



ALEKSANDRO STULGINSKIO UNIVERSITETAS  
Miškų monitoringo laboratorija

**ORO TERŠALŲ POVEIKIO  
NATŪRALIOMS EKOSISTEMOMS  
IR ŪKININKAVIMO POVEIKIO  
VANDENS TELKINIAMS  
VERTINIMAS**

**IV** paslaugų dalies

**A T A S K A I T A**

Sutarties Nr. 4F12-91

Kaunas 2014 m.



ALEKSANDRO STULGINSKIO UNIVERSITETAS

TVIRTINU:.....

Prorektorė - doc. dr. L.Taparauskienė

.....

**ORO TERŠALŲ POVEIKIO  
NATŪRALIOMS EKOSISTEMOMS  
IR ŪKININKAVIMO POVEIKIO  
VANDENS TELKINIAMS  
VERTINIMAS**

IV paslaugų dalies

**A T A S K A I T A**

Sutarties Nr. 4F12-91

Darbo vadovas: .....

Dr. Algirdas Augustaitis

Kaunas 2014 m.



## Santrauka

**Vykdamas paslaugos pirmąją dalį** 2013 m. atlikti visi kasmetiniai tyrimai Aukštaitijos ir Žemaitijos KM stočių uždaruose upelių baseinuose.

**I dalis** – 2013 metais įvertinti su tolimosiomis oro pernašomis iš kitų valstybių atneštų teršalų srautai per biologinius sąlygiškai natūralių ekosistemų elementus ir poveikį jiems, vykdant sumedėjusios augalijos tyrimus Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių teritorijose, vadovaujantis Augalijos tyrimų pagal ICP IM programą parametrų bei apimčių sąrašu, pateiktą techninės specifikacijos 1 priede, ir laikantis ICP IM Vadovo kompleksiniam monitoringui (*Manual for Integrated Monitoring. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution of the UNECE, International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems. Compiled by the ICP IM Programme Centre Finnish Environment Institute, Helsinki, Finland. Original version August 1998, some minor updates in 2001, 2003 and 2004. Changes in reporting of biological data (subprogrammes: VG, VS) in 2010*, toliau – ICP IM Vadovas) bendrųjų reikalavimų bei reikalavimų, nurodytų ICP IM Vadovo 7.12 (*Subprogramme FC: Foliage chemistry*), 7.13 (*Subprogramme LF: Litterfall chemistry*), 7.16 (*Subprogramme FD: Forest damage*), 7.17 (*Subprogramme VG: Vegetation (intensive plot)*), 7.20 (*Subprogramme EP: Trunk epiphytes*) ir 7.21 (*Subprogramme AL: Aerial green algae*) dalyse:

Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių tyrimo ploteliuose nustatyta augančių medžių būklė bei pagal galimybę išaiškinti pagrindiniai ją sąlygojantys aplinkos veiksniai remiantis 2012 m. duomenimis;

Aukštaitijos (trijuose) ir Žemaitijos (viename) IM stočių augalijos intensyvaus tyrimo stacionaruose ir visame baseine atlikti dinaminiai dendroekologiniai tyrimai medžių iškritimui ir prieaugiui įvertinti:

Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stočių tyrimo ploteliuose išmatuota saulės fotosintetiškai aktyvi spinduliuotė, nustatytas lapijos paviršiaus indeksas;

Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse surinktos nuokritos jų sezoniniai kaitai bei cheminiai sudėčiai įvertinti;

Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse atlikti lapijos fiziniai-cheminiai matavimai, surinktą reikiamą medžiagą pristatyta į Aplinkos apsaugos agentūros atitinkamą laboratoriją cheminėms analizėms;

Aukštaitijos ir Žemaitijos IM stotyse atlikti epifitinių kerpių ir sausumos žaliadumblių būklės pokyčių stebėjimai;

Nustatytos ir pagal galimybę įvertintos stebėtų biotos komponentų pokyčių priežastys;

2013 metų duomenys palyginti su turimais 2012 metų bei 1993–2012 metų laikotarpio duomenimis.

Suomijos aplinkos institutui paruošta ataskaita anglų kalba;

Pateikti duomenys ir suvesti į xls formatą Suomijos aplinkos institutui pateikti;

Pirminiai tyrimų duomenys pateikti xls formate.

Finnish environmental žurnale paskelbta apžvalga apie sieros ir azoto iškritas bei išplovimą iš miško ekosistemų už visą tiriamąjį laikotarpį Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose.

Dalyvavimas ENVeurope projekte ir COST veikloje FP0903 išsaugojo Lietuvai galimybę toliau tęsti veiklą Europinėje LTER tinklo veikloje su naujais trimis objektais: LT-01, LT-03 ir LT-15, nors oficialiai Lietuva yra pašalinta iš šios programos 2012 m. Nepaisant šio fakto, Aukštaitijos KM stotis įtraukta į kandidačių sąrašą įgauti „Supersite“ (Ypatingos svarbos objekto) statusą LTER tinkle, su galimybėmis gauti ES finansavimą procesams vykstantiems miško ekosistemose modeliuoti, o jų patikimumui įvertinti vykdyti ekosisteminius eksperimentus.



## Turinys

	Psl.
<b>ĮVADAS . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>I MIŠKO EKOSISTEMŲ SUMEDĖJUSIOS AUGMENIJOS MONITORINGAS KOMPLEKSNIO MONITORINGO TERITORIJOSE</b>	<b>11</b>
1.1 <b>Miškų būklės dinamika integruoto monitoringo stočių teritorijose . . .</b>	<b>11</b>
1.1.1. <i>Aukštaitijos KMS medynų būklė. . . . .</i>	11
. . . . .	
1.1.2. <i>Žemaitijos KMS medynų būklė . . . . .</i>	13
<i>IŠVADOS . . . . .</i>	17
1.2 <b>Fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės tyrimai KMS teritorijose .</b>	<b>18</b>
1.2.1. <i>Aukštaitijos KMS teritorija. . . . .</i>	19
1.2.2. <i>Žemaitijos KMS teritorija. . . . .</i>	21
<i>IŠVADOS . . . . .</i>	22
1.3 <b>Medynų būklė augalijos tyrimų stacionaruose . . . . .</b>	<b>23</b>
1.3.1. <i>Medynų būklė Aukštaitijos KMS stacionaruose. . . . .</i>	24
. . . . .	
1.3.2. <i>Medyno būklė Žemaitijos KMS stacionare . . . . .</i>	28
<i>IŠVADOS . . . . .</i>	29
1.4 <b>Medžių pažeidimai KMS teritorijose. . . . .</b>	<b>30</b>
1.4.1. <i>Aukštaitijos KMS medžių pažeidimai bei pagrindinės priežastys . . . . .</i>	31
1.4.2. <i>Žemaitijos KMS medžių pažeidimai bei pagrindinės priežastys. . . . .</i>	33
1.4.3. <i>KM stočių teritorijose augančių medžių pažeidimų ir pagrindinių priežasčių kaita . . . . .</i>	34
<i>IŠVADOS . . . . .</i>	35
1.5 <b>Miško būklės tyrimo rezultatų apibendrinimas . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>II ORO TARŠOS BIOINDIKACIJA. . . . .</b>	<b>40</b>
2.1 <i>Žaliųjų oro dumblių gausa . . . . .</i>	40
<i>IŠVADOS . . . . .</i>	41
2.2 <b>Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas . . . . .</b>	<b>42</b>
2.2.1. <i>Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas Aukštaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje. . . . .</i>	44
. . . . .	



2.2.2.	<i>Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas Žemaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje . . . . .</i>	45
	<i>IŠVADOS . . . . .</i>	46
2.3	<b>Miško ekosistemų biotos komponentų bioindikacinių savybių tyrimo rezultatų apibendrinimas. . . . .</b>	47
		Psl.
III	<b>CHEMINIŲ KOMPONENČIŲ SRAUTAI SU NUOKRITOMIS, JŲ TRANSFORMACIJOS LAPIJOJE. . . . .</b>	<b>48</b>
3.1	<b>Nuokritų ir su jomis į dirvožemį patenkančių sunkiųjų metalų sezoninė dinamika . . . . .</b>	48
	. . . . .	
3.1.1.	<i>Aukštaitijos KMS nuokritų tyrimai. . . . .</i>	49
3.1.2.	<i>Žemaitijos KMS nuokritų tyrimai . . . . .</i>	55
3.1.3.	<i>Metinių metalų srautų su nuokritomis palyginimas tarp KM stočių. . . . .</i>	59
	<i>IŠVADOS . . . . .</i>	62
3.2	<b>Pagrindinių maistinių elementų koncentracijų lapijoje ir nuokritose tyrimų pagal ICP IM programą rezultatai. .</b>	64
3.2.1.	<i>Aukštaitijos kompleksiško monitoringo stotis. . . . .</i>	66
3.2.2.	<i>Žemaitijos kompleksiško monitoringo stotis. . . . .</i>	72
	<i>IŠVADOS. . . . .</i>	77
IV	<b>TERŠALŲ POVEIKIS TIRTŲ MIŠKO EKOSISTEMŲ KOMPONENČIŲ KAITAL . . . . .</b>	<b>79</b>
4.1.	<b>Rūgščiųjų komponentų ore, jų iškritų ir pažemio ozono poveikis miškų būklei. . . . .</b>	80
4.1.1.	<i>Rūgščiųjų komponentų koncentracijų ore ir pažemio ozono poveikis KMS baseinuose augančių medžių vidutinei defoliacijai. .</i>	82
4.1.2.	<i>Rūgščiųjų komponentų iškritų poveikis KMS baseinuose augančių medžių vidutinei defoliacijai . . . . .</i>	85
4.1.3.	<i>Klimatinių veiksnių poveikis medžių lajų defoliacijai. . . . .</i>	87
4.1.4.	<i>Azoto junginių ore poveikis žaliųjų oro dumblių gausai . . . . .</i>	92
4.1.5.	<i>Sieros junginių poveikis epifitinių kerpių rūšinei įvairovei ir gausai. . . . .</i>	93
V	<b>TYRIMŲ SANTRAUKA . . . . .</b>	<b>94</b>
VI	<b>Report to Finnish Environment Institute . . . . .</b>	<b>101</b>



## IVADAS

Aštuntajame dešimtmetyje vis didėjantis aplinkos užterštumas privertė žmoniją suprasti, kad be objektyvios, pakankamai unifikuotos ir laiku pateiktos informacijos apie gamtinės aplinkos būklę ir pagrindinių jos komponentų antropogeninių pokyčių tendencijas, neįmanoma sukurti efektyvios aplinkos kokybės valdymo sistemos ir racionaliai naudoti gamtos išteklius. Todėl 1979 m. Europos sandraugos valstybės pasirašė “Konvenciją dėl tolimų atmosferos teršalų pernašų” (“*Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*” – CLRTAP), tapusią vienu pagrindinių įrankiu, saugant ekosistemas nuo oro teršalų Europoje bei Šiaurės Amerikoje.

Šiaurės šalių Ministrų Taryba 1992 metais pasiūlė visoms trims nepriklausomybę atkūrusioms Baltijos valstybėms prisijungti prie Tarptautinės kompleksinio (integruoto) monitoringo programos ir skyrė tam reikalingą finansinę bei metodinę paramą. 1993 metais ekologinio monitoringo kompleksiško principui įgyvendinti pagrindiniuose Lietuvos kraštovaizdžiuose buvo įsteigtos 3 kompleksiško monitoringo stotys (KMS) minimalaus antropogeninio poveikio vietose, derinant jas prie nacionalinių parkų infrastruktūros. Stebėjimai šiuose stotyse traktuojami kaip globalinis foninis monitoringas (Lietuvos gamtinė aplinka, 1994). 1993 metais buvo įsteigtos Aukštaitijos ir Dzūkijos KM stotys, o 1994 m. - trečioji - Žemaitijos KM stotis. Visos šios stotys įsteigtos minėtų NP rezervacinėse zonose. Šiose stotyse kompleksiskai stebimi praktiškai visi gamtinės aplinkos komponentai ir juos jungiantys medžiagų srautai, kas sudaro galimybę įvertinti ne tik jų poveikį biotai, bet ir nustatyti tiriamų nedidelių upelių baseinų įvairių medžiagų balansą.

Pagrindinis Kompleksiško ekosistemų monitoringo tikslas - nustatyti, vertinti ir prognozuoti sąlygiškai natūralių ekosistemų būklę bei jos ilgalaikius pokyčius, įvertinus tolimųjų oro teršalų (ypač sieros ir azoto junginių) pernašų, ozono ir sunkiųjų metalų kaitą bei poveikį procesams vykstantiems ekosistemose, atsižvelgiant į regioninius ypatumus ir klimato pokyčius. Stebėjimų metodika ir stebimi parametrai sudaro galimybes panaudoti kaupiamą informaciją regioninių ir globalinių procesų pasekmėms vertinti bei modeliuoti ekosistemų lygmenyje. Visą tai turi užtikrinti mokslinės ir statistiškai patikimos, nuoseklios ir ilgalaikės aplinkos veiksnių duomenų sekos.

Sąlygiškai natūralių ekosistemų KM programos visapusiškas įgyvendinimas įgalina spręsti uždavinius susijusius ne tik su Tolimų oro teršalų pernašų konvencijos ir jos protokolų reikalavimais, bet ir su Tarpvalstybinių vandentakių ir ežerų apsaugos bei naudojimo konvencijos, Jungtinių Tautų klimato kaitos konvencijos ir Kioto protokolo, Biologinės įvairovės konvencijos bei Vienos konvencijos dėl ozono sluoksnio apsaugos reikalavimais.

Integruoto monitoringo teritorijose Lietuvoje, sąlygiškai natūraliose ekosistemose jau devyniolika metų stebima ekosistemų būklė. Sukaupti rezultatai įgalina vertinti su tolimomis pernašomis į Lietuvos teritoriją patenkančių teršalų kaupimasis, transformacijas jiems praeinant per medžių lajas ir poveikį miškų būklei. Todėl sąlygiškai natūralių ekosistemų monitoringo duomenis galima naudoti kaip atskaitos tašką, vertinant regioninę taršą, jungti į globalios taršos vertinimo sistemą.

Šioje ataskaitoje pateikiami miškų būklės, žaliųjų oro dublių gausos, epifitinių kerpių rūšinės įvairovės ir gausos tyrimų rezultatų duomenis, bandoma aiškinti jų kaitą lemiančius aplinkos veiksnius. Reguliariai stebimi ir augalijos tyrimų stacionaruose augančių medžių struktūriniai pokyčiai bei matuojama fotosintetiškai aktyvi saulės spinduliuotė. Visi šie tyrimai vykdomi Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS teritorijose.

# I. MIŠKO EKOSISTEMŲ SUMEDĖJUSIOS AUGMENIJOS MONITORINGAS KOMPLEKSNIO MONITORINGO TERITORIJOSE

## 1.1. Miškų būklės dinamika integruoto monitoringo stočių teritorijose

Ekologinio monitoringo sistemoje miškų būklės tyrimai užima vieną iš pagrindinių vietų. Pagal medžių būklę ir jos pokyčius sprendžiama apie vienokių ar kitokių cheminių elementų ar jų junginių kiekius aplinkoje bei jų pokyčius, o taip pat ir apie kitus biotinius ir abiotinius aplinkos faktorius. Sąlyginai nepakenktų miškų būklės dinaminiai tyrimai įgalina analizuoti būklės pokyčius ir juos sąlygojančius veiksnius regioniniu mastu.

Darbo tikslas: nustatyti KMS teritorijose augančių medynų būklę, įvertinti išaiškintus pokyčius ir bei juos lėmusius pagrindinius biotinius ir abiotinius veiksnius.

Miškų būklės tyrimai vykdomi skritulinėse 10m spindulio ploteliuose kasmet: Aukštaitijos KMS 50 ir Žemaitijos KMS - 37 pastoviuose tyrimo ploteliuose. Visoje stoties teritorijoje Aukštaitijoje ir Žemaitijoje būklės tyrimai buvo vykdomi 1993(94), 1996, o nuo 1998 kasmet. 2013 m. atlikta 18-ta miškų būklės apskaita.

### 1.1.1. Aukštaitijos KMS medynų būklė

Per 1993-96 metų laikotarpį visų tirtų rūšių vidutinė medžių lajų defoliacija padidėjo 2 kartus. Vyraujančios paprastosios pušies tirtų medžių vidutinė defoliacija padidėjo nuo 16,9% 1993 m. net iki 24,1% - 1996 m. (1 lentelė).

Per 1998-99 m. laikotarpį užfiksuotas žymus medžių būklės pagerėjimas. Tirtų pušų vidutinė lajos defoliacija sumažėjo nuo 24,1 iki 18,4%. Vidutinė eglių defoliacija taip pat sumažėjo nuo 34,4 iki 26,6%.

2000 m. užfiksuotas pakartotinis medynų būklės pablogėjimas, ypač pušynų ir beržynų, kurių vidutinė defoliacija padidėjo apie 2%. Šių medynų būklės pablogėjimą galėjo sąlygoti kritulių trūkumas pirmoje vegetacinio periodo pusėje. Eglynų būklė per šį laikotarpį praktiškai išliko stabili.

2001 m. medynų būklė esminiai pagerėjo. Visų tirtų medžių vidutinė defoliacija sumažėjo nuo 25,0% iki 23,2%. Tai intensyviausias teigiamas pušų būklės pokytis. Medžių vidutinė defoliacija sumažėjo apie 2,6 % ir siekė tik 17,4%. Tirtų eglių vidutinės defoliacijos sumažėjimas ne toks ryškus, nors viršija 1,5% ir siekė 25,1%. Beržų būklė per paskutinįjį laikotarpį išlieka stabili. Jų defoliacija svyruoja 23% ribose.

2002-2003 m. medynų būklę, mūsų manymu, sąlygojo sausra. Dėl šios priežasties užregistruotas visų rūšių medžių būklės pablogėjimas. Stipriausiai sausra paveikė egles. Jų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 25,1 iki 28,9%. Šis neigiamas būklės pokytis buvo reikšmingas ( $p < 0,05$ ).

2004 m. medžių lajų būklė vėl pagerėjo. Vidutinė defoliacija sumažėjo nuo 2 % viršaujančių medžių iki 4 % vyraujančių. Po sausros intensyviausiai atsikūrė eglių lajos. Defoliacija sumažėjo nuo 28,9 iki 25,9 %.

1 lentelė. Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stoties teritorijose augančių įvairių išsivystymo klasių medžių vidutinė defoliacija

Medžio rūšis	Kr. kl.	1993		1996		1999		2002		2005		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
		F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N
		%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.
ALNU GLU	V	15±...	1	15±...	1	20±...	1	25±...	1	30±	1	30±		15±	1	10±	1	20±	1	15±	1	25±	1
ALNU GLU	D	5±...	1	15±...	1	15±...	1	20±...	1	15±	1	15±		10±	1	25±	1	5±	1	10±	1	10±	1
ALNU GLU	U	20±...	1	15±...	1	80±...	1	90±...	1			±											
ALNU GLU		13,3±4,4	3	15,0±0,0	3	38,3±21	3	45,0±22	3	22,5±7,5	2	22,5±7,5	2	12,5±2,5	2	17,5±7,5	2	12,5±7,5	2	12,5±2,5	2	17,5±7,5	2
BETULA SP	V	12,9±2,2	28	23,2±5,2	28	20,4±3,1	25	17,0±1,5	23	17,0±1,4	23	19,3±2,2	23	18,5±2,8	23	25,9±4,2	23	21,6±4,2	22	18,8±1,5	21	21,2±4,4	21
BETULA SP	D	12,9±2,8	21	19,3±4,3	20	15,8±1,4	18	16,7±1,4	14	14,1±1,3	16	21,9±5,4	16	15,0±2,3	15	17,0±2,2	15	17,3±4,0	15	20,7±5,5	15	24,3±8,0	15
BETULA SP	K	14,1±3,1	39	20,3±3,1	39	22,8±2,9	34	27,4±3,3	34	25,2±3,7	32	18,3±1,7	27	17,4±1,6	27	25,2±2,9	27	26,1±3,6	27	30,2±5,4	26	16,6±2,0	25
BETULA SP	U	10,9±1,3	11	24,5±7,6	11	27,5±3,5	10	37,2±8,7	9	27,9±7,5	7	33,3±8,9	6	29,2±8,4	6	40,0±13	6	22,0±3,4	5	21,0±2,9	5	19,0±4,0	5
BETU PEN		15,4±2,1	68	23,1±3,0	67	18,7±1,7	58	19,8±2,1	56	20,4±2,4	51	18,7±2,1	48	16,3±1,7	47	20,6±2,5	47	19,2±2,3	46	22,2±3,3	45	19,7±3,5	45
BETU PUB		8,2±1,0	31	17,6±2,8	31	26,2±2,9	29	30,2±3,2	28	21,3±2,7	27	24,6±2,7	24	22,1±2,4	24	33,3±3,7	24	28,9±4,3	23	27,0±3,7	22	20,7±1,7	21
BETULA SP		13,1±1,5	99	21,4±2,3	98	21,2±1,5	87	23,3±1,8	80	20,7±1,8	78	20,7±1,7	72	18,2±1,4	71	24,9±2,2	71	22,5±2,1	69	23,8±2,5	67	20,0±2,4	66
FRAX EXC		0±...	1	10±...	1	20±...	1	30±...	1	95±	1	±		±		±		±		±			
PICE ABI	V	11,2±1,2	78	35,6±3,5	78	19,4±1,9	62	21,0±2,9	59	13,3±0,8	53	18,5±2,6	53	19,6±3,1	51	19,1±2,4	49	14,4±1,4	47	16,0±2,1	48	15,1±2,1	46
PICE ABI	D	14,8±1,4	103	35,5±2,6	103	23,0±1,4	87	22,2±1,7	80	22,6±2,3	72	17,9±1,2	66	19,2±2,1	66	19,2±1,4	66	21,5±2,6	65	19,7±1,8	64	21,1±2,7	63
PICE ABI	K	14,9±0,8	217	33,3±1,6	216	23,4±0,6	191	23,0±0,9	185	23,8±1,1	179	21,5±1,0	169	26,2±1,7	167	23,4±1,2	155	23,5±1,4	150	21,1±1,0	140	22,2±1,3	141
PICE ABI	U	16,5±0,6	308	34,3±1,1	307	31,0±0,9	281	31,6±1,1	271	31,1±1,0	244	32,9±1,3	229	34,8±1,4	222	34,7±1,5	215	40,2±1,8	206	35,5±1,5	189	35,8±1,7	181
PICE ABI		15,2±0,4	706	34,3±0,9	704	26,3±0,5	623	26,6±0,7	599	25,9±0,7	548	25,8±0,8	517	28,4±1,0	506	27,4±0,9	485	29,7±1,1	468	26,8±0,9	440	27,0±1,0	431
PINU SYL	V	13,7±1,2	127	19,2±1,6	127	17,4±1,0	120	16,6±0,6	119	15,3±1,1	118	14,4±0,8	116	17,1±1,1	116	18,9±1,6	115	17,2±1,2	115	15,4±0,9	114	16,4±0,9	114
PINU SYL	D	22,9±3,3	52	31,6±4,3	52	18,1±1,2	44	18,1±1,2	44	16,7±2,1	44	14,5±0,9	43	17,7±1,1	43	19,3±1,6	43	17,7±1,1	43	16,7±1,0	43	18,1±1,2	43
PINU SYL	K	22,1±4,6	14	27,1±6,0	14	21,2±1,9	13	19,6±1,3	13	17,7±1,6	13	16,9±1,1	13	19,6±2,1	13	21,2±1,8	13	20,0±1,7	13	18,5±1,8	13	18,5±1,8	13
PINU SYL	U	20,0±2,5	9	45,0±11	9	35,8±13	6	25,0±6,3	5	24,0±4,3	5	28,7±6,6	4	31,3±6,6	4	31,2±5,1	4	47,5±19	4	40,0±15	3	4,0±2,0	3
PINU SYL		16,9±1,2	202	24,1±1,7	202	18,4±0,9	183	17,4±0,5	181	16,1±0,9	180	15,0±0,6	176	17,7±0,8	176	19,5±1,1	175	18,2±1,0	175	16,3±0,7	173	17,4±0,8	173
TILI COR	K	5,7±0,7	7	10,0±0,0	7	15,0±1,1	7	8,6±0,9	7	6,4±0,9	7	14,3±1,3	7	10,0±0	7	12,9±2,4	7	10,7±1,7	7	10,0±1,5	7	7,8±1,0	7
TILI COR	U	7,5±2,5	2	10,0±0,0	2	22,5±7,5	2	12,5±7,5	2	15,0±5,0	2	20,0±5,0	2	12,5±2,5	2	15,0±5,0	2	15,0±5	2	15,0±5,0	2	10,0±5,0	2
TILI COR		6,1±0,7	9	10,0±0,0	9	16,7±1,9	9	9,4±1,5	9	8,3±1,7	9	15,5±1,5	9	11,1±0,7	9	13,3±2,0	9	11,7±1,7	9	11,1±1,6	9	8,3±1,2	9
Visų rūšių	V	12,7±0,8	234	25,1±1,6	234	18,4±0,9	208	17,9±0,9	202	15,0±0,7	195	16,2±0,9	193	17,9±1,1	191	19,8±1,3	188	17,0±1,0	185	15,9±0,8	184	16,7±0,9	182
Visų rūšių	D	16,9±1,3	177	32,3±2,1	176	20,6±0,9	150	20,2±1,0	143	19,6±1,5	133	17,3±1,0	126	18,1±1,2	125	18,9±0,9	125	19,5±1,5	124	18,7±1,2	125	20,4±1,7	122
Visų rūšių	K	14,8±0,8	279	30,4±1,4	278	22,9±0,6	247	23,0±0,9	245	23,5±1,1	233	20,6±0,8	217	24,2±1,4	215	23,2±1,0	203	23,2±1,2	198	22,2±1,1	185	20,7±1,1	187
Visų rūšių	U	16,3±0,6	331	34,0±1,1	330	31,3±0,9	300	31,7±1,1	288	30,8±1,0	258	32,8±1,3	241	34,4±1,4	234	34,6±1,4	227	39,7±1,8	217	35,3±1,5	198	35,2±1,6	191
VISŲ RŪŠIŲ		15,2±0,4	1021	30,7±0,7	1018	24,2±0,5	905	24,2±0,5	878	23,1±0,6	819	22,7±0,6	777	24,8±0,7	765	25,1±0,7	743	25,9±0,8	724	23,7±0,6	692	23,6±0,7	682

Pastaba: ■ - būklė blogėja; ■ - būklė gerėja; ■ - būklė stabili.

2006 m. medžių lajų būklė pakartotinai blogėjo. Tirtų pušų lajos defoliacija padidėjo reikšmingai nuo 16,1 iki 17,9% ( $p < 0,05$ ). Eglių lajų defoliacijos padidėjimas buvo nereikšmingas, o beržų defoliacija nežymiai sumažėjo, nuo 20,4 iki 18,7% ( $p > 0,05$ ). Sausra ir karštis vegetacinio sezono viduryje galėjo turėti lemiamos reikšmės medžių defoliacijos padidėjimui. 2007 m. medžių lajų būklė išliko stabili.

2008 m. buvo registruojamas visų rūšių medžių lajų būklės pagerėjimas. Intensyviausiai pagerėjo eglių, mažiausiai reikšmingai pušų lajų būklė.

2009 m. tirtų medžių vidutinis lajų būklės rodiklis iš esmės vėl pablogėjo. Vidutinė lajų defoliacija padidėjo iki 24,8%. Intensyviausiai blogėjo eglių ir pušų lajų būklė. Vidutinė defoliacija padidėjo atitinkamai nuo 25,8 iki 28,4% ir nuo 15,0 iki 17,7%. Tik beržų lajų defoliacija jau kelis metus pastoviai mažėja, t.y. nuo 23,2% 2007 metais iki 18,2% 2009.

2010 m. medžių lajų būklė toliau blogėjo ir visų tirtų medžių lajų vidutinė defoliacija pasiekė 25,1% lygį. Reikšmingiausiai blogėjo beržynų būklė, vidutinė defoliacija per paskutiniuosius metus padidėjo nuo 18,2 iki 24,9%, kiek mažiau – pušynų būklė, nuo 17,7 iki 19,5%, o eglynų būklė priešingai – pagerėjo, vidutinė defoliacija sumažėjo nuo 28,4 iki 27,4%.

2011 m. bendra medžių lajų būklė nežymiai dar labiau pablogėjo. Jų vidutinė defoliacija padidėjo iki 25,9 %. Tokį pablogėjimą lėmė pagrinde tik paprastosios eglės medžių lajų vidutinės defoliacijos reikšmingas padidėjimas nuo 27,4 iki 29,7%. Beržų ir pušų lajų vidutinė defoliacija mažėjo (1 lentelė).

2012 m. po keturių metų pertraukos Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lajų būklė pagerėjo iš esmės. Labiausiai sumažėjo eglių lajų defoliacijos laipsnis, t.y. beveik 3%, kiek mažesnis pagerėjimas buvo pušų lajų, kurių vidutinė defoliacija sumažėjo 2%. Skirtingai negu spygliuočių medžių, beržų lajų defoliacija padidėjo beveik 1%, nors toks padidėjimas nebuvo statistiškai reikšmingas.

2013 m. Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių vidutinė defoliacija praktiškai išliko tokia pati kaip ir 2012 m. Nežymiai keitėsi tik atskirų medžių rūšių lajų vidutinė defoliacija: sumažėjimo tendencija buvo registruojama beržų lajų, o didėjimo tendenciją visų stebimų spygliuočių medžių rūšių. Tiriant įvairių išsivystymo grupių medžių lajų defoliacijos pokytį, nustatyta, kad 2013 m. viršaujančių ir vyraujančių medžių lajų defoliacija nežymiai padidėjo. Atsilikusių augime medžių defoliacija sumažėjo, o stelbiamų medžių išliko tokia pati kaip ir 2012m.

### **1.1.1 Žemaitijos KMS medynų būklė.**

Žemaitijos IM teritorijoje augančių medžių būklė kito analogiškai Aukštaitijos IMS medžių būklei. Per pirmąjį dviejų metų laikotarpį vidutinė visų tirtų medžių defoliacija padidėjo nuo 25%

iki 33%. Eglynų būklė per šį laikotarpį pablogėjo intensyviausiai. Jų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 19,7% iki 28,7%.

Per 1998-1999m. laikotarpį stebimas žymus medynų būklės atsikūrimas. Tirtų medynų vidutinė defoliacija sumažėjo iki 20,2%. Eglynų būklė stabilizavosi ir pradėjo gerėti.



2 lentelė. Žemaitijos kompleksinio monitoringo stoties teritorijose augančių įvairių išsivystymo klasių medžių vidutinė defoliacija

Medžio rūšis	Kr. kl.	1993		1996		1999		2002		2005		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
		F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N
		%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.
ACER PLA		7,5±2,5	2	10,0±0	2	10,0±0	2	7,5±2,5	2	10,0±	2	7,5±2,5	2	5,0±0	2	10±	2	7,5±2,5	2	10±	2	10±	2
BETU PEN	V	16,7±1,7	3	20,0±2,9	3	25,0±7,6	3	20,0±0,0	3	16,2±4,3	4	22,5±4,8	4	21,3±6,2	4	16,3±6,6	4	20,0±7,3	4	38,7±20	4	15±29	3
BETU PEN	D	12,5±1,8	14	13,6±1,0	14	13,1±1,4	13	14,6±1,5	13	23,5±6,5	13	17,0±1,5	10	13,5±1,3	10	14,0±1,4	10	14,4±1,8	9	16,7±1,7	9	23,3±9,1	9
BETU PEN	K	14,0±1,4	20	18,5±4,3	20	24,8±5,3	20	21,3±2,6	16	22,5±3,0	18	18,7±2,2	12	19,2±4,7	12	22,5±6,3	12	22,3±7,8	11	15,9±1,1	11	16,8±1,7	11
BETU PEN	U	14,2±3,0	6	16,7±2,1	6	23,0±3,4	5	22,0±3,4	5	25,0±4,5	5	47,5±3,2	2	57,5±4,2	2	25,0±	1	20,0±	1	25,0±	1	25±	1
BETU PEN		13,7±1,0	43	16,7±2,1	43	20,9±2,8	41	18,9±1,4	37	22,4±2,6	40	20,7±2,5	28	20,2±3,7	28	18,5±3,0	27	19,0±3,6	25	20,2±3,5	25	19,4±3,5	24
PICE ABI	V	11,9±1,0	108	19,4±2,0	108	13,1±0,8	100	14,2±1,4	99	18,5±1,5	61	18,1±1,8	55	13,0±0,7	54	14,4±1,0	54	14,6±0,9	54	15,6±1,0	54	15,1±1,2	54
PICE ABI	D	17,2±1,2	175	27,9±2,0	172	16,6±0,8	144	18,1±1,2	143	21,9±1,5	123	19,1±1,2	107	14,4±0,6	106	15,0±0,8	106	16,4±1,3	106	15,9±0,6	104	14,8±0,8	104
PICE ABI	K	23,2±1,4	126	31,2±1,9	125	26,9±1,7	116	30,5±2,2	106	26,6±1,4	111	25,0±1,5	107	21,4±1,2	105	22,4±1,4	105	23,9±1,5	105	23,5±1,2	104	21,7±1,1	103
PICE ABI	U	26,5±1,4	108	35,0±1,9	108	33,8±1,8	94	36,8±2,1	89	38,3±1,8	90	36,7±2,1	80	35,4±2,1	78	34,0±2,4	78	38,6±2,9	74	35,2±2,6	68	30,9±1,6	64
PICE ABI		19,5±1,9	517	28,4±1,0	513	22,0±0,7	454	24,1±0,9	441	26,6±0,8	385	24,7±0,9	349	21,1±0,8	343	21,5±0,9	343	23,3±1,0	339	22,2±0,8	330	20,2±0,6	325
PINU SYL	V	14,2±2,4	6	15,0±1,8	6	14,1±1,5	6	17,1±1,5	6	20,0±2,2	6	15,8±0,8	6	15,0±1,8	6	13,3±2,5	6	14,0±1,9	5	13,0±1,2	5	14,0±1,9	5
PINU SYL	D	18,5±2,1	61	18,8±0,8	59	16,9±1,1	56	24,0±2,3	55	22,6±1,7	53	22,3±1,4	52	19,3±1,3	52	18,8±1,2	52	22,6±2,1	51	21,0±1,1	50	21,8±1,5	50
PINU SYL	K	26,1±5,8	14	35,0±7,7	14	25,4±4,9	11	37,3±9,1	11	33,0±6,7	10	26,7±2,9	9	22,8±2,6	9	24,4±2,6	9	28,3±2,5	9	23,7±2,1	8	24,4±2,7	8
PINU SYL	U	-		-		-									±		±						
PINU SYL		19,5±1,9	81	21,4±1,6	79	17,9±1,2	73	25,3±2,3	72	23,9±1,7	69	22,3±1,2	67	19,4±1,1	67	19,1±1,1	67	22,8±1,7	65	20,7±1,0	63	21,5±1,3	63
POPU TRE	K	15,0±	1	10,0±	1	15,0±	1	15±	1	20,0±	1	25,0±	1	20,0±....	1	20±	1	20±	1	20,0±	1	20±	1
QUER ROB		8,1±0,9	8	8,8±1,3	8	8,7±1,2	8	8,1±0,9	8	20,0±5,0	3	18,3±3,3	3	18,3±3,3	3	25,0±7,6	3	20,0±5,0	3	16,7±1,7	3	18,3±3,3	3
SALI CAP	U	38,0±5,1	5	29,0±1,0	5	22,0±7,2	5	20,0±16	5	23,0±1,2	5	25,0±1,6	5	19,0±1,9	5	37,0±15	5	20,0±2,0	4	18,7±2,4	4	20,0±2,9	4
SORB AUC	U	13,1±1,6	8	19,4±1,8	8	30,0±6,5	8	23,6±1,8	8	22,0±2,0	5	24,0±1,9	5	22,0±1,2	5	43,0±5,8	5	28,0±8,0	5	46,0±15	5	40,0±20	4
Visų rūšių	V	12,2±1,0	118	19,1±1,9	118	13,5±0,8	110	14,6±1,3	109	18,5±1,3	72	18,3±1,5	66	13,8±0,8	65	14,5±0,9	65	15,0±0,9	64	16,9±1,6	64	15,1±1,0	63
Visų rūšių	D	17,1±1,0	255	24,6±1,5	250	16,4±0,7	218	19,2±1,0	216	22,1±1,0	191	19,9±0,9	171	15,9±0,6	169	16,4±0,7	170	18,4±1,1	168	17,7±0,6	165	17,9±1,1	165
Visų rūšių	K	22,0±1,2	166	29,3±1,7	165	26,0±1,5	153	29,2±1,9	139	26,5±1,3	142	24,4±1,3	131	21,1±1,1	130	22,7±1,3	129	23,9±1,4	128	22,7±1,1	126	21,4±0,9	125
Visų rūšių	U	25,2±1,3	126	32,7±1,7	126	32,1±1,6	111	34,3±1,9	105	35,9±1,7	105	35,3±2,0	92	34,0±2,0	90	33,8±2,3	89	36,2±2,7	84	34,2±2,5	78	29,5±1,5	73
VISŲ RŪŠIŲ		18,9±0,6	665	26,4±0,9	659	21,3±0,6	592	23,6±0,8	569	24,9±0,7	506	24,0±0,7	460	20,7±0,6	454	21,3±0,7	453	22,9±0,8	444	22,0±0,7	433	20,5±0,6	426

Pastaba: ■ - būklė blogėja; ■ - būklė gerėja; ■ - būklė stabili.

2000 m. medynų būklė vėl pablogėjo, vidutinė defoliacija pakilo iki 23,4%. Didžiausias neigiamas būklės pokytis užfiksuotas tirtų pušų bei beržų, kur jis sudaro 4-5%. Kiek mažesnis eglių defoliacijos pokytis, kuris siekia 3%.

2001 metais buvo stebimas medynų būklės pagerėjimas. Vidutinė tirtų medžių defoliacija sumažėjo net apie 3% ir siekė 20,3%. Intensyviausiai pagerėjo eglių būklė. Jų vidutinė defoliacija sumažėjo apie 4%. Tirtų beržų ir pušų vidutinės defoliacijos pokytis kiek mažesnis ir siekė apie 2%.

2002 m. medynų būklės pablogėjimą sąlygojo sausas vegetacinis periodas bei gausios snieglaužos vasario mėnesį. Dėl šių veiksnių intensyviausiai pablogėjo spygliuočių medynų būklė. Vidutinė pušynų defoliacija padidėjo virš 6%, nuo 19 iki 25,3%. Vyraujančių medynų pušų vidutinė defoliacija padidėjo 5,6%, nuo 18,4 iki 24, o užstelbtų – beveik 13%, nuo 24,5 iki 37,3%. 2003 m. stebimas tirtų medžių vidutinės defoliacijos sumažėjimas iki 22,2%, o 2004 m. padidėjimas iki 23,6% buvo statistikai nereikšmingas ( $p > 0,05$ ).

2003-2007 metų laikotarpiu tik eglių vidutinė defoliacija kito reikšmingai. Dėl sausros poveikio 2002 m. jų vidutinė defoliacija padidėjo apie 4%, t.y. nuo 20,7 iki 24,1%. Kitais metais jau buvo registruojamas defoliacijos sumažėjimas iki 22,6%, o paskutiniaisiais metais padidėjimas iki 24,2% (2004), 25,2% (2005), 26,9% (2006) ir 28,2% (2007). Šiuo laikotarpiu beržų ir pušų lajų vidutinė defoliacija nors ir nereikšmingai, tačiau didėjo.

2008 m. visų medžių būklė pagerėjo. Reikšmingiausiai pagerėjo beržų, kiek mažiau eglių, o pušų lajų būklės pagerėjimas buvo mažiausias. 2009 m. buvo užregistruotas vienas reikšmingiausių tirtų medžių lajų būklės pagerėjimų. Vidutinė visų medžių lajų defoliacija sumažėjo nuo 24% iki 20,7%. Kaip ir praėjusiais metais toliau mažėjo eglių lajų defoliacijos laipsnis, kiek silpniau pušų ir mažiausiai reikšmingas buvo beržų lajų defoliacijos laipsnio sumažėjimas.

2010 m. medžių lajų būklė pablogėjo iš esmės. Lajų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 20,7 iki 21,3%, tačiau šis pablogėjimas buvo nereikšmingas ( $p > 0,05$ ). Iš vyraujančių medžių rūšių, intensyviausiu defoliacijos padidėjimu pasižymėjo eglės, nors jų lajų vidutinė defoliacija padidėjo vos 0,4%, t.y. nuo 21,1 iki 21,5%. Kitų vyraujančių medžių rūšių vidutinė defoliacija sumažėjo: beržų nuo 20,2 iki 18,5%, o pušų nuo 19,4 iki 19,1%.

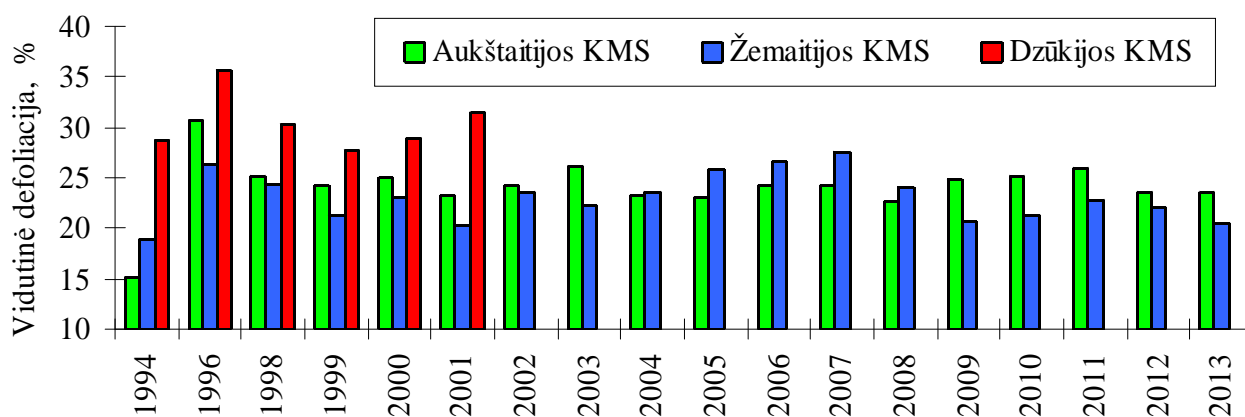
2011 m. registruojamas toks pat medžių lajų būklės pablogėjimas kaip ir Aukštaitijos KMS. Vidutinė medžių lajų defoliacija padidėjo nuo 21,3 iki 22,9%. Šį pablogėjimą lėmė eglių ir ypač pušų lajų vidutinės defoliacijos padidėjimas. Beržų būklė išliko mažai pakitusi.

2012 m. Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lajų vidutinė defoliacija iš esmės nepasikeitė lyginant su 2011 m. Padidėjo beržų lajų defoliacija, o sumažėjo, kaip ir Aukštaitijos KMS baseine, spygliuočių medžių lajų defoliacija.

2013 m. Žemaitijos KMS baseine augančių medžių vidutinė defoliacija reikšmingai sumažėjo iki 20,5 lyginant su 2012 m. Reikšmingiausiai vidutinė lajų defoliacija sumažėjo stebimų beržų ir paprastosios eglės medžių, o pablogėjo paprastosios pušies medžių. Lyginant atskirų išsivystymo klasių medžių lajų vidutinės defoliacijos pokytį, nustatyta, kad beveik visų išsivystymo medžių lajų būklė pagerėjo, skirtingai negu Aukštaitijos KMS.

Lyginant miškų būklę tarp atskirų stočių nustatyta, kad tyrimų pradžioje blogesne medžių būkle dažniausiai pasižymėjo Aukštaitijos KMS teritorijoje augantys medžiai ir tik nuo 2004 m. Žemaitijos KMS teritorijose augančių medžių vidutinė defoliacija pradėjo viršyti Aukštaitijos KMS medžių vidutinę defoliaciją. 2005-2007 m. laikotarpiu šis skirtumas tapo reikšmingu ir tik paskutiniaisiais metais jis pradėjo kisti iš esmės. 2008 m. tirtų medžių lajų vidutinė defoliacija tarp atskirų stočių jau vėl buvo nereikšminga, o 2009 m. Žemaitijos KMS tirtų medžių vidutinei defoliacijai reikšmingai sumažėjus, Aukštaitijos KMS padidėjo. 2010 m. abiejų stočių tirtų medžių būklė nežymiai pablogėjo. Vidutinė medžių defoliacija Aukštaitijos KMS siekė 25,1%, o Žemaitijos KMS 21,3%. Jau antri metai kai šis skirtumas yra reikšmingas ( $p < 0,05$ ). 2011 m. šis procesas tęsėsi toliau ir tik 2012 m. tirtų medžių, o ypač spygliuočių medžių rūšių lajų vidutinė defoliacija vėl sumažėjo. Jei Aukštaitijos KMS šis sumažėjimas buvo reikšmingas ir viršijo 2%, tai Žemaitijos KMS nereikšmingas – 0,8%.

Paskutiniuoju laikotarpiu stebimų medžių lajų vidutinė defoliacija išlieka stabili ar turi mažėjimo tendenciją.



1 pav. KMS teritorijose augančių medžių būklės dinamika

Užregistruotus neigiamus būklės pokyčius galėjo sąlygoti nepalankios klimatinės sąlygos – sausros vegetacinio sezono viduryje, kurių pasėkoje eglynus intensyviai pažeisdavo eglinis tipografas. Reikšmingos įtakos visų medynų būklei turėjo vėjavartos, vėjalaūžos ir snieglaūžos – ypač Žemaitijos KMS bei karštos ir sausos vasaros. Jei 1996-1998 m. miškų blogesnę būklę buvo galima aiškinti didesnėmis teršalų koncentracijomis ore ir krituliuose, tai 2006-2007 m. laikotarpiu padidėjusi vidutinė visų medžių defoliacija kompleksiško aplinkos veiksnių poveikio rezultatas, kur išskirtinė įtaka turėtų tekti gan akivaizdžiai padidėjęs rūgštinančių komponenčių koncentracijoms ore bei krituliuose. 2009 m šalta ir ilgai trunkanti žiema taip pat galėjo turėti reikšmingos įtakos medžių lajų būklės pablogėjimui 2010-2011 metais. Paskutiniųjų metų medžių lajų vidutinė defoliacija galėjo sumažėti ir dėl didelio žuvusių miežių skaičiaus 2011 m., kurie didino 2011 m. vidutinę defoliaciją, o jų nebuvimas jau kitais metais, automatiškai mažino vidurkį 2012 m. 2013 m. medžių lajų defoliacijos sumažėjimą lėmė žuvusių 2012 m. medžių 100 defoliacijos eliminavimas skaičiuojant vidurkį. Išlikusių gyvų medžių defoliacija reikšmingai nesikeitė. Tai galėjo lemti meteorologiniai veiksniai, kurie nepasižymėjo išskirtinėmis charakteristikomis. Išsamesniems būklės kaitos aiškinimams, tyrimai buvo tęsiami augalijos tyrimo stacionaruose, kur bandoma analizuoti išlikusių gyvų medžių būklės kaitą.

## **IŠVADOS**

Tiriamuoju laikotarpiu (1994-2013 m.) blogiausia medžių būkle išsiskyrė 1996-97 metai, kada lajų defoliacija viršijo 25 % Žemaitijos KMS, 30% Aukštaitijos KMS ir 35% Dzūkijos KMS. Nuo šio laikotarpio iki 2001 m. medžių lajų defoliacija reikšmingai mažėjo. 2001 - 2007 laikotarpis išsiskyrė kaip medžių lajų būklės blogėjimo laikotarpis ir ypač Žemaitijos KMS teritorijoje. 2006-2007 m. laikotarpiu padidėjusi vidutinė visų medžių defoliacija kompleksiško aplinkos veiksnių poveikio rezultatas, kur išskirtinė įtaka turėtų tekti gan akivaizdžiai padidėjusioms rūgštinančių komponenčių koncentracijoms ore bei krituliuose. Po šio laikotarpio registruojamas medžių lajų būklės atsikūrimas, po kurio vėl sekė nežymus defoliacijos padidėjimas 2011 metais. Paskutiniaisiais 2012 m. medžių lajų, o ypač spygliuočių medžių rūšių lajų vidutinė defoliacija reikšmingai sumažėjo. Tokio sumažėjimo rezultatas galėjo būti ir didelis žuvusių medžių skaičius 2011 m., kurie didino 2011 m. vidutinę defoliaciją, o jų nebuvimas kitais metais, automatiškai mažino vidurkį 2012 m. 2013 m. Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių vidutinė defoliacija

išliko praktiškai nepakitusi, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS baseine augančių medžių būklė iš esmės pagerėjo.

## 1.2. Fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės tyrimai KMS teritorijose

FAR matavimas yra sumedėjusios augalijos produktyvumo ir jos funkcijų interpretavimo pagrindas. Pagal sugertą FAR kiekį po augalijos dangą nustatomas lapijos paviršiaus ploto indeksas – augalijos dangos būklės indikatorius. Šį rodiklį papildžius medžių dendrometrinėmis charakteristikomis, kurios yra nustatomos vykdant biomasės ir bioelementų paprogramę bei medžių būklės duomenimis, kurie yra gaunami vykdant miško pažeidimų paprogramę atsirastų galimybė vertinti miško ekosistemų tvarumą globalių pokyčių sąlygomis.

Fotosintetiškai aktyvi saulės spinduliuotė – tai saulės spinduliuotės dalis, kurių bangų ilgis kinta nuo 300 iki 750 nm ir atitinkamomis sąlygomis sukianti augalų fotosintezę. Tačiau dažniausiai tiriant FAS po augalijos dangą kalbama apie saulės spinduliuotės spektrinę dalį nuo 400 iki 700 nm. Tai vienas pagrindinių ekologinių veiksnių nulemiančių produkcinio proceso vyksmą ir bioklimatinių sąlygų formavimąsi miškų ekosistemose. Iš kitos pusės šviesos FAS intensyvumą po medyno dangą lemia medyno fitoelementų, kurių didžiąją dalį sudaro asimiliaciniai organai, kiekis ir erdvinis pasiskirstymas. Tokiu būdu FAS medyne tam tikru laipsniu atspindi ne tik medyno biomasę, jo produktyvumą, bet ir būklę (Stakėnas, 2003). Todėl FAS tyrimai Kompleksiško monitoringo stotyse, kuriuose pagrindiniu mokslinių tyrimų tikslu reiktų laikyti pagrindinių bioelementų balanso tyrimus, turėtų tapti perspektyvia ateities tyrimų kryptimi.

Pagrindinis darbo tikslas – nustatyti medynų sugertos FAS dalį ir pagal ją įvertinti augalų lapijos paviršiaus ploto indeksą. Gautus duomenis naudoti medynų biomasės bei būklės tyrimuose.

### Darbo metodika

FAS matavimai atlikti JAV gamybos septometro (SUNFLECK PAR Septometer) SF-80 modeliu. Šio prietaiso 80 tarpusavyje nepriklausomų daviklių išdėstytų 1 m ilgio specialioje liniuotėje, kiekvieno matavimo metu duoda vidutinę 80 taškų FAS reikšmę, išreikštą  $\mu\text{mol}$  į kvadratinį metrą per sekundę ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ).

Kiekviename tyrimo plotelyje FAS buvo matuota 7 taškuose, centre bei 7 m atstumu nuo centro kas  $60^\circ$  pradėdant nuo Šiaurės krypties.



Taip pat šiuo prietaisu kiekvieną kartą prieš pradedant matavimus tyrimo plotelyje buvo matuojamas atviros vietos FAS bei aukštimačių nustatomas saulės aukštis (kampas) bei pažymimas tikslus laikas.

Lapijos paviršiaus ploto indeksas paskaičiuotas pagal šią formulę (Norman, Jarvis, 1974):

$$L = \frac{\left[ \left( 1 - \frac{1}{2k} \right) fb - 1 \right] \ln \tau}{A(1 - 0,47 fb)}$$

Čia: k – medyno ekstinkcijos koeficientas;  
 Fb – tiesioginių saulės spindulių dalis bendrame FAR sraute;  
 A – lapijos absorbcijos koeficientas;  
 τ – FAR praleidimo po lajomis koeficientas.

Ekstinkcijos koeficientas skaičiuojamas pagal šią formulę (Campbell, 1986):

$$k = \frac{1}{2 \cos \theta}$$

Čia: θ - saulės zenito kampas ir kuris nustatomas taip: θ = 90 - α, kur α - saulės aukštis (kampas);  
 Koeficientas A, remiantis literatūros duomenimis prilygintas 0,86.

2013 m. 20 m. tarnavęs prietaisas sugedo vykdant tyrimus Žemaitijos KMS. Aukštaitijos KMS buvo panaudotas jau kitas prietaisas tiesiogiai matuojantis LAI.

## **Darbo rezultatai**

### ***1.2.1. Aukštaitijos KMS teritorija***

2013 m. fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės matavimai atlikti 45 Aukštaitijos KMS tyrimo ploteliuose. Likusiuose 4-se ploteliuose, dėl suardytos medyno struktūros vykdyti šiuo laikotarpiu FAS matavimus netikslinga, kadangi didelę įtaką gautiems rezultatams turėtų kylantis pomiškis, kuris dar neįtrauktas į medžių apskaitos sąrašus. Gauti rezultatai pateikti 3 lentelėje, o jų kaita per 10-rių metų laikotarpį 5 lentelėje. Tyrimų rezultatai rodo, kad paskutiniaisiais metais Fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės intensyvumas turi tendencija didėti. Mažiausia šio parametro reikšmė buvo registruojama 2006 m. Atvirkščiai proporcingai šiems parametrams kito lapijos indeksas, kurio didžiausia reikšmė buvo nustatyta būtent 2006 m., o po šių metų medžių lajų lapijos indeksas mažėja. 2012 m. nustatytas ženklus lapijos indekso padidėjimas. Tai gerėjančios medžių lajų būklės rezultatas. Išaiškinta FAR spinduliuotės po medžių lajomis ir LAI indekso kaita pakankamai gerai sutampa su medžių lajų vidutinės defoliacijos kaita. Vidutinės defoliacijos reikšmė mažiausia buvo 2004 m., o nuo šių metų iki 2010 m. turėjo tendenciją didėti. 2012 m. medžių lajų defoliacija sumažėjo, ką ir patvirtino padidėjęs lapijos indeksas. 2013 m LAI toliau didėjo ir pasiekė 3,8 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> reikšmę

**3 lentelē. LAI reikšmēs Aukštaitijos KMS 2013m.**

Plotelio numeris	Matavimo padėtis							Min	Max	Struk-	Vid
	1	2	3	4	5	6	7	reikšmė	reikšmė	tūra	reikšmė
A_01	0.1	3.6	4.3	2.9	1.7	3.4	4.3	0.1	4.3	4.3	2.90
A_02	4.3	4.9	1.3	2.7	4.6	2.8	2.3	1.3	4.9	3.8	3.27
A_03	4.9	5.7	3.1	4.1	4.3	5.5	5.4	3.1	5.7	1.8	4.71
A_04	2.0	1.4	4.0	3.7	3.9	2.1	2.3	1.4	4.0	2.9	2.77
A_05	4.0	5.6	0.7	4.5	5.2	4.5	4.5	0.7	5.6	8.0	4.14
A_06	1.6	1.4	1.4	0.8	3.6	4.2	3.2	0.8	4.2	5.3	2.31
A_07	2.8	1.5	4.8	3.1	3.4	4.4	2.7	1.5	4.8	3.2	3.24
A_08	0.0	2.1	4.0	1.3	0.0	0.5	0.0	0.0	4.0	8.0	1.13
A_09	2.7	3.9	5.1	2.5	3.3	0.4	4.3	0.4	5.1	12.8	3.17
A_10	5.2	2.7	4.1	5.2	5.0	1.5	5.3	1.5	5.3	3.5	4.14
A_11	5.5	5.0	3.7	4.8	4.1	1.2	4.7	1.2	5.5	4.6	4.14
A_12	2.7	4.4	4.0	4.2	4.5	1.8	3.9	1.8	4.5	2.5	3.64
A_13	1.7	3.3	0.4	3.2	3.1	3.8	4.6	0.4	4.6	11.5	2.87
A_14	3.3	3.1	2.7	2.9	2.0	2.8	2.9	2.0	3.3	1.7	2.81
A_15	6.3	5.1	6.0	3.6	6.2	5.5	6.2	3.6	6.3	1.8	5.56
A_16	3.1	4.6	3.2	5.5	4.2	3.8	3.7	3.1	5.5	1.8	4.01
A_17	2.0	3.4	2.5	0.0	1.7	2.7	1.5	0.0	3.4	3.4	1.97
A_18	3.5	4.1	4.9	3.8	4.2	4.1	4.2	3.5	4.9	1.4	4.11
A_19	5.3	4.7	4.1	5.6	5.8	5.2	5.3	4.1	5.8	1.4	5.14
A_21	0.0	1.1	0.0	0.5	4.8	3.3	2.6	0.0	4.8	4.8	1.76
A_22	3.6	6.2	5.7	0.2	4.0	5.6	6.0	0.2	6.2	31.0	4.47
A_23	2.9	5.3	6.3	3.0	5.2	4.9	4.4	2.9	6.3	2.2	4.57
A_24	4.5	5.1	4.8	4.8	5.7	4.8	4.8	4.5	5.7	1.3	4.93
A_25	4.1	4.8	5.0	3.8	4.0	2.6	2.6	2.6	5.0	1.9	3.84
A_26	2.4	2.6	3.9	2.6	3.4	2.5	3.0	2.4	3.9	1.6	2.91
A_27	4.1	4.4	4.2	5.6	3.1	5.1	5.1	3.1	5.6	1.8	4.51
A_28	4.7	0.8	2.4	4.4	3.9	3.4	2.6	0.8	4.7	5.9	3.17
A_29	2.6	3.4	3.2	2.8	2.3	1.8	3.2	1.8	3.4	1.9	2.76
A_30	1.3	3.8	6.9	3.3	3.7	1.6	4.2	1.3	6.9	5.3	3.54
A_31	4.7	6.6	5.6	6.9	5.7	4.5	4.6	4.5	6.9	1.5	5.51
A_32	3.3	4.8	3.8	4.0	5.7	5.8	5.0	3.3	5.8	1.8	4.63
A_33	5.2	6.4	2.0	4.5	5.3	6.1	1.7	1.7	6.4	3.8	4.46
A_36	2.6	4.4	2.8	0.4	1.8	1.1	4.1	0.4	4.4	11.0	2.46
A_37	0.9	2.3	3.0	2.5	2.6	1.5	2.1	0.9	3.0	3.3	2.13
A_38	6.3	6.9	5.3	7.8	5.1	5.7	7.5	5.1	7.8	1.5	6.37
A_39	4.1	5.7	6.7	5.0	7.2	5.2	3.2	3.2	7.2	2.3	5.30
A_40	3.3	4.1	3.3	2.9	7.2	5.7	4.4	2.9	7.2	2.5	4.41
A_41	6.1	3.0	2.6	6.1	4.0	4.6	3.2	2.6	6.1	2.3	4.23
A_42	4.6	4.2	4.5	4.5	4.4	3.3	3.6	3.3	4.6	1.4	4.16
A_44	2.8	2.0	3.0	3.5	3.5	2.6	2.4	2.0	3.5	1.8	2.83
A_45	3.1	3.7	4.6	4.5	5.5	3.2	3.6	3.1	5.5	1.8	4.03
A_46	4.5	2.1	2.6	2.3	4.5	2.4	5.2	2.1	5.2	2.5	3.37
A_48	5.1	2.9	4.4	4.0	4.8	5.4	5.6	2.9	5.6	1.9	4.60
A_49	3.4	4.9	4.4	5.3	4.9	4.5	5.1	3.4	5.3	1.6	4.64
A_50	5.2	5.3	10.8	6.0	4.2	5.5	5.4	4.2	10.8	2.6	6.06
Iš viso								0.0	10.8	4.1	3.8

**1.2.2. Žemaitijos KMS teritorija**



Žemaitijos KMS fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės matavimai, kaip ir 2012 m. buvo atlikti 29 tyrimo ploteliuose. Likusiuose ploteliuose, dėl suardytos medyno struktūros vykdyti šiuo laikotarpiu FAS matavimus netikslinga. Tačiau jau laboratorinių tyrimų metu buvo nustatytas nepataisomas seno FAR matuoklio gedimas, todėl gauti duomenys nėra pateikiami ataskaitoje, dėl jų nepatikimumo. Pakartoti tyrimus 2013 m. nebuvo galimybių dėl prietaiso stokos. Tikimasi, kad 2014 m. bus galimybė pakartoti tyrimus Žemaitijos KMS. Vienų metų tyrimo rezultatų trūkumas, manome, kad neturės esminės reikšmės jų kaitai laike bei pagrindinių priežasčių išaiškinimui.

2009-2012 m. laikotarpiu Žemaitijos KMS, kaip ir Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas, nustatytas pagal sugertos FAR spinduliuotės kiekį, mažėjo ir tik 2012 metais vėl padidėjo abiejose stotyse. Palyginus gautus indeksus tarp stočių, nustatyta, kad Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas didesnis negu Aukštaitijos KMS, ką patvirtina ir medžių lajų defoliacijos duomenys. Paskutiniaisiais metais, kada lapijos indeksas Žemaitijos KMS pradėjo viršyti lapijos indeksą medžių augančių Aukštaitijos KMS, jų lajų būklė taip pat tapo geresnė. 2013 m. LAI nežymiai padidėjo Aukštaitijos KMS, o Žemaitijos KMS dėl techninių problemų, šis rodiklis nebuvo patikimai nustatytas.

**5 lentelė. FAR pagrindinių komponentų reikšmių palyginimas.**

Metai	KMS	Vid	Max	Min	Std dev.	Glaudumas	Struktūra	FAR_kof	LAI
2003	LT-01	65	159	15	55	35,9	19,9	0,06	3,72
2004	LT-01	56	105	24	30	6,3	5,5	0,24	1,88
2005	LT-01	90	220	27	71	15,8	12,4	0,16	3,43
2006	LT-01	105	253	29	84	18,2	13,8	0,11	4,22
2007	LT-01	76	136	39	36	7,1	3,9	0,20	2,20
2008	LT-01	111	287	26	99	12,7	13,2	0,14	3,59
2009	LT-01	107	263	34	86	9,0	9,4	0,21	2,98
2010	LT-01	102	218	42	64	7,7	6,3	0,21	2,92
2011	LT-01	90	167	44	46	5,4	5,1	0,27	2,53
2012	LT-01	134	336	40	112	12,6	8,7	0,14	3,68
2013	LT-01	-	-	-	-	-	-	-	3,80
2003	LT-03	168	346	57	108	11,2	9,3	0,17	2,49
2004	LT-03	76	125	44	29	4,4	4,8	0,29	1,58
2005	LT-03	122	291	45	91,0	8,3	11,3	0,25	2,89
2006	LT-03	95	150	54	34,5	5,5	3,4	0,27	2,62
2007	LT-03	106	205	51	56,1	6,7	4,4	0,25	2,19
2008	LT-03	143	393	27	140,1	21,6	17,1	0,13	4,45
2009	LT-03	83	216	27	67,4	14,4	11,8	0,18	3,82
2010	LT-03	86	191	31	58,5	9,2	6,3	0,33	2,51
2011	LT-03	147	314	42	100,6	8,9	8,8	0,22	2,90
2012	LT-03	86	232	19	81,2	26,5	14,3	0,11	4,90

## IŠVADA

2009-2013 m. laikotarpiu Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas, nustatytas pagal sugertos FAR spinduliuotės kiekį toliau didėjo, kas turėjo sąlygoti gerėjančią lajų būklę, nors vidutinės defoliacijos duomenis tokią katą patvirtina tik iš dalies. Palyginus gautus indeksus tarp stočių, nustatyta, kad Žemaitijos KMS baseine augančių medžių lapijos indeksas didesnis negu Aukštaitijos KMS, ką patvirtina ir medžių lajų defoliacijos duomenys.

### 1.3. Medynų būklė augalijos tyrimų stacionaruose

1993m. Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje (KMS) buvo išskirtas vienas kartografuotas 50m × 50m tyrimo barelis visų augalijos ardų tyrimams. 1994m. įsteigus Žemaitijos KMS, joje išskirtas 40m × 40m kartografuotas augalijos tyrimo stacionaras. Taip pat pastaraisiais metais buvo praplėstas kartografuotų barelių tinklas Aukštaitijoje. Šiam tikslui panaudoti du kartografuoti bareliai, kurie buvo išskirti baseinui būdingose augavietėse medynų našumo tyrimams. Tokiu būdu medynų struktūriniai pokyčiai tiriami 3-juose Aukštaitijos ir viename – Žemaitijos KMS augalijos tyrimų stacionare.

**Vienas pagrindinių tikslų** yra medyno struktūros kaitos analizė, kurios metu nustatomi bioindikaciniai rodikliai labiausiai atspindintys būdingiausius medynų pokyčius sąlygojamus foninės taršos bei klimatinių veiksmu. Tačiau šie tyrimai vykdomi tik kas 5 metai. Medynų būklė yra vienintelis parametras, kuris augalijos tyrimo stacionaruose nustatomas kasmet.

#### Darbo objektas ir metodas

Stacionaruose kas 5 metai vykdomi visų augalijos ardų tyrimai, tame tarpe ir medžių augimo ir medyno struktūros pokyčių tyrimai. Stacionare kiekvienas medis, kurio kamieno skersmuo didesnis negu 8 cm numeruojamas ir vietinės koordinatų pagalbos dėka nustatoma jo padėtis medyne. Taip pat išmatuojami pagrindiniai dendrometriniai parametrai: medžio aukštis, lajos pagrindo aukštis, kamieno skersmuo bei lajos skersmuo (spinduliai pasaulio šalių atžvilgiu). Šalia šių tyrimų nustatoma pomiškio rūšinė sudėtis bei atskirų augalų rūšių padengimo procentas. Tik medžių būklė augalijos stacionaruose vertinama kasmet. Augalijos tyrimų stacionarų pagrindinės taksacinės charakteristikos pateiktos 6 lentelėje.

**6 lentelė.** Medynų, kuriuose išskirti tyrimo stacionarai pagrindinės taksacinės charakteristikos

Tyrimo stacionaras	Medynų taksacinės charakteristikos						
	Rūšinė sudėtis	Amžiaus klasė	Bonitetas	Skalsumas	Tūris 1 ha m <sup>3</sup>	DTG	Miško tipas
AKMS_01	9P1E	15	1	0,5	300	Nbl	<i>vaccinosum</i>
AKMS_02	9P1E+B	17	1A	0,7	440	Lcl	<i>oxalidosum</i>
AKMS_03	6E2P2B	8	3	0,6	260	Pcn	<i>caricosum</i>
ŽKMS_01	7E1P2E	8	2	0,8	370	Ncl	<i>myrtilius</i> - <i>oxalidosum</i>

Kaip matyti iš pateiktų duomenų Aukštaitijos KM stotyje pirmas stacionaras (AKMS\_01) įkurtas natūraliai drėkinamame (Nbl), aukšto produktyvumo (B\_1), brukniniame (v),

perbrendusiame (A.kl. – 15) pušyne su silpnai išreikšta eglės priemaiša bei antru jos ardu ir pomiškiu.

Aukštaitijos KMS antras stacionaras (AKMS\_02) įkurtas laikinai užmirkusioje pakankamai derlingoje augavietėje (Lcl) ir labai aukšto produktyvumo, kiškiakopūstiniame, perbrendusiame pušyne su nedidele eglės priemaiša bei gausiausiu jos antru ardu bei pomiškiu.

Aukštaitijos KMS trečias stacionaras (AKMS\_03) įkurtas pelkinėje pakankamai derlingoje augavietėje (Pcl) ir žemo produktyvumo, viksviniame, perbrendusiame eglyne su nedidele pušies ir beržo priemaiša bei eglės antru ardu bei pomiškiu. 2010 m. dėl labai stipraus vėjo virš 30% medžių buvo išversta ar sulaužyta. Paskutiniaisiais 2013 m. vėjavartos pasikartojė dar kartą ir todėl tolimesnis tyrimas šitame stacionare prarado prasmę. Ateityje būtų galima įrengti analogišką stacionarą kaimyniniame medyne, kuris pagal savo charakteristikas yra labai panašus į tirtąjį.

Žemaitijos KM stoties augalijos tyrimo stacionaras įkurtas vienoje iš būdingiausių eglės augavietėje – mėlyniniame-kiškiakopūstiniame eglyne su keliomis, skirtingo amžiaus eglės kartomis.

## **Darbo rezultatai**

### ***1.3.1. Medynų būklė Aukštaitijos KMS stacionaruose***

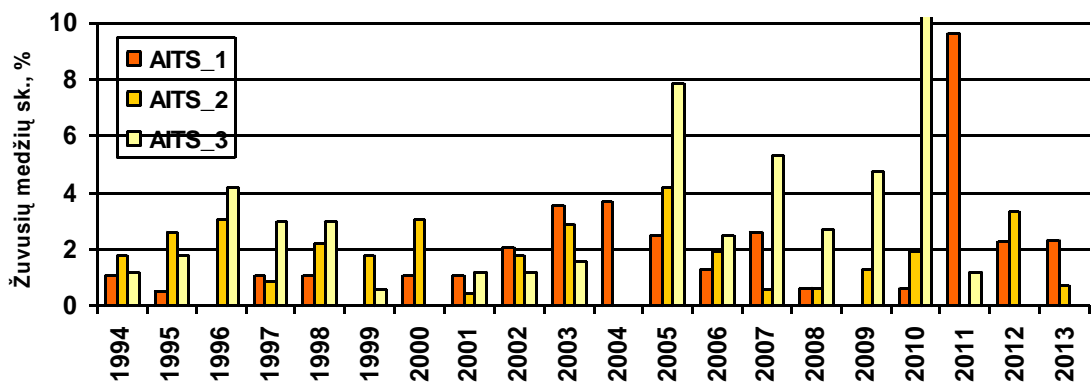
Vienas iš pagrindinių medynų būklės rodiklių, šalia vidutinės medžių defoliacijos laikomas žuvusių medžių skaičius. Aukštaitijos KMS pirmajame stacionare medžių išsiretinimo intensyvumas siekė 1,72% per metus, t.y. per 20 m. laikotarpį žuvo 66 medžiai iš 192 užregistruotų 1993 metais. Tai sudaro 33,7% visų medžių. Intensyviausiai sumažėjo lapuočių medžių, kiek mažiau žuvo eglių ir mažiausiai pušų.

Antrajame stacionare AKMS\_02 bendras medžių iškritimas buvo didesnis. Medžių išsiretinimo intensyvumas siekė po 1,85%, t.y. per 20 m laikotarpį žuvo 87 medžiai iš 229 registruotų dar 1993. Tai sudaro 37,1% visų stebėtų medžių. Mažiausiai žuvo lapuočių, pušų iškritimas viršijo 10%. Intensyviausias iškritimas užfiksuotas eglių. Per tiriamąjį laikotarpį šiame stacionare žuvo net apie 55% šios rūšies medžių. Tačiau, kaip taisyklė, žūsta atsilikę augime medžiai. Kelių didesnių beržų žūtis priežastis – vėjalaus.

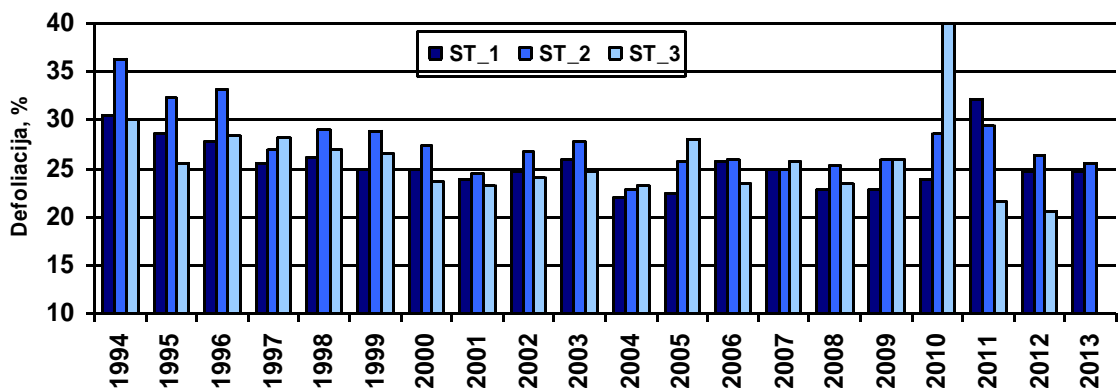
Trečiojo stacionaro medžių iškritimo intensyvumas didžiausias. Jis siekia net 52,4% arba 3,4% per metus. Dar 2004 m. medžių iškritimas šiame stacionare mažai skyrėsi nuo medžių iškritimo intensyvumo užregistruoto pirmajame stacionare. Padėtis iš esmės pasikeitė paskutiniaisiais metais, kai medžių iškritimas padidėjo virš 7%. Tai dėl žievėgraužio tipografo pažeidimų žuvusios eglės – 8 medžiai iš 110. Taip pat kelios drebulės buvo nugrauztos bebrų. Išskirtiniai 2010 m., kai dėl vėjovartų stacionaruose žuvo 26 medžiai. Iš jų tik 1 pirmame stacionare,

3 antrame, o likę 22 3-me stacionare. Dėl tokio intensyvaus pažeidimo problematiškas pasidarė tyrimų tęstinumas šiame stacionare ateityje. Pastaruoju laikotarpiu šiame stacionare yra išlikę tik 78 gyvi medžiai. 2013 m. šiame stacionare medžių dar labiau sumažėjo ir tolimesnis tyrimas prarado bet kokią prasmę. Todėl 2013 m. detalūs sumedėjusios augalijos tyrimai buvo atlikti tik 2-se stacionaruose. Tęsiant tyrimus toliau, reiktų apsispręsti apie trečiojo stacionaro vietos parinkimą šioje baseino teritorijoje.

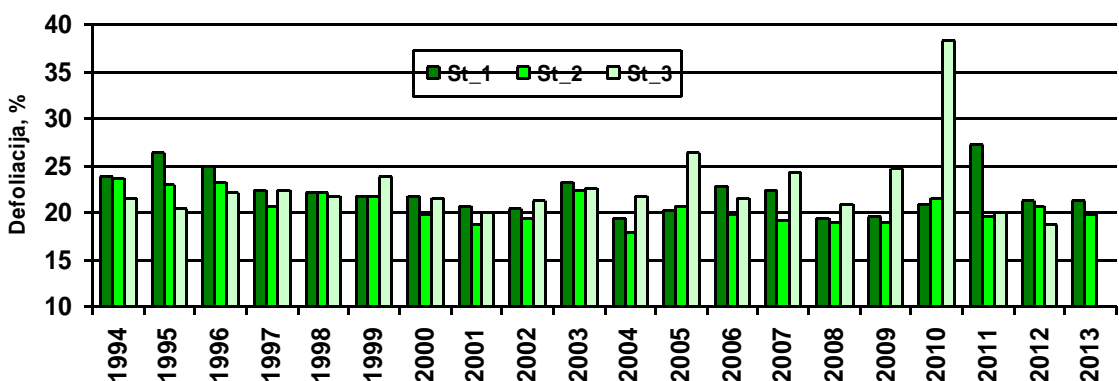
Žuvusių medžių skaičiaus dinamika rodo (2 pav.), kad per tiriamąjį laikotarpį, eliminavus 2010 m. žuvusių III stacionare medžių skaičių, kasmet vidutiniškai iškrenta apie 2,0% medžių.



2. pav. Žuvusių medžių skaičius Aukštaitijos KMS tyrimų stacionaruose 1994-2013 m. (2010 m. AITS 3 žuvo net 22% apskaitos medžių, 2013 m. tyrimai sustabdyti dėl per mažai likusių medžių)

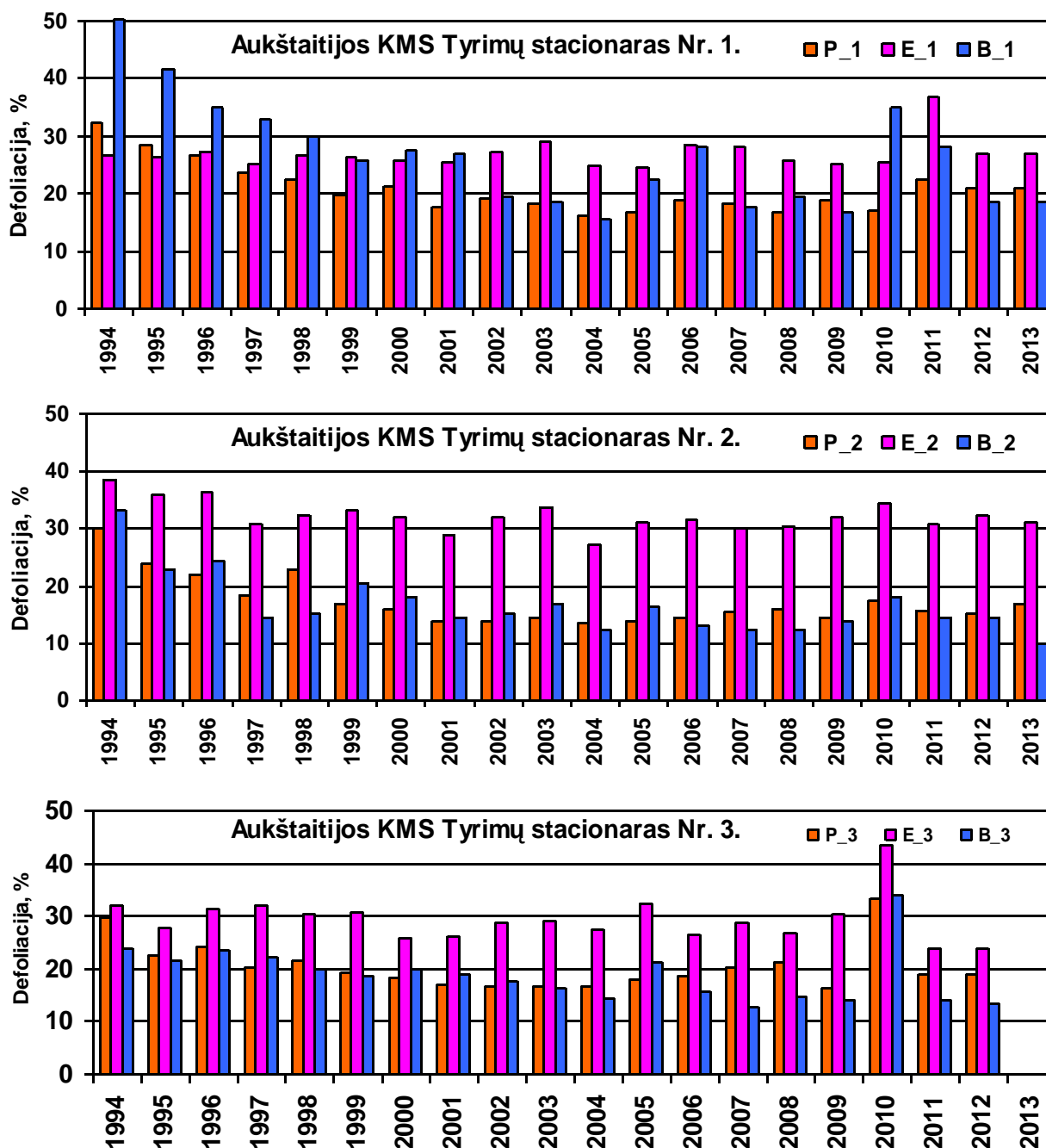


3 pav. Visų medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose 1994-2013 m.



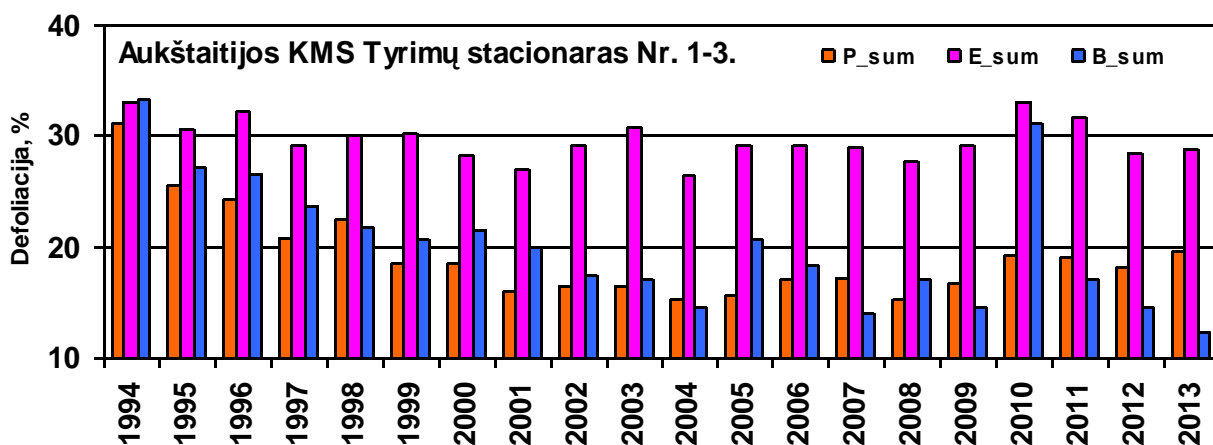
**4 pav.** 1-3 Krafto klasių medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose

Medžių lajų defoliacijos duomenys rodo, kad visų medžių vidutinė defoliacija iki 2004 m. laipsniškai mažėjo. Nuo šio laikotarpio iki 2010-11m. registruojamas, nors ir neženklaus, medžių lajų vidutinės defoliacijos laipsnio augimas. Tokį defoliacijos augimą galėjo sąlygoti nepalankūs klimatiniai veiksniai. AKMS 3-io stacionaro labai aukštą defoliaciją 2005 ir 2007m.(virš 28 %) sąlygojo dėl žievėgraužio tipografo pažeidimų žuvusios eglės, o 2010 m. dėl vėjovartų žuvę medžiai. 2012-2013 m. tirtų medžių lajų būklė išliko stabili ir reikšmingai geresnė negu 2011 m.



**5 pav.** Atskirų rūšių medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose

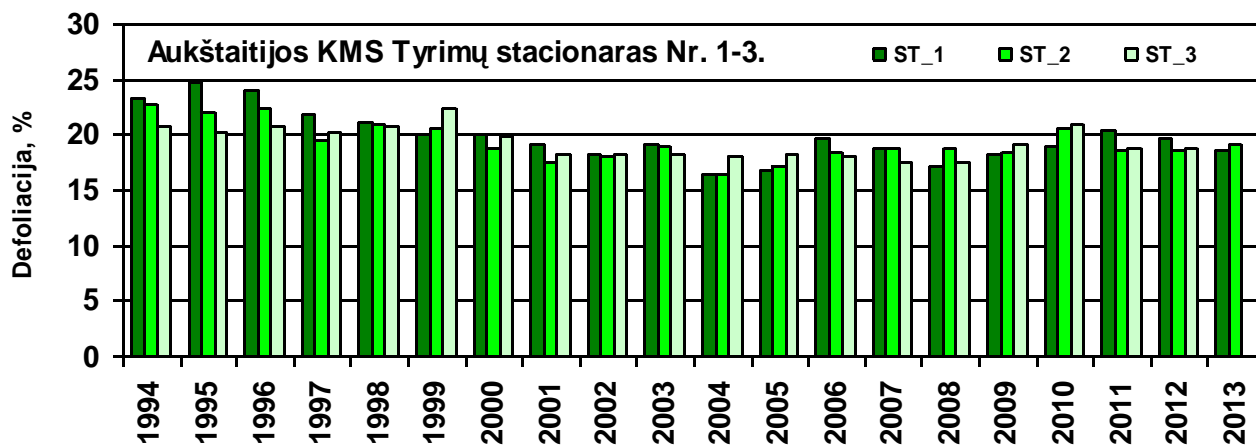
Paskutiniu metu 2012-2013 m. laikotarpiu registruojamas medžių lajų būklės kaitos stabilizavimas.



6 pav. Atskirų rūšių visų medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose.

Apibendrinus rezultatus nustatyta, kad eglės augančios augalijos tyrimo stacionaruose yra blogiausios būklės. 2010-2011 m. dėl nepalankių klimatinių veiksnių ir žievėgraužio tipografo žalos tirtų eglų lajų defoliacija buvo viena didžiausių per visą tiriamąjį laikotarpį ir viršijo 30%. Paskutiniaisiais 2012-2013 m. eglų lajų būklė reikšmingai pagerėjo lyginant su 2011 m.

Iki 2009 m. taip pat reikšmingai mažėjo stacionaruose augančių beržų vidutinė defoliacija. Tačiau po intensyvių vėjalaūžų, jų būklė reikšmingai pablogėjo 2010 m. 2011-2013 m. registruojamas reikšmingas beržų lajų būklės atsikūrimo procesas. Vidutinė lajų defoliacija sumažėjo net iki ir iki 12%. Stabiliausios būklės išlieka pušys., ypač nuo 2001 m. Išimtį sudaro vėlgi tas pats 2010-2011 m. laikotarpis, kai dėl nepalankių klimatinių sąlygų pušų būklė pablogėjo bei suintensyvėjo jų iškritimas. Nepaisant to, kad 2012 m. pušų būklė pagerėjo, paskutiniaisiais metais vėl buvo užregistruotas pakankamai ženklus vidutinės lajų defoliacijos padidėjimas iki 19,5%.

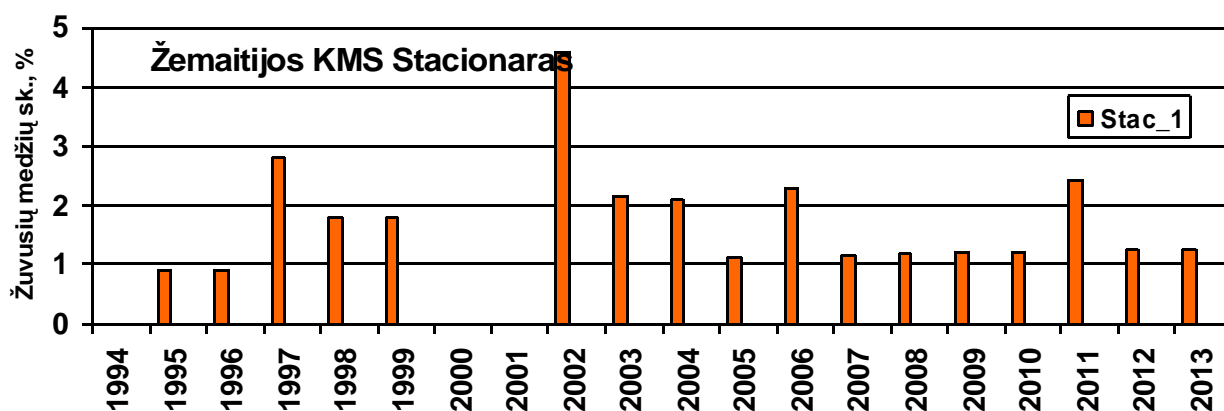


**7 pav.** 1-3 Krafto klasių išlikusių gyvų medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose

Eliminavus dėl nepalankių klimatinių veiksnių poveikio žuvusių medžių įtaką vidutinei defoliacijai, nustatyta, kad iki 2004 metų tirtų išlikusių gyvų medžių vidutinė defoliacija mažėjo reikšmingai po 0,5% kiekvienais metais, tačiau nuo šių metų iki 2010 m. buvo stebimas atvirkštinis procesas, medžių lajų vidutinė defoliacija didėjo reikšmingai maždaug po 0,6%. 2011 m. po nepalankių veiksnių poveikio stebimas medžių lajų būklės atsikūrimas, kuris tęsėsi ir 2013m.

**1.3.2. Medyno būklė Žemaitijos KMS stacionare**

Žemaitijos stacionare bendras medžių iškritimas per 19 m. laikotarpį siekia 28% ar 1,5% per metus. Žuvusių beržų neužregistruota. Nustatyta, kad žuvusios eglės yra įvairaus dydžio, nuo smulkių, atsilikusių augime iki stambių, dominuojančių ir viršaujančių medyne. Pagrindinė šių medžių žūties priežastis - entokenkėjai ir vejalaūžos. 2002 metais net apie 5% eglėlių buvo pažeistos snieglaūžos, o 2011 m. – žievėgraužio tipografo. Šiame stacionare kasmet dažniausiai žūsta tik po viena eglė.



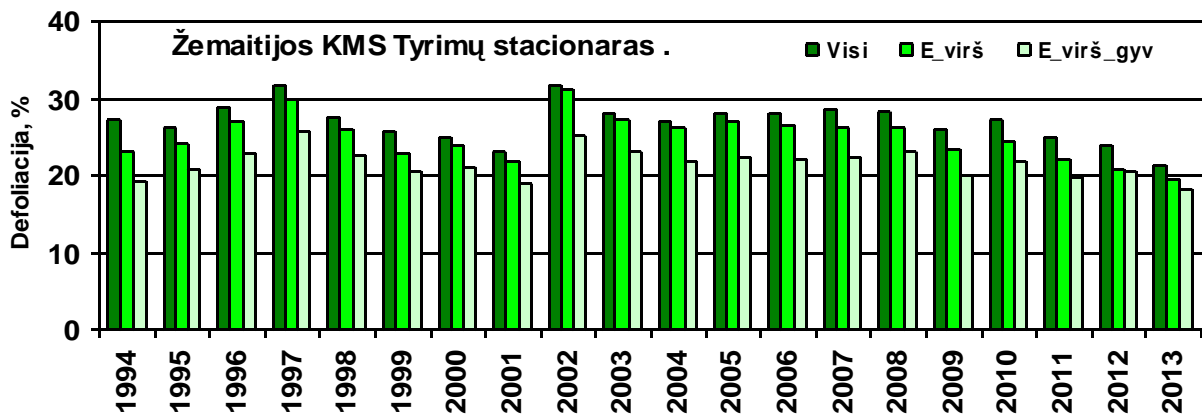
**8 pav.** Žuvusių medžių skaičius Žemaitijos KMS tyrimų stacionare 1995-2013 m.

Pagrindiniai medžių būklės kaitos parametrai Žemaitijos KMS stacionare pateikti 8 – 9 paveiksluose. Metais, kuriais medžių vidutinė defoliacija buvo didžiausia užregistruotas ir didesnis žuvusių medžių skaičius.

Įdomu pažymėti, kad defoliacijos kaitos tendencijoms įtakos neturėjo medžių išsivystymo laipsnis. Vyraujančių ir atsilikusių augime medžių vidutinės defoliacijos kitimo pobūdis tiriamuoju laikotarpiu buvo analogiškas. Tik didesnių medžių vidutinė defoliacija buvo mažesnė, o žemesnių, atsilikusių augime – didesnė.



Didžiausias neigiamas defoliacijos pokytis užregistruotas 2002 metais. Pagrindinis veiksnys esminiai sąlygojantis medžių, pagrinde eglių, būklę buvo vasario mėnesį vykusios snieglaūžos



**9 pav.** Visų, viršaujančių ir išlikusių gyvų viršaujančių eglių būklė Žemaitijos KMS stacionare

Dėl šios priežasties pažeisti medžiai neteko vidutiniškai apie 30% lajos viršutinės dalies, o atskirais atvejais ir visos lajos. Tokiu būdu kenkėjų žalos pakartotinio išplitimo problema vėl tapo aktuali ir 2003 – 2006 m. laikotarpiu, kai eglių žuvimo intensyvumas dėl žievėgraužio viršijo 2% per metus.

2007-2013 m. stebimas intensyvaus tyrimo stacionare augančių medžių lajų būklės gerėjimo procesas. Vidutinės defoliacijos sumažėjimas siekia 2-3%.

## Išvados

1. Aukštaitijos KMS stacionaruose eglės yra blogiausios būklės. Iki 2009 m. reikšmingai mažėjo stacionaruose augančių beržų vidutinė defoliacija. Tačiau po intensyvių vėjalaūžų 2010 m., jų būklė reikšmingai pablogėjo ir iki šiol dar ne visiškai pilnai atsikūrė. Stabiliausios būklės išlieka pušys., ypač nuo 2001 m. Išimtį sudaro 2010-2011 m. laikotarpis kai dėl nepalankių klimatinių sąlygų pušų būklė pablogėjo bei suintensyvėjo jų iškritimas. Tik paskutiniaisiais 2012-2013 m. pušų būklė stabilizavosi.

2. Eliminavus dėl nepalankių klimatinių veiksnių žuvusių medžių įtaką vidutinei defoliacijai, nustatyta, kad iki 2004 metų tirtų išlikusių gyvų medžių vidutinė defoliacija mažėjo reikšmingai po 0,5% kiekvienais metais, tačiau nuo šių metų iki 2010 m. buvo stebimas atvirkštinis procesas, medžių lajų vidutinė defoliacija didėjo reikšmingai maždaug po 0,6%. Tik 2011 m. pradėtas stebėti medžių lajų būklės pagerėjimo procesas, kuris tęsiasi iki 2013 m.

3. Žemaitijos KMS stacionare eglių defoliacija per visą tiriamąjį laikotarpį svyravo nuo 25 iki 27 %. 1997-2001 m. laikotarpiu jų defoliacija reikšmingai mažėjo. 2002-2007 m. laikotarpis pasižymi padidėjusia eglių vidutine defoliacija ir tik pradėdant 2008 ir iki 2013 m. stebimas ženklus eglių būklės pagerėjimas.

4. Palyginus eglių vidutinę defoliaciją augalijos tyrimų stacionaruose, nustatyta, kad Žemaitijos stacionaro eglių vidutinė defoliacija mažesnė negu Aukštaitijos KMS stacionarų.

#### 1.4. Medžių pažeidimai KMS teritorijose.

Pagal Integruoto monitoringo programa medžių pažeidimų tyrimai vykdomi kiekvienais metais. Tyrimo metu atliekamas užregistruotų pažeidimų identifikavimas, pagrindinių priežasčių nustatymas bei pažeidimo intensyvumo įvertinimas.

Pagrindinis darbo tikslas – išaiškinti medžių pažeidimo priežastis bei jų intensyvumą visoje KMS teritorijoje.

#### Darbo metodika

Medžių pažeidimų vertinimui panaudoti Amerikietiško miškų monitoringo programos metodiniai reikalavimai (FHM Guide, 1984, 1987). Pagal šios programos reikalavimus registruojama medžio pažeidimo sritis, pažeidimo rūšis, intensyvumas bei nustatoma pagrindinė pažeidimo priežastis, jei ją įmanoma identifikuoti. Medžių pažeidimų sritys ir rūšys bei jų intensyvumas pateiktas 7 lentelėje.

**7 lentelė.** Medžių pažeidimų vietos, pažeidimų rūšys ir jų intensyvumas

Pažeidimo rūšis	Ko das	Pažeidimo intensyvuma s	Ko das	Medžio pažeidimo sritis	K
Vėžys	1	1-100%	0-9	Nėra pažeidimų	0
Grybų vaisiakūniai ir kt. pūvančios medienos požymiai	2	Nėra	-	Šaknys ir kelminė kamieno dalis	1
Atviros žaizdos	3	1-100%	0-9	Šaknys ir apatinė kamieno dalis	2
Sakotakių pažeidimas	4	1-100%	0-9	Apatinė kamieno dalis	3
Nulaužtas kamienas	11			Visas kamienas	4
Nutrauktos šaknys > 1 m nuo kelmo	13	1-100%	0-9	Viršutinė kamieno dalis	5
Nulenktas kamienas	15	1-100%	0-9	Lajos kamienas	6
Viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas	21	1-100%	0-9	Šakos	7
Sausos ar nulaužytos šakos gyvojoje lajoje.	22	1-100%	1-9	Ūgliai	8
Ūglių šluotos ar vilkūgliai	23	10-99%	1-9	Lapai, spygliai	9
Ūglių ir lapų pažeidimai	24	10-99%	1-9		
Eglinio topografo pažeidimai	25				
Briedžių pažeidimai	33				

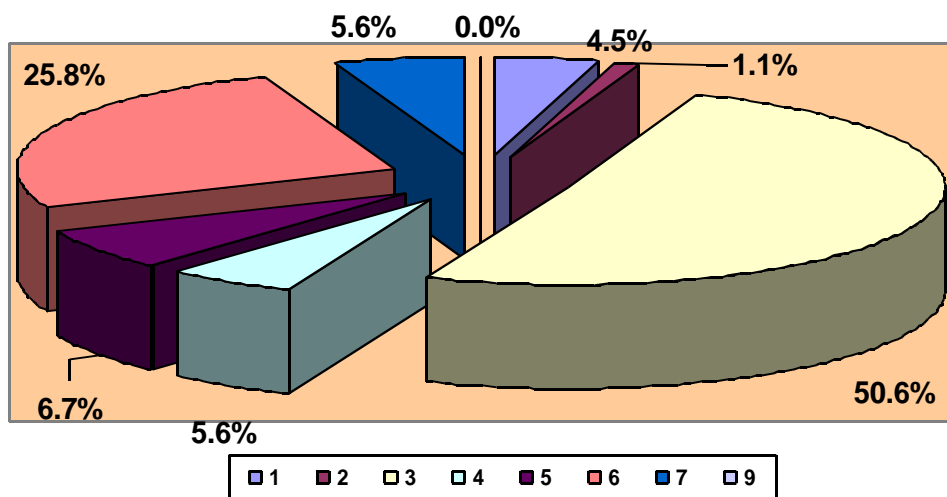
## Darbo rezultatai

Vienas iš svarbiausių miškų būklės monitoringo metu atliekamų tyrimų yra medžio pažeidimų nustatymas ir jų intensyvumo įvertinimas. Šių tyrimų metu nustatomų pažeidimų tipai pateikiami metodikoje.

### 1.4.1 Aukštaitijos KMS medžių pažeidimai bei pagrindinės priežastys

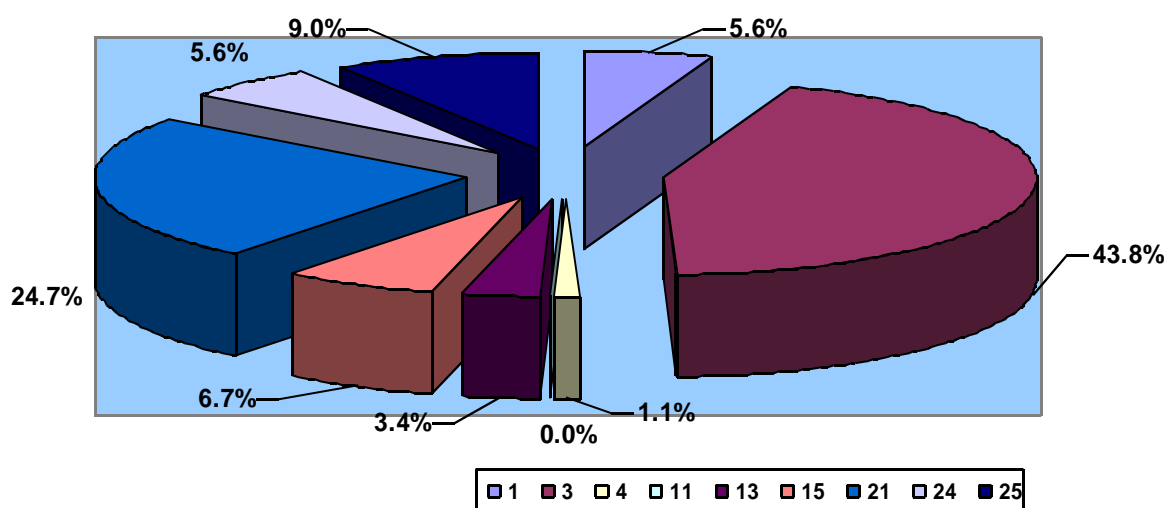
Nustatyta, kad 2013 m. Aukštaitijos KMS teritorijoje iš 483 atrinktų viršaujančių, vyraujančių ir iš dalies stelbiamų miško medžių 89 identifiukuoti seni ir jauni pažeidimai, kurie iš esmės įtakojo ar galėjo įtakoti jų būklę. Pažeisti medžiai sudaro 18,4% stebimų medžių. Palyginus su praėjusiais metais pažeistų medžių vėl padidėjo 2%.

Iš 10 pav. pateiktos schemos matyti, kad daugiausiai pažeista išlieka medžių kamienų apatinė dalis (3). Pažeidimai šioje srityse viršija 50% visų užregistruotų pažeidimų. Kiek mažiau pažeistas lajos kamienas 26% pažeidimų. Tai stipraus vėjo padarinys. Kitoms medžio sritims tenka žymiai mažiau pažeidimų. Šaknų ir priekelminėje kamieno srityse (1), visame kamieno (4), viršutiniame kamieno dalyje (5) ir šakose (7) užregistruota maždaug po 5-6%.



**10 pav.** Pažeidimų pasiskirstymas pagal pažeistą medžio sritį

(1. - šaknys ir priekelminė dalis ( iki 30 cm ); 2. šaknys ir apatinė kamieno dalis; 3. - apatinė kamieno dalis; 4. visas kamienas; 5. - viršutinė kamieno dalis; 6. - lajos kamienas; 7 – šakos; 9 – lapai, spygliai)



### 11 pav. Pažeidimų ir ligų pasiskirstymas pagal rūšį

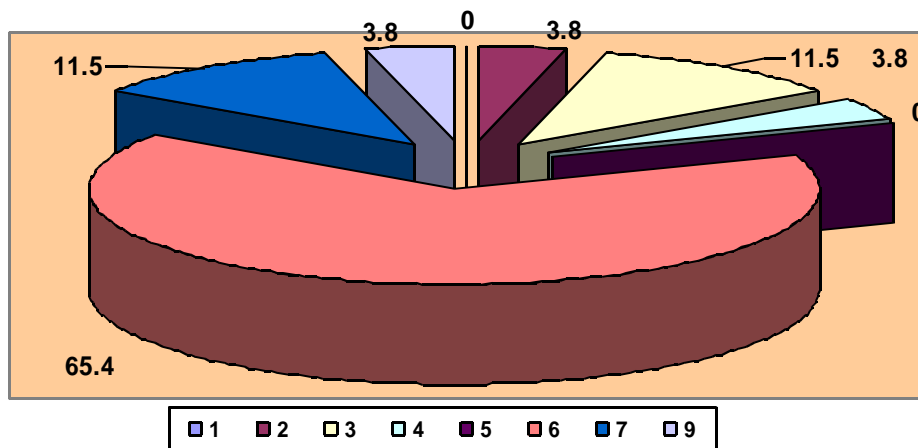
Kamieno ir šaknų pažeidimai: 1. – vėžys; 2 – grybų vaisiakūniai; 3, - atviros žaizdos; 4. – sakotakių pažeidimas; 11 – nulaužtas kamienas; 13 – nutrauktos šaknys; 15 – nulenktas kamienas  
Pažeidimai medžio lajoje: 21 - viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas; 24 – ūglių – lapų pažeidimai; 25 – eglinio tipografo pažeidimai.

Iš nustatytų pažeidimų dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo: atviros žaizdos (3). Šis pažeidimas sudarė 44% visų pažeidimų (11 pav.). Tai įvairaus senumo bei intensyvumo elnių nulopyti eglų kamienai. 25% pažeidimų sudarė viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21), kurią sąlygojo snieglaužos ir vėjalaužos. Eglinio topografo, ūglių ir lapų pažeidimai, o taip pat vėžiniai susirgimai ir įvairūs kamieno nulenkimai dėl smarkaus vėjo sudarė apie 3 – 9 % visų pažeidimų.

Daugiausiai pažeistos buvo paprastosios eglės, kurios sudarė 85% visų pažeistų medžių. 10% visų pažeidimų teko beržams ir 5% pušims, t.y. net 27% stebėtų eglų, 8,2% stebėtų beržų ir 4,1% stebėtų pušų turėjo identifikuojamus pažeidimus, kurie galėjo turėti reikšmingos įtakos jų atsparumui kitiems nepalankiems veiksniams bei pačių jų būklei.

Apibendrinus gautų tyrimų rezultatus, nustatyta, kad paskutiniu metu (2002-2012 m.) pažeidimų priežastys ir pažeidimų sritys medyje praktiškai iš esmės nekito, išskyrus reikšmingai kintantį eglinio tipografo pažeidimų intensyvumą. Atskirais metais šis pažeidimas lėmė išskirtinai aukštą medžių iškritimo intensyvumą stacionaruose. Didelę žalą miškų būklei vis dažniau daro smarkios audros ir gausus sniegas, kurių padariniai – išversti ir sulaužyti medžiai bei jų kamienai.

### 1.4.2 Žemaitijos KMS medžių pažeidimai bei pagrindinės priežastys

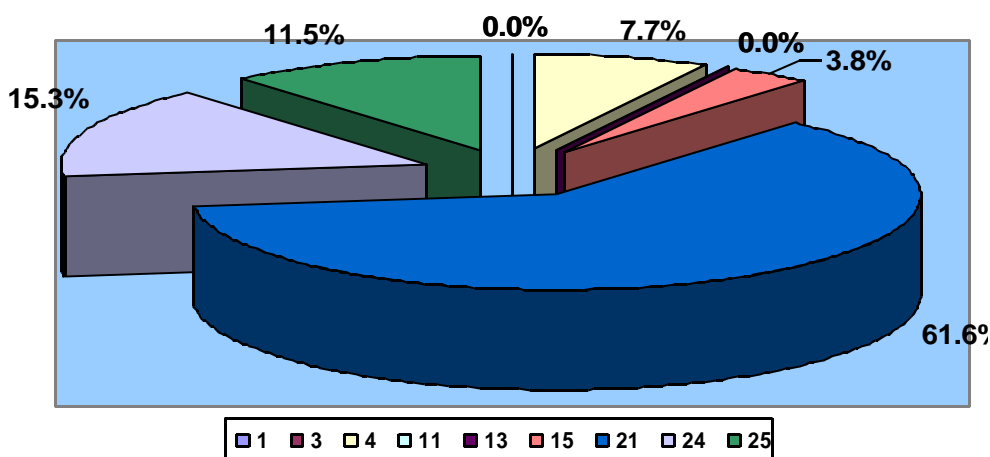


**12 pav.** Pažeidimų pasiskirstymas pagal pažeistą medžio sritį

(1. - šaknys ir priekelminė dalis ( iki 30 cm ); 2. šaknys ir apatinė kamieno dalis; 3. - apatinė kamieno dalis; 4. visas kamienas; 5. - viršutinė kamieno dalis; 6. - lajos kamienas; 9 – lapai, spygliai)

2013 m. Žemaitijos KMS teritorijoje 7,5% tirtų viršaujančių, vyraujančių ir iš dalies stelbiamų miško medžių buvo pažeisti. Paliginus su praėjusiais metais jų skaičius išliko toks pats, t.y. iš 345 stebėtų vyraujančių ir viršaujančių medžių 26 turėjo identifikuojamus pažeidimus, kurie galėjo turėti reikšmingos įtakos jų gyvybingumui.

Iš 12 pav. pateiktos schemos matyti, kad daugiausiai pažeidimų rasta lajos kamieno srityje (6). Pažeidimai šiose srityse 2013 m. siekė 65% visų užregistruotų pažeidimų. Kiek mažiau buvo pažeistos šakos (7) –bei apatinė kamieno dalis ar visas kamienas ištiesai (3), po 11% visų pažeidimų. Likusiuose srityse pažeidimai sudarė tik 4 % visų pažeidimų. Šaknų ir priekelminėje (1) srityse paskutiniaisiais metais pažeidimų nerasta.



**13 pav.** Pažeidimų ir ligų pasiskirstymas pagal rūšį

Kamieno ir šaknų pažeidimai: 1. – vėžys; 3. - atviros žaizdos; 4. –sakotakių pažeidimas;

11 – nulaužtas kamienas; 15 – nulenkta kamienas

Pažeidimai medžio lajoje:21 - viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas; 24 – ūglių – lapų pažeidimai; 22 - šakų pažeidimai; 25 – eglinio tipografo pažeidimai.

Nustatyta, kad dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21). Šis pažeidimas jau eilę metų vis didėjo ir tik 2013 m. sumažėjo beveik iki 60% visų pažeidimų (13 pav.). Tokį didelį šio pažeidimo registracijų skaičių sąlygojo vėl pasikartojančios vėjalaužos ir snieglaužos. Tai turėtų kelti nerimą, nes tokie nusilpę medžiai gali padėti eilinių kartų kenkėjams išplisti. Be šio pažeidimo, tyrimų metu užregistruotos dar 6 priežastys iš kurių aktualiausias turėtų būti eglinio topografo pažeidimai (25). Jau daugelį metų šio kenkėjo pažeidimai sudaro apie 10%, 2013 m. siekė 11,5% visų pažeidimų.

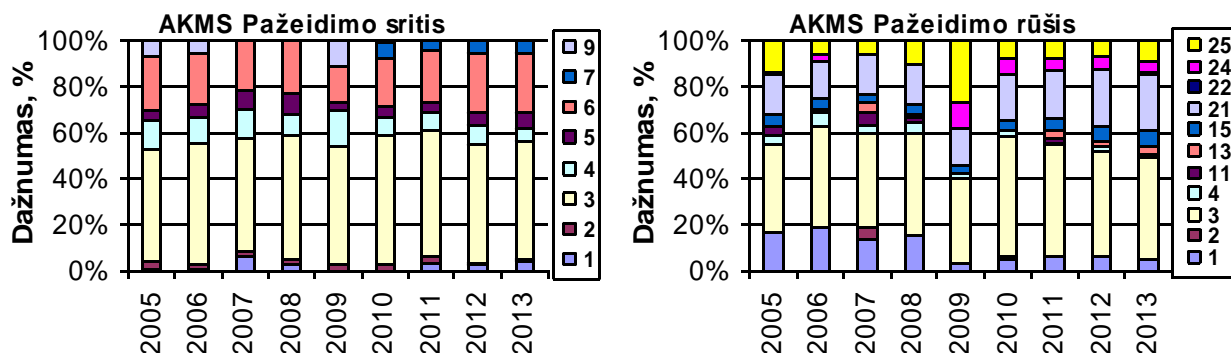
Daugiausiai pažeistos buvo paprastosios eglės, kurios sudarė 80% visų pažeistų medžių. 10% visų pažeidimų teko beržams ir 10% pušims.

Apibendrinus gautų tyrimų rezultatus, nustatyta, kad paskutiniu metu laikotarpiu (2002-2013 m.), kaip ir Aukštaitijos KMS, pažeidimų priežastys ir pažeidimų sritys medyje praktiškai iš esmės nekinta. Po intensyvių snieglaužų ar vėjavartų kelerius metus suintensyvėja žievėgraužio tipografo veikla, kurio rezultatas papildomai žuvusios eglės.

#### ***1.4.3. KM stočių teritorijose augančių medžių pažeidimų ir pagrindinių priežasčių kaita.***

Apibendrinus 9 metų pažeidimų tyrimo rezultatus Aukštaitijos KMS nustatyta, kad paskutiniu metu sumažėjo pažeidimų priekelminėje, šaknų srityje (sumažėjo vėjavartų) ir kamieno srityje, tačiau vėl pradėjo didėti pažeidimai lajoje (14 pav.). Iš pažeidimo rūšių išsiskiria eglinio tipografo pažeidimai bei įvairaus senumo atviros žaizdos.

9 metų pažeidimų tyrimo rezultatai Žemaitijos KMS parodė, kad daugėja pažeidimų lajos kamieno dalyje. Tai nepalankių klimatinių reiškinių pasekmė. Nuo 2010 m. akivaizdūs ir šakų išlaužymo atvejai, dėl gausos sniego poveikio. Eglinio tipografo pažeidimai pastaruoju laikotarpiu sumažėjo, bet didėjančios snieglaužos bei vėjavartos gali padidinti šių pažeidimų skaičių iš esmės ateityje. Šių veiksnių rezultatas – sulaužytos medžių šakos. Šioje stotyje, kaip ir Aukštaitijos KMS, pažeidimų mažėja šaknų ir priekelminėje medžio dalyje (15 pav.). 2013 m. identifikuotas lūšies apdraskytas eglės kamienas.

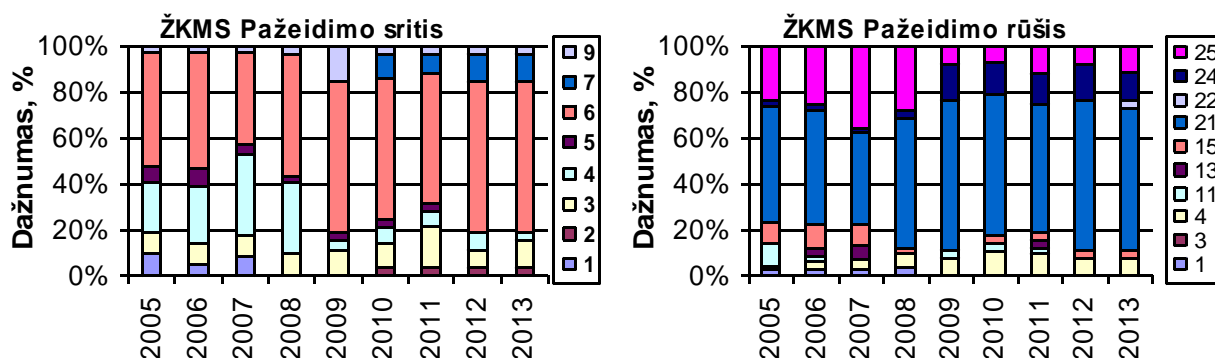


**14 pav.** Aukštaitijos KMS medžių pažeidimų pasiskirstymo pagal pažeistą sritį ir pagal rūšį kaita.

Medžio sritis: 1. - šaknys ir priekelminė dalis ( iki 30 cm ); 2. šaknys ir apatinė kamieno dalis; 3. - apatinė kamieno dalis; 4. visas kamienas; 5. - viršutinė kamieno dalis; 6. - lajos kamienas; 9 – lapai, spygliai;

Pažeidimų rūšis: Kamieno ir šaknų pažeidimai: 1. – vėžys; 3. - atviros žaizdos; 4. –saktakių pažeidimas; 11 – nulaužtas kamienas; 15 – nulenktas kamienas

Pažeidimai medžio lajoje: 21 - viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas; 24 – ūglių – lapų pažeidimai; 25 – eglinio tipografo pažeidimai.



**15 pav.** Žemaitijos KMS medžių pažeidimų pasiskirstymo pagal pažeistą sritį ir pagal rūšį kaita.

Medžio sritis: 1. - šaknys ir priekelminė dalis ( iki 30 cm ); 2. šaknys ir apatinė kamieno dalis; 3. - apatinė kamieno dalis; 4. visas kamienas; 5. - viršutinė kamieno dalis; 6. - lajos kamienas; 7 – šakos; 9 – lapai, spygliai;

Pažeidimų rūšis: Kamieno ir šaknų pažeidimai: 1. – vėžys; 3. - atviros žaizdos; 4. –saktakių pažeidimas;

11 – nulaužtas kamienas; 15 – nulenktas kamienas

Pažeidimai medžio lajoje: 21 - viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas; 22 – šalų pažeidimai;

24 – ūglių – lapų pažeidimai; 25 – eglinio tipografo pažeidimai.

## IŠVADOS

1. Aukštaitijos KM stotyje pažeisti medžiai sudaro 18,4%. Daugiausiai pažeista išlieka medžių kamienų apatinė dalis (3). Pažeidimai šioje srityse viršija 50% visų pažeidimų. Kiek mažiau pažeistas lajos kamienas 26% pažeidimų. Tai stipraus vėjo padarinys. Kitoms medžio sritis tenka žymiai mažiau pažeidimų. Šaknų ir priekelminėje kamieno srityse (1), visame kamiene (4), viršutiniame kamieno dalyje (5) ir šakose (7) užregistruota maždaug po 5-6%.



2. Dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo: atviros žaizdos (3). Šis pažeidimas sudarė 44% visų pažeidimų (11 pav.). Tai įvairaus senumo bei intensyvumo elnių nulopyti eglių kamienai. 25% pažeidimų sudarė viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21), kurį sąlygojo snieglaužos ir vėjalaužos. Eglinio topografo, ūglių ir lapų pažeidimai, o taip pat vėžiniai susirgimai ir įvairūs kamieno nulenkimai dėl smarkaus vėjo sudarė apie 3 – 9 % visų pažeidimų.
3. Net 27% stebėtų eglių, 8,2% stebėtų beržų ir 4,1% stebėtų pušų turėjo identifikuojamus pažeidimus, kurie galėjo turėti reikšmingos įtakos jų būklei.
4. Žemaitijos KMS teritorijoje 2013 m. 7,5% tirtų viršaujančių, vyraujančių ir iš dalies stelbiamų miško medžių buvo pažeisti, t.y. iš 345 stebėtų medžių 26 turėjo identifikuojamus pažeidimus, kurie galėjo turėti reikšmingos įtakos jų gyvybingumui.
5. 2013 m. daugiausiai pažeidimų rasta lajos kamieno srityje (6). Pažeidimai šiose srityse 2013 m. siekė 65% visų užregistruotų pažeidimų. Kiek mažiau buvo pažeistos šakos (7) –bei apatinė kamieno dalis ar visas kamienas ištiesai (3), po 11% visų pažeidimų. Likusiuose srityse pažeidimai sudarė tik 4 % visų pažeidimų. Šaknų ir priekelminėje (1) srityse paskutiniaisiais metais pažeidimų nerasta.
6. Žemaitijos KMS dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21). Šis pažeidimas jau eilę metų vis didėjo ir tik 2013 m. sumažėjo beveik iki 60% visų pažeidimų (13 pav.). Be šio pažeidimo, tyrimų metu užregistruotos dar 6 priežastys iš kurių aktualiausias turėtų būti eglinio topografo pažeidimai (25). Jau daugelį metų šio kenkėjo pažeidimai sudaro apie 10%, 2013 m. siekė 11,5% visų pažeidimų.
7. Apibendrinus 9 metų pažeidimų tyrimo rezultatus Aukštaitijos KMS nustatyta, kad paskutiniu metu laikotarpiu sumažėjo pažeidimų priekelminėje, šaknų srityje (sumažėjo vėjavartų) ir kamieno srityje, tačiau vėl pradėjo didėti pažeidimai lajoje. Iš pažeidimo rūšių išsiskiria eglinio tipografo pažeidimai bei įvairaus senumo atviros žaizdos.
8. 9 metų pažeidimų tyrimo rezultatai Žemaitijos KMS parodė, kad daugėja pažeidimų lajos kamieno dalyje. Tai nepalankių klimatinių reiškinių pasekmė. Nuo 2010 m. akivaizdūs ir šakų išlaužymo atvejai, dėl gausos sniego poveikio. Eglinio tipografo pažeidimai pastaruoju laikotarpiu sumažėjo, bet didėjančios snieglaužos bei vėjavartos gali padidinti šių pažeidimų skaičių iš esmės ateityje. Šių veiksnių rezultatas – sulaužytos medžių šakos. Šioje stotyje, kaip ir Aukštaitijos KMS, pažeidimų mažėja šaknų ir priekelminėje medžio dalyje.
9. 2013 m. KMS stotyse iš esmės nepakito nei medžių pažeidimo sritis, nepasikeitė nei pagrindinės pažeidimų priežastys, nei jų gausa.

## 1.5 Miško būklės tyrimo rezultatų apibendrinimas

Tiriamuoju laikotarpiu (1994-2013 m.) blogiausia medžių būkle išsiskyrė 1996-97 metai, kada lajų defoliacija viršijo 25 % Žemaitijos KMS, 30% Aukštaitijos KMS ir 35% Dzūkijos KMS. Nuo šio laikotarpio iki 2001 m. medžių lajų defoliacija reikšmingai mažėjo. 2001 - 2007 laikotarpis išsiskyrė kaip medžių lajų būklės blogėjimo laikotarpis ir ypač Žemaitijos KMS teritorijoje. 2006-2007 m. laikotarpiu padidėjusi vidutinė visų medžių defoliacija kompleksiško aplinkos veiksnių poveikio rezultatas, kur išskirtinė įtaka turėtų tekti gan akivaizdžiai padidėjusioms rūgštinančių komponentų koncentracijoms ore bei krituliuose. Po šio laikotarpio registruojamas medžių lajų būklės atsikūrimas, po kurio vėl sekė nežymus defoliacijos padidėjimas 2011 metais. 2012 m. medžių lajų, o ypač spygliuočių medžių rūšių lajų vidutinė defoliacija reikšmingai sumažėjo. Tokio sumažėjimo rezultatas galėjo būti ir didelis žuvusių medžių skaičius 2011 m., kuris didino 2011 m. vidutinę defoliaciją, o jų nebuvimas kitais metais, automatiškai mažino vidurkį 2012 m. 2013 m. Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių vidutinė defoliacija išliko praktiškai nepakitusi, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS baseine augančių medžių būklė iš esmės pagerėjo.

Vienas iš pagrindinių medynų būklės rodiklių, šalia vidutinės medžių defoliacijos laikomas žuvusių medžių skaičius.

Aukštaitijos KMS pirmajame stacionare medžių išsiretinimo intensyvumas siekė 1,72% per metus, t.y. per 20 m. laikotarpį žuvo 66 medžiai iš 192 užregistruotų 1993 metais. Tai sudaro 33,7% visų medžių. Intensyviausiai sumažėjo lapuočių medžių, kiek mažiau žuvo eglių ir mažiausiai pušų.

Antrajame stacionare AKMS\_02 bendras medžių iškritimas buvo didesnis. Medžių išsiretinimo intensyvumas siekė po 1,85%, t.y. per 20 m laikotarpį žuvo 87 medžiai iš 229 registruotų dar 1993. Tai sudaro 37,1% visų stebėtų medžių. Mažiausiai žuvo lapuočių, pušų iškritimas viršijo 10%. Intensyviausias iškritimas užfiksuotas eglių. Per tiriamąjį laikotarpį šiame stacionare žuvo net apie 55% šios rūšies medžių.

Aukštaitijos KMS stacionaruose eglės yra blogiausios būklės. Iki 2009 m. reikšmingai mažėjo stacionaruose augančių beržų vidutinė defoliacija. Tačiau po intensyvių vėjalaūžų 2010 m., jų būklė reikšmingai pablogėjo ir iki šiol dar ne visiškai pilnai atsikūrė. Stabiliausios būklės išlieka pušys., ypač nuo 2001 m. Išimtį sudaro 2010-2011 m. laikotarpis kai dėl nepalankių klimatinų sąlygų pušų būklė pablogėjo bei suintensyvėjo jų iškritimas. Tik paskutiniaisiais 2012-2013 m. pušų būklė stabilizavosi.

Eliminavus dėl nepalankių klimatinių veiksnių žuvusių medžių įtaką vidutinei defoliacijai, nustatyta, kad iki 2004 metų tirtų išlikusių gyvų medžių vidutinė defoliacija mažėjo reikšmingai po 0,5% kiekvienais metais, tačiau nuo šių metų iki 2010 m. buvo stebimas atvirkštinis procesas, medžių lajų vidutinė defoliacija didėjo reikšmingai maždaug po 0,6%. Tik 2011 m. pradėtas stebėti medžių lajų būklės pagerėjimo procesas, kuris tęsėsi ir 2013 m.

Žemaitijos stacionare bendras medžių iškritimas per 19 m. laikotarpį siekia 28% ar 1,5% per metus. Žuvusių beržų neužregistruota. Nustatyta, kad žuvusios eglės yra įvairaus dydžio, nuo smulkių, atsilikusių augime iki stambių, dominuojančių ir viršaujančių medyne. Pagrindinė šių medžių žūties priežastis - entokenkėjai ir vejalužos. 2002 metais net apie 5% eglų buvo pažeistos snieglaūžos, o 2011 m. – žievėgraužio tipografo. Šiame stacionare kasmet dažniausiai žūsta tik po viena eglę.

Žemaitijos KMS stacionare eglų defoliacija per visą tiriamąjį laikotarpį svyravo nuo 25 iki 27 %. 1997-2001 m. laikotarpiu jų defoliacija reikšmingai mažėjo. 2002-2007 m. laikotarpis pasižymi padidėjusia eglų vidutine defoliacija ir tik pradedant 2008 ir iki 2013 m. stebimas ženklus eglų būklės pagerėjimas. Palyginus eglų vidutinę defoliaciją augalijos tyrimų stacionaruose, nustatyta, kad Žemaitijos stacionaro eglų vidutinė defoliacija mažesnė negu Aukštaitijos KMS stacionarų.

Tiriant pažeidimų priežastis, nustatyta, kad Aukštaitijos KMS teritorijoje pažeisti medžiai sudaro 18,4%. Daugiausiai pažeista išlieka medžių kamienų apatinė dalis (3). Pažeidimai šioje srityse viršija 50% visų pažeidimų. Kiek mažiau pažeistas lajos kamienas 26% pažeidimų. Tai stipraus vėjo padarinys. Kitoms medžio sritims tenka žymiai mažiau pažeidimų. Šaknų ir priekelminėje kamieno srityse (1), visame kamiene (4), viršutiniame kamieno dalyje (5) ir šakose (7) užregistruota maždaug po 5-6%.

Dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo: atviros žaizdos (3). Šis pažeidimas sudarė 44% visų pažeidimų. Tai įvairaus senumo bei intensyvumo elnių nulopyti eglų kamienai. 25% pažeidimų sudarė viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21), kuri sąlygojo snieglaūžos ir vejalužos. Eglinio topografo, ūglių ir lapų pažeidimai, o taip pat vėžiniai susirgimai ir įvairūs kamieno nulenkimai dėl smarkaus vėjo sudarė apie 3 – 9 % visų pažeidimų.

Net 27% stebėtų eglų, 8,2% stebėtų beržų ir 4,1% stebėtų pušų turėjo identifikuojamus pažeidimus, kurie galėjo turėti reikšmingos įtakos jų būklei.

Žemaitijos KMS teritorijoje 2013 m. 7,5% tirtų viršaujančių, vyraujančių ir iš dalies stelbiamų miško medžių buvo pažeisti, t.y. iš 345 stebėtų medžių 26 turėjo identifikuojamus

pažeidimus, kurie galėjo turėti reikšmingos įtakos jų gyvybingumui. Daugiausiai pažeidimų rasta lajos kamieno srityje (6). Pažeidimai šiose srityse 2013 m. siekė 65% visų užregistruotų pažeidimų. Kiek mažiau buvo pažeistos šakos (7) –bei apatinė kamieno dalis ar visas kamienas ištiesai (3), po 11% visų pažeidimų. Likusiuose srityse pažeidimai sudarė tik 4 % visų pažeidimų. Šaknų ir priekelminėje (1) srityse paskutiniaisiais metais pažeidimų nerasta.

Žemaitijos KMS dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21). Šis pažeidimas jau eilę metų vis didėjo ir tik 2013 m. sumažėjo beveik iki 60% visų pažeidimų (13 pav.). Be šio pažeidimo, tyrimų metu užregistruotos dar 6 priežastys iš kurių aktualiausias turėtų būti eglinio topografo pažeidimai (25). Jau daugelį metų šio kenkėjo pažeidimai sudaro apie 10%, 2013 m. siekė 11,5% visų pažeidimų.

Apibendrinus 9 metų pažeidimų tyrimo rezultatus Aukštaitijos KMS nustatyta, kad paskutiniu metu sumažėjo pažeidimų priekelminėje, šaknų srityje (sumažėjo vėjavartų) ir kamieno srityje, tačiau vėl pradėjo didėti pažeidimai lajoje. Iš pažeidimo rūšių išsiskiria eglinio tipografo pažeidimai bei įvairaus senumo atviros žaizdos.

9 metų pažeidimų tyrimo rezultatai Žemaitijos KMS parodė, kad daugėja pažeidimų lajos kamieno dalyje. Tai nepalankių klimatinių reiškinių pasekmė. Nuo 2010 m. akivaizdūs ir šakų išlaužymo atvejai, dėl gausos sniego poveikio. Eglinio tipografo pažeidimai pastaru metu sumažėjo, bet didėjančios snieglaužos bei vėjavartos gali padidinti šių pažeidimų skaičių iš esmės ateityje. Šių veiksmų rezultatas – sulaužytos medžių šakos. Šioje stotyje, kaip ir Aukštaitijos KMS, pažeidimų mažėja šaknų ir priekelminėje medžio dalyje.

2013 m. KMS stotyse iš esmės nepakito nei medžių pažeidimo sritis, nepasikeitė nei pagrindinės pažeidimų priežastys, nei jų gausa.

## II. ORO TARŠOS BIOINDIKACIJA

### 2.1. Žaliųjų oro dumblių gausa

Plevelo genties dumbliai *Pleurococcus vulgaris* ir *Protococcus viridis* - oro užterštumo azoto junginiais bioindikatoriai (Brakenhelm, 1990). Kuo daugiau azoto junginių krituliuose ir atmosferoje, tuo storesniu ir tankesniu sluoksniu šie dumbliai padengia eglės spyglius, tuo greičiau plinta jų kolonijos.

**8 lentelė.** Žaliųjų oro dumblių stebėjimo rezultatai KM stotyse

Eil. Nr.	D1,3 mm	H dm	Spyglių amžius 1,6 m aukštyje	Vid. defol. %	Apaug. dumbl. intensyvumas, balais	Apaug. dumbl. jauniaus. ūglio amžius	Ūglių amžius, m.	
							su 50% spygl	su 5% spygl
.....*	DBH	HEIG	ANF	DEF	COAT	YALG	MED	MAX
<b>Aukštaitijos žaliųjų oro dumblių tyrimų stotis</b>								
1993	132	100	10	5	1,0	2,9	6,7	9,7
1998	114	100	10	5	1,8	2,7	6,0	8,6
2001	129	110	10	5	1,7	2,5	6,0	8,5
2004	134	110	9	10	1,5	3	6,5	9,0
2005	140	115	8,5	15	1,0	2,6	6,1	8,0
2006	120	85	6,3	15	1,3	2,7	5,2	6,0
2007	124	90	6,5	15	1,8	2,0	5,3	6,0
2008	132	95	6,5	10	1,2	2,6	5,5	6,0
2009	139	100	6,0	10	1,1	2,4	5,1	5,5
2010	145	105	7,0	9,0	1,1	1,8	5,1	6,0
2011	148	125	7,4	7,5	1,0	2,4	5,8	6,5
2012	155	130	6,6	5,5	1,2	2,3	5,2	6,6
2013	157	135	6,1	6,3	1,0	2,1	4,5	6,1
<b>Dzūkijos žaliųjų oro dumblių tyrimų stotis</b>								
1993	95	86	8	11	2,1	3,1	5,0	8,0
1998	135	86	8	11	1,3	3,8	7,9	11,1
<b>Žemaitijos žaliųjų oro dumblių tyrimo stotis</b>								
1994	65	55	9	8	1,0	3,0	5,3	9,0
1998	78	55	9	8	1,2	3,2	4,3	6,4
2001	127	85	10	5	1,5	2,5	5,1	8,1
2004	222	150	8,7	14,3	1,6	2,0	5,8	7,8
2005	222	150	8,4	15,7	2,0	2,0	5,2	7,4
2006	227	150	8,7	16,0	2,6	1,3	4,8	7,5
2007	230	160	8,5	12,5	2,3	1,5	5,8	7,4
2008	233	165	8,0	9,2	2,5	1,3	5,0	8,0
2009	238	170	7,7	8,3	2,3	1,8	5,5	7,5
2010	242	175	9,0	8,7	1,9	1,0	6,2	8,0
2011	245	180	8,7	12,5	2,0	1,8	6,2	7,7
2012	245	185	8,0	9,2	1,6	1,1	5,2	7,8
2013	249	187	8,3	7,5	1,28	1,7	6,1	8,0

Pastaba: \* - parametų sutrumpinimas pagal Manual of Integrated Monitoring, 1993

1993 m. Aukštaitijos ir Dzūkijos KMS, o 1994 Žemaitijos KMS uždaruose upelių baseinuose buvo įkurtos žaliųjų oro dumblių gausumo tyrimo stotys. 2013 m. žaliųjų oro dumblių gausumo tyrimai pakartoti tryliką kartą.

Darbo tikslas: tirti Plevelo genties dumblių gausumą ant eglių spyglių, tiesiogiai ir betarpiškai reaguojantį į oro užterštumą azoto junginiais.

Palyginus 1993 metų žaliojo oro dumblio paplitimo bei spyglių padengimo intensyvumo tarp atskirų KM stočių tyrimo rezultatus buvo nustatyta, kad labiausiai azoto junginiais turėjo būt užterštas Dzūkijos KMS teritorija. Aukštaitijoje ir Žemaitijoje užterštumas šiais junginiais buvo kiek mažesnis ir beveik nesiskyrė tarpusavyje.

1998 m. pakartojus žaliadumblių gausos tyrimus nustatyta, kad didžiausių gausumu žaliadumbliai pasižymi Aukštaitijos KMS teritorijoje, kas liudytų apie šios teritorijos didžiausią užterštumą azoto junginiais. Kiek mažesniu gausumu pasižymėjo žaliadumbliai Dzūkijos KMS teritorijoje ir mažiausiu gausumu - Žemaitijos KMS teritorijoje.

2005 m. tyrimų rezultatai rodo oro baseino mažiausią užterštumą azoto junginiais pagal žaliųjų oro dumblių gausą ant stebimų eglių spyglių. Nuo šio laikotarpio iki pastarųjų 2012 m. žaliųjų oro dumblių gausa indukuoja gan stabilų ir neženklų oro užterštumą azoto junginiais.

2005-2009 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje beveik du kartus viršijo dumblių gausą Aukštaitijos KMS. Parametrai indukuojantys padengimo intensyvumą Žemaitijos KM stotyje reikšmingai viršijo Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje gautus parametrus. Tokiu būdu būtų galima teigti, kad žaliųjų oro dumblių gausos kaita indukuoja tą patį dėsningumą, kaip ir kiti rodikliai (medžių defoliacija, epifitinių kerpių gausa ir rūšinė įvairovė) – Žemaitijos KMS baseino foninis užterštumas didesnis negu Aukštaitijos KMS baseino, ką patvirtina ir oro bei kritulių tyrimo rezultatai.

2010-13 m. tyrimų rezultatai rodo, kad KMS baseinuose turėtų mažėti tarša azoto junginiais. Palyginus gautus rezultatus tarp stočių, aukštesnėmis azoto koncentracijomis ore turėtų pasižymėti Žemaitijos KMS, nors būtent šioje stotyje dumblių gausa 2013 m. sumažėjo reikšmingai, lyginant su 2012 m.

## **IŠVADOS**

1. Tyrimų pradžioje didžiausiu gausumu žaliadumbliai pasižymėjo Aukštaitijos KMS teritorijoje. Kiek mažesniu gausumu pasižymėjo žaliadumbliai Dzūkijos KMS teritorijoje ir mažiausiu gausumu - Žemaitijos KMS teritorijoje.
2. Nuo 2004 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje viršija šių dumblių gausą Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje. Parametrai indukuojantys padengimo intensyvumą šioje stotyje reikšmingai viršijo Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje gautus parametrus.
3. 2010-13 m. KMS baseinuose turėtų mažėti tarša azoto junginiais, ypač 2013 m.

## 2.2. Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas

Kamieno epifitai, o ypač kerpės, jautriau nei ant žemės paviršiaus augantys augalai, reaguoja į oro taršą. Kerpės žudančiai veikia sieros dvideginis SO<sub>2</sub>, fluoro vandenilis HF, etilenas ir ozonas O<sub>3</sub> (James, 1973; De Wit, 1983). Laboratoriniais ir lauko bandymais patvirtinta, kad epifitinių kerpių bendrijos, kaip biomonitoriai, yra puikus daugelio teršalų stebėjimo objektas (Skye, 1979; Burton, 1986). Pagal epifitinių kerpių rūšinę įvairovę, jų gniužulų dydį ir būklę, atskirų jautrių ar tolerantiškų užterštumui kerpių rūšių buvimą, atsiradimą ar išnykimą ir pagal jų bendrijų sugebėjimą užimti didesnę plotą, sprendžiama apie oro užterštumo laipsnį ir aplinkoje vykstančius pokyčius. Silpnai išsivystę, pažeisti, bespalviai ar pajuodavę, maži ar žuvę epifitinių kerpių gniužulai dažniausiai parodo aplinkos užterštumą.

Analizuojant epifitinių makro-kerpių rūšinę įvairovę ir gausumą, Lietuvoje augančios kerpės sugrupuotos pagal jautrumą teršalams. Atliekant surinktų duomenų analizę buvo atsižvelgiama į epifitinių kerpių jautrumą teršalams, pagal 10 balų Europos miškų kerpių skalę (Lichens as ..., 1993):

1. Jautriausios užterštumui poleofobiškos kerpės - kerpių jautrumas - 5-7 balai:

\*0 pilkoji laumagaurė (*Bryoria implexa* (Hoffm.) Brodo & D. Hawksw.), tamsioji laumagaurė (*Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw.) ir kt.. - 6 balai;

\*1 kedenės (*Usnea Wigg. em Ach. spp.*), žalsvasis kežas (*Melanelia olivacea* (L.) Essl.) - 6 balai;

\*2 sodinė briedragė (*Evernia prunastri* (L.) Ach.), vamzdiškasis plynkežis (*Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Havaas.) - 5 balai;

\*3 dulkėtoji ramalina (*Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach.), uosinė ramalina (*Ramalina fraxinea* (L.) Ach.), miltuotoji ramalina (*Ramalina farinacea* (L.) Ach.) - 5 balai;

2. Vidutinės poleotolerancijos kerpės - kerpių jautrumas - 3-4 balai:

\*4 sėleninė briedragė (*Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf.), melsvoji kerpena (*Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb.), žalsvoji kerpena (*Tuckermannopsis chlorophylla* (Willd.) Hale (*Cetraria chlorophylla* (Willd. in Humb.) Vain.)), pušinė kerpena (*Vulpicida pinastri* (Scop.) J.-E. Mattsson & M.J. Lai.) - 4 balai;

\*5 vagotasis kežas (*Parmelia sulcata* Taylor.) - 3 balai;

3. Pakankamai pakenčiančios užterštumą poleotolerantiškos kerpės - kerpių jautrumas - 1-2 balai:

\*6 putlusis plynkežis (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.), neapibrėžtoji kežuotė (*Parmeliopsis ambigua* (Wulfen.) Nyl.) - 2 balai;

\*7 sieninė geltonkerpė (*Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.), daugiavaisė geltonkerpė (*Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber) - 1 balas.

Pirmieji kerpių tyrimai Aukštaitijos KMS atlikti 1993 m., o Žemaitijos KMS 1994 m. Kerpių tyrimo stotyje (KTS) medžių kerpėtumas įvertintas 60, 90, 120 ir 150 cm aukštyje nuo žemės paviršiaus ant medžių kamienų linijiniu metodu (Bräkenhelm, 1990) ir nustatyta jų rūšinė įvairovė. Krūmiškosioms kerpėms (kedenėms, sėleninei briedragei) išmatuotas maksimalaus plaušo ilgis. Pakartotinai tyrimai šiose stotyse atlikti 1996, 1999, 2002 ir 2005 m.

Aukštaitijos IMS KTS kerpės tirtos 140 metų amžiaus pušyne. Čia rastos ir apmatuotos 4 epifitinių makrokerpių rūšys: putlusis plynkežis (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.), sėleninė briedragė (*Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf.), neapibrėžtoji kežuotė (*Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl.) ir šiurės genties kerpės (*Cladonia* spp. (Hill.) Vain.). Žemaitijos KMS kerpės tirtos mišriame eglės-pušies medyne, kurį sudaro brandi eglė, brandi pušų ir kelios jaunesnių eglė kartos. Šiame tankiame, sudėtiniame medyne užregistruotos ir apmatuotos 3 kerpių rūšys: putlusis plynkežis (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.), melsvoji kerpena (*Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb.) ir šiurės genties kerpės (*Cladonia* spp. (Hill.) Vain.).

Visose kerpių tyrimo ploteliuose ant pušų kamienų registruojama pakankamai poleotolerantiška SO<sub>2</sub> lapiškoji kerpė - putlusis plynkežis. Melsvoji kerpena jautriausia iš Aukštaitijoje ir Žemaitijoje nuolatos stebimų kerpių rūšių. Šių kerpių jautrumas - 4 balai.

## Darbo rezultatai

1996 m. atlikta antroji epifitinių kerpių apskaita. Kai kurie šios apskaitos duomenys pateikiami 16 paveiksle. Aukštaitijos IMS užregistruotos 4 epifitinių makrokerpių rūšys: putlusis plynkežis, neapibrėžtoji kežuotė, šiurė ir sėleninė briedragė. Bendras Aukštaitijos KMS pušų kerpėtumas - 2,52 %. Putliuoju plynkežiu padengta tik 1,34 % pušų kamienų žievės (1993 metais buvo 1,78 %).

Žemaitijos IMS ant pušų ir eglė kamienų užregistruotos 3 epifitinių makrokerpių rūšys (po 3 ant pušų ir eglė medžių) - putlusis plynkežis, šiurė, melsvoji kerpena. Bendras Žemaitijos IMS pušų kerpėtumas - 7,68 %, eglė - 23,52 %. Putliuoju plynkežiu padengta tik 4,72 % pušų kamienų žievės (1994 metais buvo 4,79 %) ir 20,37 % eglė kamienų žievės (1994 metais buvo 20,92 %).

Taigi lyginant su pirma lichenometrine apskaita, absoliutūs padengimo kerpėmis skaičiai liko beveik nepakitę.

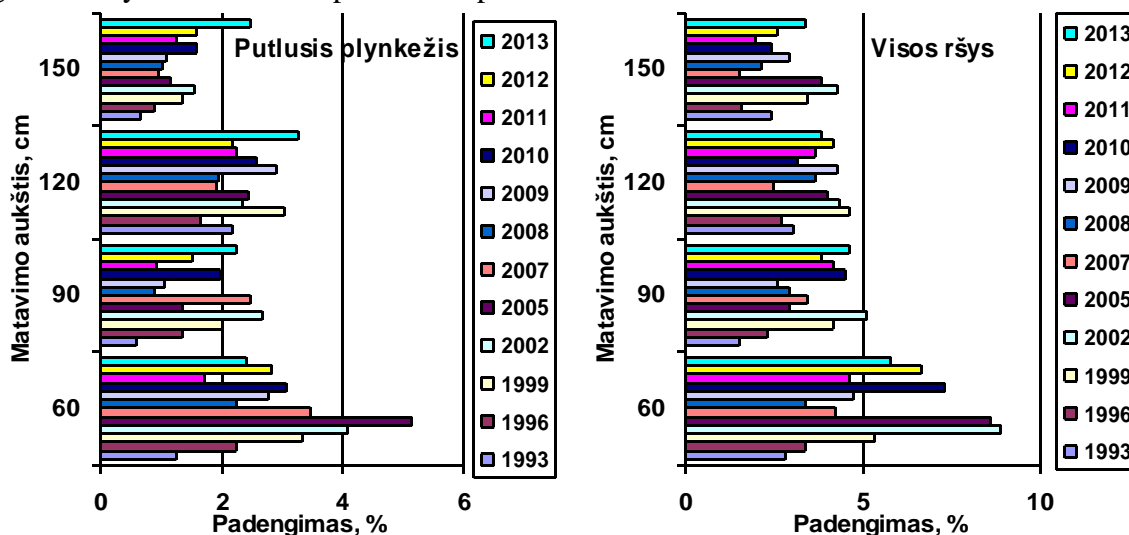
Trečios epifitinių kerpių gausumo apskaitos rezultatai rodė, kad labiausiai pušies kamienų kerpėtumas, kaip bendras taip ir putliuoju plynkežiu, padidėjo Žemaitijos IM stotyje, kiek mažiau Aukštaitijos ir mažiausiai Dzūkijos IM stotyje. 1999 m. naujų kerpių rūšių ant tirtų medžių nerasta.

2002 m. Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS buvo atlikta 4-ta epifitinių kerpių rūšinės įvairovės, gausumo bei būklės apskaita. 2011 m. atlikta dešimtoji epifitinių kerpių apskaita.



2.2.1. Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas Aukštaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje

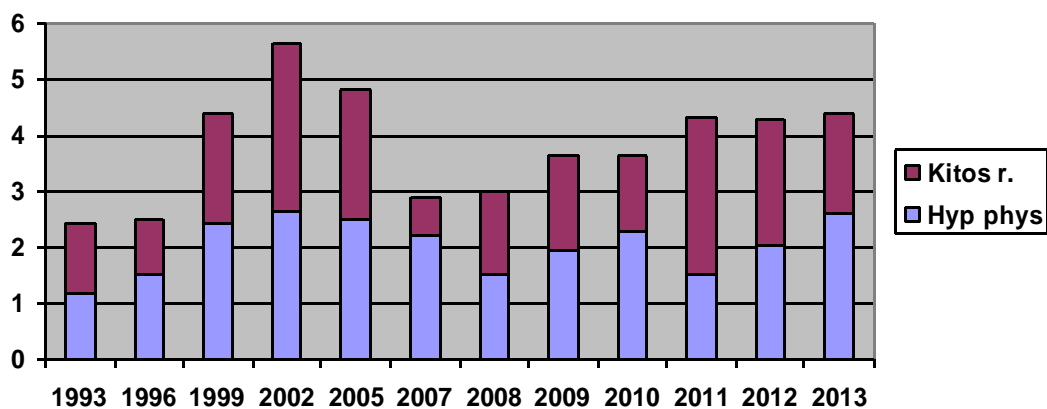
2013 m. Aukštaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje gauti epifitinių kerpių gausumo tyrimo rezultatai pateikti 16 paveiksle.



16 pav. Pušies kamienų kerpėtumo (%) kaita Aukštaitijos KMS teritorijoje 1993-2013 m.

Iš pateiktų duomenų matyti, kad 60 cm aukštyje epifitinių kerpių padengimo intensyvumas turi tendencija mažėti, o likusiuose lygiuose 2013 m. epifitinių kerpių gausumas prilygo 2002 m. lygį. Tokia epifitinių kerpių kaita rodo, kad pakankamai stabilia jų bendrija, ypač 90 ir 120 cm aukštyje.

Paskutiniaisiais 2008-2013 m. laikotarpiu kerpių gausa didėja aukštesniuose stiebo lygmenyse, o mažėja žemiausiame – 60 cm aukščio lygmenyje. Ypač šis ypatumas akivaizdus padengime putliuoju plynkežiu. Tai galėtų būt siejama su gausia sniego danga, kuri tiesiogiai ir mechanškai gali paveikti pušies žievės formavimąsi tokiam aukštyje.



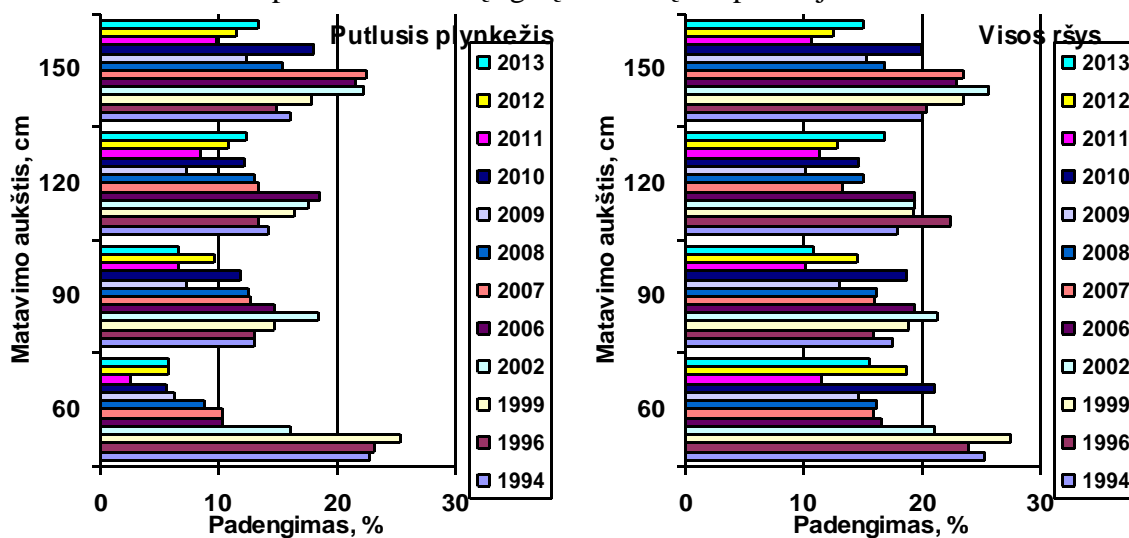
17 pav. Pušies kamienų kerpėtumo (%) kaita Aukštaitijos KMS teritorijoje 1993-2012 m.

Apibendrinus paskutiniųjų metų tyrimo rezultatus, matyti, kad epifitinių kerpių gausumas 2011-2013 m. laikotarpiu išlieka stabilus 4,2-4,3% ribose. Šiuo laikotarpiu reikšmingai pradėjo didėti tik pušies kamienų padengimas putliuoju plynkėžiu.

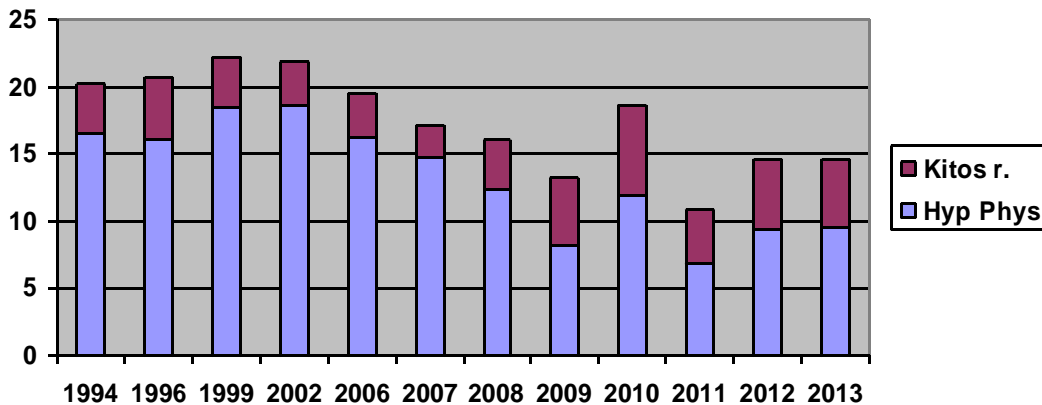
### 2.2.2. Epifitinių kerpių rūšinė įvairovė ir gausumas Žemaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje

Žemaitijos KMS kerpių tyrimo stotyje gauti epifitinių kerpių gausumo apskaitos rezultatai pateikti 18 paveiksle. Iš pateiktų duomenų matyti, kad epifitinių kerpių gausumas ant atrinktų stebimų medžių per paskutinįjį laikotarpį turi tendenciją mažėti. Intensyviausiai šis procesas pasireiškė iki 2011 m. apatinėje stebo dalyje – 60 cm aukštyje. 2012-2013 m. padengimas epifitinėmis kerpėmis šiame aukštyje pradėjo didėti. Manome, kad pagrindinė priežastis buvo intensyvus medžių apledėjimas, kai daugelio medžių šakos lūžo nuo gausaus sniego ir ledo. Dideli nuokritų kiekiai už šį laikotarpį leidžia teigti, kad epifitinės kerpės daugelyje atveju buvo mechaniškai nubrauktos nuo tiriamų kamienų.

Tik 2012 m. kerpėtumas stebimų eglių kamienų vėl padidėjo.



18 pav. Medžių kamienų kerpėtumas (%) Žemaitijos KMS teritorijoje 1994-2013 m.



19 pav. Medžių kamienų kerpėtumas (%) Žemaitijos KMS teritorijoje 1994-2013 m.

2013 m. medžių kerpėtumo rezultatai analogiški 2012 m. rezultatams. Šiandien sunku yra įvertinti, ar tokiems kerpėtumo pokyčiams galėjo turėti įtakos aplinkos užterštumas sieros junginiais, kuris jau keletą metų yra taip pat stabilus.

## **IŠVADA**

Apibendrinant lichenologinius tyrimų rezultatus kompleksiško monitoringo stotyse, galima teigti, kad klimatiniai faktoriai bei naudojami epifitinių kerpių gausumo tyrimo metodai neleidžia patikimai nustatyti esminių kaitos skirtumų Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose. Gausmo sumažėjimas per paskutiniųjų trijų metų laikotarpį, galėjo būt sąlygoti medžių kamienų žiauberio atsinaujinimo procesų, o padidėjimas paskutiniaisiais metais – palankių meteorologinių sąlygų.

### **2.3. Miško ekosistemų biotos komponentų bioindikacinių savybių tyrimo rezultatų apibendrinimas**

Tyrimų pradžioje didžiausiu gausumu žaliadumbliai pasižymėjo Aukštaitijos KMS teritorijoje. Kiek mažesniu gausumu pasižymėjo žaliadumbliai Dzūkijos KMS teritorijoje ir mažiausiu gausumu - Žemaitijos KMS teritorijoje. Nuo 2004 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje viršija šių dumblių gausą Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje. Parametrai indukuojantys padengimo intensyvumą šioje stotyje reikšmingai viršijo Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje gautus parametrus. 2010-13 m. KMS baseinuose turėtų mažėti tarša azoto junginiais, ypač 2013 m.

Apibendrinant lichenologinius tyrimų rezultatus kompleksiško monitoringo stotyse, galima teigti, kad klimatiniai faktoriai bei naudojami epifitinių kerpių gausumo tyrimo metodai neleidžia patikimai nustatyti esminių kaitos skirtumų Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose. Gausmo sumažėjimas per paskutiniųjų trijų metų laikotarpį, galėjo būt sąlygoti medžių kamienų žiauberio atsinaujinimo procesu, o padidėjimas paskutiniaisiais metais – palankių meteorologinių sąlygų.

Išaiškinti žaliųjų oro dumblių gausumo tarp stočių skirtumai, indukuoja didesnę Žemaitijos KMS oro užterštumą negu Aukštaitijos KMS, ką ir patvirtina reguliarūs cheminių tyrimų rezultatai, tačiau gausesnės epifitinių kerpių kolonijos neigia šį rezultatą. Pakartojus tyrimus visoje baseino teritorijoje (vykdomus kas 5 m. laikotarpį) tikimasi gauti objektyvesnius duomenis epifitinių kerpių bioindikacinėms savybėms patvirtinti.

### III. CHEMINIŲ KOMPONENČIŲ SRAUTAI SU NUOKRITOMIS, JŲ TRANSFORMACIJOS LAPIJOJE

#### 3.1. Nuokritų ir su jomis į dirvožemį patenkančių sunkiųjų metalų sezoninė dinamika

Sparčiai vystantis pasaulinei industrijai ir energijos gamybai didėja ir susidariusių atmosferos teršalų kiekis. Emituojami teršalai nusėda sausu būdu arba yra išplaunami krituliais į žemės ir vandens paviršių, patenka į gilesnius dirvos ir vandenių dugno nuosėdų sluoksnius, dėl ko iškyla atmosferos teršalų koncentracijos kaitos ir jų pasiskirstymo tarp įvairių biosferos objektų problema, nes daugelis teršalų yra pavojingi žmogui ir gyvajai gamtai, todėl svarbūs ne vien tik jų sklidimo ir nusėdimo procesų tyrimai, bet taip pat svarbu nustatyti ir jų koncentracijos atmosferoje bei iškritusių ant žemės paviršiaus kiekių kitimo tendencijas. Tarp labiausiai paplitusių aplinkoje toksinių teršalų, svarbią vietą užima sunkieji metalai ir policikliniai aromatiniai angliavandeniliai (PAA).

Metalai į atmosferą patenka tiek iš antropogeninių šaltinių – pramonės įmonių, šiluminių jėgainių bei transporto priemonių, tiek ir iš natūralių šaltinių – vulkanų, dėl dirvų erozijos, miškų gaisrų. Patekę į atmosferą metalai aerozolio dalelių sudėtyje su oro srautais sklinda įvairiais atstumais ir sauso ar šlapio nusėdimo būdu patenka į žemės bei vandenių paviršių, iš kur jie toliau migruoja dirvožemyje, patenka į gruntinius vandenis, su upėmis nunešami į jūras ir vandenynus, nusėda vandens telkinių dugne. Sunkieji metalai gamtoje turi savybę kauptis, migruodami iš vienos gamtinės sistemos į kitą, o susikaupę neigiamai veikia gyvų organizmų gyvybines sistemas. Daugelis metalų pasižymi toksinėmis savybėmis, todėl yra pavojingi žmogui ir gyvajai gamtai. Tai sąlygoja jų sklidimo aplinkoje ir nusėdimo procesų tyrimų svarbą globaliniu mastu. Buvo nustatyta, kad didžiąją metalų dalį iš atmosferos išplauna lietus bei sniegas, o likusi metalų dalis iš atmosferos pašalinama sauso nusėdimo būdu. Iš bendro antropogeninės kilmės sunkiųjų metalų kiekio, nusėdusio ant žemės paviršiaus, 70 – 90. jų nusėda su krituliais [1]. Metalai atmosferos iškritose yra gana gerai ištirti foninėse vietovėse [2,3,4,5 ] ir kiek mažiau tirti miesto sąlygomis [6, 7 ].

Anksčiau atlikti sunkiųjų metalų koncentracijos ore bei krituliuose, o taip pat ir samanose stebėjimai parodė, kad antropogeninės kilmės metalų emisija pačioje Lietuvos teritorijoje yra nedidelė. Skaičiavimai parodė, kad maždaug 70 – 90% teršalų yra atnešama tolimosios oro masių pernašos keliu iš Vakarų bei Centrinės Europos ir tik apie 10-30 % teršalų kiekio yra išplaunama krituliais Lietuvos teritorijoje [8,9,10,11]. Pažangesnių technologijų bei valymo įrenginių gamyboje

įdiegimas Vakarų Europoje turėjo didelės įtakos teršalų koncentracijos sumažėjimui Lietuvos oro baseine, ką rodo ir sunkiųjų metalų koncentracijos samanose mažėjimo tendencijos [12].

Integruoto monitoringo stočių veiklos vienas iš pagrindinių tikslų - stebėti gamtinės aplinkos komponentus ir medžiagų srautus jungiančius juos, kas sudarytų galimybę įvertinti įvairių medžiagų balansą stebimuose nedidelių upelių baseinuose. Nuokritų dinamika yra vienas iš cheminių elementų judėjimo tarpsnių ekosistemoje. Nuo jų kiekio bei užterštumo priklauso toksinių medžiagų absorbcijos intensyvumas, kuris sąlygoja įvairių medžiagų balansą, o tuo pačiu ir bendrą miško ekosistemos būklę bei produktyvumą.

Darbo tikslas: pagal tarptautinę integruoto monitoringo programą Lietuvos integruoto monitoringo stotyse (KMS) vykdyti bendrą nuokritų kasmetinės sezoninės dinamikos stebėjimus bei užterštumo sunkiaisiais metalais analizę bei vertinti vykstančius pokyčius.

### **3.1.1. Aukštaitijos KMS nuokritų tyrimai**

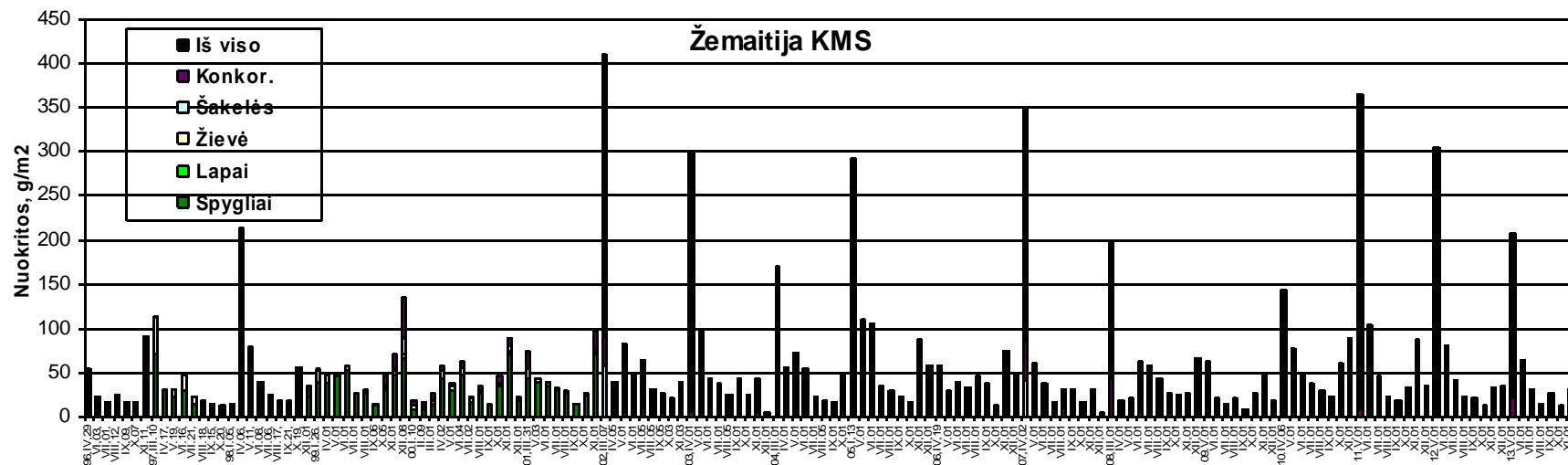
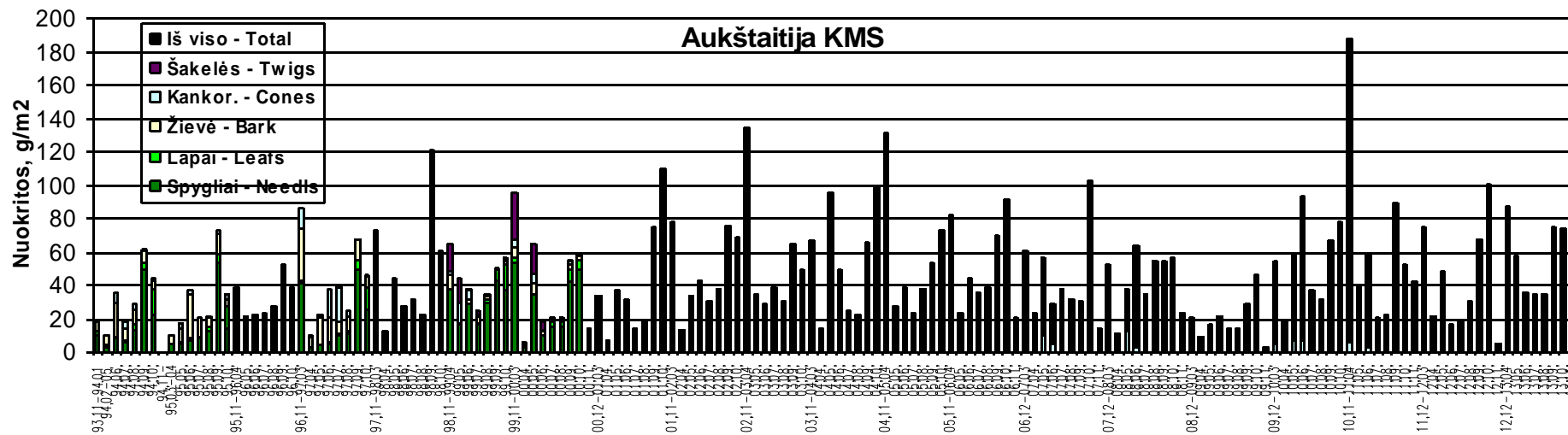
#### ***Nuokritų sezoninė dinamika***

Nuokritų tyrimai Aukštaitijos KMS buvo pradėti 1993 m. lapkričio mėn. Iš pateiktų duomenų matyti, kad nuokritų susidarymo intensyvumas keičiasi metų bėgyje. Žemiausias intensyvumas registruojamas ankstyvo pavasario mėnesiais. Intensyviau nuokritos susidaro birželio mėnesį, o savo maksimumą pasiekia rugsėjo - spalio mėnesiais.

**9 lentelė** Nuokritų kiekiai Aukštaitijos KMS (1994-2013 m.)

Data	Nuokritų frakcija				Iš viso
	Spygliai	Lapai	Žievė	Kankorėžiai.	
1994	113,2	25,9	64,1	13,6	216,8
1995	104,6	24,5	74,5	11,0	214,6
1996*	109,0	21,8	71,6	24,2	226,6
1997	150,3	23,0	103,4	57,0	333,7
1998*	188,7	37,6	124,0	42,0	392,3
1999	208,7	25,0	57,0	23,1	313,8
2000	227,9	22,0	73,8	16,5	340,2
2001	177,7	28,9	91,7	20,7	328,5
2002				27,5	416,5
2003				23,0	364,0
2004				28,8	422,9
2005				12,0	386,1
2006				17,0	424,7
2007				20,0	368,4
2008				18,0	332,1
2009				2,0	175,6
2010				19,7	417,8
2011				11,7	501,9
2012				3,4	385,2
2013				5,0	408,4
<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>191.7</b>	<b>31.2</b>	<b>98.8</b>	<b>28.7</b>	<b>350.5</b>
<b>kg/ha</b>	<b>1917</b>	<b>312</b>	<b>988</b>	<b>287</b>	<b>3505</b>
<b>%</b>	<b>54.7</b>	<b>8.9</b>	<b>28.2</b>	<b>8.2</b>	<b>100</b>

- - nuokritų pasiskirstymas į frakcijas interpoliuotas pagal vidutinius rezultatus (%)





**20 pav.** Nuokritų sezoninė dinamika kompleksiško monitoringo stotyse

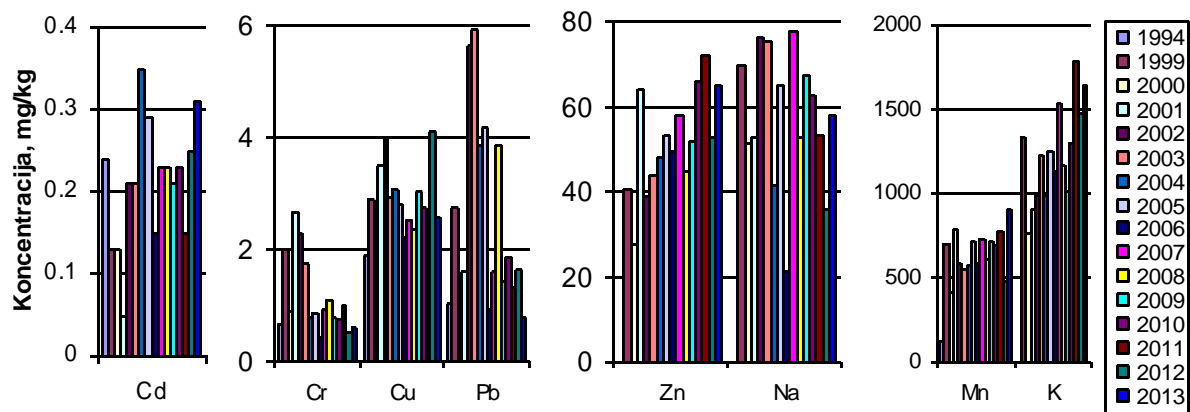
Nustatyta, kad 2013 m. nuokritų kiekis sudarė 4084 3852 kg/ha. Tai truputį daugiau negu daugiamečių vidurkis, kuris siekia 3505 kg/ha ir virš 200 kg daugiau negu 2012 m. 50% susidariusių nuokritų sudaro spygliai, 30 % pušies žievė ir maždaug po 10% kankorėžiai ir beržų lapai.

### *Metalu koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika*

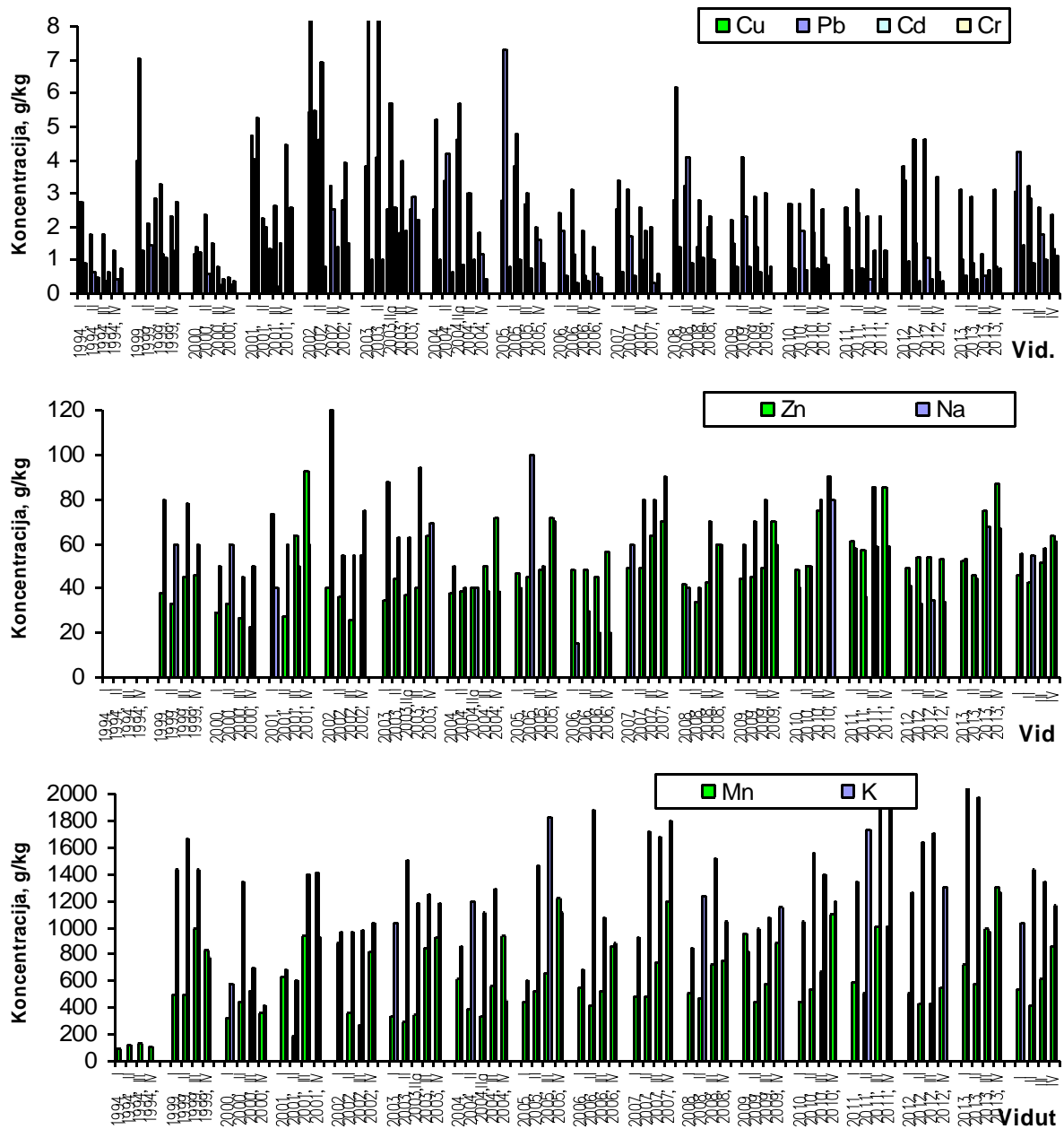
Lapijos cheminės sudėties tyrimas yra viena iš efektyviausių priemonių medžių stresui, sukkelto aplinkos užteršimo, įvertinti. Tokio tyrimo metu nustatoma kaip maistinių, taip ir toksiškų elementų kiekis spygliuose ir lapuose. Lyginant gyvų lapų ir spyglių cheminę sudėtį su nuokritų sudėtimi įvertinamas maistinių medžiagų srautas bei medžių būklė maistinių elementų kiekio atžvilgiu (UN-ECE, 1998).

Maistinių ir toksinių medžiagų apytaka su nuokritomis vaidina lemiamą vaidmenį energetiniuose srautuose tarp augalų ir dirvožemio. Būtent, nuokritos, kurios kaupiasi dirvožemio viršutiniame sluoksnyje, tampa augalams pagrindiniu maistinių medžiagų šaltiniu. Dėl šios priežasties jų cheminės sudėties tyrimas tampa išskirtiniu, analizuojant miško ekosistemų maistinių ir toksinių elementų balansą.

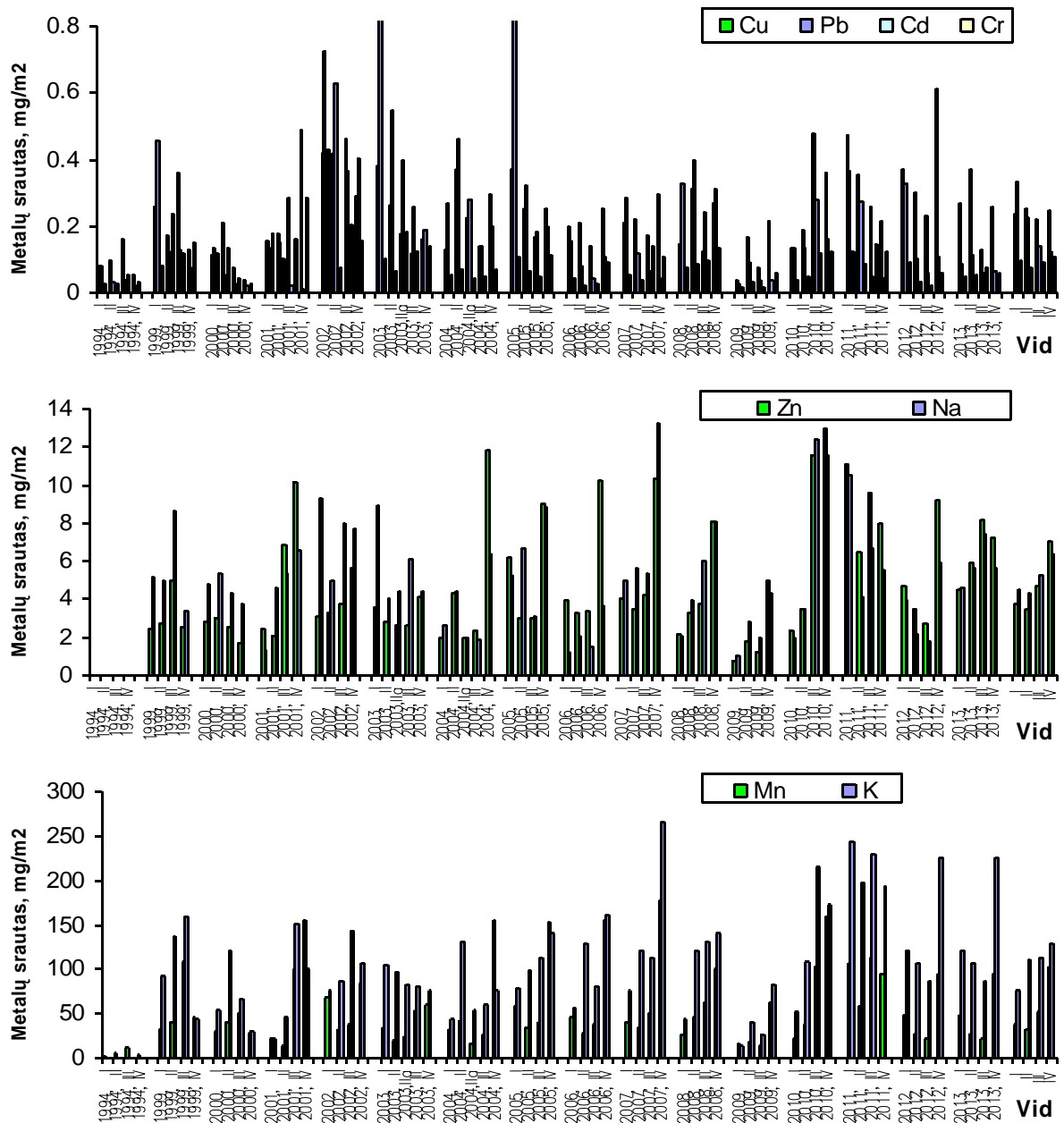
Analizuojant Aukštaitijos KMS nuokritų cheminę sudėtį, nustatyta statistiškai reikšminga ( $p < 0,05$ ) sezoniškumo įtaka tirtų metalų koncentracijoms (22 pav.). Tokių tirtų metalų, kaip švino (Pb), vario (Cu), chromo (Cr) koncentracijos nuokritose yra didžiausios žiemos mėnesiais, t.y. gruodį, sausį, vasarį. Nuokritos per šį laikotarpį surenkamos anksti pavasarį, kai rinktuvuose pilnai nutirpsta sniegas. Manome, kad dėl šios priežasties, metalų koncentracijoms didesnę įtaką gali turėti krituliai, t.y. palaipsniui tirpstantis sniegas.



**21 pav.** Metalų metinių koncentracijų nuokritose kaita Aukštaitijos KMS 1994-2013 m.



22 pav. Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika 1994-2013 m.



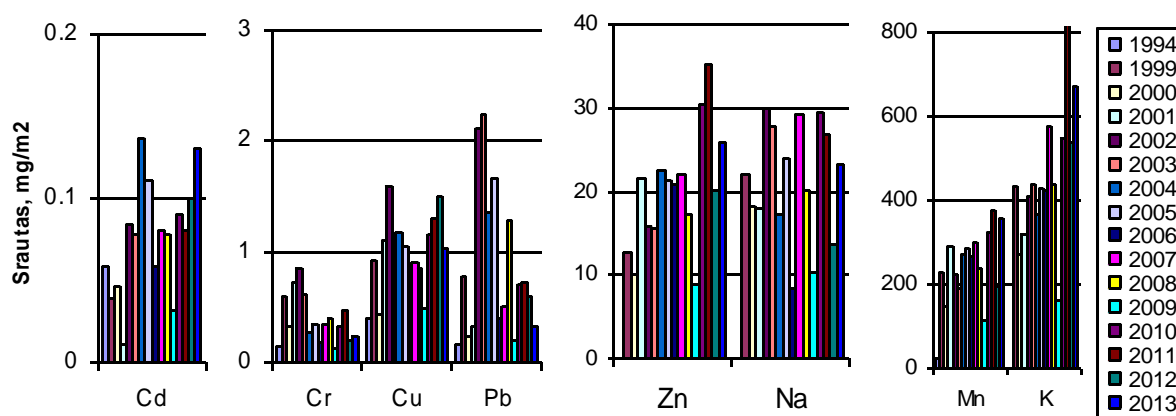
23 pav. Metalų koncentracijų srautų su nuokritomis sezoninė dinamika 1994-2013 m.

Tokių elementų, kaip cinko (Zn), natrio (Na) ir mangano (Mn) koncentracijų nuokritose sezoniškumas neturi ryškių tendencijų, tačiau mažesnės koncentracijos atrodo, kad yra būdingesnės žiemos mėnesių nuokritoms. Ypač tai galima išvelgti, tiriant paskutiniųjų metų sunkiųjų metalų nuokritose sezoniškumą. Kalio (K) koncentracijų nuokritose kaitoje matyti, kad didžiausi šio elemento kiekiai užfiksuoti pavasario ir vasaros mėnesiais (II\_III).

**Apibendrinus tirtų metalų koncentracijas nuokritose 1994-2012 m. laikotarpiu, nustatyta, kad per tiriamąjį laikotarpį ženkliai didėjo tik Zn ir K koncentracijos nuokritose. Cr, Pb, Na ir Cd koncentracijos nuokritose turėjo tendencija mažėti, o Cu ir Mn išliko stabilios.**

#### **Metilų srauto su nuokritomis į dirvožemio paklotę kaita**

Išanalizavus Aukštaitijos KMS nuokritų cheminę sudėtį, toliau tyrėme tirtų metalų srautus su nuokritomis į dirvožemio paklotę. Gauti rezultatai pateikti 23 paveiksle. Iš pateiktų duomenų matyti aiškus tik tokių tirtų metalų, kaip Pb, Mn, Na ir K srautų su nuokritomis sezoniškumas, kurio pobūdis analogiškas šių metalų koncentracijų nuokritose sezoniškumui. Likusių metalų sezoniškumo kaita nėra statistiškai reikšminga ( $p < 0,05$ ).



**24 pav.** Metiniai metalų srautai su nuokritomis Aukštaitijos KMS 1994-2013 m.

Metinių metalų srautų su nuokritomis analizė parodė, kad metalų srautai kito analogiškai jų koncentracijoms nuokritose, o padidėjęs nuokritų kiekis neturėjo reikšmingesnės įtakos šių metalų srautų tendencijai. Didėjo Zn, Mn ir K srautai su nuokritomis, Na, Cd, Cu srautas buvo stabilus, o Cr ir Pb srautams buvo būdinga mažėjimo tendencija.

**2005 -2012 m. reikšmingai didėjo Zn, Mn ir K srautai su nuokritomis, Na, Cd, Cu srautai buvo praktiškai stabilūs, o mažėjo tik Cr ir Pb srautas su nuokritomis.**

### 3.1.2. Žemaitijos KMS nuokritų tyrimai

*Nuokritų sezoninė dinamika.* Žemaitijos KMS nuokritų sezoninė dinamika pradėta registruoti tik 1995m. pabaigoje. Nuokritų sezoninės dinamikos rezultatai pateikti 10 lentelėje. Daugiausiai nuokritų susidaro rudens-žiemos mėnesiais. Vasarą, nuokritų intensyvumas ne toks žymus, kaip Aukštaitijos KM stotyje. Priežastis ta, kad Žemaitijos nuokritų stebėjimo stotis įsteigta eglyne, o eglės spygliakritis turi tik vieną ryškų periodą.

Iš esmės skiriasi ir nuokritų pasiskirstymas į frakcijas. Net 77% visų nuokritų sudaro eglės spygliai. Medžių žievės nuokritose praktiškai nerasta. Tai sąlygoja eglės žievės struktūra. Skirtingai negu pušies, eglės žievė neatsilupa didelėmis, lengvomis plokštelėmis, kurias vėjas galėtų pernešti didesnę atstumą. Eglės žievė nors ir atsinaujina, tačiau tik mažais storais žvyneliais, kurie nukrenta prie kelminės kamieno dalies.

Žemaitijos KMS nuokritose žymią dalį sudaro sausos, smulkios eglės šakelės. Jos sudaro apie 14% visų nuokritų (10 lentelė). Kankorėžių kiekis nuokritose priklausomai nuo metų, svyruoja nuo 0 iki 13%.

**10 lentelė** Nuokritų kiekiai Žemaitijos KMS (1996-2011m.)

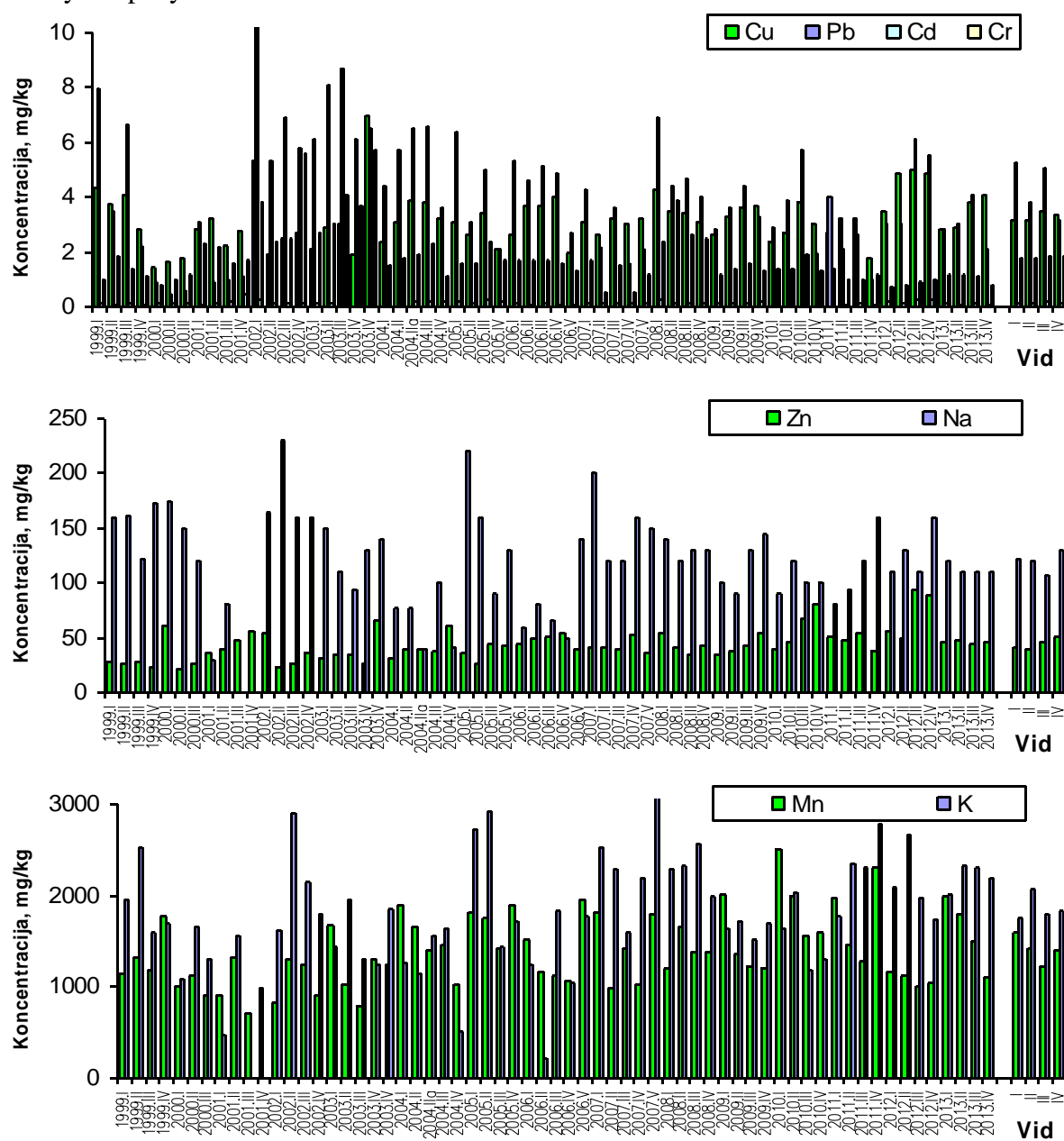
Data	Nuokritų frakcija				Iš viso
	Spygliai	Lapai	Šakelės	Kankorėžiai.	
1996*	-	-	-	-	238,4
1997	194,2	0	93,3	4,3	291,8
1998					496,5
1999	341,7	5,8	48,0	39,6	435,1
2000					411,3
2001			23,3	48,7	360,4
2002				54,7	623,0
2003				25,8	593,0
2004				18,4	436,9
2005					755,06
2006				28,0	375,5
2007			42	54,0	481,8
2008				56,0	488,3
2009				16,0	219,7
2010				7,0	498,5
2011				11	701,0
2012					553,0
2013				20	366,8
g/m <sup>2</sup>	358.9	4.2	63.8	35.6	462.6
kg/ha	3589	42	638	356	4626
%	77.6	0.9	13.8	7.7	100

- - 1996 m. duomenys nepanaudoti nustatant vidutinius nuokritų kiekius.

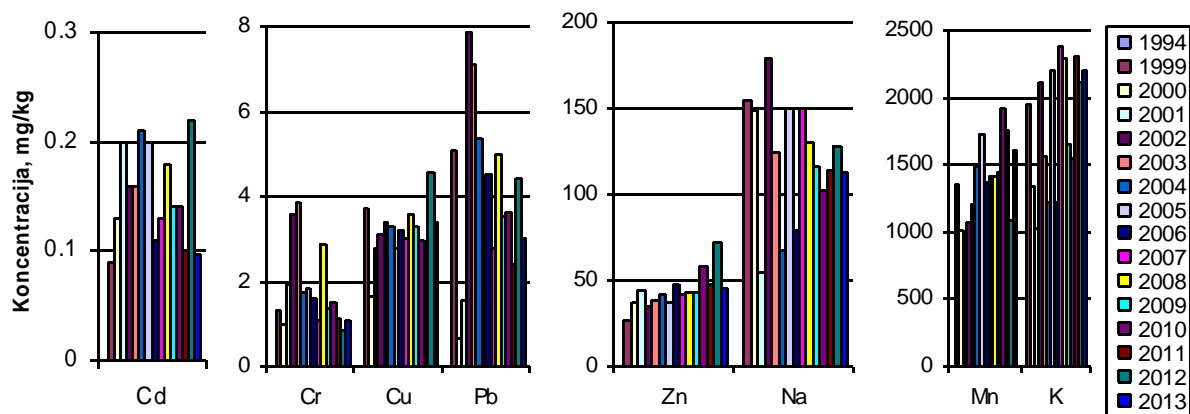
Nustatyta, kad 2013 m. nuokritų kiekis Žemaitijos KMS, skirtingai negu Aukštaitijos KMS sumažėjo reikšmingai lyginant su 2012 m. beveik 2 t/ha, o lyginant su 2011 m. beveik 3,5 t/ha. Tai gali būt siejama su ženkliu eglų lajų tankumo didėjimu (defoliacija reikšmingai mažėja). 2013 m. nuokritų kiekis vienas mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį ir beveik 1 t/ha mažesnis negu daugiamečių vidurkis. Manome, kad medžių lajų būklės pagerėjimas turėjo įtakos mažesniems nuokritų susidarymo kiekiams.

### *Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika*

Analizuojant Žemaitijos KMS nuokritų cheminę sudėtį, statistiškai reikšmingos ( $p < 0,05$ ) sezoniškumo įtakos, tokios kaip Aukštaitijos KMS, tirtų metalų koncentracijoms nustatyti nepavyko.



**25 pav.** Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika 1999-2013 m.

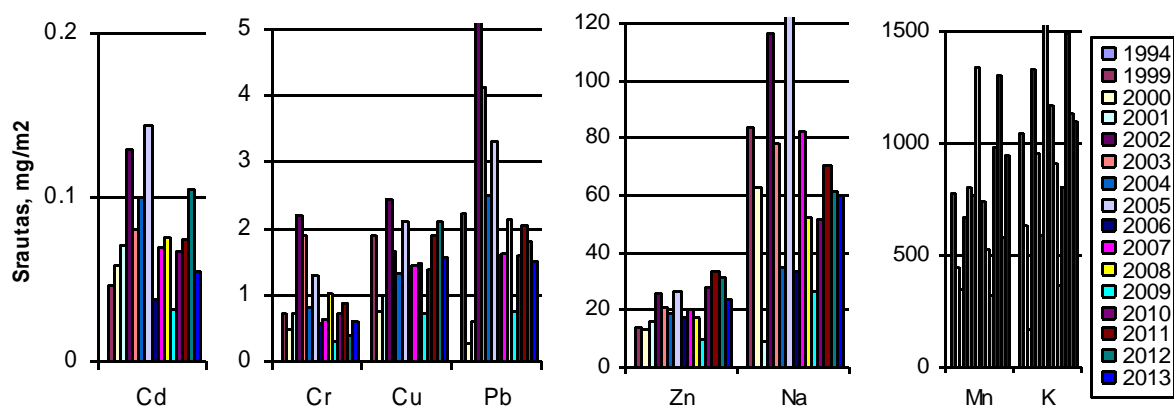


26 pav. Metalų metinių koncentracijų nuokritose kaita Žemaitijos KMS 1999-2013 m.

Metinių koncentracijų kitimas 1999-2013 m. laikotarpiu analizė rodo, kad *nuo 2003 metų, kaip ir Aukštaitijos KMS, reikšmingai mažėjo tik Cr ir Pb koncentracijos. Mažėjimo tendencija nustatyta ir Na koncentracijų kaitoje. Kalio, mangano ir cinko koncentracijoms buvo būdinga augimo tendencija, kadmio ir vario koncentracijos nuokritose išliko stabilios.*

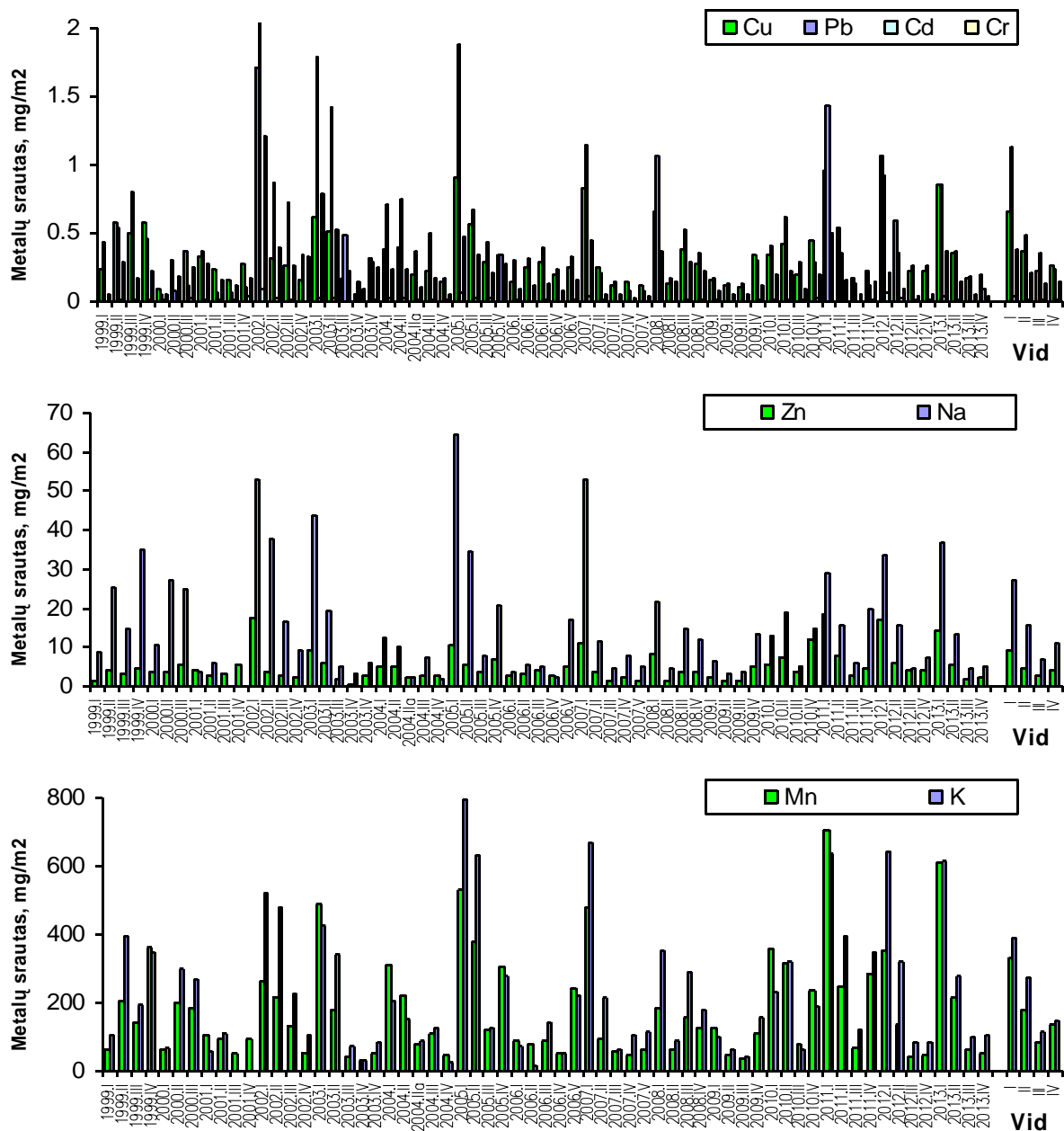
#### *Metalų patekimas į dirvožemį su nuokritomis kaita*

Metalų srautų su nuokritomis sezoninės dinamikos analizė rodo, kad sezoniškumas turėjo reikšmingos įtakos metalų srautams su nuokritomis (26 pav.). Daugelio tirtų elementų didžiausi srautai užfiksuoti žiemos (I) ir kiek mažesni – pavasario laikotarpiais (II). Išsiskyrė tik mažiausių srautų laikotarpiai: jei švino mažiausias srautas buvo registruojamas rudens laikotarpiu, tai likusių metalų – vasaros (III) laikotarpiu. Pagrindinis veiksnys lėmęs tokį tirtų metalų sezoniškumą buvo nuokritų kiekio sezoniškumas, o ne metalų koncentracijos jose.



27 pav. Metalų metinių srautų su nuokritomis kaita Žemaitijos KMS 1999-2013 m.





**28 pav.** Metalų koncentracijų srautų su nuokritomis sezoninė dinamika 1999-2013 m.

Metinių tirtų metalų srautų su nuokritomis analizė parodė, kad dėl didelių nuokritų kiekio 2002 m. ir 2005 m., tirtų metalų srautai į ploto vieneta Žemaitijos KMS teritorijoje buvo didžiausi. Paskutiniaisiais metais didesni nuokritų kiekiai registruojami 2011 m., o paskutiniaisiais jų kiekis palaipsniui mažėja. Sumažėjus nuokritų kiekiui, sumažėjo ir tirtų metalų srautai su jomis į dirvožemio paklotę. 2012-2013 m. stebimas daugelių tirtų sunkiųjų metalų srautų į paklotę mažėjimo tendencija.

*Per tiriamąjį laikotarpį praktiškai stabilus išliko tik vario srautas į miško paklotę, didėjimo tendencija nustatyta Zn, K ir mangano srautų kaitoje, o mažėjimo tendencija Cd, Cr ir švino srautų kaitoje.*

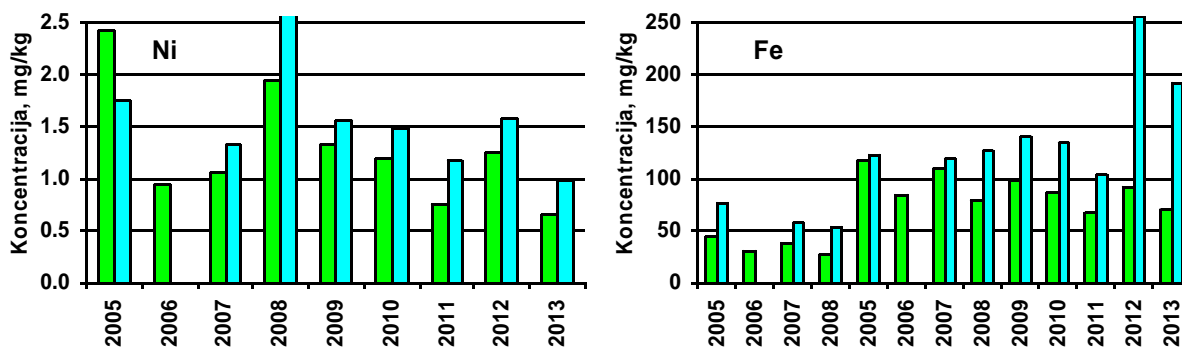
*Apibendrinus tirtų metalų srautų su nuokritomis į dirvožemio paklotę tyrimų rezultatus, nustatyta, kad dažniausiai Aukštaitijos KMS būdingiausiame pušyne metalų metinius kiekius statistiškai reikšmingiau sąlygoja jų koncentracija nuokritose, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS būdingiausiame eglyne – nuokritų kiekis.*

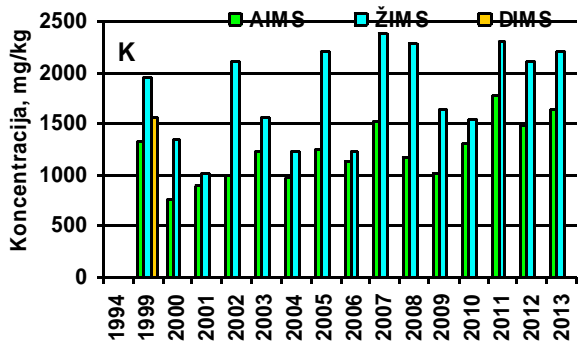
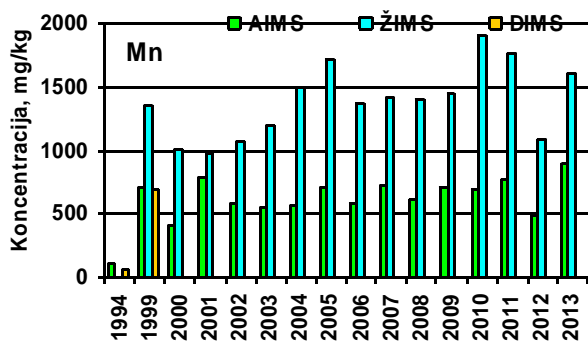
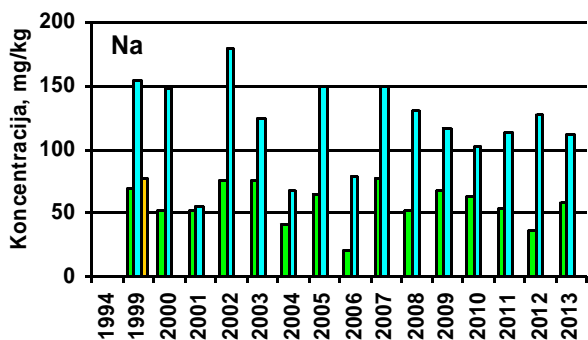
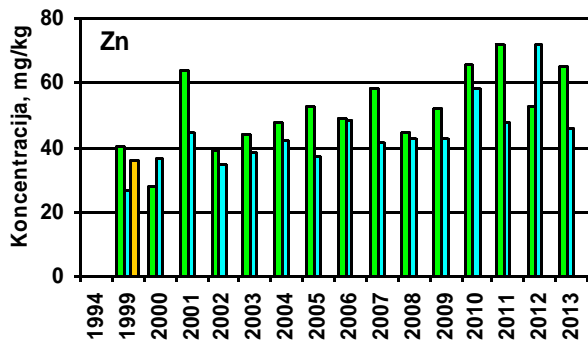
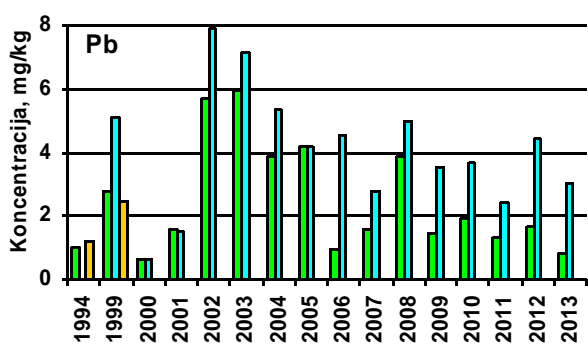
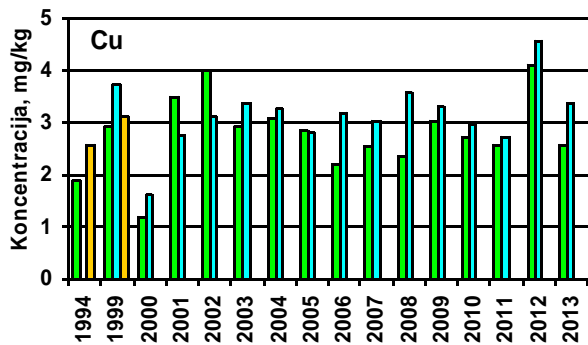
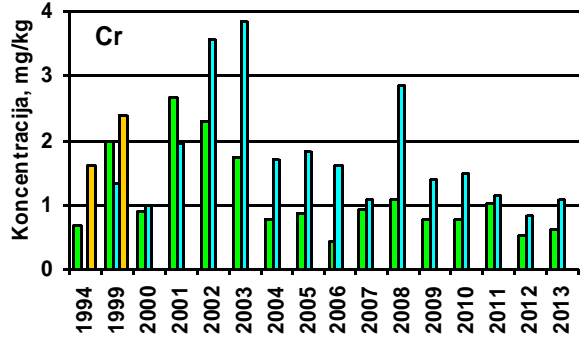
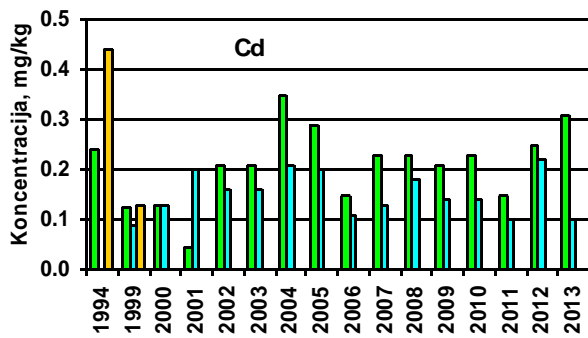
### 3.1.3. Metinių metalų srautų su nuokritomis palyginimas tarp KM stočių

Palyginus tirtų metalų koncentracija tarp atskirų KM stočių nustatyta, kad tik Cd ir Zn koncentracijos Aukštaitijos KMS yra didesnės nei Žemaitijos KMS nuokritose. Tyrimų pradžioje, iki 2002 m. didesnės koncentracijos nuokritose buvo ir Cu, tačiau paskutiniu metu laikotarpiu šio elemento koncentracijos Aukštaitijos KMS nuokritose ženkliai sumažėjo. Likusių tirtų metalų koncentracijos Žemaitijos KMS nuokritose yra didesnės nei Aukštaitijos KMS nuokritose. Tai galėtų būti vakarų pernašų rezultatas. Bendras požymis: abiejose stotyse mažėja Ni, Cr, Na ir Pb koncentracijos nuokritose, o didėti turi tendencija tik Zn koncentracija.

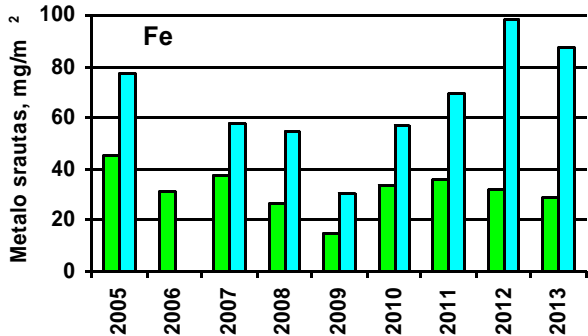
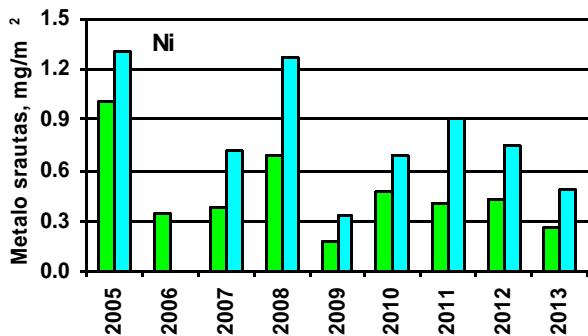
Tirtų metalų srautų su nuokritomis analizė parodė, kad tik Zn srautas su nuokritomis Aukštaitijos KMS teritorijoje susilygino su srautais Žemaitijos KMS teritorijoje. Likusių metalų srautai Žemaitijos KMS yra ženkliai didesni negu Aukštaitijos KMS. Išskirtinis dėmesis turėtų būti skirtas Cd srautams su nuokritomis. Paskutiniaisiais metais šio metalo srautas pradėjo viršyti Cd srautą su nuokritomis Žemaitijos KM stotyje. Priežasčių tokiam Cd koncentracijų padidėjimui reiktų ieškoti šio elemento koncentracijų kaitoje ir ore ir krituliuose.

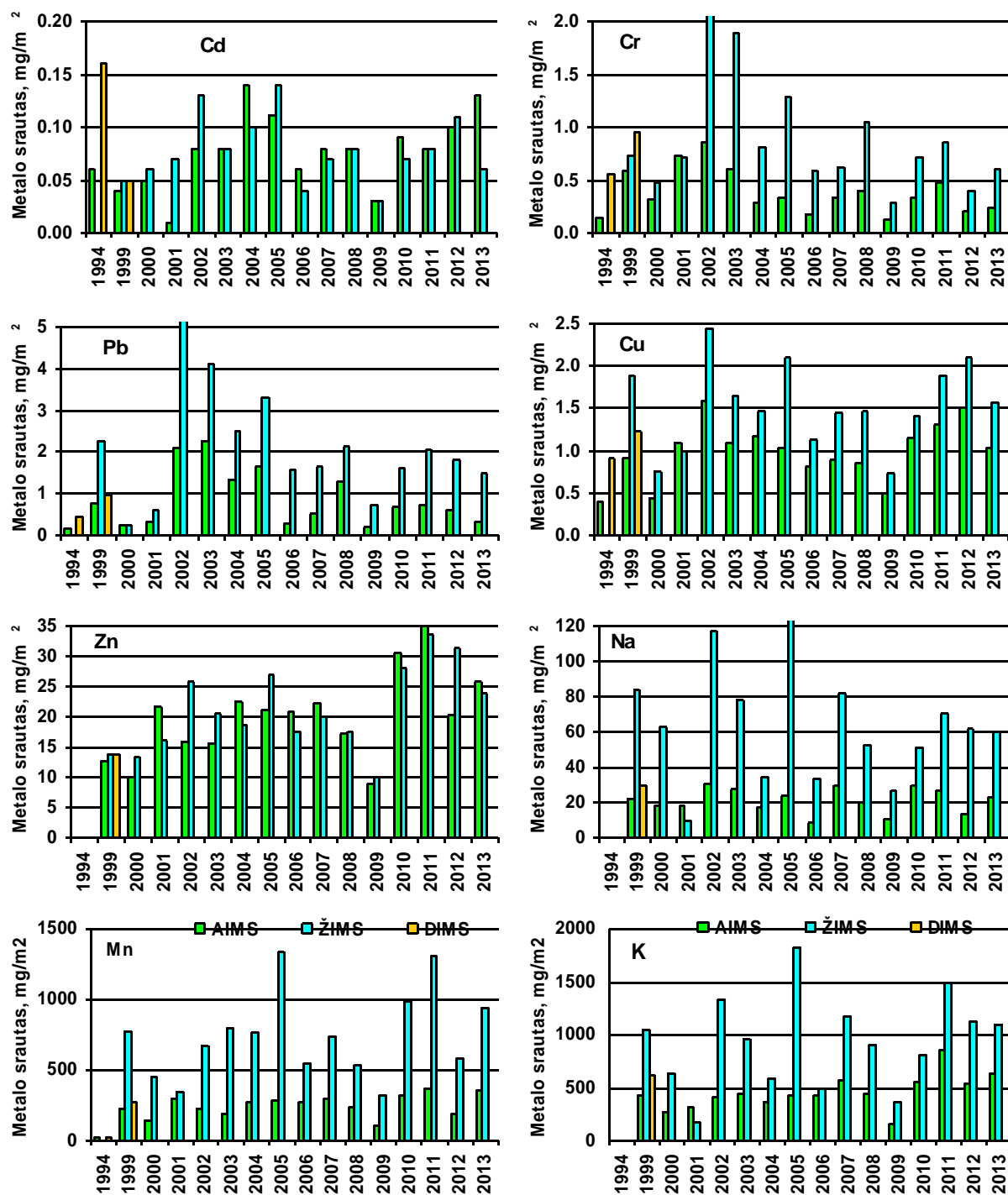
*Tik Cd koncentracijos nuokritose ir jo srautai su jomis Aukštaitijos KMS viršija šio elemento koncentracijas ir srautus Žemaitijos KMS. Likusių tirtų metalų koncentracijos ir srautai su nuokritomis Žemaitijos KMS yra didesni nei Aukštaitijos KMS. 2012-2013 m. Žemaitijos KMS nuokritose registruojamos apie 2,5 karto didesnės Fe koncentracijos. Pagrindinės priežasties reiktų ieškoti šio elemento koncentracijose nustatytuose krituliuose. 2013 m.. Pagrindine grėsme aplinkai reiktų laikyti Cd koncentracijų ir jo srautų su nuokritomis padidėjimą paskutiniaisiais 2013 m.*





29 pav. Tirtų metalų koncentracijos nuokritose KM stotyse 1994-2013 m.





30 pav. Tirtų metalų srautai su nuokritomis KM stotyse 1994-2013 m.

## IŠVADOS

1. Aukštaitijos KMS perbrendusiame, brukniniame pušyne (AKMS\_01) vidutiniškai susidaro apie 3360 kg/ha nuokritų, iš kurių apie 55% sudaro spygliai, 28 % pušies žievė ir maždaug po 9% kankorėžiai ir beržų lapai.
2. Žemaitijos bręstančiame eglyne susidaro apie 4470kg/ha nuokritų. Net 77% visų nuokritų sudaro eglės spygliai. Medžių žievės nuokritose praktiškai nerasta. 14% visų

nuokritų sudaro sausos, smulkios eglės šakelės. Kankorėžių kiekis nuokritose priklausomai nuo metų, svyruoja nuo 0 iki 13%.

3. Aukštaitijos KMS būdingiausiame pušyne metalų metinius kiekius statistiškai reikšmingiau sąlygoja jų koncentracija nuokritose, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS būdingiausiame eglyne – nuokritų kiekis.
4. Aukštaitijos KMS sunkiųjų metalų koncentracijų nuokritose 1994-2013 m. laikotarpiu analizė parodė, kad per tiriamąjį laikotarpį ženkliai didėjo tik Zn ir K koncentracijos nuokritose. Cr, Pb, ir Na koncentracijos nuokritose turėjo tendencija mažėti, o Cu ir Mn išliko stabilios. Išskirtinis dėmesis turėtų būt skirtas Cd koncentracijų didėjimui, kuris prasidėjo šioje stotyje 2012 m.
5. 2005 -2013 m. reikšmingai didėjo Zn, Mn ir K srautai su nuokritomis. Nuo 2012 m. pradėjo didėti ir Cd srautas su nuokritomis. Na, ir Cu srautai buvo praktiškai stabilūs, o mažėjo tik Cr ir Pb srautas su nuokritomis.
6. Žemaitijos KMS metinių koncentracijų kitimas 1999-2013 m. laikotarpiu analizė rodo, kad nuo 2003 metų, kaip ir Aukštaitijos KMS, reikšmingai mažėjo tik Cr ir Pb koncentracijos, nors jos išlieka iki 2 kartų didesnės negu Aukštaitijos KMS. Kalio ir ypač geležies koncentracijoms buvo būdinga augimo tendencija, o Mn, Na Zn ir Cu koncentracijos nuokritose išliko stabilios.
7. Per tiriamąjį laikotarpį daugelio tirtų metalų srautai praktiškai išliko stabilūs, mažėjo tik Pb ir iš dalies Na ir Cr srautas.
8. Apibendrinus tirtų metalų srautų su nuokritomis į dirvožemio paklotę tyrimų rezultatus, nustatyta, kad dažniausiai Aukštaitijos KMS būdingiausiame pušyne metalų metinius kiekius statistiškai reikšmingiau sąlygoja jų koncentracija nuokritose, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS būdingiausiame eglyne – nuokritų kiekis.

## Literatūra

1. M.L.Lee, M.V. Novotny, K.D.Bartle (1981) Analytical chemistry of polycyclic aromatic compounds. Academic Press, New York.
2. А.А. Милукаите (1989). распределение бенз(а)пирена по размерам атмосферных аэрозолей и время его пребывания в атмосфере. В сб.: Физика атмосферы. Вып. 13, Вильнюс, "Мокслас", с. 170-174.
3. Расуна J.M. et al., 1999. Technical Report. Appendix 1 to executive final summary report. Environmental cycling of selected persistent organic pollutants (POPs) in the Baltic region (Popcycling-Baltic project). Contract No ENV4-CT96-0214. CD-Rom.
4. Shatalov V., Malanichev A., Vulykh N., Berg T., Mano S., 2001. Assessment of POPs transport and accumulation in the environment. EMEP Report 2001/4. Meteorological synthesizing centre-East, Moscow.
5. A.Milukaite (2006). Long-term trends of benzo(a)pyrene concentration on the eastern coast of the Baltic Sea.. Atmospheric Environment, 40, 2046-2057.
6. Milukaite, A. Mikeliniskiene, I. Lyulko, M. Frolova. Differences in benzo(a)pyrene concentration in atmospheric air on a regional scale. *J.Environmental and Chemical Physics*, 2004, **26**, 1, p. 14-21.
7. Milukaitė, A. Mikelinšienė B. Giedraitis (2001). Characteristics of NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, benzo(a)pyrene and soot concentration variation at the eastern coast of the Baltic sea. *J. Water Air and Soil Pollution*, **130**, 1553-1558.
8. D. Čeburnis. (1997) Qualitative and quantitative estimation of atmospheric trace metal deposition. PhD thesis, Institute of Physics, Vilnius, Lithuania.
9. D.Čeburnis. (1999) Atmospheric trace metal deposition in Lithuania: methods and estimation // Ed. D. A. Lovejoy. Heavy Metals in the Environment: an Integrated Approach, Vilnius, Lithuania, 5-15.
10. D.Čeburnis, D.Valiulis, J.Šakalys. (1999) The influence of local processes on trace metal concentrations in long-range transported air masses. *Environmental and Chemical Physics*, (Vilnius), **21** (1), 31-36.
11. Čeburnis D., Ruhling A. and Kvietkus K. (1997) Extended study of atmospheric heavy metal deposition in Lithuania based on moss analysis. *Environmental Monitoring & Assessment*, **47**, 135-152.
12. J. Šakalys, K.Kvietkus, D.Čeburnis and D.Valiulis. (2004) The method of determination of heavy metals background concentration in the moss. *Environmental and Chemical Physics* (Vilnius), **26** (3), 109-117.
13. W. Salomons, U. Förster. (1984) Metals in the hydrocycle. Springer-Verlag. 352 p.
14. А.А. Милукаите. Тонкоструктурная спектрофлуориметрия. Метод добавок. В кн.: Унифицированные методы мониторинга фоновое загрязнение природной среды. Совет экономической взаимопомощи. Москва, "Гидрометеиздат", 1986, с. 103-112.
15. J.Šakalys, J.Švedkauskaitė and D.Valiulis. (2003) Estimation of heavy metal wash-out from the atmosphere. *Environmental and Chemical Physics* (Vilnius), **25** (1), 16-22.
16. J.Šakalys, K.Kvietkus, D.Valiulis. (2004) Variation tendencies of heavy metal concentrations in the air and precipitation. *Environmental and Chemical Physics*, (Vilnius), **26** (2), 61-67.
17. A. Bukantis (1994). Lietuvos klimatas. Vilnius, VU, 187 p.



### 3.2. Pagrindinių maistinių elementų koncentracijų lapijoje ir nuokritose tyrimų pagal ICP IM programą rezultatai

Reikšmingą įtaką pagrindinių teršiančių ir maistinių mineralinių elementų srautams ekosistemoje bei jų balansui turi šių medžiagų nuplovimas nuo augalinių paviršių, nusėdimas ant jų, išplovimas iš vidinių organų ir išgaravimas atgal į atmosferą, lakių junginių pavidalų. Todėl Kompleksiško monitoringo programoje yra tiriami polajiniai krituliai kartu su lapijos ir nuokritos cheminės sudėties kaita. Toks kompleksiško principas įgalina ateityje, sukauptus pakankama duomenų kiekį, visapusiškai vertinti šių medžiagų balansą ekosistemoje bei prognozuoti jų galimą kaitą bei poveikį pačiai ekosistemai.

Mineralinės mitybos elementams dar kitaip vadinamiems peleniniams elementams priskiriama per 20 cheminių elementų, tarp kurių yra ir azotas. Pastarasis nors yra nei peleninis, nei mineralinis elementas, tačiau patenka į augalus panašiais būdais. Dėl to, kad augalai be šių elementų negali vykdyti savo gyvybinių funkcijų, jie negali būti augaluose pakeičiami kitais ir dėl to, kad šie elementai įjungiami į organinius junginius, dalyvauja metabolizmo procese arba yra svarbūs cheminių reakcijų eigai, jie vadinami pagrindiniais augalų mineralinės mitybos elementais. Jų koncentracijos lapijoje bei nuokritose yra didžiausios nei kituose augalo dalyse, dėl ko gerai atspindi medžių gyvybinį potencialą. Dėl šios priežasties, nuo jų kiekio kaitos, pokyčių tarp lapijos ir nuokritų bei pagrindinių jų kaitos tendencijų galima spręsti apie medyno būklę, jo atsparumą nepalankiems aplinkos veiksniams, o atskirais atvejais, ir apie visos ekosistemos būklę bei jos užterštumą kenksmingomis medžiagomis. Dėl tokių rezultatų svarbos, naujoje Valstybinės aplinkos monitoringo programoje, priimtoje 2005-2010 m., lapijos ir nuokritų cheminės analizės numatytos vykdyti kasmet. 2012 m. atlikta jau aštuntoji lapijos ir jos nuokritų pagrindinių cheminių elementų analizė, kurią vykdo Aplinkos apsaugos agentūra, Aplinkos tyrimų departamentas.

**Darbo tikslas** – pagal nustatytas pagrindinių elementų koncentracijas bei jų pokyčius medžių lapijoje bei jų nuokritose, išaiškinti į ekosistemą patenkančių teršalų poveikį pagrindiniams geosisteminiams procesams, o taip pat, atsižvelgus į išaiškintus procesus, nustatyti galimą miško ekosistemų būklės tolimesnę raidą.

Cheminių analizių metu nustatomos šios maistmedžiagių koncentracijos lapijoje ir jos nuokritose: Ca, K, Mg, Na, N, P.



### **Lauko darbų metodika:**

Analizuojami pagrindinių medžių rūšių lapijos pavyzdžiai. Tai paprastojo beržo (*Betula pendula*) lapai, paprastosios eglės (*Picea abies Karst.*) ir paprastosios pušies (*Pinus sylvestris L.*) spygliai. Nuo 8 – 10 kiekvienos rūšies medžių, kasmet rugpjūčio mėnesio pabaigoje surenkami lapijos pavyzdžiai, kurie laboratorijos sąlygomis džiovinami 100°C temperatūroje. Iš beržo lapų ir eglės spyglių ruošiami po vieną bendrą pavydį: beržo lapai – (B), eglės spygliai – (E), o pušies spygliai atskiriami, priklausomai nuo jų amžiaus. Ruošiami 2 pavyzdžiai: 1 – pirmų metų spyglių (P1); 2 – II metų spyglių. III metų spygliai neruošiami, kadangi būtent rugpjūčio mėnesį prasideda jų masiškas kritimas.

Aplinkos apsaugos agentūros, Aplinkos tyrimų departamente: indukuotos plazmos optinės emisijos spektrometrijos metodu nustatytos Ca, Mg koncentracijos lapijoje (mg/kg); Kjeldalio metodu – bendrasis azotas (g/kg); spektrometrijos metodu – bendrasis fosforas (g/kg); liepsnos emisijos spektrometrijos metodu – natriis ir kalis (mg/kg).

Nuokritos renkamos kas mėnesį, džiovinamos iki orausių, po to sveriamos ir taip apskaičiuojama jų metinis kiekis. Cheminių elementų analizei, surinktos nuokritos papildomai buvo grupuojamos pagal mėnesius bei jų pagrindines sudedamąsias. Išskirti 4 pagrindiniai laikotarpiai, kuriais nuokritos buvo sudėdamos. Tai I – laikotarpis: nuokritos surinktos pavasario mėnesį, kai nutirpsta sniegas. Dažniausiai tai būna nuokritos surinktos kovo 1 d. Vėlyvo pavasario metais – balandžio 1 d. Cheminė analizė atliekama šių nuokritų nesumuojant jas su kitomis. II – laikotarpis ankstyvo pavasario. Tai, priklausomai nuo metų, kovo – gegužės mėnesio nuokritos, kuriuose vyrauja medžių pumpurų žvynai. III – laikotarpis – vasaros mėnesiai. Dažniausiai tai birželio – rugpjūčio mėnesiai, intensyvios vegetacijos laikotarpis. IV – laikotarpis – rudens mėnesiai. Tai rugsėjis – lapkritis, maksimalus nuokritų susidarymo laikotarpis. Dėl skirtingos nuokritų sudėties šiais išskirtais laikotarpiais ir išgulėjimo sąlygų rinktuvuose, šių laikotarpių nuokritos sumuojamos, daromas jų bendras ruošinys ir pristatomas į Centrinę aplinkos tyrimų laboratoriją cheminėms analizėms atlikti.

### **Darbo rezultatai.**

Tiriamus elementus pagal funkcijas augaluose galima suskirstyti į dvi grupes. Pirmą grupę sudaro pagrindinis organogeninis elementas – azotas, o taip pat ir fosforas, kalis, kalcis, magnis, geležis, manganas ir cinkas. Antrą grupę sudaro tik natriis ir chloras.

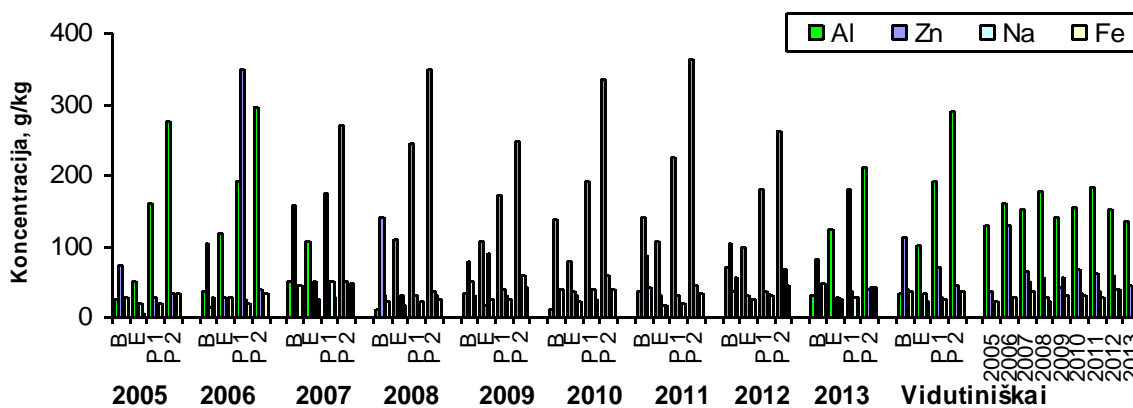
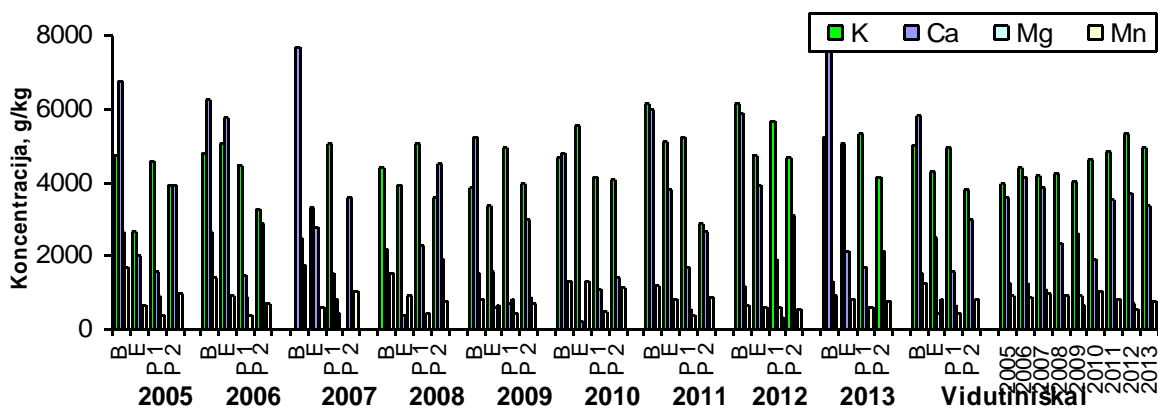
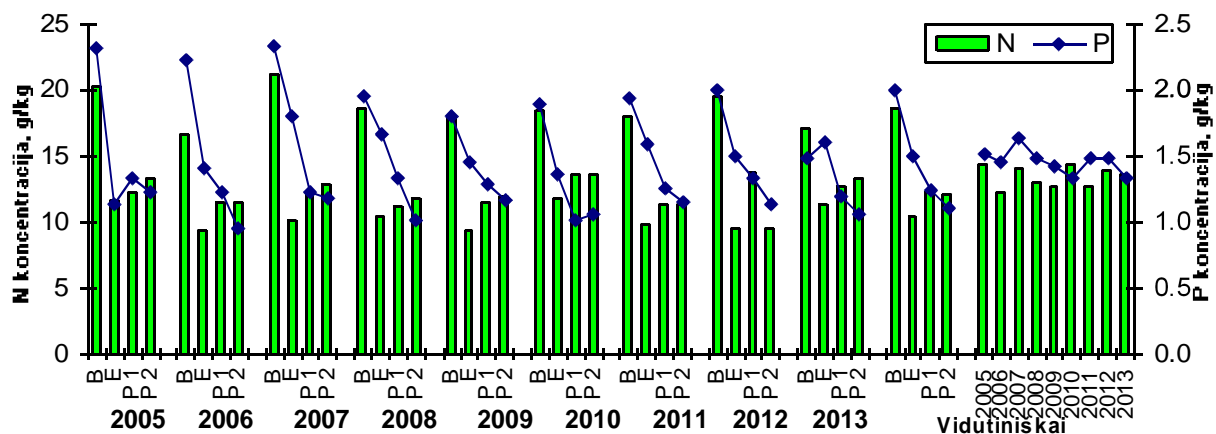
Vienas iš svarbiausių elementų yra azotas. Nuo jo kiekio augaluose priklauso anijonų ir katijonų santykis, o taip pat ir osmoso slėgis. Kalis ir kalcis lemia augalų ląstelių hidrataciją. Kalis protoplazmoje ir kitose ląstelių struktūrose kaupia daugiau vandens, ją skystina, o kalcis veikia priešingai. Dėl šios priežasties jaunesniuose spygliuose kalio yra daugiau negu kalcio. Natris ir chloras, neįeidami į organines medžiagas, taip pat dalyvauja reguliuojant osmosą, tačiau neturi įtakos elektrocheminiai pusiausvyrai. Likę elementai yra susiję su oksidacinėmis-redukcinėmis reakcijomis bei elektronų pernaša. Vykstant energijos ir cheminių junginių metabolizmui, geležis dalyvauja fermentų veikloje, magnis įeina į substrato kompleksą su ATP-aze, kalis, tiesiogiai neįeidamas į fermentų funkcines grupes, keičia fermentų baltymo konformaciją, lemia jo poveikį (Šlapauskas, 2006).

Į lapus patenkančios mineralinės medžiagos panaudojamos ląstelėms augti, jų osmosinėms galioms reguliuoti. Dėl nuolatinės medžiagų patekties lapuose gali susitelkti per didelis jų kiekis ir su tuo susijęs nepageidautinai aukštas osmosinis potencialas. Dėl šios priežasties augalai sugeba šias medžiagas šalinti iš lapų per floemą, ląstelių plaukelius ir liaukines išaugas. Lietus ir rasa gali ir nuplauti tokias susidariusias išskyras, ir išplauti iš lapo net iki 50-60% ląstelėse esančių sausųjų organinių ir mineralinių medžiagų. Greičiausiai iš lapų išplaunami kalis, natris, magnis ir manganas, kiek silpniau azotas ir fosforas. Išplovimo intensyvumas tiesiogiai priklauso nuo kritulių kiekio. Tačiau jų rūgštingumas, didesnis šviesos kiekis bei aukštesnė temperatūra skatina šio proceso intensyvumą. Dėl šios priežasties tirdami lapijos ir jos nuokritų cheminę sudėtį KMS programos rėmuose, mes bandysime spręsti ir šio laikmečio aktualią problemą – aplinkos rūgštingumo kaitos poveikį miško ekosistemoms šiltesnio klimato sąlygomis.

### **3.2.1 Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotis (LT-01).**

#### *Pagrindinių maistinių komponentų sudėties tyrimai lapijoje*

Bendrojo azoto (N) koncentracijų lapuose ir spygliuose analizė parodė, kad beržų lapuose šio elemento kaupiasi iki 1,5 kartų daugiau negu spygliuose, apie 18 g/kg. Mažiausios koncentracijos nustatytos eglės įvairaus amžiaus spyglių mišinyje – vidutiniškai apie 10-11 g/kg, kiek didesnės pirmų ir antrų metų pušies spygliuose, maždaug apie 12-13 g/kg. Antrų metų pušies spygliuose tyrimų pradžioje (iki 2011) šio elemento išlikdavo truputį daugiau negu pirmų metų P spygliuose. Paskutiniu metu laikotarpiu – pirmų metų spygliuose N koncentracijos pradėjo viršyti koncentracijas nustatytas antrų metų spygliuose. ***Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2013 m. azoto koncentracija beržų lapuose turi tendenciją mažėti po 0,17g/kg per metus, o eglės bei pušies spygliuose N koncentracijos išlika praktiškai stabilios.***



31 pav. Pagrindinių maistinių komponentų koncentracija lapijoje 2005-2013 m.

Bendrojo fosforo koncentracijų lapijoje tyrimų rezultatai analogiški bendrajam azotui (31 pav.), t.y. didžiausi kiekiai nustatyti beržų lapuose – vidutiniškai apie 2,1 g/kg. Nors tarp P koncentracijų tirtuose spygliuose esminių skirtumų nenustatyta, tačiau stebima tendencija, kad, priešingai N koncentracijai, didesnės P koncentracijos būdingos eglės spyglių mišiniui (1,4 g/kg), kiek mažesnės - pirmų metų pušies spygliams (1,2 g/kg) ir sąlyginai mažiausios – antrų

metų pušies spygliams (1,0 g/kg). ***Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2013 m. bendrojo fosforo koncentracijų kaitoje reikšmingesnės tendencijos nustatyti nepavyksta. Nežymiai mažėja beržų lapuose – po 0,08g/kg ir didėja eglės spygliuose – po 0,04 g/kg per metus.***

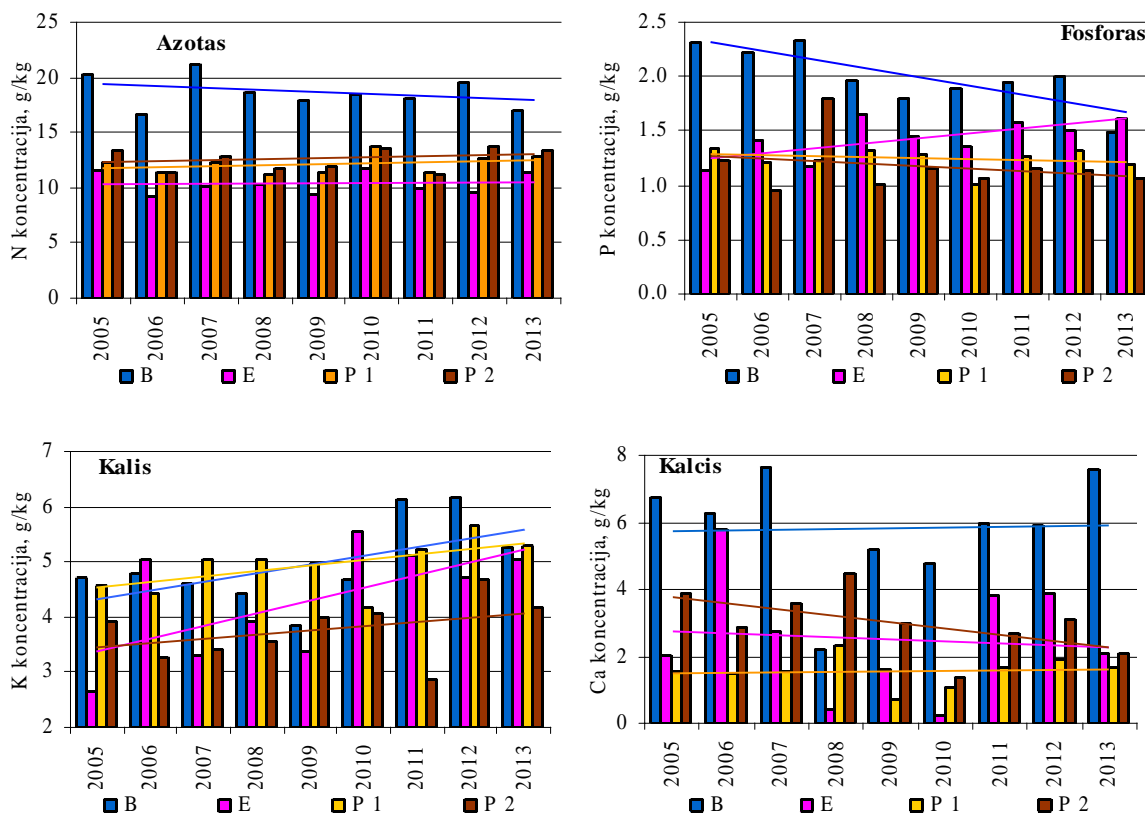
Kalio koncentracijų tyrimai asimiliaciniuose organuose parodė, kad didėjant lapijos amžiui K koncentracija mažėja. Jaunesniuose organuose (beržų lapuose ir pirmų metų pušies spygliuose) kalio koncentracijos siekė apie 4-5g/kg, o senesniuose (bendras eglės spyglių mišinys ir antrų metų pušies spygliai) 3-4 g/kg. Tai paaiškinama šio elemento išplovimu iš paviršinių ląstelių gausių kritulių metu. ***Per tiriamąjį laikotarpį stebima K koncentracijų didėjimo tendencija. Reikšmingiausiai didėja šio elemento koncentracija beržų lapuose ir eglės spygliuose – po 0,16 ir 0,23 g/kg per metus atitinkamai; mažiausiai – pušų pirmų metų spygliuose – po 0,1 g/kg per metus.***

Didžiausios magnio koncentracijos nustatytos beržų lapuose, kur jos vidutiniškai siekė 2 g/kg ir pušies pirmų metų spygliuose – 0,8g/kg. Mažesnės koncentracijos nustatytos vyresniuose pavyzdžiuose, t.y. antrų metų pušies spygliuose – 0,6 g/kg ir įvairiaamžiam eglės spyglių mišinyje – 0,4g/kg. ***Per tiriamąjį laikotarpį stebima Mg mažėjimo tendencija.***

Kalcio koncentracijos spygliuose taip pat priklausė nuo spyglių amžiaus. Mažiausios nustatytos pirmų metų pušies spygliuose, kiek didesnės eglės spyglių mišinyje ir dvigubai didesnės - antrų metų pušies spygliuose. Beržų lapuose kalcio koncentracijos, kaip ir kitų tirtų elementų žymiai viršijo koncentracijas nustatytas spygliuose. ***Ca kaitoje reikšmingesnės tendencijos per tiriamąjį laikotarpį nustatyti nepavyko.***

Mažiausios Mn koncentracijos nustatytos pirmų metų pušies spygliuose (0,4 g/kg), dvigubai didesnės eglės spyglių mišinyje (0,8 g/kg) ir antrų metų pušies spygliuose (0,9 g/kg) . Beržų lapuose Mn koncentracijos, kaip ir kitų tirtų elementų žymiai viršijo koncentracijas nustatytas spygliuose (1,4 g/kg). ***Mn kaitoje stebima mažėjimo tendencija.***

Al, Zn, Na ir Fe kaitoje galima būtų išskirti tai, kad Al daugiausiai kaupiasi antrų metų pušies spygliuose, kiek mažiau pirmų metų pušies ir eglės spygliuose bei mažiausiai beržų lapuose. Kitų elementų koncentracija tirtuose objektuose praktiškai iš esmės nesiskiria. Palyginus vidutines koncentracijas nustatyta, kad vidutiniškai mažiausiai lapijoje kaupiasi Fe, kiek daugiau Na ir Zn bei daugiausiai Al. ***Per 9-rių metų laikotarpį reikšmingesnės kaitos Al, Zn, Na ir Fe elementų koncentracijose nepastebėta.***

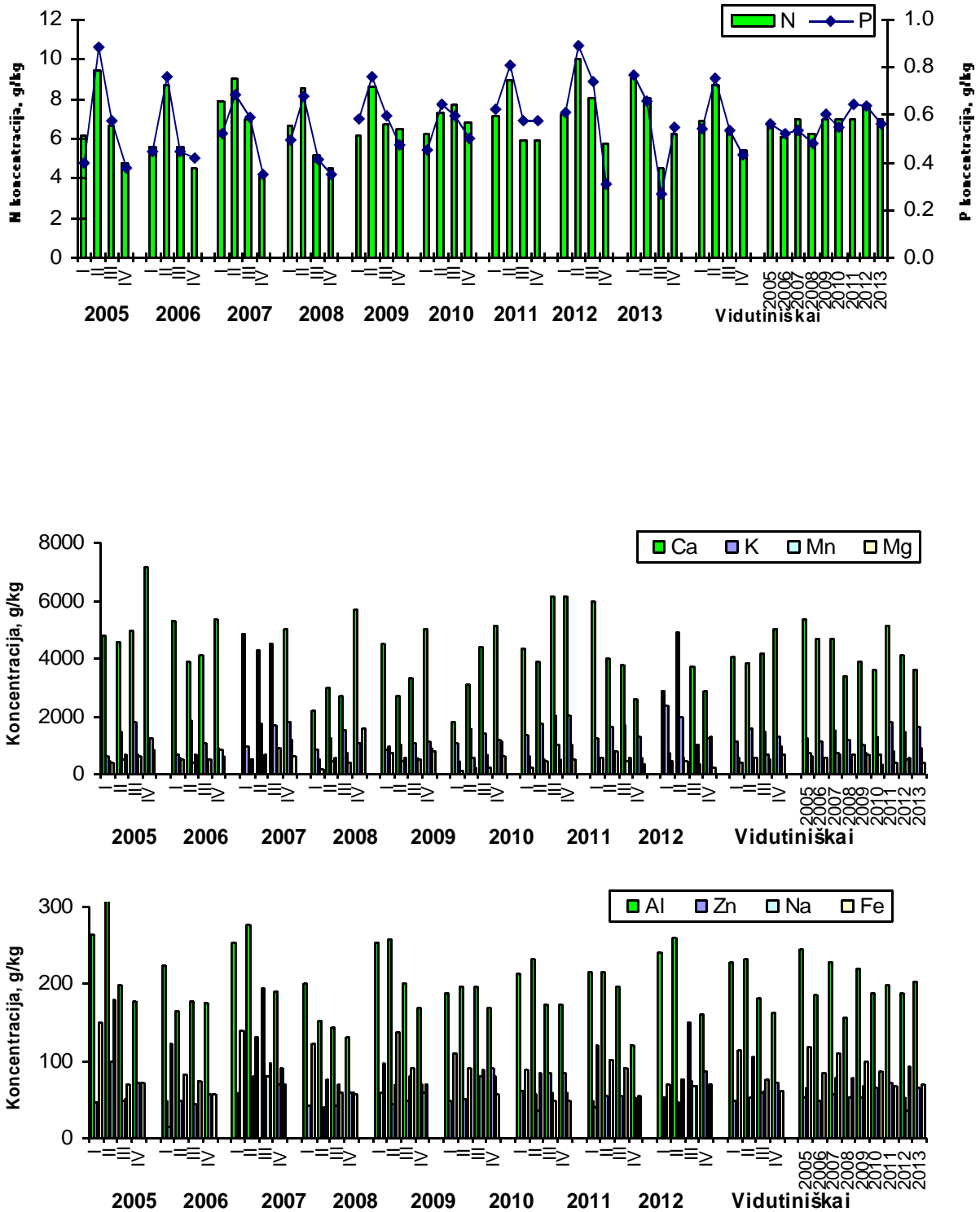


**32 pav.** Pagrindinių makro elementų kaita lapijoje Aukštaitijos KMS

*Apibendrinus gautus rezultatus nustatyta, kad per 9 m laikotarpį azoto koncentracija beržų lapuose turi tendenciją mažėti po 0,17g/kg per metus, o eglės bei pušies spygliuose N koncentracijos išlika praktiškai stabilios. Bendrojo fosforo koncentracijų kaitoje reikšmingesnės tendencijos nustatyti nepavyksta. Nežymiai mažėja beržų lapuose – po 0,08g/kg ir didėja eglės spygliuose – po 0,04 g/kg per metus. Mg ir Mn kaitoje stebima mažėjimo tendencija, o Ca, Al, Zn, Na ir Fe elementų koncentracijose reikšmingesnės kaitos nenustatyta.*

*Pagrindinių maistinių komponentų sudėties tyrimai nuokritose*

Nuokritose tirtų maistinių elementų kaitai įtakos turėjo ir sezoniškumas, ir nuokritų struktūros ypatumai. Bendrojo azoto ir fosforo koncentracijų kaitoje išsiskiria laikotarpis, kada šių elementų koncentracijos nuokritose didžiausios, tai ankstyvo pavasario mėnesiai, kada nuokritose pradeda vyrėti ne lapija ar žievė, o pumpurų ir stabilų žvyneliai (33 pav.).



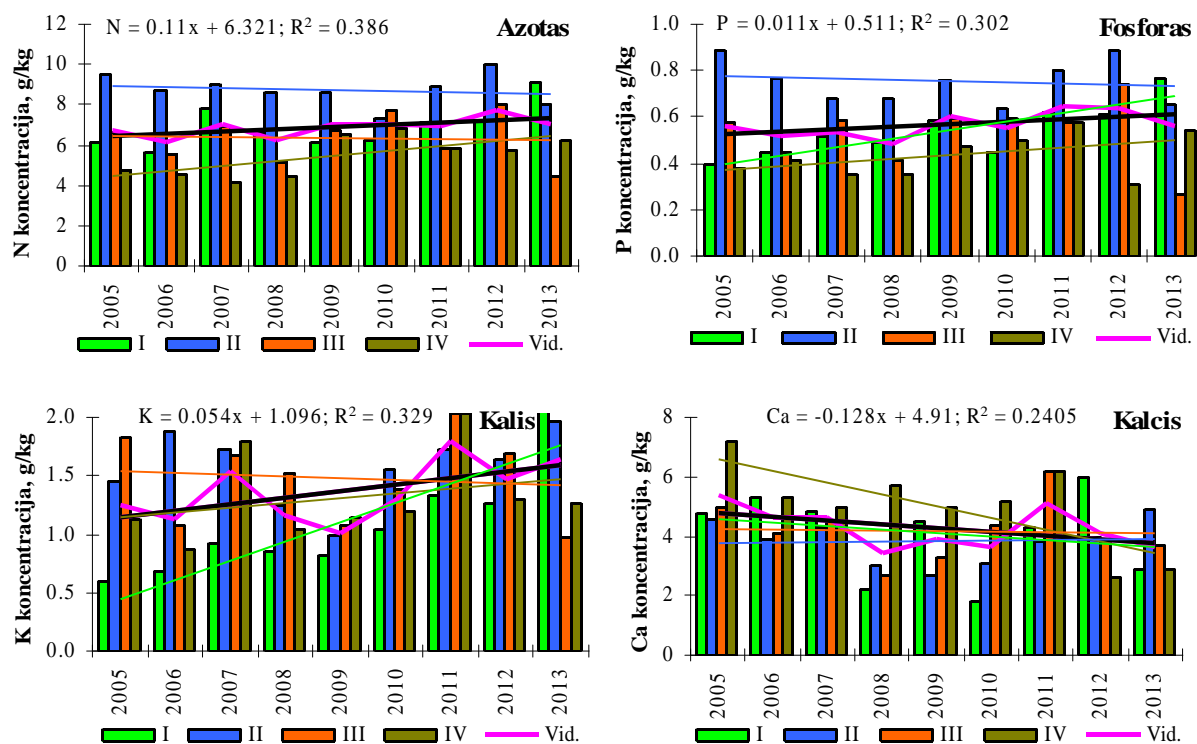
**33 pav.** Pagrindinių maistinių komponentų koncentracija nuokritose 2005-2013 m.

Kai nuokritas sudaro praktiškai vien tik spygliai ir lapai (rudens mėnesių nuokritas - IV) šių elementų koncentracijos ženkliai sumažėja. Per žiemos mėnesius esminių pokyčių nuokritose neišaiškinta (I).

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto kiekis nuokritose turėjo tendenciją didėti, ypač vasaros ir rudens mėnesių nuokritose, o fosforo – žiemos ir rudens mėnesių nuokritose. Mažiausiai reikšminga šių elementų kaita pavasario mėnesių nuokritose. Apibendrinus 9 metų rezultatus, nustatyta, kad N ir P koncentracijos kito nuokritose reikšmingai, joms didėjant maždaug po 1% nuo vidutinės metinės koncentracijos per metus.

Per tiriamąjį laikotarpį vidutinė kalcio koncentracija nuokritose reikšmingai mažėja visus metus ir ypač spalio-lapkričio mėn. nuokritose, kurias išimtinai sudarė pušies spygliai. Pastarojo laikotarpio didėjantis kritulių rūgštingumas bei Ca jonų koncentracijos mažėjimas krituliuose, matyt, kad galėjo turėti esminės įtakos tokiam kalcio jonų sumažėjimui nuokritose.

Kalio koncentracijoms nuokritose kaip ir spygliuose būdinga tendencija didėti, ypač žiemos ir rudens mėnesių nuokritose. Per 9m. laikotarpį registruojamas reikšmingas K koncentracijų nuokritose augimas po 0,05g/kg per metus. Sumažėjusį K jonų išplovimą iš spyglių reiktų aiškinti kritulių cheminės sudėties pokyčiais paskutiniuoju laikotarpiu.

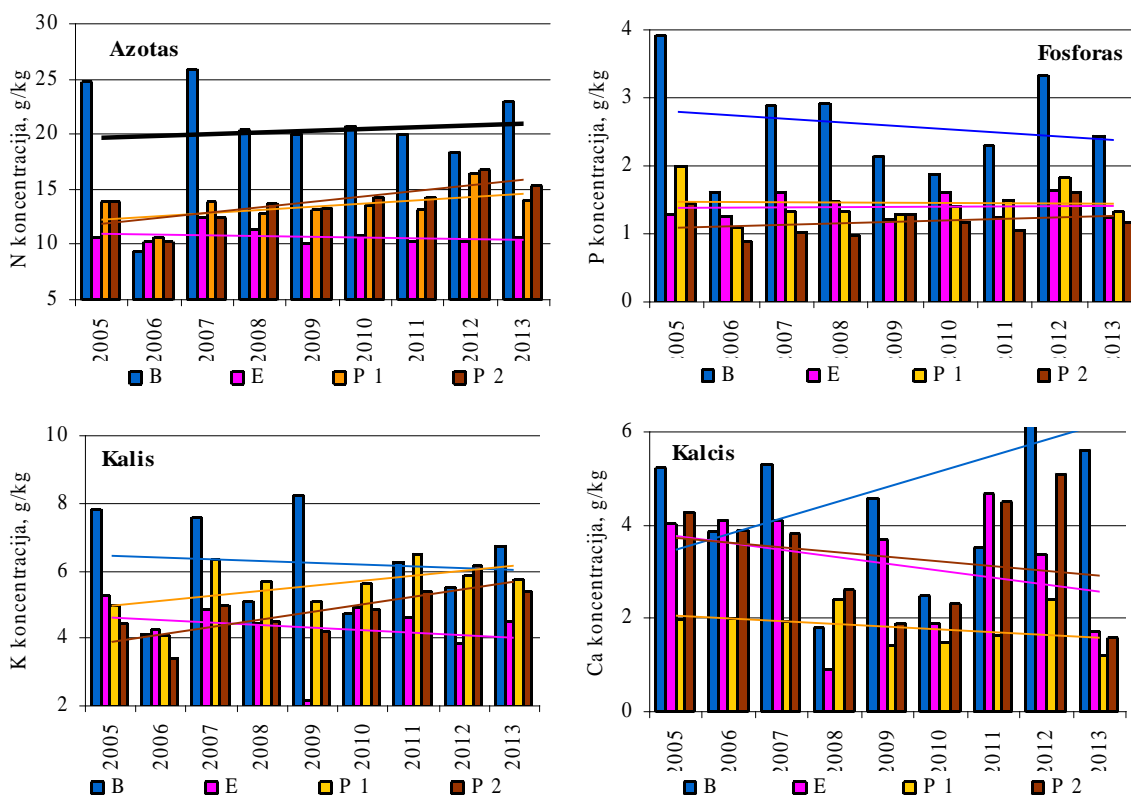


34 pav. Pagrindinių mikroelementų kiekių nuokritose kaita Aukštaitijos KMS

Reikšmingiausiai nuokritose kito Mg koncentracijos, kurios mažėjo po 27 mg/kg, kitų elementų koncentracijos kito nereikšmingai, bet absoliučiai priešingai negu lapuose/spygliuose. Nežymiai mažėjo koncentracijos Al, Na ir Fe, o didėjo Zn.

### 3.2.2 Žemaitijos kompleksiško monitoringo stotis

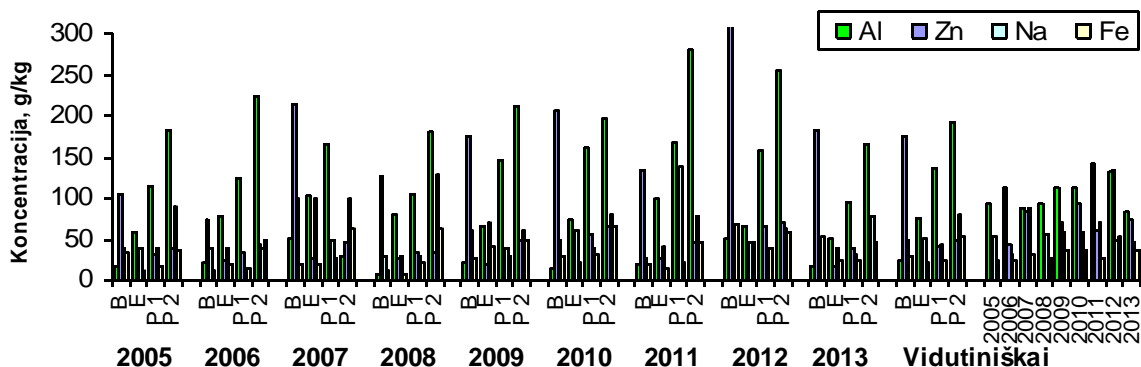
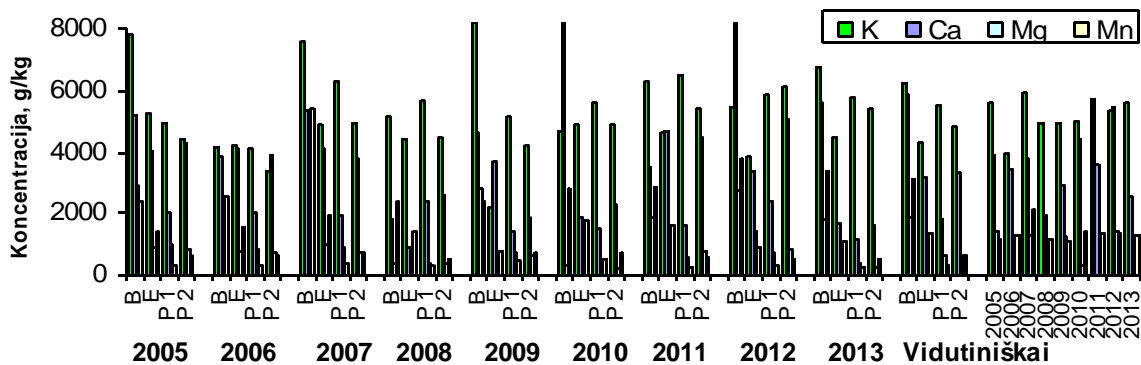
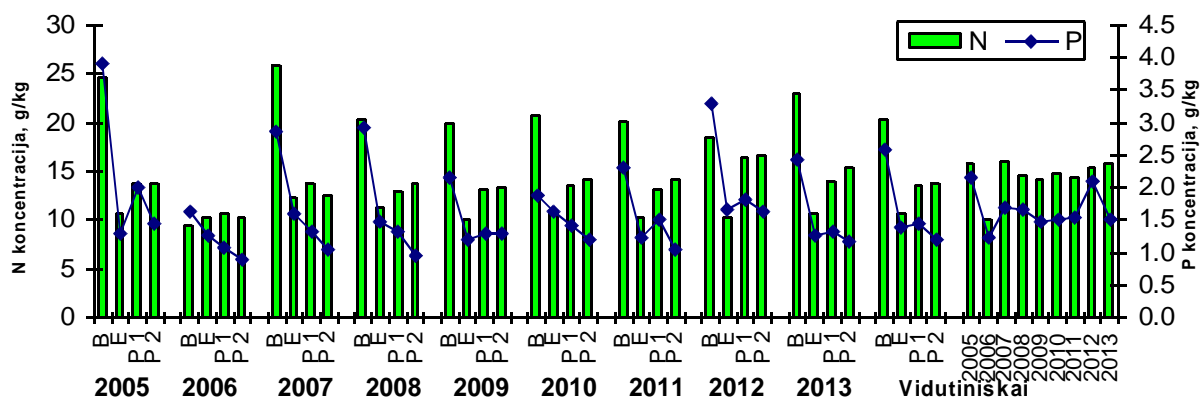
Bendrojo azoto (N) koncentracijų lapuose ir spygliuose analizė parodė, kad Žemaitijos KMS beržų lapuose šio elemento tyrimų pradžioje kaupėsi iki 1,5 karto daugiau (35 pav.) negu spygliuose (Aukštaitijos KMS – apie 2 k.). Eglių ir skirtingo amžiaus pušies spygliuose N koncentracija tik tyrimų pradžioje praktiškai nesiskyrė, (nors mažiausios koncentracijos nustatytos eglės įvairaus amžiaus spyglių mišinyje, kiek didesnės pirmų ir antrų metų pušies spygliuose), tačiau pastaruoju laikotarpiu pušies spygliuose N koncentracijos beveik 2 kartus viršija N koncentracijas eglės spygliuose. *Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2013 m. azoto koncentracijos beržų lapuose ir eglės spygliuose išlieka stabili, o pušies spygliuose turi tendenciją didėti po 0,45-0,50 g/kg per metus.*



35 pav. Pagrindinių makro-elementų kiekių lapijoje kaita Žemaitijos KMS



Bendrojo fosforo koncentracijų lapijoje tyrimų rezultatai analogiškai bendrojo azoto rezultatams (36 pav.). Didžiausi kiekiai nustatyti beržų lapuose. Apie 2 kartus mažiau šio elemento tirtuose spygliuose. Mažiausiomis P koncentracijomis pasižymėjo antrų metų pušies spygliai. *Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2013 m. bendrojo fosforo koncentracija tik spygliuose praktiškai išliko stabili, o beržų lapuose mažėja po 0,05g/kg per metus, kaip ir Aukštaitijos KMS.*



36 pav. Pagrindinių komponentų koncentracija lapijoje Žemaitijos KMS 2005-2013 m.

*Kalio koncentracijų kaitoje stebimas nežymus šio elemento kiekio didėjimas tik pušies spygliuose (po 0,22 g/kg per metus), kai tuo tarpu eglės spygliuose ir beržų lapuose šio elemento kiekis išlieka praktiškai stabilus.* Patvirtintas dėsningumas, kad jaunesniuose organuose (beržų lapuose ir pirmų metų pušies spygliuose) kalio koncentracijos didesnės negu senesniuose (bendras eglės spyglių mišinys ir antrų metų pušies spygliai). Tai šių elementų išplovimo iš asimiliacinių medžio organų rezultatas.

Kaip ir Aukštaitijos KMS, mažiausios kalcio koncentracijos nustatytos pirmų metų pušies spygliuose, kiek didesnės eglės spyglių mišinyje ir antrų metų pušies spygliuose (37 pav.). Sąlyginai didžiausios koncentracijos nustatytos beržų lapuose. *Per 2005-2013 m. laikotarpį spygliuose kalcio kiekio kaitoje stebima mažėjimo tendencija, kai tuo tarpu beržų lapuose šio elemento gausėja po 0,33 g/kg per metus.*

Magnio ir mangano koncentracijų kaitoje buvo matomos bendrosios tendencijos (36 pav.). Beržų lapuose šių elementų koncentracijos net 3-4 kartus buvo didesnės negu spygliuose. Tačiau tarp spyglių – esminių skirtumų nenustatyta. Mangano koncentracijos didžiausios taip pat beržų lapuose, dvigubai mažesnės – eglės spygliuose ir mažiausios – pušies spygliuose. Per tiriamąjį laikotarpį *Mn ir Mg koncentracijų kaitoje nenustatytos reikšmingesnės tendencijos.*

Aliuminio ir cinko koncentracijų kaitoje išaiškinti tie patys esminiai pokyčiai ir metų eigoje, ir tarp tiriamų objektų, kaip ir Aukštaitijos KMS (36 pav.). Mažiausios koncentracijos Al buvo nustatytos beržų lapuose, 3 kartus didesnės eglės spygliuose, apie 5 kartų – pirmų metų pušies spygliuose ir virš 6 kartų – antrų metų pušies spygliuose. Priešingai šiems rezultatams, mažiausia cinko koncentracija nustatyta spygliuose, o beržų lapuose šios koncentracijos buvo 3-4 kartus didesnės. *Per tiriamąjį laikotarpį Al ir Zn koncentracijų kaitoje stebimas koncentracijų didėjimo tendencijos, o ypač reikšmingai didėja Zn koncentracija beržų lapuose – po 18,5 mg/kg per metus..*

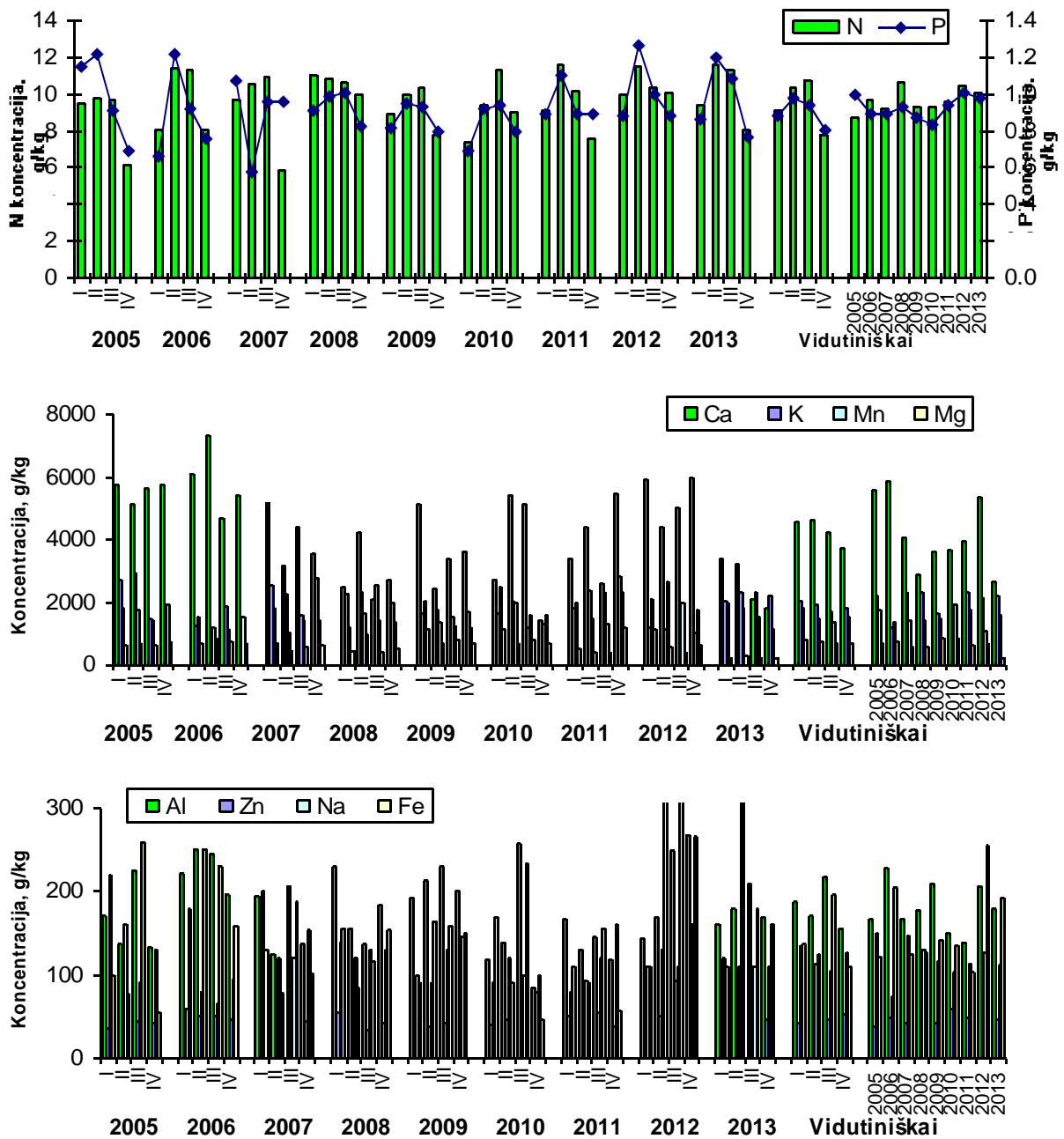
Baltijos jūra turi esminės įtakos natrio koncentracijų kaitai vakarinėje Lietuvos dalyje, todėl šio elemento koncentracijos lapijos pavyzdžiuose Žemaitijoje viršijo koncentracijas nustatytas Aukštaitijos KMS (36 pav.). *Per tiriamąjį laikotarpį dėl didelės svyravimo amplitudės, Žemaitijos KMS natrio koncentracijų kaitoje aiškesnių tendencijų nenustatyta.*

Didžiausios Fe koncentracijos nustatytos taip pat antrų metų pušies spygliuose, o likusiuose objektuose jos buvo 2-3 kartus mažesnės (36 pav.). *Per tiriamąjį laikotarpį Fe koncentracijos lapijoje turėjo tendenciją didėti. Intensyviausiai didėjo Fe koncentracija beržų lapuose – po 4,5mg/kg, kiek mažiau eglės ir pušies pirmų metų spygliuose – po 2,2 ir 1,7 mg/kg atitinkamai ir mažiausiai pušies antrų metų spygliuose – po 0,5 mg/kg per metus.*

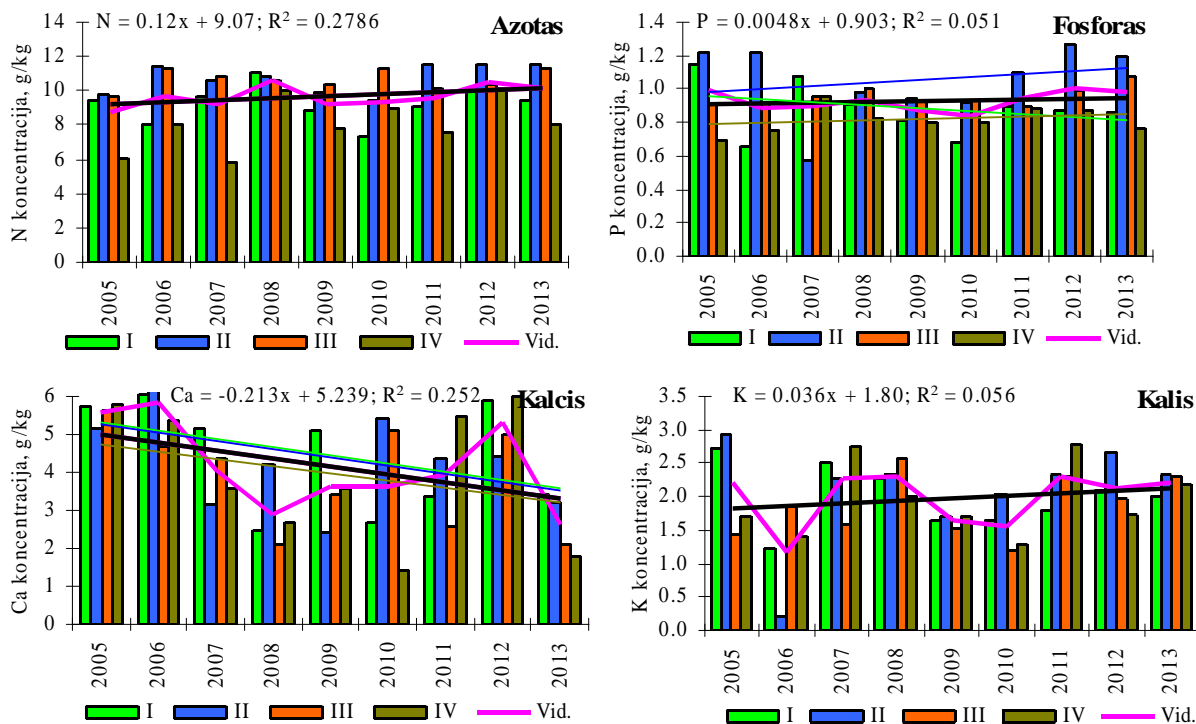
*Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2013 m. Žemaitijos KMS azoto koncentracijos beržų lapuose ir eglės spygliuose išlieko stabili, o pušies spygliuose turėjo tendenciją didėti po 0,45-0,50 g/kg per metus. Fosforo koncentracija tik spygliuose praktiškai išliko stabili, o beržų lapuose mažėjo po 0,05g/kg per metus, kaip ir Aukštaitijos KMS. Kalio koncentracijų kaitoje stebimas nežymus šio elemento kiekio didėjimas tik pušies spygliuose (po 0,22 g/kg per metus), kai tuo tarpu eglės spygliuose ir beržų lapuose šio elemento kiekis išlieka praktiškai stabilus. Stabilies išlieka ir Na, Mn ir Mg koncentracijos tirtuose lapijos pavyzdžiuose. Al, Fe ir Zn koncentracijų kaitoje stebimas koncentracijų didėjimo tendencijos, o ypač reikšmingai didėjo beržų lapuose Zn ir Fe koncentracijos – po 18,5 ir 4,5 mg/kg per metus atitinkamai.*

### Nuokritų cheminė analizė

Nuokritų cheminė analizė parodė, kad bendrojo azoto ir fosforo koncentracijų kaitai esminės įtakos, kaip ir Aukštaitijos KMS, turėjo nuokritų sezoniškumas, tačiau skirtingai nei Aukštaitijos KMS, didžiausios bendrojo azoto ir fosforo koncentracijos stebimos pavasario (II) ir vasaros (III) mėnesiais, kiek mažesnės žiemos (I) ir mažiausios vėlyvo rudens (IV) mėnesiais (37 pav.). *Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto koncentracijos nuokritose turi tendenciją didėti, o bendrojo fosforo – turėjo tendenciją mažėti iki 2010 m., o vėliau koncentracijos pradėjo taip pat didėti, kaip ir Aukštaitijos KMS* (38 pav.).



37 pav. Pagrindinių maistinių komponentų koncentracija nuokritose 2005-2013 m.



38 pav. Pagrindinių makro-elementų kiekių nuokritose kaita Žemaitijos KMS, 2005-2013 m.

Kalcio koncentracijų kaitoje sezoniškumo poveikio nustatyti nepavyko, tačiau *per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai kaip ir Aukštaitijos KMS, nustatyta šio elemento koncentracijų reikšmingas mažėjimas* (38 pav.). Jei 2012 metai užregistruotas ženklus kalcio koncentracijų padidėjimas nuokritose, tai jau 2013 m. šio elemento koncentracija toliau reikšmingai sumažėjo.

K koncentracijų kaitoje reikšmingesnės tendencijos nustatyti nepavyko taip pat kaip ir Mn koncentracijų kaitoje, nore labai neženkli didėjimo tendencija pastebima, kaip ir Aukštaitijos KMS.

Mg ir Na koncentracijų kaitoje buvo stebimo koncentracijų mažėjimo tendencijos, o Zn – didėjimo.

## IŠVADOS

Pagrindinių elementų koncentracijų bei jų pokyčių medžių lapijoje bei nuokritose analizė įgalina stebėti ekosistemoje vykstančius procesus, juos vertinti bei analizuoti tvaraus vystimosi kontekste. Apibendrinus gautus rezultatus Aukštaitijos KMS nustatyta, kad per 9 m laikotarpį azoto koncentracija beržų lapuose turi tendenciją mažėti po 0,17g/kg per metus, o eglės bei pušies spygliuose N koncentracijos išlika praktiškai stabilios. Bendrojo fosforo koncentracijų kaitoje reikšmingesnės tendencijos nustatyti nepavyksta. Nežymiai mažėja beržų lapuose – po 0,08g/kg ir didėja eglės spygliuose – po 0,04 g/kg per metus. Mg ir Mn kaitoje stebima mažėjimo tendencija, o Ca, Al, Zn, Na ir Fe elementų koncentracijose reikšmingesnės kaitos nenustatyta.

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto kiekis nuokritose turėjo tendenciją didėti, ypač vasaros ir rudens mėnesių nuokritose, o fosforo – žiemos ir rudens mėnesių nuokritose. Mažiausiai reikšminga šių elementų kaita pavasario mėnesių nuokrituose. Apibendrinus 9 metų rezultatus, nustatyta, kad N ir P koncentracijos kito nuokrituose reikšmingai, joms didėjant maždaug po 1% nuo vidutinės metinės koncentracijos per metus.

Pastarojo laikotarpio didėjantis kritulių rūgštingumas bei Ca jonų koncentracijos mažėjimas krituliuose, matyt, kad galėjo turėti esminės įtakos tokiam kalcio jonų sumažėjimui nuokritose. Kalio koncentracijoms nuokritose kaip ir spygliuose būdinga tendencija didėti, ypač žiemos ir rudens mėnesių nuokritose.

Žemaitijos KMS Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2013 m. Žemaitijos KMS azoto koncentracijos beržų lapuose ir eglės spygliuose išlieko stabili, o pušies spygliuose turėjo tendenciją didėti po 0,45-0,50 g/kg per metus. Fosforo koncentracija tik spygliuose praktiškai išliko stabili, o beržų lapuose mažėjo po 0,05g/kg per metus, kaip ir Aukštaitijos KMS. Kalio koncentracijų kaitoje stebimas nežymus šio elemento kiekio didėjimas tik pušies spygliuose (po 0,22 g/kg per metus), kai tuo tarpu eglės spygliuose ir beržų lapuose šio elemento kiekis išlieka praktiškai stabilus. Stabilios išlieka ir Na, Mn ir Mg koncentracijos tirtuose lapijos pavyzdžiuose. Al, Fe ir Zn koncentracijų kaitoje stebimas koncentracijų didėjimo tendencijos, o ypač reikšmingai didėjo beržų lapuose Zn ir Fe koncentracijos – po 18,5 ir 4,5 mg/kg per metus atitinkamai.

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto ir fosforo koncentracijos nuokritose turi tendenciją didėti, nors ši tendencija nėra tokia akivaizdi kaip Aukštaitijos KMS. Kalcio koncentracijų kaitoje sezoniškumo poveikio nustatyti nepavyko, tačiau per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai kaip ir Aukštaitijos KMS, nustatyta šio elemento koncentracijų reikšmingas mažėjimas.

## LITERATŪRA

- Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė L.** (2004). Change dynamics of biogenic matter in river waters of southeast Lithuania during periods of different waterness. *Journal of environmental Engineering and Landscape Management*, vol. 12, No 4, 146–152.
- Dirvožemių**, dirvožemio ir gruntinio vandens cheminė sudėtis kompleksinio monitoringo foninėse stotyse, (1995). Geografijos instituto 1995 metų darbų ataskaita (temos vadovas dr. Z. Gulbinas).
- Dirvožemių**, dirvožemio ir gruntinio vandens cheminės sudėties stebėjimai integruoto monitoringo stotyse, (1993). Geografijos instituto 1993 metų darbų ataskaita (temos vadovas dr. Z. Gulbinas).
- Dirvožemių**, dirvožemio ir gruntinio vandens monitoringas kompleksinėse foninio monitoringo stotyse, (1994). Geografijos instituto 1994 metų darbų ataskaita (temos vadovas dr. Z. Gulbinas).
- Dirvožemių**, dirvožemio vandens, gruntinio vandens ir upelių vandens monitoringas foninėse stotyse, (2000). Geografijos instituto 2000 metų darbų ataskaita (temos vadovas dr. Z. Gulbinas).
- Dirvožemių**, dirvožemio vandens, gruntinio vandens ir upelių vandens monitoringas kompleksinėse monitoringo stotyse, (2001). Geografijos instituto 2001 metų darbų ataskaita (temos vadovas dr. Z. Gulbinas).
- Dirvožemių**, dirvožemio vandens, gruntinio vandens ir upelių vandens monitoringas kompleksinėse monitoringo stotyse, (2002). Geologijos ir geografijos instituto 2002 metų darbų ataskaita (temos vadovas dr. M. Samuila).
- Grimvall A., Stalnacke P., Tonderski A.** (2000). Timescale of nutrient losses from land to sea – a European perspective. *Ecological Engineering*, No 14, 363-371.
- Manual for Integrated Monitoring.** Programme Phase 1993–1996. Environment Data Centre, National Board of Waters and the Environment. Helsinki, (1993).
- Manual for integrated monitoring** (1998). ICP IM programme centre, Finish environment institute, Helsinki.
- Šlapakauskas, V.A.** 2006. Augalų fiziologija. Kaunas, Lututė, 420 p.

#### IV. TERŠALŲ POVEIKIS TIRTŲ MIŠKO EKOSISTEMŲ KOMPONENČIŲ KAITAI

Praėjusio amžiaus 8-jame dešimtmetyje daugelis miškų būklės žymių tyrėjų pranašavo, kad didelės sieros ir azoto komponentų iškritos Europoje sąlygos masinius miškų pažeidimus ar net jų žūtį (Wentzel, 1971; Smith, 1974 ir kt.). Miškai iš tikrųjų buvo pakenkti didelėse pramonės centrų poveikio teritorijose, iš pradžių Vokietijoje (Knabe, 1981; Bauer, 1982; Bach, 1985), o vėliau ir kitose V. Europos valstybėse (Bernadzki et al. 1983, Stahel, 1984; Karl, 1986) kol galiausiai devinto dešimtmečio pradžioje pradėta teigti, kad miškų būklės blogėjimas įgauna regioninį mastą (Braker and Gaggen 1984, Mc Lauglin, 1985 ir kt.).

Nuo pat pradžių tolimosios užteršto oro pernašos ir rūgščiųjų junginių iškritos buvo laikomos pagrindine šių neigiamų miškų pokyčių priežastimi (Knabe, 1981; Bauer, 1982; Braker and Gagen, 1984), didinančia ne tik dirvožemio rūgštingumą (Falkengren-Grerup, 1987; Tamm, 1989; Bytnerowicz, Fenn, 1996), dirvožemio buferinių savybių sumažėjimą ir pagrindinių mineralinių medžiagų ir jonų iš dirvožemio išplovimą (Schulze, 1989; Likens et al., 1996), bet ir stimuliuojančia toksinių aliuminio junginių susidarymą (Ulrich 1981, Hutchinson et al. 1986, Cronan and Gregal 1995, Eisman, de Vries, 2000), didinančia medžių jautrumą šalčiui (Sheppard, 1994) ar sausroms (Dueck et al., 1998) bei galiausiai sąlygojančia dirvožemio mikroorganizmų aktyvumo sumažėjimą (Persson et al., 1989). Tačiau vėliau vis dažniau imtos minėti nepalankios klimatinės sąlygos, miško kenkėjų invazijos, ligos, miškininkų klaidos (monokultūrų veisimas, plynų kirtimų sutelkimas) ir kitos priežastys (Boneau, 1986; Nys, 1989; Auclair et al. 1992; Houston, 1992). Pastaruoju laikotarpiu, priešingai visoms ankstesnėms hipotezėms, mokslininkai pradėjo abejoti dėl miškų būklės regioninio blogėjimo fenomeno. Tam tikslui buvo pateikti nustatyti statistiškai nereikšmingi ( $p > 0,05$ ) lajos rodiklių ir oro užterštumo bei rūgščiųjų srautų ryšiai (Schweingruber 1985, Nelleman and Frogner 1994, Klap et al. 1997) bei to laikotarpio greitesni medžių augimo tempai kai kuriuose Centrinės Europos šalyse (Kander, Innes, 1995; Spiecker, 1999).

Pastaruoju laikotarpiu kai kurie mokslininkai pradėjo teigti, kad daugelis neigiamų miškų būklės pokyčių regioniniu mastu nebuvo sąlygoti rūgščiųjų srautų (Blank et al., 1988; Innes, 1993; Skelly and Innes, 1994). Praėjusio amžiaus IX dešimtmetyje medžių lajų defoliacija padidėjo tik Centrinėje Europoje ir dalyje Skandinavijos bei Pietų Europos. Likusiose Europos regionuose buvo ir pozityvių, ir negatyvių miškų būklės pokyčių, kuriems, manoma, esminę įtaką turėjo gamtiniai aplinkos veiksniai (De Vries et al., 2000). Skelly J.M. ir Innes J.L. (1994) nuomone, pagrindinė idėja apie plačiai paplitusį fenomeną – miškų žūtį ar jų pažeidimus, sąlygojamus aplinkos užterštumo buvo mokslinė fantazija. Matyt, dėl šios



priežasties vis dažniau neigiamus miškų būklės pokyčius pradėta sieti su klimatu. Bandyta įrodyti, kad klimatas reikšmingiau veikia medžių lajų būklę nei medyno ar augavietės veiksniai, pateikiant pavyzdžius, kai tam tikrais atvejais meteorologinės sąlygos lemia net iki 79 % einamųjų metų defoliacijos kaitos (Neirynek, Roskams, 1999).

Nežiūrint tokių prieštaringų hipotezių daugelis mokslininkų vis tik tai linkę teigti, kad oro užterštumas sąlygoja augaluose biocheminius, fiziologinius ir morfologinius pokyčius, kurie vėliau sumažina augalų atsparumą žemoms temperatūroms ar drėgmės trūkumui. Antra vertus, žemos temperatūros gali tiesiogiai pažeisti medžius - jų lapiją, stiebus, o kai kuriais atvejais net šaknis. Šiuos pažeidimus gali padidinti oro tarša, ypač rudens ir pavasario mėnesiais (Chappelka, Freer-Smith, 1995).

Todėl pastaruoju laikotarpiu, atsižvelgdami į ankstesnių tyrimų rezultatus, populiariausia mokslininkų tarpe išlieka aplinkos veiksnių kompleksiško poveikio hipotezė, iš kurių tarpo kokio tai nors vieno veiksnio išskyrimas, kaip limituojančio medžio gyvybingumo procesus, pakankamai sudėtingas procesas, dėl pačių aplinkos veiksnių daugiareikšmės sąveikos. Atsižvelgiant į mažėjančius emisijų trendus Vakarų ir Vidurio Europoje, manoma, kad regioninis oro užterštumo poveikis turėtų mažėti (Mayerhofer et al., 2001), o klimato poveikis didėti (Innes, 1994; Spiecker et al., 1996; Ratio, 2000).

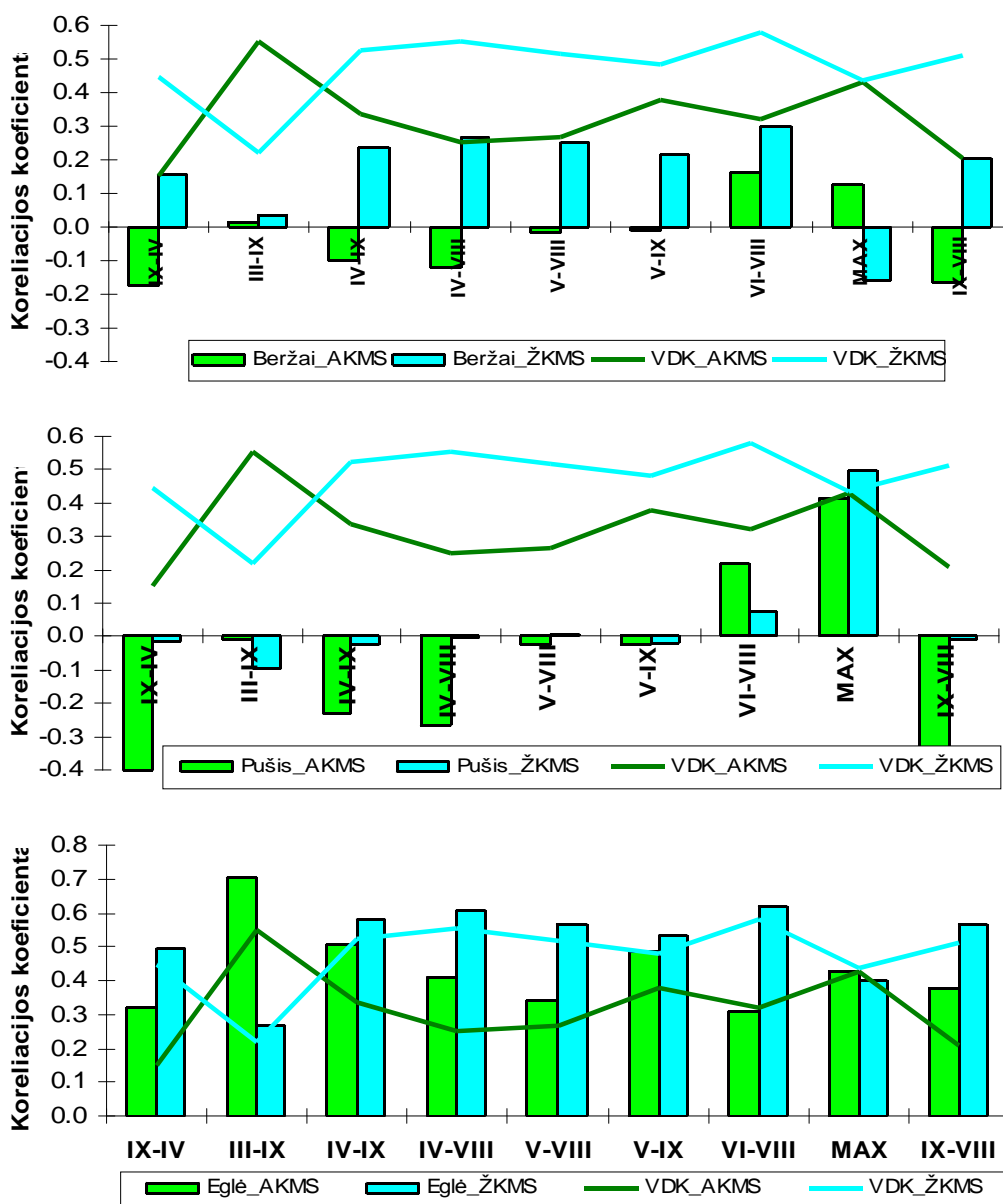
#### **4.1. Rūgščiųjų komponentų ore, jų iškritų ir pažemio ozono poveikis miškų būklei**

Kompleksiško monitoringo programos preambulėje teigiama, kad ši programa skirta nustatyti, įvertinti ir prognozuoti sąlygiškai natūralių miško ekosistemų būklę bei jos ilgalaikius pokyčius, atsižvelgiant į tolimųjų oro teršalų (ypač sieros ir azoto junginių) pernašų, ozono ir sunkiųjų metalų poveikį globalaus klimato atšilimo sąlygomis. Todėl vertinant aplinkos veiksnių poveikį miško ekosistemų būklei didžiausias dėmesys buvo skirtas rūgščiųjų iškritų ir ozono bei natūralių veiksnių, tokių kaip oro temperatūra ir krituliai, poveikio medžių būklei, epifitinių kerpių bei žaliųjų oro dublių rūšinei įvairovei bei gausumui išaiškinti ir prognozuoti. Tyrimų rezultatai įgalino išaiškinti veiksnius sąlygojančius bendrus atskirų ekosistemos komponentų neigiamus pokyčius ar didinančius jų atsparumą nepalankiems veiksniams, taip sprendžiant vieną iš pagrindinių šių dienų prioritetinių uždavinių – nustatyti ir įvertinti oro užterštumo poveikį miškų ekosistemoms besikeičiančios aplinkos sąlygomis (Paoletti, Augustaitis et al., 2003).

Tolimosios užteršto oro pernašos ir rūgščiųjų junginių iškritos jau nuo seno buvo laikomos pagrindine neigiamų miškų būklės pokyčių priežastimi. Todėl pagrindinis dėmesys buvo skirtas išaiškinti ar tolimosios užteršto oro pernašos ir rūgščiųjų junginių iškritos

regioninio užterštumo teritorijose gali reikšmingai sąlygoti medžių lajų vidutinės defoliacijos kaitą laike, skirtingose Lietuvos regionuose (erdvėje).

Problematisškas išlieka ir ozono poveikis miškams. Dėl papildomo poveikio kitų natūralių ir antropogeninių stresorių (azoto ir sieros oksidų koncentracijų ore), ozono poveikis nebuvo nustatytas net plataus masto miškų būklės pablogėjimui (Skelly and Innes, 1994; Kandler and Innes, 1995; Klap et al., 1997, 2000), nors tai plačiai žinomas fitotoksikantas (Krupa and Manding, 1988), sustiprinantis neigiamą poveikį tokių oro teršalų kaip SOx ir NOx (Matyssek and Innes, 1999; Percy, 2002). Tokio poveikio rezultate sumažėja lapų fotosintezės, o padidėja kvėpavimo intensyvumas, sumažėja lapų-spyglių dydis, lapijos paviršiaus indeksas, lapijos gyvavimo trukmė bei bendras lapijos dangos tankumas (Karnosky et al., 1999). Būtent šie pokyčiai ir atsispindi medžių lajų defoliacijos rodiklyje.



39 pav. Ozono poveikis beržų, eglė ir pušų lajų defoliacijos intensyvumui

Gauti rezultatai rodo, kad ir Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseine augančių viršaujančių medžių lajų defoliacijos laipsnį lėmė ozono koncentracijų kaita. Didžiausias neigiamas ryšys nustatytas tarp vidutinių kovo-rugsėjo mėnesių ozono koncentracijų ir viršaujančių medžių defoliacijos Aukštaitijos KMS, o Žemaitijos KMS reikšmingiausias šis ryšys nustatytas birželio-rugpjūčio mėnesiais bei kiek silpnesnis balandžio – rugpjūčio, rugsėjo mėnesiais.

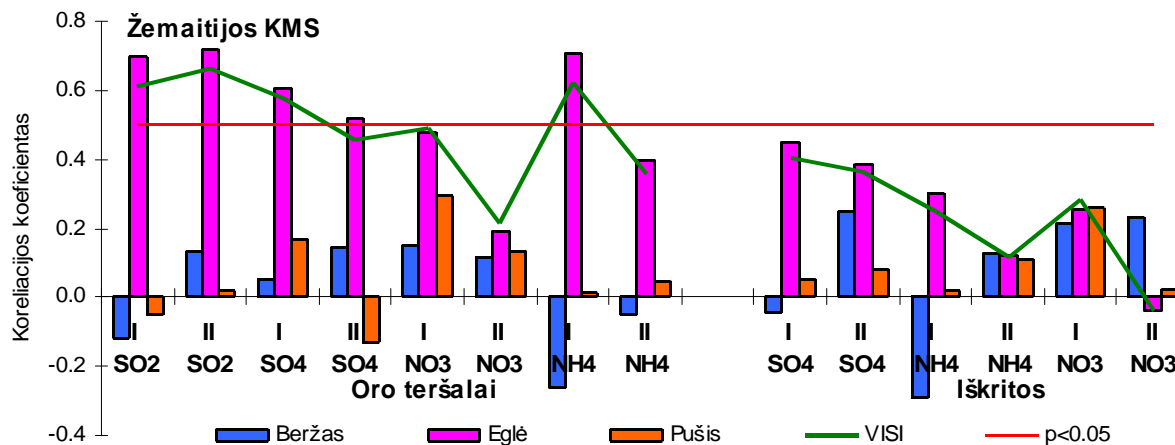
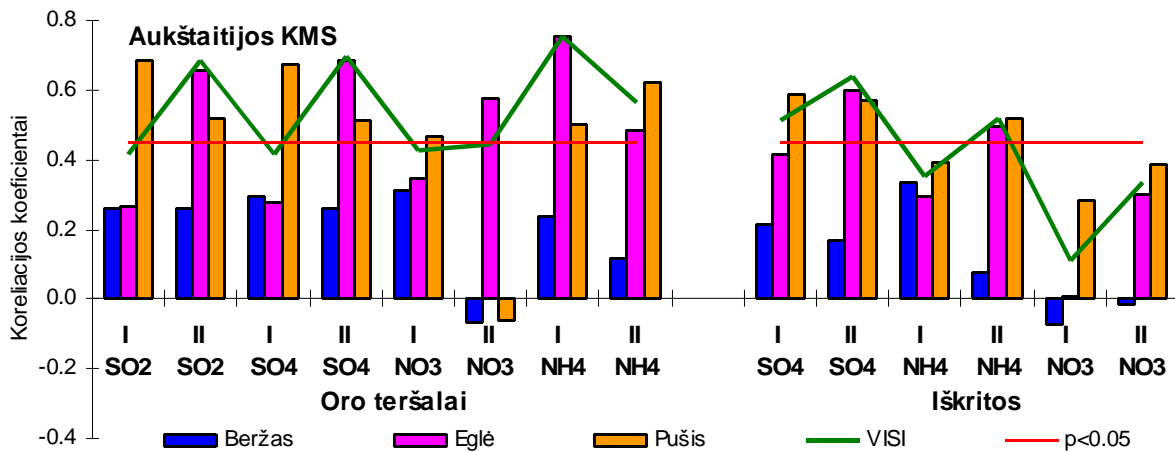
Didžiausią jautrumą šiam toksiškui atmosferos komponentui demonstravo paprastosios eglės. Abiejose stotyse šiltojo laikotarpio aukštesnės pažemio ozono koncentracijos sąlygojo didesnę šių medžių defoliaciją. Atspariausios šiam toksikantui pasirodė pušys. Tik maksimalios ozono koncentracijos galėjo turėti neigiamos reikšmės lajų būklei. Ozono poveikis beržų lajų būklei buvo stipresnis Žemaitijos KMS negu Aukštaitijos KMS, tačiau statistiškai nereikšmingas ( $p > 0,05$ ).

#### ***4.1.1. Rūgščių koncentracijų ore poveikis KMS baseinuose augančių medžių vidutinei defoliacijai***

Ankstesni mūsų tyrimai parodė, kad medžių defoliacija sąlygoja taip pat net kelių metų aplinkos užterštumo lygis rūgštinančiomis komponentėmis. Koreliacijos koeficientai tarp užterštumo parametrų praėjusių metų laikotarpio (II) ir defoliacijos yra didesni nei tarp einamųjų metų (I) užterštumo ir tų pačių metų lajų defoliacijos laipsnio (40 pav.). Taip, matyt, pasireiškia užterštumo liekamasis bei vėlavimo poveikis miškų būklei, ką patvirtina ir visa eilė tyrimo rezultatų, gautų užsienyje (De Vries et al., 2000; Klap et. al., 1997, 2000) ir mūsų Respublikoje, regioninio ir lokalaus užterštumo teritorijose (Juknys et al., 2003; Augustaitis et al., 2003; Augustaitis, 2003).

Tyrimai Kompleksinio monitoringo stotyse įgalino atsakyti į klausimą ar atskirų Lietuvos regionų oro užterštumas iš esmės sąlygoja šių teritorijų miškų būklės pokyčius.

Pradiniame tyrimų etape buvo pamėginta išaiškinti metinių koncentracijų poveikį tirtų medžių defoliacijai. Tyrimams naudojome praėjusių ir einamųjų metų vidutines koncentracijas ir suminius iškritų kiekius.

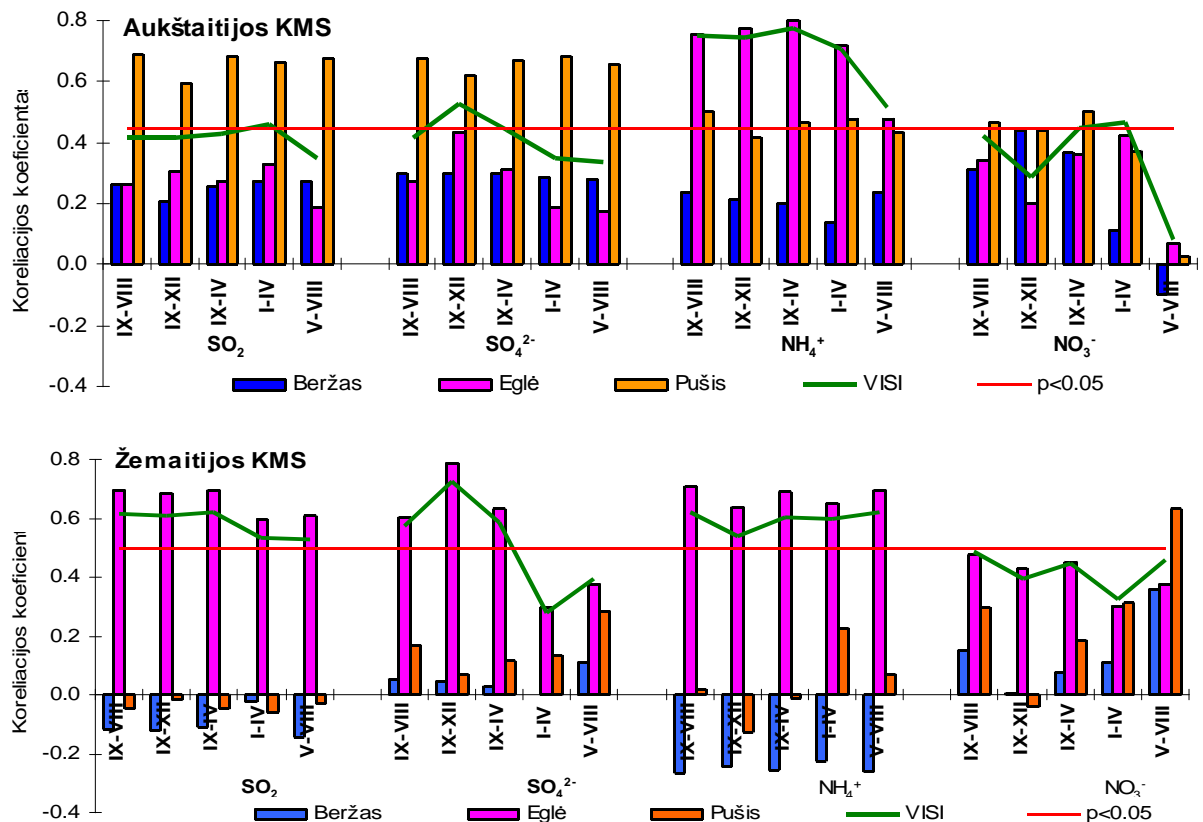


**40 pav.** Einamųjų (I) ir praėjusių (II) metų rūgščiųjų komponentių ore ir jų iškritų poveikis tirtų medžių defoliacijos kaitai KMS teritorijose

Gautų rezultatų analizė parodė, kad pagrindinės rūgštiesios komponentės ore turinčios reikšmingiausią poveikį medžių lajų būklei yra sieros dvideginis, aerozoliniai amonio ir sulfatų jonai. Mažiausiai reikšmingas yra nitratų poveikis medžių lajų vidutinei defoliacijai.

Praėjusių metų SO<sub>2</sub> koncentracijų ore poveikis medžių lajų defoliacijos yra reikšmingesnis negu einamųjų metų. Kitų rūgštinančių komponentių poveikis lajų defoliacijai yra reikšmingesnis einamaisiais metais, nei praėjusiaisiais.

Jei paskutiniaisiais metais sieros komponentių koncentracijos mažėja, tai amonio koncentracijos ir jo srantai į ekosistemas auga. Tai pastarojo laikotarpio reali grėsmė miško ekosistemoms, jų stabilumui, biologinei įvairovei ir įvairių biotos komponentų gausai.



**41 pav.** Rūgščiųjų komponentių ore poveikis tirtų medžių lajų defoliacijos kaitai

Aukštaitijos KMS baseine reikšmingiausiai aplinkos užterštumo komponentai sąlygojo pušų lajų vidutinę defoliaciją. Pagrindinės rūgštiesios komponentės turinčios reikšmingiausią poveikį defoliacijai buvo sieros dvideginis bei aerozoliniai amonio ir sulfatų jonai. Šių porinių priklausomybių koreliacijos koeficientai viršijo 0,8 ir buvo statistškai reikšmingi ( $p < 0,05$ ). Eglė lajų defoliaciją reikšmingiausiai sąlygojo aerozoliniai amonio jonai ir kiek mažiau sieros komponentių koncentracijos ore. Tarp beržų lajų defoliacijos ir rūgščiųjų komponentių ore reikšmingesnis ryšis nenustatytas.

Žemaitijos KMS baseine reikšmingiausiai aplinkos užterštumo komponentės ore sąlygojo eglė lajų vidutinę defoliaciją. Pagrindinės rūgštiesios komponentės turinčios reikšmingiausią poveikį defoliacijai buvo aerozoliniai amonio jonai, sieros dvideginis ir sulfatų jonai. Šių porinių priklausomybių koreliacijos koeficientai dažnai viršijo 0,7 ir buvo statistškai reikšmingi ( $p < 0,05$ ). Kaip ir Aukštaitijos KMS tarp beržų lajų defoliacijos ir rūgščiųjų komponentių ore reikšmingesnis ryšis nenustatytas.

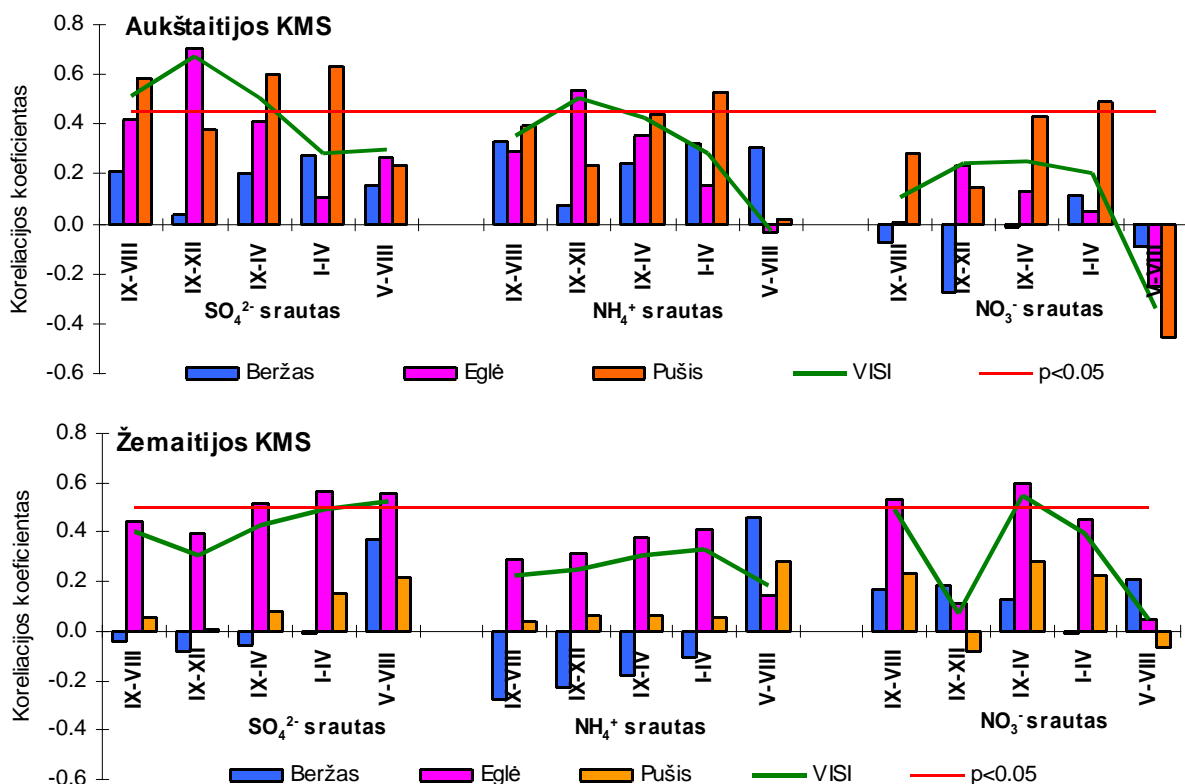
Reikia pažymėti, kad paprastosios eglės labiausiai nukentėjo nuo žievėgraužių topografų, kurių invazijos intensyvumas, pagal daugelio mokslininkų tyrimų rezultatus, priklauso nuo vėjo, šalčio, sniego, sausros pažeistų medžių skaičiaus. Tačiau pastaruoju laikotarpiu daugelis mokslininkų pradėjo teigti, kad ir oro užterštumas, rūgštūs lietūs bei ozonas, kurie kaip šių pažeidimų predisponuojantys veiksniai, padidino medynų jautrumą šių

kenkėjų invazijai (Grodzki et al., 2002). Šiuos teiginius patvirtino KMS teritorijose gauti rezultatai. *Pirmą kartą išaiškinta, kad eglė vidutinę defoliaciją KMS baseinuose statistiškai reikšmingai sąlygoja amonio jonų ir sieros oksidų koncentracija ore.*

Mažiausią įtaką aplinkos užterštumas turėjo paprastųjų ir plaukuotuoju beržų lajų defoliacijai (*Betula spp.*). Gauti ryšiai abiejose KM stotyse yra nereikšmingi ( $p < 0,05$ ), kas įgalina daryti išvadą, kad beržų būklę gali sąlygoti klimatiniai veiksniai. Patvirtinti daromas prielaidas būtų galima tik suintensyvinus stebėjimus beržynuose. Pagal ICP IM metodika išskirtuose tyrimo ploteliuose auga per mažai beržų, kad būtų galima patikimai vertinti pagrindinius aplinkos veiksnius, turinčius reikšmingos įtakos jų būklės kaitai.

#### 4.1.2. Rūgščių komponentų iškritų poveikis KMS baseinuose augančių medžių vidutinei defoliacijai

Sezoninio rūgščių iškritų galimo poveikio tirtų medžių rūšių vidutinės defoliacijos kaitai analizė parodė, kad iškritų poveikis medžių lajų defoliacijai yra žymiai mažiau reikšmingas negu jų koncentracijos ore. Tai aiškinama, kad vienas iš reikšmingiausių veiksnių sąlygojančių rūgščių iškritų mėnesinius ir metinius kiekius yra krituliai, kurie teigiamai sąlygoja medžių augimą ir būklę ypač vegetacijos laikotarpiu. Pateiktuose paveiksluose gerai matyti, kad iškritų neigiamas poveikis dažniausiai registruojamas šaltojo metų laikotarpio mėnesiais, kai tuo tarpu vegetacijos laikotarpiu iškritų poveikis nereikšmingas.



42 pav. Rūgščių komponentų iškritų poveikis tirtų medžių lajų defoliacijos kaitai

Nepaisant šio fakto, galima teigti, kad pagrindinės rūgščiųjų komponentių iškritos turinčio poveikį medžių lajų būklei yra amonio ir sieros šlapiosios iškritos. Mažiausiai reikšmingos yra nitratų iškritų poveikis medžių lajų vidutinei defoliacijai.

Tiriant rūgščiųjų iškritų poveikį skirtingoms medžių rūšims nustatyta, kad pušų ir eglių lajų būklei Aukštaitijos KMS ir eglių lajų būklei Žemaitijos KMS turi sieros iškritos. Amonio jonų ir ypač nitratų iškritos turi tik tam tikrą įtaką pušų lajų būklei Aukštaitijos KMS, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS šių iškritų poveikis tirtų medžių lajų defoliacijai fragmentiškas ir dažniausiai nereikšmingas.

## IŠVADOS

Aukštaitijos KMS baseine reikšmingiausiai aplinkos užterštumo komponentai sąlygojo pušų lajų vidutinę defoliaciją. Pagrindinės rūgščiųjų komponentės turinčios reikšmingiausią poveikį defoliacijai buvo sieros dvideginis bei aerosoliniai amonio ir sulfatų jonai. Šių porinių priklausomybių koreliacijos koeficientai viršijo 0,8 ir buvo statistiškai reikšmingi ( $p < 0,05$ ). Eglių lajų defoliaciją reikšmingiausiai sąlygojo aerosoliniai amonio jonai ir kiek mažiau sieros komponentių koncentracijos ore. Tarp beržų lajų defoliacijos ir rūgščiųjų komponentių ore reikšmingesnis ryšis nenustatytas.

Žemaitijos KMS baseine reikšmingiausiai aplinkos užterštumo komponentės ore sąlygojo eglių lajų vidutinę defoliaciją, ypač aerosoliniai amonio jonai, sieros dvideginis ir sulfatų jonai. Šių porinių priklausomybių koreliacijos koeficientai dažnai viršijo 0,7 ir buvo statistiškai reikšmingi ( $p < 0,05$ ). Kaip ir Aukštaitijos KMS tarp beržų lajų defoliacijos ir rūgščiųjų komponentių ore reikšmingesnis ryšis nenustatytas galimai dėl per mažos tyrimų objekto apimties..

Iškritų poveikis medžių lajų defoliacijai yra žymiau mažiau reikšmingas negu jų koncentracijos ore. Iškritų neigiamas poveikis dažniausiai registruojamas šaltojo metų laikotarpio mėnesiais, kai tuo tarpu vegetacijos laikotarpiu iškritų poveikis nereikšmingas.

Reikšmingiausiai sieros iškritos sąlygojo pušų ir eglių lajų būklę Aukštaitijos KMS ir eglių lajų būklę Žemaitijos KMS. Amonio jonų ir ypač nitratų iškritos turi tik tam tikrą įtaką pušų lajų būklei Aukštaitijos KMS, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS šių iškritų poveikis tirtų medžių lajų defoliacijai fragmentiškas ir dažniausiai nereikšmingas.

#### 4.1.3. Klimatinių veiksnių poveikis medžių lajų defoliacijai

Pastaruoju laikotarpiu, iš veiksnių, sąlygojančių miškų būklę, išskiriamos klimato atšilimo sąlygojami meteorologiniai veiksniai, grybinės ligos ir vabzdžiai – ypač jau pažeistiems medžiams. Tyrimais įrodoma, kad klimato kaita medžių lajų būklę veikia reikšmingiau nei medyno ar augavietės veiksniai. Tačiau suprantama, kad klimato poveikio vertinimas be oro užterštumo teikia klaidingą aplinkos veiksnių poveikio medžių lajų būklei sampratą. Oro užterštumas sukelia augalų biocheminius, fiziologinius ir morfologinius pokyčius, kurie mažina jų atsparumą šalčiui ar drėgmės trūkumui. Antra vertus, šaltis gali tiesiogiai pažeisti medžius - jų lapiją, stiebus ar net šaknis. Šiuos pažeidimus gali padidinti oro tarša.

Medžių būklę iš esmės lemia dvi meteorologinių veiksnių grupės. Pirma – palankios ir nepalankios klimatinės sąlygos; antra – ekstremalūs meteorologiniai veiksniai, tiesiogiai sąlygojantys medžių būklę (snieglaužos, vėjalaūžos ir kt.). Pastaruoju laikotarpiu vis didesnę įtaką miškų būklei įgauna klimato kaita.

Klimatiniai veiksniai atskirais atvejais gali būti reikšmingesni medžių lajų būklės pokyčiams ne tik už medyno ar augavietės veiksnių, bet ir už aplinkos užterštumo poveikį. Meteorologiniai stresiniai veiksniai labiausiai siejami su tokiais reiškiniais, kaip žemos ar aukštos temperatūros atitinkamuose laikotarpiuose bei su sausra. Miškų būklės tyrimo rezultatai rodo, kad miškų būklės pablogėjimas intensyviai vyksta karštomis ir sausringomis vasaromis. Vandens poveikis pasireiškia, šiuo atveju, per jo kiekį ir medžio fiziologinę adaptaciją jo trūkumui. Sausra gali ne tik tiesiogiai paveikti medžio gyvybingumą ir sąlygoti jo žūti, bet ir sumažinti augalo atsparumą nepalankiems aplinkos veiksniams. Kai kurie mokslininkai net teigia, kad sausros poveikis medžių lajų būklei reikšmingesnis negu realus oro užterštumas.

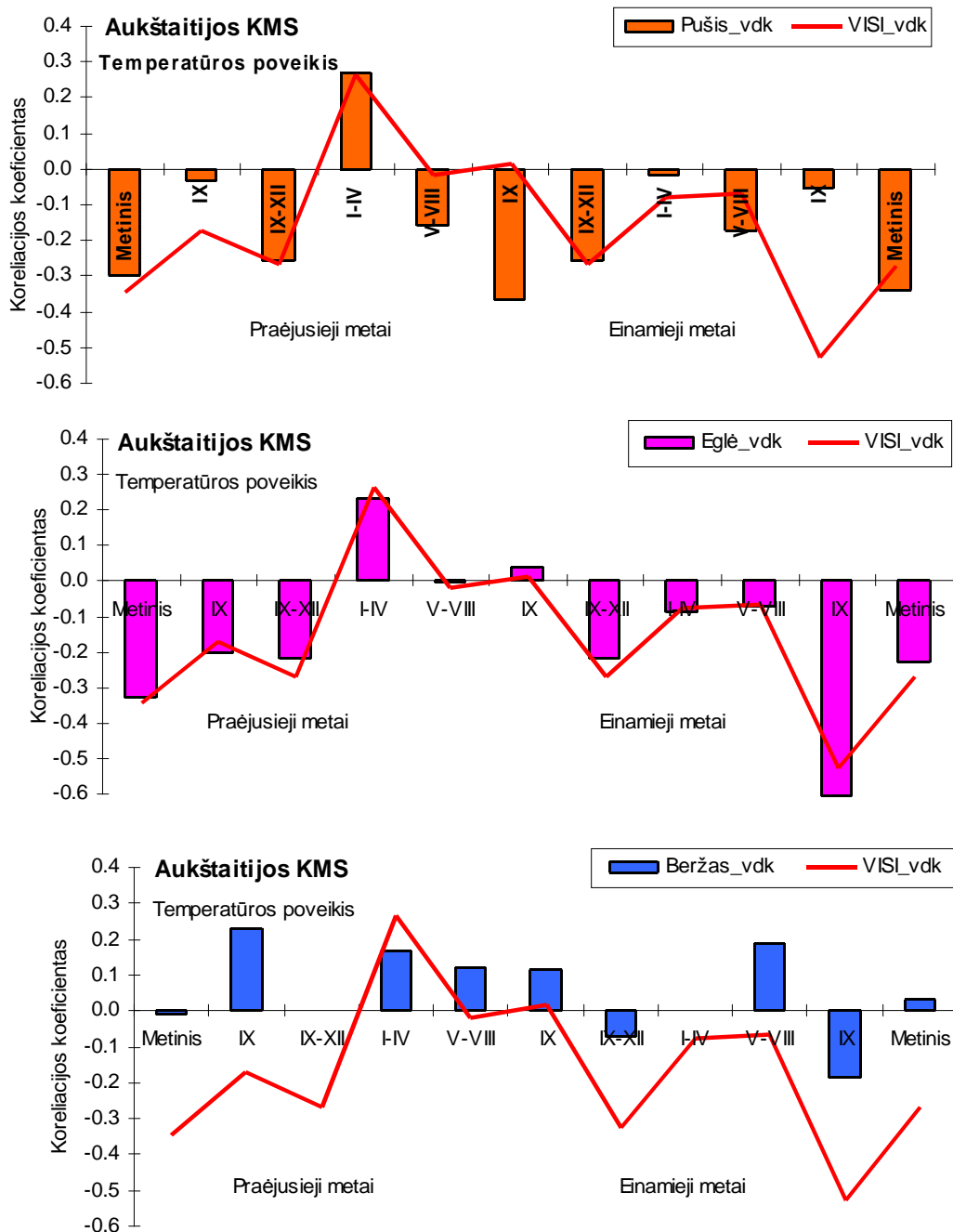
Atlikti tyrimai KMS teritorijose parodė, kad tirtų medžių būklę statistiškai reikšmingai sąlygojo meteorologinės sąlygos kelių paskutiniųjų metų. Ypač šis ryšys pasireiškia spygliuočiams medžiams. Pagrindinę įtaką tokiam poveikiui turi spyglių amžius. Pušų lajų būklę sąlygoja meteorologinės sąlygos dviejų metų, o eglių, kurių spyglių amžius siekia iki 10 m., net 5-7 metų.

Pušų, kaip labiausiai paplitusių medžių Aukštaitijos KMS teritorijose, vidutinės defoliacijos kaitai reikšmingiausios įtakos turėjo vasaros (gegužės - rugpjūčio) ir vėlyvo rudens bei žiemos (spalio- gruodžio) mėnesių vidutinė temperatūra. Šiais laikotarpiais aukštesnė oro temperatūra sąlygojo geresnę pušų būklę. Tik žiemos ir ypač ankstyvojo



pavasario aukštesnė temperatūra turėjo neigiamos įtakos pušų būklei. Tokiems priežastiniams ryšiams išaiškinti būtini sudėtingi ir specialios įrangos reikalaujantys tyrimai.

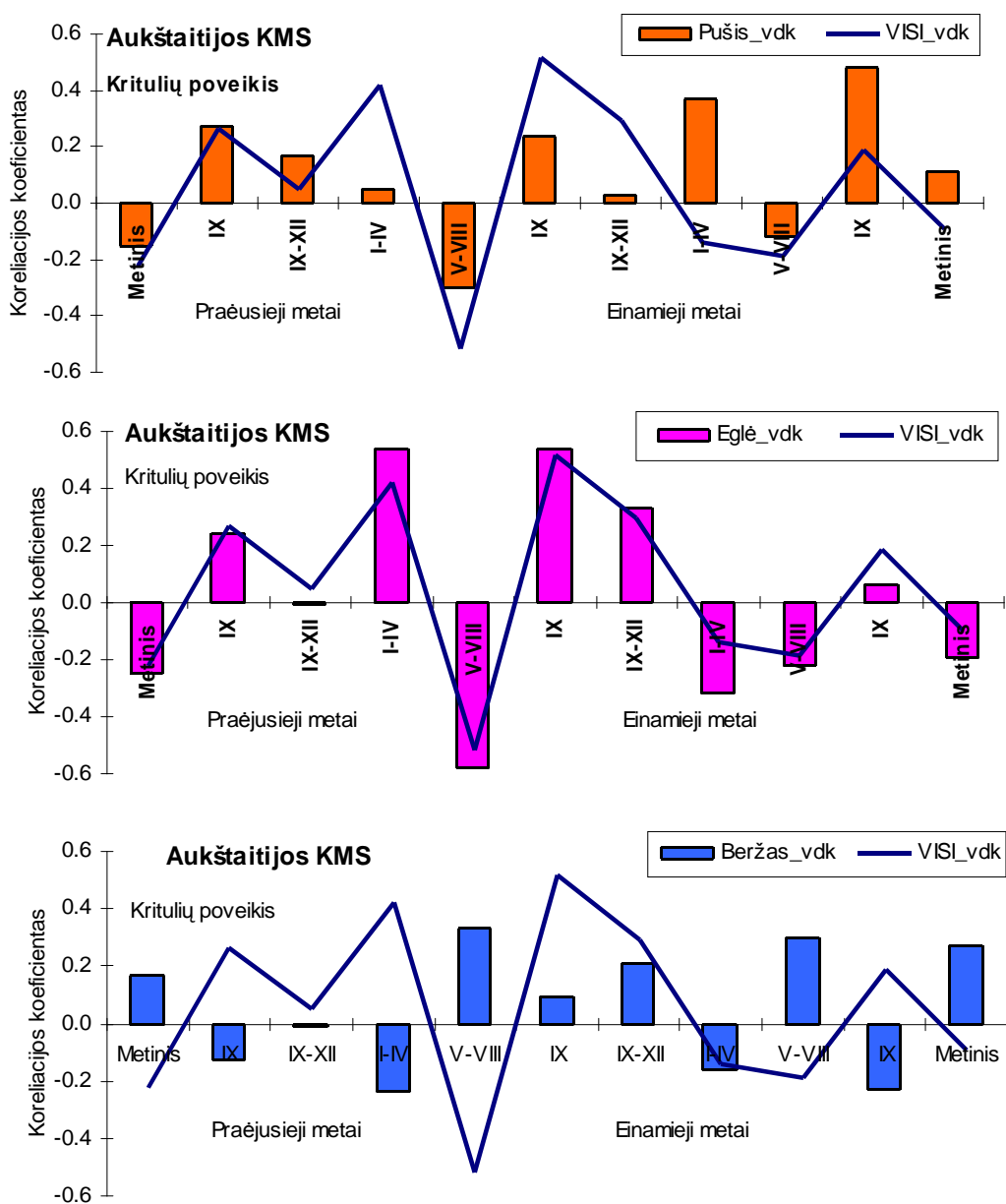
Eglių lajų vidutinę defoliaciją mėnesio vidutinė temperatūra sąlygojo analogiškai, tik ryšiai buvo mažiau reikšmingi. Reikšmingiausiu ryšiu išsiskyrė rugsėjo mėnesio vidutinės temperatūros teigiamas poveikis eglių lajų būklei.



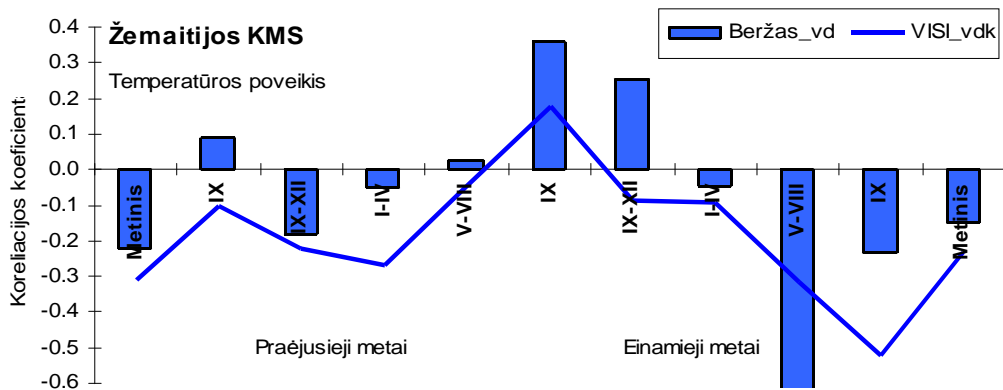
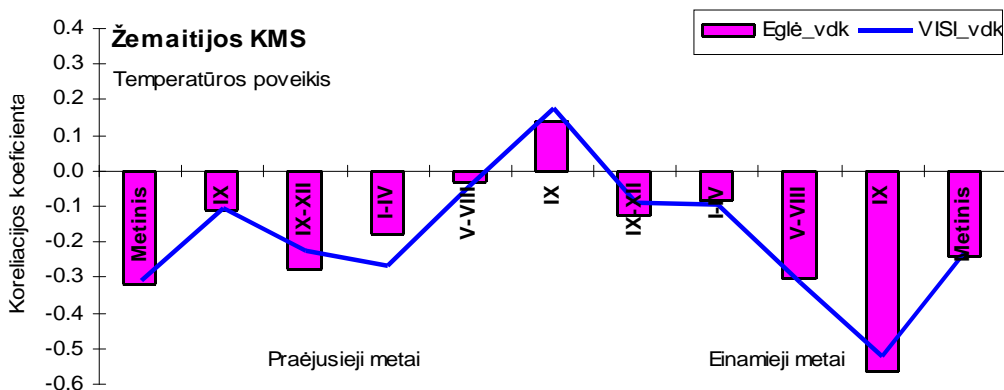
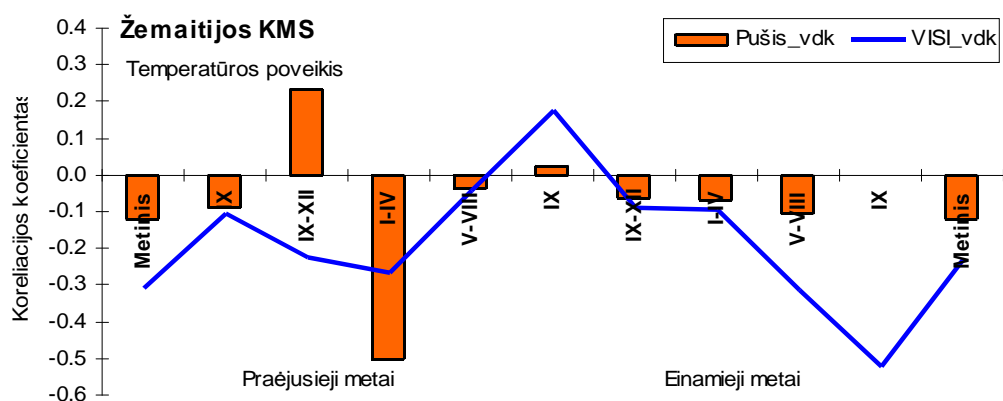
**43 pav.** Oro temperatūros poveikis pušų, eglių ir beržų lajų defoliacijos kaitai  
Aukštaitijos KMS

Beržų lajų vidutinę defoliaciją mėnesio vidutinė temperatūra sąlygojo žymiai silpniau. Tačiau pateikti duomenys rodo, kad būtent beržų lajų defoliaciją gali sąlygoti karšta vasara. Spygliuočių medžių rūšims šis dėsningumas nebuvo nustatytas.

Mėnesių kritulių kiekis statistiškai reikšmingiau sąlygojo medžių defoliacijos kaitą negu mėnesių vidutinės temperatūros. Medžių vidutinę defoliaciją Aukštaitijos KMS statistiškai reikšmingai sąlygojo praėjusių metų vasaros (gegužės - rugpjūčio) bei einamųjų metų žiemos - pavasario mėnesių (sausio - balandžio) kritulių kiekiai. Daugeliu atvejų šių mėnesių kritulių kiekio ryšys su defoliacijos laipsniu tiesioginis, t.y. didesni kritulių kiekiai lemia didesnę vidutinę defoliaciją. Tačiau išskirtinis rezultatas – nustatytas neigiamas sausrų poveikis medžių lajų būklei. Atvirkštinis ryšys rodo, kad tik didesni kritulių kiekiai vegetacijos laikotarpiu sąlygoja geresnę pušų ir ypač eglė medžių lajų būklę. Neigiamas kritulių kiekio poveikis, ypač šaltuoju laikotarpiu, gali būti aiškinamas didesniu rūgščiųjų komponenčių srauto susidarymu ir jo neigiamu poveikiu medžio fiziologiniams procesams.



44 pav. Kritulių poveikis pušų, eglė ir beržų lajų defoliacijos kaitai Aukštaitijos KMS

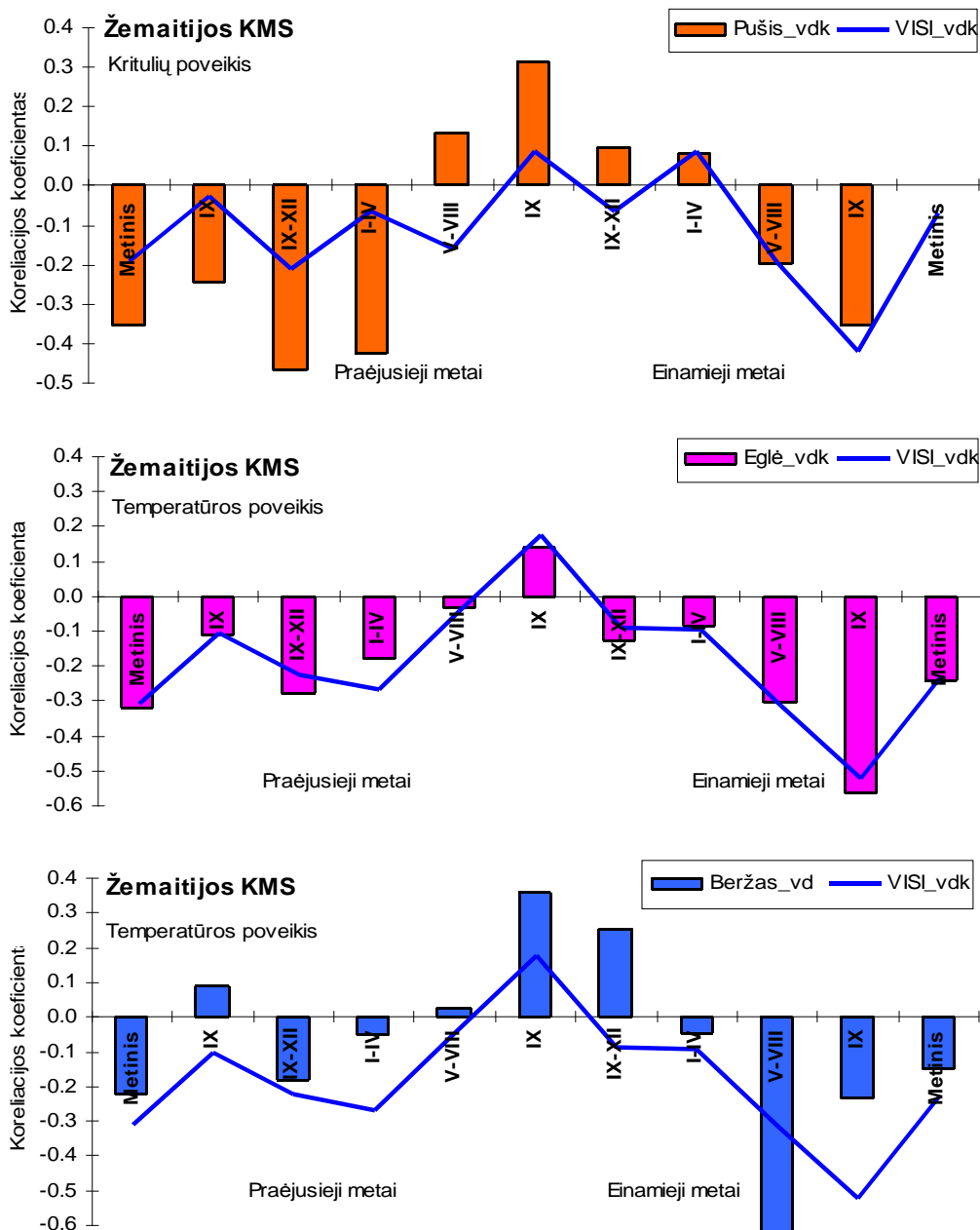


45 pav. Temperatūros poveikis pušų, eglių ir beržų ląjų defoliacijos kaitai Žemaitijos KMS

Žemaitijos KMS aukštesnė temperatūra taip pat sąlygoja tirtų medžių rūšių geresnę ląjų būklę. Išskirtinis ryšys yra nustatytas tarp oro vidutinės temperatūros rugsėjo ar rugsėjo – gruodžio mėnesiais. Šiais laikotarpiais aukštesnė temperatūra nėra palanki medžių ląjų būklei. Reikšmingiausia teigiamą poveikį pušų ląjų būklei daro šiltesnė žiema ir ankstyvas pavasaris, eglių ląjų būklei – rugsėjo mėnesis ir beržų ląjų būklei vegetacijos laikotarpis.

Kritulių poveikio medžių ląjų būklei analizės rezultatai rodo, kad tik gausesni krituliai rugsėjo mėnesį blogina visų tirtų rūšių medžių ląjų būklę. Išskirtinai teigiamas

poveikis medžių lajų būklei nustatytas kritulių kiekio susidariusio vegetacijos laikotarpiu. Gausesni krituliai rugsėjo mėnesį, atrodo, kad taip pat kaip ir Aukštaitijos KMS, turi neigiamos įtakos medžių lajų formavimuisi.



**46 pav.** Kritulių poveikis pušų, eglė ir beržų lajų defoliacijos kaitai Žemaitijos KMS

Apibendrinus gautus rezultatus nustatyta, kad šiltesnis ir drėgnesnis vegetacijos laikotarpis, kartu su šiltesniu vėlavu rudens ir žiemos pradžios laikotarpiu užtikrina vietinių medžių rūšių geresnę lajos būklę. Nepalankiais veiksniais lajų būklei reiktų laikyti gausesnius kritulius rugsėjį bei vėlyvo rudens mėnesiais. Pušys yra atsparesnės aukštesniai temperatūrai ir sausrai vegetacijos laikotarpiu negu eglės. Tai aiškinama šios medžių rūšies šaknų sistemos ypatumais. Paviršinė šaknų sistema daro eglės labiau priklausomas nuo drėgmės režimo, negu pušis. Matyt dėl to jų būklė bei atsparumas nepalankiems aplinkos veiksniams labiau

priklauso nuo kritulių kiekio. Priešingai eglėms, pušų, kurios pasižymi gilumine šaknų sistema, būklę reikšmingiau sąlygojo aplinkos užterštumas. Dėl nepakankamos beržų stebėjimo apimties nepavyko išaiškinti meteorologinių veiksnių poveikio jų būklei.

#### 4.1.4. Azoto junginių ore poveikis žaliųjų oro dumblių gausai

Plevelo genties dumbliai *Pleurococcus vulgaris* ir *Protococcus viridis* - oro užterštumo azoto junginiais bioindikatoriai (Brakenhelm, 1990). Kuo daugiau azoto junginių krituliuose ir atmosferoje, tuo storesniu ir tankesniu sluoksniu šie dumbliai padengia eglės spyglius, tuo greičiau plinta jų kolonijos.

Azoto komponentų koncentracijų ore bei jų iškritų analizė parodė praktiškai nereikšminga jų kaitą nuo 1998 m. Registruojami minimalūs koncentracijų ir srautų mažėjimai iš esmės negalėjo sąlygoti Plevelo genties žaliųjų oro dumblių gausos reikšmingus pokyčius. Tik pačioje tyrimų pradžioje buvo užregistruoti amonio ir nitratų jonų koncentracijų reikšmingesni sumažėjimai, taip pat kaip ir jų srautų kiekių. Šie pokyčiai pradžioje gerai atsispindėjo žaliųjų oro dumblių gausos tyrimuose. Pradžioje buvo registruojami gan ženklūs gausumo sumažėjimo faktai Aukštaitijos KMS baseine, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS baseine buvo registruojamas atvirkštinis procesas, t.y. žaliųjų oro dumblių gausos, nors ir nereikšmingas, tačiau didėjimas. Šiuos pokyčius būtų galima sieti su amonio jonų neženkliu augimu, tačiau tokios kaitos intensyvumas yra toks nežymus, kad sunku tikėtis, kad jis galėjo sukelti atitinkamus žaliųjų oro dumblių gausos pokyčius.

Tik išaiškinta didesnė žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS negu Aukštaitijos KMS patikimai rodo šios stoties baseino didesnę užterštumą azoto junginiais. Todėl būtų galima teigti, kad žaliųjų oro dumblių gausą būtų galima naudoti zonuojant vidutiniškai ar stipriai teršiamas azoto junginiais teritorijas, tokias kaip AB „Achema“ poveikio teritorija. Foninio užterštumo teritorijose, siekiant išaiškinti azoto aplinkos taršą azoto junginiais naudoti žaliuosius oro dumblius darosi problematiška, tačiau šie rezultatai yra būtini analizuojant jų bioindikacines savybes regioniniu ar net globaliu mastu.

#### 4.1.5. Sieros junginių poveikis epifitinių kerpių rūšinei įvairovei ir gausai

**Kaip jau buvo minėta** epifitinės kerpės, jautriau nei ant žemės paviršiaus augantys augalai, reaguoja į oro taršą. Kerpės žudančiai veikia sieros dvideginis SO<sub>2</sub>, fluoro vandenilis HF, etilenas ir ozonas O<sub>3</sub> (James, 1973; De Wit, 1983). Laboratoriniais ir lauko bandymais patvirtinta, kad epifitinių kerpių bendrijos, kaip biomonitoriai, yra puikus daugelio teršalų stebėjimo objektas (Skye, 1979; Burton, 1986). Pagal epifitinių kerpių rūšinę įvairovę, jų gniužulų dydį ir būklę, atskirų jautrių ar tolerantiškų užterštumui kerpių rūšių buvimą, atsiradimą ar išnykimą ir pagal jų bendrijų sugebėjimą užimti didesnę plotą, sprendžiama apie oro užterštumo laipsnį ir aplinkoje vykstančius pokyčius. Silpnai išsivystę, pažeisti, bespalviai ar pajuodavę, maži ar žuvę epifitinių kerpių gniužulai dažniausiai parodo aplinkos užterštumą.

Kompleksiško monitoringo stotyse reguliariai renkami duomenys apie sieros dvideginio ir ozono koncentracijas ore. Būtent jų kata iš esmės turėtų sąlygoti epifitinių kerpių rūšinę įvairovę ir gausumą. Tyrimų rezultatai rodo, kad stebimos bendrijos KMS baseine yra skurdžios ir jas sudaro pagrindė kelios, pakankamai tolerantiškos aplinkos taršai kerpių rūšys. Todėl analizuojant sieros ir ozono koncentracijų poveikį didžiausią dėmesį skyrėme šių taršos komponentų bei kerpių gausos kaitos reikšmingumui.

Tyrimų rezultatai parodė, kad Aukštaitijos KMS kerpių gausa didėjo iki 2002 m., puikiai indukuodama mažėjantį oro užterštumą sieros dvideginiu. Nuo tyrimų pradžios iki 2002 m. Aukštaitijos KMS oro užterštumas SO<sub>2</sub> sumažėjo 3 kartus, t.y. nuo 2,7 iki 0,9 μgS·m<sup>-3</sup>. Per šį laikotarpį epifitinių kerpių gausa išaugo nuo 2,4 iki 5,7%. Nuo šių iki 2012 m. SO<sub>2</sub> koncentracija ore taip pat turėjo tendenciją mažėti, tačiau mažėjimo intensyvumas siekė vos po 0,06 μgS·m<sup>-3</sup> per metus. Turbūt sunku tikėtis, kad esant tokiai pagrindinio taršos komponento kaitai, epifitinės kerpės sureaguos, indukuojant geresnę aplinką. Matyt, dėl šios priežasties, laikotarpiu nuo 2002 iki 2013 m. reikšmingesnio poveikio epifitinių kerpių gausai nustatyti nepavyko, o registruojamą kerpių gausos mažėjimą paskutiniu metu laikotarpiu reikėtų sieti su gausiais krituliais ir sniegu, kurie mechaniškai galėjo nubraukti, nuolat atsinaujinančią pušies tošį.

Žemaitijos KMS oro užterštumas SO<sub>2</sub> kito analogiškai Aukštaitijos KMS. Pradžioje, kaip ir Aukštaitijos KMS buvo registruojamas epifitinių kerpių gausos didėjimas, kuris tęsėsi iki 2002 m. Po šių metų taip pat buvo pradėtas registruoti gan intensyvus epifitinių kerpių gausos mažėjimas. Manome, kad priežastis išlieka ta pati kaip ir Aukštaitijos KMS, t.y. gausus sniegas, kuris mechaniškai nubraukia nuolat atsinaujinančią žievę.

Apibendrinant tyrimus reikėtų pažymėti, kad tikėtis bioindikacinių epifitinių kerpių reakcijų, kai aplinkos tarša SO<sub>2</sub> bei ozonu pastaruoju laikotarpiu mažai kinta sudėtinga. Taikomas metodas nėra pakankamos apimties, todėl kas 5 metus atliekamas specialiai atrinktų kiekvienos aikštelės medžių tyrimas turėtų ateityje duoti laukiamus rezultatus. Nepaisant gautų rezultatų mažo informatyvumo, tyrimus, matyt, reikia tęsti, kadangi gauti rezultatai gali būti naudingi tarptautiniu mastu vykdomų tyrimų rezultatų analizei.

## V. TYRIMŲ SANTRAUKA

Tiriamuoju laikotarpiu (1994-2013 m.) blogiausia medžių būkle išsiskyrė 1996-97 metai, kada lajų defoliacija viršijo 25 % Žemaitijos KMS, 30% Aukštaitijos KMS ir 35% Dzūkijos KMS. Nuo šio laikotarpio iki 2001 m. medžių lajų defoliacija reikšmingai mažėjo. 2001 - 2007 laikotarpis išsiskyrė kaip medžių lajų būklės blogėjimo laikotarpis ir ypač Žemaitijos KMS teritorijoje. 2006-2007 m. laikotarpiu padidėjusi vidutinė visų medžių defoliacija kompleksiško aplinkos veiksnių poveikio rezultatas, kur išskirtinė įtaka turėtų tekti gan akivaizdžiai padidėjusioms rūgštinančių komponentų koncentracijoms ore bei krituliuose. Po šio laikotarpio registruojamas medžių lajų būklės atsikūrimas, po kurio vėl sekė nežymus defoliacijos padidėjimas 2011 metais. 2012 m. medžių lajų, o ypač spygliuočių medžių rūšių lajų vidutinė defoliacija reikšmingai sumažėjo. Tokio sumažėjimo rezultatas galėjo būti ir didelis žuvusių medžių skaičius 2011 m., kuris didino 2011 m. vidutinę defoliaciją, o jų nebuvimas kitais metais, automatiškai mažino vidurkį 2012 m. 2013 m. Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių vidutinė defoliacija išliko praktiškai nepakitusi, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS baseine augančių medžių būklė iš esmės pagerėjo.

Vienas iš pagrindinių medynų būklės rodiklių, šalia vidutinės medžių defoliacijos laikomas žuvusių medžių skaičius. Aukštaitijos KMS pirmajame stacionare medžių išsiretinimo intensyvumas siekė 1,72% per metus, t.y. per 20 m. laikotarpį žuvo 66 medžiai iš 192 užregistruotų 1993 metais. Tai sudaro 33,7% visų medžių. Intensyviausiai sumažėjo lapuočių medžių, kiek mažiau žuvo eglė ir mažiausiai pušų. Antrajame stacionare AKMS\_02 bendras medžių išskritimas buvo didesnis. Medžių išsiretinimo intensyvumas siekė po 1,85%, t.y. per 20 m laikotarpį žuvo 87 medžiai iš 229 registruotų dar 1993. Tai sudaro 37,1% visų stebėtų medžių. Mažiausiai žuvo lapuočių, pušų išskritimas viršijo 10%. Intensyviausias išskritimas užfiksuotas eglė. Per tiriamąjį laikotarpį šiame stacionare žuvo net apie 55% šios rūšies medžių.

Aukštaitijos KMS stacionaruose eglės yra blogiausios būklės. Iki 2009 m. reikšmingai mažėjo stacionaruose augančių beržų vidutinė defoliacija. Tačiau po intensyvių vėjalaūžių 2010 m., jų būklė reikšmingai pablogėjo ir iki šiol dar ne visiškai pilnai atsikūrė. Stabiliausios būklės išlieka pušys., ypač nuo 2001 m. Įsimtį sudaro 2010-2011 m. laikotarpis kai dėl nepalankių klimatinių sąlygų pušų būklė pablogėjo bei suintensyvėjo jų išskritimas. Tik paskutiniaisiais 2012-2013 m. pušų būklė stabilizavosi.

Eliminavus dėl nepalankių klimatinių veiksnių žuvusių medžių įtaką vidutinei defoliacijai, nustatyta, kad iki 2004 metų tirtų išlikusių gyvų medžių vidutinė defoliacija



mažėjo reikšmingai po 0,5% kiekvienais metais, tačiau nuo šių metų iki 2010 m. buvo stebimas atvirkštinis procesas, medžių lajų vidutinė defoliacija didėjo reikšmingai maždaug po 0,6%. Tik 2011 m. pradėtas stebėti medžių lajų būklės pagerėjimo procesas, kuris tęsėsi ir 2013 m.

Žemaitijos stacionare bendras medžių iškritimas per 19 m. laikotarpį siekia 28% ar 1,5% per metus. Žuvusių beržų neužregistruota. Nustatyta, kad žuvusios eglės yra įvairaus dydžio, nuo smulkių, atsilikusių augime iki stambių, dominuojančių ir viršaujančių medyne. Pagrindinė šių medžių žūtis priežastis - entokenkėjai ir vejalužos. 2002 metais net apie 5% eglė buvo pažeistos snieglaužos, o 2011 m. – žievėgraužio tipografo. Šiame stacionare kasmet dažniausiai žūsta tik po viena eglę.

Žemaitijos KMS stacionare eglė defoliacija per visą tiriamąjį laikotarpį svyravo nuo 25 iki 27 %. 1997-2001 m. laikotarpiu jų defoliacija reikšmingai mažėjo. 2002-2007 m. laikotarpis pasižymi padidėjusia eglė vidutine defoliacija ir tik pradedant 2008 ir iki 2013 m. stebimas ženklus eglė būklės pagerėjimas. Palyginus eglė vidutinę defoliaciją augalijos tyrimų stacionaruose, nustatyta, kad Žemaitijos stacionaro eglė vidutinė defoliacija mažesnė negu Aukštaitijos KMS stacionarų.

Tiriant pažeidimų priežastis, nustatyta, kad Aukštaitijos KMS teritorijoje pažeisti medžiai sudaro 18,4%. Daugiausiai pažeista išlieka medžių kamienų apatinė dalis (3). Pažeidimai šioje srityse viršija 50% visų pažeidimų. Kiek mažiau pažeistas lajos kamienas 26% pažeidimų. Tai stipraus vėjo padarinys. Kitoms medžio sritims tenka žymiai mažiau pažeidimų. Šaknų ir priekelminėje kamieno srityse (1), visame kamieno (4), viršutiniame kamieno dalyje (5) ir šakose (7) užregistruota maždaug po 5-6%.

Dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo: atviros žaizdos (3). Šis pažeidimas sudarė 44% visų pažeidimų. Tai įvairaus senumo bei intensyvumo elnių nulopyti eglė kamienai. 25% pažeidimų sudarė viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21), kurį sąlygojo snieglaužos ir vejalužos. Eglinio topografo, ūglių ir lapų pažeidimai, o taip pat vėžiniai susirgimai ir įvairūs kamieno nulenkimai dėl smarkaus vėjo sudarė apie 3 – 9 % visų pažeidimų.

Net 27% stebėtų eglė, 8,2% stebėtų beržų ir 4,1% stebėtų pušų turėjo identifikuojamus pažeidimus, kurie galėjo turėti reikšmingos įtakos jų būklei.

Žemaitijos KMS teritorijoje 2013 m. 7,5% tirtų viršaujančių, vyraujančių ir iš dalies stelbiamų miško medžių buvo pažeisti, t.y. iš 345 stebėtų medžių 26 turėjo identifikuojamus pažeidimus, kurie galėjo turėti reikšmingos įtakos jų gyvybingumui. Daugiausiai pažeidimų rasta lajos kamieno srityje (6). Pažeidimai šiose srityse 2013 m. siekė 65% visų užregistruotų

pažeidimų. Kiek mažiau buvo pažeistos šakos (7) –bei apatinė kamieno dalis ar visas kamienas ištiesai (3), po 11% visų pažeidimų. Likusiuose srityse pažeidimai sudarė tik 4 % visų pažeidimų. Šaknų ir priekelminėje (1) srityse paskutiniaisiais metais pažeidimų nerasta.

Žemaitijos KMS dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21). Šis pažeidimas jau eilę metų vis didėjo ir tik 2013 m. sumažėjo beveik iki 60% visų pažeidimų (13 pav.). Be šio pažeidimo, tyrimų metu užregistruotos dar 6 priežastys iš kurių aktualiausias turėtų būti eglinio topografo pažeidimai (25). Jau daugelį metų šio kenkėjo pažeidimai sudaro apie 10%, 2013 m. siekė 11,5% visų pažeidimų.

Apibendrinus 9 metų pažeidimų tyrimo rezultatus Aukštaitijos KMS nustatyta, kad paskutiniu metu sumažėjo pažeidimų priekelminėje, šaknų srityje (sumažėjo vėjavartų) ir kamieno srityje, tačiau vėl pradėjo didėti pažeidimai lajoje. Iš pažeidimo rūšių išsiskiria eglinio topografo pažeidimai bei įvairaus senumo atviros žaizdos.

9 metų pažeidimų tyrimo rezultatai Žemaitijos KMS parodė, kad daugėja pažeidimų lajos kamieno dalyje. Tai nepalankių klimatinių reiškinių pasekmė. Nuo 2010 m. akivaizdūs ir šakų išlaužymo atvejai, dėl gausos sniego poveikio. Eglinio topografo pažeidimai pastaruoju laikotarpiu sumažėjo, bet didėjančios snieglaužos bei vėjavartos gali padidinti šių pažeidimų skaičių iš esmės ateityje. Šių veiksnių rezultatas – sulaužytos medžių šakos. Šioje stotyje, kaip ir Aukštaitijos KMS, pažeidimų mažėja šaknų ir priekelminėje medžio dalyje.

2013 m. KMS stotyse iš esmės nepakito nei medžių pažeidimo sritis, nepasikeitė nei pagrindinės pažeidimų priežastys, nei jų gausa.

Tyrimų pradžioje didžiausiu gausumu žaliadumbliai pasižymėjo Aukštaitijos KMS teritorijoje. Kiek mažesniu gausumu pasižymėjo žaliadumbliai Dzūkijos KMS teritorijoje ir mažiausiu gausumu - Žemaitijos KMS teritorijoje. Nuo 2004 m. žaliųjų oro dumblių gausa Žemaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje viršija šių dumblių gausą Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje. Parametrai indukuojantys padengimo intensyvumą šioje stotyje reikšmingai viršijo Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje gautus parametrus. 2010-13 m. KMS baseinuose turėtų mažėti tarša azoto junginiais, ypač 2013 m.

Apibendrinant lichenologinius tyrimų rezultatus kompleksiško monitoringo stotyse, galima teigti, kad klimatiniai faktoriai bei naudojami epifitinių kerpių gausumo tyrimo metodai neleidžia patikimai nustatyti esminių kaitos skirtumų Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinuose. Gausmo sumažėjimas per paskutiniųjų trijų metų laikotarpį, galėjo būt sąlygoti medžių kamienų žiauberio atsinaujinimo procesų, o padidėjimas paskutiniaisiais metais – palankių meteorologinių sąlygų.

Išaiškinti žaliųjų oro dumblių gausumo tarp stočių skirtumai, indukuoja didesnę Žemaitijos KMS oro užterštumą negu Aukštaitijos KMS, ką ir patvirtina reguliarūs cheminių tyrimų rezultatai, tačiau gausesnės epifitinių kerpių kolonijos neigia šį rezultatą. Pakartojus tyrimus visoje baseino teritorijoje (vykdomus kas 5 m. laikotarpį) tikimasi gauti objektyvesnius duomenis epifitinių kerpių bioindikacinėms savybėms patvirtinti.

Integruoto monitoringo stočių veiklos vienas iš pagrindinių tikslų - stebėti gamtinės aplinkos komponentus ir medžiagų srautus jungiančius juos, kas sudarytų galimybę įvertinti įvairių medžiagų balansą stebimuose nedidelių upelių baseinuose. Nuokritų dinamika yra vienas iš cheminių elementų judėjimo tarpsnių ekosistemoje. Nuo jų kiekio bei užterštumo priklauso toksinių medžiagų absorbcijos intensyvumas, kuris sąlygoja įvairių medžiagų balansą, o tuo pačiu ir bendrą miško ekosistemos būklę bei produktyvumą.

Aukštaitijos KMS perbrendusiame, brukniniame pušyne (AKMS\_01) vidutiniškai susidaro apie 3360 kg/ha nuokritų, iš kurių apie 55% sudaro spygliai, 28 % pušies žievė ir maždaug po 9% kankorėžiai ir beržų lapai.

Žemaitijos bręstančiame eglyne susidaro apie 4470kg/ha nuokritų. Net 77% visų nuokritų sudaro eglės spygliai. Medžių žievės nuokritose praktiškai nerasta. 14% visų nuokritų sudaro sausos, smulkios eglės šakelės. Kankorėžių kiekis nuokritose priklausomai nuo metų, svyruoja nuo 0 iki 13%.

Aukštaitijos KMS būdingiausiame pušyne metalų metinius kiekius statistiškai reikšmingiau sąlygoja jų koncentracija nuokritose, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS būdingiausiame eglyne – nuokritų kiekis.

Aukštaitijos KMS sunkiųjų metalų koncentracijų nuokritose 1994-2013 m. laikotarpiu analizė parodė, kad per tiriamąjį laikotarpį ženkliai didėjo tik Zn ir K koncentracijos nuokritose. Cr, Pb, ir Na koncentracijos nuokritose turėjo tendencija mažėti, o Cu ir Mn išliko stabilios. Išskirtinis dėmesis turėtų būt skirtas Cd koncentracijų didėjimui, kuris prasidėjo šioje stotyje 2012 m.

2005 -2013 m. reikšmingai didėjo Zn, Mn ir K srautai su nuokritomis. Nuo 2012 m. pradėjo didėti ir Cd srautas su nuokritomis. Na, ir Cu srautai buvo praktiškai stabilūs, o mažėjo tik Cr ir Pb srautas su nuokritomis.

Žemaitijos KMS metinių koncentracijų kitimas 1999-2013 m. laikotarpiu analizė rodo, kad nuo 2003 metų, kaip ir Aukštaitijos KMS, reikšmingai mažėjo tik Cr ir Pb koncentracijos, nors jos išlieka iki 2 kartų didesnės negu Aukštaitijos KMS. Kalio ir ypač geležies

koncentracijoms buvo būdinga augimo tendencija, o Mn, Na Zn ir Cu koncentracijos nuokritose išliko stabilios.

Per tiriamąjį laikotarpį daugelio tirtų metalų srautai praktiškai išliko stabilūs, mažėjo tik Pb ir iš dalies Na ir Cr srautas.

Apibendrinus tirtų metalų srautų su nuokritomis į dirvožemio paklotę tyrimų rezultatus, nustatyta, kad dažniausiai Aukštaitijos KMS būdingiausiame pušyne metalų metinius kiekius statistiškai reikšmingiau sąlygoja jų koncentracija nuokritose, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS būdingiausiame eglyne – nuokritų kiekis.

Pagrindinių elementų koncentracijų bei jų pokyčių medžių lapijoje bei nuokritose analizė įgalina stebėti ekosistemoje vykstančius procesus, juos vertinti bei analizuoti tvaraus vystimosi kontekste. Apibendrinus gautus rezultatus Aukštaitijos KMS nustatyta, kad per 9 m laikotarpį azoto koncentracija beržų lapuose turi tendenciją mažėti po 0,17g/kg per metus, o eglės bei pušies spygliuose N koncentracijos išlika praktiškai stabilios. Bendrojo fosforo koncentracijų kaitoje reikšmingesnės tendencijos nustatyti nepavyksta. Nežymiai mažėja beržų lapuose – po 0,08g/kg ir didėja eglės spygliuose – po 0,04 g/kg per metus. Mg ir Mn kaitoje stebima mažėjimo tendencija, o Ca, Al, Zn, Na ir Fe elementų koncentracijose reikšmingesnės kaitos nenustatyta.

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto kiekis nuokritose turėjo tendenciją didėti, ypač vasaros ir rudens mėnesių nuokritose, o fosforo – žiemos ir rudens mėnesių nuokritose. Mažiausiai reikšminga šių elementų kaita pavasario mėnesių nuokrituose. Apibendrinus 9 metų rezultatus, nustatyta, kad N ir P koncentracijos kito nuokrituose reikšmingai, joms didėjant maždaug po 1% nuo vidutinės metinės koncentracijos per metus.

Pastarojo laikotarpio didėjantis kritulių rūgštingumas bei Ca jonų koncentracijos mažėjimas krituliuose, matyt, kad galėjo turėti esminės įtakos tokiam kalcio jonų sumažėjimui nuokritose. Kalio koncentracijoms nuokritose kaip ir spygliuose būdinga tendencija didėti, ypač žiemos ir rudens mėnesių nuokritose.

Žemaitijos KMS Per tiriamąjį laikotarpį, nuo 2005 iki 2013 m. Žemaitijos KMS azoto koncentracijos beržų lapuose ir eglės spygliuose išlieko stabili, o pušies spygliuose turėjo tendenciją didėti po 0,45-0,50 g/kg per metus. Fosforo koncentracija tik spygliuose praktiškai išliko stabili, o beržų lapuose mažėjo po 0,05g/kg per metus, kaip ir Aukštaitijos KMS. Kalio koncentracijų kaitoje stebimas nežymus šio elemento kiekio didėjimas tik pušies spygliuose (po 0,22 g/kg per metus), kai tuo tarpu eglės spygliuose ir beržų lapuose šio elemento kiekis išlieka praktiškai stabilus. Stabilios išlieka ir Na, Mn ir Mg koncentracijos

tirtuose lapijos pavyzdžiuose. Al, Fe ir Zn koncentracijų kaitoje stebimas koncentracijų didėjimo tendencijos, o ypač reikšmingai didėjo beržų lapuose Zn ir Fe koncentracijos – po 18,5 ir 4,5 mg/kg per metus atitinkamai.

Per tiriamąjį laikotarpį bendrojo azoto ir fosforo koncentracijos nuokritose turi tendenciją didėti, nors ši tendencija nėra tokia akivaizdi kaip Aukštaitijos KMS. Kalcio koncentracijų kaitoje sezoniškumo poveikio nustatyti nepavyko, tačiau per tiriamąjį laikotarpį, analogiškai kaip ir Aukštaitijos KMS, nustatyta šio elemento koncentracijų reikšmingas mažėjimas.

Gauti rezultatai rodo, kad ir Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseine augančių viršaujančių medžių lajų defoliacijos laipsnį lėmė ozono koncentracijų kaita. Didžiausias neigiamas ryšys nustatytas tarp vidutinių kovo-rugsėjo mėnesių ozono koncentracijų ir viršaujančių medžių defoliacijos Aukštaitijos KMS, o Žemaitijos KMS reikšmingiausias šis ryšys nustatytas birželio-rugpjūčio mėnesiais bei kiek silpnesnis balandžio – rugpjūčio, rugsėjo mėnesiais.

Didžiausią jautrumą šiam toksiškui atmosferos komponentui demonstravo paprastosios eglės. Abiejose stotyse šiltojo laikotarpio aukštesnės pažemio ozono koncentracijos sąlygojo didesnę šių medžių defoliaciją. Atspariausios šiam toksikantui pasirodė pušys. Tik maksimalios ozono koncentracijos galėjo turėti neigiamos reikšmės lajų būklei. Ozono poveikis beržų lajų būklei buvo stipresnis Žemaitijos KMS negu Aukštaitijos KMS, tačiau statistiškai nereikšmingas ( $p > 0,05$ ).

Aukštaitijos KMS baseine reikšmingiausiai aplinkos užterštumo komponentai sąlygojo pušų lajų vidutinę defoliaciją. Pagrindinės rūgščiosios komponentės turinčios reikšmingiausią poveikį defoliacijai buvo sieros dvideginis bei aerozoliniai amonio ir sulfatų jonai. Šių porinių priklausomybių koreliacijos koeficientai viršijo 0,8 ir buvo statistiškai reikšmingi ( $p < 0,05$ ). Eglių lajų defoliaciją reikšmingiausiai sąlygojo aerozoliniai amonio jonai ir kiek mažiau sieros komponentų koncentracijos ore. Tarp beržų lajų defoliacijos ir rūgščiųjų komponentų ore reikšmingesnis ryšys nenustatytas.

Žemaitijos KMS baseine reikšmingiausiai aplinkos užterštumo komponentės ore sąlygojo eglių lajų vidutinę defoliaciją, ypač aerozoliniai amonio jonai, sieros dvideginis ir sulfatų jonai. Šių porinių priklausomybių koreliacijos koeficientai dažnai viršijo 0,7 ir buvo statistiškai reikšmingi ( $p < 0,05$ ). Kaip ir Aukštaitijos KMS tarp beržų lajų defoliacijos ir rūgščiųjų komponentų ore reikšmingesnis ryšys nenustatytas galimai dėl per mažos tyrimų objekto apimties..

Iškritų poveikis medžių lajų defoliacijai yra žymiau mažiau reikšmingas negu jų koncentracijos ore. Iškritų neigiamas poveikis dažniausiai registruojamas šaltojo metų laikotarpio mėnesiais, kai tuo tarpu vegetacijos laikotarpiu iškritų poveikis nereikšmingas.

Reikšmingiausiai sieros iškritos sąlygojo pušų ir eglių lajų būklę Aukštaitijos KMS ir eglių lajų būklę Žemaitijos KMS. Amonio jonų ir ypač nitratų iškritos turi tik tam tikrą įtaką pušų lajų būklei Aukštaitijos KMS, kai tuo tarpu Žemaitijos KMS šių iškritų poveikis tirtų medžių lajų defoliacijai fragmentiškas ir dažniausiai nereikšmingas.

Šiltesnis ir drėgnesnis vegetacijos laikotarpis, kartu su šiltesniu vėlavu rudens ir žiemos pradžios laikotarpiu užtikrina vietinių medžių rūšių geresnę lajos būklę. Nepalankiais veiksniais lajų būklei reiktų laikyti gausesnius kritulius rugsėjį bei vėlyvo rudens mėnesiais. Pušys yra atsparesnės aukštesniai temperatūrai ir sausrui vegetacijos laikotarpiu negu eglės. Tai aiškinama šios medžių rūšies šaknų sistemos ypatumais. Paviršinė šaknų sistema daro eglės labiau priklausomas nuo drėgmės režimo, negu pušis. Matyt dėl to jų būklė bei atsparumas nepalankiems aplinkos veiksniams labiau priklauso nuo kritulių kiekio. Priešingai eglėms, pušų, kurios pasižymi gilumine šaknų sistema, būklę reikšmingiau sąlygojo aplinkos užterštumas. Dėl nepakankamos beržų stebėjimo apimties nepavyko išaiškinti meteorologinių veiksnių poveikio jų būklei.

\*\*\*

Siekiant ateityje aiškinti pagrindines grėsmes sąlygiškai natūralioms miško ekosistemoms, bent jau Aukštaitijos KM stotyje, būtina pradėti matuoti CO<sub>2</sub> kiekį virš miško dangos, o taip pat ir transpiracijos intensyvumą, priežemio ozono žalai vertinti. Papildomai pradėtos vykdyti programos įgalintų Aukštaitijos KM stotį įjungti į dabar kuriamą Europoje „super“ ar ypatingos reikšmės objektų tinklą, siekiant vertinti miškų reakciją į globalios kaitos poveikį. Be šių tyrimų Lietuva negalės dalyvauti pastaruoju laikotarpiu vis aktualiuosiuose ES finansuojamuose projektuose.

## Report to Finnish Environment Institute

In 2013, tree crown defoliation at Aukštaitija IMS was assessed 20 times, at Žemaitija IMS 19 times. After the period, when defoliation was increasing, the condition of monitored trees improved in 2012. The decrease in crown defoliation of Norway spruce trees was most significant and made up to 3%, followed by a little lower Scots pine defoliation which made 2%. By contrast, crown defoliation of birch trees increased by 1% but this change was not significant ( $p > 0.05$ ). In 2013 at Aukštaitija IMS sites crown condition of the monitored trees remained stable.

Comparison of the last data on mean defoliation of the monitored trees in Žemaitija IMS did not show significant change. While the defoliation of birch trees increased the defoliation of coniferous trees decreased. Improvement of tree health started in 2012. In 2013 at Žemaitija IMS sites mean defoliation of the monitored trees decreased significantly up to 20.5%. The defoliation decrease of birch and spruce trees was most significant, meanwhile defoliation of pine trees demonstrated a tendency towards increasing – crown condition deteriorated.

Comparison of the long term research data on crown defoliation in the considered stations revealed that from the beginning of investigation up to 2004 the condition of trees in Aukštaitija IMS in most cases was worse than that in Žemaitija. Afterwards, the situation changed and condition of trees in Žemaitija IMS became worse than that in Aukštaitija IMS. This period lasted until 2008. From 2009 to 2012 the condition of monitored trees in Aukštaitija IMS deteriorated and was recorded to be worse than that in Žemaitija IMS. Key factors contributing to such a variation in crown condition in the considered stations were first of all unfavourable climatic conditions (wind and snow breaks, and stemfalls) resulting in outbreaks of *Ips typographus*. The effect of these factors were most pronounced in Žemaitija IMS.

The effect of air concentrations of the acidifying species on tree crown defoliation were found to be significant as well. In Aukštaitija IMS key factors contributing to Scots pine mean defoliation variation were as follows: air concentrations of  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{NH}_4^+$  ions. The correlation coefficients between these contaminants and pine defoliation exceeded 0.8 and were significant ( $p < 0.05$ ). Key factors contributing to Norway spruce mean defoliation variation were: first of all air concentration of  $\text{NH}_4^+$  ions, and then concentration of  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Norway spruce trees were established to be more sensitive to the effect of acidifying species in Žemaitija IMS. It was the first time when the effect of air concentrations of ammonium and  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ions on Norway spruce condition was found to be significant. Correlation coefficient exceeded 0.7. No significant relationships were established between the defoliation birch trees and air concentrations of acidifying species in the considered IM stations what allowed to conclude that key factors contributing to tree crown condition of birch trees were climatic conditions. The effect of acid deposition had a remarkably lower significance on the considered tree species than that of air concentrations in both IM stations.

Chemical content of the needles and leaves rather often are presented as indicators of tree health. In Aukštaitija IMS a 9 year long data set revealed that N concentrations in birch leaves had a tendency to decrease meanwhile in spruce and pine needles fluctuated at the same 12 mg/g. Concentrations of P in monitored trees leaves and needles also did not demonstrate significant trends. The tendencies towards increasing were detected in P concentrations data sets in needles of pine and spruce – approximately by 0.04 mg/g, and the tendencies towards decreasing – in birch leaves by 0.08 mg/g per year. Most significant changes were detected in changeability of K concentrations in leaves and needles of the monitored trees in this IMS. K concentration in birch leaves and pine needles increased most significantly by 0.16 and 0.23 g/kg per year respectively, and least significant in first year needles of pine – by 0.1 mg/g per year. Concentrations of Ca and Mg fluctuated at a rather stable level.

In Žemaitija IMS N concentrations in birch leaves demonstrated stable changeability, meanwhile in needles of pine trees demonstrated a tendency towards increasing, confirming the improvement of tree health of this tree species. P concentration remained stable also in needles and only in birch leaves demonstrated a tendency towards decreasing by approximately 0.05 mg/g per year. K concentrations increased only in pine needles by 0.22 mg/g per year, and Ca concentrations in needles demonstrated a tendency towards decreasing meanwhile in birch leaves – towards increasing by 0.33 mg/g per year. Changes in meteorology and air concentrations of acidifying species together with their concentrations in precipitation were found to be responsible for the detected changes in leaves and needles at the considered IM sites.



Data on abundance of green algae on spruce needles indicated a more intensive pollution level of nitrogen species in Žemaitija IMS than in Aukštaitija IMS. Data on air concentrations of these species confirmed this bio indication.

From 2008 up to 2013 the abundance of epiphytic lichens increased indicating the improved ecological situation in Aukštaitija IMS. The total coverage of monitored tree stems by epiphytic lichens exceeded 4%, meanwhile by only *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. – by 2%. The species composition remained stable during the entire considered period, i.e. 3 species were under investigation: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl., and *Cladonia* spp. (Hill.) Vain..

In Žemaitija IMS the species composition also remained stable over the entire considered period i.e. 3 species are under investigation: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb., and *Cladonia* spp. (Hill.) Vain. It is very difficult to detect key parameters resulting in these changes because data on air concentrations of sulphur species as well as their wet deposition demonstrated a trend towards decreasing or were stable.