



Pārskats par pētījuma

(Līgums Nr. L-KC-11-0004)

Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai

virziena

Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi un bioloģisko daudzveidību izpēte

darba uzdevumu izpildi 2011.-2015.gadā

Virziena vadītāja _____ Zane Lībiete

2015.gada jūlijs

Kopsavilkums

Projekta piektajā (pēdējā) etapā turpināti iepriekšējos etapos uzsāktie pētījumi saistībā ar mežsaimniecisko darbību ietekmi uz vidi.

Turpināta ūdens un nobiru paraugu ievākšana un analīze trijos objektos, kur tiek vērtēta kailcirtes ietekme uz biogēno elementu apriti un aizsargjoslu efekts, kā arī gruntsūdens un grāvju ūdens paraugu ievākšana un analīze 2013.gada pavasarī ierīkotajā pētījuma objektā, kur tiek pārbaudīta filtrācijas lauka efektivitāte ūdens kvalitātes kontekstā pēc meža meliorācijas sistēmu renovācijas.

Izstrādāta un aprobēta monitoringa sistēma, kurā iekļautas vairākas alternatīvas mežsaimniecisko darbību ietekmes uz augsni, ietekmes uz ūdeni un ietekmes uz bioloģisko daudzveidību vērtēšanai. Pētījuma gaitā aprobētas monitoringa metodikas.

Sagatavota mācību programma meža apsaimniekotājiem par mežsaimniecisko darbību ietekmi uz vidi un iespējām novērst negatīvus efektus (barības vielu aprīte – 2 stundas; augsnes kvalitāte – 2 stundas; ūdens kvalitāte – 2 stundas; erozijas riski – 2 stundas; bioloģiskā daudzveidība – 2 stundas; mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi monitoringa sistēma un tās pielietošana praksē – 5 stundas).

Izstrādāts informatīvi izglītojošs materiāls par mežsaimniecības ietekmes uz vidi monitoringu.

Pārskats sagatavots uz 203 lappusēm, ar 14 tabulām un 44 attēliem.

Saturs

Kopsavilkums	2
Projekta virziena darba uzdevumi un to izpildes grafiks.....	6
1. Mežsaimniecisko darbību iespējamā ietekme uz vidi.....	8
1.1. Mežaudžu augšanas gaita	8
1.2. Vielu aprite augsne un ūdens.....	9
1.3. Oglekļa cikls.....	11
1.4. Bioloģiskā daudzveidība	12
2. Ietekmes uz vidi, t.sk. bioloģisko daudzveidību, novērtējuma indikatoru sistēmas apraksts un izvērtējums.....	13
3. Vispārējo dabas aizsardzības prasību izvērtējums.....	15
4. Mežsaimniecisko un mežsaimniecību atbalstošo darbību ietekmes uz vidi monitoringa sistēma.....	19
4.1. Monitoringa sistēmas izveides teorētiskais pamatojums.....	19
4.2. Monitoringam izmantojamās datu kopas.....	24
4.3. Mežsaimniecisko darbību, mežsaimniecību atbalstošo darbību un pasākumu šo darbību negatīvās ietekmes mazināšanai ietekmes monitoringa sistēmas komponentu apraksts	25
4.3.1. Augsne.....	25
4.3.2. Ūdens	27
4.3.3. Bioloģiskā daudzveidība un ainava	31
4.3.4. Citi monitoringi	38
1.pielikums. MSI parauglaukumos uzņēmto rādītāju statistisko lielumu aprēķināšana un to izmantošanas iespējas darbības ietekmes uz bioloģisko daudzveidību monitoringam.....	39
2.pielikums. Metodika barības vielu aprites izmaiņu novērtēšanai pēc mežsaimnieciskās darbības	48
3. pielikums. Metodika veģetācijas izmaiņu novērtēšanai	51
4.pielikums. Jaunaudžu uzskaites metodika	54
5.pielikums. Metodika augsnes kvalitātes izmaiņu novērtēšanai pēc mežsaimnieciskās darbības	55
6. pielikums. Metodika ūdens kvalitātes novērtēšanai ūdenstecēs/ūdenstilpēs	57
7.pielikums. Mirušās koksnes uzskaites metodika.....	59
8.pielikums. Metodika ainavas funkcionālo elementu un meža platību sadalījuma pa valdošajām sugām un ekoloģiskās attīstības stadijām analīzei.....	61
9.pielikums. Metodika ainavas elementu ekoloģiskā nozīmīguma analīzei	63
10.pielikums. Metodika suspendēto daļiņu un biogēno elementu izneses novērtēšanai ūdenstecēs ..	64

11.pielikums. Metodika invazīvo augu sugu monitoringam gar jaunuzbūvētajiem ceļiem un renovētajiem grāvjiem	66
12.pielikums. Epifītu novērtēšanas metodika uz ekoloģiskajiem kokiem	78
13.pielikums. Posmkāju uzskaites metodika	81
14.pielikums. Putnu uzskaites metodika	82
15.pielikums. Augsnes analīžu metodika	83
16.pielikums. Ūdens analīžu veikšanas metodika.....	140
Atsauces	172
5. Empīrisko datu ieguve par atšķirīgu mežsaimniecisko darbību ietekmi uz dažādiem vides aspektiem	173
5.1. Vielu aprīte un aizsargjoslu efekts pēc kailcirtes	173
5.1.1. Objekt.....	173
5.1.2. Metodika	174
5.1.3. Nozīmīgākie rezultāti	178
5.2. Ūdens kvalitātes izmaiņas pēc meliorācijas sistēmu renovācijas un preventīvo pasākumu (sedimentācijas dīķu, filtrācija lauka) efektivitāte	182
5.2.1. Sedimentācijas dīķi - objekti un mērījumi.....	182
5.2.2. Sedimentācijas dīķi - nozīmīgākie rezultāti un ieteikumi.....	183
5.2.3. Filtrācijas lauks - objekti un mērījumi	185
5.2.4. Filtrācijas lauks - nozīmīgākie rezultāti	187
5.3. Erozijas risku izvērtējums.....	189
5.3.1. Principi meža zonējuma izstrādei erozijas draudu novērtējumam.....	189
5.4. Mežsaimniecisko darbību ietekme uz augsnes struktūru un kvalitāti	190
5.4.1. Pētījuma objekti	190
5.4.2. Parauglaukumu ierīkošanas metodika	192
5.4.3. Augsnes sablīvējuma mērījumi	193
5.4.4. Paaugas uzskaites	194
5.4.5. Nozīmīgākie rezultāti	194
6. Empīrisko datu ieguve par mežsaimnieciskās darbības negatīvās ietekmes mazināšanas pasākumu efektivitāti	197
6.1. Buferzonu saglabāšanas ap staignāju mežiem efektivitāte	197
6.1.1. Objekt un metodika	197
6.1.2. Nozīmīgākie rezultāti	199
6.2. Ekoloģisko koku saglabāšanas ietekme	203

6.2.1. Objekti un metodika	203
6.2.2. Nozīmīgākie rezultāti	203
7. Mācību programma meža apsaimniekotājiem par mežsaimniecisko darbību ietekmi uz vidi un iespējām novērst negatīvus efektus	206
Barības vielu aprite	207
Augsnes kvalitāte	207
Ūdens kvalitāte	207
Erozijas riski.....	208
Bioloģiskā daudzveidība.....	208
Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi monitoringa sistēma un tās pielietošana praksē	209
8. Informatīvie materiāli par ietekmes uz vidi vērtēšanu	210

Projekta virziena darba uzdevumi un to izpildes grafiks

Darba uzdevums	2011	2012	2013	2014	2015	Statuss
Pārskata sagatavošana par mežsaimniecisko darbību iespējamo ietekmi uz vidi un iespējām to mazināt	X					Paveikts
Ietekmes uz vidi, t.sk. bioloģisko daudzveidību, novērtējuma indikatoru sistēmas apraksts un izvērtējums	X					Paveikts
Metodikas izstrādāšana empīrisku datu ieguvei par augsnes struktūras un kvalitātes izmaiņām mežsaimniecisko darbību rezultātā	X					Paveikts
Metodikas izstrādāšana aizsargjoslu (meža aizsargzonu) ap dabiskajām ūdenstecēm/tilpēm efektivitātes novērtējumam	X					Paveikts
Metodikas izstrādāšana preventīvo pasākumu – meža meliorācijas sistēmu novadgrāvju konfigurācijas izmaiņu efekta ietekmes novērtējumam ūdens kvalitātes kontekstā	X					Paveikts
Metodikas izstrādāšana un precizēšana augsnes un vēja erozijas potenciāla aprēķināšanai (Aizsargjoslu izvērtējums – ĢIS datu analīze)	X		X	X		Paveikts
Aizsargjoslu izvērtējums – ĢIS datu analīze		X	X	X		Paveikts
Mežizstrādes atlieku izvākšanas ietekmes uz vidi izvērtējums				X		Paveikts
Parauglaukumu ierīkošana augsnes sablīvēšanās izmaiņu novērtēšanai			X			Paveikts
Parauglaukumu ierīkošana un aprīkošana aizsargjoslu efektivitātes novērtējumam	X	X				Paveikts
Parauglaukumu pārmērīšana aizsargājamo biotopu apsaimniekošanas (buferzonu saglabāšanas ap staignāju mežiem) efektivitātes novērtēšanai	X					Paveikts
Empīrisku datu ievākšana augsnes struktūras un kvalitātes izmaiņu parauglaukumos (augsnisablīvējuma novērtējums un kokaudzes dabiskās atjaunošanās rādītāji)			X			Paveikts
Empīrisku datu ievākšana un analīze aizsargjoslu efektivitātes novērtēšanas parauglaukumos (infiltrējošā ūdens kvantitātes mērījumi, gruntsūdens kvalitātes analīzes, kokaudzes parametri, zemsedzes augu veģetācija, nobiras)		X	X	X	X	Līdz projekta beigām pabeigta; pilnīgiem rezultātiem tiks turpināta līdz 2015.gada rudenim

Darba uzdevums	2011	2012	2013	2014	2015	Statuss
Empīrisko datu ievākšana meža meliorācijas sistēmu novadgrāvju konfigurācijas izmaiņu efekta ietekmes novērtējumam ūdens kvalitātes kontekstā		X	X	X	X	Paveikts
Empīrisko datu ievākšana preventīvo pasākumu – filtrācijas platību pirms meliorācijas sistēmas ievadīšanas ūdenstecē efekta ietekmes novērtējumam ūdens kvalitātes kontekstā			X	X	X	Līdz projekta beigām pabeigta; pilnīgiem rezultātiem tiks turpināta līdz 2015.gada rudenim
Uz empīrisko mērījumu rezultātiem balstītas mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi monitoringa sistēmas izstrāde un aprobācija				X	X	Paveikts
Ekoloģisko koku ietekme uz vidi – empīrisko datu ievākšana un izvērtējums			X			Paveikts
Vispārējo dabas aizsardzības prasību efektivitātes izvērtējums				X		Paveikts
Informatīvi izglītojoša materiāla sagatavošana par mežsaimniecības ietekmes uz vidi mazināšanu un meža vides monitoringu					X	Paveikts
Mācību programmas izstrāde meža apsaimniekotāju 15 stundu apmācībai projekta rezultātu pielietošanai					X	Paveikts

1. Mežsaimniecisko darbību iespējamā ietekme uz vidi

Veicot literatūras datu analīzi, tika apkopota informācija par atšķirīgu mežsaimniecisko darbību ietekmi uz dažādiem ekosistēmu pakalpojumiem. Nozīmīgākie literatūras apskata secinājumi apkopoti zemāk.

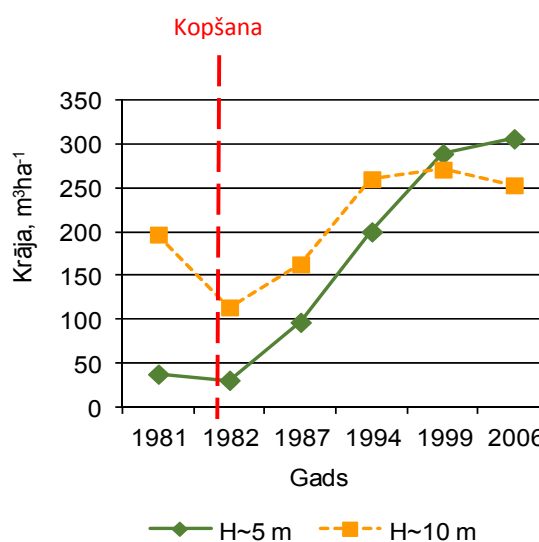
1.1. Mežaudžu augšanas gaita

Augsnes sagatavošanai un veģetācijas kontrolei stādījumos ir pozitīva ietekme uz kociņu vitalitāti un augšanas gaitu.

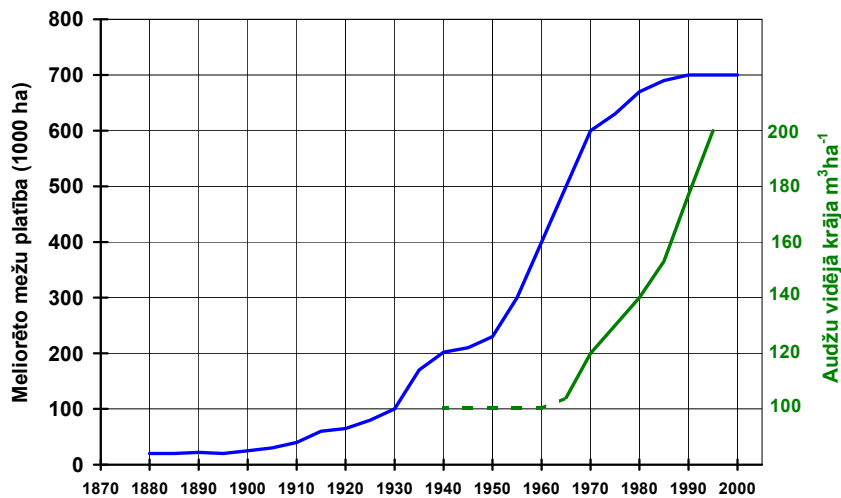
Savlaicīgai un pietiekami intensīvai jaunaudžu kopšanai ir izšķiroša nozīme mežaudzes turpmākajā attīstībā. Pārsvārā rekomendētais kopšanā atstājamo kociņu skaits svārstās robežās no 1500 līdz 2000 gab. ha⁻¹. Biezākās skujkoku audzēs iespējams sasniegt labāku stumbru kvalitāti, bet tas var nebūt ekonomiski pamatoti.

Atbilstoši literatūras datiem, krājas kopšana maz ietekmē atstājamās audzes daļas virsaugstumu, bet tai ir spēcīga ietekme uz koku radiālo pieaugumu un vainaga attīstību. Pat intensīvi izretinātās egļu audzēs tekošais krājas pieaugums ar laiku sasniedz vai pārsniedz pieauguma līmeni, kāds audzē bija pirms kopšanas. Savukārt priežu audzēs novērojama negatīva sakarība starp kopšanas intensitāti un atlikušās audzes daļas tekošo pieaugumu. Ir dati, ka visu ciršanas atlieku izvākšana kopšanā samazina atstāto koku turpmāko augšanas gaitu, jo sevišķi platībās, kur koku nodrošinājums ar slāpekli nav pietiekams.

Gan kopšana no augšas, gan kopšana no apakšas pozitīvi ietekmē atlikušās audzes daļas kvalitāti, jo pirmajā gadījumā samazinās resnākā zara caurmērs, bet otrajā gadījumā – palielinās taisno, labas kvalitātes koku īpatsvars. Egļu audzēs kopšana no augšas nodrošina būtiski lielāku atstātās audzes daļas koksnes blīvumu, kā arī mazāku gadskārtas caurmēru.



Attēls 1. Krājas uzkrāšanās egļu jaunaudzēs, kur kopšana veikta pie vidējā augstuma 5 un 10 m



Attēls 2. Meliorēto mežu platība un vidējā koksnes krāja visos mežos no 1987. līdz 2000. gadam

Latvijas apstākļos hidrotehniskā meliorācija ir visefektīvākais mežaudžu ražības paaugstināšanas paņēmieni. No Latvijā sastopamajām koku sugām uz nosusināšanu visātrāk un visizteiktāk reaģē egļe. Pēc nosusināšanas krājas pieaugums priežu un egļu mežos palielinās 3-4 reizes, bērzu mežos 2-3 reizes un melnalkšņu mežos – līdz 1,5 reizei. Augstas nosusināšanas normas

nodrošinājuma ietekmē palielinās arī vēlinās koksnes procents priedes un egles koksnē, kas nosaka koksnes tilpumsvaru un koksnes stiprību.

Mežaudžu mēslošana var ievērojami palielināt koku krājas tekošo pieaugumu. Tomēr ir arī dati, ka tā var pasliktināt koku kvalitāti, samazināt audzes stabilitāti un izraisīt citu barības vielu deficītu.

1.2. Vielu aprīte augsne un ūdens

Augstražīgos mežos barības vielu aprīte norit straujāk nekā mežos, kas aug nabadzīgos augsnes apstākļos.

Pēc ciršanas samazinās nobiru apjoms un barības vielu aprīte, bet paātrinās organiskās vielas sadalīšanās, denitrifikācija un notece, kas noved pie barības vielu izskalošanās. Tomēr lielākā daļa pētījumu liecina, ka dažus gadus pēc ciršanas parasti vairs nav novērojama nozīmīga barības vielu izskalošanās.

Galvenā cirte, atstājot segaudzē ap 150 kokus ha⁻¹, būtiski samazina slāpekļa iznesi, salīdzinot ar kailcirti. Ciršanas atlieku izvākšana var samazināt slāpekļa izskalošanos, jo biomasas izvākšana samazina viegli mineralizējamā slāpekļa apjomu.

Pēc kailcirtes nereti ir novērojama nitrātu koncentrācijas palielināšanās gruntsūdeņos, tomēr kailcirtes ietekme uz ūdens kvalitāti ir ļoti atkarīga no telpiskā mēroga, kādā tiek veikts vērtējums. Vietējā mērogā var būt novērojams lokāls gruntsūdens piesārņojums, taču ietekme uz ūdens kvalitāti ūdenstecēs ir niecīga. Atbilstoši literatūras datiem, ir jānocērt vismaz 30% no sateces baseina platības, lai būtu iespējams šādā mērogā konstatēt nitrātu koncentrācijas palielināšanos.

Kailcirte ar tai sekojošu ciršanas atlieku sadedzināšanu izraisa daudz lielākus barības vielu zudumus, salīdzinot tikai ar kailcirti, sevišķi attiecībā uz slāpekli. Barības vielām nabadzīgās augsnēs nav vēlams ciršanas atlieku dedzināšana, jo tā tikai palielina šo vielu zudumus no ekosistēmas.

Meža ceļu ietekme uz augsnes un ūdens kvalitāti izpaužas galvenokārt kā vielu, it sevišķi ķīmisko vielu izskalošanās no grunts saistvielām un iežu (it īpaši, dolomīta) šķembām. Ceļu būves un ekspluatācijas rezultātā rodas arī sediments, kas izraisa ūdensteču un ūdenstilpju piesērēšanu.

Smagas meža tehnikas izmantošanas rezultātā rodas augsnes virskārtas bojājumi un sablīvēšanās. Visbūtiskākais augsnes pretestības palielinājums konstatēts vidējos pievešanas apstākļos (pievešana iespējama visu gadu, nepieciešamības gadījumā iekļājot zarus ceļos, galvenokārt, āreņi un slapjaini). Salīdzinot visas mašīnas, lielākais summārais augsnes pretestības palielinājums uz ceļa ar zaru segumu konstatēts pievedējtraktoriem ar mazu kravas tilpni, kas pa vienu un to pašu ceļu brauca vairākas reizes. Tomēr izteikts augsnes sablīvējuma palielinājums novērots tikai labajos apstākļos (sausieņos), it īpaši uz ceļiem bez zaru klājuma.

Nosusinātajos mežos izveidojas īpašs vielu aprites režīms. Aktivizējot kūdrā akumulētos barības vielu krājumus un uzlabojot augsnes aerāciju, ievērojami pieaug vielu un enerģijas plūsmas ātrums meža ekosistēmā. Vairākkārt palielinoties kokaudzņu produktivitātei, pieaug dzīvajā koksnē akumulētā oglekļa daudzums un atmosfērā izdalītā skābekļa apjoms. Vienlaikus pieaug arī ekosistēmu metabolisms, iesaistot apritē kūdras slānī akumulēto enerģiju. Izšķiroša nozīme koksnes ražas uzlabošanā pēc meža nosusināšanas ir meža augšanas apstākļiem. Jo nosusināmās kūdras kārtā, sevišķi tās augšējie horizonti līdz 60 cm dziļumam, potenciāli bagātāki ar barības vielām, jo nosusināšanas efekts ir lielāks.

Barības vielu bilance nosusinātā meža ekosistēmā viena vai dažu gadu laika posmā vērtējama kā izlīdzināta, t.i. barības vielu iznese nepārsniedz to ienesi, savukārt ilgākā laika posmā (vairākās desmitgadēs) ienese pārsniedz iznesi, un meža ekosistēmās pakāpeniski pieaug tur uzkrāto biogēno elementu apjoms. Vairākos pētījumos secināts, ka pārmitro augšņu nosusināšana upju baseinos var uzlabot upju ūdens kvalitāti, jo saistībā ar intensīvāku barības vielu izmantošanu, no drenētām minerālaugsnēm nākošais ūdens ir tīrāks.

Platākas piekrastes aizsargjoslas (virs 1% no ietekmētās ūdensteces platības) būtiski vairāk aiztur suspendēto daļiņu nonākšanu ūdenstecēs (izskaloto daļiņu apjoms samazinās par 70%, salīdzinot ar kontroli) nekā vidēja izmēra aizsargjoslas, kuras aiztur tikai apmēram 40-50% suspendēto daļiņu no caurplūstošajiem ūdeņiem.



Attēls 3. Piekrastes aizsargjosla gar ezera malu

Mēslojot mežus ar slāpekli, iespējama pastiprināta nitrātu izskalošanās. Mežaudžu mēslošana ar pelniem var palielināt slāpekļa savienojumu saturu augsnē, kas,

visticamāk, izskaidrojams ar ienesto barības vielu ietekmi uz augsnes mikrobioloģiskajiem procesiem, tādējādi veicinot amonifikācijas un nitrifikācijas procesus.

1.3. Oglekļa cikls

Meža platību un ražības palielināšana palielina gan virszemes biomasas oglekļa krātuvī, gan arī augsnes oglekļa rezerves. Sugas, kas aizņem dažādas ekoloģiskas nišas, var viena otru papildināt, un rezultātā mistraudzēs iespējams lielāks oglekļa uzkrājums.



Attēls 4. Augsnes sagatavošana

Augsnes sagatavošanas ietekmē samazinās augsnes oglekļa daudzums, bet uzlabojas mežaudzes ražība, kas savukārt var palielināt virszemes dzīvajā biomasā uzkrāto oglekli. Augsnes oglekļa zudums pozitīvi korelē ar augsnes sagatavošanas intensitāti, sevišķi jutīgas ir smilšainas augsnes. Tomēr, tā kā augsnes gatavošana sekmē meža atjaunošanos, tiek veicināta oglekļa uzkrājuma palielināšanā visās oglekļa krātuvēs.

Kopšanas intensitātes samazināšana var palielināt oglekļa uzkrāšanos biomasā, kā arī augsnes oglekļa apjomu lielāka nobiru apjoma dēļ. Tomēr tāda mežsaimniecības stratēģija, kas vērsta tikai uz oglekļa piesaistes maksimizēšanu un kurā mežaudzes netiek koptas vispār, nav saprātīga ne no ekonomiskā, ne no ekoloģiskā viedokļa. Šādā gadījumā pietrūktu izejvielu papīrrūpniecībai un samazinātos arī zāģbaļķu dimensijas. Turklāt nekoptās, koku savstarpējās konkurences novājinātās audzēs pastāvētu ievērojams kaitēkļu un patogēnu bojājumu risks, kura rezultātā tāpat iespējama oglekļa krātuves iznīcināšana.

Galvenās cirtes rezultātā oglekļa zudumi no augsnes var pārsniegt piesaisti biomasā un pat vairākus gadus pēc tam platība var būt emisiju avots. Mežaudžu rotācijas perioda garuma palielināšana tiek minēta kā viens no pasākumiem, lai palielinātu oglekļa uzkrāšanos. Tomēr literatūrā ir dati, ka pārāk garš rotācijas periods nenodrošina maksimālo C uzkrāšanos, jo būtiski samazinās augsnes produktivitāte, kā arī nobiru daudzums.

Pēc grāvju izrakšanas nekavējoties sākas paātrināta organiskās vielas sadalīšanās, tomēr tā vismaz daļēji tiek kompensēta, palielinoties augu biomasai, samazinoties augsnes temperatūrai un skābumam, iespējams, ka nosusinātās platības saglabājas kā oglekļa krātuves. Iesaistot apritē kūdras slānī uzkrāto enerģiju, palielinās koksnes produktivitāte, tiek piesaistīti un dzīvā koksne akumulēti jauni CO₂ apjomi.

Meliorācijas sistēmu apsaimniekošanas ietekme uz klimata izmaiņām jāvērtē vairāku mežaudžu paaudžu kontekstā. Esošo drenāžas sistēmu uzturēšana un savlaicīga meža atjaunošana nodrošinās tikpat lielu vai pat lielāku CO₂ piesaistes atšķirību vairākās meža paaudzēs. Tajā pašā laikā saimnieciskās darbības pārtraukšana, piemēram, kopšanas ciršu vai galvenās cirtes neveikšana, būtiski samazinās CO₂ piesaisti uz susinātām augsnēm. Emisijas no augsnes un nedzīvās biomasas turpretī saglabāsies esošajā līmenī vai pieaugs sakarā ar palielinātu krājas atmirumu.

1.4. Bioloģiskā daudzveidība

Mežsaimnieciskā darbība pēc savas ietekmes būtiski atšķiras no meža dabiskajiem traucējumiem, tādēļ ir iespējams, ka tās rezultātā samazinās pieejamo dzīvotņu dažādība. Apsaimniekojot mežus atbilstoši metodēm, kas iespēju robežās vērstas uz bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu mežā, ir iespējams palielināt pieejamo dzīvotņu dažādību un nodrošināt ar resursiem un dzīves telpu arī daudzas retas sugas.

Bioloģiskās daudzveidības saglabāšanas aspekts meža apsaimniekošanā jāsaista ar teritoriālo ainavu plānošanu, identificējot tos ainavas segmentus, kuros sastopamas dzīvotspējīgas to apdraudēto sugu populācijas, kam raksturīga ierobežota pārvietošanās spēja, veidojot buferzonas un koridorus starp dzīvotnēm.

Kaut gan apsaimniekotajās audzēs ir mazāka audzes strukturālā daudzveidība (gan caurmēru sadalījuma, gan koku sugu pārstāvētības ziņā), kas galvenokārt izskaidrojama ar kopšanas režīmu, tomēr arī pieaugušās apsaimniekotās audzēs bieži atrodas salīdzinoši liels daudzums mirušās koksnes.

Kailcirte ar tai sekojošu ciršanas atlieku izvākšanu būtiski samazina mirušās koksnes apjomu. Izmantojot intensīvāku augsnes sagatavošanas metodi, mirušās koksnes apjoms samazinās vairāk, jo sevišķi stipri sadalījušās kritalas. Tomēr pētījumu rezultāti rāda, ka, augsni sagatavojot pacilu veidā un tajā pašā laikā izraujot celmus, tiek veicināta pēc ciršanas audzē atstāto ekoloģisko koku bojāeja, un tādā veidā rodas jaunas svaigas kritalas.

Visticamāk tieši putnu populācijas īstermiņā visvairāk negatīvi reaģē uz ciršanas atlieku izvākšanu, ja tās rezultātā lielās platībās būtiski samazinās stāvošas un guļošas mirušās koksnes apjomi. Tomēr fakts, ka biomasas izvākšana parasti nenotiek lielās vienlaidus platībās vienlaicīgi, turklāt, pat tādās ainavās, kur tā mežaudzēs tiek veikta regulāri, parasti mirušās koksnes resursi saglabājas citās ainavas daļās, varētu samazināt negatīvo efektu.

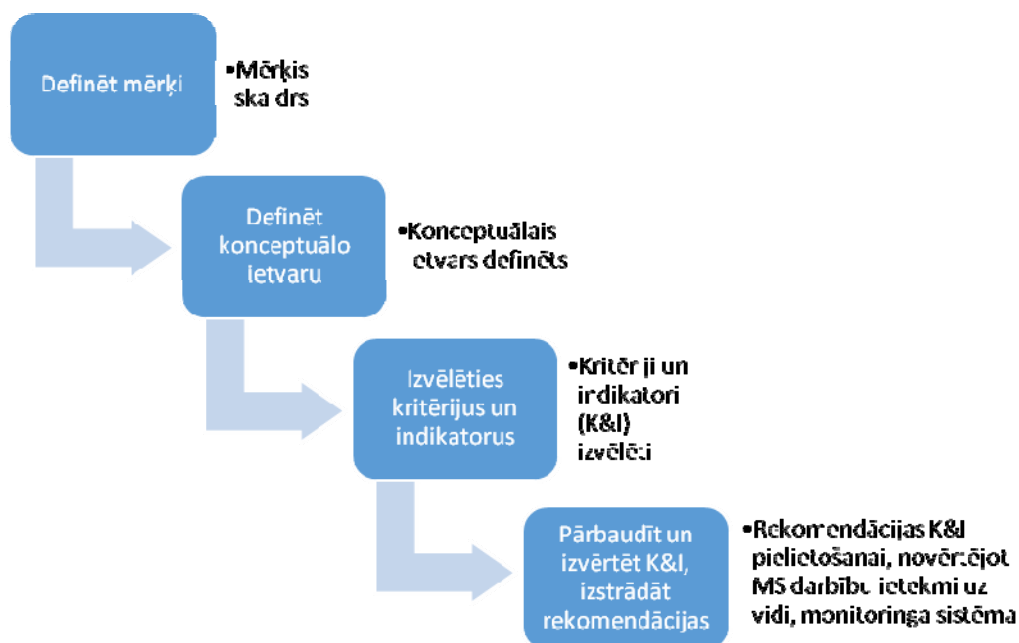
Jaunaudžu kopšana var palielināt audžu strukturālo daudzveidību un attiecīgi arī to apdzīvojošo dzīvnieku sugu daudzveidību. Kopšanas rezultātā samazinoties mežaudzes biežībai, palielinās pieejamais gaismas daudzums, kas dod iespēju attīstīties kompleksākām zemsedzes augu veģetācijas struktūrām un labvēlīgi ietekmē dzīvo būtņu daudzveidību. Meža kopšanas ietekme uz bioloģisko daudzveidību jāvērtē atkarībā no laika perioda, pirms kāda šī mežsaimnieciskā darbība tikusi veikta, jo daudzos gadījumos tūlīt pēc kopšanas ir vērojama negatīva īstermiņa ietekme uz bioloģisko daudzveidību, bet ilgtermiņā vairumā gadījumu pēc kopšanas dažādu taksonu un sugu daudzveidība un sastopamība mežaudzē palielinās.

Meža ceļu būvei uz bioloģisko daudzveidību ir kompleksa ietekme. No vienas puses, daudzām sugām ceļu būves procesā tiek atņemta dzīves telpa, ceļa tuvums traucē ekosistēmas elementiem ar troksni, piesārņojumu un vibrācijām, kas vēl vairāk pastiprina dzīvotnes fragmentāciju, augiem un nelidojošiem zīdītājiem ceļš var kļūt par nepārvaramu šķērslī, sevišķi, ja tas ir nožogots, un sadursmēs ar transportlīdzekļiem iespējama dzīvnieku bojāeja. Tomēr pa ceļu var notikt gan jaunu sugu ienākšana ekosistēmā, gan arī esošo sugu pārvietošanās, ja tāda ir iespējama. Ceļa uzbērums var radīt dzīvotnes tādām sugām, kurām līdz šim apkārtējā ekosistēma nebija pieņemama, piemēram, saules ekspozīcijas izmaiņu dēļ. Meža ceļi var kalpot par pārvietošanās koridoru invazīvajām sugām, kas potenciāli var aizņemt

bioloģiski	vērtīgāko	sugu	dzīvotnes.
------------	-----------	------	------------

2. Ietekmes uz vidi, t.sk. bioloģisko daudzveidību, novērtējuma indikatoru sistēmas apraksts un izvērtējums

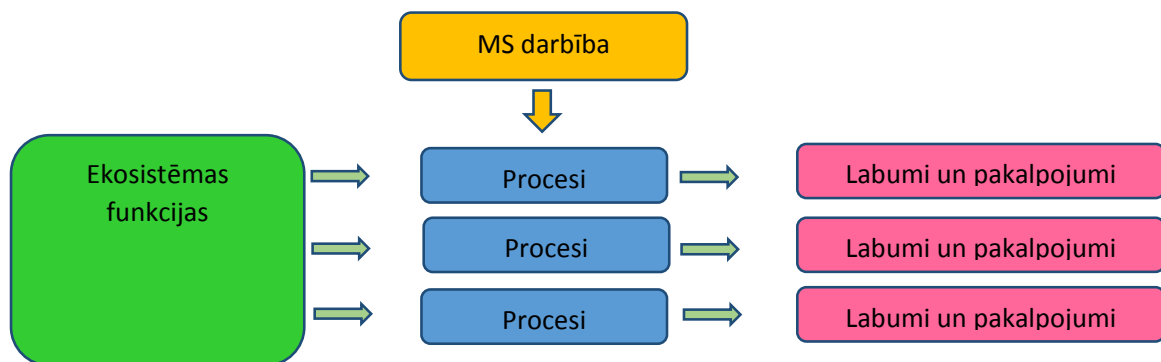
Kritēriji un indikatori tiek izmantoti, lai aprakstītu, novērtētu un īstenotu ilgtspējīgu meža apsaimniekošanu dažādos līmeņos: globālā, reģionālā (ekoreģionālā), nacionālā un apsaimniekošanas vienību līmenī. Nacionālā līmeņa kritēriji un indikatori pamatā ir veidoti kā ziņošanas un monitoringa instrumenti, nevis standarti, pēc kuriem konkrēti novērtēt meža apsaimniekošanas ilgtspēju, savukārt meža apsaimniekošanas vienību līmenī pielietotie kritēriji un indikatori parasti nav ērti izmantojami labākas saimniekošanas prakses ieviešanai. Mūsu gadījumā kritērijiem un indikatoriem, ko paredzēts izmantot mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi novērtēšanai, ir nepārprotami cieša saistība ar mežsaimniecības ilgtspēju, tomēr, ņemot vērā mežsaimniecisko darbību plānošanas specifiku valsts mežos, iepriekš aplūkotās esošo nacionālā līmeņa kritēriju un indikatoru sistēmas tiešā veidā nav izmantojamas. Tādēļ, balstoties uz vispārīgiem ilgtspējīgas mežsaimniecības principiem, normatīviem un pētījumu rezultātiem, ir nepieciešams izstrādāt tādu kritēriju un indikatoru sistēmu, kas būtu ērti pielietojama Latvijas valsts mežos plānošanas vienību līmenī un atbilstu sekojošiem principiem: kritērijiem un indikatoriem jābūt objektīviem un kvantificējamiem, lai varētu adekvāti novērtēt mežsaimniecisko darbību ietekmi uz vidi, to pielietošanai jābūt iespējami vienkāršai un izmaksu efektīvai.



Attēls 5. Monitoringa sistēmas izstrādes posmi

Darba sākumā tika definēts sākotnējais kritēriju un indikatoru saraksts, kas parāda daudzveidīgo faktoru kopumu, kuri ietekmē vidi un bioloģisko daudzveidību. Kaut arī tie visi ir nozīmīgi, dažādu iemeslu dēļ (izmaksas, datu ieguves sarežģītība) sistemātiskā novērtējumā tos visus iekļaut būtu problemātiski. Diskusijās ar ieinteresētajām pusēm kritēriju un indikatoru sarakstu iespējams pēc vajadzības koriģēt un definēt vēl citus novērtējamus indikatorus.

Ietekmes uz vidi kritēriju un indikatoru sistēmas izveidei pamatā jābalstās uz izpratni par ekosistēmas funkcijām, tajā notiekošajiem procesiem un no tiem izrietošajiem ekosistēmas labumiem un pakalpojumiem (*goods and services*) (Attēls 6). Mežsaimniecisko darbību ietekmei uz vidi jāsiglabājas tādā līmenī, lai būtiski netraucētu ekosistēmas funkcijas un no tām atkarīgo ekosistēmas labumu un pakalpojumu nodrošināšanu.



Attēls 6. Mežsaimniecisko darbību ietekme uz ekosistēmas procesiem

3. Vispārējo dabas aizsardzības prasību izvērtējums

Atbilstoši Meža likumam, vispārējās dabas aizsardzības prasības mežā nosaka Ministru kabineta noteikumi Nr.936 *Dabas aizsardzības noteikumi meža apsaimniekošanā* (nosaka vispārējās dabas aizsardzības prasības meža apsaimniekošanā; aprobežojumus aizsargjoslās ap purviem; bioloģiski nozīmīgu meža struktūras elementu noteikšanas un saglabāšanas nosacījumus; saimnieciskās darbības ierobežojumus dzīvnieku vairošanās sezonas laikā) un Ministru kabineta noteikumi Nr.935 *Noteikumi par koku ciršanu mežā* (nosaka dabas aizsardzības prasības koku ciršanai). Šo normatīvo aktu mērķis pēc būtības ir nodrošināt atbilstošus vides apstākļus mežā parasti sastopamajām sugām, īpaši aizsargājamo sugu un to dzīvotņu vides prasības parasti ir specifiskas, un to nodrošināšanai ir nepieciešami īpaši pasākumi, kas atrunāti citur likumdošanā.

Šī pētījuma gaitā tika analizētas atsevišķu organismu grupu (meža gliemežu, epifītisko sūnu un ķērpju, sēņu un kukaiņu) vides prasības, kā arī patlaban spēkā esošo normatīvo aktu atbilstība tām. Nodaļas beigās sniegtais novērtējuma kopsavilkums ir ekspertu viedoklis, kura sagatavošanā piedalījās Linda Gerra-Inohosa, Natālija Arhipova, Arvīds Barševskis, Māris Laiviņš un Digna Pilāte. Analīzes rezultātā noskaidrots, ka vispārīgā gadījumā spēkā esošie vispārējie normatīvie akti nodrošina mežos parasti sastopamo sugu epifītisko sūnu, ķērpju, sēņu un piepju, kā arī kukaiņu vides prasības ainavas mērogā, sniegtas vairākas rekomendācijas to efektivitātes paaugstināšanai. Situācija kā sliktāka ir novērtēta saistībā ar meža gliemežu vides prasību nodrošināšanu, šajā aspektā arī īpaši tiek uzsvērts pētījumu trūkums.

Analizējot informāciju par sūnu un ķērpju sugu ekoloģiju un apskatot normatīvajos aktos uzstādītās prasības, jāsecina, ka kopumā likumdošana nodrošina mežam raksturīgo epifītisko sugu daudzveidību, jo pēc mežizstrādes abu taksonomisko grupu īpatņi var pastāvēt ilgtermiņā un saglabāt izplatību.

Visefektīvāk normatīvajos aktos noteiktās rīcības veicina ķērpju sugu saglabāšanu. Vides prasības tiek nodrošinātas lielai daļai mežam raksturīgo epifītisko ķērpju sugu. Darbības, kas uzskaitītas normatīvajos aktos, veicina gan ķērpju sugu eksistenci vietās, kur veikta mežizstrāde, gan arī jaunas kolonizēšanas iespējas. Rezultātā daļa ķērpju sugu spēj saglabāties (neaiziet bojā) no iepriekšējās mežaudzes un substrātus spēj kolonizēt arī jaunas sugas, tādejādi kopumā palielinot ķērpju daudzveidību.

Salīdzinot abas taksonomiskās grupas, jāsecina, ka izstrādātā likumdošana nav tik efektīva sūnu sugu saglabāšanai kā ķērpjiem. Normatīvo aktu prasības būtu jāuzlabo, lai nodrošinātu visu meža sūnu sugu daudzveidību. Runājot par sūnaugiem, likumdošanas nozīme būtu novērtējama ilgākā laika periodā, nevis pirmajos gados pēc saimnieciskās darbības un prasību ievērošanas. Jāatzīst, ka šādu pētījumu trūkst.

Ieteikumi, lai veicinātu sūnu sugu lielāku daudzveidību ainavas mērogā:

- atstāt koku grupas, nevis atsevišķus dzīvos kokus;
- atstājot nelielu daļu paaugas vai koku grupas apkārt izvēlētajiem ekoloģiskajiem kokiem;
- svarīgi izvēlēties pēc iespējas substrātus ar lielāku izdzīvotspējas potenciālu nākotnē;

- nozīmīgi ir substrāti (dzīvie koki, kritalas), kas ir lielākas par 30 cm diametrā.

Kopumā pastāvošā likumdošana nodrošina arī sēņu un piepju daudzveidību. Mežā tiek atstāts pietiekami daudz nedzīvas koksnes, kas kalpo kā substrāts daudzām parasti sastopamām sēņu un piepju sugām. Intensīva mežsaimniecība pat labvēlīgi ietekmē sēņu sugas, kas kā substrātu spēj izmantot celmus, tostarp gan arī bīstamo patogēnu sakņu piepi *Heterobasidion annosum* s.l., celmenes *Armillaria* sp., parasto apmalpiepi *Fomitopsis pinicola* un dažas citas. Meža atjaunošana nodrošina mežu biotopu saglabāšanu, tomēr no sēņu daudzveidības viedokļa tīraudzes nav tik sugu bagātas kā mistraudzes. No piepju sugu daudzveidības saglabāšanas viedokļa ir vēlama dabiska audzes atjaunošana ar nelielu kopšanas ciršu skaitu. Kritalas ar diametru virs 30 cm ir vērtīgākais substrāts daudzu piepju un citu koksnes sēņu sugu attīstībai. Svarīgi ir nodrošināt, lai audzē saglabātos kritalas dažādas sadalīšanās pakāpēs.

Kopumā spēkā esošo normatīvo aktu prasības ir pamatotas un pietiekami efektīvas vaboļu (*Coleoptera*) sugu daudzveidības nodrošināšanai meža ekosistēmās. Atsevišķos gadījumos, lai novērtētu spēkā esošo prasību efektivitāti, nepieciešami papildus pētījumi, jo Latvijas apstākļos to ietekme uz vaboļu sugu kompleksu un to populācijām nav pētīta, tāpēc nevar izdarīt precīzus secinājumus par šo prasību efektivitāti (piem. ekoloģisko koku skaits cirmās uz hektāru, attālums starp ekoloģiskajiem kokiem, sauso un dobumaino koku skaits u.c.). Iespējams, ka šo jautājumu atrisināšana varētu padarīt gan normatīvo aktu prasību ietekmi uz meža biodaudzveidību, gan meža apsaimniekošanu vēl efektīvāku un savstarpēji mazāk konfrontējošu.

Atsevišķos gadījumos būtu nepieciešamas nelielas normatīvo aktu korekcijas:

- r nepieciešams atrunāt bebru darbības rezultātā appludināto meža teritoriju, ja tajās aug sīklapu lapkoki (bērzi, melnalkšņi, baltalkšņi), mežizstrādes nosacījumus paredzot arī tajās nepieciešamību atstāt sausus ekoloģiskos kokus līdz 5 uz hektāra, ja to diametrs ir virs 50 cm, vai 10 uz hektāru, ja appludinātajā teritorijā esošo koku diametrs ir mazāks par 50 cm. Šiem kokiem ir liela nozīme daudzu saproksilofīto un micetofilo sugu kukaiņu daudzveidības nodrošināšanai.
- a cirmā ir sausi koki, pašreizējie normatīvi nosaka, ka, tos cērtot, saglabā vismaz četrus (rēķinot uz cirmas hektāru) resnākos kritušus, nolauztus vai stāvošus sausus kokus, vispirms izvēloties tos, kuru diametrs 1,3 metru augstumā no sakņu kakla vai lūzuma vietā, ja tā ir zem 1,3 metru augstuma no sakņu kakla, ir lielāks par 50 centimetriem. Atmirusī koksne nodrošina vairākas, bet daudzām vaboļu sugām - lielāko daļu vides prasību. Šāda veida atstājamo sauso koku, kuru diametrs lielāks par 50 cm skaitu būtu jāpalielina līdz 5 uz 1 ha izcirtuma.
- ašreizējais normatīvais regulējums nosaka, ka mežizstrādes darbos ir jāatstāj dobumainie koki, kuru dobuma diametrs ir lielāks par 10 centimetriem, ja tādi ir. Attiecībā uz vabolēm ir būtiski, īpaši, ja tie ir platlapji vai apses, lai tiktu saglabāts pēc iespējas vairāk dobumaino koku, īpaši vecās apses. Šādos dobumos parasti ir izveidojies īpatnējs saproksilofīto vaboļu sugu komplekss, un tādu koku aizsardzība vabolēm ir ļoti būtiska. Šī prasība būtu jāaktualizē īpaši, uzsverot to kā obligātu pasākumu. Dobumainie koki var aizstāt citus ekokokus, taču, ja

izstrādājamajā meža nogabalā to ir vairāk, saglabājami būtu tie visi vai ne mazāk kā 10 uz hektāra.

Vaskulāro augu sugu daudzuma (projektīvais segums, indivīdu skaits laukuma vienībā utt.) parametri ir saistīti ar mežaudžu sukcesijas stadijām (arī evolūcijas stadijām): nepārtrauktā audzes attīstībā šie parametri mainās viļņveidīgi: te sugu daudzveidība palielinās (pieaug sugu skaits, izlīdzinās indivīdu daudzums starp sugām), te samazinās (viena vai dažas sugas dominē ar lielu indivīdu skaitu).

Normatīvajos aktos definētās aizliegtās darbības kopumā **neveicina** vietējo parasto vaskulāro augu sugu (jeb apofitu) izplatību mozaikveida ainavā, kura raksturīga hemiboreālajai starpzonai (tātad arī Latvijai). Pretēji – jebkuri aizliegumi var veicināt, mazākā vai lielākā laika posmā, kādas vienas sugas vai sugu grupas dominanci un tajā pašā laikā citu sugu daudzuma samazināšanos. Piemēram, ja pilsētu vai piepilsētu priežu mežos būs pilnīgs saimnieciskās darbības aizliegums, tad zemsedzē iespējama graudzāļu (*Deschampsia flexuosa*, *Agrostis tenuis* u.c.) invāzija, šo sugu vienlaidus masveida izplatība un atbilstoši citu sugu daudzuma samazināšanās. Šāda pati parādība var būt iespējama arī krūmu stāvā utt. Aizliegtās darbības veicina audzes sabrukšanu (destrukciju), aizliegta darbība kopumā pielīdzināma **traucējumam** mežaudzes attīstībā.

Vispārējie noteikumi attiecībā uz meža gliemežu vides prasībām kopumā nav pietiekami efektīvi (izņemot dažus), jo tie nenosdz visus vides prasību aspektus ilgtermiņā, bet tikai daļēji un īslaicīgi. Šobrīd ir ļoti grūti ieteikt, kā tie būtu papildināmi, lai efektivitāti uzlabotu, jo trūkst pētījumu par šo tēmu. Līdz šim veiktie pētījumi Latvijā ir bijuši saistīti ar faktiskās situācijas apzināšanu līdz 1990.gadu beigām. Šobrīd ir atšķirīga meža izmantošanas intensitāte un tiek lietotas citas metodes.

Lielākā daļa no meža aizsargājamām struktūrām nodrošina vides prasības periodiski vai īslaicīgi. Pilnībā vides prasības nodrošina tikai divas aizsargājamās struktūras – gravas un bioloģiski vērtīgas mežaudzes, ja neņem vērā šo struktūru izolētību vai fragmentāciju.

Noteikumi par koku ciršanu meža zemēs būtībā meža gliemežu vides prasības nenodrošina, ja nu vienīgi tikai divi noteikumi: „jāsaglabā viss apaugums ap avotiem un avoksnājiem un mikroieplakās (reljefa pazeminājumos ar izteikti palielinātu mitrumu un raksturīgu veģetāciju)” un „jāsaglabā daļējs apaugums gravā”. Šie divi pasākumi meža gliemežu vides prasības nodrošina daļēji vai īslaicīgi. Lai nodrošinātu meža gliemežu vides prasības, kailcirtēs un arī skrajcirtēs ir jāatstāj pamežs un lielu dimensiju kritālas; meža izciršana būtu jāveic ziemā sniega un sala apstākļos, lai izvairītos no zemsegas bojāšanas. Taču ir saprotams, ka vienas organismu grupas dēļ netiks mainīta meža izstrādes kārtība, tādēļ nepieciešami pētījumi par to, kā mazināt meža tehnikas ietekmi uz augsnes faunu un cik daudz atstājams pamežs, lai nodrošinātu meža gliemežu vides prasības.

Lielākā daļa aizliegto darbību meža gliemežu vides prasības nenodrošina. Dažu aizliegto darbību nozīme ir nebūtiska vai īslaicīga. Ilgtermiņā gliemežu vides prasības nodrošina mikroliegumi un īpaši aizsargājamie meža iecirkņi.

Kailcirtes aizliegumi ir galvenie pasākumi, kuri būtībā nodrošina meža gliemežu vides prasības. Visefektīvākie ir kailcirtes aizliegumi mežaudzēs, kur valdošā koku suga ir ozols, liepa, kļava, goba, vīksna vai skābardis, jo šādos mežos koncentrējas lielākā daļa meža gliemežu sugu. Arī kailcirtes aizliegums ezeru salās un purvu salās nodrošina visas gliemežu vides prasības. Taču jāņem vērā šo salu platība un to izolētība, kā rezultātā nenotiek vai ir ļoti ierobežota dzīvnieku migrācija starp populācijām.

Aizsargjoslu likums kopumā nodrošina to gliemežu vides prasības, kuri sastopami kāpu aizsargjoslā.

Kā viena no problēmām jāatzīmē biotopu, kuri nodrošina meža gliemežu vides prasības, pieaugošā sadrumstalotība un izolētība. Bieži starp šiem biotopiem atrodas dažāda vecuma jaunaudzes gliemežiem nepārvaramās platībās tiem nepiemēroto vides apstākļu dēļ. Ir jādomā par ekoloģisko koridoru ieviešanu praksē, kas ir svarīgi galvenokārt nelidojošām organismu grupām. Līdz ar to vairums vispārējo noteikumu būtu pietiekami efektīvi, ja tie veiktu ekoloģisko koridoru funkcijas. Vēl paliek atklāts jautājums par atsevišķu dažādu meža puduru, mežmalu, apaugumu un joslu nozīmi meža gliemežu vides prasību nodrošināšanā, jo pētījumi šajā jomā Latvijā nav veikti.

4. Mežsaimniecisko un mežsaimniecību atbalstošo darbību ietekmes uz vidi monitoringa sistēma

4.1. Monitoringa sistēmas izveides teorētiskais pamatojums

Mežsaimniecisko un mežsaimniecību atbalstošo darbību ietekmes uz vidi monitoringa sistēmas izveides pamatā ir ilgtspējīgas meža apsaimniekošanas princips. Pētījuma kontekstā izmantota H1 rezolūcijā dotā ilgtspējīgas meža apsaimniekošanas definīcija: „ilgtspējīga meža apsaimniekošana ir meža un meža zemju apsaimniekošana un izmantošana tādā veidā un tempā, kas ļauj saglabāt to bioloģisko daudzveidību, produktivitāti, atjaunošanās spēju, vitalitāti un spēju gan tagad, gan nākotnē īstenot būtiskas ekoloģiskas, ekonomiskas un sociālas funkcijas vietējā, valsts un pasaules mērogā, nenodarot kaitējumu citām ekosistēmām”.

Lai nodrošinātu mežsaimniecības ilgtspēju, Latvijas valsts mežu apsaimniekotājs AS „Latvijas valsts meži” LVM stratēģiskie mērķi (AS „Latvijas valsts meži” vidēja termiņa stratēģija 2010):

Tabula 1.

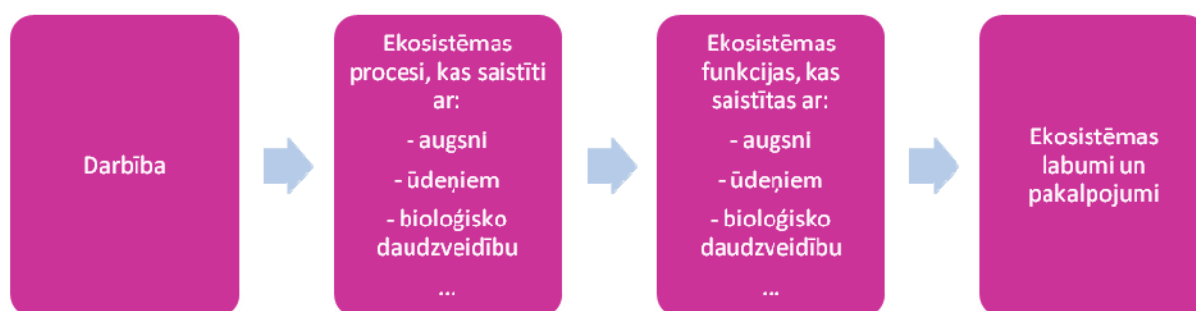
LVM stratēģiskie mērķi (AS „Latvijas valsts meži” vidēja termiņa stratēģija 2010)

STRATĒGISKIE EKONOMISKE MĒRĶI	STRATĒGISKIE SOCIĀLIE MĒRĶI	STRATĒGISKIE VIDES MĒRĶI
Nodrošināt stabilu peļņu un pozitīvu naudas plūsmu no saimnieciskās darbības	Apsaimniekot mežu līdzsvarotā un Latvijas sabiedrības akceptētā veidā	Saglabāt dabas daudzveidību
Palielināt uzņēmuma aktīvu un apsaimniekojamo kokaudžu vērtību	Būt atbildīgam un uzticamam sabiedrības loceklim	Veidot sabiedrības saudzīgu attieksmi pret meža vidi
Palielināt klientu apkalpošanas kvalitāti	Attīstīt LVM darbiniekiem motivējošu darba vidi	Samazināt saimnieciskās darbības ietekmi uz vidi
Kļūt par stabilu un prognozējamu partneri saviem klientiem, piegādātājiem un pakalpojumu sniedzējiem		Palielināt LVM apsaimniekojamo mežu devumu globālo klimata izmaiņu mazināšanā
Palielināt biznesa procesu efektivitāti un veicināt pakalpojumu sniedzēju efektivitātes paaugstināšanu		
Veicināt un attīstīt augstas pievienotās vērtības koksnes produktu ražošanu, pakalpojumus un zināšanas		

Viens no AS “Latvijas valsts meži” formulētajiem vides mērķiem paredz saimnieciskās darbības ietekmes uz vidi samazināšanu. Šim nolūkam nepieciešamas zināšanas par to, kādā veidā konkrētas

saimnieciskās darbības ietekmē meža ekosistēmu, un ar kādu pasākumu palīdzību iespējams samazināt ietekmes negatīvos aspektus.

Ietekmes uz vidi kritēriju un indikatoru sistēmas izveide balstās uz izpratni par ekosistēmas funkcijām, tajā notiekošajiem procesiem un no tiem atkarīgajiem ekosistēmas labumiem un pakalpojumiem. Mežsaimniecisko darbību ietekmei uz vidi jāsiglabājas tādā līmenī, lai būtiski netraucētu ekosistēmas funkcijas un no tām atkarīgo ekosistēmas labumu un pakalpojumu nodrošināšanu (Attēls 7).



Attēls 7. Mežsaimniecisko darbību ietekmes shematisks attēlojums

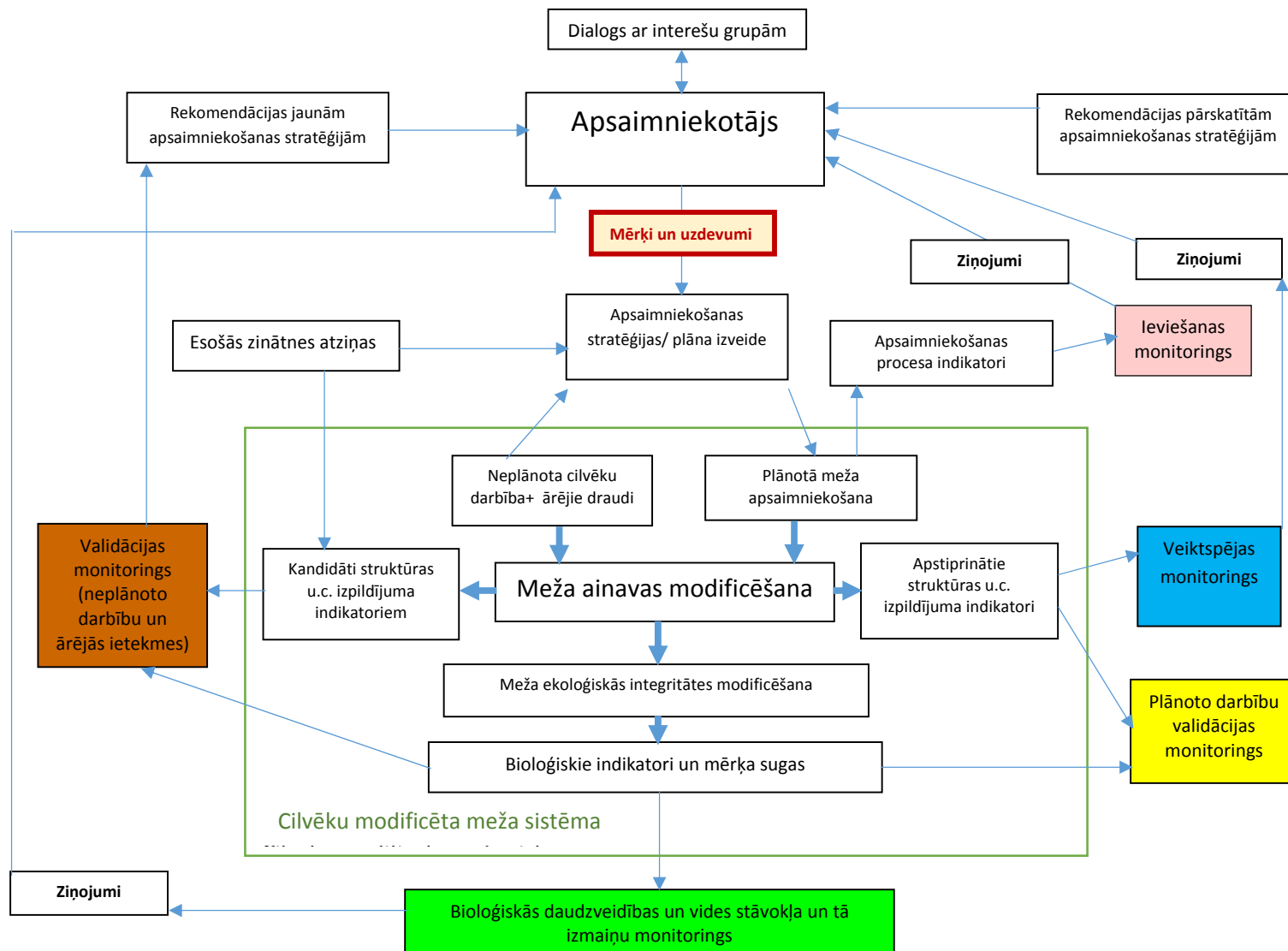
Monitoringa programmu mērķis ir iegūt informāciju, lai attīstītu ekoloģiski atbildīgākas apsaimniekošanas stratēģijas. Šādam monitoringam būtu jāklūst par atbalstu adaptīvam meža apsaimniekošanas procesam. Izvirzot papildus prasības bioloģiskās daudzveidības saglabāšanai mežos, kas primāri tiek apsaimniekoti kādam ražošanas mērķim, līdzīgi kā ražošanai, arī dabas daudzveidības nodrošināšanai nepieciešams definēt konkrētus mērķus, uzdevumus un indikatorus. Jāizmanto esošās zināšanas, lai ieviestu atbilstošus apsaimniekošanas standartus, kas piemēroti mērķu sasniegšanai. Novērtējot apsaimniekošanas ietekmi, apsaimniekotājam, konsultējoties ar ieinteresētajām pusēm, jānosaka minimuma līmenis, kas būtu jāsiglabā, apsaimniekojot mežus. Balstoties uz monitoringa rezultātiem, gadījumos, kad apsaimniekošana neatbilst izvirzītajiem ilgtspējīgas attīstības kritērijiem, nepieciešama meža apsaimniekošanas pielāgošana (adaptācija), lai nodrošinātu ilgtspējīgas meža apsaimniekošanas mērķu sasniegšanu.

Monitoringa programmai jābūt (Gardner 2011):

- Mērķtiecīgai (ar skaidri definētiem mērķiem, lai attaisnotu investīcijas un nodrošinātu pamudinājumu veikt izmaiņas apsaimniekošanā, ja tādas rastos, balstoties uz monitoringa rezultātā izstrādātajām rekomendācijām; mērķus definē apsaimniekotājs, konsultējoties ar ieinteresētajām pusēm);
- Efektīvai (monitoringa programmas dizainam un ieviešanai jābūt tādai, lai tā varētu nodrošināt izvirzīto mērķu izpildi);
- Reālai (Monitoringa programmai jābūt efektīvai, ņemot vērā pieejamos tehniskos, loģistikas, kā arī finanšu un cilvēkresursu ierobežojumus).

Ideālā gadījumā monitoringa programmai jābūt meža apsaimniekošanas procesa sastāvdaļai, kas kalpo par pamatu esošo apsaimniekošanas stratēģiju efektivitātes izvērtēšanai, to modificēšanai, kā arī

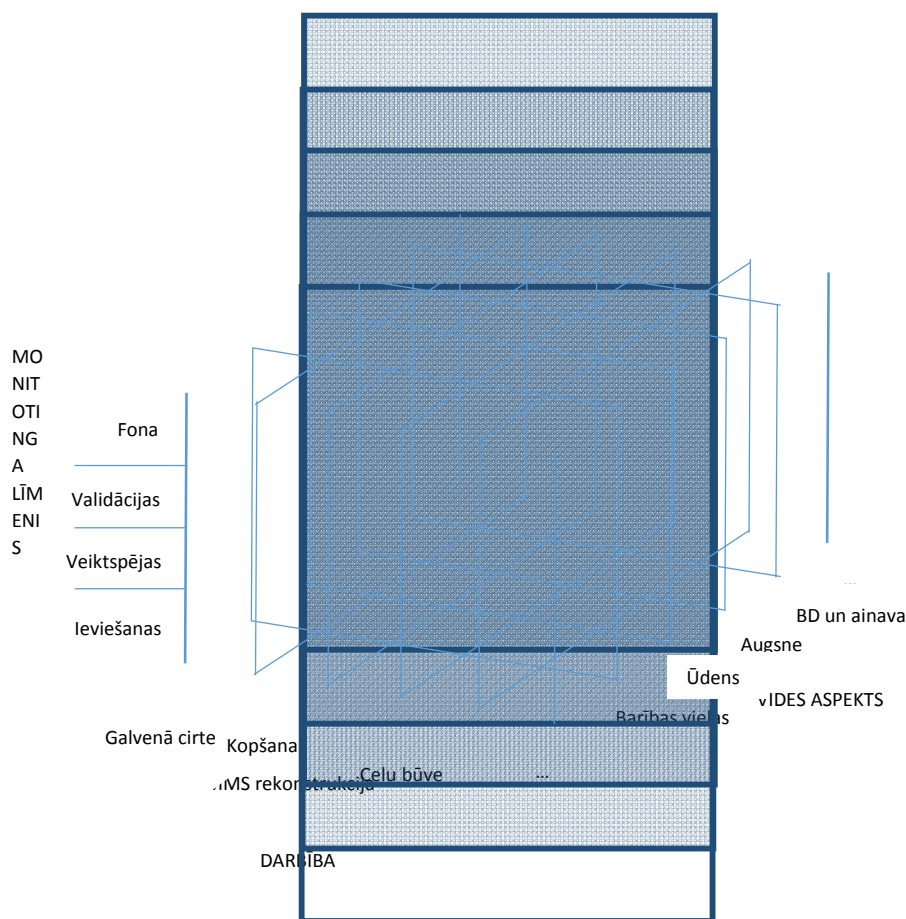
jaunu apsaimniekošanas stratēģiju ieviešanai, ja tas ir nepieciešams, lai nodrošinātu saimnieciskās darbības ilgtspēju visos trijos aspektos – ekoloģiskajā, ekonomiskajā un sociālajā (Attēls 8).



Attēls 8. Meža apsaimniekošanas procesa shēma ar integrētiem visiem monitoringa līmeņiem

Mežsaimniecisko darbību un mežsaimniecisko darbību ietekmes samazināšanas pasākumu efektivitātes monitoringa ietvaros iespējams vērtēt dažādu mežsaimniecisko un saistīto darbību ietekmi uz atšķirīgiem vides aspektiem četros monitoringa līmeņos (Attēls 9):

- Ieviešanas monitorings – šajā gadījumā novēro, vai tiek ieviestas darbības, par kurām panākta vienošanās.
- Veiktspējas monitorings – šajā gadījumā novēro, vai konkrētajā platībā konkrētais dabas aizsardzības mērķis tiek sasniegts. Tas tiek balstīts uz tiešiem vai netiešiem saimnieciskās darbības mērījumiem, kuri nodrošina pamatu ekoloģisko izmaiņu novērtēšanai.
- Validācijas monitorings – šajā gadījumā pārbauda, kādā pakāpē attiecīgās darbības sniedz vēlamu efektu. Šis ir vienīgais no monitoringa veidiem, kas ļauj novērtēt vai specifiskās saimnieciskās darbības ļauj panākt vēlamu efektu.
- Stāvokļa (*surveillance*) jeb fona monitorings, nav saistīts ar konkrētu meža apsaimniekošanu, bet tikai veido statusa ziņojumu par bioloģiskās daudzveidības trendiem konkrētajā teritorijā. Šis monitorings ir noderīgs, lai novērtētu neprognozētas izmaiņas vidē, vai lai novērtētu fona izmaiņas kontroles vietās.



Attēls 9. Darbību, vides aspektu un monitoringa līmeņu saistības shematiskais attēlojums

4.2. Monitoringam izmantojamās datu kopas

1. GEO datu bāze:
 - 1.1. Mežaudžu taksācijas apraksti;
 - 1.2. LVM mežsaimniecisko darbu darba uzdevumu kvalitātes novērtējumi dabas aizsardzības un vides aizsardzības prasības pakalpojumu sniedzējiem;
 - 1.3. LVM īstenoto vides monitoringu dati.
2. Meža statistiskās inventarizācijas dati.

Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumi izvietoti regulārā tīklā 4*4 km kvadrātos ar nejauši izvēlētu sākumpunktu katrā kvadrātā ir 4 parauglaukumi. Kopumā Latvijas teritorijā ir ierīkoti 16157 pastāvīgie parauglaukumi, kuri tiek uzmērīti 5 gadu ciklā, katru gadu 1/5 daļa. No šiem laukumiem LVM apsaimniekotajās platībās atrodas viena ceturtdaļa daļa.

Pieeja MSI parauglaukumos uzmērīto lielumu statistiskajai apstrādei, metodoloģiskās vadlīnijas MSI datu statistiskās ticamības novērtējumam un no MSI datiem iegūstamie bioloģiskās daudzveidības indikatoru statistiskie rādītāji un to izmaiņas, salīdzinot dažādu ciklu MSI parauglaukumu uzmērījumu datus, aprakstīti iepriekšējā gada atskaitē (1. pielikums).

3. Attālās izpētes dati:
 - 3.1. Aerofoto ainas - RGB un NIR ortofotoattēli (LĢIA) 0.4m pikseli, reizi 3-5 gados;
 - 3.2. LiDAR dati (LĢIA) 1.5 - 4 punkti uz m², potenciāli reizi 10 gados;
 - 3.3. Satelītattēli:
 - 3.3.1. LANDSAT 8, - (30m pikseli) 11 joslas, 16 dienas (maksas);
 - 3.3.2. Terra ASTER, 15/30/90 m pikseli, 14 joslas, 16 dienas (maksas);
 - 3.3.3. Worldview-2;
 - 3.3.4. GeoEye-1;
 - 3.3.5. SPOT-5, - 10m, 4 joslas, 26 dienas (maksas);
 - 3.3.6. Sentinel-2 - 10 m reizi 10 (5) dienās.
 - 3.3.7. RapidEye.

4. Pastāvīgos monitoringa objektos iegūti dati.
 - 4.1. Sateces baseinu monitoringa objekti. Tā kā ekosistēmas procesu reakcija uz iejaušanos nereti izpaužas novēloti un var turpināties ilgstoši, monitoringa veikšanai mežsaimniecisko darbību un mežsaimniecisko darbību negatīvās ietekmes mazināšanas pasākumu efektivitātes novērtēšanai AS LVM apsaimniekotajos mežos tiek ieteikts kā monitoringa objektus izvēlēties ar mežu klātus sateces baseinus valsts mežos, kuros sastopamas mežaudzes dažādos augšanas apstākļos un tiek veiktas dažādas mežsaimnieciskās un mežsaimniecību atbalstošās darbības. Objekti sateces baseinos ir vislabāk piemēroti, lai analizētu mežsaimniecisko un mežsaimniecību atbalstošo darbību ietekmi uz ūdens apriti un kvalitāti. Šajos sateces baseinos ieteicams iespēju robežās koncentrēt parauglaukumus dažādu darbību un preventīvo pasākumu ietekmes novērtēšanai arī uz citiem vides aspektiem. Sistēmiskas pieejas izmantošana kādā konkrētā teritorijā ļaus labāk saprast ekosistēmu procesus, analizēt dažādu procesu mijiedarbību, kā arī maksimāli efektīvi izmantot resursus, kas nepieciešami datu ievākšanai. Sasaistot konkrētu darbību ietekmes rezultātos rādītājus ar ainavas līmeņa

izmaiņām plašākā mērogā (sateces baseinā), būs iespējams kvantificēt dažādu pasākumu ietekmes īpatsvaru, kas savukārt palīdzēs identificēt darbības ar visbūtiskāko ietekmi, kā arī izvēlēties visefektīvākos preventīvos pasākumus. Fona monitoringam ir izmantojami ICP Forests I un II līmeņa monitoringa parauglaukuma dati (Valgunde) un ICP Integrālā monitoringa parauglaukuma dati (Rucava, Taurene), kā arī dati, kas iegūti pētījumu objektos sateces baseinā Slīteres Nacionālā parka teritorijā.

- 4.2. Monitoringa kvadrāti putnu uzskaitēi un ainavas rādītāju novērtējumam saistībā ar saimniecisko darbību.
5. Īslaicīgos parauglaukumos/vienreizējos apsekojumos iegūti dati.
6. Valsts mēroga monitoringa programmu ietvaros iegūti dati.

Salīdzinājumam ar situāciju valstī iespējams izmantot citu monitoringa programmu ietvaros iegūtu informāciju, piemēram, ICP Forests I un II līmeņa un ICP Forests Integrālā monitoringa rezultātus, Latvijas līgzdojošo putnu monitoringa rezultātus (koordinē Latvijas Ornitoloģijas biedrība), vides monitoringa rezultātus (īsteno LVĢMC, Dabas aizsardzības pārvalde, Valsts vides dienests un Latvijas Hidroekoloģijas institūts).

4.3. Mežsaimniecisko darbību, mežsaimniecību atbalstošo darbību un pasākumu šo darbību negatīvās ietekmes mazināšanai ietekmes monitoringa sistēmas komponentu apraksts

Turpmāk aprakstīta mežsaimniecisko darbību, mežsaimniecību atbalstošo darbību un pasākumu šo darbību negatīvās ietekmes mazināšanai monitoringa programma, grupējot atsevišķas programmas komponentes pa vides aspektiem. Sniegtas atsauces uz konkrētām metodikām, pašas metodikas dažādu ietekmju novērtēšanai pievienotas pielikumos.

Kur iespējams, monitoringu ieteicams organizēt atbilstoši BACI pieejai (*Before-After-Control-Impact*), fiksējot situāciju pirms un pēc ietekmes gan ietekmētajā platībā, gan kontroles platībā. BACI monitoringa pieejas pamatā ir pieņēmums, ka izmaiņas pēc traucējuma ietekmētajā platībā būs atšķirīgas no dabiskām izmaiņām kontroles platībā (Krebs, 1999).

Kaut arī dažās starptautiski pieņemtajās klasifikācijas shēmās (piem., *Millenium Ecosystem Assessment, 2005*) barības vielu aprīte tiek minēta kā atsevišķs ekosistēmu pakalpojums, šajā atskaitē vienkāršības dēļ indikatori, kas siatīti ar barības vielu aprīti, aplūkoti apakšnodaļās pie augsnes un ūdens.

4.3.1. Augsne

Mežizstrāde, meža atjaunošana un kopšana

Mērķis: Novērtēt mežizstrādes ietekmi uz barības vielu aprītes izmaiņām, augsnes sablīvēšanos, ūdens caurlaidību un ekosistēmas turpmāko attīstību.

leviešanas monitoringas

Indikatori: Vizuāli konstatējama erozija (augšnes virskārtas pārvietošanās ūdens vai vēja iedarbības ietekmē, kura rada cilmieža atsegumus vairāk nekā 20 m² vienlaidus platībā), risu klātbūtne pēc mežizstrādes.

Objekti: visas cirsmas.

Erozijas esamību novērtē vizuāli, veicot cirsmas pieņemšanu pēc saimnieciskās darbības veikšanas. Veidlapā fiksē erozijas skarto platību un vietu nogabalā. Gadījumos, kad tiek konstatēta erozija pirmreizējā novērtējumā, platību atkārtoti apseko nākošā gada pavasarī pēc sniega nokušanas (martā-aprīlī) un rudenī (oktobrī). Ja nepieciešams, veic pasākumus augsnes erozijas apstādināšanai.

Risu esamību novērtē vizuāli, veicot cirsmas pieņemšanu pēc saimnieciskās darbības veikšanas. Veidlapā fiksē risu garumu un platību. Gadījumos, kad tiek konstatētas risas pirmreizējā novērtējumā, platību atkārtoti apseko pēc definētā risu aizbēršanas noteiktā termiņa.

Veiktspējas monitoringas

Nav attiecināms.

Validācijas monitoringas

1) Indikatori: biogēno elementu koncentrācija augsnes ūdenī un gruntsūdenī, gruntsūdens līmenis, biogēno elementu saturs augsnē, veģetācijas izmaiņas, meža atjaunošanas sekmes (jauno kociņu izdzīvošana, dimensijas).

Objekti: Ilglaicīgi parauglaukumi monitoringa sateces baseinos.

Metodika aprobēta KC pētījumā. Skat. 2.pielikumu. Augsnes analīžu metodika 15.pielikumā. Ūdens analīžu metodika 16.pielikumā.

2) Indikatori: augsnes sablīvēšanās rādītāji, augsnes ūdens caurlaidība, paaugas koku augstums un caurmērs, GŪ līmeņa izmaiņas.

Objekti: Parauglaukumi monitoringa sateces baseinos, mērījumus iespējams veikt tajos pašos objektos, kur izseko barības vielu aprites izmaiņām, kā arī nejauši atlasītā mežizstrādes objektu paraugkopā, kas raksturo augsnes sablīvējumu un augsnes ūdens caurlaidību galvenajā cirtē un kopšanas cirtēs, kas izstrādātas ziemā (uz sasalušas augsnes) un vasarā.

Metodika aprobēta KC pētījumā. Skat. 5.pielikumu.

Fona monitoringas

1) Fona monitoringam var izmantot datus no kontroles varianta ilglaicīgajos monitoringa objektos, kā arī no ICP Forests II līmeņa parauglaukuma, ICP Forests Integrālā monitoringa parauglaukumiem (2 gab.), ICP Forests monitoringa I līmeņa parauglaukumiem (95 parauglaukumi, kur augsnes paraugi ievākti 2006. un 2012. gadā un 115 parauglaukumi, kuros augšņu monitoringas nav uzsākts), vai arī no Slīteres sateces baseina. BACI pieeja.

Metodiku skat. 2.pielikumā. Augšņu analīžu metodika 15. pielikumā. Ūdens analīžu metodika 16. pielikumā.

2) Saistībā ar augsnes sablīvēšanos un ūdens caurlaidības izmaiņām fona monitoringas tiek veikts pēc tās pašas metodikas tajos pašos objektos pirms mežizstrādes, kā arī iespējami līdzīgās platībās, kur mežizstrāde netiek veikta. Pēc mežizstrādes - augsnes penetrācijas pretestības un ūdens caurlaidības mērījumi platībā starp treilēšanas ceļiem izstrādātajās cirmās un kontroles platībās. BACI pieeja.

Skat. 5.pielikumu.

Meža meliorācijas sistēmu rekonstrukcija un renovācija

Mērķis: Novērtēt meliorācijas sistēmu renovācijas ietekmi uz atbērtnes ūdens caurlaidību un aerāciju.

Leviešanas monitoringas

Nav attiecināms.

Veiktspējas monitoringas

Nav attiecināms.

Validācijas monitoringas

Indikatori: augsnes sablīvēšanās rādītāji uz atbērtnes, augsnes ūdens caurlaidība uz atbērtnes, gruntsūdens līmeņa izmaiņas mežā aiz atbērtnes, skābekļa saturs augsnē sakņu izplatības zonā.

Objekti: : renovētas meliorācijas sistēmas valsts mežos (iespēju robežās monitoringa sateces baseinos).

Metodika aprobēta KC pētījumā.

Skat. 5.pielikumu.

Fona monitoringas

Fona monitoringas tiek veikts pēc tās pašas metodikas tajos pašos objektos pirms meliorācijas sistēmu renovācijas darbu uzsākšanas, kā arī nerenovētos posmos iespēju robežās tajā pašā meliorācijas sistēmā vai citā pēc īpašībām līdzīgā meliorācijas sistēmā. BACI pieeja.

4.3.2. Ūdens

Mežizstrāde, meža atjaunošana un kopšana

Mērķis: Novērtēt mežizstrādes un augsnes sagatavošanas ietekmi uz gruntsūdeņu un virsūdeņu ķīmisko sastāvu, kā arī uz noteces režīmu un vides parametru izmaiņām ūdenstecēs/ūdenstilpēs

Leviešanas monitoringas

Nav attiecināms.

Veiktspējas monitoringas

Nav attiecināms.

Validācijas monitoringas

Indikatori: Biogēno elementu koncentrācija gruntsūdeņos, gruntsūdens līmenis, noteces izmaiņas, vides parametru izmaiņas ūdenstilpēs/ūdenstecēs.

Objekti: Paraugu ņemšanas vietas monitoringa sateces baseinos. Gruntsūdens līmeni un ķīmiskos parametrus iespējams vērtēt tajos pašos objektos, kur izseko vielu aprites izmaiņām. Noteces izmaiņas no sateces baseina fiksē hidrometriskajā pārgāzē, ar ko aprūkots sateces baseins. Vides parametru izmaiņas vērtē ūdenstecē/ūdenstilpē blakus platībai, kur veikta saimnieciskā darbība.

Metodika daļēji aprobēta KC pētījumā. Skat. 2. un 6.pielikumu. Ūdens analīžu metodika 16.pielikumā.

Fona monitoringas

Fona monitoringam iespējams izmantot datus no ilglaicīgo monitoringa objektu kontroles varianta, ICP Forests II līmeņa paraugļaukuma, ICP Forests Integrālā monitoringa paraugļaukumiem un Slīteres sateces baseina. BACI pieeja.

Aizsargjoslu efektivitātes monitorings

Mērķis: novērtēt aizsargjoslu saglabāšanas ietekmi uz ūdens kvalitāti.

leviešanas monitoringas

Indikatori: ir/nav atstāta aizsargjosla, ir/nav saglabāta paauga, pamežs atbilstoši normatīvajiem aktiem.

Objekti: visi ūdenstilpēm/ūdenstecēm blakus esošie nogabali, kur tiek veikta mežizstrāde/augsnes sagatavošana.

Vērtējumu veic reizē ar mežizstrādes darbu kvalitātes kontroli.

Veiktspējas monitoringas

Indikatori: bojātās platības īpatsvars % no kopējās aizsargjoslas platības izcirtumam piegulošajā daļā, risu dziļums, izzāgētu koku, paaugas, pameža esamība/skaits koki, ūdensteces pielūžņojums.

Objekti: visi ūdenstilpēm/ūdenstecēm blakus esošie nogabali, kur tiek veikta mežizstrāde/augsnes sagatavošana.

Vērtējumu veic reizē ar mežizstrādes darbu kvalitātes kontroli.

Validācijas monitoringas

Indikatori: virszemes ūdeņu ekoloģiskās kvalitātes rādītāju izmaiņas.

Objekti: ūdensteces/ūdenstilpes blakus platībai, kur veikta mežizstrāde/augsnes gatavošana.

Metodiku skat. 6.pielikumā

Fona monitoringas

Fona monitoringu veic tajā pašā ūdenstecē/ūdenstilpē, kur validācijas monitoringu, augšpus/attālāk no ietekmētās platības. BACI pieeja.

Metodiku skat. 6.pielikumā.

Meža meliorācijas sistēmu rekonstrukcija un renovācija

Mērķis: novērtēt meliorācijas sistēmu renovācijas ietekmi uz barības vielu iznesi no meža ekosistēmas, kā arī uz ūdens kvalitāti ūdenstecēs/ūdenstilpēs, kur tiek novadīti ūdeņi no meliorācijas sistēmām.

Ieviešanas monitorings

Nav attiecināms.

Veiktspējas monitorings

Nav attiecināms.

Validācijas monitorings

Indikatori: biogēno elementu koncentrācijas izmaiņas maģistrālajā grāvī pirms tā ievadīšanas ūdenstecē, elementu izneses apjoms, ekoloģiskās kvalitātes kritēriju izmaiņas ūdenstecē/ūdenstilpē, kur tiek novadīti ūdeņi no renovētās meliorācijas sistēmas.

Objekti: renovētas meliorācijas sistēmas valsts mežos (iespēju robežās monitoringa sateces baseinos), ūdensteces/ūdenstilpes, kurās tiek novadīti ūdeņi no renovētām meliorācijas sistēmām valsts mežos (iespēju robežās monitoringa sateces baseinos).

Metodika biogēno elementu koncentrācijas izmaiņu un izneses novērtēšanai aprobēta KC pētījumā, skat. 10.pielikumu. Ūdens analīžu metodika 16.pielikumā.

Metodiku ekoloģiskās kvalitātes kritēriju izmaiņām skat. 6.pielikumā.

Fona monitorings

Ja renovējamajā meliorācijas sistēmā ir pietiekami gari (vismaz 500 m) nepārtīrītu maģistrālo grāvju posmi, biogēno elementu koncentrācijas izmaiņu un izneses fona monitoringu veic tajā pašā meliorācijas sistēmā. Ja šādu posmu nav, fona datus ievāc citā pēc parametriem (augšanas apstākļi, sugu sastāvs, augsne) līdzīgā meliorācijas sistēmā, kur renovācija nav veikta, atbilstoši tai pašai metodikai. Iespējama arī empīrisku novērojumu veikšana nejauši atlasītās meliorācijas sistēmās pirms rekonstrukcijas projektu īstenošanas, sasaistot monitoringa novērojumus ar mežsaimniecisko darbību plānošanu. Montorings pēc rekonstrukcijas veicams tūlīt pēc projekta īstenošanas 3 gadu laikā, tad pēc 5 gadiem un pēc 10 gadiem.

Skat. 10.pielikumu. Ūdens analīžu metodika 16.pielikumā

Ekoloģiskās kvalitātes kritēriju fona monitoringu iespējams veikt tajās pašās ūdenstecēs/ūdenstilpēs, kur veic validācijas monitoringu, posmā augšpus/attālāk no saimnieciskās darbības ietekmes zonas, izmantojot tos pašus indikatorus. BACI pieeja.

Metodiku skat. 6.pielikumā.

Sedimentācijas dīķu efektivitātes monitorings

Mērķis: novērtēt meliorācijas sistēmu renovācijas laikā izveidoto sedimentācijas dīķu efektivitāti.

Ieviešanas monitorings

Indikatori: sedimentācijas dīķu esamība, atbilstība tehniskajiem parametriem. Vērtē, veicot darbu kvalitātes kontroli.

Objekti: visi ierīkotie sedimentācijas dīķi.

Veiktspējas monitoringas

Indikatori: suspendēto daļiņu un biogēno elementu koncentrācija pirms un pēc sedimentācijas dīķa, sedimenta un izneses apjoms.

Objekti: tās pašas meliorācijas sistēmas, kurās tiek vērtēta renovācijas darbu ietekme.

Metodiku skat. 10. pielikumā. Ūdens analīžu metodika 16.pielikumā.

Validācijas monitoringas

Indikatori: virszemes ūdeņu ekoloģiskās kvalitātes rādītāju izmaiņas.

Objekti: tās pašas meliorācijas sistēmas, kurās tiek vērtēta renovācijas darbu ietekme.

Metodiku skat. 6.pielikumā

Fona monitoringas

Indikatori: suspendēto daļiņu un biogēno elementu koncentrācija pirms sedimentācijas dīķa, virszemes ūdeņu ekoloģiskās kvalitātes rādītāji leļpus grāvīm, uz kura nav izveidots sedimentācijas dīķis, bet tajā pašā meliorācijas sistēmā, kur veic validācijas monitoringu. BACI pieeja.

Metodikas skat. 6.un 10.pielikumā

Meža ceļu būve

Mērķis: novērtēt meža ceļu būves ietekmi uz ūdens režīmu un kvalitāti.

Ieviešanas monitoringas

Indikatori: vizuāli konstatējami noteces traucējumi, iepriekš nekonstatēta ceļam blakus esošo meža platību applūšana.

Objekti: visi jaunuzbūvētie/rekonstruētie ceļi.

Novērtējumu veic vienlaicīgi ar darbu kvalitātes kontroli. Ja konstatēti ūdens režīma traucējumi un applūšana, tas jānovērš. Šādā gadījumā divu mēnešu laikā teritorija jāapseko atkārtoti. Gada laikā pēc problēmas novēršanas vēlreiz novērtē situāciju un veikto pasākumu efektivitāti.

Veiktspējas monitoringas

Nav attiecināms.

Validācijas monitoringas

Indikatori: noteces režīma izmaiņas, ūdens ķīmiskā sastāva izmaiņas ūdenstecēs, ūdens ekoloģiskās kvalitātes kritēriju izmaiņas ūdenstecēs/ūdenstilpēs.

Objekti: ūdensteces, kuras šķērso jaunuzbūvēti/rekonstruēti meža ceļi (iespēju robežās monitoringa sateces baseinos).

Ja monitoringa tiek veikts attiecīgi aprīkotos sateces baseinos, noteces režīms tiek novērots noteces mērīšanas punktā sateces baseina lejtecē.

Ūdens ķīmiskā sastāva izmaiņu noteikšanai ūdenstecēs, kuras šķērso jaunuzbūvētie/rekonstruētie ceļi, reizi divās nedēļās pēc rekonstrukcijas darbu uzsākšanas ņem ūdens paraugus vietās, kur ceļi šķērso ūdensteces.

Metodiku skat. 10.pielikumā. Ūdens analīžu metodika 16.pielikumā.

Ūdens ekoloģiskās kvalitātes kritērijus novērtē ūdenstecē lejpus vietai, kur jaunuzbūvētais/rekonstruētais ceļš šķērso ūdensteci.

Metodiku skat. 6.pielikumā.

Fona monitoringa

Fona monitoringa tiek veikts tajās pašās ūdenstecēs, bet augšpus jaunuzbūvētā ceļa šķērsojuma. BACI pieeja.

Metodiku skat. 6.un 10.pielikumā. Ūdens analīžu metodika 16.pielikumā.

4.3.3. Bioloģiskā daudzveidība un ainava

Mežizstrāde, meža atjaunošana un kopšana

Mērķis: Novērtēt mežizstrādes un augsnes sagatavošanas ietekmi uz bioloģiskās daudzveidības indikatoru izmaiņām

Ieviešanas monitoringa

Indikatori: Cirsma īpatsvars, kurās saglabāts atbilstošs (10 un vairāk uz 1 ha) ekoloģisko koku skaits, cirsmu īpatsvars, kurās saglabāto koku dimensijas ir lielākas, salīdzinājumā ar cirsmas rādītājiem, cirsmu īpatsvars, kurās saglabātas konstatētās mitrās ieplakas, cirsmu īpatsvars, kurās saglabāts atbilstošs mirušās koksnes daudzums.

Objekti: ekoloģisko koku un mirušās koksnes saglabāšanas uzskaiti veic visās cirmās atbilstoši darbu izpildes kvalitātes kontroles prasībām. Mitro ieplaku saglabāšanu vērtē atbilstoši cirsmu darbu izpildes kvalitātes kontroles prasībām. Uzskaiti veic visai ģenerālkopai – visas tekošā gada cirsmas. Statistiskie rādītāji nav jāaprēķina.

Veiktspējas monitoringa

Indikatori: ekoloģisko koku skaits atkārtotās uzskaitēs, mirušās koksnes daudzuma dinamika laikā (pa caurmēra klasēm un sadalīšanās pakāpēm), kopējais oglekļa uzkrājums nedzīvajā biomasā un tā izmaiņas.

Ekoloģiskajiem kokiem:

Metodika 1

Objekti:

Ekoloģisko koku saglabāšanās novērtējums pēc n gadiem.

Paraugkopa - visas cirsmas, kuras attiecīgi pirms n gadiem veikta kailcirte.

Datu avots – cirsmu maska no GEO & LiDAR dati.

Datu apstrādes metodika – ekoloģisko koku identificēšana no LiDAR datiem izmantojot ERDAS Imagine Professional vai līdzvērtīgu programmu.

Statistiskie rādītāju aprēķināšanas metode - Izdzīvošanas analīze (Survival analysis), SPSS vai līdzvērtīgā datorprogrammā.

Metodika 2

Objekti: Cirsmas, kurās pirms 5 vai 10 gadiem veikta kailcirte.

Ekoloģisko koku saglabāšanās novērtējums pēc 5 un 10 gadiem.

Paraugkopa 40 cirsmas katrai sugai (5 cirsmas katrā mežsaimniecībā katrai sugai (valdošā suga pirms kailcirtes – P, E, B, A, M) objektus izlozē no konkrētā attiecīgā gada cirsmu saraksta.

Lauku darbu metodika – atbilstoši LVM ekoloģisko koku novērtēšanas metodikai.

Statistiskie rādītāju aprēķināšanas metode - Izdzīvošanas analīze (Survival analysis), SPSS vai līdzvērtīgā datorprogrammā.

Mirušajai koksnei:

Objekti:

1. MSI parauglaukumi LVM apsaimniekotajos mežos, kur veikta saimnieciskā darbība (galvenā cirte). Atmirušo koksni uzskaita sadalījumā pa dimensiju grupām un sugām. Pārmērījumus veic ik pēc 10 gadiem. Datu apstrāde - skaita aprēķins, ticamības intervāla aprēķins, trenda aprēķins, izmantojot *repeated measures design*.
2. Atbilstoši MSI metodikai ierīkoti apļveida parauglaukumi objektos, kur izseko vielu aprites izmaiņām (5 parauglaukumi katrā variantā). Šajos parauglaukumos uzskaita ne vien kritālas, bet arī celmus. Uzskaitē nedzīvo koksni sadala arī pēc izcelsmes: mežizstrādes atliekas, nozāģēto koku celmi un saknes un dabiskais atmirums. Oglekļa uzkrājuma aprēķiniem kritušos kokus daļa vainagā un stumbrā.

Metodiku skat. 7.pielikumā

Validācijas monitorings

Indikatori: Veģetācija. Ekoloģisko koku skaits un nozīme, mirušās koksnes daudzums un nozīme. Bioloģiski vecu koku¹ daudzums ainavā. Meža platību sadalījums pa ekoloģiskās attīstības stadijām un meža tipiem. Ainavas funkcionālie elementi: kodolzona, sala, perforācija, mala, cilpa, zars, savienotājs (*core area, islet, perforation, loop, edge, branch, bridge*), ainavas elementu ekoloģiskais nozīmīgums.

Veģetācijas uzskaites rezultāti ir potenciāli attiecināmi uz dažādiem telpiskajiem līmeņiem un interpretējami dažādi. Pietiekami liels skaits veģetācijas laukumiņu dod informāciju gan par veģetācijas attīstības dinamiku kādā konkrētā objektā, gan par atšķirībām starp dažādiem objektiem, gan par veģetācijas dinamiku reģionā. Tiek lietots alfa, beta un gamma daudzveidības jēdziens (Whittaker 1972):

α -daudzveidība: sugu daudzveidība lokālā mērogā, konkrētā ekosistēmā;

β -daudzveidība: daudzveidības atšķirības starp dažādām ekosistēmām;

γ -daudzveidība: daudzveidība ainavas mērogā, reģionā.

Veģetācijas uzskaites laukumiņu izvietojumu platībā iespējams plānot dažādi, no šī izvietojuma lielā mērā atkarīgas turpmākās rezultātu interpretācijas iespējas. Viena no iespējām ir izvietot laukumiņus proporcionāli meža tipoloģiskajai struktūrai iepriekš definētā reģionā (mežsaimniecībā/plānošanas vienībā/sateces baseinā).

Objekti: Veģetācijas izmaiņas iespējams vērtēt tajos pašos objektos, kur izseko vielu aprites izmaiņām, vai citos objektos, kur tiek veikta saimnieciskā darbība, kuras ietekmi nepieciešams vērtēt. Metodiku skat. 3.pielikumā.

- 1) Ekoloģisko koku skaitu un nozīmi vērtē:
 - a. 1. punktā minētajos objektos;
 - b. Objektos (20 gab.), kuros 2014. gadā veikts pirmreizējais epifītu novērtējums uz ekoloģiskajiem kokiem.

Metodiku skat. 12.un 13. pielikumā

- 2) Mirušās koksnes daudzuma uzskaiti veic mežaudzēs, kur veikta mežizstrāde un augsnes sagatavošana, apļveida parauglaukumos, kas ierīkoti atbilstoši MSI metodikai:
 - a. 1. punktā minētajos objektos, katrā objektā 5 pl. katrā apsaimniekošanas variantā;
 - b. Cismās, kurās tiek veikts ekoloģisko koku saglabāšanās novērtējums (Veiktspējas monitoringa 2.metodika) – paraugkopa – 2 cirmsas katrai koku sugai (valdošā suga pirms kailcirtes – P, E, B, A, M), objektus izlozē.

Metodiku skat. 7. pielikumā

¹ Bioloģiski veci koki ir: a) Iepriekšējās paaudzes koki, kas vecāki par mežaudzes I stāva valdošās koku sugas kokiem? Piemēram, 100 gadus veca priede 40 gadus vecā audzē. b) Koki, kuru vecums vai habituss (morfoloģiskās pazīmes) liecina par to ka tie ir bioloģiski veci.

- 3) Mirušās koksnes nozīmi vērtē atbilstoši MSI metodikai ierīkotos apļveida parauglaukumos objektos, kur izseko vielu aprites izmaiņām (5 parauglaukumi katrā variantā), skat. 2) punkta a. apakšpunktu.

Metodiku skat. 12.un 13.pielikumā.

- 4) Bioloģiski vecu koku daudzumu ainavā vērtē:
 - a. MSI parauglaukumos LVM pārvaldītajos mežos, kuros veikta galvenā cirte. Pārmērījumus veic ik pēc 5 gadiem. Datu apstrāde - skaita aprēķins, ticamības intervāla aprēķins atbilstoši 1. Pielikuma metodikai. Trenda aprēķins, izmantojot repeated measures design, Loglinear, GLM models. Datu apstrādes programmu piemēri: SPSS GLM repeated, loglinear regression, TRIM.
 - b. Pēc attālās izpētes datiem (ortofoto attēlu analīze) par visiem LVM mežiem(?). Teritorijās, kurās veikta saimnieciskā darbība (maska) tiek identificēti koki, kuriem vainagi ievērojami pārsniedz vidējo vainagu lielumu (H un vai D). Datu apstrādē izmanto programmas e-Cognition, LiDAR e-Cognition. Atkārtotu analīzi veic, pieskaņojot LĢIA veiktajām lidojumu cikliem (ortofoto attēli ik pēc apm 5 gadiem, LiDAR ik pēc 10 gadiem). Datu apstrāde - skaita aprēķins, ticamības intervāls aprēķins, trenda aprēķins, izmantojot repeated measures design.
- 5) Meža platību sadalījumu pa ekoloģiskās attīstības stadijām un valdošajām sugām iegūst no GEO.
 - a. Analīzi veic visiem LVM mežiem
 - b. Pēc administratīvām robežām (plānošanas vienības, iecirkņi, MS), vai ekoloģiskiem indikatoriem (ainavapvidus, ainavzeme, sateces baseins utt.).

Analīzi veic reizi 5 gados.

Metodiku skat. 8.pielikumā.

- 6) Informāciju par ainavas funkcionālajiem elementiem aprēķina
 - a. LVM mežiem 8 nejauši izvēlētos tks93_100000 50*50km kvadrātos, kuri vairāk nekā 50 % ir Latvijas sauszemes teritorijā.

Analīzi veic reizi 5 gados.

Metodiku skat. 8.pielikumā.

- 7) Ainavas elementu ekoloģiskā nozīmīguma analīzi veic, izmantojot piem., Conefor un Guidos)
 - a. Analīzi veic LVM mežiem iepriekšējā punkta a apakšpunktā izvēlētajos kvadrātos.

Analīzi veic reizi 5 gados.

Metodiku skat. 9.pielikumā.

Fona monitorings

- 1) Fona datu iegūšanai par veģetācijas izmaiņām izmantojami dati no tiem pašiem objektiem, kur izseko vielu aprites izmaiņām (kontroles variants). Iespējams izmantot arī ICP Forests II līmeņa parauglaukuma vai ICP Forests Integrālā monitoringa parauglaukumu datus, potenciāli arī MSI datus.
- 2) Fona datus par ekoloģisko koku skaitu un nozīmi iegūst:

- a. tajos pašos objektos, kur izseko vielu aprites izmaiņām (kontroles variants);
 - b. mežsaimnieciskās darbības neskartās platībās (MSI dati), datu apstrāde - skaita aprēķins, ticamības intervāla aprēķins atbilstoši 1. Pielikuma metodikai. Trenda aprēķins, izmantojot repeated measures design, Loglinear, GLM models. Datu apstrādes programmu piemēri: SPSS GLM repeated, loglinear regression, TRIM.
- 3) Fona datus par mirušās koksnes apjomu, dimensijām, sadalīšanās pakāpēm un nozīmi iegūst:
- a. tajos pašos objektos, kur izseko vielu aprites izmaiņām (kontroles variants);
 - b. no MSI datiem.
- 4) Informāciju par meža platību sadalījumu pa ekoloģiskās attīstības stadijām un meža tipiņiem iegūst no MVR un GEO datu bāzes.
- 5) Datus par ainavas funkcionālajiem elementiem un to ekoloģisko nozīmīgumu iegūst no:
- a) MVR datiem par visiem mežiem reizi 5 gados;
 - b) izmantojot attālās izpētes metodes:
 - LiDAR+RGB+NIR reizi 5 piecos gados; vai
 - Sentinel vai citu satelītattēlu datus reizi 5 gados.

Fons var būt:

- (1) vietas, kurās koksnes ieguve nav primārais meža apsaimniekošanas mērķis (IADT, kurās netiek veikta saimnieciskā darbība - Nacionālo parku rezervātu, liegumu zonas, Dabas liegumi, kuros nozīmīgi saimnieciskās darbības ierobežojumi, bet līdzīgi meža tipi);
- (2) LV meži kopumā;
- (3) kontroles parauglaukumi monitoringa sateces baseinos.

Meža meliorācijas sistēmu renovācija un rekonstrukcija, meža ceļu būve

Mērķis: novērtēt meliorācijas sistēmu renovācijas un meža ceļu būves ietekmi uz bioloģiskās daudzveidības un ainavas rādītājiem.

leviešanas monitoringas

Dabas aizsardzības prasību ievērošanas novērtējums, pieņemot darbus.

Veiktspējas monitoringas

Nav attiecināms.

Validācijas monitoringas

Indikatori: Veģetācijas izmaiņas, invazīvo sugu izplatība, ainavas «funkcionālie elementi» (kodolzona, sala, perforācija, mala, cilpa, zars, tilts (core area, islet, edge, bridge utt.)), ainavas elementu ekoloģiskais nozīmīgums.

Objekti: renovētas meliorācijas sistēmas valsts mežos (iespēju robežās monitoringa sateces baseinos), jaunuzbūvēti rekonstruēti meža ceļi (iespēju robežās monitoringa sateces baseinos).

Veģetācijas uzskaiti veic parauglaukumos uz grāvju atbērtņēm, izvēloties 3 tipiskākos grāvjus meliorācijas sistēmā un uz katra grāvja atbērtnes izvietojot 30 uzskaites laukumiņus. Uzskaiti veic pirms renovācijas darbu uzsākšanas un pēc tam 1.,3.,5. un 10. gadā.

Metodiku skat. 3.pielikumā.

Invazīvo augu sugu izplatības monitoringu veic

- 1) transektos uz grāvju atbērtņēm, izvēloties vienu grāvi, kas sākas pie meža malas;
- 2) jaunuzbūvētā/rekonstruētā ceļa posmā, kas sākas meža malā.

Metodiku skat. 11.pielikumā.

Ainavas funkcionālo elementu un to ekoloģiskā nozīmīguma monitoringu veic visās platībās, kur : renovētas meliorācijas sistēmas valsts mežos, uzbūvēti/rekonstruēti ceļi.

Metodiku skat. 9. pielikumā.

Ainavas rādītāju izmaiņas ir iespējams vērtēt dažādos līmeņos, gan saistībā ar kāda konkrēta infrastruktūras objekta izveidi vai rekonstrukciju mazākā platībā, gan saistībā ar visu mežsaimniecisko un mežsaimniecību atbalstošo darbību kompleksu plašākā teritorijā. Jāņem vērā, ka dažādu infrastruktūras objektu attīstība laika mērogā un to ietekme uz vides parametriem var būt visai atšķirīga. Atkarībā no iejaukšanās veida un intensitātes atšķiras arī vides pretestība. Vispārīgai analīzei lielās teritorijās var vērtēt kopējo ietekmi, bet detalizētai izpratnei par atsevišķu sugu vai sugu grupu reakciju nepieciešams nodalīt atsevišķus darbu veidus.

Fona monitorings

Veģetācijas un invazīvo sugu fona monitoringu veic, izvēloties objektus netālu esošā meliorācijas sistēmā ar līdzīgiem parametriem, kur netiek veikta renovācija vai pēc apstākļiem līdzīga ceļa posmā, kur nenotiek būvdarbi. BACI pieeja.

Metodiku skat.3.un 11.pielikumā.

Ainavas rādītāju monitorings tiek veikts tajās pašās platībās, kuras izmanto koku ciršanas ietekmes fona monitoringam.

Metodiku skat. 9. pielikumā.

LVM jau īstenotās monitoringa programmas – bioloģiskā daudzveidība un ainava

Latvijas un ES nozīmes aizsargājamo meža biotopu monitorings

Mērķis: ievākt datus par ES un Latvijas nozīmes aizsargājamiem meža biotopiem un to kvalitāti.

Indikatori: doti LVM metodikā

Objekti: Ekomeži, kuros veikta biotopu kartēšana. Atkarībā no EM izveidošanas mērķa (tai skaitā, atkarībā no dominējošā ES aizsargājamā biotopa veida), veic monitoringu vienā vai vairākos biotopu veidos. Monitorējamais nogabalus ar Latvijas vai ES biotopu atlasu pēc nejaušības principa. Transektu izvietojuma, tāpat kā EM atlasī, veic ģeotelpiskās informācijas uzturēšanas daļas speciālisti. Ja monitorings jau veikts ārpus EM teritorijas, to turpina izvēlētajā vietā. Minimālais monitorējamo Ekomežu skaits gadā katrā mežsaimniecībā ir 4-5 EM. No tiem vismaz 3 EM veic plašāk izplatīto meža

biotopu monitoringu (biotopi 9010*, 9020*, 9080*, 91D0* u.c.), bet vismaz vienā EM – retāk izplatīto meža biotopu monitoringu. Retākajiem biotopu veidiem neveic nejaušo atlasī – monitorējamā biotopa vietu izvēlas vides eksperts.

Metodika: LVM Latvijas un ES nozīmes aizsargājamo meža biotopu monitoringa metodika.

Fona monitorings, ja tiek konstatētas stāvokļa izmaiņas laikā. Ja tiek analizēta biotopu apsaimniekošanas pasākumu efektivitāte, validācijas monitorings.

Reto un īpaši aizsargājamo sugu monitorings

Mērķis: izsekot ES un Latvijas nozīmes īpaši aizsargājamo augu sugu un īpaši aizsargājamo putnu sugu (mazais ērglis *Aquila pomarina*, klinšu ērglis *Aquila chrysaetos*, jūras ērglis *Haliaeetus albicilla*, zivju ērglis *Pandion haliaetus*, melnais stārķis *Ciconia nigra*, mednis *Tetrao urogallus*) populāciju dinamikai.

Indikatori: doti LVM metodikā

Objekti: īpaši aizsargājamo augu sugu atradnes LVM ekomežos un citās LVM teritorijās, mazā ērgļa uzskaites parauglaukumi, visas zināmās klinšu ērgļa, jūras ērgļa, zivju ērgļa un melnā stārķa ligzdas, medņu rieta vietas LVM valdījumā esošajās teritorijās.

Metodika: LVM īpaši aizsargājamo augu un putnu monitoringa metodika.

Fona monitorings, ja tiek konstatētas stāvokļa izmaiņas laikā. Validācijas monitorings, ja tiek analizēta saistība ar blakus notiekošo saimniecisko darbību vai aizsardzības pasākumu efektivitāte.

Meža struktūru monitorings

Mērķis: ievākt informāciju par videi un biologiskajai daudzveidībai nozīmīgām struktūrām un to izmaiņām laikā.

Indikatori: meža vecuma struktūra, par 70 gadiem vecāku audžu īpatsvars, valdošo koku sugu sadalījums, atmirusī koksne, ekoloģisko koku dzīvotspēja, bebraines.

Objekti: LVM teritorija, ekomeži, meža masīvi.

Metodika: LVM meža struktūru monitoringa metodika.

Ieviešanas monitorings, ja iepriekš uzstādīti sasniedzami mērķi saistībā ar monitorējamo objektu. Fona monitorings, ja vienkārši tiek konstatētas stāvokļa izmaiņas laikā. Validācijas monitorings, ja tiek analizēta saimnieciskās darbības vai aizsardzības pasākumu ietekme.

Reto un aizsargājamo sugu atradņu reģistrācija

Mērķis: veidot izplatības kartes retajām un aizsargājamām sugām LVM teritorijā.

Indikatori: atradnes koordinātas, sugas īpatņu vitalitāte.

Objekti: atradnes visā LVM teritorijā.

Metodika: LVM reto un aizsargājamo sugu reģistrācijas metodika.

Fona monitorings, ja tiek konstatētas stāvokļa izmaiņas laikā. Validācijas monitorings, ja tiek analizēta saistība ar blakus notiekošo saimniecisko darbību vai aizsardzības pasākumu efektivitāti.

4.3.4. Citi monitoringi

Meža putnu monitoringi

Mērķis: Meža putnu monitoringa mērķis ir sekot līdzi to Latvijas ligzdojošo putnu sugu populāciju lieluma un teritoriālā izvietojuma izmaiņām, kuras iespējams konstatēt standartizētās rīta uzskaitēs.

Indikatori: Latvijas meža putnu indeksa sugas

Objekti: monitoringa kvadrāti.

Metodiku skat. 14. pielikumā.

LVM jau īstenotās monitoringa programmas – citi monitoringi

Vides kvalitātes novērtējums

Mērķis: veikt vides kvalitātes un rekreātīvo resursu novērtējumu vides un dabas resursu aizsargjoslās, ekomežos rekreācijai un sabiedrībai nozīmīgās vietās, iegūt datus par antropogēnās slodzes ietekmi, teritoriju un vietu nozīmi sabiedrībā, identificēt problēmas apsaimniekošanas plānošanā un apsaimniekošanā.

Indikatori: Aizsargjoslu kvalitāte (augšnes bojājumi, paauga, pamežs, piesārņojums), zemesdzes, augšnes degradācija (degradēto vietu skaits, garums uz transekta), citzemju augu sugu skaits, kvantitatīvais vērtējums, biotopiem neraksturīgo sugu skaits, kvantitatīvais vērtējums, nelikumīgi nocirstu, bojātu koku skaits, vides piesārņojums (sadzīves atkritumu skaits, kvantitatīvais vērtējums).

Objekti: LVM ekomeži rekreācijai, vides un dabas resursu aizsargjoslas, sabiedrībai nozīmīgas vietas.

Metodika: LVM vides kvalitātes novērtējuma metodikas.

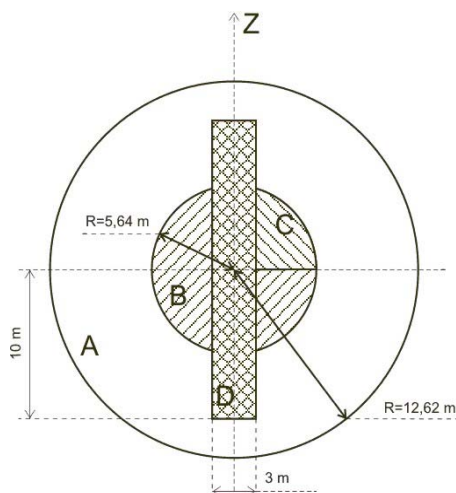
Ieviešanas monitorings, ja iepriekš uzstādīti sasniedzami mērķi saistībā ar monitorējamo objektu. Fona monitorings, ja vienkārši tiek konstatētas stāvokļa izmaiņas laikā. Validācijas monitorings, ja tiek analizēta saimnieciskās darbības vai aizsardzības pasākumu ietekme.

1.pielikums. MSI parauglaukumos uzmērīto rādītāju statistisko lielumu aprēķināšana un to izmantošanas iespējas darbības ietekmes uz bioloģisko daudzveidību monitoringam

Ģenerālkopas un izlases kopas definēšana

Platības noteikšana

Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumi izvietoti regulārā tīklā 4*4 km kvadrātos ar nejauši izvēlētu sākumpunktu. Kopumā Latvijas teritorijā ir ierīkoti 16 157 pastāvīgie parauglaukumi, kuri tiek uzmērīti 5 gadu ciklā, katru gadu 1/5 daļa. No šiem laukumiem LVM apsaimniekotajās platībās atrodas viena ceturtda daļa.



Attēls 10. Parauglaukumu shēma (A – 500 m² parauglaukums, B – 100 m² parauglaukums, C – 25 m² parauglaukums, D – pameža un paaugas uzskaites parauglaukums)

LVM pārvaldībā esošo kopējo meža zemes platību saskaņā ar parauglaukumu uzmērīšanas datiem nosaka šādi:

$$Q_m = Q * \rho_m, \text{ vai} \quad (1)$$

$$Q_m = K_m * q_R \quad (2)$$

$$Q_m = (q_m * q_R) / 500, \text{ kur} \quad (3)$$

Q - kopējā LVM apsaimniekotā teritorija;

Q_m - meža zemes platība;

ρ_m - meža zemes īpatsvars.

$$p_m = K_m / K, \text{ kur} \quad (4)$$

K_m - parauglūkuma vai to daļu, kas ietilpst meža zemē un ir inventarizēti (MSI), summa gabalos;
 K - kopējais parauglūkumu skaits LVM apsaimniekotajā teritorijā.

$$K = Q / q_R, \text{ kur} \quad (5)$$

q_R - platība, ko reprezentē viens parauglūkums;
 q_m - visu parauglūkumu un sektoru, kas iekrīt meža zemē platība.

Platības novērtēšanas kļūdu procentos aprēķina:

$$P_{Qm} = (((1 - p_m) / ((K - 1) * p_m))^{1/2}) * 100$$

Izlases kopas taksācijas rādītāju aprēķināšana

Koku skaits

Meža elementa koku skaits N_i :

$$N_i = \frac{n_i}{m}, \quad i = 1, 2, \dots, l, \text{ kur} \quad (6)$$

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

l - attiecīgo meža elementu (koku sugu) skaits;

n_i - koku skaits parauglūkumā i-jā meža elementā;

m - parauglūkuma koncentra pārrēķināšanas koeficients (koncentra $A_m = 0,0025$, koncentra $B_m = 0,01$, koncentra $C_m = 0,05$).

Audzis (kokaudzis stāva) koku skaits N , ha^{-1} :

$$N = \sum_i N_i, \quad i = 1, 2, \dots, l \quad (7)$$

Šķērslaukums

Meža elementa šķērslaukums G_i :

$$G_i = \frac{\pi}{40000m} \sum_j d_j^2, \quad j = 1, 2, \dots, n_i, \text{ kur} \quad (8)$$

G_i - meža elementa šķērslaukums, $m^2 \cdot ha^{-1}$;

d_j - krūšaugstuma caurmērs, cm .

Audzēs (kokaudzes stāva) šķērslaukums G , $m^2 \cdot ha^{-1}$:

$$G = \sum G_i, \quad i = 1, \dots, l \quad (9)$$

Krāja

Aprēķina katra koku stumbra tilpumu un parauglaukumā esošo meža elementa krāju.

Meža elementa krāja M_i , $m^3 \cdot ha^{-1}$:

$$M_i = \frac{1}{m} \sum_j v_j, \quad j = 1, 2, \dots, l, \text{ kur} \quad (10)$$

v_j - koka stumbra tilpums, m^3 :

$$v_j = \psi \cdot h_j^\alpha \cdot d_j^{\beta \cdot \lg h_j + \varphi}, \text{ kur} \quad (11)$$

h_j - augstums, m ;

d_j - krūšaugstuma caurmērs, cm ;

$\psi, \alpha, \beta, \varphi$ - no koku sugas atkarīgi stumbra tilpīguma koeficienti (Tabula 2)

Tabula 2.

Stumbra tilpīguma koeficientu vērtības

Koku suga	ψ	α	β	φ
Priede	$1,6541 \cdot 10^{-4}$	0,56582	0,25924	1,59689
Egle	$2,3106 \cdot 10^{-4}$	0,78193	0,34175	1,18811
Bērzs	$0,9090 \cdot 10^{-4}$	0,71677	0,16692	1,75701
Apse	$0,5020 \cdot 10^{-4}$	0,92625	0,02221	1,95538

Melnalksnis	$0,7950 \cdot 10^{-4}$	0,77095	0,13505	1,80715
Baltalksnis	$0,7450 \cdot 10^{-4}$	0,81295	0,06935	1,85346
Ozols	$1,3818 \cdot 10^{-4}$	0,56512	0,14732	1,81336
Osis	$0,8530 \cdot 10^{-4}$	0,73077	0,06820	1,91124

Audzes krāja M , $m^3 \cdot ha^{-1}$:

$$M = \sum_i M_i, \quad i = 1, 2, \dots, l \quad (12)$$

Sausokņu krāju M_s , $m^3 \cdot ha^{-1}$ aprēķina pēc formulām (10), (11) un (12).

Kritalu krāju M_k , $m^3 \cdot ha^{-1}$ aprēķina:

- ja kritalu kokam saglabājies stumbra garums un tas viss atrodas koncentra robežās, tā tilpumu aprēķina pēc formulām (10) un (11):

$$M_{k1} = \frac{1}{m} \sum_j v_j, \quad j = 1, 2, \dots, n_{k1}, \quad \text{kur} \quad (13)$$

n_{k1} - atbilstošo koku skaits;

- ja kritala ir koka atlūza vai izgāzta koka koncentrā esoša daļa, tās tilpumu aprēķina pēc F. Hūbera vienkāršās viduslaukuma formulas:

$$v_j = \frac{\pi \cdot d_{1/2}^2}{4} L, \quad \text{kur} \quad (14)$$

v_j - kritalas tilpums, m^3 ;

L - kritalas koncentrā esošās daļas garums, m ;

$d_{1/2}^2$ - caurmērs kritalas vidū, m .

$$M_{k2} = \frac{1}{m} \sum_j v_j, \quad j = 1, 1, \dots, n_{k2}, \quad \text{kur} \quad (15)$$

n_{k2} - atbilstošo koku skaits.

Kopējā kritalu krāja $M_k, m^3 \cdot ha^{-1}$:

$$M_k = M_{k1} + M_{k2} \quad (16)$$

Stumbeņu krāja $M_{st}, m^3 \cdot ha^{-1}$:

$$v_{st} = \frac{\pi \cdot d_{1/2}^2}{4} h_{st} \quad , \text{ kur} \quad (17)$$

- v_{st}, m^3 - atsevišķa stumbeņa tilpums;
- $d_{1/2}$ - caurmērs stumbeņa vidū (izmēra tieši), m ;
- h_{st} - stumbeņa augstums, m .

$$M_{st} = \frac{1}{m} \sum_j v_{stj} \quad , \quad j = 1, 2, \dots, n_{st} \quad (18)$$

Krājas faktiskais tekošais pieaugums

Krājas faktisko tekošo pieaugumu Z_{Mi} aprēķina, lietojot formulu (18):

$$Z_M = 12732,4 \psi G H^\alpha D^{\beta \lg H + \varphi - 2} \left[\frac{Z_H (\alpha + \beta \lg D)}{H} + \frac{Z_D (\varphi + \beta \lg H)}{10D} \right] \quad , \text{ kur} \quad (19)$$

- Z_{Mi} - krājas faktiskais tekošais vidēji periodiskais pieaugums, $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot g^{-1}$;
- G - meža elementa krūšaugstuma šķērslaukums, $m^2 \cdot ha^{-1}$;
- H - meža elementa vidējais augstums, m ;
- D - meža elementa vidējais krūšaugstuma caurmērs, cm ;
- Z_D - meža elementa attiecīgās piecgrades caurmēra pieaugums, mm ;

$$Z_D = 2iu \quad , \text{ kur} \quad (20)$$

i - meža elementa attiecīgās piegādes gadskārtas vidējais platums, m ;

u - mizas biežuma koeficients (Tabula 3);

Z_H - meža elementa attiecīgās piegādes augstuma pieaugums, m :

$$Z_H = \frac{2iH(aD + b)}{cD + 100}, \text{ kur} \quad (21)$$

a, b, c - augstuma augšanas gaitas koeficienti.

Tabula 3.

Empīrisko koeficientu vērtības

Koku suga	Augstuma pieauguma			Mizas tilpuma			u
	a	b	c	p	q	w	
P	-0,0642	6,356	27,105	20,6	143,9	19,53	1,103
E	-0,0256	1,693	5,794	5,25	117,6	5	1,046
B	-0,0728	-1,51	-35,71	0,2	110,2	0,02	1,095
A	-0,0357	2,352	12,829	0,78	109,9	0,67	1,061
M	0,005	7,24	90,909	-0,55	119	-0,36	1,081
Ba	0,0958	3,478	45,988	-49,1	93,3	-45,83	1,05
Oz	-0,0728	-1,51	-35,71	0,2	110,2	0,02	1,095
Os	-0,0728	-1,51	-35,71	0,2	110,2	0,02	1,095

Meža elementa vecuma noteikšana

Meža elementa vecumu nosaka pēc formulas:

$$A_f = (A_m + A_i) \quad , \text{ kur} \quad (22)$$

A_f - faktiskais meža elementa vecums (gadi);

A_m - meža noteiktas koku vecums krūšausgtumā (gadi);

A_i - faktiskā vecuma korekcija (Tabula 4).

Meža elementa faktiskā vecuma korekcija

Koku suga	Korekcija (gadi)
Skuju koki	7
Ozols, vīksna, goba	5
Bērzs, melnalksnis, osis, liepa, kļava	3
Apse, papele, baltalksnis	2

Paaugas un pameža uzskaitē

Pamežu un paaugu uzskaitē 20 m garā un 3 m platā joslā.

Pie paaugas pieskaita meža elementa kokus, kuri 1,3 m augstumā nav sasnieguši 2,1 cm caurmēru. Ja meža elements ar caurmēru mazāku par 2,1 cm veido valdaudzi, tā kokus neietver paaugas uzskaitē.

Pameža un paaugas kokiem nosaka sugu un īpatņu skaitu, kā arī vizuāli izvēlēta vidējā kokauga augstumu un diametru tā vidū.

Katrai no pameža un paaugas sugām nosaka vidējo vecumu – uzskaita mieturus vai arī ārpus parauglaukuma nozāgē koku un skaita tā gadskārtas. Pameža un paaugas uzskaites laikā saskaita visus dzinumus, kas ir izauguši no zemes vai celma

Ģenerālkopas un paraugkopas audzes parametru un to variācijas novērtējums uz platības vienību

Ņemot vērā, ka meža inventarizācijā pamatparauglaukuma lielums ir 500 m², bet tas sadalās mazākos parauglaukumos un sektoros, kuriem ir atšķirīgi izmēri, novērtējot vidējos rādītājus un to variāciju, izmanto vidējo svērto lielumu aprēķināšanas metodi. **Audzes rādītājus uz 1 ha** aprēķina šādi:

$$\bar{Y} = \frac{\sum(Y_i \cdot p_i)}{\sum p_i}, \text{ kur dispersija} \quad (23)$$

$$\sigma(\bar{Y})^2 = \frac{\sum((Y_i - \bar{Y})^2 \cdot p_i)}{\sum p_i}, \text{ kur} \quad (24)$$

Y_i - audzes parametra vērtība uz 1 ha i parauglaukuma vienībā

$$Y_i = y_i / x_i \quad , \text{ kur} \quad (25)$$

y_i - parametra vērtība i parauglaukuma vienībā;

x_i - parauglaukuma vienības platība, m²;

\bar{Y} - vidējais audzes rādītājs uz 1 ha;

p_i - parauglaukuma daļa.

$$p_i = x_i / q \quad , \text{ kur} \quad (26)$$

parauglaukuma platība (0,05 ha).

Vidējo rādītāju uz 1 ha dispersiju nosaka šādi:

$$\sigma(\bar{Y})^2 = \sigma(\check{Y})^2 / n \quad (27)$$

Vidējo rādītāju standartnovirze absolūtos lielumos:

$$\sigma(\check{Y}) = (\sigma(\check{Y})^2)^{1/2} \quad (28)$$

un procentos:

$$P_{\check{Y}} = ((\sigma(\check{Y})) / \bar{Y}) * 100 \quad , \text{ kur} \quad (29)$$

$\sigma(\check{Y})^2$ - audzes parametra uz 1 ha dispersija;

n - parauglaukumu vienību skaits (parauglaukumi, sektori).

Meža inventarizācijas rādītāju novērtēšana inventarizācijas objektā

Koku krāju, pieaugumu un to skaitu visā inventarizācijas objektā aprēķina, sareizinot šo rādītāju vērtības uz 1 ha ar atbilstošu audžu grupu (stratu) skaitu:

$$Y_i = \check{Y}_i * Q_i, \text{ kur} \quad (30)$$

\check{Y}_i - i audžu grupas inventarizācijas rādītāja vērtība;

Q_i - i audžu grupas platība, ha.

Koku krājas kļūdu un to skaitu visā platībā nosaka pēc formulas:

$$P_{Ti} = (P_{(\check{y}_i)}^2 + P_{(Q_i)}^2)^{1/2}, \text{ kur} \quad (31)$$

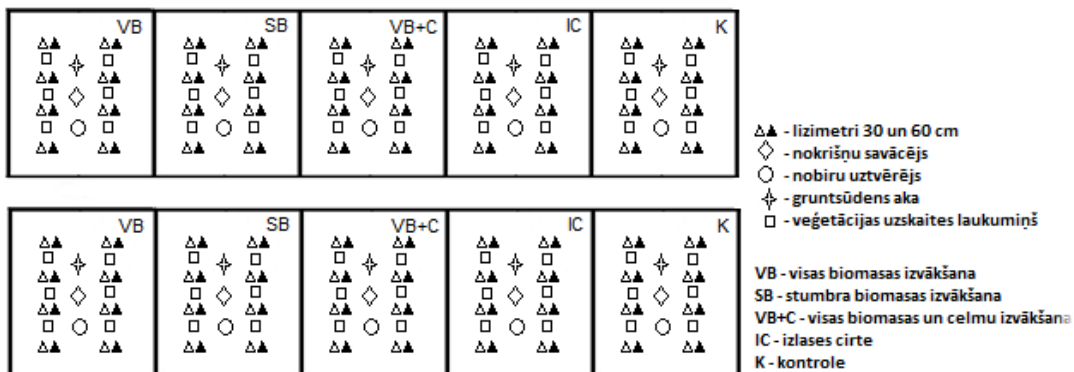
$P_{(\check{y}_i)}$ - i audžu grupas inventarizēto rādītāju kļūda (%);

$P_{(Q_i)}$ - i audžu grupas platības kļūda (%).

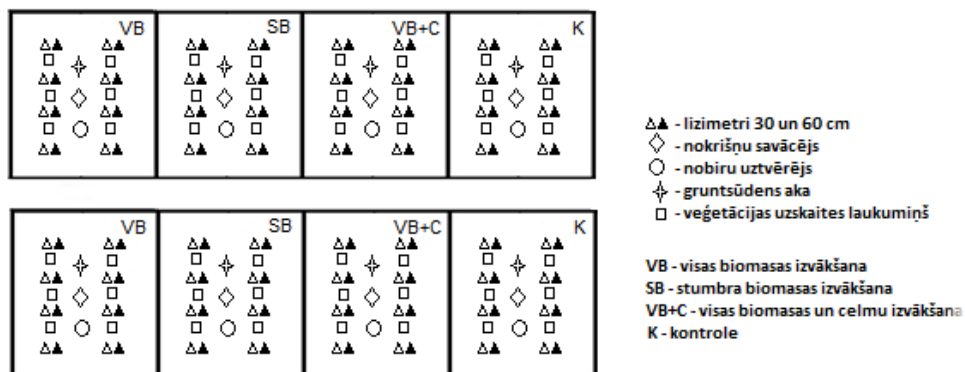
2.pielikums. Metodika barības vielu aprites izmaiņu novērtēšanai pēc mežsaimnieciskās darbības

Monitoringu veic pēc BACI principa. Barības vielu aprites izmaiņu novērtēšanai pēc mežizstrādes, augsnes gatavošanas un kopšanas mežaudzēs, kur plānotas attiecīgās darbības, ierīko monitoringa parauglaukumus (viena parauglaukuma izmērs 100x100 m). Monitoringa parauglaukumus ierīko iespējami homogēnas struktūras audzēs uz sausām vai nosusinātām minerālaugsnēm, kur valdošā suga ir priede, egle un bērzs, vai nu visus variantus vienā objektā, vai atsevišķus variantus atsevišķos objektos. Dažādus variantus iespējams izvietot ģeogrāfiski atšķirīgās vietās viena sateces baseina ietvaros, bet jebkurā gadījumā ierīko arī kontroles parauglaukumu. Katrā variantā ierīko: lizimetrus, nokrišņu savācēju, nobiru uztvērēju, gruntsūdens aku, veģetācijas un jaunaudzēs uzskaites laukumus (Attēls 11). Attēlā dotā shēma ir konceptuāla, lizimetru pāru, veģetācijas uzskaites laukumiņu utt. skaits, kā arī aprīkojuma izvietojums platībā ir atkarīgs no mežaudzēs konfigurācijas.

A



B



Attēls 11. Barības vielu aprites monitoringa parauglaukumu vispārīga shēma galvenās cirtes (A) un kopšanas cirtes (B) gadījumā

Infiltrējošā ūdens kvantitātes un kvalitātes mērījumiem katrā variantā vienmērīgi izvietoj spiediena lizimetros augsnes ūdens paraugu ievākšanai, lizimetru dziļums – 30 cm un 60 cm. Atšķirīga dziļuma lizimetros izvietoj pa divi kopā, to atrašanās vietu marķējot ar metāla stieni. Lizimetrs sastāv no poraina, keramiska materiāla uzgaļa, cilindriska rezervuāra parauga uzkrāšanai un gumijas korķa ar caurulīti vakuuma radīšanai un parauga izsūknēšanai.

Katrā variantā uzstāda arī nokrišņu savācēju ar uztverošo laukumu 500 cm² un nobiru uztvērēju ar fiksētu uztverošo virsmu (0.25 m²). Katrā variantā ierīko arī gruntsūdens novērošanas aku, ko aprīko ar automātisku līmeņa nolasīšanas sensoru.

Paraugus ievāc, uzglabā un analīzes veic saskaņā ar starptautiski pieņemtu metodiku (ICP Forests Manual 2010). Atkarībā no laika apstākļiem, ūdens paraugu ņemšanu uzsāk aprīlī/maijā un atkārtoti reizi divās nedēļās līdz oktobrim/novembrim. Atsūknējot lizimetros, uzskaita katra lizimetra ūdens tilpumu, tā iegūstot kalendārā mēneša faktiskos augsnes ūdens tilpumus attiecīgajos augsnes slāņos. Ja meteoroloģisku apstākļu dēļ paraugu daudzums kādā no slāņiem ķīmisko analīžu veikšanai nav pietiekams, apvieno vairāku mēnešu paraugus, bet paraugus neuzglabā ilgāk par 2 mēnešiem. Paraugu konservēšanai izmanto atdzesēšanas paņēmieni no 1°C līdz 5°C atbilstoši LVS EN ISO 5667-3:2004 standartam. Nokrišņu ūdens paraugus no nokrišņu savācējiem ievāc reizē ar augsnes ūdens paraugu ņemšanu no lizimetriem. Katrā nokrišņu savācējā izmēra nokrišņu ūdens tilpumu (mL) un 1000 mL ūdens nogādā laboratorijā analīzēm. Pēc paraugu nogādāšanas laboratorijā, izveido katra objekta mēneša vidējo paraugu proporcionāli nokrišņu daudzumam. Gruntsūdeņu paraugus ievāc ar smejamo trauku, katrā reizē paņemot 750-1000 mL ūdens no katras akas. Visus ūdens paraugus pilda plastmasas pudelēs un aukstumkastēs transportē uz laboratoriju.

Ūdens paraugos nosaka šādus ķīmiskos parametus: N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N_{kop}, P-PO₄³⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, DOC saturs, pH. Ūdens analīžu detalizēta metodika pievienota 15.pielikumā.

Nobiru paraugus no nobiru uztvērējiem ņem reizi mēnesī, transportē uz laboratoriju, nosver, žāvē, šķiro sekojošās frakcijās: 1) zari, mizas, 2) valdošās koku sugas skuju vai lapas, 3) citu koku sugu skuju vai

3. pielikums. Metodika veģetācijas izmaiņu novērtēšanai

Veģetācijas uzskaitē iespējams izmantot divas metodes:

- 1) Veģetācijas uzskaitē lielā skaitā mazu (1x1 m) dabā fiksētu laukumiņu. Laukumiņos paredzēts uzskaitīt pilnīgi visas sugas un saskaitīt katras sugas visus indivīdus (dzinumus); vai arī novērtēt indivīdu skaitu ar relatīvām uzskaites metodēm, piemēram, punktu kvadrātu metodi (uzskaitē ar adatām), vai lineāro uzskaites metodi utt. Metodes ir precīzas, bet laikietilpīga.
- 2) Veģetācijas inventarizācija mežaudzē 20x20 m lielos laukumos, nosakot sugu daudzumu (ekspemplāru skaitu un projektīvo segumu) pēc acumēra metodes (Brauna-Blankē metode) visos mežaudzes stāvos.
Abas metodes (kā sugas indivīdu daudzuma kvantitatīvo uzskaites metodi, tā arī sugas daudzuma vērtēšanas acumēra metodi) ir iespējams lietot kā vienreizējām uzskaitēm, tā arī ilglaicīgos mežaudzes dinamikas pētījumos, uzskaites regulāri atkārtojot pēc noteiktiem laika intervāliem.

No veģetācijas uzskaites datiem tālāk var iegūt informāciju gan par sukcesijas stadijām, gan par dažādu stratēģiju augu izplatību, gan par Ellenberga rādītājiem.

Augu stratēģijas

Augu stratēģiju jēdziens ir noderīgs apsaimniekošanas efektu izpētē lielās teritorijās.

C-S-R modelis

Ārējie faktori tiek klasificēti divās lielās kategorijās:

- 1) Stress – ierobežo fotosintēzes procesus, piem., gaismas, ūdens un minerālo barības vielu trūkums;
- 2) Traucējums – daļēja vai pilnīga auga biomasas iznīcināšana, ko izraisa augēdāji, patogēni, cilvēka darbība, vēja, sala un sausuma bojājumi, augsnes erozija un uguns.

Atbilstoši šiem faktoriem augi tiek iedalīti trijās grupās: konkurētspējīgi augi (C), stresa izturīgi augi (S) un augi ar ruderālu stratēģiju (R).

Traucējuma intensitāte	Stresa intensitāte	
	Zema	Augsta
Zema	Konkurētspējīgi augi	Stresa izturīgi augi
Augsta	Augi ar ruderālu stratēģiju	(Nav dzīvotspējīgas stratēģijas)

Modeļa pamatā ir pieņēmums, ka veģetācijas attīstību konkrētā vietā un konkrētā laika periodā nosaka līdzsvars starp stresa intensitāti (ražības ierobežojumi), traucējumiem (fiziski bojājumi) un konkurenci par augšanas vietu un resursiem. Stress un traucējumi kontrolē konkurenci, ierobežojot veģetācijas blīvumu un vitalitāti. Īstermiņā šī kontrole izpaužas kā tūlītējs efekts, bet ilgtermiņā – kā veģetāciju veidojošo sugu un to genotipa modifikācija, regulējot sugu ieviešanos un izžušanu. Pie zemas stresa un traucējumu intensitātes ieviešas augi ar izteiktu konkurētspēju, un iespējama monokultūru veidošanās, pie ļoti augsta stresa un traucējumu līmeņa veģetācijas veidošanās nenotiek.

Konkurētspējīgu, stresa izturīgu augu un augu ar ruderālu stratēģiju raksturojums (Treknrakstā rādītāji, kas vislabāk izmantojami stratēģiju noteikšanai)

	Konkurētspējīgi augi	Stresa izturīgi augi	Augi ar ruderālu stratēģiju
Morfoloģija			
Dzīvības formas	Augi, krūmi, koki	Ķērpji, sūnas, augi, krūmi, koki	Augi, sūnas
Dzinuma morfoloģija	Augsta, blīva lapotne, plašs sānu zarojums (gan virszemes, gan sakņu)	Ļoti liela daudzveidība	Neliels izmērs, ierobežots sānu zarojums
Lapas forma	Robusta, bieži mezofitiska	Bieži neliela, ādaina vai adatveidīga	Dažāda, bieži mezofitiska
Lapotne	Strauji tiecas uz augšu, vienslāņaina	Bieži daudzslāņaina, ja vienslāņaina, tad netiecas strauji uz augšu	Dažāda
Dzīves cikls			
Dzīves ilgums	Garš vai relatīvi īss	Garš līdz ļoti garš	Ļoti īss
Sakņu dzīves ilgums	Relatīvi īss	Garš	Īss
Lapu fenoloģija	Izteikts lapu biomasas apjoma maksimums sakrīt ar maksimālo ražības brīdi	Mūžzaļi augi, ar dažādu lapu dzīves ciklu	Īss lapu apjoma maksimums maksimālajā ražības brīdī
Ziedēšanas fenoloģija	Ziedi pēc (vai reti pirms) maksimālās potenciālās ražības brīža	Nav izteiktu likumsakarību starp ziedēšanas laiku un gadalaiku	Ziedi agri dzīves ciklā
Ziedēšanas biežums	Parasti zied katru gadu	Neregulāra ziedēšana visa dzīves cikla laikā	Bieža ziedēšana
Sēkļu apjoms proporcionāli no ikgadējās produkcijas	Mazs	Mazs	Liels
Pārziemošana	Snaudošie pumpuri un sēklas	Stresa izturīgas lapas un saknes	Sēklas
Biežākās reģenerācijas stratēģijas*	V, S, W, B _s	V, W, B _j	S, W, B _s
Fizioloģija			
Vidējā potenciālā relatīvā augšanas gaita	Strauja	Lēna	Strauja
Atbildes reakcija uz resursu pieejamības samazināšanos	Straujas morfoģenētiskas lapu un sakņu formas un sadalījuma izmaiņas	Lēnas un nelielas morfoģenētiskas izmaiņas	Straujš veģetatīvās augšanas samazinājums, resursu novirzīšana ziedēšanai
Fotosintēze un minerālo barības vielu uzņemšana	Strikti sezonāla, sakrīt ar veģetatīvās augšanas periodu	Oportūnistiska, bieži nesaistīta ar veģetatīvās augšanas periodu	Oportūnistiska, sakrīt ar veģetatīvās augšanas periodu
Fotosintētisko procesu, minerālās barošanās un šūnu izturības pielāgošanās sezonālām temperatūras, gaismas un mitruma izmaiņām	Vāji attīstīta	Spēcīgi attīstīta	Vāji attīstīta

Piecas izplatītākās sauszemes veģetācijas reģenerācijas stratēģijas

Stratēģija	Funkcionālais raksturojums	Apstākļi, kuros stratēģijai ir priekšrocības
Veģetatīvā ekspansija (V)	Jauni veģetatīvi dzinumi, kas paliek pie mātesauga, līdz labi ieauguši	Produktīvas vai mazproduktīvas dzīvotnes ar mazu traucējumu intensitāti
Sezonāla atjaunošanās (S)	Neatkarīgi pēcnācēji (sēklas vai veģetatīvi dzinumi) vienā kohortā	Dzīvotnes ar sezonāli paredzamiem traucējumiem, ko izraisa klimats vai biotiski faktori
Pastāvīga sēklu vai sporu banka (Bs)	Dzīvotspējīgas, bet miera periodā esošas sēklas vai sporas visu gadu, daļa ilgāk nekā 12 mēnešus	Dzīvotnes, kas pakļautas laika ziņā neprognozējamiem traucējumiem
Liels daudzums plaši izplatījušos sēklu vai sporu (W)	Daudz pēcnācēju, plaša telpiskā izplatība, bet bieži zema izturība	Dzīvotnes, kas pakļautas telpiski neprognozējamiem traucējumiem vai ir relatīvi nepieejamas (klintīs, koku stumbri u.tml.)
Izturīgi jaunie dzinumi (Bj)	Neatkarīgi pēcnācēji, spējīgi ilgi izdzīvot juvenīlā fāzē	Neproduktīvas dzīvotnes ar zemu traucējumu intensitāti

4.pielikums. Jaunaudžu uzskaites metodika

Jaunaudžu uzskaiti veic monitoringa objektos, kur veikta galvenā cirte un meža atjaunošana (dabiski vai mākslīgi). Ir pielietojama jebkura uzskaites metode, kas ļauj iegūt informāciju par:

- 1) Jauno kociņu skaitu uz platības vienību
- 2) Jauno kociņu dimensijām
- 3) Jauno kociņu izdzīvošanu un bojājumiem.

Pirmo jaunaudžu uzskaiti veic uzreiz pēc platības atjaunošanas un atkārto katru gadu 5 gadus.

Viena no iespējām ir uzskaitē apļveida parauglaukumos ar fiksētu rādiusu. Šādā gadījumā rekomendētais minimālais parauglaukumu skaits atkarībā no izcirtuma platības ir šāds:

Platība, ha	Minimālais parauglaukumu skaits pie PL platības 200 m ² (R=7,98 m)	Minimālais parauglaukumu skaits pie PL platības 100 m ² (R=5.64 m)
≤ 1,0	4	8
1,1-2,0	6	12
2,1-3,0	7	14
3,1-4,0	9	9
4,1-5,0	11	22
5,1-6,0	12	24

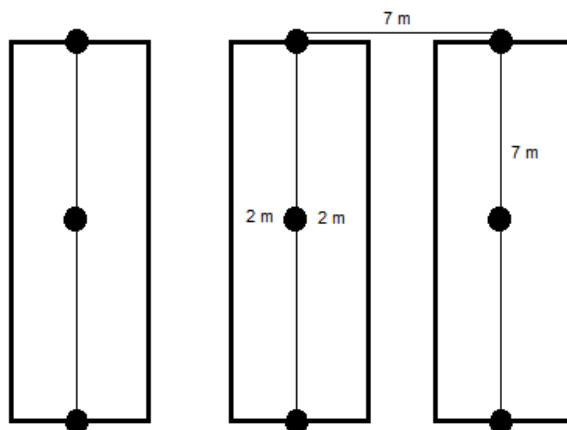
Monitoringa parauglaukumos, kuru platība ir 100x100 m vai 50x50 m, attiecīgi jāizvieto 4 vai 8 jaunaudžu uzskaites parauglaukumi. Parauglaukumu platību un attiecīgi arī skaitu izvēlas atkarībā no konkrētā nogabala konfigurācijas, lai iegūtu iespējami precīzu informāciju par situāciju.

5.pielikums. Metodika augsnes kvalitātes izmaiņu novērtēšanai pēc mežsaimnieciskās darbības

Augsnes pretestības un augsnes ūdens caurlaidības mērījumi izcirtumos/mežaudzēs uz treilēšanas ceļiem.

Monitoringu veic āreņu un slapjainu augšanas apstākļos skujkoku un bērza triju vecumgrupu audzēs: jaunaudzēs, vidēja vecuma audzēs un izcirtumos pēc galvenās cirtes. Katrā cirsnā izvieto vismaz 30 mērījumu punktus, mērījumu punkti tiek vienmērīgi izvietoti cirtsmas centrālajā daļā, kur paredzama vidēja meža tehnikas pārvietošanās intensitāte. Pirmā uzmērīšana un augsnes paraugu ņemšana – tūlīt pēc tehnikas pārvietošanās (tajā pašā sezonā), nākamās uzmērīšanas - pēc pieciem un desmit gadiem.

Katrā cirsnā ierīko vienu parauglaukumu. Tā ierīkošana sākas ar centrālā mieta nospraušanu, kur tiek noteiktas arī parauglaukuma koordinātas. Parauglaukums sastāv no 3 slejām, kuru vidusasis atrodas 7 m attālumā viena no otras. Viena no slejām atrodas uz pievešanas ceļa. Uz katras no slejām atliekti 3 punkti, kas savstarpēji atrodas 7 m attālumā. 7.attēlā redzama shēma, kā veidot parauglaukumus un kāds ir sleju izvietojums (Attēls 13). Vidējo sleju ierīko uz traktora atstātās slīdes, pārējās mežaudzes daļā, kas nav izmantota tehnikas pārvietošanai.



Attēls 13. Parauglaukuma shēma

Sablīvējuma mērīšanai var izmantot Eijkelkamp digitālo penetrolgeri, kas var uzmērīt augsnes pretestību līdz 80 cm dziļumam. Augsnes pretestības mērījumus veic līdz 80 cm dziļumam vai līdz maksimālajam dziļumam, līdz kādam var iespiest zondi. Mērījumi veic pa slejām, uz katras slejas atliekot 3 punktus, kas atrodas 7 m attālumā viens no otra, kuros veic katrā trīs mērījumus. Tiek piefiksēts, kurā

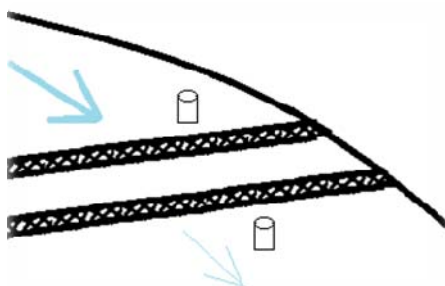
no slejām atrodas pievešanas ceļš, lai vēlāk aprēķinos to varētu salīdzināt ar pievešanas procesā neskarto audzes daļu.

Rezultāti doti megapaskālos (MPa). Pārrēķins spiedienam no spēka (faktiski nomērītais lielums) uz pretestības mērvienībām veicams ar 1. vienādojumu.

$$MPa = \frac{\text{Spēks (N)}}{2 \text{ cm}^2 (\text{konusa laukums}) \cdot 100} \quad (1)$$

Ūdens caurlaidības noteikšanai tiek ņemti augsnes paraugi uz pievešanas ceļa un mežaudzē tajos pašos punktos, kur veikti augsnes pretestības mērījumi. Augsnes paraugiem laboratorijā ar permeamtru tiek noteikta ūdens caurlaidība vertikālā un horizontālā virzienā.

Gruntsūdens līmeņa izmaiņas saistībā ar augsnes sablīvēšanos uz treilēšanas ceļa nosaka tādā cirsnā, kur ir izteikts reljefs un ūdens plūsma perpendikulāra ceļam, tajos pašos parauglaukumos, kur tiek mērīta augsnes pretestība un ņemti augsnes paraugi. Gruntsūdens līmeņa izmaiņas tiek vērtētas seklās gruntsūdens akās, kas ierīkotas abās pusēs treilēšanas ceļam (Attēls 14). Mērījumu veikšanai akās tiek izmantoti GŪ līmeņa nolasīšanas sensori, mērījumi tiek veikti vienu sezonu pēc mežizstrādes.



Attēls 14. Gruntsūdens aku novietojums attiecībā pret treilēšanas ceļu

Paaugu uzskaita visos parauglaukumos pa slejām. Tiek uzskaitīti visi koki, kas atrodas ne tālāk kā 2 m no slejas vidusass, kas nosprausta ar stigmietiem. Kokiem mēra augstumus ar latas vai augstummēra palīdzību. Kokiem, kas sasnieguši vismaz 2 m augstumu, mēra caurmēru krūšu augstumā, izmantojot dastmēru. Uzskaita visas koku sugas, kas atrodas slejā. Veicot mērījumus, piefiksē sleju, kurā atrodas pievešanas ceļš.

Dokumentē arī cirsmas izstrādes laiku un izmantoto tehniku.

Augsnes kvalitātes rādītāju izmaiņas uz atbērtņēm pēc meliorācijas sistēmu renovācijas vērtē, veicot augsnes sablīvēšanās mērījumus un ņemot augsnes paraugus ūdens caurlaidības mērījumiem uz maģistrālā grāvja atbērtnes 30 vienmērīgi izvietotos mērījumu punktos visā maģistrālā grāvja garumā. Šajos pašos punktos ņem augsnes paraugus un laboratorijā ar permeamtru nosaka horizontālo un

vertikālo ūdens caurlaidību. Gruntsūdens līmeņa izmaiņas saistībā ar augsnes sablīvēšanos uz treilēšanas ceļa nosaka šajos pašos punktos ierīkotās gruntsūdens akās, kas izveidotas mežā blakus atbērtnei.

6. pielikums. Metodika ūdens kvalitātes novērtēšanai ūdenstecēs/ūdenstilpēs

Tiek izmantota BACI pieeja. Ūdens kvalitātes novērtēšanai izmanto ekoloģiskās kvalitātes kritērijus un ķīmiskās kvalitātes kritērijus, kas definēti atbilstoši Ūdeņu struktūrdirektīvai. Pie ekoloģiskās kvalitātes kritērijiem pieskaitāmi hidromorfoloģiskie parametri un ūdens fizikāli-ķīmiskās īpašības, kas savukārt ietekmē ūdenī mītošos dzīvus organismus: zivis, makrofitus, makroskopiskos bezmugurkaulniekus un fitoplanktonu/fitobentosu. Pie ķīmiskās kvalitātes kritērijiem pieskaitāmas bīstamās vielas ūdenī, zivīs un citos dzīvajos organismos un sedimentos (Tabula 5).

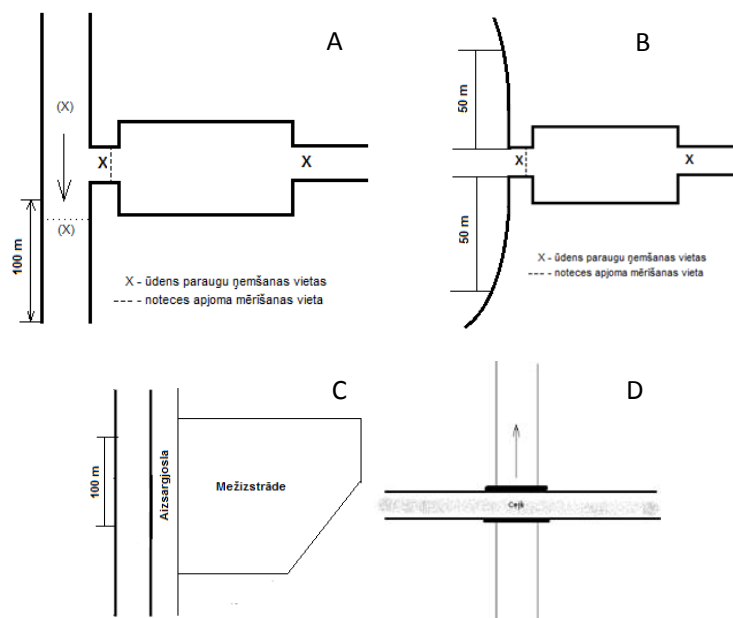
Tabula 5. Ekoloģiskās kvalitātes kritēriji virszemes ūdensobjektu klasifikācijai

Kvalitātes kritēriji	Upes	Ezeri
<i>Bioloģiskie elementi</i>		
Fitoplanktona sastāvs, sastopamība un biomasa		X
Makrofitu sastāvs un sastopamība	X	X
Zoobentosa sastāvs un sastopamība	X	X
Zivju sugu sastāvs un sastopamība	X	X
Zivju populāciju vecuma struktūra	X	X
Hidromorfoloģiskie kritēriji, kas nodrošina bioloģisko kritēriju pastāvēšanu		
<i>Hidroloģiskais režīms</i>		
caurteces apjoms un dinamika	X	X
ūdens apmaiņas periods		X
saistība ar pazemes ūdensobjektiem	X	X
upes nepārtrauktība	X	
<i>Morfoloģiskie apstākļi</i>		
dziļuma svārstības	X	X
platuma svārstības	X	
gultnes dominējošais substrāta sastāvs	X	X
gultnes šķērsriezums		X
krasta zonas struktūra	X	
krastu struktūra		X
Ķīmiskie un fizikāli ķīmiskie kritēriji, kas nodrošina bioloģisko kritēriju pastāvēšanu		
<i>Vispārīgie kritēriji</i>		
ūdens caurredzamība		X
temperatūras režīms	X	X
skābekļa daudzums	X	X
sāļums	X	X
paskābināšanās	X	X

biogēno elementu koncentrācija	X	X
<i>Piesārņojošās vielas</i>		
konkrētajā ūdensobjektā novadītās mākslīgās piesārņojošās vielas	X	X
citas konkrētajā ūdensobjektā novadītās piesārņojošās vielas	X	X

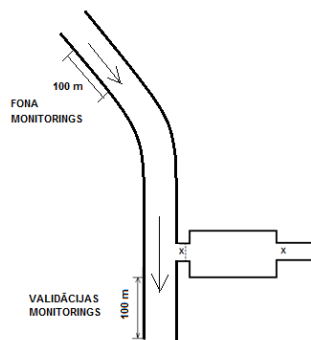
Ūdens kvalitātes izmaiņu vērtēšanai saistībā ar mežsaimnieciskajām darbībām ieteikts izmantot LVGMC izstrādāto metodiku. Parametri, to noteikšanas metodes un standarti detalizēti aprakstīti [Ūdenū monitoringa programmā](#).

Ūdens ekoloģiskās kvalitātes parametrus nosaka ūdenstilpēs/ūdenstecēs, kuras tieši vai netieši ietekmē saimnieciskā darbība, piemēram, meliorācijas sistēmu renovācija (tieša ietekme) vai mežizstrāde (netieša ietekme) (Attēls 15). Novērtējumu veic gadā pirms saimnieciskās darbības un katru gadu trīs gadus pēc tās, vienā un tajā pašā laikā, lai samazinātu sezonāli mainīgu faktoru ietekmi.



Attēls 15. Validācijas monitoringa posmi ūdens ekoloģiskās kvalitātes parametru novērtēšanai pēc meliorācijas sistēmu renovācijas (A un B), mežizstrādes (C) un meža ceļu būves (D)

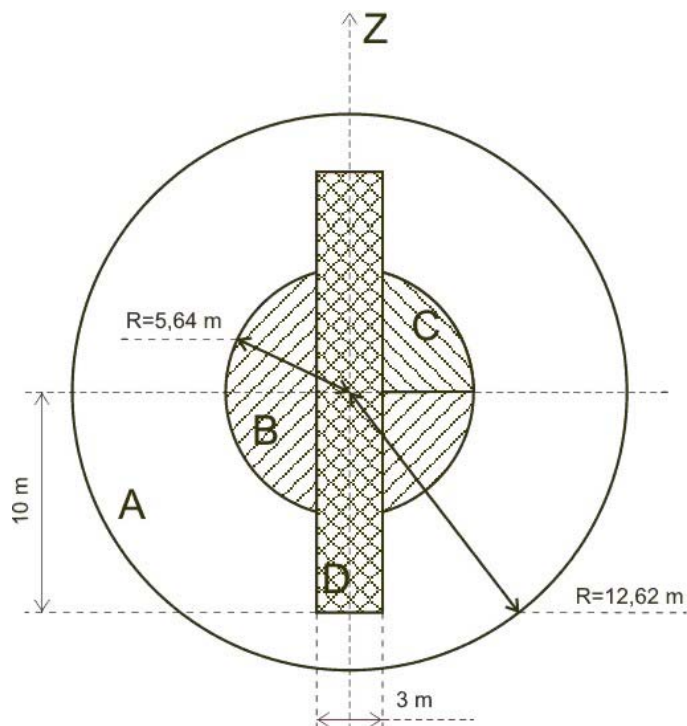
Paraugi un mērījumi fona monitoringam tiek iegūti saimnieciskās darbības neietekmētos posmos tajās pašās ūdenstecēs/ūdenstilpēs, bet augšpus/attālāk no ietekmes vietas (Attēls 16).



Attēls 16. Validācijas monitoringa un fona monitoringa piemērs, vērtējot ūdens ekoloģiskās kvalitātes parametru izmaiņas pēc saimnieciskās darbības

7.pielikums. Mirušās koksnes uzskaites metodika

1. Uzskaiti veic fiksēta rādiusa uzskaites parauglaukumā, kura laukums ir 500 m^2 (rādiuss plaknē ir $12,62 \text{ m}$), un kurā uzmēra kokus, kā arī kritālas ar diametru $14,1 \text{ cm}$ un vairāk (Attēls 17):



Attēls 17. Parauglaukumu shēma (A – 500 m^2 parauglaukums, B – 100 m^2 parauglaukums, C – 25 m^2 parauglaukums, D – pameža un paaugas uzskaites parauglaukums)

- 1.1. parauglaukuma centrā izdala otru parauglaukumu – 100 m^2 ($R=5,64 \text{ m}$), kurā uzmēra visus kokus un kritālas ar resgaļa diametru $6,1 \text{ cm}$ un vairāk. Šī parauglaukuma pirmajā ceturtdaļā, rēķinot no Z virziena, (25 m^2) uzmēra visus dabiskas izcelsmes kokus un to

atvases, kuru diametrs 1,3 m augstumā virs sakņu kakla (turpmāk – 1,3 m augstumā) ir 2,1 cm;

2. Katram kokam nosaka un koku uzskaites tabulā ieraksta:
 - 2.1. koka attālums līdz parauglaukuma centram (± 1 cm);
 - 2.2. koka azimuts ($\pm 1^\circ$);
 - 2.3. suga (saskaņā ar klasifikatoru);
 - 2.4. koka diametrs 1,3 m augstumā virs sakņu kakla (± 1 mm);
 - 2.5. uzskaites kokiem koka diametrs pie sakņu kakla (± 1 mm) (katrā nepāra pārmērījumu reizē);
 - 2.6. koka augstums uzskaites kokiem (± 0.5 m);
3. Atmiruma (kritalu un stubeņu) vērtēšanā ievāc šādus rādītājus:
 - 3.1. suga;
 - 3.2. garums kritalām (± 0.5 m); augstums stubeņiem (± 0.5 m);
 - 3.3. diametrs tievgalī (± 1 mm); ja kritušajam kokam ir galotne, diametru tievgalī apzīmē ar 0;
 - 3.4. diametrs resgalī (± 1 mm); (ja kritala ir pilnā garumā, tad mēra diametru 1,3m attālumā no sakņu kakla
 - 3.5. kvalitātes grupa
 - 3.5.1. svaigs (tekošā gada kritalas)
 - 3.5.2. vidēji sadalījies (neietilpst 1. vai 3. kvalitātes grupā)
 - 3.5.3. ļoti sadalījies (kritalas, kuras zaudējušas struktūru (prauli));
 - 3.6. pozīcija (stubenis vai guļoša kritala).

Stubenis – ne vairāk kā 45° no vertikāles novirzīts, nolauzta koka stumbra lejas daļa, kurai saknes vismaz daļēji saglabājušas kontaktu ar augsni.

Kritala – nolūzusi stumbra daļa, daļēji vai pilnībā izgāzts koks, kas novirzīts no vertikāles vairāk par 45° .

8.pielikums. Metodika ainavas funkcionālo elementu un meža platību sadalījuma pa valdošajām sugām un ekoloģiskās attīstības stadijām analīzei

1. Meža platību sadalījums pa valdošajām sugām un ekoloģiskās attīstības stadijām

Informācijas avots - GEO

Atlase - meža poligoni atbilstoši ekoloģiskās attīstības stadijai – izcirtums, jaunaudze, vidēja vecuma audze, briestaudze, pieaugusi audze, pāraugusi audze, grupējot pa valdošajām sugām LVM mežos kopumā vai atbilstoši administratīvajām robežām.

Piemēram:

Suga\ATTĪST STAD.	IZCIRTUMS (IZC)	JAUNAUDZE (JA)	VID._VEC. (VV)	BRIESTAUDZE (BA)	PIEAUGUSI (PI)	PĀRAUGUSI&DAŽĀD (PA)
P						
E						
B						
Ma						
A						
Ba						
.....						

Sadalījuma izmaiņas analizē laika rindā.

2. Ainavas elementu ekoloģiskā nozīmīguma analīze

Atlase :

- 1.Meža (ZKAT 10) poligoni no GEO. Poligonu datus pārveido 25m, 50m un 100 m pikseļos, vai
- 2.Attālās izpētes dati (LIDAR, ortofotoattēli, satelītattēli). Datus pārveido 25m, 50m un 100 m pikseļos.

Ainavas funkcionālos elementus aprēķina, izmantojot datorprogrammu **Guidos**, kas ir brīvas piekļuves programma nekomerciālai izmantošanai:

<http://forest.jrc.ec.europa.eu/download/software/guidos/>

Malas platums 50m un 100m.

- 25km² LKS-92 sistēmā 5*5km (pix 25m) (atbilstoši 2 un 4 pikseļi)
- 625 km² LKS-92 sistēmā 25*25km (pix 50m) (atbilstoši 1 un 2 pikseļi)
- 2500 km² LKS-92 sistēmā 50*50km (pix 100m) (atbilstoši 1 pikselis).

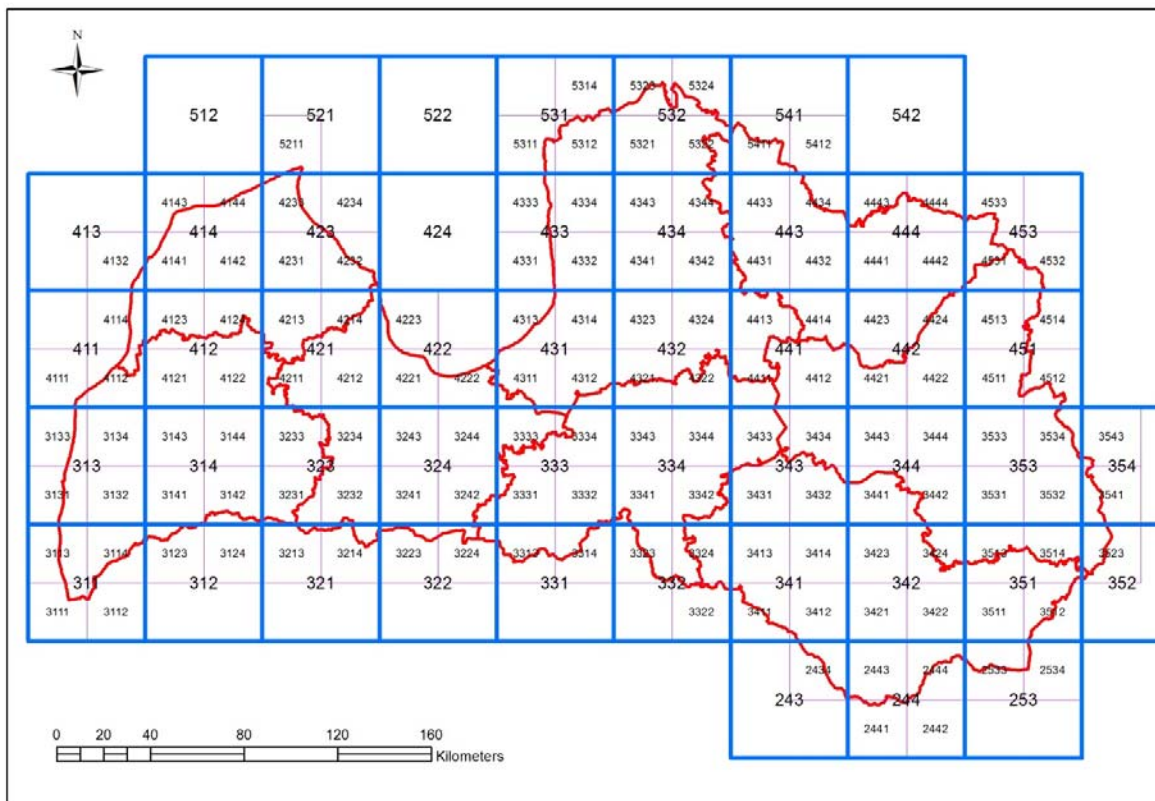
Aprēķina sekojošas morfoloģiskās klases:

- 1) Kodols - Core
- 2) Sala - Islet
- 3)Perforācija - Perforation
- 4) Mala - Edge

- 5) Cilpa - Loop
- 6) Tilts - Bridge
- 7) Zars - Branch

Analīzei izmantojami 8 kvadrāti no 50*50km kvadrātiem 313, 314, 323, 324, 333, 334, 341, 342, 343, 351, 353, 412, 414, 421, 423, 431, 432, 433, 434, 441, 442, 443, 444, 451, 532. (100m pikseļi). Tajos izlozes kārtībā izvēlas 16 gab. 25 *25km kvadrātus (2 katrā no 8 atlasītajiem) Savukārt 3. solī atlasa 32 gab. 5*5km kvadrātus (2 katrā no 16 iepriekšējā solī atlasītajiem). (Attēls 18)

Sadalījuma izmaiņas analizē laika rindā.



Attēls 18. Monitoringa kvadrāti

9.pielikums. Metodika ainavas elementu ekoloģiskā nozīmīguma analīzei

Izmanto datorprogrammu **CONFOR SENSINODE 2.2**, kas ir brīvas piekļuves programma nekomerciālai izmantošanai:

www.conefor.org/

Jebkurai platībai – uzņēmuma, mežsaimniecības, plānošanas vienības vai monitoringa baseina līmenī.

Analīzi veic GEO datu bāze esošajiem Meža (ZKAT=10) apvienotajiem poligoniem(dissolved).

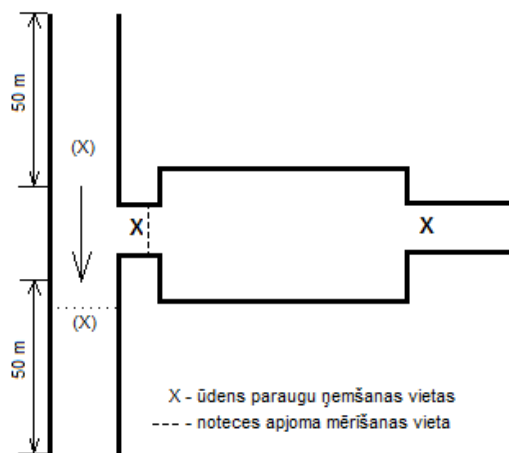
Analīzi veic katram poligonam aprēķinot, izmantojot sekojošas distances savienojuma distances:

- Dist.100m, 25km² LKS-92 sistēmā 5*5km
- Dist. 500m, 625 km² LKS-92 sistēmā 25*25km
- Dist. 1000m, 2500 km² LKS-92 sistēmā 50*50km
- Dist. 5000m 2500 km² LKS-92 sistēmā 50*50km

Distances aprēķina no poligona malas. Meklēšanas distance atbilstoši savienojuma distancei. Aprēķina integrēto savienojamības indeksu (integral index of connectivity).

10.pielikums. Metodika suspendēto daļiņu un biogēno elementu izneses novērtēšanai ūdenstecēs

Tiek izmantota BACI pieeja. Biogēno elementu izneses aprēķiniem iegūst informāciju par biogēno elementu un suspendēto daļiņu (TSS) koncentrāciju un noteces apjomu mērījumu punktos renovētu meža meliorācijas sistēmu maģistrālajā grāvī un ūdenstecē. Mērījumu punktu izvietojums parādīts 19. attēlā (Attēls 19). Noteces mērījumus un paraugu ņemšanu uzsāk 6 mēnešus pirms meliorācijas sistēmas renovācijas darbu uzsākšanas un turpina divas reizes mēnesī 6 mēnešus pēc meliorācijas sistēmas renovācijas darbu pilnīgas pabeigšanas. Šajos pašos objektos vienlaicīgi vērtē arī sedimentācijas dīķu efektivitāti un vides parametru izmaiņas ūdenstecē pēc mežsaimniecisko darbu veikšanas pirms un pēc maģistrālā grāvja ievadīšanas (Skat. 5. pielikumu).



Attēls 19. Ūdens paraugu ņemšanas vietas maģistrālajā grāvī un ūdenstecē un posmi vides parametru izmaiņu vērtēšanai

Noteces mērījumus iespējams veikt pēc virsmas pludiņa metodes, nosakot straumes ātrumu katrā parauga ievākšanas reizē pirms maģistrālā grāvja ievadīšanas ūdenstecē 10 metrus garā posmā piecos atkārtojumos. Zinot laika periodu, kurā pludiņš veic 10 metrus garo posmu, iespējams aprēķināt straumes vidējo ātrumu konkrētajā vietā. Gadījumos, kad straumes ātrums nav nosakāms pretvēja vai niecīgās straumes dēļ, pieņem, ka ātrums ir tuvs nullei, kas nozīmē arī to, ka konkrētajā laika periodā biogēno elementu iznese būs tuva nullei.

Lai aprēķinātu biogēno elementu iznesi, nepieciešams zināt grāvja šķērsprofila laukumu. To iespējams izmērīt, katrā paraugu ņemšanas vietā perpendikulāri krastam nosakot ūdens virsmas platumu un, atkarībā no tā, ik pēc noteikta attāluma nosakot ūdens dziļumu. Vietās ar ūdens virsmas platumu līdz 200 cm dziļumu mēra ik pēc 10 cm, ar platumu 201-500 cm – ik pēc 20 cm, bet platākos grāvjos un upēs – ik pēc 40 cm. Kamerāli sareizinot šķērsriezuma laukumu ar straumes ātrumu, iegūst ūdens daudzumu, kas aizplūst caur parauga ņemšanas vietu konkrētajā brīdī. No šī lieluma, savukārt, iespējams tuvināti

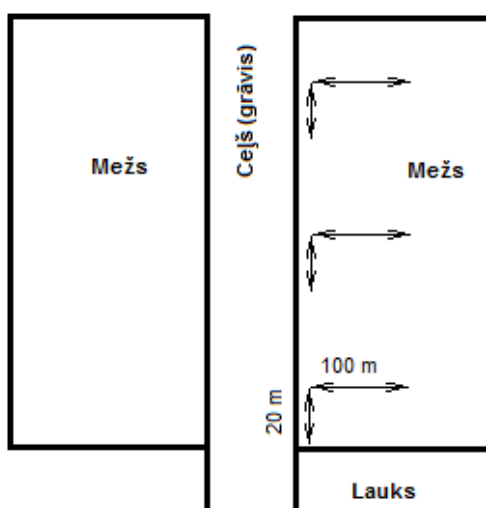
iegūt katra biogēnā elementa izneses apjomu no grāvja sateces baseina visā novērojumu periodā. Alternatīva, lietošanā ievērojami ērtāka un daudz precīzāka, bet arī ievērojami dārgāka metode ir noteces apjoma noteikšana ar automātisko Doplera straumes profila mērītāju, kas dod iespēju saņemt informāciju nepārtraukti reālā laika režīmā.

Ūdens paraugus grāvī katrā objektā ievāc vismaz divas reizes mēnesī pirms maģistrālā grāvja ieteces ūdensobjektā (pēc sedimentācijas dīķa) un pirms sedimentācijas dīķa. Katrā vietā vienā reizē ņem 750-1000 mL, paraugus iepilda plastmasas pudelēs un aukstumkastēs transportē uz laboratoriju. Ūdens paraugu vienmēr ņem pirms profila un straumes ātruma mērījumiem. Laboratoriski nosaka sekojošus fizikālos un ķīmiskos parametrus: cieto suspendēto vielu saturu (TSS), N-NH_4^+ , N-NO_3^- , N_{kop} , P-PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} saturs (mg L^{-1}), pH līmeni un izšķīdušā organiskā oglekļa saturu (DOC). Detalizēta ūdens analīžu metodika pievienota 16.pielikumā.

Ja renovējamajā meliorācijas sistēmā ir vairāki maģistrālie grāvji, no kuriem kāds vismaz 500 m garā posmā pirms ieteces ūdenstecē netiek renovēts, mērījumus fona monitoringam veic paraugus ievāc šajā grāvī pēc analogas metodikas. Ja šādu grāvja posmu nav, fona dati tiek iegūti citā, vēlams, netālu esošā pēc parametriem līdzīgā meliorācijas sistēmā, kurā renovācijas darbi netiek veikti. Lai precīzāk novērtētu tieši mežsaimniecisko darbu ietekmi, ūdens paraugus iespējams ņemt un noteces apjomu mērīt arī pašā ūdenstecē (shēmā šīs paraugu ņemšanas vietas atzīmētas ar (X) un noteces apjoma mērīšanas vieta – ar punktotu līniju).

11.pielikums. Metodika invazīvo augu sugu monitoringam gar jaunuzbūvētajiem ceļiem un renovētajiem grāvjiem

Tiek izmantota BACI pieeja. Invazīvo augu sugu monitoringu veic gar jaunuzbūvētajiem/rekonstruētajiem ceļiem un renovētajām meliorācijas sistēmām. Uzskaites maršrutu veido, sākot no vietas, kur beidzas nemeža ekosistēma un sākas mežs. Uzskaiti veic 1 km garumā 20 m garos transektos, kas izvietoti katros 100 metros paralēli ceļam. Lai novērtētu sugu pārvietošanos virzienā no ceļa malas, katra paralēlā transekta galā izvieto 100 m garu ceļam perpendikulāru transektu (Attēls 20). Uz transektiem fiksē visas invazīvās un potenciāli invazīvās augu sugas un to skaitu (Tabula 6). Uzskaiti veic jūnija otrajā pusē/jūlijā. Pirmo uzskaiti veic pirms saimnieciskās darbības veikšanas, nākamo - pirmajā gadā pēc ceļa uzbūvēšanas/rekonstrukcijas vai meliorācijas sistēmas renovācijas/rekonstrukcijas un atkārti tajā pašā laikā (+/- 10 dienas), pēc tam to atkārti 3., 5. un 10.gadā pēc saimnieciskās darbības.



Attēls 20. Invazīvo sugu monitoringa transektu izvietojums

Tabula 6. Invazīvās un potenciāli invazīvās augu sugas Latvijā (No:Priede, 2011)

Dzimta	Sugas latīniskais nosaukums	Sugas latviskais nosaukums	Dabīgais izplatības areāls	Ienākšanas veids	Kā / kādēj ienākušas	Augtene	Statuss	Sastopamības biežums	Invazivitāte
Aceraceae	<i>Acer campestre</i>	lauku kļava	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Aceraceae	<i>Acer negundo</i>	ošlapu kļava	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Aceraceae	<i>Acer platanoides</i> 'Schwedleri'	parastā kļava 'Schwedleri'		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Aceraceae	<i>Acer pseudoplatanus</i>	kalnu kļava	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Aceraceae	<i>Acer pseudoplatanus</i> 'Purpurascens'	kalnu kļava 'Purpurascens'		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Aceraceae	<i>Acer tataricum</i>	Tatārijas kļava	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nav nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Anacardiaceae	<i>Rhus typhina</i>	parastais etiķkoks	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Apiaceae	<i>Heracleum sosnowskyi</i>	Sosnovska latvānis	Āzija	apzināti	lauksaimniecība	lauksaimniecības zemes, traucētas teritorijas	nostabilizējusies	bieži	invazīva
Apocynaceae	<i>Vinca major</i>	lielā kapmirte		neapzināti	dārzkopība	pilsētas teritorija, traucētas teritorijas	nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Apocynaceae	<i>Vinca minor</i>	mazā kapmirte	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	bieži	invazīva
Araceae	<i>Acorus calamus</i>	kalme	Āzija	apzināti	ārstniecība	ezeri, piekrastes joslas, mitrāji		ļoti bieži	potenciāli invazīva
Araliaceae	<i>Hedera helix</i> var. <i>helix</i>	parastā efeja	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	lokāls	invazīva
Araliaceae	<i>Hedera hibernica</i>	Īrijas efeja	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	lokāls	potenciāli invazīva
Asteraceae	<i>Bellis perennis</i>	ilggadīgā mārpukšīte	Eiropa, Āzija	apzināti & neapzināti	dārzkopība	pilsētas teritorija	nostabilizējusies	ļoti bieži	invazīva
Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>	sīkziedu sīkgalvīte	D Amerika	apzināti & neapzināti	transports	lauksaimniecības zemes, traucētas teritorijas, pilsētas teritorija	nostabilizējusies	ļoti bieži	invazīva
Asteraceae	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	matainā sīkgalvīte	D Amerika	apzināti & neapzināti	transports	lauksaimniecības zemes, traucētas teritorijas,	nostabilizējusies	bieži	invazīva

Dzimta	Sugas latīniskais nosaukums	Sugas latviskais nosaukums	Dabīgais izplatības areāls	Ienākšanas veids	Kā / kādēj ienākušas	Augtene	Statuss	Sastopamības biežums	Invazivitāte
						pilsētas teritorija			
Asteraceae	<i>Solidago canadensis</i>	Kanādas zeltgalvīte	Z Amerika	apzināti & neapzināti	dārzkopība	pilsētas teritorija, traucētas teritorijas	nostabilizējusies	bieži	invazīva
Asteraceae	<i>Solidago gigantea</i>	milzu zeltgalvīte	Z Amerika	apzināti	dārzkopība	pilsētas teritorija, traucētas teritorijas	nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Balsaminaceae	<i>Impatiens glandulifera</i>	puķu sprigane	Āzija	apzināti & neapzināti	dārzkopība	pilsētas teritorija, traucētas teritorijas, piekrastes joslas	nostabilizējusies	bieži	invazīva
Balsaminaceae	<i>Impatiens parviflora</i>	sīkziedu sprigane	Āzija	apzināti & neapzināti		pilsētas teritorija, piekrastes joslas	nostabilizējusies	ļoti bieži	invazīva
Berberidaceae	<i>Berberis thunbergii</i>	Tunberga bārbele	Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nav nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Berberidaceae	<i>Berberis vulgaris</i> 'Atropurpurea'	Parastā bārbele cv.			ainavu dārzniecība		nav zināms	reti	potenciāli invazīva
Berberidaceae	<i>Mahonia aquifolium</i> x <i>M.repens</i>	parastā mahonija	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Boraginaceae	<i>Myosotis sylvatica</i>	meža neaizmirstule	Eiropa, Āzija	neapzināti		pilsētas teritorija, traucētas teritorijas, boreālie meži	nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Brassicaceae	<i>Bunias orientalis</i>	austrumu dižpērkone	Eiropa	neapzināti		traucētas teritorijas, pilsētas teritorija	nostabilizējusies	ļoti bieži	invazīva
Brassicaceae	<i>Sisymbrium loeselii</i>	Lēzela žodzene	Āzija	neapzināti	transports	pilsētas teritorija, lauksaimniecības zemes, traucētas teritorijas, piekrastes joslas	nostabilizējusies	bieži	invazīva
Brassicaceae	<i>Sisymbrium volgense</i>	Volgas žodzene	Eiropa, Āzija	neapzināti	transports	pilsētas teritorija	nostabilizējusies	bieži	potenciāli invazīva
Caprifoliaceae	<i>Lonicera caerulea</i> var. <i>caerulea</i>	sausserdis		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Caprifoliaceae	<i>Lonicera caprifolium</i>	sausserdis		apzināti	ainavu dārzniecība		nav nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Caprifoliaceae	<i>Lonicera periclymenum</i>	Vācijas vītensausserdis		apzināti	ainavu dārzniecība		nav nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva

Dzimta	Sugas latīniskais nosaukums	Sugas latviskais nosaukums	Dabīgais izplatības areāls	Ienākšanas veids	Kā / kādēj ienākušas	Augtene	Statuss	Sastopamības biežums	Invazivitāte
Caprifoliaceae	<i>Lonicera tatarica</i>	Tatārijas sausserdis	Eiropa, Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Caprifoliaceae	<i>Sambucus nigra</i>	melnais plūškoks	Eiropa, Āzija, Āfrika	apzināti & neapzināti	dārzkopība, ainavu dārzniecība	pilsētas teritorija, traucētas teritorijas	nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Caprifoliaceae	<i>Sambucus racemosa</i>	sarkanais plūškoks	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Caprifoliaceae	<i>Sambucus racemosa 'Plumosa'</i>	sarkanais plūškoks cv.		apzināti	ainavu dārzniecība			reti	potenciāli invazīva
Caprifoliaceae	<i>Symphoricarpos albus var laevigatus</i>	strautu sniegoga	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Caprifoliaceae	<i>Viburnum lantana</i>	vilnainā irbene		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva
Caryophyllaceae	<i>Gypsophila paniculata</i>	skarainā ģipsene	Eiropa, Āzija	apzināti & neapzināti	dārzkopība	pilsētas teritorija, jūras krasts		reti	potenciāli invazīva
Celastraceae	<i>Euonymus fortunei</i>	Fortīna segliņš		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Celastraceae	<i>Euonymus nanus</i>	pundursegliņš	Eiropa, Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Compositae	<i>Conyza canadensis</i>	Kanādas jānītis	Z Amerika	neapzināti		pilsētas teritorija, platlapju meži, traucētas teritorijas	nostabilizējusies	bieži	potenciāli invazīva
Compositae	<i>Lactuca tatarica</i>	Tatārijas salāts	Eiropa, Āzija	neapzināti		pilsētas teritorija, traucētas teritorijas	nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Compositae	<i>Petasites hybridus</i>	bastarda tūsklape	Eiropa, Āzija	neapzināti	dārzkopība, ārstniecība	pilsētas teritorija, traucētas teritorijas	nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Cornaceae	<i>Swida alba</i>	baltais grimonis	Eiropa, Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Cornaceae	<i>Swida alba 'Sibirica'</i>	baltais grimonis cv.		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva
Cornaceae	<i>Swida sericea</i>	atvasainais grimonis	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva
Cornaceae	<i>Swida sericea 'Flaviramea'</i>	atvasainais grimonis cv.		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva

Dzimta	Sugas latīniskais nosaukums	Sugas latviskais nosaukums	Dabīgais izplatības areāls	Ienākšanas veids	Kā / kādēj ienākušas	Augtene	Statuss	Sastopamības biežums	Invazivitāte
Corylaceae	<i>Carpinus betulus</i>	parastais skābardis	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība			lokāls	invazīva
Cupressaceae	<i>Thuja occidentalis</i>	rietumu tūja		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Elaeagnaceae	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	šaurlapu eleagns	Eiropa, Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Elaeagnaceae	<i>Elaeagnus commutata</i>	sudraba eleagns	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	lokāls	invazīva
Elaeagnaceae	<i>Hippophae rhamnoides</i>	pabērzu smiltsērķšķis	Eiropa, Āzija	apzināti	dārzkopība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Ericaceae	<i>Oxycoccus macrocarpus</i>	lielaugļu dzērvenes		apzināti	dārzkopība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia cyparissias</i>	ciprešu dievkrēsliņš	Eiropa	apzināti & neapzināti		pilsētas teritorija, platlapju meži, traucētas teritorijas	nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Fabaceae	<i>Caragana arborescens</i>	kokveida karagāna	Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Fabaceae	<i>Caragana frutex</i>	krūmu karagāna	Eiropa, Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Fabaceae	<i>Chamaecytisus ratisbonensis</i>	Rēgensburgas cītīzs	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Fabaceae	<i>Cytisus scoparius</i>	parastais slotzaris	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Fabaceae	<i>Genista tinctoria</i>	krāsu irbulene	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva
Fabaceae	<i>Lupinus polyphyllus</i>	daudzlapu lupīna	Z Amerika	apzināti & neapzināti	dārzkopība	pilsētas teritorija	nostabilizējusies	ļoti bieži	invazīva
Fabaceae	<i>Robinia luxurians</i>	greznā robīnija	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Fabaceae	<i>Robinia pseudoacacia</i>	baltā robīnija	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	lokāls	invazīva
Fabaceae	<i>Robinia pseudoacacia 'Semperflorens'</i>	baltā robīnija 'Semperflorens'		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	lokāls	invazīva
Fabaceae	<i>Robinia viscosa</i>		Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	lokāls	invazīva

Dzimta	Sugas latīniskais nosaukums	Sugas latviskais nosaukums	Dabīgais izplatības areāls	Ienākšanas veids	Kā / kādēj ienākušas	Augtene	Statuss	Sastopamības biežums	Invazivitāte
Fabaceae	<i>Robinia x ambigua</i>		Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	lokāls	invazīva
Fagaceae	<i>Fagus sylvatica</i>	parastais dižskābardis	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Fagaceae	<i>Fagus sylvatica 'Purpurea Latifolia'</i>	parastais dižskābardis cv.		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Fagaceae	<i>Quercus rubra</i>	sarkanais ozols	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Gramineae	<i>Zizania aquatica</i>	ūdens tuskarora	Z Amerika	apzināti	akvakultūra	ezeri		bieži	potenciāli invazīva
Grossulariaceae	<i>Ribes nigrum cv</i>	melnā upene		apzināti	dārzkopība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Grossulariaceae	<i>Ribes rubrum</i>	sarkanā jāņoga		apzināti	dārzkopība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Hippocastanaceae	<i>Aesculus hippocastanum</i>	parastā zirgkastaņa	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	potenciāli invazīva
Hydrocharitaceae	<i>Elodea canadensis</i>	elodeja	Z Amerika	apzināti & neapzināti	akvakultūra, balasta ūdeņi un nogulsnes	ezeri, piekrastes joslas, mitrāji, jūras krasts	nostabilizējusies	ļoti bieži	potenciāli invazīva
Juglandaceae	<i>Juglans ailanthifolia</i>	Zībolda riekstkoks	Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva
Juglandaceae	<i>Juglans cinerea</i>	pelēkais riekstkoks		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Oleaceae	<i>Forsythia suspensa</i>	nokarenā forsītiņa	Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Oleaceae	<i>Fraxinus angustifolia</i>	šaurlapu osis		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Oleaceae	<i>Fraxinus pensylvanica</i>	Pensilvānijas osis	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Oleaceae	<i>Fraxinus pensylvanica var. subintegerrima</i>	zaļais osis	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Oleaceae	<i>Ligustrum vulgare</i>	parastais ligustrs	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Oleaceae	<i>Syringa vulgaris</i>	parastais ceriņš	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Pinaceae	<i>Abies balsamea</i>	balzāma baltegle	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nav nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Pinaceae	<i>Abies concolor</i>	vienkrāsas baltegle	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nav nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva

Dzimta	Sugas latīniskais nosaukums	Sugas latviskais nosaukums	Dabīgais izplatības areāls	Ienākšanas veids	Kā / kādēj ienākušas	Augtene	Statuss	Sastopamības biežums	Invazivitāte
Pinaceae	<i>Abies nordmanniana</i>	Kaukāza baltegle	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nav nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Pinaceae	<i>Abies sibirica</i>	Sibīrijas baltegle	Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nav nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Pinaceae	<i>Larix decidua</i>	Eiropas lapegle	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība, mežsaimniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Pinaceae	<i>Picea glauca</i>	Kanādas egļe	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Pinaceae	<i>Pinus mugo</i>	kalnu priede		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Polygonaceae	<i>Reynoutria japonica</i>	Japānas dižsūrene	Āzija	neapzināti	dārzkopība	pilsētas teritorija, traucētas teritorijas	nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Polygonaceae	<i>Rumex confertus</i>	blīvā skābene	Eiropa	neapzināti	transporta	pilsētas teritorija, lauksaimniecības zemes, traucētas teritorijas, piekrastes joslas	nostabilizējusies	bieži	invazīva
Rosaceae	<i>Amelanchier spicata</i>	vārpainā korinte	Z Amerika	apzināti & neapzināti	dārzkopība, ainavu dārzniecība	pilsētas teritorija, boreālie meži	nostabilizējusies	bieži	invazīva
Rosaceae	<i>Aronia x prunifolia</i>	plūmjlapu aronija	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība, dārzkopība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Rosaceae	<i>Cerasus avium</i>	saldais ķirsis	Eiropa	apzināti	dārzkopība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Rosaceae	<i>Cerasus vulgaris</i>	skābais ķirsis	Eiropa	apzināti	dārzkopība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Rosaceae	<i>Chaenomeles japonica</i>	Japānas krūmčidonija	Āzija	apzināti	dārzkopība, ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Cotoneaster lucidus</i>	spožā klintene	Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Rosaceae	<i>Cotoneaster multiflorus</i>	daudzziedu klintene	Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Rosaceae	<i>Crataegus alemanniensis</i>	Vācijas krustābele	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība	pilsētas teritorija	nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Rosaceae	<i>Crataegus douglasii</i>	Duglasa krustābele	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva

Dzimta	Sugas latīniskais nosaukums	Sugas latviskais nosaukums	Dabīgais izplatības areāls	Ienākšanas veids	Kā / kādēj ienākušas	Augtene	Statuss	Sastopamības biežums	Invazivitāte
Rosaceae	<i>Crataegus flabellata</i>	krustābele	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Crataegus submollis</i>	krustābele	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nav nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Helianthemum sp.</i>	saurozīte		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Malus baccata</i>	ogābele		apzināti	ainavu dārzniecība			reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Malus domestica</i>	mājas ābele		apzināti	dārzkopība		nostabilizējusies	ļoti bieži	invazīva
Rosaceae	<i>Malus mandshurica</i> x ?	Mandžūrijas ābele x ?		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Malus sachalinensis</i>	Sahalīnas ābele		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Malus x purpurea</i>	purpura ābele		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Padus serotina</i>	vēlā ieva		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Pentaphylloides fruticosa</i> cv.	parastā čuža	Eiropa, Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Physocarpus opulifolius</i>	irbeņlapu fizokarps	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva
Rosaceae	<i>Prunus cerasifera</i> var <i>divaricata</i>	Kaukāza plūme	Eiropa	apzināti	dārzkopība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Rosaceae	<i>Prunus domestica</i>	mājas plūme		apzināti	dārzkopība		nebrīvē vai kultūrā	bieži	invazīva
Rosaceae	<i>Prunus insititia</i>	būka		apzināti	dārzkopība		nebrīvē vai kultūrā	bieži	invazīva
Rosaceae	<i>Prunus spinosa</i>	ērķšķu plūme		apzināti	ainavu dārzniecība		Within country transfer	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Pyrus communis</i>	mājas bumbiere		apzināti	dārzkopība		nostabilizējusies	lokāls	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Rosa alba</i>			apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Rosaceae	<i>Rosa glauca</i>	sārtlapu roze, zilganā roze	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Rosa majalis</i> 'Foecundissima'			apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva

Dzimta	Sugas latīniskais nosaukums	Sugas latviskais nosaukums	Dabīgais izplatības areāls	Ienākšanas veids	Kā / kādēj ienākušas	Augtene	Statuss	Sastopamības biežums	Invazivitāte
Rosaceae	<i>Rosa pimpinellifolia</i> 'Plena'	noraglapu roze cv.		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	bieži	invazīva
Rosaceae	<i>Rosa pimpinellifolia</i> 'Rubra' or 'Rosea Plena'	noraglapu roze cv.		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Rosaceae	<i>Rosa rugosa</i>	krokainā roze	Āzija	apzināti & neapzināti	dārzkopība, ainavu dārzniecība	pilsētas teritorija, traucētas teritorijas	nostabilizējusies	bieži	invazīva
Rosaceae	<i>Rosa rugosa</i> 'Plena'	rievainā roze cv.		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	lokāls	invazīva
Rosaceae	<i>Rubus odoratus</i>	smaržīgā avene	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Rubus parviflorus</i>	Nutkas avene	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	lokāls	invazīva
Rosaceae	<i>Sorbaria sorbifolia</i>	pīlādžlapu sorbārija	Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	ļoti bieži	invazīva
Rosaceae	<i>Spiraea alba</i>	baltā spireja	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	bieži	invazīva
Rosaceae	<i>Spiraea betulifolia</i>	bērslapu spireja		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Rosaceae	<i>Spiraea chamaedryfolia</i>	goblapu spireja		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	lokāls	invazīva
Rosaceae	<i>Spiraea douglasii</i>	Duglasa spireja	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva
Rosaceae	<i>Spiraea latifolia</i>	platlapu spireja	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva
Rosaceae	<i>Spiraea latifolia</i> x ?	platlapu spireja x ?	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Rosaceae	<i>Spiraea media</i>	vidējā spireja		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Rosaceae	<i>Spiraea menziesii</i>	Menzisa spireja	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva
Rosaceae	<i>Spiraea</i> x <i>billardii</i> (hibridu komplekss)	Bijāra spireja		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	ļoti bieži	invazīva
Rubiaceae	<i>Galium rubioides</i>	rubiju madara	Eiropa, Āzija	neapzināti	transporta	pilsētas teritorija, traucētas	nostabilizējusies	reti	potenciāli invazīva

Dzimta	Sugas latīniskais nosaukums	Sugas latviskais nosaukums	Dabīgais izplatības areāls	Ienākšanas veids	Kā / kādēj ienākušas	Augtene teritorijas	Statuss	Sastopamības biežums	Invasivitāte
Salicaceae	<i>Populus alba</i>	baltā apse	Eiropa, Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība			lokāls	invazīva
Salicaceae	<i>Populus alba</i> 'Nivea'	baltā apse 'Nivea'		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Salicaceae	<i>Populus balsamifera</i>	balzāmpapele	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Salicaceae	<i>Populus laurifolia</i>	laurlapu papele	Āzija	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Salicaceae	<i>Populus nigra</i>	melnā papele	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	lokāls	invazīva
Salicaceae	<i>Populus trichocarpa</i>	spilvaugļu papele		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Salicaceae	<i>Populus x berlinensis</i>	Berlīnes papele		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Salicaceae	<i>Populus x canadensis</i>	Kanādas papele		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Salicaceae	<i>Populus x canescens</i>	pelēkā papele		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Salicaceae	<i>Salix acutifolia x S.daphnoides</i>			apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Salicaceae	<i>Salix alba</i>	baltais vītols		apzināti	ainavu dārzniecība			lokāls	invazīva
Salicaceae	<i>Salix alba</i> 'Britzensis'	Brices vītols		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva
Salicaceae	<i>Salix alba</i> 'Sericea'	sudrabvītols		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva
Salicaceae	<i>Salix alba</i> 'Vitellina'			apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva
Salicaceae	<i>Salix fragilis</i>	trauslais vītols		apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	invazīva
Tiliaceae	<i>Tilia platyphyllos</i>	platlapu liepa	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	lokāls	potenciāli invazīva
Ulmaceae	<i>Ulmus minor</i>	stepju goba	Eiropa	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva

Dzimta	Sugas latīniskais nosaukums	Sugas latviskais nosaukums	Dabīgais izplatības areāls	Ienākšanas veids	Kā / kādēj ienākušas	Augtene	Statuss	Sastopamības biežums	Invazivitāte
Ulmaceae	<i>Ulmus minor f. suberosa</i>	stepju gobas forma		apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	invazīva
Ulmaceae	<i>Ulmus pumila</i>	zemā goba		apzināti & neapzināti	ainavu dārzniecība, transports		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Vitaceae	<i>Parthenocissus inserta</i>	balstāmais mežvīns	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nebrīvē vai kultūrā	reti	potenciāli invazīva
Vitaceae	<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	pieclapiņu mežvīns	Z Amerika	apzināti	ainavu dārzniecība		nostabilizējusies	reti	invazīva

12.pielikums. Epifītu novērtēšanas metodika uz ekoloģiskajiem kokiem

Epifītus uz ekoloģiskajiem kokiem vērtē tajos pašos objektos, kur 2014.gadā veikta pirmā uzskaitē (Tabula 7).

Tabula 7. Objektu epifītu uzskaitē uz ekoloģiskajiem kokiem

Nr.p.k.	Objekta nr.	Ciršanas gads	Nr.p.k.	Objekta nr.	Ciršanas gads
1	106_387_8	2003	11	503_389_18	2004
2	111_22_11	2003	12	504_312_14	2002
3	111_359_4	2003	13	511_154_5	2004
4	111_492_2	2003	14	511_255_9	2004
5	207_368_1	2002	15	601_91_6	2003
6	208_176_32	2002	16	606_349_14	2002
7	303_255_11	2004	17	608_114_5	2002
8	304_233_5	2004	18	608_223_8	2002
9	305_59_3	2004	19	608_3_17	2003
10	501_382_4	2002	20	610_236_7	2002

Datu ievākšanai par ekoloģisko koku epifītisko veģetāciju ir izstrādāta veidlapa, kas sastāv no divām daļām, veidlapu skat. metodikas beigās. Pirmajā daļā atzīmē vispārīgus datus par izcirtumu: virsmežniecību, mežniecību, kvartālu, nogabalu, izcirstā meža tipu, platību, cirtes gadu. Reģistrē arī ziņas par meža atjaunošanos - atjaunojas dabiski vai kultūrā; ar kādām sugām, kāds ir to vidējais augstums un segums. Tālāk apraksta ekoloģisko koku, norādot sugu, augstumu, caurmēru krūšaugstumā, attālumu no tuvākās mežaudzes sienas; norāda, vai koks atstāts biogrupā vai atsevišķs. Atzīmē, kāda ir koka vitalitāte, kas raksturīgs tā mizai. Reģistrē koka bojājumus vai īpatnības, ja tādi ir.

Veidlapas otrā daļa veltīta epifītiskās veģetācijas raksturošanai. Tiek uzskaitītas visas sūnu un ķērpju sugas, norādot to segumu procentos atsevišķi koka ziemeļu un dienvidu pusē, koka stumbru nosacīti sadalot 3 posmos:

- koka pamatne 0-0,5 m augstumā no zemes;
- stumbra lejasdaļa 0,5-2 m augstumā;
- stumbra augšdaļa virs 2 m.

Atsevišķi vēlreiz atzīmē retās un aizsargājamās sugas, kā arī dabisko meža biotopu (DMB) signālsugas, ja tādas ir. Ar signālsugām šai gadījumā saprot visu DMB indikatorsugu un speciālo sugu kopumu, līdzīgi, kā tas veikts Zviedrijā (Nitare (ed.) 2000).

Inventarizāciju iespējams veikt jebkurā gadalaikā bezsniega un bezsala apstākļos. Ieteicams izdarīt novērtēšanu pirmajā gadā pēc ciršanas un pēc tam reizi gadā vai retāk.

Sugu nomenklatūra: sūnām – Āboliņa, 2001, ķērpjiem – Piterāns, 2001.

Ekoloģisko koku epifitiskās veģetācijas novērtējums

Koka numurs

Virsmēžniecība

Mežniecība

Kv.

Nog.

Izcirtuma raksturojums

Izcirstā meža tips

Platība, ha

Cirtes gads

Meža atjaunošanās, norādot sugas:

Augstums

Segums %

Kultūrā

Dabiskā atjaunošanās

Koka raksturojums

Suga

Augstums

Caurmērs 1,3m H

Attālums no mežaudzes

Biogrupa

Vitalitāte:

laba

vidēja

pazemināta

Koka mizas raksturojums

Gluda

rievaina

dziļi rievaina

atsevišķas rievās

tāss

kreve

Koka bojājumi

Koka īpatnības

Epifitiskās veģetācijas raksturojums

Suga, %	Z pusē	D pusē
1. Koka pamats 0-0,5 m H		
2. Stumbra lejasdaļa 0,5-2 m H		
3. Stumbra augšdaļa virs 2 m H		

Retās un aizsargājamās sugas

Piezīmes

Datums

Inventarizētāja paraksts:

13.pielikums. Posmkāju uzskaites metodika

Posmkāju uzskaitē ieteicams kompleksi izmantot logu, augsnes un līmes lamatas. Lamatas izvieto vasaras sākumā (maijā/jūnijā) un eksponē 14 dienas. Pirmajā gadā lamatu uzlikšanas datumu nosaka pēc labi ievērojamu augu fenoloģijas fāzes. Sekojošajos gados lamatas uzliek, kad augi sasnieguši pirmajā gadā novēroto fenoloģisko fāzi.

Izcirtumā izvieto logu lamatas 2, 5, 10 un 20 m attālumā no ekoloģiskā koka, kā arī lipīgas plēves kukaiņu lamatas ap ekoloģiskā koka stumbru. Augsnes lamatas izvieto uz transektiem Z, A D un R virzienā no ekoloģiskā koka ik pa 2 m. Ievāktos paraugus savāc un apstrādā laboratorijas apstākļos, nosakot līdz sugas vai ģints līmenim.

Parauglaukumos, kuros veic mirušās koksnes monitoringu, veic arī posmkāju uzskaiti, izvietojot augsnes lamatas ik pa 2 m 10 m garos perpendikulāros transektos, kas iet caur parauglaukuma centru.

14.pielikums. Putnu uzskaites metodika

Lauku darbu metodika: Auniņš A., 2009:

http://www.lob.lv/download/Metodika_090808.pdf

Datu apstrāde: TRIM (TRends and Indices for Monitoring data):

<http://www.ebcc.info/trim.html>

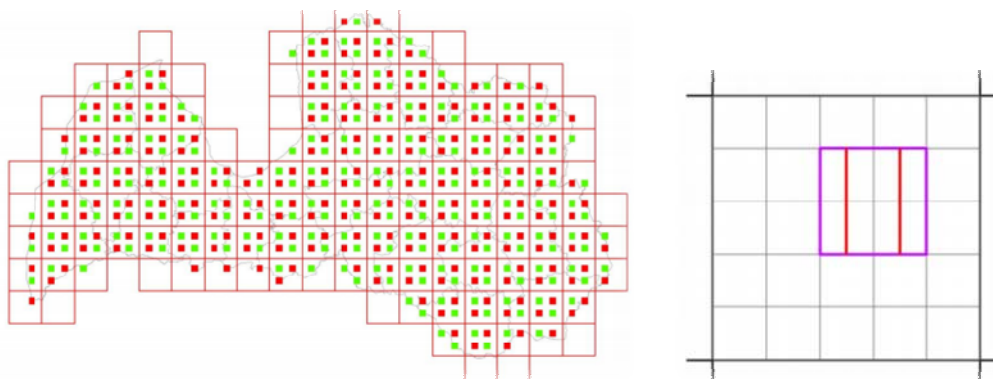
Meža putnu indeksā vērtē sekojošas putnu sugas:

Vistu vanags (*Accipiter gentilis*), zvirbuļvanags (*Accipiter nisus*), mežirbe (*Bonasa bonasia*), pelēkā dzilna (*Picus canus*), melnā dzilna (*Dryocopus martius*), vidējais dzenis (*Dendrocopos medius*), baltmugurdzenis (*Dendrocopos leucotos*), mazais dzenis (*Dendrocopos minor*), sila strazds (*Turdus viscivorus*), svirlītis (*Phylloscopus sibilatrix*), zeltgalvītis (*Regulus regulus*), mazais mušķērājs (*Ficedula parva*), melnais mušķērājs (*Ficedula hypoleuca*), garastīte (*Aegithalos caudatus*), purva zīlīte (*Parus palustris*), pelēkā zīlīte (*Poecile montana*), cekulzīlīte (*Parus cristatus*), meža zīlīte (*Parus ater*), mižložņa (*Certhia familiaris*), riekstrozis (*Nucifraga caryocatactes*), egļu krustknābis (*Loxia curvirostra*), svilpis (*Pyrrhula pyrrhula*), dižknābis (*Coccothraustes coccothraustes*) (Auniņš, 2015).

LVM apsaimniekotajos mežos parauglaukumus izvietoj tajos kvadrātos, kas iekļaujas vispārējā Latvijā ligzdojošo putnu monitoringa parauglaukumu shēmā (Attēls 21).

Uzskaiti veic 32 kvadrātos (katrā MS 4 kvadrāti):

- 1) ar vislielāko LVM mežu īpatsvaru maršrutu kvadrātos un/vai
- 2) maršrutu kvadrātos, kas reprezentē meža tipu sadalījumu LVM apsaimniekotajos



mežos

Attēls 21. Monitoringa kvadrāti putnu uzskaitēi

15.pielikums. Augsnes analīžu metodika

1. Augsnes paraugu sagatavošana fizikāli ķīmiskajām analīzēm

Metodika	LVS ISO 11464:2005
Darbības lauks	Visa veida svaigiem augsnes paraugiem

1.1. Princips

Savāktos augsnes paraugus (ieteicams ne mazākus par 0,5 kg dabiski mitras augsnes) ved uz laboratoriju tūlīt pēc ņemšanas un žāvē gaisā vai žāvskapī līdz gaissausam stāvoklim, nepārsniedzot 40 °C temperatūru. Ja nepieciešams, augsnes paraugus sasmalcina, kamēr tas vēl ir mitrs un irdens un vēlreiz pēc žāvēšanas. Augsni sijā un frakciju, kuras daļiņu izmērs ir mazāks par 2 mm, mehāniski vai manuāli sadala porcijās, lai varētu sagatavot analīzēm reprezentatīvu parauga daļu. Ja analīzei nepieciešams mazas parauga daļas (2 g), tad frakciju, kuras daļiņu izmēri ir mazāki par 2 mm, vēl vairāk jāsmalcina.

Augsnes paraugus pēc sagatavošanas uzglabā istabas temperatūrā, pēc iespējas samazinot mitruma un gaisa temperatūras svārstības. Paraugus jāpasargā no tiešas saules gaismas iedarbības.

1.2. Iekārtas

- Žāvskapis, ar termoregulāciju un piespiedu ventilāciju, kas spēj uzturēt temperatūru 40 °C ± 2 °C;
- Augsnes paraugu smalcinātājs (dzirnavas, piesta);
- Siets un sieta šķīvis un vāks, acs izmērs 2 mm.

1.3. Procedūra

Atsevišķos darba posmos, analītiķim būs jāpieņem lēmums, īpaši attiecībā uz to, vai izmēru frakcijas jāapvieno vai jāapstrādā atsevišķi: tas būs atkarīgs no augsnes īpašībām un analītiskās programmas mērķa.

Pēc jebkuras sadalīšanas, sijāšanas, smalcināšanas vai malšanas darbības (kuras dēļ dažāda izmēra daļiņas varētu noslāņoties) paraugs atkārtoti jāhomogenizē.

Paraugu žāvēšana gaisā

Visu materiālu izklāj uz paplātes, kura neabsorbē mitrumu no augsnes un to nepiesārņo, vienmērīgā slānī, kas nav biezāks par 15 mm. Ir svarīgi izvairīties no tiešas saulesgaismas. Lai paātrinātu žāvēšanu, procesa gaitā lielākos augsnes agregātus (D > 15 mm) sadrupina. Žāvēšanu veic, kamēr augsnes paraugu masas zudums 24 h laikā nav lielāks par 5% (m/m).

Paraugu žāvēšana žāvskapī

Visu materiālu izklāj uz paplātes, kura neabsorbē mitrumu no augsnes un to nepiesārņo, vienmērīgā slānī, kas nav biezāks par 15 mm. Ievieto paplāti žāvskapī un žāvē to temperatūrā, kas nav augstāka par 40 °C. Žāvēšanu veic, kamēr augsnes paraugu masas zudums 24 h laikā nav lielāks par 5% (m/m).

Parauga smalcināšana, $D < 2$ mm frakcijas atsijāšana

No augsnes izlasa akmeņus un ar sietu atsijā rupjākos piemaisījumus ($D > 2$ mm). Ja, augsnes paraugus žāvējot, radušies kukuļņi, nepieciešama smalcināšana, piemēram, piestā. Atsevišķi nosver un pieraksta protokolā augsnes smalko ($D < 2$ mm) un rupjo ($D > 2$ mm) piemaisījumu frakciju. Sasmalcina, bet ne samāļ augsnes smalko frakciju. Homogenizē augsnes smalko frakciju.

Parauga dalīšana

Parauga dalīšana ir nepieciešama, ja paraugu tā izmēra dēļ nevar uzglabāt vai izmantot pilnībā. Lai iegūtu laboratorijas paraugu, daļa (izmantojot kvartēšanas metodi) izžāvētu, sasmalcinātu un izsijātu paraugu ($D < 2$ mm) reprezentatīvās 200 g līdz 300 g daļās. Cik vien iespējams, jāizvairās no putekļu veidošanās.

Malšana

Ja analizēm vajadzīgais testējamais paraugs ir mazāks par 2 g, ir svarīgi tālāk sasmalcināt frakciju, kas mazāka par 2 mm. Maļ izžāvētu, sasmalcinātu un izsijātu augsnes reprezentatīvu parauga daļu, kamēr visa parauga daļa iziet cauri 250 μm vai cita izmēra sietam, ja tas norādīts testēšanas metodē.

Ja veic vairāk par vienu analīzi, līdz vismazākajam norādītajam daļiņu izmēram jāsamāļ pietiekams daudzums materiāla, lai visas analīzes varētu veikt no šīs vienas paraugu daļas.

Augsnes paraugu malšana, izmantojot dzirnavas IKA A 11 Basic:

- dzirnavas piemērotas mīkstu materiālu (kūdra, augsnes virskārta, citi organiskas izcelsmes materiāli) malšanai un cietu materiālu sasmalcināšanai;
- smalcinot cietus materiālus, izmantojams asmens ar volframa karbīda pārklājumu;
- smalcināšanas kameru piepilda ar augsnes materiālu tā, lai augsne nebūtu virs tās kameras daļas, kurai ir tērauda pārklājums (aptuveni 50-100 g);
- smalcināšanas kameru pieskrūvē pie dzirnavām, ieslēdz, iespiež asmeni augsnes materiālā un darbina ne ilgāk par 30 sekundēm;
- pēc tam asmeni izceļ un izslēdz dzirnavas;
- ja tiek smalcināts granšains materiāls, malšanu var atkārtot vēlreiz;
- ja malšanas laikā būtiski samazinās rotācijas ātrums, asmeni uz brīdi izceļ, ļauj ieskrieties un iegremdē atpakaļ augsnē;
- maļot mīkstus materiālus, var izmantot parasto asmeni;
- rupjākās daļiņas pirms malšanas jāsmalcina līdz $D < 10$ mm, paraugi nedrīkst būt pārāk mitri, lai nepieliptu kameras sienām.

Atsauces

LVS ISO 11464. 2005. Augsnes kvalitāte. Parauga sagatavošana fizikāli-ķīmiskām analizēm. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 14 lpp.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

2. Sausnas un mitruma satura noteikšana žāvējot paraugu žāvskapī

Metodika	LVS ISO 11465:2002
Metodes princips	Gravimetrija
Darbības lauks	Visa veida augsnes un augu materiāla paraugiem

2.1. Princips

Gan augsnes, gan augu materiāla analīžu rezultāti pārrēķināmi uz absolūti sausu paraugu, tāpēc mitruma saturu gaissausā paraugā nosaka pirms analīžu veikšanas.

Gaissauss paraugs tiek žāvēts atmosfērā 105 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai. Mitruma saturs tiek aprēķināts no parauga masas zuduma.

2.2. Iekārtas, trauki

- Sverglāzītes ar cieši noslēdzamu vāciņu, tilpums 25-100 mL;
- Žāvskapis, ar termoregulāciju, kas spēj uzturēt temperatūru 105 °C ± 5 °C;
- Analītiskie svāri, precizitāte 0,0001 g;
- Laboratorijas karote;
- Eksikators.

2.3. Procedūra gaissausiem paraugiem

5-10 g augsnes smalkās frakcijas (D < 2 mm) vai samalta augu materiāla ieber sverglāzītē, kas izkarsēta 105 °C temperatūrā vismaz 45 min, ar zināmu masu, uzliek vāciņu un nosver uz analītiskajiem svāriem. Paraugus, iepriekš noņemot sverglāzītes vāciņu, liek žāvskapī un žāvē līdz nemainīgai masai 105 °C temperatūrā.

Sverglāzītes ar absolūti sausu paraugu izņem no žāvskapja, uzliek vāciņus, atdzesē eksikatorā vismaz 45 minūtes un nosver uz analītiskajiem svāriem ar precizitāti 0,0001 g.

2.4. Procedūra dabiski mitriem paraugiem

Paraugu izklāj uz tīras virsmas, kas neabsorbē mitrumu, un samaisa (augšnes, meža nobiru paraugi). No augsnes izlasa akmeņus un rupjākos piemaisījumus (D > 2 mm). Koku stumbru ripu paraugiem notīra skaidas.

5-10 g augsnes ieber sverglāzītē, kas izkarsēta 105 °C temperatūrā vismaz 45 min, ar zināmu masu, uzliek vāciņu un nosver uz analītiskajiem svāriem. Paraugus, iepriekš noņemot sverglāzītes vāciņu, liek žāvskapī un žāvē līdz nemainīgai masai 105 °C temperatūrā.

Koksnes vai augu materiāla paraugus ievieto žāvēšanai paredzētos konteineros ar zināmu masu, nosver uz analītiskajiem svāriem. Paraugus liek žāvskapī un žāvē līdz nemainīgai masai 105 °C temperatūrā.

Sverglāzītes vai konteinerus ar absolūti sausu paraugu izņem no žāvskapja, uzliek vāciņus sverglāzītēm, atdzesē (sverglāzītes atdzesē eksikatorā) un nosver uz analītiskajiem svāriem ar precizitāti 0,0001 g.

2.5. Aprēķini

Aprēķina sausnas saturu (W_{dm}) un absolūto mitruma saturu (W_{H_2O}) paraugā:

$$W_{dm} = \frac{(B - C)}{(A - C)} \times 100 \quad \text{un}$$

$$W_{H_2O} = \frac{(A - B)}{(B - C)} \times 100 \quad , \text{ kur}$$

W_{dm} – sausnas saturs paraugā, %;

W_{H_2O} – absolūtais mitruma saturs paraugā, %;

A – sverglāzītes vai konteineru un gaissausa vai dabiski mitra parauga masa, g;

B – sverglāzītes vai konteineru un absolūti sausa parauga masa, g;

C – sverglāzītes vai konteineru masa, g.

Mitruma pārrēķinu koeficientu (K_m) aprēķina:

$$K_m = \frac{(100 + W_{H_2O})}{100} .$$

Lai analīžu rezultātus izteiktu uz absolūti sausu paraugu, analīžu rezultāts tiek reizināts ar mitruma pārrēķinu koeficientu (K_m).

Atsauces

LVS ISO 11465. 2002. Augsnes kvalitāte. Sausnas un ūdens masas satura noteikšana. Gravimetriskā metode. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 12 lpp.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

3. Augsnes granulometriskā sastāva noteikšana

Metodika	LVS ISO 11277:2000
Metodes princips	Slapjā sijāšana un sedimentācija (pipetes metode)
Darbības lauks	Minerālaugsne

3.1. Princips

Augsnes minerālās frakcijas sadalīšana granulometriskā sastāva frakcijās un šo frakciju procentuālā sadalījuma noteikšana. Granulometrisko sastāvu nosaka smalkajai ($D < 2$ mm) augsnes frakcijai. Ar sauso sijāšanu nosaka daļiņas, kuras neiziet cauri sietam ar 2 mm atvērumiem. Daļiņas, kas iziet cauri šādam sietam, bet paliek uz sieta ar 0,063 mm atvērumiem, nosaka, apvienojot sauso un slapjo sijāšanu, kamēr daļiņas, kas iziet cauri pēdējam sietam, nosaka ar sedimentāciju (pipetes metode). Sijāšanas un sedimentācijas apvienošana dod iespēju konstruēt nepārtrauktu daļiņu sadalījuma līkni.

Ar sedimentāciju un sijāšanu atdalītās frakciju daļas tiek noteiktas, sverot šo frakciju masu. Tiek izmantota pipetes metode, kas balstās uz to, ka daļiņu nogulsnešānās sedimentācijas cilindrā notiek saskaņā ar Stoksa likumu un tā pieņēmumiem, kas ir šādi:

- daļiņas ir cietas, gludas sfēras;
- daļiņas nogulsnešānās laminārā plūsmā, t. i. Reinoldsa (Reynolds Numbr) skaitlis ir mazāks par apmēram 0,2. Ja nogulsnešānās notiek saskaņā ar Stoksa likumu gravitācijas spēka iespaidā, tad šis nosacījums nosaka vislielāko ekvivalento daļiņas sfēras diametru mazliet lielāku par 0,06 mm;
- daļiņas suspensija ir pietiekami atšķaidīta, nodrošinot to, ka daļiņas viena otrai netraucē nogulsnēties;
- starp daļiņām un šķīdumu nepastāv mijiedarbība;
- suspensijas kolonnas diametrs ir pietiekami liels attiecībā pret daļiņu diametru, t. i. tiek uzskatīts, ka šķīdums ir ar „bezgalīgu tilpumu”;
- daļiņa ir sasniegusi savu maksimālo ātrumu;
- daļiņām ir viens un tas pats relatīvais blīvums.

Tādā veidā daļiņas diametrs ir definēts ar sfēras diametru, kas suspensijā uzvedas kā dotā daļiņa. Šis ir ekvivalentās sfēras diametra jēdziens. Stoksa likumu var uzrakstīt saskaņā ar vienādojumu:

$$t = \frac{18 \eta h}{(\rho_s - \rho_w) g d_p^2}, \text{ kur}$$

t – daļiņu, kuru diametrs ir d_p , nogulsnešānās laiks, s;

η – ūdens dinamiskā viskozitāte pie testēšanas temperatūras, mPa s⁻¹;

h – parauga ņemšanas dziļums, cm;

ρ_s – daļiņu vidējais blīvums, Mg m⁻³;

ρ_w – šķīduma blīvums, kas satur grunts suspensiju, Mg m⁻³;

g – smaguma spēka paātrinājums, cm s⁻²;

d_p – attiecīgās daļiņas ekvivalentais sfēras diametrs, mm.

Vissvarīgākais šīs analīzes etaps ir paraugu apstrāde, lai izšķīdinātu visus augsnes agregātus. Granulometriskā sastāva noteikšanu ietekmē organiskās vielas, šķīstošie sāļi, saistošas vielas (it sevišķi dzelzs savienojumi), relatīvi nešķīstošas vielas, piemēram, karbonāti un sulfāti, vai to savienojumi.

3.2. Iekārtas, trauki

- Analītiskie svāri, precizitāte 0,0001 g;
- Stikla koniskā kolba, 500 mL;
- Pulkstenstikliņš;
- Sedimentācijas cilindri, 500 mL;
- Mērcilindrs, 100 mL;
- Mērcilindrs, 50 mL;
- Mērcilindrs, 25 mL;
- Stikla mērkolba, 1000 mL;
- Paraugu ņemšanas Mora pipete, 25 mL;
- Stikla piltuve, diametrs 23 cm, kurā var ievietot 63 μm sietu;
- Strūklene;
- Eksikators;
- Stikla spieķīši paraugu sajaukšanai;
- Sverglāzītes ar zināmu svaru (precizitāte 0,0001 g);
- Siets, 63 μm atvērumi;
- Žāvkapis, ar termoregulāciju, kas spēj uzturēt temperatūru $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Elektriskā plītiņa;
- Konduktometrs (precizitāte 0,1 dS m^{-1});
- Orbitālais daudzfunkciju kratītājs;
- Hronometrs;
- Pipetors.

3.3. Reaģenti

- Dejonizēta ūdens;
- Kalcija hlorīda (CaCl_2) šķīdums, 1 M, analītiski tīrs;
- Ūdeņraža peroksīds (H_2O_2), 30%, analītiski tīrs;
- Oktan-2-ols (pretputošanās līdzeklis), analītiski tīrs;
- Nātrija heksametafosfāts (NaPO_3)₆, analītiski tīrs;
- Nātrija karbonāts (Na_2CO_3), analītiski tīrs;
- Silikagels ar mitruma indikatoru.

3.4. Procedūra

Paraugs

Augsnes paraugs tiek ņemts no materiāla, kura frakcijas diametrs < 2 mm un sver uz analītiskajiem svāriem ar precizitāti 0,0001 g. Parauga masa ir atkarīga no augsnes tipa, bet parasti ņem 10 g augsnes

parauga (smilts augsnes paraugus var ņemt līdz 30 g). Augsnes ar augstu organisko vielu daudzumu satur maz minerālmateriāla. Tāpēc, lai iegūtu pietiekamu minerālmateriāla daudzumu granulometriskā sastāva drošai analīzei, var būt nepieciešams ņemt apmēram līdz 100 g šādas augsnes. Paraugus ieber 500 mL stikla koniskās kolbās.

Organiskās vielas noārdīšana

Lai nodrošinātu tikai primāro daļiņu mērīšanu, bet ne brīvi saistītos minerālmateriālus, no parauga, oksidējot ar ūdeņraža peroksīdu, atdala organiskās vielas. Pievieno augsnes paraugam apmēram 30 mL dejonizēta ūdens un ļauj paraugam labi samitrināties. Pievieno 30 mL 30% ūdeņraža peroksīda šķīduma un viegli samaisa trauka saturu ar stikla stienīti. Intensīva ķīmiska reakcija var izraisīt parauga maisījuma putošanos. Šo procesu var vadīt, pievienojot dažus mililitrus oktan-2-ola. Kolbu nosedz ar pulksteņstikliņu un atstāj uz 12 stundām.

Novieto kolbu uz elektriskās plītiņas un uzkarsē. Lai novērstu putošanos pievieno dažus pilienus oktan-2-olu un bieži samaisa kolbas saturu. Neļauj saturam izžūt, nepieciešamības gadījumā pievieno dejonizētu ūdeni. Uzkarsē suspensiju līdz viršanai un karsē līdz vairs neizdalās O₂ burbuļi, kas saistīti ar H₂O₂ sadalīšanos. Ja augsnes paraugā ir redzamas organiskas vielas pazīmes, kolbu atdzesē un atkārti apstrādi ar H₂O₂. Augsnēm ar augstu organisko vielu saturu ir nepieciešamas vairākas šādas apstrādes.

Šķīstošo sāļu un ģipša atdalīšana

Augsnes suspensijai pievieno 25 mL 1 M CaCl₂ šķīdumu, samaisa un uzpilda ar ūdeni līdz 250 mL atzīmei. Ļauj suspensijai nostāties līdz virspusē esošais šķīduma slānis ir kļuvis dzidrs. Šķidro frakciju atdala dekantējot. Lai no parauga atdalītu sāļus, it īpaši mazšķīstošos sāļus, tādus kā ģipsi, kuri aizkavē izkliedēšanu un veicina smalkāko augsnes daļiņu pārslu veidošanos suspensijā, pievieno 250 mL ūdens un atkārti mazgāšanas procesu, kamēr atdalīti visi izšķīdinātās vielas tumšie atlikumi. Pirms nākamā parauga apstrādes etapa pārbauda, vai suspensijas elektrovadītspēja ir mazāka par 0,4 dS m⁻¹.

Suspendēšana

Augsnes paraugam pievieno 150-200 mL ūdens, sakrata līdz iegūst viendabīgu suspensiju un ar Mora pipeti pievieno 25 mL suspendēšanas aģentu, kuru pagatavo 33,0000 ± 0,0001 g nātrija heksametafosfāta un 7,0000 ± 0,0001 g nātrija karbonāta izšķīdinot 1 L mērkolbā un atšķaidot līdz atzīmei. Abus reaģentus pirms šķīduma pagatavošanas žāvē 12 stundas 105 °C temperatūrā. Šķīdums ir nestabils un nav uzglabājams ilgāk par 1 mēnesi. Kolbas liek orbitālā daudzfunkciju kratītājā un krata 18 stundas.

Slapjā sijāšana ar 63 μm sietu

Nostiprina 63 μm sietu piltuvē, ko ievieto 500 mL sedimentācijas cilindrā, kas novietots konstantas temperatūras vidē. Izlej augsnes suspensiju uz sieta. Mazgā sietu un trauku, kur atradās augsne, ar skalošanas pudeli (strūklēni) līdz ūdens ir dzidrs. Tilpumam sedimentācijas traukā jābūt mazākam par 500 mL. Noņem sietu no piltuves un ieskalo augsni sverglāzītē, kurai ir zināma masa ar precizitāti 0,0001 g. Skalojot sietu tīra ar stikla spieķīti, lai visas augsnes daļiņas nonāktu sverglāzītē. Piltuvi noskalo ar ūdeni un sedimentācijas cilindru uzpilda līdz 500 mL atzīmei ar ūdeni. Sverglāzīti žāvē 105 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai un nosver uz analītiskajiem svariem ar precizitāti 0,0001 g.

Sedimentācija

Novieto sedimentācijas cilindrus kontrolētā temperatūras vidē un sakrata vismaz 30 reizes/minūtē 2 minūtes. Novieto sedimentācijas cilindru nekustīgi un ieslēdz hronometru. Apmēram 15 sekundes pirms

paraugu ņemšanas iegremdē kalibrētu pipeti ar aizvērtu galu sedimentācijas cilindra centrā nepieciešamajā dziļumā (Tab. 1). Iegremdēšanu pabeidz 10 sekunžu laikā, pēc iespējas mazāk saduļķojot suspensiju. Pipetē iesūc nepieciešamo parauga tilpumu. Šis process ilgst līdz 10 sekundēm. Pipeti uzmanīgi izvelk no cilindra un izlej sverglāzītē, kuras masa ir zināma ar precizitāti 0,0001 g. Pipeti izskalo ar ūdeni, suspensijas atliekas ieskalojot sverglāzītē. Sverglāzīti žāvē 105 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai un pēc atdzesēšanas eksikatorā, kurā kā žāvēšanas aģents izmantots silikagels, nosver uz analītiskajiem svariem ar precizitāti 0,0001 g. Pipeti nosusina no ārpuses un ņem nākamo augsnes paraugu. Paraugu ņemšanas laiks atkarībā no vides temperatūras dažādām frakcijām parādīts Tab. 1.

Tab. 1 Paraugu ņemšanas laiks un dziļums granulometriskā sastāva noteikšanai

Temperatūra (°C)	Laiks (pēc uzduļķošanas) parauga ņemšanas uzsākšanai	
	Frakcija: < 63 μm Parauga ņemšanas dziļums: 200 mm ±1 mm	Frakcija: < 2 μm Parauga ņemšanas dziļums: 100 mm ±1 mm
20	56 s	7 st 44 min 16 s
21	54 s	7 st 34 min 04 s
22	53 s	7 st 23 min 53 s
23	52 s	7 st 13 min 13 s
24	51 s	7 st 03 min 02 s
25	49 s	6 st 52 min 50 s
26	48 s	6 st 44 min 02 s
27	47 s	6 st 35 min 42 s
28	46 s	6 st 26 min 53 s
29	45 s	6 st 18 min 33 s
30	44 s	6 st 09 min 45 s

Daļiņu grimšanas ātrumu dažādās temperatūrās var aprēķināt ar Stoksa formulu:

$$V = \frac{0,222 \times r^2 \times (d_1 - d_2) \times g}{n}, \text{ kur}$$

V – daļiņu grimšanas ātrums, cm sek⁻¹;

r – daļiņu rādiuss, cm;

d₁ – augsnes daļiņu īpatnējā masa;

d₂ – šķidruma īpatnējā masa;

n – šķidruma viskozitāte dotajā temperatūrā;

g – smaguma spēka radītais paātrinājums, 981 cm sek⁻¹.

3.5. Aprēķini

Aprēķina metode balstās uz to, ka parauga masa ir tās atsevišķo daļiņu frakciju summa.

Aprēķina suspensijas 500 mL (mf₁, mf₂) esošo cieto vielu masu (gramos) katram ar pipeti parauga ņemšanas laika momentam ar šādas formulas palīdzību:

Masa frakcijai < 63 μm (500 mL tilpumā): $mf_1 = ms_1 \times \left(\frac{500}{V_c}\right)$;

Masa frakcijai < 2 μm (500 mL tilpumā): $mf_2 = ms_2 \times \left(\frac{500}{V_c}\right)$, kur

mf_x – sausnas masa 500 mL suspensijas, g;

ms_x – pipetēšanā iegūtā materiāla masa paraugam, g;

V_c – pipetes kalibrēšanas tilpums, mL.

Abas frakcijas satur dispersēšanas aģentu, tāpēc nepieciešama rezultātu korekcija. Sausnas saturu m_d 500 mL kontroles šķīduma ar dispersēšanas aģentu aprēķina:

Dispersēšanas aģenta masa 500 mL suspensijas $m_d = m_r \times \left(\frac{500}{V_c}\right)$, kur

m_r – atliekuma masa, g;

V_c – pipetes kalibrēšanas tilpums, mL.

Pipetēto frakciju masas (aprēķinātas no 500 mL) apzīmē šādi:

frakcija < 0,063 mm = mf_1 ;

frakcija < 0,002 mm = mf_2 .

Īsākos laika intervālos ņemtie paraugi saturēs materiālu ar mazāku daļiņu izmēru, un katrs paraugs saturēs to pašu šķīdināšanas līdzekļa masu, t.i., m_r . Tādēļ frakciju masu var aprēķināt šādi:

Māla frakcijas masa (< 2 μm) = $mf_2 - m_d$

Putekļu frakcijas masa (2 μm - 63 μm) = $mf_1 - mf_2$

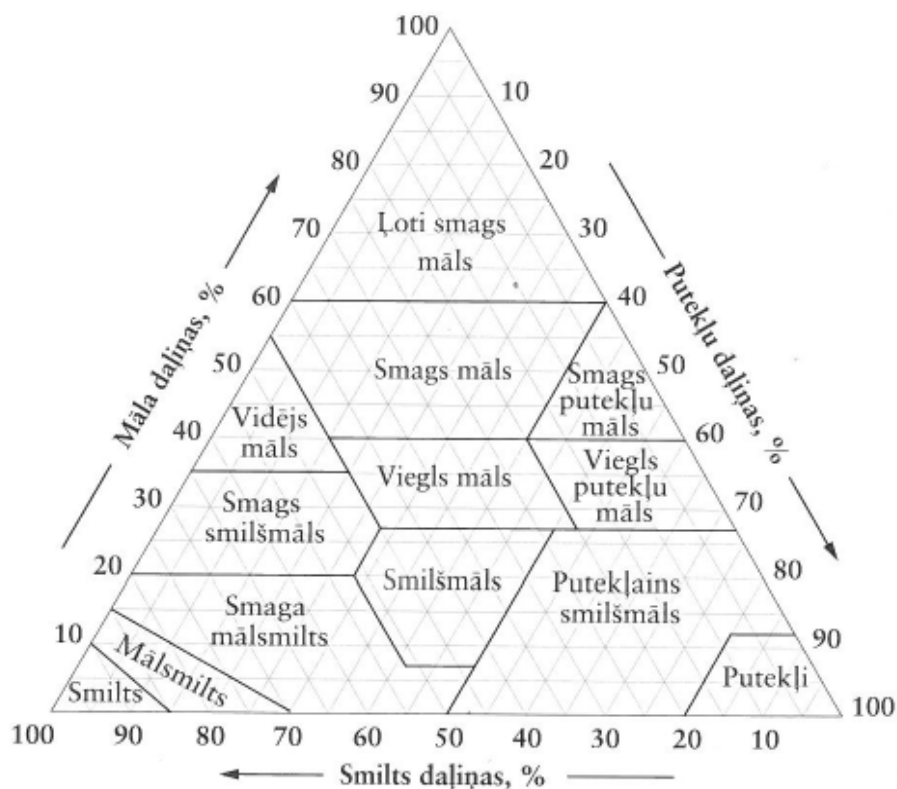
Smilšu frakcijas masa (63 μm - 2 mm) = mf_s

Aprēķinu metodē pieņemts, ka parauga masa ir frakciju masas summa, nevis sākotnējā parauga masa. Summējot frakciju masu, aprēķināto parauga masu apzīmē ar m_t .

Katras frakcijas proporcionālo saturu aprēķina:

$$\text{Proporcijas} = \frac{\text{Frakcijas masa}}{m_t}$$

Sakarība starp granulometriskā sastāva pamatgrupām, ņemot vērā māla, putekļu un smilts daļiņu attiecību augsni, ir parādīta Att. 3.



Att. 1 Nomogramma augsnes granulometriskā sastāva grupu noteikšanai.

Atsauces

LVS ISO 11277. 2000. Grunts kvalitāte. Minerālo grunts materiālu granulometriskā sastāva noteikšana. Sijāšanas un sedimentācijas metode. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 39 lpp.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

4. Augsnis blīvuma noteikšana

Metodika	LVS ISO 11272:1998
Metodes princips	Attiecība starp absolūti sausas augsnes masu un svaigi ievākta parauga ar nesajauktu struktūru tilpumu
Darbības lauks	Nav pielietojama, ja augsnē ir daudz sakņu, akmeņu, tā ir ļoti sausa vai cieta

4.1. Princips

Augsnes blīvums (*dry bulk density*) ir attiecība starp absolūti sausas augsnes masu un svaigi ievākta parauga ar nesajauktu struktūru tilpumu.

Augsnes tilpuma noteikšanai var izmantot dažādas metodes, sākot no vienkāršām – zināma tilpuma paraugu ievākšana, žāvēšana un svēršana, līdz gamma radiometrijas metodēm. Ieteicamākā metode ir lietot tilpuma paraugu ievākšanai zināma tilpuma tērauda cilindrus (100 cm³ vai 400 cm³), ko iespiež augsnē vertikāli vai horizontāli. Lielāka tilpuma paraugu ņemšana samazina kļūdas iespējas, bet tam nepieciešams smagāks tehniskais nodrošinājums. Šī metode nav pielietojama, ja augsnē ir daudz sakņu, akmeņu, tā ir ļoti sausa vai cieta. Šādos apstākļos ieteicams pielietot citu metodi – augsnē horizontālajā plaknē izrok bedrīti, ko piepilda ar zināma blīvuma materiālu, piemēram smiltīm vai ūdeni, bet no bedrītes izrakto augsni savāc, izžāvē un nosver.

4.2. Iekārtas

- Paraugu ņemšanas iekārtas – plāna metāla cilindri ar tilpumu 100 cm³ vai 400 cm³;
- Svāri, precizitāte 0,01 g;
- Žāvkapsis, ar termoregulāciju, kas spēj uzturēt temperatūru 105 °C ± 2 °C;
- Petri plates vai citi parauga žāvēšanai piemēroti konteineri;
- Eksikators;
- Nazis vai asa lāpstiņa.

4.3. Procedūra

Augsnes cilindru horizontāli vai vertikāli iespiež augsnē, nemainot spiediena virzienu un neizmainot augsnes struktūru. Uzmanīgi izvelk augsnes cilindru un tā saturu, uzmanīgi apgriez lieko augsni abos cilindra galos ar nazi vai asu lāpstiņu. Paraugu pārvieto paraugu turētājā vai noslēgtā maisiņā un laboratorijā žāvē žāvkapī līdz nemainīgai masai 105 °C temperatūrā (vismaz 48 stundas). Pēc tam paraugus atdzesē eksikatorā un nosver tūlīt pēc izņemšanas no eksikatora. Par nemainīgu var uzskatīt masu, kas 4 h laikā mainās mazāk par 0,01% no parauga masas.

4.4. Aprēķini

Augsnēs, kas nesatur rupjos piemaisījumus

Aprēķina augsnes blīvumu (BD_s), izmantojot sekojošu vienādojumu:

$$BD_s = \frac{m_t - m_s}{V}, \text{ kur}$$

BD_s - augsnes blīvums, $g\ cm^{-3}$;

m_t – Petri plates, paraugu turētāja vai žāvēšanai piemērota konteinera masa kopā ar absolūti sausa augsnes parauga masu, g;

m_s - Petri plates, paraugu turētāja vai žāvēšanai piemērota konteinera masa, g;

V – parauga tilpums, cm^3 .

Augsnēs, kas satur rupjos piemaisījumus

Augsnes, kas satur rupjos piemaisījumus, smalkās frakcijas ($D < 2\ mm$) blīvumu (BD_{fs}) aprēķina:

$$BD_{fs} = \frac{m_{ft} - m_s}{V - V_c}, \text{ kur}$$

BD_{fs} – augsnes smalkās frakcijas blīvums, $g\ cm^{-3}$;

m_{ft} – Petri plates, paraugu turētāja vai žāvēšanai piemērota konteinera masa kopā ar absolūti sausa augsnes smalkās frakcijas parauga masu, g;

m_s - Petri plates, paraugu turētāja vai žāvēšanai piemērota konteinera masa, g;

V – parauga tilpums, cm^3 ;

V_c – augsnes rupjo piemaisījumu tilpums, cm^3 .

$$x(g\ cm^{-3}) = 1000 \cdot x(kg\ m^{-3})$$

Atsauces

LVS ISO 11272. 1998. Augsnes kvalitāte. Sausa augsnes parauga blīvuma noteikšana. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 16 lpp.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

5. Augsnes rupjo piemaisījumu noteikšana

Metodika	ISO 11272
Metodes princips	Sijāšana un gravimetrija
Darbības lauks	Minerālaugsne

5.1. Princips

Rupjā frakcija tiek atdalīta augsnes paraugu sagatavošanas laikā. Rupjo piemaisījumu daudzumu (procentuālo masas attiecību) nosaka, sverot atlikumus, kas paliek pēc sijāšanas ar 2 mm sietu.

5.2. Iekārtas

Svari, precizitāte 0,01 g;

Siets, 2 mm atvērumi, sieta šķīvis un vāks;

Žāvkapis, ar termoregulāciju, kas spēj uzturēt temperatūru $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.3. Procedūra

Nav nepieciešamas papildus darbības, izmanto datus, kas iegūti augsnes parauga sagatavošanas laikā. Rupjā frakcija tiek atdalīta augsnes paraugu sagatavošanas laikā. Rupjo piemaisījumu daudzumu (procentuālo masas attiecību) nosaka, sverot absolūti sausu atlikumus, kas paliek pēc sijāšanas ar 2 mm sietu.

5.4. Aprēķini

Rupjo piemaisījumu daudzumu cf (masas daļa, %) nosaka, sverot absolūti sausu atlikumu, kas paliek pāri pēc sijāšanas ar 2 mm sietu:

$$cf \text{ (masas daļa, \%)} = \frac{m_{\text{frakcija} > 2 \text{ mm}}}{m_{\text{kop.}}} \times 100, \text{ kur}$$

$m_{\text{frakcija} > 2 \text{ mm}}$ – masa absolūti sausiai augsnes rupjo piemaisījumu ($D > 2 \text{ mm}$) frakcijai, g;

$m_{\text{kop.}}$ - kopējā absolūti sausas augsnes masa, g.

Lai masu pārrēķinātu uz tilpumu, jānosaka augsnes smalkās frakcijas un rupjo piemaisījumu blīvums:

$$cf \text{ (tilpuma daļa, \%)} = \frac{BD_s}{BD_{cf}} \times cf \text{ (masas daļa, \%)}, \text{ kur}$$

BD_s – augsnes blīvums, kg m^{-3} ;

BD_{cf} – rupjās frakcijas blīvums, vidēji 2650 kg m^{-3} ;

cf (masas daļa, %) - rupjās frakcijas procentuālais daudzums pēc masas, %;

cf (tilpuma daļa, %) - rupjās frakcijas procentuālais daudzums pēc tilpuma, %.

Atsauces

LVS ISO 11464. 2005. Augsnes kvalitāte. Parauga sagatavošana fizikāli-ķīmiskām analīzēm. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 14 lpp.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

6. Augsnes pH(H₂O), pH(KCl) un pH(CaCl₂) noteikšana

Metodika	LVS ISO 10390
Metodes princips	Potenciometrija
Darbības lauks	Visa veida gaissausiem augsnes paraugiem

6.1. Princips

Augsnes skābums ir ļoti raksturīga augšņu un meža tipa īpašība. Augsnes skābumu iedala šādi: aktīvā reakcija (pH-H₂O), potenciālais, hidrolītiskais un apmaiņas skābums (pH-KCl, pH-CaCl₂).

Augsnes pH nosaka potenciometriski augsnes suspensijā (tilpuma attiecība 1:5) dejonizētā ūdenī (pH-H₂O), 1 M kālija hlorīda (pH-KCl) vai 0,01 M kalcija hlorīda (pH-CaCl₂) šķīdumā.

6.2. Iekārtas, trauki

- pH-metrs ar temperatūras kompensācijas ierīci un taisnes slīpuma koeficienta korekciju milivoltos pret pH vērtību;
- Kombinētais stikla un salīdzināšanas elektrods;
- Paraugu glāzītes, tilpums 50 mL;
- Tehniskie svāri, precizitāte 0,1 g.

6.3. Reaģenti

- Dejonizēts ūdens, kura elektrovadītspēja 25 °C temperatūrā nepārsniedz 0,2 μS cm⁻¹ un pH vērtība ir lielāka par 5,6;
- Kālija hlorīds (KCl);
- Kalcija hlorīda (CaCl₂ vai CaCl₂·2H₂O);
- Standarta buferšķīdums pH 4,00±0,02;
- Standarta buferšķīdums pH 7,00±0,02;
- Kālija hlorīda šķīdums elektroda uzglabāšanai, 3 mol L⁻¹ (224 g L⁻¹).

6.4. Paraugs

Lieto gaissausas augsnes paraugu vai ne augstāk par 40 °C temperatūrā žāvētas augsnes parauga frakciju, kas izsijāta caur sietu, kura acs izmērs ir 2 mm.

6.5. Procedūra

1 M KCl šķīduma pagatavošana

1000 mL mērkolbā 74,56 g kālija hlorīda (KCl) izšķīdina 800 mL dejonizēta ūdens, mērkolbu uzpilda līdz atzīmei.

0,01 M CaCl₂ šķīduma pagatavošana

1000 mL mērkolbā 1,47 g kalcija hlorīda dihidrāta (CaCl₂·2H₂O) vai 1,11 g bezūdens kalcija hlorīda (CaCl₂) izšķīdina 800 mL dejonizēta ūdens, mērkolbu uzpilda līdz atzīmei.

Suspensijas pagatavošana

Nosver 5,0 g minerālaugsnes vai 1,5-2,5 g organiskās augsnes parauga (frakcija D < 2 mm), kas atbilst 5 mL tilpumam, un pārnes parauga glāzītē. Pielej 5 reizes lielāku tilpumu (25 mL) dejonizēta ūdens, 0,01 M kalcija hlorīda vai 1 M kālija hlorīda šķīdumu. Suspensiju kārtīgi samaisa un gaida vismaz 2 h, bet ne ilgāk kā 3 h.

pH metra kalibrēšana

Pirms pH mērījumu veikšanas pH metra stikla kombinēto elektrodu ievieto dejonizētā ūdenī un atstāj uz ~ 30 min. Pēc tam atbilstoši ražotāja norādījumiem veic pH-metra kalibrēšanu, izmantojot standarta buferšķīdumus ar pH 4,00±0,02 un 7,00±0,02.

pH mērīšana

Tieši pirms pH mērīšanas suspensiju rūpīgi samaisa. Elektrodu noskalo ar ūdeni un iemērc paraugā. pH mēra, suspensijai nosēžoties. pH nolasa tad, kad sasniegta stabilizācija. Nolasījumu var uzskatīt par stabilu, ja mērītā pH vērtība 5 s laikā mainās ne vairāk kā par 0,02 pH vienībām. Vērtības pieraksta ar divām decimālzīmēm.

Pēc darba beigšanas elektrods tiek rūpīgi noskalots ar dejonizētu ūdeni un ievietots 3 M KCl šķīdumā uzglabāšanai.

Atkārtojamība

Prasības pH mērījumu atkārtojamībai divās atsevišķi gatavotās suspensijās ir šādas (skat. Tab. 2).

Tab. 2 pH mērījumu atkārtojamība

pH intervāls	Pieņemama novirze
pH ≤ 7,00	0,15
7,00 – 7,50	0,20
7,50 – 8,00	0,30
pH > 8,00	0,40

Atsauces

LVS ISO 10390. 2002. Augsnes kvalitāte. pH noteikšana. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 11 lpp.

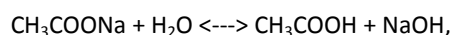
ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

7. Augsnes hidrolītiskā skābuma noteikšana pēc Kappena

Metodika	Kappena
Metodes princips	Titrimetrija
Darbības lauks	Visa veida gaissausiem augsnes paraugiem

7.1. Princips

Hidrolītisko skābumu veido pie augsnes koloīdiem ciešāk saistīti H^+ , retāk Al^{3+} joni, kurus var apmainīt, tikai augsni apstrādājot ar hidrolītiski bāziskas sāls šķīdumu, piemēram, līdz pH 8,2 buferētu nātrija vai kalcija acetāta šķīdumu. Stipras bāzes un vājas skābes sāļi no adsorbcijas kompleksa difūzā slāņa izspiež un nomaina H^+ un Al^{3+} katjonus. Nātrija acetāts ir hidrolītiski bāziska sāls:



tāpēc arī šo augsnes skābuma daļu sauc par hidrolītisko skābumu.

7.2. Iekārtas, trauki

- Svari, precizitāte 0,01 g;
- Stikla vārglāze, 50 mL;
- Stikla mērcilindrs, 25 mL;
- Stikla spieķītis augsnes suspensijas samaisīšanai;
- Stikla koniskā kolba, 100 mL;
- Stikla piltuve, diametrs ~ 6 cm;
- Filtrpapīrs;
- Mora pipete, 25 mL, 15 mL, 10 mL;
- Titrators, precizitāte 0,01 mL.

7.3. Reāģenti

- Dejonizēts ūdens;
- Nātrija acetāts, trihidrāts ($CH_3COONa \cdot 3H_2O$);
- Nātrija hidroksīda (NaOH) šķīdums, 0,1 M, pagatavots no fiksānāla;
- Fenolftaleīna šķīdumu etilspirtā (pagatavošana: 0,1 g fenolftaleīna šķīdina 100 mL 60% etilspirta).

7.4. Paraugs

Lieto gaissausas augsnes paraugu vai ne augstāk par 40 °C temperatūrā žāvētas augsnes parauga frakciju, kas izsijāta caur sietu, kura acs izmērs ir 2 mm.

7.5. Procedūra

Nosver 5,00 g augsnes parauga, ieber 50 mL vārglāzē un uzlej 25 mL 1 M nātrija acetāta (CH_3COONa) šķīdumu, atstāj stāvēt 1 stundu, paraugu suspensiju ik pa laikam apmaisot. Pēc tam filtrē stikla koniskā kolbā caur filtrpapīru. Filtrāta pirmās porcijas, ja tās duļķainas, salej atpakaļ izvilkumā.

Tīrā stikla vārglāzē (50 mL) ar pipeti ielej 10-20 mL filtrāta (filtrāta tilpumu pieraksta protokolā), piepilina 1 vai 2 pilienus fenolftaleīna šķīdumu etilspirtā un titrē ar 0,1 M NaOH šķīdumu līdz vāji sārtai krāsai. Protokolā pieraksta patērētā 0,1 M NaOH šķīduma tilpumu.

1 M CH_3COONa šķīduma pagatavošana: 1 L mērkolbā nelielā dejonizēta ūdens tilpumā izšķīdina 136 g $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, pēc tam mērkolbu uzpildot ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

7.6. Aprēķini

Augsnes hidrolītisko skābumu aprēķina, izmantojot vienādojumu:

$$H_{m\text{-ekv}} = \frac{0,1 \cdot A \cdot 1,75 \cdot 100}{B}, \text{ kur}$$

$H_{m\text{-ekv}}$ – hidrolītiskais skābums, m-ekv 100 g augsnes⁻¹;

0,1 – titrēšanai lietotā NaOH koncentrācija, mol L⁻¹;

A – titrēšanai izlietotais NaOH šķīduma tilpums, mL;

B – augsnes masa, g, kas atbilst titrēšanai ņemtajam filtrāta daudzumam;

1,75 – faktors kopējā hidrolītiskā skābuma aprēķināšanai;

100 – koeficients rezultātu pārrēķināšanai uz 100 gramiem.

Atsauces

A.Pāvule. 1978. Agroķīmiķa rokasgrāmata, Rīga, Liesma, 279 lpp.

8. Augsnes adsorbēto bāzu summas un piesātinājuma noteikšana

Metodika	A. Pāvule
Metodes princips	Titrimetrija
Darbības lauks	Visa veida gaissausiem augsnes paraugiem

8.1. Princips

Augsnes apmaiņas bāzu summu veido Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , un Na^+ jonu summa. Aprēķinot apmaiņas bāzu summu, neņem vērā H^+ un Al^{3+} daudzumu augsnē. Tāpēc minēto rādītāju sauc arī par "augšnes apmaiņas bāzisko katjonu summu".

Augsnes apmaiņas bāzisko katjonu īpatsvaru, kas izteikts procentos no kopējā adsorbēto katjonu daudzuma, sauc par augsnes piesātinājuma pakāpi ar bāzēm. Līdz ar to var uzskatīt, ka piesātinājuma pakāpe ar bāzēm parāda bāzisko un skābo (skābi veidojošo) katjonu attiecību augsnes adsorbcijas kompleksā. Augsta piesātinājuma pakāpe ar bāzēm palielina Ca^{2+} , Mg^{2+} un K^+ pieejamību augiem un novērš augsnes šķīduma paskābināšanos. Kopumā piesātinājuma pakāpe ir cieši saistīta ar augsnes reakciju. Skābām augsnēm ($\text{pH} < 4$) ir relatīvi zema piesātinājuma pakāpe ar bāzēm, jo augsnes adsorbcijas komplekss tikpat kā nesatur Ca^{2+} , Mg^{2+} un K^+ jonus. Piesātinājums ar bāzēm ir augsts augsnēm ar neitrālu vai vāji bāzisku reakciju, jo adsorbcijas komplekss satur Ca^{2+} un Mg^{2+} jonus.

8.2. Iekārtas, trauki

- Svari, precizitāte 0,01 g;
- Stikla vārglāze, 50 mL;
- Stikla mērcilindrs, 25 mL;
- Stikla spieķītis augsnes suspensijas samaisīšanai;
- Stikla koniskā kolba, 100 mL;
- Stikla piltuve, diametrs ~ 6 cm;
- Filtrpapīrs;
- Mora pipete, 25 mL, 15 mL, 10 mL;
- Elektriskā plītiņa;
- Titrators, precizitāte 0,01 mL.

8.3. Reaģenti

- Dejonizēts ūdens;
- Sālsskābes (HCl) šķīdums, 0,1 M, pagatavots no fiksānāla;
- Nātrija hidroksīda (NaOH) šķīdums, 0,1 M, pagatavots no fiksānāla;
- Fenolftaleīna šķīdumu etilspirtā (pagatavošana: 0,1 g fenolftaleīna šķīdina 100 mL 60% etilspirta).

8.4. Paraugs

Lieto gaissausas augsnes paraugu vai ne augstāk par 40 °C temperatūrā žāvētas augsnes parauga frakciju, kas izsijāta caur sietu, kura acs izmērs ir 2 mm.

8.5. Procedūra

Nosver 5,00 g augsnes parauga, ieber 50 mL vārglāzē un uzlej 25 mL 0,1 M sālsskābes (HCl) šķīdumu, atstāj stāvēt 24 stundas, paraugu suspensiju ik pa laikam apmaisot. Pēc tam filtrē stikla koniskā kolbā caur filtrpapīru. Filtrāta pirmās porcijas, ja tās duļķainas, salej atpakaļ izvilkumā.

Tīrā stikla vārglāzē (50 mL) ar pipeti ielej 10-20 mL filtrāta (filtrāta tilpumu pieraksta protokolā), uzkaršē uz elektriskās plītiņas un vāra 1-2 minūtes, piepilina 1 vai 2 pilienus fenolftaleīna šķīdumu etilspirtā un titrē ar 0,1 M NaOH šķīdumu līdz vāji sārta krāsai. Protokolā pieraksta patērētā 0,1 M NaOH šķīduma tilpumu.

8.6. Aprēķini

Augsnes apmaiņas bāzu summu aprēķina, izmantojot vienādojumu:

$$S_{m-ekv} = \frac{(a - b) \cdot 0,1 \cdot 100}{c}, \text{ kur}$$

S_{m-ekv} – apmaiņas bāzu summa, m-ekv 100 g augsnes⁻¹;

a – titrēšanai ņemtā šķīduma (filtrāta) tilpums, mL;

b – titrēšanai izlietotais NaOH šķīduma tilpums, mL;

0,1 – titrēšanai lietotā NaOH šķīduma koncentrācija, mol L⁻¹;

c – augsnes masa, kas atbilst titrēšanai ņemtā šķīduma daudzumam, g;

100 – koeficients rezultātu pārrēķināšanai uz 100 gramiem.

Augsnes piesātināšanas pakāpi (V) aprēķina šādi:

$$V = \frac{S \cdot 100}{T}, \text{ kur}$$

V – augsnes piesātināšanas pakāpe, %;

S – apmaiņas bāzu summa, m-ekv 100 g augsnes⁻¹;

T – kopējie apmaināmie katjoni, ko augsnes spēj adsorbēt, $T = S + H$;

H – hidrolītiskais skābums, m-ekv 100 g augsnes⁻¹.

Atsauces

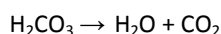
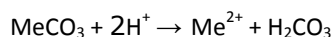
A.Pāvule. 1978. Agroķīmiķa rokasgrāmata, Rīga, Liesma, 279 lpp.

9. Karbonātu saturs augsnē noteikšana

Metodika	LVS ISO 10693:1995
Metodes princips	Tilpuma metode
Darbības lauks	Visa veida augsnes paraugiem

9.1. Princips

Lai noteiktu karbonātu daudzumu augsnē, augsnes paraugam tiek pievienota sālsskābe un mērīts oglekļa dioksīda izdalīšanās daudzums. Metodes pamatā ir sekojoša vispārīga reakcija:



Oglekļa dioksīda daudzumu, kas veidojas, karbonātiem reaģējot ar sālsskābi, nosaka ar kalcimetru (volumetriski). Karbonātu daudzums tiek rēķināts uz CaCO_3 saturu. Liela daļa karbonātu atrodas kalcīta un aragonīta formā, dolomītu $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ un siderītu FeCO_3 . Sausas augsnes reģionos ir sastopams nātrija karbonāts ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$).

9.2. Iekārtas

- Kalcimetrs;
- Analītiskie svāri, precizitāte 0,0001g;
- Koniskās kolbas, 250 mL;
- Mēģenes ar plakanu dibenu, 10 mL;
- Automātiskā pipete, 10 mL;
- Pincete;
- Mērcilindrs, 25 mL, 100 mL;
- Pulkstenstikls;
- Laboratorijas karotīte.

9.3 Reāģenti

- Destilēts ūdens, kura elektrovadītspēja 25 °C temperatūrā nav lielāka par $0,2 \mu\text{S cm}^{-1}$;
- Sālsskābes (HCl) šķīdums, 4 vai 6 M;
- Kalcija karbonāts (CaCO_3).

9.4. Procedūra

4 M sālsskābes pagatavošana

1000 mL mērkolbā ielej 500 mL dejonizēta ūdens un pievieno 340 mL koncentrētas sālsskābes HCl ($\rho=1,19 \text{ g mL}^{-1}$), mērkolbu uzpilda līdz atzīmei.

6 M sālsskābes pagatavošana

1000 mL mērkolbā ielej 400 mL dejonizēta ūdens un pievieno 500 mL koncentrētas sālsskābes HCl ($\rho=1,19 \text{ g mL}^{-1}$), mērkolbu uzpilda līdz atzīmei.

Testējamā parauga masas izvēle

Karbonātu noteikšanai ņemtā parauga masu nosaka karbonātu saturs augsnē, ko novērtē pirms analīzes veikšanas, uzlejot nelielam augsnes paraugam 4 vai 6 M HCl šķīdumu (izmanto pulksteņstikliņu). Karbonātu aptuveno saturu raksturo burbuļošanās intensitāte un ilgums (skat. Tab. 4). Karbonātus nosaka augsnes frakcijai, kurai $\varnothing < 2 \text{ mm}$. Ja, uzlejot nelielam augsnes paraugam 4 vai 6 M HCl šķīdumu, burbuļošanas netiek novērota, karbonātu saturs paraugā netiek noteikts. Protokolā tiek atzīmēts, ka karbonātu saturs ir zem noteikšanas robežas (<NR).

Tab. 3 Karbonātu noteikšanai nepieciešamā parauga daudzuma novērtēšana

Burbuļošanas intensitāte	Karbonātu saturs, g kg^{-1}	Testēšanas parauga masa, g
Nav vai minimāla	< 20	10
Izteikta, bet īslaicīga	20-80	5
Izteikta un ilgstoša	80-160	2,5
Ļoti izteikta un ilglaicīga	> 160	$\leq 1^2$

Kalcimetra sagatavošana darbam

Pirms darba tiek veikta kalcimetra (Att. 4) sagatavošana analīžu veikšanai - ūdenim, kas atrodas kalcimetra bīretēs, ir jābūt piesātinātam ar CO_2 , tādēļ pirms kalcimetra kalibrēšanas ūdens tiek divas reizes piesātināts ar CO_2 , izmantojot CaCO_3 :

Ūdens rezervātu (Att. 4-1) papildina ar dejonizētu ūdeni līdz $\sim 2/3$ no rezervāta tilpuma;

Koniskajās reakcijas kolbās (Att. 4-3) iesver $0,2 \pm 0,0001 \text{ g CaCO}_3$ un pievieno 20 mL dejonizēta ūdens;

Kalcimetra bīreti (Att. 4-5) ieregulē uz atzīmi "0 mL";

Reakcijas kolbās ar pinceti ievieto mēģeni ar 7,0 mL 4 vai 6 M HCl šķīdumu;

Kolbas pievieno kalcimetram, izmantojot silikona aizbāzni, kas pēc tam analīzes gaitā vairs atkārtoti netiek kustināts;

Aizgriež divvirzienu krānu (Att. 4-4);

4 vai 6 M HCl šķīdumu pievieno augsnes suspensijai, sašķiebjot kolbu;

Ogļskābā gāze, kas veidojas, reaģējot sālsskābei un CaCO_3 , samazina ūdens līmeni kalcimetra bīretēs. Piespiežot pogu (Att. 4-2), ūdens rezervātu (Att. 4-1) virza uz augšu vai leju, neļaujot ūdens rezervāta līmenim atšķirties vairāk par 3 mL no bīretes ūdens līmeņa. Reakcijas kolbas krata līdz ūdens līmenis kalcimetra bīretēs vairs nemainās;

Pēc kratīšanas beigšanas, novienādo ūdens līmeni kalcimetra bīretē un ūdens rezervātā (Att. 4-1);

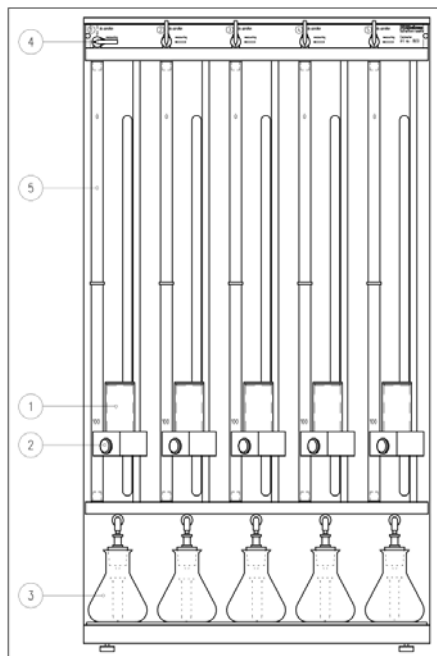
2

Izmanto augsnes parauga frakciju, kas sasmalcināta līdz $D < 250 \mu\text{m}$

Nolasa tilpuma izmaiņas kalcimetra biretē ar precizitāti 0,1 mL;

Atgriež divvirzienu krānu (Att. 4-4) un atvieno reakcijas kolbas no kalcimetra;

Pēc tam iepriekš aprakstīto procedūru atkārto ar $0,4 \pm 0,0001$ g CaCO_3 .



Att. 2 Kalcimetra shematiskā uzbūve³.

Kalcimetra kalibrēšana

Koniskajās reakcijas kolbās (Att. 4-3) iesver $0,2 \pm 0,0001$ g CaCO_3 un pievieno 20 mL dejonizēta ūdens;

Kalcimetra bireti (Att. 4-5) ieregulē uz atzīmi “3 mL”;

Reakcijas kolbās ar pinceti ievieto mēģeni ar 7,0 mL 4 vai 6 M HCl šķīdumu;

Kolbas pievieno kalcimetram, izmantojot silikona aizbāzni, kas pēc tam analīzes gaitā vairs atkārtoti netiek kustināts;

Aizgriež divvirzienu krānu (Att. 4-4);

4 vai 6 M HCl šķīdumu pievieno augsnes suspensijai, sašķiebjot kolbu;

Ogļskābā gāze, kas veidojas, reaģējot sālsskābei un CaCO_3 , samazina ūdens līmeni kalcimetra biretēs. Piespiežot pogu (Att. 4-2), ūdens rezervātu (Att. 4-1) virza uz augšu vai leju, neļaujot ūdens rezervāta līmenim atšķirties vairāk par 3 mL no biretes ūdens līmeņa. Reakcijas kolbas krata līdz ūdens līmenis kalcimetra biretēs vairs nemainās;

Pēc kratīšanas beigšanas, novienādo ūdens līmeni kalcimetra biretē un ūdens rezervātā (Att. 4-1);

³ 1 - ūdens rezervāts; 2 – poga, kuru piespiežot un pieturot ūdens rezervātu var bīdīt uz augšu un uz leju; 3 – 250 mL koniskā reakcijas kolba; 4 – divvirzienu krāns; 5 – kalcimetra birete.

Nolasa tilpuma izmaiņas kalcimetra bīretē ar precizitāti 0,1 mL un atzīmē protokolā;

Atgriež divvirzienu krānu (Att. 4-4) un atvieno reakcijas kolbas no kalcimetra;

Pēc tam iepriekš aprakstīto procedūru atkārto ar $0,4 \pm 0,0001$ g CaCO_3 , 20 un 80 mL dejonizēta ūdens.

Testējamo paraugu analīze

Koniskajās reakcijas kolbās (Att. 4-3) iesver testējamo augsnes paraugu ar precizitāti 0,0001 g, kura masa izvēlēta atbilstoši Tab. 4, pievieno 20 mL dejonizēta ūdens. Testējamā parauga masu, kas ņemta analīzei, atzīmē protokolā;

Kalcimetra bīreti (Att. 4-5) ieregulē uz atzīmi "3 mL";

Reakcijas kolbās ar pinceti ievieto mēģeni ar 7,0 mL 4 vai 6 M HCl šķīdumu;

Kolbas pievieno kalcimetram, izmantojot silikona aizbāzni, kas pēc tam analīzes gaitā vairs atkārtoti netiek kustināts;

Aizgriež divvirzienu krānu (Att. 4-4);

4 vai 6 M HCl šķīdumu pievieno augsnes suspensijai, sašķiebjot kolbu;

Ogļskābā gāze, kas veidojas, reaģējot sālsskābei un karbonātiem, samazina ūdens līmeni kalcimetra bīretēs. Piespiežot pogu (Att. 4-2), ūdens rezervātu (Att. 4-1) virza uz augšu vai leju, neļaujot ūdens rezervāta līmenim atšķirties vairāk par 3 mL no bīretes ūdens līmeņa. Reakcijas kolbas krata no 5 līdz 30 minūtēm, līdz ūdens līmenis kalcimetra bīretēs vairs nemainās. Ja ūdens līmenis turpina kristies, kolbu turpina kratīt, bet ne ilgāk par 1 stundu. Var tikt novērota situācija, kad ūdens līmenis kalcimetra bīretēs sāk palielināties. Tādā gadījumā reakcijas kolbu kratīšana nekavējoties tiek pārtraukta;

Pēc kratīšanas beigšanas, novienādo ūdens līmeni kalcimetra bīretē un ūdens rezervātā (Att. 4-1);

Nolasa tilpuma izmaiņas kalcimetra bīretē ar precizitāti 0,1 mL un atzīmē protokolā;

Atgriež divvirzienu krānu (Att. 4-4) un atvieno reakcijas kolbas no kalcimetra.

9.5. Aprēķini

Kalcija karbonāta saturs absolūti sausā augsnē aprēķina, izmantojot sekojošu vienādojumu:

$$W(\text{CaCO}_3) = \frac{1000 \times (m_2 \times (V_1 - V_3))}{(m_1 \times (V_2 - V_3))} \times K_m, \text{ kur}$$

$W(\text{CaCO}_3)$ – kalcija karbonāta saturs absolūti sausā augsnē, g CaCO_3 kg^{-1} ;

m_1 – testēšanas parauga masa, g;

m_2 – vidējā kalibrēšanas standarta (CaCO_3) masa, 0,300 g;

V_1 – testējamā parauga izdalītais CO_2 tilpums (nolasījuma no bīretes) mL;

V_2 – vidējais kalibrēšanas standartu (0,2 un 0,4 g CaCO_3) izdalītais CO_2 tilpums (nolasījuma no bīretes), mL;

V_3 – vidējās biretes tilpuma izmaiņas kontroles jeb “tukšajā” analizē (var būt negatīvs skaitlis), mL;

K_m – mitruma koeficients, kas nepieciešams, lai rezultātus izteiktu uz absolūti sausu augsni.

Lai analīzes rezultātu izteiktu kā karbonātu sastāvā esošā oglekļa ($C_{\text{karb.}}$) saturs augsnē, izmanto sekojošu aprēķinu:

$$W(\text{CaCO}_3) \times 0,1200 = C_{\text{karb.}}, \text{ kur}$$

$W(\text{CaCO}_3)$ – kalcija karbonāta saturs absolūti sausā augsnē, g $\text{CaCO}_3 \text{ kg}^{-1}$;

$C_{\text{karb.}}$ – karbonātu sastāvā esošā oglekļa saturs absolūti sausā augsnē, g kg^{-1} .

9.6. Atkārtojamība

Prasības karbonātu satura noteikšanas atkārtojamībai divos atsevišķos mērījumos apkopotas Tab. 5.

Tab. 4 Karbonātu noteikšanas atkārtojamība

Karbonātu saturs, g kg^{-1}	Pieņemama novirze
< 50	3 g kg^{-1}
50-150	6% no vērtības
150-180	9 g kg^{-1}
> 180	5% no vērtības

Atsauce

LVS ISO 10693:1995. 1999. Augsnes kvalitāte. Karbonātu satura noteikšana. Tilpuma metode. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 7 lpp.

Eijkelkamp Agrisearch Equipment [tiešsaite]. [atsauce 18.04.2013.]. Pieejams Internetā: <http://www.eijkelkamp.com/files/media/Gebruiksaanwijzingen/EN/m1-0853ecalcimeter.pdf#page=1>

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

10. Organiskā un kopējā oglekļa satura noteikšana

Metodika	LVS ISO 10694
Metodes princips	Elementanalīze
Darbības lauks	Visa veida augsnes un augu materiāla paraugiem

10.1. Princips

Augsnē vai augu materiālā esošo oglekli oksidē par oglekļa dioksīdu (CO₂), paraugu karsējot vismaz 900 °C temperatūrā skābekli saturošas gāzes plūsmā, kurā nav oglekļa dioksīda. Izdalīto CO₂ daudzumu mēra ar infrasarkanā detektēšanu. Infrasarkanā starojuma detektētā intensitāte ir tieši proporcionāla oglekļa saturam paraugā.

Ja augsni karsē vismaz 900 °C temperatūrā, tad augsnē esošie karbonāti pilnībā sadalās. Ja augsnes pH(CaCl₂) vērtība ir mazāka par 6,5, tad karbonātu klātbūtne ir maz ticama. Piemēram, mazās pH vērtības un karbonātu klātbūtnes kombinācija ir iespējama nesen kaļķotās augsnēs.

Organiskā oglekļa saturu augsnes paraugos aprēķina kā kopējā oglekļa un karbonātu sastāvā esošā oglekļa starpību. Augu materiālā kopējā oglekļa saturs ir vienāds ar organiskā oglekļa saturu.

10.2. Iekārtas

- C elementanalizators;
- Atbilstoši tīģeļi paraugu sadedzināšanai;
- Tīģeļknaibles.

10.3. Reāģenti

- Skābeklis (O₂), atbilstošs iekārtas tehniskajām prasībām;
- Ogles kalibrēšanas standarts (paredzēts augsnes paraugu analīzei), ~ 40-50% C;
- Augu materiāla references paraugs (paredzēts augu materiāla paraugu analīzei), ~ 50% C;
- Magnija perhlorāts, bezūdens;
- Granulētais nātrija hidroksīds;
- Stikla vate.

10.4. Paraugs

Lieto gaisausu augsnes parauga frakciju ar daļiņu izmēru mazāku par 2 mm. Augu materiālu paraugu pirms analīzes izsijā caur sietu ar acs izmēru 1 mm.

10.5. Procedūra

Iekārtas kalibrēšana

Pirms analīžu veikšanas iekārtu kalibrē atbilstoši iekārtas ražotāja rekomendācijām. Ja nepieciešams, kalibrēšanu atkārto vairākas reizes līdz iegūtās references materiāla (salīdzināšanas parauga) oglekļa analīžu vērtības ir apmierinošas. Ja tiek veikta augsnes paraugu analīze, izmanto ogles kalibrēšanas standartu. Ja tiek veikta augu materiāla paraugu analīze, izmanto absolūti sausu ($105\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrā izžāvētu) augu materiāla references paraugu (parasti skuju references materiālu).

LABORATORIJAS KALIBRĒŠANAS ŠPIKERIS LECO CR-12: Select; 1; Sistem update; No; Yes; Enter; Enter; Yes (ja rezultāts apmierina, parasti 3 – 5 vērtības).

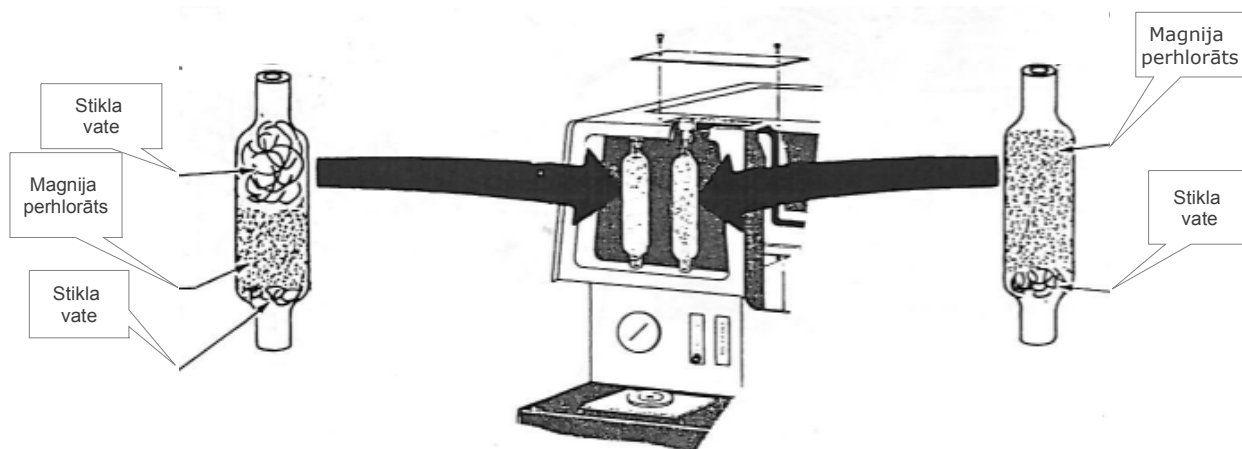
Kopējā oglekļa noteikšana

Kopējā oglekļa noteikšanai nepieciešams 0,1-0,2 g gaissausas augsnes (augšnes frakcija < 2 mm) vai ~ 0,15 g gaissausa augu materiāla (frakcija < 1 mm);

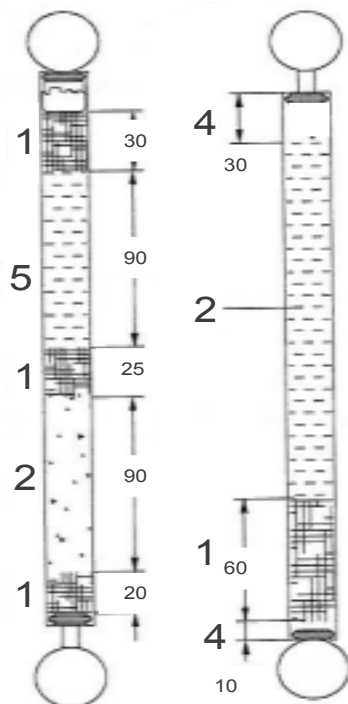
Sadedzināšanas temperatūra ir $1340\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Gaissausu augsnes vai augu materiāla paraugu ieber tīģelī un sadedzina atbilstoši elementanalizatoru lietošanas instrukcijām;

Protokolā reģistrē iekārtas nolasījumu - C saturu, kas izteikts % vai ppm (mg kg^{-1}).



Att. 3 LECO CR-12 elementanalizatora filtru maiņa.



Att. 4 ELTRA CS-530 elementanalizatora filtru maiņa⁴.

10.6. Aprēķini

Kopējā oglekļa saturu absolūti sausā paraugā aprēķina, izmantojot sekojošu formulu:

$$WC_{kop.} = WC_{nolas.} \times 10 \times K_m, \text{ kur}$$

$WC_{kop.}$ - kopējā oglekļa saturs absolūti sausā paraugā, $g \text{ kg}^{-1}$;

$WC_{nolas.}$ - kopējā oglekļa satura nolasījums no iekārtas, %;

K_m – mitruma koeficients, kas nepieciešams, lai rezultātus izteiktu uz absolūti sausu paraugu.

Augsnes paraugiem organiskā oglekļa saturu absolūti sausā paraugā aprēķina, izmantojot sekojošu formulu:

$$WC_{org.} = WC_{kop.} - WC_{karb.}, \text{ kur}$$

$WC_{org.}$ - organiskā oglekļa saturs absolūti sausā paraugā, $g \text{ kg}^{-1}$;

$WC_{kop.}$ - kopējā oglekļa saturs absolūti sausā paraugā, $g \text{ kg}^{-1}$;

$WC_{karb.}$ - karbonātu sastāvā esošā oglekļa saturs absolūti sausā paraugā, $g \text{ kg}^{-1}$.

⁴ 1 – stikla vate, 2 - magnija perhlorāts, 4 – brīvs, 5 - granulētais nātrija hidroksīds.

Atsauce

LVS ISO 10694. 2006. Augsnes kvalitāte. Organiskā un kopējā oglekļa noteikšana pēc sausās sadedzināšanas (elementanalīze). VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 12 lpp.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

11. Humusvielu satura noteikšana

Metodika	Starptautiskā humusvielu pētnieku savienība
Metodes princips	Humusvielu preparatīva izdalīšana, gravimetrija
Darbības lauks	Visa veida augsnes, nedzīvās zemsegas un nobiru paraugiem, var izmantot arī ūdens paraugiem

11.1. Princips

Humusvielas sastopamas ūdeņos, augsnē, kūdrā, oglēs un sedimentos, taču reizēm ir nepieciešama informācija par to daudzumu kādā konkrētā vidē.

11.2. Iekārtas, trauki

- Stikla mērkolba, 1 L;
- Svari, precizitāte 0,01 g;
- Stikla vārglāze, 100 mL;
- Stikla mērcilindrs, 50 mL;
- Stikla koniskā kolba, 500 mL;
- Stikla piltuve, diametrs ~ 6-7 cm;
- Orbitālais daudzfunkciju kratītājs;
- Žāvskapis;
- Centrafūga;
- Filtrpapīrs;
- Universāлиндикātorā papīriši;
- Eksikators.

11.3. Reāģenti

- Dejonizēts ūdens;
- Nātrija hidroksīda (NaOH) šķīdums, 0,1 M, pagatavo 1 L mērkolbā nelielā dejonizēta ūdens tilpumā izšķīdinot 4 g NaOH un atšķaidot līdz atzīmei;
- Sālsskābes šķīdums, 4 M, pagatavo 1 L mērkolbā ~ 400 mL dejonizēta ūdens tilpumam uzmanīgi pievienojot 328 mL koncentrētu HCl un atšķaidot līdz atzīmei.

11.4. Procedūra

1,5 g – 10,0 g parauga ievieto 100 mL stikla vārglāzē un uzlej 50 mL 0,1 M NaOH šķīduma (parauga iesvars un NaOH šķīduma tilpums atkarīgs no analizējamā materiāla). Vārglāzi ar ekstrahējamo paraugu 24 h krata ar laboratorijas orbitālo daudzfunkciju kratītāju.

Lai atdalītu ekstraktu no parauga, izmanto centrifugēšanu, tad paraugu filtrē caur filtrpapīru 500 mL stikla koniskā kolbā. Paraugu papildus mazgā, līdz 3 reizēm aplejot ar nelielu tilpumu NaOH šķīduma, uzduļķojot, centrifugējot un filtrējot caur to pašu filtrpapīru (filtrātus apvienojot).

Filtrātu paskābina ar 4 M HCl šķīdumu līdz pH 1,5. Humīnskābes veidos nešķīstošas nogulsnes fulvoskābju šķīdumā, kuras var atdalīt filtrējot uz filtrpapīra, kuram zināma masa. Filtrpapīru skalo ar dejonizētu ūdeni līdz neitrālai pH reakcijai (lai atbrīvotos no Cl⁻ joniem), liek žāvskapī žāvēties 105 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai, atdzesē un nosver uz analītiskajiem svāriem ar precizitāti 0,0001 g.

Filtrpapīru, pirms izmantošanas pēdējai filtrēšanai, ievieto žāvskapī un vismaz 2 h izkarsē 105 °C temperatūrā, pēc tam atdzesē un nosver uz analītiskajiem svāriem ar precizitāti 0,0001 g, lai iegūtu precīzu filtrpapīra masu.

11.5. Aprēķini

Humusvielu saturu paraugā aprēķina izmantojot vienādojumu:

$$H = \frac{a - b}{c} \cdot 1000 \cdot K_m, \text{ kur}$$

H – humusvielu saturs paraugā, g kg⁻¹;

a – absolūti sausa filtrpapīra un izdalīto humusvielu masa, g;

b – absolūti sausa filtrpapīra masa, g;

c – iesvara masa, g;

K_m – mitruma koeficients.

Atsauces

Tan. K. H. 2005. Soil sampling, preparation, and analysis – second edition. N.Y.: Taylor & Francis group, 623 p.

12. Kopējā sēra satura noteikšana

Metodika	ELTRA CS-530 metodika
Metodes princips	Elementanalīze
Darbības lauks	Visa veida augsnes un augu materiāla paraugiem

12.1. Princips

Augsnē vai augu materiālā esošo sēru oksidē par sēra dioksīdu (SO_2), paraugu karsējot vismaz $900\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūrā skābekli saturošas gāzes plūsmā, kurā nav oglekļa dioksīda. Izdalīto SO_2 daudzumu mēra ar infrasarkanā detektēšanu. Infrasarkanā starojuma detektētā intensitāte ir tieši proporcionāla oglekļa saturam paraugā.

12.2. Iekārtas

- S elementanalizators;
- Atbilstoši tīģeļi paraugu sadedzināšanai;
- Tīģeļknaibles.

12.3. Reāģenti

- Skābeklis (O_2), atbilstošs iekārtas tehniskajām prasībām;
- Ogles kalibrēšanas standarts (paredzēts augsnes paraugu analīzei), $\sim 40\text{-}50\%$ C;
- Augu materiāla references paraugs (paredzēts augu materiāla paraugu analīzei), $\sim 50\%$ C;
- Magnija perhlorāts, bezūdens;
- Granulētais nātrija hidroksīds;
- Stikla vate.

12.4. Paraugs

Lieto gaissausu augsnes parauga frakciju ar daļiņu izmēru mazāku par 2 mm. Augu materiālu paraugu pirms analīzes izsijā caur sietu ar acs izmēru 1 mm.

12.5. Procedūra

Iekārtas kalibrēšana

Pirms analīžu veikšanas iekārtu kalibrē atbilstoši iekārtas ražotāja rekomendācijām. Ja nepieciešams, kalibrēšanu atkārtoti vairākas reizes līdz iegūtās references materiāla (salīdzināšanas parauga) sēra analīžu vērtības ir apmierinošas. Ja tiek veikta augsnes paraugu analīze, izmanto ogles kalibrēšanas standartu. Ja tiek veikta augu materiāla paraugu analīze, izmanto absolūti sausu ($105\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūrā izžāvētu) augu materiāla references paraugu (parasti skuju references materiālu).

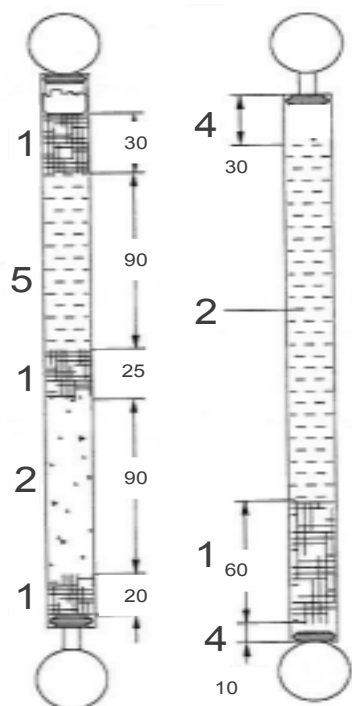
Kopējā sēra satura noteikšana

Kopējā sēra satura noteikšanai nepieciešams 0,1-0,2 g gaissausas augsnes (augšnes frakcija < 2 mm) vai ~ 0,15 g gaissausa augu materiāla (frakcija < 1 mm);

Sadedzināšanas temperatūra ir 1340 °C;

Gaissausu augsnes vai augu materiāla paraugu ieber tīgelī un sadedzina atbilstoši elementanalizatoru lietošanas instrukcijām;

Protokolā reģistrē iekārtas nolasījumu - S saturu, kas izteikts % vai ppm (mg kg^{-1}).



Att. 5 ELTRA CS-530 elementanalizatora filtru maiņa⁵.

12.6. Aprēķini

Kopējā sēra saturu absolūti sausā paraugā aprēķina, izmantojot sekojošu formulu:

$$WS_{\text{kop.}} = WS_{\text{no las.}} \times K_m, \text{ kur}$$

$WS_{\text{kop.}}$ - kopējā sēra saturs absolūti sausā paraugā, ppm vai %;

$WS_{\text{no las.}}$ - kopējā sēra satura nolasījums no iekārtas, ppm vai %;

⁵ 1 – stikla vate, 2 - magnija perhlorāts, 4 – brīvs, 5 - granulētais nātrija hidroksīds.

K_m – mitruma koeficients, kas nepieciešams, lai rezultātus izteiktu uz absolūti sausu paraugu.

Atsauce

LVS ISO 10694. 2006. Augsnes kvalitāte. Organiskā un kopējā oglekļa noteikšana pēc sausās sadedzināšanas (elementanalīze). VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 12 lpp.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

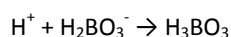
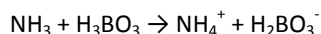
13. Kopējā slāpekļa satura noteikšana

Metodika	LVS ISO 11261
Metodes princips	Modificēta Kjeldāla metode
Darbības lauks	Visa veida augsnes un augu materiāla paraugiem

13.1. Princips

Kopējais slāpekļis (amonija jonu N, nitrātjonu N, nitrītjonu N un organisko savienojumu N) augsnes vai augu materiāla paraugos tiek noteikts izmantojot modificētu Kjeldāla metodi. Slāpekli, kas saistīts ar N–N saitēm, N–O saitēm un dažos heterocikliskos savienojumos (īpaši piridīnā), nosaka tikai daļēji. Metodes pamatā ir paraugu mineralizēšana mineralizācijas iekārtā, bet selēna vietā par katalizatoru lieto titāna dioksīdu (TiO₂), jo tas ir ekotoksiski mazāk bīstams kā selēns.

Paraugi tiek apstrādāti ar koncentrētas sērskābes un salicilskābes maisījumu. Sērskābe noārda organisko matēriju un slāpekli pārveido amonija jonu veidā. Nitrātjoni un nitrītjoni sākotnēji izveido saiti ar salicilskābi, bet pēc tam izveidojies savienojums tiek reducēts ar nātrija tiosulfātu. Mineralizācija tiek pāātrināta lietojot katalizatoru, kas sastāv no kālija sulfāta, vara (II) sulfāta un titāna dioksīda. NH₄⁺ kvantitatīvi tiek noteikts izmantojot amonjaka tvaika destilāciju borskābē un titrēšanas metodi:



13.2. Iekārtas, trauki

- Kjeldāla mineralizācijas iekārta, kas aprīkota ar mineralizācijas mēģenēm (tilpums 250 mL);
- Tvaika destilātors;
- Potenciometriskais titrators, kas aprīkots ar magnētisko maisītāju un stikla kombinēto elektrodu;
- Automātiskā pipete, 5 mL;
- Koniskās kolbas, 250 mL;
- Mērkolba, 1000 mL;
- Vārglāze, 2000 mL.

13.3. Reaģenti

- Salicilskābe (C₆H₄(COOH)(OH)), 25 g;
- Sērskābe (H₂SO₄), koncentrēta, ρ = 1,84 g cm⁻³, 1000 mL;
- Sērskābes šķīdums (H₂SO₄), 0,01 M, pagatavots no fiksānāla;
- Kālija sulfāts (K₂SO₄), 200 g;
- Vara (II) sulfāta pentahidrāts (CuSO₄·5H₂O), 6 g;

- Titāna dioksīds (TiO₂), 6 g;
- Nātrija tiosulfāta pentahidrāts (Na₂S₂O₃·5H₂O);
- Nātrija hidroksīda (NaOH) šķīdums, 35%;
- Borskābes šķīdums (H₃BO₃), ρ= 20 g L⁻¹;
- Standarta buferšķīdums pH 4,00±0,02;
- Standarta buferšķīdums pH 7,00±0,02;
- Dejonizēts ūdens.

13.4. Paraugs

Lieto gaissausu augsnes parauga frakciju ar daļiņu izmēru mazāku par 2 mm.

13.5. Darba gaita

Salicilskābes/sērskābes maisījuma pagatavošana

Vienā litrā koncentrētas sērskābes (H₂SO₄; ρ = 1,84 g cm⁻³) izšķīdina 25 g salicilskābes (C₆H₄(COOH)(OH)). Gatavojot skābju maisījumu stingri jāievēro darba drošības noteikumi.

35% nātrija hidroksīda (NaOH) šķīduma pagatavošana

1300±5 mL dejonizēta ūdens izšķīdina 700±5 g nātrija hidroksīda (NaOH).

Katalizatora maisījuma pagatavošana

Rūpīgi sajauc 200 g kālija sulfāta (K₂SO₄), 6 g vara (II) sulfāta pentahidrāta (CuSO₄·5H₂O) un 6 g titāna dioksīda (TiO₂).

Parauga mineralizācija

0,5±0,0001 g minerālaugsnes vai 0,2±0,0001 g organiskās augsnes vai augu materiāla (skujas, lapas, meža nobiras, biomasa u.c.) ievieto mineralizācijas kolbās, izmantojot piltuvi. Pievieno 4,0 mL koncentrētas sērskābes un salicilskābes maisījumu (pagatavošana aprakstīta iepriekš) un kolbu saskalina. Maisījumam ļauj stāvēt dažas stundas (parasti atstāj uz nakti). Pievieno 0,5 g nātrija tiosulfāta pentahidrātu un maisījumu mineralizācijas iekārtā karsē 30 minūtes 125 °C temperatūrā. Kolbu atdzesē, pievieno 1,1 g katalizatoru maisījuma (pagatavošana aprakstīta iepriekš) un maisījumu mineralizācijas iekārtā karsē 30 minūtes 270 °C temperatūrā un 120 minūtes 400 °C temperatūrā.

Amonija jonu tvaika destilācija

Kad pabeigta mineralizācija, kolbai ļauj atdzist, un, lēnām sakratot, pielej apmēram 20 mL dejonizēta ūdens. Kolbu saskalina, lai visi nešķīstošie materiāli veidotu suspensiju, un pārnes kolbu destilācijas aparātā. 250 mL koniskajā kolbā ielej 25,0 mL borskābes šķīdumu (ρ = 20,0 g L⁻¹) un kolbu novieto zem destilācijas aparāta dzesētāja tā, lai dzesētāja gals būtu iemērķts borskābes šķīdumā. Mineralizācijas kolbā ielej 20,0 mL 35% nātrija hidroksīdu un pārdestilē apmēram 100 mL kondensāta, noskalo dzesinātāja galu. Pievieno dejonizētu ūdeni, lai kopējais destilāta tilpums ir 150 mL.

Destilāta titrēšana līdz šķīduma pH 4,7

Atbilstoši ražotāja norādījumiem veic potenciometriskā titratora kalibrēšanu, izmantojot standarta buferšķīdumus ar pH 4,00±0,02 un 7,00±0,02.

Destilātu titrē ar 0,01 M sērskābi līdz šķīduma pH 4,7. Titrēšanā patērētās sērskābes tilpumu pieraksta protokolā.

13.6. Aprēķini

Kopējo slāpekļa saturu absolūti sausā paraugā aprēķina, izmantojot vienādojumu:

$$W_N = \frac{((V_1 - V_0) \times c(H^+) \times M_N)}{m} \times K_m, \text{ kur}$$

W_N – kopējā slāpekļa masas koncentrācija, g/kg;

V_1 – titrēšanā patērētais sērskābes tilpums, mL;

V_0 – “tukšās” jeb kontroles analīzes titrēšanā patērētais sērskābes tilpums, mL;

$c(H^+)$ - H^+ koncentrācija titrēšanai izmantotajā sērskābē, 0,02 mol L⁻¹;

M_N – slāpekļa molmasa, 14,0067 g mol⁻¹;

m – gaissausa testējamā parauga masa, g;

K_m – mitruma koeficients, kas nepieciešams, lai rezultātus izteiktu uz absolūti sausu paraugu.

13.7. Metodes precizitāte

Starpība starp diviem atsevišķiem mērījumiem nedrīkst pārsniegt 15% no noteiktā kopējā slāpekļa satura, ja tā saturs ir mazāks par 2 mg g⁻¹, un 10% no noteiktā kopējā slāpekļa satura, kad tā saturs ir lielāks par 2 mg g⁻¹.

Atsauce

LVS ISO 11261. 2002. Augsnes kvalitāte: Kopējā slāpekļa noteikšana. Modificēta Kjeldāla metode. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 8 lpp.

Van Ranst E., Verloo M., Demeyer A., Pauwels J. M. 1999. Manual for the Soil Chemistry and Fertility Laboratory. Ghent University, Faculty Agricultural. 243 p.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

14. Fosfora satura noteikšana

Metodika	LVS 298 (2002) LVS ISO 11466: 1995 LVS EN 14672 (2006)
Metodes princips	Spektrofotometrija
Darbības lauks	Visu veidu augsnes un augu materiāla paraugiem pēc paraugu mineralizācijas skābju klātbūtnē.

14.1. Princips

Fosfora savienojumus pārvērš šķīstošos fosfātos, mineralizējot homogenizētu paraugu koncentrētu skābju klātbūtnē. Ortofosfātjonu reakcija ar skābes šķīdumu, kas satur molibdāta un antimona jonus, veidojot antimona fosformolibdāta kompleksu. Kompleksa reducēšana ar askorbīnskābi, veidojot spēcīgi krāsotu molibdēnzilā kompleksu. Fosfātjonu koncentrāciju šķīdumā nosaka spektrofotometriši pie viļņu garuma $\lambda = 880$ nm.

14.2. Iekārtas, trauki

- Analītiskie svāri, precizitāte 0,0001 g;
- Paraugu mineralizācijas iekārta (mikroviļņu krāsns vai sildiekārta);
- Spektrofotometrs, kas piemērots mērīšanai pie viļņu garuma 880 nm;
- Kivete ar 10 mm optiskā ceļa garumu;
- Pipetors;
- Automātiskā pipete, 5 mL;
- Stikla mērkolbas, 1000 mL, 500 mL, 100 mL, 50 mL;
- Mērpipetes vai Mora pipetes, 1 mL, 2 mL, 10 mL, 20 mL, 40 mL;
- Stikla vārglāzes, 50 mL, 100 mL;
- Piltuve, diametrs ~ 110 mm;
- Filtrpapīrs, celulozes bezpelnu tipa ar poru izmēru ~ 8 μm un diametru 150 mm;
- Universālindikātoru papīriši;
- Laboratorijas kratītājs;
- Pincete.

14.3. Reāģenti

- Slāpekļskābe (HNO_3), koncentrēta, $\rho = 1,40$ g mL⁻¹;
- Sālsskābe (HCl), koncentrēta, $\rho = 1,19$ g mL⁻¹;
- Sērskābe (H_2SO_4), koncentrēta, $\rho = 1,84$ g mL⁻¹;
- Slāpekļskābe (HNO_3), 0,5 M, pagatavošana: atšķaida 35 mL \pm 1 mL konc. HNO_3 ar dejonizētu ūdeni līdz 1 L;
- Sālsskābe (HCl), 0,2 M, pagatavošana: atšķaida 16,4 mL \pm 1 mL konc. HCl ar dejonizētu ūdeni līdz 1 L;

- Sālsskābe (HCl), 1 M, pagatavošana: atšķaida 82 mL ± 1 mL konc. HCl ar dejonizētu ūdeni līdz 1 L;
- Nātrija hidroksīda (NaOH) šķīdums, 10 M, pagatavošana: izšķīdina 80,0 g ± 0,8 g NaOH granulu ~ 150 mL ūdens, atdzesē un atšķaida ar ūdeni līdz 200 mL ± 10 mL. Šķīdumu uzglabā polietilēna pudelē;
- Nātrija hidroksīda (NaOH) šķīdums, 2 M, pagatavošana: izšķīdina 16,0 g ± 0,2 g NaOH granulu ~ 150 mL ūdens, atdzesē un atšķaida ar ūdeni līdz 200 mL ± 10 mL. Šķīdumu uzglabā polietilēna pudelē;
- Askorbīnskābes (C₆H₈O₆) šķīdums, 100 g L⁻¹, pagatavošana: izšķīdina 10,0 g ± 0,5 g L (+) askorbīnskābes 100 mL ± 5 mL ūdens. Šķīdums ir derīgs divas nedēļas, uzglabājot ledusskapī 4 °C temperatūrā tumšā stikla pudelē;
- Sērskābe (H₂SO₄), 9 M;
- Amonija heptamolibdāta tetrahidrāts ((NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O);
- Antimona kālija tartrāta hemihidrāts (K(SbO)C₄H₄O₆·1/2H₂O);
- Fosfātjonu standartšķīdums, ρPO₄³⁻ = 1000 mg L⁻¹;
- Dejonizēts ūdens.
- Amonija heptamolibdāta paskābināta šķīduma pagatavošana
- 9 M sērskābes šķīduma pagatavošana: 1 L vārglāzē ielej 150 mL ± 5 mL ūdens. Nepārtraukti maisot un dzesējot, uzmanīgi pievieno 150 mL ± 1 mL koncentrētas sērskābes. Šķīdumu uzmanīgi samaisa un atdzesē līdz istabas temperatūrai.
- 13,0 g ± 0,5 g amonija heptamolibdāta tetrahidrāta ((NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O) izšķīdina 100 mL ± 5 mL ūdens.
- 0,35 g ± 0,05 g kālija antimonila tartrāta hemihidrāta (K(SbO)C₄H₄O₆·1/2H₂O) izšķīdina 100 mL ± 5 mL ūdens.
- Nepārtraukti maisot, molibdāta šķīdumu pievieno 300 mL ± 5 mL 9 M sērskābes šķīduma, atdzesē, pievieno tartrāta šķīdumu un labi samaisa.
- Fosfātjonu standartšķīduma (ρ_P = 2 mg L⁻¹) pagatavošana
- 6,13 mL fosfātjonu standartšķīduma (ρPO₄³⁻ = 1000 mg L⁻¹) ar pipeti pārnes 1000 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.
- 500 mL fosfātjonu standartšķīduma (ρ_P = 2 mg L⁻¹) pagatavošanai 3,07 mL fosfātjonu standartšķīduma (ρPO₄³⁻ = 1000 mg L⁻¹) ar pipeti pārnes 500 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei. 1 mL šī standartšķīduma satur 2 μg P.

14.4. Paraugs

Lieto gaissausas augsnes parauga frakciju, kas izsijāta caur sietu, kura acs izmērs ir 2 mm.

14.5. Darba gaita

Parauga mineralizācija vai ekstrakcija

Parauga mineralizāciju vai ekstrakciju veic atbilstoši parauga veidam, analīzes mērķiem un izmantojamās mineralizācijas iekārtas (mikroviļņu krāsns, sildiekārta ar temperatūras kontroli) instrukcijām.

Mineralizācija skābju maisījumā kopējā fosfora satura noteikšanai

Reakcijas traukā ar precizitāti 0,001 g iesver 0,1 – 1 g parauga testējamās daļas. Samitrina ar aptuveni 2 mL ūdens un maisot pievieno 21 mL koncentrētas HCl, pēc tam pa pilienam pievieno 7 mL koncentrētas slāpekļskābes, lai samazinātu putošanos. Absorbcijas traukā ar pipeti iepilda 10 mL 0,5 M slāpekļskābes. Reakcijas trauku savieno ar atteces dzesinātāju un absorbcijas trauku un atstāj vismaz 2 h istabas temperatūrā, ļaujot organiskām vielām lēni oksidēties.

Pēc tam reakcijas maisījumu uzkaršē līdz viršanai un iztur ~ 2 h. Kondensācijas zona nedrīkst pacelties virs 1/3 no atteces dzesinātāja augstuma.

Pēc atdzišanas absorbcijas trauka saturu caur dzesinātāju ielej reakcijas traukā. Absorbcijas trauku izskalo ar ~ 15 mL 0,5 M slāpekļskābes, kuru pievieno šķīdumam reakcijas traukā.

Reakcijas trauka saturu kvantitatīvi pārnes 100 mL mērkolbā, filtrējot caur skābju izturīgu papīra filtru vai stikla šķiedras filtru, kas iepriekš mazgāts ar 0,5 M slāpekļskābi. Reakcijas trauku 2 reizes skalo ar 0,5 M slāpekļskābi, katreiz pa 10 mL, un pievieno filtrātam. Pēc tam mērkolbas saturu uzpilda ar ūdeni līdz zīmei. Grūti filtrējamus šķīdumus centrifugē.

Kjeldāla mēģenēs ar pipeti iepilda 10,00 ±0,01 mL mineralizētā šķīduma. Šķīdumu uzmanīgi saskalina, pievieno 2,00 ±0,01 mL koncentrētas sērskābes un viršanas ķermenīšus. Maisījumu karsē, līdz parādās balti dūmi. Pēc atdzišanas šķīdumam uzmanīgi pa pilienam pievieno 0,5 mL koncentrētas slāpekļskābes un karsē atkal, kamēr vairs neizdalās brūni dūmi. Procedūru atkārto 2-3 reizes, kamēr iegūst dzidru, bezkrāsainu šķīdumu.

Filtrējot caur skābju izturīgu papīra filtru, mineralizēto šķīdumu kvantitatīvi pārnes 100-150 mL mērkolbā (atkarībā no sagaidāmās fosfora koncentrācijas paraugā). Kjeldāla mēģeni vairākas reizes skalo ar nelielu ūdens daudzumu un skalojumus pievieno filtrātam. Šķīdumu rūpīgi sajauc un uzpilda ar ūdeni līdz atzīmei.

Mineralizācija mikroviļņu krāsnī kopējā fosfora satura noteikšanai

Atkarībā no paredzamās fosfora koncentrācijas ar precizitāti līdz 0,001 g nosver 0,1-0,5 g parauga (iesvars nedrīkst pārsniegt 0,5 g), un pārnes mineralizācijas traukos. Pievieno 10,0 ±0,1 mL koncentrētas slāpekļskābes, cieši noslēdz ar skrūvējamiem vāciņiem un ievieto krāsnī. Mineralizāciju veic saskaņā ar ražotāja norādījumiem.

Pēc mineralizēšanas šķīdumu filtrē 100 mL mērkolbā caur skābju izturīgu papīra filtru vai stikla šķiedras filtru, kas iepriekš mazgāts ar 0,5 M slāpekļskābi. Mineralizācijas traukus skalo ar ūdeni, kuru pievieno filtrātam, un uzpilda mērkolbas saturu ar ūdeni līdz zīmei.

Ieteicams vienlaicīgi mineralizēt paraugus ar līdzīgām matricēm.

Kjeldāla mēģenēs ar pipeti iepilda 10,00 ±0,01 mL mineralizētā šķīduma. Šķīdumu uzmanīgi saskalina, pievieno 2,00 ±0,01 mL koncentrētas sērskābes un viršanas ķermenīšus. Maisījumu karsē, līdz parādās balti dūmi. Pēc atdzišanas šķīdumam uzmanīgi pa pilienam pievieno 0,5 mL koncentrētas slāpekļskābes un karsē atkal, kamēr vairs neizdalās brūni dūmi. Procedūru atkārto 2-3 reizes, kamēr iegūst dzidru, bezkrāsainu šķīdumu.

Filtrējot caur skābju izturīgu papīra filtru, mineralizēto šķīdumu kvantitatīvi pārnes 100-150 mL mērkolbā (atkarībā no sagaidāmās fosfora koncentrācijas paraugā). Kjeldāla mēģeni vairākas reizes skalo ar nelielu ūdens daudzumu un skalojumus pievieno filtrātam. Šķīdumu rūpīgi sajauc un uzpilda ar ūdeni līdz atzīmei.

Mineralizācija karaļūdenī fosfora satura noteikšanai

Reakcijas traukā iesver 0,1-1 g parauga ar precizitāti 0,0001 g. Samitrina ar aptuveni 0,5 mL līdz 1 mL ūdens un maisot pievieno 21 mL koncentrētas HCl, pēc tam pa pilienam pievieno 7 mL koncentrētas slāpekļskābes, lai samazinātu putošanos. Reakcijas trauku atstāj 16 h istabas temperatūrā, ļaujot augsnē esošajā organiskām vielām lēni oksidēties.

Ja karaļūdens mineralizācijai izmanto sildiekārtu, lēnām reakcijas maisījuma temperatūru paaugstina līdz attecēs apstākļiem un iztur 2 stundas, nodrošinot kondensācijas zonu zemāku par 1/3 no dzesinātāja augstuma, tad ļauj atdzist. Lietojot mineralizācijai laboratorijas mikroviļņu krāsni, rīkojas atbilstoši ražotāja izstrādātām rekomendācijām un karsēšanas programmām.

Ļauj reakcijas traukam nostāvēties tā, lai lielākā daļa nešķīstošo nogulšņu no suspensijas izgulsnējas. Rūpīgi uz filtrpapīra dekantē no nogulsnēm relatīvi brīvo šķīduma augšējo slāni, filtrātu savācot 100 mL mērkolbās. Ļauj visam sākotnējam filtrātam iziet caur filtrpapīru, tad nešķīstošās nogulsnes uz filtrpapīra mazgā ar minimālu 0,5 M HNO₃ daudzumu. Šo filtrātu apvieno ar filtrāta pirmo daļu. Reakcijas trauku divas reizes skalo ar 10 mL 0,5 M HNO₃, ko pievieno filtrātam. Filtrātu atšķaida ar 0,5 M HNO₃ līdz 100 mL atzīmei. Šādā veidā sagatavots ekstrakts ir gatavs, lai tajā ar piemērotu metodi noteiktu elementus.

Augsnes paraugu ekstrakcija ar 1 M HCl bioloģiski izmantojamā fosfātu fosfra satura noteikšanai

2,0-5,0 g gaissausa parauga ieber 100 mL varglāzē, pievieno 30 mL 1 M HCl šķīduma un 1 stundu krata uz laboratorijas kratītāja. Pēc tam paraugu filtrē caur filtrpapīru 100 mL mērkolbā. Vārglāzi vairākas reizes skalo ar nelielu daudzumu 1 M HCl šķīduma, ko pievieno filtrātam. Mērkolbu atšķaida ar 1 M HCl šķīdumu līdz atzīmei.

Augsnes paraugu ekstrakcija ar 0,2 M HCl bioloģiski izmantojamā fosfātu fosfra satura noteikšanai

1,5-2,5 g gaissausa parauga ieber 50 mL varglāzē, pievieno 25 mL 0,2 M HCl šķīduma un atstāj uz 1 h ik pa laikam suspensiju uzduļķojot ar stikla spieķīti. Pēc tam paraugu filtrē caur filtrpapīru 50 mL mērkolbā. Vārglāzi vairākas reizes skalo ar nelielu daudzumu 0,2 M HCl šķīduma, ko pievieno filtrātam. Mērkolbu atšķaida ar 0,2 M HCl šķīdumu līdz atzīmei.

Mineralizētā parauga šķīduma vai ekstrakta testējamā daļa

Testēšanai ņem ne vairāk kā 40 mL mineralizētā šķīduma vai ekstrakta. Testēšanai ņemtā šķīduma tilpumu pieraksta protokolā. Šo tilpumu ar pipeti iepilda 50 mL mērkolbā un neitralizē ar 10 M vai 2 M NaOH šķīdumu līdz pH vērtībai intervālā no 3 līdz 10. Pēc neitralizēšanas mērkolbas sienīgas rūpīgi apskalo ar ūdeni, kolbas saturu labi samaisa un, ja nepieciešams, atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz 40±2 mL.

Absorbējošā savienojuma (krāsas) veidošanās

Maisot katrai kolbai pievieno 1,00 ± 0,03 mL askorbīnskābes šķīduma ($\rho = 100 \text{ g L}^{-1}$), labi samaisa, pēc 30 s pievieno 2,00 ± 0,03 mL amonija heptamolībdāta šķīduma, atkal samaisa. Mērkolbu uzpilda ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei un labi samaisa.

Spektrofotometriskie mērījumi

Katra kalibrēšanas grafika un testējamā parauga šķīduma absorbciju, lietojot spektrofotometru, mēra laika periodā starp 10 min un 30 min pēc absorbējošā savienojuma (krāsas) veidojošo reaģentu pievienošanas pie 880 nm viļņu garuma attiecībā pret "tukšo" paraugu. Absorbcijas nolasījumu atzīmē protokolā.

Lai mērījumus varētu veikt attiecībā pret "tukšo" paraugu, jāveic spektrofotometra "0 punkta" kalibrācija ar "tukšo" paraugu. Sagatavo "tukšo" paraugu – 40 mL dejonizēta ūdens pārnes 50 mL

mērkolbā un veic darbības absorbējošā savienojuma (krāsas) veidošanai kā aprakstīts iepriekš. Sagatavotu "tukšo" paraugu ielej kivetē ar 10 mm optiskā ceļa garumu, ievieto spektrofotometrā. Kad iestājusies absorbcijas vērtības stabilizācija, nospiež spektrofotometra pogu "CAL". Spektrofotometra displejā parādās absorbcijas vērtība "0,000". Līdz ar to spektrofotometrs ir sagatavots kalibrēšanas grafika paraugu un testējamo paraugu absorbcijas mērījumiem attiecībā pret "tukšo" paraugu.

Kalibrēšana

Ar mērpipeti 50 mL mērkolbās ielej atbilstošus tilpumus fosfātjonu standartšķīduma ($\rho_p = 2 \text{ mg L}^{-1}$), piemēram, 5,00 mL, 7,00 mL, 9,00 mL, 10,00 mL, 12,00 mL, 15,00 mL un 20,00 mL. Atšķaida ar ūdeni līdz apmēram 40 mL. Iegūtie šķīdumi satur 0,20; 0,28; 0,36; 0,40; 0,48; 0,60 un 0,80 mg P L⁻¹. Absorbējošā savienojuma veidošanās un spektrofotometrisko mērījumu darba gaita aprakstīta iepriekš.

Kalibrēšanas grafika konstruēšana

Kalibrēšanas grafikā attēlo absorbciju atkarībā no fosfora koncentrācijas kalibrēšanas šķīdumos. Absorbcijas (kā y-asi) vērtību atkarībā no fosfora satura (kā x-asi) kalibrēšanas šķīdumos, fosfora miligrami litrā, attēlo grafiski. Absorbcijas un koncentrācijas attiecība ir lineāra. Nosaka taisnes slīpumu.

14.6. Aprēķini

Fosfora saturu mineralizētā vai ekstrahētā parauga šķīdumā, ρ_p , mg L⁻¹, aprēķina pēc kalibrēšanas grafika:

$$\rho_p = \frac{y - a}{b} \cdot \frac{50}{V}, \text{ kur}$$

y – mineralizētā parauga šķīduma absorbcija;

a – absorbcija punktā, kurā kalibrēšanas taisne krusto y asi;

b – kalibrēšanas taisnes slīpuma koeficients, absorbcijas vienības un miligramu fosfora litrā;

V – mineralizētā vai ekstrahētā parauga šķīduma daļas tilpums, kas ņemts absorbcijas mērījumiem, mL;

50 – tilpums, līdz kuram atšķaidīta absorbcijas mērījumiem ņemtā mineralizētā parauga šķīduma daļa, mL.

Fosfora saturu paraugā, g kg⁻¹, aprēķina šādi:

$$x = \frac{\rho_p \cdot V_1}{1000 \cdot m} \cdot K_m, \text{ kur}$$

ρ_p – fosfora saturs mineralizētā vai ekstrahētā paraugā, kas noteikts pēc kalibrēšanas grafika, mg L⁻¹;

V_1 – pēc mineralizācijas vai ekstrakcijas parauga šķīduma tilpums, mL;

m – gaissausa parauga iesvars, g;

K_m – mitruma koeficients.

Atsauces

LVS ISO 11466:1995. 1999. Augšnes kvalitāte – Karaļūdenī šķīstošo elementu mineralizācija. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 8 lpp.

LVS EN 14672. 2006. Dūņu raksturošana. Kopējā fosfora noteikšana. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 9 lpp.

15. Augšnes apmaiņas skābuma, brīvā H⁺ jonu un apmaiņas katjonu (Ca, Fe, Al, K, Mg, Mn, Na) noteikšana

Metodika	ISO 11260 ISO 14254
Metodes princips	Titrimetrija, atomabsorbcijas spektrometrija
Darbības lauks	Visa veida gaissausiem augsnes paraugiem

15.1. Princips

Augsni vispirms piesātina, apstrādājot ar 0,1 M bārija hlorīda (BaCl₂) šķīdumu. Apmiņas bāzisko katjonu (nātrija, kālija, kalcija un magnija), kā arī apmaiņas skābo katjonu (dzelzs, mangāns, alumīnijs) koncentrāciju nosaka 0,1 M BaCl₂ ekstraktā, izmantojot spektrometrijas metodi.

Lai noteiktu apmaiņas skābumu, 0,1 M BaCl₂ ekstraktu titrē ar 0,05 M NaOH šķīdumu līdz pH 7,8. Brīvo H⁺ jonu koncentrāciju nosaka, pievienojot BaCl₂ ekstraktam nātrija fluorīda (NaF) šķīdumu pirms titrēšanas (tādējādi alumīnija joni izgulsnējas un tikai H⁺ koncentrācija tiek noteikta titrējot).

15.2. Iekārtas, trauki

- Laboratorijas svāri, precizitāte 0,01 g;
- Centrifūga un centrifūgas stobri, 50 mL;
- Kratītājs;
- Stikla mērkolbas, 1000 mL, 100 mL, 50 mL;
- Mora pipetes, mērpipetes, 1 mL, 5 mL, 10 mL, 25 mL;
- Stikla piltuves, diametrs ~ 7 cm;
- Stikla vārglāzes, 150 mL;
- Stikla mērcilindrs, 50 mL;
- Potenciometriskais titrators ar kombinēto stikla elektrodu, temperatūras kompensācijas ierīci un magnētisko maisītāju;
- Atomu absorbcijas spektrofotometrs (AAS), kas apgādāts ar attiecīgo metālu dobām katoda lampām, kompresoru un gaisa sausinātāju;
- Filtrpapīrs.

15.3. Reāģenti

- Bārija hlorīda (BaCl₂) šķīdums, 0,1 M, pagatavošana: 1 L mērkolbā 24,43 g BaCl₂·2H₂O izšķīdina nelielā ūdens tilpumā un atšķaida līdz 1 L atzīmei;
- Nātrija hidroksīda (NaOH) šķīdums, 0,05 M;
- Nātrija fluorīds (NaF), 1 M, pagatavošana: 1 L mērkolbā 41,988 g NaF izšķīdina nelielā ūdens tilpumā un atšķaida līdz 1 L atzīmei;
- Standarta buferšķīdums pH 4,00±0,02;
- Standarta buferšķīdums pH 7,00±0,02;

- Kālija jonu standartšķīdums, 1000 mg L⁻¹;
- Kalcija jonu standartšķīdums, 1000 mg L⁻¹;
- Nātrija jonu standartšķīdums, 1000 mg L⁻¹;
- Magnija jonu standartšķīdums, 1000 mg L⁻¹;
- Mangāna jonu standartšķīdums, 1000 mg L⁻¹;
- Dzelzs jonu standartšķīdums, 1000 mg L⁻¹;
- Dejonizēts ūdens.

15.4. Procedūra

Paraugs

Izmanto 2,5 g gaissausa ($D < 2$ mm) augsnes paraugu.

Ekstrakta pagatavošana

2,5 g augsnes paraugu ievieto 50 mL centrifūgas stobrā. Pievieno 30 mL BaCl₂ šķīduma (0,1 M) un krata 2 stundas. Centrifugē 3000 apgr. 10 min. Pārlej centrifugātu 100 mL mērkolbā. Pēc tam augsnei atkārtoti pielej vēl 30 mL BaCl₂ šķīduma, sakrata un centrifugē. Šo procedūru atkārto 2 reizes. Centrifugātu uzpilda līdz 100 mL atzīmei ar 0,1 M BaCl₂ šķīdumu un filtrē.

Apmaiņas katjonu noteikšana (Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn)

Apmaiņas katjonus BaCl₂ ekstraktā nosaka spektrometriski atbilstoši iekārtas ražotāja rekomendācijām. Atomu absorbcijas spektrofotometra kalibrēšana tiek veikta atbilstoši ražotāja rekomendācijām un Tab. 6 norādītajiem AAS darba pamatparametriem (iestatījumiem).

Tab. 5 AAS darba pamatparametri (iestatījumi)

Elements	Mērīšanas režīms	Vilņa garums, nm	Slīt, mm	Gaisa plūsma, L min ⁻¹	Acitelēna plūsma, L min ⁻¹	Kalibrēšanas grafika funkcija	Linearitātes robeža, mg L ⁻¹
Ca	Absorbcijas	422,67	2,7/0,6	10	3,02	Nelineāra, caur 0 punkta	5,0
Mg	Absorbcijas	285,21	2,7/1,05	10	2,5	Nelineāra, caur 0 punkta	0,50
K	Emisijas	766,49	1,8/0,6	10	2,5	Nelineāra, caur 0 punkta	2,0
Na	Absorbcijas	589,00	1,8/0,6	10	2,5	Nelineāra, caur 0 punkta	1,0
Mn	Absorbcijas	279,48	1,8/0,6	10	2,5	Nelineāra, caur 0 punkta	2,0
Fe	Absorbcijas	248,33	1,8/1,35	10	2,5	Nelineāra, caur 0 punkta	6,0

Tab. 6 AAS kalibrēšanas standartu koncentrācijas

Elements	Kalibrēšanas šķīdumi, mg L ⁻¹			
	I	II	III	IV
K	2	4	6	12
Na	2	4	6	-
Ca	3	9	18	-
Mg	1	2	4	6
Mn	1	2	6	12
Fe	2	4	6	-

Brīvā H⁺ noteikšana

Ar pipeti paņem 25 mL ekstrakta. Pievieno 1,25 mL 1 M nātrija fluorīda šķīduma. Saskalo un titrē ar 0,05 M nātrija hidroksīda šķīdumu līdz pH 7,8.

Apmaiņas skābuma noteikšana

Ar pipeti paņem 25 mL ekstrakta un ielej pietiekoši lielā traukā, lai tajā varētu ievietot pH elektrodu. Ievieto pH elektrodu un titrē ar 0,05 M nātrija hidroksīda šķīdumu līdz sasniedz pH 7,8 un šī vērtība saglabājas vismaz 30 sek. Atkārtoti titrēšanu ar tukšo analīzi, kas satur tikai 0,1 M bārija hlorīda šķīdumu.

15.5. Aprēķini

Apmaiņas katjoni (Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn)

Apmaiņas katjonu koncentrācijas testējamajos paraugos aprēķina pēc vienādojuma:

$$\rho_{Me} = (A - K) \frac{V}{m}, \text{ kur}$$

ρ_{Me} – attiecīgā metāla masas koncentrācija, mg kg⁻¹;

A – nolasījums no atomu absorbcijas spektrofotometra, mg L⁻¹;

K- kontroles nolasījums no atomu absorbcijas spektrofotometra, mg L⁻¹;

m – iesvara masa, g;

V – augsnes BaCl₂ ekstrakta tilpums, mL.

Koeficienti (g mol⁻¹), lai apmaiņas katjonus izteiktu gramekvivalentu vienībās:

Na⁺ = 22,99

Ca²⁺ = 20,04

Fe³⁺ = 18,62

Al³⁺ = 8,99

K⁺ = 39,10

Mg²⁺ = 12,16

Mn²⁺ = 27,47

H⁺ = 1,01

Apmiņas skābums

Kopējo apmaiņas skābumu gaisausā augsnē aprēķina pēc vienādojuma:

$$E_A = \frac{(V_A - V_B) C_{\text{NaOH}} \cdot 100 \cdot V}{V_S \cdot m}, \text{ kur}$$

E_A – kopējais apmaiņas skābums gaissausā augsnē, cmol kg⁻¹;

V_A – parauga titrēšanā patērētā NaOH tilpums, mL;

V_B – tukšā parauga titrēšanā patērētā NaOH tilpums, mL;

C_{NaOH} – NaOH koncentrācija, mol L⁻¹;

V_S – analīzei ņemtā ekstrakta tilpums, mL;

m – augsnes parauga masa, g;

V – ekstrakta kopējais tilpums, mL.

Brīvais H⁺

Brīvā H⁺ aprēķināšanai izmanto to pašu formulu, ko apmaiņas skābuma aprēķināšanai, izmantojot, attiecīgi H⁺ titrēšanā patērētā nātrija hidroksīda tilpumu.

Atsauces

ISO 11260. 1994. Soil Quality – Determination of effective cation exchange capacity and base saturation level using barium chloride solution. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 10 p.

ISO 14254. 1994. Soil Quality – Determination of exchangeable acidity in barium chloride extracts. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 5 p.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

16. Karaļūdenī ekstrahējamo elementu noteikšana (Ca, K, Mg, Mn, Cu, Pb, Cd, Zn, Fe, Cr, Ni, Na)

Metodika	ISO 11466:1005
Metodes princips	Atomabsorbcijas spektrometrija
Darbības lauks	Visa veida augsnes un augu materiāla paraugiem

16.1. Princips

Izzāvētu augsnes vai augu materiāla paraugu ekstragē ar sālsskābes un slāpekļskābes maisījumu 16 stundas izturot istabas temperatūrā, tad vāra 2 stundas 150 °C temperatūrā ar atteces dzesinātāju. Tad ekstraktu filtrē 100 mL mērkolbā un uzpilda ar slāpekļskābi. Metāliskos elementus nosaka ar spektrometrijas metodi.

16.2. Iekārtas

- Analītiskie svāri, precizitāte 0,0001 g;
- Mineralizācijas mēģenes, 250 mL;
- Dzesēšanas iekārta;
- Mineralizācijas iekārta ar regulējamu temperatūru;
- Piltuve, diametrs ~ 110 mm;
- Mērkolba, 100 mL;
- Filtrpapīrs (diametrs 150 mm, poru izmērs 8 µm);
- Stikla mērcilindrs, 50 mL, 25 mL;
- Atomu absorbcijas spektrofotometrs (AAS), kas apgādāts ar attiecīgo metālu dobām katoda lampām, kompresoru un gaisa sausinātāju.

16.3. Reāģenti

- Dejonizēts ūdens;
- Sālsskābe (HCl), 12 M, $\rho=1,19 \text{ g mL}^{-1}$;
- Slāpekļskābe (HNO₃), 15,8 M, $\rho=1,42 \text{ g mL}^{-1}$;
- Slāpekļskābe (HNO₃), 0,5 M, pagatavošana: 32 mL koncentrētas HNO₃ (12 M, $\rho=1,19 \text{ g mL}^{-1}$) atšķaida ar ūdeni līdz 1 litram;
- AAS metālisko elementu standartšķīdumi, 1000 mg L⁻¹.

16.4. Procedūra

Paraugs

Nosver 0,1-0,3 g (atkarībā no C_{org.} satura paraugā) gaissausu paraugu (daļiņu izmērs D < 2 mm vai < 150 µm) ar zināmu mitruma saturu un ieber 250 mL mineralizācijas kolbā vai mēģenē.

Karaļūdens izvilkuma pagatavošana

Paraugu samitrina ar 0,5 līdz 1 mL ūdens, tad maisot pievieno 21 mL koncentrētas sālsskābes (12 M, $\rho=1,19 \text{ g mL}^{-1}$) un 7 mL koncentrētas slāpekļskābes (15,8 M, $\rho=1,42 \text{ g mL}^{-1}$). Lai izvairītos no putošanas skābes var pievienot pa pilienam. Mineralizācijas kolbai pievieno dzesētāju, tad atstāj uz 16 stundām istabas temperatūrā. Šajā laikā notiek lēna organiskās vielas oksidācija.

Pielietā karaļūdens daudzums ir pietiekošs, lai oksidētu aptuveni 0,5 g organiskā oglekļa. Ja paraugā ir vairāk par 0,5 g organiskā oglekļa, rīkojas sekojoši. Ļauj augsnei reaģēt ar pirmo karaļūdens porciju, tad pievieno slāpekļskābi (15,8 M) – 1 mL uz katrām 0,1 g organiskā oglekļa virs sākotnēji oksidētajiem 0,5 g. Nedrīkst vienā reizē pievienot vairāk par 10 mL slāpekļskābes, bet jāļauj, lai notiek organiskās vielas reakcija ar pievienoto slāpekļskābi un tikai tad jāturpina slāpekļskābes pievienošana.

Lēni paaugstina suspensijas temperatūru līdz viršanai un karsē šādā temperatūrā 2 stundas, neļaujot, lai kondensāts paceltos augstāk par 1/3 no mineralizācijas kolbas augstuma. Pēc tam paraugus atdzesē.

Atstāj paraugus tik ilgi, kamēr visas suspensijā esošās augsnes daļiņas ir nosēdušās. Dekantē ekstraktu uz filtrpapīra, kas ievietots piltuvē, un savāc filtrātu 100 mL mērkolbās. Pārskalo mineralizācijas kolbu tā, lai visas neizšķīdušās daļiņas nonāktu uz filtrpapīra. Savāc visu filtrātu un kolbas uzpilda līdz atzīmei ar 0,5 M slāpekļskābi.

Elementu noteikšana (Ca, K, Mg, Mn, Cu, Pb, Cd, Zn, Fe, Cr, Ni, Na)

Elementu koncentrāciju nosaka karaļūdens ekstraktā spektrometriski atbilstoši iekārtas ražotāja rekomendācijām (Tab. 8, Tab. 9, Tab. 10, Tab. 11).

Sm	429,7	0,2	N-Ac	300,0	(b)
Sn	286,3	0,7	N-Ac	150,0	
Sr	460,7	0,4	N-Ac	5,0	(b)
Ta	271,5	0,2	N-Ac	550,0	(c)
Th	432,6	0,2	N-Ac	300,0	(b)
Tc	261,4	0,2	A-Ac	100,0	(e)
Te	214,3	0,2	A-Ac	20,0	
Ti	364,3	0,2	N-Ac	80,0	
Tl	276,8	0,7	A-Ac	30,0	(e)
Tm	371,8	0,2	N-Ac	20,0	(b)
U	351,5	0,2	N-Ac	5500,0	(b)
V	318,4	0,7	N-Ac	90,0	(b)
W	255,1	0,2	N-Ac	450,0	
Y	410,2	0,2	N-Ac	80,0	(b)
Yb	398,8	0,2	N-Ac	5,0	(b)
Zn	213,9	0,7	A-Ac	1,0	(e)
Zr	360,1	0,2	N-Ac	300,0	(c)

Tab. 7: Ieteicamās piedevas atomu absorbcijas spektrometrijā

Nosaukums	Paskaidrojumi
-----------	---------------

Nosaukums	Paskaidrojumi
(b)	Ieteicams pievienot sārmu (K, La vai Cs hlorīdi, 1-3 g L ⁻¹), lai mazinātu jonizācijas ietekmi
(c)	0,2% Al un 1,0% HF pievienojams, lai palielinātu linearitāti un jutīgumu
(d)	0,1% La pievienojams, lai palielinātu jutīgumu
(e)	Triecienlodīšu izmantošana palielina jutīgumu aptuveni 2 reizes

Tab. 8: Kalibrēšanas šķīdumu koncentrācija AAS

Elements		Kalibrēšanas šķīdumi, mg L ⁻¹		Piezīmes
		II	III	
Ca	3	9	18	239,9 nm, gaiss - acetilēns
Cd	2	4	6	228,8 nm, gaiss - acetilēns
Cr	2	4	6	357,9 nm, gaiss - acetilēns
Cu	2	4	6	324,8 nm, gaiss - acetilēns
Fe	2	4	6	252,3 nm, gaiss - acetilēns
K	2	4	6	769,9 nm, gaiss - acetilēns
Mg	2	4	6	202,6 nm, gaiss - acetilēns
Mn	2	4	6	279,5 nm, gaiss - acetilēns
Na	2	4	6	589,0 nm, gaiss - acetilēns
Ni	2	4	6	232,0 nm, gaiss - acetilēns
Pb	2	4	6	283,3 nm, gaiss - acetilēns
Zn	2	4	6	213,9 nm, gaiss - acetilēns

Tab. 9: Atomu absorbcijas standarta parametri un traucējošie faktori

Elements	Vilņa garums (nm)	Šķēlums (nm)	Fona līmenis	Limit. konc. (mg L ⁻¹)	Rakst. kontroles konc. (mg L ⁻¹)	Linearitātes robeža (mg L ⁻¹)
Ca	422,7	0,7	1,0	0,092	4,0	5,0
	239,9	0,7	14,0	13,0	600,0	800,0
Cd	228,8	0,7	1,0	0,028	1,5	2,0
	326,1	0,7	0,90	11,0	500,0	-
Co	240,7	0,2	1,0	0,12	7,0	3,5

Elements	Vilņa garums (nm)	Šķēlums (nm)	Fona līmenis	Limit. konc. (mg L ⁻¹)	Rakst. kontroles konc. (mg L ⁻¹)	Linearitātes robeža (mg L ⁻¹)
Cr	242,5	0,2	0,84	0,15	8,0	2,0
	241,2	0,2	0,94	0,22	15,0	3,0
	252,1	0,2	0,82	0,28	15,0	7,0
	243,6	0,2	0,54	1,0	45,0	—
	304,4	0,2	0,93	1,8	80,0	—
	352,7	0,2	0,92	3,2	150,0	—
	346,6	0,2	0,87	4,1	200,0	—
	347,4	0,2	0,76	7,2	300,0	—
	301,8	0,2	0,97	12,0	550,0	—
	357,9	0,7	1,0	0,078	4,0	5,0
	359,4	0,7	1,2	0,10	5,0	7,0
	360,5	0,7	7,7	0,14	7,0	7,0
	425,4	0,7	8,8	0,20	12,0	7,0
	427,5	0,7	10,0	0,27	15,0	7,0
	429,0	0,7	6,9	0,38	20,0	5,0
	324,8	0,7	1,0	0,077	4,0	5,0
327,4	0,7	1,1	0,17	8,0	5,0	
Cu	216,5	0,2	7,2	0,117	20,0	20,0
	222,6	0,2	5,9	1,1	50,0	50,0
	249,2	0,7	1,7	5,8	300,0	100,0
	224,4	0,2	6,0	14,0	650,0	—
Fe	244,2	0,7	2,2	244,20	1000,0	—
	248,3	0,2	1,0	0,11	6,0	6,0
	252,3	0,2	0,70	0,18	8,0	10,0
	248,8	0,2	0,85	0,19	9,0	10,0
	302,1	0,2	0,46	0,40	20,0	10,0

Elements	Vilņa garums (nm)	Šķēlums (nm)	Fona līmenis	Limit. konc. (mg L ⁻¹)	Rakst. kontroles konc. (mg L ⁻¹)	Linearitātes robeža (mg L ⁻¹)
	296,7	0,2	0,53	0,81	40,0	20,0
	246,3	0,2	0,73	1,1	65,0	20,0
	305,9	0,2	0,40	2,4	100,0	-
	346,6	0,2	0,52	10,0	500,0	-
K	766,5	0,7/1,4	1,0	0,043	2,0	2,0
	769,9	0,7/1,4	1,4	0,083	4,0	20,0
	404,4	0,7	1,9	7,8	350,0	600,0
Mg	285,2	0,7	1,0	0,0078	0,30	0,50
	202,6	0,7	3,9	0,19	9,0	10,0
Mn	279,5	0,2	1,0	0,052	2,5	2,0
	279,8	0,2	0,77	0,067	3,0	5,0
	280,1	0,2	0,88	0,11	5,0	5,0
	403,1	0,2	1,1	0,51	25,0	—
Na	589,0	0,2/0,4	1,0	0,012	0,50	1,0
	330,2	0,7	0,63	1,7	80,0	-
Ni	232,0	0,2	1,0	0,14	7,0	2,0
	231,1	0,2	0,95	0,20	10,0	5,0
	352,5	0,2	0,47	0,39	20,0	20,0
	341,5	0,2	0,55	0,40	20,0	10,0
	305,1	0,2	0,41	0,54	25,0	20,0
	346,2	0,2	0,43	0,80	40,0	20,0
	351,5	0,2	0,92	0,88	50,0	—
	303,8	0,2	0,45	1,6	80,0	—
	337,0	0,2	0,44	2,4	100,0	—
	323,3	0,2	0,37	4,2	200,0	—
	294,4	0,2	0,52	7,1	350,0	—

Elements	Vilņa garums (nm)	Šķēlums (nm)	Fona līmenis	Limit. konc. (mg L ⁻¹)	Rakst. kontroles konc. (mg L ⁻¹)	Linearitātes robeža (mg L ⁻¹)
	247,7	0,2	0,47	33,0	1500,0	—
	283,3	0,7	0,43	0,45	20,0	20,0
	217,0	0,7	1,0	0,19	9,0	20,0
	205,3	0,7	1,4	5,4	250,0	-
Pb	202,2	0,7	1,8	7,1	350,0	-
	261,4	0,7	0,35	11,0	500,0	-
	368,3	0,7	0,40	27,0	1200,0	-
	364,0	0,7	0,33	67,0	3000,0	-
	213,9	0,7	1,0	0,018	1,0	1,0
Zn	307,6	0,7	0,38	79,0	3500,0	-

16.5. Aprēķini

Aprēķinus veic atbilstoši iekārtas nolasījumiem.

Atsauces

LVS ISO 11466:1995. Augsnes kvalitāte – Karaļūdenī šķīstošo elementu mineralizācija. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 8 lpp.

ISO 11047. 1998. Soil Quality – Determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, manganese nickel and zinc. Flame and electrothermal atomic absorption spectrometric methods. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 6 p.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

17. Augšnes reaģējošā Fe un Al saturs noteikšana skābā oksalāta izvilcumā

Metodika	ISRIC, 1992
Metodes princips	Atomabsorbcijas spektrometrija
Darbības lauks	Visa veida augsnes paraugiem

17.1. Princips

Augsnes šķīduma esošo amorfo Al un Fe formu saturu parāda reaģējošā Al un Fe koncentrācija. Šos rādījumus iespējams izmantot augsnes ģenēzes procesu (piemēram, podzolēšanās, izskalošanās un akumulācijas procesa) interpretācijā.

Augsni apstrādā ar skābo amonija oksalāta šķīdumu, tādējādi izšķīdinot reaģējošos jeb "aktīvos" Fe, Al (un Si) savienojumus, ko pēc tam nosaka, izmantojot spektrometrijas metodi.

17.2. Iekārtas, trauki

- Analītiskie svāri, precizitāte 0,0001 g;
- pH-metrs;
- Laboratorijas kratītājs;
- Centrifūga, centrifūgas stobri (50 mL);
- Atomu absorbcijas spektrofotometrs (AAS), kas apgādāts ar attiecīgo metālu dobām katoda lampām, kompresoru un gaisa sausinātāju;
- Polietilēna pudeles ar korķi, tilpums 100 un 250 mL;
- Stikla mērkolbas, 5000 mL, 1000 mL;
- Mērpipetes vai Mora pipetes, 5, 10, 25, 50 mL;
- Mērcilindrs, 50 mL.

17.3. Reaģenti

- Destilēts ūdens⁶;
- Amonija oksalāta šķīdums, 0,2 M, pH 3. Pagatavošana: 5 L mērkolbā 4,5 L destilēta ūdens tilpumā izšķīdina 81 g $(\text{COONH}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ un 54 g $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, mērkolbu uzpilda ar ūdeni līdz 5 L atzīmei. Pagatavo 1 L šķīduma no 0,2 M amonija oksalāta (28 g L^{-1}) un skābeņskābes (25 g L^{-1}) šķīdumiem tā, lai šķīduma pH ir 3,0.
- Kālija hlorīda (KCl) šķīdums, $10000 \text{ mg K L}^{-1}$. Pagatavošana: 19 g KCl izšķīdina 800 mL destilēta ūdens un uzpilda līdz 1 L atzīmei;
- "Superfloc" šķīdums, 0,2%. Pagatavošana: izšķīdina 0,1 g *superfloc flocculent (cyanamide superfloc N-100 un Floerger Kamflock FA20H)* 50 mL ūdens, atstāj kratītājā pa nakti tumsā. Uzglabā tumsā ne ilgāk kā 1 nedēļu.

⁶ Dejonizēts ūdens var saturēt Si.

- Šķīdinātājs (5x). Pagatavošana: 1 L mērkolbā sajauc 2,38 g KCl un 25 mL koncentrētas HCl, uzpilda līdz 1 L ar destilētu ūdeni.
- Šķīdinātājs (20x). Pagatavošana: 1 L mērkolbā sajauc 2,01 g KCl, 210 mL skābā amonija oksalāta šķīduma un 21 mL koncentrētas HCl, uzpilda līdz 1 L ar destilētu ūdeni.
- Fe un Al standartšķīdumi, 250 mg L⁻¹; Fe un Al multistandartu sērija. Pagatavošana: Piecās 250 mL mērkolbās ielej 50 mL skābā oksalāta reaģenta, 25 mL KCl šķīduma un 5 mL koncentrētas HCl. No katra 250 mg L⁻¹ standartšķīduma mērkolbās iepilda 0, 5, 10, 25 un 50 mL šķīduma un uzpilda ar destilētu ūdeni līdz atzīmei. Fe un Al multistandartšķīdumu sērija attiecīgi ir 0, 5, 10, 25 un 50 mg L⁻¹.

17.4. Procedūra

Nosver 1 g (precizitāte 0,01 g) gaissausas augsnes un ieber 100 mL pudelē. Paralēli sagatavo 2 aklās analīzes un kontroles analīzi. Pievieno 50 mL oksalāta reaģenta un aiztaisa pudeli (augsnēs, kur ir daudz ar oksalātu ekstrahējamo elementu, Fe, Al > 2%, lieto 100 mL oksalāta šķīduma). Krata pudeles 4 stundas kratītājā tumsā. Aptuveni 35 mL suspensijas pārlej 50 mL centrifūgas stobrā. Pievieno 3-4 pilienus *superfloc* šķīduma un rūpīgi sakrata. Ekstraktu centrifugē. No centrifugāta pagatavo 5x un 20x atšķaidījumus:

5x atšķaidījums – 1 mL cetrifugāta un 4 mL 5x šķīdinātāja pārlej testēšanas mēģenē un sajauc;

20x atšķaidījums – 1 mL centrifugāta un 19 mL 20x šķīdinātāja pārlej testēšanas mēģenē un sajauc.

Nosaka Fe (248,3 nm, gaisa/acetilēna liesma) un Al (309,3 nm, slāpekļa oksīda/acetilēna liesma) AAS iekārtā.

17.5. Aprēķini

Oksalātā šķīstošo Fe un Al saturu gaissausā augsnē aprēķina, izmantojot vienādojumu:

$$\text{Fe, Al (\%)} = \frac{(a - b) \cdot d_f \cdot \text{mL}_{\text{ox.}}}{s \cdot 1000} \cdot 100\% = \frac{(a - b) \cdot 50}{s}, \text{ kur}$$

a – Fe, Al atšķaidītā augsnes paraugā, mg L⁻¹;

b – nolasījums aklajā analīzē, mg L⁻¹;

d_f – atšķaidīšanas faktors (5 vai 20);

mL_{ox.} – oksalāta reaģents, kas izmantots ekstrakta pagatavošanai (50 vai 100), mL;

s - gaissausa parauga masa, mg.

Pārrēķinu koeficienti:

$$\% \text{F}_2\text{O}_3 = 1,43 \times \% \text{Fe}$$

$$\% \text{Al}_2\text{O}_3 = 1,89 \times \% \text{Al}$$

Atsauces

ISRIC, FAO. 1995. Procedures for soil analysis. Fifth ed. ISRIC Technical Paper 9. L.P. Van Reeuwijk (ed). Wageningen, The Netherlands.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil. Hamburg, Germany. 208 p.

16.pielikums. Ūdens analīžu veikšanas metodika

pH noteikšana

Metodika	LVS ISO 10523 (2002)
Metodes princips	Elektrometrija
Darbības lauks	Visu veidu ūdens paraugiem pH noteikšanas robežās no pH 3 līdz pH 10

1.1. Princips

pH ir ūdeņraža jonu aktivitātes skaitliskās vērtības negatīvais logaritms, izteikts molos litrā. Jonu savstarpējās mijiedarbības dēļ ūdeņraža jonu aktivitāte ir nedaudz mazāka par to koncentrāciju.

Daudzu veidu ūdens paraugos pH vērtības mērījumiem ir liela nozīme. Lielas un mazas pH vērtības ir tieši vai netieši toksiskas ūdenī dzīvojošiem organismiem. Tas ir galvenais parametrs, pēc kura vērtē ūdens vides korozīvās īpašības. Tam ir svarīga nozīme arī ūdens attīrīšanas procesu efektīvā vadībā un kontrolē, svina šķīdības kontrolē dzeramajā ūdenī, kā arī notekūdeņu bioloģiskajā attīrīšanā un notekūdeņu izplūdē.

Šo rādītāju nosaka ar dažādām metodēm, sākot ar vienkāršām, izmantojot indikatorpapīru, un beidzot sarežģītām, lietojot dažādus pH metrus. Visas pH noteikšanas metodes kopā var iedalīt divās grupās – kolorimetriskās un elektrometriskās metodes.

Kolorimetriskajām metodēs izmanto indikatorus, kuru krāsa mainās atkarībā no pH vērtības. Šo metožu precizitāte ir ierobežota, un tās dod apmierinošus rezultātus tikai lauka analīzēs.

Elektrometriskās metodes pamatā ir elektrodzinējspēka mērījumi elektroķīmiskā šūnā, kura sastāv no analizējamā parauga, stikla elektroda un salīdzināšanas (references) elektroda, kas ir apvienoti vienā kombinētā elektrodā. Lietojot šo metodi, mērījumu standartnovirze ir $\Delta\text{pH} = 0,05$ vai mazāka. Ja paraugā jonu spēks ir mazs, t.i., tā elektrovadītspēja ir mazāka par $5 \mu\text{S cm}^{-1}$, jāizmanto speciālas analītiskās iekārtas un metodes.

1.2. Iekārtas, trauki

1. pH-metrs ar temperatūras kompensācijas ierīci un taisnes slīpuma koeficienta korekciju milivoltos pret pH vērtību;
2. Kombinētais stikla un salīdzināšanas elektrods;
3. Vārglāze vai paraugu pudele ar plakanu dibenu, tilpums 100 mL.

1.3. Reāģenti

1. Standarta buferšķīdums pH $4,00 \pm 0,02$;
2. Standarta buferšķīdums pH $7,00 \pm 0,02$;
3. Kālija hlorīda šķīdums elektroda uzglabāšanai, 3 mol L^{-1} (224 g L^{-1});
4. Dejonizēts ūdens.

1.4. Paraugs

Ūdens paraugu pH var ātri mainīties tajos notiekošo ķīmisko, fizikālo vai bioloģisko procesu rezultātā. Šā iemesla dēļ pH jānosaka iespējami drīz, bet ne vēlāk kā 6 h laikā pēc parauga ņemšanas. Ja īpašos gadījumos tas nav iespējams vai nav nepieciešams, analīzi veic ne vēlāk kā 24 h laikā pēc parauga ņemšanas. Jānovērš parauga temperatūras svārstības un gāzu apmaiņa ar atmosfēru. Paraugam analīzes brīdī jābūt istabas temperatūrā.

1.5. Darba gaita

Atbilstoši ražotāja norādījumiem veic pH-metra kalibrēšanu, izmantojot standarta buferšķīdumus ar pH $4,00 \pm 0,02$ un $7,00 \pm 0,02$.

Elektrodu noskalo ar ūdeni un iemērc paraugā (minimālais parauga tilpums ir 50 mL). Šķīdumu ap elektrodu viegli samaisa, un nekustinot nolasa pH vērtību ar divām decimālzīmēm, kad iestājusies pH stabilizācija. Tiek rekomendēts nogaidīt vismaz 1 minūti līdz pH mērījuma stabilizācijai, bet parasti pH mērījuma stabilizācija iestājas 5-10 minūšu laikā. Ja mērījuma stabilizācija neiestājas 10 minūšu laikā, ir pamats uzskatīt, ka pastāv kāda elektroda problēma. Katram ūdens paraugam analīzi veic vismaz 2 atkārtojumos. Pēc darba beigšanas elektrods tiek rūpīgi noskalots ar dejonizētu ūdeni un ievietots 3 M KCl šķīdumā uzglabāšanai.

1.6. Traucējošie faktori

Ūdens pH noteikšanu traucē temperatūra, dažas gāzes un organiskās vielas. Būtiskas kļūdas var radīt suspendētās vielas paraugā (suspensijas efekts). Elektrods jāievieto parauga dzidrajā frakcijā pēc suspendēto vielu sedimentācijas. Alternatīvi var izmantot arī ultrafiltrāciju. Mērot notekūdeņu un dažādu veidu virszemes ūdeņu pH, pastāv īpaši liela varbūtība nosmērēt elektrodu vai piesārņot membrānas un diafragmas ar eļļām, smērvielām un citiem piesārņotājiem. Elektrodi regulāri jātīra.

Atsauces

LVS ISO 10523. 2002. Ūdens kvalitāte. pH noteikšana. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 17 lpp.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part XIV, Sampling and Analysis of Deposition. Hamburg, Germany. 66 p.

Pastare S., Gigele R., Vīksna A. 2007. Dzeramais ūdens. Rīga, Latvija, LU Akadēmiskais apgāds. 200 lpp.

2. Elektrovadītspējas noteikšana

Metodika	LVS EN 27888:1993 (1999)
Metodes princips	Tiešā elektrovadītspējas mērīšana
Darbības lauks	Visu veidu ūdens paraugiem
Metodes detektēšanas robeža	0,25 $\mu\text{S cm}^{-1}$

2.1. Princips

Precīzākais un operatīvākais ūdens sāļainības rādītājs ir elektrovadītspēja. Ūdens parauga elektrovadītspēja ir atkarīga no jonu koncentrācijas, vielas dabas, kā arī no šķīduma temperatūras un viskozitātes. Dabas ūdeņos un arī dzeramajā ūdenī elektrovadītspējas vērtību ietekmē nātrija un kālija joni, kā arī sulfātjonu un hlorīdjonu daudzums. Ūdens paraugu elektrovadītspēja tiek mērīta tieši, izmantojot atbilstošu instrumentu - konduktometru.

2.2. Iekārtas, trauki

1. Konduktometrs ar temperatūras kompensācijas ierīci, konduktivitātes elektrods;
2. Vārglāze vai paraugu pudele ar plakanu dibenu, tilpums 100 mL.

2.3. Reāģenti

2. Konduktivitātes standartšķīdums, $\gamma_{25} 84 \mu\text{S cm}^{-1}$;
3. Dejonizēts ūdens, $\gamma_{25} < 0,1 \mu\text{S cm}^{-1}$.

2.4. Paraugs

Ūdens paraugu elektrovadītspēja var mainīties tajos notiekošo ķīmisko, fizikālo vai bioloģisko procesu rezultātā. Šā iemesla dēļ elektrovadītspēja jānosaka iespējami drīz pēc paraugu ņemšanas. Paraugus jāuzglabā polietilēna pudelēs, vēlams tumsā 4 °C temperatūrā. Jānovērš parauga temperatūras svārstības un gāzu apmaiņa ar atmosfēru. Paraugam analīzes brīdī jābūt istabas temperatūrā.

2.5. Darba gaita

Atbilstoši ražotāja norādījumiem veic konduktometra kalibrēšanu, izmantojot konduktivitātes standartšķīdumu, kura elektrovadītspēja 25 °C temperatūrā ir $84 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Konduktometra Jenway 470 kalibrēšanas darba gaita:

- ieslēdz konduktometru, elektrodu ievieto dejonizētā ūdenī un atstāj uz ~ 30 min;
- elektrodu ievieto konduktivitātes standartšķīdumā ($84 \mu\text{S cm}^{-1}$), nospiež pogu "Cal", sagaida konduktivitātes rādītāja stabilizēšanos, atkārtoti nospiež pogu "Cal";
- elektrodu noskalo ar dejonizētu ūdeni.

Elektrodu iemērc paraugā (minimālais parauga tilpums ir 50 mL). Šķīdumu ap elektrodu viegli samaisa, un nekustinot nolasa elektrovadītspējas vērtību, kad iestājusies stabilizācija. Pēc darba beigšanas elektrods tiek rūpīgi noskalots ar dejonizētu ūdeni. Katram ūdens paraugam analīzi veic vismaz 2 atkārtojumos.

Atsauces

LVS ISO 27888:1993. 1999. Ūdens kvalitāte. Elektrovadītspējas noteikšana. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 6 lpp.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part XIV, Sampling and Analysis of Deposition. Hamburg, Germany. 66 p.

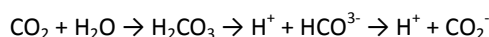
Pastare S., Gigele R., Vīksna A. 2007. Dzeramais ūdens. Rīga, Latvija, LU Akadēmiskais apgāds. 200 lpp.

3. Kopējās sārmainības noteikšana

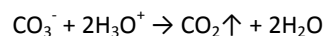
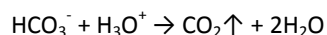
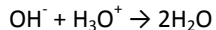
Metodika	LVS EN ISO 9963-1:1995 (1999)
Metodes princips	Potenciometriskā titrimetrija
Darbības lauks	Visu veidu ūdens paraugiem
Metodes detektēšanas robeža	

3.1. Princips

Sārmainība ir kopējais hidroksīdjonu, hidrogēnkarbonātu un karbonātjonu daudzums analizējamā ūdens paraugā. Hidrogēnkarbonāti kopā ar oglekļa dioksīdu veido karbonātsistēmu. Tā ir viena no svarīgākajām sistēmām ūdenī:



Sārmainība raksturo ūdens spēju neitralizēt skābes, tajā pašā laikā neizraisot pH pazemināšanos, t.i., sārmainība raksturo ūdens buferkapacitāti. Sārmainību nosakošie joni reaģē ar skābēm, un titrēšanā patērētais skābes (0,1 M vai 0,02 M HCl) daudzums nosaka ūdens sārmainību. Titrējot notiek šādas reakcijas:



Metodes pamatā ir ūdens parauga potenciometriskā titrēšana ar skābes šķīdumu līdz noteiktam beigu punktam (pH 4,50±0,05).

3.2. Iekārtas, trauki

1. Potenciometriskais titrators ar kombinēto stikla elektrodu, temperatūras kompensācijas ierīci un magnētisko maisītāju;
2. Mora pipete, 100 mL;
3. Vārglāze, 300 mL;

3.3. Reāģenti

1. Standarta buferšķīdums pH 4,00±0,02;
2. Standarta buferšķīdums pH 7,00±0,02;
3. Kālija hlorīda šķīdums elektroda uzglabāšanai, 3 mol L⁻¹ (224 g L⁻¹);
4. Sālsskābes šķīdums, 0,1 M, pagatavots no fiksānāla;
5. Sālsskābes šķīdums, 0,02 M, pagatavots no fiksānāla;
6. Dejonizēts ūdens, $\gamma_{25} < 0,1 \mu\text{S cm}^{-1}$.

3.4. Paraugs

Kopējā sārmainība jānosaka iespējami drīz pēc paraugu ņemšanas. Paraugus jāuzglabā polietilēna vai borsilikāta pudelēs 4 °C temperatūrā. Paraugam analīzes brīdī jābūt istabas (18-24 °C) temperatūrā.

3.5. Darba gaita

Atbilstoši ražotāja norādījumiem veic potenciometriskā titratora kalibrēšanu, izmantojot standarta buferšķīdumus ar pH 4,00±0,02 un 7,00±0,02. Kalibrēšanas laikā standarta buferšķīdumi tiek maisīti, izmantojot magnētisko maisītāju.

Ar Mora pipeti nomēra 100 mL analizējamā parauga un pārnes 300 mL vārglāzē. Šķīdumu maisot titrē ar 0,1 M vai 0,02 M HCl šķīdumu līdz šķīduma pH ir 4,50±0,05. Nolasa patērētās HCl šķīduma tilpumu ar precizitāti 0,001 mL un atzīmē protokolā. Nokrišņu ūdens paraugu titrēšanai tiek izmantots 0,02 M HCl šķīdums, augsnes ūdens paraugu titrēšanai tiek izmantots 0,1 M HCl šķīdums. Pēc darba beigšanas elektrods tiek rūpīgi noskalots ar dejonizētu ūdeni. Katram ūdens paraugam analīzi veic vismaz 2 atkārtojumos.

3.6. Aprēķini

Kopējo sārmainību aprēķina:

$$A_T = \frac{c(\text{HCl}) \times V_1 \times 1000}{V_2}, \text{ kur}$$

A_T – kopējā sārmainība, mmol L⁻¹;

$c(\text{HCl})$ – HCl šķīduma koncentrācija, mol L⁻¹;

V_1 – titrēšanā patērētā HCl šķīduma tilpums, mL;

V_2 – analīzei ņemtā ūdens parauga tilpums, mL.

Atsauces

LVS ISO 27888:1993. 1999. Ūdens kvalitāte. Sārmainības noteikšana – 1. daļa: Kopējās un saliktās sārmainības noteikšana. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 9 lpp.

ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part XIV, Sampling and Analysis of Deposition. Hamburg, Germany. 66 p.

Pastare S., Gigele R., Vīksna A. 2007. Dzeramais ūdens. Rīga, Latvija, LU Akadēmiskais apgāds. 200 lpp.

4. Cieto suspendēto vielu noteikšana

Metodika	LVS EN 872 (2007)
Metodes princips	Vakuuma filtrēšana, gravimetrija
Darbības lauks	Visu veidu neapstrādātiem ūdens paraugiem
Metodes detektēšanas robeža	2 mg L ⁻¹

4.1. Princips

Suspendētās cietās vielas ir cietās vielas, kas atdalītas, filtrējot noteiktos apstākļos. Ūdens paraugi ne vienmēr ir stabili. Tas nozīmē, ka cieto suspendēto vielu saturs ir atkarīgs no uzglabāšanas laika, transportēšanas veida, pH vērtības un citiem apstākļiem. Ja paraugi ir nestabili, iegūtie rezultāti jāinterpretē piesardzīgi.

Metodes pamatā ir paraugu filtrēšana caur stikla šķiedras filtru, lietojot vakuuma vai spiediena filtrēšanas iekārtu. Pēc tam filtru žāvē 105±2 °C temperatūrā un sverot nosaka uz filtra uztverto nogulšņu masu. Metodes zemākā robeža ir 2 mg L⁻¹. Augstākā robeža nav noteikta.

4.2. Iekārtas, trauki

1. Vakuuma filtrēšanas iekārta;
2. Apaļi borsilikātu stikla šķiedras filtri, kas atbilst filtrēšanas ierīcei, nesatur saistvielas, masa uz laukuma vienību ir no 50 g m⁻² līdz 100 g m⁻²;
3. Žāvkapis, 105±2 °C temperatūra;
4. Analītiskie svāri, precizitāte 0,0001 g;
5. Stikla Petri trauki.

4.3. Paraugs

Cietās suspendētās vielas nosaka, cik ātri vien iespējams, pēc paraugu ņemšanas, vēlams, 4 h laikā. Paraugus, kurus nevar analizēt 4 h laikā, uzglabā tumsā no 1-5 °C temperatūrā, bet nepieļauj paraugu sasalšanu. Ja paraugus uzglabā ilgāk par 2 dienām, rezultāti jāinterpretē piesardzīgi. Paraugus, kuros nosaka cietās suspendētās vielas, nedrīkst konservēt ne ar kādām piedevām.

4.4. Darba gaita

- Ļauj paraugiem sasniegt istabas temperatūru. Filtrus numurē un žāvē 105±2 °C temperatūrā vismaz 2 stundas. Pēc žāvēšanas filtriem ļauj svaru apkārtnē sasniegt mitruma līdzsvaru ar gaisu un, izmantojot analītiskos svarus, nosver ar precizitāti 0,0001 g, filtru masu atzīmē protokolā.

- Filtru ar gludo pusi uz leju ievieto filtrēšanas iekārtas piltuvē un iekārtu pievieno vakuuma līnijai.
- Parauga pudeli sakrata un, nekavējoties vienā paņēmienā, pārlej vajadzīgo parauga tilpumu mērcilindrā. Izvēlas tādu parauga tilpumu, lai sauso nogulšņu masa uz filtra būtu optimālajā noteikšanas intervālā starp 5 mg un 50 mg. Tomēr paraugu tilpumam nevajadzētu pārsniegt 1 litru. Izvēlēto parauga tilpumu atzīmē protokolā. Rezultāti ir derīgi, ja sausā nogulšņu masa ir vismaz 2 mg.

PIEZĪME: Ja paraugā tiek konstatēti svešķermeņi (skujas, lapas, zari, insekti), tos atdala ar pinceti un tālākajā analīzes gaitā ignorē.

- Paraugu filtrē un mērcilindru skalo ar apmēram 20 mL dejonizēta ūdens, kuru pēc tam lieto filtra mazgāšanai. Piltuves iekšējās malas skalo ar citiem 20 mL dejonizēta ūdens. Ja paraugs satur vairāk par 1000 mg L⁻¹ izšķīdušo vielu, filtra mazgāšanu atkārto 3 reizes ar 50 mL dejonizēta ūdens katrā porcijā.
- Kad filtrs ir gandrīz sauss, atvieno vakuuma līniju. Ar divām plakangala pincetēm filtru uzmanīgi izņem no piltuves. Ja vēlas, filtru var salocīt. Filtru novieto uz Petri plates un žāvē žāvskapī 105±2 °C temperatūrā vismaz 2 h, maksimāli no 14 līdz 16 h. Filtru izņem no žāvskapja, ļauj tam svaru apkārtņē sasniegt līdzsvaru ar gaisu un nosver, kā iepriekš aprakstīts.

4.5. Traucējošie faktori

Elļa un citi organiski šķidrums, kas nejaucas ar ūdeni, traucē cieta suspendēto vielu noteikšanu.

4.6. Aprēķini

Cieto suspendēto vielu saturu aprēķina pēc vienādojuma:

$$\rho = \frac{1000 \times (b - a)}{V}, \text{ kur}$$

ρ – cieta suspendēto vielu saturs, mg L⁻¹;

b – filtra masa pēc filtrēšanas, mg;

a – filtra masa pirms filtrēšanas, mg;

V – analīzei ņemtā parauga tilpums, mL.

Atsauces

LVS EN 872. 2007. Ūdens kvalitāte. Cieta suspendēto vielu noteikšana. Filtrēšana caur stikla šķiedras filtru. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 11 lpp.

5. Amonija jonu noteikšana

Metodika	LVS ISO 7150/1:1984 (1998)
Metodes princips	Spektrofotometrija
Darbības lauks	Vairumam neapstrādātu ūdeņu un notekūdeņu, kas nav pārāk krāsaini un sāļi
Metodes noteikšanas robeža	0,003-0,008 mg L ⁻¹

5.1. Princips

Zilā savienojuma, kas veidojas, reaģējot amonija joniem ar salicilāt- un hipohlorītiem nātrija nitrozopentaciānoferāta (III) (nātrija nitroprusīda) klātbūtnē, spektrofotometriski mērījumi pie 655 nm.

Hipohlorītiem iegūst *in situ* N,N'-dihlor-1,3,5-triazīn-2,4,6 (1H, 3H, 5H)-triona nātrija sāls sārmainas hidrolīzes rezultātā. Hloramīna reakcija ar nātrija salicilātu notiek nātrija nitroprusīda klātbūtnē pie pH 12,6. Rezultātā kvantitatīvi tiek noteikti visi paraugā esošie hloramīni. Nātrija citrātu pievieno, lai maskētu katjonu, īpaši kalcija un magnija jonu, traucējošo iedarbību.

5.2. Iekārtas, trauki

1. Spektrofotometrs, kas piemērots mērīšanai pie viļņu garuma 655 nm;
2. Kivete ar 10 mm optiskā ceļa garumu;
3. Termostatējama ūdens vanna, kas piemērota darbam 25±1 °C temperatūrā;
4. Pipetors;
5. Automātiskā pipete, 5 mL;
6. Mērkolbas, 500 mL;
7. Mērkolbas, 50 mL;
8. Mērpipetes vai Mora pipetes, 2 mL, 10 mL, 20 mL, 40 mL.

5.3. Reāģenti

1. Nātrija salicilāts (C₇H₆O₃Na), 65,0±0,5 g;
2. Nātrija citrāta dihidrāts (C₆H₅O₇Na₃·2H₂O), 65,0±0,5 g;
3. Nātrija nitrozopentaciānoferāta (III) dihidrāts ([Fe(CN)₅NO]Na₂·2H₂O), 0,485±0,002 g;
4. Nātrija hidroksīds (NaOH), 16,00±0,05 g;

5. Nātrija dihlorizocianurāta dihidrāts ($C_3N_3O_3Cl_2Na \cdot 2H_2O$), $1,00 \pm 0,01$ g;
6. Amonija jonu standartšķīdums, $\rho_{NH_4^+} = 1000$ mg L⁻¹;
7. Dejonizēts ūdens.

5.4. Paraugs

Paraugi jāņem polietilēna vai stikla traukos. Tie jāanalizē, cik ātri vien iespējams vai jāuzglabā 2 līdz 5 °C temperatūrā līdz analīzei. Paraugus var konservēt, paskābinot ar sērskābi līdz pH<2, ja tiek novērota paskābinātā parauga piesārņošana ar atmosfērā esošo amonjaku.

5.5. Darba gaita

Krāsu reaģenta "1" pagatavošana

65,0±0,5 g nātrija salicilāta ($C_7H_6O_3Na$) un 65,0±0,5 g nātrija citrāta dihidrāta ($C_6H_5O_7Na_3 \cdot 2H_2O$) izšķīdina dejonizētā ūdenī 500 mL mērkolbā. Pievieno tik daudz ūdens, lai kopējais šķīduma tilpums būtu apmēram 425 mL un tad pievieno 0,485±0,002 g nātrija nitrozopentaciānoferāta (III) dihidrāta ($[Fe(CN)_5NO]Na_2 \cdot 2H_2O$). To izšķīdina un atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

Uzglabājot brūnas krāsas stikla traukā, šis reaģents ir stabils vismaz 2 nedēļas.

Krāsu reaģenta "2" pagatavošana

500 mL mērkolbā 16,00±0,05 g nātrija hidroksīda (NaOH) izšķīdina 250 mL dejonizēta ūdens. Šķīdumu atdzesē līdz istabas temperatūrai un šķīdumam pievieno 1,00±0,01 g nātrija dihlorizocianurāta dihidrāta ($C_3N_3O_3Cl_2Na \cdot 2H_2O$). To izšķīdina un šķīdumu atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

Uzglabājot brūnas krāsas stikla traukā, šis reaģents ir stabils vismaz 2 nedēļas.

Amonija jonu standartšķīduma ($\rho_N = 1$ mg L⁻¹) pagatavošana

1,29 mL amonija jonu standartšķīduma ($\rho_{NH_4^+} = 1000$ mg L⁻¹) ar pipeti pārnes 1000 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

500 mL amonija jonu standartšķīduma ($\rho_N = 1$ mg L⁻¹) pagatavošanai 0,64 mL amonija jonu standartšķīduma ($\rho_{NH_4^+} = 1000$ mg L⁻¹) ar pipeti pārnes 500 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

250 mL amonija jonu standartšķīduma ($\rho_N = 1$ mg L⁻¹) pagatavošanai 0,32 mL amonija jonu standartšķīduma ($\rho_{NH_4^+} = 1000$ mg L⁻¹) ar pipeti pārnes 250 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

1 mL šī standartšķīduma satur 1 µg amonija jonu slāpekļa.

Testējamā parauga daļa

Maksimālais testējamā parauga daļas tilpums ir 40 mL, kuru var izmantot amonija jonu slāpekļa koncentrācijas noteikšanai līdz $\rho_N = 1$ mg L⁻¹. Lielākām amonija jonu slāpekļa koncentrācijām var

izmantot mazākus testējamā parauga daļas tilpumus. Ja paraugs satur suspendētās vielas, tas iepriekš jānostādina vai jāfiltrē caur stikla šķiedras filtru.

Testējamā parauga daļu ar pipeti ielej 50 mL mērkolbā un, ja nepieciešams, ar ūdeni atšķaida līdz 40 ± 1 mL.

PIEZĪME: Vēlams lai testējamā parauga absorbcijas nolasījums ir kalibrēšanas grafika robežās.

PIEZĪME: Testējamā parauga analīzi veic vismaz 2 atkārtojumos.

Absorbējošā savienojuma veidošanās

Pievieno $4,00 \pm 0,05$ mL krāsu reaģenta "1" un labi samaisa. Tad pievieno $4,00 \pm 0,05$ mL krāsu reaģenta "2" un labi samaisa.

PIEZĪME: Pēc šīs pievienošanas šķīduma pH jābūt $12,6 \pm 0,1$. Parauga pārāk liels skābums vai sārmainība var izraisīt novirzi.

Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei. Rūpīgi sakrata kolbu un ievieto ūdens vannā, uzturot 25 ± 1 °C temperatūru vismaz 60 minūtes.

Spektrofotometriskie mērījumi

Ne agrāk kā pēc 60 minūtēm kolbas izņem no ūdens vannas un mēra šķīduma absorbciju pie viļņu garuma ar maksimālo absorbciju 655 nm kivetē ar piemērotu optiskā ceļa garumu (10 mm) attiecībā pret "tukšo" paraugu.

Lai mērījumus varētu veikt attiecībā pret "tukšo" paraugu, jāveic spektrofotometra "0 punkta" kalibrācija ar "tukšo" paraugu. Sagatavo "tukšo" paraugu - 40 mL dejonizēta ūdens pārnēs 50 mL mērkolbā un veic darbības absorbējošā savienojuma veidošanai kā aprakstīts iepriekš. Sagatavotu "tukšo" paraugu ielej kivetē ar 10 mm optiskā ceļa garumu, ievieto spektrofotometrā. Kad iestājusies absorbcijas vērtības stabilizācija, nospiež spektrofotometra pogu "CAL". Spektrofotometra displejā parādās absorbcijas vērtība "0,000". Līdz ar to spektrofotometrs ir sagatavots kalibrēšanas grafika paraugu un testējamo paraugu absorbcijas mērījumiem attiecībā pret "tukšo" paraugu.

Kalibrēšana

Deviņās 50 mL mērkolbās ar pipeti ielej Tab. 1 norādītos amonija jonu slāpekļa standartšķīduma ($\rho_N = 1 \text{ mg L}^{-1}$) tilpumus. Ja nepieciešams pievieno ūdeni, lai iegūtu tilpumu 40 ± 1 mL. Absorbējošā savienojuma veidošanās un spektrofotometrisko mērījumu darba gaita aprakstīta iepriekš.

Tab. 10: Standartšķīdumu tilpumi kalibrēšanai

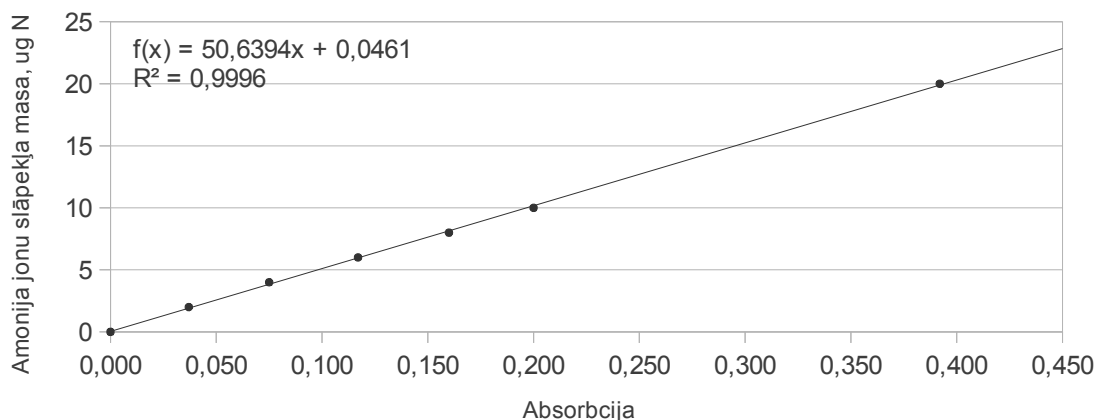
Standartšķīduma tilpums, mL	Amonija jonu slāpekļa masa, μg
0,00 ⁷	0
2,00	2
4,00	4
6,00	6

⁷ Tukšais paraugs

Standartšķīduma tilpums, mL	Amonija jonu slāpekļa masa, µg
8,00	8
10,00	10
20,00	20
30,00	30
40,00	40

Kalibrēšanas grafika konstruēšana

Absorbcijas vērtības atkarību no amonija jonu slāpekļa masas, m_N , attēlo grafiski (Att. 1). Šim grafikam vajadzētu būt lineāram un tam jāiet caur nulles punktu.



Att. 6: Kalibrēšanas grafika konstruēšana

5.6. Traucējošie faktori

Ja paraugi ir tik intensīvi krāsaini vai ar tik lielu sāļu saturu, ka iespējamas kļūdas absorbcijas mērījumos, vai iespējami traucējumi magnija jonu vai hlorīdjonu augstas koncentrācijas dēļ, testējamie paraugi jāgatavo destilējot.

5.7. Aprēķini

Amonija jonu slāpekļa masas koncentrāciju aprēķina pēc vienādojuma:

$$\rho_N = \frac{m_N}{V}, \text{ kur}$$

ρ_N – amonija jonu slāpekļa masas koncentrācija, mg L⁻¹;

m_N – amonija jonu slāpekļa masa, kas noteikta, izmantojot kalibrēšanas grafiku, μg ;

V – analīzei ņemtā testējamā parauga daļas tilpums, mL.

Lai analīžu rezultātus pārrēķinu no amonija jonu masas koncentrācijas (NH_4^+ , mg L^{-1}) uz amonija jonu slāpekļa koncentrāciju (N-NH_4^+ , mg L^{-1}) un otrādi, veic sekojošas pārrēķinu darbības:

$$\text{NH}_4^+ (\text{mg L}^{-1}) * 0,7765 = \text{N-NH}_4^+ (\text{mg L}^{-1})$$

$$\text{N-NH}_4^+ (\text{mg L}^{-1}) * 1,2879 = \text{NH}_4^+ (\text{mg L}^{-1})$$

Skatīt Tab. 2 ρ_N , amonjaka vai amonija jonu koncentrāciju pārrēķināšanai.

Tab. 11: Pārrēķinu tabula

	$\rho(\text{N})$	$\rho(\text{NH}_3)$	$\rho(\text{NH}_4^+)$	$c(\text{NH}_4^+)$
	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	$\mu\text{mol L}^{-1}$
$\rho(\text{N})$	1	1,216	1,288	71,4
$\rho(\text{NH}_3)$	0,823	1	1,059	58,7
$\rho(\text{NH}_4^+)$	0,777	0,944	1	55,4
$c(\text{NH}_4^+)$	0,014	0,017	0,018	1

Atsauces

LVS ISO 7150/1:1984. 1998. Ūdens kvalitāte. Amonija jonu noteikšana. 1. daļa: Spektrofotometriskā metode. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 16 lpp.

6. Fosfātjonu noteikšana

Metodika	LVS EN ISO 6878 (2005)
Metodes princips	Spektrofotometrija
Darbības lauks	Visu veidu ūdeņiem
Metodes noteikšanas robeža	

6.1. Princips

Ortofosfātjonu reakcija ar skābes šķīdumu, kas satur molibdāta un antimona jonus, veidojot antimona fosformolibdāta kompleksu.

Kompleksa reducēšana ar askorbīnskābi, veidojot spēcīgi krāsotu molibdēnzilā kompleksu. Šī kompleksa absorbcijas mērīšana, lai noteiktu esošo ortofosfātjonu koncentrāciju.

6.2. Iekārtas, trauki

1. Spektrofotometrs, kas piemērots mērīšanai pie viļņu garuma 880 nm;
2. Kivete ar 10 mm optiskā ceļa garumu;
3. Pipetors;
4. Automātiskā pipete, 5 mL;
5. Mērkolbas, 1000 mL;
6. Mērkolbas, 500 mL;
7. Mērkolbas, 100 mL;
8. Mērkolbas, 50 mL;
9. Mērpipetes vai Mora pipetes, 2 mL, 10 mL, 20 mL, 40 mL.

6.3. Reaģenti

1. Sērskābe (H_2SO_4), koncentrēta, $\rho = 1,84 \text{ g mL}^{-1}$, $75 \pm 1 \text{ mL}$;
2. Askorbīnskābe ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$), $10,0 \pm 0,5 \text{ g}$;
3. Amonija heptamolibdāta tetrahidrāts ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), $6,5 \pm 0,1 \text{ g}$;
4. Antimona kālija tartrāta hemihidrāts ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), $0,175 \pm 0,025 \text{ g}$;
5. Fosfātjonu standartšķīdums, $\rho\text{PO}_4^{3-} = 1000 \text{ mg L}^{-1}$;

6. Dejonizēts ūdens.

6.4. Paraugs

Laboratorijas paraugus ņem polietilēna, polivinilhlorīda vai, vislabāk, stikla pudelēs. Ja paraugs satur suspendētas daļiņas, pirms analīžu veikšanas paraugs tiek filtrēts caur stikla šķiedras membrānas filtru ar aptuveno poru izmēru 0,45 μm.

6.5. Darba gaita

Askorbīnskābes šķīduma ($\rho = 100 \text{ g L}^{-1}$) pagatavošana

10,0±0,5 g askorbīnskābes (C₆H₈O₆) izšķīdina 100 mL dejonizēta ūdens.

PIEZĪME: Šķīdums stabils 2 nedēļas, ja to glabā ledusskapī tumša stikla pudelē, un to var izmantot tik ilgi, kamēr tas saglabājas bezkrāsains.

Skābā molibdāta I šķīduma pagatavošana

1000 mL mērkolbā ielej 75±1 mL dejonizēta ūdens. Nepārtraukti maisot un dzesējot, uzmanīgi pievieno 75±1 mL koncentrētas sērskābes, $\rho = 1,84 \text{ g mL}^{-1}$. Labi samaisa un šķīdumam ļauj atdzist līdz istabas temperatūrai.

50 mL dejonizēta ūdens izšķīdina 6,5±0,1 g amonija heptamolibdāta tetrahidrāts ((NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O).

50 mL dejonizēta ūdens izšķīdina 0,175±0,025 g antimona kālija tartrāta hemihidrāts (K(SbO)C₄H₄O₆·1/2H₂O).

Nepārtraukti maisot, molibdāta šķīdumu pievieno iepriekš pagatavotam sērskābes šķīdumam. Pēc tam pievieno tartrāta šķīdumu un labi samaisa.

PIEZĪME: Reāģents ir stabils ne mazāk kā 2 mēnešus, uzglabājot tumša stikla pudelē.

Fosfātjonu standartšķīduma ($\rho_p = 2 \text{ mg L}^{-1}$) pagatavošana

6,13 mL fosfātjonu standartšķīduma ($\rho_{\text{PO}_4^{3-}} = 1000 \text{ mg L}^{-1}$) ar pipeti pārnes 1000 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

500 mL fosfātjonu standartšķīduma ($\rho_p = 2 \text{ mg L}^{-1}$) pagatavošanai 3,07 mL fosfātjonu standartšķīduma ($\rho_{\text{PO}_4^{3-}} = 1000 \text{ mg L}^{-1}$) ar pipeti pārnes 500 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

1 mL šī standartšķīduma satur 2 μg P.

Testējamā parauga daļa

Testējamā parauga daļas tilpumu ņem ne lielāku par 40 mL. Maksimālais tilpums ir piemērots fosfātjonu koncentrāciju noteikšanai līdz $\rho_p = 0,8 \text{ mg L}^{-1}$, ja lieto kivetī ar 10 mm optiskā ceļa garumu.

Mazākas testējamā parauga daļas jālieto atbilstoši lielākām fosfātjonu koncentrācijām kā parādīts Tab. 3. Līdzīgi mazas fosfātjonu koncentrācijas iespējams noteikt, mērot absorbciju kivetēs ar 40 mm vai 50 mm optiskā ceļa garumu.

PIEZĪME: Vēlams lai testējamā parauga absorbcijas nolasījums ir kalibrēšanas grafika robežās.

PIEZĪME: Testējamā parauga analīzi veic vismaz 2 atkārtojumos.

Tab. 12: Paraugu tilpumi un koncentrācijas

Fosfātjonu koncentrācija, mg L^{-1}	Testējamā parauga daļas tilpums, mL	Kivetes optiskā ceļa garums, mm
0,0-0,8	40,0	10
0,0-1,6	20,0	10
0,0-3,2	10,0	10
0,0-6,4	5,0	10
0,0-0,2	40,0	40 vai 50

Absorbējošā savienojuma (krāsas) veidošanās

Noteikta tilpuma testējamā parauga daļu ar pipeti iepilda 50 mL mērkolbā un, ja nepieciešams, atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz 40 ± 2 mL. Protokolā atzīmē testējamā parauga tilpumu, kas ņemts analīzei.

Maisot katrai kolbai pievieno 1 mL askorbīnskābes šķīduma ($\rho = 100 \text{ g L}^{-1}$) un 2 mL skābā molibdāta I šķīduma. Uzpilda ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei un labi samaisa.

Spektrofotometriskie mērījumi

Katra kalibrēšanas grafika un testējamā parauga šķīduma absorbciju, lietojot spektrofotometru, mēra laika periodā starp 10 min un 30 min pēc absorbējošā savienojuma (krāsas) veidojošo reaģentu pievienošanas pie 880 nm viļņu garuma attiecībā pret "tukšo" paraugu. Absorbcijas nolasījumu atzīmē protokolā.

Lai mērījumus varētu veikt attiecībā pret "tukšo" paraugu, jāveic spektrofotometra "0 punkta" kalibrācija ar "tukšo" paraugu. Sagatavo "tukšo" paraugu – 40 mL dejonizēta ūdens pārnes 50 mL mērkolbā un veic darbības absorbējošā savienojuma (krāsas) veidošanai kā aprakstīts iepriekš. Sagatavotu "tukšo" paraugu ielej kivetē ar 10 mm optiskā ceļa garumu, ievieto spektrofotometrā. Kad iestājusies absorbcijas vērtības stabilizācija, nospiež spektrofotometra pogu "CAL". Spektrofotometra displejā parādās absorbcijas vērtība "0,000". Līdz ar to spektrofotometrs ir gatavots kalibrēšanas grafika paraugu un testējamo paraugu absorbcijas mērījumiem attiecībā pret "tukšo" paraugu.

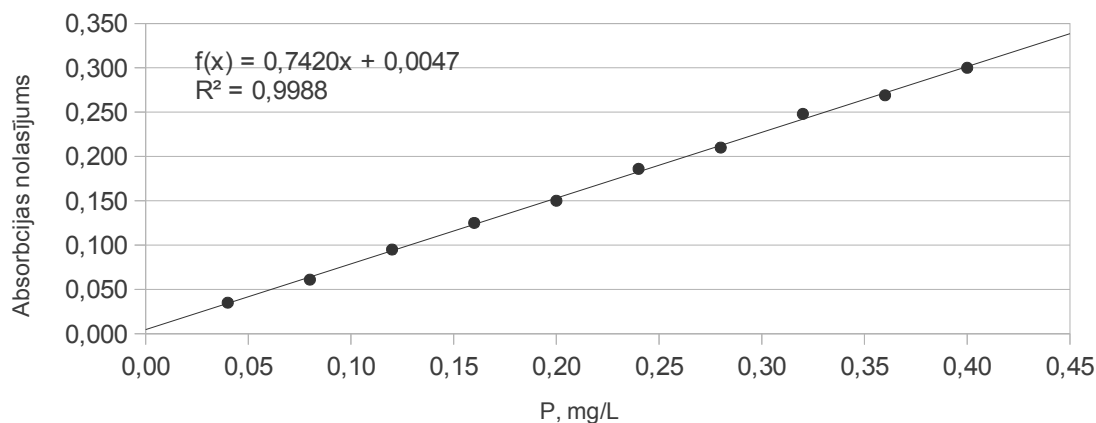
Kalibrēšana

Ar mērpipeti 50 mL mērkolbās ielej atbilstošus tilpumus fosfātjonu standartšķīduma ($\rho_p = 2 \text{ mg L}^{-1}$), piemēram, 1,0 mL; 2,0 mL; 3,0 mL; 4,0 mL; 5,0 mL; 6,0 mL; 7,0 mL; 8,0 mL; 9,0 mL un 10,0 mL. Atšķaida ar ūdeni līdz apmēram 40

mL. Šie šķīdumi atbilst fosfātjonu koncentrācijām no $\rho_p = 0,04 \text{ mg L}^{-1}$ līdz $0,4 \text{ mg L}^{-1}$. Absorbējošā savienojuma veidošanās un spektrofotometrisko mērījumu darba gaita aprakstīta iepriekš.

Kalibrēšanas grafika konstruēšana

Absorbcijas (kā y-asi) vērtību atkarībā no fosfora satura (kā x-asi) kalibrēšanas šķīdumos, fosfora miligrami litrā, attēlo grafiski (Att. 2). Absorbcijas un koncentrācijas attiecība ir lineāra. Nosaka taisnes slīpumu.



Att. 7: Kalibrēšanas grafika konstruēšanas piemērs

6.6. Traucējošie faktori

Par traucējošiem faktoriem tiek uzskatīti sekojoši savienojumi: silikāti (netraucē silikātjonu koncentrācijas līdz 5 mg L^{-1}), arsenāti; sērūdeņradis (pieļaujamās sērūdeņraža koncentrācijas līdz 2 mg S L^{-1}), fluorīdioni (pieļaujamās fluorīdjonu koncentrācijas līdz 70 mg F L^{-1}); pārejas metāli (Fe, Cr, Cu), jūras ūdens, nitrīdioni (ja nitrīdjonu koncentrācija pārsniedz $3,29 \text{ mg L}^{-1}$, iespējama krāsas izbalēšana).

6.7. Aprēķini

Fosfātjonu koncentrāciju aprēķina pēc vienādojuma:

$$\rho_p = \frac{A \times V_{\max}}{f \times V_s}, \text{ kur}$$

ρ_p – fosfātjonu fosfora masas koncentrācija, mg L^{-1} ;

A – testējamā parauga daļas absorbcijas nolasījums;

V_{\max} – mērkolbas tilpums (50 mL), mL;

f – kalibrēšanas taisnes slīpuma koeficients, L mg^{-1} ;

V_s – analīzei ņemtā testējamā parauga daļas tilpums, mL.

Lai analīžu rezultātus pārrēķinu no fosfātu masas koncentrācijas (PO_4^{3-} , mg L^{-1}) uz fosfātu fosfora koncentrāciju (P-PO_4^{3-} , mg L^{-1}) un otrādi, veic sekojošas pārrēķinu darbības:

$$\text{PO}_4^{3-} (\text{mg L}^{-1}) * 0,3261 = \text{P-PO}_4^{3-} (\text{mg L}^{-1})$$

$$\text{P-PO}_4^{3-} (\text{mg L}^{-1}) * 3,0662 = \text{PO}_4^{3-} (\text{mg L}^{-1})$$

Atsauces

LVS EN ISO 6878. 2005. Ūdens kvalitāte. Fosfora noteikšana. Amonija molibdāta spektrofotometriskā metode. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 33 lpp.

7. Kopējā fosfora noteikšana

Metodika	LVS EN ISO 6878 (2005)
Metodes princips	Spektrofotometrija
Darbības lauks	Visu veidu ūdeņiem
Metodes noteikšanas robeža	

7.1. Princips

Ortofosfātjonu reakcija ar skābes šķīdumu, kas satur molibdāta un antimona jonus, veidojot antimona fosformolibdāta kompleksu.

Kompleksa reducēšana ar askorbīnskābi, veidojot spēcīgi krāsotu molibdēnzilā kompleksu. Šī kompleksa absorbcijas mērīšana, lai noteiktu esošo ortofosfātjonu koncentrāciju.

Polifosfātjonus un dažus organiskos fosfora savienojumus nosaka, tos pārvēršot ar molibdātu reagētspējīgā ortofosfātjonu formā, kura veidojas hidrolīzē ar sērskābi.

Daudzus organiskos fosfora savienojumus pārvērš ortofosfātjonu formā, mineralizējot ar persulfātu. Mineralizāciju ar slāpekļskābi un sērskābi lieto tad, ja nepieciešama spēcīgāka apstrāde.

7.2. Iekārtas, trauki

1. Spektrofotometrs, kas piemērots mērīšanai pie viļņu garuma 880 nm;
2. Kivete ar 10 mm optiskā ceļa garumu;
3. Pipetors;
4. Automātiskā pipete, 5 mL;
5. Mērkolbas, 1000 mL;
6. Mērkolbas, 500 mL;
7. Mērkolbas, 100 mL;
8. Mērkolbas, 50 mL;
9. Koniskās kolbas, 50 mL;
10. Mērpipetes vai Mora pipetes, 2 mL, 10 mL, 20 mL, 40 mL.

7.3. Reāģenti

1. Sērskābes (H_2SO_4), koncentrēta, $\rho = 1,84 \text{ g mL}^{-1}$, $57 \pm 1 \text{ mL}$;
2. Askorbīnskābe ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$), $10,0 \pm 0,5 \text{ g}$;
3. Amonija heptamolibdāta tetrahidrāts ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), $6,5 \pm 0,1 \text{ g}$;
4. Antimona kālija tartrāta hemihidrāts ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), $0,175 \pm 0,025 \text{ g}$;
5. Kālija peroksidisulfāts ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$), $5,0 \pm 0,1 \text{ g}$;
6. Fosfātjonu standartšķīdums, $\rho\text{PO}_4^{3-} = 1000 \text{ mg L}^{-1}$;
7. Dejonizēts ūdens.

7.4. Paraugs

Laboratorijas paraugus ņem polietilēna, polivinilhlorīda vai, vislabāk, stikla pudelēs. Paraugu līdz analīzei glabā vēsā tumšā vietā. Ja paraugs satur suspendētas daļiņas, pirms analīžu veikšanas paraugs tiek filtrēts caur stikla šķiedras membrānas filtru ar aptuveno poru izmēru $0,45 \mu\text{m}$.

7.5. Darba gaita

Askorbīnskābes šķīduma ($\rho = 100 \text{ g L}^{-1}$) pagatavošana

$10,0 \pm 0,5 \text{ g}$ askorbīnskābes ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) izšķīdina 100 mL dejonizēta ūdens.

PIEZĪME: Šķīdums stabils 2 nedēļas, ja to glabā ledusskapī tumšā stikla pudelē, un to var izmantot tik ilgi, kamēr tas saglabājas bezkrāsains.

Skābā molibdāta II šķīduma pagatavošana

Ielej $92 \pm 1 \text{ mL}$ dejonizēta ūdens 1000 mL mērkolbā. Nepārtraukti maisot un dzesējot, uzmanīgi pievieno $57 \pm 1 \text{ mL}$ koncentrētas sērskābes, $\rho = 1,84 \text{ g mL}^{-1}$. Labi samaisa un šķīdumam ļauj atdzist līdz istabas temperatūrai.

50 mL dejonizēta ūdens izšķīdina $6,5 \pm 0,1 \text{ g}$ amonija heptamolibdāta tetrahidrāts ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

50 mL dejonizēta ūdens izšķīdina $0,175 \pm 0,025 \text{ g}$ antimona kālija tartrāta hemihidrāts ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$).

Nepārtraukti maisot, molibdāta šķīdumu pievieno iepriekš pagatavotajam sērskābes šķīdumam. Pēc tam pievieno tartrāta šķīdumu un labi samaisa.

PIEZĪME: Reaģents ir stabils ne mazāk kā 2 mēnešus, uzglabājot tumšā stikla pudelē.

Kālija peroksidisulfāta šķīduma pagatavošana

$5,0 \pm 0,1 \text{ g}$ kālija peroksidisulfāta ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) pievieno $100 \pm 5 \text{ mL}$ dejonizēta ūdens, maisot izšķīdina.

PIEZĪME: Šķīdums ir stabils vismaz 2 nedēļas, ja pārsātināto šķīdumu uzglabā tumšā borsilikātu stikla pudelē un aizsargā no tiešas saules iedarbības.

Fosfātjonu standartšķīduma ($\rho_P = 2 \text{ mg L}^{-1}$) pagatavošana

6,1324 mL fosfātjonu standartšķīduma ($\rho_{\text{PO}_4^{3-}} = 1000 \text{ mg L}^{-1}$) ar pipeti pārnes 1000 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

500 mL fosfātjonu standartšķīduma ($\rho_P = 2 \text{ mg L}^{-1}$) pagatavošanai 3,0662 mL fosfātjonu standartšķīduma ($\rho_{\text{PO}_4^{3-}} = 1000 \text{ mg L}^{-1}$) ar pipeti pārnes 500 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

1 mL šī standartšķīduma satur 2 $\mu\text{g P}$.

Testējamā parauga daļa

Testējamo paraugu līdz maksimāli pieļaujamiem 40 mL ar pipeti pārnes 50 mL koniskā kolbā. Protokolā atzīmē testējamā parauga tilpumu, kas ņemts analīzei. Nepieciešamības gadījumā testējamā parauga daļu atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz 40 ± 2 mL. Pievieno 4 mL peroksidisulfāta šķīduma un aptuveni 30 min uzmanīgi karsē. Karsēšanas laikā uz koniskām kolbām ir uzliktas atbilstoša izmēra piltuves kondensāta uztveršanai. Periodiski pievieno nepieciešamo ūdens daudzumu, lai tilpums paliktu robežās no 25 mL līdz 35 mL. Atdzesē, šķīduma pH jābūt robežās no 3 līdz 10. Šķīdumu pārnes 50 mL mērkolbā, atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz 40 ± 2 mL.

PIEZĪME: Vēlams lai testējamā parauga absorbcijas nolasījums ir kalibrēšanas grafika robežās.

PIEZĪME: Testējamā parauga analīzi veic vismaz 2 atkārtojumos.

Absorbējošā savienojuma (krāsas) veidošanās

Maisot katrai 50 mL mērkolbai pievieno 1 mL askorbīnskābes šķīduma ($\rho = 100 \text{ g L}^{-1}$) un pēc 30 s 2 mL skābā molibdāta II šķīduma. Uzpilda ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei un labi samaisa.

Spektrofotometriskie mērījumi

Katra kalibrēšanas grafika un testējamā parauga šķīduma absorbciju, lietojot spektrofotometru, mēra laika periodā starp 10 min un 30 min pēc absorbējošā savienojuma (krāsas) veidojošo reaģentu pievienošanas pie 880 nm viļņu garuma attiecībā pret dejonizētu ūdeni. Absorbcijas nolasījumu atzīmē protokolā.

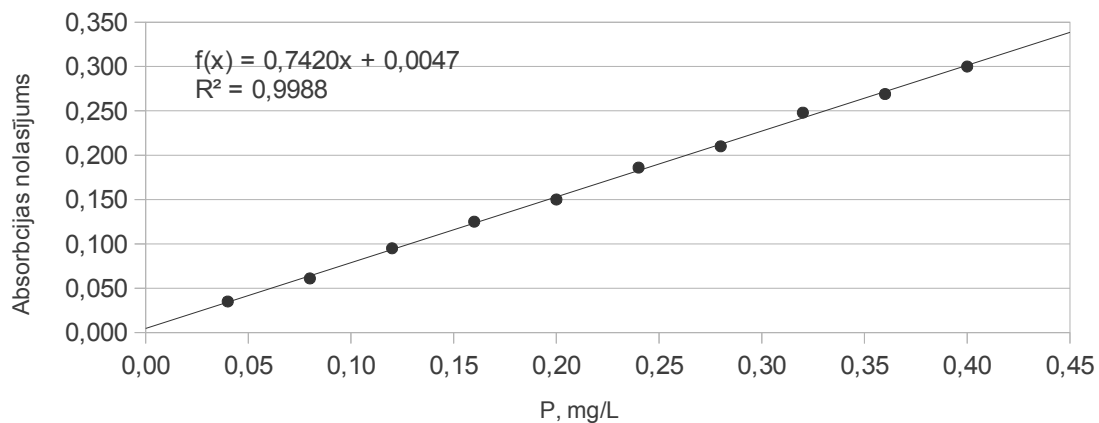
Lai mērījumus varētu veikt attiecībā pret "tukšo" paraugu, jāveic spektrofotometra "0 punkta" kalibrācija ar "tukšo" paraugu. Sagatavo "tukšo" paraugu - testējamā parauga vietā ņem 40 mL dejonizēta ūdens un veic visas darbības parauga apstrādei ar peroksidisulfāta šķīdumu un absorbējošā savienojuma (krāsas) veidošanai kā aprakstīts iepriekš. Sagatavotu "tukšo" paraugu ielej kivetē ar 10 mm optiskā ceļa garumu, ievieto spektrofotometrā. Kad iestājusies absorbcijas vērtības stabilizācija, nospiež spektrofotometra pogu "CAL". Spektrofotometra displejā parādās absorbcijas vērtība "0,000". Līdz ar to spektrofotometrs ir sagatavots kalibrēšanas grafika paraugu un testējamo paraugu absorbcijas mērījumiem attiecībā pret "tukšo" paraugu.

Kalibrēšana

Ar mērpipeti 50 mL koniskās kolbās pārnes atbilstošus tilpumus fosfātjonu standartšķīduma ($\rho_p = 2 \text{ mg L}^{-1}$), piemēram, 1,0 mL; 2,0 mL; 3,0 mL; 4,0 mL; 5,0 mL; 6,0 mL; 7,0 mL; 8,0 mL; 9,0 mL un 10,0 mL. Atšķaida ar ūdeni līdz apmēram $40 \pm 2 \text{ mL}$. Šie šķīdumi atbilst fosfātjonu koncentrācijām no $\rho_p = 0,04 \text{ mg L}^{-1}$ līdz $0,4 \text{ mg L}^{-1}$. Tālākās darbības veic kā aprakstīts sadaļā "Testējamā parauga daļa", sākot no "Pievieno 4 mL peroksidisulfāta šķīduma un aptuveni 30 min uzmanīgi karsē".

Kalibrēšanas grafika konstruēšana

Absorbcijas (kā y-asi) vērtību atkarībā no fosfora satura (kā x-asi) kalibrēšanas šķīdumos, fosfora miligrami litrā, attēlo grafiski (Att. 3). Absorbcijas un koncentrācijas attiecība ir lineāra. Nosaka taisnes slīpumu.



Att. 8: Kalibrēšanas grafika konstruēšanas piemērs

7.6. Traucējošie faktori

Par traucējošiem faktoriem tiek uzskatīti sekojoši savienojumi: silikāti (netraucē silikātjonu koncentrācijas līdz 5 mg L^{-1}), arsenātjoni; sērūdeņradis (pieļaujamas sērūdeņraža koncentrācijas līdz 2 mg S L^{-1}), fluorīdioni (pieļaujamas fluorīdjonu koncentrācijas līdz 70 mg F L^{-1}); pārejas metāli (Fe, Cr, Cu), jūras ūdens, nitrīdioni (ja nitrīdjonu koncentrācija pārsniedz $3,29 \text{ mg L}^{-1}$, iespējama krāsas izbalēšana).

7.7. Aprēķini

Kopējā fosfora koncentrāciju aprēķina pēc vienādojuma:

$$\rho_p = \frac{A \times V_{\max}}{f \times V_s}, \text{ kur}$$

ρ_p – kopējā fosfora masas koncentrācija, mg L^{-1} ;

A – testējamā parauga daļas absorbcijas nolasījums;

V_{\max} – mērkolbas tilpums (50 mL), mL;

f – kalibrēšanas taisnes slīpuma koeficients, L mg⁻¹;

V_s – analīzei ņemtā testējamā parauga daļas tilpums, mL.

Atsauces

LVS EN ISO 6878. 2005. Ūdens kvalitāte. Fosfora noteikšana. Amonija molibdāta spektrofotometriskā metode. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 33 lpp.

8. Izšķīdušā K, Ca, Mg, Na noteikšana

Metodika	LVS EN ISO 7980 (2000) LVS ISO 9964-3:2000 (2000)
Metodes princips	Liesmas atomu absorbcijas spektrometrija
Darbības lauks	Izšķīdušo metālu satura noteikšana visu veidu ūdeņos
Metodes noteikšanas robeža	

8.1. Princips

Liesmas atomabsorbciija ir ir viena no visizplatītākajām analīzes metodēm. Tā ir relatīvi lēta un vienkārša ekspluatācijā. Ar to var noteikt elementu daudzumu līdz dažiem mg L^{-1} un mazāku. Taču atomabsorbciometrijas metodes trūkums ir tas, ka tā ir vienelementa analīzes metode un katram elementam ir nepieciešama atsevišķa lampa kā starojuma avots. Kā atomizātoru liesmas atomabsorbciometrijas metodē izmanto liesmu, ko veido deggāze un oksidējošā gāze.

Parasti praksē izmanto liesmu, kur oksidējošā gāze ir gaiss un deggāze – acetilēns. Maksimālā temperatūra, ko var sasniegt ar šādu liesmu ir $2400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lai paaugstinātu temperatūru līdz $3200\text{ }^{\circ}\text{C}$, gaisa vietā izmanto slāpekļa(I) oksīdu (N_2O), kas gan jūtami sadārdzina analīzes izmaksas.

Izšķīdušais kalcijs, magnijs un nātrijs tiek noteikts atomabsorbciijas mērīšanas režīmā, bet izšķīdušais kālijs – emisijas mērīšanas režīmā.

8.2. Iekārtas, trauki

1. Atomu absorbcijas spektrofotometrs (AAS), kas apgādāts ar attiecīgo metālu dobām katoda lampām, kompresoru un gaisa sausinātāju;
2. Mērkolba, 1000 mL;
3. Mērpipetes vai Mora pipetes, 1 mL, 2 mL, 5 mL;
4. Mēģeņu statīvs ar mēģenēm, 20 mL.

8.3. Reaģenti

1. Acetilēns (C_2H_2), 10-20 L (16-20 darba h);
2. Kālija jonu standartšķīdums, 1000 mg L^{-1} ;
3. Kalcijs jonu standartšķīdums, 1000 mg L^{-1} ;
4. Nātrija jonu standartšķīdums, 1000 mg L^{-1} ;

5. Magnija jonu standartšķīdums, 1000 mg L⁻¹;
6. Dejonizēts ūdens.

8.4. Paraugs

Paraugus ņem polietilēna vai polipropilēna pudelēs. Paraugi jāanalizē iespējami drīz pēc paraugu ņemšanas.

Ja paraugus uzglabā ilgāku laiku, tie iespējami drīz jāpaskābina ar 8 mL sālsskābi (HCl) uz 1000 mL parauga, lai samazinātu parauga pH vērtību un novērstu kalcija karbonāta izgulsnēšanos.

Ja paraugs satur suspendētas daļiņas, pirms analīžu veikšanas paraugs tiek filtrēts caur stikla šķiedras membrānas filtru ar aptuveno poru izmēru 0,45 μm, lai novērst izsmidzinātāja un degļa sistēmas aizsērēšanu.

8.5. Darba gaita

Multistandartu pagatavošana

Atomu absorbcijas spektrofotometra kalibrēšanas multistandarti tiek pagatavoti atbilstoši Tab. 4. Multistandarti tiek uzglabāti 1000 mL polietilēna pudelēs.

Tab. 13: AAS kalibrēšanas multistandartu pagatavošana

Elementu koncentrācijas multistandartā	1000 mL multistandarta pagatavošanai ņemtais attiecīgā elementa standartšķīduma (1000 mg L ⁻¹) tilpums, mL			
	K	Ca	Mg	Na
1 mg L ⁻¹	1	1	1	1
2 mg L ⁻¹	2	2	2	2
3 mg L ⁻¹	3	3	3	3
4 mg L ⁻¹	4	4	4	4

Testējamā parauga daļa

Lai veiktu K, Ca, Na un Mg testēšanu 2 atkārtojumos ir nepieciešami ~50 mL testējamā parauga. Ja attiecīgo elementu masas koncentrācijas testējamā paraugā pārsniedz maksimālo elementu koncentrāciju kalibrēšanas multistandartā, paraugu atšķaida ar dejonizētu ūdeni pēc vajadzības. Atšķaidīšanas faktoru atzīmē protokolā un tas tiek ņemts vērā veicot aprēķinus.

Sagatavotos testējamās paraugus salej 20 mL mēģenēs, kas ievietotas mēģeņu statīvā.

Atomu absorbcijas spektrofotometra kalibrēšana un noteikšana

Atomu absorbcijas spektrofotometra kalibrēšana tiek veikta atbilstoši ražotāja rekomendācijām un Tab. 5 norādītajiem AAS darba pamatparametriem (iestatījumiem).

Tab. 14: AAS darba pamatparametri (iestatījumi)

Elements	Mērīšanas režīms	Vilņa garums, nm	Optimālais nosakāmo koncentrāciju intervāls, mg L ⁻¹	Slit, mm	Gaisa plūsma, L min ⁻¹	Acetilēna plūsma, L min ⁻¹	Kalibrēšanas grafika funkcija	Linearitātes robeža, mg L ⁻¹
Ca	Absorbcijas	422,67	3-50	2,7/0,6	10	3,02	Nelineāra, caur 0 punkta	5,0
Mg	Absorbcijas	285,21	0,9-5	2,7/1,05	10	2,5	Nelineāra, caur 0 punkta	0,50
K	Emisijas	766,49	-	1,8/0,6	10	2,5	Nelineāra, caur 0 punkta	-
Na	Absorbcijas	589,00	-	1,8/0,6	10	2,5	Nelineāra, caur 0 punkta	1,0

8.6. Traucējošie faktori

Izmantojot gaisa/acetilēna liesmu, fosfātu, sulfātu, alumīnija vai silīciju saturošu savienojumu traucējošā ietekme tiek samazināta, pievienojot paraugam lantāna hlorīdu (LaCl₃).

8.7. Aprēķini

Metālu koncentrācijas testējamajos paraugos aprēķina pēc vienādojuma:

$$\rho_{Me} = A \times f, \text{ kur}$$

ρ_{Me} – attiecīgā metāla masas koncentrācija, mg L⁻¹;

A – nolasījums no atomu absorbcijas spektrofotometra, mg L⁻¹;

f – atšķaidīšanas faktors.

Atsauces

LVS EN ISO 7980. 2000. Ūdens kvalitāte. Kalcija un magnija satura noteikšana. Atomu absorbcijas spektrofotometrijas metode. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 10 lpp.

LVS ISO 9964-3:2000. 2000. Ūdens kvalitāte. Nātrija un kālija noteikšana – 3. daļa: Nātrija un kālija noteikšana ar liesmas emisijas spektrofotometriju. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 9 lpp.

9. Kopējā slāpekļa (TN), kopējā oglekļa (TC), organiskā oglekļa (TOC), neorganiskā oglekļa (IC) un izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) noteikšana

Metodika	LVS EN ISO 10304-1:2009 LVS EN 12260 (2004) LVS EN 1484:2000 (2000)
Metodes princips	Katalītiskā sadedzināšana, infrasarkanā detektēšana
Darbības lauks	Visa veida ūdens paraugiem
Metodes noteikšanas robeža	

9.1. Princips

TC/TN metodes princips

Ūdens paraugs tiek injicēts reaktorā, kurā ir augsta temperatūra. Reaktorā 750-950 °C temperatūrā gan organiskais, gan neorganiskais ogleklis tiek oksidēts par gāzveida oglekļa dioksīdu (CO₂). Tīkmēr ķīmiski saistītais slāpekļis tiek pārveidots par slāpekļa oksīdu (NO). Katalizators, kas atrodas reaktorā, katalizē pilnīgu oksidācijas reakciju. Ar sintētiskā gaisa plūsmu oksidācijas galaprodukti tiek transportēti uz detektoru. Skābeklis, kas ir nepieciešams reakcijai, tiek ņemts no sintētiskā gaisa plūsmas. Pirmkārt reakcijas galaprodukti tiek novirzīti uz infrasarkanā (IR) detektoru, kur CO₂ tiek detektēts. Oglekļa dioksīds tiek mērīts pie 4,2 μm viļņu garuma ar NDIR detektēšanu. Pēc tam produkti tiek transportēti uz slāpekļa detektoru, kur NO tiek detektēts. Hemiluminiscences detektorā reakcijas kamerā parauga gāze tiek sajaukta ar ozonu, kā rezultātā rodas aktivēts slāpekļis NO₂*.



Nestabilais NO₂* izstaro gaismu, kas tiek mērīta ar fotopavairotāju (PMT). Elektroniskais signāls no PMT tiek pastiprināts un transportēts uz kontrolētu datoru aprēķināšanai.

IC/NN metodes princips

Ūdens paraugs tiek injicēts NN reaktorā. Reaktorā skābā vidē 90°C temperatūrā viss neorganiskais ogleklis un nitrītu/nitrātu slāpekļis tiek oksidēts par gāzveida CO₂ un NO. Ar sintētiskā gaisa plūsmu CO₂ un NO tiek transportēti uz infrasarkanā (IR) detektoru un hemiluminiscences detektoru noteikšanai.

NO₃⁻ metodes princips

Nitrātjonu saturs tiek aprēķināts kā starpība starp nitrītu/nitrātu slāpekli un nitrītu slāpekli.

TOC metodes princips

Kopējā organiskā oglekļa saturs tiek aprēķināts kā starpība starp kopējo un neorganisko oglekli.

Definīcijas:

Kopējais slāpekļis (TN) - organiski un neorganiski saistītā slāpekļa summa paraugā.

Kopējais ogleklis (TC) – organiski un neorganiski saistītā oglekļa summa, kuru satur paraugs, ieskaitot, elementāro oglekli. $TC = TOC + IC$.

Neorganiskais ogleklis (IC) – summārais oglekļa saturs ūdenī, kas sastāv no kopējā izšķīdušā oglekļa dioksīda, karbonātu un bikarbonātu satura. Neorganiskais ogleklis pēc parauga paskābināšanas tiek pārvērsts par oglekļa dioksīdu. $IC = TC - TOC$.

Kopējais organiskais ogleklis (TOC) – summārais organiski saistītā oglekļa saturs ūdenī izšķīdušajās un suspendētajās vielās. Organiskais ogleklis pēc oksidācijas tiek pārvērsts par oglekļa dioksīdu. $TOC = TC - IC$.

Izšķīdušais organiskais ogleklis (DOC) – summārais organiski saistītā oglekļa saturs ūdenī, kas filtrēts caur membrānu filtru ar poru izmēru 0,45 μm . $DOC = TC - IC$.

9.2. Iekārtas, trauki

1. TOC/TN analizators, kas aprīkots ar autosampleri un N detektoru.
2. Celulozes nitrāta membrānas filtrs, poru izmērs 0,45 μm ;
3. Analītiskie svāri, precizitāte 0,0001 g;
4. Mērkolbas, 1000 mL;
5. Mērcilindrs, 25 mL.

9.3. Reaģenti

1. Sintētiskais gaiss, kas nesatur CO_2 , spiediens 2-3 bar (200-300 kPa), minimālā plūsma 200 mL min^{-1} , patēriņš $\pm 12 \text{ L h}^{-1}$ pie 300 kPa;
2. Kālija hidrogenftalāts ($\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$), 2,128 g;
3. Nātrija karbonāts (Na_2CO_3), 4,418 g;
4. Nātrija hidrogenkarbonāts (NaHCO_3), 3,500 g;
5. Amonija sulfāts ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), 4,717 g;
6. Kālija nitrāts (KNO_3), 7,219 g;
7. Nikotīnskābe ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$), 8,793 g;
8. Fosforskābe (H_3PO_4), 85%;
9. Dejonizēts ūdens.

9.4. Paraugs

Jānodrošina, lai ņemtie paraugi būtu reprezentatīvi, un paraugi netiktu piesārņoti. Paraugus ņem piemērotos stikla vai plastmasas traukos, kurus iespējams blīvi noslēgt. Paraugus analizē pēc iespējas drīz pēc paraugu ņemšanas, uzglabā 4 ± 2 °C temperatūrā ne ilgāk kā 8 dienas.

Lai paraugos noteiktu DOC saturu, paraugi pirms analīžu veikšanas tiek filtrēti caur celulozes nitrāta membrānas filtru (poru izmērs 0,45 μm).

9.5. Darba gaita

TC standartšķiduma (1000 mg C L⁻¹) pagatavošana

1000 mL mērkolbā 2,128 g kālija hidrogeftalāta (C₈H₅KO₄) izšķīdina 800 mL destilēta vai dejonizēta ūdens. Mērkolbu uzpilda līdz 1000 mL atzīmei. 1,00 mL šķiduma ir 1,00 mg oglekļa. Standarts ir stabils 4 nedēļas 4 °C temperatūrā.

TC kalibrēšanas standartšķidumi tiek pagatavoti atbilstoši Tab. 6.

Tab. 15: TC kalibrēšanas standartšķidumu pagatavošana

TC koncentrācija kalibrēšanas standartšķidumā	Izejas standartšķiduma (1000 mg C L ⁻¹) tilpums, kas tiek ņemts 100 mL kalibrēšanas standartšķidumu pagatavošanai, mL
1 mg L ⁻¹	0,1 mL
2 mg L ⁻¹	0,2 mL
4 mg L ⁻¹	0,4 mL
6 mg L ⁻¹	0,6 mL
8 mg L ⁻¹	0,8 mL
10 mg L ⁻¹	1,0 mL
25 mg L ⁻¹	2,5 mL
50 mg L ⁻¹	5,0 mL
100 mg L ⁻¹	10,0 mL

IC standartšķiduma (1000 mg C L⁻¹) pagatavošana

1000 mL mērkolbā 4,418 g nātrija karbonātu (Na₂CO₃) un 3,500 g nātrija hidrogeftalātu (NaHCO₃) izšķīdina 800 mL destilēta vai dejonizēta ūdens. Mērkolbu uzpilda līdz 1000 mL atzīmei. 1,00 mL šķiduma ir 1,00 mg oglekļa. Standarts ir stabils 4 nedēļas 4 °C temperatūrā.

IC kalibrēšanas standartšķidumi tiek pagatavoti atbilstoši Tab. 7.

Tab. 16: IC kalibrēšanas standartšķidumu pagatavošana

IC koncentrācija kalibrēšanas standartšķīdumā	Izejas standartšķīduma (1000 mg C L^{-1}) tilpums, kas tiek ņemts 100 mL kalibrēšanas standartšķīdumu pagatavošanai, mL
1 mg L ⁻¹	0,1 mL
2 mg L ⁻¹	0,2 mL
4 mg L ⁻¹	0,4 mL
8 mg L ⁻¹	0,8 mL
10 mg L ⁻¹	1,0 mL
25 mg L ⁻¹	2,5 mL

TN standartšķīduma (1000 mg N L^{-1}) pagatavošana

1000 mL mērkolbā 4,717 g amonija sulfāta ((NH₄)₂SO₄) izšķīdina 800 mL destilēta vai dejonizēta ūdens. Šķīdumu uzpilda līdz 1000 mL atzīmei.

1000 mL mērkolbā 7,219 g kālija nitrāta (KNO₃) izšķīdina 800 mL destilēta vai dejonizēta ūdens. Mērkolbu uzpilda līdz 1000 mL atzīmei.

Ekvivalentus tilpumus no abiem šķīdumiem sajauc kopā un kārtīgi samaisa.

TN kalibrēšanas standartšķīdumi tiek pagatavoti atbilstoši Tab. 8.

Tab. 17: TN kalibrēšanas standartšķīdumu pagatavošana

TN koncentrācija kalibrēšanas standartšķīdumā	Izejas standartšķīduma (1000 mg N L^{-1}) tilpums, kas tiek ņemts 100 mL kalibrēšanas standartšķīdumu pagatavošanai, mL
0,5 mg L ⁻¹	0,05 mL
1 mg L ⁻¹	0,1 mL
2 mg L ⁻¹	0,2 mL
3 mg L ⁻¹	0,3 mL
4 mg L ⁻¹	0,4 mL
5 mg L ⁻¹	0,5 mL
10 mg L ⁻¹	1,0 mL

NO₃ standaršķīduma (1000 mg N L^{-1}) pagatavošana

1000 mL mērkolbā 6,0681 g nātrija nitrāta (NaNO₃) izšķīdina 800 mL destilēta vai dejonizēta ūdens. Šķīdumu uzpilda līdz 100 mL atzīmei. Kalibrēšanas standartšķīdumi tiek pagatavoti analogiski kā norādīts Tab. 8.

NO₂ standaršķīduma (1000 mg N L^{-1}) pagatavošana

1000 mL mērkolbā 4,925 g nātrija nitrīta (NaNO_2) izšķīdina 800 mL destilēta vai dejonizēta ūdens. Šķīdumu uzpilda līdz 100 mL atzīmei. Kalibrēšanas standartšķīdumi tiek pagatavoti analogiski kā norādīts Tab. 8.

N standartšķīduma (1000 mg N L^{-1} ; 3 mg N L^{-1}) pagatavošana sistēmas pārbaudei

Pagatavo 1000 mL N standartšķīduma (1000 mg N L^{-1}) sistēmas pārbaudei: 1000 mL mērkolbā 8,793 g niktīnskābes ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$) izšķīdina 800 mL destilēta vai dejonizēta ūdens, mērkolbu uzpilda līdz 1000 mL atzīmei.

Pagatavo 100 mL N standartšķīduma (3 mg N L^{-1}) sistēmas pārbaudei: 100 mL mērkolbā pārnes 0,3 mL N standartšķīduma (1000 mg N L^{-1}) un mērkolbu uzpilda līdz 100 mL atzīmei.

2% fosforskābes (H_3PO_4) šķīduma pagatavošana

23,5 mL 85% H_3PO_4 šķīdina 1000 mL destilēta vai dejonizēta ūdens un kārtīgi samaisa.

TOC/TN analizatora kalibrēšana un darbības

TOC/TN kalibrēšana un darbības tiek veiktas atbilstoši ražotāja rekomendācijām. Testēšanas paraugu analīze tiek veikta divos atkārtojumos.

PIEZĪME: IC reaktorā 2% fosforskābe tiek mainīta ik pēc 300 IC injekcijām.

PIEZĪME: TC/TN reaktora katalizators tiek mainīta ik pēc 3000 TC/TN injekcijām.

Noteikšanas diapazoni

Digitālais NDIR detektora mērīšanas diapazons ir no 0,1 – 25000 mg C L^{-1} . Paraugu tilpumi, kas tiek rekomendēti TC/IC analīzei:

0,1-1 mg C L^{-1} : 200 μL ;

1-10 mg C L^{-1} : 150 μL ;

10-250 mg C L^{-1} : 100 μL ;

250-5000 mg C L^{-1} : 50 μL ;

>5000 mg C L^{-1} : 25 μL .

TN detektors ir piemērots darbam 2 koncentrāciju apgabalos: augsts (*high*) un zems (*low*). Koncentrāciju apgabalu var manuāli pārslēgt ar slēdzi TN detektora aizmugurējā daļā.

Paraugu tilpumi, kas tiek rekomendēti TN analīzei:

Zemas koncentrācijas apgabals 0-5 mg N L^{-1} : 100-200 μL ;

Augstas koncentrācijas apgabals 5-200 mg N L^{-1} : 50-100 μL ;

Augstas koncentrācijas apgabals 200-300 mg N L⁻¹: 20-50 µL.

Atsauce

LVS EN 12260. 2004. Augsnes kvalitāte. Slāpekļa noteikšana. Saistītā slāpekļa (TNb) noteikšana pēc oksidācijas līdz slāpekļa oksīdam. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 17 lpp.

LVS EN 1484. 2000. Augsnes kvalitāte. Ūdens analīze – Norādījumi kopējā organiskā oglekļa (TOC) satura un izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) noteikšana. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 16 lpp.

Atsauces

Auniņš A. 2009. Latvijas ligzdojošo putnu monitorings. Uzskaišu metodika. Tiešsaistes resurss: http://www.lob.lv/download/Metodika_090808.pdf

Auniņš A. 2015. Latvijas ligzdojošo putnu uzskaites: parasto putnu skaita pārmaiņas 2005–2014. Putni dabā 2015/1, 8.-15.lpp.

Gardner, T. 2010. Monitoring Forest Biodiversity : Improving Conservation through Ecologically-Responsible Management. Earthscan from Routledge 652 pages

Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology, 2nd ed. Addison-Wesley Educational Publishers 620 p.

Priede A. 2011. Incazīvās sugas. Tiešsaistes resurss: <http://biodiv.lvgma.gov.lv/cooperation/invaz>

TRends and Indices for Monitoring data. 2013. Tiešsaistes resurss: <http://www.ebcc.info/trim.html>

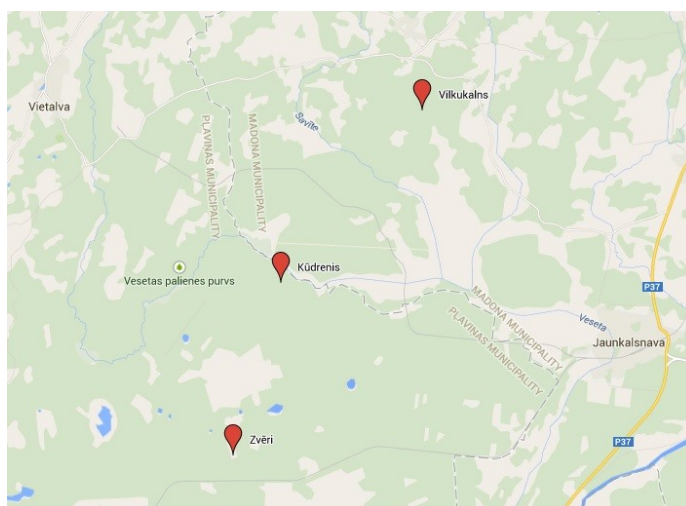
Whittaker, R. H. 1972. Evolution and Measurement of Species Diversity. Taxon, 21, 213-251 pp.

5. Empīrisko datu ieguve par atšķirīgu mežsaimniecisko darbību ietekmi uz dažādiem vides aspektiem

5.1. Vielu aprīte un aizsargjoslu efekts pēc kailcirtes

5.1.1. Objekti

Pētījums īstenots trijos 2011. gadā ierīkotos objektos Zinātniskās izpētes mežu Kalsnavas meža novadā dažādas auglības meža tipos: lānā (180.kv., 8., 12.nog.), objekts Zvēri; damaksnī (15.kvartāls, 1.nog.), objekts Vilkukalns; un platlapju kūdrenī (96.kvartāls, 10., 11.nog.), objekts Kūdrenis (Attēls 22 un Tabula 8.). Objekts lānā pārstāv oligomezotrofas augsnes, objekts damaksnī – mezotrofas un objekts platlapju kūdrenī – eitrofas augsnes. Objekti lānā un damaksnī ir ar izteiktu zemes virsmas slīpumu, bet objekts platlapju kūdrenī – ar nelielu zemes virsmas slīpumu. Damaksnī un platlapju kūdrenī ierīkotajos objektos nogāzes lejasdaļā atrodas ūdensteces – attiecīgi, strauts un grāvis.



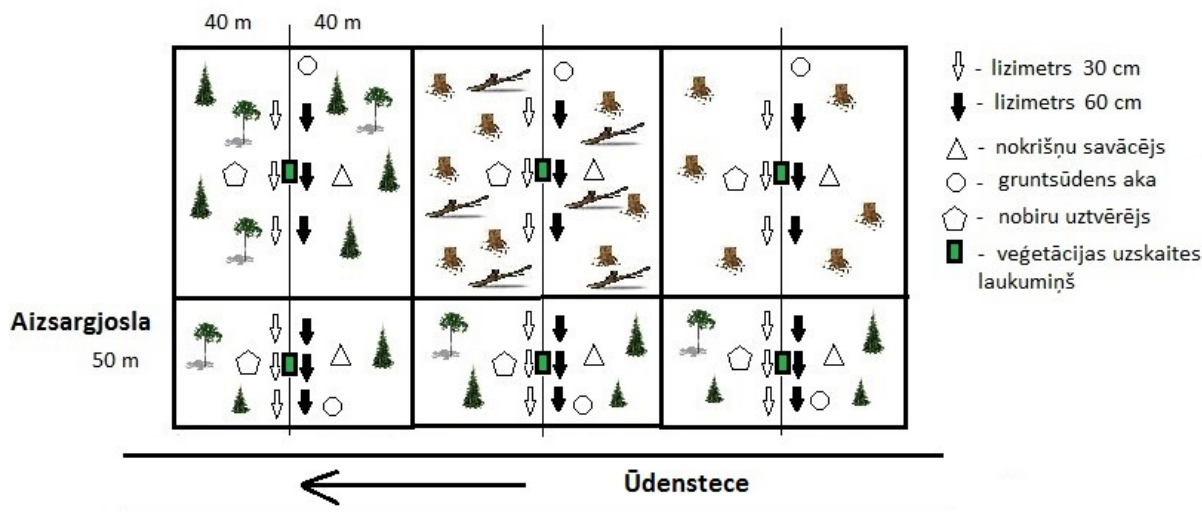
Attēls 22. Pētījuma objektu ģeogrāfiskā atrašanās vieta

Tabula 8. Pētījuma objektu raksturojums

Objekts	Meža tips	Bonitāte	Valdošā suga	Valdošās sugas D, cm	Valdošās sugas H, m	Sastāva formula	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
Vilkukalns	Dm	I	Priede	33,8	30,9	10P115	35,3	541,3
Kūdrenis	Kp	II	Egle	31,4	24,5	5E5B93	17,4	315,0
Zvēri	Ln	II	Priede	31,1	25,5	10P81	21,2	270,9

Katrā pētījumu objektā paralēli nogāzes slīpumam nospraustas 3 vienāda platuma slejas (80 m), no kurām vienā 2012./2013.gada ziemā veikta kailcirte, izvēcot arī ciršanas atliekas (turpmāk tekstā

parauglaukums VB), otrā izvākti tikai stumbri (turpmāk tekstā parauglaukums SB), trešā josla ir kontroles platība (turpmāk tekstā variants K). Visos objektos lejasdaļā atstāta 30-50 m plata aizsargjosla, kur ciršana netika veikta (Attēls 23).



Attēls 23. Pētījumu objekta vispārīga shēma (A - aizsargjosla; VB - kailcirte ar visas biomasas izvākšanu; SB - kailcirte ar stumbra biomasas izvākšanu; K - kontrole)

Infiltrējošā ūdens kvantitātes un kvalitātes mērījumiem katrā slejā nogāzes garumā ierīkoti spiediena lizimetri augsnes ūdens paraugu ievākšanai pēc sekojoša principa: seši vienmērīgi izvietoti lizimetri tajā slejas daļā, kur veikta ciršana, seši vienmērīgi izvietoti lizimetri aizsargjoslā. Lizimetru dziļums – 30 cm un 60 cm. Atšķirīga dziļuma lizimetri izvietoti pa divi kopā, to atrašanās vieta marķēta ar metāla stieni. Lizimetrs sastāv no poraina, keramiska materiāla uzgaļa, cilindriskā rezervuāra parauga uzkrāšanai un gumijas korķa ar caurulīti vakuuma radīšanai un parauga izsūkņēšanai.

Katrā slejā uzstādīti divi nokrišņu savācēji ar uztverošo laukumu 500 cm² (pa vienam nogāzes augšdaļā un apakšdaļā). Katrā objektā ir uzstādīti seši nobiru uztvērēji ar fiksētu uztverošo virsmu (0.25 m² katrs). Visos trijos objektos nogāzes augšdaļā un lejasdaļā atrodas arī gruntsūdens novērošanas akas, kas ierīkotas 2006.gadā (Indriksons, 2006). Objektā Vilkukalns gruntsūdens aku novietojums atbilst vispārīgajai shēmai, tomēr kontroles joslas augšdaļā ierīkotā aka ir pārāk sekla, un no tās nav iespējams iegūt gruntsūdens paraugus. Nogabala un cirsma konfigurācijas dēļ objektā Kūdrēnis neviena no gruntsūdens akām neatrodas izcirtumā, bet gan mežā nogāzes augšdaļā. Objektā Zvēri ir piecas gruntsūdens akas, akas trūkst vidējās slejas augšdaļā, izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasas.

5.1.2. Metodika

Ūdens

Paraugu ievākšana, uzglabāšana un analīzes veiktas saskaņā ar starptautiski pieņemtu metodiku (ICP Forests Manual 2010). Ūdens paraugu ņemšana tika uzsākta maijā un veikta reizi divās nedēļās līdz

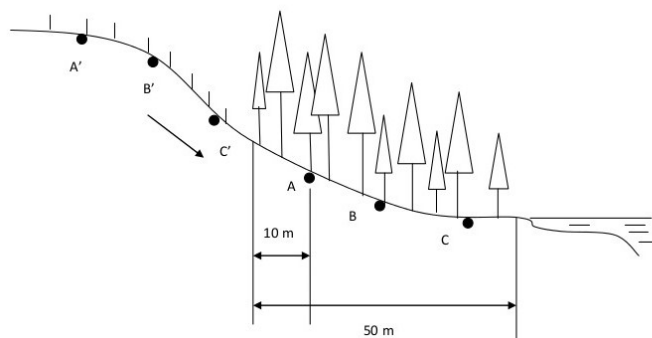
novembrim, pēdējais paraugs ņemts oktobra beigās. Ūdens paraugi no lizimetriem tika izsūknēti ar rokas sūkni. Atsūknējot lizimetrus, tika uzskaitīts katra lizimetra ūdens tilpums, tā iegūstot kalendārā mēneša faktiskos augsnes ūdens tilpumus attiecīgajos augsnes slāņos. Dažkārt meteoroloģisku apstākļu dēļ paraugu daudzums kādā no slāņiem ķīmisko analīžu veikšanai nebija pietiekams, tāpēc tika apvienoti vairāku mēnešu paraugi. Ievāktie paraugi aukstuma kastē transportēti uz LVMI „Silava” Meža vides laboratoriju, paraugi netika uzglabāti ilgāk par 2 mēnešiem. Paraugu konservēšanai izmantots atdzesēšanas paņēmiens no 1°C līdz 5°C atbilstoši LVS EN ISO 5667-3:2004 standartam. Nokrišņu ūdens paraugi no nokrišņu savācējiem tika ievākti reizē ar augsnes ūdens paraugu ņemšanu no lizimetriem. Katrā nokrišņu savācējā tika izmērīts nokrišņu ūdens tilpums (mL) un 1000 mL ūdens nogādāti LVMI Silava Meža vides laboratorijā analīzēm. Pēc paraugu nogādāšanas laboratorijā, izveidots katra objekta mēneša vidējais paraugs proporcionāli nokrišņu daudzumam. Gruntsūdeņu paraugi tika ievākti ar īpaši šim nolūkam konstruētu nerūsējošā tērauda smelamo trauku, katrā reizē paņēmot 750-1000 mL ūdens no katras akas. Visi ūdens paraugi tika iepildīti plastmasas pudelēs un aukstumkastēs transportēti uz laboratoriju.

Ūdens paraugos noteikti šādi ķīmiskie parametri: N-NH_4^+ , N-NO_3^- , N_{kop} , P-PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} saturs, pH. Analīzes veiktas, savācot 320 mL parauga; gadījumā, ja sasniegts parauga maksimālais uzglabāšanas laiks – 2 mēneši, analīzes veic prioritārā secībā neatkarīgi no tā, vai savāki 320 mL.

Ūdens paraugu pH noteikts atbilstoši LVS ISO 10523 standartam, elektrovadītspēja noteikta, izmantojot konduktometru, atbilstoši LVS EN 27888:1993 standartam. Kalcija (Ca^{2+}) un magnija (Mg^{2+}) saturs noteikts, izmantojot liesmas atomu absorbcijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS EN ISO 7980 standartam. Kālija (K^+) saturs noteikts, izmantojot liesmas emisijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS ISO 9964-3:2000 standartam. Amonija jonu (N-NH_4^+) saturs ūdens paraugos noteikts atbilstoši LVS ISO 7150/1:1984 standartam, izmantojot spektrofotometrisko metodi. Nitrātu jonu (N-NO_3^-) saturs noteikts, izmantojot Machenery Nagel PF11 fotometru un nitrātu noteikšanas testa komplektu Visicolor ECO 5-41. Fosfātjonu (P-PO_4^{3-}) saturs noteikts atbilstoši LVS EN ISO 6878 standartam, izmantojot amonija molibdāta spektrofotometrisko metodi. Kopējais slāpekļa (N_{kop}) saturs noteikts atbilstoši LVS EN 12260 standartam, metodes pamatā ir saistītā slāpekļa oksidēšana līdz slāpekļa oksīdiem un infrasarkanā detektēšana.

Augsnes ūdens paraugos salīdzinātas barības vielu koncentrāciju vidējās vērtības 2012., 2013. un 2014.gada novērojumu periodā. Analizētas biogēno elementu koncentrāciju atšķirības tajās gruntsūdens akās, kur aku izvietojuma dēļ ir lietderīgi to darīt, respektīvi, atšķirības starp izcirtumu ar visas biomasas izvākšanu un izcirtumu ar stumbra biomasas izvākšanu objektā Vilkukalns un izcirtumu ar visas biomasas izvākšanu un kontroles platību objektā damaksnis.

Aizsargjoslas efektivitāte analizēta, salīdzinot biogēno elementu koncentrāciju atšķirības izcirtumā un dažādos attālumos no izcirtuma malas, ņemot vērā references perioda datus. Pirmais lizimetru pāris (A) katrā objektā atrodas 10 m no izcirtuma malas (Attēls 24), tātad no informācijas, ko iegūst par vielu koncentrācijas atšķirībām starp šo un nākamo punktu aizsargjoslā, iespējams izdarīt secinājumus par 10 m platas aizsargjoslas efektivitāti. Lai secinājumi būtu pamatoti, salīdzinājums veikts ne vien saimnieciskās darbības ietekmētajā objekta daļā, bet arī kontroles platībā.



Attēls 24. Lizimetru izvietojums aizsargjoslā

Datu atbilstība normālajam sadalījumam pārbaudīta ar Kolmogorova-Smirnova testu, atšķirību būtiskums starp gradācijas klasēm pārbaudīts ar Manna-Vitneja testu. Datu statistiskā analīze veikta datorprogrammā IBM SPSS Statistics 20.

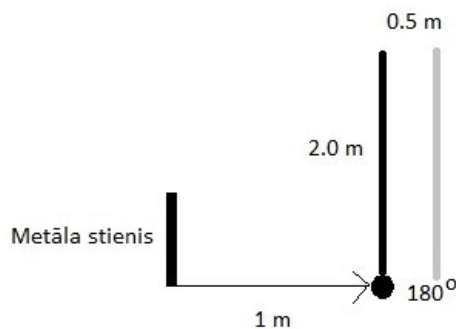
Nobiras

Nobiru paraugu ievākšanai katrā pētījuma objektā uzstādīti seši nobiru uztvērēji ar uzverošo virsmu 0.25 m^2 katrs. Nobiru paraugi no nobiru uztvērējiem ņemti reizi mēnesī, transportēti uz laboratoriju, nosvērti, žāvēti, šķīroti sekojošās frakcijās: 1) zari, mizas, 2) valdošās koku sugas skuju vai lapas, 3) citu koku sugu skuju vai lapas, 4) augļi, 5) citas nobiras. Nobiru paraugos pa frakcijām noteikti sekojoši ķīmiskie parametri: kopējais N, kopējais P, kopējais K, kopējais Ca, kopējais Mg.

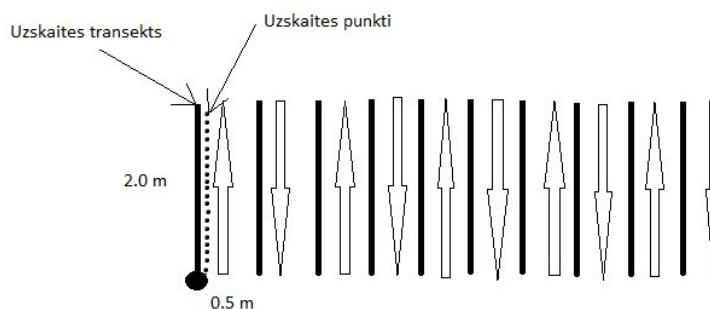
Kopējais N noteikts izmantojot Kjeldāla metodi, atbilstoši LVS ISO 11261 standartam. Paraugu sagatavošana K, Ca, Mg un kopējā P noteikšanai notiek atbilstoši standartam ISO 11466. Kalcija (Ca^{2+}) un magnija (Mg^{2+}) saturs noteikts, izmantojot liesmas atomu absorbcijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS EN ISO 7980 standartam. Kālija (K^+) saturs noteikts, izmantojot liesmas emisijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS ISO 9964-3:2000 standartam., savukārt kopējā fosfora ($\text{P}_{\text{kop.}}$) saturs noteikts atbilstoši LVS EN ISO 6878 standartam, izmantojot amonija molibdāta spektrofotometrisko metodi.

Zemsedzes augi un sūnas

Pirmā zemsedzes augu un sūnu uzskaitē tika veikta 2012.gada 8.un 9.augustā pirms saimnieciskās darbības veikšanas, atkārtota uzskaitē - 2014. gada 28. un 31. jūlijā otrajā gadā pēc saimnieciskās darbības veikšanas. Uzskaitē katrā no trim objektiem tika veikta sešos ar virzienu un attālumu vidējo lizimetru pāri nogāzes augšdaļā un lejasdaļā marķējošajam metāla stienim piesaistītos laukumiņos, izmantojot punktu metodi. Katrā laukumiņā tika izdarīti divi simti 1mm biezās adatas dūrieni ik pa 10 cm desmit 2 metrus garos, paralēlos transektos, reģistrējot visas augu un sūnu sugas, kas pieskaras adatai. (Attēls 23, Attēls 25, Attēls 26)



Attēls 25. Veģetācijas uzskaites laukumīņa uzskaites piesaistes piemērs objektā Vilkukalns



Attēls 26. Veģetācijas uzskaites laukumīņa shēma

Sugu nomenklatūra : vaskulārajiem augiem - Kļaviņš (2012), sūnām - Strazdiņa un citi (2011).

Katrā uzskaites laukumīņā, katra objekta nogāzes apakšdaļā un augšdaļā, kā arī katrā objektā kopumā tika aprēķināts Šenona- Vīnera daudzveidības indekss $H(s)$ vaskulāro augu un sūnu sugām:

$$H(s) = -\sum p_i \ln p_i, \quad (1)$$

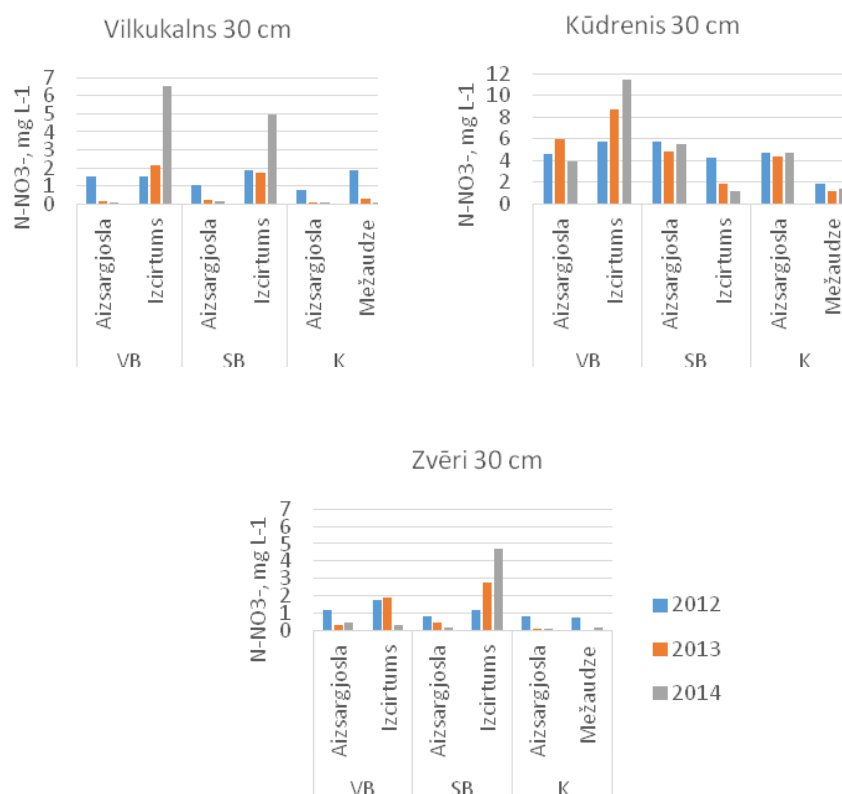
kur p_i ir sugas i pārstāvju relatīvais daudzums. Salīdzināta sugu daudzveidība pirms un pēc saimnieciskās darbības, kā arī starp parauglaukumiem, kur veikta kailcirte, izvēcot visu biomasu, un parauglaukumiem, kur izvēkta tikai stumbru biomasu.

Katrai konstatētajai sūnu un vaskulāro augu sugai tika aprēķināts sastopamības koeficients. Atbilstoši Ellenberga (lakstaugiem) un Dilla (sūnām) ekoloģiskajām skalām katrai apsekotajai slejas daļai tika noteikta apgaismojuma, temperatūras, kontinentalitātes, mitruma, augsnes pH, reakcijas un slāpekļa indikatorvērtības (Ellenberg et al 1991; Düll 2001). Līdzīgi kā ar daudzveidības rādītājiem, veikts salīdzinājums starp uzskaites gadiem un atsevišķiem parauglaukumiem.

5.1.3. Nozīmīgākie rezultāti

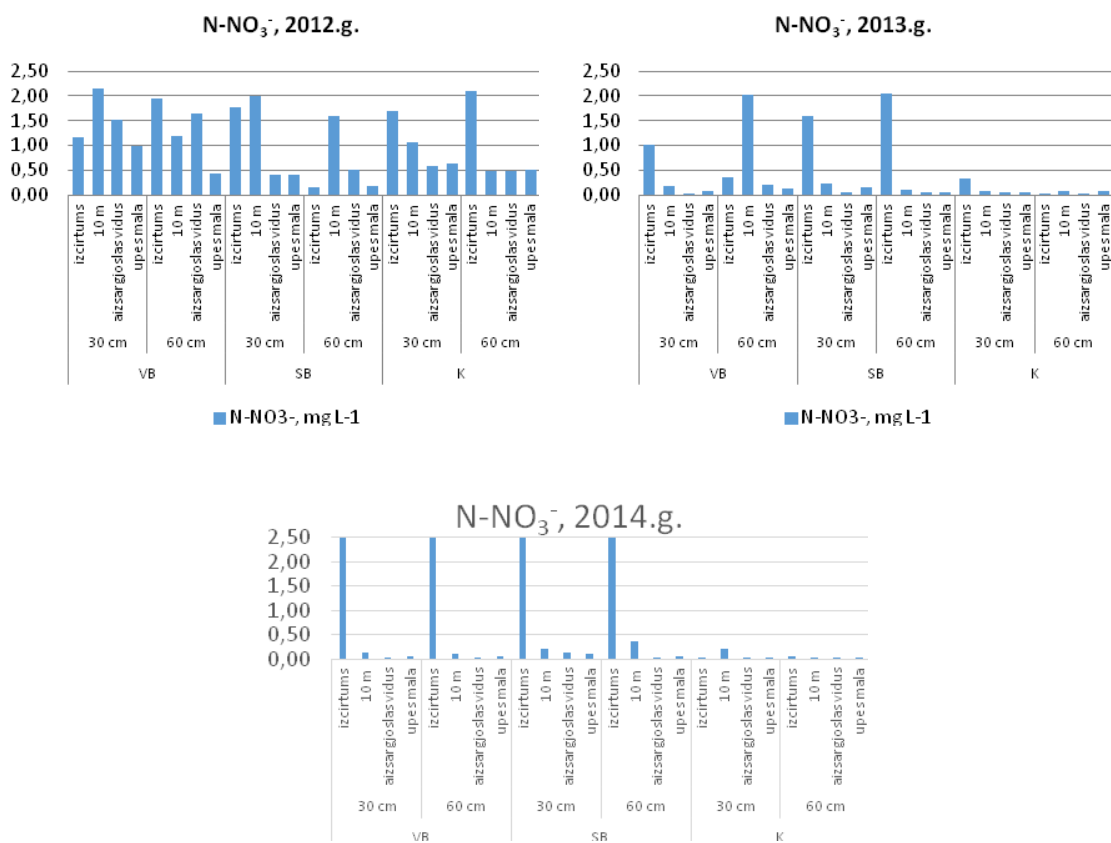
Otrajā gadā pēc saimnieciskās darbības veikšanas izcirtumos sāk parādīties ietekme uz augsnes ūdens ķīmisko sastāvu. Izcirtumos samazinās augsnes ūdens pH, bet palielinās N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} , N-NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} koncentrācija. Tomēr biogēno elementu koncentrāciju izmaiņas izcirtumos ir visai atšķirīgas pētījuma objektos, piemēram, objektā Vilkukalns magnija jonu koncentrācija izcirtumos, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir pieaugusi, bet Kūdrenī – samazinājusies.

Salīdzinot abus izcirtumus, secināts, ka biogēno elementu koncentrācijas atšķirības objektos iezīmējas dažādi. Vilkukalnā netika novērotas būtiskas nitrātjonu koncentrācijas atšķirības starp abiem izcirtumiem, Kūdrenī variantā ar visas biomasas izvākšanu augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācija bija augstāka nekā variantā ar stumbra biomasas izvākšanu, bet objektā Zvēri augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācija bija augstāka izcirtumā ar stumbra biomasas izvākšanu (Attēls 27). Tieši tāda pati likumsakarība ir spēkā, salīdzinot amonija jonu un kālija jonu koncentrācijas. Būtiskas fosfātjonu koncentrācijas atšķirības starp parauglaukumiem netika konstatētas. Kalcija jonu koncentrācija Vilkukalnā starp izcirtumiem būtiski neatšķirās, Kūdrenī augstāka kalcija jonu koncentrācija augsnes ūdenī tika konstatēta izcirtumā, kur izvākta stumbru biomas, bet objektā Zvēri tieši pretēji. Magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī objektos sausieņu mežos starp izcirtumiem būtiski neatšķiras, bet Kūdrenī tā ir augstāka izcirtumā, kur izvākta stumbru biomas.



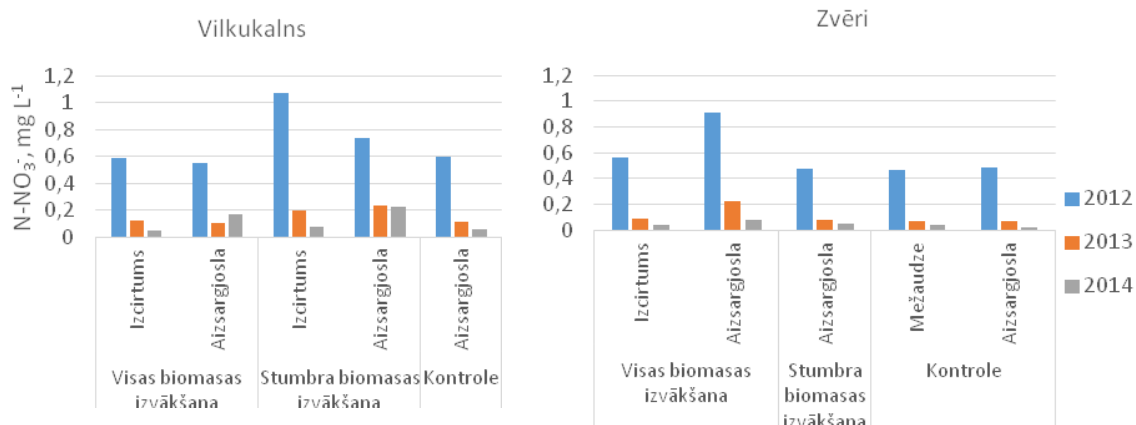
Attēls 27. Nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī pētījuma objektos 2012., 2013. un 2014.gadā

Otrajā gadā pēc kailcirtes netika konstatētas būtiskas biogēno elementu koncentrācijas izmaiņas aizsargjoslā 10 m no izcirtumu malas, kas ļauj secināt, ka 10 m plata aizsargjosla šajā gadījumā darbojas efektīvi (Attēls 28). Tomēr iespējams, ka biogēno elementu koncentrācijas turpinās izmainīties arī nākamajos gados, tādēļ novērojumi tiks turpināti.



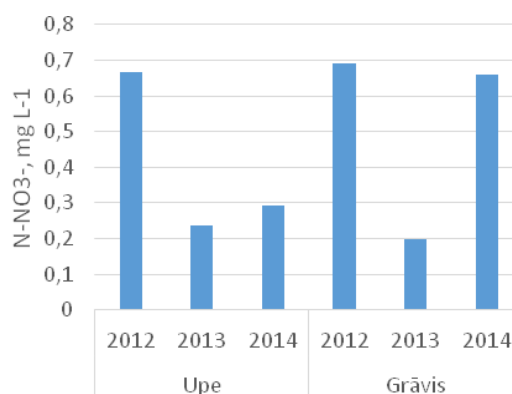
Attēls 28. Nitrātjonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Vilkukalns 2012., 2013. un 2014.gadā

Pretēji Zviedrijā iegūtajiem rezultātiem, mūsu pētījuma objektos otrajā gadā pēc kailcirtes nav konstatēta būtiskas biogēno elementu koncentrācijas palielināšanās izcirtumos esošajās gruntsūdens akās (Attēls 29). Jāatzīmē gan, ka mūsu objektos gruntsūdens līmenis ir ļoti zems, tāpēc, iespējams, barības vielu koncentrācijas izmaiņas augsnes virsējā slānī to nemaz neietekmē.



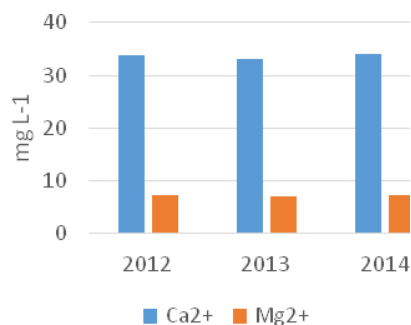
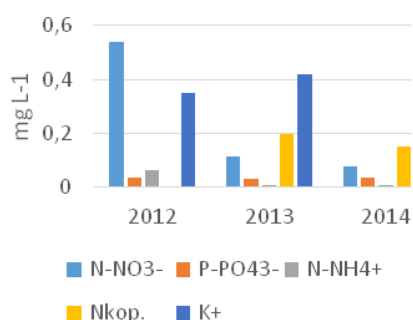
Attēls 29. Nitrātu koncentrācijas gruntsūdenī objektos Vilkukalns un Zvēri 2012., 2013. un 2014. gadā

Otrajā gadā pēc kailcirtes novērota neliela nitrātu koncentrācijas palielināšanās upē un grāvī objektos Vilkukalns un Kūdrenis, taču nevienā gadījumā koncentrācijas nepārsniedza vidējās vērtības periodā pirms kailcirtes 2012. gadā (Attēls 30).



Attēls 30. Nitrātu vidējā koncentrācija upes un grāvja ūdenī 2012., 2013. un 2014. gadā

Ievērojamas biogēno elementu koncentrācijas izmaiņas avota un pazemes spiedes ūdeņos objektā Kūdrenis periodā no 2012. līdz 2014. gadam (Attēls 31) uzskatāmi parāda ar antropogēno faktoru ietekmi nesaistītas izmaiņas biogēno elementu apritē.



Attēls 31. Ķīmisko elementu vidējā koncentrācija avota ūdenī objektā Kūdrenis 2012., 2013. un 2014. gadā

Pēc saimnieciskās darbības veikšanas, mainoties vides apstākļiem, izcirtumos ir palielinājies vaskulāro augu un sūnu sugu daudzveidības indekss, izņemot objektu Zvēri, kur vaskulāro augu daudzveidība samazinājusies. Atbilstoši Ellenberga un Dilla ekoloģiskajām skalām, visos objektos ir palielinājies apgaismojums un mitrums ne vien izcirtumos, bet arī tiem blakus esošajās platībās.

Vaskulāro augu un sūnu sugu daudzveidības indekss izcirtumā, kur izvēkta visa biomasa, objektos Vilkukalns un Kūdrenis ir būtiski lielāks nekā izcirtumā, kur izvēkta stumbru biomasa, objektā Zvēri iezīmējas tieši pretēja likumsakarība (Tabula 9).

Tabula 9.

Šenona-Vinera daudzveidības indekss vaskulārajiem augiem un sūnām pētījuma objektos 2012. un 2014. gadā (VB – platība ar visas biomasas izvēkšanu; SB – platība ar stumbru biomasas izvēkšanu; K – kontrole)

Uzskaites laukumīņš	Vilkukalns				Kūdrenis				Zvēri			
	Lakstaugi		Sūnas		Lakstaugi		Sūnas		Lakstaugi		Sūnas	
	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014
VB	0.20	0.64	0.68	0.69	0	0.43	0.8	0	1.61	1.23	0.30	0.99
SB	0.79	0.78	0.94	1.22	2.04	2.70	0.83	1.24	0.95	0.22	0.32	0.59
K	0.83	0.57	1.01	1.03	2.21	2.58	1.13	1.14	0.21	1.19	1.03	0.75
VB A	1.51	1.40	1.00	1.34	2.77	2.83	1.65	1.48	1.19	1.02	0.29	0.27
SB A	1.25	1.34	0.9	1.35	2.12	2.10	1.35	1.38	1.15	1.06	0.08	0.03
K A	2.43	2.57	1.79	1.93	2.22	2.59	1.23	1.32	0.83	0.55	1.14	1.09

Mūsu pētījuma objektos vielu aprites reakcija uz saimniecisko darbību sāk parādīties tikai otrajā gadā pēc kailcirtes, pie tam vēl ne visās vielu aprites komponentēs un ne visos objektos, tādēļ patlaban izdarīt vispārīgus secinājumus par kailcirtes ietekmi uz vielu apriti, aizsargjoslas efektivitāti un atšķirībām starp visas biomasas izvēkšanu un stumbru biomasas izvēkšanu, kā arī sniegt rekomendācijas apsaimniekošanai ir par agru, nepieciešams garāks novērojumu periods. Atbilstoši Skandināvijas valstu un Somijas pieredzei, šāda veida pētījumu ilgumam jābūt vismaz 5-7 gadi. 2014.gada rudenī izcirtumos tika sagatavota augsne stādīšanai, 2015.gada pavasarī platības tika apstādītas un 2015.gada veģetācijas sezonā paraugu ievākšana un analīzes tiek turpinātas. 2015.gada rezultāti būs pieejami 2015./2016.gada ziemā pēc visu analīžu pabeigšanas.

5.2. Ūdens kvalitātes izmaiņas pēc meliorācijas sistēmu renovācijas un preventīvo pasākumu (sedimentācijas dīķu, filtrācija lauka) efektivitāte

5.2.1. Sedimentācijas dīķi - objekti un mērījumi

2014.gadā turpināti novērojumi trijos 2012.gadā ierīkotajos objektos A/S „Latvijas valsts meži” apsaimniekotajos nosusinātajos mežos - 2 objekti Rietumvdzemes (ST1 un VG) un viens objekts Ziemeļkurzemes (BU1) mežsaimniecībā. Tāpat kā iepriekšējā lauka darbu sezonā katrā objektā grāvju profila uzmērīšana un ūdens paraugu ņemšana notika trīs dabā atzīmētos parauglaukumos pirms un pēc nosēdbedres, kā arī pašā bedrē.

2014. gada maijā turpināta empīrisko datu ievākšana atlasītajos pētījumu objektos, pārbaudot sedimentācijas dīķu stāvokli, uzmērot ūdens profilu un ievācot ūdens paraugus divreiz mēnesī. 2014.gada sezonā trijos pētījuma objektos ievākti un analizēti 180 ūdens paraugi.

Notece mērījumi veikti, nosakot straumes ātrumu ar virsmas pludiņa metodi 10 metrus garā posmā piecos atkārtojumos katrā parauga ievākšanas reizē un vietā. Zinot laika periodu, kurā pludiņš veic 10 metrus garo posmu, iespējams aprēķināt straumes vidējo ātrumu konkrētajā vietā.

Lai aprēķinātu biogēno elementu iznesi, nepieciešams zināt arī grāvja šķērsprofila laukumu. To iespējams izmērīt, katrā paraugu ņemšanas vietā perpendikulāri krastam nosakot ūdens virsmas platumu un, atkarībā no tā, ik pēc noteikta attāluma nosakot ūdens dziļumu. Vietās ar ūdens virsmas platumu līdz 200 cm dziļums mērīts ik pēc 10 cm, ar platumu 201-500 cm – ik pēc 20 cm, bet platākos grāvjos un upēs – ik pēc 40 cm. Kamerāli sareizinot šķērsriezuma laukumu ar straumes ātrumu, iegūst ūdens daudzumu, kas aizplūst caur parauga ņemšanas vietu konkrētajā brīdī. No šī lieluma savukārt iespējams iegūt katra biogēnā elementa izneses apjomu no grāvja sateces baseina visā novērojumu periodā.

Ūdens paraugi grāvī katrā objektā ievākti divas reizes mēnesī tajās pašās vietās, kur mērīta notece – vienā vietā augšpus sedimentācijas dīķa, sedimentācijas dīķa vidusdaļā un vienā vietā lejpus sedimentācijas dīķa. Katrā vietā vienā reizē ņemti 750-1000 mL, paraugi iepildīti plastmasas pudelēs un aukstumkastēs transportēti uz laboratoriju. Ūdens paraugs vienmēr ņemts pirms profila un straumes ātruma mērījumiem.

LVMI „Silava” Meža vides laboratorijā ūdens paraugos noteikti sekojoši fizikālie un ķīmiskie parametri: cieto suspendēto vielu saturs, N-NH_4^+ , N-NO_3^- , N_{kop} , P-PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} saturs (mg L^{-1}), pH līmenis un izšķīdušā organiskā oglekļa saturs.

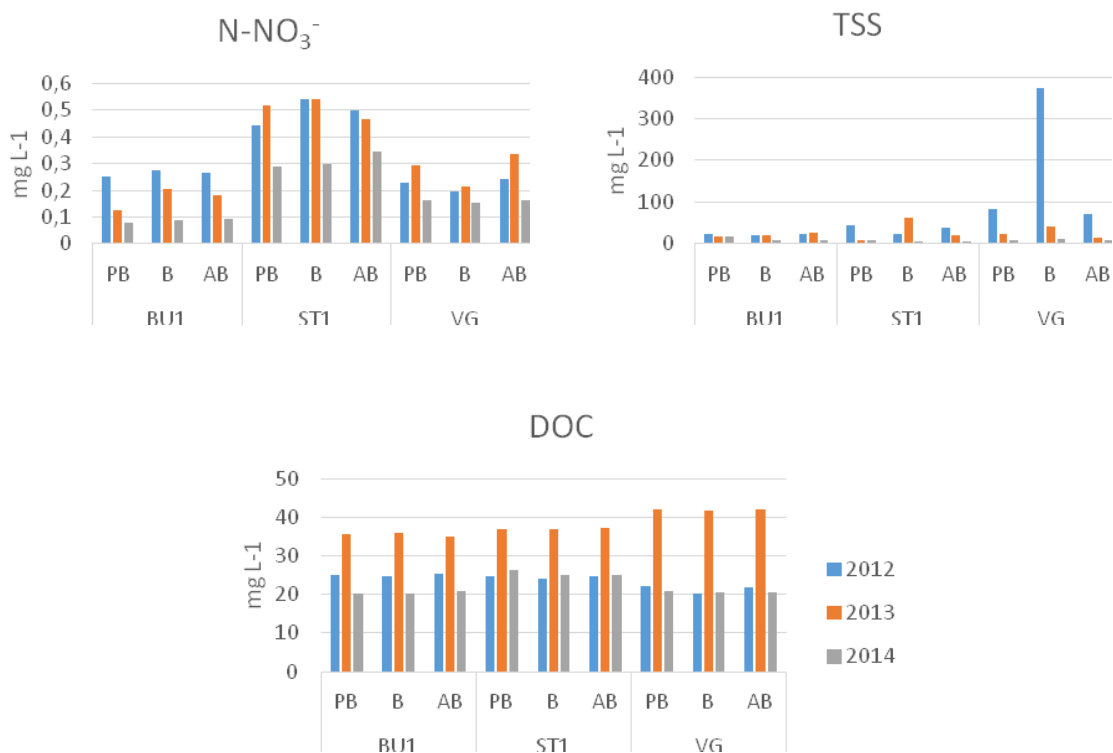
Pirms N-NH_4^+ , N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} un Mg^{2+} satura noteikšanas ūdens paraugi filtrēti caur borsilikātu stikla šķiedras filtriem. Ūdens paraugu pH noteikts atbilstoši LVS ISO 10523 standartam. Kalcija (Ca^{2+}) un magnija (Mg^{2+}) saturs noteikts, izmantojot liesmas atomu absorbcijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS EN ISO 7980 standartam. Kālija (K) saturs noteikts, izmantojot liesmas emisijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS ISO 9964-3:2000 standartam. Amonija jonu (N-NH_4^+) saturs ūdens paraugos noteikts atbilstoši LVS ISO 7150/1:1984 standartam, izmantojot spektrofotometrisko metodi. Nitrātu jonu (N-NO_3^-) saturs noteikts, izmantojot Machenery Nagel PF11

fotometru un nitrātu noteikšanas testa komplektu Visicolor ECO 5-41. Fosfātjonu ($P-PO_4^{3-}$) saturs noteikts atbilstoši LVS EN ISO 6878 standartam, izmantojot amonija molibdāta spektrofotometrisko metodi. Kopējais slāpekļa ($N_{kop.}$) saturs noteikts, izmantojot modificētu Kjeldāla metodi. Cieto suspendēto vielu saturs noteikts atbilstoši LVS EN 872 standartam. Izšķīdušā organiskā oglekļa saturs noteikts atbilstoši LVS EN 1484:2000 standartam, metodes pamatā ir katalītiskā sadedzināšana un infrasarkanā detektēšana.

Vielu koncentrāciju atšķirību būtiskums starp paraugu ņemšanas vietām un gadiem analizēts ar Manna-Vitneja testu.

5.2.2. Sedimentācijas dīķi - nozīmīgākie rezultāti un ieteikumi

Trešajā gadā pēc meliorācijas sistēmu renovācijas biogēno elementu un suspendēto daļiņu koncentrācija turpina samazināties, samazinās arī izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācija, kas otrajā gadā pēc renovācijas bija palielinājusies (Attēls 32). Atsevišķos gadījumos novērota neliela kalcija un magnija koncentrācijas palielināšanās.



Attēls 32. Nitrātjonu, suspendēto daļiņu un izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrāciju izmaiņas trijos pētījumu objektos 2012., 2013. un 2014.gadā

Trešajā gadā pēc meliorācijas sistēmu renovācijas nav konstatētas būtiskas biogēno elementu un suspendēto daļiņu koncentrācijas atšķirības pirms un pēc sedimentācijas dīķa.

Pētījuma triju gadu rezultāti liecina, ka pašreizējā praksē meža meliorācijas sistēmu renovācijā pielietotie sedimentācijas dīķi darbojas daļēji efektīvi. Ir novērojama pozitīva ietekme saistībā ar suspendēto daļiņu koncentrācijas samazināšanu, tomēr biogēnie elementi neizgulsnējas, līdzīgs secinājums izdarīts arī Somijā (Tabula 10). Sedimentācijas dīķu efektivitāte ļoti atšķiras atšķirīgos objektos.

Tabula 10.

Biogēno elementu iznese no meliorācijas sistēmām 1-3 gadus pēc renovācijas - Latvijas un Somijas datu salīdzinājums (pēc Joensuu 2002)

Elements	1.gads		2.gads		3.gads	
	Somijas dati, 75 meliorācijas sistēmas	Latvijas dati, 3 meliorācijas sistēmas	Somijas dati, 75 meliorācijas sistēmas	Latvijas dati, 3 meliorācijas sistēmas	Somijas dati, 75 meliorācijas sistēmas	Latvijas dati, 3 meliorācijas sistēmas
N _{kop.}	2.00	0.45	1.80	0.55	1.90	0.84
N-NH ₄ ⁺	0.29	0.02	0.28	0.02	0.29	0.02
N-NO ₃ ⁻	0.25	0.05	0.25	0.06	0.24	0.06
DOC	65.00	1.18	62.00	0.97	65.00	0.61
Suspendētās daļiņas	268.00	7.31	89.00	5.78	75.00	5.37
K ⁺	2.90	0.30	2.40	0.34	2.40	0.42
Ca ²⁺	11.80	17.44	10.20	14.48	10.60	13.68
Mg ²⁺	5.80	2.46	4.70	2.88	4.60	3.86

Lielākā nozīme suspendēto daļiņu un biogēno elementu izneses samazināšanā ir ūdens plūsmas ātruma samazināšanai grāvī pirms tā ievadīšanas ūdenstecē, tādēļ preventīvajiem pasākumiem jābūt vēršiem uz šo mērķi.

Sedimentācijas dīķus ieteicams veidot lielākus, kur iespējams, kombinējot tos ar dzīvnieku dzirdinātavām, ūdenstilpni ugunsdzēsības vajadzībām u.tml.

Nav ieteicams veidot sedimentācijas dīķus pārāk cieši pirms ietekas ūdenstecē, jo pastāv risks, ka palielināta ūdens daudzuma apstākļos var rasties turbulence, un tās rezultātā dīķī uzkrāties sediments var nonākt tieši ūdenstecē.

Ja aiz sedimentācijas dīķa grāvis ūdenstecē tiek ievadīts caur caurteku, jāseko tam, lai caurteka būtu ievetota pareizi un pietiekami dziļi, pretējā gadījumā var rasties ūdens plūsmas turbulence.

Sedimentācijas dīķus ieteicams veidot iepriekšējā gadā pirms meliorācijas sistēmas renovācijas, lai dīķu malas paspētu nostiprināties un tiktu novērsts erozijas risks.

Kur tas iespējams, sedimentācijas dīķus ieteicams kombinēt ar citiem preventīvajiem pasākumiem, kas samazina ūdens plūsmas ātrumu, - netīrītām grāvja sekcijām, nelielām sedimentācijas bedrītēm.

5.2.3. Filtrācijas lauks - objekti un mērījumi

Alternatīva metode sedimentācijas baseinu izveidei ir virszemes filtrācijas platību ierīkošana aizsargjoslā pie ūdensteces. Šajā nodaļā aprakstīti pirmie rezultāti šāda preventīvā paņēmiena efektivitātes pārbaudei pēc meža meliorācijas sistēmas renovācijas Latvijā.

Pētījuma vajadzībām 2013.gada sākumā tika izraudzīta teritorija Madonas rajonā Liezēres pagastā, kur meliorācijas sistēmu renovācija bija plānota 2013.gadā (Attēls 33). Sateces baseina platība – 498 ha.



Attēls 33. Pētījuma objekts filtrācijas lauka efektivitātes pārbaudei

2013.gada pavasarī uz maģistrālā grāvja M1 tika ierīkotas 15 paraugu ņemšanas vietas – seklas gruntsūdens akas; tas darīts vienmērīgi visā grāvja lejtecē (pēdējo 100 metru posmā), attālums starp paraugu ņemšanas vietām 30-40 metri (Attēls 34). Akas Nr.14.un 15.atrodas jau meliorācijas sistēmas renovētajā daļā.



Attēls 34. Paraugu ņemšanas vietu izvietojums pētījuma objektā

Ūdens paraugu ievākšana uzsākta 2013.gadā, kad veģetācijas sezonas laikā gruntsūdens akās vairākas reizes ievākti fona dati, lai gūtu priekšstatu par biogēno elementu un suspendēto daļiņu koncentrāciju pirms meliorācijas sistēmas renovācijas. 2014.gada veģetācijas sezonā ūdens paraugi ievākti divas reizes mēnesī gan ierīkotajās akās, gan divās vietās grāvī – tieši pirms ūdensteces un pirms filtrācijas lauka vietā, kur beidzas renovētā maģistrālā grāvja sekcija.

Grāvī veikt arī noteces mērījumi, nosakot straumes ātrumu katrā parauga ievākšanas reizē augšpus un lejpus filtrācijas lauka. Tas darīts 10 metrus garā posmā trijos atkārtojumos pēc virsmas pludiņa metodes. Zinot laika periodu, kurā pludiņš veic 10 metrus garo posmu, iespējams aprēķināt straumes vidējo ātrumu konkrētajā vietā. Gadījumos, kad straumes ātrums nav nosakāms pretvēja vai niecīgās straumes dēļ, pieņemts, ka ātrums ir tuvs nullei, kas nozīmē arī to, ka konkrētajā laika periodā biogēno elementu iznese būs tuva nullei.

Lai aprēķinātu biogēno elementu iznesi, nepieciešams zināt arī grāvja šķērsprofila laukumu. To iespējams izmērīt, katrā paraugu ņemšanas vietā perpendikulāri krastam nosakot ūdens virsmas platumu un, atkarībā no tā, ik pēc noteikta attāluma nosakot ūdens dziļumu. Vietās ar ūdens virsmas platumu līdz 200 cm dziļums mērīts ik pēc 10 cm, ar platumu 201-500 cm – ik pēc 20 cm, bet platākos grāvjos un upēs – ik pēc 40 cm. Kamerāli sareizinot šķērsgriezuma laukumu ar straumes ātrumu, iegūst ūdens daudzumu, kas aizplūst caur parauga ņemšanas vietu konkrētajā brīdī. No šī lieluma, savukārt, iespējams iegūt katra biogēnā elementa izneses apjomu no grāvja sateces baseina visā novērojumu periodā.

Ūdens paraugi ievākti divas reizes mēnesī tajās pašās vietās, kur mērīta notece – vienā vietā augšpus filtrācijas lauka un vienā vietā lejpus filtrācijas lauka -, kā arī 15 gruntsūdens akās. Katrā vietā vienā reizē ņemti 750-1000 mL, paraugi iepildīti plastmasas pudelēs un aukstumkastēs transportēti uz laboratoriju. Ūdens paraugs vienmēr ņemts pirms profila un straumes ātruma mērījumiem.

LVMI „Silava” Meža vides laboratorijā ūdens paraugos noteikti sekojoši fizikālie un ķīmiskie parametri: cieto suspendēto vielu saturs, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, N_{kop} , $P-PO_4^{3-}$, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} saturs ($mg L^{-1}$), pH līmenis un izšķīdušā organiskā oglekļa saturs.

Pirms N-NH_4^+ , N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} un Mg^{2+} satura noteikšanas ūdens paraugi filtrēti caur borsilikātu stikla šķiedras filtriem. Ūdens paraugu pH noteikts atbilstoši LVS ISO 10523 standartam. Kalcija (Ca^{2+}) un magnija (Mg^{2+}) saturs noteikts, izmantojot liesmas atomu absorbcijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS EN ISO 7980 standartam. Kālija (K) saturs noteikts, izmantojot liesmas emisijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS ISO 9964-3:2000 standartam. Amonija jonu (N-NH_4^+) saturs ūdens paraugos noteikts atbilstoši LVS ISO 7150/1:1984 standartam, izmantojot spektrofotometrisko metodi. Nitrātu jonu (N-NO_3^-) saturs noteikts, izmantojot Machenery Nagel PF11 fotometru un nitrātu noteikšanas testa komplektu Visocolor ECO 5-41. Fosfātu jonu (P-PO_4^{3-}) saturs noteikts atbilstoši LVS EN ISO 6878 standartam, izmantojot amonija molibdāta spektrofotometrisko metodi. Kopējais slāpekļa ($\text{N}_{\text{kop.}}$) saturs noteikts, izmantojot modificētu Kjeldāla metodi. Cieto suspendēto vielu saturs noteikts atbilstoši LVS EN 872 standartam. Izšķīdušā organiskā oglekļa saturs noteikts atbilstoši LVS EN 1484:2000 standartam, metodes pamatā ir katalītiskā sadedzināšana un infrasarkanā detektēšana.

Datu atbilstība normālajam sadalījumam tika veikta ar Kolmogorova-Smirnova testu, vidējo vērtību atšķirību būtiskuma noteikšana – ar Manna-Vitneja testu. Datu apstrāde veikta datorprogrammā IBM SPSS Statistics 20.

5.2.4. Filtrācijas lauks - nozīmīgākie rezultāti

Pirmajā sezonā pēc meliorācijas sistēmas renovācijas netika konstatētas būtiskas N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} , N-NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , TSS, $\text{N}_{\text{kop.}}$ un DOC koncentrācijas atšķirības grāvja ūdenī pirms un pēc filtrācijas lauka.

Nitrātu, kālija, kalcija, kopējā slāpekļa, TSS un izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācija gruntsūdens akās filtrācijas laukā bija zemāka nekā akās renovētajā meliorācijas sistēmas daļā (Tabula 11). Būtībā tas liecina par to, ka filtrācijas platība funkcionē, un biogēnie elementi un daļiņas tiek aizturētas.

Tabula 11.

Biogēno elementu un TSS vidējās vērtības gruntsūdens akās filtrācijas laukā un renovētajā sistēmas daļā

	N-NO3-	P-PO43+	N-NH4+	K+	Ca2+	Mg2+	TSS	Nkop.	DOC
Filtrācijas lauks	0.44	0.03	0.95	1.49	50.62	15.68	183.55	1.76	15.96
Renovētā platība	0.80	0.02	0.58	1.74	54.73	15.13	657.65	1.91	21.83

Iemesls tam, kāpēc vielu koncentrācija grāvī aiz filtrācijas lauka nav samazinājusies, visticamāk ir ar biogēnajiem elementiem un suspendētajām daļiņām bagāto virsūdeņu notece no renovētās platības. 2014.gada vasarā bija vairāki spēcīga lietūs periodi, kad objektā bija vērojama izteikta ūdens plūsma pa zemes virsmu. Turklāt šai platībai ir raksturīgi bebru izveidoti grāvīši, kas spēcīgu nokrišņu apstākļos darbojas kā transporta kanāli. Filtrācijas laukā esošā veģetācija (pārsvarā niedres), nespēj pietiekami efektīvi samazināt virsūdens plūsmu un uztvert barības vielas un sedimentu.

Visticamāk filtrācijas laukus lietderīgi ierīkot tādās vietās, kurās ir pastāvīga daudzgadīga veģetācija un nav virsūdeņu transporta kanālu. Arī pirms filtrācijas lauka esošās platības raksturojumam (reljefs, veģetācija) ir nozīme. Šie jautājumi Latvijā jāpēta plašāk.

Ūdens paraugu ievākšana un analīze šajā objektā tiek turpināta arī otrajā gadā pēc meliorācijas sistēmas renovācijas, un rezultāti par 2015.gadu būs pieejami 2015./2016.gada ziemā pēc analīžu pilnīgas pabeigšanas.

5.3. Erozijas risku izvērtējums

5.3.1. Principi meža zonējuma izstrādei erozijas draudu novērtējumam

Meža teritoriju zonējums no **potenciālo** erozijas draudu viedokļa ir izmantojams stratēģiskai plānošanai, un ir noderīgs riska faktoru novērtēšanai un riska teritoriju izdalīšanai, pieņemot, ka saimnieciskās darbības vai kādu nevēlamu notikumu, piem., ugunsgrēku, rezultātā pilnībā tiek iznīcināts augājs un zemsedze, tādējādi atsedzot augsnes minerālo daļu.

Izstrādājot meža zonējumu no **potenciālo** erozijas draudu viedokļa, būtu jāņem vērā šādi rādītāji:

- 1) *klimate* (nokrišņu gada daudzums, diennakts maksimālais nokrišņu daudzums, sadalījums pa sezonām, mēnešiem, lietusgāžu intensitāte, ūdens krājums sniegā, vēja režīms (ātrumu, virzienu struktūra laikā un telpā),
- 2) *reljefs* (nogāžu slīpums, garums un forma, relatīvie augstumi t.sk. vietējo erozijas bāžu dziļums),
- 3) *augšņu raksturojums* (augšņu sadalījums pa tipiem, meh. sastāvu, struktūru).

Izstrādājot **reālo** augsnes erozijas draudu zonējumu saimnieciskās darbības plānošanai, papildus iekļaujami sekojoši rādītāji:

- 1) *Augāja raksturojums objektā* (klājums, stāvokums, sugas) un saimnieciskās darbības potenciālās ietekmes novērtējums, kas izpaužas kā augsnes daļēja atsegšana, piem., sagatavojot augsni, daļēji vai pilnībā novācot augāju – kokaudzi, paaugu, zemsedzi;
- 2) *Novērtējamā objekta lielums* (forma, platība);
- 3) *Blakus esošu objektu (teritoriju) novērtējums*. Blakus esošo teritoriju relatīvais augstums, audžu struktūra, kokaudzes augstums.

Par svarīgākajiem riska faktoriem, kas var apdraudēt meža augsnes aizsargājošo funkciju izpildi, uzskatāmi:

- Kokaudzes un zemsedzes iznīcināšana vējam atklātās vietās un/vai nogāzēs;
- Augšņu sablīvēšana un struktūras iznīcināšana:
 - a) Mežizstrādes rezultātā;
 - b) Mākslīgas izcelsmes vai dabisku ugunsgrēku rezultātā;
 - c) Rekreatīvo slodžu (izmīņāšanas t. sk. arī velosipēdistu izbraukāšanas) rezultātā.

Erozijas riska novērtēšanai izmantojamas divas pieejas: aprēķināto erozijas risku raksturojot kvalitatīvi (relatīvi). Savukārt izmantojot specializētās datorprogrammas, iespējams erozijas risku kvantificēt – aprēķinot iespējamo erozijas rezultātā zaudēto augsnes apjomu kvantitatīvi, kg ha⁻¹, prognozēt tā uzkrāšanos vai iznesi no audzes. Šī uzdevuma risināšanai tika pārbaudīta ASV Nacionālajā augsnes erozijas centrā izstrādā datorprogramma WEPP. Tās pārbaudei ģenerēti virkne nogāžu profilu un pārbaudīts augsnes erozijas apjoms atkarībā no augsnes mehāniskā sastāva u.c. augsnes īpašībām. 2014.gada atskaitē ievietots datorprogrammas WEPP vispārējs apraksts, kā arī tās pielāgošanas Latvijas apstākļiem apraksts un vadlīnijas programmas izmantošanai.

5.4. Mežsaimniecisko darbību ietekme uz augsnes struktūru un kvalitāti

Darba uzdevuma "Parauglaukumu ierīkošana augsnes sablīvēšanās izmaiņu novērtēšanai, empīrisko datu ievākšana un analīze augsnes struktūras un kvalitātes izmaiņu parauglaukumos" mērķis ir augsnes sablīvējuma un kokaudzes dabiskās atjaunošanās rādītāju novērtējums uz tehnoloģiskajiem koridoriem un pārējā mežaudzes daļā pēc galvenās cirtes. Darba uzdevuma sagaidāmais nodevums ir augsnes struktūras un kvalitātes izmaiņu novērtējums mežizstrādes rezultātā un rekomendācijas mežizstrādes darbu organizēšanai, lai mazinātu nevēlamo ietekmi uz vidi.

Pētījuma objektu atlasē ietekmes novērtēšanai izraudzīti 2004. gadā projekta "Smagās meža tehnikas ietekme uz augsnes fizikālo īpašību izmaiņām" ietvaros ierīkoti izmēģinājumu objekti jaunaudzēs, kā arī AS "Latvijas valsts meži" speciālistu atlasītās briestaudzes, kurās pirms 15-20 gadiem veikta krājas kopšana, un līdzīga vecuma jaunaudzes. Parauglaukumos, kur veikta krājas kopšana, vienlaicīgi ar augsnes pretestības mērījumiem ievākti kritalu paraugi mežizstrādes atlieku sadalīšanās gaitas izpētei.

5.4.1. Pētījuma objekti

Apsēkoti objekti dažādos meža augšanas apstākļu tipos, kas izvietoti Zemgales un Vidusdaugavas mežsaimniecībās. Galvenie taksācijas rādītāji doti 12. tabulā (Tabula 12). Izmēģinājumu objektu raksturojums sagatavots atbilstoši 2004. gada LVMI Silava pētījuma ziņojumam (Liepa et al., 2005).

Tabula 12.

Izmēģinājumu objektu raksturojums

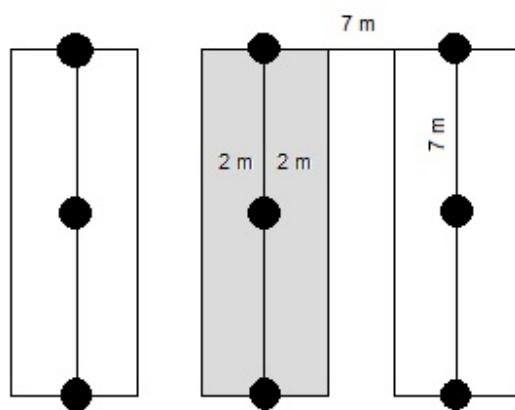
Kvartāla apgabals	Kvartāls	Nogabals	Audzes formula	Platība, ha	Meža tips	Mežizstrādes gads
502	189	10	9E32 1B17	1,1	Nd	1981
502	482	18	10P7	1,9	Ks	2004
502	482	4	10E8	0,8	Ap	2004
502	483	13	10E8	2,6	Dm	2003
502	483	8	10E8	1,9	Dm	2003
502	486	14	10E7	1,1	Ap	2004
504	37	6	10P10	3,5	Ln	2003
504	37	8	10P10	3,4	Ln	2003
504	38	2	10P9	2	Ln	1998
504	38	4	10P18	1,3	Mr	1998
504	38	9	10P18	2	Mr	1989
504	39	1	10P7	8,4	Mr	2006
504	40	3	10P8	3	Dm	2003

Kvartāla apgabals	Kvartāls	Nogabals	Audzēs formula	Platība, ha	Meža tips	Mežizstrādes gads
504	40	5	10P9	3,8	Dm	2003
504	40	7	10P18	2,3	Dm	1995
504	41	5	10P14	3,1	Ln	1997
506	120	25	7B2E1Ba8	4	Vr	2003
506	122	2;3	10P10	0,6	Ln	2001
506	122	9	7B10 3P6	0,8	Dms	2001
506	17	25	6P4B15	1,9	Dms	2000
506	17	32	10P15	1,2	Ln	2000
506	28	1	10P8	0,7	As	2003
506	29	15	10P17	2,2	Ln	2002
506	31	15	10P9	2,6	Mr	2002
506	32	5	10P8	0,9	Sl	2003
506	61	6	6P4E9	0,8	Dms	2003
506	64	4	10B17	0,7	Nd	2003
506	8	33	10P9	0,8	Ln	2002
506	9	33	10P8	3,5	Ln	2004
508	255	21	10P8	4,7	Ln	2004
508	305	11	10E7	1,7	Kp	2002
508	305	3	8E7 2P6	3,9	Dm	2004
508	368	14	10P11	2	Ln	2001
508	368	25	9P10 1B9	3,1	Dm	1999
508	369	8	87B9 3M6	3,1	Kp	2001
511	81	9	8B2A9	2,1	Gr	2002
604	387	5	7E2B1P10	2,2	Dm	2003
604	389	1	10P11	2,5	As	2002
604	280	4	10P11	2,5	Dm	2003
604	284	8	9E1B9	3,1	Ks	2003
604	293	10	10P9	1,9	Dm	2002
604	348	11	6B4M11	3	Lk	2001
604	380	8	6P2E2B11	5,4	Dm	2002
604	60	25	8P2B9	0,8	Dms	2003
608	21	15	10P9	1,8	As	2001
608	21	9	10P9	1,3	As	2001

Kvartāla apgabals	Kvartāls	Nogabals	Audzis formula	Platība, ha	Meža tips	Mežizstrādes gads
608	7	1.1	8E2B7	1,6	Ap	2003
608	7	13	6E3B1P8	2,3	As	2003
608	7	20	10E12	1,3	Ap	1997
608	7	5.1	5E5B7	1,5	Ap	2003
608	7	8	10E7	1,9	Ap	2006
609	33	18	10E10	2,1	Dm	2001
609	34	23.1	10P8	2,6	Ln	2003
609	34	23.2	10P8	1,9	Ln	2003
609	43	12	10P9	1,4	Dm	2003
609	43	17	10P9	1,6	Nd	2001
609	68	38	10P9	1,8	Ln	2003
609	69	39	10M9	1,4	Db	2000
609	70	14	10P9	1,9	Mrs	2003

5.4.2. Parauglaukumu ierīkošanas metodika

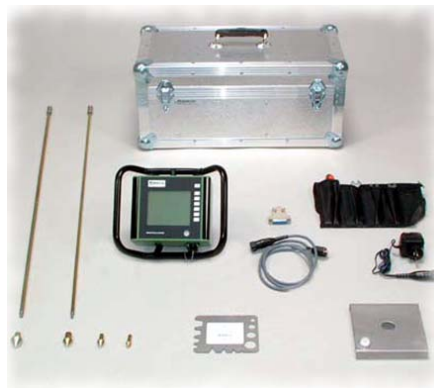
Katrā no apsekotajiem nogabaliem tika ierīkots viens parauglaukums. Tā ierīkošana sākas ar centrālā mieta nospraušanu, kur tiek noteiktas arī parauglaukuma koordinātas. Parauglaukums sastāv no 3 slejām, kuru vidusaxis atrodas 7 m attālumā viena no otras. Viena no slejām atrodas uz pievešanas ceļa. Uz katras no slejām atlikti 3 punkti, kas savstarpēji atrodas 7 m attālumā. 17.attēlā redzama shēma, kā tiek veidoti parauglaukumi un kāds ir sleju izvietojums (Attēls 35). Vidējā sleja tika ierīkota uz traktora atstātās sliedes, pārējās mežaudzes daļā, kas nav izmantota tehnikas pārvietošanai.



Attēls 35. Parauglaukuma shēma augsnes kvalitātes vērtēšanai

5.4.3. Augsnes sablīvējuma mērījumi

Sablīvējuma mērīšanai izmantots Eijkelkamp digitālais penetrolgers, kas var uzmērīt augsnes pretestību līdz 80 cm dziļumam (Attēls 36). Augsnes pretestības mērījumi veikti līdz 80 cm dziļumam, izņemot vietas, kur augsnes pretestība bija pārāk liela, lai iespiestu penetrolgera zondi. Šādās vietās mērījumus veica līdz maksimālajam dziļumam, kādā varēja to iespiest. Katrā objektā tika veikti 27 sablīvējuma mērījumi. Mērījumi veikti pa slejām. Uz katras slejas atlicti 3 punkti, kas atrodas 7 m attālumā viens no otra, kuros veic katrā trīs mērījumus. Tiek piefiksēts, kurā no slejām atrodas pievešanas ceļš, lai vēlāk aprēķinos to varētu salīdzināt ar pievešanas procesā neskarto audzes daļu.

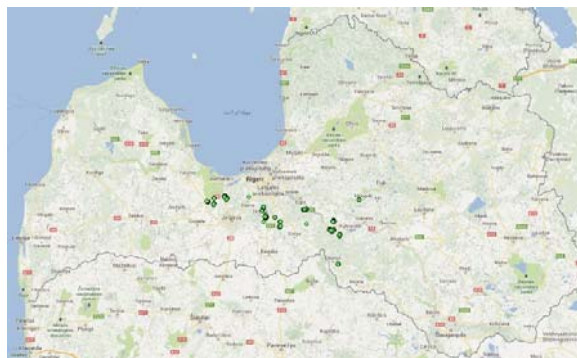


Attēls 36. Eijkelkamp digitālais penetrolgers

Rezultāti doti megapaskālos (MPa). Pārrēķins spiedienam no spēka (faktiski nomērītais lielums) uz pretestības mērvienībām veicams ar 1. vienādojumu.

$$MPa = \frac{Spēks (N)}{2 \text{ cm}^2 (\text{konusa laukums}) \cdot 100} \quad (1)$$

Vienlaicīgi ar pretestības datu ieguvī, noteiktas arī attiecīgā punkta koordinātes, veidojot izmēģinājumu objektu karti (Attēls 37). Penetrācijas vietu izvietojums vienā audzē atbilstoši fiksētajām koordinātēm redzams 38.attēlā.



Attēls 37. Izmēģinājumu objektu karte



Attēls 38. Penetrācijas vietu izvietojums vienā audzē

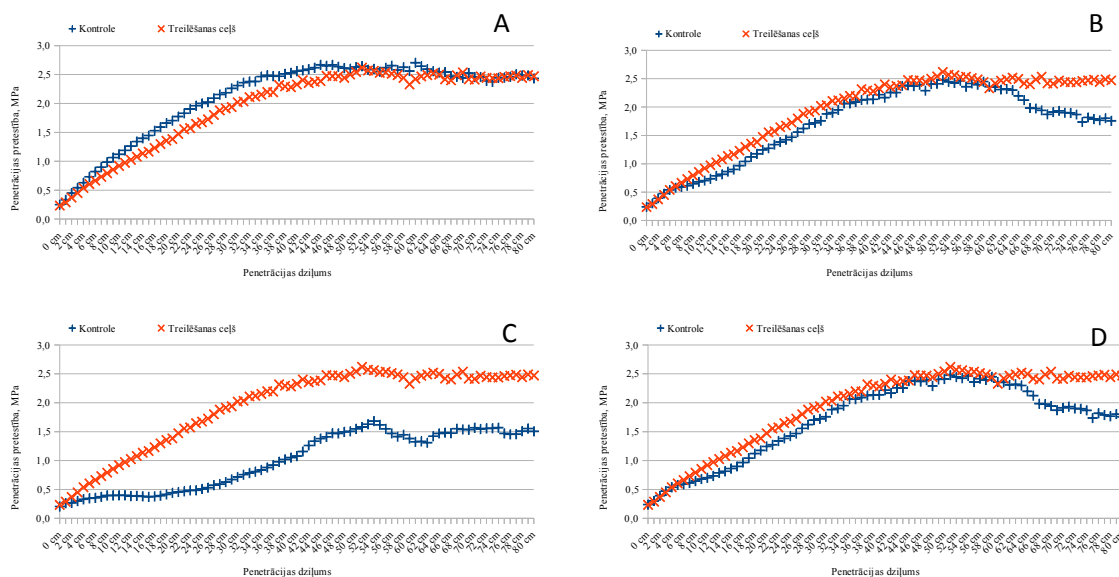
5.4.4. Paaugas uzskaitē

Paauga tika uzskaitīta visos parauglaukumos pa slejām. Tika uzskaitīti visi koki, kas atrodas ne tālāk kā 2 m no slejas vidusass, kas nosprausta ar stigmietiem. Kokiem mērīts augstums ar lates vai augstummēra VERTEX palīdzību. Kokiem, kas sasnieguši vismaz 2 m augstumu, mērīts caurmērs krūšu augstumā, izmantojot dastmēru. Uzskaitītas visas koku sugas, kas atrodas slejā. Veicot mērījumus, piefiksēta sleja, kurā atrodas pievešanas ceļš.

Pēc datu ievadīšanas elektroniskajās tabulās aprēķināts vidējā koku augstums gan neskartajā audzes daļā, gan slejā, kur veikti pievešanas darbi. Slejās, kur mērīts caurmērs un augstums paraugkokiem, pirms tam izveidota augstumlīkne katrai attiecīgajās slejās pārstāvētajai koku sugai un aprēķināts visu koku augstums. Analizēts koku skaits, augstums, sugu sastāvs kontroles audzes daļā un uz pievešanas ceļa.

5.4.5. Nozīmīgākie rezultāti

Apkopojot rezultātus par visiem izmēģinājumiem, redzams, ka augsnes sablīvējums uz pievešanas ceļiem un audzes kontroles daļā būtiski atšķiras mežaudzēs uz organiskām augsnēm un susinātām augsnēm (Attēls 39). Sausieņu meža tipos izteikta atšķirība augsnes sablīvējumā parādās dziļākajos augsnes slāņos. Sablīvējumu neietekmē mežizstrādes tehnikas izvēle, taču var ietekmēt (dziļākie augsnes slāņi, organiskās augsnes) izstrādes sezona un citi faktori.



Attēls 39. Vidējā penetrācijas pretestība sausienos (A), āreņos (B), kūdreņos (C) un purvainos (D)

legūta nepietiekama informācija par tādiem meža augšanas apstākļiem kā slapjaini, purvaini un kūdreņi. Pētījumi šajos meža tipos jāpaplašina, it īpaši tāpēc, ka tieši šajos meža tipos konstatēta vislielākā augsnes sablīvējuma atšķirība. Pētījumu programma uz organiskām, pārmitrām un susinātām augsnēm ir jāpaplašina, novērtējot sablīvējuma ietekmi uz koku sakņu biomasu un sīksakņu vitalitāti uz treilēšanas ceļiem un pārējā audzes daļā.

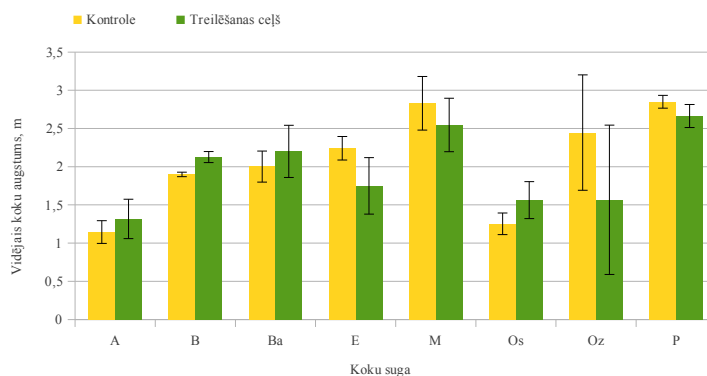
Noturīgais sablīvējums augsnes dziļākajos slāņos var būt saistīts ar augsnes caursalšanu līdz aptuveni 50 cm dziļumam. Dziļākie augsnes slāņi var neietekmēt koku vitalitāti, taču tie var radīt ietekmi uz platības hidroloģisko režīmu, samazināt koku noturību pret vēju, kā arī apgrūtināt piekļuvi dziļākajos augsnes slāņos esošajām ūdens un barības vielu rezervēm. Šāda hipotēze nav apstiprināta Ziemeļvalstīs veiktos pētījumos, taču vairumā gadījumu pētnieki koncentrējas uz augsnes virskārtu, kur koncentrēta lielākā daļa sakņu biomasas, tāpēc izmaiņas dziļākajos augsnes slāņos var palikt nepamanītas.

Izstrādes sezona ietekmē augsnes sablīvējumu minerālaugsnēs – ziemas apstākļos izstrādātās audzēs nav novērojama augsnes dziļāko slāņu sablīvēšanās. Pētījumu objektu skaits uz organiskām augsnēm nav pietiekošs secinājumu izdarīšanai par sezonas ietekmi uz augsnes sablīvējumu, taču patlaban nav pamata uzskatīt, ka meža tipos uz organiskām augsnēm parādītos citādas likumsakarības.

Iegūtie rezultāti liecina par to, ka ir jāturpina jaunu risinājumu meklēšana un aprobēšana meža tehnikas ietekmes uz augsni mazināšanai, organizējot mežizstrādes darbus tā, lai riska teritorijās, kur var veidoties noturīgs sablīvējums, darbi notiktu sasaluma apstākļos vai arī tiktu izmantota tehnika, kas rada minimālu spiedienu uz augsni (kāpurķēžu piedvedjtraktori). Latvijā nav pietiekami pētīta saistība starp augsnes nestspēju un paliekošā sablīvējuma veidošanos, lai gan nestspējai un tās sezonālajām izmaiņām varētu būt noteicošā loma ietekmes uz augsni struktūras izmaiņām. Tāpēc augsnes nestspējas izpēte un klasificēšana, veidojot atbalsta sistēmu meža darbu plānošanai, ir viens no svarīgākajiem pētījumu virzieniem meža tehnikas ietekmes uz vidi mazināšanai. Tajā pašā laikā ir jāturpina noturīgā sablīvējuma

un tā ietekmes uz augu saknēm, minerālo barošanas un hidroloģisko režīmu izpēti, lai novērtētu faktiskos mežsaimnieciskās darbības ietekmes riskus.

Analizējot iegūtos datus par paaugu, secināts, ka koku dimensijas vairumā gadījumu nav būtiski atšķirīgas audzes kontroles daļā un uz pievešanas ceļa. Tādas saimnieciski nozīmīgas sugas kā parastā priede un parastā egļe sasniedz vienlīdz labus augstuma rādītājus gan uz pievešanas ceļa, gan arī kontroles daļā. Pievešanas ceļu ietekme vērojama uz bērzu, šī suga uz pievešanas ceļiem attīstās labāk, nekā kontroles slejās.



Attēls 40. Paaugas koku augstums pa sugām mežaudzē un uz pievešanas ceļa

Sugu sastāvs nav būtiski atšķirīgs uz pievešanas ceļa un kontroles daļā. Abas šīs audzes daļas tiek pārstāvētas ar vienādu sugu sastāvu.

Attiecībā uz koku skaitu, var secināt, ka uz pievešanas ceļiem tas ir ievērojami mazāks. Visticamāk, ka visvairāk kociņu skaitu uz pievešanas ceļiem ietekmē zaru klājs, kas izmantots braukšanas apstākļu uzlabošanai. Tomēr koku skaits uz treilēšanas ceļiem gandrīz visos meža tipos pārsniedz 2000 gab. ha⁻¹, nodrošinot meža atjaunošanas prasību izpildi. Augsnes sablīvējums visticamāk nav par iemeslu nevienmērīgai paaugas attīstībai uz pievešanas ceļiem, jo augsnes virskārtā, kur koncentrēta lielākā daļa jauno kociņu saknīšu, nevienā no meža tipiēm nav konstatētas būtiskas atšķirības augsnes virskārtas sablīvējumā.

6. Empīrisko datu ieguve par mežsaimnieciskās darbības negatīvās ietekmes mazināšanas pasākumu efektivitāti

6.1. Buferzonu saglabāšanas ap staignāju mežiem efektivitāte

Slapjie melnalkšņu meži Latvijā aizņem augtenes, kurās atrodas pazemes spiedūdens atslodzes vietas. Tās ir pārmitras, pārplūstošas ieplakas, reizēm – upju un ezeru palienes. Šajos mežos sastopams labi attīstīts koku, krūmu, lakstaugu un sūnu stāvs, kā arī raksturīgs ciņainums, mozaīkveida veģetācija un applūduši laukumi ar laucēm. Latvijas unikālās hidroģeoloģiskās īpatnības rada optimālus apstākļus šādu mežu pastāvēšanai. Kūdras slāņa pētījumi slapjajos melnalkšņu mežos rāda, ka piemērotos apstākļos tie var pastāvēt tūkstošiem gadu. To pastāvēšanas galvenais noteikums ir atbilstošs mitruma režīms un nepārtraukta kokaudzes spēja konkurēt ar lakstaugu stāvu. Antropogēna iejaukšanās var neatgriezeniski izmainīt šo ekosistēmu, jo, nomācot melnalkšņu atjaunošanos, var izveidoties ar krūmiem un niedrēm aizaugusi platība. Lielā bioloģiskā daudzveidība šajos mežos veidojusies, atšķirīgā mitruma un apēnojuma režīma dēļ veidojoties daudzveidīgām sugu sabiedrībām, kuras var atrasties ļoti koncentrētā teritorijā.

Latvijā, veicot inventarizāciju valsts mežos, konstatēts, ka slapjo melnalkšņu DMB platība ir 5073 ha, bet potenciālo DMB platība - 1738 ha. Inventarizācijas veicēji buferjoslas plānojuši izveidot 70% gadījumu, jo šādos tipos sastopamajām SBS un indikatorsugām, no kurām daudzas ir īpaši aizsargājamās sugas, nepieciešams pietiekams mitruma daudzums un pastāvīgs noēnojums. Tiek uzskatīts, ka šīs sugas, atklājot tās saules un vēja iedarbībai, strauji ies bojā.

DMB apsaimniekošanas vadlīnijas LVM izstrādātas 2003.-2005.g. projekta „Dabisko meža biotopu apsaimniekošana Latvijā” ietvaros (Johansson 2005). Atbilstoši vadlīnijām, *slapju melnalkšņu mežu* apsaimniekošanai plānojamas sekojošas darbības:

2c. Egles piemistrojuma samazināšana;

4a. Buferjoslu veidošana pieaugušās audzēs, veicot galveno cirti;

4b. Buferjoslu veidošana jaunākās audzēs, veicot kopšanas cirtes.

DMB, kuru bioloģiskās vērtības atkarīgas no mitra stabila mikroklimata, jutīgi reaģē uz galvenās cirtes izpildi blakus esošajās audzēs. Tas ir raksturīgi gandrīz visiem slapjajiem mežiem t.sk. slapjiem melnalkšņu mežiem. Lai biotopā saglabātu nemainīgus mitruma režīma apstākļus tuvuma esošajās mežaudzēs veicot mežizstrādi, daļu no blakus esošās audzes saglabā kā buferjoslu.

Pētījuma mērķis - noskaidrot melnalkšņu biotopu buferzonas saglabāšanas efektivitāti, apsaimniekojot blakus nogabalus.

6.1.1. Objekti un metodika

2011. gada vasarā/rudenī 10 objektos visā Latvijā tika pārmērīti 2004./2005. gadā ierīkoti parauglaukumi aizsargājamo biotopu apsaimniekošanas (buferzonu saglabāšanas ap staignāju mežiem) efektivitātes novērtēšanai, apsaimniekojot blakus nogabalus.

Katrs objekts sadalīts divās daļās (blokos) – potenciāli ietekmētā un kontroles daļa. Ietekmētā daļa atrodas tiešā plānotās saimnieciskās darbības ietekmes zonā – līdz 60m no izcirtuma malas,

savukārt kontroles parauglaukumi atrodas vismaz 60 m attālumā no izcirtuma malas. Parauglaukumi izvietoti regulārā tīklā vai atbilstoši nogabala konfigurācijai dabā aptuveni 30 m attālumā viens no otra.

Realizētās apsaimniekošanas alternatīvas:

- 30 m platas buferjoslas saglabāšana (pārejas joslā starp biotopiem uz nogāzes)
- Nav buferjoslas – izcirtums tieši piekļaujas biotopam

Katrā objektā tika ierīkoti 6-9 parauglaukumi.

Objektu atrašanās vietas: Aloja, Benkava, Ērberģe, Kaive, Kurmale, Mežole, Palsmane, Talsi, Viesīte, Žiguri.

Ņemot vērā, ka 2005.g. vētras ietekmē realizētā apsaimniekošana dažos objektos atšķīrās no sākotnēji plānotās, melnalkšņu biotopu objektu parauglaukumi atkarībā no tā, vai tie ir tālāk vai tuvāk par 60 m no malas, tika sadalīti ietekmētajā un kontroles parauglaukumu grupā (Tabula 13). Kopumā uzmērīti 10 objekti un 77 parauglaukumi.

Tabula 13.

Melnalkšņu biotopu parauglaukumu sadalījums grupās atkarībā no tuvuma cirsmāi

Objekts	Grupa	PL								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Aloja_196_50	ietekm	x	x	x						
	kontr				x	x	x			
Benkava_16_2	ietekm			x	x	x				
	kontr	x	x				x			
Ērberģe_186	ietekm					x	x	x	x	
	kontr	x	x	x	x					
Kaive_410_11	ietekm					x	x	x	x	
	kontr	x	x	x	x					
Kurmale_313_22	ietekm					x	x		x	
	kontr	x	x	x	x			x		
Mežole_95_9.15	ietekm				x	x	x			
	kontr	x	x	x				x	x	x
Palsmane_264_7	ietekm	x	x	x	x					
	kontr					x	x	x	x	
Talsi_217_7	ietekm	x		x	x		x	x		
	kontr		x			x			x	x
Viesīte_358_20...	ietekm	x	x	x	x					
	kontr					x	x	x	x	
Žiguri_472_10	ietekm	x	x	x						
	kontr				x	x	x	x		

Tika ievākta informācija par:

- Kokaudzes struktūru, mirušās koksnes apjomu un dinamiku.
- Epifītajiem ķērpjiem, 2 augstumos (0.5 m un 1.5 m), izmantojot līnijas metodi uz 3 līdzīga vecuma melnalkšņiem katrā PL.
- Gliemežiem, izmantojot tilpuma metodi (zemsedzē esošajām sugām) un vācot ar rokām no koku stumbriem un kritālām.
- Piepēm, uz uzmērītajiem kokiem un kritālām.
- Zemsedzes augu veģetāciju, izmantojot Brauna-Blankē metodi.

6.1.2. Nozīmīgākie rezultāti

Ņemot vērā to, ka pēc pētniecisko objektu izveidošanas un parauglūkumu ierīkošanas 2005.g. ziemas vētru dēļ tika izmainīti meža apsaimniekošanas plāni, saimnieciskā darbība pētniecības objektu tiešā tuvumā nenotika atbilstoši sākotnēji iecerētajam. Tādējādi, faktiski tikai Alojās un Ēberģes objekti ir apsaimniekoti atbilstoši sākotnējam plānam (BACI – pirms-pēc, kontrole- ietekme), t.i., atstājot 30m platu buferjoslu, parauglūkus ierīkojot tieši buferjoslas tuvumā un pēc tam veicot cirti. 3 objektos – Kaivē, Viesītē un Žīguos - ietekmes parauglūkumi atradās nesen nocirstu audžu (kailciršu) tiešā tuvumā – aiz 30m buferjoslas, bet principā 1. uzmērījums notika jau pēc ietekmes, tādēļ stingri ņemot, šie mērījumi ir atkārtoti pēc ietekmes. Tomēr pēc ekspertu vērtējuma, ņemot vērā iespējamo izmaiņu straujumu, pirmās uzskaites rezultāti uzskatīti par situāciju „pirms cirtes”. Benkavas objekts sākotnēji arī bija plānots kā objekts tiešā jaunaudzes tuvumā, bet, ņemot vērā vētras bojājumus, faktiski tika nocirsta arī audze uz dienvidiem no pētījuma objekta, atstājot visai šauru un nosacītu buferjoslu. Tādējādi uzskatāms, ka „kontrolē” šajā gadījumā ir agrākos gados ar izcirtumu ziemeļu pusē, iespējams, ietekmēta audze. Kurmales objekts tika bojāts vējgāzē, un, tajā izcērtot blakus esošo kailcirti, tika izvākti arī gāztie koki no buferjoslas, tādējādi buferjosla ir šaurāka par 30m. Mežoles objektā buferjosla dienvidu daļā ir šaurāka par 10m un var uzskatīt, ka izcirtums tieši piekļaujas biotopam. Palsmanes objektā pēc sanitārās cirtes veikšanas blakus nogabalā ietekmētajā daļā vienam parauglūkamam buferjosla nav saglabājusies, savukārt pārējie „ietekmētie” parauglūkumi atrodas vairāk par 60m no cirstas malas. Talsu objektam sākotnēji bija plānots, ka tam būs izcirtums ar 30m buferjoslu austrumu pusē, un tā arī tika ierīkots. Taču laika posmā līdz 2011.g. arī audzes rietumu pusē ir nocirsta audze, līdz ar to nogabalam ir 30m buferjoslas kā no A, tā no R puses, un par kontroles parauglūkiem uzskatāmi tikai tie, kas atrodas staignāja centrālajā daļā.

Izvērtējot veģetāciju pētījumu objektos, jākonstatē, ka kopumā, lai arī pētījumu objektos atsevišķos parauglūkos ir mainījies sugu projektīvais segums un atsevišķas sugas atkārtotā pārmērījumā ir identificētas pirmo reizi, tomēr pēc Ellenberga skalām noteiktie vides radītāji lakstaugu stāvā (E1) – temperatūra, gaisma, mitrums, skābums, barības vielas - nav ievērojami mainījušies ne kontroles, ne arī ietekmētajā daļā. Faktiski visi parauglūkumu apraksti atkārtotajā pārmērījumā ir vislīdzīgākie 1.mērījumu reizes aprakstam.

Parauglūkos šo gadu laikā ir ievērojami pieaudzis atmirušās koksnes daudzums. Ja, uzsākot pētījumu, parauglūkos vidēji bija $6.3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ sausokņu un $29 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ kritalu, tad 6-7 gadus vēlāk jau vidēji tika konstatēti $12.9 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ sausokņu un $56,3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ kritalu. Tajā pašā laikā dzīvo koku krāja palielinājusies no $406 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ uz $417 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$. Vienlaicīgi jānorāda uz visai ievērojamo atšķirību sarp objektiem gan dzīvo koku krājas, gan atmirušās koksnes daudzumā. Pusē no laukumiem dzīvo koku krāja pēc 6 gadiem ir mazāka, nekā tā bija iepriekšējā uzmērīšanas reizē. Izmaiņas daļā gadījumu saistītas arī ar metodiskām problēmām, proti, uzmērīti tiek visi koki, kas atrodas parauglūkamā, neatkarīgi no to sākotnējās augšanas vietas. Tādējādi, ja koks izkritis no parauglūkuma, uzmērīta tiek tikai tā daļa, kas vēl joprojām ir parauglūkamā. Tā kā uzmērīti tika arī koki, kas iekrituši parauglūkamā, tad teorētiski mirušās koksnes apjomam vajadzētu izlīdzināties vai būt ar nelielu sistemātisku kļūdu (nenovērtēts), jo, ja kritala uz parauglūkuma robežas bija mazāka par noteiktajām dimensijām, tā netika uzmērīta.

Sēnes ir plaša dzīvo organismu valsts, sugu skaits tajā vairākas reizes pārsniedz augu skaitu, un to pildītās ekoloģiskās funkcijas ir tikpat plašas. Šajā pētījumā kā objekts tika izvēlēta koksnes sēņu

grupa, kas piepder pie piepēm. Piepes ir no sistemātiskā viedokļa heterogēna grupa, un tajā ietilpst vairāku himēnijsēņu klases dzimtu (Polyporaceae, Ganodermataceae, Hymenochaetaceae) sugas. Lai arī sistemātiski šī grupa ir nevienmērīga, taču vairāku praktisku apsvērumu dēļ to parasti apskata kā vienotu veselumu to līdzīgo ekoloģisko funkciju dēļ. Visas šīs grupas sugas ir koksnes saprotrofi un ekosistēmā kalpo kā galvenie koksnes noārdītāji. Konkrētajā pētījumā tika pētīti slapjie melnalkšņu meži, taču melnalkšņi nekalpo par saimniekaugu ļoti lielam piepju sugu skaitam; tādēļ rezultātos nereti daudzskaitliskākas vai būtiskākas no specifisku prasību viedokļa izrādījās sugas, kas aug uz citām koku sugām – egles un bērza.

Katrai sugai ir dažādas nianses prasību ziņā. Dažas no tām ir specializējušās uz vienas vai nedaudzu koku sugu koksnes noārdīšanu, citām savukārt par saimniekkokiem var kalpot vairākas koku sugas; viena no Latvijā visvairāk izplatītajām sugām – parastā apamālpiepe *Fomitopsis pinicola* - var augt praktiski uz jebkuras koku sugas koksnes; savukārt, piemēram, apšu cietpiepe *Phellinus tremulae* aug tikai uz parastās apses. Liela nozīme ir tādām koksnes īpašībām kā sadalīšanās pakāpe, mitruma režīms. Koksnes atlieku izmērs var būt nozīmīgs, jo tas nodrošina pastāvīgāku mikroklimatu, kas ir svarīgs sugām, kuras dod priekšroku mitrai vēsai koksnei.

Pētījuma gaitā konstatētā lielā sugu sastāva mainība starp parauglaukumiem skaidrojama ar šiem minētajiem iemesliem, kā arī vispārējām atšķirībām koku sugu sastāvā parauglaukumos. Tajā pašā laikā vairākos gadījumos pierādās, ka vienā un tajā pašā objektā sugu sastāvs ir līdzīgāks, un reti sastopamas sugas parādās vairākos viena un tā pašā objekta parauglaukumos, gan ietekmētos, gan neietekmētos (piemēram, *Rigidoporus crocatus*). Tas skaidrojams ar vieglāku sugas izplatīšanos objekta ietvaros.

Vairumā gadījumu sugu kopsakaits 2011.gada inventarizācijā ir lielāks, nekā 2004.gadā konstatētais. Visdrīzāk tas skaidrojams ar piepēm labvēlīgākiem apstākļiem šogad. Taču precīzākai atbildei uz šo jautājumu būtu nepieciešami detalizētāki pētījumi, atkārtojot tos katru gadu un salīdzinot ar klimatiskajiem datiem.

Koksnes noārdīšanās atkarībā no sugas, kritalas lieluma un atrašanās vietas var turpināties no vairākiem gadiem līdz vairākiem gadu desmitiem. Mainoties koksnes īpašībām šī procesa gaitā, secīgi nomainās arī piepes - tās noārdītājas. Līdz ar to lielākas koksnes atliekas, kas noārdās ilgāku laika posmu, nereti kalpo par attīstības vietu dažām šauri specializētām sugām, piemēram, melnsvītras cietpiepei *Phellinus nigrolimitatus*. Vairākas sugas ir savā starpā saistītas vēl ciešāk, augot kopā vienlaikus vai ar tik īsu laika atstarpi, ka augļķermeņi atrodami kopā. Tādas ir, piemēram, egļu violetpiepe *Trichaptum abietinum* un *Skeletocutis carneogrisea*.

Pateicoties dažu sugu specifiskajām prasībām, tās nereti tiek izmantotas kā dabisko mežu bioindikatorī, īpaši boreālajos mežos Skandināvijas valstīs. Taču Latvijas apstākļos atsevišķām sugām izplatība ir stipri atšķirīga un to kvalitāte kā bioindikatoriem vēl jāturpina skaidrot. Tāda ir, piemēram, košā cietpore, kura Somijā sastopama ļoti reti un tiek uzskatīta par ļoti labu indikatoru, savukārt Latvijā tā atrodama daudz biežāk un būtu jānoskaidro, kas ir tie apstākļi, pateicoties kuriem tas tā notiek.

Salīdzinot ar citām sēņu grupām, piepju grupai ir vairākas priekšrocības izmantošanai monitoringā. Svarīgākais ir tas, ka piepju augļķermeņi ir samērā ilglaicīgi, salīdzinot ar, piemēram, cepurīšu sēnēm, kurām monitoringa ir ļoti laikietilpīgs (pilnīgu rezultātu iegūšanai to veic reizi nedēļā visas veģetācijas perioda garumā). Kā jau minēts iepriekš, šajā jomā ir vairāki pētījumi Skandināvijā, kuru rezultāti ir salīdzināmi ar Latvijā iegūtajiem.

Tomēr ir arī daži trūkumi, kas var būtiski ietekmēt rezultātus. Proti, pētot sugu sastāva izmaiņas parauglaukumos, būtu jāņem vērā koksnes noārdīšanās process, kura gaitā sugu sastāvs nomainās

dabiski un dažkārt sugu sastāva izmaiņas nav saistāmas ar apsaimniekošanu, bet gan dabisku sukcesiju. Kā pierādījās pētījuma gaitā, parauglaukumos ļoti bieži nonāk koksne no apkārtējām teritorijām (vējgāzes), līdz ar to pievienojot jaunas sugas esošajām. Lai arī vairumam piepju sugu augļķermeņi ir daudzgadīgi vai vismaz ilglaicīgi, tomēr dažām augļķermeņi veidojas tikai uz dažām dienām labvēlīgos laikapstākļos, tas īpaši attiecas, piemēram, uz tādām ģintīm ka mīkstpiepes *Oligoporus*. Monitoringa pētījumā tika uzskaitīti tikai koki un kritalas sākot no noteikta minimālā izmēra, savukārt dažas piepju sugas tika atrastas uz neliela izmēra koksnes atliekām.

Vērtējot sugu daudzveidību, tāpat jāņem vērā, ka dažkārt traucējumi (piemēram, atklātas lauces un sausas koksnes parādīšanās) kopējo sugu skaitu parauglaukumā var palielināt – ienāk jaunas, sausākiem apstākļiem piemērotas sugas, kamēr iepriekšējās sugas vēl kādu laiku turpina pastāvēt.

Salīdzinot pētījumu objektos konstatēto piepju sugu skaitu, konstatēts, ka parauglaukumos kuros ir lielāka kritalu krāja ir lielāks arī konstatēto piepju sugu skaits – korelācijas koeficients $r=+0.592$, kas nozīmē, ka kritalu krāja šajos objektos izskaidro 35% no datu izkliedes.

Vērtējot epifīto ķērpju un to segumu izmaiņas pētījumu objektos, konstatēts, ka tiešu negatīvu saimnieciskās darbības ietekmi objektos konstatēt nevar, jo izmaiņas notiek gan kontroles, gan ietekmētajos parauglaukumos. Piem., Benkavas objektā, kurš ir relatīvi daudz ietekmēts, no jauna konstatēta sugas *Arthonia spadicea* gan kontroles, gan ietekmētajā daļā. Kaives objektā, kurš pētījuma laikā netika ietekmēts, dabiskās sukcesijas gaitā vairs nav konstatētas *Acrocordia cavata* un *Opegrapha vermicellifera*, savukārt ietekmētajos laukumos konstatēts *Graphis scripta*, bet *Arthonia spadicea* segums ir samazinājies. Līdzīgi, ietekmētajā daļā palielinājies *Graphis scripta* projektīvais segums arī Mežoles un Kurmales objektu ietekmes daļā, kurā no jauna konstatēta *Arthonia leucopellea*, tajā pat laikā vairs nav konstatēta *Arthonia vinosa*. Tajā pašā laikā, iespējams, vējgāžu ietekmes rezultātā, kontroles daļā vairs nav konstatēta *Arthonia leucopellea*, savukārt *Graphis scripta* un *Lecanactis abietina* projektīvais segums ir samazinājies.

Objektos 2011.gadā konstatētas 17 ķērpju sugas, attiecīgi parauglaukumos *Kontrole* – 13 ķērpju sugas, parauglaukumos *Ietekme* – 17 sugas. 2011.gadā parauglaukumos *Kontrole* vairs nav konstatētas astoņas sugas - *Acrocordia cavata*, *Arthonia leucopellea*, *Arthothelium ruanum*, *Catinaria atropurpurea*, *Cladonia digitata*, *Opegrapha vermicellifera*, *Opegrapha vulgata* un *Platismatia glauca*. Kopumā, novērtējot rezultātus objektos, secināms, ka ķērpju kopējais projektīvais segums palielinājies, to galvenokārt ietekmē *Lepraria sp.* projektīvā seguma palielināšanās, atsevišķām citām sugām projektīvais segums nedaudz palielinājies vai nedaudz samazinājies.

Tabula 14.

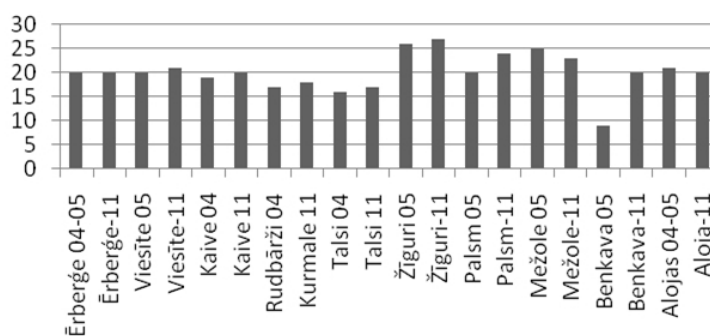
Ķērpju sugu skaits melnalkšņu biotopos 2005. un 2011.gadā

Nr.	Objekta apzīmējums	Ķērpju sugu skaits			
		Kontrole		Ietekme	
		2005	2011	2005	2011
1	Aloja_196_50	8	6	7	3
2	Benkava_16_2	3	4	4	4
3	Ērberģe_186	5	4	4	4
4	Kaive_410_11	8	7	10	10
5	Kurmale_313_22	7	6	4	6
6	Mežole_95_9.15	10	9	9	6
7	Palsmane_264_7	9	9	4	6

8	Talsi_217_7	4	4	4	4
9	Viesīte_358_20	4	4	4	4
10	Žiguri_472_10	10	9	12	9

Ķērpju sugu skaita izmaiņas izskaidro mežsaimniecisko darbību ietekme uz objekta parauglaukumiem, kā arī ar papildus apstākļi tajos, piemēram, liels mitrums, kreves lobīšanās un atdalīšanās melnalkšņiem. Lai novērtētu izvēlētās buferzonas ietekmi, nepieciešami turpmāki pētījumi par malas efektu melnalkšņu biotopos.

Izvērtējot parauglaukumos konstatēto gliemežu sugu skaitu un īpatņu daudzumu, būtiskas izmaiņas pētījuma laikā notikušas arī kontroles laukumos 5 objektos. Ietekmes parauglaukumos izmaiņas notikušas 4 objektos. Sugu daudzveidība (Šenona –Vīnera indekss) 2011.g. ir mazāka nekā 2004. un 2005.g.



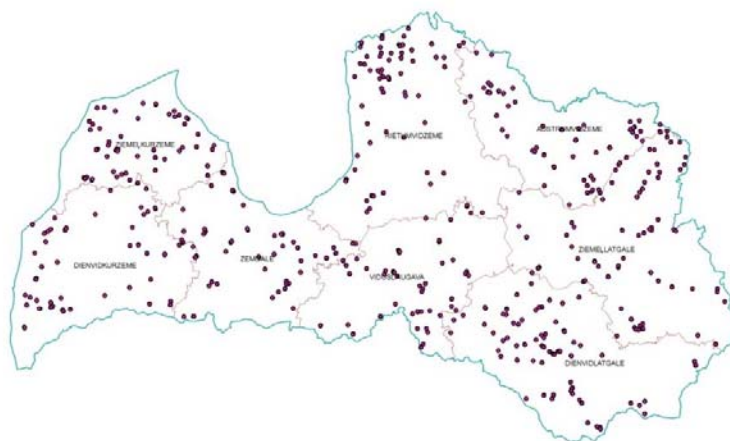
Attēls 41. Pētījuma objektos konstatēto gliemežu sugu skaits 2004./2005. un 2011.gadā

Pašreizējie pētījumu rezultāti norāda uz visai ievērojamām izmaiņām epifīto ķērpju, gliemežu un piepju sastopamībā arī kontroles daļas parauglaukumos, lai arī vides rādītāji pēc Ellenberga skalu novērtējuma, līdzīgi kā ietekmētajā daļā, nav ievērojami mainījušies. Konstatēts, ka retās sugas saglabājušās arī parauglaukumos, kuriem buferjosla nav saglabāta, taču reto sugu skaits un to īpatņu daudzums ir ievērojami mazāks. Ļoti iespējams, ka šeit izpaužas inerce bioloģiskajās sistēmās, un, lai korekti novērtētu izvēlētās buferzonas ietekmi, nepieciešami turpmāki pētījumi par malas efektu melnalkšņu biotopos.

6.2. Ekoloģisko koku saglabāšanas ietekme

6.2.1. Objektu un metodika

Pētījums tika veikts 2013. un 2014. gadā ar mērķi noskaidrot ekoloģisko koku izdzīvošanas dinamiku, ietekmi uz nākamās paaudzes kokiem un funkcionalitāti bioloģiskās daudzveidības aspektā. Ar mērķi izvērtēt ekoloģisko koku izdzīvošanas dinamiku 2013. gadā analizēti ortofoto dati par 400 cirmām valsts mežos, veicot 2. un 3. aerofotografēšanas cikla datu salīdzinājumu (Attēls 42).



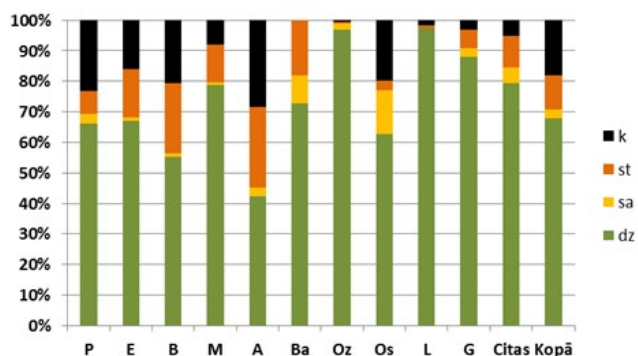
Attēls 42. Pētījuma objektu izvietojums Latvijas teritorijā

Lai novērtētu ortofoto datu izmantošanas precizitāti ekoloģisko koku izdzīvošanas analizē, kā arī novērtētu ekoloģisko koku stāvokli sugu līmenī, dabā tika apsektas 80 cirmsas no tām, kuru ortofoto attēli izvērtēti pētījuma pirmajā etapā. Šajos izcirtumos vērtēta arī ekoloģisko koku ietekme uz nākamās paaudzes kokiem. Bioloģiskās daudzveidības aspekti šajā pētījumā aplūkoti saistībā ar kukaiņu un epifītiskās veģetācijas daudzveidību un izmaiņām. 2013. gadā veikts atkārtots epifītu veģetācijas izvērtējums uz 45 ekoloģiskajiem kokiem izcirtumos bij. Mežoles, Launkalnes un Valguma mežniecībās (pirmā uzskaitē 1999. gadā). 2013. gadā šajos izcirtumos tika veikta arī kukaiņu uzskaitē. 2014. gadā veikta pirmreizējā epifītu veģetācijas uzskaitē uz ekoloģiskajiem kokiem 20 izcirtumos visā Latvijas teritorijā.

6.2.2. Nozīmīgākie rezultāti

Izcirtumos valsts mežos priede tiek saglabāta 80% no cirmām, apse 64% no cirmām, bērzs 57% cirsma. RGB ortofotoattēlos M1:10000 atpazīti aptuveni puse no dabā identificējamajiem kokiem. Biežāk netiek atpazīti relatīvi mazāki koki, kā arī grupās atstāti ekoloģiskie koki.

Atbilstoši iepriekšējā gada apsekojuma rezultātiem, priedei bojā gājušie koki visbiežāk ir izgāzti (67%), savukārt apsei un bērzam vienlīdz liels ir izgāzto un nolauzto koku īpatsvars. Attiecīgi lapu koki nodrošina lielākas strukturālās daudzveidības veidošanos laikā (rodas gan stubeņi, gan kritālas).



Attēls 43. Koku īpatsvars pa sugām pēc to stāvokļa dabā (dz-dzīvs; sa-sausoknis; st-stumbenis; k-kritala)

Ekoloģisko koku kritalu virziena analīze parādīja, ka, ja vēlas, lai koku krišanas gadījumā tie veidotu „tiltu” sugām ar ierobežotu izplatīšanās attālumu, ekoloģisko koku izvietojums plānojams DR – ZA virzienā.

Atkārtotu apsekojumu (intervāls 13 gadi) rezultāti rāda, ka izcirtumos laika gaitā ir palielinājusies sūnu sugu daudzveidība un vitalitāte uz ekoloģiskajiem kokiem. Atsevišķu sūnu un ķērpju sugu izdzīvošanai lielākie draudi ir tieši saimniekkoka bojāeja, tādēļ būtiski ir izvēlēties ekoloģiskos kokus ar labu izdzīvošanas potenciālu. Kā noskaidrots 2013. gadā veiktajā apsekojumā, būtiski zemāka izdzīvošanas pakāpe 10 gadu periodā ir apsei (42%), salīdzinot ar vidējo rādītāju 67%. Dažāda veida bojājumi, kas varētu ietekmēt ekoloģisko koku dzīvotspēju, konstatēti 89% apšu, 60% priežu. Paaugstināts vainagu caurspīdīgums (>60%) konstatēts 4% dzīvo ekoloģisko koku.

Tajā pašā laikā ekoloģiskie koki, ejot bojā, nodrošina strukturālās daudzveidības saglabāšanos un palielināšanos ilgtermiņā, kas ir nozīmīgi gan tām sugām, kas ieviešas izcirtumā pēc saimnieciskās darbības veikšanas, gan tām sugām, kas ir atkarīgas no mirušās koksnes dažādās sadalīšanās pakāpēs. Ekoloģiskajiem kokiem aizejot bojā, mainās no tiem atkarīgo sugu sastāvs, un mirusī koksne turpina kalpot kā dzīvotne epiksīlajām sūnu sugām, kā arī citām organismu grupām (piem., meža gliemežiem, saproksilofītajiem kukaiņiem). Tādēļ, lai nodrošinātu maksimālu strukturālo daudzveidību, atstāšanai būtu jāizvēlas gan vitāli ekoloģiskie koki, kas varētu izdzīvot pēc iespējas ilgāk, gan arī tādi, kuru izdzīvošanas potenciāls ir zemāks un kuri jau tuvākajā nākotnē varētu palielināt mirušās koksnes resursus un dzīvotņu dažādību.

Ekoloģiskie koki varētu būt nozīmīgi vairākām dabisko mežu biotopu indikatorsugām, par ko liecina reto sugu eksistence uz kokiem dažus gadus pēc ciršanas darbiem. 14 gadus pēc mežizstrādes jaunaudzē uz ekoloģiskajiem kokiem tika konstatētas gan sūnas, gan kukaiņi, kas ir reti vai samērā reti sastopami (piem., *Dorcotoma* ģints ķirmji, *Ampedus nigrinus*, *Notorrhina muricata*, *Antherophagus nigricornis*, *Salpingus ruficollis* u.c.) vai arī ir dabisko meža biotopu indikatori vai speciālisti, (piem., sūnas *Neckera pennata*, *Homalia trichomanoides* un *Ulota crispa* un kukaiņi *Notorrhina muricata*, *Mycetophagus quadripustulatus*, *Pryonichus ater*, *Ampedus erythrogonus*, *Peltis grossa* u.c.). Arī pirmreizējās epifītu veģetācijas uzskaites laikā uz ekoloģiskajiem kokiem izcirtumos tika konstatētas dabisko meža biotopu indikatorsugas, tajā skaitā arī īpaši aizsargājamas sugas (*Acrocordia gemmata*,

Anomodon longifolius, *Bacidia rubella*, *Barbilophozia attenuata*, *Graphis scripta*, *Homalia trichomanoides*, *Jamesoniella autumnalis*, *Lejeunea cavifolia*, *Lobaria pulmonaria*, *Metzgeria furcata*, *Neckera pennata*, *Pertusaria pertusa* un *Ulota crispa*). Lai ekoloģisko koku nozīmi šajā aspektā varētu pilnvērtīgi novērtēt, ir nepieciešami padziļināti pētījumi ilgākā laika posmā, kas rādītu sugu pielāgošanās spējas jaunajiem apstākļiem, kā arī jaunu sugu parādīšanos. Līdz šim veiktie pētījumi ir fragmentāri un pārsvarā gadījumu neizseko tendencēm laikā.

Ekoloģisko koku atstāšana grupās vispārīgā gadījumā ir labvēlīgāka dažādu organismu vides prasību nodrošināšanai. Ieteicams šādās grupās saglabāt arī pamežu, kas nodrošina iespējami vienmērīga mikroklimata saglabāšanos, kas ir svarīgs faktors daudzu organismu izdzīvošanai. Tajā pašā laikā daļa sugu, kas sastopamas uz ekoloģiskajiem kokiem, labāk jūtas pilna apgaismojuma apstākļos. Lēmums par ekoloģisko koku izvietojumu (atsevišķi vai grupās) jāpieņem, vadoties no konkrētā nogabala īpatnībām (meža tips, valdošā suga utt.).

Būtiski faktori ir atstājamo koku diametrs un vecums, vairumam sugu sevišķi nozīmīgi ir liela izmēra lapu koki. Apse kā ekoloģiskais koks ir viena no vērtīgākajām sugām bioloģiskās daudzveidības saglabāšanas kontekstā, dažām kukaiņu sugām nozīmīgi ir arī nelieli koki un pat nelieli apšu zari.

2013. gada sezonas pētījums par kukaiņu daudzveidību izcirtumos neapstiprināja hipotēzi, ka izcirtumos, mainoties klimatiskajiem u.c. apstākļiem, būtiski samazinās higrofilo sugu daudzums un īpatņu skaits, tomēr rezultāti drīzāk liecina par citu faktoru ietekmi (neliela izcirtuma platība, mitrie meža nogabali netālu no izcirtuma, higrofilo sugu migrācijai labvēlīgi laika apstākļi), nevis kailcirtes kā tādas pozitīvo ietekmi uz higrofilajām sugām. Šis jautājums ir pētāms padziļināti un ilgstošā laika posmā, ievācot datus arī par parauglaukumu augsni un mitruma īpatnībām, kā arī izcirtuma lielumu. Iespējams, higrofilo sugu lielais īpatsvars izskaidrojams ar to migrāciju caur izcirtumu, nevis šajos gadījumos ar ekoloģisko koku nozīmi.

Ekoloģiskie koki atstāj būtisku negatīvu ietekmi uz jaunās paaudzes priežu, bērzu un apšu augstumu līdz 4m attālumam no koka, savukārt eglei šāda sakarība nav konstatēta. Ja ekoloģiskie koki tiek izvietoti grupās, negatīvā ietekme uz jauno koku paaudzi, rēķinot uz platības vienību, ir mazāka.

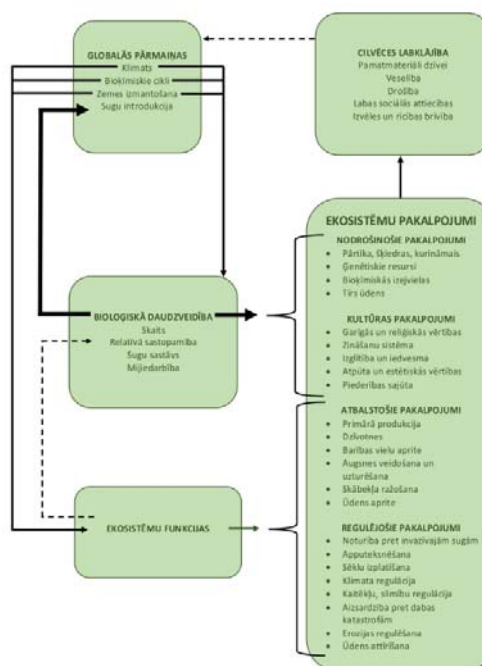
7. Mācību programma meža apsaimniekotājiem par mežsaimniecisko darbību ietekmi uz vidi un iespējām novērst negatīvus efektus

Meža ekosistēmās cilvēku pieņemto lēmumu sekas turpina izpausties vēl daudzus gadu desmitus pēc šo lēmumu īstenošanas. Tādēļ tieši meža nozarē ir svarīgi ņemt vērā plānoto darbību iespējamo ilgtermiņa ietekmi un sevišķi rūpīgi izvērtēt riskus. Latvijā puse mežu pieder valstij, un to apsaimniekošanu pēc vienotiem principiem īsteno viens uzņēmums – AS Latvijas valsts meži. Lai nodrošinātu pārdomātu lēmumu pieņemšanu, ļoti būtiski ir veicināt uzņēmuma darbinieku līdzīgu izpratni par mežā notiekošajiem procesiem un likumsakarībām. Svarīgi apzināties, ka koksnes ieguve, kaut arī ļoti nozīmīga valsts ekonomikā, ir tikai viens no meža ekosistēmu pakalpojumu veidiem (Attēls 44).

Lai padziļinātu AS Latvijas valsts meži darbinieku zināšanas par meža ekosistēmu funkcijām un pakalpojumiem, to savstarpējo saistību, mežsaimniecisko darbību (darbības, kas saistītas ar meža audzēšanas ciklu: augsnes sagatavošana, stādīšana, mežaudžu kopšana, mežaudžu aizsardzība, galvenā cirte) un mežsaimniecību atbalstošo darbību (darbības, kuras vērsta uz koksnes resursu pieejamības uzlabošanu: piem., meliorācijas sistēmu renovācija, ceļu būve) ietekmi uz procesiem meža ekosistēmās un iespējām mazināt potenciāli negatīvos efektus, ir izstrādāta 15 h ilga apmācību programma. Programmas teorētisko materiālu apguvi ļoti ieteicams papildināt ar praktisku apmācību demonstrācijas objektos mežā.

Programmas mērķi:

1. padziļināt meža apsaimniekošanas plānotāju un apsaimniekotāju izpratni par procesiem meža un ar mežu saistītajās ekosistēmās, par dažādu saimniecisko darbību ietekmi uz šiem procesiem, potenciālajiem negatīvajiem efektiem un to novēršanas/mazināšanas iespējām;
2. veicināt uz zinātnisko pētījumu rezultātiem balstītas saimnieciskās darbības plānošanas tālāku pilnveidošanu un attīstību.



Attēls 44. Bioloģiskā daudzveidība, ekosistēmu funkcijas un pakalpojumi (No: Millenium Ecosystem Assessment. 2005)

Barības vielu aprīte

Programmas saturs (2 h):

1. Kokaugu minerālā barošanās.
 - a) Nozīmīgākie makro- un mikroelementi, to ietekme uz koku augšanu un attīstību;
 - b) Barības vielu uzņemšana, to ietekmējošie faktori
2. Nozīmīgāko barības vielu aprītes cikli.
 - a) Slāpeklis
 - b) Fosfors
 - c) Kālijs, kalcījs, magnijs
3. Mežsaimniecisko darbību un mežsaimniecību atbalstošo darbību potenciālā ietekme uz barības vielu aprīti.
 - a) Dažādas intensitātes biomasas izmantošanas ietekme
 - b) Augsnes sagatavošanas ietekme
 - c) Koku sugas izvēles ietekme
 - d) Meliorācijas sistēmu renovācijas ietekme
 - e) Ceļu būves ietekme
4. Pasākumi potenciālu negatīvo efektu novēršanai

Augsnes kvalitāte

Programmas saturs (2 h):

1. Augsnes veidošanās un struktūra
2. Augsnes auglību ietekmējošie faktori
3. Meža tehnikas pārvietošanās ietekme uz augsnes struktūru un kvalitāti
 - a) Risu veidošanās,
 - b) Augsnes sablīvēšanās,
 - c) Ūdens caurlaidības izmaiņas.
4. Meža tehnikas pārvietošanās ietekme atkarībā no ārējiem faktoriem
 - a) Pievešanas apstākļi
 - b) Mežizstrādes laiks
 - c) Izmantotā tehnika
5. Pasākumi potenciālo negatīvo efektu novēršanai.

Ūdens kvalitāte

Programmas saturs (2 h):

1. Meža un ūdeņu ekosistēmu savstarpējā saistība.
 - a) Ūdens aprītes cikls
 - b) Meža ietekme uz noteces apjomu
2. Ūdeņu kvalitāte.

- a) Ūdensobjektu klasifikācija
 - b) Ūdensobjektu kvalitātes kritēriji, kvalitātes klases
 - c) Eitrofikācija un sedimentācija, šo procesu ietekme uz ūdeņu ekosistēmām
 - d) Ietekmes telpiskais un laika mērogs.
3. Mežsaimniecisko darbību un mežsaimniecību atbalstošo darbību potenciālā ietekme uz ūdeņu kvalitāti
 - a) Dažādas intensitātes biomasas izmantošanas ietekme
 - b) Augsnes sagatavošanas ietekme
 - c) Koku sugas izvēles ietekme
 - d) Meliorācijas sistēmu renovācijas ietekme
 - e) Ceļu būves ietekme
 4. Pasākumi potenciālo negatīvo efektu novēršanai.

Erozijas riski

Programmas saturs (2 h):

1. Erozija, tās veidi
 - a) Vēja erozija
 - b) Ūdens erozija
2. Eroziju veicinošie riska faktori
 - a) Kokaudzes un zemsedzes iznīcināšana
 - b) Augsnes sablīvēšana un struktūras iznīcināšana
3. Erozijas risku prognozēšana
 - a) Potenciālo un reālo erozijas draudu prognozēšana pēc kvalitatīviem rādītājiem
 - b) Specializētu datorprogrammu izmantošana erozijas draudu kvantitatīvai prognozēšanai (WEPP un GeoWEPP)
4. Pasākumi potenciālo negatīvo efektu novēršanai.

Bioloģiskā daudzveidība

Programmas saturs (2 h):

1. Bioloģiskā daudzveidība
 - a) Bioloģiskās daudzveidības līmeņi: ģenētiskais, sugu un ekosistēmu līmenis
 - b) Bioloģiskā daudzveidība un ekosistēmu pakalpojumi
 - c)
2. Bioloģisko daudzveidību apdraudošie faktori.
 - a) Dzīvotņu izzušana
 - b) Pārmērīga dabas resursu izmantošana
 - c) Invazīvās sugas
 - d) Klimata pārmaiņas
3. Bioloģiskās daudzveidības saglabāšana meža apsaimniekošanā saimnieciskajos mežos
 - a) Veicamie/neatļautie pasākumi
 - b) Saglabājamās struktūras

4. Patlaban īstenoto pasākumu efektivitāte, ieteikumi

Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi monitoringa sistēma un tās pielietošana praksē

Programmas saturs (5 h):

1. Monitoringa sistēmas izveides teorētiskais pamatojums
 - a) Saimnieciskās darbības ietekmes būtība
 - b) Monitoringa vieta meža apsaimniekošanas procesā
2. Monitoringa sistēmas struktūra
 - a) Monitoringa līmeņi
 - b) Saimnieciskās darbības, vides aspektu un monitoringa līmeņu saistība
3. Monitoringam izmantojamie datu avoti
 - a) Uzņēmuma dati
 - b) Attālās izpētes dati
 - c) Pastāvīgie monitoringa objekti
 - d) Valsts mērogā īstenotās monitoringa programmas (t.sk. MSI)
4. Monitoringa sistēmas komponentes, pielietojamās metodes un datu ievākšana
 - a) Augsne
 - b) Ūdens
 - c) Bioloģiskā daudzveidība un ainava

Apmācības meža apsaimniekotājiem par mežsaimniecisko darbību ietekmi uz vidi un šīs ietekmes monitoringu ieteicams organizēt vismaz reizi divos-trijos gados, iekļaujot programmā arī monitoringa demonstrācijas objektu apmeklējumu.

8. Informatīvie materiāli par ietekmes uz vidi vērtēšanu

Projekta ietvaros ir sagatavoti informatīvie materiāli par mežsaimniecības ietekmes uz vidi mazināšanas pasākumiem un meža vides monitoringu. Informatīvie materiāli sagatavoti kā atsevišķi .pdf formāta dokumenti:

1. Barības vielu aprite, augsne un ūdens meža ekosistēmās;
2. Bioloģiskā daudzveidība meža ekosistēmās
3. Mežsaimniecisko un mežsaimniecību atbalstošo darbību ietekmes uz vidi monitoringa sistēma.

4.

