



## Meža attīstības fonda 2010.gada finansētā projekta ATSKAITE

Projekta līguma Nr. *140510/S54*

Projekta nosaukums: *Meža apsaimniekošanas stratēģiskās, taktiskās un operatīvās plānošanas atbalsta sistēma*

Izpildes posms: *2010.gada 14.maijs – 2010.gada 31.oktobris*  
Izpildītājs/ institūcija: *Latvijas Lauksaimniecības universitāte*  
Projekta vadītājs: *Irina Arhipova*

## Saturs

levads .....	3
1. Lineārās optimizācijas algoritmu lietošanas meža apsaimniekošanas plānošanā .....	4
1.1 Globālā optimizācijas uzdevuma risināšana.....	4
1.2 Lokālās optimizācijas pieeja .....	9
1.3 Lokālās optimizācijas algoritma realizācija .....	11
2. Heiristisko meklēšanas algoritmu lietošana meža apsaimniekošanas plānošanā.....	11
2.1 Ģenētisko algoritmu izmantošana globālās optimizācijas uzdevuma risināšanai ..	13
2.2 Ģenētiskās optimizācijas algoritma realizācija.....	14
3. Lineārās optimizācijas algoritmu integrēšana meža apsaimniekošanas plānošanas informācijas sistēmas Web lietojumā.....	18
4. Ģeogrāfisko ierobežojumu iekļaušana meža apsaimniekošanas plānošanas optimizācijas uzdevumos .....	23
5. Meža apsaimniekošanas plānošanas informācijas sistēmas Web lietojuma papildināšana ar mācību materiāliem un praktiskas lietošanas piemēriem .....	23
6. Projekta rezultātu prezentēšana, popularizēšana un administrēšana .....	24

## Ievads

Iepriekšējos pētījumos izstrādāta meža kapitāla vērtības apakšsistēma ar ģeogrāfiskās informācijas bloku. 2008. gadā projekta ietvaros tika izveidots Web lietojums (<http://mapis.itf.llu.lv>). Lai izveidotu pilnvērtīgu meža apsaimniekošanas plānošanas lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēmu 2009.gadā tika veikti pētījumi koksnes resursu plūsmu vadības procesos un likumsakarībās dažādos plānošanas hierarhijas līmeņos.

Meža nozarē pastāv liels saimniecisko darbību klāsts, kuru izpildei nepieciešama rūpīga plānošana. Plānošanas process saistīts ar informācijas ievākšanu, uzkrāšanu un tās interpretēšanu, tāpēc nepieciešams realizēt dažāda rakstura optimizācijas uzdevumus. Šajā projekta posmā (2010.gadā) tika analizētas un aprakstītas optimizācijas metožu izmantošanas iespējas meža apsaimniekošanas plānošanas uzdevumos, kuri apraksta kad un kāda veidā ir nepieciešams veikti noteiktas saimnieciskās darbības, lai no meža īpašuma būtu iespējams iegūt vislielāko materiālo labumu. Tika veikta lineārās optimizācijas un heuristisko meklēšanas algoritmu – ģenētisko algoritmu lietošanas izpēte meža apsaimniekošanas plānošanas uzdevumu risināšanā. Šāda pieeja nodrošina daudz mērķu mežsaimniecības attīstību, efektīvāku meža resursu apsaimniekošanu un izmaksu minimizēšanu. Web lietojums MAPIS (<http://mapis.itf.llu.lv>) tika papildināts ar resursu optimizācijas apakšsistēmu.

Projekta mērķis - izstrādāt meža apsaimniekošanas plānošanas atbalsta sistēmu meža īpašniekiem, nodrošinot šādu lēmumu pieņemšanu:

- meža vērtēšana un meža vērtības noteikšana;
- optimālā ikgadējā ciršanas apjoma noteikšana;
- meža vērtības paaugstināšanas pasākuma plānošana;
- koksnes resursu piegādes procesu plānošana un uzskaitē.

Projekta mērķa sasniegšanai tika izpildīti šādi uzdevumi:

1. lineārās optimizācijas algoritmu lietošanas izpēte meža apsaimniekošanas plānošanā;
2. heuristisko meklēšanas algoritmu lietošanas izpēte meža apsaimniekošanas plānošanā;
3. lineārās optimizācijas algoritmu integrēšana meža apsaimniekošanas plānošanas informācijas sistēmas Web lietojumā;
4. ģeogrāfisko ierobežojumu iekļaušana meža apsaimniekošanas plānošanas optimizācijas uzdevumos;
5. meža apsaimniekošanas plānošanas informācijas sistēmas Web lietojuma papildināšana ar mācību materiāliem un praktiskas lietošanas piemēriem.
6. projekta rezultātu prezentēšana, popularizēšana un administrēšana.

Projektā tika papildināts meža apsaimniekošanas plānošanas lēmumu atbalsta sistēmas Web lietojums, kas paredzēts sabiedriskai sistēmas funkcionalitātes demonstrēšanai. Tas sniegs iespēju speciālistiem veikt meža apsaimniekošanas plānošanu un kalpos par pamatu meža nozares darbinieku kvalifikācijas celšanai, meža īpašnieku apmācībai, konsultēšanai un starp disciplinārās jauno zinātnieku pētniecības grupas izveidošanai. Projekta rezultātā tika pilnveidots brīvi pieejams meža apsaimniekošanas plānošanas lēmumu atbalsta sistēmas Web lietojums izveidojot daudz mērķu mežsaimniecības lēmumu pieņemšanas atbalsta moduli.

# 1. Lineārās optimizācijas algoritmu lietošanas meža apsaimniekošanas plānošanā

No ekonomiskā viedokļa lineārās optimizācijas uzdevums plānošanas atbalsta sistēmā ir optimizēt ikgadējos ciršanas apjomus ilgtermiņā – tā lai peļņa būtu vislielākā. No optimālā ikgadējā ciršanas apjoma izriet izpildāmie saimnieciskie rīkojumi, galvenās cirtes un mežaudzes atjaunošanas, kā arī krājas kopšanas cirtes. Lai atrastu optimālo apsaimniekošanas variantu optimizācijas uzdevumam nepieciešams apstrādāt dažādus saimnieciskās darbības scenārijus ikvienam nogabalam. Katrā scenārijā ir jāmainās vienam vai vairākiem saimnieciskās darbības parametriem, piemēram, ciršanu paredzēt galvenās cirtes vecuma brīdī, tad šo ciršanu var pārcelt par vairākiem gadiem. Otrs mainīgais parametrs ir krājas kopšanas ciršu intensitāte un izpildes laiks. Trešais mainīgais parametrs var būt atjaunojamās sugas izvēle.

## 1. tabula

Optimizācijas scenāriji

Scenārijs	Mainīgais lielums	Mainīgā vērtība
1	Galvenās cirtes izpildes gads	G.C.V. + 0 gadi
2	Galvenās cirtes izpildes gads	G.C.V. + 5 gadi
3	Galvenās cirtes izpildes gads	G.C.V. + 10 gadi
4	Galvenās cirtes izpildes gads	G.C.V. + 15 gadi
6	Neveikt saimniecisko darbību	Pirmajā periodā (5 gadus)
7	Neveikt saimniecisko darbību	Pirmajos 2 periodos (10 gadus)
8	Krājas kopšanas cirtes intensitāte	- 10%
9	Krājas kopšanas cirtes intensitāte	+ 10%
10	Krājas kopšanas cirtes izpildes gads	+ 0 gadi
11	Krājas kopšanas cirtes izpildes gads	+ 5 gadi
12	Atjaunojamās sugas izvēle pēc AAT	Suga pēc AAT
13	Atjaunojamās sugas alternatīvā izvēle	Alternatīvā suga

Starp šiem scenārijiem var būt arī kombinācijas, piemēram krājas kopšanas cirtes intensitāte +10% un izpildes gads +5 gadi.

### 1.1 Globālā optimizācijas uzdevuma risināšana

Globālā optimizācijas uzdevuma mērķis meža apsaimniekošanas plānošanā ir maksimizēt tīrās tagadnes vērtību. Uzdevuma matemātiskais pieraksts ir redzams 1.formulā.

$$\sum_{n=0}^N \sum_{p=0}^P \sum_{c=0}^C x_{n,p,c} \times TTV_{n,p,c} \rightarrow \max (1)$$

$x$  – palīg mainīgais (slēdzis)

$n$  – nogabala indekss,

$N$  – nogabalu skaits

$p$  – perioda indekss,

$P$  – periodu skaits

$c$  – scenārija indekss,

*C* – scenāriju skaits  
*s* – sugas indekss,  
*k* – izcērtamā krāja,  
*kGC* – galvenā cirtē izcērtamā krāja,  
*kKKC* – kopšanas cirtē izcērtamā krāja  
*o* – sortimenta indekss,  
*TTV* – tīrā tagadnes vērtība,

Globāla optimizācijas uzdevuma sastādīšanā ir izmantoti šādi mainīgie:

- **Nogabala indekss (*n*)** apraksta kādu konkrētu nogabalu, piemēram, indekss 1 atbilst pirmajam nogabalam no optimizācijas uzdevumā iekļautās kopas. Iekļauto nogabalu skaits ir tieši saistīts ar optimizācijas uzdevuma risināšanas ātrumu.
- **Scenārija indekss (*c*)**. Scenārijs apraksta, kādas darbības tiks veiktas ar nogabalu visā plānošanas periodā un no tā ir atkarīgas visu pārējo nogabalu raksturojošo lielumu vērtības.
- **Scenāriju skaits (*C*)**. Apskatot globālās optimizācijas iespējas tika izskatīti vairāki scenāriju varianti, kas ļauj sastādīt optimizācijas uzdevumu ar lielāku kombināciju un risinājumu skaitu. Apskatītie scenāriju varianti ir redzami 1. tabulā. Katram scenāriju variantam tika sagatavota vērtība kopa visiem plānošanas periodiem, kas norāda tā rakstura lielumus katrā periodā atbilstoši šim variantam. Scenārija indekss (*c*) norāda, kuru no iepriekš sagatavotās scenāriju kopas variantiem izmantot konkrētajā gadījumā.
- **Perioda indekss (*p*)** norāda, kura plānošanas perioda vērtība tiek apskatīta. Viena plānošanas perioda garums ir atkarīgs no uzdevuma veidošanas brīdī izvirzītajiem pieņēmumiem – periods var būt 5 gadi, 10 gadi vai kāda cita vērtība. Svarīgi ir izvēlēties tādu perioda garumu, kas ir nozīmīgs meža apsaimniekošanas kopējā ciklā, piemēram, ja iedalījums periodos tiks veikts ar 1 gada soli, rezultātā būs ļoti liels kopējais periodu skaits un salīdzinoši mazas vērtību izmaiņas starp tiem.
- **Periodu skaits (*P*)** norāda kopējo periodu skaitu, kas tiek iekļauti optimizācijas uzdevumā.
- **Izcērtamā krāja (*k*)** apraksta izcērtamās krājas apjomu. Uzdevuma sastādīšanai mainīgais *k* tiek lietotas ar indeksiem *n*, *p* un *c* ( $k_{n,p,c}$ ), kas norāda, ka tas ir izcērtamās krājas apjoms, kas atbilst noteikta nogabala scenārija krājas apjomam dotajā plānošanas periodā.
- **Tīrā tagadnes vērtība (*TTV*)** raksturo meža īpašuma vērtību. Tā var tikt lietota īpašuma tirgus vērtības noteikšanai, saimnieciskās darbības un iespējamās finansu plūsmas noteikšanai un analīzei.
- **Galvenā cirtē izcērtamā krāja (*kGC*)**.
- **Kopšanas cirtē izcērtamā krāja (*kKKC*)**.
- **Sugas indekss (*s*)**.
- **Sugu skaits (*S*)**.
- **Sortimenta indekss(*o*)**.

### Ierobežojumi

Meža apsaimniekošanas plānošanas globālā optimizācijas uzdevumā ir četru veidu ierobežojumi: vērtību tipa, starpperiodu, sliekšņa vērtību un scenāriju ierobežojumi. Pirmā veida ierobežojums, ko nosaka meža apsaimniekošanas prakse (nogabals var tikt izcirsts

vai neizcirsts) norāda, ka mainīgajam  $x$ , ko var interpretēt kā veicamās darbības intensitāti ir tikai divas iespējamās vērtības 0 vai 1.

Otrā veida ierobežojumi norāda pieļaujamās vērtību izmaiņas starp plānošanas periodiem. Izmantojot šos ierobežojumus ir iespējams ietekmēt kopējās rezultātu svārstības. Starpperiodu ierobežojumus var sastādīt, tā lai tie aprakstītu pieļaujamo vērtību izmaiņas starp diviem konkrētiem periodiem vai veidotu pakārtotu saistību sistēmu starp visiem periodiem.

Trešā veida ierobežojumi ļauj noteikt sliekšņa vērtības, piemēram, norādīt, ka sugas sortimenta krāja nedrīkst būt lielāka vai mazāka par kādu noteiktu vērtību.

Ceturtā veida ierobežojumi nosaka, ka visā plānošanas ciklā vienam nogabalam drīkst izpildīt tikai vienu scenāriju. Ja šāds ierobežojums nav definēts, pastāv iespēja, ka uzdevuma risinājumā ir paredzēts nogabalu nocirst pirmajā desmitgadē, pēc pirmā scenārija un otrajā desmitgadē pēc otrā scenārija, ko nav iespējams realizēt.

### Starpperiodu ierobežojumi

Kopējās krājas ierobežojums pirmo un pēdējo periodu ir noteikti 2. un 3. formulā.

$$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c} \leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c} \quad (2)$$

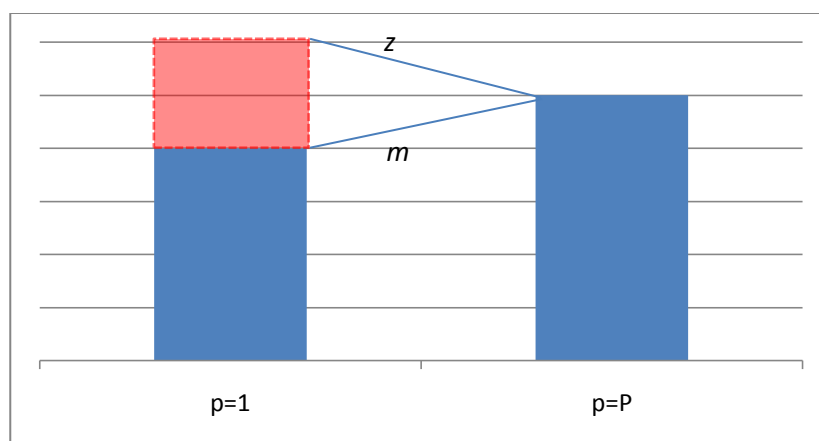
$$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c} \geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c} \quad (3)$$

Koeficienti  $z$  un  $m$  norāda kopējo pieļaujamo izmaiņu starp pirmo un pēdējo periodu. Šie koeficienti ļauj norādīt gan izmaiņu proporciju, gan arī izmaiņu virzienu (tabula 2).

Koeficientu  $z$  un  $m$  vērtību piemēri un nozīme

Koeficienta $m$ vērtība	Koeficienta $z$ vērtība	Nozīme
1	1	Izcērtamā krāja pirmajā periodā ir jābūt vienādai ar izcērtamo krāju pēdējā periodā
0,8	1,2	Izcērtamai krāja pirmajā periodā nedrīkst būt vairāk kā par 20% lielāka par pēdējo periodu. Pirmā perioda izcērtamā krāja nedrīkst būt mazāka par 80% no pēdējā perioda krājas.

Koeficientu  $z$  un  $m$  grafiskais attēlojums ir dots 1.attēlā

1.att. Koeficientu  $z$  un  $m$  savstarpējā sakarība.

Šāda ierobežojuma iekļaušana optimizācijas uzdevumā ietekmē maksimālo izcērtamo krājas vērtību. Līdzīgā veidā šādu ierobežojumu ir iespējams attiecināt ne tikai uz kopējo krāju, bet uz galvenās cirtes, kopšanas cirtes, kādas konkrētas sugas vai sugas sortimenta krāju (3.tabula).

Krājas ierobežojumi starp plānošanas periodiem

Apraksts	Ierobežojums
Kopējās krājas izlīdzināšana starp pirmo un pēdējo periodu	$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c} \leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c}$ $\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c} \geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c}$
Galvenā cirtes krājas izlīdzināšana starp pirmo un pēdējo periodu	$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times kGC_{n,p=1,c} \leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times kGC_{n,p=P,c}$ $\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times kGC_{n,p=1,c} \geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times kGC_{n,p=P,c}$
Kopšanas cirtes krājas izlīdzināšana starp pirmo un pēdējo periodu	$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times kKCC_{n,p=1,c} \leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times kKCC_{n,p=P,c}$

Apraksts	Ierobežojums
	$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times kKKC_{n,p=1,c} \geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times kKKC_{n,p=P,c}$
Konkrētas sugas izcērtamās ierobežojums	$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c,s} \leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c,s}$ $\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c,s} \geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c,s}$
Konkrētas sortimenta izcērtamās ierobežojums	$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c,s} \leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c,s}$ $\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c,s,o} \geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c,s,o}$

Izcērtamās krājas izmaiņu ierobežojumu sistēmu pa periodiem var aprakstīt līdzīgi, kā izmaiņa starp pirmo un pēdējo periodu. Būtiskākā atšķirība ir tas, ka šādi ierobežojumi ir jādefinē visiem periodiem ( $P$ ). Tāpat kā gadījumā ar pirmo un pēdējo periodu arī šajos ierobežojumos ir iekļauti koeficienti  $z$  un  $m$ , kas norāda vērtību izmaiņas virzienu un attiecību pret iepriekšējo periodu (4., 5.formula).

$$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=i,c} \times k_{n,p=i,c} \leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=i+1,c} \times k_{n,p=i+1,c} \quad (4)$$

$$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=i,c} \times k_{n,p=i,c} \geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=i+1,c} \times k_{n,p=i+1,c} \quad (5)$$

### Sliekšņa vērtību ierobežojumi

Sliekšņa vērtību ierobežojumus (4. tabula) izmanto, lai norādīt izcērtamās krājas maksimālo vai minimālo vērtību.

4. tabula

Krājas ierobežojumi ar robežvērtību

Apraksts	Ierobežojums
Ierobežo kopējo izcērtamo sugas krāju.	$\sum_{p=0}^P \sum_{c=0}^C \sum_{n=0}^N x_{n,p,c} \times k_{n,p,c,s} \leq v$
Ierobežo kopēja izcērtamo sugas sortimenta krāju	$\sum_{p=0}^P \sum_{c=0}^C \sum_{n=0}^N x_{n,p,c,s,o} \times k_{n,p,c,s,o} \leq v$
Ierobežo kopējo izcērtamo sugas krāju noteiktā periodā (i)	$\sum_{c=0}^C \sum_{n=0}^N x_{n,p=i,c} \times k_{n,p=i,c} \leq v$
Ierobežo kopējo izcērtamo sugas krāju noteiktā periodā (i)	$\sum_{c=0}^C \sum_{n=0}^N x_{n,p=i,c,s,o} \times k_{n,p=i,c,s,o} \leq v$



Līdzīgi kā 4. tabulā ir aprakstīti kopējās krājas sliekšņa vērtību ierobežojumi ir iespējams tos norādīt atsevišķi gan kopšanas cirtēm, gan galvenajai cirtei.

### Scenāriju ierobežojumi

Scenāriju ierobežojumi ir aprakstīti 6.formulā.

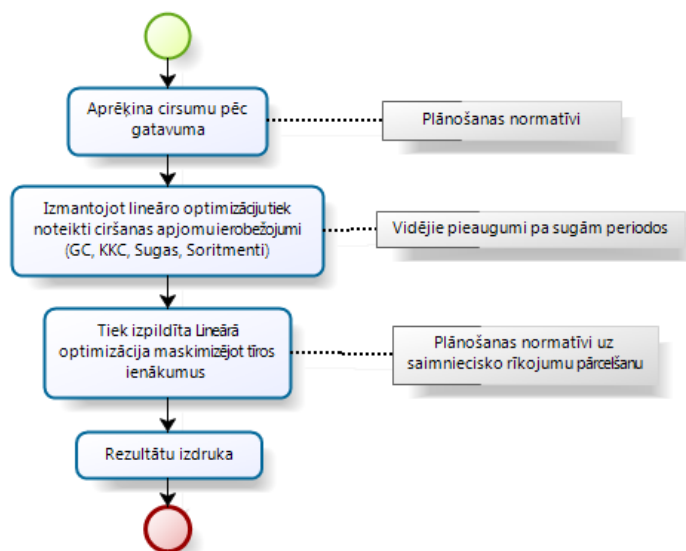
$$\sum_{p=0}^P \sum_{c=0}^C \sum_{n=0}^N x_{n=i,p,c} = P \quad (6)$$

Lineārās optimizācijas uzdevuma aprēķinu veikšana globālā maksimuma atrašanai ierobežojumu definēšana ir complicēts uzdevums, jo vienam nogabalam drīkst izpildīt tikai vienu scenāriju un šim scenārijam jāizpildās visos plānošanas periodos. Šādu aprēķinu veikšanai jau pie neliela nogabalu skaita tiek patērēti lieli datora operatīvās atmiņas apjomi. Piemēram, 3000 nogabalu saimnieciskās darbības optimizēšanai ar 11 scenārijiem un 24 periodiem (120 gadi pa piecgadēm) nepieciešami vismaz 63 GB operatīvās atmiņas, ko var paveikt tikai jaudīgākie mūsdienu serveri.

Šāds risinājums ir efektīvs un atrisināms ar samērīgiem datora resursiem tikai pie mazāka nogabalu skaita. Piemēram, ja tiek sastādīts optimizācijas uzdevums ar 3 sugām, 11 scenārijiem, 24 periodiem un 3000 nogabaliem, tad mērķa funkcijas mainīgo skaits ir  $3 \times 11 \times 24 \times 3000 = 2808000$ , ierobežojumu skaits ir  $2808000 \times 3000 = 8424000000$  un nepieciešamā datora operatīvā atmiņa aprēķiniem  $8424000000 \times 8(\text{baiti}) = 62.8 \text{ (GB)}$ .

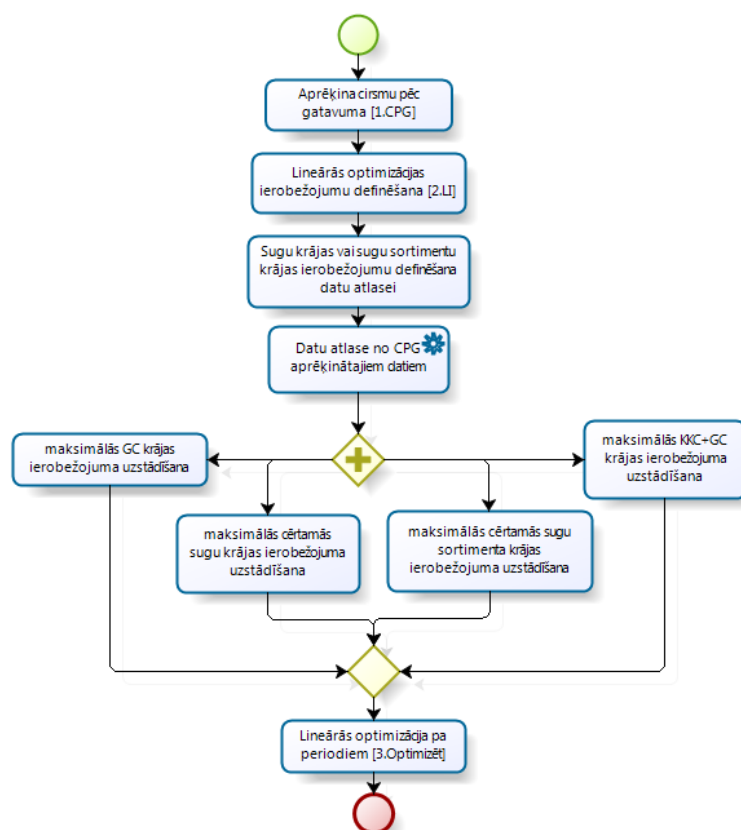
## 1.2 Lokālās optimizācijas pieeja

Alternatīvs risinājums globālai optimizācijai ir divkāršā lineārā optimizācija, kur pirmajā solī tiek aprēķināts (optimizēts) maksimālais ciršanas apjoms visiem periodiem, nepieļaujot lielus ciršanas apjomu svārstības starp periodiem (2. att.).



2. att. Vispārināts lokālās optimizācijas process

Nākamajā posmā (3. att.) tiek veikta optimizācija atlasot nogabalus, lai efektīvāk izpildītu iepriekš uzstādītos ciršanas apjomus.



3. att. Lokālās optimizācijas process

3. attēlā redzamais lokālais optimizācijas process sastāv no 2 posmiem, kuros tiek risināti atsevišķi lineārās optimizācijas uzdevumi:

- 1) starp plānošanas periodiem ar lineārās optimizācijas uzdevumu tiek noteikts maksimālais ciršanas apjoms;
- 2) katrā plānošanas periodā tiek veikta lineārā optimizācija pēc uzdotajiem ierobežojumiem maksimizējot „MAX\_Koef”.

### **Lineārās optimizācijas maksimizēšanas koeficients**

Ja rīkojums ir veikt galveno cirti, tad:

$$\text{SR\_Koef} = \text{Max}(A/GCV, D/GCD);$$

$$\text{RE\_Koef} = \text{Max}(\text{rente\_uz\_ha periodā})/\text{rente};$$

Ja rīkojums ir veikt krājas kopšanas cirti, tad:

$$\text{SR\_Koef} = G/G\_PAL;$$

$$\text{RE\_Koef} = 1;$$

$$\text{MAX\_Koef} = \text{SR\_Koef} * (1 - k) + \text{RE\_Koef} * k;$$

kur **k** ir lietotāja definēta konstante intervālā **0..1** [**Normatīvi-> Plānošanas parametri -> Nr.11**].

Ja **k=0**, tad tiek ņemts vērā tikai **SR\_Koef**, bet ja **k=1** tad izpildās tikai **RE\_Koef**.

Šāds risinājums negarantē globāla optimuma atrašanu, bet tas sniedz suboptimālu rezultātu, kura realizēšana ļauj sasniegt labākus rezultātus meža apsaimniekošanā salīdzinot ar līdz šim praksē lietotajām metodēm.

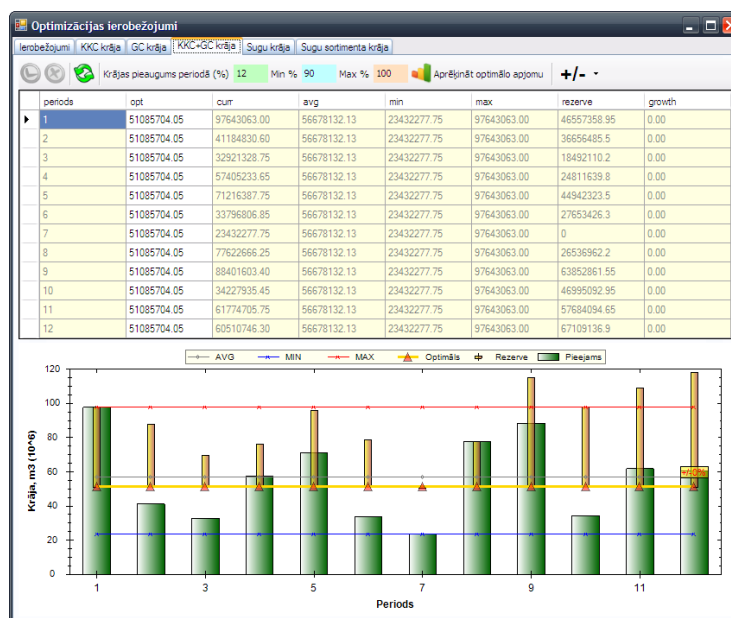
### 1.3 Lokālās optimizācijas algoritma realizācija

Lokālās optimizācijas algoritma testēšanai izstrādāts programmas prototips, kura ļauj sastādīt ierobežojumu kopu (4.att.) un izpildīt divas iepriekš aprakstītās optimizācijas.

ierobežojums	Suga	Sortiments	min_proc_no_iespriejsija_perioda	max_proc_no_iespriejsija_perioda	aktivs
Sugu sortimenta krāja	Bērzis	R+V+T	90.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu sortimenta krāja	Priede	R+V+T	90.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu sortimenta krāja	Egļe	R+V+T	90.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu krāja	Priede		80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu krāja	Egļe		80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu krāja	Bērzis		80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu krāja	Melnhalksis		80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu krāja	Āpsle		80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu krāja	Baltalksis		80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>

4. att. Ierobežojumu definēšana

Attēlos 4 un 5 ir redzama testēšanas programmas galvenā forma. Attēlā 3 ir parādīta ierobežojumu kopa, kuru lietotājs sastāda tabulas formā norādot tā veidu, sugu uz kuru tas attieksies, sortimentu, minimālos, maksimālos procentus salīdzinājumā ar iepriekšējo periodu.



5. attēls. Optimizētais ciršanas apjoma ierobežojums

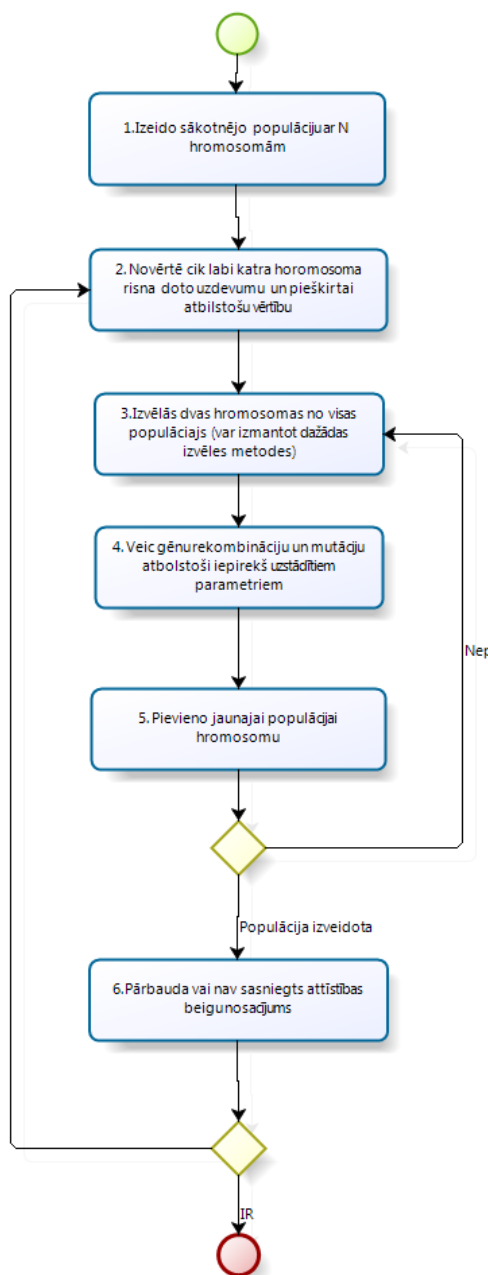
Pēc ierobežojumu kopas sastādīšanas tiek izpildīts pirmais optimizācijas uzdevums, kas ļauj izlīdzināt ciršanas apjomus pa periodiem atbilstoši iepriekš aprakstītajiem ierobežojumiem. Optimizācijas rezultātu norāda 5. attēlā redzamajā tabulā un grafikā, ja lietotāju rezultāts apmierina var tikt veikta otrā optimizācija, pretējā gadījumā pamainot parametrus var tikt atkārtota pirmā.

## 2. Heiristisko meklēšanas algoritmu lietošana meža apsaimniekošanas plānošanā

Heiristisko meklēšanas algoritmu grupa tiek plaši pielietota dažādas sarežģītības pakāpes optimizācijas uzdevumu risināšanai. Šīs grupas apakšgrupa ir Evolucionārie meklēšanas algoritmi. Tās nosaukums jau norāda uz galveno grupas īpatnību - visu tajā

esošo algoritmu realizācijā pamatā ir Darvina teorija par evolūciju. Ideja par evolucionāriem algoritmiem nav jauna, bet pēdējos gados tā ir ieguvusi ļoti lielu popularitāti pateicoties nemitīgam aprēķinu jaudu un datu apjomu pieaugumam.

Vispārināta ģenētisko algoritmu darbības shēma parādīta 6. attēlā.



6. attēls. Ģenētisko algoritmu darbības principi.

Ģenētisko algoritmu uzbūvē tiek izmantoti organisma attīstības principi. Katram organismam attīstībai ir definēti noteikumi ar tā veidošanas principiem. Šie noteikumi tiek iekodēti, **ģēnos**, kurus apvieno rindās un tās sauc par **hromosomām**. Katrs gēns apraksta kādu specifisku organisma īpašību – matu krāsu, acu krāsu. Katram gēnam ir iespējamās vairākas vērtības, piemēram, matu krāsa var būt blonda, melna vai ruda. Gēnu un to iespējamo vērtību kopums tiek saukts par organisma **ģenotipu**. Tā fizikālā izpausme (ģēni jau ar konkrētām vērtībām) tiek saukta par **fenotipu**.

Parasti jauna organisma veidošanai tiek izmantots ģenētiskais materiāls no diviem citiem, kā rezultātā tā gēni tiek *(re)kombinēti* izmantojot vecāku gēnu kopas. Retos gadījumos var notikt gēnu *mutācija*, kas var izpausties, kā jauna organisma īpašība. Izmantojot gēnu mutācijas un rekombinācijas principus notiek jaunu organismu veidošana un Darvina teorija nosaka, ka izdzīvot un attīstīties spēj tikai „atbilstošākie” organismi. Šādu darbību imitēšana ļauj risināt dažāda rakstura uzdevumus, piemēram, noteikti kādas nepārtrauktas funkcijas optimālo vērtību vai atrast kombināciju kādā diskrētu vērtību kopā, kura atbilst iepriekš definētiem noteikumiem. Ģenētiskie algoritmi, tāpat arī citi evolucionārie algoritmi, negarantē optimālā rezultātā atrašanu, bet ar tiem var atrast rezultātu, kas ir tuvs optimumam. Rezultātu sasniegšanai sliktākā gadījumā var būt nepieciešama pilna meklējamās kopas apskatīšana, bet daudzie pētījumi šajā jomā ir pierādījuši, ka pareiza gēnu evolūcijas principu realizācija var uzlabot rezultātu un būtiski saīsināt laiku, kas nepieciešams rezultātu sasniegšanai.

Ģenētisko algoritmu izmantošanai kādam konkrētam mērķim ir nepieciešams veikt visu 6. attēlā redzamo etapu realizēšanu atbilstoši izvirzītajiem uzdevumiem un risināmā uzdevumā pārfrāzēšana izmantojot jēdzienus populācijas, hromosoma.

## 2.1 Ģenētisko algoritmu izmantošana globālās optimizācijas uzdevuma risināšanai

Ģenētisko optimizācijas algoritmu izmantošana globāla optimizācijas uzdevuma risināšanai meža apsaimniekošanas plānošanā ir alternatīva iepriekš aprakstītajam lineārās optimizācijas uzdevumam, kurai nepiemīt tā galvenais trūkums – nepieciešamība pēc milzīgiem atmiņas apjomiem. Lineārās optimizācijas gadījumā mērķa funkcijas un uzdevumi ir jādefinē kā matemātisko vienādību un nevienādību kopums, kur norādot visus nepieciešamos ierobežojumus uzdevuma apraksts kļūst ļoti apjomīgs. Ģenētiskās optimizācijas gadījumā daļu no ierobežojumiem iespējams pārbaudīt jau populācijas sastādīšanas brīdī. Galvenās šo algoritmu izmantošanas priekšrocības ir: var darbināt arī lielākiem uzdevumiem, iespējams realizēt paralēlus risinājumus, iespējams realizēt ģeogrāfiskos ierobežojumus. Ģenētisko algoritmu raksturojums dots 5.tabulā.

Turpmāk šajā nodaļā ir izklāstīts specifisks ģenētisko algoritmu izmantošanas gadījums – meža apsaimniekošanas plānošanā.

### Algoritma realizācijā tiek izmantota:

**Hromosoma** – sastāv no saraksta ar N ierakstiem, kur kārtas numurs norāda uz piederību kādam konkrētam nogabalā, bet ieraksta vērtībā uz izvēlēto scenāriju šajā nogabalā.

**Populācija** – populāciju veido M hromosomas

5. tabula

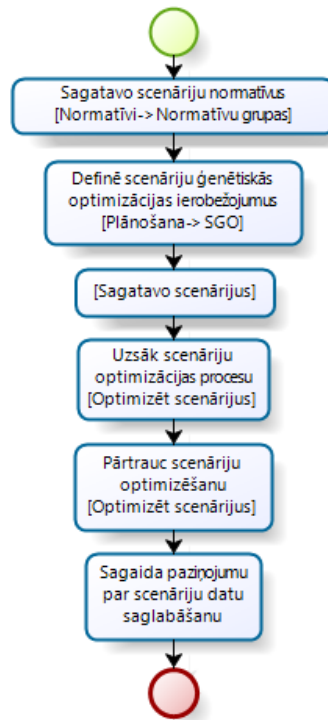
Ģenētiskās optimizācijas algoritma darbības etapu raksturojums

	<b>Etapa nosaukums</b>	<b>Apraksts</b>
1.	Sākotnējās populācijas izveide	Sākotnējās populācijas hromosomas ģenerē izmantojot gadījuma skaitļus intervālā no viens līdz scenāriju skaitam.
2.	Hromosomas atbilstības novērtēšana	Hromosomas atbilstības novērtēšana ir sarežģītākais ģenētisko algoritmu realizācijas etaps. Ir svarīgi izstrādāt novērtēšanas sistēmu, kas apraksta gan pozitīvās, gan negatīvās īpašības. Meža apsaimniekošanas plānošanas gadījumā tas norāda cik ļoti izvēlētie scenāriji

	Etapa nosaukums	Apraksts
		atbilst izvirzītajiem mērķiem. Atbilstības novērtēšanas process ļauj aprakstīt optimizācijas mērķa funkciju un ierobežojumus. Projekta praktiskajā daļā tika implementēti optimizācijas algoritmi ar funkciju hromosomas atbilstības noteikšanai, kas par katru neizpildītu ierobežojumu piešķir negatīvu vērtību, kas norāda cik liela vērtība būtu nepieciešama, lai to izpildītu. Gadījumā, ja tiek izpildīti visi ierobežojumi, tiek atgriezta pozitīva vērtība, kas norāda kopējo tīro tagadnes vērtību.
3.	Vecāka hromosomu izvēle	Vecāku hromosomas izvēle tiek realizēta izmantojot nejaušības principu, kur katrai hromosomai varbūtība tikt izvēlētai ir atkarīga no vērtības kādu iegūst novērtējot tās atbilstību.
4.	Vecāku gēnu (re)kombinācija un mutācija	Vecāku gēnu rekombinācija notiek pēc nejaušības principa. Mutācijas tiek izpildītas tikai 10% gadījumu.
5.	Hromosomas pievienošana populācijai	Hromosomas pievienošana populācijai tiek veikta katra etapa beigās, kamēr nav pārsniegts iepriekš definētais populācijas izmērs
6.	Evolūcijas beigu nosacījuma pārbaude	Katra populācijas izveides beigās tiek pārbaudīts vai nav sasniegts iepriekš definēts pārtraukšanas nosacījums. Ģenētisko algoritmu realizācijā, kas tiek izmantota meža apsaimniekošanas plānošanas uzdevumu risināšanā ir iestrādāts manuālas apturēšanas iespējas, kas ļauj lietotājam pašam noteikt, kad pārtraukt optimizācijas procesu.

## 2.2 Ģenētiskās optimizācijas algoritma realizācija

Ģenētisko algoritmu realizācija līdzīgi kā lineārajā optimizācijā sastāv vairākiem etapiem (7.att.) sākotnējais etaps ir scenāriju sagatavošana, kas ir identiska iepriekš aprakstītajai.



7. attēls. Ģenētiskās optimizācijas izpildes process

Nākamais etaps ir ierobežojumu kopas definēšana, kas ģenētiskās optimizācijas gadījumā ir papildināta ar vairāku tipu ierobežojumiem, kuru izmantošana plānotajam ļauj precīzāk sastādīt optimizācijas uzdevumu. 8. attēlā ir redzama datu ievades forma, kas ļauj norādīt visus izvirzītos ierobežojumus. Katram ierobežojumam līdzīgi kā lineārās optimizācijas gadījumā tiek norādīts veids, kas apraksta kādās situācijās tas ir piemērojams, piemēra GC\_m3 nozīmē, ka tas attieksies tikai uz galvenās cirtes krāju. Tālāk tiek norādīta ierobežojamā suga, ja tāda ir, salīdzinājuma veids, operators, koeficients, aktīvs vai neaktīvs.

id	ierobežojums	Suga	Sortiments	Salīdzinājums	Operators	koeficients	aktīvs
1	GC_m3			$x^*p(n) : p(n+1)$	$\leq$	1.4	<input checked="" type="checkbox"/>
2	GC_m3			$x^*p(n) : p(n+1)$	$\geq$	0.6	<input checked="" type="checkbox"/>
3	GC_KKC_m3			$x^*p(n) : p(n+1)$	$\leq$	1.4	<input type="checkbox"/>
4	GC_KKC_m3			$x^*p(n) : p(n+1)$	$\geq$	0.6	<input type="checkbox"/>
10	SugasSortimenta_m3	Priede	R+V+T	$x^*p(n) : p(n+1)$	$\leq$	1.3	<input checked="" type="checkbox"/>
11	SugasSortimenta_m3	Priede	R+V+T	$x^*p(n) : p(n+1)$	$\geq$	0.7	<input checked="" type="checkbox"/>
12	SugasSortimenta_m3	Egle	R+V+T	$x^*p(n) : p(n+1)$	$\leq$	1.3	<input checked="" type="checkbox"/>
13	SugasSortimenta_m3	Egle	R+V+T	$x^*p(n) : p(n+1)$	$\geq$	0.7	<input checked="" type="checkbox"/>
14	SugasSortimenta_m3	Bērzs	R+V	$x^*p(n) : p(n+1)$	$\leq$	1.3	<input checked="" type="checkbox"/>
15	SugasSortimenta_m3	Bērzs	R+V	$x^*p(n) : p(n+1)$	$\leq$	0.7	<input checked="" type="checkbox"/>
16	SugasSortimenta_m3	Priede	R+V+T	Value(n) : x	$\geq$	5000	<input type="checkbox"/>
17	SugasSortimenta_m3	Egle	R+V+T	Value(n) : x	$\geq$	4000	<input type="checkbox"/>
23	SugasSortimenta_m3	Bērzs	R+V	Value(n) : x	$\geq$	2000	<input type="checkbox"/>
24	GC_m3			$x^*p(1) : p(\max)$	$\geq$	0.7	<input checked="" type="checkbox"/>
25	GC_m3			$x^*p(1) : p(\max)$	$\leq$	1.3	<input checked="" type="checkbox"/>
28	TTV			$x^*p(n) : p(n+1)$	$\geq$	0.7	<input type="checkbox"/>
29	GC_m3			Value(n) : x	$\leq$	12000	<input type="checkbox"/>
30	GC_m3			Value(n) : x	$\geq$	8000	<input checked="" type="checkbox"/>
*							<input type="checkbox"/>

8. att. Ierobežojumu definēšana ģenētiskās optimizācijai

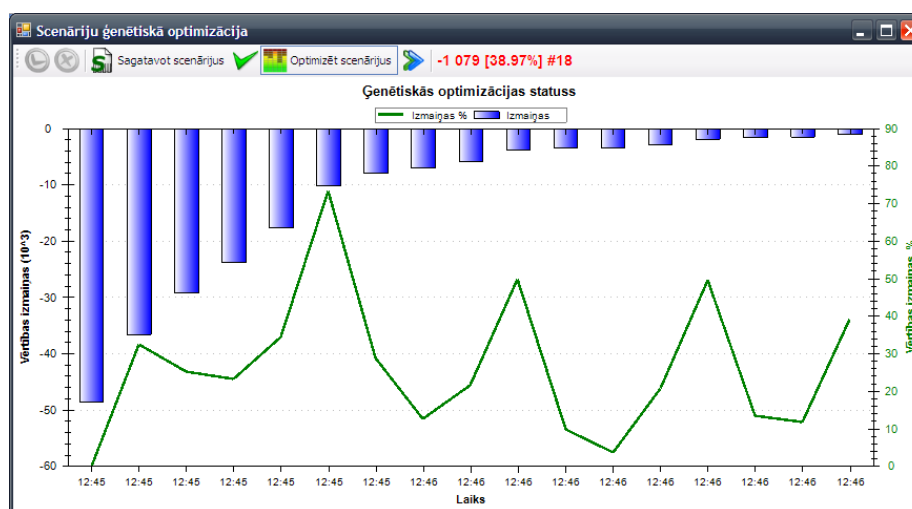
Optimizācijas uzdevuma ierobežojumu veidi un to nozīmes skaidrojumi ir doti 6. tabulā.

6.tabula

Ierobežojuma definēšanas lauku skaidrojums

Nosaukums	Apraksts
Ierobežojums	<b>GC_m3</b> - galvenās cirtes krāja <b>GC_KKC_m3</b> - galvenās un kopšanas cirtes krāja <b>SugasSortimenta_m3</b> - sugas sortimenta krāja <b>TTV</b> – tūrā tagadnes vērtība
Suga	Latvijā pieejamās koku sugas
Sortiments	<b>R</b> – resnie <b>V</b> - vidējie <b>T</b> – tievie (kā arī to kombinācijas, piemēram, <b>R+V+T</b> vai <b>R+T</b> )
Salīdzinājums	<b>x*p(n) : p(n+1)</b> – ar koeficientu <b>X</b> reizinātu iepriekšējo perioda vērtību <b>p(n)</b> salīdzina ar nākamā perioda vērtību <b>p(n+1)</b> <b>x*p(1) : p(max)</b> – ar koeficientu <b>X</b> reizinātu 1. perioda vērtību <b>p(1)</b> salīdzina ar pēdējā perioda vērtību <b>p(max)</b> <b>Value(n) : x</b> – visu periodu vērtības salīdzina ar koeficientu <b>X</b>
Operators	<= - mazāks vienāds >= - lielāks vienāds == vienāds
Koeficients	Skaitlis, kas salīdzinājumā liekas mainīgā <b>X</b> vietā

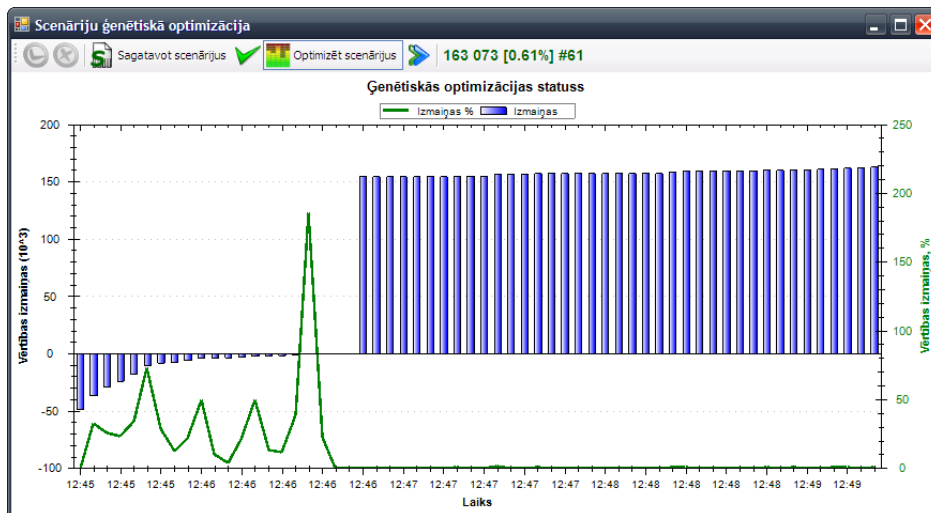
Pēc ierobežojumu definēšanas var tikt startēts optimizācijas uzdevums, kura izpildes gaitai var sekot izmantojot 9. un 10. attēlā redzamās optimizācijas progress formas. Sākotnēji optimizācijas uzdevumā ierobežojumi neizpildās, ko norāda negatīvā vērtība (9. att.), bet pēc vairākām iterācijām ir redzami uzlabojumi - neizpildīto ierobežojumu summārā vērtība tuvojas nullei.



9.att. Optimizācijas progress grafiks ar neizpildītiem ierobežojumiem

Savukārt pēc ierobežojumu izpildes tiek uzrādīta maksimizējamā vērtība (tūrās tagadnes vērtību summa pa periodiem), kas ir pozitīva.



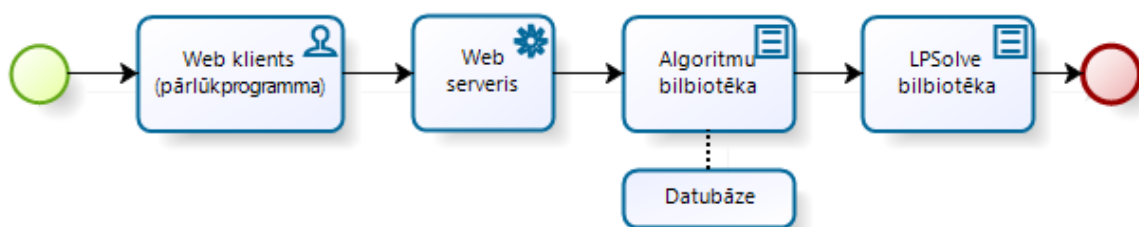


10. att. Optimizācijas progressa grafiks ar izpildītiem ierobežojumiem

Ja optimizācijas procesā ierobežojumi ir izpildīti, tad var pārtraukt optimizāciju. Pēc optimizācijas pārtraukšanas dati tiek saglabāti un var apskatīt optimizētos plānošanas rezultātus.

### 3. Lineārās optimizācijas algoritmu integrēšana meža apsaimniekošanas plānošanas informācijas sistēmas Web lietojumā

Lineārās optimizācijas modulis Web lietojumā ir realizēts izmantojot soļu principu. Kopā ir 8 soļi, kur katrā solī lietotājs norāda optimizācijas ierobežojumus atbilstoši meža apsaimniekošanas mērķim. Praktiskiski Web lietojums realizēts pielietojot daudzlīmeņu arhitektūru (11. att.), kur optimizācijas uzdevumu risināšanai tiek izmantota atvērta koda bibliotēka *LPSolve* (<http://sourceforge.net/projects/lpsolve/>), kas nodrošina kanoniskā formā sastādīta lineārā uzdevuma atrisināšanu.



11.att. Daudzlīmeņu arhitektūras shēma

Pirmajā solī lietotājs norāda un izpilda plānošanas operāciju kadastriem, kuriem tiks veikta optimizācija. Plānošanas operācijas laikā tiek aprēķināti ciršanai pieejamie resursi pēc gatavuma, kas nākamajos soļos kalpo par ieejas informāciju ierobežojumu noteikšanai. Otrajā solī (12. att.) var norādīt ierobežojumu veidu un detalizēt to. Ierobežojumi var tikt attiecināti uz cirtes veidu, piemēram, galvenās cirtes vai krājas kopšanas cirtes. Bet izvēloties sugas krājas ierobežojumu jānorāda arī suga uz kuru šis ierobežojums attieksies.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Kadstru izvēle	Ierobežojumu definēšana	GC krājas ierobežojumi	GC un KKC krājas ierobežojumi	Krājas ierobežojumi pa sugām	Krājas ierobežojumi pa sugām un sortimentiem	Optimizācijas izpilde	Atskait

Ierobežojumu definēšana							
Pievienot jaunu							
	Ierobežojums	Suga	Sortiments	Min.(%)	Max.(%)	Aktīvs	
		Sugu sortimenta krāja	Priede	R+V+T	90.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
		Sugu sortimenta krāja	Egle	R+V+T	90.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
		Sugu sortimenta krāja	Bērzs	R+V+T	90.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
		Sugu krāja	Priede	----	80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>

12. att. Resursu optimizācijas ierobežojumu definēšana

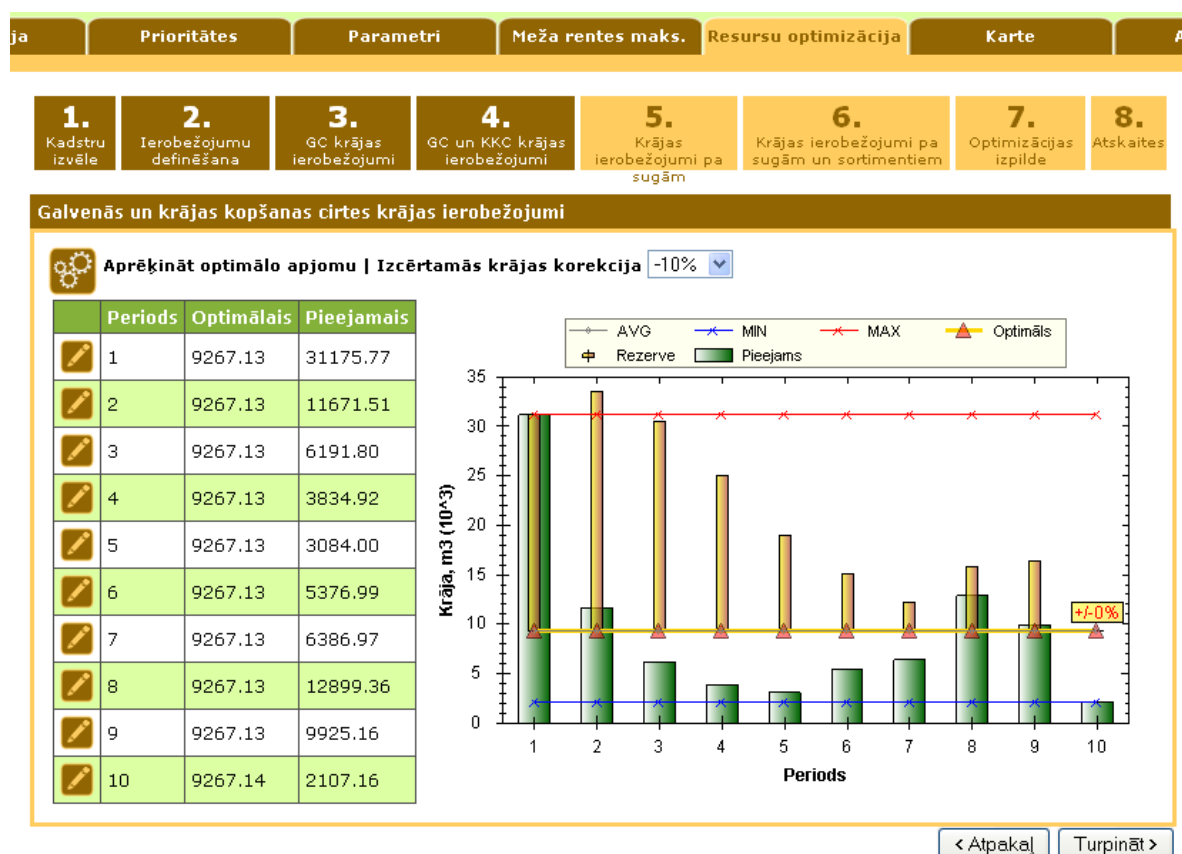
Līdzīgi ir ar sugas sortimenta ierobežojumu, kur papildus sugai ir jānorāda norādāms arī sortiments vai to apvienojums. Ar sortimentu apvienojumu R+V+T, jāsaprot resno, vidējo un tievo komateriālu sortimentu kopējā krāja. Sugas sortimentam tiek piedāvāti šāda izvēles iespēja:

- resnie;
- vidējie;
- tievie;
- malka;

- papīrmalka;
- R+V (resnie un vidējie);
- R+V+T (resnie, vidējie un tievie).

Katram ierobežojumam papildus tiek norādītas minimās un maksimās izmaiņas pret iepriekšējo plānošanas periodu, kas apraksta ierobežotās vērtības izmaiņu apjomu. Izmantojot šos parametrus iespējams nodrošināt vienmērīgu resursu pieejamību visā plānošanas ciklā. Jebkuru ierobežojumu var aktivizēt vai deaktivizēt, lai novērtētu tā ietekmi uz optimizācijas rezultātu.

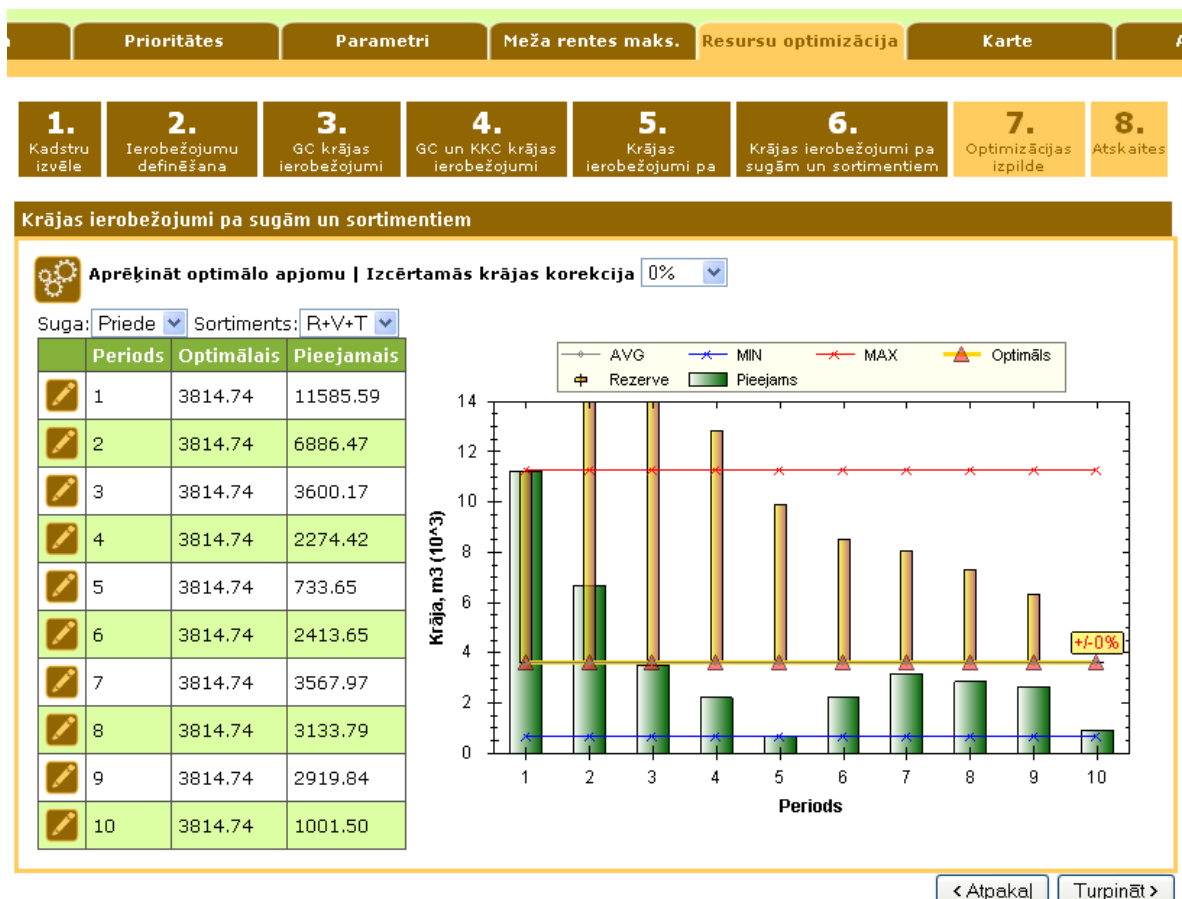
Trešajā un ceturtajā solī (13. att.), lietotājam ir redzami pieejmie resursi, gan tabulārā gan grafiskā veidā.



13.att. Resursu optimizācijas KC un KKC krājas ierobežojumi

Tabulas formā ir norādīti pieejamie resursi katrā plānošanas periodā. Optimālo resursu aile sākotnēji ir tukša, gadījumā, ja lietotājs vēlas noteikt ciršanas apjoma ierobežojumu kādā no periodiem, to iespējams izdarīt manuāli ievadot ierobežuma vērtību vai arī izpildot programmas funkciju, kura atrod optimālo ciršanas apjomu pa plānošanas periodiem pēc iepriekš noteiktajiem ierobežojumiem. Blakus tabulai, grafiskā formā ir parādīts galvenās cirtes vai visu ciršu pieejamie apjomi ar zaļām kolonām. Virs šīm kolonām dzeltenā krāsā tiek attēlota nenocirstā rezerve, kura tiek pārcelta uz nākamajiem periodiem atbilstoši izvirzītajam optimizācijas mērķim. Šajā ierobežojumu definēšanas solī tiek ņemta vērā krājas pieauguma prognoze atbilstoši augšanas gaitas modeļiem.

Resursu optimizācijas un sugu sortimenta krājas ierobežojumu ievades forma ir redzama 14. attēlā



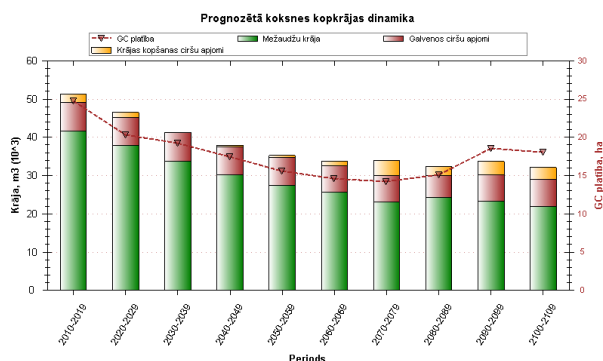
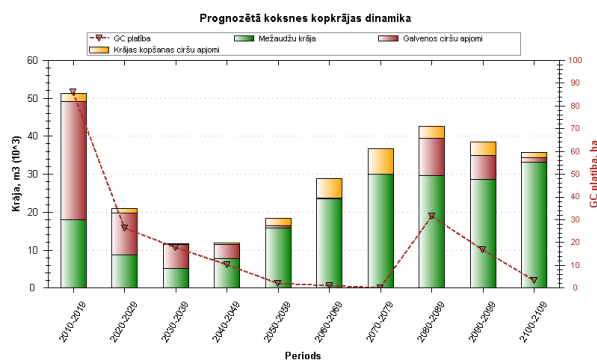
14. att. Resursu optimizācijas sugu sortimenta krājas ierobežojumi

Krājas ierobežojums pa sugām vai vienlaikus pa sugām un sortimentiem realizēts līdzīgi galveno ciršu krājas ierobežojumu datu vadībai, bet šajā sadaļā vispirms jāizvēlas konkrētā suga vai sugas sortiments, kurai definēt ierobežojumu.



15. att. Resursu optimizācijas izpilde

Septītajā solī (15. att) tiek izpildīts lineārās optimizācijas uzdevums, kurā tiek maksimizēts lineārās optimizācijas mērķa koeficients ( $max\_koef$ ), ņemot vērā iepriekšējos soļos uzstādītos ierobežojumus. Attēlā 16. ir redzama krājas dinamika pirms un pēc optimizācijas uzdevuma izpildes.



Perioda Nr	Periods, gadi	Paliekošā krāja, m <sup>3</sup>	Izcērtamā krāja, m <sup>3</sup>	KKC krāja, m <sup>3</sup>	GC krāja, m <sup>3</sup>	GC platība, ha
1	2010-2019	18 012	33 235	2 172	31 062	86
2	2020-2029	8 755	12 211	1 244	10 966	26
3	2030-2039	5 111	6 517	150	6 368	18
4	2040-2049	7 834	4 091	365	3 727	10
5	2050-2059	15 918	2 474	1 904	570	2
6	2060-2069	23 423	5 423	5 158	265	1
7	2070-2079	30 020	6 671	6 671	0	0
8	2080-2089	29 587	13 082	3 280	9 802	31
9	2090-2099	28 682	9 828	3 523	6 305	17
10	2100-2109	33 172	2 620	1 473	1 147	3
		<b>200 514</b>	<b>96 151</b>	<b>25 940</b>	<b>70 211</b>	<b>194</b>

Perioda Nr	Periods, gadi	Paliekošā krāja, m <sup>3</sup>	Izcērtamā krāja, m <sup>3</sup>	KKC krāja, m <sup>3</sup>	GC krāja, m <sup>3</sup>	GC platība, ha
1	2010-2019	41 585	9 662	2 172	7 490	25
2	2020-2029	37 837	8 659	1 244	7 415	20
3	2030-2039	33 807	7 525	150	7 375	19
4	2040-2049	30 261	7 625	285	7 340	17
5	2050-2059	27 363	7 882	544	7 338	16
6	2060-2069	25 707	8 114	1 305	6 809	15
7	2070-2079	23 020	10 864	3 868	6 996	14
8	2080-2089	24 358	8 043	2 456	5 587	15
9	2090-2099	23 286	10 387	3 422	6 965	19
10	2100-2109	21 878	10 278	3 102	7 176	18
		<b>289 103</b>	<b>89 038</b>	<b>18 548</b>	<b>70 490</b>	<b>178</b>

Paliekošā un izcērtamā krāja pirms optimizācijas

Paliekošā un izcērtamā krāja pēc optimizācijas

### 16. att. Iegūto rezultātu salīdzinājums

Pēdējā, astotajā solī (17. att.), ir aplūkojamas 5 plānošanas procesā iegūtās atskaites:

- finansu plūsmas plāns,
- galveno ciršu plāns,
- atjaunošanas plāns,
- sortimenu plāns,
- periodu plānu sugu,
- sortimentu un platības dinamika,

kā arī 7 statistiskās atskaites no inventarizācijas datiem:

- kadastru statistika,
- taksācijas apraksts,
- sortimenti,
- teritorijas sadalījums pa augšanas apstākļu tipiem,
- teritorijas sadalījums pa bonitātēm,
- teritorijas sadalījums pa zemju kategorijām.

	Prioritātes	Parametri	Meža rentes maks.	Resursu optimizācija	Karte	
--	-------------	-----------	-------------------	----------------------	-------	--

<b>1.</b> Kadstru izvēle	<b>2.</b> Ierobežojumu definēšana	<b>3.</b> GC krājas ierobežojumi	<b>4.</b> GC un KKC krājas ierobežojumi	<b>5.</b> Krājas ierobežojumi pa	<b>6.</b> Krājas ierobežojumi pa sugām un sortimentiem	<b>7.</b> Optimizācijas izpilde	<b>8.</b> Atskaites
--------------------------------	---	--	---	--	--	---------------------------------------	------------------------

<b>Atskaites</b>							
<p><b>Plānošanas atskaite</b></p> <p><b><u>1. Finanšu plūsmas plāns</u></b>  <b><u>2. Galveno ciršu plāns</u></b>  <b><u>3. Atjaunošanas plāns</u></b>  <b><u>4. Sortimentu plāns</u></b>  <b><u>5. Periodu plānu suqu, sortimentu un platības dinamika</u></b></p> <p><b>Statiskās atskaite</b></p> <p><b><u>1. Kadastru statistika</u></b>  <b><u>2. Taksācijas apraksts</u></b>  <b><u>3. Taksācijas apraksts (ar cenām)</u></b>  <b><u>4. Sortimenti</u></b>  <b><u>5. Teritorijas sadalījums pa auģšanas apstākļu tipiem</u></b>  <b><u>6. Teritorijas sadalījums pa bonitātātēm</u></b>  <b><u>7. Teritorijas sadalījums pa zemju kategorijām</u></b></p>							
							<a href="#">&lt; Atpakaļ</a>

17.att. Resursu optimizācijas atskaite

#### **4. Ģeogrāfisko ierobežojumu iekļaušana meža apsaimniekošanas plānošanas optimizācijas uzdevumos**

Pastāv vairāki ģeogrāfiskie ierobežojumi, kuri nosaka saimniecisko darbību kopumu kādā konkrētā teritorijā un tos ir jāņem vērā sastādot dažāda līmeņa apsaimniekošanas plānus. Piemēram, veicot operatīvo līmeņa plānošanu ir jāapskata tādas īpašības, kā nogabala reljefs, augšanas apstākļu tips un tā lietošanas iespējas atkarībā no gadalaikiem, ceļu tīkla izmantošana utt., kas norāda konkrētā laika periodā iespējamo darbību kopumu. Augstākā plānošanas līmenī daudz būtiskāki ir ierobežojumi, kas nosaka atļauto saimniecisko darbību kopumu ilgākā laika periodā, piemēram, piecgadē vai desmitgadē. Šāda līmeņa plāna optimizācijā būtu jāiekļauj tādu ierobežojumu novērtēšana kā:

- piesliešanās laiks nogabaliem pēc galvenās cirtes;
- maksimālais cērtamais platums;
- maksimālā cērtamā platība.

Optimizācijas uzdevuma risināšanai ar veselo skaitļu lineārās programmēšanas metodēm ir nepieciešami ļoti lieli datoru resursi (sk. nodaļā 1.1) un papildus ierobežojumu iekļaušana šo uzdevumu tikai palielinātu. Kā jau iepriekš aprakstīts šādus liela apjoma uzdevumus iespējams risināt ar heuristisko meklēšanas algoritmu palīdzību, kuru galvenā priekšrocība ir iespēja ierobežojumus novērtēt tajā brīdī, kad tiek sagatavots potenciālais risinājums. Viens no heuristisko meklēšanas algoritmu variantiem ir ģenētiskie algoritmi, kuru izmantošanas iespējas meža apsaimniekošanas plānošanas uzdevumos ir aprakstītas iepriekšējās šī dokumenta nodaļās. Ģenētisko algoritmu realizācijas pamatā ir populācijas attīstība, kuru meža apsaimniekošanas plāna gadījumā veido nogabalu scenāriju kopums.

Lai integrētu ģeogrāfiskos ierobežojumus ģenētisko algoritmu optimizācijas algoritmos, nepieciešama servera puses funkcija, kura ikvienu populāciju pārbaudītu no ģeogrāfisko ierobežojumu slāņa. Zinot, ka heuristiskās meklēšanas algoritmiem nepieciešams liels populāciju skaits – tad šāda ierobežojumu pārbaude var būtiski pazemināt kopējo optimizācijas veiktspēju, tapēc īpaši jāpiedomā pie ģeogrāfiskās informācijas pareizu strukturēšanu un indeksēšanu. Ģeogrāfisko informāciju vēlams particionēt tā, lai informācijas pārmeklēšana notiktu mazākos apjomos, kas samazina indeksu izmēru un sniedz augstāku veiktspēju paralēlās skaitļošanas risinājumos.

#### **5. Meža apsaimniekošanas plānošanas informācijas sistēmas Web lietojuma papildināšana ar mācību materiāliem un praktiskas lietošanas piemēriem**

1. Projekta ietvaros sagatavotā datu apstrādes programma MAPIS publicēta vietnē <http://mapis.itf.llu.lv/>
2. Ar programmas iespējām un darbības principiem iepazīstināti LLU Meža fakultātes studenti studiju kursa „Mežierīcība”, „Meža GIS” un „Meža taksācija” ietvaros.
3. Norādes uz MAPIS atrodamas šādās vietnēs: <http://it-mezs.itf.llu.lv/?pid=86>  
<http://www.mf.llu.lv/?fid=222>
4. Ar programmas iespējām, darbības principiem iepazīstināti Meža konsultāciju pakalpojuma centra darbinieki.
5. Sagatavots Meža apsaimniekošanas plāna sastādīšanas un programmas MAPIS lietošanas apraksts kas ievietots programmas vietnē (skatīt 3.Pielikumu).

## 6. Projekta rezultātu prezentēšana, popularizēšana un administrēšana

- Projekta rezultāti tika ziņoti Zviedrijā, Uppsalas universitātē laikā no 25.10.2010 līdz 28.10.2010 doktorantu skolas konferencē „Ilgtspējīga meža apsaimniekošana un izmantošana” (Sustainable Management and Utilization of Forests) ar prezentāciju “Decision support system for calculation of annual felling in Latvia”, prezentēja asoc.prof. Dagnis Dubrovskis. <http://www.phd-forestry.se/Home.htm> Konferencē tika salīdzinātas Kanādas, Zviedrijas, Somijas, Igaunijas, Latvijas, Ķīnas mežsaimniecības modeļi. Izpētīta Zviedrijas privāto mežu apsaimniekošanas pieredze.
- Projekta rezultāti tika prezentēti starptautiskajā zinātniskajā konferencē "ForestSat2010", kas notika Spānijā Santiago de Compostela universitātē. Raksts "LIDAR and aero photo data processing that corresponds to Latvian forest inventory data structure and quality requirements" (autori: Salvis Daģis, Ingus Šmits Dagnis Dubrovskis, Gints Priedītis) tika publicēts konferences rakstu krājumā. Konferencē tika prezentētas un diskutētas attālās zondēšanas datu un tehnoloģiju pielietošanas iespējas šādos virzienos: 1. mežsaimniecības kartogrāfija 2. biomasa 3. riska vadība 4. veģetācijas tipu noteikšana 5. ekoloģija un bioloģiskā daudzveidība 6. 3D analīze 7. modelēšana 8. monitorings 9. mežierīcība 10. meža apsaimniekošanas plānošana. Resursi internetā <http://forestsat2010.usc.es/en/index.html>.
- Izveidota starpinstitucionālā projekta uzraudzības vadības grupa (1. pielikums)
- Sagatavots finanšu līdzekļu izlietojuma kopsavilkums (2. pielikums)