaudžu kopšanu modelē scenārijos ar mežsaimniecisko darbību. Jaunaudžu kopšanu modelē brīdī, kad mežaudzes I stāva biezība ir vismaz tik liela, cik katrā mežsaimniecības scenārijā noteiktā jaunaudžu kopšanas cirtes minimālā biezība pirms cirtes (1.1. tabula). Jaunaudžu kopšanas cirtes modelē audzēs, kurās I stāva valdošās koku sugas augstums ir 2-10 m un tās vecums ir 5-25 gadi.

1.1. tabula. Jaunaudžu kopšanas cirtes kritēriji

| Mežsaimniecības scenārijs | H _{min} | H _{max} | A _{min} | A _{max} | I stāva min biezība pirms kopšanas |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------------|
| ekstensīva mežsaimniecība | 2.0 | 10.0 | 5 | 25 | 1.10 |
| ikdienišķa mežsaimniecība | 2.0 | 10.0 | 5 | 25 | 0.90 |
| mūsdienīga mežsaimniecība | 2.0 | 10.0 | 5 | 25 | 0.85 |

Jaunaudžu kopšanas cirti modelē ne biežāk kā reizi piecos gados un ne vairāk kā divas jaunaudžu kopšanas cirtes.

Ekstensīvajā un ikdienišķajā mežsaimniecības scenārijā modelē, ka pēc jaunaudžu kopšanas cirtes palikušās kokaudzes I stāva biezība ir 0.90 un 0.65. Savukārt mūsdienīgas mežsaimniecības scenārijā modelē, ka pēc jaunaudžu kopšanas cirtes kokaudzes I stāvā saglabāsies optimālais koku skaits (Zālītis un Jansons, 2009). Visos mežsaimniecības scenārijos modelē, ka nocirstais apjoms sadalījumā pa koku sugām ir proporcionāls to sākotnējam sugu sastāvam. Visos mežsaimniecības scenārijos II stāva meža elementiem tiek modelēts, ka pēc jaunaudžu kopšanas saglabāsies 15% no to sākotnējā koku skaita.

Jaunaudžu kopšanas rezultātā meža elementa virsaugstums nemainās, bet vidējo augstumu aprēķina atbilstoši 17. formulai. Savukārt meža elementa vidējo caurmēru pēc jaunaudžu kopšanas cirtes aprēķina sekundāri, pieņemot, ka meža elementa HD attiecība saglabājas tāda, kā pirms kopšanas cirtes.

Pārējie meža elementa un kokaudzes taksācijas rādītāji tiek aprēķināti kā sekundāri parametri atbilstoši 3. nodaļā aprakstītajai metodoloģijai.

1.4.2. Krājas kopšana

Krājas kopšanu modelē scenārijos ar mežsaimniecisko darbību. Krājas kopšanu modelē brīdī, kad mežaudzes I stāva biezība ir sasniegusi katrā mežsaimniecības scenārijā noteikto krājas kopšanas cirtes minimālo biezību pirms cirtes (1.2. tabula). Krājas kopšanas cirtes modelē audzēs, kurās I stāva valdošās koku sugas augstums ir virs 10 m un tās vecums ir 5 vai 10 gadus mazāks nekā galvenās cirtes vecums gadi.

1.2. tabula. Krājas kopšanas cirtes kritēriji

| Mežsaimniecības scenārijs | H _{min} | H _{max} | A _{min} | A _{max} | I stāva min biezība pirms kopšanas |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------------|
| ekstensīva mežsaimniecība | 10.1 | — | — | GCA – 5 gadi | 1.00 |
| ikdienišķa mežsaimniecība | 10.1 | — | — | GCA – 5 gadi | 0.85 |
| mūsdienīga mežsaimniecība | 10.1 | — | — | GCA – 10 gadi | f(H) |

GCA – galvenās cirtes vecums I stāva valdošajai koku sugai; I stāva biezību pirms krājas kopšanas cirtes mūsdienīgas mežsaimniecības scenārijā aprēķina pēc 23. formulas.

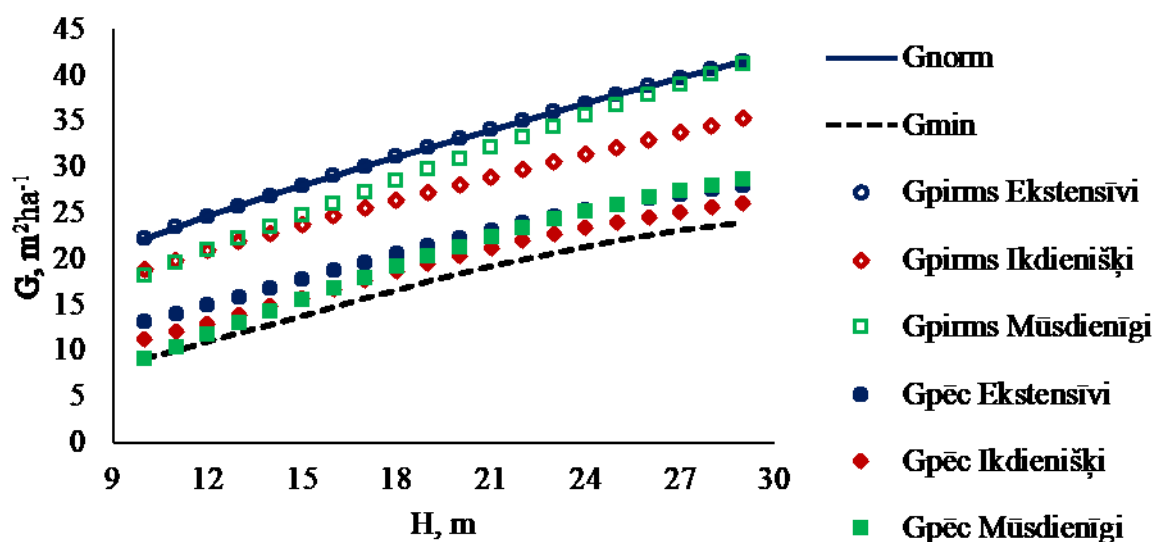
Lai audzē modelētu krājas kopšanas cirtes ekstensīvas ir ikdienišķas mežsaimniecības scenārijā ir definēta konstanta minimālā I stāva biežība, bet mūsdienīgas mežsaimniecības scenārijā tā tiek aprēķināta sekojoši:

$$Biez_{pirms} = b_1 \cdot \ln(H) + b_2 \quad (24)$$

kur

- $Biez_{pirms}$ – kokaudzes I stāva minimālā biežība pirms krājas kopšanas cirtes;
- H – kokaudzes I stāva valdošās koku sugas vidējais augstums, m;
- b_{1-2} – koeficienti.

Šāda veida manipulācijas ar kokaudzes I stāva sākotnējo un pēc cirtes šķērslaukumu paredz, ka mūsdienīgas mežsaimniecības scenārijā jaunākās audzēs krājas kopšanas cirte tiek modelēta savlaicīgāk un tā tiek izretināta vairāk, savukārt, tuvojoties galvenās cirtes brīdim audzei ir jābūt biežākai, lai tajā modelētu krājas kopšanas cirti un tā kopšanas rezultātā izretināta mazāk (1.3. attēls).



1.3. attēls. Modelētais kokaudzes I stāva šķērslaukums pirms un pēc krājas kopšanas cirtes egļu audzēs.

Visos mežsaimniecības scenārijos modelē, ka nocirstais apjoms sadalījumā pa koku sugām ir proporcionāls to sākotnējam sugu sastāvam. Visos mežsaimniecības scenārijos II stāva meža elementiem tiek modelēts, ka pēc krājas kopšanas saglabāsies 15% no to sākotnējā šķērslaukuma.

Krājas kopšanas rezultātā meža elementa virsaugstums nemainās, bet vidējo augstumu aprēķina atbilstoši 17. formulai. Vidējo caurmēru pēc kopšanas cirtes aprēķina izmantojot sekojošu sakarību:

$$D = \sqrt{\frac{40000 \cdot G}{\pi \cdot N}}, \quad (25)$$

kur

- D – meža elementa vidējais krūšaugstuma caurmērs, cm;
- G – meža elementa šķērslaukums, m²ha⁻¹;
- N – meža elementa koku skaits, ha⁻¹.

Meža elementa koku skaits pēc krājas kopšanas cirtes atkarīgs no ciršanas intensitātes:

$$N_{pēc} = N_{pirms} - N_{pirms} \cdot \frac{G_{noc}}{G_{pirms}} \cdot \left(b_1 \cdot \ln \left(H \frac{G_{noc}}{G_{pirms}} \right) + b_2 \right), \quad (26)$$

kur

- $N_{pēc}$ – meža elementa koku skaits pēc cirtes, ha^{-1} ;
- N_{pirms} – meža elementa koku skaits pirms cirtes, ha^{-1} ;
- $N_{pēc}$ – meža elementa koku skaits pēc cirtes, ha^{-1} ;
- G_{pirms} – meža elementa šķērslaukums pirms cirtes, m^2ha^{-1} ;
- G_{noc} – meža elementa nocirstais šķērslaukums, m^2ha^{-1} ;
- b_{1-2} – koeficienti.

Šāda veida manipulācijas paredz, ka jo mazāka ciršanas intensitāte, jo mazāki koki tiek nocirsti, bet jo vairāk ciršanas intensitāte tuvojas 100%, jo nocirsto koku vidējais caurmērs vairāk tuvojas meža elementa vidējam caurmēram.

Pārējie meža elementa un kokaudzes taksācijas rādītāji pēc kopšanas cirtes tiek aprēķināti kā sekundāri parametri atbilstoši 3. nodaļā aprakstītajai metodoloģijai.

1.4.3. Galvenā cirte

Galveno cirti modelē scenārijos ar mežsaimniecisko darbību, kad I stāva valdošās koku sugas koki sasnieguši galvenās cirtes vecumu vai galvenās cirtes caurmēru (1. pielikums). Lietotājam šos rādītājus ir iespējams gan palielināt, gan samazināt. Piemēram, eglēm galvenās cirtes vecumu lietotājs var noteikt par 10 gadiem lielāku vai mazāku.

Programmā kā galveno cirti modelē tikai vienlaidus atjaunošanas cirti. Programmā netiek modelēts, ka vienlaidus atjaunošanas cirtē saglabājami ekoloģiskie koki, bet viss apjoms tiek nocirsts un rēķināta sortimentācija.

Programmā modelē galveno cirti, kad audzes I stāva valdošās koku sugas vecums vai caurmērs sasniedz scenārijā definēto vērtību. Tātad, ja ātrāk tiek sasniegts galvenās cirtes vecums, tad galveno cirti modelē pēc vecuma, ja ātrāk tiek sasniegts galvenās cirtes caurmērs, tad galveno cirti modelē pēc caurmēra.

1.4.4. Dabiskie traucējumi

Programmā netiek modelēti letālie dabiskie traucējumi, tātad dabisko traucējumu rezultātā audzē saglabājas pietiekošs koku skaits un tiek turpināta tās attīstība. Mežsaimniecības scenārijā bez mežsaimnieciskās darbības dabisko traucējumu rezultātā modelētie atmirušie koki pieskaitīti atmirumam. Pārējos scenārijos bez mežsaimniecības aizlieguma dabisko traucējumu rezultātā tiek modelētas sanitārās izlases cirtes, kā rezultātā tiek modelēti iegūtie apaļkoku sortimenti.

Programmā sanitāro ciršu varbūtība modelēta atbilstoši vēsturiskajiem (pēdējie 20 gadi) datiem. Programmā algoritmi paredz, ka pirmos piecus gadus pēc kopšanas cirtes dabisko traucējumu varbūtība ir lielāka nekā bez kopšanas cirtes:

sanitārās izlases cirtes varbūtība pēc kopšanas cirtes

$$P_s = \frac{b_1}{1 + b_2 \cdot \exp(-b_3 \cdot A)} \quad (27)$$

sanitārās izlases cirtes varbūtība bez koku ciršanas

$$(28)$$

$$P_s = 10^{-6} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2^A \cdot A^{\alpha_3}$$

kur

- P_s – varbūtība, ka nākamo piecu gadu laikā veiks sanitāro izlases cirti;
 A – mežaudzes vecums, gadi;
 α_{1-3} – koeficienti.

Dabisko traucējumu rezultātā iet bojā vai tiek nocirsti sanitārajā izlases cirtē eglēm 30% no šķērslaukuma, bet pārējām koku sugām 15% no šķērslaukuma. Dabisko traucējumu rezultātā paredz, ka bojāto koku vidējais caurmērs un augstums ir tāds pats kā sākotnējais. Tātad vienlīdz proporcionāli samazinās meža elementa šķērslaukums, krāja un koku skaits.

Meža elementa un kokaudzes taksācijas rādītāji pēc dabiskajiem traucējumiem vai to rezultātā modelētās sanitārās izlases cirtes tiek aprēķināti kā sekundāri parametri atbilstoši 3. nodaļā aprakstītajai metodoloģijai.

1.4.5. Meža meliorācija un meliorācijas sistēmu renovācija

Programmā paredz, ka lietotājam ir iespējams modelēt meža meliorāciju. Meža meliorāciju iespējams modelēt scenārijos ar mežsaimniecisko darbību. Meža meliorāciju iespējams modelēt tikai slapjajos un purvajos (1.3. tabula).

1.3. tabula. Meža tipi kuros var modelēt meža meliorāciju, un meža tipu maiņa pēc meža meliorācijas

| Meža tips | Meža tips pēc meliorācijas |
|-----------|----------------------------|
| Mrs | Am |
| Dms | As |
| Vrs | As |
| Nd | Ks |
| Db | Kp |

Ja lietotājs izvēlās veikt meža meliorāciju, tad to modelē pirmajā modelēšanas gadā. Pēc meža meliorācijas programmā modelē augstuma, caurmēra un šķērslaukuma papildus pieaugumu 30 gadus pēc īstenotā mežsaimniecības pasākuma.

Katra meža elementa virsaugstuma un vidējā caurmēra pieaugumu aprēķina pēc sekojoša vienādojuma:

$$z_i' = \frac{k_i}{30} + z_i, \quad (29)$$

kur

- z_i' – pieaugums pēc meža meliorācijas vai meža meliorācijas sistēmu renovācijas;
 z_i – prognozētais pieaugums bez meža meliorācijas;
 k_i – papildus pieauguma koeficients.

Šķērslaukuma pieaugumu aprēķina pēc sekojoša vienādojuma

$$z_i' = (1 + k_i) \cdot z_i, \quad (30)$$

kur

- z_i' – pieaugums pēc meža meliorācijas;
 z_i – prognozētais pieaugums bez meža meliorācijas;

k_i – papildus pieauguma koeficients.

Lai arī papildus pieaugums pēc meža meliorācijas tieši modelēts 30 gadus pēc meliorācijas, tomēr netieši caurmēra un augstuma papildus pieaugums, izmantoto vienādojumu dēļ, saglabājas arī vēlāk. Šāda veida modelēšana nodrošina, ka veicot meliorāciju jaunākā audzes vecumā potenciālais papildus pieaugums ir lielāks nekā veicot to vecākā audzē. Vienkāršojot iepriekš rakstīto – pēc meža meliorācijas audzē bonitāte laika gaitā paaugstinās par vienu – divām vienībām.

1.4.6. Meža mēslošana

Programmā lietotājam ir iespējams izvēlēties papildus mežsaimniecisko darbību – meža mēslošana.

Lai mežaudzē tiktu modelēta meža mēslošana:

- 1) izvēlēts scenārijs ar mežsaimnieciskos darbību;
- 2) priežu, egļu un bērzu audze;
- 3) mežaudzei ir modelēta krājas kopšanas cirte pēdējo 10 gadu laikā;
- 4) meža tips ir Sl, Mr, Ln, Gs, Mrs, Av, Am, Kv, vai Km;
- 5) I stāva valdošās koku sugas vidējais caurmērs ir vismaz 12 cm.

Modelēšanas sistēmā paredz, ka pēc mēslošanas augšanas gaita tieši ietekmēta 10 gadus no mēslošanas brīža. Programmā meža elementiem pieaugumu pēc mēslošanas modelē kā relatīvu pieaugumu prognozētajam pieaugumam (Šņepsts, 2022):

$$z_i' = (1 + p_m) \cdot z_i, \quad (31)$$

kur

- z_i' – pieaugums pēc mēslošanas;
- z_i – prognozētais pieaugums bez meža mēslošanas;
- p_m – relatīvais papildus pieaugums.

Programmā modelē papildus pieaugumu pēc meža mēslošanas caurmēram, augstumam un šķērslaukumam.

Izmantojot izstrādāto algoritmu, krājas papildus pieaugums priežu un egļu audzēs modelēts 2.0 – 2.5 m³ ha⁻¹ gadā, bet bērzu audzēs 1,5 – 2.0 m³ ha⁻¹ gadā.

1.5. Sortimentācija

Koku sortimentu iznākums aprēķināts, izmantojot J. Doņa modificētu R. Ozoliņa izstrādāto stumbra Sortimentācijas modeli (Donis et al., 2024). Tā kā ar šo modeli tiek aprēķināts sortimentu iznākums veseliem (bez trupes, bez koksnes vainām, bez bojājumiem utt.) kokiem, tad lietkoksnis iznākumu koriģē un šis lietkoksnis samazinājums pieskaitīts papīrmalkas un malkas sortimentiem (1.4. tabula). Šī sortimentu korekcija iegūta, salīdzinot Sortimentācijas modeļa prognozēto sortimentu iznākumu ar AS “Latvijas valsts meži” 2017 – 2020 gada cirsmu datiem jeb reālo sortimentu iznākumu (Šņepsts et al., 2020).

1.4. tabula. Aprēķinos izmantotā sortimentu korekcija

| Suga | Cirtes veids | RLK | V LK | T LK | PM | M |
|-------------|--------------|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Priede | GalvCirte | 0.90 no prognozētā | pieskaita 90% samazinājuma | 0.60 no prognozētā | pieskaita 10% samazinājuma | nemainās |
| | Starpcirte | 0.60 no prognozētā | 0.6 no prognozētā | nemainās | pieskaita 90% samazinājuma | pieskaita 10% samazinājuma |
| Egļe | GalvCirte | 0.55 no prognozētā | pieskaita 10% samazinājuma | 0.60 no prognozētā | pieskaita 90% samazinājuma | nemainās |
| | Starpcirte | 0.05 no prognozētā | 0.35 no prognozētā | 0.80 no prognozētā | pieskaita 80% samazinājuma | pieskaita 20% samazinājuma |
| Bērzs | GalvCirte | 0.70 no prognozētā | 0.70 no prognozētā | 0.70 no prognozētā | pieskaita 60% samazinājuma | pieskaita 40% samazinājuma |
| | Starpcirte | 0.10 no prognozētā | 0.10 no prognozētā | 0.35 no prognozētā | pieskaita 85% samazinājuma | pieskaita 15% samazinājuma |
| Melnalksnis | GalvCirte | 0.55 no prognozētā | | 0.55 no prognozētā | pieskaita 60% samazinājuma | pieskaita 40% samazinājuma |
| | Starpcirte | 0.05 no prognozētā | | 0.45 no prognozētā | 0.75 no prognozētā | pieskaita 100% samazinājuma |
| Apse | GalvCirte | 0.30 no prognozētā | | 0.20 no prognozētā | pieskaita 85% samazinājuma | pieskaita 15% samazinājuma |
| | Starpcirte | 0.01 no prognozētā | | 0.30 no prognozētā | pieskaita 60% samazinājuma | pieskaita 40% samazinājuma |
| Baltalksnis | GalvCirte | | | 0.20 no prognozētā | pieskaita 60% samazinājuma | pieskaita 40% samazinājuma |
| | Starpcirte | | | 0.10 no prognozētā | pieskaita 40% samazinājuma | pieskaita 60% samazinājuma |
| Ozols | GalvCirte | 0.45 no prognozētā | | 0.30 no prognozētā | | pieskaita 100% samazinājuma |
| | Starpcirte | 0.05 no prognozētā | | 0.05 no prognozētā | | pieskaita 100% samazinājuma |
| Osis | GalvCirte | 0.45 no prognozētā | | 0.30 no prognozētā | | pieskaita 100% samazinājuma |
| | Starpcirte | 0.05 no prognozētā | | 0.05 no prognozētā | | pieskaita 100% samazinājuma |

RLK – resnie zāģbaļķi, VLK – vidējie zāģbaļķi, TLK – tievie zāģbaļķi un taras kluči, PM – papīrmalka un tehniskā koksne, M – malka (sortimentācijas dimensijas 3.1. tabulā).

Sortimentu dimensijas noteiktas, kompilējot publiski pieejamos CSP, AS “Latvijas valsts meži” un datus (1.5. tabula). Malkas sortimentiem aprēķinos izmanto caurmēru ar mizu, bet pārējiem sortimentiem miza netiek ņemta vērā.

1.5. tabula. Aprēķinos izmantotās sortimentu dimensijas

| Suga | Sortimenta veids | L, m | D, cm |
|---------------------------------------|---------------------------|------|-------|
| Priede | Resnie zāģbaļķi | 4.9 | 28 |
| | Vidējie zāģbaļķi | 4.9 | 18 |
| | Skuju koku tara | 3.7 | 10 |
| | Skuju koku papīrmalka | 3 | 6 |
| | Malka | 2 | 3 |
| Egle, baltegle | Resnie zāģbaļķi | 4.9 | 28 |
| | Vidējie zāģbaļķi | 4.9 | 18 |
| | Skuju koku tara | 3.7 | 10 |
| | Skuju koku papīrmalka | 3 | 6 |
| | Malka | 2 | 3 |
| Bērzs | Bērza zāģbaļķi / finieris | 2.8 | 18 |
| | Lapu koku tara | 2.5 | 12 |
| | Bērza papīrmalka | 3 | 6 |
| | Malka | 2 | 3 |
| Melnalksnis | Melnalkšņa zāģbaļķi | 2.5 | 24 |
| | Lapu koku tara | 2.5 | 12 |
| | Tehniskā koksne | 3 | 6 |
| | Malka | 2 | 3 |
| Apse, papēle | Apses zāģbaļķi | 2.5 | 24 |
| | Lapu koku tara | 2.5 | 12 |
| | Tehniskā koksne | 3 | 6 |
| | Malka | 2 | 3 |
| Baltalksnis un citi mīkstie lapu koki | Lapu koku tara | 2.5 | 12 |
| | Tehniskā koksne | 3 | 6 |
| | Malka | 2 | 3 |
| Ozols, osis, citi cietie lapu koki | Zāģbaļķi | 2.5 | 18 |
| | Lapu koku tara | 2.5 | 12 |
| | Malka | 2 | 3 |

Sortimentos uzkrātais ogleklis aprēķināts izmantojot 11. formulu pieņemot ka biomasa sadalās proporcionāli sortimentu apjomam. Stumbru biomasu aprēķina atbilstoši 10. formulai.

Aprēķinātais uzkrātais ogleklis koksnes produktos ir ciršanas brīdī uzkrātais ogleklis apaļkoku sortimentos.

2. Prognozēšanas rīka lietošanas vadlīnijas

Prognozēšanas rīkam redzamas divas sadaļas jeb skati: ievades-rezultātu daļa un klasifikators.

Prognozēšanas rīka ievades-rezultātu skats sastāv no trīs daļām (2.1. attēls):

- mežaudzes raksturojošās informācijas ievade;
- mežsaimniecības scenārija izvēle un modifikācija;
- modelēšanas rezultāti.

Ievadiet datus un nospiežiet taustiņu F9. Pēc aptuveni 10 sekundēm rezultāti tiks aprēķināti un parādīti.

A 1. Mežaudzes raksturojošā informācija

Dzeltenā krāsā ievades lauki
Pelēkā krāsā kontroles vai modelēšanai nepieciešamie katra mežsaimniecības scenārija ievades lauki.

1.1. Mežaudzes raksturojums

| Parametrs | Kods | Kontrole |
|-----------|------|----------|
| Meža tips | 5 | |
| Izolēšana | 1 | |

Meža tips - kods no klasifikatora. Izolēšana: 1 - audze apņemas "dabiski", 2 - audze apņemas stādīt vai sējot.

1.2. Meža elementu raksturojums

| Nr | Suga | Stāvs | A gadi | | | | B gadi | | | | Kontrole |
|----|------|-------|--------|------|------|--------------------|--------|---|----|--------------------|----------|
| | | | g | m | cm | m ² /ha | g | m | cm | m ² /ha | |
| 1 | 4 | 1 | 20 | 12.0 | 10.0 | 2000 | | | | | |
| 2 | 3 | 2 | 20 | 6.0 | 6.0 | 2000 | | | | | |

Suga - sugas kods no klasifikatora. Stāvs - 1 vai 2. A - vecums gadi. 10 gadi līdz Amat pēc klasifikatora. H - meža elementa vidējais augstums. 0.5m līdz Hmax pēc klasifikatora. D - meža elementa vidējais caurmērs. 0.5cm līdz Dmax pēc klasifikatora. G - meža elementa šķērslaukums. 0.1-60.0 m²/ha. N - meža elementa koku skaits. 10 - 20000 gab/ha.

C 3. REZULTĀTI

Modelētais scenārijs:
mežaudzi apsaimnieko ikdienišķi, izmantojot LR normatīvos noteiktos galvenās cirtes kritērijus

| Parametrs | Bez dabiskajiem traucējumiem | Ar dabiskajiem traucējumiem |
|--|------------------------------|-----------------------------|
| Modelētais perioda garums, gadi | 51 | 51 ± 0.0 |
| Mežaudzes vecums galvenās cirtes brīdī, gadi | 71 | 71 ± 0.0 |
| Mežaudzes krūša galvenās cirtes brīdī, m ³ /ha * | 339.9 | 312.8 ± 2.9 |
| Mežaudzē uzkrātais ogļskābs galvenās cirtes brīdī, t/ha | 128.3 | 119.1 ± 1.0 |
| Nocirstais likvidais apjoms, m ³ /ha | 398.0 | 388.4 ± 1.1 |
| Galvenās cirtē nocirstais likvidais apjoms, m ³ /ha | 292.3 | 268.9 ± 2.5 |
| Starpirtes nocirstais likvidais apjoms, m ³ /ha | 105.7 | 119.5 ± 1.8 |
| Uzkrātais ogļskābs kokmeņu produktos, t/ha | 107.7 | 104.8 ± 0.3 |
| Uzkrātais ogļskābs kokmeņu produktos galvenajā cirtē, t/ha | 80.2 | 73.7 ± 0.7 |
| Uzkrātais ogļskābs kokmeņu produktos starpirtē, t/ha | 27.4 | 31.1 ± 0.5 |
| Priekdes zāģbāļi, m ³ /ha | 0.0 | 0.0 ± 0.0 |
| Ēģes zāģbāļi, m ³ /ha | 15.6 | 14.0 ± 0.2 |
| Bērza zāģbāļi, m ³ /ha | 113.9 | 109.7 ± 0.6 |
| Citi mikro lapu koku zāģbāļi, m ³ /ha | 0.0 | 0.0 ± 0.0 |
| Citi lapu koku zāģbāļi un tara, m ³ /ha | 14.0 | 10.9 ± 0.5 |
| Lapu koku sīkzāģbāļi un tara, m ³ /ha | 55.8 | 53.1 ± 0.3 |
| Sīkju koku papīrmaika, m ³ /ha | 13.5 | 12.4 ± 0.2 |
| Lapu koku papīrmaika, m ³ /ha | 132.4 | 135.6 ± 0.6 |
| Maika, m ³ /ha | 52.8 | 52.7 ± 0.1 |

* - aritmētiskā vidējā vērtība, se - standartatļūva
* mežsaimniecības scenāriju bez meža apsaimniekošanas krūša un ogļskābes perioda beigās

B 2. Mežsaimniecības scenārijs

Izvēlētais scenārija mežsaimniecības raksturojuma aploksnis zemāk tabulās

Mežsaimniecības veids: 3 izvēlies no 1 - 4

1 - mežaudzi neapsaimnieko. 2 - mežaudzi apsaimnieko ekstrēmīvi. 3 - mežaudzi apsaimnieko ikdienišķi. 4 - mežaudzi apsaimnieko mēlīdzīgi (mērtīcieciņi) atbilstoši mežzinātnieku rekomendācijām

Galvenās cirtes vecuma izmaiņas (+/- gadi): 0 izvēlies par cik gadiem izmaina GC vecur

Galvenās cirtes caurmēra izmaiņas (+/- cm): 0 izvēlies par cik cm izmaina GC caurmēru

Meža mēlīdzināšana: 0 izvēlies 1 vai 0
0 - nemodēlē mēlīdzināšanu. 1 - modēlē mēlīdzināšanu pēc kopšanas cirtes

Meža mēlīdzināšanas kritēriji: 1) mežaudzē veic kopšanas cirti. 2) valdītājs koku suga P. E vai B. 3) valdītājs koku suga D ≥ 12 cm. 4) meža tips S. Mr. Ln. Gc. Mrs. Av. Am. Kv. vai Km.

Meža meliorācija: 0 izvēlies 1 vai 0
0 - nemodēlē meliorāciju. 1 - modēlē meliorāciju pirmajās gādīs

Meža meliorāciju iespējams modēlēt Mrs. Dms. Vrs. Nā un Dā.

| Jaunaudžu kopšanas | | | | |
|--|-----|------|-----|----|
| Kādā vecumā modēlē jaunaudžu kopšanu (gadi) | min | 5 | max | 25 |
| Pie kādā audzes augstuma modēlē kopšanu (m) | min | 2 | max | 10 |
| Biezība, pie kādā audzes augstuma modēlē kopšanu (N/Nnorm) | | 0.90 | | |
| Modelētais audzes biezība pēc jaunaudžu kopšanas (N/Nnc) | | 0.65 | | |

| Starpirtes | | | | |
|--|------|------|-----|-----------------|
| Kādā vecumā modēlē kopšanu (gadi) | min | n | max | GC vecums - 5 |
| Pie kādā audzes augstuma modēlē kopšanu (m) | min | 10 | max | n |
| Pie kādā audzes caurmēra modēlē kopšanu (m) | min | 10 | max | GC caurmērs - 1 |
| Biezība, pie kādā audzes augstuma modēlē kopšanu (G/Gnorm) | | 0.85 | | |
| Modelētais audzes šķērslaukums pēc kopšanas (m ² /ha) | Gmin | + 2 | | |

2.1. attēls. Prognozēšanas rīks:

A – mežaudzes raksturojošās informācijas ievade; B – mežsaimniecības scenārija izvēle un modifikācija; C – modelēšanas rezultāti.

Programmā lietotājam ievades lauki ir dzeltenā krāsā, kuros ir jāievada mežsaimnieciski loģiska un klasifikatoram (1. pielikums) atbilstoša vērtība. Ievadot mežsaimnieciski neloģiskas vai ekstrēmas vērtības programmā modelētie rezultāti var būt neloģiski un maz ticami.

Algoritms mežaudzes modelēšanai ir sekojošs (darbības izpildot secīgi vienu pēc otras):

- mežaudzes raksturojošās informācijas korektu datu ievade;
- mežsaimniecības scenārija izvēle un modifikācija;
- aprēķinu injicēšana (nospiežot taustiņu F9);
- aprēķins un rezultātu atspoguļošana.

2.1. Mežaudzes raksturojošās informācijas ievade

Rīkā mežaudzi raksturojošās informācijas ievade sastāv no divām daļām:

- 1) mežaudzes raksturojums;
- 2) meža elementu raksturojums.

Mežaudzes un vietas raksturošanai lietotājam atbilstoši klasifikatoram jāievada meža tipa kods un mežaudzes izcelsmes kods (2.2. attēls dzeltenie lauki).

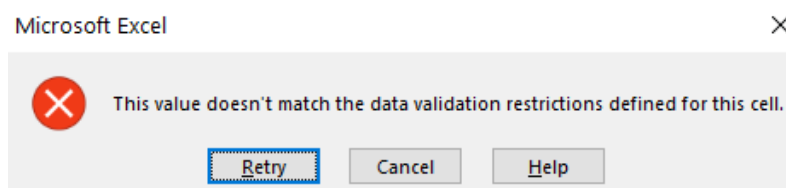
1.1. Mežaudzes raksturojums

| Parametrs | Kods | Kontrole |
|-----------|------|---|
| Meža tips | | nav ievadīts vai nepareizs meža tipa kods (skat. klasifikatorā) |
| Izcelsme | 2 | |

Meža tips - kods no klasifikatora. Izcelsme: 1 - audze atjaunojusies "dabiski"; 2 - audze atjaunota stādot vai sējot.

2.2. attēls. Mežaudzes raksturojošās informācijas ievade.

Ja tiek ievadīts klasifikatoram neatbilstošs meža tipa vai mežaudzes izcelsmes kods rīkā parādās brīdinošs logs (2.3. attēls). Blakus šo rādītāju ievades laukiem ir kontroles lauki, kas brīdina, gan par nepareizu kodu, gan par to, ka nav ievadīts meža tips vai mežaudzes izcelsme (2.2. attēlā lauks "Kontrole").



2.3. attēls. Ievadītas klasifikatoram neatbilstošas vērtības brīdinošs logs.

Katram mežaudzes elementam jāievada korekta to raksturojošā informācija: suga, stāvs, vecums, vidējais augstums un caurmērs, šķērslaukums vai koku skaits. Maksimums var ievadīt informāciju par astoņiem meža elementiem (2.4. attēls).

1.2. Meža elementu raksturojums

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|------|-------|--------|------|------|----------------------|----------|----------|
| Nr | Suga | Stāvs | A gadi | H m | D cm | G m ² /ha | N gab/ha | Kontrole |
| 1 | 4 | 1 | 20 | 12.0 | 10.0 | 15.0 | | |
| 2 | 3 | 2 | 20 | 6.0 | 6.0 | | 2000 | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |

Suga - sugas kods no klasifikatora; **Stāvs** - 1 vai 2; **A** - vecums gadi, 10 gadi līdz Amax pēc klasifikatora; **H** - meža elementa vidējais augstums, 0.5m līdz Hmax pēc klasifikatora; **D** - meža elementa vidējais caurmērs, 0.5cm līdz Dmax pēc klasifikatora; **G** - meža elementa šķērslaukums, 0.1-60.0 m²ha⁻¹; **N** - meža elementa koku skaits, 10 - 20000 gab ha⁻¹.

2.4. attēls. Meža elementu raksturojošās informācijas ievade.

Programmā katram meža elementam jāievada koku **suga** atbilstoši klasifikatoram (1. pielikums). Ja tā nav ievadīta vai ievadīta nekorekti, tad “Kontroles” laukā parādās brīdinošs uzraksts (2.5. attēls).

| Nr | Suga | Stāvs | A gadi | H m | D cm | G m ² /ha | N gab/ha | Kontrole |
|----|------|-------|--------|------|------|----------------------|----------|---------------------------|
| 1 | | 1 | 20 | 12.0 | 10.0 | 15.0 | | nav ievadīta suga |
| 2 | E | 2 | 20 | 6.0 | 6.0 | | 2000 | nav ievadīta korekti suga |
| 3 | | | | | | | | |

2.5. attēls. Meža elementu raksturojošās informācijas tabulā nav ievadīta vai ievadīta nekorekti suga.

Programmā jāievada katra meža elementa kokaudzes **stāvs** – I stāva meža elementiem 1, bet II stāva meža elementiem 2. Ja tas nav ievadīts vai ievadīts nekorekti, tad “Kontroles” laukā parādās brīdinošs uzraksts (2.6. attēls).

| Nr | Suga | Stāvs | A gadi | H m | D cm | G m ² /ha | N gab/ha | Kontrole |
|----|------|-------|--------|------|------|----------------------|----------|----------------------------|
| 1 | 4 | | 20 | 12.0 | 10.0 | 15.0 | | nav ievadīts stāvs |
| 2 | 3 | II | 20 | 6.0 | 6.0 | | 2000 | nav ievadīts korekti stāvs |
| 3 | | | | | | | | |

2.6. attēls. Meža elementu raksturojošās informācijas tabulā nav ievadīts vai ievadīts nekorekti stāvs.

Programmā jāievada katra meža elementa **vecums**. Tas nedrīkst pārsniegt klasifikatorā norādīto maksimālo vecumu (1. pielikums). Ja tas nav ievadīts vai ievadīts nekorekti, tad “Kontroles” laukā parādās brīdinošs uzraksts (2.7. attēls).

| Nr | Suga | Stāvs | A gadi | H m | D cm | G m ² /ha | N gab/ha | Kontrole |
|----|------|-------|--------|------|------|----------------------|----------|-----------------------------|
| 1 | 4 | 1 | | 12.0 | 10.0 | 15.0 | | nav ievadīts vecums |
| 2 | 3 | 2 | 999 | 6.0 | 6.0 | | 2000 | nav ievadīts korekti vecums |
| 3 | | | | | | | | |

2.7. attēls. Meža elementu raksturojošās informācijas tabulā nav ievadīts vai ievadīts nekorekti vecums.

Programmā jāievada katra meža elementa **vidējais augstums**. Tas nedrīkst pārsniegt klasifikatorā norādīto maksimālo vērtību (1. pielikums). Ja tas nav ievadīts vai ievadīts nekorekti, tad “Kontroles” laukā parādās brīdinošs uzraksts (2.8. attēls).

| Nr | Suga | Stāvs | A gadi | H m | D cm | G m ² /ha | N gab/ha | Kontrole |
|----|------|-------|--------|------|------|----------------------|----------|-------------------------------|
| 1 | 4 | 1 | 20 | | 10.0 | 15.0 | | nav ievadīts augstums |
| 2 | 3 | 2 | 20 | 99.0 | 6.0 | | 2000 | nav ievadīts korekti augstums |
| 3 | | | | | | | | |

2.8. attēls. Meža elementu raksturojošās informācijas tabulā nav ievadīts vai ievadīts nekorekti vidējais augstums.

Programmā jāievada katra meža elementa **vidējais caurmērs**. Tas nedrīkst pārsniegt klasifikatorā norādīto maksimālo vērtību (1. pielikums). Ja tas nav ievadīts vai ievadīts nekorekti, tad “Kontroles” laukā parādās brīdinošs uzraksts (2.9. attēls).

| Nr | Suga | Stāvs | A gadi | H m | D cm | G m ² /ha | N gab/ha | Kontrole |
|----|------|-------|--------|------|------|----------------------|----------|-------------------------------|
| 1 | 4 | 1 | 20 | 12.0 | | 15.0 | | nav ievadīts caurmērs |
| 2 | 3 | 2 | 20 | 6.0 | 99.0 | | 2000 | nav ievadīts korekti caurmērs |
| 3 | | | | | | | | |

2.9. attēls. Meža elementu raksturojošās informācijas tabulā nav ievadīts vai ievadīts nekorekti vidējais caurmērs.

Programmā jāievada katra meža elementa vai nu **šķērslaukums** vai **koku skaits**, abas vērtības vienlaicīgi nedrīkst ievadīt. Meža elementa šķērslaukums nedrīkst pārsniegt 60 m²ha⁻¹, bet koku skaits nedrīkst pārsniegt 20000 gab ha⁻¹. Ja ievadītas abas vērtības, vai tās nav ievadītas, vai arī ievadīts nekorekti, tad “Kontroles” laukā parādās brīdinošs uzraksts (2.10. attēls).

| Nr | Suga | Stāvs | A gadi | H m | D cm | G m ² /ha | N gab/ha | Kontrole |
|----|------|-------|--------|------|------|----------------------|----------|---|
| 1 | 4 | 1 | 20 | 12.0 | 10.0 | | | nav ievadīts šķērslaukums vai koku skaits |
| 2 | 3 | 2 | 20 | 6.0 | 6.0 | 5.0 | 2000 | izdzēs vai nu skaitu vai šķērslaukumu |
| 3 | 4 | 1 | 20 | 12.0 | 10.0 | 99.0 | | nav ievadīts korekti šķērslaukums |
| 4 | 3 | 2 | 20 | 6.0 | 6.0 | | 99999 | nav ievadīts korekti koku skaits |
| 5 | | | | | | | | |

2.10. attēls. Meža elementu raksturojošās informācijas tabulā nav ievadīts vai ievadīts nekorekti šķērslaukums un koku skaits.

Ievadot korekti visu meža elementu raksturojošo informāciju laukā “Kontrole” neparādās brīdinoši uzraksti.

2.2 Mežsaimniecības scenārija izvēle un modifikācija

Programmā iespējams modelēt sekojošus mežsaimniecības scenārijus:

1. mežaudzi neapsaimnieko;
2. mežaudzi apsaimnieko ekstensīvi;
3. mežaudzi apsaimnieko ikdienišķi;
4. mežaudzi apsaimnieko mūsdienīgi (mērķtiecīgi), atbilstoši mežzinātnieku rekomendācijām.

Scenāriju detalizēts apraksts ir pieejams šī pārskata 1. nodaļā, bet programmā tiek atspoguļota vispārīga izvēlēta scenārija kopšanas ciršu raksturojošā informācija (2.11. attēls). Šeit var redzēt kādā vecumā un pie kādiem audzes kritērijiem tiek modelētas kopšanas cirtes un kāds tiek modelēts pēc kopšanas cirtes palikušās kokaudzes šķērslaukums vai biežība.

| Jaunaudžu kopšanas | | | | |
|--|------|----|-----|-----------------|
| Kādā vecumā modelē jaunaudžu kopšanu (gadi) | min | | | |
| Pie kādā audzes augstuma modelē jaunaudžu kopšanu (m) | min | | | |
| Biezība, pie kādas modelē jaunaudžu kopšanu (N/Nnorm) | 0.90 | | | |
| Modelētā audzes biezība pēc jaunaudžu kopšanas (N/Nnorm) | 0.65 | | | |
| Starpcirtes | | | | |
| Kādā vecumā modelē kopšanu (gadi) | min | | | |
| Pie kādā audzes augstuma modelē kopšanu (m) | min | 10 | max | n |
| Pie kādā audzes caurmēra modelē kopšanu (m) | min | 10 | max | GC caurmērs - 1 |
| Biezība, pie kādas modelē kopšanu (G/Gnorm) | 0.85 | | | |
| Modelētais audzes šķērslaukums pēc kopšanas (m ² /ha) | Gmin | + | 2 | |

2.11. attēls. Izvēlētā scenārija kopšanas ciršu raksturojošā informācija.

Lietotājam pēc korektu mežaudzes un meža elementu datu ievades jāizvēlas viens no četriem **mežsaimniecības scenārijiem** (2.12. attēls). Ja tas nav izvēlēts, tad netiek veikta modelēšana, bet, ja tas izvēlēts nekorekti, tad rīkā parādās brīdinošs logs (2.3. attēls).

2. Mežsaimniecības scenārijs

Izvēlētā scenārija mežsaimniecības raksturojums apkopots zemāk tabulās

Mežsaimniecības veids: **4** izvēlies no 1 - 4

1 - mežaudzi neapsaimnieko; 2 - mežaudzi apsaimnieko ekstensīvi; 3 - mežaudzi apsaimnieko mūsdienīgi (mērķtiecīgi), atbilstoši mežzinātnieku r

Galvenās cirtes **vecuma** izmaiņas (+/- gadi): **0** izvēlies p

Galvenās cirtes **caurmēra** izmaiņas (+/- cm): **0** izvēlies p

Meža mēslošana **0** izvēlies 1

0 - nemodelē mēslošanu; 1 - modelē mēslošanu pēc kopšanas cirtes

Meža mēslošanas kritēriji: 1) mežaudzē veic kopšanas cirti; 2) valdošā koku sugas D ≥ 12 cm; 4) meža tips Sl, Mr, Ln, Gs, Mrs, Av, Am, Kv, vai Km.

Meža meliorācija **0** izvēlies 1

0 - nemodelē meliorāciju; 1 - modelē meliorāciju pirmajā gadā

Meža meliorāciju iespējams modelēt Mrs, Dms, Vrs, Nd un Db.

2.12. attēls. Mežsaimniecības scenārija izvēle.

Mežsaimniecības scenārijus iespējams modificēt:

- 1) izmainot galvenās cirtes kritērijus;
- 2) paredzot meža mēslošanu;
- 3) paredzot meža meliorāciju.

Ja **galvenās cirtes vecuma un caurmēra** izmaiņu laukos ievada nulli (2.12. attēls), tad modelēšanā galvenās cirtes kritēriji atbilst šobrīd Latvijas meža likumdošanā noteiktajiem vai arī, ja likumdošanā nav noteiktas vērtības (piemēram, Ba galvenās cirtes vecums), tad mežsaimnieciski loģiskas vērtības (1. ielikums). Programmā modelē galveno cirti, kad audzes I stāva valdošās koku sugas vecums vai caurmērs sasniedz scenārijā definēto vērtību. Tātad, ja ātrāk tiek sasniegts galvenās cirtes vecums, tad galveno cirti modelē pēc vecuma, ja ātrāk tiek sasniegts galvenās cirtes caurmērs, tad galveno cirti modelē pēc caurmēra. Galvenās cirtes caurmērs ir noteikts tikai priedēm, eglēm un bērziem, pārējām koku sugām jāatbilst galvenās

cirtes vecumam. Ja vēlās galvenās cirtes vecumu palielināt, tad attiecīgajā laukā jāievada pozitīvs skaitlis, bet, ja samazināt, tad negatīvs skaitlis. Piemēram, ja vēlās galvenās cirtes vecumu eglēm 91 gadu, tad jāievada 10, bet, ja vēlās galvenās cirtes vecumu eglēm 76 gadi, tad jāievada -5 (2.13. attēls). Priežu, egļu un bērzu audzēs līdzīgi tas darbojas arī ar caurmēru.

- | | | |
|----|--|----|
| a) | Galvenās cirtes vecuma izmaiņas (+/- gadi): | 0 |
| b) | Galvenās cirtes vecuma izmaiņas (+/- gadi): | 10 |
| c) | Galvenās cirtes vecuma izmaiņas (+/- gadi): | -5 |

2.13. attēls. Galvenās cirtes vecuma izmaiņu ievade:

- a) galvenās cirtes vecums ir likumdošanā noteiktais, piemēram, eglēm 81 gads; b) galvenās cirtes vecums palielinās par 10 gadiem, piemēram, eglēm no 81 līdz 91 gadiem; c) galvenās cirtes vecums samazinās par 5 gadiem, piemēram, eglēm no 81 līdz 76 gadiem.

Lietotājs var izvēlēties papildus mežsaimniecisko darbību – **mežu mēslošana**. Lietotājam meža mēslošanas izvēlnes laukā ievadot “1”, tiks modelēta meža mēslošana, bet ievadot “0”, meža mēslošana netiks modelēta (2.14. attēls). Ievadot jebkuru citu vērtību šajā laukā rīkā parādās brīdinošs logs (2.3. attēls).

- | | | |
|----|----------------|---|
| a) | Meža mēslošana | 1 |
| b) | Meža mēslošana | 0 |

2.14. attēls. Meža mēslošanas ievade:

- a) programmā tiks modelēta meža mēslošana; b) programmā netiks modelēta meža mēslošana.

Meža mēslošanu rīkā iespējams modelēt scenārijos ar mežsaimniecisko darbību (2.-4. scenārijs). Meža mēslošana tiek modelēta priežu, egļu vai bērzu audzēs, kurās ir modelēta krājas kopšanas cirte pēdējo 10 gadu laikā un kurās I stāva valdošās koku sugas vidējais caurmērs ir vismaz 12 cm. Meža mēslošana modelē mazauglīgajos meža tipos – Sl, Mr, Ln, Gs, Mrs, Av, Am, Kv, vai Km.

Lietotājs mežsaimniecības scenārijos ar mežsaimniecisko darbību (2.-4. scenārijs) var izvēlēties modelēt meža meliorāciju. Meža meliorāciju rīkā iespējams modelēt Mrs, Dms, Vrs, Nd un Db. Lietotājam meža meliorācijas izvēlnes laukā ievadot “1”, tiks modelēta meža meliorācija, bet ievadot “0”, meža meliorācija netiks modelēta (2.15. attēls). Ievadot jebkuru citu vērtību šajā laukā rīkā parādās brīdinošs logs (2.3. attēls).

- | | | |
|----|------------------|---|
| a) | Meža meliorācija | 1 |
| b) | Meža meliorācija | 0 |

2.15. attēls. Meža meliorācijas ievade:

- a) programmā tiks modelēta meža meliorācija; b) programmā netiks modelēta meža meliorācija.

Meža meliorācija tiek modelēta pirmajā modelēšanas gadā. Meža meliorāciju izvēloties neatbilstošā meža tipā vai mežsaimniecības scenārijā bez meža apsaimniekošanas, tā netiks modelēta.

2.3. Modelēšanas rezultāti

Rīka rezultātu sadaļā tiek atspoguļots izvēlētais mežsaimniecības scenārijs un papildus mežsaimnieciskās darbības, ja tādas ir izvēlētas un atbilstoši definētajiem nosacījumiem ir iespējamas un tiek rīkā modelētas (2.16. attēls).

| | |
|----|---|
| | 3. REZULTĀTI |
| a) | Modelētais scenārijs: <i>mežaudzi neapsaimnieko</i> |
| b) | Modelētais scenārijs: <i>mežaudzi apsaimnieko ikdienišķi, izmantojot LR normatīvos noteiktos galvenās cirtes kritērijus</i> |
| c) | Modelētais scenārijs: <i>mežaudzi apsaimnieko ikdienišķi, koriģējot galvenās cirtes kritērijus, veicot meža mēslošanu pēc kopšanas cirtēm un sākotnēji veicot meža meliorāciju</i> |

2.16. attēls. Mežsaimniecības scenārija apraksts rezultātu sadaļā:

- a) modelēts mežsaimniecības scenārijs bez mežsaimnieciskās darbības; b) modelēts ikdienišķas mežsaimniecības scenārijs nemodificējot galvenās cirtes kritērijus un bez papildus mežsaimnieciskajām darbībām; c) modelēts ikdienišķas mežsaimniecības scenārijs izmainot galvenās cirtes kritērijus un modelējot papildus mežsaimnieciskās darbības.

Programmā izvēlēto audzi pie izvēlētā mežsaimniecības scenārija modelē un rezultātus atspoguļo divos veidos: bez dabiskajiem traucējumiem un ar dabiskajiem traucējumiem (2.17. attēls). Bez dabiskajiem traucējumiem audzi modelē vienu reizi, bet ar dabiskajiem traucējumiem audzi modelē 100 reizes. Tas tādēļ, ka dabiskie traucējumi rīkā tiek modelēti kā stohastisks jeb nejaušs process.

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| | 3. REZULTĀTI | |
| | Modelētais scenārijs: <i>mežaudzi apsaimnieko ikdienišķi, izmantojot LR normatīvos noteiktos galvenās cirtes kritērijus</i> | |
| | Parametrs | Bez dabiskiem traucējumiem |
| | | Ar dabiskiem traucējumiem vid ± se |
| | Modelētais perioda garums, gadi | 51 |
| | Mežaudzes vecums galvenās cirtes brīdī, gadi | 71 ± 0.0 |
| | Mežaudzes krāja galvenās cirtes brīdī, m ³ /ha * | 339.6 |
| | Mežaudzē uzkrātais ogleklis galvenās cirtes brīdī, t/ha | 128.1 |
| | Nocirstais likvidais apjoms, m ³ /ha | 395.4 |
| | Galvenajā cirtē nocirstais likvidais apjoms, m ³ /ha | 292.1 |
| | Starpcirtēs nocirstais likvidais apjoms, m ³ /ha | 103.4 |
| | Uzkrātais ogleklis koksnes produktos, t/ha | 107.0 |
| | Uzkrātais ogleklis koksnes produktos galvenajā cirtē, t/ha | 80.1 |
| | Uzkrātais ogleklis koksnes produktos starpcirtē, t/ha | 26.9 |
| | Priedes zāģbalņi, m ³ /ha | 0.0 |
| | Egļu zāģbalņi, m ³ /ha | 15.9 |
| | Bērza zāģbalņi, m ³ /ha | 113.4 |
| | Citi mīksto lapu koku zāģbalņi, m ³ /ha | 0.0 |
| | Cieto lapu koku zāģbalņi, m ³ /ha | 0.0 |
| | Skuju koku sīkzāģbalņi un tara, m ³ /ha | 14.2 |
| | Lapu koku sīkzāģbalņi un tara, m ³ /ha | 55.3 |
| | Skuju koku papīrmalka, m ³ /ha | 13.7 |
| | Lapu kokupapīrmalka, m ³ /ha | 130.6 |
| | Malka, m ³ /ha | 52.3 |
| | vid - aritmētiski vidējā vērtība, se - standartkļūda | |
| | * mežsaimniecības scenārijā bez meža apsaimniekošanas krāja un ogleklis perioda beigās | |

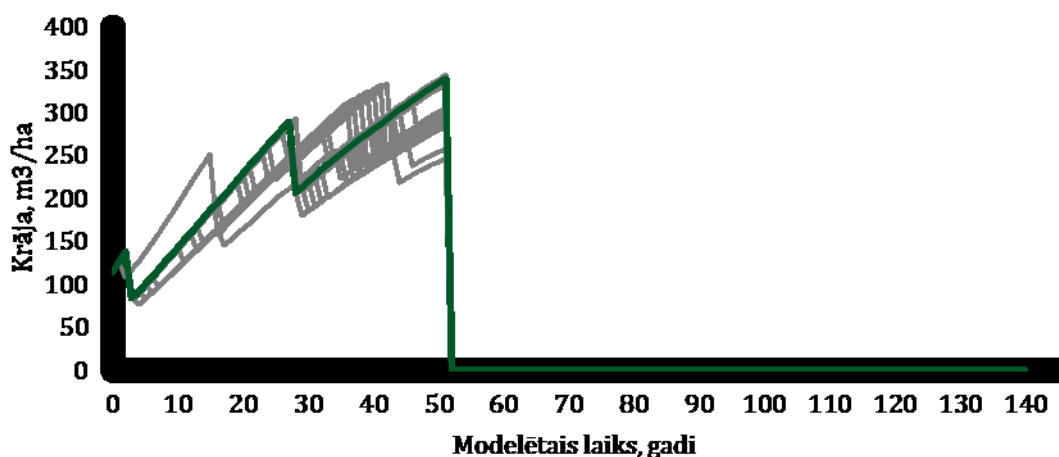
2.17. attēls. Modelētie rezultāti.

Katrai audzei rezultātu sadaļā tiek atspoguļoti:

- 1) modelēšanas perioda garums – modelētais laiks līdz galvenās cirtes brīdim vai modelēšanas perioda beigās, ja netiek modelēta mežsaimnieciskā darbība;
- 2) mežaudzes valdošās koku sugas vecums galvenās cirtes brīdī, vai modelēšanas perioda beigās, ja netiek modelēta mežsaimnieciskā darbība;
- 3) mežaudzes krāja galvenās cirtes brīdī vai modelēšanas perioda beigās, ja netiek modelēta mežsaimnieciskā darbība;
- 4) mežaudzē uzkrātais ogleklis galvenās cirtes brīdī vai modelēšanas perioda beigās, ja netiek modelēta mežsaimnieciskā darbība;
- 5) nocirstais likvīdais jeb sortimentu apjoms visā modelēšanas periodā, galvenajā cirtē un starpcirtēs;
- 6) uzkrātais ogleklis nocirstajos sortimentos visā modelēšanas periodā, galvenajā cirtē un starpcirtēs;
- 7) dažādu koku sugu vai to grupu (priede, egļe, bērzs, citi mīkstie lapu koki, cietie lapu koki) un sortimentu veidu (zāģbaļķi, sīkbaļķi un tara, papīrmalka, malka) nocirstais sortimentu apjoms modelēšanas periodā.

Visi apjoma rādītāji atspoguļoti vienībās uz vienu platības vienību.

Lietotājs vizuāli ar var novērtēt kā mainās mežaudzes krāja modelēšanas perioda laikā visos modelētajos variantos – bez dabiskajiem traucējumiem, un 100 reizes modelējot audzes attīstību ar dabiskajiem traucējumiem (2.18. attēls).



— bez dabiskajiem traucējumiem; — ar dabiskajiem traucējumiem

2.18. attēls. Mežaudzes modelētā krāja dažādos modelētajos variantos.

Literatūra

- Bārdule A., Liepiņš J., Liepiņš K., Stola J., Butlers A., Lazdiņš A. 2021. Variation in Carbon Content among the Major Tree Species in Hemiboreal Forests in Latvia. *Forests*, 12(9), 1292; <https://doi.org/10.3390/f12091292>
- Donis J., Šņepsts G., Šēnhofs R., Zdors L., Treimane A. 2015. Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana, izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas (MSI) datus. Pētījumu pārskats. 33 lpp.: Pieejams <https://www.silava.lv/images/Petijumi/2011-LVM-Mezaudzu-augšanas-gaita/2015-LVM-Mezaudzu-augšanas-gaita-Parskats.pdf>
- Donis J., Šņepsts G., Treimane A., Zariņš J., Zdors L., Zeltiņš P. 2020. Augšanas gaitas modeļu pilnveidošana. Pētījumu pārskats. 80 lpp.: Pieejams <https://www.silava.lv/images/Petijumi/2016-LVM-AGM/2016-2020-LVM-AGM-parskats.pdf>
- Donis J. (pētījuma vadītājs). 2023. Algoritmu izstrāde mežsaimniecības plānošanai. Pētījumu pārskats. 116. lpp. Pieejams: <https://www.silava.lv/images/Petijumi/2021-LVM-Algorithm-izstrade/2023-LVM-Algorithm-izstrade-Etaps.pdf.pdf>
- Donis, J., Šņepsts, G., Zeltiņš, P., Jansons, J., Zālītis, P., & Jansons, Ā. (2024). Sawlog Recovery in Birch, Black Alder, and Aspen Stands of Hemiboreal Forests in Latvia. *Forests*, 15(2), 326. <https://doi.org/10.3390/f15020326>
- Liepa I. (1996). *Pieauguma mācība*. Jelgava. 123 lpp.
- Liepiņš J., Lazdiņš A., Liepiņš K. 2018. Equations for estimating above- and belowground biomass of Norway spruce, Scots pine, Birch spp. and European aspen in Latvia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33, 58-70; <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1337923>
- Liepiņš J., Liepiņš K., Lazdiņš A. 2021. Equations for estimating the above- and belowground biomass of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) and common alder (*Alnus glutinosa* L.) in Latvia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 36(5), 389-400; <https://doi.org/10.1080/02827581.2021.1937696>
- Meža inventarizācijas un Meža valsts reģistra informācijas aprites noteikumi: Ministru kabineta 2016. gada 21. jūnija noteikumi Nr.384., Latvijas Vēstnesis 122, 28.06.2016.
- Šņepsts G., Donis J., Zariņš J. (2020). Priekšlikumi Latvijas meža resursu vērtības un apsaimniekošanas efektivitātes paaugstināšanai ilgtermiņā un atbalsts mežsaimniecības stratēģiskās ietekmes uz vidi novērtējumam. Pētījuma pārskats 74 lpp. Pieejams: [http://www.silava.lv/userfiles/file/Projektu%20parskati/2020_Snepsts_MAF\(1\).pdf](http://www.silava.lv/userfiles/file/Projektu%20parskati/2020_Snepsts_MAF(1).pdf)
- Šņepsts G. (pētījuma vadītājs). 2022. Latvijas meža ekosistēmas ilgtermiņa izmaiņas dažādos mežsaimniecības scenārijos. 94. lpp. Pieejams: <https://www.silava.lv/petnieciba/petijumi/latvijas-meza-ekosistemas-ilgtermina-izmainas-dazados-mezsaimniecibas-scenarijos>
- Zālītis, P., un Jansons, J. 2009. Mērķtiecīgi izveidoto kokaudžu struktūra. LVMI Silava. 80 lpp.
- Магузанис, Я.К. (ред.). 1988. Нормативы для таксации леса Латвийской ССР, Рига. ст. 176.

1. pielikums. Modelēšanā izmantotie klasifikatori

01. Meža tipi

| Kods | Saīsinājums | Nosaukums |
|------|-------------|--------------------|
| 1 | Sl | Sils |
| 2 | Mr | Mētrājs |
| 3 | Ln | Lāns |
| 4 | Dm | Damaksnis |
| 5 | Vr | Vēris |
| 6 | Gr | Gārša |
| 7 | Gs | Grīnis |
| 8 | Mrs | Slapjais mētrājs |
| 9 | Dms | Slapjais damaksnis |
| 10 | Vrs | Slapjais vēris |
| 11 | Grs | Slapjais gārša |
| 12 | Pv | Purvājs |
| 14 | Nd | Niedrājs |
| 15 | Db | Dumbrājs |
| 16 | Lk | Liekņa |
| 17 | Av | Viršu ārenis |
| 18 | Am | Mētru ārenis |
| 19 | As | Šaurlapju ārenis |
| 21 | Ap | Platlapju ārenis |
| 22 | Kv | Viršu kūdrenis |
| 23 | Km | Mētru kūdrenis |
| 24 | Ks | Šaurlapju kūdrenis |
| 25 | Kp | Platlapju kūdrenis |

02. Mežaudzes izcelsme

| Kods | Saīsinājums | Nosaukums |
|------|-------------|------------------------|
| 1 | Dabiska | Mežaudze atjaunojusies |
| 2 | Stādīta | Mežaudze atjaunota |

03. Koka sugas

| Kods | Saīsinājums | Nosaukums |
|------|-------------|---------------|
| 1 | P | Priede |
| 3 | E | Egle |
| 4 | B | Bērzs |
| 6 | M | Melnalksnis |
| 8 | A | Apse |
| 9 | Ba | Baltalksnis |
| 10 | Oz | Ozols |
| 11 | Os | Osis |
| 12 | L | Liepa |
| 13 | Le | Lapegle |
| 14 | Pc | Citas priedes |
| 15 | Ec | Citas egles |
| 16 | G | Goba, vīksna |
| 17 | Ds | Dižskābardis |
| 18 | Sk | Skābardis |
| 19 | Pa | Papele |
| 20 | Vi | Vītols |
| 21 | Bl | Blīgzna |
| 22 | Cp | Ciedru priede |
| 23 | Be | Baltegle |

| Kods | Saīsinājums | Nosaukums |
|------|-------------|----------------------|
| 24 | K | Kļava |
| 25 | K | Saldais ķirsis |
| 26 | Me | Mežābele |
| 27 | Bu | Bumbiere |
| 28 | Du | Duglāzija |
| 29 | I | Īve |
| 32 | Pīlādži | Pīlādži |
| 35 | Ievas | Ievas |
| 50 | Dz_akācija | Dzeltenā akācija |
| 61 | Ozc | Citi ozoli |
| 62 | Lc | Citas liepas |
| 63 | Kc | Citas kļavas |
| 64 | Osc | Citi oši |
| 65 | Gc | Citas gobas, vīksnas |
| 66 | R | Riekstkoki |
| 67 | Z | Zirgkastaņa |
| 68 | Ha | Hibrīdā apse |

04. Koku sugas maksimālās ievades vērtības

| Suga | Kods | Amax, gadi | Hmax, m | Dmax, cm |
|------------------|------|------------|---------|----------|
| Priede | 1 | 220 | 40 | 56 |
| Egle | 3 | 180 | 40 | 56 |
| Bērzs | 4 | 100 | 36 | 56 |
| Melnalksnis | 6 | 100 | 36 | 56 |
| Apse | 8 | 100 | 40 | 56 |
| Baltalksnis | 9 | 50 | 28 | 36 |
| Ozols | 10 | 220 | 39 | 56 |
| Osis | 11 | 180 | 39 | 56 |
| Liepa | 12 | 180 | 39 | 56 |
| Lapegle | 13 | 220 | 40 | 56 |
| Citas priedes | 14 | 220 | 40 | 56 |
| Citas egles | 15 | 180 | 40 | 56 |
| Goba, vīksna | 16 | 180 | 39 | 56 |
| Dižskābardis | 17 | 180 | 39 | 56 |
| Skābardis | 18 | 180 | 39 | 56 |
| Papele | 19 | 100 | 40 | 56 |
| Vītols | 20 | 50 | 24 | 36 |
| Blīgzna | 21 | 50 | 24 | 36 |
| Ciedru priede | 22 | 220 | 40 | 56 |
| Baltegle | 23 | 180 | 40 | 56 |
| Kļava | 24 | 180 | 39 | 56 |
| Saldais ķirsis | 25 | 100 | 39 | 56 |
| Mežābele | 26 | 50 | 21 | 36 |
| Bumbiere | 27 | 50 | 21 | 36 |
| Duglāzija | 28 | 220 | 40 | 56 |
| Īve | 29 | 180 | 40 | 56 |
| Pīlādži | 32 | 50 | 21 | 36 |
| Ievas | 35 | 50 | 21 | 36 |
| Dzeltenā akācija | 50 | 50 | 21 | 36 |
| Mežābele | 51 | 50 | 21 | 36 |
| Saldais ķirsis | 56 | 100 | 39 | 56 |
| Citi ozoli | 61 | 220 | 39 | 56 |
| Citas liepas | 62 | 180 | 39 | 56 |
| Citas kļavas | 63 | 180 | 39 | 56 |
| Citi oši | 64 | 180 | 39 | 56 |

| Suga | Kods | Amax, gadi | Hmax, m | Dmax, cm |
|----------------------|------|------------|---------|----------|
| Citas gobas, vīksnas | 65 | 180 | 39 | 56 |
| Riekstkoki | 66 | 180 | 39 | 56 |

05. Mežsaimniecības scenārijs

| Kods | Apraksts |
|------|--|
| 1 | mežaudzi neapsaimnieko |
| 2 | mežaudzi apsaimnieko ekstensīvi |
| 3 | mežaudzi apsaimnieko ikdienišķi |
| 4 | mežaudzi apsaimnieko mūsdienīgi (mērķtiecīgi), atbilstoši mežzinātnieku rekomendācijām |

06. Meža mēslošana

| Kods | Apraksts |
|------|--|
| 0 | mežā neveic mēslošanu |
| 1 | mežā veic mēslošanu pēc krājas kopšanas cirtes |

07. Meža meliorācija

| Kods | Apraksts |
|------|--|
| 0 | mežā neveic meliorāciju |
| 1 | pirmajā modelēšanas gadā mežā veic meliorāciju |

08. Galvenās cirtes vecums

| Suga | A, gadi |
|--|---------|
| Priedes, ozoli, lapegles, duglāzijas | 101 |
| Egles, oši, liepas, gobas, vīksnas, dižskābārdis, skābārdis, kļavas, baltegle, saldais ķirsis, riekstkoki, īve | 81 |
| Bērzi, melnalksnis | 71 |
| Apse, papele | 41 |
| Baltalksnis, blīgzna, pīlādži, ievas un citas sugas | 31 |

09. Galvenās cirtes caurmērs

| Suga | Bonitāte | | | | |
|--------|----------|----|----|-----|-------------|
| | Ia | I | II | III | IV un zemāk |
| Priede | 39 | 35 | 31 | 30 | 30 |
| Egle | 31 | 29 | 29 | 27 | 26 |
| Bērzs | 31 | 27 | 25 | 25 | 25 |

10. Sortimentācija

| Grupa | Tievgaļa caurmērs, cm | Miza |
|-----------------------------|-----------------------|-----------|
| Priedes zāģbaļķi | 18.0 | bez mizas |
| Egles zāģbaļķi | 18.0 | bez mizas |
| Bērza zāģbaļķi | 18.0 | bez mizas |
| Mīksto lapu koku zāģbaļķi | 24.0 | bez mizas |
| Cieto lapu koku zāģbaļķi | 18.0 | bez mizas |
| Skuju koku sīkbaļķi un tara | 10.0 | bez mizas |
| Lapu koku tara | 12.0 | bez mizas |
| Skuju koku papīrmalka | 6.0 | bez mizas |
| Lapu koku papīrmalka | 6.0 | bez mizas |
| Malka | 2.0 | ar mizu |