

# Vides ietekmes novērtēšanas metodes algoritma apraksts

Projekta ietvaros pieņemam, ka vide ir visu to ekoloģisko faktoru kopums, kas tieši un savstarpēji mijiedarbojoties ietekmē dzīvo organismu dzīvības norises. Vide nav tikai klimatiskie faktori. Edafiskie, orogrāfiskie, biotiskie un antropogēnie faktori nereti izvirzās priekšplānā, būtiski modificējot klimata labvēlīgo vai traucējošo iedarbību. Sevišķi tas sakāms par cilvēku saimniecisko darbību mežā, kas var pastiprināt vai mīkstināt klimata trendālo ietekmi uz meža produktivitāti. No sacītā izriet nepieciešamība noskaidrot, kādus mežsaimnieciskos pasākumus, kā un kādos nosacījumos mežaudzes uztver pozitīvi vai negatīvi, tādējādi dodot iespēju meža apsaimniekošanas kārtībā iespaidot audžu adaptāciju klimata sagaidāmajās izmaiņās. Jāatzīmē, ka ne vienmēr šāda informācija saistāma tikai ar klimata dinamiku. Mežsaimniecības ikdienā tā ir nepieciešama meža apsaimniekošanas plānošanā un ielānoto pasākumu īstenošanas vai dabisko traucējumu seku analizē. Šajā sakarā izstrādāta vides ietekmes dendroindikatīvās novērtēšanas metode, kas pamatojas uz audzes krājas papildus pieaugumu kā koku atsaucis reakcijas kritēriju.

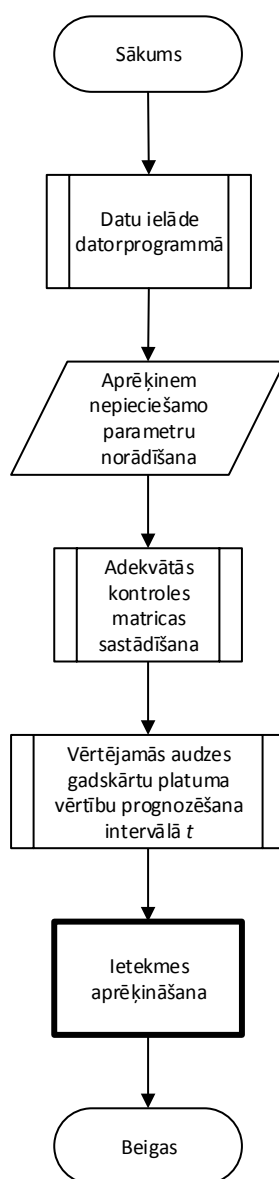
Lai aprēķinātu vides ietekmes kritērija – krājas papildus pieauguma vērtības, tiek izmantoti paraugkoku urbumu gadskārtu platuma, augstuma un caurmēra mērījumu dati. Kāda faktora ietekmēta koka vai audzes pieaugums sastāv no diviem komponentiem – neinicētā un iniciētā pieauguma. Pirmais no tiem būtu veidojies arī bez pētāmā faktora ietekmes īstenošanās, otrs ir tieši šīs ietekmes dēļ papildus veidojies pieaugums. Vienīgi papildus pieaugums patiesi atsedz pētāmās ietekmes raksturu un lielumu. Abu komponentu summa jeb integrālais pieaugums šo funkciju veic nepilnīgi, jo dabīgo fluktuāciju dēļ daļēji izlīdzina ietekmes efektu. Var izšķirt augstuma, caurmēra, šķērslaukuma, tilpuma vai krājas, biomasas; koksnes, mizas, stumbra, sakņu, zaru; periodisko, vidēji periodisko, ikgadējo u.c. papildus pieauguma veidus. Katrs no tiem atšķirīgi raksturo koku atsaucis reakcijas dažādās nianses. Ietekmes ekonomiskajai analīzei piemērotākais ir tilpuma (krājas) periodiskais (kumulatīvais) un ikgadējais (tekošais) papildus pieaugums. Kā viena, tā otra papildus pieauguma vērtība var būt pozitīva, negatīva vai vienāda ar nulli. Pirmā liecina par pētāmās ietekmes labvēlīgo, otrā – par augšanu bremzējošo un trešā – par fona ietekmi.

Vides ietekmes novērtēšanas pamatā ir I. Liepas krājas papildus pieauguma metodika (Liepa, 1966)

Metodes īstenošanai vērtējamā faktora ietekmētajā audzē ierīko vienu vai vairākus parauglaukumus, kuros veic vienlaidus dastošanu, koku augstuma mērīšanu un 20 – 25 gadskārtu serdeņu ieguvī. Līdzīga meža tipa, vecuma, bonitātes klases un biežības references

(kontroles) audzē – tikai serdeņu ieguvi. Urbšanas dziļums –  $t+t'$  gadskārtas, kur  $t$  – ietekmes intervāls (gadu skaits, kas pagājis pēc vērtējamā faktora darbības sākuma) un  $t'$  – retrospekcijas intervāls (ne mazāk kā 10 gadi pirms vērtējamā faktora darbības sākuma). Pēc tam iegūtos serdeņus izmanto gadskārtu platuma mērīšanai. Uzmērītie dati pēc tam tiek sakopoti un ielādēti datorprogrammā aprēķinu veikšanai.

Vides ietekmes vērtēšanai ir izstrādāta datorprogramma, kurā implementēti vairāki algoritmi, kas veido vienu veselu. Virspusēji metodes realizēšanas algoritmu raksturo 1. attēlā redzamā diagramma.



1.att. Vides ietekmes novērtēšanas metodes īstenošanas diagramma

Darbību kopumu vides ietekmes novērtēšanai var sadalīt piecās nosacītās daļās – datu ielāde datorprogrammā, aprēķiniem nepieciešamo parametru norādīšana, adekvātās kontroles matricas sastādīšana, vērtējamās audzes gadskārtu platuma vērtību prognozēšana intervālā t un ietekmes aprēķināšana.

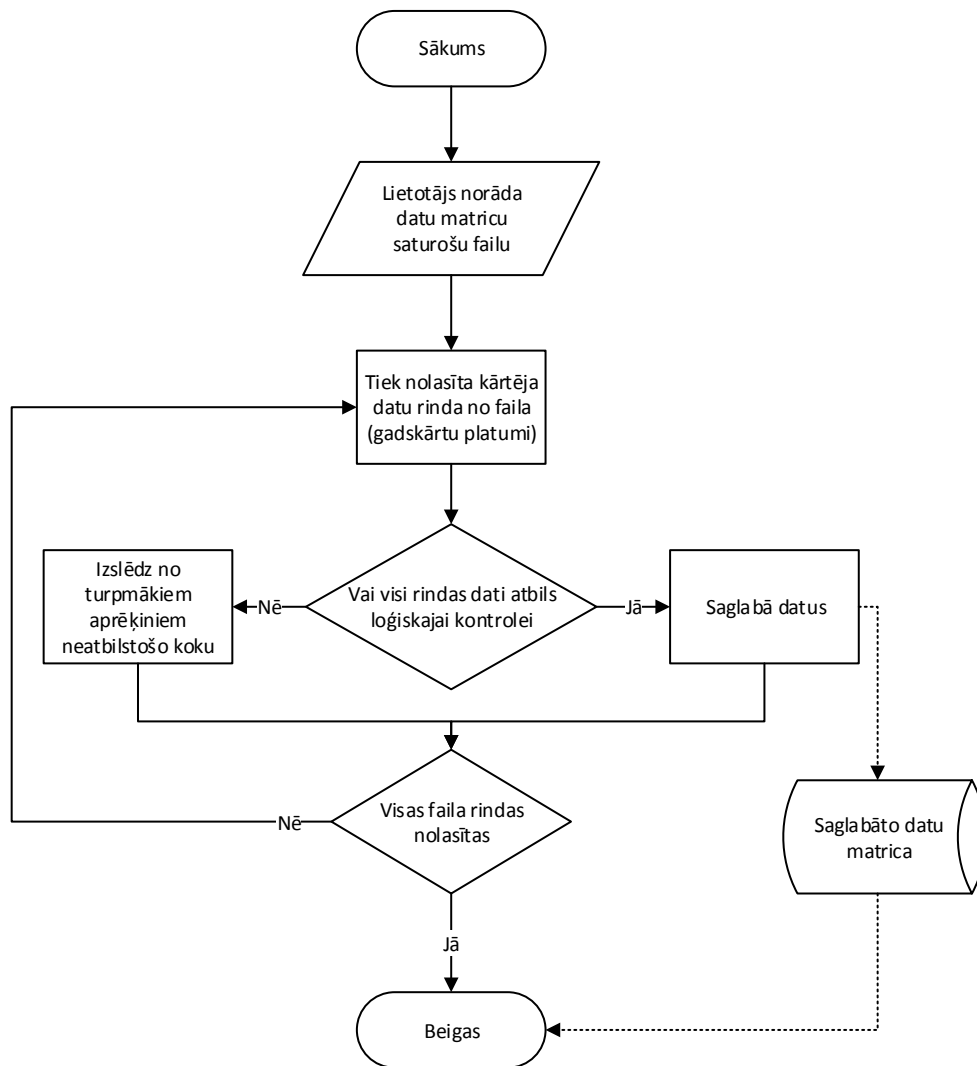
### Datu ielāde datorprogrammā

Algoritma izpildes pirmais solis ir iepriekš noteiktā formātā sagatavotu gadskārtu platuma mērījumu datu matricu ielāde datorprogrammā. Šis algoritma solis tiek atkārtots divas reizes, jo metodes īstenošanai ir nepieciešama viena datu matrica, kas satur vērtējamās audzes un otra - kontroles audzes koku gadskārtu platuma mērījumus. Pēc struktūras abām datu matricām ir jābūt vienādām. Pareizi sagatavotā matricā katra kolonna satur informāciju par viena koka gadskārtu platumu mērījumiem. Veidojot vērtējamās audzes datu matricu, katras kolonnas pēdējie divi ieraksti ir attiecīgi koka augstums (H) un krūšaugstuma caurmērs (d). Pareizi sagatavotas matricas struktūra redzama 2.attēlā.

	A	B	C	D	E	F
1		1_PL	2_PL	3_PL	4_PL	5_PL
2	2011	1.745	0.68	1.025	0.71	0.97
3	2010	1.01	0.835	0.8	0.425	0.87
4	2009	1.105	0.57	0.81	0.365	0.77
5	2008	1.33	0.705	0.975	0.675	0.92
6	2007	1.37	0.715	0.88	0.765	0.86
7	2006	1.29	0.29	0.805	0.835	0.66
8	...	...	...	...	...	...
9	H	25.6	21.2	31.4	28.6	24.6
10	d	24.5	22.4	29.7	28	24

2.att Sagatavotas datu matricas piemērs

Algoritma daļa, kas apraksta datu ielādes procesu datorprogrammā, sākas ar lietotāja norādi uz aprakstīto datu matricu saturošu failu (sk.3.att). Pēc tam datorprogrammas algoritms sāk informācijas nolasišanu no faila. Dati tiek lasīti pa rindām, kas nozīmē, ka vienā iterācijā tiek aplūkota viena datu rinda (konkrētam gadam atbilstoši visu paraugkoku gadskārtu platuma mērījumi). Katrs datu rindā esošais mērījums tiek salīdzināts ar loģiskās kontroles filtriem (tos programmas iestatījumos konfigurē lietotājs). Ja tiek noteikta neatbilstība filtru nosacījumiem, šo kļūdu saturošais koks netiek iekļauts tālākiem aprēķiniem paredzētajā datu kopā. Šādā veidā tiek nodrošināts tas, ka vides ietekmes novērtēšanas aprēķinos netiks izmantoti tādi koki, kuru gadskārtu, augstumu vai caurmēru mērījumu datus ir novirze no nedefinētajām normām.



3.att. Datu ielādes diagramma

### Aprēķiniem nepieciešamo parametru norādīšana

Nākamais programmas darbības solis paredz lietotāja iesaistīšanos, norādot aprēķiniem nepieciešamos parametrus:

- Ietekmes periods  $t$  – gadu skaits, kas pagājis pēc vērtējamā faktora darbības sākuma
- Retrospekcijas periods  $t'$  – retrospekcijas intervāls (ne mazāk kā 10 gadi pirms vērtējamā faktora darbības sākuma)
- Pētāmajā audzē ierīkotā parauglaukuma lielums – jānorāda hektāros
- Koku suga – norāda pētāmās audzes parauglaukumā sastopamo koku sugu. (aprēķinu vienādojumos tiek izmantoti koku sugām atbilstoši koeficienti).

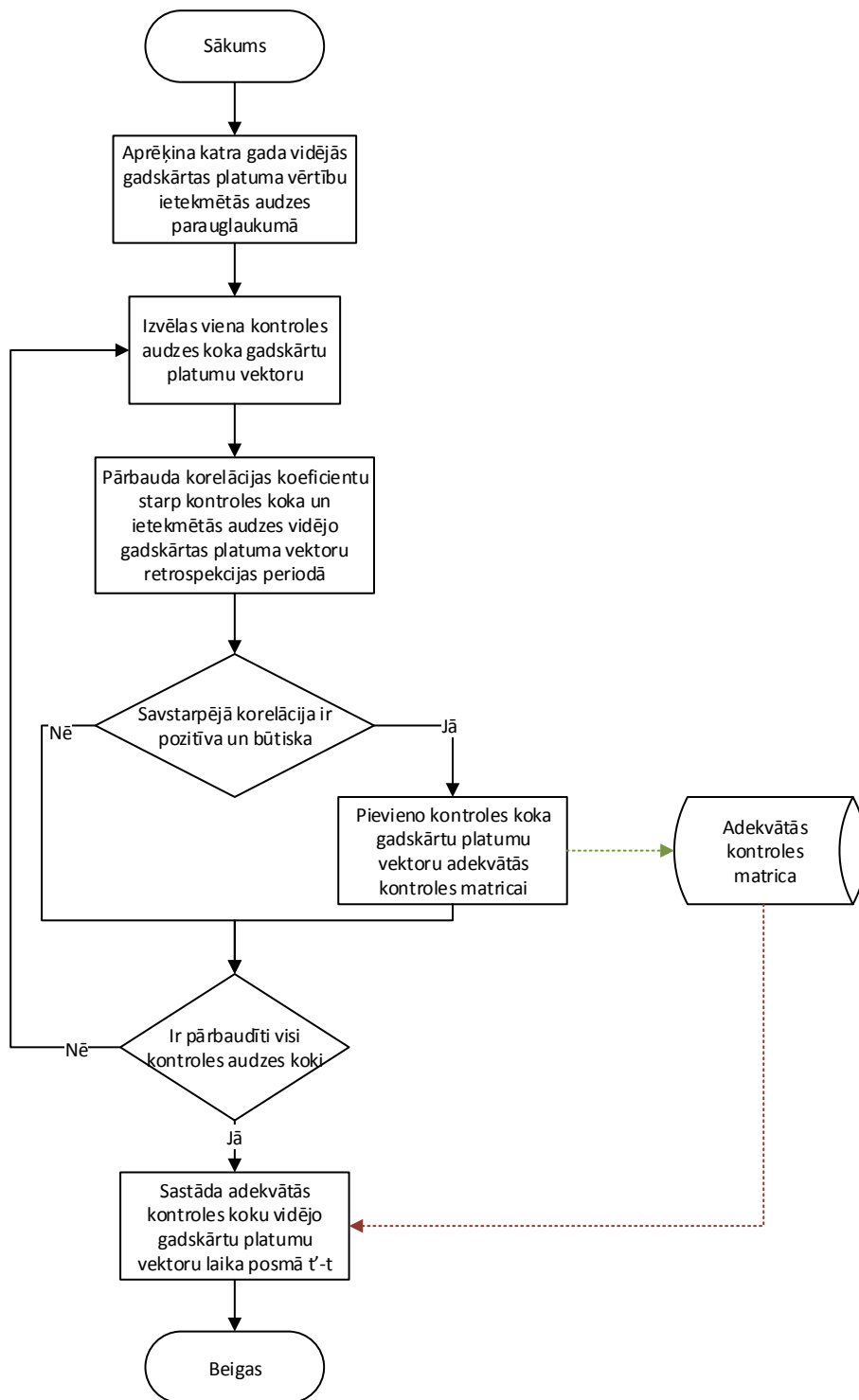
## Adekvātās kontroles matricas sastādīšana

Katra references koka piemērotību vērtējamās audzes adekvātai kontrolei jāpārbauda statistiski pēc gadskārtu platuma mērījumiem. Atbilstības kritērijs – references koka un vērtējamās audzes dendroindikācijas koku līdzīga augšanas gaita retrospekcijas intervālā. Adekvātajā kontrolē ieskaita tikai tos references kokus, kuru Pīrsona korelācijas koeficienta vērtības ir pozitīvas un būtiskas.

Līdz ar to, nākamais algoritma solis ir adekvātās kontroles matricas sastādīšana. Šim nolūkam ir realizēts algoritms (sk. 4.att), kura pamatā ir jau pieminētā korelācijas koeficienta salīdzināšana starp faktora ietekmētās audzes vidējām gadskārtu platuma vērtībām un katra kontroles koka gadskārtu platuma vērtībām retrospekcijas periodā. Algoritma pirmais solis ir katra gada vidējo gadskārtas platumu vērtību aprēķināšana aplūkotā ietekmes faktora skartās audzes parauglaukumā. Turpmākiem aprēķiniem tiek izmantota tikai tā gadskārtu platumu vektora daļa, kas atbilst retrospekcijas periodam. Šo datu kopu var saukt par pētāmo audzi reprezentējošu datu vektoru.

Nākamajos divos soļos tiek izvēlēts kārtējais koks no kontroles audzes un tā gadskārtu platumus izvēlētajā retrospekcijas periodā salīdzina ar pētāmo audzi reprezentējošu datu vektoru. Ja šo vektoru savstarpējā korelācija ir pozitīva un būtiska, tad aplūkotais kontroles audzes koks tiek ievietots adekvātās kontroles matricā. Pretējā gadījumā aplūkotais koks tiek izslēgts no tālākiem aprēķiniem. Tādā veidā salīdzināšana tiek veikta arī visiem atlikušajiem kontroles audzes kokiem.

Kad visi kontroles audzes koki ir pārbaudīti un adekvātās kontroles matrica izveidota, tad tiek sastādīts datu vektors, kurš satur adekvātās kontroles koku vidējās gadskārtu platumu vērtības laika posmā  $t'+t$ . Turpmākiem aprēķiniem izmanto divas skaitļu rindas – vērtējamās audzes visu dendroindikācijas koku un adekvātās kontroles koku gadskārtu platuma vidējo vērtību rindas.



4.att Adekvātās kontroles matricas sastādīšanas procesa diagramma

## Vērtējamās audzes gadskārtu platuma vērtību prognozēšana intervālā $t$

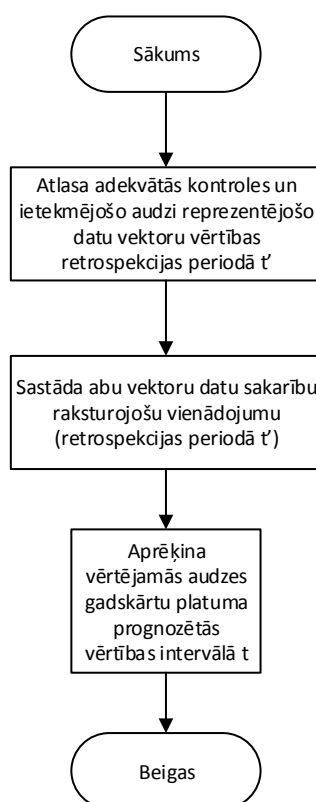
Nākamais algoritma solis ir vērtējamās audzes gadskārtu platuma prognozēto vērtību aprēķināšana ietekmes intervālā  $t$ . Aprēķina procesa darbību secība atainota 5. attēlā. Par pamatu vērtību prognozēšanai tiek ņemts tas, ka konstatējot līdzīgu koku augšanas gaitu kādā noteiktā laika periodā, šī līdzība saglabājas arī turpmāk (vairākus gadus). Mūsu situācijā tiek meklēta sakarība starp adekvātās kontroles kokus reprezentējošo gadskārtu platuma mērījumu virkni un tādu pašu datu kopumu par vērtējamo audzi laika posmā  $t'$  (retrospekcijas periods). Sakarība jeb prognostiskais vienādojums tiek izteikta formā (1).

$$y = a * x^b, \quad (1)$$

kur  $x$  – adekvātās kontroles koku vidējais gadskārtu platums kādā gadā

$Y$  – vērtējamās audzes vidējais gadskārtu platums šajā pašā gadā.

$a, b$  – vienādojuma koeficienti.



### 5.att. Vērtējamās audzes gadskārtu platumu prognozēto vērtību intervālā $t$ aprēķināšana

Nākamajā solī, izmantojot sastādīto vienādojumu (1), tiek aprēķinātas prognozētās vērtējamās audzes gadskārtu platuma vērtības laika intervālā  $t$  (ietekmes periods).

## Aprēķinu veikšana

Pēc tam, kad dati ir sagatavoti, seko algoritma svarīgākā daļa – ietekmes aprēķināšana.

Rezultātu iegūšanai izstrādātais algoritms ir sekojošs:

$$Z_V^{KP} = 12732.4\psi(GH^\alpha D^{\beta \lg H + \varphi - 2} - G_t H_t^\alpha D_t^{\beta \lg H + \varphi - 2}) \quad (2)$$

$Z_V^{KP}$  - krājas kumulatīvais papildus pieaugums,  $m^3 ha^{-1}$ ;

$\psi, \alpha, \beta, \varphi$  - no koku sugas atkarīgi empīriski koeficienti (parastajai eglei:  $\psi = 2.3106 \cdot 10^{-4}$ ,  $\alpha = 0.78193$ ,  $\beta = 0.34175$ ,  $\varphi = 1.18811$  (Liepa, 1996));

$t$  - vides ietekmes vērtēšanas intervāls ( $1 \leq t \leq 20$ ), gadi;

$G, G_t$  - audzes šķērslaukums un tā prognostiskā vērtība intervāla  $t$  beigās,  $m^2 ha^{-1}$ ;

$$G_t = \frac{D_t^2 G}{D^2} \quad (3)$$

$D, D_t$  - audzes vidējais caurmērs ar mizu un tā prognostiskā vērtība intervāla  $t$  beigās, cm;

$$D_t = D - 0.1 Z_D^{KP} \quad (4)$$

$Z_D^{KP}$  - audzes vidējā caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm:

$$Z_D^{KP} = 2u \left( \sum_{t'+1}^t i_j - \sum_{t'+1}^t i_j' \right) \quad (5)$$

$u$  - mizas biezuma koeficients (parastajai eglei  $u = 1.046$ ;

$i$  - vērtējamās audzes visu bioindikācijas paraugkoku gadskārtu platuma vidējās vērtības intervālā  $t$ , mm.

$t'$  - retrospekcijas intervāls ( $t' \geq 10$ ), gadi;

$i'$  - vērtējamās audzes gadskārtu platuma prognozētās vērtības intervālā  $t$ , mm;

$$i_j' = \eta_{k,j}^{\rho} \quad (6)$$

$i_K$  - adekvātās kontroles koku gadskārtu platuma vidējās vērtības intervālā  $t$ ;

$$H_t = H - Z_H^{KP} \quad (7)$$

$H; H_t$  - audzes vidējais augstums un tā prognostiskā vērtība intervāla  $t$  beigās, m;



$Z_H^{KP}$  - augstuma kumulatīvais papildus pieaugums intervāla t beigās, m;

$$Z_H^{KP} = \frac{HZ_D^{KP}(aD + b)}{u(cD +)} \quad (8)$$

$a, b$  - no koku sugas atkarīgi empīriski koeficienti (parastajai eglei  $a = 0.0256$ ,  $b = 1,693$  (Liepa, 1996)).

Pēc aprakstītā algoritma krājas kumulatīvo papildus pieaugumu aprēķina ar mizu. Šī rādītāja vērtības bez mizas:

$$Z_{V;u.b.}^{KP} = \frac{Z_V^{KP}}{s} \quad (9)$$

$s$  - mizas tilpuma koeficients;

$$s = \frac{pD + q}{wD + 100} \quad (10)$$

$p, q, w$  - no koku sugas atkarīgi empīriski koeficienti (parastajai eglei  $p = 5.25$ ,  $q = 117.6$ ,  $w = 5.0$  (Liepa, 1996));

Mizas krājas kumulatīvais papildus pieaugums:

$$Z_{V;b.}^{KP} = Z_V^{KP} - Z_{V;u.b.}^{KP} \quad (11)$$

jeb

$$Z_{V;b.}^{KP} = \frac{Z_V^{KP}(s - 1)}{s} \quad (12)$$

Ilggadējo krājas papildus pieaugumu aprēķina kā blakus gadu kumulatīvo pieaugumu starpības.

Lai izslēgtu dažādu audžu biežības (koku skaita) atšķirību ietekmi, augšminēto krājas papildus pieauguma vērtības pārrēķina uz 1 m<sup>2</sup> šķērslaukuma:

$$Z_V^{K Pred} = \frac{Z_V^{KP}}{G} \quad (13)$$

## **Literatūra**

Liepa I., 1996. Pieauguma mācība. Jelgava: LLU.124 lpp.