

PĀRSKATS

PĒTĪJUMA
NOSAUKUMS:

OTRĀ LĪMENA GAISA PIESĀRŅOJUMA
IETEKMES NOVĒRTĒŠANAS MONITORINGA
PROGRAMMA

PĀRSKATS PAR 2020. GADA UZDEVUMU
IZPILDI

IZPILDES
LAIKS:

01.01.2020-31.12.2020

IZPILDĪTĀJS:

LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS
"SILAVA"

SATURS

Saturs	2
Ievads	3
Otrā līmeņa meža monitoringa organizācija	3
Otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumu raksturojums	4
Metodika	7
Gaisa kvalitātes mērījumi	7
Koku pieaugumu mērījumi	8
Ozona bojājumu vizuāla noteikšana	8
Koku vainagu stāvokļa novērtējums	8
Nobiru frakciju paraugu ņemšana un analīze	9
Skuju parauga ņemšana un analīze	10
Augsnes ūdens parauga ņemšana un analīze	11
Nokrišņu ūdens parauga ņemšana un analīze	13
Ķīmisko analīžu rezultātu validēšana un kvalitātes nodrošināšana	14
Rezultāti un to analīze	15
Koku vainagu stāvokļa novērtējums	15
Skuju paraugu ievākšana un ķīmiskā sastāva novērtēšana	18
Meža nobiru apjoma un ķīmiskā sastāva novērtēšana	21
Nokrišņu ūdeņu uzskaitē	28
Augsnes ūdeņu uzskaitē	29
Nokrišņu un augsnēs ūdeņu ķīmiskās analīzes	30
Nokrišņu ūdeņi	30
Augsnes ūdeņi	34
Gaisa kvalitātes mērījumi	38
Koku pieauguma mērījumi	40
Ozona bojājumu noteikšana	42
Literatūra	43

IEVADS

Starptautiskā sadarbības programma gaisa piesārņojuma ietekmes uz mežiem novērtēšanai un uzraudzībai (*The International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, ICP Forests*) ir starpvalstu meža ekosistēmu monitoringa un izpētes tīkls, kas izveidots 1985. gadā saskaņā ar Apvienoto Nāciju Organizācijas Eiropas Ekonomikas komisijas (UNECE) Konvenciju par pārrobežu gaisa piesārņojumu lielos attālumos (Gaisa konvencija, iepriekš CLRTAP).

ICP Forests programmas ietvaros meža ekosistēmu monitoringu Eiropā veic divos monitoringa intensitātes līmeņos. Otrā līmeņa gaisa piesārņojuma ietekmes novērtēšanas monitoringa mērķis ir nodrošināt valstī pastāvīgas novērojumu sistēmas funkcionēšanu un attīstību, lai sniegtu informāciju par meža veselības stāvokli, meža un vides faktoru mijiedarbību un meža augšņu stāvokli, kā arī nodrošināt informācijas iegūvi par gaisa piesārņojuma ietekmi un citu vides (biotisko un abiotisko, kā arī antropogēnas izcelsmes) faktoru iedarbību uz meža ekosistēmām. Otrā līmeņa meža monitoringa ietvaros novērojumus veicot harmonizētā veidā, iegūstot salīdzināmu informāciju par mežu stāvokli un meža ekosistēmās notiekošajiem procesiem visās Eiropas valstīs. ICP Forests programmas dalībvalstīs Eiropā ir izveidoti ap 800 otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumi, kas reprezentē galvenos meža tipus Eiropā (Michel et al., 2020).

Latvijā otrā līmeņa meža monitorings uzsākts 2004. gadā vienā parauglaukumā Valgundes pagastā Meža pētīšanas stacijas Jelgavas meža novada 1. kvartālā. 2015. gadā papildus uzsākts otrā līmeņa meža monitorings vēl divos parauglaukumos, kas ierīkoti Vecpiebalgas novada Dzērbenes pagastā un Rucavas novada Rucavas pagastā. Parauglaukumi nerepresentē stāvokli Latvijas mežos kopumā, bet dod priekšstatu par procesiem priežu mežaudzēs, kā arī dod ieguldījumu šo ekosistēmu izpētē Baltijas - Ziemeļvalstu reģionā.

Otrā līmeņa meža monitoringa organizācija

2020. gadā turpināta vainaga stāvokļa vērtēšana, koku pieaugumu mērījumi ar manuāli nolasāmām koku pieaugumu lentām, augsnes ūdeņu ķīmiskās analīzes, nokrišņu ķīmiskās analīzes, gaisa kvalitātes mērījumi, nobiru ievākšana un analīze (Tab. 1).

Tab. 1: Monitoringa apakšprogrammu īstenošanas grafiks

Novērojuma veids	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Vainaga stāvokļa novērtējums	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Augsnes analīzes	x											x					
Skuju/lapu ķīmiskās analīzes	x	x		x		x		x		x	x	x		x		x	
Koku pieauguma mērījumi	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Ievads

Novērojuma veids	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Augsnes ūdeņu ķīmiskās analīzes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nokrišņu ķīmiskās analīzes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Veģetācijas uzskaitē	x					x	x				x					x	
Gaisa kvalitātes mērījumi	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ozona bojājumu noteikšana	x										x						
Nobiru analīzes						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Visintensīvāk mērījumu un apsekojumu tiek veikts Valgundes parauglaukumā. Valgundē tiek īstenotas visas 1. tabulā minētās apakšprogrammas, kuras ir atzīmētas attiecīgajos gados. Taurenē un Rucavas parauglaukumos netiek veikti gaisa kvalitātes mērījumi.

Otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumu raksturojums

Uz doto brīdī Latvijā funkcionē trīs otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumi - Valgundē, Taurenē un Rucavā. Valgundes parauglaukums ir ierīkots 2004. gadā Jelgavas novadā, Valgundes pagastā, Meža pētīšanas stacijas Jelgavas novada 1. kvartāla 10. nogabalā (Tab. 2). Taurenē un Rucavas parauglaukumi ir ierīkoti 2015. gadā un mērījumi uzsākti maijā. Parauglaukumi atrodas Vecpiebalgas novada Dzērbenes pagastā un Rucavas novada Rucavas pagastā.

Tab. 2: Otrā līmeņa meža monitoringa mežaudžu raksturojums¹

Vieta	Platība, ha	Valdošā suga	Meža tips	Mežaudzes vecuma desmitgade	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Bonitāte	Sastāva formula
Valgunde	0,8	Priede	Lāns	10	384	32	I	5P3E2B91
Taurene	2,2	Priede	Lāns	10	221	21	I	8P1E1B93
Rucava	7,8	Priede	Lāns	8	250	24	I	10P73

Visos trīs otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumos dominējošā koku suga ir priede (*Pinus sylvestris* L.) ar nelielu egles (*Picea abies* (L.) H.Karst.) piemistojumu, galvenokārt 2. stāvā (Att. 1). Zemsedzē, sūnu stāvā dominē spīdīgā stāvaine un Šrēbera rūšaine, lakstaugu stāvā - mellene. Otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumi ierīkoti lāna (*Myrtillosa*) meža tipā.

Gan Valgundes, gan Taurenē parauglaukumos audzes vecums ir robežās no 90 līdz 100 gadiem. Rucavas parauglaukumā audze ir jaunāka, no 70 līdz 80 gadiem. Audzes ir samērā produktīvas ar augstu bonitāti. Visos parauglaukumos ir I bonitātes priežu audzes.

¹ Datu avots - Valsts meža dienests.



Att. 1: Otrā līmeņa meža monitoringa Valgundes parauglaukums².

Otrā līmeņa meža monitoringa Valgundes parauglaukumā ir ierīkots taisnstūra formas veidā (40 x 60 m) ar kopējo platību 2400 m². Parauglaukumi augsnes veģetācijas raksturošanai sadalīts 10 x 10 m sekcijās. Šajos parauglaukumos izvietoti arī laukumi veģetācijas novērtēšanai. Ap parauglaukumu izveidota nenorobežota 10 m plata buferzona, kur ņem paraugus dažādām apakšprogrammām - nokrišņi, koku pieaugumi u.c. Blakus kokaudzes parauglaukumam ierīkots 40 x 30 m liels augsnes parauglaukums.

Valgundes parauglaukumos ir vidējas smilts augsne, ar zemu pH un piesātinājumu ar bāzēm. Augsnē dominējošie ir podzolēšanās procesi, ko veicina skujkoku nobiru organiskā materiāla sadalīšanās. Kaut arī reljefa svārstības parauglaukumā ir nelielas (± 5 m), tomēr ir vērojamas atšķirības starp augsni reljefa paaugstinājumos un pazeminājumos. Augsnes tips reljefa paaugstinājumos atbilstoši Latvijas augsnes klasifikācijai ir iluviālā humusa podzola augsne. Atbilstoši WRB 2014 augšņu klasifikācijas sistēmai - *Folic Arenosol (dystric)*. Augsne ir samērā vāji attīstīta, atsevišķās vietās ir *Spodic* horizonta veidošanās pazīmes. Reljefa pazeminājumos - kūdrainā podzolētā glejaugsne. Atbilstoši FAO klasifikācijas sistēmai - *Ortsteinic Albic Folic Podzol (dystric)*. Reljefa pazeminājumos podzolēšanās procesu ietekmē izveidojies sacementējies *Spodic* horizonts - ortšteins. Zem ortšteina slāņa augsnē novērojamas reducēšanās pazīmes, kas dziļāk pāriet Br un Cr horizontos (Att. 2).

² Foto - A. Bārdulis

levads



Att. 2: Augšnes profili Valgundes parauglukumā, pa kreisi reljefa paaugstinājumā, pa labi reljefa pazeminājumā³.

Tauresnes parauglukumā augsnes pamatmateriālu veido vidēja un smalka smilts (Att. 3). Augsne ir skāba un augsnē dominē podzolēšanās procesi. Daļa no parauglūkuma atrodas reljefa paaugstinājumā un daļa uz nogāzes, tomēr augsne ir samērā viendabīga visā parauglūkuma teritorijā. Augsnes tips atbilstoši Latvijas augsnes klasifikācijas sistēmai ir iluviālā humusa podzols. Atbilstoši WRB 2014 klasifikācijas sistēmai augsne atbilst *Podzols* augšņu pamatgrupai. Precīzs augsnes nosaukums ir *Albic, Podzols (novic)*. Augsnes virskārtā ir 7 cm biezs O horizonts, kas uzguļ EA horizontam. Podzolēšanās rezultātā zem EA horizonta izveidojies *spodic* horizonts. Aptuveni 65 cm dziļumā mainās augsnes granulometriskais sastāvs no vidējas uz smalku smilts frakciju.

³ Foto - A. Lupiķis.

levads



Att. 3: Augsnes profils Taurenes parauglaukumā⁴.

⁴ Foto - A. Lupiķis.

METODIKA

Novērojumi veikti saskaņā ar starptautiskās sadarbības programmas ICP Forests metodiku⁵.

Gaisa kvalitātes mērījumi

Otrā līmeņa meža monitoringa ietvaros noteikti šādi gaisa kvalitātes parametri - NO₂, SO₂, NH₃ un O₃. Darbs veikts atbilstoši starptautiski pieņemtai metodikai (Schaub et al., 2016).

Gaisa kvalitātes mērījumi tiek veikti, izmantojot Zviedrijas Vides zinātnes institūta (IVL) membrānas tipa pasīvos gaisa paraugu savācējus (Att. 4).



Att. 4: Membrānas tipa pasīvie gaisa paraugu savācēji⁶.

Tā kā pasīvie gaisa savācēji ir mazi, viegli un tiem nav vajadzīga elektrība, to izvietojuma vieta ir viegli maināma. Savācējus var izmantot piesārņojošo vielu ilggadīgam monitoringam.

Gaisa kvalitātes mērījumi veikti ārpus kokaudzes (200 m attālumā) atklātā vietā, netālu no parauglaukuma esošā izcirtumā, mērījumu stacija ir uzstādīta 3 m augstumā. Atbilstoši metodikas rekomendācijai mērījumi tiek veikti veģetācijas perioda laikā (maijs - oktobris). Savācēju maiņa veikta reizi divās nedēļās O₃, NO₂, SO₂ un NH₃ paraugiem.

Pasīvo savācēju sagatavošanu veic IVL atbilstoši ICP Forests un EMEP rokasgrāmatu prasībām. IVL piedalās ICP Forests gaisa kvalitātes starplaboratoriju salīdzinošā testēšanā. Savācēju uzstādīšanu nodrošina LVMI Silava Meža vides laboratorijas speciālisti atbilstoši IVL norādījumiem.

Gaisa paraugu savācējus transportē aukstuma kastē un uzglabā ledusskapī LVMI Silava Meža vides laboratorijā līdz katra noslēdzošā mēneša beigām. Pēc

⁵ <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>

⁶ Foto - A. Bārdulis.

Metodika

tam atbilstoši IVL norādījumiem paraugus iepakoj un nosūta analizēšanai uz Zviedriju.

Gaisa kvalitātes parametru aprēķināšanai izmanto pasīvo uztvērēju koeficientus, kā arī diennakts vidējās gaisa temperatūras. Parametrus protokolē īpašās veidlapās, norādot savācēju uzstādīšanas un noņemšanas datumus un laiku. Precīzus diennakts vidējās gaisa temperatūras mērījumus iegūst no blakus esošās meteoroloģisko novērojumu stacijas.

Koku pieaugumu mērījumi

Koku pieaugumu mērījumiem uzstādītas 15 manuāli nolasāmas koku pieauguma lentes (Att. 5). Lentas uzstādītas randomizēti visā parauglaukuma teritorijā, iekļaujot 1., 2. un 3. Krafta klases kokus. Koku pieauguma lentu rādījumus sistemātiski nolasa ik pēc divām nedēļām. Mērījumi veikti atbilstoši ICP Forests rekomendētajai metodikai (Dobbertin and Neumann, 2016).



Att. 5: UMS koku pieauguma lente⁷.

Ozona bojājumu vizuāla noteikšana

Ozona bojājumu noteikšanu veica LVMI Silava eksperti atbilstoši starptautiski akceptētai metodikai (Schaub et al., 2016).

Parauglaukums zemsedzes veģetācijas ozona bojājumu noteikšanai ierīkots atklātā vietā, izcirtuma malā, saules ekspozīcijas pusē. Parauglaukumā veikta veģetācijas uzskaitē un noteikts ozona bojājumu simptomu sastopamības biežums attiecīgām augu sugām.

Koku vainagu stāvokļa novērtējums

Koku vainaga stāvokļa novērtēšana veikta atbilstoši ICP Forests rekomendētajai metodikai (Eichhorn et al., 2016). Koku vainaga stāvokļa novērtējumam tika atlasīti un novērtēti 60 1., 2., un 3. Krafta klases parauglaukuma koki. Koku atlase veikta pēc nejaušības principa, sadalot parauglaukumu 24 kvadrātos un katrā no tiem izvēloties 2-3 minēto Krafta klašu kokus. Nākamajos gados, kādam no kokiem aizejot bojā, vietā tiks izvēlēti jauni

⁷ Foto - A. Bārdulis.

Metodika

parauglaukuma koki, lai gadu gaitā nesamazinātos vērtējamo koku paraugkopa. Ja nepieciešams, vērtējamo koku paraugkopu iespējams palielināt.

Saskaņā ar metodiku, kurā norādīts, ka koku vainagu vērtēšana ik gadu veicama aptuveni vienā un tajā pašā laikā, otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumā to veic augusta beigās vai septembra sākumā (± 2 nedēļas). Atbilstoši metodikai galvenais rādītājs koku veselības stāvokļa analīzē ir vainaga kopējā defoliācija (skuju vai lapu zudums). Parauglaukuma kokiem tiek vērtēts arī vainaga noēnojums, vainaga redzamība, defoliācija vainaga augšējā trešdaļā un visā vainagā, dehromācija, koka bojājumi un čiekuru raža, kā arī noteikta Krafta klase.

Nobiru frakciju paraugu ņemšana un analīze

Nobiru paraugi ievākti un to ķīmiskais sastāvs noteikts atbilstoši ICP Forests metodikai (Ukonmaanaho et al., 2016, 2016).

Parauglaukumā zem dominējošo koku vainagiem ierīkoti 10 nobiru savācējkonteineri, ar virsmas uztveres laukumu $0,42 \text{ m}^2$ (laika posmā līdz 2018. gadam virsmas uztveres laukums bija $0,25 \text{ m}^2$) Valgundes parauglaukumā un $0,50 \text{ m}^2$ Taurenas un Rucavas parauglaukumos (Att. 6). Konteiners izgatavots no polietilēna, tā lejasdaļā piestiprināts stingrāka materiāla gredzens, pie kura piesiets polimēru materiāla tīkliņš ar tīkla acs izmēru $0,2 \text{ mm}$. Šāds polietilēna konteiners lietus laikā aizvada ūdeni. Nobiru savācējkonteineru dziļums ir $0,7 \text{ m}$, kas pasargā nobiru materiāla izpūšanu no konteineru vājainā laikā. Nobiru paraugi ievākti katra mēneša pēdējā datumā.



Att. 6: Meža nobiru savācējkonteiners⁸.

Nobiras savākšanai konteineru lejasdaļā piestiprinātos maisiņus noņem, uzvelkot rokās cimds. Tad to saturu pārber papīra maisos un nogādā LVMI Silava Meža vides laboratorijā. Tīkliņus piestiprina atpakaļ pie savācējiem. Laika posmā no 2009. līdz 2017. gadam nobiru paraugus pirms analīžu veikšanas sašķiroja šādās frakcijās:

- zari un mizas;

⁸ Foto - K. Polmanis.

Metodika

- dominējošās koku sugas skujas;
- dominējošās koku sugas augļi (čiekuri, sēklas);
- cita biomasa (insekti, fekālijas u.c.).

Kopš 2018. gada nobiru paraugus pirms analīžu veikšanas šķiro šādās frakcijās:

- zari un mizas;
- dominējošās koku sugas skujas;
- citu koku sugu skujas un lapas;
- dominējošās koku sugas augļi (čiekuri, sēklas);
- citu koku sugu augļi (čiekuri, sēklas);
- cita biomasa (insekti, fekālijas u.c.).

Savukārt kopš 2019. gada nobiru frakcija, ko veido dominējošās koku sugas augļi, iedalīta divās šādās papildus frakcijās:

- dominējošās koku sugas čiekuri;
- dominējošās koku sugas sēklas.

Pēc tam nobiru frakcijas žāvētas 48 h 80 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai un nosvērtas ar precizitāti $\pm 0,1$ mg. Pēc nobiru frakciju apvienošanas gada griezumā atlasītas 1000 skujas un noteikta 105 °C temperatūrā izžāvētu 1000 skuju masa. Nobiru frakciju paraugiem noteikti šādi obligāti nosakāmie parametri: Ca, K, Mg, C, N, P un S saturs un šādi izvēles parametri (kopš 2018. gada): Zn, Mn, Fe, Cu, Cr un Ni saturs (Tab. 3) atbilstoši ICP Forests rekomendētajai metodikai (Ukonmaanaho et al., 2016, 2016).

Tab. 3: Nobiru frakciju paraugu ķīmisko analīžu metodika

Parametrs, mērvienība	Parauga sagatavošana	Metodika	Metodes princips
S, mg g ⁻¹	-	ISO 15178:2000	Elementanalīze
C, g 100 g ⁻¹	-	LVS ISO 10694:2006	Elementanalīze
N, mg g ⁻¹	-	Līdz 2019. gadam: LVS ISO 11261	Līdz 2019. gadam modificēta Kjeldāla metode
		Kopš 2019. gada: LVS ISO 13878:1998	Kopš 2019. gada elementanalīze
P, mg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ³	Līdz 2019. gadam: LVS ISO 11466, LVS EN 14672	Līdz 2019. gadam amonija molibdāta spektrofotometriskā metode
		Kopš 2019. gada: LLVS EN ISO 11885	Kopš 2019. gada inductīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)
Ca, Mg, mg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ³	LVS EN ISO 11885	Līdz 2019. gadam atomabsorbcijas spektrometrija ar liesmas atomizāciju
			Kopš 2019. gada inductīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)
K, mg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ³	LVS EN ISO 11885	Līdz 2019. gadam atomu emisija ar atomabsorbcijas spektrometriju
			Kopš 2019. gada inductīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)
Zn, Mn, Fe, Cu, Cr,	Mineralizēšana	LVS EN ISO 11885	Kopš 2019. gada inductīvi saistītās

Metodika

Parametrs, mērvienība	Parauga sagatavošana	Metodika	Metodes princips
Ni, $\mu\text{g g}^{-1}$	konc. HNO_3		plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)

Skuju parauga ņemšana un analīze

Skuju paraugu ņemšanu un ķīmiskās analīzes nodrošina LVMI Silava atbilstoši ICP Forests metodikai (Rautio et al., 2016).

Skuju paraugi jāievāc laikā, kad beigusies veģetācijas sezona, tas ir no oktobra līdz martam. Attiecīgi, piemēram, 2015./2016. gadā ziemā ievāktie skuju paraugi reprezentē 2015. un 2014. gadu. Paraugi ņemti, izmantojot zāģēšanas metodi, ievērojot metodikas nosacījumus par paraugu ievākšanu:

- paraugu ņemšana nerada paraugu piesārņojumu;
- nerada smagus bojājumus ne paraugkokam, ne kokaudzē esošajiem kokiem;
- tiek ievēroti drošības pasākumi.

Skuju paraugu ņemšanai parauglaukumā atlasīti 8 dominējošās koku sugas (priedes) paraugkoki. Paraugkoku atlases kritēriji:

- izvietojums pa parauglaukuma buferzonu;
- 1., 2. vai 3. Krafta klases koki;
- atrašanās tuvums augsnes parauglaukumam (jānodrošina, lai ņemot augsnes paraugus, netiktu bojātas koku saknes);
- paraugu ņemšanai nedrīkst izmantot kokus, kuri atlasīti vainaga aprakstīšanai;
- kokiem jābūt reprezentatīviem attiecībā pret vidējo defoliācijas līmeni parauglaukumā ($\pm 5\%$ defoliācija);
- paraugkoka bojāejas gadījumā (biotisku, abiotisku vai antropogēnu faktoru ietekmē), tas ir jāaizstāj ar jaunu, ņemot vērā iepriekš norādītos kritērijus.

Lai mazinātu apkārtējās vides faktoru ietekmi uz paraugiem, paraugu transportēšana uz LVMI Silava Meža vides laboratoriju notiek individuāli, katru paraugu ievietojot papīra maisā. Paraugu uzglabāšana pirms paraugu sagatavošanas ķīmiskajām analīzēm notiek ievērojot starptautiski akceptētās ekspertu rekomendācijas - paraugi tiek uzglabāti noslēgtos papīra maisos (Rautio et al., 2016).

Skuju paraugu sagatavošanu ķīmiskajām analīzēm (šķirošana, žāvēšana, svēršana un malšana) veic LVMI Silava Meža vides laboratorijā.

Katram reprezentatīvajam paraugkokam no zariem atdala 1000 pirmā un 1000 otrā gada pieauguma skuju, žāvē 105 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai un nosver ar precizitāti $\pm 0,1$ mg. Ķīmiskajām analīzēm paralēli katra paraugkoka atdalītās gadskārtējās skuju frakcijas nosver, nomazgā ar dejonizētu ūdeni un pēc tam 24 stundas žāvē 80 °C temperatūrā. Pēc izžāvēšanas skuju paraugus samal un homogenizē, izmantojot laboratorijas dzirnaviņas.

Laboratorijā pirmā un otrā gada pieauguma skuju paraugiem nosaka obligāti analizējamos ķīmiskos parametrus (Tab. 4).

Tab. 4: Skuju paraugu ķīmisko analīžu metodika

Parametrs, mērvienība	Parauga sagatavošana	Metodika	Metodes princips
-----------------------	----------------------	----------	------------------

Metodika

Parametrs, mērvienība	Parauga sagatavošana	Metodika	Metodes princips
S, mg g ⁻¹	-	ISO 15178:2000	Elementanalīze
C, g 100 g ⁻¹	-	LVS ISO 10694:2006	Elementanalīze
N, mg g ⁻¹	-	Līdz 2019. gadam: LVS ISO 11261	Līdz 2019. gadam modificēta Kjeldāla metode
		Kopš 2019. gada: LVS ISO 13878:1998	Kopš 2019. gada elementanalīze
P, mg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ³	Līdz 2019. gadam: LVS ISO 11466, LVS EN 14672	Līdz 2019. gadam amonija molibdāta spektrofotometriskā metode
		Kopš 2019. gada: LVS ISO 11466, LVS EN ISO 11885	Kopš 2019. gada induktīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)
Ca, Mg, mg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ³	LVS EN ISO 11885	Līdz 2019. gadam atomabsorbcijas spektrometrija (AAS) ar liesmas atomizāciju
			Kopš 2019. gada induktīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)
K, mg g ⁻¹	Mineralizēšana konc. HNO ³	LVS EN ISO 11885	Līdz 2019. gadam atomu emisija ar atomabsorbcijas spektrometriju (AAS)
			Kopš 2019. gada induktīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES)

Augsnes ūdens parauga ņemšana un analīze

Augsnes ūdeņu paraugu ievākšana, uzglabāšana un analīzes veiktas saskaņā ar starptautiski pieņemto metodiku (Nieminen et al., 2016), ievērojot tās prasības un rekomendācijas kvalitātes nodrošināšanai.

Augsnes ūdeņu paraugu ievākšanai uzstādīti 7 paralēlie lizimetri 3 dažādos augsnes slāņos - zem humusa slāņa 0-10 cm dziļumā, sakņu zonā (10-20 cm dziļumā) un zem sakņu zonas (40-70 cm dziļumā, Att. 7). Paraugus ņem bezsala periodā trīs reizes mēnesī, attiecīgi, mēneša pirmajā datumā, pēc divām nedēļām un mēneša pēdējā datumā. Atsūknējot lizimetrus, ievāc paraugus analīzēm un nosaka katrā lizimetrā savākto ūdens tilpumu, tā iegūstot kalendārā mēneša faktiskos augsnes ūdens tilpumus attiecīgajos augsnes slāņos. Paraugu izsūkņēšanai izmantoti Meža vides laboratorijā izgatavoti instrumenti.



Att. 7: Nulles spiediena lizimetri pirms uzstādīšanas⁹.

⁹ Foto - A. Bārdulis.

Metodika

Augsnes ūdens daudzums ir atkarīgs no gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma. Tāpēc, lai palielinātu ievāktā augsnes ūdens tilpumu ķīmiskā satura analīzēm, Valgundes parauglaukumā 2012. gada vasarā 20 un 60 cm dziļumā trīs atkārtojumos uzstādīti vakuuma tipa lizimetri, kuros uzkrātā ūdens analīzes veiktas, sākot ar 2013. gadu.

Ievāktie paraugi aukstuma kastē transportēti uz LVMI Silava Meža vides laboratoriju uzglabāšanai. Paraugu konservēšanai izmantots atdzesēšanas paņēmiens no 1 °C līdz 5 °C (International Organization for Standardization, 2003).

Pēc ievākšanas visus ūdens paraugus validē LVMI Silava Meža vides laboratorijā, lai konstatētu antropogēnā piesārņojuma klātbūtni, kā arī nosaka tos parametrus, kas jāanalizē 24 stundu laikā pēc paraugu ievākšanas, piemēram, augsnes ūdens konduktivitāti. Validēšanas kritērijiem atbilstošie ūdens paraugi proporcionāli apvienoti pa slāņiem, iegūstot reprezentatīvu vidējo paraugu. Dažkārt meteoroloģisku apstākļu dēļ paraugu daudzums kādā no slāņiem ķīmisko analīžu veikšanai nav pietiekams, tāpēc tiek apvienoti vairāku mēnešu paraugi. Paraugus apvieno, ņemot vienādu tilpumu no dažādos periodos iegūtajiem paraugiem; individuālo paraugu tilpumu nosaka atbilstoši vismazākajam paraugam. Pavisam mazus paraugus (daži mililitri) vidējā parauga sagatavošanai neizmanto.

Tab. 5 parādīti ķīmiskie parametri, kuri augsnes ūdens paraugos saskaņā ar ICP Forests metodiku ir obligāti analizējami (Nieminen et al., 2016). Monitoringa ietvaros veikti visi obligāti nosakāmie parametri.

Tab. 5: Obligāti analizējamie augsnes ūdeņu ķīmiskie parametri

Parametrs, mērvienība	Metodika	Metodes princips
Elektrovadītspēja, $\mu\text{S cm}^{-1}$	LVS EN 27888:1993	Konduktometrija
pH	LVS ISO 10523:2012	Potenciometrija
DOC, mg L^{-1}	LVS EN 1484:2000 LVS EN 12260:2004	Katalītiskā sadedzināšana, infrasarkanā detektēšana
K, Mg, Ca, Na, mg L^{-1}	LVS EN ISO 11885:2007	Induktīvi saistītās plazmas optiskais emisijas spektrometrija
Al^{kop} , mg L^{-1}	LVS EN ISO 11885:2007	Induktīvi saistītās plazmas optiskais emisijas spektrometrija
N-NO_3 , mg L^{-1}	LVS EN 12260, LVS EN ISO 10304-1:2009	Katalītiskā sadedzināšana, hemiluminiscences detektēšana, jonu hromatogrāfija
N-NH_4 , mg L^{-1}	LVS ISO 7150/1:1984 (1998)	Spektrofotometrija
S-SO_4 , Cl, mg L^{-1}	LVS EN ISO 10304-1:2009	Jonu hromatogrāfija
Sārmainība, $\mu\text{molc L}^{-1}$	LVS EN ISO 9963-1:1995	Potenciometriskā titrimetrija
N^{kop} , mg L^{-1}	LVS EN 1484:2000 LVS EN 12260:2004	Katalītiskā sadedzināšana, hemiluminiscences detektēšana
Fe, Mn, mg L^{-1}	LVS EN ISO 11885:2007	Induktīvi saistītās plazmas optiskais emisijas spektrometrija
P-PO_4 , mg L^{-1}	LVS EN ISO 6878:2005	Amonija molibdāta spektrofotometrija

Nokrišņu ūdens parauga ņemšana un analīze

Nokrišņu ūdens paraugu ievākšana, uzglabāšana un ķīmisko analīžu veikšana veikta atbilstoši starptautiski akceptētai ICP Forests metodikai (Clarke et al., 2016), ievērojot tās prasības un rekomendācijas kvalitātes nodrošināšanai (König et al., 2016). Novērojumu periodā kopš 2004. gada metodika nav

Metodika

mainīta, izņemot nelielas korekcijas nokrišņu uztvērēju izvietojumā un uztvērēju piltuvju parametros (izmantotas piltuves ar lielāku diametru). Piltuvēm uzstādīti putnu atbaidīšanas gredzeni (Att. 8). Patreiz uzstādīto piltuvju virsmas laukums ir 471 cm², savācējvertņu tilpums - 5 L.

Nokrišņu paraugu ievākšanai atklātā laukā blakus mežaudzei uzstādīti 2 atklātā tipa nokrišņu savācēji ar tādu nosacījumu, lai piltuves apmale atrastos 1,5 m augstumā virs zemes. Nokrišņu, kas izskalojas caur koku vainagiem, savākšanai parauglaukumā uzstādīti 10 nokrišņu savācēji siltajiem gadalaikiem. Stumbra noteces nokrišņu savākšanai 10 kokiem 1,3 m augstumā ir uzlikti apkakles tipa nokrišņu savācēji, kuri darbojas tikai siltajā periodā (Att. 8). Katra mēneša pirmajā datumā uzstāda tukšas savācējvertnes. Savācējvertnes iztukšo divas reizes mēnesī, vidēji ik pēc 15 dienām.



krišņu savācēji atklātā laukā



Nokrišņu savākšana no stumbra



Nokrišņu savākšana caur koku vainagiem

Att. 8: Nokrišņu savācēji¹⁰.

Ievāktos paraugus aukstuma kastē transportē uz LVMI Silava Meža vides laboratoriju uzglabāšanai. Ķīmisko analīžu veikšanai katra mēneša beigās ievāktos paraugus proporcionāli to tilpumam apvieno reprezentatīvos paraugos, kuri veido mēneša vidējo paraugu. Paraugu ķīmiskās analīzes veic LVMI Silava Meža vides laboratorijā un LVĢMC Vides laboratorijā (Tab. 6).

Tab. 6: Obligāti analizējamie nokrišņu ūdeņu ķīmiskie parametri

Parametrs, mērvienība	Metodika	Metodes princips
Elektrovadītspēja, $\mu\text{S cm}^{-1}$	LVS EN 27888:1993	Konduktometrija

¹⁰ Foto - A. Bārdulis.

Parametrs, mērvienība	Metodika	Metodes princips
pH	LVS ISO 10523	Potenciometrija
DOC, mg L ⁻¹	LVS EN 1484:2000	Katalītiskā sadedzināšana, infrasarkanā detektēšana
K, Mg, Ca, Na, mg L ⁻¹	LVS EN ISO 11885:2007	Induktīvi saistītās plazmas optiskais emisijas spektrometrija
N-NO ₃ , mg L ⁻¹	LVS EN 12260, LVS EN ISO 10304-1:2009	Katalītiskā sadedzināšana, hemiluminiscences detektēšana, jonu hromatogrāfija
N-NH ₄ , mg L ⁻¹	LVS ISO 7150/1:1984 (1998)	Spektrofotometrija
S-SO ₄ , Cl, mg L ⁻¹	LVS EN ISO 10304-1:2009	Jonu hromatogrāfija
Sārmainība, μmolc L ⁻¹	LVS EN ISO 9963-1:1995	Potenciometriskā titrimetrija
N ^{kop} , mg L ⁻¹	LVS EN 1484:2000 LVS EN 12260:2004	Katalītiskā sadedzināšana, hemiluminiscences detektēšana
P-PO ₄ , mg L ⁻¹	LVS EN ISO 6878:2005	Amonija molibdāta spektrofotometrija

Ķīmisko analīžu rezultātu validēšana un kvalitātes nodrošināšana

Analīžu veikšanai izmantotas starptautiski akceptētas un ICP Forests rekomendētas standartmetodes (Clarke et al., 2016; König et al., 2016; Nieminen et al., 2016). Obligātie parametri, kurus LVMI Silava Meža vides laboratorijā nav bijis iespējams noteikt, analizēti LVGMC Vides laboratorijā. Kopš 2019. gada visi parametri analizēti LVMI Silava Meža vides laboratorijā. Lai nodrošinātu laboratorijas kvalitātes kontroli un rezultātu ticamību, visi iegūtie rezultāti validēti uzreiz pēc ķīmisko analīžu veikšanas atbilstoši ICP Forests rekomendācijām un algoritmiem (König et al., 2016).

Kopš 2007. gada LVMI Silava Meža vides laboratorija ir iesaistījusies 24 starptautiskās augsnes, augu materiāla (skujas, lapas) un ūdens paraugu starplaboratoriju salīdzinošās testēšanās, sekmīgi nokārtojot obligāto parametru noteikšanas kvalitātes kritērijus.

Dalība ņemta 24 starplaboratoriju salīdzinošās testēšanās, kas tiek organizēts sadarbībā ar ICP-Forests:

- augsnes paraugu starplaboratoriju salīdzinošā testēšana (*Soil Interlaboratory Test Programme*) Nr. 5, 6, 8, 9 un 10;
- skuju/lapu paraugu starplaboratoriju salīdzinošā testēšan (*Needle/Leaf Interlaboratory Comparison Test*) Nr. 11-23;
- atmosfēras nokrišņu un augsnes ūdens paraugu starplaboratoriju salīdzinošā testēšan (*Atmospheric deposition and soil solution Working Ringtest*) Nr. 3, 4, 5, 7, 8 un 9.

2019. gadā LVMI Silava Meža vides laboratorija pievienojās Globālajam augsnes laboratoriju tīklam GLOSOLAN (*Global Soil Laboratory Network*) un saņēma pozitīvu novērtējumu GLOSOLAN organizētajā starplaboratoriju salīdzinošā testēšanā *Proficiency testing 2019*.

REZULTĀTI UN TO ANALĪZE

Koku vainagu stāvokļa novērtējums

Koku vainaga stāvoklis tiek novērtēts 60 kokiem parauglaukumā. Katru gadu tiek apsekoti vieni un tie paši koki. Kokam ejot bojā, vai nonākot 4. Krafta klasē, tas vairs netiek izmantots vainaga stāvokļa vērtēšanai. Tādā gadījumā, šī koka vietā vērtēšanai izmanto citu koku. Šāda metodika pamatojama ar to, ka objektīva koku stāvokļa novērtēšana iespējama tikai tiem kokiem, kuri netiek būtiski apēnoti un nomākti no apkārtējo koku puses. Monitoringa mērķis ir novērtēt apkārtējās vides, piemēram, gaisa piesārņojuma, ietekmi uz koku stāvokli, cenšoties izvairīties no koku savstarpējās konkurences iekļaušanas vērtējumā.

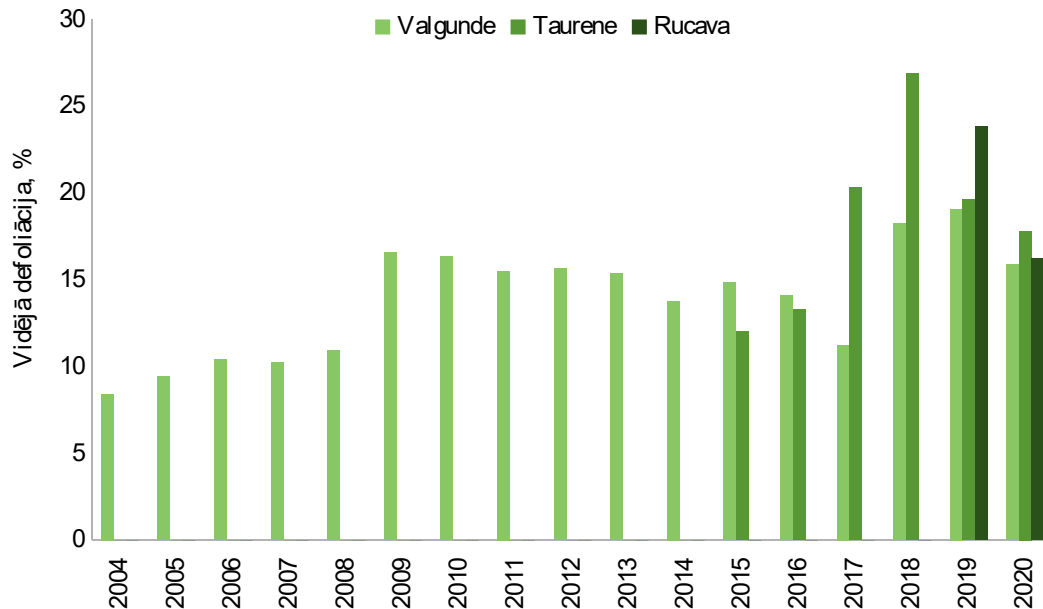
Otrā līmeņa meža monitoringa Valgundes parauglaukumā priedes vainagu vidējā defoliācija 2017. gadā bija $11,3 \pm 1,0\%$, 2018. gadā - $18,3 \pm 1,4\%$, 2019. gadā - $19,1 \pm 1,1\%$, bet 2020. gadā - $15,9 \pm 1,1\%$. 2017. gadā ne bojāti vai nedaudz bojāti koki (defoliācija robežās no 0 līdz 10%) bija 70%, viegli bojāti koki (defoliācija robežās no 11 līdz 25%) - 22%, bet vidēji bojāti koki (defoliācija robežās no 26 līdz 60%) - 8% (Att. 9). Salīdzinot ar 2017. gadu, 2018. gadā konstatēts mazāks ne bojātu vai nedaudz bojātu koku skaits (35%) un lielāks viegli bojātu (47%) un vidēji bojātu koku skaits (18% no kopējā koku skaita). 2019. gadā saglabājas 2018. gada tendence - samazinās ne bojātu vai nedaudz bojātu koku skaits (27%) un palielinās viegli bojātu (53%) un vidēji bojātu koku skaits (20% no kopējā koku skaita). Salīdzinot ar 2019. gadu, 2020. gadā ievērojami ir pieaudzis ne bojātu vai nedaudz bojātu koku skaits (42%), samazinājies viegli bojāto kokus skaits (48% no kopējā koku skaita) un vidēji bojātu koku skaits (10% no kopējā koku skaita). Kopumā Valgundes parauglaukumā 2020. gadā koku veselības stāvoklis ir labs ar lielu ne bojātu un viegli bojātu koku īpatsvaru (90% no kopējā koku skaita) (Att. 9).

Otrā līmeņa meža monitoringa Taurenas parauglaukumā priedes vainagu vidējā defoliācija 2017. gadā bija $20,3 \pm 1,4\%$, 2018. gadā - $26,9 \pm 1,6\%$, 2019. gadā - $19,6 \pm 1,3\%$, bet 2020. gadā - $17,8 \pm 1,7\%$. Salīdzinoši krasā koku defoliācijas palielināšanās 2017. un 2018. gadā varētu būt saistīta ar meža kaitēkļu savairošanos parauglaukuma apkārtnē. 2018. gadā Taurenas parauglaukumā konstatēts viens stipri bojāts koks ar defoliāciju virs 60%. Turklāt 2018. gadā veiktie apsekojumi Taurenas parauglaukumā uzrāda ievērojami lielāku defoliāciju nekā Valgundes parauglaukumā. Tas ir pretēji laika posmam no 2015. līdz 2016. gadam, kad Taurenas parauglaukumā situācija kopumā bija labāka. Salīdzinot ar 2018. gada vidējiem rādītājiem, 2019. gadā vidējā defoliācija ir samazinājusies - ne bojāti vai nedaudz bojāti koki (defoliācija robežās no 0 līdz 10%) bija 25%, viegli bojāti koki (defoliācija robežās no 11 līdz 25%) - 60%, bet vidēji bojāti koki (defoliācija robežās no 26 līdz 60%) - 15%. Salīdzinot ar 2019. gadu, 2020. gadā ievērojami ir pieaudzis ne bojātu vai nedaudz bojātu koku skaits (45%), samazinājies viegli bojāto kokus skaits (42%), bet vidēji bojātu koku skaits ir nedaudz samazinājies (12% no kopējā koku skaita), bet stipri bojātu koku skaits (defoliācija virs 60%) sasniedzis 1% (Att. 9).

Otrā līmeņa meža monitoringa Rucavas parauglaukumā priedes vainagu vidējā defoliācija 2019. gadā bija $23,8 \pm 1,6\%$, kas ir augstāka kā vidēji Valgundes un Taurenas parauglaukumos. 2020. gadā priedes vainagu vidējā defoliācija bija $16,2 \pm 1,1\%$, kas ir līdzīgi kā vidēji Valgundes un Taurenas parauglaukumos.

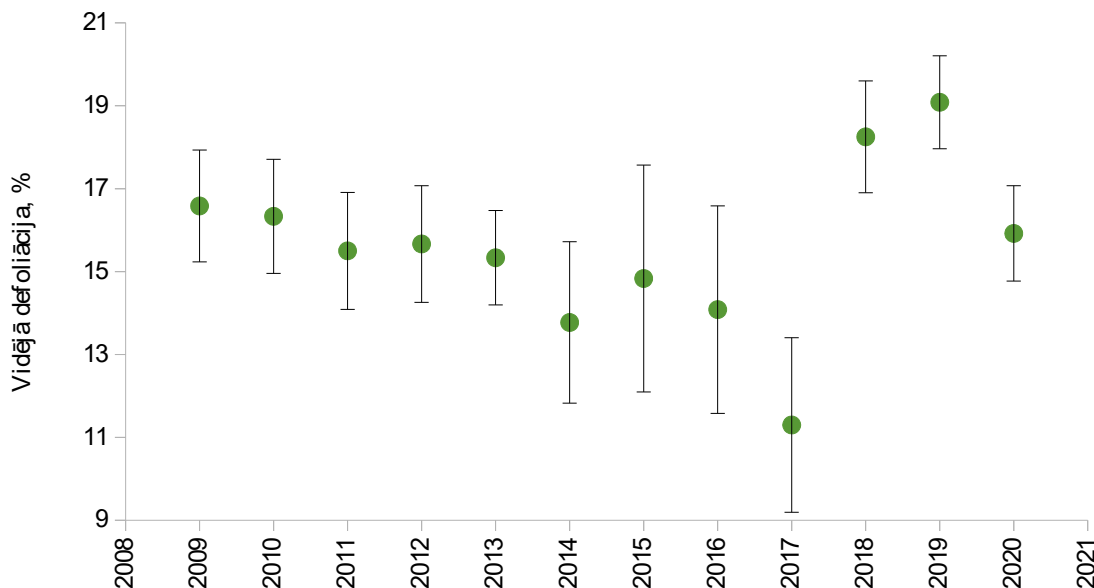
Rezultāti un to analīze

2019. gadā nebojāti vai nedaudz bojāti koki (defoliācija robežās no 0 līdz 10%) bija 13%, viegli bojāti koki (defoliācija robežās no 11 līdz 25%) - 60%, vidēji bojāti koki (defoliācija robežās no 26 līdz 60%) - 25%, bet stipri bojāti koki (defoliācija virs 60%) - 2%. Salīdzinot ar 2019. gadu, 2020. gadā ievērojami ir pieaudzis nebojātu vai nedaudz bojātu koku skaits (45%), ievērojami samazinājies viegli bojāto koku un vidēji bojātu koku skaits, attiecīgi 45% un 10%, bet stipri bojāti koki Rucavas parauglaukumā konstatēti netika (Att. 9).



Att. 9: Vidējā koku defoliācija Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos.

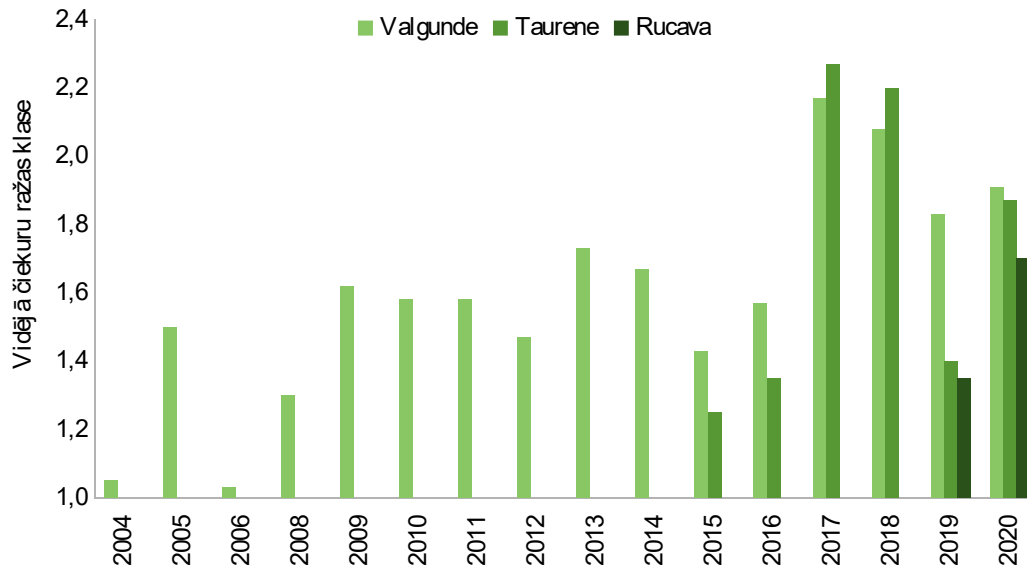
Laika posmā no 2009. līdz 2017. gadam Valgundes parauglaukumā konstatēta pakāpeniskās vidējās vainaga defoliācijas samazināšanās. Bet laika posmā no 2018. gada līdz 2020. gadam novērots vidējās vainaga defoliācijas pieaugums (Att. 10).



Att. 10: Koku vainagu vidējā defoliācijas dinamika Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2009. gada līdz 2020. gadam.

Rezultāti un to analīze

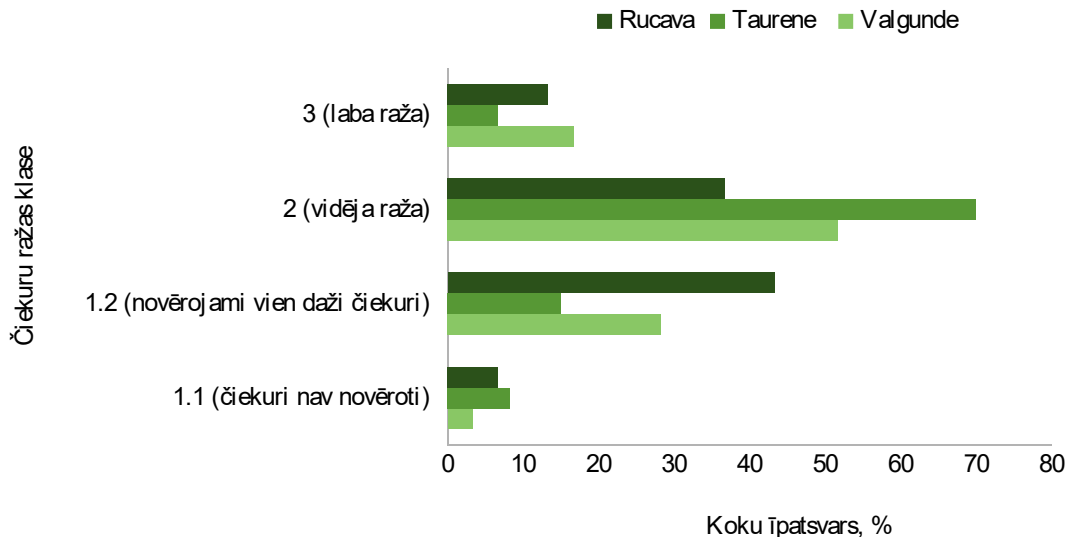
Katru gadu kokiem tiek novērtēta arī čiekuru raža. Vērtējums tiek veikts 3 klasēs (1 - ražas nav, 2 - vidēja raža, 3 - laba raža) un 1. klase tiek iedalīta 2 apakšklasēs (1.1 - čiekuri nav novēroti, 1.2 - novērojami vien dažī čiekuri) un tajā ietver tikai pašreizējā gada čiekurus. Tā kā līdz 2014. gadam 1. klase netika izdalīta 2 apakšklasēs, tad Att. 11 attēlots koku iedalījums pēc čiekuru ražas 3 klasēs. Zemākās čiekuru ražas konstatētas 2004. un 2006. gadā Valgundes parauglaukumā, pēc tam līdz 2009. gadam Valgundes parauglaukumā ražas ir uzlabojušās un tās ir bijušas stabilas līdz 2016. gadam. 2017. un 2018. gadā čiekuru raža ir bijusi ievērojami lielāka nekā citus gadus līdz šim gan Valgundes, gan Tauresnes parauglaukumā.



Att. 11: Čiekuru raža Valgundes, Tauresnes un Rucavas parauglaukumā.

2019. gadā koku, kuriem čiekuru raža vērtējama kā zema vai čiekuru nav vispār, īpatsvars attiecīgi ir 43% Valgundes parauglaukumā, 73% Tauresnes parauglaukumā un 75% Rucavas parauglaukumā. Savukārt koku, kuriem čiekuru raža novērtēta kā augsta, īpatsvars attiecīgi ir 45% Valgundes parauglaukumā, 22% Tauresnes parauglaukumā un 17% Rucavas parauglaukumā. 2020. gadā koku, kuriem čiekuru raža vērtējama kā vidēja, īpatsvars attiecīgi ir 52% Valgundes parauglaukumā, 70% Tauresnes parauglaukumā. Rucavas parauglaukumā 2020. gadā čiekuru raža vērtējama kā zema vai čiekuru nav vispār, īpatsvars attiecīgi ir 50% (Att. 11 un 12).

Rezultāti un to analīze



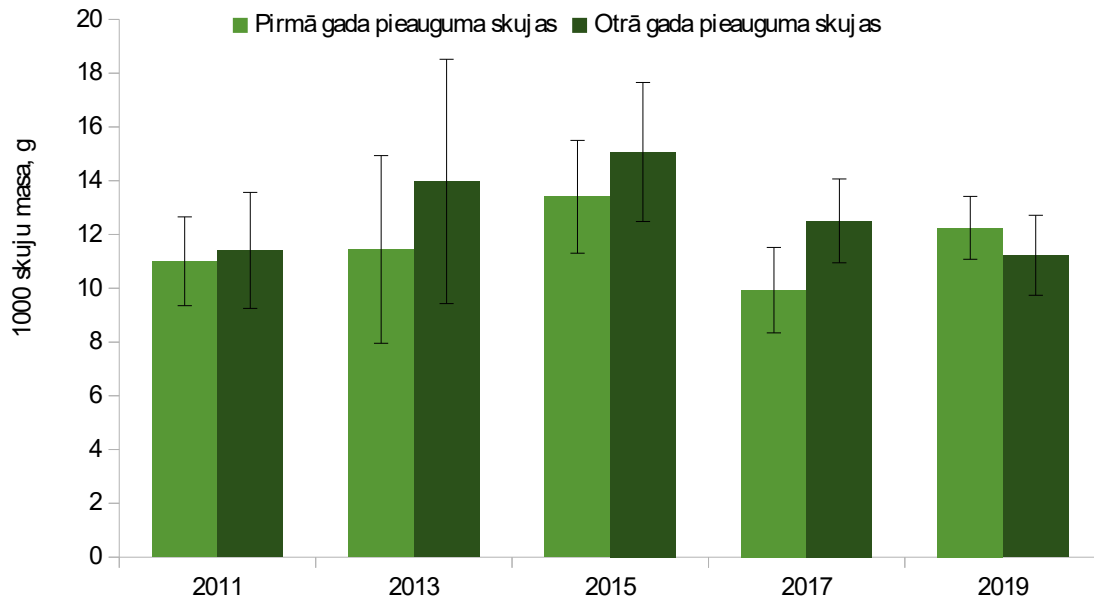
Att. 12: Čiekuru ražas salīdzinājums Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos 2020. gadā.

Skuju paraugu ievākšana un ķīmiskā sastāva novērtēšana

Skuju paraugu ievākšanu masas un ķīmiskā sastāva noteikšanai veic katru otro gadu. Iepriekšējo reizi skujas tika ievāktas 2018. gada februārī, kad ievāktas skujas par 2016. un 2017. gadu. Par 2018 un 2019. gada periodu skujas ievāktas 2020. gada sākumā.

Viens no audzes veselības un augšanas apstākļus raksturojošajiem kvantitatīvajiem rādītājiem ir 1000 skuju masa. Valgundes parauglaukumā pirmā gada pieauguma 1000 skuju masa 2017. gadā bijusi 10,0 g, un tā ir ievērojami sarukusi, salīdzinot ar 2015. gadu, kad pirmā gada pieauguma skuju masa bija 13,4 g. Līdzīgi ir ar otrā gada pieauguma skujām, kuru 1000 skuju masa ir samazinājusies no 15,1 g 2015. gadā līdz 12,4 g 2017. gadā. 2019. gada periodā Valgundes parauglaukumā pirmā gada pieauguma 1000 skuju masa bija 12,3 g, kas salīdzinot ar 2017. gadu ir nedaudz pieaugusi (Att. 13). Visos periodos, izņemot 2019. gada periodu, otrā gada pieauguma 1000 skuju masa ir lielāka nekā pirmā gada skujām.

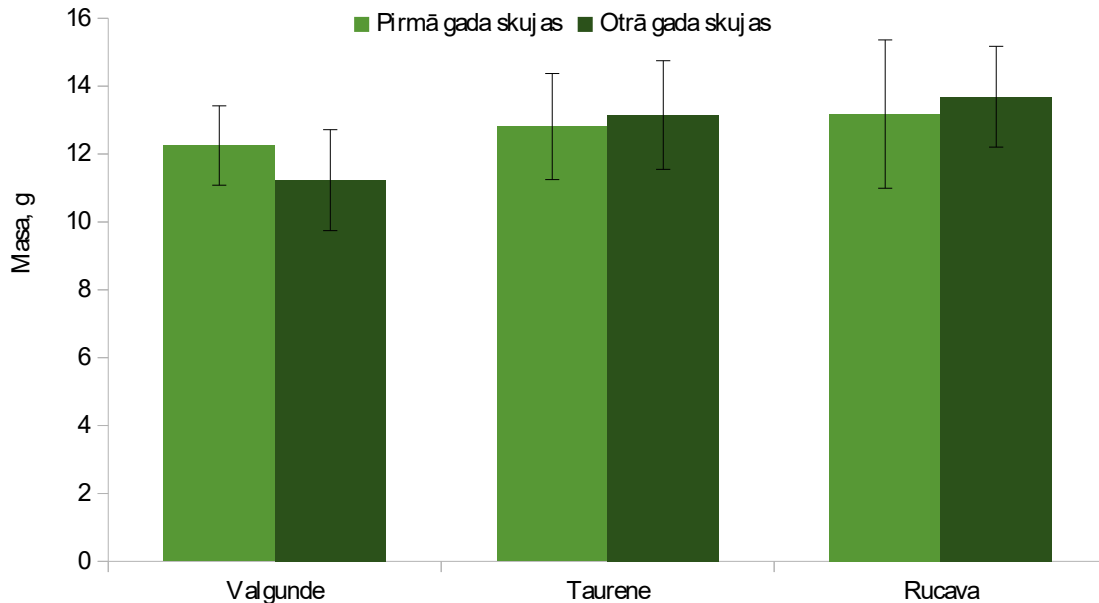
Rezultāti un to analīze



Att. 13: Pirmā un otrā gada pieauguma 1000 skuju vidējā masa Valgundes parauglaukumā.

Kopš 2017. gada skuju paraugu ievākšana tiek veikta visos trīs parauglaukumos. 2017. gadā vidējā 1000 skuju masa Taurenē un Rucavas parauglaukumos ir nedaudz lielāka nekā Valgundes parauglaukumā, atšķirības gan ir nelielas un tās nevar vērtēt kā statistiski būtiskas. Taurenē parauglaukumā vidējā pirmā gada pieauguma 1000 skuju masa ir 12,6 g, Rucavas parauglaukumā 12,0 g, bet Valgundē - 9,9 g, kamēr otrā gada 1000 skujām attiecīgi ir 14,4 g Taurenē, 14,0 g Rucavā un 12,5 g Valgundē. 2019. gada periodā Taurenē parauglaukumā vidējā pirmā gada pieauguma 1000 skuju masa ir 12,8 g, Rucavas parauglaukumā - 13,2 g, bet Valgundē - 12,3 g, kamēr otrā gada pieauguma 1000 skujām attiecīgi ir 13,2 g Taurenē, 13,7 g Rucavā un 11,2 g Valgundē (Att. 14). Atšķirības starp 2017. gadā iegūtajiem rezultātiem un 2019. gada rezultātiem ir nelielas un tās nevar vērtēt kā statistiski būtiskas.

Rezultāti un to analīze



Att. 14: Pirmā un otrā gada pieauguma 1000 skuju vidējā masa Valgundes, Tauresnes un Rucavas parauglaukumos 2019. gadā.

Skuju paraugus izmanto kā bioindikatorus galvenokārt īslaicīga vides piesārņojuma konstatēšanai un atmosfēras nosēdumu pētījumos. Īpaša uzmanība tiek pievērsta antioksidantu, fotosintēzes pigmentu un kopējā sēra satura noteikšanai skujās abiotisku un biotisku stresa faktoru kociem konstatēšanai, kā arī skuju virsmas pētījumiem, jo dažiem elementiem vairāk kā 90% no kopējā satura var atrasties uz skuju virsmas. Skujkoku minerālās barošanās stāvokli vislabāk ir noteikt pēc barības elementu satura skujās, tādēļ svarīgi ir noteikt kopējā N, P, K, Ca un Mg saturu. Nemazgātu priežu (*Pinus sylvestris* L.) skuju ķīmiskais sastāvs otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumos parādīts Tab. 7 un 8. Skuju paraugi analizēm ņemti pēc veģetācijas perioda beigām. 2019. gada priežu skuju paraugu, kas ņemti Valgundes, Tauresnes un Rucavas parauglaukumos, fizikāli ķīmiskās analīzes tika veiktas 2020. gadā.

Rezultāti uzrāda oglekļa satura pieaugumu gan pirmā, gan otrā gada skujās laika posmā no 2009. līdz 2015. gadam, bet 2017. un 2019. gadā vērojams neliels oglekļa satura samazinājums skujās. Laika posmā no 2009. līdz 2015. gadam palielinājies ir arī P saturs gan pirmā, gan otrā gada pieauguma skujās, 2017. gadā P saturs gan pirmā, gan otrā gada pieauguma skujās samazinājies. 2019. gadā P saturs pirmā gada pieauguma skujās turpina samazināties, taču otrā gada skujās tas ir pieaudzis. Savukārt K saturam gadu no gada ir tendence samazināties. Pārējo elementu saturs skujās laika gaitā ir bijis samērā stabils un variācijas ir drīzāk nejaušas.

Salīdzinot pirmā un otrā gada pieauguma skujas, konstatēts, ka otrā gada skujās Ca saturs ir ievērojami lielāks (aptuveni divas reizes), izņēmums ir 2019. gadā iegūtie rezultāti, kuros Ca saturs pirmā gada pieauguma skujās ir augstāks, kā otrā gada skujās. Savukārt Mg un K saturs galvenokārt ir lielāks pirmā gada skujās.

Rezultāti un to analīze

Tab. 7: Priežu (*Pinus sylvestris* L.) skuju ķīmiskais sastāvs Valgundes parauglaukumā

Elements, g kg ⁻¹	Gads	Pirmā gada pieauguma skujas	Otrā gada pieauguma skujas
C, g kg ⁻¹	2009	484,5	508,3
	2011	521,0	526,9
	2013	540,9	542,0
	2015	539,8	543,1
	2017	530,0	525,2
	2019	526,0	524,7
N, g kg ⁻¹	2009	13,4	15,5
	2011	13,9	14,6
	2013	16,6	16,0
	2015	14,3	14,3
	2017	12,47	12,95
	2019	12,12	12,26
S, g kg ⁻¹	2009	1,30	1,44
	2011	1,10	0,98
	2013	1,18	1,25
	2015	-	-
	2017	1,20	1,29
	2019	1,79	1,46
P, g kg ⁻¹	2009	1,16	1,10
	2011	1,33	1,37
	2013	1,63	1,38
	2015	1,56	1,53
	2017	0,99	0,90
	2019	0,95	1,71
Ca, g kg ⁻¹	2009	2,54	4,47
	2011	1,96	3,81
	2013	1,52	3,34
	2015	2,17	4,01
	2017	2,10	4,18
	2019	3,59	2,56
Mg, g kg ⁻¹	2009	1,68	1,62
	2011	1,00	0,93
	2013	1,31	1,18
	2015	1,23	0,95
	2017	0,82	0,85
	2019	0,93	0,95
K, g kg ⁻¹	2009	6,72	6,01
	2011	6,50	5,97
	2013	6,98	5,99
	2015	5,61	5,17
	2017	5,28	5,04
	2019	4,06	4,50

Tab. 8: Priežu (*Pinus sylvestris* L.) skuju ķīmiskais sastāvs Taurenes un Rucavas parauglaukumā

Elements, mērvienība	Parauglaukums	Gads	Pirmā gada pieauguma skujas	Otrā gada pieauguma skujas
C, g kg ⁻¹	Taurene	2015	566,9	542,7
		2017	521,0	522,6
		2019	534,5	526,9
	Rucava	2017	516,2	515,3
		2019	529,3	527,6
N, g kg ⁻¹	Taurene	2015	14,7	13,7
		2017	13,2	12,3
		2019	12,8	12,2
	Rucava	2017	13,0	13,4
		2019	12,8	13,5
S, g kg ⁻¹	Taurene	2015	-	-
		2017	1,36	1,52
		2019	1,49	1,59
	Rucava	2017	1,33	1,37
		2019	1,49	1,62
P, g kg ⁻¹	Taurene	2015	0,90	0,69
		2017	1,09	1,08
		2019	1,26	1,75
	Rucava	2017	0,25	0,22
		2019	0,97	1,62
Ca, g kg ⁻¹	Taurene	2015	1,92	3,64
		2017	2,81	2,99
		2019	3,48	2,58
	Rucava	2017	1,83	4,79
		2019	4,16	2,75
Mg, g kg ⁻¹	Taurene	2015	1,12	0,84
		2017	0,98	0,94
		2019	0,91	0,90
	Rucava	2017	1,04	0,84
		2019	0,56	0,88
K, g kg ⁻¹	Taurene	2015	5,28	4,59
		2017	4,80	5,04
		2019	5,15	4,58
	Rucava	2017	4,72	3,99
		2019	4,08	4,06

Meža nobiru apjoma un ķīmiskā sastāva novērtēšana

Meža nobiru ķīmisko sastāvu ietekmē dažādi faktori, no kuriem galvenie ir mežaudzes koku sugu sastāvs un augsnes īpašības (Heljä-Sisko, 1992; Ukonmaanaho et al., 2008). Barības elementu saturu meža nobirās var būtiski ietekmēt arī klimatiskie apstākļi (Saarsalmi et al., 2007), piemēram, vētras un sausuma periodi, kas izraisa priekšlaicīgu skuju nobiršanu un līdz ar to lielāku “kustīgo” elementu (N, P un K) un mazāku “nekustīgo” elementu (Ca un Mn)

Rezultāti un to analīze

saturu nobirās (Ukonmaanaho et al., 2008). Barības elementu koncentrācija variē dažādās virszemes koka frakcijās (skujas, miza, zari) atkarībā no barības vielu uzņemšanas intensitātes, veģetācijas perioda un koka vecuma (Heljä-Sisko, 1992; Ukonmaanaho et al., 2008).

Skujas un zari priežu vainagā ir galvenie barības vielu uzkrājēji, kas nodrošina šo vielu saglabāšanos ekosistēmā. Kaut arī zari un vainags ietver tikai mazu daļu no kopējās koku biomasas, to audi ir barības vielām relatīvi bagāti un var saturēt vairāk kā pusi no N, P, Mg, K un Ca, kas akumulējušies koka biomasā (Prescott, 2002; Tērauda, 2008).

Meža nobiru frakciju biomasas dinamika otrā līmeņa meža monitoringa Valgundes parauglaukumā kopš 2009. gada parādīta Tab. 9.

Tab. 9: Meža nobiru frakciju biomasas no 2009. līdz 2020. gadam Valgundes parauglaukumā

Nobiru frakcija	Sausa biomasas, kg ha ⁻¹											
	2009. gads	2010. gads	2011. gads	2012. gads	2013. gads	2014. gads	2015. gads	2016. gads	2017. gads	2018. gads	2019. gads	2020. gads
Zari (Ø < 2 cm) un mizas	1580	1531	752	797	772	525	732	693	740	969	1506	1525*
Dominējošās koku sugas skujas	1827	2116	1691	1809	1532	1723	1511	1020	1159	1961	1773	1782*
Citu koku sugu skujas un lapas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	63	25*
Augļi (čiekuri, sēklas)	618	591	342	571	432	492	565	736	1178	-	-	-
Dominējošās koku sugas augļi (čiekuri, sēklas)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	404	175	-
Dominējošās koku sugas augļi, sēklas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121*
Dominējošās koku sugas čiekuri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	366*
Citu koku sugas augļi (čiekuri, sēklas)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	326	4*
Cita biomasas (insekti, fekālijas, citu sugu skujas u.c.)	24	28	22	97	96	68	73	79	218	-	-	-
Cita biomasas (insekti, fekālijas u.c.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	201	79*
Kopējā biomasas	4048	4266	2808	3274	2833	2809	2947	2528	3295	3555	4044	3902*

* - informācija tiks precizēta pēc pilnīgas laboratorisko analīžu pabeigšanas

Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2009. līdz 2020. gadam vislielākā kopējā meža nobiru biomasas konstatēta 2010. gadā - 4266 kg ha⁻¹. Vismazākā kopējā nobiru biomasas konstatēta 2016. gada novērojumu periodā, attiecīgi 2528 kg ha⁻¹. Savukārt pēdējo sešu gadu laikā (kopš 2015. gada) lielākā kopējā

Rezultāti un to analīze

meža nobiru biomasa konstatēta 2019. gadā, kad īpaši liels nobiru biomasas apjoms veidojies tieši oktobra mēnesī - 918 kg ha⁻¹ jeb 24% no gada kopējās nobiru biomasas.

Kopš 2015. gada 1. maija nobiras tiek ievāktas arī Taurenēs un Rucavas parauglaukumos. Rezultāti par laika posmu no 2017. līdz 2020. gadam apkopoti Tab. 10. 2020. gada rezultāti pilnībā tiks precizēti pēc pilnīgas laboratorisko analīžu pabeigšanas.

2017. un 2018. gadā kopējais nobiru daudzums Rucavas parauglaukumā ir aptuveni divas reizes lielāks (attiecīgi, 6869 kg ha⁻¹ un 6085 kg ha⁻¹), salīdzinot ar Valgundes parauglaukumu (attiecīgi, 3295 kg ha⁻¹ un 3555 kg ha⁻¹). Būtisko atšķirību veido ievērojami lielāks skuju nobiru apjoms Rucavas parauglaukumā, kur skuju nobiras ir bijušas 2-4 reizes vairāk nekā pārējos parauglaukumos. Par iemeslu šādām atšķirībām bija meža ugunsgrēks, kurš skāra daļu no Rucavas parauglaukuma. Salīdzinot 2019. gada nobiru apjomus Valgundes, Taurenēs un Rucavas parauglaukumiem, lielākais konstatēts Valgundē (4044 kg ha⁻¹), bet mazākais - Taurenē (2178 kg ha⁻¹). Šādu nobiru apjoma atšķirību starp Valgundes un Taurenēs parauglaukumiem skaidrojama ar to, ka Valgundes parauglaukumā divu frakciju (dominējošās koku sugas skuju, zari un mizas) nobiru apjoms bija aptuveni divas reizes lielāks kā Taurenēs parauglaukumā. Salīdzinot ar 2019. gadu, 2020. gadā Valgundes parauglaukumā nobiru apjoms samazinājies, bet Taurenēs un Rucavas parauglaukumos ir nedaudz palielinājies. Pilnīga informācija par 2020. gada nobiru apjomu Valgundes, Taurenēs un Rucavas parauglaukumos, tiks pievienota pēc laboratorisko analīžu pabeigšanas.

Tab. 10: Meža nobiru frakciju biomasa Taurenēs un Rucavas parauglaukumos laika posmā no 2017. līdz 2020. gadam

Nobiru frakcija	Sausa biomasa, kg ha ⁻¹							
	2017. gads		2018. gads		2019. gads		2020. gads	
	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava	Taurene	Rucava
Zari (Ø < 2 cm) un mizas	1497	1550	866	2775	641	1133	998*	1780*
Dominējošās koku sugas skuju	2090	4111	1681	2668	690	915	843*	880*
Citas skuju un lapas	1070	59	1243	28	505	205	573*	3*
Augļi (čiekuri, sēklas)	579	1123	-	-	-	-	-	-
Dominējošās koku sugas augļi (čiekuri, sēklas)	-	-	110	465	114	109	-	-
Dominējošās koku sugas augļi, sēklas	-	-	-	-	-	-	70*	113*
Dominējošās koku sugas čiekuri	-	-	-	-	-	-	225*	449*
Citu koku sugu augļi (čiekuri, sēklas)	-	-	62	111	90	65	11*	2*
Cita biomasa (insekti, fekālijas, citu sugu skuju u.c.)	175	25	-	-	-	-	-	-
Cita biomasa (insekti, fekālijas u.c.)	-	-	154	38	138	49	131*	19*
Kopējā biomasa	5410	6869	4115	6085	2178	2476	2851*	3246*

* - informācija tiks precizēta pēc pilnīgas laboratorisko analīžu pabeigšanas

Vidējā nobiru biomasa Rucavas integrālā monitoringa stacijā priežu audzē pētījumu periodā no 1997. līdz 2006. gadam bija 3621 ± 462 kg ha⁻¹ gadā, bet

Rezultāti un to analīze

Tauresnes integrālā monitoringa stacijā priežu audzē - $2869 \pm 388 \text{ kg ha}^{-1}$ gadā (Tērauda, 2008). Somijā veiktajos pētījumos priežu audzēs dažādos pētījumos konstatētas atšķirīgas vidējās nobiru biomasas - no 1100 kg ha^{-1} gadā (Starr et al., 2005) līdz 995 kg ha^{-1} gadā (Finér, 1996) un 2225 kg ha^{-1} gadā (Ukonmaanaho et al., 2008). Zviedrijā veiktajos pētījumos konstatētās meža nobiru biomasas priežu audzēs variē no 590 līdz 4200 kg ha^{-1} gadā (Breymeyer, 1996; Ukonmaanaho et al., 2008). Atšķirības skaidrotas ar pētīto parauglaukumu ģeogrāfisko novietojumu, jo nobiru daudzums meža ekosistēmās nelineāri samazinās, pieaugot vietas atrašanās ģeogrāfiskajam platumam (Vucetich et al., 2000) un augiem nepieciešamo barības vielu satura atšķirībām augsnē. Jāatzīmē, ka nobiru kopējā biomasa mainās ik gadu, atkarībā no meteoroloģiskiem apstākļiem un veģetācijas perioda ilguma (Martínez-Alonso et al., 2007).

Kopš 2009. gada Valgundes parauglaukumā ievākto meža nobiru frakciju ķīmiskais sastāvs parādīts Tab. 11. 2019. gadā veiktas 2018. gadā ievākto meža nobiru paraugu analīzes. Vidēji lielākais N, S, P, Mg un K saturs (attiecīgi, $19 \pm 1 \text{ g N kg}^{-1}$, $1,5 \pm 0,2 \text{ g S kg}^{-1}$, $1,3 \pm 0,2 \text{ g P kg}^{-1}$, $1,3 \pm 0,2 \text{ g Mg kg}^{-1}$ un $2,2 \pm 0,2 \text{ g K kg}^{-1}$) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido cita biomasa (fekālijas, insekti u.c.). Savukārt vidēji lielākais Ca saturs ($8,4 \pm 0,9 \text{ g Ca kg}^{-1}$) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido skujuas. 2019. gadā ievākto meža nobiru paraugu analīžu rezultāti, kuri analizēti 2020. gadā, parāda, ka vidēji lielākais N, S, P, Mg un K saturs konstatēts nobiru frakcijā - citu koku sugu augļi (attiecīgi $23,4 \text{ g N kg}^{-1}$, $2,4 \text{ g S kg}^{-1}$, $3,1 \text{ g P kg}^{-1}$, $2,1 \text{ g Mg kg}^{-1}$ un $2,4 \text{ g K kg}^{-1}$). Vidēji lielākais Ca saturs ($12,8 \text{ g Ca kg}^{-1}$) konstatēts nobiru frakcijā - citu koku sugas un lapas.

Tab. 11: Meža nobiru frakciju ķīmiskais sastāvs Valgundes parauglaukumā kopš 2009. gada

Elements, mērvienība	Gads	Nobiru frakcija							
		Skujuas			Augļi			Vainaga zari, mizas	Cita biomasa
		visas skujuas	dominējošās koku sugas skujuas	citu koku sugu skujuas un lapas	visi augļi	dominējošās koku sugas augļi	citu koku sugu augļi		
C, g 100 g^{-1}	2009	53,1	-	-	53,0	-	-	52,5	53,1
	2010	56,4	-	-	55,5	-	-	55,6	56,2
	2011	56,9	-	-	55,4	-	-	57,2	55,9
	2012	54,8	-	-	54,2	-	-	55,4	53,5
	2013	54,5	-	-	57,2	-	-	55,5	53,9
	2014	56,0	-	-	54,2	-	-	53,5	53,8
	2015	57,4	-	-	54,0	-	-	55,4	54,0
	2016	56,5	-	-	53,4	-	-	54,5	52,0
	2017	52,7	-	-	59,4	-	-	58,7	57,5
	2018	-	50,7	47,7	-	48,9	51,0	50,3	50,3
2019	-	53,6	50,8	-	55,5	52,6	52,6	52,4	
N, g kg^{-1}	2009	5,1	-	-	11,8	-	-	6,2	16,1
	2010	7,4	-	-	12,3	-	-	6,1	17,2
	2011	5,7	-	-	5,5	-	-	5,5	26,7
	2012	5,4	-	-	8,2	-	-	5,6	17,1
	2013	12,4	-	-	6,3	-	-	5,8	17,0
	2014	4,8	-	-	7,5	-	-	6,7	19,7
	2015	5,4	-	-	7,7	-	-	6,7	20,3

Rezultāti un to analīze

Elements, mērvienība	Gads	Nobiru frakcija							
		Skujas			Augļi			Vainaga zari, mizas	Cita biomasa
		visas skujas	dominējošās koku sugas skujas	citu koku sugu skujas un lapas	visi augļi	dominējošās koku sugas augļi	citu koku sugu augļi		
	2016	7,5	-	-	9,8	-	-	6,2	20,9
	2017	7,0	-	-	8,1	-	-	11,1	15,9
	2018	-	6,8	9,1	-	5,0	13,3	5,5	19,5
	2019	-	6,4	13,4	-	19,3	23,4	5,7	14,8
S, g kg ⁻¹	2009	0,54	-	-	1,38	-	-	0,74	1,04
	2010	0,59	-	-	0,71	-	-	0,62	1,22
	2011	0,67	-	-	0,63	-	-	0,59	2,19
	2012	0,58	-	-	0,34	-	-	0,58	1,23
	2013	0,90	-	-	0,43	-	-	0,45	1,27
	2014	0,49	-	-	0,69	-	-	0,76	2,44
	2015	0,09	-	-	0,28	-	-	0,22	1,12
	2016	0,42	-	-	0,73	-	-	0,20	2,27
	2017	0,66	-	-	0,47	-	-	0,41	0,98
	2018	-	0,64	0,63	-	0,35	1,19	0,53	1,35
2019	-	0,61	1,53	-	2,22	2,44	0,63	1,70	
P, g kg ⁻¹	2009	0,35	-	-	1,27	-	-	0,27	1,59
	2010	0,47	-	-	0,60	-	-	0,30	0,75
	2011	0,99	-	-	0,90	-	-	0,89	1,85
	2012	0,37	-	-	0,34	-	-	0,30	0,98
	2013	0,34	-	-	0,55	-	-	0,31	1,16
	2014	0,30	-	-	0,55	-	-	0,32	2,71
	2015	0,22	-	-	0,64	-	-	0,35	1,04
	2016	0,40	-	-	0,89	-	-	0,29	1,11
	2017	0,30	-	-	0,49	-	-	0,33	0,77
	2018	-	0,48	0,85	-	0,32	1,05	0,31	1,25
2019	-	0,53	1,34	-	1,82	3,13	0,34	1,25	
Ca, g kg ⁻¹	2009	6,95	-	-	2,38	-	-	6,38	6,53
	2010	7,36	-	-	0,61	-	-	8,65	8,09
	2011	11,16	-	-	4,62	-	-	11,29	11,51
	2012	5,09	-	-	0,95	-	-	6,67	3,50
	2013	8,39	-	-	2,34	-	-	8,50	6,12
	2014	7,82	-	-	1,42	-	-	7,31	7,06
	2015	6,13	-	-	1,31	-	-	5,76	3,81
	2016	8,04	-	-	1,26	-	-	7,59	4,48
	2017	8,69	-	-	1,34	-	-	8,99	3,68
	2018	-	6,09	16,24	-	0,98	3,58	6,60	6,95
2019	-	5,94	12,78	-	4,16	6,77	7,13	7,18	
Mg, g kg ⁻¹	2009	1,39	-	-	1,09	-	-	0,85	2,67
	2010	0,67	-	-	0,59	-	-	0,45	1,10
	2011	0,89	-	-	0,64	-	-	0,66	1,79
	2012	0,79	-	-	0,64	-	-	0,56	0,93
	2013	0,80	-	-	0,80	-	-	0,51	1,09

Rezultāti un to analīze

Elements, mērvienība	Gads	Nobiru frakcija							
		Skujas			Augļi			Vainaga zari, mizas	Cita biomasa
		visas skujas	dominējošās koku sugas skujas	citu koku sugu skujas un lapas	visi augļi	dominējošās koku sugas augļi	citu koku sugu augļi		
	2014	0,86	-	-	0,82	-	-	0,63	1,02
	2015	0,74	-	-	0,78	-	-	0,51	0,91
	2016	0,77	-	-	0,62	-	-	0,79	0,87
	2017	0,81	-	-	0,76	-	-	0,66	0,94
	2018	-	0,89	2,32	-	0,48	1,19	0,66	1,24
	2019	-	0,87	1,64	-	1,12	2,09	0,59	0,73
K, g kg ⁻¹	2009	1,42	-	-	1,37	-	-	0,59	2,63
	2010	1,39	-	-	1,04	-	-	0,80	1,65
	2011	1,55	-	-	1,27	-	-	0,64	3,16
	2012	1,51	-	-	1,24	-	-	0,86	1,62
	2013	1,39	-	-	1,39	-	-	0,73	1,66
	2014	1,28	-	-	1,48	-	-	0,63	2,01
	2015	1,58	-	-	1,94	-	-	0,65	2,14
	2016	2,10	-	-	2,17	-	-	1,40	2,42
	2017	1,50	-	-	1,41	-	-	0,96	1,82
	2018	-	1,72	2,26	-	0,98	2,70	0,83	3,00
	2019	-	1,33	1,90	-	1,45	2,35	0,53	1,03

Kopš 2016. gada Taurenē un Rucavas parauglaukumos ievāktā meža nobiru frakciju ķīmiskais sastāvs parādīts Tab. 12. 2019. gadā veiktas 2018. gadā ievāktā nobiru paraugu analīzes. Līdzīgi kā Valgundes parauglaukumā, arī Taurenē parauglaukumā vidēji lielākais N, S, P, Mg un K saturs (attiecīgi, 15,8±0,4 g N kg⁻¹, 1,6±0,2 g S kg⁻¹, 1,42±0,05 g P kg⁻¹, 1,4±0,3 g Mg kg⁻¹ un 2,4±0,1 g K kg⁻¹) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido cita biomasa (galvenokārt fekālijas un insekti), bet vidēji lielākais Ca saturs (6,4±1,0 g Ca kg⁻¹) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido skujas. Taurenē 2019. gadā ievāktā meža nobiru paraugu analīžu rezultāti parāda, ka vidēji lielākais N saturs (16,7 g N kg⁻¹), konstatēts nobiru frakcijā - dominējošās koku sugas augļi. Savukārt vidēji lielākais S saturs 2,3 g S kg⁻¹ konstatēts divās nobiru frakcijās - dominējošās koku sugas augļi un cita biomasa. Vidēji lielākais Ca un Mg saturs (attiecīgi, 9,1 g Ca kg⁻¹, g 1,7 Mg kg⁻¹) konstatēts nobiru frakcijā - citu koku sugas un lapas, bet P un K saturs (attiecīgi, 2,2 g P kg⁻¹, g 2,5 K kg⁻¹) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido citu koku sugu augļi. Rucavas parauglaukumā ievāktā meža nobiru paraugu analīzes rezultāti par 2018. gadu parāda, ka vidēji lielākais N, S, P un K saturs (attiecīgi, 18,6±1,3 g N kg⁻¹, 1,6±0,3 g S kg⁻¹, 1,6±0,4 g P kg⁻¹ un 2,3±0,4 g K kg⁻¹) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido cita biomasa, bet vidēji lielākais Ca un Mg saturs (attiecīgi, 8,2±1,3 g Ca kg⁻¹ un 1,0±0,5 g Mg kg⁻¹) konstatēts nobiru frakcijā, ko veido skujas. Rucavā 2019. gadā ievāktā meža nobiru paraugu analīžu rezultāti, kuri analizēti 2020. gadā, parāda, ka vidēji lielākais N, P, un K saturs konstatēts nobiru frakcijā - citu koku sugu augļi (attiecīgi, 21,7 g N kg⁻¹, 2,0 g P kg⁻¹, 4,8 g K kg⁻¹), bet vidēji lielākais Ca un Mg saturs (attiecīgi, 9,8 g Ca kg⁻¹, 3,1 g Mg kg⁻¹) konstatēts nobiru frakcijā - citu koku sugas un lapas. Savukārt vidēji lielākais S saturs (2,6 g S kg⁻¹) konstatēts nobiru frakcijā - dominējošās koku sugas augļi.

Rezultāti un to analīze

Tab. 12: Meža nobiru frakciju ķīmiskais sastāvs Taurenes un Rucavas parauglukumā kopš 2016. gada

Elements, mērvienība	Gads	Paraug- lukumums	Nobiru frakcija							
			Skujas			Augļi			Vainaga zari, mizas	Cita biomasa
			visas skujas	dominējošās koku sugas skujas	citu koku sugu skujas un lapas	visi augļi	dominējošā s koku sugas augļi	citu koku sugu augļi		
C, g 100 g ⁻¹	2016	Taurene	54,3	-	-	52,4	-	-	53,2	52,1
		Rucava	57,3	-	-	54,2	-	-	54,6	55,2
	2017	Taurene	55,0	-	-	58,3	-	-	56,3	49,9
		Rucava	57,8	-	-	57,6	-	-	56,7	57,3
	2018	Taurene	-	51,0	49,0	-	50,7	49,9	50,3	46,6
		Rucava	-	57,5	57,9	-	57,6	58,4	57,8	58,0
2019	Taurene	-	51,6	49,7	-	49,6	51,2	50,0	46,3	
	Rucava	-	53,9	51,4	-	53,1	54,4	53,1	50,0	
N, g kg ⁻¹	2016	Taurene	7,1	-	-	7,6	-	-	6,0	15,2
		Rucava	6,8	-	-	11,9	-	-	6,1	16,7
	2017	Taurene	9,6	-	-	11,3	-	-	8,7	16,5
		Rucava	6,9	-	-	9,3	-	-	5,6	18,1
	2018	Taurene	-	7,6	8,3	-	7,6	16,9	6,6	15,7
		Rucava	-	6,1	10,8	-	7,0	18,6	6,4	21,1
	2019	Taurene	-	6,3	8,6	-	16,7	15,0	6,6	15,4
		Rucava	-	5,9	11,4	-	18,7	21,7	6,9	20,6
S, g kg ⁻¹	2016	Taurene	0,38	-	-	0,73	-	-	0,61	1,66
		Rucava	0,50	-	-	1,01	-	-	0,29	1,16
	2017	Taurene	0,82	-	-	1,23	-	-	0,87	1,99
		Rucava	0,56	-	-	0,78	-	-	0,48	1,59
	2018	Taurene	-	0,37	0,58	-	0,59	1,45	0,47	1,26
		Rucava	-	0,41	0,83	-	0,49	1,88	0,47	2,15
2019	Taurene	-	0,74	0,85	-	2,34	1,49	0,81	2,34	
	Rucava	-	1,58	1,14	-	2,57	2,07	0,75	2,03	
P, g kg ⁻¹	2016	Taurene	0,57	-	-	0,58	-	-	0,60	1,50
		Rucava	0,36	-	-	0,83	-	-	0,35	1,21
	2017	Taurene	0,59	-	-	0,80	-	-	0,51	1,44
		Rucava	0,36	-	-	0,55	-	-	0,69	1,21
	2018	Taurene	-	0,70	1,16	-	0,66	1,78	0,55	1,33
		Rucava	-	0,34	0,68	-	0,67	1,52	0,46	2,27
2019	Taurene	-	0,69	1,35	-	2,07	2,16	0,57	1,92	
	Rucava	-	0,46	1,63	-	1,30	1,96	0,49	1,35	
Ca, g kg ⁻¹	2016	Taurene	6,45	-	-	1,05	-	-	4,74	5,31
		Rucava	8,38	-	-	1,66	-	-	5,64	3,15
	2017	Taurene	5,4	-	-	1,7	-	-	4,70	4,3
		Rucava	6,8	-	-	1,5	-	-	4,80	6,1
	2018	Taurene	-	4,82	9,12	-	1,05	3,40	5,41	7,16
Rucava		-	5,85	11,70	-	0,90	3,73	5,22	11,87	
2019	Taurene	-	5,35	9,12	-	3,70	3,91	5,66	8,20	

Rezultāti un to analīze

Elements, mērvienība	Gads	Paraug- laukums	Nobiru frakcija							
			Skujas			Augļi			Vainaga zari, mizas	Cita biomasa
			visas skujas	dominējošās koku sugas skujas	citu koku sugu skujas un lapas	visi augļi	dominējošā s koku sugas augļi	citu koku sugu augļi		
		Rucava	-	5,88	9,76	-	3,12	4,47	4,80	8,49
Mg, g kg ⁻¹	2016	Taurene	0,62	-	-	0,51	-	-	0,50	1,96
		Rucava	0,49	-	-	0,66	-	-	0,41	0,57
	2017	Taurene	0,72	-	-	0,74	-	-	0,66	1,01
		Rucava	0,56	-	-	0,68	-	-	0,55	0,82
	2018	Taurene	-	0,77	1,49	-	0,58	1,15	0,62	1,07
		Rucava	-	0,58	2,45	-	0,57	1,29	0,46	1,25
	2019	Taurene	-	0,59	1,66	-	1,02	1,35	0,54	1,16
		Rucava	-	0,66	3,11	-	0,96	1,80	0,62	1,41
K, g kg ⁻¹	2016	Taurene	1,55	-	-	1,22	-	-	0,95	2,28
		Rucava	1,05	-	-	1,83	-	-	0,73	1,76
	2017	Taurene	1,49	-	-	1,24	-	-	0,88	2,31
		Rucava	1,07	-	-	1,46	-	-	0,93	2,07
	2018	Taurene	-	1,94	1,78	-	1,66	3,23	0,99	2,65
		Rucava	-	1,17	2,71	-	1,67	3,91	0,93	3,09
	2019	Taurene	-	0,93	1,32	-	1,50	2,50	0,59	2,16
		Rucava	-	1,61	3,41	-	1,75	4,76	1,21	3,53

2019. gada meža nobiru frakcijās noteikts smago metālu saturs (Tab. 13), kas atbilstoši ICP Forests metodikai ir definēti kā izvēles parametri (ne obligāti nosakāmi).

Tab. 13: Smago metālu saturs meža nobiru frakcijās Valgundes, Taures un Rucavas parauglaukumā 2019. gadā

Elements, mērvienība	Paraug- laukums	Vainaga zari, mizas	Dominējošās koku sugas skujas	Citu koku sugu skujas un lapas	Dominējošās koku sugas augļi	Citu koku sugu augļi	Cita biomasa
Cd, mg kg ⁻¹	Valgunde	0,23	0,09	0,06	0,11	0,10	0,11
	Taurene	0,32	0,08	0,23	0,21	0,07	0,31
	Rucava	0,34	0,10	0,17	0,17	0,13	0,37
Mn, g kg ⁻¹	Valgunde	0,59	0,87	1,64	1,12	2,09	0,73
	Taurene	0,21	0,53	1,04	0,31	0,35	0,43
	Rucava	0,22	0,58	1,31	0,27	0,43	0,41
Zn, g kg ⁻¹	Valgunde	0,03	0,05	0,06	0,05	0,09	0,04
	Taurene	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07	0,06
	Rucava	0,05	0,05	0,10	0,04	0,09	0,08
Ni, mg kg ⁻¹	Valgunde	< NR	< NR	< NR	< NR	2,79	< NR
	Taurene	< NR	< NR	0,63	0,70	4,04	14,30
	Rucava	0,84	0,72	1,09	1,59	3,53	1,33
Cr, mg kg ⁻¹	Valgunde	1,08	1,04	1,04	0,88	8,21	1,45
	Taurene	1,88	1,03	2,50	4,67	2,40	9,94
	Rucava	0,89	0,90	0,95	1,28	2,72	2,64
Fe, g kg ⁻¹	Valgunde	0,16	0,08	0,13	0,13	0,43	0,38
	Taurene	0,19	0,10	0,09	0,57	0,15	0,90

Rezultāti un to analīze

Elements, mērvienība	Parauglaukums	Vainaga zari, mizas	Dominējošās koku sugas skuļas	Citu koku sugu skuļas un lapas	Dominējošās koku sugas augļi	Citu koku sugu augļi	Cita biomasa
	Rucava	0,21	0,13	0,13	0,40	0,20	1,01
Pb, mg kg ⁻¹	Valgunde	8,62	8,61	1,45	4,30	1,75	8,88
	Taurene	0,23	< NR	< NR	< NR	< NR	2,85
	Rucava	2,27	0,71	0,97	2,70	0,98	4,36
< NR - zem noteikšanas robežas							

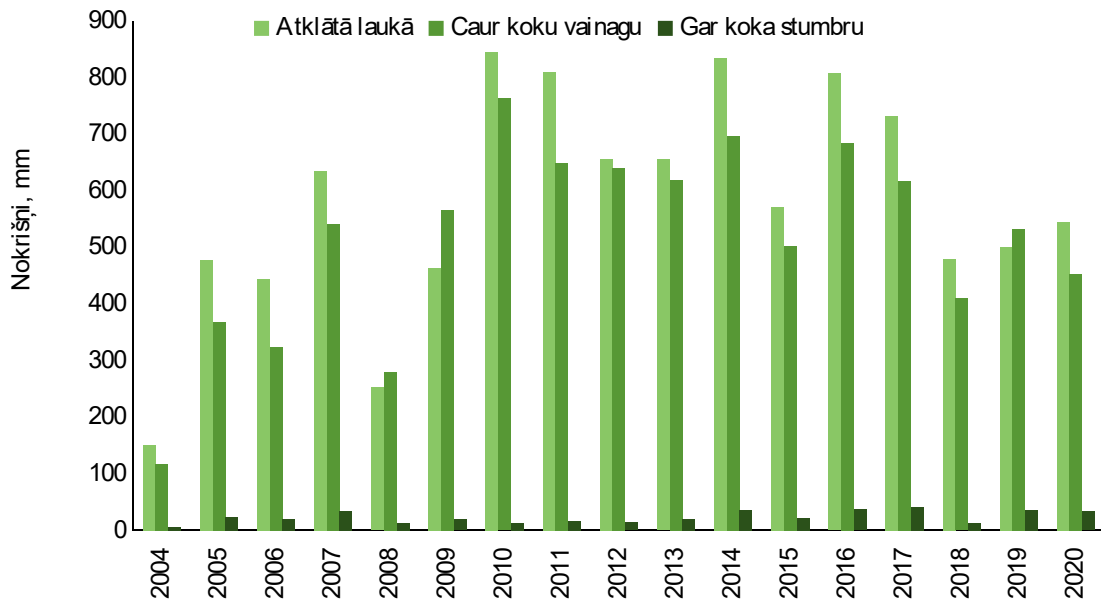
Nokrišņu ūdeņu uzskaitē

LVMI Silava 2009. gadā Valgundes parauglaukumā realizēja pirmo pilno nokrišņu ūdeņu novērojumu uzskaites gadu (no 1. janvāra līdz 31. decembrim), un savākts vidēji 463 mm nokrišņu atklātā vietā un vidēji 585 mm nokrišņu kokaudzē, t.i., nokrišņi, kas izskalojušies caur vainagu un notecējuši gar stumbru. 2010. gada novērojumu periodā savākts vidēji 845 mm nokrišņu atklātā vietā un 763 mm nokrišņu kokaudzē. 2011. gada novērojumu periodā kokaudzē savākts vidēji 649 mm nokrišņu, bet atklātā laukā - 809 mm. Savukārt 2012. gada novērojumu periodā vidēji kokaudzē savākts 639 mm, bet atklātā laukā 656 mm. 2014. gadā visā novērojuma perioda (no janvāra līdz decembrim) atklātā laukā vidēji savākts 834 mm nokrišņu, caur vainagiem kokaudzē nokrituši 697 mm, bet gar stumbru notecējuši 36 mm. 2015. gadā vidējais nokrišņu daudzums ir nedaudz samazinājies. Atklātā laukā nokrituši 572 mm nokrišņu, caur vainagu - 502 mm un gar stumbru notecējuši 22 mm. Vidējais nokrišņu daudzums 2016. gadā ir bijis lielāks nekā 2015. gadā. Nokrišņu daudzums atklātā laukā ir bijis 807 mm, caur koku vainagu 684 mm, bet gar stumbru 37 mm. Kaut arī lielākajā daļā Latvijas nokrišņu daudzums 2017. gadā ir bijis lielāks par normu, Valgundes parauglaukumā nav novērots palielināts nokrišņu daudzums, un nokrišņu daudzums atklātā laukā ir bijis mazāks nekā 2016. gadā - 731 mm, bet caur koku vainagiem 617 mm. 2018. gadā visā novērojuma perioda (no janvāra līdz decembrim) atklātā laukā vidēji savākts 479 mm nokrišņu, caur vainagiem kokaudzē nokrituši 410 mm, bet gar stumbru notecējuši 13 mm. 2019. gada novērojumu periodā atklātā laukā vidēji nokrituši 501 mm nokrišņu, caur vainagiem kokaudzē nokrituši 533 mm, bet gar stumbru notecējuši 36 mm. 2020. gada novērojumu periodā atklātā laukā vidēji nokrituši 545 mm nokrišņu, caur vainagiem kokaudzē nokrituši 452 mm, bet gar stumbru notecējuši 33 mm (Att. 15).

Laika posmā kopš 2009. gada, spriežot pēc nokrišņu daudzuma atklātā laukā, sausākais gads Valgundes parauglaukumā ir bijis 2009. gads, kad nokrituši 463 mm, bet, spriežot pēc nokrišņu daudzuma kokaudzē - vainaga caurteces nokrišņiem, sausākais gads ir bijis 2018. gads, kad nokrituši 410 mm.

Caur koku vainagu uz augsnes nonāk vidēji 80-95% no atklātā laukā izkritušo nokrišņu daudzuma, bet pārējie 5-20%, atkarībā no nokrišņu intensitātes, noplūst gar koku stumbru vai iztvaiko no koku vainaga virsmas. Valgundes parauglaukumā 2019. gadā atklātā laukā nokritis nedaudz mazāks nokrišņu apjoms kā kokaudzē, kas skaidrojams ar lokālām nokrišņu intensitātes atšķirībām. Valgundes parauglaukumā 2020. gadā koku vainagi kopumā uztvēruši ~ 485 mm nokrišņu (vainaga caurteces un stumbra noteces summa), bet no tiem iztvaikojis ~ 60 mm nokrišņu. Pēdējo trīs gadu laikā (2018.-2020. gads) nokrišņu apjomam atklātā laukā ir tendence pieaugt.

Rezultāti un to analīze



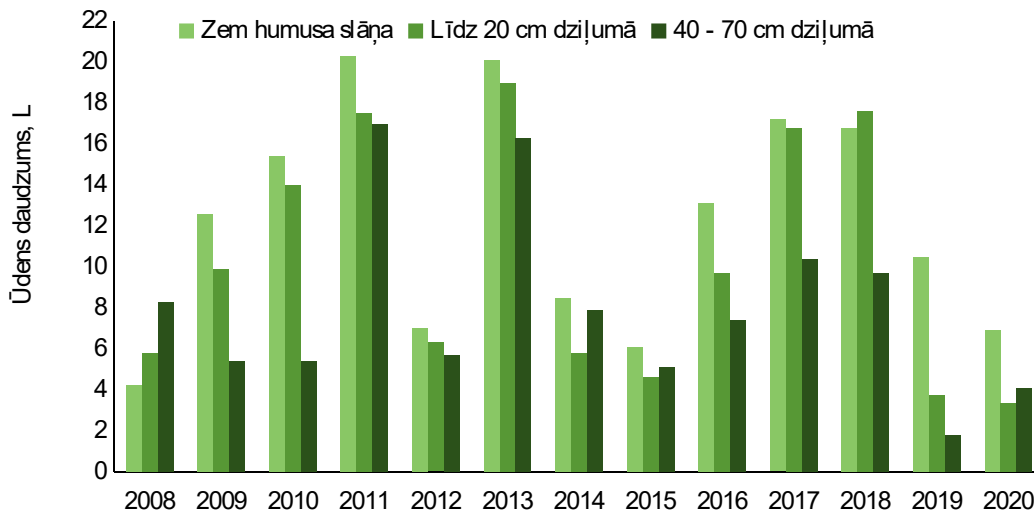
Att. 15: Nokrišņu daudzuma dinamika Valgundes parauglaukumā.

Augsnes ūdeņu uzskaitē

Salīdzinot augsnes ūdeņu daudzumu no 2008. līdz 2019. gadam, dažādos augsnes slāņos vērojamas atšķirīgas tendences (Att. 16). Vislielākā ūdeņu pieplūde 2008. gadā notikusi 40-70 cm dziļumā, tas ir 8,3 L (207 mm), savukārt, zem humusa slāņa 2008. gadā novērojama vismazākā ūdeņu pieplūde - 4,2 L (105 mm). 2009. gadā zem humusa slāņa konstatēta vislielākā ūdeņu pieplūde - 12,6 L (315 mm); bet 40-70 cm dziļumā vismazākā - 5,4 L (135 mm). 2010. gadā novērota vislielākā ūdens pieplūde zem humusa slāņa - 15,4 L (385 mm), 20 cm dziļumam 14,0 L (350 mm) un 40-70 cm dziļumā - 12,8 L (320 mm). 2011. gads bijis lietavām ražīgs, kas atspoguļojas arī augsnes ūdens caurplūdē dažādos augsnes slāņos. Visintensīvāk augsnes ūdens pieplūdis zem humusa slāņa 20,3 L (507 mm, kas ir arī lielākā pieplūde visā novērojamu periodā) un pakāpeniski samazinājies dziļākajos augsnes slāņos, attiecīgi, līdz 20 cm dziļumā 17,5 L (437 mm) un 40-70 cm dziļumā 17,0 L (425 mm). Salīdzinot augsnes ūdeņu daudzuma datus 2008., 2009., 2010., un 2011. gada novērojamu periodos dažādos augsnes dziļumos, vērojama tendence, ka šajos gados ūdens daudzums dažādos dziļumos pakāpeniski palielinājies. Savukārt 2012. gada novērojamu periodā redzama pretēja tendence, un ūdens daudzums ir statistiski būtiski samazinājies, attiecīgi zem humusa slāņa 7,0 L (175 mm), līdz 20 cm dziļumā 6,3 L (157 mm) un 40-70 cm dziļumā 5,7 L (143 mm). 2013. gadā redzams, ka augsnes ūdens pieplūde lizimetros ir sasniedzis 2011. gada apjomu. 2013. gadā lielākā ūdens pieplūde ir augšējos augsnes slāņos tūlīt zem humusa slāņa, attiecīgi 20,1 L (500 mm) un samazinās dziļākos augsnes slāņos - 20 cm dziļumā 19,0 L (475 mm), un 40-70 cm dziļumā 16,25 L (400 mm). Savukārt 2014. gada novērojamu periodā ir vērojamas nelielas atšķirības starp virsējo augsnes slāni zem humusa slāņa un 40-70 cm dziļumā, attiecīgi 8,5 L (212 mm) un 7,9 L (198 mm). Līdzīgi kā 2014. gadā, arī 2015. gadā lielākais ūdens daudzums bijis zem humusa slāņa, un mazākais 20 cm dziļumā. Salīdzinot ar 2014. gadu, 2015. gadā kopējais augsnes ūdeņu daudzums ir mazliet samazinājies, kas sakrīt arī ar mazāku nokrišņu daudzumu 2015. gadā. Gan 2016. gan 2017. gadā ievāktā augsnes

Rezultāti un to analīze

ūdens apjoms ir lielāks nekā 2015. gadā. Tas sakrīt arī ar kopējo nokrišņu izmaiņām. 2019. gadā visos izdalītajos augsnes slāņos konstatēts mazāks augsnes ūdeņu daudzums, salīdzinot gan ar 2017. gadu, gan ar 2018. gadu. 2020. gadā vislielākā ūdeņu pieplūde notikusi zem humusa slāņa (9,6 L), savukārt, vismazākā ūdeņu pieplūde - 3,3 L novērota slānī līdz 20 cm dziļumam. Tas skaidrojams ar mazāku nokrišņu daudzumu, kas izkritis caur koku vainagiem 2020. gadā.



Att. 16: Augsnes ūdeņu daudzuma izmaiņas no 2008. līdz 2020. gadam Valgundes parauglaukumā.

Analizējot augsnes ūdeņu daudzumu, redzama ikgadēja nokrišņu apjoma ietekme, ko raksturo cieša pozitīva korelācija, attiecīgi, zem humusa slāņa r ir 0,71, līdz 20 cm dziļumā r ir 0,60, un vāja korelācija 40-70 cm dziļumā - r ir 0,23. Ūdens daudzums virsējos augsnes slāņos ir atkarīgs no attiecīga gada nokrišņu apjoma, savukārt 40-70 cm dziļumā ūdens daudzuma izmaiņas nav tieši atkarīgs no ikgadējā nokrišņu daudzuma.

Nokrišņu un augsnes ūdeņu ķīmiskās analīzes

Nokrišņu ūdeņi

Nokrišņu sastāvā ietilpst ne tikai ūdens, bet arī dažādi ķīmiskie elementi. Elementu sastāvs, kas nonāk līdz meža ekosistēmai, ir atkarīgs no gaisā esošo putekļu koncentrācijas un sastāva. Gaisā esošo putekļu daudzums var būt kā indikators gaisa kvalitātes novērtēšanai. Virs apdzīvotām vietām un rūpniecisko kompleksu tuvumā parasti ir lielāka putekļu koncentrācija gaisā, savukārt, lauku rajonos tā ir mazāka. Šie putekļi satur ķīmiskos elementus, kas pasliktina gaisa kvalitāti, taču šie elementi var bagātināt meža augsni ar augiem nepieciešamām barības vielām.

Katru gadu caur nokrišņiem augsnē nonāk vairāki desmiti kilogramu dažādu ķīmisko elementu (Tab. 14). Ķīmisko elementu ieneses aprēķināšanai izmantoti dati par ienesi no nokrišņu ūdeņiem atklātā laukā.

No bāziskajiem katjoniem, augsnē visvairāk tiek ienests Ca, vidēji $7,3 \text{ kg ha}^{-1}$ (no $3,3 \text{ kg ha}^{-1}$ līdz $16,0 \text{ kg ha}^{-1}$). Pārējo katjonu daudzums ir vairāk kā divas reizes mazāks - vidējā K ienese ir $2,5 \text{ kg ha}^{-1}$, vidējā Mg ienese ir $1,8 \text{ kg ha}^{-1}$ un vidējā Na ienese ir $3,1 \text{ kg ha}^{-1}$.

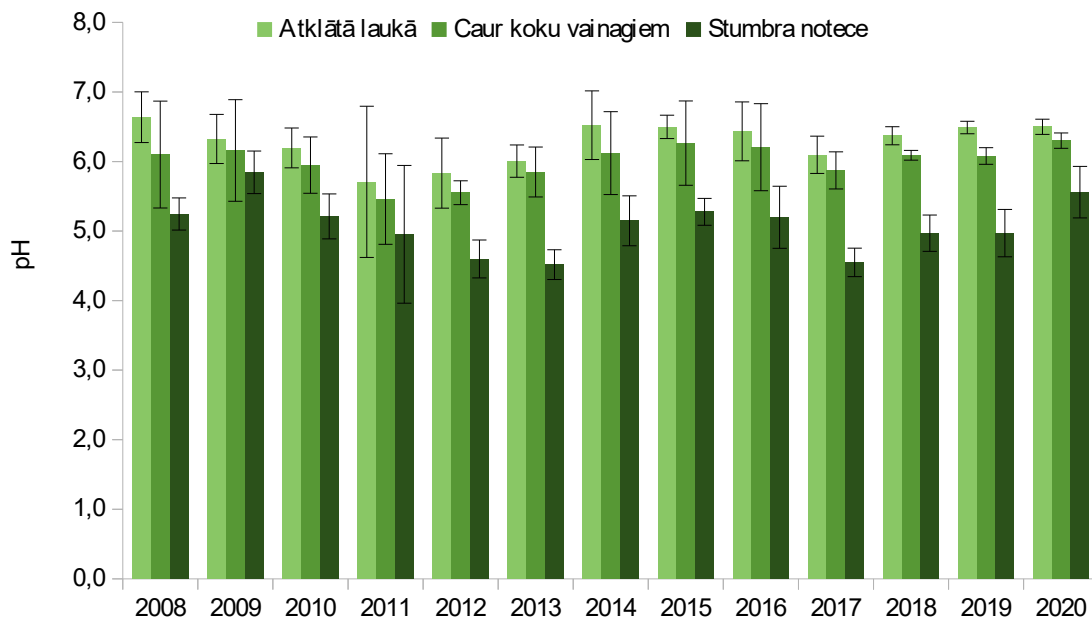
Rezultāti un to analīze

Laika gaitā ievērojami ir samazinājies kopējā slāpekļa ienese ar nokrišņu ūdeņiem. Ja 2009. un 2010. gadā kopējais ienestais slāpekļa daudzums bija no 30 kg ha⁻¹ līdz 40 kg ha⁻¹ gadā, tad laika posmā no 2013. līdz 2020. gadam kopējais ienestais slāpekļa daudzums bija no 3 līdz 5 kg ha⁻¹ gadā.

Tab. 14: Dažādu elementu ienese (kg ha⁻¹) meža ekosistēmā ar nokrišņiem Valgundes parauglaukumā

Element s	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Vidēji
K	5,50	3,35	2,48	2,33	1,21	1,31	2,47	1,05	1,19	3,98	2,57	2,65	2,51
Ca	6,15	5,27	5,39	3,31	7,93	6,39	5,05	7,49	3,73	16,03	14,14	6,48	7,28
Mg	2,36	1,51	2,21	1,36	2,03	1,86	1,80	1,43	1,34	2,09	1,62	1,68	1,77
Na	2,81	2,13	2,56	1,86	3,27	2,88	3,40	3,38	4,58	3,04	3,40	3,78	3,09
N-NH ⁴	7,31	4,15	2,64	4,05	0,73	1,86	2,17	1,17	1,49	1,58	1,58	1,38	2,51
Cl	4,71	4,74	6,24	3,63	3,67	3,53	5,29	4,55	3,14	9,99	9,56	8,91	5,66
N-NO ³	2,14	3,77	1,94	1,29	1,27	1,48	2,43	0,98	2,04	1,64	1,24	1,27	1,79
S-SO ⁴	3,92	3,61	2,76	2,18	2,88	14,46	2,36	1,52	1,69	2,25	4,05	0,76	3,54
DTN	29,92	40,23	18,58	12,79	3,12	4,34	5,18	3,40	4,59	5,20	3,42	3,60	11,20

Slāpekļa un sēra savienojumi atmosfērā būtiski ietekmē nokrišņu pH. Gada griezumā atklātā lauka nokrišņu vidējā pH vērtība laika periodā no 2004. līdz 2020. gadam Valgundes parauglaukumā svārstījies robežās no 5,7 ±0,2 2011. gadā līdz 6,6 ±0,2 2008. gadā (Att. 17). Koku vainagu caurteces vidējais pH svārstījies no 5,5 ±0,2 2011. gadā līdz 6,3 ±0,2 2015. un 2020. gadā, bet koku stumbru noteces nokrišņu vidējā pH vērtība bijusi robežās no 4,5 ±0,1 2013. gadā līdz 5,9 ±0,7 2009. gadā. Rezultāti iezīmē tendenci - nokrišņu pH piemīt periodisks raksturs, kur pēc pH vidējo rādītāju krituma seko kāpums. Perioda ilgums ir aptuveni 4-7 gadi, kura laikā no viena minimuma/maksimuma rādītāji nonāk līdz nākamajam minimumam/maksimumam.



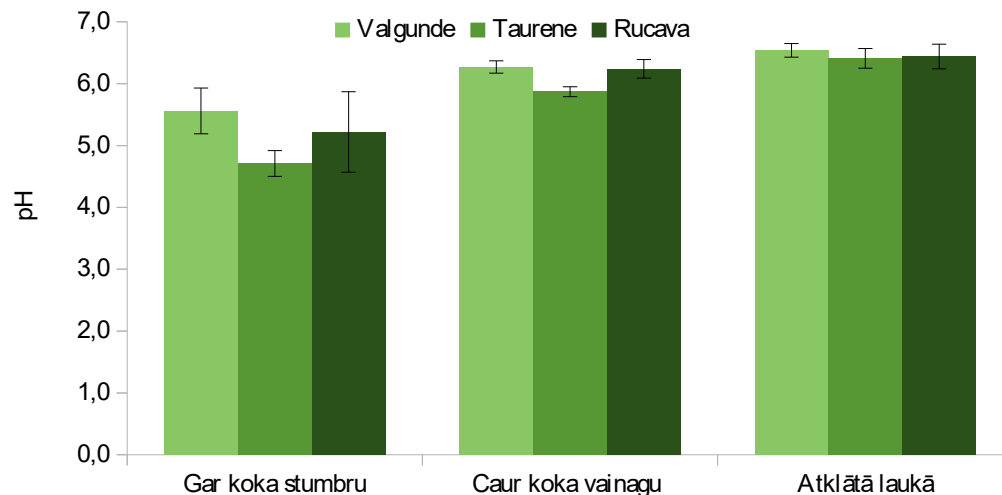
Att. 17: Atklātā lauka, koku vainagu caurteces un stumbru noteces nokrišņu vidējais pH laika posmā no 2008. līdz 2020. gadam Valgundes parauglaukumā.

Kopumā secināms, ka visskābākie ir nokrišņu ūdeņi, kas notek gar koku stumbriem. Nokrišņi caur koku vainagiem galvenokārt ir skābāki par nokrišņiem

Rezultāti un to analīze

atklātā laukā. Tas saistīts ar organisko skābju nokļūšanu nokrišņu ūdeņos, tiem saskaroties ar augiem. Pastāv stipra un būtiska pozitīva korelācija ($r = 0,89$) starp atklātā lauka nokrišņu pH un koku vainagu caurteces nokrišņu pH. Vāja, bet joprojām būtiska pozitīva korelācija ($r = 0,65$) pastāv arī starp atklātā lauka nokrišņu pH un stumbru noteces nokrišņu pH. Vājāka korelācija starp atklātā lauka nokrišņu pH un stumbru noteces nokrišņu pH skaidrojama ar ilgstošāku ūdens saskari ar kokiem, kuras laikā ūdenī nonāk vairāk organisko skābju un citu organisko un neorganisko vielu.

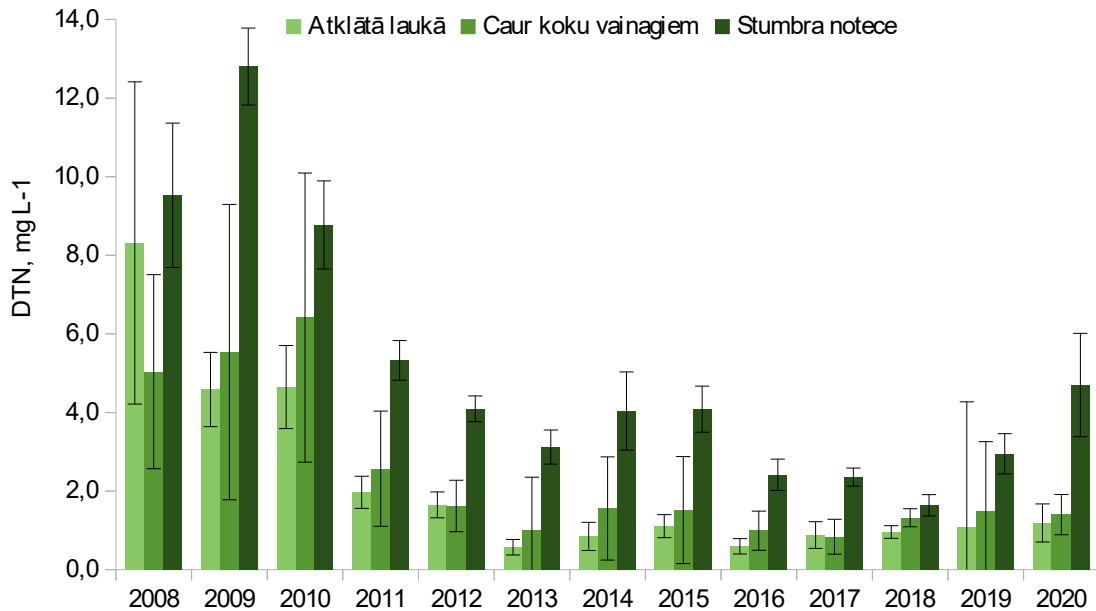
Kopš 2015. gada 1. maija nokrišņu paraugu ņemšana un analizēšana uzsākta arī Taurenes un Rucavas parauglaukumos. Vērtējot nokrišņu ūdeņu vidējo pH atklātā laukā, 2018. gadā netika konstatētas būtiskas atšķirības starp Taurenes, Rucavas un Valgundes parauglaukumiem, 2019. gadā nedaudz skābāks nokrišņu ūdens konstatēts Rucavas parauglaukumā, bet 2020. gadā nedaudz skābāks nokrišņu ūdens konstatēts Taurenes parauglaukumā. Visos parauglaukumos visskābākais nokrišņu ūdeņu pH konstatēts koku stumbru noteces nokrišņos, bet visaugstākās vidējās pH vērtības Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos ir konstatētas nokrišņos atklātā laukā. Savukārt, 2020. gadā vainagu caurteces nokrišņos zemākā pH vērtība ($5,9 \pm 0,1$) konstatēta Taurenes parauglaukumā, bet augstākās pH vērtība - Valgundes un Rucavas parauglaukumos (attiecīgi, $pH 6,3 \pm 0,1$ un $6,2 \pm 0,2$, Att. 18).



Att. 18: Vidējais nokrišņu ūdeņu pH Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos 2020. gadā.

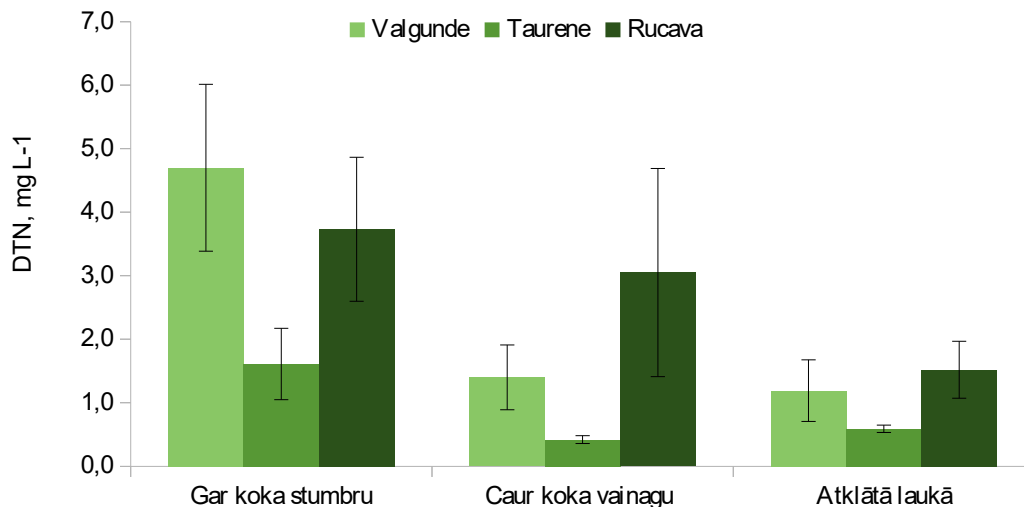
Viens no gaisā esošā ūdens kvalitātes kritērijiem un piesārņojuma indikatoriem ir slāpekļa daudzums. Valgundes parauglaukumā izteikts kopējā slāpekļa satura pieaugums nokrišņu ūdeņos konstatēts laika posmā no 2008. līdz 2010. gadam (Att. 19), kad slāpekļa saturs nokrišņos svārstījies no $4,4 \text{ mg L}^{-1}$ atklāta lauka nokrišņos līdz $12,8 \text{ mg L}^{-1}$ stumbra noteces ūdeņos. Šajā laikā arī konstatēts lielāks slāpekļa saturs nobiru augļu frakcijā. Kopš 2011. gada kopējais slāpekļa saturs nokrišņos ir ievērojami samazinājies un būtiski nemainās pa gadiem.

Rezultāti un to analīze



Att. 19: Vidējais kopējā slāpekļa (DTN) saturs nokrišņu ūdeņos Valgundes parauglaukumā kopš 2008. gada.

Att. 20 parādīts vidējā kopējā slāpekļa satura salīdzinājums nokrišņu ūdenī 2020. gadā Valgundes, Taurenas un Rucavas parauglaukumos. Visos parauglaukumos lielākais kopējā slāpekļa saturs konstatēts stumbra noteces nokrišņos (vidēji 3,33 mg L⁻¹). Kopumā mazākais vidējais kopējā slāpekļa saturs nokrišņos konstatēts Taurenas parauglaukumā (Att. 20).



Att. 20: Vidējais kopējā slāpekļa (DTN) saturs nokrišņu ūdeņos Valgundes, Taurenas un Rucavas parauglaukumos 2020. gadā.

Koku augšanai nozīmīga ir bāzisko katjonu pieejamība augsnē. Viens no bāzisko katjonu ieneses avotiem ekosistēmā ir nokrišņu ūdeņi. Nokrišņu ūdens elektrovadītspēja un bāzisko katjonu saturs par 2020. gadu apkopots Tab. 15. Ja salīdzina nokrišņu elektrovadītspēju, kas raksturo kopējo izšķīdušo sāļu daudzumu ūdenī, un bāzisko katjonu saturu nokrišņos, kas izskalojušies caur koku vainagiem un noskalojušies gar koku stumbriem, redzams, ka visos parauglaukumos elektrovadītspēja un bāzisko katjonu saturs nokrišņos, kas

Rezultāti un to analīze

noskalojušies gar koku stumbriem, ir būtiski lielāks nekā nokrišņos, kuri izskalojušies caur koku vainagiem.

Tab. 15: Nokrišņu ūdeņu ķīmiskais sastāvs Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos 2020. gada novērojumu periodā

Elements	Parauglaukums	Atklātā laukā	Caur koku vainagu	Stumbra notece
Elektrovadītspēja, $\mu\text{S cm}^{-1}$	Rucava	21,9±5,5	73,2±24,1	171,6±41,6
	Taurene	13,8±1,1	19,3±1,5	56,3±5,0
	Valgunde	29,0±6,2	28,0±5,0	84,8±13,7
Ca, mg L^{-1}	Rucava	3,3±2,4	3,8±1,8	10,2±4,7
	Taurene	1,1±0,1	1,4±0,2	3,0±0,5
	Valgunde	2,1±0,6	1,9±0,5	5,9±0,9
Mg, mg L^{-1}	Rucava	0,38±0,11	0,88±0,15	2,66±1,19
	Taurene	0,25±0,02	0,48±0,04	1,03±0,19
	Valgunde	0,56±0,16	0,71±0,10	2,15±0,43
K, mg L^{-1}	Rucava	0,49±0,14	1,79±0,35	5,82±1,45
	Taurene	0,26±0,04	1,14±0,17	3,18±0,39
	Valgunde	0,88±0,28	1,14±0,20	5,07±0,52

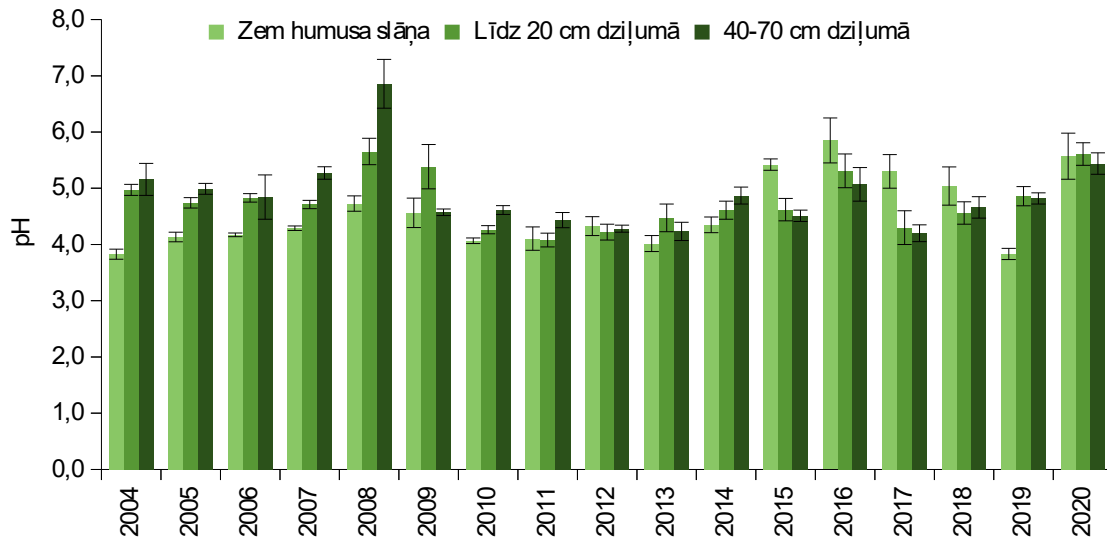
Augsnes ūdeņi

Ķīmisko vielu iznese no priežu mežu ekosistēmām notiek galvenokārt ar augsnes ūdeni. Meža ekosistēmā, nokrišņiem nonākot uz augsnes un sūcoties cauri augsnes slāņiem, ūdens daudzums mainās un tā ķīmiskais sastāvs tiek pārveidots. Procesi, kas pārveido augsnes ūdeni, ietver barības elementu uzņemšanu, mikroorganismu darbību, adsorbciju/desorbciju, jonu apmaiņu un dēdēšanu. Katjonu apmaiņa, kurā protoni tiek adsorbēti un citi katjoni atbrīvoti augsnes šķīdumā, boreālo mežu augsnes ir cieši saistīta ar organisko vielu daudzumu un pH.

Viens no galvenajiem augsnes ūdens ķīmiskajiem parametriem ir pH. Augsnes ūdens analīžu rezultāti Valgundes parauglaukumā liecina, ka augsnes ūdens pH mainās atkarībā no augsnes slāņa (Att. 21). Laika posmā no 2004. gada līdz 2014. gadam un 2019. un gadā vērojama tendence, ka palielinoties augsnes dziļumam, augsnes ūdens pH vērtība galvenokārt palielinās - vide kļūst bāziskāka. To galvenokārt veicina protona buferizācijas un neitralizācijas procesi, ko izraisa citu katjonu satura palielināšanās. Laika posmā no 2015. gada līdz 2018. gadam un 2020. gadā vērojama pretēja tendence - palielinoties augsnes dziļumam, augsnes ūdens pH vērtība samazinās jeb augsnes ūdens kļūst skābāks.

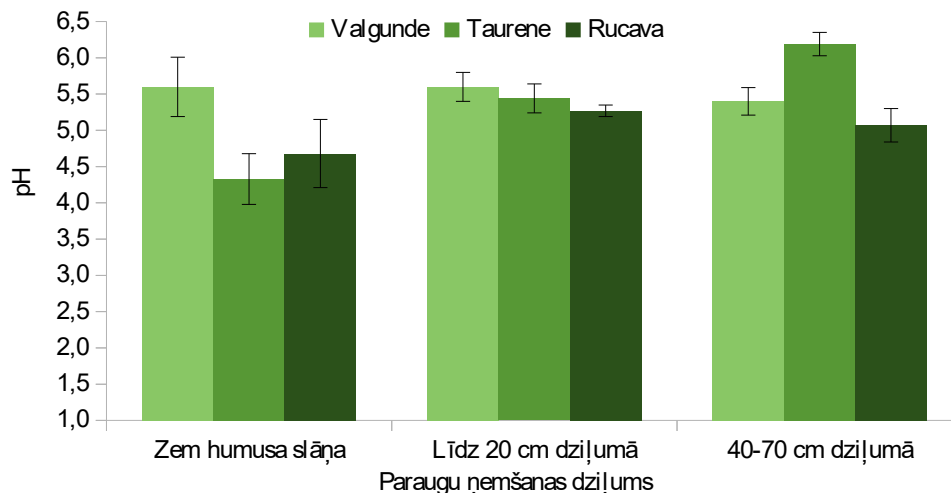
Valgundes parauglaukumā 2017. gada novērojumu periodā vidējā augsnes ūdens pH vērtība zem humusa slāņa bija $5,3 \pm 0,3$, līdz 20 cm dziļumā - $4,3 \pm 0,4$ un 40-70 cm dziļumā - $4,2 \pm 0,2$. 2018. gada novērojumu periodā vidējā augsnes ūdens pH vērtība zem humusa slāņa bija $5,1 \pm 0,4$, līdz 20 cm dziļumā - $4,5 \pm 0,2$ un 40-70 cm dziļumā - $4,6 \pm 0,2$. Salīdzinot ar 2017. un 2018. gadu, 2019. gadā vidējā augsnes ūdens pH vērtība Valgundes parauglaukumā zem humusa slāņa ir ievērojami samazinājusies, vidējais augsnes ūdens pH bija $3,8 \pm 0,1$. Savukārt vidējais augsnes ūdens pH līdz 20 cm dziļumā un 40-70 cm dziļumā ir saglabājies 2018. gada līmenī, attiecīgi, pH $4,9 \pm 0,2$ un $4,8 \pm 0,1$. 2020. gada novērojumu periodā vidējā augsnes ūdens pH vērtība zem humusa slāņa bija $5,6 \pm 0,4$, līdz 20 cm dziļumā - $5,6 \pm 0,2$ un 40-70 cm dziļumā - $5,4 \pm 0,2$, kas salīdzinot ar iepriekšējo gadu (2017., 2018., un 2019. gads) novērojumu datiem ir ievērojami pieaugušas.

Rezultāti un to analīze



Att. 21: Vidējās augsnes ūdens pH vērtības Valgundes parauglaukumā.

2019. gadā Valgundes un Taurenas parauglaukumos zemākā augsnes ūdens vidējā pH vērtība konstatēta zem humusa slāņa, bet līdz ar augsnes slāņa padziļināšanos augsnes ūdens vidējais pH kļūst bāziskāks, sasniedzot vidējo pH vērtību $6,0 \pm 0,2$ 40-70 cm dziļumā Taurenas parauglaukumā. Informācija par augsnes ūdens pH Rucavas parauglaukumā nav pieejama, jo augsnes ūdens paraugu pieejamība 2019. gadā bija ierobežota sakarā ar ilgstošu sausumu. Valgundes, Taurenas un Rucavas parauglaukumos 2020. gadā zemākā augsnes ūdens vidējā pH vērtība konstatēta zem humusa slāņa. Vēl 2020. gadā, līdzīgi kā 2019. gadā, Taurenas un Rucavas parauglaukumos konstatēts, ka līdz ar augsnes slāņa padziļināšanos augsnes ūdens vidējais pH kļūst bāziskāks, sasniedzot vidējo pH vērtību $6,2 \pm 0,2$ 40-70 cm dziļumā (Att. 22). Savukārt, Valgundes parauglaukumā novērots pretēja tendence.

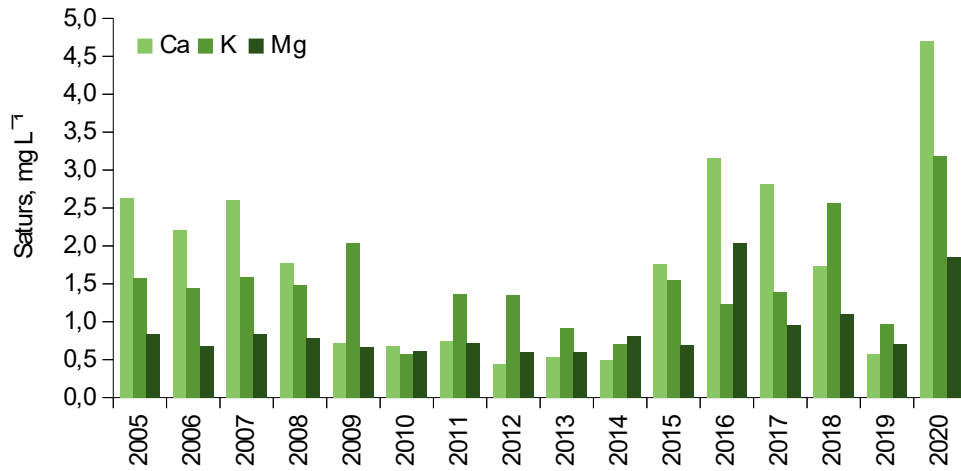


Att. 22: Augsnes ūdens vidējās pH vērtības Valgundes, Taurenas un Rucavas parauglaukumā 2020. gada novērojumu periodā.

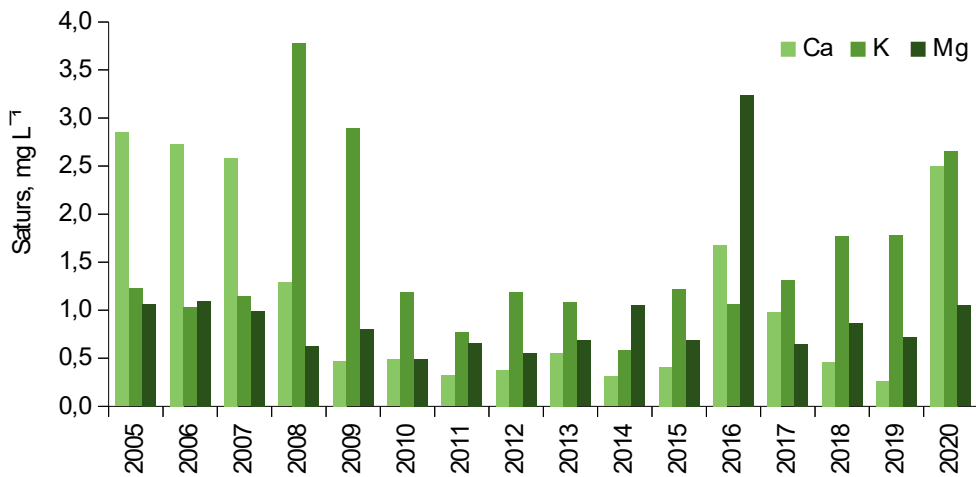
Minerālu dēdēšana ir būtisks process, kas augsnei piegādā bāziskos katjonu. Šos katjonus augi uzņem ar saknēm, vai arī tie tiek izskaloti. Att. 23-25 parādīts vidējais bāzisko katjonu saturs augsnes ūdeņos dažādos dziļumos otrā līmeņa meža monitoringa Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2004. gada līdz 2020. gadam. Salīdzinot 2020. gadā iegūtos rezultātus ar 2017., 2018., un

Rezultāti un to analīze

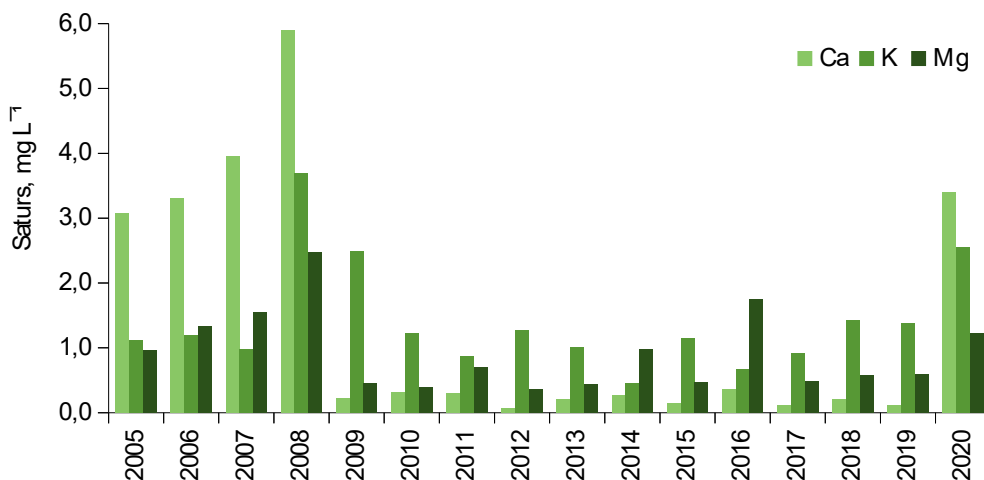
2020. gadā iegūtajiem rezultātiem novērojams, ka bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī zem humusa slāņa, kā arī augsnes dziļākajos slāņos ir pieaudzis.



Att. 23: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī zem humusa slāņa laika posmā no 2004. līdz 2020. gadam Valgundes parauglaukumā.



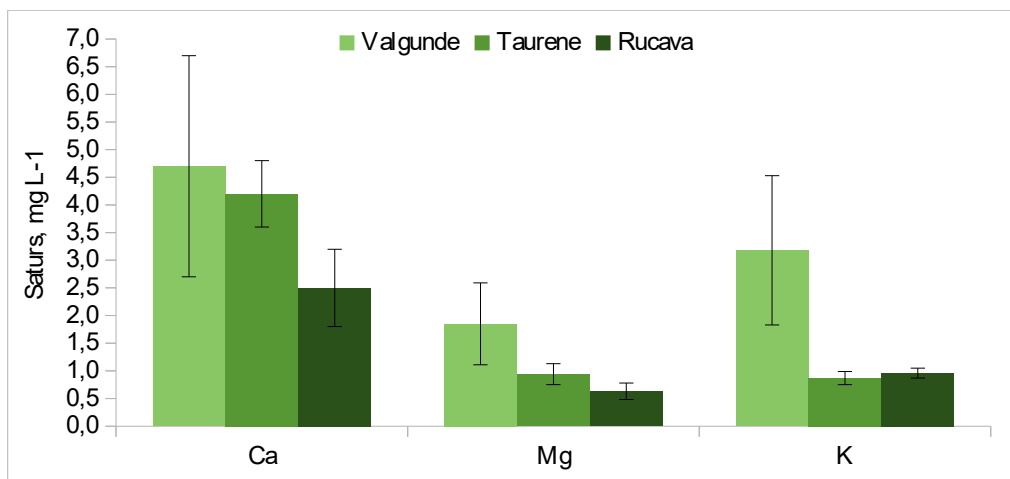
Att. 24: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam laika posmā no 2004. līdz 2020. gadam Valgundes parauglaukumā



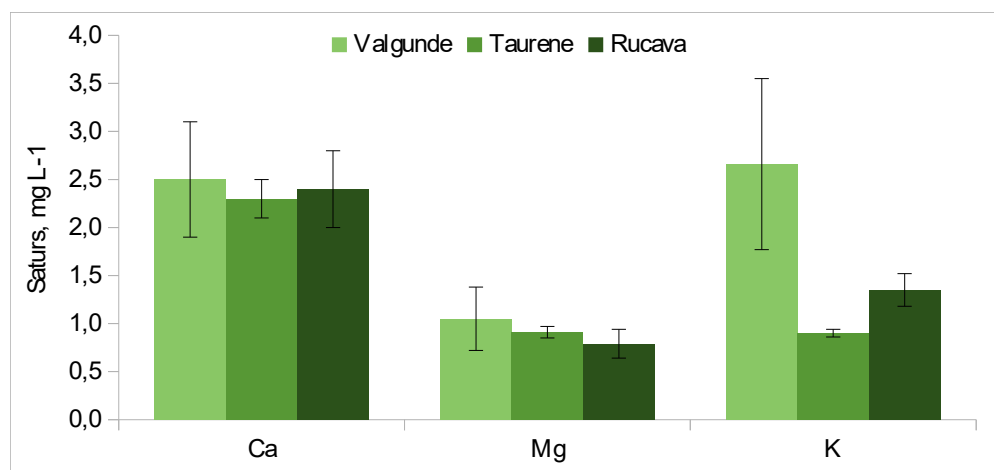
Rezultāti un to analīze

Att. 25: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdeņos 40-70 cm dziļumā laika posmā no 2004. līdz 2020. gadam Valgundes parauglaukumā.

Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī 2020. gada novērojumu periodā Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos parādīts Att. 26-28. Informācija par bāzisko katjonu saturu augsnes ūdenī Rucavas parauglaukumā 2019. gadā nebija pieejama, jo augsnes ūdens paraugu pieejamība 2019. gadā bija ierobežota ilgstoša sausuma dēļ. Kopumā 2019. gadā lielāks bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī konstatēts Taurenes parauglaukumā, salīdzinot ar vidējiem rādītājiem Valgundes parauglaukumā. Salīdzinot 2019. gadā iegūtos vidējos analīžu rādītājus ar 2020. gadā iegūtajiem vidējajiem analīžu rādītājiem konstatēts, ka lielāks bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī (zem humusa slāņa un līdz 20 cm dziļumam) ir Valgundes parauglaukumā. Taurenes un Rucavas parauglaukumos tas ir mazāks. Taču, bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī 40-70 cm dziļumā augstāks ir Taurenes parauglaukumā.

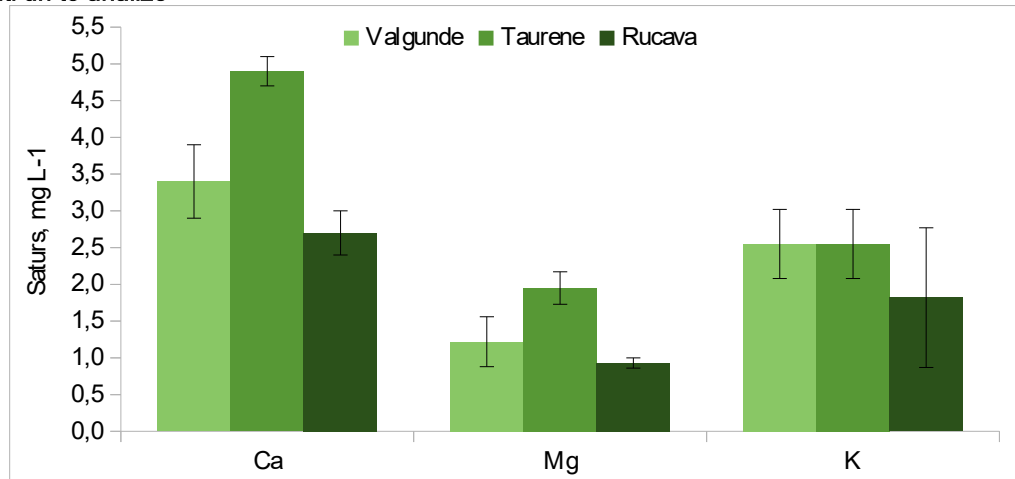


Att. 26: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī zem humusa slāņa 2020. gada novērojumu periodā Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos.



Att. 27: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī līdz 20 cm dziļumam 2020. gada novērojumu periodā Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos.

Rezultāti un to analīze



Att. 28: Bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī 40-70 cm dziļumā 2020. gada novērojumu periodā Valgundes, Taurenes un Rucavas parauglaukumos.

Gaisa kvalitātes mērījumi

Augu un citu dzīvo organismu bojājumus, kuri rodas vides faktoru ietekmē, saista ar gaisa piesārņojumu un paaugstinātām sārņvielu koncentrācijām atmosfērā.

Gaisa kvalitātes mērījumu pētījumi otrā līmeņa meža monitoringa parauglaukumā atklātā laukā veikti šādos laika periodos:

- no 2009. gada aprīļa līdz oktobrim;
- no 2010. gada maija līdz oktobrim;
- no 2011. gada jūnija līdz oktobrim;
- no 2012. gada maija līdz oktobrim;
- no 2013. gada maija līdz jūnijam;
- no 2014. gada maija līdz augustam;
- no 2015. gada jūnija līdz oktobrim;
- no 2016. gada maija līdz septembrim;
- no 2017., 2018., 2019. un 2020. gada jūnija līdz oktobrim.

Tab. 16 redzamas analīžu rezultātu skaitliskās vērtībās par laika posmu no 2004. līdz 2020. gadam. Gaisa kvalitātes mērījumu rezultāti rāda, ka kopumā novērojumu periodā no 2009. gada līdz 2020. gadam sēra dioksīda, slāpekļa dioksīda un amonjaka koncentrācijas ir relatīvi zemas un nevienā no novērojumu periodiem nepārsniedz cilvēka veselībai kaitīgās devas, kas noteiktas ministru kabineta noteikumos par gaisa kvalitāti, kā tas ir raksturīgs lauku apvidiem.

SO₂ koncentrācija gaisā uzrāda stabilas vērtības un kopš 2009. gada ir robežās no 0,25 līdz 0,9 μg m⁻³. Viszemākā SO₂ koncentrācija gaisā bijusi 2016. gadā, kad tikai augusta mēnesī SO₂ koncentrācija ir pārsniegusi 0,3 μg m⁻³. Tabulā iekļautas vērtības arī no 2004. un 2005. gada, kad rādītāji ir būtiski augstāki, nekā sākot no 2009. gada. Tas ir skaidrojams ar metodoloģiskām izmaiņām, nevis ārēju faktoru ietekmi.

Rezultāti un to analīze

NO₂ koncentrācija gaisā ir no 0,8 līdz 3,6 μg m⁻³. Līdzīgi kā SO₂ gadījumā, nav novērojamas patstāvīgas tendences palielināties vai samazināties NO₂ koncentrācijai gaisā. Veicot Kruskala-Vallisa testu konstatētas būtiskas atšķirības (Kruskall-Wallis test, p<0,05), salīdzinot datus pa mēnešiem. Visaugstākā koncentrācija ir oktobra mēnesī, bet viszemākā vasaras mēnešos - jūlijā augustā, kas varētu būt saistīts ar veģetācijas sezonas beigšanos.

NH₃ koncentrācija ir robežās no 0,6 līdz 13,9 μg m⁻³. No 2011. gada līdz 2014. gadam (izņemot 2013. gadu, kad bija nepietiekams analīžu rezultātu skaits) konstatēta būtiski (Kruskall-Wallis test, p<0,05) paaugstināta NH₃ koncentrācija gaisā. Sākot ar 2015. gadu koncentrācija ir samazinājusies. Analizējot NH₃ koncentrācijas izmaiņas pa mēnešiem, būtiskas atšķirības nav konstatētas, izmaiņas nav sistemātiskas.

Ozona (O₃) koncentrācija gaisā variē robežās no 22 līdz 73 μg m⁻³, kas norāda uz salīdzinoši zemu ozona koncentrāciju. Šāda koncentrācija netiek uzskatīta par bīstamu vai kaitīgu augu attīstībai. Literatūrā pieejamā informācija liecina, ka augu bojājumi un ražu samazināšanās konstatēta ozona koncentrācijai pārsniedzot 80 μg m⁻³ (Fuhrer et al., 1997; Heagle, 1989). Ozona koncentrācija gadu griezumā būtiski nemainās, taču būtiskas atšķirības konstatētas (Kruskall-Wallis test, p < 0,05) starp koncentrācijām dažādos mēnešos. Vislielākā ozona koncentrācija konstatēta jūlijā.

Tab. 16: Vidējais SO₂, NH₃, NO₂ un O₃ saturs gaisā Valgundes parauglaukumā

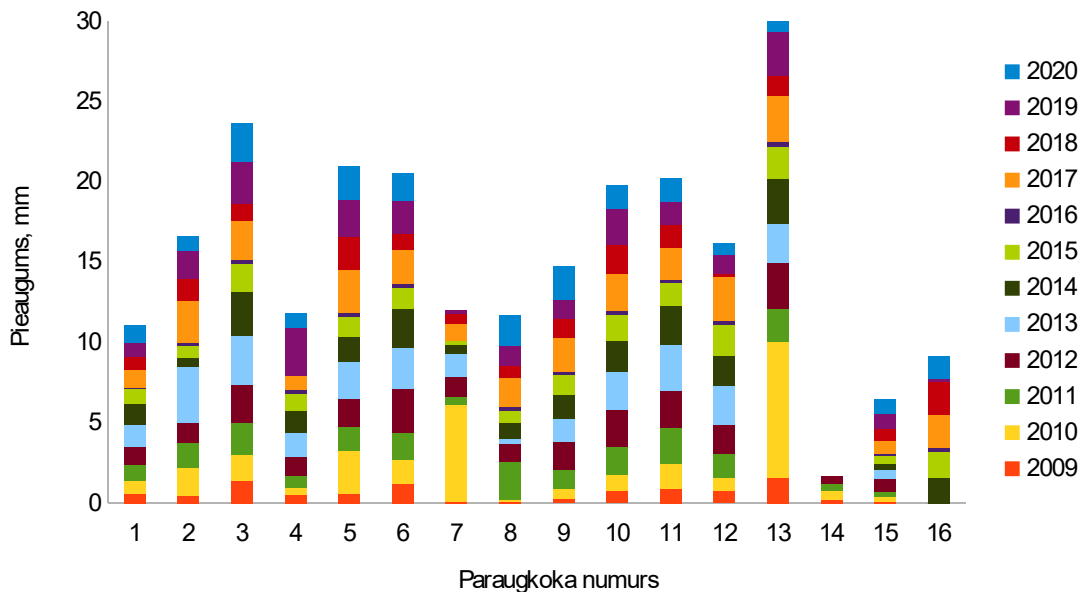
Gads	Parametrs	Mēnesis											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SO ₂ saturs gaisā													
2004	SO ₂ , μg m ⁻³									6,5	3,5	2,9	2,0
2005	SO ₂ , μg m ⁻³	1,5	2,0	1,5	2,5		1,5	1,5	2,5	1,0	2,0		
2009	SO ₂ , μg m ⁻³				0,9	0,6	0,5	0,5	0,3		0,6		
2010	SO ₂ , μg m ⁻³					0,7							
2011	SO ₂ , μg m ⁻³						0,8			0,5	0,5		
2012	SO ₂ , μg m ⁻³						0,4	0,4	0,4	0,5	0,6		
2013	SO ₂ , μg m ⁻³					0,3	0,3						
2014	SO ₂ , μg m ⁻³					0,3	0,5	0,6	0,6				
2015	SO ₂ , μg m ⁻³						0,6	0,5	0,4	0,4	0,5		
2016	SO ₂ , μg m ⁻³					0,29	0,29	0,29	0,38	0,25			
2017	SO ₂ , μg m ⁻³						0,54	0,48	0,58	0,56	0,72		
2018	SO ₂ , μg m ⁻³						0,56	0,42	0,38	0,47	0,63		
2019	SO ₂ , μg m ⁻³					0,33	0,37	0,28	0,36	0,5			
2020	SO ₂ , μg m ⁻³						0,27	0,58	0,24	0,44			
NO ₂ saturs gaisā													
2004	NO ₂ , μg m ⁻³									1,6	3,2	3,5	5,2
2005	NO ₂ , μg m ⁻³	4,8	7,4	6,6	7,3		3,0	1,9	3,1	1,5	1,2		
2009	NO ₂ , μg m ⁻³				1,9	1,6	2,1	1,2	1,6	1,6	2,4		
2010	NO ₂ , μg m ⁻³					2,4	1,1	1,0	1,2	2,1	2,6		
2011	NO ₂ , μg m ⁻³						2,1	0,8	1,8	1,9	2,3		

Rezultāti un to analīze

Gads	Parametrs	Mēnesis											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2012	NO ₂ , µg m ⁻³					1,2	1,2	1,3	1,5	3,4	2,4		
2013	NO ₂ , µg m ⁻³					1,8	1,4						
2014	NO ₂ , µg m ⁻³						1,4	1,1	1,3	1,9			
2015	NO ₂ , µg m ⁻³						1,5	2,0	1,4	1,7	2,3		
2016	NO ₂ , µg m ⁻³					1,5	1,6	1,2	1,7	1,7			
2017	NO ₂ , µg m ⁻³						1,6	1,3	2,0	1,9	2,1		
2018	NO ₂ , µg m ⁻³						1,8	2,2	2,7	2,7	3,6		
2019	NO ₂ , µg m ⁻³						2,1	1,6	2,1	2,1			
2020	NO ₂ , µg m ⁻³						1,8	2,6	1,8	2,2			
NH ₃ saturs gaisā													
2004	NH ₃ , µg m ⁻³									0,7	0,1	0,6	0,4
2009	NH ₃ , µg m ⁻³				1,6	1,4	1,0	1,6	0,6	1,3	1,2		
2010	NH ₃ , µg m ⁻³					1,7	1,3	1,8	1,8	2,0	4,0		
2011	NH ₃ , µg m ⁻³						13,9	1,6	8,5	3,4	5,7		
2012	NH ₃ , µg m ⁻³					0,9	2,1	8,5	5,8		8,2		
2013	NH ₃ , µg m ⁻³					1,8	3,9						
2014	NH ₃ , µg m ⁻³						0,7	2,0	3,4	10,0			
2015	NH ₃ , µg m ⁻³						1,9	2,4	1,7	1,9	2,7		
2016	NH ₃ , µg m ⁻³					1,1	1,5	1,0	2,0	1,1			
2017	NH ₃ , µg m ⁻³						1,3	1,9	1,8	1,7	2,1		
2018	NH ₃ , µg m ⁻³						2,2	1,5	1,6	2,1	3,2		
2019	NH ₃ , µg m ⁻³						1,6	1,2	1,4				
2020	NH ₃ , µg m ⁻³						1,1	3,1	1,9	1,9			
O ₃ saturs gaisā													
2009	O ₃ , µg m ⁻³				64	60	56	41	38	36	25		
2010	O ₃ , µg m ⁻³						62	43	32	34	29	49	
2011	O ₃ , µg m ⁻³						62	34	37	54	44		
2012	O ₃ , µg m ⁻³					50	54	50	29	29	24		
2013	O ₃ , µg m ⁻³					57	72	38	39	22	28	29	42
2014	O ₃ , µg m ⁻³						43	42	41	25	43		
2015	O ₃ , µg m ⁻³						53	42	45	27	25		
2016	O ₃ , µg m ⁻³						51	42	39	26			
2017	O ₃ , µg m ⁻³						48	33	46	29	36		
2018	O ₃ , µg m ⁻³						54	44	44	48	41		
2019	O ₃ , µg m ⁻³						57	43	52	41			
2020	O ₃ , µg m ⁻³						46	73	34	40			

Koku pieauguma mērījumi

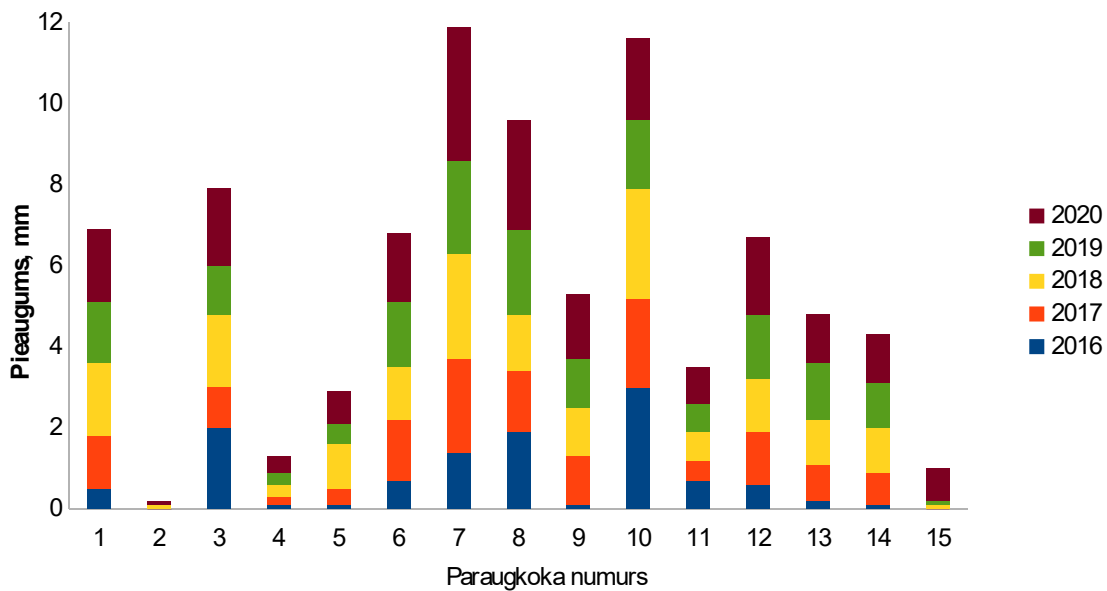
Koku pieauguma lentu mērījumi Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2009. līdz 2020. gadam parādīti Att. 29. Izvērtējot ikgadējos pieauguma datus, iezīmējas tendence, ka lielākais pieaugums veidojas augusta un septembra mēnešos. Ziemas mēnešos nav vērojamas izmaiņas, jo koks atrodas miera periodā. Pirmās izmaiņas paraugkokiem iezīmējas marta beigās un aprīļa sākumā atkarībā no gaisa temperatūras. 2012. gada novērojuma perioda dati parāda, ka pieauguma lentas ir pieņēmušas koka stumbra formu, un caurmēra pieaugums ir lielākais visā novērojumu periodā. Valgundes parauglaukumā laika posmā no 2009. gada lielākais vidējais koku caurmēra pieaugums konstatēts 2013. un 2017. gadā - 0,20 cm, bet 2020. gada vidējais koku caurmēra pieaugums bija 0,15 cm.



Att. 29: Koku pieauguma lentas mērījumi laika posmā no 2009. gada līdz 2020. gadam Valgundes parauglaukumā.

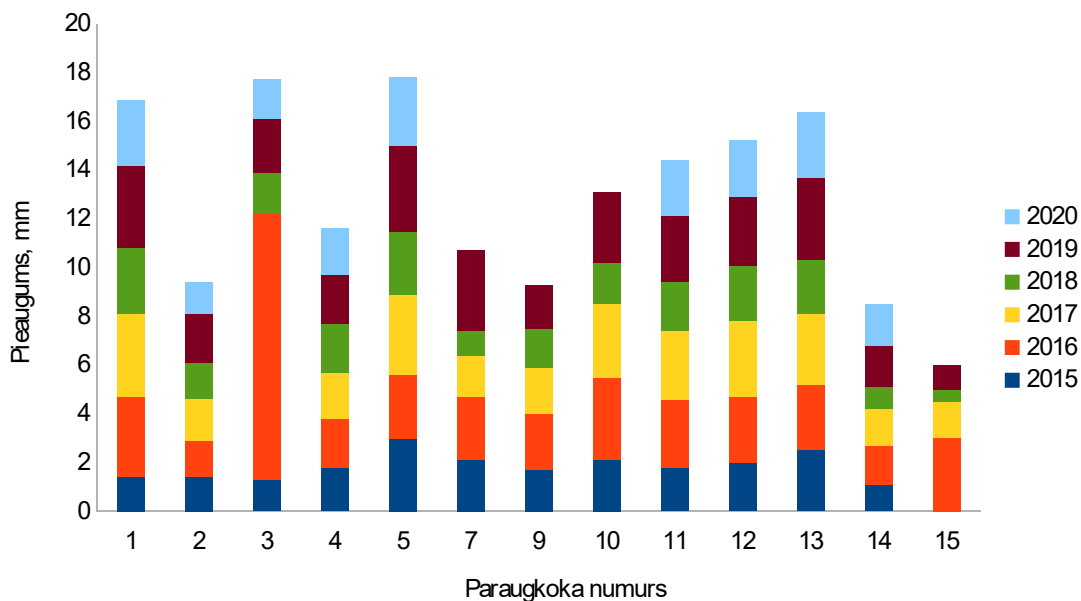
Koku pieauguma lentu mērījumi Taurenē parauglaukumā laika posmā no 2016. līdz 2020. gadam parādīti Att. 30. Laika posmā no 2016. gada lielākais vidējais koku caurmēra pieaugums konstatēts 2020. gadā - 0,15 cm.

Rezultāti un to analīze



Att. 30: Koku pieauguma lentas mērījumi laika posmā no 2016. gada līdz 2020. gadam Taurenes parauglaukumā.

Koku pieauguma lentu mērījumi Rucavas parauglaukumā laika posmā no 2015. līdz 2020. gadam parādīti Att. 31. Laika posmā no 2015. gada lielākais vidējais koku caurmēra pieaugums konstatēts 2019. gadā - 0,25 cm, 2020. gadā šis pieaugums bija nedaudz mazāks - 0,21 cm.



Att. 31: Koku pieauguma lentas mērījumi laika posmā no 2015. gada līdz 2020. gadam Rucavas parauglaukumā.

Ozona bojājumu noteikšana

Parauglaukumā veikta veģetācijas uzskaitē un noteikts ozona bojājumu simptomu sastopamības biežums uz augiem pa sugām. Uzskaitītie ozona bojājumi uz zemsedzes augiem atklātā vietā atspoguļoti tabulā (Tab. 17).

Tab. 17: Uzskaitītie ozona bojājumi uz zemesdzies augiem atklātā vietā
Valgundes parauglaukumā

Latviskais nosaukums	Latīniskais nosaukums	Ozona pazīme (augu skaits)		Piezīmes
		ir	nav	
Kaulene	<i>Rubus saxatilis</i>			
Āra bērzs	<i>Betula pendula</i>			
Avene	<i>Rubus idea</i>	5		
Kļava	<i>Acer platanooides</i>			Biotiskie
Parastais pīlādzis	<i>Sorbus aucuparia</i>			Biotiskie
Parastā apse	<i>Populus tremula</i>			Biotiskie
Parastā lazda	<i>Corylus avellana</i>			
Ciņu smilgas	<i>Calamagrostis arundinacea</i>			
Parastā egle	<i>Picea abies</i>			
Ērgļpārde	<i>Pteridium aquilinum</i>			
Parastais ozols	<i>Quercus robur</i>			Abiotiskie
Vijolīte	<i>Viola sp.</i>			
Upene	<i>Ribes nigra</i>			
Veronika	<i>Veronica sp.</i>			
Zaķskābenes	<i>Oxalis acetosella</i>			

Redzams, ka ozona bojājumi konstatēti nelielā daudzumā tikai uz avenēm. Uz atsevišķiem citiem augiem atrasti citi - biotiski vai abiotiski bojājumi. Kopumā parauglaukumā nav vērojami ozona bojājumi, kā arī ozona bojājumi netika konstatēti skujām.

LITERATŪRA

1. Breymeyer, et al., 1996. Global change : effects on coniferous forests and grasslands. John Wiley Sons.
2. Clarke, N., Žlindra, D., Ulrich, E., Mosello, R., Derome, J., Derome, K., König, L., Draaijers, G.P.J., Hansen, K., Thimonier, A., Waldner, P., 2016. Part XIV Sampling and Analysis of Deposition, in: UNECE ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre: Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, p. 32.
3. Dobbertin, M., Neumann, M., 2016. Part V Tree growth, in: Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Hamburg, p. 28.
4. Eichhorn, J., Roskams, J., Potočić, N., Timmermann, V., Ferretti, M., Mues, V., Szepesi, A., Durrant, D., Seletković, I., Schröck, H.W., Nevalainen, S., Bussotti, F., Garcia, P., Wulff, S., 2016. Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents, in: UNECE ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre: Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, p. 49.
5. Finér, L., 1996. Variation in the amount and quality of litterfall in a *Pinus sylvestris* L. stand growing on a bog. *Forest Ecology and Management* 80, 1–11. <https://doi.org/10/b8czd3>
6. Fuhrer, J., Skärby, L., Ashmore, M.R., 1997. Critical levels for ozone effects on vegetation in Europe. *Environmental Pollution* 97, 91–106. <https://doi.org/10/d2ww4m>
7. Heagle, A.S., 1989. Ozone and Crop Yield*. *Annual Review of Phytopathology* 27, 397–423. <https://doi.org/10/cjdkcc>
8. Heljä-Sisko, H., 1992. Nutrient retranslocation in three *Pinus sylvestris* stands. *Forest Ecology and Management* 51, 347–367. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(92\)90334-6](https://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90334-6)
9. International Organization for Standardization, 2003. ISO 5667-3:2003 Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples.
10. König, N., Kowalska, A., Brunialti, G., Ferretti, M., Clarke, N., Cools, N., Derome, K., Derome, J., De Vos, B., Fuerst, A., Jakovljevič, T., Marchetto, A., Mosello, R., O’Dea, P., Tartari, G.A., Ulrich, E., 2016. Part XVI Quality

Literatūra

- Assurance and Control in Laboratories, in: UNECE, ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre: Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, p. 46.
11. Martínez-Alonso, C., Valladares, F., Camarero, J.J., Arias, M.L., Serrano, M., Rodríguez, y J.A., 2007. The uncoupling of secondary growth, cone and litter production by intradecadal climatic variability in a mediterranean scots pine forest. *Forest Ecology and Management* 253, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.043>
 12. Michel, A.K., Prescher, A.-K., Schwärzel, K., 2020. Forest Condition in Europe : The 2020 Assessment ; ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Johann Heinrich von Thünen-Institut, DE.
 13. Nieminen, T.M., De Vos, B., Cools, N., König, N., Fischer, R., Iost, S., Meesenburg, H., Nicolas, M., O’Dea, P., Cecchini, G., Ferretti, M., De La Cruz, A., Derome, K., Lindroos, A.J., Graf Pannatier, E., 2016. Part XI Soil Solution Collection and Analysis, in: UNECE ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre: Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, p. 20.
 14. Prescott, C.E., 2002. The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiology* 22, 1193–1200. <https://doi.org/10.1093/treephys/22.15-16.1193>
 15. Rautio, P., Fürst, a., Stefan, K., Raitio, H., Bartels, U., 2016. Part XII Sampling and Analysis of Leaves and Needles, in: UNECE ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre: Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, p. 19.
 16. Saarsalmi, A., Starr, M., Hokkanen, T., Ukonmaanaho, L., Kukkola, M., Nöjd, P., Sievänen, R., 2007. Predicting annual canopy litterfall production for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands. *Forest Ecology and Management* 242, 578–586. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.01.071>
 17. Schaub, M., Calatayud, V., Ferretti, M., Brunialti, G., Lövblad, G., Krause, G., Sanz, M.J., 2016. Part XV: Monitoring of Air Quality, in: UNECE ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre (Ed.): Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, p. 11.
 18. Starr, M., Saarsalmi, A., Hokkanen, T., Merilä, P., Helmisaari, H.-S., 2005. Models of litterfall production for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Finland using stand, site and climate factors. *Forest Ecology and Management* 205, 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.047>
 19. Tērauda, E., 2008. Ķīmisko vielu plūsmas Latvijas priežu mežu ekosistēmās (Promocijas darbs). Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Vides zinātnes nodaļa, Rīga.
 20. Ukonmaanaho, L., Merila, P., Nojd, P., Nieminen, T.M., 2008. Litterfall production and nutrient return to the forest floor in Scots pine and Norway spruce stands in Finland. *Boreal environment research* 13, 67–91.
 21. Ukonmaanaho, L., Pitman, R., Bastrup-Birk, A., Breda, N., Rautio, P., 2016. Part XIII Sampling and Analysis of Litterfall, in: UNECE ICP Forests Programme Co-Ordinating Centre: Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. Thünen Institute for Forests Ecosystems, Eberswalde, Germany, p. 14.
 22. Vucetich, J.A., Reed, D.D., Breymeyer, A., Degórski, M., Mroz, G.D., Solon, J., Roo-Zielinska, E., Noble, R., 2000. Carbon pools and ecosystem properties along a latitudinal gradient in northern Scots pine (*Pinus sylvestris*) forests. *Forest Ecology and Management* 136, 135–145. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00288-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00288-1)