

PĀRSKATS

Pētījuma
nosaukums:

LATVIJAS ZEMES IZMANTOŠANAS, ZEMES IZMANTOŠANAS
MAIŅAS UN MEŽSAIMNIECĪBAS (ZIZIMM) SEKTORA
KLIMATA PĀRMAIŅU MAZINĀŠANAS MĒRĶU SASNIEGŠANAI
ĪSTENOJAMO DARBĪBU SILTUMNĪCEFEKTA GĀZU (SEG)
EMISIJU MAZINĀŠANAI UN OGLEKĻA DIOKSĪDA (CO₂)
PIESAISTES VEICINĀŠANAI MEŽA APSAIMNIEKOŠANĀ SOCIĀLI
EKONOMISKAIS VĒRTĒJUMS

PĀRSKATS PAR 2024. GADA DARBA UZDEVUMU IZPILDI

IZPILDES LAIKS: 19.04.2024-15.11.2024

IZPILDĪTĀJS: LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS "SILAVA"

LĪGUMA NR. 24-00-S0INZ03-000 033

PROJEKTA VADĪTĀJS:

A. Lazdiņš

Kopsavilkums

Eiropas Savienība (ES) noteikusi ambiciozus klimata neitralitātes mērķus 2030. gadam, tostarp zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektorā. ZIZIMM sektorā ES vēlas nodrošināt to, ka līdz 2030. gadam siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijas un piesaiste ir līdzsvarā attiecībā pret mērķi, bet faktiski sektorā ir jāpanāk būtiska neto CO₂ piesaiste. Katrai dalībai noteikts konkrēts skaitlisks mērķis. Lai šo mērķi sasniegtu, ES aicina uz ilgtspējīgu zemes resursu izmantošanu, tajā skaitā mežu ieaudzēšanu, mežu atjaunošanu un meža resursu saglabāšanu. Lai sekmētu šī mērķa sasniegšanu Latvijā, pētījumā vērtējam dažādu faktoru un pasākumu iespējamo ietekmi uz SEG emisijām, kā arī pilnveidojam SEG emisiju prognozēšanas metodiku.

Pētījuma mērķis ir veikt Latvijas ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību SEG emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā vērtējumu un izstrādāt vairākus scenārijus, kas sekmētu klimata neitralitātes mērķu sasniegšanu šajā sektorā. Aprēķinos izmantoti Zemkopības ministrijas iesniegtie dati par pasākumu ieviešanu.

Pētījums izstrādāts Latvijā, sadarbojoties ar Ziemeļvalstu zinātniskajiem institūtiem. Pētījuma rezultāti izmantojami Latvijā, bet tos var ekstrapolēt arī uz citām Eiropas valstīm Eiropas Savienības dalībvalstīs. Pētījuma ietvaros precizēti vienādojumus, kas raksturo klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu potenciālu ZIZIMM sektorā, tajā skaitā aprobēti vienādojumus augsnes oglekļa aprites raksturošanai. Pētījumā secināts, ka augsnes oglekļa modelēšanas instrumentu (Yasso, ICBM un citu testēto modeļu) nenoteiktība lielā mērā saistīta ar empīrisku datu trūkumu oglekļa ieneses raksturošanai (koku un zemsedzes augu nobiru un atlieku veidošanās), it īpaši izcirtumos un apmežotās platībās. Pētījumā novērtēta iespējamā dabas atjaunošanas regulas iespējamā ietekme uz ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanu, pieņemot, ka saimnieciskajai darbībai nav pieejami vai daļēji pieejami 30% mežu. Pētījumā secināts, ka īstermiņā ietekme ir nebūtiska, bet ilgtermiņā CO₂ piesaistes potenciāls meža zemēs būtiski samazinās. Papildus vērtējama šo ierobežojumu ietekme uz nacionālajā klimata un enerģētikas plānā (NEKP) plānoto darbību SEG emisiju mazināšanai un CO₂ piesaistes veicināšanai efektivitāti.

Pētījumā sagatavots ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību ietekmes vērtējums, tajā skaitā ietekme uz SEG

emisijām un prognozējamās izmaksas; kā arī raksturots potenciālais aizstāšanas efektu, ko ZIZIMM sektorā īstenojamās darbības radīs enerģētikas sektorā. Pētījuma ietvaros attīstīti modelēšanas instrumenti un programmnodrošinājums SEG emisiju mazinošo un CO₂ piesaisti veicinošo darbību ietekmes novērtēšanai un prognozēšanai ZIZIMM sektorā, tai skaitā attālās izpētes metodēs balstīti instrumenti oglekļa uzkrājuma un SEG emisiju raksturošanai mežaudžu līmenī.

Pētījumā izstrādātos risinājumus izmantosim nacionālās SEG inventarizācijas pilnveidošanai ZIZIMM sektorā, tajā skaitā augsnes oglekļa aprites modelēšanas rezultātu validēšanai kā arī, lai pilnveidotu NEKP un citus prognožu ziņojumus par ZIZIMM sektora virzību uz klimatneitralitāti.

Izmantotie saīsinājumi

CO₂ – oglekļa dioksīds;

EK – Eiropas Komisija;

ES – Eiropas Savienība

ETS – emisiju tirdzniecības sistēma

KLP – kopējā lauksaimniecība politika;

MZV - monitorings, ziņošanas un verifikācija;

SEG – siltumnīcefekta gāzes;

UNFCCC - Apvienoto Nāciju Organizācija Vispārējai konvencijai par klimata pārmaiņām;

ZIZIMM – zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektors;

SEG – siltumnīcefekta gāzes;

N₂O – dislāpekļa oksīds;

CH₄ – metāns;

NH₃ – amonjaks;

NO – slāpekļa oksīds;

NO₃ – nitrāti;

C/N – oglekļa/slāpekļa attiecība, kas nosaka ātrumu, ar kādu mikroorganismi sadala organisko vielu;

N – slāpeklis;

C – ogleklis;

ppm – tilpuma miljondaļas;

LVĢMC – Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs;

SOC – augsnes organiskais ogleklis.

Saturs

Kopsavilkums.....	2
Izmantotie saīsinājumi.....	4
Saturs.....	5
Ievads.....	6
Augsnes oglekļa aprites meža zemēs vienādojumu validācijai nepieciešamo empīrisko datu iegūšana.....	9
Darbību datu iegūšana Dabas atjaunošanas regulas iespējamās ietekmes uz ZIZIMM sektora radītajām SEG emisijām un CO ₂ piesaisti raksturošanai.....	14
Vienādojumu ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību ietekmes novērtēšanai pilnveidošana.....	16
Modelēšanas instrumentu un programmnodrošinājuma saimnieciskās darbības ietekmes novērtēšanai un prognozēšanai mežaudžu līmenī pilnveidošana.....	23
ZIZIMM mērķu sasniegšanas scenāriju sagatavošana.....	35
Izmantotā literatūra.....	49

Ievads

Viens no pētījuma uzdevumiem ir iegūt augsnes oglekļa aprites meža zemēs vienādojumu validācijai nepieciešamos empīriskos datus, atsākot meža augšņu monitoringu starptautiskā Meža veselības monitoringa pirmā līmeņa parauglaukumos. 2030. gadā plānojam apsekot 30 parauglaukumus. Pētījuma ietvaros apsekoti 30 pirmā līmeņa meža veselības monitoringa parauglaukumi, kuros augsnes oglekļa uzkrājuma monitorings uzsākts 2006. gadā demonstrācijas projekta Biosoil ietvaros. Pētījumā iekļauti valsts mežos esošie parauglaukumi. Augsnes paraugi ievākti 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm un 40-80 cm dziļumā divos atkārtojumos, kā arī no zemsegas visā tās biezumā. LVMI Silava Meža vides laboratorijā turpinās ievākto paraugu analīzes, nosakot oglekļa (C) un slāpekļa (N) saturu, kā arī augsnes pH un augsnes blīvumu. Organiskās augsnēs papildus fiksēts zemes virsmas augstumu, izmantojot brīvpieejas ALS (aerolāzerskenēšanas) datus. Paralēli noteikti kokaudžu taksācijas rādītāji, izmantojot Meža resursu monitoringa metodiku. Pētījumā iegūti dati, ko varēsim izmantot oglekļa aprites meža zemēs modelēšanas vienādojumu validācijai un pilnveidošanai.

Otrs darba uzdevums ir pilnveidot darbību datus, lai raksturotu Dabas atjaunošanas regulas iespējamo ietekmi uz ZIZIMM sektora radītajām SEG emisijām un CO₂ piesaisti. Pētījumā vērtēta saimnieciskās darbības ierobežojumu ietekme 30% mežu platības, tajā skaitā saimnieciskās darbības pārtraukšanu 10% no Latvijas mežiem, lauksaimniecībā izmantojamo kūdras augšņu renaturalizāciju un citus ierobežojumus. Pieņemts, ka esošie saimnieciskās darbības ierobežojumi ietilpst dabas atjaunošanas regulas noteiktajās prasībās. Nemeža zemēs pieņemts, ka apmežošana iespējama tikai 50% no kūdras augsnēm, tajā skaitā puse no apmežojamām zemēm transformē par purvaiņiem un otra puse – par kūdreņiem. Renaturalizētajās LIZ ar organiskām augsnēm aprēķinos pieņemts, ka veidojas purvaiņiem un pārmitrām pļavām raksturīgs kokaugu un krūmu apaugums un SEG emisijas. Aprēķinā nav ietverti kompensējoši pasākumi Dabas atjaunošanas regulas negatīvās ietekmes mazināšanai, jo šī ietekme izpaužas galvenokārt pēc 2050. gada. Sagatavoti aprēķini 15 ZIZIMM sektora prognožu scenārijiem, tajā skaitā trīs scenāriji, kuros sasniegti 2030. gada klimata pārmaiņu mazināšanas mērķi, kā arī novērtētas scenāriju īstenošanas izmaksas. Viens no izstrādātajiem scenārijiem rekomendēts pārņemšanai uz NEKP.

Trešajā darba uzdevumā pilnveidoti vienādojumi ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību ietekmes novērtēšanai, izmantojot jaunāko pētījumu atziņas. Pētījumu ietvaros aktualizēta modelēšanas datu bāze – no MSI atlasīti pēdējās piecgades modelēšanai nepieciešamie dati un veikti nepieciešamie taksācijas rādītāju aprēķini. Veiktie

modelēšanas sistēmas uzlabojumi ir meža atjaunošanas modeļa aktualizēšana ar jaunāko pieejamo informāciju (MSI un VMD) par meža īpašnieku izvēli meža atjaunošanā. Aprēķinos integrēti jauni un aktualizēti augšanas gaitas vienādojumu koeficienti (izstrādāti 2023/2024 gada pētījumos J. Doņa vadībā); uzlabots krājas kopšanas algoritms, kas ļauj mainīt kopšanas cirtes intensitāti jeb palikušās kokaudzes rādītājus atkarībā no īpašnieka veida, valdošās sugas un koku augstuma (iepriekš neatkarīgi no sugas un tās augstuma palikušās kokaudzes šķērslaukums relatīvi vienādā diapazonā, neatkarīgi no sugas un koku augstuma); izstrādāts jauns algoritms, kas modelē nejauši dabiskos traucējumus atkarībā no koku sugas, vecuma un mežsaimnieciskās darbības (iepriekš atkarībā no sugas definēta vēsturiskā platība vai tās īpatsvars); izstrādāts jauns algoritms, kas modelē atmirušās koksnes sadalīšanos atkarībā no koku sugas un caurmēra (iepriekš tikai no sugas); meža mēslošanas algoritmos iestrādātas jaunākās zinātnes atziņas un audžu piemērotības atlases kritēriji. Klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu ietekmes aprēķinos izmantoti atjaunoti algoritmi, kas objektīvāk parāda mežsaimniecības prakses izmaiņas un dabisko traucējumu iespējamo ietekmi. Izstrādātie uzlabojumi integrēti LVMI Silava uzturētajā augšanas gaitas modelēšanas sistēmā.

Pētījuma ietvaros pilnveidoti modelēšanas instrumenti un programmnodrošinājumu saimnieciskās darbības ietekmes novērtēšanai un prognozēšanai mežaudžu līmenī, veidojot uz attālās izpētes datiem un meža resursu monitoringa parauglaukumu informāciju balstītu mikroaudžu interpretācijas un modelēšanas sistēmu. Izstrādāti modelēšanas instrumenti SEG emisiju mazināšanas un CO₂ piesaistes veicināšanas darbību ietekmes novērtēšanai un prognozēšanai, tai skaitā mežaudžu līmenī. Izveidots uz attālās izpētes (ALS, Sentinel-2, ortofoto, lauku reģistra un citiem) datiem un MSI parauglaukumos pieejamo informāciju balstītu “biogrupu” interpretācijas un modelēšanas sistēmu meža un nemeža zemēm. Darbā izmantotas mašīnmācības metodes, lai izveidotu “siena līdz sienai” veida datu slāni, kurā pārstāvēta visa Latvijas teritorija. 2024. gadā turpināta iepriekš izstrādātās sistēmas veidošana meža zemēm, izstrādājot vienādojumus oglekļa uzkrājuma kokaugu biomasā raksturošanai, kā arī izveidots datu slānis ar oglekļa uzkrājuma datiem visiem mežiem Latvijas teritorijā. Izveidotais datu slānis raksturo gadu, kad iegūti ALS dati. 2024. gadā veikts pārrēķins ar jaunajiem (atkārtota pārlidojuma) ALS datiem, lai novērtētu ALS datu izmantošanas iespējas biomasas un oglekļa uzkrājuma izmaiņu prognozēšanai, taču pieejama tikai neliela Latvijas teritorija, tāpēc iegūtos rezultātus pagaidām nevar validēt. Pētījuma rezultāti izmantoti zinātnisku publikāciju manuskriptā “Soil and forest floor carbon balance in drained and undrained hemiboreal peatland forests” (iesniegts publicēšanai žurnālā *Biogeosciences*) un prezentēti konferencē *Research for Rural Development*. Pētījuma rezultātus publicēsim arī konferences rakstu krājumā,

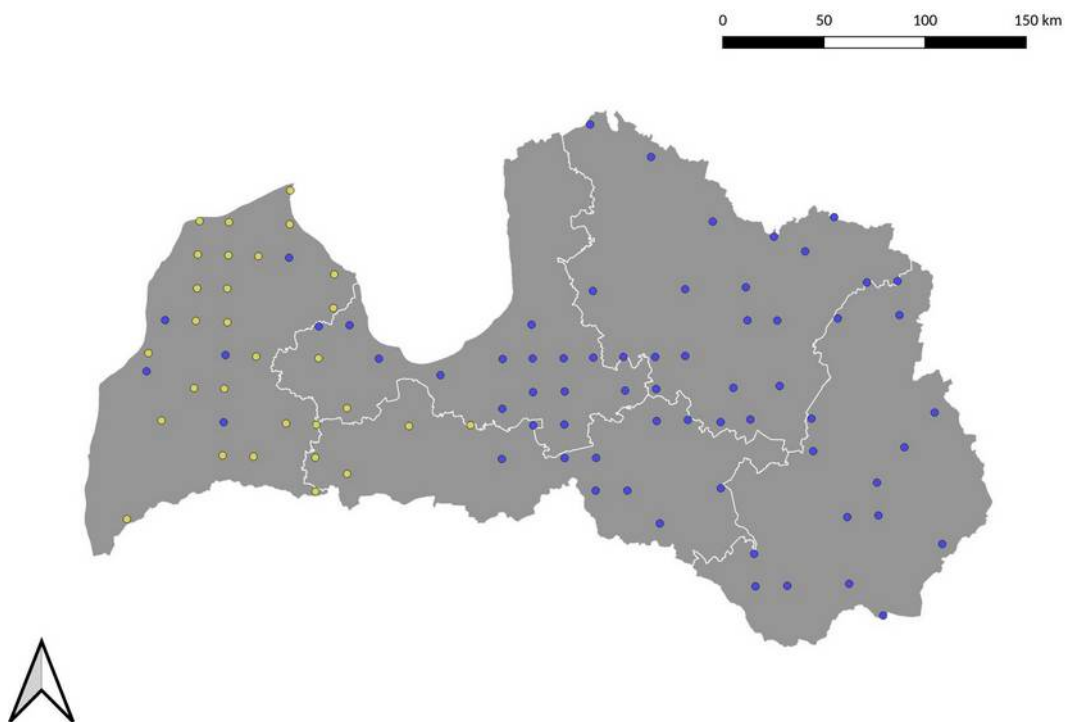
raksta nosaukums “Use of automatically obtained data in the quantitative and qualitative evaluation of harvester operator training” (akceptēts publicēšanai).

Pētījuma ietvaros sagatavoti trīs klimata mērķu sasniegšanas scenāriji, kuriem veikts SEG emisiju un sociāli ekonomiskās ietekmes (izmaksas, nodarbinātība) aprēķins. Šajos scenārijos paredzēta līdzšinējās saimnieciskās darbības intensitātes saglabāšana, panākot SEG emisiju samazinājumu ar organisko augšņu un mazāk vērtīgo lauksaimniecības zemju apmežošanas starpniecību. Viens no scenārijiem iekļauts NEKP. Saskaņā ar aprēķinu rezultātiem, 2030. gada mērķi ir sasniedzami. Galvenais priekšnosacījums mērķa sasniegšanai ir organisko augšņu apmežošana. Mērķa sasniegšanai nav nepieciešama saimnieciskās darbības ierobežošana. Izmaksas mērķa sasniegšanai ir būtiski mazākas par prognozējamajām soda sankcijām, nerasniedzot mērķi.

Augsnes oglekļa aprites meža zemēs vienādojumu validācijai nepieciešamo empīrisko datu iegūšana

Pētījuma ietvaros apsekoti 30 pirmā līmeņa meža veselības monitoringa parauglaukumi, kuros augsnes oglekļa uzkrājuma monitorings uzsākts 2006. gadā demonstrācijas projekta Biosoil (Bārdule u.c., 2009; Komorovska u.c., 2009; Lazdiņš, 2008) ietvaros un atkārtots monitorings veikts 2012. gadā (Krisāns, 2012). Pētījumā iekļauti valsts mežos esošie parauglaukumi (Att. 1). Apsekotajos augsnes oglekļa monitoringa parauglaukumos ievākti augsnes paraugi 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm un 40-80 cm dziļumā, kā arī no zemsegas visā tās biezumā. Analīzēm ievākti noteikta tilpuma (100 cm^3) augsnes paraugi un noteikta laukuma (100 cm^2) zemsegas paraugus, nepieciešamības gadījumā ievācot papildus zemsegas paraugus analīzēm (Att. 2). Augsnes analīzēm papildus ievākti paraugi ķīmiskajām analīzēm visā slāņa biezumā. Ievāktajos paraugos noteikts oglekļa un slāpekļa saturs, kā arī augsnes pH un augsnes blīvums, atbilstoši 2012. gadā izmantotajai metodikai (Krisāns, 2012). Augsnes analīzes veiktas LVMI Silava Meža vides laboratorijā, kas akreditēta attiecīgo analīžu veikšanai. Organiskās augsnēs papildus fiksēts zemes virsmas augstums, izmantojot brīvpieejas ALS (aerolāzerskenēšanas) datus.

Iegūtos datus pēc monitoringa cikla pabeigšanas izmantosim oglekļa aprites meža zemēs modelēšanas vienādojumu (Yasso20 modeļa) validācijai.

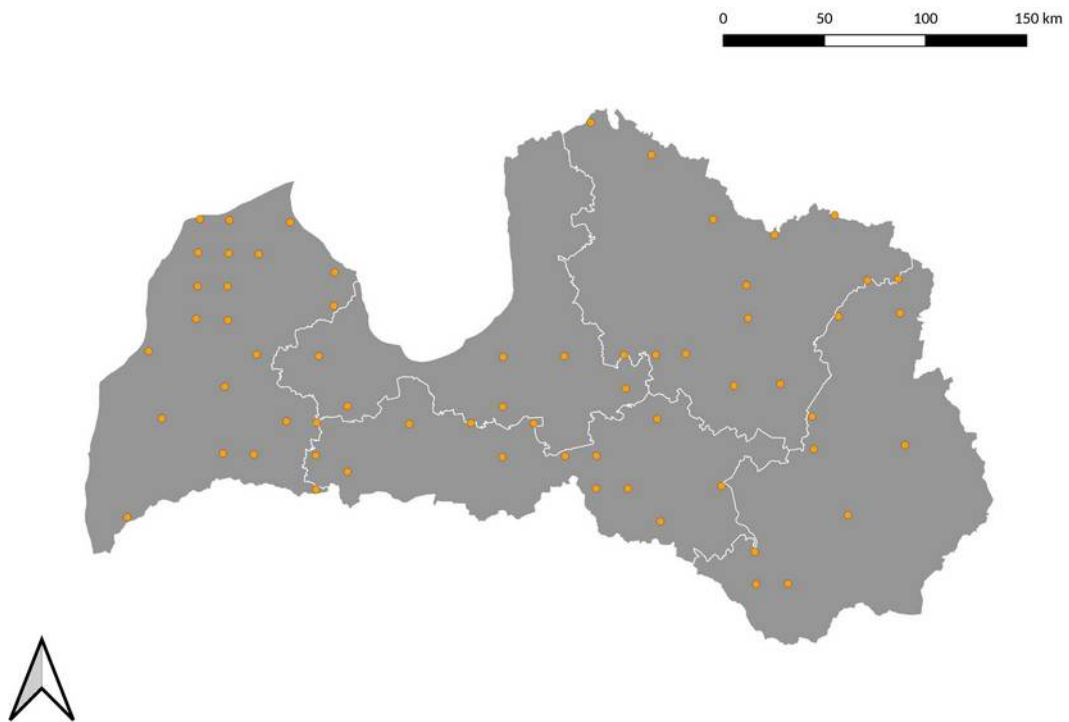


Att. 1. 2024. gadā apsektie parauglaukumi.



Att. 2. Paraugu ievākšanas vietas piemērs.

Turpmākajos pētījuma etapos apsekosim atlikušos pirmā līmeņa meža veselības monitoringa parauglaukumus valsts mežos (kopā 64 parauglaukumi, 2025. gadā jāapseko 34 parauglaukumi, Att. 3) un ierīkosim jaunus parauglaukumus, kas harmonizēti ar esošajiem pirmā līmeņa meža monitoringa parauglaukumiem, lai nodrošinātu atbilstību ICP Forests vadlīniju prasībām (115 parauglaukumi meža zemēs Latvijas teritorijā).



Att. 3. Augšņu monitoringa parauglaukumi valsts mežos.

Pētījumā izvērtēta arī LUCAS sistēmā izmantotā augšņu monitoringa metodika, lai novērtētu tās pielietojšanas iespējas SEG inventarizācijas sistēmā. Latvijas SEG inventarizācijas un LUCAS būtiskākā atšķirība ir tā, ka Latvijas SEG inventarizācijā tiek definētas zemes izmantošanas kategorijas, kamēr LUCAS zemes izmantošana veidojas no diviem parametriem – zemes seguma (land cover), kas tiek papildināts ar zemes lietojumu (land use). Tab. 1 salīdzinātas Latvijas SEG inventarizācijā izdalītās zemes izmantošanas definīcijas ar LUCAS zemes seguma definīcijām.

Meža zemju definīcijās atšķirība ir koku vainagu projekciju robežvērtībās. Latvijā mežu izdala sākot no 20% vainagu projektīvā seguma, taču LUCAS no 10%.

LIZ definīcijām atšķirība ir ganību iekļaušana lauksaimniecības zemēs Latvijas definīcijā, neatkarīgi no to piederības meža zemēm pēc nacionālās zemes lietojuma klasifikācijas. Turpretī LUCAS, ja pēc vainagu projekcijas sanāk mežs, tad tas neatkarīgi no ganību esamības nepieskaitītos LIZ, taču ganības tiktu norādītas zemes lietojumā.

Zālājiem atšķirība veidojas meža definīciju nesakritības dēļ, jo arī zālājiem vainagu projekcija ir būtisks parametrs, kas Latvijas SEG inventarizācijai un LUCAS definīcijās atšķiras.

Mitrājiem definīcijas atšķiras ar to, ka Latvijas SEG inventarizācijas definīcijā papildus pārmitrām sauszemes vietām ietverti arī visi iekšzemes ūdeņi (ezeri,

upes un diķi), kamēr LUCAS iekļauj tikai pārmitras teritorijas, kas pēc sava mitruma režīma atrodas pa vidu ūdens objektiem un sausām platībām. LUCAS šajā gadījumā izdala vēl vienu zemes seguma kategoriju – ūdens platības (water areas), kur attiecīgi arī ietilpst visi iekšzemes ūdeņi.

Apdzīvoto teritoriju definīcijas atšķiras ar to, ka Latvijas SEG inventarizācijā arī grāvji u.tml. mežu un LIZ infrastruktūra tiek iekļauta šajā kategorijā, kamēr LUCAS tā zemes seguma definīcijā netiek pieminēta, taču parādās lauksaimniecības zemes lietojuma vienībā.

Tab. 1. Zemes izmantošanas definīcijas Latvijas SEG inventarizācijā (Ministry of Climate and Energy, 2023) un LUCAS augšņu monitoringa sistēmā (Eurostat – LUCAS, 2015)

Latvijas SEG inventarizācijas sistēma	LUCAS
Forest lands	Woodlands
Land of a minimum area of 0.1 ha with potential tree crown cover of more than 20% and with the potential of trees to reach a minimum height of 5 m at maturity. Young natural stands and all plantations established for the forestry purposes, which have to reach a crown density of 20% or tree height of 5 m. Areas normally forming part of the forest area, which are temporarily unstocked as a result of human intervention or natural causes, but which are expected to revert to forest. For linear formations, a minimum width of 20 m is applied.	Areas covered by trees with a canopy of at least 10%. Also woody hedges and palm trees are included in this class. NB: Height of trees at maturity and width of woody features have to be assessed. If the forest is larger than 0.5 ha, the height of trees is above 5 m at maturity and the width of the wooded feature is more than 20 m, the surveyor has to indicate the forest cover code according to the forest type classification of the European Environment Agency.
Croplands	Croplands
Arable land, including orchards and extensively managed arable lands (ploughed at least once per 20 years). Animal feeding glades (periodically ploughed areas if forest used for wild animal feeding), which according to national land use classification belong to forest land.	Areas where crops are planted and cultivated.
Grasslands	Grasslands
Pastures, glades and bushland which do not fit to forest definition. Vegetated areas on non-forest lands complying to forest definition where land use type can be easily returned to grassland by cutting grass and small trees without legal requirement of transformation of the land use, but except grassland used in forage production and extensively managed cropland reported under cropland. Non-forest lands with average diameter of trees at the breast height less than 2 cm are reported under grassland's category.	Land predominantly covered by communities of grassland, grass-like plants and forbs. This class includes permanent grassland and permanent pasture that is not part of a crop rotation (normally for 5 years or more), which can be used to grow grasses and other herbaceous forage naturally (self-seeded) or through cultivation (sown). It may include sparsely occurring trees within a limit of a canopy below 10% and shrubs within a total limit of cover (including trees) of 20%. These can themselves be also grazed, provided that grasses and other herbaceous forage remain predominant as well.
Wetlands	Wetlands
All inland water bodies (rivers, ponds, lakes), swamps (constantly wet areas where height of trees cannot reach more than 5 m and ground vegetation consists	Wetlands are areas that fall between land and water. These are areas that are wet for long enough periods that the plants and animals living in or near them are

Augsnes oglekļa aprites meža zemēs vienādojumu validācijai nepieciešamo empīrisko datu iegūšana

Latvijas SEG inventarizācijas sistēma	LUCAS
mostly of sphagnum and different sword grasses), floodlands (usually small areas suffering from exceeding water periodically); alluvial lands (larger glades and bushlands suffering from exceeding water).	adapted to, and often dependent on, wet conditions for at least part of their life cycle. Wetlands are defined as land that is: • Inundated with water on a temporary or permanent basis. • Inundated with water that is usually slow moving or stationary. • Inundated with water that is shallow. • Inundated with water that may be fresh, brackish or saline.
Settlements	Artificial land
Land under buildings including yards and gardens as well as land necessary to maintain and to access those buildings, land under roads including buffer zones, forest infrastructure including ditches and their management bands, as well as seed orchards, forest nurseries and fire-breaks, drainage systems in cropland and grassland, other infrastructure – buffer zones of industrial networks, quarries etc., but excluding peat extraction sites.	Areas characterized by an artificial and often impervious cover of constructions and pavement.

LUCAS paraugu ievākšanas un organiskā oglekļa noteikšanas metodika būtiski atšķiras no citu valstu izmantotās metodikas, kas atvasināta no pirmā līmeņa meža monitoringa metodikas

Daļa no augsnes paraugiem ievākta ar lāpstu, ievācot piecus apakšparaugus (subsamples) objekta centra punkta atrašanās vietā un četros punktos 2 m attālumā no tā Z, A, D un R virzienos. Augsnes virskārta sākumā attīrīta no veģetācijas un akmeņiem (>6 cm). Ar lāpstu izrakta 20 cm dziļa V veida bedre, no kuras sienas atdalīts 3 cm biezs augsnes gabals. Gabala malas nogrieztas lai tas būtu 3 cm plats. Katrs apakšparaugs ievietots spainī, kur tie tālāk ar špakteli samaisīti. No samaisītās augsnes paņemts apmēram 500 g paraugs, kas tālāk izmantots augsnes analīzēm. Organiskā oglekļa saturs augsnē analizēts atbilstoši ISO 10694:1995 metodei, veicot augsnes parauga sauso sadedzināšanu (dry combustion). Organiskā oglekļa saturs noteikts gramos uz kilogramu (g kg^{-1}) (European Commission. Joint Research Centre, 2022).

Atšķirīgas metodes pielietotas paraugu ievākšanai augsnes blīvuma noteikšanai un augsnes bioloģiskās daudzveidības noteikšanai. Blīvuma noteikšanai paraugi ņemti ar metāla cilindriem ($V=100 \text{ cm}^3$) 0-10 un 10-20 cm dziļumos 5 atkārtojumos (tāda pati punktu konfigurācija kā iepriekš aprakstītajā metodē). Bioloģiskās daudzveidības noteikšanai paraugi ņemti tāpat kā sākumā aprakstītajā metodē, taču tie tika transportēti aukstuma kastē un uzglabāti -20°C , lai saglabātu savas bioloģiskās īpašības (European Commission. Joint Research Centre, 2022). Latvijā augsnes blīvuma paraugi nav ievākti.

Darbību datu iegūšana Dabas atjaunošanas regulas iespējamās ietekmes uz ZIZIMM sektora radītajām SEG emisijām un CO₂ piesaisti raksturošanai

Pētījuma ietvaros vērtēta saimnieciskās darbības ierobežojumu ietekme 30% mežu platības, tajā skaitā saimnieciskās darbības pārtraukšanu 10% no Latvijas mežiem, lauksaimniecībā izmantojamo kūdras augšņu renaturalizāciju un citus ierobežojumus.

Pieņemts, ka esošie saimnieciskās darbības ierobežojumi ietilpst dabas atjaunošanas regulas noteiktajās prasībās.

Nemeža zemēs pieņemts, ka apmežošana iespējama tikai daļā no kūdras augsnēm, uz kurām neattiecas prasība veikt renaturalizācijas pasākumus, savukārt, renaturalizācijas nepieciešamības novērtējumā ņemta vērā iespēja organiskās augsnes LIZ aizstāt ar organiskām augsnēm apsaimniekotos mitrājos un meža zemēs.

Renaturalizētajās LIZ ar organiskām augsnēm aprēķinos pieņemts, ka veidojas purvainiem un pārmitrām pļavām raksturīgs kokaugu un krūmu apaugums un SEG emisijas.

Kompensējošu pasākumu īstenošana dabas atjaunošanas regulas negatīvās ietekmes mazināšanai nav plānota, jo īstermiņā (līdz 2050. gadam) negatīva ietekme nav paredzama, bet ilgtermiņa ietekmes plānošanai nepieciešams kartogrāfiskais materiāls, kas parādītu no saimnieciskās darbības izslēdzamās teritorijas.

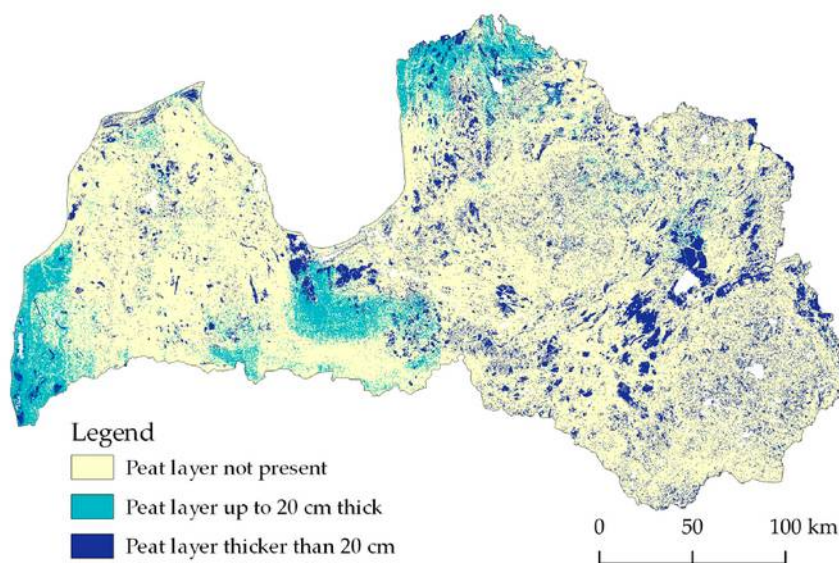
Kā maksimālo robežvērtību meža ieaudzēšanas pasākuma plānošanai izmantoti dabas atjaunošanas un citu normatīvu prasības bioloģiski vērtīgo zālāju platībai.

Pasākumu ietekmes raksturošanai izmantoti 2022. un 2023. gadā izstrādātie ietekmes aprēķinu darbību dati.

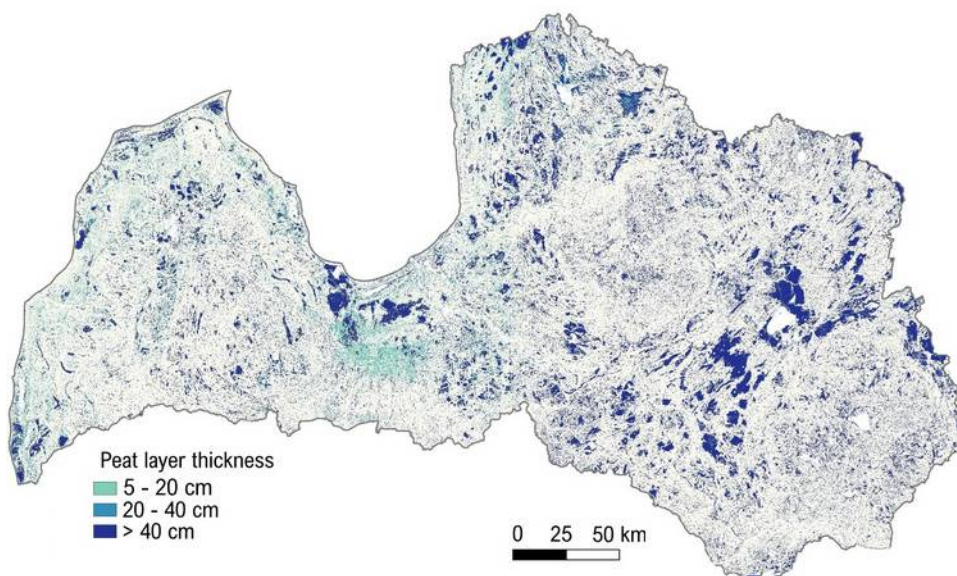
Detālāka informācija par saimnieciskās darbības ierobežojumu ietekmi dota nodaļā, kurā apkopoti dažādu aprēķinu scenāriju rezultāti.

Organisko augšņu izplatības datu precizēšanai SEG inventarizācijas sistēmā izmantoti 2024. gadā publicētie dati par šādu augšņu izplatību – vispirms par organiskām augsnēm, kas dziļākas par 20 cm (Att. 4), pēc tam – detālāku šādu

augšņu sadalījumu (vairāk nekā 5 cm, vairāk nekā 20 cm un par 40 cm dziļākas organiskās augsnes, Att. 5).



Att. 4. Par 20 cm dziļāku organisko augšņu karte (Ivanovs u.c., 2024).



Att. 5. Par 5, 20 un 40 cm dziļāku organisko augšņu karte¹.

¹ Melniks R., Ivanovs J., Lazdins A. Machine learning based classification of peat layer thickness in Latvia using National forest inventory data. Research for rural development (pieņemts publicēšanai).

Vienādojumu ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību ietekmes novērtēšanai pilnveidošana

2024. gadā veikti būtiski AGM modelēšanas sistēmas uzlabojumi, pilnveidojot gan darbību datus, gan modelēšanas sistēmu.

Nozīmīgākie darbību datu uzlabojumi ir aktualizēta modelēšanas datu bāze – no MSI atlasīti pēdējās piegades modelēšanai nepieciešamie dati un veikti nepieciešamie taksācijas rādītāju aprēķini.

Modelēšanas sistēmā meža atjaunošanas modelis aktualizēts ar jaunāko pieejamo informāciju (Meža resursu monitorings un Valsts meža dienests) par meža īpašnieku izvēli meža atjaunošanā. Aprēķinu modeli integrēti jauni / aktuāli augšanas gaitas vienādojumu koeficienti (izstrādāti citos pētījumos 2023/2024 gadā J. Doņa vadībā). Izmantojot iepriekš veiktu pētījumu rezultātus, uzlabots krājas kopšanas algoritms, kas ļauj mainīt kopšanas cirtes intensitāti jeb palikušās kokaudzes rādītājus atkarībā no īpašnieka veida, valdošās sugas un koku augstuma (iepriekš neatkarīgi no sugas un tās augstuma palikušās kokaudzes šķērslaukums relatīvi vienādā diapazonā, neatkarīgi no sugas un koku augstuma). Izstrādāts jauns algoritms, kas modelē nejauši dabiskos traucējumus atkarībā no koku sugas, vecuma un mežsaimnieciskās darbības (iepriekš atkarībā no sugas definēta vēsturiskā platība vai tās īpatsvars). Izstrādāts jauns algoritms, kas modelē atmirušās koksnes sadalīšanos atkarība no koku sugas un caurmēra (iepriekš tikai no sugas). Meža mēslošanas algoritmos iestrādātas jaunākās zinātnes atziņas un audžu piemērotības atlases kritēriji.

Pilnveidots tā sauktais “ikdienišķās mežsaimniecības” scenārijs, kas izmantots Latvijas klimata pārmaiņu mazināšanas politikas un pasākumu ziņojuma (Gancone u.c., 2023) sagatavošanai WEM (with existing measures) un WOM (without measures) scenārijiem, ka arī aktualizētajā Nacionālajā klimata un enerģētikas plānā esošā stāvokļa saglabāšanās scenārijā (Klimata un enerģētikas ministrija, 2024).

Izmantoti Latvijas meža statistiskās inventarizācijas (MSI) pēdējā piegādē uzmērīto mežaudžu dati. No MSI datiem atlasīti tikai tie parauglaukumus (PL) un PL sektori, kuros zemju kategorija ir mežaudze, iznikusi audze, vējgāze, izcirtums vai mežs lauksaimniecības zemē. Modelēšanā izmantoti tikai tie PL un

PL sektori, kuru platība ir vismaz 400 m², jo pieņemam, ka šādas platības sektoros ir pieejams adekvāts koku sadalījums. Šiem kritērijiem MSI datu bāzē atbilst 6638 PL un PL sektori (3203 valsts meži, 3435 pārējie meži). Modelēšanā izmantotajiem sektoriem 1 m² reprezentatīvā platība mainīta tā, lai kopējā reprezentatīvā platība sakristu ar MSI pēdējā piecgadē atbilstošajās zemju kategorijās uzmērīto reprezentatīvo platību (3311 tūkst. ha).

Ikdienišķas mežsaimniecības scenārijā meža resursu modelēšana veikta atbilstoši šī brīža mežsaimniecības praksei (pēdējo 3-5 gadu), meža īpašnieku uzvedībai un likumdošanai, kas ir spēkā kopš 2024. gada maija. Scenārijā netiek modelēta saimnieciskās darbības ierobežojumu maiņa un meža platību palielināšana vai samazināšana. Šajā scenārijā galvenajā cirtē nocirstais apjoms (m³) saglabāts esošajā līmenī (pēdējie pieci gadi, ignorējot apjoma pieauguma augsto cenu dēļ). Galvenajā cirtē nocirstā apjoma aprēķināšanai izmanto algoritmu, kas valsts mežos aprēķina skuju kokiem II cirsmu pēc vecuma un lapu kokiem I cirsmu pēc vecuma, bet pārējos mežos visām sugām I cirsmu pēc vecuma. Tāpat pieņem, ka valsts mežos galvenā cirte arī turpmāk netiek veikta pēc caurmēra, tikai pēc vecuma, bet privātajā mežu sektorā pieņem, ka tiek nocirstas 15% no audzēm, kas sasniegušas galvenās cirtes caurmēru.

Meža atjaunošana modelēta nākamajā piecgadē pēc vienlaidus cirtes. Atjaunošanas veids un atjaunojamā suga dalījumā pa īpašuma veidiem (valsts vai pārējie meži) un meža tiptiem modelēta atbilstoši pēdējos trīs gados (2021-2023. g.) īstēnotajai mežsaimniecības praksei.

Meža ieaudzēšana vai ieaugšanās nav modelēta (meža platība paliek nemainīga).

Meža agrotehniskās kopšanas nav modelēta tieši, bet paredz, ka tās tiek veiktas, līdz ar to izslēdzot nepieciešamību modelēt kultūru papildināšanu vai audžu iznīkšanu pirms 20 gadu vecuma sasniegšanas.

Jaunaudžu kopšanas kritērijiem atbilst audzes, kur

1. valdošās koku sugas augstums ir 2-12 m;
2. valdošās koku sugas vecums skuju kokiem un cietajiem lapu kokiem ir 6-40 gadi, bet pārējiem lapu kokiem 6-20 gadi;
3. mežaudzes I stāva biezība ir vismaz 0,9 (faktiskā koku attiecība pret normatīvos noteikto normālo koku skaitu).

Jaunaudžu kopšanu vienā piecgadē modelēta 40% no audzēm, kas atbilst jaunaudžu kopšanas kritērijiem. Pēc jaunaudžu kopšanas cirtes paliekošais koku skaits iepriekš definētā diapazonā tiek modelēts nejauši 10-30% lielāks kā normatīvos noteiktais minimālais koku skaits.

Krājas kopšanas kritērijiem atbilst audzes, kur

1. valdošās koku sugas augstums ir virs 12 m;
2. valdošās koku sugas vecums ir vismaz par 10 gadiem mazāks kā atbilstošās sugas galvenās cirtes vecums;
3. mežaudzes I stāva biezība ir vismaz 0,85 (faktiskā audzes I stāva šķērslaukuma attiecība pret normatīvos noteikto normālo šķērslaukumu).

Krājas kopšana vienā piecgadē modelēta 40% no audzēm, kas atbilst krājas kopšanas kritērijiem.

Pēc krājas kopšanas cirtes paliekošais šķērslaukums modelēts nejauši definētā diapazonā:

- tas ir vismaz par $2,0-2,5 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ lielāks kā normatīvos noteiktais minimālais šķērslaukums;
- minimālais nocirstais šķērslaukums mainās atkarībā no sugas un augstuma, bet tas ir robežās $3 - 5 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$.

Krājas kopšanas cirtes pieņēmumi un uzstādījumi definēti tā, lai krājas kopšanas cirtēs nocirstais apjoms pirmajā modelētajā piecgadē atbilstu pēdējos trīs gados (2021-2023. g.) īstenojamajai mežsaimniecības praksei.

Audzēs, kas vecākas par 20 gadiem un jaunākas par normatīvos noteikto galvenās cirtes vecumu, modelētas sanitārās izlases cirtes. Sanitārās izlases cirtes modelētas ar algoritmiem, kas izstrādāti, balstoties uz vēsturiskiem (pēdējo 20 gadu) dabiskajiem traucējumiem valstī. Algoritmi paredz, ka egļu audzēs ir lielāki bojājumi nekā citās audzēs, tāpat sanitārās izlases cirtes varbūtība pirmajos piecos gados pēc krājas kopšanas cirtes ir augstāka.

Sanitārās vienlaidus cirtes vienā piecgadē modelētas aptuveni 20 tūkst. ha platībā pamatā priežu, egļu un bērzu audzēs (bet neizslēdzot arī citu sugu audzes), kas vecākas par 20 gadiem un jaunākas par normatīvos noteikto galvenās cirtes vecumu, tiek modelētas sanitārās izlases cirtes.

Katrā piecgadē aprēķina galvenajā cirtē nocērtamo apjomu atbilstoši mežaudžu struktūras izmaiņām. Valsts mežos galvenajā cirtē nocērtamā platība un apjoms katru piecgadi tiek aprēķināta līdzīgi kā to dara šobrīd VMD, proti, skuju kokiem tā ir 2. cirsma pēc vecuma, bet lapu kokiem – 1. cirsma pēc vecuma. Pārējo īpašnieku mežos tiek modelēts, ka galvenajā cirtē nocērtamo platību rēķina kā 1. cirsmu pēc vecuma (Ba 2. cirsma pēc vecuma, lai ņemtu vērā 10 gadus nevis 5 gadus pirms cirtmeta). Tāpat pārējos mežos tiek modelēts, ka galvenajā cirtē daļa audzes, kas atbilst galvenās cirtes caurmēram, bet nav vēl sasniegušas galvenās cirtes vecumu, tiks nocirstas atjaunošanas cirtē pēc caurmēra. Pieņem, ka īpašnieku uzvedība nemainīsies, un katrā modelēšanas ciklā tiks nocirstas 15% no audzēm, kas sasniegušas galvenās cirtes caurmēru, bet nav sasniegušas

galvenās cirtes vecumu. Šajos aprēķinos tiek papildus ņemts vērā, ka modelējot galvenajā cirtē nocirsto, kopējais piecgadē nocirstais apjoms nedrīkst atšķirties vairāk kā ± 1 milj.m³ no šobrīd nocirstā apjoma. Ņemot vērā līdzšinējo (vēsturisko) nocirsto apjomu ignorēti gadi, kad tas dēļ augstajām cenām bija paaugstināts. Galvenās cirtes kopējais apjoms modelēts 14.5 milj. m³ gadā.

Kopā komerciālās cirtēs nocirstais apjoms svārstās robežās no 18-20 milj. m³.

Modelēta meža meliorācijas sistēmu atjaunošana, bet nav modelēta jaunu meliorācijas sistēmu izveide. Meža meliorācijas sistēmu atjaunošana vienā piecgadē modelēta 7.5% valsts mežos un 2,5% pārējos mežos āreņos un kūdreņos, kurās ir atļauta mežsaimniecība (nav aizliegta mežsaimnieciskā darbība, vai nav aizliegta galvenā cirte un /vai kopšanas cirte) un kur audzes bonitāte ir zemāka par otro.

Pētījuma ietvaros pilnveidots arī tā sauktais “mērķtiecīgās mežsaimniecības” scenārijs, kas ietver zinātnes atziņas par efektīvāku, uz meža noturības un oglekļa uzkrājuma palielināšanu vērstas darbības. Aprēķinā izmantoti MSI uz doto brīdi pēdējā piecgadē (2018-2022. g.) uzmērīto mežaudžu dati. No MSI datiem atlasīti tikai tie parauglaukumus (PL) un PL sektori, kuros zemju kategorija ir mežaudze, iznīkusi audze, vējgāze, izcirtums vai mežs lauksaimniecības zemē. Modelēšanā izmantoti tikai tie PL un PL sektori, kuru platība ir vismaz 400 m², jo pieņemam, ka šādas platības sektoros ir pieejams adekvāts koku sadalījums. Šiem kritērijiem MSI datu bāzē atbilst 6633 PL un PL sektori (3196 valsts meži, 3437 pārējie meži). Modelēšanā izmantotajiem sektoriem 1 m² reprezentatīvā platība mainīta tā, lai kopējā reprezentatīvā platība sakristu ar MSI pēdējā piecgadē atbilstošajās zemju kategorijās uzmērīto reprezentatīvo platību (3305 tūkst. ha).

Ikdienišķas mežsaimniecības scenārijā meža resursu modelēšana veikta atbilstoši tā brīža mežsaimniecības praksei (pēdējo 3-5 gadu), meža īpašnieku uzvedībai un likumdošanai, kas bija spēkā līdz 2024. gada maijam (atceltie galvenās cirtes caurmēri). Scenārijā netiek modelēta saimnieciskās darbības ierobežojumu maiņa, bet tiek modelēta meža platību palielināšana. Šajā scenārijā galvenajā cirtē nocirstais apjoms 14.5 milj. m³. Galvenajā cirtē nocirstā apjoma aprēķināšanai izmanto algoritmu, kas valsts mežos aprēķina skuju kokiem II cirsmu pēc vecuma un lapu kokiem I cirsmu pēc vecuma, bet pārējos mežos visām sugām I cirsmu pēc vecuma. Tāpat pieņem, ka valsts mežos galvenā cirte arī turpmāk netiek veikta pēc caurmēra, tikai pēc vecuma, bet privātajā mežu sektorā pieņem, ka tiek nocirstas 15% no audzēm, kas sasniegušas galvenās cirtes caurmēru.

Meža atjaunošana modelēta nākamajā piecgadē pēc vienlaidus cirtes. Atjaunošanas veids un atjaunojamā suga dalījumā pa īpašuma veidiem (valsts

vai pārējie meži) un meža tipiēm modelēta atbilstoši pēdējos trīs gados (2020-2022. g.) īstenojamajai mežsaimniecības praksei, izņemot pirmo piecgadi valsts mežos. Pirmajā piecgadē modelēts, ka valsts mežos antropogēni atjaunotā platība ir aptuveni 85% nevis 70%.

Meža ieaudzēšana vai ieaugšanās ir modelēta tikai pirmajā piecgadē sekojoši:

1. 10,5 tūkst. ha mazāk vērtīgo lauksaimniecības zemju mērķtiecīga apmežošana ar priedi (25%), egli (50%) un bērzu (25%);
2. 4,5 tūkst. ha meža ieaudzēšana kūdras izstrādes purvos ar priedi (50%) un bērzu (50%);
3. 40,0 tūkst. ha pārslāpinātu organisko augšņu mērķtiecīga apmežošana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar egli (20%), bērzu (60%) un melnalksni (20%);
4. 40,0 tūkst. ha organisko augšņu mērķtiecīga apmežošana meliorētās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar egli (50%) un bērzu (50%);
5. 75,0 tūkst. ha papildus mazāk vērtīgo lauksaimniecībā izmantojamo zemju mērķtiecīga apmežošana egli (50%) un priedi (50%);
6. 6,0 tūkst. ha meža ieaudzēšana kūdras izstrādes purvos ar priedi (50%) un bērzu (50%).

Meža agrotehniskās kopšanas nav modelēta tieši, bet paredz, ka tās tiek veiktas, līdz ar to izslēdzot nepieciešamību modelēt kultūru papildināšanu vai audžu iznīkšanu pirms 20 gadu vecuma sasniegšanas.

Jaunaudžu kopšanas kritērijiem atbilst audzes, kur

1. valdošās koku sugas augstums ir 2-12 m;
2. valdošās koku sugas vecums skuju kokiem un cietajiem lapu kokiem ir 6-40 gadi, bet pārējiem lapu kokiem 6-20 gadi;
3. mežaudzes I stāva biezība ir vismaz 0,9 (faktiskā koku attiecība pret normatīvos noteikto normālo koku skaitu).

Jaunaudžu kopšanu vienā piecgadē modelēta 40% no audzēm, kas atbilst jaunaudžu kopšanas kritērijiem. Izņēmums ir valsts meži, kur pirmajā piecgadē jaunaudžu kopšanas platības ir dubultotas.

Pēc jaunaudžu kopšanas cirtes paliekošais koku skaits iepriekš definētā diapazonā tiek modelēts nejauši 10-30% lielāks kā normatīvos noteiktais minimālais koku skaits.

Krājas kopšanas kritērijiem atbilst audzes, kur

1. valdošās koku sugas augstums ir virs 12 m;
2. valdošās koku sugas vecums ir vismaz par 10 gadiem mazāks kā atbilstošās sugas galvenās cirtes vecums;
3. mežaudzes I stāva biezība ir vismaz 0,85 (faktiskā audzes I stāva šķērslaukuma attiecība pret normatīvos noteikto normālo šķērslaukumu).

Krājas kopšana vienā piecgadē modelēta 70% no audzēm, kas atbilst krājas kopšanas kritērijiem. Pēc krājas kopšanas cirtes paliekošais šķērslaukums modelēts nejauši definētā diapazonā:

- tas ir vismaz par $2,0\text{--}2,5\text{ m}^2\text{ ha}^{-1}$ lielāks kā normatīvos noteiktais minimālais šķērslaukums;
- minimālais nocirstais šķērslaukums mainās atkarībā no sugas un augstuma, bet tas ir robežās $3\text{--}5\text{ m}^2\text{ ha}^{-1}$.

Audzēs, kas vecākas par 20 gadiem un jaunākas par normatīvos noteikto galvenās cirtes vecumu, modelētas sanitārās izlases cirtes. Sanitārās izlases cirtes modelētas ar algoritmiem, kas izstrādāti, balstoties uz vēsturiskiem (pēdējo 20 gadu) dabiskajiem traucējumiem valstī. Algoritmi paredz, ka egļu audzēs ir lielāki bojājumi nekā citās audzēs, tāpat sanitārās izlases cirtes varbūtība pirmajos piecos gados pēc krājas kopšanas cirtes ir augstāka.

Sanitārās vienlaidus cirtes vienā piecgadē modelētas aptuveni 17 tūkst. ha platībā pamatā priežu, egļu un bērzu audzēs (bet neizslēdzot arī citu sugu audzes), kas vecākas par 20 gadiem un jaunākas par normatīvos noteikto galvenās cirtes vecumu, tiek modelētas sanitārās izlases cirtes.

Mazproduktīvu audžu nomaiņas pasākumā paredzēts, ka pirmajā piecgadē 10 tūkst. ha platībā maz produktīvās audzēs (prognozēts mazs ikgadējais krājas pieaugums) modelē to nociršanu un mērķtiecīgu atjaunošanu.

Katrā piecgadē aprēķina galvenajā cirtē nocērtamo apjomu atbilstoši mežaudžu struktūras izmaiņām. Valsts mežos galvenajā cirtē nocērtamā platība un apjoms katru piecgadi tiek aprēķināta līdzīgi kā to dara šobrīd VMD, proti, skuju kokiem tā ir 2. cirsma pēc vecuma, bet lapu kokiem – 1. cirsma pēc vecuma. Pārējo īpašnieku mežos tiek modelēts, ka galvenajā cirtē nocērtamo platību rēķina kā 1. cirsmu pēc vecuma (Ba 2. cirsma pēc vecuma, lai ņemtu vērā 10 gadus nevis 5 gadus pirms cirtmeta). Tāpat pārējos mežos tiek modelēts, ka galvenajā cirtē daļa audzes, kas atbilst galvenās cirtes caurmēram, bet nav vēl sasniegušas galvenās cirtes vecumu, tiks nocirstas atjaunošanas cirtē pēc caurmēra. Pieņem, ka īpašnieku uzvedība nemainīsies, un katrā modelēšanas ciklā tiks nocirstas 15% no audzēm, kas sasniegušas galvenās cirtes caurmēru, bet nav sasniegušas galvenās cirtes vecumu. Šajos aprēķinos tiek papildus ņemts vērā, ka modelējot

galvenajā cirtē nocirsto, kopējais piecgadē nocirstais apjoms nedrīkst atšķirties vairāk kā ± 1 milj.m³ no šobrīd nocirstā apjoma. Ņemot vērā līdzšinējo (vēsturisko) nocirsto apjomu ignorēti gadi, kad tas dēļ augstajām cenām bija paaugstināts. Galvenās cirtes kopējais apjoms modelēts 14,5 milj. m³ gadā. Kopā komerciālās cirtēs nocirstais apjoms svārstās robežās no 18-19 milj. m³.

Meža meliorācijas sistēmu atjaunošana vienā piecgadē modelēta 7,5% valsts mežos un 2,5% pārējos mežos āreņos un kūdreņos, kurās ir atļauta mežsaimniecība (nav aizliegta mežsaimnieciskā darbība, vai nav aizliegta galvenā cirte un /vai kopšanas cirte) un kur audzes bonitāte ir zemāka par otro. Pirmajā piecgadē valsts mežos platība, kur modelēta meža meliorācijas sistēmu atjaunošana, modelēta ir divreiz lielāka. Pirmajā piecgadē Dms, Vrs, Nd un Db meža tipos modelēta jauna meliorācija 80 tūkst. ha.

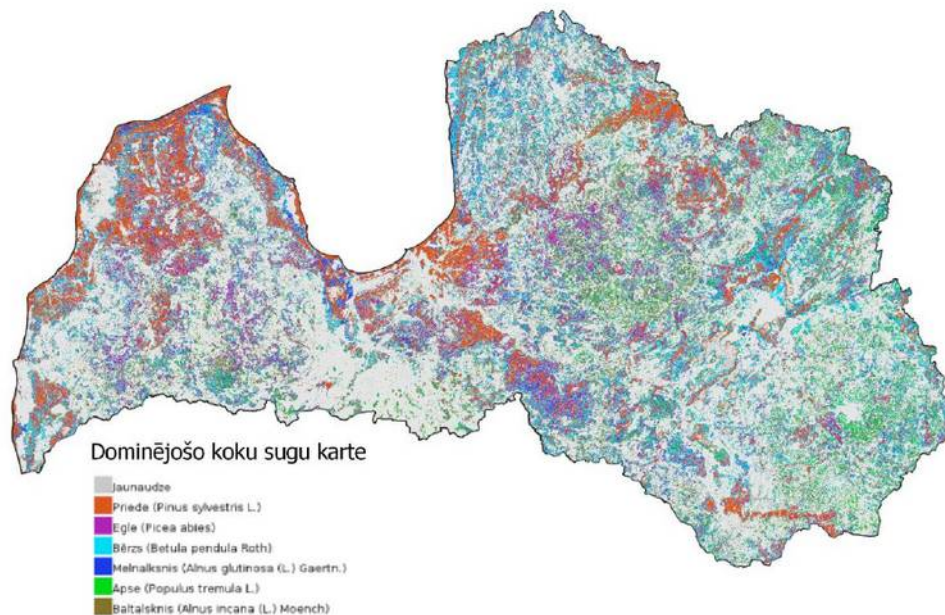
Modelēšanas instrumentu un programmnodrošinājuma saimnieciskās darbības ietekmes novērtēšanai un prognozēšanai mežaudžu līmenī pilnveidošana

Pētījuma ietvaros pilnveidoti modelēšanas instrumenti SEG emisiju mazināšanas un CO₂ piesaistes veicināšanas darbību ietekmes novērtēšanai un prognozēšanai, tai skaitā mežaudžu līmenī. Izveidots uz attālās izpētes (ALS, Sentinel-2, ortofoto, lauku reģistra un citiem) datiem un MSI parauglaukumos pieejamo informāciju balstītu “biogrupu” interpretācijas un modelēšanas sistēmu meža un nemeža zemēm.

Darbā izmantotas mašīnmācības metodes, lai izveidotu “siena līdz sienai” veida datu slāni, kurā pārstāvēta visa Latvijas teritorija. 2024. gadā turpināta iepriekš izstrādātās sistēmas veidošana meža zemēm, izstrādājot vienādojumus oglekļa uzkrājuma kokaugu biomasā raksturošanai, kā arī izveidots datu slānis ar oglekļa uzkrājuma datiem visiem mežiem Latvijas teritorijā.

Izveidotais datu slānis raksturo gadu, kad iegūti ALS dati. 2024. gadā veikts pārrēķins ar jaunajiem (atkārtota pārlidojuma) ALS datiem, lai novērtētu ALS datu izmantošanas iespējas biomasas un oglekļa uzkrājuma izmaiņu prognozēšanai, taču pieejama tikai neliela Latvijas teritorija, tāpēc iegūtos rezultātus pagaidām nevar validēt. Valdošo koku sugu kartes piemērs parādīts Att. 6.

Pētījumā turpināta arī “no sienas līdz sienai” zemes izmantošanas kartes pilnveidošana, taču šī produkta precizitāte vēl jāpalielina, it īpaši mitrāju, apbūves un pārējo zemju kategorijas identificēšanas precizitātes palielināšanai.



Att. 6. Valdošo koku sugu karte.

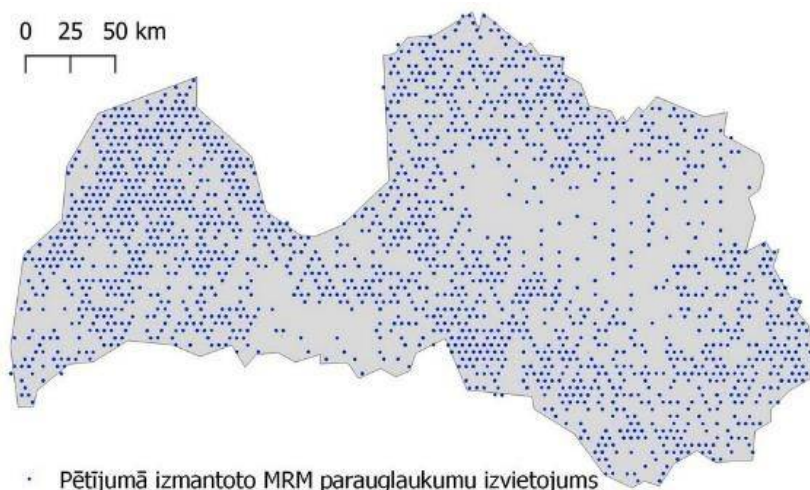
Mežs ir galvenais oglekļa piesaistītājs sauszemes ekosistēmā, kas veido gandrīz 72% no sauszemes oglekļa uzglabāšanas koksnes biomasā un augsnē (Malhi u.c., 2002). Biomasas apjoma noteikšana mežaudzē ir nepieciešama, lai īpašumu apsaimniekotāji varētu pieņemt pārdomātus lēmumus par savas meža zemes vērtību un izmantošanu. Lauka datus balstīti meža biomasas aprēķini, lai gan parasti ir ļoti precīzi, ir dārgi un var sniegt kvalitatīvu informāciju tikai ierobežotam skaitam audžu ainavas mērogā (Song u.c., 2007). Biomasas kvantitatīvās noteikšanas procedūras, kas izstrādātas balstoties uz attālās izpētes datiem, kā piemēram ALS (aerolāzerskenēšana) vai multispektrālajām satelītainām ir sevi pierādījušas kā efektīvu risinājumu plašu teritoriju uzmērīšanai (Gleason & Im, 2011). ALS dati ir piemēroti biomasas novērtēšanai, jo punktu mākoņi, kas rodas no meža vainagiem, var precīzi attēlot to virsmas fiziskās īpašības. Šīs fizikālās īpašības ir saistītas ar biomasu, un tās var regresēt pret citiem meža inventarizācijas parametriem, kā piemēram – diametru krūšu augstumā (DBH) vai biomasu (Salas u.c., 2010; Zhao u.c., 2009).

Parametriskos modeļus, piemēram, daudzkārtējo regresiju, parasti izmanto, lai izstrādātu attiecības starp meža inventarizācijas parametriem un attālās izpētes datiem (Kulawardhana u.c., 2014; Sheridan u.c., 2014). Iepriekšējos gados ir kļuvuši izplatīti neparametriskie mašīnmācīšanās modeļi. Pretēji lineārās regresijas modelim daudzas mašīnmācīšanās metodes (piemēram, Random Forest (RF), atbalsta vektora regresija (SVR), K-tuvākais kaimiņš (KNN) un dziļā mācīšanās (DL)) spēj atklāt sarežģītas nelineāras likumsakarības. Turklāt

mašīnmācīšanās modeļi spēj risināt problēmas, kas saistītas ar datu dimensiju (Durbha u.c., 2007; Hudak u.c., 2008), pielāgojot modeļus ar lielu skaitu prognozētāju.

Šī pētījuma mērķis ir izveidot mašīnmācīšanās modeļus meža biomasas noteikšanai, balstoties uz MSI parauglaukumu datiem, ALS datiem un citiem brīvi pieejamiem kartogrāfiskajiem materiāliem. Mežaudžu biomasas modeļi izstrādāti tādiem parametriem kā virszemes biomasas (AGB), apakšzemes biomasas (BGB), stumbra biomasas (SB), zaru biomasas (BB) un celmu-sakņu biomasas (BGB).

Pētījums apņēma visu Latvijas teritoriju MSI parauglaukumu ietvaros. Pētījuma vajadzībām atlasīti visi nedalītie (500 m² lieli) MSI parauglaukumi meža un lauksaimniecības zemēs, kur dominējošās koku sugas ir priede (*Pinus sylvestris* L.), egle (*Picea abies*), bērzs (*Betula pendula* Roth), melnalksnis (*Alnus glutinosa*), apse (*Populus tremula* L.) vai baltalksnis (*Alnus incana* (L.) Moench). Pētījumā izmantoti tikai tie MSI parauglaukumi, kuru lokācija precizēta, izmantojot augstas precizitātes GPS aparātu. Koordinātu mērīšanai izmantots Topcon GRS-1 uztvērējs ar Trimble R1 ārējo antenu. Datu pēcapstrāde veikta GPS Pathfinder Office programmā, izmantojot LatPos bāzes staciju tīklu, tādējādi iegūstot precizitāti, kas ir 1 metra robežās. Kopā pētījuma teritoriju veido 4644 MSI parauglaukumi. Pētījumā izmantoto MSI parauglaukumu telpiskais izvietojums atainots Att. 7.



Att. 7. Pētījumā izmantoto MSI parauglaukumu telpiskais izvietojums.

Pētījumam nepieciešamie ALS dati un to metadatu slānis iegūti no Latvijas Ģeotelpiskās Informācijas aģentūras (LĢIA). Izmantojot FUSION/LDV programmatūru, veikta ALS punktu mākoņu izgriešana pa MSI parauglaukumu robežām ar apla rādiusu 12,62 m. ALS punktu mākoņa izgriešanas laikā punktu mākonis normalizēts pret digitālo reljefa modeli. Nākamajā solī, izmantojot

CloudMetrics rīku, iegūta statistiskā informācija par ALS punktu mākoņa punktu izvietojumu vertikālā griezumā.

Pirmais pilnais ALS datu pārklājums Latvijā iegūts laika periodā no 2013 līdz 2019. gadam, savukārt, MSI parauglaukumu apsekošanu veic cikliski ar parauglaukumu apsekojuma intervālu 5 gadi. Tā kā abas datu kopas ir iegūtas neatkarīgi viena no otras, pētījumā izmantoti tikai tie MSI parauglaukumi, kuri apsekoti ± 2 gadu robežās no ALS uzmērījumiem, tādējādi iegūstot pēc iespējas temporāli līdzīgas savstarpēji savienojamas datu kopas.

MSI parauglaukumu informācijai pievienoti dati par ALS punktu mākoņa vertikālā sadalījuma augstumu pa 50, 60, 70, 75, 80, 90, 95 un 99. percentili, kā arī vidējais punktu augstums un punktu augstuma sadalījuma vidējā kvadrātiskā vērtība. Pievienots arī ALS datu uzmērīšanas laiks (gada nedēļa), par pamatu ņemot LĢIA uzturēto ALS metadatu slāni. Datu slānim pievienota arī informācija no gruntsūdens dziļuma kartēm, mitro augšņu kartēm un digitālā reljefa modeļa. Aprēķināti arī tādi parametri kā kontinentalitāte un ģeogrāfiskais novietojums (X un Y koordinātas).

Mašīnmācīšanas modeļu izstrāde veikta R programmatūrā (R Core Team, 2022), un tai izmantoti dažādi mašīnmācīšanās algoritmi, kas pieejami Caret (Kuhn, 2008) bibliotēkā. Izmantotie algoritmi ir:

- Linear Regression (lm);
- Ridge Regression (ridge);
- The lasso (lasso);
- Bagged CART (treebag);
- eXtreme Gradient Boosting (xgbTree).

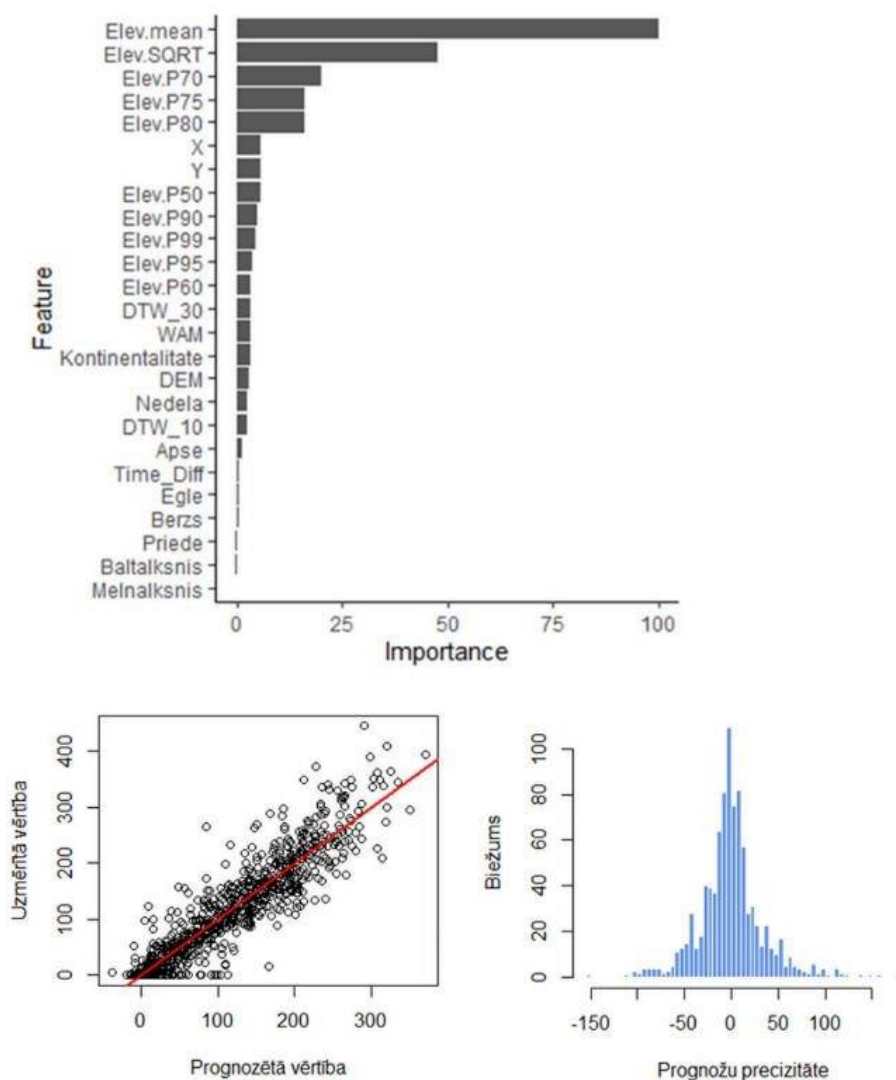
Izmantojot augstāk uzskaitītos mašīnmācīšanās algoritmus, izveidoti prognozēšanas modeļi virszemes, pazemes, stumbra, zaru un celma/sakņu biomasai. Datu apstrādes gaita un izstrādātais kods pieejams pielikumā. Izveidotā datu kopa pēc nejaušības principa sadalīta divās daļās, kur pirmā ir treniņdatu kopa ar 80% no kopējiem MSI parauglaukumiem, savukārt 20% MSI parauglaukumu datu atstāti modeļu pārbaudei jeb validācijai. Modeļu precizitāte pārbaudīta ar RMSE, R2 un MAE koeficientiem, kur RMSE un MAE izteiktas kā biomasas tonnas uz hektāru.

Izveidoto mašīnmācīšanās modeļu precizitāte virszemes biomasas apjoma noteikšanai atainota Tab. 2. Labākos rezultātus uzrāda xgbTree algoritms ar maksimālo koka dziļumu (max_depth) 10 un 25 iterācijām (nrounds), kur RMSE sasniedz 35,5 tonnas uz hektāru, R2 ir 0,85 un vidējā absolūtā kļūda (MAE) ir 24,07 tonnas uz hektāru.

Tab. 2. Virszemes biomasas prognozēšanas modeļu precizitāte

Modelis	RMSE	R2	MAE
Lm	41,84	0,78	28,49
Ridge	41,98	0,78	28,38
Lasso	42,27	0,78	28,57
TreeBag	42,79	0,77	30,26
xgbTree (100-5)	35,05	0,85	24,07

Būtiskākie parametri, kas ietekmē virszemes biomasas modeļa veiktspēju ir ALS punktu vertikālā sadalījuma vidējais augstums un ALS punktu augstuma kvadrātiskā vidējā vērtība, kam seko 70, 75 un 80 augstuma percentile. Pārējiem modeļa parametriem ir mazāka ietekme (Att. 8).



Att. 8. Virszemes biomasas prognozēšanas būtiskākie parametri un prognožu rezultāti.

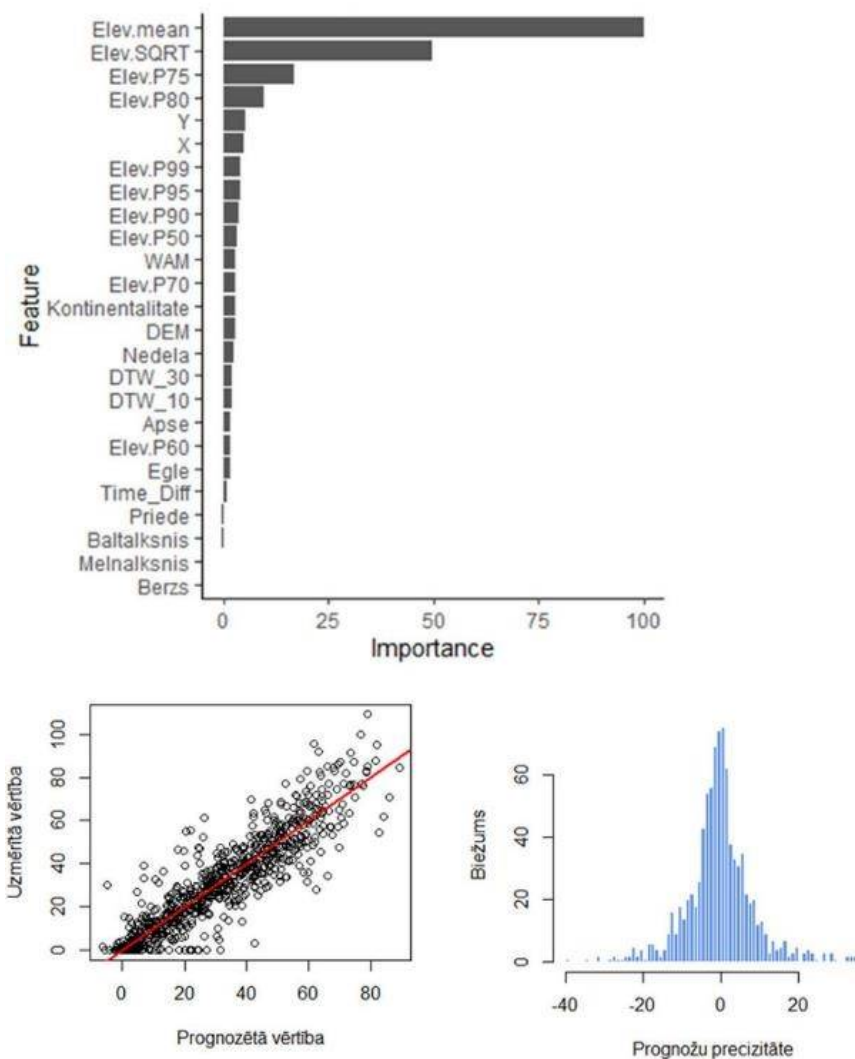
Pazemes biomasas mašīnmācīšanās modeļu precizitāte atainota Tab. 3. Labākos rezultātus uzrāda *xgbTree* algoritms ar *Max_depth* vērtību 5 un iterāciju skaitu –

50 reizes. Pazemes biomasas modeļa precizitāte R^2 sasniedz 0,84, savukārt vidējā kvadrātiskā kļūda – 9,01 tonnas uz hektāru, bet vidējā absolūtā kļūda – 6,18 tonnas uz hektāru.

Tab. 3. Pazemes biomasas prognozēšanas modeļu precizitāte

Modelis	RMSE	R^2	MAE
Lm	10,53	0,79	7,25
Ridge	10,57	0,78	7,27
Lasso	10,46	0,79	7,21
TreeBag	11,07	0,76	7,86
xgbTree (50-5)	9,01	0,84	6,18

Arī pazemes biomasas prognozēšanā būtiskākais parametrs ir ALS punktu vertikālā sadalījuma vidējais augstums, kam seko ALS punktu augstuma kvadrātiskā vidējā vērtība (Att. 9). Pārējiem prognozēšanas parametriem ir mazāka nozīme. Lai gan neviens no prognozēšanas parametriem tiešā veidā neraksturo pazemes biomasas apjomu, tomēr izstrādātie mašīnmācīšanās modeļi ar salīdzinoši augstu precizitāti nosaka tās apjomu.



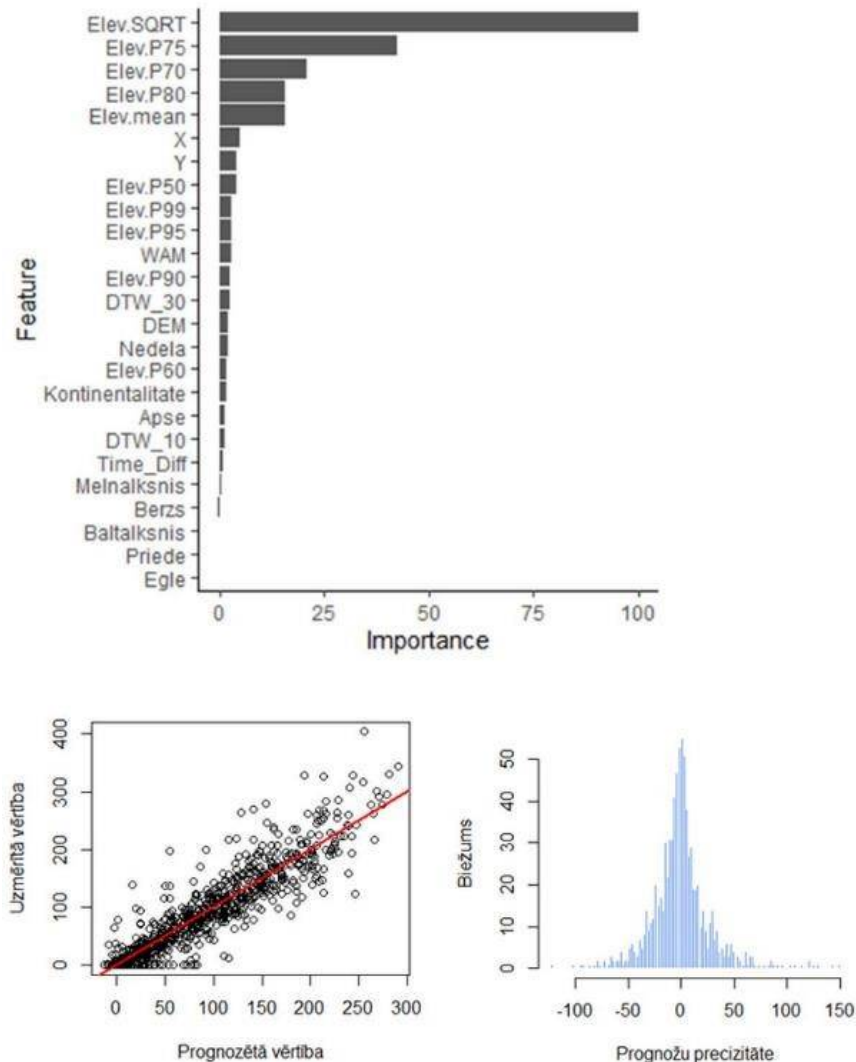
Att. 9. Pazemes biomasas prognozēšanas būtiskākie parametri un prognožu rezultāti.

Stumbra biomasas mašīnmācīšanās modeļu precizitāte atainota Tab. 4. Labākos rezultātus uzrāda *xgbTree* algoritms ar *Max_depth* vērtību 5 un iterāciju skaitu – 75 reizes. Stumbra biomasas modeļa precizitāte R^2 sasniedz 0,85, savukārt vidējā kvadrātiskā kļūda – 29,35 tonnas uz hektāru, bet vidējā absolūtā kļūda – 19,4 tonnas uz hektāru.

Tab. 4. Stumbra biomasas prognozēšanas modeļu precizitāte

Modelis	RMSE	R^2	MAE
Lm	33,87	0,79	22,75
Ridge	33,97	0,79	22,81
Lasso	33,58	0,79	22,69
TreeBag	33,58	0,79	22,83
xgbTree (75-5)	29,35	0,85	19,40

Stumbra biomasas prognozēšanā būtiskākais parametrs ir ALS punktu augstuma kvadrātiskā vidējā vērtība, kam seko 75, 70 un 80 augstuma percentile (Att. 10). Pārējiem modeļa parametriem ir mazāka ietekme uz rezultātu.



Att. 10. Stumbra biomasas prognozēšanas būtiskākie parametri un prognožu rezultāti.

Zaru biomasas mašīnmācīšanās modeļu precizitāte atainota Tab. 5. Labākos rezultātus uzrāda *xgbTree* algoritms ar *Max_depth* vērtību 5 un iterāciju skaitu – 100 reizes. Zaru biomasas modeļa precizitāte R^2 sasniedz 0,79, savukārt vidējā kvadrātiskā kļūda – 27,67 tonnas uz hektāru, bet vidējā absolūtā kļūda – 5,61 tonnas uz hektāru.

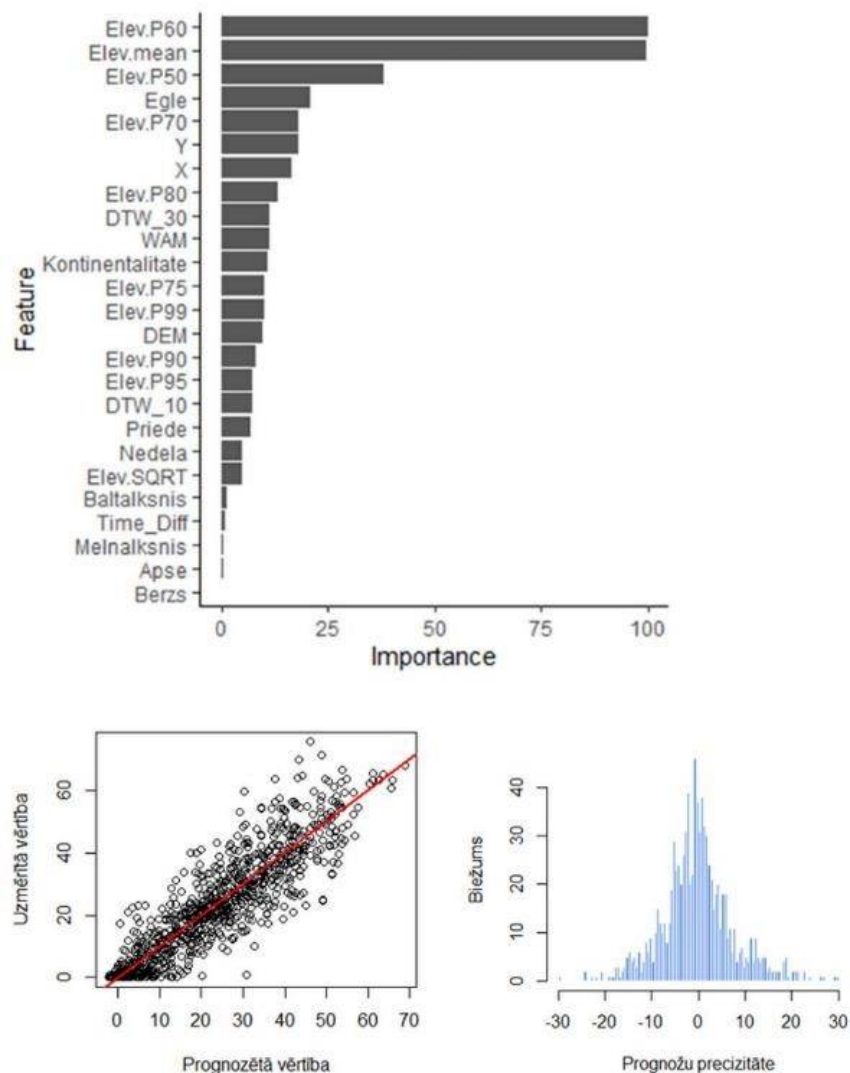
Tab. 5. Zaru biomasas prognozēšanas modeļu precizitāte

Model	RMSE	R^2	MAE
Lm	10,10	0,66	7,33
Ridge	10,20	0,66	7,37
Lasso	10,10	0,66	7,33

Modelēšanas instrumentu un programnodrošinājuma saimnieciskās darbības ietekmes novērtēšanai un prognozēšanai mežaudžu līmenī pilnveidošana

Model	RMSE	R ²	MAE
TreeBag	10,61	0,63	7,86
xgbTree (100-5)	7,67	0,79	5,61

Zaru biomasas prognozēšanā būtiskākie parametri ir atšķirīgi kā citām grupām. Būtiskākie parametri ir vidējais ALS punktu augstums un 60. augstuma percentile. Šiem parametriem seko 50. augstuma percentile un ir novērojama arī koku sugu ietekme. Att. 11 liecina, ka mašīnmācīšanās algoritms ir uztvēris, ka parauglaukumos, kuros dominējošā koku suga ir egļu zaru biomasas apjoms ir atšķirīgs kā parauglaukumos, kuros dominē citas koku sugas.



Att. 11. Zaru biomasas prognozēšanas būtiskākie parametri un prognožu rezultāti.

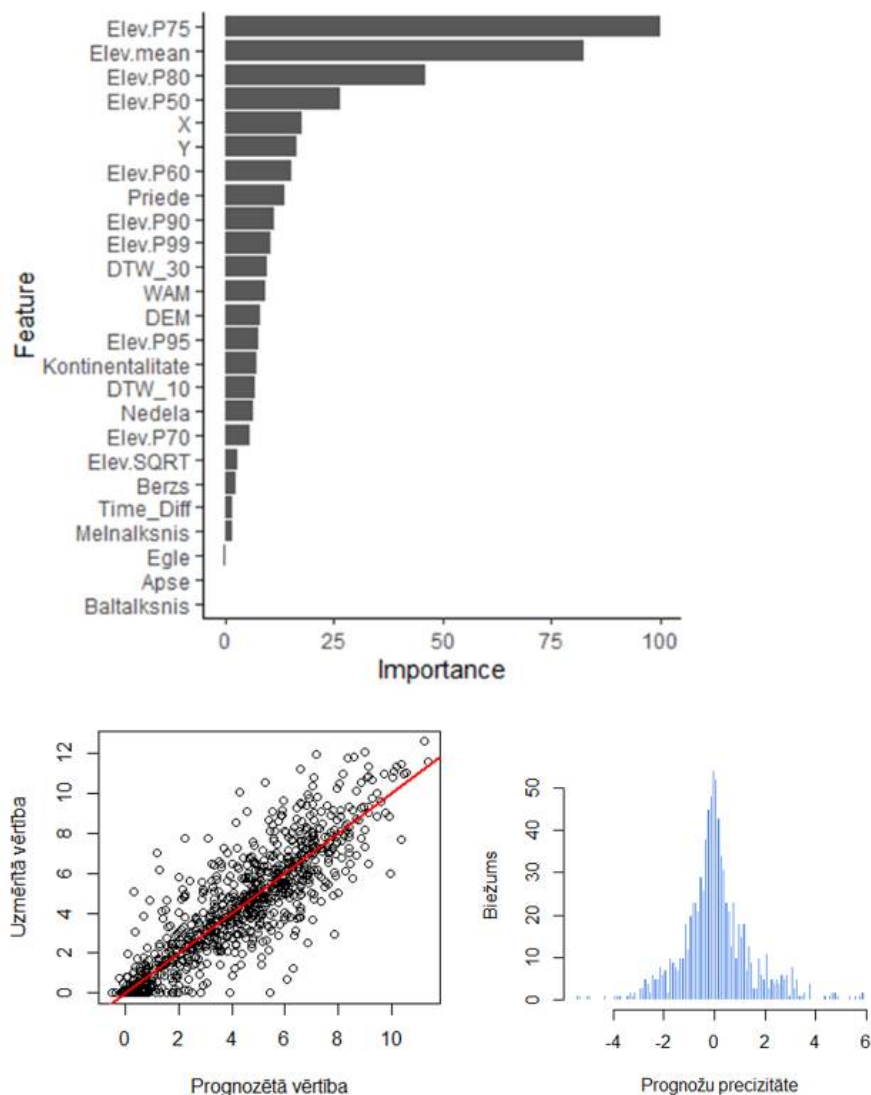
Celma un sakņu biomasas mašīnmācīšanās modeļu precizitāte atainota Tab. 6. Labākos rezultātus uzrāda *xgbTree* algoritms ar *Max_depth* vērtību 10 un iterāciju skaitu – 25 reizes. Celma un sakņu biomasas modeļa precizitāte R² sasniedz 0,76,

savukārt vidējā kvadrātiskā kļūda – 1,44 tonnas uz hektāru, bet vidējā absolūtā kļūda – 1 tonnas uz hektāru.

Tab. 6. Celmu un sakņu biomasas prognozēšanas modeļu precizitāte

Model	RMSE	R ²	MAE
Lm	1,75	0,64	1,29
Ridge	1,75	0,64	1,30
Lasso	1,74	0,64	1,29
TreeBag	1,75	0,64	1,30
xgbTree (25-10)	1,44	0,76	1,00

Celmu un sakņu biomasas prognozēšanā būtiskākais parametrs ir ALS punktu 75. augstuma percentile, kam seko Punktu vertikālā sadalījuma vidējā vērtība un 80. augstuma percentile (Att. 12). Pārējiem modeļa parametriem uz rezultātu ir mazāka ietekme.



Att. 12. Celmu un sakņu biomasas prognozēšanas būtiskākie parametri un prognožu rezultāti.

Pētījumā analizētie mašīnmācīšanās algoritmi demonstrēja atšķirīgu veikspēju biomasas modeļu izveidē. Vienkāršākie algoritmi, piemēram, *Lm*, *Ridge*, *Lasso* un *TreeBag*, dažādu biomasas kategoriju prognozēšanā sasniedza R^2 vērtības no 0,64 līdz 0,79. Savukārt vislabākos rezultātus nodrošināja *xgbTree* algoritms (R^2 no 0,76 līdz 0,85), pateicoties tā augstajai sarežģītībai un plašajām pielāgošanas iespējām, mainot tā parametrus, piemēram, *max_depth* un *nrounds*.

Visu biomasas kategoriju modeļu izveidē būtiskākie parametri bija vidējais ALS punktu augstums, ALS punktu augstuma kvadrātiskā vidējā vērtība un 70., 75. un 80. augstuma percentiles. Zaru biomasas prognozēšanā nozīmīgu ietekmi atstāja arī dažādu koku sugu klātbūtne.

Pamatojoties uz treniņdatiem, visprecīzāk prognozējama virszemes, pazemes un stumbru biomasas (R^2 vērtības no 0,84 līdz 0,85), savukārt zaru un celma/sakņu

biomasas prognozes ir nedaudz mazāk precīzas, ar R^2 vērtībām attiecīgi 0,79 un 0,76.

ZIZIMM mērķu sasniegšanas scenāriju sagatavošana

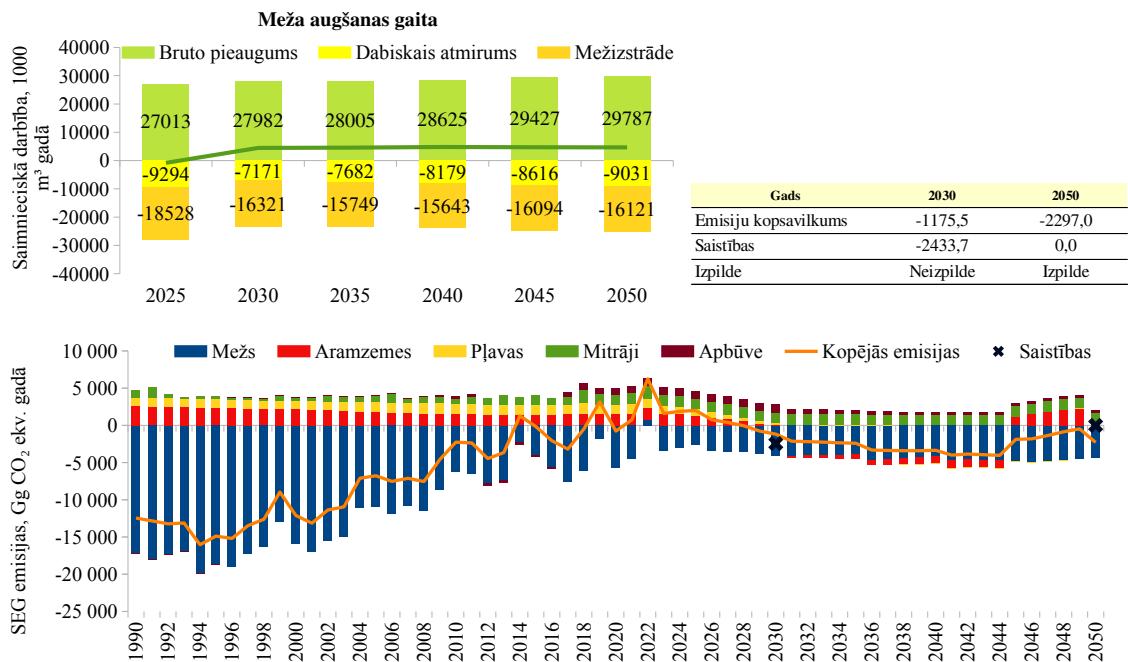
Pētījumā sagatavoti astoņi pamatscenāriji un trīs piektā scenārija apakšscenāriji, kas nodrošina klimata neitralitātes mērķu sasniegšanu. Scenāriju pamatinformācija:

1. 2023. gada ZIZIMM informatīvā ziņojuma scenārijs:
 - mežizstrāde – galvenā cirte 12 milj. m³ gadā;
 - mežsaimniecība atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības scenārijam, sanitārās izlases cirtes atbilstoši 0 AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem, 10% nenotiek saimnieciskā darbība, vēl 0 20% mežu atļautas izlases cirtes;
2. 2023. gada WEM scenārijs:
 - mežizstrāde atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības scenārijam;
 - mežsaimniecība atbilstoši ikdienišķās mežsaimniecības scenārijam, sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem, šobrīd spēkā esošie saimnieciskās darbības ierobežojumi;
3. 2023. gada ZIZIMM informatīvā ziņojuma (IZ) scenārijs bez mežizstrādes ierobežojumiem:
 - mežizstrāde atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības scenārijam;
 - mežsaimniecība atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības scenārijam, sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem, šobrīd spēkā esošie saimnieciskās darbības ierobežojumi;
4. 2023. gada ZIZIMM IZ modificētais scenārijs:
 - mežizstrāde atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības scenārijam;
 - mežsaimniecība atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības scenārijam;
 - sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem, īpaši aizsargājamo teritoriju palielinājums Eiropas nozīmes biotopu aizsardzībai (saimnieciskās darbības pārtraukšana 220 kha – līdz 400 kha, nav papildus ierobežojumu);

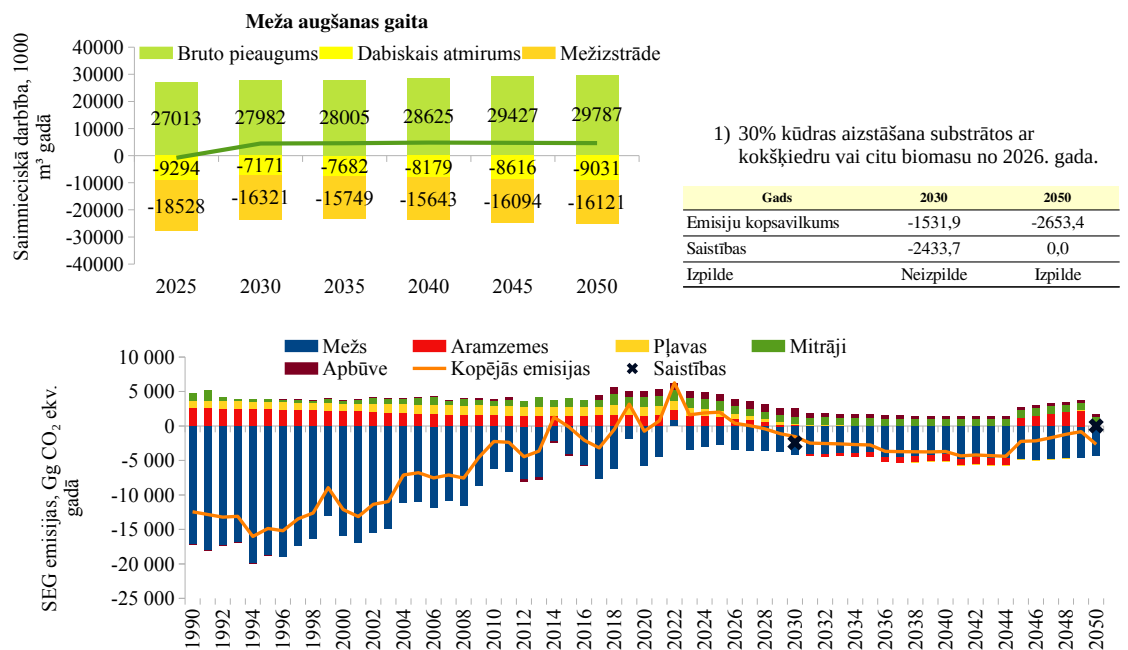
5. Mežizstrādes ierobežošanas ietekmes novērtējums 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā:
 - mežizstrāde atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības scenārijam;
 - mežsaimniecība atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības scenārijam, sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem, šobrīd spēkā esošie saimnieciskās darbības ierobežojumi.
6. LIZ bloka pasākumu ietekmes vērtējuma scenārijs 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā:
 - mežizstrāde – galvenā cirte 12 milj. m³ gadā;
 - mežsaimniecība atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības scenārijam, sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem, 10% nenotiek saimnieciskā darbība, vēl 20% mežu atļautas izlases cirtes;
7. Bioogles izmantošanas ietekmes novērtējums 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā:
 - mežizstrāde – galvenā cirte 12 milj. m³ gadā;
 - mežsaimniecība atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības scenārijam, sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem, 10% nenotiek saimnieciskā darbība, vēl 20% mežu atļautas izlases cirtes;
8. Kūdras ieguves vietu atjaunošanas scenārijs 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā:
 - mežizstrāde – galvenā cirte 12 milj. m³ gadā;
 - mežsaimniecība atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības scenārijam, sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem, 10% nenotiek saimnieciskā darbība, vēl 20% mežu atļautas izlases cirtes.

Dažādu scenāriju apraksta kopsavilkums dots Tab. 8. SEG emisiju prognozes kopsavilkums dažādiem scenārijiem dots Att. 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 un 23. Pirmais scenārijs nodrošina prognozējamo saistību izpildi 2050. gadā, bet nenodrošina saistību izpildi 2030. gadā, Pirmajam scenārijam ir vairāki apakšscenāriji. Pirmajā (a) apakšscenārijā kūdras substrāta ražošanā paredzēts, ka 30% kūdras substrāto aizstāj ar kokšķiedru, proporcionāli samazinot kūdras ieguves apjomu, bet nemazinot kopējo substrāta ražošanas apjomu. Pirmajā (b) scenārijā paredzēta koksnaidu plātņu rūpnīcas būvēšana ar ražošanas jaudu 600 tūkst. m³, kas sāks darbu no 2026. gada, un 30% kūdras aizstāšana substrātos ar kokšķiedru vai citu biomasu no 2026. gada. Pirmajā (c) scenārijā paredzēta bioogles ienese 33 000 ha platībā 2030. gadā (vidēji 6 tonnas ha⁻¹) un 30% kūdras aizstāšana substrātos ar kokšķiedru vai citu biomasu no 2026. gada. Pirmais (b) un (c) scenārijs nodrošina saistību izpildi gan

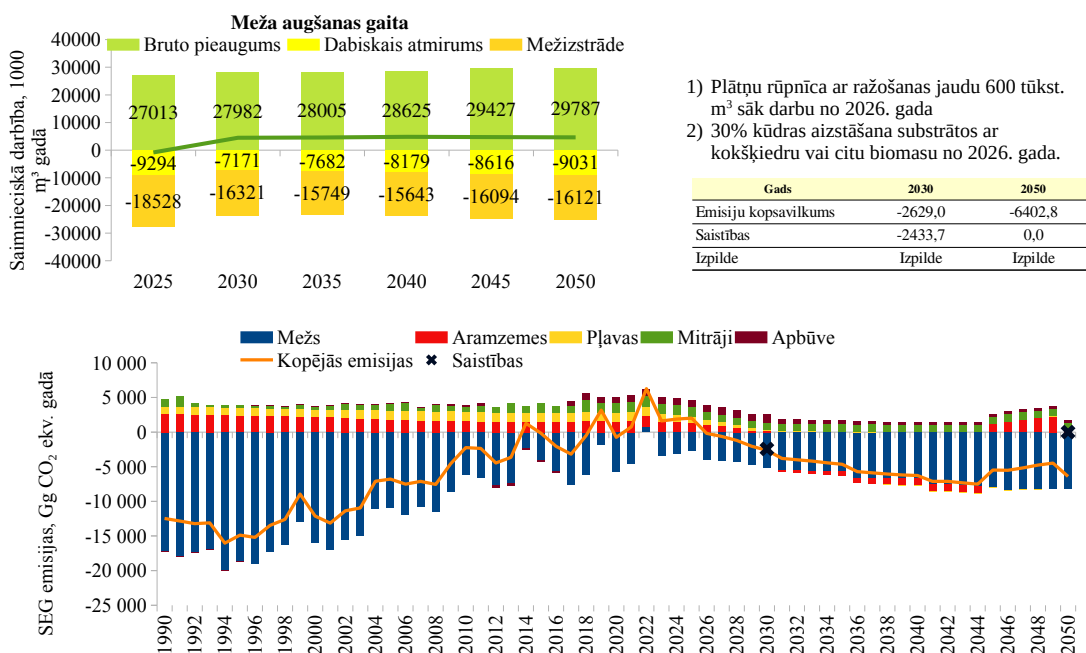
2030., gab 2050. gados.



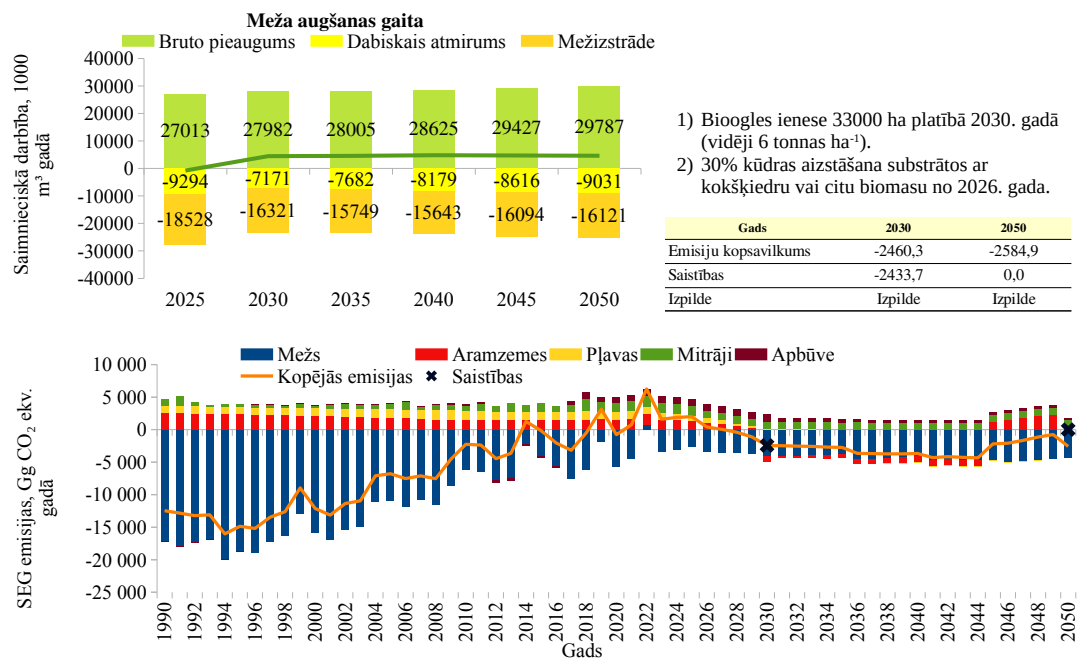
Att. 13. SEG emisiju un saistību izpildes prognoze pirmajā scenārijā.



Att. 14. SEG emisiju un saistību izpildes prognoze pirmajā (a) scenārijā.

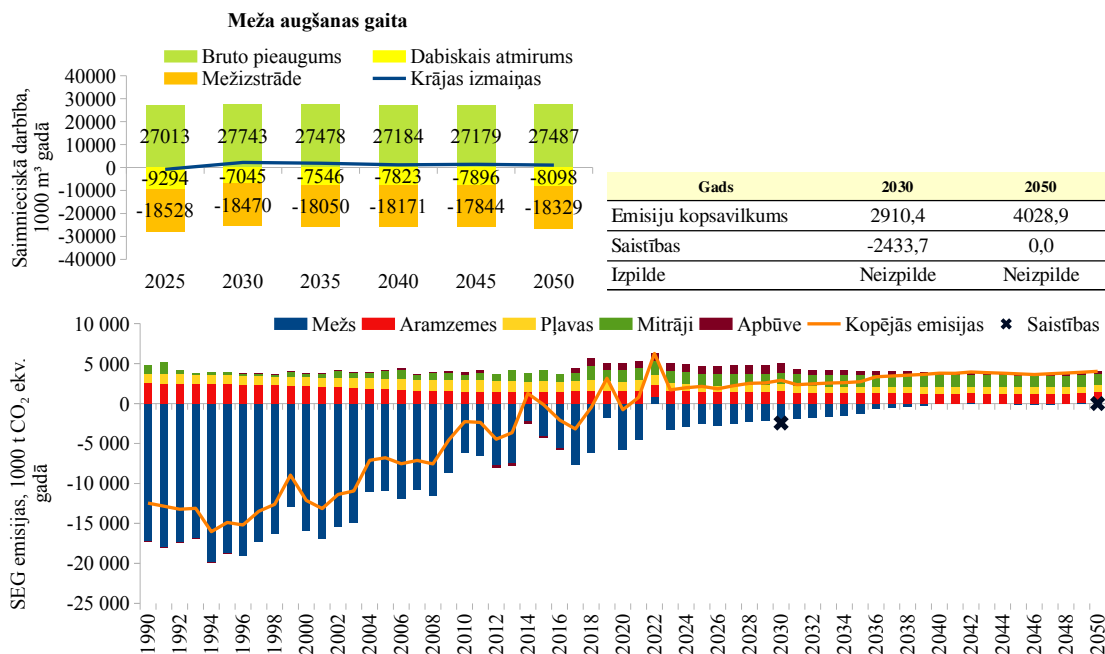


Att. 15. SEG emisiju un saistību izpildes prognoze pirmajā (b) scenārijā.

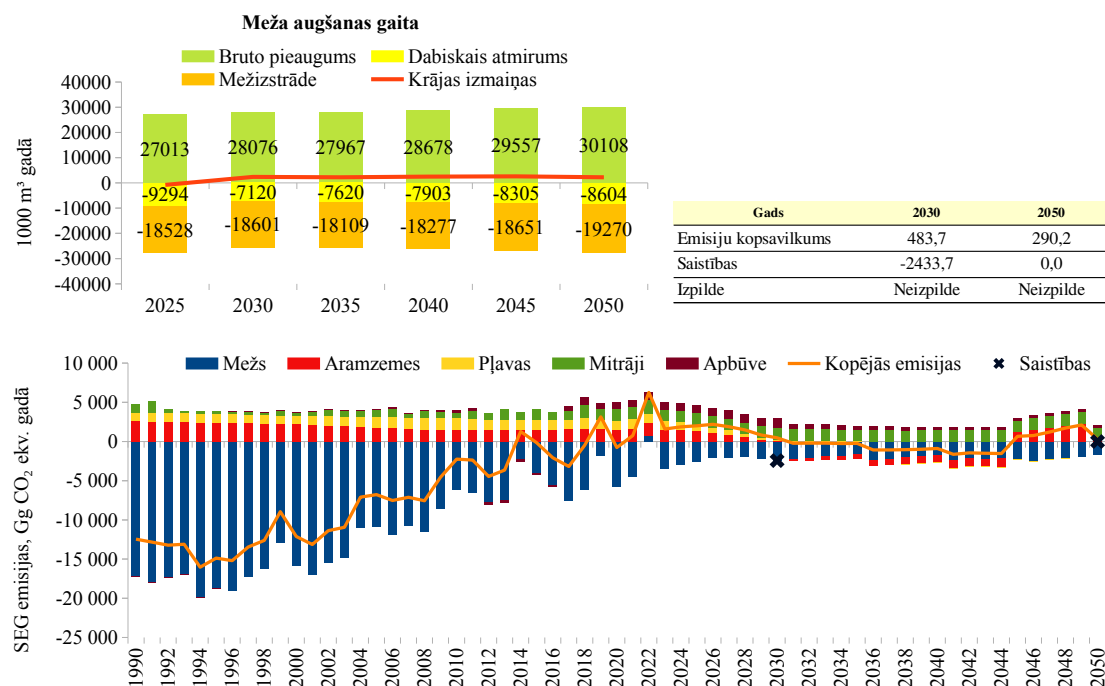


Att. 16. SEG emisiju un saistību izpildes prognoze pirmajā (c) scenārijā.

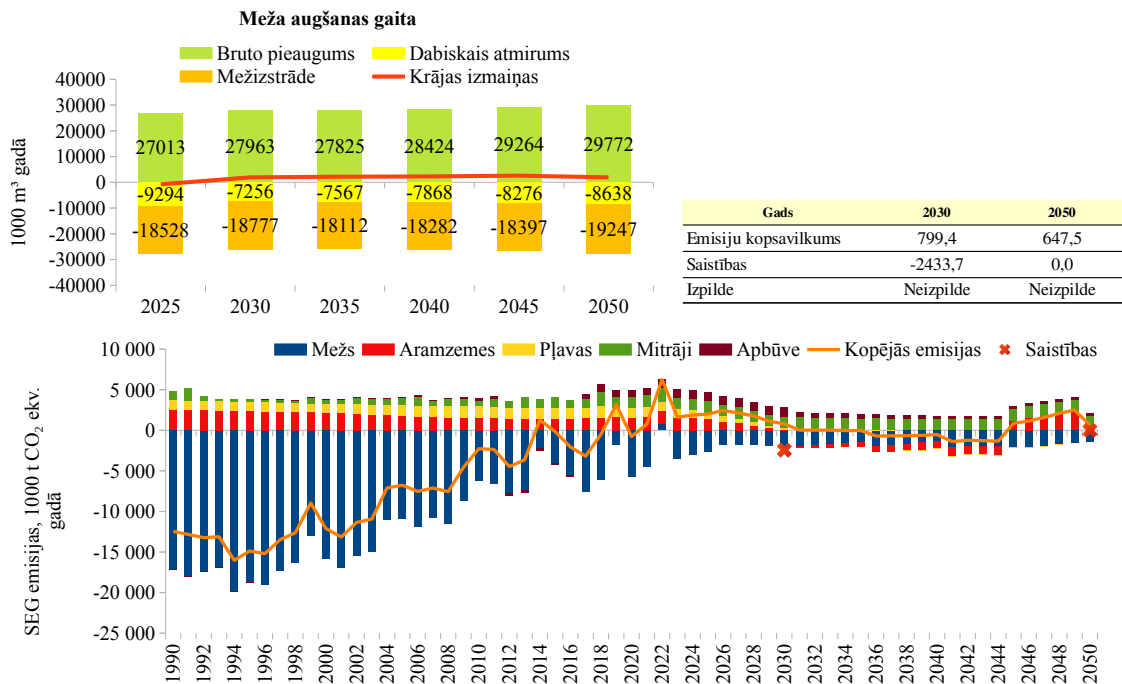
Otrais, trešais un ceturtais scenārijs nenodrošina saistību izpildi ne 2030., ne 2050. gados. ZIZIMM sektors laika posmā līdz 2050. gadam ir neto emisiju avots. Papildus saimnieciskās darbības ierobežojumu ietekme (ceturtais scenārijs būtiski neietekmē neto SEG emisijas līdz 2050. gadam, taču palielina neto emisijas 21. gadsimta otrajā pusē).



Att. 17. SEG emisiju un saistību izpildes prognoze otrajā scenārijā.



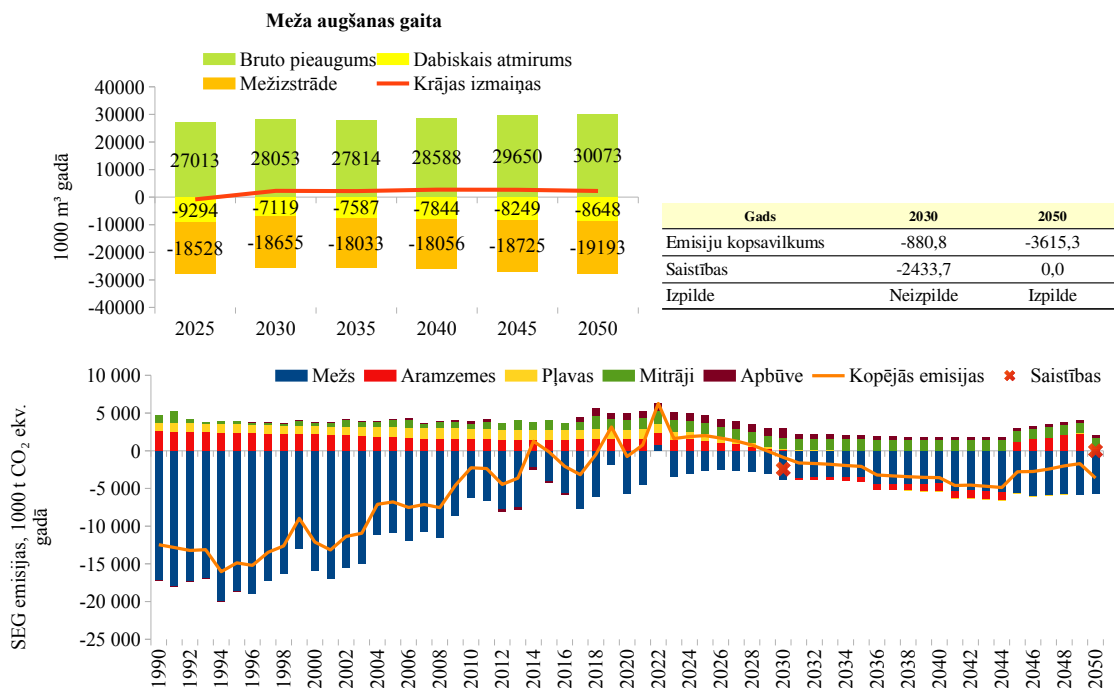
Att. 18. SEG emisiju un saistību izpildes prognoze trešajā scenārijā.



Att. 19. SEG emisiju un saistību izpildes prognoze ceturtajā scenārijā.

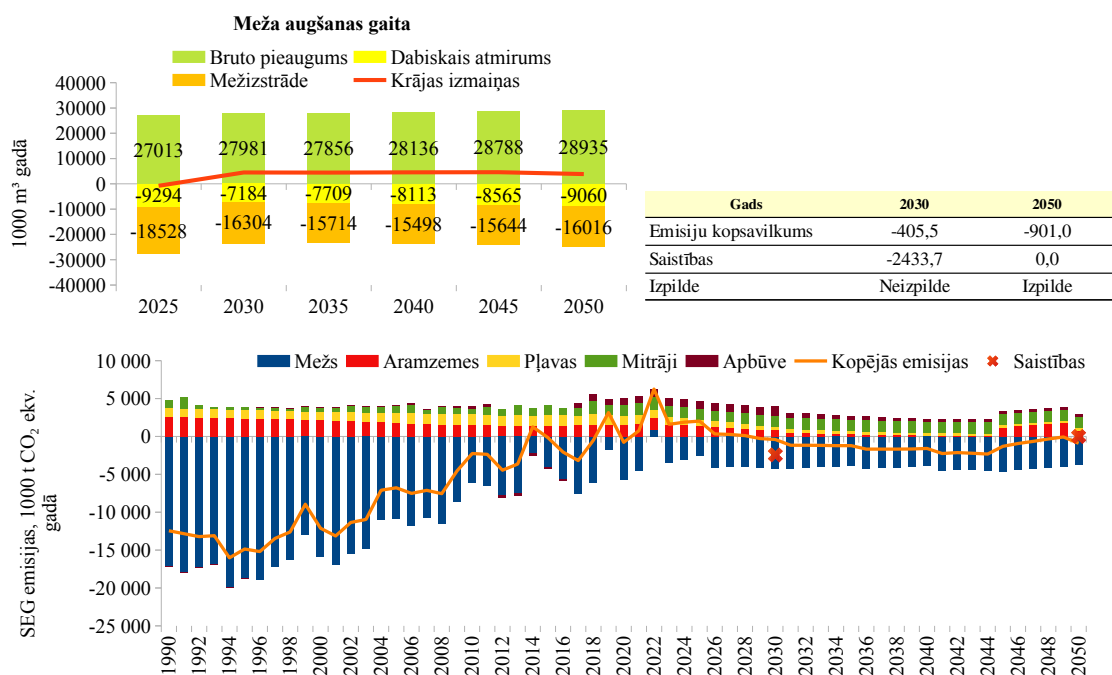
Piektais scenārijs ir pirmais scenārijs, kas papildināts ar pasākumiem meža apsaimniekošanā un kokrūpniecībā, lai palielinātu koksnes izmantošanas efektivitāti un krājas pieauguma potenciālu mežaudzēs. Piektais scenārijs nodrošina saistību izpildi 2050. gadā, taču nenodrošina saistību izpildi 2030. gadā. Piesaistes vienību daudzums gadā pēc 2030. gadā šajā scenārijā pārsniedz 5 miljonus tonnu CO₂ ekv., t.i. piesaistes vienību prognozējamās cenas izteiksmē – 250 milj. € gadā vai 5 miljardi € visā aprēķinu periodā. Ieņēmumi jeb izmaksu samazinājums piesaistes vienību izteiksmē nosedz scenārija ieviešanas izdevumus.

Paredzot bioogļu izmantošanu lauksaimniecībā atbilstoši pirmā (c) scenārija pieņēmumiem, tiek nodrošināt saistību izpilde gan 2030., gan 2050. gados, taču investīcijas scenāriju ieviešanā būtiski pārsniedz sagaidāmos ieguvumus. Šis scenārijs izmantots Nacionālajā klimata un enerģijas plānā kā saistību izpildes scenārijs.

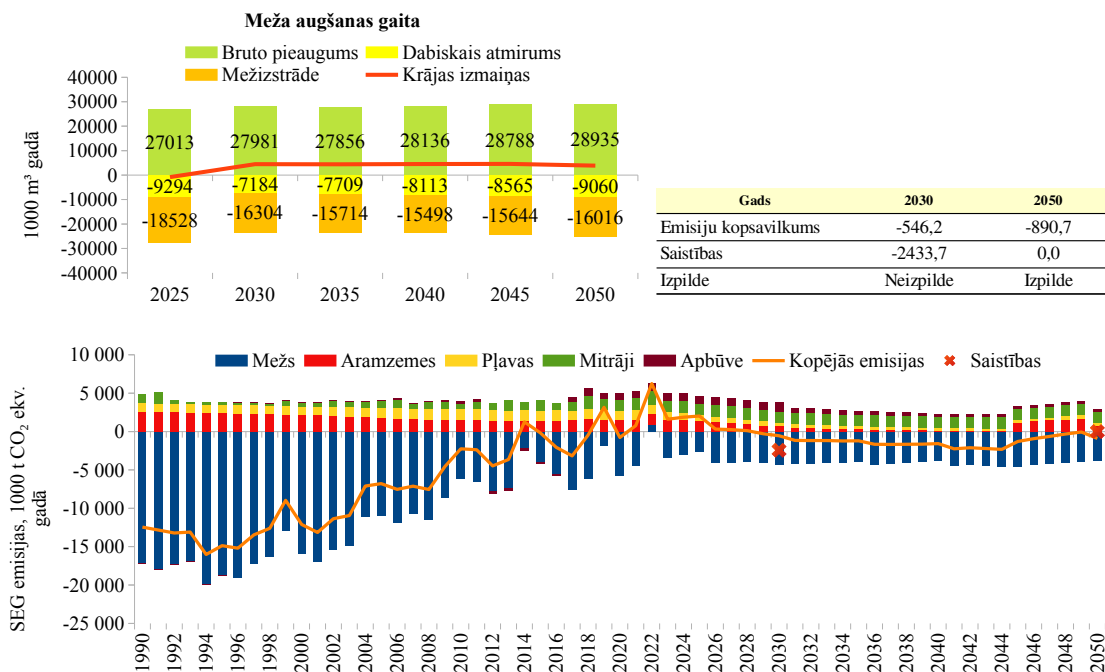


Att. 20. SEG emisiju un saistību izpildes prognoze piektajā scenārijā.

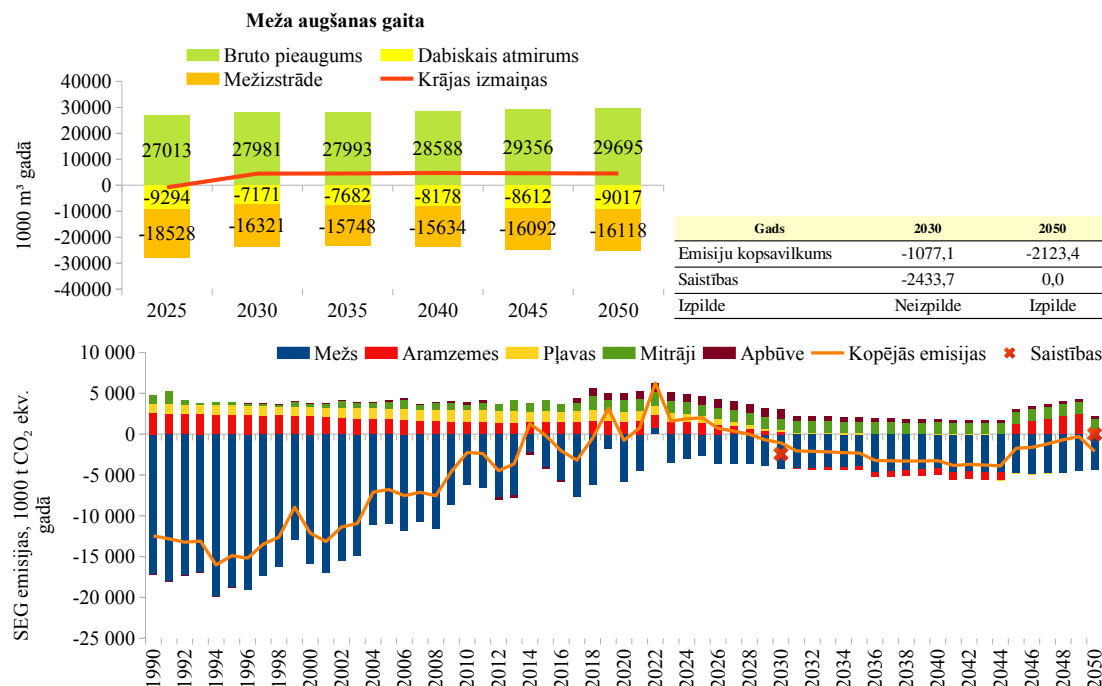
Sestais, septītais un astotais scenāriji nodrošina saistību izpildi 2050. gadā, taču netiek sasniegts SEG emisiju samazināšanas mērķis 2030. gadā.



Att. 21. SEG emisiju un saistību izpildes prognoze sestajā scenārijā.

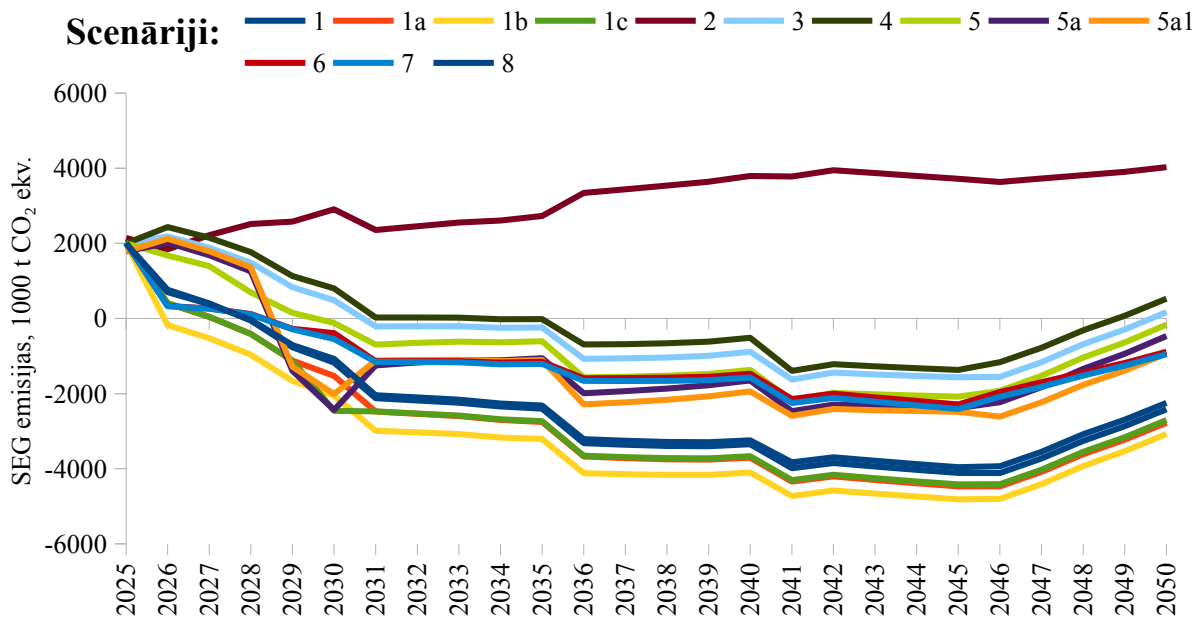


Att. 22. SEG emisiju un saistību izpildes prognoze septītajā scenārijā.



Att. 23. SEG emisiju un saistību izpildes prognoze astotajā scenārijā.

Dažādu scenāriju SEG emisiju prognozes kopsavilkums grafiski parādīts Att. 24. Grafikā redzams, ka visi scenāriji, izņemot esošā stāvokļa saglabāšanos, nodrošina būtisku SEG emisiju samazinājumu līdz 2050. gadam. Galvenie pasākumi, kas nodrošina lielāko daļu emisiju samazinājuma gan īstermiņā, gan ilgtermiņā, ir organisko augšņu apmežošana.



Att. 24. SEG emisiju kopsavilkums visos scenārijos.

Piektajā scenārijā iekļauto pasākumu prognozējamā ietekme īstermiņā raksturota Tab. 7. Kopā līdz 2030. gadam sasniedzamais SEG emisiju samazinājums ir 10 milj. tonnas CO₂ ekv., taču jāņem vērā, ka aprēķinos pasākumu īstenošana plānota, sākot ar 2025. gadu, kas var būt iespējams atsevišķiem pasākumiem, bet ne visam pasākumu kompleksam kopumā. Aprēķinos paredzēts, ka pasākumus īsteno pakāpensiki 5 gadu laikā, izņemot bioogļu ienesi augsnē, kas paredzēta 1-2 gadu laikā, kā arī rūpnīcu darba uzsākšana, kas atsevišķi nav vērtēta.

Tab. 7. Īstermiņa emisiju samazinājuma prognoze piektajā (a) scenārijā (Gg CO₂ ekv.)

Indikators	Gads						Kopā
	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Minerālmēslojuma pielietošana sausieņos un āreņos	0,0	12,4	24,7	37,1	49,5	61,9	185,6
Augsnes ielabošana kūdreņos, izmantojot koksnes pelnus	0,0	14,2	28,5	42,7	56,9	71,2	213,6
Hidroloģiskā režīma uzlabošana slāpjaiņos	0,0	58,4	116,7	175,1	233,5	291,8	875,5
Neproduktīvo audžu nomaiņa	0,0	25,8	51,6	77,4	103,3	129,1	387,2
Koksnes ķīmiskās pārstrādes attīstīšana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	313,7	313,7
Jaunaudžu kopšanas ciršu platības pieaugums	0,0	11,5	23,1	34,6	46,1	57,7	173,0
Mērķtiecīgi atjaunotu platību pieaugums	0,0	7,1	14,1	21,2	28,2	35,3	105,9
Skaidu plākšņu rūpnīca	0,0	0,0	0,0	0,0	194,6	578,4	772,9

ZIZIMM mērķu sasniegšanas scenāriju sagatavošana

Indikators	Gads						Kopā
	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Pārslapināšana – organisko augšņu apmežošana un tai sekojoša pārslapināšana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs	0,0	59,5	119,0	178,5	237,9	297,4	892,3
Mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana meliorētās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs	0,0	72,5	145,0	217,5	290,0	362,5	1087,6
Mazāk vērtīgo lauksaimniecībā izmantojamo zemju mērķtiecīga apmežošana	0,0	46,3	92,6	138,9	185,2	231,5	694,5
Kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām	38,9	77,8	116,7	155,6	194,5	169,5	752,8
Kārķļu plantācijas notekūdeņu dūņu izmantošanai	9,6	40,5	77,7	134,1	211,2	299,2	772,3
Koku grupas ganībās (0,09 ha uz 1 ha ganību)	1,9	4,8	8,1	12,2	17,2	21,5	65,5
Bioogles izmantošana aramzemēs	0,0	0,0	0,0	0,0	1771,9	1759,5	3531,4
Mērķtiecīga meža ieaudzēšana izstrādātajos kūdras laukos	0,0	8,9	17,8	26,8	35,7	44,6	133,8
Kopā	50,4	439,6	835,6	1251,6	3655,7	4724,7	10 957,7

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnecikla gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Tab. 8. Scenāriju apraksts

Indikators	Mērvienība	2023. gada ZIZIMM informatīvā ziņojuma scenārijs	2023. gada WAM scenārijs	2023. gada ZIZIMM informatīvā ziņojuma scenārijs bez mežizstrādes ierobežojumiem	2023. gada ZIZIMM IZ modificētais scenārijs	Mežizstrādes ierobežošanas ietekmes novērtējums 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā	LIZ bloka pasākumu ietekmes vērtējuma scenārijs 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā	Bioogles izmantošanas ietekmes novērtējums 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā	Kūdras ieguves vietu atjaunošanas scenārijs 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā
		1	2	3	4	5	6	7	8
Galvenā cirte	milj. m ³	12	Atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības pieņēmumiem	Atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības pieņēmumiem	Atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības pieņēmumiem	Atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības pieņēmumiem	12	12	12
Kopšanas cirtes	-	Atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības pieņēmumiem	Atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības pieņēmumiem	Atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības pieņēmumiem	Atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības pieņēmumiem	Atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības pieņēmumiem	Atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības pieņēmumiem	Atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības pieņēmumiem	Atbilstoši mērķtiecīgas mežsaimniecības pieņēmumiem
Sanitārās cirtes	-	Sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem	Sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem	Sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem	Sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem	Sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem	Sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem	Sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem	Sanitārās izlases cirtes atbilstoši AGM, sanitārās vienlaidus cirtes atbilstoši vēsturiskiem datiem
Dabas konservēšana	-	10% nenotiek saimnieciskā darbība, vēl 20% mežu atļautas izlases cirtes	Šobrīd spēkā esošie saimnieciskās darbības ierobežojumi	Šobrīd spēkā esošie saimnieciskās darbības ierobežojumi	Īpaši aizsargājamo teritoriju palielinājums Eiropas nozīmes biotopu aizsardzībai (saimnieciskās darbības pārtraukšana 220 kha – līdz 400 kha, nav papildus ierobežojumu)	Šobrīd spēkā esošie saimnieciskās darbības ierobežojumi	10% nenotiek saimnieciskā darbība, vēl 20% mežu atļautas izlases cirtes	10% nenotiek saimnieciskā darbība, vēl 20% mežu atļautas izlases cirtes	10% nenotiek saimnieciskā darbība, vēl 20% mežu atļautas izlases cirtes
ZIZIMM IZ 2023, Minerālmēslojuma pielietošana sausieņos un āreņos	tūkst. ha	21,0 (2025.-2030. gados)	-	21,0 vai maks. pieejamā platība (2025.-2030. gados)	21,0 (2025.-2030. gados)	pēc pieejamības, maksimāli (2025.-2030. gados)	21,0 (2025.-2030. gados)	21,0 (2025.-2030. gados)	21,0 (2025.-2030. gados)
ZIZIMM IZ 2023, Augsnes ielabošana kūdreņos, izmantojot koksnes pelnus	tūkst. ha	21,5 (2025.-2030. gados)	-	21,5 vai maks. pieejamā platība (2025.-2030. gados)	21,5 (2025.-2030. gados)	21,5 (2025.-2030. gados)	21,5 (2025.-2030. gados)	21,5 (2025.-2030. gados)	21,5 (2025.-2030. gados)
ZIZIMM IZ 2023, Hidroloģiskā režīma uzlabošana slapjajos	tūkst. ha	80,0 (2025.-2030. gados)	-	80,0 vai maks. pieejamā platība (2025.-2030. gados)	80,0 (2025.-2030. gados)	80,0 (2025.-2030. gados)	80,0 (2025.-2030. gados)	80,0 (2025.-2030. gados)	80,0 (2025.-2030. gados)
ZIZIMM IZ 2023, Neproduktīvo audžu nomaīņa	tūkst. ha	10,0 (2025.-2030. gados)	-	10,0 (2025.-2030. gados)	10,0 (2025.-2030. gados)	10,0 (2025.-2030. gados)	10,0 (2025.-2030. gados)	10,0 (2025.-2030. gados)	10,0 (2025.-2030. gados)
ZIZIMM IZ 2023, Koksnes ķīmiskās	-	-	-	-	-	262,30 ktonnas koksnes produktu	-	-	-

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO2) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Indikators	Mērvienība	2023. gada ZIZIMM informatīvā ziņojuma scenārijs	2023. gada WAM scenārijs	2023. gada ZIZIMM informatīvā ziņojuma scenārijs bez mežizstrādes ierobežojumiem	2023. gada ZIZIMM IZ modificētais scenārijs	Mežizstrādes ierobežošanas ietekmes novērtējums 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā	LIZ bloka pasākumu ietekmes vērtējuma scenārijs 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā	Bioogles izmantošanas ietekmes novērtējums 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā	Kūdras ieguves vietu atjaunošanas scenārijs 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā
		1	2	3	4	5	6	7	8
pārstrādes attīstīšana (apaļo kokmateriālu eksporta ierobežošana)						ražošana no 2030. gada			
LVM 2024, jaunaudžu kopšanas cirtes	-	-	-	-	-	Divreiz palielināta jaunaudžu kopšanas ciršu varbūtība 2025.-2030. gados	-	-	-
LVM 2024, mērķtiecīga meža atjaunošana	-	-	-	-	-	Divreiz palielināta mērķtiecīgas meža atjaunošanas varbūtība 2025.-2030. gados	-	-	-
LVM 2024, saplākšņa ražošana	-	-	-	-	-	600 tūkst. m3 saplākšņa ražošana no 2026. gada	-	-	-
ZIZIMM IZ 2023, Pārslapināšana – pārslapinātu organisko augšņu apmežošana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs	tūkst. ha	40,0 (2025.-2030. gados)	-	40,0 (2025.-2030. gados)	40,0 (2025.-2030. gados)	40,0 (2025.-2030. gados)	20,0 (2025.-2030. gados)	20,0 (2025.-2030. gados)	40,0 (2025.-2030. gados)
ZIZIMM IZ 2023, Mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana meliorētās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs	tūkst. ha	40,0 (2025.-2030. gados)	-	40,0 (2025.-2030. gados)	40,0 (2025.-2030. gados)	40,0 (2025.-2030. gados)	20,0 (2025.-2030. gados)	20,0 (2025.-2030. gados)	40,0 (2025.-2030. gados)
ZIZIMM IZ 2023, Mazāk vērtīgo lauksaimniecībā izmantojamo zemju mērķtiecīga apmežošana	tūkst. ha	75,0 (2025.-2030. gados)	-	75,0 (2025.-2030. gados)	75,0 (2025.-2030. gados)	75,0 (2025.-2030. gados)	37,5 (2025.-2030. gados)	37,5 (2025.-2030. gados)	75,0 (2025.-2030. gados)
ZIZIMM IZ 2023, Kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas	tūkst. ha	22,0 (2025.-2030. gados)	-	22,0 (2025.-2030. gados)	22,0 (2025.-2030. gados)	22,0 (2025.-2030. gados)	11,0 (2025.-2030. gados)	11,0 (2025.-2030. gados)	22,0 (2025.-2030. gados)

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO2) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Indikators	Mērvienība	2023. gada ZIZIMM informatīvā ziņojuma scenārijs	2023. gada WAM scenārijs	2023. gada ZIZIMM informatīvā ziņojuma scenārijs bez mežizstrādes ierobežojumiem	2023. gada ZIZIMM IZ modificētais scenārijs	Mežizstrādes ierobežošanas ietekmes novērtējums 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā	LIZ bloka pasākumu ietekmes vērtējuma scenārijs 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā	Bioogles izmantošanas ietekmes novērtējums 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā	Kūdras ieguves vietu atjaunošanas scenārijs 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā
		1	2	3	4	5	6	7	8
sistēmām									
ZIZIMM IZ 2023, Kārklū plantācijas notekūdeņu dūņu izmantošanai	tūkst. ha	15,0 (2025.-2030. gados)	-	15,0 (2025.-2030. gados)	15,0 (2025.-2030. gados)	15,0 (2025.-2030. gados)	7,5 (2025.-2030. gados)	7,5 (2025.-2030. gados)	15,0 (2025.-2030. gados)
ZIZIMM IZ 2023, Koku grupas ganībās (0,09 ha uz 1 ha ganību)	tūkst. ha	150,0 (2025.-2030. gados)	-	150,0 (2025.-2030. gados)	150,0 (2025.-2030. gados)	150,0 (2025.-2030. gados)	75,0 (2025.-2030. gados)	75,0 (2025.-2030. gados)	150,0 (2025.-2030. gados)
Bioogles izmantošana aramzemes	tūkst. tonnas	-	-	-	-	-	-	50,0 (2030. gads)	-
ZIZIMM IZ 2023, Mērķtiecīga meža ieaudzēšana izstrādātajos kūdras laukos (50% purvaini, III bonitāte, un 50% kūdreņi, II bonitāte, 50% P, 50% B, visās platībās jāparedz pelnu vai K + P mēslojuma ienese, efektu nodrošina augšanas gaitas uzlabošana no IV uz II bonitāti)	tūkst. ha	6,0 (2025.-2030. gados)	-	6,0 (2025.-2030. gados)	6,0 (2025.-2030. gados)	6,0 (2025.-2030. gados)	6,0 (2025.-2030. gados)	6,0 (2025.-2030. gados)	-
WAM 2023 augludārzu ierīkošana	tūkst. ha	0,300 (2025.-2030. gadā)	0,300 (2025.-2030. gadā)	0,300 (2025.-2030. gadā)	0,300 (2025.-2030. gadā)	0,300 (2025.-2030. gadā)	0,300 (2025.-2030. gadā)	0,300 (2025.-2030. gadā)	0,300 (2025.-2030. gadā)
WAM 2023 zaļā papuve	tūkst. ha	10,086 (2025.-2030. gadā)	10,086 (2025.-2030. gadā)	10,086 (2025.-2030. gadā)	10,086 (2025.-2030. gadā)	10,086 (2025.-2030. gadā)	10,086 (2025.-2030. gadā)	10,086 (2025.-2030. gadā)	10,086 (2025.-2030. gadā)
WAM 2023 tauriņzieži	tūkst. ha	33,287 (2025.-2030. gadā)	33,287 (2025.-2030. gadā)	33,287 (2025.-2030. gadā)	33,287 (2025.-2030. gadā)	33,287 (2025.-2030. gadā)	33,287 (2025.-2030. gadā)	33,287 (2025.-2030. gadā)	33,287 (2025.-2030. gadā)
WAM 2023 pasēja	tūkst. ha	17,500 (2025.-2030. gadā)	17,500 (2025.-2030. gadā)	17,500 (2025.-2030. gadā)	17,500 (2025.-2030. gadā)	17,500 (2025.-2030. gadā)	17,500 (2025.-2030. gadā)	17,500 (2025.-2030. gadā)	17,500 (2025.-2030. gadā)
WAM 2023 meliorācijas sistēmu	tūkst. ha	200,482 (2025.-2030. gadā)	200,482 (2025.-2030. gadā)	200,482 (2025.-2030. gadā)	200,482 (2025.-2030. gadā)	200,482 (2025.-2030. gadā)	200,482 (2025.-2030. gadā)	200,482 (2025.-2030. gadā)	200,482 (2025.-2030. gadā)

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Indikators	Mērvienība	2023. gada ZIZIMM informatīvā ziņojuma scenārijs	2023. gada WAM scenārijs	2023. gada ZIZIMM informatīvā ziņojuma scenārijs bez mežizstrādes ierobežojumiem	2023. gada ZIZIMM IZ modificētais scenārijs	Mežizstrādes ierobežošanas ietekmes novērtējums 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā	LIZ bloka pasākumu ietekmes vērtējuma scenārijs 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā	Bioogles izmantošanas ietekmes novērtējums 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā	Kūdras ieguves vietu atjaunošanas scenārijs 2023. gada ZIZIMM IZ scenārijā
		1	2	3	4	5	6	7	8
atjaunošana									
WAM 2023 kūdras atradņu rekultivācija (apmežošana)	tūkst. ha	4,500 (2025.-2030. gadā)	4,500 (2025.-2030. gadā)	4,500 (2025.-2030. gadā)	4,500 (2025.-2030. gadā)	4,500 (2025.-2030. gadā)	4,500 (2025.-2030. gadā)	4,500 (2025.-2030. gadā)	-
Izstrādāto kūdras lauku renaturalizācija	tūkst. ha	-	-	-	-	-	-	-	6,0 (2025.-2030. gados)
WAM 2023 meža ieaudzēšana	tūkst. ha	10,281 (2025.-2030. gadā), t.sk. 0,680 tūkst. ha org. augsnes un 9,600 tūkst. ha minerālaugsnes	10,281 (2025.-2030. gadā), t.sk. 0,680 tūkst. ha org. augsnes un 9,600 tūkst. ha minerālaugsnes	10,281 (2025.-2030. gadā), t.sk. 0,680 tūkst. ha org. augsnes un 9,600 tūkst. ha minerālaugsnes	10,281 (2025.-2030. gadā), t.sk. 0,680 tūkst. ha org. augsnes un 9,600 tūkst. ha minerālaugsnes	10,281 (2025.-2030. gadā), t.sk. 0,680 tūkst. ha org. augsnes un 9,600 tūkst. ha minerālaugsnes	10,281 (2025.-2030. gadā), t.sk. 0,680 tūkst. ha org. augsnes un 9,600 tūkst. ha minerālaugsnes	10,281 (2025.-2030. gadā), t.sk. 0,680 tūkst. ha org. augsnes un 9,600 tūkst. ha minerālaugsnes	10,281 (2025.-2030. gadā), t.sk. 0,680 tūkst. ha org. augsnes un 9,600 tūkst. ha minerālaugsnes
WAM 2023 jaunaudžu kopšanas cirtes (privātie meži, faktiski šīs pieņemums nozīmē, ka izkoptā platība nesamazinās)	tūkst. ha	80,500 (2025.-2030. gadā)	80,500 (2025.-2030. gadā)	80,500 (2025.-2030. gadā)	80,500 (2025.-2030. gadā)	80,500 (2025.-2030. gadā)	80,500 (2025.-2030. gadā)	80,500 (2025.-2030. gadā)	80,500 (2025.-2030. gadā)
WAM 2023 meliorācijas sistēmu atjaunošana mežā (privātie meži, attiecībā uz valsts mežiem pieņemam, ka meliorācijas sistēmu stāvoklis nepasliktinās)	tūkst. ha	80,100 (2025.-2030. gadā), t.sk. 36,845 tūkst. ha organiskās augsnes un 43,255 tūkst. ha minerālaugsnes	80,100 (2025.-2030. gadā), t.sk. 36,845 tūkst. ha organiskās augsnes un 43,255 tūkst. ha minerālaugsnes	80,100 (2025.-2030. gadā), t.sk. 36,845 tūkst. ha organiskās augsnes un 43,255 tūkst. ha minerālaugsnes	80,100 (2025.-2030. gadā), t.sk. 36,845 tūkst. ha organiskās augsnes un 43,255 tūkst. ha minerālaugsnes	80,100 (2025.-2030. gadā), t.sk. 36,845 tūkst. ha organiskās augsnes un 43,255 tūkst. ha minerālaugsnes	80,100 (2025.-2030. gadā), t.sk. 36,845 tūkst. ha organiskās augsnes un 43,255 tūkst. ha minerālaugsnes	80,100 (2025.-2030. gadā), t.sk. 36,845 tūkst. ha organiskās augsnes un 43,255 tūkst. ha minerālaugsnes	80,100 (2025.-2030. gadā), t.sk. 36,845 tūkst. ha organiskās augsnes un 43,255 tūkst. ha minerālaugsnes

Izmantotā literatūra

1. Bārdule, A., Bāders, E., Stola, J., & Lazdiņš, A. (2009). Forest soil characteristic in Latvia according results of the demonstration project BioSoil (Latvijas meža augsņu īpašību raksturojums demonstrācijas projekta BioSoil rezultātu skatījumā). *Mežzinātne / Forest Science*, 20 (53), 105–124.
2. Durbha, S. S., King, R. L., & Younan, N. H. (2007). Support vector machines regression for retrieval of leaf area index from multiangle imaging spectroradiometer. *Remote Sensing of Environment*, 107(1–2), 348–361. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.09.031>
3. European Commission. Joint Research Centre. (2022). *LUCAS 2018 soil module: Presentation of dataset and results* (JRC Technical Reports). Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/215013>
4. Eurostat – LUCAS. (2015). *Technical document C3 – Classification (Land cover & Land use)*. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/205002/6786255/LUCAS2015-C3-Classification-20150227.pdf/969ca853-e325-48b3-9d59-7e86023b2b27>
5. Gancone, A., Lupkina, L., Cakars, I., Siņics, L., Klāvs, G., Lazdiņš, A., Butlers, A., Bārdule, A., Bērziņa, L., Licite, I., Reķis, J., Kudreņickis, I., Treija, S., & Dimbiere, A. (2023). *Integrated Reporting on Policies and Measures and on Projections Under Article 18 of Regulation (eu) No. 2018/1999 of the European Parliament and of the Council* (lpp. 137). Ministry of Climate and Energy. <https://reportnet.europa.eu/public/dataflow/890>
6. Gleason, C. J., & Im, J. (2011). A Review of Remote Sensing of Forest Biomass and Biofuel: Options for Small-Area Applications. *GIScience & Remote Sensing*, 48(2), 141–170. <https://doi.org/10.2747/1548-1603.48.2.141>
7. Hudak, A. T., Crookston, N. L., Evans, J. S., Hall, D. E., & Falkowski, M. J. (2008). Nearest neighbor imputation of species-level, plot-scale forest structure attributes from LiDAR data. *Remote Sensing of Environment*, 112(5), 2232–2245. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.10.009>
8. Ivanovs, J., Haberl, A., & Melniks, R. (2024). Modeling Geospatial Distribution of Peat Layer Thickness Using Machine Learning and Aerial Laser Scanning Data. *Land*, 13(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/land13040466>
9. Klimata un enerģētikas ministrija. (2024, jūlijā 12). *Aktualizēts nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021.–2030. Gadam*. Ministru kabinets. <https://likumi.lv/ta/id/353615-aktualizetais-nacionalais-energetikas-un-klimata-plans-20212030gadam>
10. Komorovska, A., Lazdiņš, A., Bāders, E., & Martinsone, K. (2009). International programme "Forest Focus 2006" demonstration project BioSoil in Latvia. *Abstracts and programme of an International Conference at Koli National Park*, 70–71.
11. Krisāns, O. (2012). *Re: Par augsnes paraugu vākšanu BioSoil parauglaukumos*.
12. Kuhn, M. (2008). Building Predictive Models in R Using the **caret** Package. *Journal of Statistical Software*, 28(5). <https://doi.org/10.18637/jss.v028.i05>
13. Kulawardhana, R. W., Popescu, S. C., & Feagin, R. A. (2014). Fusion of lidar and multispectral data to quantify salt marsh carbon stocks. *Remote Sensing of Environment*, 154, 345–357. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.10.036>
14. Lazdiņš, A. (2008). *Programmas „Forest Focus 2006” saistību (saskaņā ar normatīvajiem aktiem par lī un ek līgumu izpilde meža augsņu inventarizācija starptautiskā projekta BioSoil ietvaros* (No. 070508/S149; lpp. 74). LVMI Silava.
15. Malhi, Y., Meir, P., & Brown, S. (2002). Forests, carbon and global climate. *Philosophical Transactions*

- of the Royal Society of London. *Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 360(1797), 1567–1591. <https://doi.org/10.1098/rsta.2002.1020>
16. Ministry of Climate and Energy. (2023). *Latvia`s National Inventory Report. Greenhouse Gas Emissions in Latvia from 1990 to 2021 in Common Reporting Format (CRF)* (lpp. 489). Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia. <https://unfccc.int/documents/627724>
 17. R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
 18. Salas, C., Ene, L., Gregoire, T. G., Næsset, E., & Gobakken, T. (2010). Modelling tree diameter from airborne laser scanning derived variables: A comparison of spatial statistical models. *Remote Sensing of Environment*, 114(6), 1277–1285. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.01.020>
 19. Sheridan, R., Popescu, S., Gatzliolis, D., Morgan, C., & Ku, N.-W. (2014). Modeling Forest Aboveground Biomass and Volume Using Airborne LiDAR Metrics and Forest Inventory and Analysis Data in the Pacific Northwest. *Remote Sensing*, 7(1), 229–255. <https://doi.org/10.3390/rs70100229>
 20. Song, C., Schroeder, T., & Cohen, W. (2007). Predicting temperate conifer forest successional stage distributions with multitemporal Landsat Thematic Mapper imagery. *Remote Sensing of Environment*, 106(2), 228–237. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.08.008>
 21. Zhao, K., Popescu, S., & Nelson, R. (2009). Lidar remote sensing of forest biomass: A scale-invariant estimation approach using airborne lasers. *Remote Sensing of Environment*, 113(1), 182–196. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.09.009>