

**PARASTĀ OŠA (*Fraxinus excelsior*) REĢENERĀCIJA
PĒC KORMORĀNU (*Phalacrocorant carbo*) LIGZDOŠANAS STRESA
KAŅIERA EZERA ĀBEĻU SALĀ**

***REGENERATION OF COMMON ASH (*Fraxinus excelsior*)
AFTER GREAT CORMORANT (*Phalacrocorant carbo*) NESTING STRESS
ON ĀBEĻU ISLAND OF LAKE KAŅIERIS***

Māris Laiviņš¹, Gunta Čekstere-Muižniece², Anita Osvalde², Guntars Šnepsts¹

¹ Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”, e-pasts: maris.laivins@silava.lv

² Latvijas Universitātes Medicīnas un dzīvības zinātņu fakultātes Bioloģijas institūts

Kopsavilkums. Kormorānu invāzija nelielajā Kaņiera ezera Ābeļu salā (0,4 ha) sākās 2005. gadā. Intensīvas ligzdošanas laikā (2010. gads) salā bija pāri par 60 ligzdām, 2017. gadā salā bija saglabājušās vairs tikai pāris apdzīvotas ligzdas, bet 2023. gadā putni salu bija pametuši. Augāja attīstībā kormorānu ietekmē nodalāmas šādas stadijas: mežaudzes destruktijas stadija (2005.–2013. g.), augstzāļu stagnācijas stadija (2013.–2018. g.), mežaudzes reģenerācijas stadija (2018.–2023. g.).

2023. gadā salā bija vērojama strauja oša (*Fraxinus excelsior*) reģenerācija – putnu traumētajiem ošiem no snaudošajiem pumpuriem veidojas vainags ar vitālu un blīvu aplapojumu. Salīdzināts oša gadskārtu vidējais platums 5 gadu periodos no 2000. līdz 2023. gadam Ābeļu salā un iekšzemes jauktā oša audzē Ķemeru Nacionālajā parkā (oša indivīdu vidējais vecums attiecīgi 39 un 44 gadi). Līdz 2009. gadam abās mežaudzēs gadskārtu vidējais platums 5 gadu periodos ir 1,0 mm, bet no 2010. līdz 2014. gadam putnu mēslojuma ietekmē Ābeļu salā gadskārtu vidējais platums gandrīz divkāršojies (1,9 mm), iekšzemē saglabājoties iepriekšējo gadu līmenī. Nākamajos piecos gados Ābeļu salā seko gadskārtu vidēja platuma (1,6 mm) samazinājums, oša vainaga destruktijas dēļ, bet pēdējos 5 gados, atjaunojoties oša vainagiem, seko atkal straujš gadskārtu platuma pieaugums – vidēji 3,0 mm, tajā pat laikā iekšzemes oša audzē tikai 1,3 mm.

Ķīmisko elementu (N, P, S, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) koncentrācija augsnes virskārtā (0–10, 11–20 cm dziļumā) un noteikta 1 M HCl izvilkumā, ošu lapās noteikts kopējais saturs. Lielākā ķīmisko elementu koncentrācija 2010. gadā un 2017. gadā Ābeļu salā konstatēta vietās bez augāja, raksturīga liela elementu satura mainība. Savukārt 2023. gadā ķīmisko elementu koncentrācija augsnes virskārtā ir samazinājusies, ir notikusi elementu izskalošanās no augsnes virskārtas, kā arī iesaiste bioloģiskajā riņķojumā starp augiem un augsni. Atšķirības ķīmisko elementu koncentrācijā starp dažādiem augu grupējumiem ir izlīdzinājusies. Ābeļu salā oša lapās konstatēts kālija, dzelzs, cinka un vara deficīts.

Raksturvārdi: *Phalacrocorant carbo*, *Fraxinus excelsior* reģenerācija, gadskārtu platums, ķīmisko elementu koncentrācija, Kaņiera ezera Ābeļu sala, Latvija.

Summary. The cormorant invasion on the small Ābeļu Island (0.4 ha) in Lake Kaņieris began in 2005. During intensive nesting (2010), there were over 60 nests on the island, in 2017 only a few inhabited nests remained on the island, but in 2023 the birds had left the island. The following stages can be distinguished in the development of the vegetation under the influence of cormorants: the stage of forest destruction (2005–2013), the stage of tall grass stagnation (2013–2018), the stage of forest regeneration (2018–2023).

In 2023, rapid ash (*Fraxinus excelsior*) regeneration was observed on the island – the dormant buds of the ash trees injured by birds formed a crown with vital and dense foliage. The average width of the ash annual rings in 5-year periods from 2000 to 2023 on Ābeļu Island and inland mixed ash stands in Ķemeri National Park were compared (the average age of ash individuals was 39 and 44 years, respectively). Until 2009, the average width of annual rings in both forest stands in 5-year periods was 1.0 mm, but from 2010 to 2014, due to bird droppings, the average width of annual rings on Ābeļu Island almost doubled

(1.9 mm), while inland it remained at the level of previous years. In the next five years, the average width of annual rings on Ābeļi Island (1.6 mm) decreased due to the destruction of the ash crown, but in the last 5 years, as the ash crowns regenerated, there was a rapid increase in annual ring width again – an average of 3.0 mm, while inland ash grew only 1.3 mm.

The concentration of chemical elements (N, P, S, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) in the soil surface layer (0–10, 11–20 cm depth) and was determined in a 1 M HCl extract, in ash leaves – total content. The highest concentration of chemical elements in 2010 and 2017 on Ābeļi Island was found in areas without vegetation, characterized by a large variability in element content. In turn, in 2023, the concentration of chemical elements in the soil surface decreased, elements were leached from the soil surface, as well as involved in the biological cycle between plants and soil. Differences in the concentration of chemical elements between different plant groups have leveled out. On Ābeļi Island, a deficit of potassium, iron, zinc and copper was found in ash leaves.

Key words: *Phalacrocorax carbo*, *Fraxinus excelsior* regeneration, annual ring width, concentration of chemical elements, Ābeļi Island, Lake Kaņieris, Latvia.

IEVADS

Latvijā Kaņiera ezera Ābeļu salu (0,4 ha) jūras kraukļi jeb kormorāni sāka kolonizēt 2005. gadā (Strazds, Kuze 2006). Aizvadīto 20 gadu laikā salas augājs ir būtiski mainījies, pilnībā ir degradējies mistroto oša un šaurlapu sugu – bērza un apses mežaudžu koku un krūmu stāvs, izmainījies zemsedzes sugu sastāvs. Destruktīvas augāja pārvērtības salā 5–10 gados pēc kormorānu invāzijas, ir notikušas augtenes hipereitrofikācijas rezultātā ar slāpekļa, fosfora un citu ķīmisko elementu savienojumiem, kā arī kokaugu mehānisko bojājumu ietekmē. Šāda mežaudžu un zālāju ekosistēmu spontānā transformācija kolonijās ligzdojošo putnu ietekmē novērota 20.–21. gs. mijā daudzviet ziemeļu puslodes nemorālā un boreālā bioma reģionos Rietumeiropā (Bregenballe et al. 2003, Samusenko 2003), Austrumāzijā (Ishida 1996, Hobara et al. 2005, Kolb et al. 2012) un arī Austrumbaltijā (Gaginskaya 1995, Laiviņš, Čekstere 2008, 2018, Laiviņš et al. 2017, Čekstere et al. 2018).

Kormorāni mežaudzes noposta dažos gadu desmitos, pēc tam tās pamet, bet ligzdošanas vietās paliek piesārņotas augsnes un izmainīts augu sugu sastāvs. Tieši augsnes un augu valsts sukcesijas pēcligzdošanas gados un šo dabas komponentu mijiedarbe, kas konstatējama vēl gadu desmitiem un pat simtiem pēc traucējuma, pašlaik ir ļoti aktuāla ekoloģiska problēma (Boutin et al. 2011, Veuma et al. 2019 u.c.).

Pirmie ģeobotāniskie pētījumi Kaņiera ezera Ābeļu salā un līdās esošajā Egļu salā (1,4 ha), kuru arī 2005. gadā bija kolonizējuši jūras kraukļi, veikti 2010. gadā (Bajinskis 2011, Bajinskis et al. 2011), piecus gadus pēc jūras kraukļu invāzijas salās. Pēc tās pašas metodikas atkārtoti veģetācijas un augsnes pētījumi salās veikti arī 2017. gadā (Čekstere et al. 2018, Laiviņš, Čekstere 2018), bet, paplašinot pētījumu programmu, atkārtoti 2023. gadā tikai Kaņiera ezera Ābeļu salā.

Pētījuma galvenais mērķis ir secīgi sakārtot un izvērtēt trīs novērojumu periodos – 2010., 2017. un 2023. gadā (ar 6–7 gadu intervālu), veikto ģeobotānisko pētījumu datus, lai iegūtu priekšstatu par meža augāja un augsnes transformāciju ļoti spēcīga traucējuma – kolonijās ligzdojošo kormorānu ietekmē.

Ģeobotāniskajos pētījumos pirmajos divos novērojumu periodos 2010. un 2017. gadā ietilpa augu grupējumu (augu sabiedrību) vaskulāro augu sugu kompozīcijas struktūras un augsnes virskārtas augiem pieejamo ķīmisko elementu daudzuma analīze. Savukārt 2023. gadā atkārtoti veikti pētījumi pēc iepriekšējo gadu metodikas par augāja struktūru un augsnes virskārtas ķīmisko sastāvu, kā arī no jauna veikti oša stumbra radiālā pieauguma mērījumi, oša vainagu veselības stāvokļa vērtējums un barības elementu satura pētījumi oša lapās. Pētījumi pēdējā novērojumu gadā veikti ne vien Kaņiera ezera Ābeļu salā, bet arī divās līdzīga vecuma iekšzemes oša audzēs (fona audzēs) pie

Valguma ezera Tukuma novadā un Lielvārdes pilsētā, lai salīdzinātu oša augšanas apstākļus traucētā un relatīvi dabiskā vidē.

MATERIĀLS UN METODES

Pētījumu vietas un laiks

Ģeobotāniskie pētījumi 2010., 2017. un 2023. gadā ir veikti Kaņiera ezerā jūras kraukļu 2005. gadā kolonizētajā Ābeļu salā (platība 0,4 ha, LKS-92 koordinātes X 6315949, Y 466765; ģeodēziskās koordinātes – 56°59', 23°27'). Ābeļu salai ir šaura ziemeļu–dienvidu virzienā izstiepta L-veida konfigurācija: salas garums 75–80 m, platums šaurākajā daļā – 8–1 m, bet platākajā dienvidu daļā 18–20 m, salas vidusdaļā cauri salai stiepjas vaļņveida paaugstinājums (vidēji 0,4–0,5 m virs ezera līmeņa). Kopumā Ābeļu salā 2010. gadā uzskaitītas pāri par 100 kormorānu ligzdas, 2017. gadā salā ligzdoja vairs tikai pāris ģimenes, bet 2023. gadā kormorāni salu bija pametuši.

Lai novērtētu augsnes un augāja traucējumu apjomu Ābeļu salā, pētījumi 2010. gadā un 2017. gadā veikti arī Kaņiera ezera Riekstu salā (4,8 ha, LKS-92 X 6317719, Y 467879; ģeodēziskās koordinātes – 57°0', 23°28'), bet 2023. gadā arī mistrotā vidēja vecuma oša audzē pie Valguma ezera Ķemeru Nacionālajā parkā (LKS-92 X 6316625, Y 458010; ģeodēziskās koordinātes – 56°59', 23°18') 284. kvartāla 5. nogabalā (5,1 ha), vīrsa lēzena, slīpums 2°, ekspozīcija 200°. Pētījumi veikti arī mistrotā oša jaunaudzē (0,05 ha) Lielvārdē ar trauslā vītola (*Salix fragilis*) piejaukumu (LKS-92 X 6286577, Y 547906; ģeodēziskā koordinātes – 56°43', 24°46'), oša jaunaudze atrodas augstajā palienē seklā ieplakā 7–8 m no Daugavas un 90 m no Lāčplēša ielas (Rīgas–Daugavpils šoseja). Oša audzes Valgumā un Lielvārdē izvēlētas kā maz ietekmētas oša fona audzes salīdzināšanai ar stiprāk ietekmēto Kaņiera ezera Ābeļu salas audzi.

Rezultāti par 2010. un 2017. gada pētījumiem apkopoti J. Bajinska bakalaura darbā (Bajinskis 2011), periodiskajā “Latvijas Veģetācijas” rakstu 28. krājumā (Laiviņš, Čekstere 2018) un Starptautiskās zinātniskās konferences “SGEM 2018” rakstu krājumā (Čekstere et al 2018).

Augāja sugu sastāva inventarizācija

Mežaudzes vaskulāro augu un sūnu sugu sastāva projektīvā seguma uzskaitē 2023. gada augustā veikta 100–150 m² lielos laukumos Kaņiera ezera Ābeļu salā un Lielvārdē, kā arī Valgumā 400 m² lielā laukumā. Katrā uzskaites laukumā pēc acumēra procentos ir novērtēta mežaudzes koku stāva (tl), krūmu stāva (sl), laksaugu stāva (hl) un sūnu stāva (ml) kopējais projektīvais segums (%) un katrā minētajā audzes stāvā konstatēto sugu indivīdu projektīvais segums (%).

Paaugas uzskaitē

Ābeļu salā paauga uzskaitīta ar transekta metodi. Paaugas uzskaitēi izmantota 50 m gara nostiepta mērlenta, jaunie kociņi uzskaitīti abās mērlentas pusēs 0,5 m platā joslā, transekta platība attiecīgi 50 m². Transektā uzskaitīti visi jaunie indivīdi līdz 5 m augstumam, ar bīdmēru 0,1 m augstumā izmērīts caurmērs un ar mērlatu noteikts jaunā oša augstums.

Parauglaukuma forma un platība

Ošu audžu taksācijai Ābeļu salā, Lielvārdē un Valgumā iekārtoti atšķirīga lieluma un formas parauglaukumi. Oši Ābeļu salā aug salas vidusdaļā uz vaļņveida paaugstinājuma 38 m garā

joslā, kuras platums ir 5 m (parauglaukuma platība – 190 m²). Lielvārdē mistrotā oša jaunaudzē un Valgumā mistrotā vidēja vecuma oša audzē iekārtoti riņķveida parauglaukumi: oša jaunaudzē parauglaukuma rādiuss – 5,5 m (parauglaukuma platība 95 m²), bet Valgumā mistrotā vidēja vecuma oša audzē – 15 m (parauglaukuma platība 706,5 m²). Parauglaukumos acu augstumā koki numurēti, numurus iezīmējot ar krāsu.

Koku stāva taksācija un stumbra radiālais pieaugums

Stumbra caurmērs un augstums uzmērīts visiem indivīdiem, kuri ir augstāki par 5 m, caurmērs mērīts 1,3 m augstumā no zemes ar tērauda mērlentu Hultafors Talmeter 3 m, bet augstums – ar augstummēru Vertex IV. Krūmu stāva ošiem Ābeļu salā stumbra caurmērs mērīts ar bīdmēru 0,1 m augstumā no zemes.

Oša indivīdu radiālā pieauguma noteikšanai ar Preslera urbi izurbti koksnes paraugi. Kopā izurbti 45 oša stumbra paraugi: Ābeļu salas mežaudzē – 20 (17 paraugi no I paaudzes ošiem, 3 – no II paaudzes ošiem), Valguma mežaudzē 16 paraugi (10 no I paaudzes indivīdiem, 6 – no II paaudzes ošiem) un Lielvārdes audzē – 9 paraugi. Gadskārtu platums mērīts ar iekārtu Lintab IV Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā “Silava”. Datu apstrādei izmantota datorprogramma TSAP Win Scientific 0,55.

Oša vainaga veselības stāvoklis

Oša veselības stāvokļa raksturošanai novērtēti divi vainaga parametri: vainaga blīvums un vainaga defoliācija. Vainaga blīvums ir zaru un lapu daudzums, kas neļauj gaismai izplūst caur vainagu; šo vainaga daļu novērtē pret ideālo vainaga formu, kas raksturīga katrai koku sugai. Vainaga defoliācija – lapu zudums koka vainagā. Vainaga blīvumu un vainaga defoliāciju novērtē pēc acmēra procentos ar 5% intervālu.

Vainaga blīvuma gradācijas: rets – < 20%, parets – 21–35%, vidējs – 36–50%, blīvs – 51–75%, ļoti blīvs – > 75%. Vainaga defoliācijas gradācijas: niecīgs lapu zudums vainagā – < 10%, mazs lapu zudums vainagā – 11–25%, vidējs lapu zudums vainagā – 26–60%, liels lapu zudums vainagā, vainags izretināts – 61–99%, koks nokaltis – 100%.

Augu un augsnes ķīmiskie pētījumi

Oša lapu un augsnes paraugi no augsnes virskārtas Kaņiera ezera Ābeļu salā, kā arī mistrotās oša audzēs Lielvārdē un Valgumā, ievākti oša augšanas vietu raksturīgākajos augāja grupējumos. Ābeļu salā un Valguma audzē lapu paraugi ievākti no krūmu stāva (< 2 m) ošiem, bet no koku stāva (H = 5–7 m) ošiem lapu paraugi ievākti Ābeļu salas, Valguma un Lielvārdes audzē. Visās trīs minētajās audzēs augsnes paraugi ievākti trīs atkārtojumos divos dziļumos: no 0–10 cm un no 11–20 cm no augsnes virsas, katram dziļumam izveidojot vidējo paraugu, kas analizēts laboratorijā.

Augsnes paraugu ķīmiskās analīzes veiktas Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta Augu minerālās barošanās laboratorijā. Augsnes paraugi žāvēti divas dienas +35°C temperatūrā, pēc tam izsijāti caur 2 mm sietu. Lapu paraugi nomazgāti ar destilēto ūdeni, žāvēti +60°C temperatūrā 24 h un samalti ar dzirnaviņām, iegūstot vidējo lapu paraugu.

Augsnes izvilks N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo un B noteikšanai iegūts, augsni ekstrahējot ar 1 M HCl šķīdumu (Nollendorfs et al. 2023). Augsnes un 1 M HCl tilpumattiecība bija 1 : 5. P, S un Mo noteikšanai augsnes izvilks oksidēts, izmantojot HNO₃, H₂O₂ un HClO₄, iegūtie sāļi izšķīdināti HCl un destilētā ūdenī (Čekstere et al. 2020). Augsnes reakcijas (pH) noteikšanai

izmantots 1 M KCl augšnes izvilkums. Augšnes un 1 M KCl tilpumattiecība bija 1 : 2,5. Augšnes elektrovadītspējas noteikšanai iegūts destilēta ūdens izvilkums; augšnes un destilētā ūdens tilpumattiecība bija 1 : 5.

P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B un Mo noteikšanai oša lapās izmantota sausā pārpelnošana ar HNO_3 tvaikiem, pēc tam pelni izšķīdināti atšķaidītā HCl (HCl un destilētā ūdens tilpumattiecība 3 : 100). Katra parauga iesvars bija 2,50 g. N noteikšanai lapu paraugiem (iesvars 0,20 g) veikta slapjā pārpelnošana ar koncentrētu H_2SO_4 , pēc tam atšķaidot ar destilētu ūdeni, S (parauga iesvars 0,20 g) noteikšanai veikta pārpelnošana ar koncentrētu HNO_3 .

Ca, Mg, Fe, Cu, Zn un Mn koncentrācija augu un augšnes paraugos noteikta, izmantojot atomabsorbcijas spektrofotometru PerkinElmer AAnalyst 700 acetilēna-gaisa liesmā un mikroviļņu plazmas atomemisijas spektrometru (MP-AES) 4210 Agilent Technologies. K analizēts ar liesmas fotometru Jenway PFPJ. N un P analizēts kolorimetriski, S – turbidimetriski, izmantojot spektrofotometru Jenway 6300, bet N augos noteikts ar modificēto Kjeldāla metodi, augšnes izvilkumā – ar Neslera reaģentu sārmainā vidē. P analizēts ar amonija molibdātu skābā reducētā vidē; S – ar BaCl_2 . Iegūtajiem barības elementu rezultātiem veikti pārrēķini no mg/l uz mg/kg, izmantojot parauga tilpummasas koeficientu. Augšnes elektrovadītspēja noteikta, izmantojot konduktometru Hanna EC 215, augšnes reakcija – izmantojot pH-metru Sartorius PB-20 (Cekstere et al. 2020, Nollendorfs 2023). Katra parauga analīzes veiktas trīs atkārtojumos.

Datu statistiskā apstrāde

Mērījumu dati uzkrāti strukturētā datubāzē Excel formātā. Statistisko parametru aprēķināšanai lietota Data Analysis Microsoft Excel 2019. gada versija. Augu sabiedrību ordinācijā izmantota Galveno komponentu metode (McCune, Grace 2002), savukārt kritisko vides faktoru noskaidrošanai, ņemot vērā augu sugu projektīvā seguma rādītājus, aprēķinātas Ellenberga ekoloģisko rādītāju vērtības (Ellenberg et al. 1993).

REZULTĀTI

Augu sabiedrību sugu kompozīcija

Raksturīgāko augāja grupējumu un augu sabiedrību apraksti Kaņiera ezera Ābeļu salā (2010., 2017. un 2023. gadā), kā arī Lielvārdes un Valguma mistrotās oša audzēs (2023. gadā), apkopoti pārskata tabulā (1. tabula).

Ābeļu salas augājs intensīvās kormorānu ligzdošanas laikā 2010. gadā, kad salā bija vairāk par 60 ligzdām, un arī 2017. gadā, kad salā bija vairs tikai pāris apdzīvotas ligzdas, ir sugām nabadzīgs. Raksturīgākajos augu grupējumos 100 m² ir uzskaitītas 6–7 vaskulāro augu sugas, augājam raksturīgās monodominantas saaudzes ar valdošajām sugām 2010. gadā – bebrukārklīņu *Solanum dulcamara* un smiltāju ciesa *Calamagrostis eoigeios*, bet pēc septiņiem gadiem, 2017. gadā visā salas platībā valdošās bija parastās nātres *Urtica dioica* un meža avenes *Rubus idaeus* augstzāļu saaudzes. Pēdējā augāja uzskaites gadā Ābeļu salā augāja aprakstā līdzīgā platībā jau ir pāri par 10 vaskulāro augu sugām (attiecīgi 11–12 sugas), *Urtica dioica* un *Rubus idaeus* monodominantās saaudzēs paretam jau ir sastopamas citas augu sugas.

Sugām nabadzīga (16 sugas) ir arī iekšzemes mistrota oša jaunaudze Lielvārdes pilsētā, bet fitocenotiskā loma jau ir vairākām sugām, kas kopā veido zemsedzes aspektu: *Rubus caesius*, *Galium aparine*, *Impatiens parviflora*, *Humulus lupulus*. Savukārt mistrotā vidēja vecuma oša audzē Valgumā 400 m² lielā laukumā jau konstatētas 51 vaskulāro augu un 5 sūnu sugas. Šāds sugu

skaits raksturīgs vidēji bagātām oša mistraudzēm iekšzemē, kur ūdens akvatorijs neierobežo sugu apmaiņu starp augu sabiedrībām.

1. tabula. Augu sabiedrību sugu sastāvs Kaņiera ezera Ābeļu salā, Lielvārdes un Valguma oša audzēs

Table 1. Plant communities' species composition on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in ash stands of Lielvārde and Valgums

Augu sabiedrības / Plant communities: 1. *Solanum dulcamara* sab., 2. *Calamagrostis epigeios* sab., 3. *Urtica dioica* sab., 4. *Rubus idaeus-Urtica dioica* sab., 5. *Urtica dioica-Rubus idaeus* sab., 6. *Rubus idaeus-Fraxinus excelsior* sab., 7. *Rubus caesius-Fraxinus excelsior* sab., 8. *Brachypodium sylvaticum-Fraxinus excelsior* sab.

Vieta Locality		Kaņiera ezers / Lake Kaņieris Ābeļu sala / Ābeļu Island						Lielvārde	Valgums
		Gads / Year							
		2010	2017	2023	2023	2023	2023	2023	2023
Augu sabiedrības Plant communities	Audzes stāvs / Layer	1	2	3	4	5	6	7	8
Apraksta laukums, m ² Releve, m ²		150	80	100	100	100	100	100	400
Koku stāva slēgums (t1), % Cover of tree layer (t1), %		15	6	0.5	0	30	15	90	65
Krūmu stāva slēgums (s1), % Cover of shrub layer (s1), %		1	1	0	2	25	12	12	20
Lakstaugu stāva segums (E1), % Cover of herb layer (E1), %		99	99	<100	100	100	100	75	65
Sugu skaits Number of species		7	6	7	6	12	11	16	56
<i>Fraxinus excelsior</i>	t1	15	2	+	.	15	25	60	20
<i>Fraxinus excelsior</i>	s1	1	+	+	+	10	12	4	3
<i>Fraxinus excelsior</i>	hl	.	.	.	+	5	5	+	2
<i>Sambucus nigra</i>	s1	.	.	+	.	+	.	.	.
<i>Sambucus racemosa</i>	s1	.	.	1	2	5	2	.	.
<i>Alnus glutinosa</i>	t1	+	4	.	.	.	.	.	.
<i>Alnus glutinosa</i>	s1	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Salix fragilis</i>	t1	.	.	.	.	.	.	30	.
<i>Salix fragilis</i>	s1	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Padus avium</i>	t1	.	.	.	.	.	.	3	+
<i>Picea abies</i>	t1	.	.	.	.	.	.	.	35
<i>Picea abies</i>	s1	.	.	.	.	.	.	.	5
<i>Picea abies</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Populus tremula</i>	t1	.	.	.	.	.	.	.	5
<i>Populus tremula</i>	s1	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Populus tremula</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Corylus avellana</i>	s1	.	.	.	.	.	.	.	5
<i>Calamagrostis epigeios</i>	hl	.	95	.	2	+	.	.	.
<i>Solanum dulcamara</i>	hl	100	5	.	.	.	.	.	.
<i>Chamanerion angustifolium</i>	hl	+	.	20	2	+	+	.	.
<i>Urtica dioica</i>	hl	.	.	90	80	40	25	2	.
<i>Rubus idaeus</i>	hl	+	.	+	15	45	60	+	.

Vieta Locality		Kaņiera ezers / Lake Kaņieris Ābeļu sala / Ābeļu Island					Lielvārde	Valgums
		Gads / Year						
		2010	2017	2023	2023	2023	2023	
<i>Galium aparine</i>	hl	.	.	.	10	15	20	.
<i>Rubus caesius</i>	hl	.	.	.	.	.	35	.
<i>Impatiens parviflora</i>	hl	.	.	.	.	.	15	.
<i>Glehoma hederacea</i>	hl	.	.	.	.	.	12	.
<i>Impatiens glandulifera</i>	hl	.	.	.	.	.	5	.
<i>Humulus lupulus</i>	hl	.	.	.	.	.	15	.
<i>Galium odoratum</i>	hl	.	.	.	.	.	.	12
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	hl	.	.	.	.	.	.	10
<i>Oxalis acetosella</i>	hl	.	.	.	.	.	.	8
<i>Carex digitata</i>	hl	.	.	.	.	.	.	8
<i>Galeobdolon luteum</i>	hl	.	.	.	.	.	.	4
<i>Maianthemum bifolium</i>	hl	.	.	.	.	.	.	4
<i>Rhytidiadelphus triuetrus</i>	ml	.	.	.	.	.	.	20
<i>Hylocomium splendens</i>	ml	.	.	.	.	.	.	8

Audzes stāvi / Stand layer: t1 – koku stāvs / tree layer, s1 – krūmu stāvs / shrub layer,
hl – lakstaugu un sīkkrūmu stāvs / herb layer, ml – sūnu stāvs / moss layer.

Retas sugas / Rare species.

Koku stāvs / Tree layer: *Ulmus glabra* 5(8), *Betula pendula* 5(8);

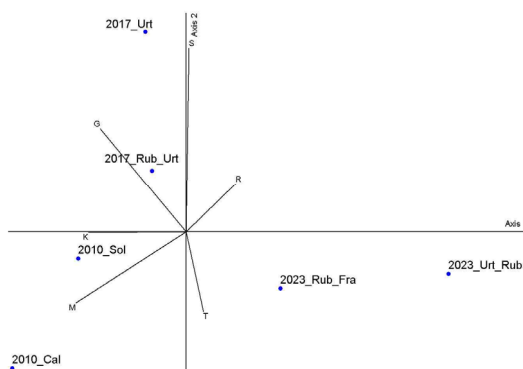
Krūmu stāvs / Shrub layer: *Frangula alnus* +(1,8), *Rhamnus cathartica* +(1), *Euonymus europaea* +(2),
Ribes alpinum +(5,6), *Sorbus aucuparia* +(8), *Daphne mezereum* +(8), *Lonicera xylosteum* +(8), *Quercus*
robur +(8);

Lakstaugu stāvs / Herb layer: *Agrostis tenuis* +(2), *Epilobium hirsutum* +(3), *Poa palustris* +(5), *Dactylis*
glomerata +(5), *Cirsium arvense* +(5,6), *Cirsium vulgare* +(5,6), *Clinopodium vulgare* 2(6), *Filipendula*
ulmaria 2(7), *Scirpus sylvaticus* +(7), *Stellaria media* 1(7), *Aegopodium podagraria* +(7,8), *Hepatica*
nobilis 3(8),

Carex remota 2(8), *Mercurialis perennis* 2(8), *Epipactis heleborine* 2(8), *Stachys sylvatica* 1(8), *Lathyrus*
vernus 1(8), *Calamagrostis arundinacea* 1(8), *Viola riviniana* 1(8), *Crepis paludosa* 1(8), *Solidago*
virgaurea +(8), *Mycelis muralis* +(8), *Gymnocarpium dryopteris* +(8), *Paris quadrifolia* +(8), *Dryopteris*
carthusiana +(8), *Dryopteris expansa* +(8), *Athyrium filix-femina* +(8), *Carex sylvatica* +(8), *Deschampsia*
caespitosa +(8), *Vaccinium myrtillus* +(8), *Fragaria vesca* +(8), *Melica nutans* +(8), *Sanicula europaea* +(8),
Scrophularia nodosa +(8), *Trientalis europaea* +(8), *Angelica sylvestris* +(8), *Neottia nidus-avis* +(8), *Luzula*
pilosa +(8), *Veronica chamaedrys* +(8), *Polygonatum multiflorum* +(8), *Sanicula europaea* +(8);

Sūnu stāvs / Moss layer: *Plagiomnium undulatum* +(7,8), *Thuidium tamariscinum* 5(8), *Bazzania*
trilobata 5(8), *Plagiomnium cuspidatum* +(8), *Rhodobryum roseum* +(8).

Kaņiera ezera Ābeļu salā kopš 2010. gada aprakstītās augu sabiedrības ordinētas ar galveno komponentu metodi (1. att.). Pirmā galvenā komponente norobežo 2023. gada augāja aprakstus ar lielāku sugu dažādību un neitrālāku substrātu. Otrā komponente ir saistīta ar bioloģiski aktīvā slāpekļa saturu substrātā un ordinācijas telpā nošķir ar slāpekli bagātās *Urtica dioica* sabiedrības no slāpekli nabadzīgajām *Calamagrostis epigeios* sabiedrībām.



1. attēls. Augāja grupējumu (2010.–2023. g.) ordinācija (PCA) Ābeļu salā pēc sugu projektīvā seguma (%) un vides faktoru vērtībām

Figure 1. Plant pattern (2010–2023) ordination (PCA) by species projective cover (%) and environmental factor values

Augu sugas / Plant species: Cal – *Calamagrostis epigeios*, Fra – *Fraxinus excelsior*, Rub – *Rubus idaeus*, Sol – *Solanum dulcamara*, Urt – *Urtica dioica*.

I ass īpašvērtība 8,34 (dispersija 41,7%), $p = 0,035$, informatīvākās pazīmes (tau) – *Rubus idaeus* 0,828, reakcija 0,333, *Solanum dulcamara* –0,602, gaissma –0,552.

II ass īpašvērtība 4,64 (dispersija 23,2%), $p = 0,763$, informatīvākās pazīmes (tau) – slāpekļis 0,991, *Chamaenerion angustifolium* 0,894, *Urtica dioica* 0,690, *Alnus glutinosa* –0,701, mitrums –0,600.

Oša audžu taksācijas parametri

Raksturīgi, ka Ābeļu salā, tā arī iekšzemes mistrotās audzēs Lielvārdē un Valgumā, oša indivīdi diferencējas pēc stumbra caurmēra un augstuma divās grupās: lielāka caurmēra un garāki oši (I paaudze) un mazāka caurmēra un īsāki oši (II paaudze). Šo divu grupu indivīdi Ābeļu salas un Valguma mežaudzēs atšķiras arī pēc vecuma (2. att., 2. tabula). Noteikt tievo ošu vecumu Lielvārdes audzē neizdevās, bet šo ošu vecums mūsaprāt būtiski neatšķiras no galvenā klāja ošiem.

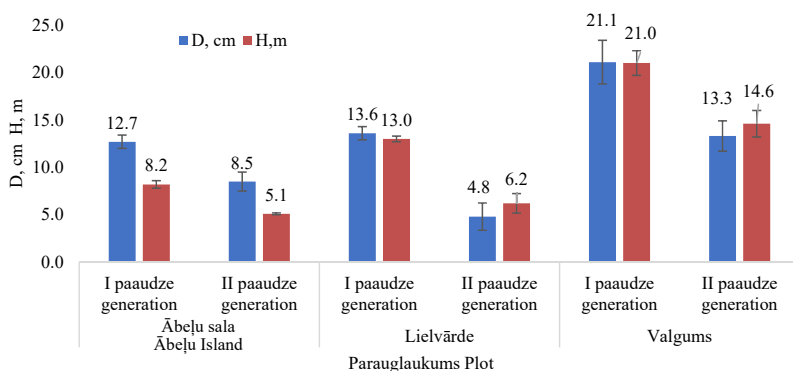
2. tabula. Oša indivīdu kopas taksācijas parametri mežaudzē

Table 2. Tree measurement parameters of the ash individual population in the forest stand

Parauglaukums Plot	Paaudze Generation	Ind./ ha	Vecums, gadi Age, year	D*, cm	H*, m	G*, m ² /ha	M*, m ³ /ha
Ābeļu sala Ābeļu Island	I	895	36 ± 1,6	12,7 ± 0,7	8,2 ± 0,4	11,8	58,4
	II	157	11 ± 0,7	8,5 ± 1,9	5,1 ± 0,1	0,9	3,1
Lielvārde	I	1111	12 ± 0,5	13,6 ± 0,7	13,1 ± 0,3	16,6	114,3
	II	778	-	4,8 ± 0,3	6,2 ± 0,2	1,5	5,8
Valgums	I	142	63 ± 5	21,1 ± 2,3	21,0 ± 1,3	5,5	59,8
	II	85	36 ± 3	13,3 ± 1,6	14,6 ± 1,4	1,3	10,2

Apzīmējumi / Legend: D – vidējais caurmērs / mean diameter, H – vidējais augstums / mean height,

G – šķērslaukums / basal area, M – krāja / growing stock.



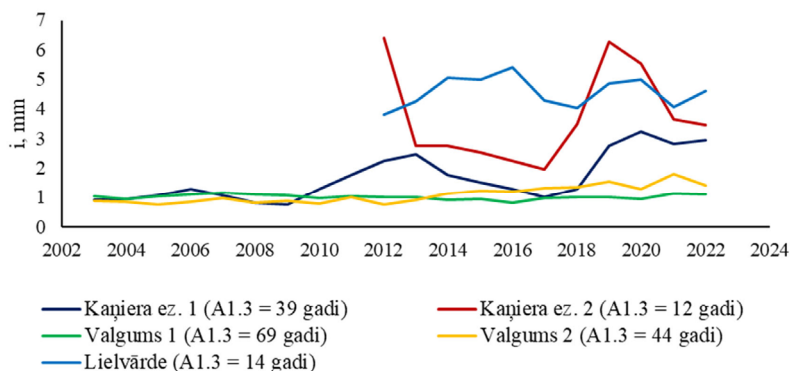
2. attēls. Oša indivīdu vidējā caurmēra un augstuma attiecības parauglaukumos 2023. gadā
Figure 2. Average diameter and height ratios of ash individuals in study plots in 2023

Mistrotā oša jaunaudzē Lielvārdē osim piejaukumu veido traušlais vītols (*Salix fragilis*). Traušlā vītola indivīdu skaits – 1100 koki/ha (37,8% no koku skaita audzē) vecums audzē – 9 gadi, krāja – 49,4 m³/ha (41,1% no audzes kopējās krājas).

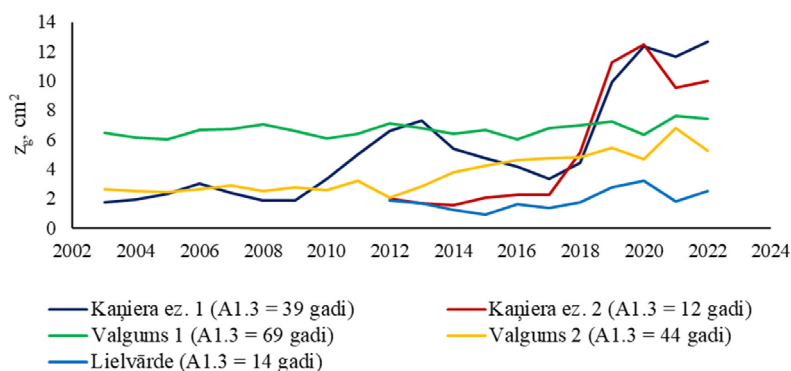
Mistrotā vidēja vecuma audzē Valgumā kokaudzi veido piecas sugas. Kā pēc indivīdu skaita (50,9% no kopējā koku skaita), tā arī krājas (71,8% no kopējās audzes krājas) dominē dažāda vecuma egles (*Picea abies*). Pārējo sugu secība: āra bērzs (*Betula pendula*) – indivīdu skaits 20,0%, krāja – 12,1%, osis (*Fraxinus excelsior*), attiecīgi 14,6% un 7,9%, vīksna (*Ulmus laevis*) – 9,1% un 1,2%, kā arī apse (*Populus tremula*) – 5,5% un 6,9%. Koku kopējais skaits audzē – 778 ind./ha, krāja – 533,3 m³/ha.

Oša radiālā pieauguma dinamika

Vidējās gadskārtu platuma un šķērsslaukuma dinamikas līknes Kaņiera ezera Ābeļu salas, Lielvārdes un Valguma oša meža audzēs attēlotas 3. un 4. attēlā. Dinamikas līkņu virzība rāda, ka vienmērīgākās oša gadskārtu platuma un šķērsslaukuma izmaiņas 20 gados ir Valguma meža audzēs dažāda vecuma ošiem. Sākot no 2012. gada nedaudz straujāks stumbra radiālais pieaugums Valguma audzē redzams jaunākajiem ošiem.



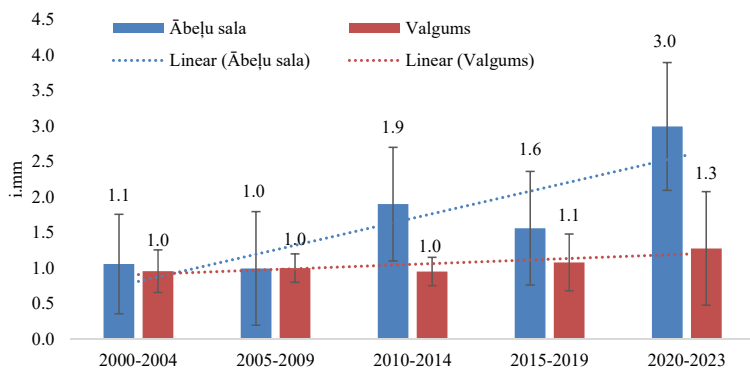
3. attēls. Vidējā gadskārtu platuma (*i*, mm) dinamika
Figure 3. Dynamics of annual ring width (*i*, mm)



4. attēls. Vidējā šķērslaukuma z_g , cm² dinamika
 Figure 4. Dynamics of the average cross-sectional area z_g , cm²

Ābeļu salas ošu gadskārtu platuma līknēs saskatāmi vairāki lūzuma punkti. 2009. gadā, četrus gadus pēc kormorānu invāzijas salā, strauji palielinās oša gadskārtu platums, pieaug oša stumbru šķērslaukums, kas turpinās piecus gadus līdz pat 2013. gadam. Nākamos piecus gadus līdz 2018. gadam gadskārtas sašaurinās, bet pēc tam, līdz pat 2023. gadam vērojams straujš stumbru radiālais pieaugums. Tātad pirmo oša stumbru radiālo pieaugumu (2009.–2013. g.), iespējams, ir veicinājis augsnes virskārtas bagātināšanās ar barības elementiem, savukārt oša pieauguma samazināšanās cēlonis (2013.–2018. g.) ir oša vainagu mehāniskie bojājumi kormorānu ligzdošanas laikā. Pēdējais radiālā pieauguma maksimums notiek gados (2018.–2022. g.), kad putni pamet salu un no jauna notiek oša vainaga atjaunošanās un veidošanās, oša indivīdu reģenerācija.

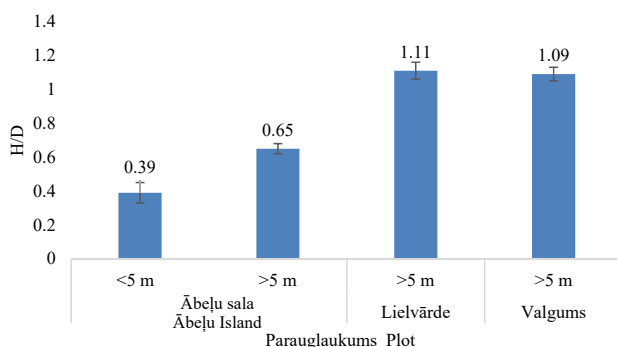
Oša radiālā pieauguma attiecības kormorānu traucētajā un relatīvi dabiskajā meža vidē ilustrē vidējās gadskārtu platuma izmaiņas piecu gadu periodā pēdējos 20 gados (5. att.). Ābeļu salā, pēc kolonijās ligzdojošo putnu ietekmes mazināšanās un intensīvas ošu atjaunošanās, vidējais gadskārtu platums sasniedz 3 mm gadā, salīdzinot ar iepriekšējo periodu, vidējais gadskārtu platums ir palielinājies par 1,4 mm. Pēdējos gados Valguma audzē vidējais gadskārtu platums ir tikai 1,3 mm (2,3 reizes mazāks nekā Ābeļu salā), bet, salīdzinot ar iepriekšējo periodu, pieaugums ir tikai par 0,2 mm.



5. attēls. Vidējā gadskārtu platuma izmaiņas piecu gadu intervālos
 Figure 5. Average annual ring width dynamics at five-year intervals

Oša indivīdu augstuma un caurmēra attiecība

Oša vizuālais izskats Kaņiera ezera Ābeļu salā – zema augums un druknais stumbrs, kuplais vainags, liecina par oša indivīdu savdabīgāku attīstību ietekmētās augtenēs pašreizējā augšanas periodā, salīdzinot ar kormorānu neietekmētām vai cilvēka nedaudz ietekmētām oša augšanas vietām. Tāpēc ir aprēķināta un salīdzināta Ābeļu salas, Valguma un Lielvārdes audzes oša augstuma un caurmēra attiecība indivīdiem (6. att.), kas jau ir sasnieguši koku stāva (> 5 m) augstumu, tā arī pēc augstuma zemākajiem, krūmu stāvā (paaugā) augošajiem ošiem (< 5 m). Oša augstuma un stumbra caurmēra attiecība Ābeļu salas, kā koku stāva, tā arī krūmu stāva, ir ievērojami mazāka par vienu, turpretim normālos apstākļos veidojušajās audzēs Valgumā un Lielvārdē, indivīdu augstuma/caurmēra attiecība ir lielāka par vienu.



6. attēls. Oša indivīdu stumbra augstuma (H) un caurmēra (D) attiecība
Figure 6. The ratio of the height (H) and diameter (D) of the trunk of ash individuals

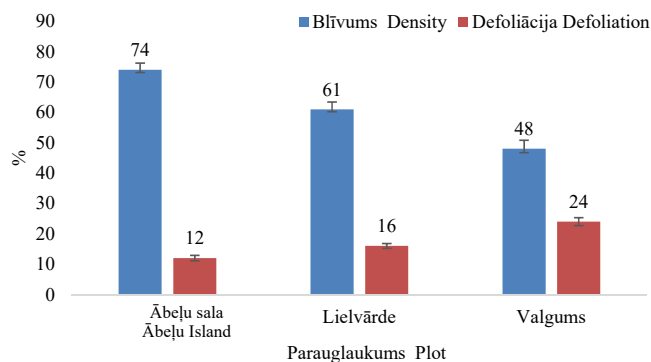
Oša veselības stāvoklis

Oša indivīdu (> 5 m) vainaga parametri – vainaga blīvums un vainaga defoliācija statistiski būtiski atšķiras starp mežaudzēm. Veselīgākie oša indivīdi ar mazāko vainaga caurredzamību, kompaktāko tā uzbūvi un arī ar mazāko lapu atmirumu vainagā, ir konstatēti Kaņiera ezera Ābeļu salā (3. tabula, 6. att.). Izretinātākais vainags ir raksturīgs Valguma audzē augošiem ošiem, kuri sastopami galvenokārt II stāvā zem egļu, apšu un bērzu kuplajiem vainagiem, oša indivīdu vainaga blīvums ir mazāks par 50% ar nelielu lapu zudumu vainagā – 24,2%, rādītāju, kas jau ir tuvs nākamajai vainagu defoliācijas klasei – indivīdiem ar vidēju lapu zudumu vainagā (26–60%). Lielvārdes ošu vainaga blīvuma, tā arī vainaga defoliācijas parametri, atrodas starp veselīgākajiem Ābeļu salas un nedaudz nomāktajiem Valguma ošu vainaga rādītājiem. Lielvārdes ošiem raksturīgas lielas tumši zaļas lapas.

3. tabula. Oša indivīdu vidējie vainaga blīvuma un defoliācijas parametri (%) 2023. gadā
Table 3. Average crown density and defoliation parameters (%) of ash individuals in 2023

Vainaga parametri / Crown parameters	Parauglaukums / Plot		
	Ābeļu sala / Ābeļu Island	Lielvārde	Valgums
Blīvums / Density	73,5 ± 2,2 a*	60,6 ± 2,4 b	48,2 ± 2,8 c
Defoliācija / Defoliation	11,8 ± 0,9 a	15,6 ± 0,8 b	24,2 ± 1,3 c

* atšķirīgi burti norāda par statistiski būtiskām atšķirībām starp datu kopām ($p < 0,05$) / Different letters indicate statistically significant differences between data sets ($p < 0.05$).

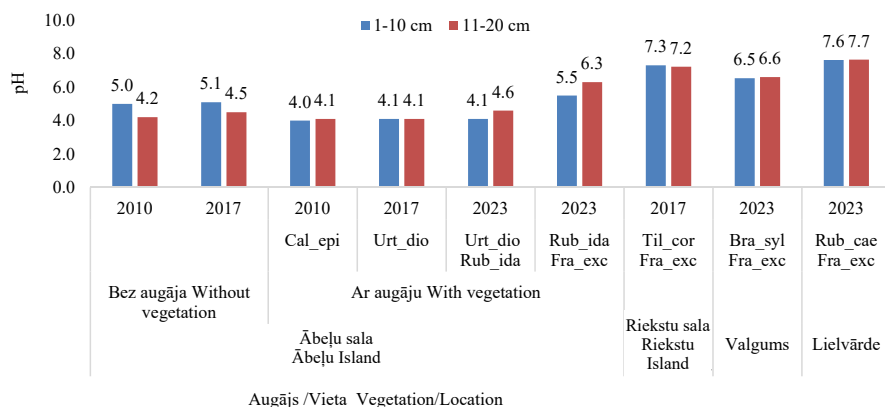


7. attēls. Oša vainaga blīvums un vainaga defoliācija mežaudzēs 2023. gadā
 Figure 7. Ash crown density and crown defoliation in stands in 2023

Makro- un mikroelementu satura izmaiņas augsnē

12 ķīmisko elementu – N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo un Na – satura, kā arī augsnē reakcijas (pH) un elektrovadītspējas (EC) rezultātu (2010., 2017. un 2023. gadā) diagrammas Kaņiera ezera Ābeļu salā atšķirīga apauguma divos augsnē virskārtas 0–10 cm un 11–20 cm slāņos ir atspoguļoti 8.–21. attēlā. Augsnē parametru uzskatāmai salīdzināšanai, diagrammās attēlots arī minēto rādītāju daudzums trīs relatīvi neizmainītās oša audzēs: 2017. gadā Kaņiera ezera Riekstu salā, kā arī 2023. gadā Valguma un Lielvārdes mežaudžu augtenēs (8.–21. att.).

Kaņiera ezera Ābeļu salā **stipri skāba** (pH 4,0–4,9) un **skāba** (pH 5,0–5,9) augsnē virskārta ir konstatēta kā plankumos bez augāja, tā arī *Urtica dioica* un *Rubus idaeus* augstzāļu grupējums (8. att.). Tikai pēdējos gados, atjaunojoties oša audzei Ābeļu salā, augsnē virskārta kļūst vāji skāba (pH 5,2–6,4). Savukārt putnu neietekmētās audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, kā arī oša audzē Valgumā un Lielvārdē augsnē virskārta ir vāji skāba (pH 6,0–6,9) vai pat neitrāla (pH 7,0–7,9). Pēdējie 2023. gada analīžu dati rāda, ka kormorānu ligzdošanas augtenēs ir par 1,5–2,1 pH vienībām skābākas, salīdzinot ar neietekmētām oša fona augtenēm (8. att.).

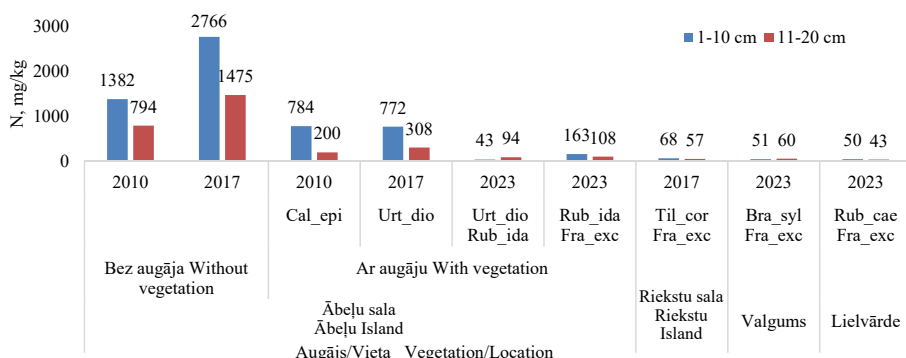


8. attēls. Augsnes reakcijas (pH_{KCl}) dinamika augsnes virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē

Figure 8. Dynamics of soil reaction (pH_{KCl}) in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

Sugu akronīmi / Acronyms of species (8.–21. attēlā / Figure 8–21.): Cal_epi – *Calamagrostis epigeios*, Urt_dio – *Urtica dioica*, Rub_ida – *Rubus idaeus*, Rub_cae – *Rubus caesius*, Bra_syl – *Brachypodium sylvaticum*, Fra_exc – *Fraxinus excelsior*, Til_cor – *Tilia cordata*.

Augiem izmantojamie **slāpekļa savienojumi** ir kustīgi, slāpeklis iekļaujas elementu apritē starp augiem un augsni, kā arī intensīvi izskalojas no augsnes virsējiem slāņiem. 2023. gada dati Ābeļu salā rāda, ka slāpekļa saturs augsnes virskārtā lielzaļu saaudzēs jau atbilst oša audžu fona līmenim (43–94 mg/kg). Nedaudz augstāka slāpekļa koncentrācija ir salas oša audzes augsnes virskārtā – 108–163 mg/kg. Neietekmētās oša audzēs slāpekļa savienojumu daudzums ir mazāks par 70 mg/kg (9. att.).

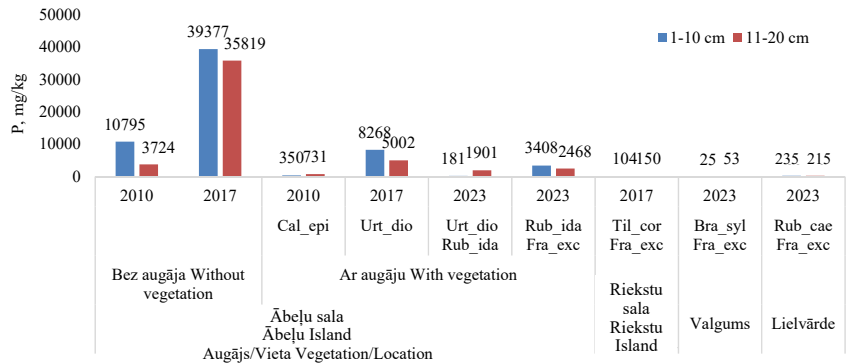


9. attēls. Slāpekļa (N) satura dinamika augsnes virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē

Figure 9. Dynamics of nitrogen (N) content in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

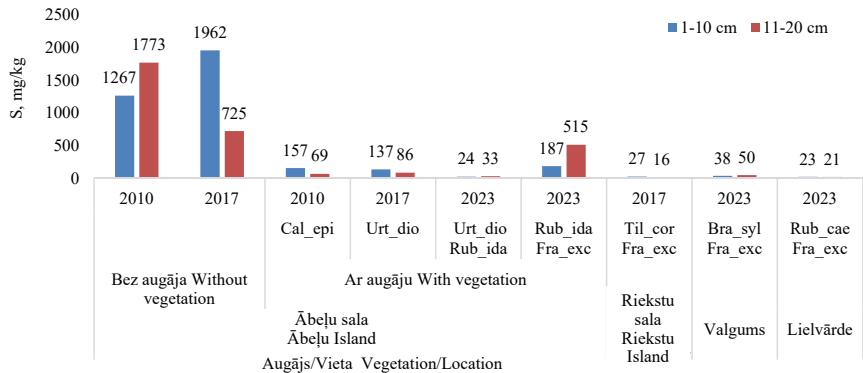
Fosfora, tāpat kā slāpekļa saturs augsnes virskārtā ir ļoti mainīgs. Lielākais fosfora saturs augsnes virskārtā konstatēts 2017. gadā Ābeļu salā, gulbju ģimenes (divi vecāki un pieci cālēni) regulāras uzturēšanās vietā – 39 377 mg/kg (10. att.). Fosfora saturs vietās bez augāja ir 5–7 reizes lielāks, salīdzinot ar fosfora daudzumu zem lielās nātres saaudzēm.

Fosfora saturs putnu neskartās augtenēs ir mainīgs, lielāks fosfora saturs ir ar trūdvielām bagātākās augtenēs (Riekstu salas un Lielvārdes mežaudzes). 2023. gadā Ābeļu salā oša augšanas vietā fosfora saturs 0–10 cm augsnes slānī, salīdzinot ar Lielvārdes audzi ir 15 reizes, bet, salīdzinot ar Valguma audzes virskārtu (minerālā augsne), pat 136 reizes lielāks. Tas liecina par oša plašo iecietību pret fosfora saturu augsnes virskārtā.



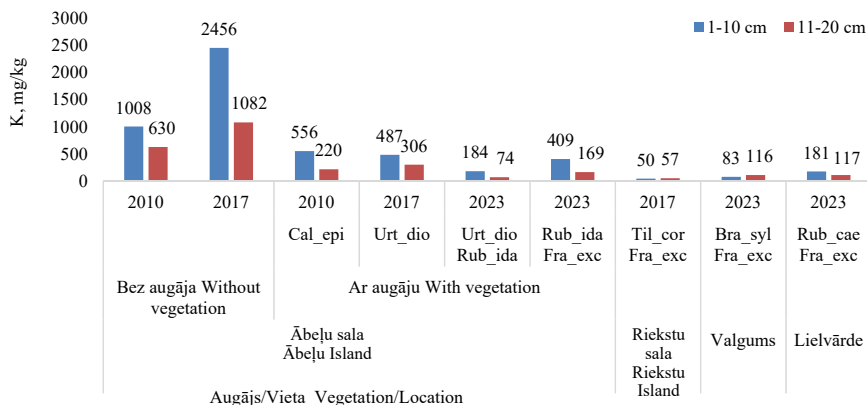
10. attēls. Fosfora (P) satura dinamika augsnes virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē
Figure 10. Dynamics of phosphorus (P) content in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

Sēra, tāpat kā citu nozīmīgu augu barības elementu – slāpekļa un fosfora – daudzums Ābeļu salā ievērojami lielāks ir augtenēs bez augāja segas. Augtenēs ar augāju, sēra saturs augsnes virskārtā, salīdzinot ar nedzīvu augsnes segumu, krasi samazinās (11. att.). Sēra saturs fona oša mežaudzēs augsnes virskārtā (0–10 cm) ir 23–38 mg/kg, kas kopumā ir 5–8 reizes mazāks nekā Ābeļu salas oša augsnēs.



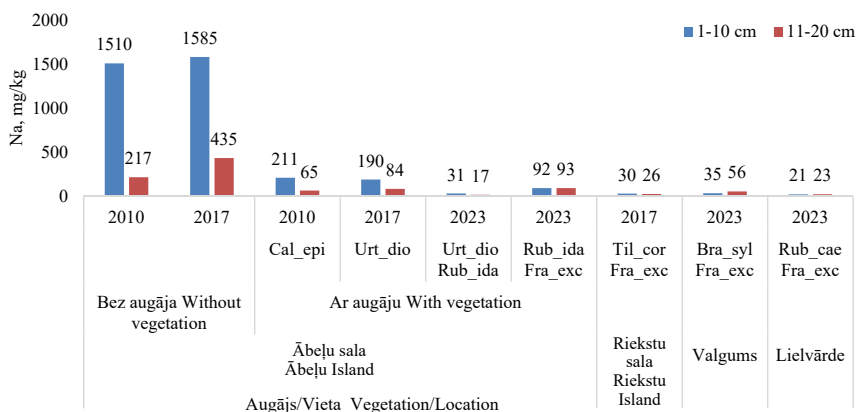
11. attēls. Sēra (S) satura dinamika augsnes virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē
Figure 11. Dynamics of sulphur (S) content in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

Kālija saturs 2010. un 2017. gadā Ābeļu salā ar augāju līdz pat 10 reizes pārsniedz fona līmeni (Riekstu salas, Valguma mežaudzes), bet jau 2023. gadā putnu ietekmētās augtenēs kālija satura atšķirības starp šīm augtenēm ir ievērojami samazinājušās: kālija saturs augsnes virskārtā Ābeļu salā ir tikai 2–4 reizes lielāks, salīdzinot ar fona augsnēm (12. att.).



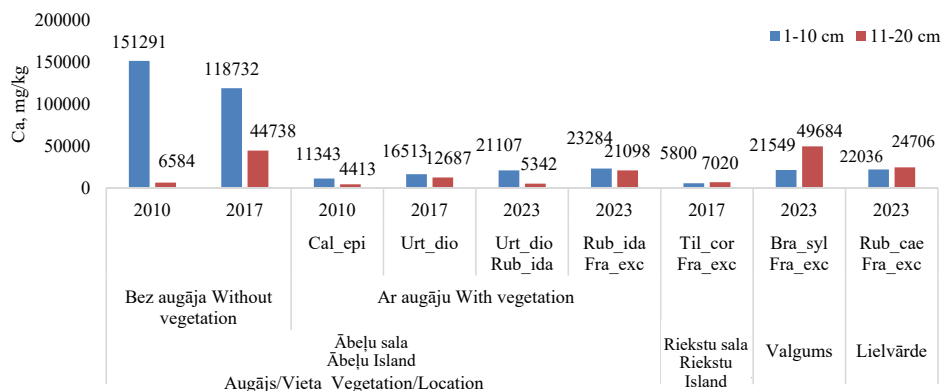
12. attēls. Kālija (K) satura dinamika augsnes virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē
 Figure 12. Dynamics of potassium (K) content in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

Nātrijs saturs 2010. un 2017. gadā Ābeļu salā ar apaugumu augsnes virskārtā (0–10 cm slānī) ir 2–3 reizes lielākā daudzumā, nekā dziļākajā 11–20 cm slānī. Pēdējā novērojumu reizē 2023. gadā nātrija daudzuma atšķirības starp augsnes slāņiem Ābeļu salā ir izlīdzinājušās un būtiski neatšķirās no nātrija daudzuma fona ošu augšņu virskārtā (13. att.).



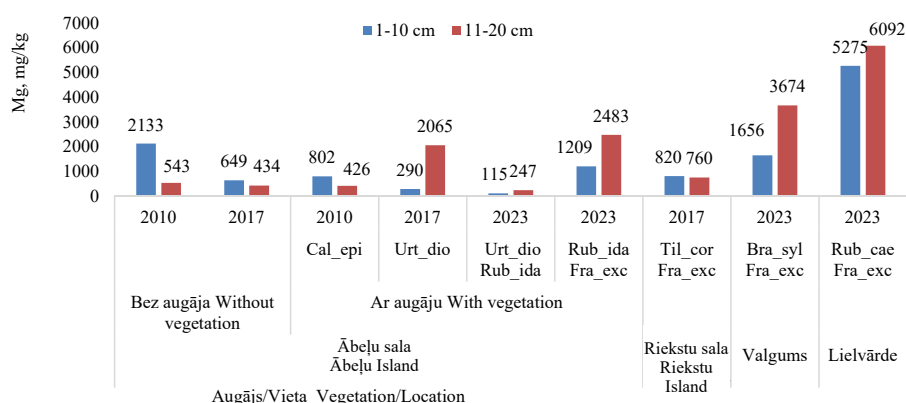
13. attēls. Nātrija (Na) satura dinamika augsnes virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē
 Figure 13. Dynamics of sodium (Na) content in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

Kalcija daudzums Ābeļu salas augtenēs ar augu segu ir līdzīgs iekšzemes oša mežaudžu augteņu daudzumam, atsevišķos gadījumos putnu stipri ietekmētajās augtenēs kalcija daudzums ir pat mazāks, salīdzinot ar Valguma un Lielvārdes oša audzēm (14. att.).



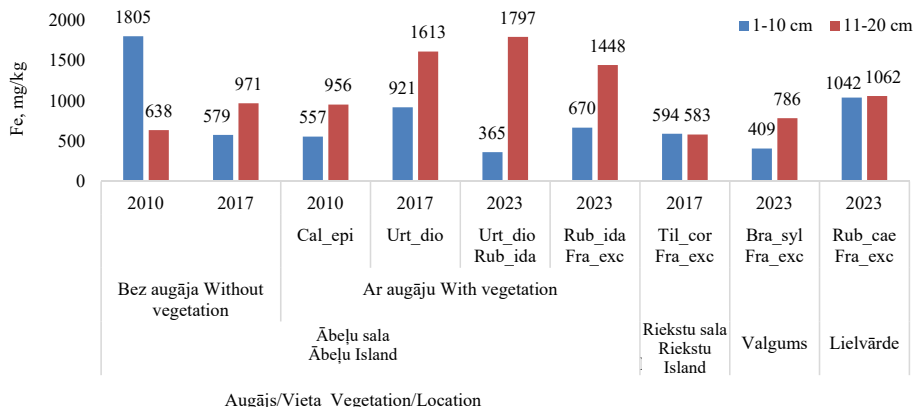
14. attēls. Kalcija (Ca) saturs augsnē virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē
 Figure 14. Dynamics of calcium (Ca) content in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

Magnija sadalījumam Ābeļu salas un iekšzemes oša audžu augtenēs, salīdzinot ar slāpekļa, fosfora, kalcija un citu makroelementu daudzumu, ir vairākas īpatnības (15. att.). Ābeļu salā augtenēs bez augāja nav sevišķi augsta magnija koncentrācija (1); vairākās vietās augsnē virskārtas dziļākajā slānī (11–20 cm) ir lielāka magnija koncentrācija nekā augsnē virskārtā (0–10 cm), kas, iespējams, ir saistīts arī ar augsnes minerālās daļas lielāku dabisko piesātinājumu ar magniju (2); fona mežaudzēs Valgumā un Lielvārdē ir ievērojami lielāka magnija koncentrācija augsnē virskārtā, salīdzinot ar stipri pārveidoto augsnē virskārtu Ābeļu salā (3).



15. attēls. Magnija (Mg) saturs augsnē virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē
 Figure 15. Dynamics of magnesium (Mg) content in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

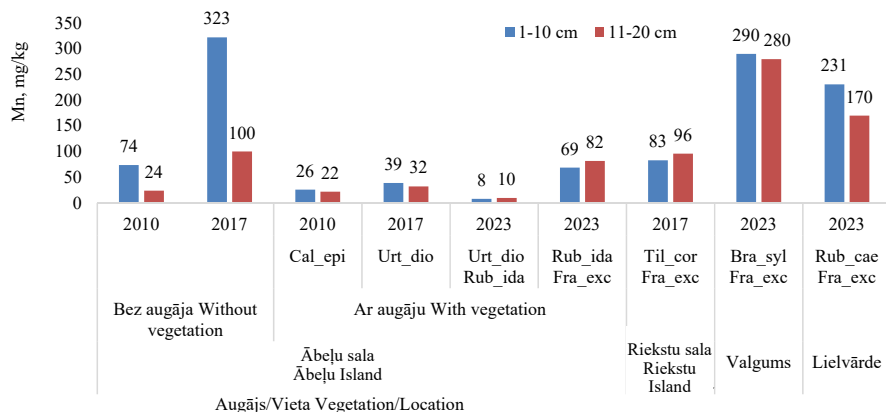
Arī **dzelzs**, tāpat kā magnija, saturs, lielākajā daļā gadījumu kā Ābeļu salā, tā arī iekšzemē, lielāks ir augsnes virskārtas 11–20 cm slānī (16. att.). Savukārt ezera salu augsnē dzelzs saturs ir lielāks nekā iekšzemes oša audzēs.



16. attēls. Dzelzs (Fe) satura dinamika augsnes virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē

Figure 16. Dynamics of iron (Fe) content in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

Mangāna daudzums, izņemot augteni bez augāja Ābeļu salā 2017. gadā, lielāks ir iekšzemes oša mežaudzēs Valgumā un Lielvārdē nekā ar augāju aplātajās augtenēs Ābeļu salā (17. att.). Raksturīgi, ka Kaņiera ezera Ābeļu un Riekstu salas oša audzēs ir lielāks mangāna daudzums nekā augstzāļu saaudžu augsnē.

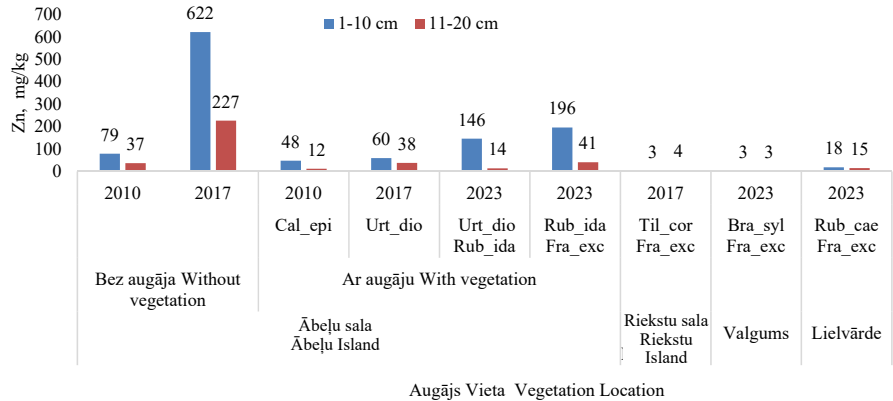


17. attēls. Mangāna (Mn) satura dinamika augsnes virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē

Figure 17. Dynamics of manganese (Mn) content in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

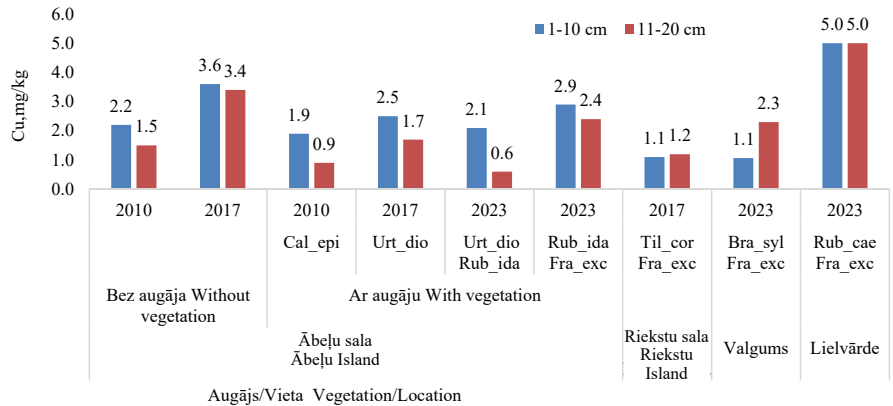
Lielākais **cinka** saturs Ābeļu salā ir augtenēs bez augu segas (18. att.). Zīmīgi, ka Ābeļu salā 2023. gadā, salīdzinot ar 2010. gada un 2017. gada analīžu datiem, visu augu sabiedrību augtenēs ir 2–5 reizes lielāks cinka saturs. Tāpat jāatzīmē, ka 2023. gadā augsnes virsējā, līdz 10 cm biezajā slānī, ir aptuveni 10 reizes lielāka cinka koncentrācija nekā dziļākajā 11–20 cm slānī.

Savukārt nepiesārņotajās fona augtenēs, salīdzinot ar kormorānu ietekmētajām, cinka saturs ir ievērojami mazāks, atšķirības pārsniedz pat 82 reizes.



18. attēls. Cinka (Zn) satura dinamika augsnes virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē
Figure 18. Dynamics of zinc (Zn) content in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

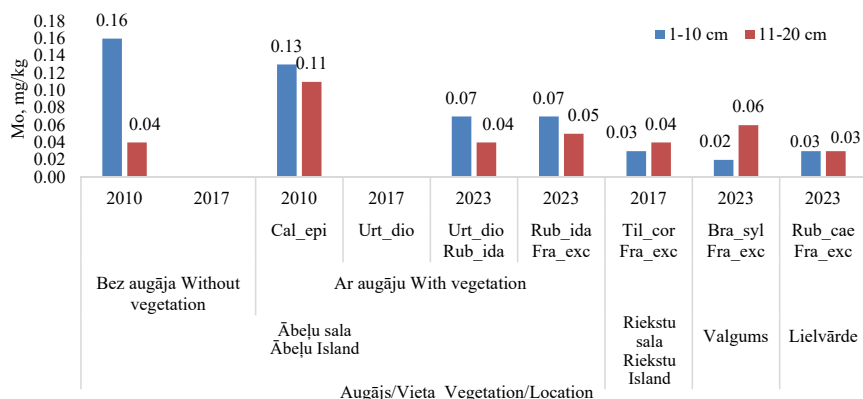
Vara saturs Ābeļu salā visos gados visās augu sabiedrību augtenēs lielāks ir augsnes virsējā slānī (19. att.), nedaudz lielāka vara koncentrācija ir augtenēs bez pastāvīgas koku, krūmu un lakstaugu segas. Vara saturs kormorānu ietekmētajās un nosacīti dabiskajās oša augtenēs Riekstu salas un Valguma mežaudzēs praktiski ir līdzīgs. Izņēmums ir Lielvārdes augtene ar būtiski augstāku vara koncentrāciju visā 20 cm biezajā augsnes virskārtā, kas, iespējams, ir urbānās vides ietekmes rezultāts.



19. attēls. Vara (Cu) satura dinamika augsnes virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē
Figure 19. Dynamics of copper (Cu) content in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

Molibdēna saturs lielāks Ābeļu salā ir pirmajā pētījumu periodā 2010. gadā kā augtenē bez augāja, tā arī augtenē ar smiltāju cietu (20. att.). Pēdējie, 2023. gada analīžu dati rāda, ka molibdēna saturs piesārņotās salas augtenēs ir nedaudz lielāks nekā molibdēna daudzums iekšzemes oša audzēs.

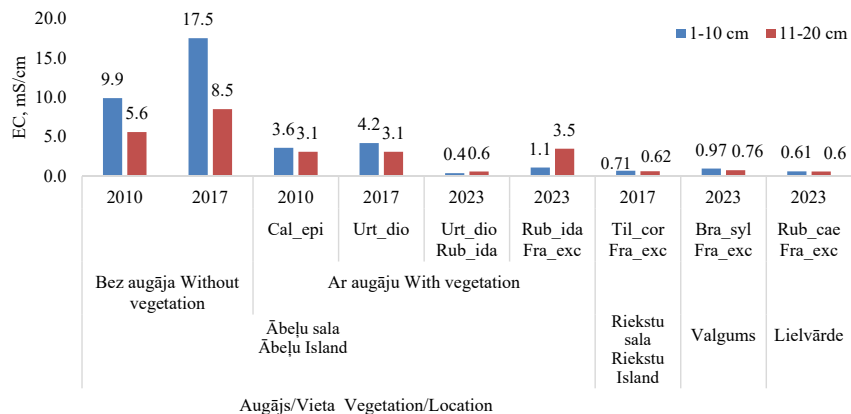
2017. gada pētījumos molibdēna daudzums nav noteikts augtenē bez augāja un lielās nātres *Urtica dioica* augtenē.



20. attēls. Molibdēna (Mo) saturs augsnes virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē

Figure 20. Content of molybdenum (Mo) in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

Elektrovadītspēja atspoguļo kopējo ūdenī šķīstošo elementu saturu augsnē. Lielākā elektrovadītspēja, tātad arī lielākā ūdenī šķīstošo ķīmisko elementu koncentrācija ir augtenēs, kurās nespēj augt augi. Šādas mikronišas uz salas bija kā 2010., tā arī 2017. gadā (21. att.). Augsnes elektrovadītspējas dinamiskajā rindā 2–4 reizes zemāka elektrovadītspēja, salīdzinot ar tukšainēm, ir augtenēm ar *Calamagrostis epigeios* un *Urtica dioica* saaudzēm. Savukārt 2023. gadā elektrovadītspēja kormorānu ligzdošanas vietās Ābeļu salā jau ir līdzīga neietekmētu augšņu elektrovadītspējai. Uzmanību saista vienīgi paaugstinātā ķīmisko elementu koncentrācija *Rubus idaeus-Fraxinus excelsior* augtenēs Ābeļu salā. Neietekmētu mežaudžu augsnes virsējos 10 cm slāņos elektrovadītspēja ir < 1 mS/cm.



21. attēls. Elektrovadītspējas (mS/cm) dinamika augsnes virskārtā Kaņiera ezera Ābeļu salā, spontānās oša audzēs Kaņiera ezera Riekstu salā, Valgumā un Lielvārdē
Figure 21. Dynamics of soil electrical conductivity (mS/cm) in topsoil on the Ābeļu Island of Lake Kaņieris, in the spontaneous ash stand in the Riekstu Island of Lake Kaņieris, Valgums and Lielvārde

Oša audžu nodrošinājums ar barības elementiem

Augiem nepieciešamo barības elementu saturs (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) augsnē un oša lapās apkopts 4. un 5. tabulā. Salīdzināts barības elementu daudzums augsnē un lapās Kaņiera ezera Ābeļu salas un iekšzemes oša audzēs ar V. Nollendorfa izstrādāto barības elementu nodrošinājuma piecpakāpi (nepietiekama, zema, optimāla, augsta un pārbagāta) skalu augsnē un augu lapās (Čekstere 2011, Nollendorfs et al. 2023). Tabulās iekrāsots barības elementu saturs ar nepietiekamām un zemām (gandrīz nepietiekamām) vērtībām, kas var negatīvi ietekmēt koku augšanu.

Tabulās redzams, ka starp 12 svarīgākajiem barības elementiem augsnes virskārtā (0–10 un 11–20 cm biezā slānī) Kaņiera ezera Ābeļu salā 33–42%, bet Lielvārdes mežaudzē 42% gadījumos kāda no 12 analizēto barības elementu saturs ir nepietiekamā vai zemā (gandrīz nepietiekamā) līmenī. Savukārt oša augšanai vēl nabadzīgāks nodrošinājums ar barības elementiem ir Valguma mežaudzē, kurā pāri par 58 % gadījumu to saturs ir nepietiekams vai zems.

4. tabula. Barības elementu saturs augsnē (mg/l) Ābeļu salas, Lielvārdes un Valguma mežaudzēs 2023. gadā

Table 4. Nutrient content (mg/l) in soil in the Ābeļu Island, Lielvārde and Valgums forests in 2023

Elements Element	Ābeļu sala Kaņieris Ābeļu Isle Lake Kaņieris				Lielvārde		Valgums			
	Koki < 2 m Trees < 2 m		Koki 5–7 m Trees 5–7 m		Koki 5–7 m Trees 5–7 m		Koki < 2 m Trees < 2 m		Koki 5–7 m Trees 5–7 m	
	0–10	11–20	0–10	11–20	0–10	11–20	0–10	11–20	0–10	11–20
N	48**	86*	68	56	53	49	28	5	27	5
P	1799	1962	621	1272	249	247	26	27	19	15
K	96	104	195	118	192	134	21	19	63	45
Ca	10173	15767	6359	10872	23358	28413	3672	2533	19595	18290
Mg	429	2209	430	1044	5591	7005	351	220	1524	1553
S	88	475	15	200	24	23	10	6	21	18
Fe	305	1213	171	685	1105	1222	379	269	122	89
Mn	21	73	29	34	245	196	148	94	66	22
Zn	104,9	22,3	34,4	32,3	19,0	17,0	0,6	0,6	1,8	1,67
Cu	1,1	1,5	1,1	1,7	5,7	5,9	0,6	0,5	0,5	0,42
B	0,6	0,3	1,3	0,4	0,4	0,2	0,6	0,1	1,3	1,30
Mo	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02
pH	5,2	6,4	5,6	6,2	7,6	7,7	6,9	7,0	6,3	6,5
EC, mS/cm	1,1	4,5	1,1	2,6	0,6	0,6	1,1	1,2	0,5	0,4
Tilpumsvars, g/cm ³ Volumetric weight, g/cm ³	0,42	0,83	0,28	0,47	1,06	1,15	1,07	1,21	0,45	0,39

* dzeltens fons nozīmē zemu barības elementu daudzumu augsnē / yellow background means low nutrients in the soil; ** pelēks fons nozīmē nepietiekamu barības elementu daudzumu augsnē / grey background means insufficient nutrients in the soil.

Kaņiera ezera Ābeļu salā augsnes virskārtas divos slāņos konstatēts četrus ķīmisko elementu – slāpekļa, kālija, vara un molibdēna, bet Lielvārdes mežaudzē – piecus ķīmisko elementu – slāpekļa, kālija, sēra, cinka un molibdēna deficīts. Savukārt Valguma mežaudzē abos augsnes virskārtas dziļumos kā minerālaugsnē, tā arī organiskām vielām bagātās augsnēs, pietiekams nodrošinājums ir ar mangānu, bet organiskās augsnēs – arī ar kalciju, magniju un dzelzi.

Barības elementu saturu augsnē ietekmē augsnes virskārtas tekstūra. Jāatzīmē, ka pētītajās ošā mežaudzēs augsnes virskārtā ir ļoti atšķirīga augsnes tekstūra, oši aug gan organiskās, gan arī minerālaugsnēs. Ošā augtenes, bagātas ar trūdvielām, ir Kaņiera ezera Ābeļu salā, kur 0–20 cm augsnes slānī tilpumsvars variē robežās no 0,29–0,93 g/cm³ un Valguma mežaudzes jauno ošu (5–7 m augsti indivīdi) augsnes virskārtas tilpumsvars ir 0,39–0,45 g/cm³, savukārt Lielvārdē un Valguma ošā paaugas augtenē augsnes virskārtā ir liels minerālo frakciju īpatsvars, tilpumsvars visos paraugos ir lielāks par 1,1 g/cm³, dažos paraugos pat 1,21 g/cm³.

5. tabula. Barības vielu saturs oša lapās Ābeļu salas, Lielvārdes un Valguma mežaudzēs 2023. gadā
 Table 5. Nutrient content in ash leaves in the Ābeļu Island, Lielvārde and Valgums forests in 2023

Elements Element	Ābeļu sala Kaņieris <i>Ābeļu Isle Lake Kaņieris</i>		Lielvārde	Valgums	
	Koki < 2 m <i>Trees < 2 m</i>	Koki 5–7 m <i>Trees 5–7 m</i>	Koki 5–7 m <i>Trees 5–7 m</i>	Koki < 2 m <i>Trees < 2 m</i>	Koki 5–7 m <i>Trees 5–7 m</i>
N, %	2,30	1,70 **	2,28	2,53	3,15
P, %	0,43	0,32	0,23	0,11	0,15
K, %	1,85	1,03*	1,03	1,03	0,64
Ca, %	1,13	1,99	2,43	2,25	2,44
Mg, %	0,33	0,43	0,50	0,58	0,48
S, %	0,27	0,27	0,19	0,32	0,25
Fe, mg/kg	57,8	51,1	54,5	47,8	40,0
Mn mg/kg	77,0	29,4	19,9	37,2	27,9
Zn, mg/kg	16,2	11,2	11,2	14,2	11,7
Cu, mg/kg	7,3	1,8	5,7	8,5	3,8
Mo, mg/kg	< 0,2	< 0,2	0,8	< 0,2	0,3
B, mg/kg	20	22	19	24	22

* dzeltens fons nozīmē zemu barības elementu daudzumu lapās / yellow background means low nutrients in the leaves; ** pelēks fons nozīmē nepietiekamu barības elementu daudzumu lapās / grey background means insufficient nutrients in the leaves.

Nepietiekams un zems barības elementu saturs oša lapās visvairāk gadījumu konstatēts Lielvārdes audzē – 58% gadījumu, Valguma audzē – 50% gadījumu, bet vismazāk gadījumu ar zemu vai nepietiekamu barības elementu saturu konstatēts Ābeļu salā – 42% gadījumos. Kopumā Kaņiera ezera Ābeļu salā salīdzinājumā ar citām pētījuma vietām 2023. gadā ošu lapās bija labāks nodrošinājums ar fosforu un kāliju.

DISKUSIJA

Augāja destrukcija un attīstība nākotnē Kaņiera ezera Ābeļu salā

2010. gadā jeb piecus gadus pēc kormorānu invāzijas Ābeļu salā (vairāk kā 60 ligzdas) bija redzami tikai daži oši, bērzi un melnalkšņi ar stipri bojātiem vainagiem (vainaga defoliācija > 90%), baltalkšņi bija pilnīgi nokaltuši, salai bija raksturīgs sausokņu mežs, zemi klāja bagātīgs kritalu un sauso zaru klājiens. Koku vainagu zari un koku galotnes, kuros bija iekārtotas ligzdas, bija masveidīgi aplauzti. Līdzīgs koku stāvoklis bija arī pēc septiņiem gadiem – 2017. gadā. Pilnīgi nokaltuši un arī izkrituši no koku stāva bija bērzi, ošiem bija saglabājušies atsevišķi dzīvi zari ar dažām zaļojošām lapām, uz kuriem kormorāni bija izveidojuši ligzdas. Zīmīgi, ka vairākiem vizuāli pilnīgi nokaltušajiem ošiem, bija izveidojušies ūdenszari. Savukārt 2023. gadā, 18 gadus pēc kormorānu invāzijas Ābeļu salā, notiek oša reģenerācija, tika uzmērīti 20 oša indivīdi: 6,6 – 17,4 cm caurmērā un 5,1–11,2 m augsti.

Krūmu stāvs 2010. gadā bija stipri retināts, varēja atpazīt *Frangula*, *Rhamnus*, *Salix*, *Fraxinus* ģints indivīdus. 2017. gadā krūmu stāvs bija pilnībā izzudis, vienīgi bija saglabājušies atsevišķi stipri bojāti 2–4 m augsti jaunie oši, uz kuru dažiem zariem kormorāni bija iekārtojuši nestabilas ligzdas. Šajā gadā Ābeļu salas piekrastē auga vitāls un kupls melnā plūškoka (*Sambucus nigra*) krūms. Savukārt 2023. gadā tika konstatēti vairāki sarkanie plūškoki (*Sambucus racemosa*), bet salas paaugstinātajā daļā zem ošu koku stāva stiepās vitāla, 1–3 m augsta jauno ošu rinda.

Zemsedzē pēc kormorānu invāzijas, vietās ar lieliem putnu ekskrementu nosēdumiem un augstu ķīmisko elementu koncentrāciju, veidojas lieli plankumi bez augāja. 2010. gadā atkailināta augsne pēc acumēra vērtējuma aizņēma gandrīz pusi no salas platības (45%). 2017. gadā, pakāpeniski samazinoties ligzdošanas intensitātei un ķīmisko elementu koncentrācijai augsnes virskārtā, platības bez augāja aizņēma vairs tikai 5–7% no salas platības, bet vēl pēc sešiem gadiem praktiski visu salas virsu sedza biezs lakstaugu klājiens.

Kopumā intensīvas putnu ligzdošanas laikā un līdz pat mūsdienām Ābeļu salas zemsedze ir ar vaskulāro augu sugām nabadzīga, bet epigeidās sūnu sugas vispār netika atrastas. 2010. gadā lakstaugu stāvam raksturīgas *Calamagrostis epigeios* un *Solanum dulcamara* sinūzijas, pēc septiņiem gadiem lakstaugu stāvā dominēja jau *Urtica dioica*, bet pēdējā novērojumu periodā – *Urtica dioica*, *Rubus idaeus* un *Galium aparine*. Lielā nātre un meža avene plankumiem klāj visu salu, savukārt ķeraīņu madara zem ošu klāja veido 4–9 m² lielus plankumus, tādejādi daudzveidojot augstzāļu saaudžu sinuziālo kompozīciju (1. tabula). No jauna konstatētas dažas graudzāļu sugas – *Dactylis glomerata*, *Poa palustris* un citas gadījuma sugas (1. tabula).

Pamatojoties uz 15 gadu laikā veikto pētījumu datiem Ābeļu salā, ir iespējams konstatēt vairākas mežaudzes attīstības stadijas, kuras var raksturot ar audzes fizionomisko stāvokli, sugu sastāvu un oša radiālā pieauguma intensitāti.

Pirmajā stadijā 7–8 gadus pēc kormorānu invāzijas (2005.–2013. g.), kad augsnes virskārtā atsevišķu ķīmisko elementu (N, P, K, S, Ca, Na) koncentrācija desmit un vairāk reizi pārsniedz pirmstraucējuma līmeni, raksturīga augtenes paskābināšanās jeb acidifikācija, pakāpeniska koku un krūmu stāva **destrukcija**, lakstaugu stāva vienveidošanās vai pat īslaicīga pilnīga iznīkšana. Audze zaudē mežam raksturīgo četru pamatstāvu uzbūvi. Šajos gados ošiem ir mainīgs radiālais pieaugums, vērojams kā augtenes piesātinājuma ar barības elementiem pozitīvs, tā arī negatīvs efekts.

Otrajā stadijā, kas ilgst 4–5 gadus (aptuveni 2013.–2018. g.), kad samazinās putnu ligzdošanas intensitāte un samazinās ekskrementu apjoms augsnē, intensīvi veidojas nitrofilās augstzāļu sabiedrības. Audzē ir izzudis koku un krūmu stāvs, bet zemsedzē ir neraksturīgs sugu sastāvs. Šos mežaudzes attīstības gadus var apzīmēt kā audzes **stagnācijas** periodu.

Trešā stadija ir mežaudzes **reģenerācijas** sākuma fāze (2018.–2023. g.), kad vērojama intensīva ligzdošanas laikā nomāktu ošu atjaunošanās: kompakta vainaga veidošanās ar veselīgu lapotni un intensīvu radiālo pieaugumu – vidēji 3 mm gadā (5. att.). Šajos pēdējos gados augsnes virskārtā samazinās ar putnu ekskrementiem ienesto ķīmisko elementu daudzums (notiek elementu ieskalosšanās augsnes dziļākos slāņos un izskalošanās no augsnes virskārtas, kā arī to iekļaušana bioloģiskajā riņķojumā augsne-augi. Vairāku ķīmisko elementu saturs Kaņiera ezera Ābeļu salas oša augtenēs jau līdzinās to daudzumam oša fona audzēs iekšzemē.

Augsnes ķīmiskā sastāva izmaiņas

Augsnes ķīmiskā sastāva dati, kas iegūti ar 6–7 gadu periodiskumu, līdzīgiem paraugu ievākšanas paņēmieniem un laboratorijas analīžu metodēm, dod ieskatu par kritisko makro- un mikroelementu akumulāciju (ienesi) augsnes virskārtā ligzdojošo putnu kolonijā, saglabāšanos augiem aktīvajā minerālo barības vielu uzņemšanas zonā un iznesi no tās.

Bez augāja atkailinātajos augsnes plankumos, kas 2010. gadā aizņēma 45% salas platības, bet 2017. gadā vairs tikai 10%, augsnes virskārtā abos dziļumos lielāks ir slāpekļa, fosfora, sēra, kālija, nātrijs, kalcija un molibdēna daudzums, ievērojami lielāka elektrovadītspēja, salīdzinot ar augstzāļu un augstzāļu-ošu augāju. Augsnes reakcija (pH) savukārt virsējā 1–10 cm slānī ir par vienu vienību, bet dziļākajā 11–20 cm slānī par 0,1–0,4 vienībām mazāk skāba, salīdzinot ar skābākajām smiltāju cietas un lielās nātres augtenēm. Atsevišķu ķīmisko elementu

augstās koncentrācijas augsnē bez augu segas orientējoši norāda uz šo elementu toksiskuma pakāpi augiem.

Augsnes virsējā 1–10 cm slānī, salīdzinot ar dziļāko 11–20 cm slāni, konsekventi visos novērojumu gados augtenēs ar augāju ir lielāks kālija, nātrijs, kalcija, cinka un vara daudzums. Vairākiem ķīmiskajiem elementiem – mangānam, sēram, slāpeklim, arī magnijam – pirmajos 1–12 gados (2010., 2017. g.) pēc kormorānu invāzijas lielāka koncentrācija ir augsnē virsējā slānī, bet 2023. gadā – augsnē virskārtas apakšējā slānī. Iespējams, ka minēto elementu savienojumi ir kustīgāki un pēc 20 gadiem notiek šo elementu intensīvāka iznese no augsnē virsējā slāņa. Divu minēto elementu grupās neiekļaujas dzelzs koncentrācijas sadalījums augsnē virskārtā: konsekventi lielāka dzelzs koncentrācija ir 11–20 cm augsnē slānī, kas ir saistīts ar lielāku, dzelzi saturošu, minerālo augsnē daļiņu piejaukumu.

Salīdzinot makro- un mikroelementu daudzuma sadalījumu pēc sugu sastāva līdzīgās augu sabiedrībās ar *Urtica dioica* un *Rubus idaeus* 2017. un 2023. gadā, redzam, ka lielāka ķīmisko elementu koncentrācija abos augsnē virskārtas slāņos ir 2017. gadā. Šādai secībai pakļaujas slāpekļa, sēra, fosfora, kālija, nātrijs, magnijs, mangāns un vara savienojumu koncentrācija. Tikai trīs elementiem daudzuma attiecības starp minētajiem gadiem ir citādas – kalcija un cinka daudzums 1–10 cm slānī, bet dzelzs daudzums 11–20 cm slānī lielāks ir 2023. gadā, salīdzinot ar 2017. gadu. Arī šāda ķīmisko elementu satura izmaiņa starp minētajiem gadiem liecina par to pakāpenisku iznesi. Par lielāku ķīmisko elementu koncentrāciju augsnē virskārtā 2017. gadā norāda arī lielāka augsnē elektrovadītspēja. Augsnē reakcija (pH) augsnē virsējā slānī ir vienāda (pH – 4,1), bet zem tā dziļākajā slānī pēdējā novērojumu gadā (2023. gadā), augsnē ir par 0,5 vienībām mazāk skāba.

Salīdzinot augstzaļu *Urtica dioica*-*Rubus idaeus* un *Rubus idaeus*-*Fraxinus excelsior* augtņu piesātinājumu ar ķīmiskajiem elementiem, pārlicinot lielāka elementu koncentrācija ir meža avenēs un oša audzēs. Izņēmums ir tikai dzelzs daudzums 11–20 cm slānī, lielāks dzelzs saturs ir augstzaļu augtenēs. Iespējams, ka oša augtenēs iepriekšējos gados ir bijis lielāks kormorānu ligzdu blīvums un līdz ar to lielāks ekskrementu depoziāta apjoms, nekā augstzaļu augtenēs, pašlaik augstzālēs nav saglabājušies (iespējams, ka arī vispār nebija) oši, ir vienīgi pāris satrudējuši bērza stubeņi un dažas bērza un apses kritālas. Šo pieņēmumu apstiprina pētījumi Eri ezera salās Ziemeļamerikā, kur augāja sastāvs un ķīmisko elementu (slāpekļs, fosfors) koncentrācija ir atkarīga no ligzdu blīvuma: zemāks slāpekļa un fosfora saturs augsnē virskārtā ir izretinātās ligzdošanās vietās (1–96 ligzdas/ha), lielāks pie vidēja blīvuma (97–255 ligzdas/ha) un liela blīvuma ligzdu (> 266 ligzdas/ha) skaita (Rush et al. 2013).

Kopumā oša audzēs (*Rubus idaea*-*Fraxinus excelsior*) Kaņiera ezera Ābeļu salā augsnē virskārtā ir lielāka ķīmisko elementu koncentrācija, salīdzinot ar netraucētām oša audzēm Kaņiera ezera Riekstu salā un iekšzemes oša audzēs Valgumā un Lielvārdē. Sacīto apliecina augsnē elektrovadītspēja, kas ievērojami lielāka ir Ābeļu salā, 0–10 cm slānī 1,1, bet 11–20 cm slānī pat 4,5, tajā pat laikā fona audzēs elektrovadītspēja ir mazāka par 1,0. Vairāku augiem svarīgu barības elementu – slāpekļa, fosfora, sēra, kālija, nātrijs, cinka, molibdēna – daudzums lielāks ir ietekmētajās augtenēs Ābeļu salā. Savukārt kalcija, dzelzs un vara daudzums attiecībā pret šo elementu daudzumu Ābeļu salā ir mainīgs, bet magnijs un mangāns saturs lielāks ir iekšzemes oša audzēs. Jāatzīmē, ka augsnē reakcija (pH) Ābeļu salas virsējā slānī ir par 2,4, bet dziļākajā – par 1,3 vienībām skābāka, salīdzinot ar iekšzemes neitrālākajām Lielvārdes oša audzēm.

Nodrošinājums ar barības elementiem

Pētījumos konstatēts, ka Latvijā jaunie oši aug augtenēs ar augšanai nepieciešamo barības elementu plašu diapazonu, dažu elementu daudzums augsnē ir nepietiekamā daudzumā, savukārt citu – optimālā, vai pat pārbagātā daudzumā (Čekstere et al. 2016, Nollendorfs et al. 2023).

Optimālā augsnes reakcija platlapu sugu (kļava, osis, liepa, ozols) augšanai Latvijā augšanai Latvijā ir 5,6–6,4 (Nollendorfs et al. 2023). Ābeļu salā variē no 5,2 līdz 6,4 (atbilst šim diapazonam), bet Valguma un Lielvārdes oša audzēs augsnes ir neitrālas vai pat bāziskas: Valgumā pH variē 6,3–7,0, bet Lielvārdes audzē – 7,6–7,7 robežās, kas var negatīvi ietekmēt atsevišķu barības elementu uzņemšanu.

Barības elementu saturs oša lapās, kā optimālu augšanas apstākļu indikators augtenē, rāda, ka ošiem visās trīs mežaudzēs ir nepietiekams vai gandrīz nepietiekams cinka un bora saturs. Tāpat iekšzemes oša augsnēs, izņemot Ābeļu salas oša augtenes, konstatēts cinka deficīts. Ābeļu salas augsnēs ir cinka pārpilnība, bet salas augsnēs cinks atrodas augiem grūti uzņemamos savienojumos.

Gan augsne, gan lapas satur pietiekamu daudzumu kalcija un magnija. Literatūrā norādīts, ka augiem optimālā kalcija un magnija attiecība augsnē ir 5–8 : 1 (Nollendorfs, Čekstere 2012). Pētītajās mežaudzēs Ābeļu salā un Valgumā Ca/Mg attiecība ir > 10 : 1, vienīgi Lielvārdē Ca/Mg attiecība augsnes virskārtā ir 4 : 1, kas skaidrojams ar dolomīta cilmieža ietekmi.

Jāpiezīmē, ka sastādot barības elementu nodrošinājuma gradācij augsnē un platlapu koku sugu lapās, izmantoti un analizēti galvenokārt pētījumu dati, kas veikti urbānā vidē, kā arī Viduseiropā (Čekstere 2011), tātad augtenēs, kas ir ievērojami bagātākas, nekā Latvijas mežos. Šis apstākļi varētu būt viens no iemesliem, kāpēc Latvijas mežaudzēs, ar atšķirīgākiem vides apstākļiem, nekā eitrofā urbānā vidē vai Viduseiropas mežos, ir gandrīz nepietiekams vai arī nepietiekams barības elementu nodrošinājums platlapu koku sugām.

Tomēr jāatzīmē, ka no Latvijā savvaļā augošajiem lapu kokiem sīkāk ir pētīti tieši jaunie oši, lai noteiktu to minerālās barošanās nodrošinājumu un tā specifiku. Ir konstatēts, ka ošiem ir relatīvi augstas prasības pēc barības elementu apgādes (Čekstere et al. 2016). Ābeļu salā augošo ošu lapās tika konstatēts K, Fe, Zn un Cu deficīts. Arī salīdzinot ar vidējo barības elementu saturu vitālā jaunā ošu lapās (Čekstere et al. 2016), Fe, Cu un Mo koncentrācijas Ābeļu salas ošos tiek vērtētas kā zemas, bet K un Zn – salīdzināmas.

Galvenais, statistiski būtisks, limitējošais vides faktors augāja destruktijas procesā kormorānu aktīvās invāzijas laikā Ābeļu salā, kā arī augāja attīstībā pēckormorānu ietekmes gados, ir salas augtenes skābums. Par to liecina augšņu analīžu dati, kā arī augāja ordinācija ar galveno komponentu metodi. Augsnes skābums regulē barības elementu apriti augsnes virskārtā un augos. Bioloģiski aktīvajam slāpeklim dabas procesos ir pakārtota loma. Pašlaik ošu nodrošinājums ar barības elementiem Kaņiera ezera Ābeļu salā ir labāks nekā iekšzemē oša mežaudzēs.

Kormorāni un platlapu koku sugas

Pamatojoties uz pētījumiem Latgales ezeru salās – Siena salā Ežezērā, Panu salā Istras ezerā, un pēc nepublicētiem materiāliem Putnu salā Lubānā, tāpat arī kormorānu kolonijā Kuršu kāpās, augāja attīstībā Ābeļu salā iespējami divi galvenie scenāriji: īslaika krūmāju saaudžu pilnīga dominēšana nelielajās salās (1) vai arī stabilāku platlapju audžu fragmentu veidošanās (2).

Mezofīlo un nitrofīlo zālāju un traucētu mežaudžu nomaīņa ar krūmājiem, sevišķi mērenās zonas augāja attīstībā ir parasta sukcesijas stadija. Mezofīlie zālāji neapsaimniekotās augtenēs aizaug ar pīlādžu (*Sorbus aucuparia*), sorbāriju (*Sorbaria sorbifolia*), parasto ceriņu (*Syringa vulga-*

ris) vai robīnijas ģints sugu (*Robinia* ssp.) krūmājiem. Savukārt nitrofilās augstzāles transformējas sarkanā (*Sambucus racemosa*) vai melnā plūškoka (*Sambucus nigra*), nereti arī ošlapu kļavas (*Acer negundo*) krūmājos. Zemākās vietās, piemēram, Putnu salā Lubānas ezerā, ar lielāku augtenes mitrumu veidojas kārkļu (*Salix myrsinifolia*, *S. cinerea*, *S. pentandra*, *S. triandra*) krūmāji. Ābeļu salā hipereitrofās augtenēs jau 2017. gadā tika konstatēti atsevišķi *Sambucus nigra* un *S. racemosa* krūmi, bet 2023. gadā *Sambucus racemosa* jau aizņēma lielāku segumu krūmu stāvā kā zem ošiem, bet jo sevišķi lielās nātres un meža avenes augstzālēs (1. tabula).

Ābeļu salas augāja attīstībā pašlaik novērojama unikāla augāja sukcesijas stadija – parastā oša (*Fraxinus excelsior*) reģenerācija un oša mežaudzes veidošanās. Intensīvas ligzdošanas un koku destrukcijas laikā, ošiem tika novēroti ūdenszari – vairākiem kokiem no snaudošajiem pumpuriem veidojās biezs stumbra aplapojums. Vēlākos gados, samazinoties putnu ietekmei, acīm redzot, no ūdenszariem veidojas jauns zarojums un kompakts oša vainags.

Līdzīga, bet daudz intensīvāka ūdenszaru veidošanās uz stumbra zem pamatvainaga, bija vērojama ar patogēno sēni (*Hymenoscyphus fraxineus*) inficētajiem pieaugušajiem ošiem 2010.–2015. gadā Kurzemē, Zemgalē, Augšzemē u.c. reģionos (Laiviņš 2015). Inficētajiem ošiem strauja vainaga atmīršana sākās no vainaga augšējās daļas, vēlāk pakāpeniski aptverot daļu vai visu vainagu. Rezistentiem ošiem, kuri pārcieta lapu, sakņu un stumbra slimības, vēlāk ūdenszaru vietā veidojas jauns vitāls vainags, tāpēc nereti bija novērojami oši ar divdaļīgu, dažāda vecuma vainagu – koka galotnē bija saglabājusies vecais, parasti slimības novārdzināts un izretināts vainags, bet zemāk veidojas jauns un kupls vainags.

Kormorānu mehānisko un ķīmisko stresu pārcietušie Ābeļu salas koku stāva un krūmu stāva (paaugas) oši veido sekundāru ošu pioniersabiedrību. Neviena cita koku suga, kura vēl 2010. gadā bija redzama salas mistraudzē (bērzs, apse, baltalksnis, melnalksnis), pašlaik vairs nav saglabājusies. Tātad tikai platlapu suga – parastais osis (*Fraxinus excelsior*) – ir izturējies vismaz desmit gadus ilgo kormorānu radīto mehānisko un ķīmisko stresu augtenē un pašlaik veido audzi.

Te vietā atzīmēt arī citu platlapu sugu – parastā ozola (*Quercus robur*), parastās liepas (*Tilia cordata*) – noturību un pat vitalitāti kolonijās ligzdojošo putnu augtenēs. Latgales ezeru (Ežezers, Pilda, Istra) salās toleranta pret kolonijās ligzdojošiem putniem ir parastā liepa (Laiviņš, Čekstere 2008), savukārt ozola jaunā paaudze konstatēta kolonijās ligzdojošo putnu izveidotajā laucē Panu salā Istras ezerā, arī Kaņiera ezera Egļu salā un Kuršu kāpās (22. att.). Līdzīgi arī Polijā kormorānu nopostītajā mežaudzē atjaunojas platlapu sugas – *Acer pseudoplatanus*, *Ulmus minor*, *Quercus robur* (Klymaszyk, Brzeg 2015), putnu traucētās audzēs konstatētas retas un pat aizsargājamas augu sugas (Boutin et al. 2015), palielinās plēsīgo zirnekļveidīgo un simtkāju augsnes faunas daudzveidība (Macha et al. 2022).



22. attēls. Pa kreisi – vairākus metrus augsts ozols zem kormorānu ligzdas Kuršu kāpās, pa labi – vitāls ozols ar kormorānu ekskrementiem piesātinātajā Kaņiera ezera Egļu salā (M. Laiviņa foto)

Figure 22. On the left – a several-meter-high oak tree under a cormorant nest in the Curonian Spit, on the right – a vital oak tree on the Egļu Island of Lake Kaņieris, saturated with cormorant excrement (photo: M. Laiviņš)

Nebūtu pareizi veikt speciālus pasākumus kormorānu traucēšanai ligzdošanas laikā vai arī putnu aizbaidīšanai no viņu iekārotajām dzīvotnēm (Dabas aizsardzības... 2024). Beidzoties ligzdošanai piemērotiem apstākļiem, putni šīs vietas pametīs. Pēc tam ir liela varbūtība, ka ar gadiem, pateicoties eitrofajai augtenei un augu diasporām no pirmsligzdošanas gadiem (kā tas ir Kaņiera ezera Ābeļu salā), vai arī invāzijai no tuvākās apkārtnes, veidosies ražīgi un vitāli meži, iespējams pat platlapju, kā tas pašlaik notiek Kaņiera ezera Ābeļu salā.

LITERATŪRA

- Bajinskis, J. 2011. Jūras kraukļu (*Phalacrocorax carbo*) koloniju ietekme uz Kaņiera ezera salu augsni un veģetāciju. Bakalaura darbs. Rīga: Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, 102 lpp.
- Bajinskis, J., Čekstere, G., Laiviņš, M. 2011. Jūras kraukļu (*Phalacrocorax carbo*) koloniju ietekme uz Kaņiera ezera salu augsni. Grā.: Latvijas Universitātes 69. zinātniskā konference. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Referātu tēzes. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 34.–35. lpp.
- Boutin, C., Dobbie, T., Carpenter, D., Craig, E., Hebert, C.E. 2011. Effects of double-crested cormorants (*Phalacrocorax auritus* Less.) on island vegetation, seedbank, and soil chemistry: evaluating island restoration potential. *Journal of Society for Ecological Restoration* 19(6):720–727; <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2010.00769.x>.
- Bregenballe, T., Engstrom, H., Knief, W., Van Eerden, M.R., Van Rijn, S., Lieckbusch, J., Eskildsen, J. 2003. Development of the breeding population of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* in the Netherlands, Germany, Denmark, and Sweden during the 1990s. In: Keller, T.M., Carss, D.N. (Eds.) *Cormorants: Ecology and Managements at the Start of the 21st Century*. Proceedings of the 5th International

- Conference on Cormorants, 17–21 December, 2000, Freising, Germany. Wiebelsheim: AULA-Verlag, Die Vogelwelt, Vol. 124, p. 15–26.
- Cekstere, G., Osvalde, A., Elferts, D., Rose, C., Lucas, F., Vollenweider, P.** 2020. Salt accumulation and effects within foliage of *Tilia × vulgaris* trees from the street greenery of Riga, Latvia. *Science of the Total Environment* 747: 140921.
- Cekstere, G., Osvalde, A., Laiviņš, M.** 2018. Impact of *Phalacrocorax carbo* colonies on soil and vegetation at lake Kaņieris islands in Latvia. In: Proceedings of 18th International Multidisciplinary Scientific Conference SGEM 2018. Water Resources, Forest, Marine and Ocean Ecosystems. Albena, Bulgaria: Vol. 18, Issue 3.2, p. 235–242; <https://doi.org/10.5593/sgem2018/3.2/S13.031>.
- Čekstere, G.** 2011. *Vides faktoru ietekme uz Holandes liepas (Tilia × vulgaris) vitalitāti Rīgas ielu apstādījumos*. Promocijas darbs. Rīga: Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, 144 lpp.
- Čekstere, G., Osvalde, A., Laiviņš, M.** 2016. Mineral Nutrition of Young Ash in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academia of Sciences, Section B* 70(3): 138–149; <https://doi.org/10.1515/prolas-2016-0022>.
- Dabas aizsardzības pārvalde. 2024. No aprīļa līdz jūlijam traucēs kormorānus. *Tēvzemīte* 370: 5.
- Ellenbergs, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulissen, D.** 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica* 18: 1–258.
- Gaginskaya, A.R.** 1995. The cormorant *Phalacrocorax carbo* as a breeding species of the Leningrad region. *Russian Journal of Ornithology* 4(3/4): 93–96.
- Hobara, S., Koba, K., Osono, T., Tokuchi, N., Ishida, A., Kameda, K.** 2005. Nitrogen and phosphorus enrichment and balance in forest colonized by cormorants: Implications of the influence of soil adsorption. *Plant and Soil* 268: 89–100.
- Ishida, A.** 1996. Effects of the common cormorant, *Phalacrocorax carbo*, on evergreen forest in two nest sites at Lake Biwa, Japan. *Ecological Research* 11: 193–200.
- Klimaszyk, P., Brzeg, A.** 2015. Long-term changes in the ecosystem of a lake (Lake Strzyżminkie) and an island induced by a colony of Great Cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.). *The Oceanological and Hydrobiological Studies* 44(3): 316–325.
- Kolb, G.S., Jerling, L., Essenberg, C., Palmberg, C., Hambäck, P.A.** 2012. The impact of nesting cormorants on plant and arthropod diversity. *Ecography* 35: 726–740.
- Laiviņš, M.** 2015. *Ošu mežu destrukcija un atjaunošanās Latvijā*. Rokraksts. Salaspils: LVMI “Silava”, 138 lpp.
- Laiviņš, M., Čekstere, G.** 2008. Kolonijās ligzdojošo zivju gārņu (*Ardea cinerea*) un jūraskraukļu (*Phalacrocorax carbo*) ietekme uz Latvijas ezera salu augu valsti un augsnēm. *Mežzinātne* 18: 74–84.
- Laiviņš, M., Glazkova, E., Čekstere, G.** 2017. Vegetation development in the cormorant colony on the Curonian Spit. In: Barševskis, A. (Ed.) 9th International Conference on Biodiversity Research, Book of Abstracts, 26–28 April, 2017, Daugavpils. Daugavpils: Daugavpils University Academic Press “Saule”, p. 63.
- Laiviņš, M., Čekstere, G.** 2018. Augtenes hipereitrofikācija jūras kraukļu (*Phalacrocorax carbo*) dzīvotnēs Kaņiera ezera Ābeļu un Eglu salās. *Latvijas Veģetācija* 28: 103–119.
- Macha, O., Ivinskis, P., Rimšaite, J., Hornak, O., Hidriāns, I.** 2022. In the shadow of cormorants: succession on avian colony affects selected groups of ground dwelling predatory arthropods. *Forests* 13(2): 330; <https://doi.org/10.3390/f13020330>.
- McCune, B., Grace, J.B.** 2002. Analysis of Ecological Communities. MJM Software Design. Glenden Beach, Oregon. Technical report, 300 pp.
- Nollendorfs, V.** 2004. Skābā vidē augošu skuju un lapu koku un krūmu mēslošana. *Ražība* 7: 6–7.
- Nollendorfs, V.** 2007. Barības elementu nodrošinājums kokaugiem. *Saimnieks* 7: 34–37.
- Nollendorfs, V., Čekstere, G.** 2012. Kalcija, magnija un sēra apgādes optimizācija. *Saimnieks* 9: 54–57.
- Nollendorfs, V., Osvalde, A., Čekstere, G., Karlsons, A., Āboliņa, L.** 2023. *Augu minerālās barošanās diagnostika un mēslošanas optimizācija*. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 236 lpp.
- Rush, S.A., Dobbie, T., Fisk, A.T.** 2013. Quantification of cormorant litter and nutrient deposition to Great Lakes island ecosystems. *Journal of Great Lakes Research* 39: 303–307.
- Samusenko, I.** 2003. Recent development of the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo* breeding population in Belarus. In: Keller, T.M., Carss, D.N. (Eds.) *Cormorants: Ecology and Managements at the Start of the 21st Century*. Proceedings of the 5th International Conference on Cormorants, 17–21 December, 2000, Freising, Germany. Wiebelsheim: AULA-Verlag, Die Vogelwelt, Vol. 124, p. 79–81.

Strazds, M., Ķuze, J. 2006. Ķemeru Nacionālā parka putni. Rīga: Jumava, 487 lpp.

Veuma, L.M., Dorrb, B.S., Hanson-Dorrb, K.C., Moorec, R.J., Rusha, S.A. 2019. Double-crested cormorant colony effects on soil chemistry, vegetation structure and avian diversity. *Forest Ecology and Managment* 453: 117588.

PIELIKUMS

1. pielikums. Ābeļu sala 2010. gadā



1., 2. attēls. Ābeļu salas panorāma un salas piekraste (M. Laiviņa foto)

Figure 1, 2. Panorama of Ābeļu Island and the island's coastline (photo: M. Laiviņš)



3., 4. attēls. Zemsedzes fragmenti bez augāja un smiltāju ciskas (*Calamagrostis epigeios*) grupējumi (M. Laiviņa foto)

Figure 3, 4. Fragments of ground cover without vegetation and groups of sandwort (*Calamagrostis epigeios*) (photo: M. Laiviņš)

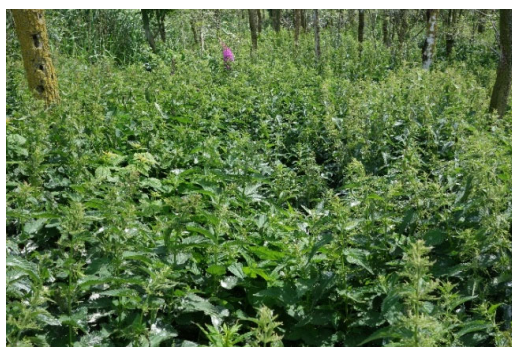
2. pielikums. Ābeļu sala 2017. gadā



1., 2. attēls. Kormorānu ligzdas ošu vainagā (M. Laiviņa foto)
Figure 1, 2. Cormorant nests in the crown of ash trees (photo: M. Laiviņš)



3. attēls. Paugurknābja gulbja (*Cygnus olor*) ģimenes pastāvīga uzturēšanās vieta (M. Laiviņa foto)
Figure 3. Permanent residence of the Mute Swan (*Cygnus olor*) family (photo: M. Laiviņš)



4. attēls Salā dominē lielās nātres (*Urtica dioica*) saaudzes (M. Laiviņa foto)
Figure 4. The island is dominated by the colonies of stinging nettle (*Urtica dioica*) (photo: M. Laiviņš)

3. pielikums. Ābeļu sala 2023. gadā



1. attēls. Salas kopskats (G. Čeksteres-Muižnieces foto)

Figure 1. General view of the island (photo: G. Čekstere-Muižniece)



2. attēls. Lielās nātres (*Urtica dioica*) un meža avenes (*Rubus idaeus*) saaudzes
(G. Čeksteres-Muižnieces foto)

Figure 2. Stinging nettle (*Urtica dioica*) and wild raspberry (*Rubus idaeus*) colonies
(photo: G. Čekstere-Muižniece)



3. attēls. Kormorānu nomākta oša (*Fraxinus excelsior*), $H = 2,1$ m, $D_{0,1} = 11,3$ cm, reģenerācija (G. Čeksteres-Muižnieces foto)

Figure 3. Cormorant-depressed ash (*Fraxinus excelsior*), $H = 2.1$ m, $D_{0,1} = 11.3$ cm, regeneration (photo: G. Čekstere-Muižniece)



4. attēls. Kormorānu ligzdošanas stresu pārcietušie oša (*Fraxinus excelsior*) vainagi atjaunošanās stadijā (G. Čeksteres-Muižnieces foto)

Figure 4. Ash (*Fraxinus excelsior*) crowns in the regeneration stage after surviving cormorant nesting stress (photo: G. Čekstere-Muižniece)