

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS:

**INFORMĀCIJAS NODROŠINĀJUMS PAR
VĒSTURISKO MEŽA SEGUMU, MEŽAUDŽU
STRUKTŪRU UN SAIMNIECISKO DARBĪBU**

SENIE MEŽI – NO PROBLEMĀTIKAS UN
METODIKAS LĪDZ KARTĒŠANAI

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”

PĒTĪJUMA VADĪTĀJS:

Mārtiņš Lūkins,
LVMI “Silava” zinātniskais asistents

PĒTĪJUMA IZPILDĪTĀJI:

Mārtiņš Lūkins, Juris Zariņš, Anda Feščenko

Salaspils, 2025

SATURS

Pētījuma mērķis. Pētījuma organizācija. Darba uzdevumi.
Kas izdarīts projekta ietvaros 2025. gadā

KOPSAVILKUMS

SUMMARY

IEVADS

1. TEORĒTISKĀ DAĻA (Literatūras apskats)
 - 1.1. Senā meža koncepts un ar to saistītie jēdzieni
 - 1.1.1. Senā meža koncepta sākotnējā izpratne
 - 1.1.2. Senā meža koncepta būtība
 - 1.1.3. Dabiskuma definēšana
 - 1.2. Seno mežu vēsturiskā attīstība un situācija Latvijā (Literatūras apskats)
 - 1.2.1. Mežu paleoģeogrāfiskā un vēsturiskā attīstība Latvijas teritorijā
 - 1.2.2. Terminoloģija un aktualitāte Latvijai
 - 1.2.3. Senie meži un esošās aizsargājamās platības Latvijā
 - 1.3. Seno mežu novērtēšanas teorētiskie pamati
 - 1.3.1. Kritēriju un indikatoru metodiskā ietvara teorētiskais pamatojums
2. PĒTĪJUMA METODIKA
 - 2.1. Seno mežu identificēšanas un kartogrāfiskās analīzes materiāli un metodes
 - 2.1.1. Kartogrāfiskie un tālīzpētes dati
 - 2.1.2. Datu apstrāde un telpiskā sagatavošana
 - 2.1.3. Hronoloģiskais ietvars un kartogrāfiskā analīze
 - 2.1.4. Reģionālais atlases princips
 - 2.1.5. Teritoriju ar nepārtrauktu meža segumu noteikšana
 - 2.1.6. Konceptuālie un metodiskie ierobežojumi
 - 2.2. Seno mežu kartēšanas metodikas izstrāde un aprobācijas principi
 - 2.2.1. Aprobācijas teritoriju izvēle
 - 2.2.2. Metodikas aprobācija un validācija
 - 2.2.3. Datu bāzes izveides principi
 - 2.3. Datu analīze
 - 2.3.1. Telpiskā analīze
 - 2.3.2. Meža kontinuitātes kvantitatīvā novērtēšana
3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA
 - 3.1. Senā meža koncepta piemērošana Latvijas apstākļiem
 - 3.1.1. Seno mežu īpatnības Latvijā atšķirībā no citviet Eiropā
 - 3.1.2. Senā meža telpiskās iezīmes Latvijā: reģionālais skatījums
 - 3.1.3. Latvijas seno mežu tipoloģija
 - 3.2. Seno mežu identificēšanas un kartēšanas metodika ("produkts")
 - 3.2.1. Seno mežu kritēriju un indikatoru izvērtējums Latvijai, hierarhija un reģionālā validācija

- 3.2.1.1. Indikatoru grupu hierarhijas maiņa atkarībā no reģionālā gradienta
 - 3.2.1.2. Daudzpakāpju pieeja
 - 3.2.2. Atlasītie kritēriji un indikatori attālinātai izpētei
 - 3.2.3. Ģeotelpiskās analīzes algoritmi un datu apstrādes darba plūsma
 - 3.2.4. Latvijas seno mežu indikatorsugas un to reģionālā specifika
 - 3.2.5. Seno mežu sēņu micēlija DNS analīzes
 - 3.2.6. Seno mežu ģeotelpiskās datu bāzes izveide
- 3.3. Kartogrāfiskās analīzes un aprobācijas rezultāti
 - 3.3.1. Vēsturisko karšu izmantošanas precizitātes izvērtējums
 - 3.3.1.1. Trīsverstu kartes Kurzemē un Vidzemē
 - 3.3.2. Meža fragmentācijas aprēķinu metodikas izvēle un aprobācija
 - 3.3.2.1. Esošo pieeju izvērtējums
 - 3.3.2.2. Meža fragmentācijas aprēķinu darba plūsma un izmantotā programmatūra
 - 3.3.2.3. Izvēlētās fragmentācijas aprēķinu metodikas pamatojums
 - 3.3.2.4. Fragmentācijas aprēķini periodos un novērojumi
 - 3.3.3. Reģionālie seno mežu kartēšanas piemēri
 - 3.3.4. Lauku darbu rezultāti
 - 3.3.4.1. Zemgales reģiona kā modeļteritorijas mežu raksturojums
 - 3.3.5. Metodikas validācija: lauku datu un tālizpētes datu salīdzinājums
 - 3.3.6. Seno mežu telpiskā struktūra un tipoloģija
 - 3.3.7. Seno mežu tipu raksturojums (pēc situācijas dabā)
 - 3.3.8. Seno mežu indeksa (SMI) aprēķins un prioritizācija
 - 3.3.9. Datu bāzes izveide un tās funkcionalitāte
 - 3.3.10. Metodikas ierobežojumi un nenoteiktība

4. Pirmie SECINĀJUMI un nākamie soļi

References

Pielikumi

Pētījuma mērķis

Aprobēt seno mežu koncepciju Latvijas ekoloģiskajiem, vēsturiskajiem un normatīvajiem apstākļiem, izstrādājot metodiku seno mežu identificēšanai, tipoloģizācijai un kartēšanai. Analizēt seno mežu daudzveidību teritoriālā, vēsturiskā un tipoloģiskā skatījumā, kā arī izvērtēt to nozīmi Latvijas un Eiropas Savienības mežu politikā, biotopu aizsardzībā un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanā.

Pētījuma organizācija

Pētījums strukturēts vairākās savstarpēji saistītās daļās, ietverot:

- tālizpētes datu un vēsturisko karšu digitalizāciju un analīzi,
- literatūras, normatīvo aktu un arhīvu avotu izpēti,
- metodikas izstrādi seno mežu identificēšanai un kartēšanai,
- lauka pētījumus un kartogrāfisko datu aprobāciju modeļteritorijās,
- iegūto datu analīzi un datu bāzes izveidi.

Darba uzdevumi

1. Senā meža koncepta un vēsturiskās attīstības analīze (1. nodaļa)

1.1. Apkopot un analizēt senā meža jēdziena attīstību Eiropas un Latvijas kontekstā, identificējot galvenos konceptuālos virzienus.

1.2. Salīdzināt seno mežu un līdzīgu jēdzienu lietojumu (*vecs mežs, dabisks mežs, ES nozīmes biotops, dabiskais meža biotops*), precizējot terminoloģiskās atšķirības un to nozīmi Latvijas dabas aizsardzības sistēmā.

1.3. Novērtēt seno mežu izpētes un aizsardzības aktualitāti Latvijā, ņemot vērā mežsaimniecības prakses, mežainuma izmaiņu tendences un normatīvo regulējumu.

1.4. Izpētīt seno mežu kritēriju un indikatoru teorētisko metodisko ietvaru.

2. Latvijas seno mežu klasifikācijas un indikatoru sistēmas izstrāde (2. un 3. nodaļa)

2.1. Izstrādāt Latvijas seno mežu tipoloģiju, balstoties uz zemes apsaimniekošanas vēsturi, veģetācijas tipiem.

2.2. Noteikt seno mežu indikatorus (bioloģiskos, strukturālos, ģeotelpiskos, ainaviskos un kultūrvēsturiskos) un to piemērošanas kritērijus Latvijas apstākļos.

2.3. Formulēt seno mežu klasifikācijas un kartēšanas metodiku, izmantojot vēsturiskos, bioloģiskos un tālizpētes datus.

3. Empīriskais pētījums: Vēsturisko datu iegūšana un mežainuma izmaiņu analīze (2. un 3. nodaļa)

3.1. Skenēt, digitalizēt un analizēt vēsturiskās mežainuma kartes (18.–20. gs.), nodrošinot to sasaisti ar mūsdienu meža inventarizācijas datiem un tālizpētes informāciju (satelītattēli, LiDAR).

3.2. Izveidot vienotu datubāzi, apvienojot vēsturiskā mežainuma, īpašuma un zemes lietojuma kontūras dažādos laika posmos (no 18. gs. līdz mūsdienām).

3.3. Izveidot potenciālo seno mežu teritoriju karti.

3.4. Analizēt mežainuma izmaiņu telpiskos un strukturālos raksturlielumus (fragmentācija, mežaudžu nepārtrauktība, reljefa ietekme u.c.).

4. Lauka un telpiskie pētījumi modeļteritorijās (3. nodaļa)

4.1. Aprobēt izstrādāto kartēšanas metodiku 70 parauglaukumos Zemgales modeļteritorijā, izmantojot tālīzpētes, augsnes, reljefa un mežaudžu strukturālos rādītājus, kā arī bioloģisko indikatoru (vaskulāro augu un sūnu) uzskaiti un augsnes eDNA paraugu analīzi.

4.2. Veikt ainaviskās sadrumstalotības, virsmas raupjuma un mežainuma nepārtrauktības analīzi starp vēsturiskajiem un mūsdienu datiem.

4.3. Validēt kartēšanas rezultātus un izstrādāt vienotu datu bāzes un vizualizācijas formātu (*open-access* karšu serviss).

4.4. Aprakstīt Latvijas seno mežu tipus (pēc situācijas dabā).

4.5. Analizēt iegūtos seno mežu telpiskā izvietojuma datus.

5. Rezultātu integrācija un komunikācija (3. nodaļa)

5.1. Nodrošināt iegūto datu un karšu publicēšanu brīvpieejas formātā (*open-access*), veicinot datu tālāku izmantojamību pētniecībā un politikas plānošanā.

5.2. Sagatavot zinātniskus rakstus un pārskatus par senā meža koncepta piemērošanu Latvijā ar salīdzinājumu ar citām Eiropas valstīm.

Kas izdarīts projekta ietvaros 2025. gadā

Projekta posms: teorētiskā ietvara noslēgšana, ģeotelpiskā modeļa izstrāde un modeļteritorijas (Zemgale) potenciālās kartes izveide.

1. Teorētiskais un metodiskais pamatojums

Papildināta un pabeigta teorētiskā sadaļa – **Senā meža koncepta un vēsturiskās attīstības analīze:**

- apkopta un izvērtēta seno mežu paleoģeogrāfiskā un vēsturiskā attīstība Latvijas teritorijā un iegūta informācija par vēsturiskajām mežainuma izmaiņām Latvijas teritorijā (1. tabula *Mežainuma izmaiņas Latvijas teritorijā paleoģeogrāfiskā un vēsturiskā skatījumā*).
- apkopts un analizēts Eiropas valstu seno mežu kritēriju un indikatoru teorētiskais metodiskais ietvars.

Izstrādāta metodiskā sadaļa – **Latvijas seno mežu klasifikācijas un indikatoru sistēma:**

- balstoties uz literatūras studijām un Latvijas situāciju, atlasīti un raksturoti seno mežu indikatori Latvijas teritorijai (5. tabula *Seno mežu indikatoru grupas un to raksturojošie elementi (indikatori), pielāgoti Latvijas apstākļiem*);
- izveidota vienota Latvijas seno mežu tipoloģijas sistēma (apvienojot A un B pieeju, 4. tabula); sākti (teorētiski) aprakstīt seno mežu tipi un tiem atbilstošie indikatori;
- izveidota indikatoru grupu hierarhijas maiņa atkarībā no reģionālā gradienta.

2. Ģeotelpiskā analīze un potenciālo seno mežu kartēšana

Nodrošināts pamats empīriskajam pētījumam – **Vēsturisko datu iegūšana un mežainuma izmaiņu analīze:**

- pabeigtas vektorizēt 18. gs. beigu (1790), 19. gs. beigu un 20. gs. sākuma (1880–1910) topogrāfiskās kartes Zemgales un 19. gs. vidus Lejaskurzemes kultūrvēsturiskajā novadā. Digitalizācijai sagatavots karšu materiāls Vidzemē;
- sagatavots 1980-to gadu meža segumu atlases pakešapstrādes algoritms, kurš ievērtē aerofoto melnbalto intensitāti;
- izveidots Vidzemes 1970-to gadu aerofotogrāfiju pamatā balstīts digitālais meža slānis ar aptuveni 85% precizitāti. Meža slānis iegūts, apstrādājot no aerofotogrāfijām rekonstruēto digitālās virsmas modeli (DSM), kas veidots no punktu mākoņa, salīdzinot to ar mūsdienu digitālā reljefa modelia (DTM) punktiem;
- izmantojot ĢIS pārklāšanās (*intersection*) algoritmus, identificēti meža nogabali ar nepārtrauktu hronoloģisko kontinuitāti pēdējo 230 gadu laikā, un uz šī pamata izveidota vēsturiskā meža pārklājuma jeb potenciālo seno mežu teritoriju karte Zemgales reģionam;
- sagatavota metodika seno mežu fragmentācijas datu analīzei, kas nodrošina vienas teritorijas salīdzināmību neatkarīgi no karšu mēroga;
- aprēķināta divu jaunāko periodu mežu fragmentācija, izmantojot šūnu pārklājuma pieeju;
- aprēķināta senāko periodu mežu fragmentācija līdz šim vektorizētajiem mežu segumiem Zemgalē un Kurzemē.

3. Empīriskā pētījuma sagatavošana

- Modeļteritorijā atlasīti 70 parauglaukumi turpmāku seno mežu kartēšanas metodikas aprobācijas pētījumu veikšanai.

KOPSAVILKUMS

Senie meži (*ancient forests, ancient woodlands*) ir nozīmīga Eiropas ainavu ilglaicīgās ekoloģiskās atmiņas forma, kas saglabā nepārtrauktu mežainumu vairāku gadsimtu garumā un atspoguļo gan dabisko, gan kultūrvēsturisko procesu mijiedarbību (Rackham, 2003; Rotherham, 2013, 2021). Atšķirībā no dabiskiem mežiem, tie ietver ne tikai bioloģisko pēctecību un strukturālo daudzveidību, bet arī vēsturiskus elementus – robežzīmes, vaļņus, dižkokus, seno zemju robežas u.c. (Hermy & Verheyen, 2007; Buček et al., 2017).

Latvijā senie meži līdz šim nav sistemātiski apzināti, un esošās mežu klasifikācijas sistēmas neietver mežainuma nepārtrauktības un kultūrvēsturiskās dimensijas. Tādēļ seno mežu izpēte ir aktuāla gan bioloģiskās daudzveidības un klimata politikas kontekstā, gan ES Dabas atjaunošanas regulas (European Commission, 2024) un Eiropas Meža stratēģijas 2030. gadam (European Commission, 2021) īstenošanai. Lai gan kopējā mežu platība Latvijā pieaug, tiek pieļauts, ka seno mežu platību īpatsvars samazinās intensīvas saimnieciskās darbības un terminoloģiskās neskaidrības dēļ.

Pētījuma mērķis ir zinātniski aprobēt seno mežu koncepciju Latvijas ekoloģiskajiem, vēsturiskajiem un normatīvajiem apstākļiem, izstrādājot metodiku to identificēšanai un kartēšanai. Uzdevumos ietilpst vēsturisko karšu digitalizācija, seno mežu indikatoru un tipoloģijas izveide, kartogrāfiskā analīze, metodikas aprobācija modeļteritorijās, datu bāzes izveide un priekšlikumu izstrāde seno mežu integrācijai meža politikā.

Metodoloģiski pētījums apvieno vēsturisko karšu un arhīvu datu analīzi ar tālīzpētes metodēm, GIS telpisko analīzi un modelēšanu, kā arī lauka pētījumiem. Balstoties uz *Rotherham* (2021, 2023) pieeju, senie meži tiek interpretēti kā daudzdimensionāls fenomens – ekoloģiskas, ainaviskas un kultūrvēsturiskas nepārtrauktības rezultāts.

Sagaidāms, ka tiks identificētas seno mežu platības Latvijā, izveidota seno mežu datu bāze un kartēšanas metodika, kā arī sniegti priekšlikumi seno mežu iekļaušanai nacionālajā mežu aizsardzības politikā. Pētījums nodrošinās zinātnisku pamatu seno mežu atzīšanai par nacionālas nozīmes ainavas elementu, stiprinot saikni starp ekoloģisko ilgtspēju, kultūrvēsturi un meža apsaimniekošanu.

Pašreizējā posmā izstrādāts visaptverošs, Latvijas apstākļiem pielāgots metodoloģiskais ietvars. Galvenie darba rezultāti ietver hierarhisku indikatoru sistēmu, unikālu seno mežu tipoloģiju un uz GIS algoritmiem balstītu nacionāla mēroga potenciālo seno mežu karti. Pašreizējā posmā darba zinātniskā novitāte ir inovatīvas ģeotelpiskās analīzes metodes izstrāde, kas ļāvuši sagatavot ģeotelpisko datu kopu potenciālo seno mežu attīstības faktoru analīzes atbalstam.

SUMMARY

Ancient forests (ancient woodlands) represent one of the most significant forms of Europe's long-term ecological memory. They are areas where forest continuity has persisted for centuries, reflecting the complex interplay between natural and cultural-historical processes (Rackham, 2003; Rotherham, 2013, 2021). In addition to biological succession and structural complexity, these forests also encompass historical features such as boundary banks, terraces, veteran trees, and traces of early land use (Hermy & Verheyen, 2007; Buček et al., 2017).

In Latvia, ancient forests have not yet been systematically identified, and existing forest classification systems do not fully capture historical continuity or cultural dimensions. The study of ancient forests is therefore highly relevant in the context of biodiversity and climate policy, as well as for the implementation of the EU Nature Restoration Regulation (2024) and the EU Forest Strategy (2030). Although total forest cover in Latvia is increasing, it is likely that the area of ancient forests continues to decline due to intensive forestry, landscape fragmentation, and conceptual ambiguities.

The **aim** of this study is to scientifically validate the concept of ancient forests under Latvian ecological, historical, and legal conditions, and to develop a methodology for their identification and mapping. The **objectives** include historical map digitalisation, identification of indicators and types of Latvian ancient forests, cartographic analysis, field validation, the creation of an open-access spatial database, and the formulation of policy recommendations for the integration of ancient forests into national forest management and conservation planning.

Methodologically, the research combines historical map and archive analysis with remote sensing, spatial modelling, and field investigations. Following the conceptual framework of Rotherham (2021, 2023), ancient forests are interpreted as multidimensional systems that unite ecological succession, landscape continuity, and cultural heritage.

The **expected results** include the identification of ancient forest areas, development of a unified database and mapping methodology, and recommendations for policy integration. The study will provide a scientific foundation for recognising ancient forests as key landscape elements linking ecological sustainability, cultural heritage, and forest management.

The **current phase** of the project has resulted in a comprehensive methodological framework specifically adapted for Latvian conditions. Key outputs include a hierarchical indicator system, a unique ancient forest typology, and a national-scale map of potential ancient forests based on advanced GIS algorithms. At this stage, the scientific novelty of the work lies in the development of an innovative geospatial analysis method, which has enabled the preparation of a geospatial dataset to support the analysis of factors influencing the development of potential ancient forests. The next phases of the study will focus on field validation, using environmental DNA and structural assessments to calibrate the model and develop a prioritized database for ancient forest conservation planning in Latvia.

IEVADS

Pasaules bioloģiskā, ekoloģiskā un kultūrvēsturiskā mantojuma saglabāšanā nenovērtējama loma ir seno mežu (*ancient forest, ancient woodland*) ekosistēmām. Šie meži nav tikai bioloģiskās daudzveidības patvērums – tie ir arī kultūrainavas daļa, kas glabā ilgstošas cilvēka un dabas mijiedarbības pēdas. Senie meži palīdz mazināt klimata pārmaiņu ietekmi un uzturēt stabilas ekosistēmu funkcijas un dabas procesus (Luyssaert et al., 2008; Thompson et al., 2009), vienlaikus kalpojot kā būtiska materiālā un nemateriālā kultūras mantojuma krātuve (Rotherham, 2021). Tie satur informāciju par vēsturiskajām zemes izmantošanas formām, senajām ceļu un mājvietu struktūrām, kā arī par agrāko saimniecisko praksi, kas kopumā veido ainavas identitāti.

Seno mežu jautājums Eiropā īpaši saasinājies globālo pārmaiņu kontekstā. Šīs teritorijas apdraud ne tikai intensīva mežizstrāde un zemes transformācija, bet arī klimata pārmaiņu izraisītais sausums, biotisko traucējumu pieaugums un invazīvo sugu izplatība. Lai gan Eiropā, tostarp Latvijā, kopējā mežu platība pēdējās desmitgadēs ir palielinājusies, seno mežu īpatsvars turpina samazināties (Bergès et al., 2019).

Starptautiski ar jēdzienu ‘senais mežs’ apzīmē teritorijas, kurās mežs pastāvējis nepārtraukti kopš vismaz 18.–19. gadsimta, un kurās saglabājusies ilgstoša ekoloģiskā un kultūrvēsturiskā kontinuitāte (Peterken, 1996; Rotherham, 2013). Šis koncepts būtiski atšķiras no ‘dabisko mežu’ (*natural forests*) vai ‘ilgi-augošu mežu’ (*old-growth forests*) izpratnes, kam raksturīgi meži ar cilvēka ietekmes mazskartu struktūru, bet kuriem var nebūt kultūrvēsturiskās kontinuitātes. Senie meži vienlaikus ietver gan bioloģisko, gan kultūrvēsturisko, gan arī ainavisko dimensiju, tādējādi to izpēte prasa starpdisciplināru pieeju, apvienojot mežzinātnes, ekoloģijas, ainavu ģeogrāfijas un vēstures metodes.

Eiropas valstīs, kur šis koncepts jau ieviests (piemēram, Lielbritānijā, Francijā, Polijā un Vācijā), seno mežu kartēšana, izmantojot vēsturiskos plānus un kartes, kļuvusi par pamatu ilgtspējīgas mežu politikas un biokulturālā mantojuma saglabāšanai (Peterken, 2018; Bergès & Dupouey, 2021). Līdzīga pieeja nepieciešama arī Latvijā, kur līdz šim trūkst sistemātisku datu par seno mežu izvietojumu un platībām. Latvijas normatīvajos dokumentos šāds jēdziens nav definēts un seniem mežiem nav ierādīta vieta pastāvošās meža klasifikācijas sistēmās. Tas ir būtisks šķērslis gan meža politikas, gan dabas un kultūrvēsturiskā mantojuma aizsardzības plānošanā.

Pētījuma gaitā tiks veikta seno mežu koncepta piemērošana Latvijas apstākļiem, izstrādāta Latvijas seno mežu tipoloģija un seno mežu noteikšanas kritēriji, īstenota kartogrāfiskā un tālīzpētes analīze Latvijas mērogā, iekļaujot vēsturisko materiālu digitalizāciju (18.–19. gs., 20. gs. sākuma un 1940.–1950. un 1980.–1990. gadu kartes), un seno mežu pazīmju identificēšanu esošajos meža inventarizācijas datos. Seno mežu noteikšanas kritēriji un kartogrāfiskie dati tiks aprobēti 70 parauglaukumos modeļteritorijā Zemgalē ar intensīvu agrāru vēsturi, kultivētu ainavu un salīdzinoši nelielām, bet strukturāli bagātām mežu teritorijām (Fescenko & Wohlgemuth, 2017). Nobeigumā tiks izveidota brīvpieejas seno mežu datu bāze un doti priekšlikumi seno mežu integrēšanai pastāvošajās meža klasifikācijas sistēmās un tiesiskajos regulējumos.

Šāda integrēta pieeja – apvienojot vēsturiskos, ģeotelpiskos, ekoloģiskos un kultūrvēsturiskos datus – ļaus ne tikai rekonstruēt seno mežu izplatību un attīstības dinamiku, bet arī piedāvās zinātniski pamatotu metodoloģiju seno mežu kartēšanai un aizsardzībai. Tādējādi pētījums kalpo kā pamats gan nacionālā, gan Eiropas līmeņa politikas instrumentu pilnveidei, stiprinot saikni starp zinātni, vides pārvaldību un kultūras mantojuma saglabāšanu.

Līdzšinējā pētījuma gaitā ir izstrādāta daudzdimensionāla indikatoru sistēma un reģionāli diferencēta seno mežu tipoloģija, kas, izmantojot vēsturiskās kartogrāfijas un tālīzpētes datu

sinerģiju, ļāvusi noformēt nacionāla mēroga telpisko modeli potenciālo seno mežu areālu identificēšanai. Izstrādātais telpiskais modelis nodrošina iespēju veikt robustu veco karšu, aerofoto, fotoplanšetu datu apstrādi un potenciālo seno mežu faktoranalīzi, balstoties uz sagatavoto faktoru datu bāzi 1×1 km šūnu pārklājumā.

1. TEORĒTISKĀ DAĻA (Literatūras apskats)

1.1. Senā meža koncepts un ar to saistītie jēdzieni

1.1.1. Senā meža koncepta sākotnējā izpratne

Ar senajiem mežiem (*ancient forests, ancient woodlands, old-growth forests*) to sākotnējā izpratnē apzīmē meža platības, kurās augsne, mikroreljefs un ekoloģiskās struktūras ir saglabājušās nepārtraukti kopš noteikta vēsturiskā robeždatuma, ko parasti nosaka pēc senākajām pieejamajām meža kartēm vai plāniem (Peterken, 1996; Honnay et al., 1998; Hermy & Verheyen, 2007; Bergès & Dupouey, 2021). Šāda pieeja balstās uz meža senuma jēdzienu (*ancientness*) – ilglaicīgumu un ekoloģisko nepārtrauktību augšnes procesos, kas nosaka visas meža ekosistēmas bioloģisko daudzveidību un funkcionēšanu un tiek neatgriezeniski traucēti gadījumos, kad meža teritorija tiek uzarta vai izmantota lauksaimniecībā, pat ja vēlāk atkal apmežota. Kā papildu nosacījums senam mežam ir tā dabiskums (*naturalness*) – dabisko procesu un to veidoto ekoloģisko struktūru klātbūtne, kā arī noteikts no šādiem mežiem atkarīgu sugu – seno mežu indikatorsugu – kumulatīvs kopums (Peterken, 1974, 2018). Šo parametru nozīme un uzsvars dažādās valstīs ir atšķirīgs, un tie tiek interpretēti gan ekoloģiski, gan vēsturiski.

Seno mežu konceptu 1970-tajos gados ieviesa britu ekologi (Peterken, 1974; Rackham, 1980). Vēsturiskā robežlīnija, no kuras mežu uzskata par senu, katrā valstī atšķiras, atkarībā no vēsturiskās mežu kartēšanas vai īpašumtiesību dokumentācijas pieejamības: Anglijā, Velsā un Ziemeļīrijā mežu definē kā senu, ja tas nepārtraukti eksistējis kopš 1600. gada (Peterken, 1974), Skotijā – kopš 1750. gada (Spencer & Kirby, 1992), Ziemeļfrancijā – kopš 1830. gada (Bergès & Dupouey, 2021), Šveicē – kopš 1880. gada (Loran et al., 2016), Beļģijā – kopš 1770.–1800. gada (Hermy & Verheyen, 2007), Zviedrijā – kopš 1812.–1820. gada (Brunet, 1994), Polijā – kopš 1780. gada (Orczewska, 2009), bet Amerikas Savienotajās Valstīs – teritorijām pirms kolonizācijas (Bellemare et al., 2002).

Latvijā mežu definē kā senu, ja tas ir audzis netraucēti vismaz kopš 18. gs. beigām. Konkrētie gadskaitļi dažādās Latvijas vēsturiskajās zemēs nedaudz atšķiras, ko nosaka senākā pieejamā karte: Kurzemē un Zemgalē par atskaites punktu kalpo K. Neumana karte *Karte von Kurland* (ap 1790. g.), Vidzemē – *Atlas von Liefland* (1791.–1798. g.), bet Latgalē – *Планы Генерального Межевания* (1785. g.) (Kavacs, 1994; Fescenko et al., 2016). Mūsdienu mežsaimniecības kontekstā senā meža jēdziens tiek attiecināts arī uz teritorijām, kur mežaudze īslaicīgi bijusi nocirsta vai apsaimniekota, bet turpinājusi attīstīties, nepārveidojot augšni un notiekot dabiskai sēklu pašizsējai.

Ar seno mežu jēdzienu cieši saistīts arī jēdziens ‘meža kontinuitāte’ (*forest continuity*; Hermy et al., 1999) – meža seguma ilglaicība neatkarīgi no apsaimniekošanas intensitātes. Šeit būtiski nošķirt kontinuitāti no ‘meža vecuma’ jeb ‘brieduma’ (*forest maturity*), kas raksturo meža vecumstruktūru, nevis tā nepārtrauktību. Meža kontinuitātes ilgumu nosaka laiks, kas pagājis kopš pēdējās tā pārvēršanas no lauksaimniecības zemes par mežu (Hermy & Verheyen, 2007).

1.1.2. Senā meža koncepta būtība

Tomēr senā meža koncepts neaprobežojas tikai ar meža senuma un dabiskuma kritērijiem. Eiropas kultūrainavā, kur cilvēka darbība un dabas procesi savijušies vairāku tūkstošgadu garumā, senie meži ietver arī būtiskas kultūras mantojuma un ainavas vēstures liecības. Šāda pieeja ietver skatījumu uz mežu kā ekokulturālu sistēmu (*eco-cultural system*), kurā ekoloģiskā un kultūras kontinuitāte veido vienotu veselumu (Rotherham, 2021, 2022).

Šāds seno mežu koncepts atšķiras no klasiskās dabas aizsardzības paradigmas (*nature for itself*), kas uzsver neskartas dabas saglabāšanu un cilvēka ietekmes izslēgšanu (Mace, 2014). Tā vietā senie meži tiek aplūkoti kā cilvēka un dabas ilglaicīgas mijiedarbības teritorijas, kur cilvēka prakse un lietojums nav pretnostatīts dabiskiem procesiem, bet gan tos papildina. Šādā nozīmē senais mežs ir attiecību telpa – vieta, kur redzama un joprojām salasāma cilvēka darbības un dabas savstarpējā vēsture. Šāda senā meža koncepta paplašināšana, iekļaujot tajā kultūrvēsturisko dimensiju, aizsākās ar britu ekologa Olivera Rekhema (Oliver Rackham) pētījumiem 20. gs. beigās (Rackham, 1980, 2003), kuros senie meži tika aplūkoti kā cilvēka un dabas mijiedarbības rezultāts. Šo skatījumu tālāk attīstīja britu meža ekologs un vēsturnieks Ian D. Rotherham, piedāvājot jēdzienu “kultūrvēsturiskā kontinuitāte” kā papildinājumu ekoloģiskajai kontinuitātei. Rotherham (2013) uzsvēra, ka senie meži ir ne tikai bioloģiski, bet arī sociālekoģiski fenomeni – “dzīvas kultūrainavas”, kurās atspoguļojas ilgstoša cilvēka un dabas mijiedarbība.

Tādējādi “senais mežs” nav sinonīms “neskartam mežam”, kas raksturo ekosistēmas struktūras briedumu, bet drīzāk apzīmē vietas ar ilgstošu identitāti, kultūrvēsturi un ekoloģisko nepārtrauktību.

Šādu senā meža konceptu raksturo vairāki aspekti:

- 1) **Lietojuma un noturības dialektika.** Seno mežu koncepts piedāvā vispārinātu skatījumu uz parādību kopumu un atsevišķām tā daļām, kas “izdzīvojušas” par spīti cilvēka darbībai, īpaši zemkopībai, vienlaikus caur dažādām praksēm un esot pastāvīgā lietojumā. Tieši ‘lietojums’, šī vārda visplašākā nozīmē, ir neatņemama seno mežu iezīme. Vienlaikus jāatzīmē, ka seno mežu koncepts akceptē jēdzienus ‘pirmatnējais mežs’ un ‘dabiskums’ kā līdzās pastāvošus jēdzienus, kurus var aprakstīt un izmantot praktiskai lietošanai kā vektorus. No teiktā secinām, ka seno mežu konceptā sintezēti abi: fenomena **procesa un stāvokļa skatījumi**, vienlaikus ietverot dinamisku līdzsvaru starp tiem.
- 2) **Zemes virsmas formas un augsnes nozīme.** Konceptcija aktualizē zemes reljefu un augsni kā pamata struktūrelementus, kas nosaka bioloģisko daudzveidību un vēsturisko telpas identitāti. Jēdziens ‘zeme’, ‘zemes virsma’ koncepcijas skatījumā netiek pretstatīts kokiem, krūmiem (jeb vertikālajiem meža struktūru elementiem), bet drīzāk uzlūkots kā neiztrūkstošs elements, kam dažkārt paslīd garām uzmanība, fokusējoties tikai uz kokiem.
- 3) **Cilvēka-dabas attiecību dimensija.** Seno mežu koncepts pagriež bieži lietoto skatījumu par konfliktu starp dabu un cilvēku tā pretmetā – mežs tiek iezīmēts kā **attiecību telpa** (senie meži kā cilvēka-dabas attiecību teritorijas). Tas parādās seno mežu kartēšanas procesā, kur cilvēka darbības pēdas (*earthwork*) vai vietvārdi, kas izmantoti senā meža aprakstā, kalpo kā teritorijas identitātes aspekts.
- 4) **Vēsturisko avotu nozīme.** Seno mežu konceptā vadošu vietu ieņem vēsturiskie avoti, tātad noteikta laika reprezentācijas, kas materializē tekstā, plānā vai kartē priekšstatu par dabas, teritorijas un varas attiecībām ainavā. Līdz ar to var apgalvot, ka seno mežu koncepcija ietver arī kultūrvēsturisko skatījumu uz dabu jeb to, kā cilvēks pieredz mežu caur praksi, kas ir kultūras prakse.

Līdz ar to senā meža konceptam ir starpdisciplinārs satvars, kas savieno ekoloģiju, vēsturi, arheoloģiju, antropoloģiju un ainavu ģeogrāfiju. Šāds skatījums ir īpaši nozīmīgs Latvijas kontekstā, kur mežs gadsimtiem bijis gan saimnieciska, gan kultūras struktūras daļa, un kur daudzas mežu teritorijas glabā ne vien bioloģisko, bet arī kultūrvēsturisko slāņojumu, atklājot tās kā “dzīvas arhīva ainavas” – vietas, kur daba un kultūra veido nepārtrauktu dialogu. Vienlaikus, šāds skatījums ļauj pievērsties arī šķietami pašsaprotamo jēdzienu ‘daba’, ‘dabiskums’ un ‘dabas aizsardzība’ izvērstākam un daudzpusīgākam satvaram.

1.1.3. Dabiskuma definēšana

Iepriekš minētās iezīmes, kas raksturo paplašināto seno mežu konceptu, ir būtiskas arī runājot par meža dabiskuma izpratni. Pārejot no senā meža vēsturiskā un konceptuālā skatījuma uz tā ekoloģisko un procesuālo dimensiju, ir svarīgi aplūkot, kā dažādās pētniecības tradīcijās tiek definēts un mērīts dabiskums, kā arī to, kā šīs pieejas var tikt pielāgotas Latvijas apstākļiem. Dabiskuma jēdziens šajā kontekstā kalpo kā saites posms starp senuma un kontinuitātes aspektiem, atspoguļojot gan ekosistēmas attīstības vēsturi, gan tās pašreizējo stāvokli.

Pasaules praksē meža dabiskuma definēšanai tiek izmantotas vairākas metodoloģiskas pieejas, kas atšķiras gan pēc atsaucē sistēmas (piemēram, uz kādu hipotētisku sākotnējo stāvokli), gan pēc vērtēšanas principa – statiskas vai dinamiskas interpretācijas.

- A. Potenciālās dabiskās veģetācijas pieeja.** Viena no plašāk izmantotajām dabiskuma definēšanas metodēm ir potenciālās dabiskās veģetācijas (*potential natural vegetation*) definēšana – dotās vietas iespējamā, hipotētiski rekonstruētā dabiskā veģetācija (Tüxen, 1956). Šeit jāatzīmē, ka 20. gs. vidū potenciālās veģetācijas karte ir sastādīta arī Latvijas teritorijai (Sarma, 1960). Šīs metodes pamatā ir salīdzinājums starp esošo sugu sastāvu un vēlamo, teorētiski konstruēto stāvokli, kas atspoguļo potenciāli iespējamo dabisko meža struktūru konkrētajos vides apstākļos. Dabiskuma pakāpi šajā gadījumā nosaka pēc līdzības starp šiem diviem stāvokļiem, un to bieži iedala klasēs vai pakāpēs. Tomēr šai pieejai ir būtisks ierobežojums: potenciālā stāvokļa modelēšanai nepieciešamas references vērtības vairākiem ekoloģiskiem parametriem – piemēram, mirušās koksnes apjomam, sukcesijas stadiju mozaīkai, koku sugu proporcijām un raksturīgajām augsnes īpašībām. Daļai Eiropas mežu, īpaši reģionos, kur pirmatnējie meži sen izzuduši, šādu datu trūkst, kas apgrūtina dabiskuma novērtējumu. Turklāt šie parametri mainās laika gaitā, kas vēl vairāk sarežģī hipotētisko modeļu pielietošanu.
- B. Pašreizējā stāvokļa pieeja.** Otrā – bieži izmantota, bet ierobežota pieeja ir dabiskuma definēšana, balstoties uz pašreizējo stāvokli. Šajā gadījumā tiek novērtēta meža struktūra, koku sugu sastāvs un ekoloģiskie indikatori, neņemot vērā vēsturiskos procesus, kas šo stāvokli ir noteikuši (Westphal, 2001). Šāds skatījums var būt noderīgs ātrai meža raksturošanai, taču tas ignorē dinamiku – laika gaitā notikušās pārmaiņas, kas bieži ir izšķirošas, lai izprastu konkrētās vietas ekoloģisko attīstību. Rezultātā dabisks koku sugu sastāvs var būt gan cilvēka darbības sekas (piemēram, intensīvas retināšanas vai augsnes sagatavošanas), gan dabiskas sukcesijas rezultāts. Bez vēsturiskās dimensijas šīs atšķirības nav iespējams korekti interpretēt, tāpēc rodas risks pārprast dabiskuma būtību.
- C. Procesuālā pieeja.** Trešā un aizvien plašāk akceptētā ir procesuālā pieeja (Nicholson & Dupré, 2018), kas dabiskumu definē kā dinamisku, ar laiku saistītu mēru, kurš atkarīgs no dabas procesu ilguma un intensitātes. Šajā skatījumā dabiskums nav statisks stāvoklis, bet nepārtraukti attīstošs process, kura rezultātā mainās sugu sastāvs, struktūra un ekosistēmas funkcijas. Dabiskuma pakāpe šeit tiek interpretēta kā uzkrājums laika gaitā – jo ilgāk mežā norit netraucēti procesi, jo vairāk ‘dabiskuma’ tajā var konstatēt. Šo procesu nevar mākslīgi pārtraukt vai atdarināt, jo tas saistīts ar ilgstošu ekoloģisko kontinuitāti. Sugas un struktūras šajā skatījumā tiek uzlūktas kā pagaidu rezultāti – mirkli dinamiskas plūsmā, nevis galamērķi. Atšķirībā no iepriekš aprakstītajām metodēm, šajā pieejā dabiskuma novērtējuma galarezultāts nav vienots kvantitatīvs rādītājs vai klasifikācijas līmenis, bet gan kritēriju kopums, kas aprakstīts atsevišķi un kartogrāfiski kombinēts atbilstoši konkrētām vajadzībām (Grabherr et al., 1996; Westphal, 2001). Šī pieeja nodrošina plašāku

analītisko elastību un precīzāku kontekstuālu informāciju, kas nepieciešama dinamiskai mežsaimniecības un dabas aizsardzības plānošanai.

Latvijas seno mežu dabiskuma novērtēšanā būtu lietderīgi izmantot šādu – uz procesiem orientētu dabiskuma definīciju, kas ļautu savienot ekoloģisko, vēsturisko un kultūras dimensiju un nodrošinātu līdzsvaru starp bioloģiskās daudzveidības, ainavas un kultūras mantojuma izpēti. Šāda integrācija nodrošinātu teorētisku pamatu tālākai senā meža koncepta piemērošanai Latvijas teritorijas mērogā.

1.2. Seno mežu vēsturiskā attīstība un situācija Latvijā

Lai aprobētu seno mežu konceptu Latvijas situācijai, vispirms nepieciešams aplūkot mežu vēsturisko attīstību Latvijas teritorijā, kas ietver paleoveģetācijas, zemes izmantošanas vēstures un saimnieciskās attīstības mijiedarbību.

1.2.1. Mežu paleogeogrāfiskā un vēsturiskā attīstība Latvijas teritorijā

Pēc pēdējā apledošanas atkāpšanās Latvijas teritorija pakāpeniski apauga ar mežu, un apmēram pirms 9000 gadiem p.m.ē. mežs klāja līdz pat 90% no kopējās platības (Eihe, 1937; Kalniņa et al., 2011; Veski et al., 2015). Sākotnēji mežos dominēja bērzi *Betula*, vēlāk priedes *Pinus*. Klimatam kļūstot siltākam un mitrākam, holocēna klimatiskā optimuma apstākļos priedēm un bērziem pievienojās siltumu mīlošās lapu koku sugas – liepas *Tilia*, ozoli *Quercus*, oši *Fraxinus*, vīksnas *Ulmus*, skābarži *Carpinus*. Apmēram ap 5600 gadu p.m.ē. (vidējā neolītā) parādās pirmās liecības par pastāvīgi dzīvojoša cilvēka – mednieka un zvejnieka – saimniecisko darbību, tostarp lokālu meža izciršanu, uguns izmantošanu un apmetņu veidošanos (Zunde, 1999; Kalniņa et al., 2011; Vasks, 2015). Meža klājums turpmākos gadu tūkstošos nedaudz svārstās, ietekmējoties gan no klimata svārstībām, gan cilvēka darbības intensitātes.

Ap 2200–1700 gadu p.m.ē. sākas sistemātiska zemes izmantošana (līdumu zemniecība) un parādās agrīnas lauksaimniecības pazīmes – nogulumos atrasti graudaugu (*Cerealia*) un nezāļu (*Plantago lanceolata*) ziedputekšņi, kā arī degšanas produkti (Eihe, 1937; Stivrins et al., 2020). Vēlā bronzas laikmeta laikmetā (1100–500 g. p.m.ē.) šīs pazīmes kļūst izteiktākas, un meži tiek pakāpeniski pārveidoti par mozaīkveida ainavu, kur atklātās teritorijas un mežainās zonas mijas atkarībā no saimnieciskās darbības veida (Eschment et al., 1994; Vasks, 2012). Dzelzs laikmetā un viduslaikos šī mozaīkveida struktūra nostiprinās, veidojot pastāvīgus apdzīvotus centrus un lauksaimniecības teritorijas, kuru robežās meži tiek pakāpeniski fragmentēti, vienlaikus saglabājoties kā nozīmīga resursu un simboliska telpa cilvēka ikdienā (Bueschel, 1997; Piličiauskas, 2021). Tomēr vēl līdz pat 17. gs. beigām mežu segums ir saglabājies salīdzinoši augsts – pēc Kaplan et al. (2009) datiem – vidēji 65% no Latvijas teritorijas. Viennozīmīgu datu par šo laika posmu nav, taču kopējā tendence rāda pakāpenisku mežu platību samazināšanos līdz 20. gs. sākumam (Eschment et al., 1994; Zunde, 1999; Penēze, 2009).

Cilvēka veidotās struktūras, tostarp seno muižu parki, ceļu tīkli, ganības un apdzīvotās vietas, būtiski ietekmē meža mozaīkveida raksturu un vēsturisko robežu saglabāšanos līdz pat mūsdienām. Daudzas seno mežu teritorijas iezīmējas vietās, kur mežainums saglabājies nepārtraukti kopš pirmsindustriālā laikmeta, nereti robežojoties ar senām zemnieku saimniecībām un bijušajām muižām (Penēze, 2009).

Pirmā pasaules kara (1914–1918) un Latvijas brīvības cīņu (1918–1920) postījumi un pēckara ekonomiskās grūtības veicināja koksnes masveida izmantošanu un eksportu, būtiski samazinot mežu platības (Penēze, 2009). Šo tendenci pastiprināja zemes reforma (1920), kuras rezultātā lielās muižu meža teritorijas tika sadalītas sīkzemnieku saimniecībās, un ievērojamas

platības tika pārveidotas par aramzemi un ganībām. Visu šo procesu rezultātā meža segums 1923. gadā sasniedza vēsturiski zemāko līmeni – 23% (Mežsaimniecības statistika, 1925). 1920- to gadu beigās tika uzsākti mērķtiecīgi apmežošanas pasākumi, un mežu inventarizācijas dati uzrāda mežu platību pakāpenisku pieaugumu līdz 27% 1940. gadā (Latvijas valsts meži, 2004). Pētījumā par koku sugu sastāva izmaiņām laika posmā no 1940.–2010. gadam konstatēts, ka 20. gs. vidū Latvijas valsts mežos notikusi būtiska sugu struktūras maiņa: egles un bērza īpatsvara pieaugums uz lapu koku un ozolu rēķina, kas liecina par cilvēka vadītu, nevis dabisku sukcesiju (Tērauds et al., 2011). Šajā sakarā jāatzīmē, ka arī antropogēni ietekmētos mežos, ja tajos tiek saglabāta augsnes un mikrobioloģiskā struktūra un tiek ievēroti dabiskās sukcesijas procesi, var daļēji atjaunoties seno mežu pazīmes (piemēram, daudzslāņaina audžu struktūru, mirušās koksnes uzkrājums, dabisko mežu indikators sugas; Daugaviete, 2017). Pēc 1990. gada mežu platība Latvijā pieauga, pateicoties marginālo lauksaimniecības zemju pamestībai un dabiskās apmežošanas procesam (Penēze, 2009).

Šobrīd meži klāj vairāk nekā 55% Latvijas teritorijas (Valsts meža dienests, 2025). Tomēr neskatoties uz vispārējā mežainuma pieaugumu pētījums Zemgales reģionā rāda, ka tikai apmēram 1% no auglīgajām augsnēm ir klātas ar mežu, kurš saglabājies nepārtraukti vairāk nekā 220 gadu (Fescenko et al., 2014), tādējādi uzsverot senā meža un ainavas vēsturiskās kontinuitātes retumu un nozīmi.

1. tabula. *Mežainuma izmaiņas Latvijas teritorijā paleoģeogrāfiskā un vēsturiskā skatījumā*

Laika posms	Mežu īpatsvars	Galvenie procesi un notikumi	Avoti
~9000 g. BP (agrīnais holocēns)	~90%*	Pēcleduslaikmeta mežu maksimums; vēlāk siltāks klimats, lapu koku ienākšana	Eihe, 1937; Kalniņa et al., 2011; Veski et al., 2015; Daugaviete, 2019
~6000–2000 g. p.m.ē. (vēlais neolīts līdz dzelzs laikmets)	80–90%*	Agrīna cilvēka darbība, lokāla atmežošana; purvu paplašināšanās mitrākos klimata apstākļos	Zunde, 1999; Vasks, 2015; Daugaviete, 2019
2200–1700 g. p.m.ē.	80%*	Lauksaimniecības sākums, izdedzināšanas prakse	Eihe, 1937; Zunde, 1999; Vasks, 2015; Stivrins et al., 2020
1300–1000 g. p.m.ē.	80%* 75%**	Intensīva līdumu zemniecība, mozaīkveida ainavas veidošanās	Vasks et al., 1999, 2015; Stivrins et al., 2015, 2020; Lukševics
400 g. m.ē.–1200 g. m.ē.	~70%**	Pastāvīga zemkopība, muižu veidošanās	Stivrins et al., 2015, 2020; Daugaviete, 2019; Lukševics
17. gadsimta beigas	60–65%* (55%)**	Meža segums joprojām salīdzinoši liels, tomēr sākas intensīva mežu izciršana lauksaimniecības paplašināšanās un būvniecības dēļ	Zunde, 1999; Kaplan et al., 2009; Stivrins et al., 2015, 2020; Daugaviete, 2019
18. gs.	40– 50%***	Intensīva mežu izmantošana kokmateriāliem (kuģu būvei, eksportam), kara postījumi (krievu-zviedru karš, 1700–1721) ietekmē meža segumu	Zunde, 1999; Stivrins et al., 2015, 2020; Daugaviete, Zviedris, Vasiļevskis
1923. g.	23%***	Minimālais mežainums; lielas lauksaimniecības platības, industriāla meža izmantošana un izciršana; urbanizācija	Mežsaimniecības statistika, 1925; Penēze, 2009
1940. g.	28%***	Valsts mežu inventarizācija, apmežošana	Daugaviete, 2019
2000. g.	49%***	Marginālo zemju apaugšana, dabiskā sukcesija	Valsts meža dienests, 2000

Laika posms	Mežu īpatsvars	Galvenie procesi un notikumi	Avoti
2025. g.	55%***	Pamestu lauksaimniecības zemju aizaugšana; mērķtiecīga mežu apsaimniekošanas prakse; aizsargājamo teritoriju paplašināšana	Valsts meža dienests, 2025
*	paleoekoloģiskā rekonstrukcija;		
**	vēsturiski-arheoloģiskā rekonstrukcija un ekstrapolācija;		
***	kartogrāfisko un arhīvu materiālu dati.		

1.2.2. Senais mežs – terminoloģija un aktualitāte Latvijai

Mežu paleoģeogrāfiskā un vēsturiskā attīstība norāda uz to, ka līdzīgi kā Eiropā (Kirby & Watkins, 2015), pilnīgi neskarti, cilvēka nekad neizmantoji meži mūsdienā Latvijas teritorijā praktiski nepastāv. Līdz ar to termins ‘senais mežs’ jeb ‘senmežs’ (*ancient forest*) Latvijas situācijā būtu vairāk piemērots nekā ‘primārais mežs’ (*primary forest*) vai ‘ilgi-augošs mežs’ (*old-growth forest*). Tomēr tas varētu būt atkarīgs no konkrētās vietas un reģiona, jo paleoģeogrāfiskie dati liecina, ka mežs kā ekosistēma Latvijas ainavā eksistējis nepārtraukti kopš holocēna, bet cilvēka ietekmes intensitāte ievērojami pieaugusi tikai pēdējo 3–4 tūkstošu gadu laikā. Līdz ar to iespējams, ka noteiktos mežainos Latvijas reģionos, jo īpaši grūti pieejamās vietās (piemēram, ezeru un purvu salās), vēl joprojām saglabājušies primāro mežu fragmenti.

Mežu attīstības gaita apliecina arī to, ka Latvijas senie meži nav vienkārši veci meži, bet gan ilgstošas ekoloģiskās un kultūrvēsturiskās nepārtrauktības rezultāts. ka tiem vistiešākā mērā ir piemērojams seno mežu koncepts. Šo mežu mežaudzes un augsnes struktūrā, mikrolieljefā, kā arī sugu sastāvā atspoguļojas paleoklimatiskie, antropogēnie un sukcesionālie procesi, kas kopā veido pamatu seno mežu definēšanai Latvijas ainavā.

Latvijas seniem mežiem vistiešākā mērā piemīt senā meža konceptu raksturojošie aspekti: lietojuma un noturības dinamika, zemes virsma un augsne kā pamata struktūrelementi, kas nosaka vēsturisko identitāti, un mežs kā cilvēka-dabas attiecību telpa. Šo mežu izpēti tiek balstīta vēsturiskās kartēs un dokumentos. Latvijas gadījumā senie meži tiek definēti kā teritorijas, kur meža ekosistēma pastāvējusi nepārtraukti vismaz kopš 18.–19. gadsimta (t.i., senākās pieejamās kartes, kurā skaidri attēloti meži un to robežas) un kur nav notikusi būtiska zemes lietojuma maiņa vai augsnes traucējumi (Fescenko et al., 2016).

Lai gan kopējā mežu platība Latvijā, līdzīgi kā daudzviet Eiropā, pēdējās desmitgadēs ir pieaugusi, par seno mežu platību izmaiņām pagaidām trūkst detalizētu pētījumu. Tomēr, ņemot vērā Eiropas mēroga tendences, iespējams, ka arī Latvijā šādi meži samazinās, galvenokārt intensīvas mežsaimniecības, ainavas fragmentācijas un nepietiekamas izpratnes par seno mežu kultūrvēsturisko un ekoloģisko nozīmi dēļ. Senie meži, kas nereti vizuāli neatšķiras no citiem mežiem, sabiedrībā un pat profesionāļu vidū bieži tiek jaukti ar tādiem jēdzieniem kā *dabiskais mežs*, *vecs mežs*, *ilgi-augošs mežs*, *dabiskais biotops* vai *ES nozīmes biotops*. Šāda terminoloģiskā neskaidrība apgrūtina vienotas izpratnes un tiesiskā regulējuma veidošanu.

Būtiski, ka atšķirībā no vairākuma Eiropas valstu (piemēram, Lielbritānijas, Francijas, Polijas, Vācijas, Beļģijas, Zviedrijas), Latvijā joprojām trūkst datu par seno mežu platībām, telpisko izvietojumu, tipiem, struktūru, sugām un stāvokli. Seno mežu izpēti Latvijā ir aktuāla vairākos aspektos. Pirmkārt, tā dod iespēju pētīt ilglaicīgus ekoloģiskos procesus un sugu populāciju noturību ainavā, kalpojot kā *references ekosistēmas* ekoloģisko procesu izpratnei. Otrkārt, šīs teritorijas glabā būtiskas liecības par cilvēka un dabas mijiedarbību, kas ir nozīmīga Latvijas ainaviskās identitātes sastāvdaļa. Treškārt, seno mežu identificēšana ir nozīmīga dabas

aizsardzības plānošanai un ilgtspējīgas mežsaimniecības politikas veidošanai, nodrošinot saskaņu ar Eiropas Savienības bioloģiskās daudzveidības un meža stratēģijām.

Līdz ar to seno mežu izpēte un to iekļaušana Latvijas likumdošanā un politikā būtu uzskatāma par prioritāru gan dabas aizsardzības, gan kultūras mantojuma saglabāšanas jomā. Latvijā tas nozīmētu īpaša statusa piešķiršanu šiem mežiem, līdzīgi kā tas jau ir veikts virknē Eiropas valstu, kur seno mežu platības ir apzinātas, identificētas un tām dabas aizsardzības sistēmā piešķirts aizsardzības statuss.

1.2.3. Senie meži un esošās aizsargājamās platības Latvijā

Latvijas dabas aizsardzības sistēmā līdz šim brīdim izveidotās un/vai apzinātās mežu aizsardzības kategorijas – ES nozīmes biotopi, *Natura 2000* teritorijas, mikroliegumi, īpaši aizsargājamās dabas teritorijas, dabiskie meža biotopi, bioloģiski augstvērtīgie meži u.c. – pamatā balstās ekoloģiskos un sugu sastāva kritērijos. Tajās netiek ņemta vērā meža un zemes lietojuma vēsturiskā nepārtrauktība. Taču tieši šī dimensija, kas ietver gan ekoloģisko, gan kultūrvēsturisko kontinuitāti, ir tā, kas definē seno mežu un atšķir to no citām aizsargājamām teritorijām (Peterken, 1996; Hermy & Verheyen, 2007; Bergès & Dupouey, 2021). Lai gan *Natura 2000* teritorijās (ap 11% no Latvijas kopplatības) ietilpst arī meži, tomēr nereti tie ir samērā jauni meži ar relatīvi īsu ekoloģisko pagātni un ierobežotu sugu daudzveidību, ko veicinājusi intensīva cilvēka ietekme un zemes izmantošanas izmaiņas.

Lai gan seno mežu jēdziens nav iekļauts Latvijas oficiālajā dabas aizsardzības terminoloģijā, vairāki elementi, kas raksturo šos mežus, varētu būt atspoguļoti jau pastāvošajās aizsardzības un plānošanas struktūrās. Tā piemēram, atsevišķas seno mežu teritorijas varētu ietilpt gan *Natura 2000* tīklā, gan ES biotopu vai mikroliegumu sistēmās, gan arī dabas liegumu zonās, taču lai to noteiktu, ir nepieciešams veikt seno mežu kartēšanu un izvērtēšanu. Tomēr šāda aizsardzība varētu būt fragmentāra un netieša.

Būtiskākās atšķirības senajam mežam no esošajām aizsargājamām un/vai apzinātām teritorijām Latvijā:

- **Kultūrvēsturiskā kontinuitāte.** Senais mežs nav tikai vecs vai dabisks mežs, bet ilgstoši pastāvoša ainavas sistēma, kur augsnes, biotopa un cilvēka darbības struktūras saglabājušās nepārtraukti vismaz kopš 18. gs. beigām. Šajos mežos dabiskie procesi un vēsturiskie zemes izmantošanas raksti savijas kopīgā telpiskā un funkcionālā veselumā. Seno mežu iezīme ir arī seni cilvēka darbības artefakti un cilvēka klātbūtnes pēdas – bijušo ceļu, robežzīmju, aleju, kulta koku, seno apmetņu, kara ierakumu, kapu, muižu atliekas, tradicionālās meža apsaimniekošanas pazīmes –, kas glabā unikālas liecības par vēsturisku līdzsvaru starp meža un cilvēka aktivitātēm, radot īpašu biokulturālo daudzveidību (*biocultural diversity*; Bürgi et al., 2020), kas viena otrai netraucē, bet gluži otrādi – papildina. Šādi apgabali ir būtiski gan no dabas aizsardzības, gan no vēsturiskās identitātes viedokļa.
- **Sukcesijas īpatnības.** Senajam mežam raksturīgi savdabīgi sukcesionālie procesi, kas nosaka šo meža struktūru, sugu sastāvu un augsnes īpašību pārmaiņas laikā. Seno mežu gadījumā šī attīstība norit bez fundamentālas augsnes traucēšanas vai pārveides, ļaujot uzkrāties specifiskiem mikrobioloģiskiem un mikromorfoloģiskiem elementiem, kas nosaka ekosistēmas ‘ekoloģisko atmiņu’ (*‘ecological memory’*; Sun et al., 2013). Šī ekoloģiskā atmiņa atspoguļojas sugu sastāvā, nodrošinot augstu ekoloģiskās noturības potenciālu pret antropogēniem traucējumiem. Turklāt sukcesijas procesi senos mežos nereti ir paātrināti vai modificēti cilvēka ilglaicīgās klātbūtnes dēļ, piemēram, zāģēšanas, ganīšanas vai sēņu un zāļu vākšanas rezultātā. Tādējādi senais mežs nav pretstatā cilvēka

darbībai, bet drīzāk ir tās ekoloģiski pielāgota forma – līdzsvars starp dabu un kultūras praksi. Šis skatījums ir būtisks dabas aizsardzības un ilgtspējīgas mežsaimniecības kontekstā, jo ļauj pārdomāt, kā ‘dabiskumu’ iespējams interpretēt kultūrvēsturiskā ainavā.

- **Seno mežu indikatorsugas.** Senos mežus raksturo arī seno mežu indikatorsugu kumulatīva klātbūtne, kas ietver ap 50–120 ģenētiski vaskulāro augu, briofītu, ķērpju un sēņu sugu, kurām ir ierobežota izplatīšanās spēja un kas sastopamas ilgstoši nepārtraukta meža teritorijās ar stabili mikrovidi un augsnes biotu (Hermy et al., 1999). Šeit būtiski nošķirt seno mežu indikatorsugas (*ancient forest indicator species*) no dabisko meža biotopu indikatorsugām (*woodland key habitat indicator species*). Pēdējās vairāk raksturo biotopa kvalitāti – piemēram, trūdošas koksnes daudzumu, mitruma režīmu vai substrāta struktūru –, taču tās neatspoguļo meža vēsturisko kontinuitāti. Šādas sugas var parādīties arī jaunākos, cilvēka veidotos mežos, ja izveidojas labvēlīgi mikrobiotopi. Pretstatā tam seno mežu indikatorsugas ir ilglaicīgu procesu un ekoloģiskās “atmiņas” nesējas, kuru klātbūtne iespējama tikai tad, ja meža vide gadsimtiem nav tikusi pilnībā pārveidota (Dupouey et al., 2002; Wulf & Kolb, 2014). Seno mežu indikatorsugas, atšķirībā no dabisko mežu indikatorsugām, ne vienmēr ir retas, piemēram, baltais vizbulis *Anemone nemorosa*, dzeltenā zeltņātrīte *Galeobdolon luteum* u.c. (Hermy, 1994; Brunet & von Oheimb, 1998; Bossuyt & Hermy, 2000). Šo indikatorsugu skaits var variēt atkarībā no reģiona un seno mežu tipa, un šī variācija atspoguļo meža specifiku. Eiropā katra valsts ir izveidojusi savu seno mežu indikatorsugu sarakstu, pamatojoties uz ilgtermiņa pētījumiem par teritorijas unikālo mežu vēsturi un sugu sastāvu. Tā piemēram, Vācijā šajā sarakstā ietilpst ap 60 augu sugu (Wulf, 1997), Polijā ap 130 sugu (Pawlikowski et al., 2013). Šīs sugas tiek uzskatītas par ilgstošas meža kontinuitātes bioindikatoriem (Wulf, 1997; Pawlikowski et al., 2013; Bergès & Dupouey, 2021). Latvijā seno mežu indikatorsugu saraksts vēl nav izveidots.

Visu šo un vēl citu īpatnību dēļ senie meži veido unikālu aizsardzības kategoriju, kas prasa atšķirīgu pieeju to apzināšanā un aizsardzībā.

1.3. Seno mežu novērtēšanas teorētiskie pamati

Lai sāktu seno mežu identifikāciju un vērtēšanu, nepieciešams balstīties skaidri definētā teorētiskā ietvarā, kur būtiska loma ir seno mežu kritērijiem (vispārējs vērtēšanas princips, kuram jāatbilst, lai teritoriju varētu klasificēt kā senu mežu) un indikatoriem (konkrēts novērojams vai izmērāms elements, kas palīdz noteikt, vai kritērijs ir izpildīts). Nākamā sadaļa izklāsta konceptuālās pieejas un principus, kas atbalsta indikatoru izvēli un interpretāciju seno mežu vērtēšanā.

1.3.1. Kritēriju un indikatoru metodiskā ietvara teorētiskais pamatojums

Eiropas valstīs, kur seno mežu koncepcija tiek praktiski izmantota jau vairākas desmitgades, seno mežu kritēriji un indikatori ir kļuvuši par centrālo metodisko ietvaru. Tie ļauj uzticami rekonstruēt meža ekoloģisko un kultūrvēsturisko kontinuitāti arī gadījumos, kad vēsturiskie dati ir nepilnīgi vai telpiski neviendabīgi. Indikatori un ar tiem saistītie kritēriji tiek interpretēti kā daudzdimensionāli pierādījumu ķēdes elementi – katrs no tiem sniedz atsevišķu norādi uz ekosistēmas ilglaicību, bet to kopums nodrošina zinātniski pamatotu un reproducējamu seno mežu novērtējumu. Šāda pieeja balstās uz izpratni, ka seno mežu kontinuitāte ir komplekss fenomens, kuru nosaka biotiskie procesi, ainavas struktūra, ģeotelpiskā noturība un cilvēka darbības ilgtermiņa ietekme.

Eiropā pastāv vairākas metodoloģiskas tradīcijas, kurām ir kopīgs princips – indikatori tiek izmantoti saskaņā ar skaidri formulētiem kritērijiem, kas ļauj izvērtēt to informatīvo nozīmi. Lielbritānijā seno mežu identificēšana galvenokārt balstās uz biotisko indikatoru un raksturīgo sugu kopienu klātbūtni, kas definēti pēc to ekoloģiskās specializācijas un zemas kolonizācijas spējas (Rackham, 2003; Peterken, 2013). Francijā un Vācijā priekšroka tiek dota daudzdimensionālām sistēmām, kur kritēriji ietver botānisko, pedoloģisko (augšnes) un arheoloģisko rādītāju kombinācijas ilgstošas meža nepārtrauktības novērtēšanai (Dupouey et al., 2002; Hermy & Verheyen, 2007). Savukārt Ziemeļeiropas valstīs – īpaši Zviedrijā un Somijā –, kur vēsturisko karšu pieejamība bieži sākas vien 17.–18. gadsimtā, indikatori un to kritēriji tiek integrēti ar meža struktūras analīzi, tālīzpēti un kultūrainavas elementu interpretāciju (Östlund et al., 1997; Josefsson et al., 2009).

Daudzās valstīs indikatoriem tiek piešķirti arī svara koeficienti (*importance values*), kas kalpo kā klasifikācijas kritēriji seno mežu noteikšanai un palīdz strukturizēt visu indikatoru kopumu vienotā novērtēšanas sistēmā.

Šo pieeju salīdzinājums rāda, ka indikatori un to kritēriji darbojas kā starpdisciplināra saikne starp ekoloģiskajiem procesiem, vēsturisko zemes izmantojumu un telpisko informāciju. Tādējādi tiek nodrošināta iespēja konsekventi identificēt senos mežus dažādos Eiropas reģionos, kompensējot viena datu avota trūkumus ar citu liecībām un nodrošinot augstu novērtējuma uzticamību.

Latvijas kontekstā seno mežu kritēriju un indikatoru izmantošanu nosaka gan dabiski, gan vēsturiski, kā arī datu pieejamības faktori, kas ievērojami atšķiras no Rietumeiropas valstīm. Šo kritēriju un indikatoru izvērtējums, hierarhija un reģionālā validācija dota 3.2.1. sadaļā.

2. PĒTĪJUMA METODIKA

Pētījuma metodika ietver četrus secīgus posmus: (1) vēsturiskā kartogrāfiskā materiāla digitalizācija un datu apstrāde; (2) seno mežu kartēšanas metodikas izstrāde; (3) rezultātu aprobācija un datu bāzes izveide; (4) seno mežu telpiskais novērtējums un analīze. Katrs posms veidots ar mērķi nodrošināt pēctecīgu pāreju no teorētiskās izpratnes uz praktisku pielietojumu, ļaujot integrēt seno mežu jēdzienu Latvijas mežsaimniecībā un dabas aizsardzībā.

2.1. Seno mežu identificēšanas un kartogrāfiskās analīzes materiāli un metodes

Seno mežu identificēšanas kritēriji un indikatori tiek atlasīti, balstoties uz Eiropā izstrādātām pieejām un pētījumiem, tos pielāgojot Latvijas dabas apstākļiem, zemes izmantošanas vēsturei un kartogrāfisko avotu pieejamībai. Kā primārā pieeja pētījumā tiek izmantota **ģeotelpisko indikatoru grupa un kartogrāfiskā analīze**, kas ļauj attāli iegūt informāciju par meža kontinuitāti plašās teritorijās un dažādos laika periodos.

Nemot vērā, ka Latvijā meža inventarizācijas dati, kas apkopoti Valsts meža reģistrā (VMR), aptver aptuveni 97% no reģistrētās meža zemes, tie tiek uzskatīti par nozīmīgu un perspektīvu datu avotu telpiski detalizētas informācijas iegūšanai par potenciāli augstas dabas vērtības mežu izplatību (Lūkins et al., 2013). Šie dati tiek kombinēti ar vēsturiskajiem kartogrāfiskajiem materiāliem, lai analizētu meža seguma nepārtrauktību ilgākā laika posmā.

2.1.1. Kartogrāfiskie un tālīzpētes dati

Vēsturiskās kartes. Vēsturiskā meža seguma iegūšanai tiek izmantotas sekojošas 18.–20. gs. vēsturiskās kartes: Latgales ģenerālās mērīšanas karte, Rikera un Neumaņa karte (1790); 1880–1910 topogrāfiskās kartes, vienverstu un divverstu kartes; 1920–1945 atkārtoti izdotās topogrāfiskās kartes; kadastra kartes; aeroainas (1937–1939; 1942–1944; 1960–1989) un fotoplanšetes (skat. 2. tabulu *Pētījumā izmantotā vēsturiskā kartogrāfiskā materiāla raksturojums*), kā arī mūsdienu meža inventarizācijas (2025) un tālīzpētes dati. Papildus kartogrāfiskiem datiem tiek izmantoti arī dati par Latvijas teritorijas mežainumu laika gaitā, aizsargājamām teritorijām, biotopiem, augsnēm, nogulumiem, reljefu. **Satelītu attēli** ir pamatā jaunākā perioda meža mozaīkas aprēķiniem, kas veidoti uz CORINE Land Cover bāzes.

Papildus tiek izmantoti arī mūsdienu zemes virsmas **aerolāzerskenēšanas (LiDAR) dati**, kas nodrošina augstas izšķirtspējas informāciju par zemes virsmas reljefu un veģetācijas telpisko struktūru. LiDAR dati izmantoti reljefa mikroformu, zemes virsmas raupjuma un mūsdienu meža struktūras rādītāju aprēķinam, kā arī seno mežu potenciālo pazīmju identificēšanai teritorijās ar neskaidru kartogrāfisko vēsturi.

2.1.2. Datu apstrāde un telpiskā sagatavošana

Vēsturiskās kartes tiek skenētas, ģeoreferencētas un digitalizētas vienotā koordinātu sistēmā, izmantojot GIS programmatūru. Nemot vērā kartogrāfisko avotu atšķirīgo tematisko detalizāciju un mērogu, katram datu slānim tiek noteikta minimālā kartējamā objekta platība, un vienotās uzskaites vienības (kvadrāta) platība, kas tiek izmantota mežainuma īpatsvara aprēķināšanai. Netiek digitāli zīmētas atsevišķu meža masīvu robežas; tā vietā katrā uzskaites vienībā tiek fiksēts meža seguma klātbūtnes īpatsvars, tādējādi iegūstot salīdzināmu un vispārinātu telpisko informāciju par meža izplatību dažādos laika posmos. Izveidotais uzskaites vienību tīkls (matricu slāņu kopums) tiek aizpildīts ar mežainuma rādītājiem katrā hronoloģiskajā periodā un kalpo par pamatu turpmākai datu analīzei.

2.1.3. Hronoloģiskais ietvars un kartogrāfiskā analīze

Izvērtējot Latvijas teritorijā pieejamo vēsturisko kartogrāfisko avotu pārklājumu, tiek definēts hronoloģiskais ietvars. Tiek izdalīti četri vēsturiskie periodi, kas ļauj analizēt meža izplatību un struktūru dinamiku laikā (2.tabula).

Kartēšanas rezultāti tiek izmantoti, lai aprēķinātu meža platību procentuālo sadalījumu dažādos vēsturiskajos periodos, lai noteiktu mežainuma dinamiku un klasificētu teritorijas pēc meža seguma kontinuitātes. Balstoties uz mežainuma īpatsvaru četros laika posmos, tiek izdalīti ‘nepārtraukta mežainuma’ un ‘pārtraukta mežainuma’ attīstības kombināciju tipi, kas kalpo par pamatu potenciālo seno mežu teritoriju identificēšanai.

2. tabula *Pētījumā izmantotā vēsturiskā kartogrāfiskā materiāla raksturojums*

Hronoloģiskais ietvars	Novads vai īpatsvars no valsts teritorijas, ja pieejams nevienmērīgi	Nosaukums	Mērogs	Minimālā kartējamā platība, ha	Rezultāta veids
1790–1830	Latgale	Latgales ģenerālā mērīšana	ap 1:120 000	10	% no kvadrāta platības
	Kurzeme, Vidzeme	Rikera un Trīsvestru kartes	ap 1:150 000 un 1:126 000	5	% no kvadrāta platības
1880–1910	Visa Latvijas teritorija	Topogrāfiskās kartes	1:75 000	3	% no kvadrāta platības
	Vidzeme	Vienverstu	1:42 000	3	% no kvadrāta platības
	Latgale, Kurzeme	Divverstu	1:84 000	3	% no kvadrāta platības
1924–1927	Zemgale (Paņemūne, Ukru Gārša, Līvberze, Sesava) – apm. 10%	Meža inventarizācijas kartes	1:16 000	0.1	
1920–1945		Atkārtoti izdotās topogrāfiskās kartes	1:75 000	3	% no kvadrāta platības
	apm. 15%	Topogrāfiskās kartes	1:25 000	1	vektordati
	apm. 5%	Topogrāfiskās kartes	1:50 000	2	vektordati
	apm. 35%	Kadastra kartes	1:5000	1	vektordati
	apm. 10%	Airoainas (1937–1939)	1:30 000	3	vektordati
	30–60%	Airoainas (1942–1944)	1:30 000	3	vektordati
1960–1989	85–90%	Fotoplanšetes	1:30 000	3	vektordati
	apm. 30%	Airoainas	1:30 000	3	vektordati

2.1.4. Reģionālais atlases princips

Seno mežu kartēšana tiek uzsākta Zemgales reģionā, kam raksturīgi platlapju mežu masīvi un puduri. Kā liecina pieredze Lielbritānijā, šādos platlapju mežu reģionos seno mežu statuss ir vieglāk definējams, jo šeit galvenie kritēriji ir tieša saikne ar senu meža ainavu, vietējo kultūru un vēsturi, bioloģiskās daudzveidības vērtības, kas saistītas ar sugām, kas ir jutīgas pret straujām vides izmaiņām. Platlapju reģionos senos mežus vieglāk definēt arī tāpēc, ka robežas starp mežu un apkārt esošo lauksaimniecības zemi telpā un laikā ir skaidrāk noteiktas. Tikmēr skujkoku un jaukto koku masīvos seno mežu definēšana ir sarežģītāka, jo galvenais kritērijs ir ilgstoša biotopa nepārtrauktība, par ko liecina veci koki un to struktūras.

2.1.5. Teritoriju ar nepārtrauktu meža segumu noteikšana

Kartogrāfiskās analīzes gaitā tiek novērtētas meža seguma izmaiņas dažādos vēsturiskajos periodos un noteiktas teritorijas ar nepārtrauktu meža segumu – potenciāli senie meži. Seno mežu atrašanās vietu un to struktūras noteikšanā vēsturisko karšu un plānu analīze tiek kombinēta ar ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (GIS) un mūsdienu zemes virsmas (LiDAR) datiem. Tiek identificētas seno mežu pazīmes esošajos meža inventarizācijas datos. Šāda kompleksa pieeja ļauj sasaistīt seno mežu telpisko raksturu ar ekoloģisko struktūru un kultūrvēsturisko dimensiju, nodrošinot sistemātisku pamatu empīriskai analīzei un kartēšanai.

2.1.6. Konceptuālie un metodiskie ierobežojumi

Analīzes gaitā tiek ņemti vērā vairāki būtiski konceptuāli un tehniski aspekti:

Minimālā kartējamā vienība – pārāk mazu meža kontūru iekļaušana var palielināt identificēto kontūru skaitu, bet būtiski neietekmēt kopējo platību (Lielbritānijas piemērs); tāpēc pētījumā tiek noteikts minimālās kartējamās vienības (platības) sliekšnis, vienlaikus paturot prātā, ka arī sīkām meža kontūram var būt noteikta nozīme lokālu apstākļu gadījumā.

Meža plavas un ganības – ilgstoši ekstensīvi lietotas teritorijas var saglabāt senu mežu elementus koku stāvojumā, taču to zemsedze un struktūras atšķiras no tradicionālā meža (Cousins et al., 2003). Šādu teritoriju piemērotība seno mežu koncepcijai ir jāizvērtē atsevišķi.

Ilgstoši ar mežu klātas zemes – šeit aina var būt gluži pretēja: regulāra koku ciršana var mainīt ainavu, taču zemsedze un struktūras var saglabāt senu mežu raksturīgās īpašības.

Zemes izmantošanas intensitātes mainīgums – ilgstoši pastāvēt mainīgai zemes izmantošanas intensitātei, mūsdienu ainavā ir apgrūtināši novilkt robežas pat veicot lauku pētījumus. Tas attiecināms arī uz teritorijām, kur noticis straujš mežainuma pieaugums un tam secīgs sarukums.

Koku vecums – jaunie stādījumi sākotnēji var tikt uzlūkoti kā plantācijas, taču ar laiku, attīstoties zemsedzei un krūmu stāvam, vērtējums var mainīties lielāka dabiskuma virzienā.

Mērogs un reģionālas atšķirības – mērogam var būt reģionālas atšķirības, kas izriet no pastāvīgas meža klātbūtnes ainavā dažādos vēsturiskos periodos. Mežainos apvidos identifikācija var attiekties uz (senu) meža mozaīku, nevis atsevišķām platībām.

2.2. Seno mežu kartēšanas metodikas izstrāde un aprobācijas principi

Kartēšanas metodika ietver daudzpakāpju integrētu pieeju, kurā ģeotelpiskie indikatori tiek kombinēti un validēti ar lauka pētījumu datiem, lai nodrošinātu teritoriāli precīzu seno mežu areālu definēšanu un digitālu kartēšanu.

Metodika ietver:

- esošo metodoloģisko pieeju izvērtējumu un izvēlētais metodikas pamatojumu;

- vēsturiskā meža seguma kontinuitātes analīzi;
- mūsdienu meža mozaīkas un reljefa izvērtējumu 1×1 km šūnās, t.sk. LiDAR balstītus reljefa un veģetācijas strukturālos indikatorus;
- meža ainavas fragmentācijas un telpiskās struktūras aprēķinus;
- rezultātu validāciju ar lauku pētījumu datiem.

2.2.1. Aprobācijas teritoriju izvēle

Lai pārbaudītu izstrādātās seno mežu kartēšanas metodikas piemērotību un precizitāti reālos apstākļos, tā tiek aprobēta modeļteritorijā Zemgales reģionā 70 lauku parauglaukumos. Zemgale izvēlēta kā piemērota aprobācijas teritorija, jo tā apvieno:

- platlapju mežu klātbūtni,
- salīdzinoši zemu mežainuma īpatsvaru,
- izteiktu vēsturisko zemes lietojuma dinamiku,

kā ieteikts pētījumos Eiropā, e.g., Peterken, 2018). Bez tam Zemgales mežos ir veikts seno mežu indikatorsugu izvērtējums platlapju mežos (Fescenko et al., 2026). Kā norāda Lielbritānijas pētījumi, seno mežu definēšana visprecīzāk iespējama reģionos, kur mežu platības samazinājušās līdz 30% no kopējās ainavas platības (Peterken, 2018), jo šāds zemais mežainums palielina vēsturisko kontrastu starp seno un neseno mežu platībām, tādējādi palielinot specifisko indikatoru diagnostisko vērtību. Latvijas gadījumā tas attiektos uz Rietumzemgali, Austrumlatgali, Latgales augstieni un citām ainavzemēm ar nelielu mežainuma procentu. Savukārt reģionos ar augstu mežainumu šīs robežas ir plūstošākas, tādējādi apgrūtinot precīzu seno mežu statusa piešķiršanu.

2.2.2. Metodikas aprobācija un validācija

Aprobācijas gaitā kartogrāfiski identificētās potenciālo seno mežu teritorijas tiek salīdzinātas ar lauka pētījumu rezultātiem, analizējot sakarību starp kartēto meža kontinuitāti un meža strukturālajiem, bioloģiskajiem un augsnes rādītājiem. Pamatojoties uz šiem datiem, tiek veikta kartēšanas metodikas verifikācija, identificējot potenciālos kļūdu avotus, precizējot izmantotos sliekšņus, indikatoru kombinācijas un interpretācijas pieņēmumus. Īpaša uzmanība tiek pievērsta pārejas zonām starp seniem un neseniem mežiem; teritorijām ar mainīgu zemes izmantošanas intensitāti; gadījumiem, kad telpiskā kontinuitāte nesakrīt ar mūsdienu ekoloģiskajām pazīmēm. Šie aspekti tiek analizēti, lai nodrošinātu metodikas caurskatāmību un pamatotu rezultātu interpretāciju.

2.2.3. Datu bāzes izveides principi

Balstoties uz aprobācijas rezultātiem, tiek veikta kartēšanas metodikas verifikācija un izveidota digitāla seno mežu brīvpieejas datu bāze, kas kalpo par pamatu šo teritoriju integrācijai mežu apsaimniekošanas un dabas aizsardzības politikā.

Datu bāze ietver:

- digitalizētus meža poligonus;
- dažādu laika periodu meža seguma informāciju, kas apkopota 1×1 km šūnu tīklā;
- meža īpatsvara, mozaīkas aprēķinus.

Šī datu bāze paredzēta kā instruments seno mežu integrācijai mežu apsaimniekošanas plānošanā un dabas aizsardzības politikā, kā arī kā pamats turpmākiem ekoloģiskiem un ainavu pētījumiem.

2.3. Datu analīze

Datu analīzes pamatā tiek izmantota kvantitatīvā telpiskā statistika ĢIS vidē, kas identificē teritorijas ar nepārtrauktu meža zemes kontinuitāti un novērtē seno mežu tipu izplatības telpiskos raksturlielumus, ņemot vērā topogrāfijas, ainavas un vēsturiskā zemes lietojuma faktoru ietekmi.

2.3.1. Telpiskā analīze

Tiek analizēti sekojoši telpiskie parametri:

- seno mežu platības un to īpatsvars reģionālā un ainavas mērogā;
- seno mežu telpiskā fragmentācija un klasterizācija;
- attālumi līdz citiem meža masīviem un antropogēniem elementiem;
- seno mežu izvietojums attiecībā pret reljefu, hidroloģiju un augsnes apstākļiem.

2.3.2. Meža kontinuitātes kvantitatīvā novērtēšana

Pamatojoties uz vēsturiskās kartēšanas rezultātiem, katrai telpiskajai uzskaites vienībai tiek aprēķināts mežainuma īpatsvars četros hronoloģiskajos periodos. Šie rādītāji tiek izmantoti, lai klasificētu teritorijas pēc meža seguma kontinuitātes, izdalot dažādus attīstības scenārijus, tostarp:

- nepārtrauktu meža klātbūtni,
- periodisku meža zudumu un atjaunošanos,
- nesenu meža veidošanos.

Šāda klasifikācija veido pamatu seno mežu tipu izdalīšanai un to kvantitatīvai un telpiskai salīdzināšanai.

3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

3.1. Senā meža koncepta piemērošana Latvijas apstākļiem

Balstoties uz literatūras apskatā analizēto senā meža konceptu un tā attīstību Eiropas zinātniskajā tradīcijā, šajā nodaļā tiek parādīts, kā šis koncepts tiek adaptēts un empīriski konkretizēts Latvijas dabas un kultūrvēsturiskajos apstākļos. Latvijā seno mežu platības ir samazinājušās līdz relatīvi nelielai ainavas daļai un liela daļa apkārtējās zemes tiek izmantota intensīvai lauksaimniecībai, kas nozīmē, ka Latvijas seno mežu vēsture, lielākoties, atbilst Eiropas zemieņu meža un ainavas vēsturei. Tajā pašā laikā Latvijas ainavai raksturīgas vairākas īpatnības, kas padara to īpašu seno mežu izpētes jomā.

3.1.1. Seno mežu īpatnības Latvijā atšķirībā no citviet Eiropā

Latvijas seno mežu īpatnības izriet no to unikālas atrašanās vietas **uz ģeogrāfiskas un kultūrvēsturiskas šķirtnes**, kur sastopas Austrumeiropas un Skandināvijas plašie, mazskartie masīvi ar Rietumeiropas fragmentēto, muižu kultūras veidoto ainavu. Šī pozīcija nosaka specifisku ģeomorfoloģisko, bioklimatisko un kultūrvēsturisko faktoru mijiedarbību, kas rada no citām Eiropas valstīm atšķirīgu seno mežu fenomenu.

1) Liela augšņu cilmiežu daudzveidība un lokālā mozaīka, kas reģionālā mērogā ietekmē gan augšņu, gan veģetācijas tipu un biotopu izplatību un daudzveidību. Atšķirībā no daudziem Centrāleiropas reģioniem ar viendabīgāku cilmiežu klājumu, Latvijas ainavai raksturīga krasa auglības un mitruma apstākļu mija pat nelielās teritorijās, radot unikālu jaukto mežu un purvu tīklojumu.

2) Latvijas atrašanās boreonemorālajā pārejas (ekotona) zonā starp nemorālo un boreālo mežu biomiem. Šie divi faktori vien jau dabiski ir izveidojuši Latvijā vairāk nekā 15 atšķirīgu meža augšanas apstākļu tipu (Bušs, 1981; Liepa et al., 2014). Latvijas seno mežu unikalitāte slēpjas to augstajā ekoloģiskajā plastikā – šeit dabiski sastopamas sugu kombinācijas, kas citviet Eiropā ir šķirtas (piemēram, ozolu un egļu audzes vai priedes mistrojums ar platlapjiem), padarot Latvijas senos mežus par sarežģītu pārejas tipa ekosistēmu etalonu. Tas nozīmē, ka Latvijas “senais mežs” ir telpiski daudz mainīgāks un grūtāk klasificējams nekā, piemēram, Vācijas viendabīgās dižskābaržu audzes, Lielbritānijas klasiskie lapu koku meži vai Skandināvijas vienveidīgie boreālie sili.

3) Reģionāli dinamiska un daudzslāņaina zemes apsaimniekošanas un kultūras vēsture. Latvijas teritorijas ilgstoša atrašanās dažādu lielvaru (Polijas-Lietuvas (Kurzemes bīskapijas), Zviedrijas karalistes, Krievijas impērijas, Vācijas impērijas) ietekmes sfērās noteikusi atšķirīgus mežsaimniecības modeļus un īpašuma attiecības. Unikālā viensētu un mazo muižu struktūra radījusi specifisku “meža-lauka” fragmentāciju. Īpaši izceļama arī muižu saimniekošanas tradīcija (piemēram, muižu medību liegumi vai ganību meži), kas kalpojusi par būtisku kultūrvēsturisku šķērslī auglīgo zemieņu mežu pilnīgai uzaršanai, saglabājot tos kā bioloģiski augstvērtīgas “meža salas” lauksaimniecības ainavā. Tieši šai mikrolīmeņa kontinuitātei (kur mežs ticis izmantots ļoti specifiski – ganībām, malkai, būvkokam, bet nekad nav uzarts) piemīt unikāla Latvijas lauku ainavas vērtība, ko Rietumeiropas lielie, monokulturālie lauki ir izdzēsuši. Tas ļauj salīdzināt šos ekoloģiski dažādos mežu tipus vēl papildus dažādās kultūrvēsturiskās ainavās.

4) Specifisks dabisko traucējumu režīms. Atšķirībā no Rietumeiropas, kur uguns un vētru dinamika ir tikusi gandrīz pilnībā izskausta, Latvijas senajos skujkoku mežos vēl ir saglabājusies nepārtraukta, vēsturiska saikne ar šiem procesiem. Uguns ietekmes kontinuitāte

(piemēram, uguns rētas koku stumbros) kalpo kā specifisks senuma indikators, kas praktiski nav raksturīgs Centrāleiropas seno mežu etaloniem.

5) Visbeidzot, Latvijas mežiem raksturīga īpatnība ir **ainavas kontinuitāte telpā un laikā** (Fescenko et al., 2017, 2026). Atšķirībā no Rietumeiropas un Centrāleiropas valstīm (piemēram, Francijas vai Beļģijas), kur meža zemju nolīšana un intensīva lauksaimniecība ilgusi tūkstošgadēm (Dupouey et al., 2002), Latvijā mežu diskontinuitātes mērogs ir mērāms vien simtgadēs. Tas pasargājis augsnes struktūras un sugu kopienas no neatgriezeniskām fizikāli-ķīmiskām izmaiņām, ko rada ilgstoša aršana un mēslošana. Šī salīdzinoši nesenā un neviendabīgā ainavas transformācija nozīmē, ka Latvijas mežos joprojām ir saglabājusies “ekoloģiskā atmiņa” par dabisko ekosistēmu stabilitāti jeb “atmiņa par pirmatnību”. Latvijas ainava piedzīvoja radikālu lūzumu tikai 20. gadsimtā, kamēr Rietumeiropa to piedzīvoja jau pirms 300 gadiem industriālās revolūcijas sākumā. Līdz ar to Latvijas seno mežu kontinuitāte ir “svaigāka” – joprojām iespējams identificēt mežus, kas vēl pirms 80 gadiem bija dabiski applūstoši dumbrāji, kamēr Rietumos šādas ekosistēmas jau sen ir pilnībā iznīcinātas vai mākslīgi pārveidotas. Vienlaikus, cilvēka ekstensīva klātbūtne Latvijas teritorijas mežos dokumentējama jau vairāk nekā 10 000 gadu garumā (Dumpe, 1999), kas senajiem mežiem piešķir īpašu biokulturālu vērtību.

3.1.2. Senā meža telpiskās iezīmes Latvijā: reģionālais skatījums

Latvijas ainavā mežiem raksturīgs izteikts telpisks musturs, jo tie kopš industriālā laikmeta sākuma – 19. gadsimta otrās puses – ir izdzīvojuši caur straujām zemes izmantošanas pārmaiņām un intensīvu mežsaimniecību. Šo ietekmju rezultātā Latvijas reģionos izveidojušās atšķirīgas seno mežu ainaviskās, ekoloģiskās un kultūrvēsturiskās struktūras, kas atspoguļo gan dabiskos paleoģeogrāfiskos procesus, gan cilvēka ilgstošo darbību (Vasks, 2012; Fescenko & Wohlgemuth, 2017; Fescenko et al., 2026).

Latvijā sastopami šaurlapju, platlapju un skujkoku meži, kā arī purvi uz eolajiem un glacioliminskajiem nogulumiem pacēlumos. To reģionālais sadalījums ir atšķirīgs.

Uz smilšainām augsnēm gar Baltijas jūras piekrasti, Ziemeļkurzemē, Ziemeļvidzemē un Austrumvidzemē lielu vienlaidus ainavas daļu klāj plaši skujkoku meži un purvi. Šajos reģionos mežainums pārsniedz 50% no platības un seno mežu veidošanās īpatnības ir cieši saistītas ar dabas faktoriem. Augstais mežainums un dabiskās vides saglabāšanās skaidrojama gan ar reljefa īpatnībām (augstieņu morēnu pauguraines, piekrastes kāpas), gan mazauglīgām augsnēm (kas kalpojušas par galveno dabisko šķērslī intensīvai lauksaimniecībai), gan specifiskiem hidroloģiskiem apstākļiem (no izteikti sausiem līdz pārlieku mitriem). Šīs dabas īpatnības kopā ar zemo apdzīvotības blīvumu kalpojušas par galveno šķērslī intensīvai lauksaimniecībai, ļaujot saglabāties vēsturiski vienlaidus mežu masīviem. Dabiski šie meži veidojušies ugunsgrēku un vējgāžu ietekmē, uzturot mozaīkveida struktūru un atvērtas ainavas. Mūsdienās ugunsgrēku dzēšanas un intensīvas mežsaimniecības rezultātā šīs mežaudzes ir kļuvušas blīvākas un viendabīgākas. Novadi ar mežainumu virs 50%: Cēsu (63%), Smiltenes (61%), Valkas, Alūksnes, Gulbenes, Limbažu, Saulkrastu, Kuldīgas, Talsu, Ventspils, Dienvidkurzemes (VZD dati, 2024).

Viscaur Latvijas ainavā, bet jo īpaši zemo purvu apvidos Piejūras zemienē, Zemgales un Latgales līdzenumos, vēsturiski ievērojamas platības ir klājuši barības vielām bagātie dumbrāji un liekņas. Šo seno mežu veidošanās īpatnība ir primāri saistīta ar lokālo hidroloģisko režīmu – pastāvīgi augstu gruntsūdens līmeni vai regulāru applūšanu. Šādu mežu nepārtrauktību gadsimtu gaitā garantēja pārlieku mitrie apstākļi, kas padarīja zemi neizmantojamu lauksaimniecībai pirms intensīvas meliorācijas 20. gadsimta vidū. Mūsdienās šādu dabisku, nepārveidotu mežu masīvi ir saglabājušies fragmentāri, visbiežāk upju palienēs un lielo purvu perifērijās.

Tikmēr auglīgākās līdzenuma ainavās valsts centrālajos un dienvidu reģionos mežu izplatība pēdējo gadsimtu laikā ir ievērojami samazinājusies, galvenokārt cilvēka darbības ietekmē, un tie sastopami galvenokārt kā nelieli platlapju un jaukto koku meža puduri vai “mežu salas” ar ievērojamu sugu daudzveidību (Tērauds et al., 2011; Fescenko et al. 2014, 2026). Šo seno mežu saglabāšanos, galvenokārt, ir noteikuši nevis dabiski šķēršļi, bet mērķtiecīgi kultūrvēsturiski un saimnieciski lēmumi. Vēsturiski tie bieži bijuši muižu īpašumi, kas pasargāti no līšanas līdumos, lai kalpotu kā privāti medību liegumi, muižu parki vai augstvērtīgas kokmateriālu (ozolu, liepu) audzes. Tāpat nozīmīga loma bija zemnieku lapu koku mežiem kā ganībām, integrējot mežu tradicionālajā lauku saimniecībā un uzturot mežu “atvērtu”, taču šo seno ganību precīzas robežas mūsdienās ir grūti noteikt. Tā kādreiz mežainajā Zemgales reģionā 20. gs. sākumā intensīvas lauksaimniecības attīstības rezultātā meži tika samazināti līdz atsevišķiem puduriem, sasniedzot vēsturiski zemāko reģiona mežainumu (12%). Lai gan kopš tā laika mežu platības ir pieaugušas (mežainums ap 29–30%; VZD, 2024), Zemgale joprojām ir mazmežainākais Latvijas reģions, kur ainavā dominē aramzemes un auglīgas pļavas. Tomēr atsevišķi seno lapu koku mežu masīvi ir saglabājušies, piemēram, Paņemūnes meži, Ukru gārša, Līvberzes liekņa. Novadi ar mežainumu zem 30%: Bauskas (25%), Jelgavas (28%), Dobeles (30%; VZD, 2024).

Plašākas vienlaidus jauktu seno mežu platības koncentrējas Vidzemē, Sēlijā un Latgales ziemeļos, kur saglabājušies arī paleobotāniski pierādījumi par ilglaicīgu meža klājumu (Galeniece, 1931; Zunde, 1999). Sēlijas morēnu pauguru mežu masīvi (“Sēlijas salas”) ietver plašas smilšainas un purvainas teritorijas, kas mijas ar vidēji auglīgām minerālaugsnēm, nodrošinot piemērotus apstākļus gan skujkoku, gan jaukto mežu pastāvēšanai gadsimtu gaitā. Jaukto mežu saglabāšanās īpatnība ir vairāku “šķēršļu” kombinācija. Šie masīvi, atšķirībā no Zemgales lapu koku puduriem, saglabājušies galvenokārt pateicoties nelīdzenam reljefam un mainīgai augsnes auglībai (ģeomorfoloģiskais šķērslis), kas vietām mijas ar starppauguru mitrājiem (hidroloģiskais šķērslis), papildinot to kontinuitāti. Bez tam, zemais apdzīvotības blīvums un ekstensīvā zemes izmantošana (kultūrvēsturiskais šķērslis) ir mazinājis meža zemes pārveidošanu par lauksaimniecības platībām fiziski grūti apstrādājamās, akmeņainās, bet auglīgās vietās, padarot ekonomiski nerentablu šo meža zemju pārvēršanu aramzemē. Tādējādi šie jauktie meži lielā mērā apvieno visas trīs iepriekš aprakstītās seno mežu veidošanās pamatfaktoru īpatnības.

Šī reģionālā mežu telpiskā daudzveidība uzskatāmi demonstrē, ka Latvijas seno mežu konceptualizācijā nepieciešams integrēt **gradienta pieeju**. Šajā pieejā primārais kritērijs ir meža zemes lietojuma ilgstošā kontinuitāte, nevis tikai kvantitatīvs indikatoru izvērtējums pēc “daudz-maz” principa. Vēsturiski augsta mežainuma reģionos pieaug to indikatoru diagnostiskā nozīme, kas saistīti ar klasiskajiem bioloģiskās daudzveidības komponentiem/elementiem – struktūru un sugu klātbūtni. Savukārt zema mežainuma apvidos izšķiroša ir kompleksa zemes lietojuma vēstures pazīmju analīze.

Šāda pieeja nošķir seno mežu kā vietas kontinuitātes fenomenu no biodaudzveidības kā ekosistēmas modeļa, atzīstot, ka šie divi koncepti pārstāv atšķirīgus domēnus. Piedāvātais ietvars neizvirza mežainuma dinamiku vai konkrētas struktūras/sugas kā universālus kritērijus, bet gan integrē tos kā papildinošas dimensijas. Svarīgi uzsvērt, ka gradients netiek definēts virzienā no fiktīva “pirmatnējā” stāvokļa uz “mūsdienu”, bet gan attiecināts pret **reģionālo etalonu**, kas raksturīgs konkrētā apvidus senajam mežam un tā vēsturiskajam apsaimniekošanas modelim. Šāda perspektīva akceptē, ka “katrā apvidū ir sava atslēga” (Melluma, DMB inv.), un meža senums ir vērtējams tā lokālās ainavas biogrāfijas kontekstā. Tādējādi Latviju var sadalīt vairākos seno mežu reģionos, kuros sastopami dažādi seno meža tipi, kas kalpo par pamatu turpmākai reģionālajai klasifikācijai.

3.1.3. Latvijas seno mežu tipoloģija

Zemāk piedāvātā tipoloģija kalpo kā metodoloģisks tilts, kas teorētisko gradientu pieeju transformē praktiski pielietojamā klasifikācijas instrumentārijā, nodrošinot iespēju identificētos mežu nepārtrauktības vektorus telpiski kartēt un tipoloģizēt. Gradientu pieeja tiek izmantota, lai pamatotu izpētes objektu rašanās un attīstības loģiku, savukārt tipoloģija nodrošina to precīzu taksonomisku definēšanu un praktisko inventarizāciju.

Šāda divu komplementāru skatpunktu (A un B) sistēma tieši atspoguļo iepriekšējā sadaļā definēto nošķirumu starp vietas kontinuitāti un ekosistēmas bioloģisko modeli:

- **A metode** (vēsturiskais gradients) mēra vietas kontinuitāti un zemes lietojuma retrospekciju (1. attēls).
- **B metode** (biocenozes gradients) mēra ekosistēmas strukturālo stāvokli un tās pašreizējo bioloģisko vērtību (3. tabula).

A. Seno mežu iedalījums pēc augtenes un vēsturisko procesu mijiedarbības. Šis iedalījums balstīts uz *Peterken* (1986) klasifikāciju, kur horizontālo asi veido laika kontinuitātes gradients (sens/nesens; primārs/sekundārs), bet vertikālo – cilvēka relatīvā ietekme (dabiski veidojies/stādīts). Šāda pieeja ļauj klasificēt mežus pēc to vēsturiskās kontinuitātes un cilvēka ietekmes intensitātes, vienlaikus sasaistot mežu tipus ar augšņu īpašībām un dabisko procesu dinamiku. Metodes priekšrocības: nodrošina sistēmisku pamatu ainavas biogrāfijas rekonstrukcijai un kartēšanai. Trūkumi: augsta atkarība no retrospektīvo datu pieejamības un interpretācijas precizitātes.

Dabiski veidojušies	Senie meži		Nesenie
	Primārie	Sekundārie	
	1 4 9	7 5.1 5.2 5.3 11 12 8	2.2 2 2.1
Stādījumi un sējumi	10	6	3

1. attēls. Seno mežu tipi Latvijā, vadoties no augtenes un vēsturisko procesu mijiedarbības (pēc Peterken, 1986). Tipu atšifrējums: 1 – senākie meži ar veciem kokiem; 2.1 – pēc Otrā pasaules kara dabiski atjaunojušies meži kādreizējās lauksaimniecības zemēs (tīrums, atmatās, pļavās), 2.2 – pēc Otrā pasaules kara dabiski aizaugušas ganības ar kokiem; 3 – skuju koku stādījumi vai sējumi kādreizējās lauksaimniecības zemēs pēc Otrā pasaules kara; 4 – atvasāju (bērzu, apšu, melnalkšņu) meži ar iepriekšējo paaudžu kokiem platībās ar ilgu meža vēsturi; 5.1 – senākajās meža zemēs platlapju un platlapju-egļu meži sausās un mēreni mitrās augsnēs; 5.2 – jauktie un lapu koku meži mazāk senās kā (5.1) meža zemēs sausās un mēreni mitrās augsnēs; 5.3 – purvainie meži; 6 – stādījumi un sējumi (lielākoties priedes), mazauglīgās lauksaimniecības platībās, kroņu un muižu teritorijās; 7 – meža teritorijas, kas izveidojušās 17. gs. beigās un 18. gs.

sākumā; 8 – senākie muižu parki; 9 – senās ganības un meža pļavas ar dažāda vecuma kokiem; 10 – senās meža zemes ar sētiem vai stādītiem kokaudzēm; 11 – mežaudzes kādreizējo purvu vietās vai malās; 12 – sekundārie meži smiltāju apvidos, veidojušies pēdējo dažu simtu gadu laikā.

B. Seno mežu iedalījums pēc veģetācijas. Šī pieeja akcentē esošo koku sugu sastāvu, indikatorsugas un mikrovidi, koncentrējoties uz pašreizējo bioloģisko daudzveidību. Senie meži tiek iedalīti piecās grupās: (1) priežu, (2) egļu, (4) lapu koku (atvasāju), (4) ozolu/liepu meži un (5) parkveida struktūras. Katru no šīm grupām var iedalīt apakšgrupās, ņemot vērā sugu sastāvu, augsnes īpašības un vēsturiskās saimnieciskās prakses ietekmi. Metodes priekšrocības: vienkāršāka piemērošana mežaudžu novērtēšanā, mazāk atkarīga no vēsturiskajiem avotiem, ļauj salīdzināt mežu bioloģisko daudzveidību starp reģioniem. Trūkumi: neņem vērā vēsturisko kontinuitāti un zemes izmantošanas aspektus, kas ir būtiski seno mežu identifikācijā.

3. tabula. *Seno meža tipu iedalījums, raksturojums un sastopamība Latvijā (% sadalījums interpolēts no datiem par Zemgales reģionu; Fescenko et al., 2014)*

Seno mežu tips	Raksturojums	Īpatsvars % no visiem seniem mežiem	Sastopamība. Piemēri
1. Seni priežu meži	Priežu boreālais mežs. Dažāda vecuma, augstuma un diametra koki; vietām milzīgas vecas priedes; liels daudzums atmirušas koksnes. Pārejas vietās uz bagātākām augsnēm klāt nāk ozols, bērzs, apse. Sastopami gan lielāki meža laidumi ar vienvecuma 70–90 gadu vecu priežu audzēm, gan jaunāki “robi” pēc liela mēroga traucējumiem: ugunsgrēkiem un/vai vējgāzēm, kukaiņu invāzijām. Purvainās vietās – lēni augošas nelielu dimensiju priedes	15–20%	Priežu tīraudzes uz nabadzīgām smilšu augsnēm gar Baltijas jūras piekrasti kāpu zonā - Piejūras zemienē un Viduslatvijas zemienes ziemeļu daļā (t.i., uz Baltijas ledus ezera nogulumiem, iekšzemes kāpas).
		10–15%	Purvainie priežu, priežu-bērzu meži, purvu malas. Piejūras zemienē.
		2%	Purvu salas.
		5%	Seni priežu meži mistrojumā ar ozolu u.c. lapu kokiem (eitrofi). Iecavas, Jelgavas apkārtnē
2. Seni egļu meži	Egļu boreālais mežs. Egļu mežs ar apsi.	10%	Atsevišķi kompakti egļu meža masīvi Ziemeļaustrumvidzemē. Kurzemes ziemeļos?
			Lapu koku mežu “salas”
3. Seni lapu koku (atvasāju) meži	Parasti kā “plankumi” vietās uz auglīgākām un mitrākām augsnēm. Vainagā dominē reti seni ozoli, zem tiem lielu dimensiju apses, bērzi, alkšņi, oši, kļavas. Mistrojumā var būt egles, kas izcilā auguma dēļ augstu paceļas virs lapu kokiem Priedes nav. Liela biežība un ļoti daudz mirušās koksnes Mitrās un avotainās vietās – melnalkšņi	10–15%	
		15%	Plaši melnalkšņu staignāji pie Līvberzes, Ķemeriem. Fragmentāri – visā Latvijas teritorijā
4. Seni ozolu/liepu meži	Mīlzu ozoli ar nedaudz ošiem, kļavām, liepām un gobām. Uz	10%	Daugavas, Abavas, Gaujas upju nogāzes.

	bagātākām, bet ne pārāk mitrām augsnēm. Upju ielejās, upju krastos. Ezeru salās. Tranzītvietās starp priežu mežiem un lapu koku mežiem vai starp lapu koku mežiem un melnalkšņu stāgnājiem. Dažkārt arī uz sausākām augsnēm starp priedēm		Barkavas ozolu audze. Zemgales meža puduri. Slīteres ozolu meži. Moricsala
5. Senas retaines, parkveida pļavas, ganības, senī parki	10%		Upju ielejas. Piemēram, Gaujas, Pededzes, Abavas krastos

Integrētā seno mežu klasifikācija (A+B). Lai nodrošinātu gradientu pieejas praktisku realizāciju, tiek izmantota integrētā klasifikācijas sistēma, kurā vēsturiskā kontinuitāte (inertie indikatori) tiek sasaistīta ar strukturāli-veģetatīvo kompozīciju (dinamiskie indikatori). Tas ļauj identificēt četras galvenās kategorijas (4. tabula):

1. PRIMĀRIE SENIE MEŽI (P): Boreālie un nemorālie masīvi ar nepārtrauktu dabisko kontinuitāti (P1–P4).
2. SEKUNDĀRIE SENIE MEŽI UZ SENAS MEŽA ZEMES (S): Meži, kuros saglabājusies augsnes un vietas kontinuitāte, neskatoties uz vēsturisku saimniecisko ietekmi (S1–S5).
3. SEKUNDĀRIE SENIE MEŽI UZ BIJUŠĀS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMES (A): Meži, kas veidojušies uz ex-lauksaimniecības zemēm, taču sasnieguši būtisku ekoloģisko briedumu (A1–A5).
4. KULTŪRVĒSTURISKIE SENIE MEŽI UN PARKI (K): Specifiski biokulturāli objekti, kuros senuma vērtība ir cieši saistīta ar muižu vai viensētu saimniekošanas vēsturi (K1–K6).

Tādējādi vienlaikus tiek analizēti divi galvenie informācijas gradienti: (1) vēsturiskā kontinuitāte (A metodes gradients), kas koncentrējas uz zemes izmantošanas rekonstrukciju. Tā izmanto inertus indikatorus (piemēram, vēsturiskās kartes, neskartu augsnes profilu), lai noteiktu, vai mežs šajā nogabalā ir bijis nepārtraukti klātesošs (nav ticis uzarts vai pilnībā nocirsts) simtiem gadu garumā. (2) Strukturāli-veģetatīvā kompozīcija (B metodes gradienti), kas fiksē meža pašreizējo ekoloģisko stāvokli jeb biocenozes stāvokļa indikatorus. To nosaka, izmantojot strukturālos (piemēram, kritalu daudzumu, dobumus) un bioloģiskos (piemēram, seno mežu indikatorsugas, sēnes, ķērpjus) rādītājus.

Šāda klasifikācijas sistēma saglabā abu metožu stiprās puses: vēsturisko kontinuitāti, augšņu un zemes izmantošanas ietekmi, kā arī augāja un biocenozes indikatorvērtību. Reprezentē vēsturiskās un dabas dimensiju vienotību.

4. tabula. *Integrēta klasifikācijas sistēma Latvijas seniem mežiem, kas apvieno A pieeju (augtenes-vēstures mijiedarbība) un B pieeju (strukturāli-veģetatīvais stāvoklis), nodrošinot vienotu, hierarhisku un funkcionāli pielietojamu tipoloģiju seno mežu kartēšanā, novērtēšanā un monitoringā*

Vēsturiskā kontinuitāte (A pieeja)	Dominējošā veģetācija (B pieeja)	Athilstošie A apakštipi	Integrētais seno mežu tips
Primārie senie meži	Priežu senie meži	1; 10	P1. Primārie priežu senmeži
	Egļu senie meži	1; 10	P2. Primārie egļu senmeži
	Lapu koku atvasāju senie meži	1; 4	P3. Primārie lapu koku atvasāju senmeži
	Ozolu/liepu senie meži	1; 10	P4. Primārie platlapju senmeži
	...		
Sekundārie senie meži uz senas meža zemes	Priežu meži	5.2; 5.3; 7; 11	S1. Sekundārie priežu meži uz senas meža zemes

	Egļu meži	5.1; 7	S2. Sekundārie egļu meži uz senas meža zemes
	Lapu koku meži (atvasāji)	5.2; 5.3; 7	S3. Sekundārie lapu koku meži uz senas meža zemes
	Ozolu/liepu meži	5.1; 7	S4. Sekundārie platlapju meži uz senas meža zemes
	Retaines/ganības	9	S5. Parkveida pļavas un sekundārās retaines uz senas meža zemes
	...		
Sekundārie senie meži uz agrākas lauksaimniecības zemes	Priežu meži	3; 6; 12	A1. Agro-sekundārie priežu meži uz ex-lauksaimniecības zemes
	Egļu meži	2.1; 3	A2. Agro-sekundārie egļu meži uz ex-lauksaimniecības zemes
	Lapu koku meži (atvasāji)	2.1; 2.2	A3. Agro-sekundārie lapu koku meži (apse, bērzs, alksnis) uz ex-lauksaimniecības zemes
	Ozolu/liepu meži	2.1; 2.2; 6	A4. Agro-sekundārie platlapju meži uz ex-lauksaimniecības zemes
	Retaines/ganības	2.2; 6; 12	A5. Agro-sekundārās retaines un parkveida ganības uz ex-lauksaimniecības zemes
	...		
Kultūrvēsturiskie senie meži un parki	Priežu meži	6; 8; 9	K1. Kultūrvēsturiskie priežu meži
	Egļu meži	6; 8; 9	K2. Kultūrvēsturiskie egļu meži
	Lapu koku meži	8; 9	K3. Kultūrvēsturiskie lapu koku meži
	Ozolu/liepu meži	6; 8; 9	K4. Kultūrvēsturiskie ozolu–liepu meži
	Retaines/ganības	8; 9	K5. Muižu parkveida pļavas un retaines
	Parki	8	K6. Muižu parki
	...		

3.2. Seno mežu identificēšanas un kartēšanas metodika (“*produkts*”)

Lai izstrādātu seno mežu identificēšanas un kartēšanas metodiku, vispirms tiek noteikti un validēti kritēriji un indikatori, kas atspoguļo ilgstošu meža kontinuitāti. Atbilstoši **gradientu pieejai**, šo indikatoru prioritāte un diagnostiskā vērtība tiek adaptēta atkarībā no reģionālā mežainuma, ainavas transformācijas pakāpes un meža tipa.

3.2.1. Seno mežu kritēriju un indikatoru izvērtējums Latvijai, hierarhija un reģionālā validācija

Latvijas kontekstā kritēriju un indikatoru izmantošanu nosaka gan dabiski, gan vēsturiski un datu pieejamības faktori, kas ievērojami atšķiras no Rietumeiropas valstīm. Kā jau minēts iepriekš, Latvijas mežu ainava raksturojama ar salīdzinoši ilgu telpisko un ekoloģisko kontinuitāti, kuras pārtraukumi pārsvarā meklējami 17.–20. gs., nevis agrīnajā holocēnā, kā tas raksturīgs daudzām Centrāleiropas valstīm. Otrkārt, Latvijas seno mežu identificēšanā būtiska ir plaši saglabājusies kultūrainavas struktūra – muižu sistēma, agrārās reformas, vēsturisko lauku zemju pamestība un 20. gs. mežaudžu atjaunošanās procesi, kas rada unikālu situāciju, kurā joprojām varētu būt nolasāmi specifiski kultūrvēsturiskie indikatori, kuri nav sastopami citviet Eiropā (piem., agrāro robežzīmju sistēmas, agrīno karšu ģeodēziskās īpatnības, padomju perioda

meliorācijas liecības). Treškārt, Latvijas ģeobotāniskās zonas un augšņu daudzveidība ļauj izmantot indikatorus, kas citur Eiropā ir mazāk informatīvi, piemēram, noteiktas meža biotopu sugu grupas, saproksilās sugas vai specifiskas augsnes strukturālās pazīmes.

Šajā pētījumā izmantotās indikatoru grupas ir pielāgotas Latvijas reljefa, biotopu, mežsaimniecības un kultūrvēsturiskā mantojuma īpatnībām, integrējot Eiropas metodoloģisko pieredzi ar lokāli atbilstošiem kritērijiem. 5. tabulā apkopotas astoņas indikatoru grupas, kas aptver gan makrotelpas (ainavu un reljefa līmeni), gan mikroskopiskās struktūras (augšņi un mikroorganismus), kā arī kultūrvēsturisko dimensiju.

5. tabula. *Seno mežu indikatoru grupas, kritēriji un to raksturojošie elementi (pēc Peterken, 1996; Hermy et al., 1999; Wulf et al., 2004; Vellend et al., 2006; Svensson et al., 2019; Larrieu et al., 2024), pielāgoti Latvijas reljefa, biotopu un kultūrvēsturiskā mantojuma īpatnībām*

Nr.	Indikatoru grupa	Kritērijs	Indikatori un piemēri	Nozīme seno mežu noteikšanā
1	Ģeotelpiskie indikatoru	Robežu un mežainuma stabilitāte ilgā vēsturiskā periodā	Nemainīgas meža robežas vēsturiskajās kartēs (18.-20. gs.); aerofoto salīdzinājums, LIDAR dati; ceļu un robežlīniju saglabāšanās; izolācijas pakāpe	Primārais filtrs meža zemes lietojuma kontinuitātes noteikšanai
2	Augsnes un ģeoloģiskie indikatoru	Augsnes profils attīstījies nepārtraukti bez apvēršanas	Neskarts augsnes profils; Ah-horizonta biezums; podzolācijas vai glejošanās pakāpe, humusa uzkrājums; sena meža micēlija DNS klātbūtne; biogēno elementu uzkrājumi (N, P, C līmenis)	Izšķirošs mežainuma kontinuitātes pierādīšanai reģionos ar intensīvu l/s vēsturi. Norāda uz ilgstošu augsnes stabilitāti un netraucētu ekosistēmas attīstību
3	Kultūrvēsturiskie indikatoru	Ilgstoša cilvēka-dabas mijiedarbība mežainā vidē	Robežgrāvji un vaļņi, senas robežakmeņu rindas, kulta koki un akmeņi, muižu parku relikti, senu meža ceļu un taku relikti; kara liecības, arheoloģiskie pieminekļi, senkapi, robežkoki, mitoloģiski objekti, vietvārdi ar “Mež-”, “Sil-”, “Ozol-” u.tml.	Pastiprina kontinuitātes pierādījumus fragmentētās ainavās. Norāda meža senumu un kultūrvēsturisko nozīmi
4	Bioloģiskie indikatoru	Indikatorsugu pastāvība; bioloģiskās kontinuitātes pazīmes	Seno mežu indikatorsugas; sūnas; ķērpji; piepes; mikoriza; specifiskas augsnes mikroorganismu kopienas; kukaiņu un bezmugurkaulnieku sabiedrības	Būtisks reģionos ar augstu mežainumu, kur ģeotelpiskā stabilitāte ir pašsaprotama. Indicē bioloģisko kontinuitāti un ekosistēmas stabilitāti
5	Strukturālie indikatoru	Dabiski attīstīts meža struktūras komplekss.	Veci koki, dažādu paaudžu koku mozaīka, kritalu daudzums, koku dobumi, vainagu un stumbru	Norāda uz ekosistēmas briedumu un

			daudzveidība, zemsedzes diferenciācija, lapotnes nepārtrauktība, daudzslāņaina koku un krūmu struktūra, atvērumu mozaīka	dabisku meža attīstību bez intensīvas iejaukšanās
6	Ainaviskie un reljefa indikatori	Ilgstoši netraucēts reljefs; dabiskas struktūras nepārtrauktība	Nelīdzens mikroljefs; paugurainas mežmalas; senas ielejas un ieplakas; gravu un avotu sistēmas; sīkgravas; reljefa raupjums; erozijas relikti ("auna pieres" u.c.); upju gultņu līkumi; laukakmeņu krāvumi; robežlīniju vaļņi; dabiskas meža malas; vecu celmu vietas	Norāda uz ilgu nepārtrauktu mežainumu; liecina, ka teritorija nav bijusi arta vai būtiski pārveidota
7	Klimata un mikroklimata indikatori	Mikroklimats saglabājies nemainīgs, raksturīgs seniem mežiem	Augsts mitrums; zema temperatūras svārstība; ierobežota gaismas caurlaidība; mikrovides nišas	Atspoguļo ilgstoši netraucētu meža vidi. – Latvijai mazindikatīvi
8	Arheobotāniskie indikatori	Sēklu, ogļu, ziedputekšņu vai makrofosiliju struktūra liecina par ilgstošu mežainumu	Seno meža sugu makrofosilijas; augšnes slāņu hronoloģija	Sniedz tiešas paleo- ekoloģiskas norādes par meža ilglaicīgu pastāvēšanu. – Latvijā maz datu.

Katra atsevišķa indikatora paplašināts raksturojums un to indikatīvā nozīme senu mežu identificēšanā dota pielikumā (skat. Pielikuma S1. tabulu).

3.2.1.1. Indikatoru grupu hierarhijas maiņa atkarībā no reģionālā gradienta

Šajā pētījumā indikatoru diagnostiskā prioritāte netiek uzskatīta par statisku, bet gan par mainīgu lielumu, kas atkarīgs no reģiona mežainuma un ainavas tipa (skat. attēlu):

1. Reģionos ar zemu mežainumu (mežainums <30%, piem., Zemgales līdzenums):

Prioritāte: ģeotelpiskie, augšnes un kultūrvēsturiskie indikatori. Meži stipri fragmentēti, tāpēc augstākā uzticamība ir augšnes kontinuitātei (nearta augšne ar neskartu Ah horizontu) un kartogrāfiskiem datiem.

Specifika: bioloģiskie indikatori (vaskulārie augi) kalpo kā papildu pierādījums; seno mežu indikatorsugu (piem., laksis *Allium ursinum*) klātbūtne mazajos puduros ir droša zīme par nepārtrauktu meža vidi, jo šīs sugas nespēj kolonizēt bijušās aramzemes.

2. Reģionos ar augstu mežainumu un dominējošiem skuju koku mežiem (mežainums > 50%, piem., Ziemeļkurzemes masīvi):

Prioritāte: strukturālie indikatori, specifiskas epifītu sugas, mikroljefs.

Specifika: meža seguma kontinuitāte, lielākoties, ir visaptveroša, līdz ar to ģeotelpiskie dati vien nepalīdz nošķirt senu mežu no intensīvi apsaimniekota meža. Izšķirošā loma ir ekosistēmas iekšējai neskartībai: mirusī koksne visās sadalīšanās stadijās, uguns rētas uz koku stumbriem, specifiskas epifītu sugas (mizas un koksnes sūnas/ķērpji). Būtisks arī neizmainīts mikroljefs, kas pierāda, ka teritorija nav tikusi nolīdzināta vai mehāniski pārveidota.

3. Reģionos ar vidēju mežainumu un jauktiem mežiem (mežainums 30–50%, piem.,

Sēlija, Vidzemes augstiene, Latgales augstiene):

Prioritāte: kombinēta pieeja; dominē augšnes, reljefa, un bioloģiskie indikatori.

Specifika: meža “senumu” pārsvarā ir noteicis nelīdzens reljefs un augšņu “raibums” (ģeomoroloģiskais šķērslis). Lapu koku mežos izšķiroša loma ir biotopu mozaikai un zemsedzes indikatorsugām; sugu daudzveidība ir augsta, un tā kalpo kā galvenais diagnostiskais rīks, lai atšķirtu senus meža masīvus no 20. gs. vidū pamestām un aizaugušām lauksaimniecības zemēm, kas vizuāli un arī kartogrāfiski var izskatīties līdzīgas. Ģeotelpiskie indikatori joprojām ir būtiski, taču tie var kļūt metodoloģiski maldinoši divu galveno iemeslu dēļ: ainavas dinamikas un karšu mēroga neprecizitātes dēļ.

Šajos reģionos ģeotelpiskie dati nevar kalpot kā vienīgais vai primārais filtrs vairāku iemeslu dēļ. Pirmkārt, šeit vēsturiski dominējis t.s. “pusmeža” un ganību fenomens – mozaikveida ainava, kurā teritorijas, kas šodien ir mežs, 18. un 19. gadsimta kartēs nereti apzīmētas kā krūmāji, ganības vai pļavas ar kokiem. Ģeotelpiski šīs platības netiktu klasificētas kā senas meža zemes, jo tām nav bijis meža statuss kartē, taču ekoloģiski tās bieži ir saglabājušas neskartu augšņu kontinuitāti un senas bioloģiskās struktūras, piemēram, vecus ozolus vai dabisku zemsedzi. Otrkārt, vidēji mežainos un vidēji auglīgos reģionos raksturīga strauja aizaugšanas dinamika, kur, atšķirībā no Zemgales, notika plaša agrāko lauksaimniecības zemju (galvenokārt ganību) pamešana. Ģeotelpiskie indikatori nespēj nošķirt “sekundāru mežu uz bijušās aramzemes” no “sekundāra meža uz senas nekad neartas ganības”, tādēļ tieši šeit bioloģiskie indikatori un zemsedze kļūst par galveno atslēgu, kas apliecina vietas patieso vēsturi. Treškārt, paugurainā reljefā veidojas t.s. “metodoloģiskā migla” – vēsturisko karšu (piem., mērogā 1:42 000) precizitāte ir zemāka, un nelielas “meža kabatas” starppauguru ieplakās vai stāvās nogāzēs bieži ir tikušas vispārinātas vai izlaistas. Paļaujoties tikai uz kartēm, tiktu pazaudētas šīs mikro-kontinuitātes seno meža salas, kas ir izšķirošas bioloģiskajai daudzveidībai. Visbeidzot, jauktajos mežos vēsturiski novērojama ekotonu jeb pārejas zonu nestabilitāte, kur robeža starp mežu un pļavu ir bijusi “staigājoša”. Kamēr ģeotelpiskais indikators prasa striktu bināru atbildi (“mežs” vai “nav mežs”), bioloģiskie indikatori, piemēram, specifiskas sūnas vai augšņu micēlija DNS, spēj uzrādīt kontinuitāti arī tad, ja koku segums uz brīdi ir bijis rets. Līdz ar to reģionos ar vidēju mežainumu karte fiksē tikai juridisko vai vizuālo stāvokli, bet neizšķir ekoloģisko vēsturi, tādēļ gala lēmumu pieņem bioloģiskie un augšņu indikatori, kas spēj identificēt kontinuitāti tur, kur kartogrāfs 19. gadsimtā fiksējis krūmāja simbolu.

Šāda dinamiska prioritāšu maiņa atkarībā no reģiona un tipa nodrošina, ka metodika ir jūtīga pret vietējo “atslēgu” un nepiemēro vienādus standartus tur, kur ainavas biogrāfija ir fundamentāli atšķirīga.

3.2.1.2. Daudzpakāpju pieeja

Nemot vērā pētījuma mērogu un nepieciešamību pēc metodoloģiskas efektivitātes, valsts līmeņa seno mežu identificēšanā tiks īstenota hierarhiska daudzpakāpju pieeja. Tās pamatā ir distanciālā izpēte, kurā ģeotelpiskie indikatori (vēsturiskās kartes, satelītattēli un augstas izšķirtspējas LiDAR dati) kalpo kā primārais siets meža zemes lietojuma kontinuitātes noteikšanai plašā telpiskā mērogā. Šī pieeja ļauj efektīvi klasificēt lielāko daļu teritoriju, balstoties uz to kartogrāfisko stabilitāti un reljefa integritāti, neizmantojot resursietilpīgu lauka inventarizāciju visā valsts teritorijā.

Tomēr, lai nodrošinātu metodikas precizitāti, distanciāli iegūtie rezultāti tiks pakļauti mērķtiecīgai reģionālajai validācijai, kurā augšņu, kultūrvēsturisko un bioloģisko indikatoru pārbaude dabā tiks veikta stratēģiski izvēlētos parauglaukumos. Lauka validācija prioritāri tiek vērsta uz reģioniem ar krasiem ainavas kontrastiem (piemēram, Zemgales līdzenumā) vai metodoloģiski sarežģītām pārejas zonām (piemēram, Sēlijas paugurainē), kur bioloģiskā un augšņu atmiņa kalpo kā izšķirošs kontroles mehānisms ģeotelpisko datu

interpretācijai. Šāda pieeja ļauj identificēt “slēpto kontinuitāti” tur, kur distanciālie dati ir nepilnīgi, vienlaikus saglabājot pētījuma operativitāti nacionālā līmenī.

Visā Latvijas teritorijā kā papildu paleoekoloģiskais indikators fragmentāri tiks integrētas arī paleobotānikas liecības par meža ilglaicību (piemēram, Galeniece, 1931). Turpretī klimata un mikroklimata rādītāji metodikā netiek iekļauti to zemās diagnostiskās precizitātes dēļ; Latvijas homogēnie klimata apstākļi neļauj statistiski droši nošķirt vēsturiski nepārtrauktu mežu mikroklimatu no jaunākām mežaudzēm, tādēļ to izmantošana distanciālajā vai lauka inventarizācijā nesniegtu pievienoto vērtību seno mežu nodalīšanai.

3.2.2. Atlasītie kritēriji un indikatori ģeotelpiskai izpētei

Kartēšanas rezultāti tiek izmantoti, lai aprēķinātu meža platību procentuālo sadalījumu dažādos vēsturiskajos periodos un noteiktu mežainuma dinamiku. Šāda analīze ļauj klasificēt teritorijas pēc meža kontinuitātes – izdalot ‘nepārtraukta mežainuma’ un ‘pārtraukta mežainuma’ attīstības kombināciju tipus, balstoties uz četros hronoloģiskajos posmos konstatēto mežainuma īpatsvaru.

Papildus indikatoram “nemainīgas meža robežas vēsturiskajās kartēs”, analīzē tiek iekļauti arī ainavas telpiskie, reljefa un ainavekoloģiskie aspekti, kā arī atsevišķi attālināti nosakāmie strukturālie indikatori, kas sniedz detalizētu priekšstatu par seno mežu struktūru, veidošanos un saglabātību. Atlasītie attālinātie vērtēšanas kritēriji un indikatori ietver:

1. **Ainavas mežainuma rakstu**, tā telpisko nepārtrauktību un fragmentāciju;
2. **Vēsturiskās ainavas kultivācijas pakāpi**, vērtējot cilvēka darbības intensitāti un tās ietekmi uz meža struktūru;
3. **Meža mozaikas raksturojumu** – kokaudžu vecuma un sastāva sadalījumu;
4. **Kokaudžu struktūru un sastāvu**;
5. **Seno meža tipu mozaīku**, to mijiedarbību un robežzonas;
6. **Ainavas elementus**, kas norāda uz sena meža klātbūtni (upes, alejas, parki, meža pļavas);
7. **Augtņu un reljefa apstākļus**, ietverot mitruma gradientu, mikroreljefu un kontūrainību;
8. **Koku vainagu struktūru un atvērumu mozaīku**;
9. **Seno saimniecisko prakšu liecības**, kas norāda gan uz meža saglabātību, gan uz cilvēka ietekmi (vecu un zemu koku – ozolu, liepu – ar zemiem zariem klātbūtne (zviedru laiku meža likumi), aizauguši ceļi ar koku aleju paliekām, veco zemes izmantošanas robežu un ēku paliekas u.tml.);
10. **Reģistrētos vēsturiskās saimnieciskās darbības veidus** un to ilglaicīgo ietekmi;
11. **Vēsturisko nogabalu kontūru analīzi**, izmantojot izstrādāto algoritmu ekstensīvu teritoriju noteikšanai (MAF pētījums, 2022);
12. **Senām meža zemēm raksturīgā mikroreljefa identificēšanu**, izmantojot virsmas raupjuma analīzi (LiDAR dati).

Visi šie kritēriji ļauj attālināti izvērtēt seno mežu telpisko struktūru un identificēt teritorijas, kurās saglabājusies ilgstoša meža un kultūrvēsturiskā kontinuitāte.

Lai aprobētu kartogrāfiskās analīzes kvalitāti un derīgumu, pēc nokartētās seno mežu informācijas iegūtie rādītāji tiks salīdzināti ar lauku datiem audzes līmenī kādā no Latvijas mazmežainiem reģioniem (Zemgalē). Šajā modeļteritorijā tiks veikta padziļināta izpēte, kurā ģeotelpiskā analīze tiks papildināta ar tiem seno mežu indikatoriem, kas prasa lauka darbu, tostarp kultūrvēsturiskajiem un bioloģiskajiem, tādējādi nodrošinot metodikas precizitātes pārbaudi arī biocenozes līmenī.

3.2.3. Ģeotelpiskās analīzes algoritmi un datu apstrādes darba plūsma

Lai definētos indikatorus pārvērstu vienotā ģeotelpiskā modelī, pētījumā tiek pielietota sekojoša hierarhiska datu apstrādes plūsma. Tā ietver trīs galvenos posmus:

1. Vēsturiskās kontinuitātes filtrs (*intersection*): ĢIS vidē tiek veikta četru hronoloģisko mežainuma slāņu pārklāšanās analīze, identificējot “potenciāli senos mežus”. Algoritms atlasa tikai tos poligonus, kuros meža segums vēsturiskajās kartēs ir fiksēts visos laika posmos (18. gs. beigas, 19. gs. vidus, 20. gs. sākums un mūsdienas). Rezultātā tiek iegūta potenciālo seno mežu karte, kas ir pamats tālākai izpētei.

2. Strukturālā validācija ar augstas izšķirtspējas LiDAR datiem: Izmantojot virsmas raupjuma un mikroreljefa analīzes algoritmus, tiek nošķirtas platības ar dabisku reljefu no antropogēni ietekmētām (artām) platībām. Tiek pielietots Virsmas raupjuma algoritms (*Surface Roughness Analysis*), kas identificē nelīdzenas mikroformas (piem., koku izgāzumu vietas, dabisku kāpu reljefu), kas liecina par neartu augsni. Teritorijas, kurās reljefs ir “gluds”, tiek klasificētas kā sekundāri meži uz bijušajām lauksaimniecības zemēm, pat ja kartes uzrāda kontinuitāti (novēršot karšu neprecizitātes risku).

3. Nogabalu morfoloģijas klasifikācija: Izmantojot MAF (2022) pētījumā adaptēto algoritmu, tiek analizēta mežaudžu kontūru “robainība”. Dabiski veidojušies senie meži raksturojami ar neregulārām, fraktālām robežām, kas piekļaujas reljefa formām vai ūdenstecēm, turpretī stādīti vai mežsaimnieciski transformēti meži uzrāda lineāras, ģeometriskas robežas.

Noslēdzošajā posmā visi 12 attālinātie indikatori tiek svērti pēc to diagnostiskās vērtības. Rezultātā katram meža nogabalam tiek piešķirts **seno mežu indekss (SMI)**.

Šāds algoritms nodrošina distanciālās izpētes objektivitāti un ļauj efektīvi atlasīt augstākās prioritātes poligonus tālākai lauka validācijai Zemgales modeļteritorijā, lai pārbaudītu biocenozes (indikatorsugu, struktūras elementu) atbilstību distanciāli noteiktajam senuma statusam.

3.2.4. Latvijas seno mežu indikatorsugas un to reģionālā specifika

Lai aprobētu seno mežu kartēšanas metodiku, tiks izmantots arī seno meža indikatorsugu koncepts (Peterken, 1974; Hermy et al., 1999). Te gan jāatzīmē, ka Latvijas situācijā seno mežu indikatorsugu koncepts nav tik diagnostisks kā Rietumeiropā, jo ekoloģiskie kontrasti starp senu un jaunāku mežu ir daudz vājāki. Tam par pamatu ir divi iemesli: (1) Latvijas ainava vēsturiski nav bijusi tik fragmentēta – ainava kopumā ir saglabājusies mežaina, lauku apdzīvotība nebija tik intensīva un meži netika pilnībā iznīcināti lielos masīvos kā tas notika Rietumeiropā; (2) mitrs un vēss klimats, kā arī mazāks fragmentācijas līmenis nodrošina salīdzinoši plašu potenciālo seno mežu indikatorsugas izplatību. Tādēļ indikatorsugas Latvijā kalpo tikai kā papildu, nevis galvenais pierādījumu veids, ko vienmēr jāinterpretē kopā ar kartogrāfiju, biotopu struktūru un kultūrvēsturiskajiem kritērijiem.

Latvijā visaptverošs seno meža indikatorsugu saraksts vēl nav izveidots, taču pēdējos gados veikti nozīmīgi pētījumi Zemgales reģionā (Fescenko et al., 2026), kā arī par seno mežu indikatorsugām sūnām (Mežaka et al., 2024).

Zemgales pētījumos konstatēts, ka seno platlapju mežu zemsedzē dominē lēni augošas sugas ar zemu izplatīšanās spēju, īpaši ģeofīti, mirmekohoras sugas, kā arī mūžzaļas sugas, piemēram, *Asarum europaeum* L., *Maianthemum bifolium* Schmidt., *Trientalis europaea* L., *Galeobdolon luteum* Huds. (Fescenko et al., 2026). Tomēr ne visas sugas ar šādām pazīmēm ietilpst šī reģiona seno mežu indikatorsugu grupā. Tā piemēram, *Anemone nemorosa*, kas pētījumos citviet Eiropā atzīta par sugu, kas vistuvāk pietuvojas “ideālas” seno mežu indikatorsugas statusam (Peterken, 2018), Zemgales mežos neuzrāda statistiski nozīmīgu

rezultātu, kas varētu liecināt par ilgstošu meža ainavas telpaika kontinuitāti reģionā. Tas norāda, ka seno mežu indikatorsugu spektrs Latvijā ir reģionāli specifisks, un nepieciešams turpināt pētījumus, lai izstrādātu pielāgotu indikatorsugu sarakstu dažādiem mežu tipiem. (2. attēls).



2. attēls. Seno mežu indikatorsugu piemēri Zemgalē (pa kreisi – *Asarum europaeum* L., pa labi – *Maianthemum bifolium* Schmidt.)

Zemgales piemērs skaidri parāda, ka indikatorsugu diagnostiskā vērtība ir cieši saistīta ar reģiona mežainuma pakāpi un augtenes apstākļiem. Tāpēc indikatorsugas Latvijā tiek izmantotas kā reģionāli adaptēts validācijas instruments. Daži piemēri:

1. Platlapju mežu zemsedzes indikatori: Kā minēts iepriekš, šeit galvenā loma ir lēni izplatošām zemsedzes sugām (ģeofītiem un mirmekohoriem). Tomēr reģionos ar vidēju mežainumu (piem., Sēlijā) šo sugu loma pieaug – tur tās kalpo kā “bioloģiskais arhīvs”, kas palīdz identificēt senas meža salas ainavā, kurā kartogrāfiskie dati ir nepilnīgi. Šādos apstākļos tādas sugas kā *Galeobdolon luteum* vai *Asarum europaeum* ir neaizstājamas neartas augšnes kontinuitātes pierādīšanai.

2. Skuju koku mežu epifītu un koksnes indikatori: Atšķirībā no platlapju mežiem, nabadzīgajos priežu un egļu mežos (silos, mētrājos) zemsedzes augājs kā senuma indikators ir mazefektīvs. Šeit diagnostiskais uzsvars pārvietojas uz “mikro-indikatoriem”, kas liecina par mikroklimata un substrāta (mirusī koksne, veci koki) nepārtrauktību:

- **sūnas un ķērpji:** specifiskas epifītu sugas uz vecu koku mizas (piem., *Arthonia* sugas, *Thelotrema lepadinum*);
- **saproksilās sēnes:** sugu klātbūtne, kas attīstās tikai uz liela izmēra, dažādu sadalīšanās pakāpju kritālām (piem., *Porodaedalea pini*), kas liecina par nepārtrauktu traucējumu ciklu un dabisku audzes novecošanos (Mežaka et al., 2024).

3. Jaukto mežu “mozaīkas” indikatori: Vidēji mežainos un reljefa izteiktos reģionos seno mežu indikatorsugu spektrs ir jaukts - tajā apvienojas gan mitrumu mīlošas zemsedzes sugas gravu mežos, gan specifiskas sūnu kopienas uz akmeņiem un klinšu atsegumiem, kas norāda uz ģeomorfoloģiski noteiktu vietas kontinuitāti.

Pētījumos Zemgalē arī novērots, ka nelielos platlapju meža puduros (mazākos par 40 hektāriem), kas atrodas vairāk nekā 1 km attālumā no citiem meža masīviem, notiek seno mežu zemsedzes sugu homogenizācija. Tas varētu norādīt uz robežlielumu seno mežu minimālās

platības definēšanā, tomēr šādam secinājumam vēl nepieciešami turpmāki pētījumi. Zemgales senajiem mežiem raksturīgi arī atsevišķi īpaši lielu dimensiju koki, iespējams, kulta koki senatnē.

Pretstatā Zemgalei, Ziemeļkurzemes mežu masīvos seno mežu telpisko struktūru raksturo augsta ainavas savienojamība (*connectivity*) un lieli, nepārtraukti meža kompleksi. Šeit minimālās platības slietnis (piem., 40 ha) nebūs diagnostisks, jo kontinuitāte tiek mērīta nevis ar “salu” izolāciju, bet gan ar audzes iekšējo briedumu un dabisko traucējumu ciklu nepārtrauktību.

3.2.5. Seno mežu sēņu micēlija DNS analīzes

Kā papildu, augstas precizitātes validācijas instruments pētījumā tiek iekļautas seno mežu **sēņu micēlija DNS analīzes**, izmantojot vides DNS (eDNA) metabarkodēšanu. Šī metode ir viens no visnoturīgākajiem un precīzākajiem seno mežu ilglaicības pierādījumiem (Taberlet, et al. 2012), jo ļauj identificēt plašu sēņu sugu daudzveidību (īpaši slēpto micēliju), kas tradicionālās metodēs paliek nepamanīts. Sēņu sabiedrību sastāvs un funkcionālās grupas (īpaši ksilotrofu jeb koksnes noārdītājsēņu un ektomikorizas sēņu klātbūtne) kalpo kā tieši indikatori, kas precīzi apliecina meža ekoloģisko integritāti, struktūras sarežģītību un vēsturisko nepārtrauktību.

Šī metode ir īpaši kritiska divos gadījumos:

1. Reģionos ar augstu mežainumu (piemēram, Kurzemē): kur koku sugu sastāvs var būt vienvēidīgs, bet augsnes sēņu micēlijs spēj nošķirt dabisku, senu audzi no pirms 50 gadiem stādītas audzes.
2. Zemgales modeļteritorijā: lai apstiprinātu, vai mazie meža puduri (pat ja tie ir izolēti un to zemsedze ir homogenizējusies) joprojām glabā senu mežu sēņu banku, kas ir būtisks arguments to saglabāšanai.

3.3. Kartogrāfiskās analīzes un metodikas aprobācijas rezultāti

3.3.1. Vēsturisko karšu izmantošanas precizitātes izvērtējums

3.3.1.1. Trīsverstu kartes Kurzemē un Vidzemē

Pētījuma gaitā konstatēts, ka vēsturiskās Krievijas impērijas trīsverstu kartes “*Военно-топографическая трёхверстовая карта*” (mērogs 1:126 000) ir ievērojami piemērotākas seno meža teritoriju noteikšanai nekā 19. gadsimta sākuma kartes. Tomēr arī trīsverstu karšu gadījumā ģeoreferencēšanas precizitāte ir ierobežota gan pašas kartogrāfiskās pamatnes (papīra deformācijas, drukas un gravējuma kļūdu), gan vēsturiskās mērīšanas metodes dēļ. Literatūrā norādīts, ka mērījumu kļūda šāda mēroga kartēm pat ideālā gadījumā nepārsniedz 0,2 mm (uz kartes), kas atbilst aptuveni 25–30 m uz zemes (Россия 4D, Часть I)¹. Praktiskajos piemēros, analizējot skenētas trīsverstu lapas, deformācijas un salīmējumi rada papildus 70–80 m kļūdu jau pašā rastrā².

Testējot dažādas projekcijas un transformācijas (Bonne, Cassini-Soldner), secināts, ka Cassini-Soldner projekcija ar Pulkova meridiānu un Bessel 1841 elipsoīdu dod optimālu ģeometrisku sakritību ar mūsdienu koordinātu sistēmām. Izmantojot 15–20 piesaistes punktus (GCP) un Polynomial 1 vai Helmert transformāciju, tiek sasniegta vidējā kvadrātiskā kļūda (RMS) aptuveni 500–600 m, savukārt pielietojot Thin Plate Spline (“*rubber-sheet*”) korekciju, precizitāti iespējams uzlabot līdz 200–300 m (Россия 4D, Часть II)³. Autori uzsver, ka šāda kļūda “*укладывается в предельную точность масштаба карты*”, t.i., atbilst pašas kartes grafiskajam precizitātes līmenim³.

Apkopojot var secināt, ka praktiski sasniedzamā precizitāte trīsverstu karšu ģeoreferencēšanā ar rūpīgu GCP tīklu un Cassini projekciju ir ~200–300 m RMS, kas pilnībā atbilst kartes mērogam un oriģinālmateriāla iespējamajai precizitātei. Tomēr mūsu pētījumā,

pielietojot 30–50 punktus kartes lapā, izdevās sasniegt literatūrā minētās vērtības, nenonākot pie būtiskiem kartes objektu izkropļojumiem. Tāpēc izmantojot *polynomial* 2 transformācijas algoritmu, ieguvām ģeoreferencētas kartes, kuru precizitāte sasniedz ~170–430 m, vairumā gadījumu – 200–300 m. Visaugstāko precizitāti uzrādīja punkti, kas saistīti ar vēlāk uz kartēm attēlotām dzelzceļa stacijām, bet viszemāko – ar muižu centriem, par kuru precīzām atrašanās vietām nereti trūkst mūsdienu atsauces. Augsta atbilstība raksturīga ezeru krastiem, bet ievērojami zemāka – upju līkumiem.

Vidzemes teritorijā Rikera karte uzrādīja līdzīgu precizitāti ~300 m. Tāpēc turpmākajā darbā meža kontūru agregācijā tiek izmantotas 1×1 km šūnas, kas dod iespēju ap 90% meža kontūrām netikt pieskaitītām blakus kvadrātiem.

Turpmākā darba procesā tiek izmantots GEOSAM algoritms un iegūtas iespējami precīzas meža kontūras, kas agregatētas regulārā tīklā, aprēķinot vairākus ainavekoloģiskos rādītājus.

3.3.2. Meža fragmentācijas aprēķinu metodikas izvēle un aprobācija

3.3.2.1. Esošo pieeju izvērtējums

Meža fragmentācijas kvantitatīvai raksturošanai literatūrā izstrādātas vairākas metodiskās pieejas, kas atšķiras gan pēc telpiskā mēroga, gan interpretācijas veida.

Plankumu un ainavas metriku pieeja (*landscape metrics*) balstās uz meža teritoriju attēlojumu kā bināru rastru, kur mežs veido plankumu kopu. Rastram aprēķina metriku kopu, kas raksturo plankumu izmērus, formu, malu ietekmi, plankumu izolāciju un mozaīku. Metriku piemēri: plankumu lielumi un skaits: NP (*patch count*), MPS (*mean patch size*), LPI (*largest patch index*); malas efekts: ED (*edge density*), TE (*total edge*), kodolzona (*core area*); forma un sarežģītība: perimetra-platības attiecības. Pieveja plaši izmantota ainavu ekoloģijā un ļauj salīdzināt teritorijas telpā un laikā, tomēr rezultāti ir jutīgi pret meža definīciju, rastra izšķirtspēju, kartes mērogu. Galvenais rīks FRAGSTATS (McGarigal & Marks, 1995).

Kustīgā loga (moving window) pieeja nodrošina telpiski nepārtrauktu fragmentācijas raksturojumu, katram pikselim aprēķinot rādītājus noteikta izmēra logā. Tā ļauj identificēt ainavas strukturālās klases (kodols, mala, plankumi, pārejas zonas) un viegli analizēt mēroga ietekmi, tomēr rezultāti ir būtiski atkarīgi no loga izmēra izvēles (Heilman et al., 2002; Riitters et al., 2002).

Morfoloģiskā telpiskā rakstu analīze (MSPA) izmanto matemātiskās morfoloģijas principus, lai bināru meža karti sadalītu strukturālās klasēs, piemēram kodols (*core*), mala (*edge*), salas (*islet*), tilti/koridori (*bridge*), *loop*, *branch*, *perforation* (Solle & Vogt, 2022). Biežākais aprēķinu rīks GUIDOS Toolbox. Tiek izmantots arī bioloģiskās daudzveidības monitoringā Latvijā meža fragmentācijas aprēķiniem (Donis, 2020).

Efektīvais tīkla izmērs (*effective mesh size*) interpretē fragmentāciju kā varbūtību, ka divi nejauši punkti atrodas vienā nepārrautā meža masīvā, aprēķinot rādītājus: *landscape division* (D), *splitting index* (S) un *effective mesh size* (meff). Šī pieeja sniedz integrētu ainavas sadalītības novērtējumu, taču prasa augstu ievaddatu telpisko precizitāti (Jaeger, 2000).

Savienojamības pieejas balstītas grafa teorijā vai pārvietošanās izmaksu virsmās (*least-cost*, *circuit theory*); ļauj analizēt funkcionālo fragmentāciju konkrētu sugu pārvietošanās kontekstā, taču tās nav tieši piemērojamas vispārīgai strukturālai fragmentācijas analīzei vēsturiskajos datos (Urban & Keitt, 2001).

Pārvietošanās izmaksu virsmas (*least-cost*) **pieeja**, kur ainavas elementiem, zemes segumam piešķir “pretestību” (*resistance*) pārvietošanās plūsmām. Fragmentācija izpaužas kā palielināta pretestība vai izolācija (McRae, 2006). Iespējams modelēt daudzceļu plūsmas, ne tikai vienu “lētāko” ceļu. Pieveja izmantota AS “LVM” ainavu ekoloģiskā plāna sagatavošanā.

Malu efekta kvantificēšana un kodolzonu mežu noteikšana, kur fragmentācija tiek definēta kā kodolzonu mežu samazināšanos un malu pieaugumu, piemēram, cik % mežs atrodas tuvāk par noteiktu attālumu no meža malas. Pieeja izmantota aprēķinos par mikroklimatu, traucējumiem (Haddad et al., 2015).

Apkopojot secināts, ka vairums pieeju prasa precīzu meža robežu definīciju, vienotu kartogrāfisko mērogu un augstu ģeotelpisko precizitāti, kas ne vienmēr ir sasniedzama, strādājot ar vēsturiskajām kartēm.

3.3.2.2. Meža fragmentācijas aprēķinu darba plūsma un nepieciešamā programmatūra

Meža fragmentācijas analīze tiek veikta vairākos secīgos posmos, nodrošinot datu savietojamību telpā un laikā.

1. **Datu sagatavošana.** Telpiskie dati tiek sagatavoti kā bināru meža masku vai meža tipu karte. Vairāku laika periodu salīdzināšanai nepieciešams vienots pikseļa izmērs un, ja iespējams, attēlu savstarpēja koreģistrācija.
2. **Meža definīcijas noteikšana.** Tiek noteikta vienota meža definīcija visai datu laika rindai, nosakot minimālo kartējamo platību un klasifikācijas kritērijus.
3. **Mēroga parametru izvēle.** Atkarībā no izmantotās pieejas tiek noteikts minimālais plankuma izmērs, kustīgā loga dimensijas, kodolzonas platums un malas efekta attālumi.
4. **Fragmentācijas rādītāju aprēķins.** Tiek aprēķināti strukturālie fragmentācijas rādītāji, izmantojot plankumu un ainavas metriku pieeju, morfoloģisko telpisko rakstu analīzi (MSPA), kustīgā loga metodes vai savienojamības modeļus (piemēram, *least-cost*).
5. **Jutīguma analīze** (pēc nepieciešamības). Lai novērtētu rezultātu stabilitāti, var tikt veikta jutīguma analīze, pārbaudot, kā fragmentācijas rādītāji mainās pie atšķirīgiem mēroga un parametru iestatījumiem.

Nepieciešamā programmatūra:

- FRAGSTATS – plašs metriku komplekts plankumu/ainavas līmenī;
- MSPA / GUIDOS – meža strukturālo klašu noteikšanai;
- Conefor – savienojamības indeksu aprēķiniem;
- Circuitscape – pretestības attālumu modelēšanai;
- QGIS vide – plašs funkciju un spraudņu komplekts.

Fragmentācijas aprēķinu īstenošanas QGIS vidē **piemēri**: patch count (NP), mean patch size, largest patch, fragmentācijas pieaugums laika griezumā: Raster Calculator, lai pārvērstu klasificētu karti binārā (mežs = 1, pārējais = 0). Reclassify by table / by value. Raster → Conversion → Polygonize. Vector → Geometry → Multipart to singlepart. Field Calculator. Plankuma platība, perimetrs. Statistics by categories: Plankumu skaits, vidējais izmērs u.tml.

Core / edge: Raster → Proximity (distance). Raster Calculator.

Moving window (sliding window) fragmentācijas analīze: GRASS GIS rīki (iebūvēti QGIS): r.neighbors; aprēķina meža proporciju logā. Izmanto fragmentācijas karšu veidošanai. r.focalstats. Logu statistika.

Morfoloģiskā analīze (MSPA) integrējot GUIDOS Toolbox darbplūsmā ar QGIS: QGIS sagatavojot bināro meža rastru. Rezultātus kā Core, Edge, Bridge, Branch, Islet, Loop, iegūstot GUIDOS. Tālākai rezultātu apstrādei, statistikas aprēķiniem izmantojot QGIS.

QGIS spraudņi, kas tieši noder fragmentācijai: LecoS – Landscape Ecology Statistics. Fragmentācijas metrikas: patch size, edge length, landscape metrics; QGIS Processing + GRASS.

Kombinējot: r.clump, r.neighbors, r.stats var iegūt ļoti līdzīgus rezultātus FRAGSTATS, bet pilnībā QGIS vidē.

3.3.2.3. Izvēlētās fragmentācijas aprēķinu metodikas pamatojums

Būtiskākais izaicinājums vēsturisko karšu analīzē ir to atšķirīgā kartogrāfiskā ģeneralizācija, neskaidras meža definīcijas un ierobežota ģeoreferencēšanas precizitāte. Tāpēc literatūrā šādos gadījumos ieteikts izmantot vienkāršotas, mērogam robustas metriku kopas.

Tādējādi fragmentācijas raksturošanai tiek atlasīti sekojoši rādītāji:

- meža plankumu skaits,
- vidējais plankuma izmērs,
- lielākā plankuma īpatsvars,
- meža seguma īpatsvars.

Aprēķini apvieno plankumu metriku un kustīgā loga principus, par pamata telpisko vienību izvēloties 1×1 km regulāru šūnu tīklu. Katras šūnas ietvaros aprēķināti plankumu, malu un platības rādītāji, savukārt blakus esošās šūnas ar līdzīgām parametru vērtībām tika apvienotas lielākās telpiskās aglomerācijās.

Aprēķinātie fragmentācijas rādītāji integrēti ar citām ģeotelpiskajām pazīmēm (reljefs, augsne), nodrošinot metodikas pielietojamību gan telpiskai salīdzināšanai, gan laika griezuma analīzei. Izvēlēta pieeja nodrošina kompromisu starp analītisko detalizāciju un datu precizitātes ierobežojumiem, kas raksturīgi vēsturisko karšu izmantošanai.

Fragmentācijas aprēķinu darbplūsma balstījās uz vienotas bināras meža maskas sagatavošanu, konsekventu meža definīciju visā laika rindā un mērogam atbilstošu telpisko vienību izvēli. Aprēķini veikti strukturālajiem fragmentācijas rādītājiem, kombinējot plankumu metriku un kustīgā loga principus, un papildināti ar jutīguma analīzi dažādiem mēroga parametriem. Analīze īstenota atvērtā koda GIS vidē, nodrošinot metodikas reproducējamību.

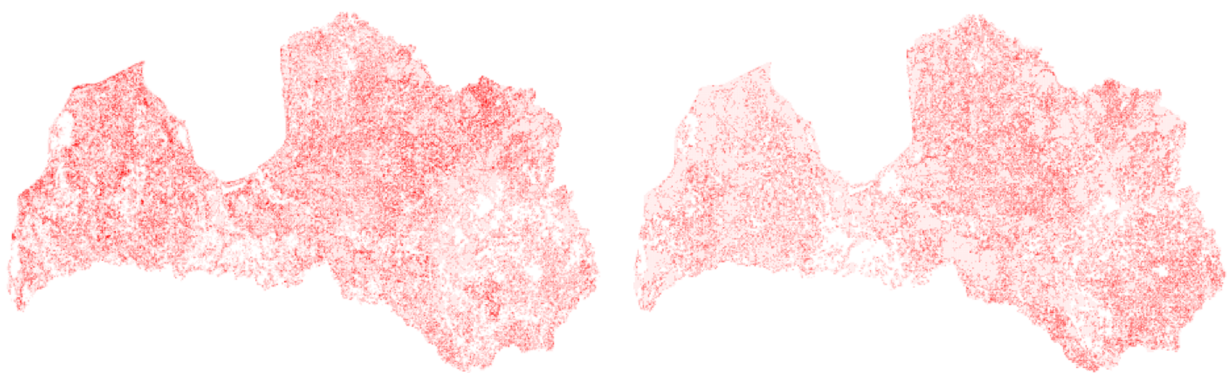
3.3.2.4. Fragmentācijas aprēķini periodos un novērojumi

Pētījuma ietvaros fragmentācijas analīze veikta visiem līdz šim vektorizētajiem mežu teritoriju slāņiem, apvienojot trīs periodus:

- Jaunāko periodu, kur izmantota 1990. gadu meža seguma informācija.
- Pirmskara periodu, kur izmantota 1920.–1930. gadu meža seguma informācija.
- Senākos periodus, kur izmantota vektorizētā informācija no Kurzemes un Zemgales teritorijām.

Absolūtās statistikas aprēķinu un ainavu apvidus statistikas datu analīzei agregācija 1×1 km šūnu tīklā ir pietiekama, neskatoties uz vecāko karšu ierobežoto ģeoreferencēšanas precizitāti, kas atsevišķos gadījumos var sasniegt līdz 300 m nobīdi. Šādos gadījumos konkrēto šūnu fragmentācijas izmaiņu novērtējumam pielietota blakus esošo šūnu apvienošana, palielinot analizējamo teritoriju līdz 2×2 km tīklam.

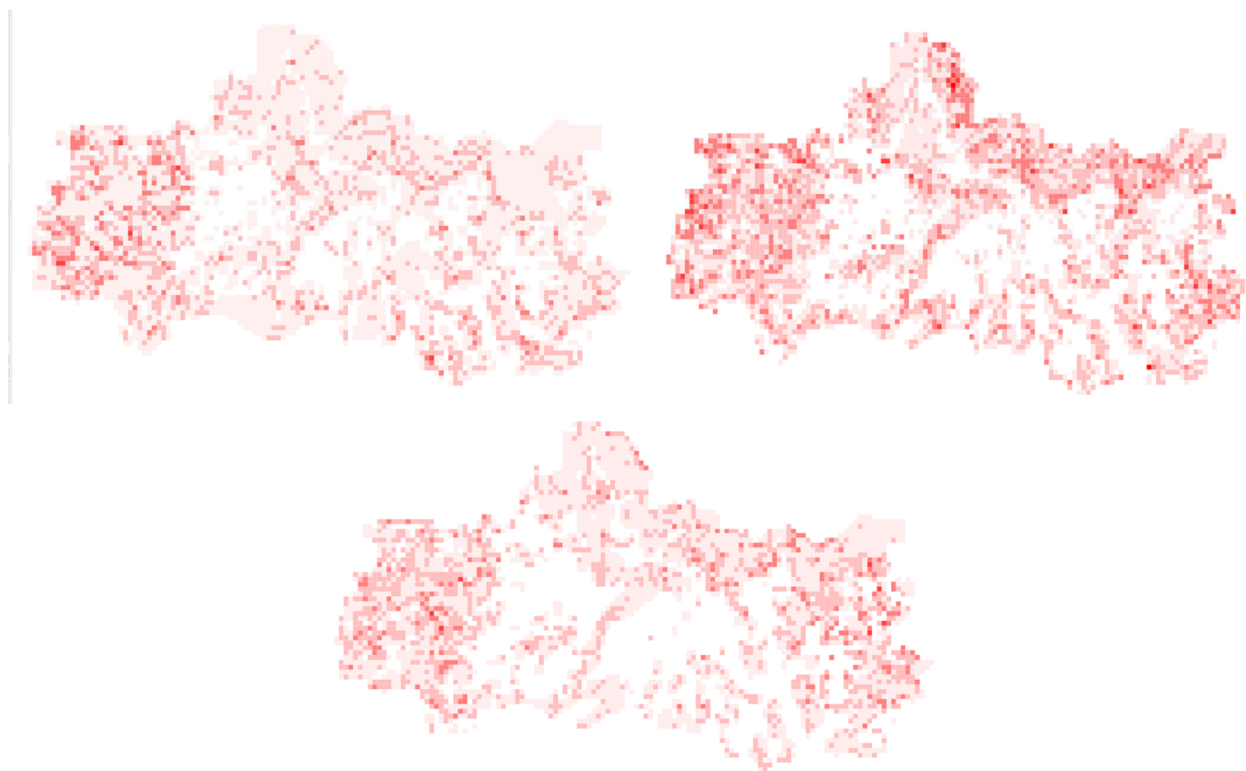
Salīdzinot jaunāko periodu un 1920.–1930-to gadu periodu (3. attēls) konstatēts, ka pirmskara periodā 1×1 km šūnās vidēji novērojams lielāks meža plankumu skaits un attiecīgi arī lielāka plankumu malu kopgaruma summa, kas norāda uz izteiktāku ainavas fragmentāciju šajā periodā.



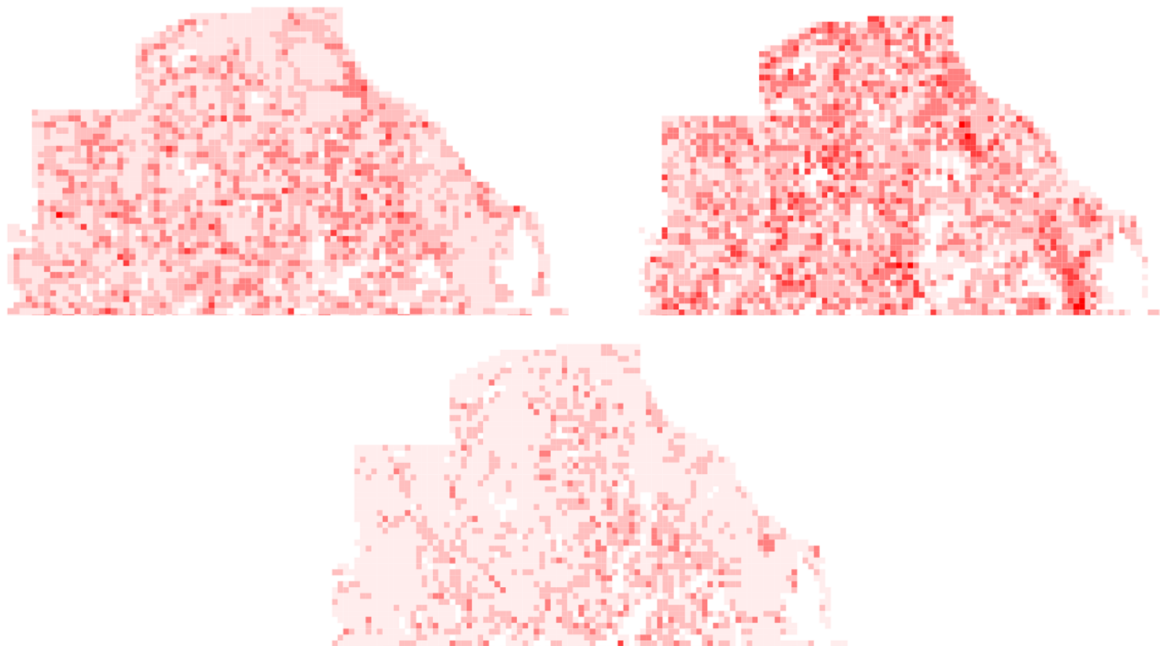
3. attēls. *Pirmskara perioda (1920.–1930-to gadu) un jaunākā perioda (1990-to gadu) šūnu statistika pēc malas garuma. Tumšākās šūnas ar lielāku meža plankumu malu summu*

Jāatzīmē, ka fragmentācijas analīze neietver īslaicīgu fragmentāciju, ko galvenokārt rada mežsaimnieciskā darbība (piemēram, kailcirtes), jo šāda veida informācija nav sistemātiski pieejama senākajos kartogrāfiskajos materiālos.

Kurzemes un Zemgales teritorijās fragmentācijas izmaiņu analīze veikta trīs laika periodu griezumā. Zemgales teritorijā konstatēts fragmentācijas rādītāju pieaugums starp senāko analizējamo un pirmskara periodu, savukārt starp pirmskara un jaunāko periodu novērojama fragmentācijas rādītāju samazināšanās tendence (4. attēls).



4. attēls. *Trīs periodu šūnu statistika Zemgalē pēc malas garuma*



5. attēls. Trīs periodu šūnu statistika Kurzemē pēc malas garuma

Analīzē vērtētas meža malu garuma, plankumu skaita un vidējā plankuma izmēra izmaiņas trīs laika periodos gan šūnu, gan ainavu apvidu līmenī. Meža malu un plankumu skaita izmaiņas starp jaunākajiem periodiem ainavzemju līmenī apkopotas 6. tabulā, kurā attēlotas vidējās vērtības. Savukārt izmaiņas starp pirmskara un senāko periodu analizētas tikai tajās šūnās, kurās senākajā periodā plankumu malu summa bija lielāka par nulli. Šādu šūnu kopskaits ir 10 739, un tās aptver 33 ainavzemes.

6. tabula. Fragmentācijas rādītāju apkopojums ainavzemju apvidos

Ainavzemes nosaukums	Jaunākais periods Patch count	Pirmskara periods Patch count	Jaunākais periods Patch avg	Pirmskara periods Patch avg
Aizkalnes pauguraine ar Maltas viļaini	1,2	1,5	32,9	14,5
Alojas-Limbažu āru un iegultu ezeru apvidus	1,1	2,0	52,2	20,2
Alūksnes augstumi	1,1	4,1	48,1	13,3
Augšabavas-Vašlejas āraine	1,0	2,4	31,0	11,5
Augšmēmeles āraine	1,1	1,8	52,8	19,4
Augšogres-Jumurdas noliece	1,1	2,5	61,0	23,0
Augšrojas sedlaine (Talsu-Valdemārpils āru ezeraine)	1,1	2,1	43,1	17,9
Augšventas egļu mežāri apvidus	1,0	2,0	56,5	26,6
Augšzemes (Bebrenes-Sventes) pauguraine	1,3	2,1	34,8	15,8
Augstrozes pauguraine	1,1	2,0	56,8	20,5
Aumeistaru pauguraine	1,4	3,3	41,2	13,7
Austrumkursas (Lielaucē-Zantes) pauguraine	1,1	2,3	48,2	18,0
Austrumlatgales (Rītupes-Zilupes) mežpurvaine	1,0	1,3	44,2	37,9
Baldonas-Iecavas pauguraine	1,0	1,7	42,6	17,5
Baldones-Tomes pauguraine	1,0	1,8	91,8	56,2
Balupes-Stampaku purvaine	1,1	1,4	71,3	52,9
Balvu-Liepna āraine	1,1	2,3	45,3	27,9
Bārtas āru apvidus	1,0	1,5	48,9	24,7

Burtnieku drumlinu āru apvidus ar Sedas mežaines joslu	1,1	2,1	49,7	16,1
Burzavas pauguraine ar Ludzas ezeraini	1,2	1,1	27,0	11,8
Ēdoles pauguraine	1,1	2,3	49,8	16,5
Ērgemes pauguraine	1,1	2,2	59,6	25,8
Daugavpils-Līvānu viļaine	0,9	1,4	36,4	24,1
Šķaunes-Zilupes grēdaine	1,2	1,9	44,0	18,3
Diejņvidsēlijas āraine	1,2	1,7	35,7	19,6
Dienvīdlatgales (Kalupes) āraine	0,8	1,3	28,4	25,4
Dienvīdlatgales ezeraine	1,3	1,8	26,0	9,5
Dienvīdlatgales purvaine	1,0	1,0	40,0	42,8
Dienvīdu (Vietalvas-Cesvaines) augstumi	1,2	2,7	50,9	11,5
Dundagas pacēluma āraine ar Slīteres krauju	1,1	2,2	64,0	24,3
Engures apvidus	0,9	1,9	70,0	35,2
Gaujas-Tirzas augšteču mežāru nolaida	1,1	2,9	56,4	21,9
Gaujava	1,1	2,3	53,2	29,1
Gaujienas-Lejasciema mežāru viļaine	1,1	2,8	56,2	29,4
Gramzdas-Vaļodes mežāru viļaine	1,1	1,5	40,7	17,1
Gulbenes pauguraine	1,1	3,8	35,0	13,3
Irbes mežaine	1,0	1,9	85,9	46,6
Kabiles-Lutriņu nolaidis āraine ar Pampāļi paugurgrēdu	1,0	1,7	41,1	16,2
Kangaru mežaine	1,1	2,0	64,7	40,7
Krāslavas-Naujenes Daugavas mežandru apvidus	1,2	1,8	39,2	20,2
Laidzes-Papes-Amēļu mežāru apvidus	1,0	2,0	73,4	36,7
Leijasdaugavas (Daugavas spēkstaciju) nolaida	0,9	1,7	37,7	21,4
Lejasabavas mežaine	1,0	1,9	74,5	40,6
Lejasaiviekstes grēdaine	1,1	1,9	54,9	24,0
Lejasrojas apvidus	1,0	1,7	82,9	49,6
Lejasventas āru un mežaines apvidus	0,9	1,4	63,7	34,1
Liepājas-Papes piejūras ezeru un mežaines apvidus	0,8	1,5	55,5	30,5
Lubāna līdzenuma purvaine	1,0	1,3	63,5	46,9
Mākonkalna-Liepukalna augstumi	1,2	1,7	48,4	19,3
Misas mežaine	1,0	1,7	56,5	38,5
Palsas-Velēnas mežaine	1,0	1,9	77,2	49,3
Pededzes āraine	1,2	2,5	60,5	36,5
Pļaviņu-Staburadzes kanjons	1,3	1,8	41,7	14,6
Rietumkursas (Aizputes-Durbes) āru nolaida	1,0	1,7	24,7	10,1
Rietumkursas Pieventas nogāze	1,2	2,1	50,2	16,5
Rietumkusas vidienes pauguraine	1,1	2,3	44,2	14,9
Rietumlatgales (Varakļānu-Barkavas) āru viļaine	1,1	1,3	34,5	31,7
Rietumu (Kosas-Launkalnes) augstumi	1,1	2,2	62,4	24,5
Rietumzemgales (Dūkstes-Tērvetes) āru viļaine	0,5	1,4	15,3	8,1
Rietumzemgales (Elejas-Bauskas) āru līdzenums	0,4	1,1	11,5	8,3
Rīgas ūdeņu un silaines apvidus	1,0	1,7	51,3	38,3
Ružinas-Rēzeknes pauguraine	1,1	1,0	29,8	16,6
Sakas grīšļu apvidus	1,0	2,4	78,5	32,3
Salacas apvidus ar Salacas ieleju	1,0	1,7	64,5	36,3
Saldus-Variebas dziļleju un mežāru apvidus	1,0	1,8	45,1	20,9
Sēlijas pauguraine	1,2	1,7	45,4	11,0
Skaistas-Rundēnu lēzenpauguraine	1,3	2,0	43,7	15,6
Skrudalienas-Bornes āru pacēlums ar Silaines ezeraini	1,2	1,4	37,2	20,5
Slīteres apvidus	1,0	1,8	84,1	48,0
Susējas mežpurvaine ar Jēkabpils āraini	1,0	1,5	63,5	47,7
Talsu-Tukuma pauguraine	1,1	2,3	50,9	27,0

Taurkalnes mežaine	1,0	1,5	89,7	60,2
Tīreļa apvidus	0,9	1,5	57,6	36,0
Trikātas āraines uzcilnis	1,2	2,5	38,1	15,4
Usmas ezeraine ar Stendes mežaini	1,0	1,9	72,8	41,6
Vadakstes drumlinu mežāru viļaine	1,0	1,9	49,6	19,8
Vaidavas ielieces mežaine	1,0	2,8	66,6	33,1
Vecclaicenes augstumi	1,1	4,6	60,1	11,0
Vidienas (Alauksta-Gaiziņa) augstumu ezeraine	1,1	2,8	50,2	13,9
Vidusabavas ielieces āraine ar Abavas senleju	1,1	2,0	38,2	17,9
Vidusgaujas mežaine ar Sedas purvaini	1,1	1,9	71,4	44,5
Vidusventas (Kuldīgas) priežu mežāru apvidus	1,1	2,0	63,3	32,9
Vidzemes (Sudas-Madlienas-Vecbebru) nolaidas āriene	1,2	2,1	47,5	26,1
Vidzemes piekraste	1,0	1,7	71,0	44,9
Viļakas āraine	1,1	1,8	39,6	31,4
Viļānu-Kārsavas grēdaine	0,9	1,1	45,3	30,0
Zemgales vidienes (Bīrzgales-Valles-Skaistkalnes) āru viļaine	1,1	2,0	42,6	15,1
Ziemeļrietumu (Spāres-Raunas) āru nolaida ar Augšamatas ielieces mežaini	1,0	2,2	55,2	25,0

Papildus fragmentācijas rādītājiem 1×1 km šūnās apkopota informācija par dominējošo litoloģiju (nogulumiem), reljefa dinamiku (STAT_H_dif_vid) un mūsdienās kartētajiem meža biotopiem, lai izvērtētu fragmentācijas izmaiņu iespējamo saistību ar fiziskās vides un bioloģiskajiem faktoriem.

Saistības starp plankumu malu garuma izmaiņām un reljefa dinamiku ir atšķirīgas atkarībā no telpiskā mēroga. Šūnu līmenī konstatēta tikai vāja pozitīva saistība starp plankumu malu garuma izmaiņām starp jaunāko un pirmskara periodu un augstumu starpības (*Pearson* $r \approx 0,105$, *Spearman* $\rho \approx 0,103$), savukārt starp pirmskara un vecāko periodu šī saistība ir ļoti vāja (*Pearson* $r \approx 0,061$, *Spearman* $\rho \approx 0,072$). Ainauzemju līmenī reljefa ietekme kļūst izteiktāka: plankumu malu garuma izmaiņām starp jaunāko un pirmskara periodu novērota pozitīva korelācija ar vidējo augstumu starpības ainavzemē (*Pearson* $r \approx 0,345$, *Spearman* $\rho \approx 0,356$), kamēr starp pirmskara un senāko periodu izmaiņām saistība ar reljefa rādītājiem saglabājas vāja. Tas norāda, ka reljefa ietekme uz Edge dinamiku šūnu līmenī ir minimāla, bet agregējot datus pa ainavzemēm, jaunākajā periodu pārejā parādās jau skaidrāka tendence.

Analizējot dominējošās litoloģijas ietekmi, aprakstošā statistika rāda, ka šūnu līmenī starp jaunāko un pirmskara periodu smilts teritorijās plankumu malu garuma izmaiņas vidēji ir izteiktāk negatīvas nekā, piemēram, morēnas teritorijās. Savukārt starp pirmskara un senāko periodu gan smilts, gan morēnas litoloģijās vidēji novērojamas pozitīvas plankumu malu garuma izmaiņas, tomēr ar lielu datu izkliedi.

Vienfaktora dispersijas analīze (ANOVA) apstiprina, ka litoloģija ir statistiski nozīmīgs faktors plankumu malu garuma izmaiņām. Jaunākā un pirmskara periodā konstatētas ļoti būtiskas atšķirības starp litoloģijas grupām ($F = 635,7$, $p < 0,001$), kas norāda, ka dominējošā litoloģija ievērojami ietekmē plankumu malu garuma dinamiku starp jaunāko un pirmskara periodu, lai gan šis tests pats par sevi nenorāda skaidrotās variācijas apjomu. Savukārt starp pirmskara un senāko periodu šīs atšķirības starp litoloģijām saglabājas statistiski nozīmīgas, bet ievērojami vājākas ($F = 38,87$, $p \approx 1,5 \times 10^{-17}$).

Regresijas modeļi, kuros plankumu malu garumu izmaiņas skaidrotas ar augstumu starpību un dominējošo litoloģiju, rāda, ka šūnu līmenī šo faktoru skaidrojošā spēja ir zema. Jaunākā-pirmskara perioda – modelis izskaidro tikai aptuveni 4,7% no plankumu malas summas izmaiņu

Ainavzemju līmeņa daudzfaktoru modeļos katrā teritorijā raksturota ar vidējo plankuma malas summas izmaiņu jaunākā-pirmskara un pirmskara-senākajā periodā, vidējo reljefa dažādību, reljefa iekšējo heterogenitāti un šūnu skaitu. Modelī, kur plankuma malas summas izmaiņas jaunākā un pirmskara periodā skaidroja reljefa raksturlielumi, tika sasniegts $R^2 \approx 0,086$, kas nozīmē, ka apmēram 8,6% no variācijas tiek izskaidroti, un tas ir gandrīz divreiz vairāk nekā šūnu līmenī. Vidējai reljefa dažādībai ir pozitīva ietekme, norādot, ka reljefainākās ainavzemēs plankumu malas summas izmaiņas ir lielākas, savukārt reljefa heterogenitāte norāda uz papildu iekšējo struktūru ietekmi. Savukārt pirmskara–senākā perioda modelī R^2 sasniedz aptuveni 0,20, kas liecina par salīdzinoši spēcīgu reljefa ietekmi ainavu apvidu mērogā un norāda, ka ilgtermiņa malas dinamika nav nejauša, bet strukturēta ar fiziskās vides faktoriem. Tas ļauj pieļaut, ka vecākajos periodos zemes lietojums bija ciešāk piesaistīts reljefam nekā mūsdienās.

3.3.3. Reģionālie seno mežu kartēšanas piemēri

46

3.3.4. Lauku darbu rezultāti

3.3.4.1. Zemgales reģiona kā modeļteritorijas mežu raksturojums

Lai gan Zemgali (Bauskas, Jelgavas, Dobeles novadus) kopumā raksturo zems mežainums un auglīgi platlapju mežu puduri, šis reģions ir ekoloģiski neviendabīgs un īpaši piemērots seno mežu kartēšanas metodikas pārbaudei mazmežainas ainavas apstākļos. Tam par pamatu ir atšķirīgas reģiona ģeoloģiskās un hidroloģiskās īpatnības.

Zemgales mežus var iedalīt trīs pamatgrupās, kas atspoguļo reģiona bioģeogrāfisko gradientu:

1. Auglīgo līdzenumu meži (dienvidu un centrālie apgabali) – raksturīgākie Zemgales meži; atrodas uz barības vielām bagātām augsnēm, kuras vēsturiski intensīvi izmantotas lauksaimniecībā. Dominējošie tipi: auglīgas platlapju un jauktas mežaudzes (gāršas, liekņas), kurās dominē ozols, osis, retumis arī vīksna un liepa. Lielākā daļa seno mežu šeit saglabājušies kā fragmenti – nelielos puduros vai nedaudz lielākos masīvos (piemēram, Ukru gārša, Līvberzes liekņa), kas kalpo kā seno mežu etaloni un bioģeogrāfiskās patvērumu vietas. Šie *in situ* platlapju mežu fragmenti uz auglīgām augsnēm ir īpaši vērtīgi seno mežu kontekstā, jo tie atspoguļo augstu vēsturisko zemes lietojuma kontrastu un pieprasa detalizētu zemes lietojuma analīzi.

2. Priežu mežu masīvi (ziemeļrietumu un piejūras apgabali) – Zemgales ziemeļrietumos mežainums un mežu sastāvs krasi mainās, jo šeit dominē smilšainas augsnes, kas nav tik auglīgas. Dominē priežu meži (silš, mētrājs) un jaukta tipa skujkoku mežaudzes. Piemēram, Zvirgzdes-Tomes mežu masīvs. Šie masīvi ir plašāki un liecina par ilgstošu meža nepārtrauktību uz mazāk auglīgām smilts augsnēm. Lai gan reģiona vidējais mežainums ir zems, šeit mežu kontinuitāte telpā un laikā ir lielāka, tādēļ biodaudzveidības indikatoru nozīme var pieaugt, līdzīgi kā augsta mežainuma reģionos (Vidzemē). Kā īpaši piemēri (jeb apakšgrupa) jāmin Dzelzāmura meža masīvs un Skaistkalnes meža masīvs, kas abi pieder pie Zemgales pārejas zonas mežiem. Dzelzāmura meža masīvu veido jauktas mežaudzes ar priedi un egli, kā arī bērzu, baltalksni un atsevišķiem ozoliem mitrākās vietās, un šis masīvs veido ~~buferzonu~~ jeb ekoloģisko koridoru starp auglīgo Zemgales līdzenumu dienvidos un mazauglīgiem priežu mežu masīviem ziemeļos un austrumos. Skaistkalnes meža masīvs vairāk jāraksturo kā paliela meža sala, kas atrodas zema mežainuma ainavā (ar priežu un bērzu mežiem, platlapju audzēm uz kaļķainām augsnēm un mitriem lapu koku mežiem). Abus šos masīvus raksturo arī bagātīgi kultūrvēsturiski artefakti un ģeomorfoloģiskie elementi (piem, karsta kritenes). Šajos masīvos seno mežu identificēšanai būtu jāizmanto vairāki principi: gan ilgstoša zemes lietojuma pārbaude, gan bioloģiskās daudzveidības indikatoru nozīme, gan arī kultūrvēsturiskie un ģeomorfoloģiskie indikatori.

3. Hidromorfie meži (upju ielejas un purvainās vietas) – gar lielajām upēm (Lielupi, Mūsu, Mēmeli, Iecavu, Misu) un zemās vietās, kas regulāri applūst vai ir purvainas, sastopami specifiski mitrāju meži (alkšņu, purvāja priežu meži) un pārejas purvu zonas. Šīs teritorijas bieži vien ir bijušas grūti pieejamas un cilvēka darbības mazāk ietekmētas, tādējādi tās var saglabāt izteiktas seno mežu ekoloģiskās pazīmes (struktūra, mirusī koksne) pat mazmežainajā Zemgales ainavā.

3.3.5. Metodikas validācija: lauka datu un tālīzpētes datu salīdzinājums

3.3.6. Seno mežu telpiskā struktūra un tipoloģija

3.3.7. Seno mežu tipu raksturojums tiks veikts pēc lauku pētījumiem un situācijas dabā

PRIMĀRIE SENIE MEŽI

Primārie boreālie priežu senmeži (P1)

Primārie egļu senmeži (P2)

Primārie lapu koku atvasāju senmeži (P3)

Primārie platlapju senmeži (P4). Viena no vērtīgākajām un retākajām meža ekosistēmām Latvijā, ko definē vēsturiska nepārtrauktība, platlapju koku sugu dominance un augsta dabiskuma pakāpe, kas bieži integrējas ar kultūrvēsturisko mantojumu.

Mežaudzi veido ozoli *Quercus*, liepas *Tilia*, oši *Fraxinus* un kļavas *Acer*, bieži ar egles *Picea* piemistojumu. Mežaudzei raksturīgas izteiktas koku augstuma un diametra variācijas, kas norāda uz audzes dažādo vecumu un dabisko dinamiku. Sastopami uz auglīgām, labi drenētām minerālaugsnēm, kas nodrošina pietiekamu barības vielu daudzumu platlapju koku sugām. Veģetācijai raksturīga liela sugu daudzveidība, ieskaitot labi attīstītu krūmu un lakstaugu stāvu. Pamežā bieži sastopama lazdas un ievas, zemsedzē – vizbulītes, laksis, meža vīķis, dzeltenā panātre, dažādas papardes. Sausokņi, dobumaini koki, liela izmēra kritālas un seni iepriekšējo paaudžu koki uztur lielu daudzumu sugu.

Latvijas teritorijā sastopami kā nelieli fragmenti uz auglīgām minerālaugsnēm – īpaši valsts rietumu un centrālajā daļā (Zemgalē, Kurzemē), kā arī upju ieleju nogāzēs. Iespējamās platības ļoti nelielas un fragmentētas.

Kritēriji un indikatori P4 mežu noteikšanai (sakārtoti prioritārā secībā):

Ģeotelpiskie. Nemainīgas meža robežas vēsturiskajās kartēs (18.–20. gs.); aerofoto salīdzinājums; LIDAR dati (rāda struktūru nevienmērību: nevienmērīgs un daudzstāvēs vainagu klājs; izteiktas augstuma un diametra variācijas); izolācijas pakāpe.

- Augsnes un ģeoloģiskie. Neskarts augšnes profils (velēnu karbonātu vai brūnzemes); Ah-horizonta biezums; sena meža micēlija DNS klātbūtne; biogēno elementu uzkrājumi (N, P, C).
- Kultūrvēsturiskie. Kulta koki un akmeņi (ozoli kā kulta koki); robežkoki; robežvaļņi; muižu parku relikti (ja tie ir bijuši dabiski, nevis stādīti); u.c.
- Bioloģiskie. Ar platlapju mežiem saistītās seno mežu indikatorsugas (piemēram, *Galeobdolon luteum*); augsta sūnu un ķērpju daudzveidība uz platlapju koku mizas; piepes uz kritālām; specifiskas augšnes mikroorganismu kopienas (liecina par augšnes stabilitāti).
- Ainaviskie un reljefa. Nelīdzens mikroreljefs (vecu kritālu radīts); gravu un avotu sistēmas (tipiskas upju ielejām); sīkgravas; laukakmeņu krāvumi (kur nav arta zeme).
- Strukturālie. Vecu platlapju koku klātbūtne (ozoli, liepas); dažādu paaudžu koku mozaīka; liels kritālu daudzums; dobumi (vecajos kokos); daudzslāņaina koku un krūmu struktūra; vainagu un stumbru daudzveidība.
- Palinoloģiskie. Platlapju koku sugu makrofosilijas.

SEKUNDĀRIE SENIE MEŽI

Sekundārie priežu meži uz senas meža zemes (S1)

Sekundārie egļu meži uz senas meža zemes (S2)

Sekundārie lapu koku meži uz senas meža zemes (S3)

Sekundārie platlapju meži uz senas meža zemes (S4)

Parkveida plāvas un sekundārās retains uz senas meža zemes (S5)

SEKUNDĀRIE SENIE MEŽI UZ BIJUŠĀS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMES

Agro-sekundārie priežu meži uz ex-lauksaimniecības zemes (A1)

Agro-sekundārie egļu meži uz ex-lauksaimniecības zemes (A2)

Agro-sekundārie lapu koku meži (apse, bērzs, alksnis) uz ex-lauksaimniecības zemes (A3)
Agro-sekundārie platlapju meži uz ex-lauksaimniecības zemes (A4)
Agro-sekundārās retaines un parkveida ganības uz ex-lauksaimniecības zemes (A5)

KULTŪRVĒSTURISKIE SENIE MEŽI UN PARKI

Kultūrvēsturiskie priežu meži (K1)
Kultūrvēsturiskie egļu meži (K2)
Kultūrvēsturiskie lapu koku meži (K3)
Kultūrvēsturiskie ozolu-liepu meži (K4)
Muižu parkveida pļavas un retaines (K5)
Muižu parki (K6)

3.3.8. Seno mežu indeksa (SMI) aprēķins un prioritizēšana

Šajā sadaļā tiks izstrādāta un aprobēta integrēta seno mežu indeksa (SMI) aprēķina pieeja, apvienojot telpiskos, strukturālos, bioloģiskos un vēsturiskās zemes lietojuma indikatorus vienotā novērtējuma sistēmā. Indeksa mērķis ir identificēt teritorijas ar augstāko seno mežu potenciālu un relatīvo prioritāti dabas aizsardzības kontekstā, balstoties uz vairāku neatkarīgu pierādījumu kopumu. Analīzē tiks vērtēta atsevišķu indikatoru un to kombināciju ietekme uz kopējo SMI vērtību, nosakot, kuri rādītāji vai to kopas visbūtiskāk raksturo augstu meža vēsturisko kontinuitāti un ekoloģisko kvalitāti. Tiks izvērtēta indeksa piemērotība Latvijas apstākļiem.

3.3.9. Datu bāzes izveide un tās funkcionalitāte

Pētījuma noslēdzošais posms ir integrētas ģeotelpiskās datu bāzes izveide, kurā katram identificētajam seno mežu objektam tiek piešķirts unikāls atribūtu komplekts, kas atspoguļo tā reģionālo specifiku. Atšķirībā no standarta meža inventarizācijas datiem, šī datu bāze ir strukturēta atbilstoši gradientu pieejai, ietverot šādus galvenos datu laukus:

1. Vēsturiskās kontinuitātes indekss: Uzrāda hronoloģisko dziļumu (piemēram, nepārtraukts mežainums kopš 18. gs. beigām vai 19. gs. vidus).
2. Reģionālais konfigurācijas kods:
 - o mazmežainos reģionos tiek fiksēts izolācijas pakāpes un platības rādītājs (piemēram, brīdinājuma signāls, ja platība ir < 40 ha un izolācija > 1 km, kas norāda uz sugu homogenizācijas risku);
 - o lielmežainos reģionos tiek fiksēts strukturālās integritātes rādītājs (piemēram, mirušās koksnes un epifītu klātbūtne).
3. Biokulturālā vērtība: atzīmes par īpašu dimensiju koku (kulta koku) vai vēsturisko robežzīmju u.c. klātbūtni.
4. Seno mežu tips: klasifikācija atbilstoši izstrādātajai tipoloģijai (piemēram, P1 – primārais priežu senmežs, S2 – sekundārs egļu mežs uz senas zemes).

Šāda datu struktūra nodrošina, ka lēmumu pieņēmēji (dabas aizsardzības speciālisti, plānotāji vai meža apsaimniekotāji) var operatīvi filtrēt objektus ne tikai pēc to atrašanās vietas, bet arī pēc to ekoloģiskās “izturības” un vēsturiskās nozīmes. Izveidotā datu bāze kalpos kā ilgtermiņa monitoringa platforma, kas ļaus sekot līdzi Latvijas seno mežu genofonda un bioloģiskās atmiņas saglabāšanai dinamiskā ainavā.

3.3.10. Metodikas ierobežojumi un nenoteiktība

Vēsturisko karšu ierobežojumi. Vēsturisko karšu ģeometriskā precizitāte un tematiskā detalizācija ierobežo iespējas precīzi rekonstruēt meža kontūras un nepārtrauktību smalkākos telpiskajos mērogos. Ģeoreferencēšanas kļūdas, kartogrāfisko simbolu interpretācija un atšķirīgās meža definīcijas dažādos vēsturiskajos periodos rada nenoteiktību seno mežu robežu noteikšanā.

Tālizpētes datu interpretācijas nenoteiktība. LiDAR un citu tālizpētes datu atvasinātie rādītāji (piemēram, virsmas raupjums, struktūras heterogenitāte) netieši raksturo vēsturisko zemes lietojumu un meža struktūru, un to interpretācija ir atkarīga no algoritmu parametriem, telpiskā mēroga un mūsdienu mežaudžu stāvokļa. Atsevišķos gadījumos līdzīgi strukturālie signāli var rasties arī mežos ar ierobežotu vēsturisko kontinuitāti.

Mēroga un parametru izvēles ietekme.

Bioloģisko un strukturālo indikatoru nepilnīgums un telpiskā mainība.

Metodikas ierobežojumu un nenoteiktības avotu pilnīga identifikācija tiks precizēta, turpinot metodikas aprobāciju un empīrisko datu uzkrāšanu.

Pirmie SECINĀJUMI un nākamie soļi

1. Pētījuma gaitā izstrādāts **ģeotelpiskais modelis**, kas pirmo reizi Latvijas mērogā identificē potenciālos seno mežu masīvus ar augstu hronoloģisko kontinuitāti. Modelis aptver četrus secīgus vēsturiskos periodus un balstās uz dažāda mēroga kartogrāfiskajiem materiāliem. Papildus teritoriju identificēšanai tiek aprēķināti ainavekoloģiskie rādītāji un analizēta to dinamika laika gaitā.
2. **Metodoloģiskā hierarhija**: Efektīvākā stratēģija seno mežu identificēšanai Latvijas mērogā atzīta hierarhiska daudzpakāpju metode, kurā ģeotelpiskā analīze kalpo kā primārais atlases filtrs, bet augsnes, bioloģiskie un molekulārie indikatori (eDNA) – kā mērķtiecīgs validācijas instruments reģionāli specifiskās modeļteritorijās. Vienlaikus konstatēts, ka meža fragmentācijas rādītāji nav interpretējami lokālā (1×1 km šūnu) mērogā, bet kļūst informatīvi tikai pēc datu agregācijas ainavzemju līmenī, kas apliecina telpiskā mēroga izšķirošo nozīmi seno mežu kartēšanas rezultātu interpretācijā.
3. **Laika dimensijas nozīme fragmentācijas interpretācijā**: Fragmentācijas analīze rāda, ka ilgtermiņā, īpaši senākajos vēsturiskajos periodos, meža telpisko struktūru būtiski nosaka fiziskās vides faktori (reljefs un litoloģija), savukārt jaunākajos periodos fragmentācijas dinamiku lielākā mērā veido antropogēni procesi, kas prasa atšķirīgu pieeju datu interpretācijā.
4. **Reģionālie telpiskie gradienti**: Seno mežu diagnostikā nevar piemērot vienotus indikatorus visai valsts teritorijai. Mazmežainos un auglīgos reģionos primārie indikatori ir nearta augsne un zemsedzes vaskulārie augi, savukārt plašu skuju koku mežu reģionos noteicošā loma ir strukturālajai kontinuitātei, ko indicē specifiski koksnes epifiti un sēņu mikrobioms.
5. **Telpiskie slietņi un izolācija**: Zemgales reģionā konstatētais 40 ha minimālās meža platības slietnis un 1 km izolācijas attālums kalpo kā kritisks indikators seno mežu bioloģiskajai kvalitātei; mazākos un izolētākos meža puduros vērojama sugu homogenizācija, kas norāda uz nepieciešamību pēc specifiskiem apsaimniekošanas pasākumiem konektivitātes atjaunošanai.
6. **Tehnoloģiskā inovācija**: No dažādu pētījumu rezultātiem, kā darba versiju pie LiDAR datu izmantošana virsmas raupjuma analīzei un vides DNS (eDNA) metabarkodēšana uzskatāmi par attiecīgi fiziskās (strukturālās) un molekulārās kontinuitātes pierādījumiem. Tie ļauj objektīvi identificēt seno mežu nepārtrauktību arī gadījumos, kad vēsturiskā kartogrāfiskā informācija ir nepilnīga vai pretrunīga.
7. **Klimata un mikroklimata loma**: Pētījums apstiprina, ka Latvijas homogēnajos klimatiskajos apstākļos mikroklimata rādītājiem ir zema diagnostiskā vērtība seno mežu nodalīšanai no jaunākiem sekundāriem mežiem, tādēļ to iekļaušana valsts mēroga metodikā nav pamatota.

Nākamie soļi:

- ⇒ Turpināt mežu kontūru digitalizēšanu un agregatēšanu 1×1 km tīklā visai Latvijas teritorijai četros vēstriskos periodos.
- ⇒ Potenciālās seno mežu kartes digitālā “tīrīšana”. Pirms došanās uz mežu, potenciālā karte ir jāprecizē ar attālinātās izpētes rīkiem, lai atsijātu kļūdainos poligonus. Uzdevums: Veikt virsmas raupjuma (*Surface Roughness*) analīzi visiem identificētajiem potenciālajiem seno mežu nogabaliem. Mērķis: Identificēt nogabalus, kas vēsturiskajās kartēs parādās kā mežs,

bet LiDAR datus uzrāda “gludu” reljefu (norāde uz vēsturisku aršanu), tādējādi izslēdzot neprecīzās platības.

- ⇒ Validācijas parauglaukumu atlase Zemgalē. Izmantojot potenciālo seno mežu karti, tiek izvēlētas reprezentatīvas vietas padziļinātai izpētei. Uzdevums: Atlasīt parauglaukumus Zemgalē, kas atbilst dažādiem parametriem:
 - “etalona” nogabali (lieli, stabili masīvi);
 - “riskā” nogabali (mazāki par 40 ha, izolēti);
 - “šaubīgie” nogabali (kur kartes un LiDAR dati sniedz atšķirīgu informāciju).
- ⇒ Lauka darbi un bioloģisko datu ievākšana, lai pārbaudītu, vai potenciāls atbilst realitātei. Uzdevums: seno meža indikatorsugu uzskaitē (*Galeobdolon luteum*, *Asarum europaeum* u.c.); augsnes paraugu ņemšana eDNA (DNS) metabarkodēšanai; strukturālo elementu fiksēšana (lielu dimensiju koki, miruši koksne), kultūrvēsturiskie indikatori (vēsturiskās robežzīmes u.c.).
- ⇒ Datu apstrāde un seno mežu indeksa (SMI) izveide. Pēc lauka darbiem visi iegūtie dati tiek apvienoti, lai kalibrētu algoritmu. Uzdevums: salīdzināt lauka datus ar potenciālo karti; aprēķināt, cik precīzi vēsturiskie ģeotelpiskie dati spēj prognozēt bioloģisko vērtību. Mērķis: Izveidot SMI formulu, kas piešķir katram meža gabalam vērtību no 1 līdz 10 (kur 10 ir absolūts senais mežs).
- ⇒ Gala datu bāzes struktūras programmēšana. Pēdējais solis ir projekta rezultāta noformēšana lietojamā formātā. Uzdevums: integrēt visus slāņus (potenciālo seno mežu karti, LiDAR, lauka validācija, eDNA) vienotā ĢIS datu bāzē. Sagatavot datu bāzes pieeju valsts iestādēm (piemēram, Dabas aizsardzības pārvaldei), lai dati būtu izmantojami mežu apsaimniekošanas plānošanā.

References

- Brunet, J. 1994. Der Einfluss von Waldnutzung und Waldgeschichte auf die Vegetation sudschwedischer Laubwalder. Norddeutsche Naturschutzakademie-Berichte, 3(94): 96–101.
- Brunet, J. and von Oheimb, G. 1998. Colonization of secondary woodlands by *Anemone nemorosa*. Nordic Journal of Botany, 18(3), 369–377.
- Bossuyt, B. and Hermy, M. 2000. Restoration of the understory layer of recent forest bordering ancient forest. Applied Vegetation Science, 3(1), 43–50.
- Buček, A., Černušáková, L., Friedl, M., Machala, M. and Maděra, P. 2017. Ancient coppice woodlands in the landscape of the Czech Republic. European Countryside.
- Bueschel, D. 1997. Forest history in the Baltic states from the middle ages until present. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Bürgi, M., Cevalco, R., Demeter, L., Fescenko, A., Gabellieri, N., Marull, J., Östlund, L., Šantrůčková, M. and Wohlgemuth, T. 2020. Where do we come from? Cultural heritage in forests and forest management. How to Balance Forestry and Biodiversity Conservation. A View Across Europe, pp. 46–61.
- Clements, F.E. 1916. Plant succession: an analysis of the development of vegetation (No. 242). Carnegie institution of Washington.
- Daugaviete, M. 2017. Dabiskās sukcesijas loma Latvijas mežu atjaunošanā. Mežzinātne, 31(2), 45–56.
- Daugaviete, M. 2019. Meži Latvijā laiku lokos un Meža dienu fenomēns. Akadēmiskā Dzīve, 55(2019/2020), 34–46.
- Eihe, V. 1937. Cilvēka loma Latvijas meža izveidošanas gaitā. Mežsaimniecības rakstu krājums, XV, 134–146.
- Eschment, D., Heyden, D. and Schulze, D. 1994. Wald und Forstwirtschaft in Ostpreussen-von der Frühzeit bis zum Jahr 1939: eine Dokumentation. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten.
- European Commission, 2021. EU Forest Strategy for 2030.
- European Commission, 2024. Nature Restoration Law.
- Fescenko, A. and Wohlgemuth, T. 2017. Spatio-temporal analyses of local biodiversity hotspots reveal the importance of historical land-use dynamics. Biodiversity and Conservation, 26(10), 2401–2419.
- Fescenko, A., Lukins, M. and Fescenko, I. 2016. Validation of medium-scale historical maps of Southern Latvia for evaluation of impact of continuous forest cover on the present-day mean stand area and tree species richness. Baltic Forestry, 22(1), 51–62.
- Fescenko, A., Nikodemus, O. and Brūmelis, G. 2014. Past and contemporary changes in forest cover and forest continuity in relation to soils (Southern Latvia). Polish Journal of Ecology, 62(4), 625–638.
- Fescenko, A., Liira, J., Wohlgemuth, T., Lūkins, M., Bambe, B. and Brūmelis, G. 2026. Land-use legacy effects on taxonomic and functional diversity of the temperate broadleaved forest herb layer. Submitted.
- Fescenko & Wohlgemuth, 2017.
- Gibson, L., Lee, T.M., Koh, L.P., Brook, B.W., Gardner, T.A., Barlow, J., Peres, C.A., Bradshaw, C.J., Laurance, W.F., Lovejoy, T.E. and Sodhi, N.S. 2011. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. Nature, 478(7369), 378–381.

- Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A., Holt, R.D., Lovejoy, T.E., Sexton, J.O., Austin, M.P., Collins, C.D. and Cook, W.M. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2), e1500052.
- Heilman, G.E., Strittholt, J.R., Slosser, N.C. and Dellasala, D.A. 2002. Forest fragmentation of the conterminous United States: assessing forest intactness through road density and spatial characteristics: forest fragmentation can be measured and monitored in a powerful new way by combining remote sensing, geographic information systems, and analytical software. *BioScience*, 52(5), 411–422.
- Hermý, M. 1994. Effects of former land use on plant species diversity and pattern in European deciduous woodlands. In: *Biodiversity, temperate ecosystems, and global change*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. pp. 123–144.
- Hermý, M., Honnay, O., Firbank, L., Grashof-Bokdam, C., and Lawesson, J.E. 1999. An ecological comparison between ancient and other forest plant species of Europe, and the implications for forest conservation. *Biological Conservation*, 91, 9–22.
- Hermý, M. and Verheyen, K. 2007. Legacies of the past in the present-day forest biodiversity: A review of past land-use effects on forest plant species composition and diversity in Europe. *Ecological Research*.
- Honnay, O., Verheyen, K., Bossuyt, B. and Hermý, M. (Eds.) 2004. *Forest biodiversity: Lessons from history for conservation*. CABI Publishing.
- Jaeger, J.A. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15(2), 115–130.
- Kalniņa, L., Stivrins, N., Zunde, M., Veski, S. 2011. Holocene vegetation dynamics and human impact in the eastern Baltic region. *Quaternary International*, 237, 103–118.
- Larrieu, L., Bouget, C., Courbaud, B., Doerfler (Dörfler), I. et al. 2024. Spatial distribution of tree-related microhabitats in European beech-dominated forests. *Biological Conservation*, 301.
- Liepa, I., Miežīte, O., Luguza, S., Šulcs, V., Straupe, I., Indriksons, A., Dreimanis, A., Saveljevs, A., Drēska, A., Sarmulis, Z. and Dubrovskis, D. 2014. *Latvijas meža tipoloģija*. Forest typology of Latvia. Studentu biedrība “Šālkone”, LLU Meža fakultāte.
- Lūkins, M., Zariņš, J. and Fescenko, A. 2013. Distribution and dynamics of potentially high conservation value forests: possible use of State Forest Register. *Acta Biol. Univ. Daugavp.*, 13 (1), 53–62.
- McGarigal, K. and Marks, B.J. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 p.
- McRae, B.H. 2006. Isolation by resistance. *Evolution*, 60(8), 1551–1561.
- Mežsaimniecības statistika. 1925. *Latvijas mežu statistika 1923.–1924.* Rīga: Zemkopības ministrija.
- Nicholson, D.J. and Dupré, J. 2018. *Everything flows: Towards a processual philosophy of biology*. Oxford University Press, p. 416.
- Penēze, Z. 2009. *Latvijas lauku ainavas izmaiņas 20. un 21. gadsimtā: cēloņi, procesi un tendences*.
- Peterken, G.F. 1974. A method for assessing woodland flora for conservation using indicator species. *Biological Conservation*, 6, 239–245.
- Peterken, G.F. 1996. *Natural woodland: ecology and conservation in northern temperate regions*. Cambridge University Press.
- Peterken, G.F. 2018. Ancient woodland in concept and practice. P. 16-25.

- Rackham, O. 1980. *Ancient Woodland: Its History, Vegetation and Uses in England*. London: Edward Arnold.
- Rackham, O. 2003. *Ancient Woodland: Its History, Vegetation and Uses in England* (2nd ed.). Colvend: Castlepoint Press.
- Riitters, K., Wickham, J., O'Neill, R., Jones, B. and Smith, E. 2000. Global-scale patterns of forest fragmentation. *Conservation Ecology*, 4(2).
- Rotherham, I.D. 2013. *The Lost Woods: The Vanishing Ancient Woodland of Britain*. Sheffield: Wildtrack Publishing.
- Rotherham, I.D. 2021–2023. *The Lost Woods: The Evidence of Our Past*.
- Sarma, P. 1960. Mežu tipoloģiskā zonēšana Latvijas PSR un ģeogrāfiskās ainavas (Лесотипологическое районирование в Латвийской ССР и географические ландшафты). P. Stučka Latvijas Valsts Universitātes Zinātniskie Raksti. Ģeogrāfijas zinātnes, VI(27), 289–297.
- Soille, P. and Vogt, P. 2022. Morphological spatial pattern analysis: open source release. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 427–433.
- Stivrins, N., Veski, S., Amon, L. and Seppä, H. 2020. Holocene land use and forest cover dynamics in the eastern Baltic region. *Vegetation History and Archaeobotany*, 29(3), 345–360.
- Stivrins, N., Brown, A., Reitalu, T., Veski, S., Heinsalu, A., Banerjea, R.Y. and Elmi, K. 2015. Landscape change in central Latvia since the Iron Age: multi-proxy analysis of the vegetation impact of conflict, colonization and economic expansion during the last 2,000 years. *Vegetation History and Archaeobotany*, 24(3), 377–391.
- Sun, Z., Ren, H., Schaefer, V., Lu, H., Wang, J., Li, L. and Liu, N. 2013. Quantifying ecological memory during forest succession: a case study from lower subtropical forest ecosystems in South China. *Ecological Indicators*, 34, 192–203.
- Taberlet, P., Coissac, E., Pompanon, F., Brochmann, C. and Willerslev, E., 2012. Towards next-generation biodiversity assessment using DNA metabarcoding. *Molecular Ecology*, 21(8), 2045–2050.
- Tērauds, A., Brūmelis, G. and Nikodemus, O. 2011. Seventy-year changes in tree species composition and tree ages in state-owned forests in Latvia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 26(5), 446–456.
- Urban, D. and Keitt, T. 2001. Landscape connectivity: a graph-theoretic perspective. *Ecology*, 82(5), 1205–1218.
- Vasks, A. 2012. *Latvijas aizvēsture: no akmens laikmeta līdz agrā dzelzs laikmeta beigām*. Rīga: Latvijas Vēstures institūta apgāds.
- Vasks, A. 2015. *No medniekiem un zvejniekiem līdz lopkopjiem un zemkopjiem. Latvijas aizvēstures senākais posms (10 500.–1. g. pr. Kr.)*. Rīga: Zinātne.
- Vasks, A., Kalnina, L. and Ritums, R. 1999. The introduction and pre-Christian history of farming in Latvia. *PACT (Rixensart)*, (57), 291–304.
- Vellend, M., Verheyen, K., Jacquemyn, H., Kolb, A., Van Calster, H., Peterken, G. and Hermy, M. 2006. Extinction debt of forest plants persists for more than a century following habitat fragmentation. *Ecology*, 87(3), 542–548.
- Veski, S., Seppä, H. and Ojala, A. 2015. Holocene climate changes and forest dynamics in the eastern Baltic region. *The Holocene*, 25(2), 291–301.

- Zunde, M. 1999. Mežainuma un koku sugu sastāva pārmaiņu dinamika un to galvenie ietekmējošie faktori Latvijas teritorijā. Grām.: Strods, H. (Ed.) Latvijas mežu vēsture līdz 1940. gadam. Rīga: Pasaules Dabas fonds, 111.–206. lpp.
- Wulf, M. 1997. Plant species as indicators of ancient woodland in north-western Germany. *Journal of Vegetation Science*, 8, 635–642.

PIELIKUMI

Pielikuma Tabula S1. Seno mežu indikatoru raksturojums un to indikatīvā nozīme seno mežu identificēšanā (*pēc* Peterken, 1996; Hermy, 1999; Rackham, 2003). Pielāgots Latvijas situācijai.
Indikatori grupēti sešās kategorijās

Indikatoru grupa	Elements	Apraksts	Indikatīvā nozīme seno mežu identificēšanā
AINAVISKIE UN RELJEFA INDIKATORI	Bedru-pauguru mikroliefjs	Sīkas reljefa formas, kas radušās dabiski vai kritalu sabrukuma rezultātā	Norāda uz ilgu meža nepārtrauktību un dabiskiem procesiem
	Vecu celmu vietas un stumbru iedobes	Bioloģiski sadalījušies stumbeņi, sakņu sistēmas relikti	Pierāda ilgu koksnes aprites ciklu un dabisku sugu aizvietošanu
	Kritalu bedres un sakņu pacēlumi	Vietas, kur krituši koki un izgāztas saknes	Norāda uz nepārtrauktu meža dabisko traucējumu dinamiku
	Dabiski pacēlumi un nelieli pauguri	Mikroliefja formas ar lielāku sausumu	Saistīti ar senām augsnes struktūrām un meža noturību
	Mitras ieplakas un purvainas joslas	Vietas ar pastāvīgu mitrumu, kur neveidojas lauksaimniecības struktūras	Norāda uz teritorijām, kur mežs saglabāties ilgstoši
	Avotu vietas un sūneņu purviņi	Mazie mitruma centri	Indicē stabilu mikroklimatu un hidroloģisku nepārtrauktību
	Senu gravu sistēmas	Dabiski vai daļēji cilvēka veidoti noteces tīkli	Saistīti ar ilglaicīgu meža ūdens režīmu
	Terasētas nogāzes	Vēsturiskas lauksaimniecības robežformas, kas apaugušas ar mežu	Norāda uz seno mežu sekundāro izcelsmi
	Vecu ceļu grāvji un reljefa iegriezumi	Relikti no senajiem transporta ceļiem	Parāda vēsturisku zemes izmantošanu mežā
	Robežvaļņi un akmeņu krāvumi	Veci zemes robežojumi	Indicē cilvēka klātbūtni, bet arī meža robežas noturību
	Paugurains mežmalas reljefs	Dabiskas pārejas joslas starp mežu un atklātu ainavu	Norāda uz ilgu laika stabilitāti bez uzaršanas
	Kritalu mikrostruktūras	Mazas iedobes, ko rada gāzti koki	Parāda dabiska traucējuma ciklus
	Sūnu-kērpju segums uz kokiem un akmeņiem	Ilgstošs meža mikroklimats	Norāda uz zemu traucējumu intensitāti
	Upju terases ar vecu koku klātbūtni	Senas, stabilas krasta joslas	Norāda uz seno mežu robežām
	Koku grupas gar vecām ūdenšmalām	Vecu ozolu, liepu vai vītoli grupas	Vēsturiski meža fragmenti gar ūdenstecēm

Indikatoru grupa	Elements	Apraksts	Indikatīvā nozīme seno mežu identificēšanā
BIOLOĢISKIE INDIKATORI	Dabisku koku rindas gar robežām	Alejas tipa struktūras	Liecina par robežu noturību un meža kultūrvēsturisko lomu
	Liels akmens kaudzes un laukakmeņu joslas	Lauksaimniecības akmeņu relikti	Norāda uz agrāru zemes izmantošanu, kas pārgājusi mežā
	Senas pļavu vai ganību nogāzes	Tagad apaugušas ar kokiem	Norāda uz sekundāro mežošanu
	Vecas lauku robežas vai grāvju līnijas	Gadsimtiem pastāvējušas ainavas struktūras	Parāda seno zemes dalījumu, kur mežs atjaunots
	Dabiski pacēlumi ar veciem kokiem	Vecu koku “saliņas” reljefā	Indicē meža nepārtrauktību pat pārveidotas ainavas apstākļos
	Reljefa mozaīka (nelīdzenums)	Mikroformas daudzveidība	Raksturo senas meža zemes ar ilgstošu struktūras stabilitāti
	Seno mežu indikatorsugas (augstāki augi)	Lēni izplatīgas, ēncietīgas sugas (Asarum, Galeobdolon, u.c.)	Tiešs kontinuitātes rādītājs
	Epifītiskie ķērpji un sūnas	Uz veciem kokiem dzīvojošas sugas	Norāda uz ilgu mikroklimata stabilitāti
	Mikorizas un saprotrofu sēnes	Sēnes, kas saistītas ar veciem kokiem un koksni	Indicē nobriedušu ekosistēmu
	Kukaiņi, kas saistīti ar vecu koksni	Retas sugas (piem., Cerambycidae)	Norāda uz ilgu kritalu un vecu koku klātbūtni
STRUKTURĀLIE INDIKATORI	Putnu sugas, kas ligzdo dobumos	Dzeņi, pūces u.c.	Raksturīgas nobriedušiem mežiem
	Retas zemsedzes sugas	Mirmekohori un ģeofīti	Norāda uz zemes izmantošanas ilglaicīgumu
	Specifiskas augsnes mikroorganismu kopienas	Augsnes mikroorganismi	Viens no visnoturīgākajiem seno mežu ilglaicības pierādījumiem
	Veci koki ar īsiem stumbriem un platiem vainagiem	Relikti no senām meža pļavām	Parāda vēsturisku ainavas tipu pāreju
	Daudzslāņains koku stāvs	Dažādu vecumu un augstumu koki	Indicē dabisku struktūru
ĢEOTELPISKIE INDIKATORI	Liela kritalu proporcija	Dabiskas sabrukuma struktūras	Norāda uz meža dabiskumu
	Nevienādi stādījuma raksti	Haotiska stādījuma struktūra	Raksturīga neapsaimniekotiem mežiem
	Nepārtraukta mežainuma saglabāšanās kartēs	Redzams vairākos hronoloģiskos periodos	Pierāda meža kontinuitāti
	Mazas izolētas meža salas	Ilgstoši pastāvošas nelielas teritorijas	Norāda uz seno meža izdzīvošanu lauksaimniecības vidū

Indikatoru grupa	Elements	Apraksts	Indikatīvā nozīme seno mežu identificēšanā
KULTŪRVĒSTURISKIE INDIKATORI	Attālums līdz citiem mežiem	Savienojamības indikators	Parāda potenciālo gēnu plūsmu un vēsturisku struktūru
	Robežgrāvji, vaļņi, akmeņu krāvumi	Senas robežstruktūras	Indicē vēsturisku teritoriju stabilitāti
	Robežkoki, alejas, kulta koki	Koki ar kultūras vai simbolisku nozīmi	Parāda cilvēka-dabas mijiedarbības vēsturi
	Arheoloģiskie un mitoloģiskie objekti	Pilskalni, upurvietas u.c.	Saista mežu ar kultūras nepārtrauktību
	Senu ceļu līnijas	Ceļi, kas ved cauri mežiem	Norāda uz senu apdzīvotu vietu tuvumu
	Muižu parku-mežu pārklājums	Dabas un kultūras mijiedarbības teritorijas	Atklāj kultūrainavas evolūciju