



LIETUVOS ŽEMĖS ŪKIO UNIVERSITETAS
Miškų monitoringo laboratorija

**MIŠKO EKOSISTEMŲ SUMEDĖJUSIOS
AUGMENIJOS MONITORINGAS
IM TERITORIJOSE IR
SĄLYGIŠKAI NATŪRALIŲ EKOSISTEMŲ
MONITORINGO KOORDINAVIMAS**

Sutarties Nr. 4F06-57

Kaunas 2006 m.

LIETUVOS ŽEMĖS ŪKIO UNIVERSITETAS

**MIŠKO EKOSISTEMŲ SUMEDĖJUSIOS AUGMENIJOS
MONITORINGAS PAGAL ICP IM PROGRAMĄ IR
SĄLYGIŠKAI NATŪRALIŲ EKOSISTEMŲ
MONITORINGO KOORDINAVIMAS**

Sutarties Nr. 4F06-78

A T A S K A I T A

Darbo vadovas:

Dr. Algirdas Augustaitis

Kaunas 2006 m.

Santrauka

2006 m. buvo įvertinta Aukštaitijos ir Žemaitijos KM stočių tyrimo ploteliuose augančių medžių būklė ir nustatyti ją sąlygojantys aplinkos veiksniai. Medžių defoliacijos modeliavimas remiantis 2006 m. duomenimis numatomas pabaigti 2007 m. III ketvirtyje, kai bus gauti visi oro taršos, iškritų bei ozono koncentracijų duomenys.

Aukštaitijos (trijuose) ir Žemaitijos (viename) KM stočių augalijos intensyvaus tyrimo stacionaruose buvo tęsiami dinaminiai dendroekologiniai tyrimai.

Aukštaitijos ir Žemaitijos KM stočių tyrimo ploteliuose atlikti saulės fotosintetiškai aktyvios spinduliuotos matavimai bei toliau tęsiami nuokritų sezoniniai stebėjimai. Pastarųjų metu nustatyti nuokritų kiekiai kas mėnesį bei kas ketvirtį, o taip pat ir jų pavyzdžiai pristatyti į Aplinkos apsaugos agentūros atitinkamą laboratoriją sunkiųjų metalų koncentracijoms nustatyti.

Aukštaitijos ir Žemaitijos KM stotyse surinkti lapijos pavyzdžiai fiziniams-cheminiams matavimams, o taip pat šilšamanės ir atžalinės gužtvės pavyzdžiai sunkiųjų metalų kiekiui tyrti. Šie pavyzdžiai pristatyti į Aplinkos apsaugos agentūros atitinkamą laboratoriją.

Aukštaitijos ir Žemaitijos KM stotyse atlikti epifitinių kerpių ir sausumos žaliadumblių būklės stebėjimai.

Dalyvauta Integruoto monitoringo metinėje tarptautinėje konferencijoje Rygoje bei tarptautiniam monitoringo centrui pateikta ataskaita už 2005 m., kuri publikuota periodiniame leidinyje „Finnish Environment“. Taip pat dalyvauta IUFRO organizuojamoje konferencijoje taršos poveikio aplinkai tyrimo klausimais, kuri vyko Kalifornijoje, JAV. Konferencijos metu pristatytas ę-jų dalių išplėstinis apibendrinantis darbas KMS tema „Pažemio ozonas ir jo poveikis miško ekosistemoms“. Paruošti trys straipsniai, kurie po recenzavimo priimti publikuoti ISI WOS žurnale „TheScientificWorld“.

Turinys

	Psl.
ĮVADAS	8
I MIŠKO EKOSISTEMŲ SUMEDĖJUSIOS AUGMENIJOS MONITORINGAS IM TERITORIJOSE	10
1. Miškų būklės dinamika integruoto monitoringo stočių teritorijose	10
1.1. <i>Aukštaitijos KMS medynų būklė.</i>	10
1.2. <i>Žemaitijos KMS medynų būklė</i>	12
1.3. <i>Aplinkos veiksnių poveikis pušynų būklei</i>	14
<i>IŠVADOS.</i>	20
2. Medynų būklė augalijos tyrimų stacionaruose.	21
2.1. <i>Medynų būklė Aukštaitijos KMS stacionaruose</i>	25
2.2. <i>Medynų būklė Žemaitijos KMS stacionaruose.</i>	28
<i>IŠVADOS.</i>	30
3. Medžių pažeidimai KMS teritorijose	21
3.1. <i>Aukštaitijos KMS medžių pažeidimai ir pagrindinės priežastys .</i>	25
3.2. <i>Žemaitijos KMS medžių pažeidimai ir pagrindinės priežastys . .</i>	28
<i>IŠVADOS.</i>	30
4. Nuokritų ir su jomis į dirvožemį patenkančių metalų sezoninė dinamika .	31
4.1. <i>Aukštaitijos KMS nuokritų sezoninė dinamika.</i>	31
4.2. <i>Žemaitijos KMS nuokritų sezoninė dinamika</i>	36
4.3. Metinių metalų srautų su nuokritomis palyginimas tarp KMS . .	41
<i>IŠVADOS.</i>	44
5. Fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės tyrimai Aukštaitijos KMS teritorijoje	45
4.1. <i>Aukštaitijos KMS FAS parametrai.</i>	46
4.2. <i>Žemaitijos KMS FAS parametrai</i>	46
<i>IŠVADOS.</i>	49
5. Biotos atskirų komponentų įvairovės, gausumo ir būklės kompleksiškas vertinimas bei jų kaitą sąlygojančių veiksnių analizė	51
5.1. <i>Bentofaunos monitoringas pagal ICP IM programą</i>	52
5.2. <i>Pedobiontų monitoringas pagal ICP IM programą</i>	55
5.3. <i>Smulkiųjų žinduolių monitoringas pagal ICP IM programą</i>	59
5.4. <i>Rūgščių iškritų poveikio biotai pagrindiniai dėsningumai</i>	61

Rezultatų apibendrinimas, vertinimas ir pasiūlymai.	63
LITERATŪRA	65

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 įrankių, 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. Todėl 10 metų Lietuvoje funkcionuojančiai KM programai turėtų būt sutelktas išskirtinis dėmesys.

Šioje ataskaitoje pateikti medynų būklės duomenys Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS baseinų teritorijoje, medynų struktūriniai pokyčiai ir jų vystymosi dinamika augalijos tyrimų stacionaruose, nuokritų sezoninė dinamika bei fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės tyrimai Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS teritorijose.

MIŠKO EKOSISTEMŲ SUMEDĖJUSIOS AUGMENIJOS MONITORINGAS KOMPLEKSNIO MONITORINGO TERITORIJOSE

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 faktorius 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. 2006 m. atlikta 11-ta miškų būklės apskaita.

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..

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%. Intensyviausias teigiamas pušų būklės pokytis. Jų 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 ($p < 0,05$).

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

Medžio rūšis	Išsivyst. kl.	Aukštaitijos KMS											
		1993		1996		1999		2002		2005		2006	
		F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N
		%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.	%	vnt.
ALNU GLU	V	15± ...	1	15± ...	1	20± ...	1	25± ...	1	30±	1	40±	1
ALNU GLU	D	5± ...	1	15± ...	1	15± ...	1	20± ...	1	15±	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	25,0± 15	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	17,1± 1,6	23
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	14,1± 1,2	16
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	24,2± 3,5	30
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	39,3± 12	7
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± 2,3	49
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	26,1± 3,7	27
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	21,3± 2,0	76
FRAX EXC		0± ...	1	10± ...	1	20± ...	1	30± ...	1	95±	1	100±	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	15,4± 1,2	54
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	19,6± 1,4	72
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	23,9± 1,0	171
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	34,0± 1,1	240
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	27,0± 0,7	537
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	17,1± 1,0	117
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	17,3± 1,0	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	19,2± 1,4	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	39,0± 16	5
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	17,9± 0,8	178
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	7,9± 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	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	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	16,7± 0,7	195
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	18,1± 0,9	132
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	23,5± 1,0	223
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	34,0± 1,1	254
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	24,3± 0,6	804

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

Paskutiniaisiais medžių lajų būklė pablogėjo. Tirtų pušų lajos defoliacija padidėjo reikšmingai nuo 16,1 iki 17,9% (p<0,05). Eglų 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.

1.2. 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%.

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

Medžio rūšis	Išsivyst. kl.	Žemaitijos KMS											
		1993		1996		1999		2002		2005		2006	
		F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N
		%	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	12,5±	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± 3,2	4
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	17,1± 1,1	12
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	29,2± 6,2	18
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	27,0± 6,2	5
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	24,5± 3,1	39
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	19,7± 1,6	60
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	22,7± 1,6	119
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	26,4± 1,2	109
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	38,3± 2,0	86
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	26,9± 0,9	374
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	20,0± 2,2	6
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	25,8± 1,9	53
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	33,5± 6,7	10
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	26,4± 1,8	69
POPU TRE	K	15,0±	1	10,0±	1	15,0±	1	15±	1	20,0±	1	25,0±	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	16,7± 1,7	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	23,0± 3,0	5
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	25,0± 2,2	5
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	19,9± 1,4	71
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	23,2± 1,2	186
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	27,2± 1,3	140
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	36,0± 1,8	101
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	26,5± 0,8	498

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

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%.

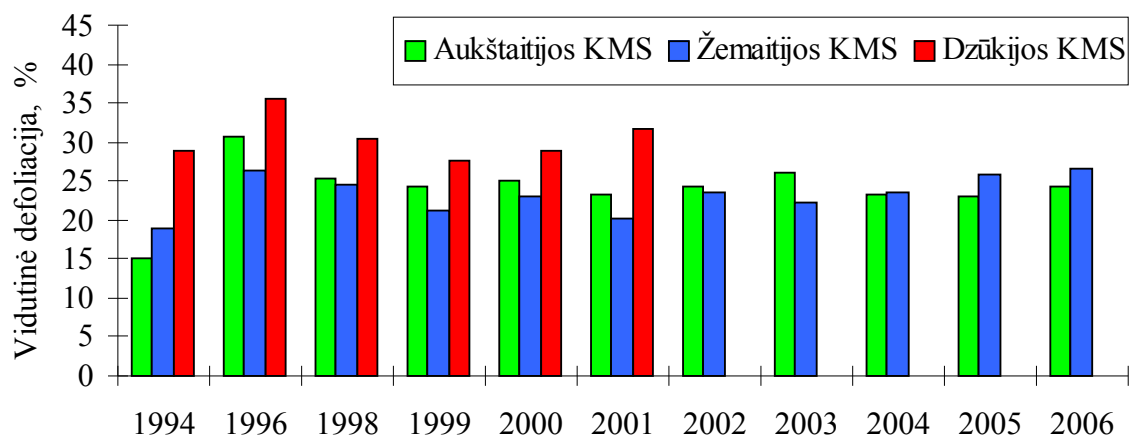
2002 m. medynų būklės pablogėjimą sąlygojo sausas vegetacinis periodas bei gausios snieglaužos vasario mėnesį. Dėl šių veiksnių intensyviausiai pablogėjo spygliuočių medynų būklė. Vidutinė pušynų defoliacija padidėjo virš 6%, nuo 19 iki 25,3%. Vyraujančių medyne pušų vidutinė defoliacija padidėjo 5,6%, 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 ($p > 0,05$).

Pastarųjų kelių 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) ir 26,9% (2006).

2003-2006 metų laikotarpiu beržų ir pušų lajų vidutinė defoliacija nors ir nereikšmingai, tačiau didėjo.

Lyginant miškų būklę tarp atskirų stočių nustatyta, kad blogesne medžių būkle iki 2004 m. pasižymėjo Aukštaitijos KMS teritorijoje augantys medžiai. Paskutiniu metu 3 metų laikotarpiu Žemaitijos KMS teritorijose augančių medžių vidutinė defoliacija pradėjo viršyti Aukštaitijos KMS medžių vidutinę defoliaciją.



1.1 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. Paskutiniaisiais metais visų medynų būklei įtakos turėjo vėjovartos, vėjalaūžos ir snieglaužos ypač Žemaitijos KMS bei išskirtinai karšta ir sausa vasara.

IŠVADOS

Tiriamuoju laikotarpiu (1994-2005) 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 1999 m. medžių lajų defoliacija reikšmingai mažėjo, o pastaruoju laikotarpiu Žemaitijos KMS turi tendencija didėti, o Aukštaitijos KMS jau keleta paskutiniųjų metų išlieka praktiškai stabili ir tik 2006 m. sausra vėl sąlygojo medynų vidutinės defoliacijos augimą.

2. Medynų būklė augalijos tyrimų stacionaruose

1993m. Aukštaitijos kompleksinio monitoringo stotyje (KMS) buvo išskirtas vienas kartografuotas 50m × 50m tyrimo barelis visų augalijos ardu 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 būdingiausias 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 ardu 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 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Medynų, kuriuose išskirti tyrimo stacionarai pagrindinės taksacinės charakteristikos

Tyrimo stacionaras	Medynų taksacinės charakteristikos						
	Rūšinė sudėtis	Amžiaus klasė	Bonitetas	Skalsumas	Tūris 1 ha m ³	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.

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

Darbo rezultatai

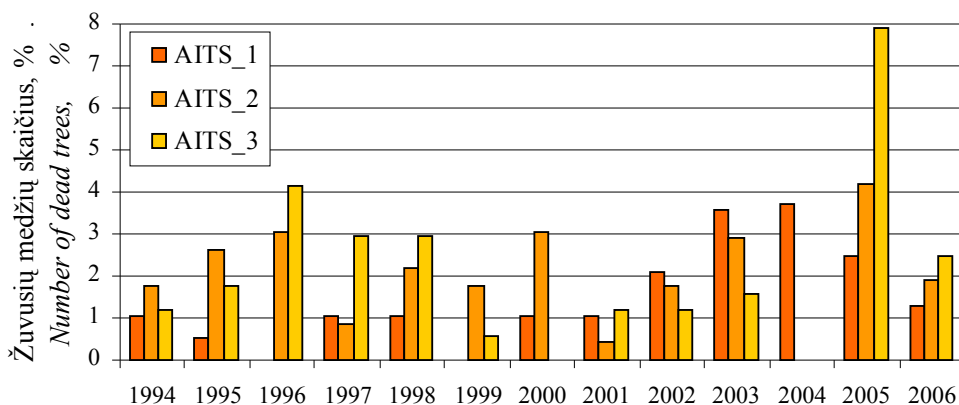
2.1. Medynų būklė Aukštaitijos KMS stacionaruose

Vienas iš pagrindinių medynų būklės rodiklių, šalia vidutinės medžių defoliacijos laikomas žuvusių medžių skaičius. Aukštaitijos KMS pirmajame stacionare intensyviausiai sumažėjo lapuočių medžių, kiek mažiau žuvo eglų ir mažiausiai pušų. Tik viena pušis nudžiūvo šiame stacionare per tiriamąjį laikotarpį. Medžių iškritimas siekė 20,7 % arba 1, 6% per metus.

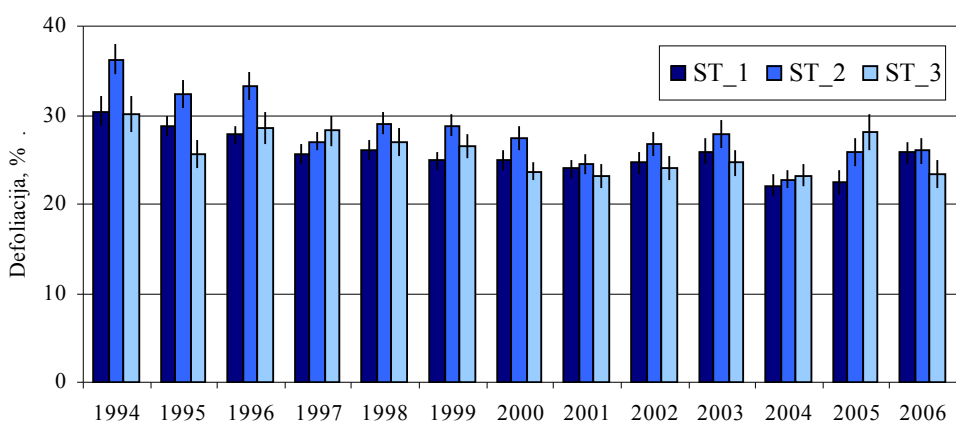
Antrajame stacionare AKMS_02 bendras medžių iškritimas viršijo 26% arba 2,06% per metus. Mažiausiai žuvo lapuočių, vos du beržai nudžiūvo per 13 m. laikotarpį, kai tuo tarpu pušų iškritimas viršijo 10%. Intensyviausias iškritimas užfiksuotas eglų. Per tiriamąjį laikotarpį šiame stacionare žuvo virš 37% šios rūšies medžių. Tačiau, kaip taisyklė, žūsta atsilikę augime medžiai. Kelių didesnių beržų žūtis priežastis – vėjalauža ir žievėgraužis tipografas.

Trečiojo stacionaro medžių iškritimo intensyvumas didžiausias 29,5% arba 2,27% 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 10.

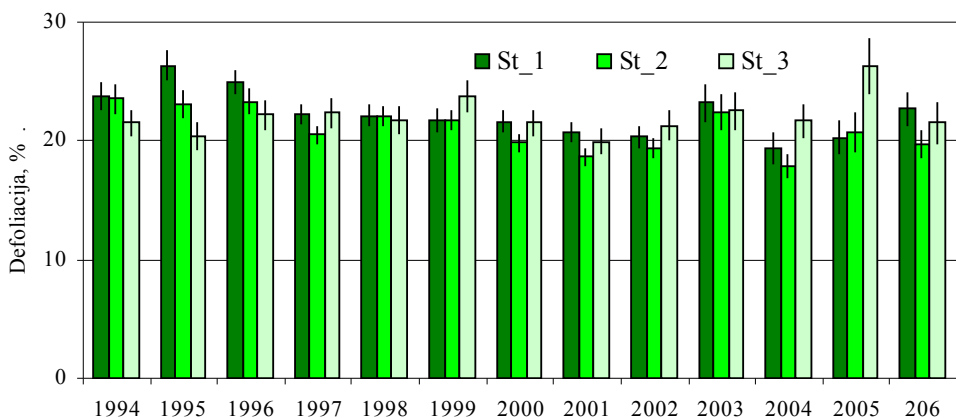
Žuvusių medžių skaičiaus dinamika rodo(2.1 pav.), kad per tiriamąjį laikotarpį kasmet vidutiniškai iškrenta apie 2% medžių.



2.1 pav. Žuvusių medžių skaičius Aukštaitijos KMS tyrimų stacionaruose 1994-2004 m.

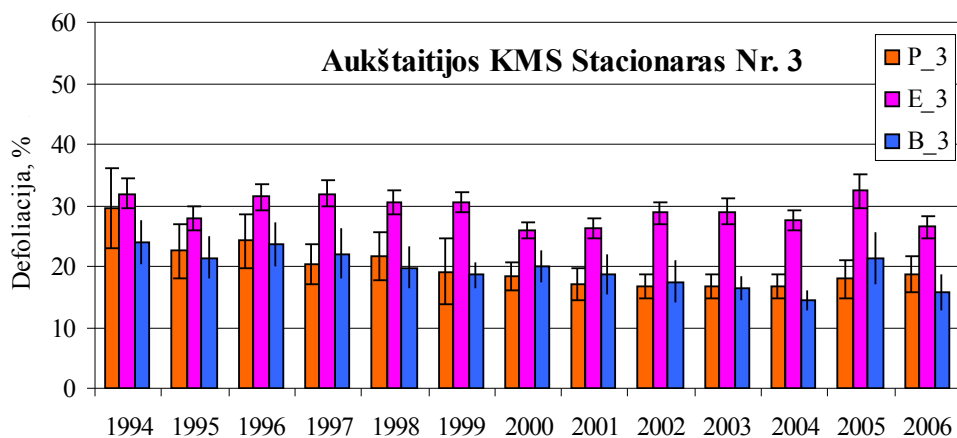
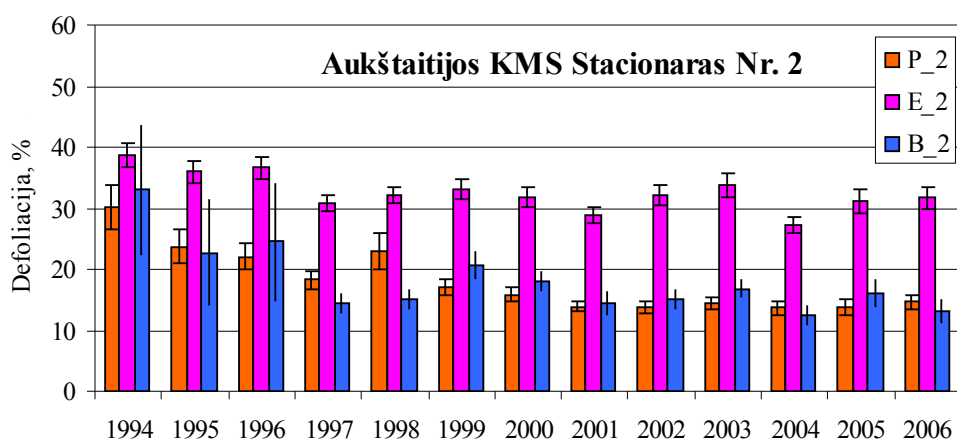
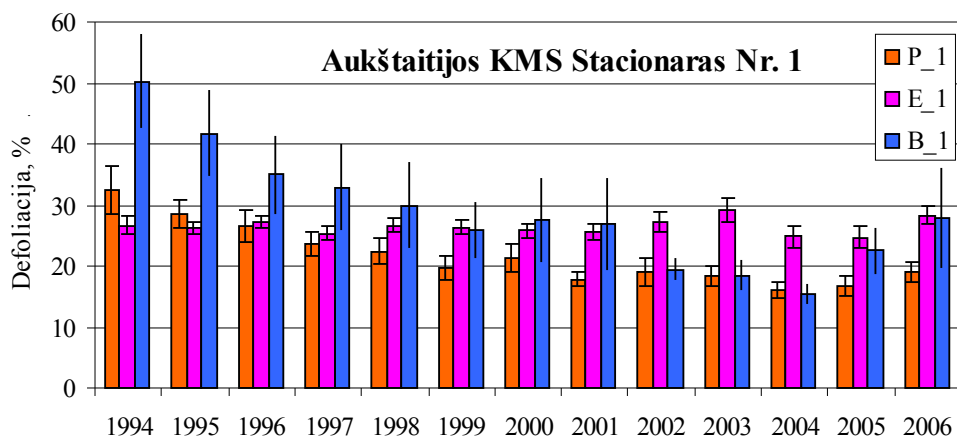


2.2 pav. Visų medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose 1994-2004 m.

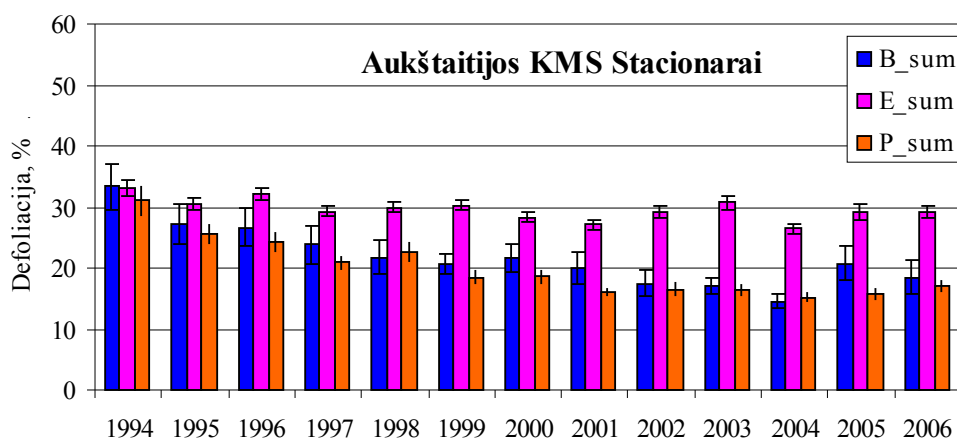


2.3 pav. 1-3 Krafto klasių medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose

Medžių lapų defoliacijos duomenys rodo, kad visų medžių vidutinė defoliacija iki 2004 m. turėjo tendenciją mažėti. Paskutiniaisiais metais defoliacijos augimą galėjo sąlygoti nepalankūs klimatiniai veiksniai. AKMS 3-io stacionaro labai aukštą defoliaciją 2005 m. (virš 28 %) sąlygojo dėl žievėgraužio tipografo pažeidimų žuvusios eglės.



2.4 pav. Atskirų rūšių medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose

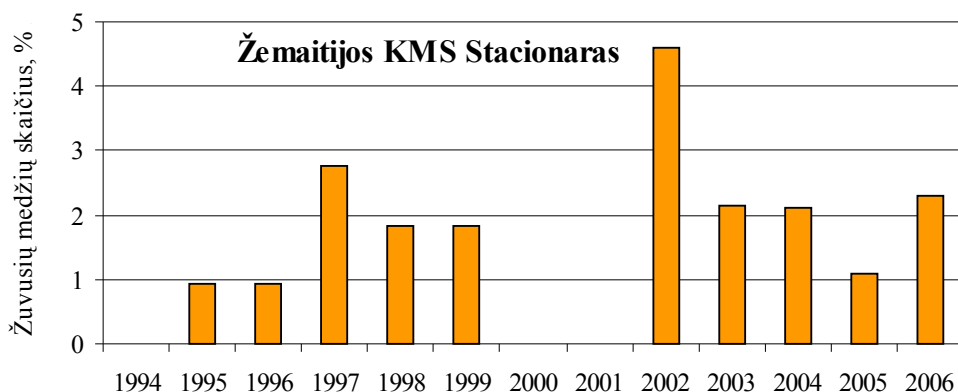


2.5 pav. Atskirų rūšių visų medžių vidutinės defoliacijos kaita Aukštaitijos KMS stacionaruose.

Apibendrinus tyrimų rezultatus nustatyta, kad pušys yra geriausios būklės, o eglės – blogiausios būklės. Per tiriamąjį laikotarpį reikšmingai mažėjo stacionaruose augančių beržų ir pušų vidutinė defoliacija.

2.2 Medyno būklė Žemaitijos KMS stacionare

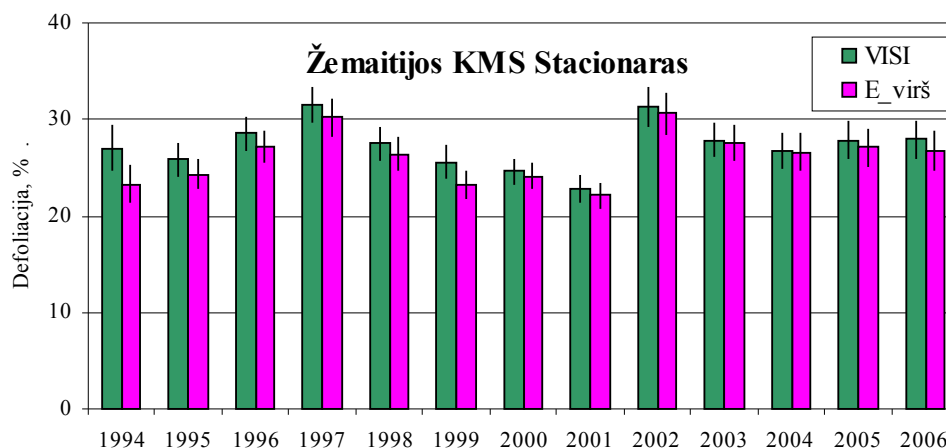
Žemaitijos stacionare bendras medžių iškritimas per 11 m. laikotarpį siekia 14,8% ar 1,23% per metus. Žuvusių beržų neužregistruota. Nustatyta, kad žuvusios eglės yra įvairaus dydžio, nuo smulkių, atsilikusių augime iki stambių, dominuojančių ir viršaujančių medyne. Pagrindinė šių medžių žūties priežastis - entokenkėjai ir vejalaužos. 2005 metais net apie 5% eglių buvo pažeistos snieglaužos, o paskutiniaisiais metais eglių žuvimo priežastis – žievėgraužis tipografas.



2.6 pav. Žuvusių medžių skaičius Žemaitijos KMS tyrimų stacionare 1995-2004 m.

Pagrindiniai medžių būklės kaitos parametrai Žemaitijos KMS stacionare pateikti 2.6 – 2.7 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 metų bėgyje buvo analogiškas. Tik didesnių medžių vidutinė defoliacija buvo mažesnė, o žemesnių, atsilikusių augime – didesnė.



2.7 pav. Visų ir išlikusių gyvų medžių būklės kaita Žemaitijos KMS stacionare

Didžiausias neigiamas defoliacijos pokytis užregistruotas 2002 metais. Pagrindinis veiksnys esminiais sąlygojantis medžių, pagrinde eglių, būklę buvo vasario mėnesį vykusios snieglaužos. 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 eglių žuvimo intensyvumas dėl žievėgraužio viršijo 2% per metus.

Išvados

1. Aukštaitijos KMS stacionaruose pušys yra geriausios būklės, o eglės – blogiausios būklės. Per tiriamąjį laikotarpį reikšmingai mažėjo stacionaruose augančių beržų ir pušų vidutinė defoliacija. Išimti sudaro tik 2005-06 metų pušų defoliacija, kuri reikšmingai padidėjo lyginant su 2004 m.
2. Žemaitijos KMS stacionare eglių defoliacija per visą tiriamąjį laikotarpį svyruoja nuo 25 iki 27 %. 1997-2001 m. laikotarpių jų defoliacija reikšmingai mažėjo. Paskutiniu metu laikotarpiu Žemaitijos KMS stacionare augančių medžių vidutinė defoliacija stabili.
3. Palyginus eglių vidutinę defoliaciją augalijos tyrimų stacionaruose, nustatyta, kad Žemaitijos stacionaro eglių vidutinė defoliacija mažesnė negu Aukštaitijos KMS stacionarų.

3. Medžių pažeidimai KMS teritorijose.

Pagal Integruoto monitoringo programa medžių pažeidimų tyrimai vykdomi kiekvienais metais. Dažniausiai tai buvo medžių vidutinės defliacijos vertinimas. Paskutiniaisiais metais atliktas užregistruotų pažeidimų identifikavimas, pagrindinių priežasčių nustatymas bei pažeidimo intensyvumo įvertinimas.

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

Darbo metodika

Medžių pažeidimų vertinimui panaudota Amerikietiško miškų monitoringo programa (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 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Medžių pažeidimų vietos, pažeidimų rūšys ir jų intensyvumas

Pažeidimo rūšis	Ko das	Pažeidimo intensyvuma s	Ko das	Medžio pažeidimo sritis	Ko das
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				

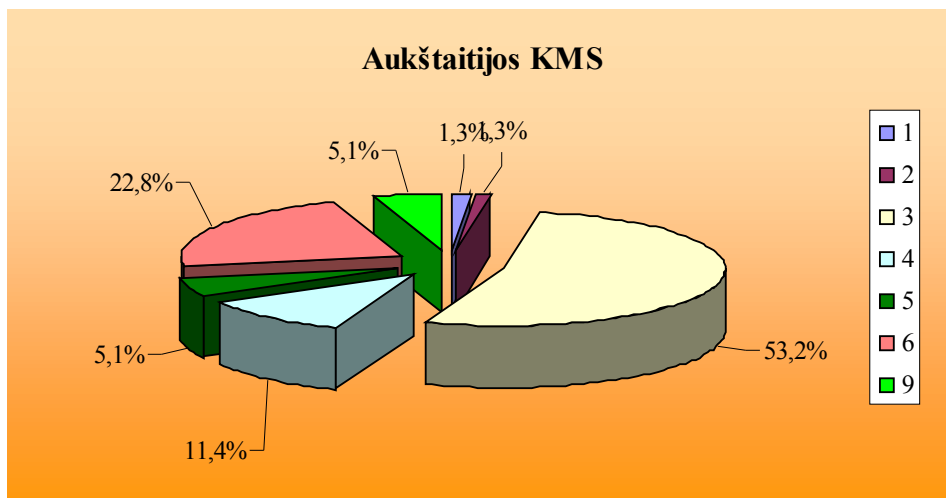
Darbo rezultatai

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

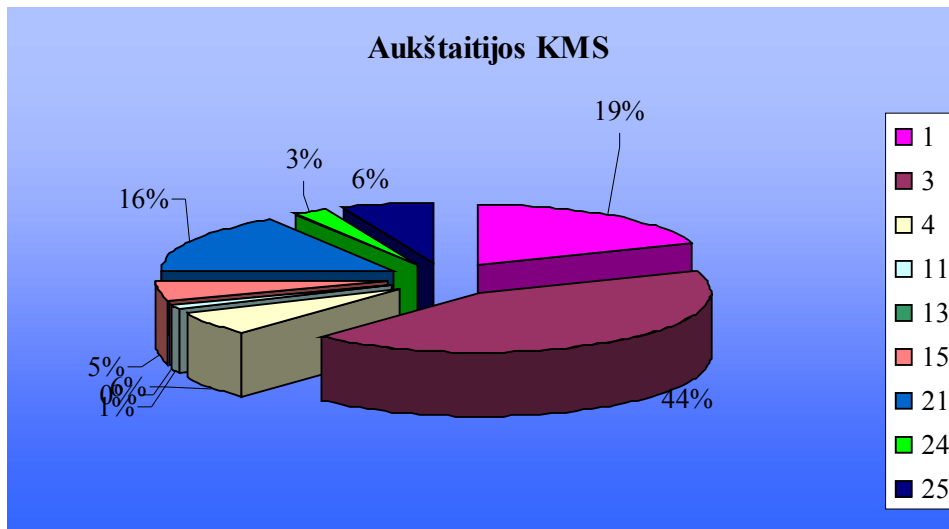
3.1 Aukštaitijos KMS medžių pažeidimai bei pagrindinės priežastys

Nustatyta, kad Aukštaitijos KMS teritorijoje iš 560 atrinktų viršaujančių, vyraujančių ir iš dalies stelbiamų miško medžių 92 identifikuoti pažeidimai, kurie iš esmės įtakojo ar galėjo įtakoti jų būklę. Tai sudaro 16,4% šių medžių.

Iš 3.1 pav. pateiktos schemos matyti, kad daugiausiai pažeidimų rasta apatinėje kamieno (3) ir lajos kamiene srityse (6). Pažeidimai šiose srityse sudaro 53% ir 23% visų užregistruotų pažeidimų. Kitoms medžio sritims tenka žymiai mažiau pažeidimų. 12% pažeidimų buvo užregistruota visame kamiene (4). Mažiausiai pažeidimų rasta šaknų ir priekelminėje kamieno srityje (1; 2) bei viršutinėje kamieno dalyje (5).



3.1 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)



3.2 pav. Pažeidimų ir ligų pasiskirstymas pagal rūšį

Kamieno ir šaknų pažeidimai: 1. – vėžys; 3, - atviros žaizdos; 4. –sakotakių pažeidimas;
11 – nulažtas kamienas; 15 – nulenktas kamienas

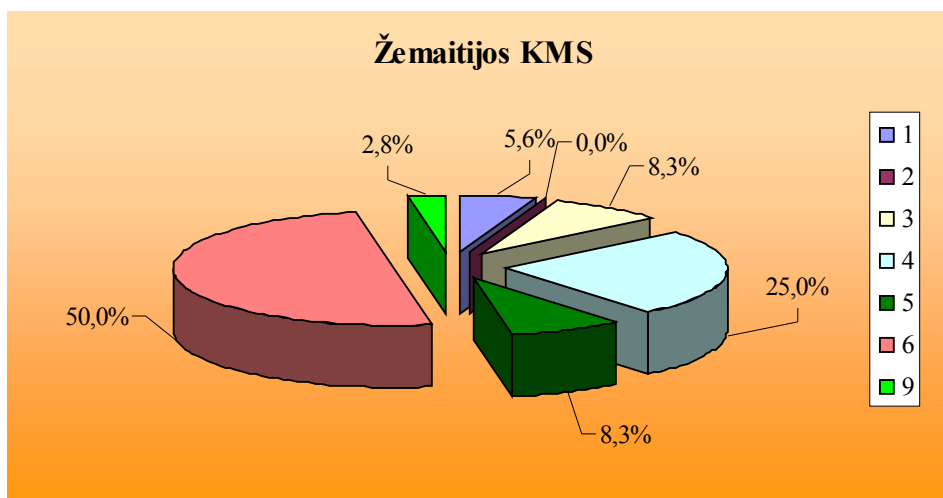
Pažeidimai medžio lajoje:21 - viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas; 24 – ūglių – lapų pažeidimai;
25 – eglinio tipografo pažeidimai.

Iš nustatytų pažeidimų dažniausiai pasikartojantys buvo: atviros žaizdos (3). Šis pažeidimas sudarė 44% visų pažeidimų (3.2 pav.). Tai įvairaus senumo bei intensyvumo elnių nulopyti eglų kamienai. 19% ir 16% visų pažeidimų sudarė vėžys (1) ir viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21), kurių sąlygojo snieglaužos ar vėjalaužos. 6% pažeidimų sudarė eglinio topografo pažeidimai. Kiti užregistruoti pažeidimai nesiekė 5%.

Daugiausiai pažeistos buvo paprastosios eglės, kurios sudarė 85% visų pažeistų medžių. 10% visų pažeidimų teko beržams ir 5% pušims.

Apibendrinus gautų tyrimų rezultatus, nustatyta, kad paskutiniuoju laikotarpiu (2002-2005 m.) pažeidimų priežastys ir pažeidimų sritys medyje praktiškai iš esmės nepakito, iškyrus dvigubai padidėjusio eglinio tipografo pažeidimų intensyvumą. Šis pažeidimas lėmė ir išskirtinai aukštą medžių iškritimo intensyvumą stacionaruose.

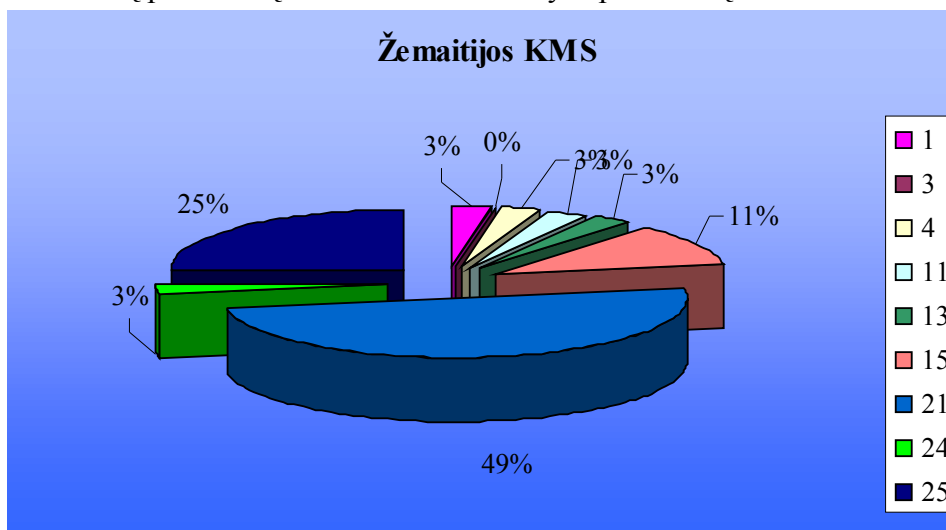
3.2 Žemaitijos KMS medžių pažeidimai bei pagrindinės priežastys



3.3 pav. Pažeidimų pasiskirstymas pagal pažeistą medžio sritį
(1. - šaknis ir priekelminė dalis (iki 30 cm); 2. šaknis ir apatinė kamieno dalis; 3. - apatinė kamieno dalis; 4. visas kamienas; 5. - viršutinė kamieno dalis; 6. - lajos kamienas; 9 – lapai, spygliai)

Nustatyta, kad Žemaitijos KMS teritorijoje 10,2% tirtų viršaujančių, vyraujančių ir iš dalies stelbiamų miško medžių buvo pažeisti.

Iš 3.3 pav. pateiktos schemos matyti, kad daugiausiai pažeidimų rasta lajos kamieno (6) ir viršutinėje kamieno srityse (4). Pažeidimai šiose srityse sudaro 50% ir 25% visų užregistruotų pažeidimų. Kiek mažiau pažeistos buvo šaknų ir priekelminė (1) bei apatinei kamieno (3) sritys – maždaug po 6-8% visų pažeidimų. Kituose medžio srityse pažeidimų buvo mažiau.



3.4 pav. Pažeidimų ir ligų pasiskirstymas pagal rūšį
Kamieno ir šaknų pažeidimai: 1. – vėžys; 3. - atviros žaizdos; 4. –sakotakių pažeidimas; 11 – nulaužtas kamienas; 15 – nulenktas kamienas
Pažeidimai medžio lajoje:21 - viršūninio ąglio ar viršūnės netekimas; 24 – ąglių – lapų pažeidimai; 25 – eglinio tipografo pažeidimai.

Nustatyta, kad dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas (21). Šis pažeidimas sudarė apie 50% visų pažeidimų (3.4 pav.). Tokį didelį šio pažeidimo registracijų skaičių sąlygojo vėjalauža ir snieglauža. Tai turėtų kelti nerimą, nes tokie nusilpę medžiai gali padėti kenkėjams eilini kartą išplisti. Be šio pažeidimo, tyrimų metu užregistruotos dar 6 priežastys iš kurių aktualiausias turėtų būti eglinio topografo pažeidimai. Šio kenkėjo pažeidimai per pastaruosius metus (2002-2006 m.) išaugo nuo 6,2% iki 25% visų pažeidimų. Nulenktas (15) kamienas sudarė maždaug 11% visų pažeidimų. Kadangi beveik visi šie medžiai yra eglės, tai galima daryti prielaidą, kad eglinio tipografo žala ir ateinančiais metais turėtų didėti.

Daugiausiai pažeistos buvo paprastosios eglės, kurios sudarė 80% visų pažeistų medžių. 15% visų pažeidimų teko beržams ir 5% pušims.

Apibendrinus gautų tyrimų rezultatus, nustatyta, kad paskutiniuoju laikotarpiu (2002-2006 m.), kaip ir Aukštaitijos KMS pažeidimų priežastys ir pažeidimų sritys medyje praktiškai iš esmės nepakito, iškyrus beveik 4 kartus padidėjusio eglinio tipografo pažeidimų intensyvumą.

IŠVADOS

1. Aukštaitijos KMS teritorijoje iš 560 apskaitos medžių 92 identifikuoti pažeidimai, kurie iš esmės įtakojo ar galėjo įtakoti jų būklę. Tai sudaro 16,4% visų apskaitos medžių.
2. Daugiausiai pažeidimų rasta apatinėje kamieno (3) ir lajos kamiene srityse (6). Iš nustatytų pažeidimų dažniausiai pasikartojantys buvo: atviros žaizdos, vėžys ir viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas, kurį sąlygojo snieglaužos ar vėjalaužos. Eglinio topografo pažeidimų 2006 m. sumažėjo iki 6%.
3. Plokštinės rezervate 10,2% tirtų medžių turėjo indentifikuotus pažeidimus kurie sąlygojo, ar galėjo salygoti šių medžių būklę. Daugiausiai pažeidimų rasta lajos kamieno ir viršutinėje kamieno srityse, kiek mažiau pažeistos buvo šaknų ir priekelminė bei apatinei kamieno sritys.
4. Dažniausiai pasikartojantis pažeidimas buvo viršūninio ūglio ar viršūnės netekimas bei eglinio tipografo pažeidimai. Šio kenkėjo pažeidimai per pastaruosius metus (2002-2006 m.) išaugo nuo 6,2% iki 25% visų pažeidimų.
5. Kompleksiško monitoringo stotyse dažniausiai pažeidžiami paprastosios eglės. Todėl galima daryti prielaidą, kad eglinio tipografo žala ir ateinančiais metais turėtų didėti

4. 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.

1993 m. Aukštaitijos ir Dzūkijos KMS, o 1994 Žemaitijos KMS uždaruose upelių baseinuose buvo įkurtos žaliųjų oro dumblių gausumo tyrimo stotys. 1998 m. žaliųjų oro dumblių gausumo tyrimai pakartoti antrą kartą. 2001 m. žaliųjų oro dumblių gausumo tyrimai pakartoti trečią kartą.

Darbo tikslas: tirti Plevelo genties dumbliai, gyvenantys paprastųjų eglų lajose, ant spyglių, tiesiogiai ir betarpiškai reaguoja į oro užterštumą azoto junginiais.

Stebimų eglų defoliacija tiriamuoju laikotarpiu buvo 10%. Jų žaliosios šakos prasidėjo 20 - 40 cm aukštyje. 160 cm aukštyje

4.1 lentelė. Žaliųjų oro dumblių stebėjimo rezultatai KM stotyse

Eil. Nr.	D1,3 mm	H dm	Spyglių amžius 1,6 m aukštyje	Vid. defol. %	Apaug. dumblių intensyvumas, balais	Apaug. dumblių jauniaus. ūglio amžius	Ūglių amžius, m.	
							su 50% spygl	su 5% spygl
.....*	DBH	HEIG	ANF	DEF	COAT	YALG	MED	MAX
Aukštaitijos žaliųjų oro dumblių tyrimų stotis								
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
Dzūkijos žaliųjų oro dumblių tyrimų stotis								
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
Žemaitijos žaliųjų oro dumblių tyrimo stotis								
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	222	150	8,7	16,0	2,6	1,3	4,8	7,5

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

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.

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

2001 m. tyrimų rezultatai neišaiškino esminių žaliadumblių gausumo pokyčių tirtose stotyse. Kaip ir ankstesniais metais didesniu gausumu pasižymi Aukštaitijos KM stotis, kas liūdytų kad oro baseinas šioje stotyje turėtų būti labiau teršiamas azoto junginiais nei Žemaitijos KM stoties.

Paskutiniaisiais 2004-2006 m. žaliųjų oro dumblių padaugėjo Žemaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje. Parametrai indikuojantis padengimo intensyvumą šios stoties reikšmingai viršijo Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje gautus parametrus. Tokiu būdu būtų galima teigti, kad žaliųjų oro dumblių gausos kaita indikuoja tą patį dėsningumą, kaip ir kiti rodikliai (medžių defoliacija, epifitinių kerpių gausa ir rūšinė įvairovė) – Žemaitijos KMS baseino foninis užterštumas paskutiniaisiais metais didesnis negu Aukštaitijos KMS baseino, ką patvirtina ir oro bei kritulių tyrimo rezultatai.

IŠVADOS

1. Tyrimų pradžioje didžiausių gausumu žaliadumbliai pasižymėjo Aukštaitijos KMS teritorijoje. Kiek mažesniu gausumu pasižymėjo žaliadumbliai Dzūkijos KMS teritorijoje ir mažiausiu gausumu - Žemaitijos KMS teritorijoje.
2. 2001 m. tyrimų rezultatai neišaiškino esminių žaliadumblių gausumo pokyčių tirtose stotyse. Kaip ir ankstesniais metais didesniu gausumu pasižymi Aukštaitijos KM stotis, kas liūdytų kad oro baseinas šioje stotyje turėtų būti labiau teršiamas azoto junginiais nei Žemaitijos KM stoties.
3. Paskutiniaisiais 2004-2005 m. žaliųjų oro dumblių padaugėjo Žemaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje. Parametrai indikuojantis padengimo intensyvumą šios stoties reikšmingai viršijo Aukštaitijos KMS dumblių tyrimo stotyje gautus parametrus.
4. Žaliųjų oro dumblių gausos kaita indikuoja tą patį dėsningumą, kaip ir kiti rodikliai (medžių defoliacija, epifitinių kerpių gausa ir rūšinė įvairovė) – Žemaitijos KMS baseino foninis užterštumas paskutiniaisiais metais didesnis negu Aukštaitijos KMS baseino, ką patvirtina ir oro bei kritulių tyrimo rezultatai.

5. Nuokritų ir su jomis į dirvožemį patenkančių metalų sezoninė dinamika

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 tarpinių 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.

5.1. Aukštaitijos KMS nuokritų tyrimai

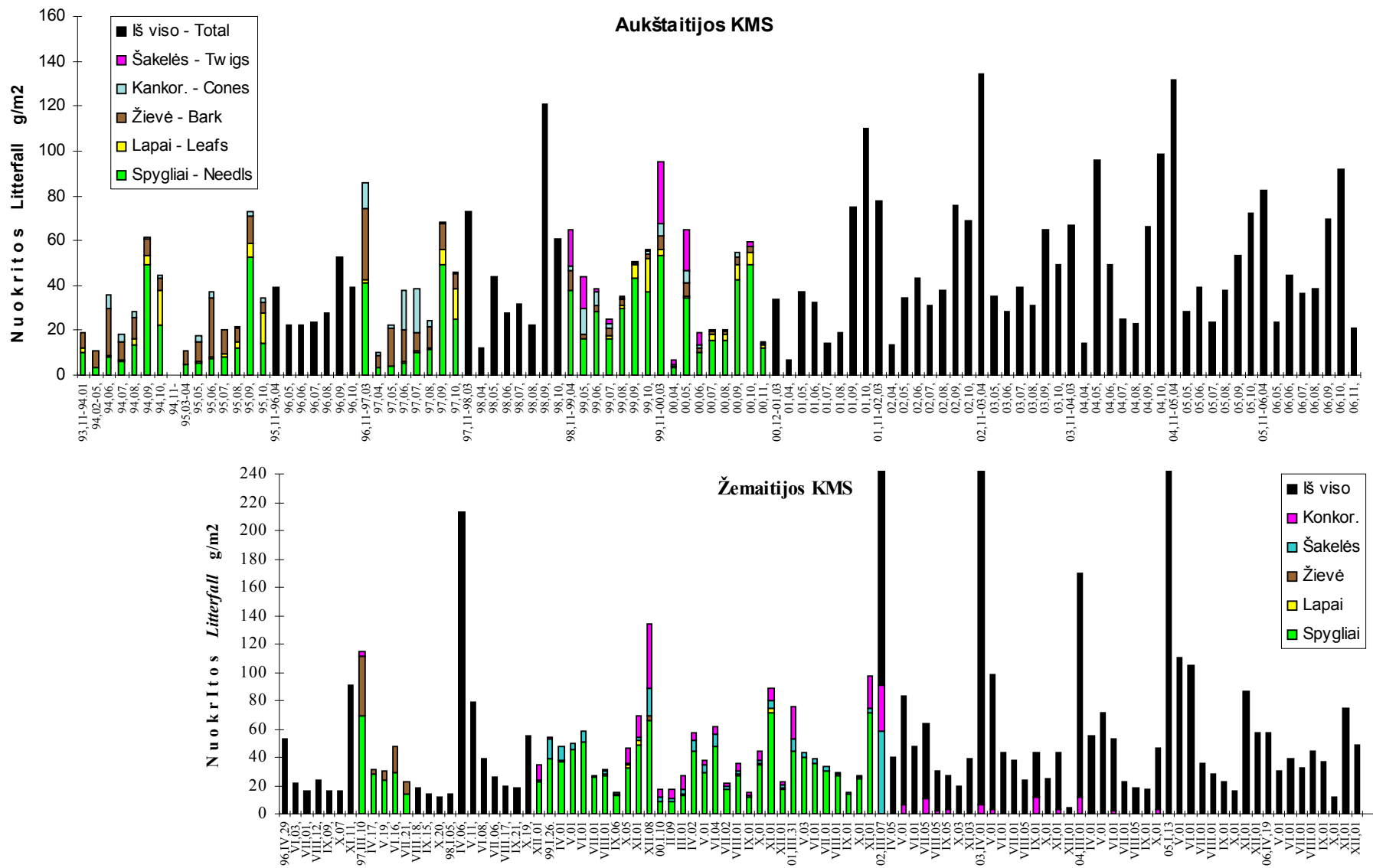
5.1.1. Nuokritų sezoninė dinamika

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.

5.1 lentelė Nuokritų kiekiai Aukštaitijos KMS (1994-2003m.)

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	386,1
2006				17	424,7
g/m ²	184,3	30,0	95,0	27,6	337,0
kg/ha	1843	300	950	276	3370
%	54,7	8,9	28,2	8,2	100

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



5.1 pav. Nuokritų sezoninė dinamika kompleksiško monitoringo stotyse

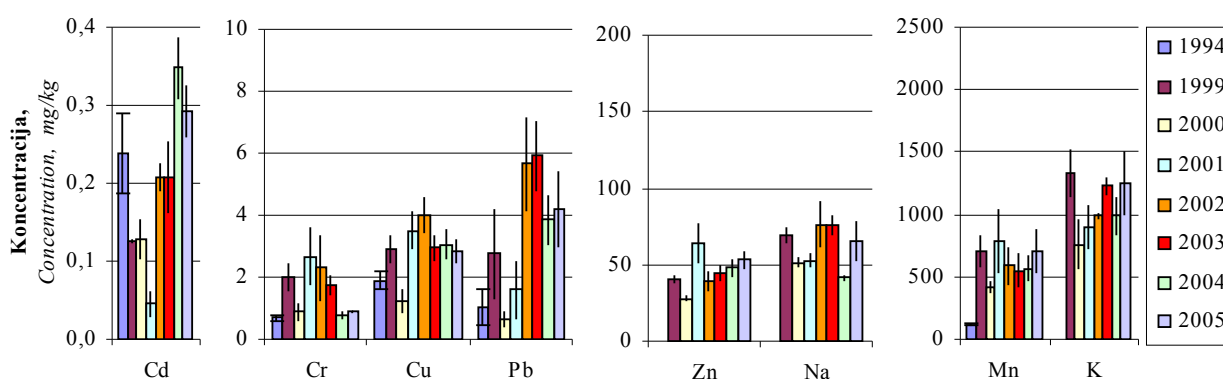
Nustatyta, kad 2006 m. nuokritų kiekis sudarė 4250 kg/ha. Tai didžiausias nuokritų kiekis užregistruotas per visą tiriamąjį laikotarpį. Nuo tyrimų pradžios Aukštaitijos KMS nuokritų tyrimo stotyje vidutiniškai susidaro apie 3370 kg/ha nuokritų, iš kurių apie 50% sudaro spygliai, 30 % pušies žievė ir maždaug po 10% kankorėžiai ir beržų lapai.

5.1.2. Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika

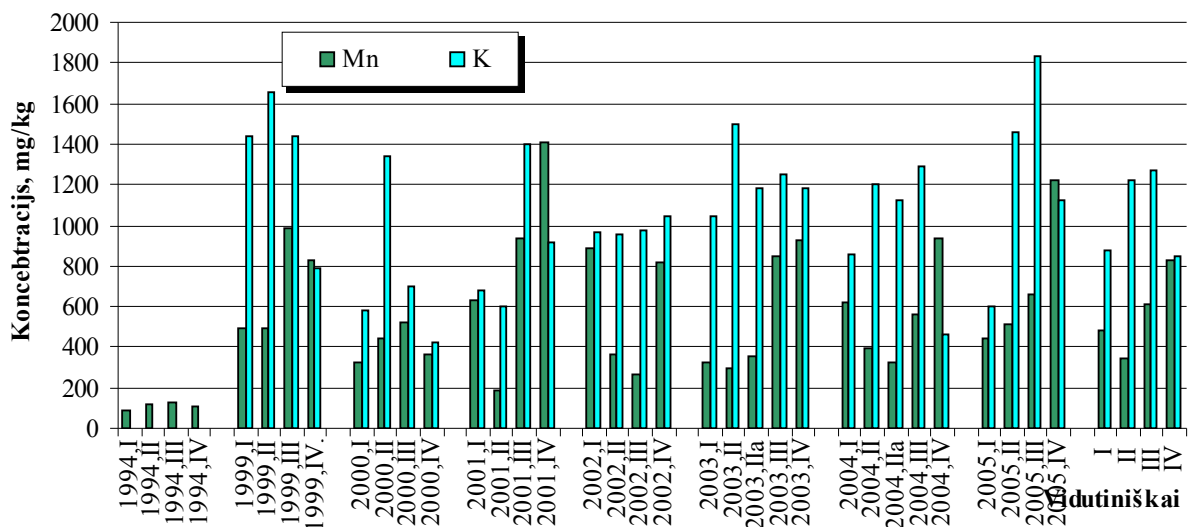
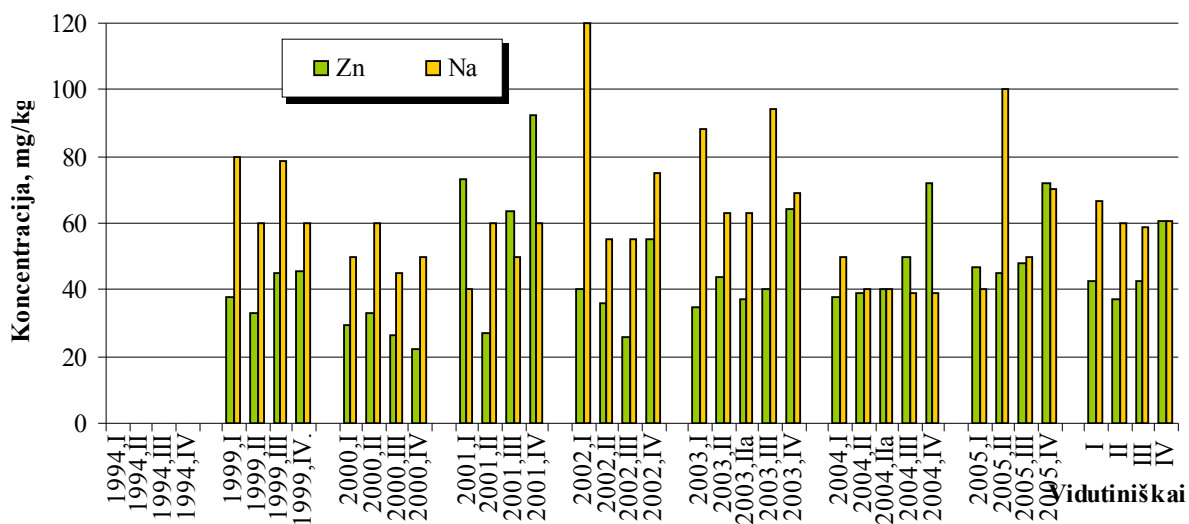
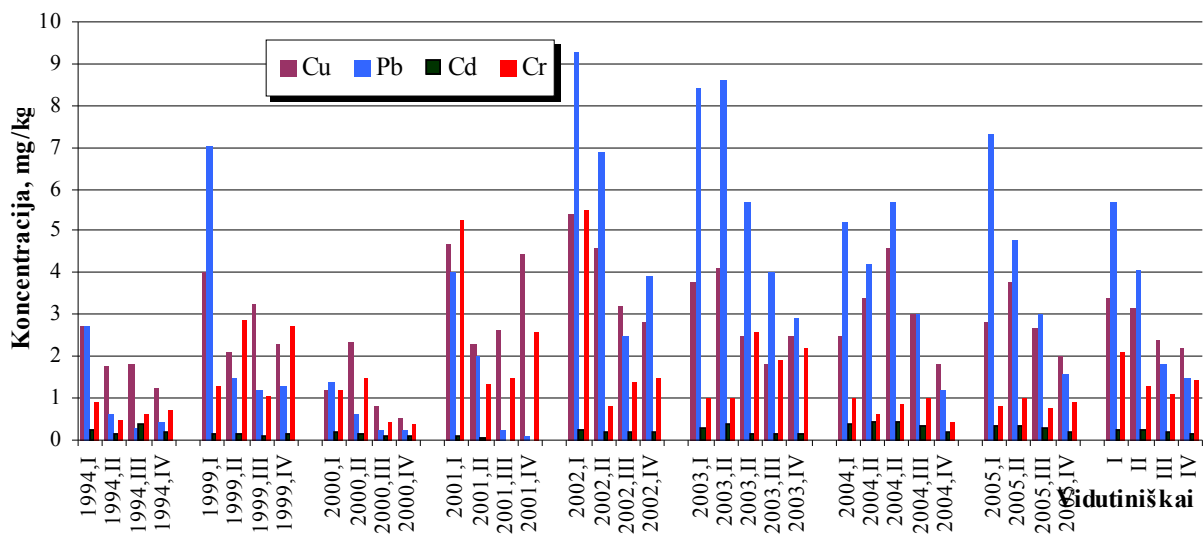
Lapijos cheminės sudėties tyrimas yra viena iš efektyviausių priemonių medžių stresui, sukkelto aplinkos užteršimo įvertinti. Tokio tyrimo metu nustatoma kaip maistinių, taip ir toksiškų elementų kiekis spygliuose ir lapuose. Lyginant gyvų lapų ir spyglių cheminę sudėtį su nuokritų sudėtimi įvertinamas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

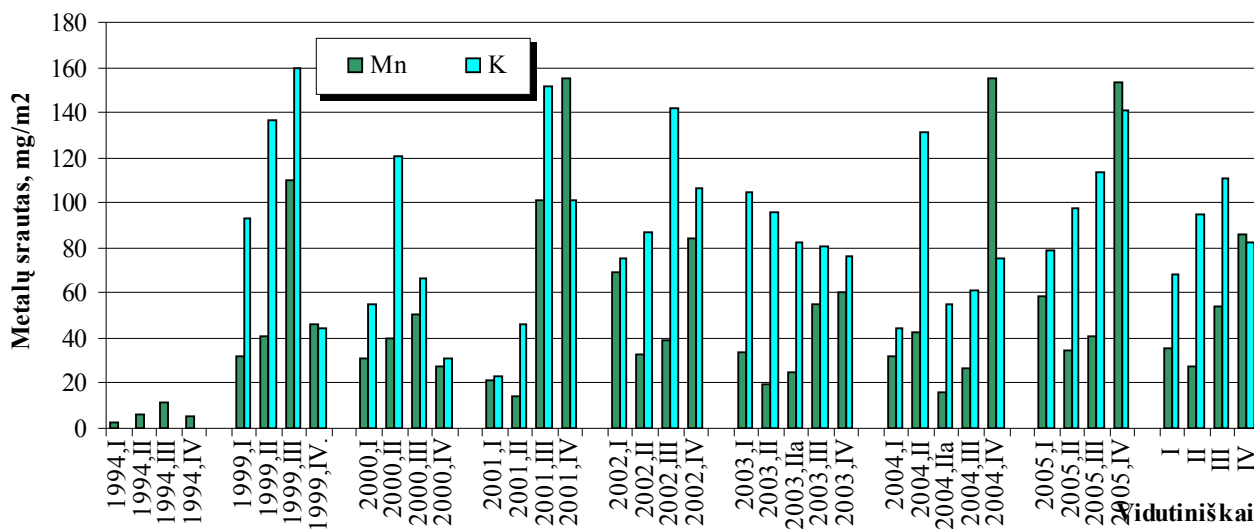
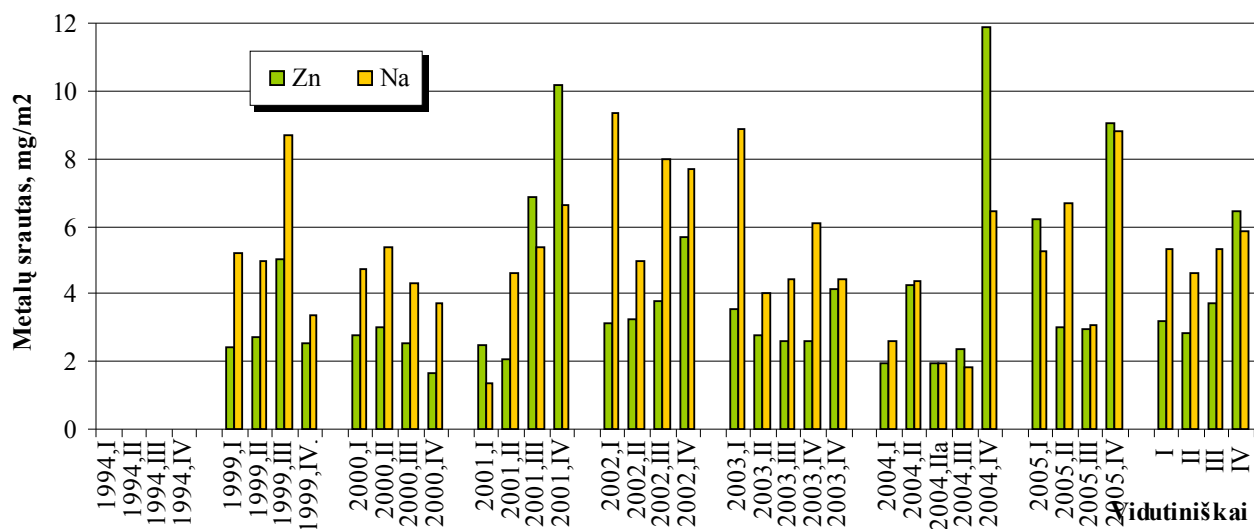
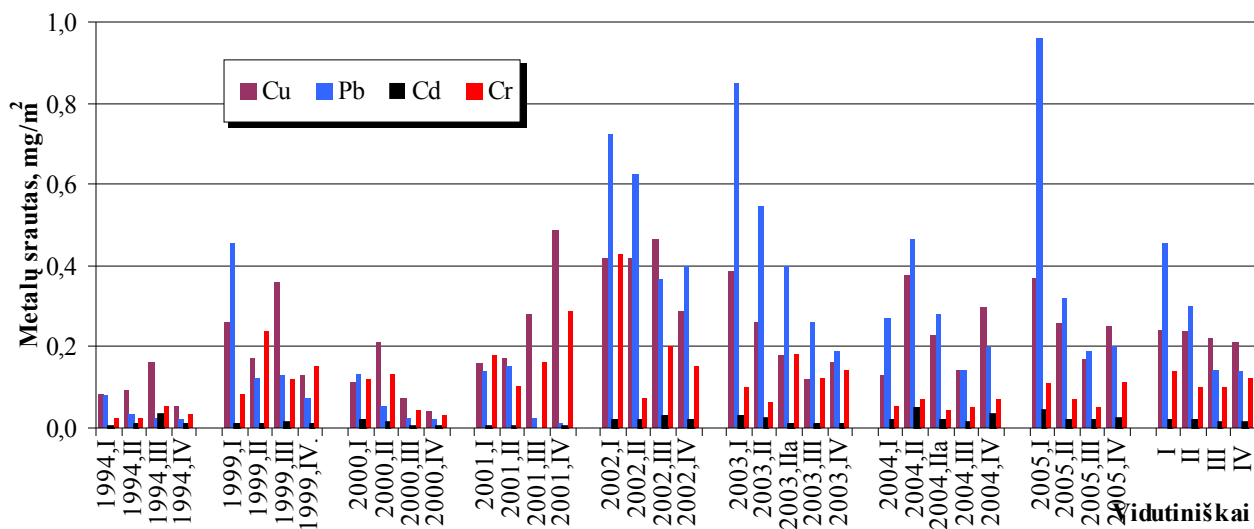
Analizuojant Aukštaitijos KMS nuokritų cheminę sudėtį, nustatyta statistiškai reikšminga ($p < 0,05$) sezoniškumo įtaka tirtų metalų koncentracijoms (5.2 pav.). Tokių tirtų metalų, kaip švino (Pb), vario (Cu), chromo (Cr) koncentracijos nuokritose yra didžiausios žiemos mėnesiais, t.y. gruodį, sausį, vasarį (I). 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.



5.3 pav. Metalų metinių koncentracijų nuokritose kaita Aukštaitijos KMS 1994-2005 m.



5.2 pav. Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika 1994-2005 m.



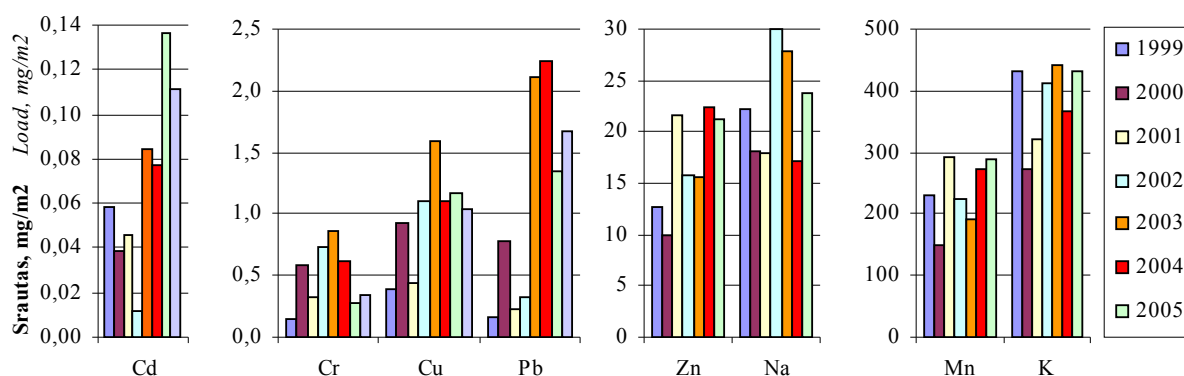
5.4 pav. Metalų koncentracijų srautų su nuokritomis sezoninė dinamika 1994-2005 m.

Tokių elementų, kaip cinko (Zn), natrio (Na) ir mangano (Mn) koncentracijų nuokritose sezoniškumas rodo, kad šių elementų koncentracija nuokritose didesnės yra rudens ir žiemos mėnesiais (IV_I) negu pavasario ir vasaros mėnesiais (II_III). Atvirkščiai proporcingos šioms koncentracijoms yra kalio (K) koncentracijos nuokritose. Didžiausi jo šio elemento kiekiai užfiksuoti pavasario ir vasaros mėnesiais (II_III).

Apibendrinus tirtų metalų koncentracijas nuokritose 1994-2005 m. laikotarpiu, nustatyta, kad paskutiniuoju laikotarpiu ženkliai išaugo tik Cd ir K koncentracijos nuokritose (5.3 pav.). Kitų elementų koncentracijos nuokritose arba mažėjo, arba išliko tabilios.

5.1.3. Metalų 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 5.4 paveiksluose. 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 ($p < 0,05$).



5.5 pav. Metiniai metalų srautai su nuokritomis Aukštaitijos KMS 1994-2004 m.

Metinių metalų srautų su nuokritomis analizė parodė, kad metalų srautai kito analogiškai jų koncentracijoms nuokritose, o padidėjęs nuokritų kiekis neturėjo reikšmingesnės įtako šių metalų srautų tendencijai.

5.2. Žemaitijos KMS nuokritų tyrimai

5.2.1. Nuokritų sezoninė dinamika

Žemaitijos KMS nuokritų sezoninė dinamika pradėta registruoti tik 1995m. pabaigoje. Nuokritų sezoninės dinamikos rezultatai pateikti 5.2 lentelėje. Daugiausiai nuokritų susidaro rudens-žiemos mėnesiais. Vasarą, nuokritų intensyvumas ne toks žymus, kaip Aukštaitijos 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 (5.2 lentelė). Kankorėžių kiekis nuokritose priklausomai nuo metų, svyruoja nuo 0 iki 13%.

5.2 lentelė Nuokritų kiekiai Žemaitijos KMS (1996-2003m.)

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
g/m ²	353,9	4,1	62,9	35,1	456,1
kg/ha	3539	41	629	351	4561
%	77,6	0,9	13,8	7,7	100

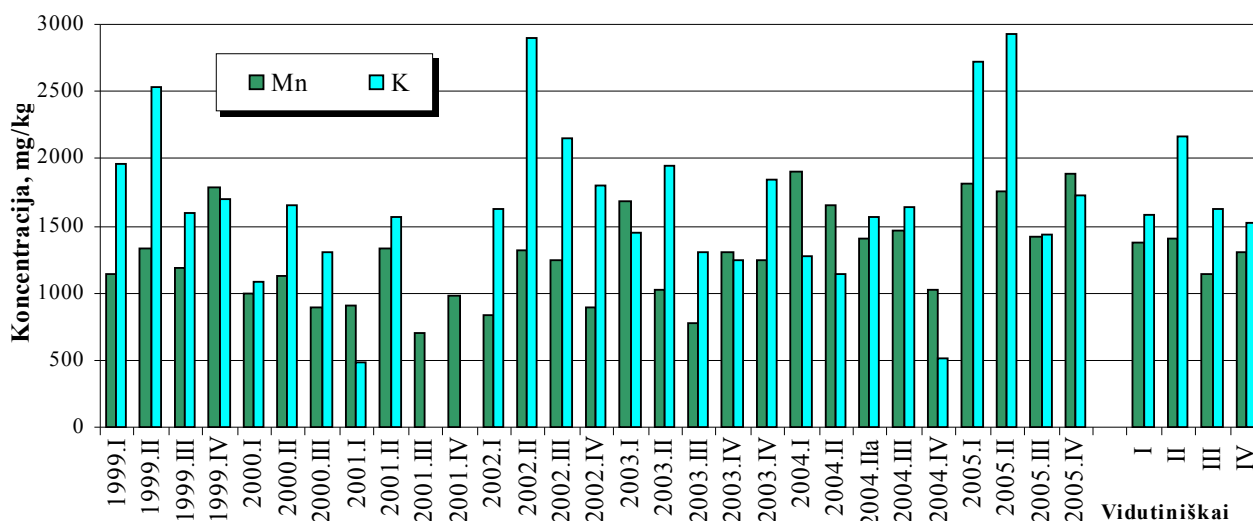
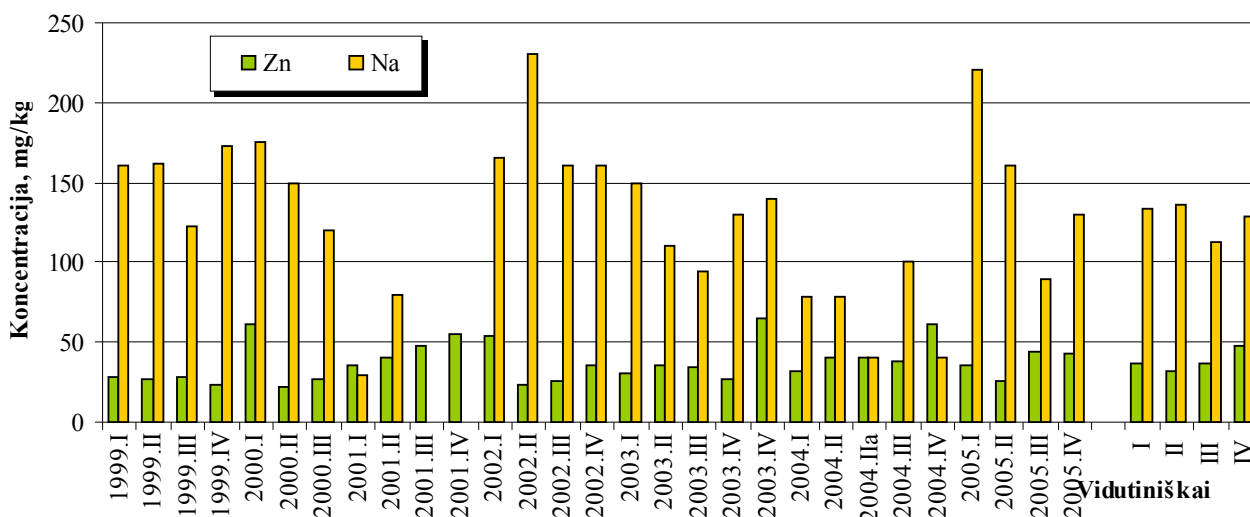
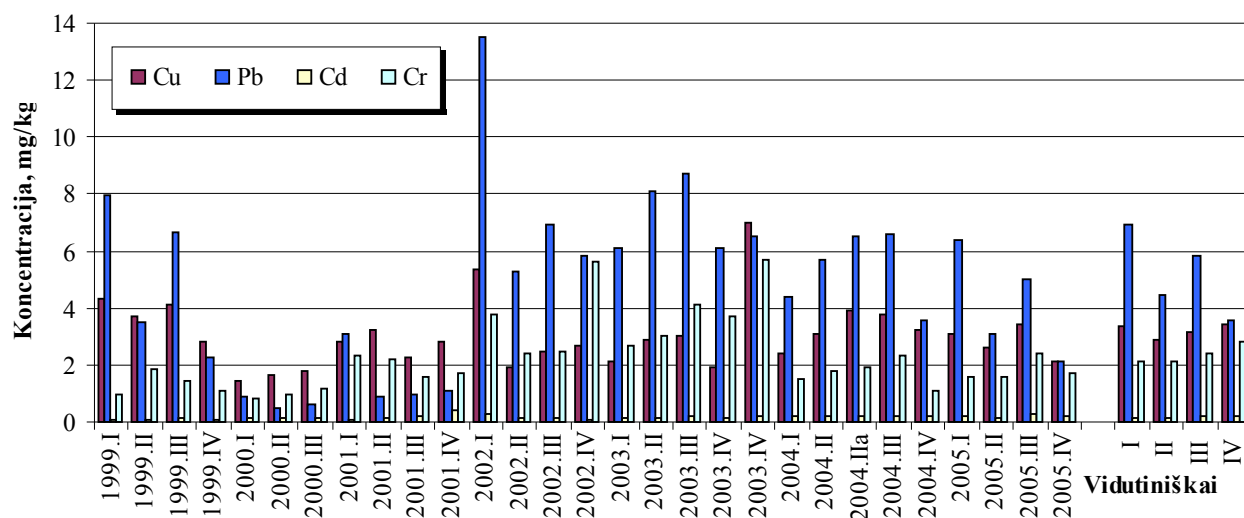
* - 1996 m. duomenys nepanaudoti nustatant vidutinius nuokritų kiekius.

Nustatyta, kad 2006 m. nuokritų kiekis Žemaitijos KMS beveik 2 kartus buvo mažesnis nei praėjusiais metais ir siekė 3755 kg/ha.

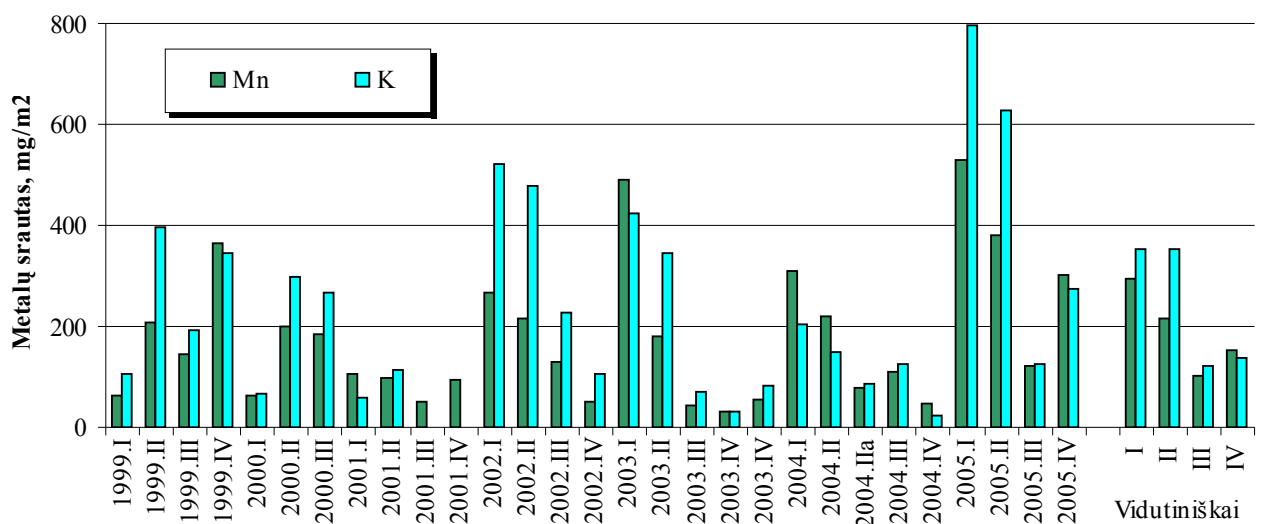
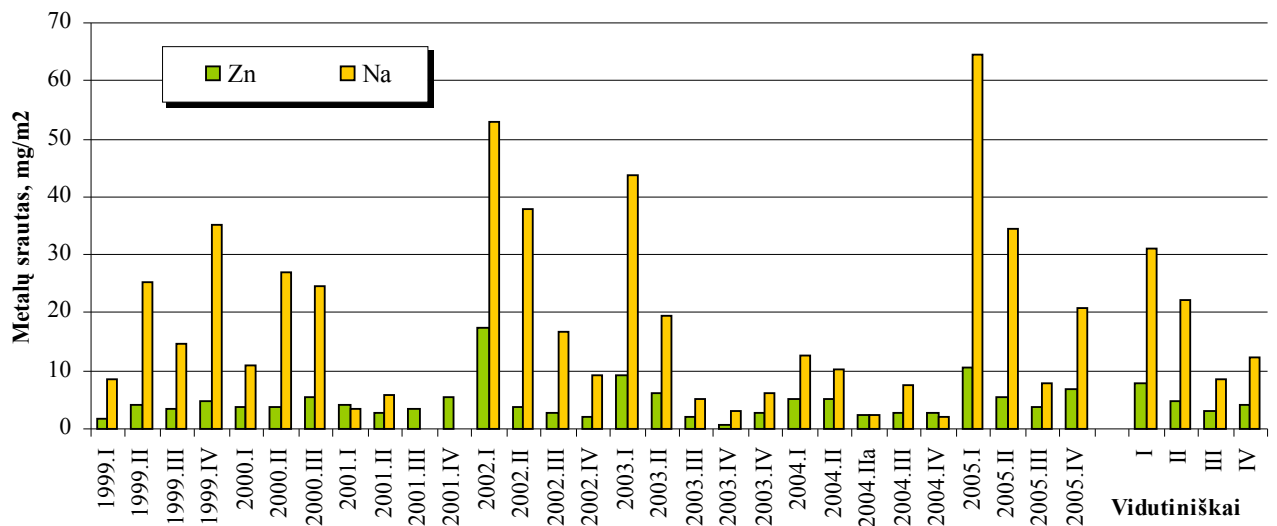
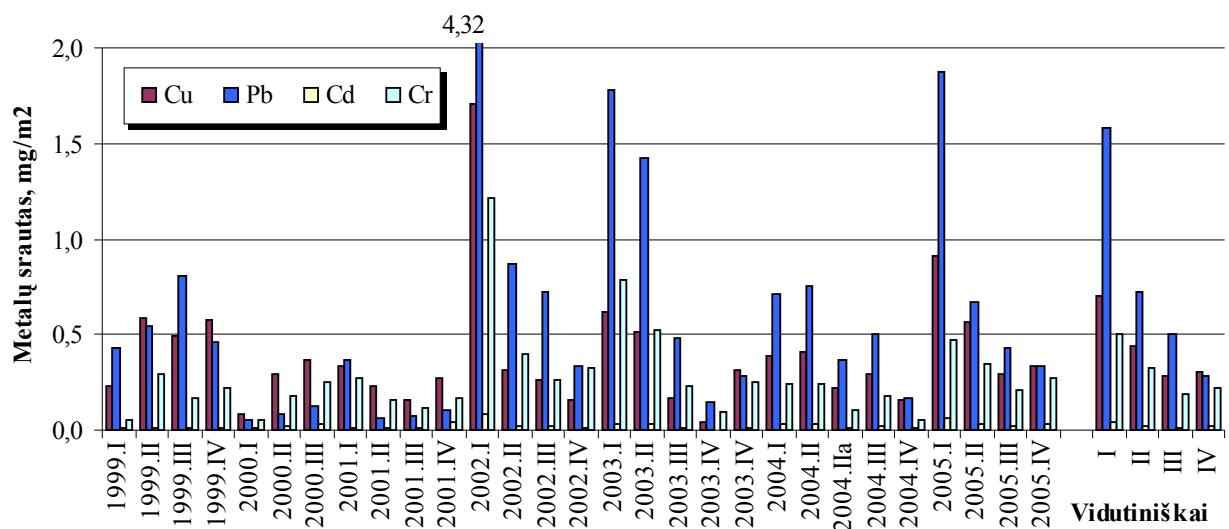
Apibendrinus paskutiniųjų metų tyrimo rezultatus nustatyta, kad Žemaitijos bręstančiame eglyne susidaro apie 4561kg/ha nuokritų, t.y. apie 25% daugiau negu Aukštaitijos perbrendusiame pušyne.

5.2.2. Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika

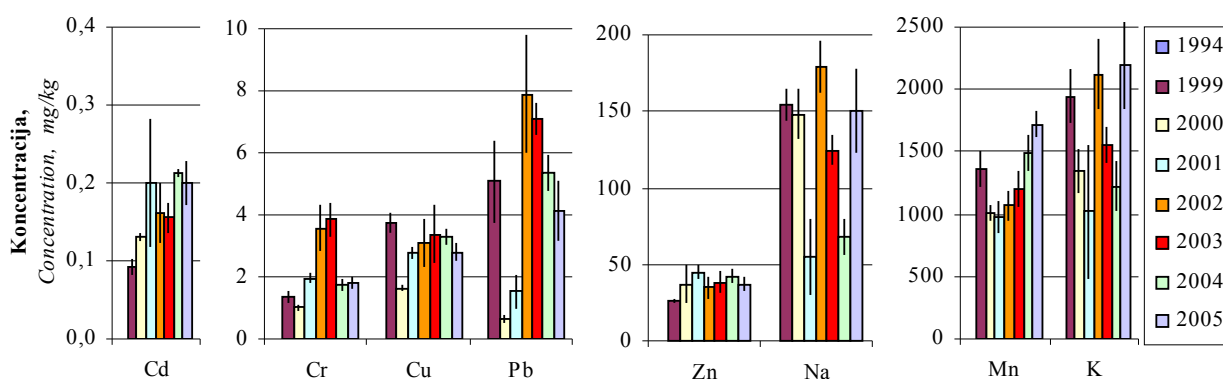
Analizuojant Žemaitijos KMS nuokritų cheminę sudėtį, statistiškai reikšmingos ($p < 0,05$) sezoniškumo įtakos, tokios kaip Aukštaitijos KMS, tirtų metalų koncentracijoms nustatyti nepavyko.



5.6 pav. Metalų koncentracijų nuokritose sezoninė dinamika 1994-2005 m.



5.8 pav. Metalų koncentracijų srautų su nuokritomis sezoninė dinamika 1994-2004 m.

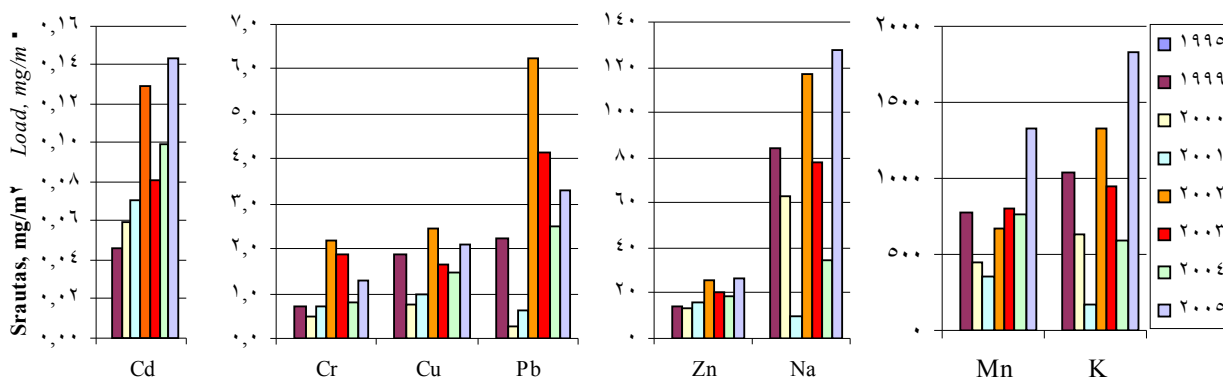


5.7 pav. Metalų metinių koncentracijų nuokritose kaita Žemaitijos KMS 1999-2004 m.

Metinių koncentracijų kitimas 1999-2005 m. laikotarpiu analizė rodo, kad tirtų metalų didžiausios koncentracijos buvo būdingos 2002 m. nuokritoms. Paskutiniaisiais metais stebimas akivaizdus šių metalų koncentracijų sumažėjimas.

3.2.3. Metalų patekimas į dirvožemį su nuokritomis kaita

Metalų srautų su nuokritomis sezoninės dinamikos analizė rodo, kad sezoniškumas turėjo reikšmingos įtakos metalų srautams su nuokritomis (5.8 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.



5.9 pav. Metalų metinių srautų su nuokritomis kaita Žemaitijos KMS 1999-2004 m.

Metinių tirtų metalų srautų su nuokritomis analizė parodė, kad dėl didelių nuokritų kiekio 2002 m., tirtų metalų srautai į ploto vieneta Žemaitijos KMS teritorijoje buvo didžiausi. Paskutiniaisiais metais, sumažėjus nuokritų kiekiui, sumažėjo ir tirtų metalų srautai su jomis į dirvožemio paklotę.

5.3 lentelė. Metalo srauto su nuokritomis (mg/m²) koreliacinis ryšys su jo koncentracija nuokritose (mg/kg) ir nuokritų kiekiu (kg/m²)

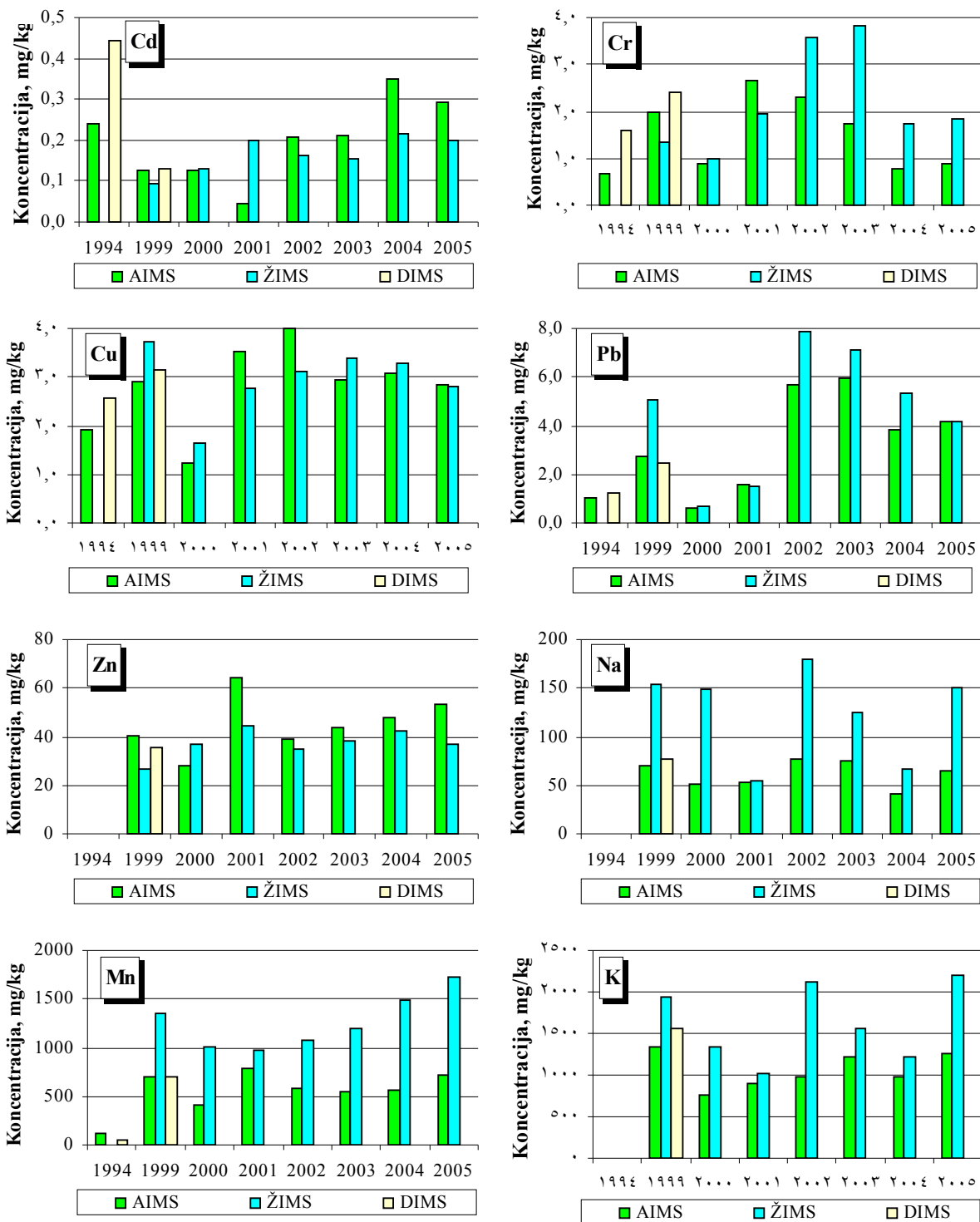
Parametras	Metalo srautas su nuokritomis							
	CU	PB	CD	CR	ZN	NA	MN	K
Aukštaitija	Koreliacijos koeficientai (r) / patikimumo lygmuo (p)							
Elemento koncentracija nuokritose	0,674 p=,000	0,893 p=,000	0,777 p=,000	0,830 p=,000	0,745 p=,000	0,669 p=,000	0,878 p=,000	0,636 p=,000
Nuokritų kiekis	0,630 p=,000	0,246 p=,162	0,531 p=,001	0,233 p=,185	0,748 p=,000	0,647 p=,000	0,678 p=,000	0,537 p=,002
Žemaitija								
Elemento koncentracija nuokritose	0,359 p=,056	0,711 p=,000	0,508 p=,005	0,343 p=,069	0,161 p=,405	0,703 p=,000	0,693 p=,000	0,720 p=,000
Nuokritų kiekis	0,819 p=,000	0,720 p=,000	0,785 p=,000	0,780 p=,000	0,857 p=,000	0,915 p=,000	0,889 p=,000	0,868 p=,000

Apibendrinus tirtų metalų srautų su nuokritomis į dirvožemio paklotę tyrimų rezultatus, nustatyta, kad Aukštaitijos KMS būdingiausiame pušyne metalų metinius kiekius statistiškai reikšmingiau sąlygoja jų koncentracija nuokritose (5.3 lentelė), kai tuo tarpu Žemaitijos KMS būdingiausiame eglyne – nuokritų kiekis.

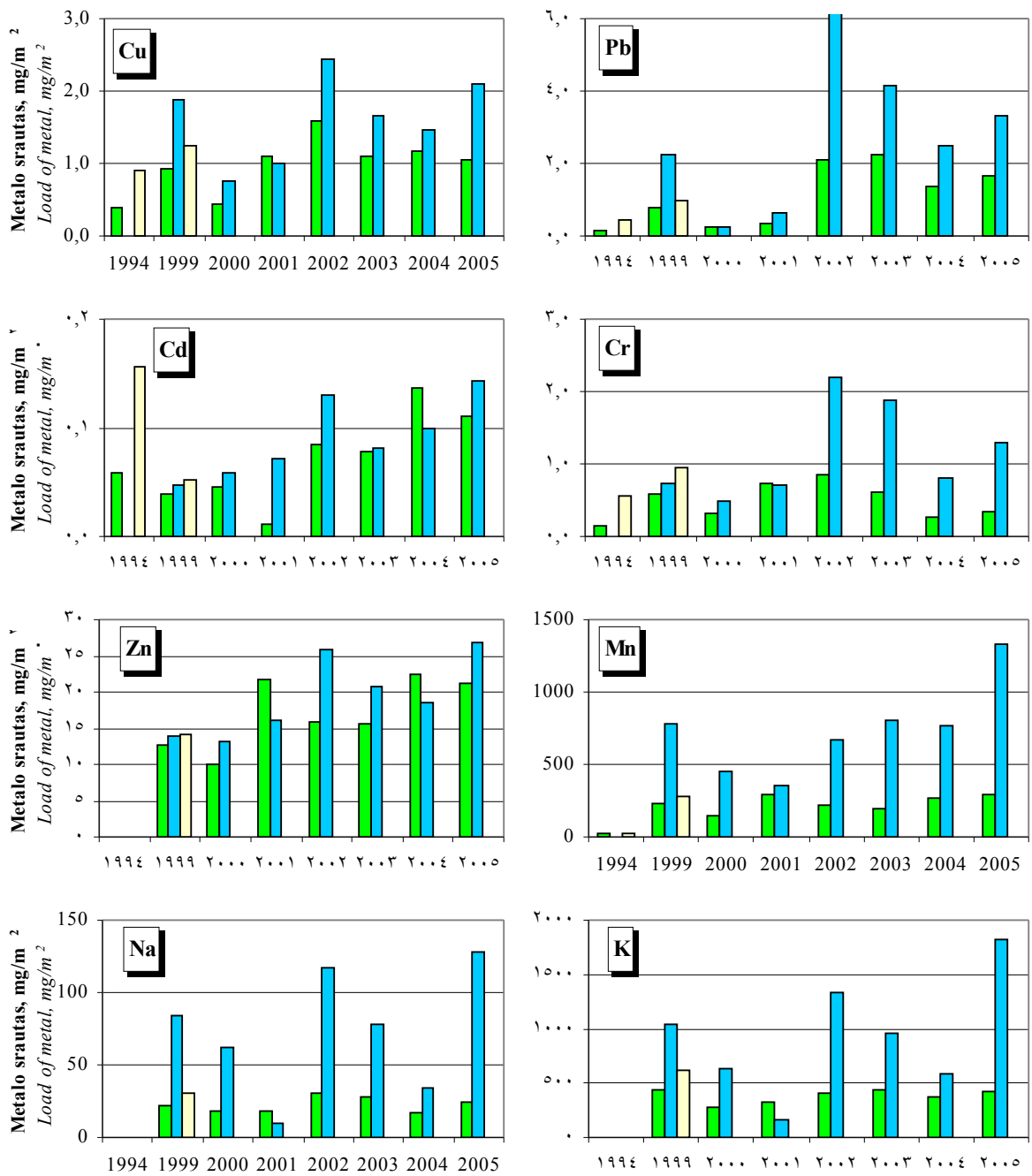
5.3. Metinių metalų srautų su nuokritomis palyginimas tarp KM stočių

Palyginus tirtų metalų koncentracija tarp atskirų KM stočių nustatyta, kad tik Cd, Zn ir Cu koncentracijos Aukštaitijos KMS yra didesnės nei Žemaitijos KMS nuokritose. Paskutiniaisiais 2005 m. švino koncentracijos stotyse susilygino. Likusių tirtų metalų koncentracijos Žemaitijos KMS nuokritose 2-3 kartus yra didesnės nei Aukštaitijos KMS nuokritose

Tirtų metalų srautų su nuokritomis analizė parodė, kad 2005 m. Žemaitijos KMS nuokritų rinkimo stotyje Na, Cr, Mn ir K srautas su nuokritomis viršijo 75%, Cu ir Pb – 50 %, bei Zn – 20 % atitinkamų metalų srautą su nuokritomis Aukštaitijos KM stotyje.



5.10 pav. Tirtų metalų koncentracijos nuokritose KM stotyse 1994-2005 m.



5.11 pav. Tirtų metalų srautai su nuokritomis KM stotyse 1994-2005 m.

IŠVADOS

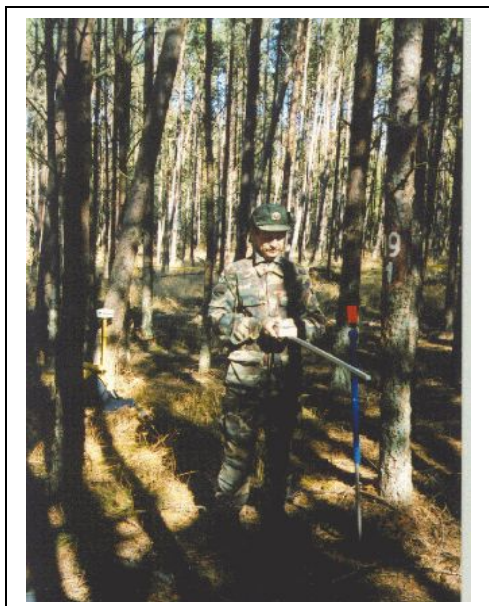
1. Aukštaitijos KMS perbrendusiame, brukniniame pušyne (AKMS_01) vidutiniškai susidaro apie 3370 kg/ha nuokritų, iš kurių apie 50% sudaro spygliai, 30 % pušies žievė ir maždaug po 10% kankorėžiai ir beržų lapai.
2. Žemaitijos bręstančiame eglyne susidaro apie 4560kg/ha nuokritų. Net 77% visų nuokritų 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. Cd, Zn ir Cu koncentracijos Aukštaitijos KMS yra didesnės, o Pb lygios nei Žemaitijos KMS nuokritose. Likusių tirtų metalų koncentracijos Žemaitijos KMS nuokritose 2-3 kartus yra didesnės nei Aukštaitijos KMS nuokritose.
5. 2005 m. Žemaitijos KMS nuokritų rinkimo stotyje Na, Cr, Mn ir K srutas su nuokritomis viršijo 75%, Cu ir Pb – 50 %, bei Zn – 20 % atitinkamų metalų srautą su nuokritomis Aukštaitijos KM stotyje.

6. 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 atsiranda galimybė nustatyti medžių augimo efektyvumą – kaip viena pagrindinių miškų kokybinių parametru.

Fotosintetiškai aktyvi saulės spinduliuotė – tai saulės spinduliuotės dalis, kurių bangų ilgis kinta nuo 300 iki 750 nm ir atitinkamomis sąlygomis sukelianti 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 išdėstyta 1 m ilgio specialioje liniuotėje, kiekvieno matavimo metu duoda vidutinę 80 taškų FAS reikšmę, išreikštą μ mol m^{-2} kvadratinį metrą per sekundę (μ mol/ sm^2).

Kiekviename tyrimo plotelyje FAS buvo matuota 7 taškuose, centre bei 7 m atstumu nuo centro kas 60° pradedant 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):

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

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: $\theta = 90 - \alpha$, kur α - saulės aukštis (kampas);

Koeficientas A, remiantis literatūros duomenimis prilygintas 0,86.

Darbo rezultatai

6.1. Aukštaitijos KMS teritorija

2006 m. fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės matavimai atlikti 46 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. Tyrimų metu nustatytos šios originalios FAS reikšmės: minimali reikšmė, maksimali, 7 reikšmių vidurkis bei standartinis nukrypimas. Antrą grupę parametrų sudarė taip vadinami koeficientai, kurie išreiškė medyno glaudumą (atviros vietos FAS reikšmės santykis su FAS reikšme po medyno dangą), struktūrą (FAS po medyno dangą maksimalios ir minimalios reikšmės santykis), FAS praleidimo po lajomis koeficientas bei lapijos paviršiaus indeksas (LAI). Gauti rezultatai pateikti 6.1 lentelėje.

6.2. Žemaitijos KMS teritorija

Fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės matavimai atlikti 34 Aukštaitijos KMS tyrimo ploteliuose. Likusiuose 3-se ploteliuose, dėl suardytos medyno struktūros vykdyti šiuo laikotarpiu FAS matavimus netikslinga. FAS praleidimo po lajomis koeficientas bei lapijos paviršiaus indeksas (LAI) pateikti 6.2 lentelėje.

Per paskutiniuosius metus padidėjo FAR koeficientas, t.y. dalis nesugertos fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės bendrame saulės sraute, kas indikuoja, kad sumažėjo augalijos lapijos

paviršiaus indeksas. Pagrindinė priežastis vėjovartos ir po sausrų išdžiūvę kai kurie medžiai (6.3 lentelė).

6.1 lentelė. FAR pagrindinių komponentų reikšmės Aukštaitijos KMS 2005m.

Plotelio numeris	FAR reikšmės, (μ mol/m ²)				FAR koeficientai				
	Vid	Max	Min	St.nuokr.	Glaudumas	Struktūra	FAR kof	k	LAI
A 01	158	577	25	202,8	7,6	23,1	0,132	0,663	3,18
A 02	312	827	67	300,3	3,8	12,3	0,260	0,660	2,12
A 03	36	105	11	33,8	30,7	9,5	0,033	0,658	5,41
A 04	133	477	22	162,1	9,0	21,7	0,111	0,665	3,44
A 05	183	304	42	104,2	7,1	7,2	0,141	0,666	3,06
A 06	39	64	19	14,0	12,8	3,4	0,078	0,591	4,43
A 07	13	25	5	9,5	30,1	5,0	0,033	0,588	5,94
A 08	32	54	19	11,3	15,8	2,8	0,063	0,585	4,83
A 09	56	127	19	40,6	19,6	6,7	0,051	0,656	4,72
A 10	72	301	13	105,5	15,2	23,2	0,066	0,642	4,40
A 11	34	119	9	39,1	31,7	13,2	0,032	0,638	5,60
A 12	71	113	35	33,2	11,2	3,2	0,089	0,663	3,80
A 13	305	553	89	187,6	3,0	6,2	0,339	0,664	1,70
A 14	61	91	43	15,6	14,8	2,1	0,067	0,666	4,21
A 15	18	25	12	5,0	28,5	2,1	0,035	0,594	5,78
A 16	23	52	3	21,2	21,5	17,3	0,047	0,598	5,27
A 17	34	79	17	20,7	14,8	4,6	0,068	0,582	4,74
A 18	6	13	3	3,9	71,8	4,3	0,014	0,563	7,75
A 19	62	259	3	94,5	17,2	86,3	0,058	0,637	4,62
A 21	477	850	123	279,8	1,9	6,9	0,530	0,660	1,00
A 22	36	51	11	14,2	22,3	4,6	0,045	0,658	4,90
A 23	103	231	59	58,5	8,7	3,9	0,115	0,668	3,37
A 24	30	51	14	14,1	33,2	3,6	0,030	0,656	5,55
A 25	22	34	12	6,7	27,3	2,8	0,037	0,601	5,66
A 26	104	241	41	75,2	9,6	5,9	0,104	0,639	3,66
A 27	5	9	3	2,3	73,7	3,0	0,014	0,559	7,85
A 28	482	901	147	271,7	2,7	6,1	0,369	0,673	1,54
A 29	69	140	39	39,3	17,5	3,6	0,057	0,674	4,42
A 30	154	597	43	196,7	5,2	13,9	0,193	0,640	2,67
A 31	58	87	15	30,6	13,9	5,8	0,072	0,642	4,24
A 32	205	837	29	283,9	4,9	28,9	0,205	0,674	2,45
A 33	77	227	15	69,4	12,9	15,1	0,077	0,659	4,04
A 34									
A 35									
A 36	15	44	5	13,9	13,2	8,8	0,076	0,555	4,74
A 37	28	35	19	5,8	7,1	1,8	0,140	0,552	3,63
A 38	54	93	23	24,1	12,9	4,0	0,078	0,622	4,24
A 39	10	27	2	11,2	60,9	13,5	0,016	0,600	7,04
A 40	193	419	34	153,4	5,2	12,3	0,193	0,674	2,54
A 41	83	194	32	57,4	12,0	6,1	0,083	0,669	3,87
A 42	90	197	29	74,9	11,1	6,8	0,090	0,661	3,79
A 43	355	937	5	368,8	3,4	187,4	0,296	0,666	1,90
A 44	44	94	29	23,0	27,0	3,2	0,037	0,668	5,14
A 45	36	72	15	21,8	30,4	4,8	0,033	0,674	5,29
A 46	50	81	34	16,4	15,9	2,4	0,063	0,595	4,77
A 47									
A 48	83	119	45	26,9	12,0	2,6	0,083	0,668	3,87
A 49	244	807	44	269,7	4,1	18,3	0,244	0,663	2,21
A 50	59	105	17	26,5	22,1	6,2	0,045	0,666	4,84
Vidut.	105	253	29	83,5	18,2	13,8	0,11	0,64	4,22

6.2 lentelė. FAR pagrindinių komponentų reikšmės Žemaitijos KMS 2005m.

Plotelio numeris	FAR reikšmės, (μ mol/m ²)				FAR koeficientai				
	Vid	Max	Min	St.nuokr.	Glaudumas	Struktūra	FAR kof	k	LAI
Ž 02	187,6	299	115	66,7	3,2	2,6	0,31	0,601	1,99
Ž 03	37,9	59	27	13,6	16,4	2,2	0,06	0,596	4,82
Ž 04	40,1	91	17	24,1	8,1	5,4	0,12	0,627	3,45
Ž 05	49,0	59	33	9,2	4,9	1,8	0,20	0,511	3,14
Ž 06	88,1	175	47	43,4	3,4	3,7	0,29	0,632	2,00
Ž 07	107,4	164	81	32,2	2,8	2,0	0,36	0,606	1,74
Ž 08									
Ž 09	47,9	97	21	25,5	6,9	4,6	0,15	0,631	3,16
Ž 10	102,9	179	59	42,5	2,3	3,0	0,43	0,509	1,68
Ž 11	26,7	37	15	7,7	9,0	2,5	0,11	0,510	4,35
Ž 12	45,6	59	35	8,9	5,5	1,7	0,18	0,512	3,36
Ž 13	56,3	73	42	9,3	5,3	1,7	0,19	0,636	2,72
Ž 14	151,4	195	92	34,8	3,4	2,1	0,29	0,630	2,03
Ž 15	131,9	195	31	58,3	2,7	6,3	0,38	0,641	1,58
Ž 16	73,7	135	44	32,8	4,1	3,1	0,25	0,556	2,57
Ž 17	60,3	69	54	5,8	10,0	1,3	0,10	0,548	4,26
Ž 18	82,4	175	39	48,5	7,3	4,5	0,14	0,544	3,71
Ž 19	49,3	97	25	26,0	8,1	3,9	0,12	0,521	4,07
Ž 20	42,1	49	35	4,9	6,9	1,4	0,15	0,520	3,75
Ž 21	307,0	375	195	69,6	1,3	1,9	0,77	0,639	0,43
Ž 22									
Ž 23	87,9	132	12	42,6	4,0	11,0	0,25	0,656	2,19
Ž 24	27,1	84	9	26,6	22,1	9,3	0,05	0,550	5,72
Ž 25	136,9	263	59	67,2	2,2	4,5	0,46	0,531	1,50
Ž 26	48,4	99	23	26,8	7,2	4,3	0,14	0,525	3,81
Ž 27	124,0	157	83	32,7	2,0	1,9	0,50	0,658	1,11
Ž 28	85,0	141	54	27,5	2,9	2,6	0,34	0,643	1,74
Ž 29	167,3	225	99	47,9	2,1	2,3	0,48	0,663	1,16
Ž 30	140,1	291	67	74,1	2,2	4,3	0,45	0,660	1,25
Ž 31	60,4	85	35	19,7	3,3	2,4	0,30	0,527	2,30
Ž 32									
Ž 34	95,7	155	41	43,9	3,7	3,8	0,27	0,665	2,03
Ž 35	224,7	327	141	69,7	2,5	2,3	0,40	0,663	1,45
Ž 36	58,7	91	29	23,7	6,0	3,1	0,17	0,674	2,76
Ž 37	103,3	179	72	36,3	3,4	2,5	0,30	0,668	1,90
Vidut.	95,2	150	54	34,5	5,5	3,4	0,27	0,595	2,62

6.3 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
2002	LT-03	169	346	58	108	11,3	9,3	0,17	2,49
2004	LT-03	76	125	44	29	4,4	4,8	0,29	1,58
2005	LT-03	121,7	291	45	91,0	8,3	11,3	0,25	2,89
2006	LT-03	95,2	150	54	34,5	5,5	3,4	0,27	2,62

Ankstesnių tyrimų rezultatai parodė, kad tarp lapijos paviršiaus ploto indekso ir medyno produktyvumo bei būklės parametrų ryšys daugelyje atvejų yra patikimas, tačiau nežymiai silpnesnis už ryšį tarp originalių FAS išmatuotų reikšmių ir tokių medyno parametrų, kaip medžių

skaičius ir skerspločių suma. Patikimi ryšiai nustatyti tarp gyvų medžių skaičiaus, lapijos masės bei medyno biomasės ir FAS parametrų. Lapijos paviršiaus ploto indeksui didėjant bei FAS po medyno danga mažėjant medžių bei lapijos biomasė, kartu su gyvų medžių skaičiumi bei skerspločių suma didėja.

2006 m. Aukštaitijos KMS baseine toliau didėjo medžių glaudumas, mažėjo FAS po medžių lajomis bei didėjo LAI, kas rodo apie bendros lapijos masės augimą. Žemaitijos KMS baseine nustatyti priešingi rodikliai, rodantys, kad medynų būklė bei lapijos biomasė toliau mažėja.

IŠVADA

2006 m. Aukštaitijos KMS baseine toliau didėjo medžių glaudumas, mažėjo FAS po medžių lajomis bei didėjo LAI, kas rodo apie bendros lapijos masės augimą. Žemaitijos KMS baseine nustatyti priešingi rodikliai, rodantys, kad medynų būklė bei lapijos biomasė toliau mažėja.

7 KMS veiklos apibendrinimas

Sunkieji metalai ir jų srautai miško ekosistemose

Algirdas Augustaitis, Ieva Baužienė, Kęstutis Kvietkus,

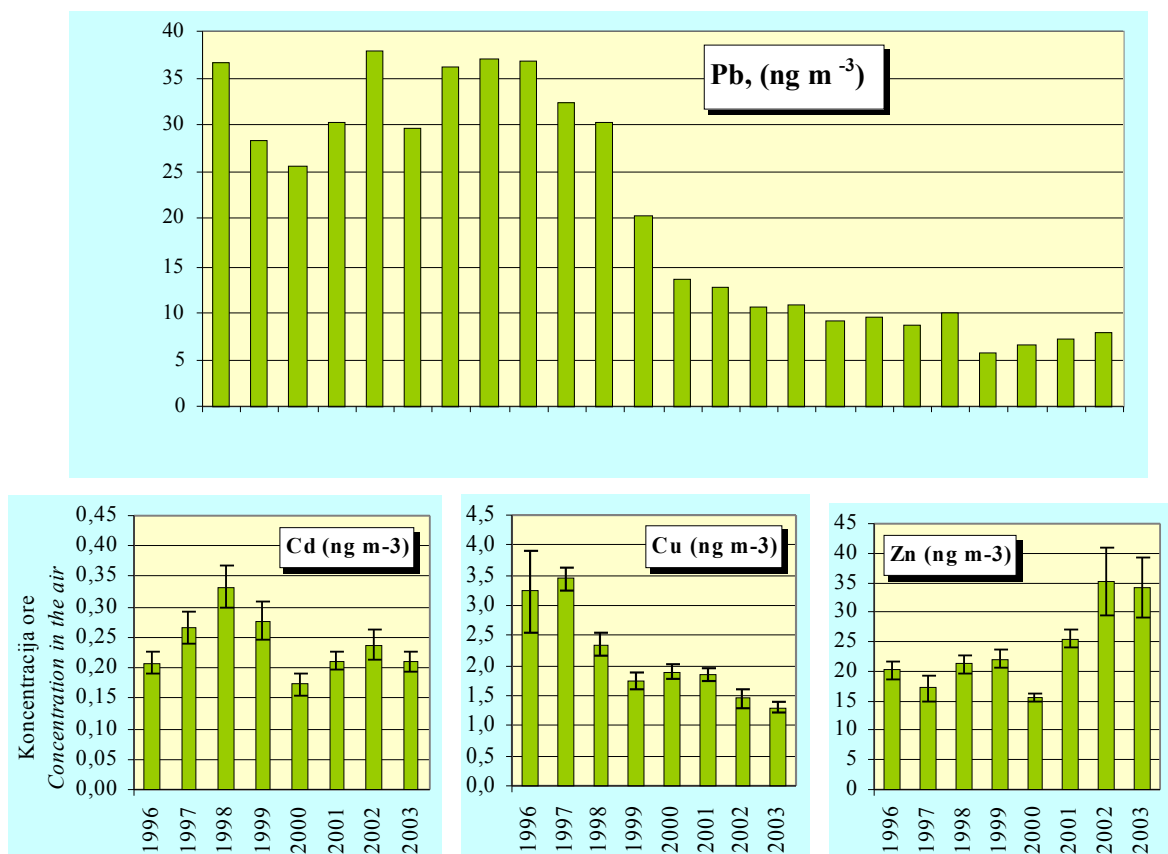
Sunkieji metalai į atmosferą patenka dviem keliais: natūralių gamtoje vykstančių procesų metu (dirvos erozija, vulkaninė veikla, miškų gaisrai, vegetacija, išnešimas su jūros pūslais) bei technologinių procesų metu. Natūraliai gamtoje vykstantys procesai išmeta nežymius kiekius sunkiųjų metalų (Shukla, Leland, 1973). Ilgus metus deginant gamtinį kurą, planetoje padidėjo sunkiųjų metalų koncentracijos ore, vandenyje, dirvožemyje, dumble bei augaluose ir gyvūnuose. Didelę įtaką teršalų sklaidai turi oro srovių judėjimas. Šitaip, be vietinės pramonės, elektrinių ir transporto išmetamų teršalų, dalis Vakarų, Centrinės ir Rytų Europos pramoninių rajonų teršalų pasklinda virš Lietuvos (Кветкус, Шакалис, 1979, Šopauskienė and Jasinevičienė, 2004). Taigi aplinkos užterštumą sunkiaisiais metalais didina tiek vietiniai, tiek ir toli esantys pramonės centrai, kurių išmetamus teršalus oro srovės toli nuneša ir paskleidžia.

Vienas iš būdų nustatyti, kokia dalis konkretaus elemento cirkuliuoja gamtoje natūraliai ir kokia dalis atsiranda atmosferoje dėl žmogaus ūkinės veiklos yra metalų praturtinimo koeficiento (PK) skaičiavimas. Šis koeficientas apskaičiuojamas pagal metalų koncentracijos santykius Žemės plutoje bei, atitinkamai, krituliuose. Jei tam tikro elemento praturtinimo koeficientas yra $1 < PK < 10$, tokio elemento koncentracijas gamtoje iš esmės lemia natūralūs šaltiniai. Nustatyta, kad Lietuvoje Cd, Pb, Zn, Ni ir Cu migraciją iš esmės lemia antropogeniniai procesai (Čeburnis, 1999).

Sunkieji metalai atmosferoje.

Atmosferos sunkieji metalai iki šiol KM stotyse nebuvo tiriama reguliariai, todėl tendencijoms išaiškinti panaudoti Preilos EMEP užterštumo tyrimo stotyje Fizikos instituto Atmosferos užterštumo tyrimų laboratorijos darbuotojų surinkti duomenys. Atmosfera unikali tuo, kad metalų egzistavimo laikas joje labai trumpas - nuo paros iki savaitės. Tačiau net per tokį trumpą laiką metalai gali "nukeliauti" didelius atstumus (Lindberg, Turner, 1988, Čeburnis, 1999). Oro masių trajektorijų analizė rodo, kad visų oro masių patenkančių į Preilos foninę stotį, apie 85% nekliudo likusios Lietuvos teritorijos, t.y. neužteršiamos iš Lietuvos teritorijoje esančių šaltinių. (Kvietkus, Šakalys, 1994, Šopauskienė and Jasinevičienė, 2004). Oro masės Lietuvos teritoriją vidutiniškai praeina maždaug per 10 valandų. Turint galvoje vidutinį įvairių sunkiųjų metalų gyvavimo atmosferoje laiką, galima sakyti, kad Lietuvos teritorijoje lieka apie 10-20% viso sunkiųjų metalų kiekio, oro masėmis pernešto per Lietuvos teritoriją (Šakalys et al., 2004). Tai reiškia, kad oro masėse esančių metalų kiekis dėl nusėdimo ant žemės paviršiaus pasikeičia nedaug. Panašūs vertinimai gaunami ir kitiems teršalams. Tai leidžia tvirtinti, kad Preilos stotį galima laikyti fonine vertinant Lietuvos oro baseino foninį užterštumą (Kvietkus, Šakalys, 1994). Todėl pateikti Preilos EMEP stoties duomenys didžiąja dalimi atspindi ir viso Lietuvos oro baseino užterštumo sunkiaisiais metalais ypatumus.

Teršalų koncentracijos atmosferoje kaitą labiausiai veikia teršalų emisijos dydis, meteorologiniai bei klimatiniai veiksniai ir teršalų cheminės-fizinės savybės. Valstybės, vykdydamos 1979 m. Ženevoje pasirašytos “Konvencijos dėl tolimų atmosferos teršalų pernašų” (“*Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*” – CLRTAP) reikalavimus, pastebimai mažina teršalų emisiją į atmosferą – ekonomiškiau vartojamas kuras ir gamybai naudojamos medžiagos, mažinami šiluminiai nuostoliai, didinamas valymo įrenginių efektyvumas. Dėl šių priežasčių mažėja ir sunkiųjų metalų emisija į atmosferą.



7.1 pav. Sunkiųjų metalų koncentracijos ore kaita

Pagrindinis Pb šaltinis ankstesniais metais buvo transportas (Daines et al., 1970; Blokker, 1972). Benzino priedų gamyboje dar 1970 m. pasaulyje buvo sunaudota iki 253 tūkst. tonų švino (Shukla and Leland, 1973). Atradus švino tetraetilo ir tetrametilo pakaitalus benzino priedų gamybai, Europoje nuo 1987 metų palaipsniui pereita prie bešvino benzino. Tai turėjo lemiamos įtakos švino koncentracijos ore sumažėjimui ne tik Europoje, bet ir Lietuvoje. Švino koncentracija ore nuo 1988 iki 1994 m. Preilos meteorologinėje stotyje sumažėjo virš 3 kartų, nuo 37 ng/m³ iki 11 ng/m³. 1994-1999 m. Pb koncentracija ore buvo stabili ir tik nuo 2000 m. ji dar sumažėjo iki 6-7 ng/m³ (7.1 pav.).

Cu koncentracija ore taip pat reikšmingai mažėjo nuo 3,5 ng/m³ 1997 m. iki 1,3 ng/m³ 2003 m., o Cd būdinga buvo koncentracijų ore mažėjimo tendencija, nuo 0,33 ng/m³ 1998 m. iki 0,21 ng/m³ 2003 m. Zn vidutinė metinė koncentracija atmosferoje, skirtingai negu Pb, Cu ir Cd didėjo reikšmingai, nuo 20 ng/m³ iki 35 ng/m³ (7.1 pav.).

Sunkieji metalai žaliosiose samanose.

Atmosferos užterštumas labai priklauso nuo kritulių režimo. Metalų koncentracija ore sumažėja lyjant lietuvi. Tai rodo, kad priklausomai nuo kritulių režimo, žymi dalis teršalų gali būti išplauti Lietuvos teritorijoje. Kadangi kritulių kiekis pagrindiniuose Lietuvos regionuose skiriasi iš esmės, todėl šių teritorijų užterštumui sunkiaisiais metais tirti buvo panaudotos augalų kaupiamosios savybės. Aukštesnieji augalai sulaiko ore esančius sunkiuosius metalus. Tačiau į aukštesniųjų augalų audinius šie elementai patenka ir per šaknų sistemą iš dirvožemio. Todėl vien tik lapų ar spyglių cheminės sudėties analizė, neatsižvelgiant į sunkiųjų metalų koncentraciją dirvožemyje ir šių elementų paėmimo iš dirvožemio intensyvumą, negali patikimai informuoti apie aplinkos užterštumą sunkiaisiais metalais (Мэнининг, Федер. 1985).

Sunkiųjų metalų biomonitoringui plačiai naudojamos samanos. Jų biomasė miškų ekosistemose nėra didelė, tačiau jos funkcionuoja kaip aktyvus sluoksnis, laidus dideliame kiekiui dujų ir skysčių. Kai kuriuose miško tipuose aktyvus samanų paviršiaus plotas priartėja prie medyno lapijos paviršiaus ploto (Мартин, 1984). Skirtingai negu aukštesnieji augalai, jos neturi išvystytos šaknų sistemos ir yra nuolat žaliuojantys daugiamečiai augalai. Visus cheminius elementus šie žemesnieji augalai paima tiesiai iš oro su atmosferos krituliais. Dėl visų šių savybių samanos yra nepakeičiami oro taršos bioindikatoriai, kurie įgalina nustatyti priklausomybę tarp sunkiųjų metalų kiekio samanose ir šių metalų koncentracijos ore bei jų nusėdimo intensyvumo (Rühling and Tyler, 1969; Галвонайте, Шакалис, 1984; Мартин, 1984; Мартин, Мартин, 1987; Мэннинг, Федер, 1985).

Lietuvos užterštumo sunkiaisiais metalais, pagal jų koncentracijas žaliosiose samanose, tyrimus LŽŪU ir Fizikos instituto mokslininkai pirmą kartą atliko 1990 m. 1992 m. LŽŪU mokslininkai šiuos tyrimus pakartojo Nacionalinių parkų pušynuose, o nuo 1995, reguliariai, kas 5 m. laikotarpį Fizikos instituto mokslininkai sunkiuosius metalus samanose tiria bendradarbiaudami su Miškų instituto mokslininkais.

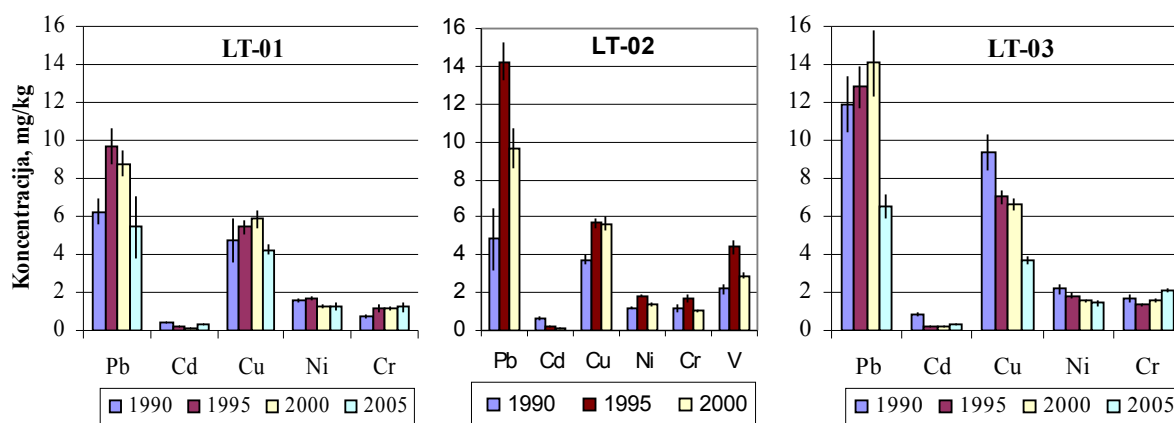
7.1 lentelė. Sunkiųjų metalų koncentracijų (mg/kg) kaita samanose Lietuvoje 1990-2005 m.

Metalas	Laikotarpis				Pokytis, %	
	1990	1995	2000	2005*	1990-1995	1995-2000
Pb	9,90±0,71	11,40±0.22	8,54±0.21	6,00±0,79	15,2	-25,1
Ni	2,03±0,11	1,75±0.03	1,39±0.03	1,38±0.11	-13,8	-20,6
Cu	7,10±0,35	5,99±0.11	6,54±0.13	3,98±0.21	-15,6	9,2
Cr	1,41±0,09	1,34±0.04	1,29±0.03	1,68±0.27	-5,0	-3,7
Cd	1,24±0,19	0,192±0.043	0,150±0.003	0,30±0.02	-84,5	-21,9
V	4,53±0,34	4,53±0.11	3,43±0.07		0,0	-24,3
As		0,44±0.02	0,33±0.01		-	-25,0
Zn	100,8±4,5	40,20±0.80	34,50±0.58	31,5±1,19	-60,1	-14,2
Fe	1720±82	596±12	636±18	197±21	-65,3	6,7
Hg		0,081±0.025	0,092±0.003		-	13,7

Pastaba: 2005* vidutinės stočių reikšmės

15 metų tyrimų rezultatai rodo, kad Lietuvos teritorijoje iš esmės sumažėjo sunkiųjų metalų koncentracijos samanose (7.1 lentelė). 1990 m. nustatytos koncentracijos visų tirtų sunkiųjų metalų buvo didžiausios per visą tiriamąjį laikotarpį. 1995 – 2005 m. laikotarpiu toliau iš esmės mažėjo (virš 20%) Pb, Ni, Cu, Zn, Fe, V ir As koncentracijos samanose. Tik Cr ir Cd koncentracijos paskutiniųjų 10 m. laikotarpiu turėjo tendencija didėti.

Cheminių analizių tyrimai KMS teritorijose bei jų apylinkėse parodė (7.2 pav.), kad 1995-2005 m. laikotarpiu reikšmingai mažėjo Pb (LT-01) ir Cu bei Ni (LT-03) koncentracijos. Cr koncentracija turėjo tendenciją didėti abiejose stotyse. Likusių metalų koncentracijos kaita per 15 m laikotarpį nereikšminga.



7.2 pav. Pagrindinių sunkiųjų metalų koncentracijos samanose 1990-2005 m. laikotarpiu.

Tačiau tokius tyrimų rezultatus galėjo sąlygoti tai, kad šių metalų kaitai nustatyti panaudoti ne KMS teritorijose, o jų artimiausių rajonų samanų užterštumo sunkiaisiais metalais duomenys. Dėl šios priežasties naujoje Valstybinėje aplinkos monitoringo programoje 2005-2010 m. laikotarpiui, numatyta šiuos tyrimus reguliariai vykdyti KMS teritorijose.

Sunkieji metalai dirvožemyje.

Sunkiųjų metalų koncentracijų tyrimai dirvožemyje pirmą kartą atlikti 1993 m. Aukštaitijos ir Dzūkijos KM stotyse, o 1994 m. ir Žemaitijos KMS. Tyrimai Aukštaitijos ir Žemaitijos KM stotyse trečią kartą pakartoti 2005 m.

Skirtingi sunkieji metalai pasiskirsto dirvožemio profilyje nevienodai. Didesni Cr, Ni, Cu kiekiai randami organiniuose arba iliuviniuose dirvožemio horizontuose. Pb, Zn ir Cd žymiai daugiau organiniuose, negu mineraliniuose dirvožemio horizontuose. Tai dėsningas pasiskirstymas, atspindintis litogeninę arba organogeninę šių metalų grupių prigimtį (Lietuvos geocheminis ..., 1999).

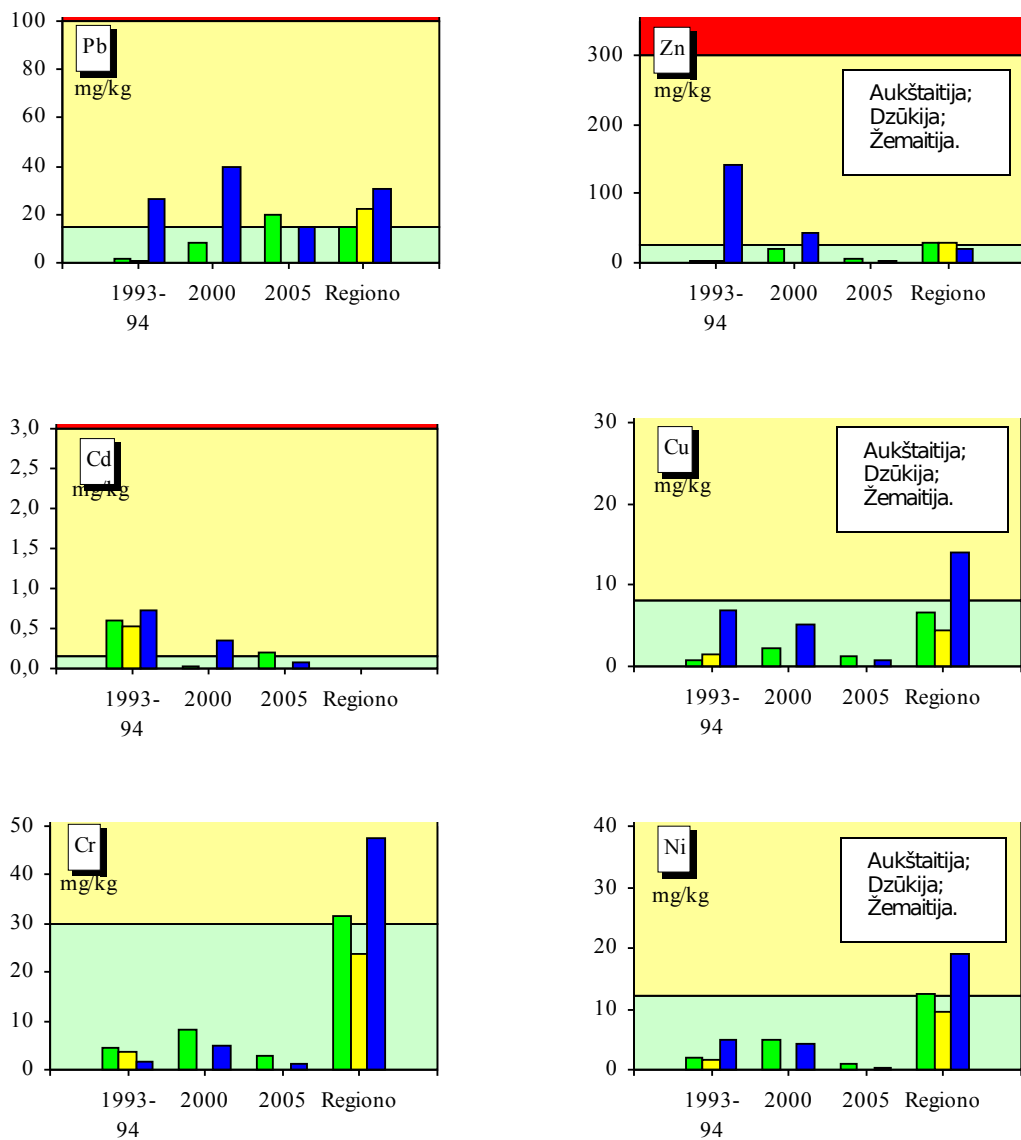
Sunkiųjų metalų paviršiniame dirvožemio sluoksnyje koncentracijų detalesnei analizei pateiktos didžiausios leistinos (DLK) ir foninės šių elementų koncentracijos dirvožemiuose (Įsakymas V-114, 2004), bei maksimalios koncentracijos tirtų regionų smėlio dirvožemiuose (Lietuvos geocheminis ..., 1999).

Pb kiekis tyrimų pradžioje KMS dirvožemio viršutiniame horizonte nesiekė nustatytų šio elemento foninių koncentracijų ir tik pastaruoju laikotarpiu Pb koncentracijos ir Aukštaitijos ir Žemaitijos KM stotyse viršijo foninę (7.3 pav.). Per tiriamąjį laikotarpį Pb koncentracija didėjo tik Aukštaitijos KMS dirvožemiuose. Žemaitijos KMS dirvožemiuose šio elemento koncentracijos iki 2000 m. didėjo, o 2005 m. buvo nustatytas ženklus Pb koncentracijų dirvožemyje sumažėjimas.

Cr koncentracijos per 10 m. laikotarpį, nuo 1995 iki 2005 sumažėjo, nors 2000 m. buvo nustatytas nežymus šio elemento koncentracijų padidėjimas abiejų stočių dirvožemiuose.

Cd koncentracija dirvožemyje per tiriamąjį laikotarpį reikšmingai mažėjo tik Žemaitijos KMS dirvožemiuose. Aukštaitijoje, taip pat nustatytas šio elemento koncentracijų dirvožemiuose sumažėjimas, tačiau dėl nežymaus jo padidėjimo 200 m. jis nėra toks akivaizdus kaip Žemaitijos KMS dirvožemiuose.

Cu, Zn, Ni koncentracijos taip pat turėjo tendencija mažėti per 10 m. laikotarpį. Išimti sudaro 2000 m., kai šių elementų koncentracijos buvo nežymiai didesnės nei 1995 m., ypač Aukštaitijos KMS dirvožemiuose. 2005 m. Cu, Zn, Ni koncentracijos dirvožemiuose buvo mažesnės nei 1995 abiejuose stotyse.



7.3 pav. Sunkiųjų metalų koncentracijų kaita viršutiniame dirvožemio horizonte KMS teritorijose ir jų palyginimas su regiono vidutinėmis koncentracijoms smėlio dirvožemiams (Lietuvos geocheminis ..., 1999) bei DLK ir foninėmis reikšmėmis (Įsakymas V-114, 2004).

(● - foninė koncentracija; ● - koncentracija viršijanti foninę; ● - koncentracija viršijanti DLK)

Palyginus gautus rezultatus su vidutiniais regiono matyti, kad daugeliu atveju regiono vidutinės dirvožemio sunkiųjų metalų koncentracijos yra didesnės arba lygios negu nustatytos KMS teritorijose (3.36 pav.). Ir tik Zn bei Pb koncentracijos Žemaitijos KMS dirvožemiuose viršija šio regiono vidurkį (Lietuvos geocheminis ..., 1999).

Apibendrinus tyrimų rezultatus nustatyta, kad sunkiaisiais metais labiau užteršti Žemaitijos KMS.

Sunkieji metalai dirvožemio vandenyje

Sunkiųjų metalų koncentracijos dirvožemio vandenyje pradėtos nustatinėti nuo 2000 m. po 3 kartus per vegetacijos laikotarpį. Patikimų kitimo tendencijų per tris tyrimų metus nenustatyta, nes visiems duomenims būdinga netolygi kaita, nesusijusi su vegetacijos laikotarpiu.

Didžiausios Pb koncentracijos užfiksuotos 2001-2002 metais. Maksimalios reikšmės Aukštaitijos KMS užfiksuotos 20 cm gylyje 2002 m. vasarą (28,57 µg/l), o Žemaitijos KMS 40 cm gylyje 2002 metų pavasarį (145,20 µg/l).

Viso stebėjimo periodo Pb koncentracijos Aukštaitijos KMS dirvožemio vandenyje ryškios kitimo tendencijos neturi, o Žemaitijos KMS priklauso nuo gylio: 20 cm turi nežymią tendenciją augti, o 40 cm gylyje – mažėti.

Cd koncentracija dirvožemio vandenyje buvo išaugusi 2001 metų vasarą. Aukštaitijos KMS, 20 cm gylyje iki 0,34 µg/l, o Žemaitijos KMS, 20 cm gylyje iki 0,38 µg/l. Abiejose KM stotyse Cd koncentracija dirvožemio vandenyje turi nežymią tendenciją mažėti.

Didžiausios Cu koncentracijos užfiksuotos 2001-2002 metais. Aukštaitijos KMS 20 cm gylyje Cu koncentracija buvo padidėjusi iki 15,8 µg/l (stebėjimo laikotarpiui būdinga 2–5 µg/l), o Žemaitijos KMS – iki 15,5 µg/l (stebėjimo laikotarpiui būdinga 3–5 µg/l). Cu koncentracija turi tendenciją augti dirvožemio vandenyje 20 cm gylio, o 40 cm gylyje kitimo tendencijos neryškios.

Cr koncentracijos dirvožemio vandenyje taip pat kaip ir kitų metalų buvo padidėjusi 2001 m. Cr iki 2,19 µg/l (palyginti su vidurkiu, dvigubai) Aukštaitijos KMS bei iki 3,6 µg/l (palyginti su vidurkiu, padidėjo 2–3 kartus) Žemaitijos KMS.

Zn koncentracija Aukštaitijos KMS 20 cm gylyje turėjo tendenciją didėti 2001 ir 2003 m., kai išaugo iki 50-55 µg/l (stebėjimo laikotarpiui būdinga 20–30 µg/l) ir iki 30 µg/l 40 cm gylyje (stebėjimo laikotarpiui būdinga apie 15 µg/l). Žemaitijos KMS Zn koncentracija 20 cm gylyje buvo padidėjusi 2001 m. iki 46 µg/l (stebėjimo laikotarpiui būdinga apie 20–30 µg/l) ir 40 cm gylyje iki 60 µg/l (stebėjimo laikotarpiui būdinga apie 30–40 µg/l).



7.4 pav

Sunkieji metalai gruntiniame vandenyje

Per tiriamąjį laikotarpį Pb, Cu ir Zn koncentracijos gruntiniame vandenyje augo ir ypač kelių pastarųjų metų laikotarpiu.

Pb koncentracijos augimas buvo, palyginti su Zn ir Cu, tolydžiausias. Giliuosiuose gręžiniuose Pb koncentracija buvo didžiausia ir augo ryškiausiai. 2002 m. Pb koncentracija gruntiniuose vandenyse pasiekė maksimumą. Aukštaitijos KMS sekliuose gruntiniuose vandenyse šio elemento koncentracija 2,9 µg/l, o giliuosiuose – net 15,9 µg/l. Žemaitijos KMS šios koncentracijos buvo 3,8 µg/l ir 19 µg/l atitinkamai. 2003 m. Pb koncentracija Aukštaitijos KMS giliajame gręžinyje išliko aukšta, 16,9 µg/l, o Žemaitijos KMS dar padidėjo iki 36,0 µg/l. Pb koncentracija sekliųjų gręžinių vandenyje 2003 m., palyginti su 2000–2002 m. mažai pakito, Aukštaitijos KMS buvo 0,5–6,0 µg/l, o Žemaitijos KMS – 2,2–12,7 µg/l.

Aukštaitijos KMS Zn koncentracijos giliai slūgsančiame gruntiniame vandenyje augo nuo 3,6 µg/l (2000 m.) iki 30 µg/l (2002 m.), o Žemaitijos KMS nuo 8,8 µg/l iki 296 µg/l. 2003 m. Zn koncentracija stabilizavosi, Aukštaitijos KMS apie 20–25 µg/l, o Žemaitijos KMS apie 70–80 µg/l (2001 m. lygyje). Seklesniuose gręžiniuose Zn koncentracijos buvo mažesnės, o pokyčiai buvo ne tokie ryškūs, tačiau kitimo tendencijos buvo tokios pačios.

Cu koncentracijos, kaip ir Zn taip pat buvo didžiausios 2002 m. Aukštaitijos KM stotyje šio elemento koncentracija nuo vandens gylio gręžinyje nepriklausė, o Žemaitijos KMS 2002–2003 m. Cu koncentracija buvo proporcinga gręžinio gyliui. Aukštaitijos KMS Cu koncentracija nuo 1,5–4,0 µg/l (2000 m.) išaugo iki 12–14 µg/l (2002 m.). Žemaitijos KMS nuo 3,2–5,6 µg/l (2000 m.) iki 6,3–276 µg/l. 2003 m.

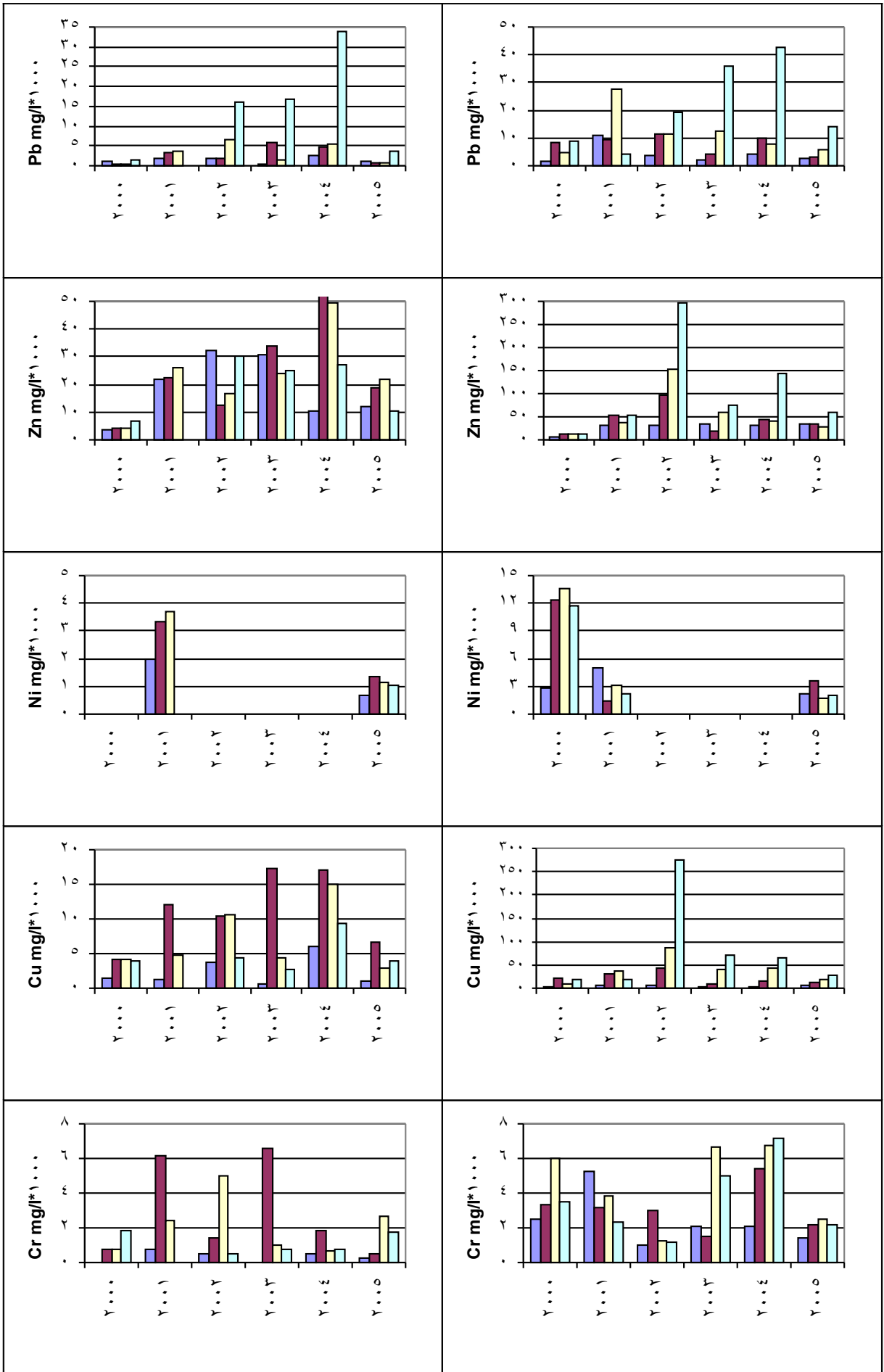
Cr ir Cd koncentracijos nuo gręžinio gylio 2000–2003 m. nepriklausė, o maksimalias reikšmes pasiekė ne tuo pačiais metu, kaip kiti sunkieji metalai.

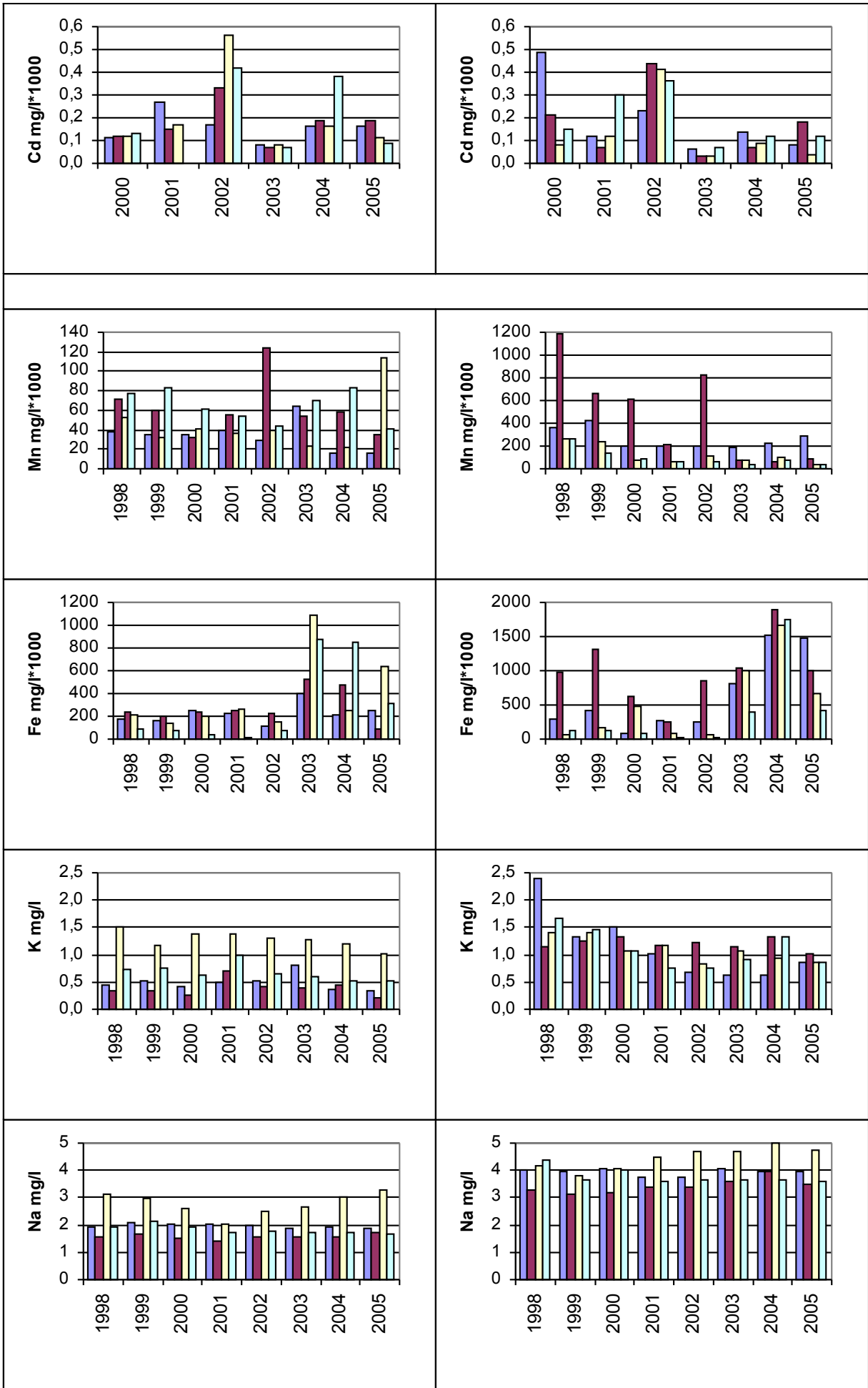
Aukštaitijos KMS maksimali Cd koncentracija sekliausiame pirmame gręžinyje nustatyta 2001 metų rudenį 0,48 µg/l, o po 5 mėnesių jo koncentracija 2 ir 3 gręžiniuose padidėjo iki 0,41–0,75 µg/l. Dar po 6 mėnesių Cd koncentracija padidėjo ir giliausiame 4 gręžinyje iki 0,42 µg/l.

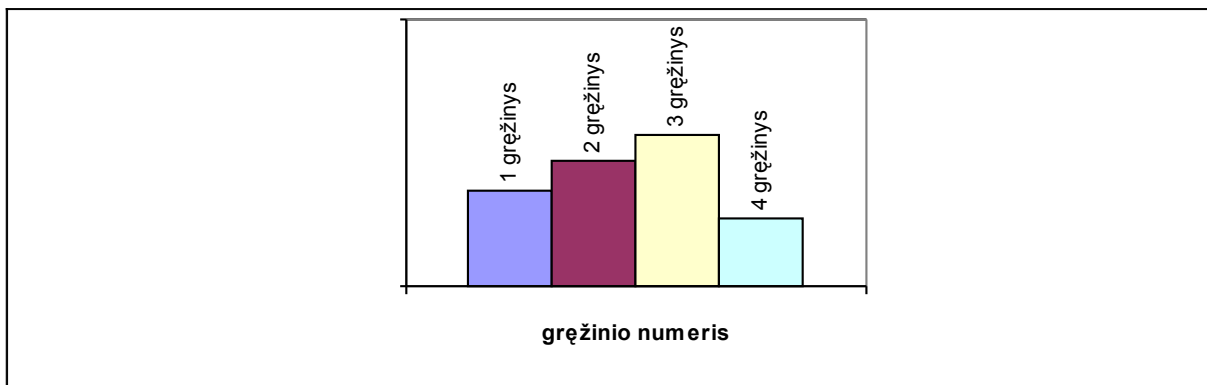
Žemaitijos KMS maksimali Cd koncentracija sekliausiame gręžinyje buvo 2000 metų viduryje (0,9 µg/l), o po 4 mėnesių – gilesniame gręžinyje (0,42 µg/l). Maksimali Cd koncentracija giliausiuose gręžiniuose buvo 2002 m. pavasarį (0,36–0,41 µg/l).

Panašiais laikotarpiais buvo padidėjusi ir Cr koncentracija. Sekliųjų gręžinių vandenyje Cr padaugėjo anksčiau, negu Cd. 2001 pavasarį. Aukštaitijos KMS koncentracija siekė 8,4 µg/l, o Žemaitijos KMS 8,1 µg/l. Giliuosiuose gręžiniuose Cr koncentracija Aukštaitijos KMS išaugo po metų, 2002 metų pavasarį (iki 9,0 µg/l), o Žemaitijos KMS – tiek tiek išaugo 2001 m. rudenį (iki 3,5 µg/l), o dar labiau 2003 metų rudenį (iki 6,7 µg/l).

Cr ir Cd koncentracijos išaugimas sekliajame gruntiniame vandenyje 2001 m. sutapo su šių metalų koncentracijų padidėjimu dirvožemio vandenyje. Zn ir Pb koncentracijų išaugimas gruntiniame vandenyje ir dirvožemio vandenyje nėra susiję, o Cu koncentracijų padidėjimas sutapo tik Aukštaitijos KMS 2001 m. rudenį.







7.5 pav. Gruntinio vandens cheminės sudėtis (8 iš 8)

Sunkieji metalai paviršiniame (upelio) vandenyje

Pb koncentracija upelio vandenyje turėjo tendenciją didėti, tačiau šis kitimas buvo nereikšmingas. Koncentracijos siekė Aukštaitijos KMS 4,4 $\mu\text{g/l}$ (2002 m. vasarą), o Žemaitijos KMS 41,1 $\mu\text{g/l}$ (2001 m. pavasarį).

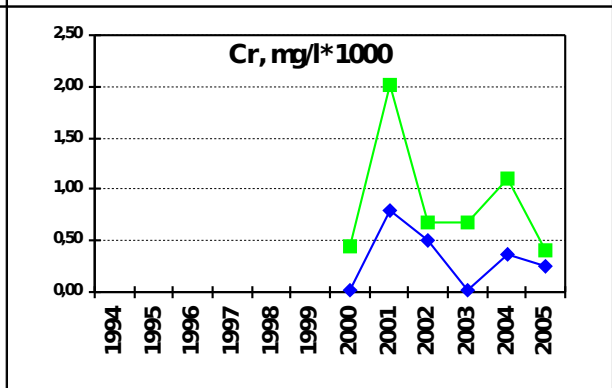
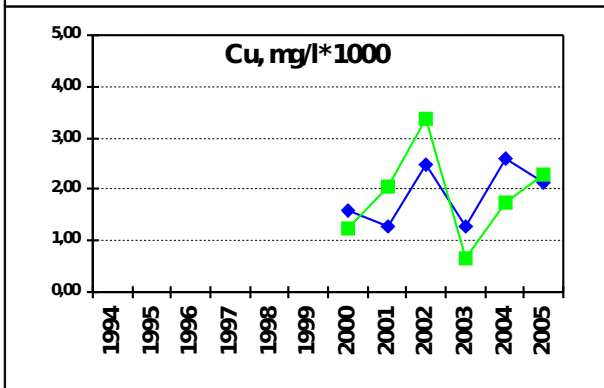
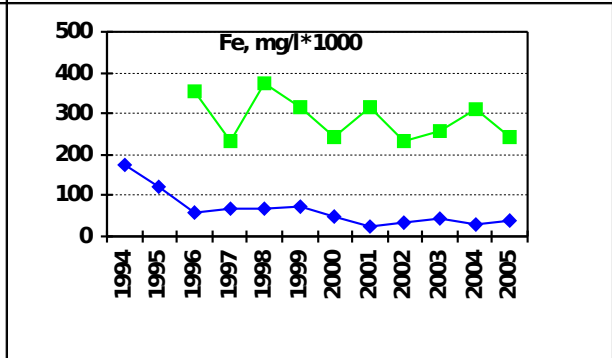
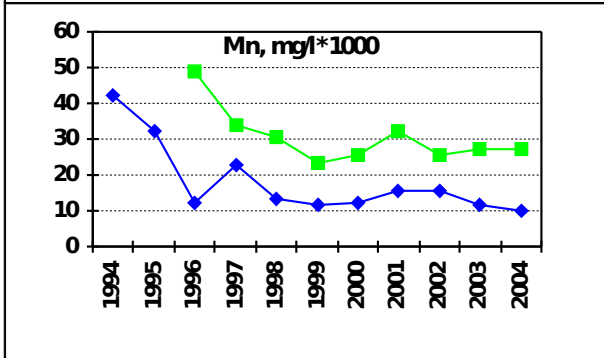
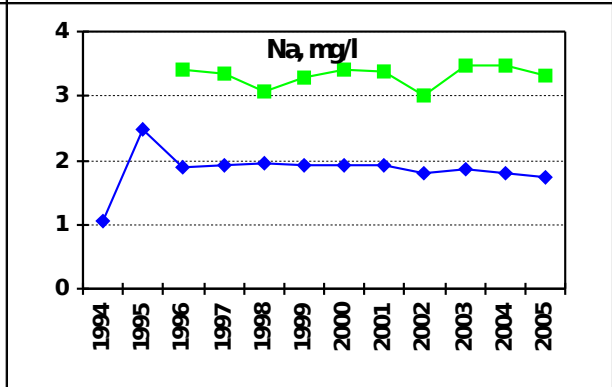
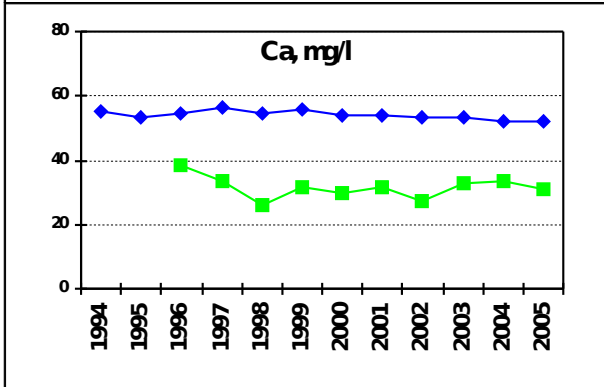
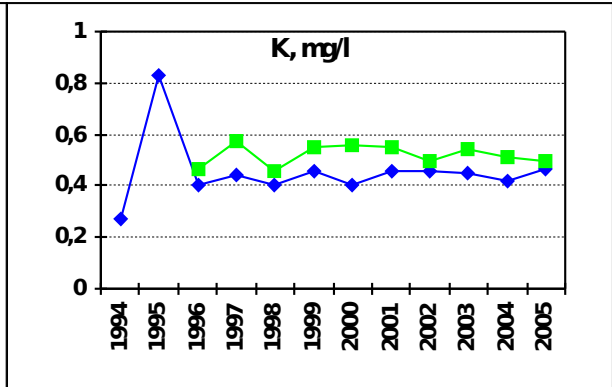
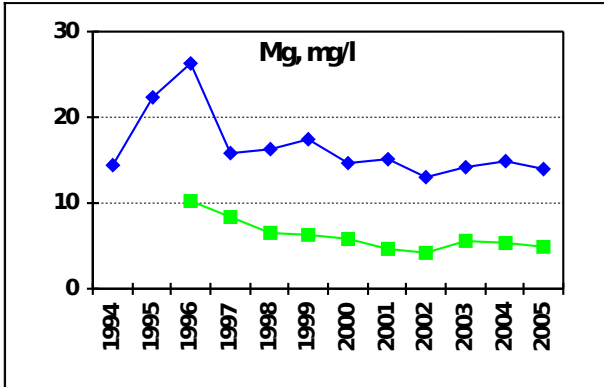
Netolygiai kito Cd koncentracija upelio vandenyje, kuri Aukštaitijos KMS svyravo nuo 0,01 $\mu\text{g/l}$ iki 0,18 $\mu\text{g/l}$ (2001 m. rudenį ir 2002 m. pavasarį-vasarą), o Žemaitijos KMS nuo 0,05 $\mu\text{g/l}$ iki 0,57 $\mu\text{g/l}$ (2001 m. vasarą). Nuo 2001–2002 metų Cd koncentracija nebedidėjo.

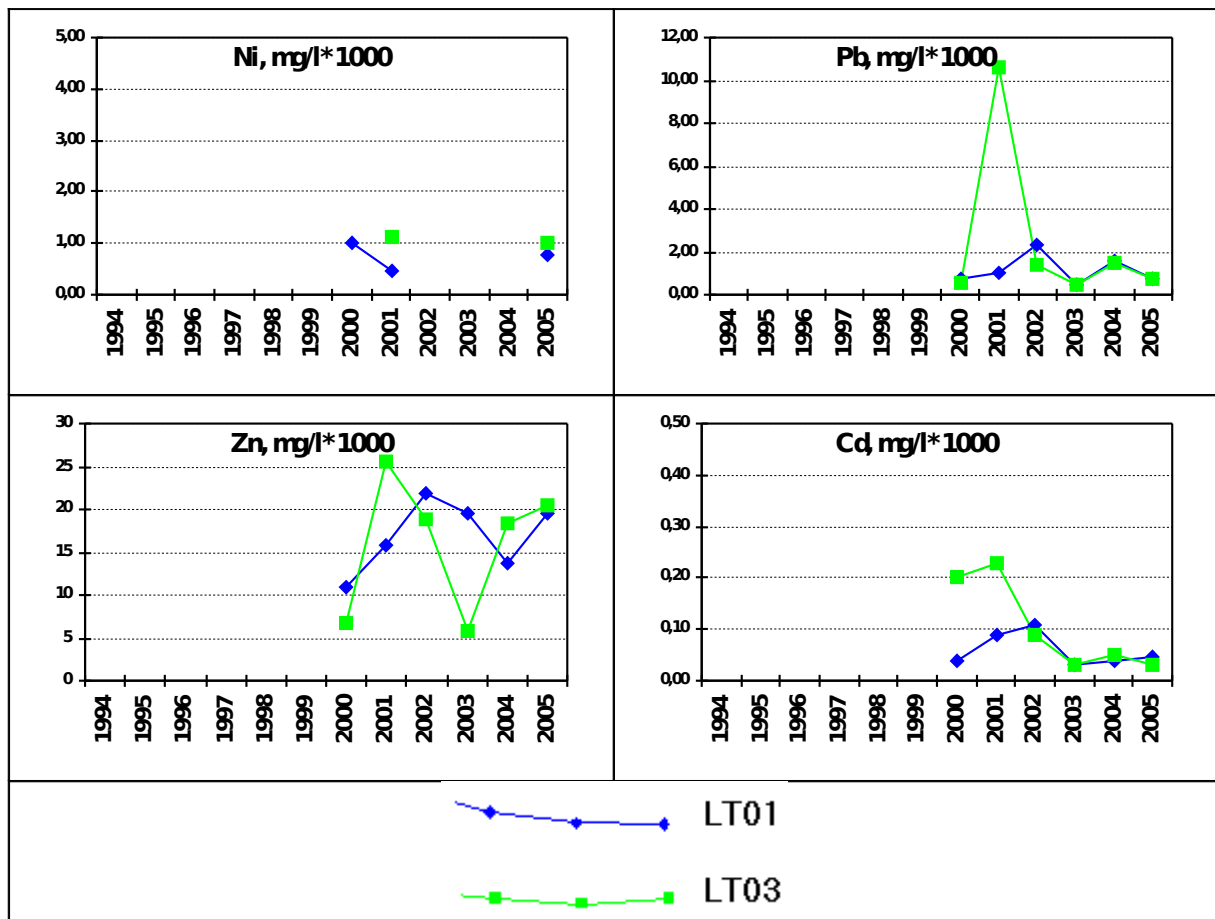
Cr koncentracija upelio vandenyje Aukštaitijos KMS siekė 1,7 $\mu\text{g/l}$ (2001 m. rudenį), Žemaitijos KMS 3,8 $\mu\text{g/l}$ (2001 m. pavasarį).

Didžiausia Cu koncentracija upelio vandenyje Aukštaitijos KMS buvo 2002 žiemą (5,5 $\mu\text{g/l}$). Žemaitijos KMS – 2002 m. pavasarį (7,5 $\mu\text{g/l}$). Cu koncentracija Aukštaitijos KMS upelio vandenyje reikšmingai augo, o Žemaitijos KMS upelio vandenyje išliko stabili.

Labiausiai reikšminga Zn koncentracijų kaita. Aukštaitijos KMS upelio vandenyje šio elemento koncentracija išaugo nuo 5 $\mu\text{g/l}$ iki 36 $\mu\text{g/l}$ (virš 7 kartų), o Žemaitijos KMS nuo 2 $\mu\text{g/l}$ iki 46 $\mu\text{g/l}$ (virš 20 kartų). Zn koncentracijų sinchroninį augimą upelio ir gruntiniame vandenyje galėjo sąlygoti dėl šio elemento koncentracijų augimo ore, didėjantis srautas su krituliais (Zn srautas su nuokritomis didėja – 3.30 pav.).

Sunkiųjų metalų: Cd Cr, Pb, Cu koncentracijų padidėjimas upelių vandenyse, buvo fiksuojamas vėliau arba tuo pačiu metu, kaip dirvožemio vandenyje ir panašiu metu, kaip ir gruntiniame vandenyje. Cu ir Pb koncentracija upelio vandenyje buvo pasiekusi didžiausias leidžiamas koncentracijas (Įsakymas 267, 2002) ir jas viršijusi, tačiau tik vieną kartą per 2000–2003 m. laikotarpį (1 kartą iš 3 metų matavimų). Pb koncentracija Aukštaitijos KMS upelyje buvo priartėjusi prie DLK 2002 metų vasarą, bet jo neviršijo. Žemaitijos KMS Pb koncentracija 8 kartus viršijo DLK 2001 m. pavasarį. Kitais atvejais Pb koncentracija abiejose KMS buvo 10–1,5 karto mažesnė už DLK. Cu, Zn, Cr ir Cd koncentracijos buvo mažesnės nei didžiausios leidžiamos koncentracijos vandens telkinyje: Cu maždaug 2–5 kartus; Zn apie 2 kartus; Cd ir 10 kartų Žemaitijos KMS ir 20 kartų Aukštaitijos KMS; Cr apie 10 kartų Aukštaitijos KMS, o Žemaitijos KMS daugiau kaip 5–10 kartų, o 2001 m. pavasarį – 2 kartus.

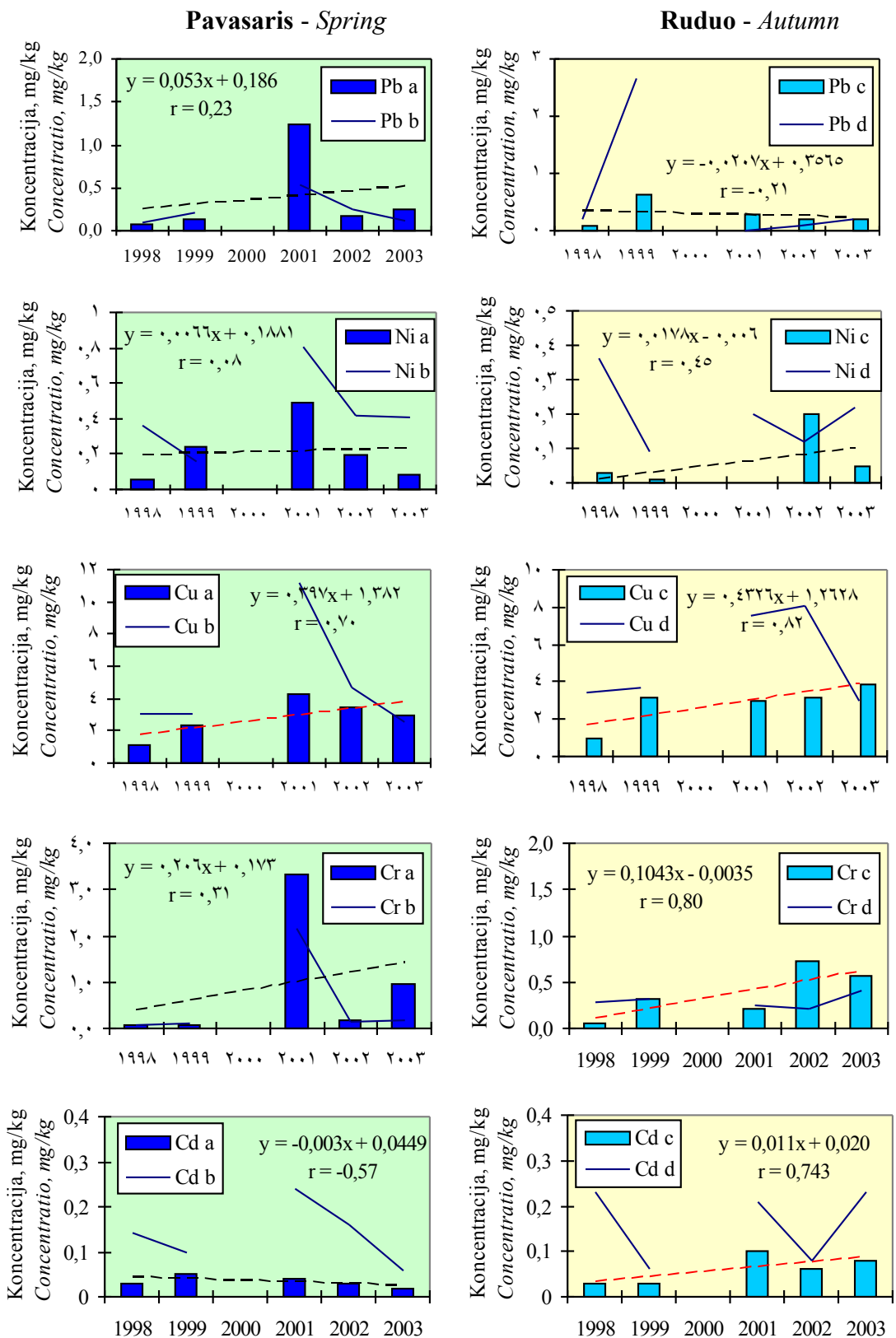




7.6pav. Vidutiniai upelio vandensmetų parametrai 1994-2005 metais (4 iš 4).

Sunkieji metalai smulkiuosiuose žinduoliuose

Sunkiųjų metalų koncentracijai smulkiuosiuose žinduoliuose įvertinti dažniausiai yra pasirenkamos gausiausios tiriamoje ekosistemoje žinduolių rūšys. Miško ekosistemose Lietuvoje dažniausiai dominuoja rudasis pelėnas (*Clethrionomys glareolus*). Šis pelėnas yra gana sėslus ir dažniausiai minta įvairiu augaliniu maistu (Gębczynska 1983). Yra duomenų, įrodančių, kad atskirų sunkiųjų metalų susikaupimas šių žinduolių organizme tiesiogiai priklauso nuo jų kiekio augaluose ir kituose smulkiųjų žinduolių mitybos šaltiniuose (Bezel' 1987, Denneman 1990, Mukhacheva & Bezel' 1995, Pankakoski et al. 1992, Savicka-Kapusta et al. 1987, 1999, Wlostowski et al. 1988). Bet tiksliai įvertinti sunkiųjų metalų patekimą į šių žinduolių organizmą pagal jų kiekį augaluose neįmanoma, nes smulkieji žinduoliai, judėdami tam tikroje teritorijoje, minta įvairiu šioje teritorijoje esančiu augaliniu maistu. Todėl sunkiųjų metalų (Cu, Cr, Cd, Ni, Pb) kiekiai pelėnuose ir jų skrandžių turiniuose 1998-1999 ir 2001-2003 metų pavasarį ir rudenį Aukštaitijos KMS buvo tirti ne tik jų organuose, bet ir skrandžio turiniuose. Pavasarį buvo tiriami peržiemoję (suaugėliai), o rudenį - jaunikliai (iki 16 g) pelėnai. Tokių būdu rudenį sugautuose pelėnų jaunikliuose sunkiųjų metalų koncentracija turėjo sąlygoti einamųjų metų vegetacijos laikotarpio sunkieji metalai, o pavasarį sugautuose suaugėliuose - praėjusių metų sunkiųjų metalų kiekiai aplinkoje bei jų jau sukaupti jų kiekiai praėjusių metų rudenį.



7.7 pav. Sunkiųjų metalų koncentracija (mg/kg drėgnos masės) ruduosiuose pelėnuose ir jų maiste Aukštaitijos KMS teritorijoje 1998-2003 m.
 a – suaugėliuose, b – jų skrandžių turiniuose, c – jaunikliuose, d – jų skrandžių turiniuose.
 Lygtis išreiškia sunkiųjų metalų koncentracijų pelėnuose daugiametę tendenciją

Koreliacinė analizė parodė, kad egzistuoja statistiškai patikimas koreliacinis ryšys tarp Pb ir Cr kiekių rudųjų pelėnų suaugėlių maiste ir jų kiekių kūnuose pavasarį ($r = 0,934-0,972$), o rudenį analogiškas koreliacinis ryšys nustatytas tik tarp Pb koncentracijų jaunikiuose ($r = 0,918$). Tiesinė priklausomybė tarp Pb ir Cd kiekių rudųjų pelėnų racione ir jų kiekių atskiruose šių pelėnų organuose nustatyta ir kitų mokslininkų (Безель, 1987, Mukhacheva & Bezel' 1995).

Tirtų sunkiųjų metalų kiekių vidurkiai suaugėliuose pelėnuose pavasarį ir jaunikiuose rudenį buvo atitinkamai 1,7-2,0 ir 1,8-3,4 karto mažesni (su kai kuriomis išimtimis) negu maiste, išskyrus Cr koncentracijas (7.7 pav.). Šio elemento koncentracijos ir suaugėliuose ir jaunikiuose viršijo koncentracijas jų maisto turiniuose, kas indukuotų apie Cr didžiausią kaupimosi intensyvumą pelėnų organuose lyginant su kitais tirtais sunkiaisiais metalais.

5 metų tyrimo rezultatai leidžia teigti, kad Aukštaitijos KMS teritorijoje gyvenančių pelėnų organuose, ypač jaunikių, reikšmingai didėjo Cu, Cr ir Cd kiekiai. Didėjimo tendencija, nors ir nereikšminga nustatyta ir Pb, bet tik pelėnų suaugėlių organuose. Tokiu būdu sunkiųjų metalų kaitai smulkiuosiuose žinduoliuose buvo būdingos bendrosios sunkiųjų metalų kaitos tendencijos vykstančios Aukštaitijos KMS teritorijoje.

Apibendrinta sunkiųjų metalų koncentracijų skirtinguose miško ekosistemos komponentuose informacija patekta 7.2 lentelėje. Iš pateiktų rezultatų matyti, kad Cd koncentracijoms įvairiuose miško ekosistemų komponentuose būdinga mažėjimo tendencija. Likusių metalų Pb, Cr, Cu ir Zn koncentracijoms dažniau būdingos didėjimo tendencijos.

7.2 lentelė. Sunkiųjų metalų pagrindinės kitimo tendencijos

Terpė <i>Medium</i>	Sunkieji metalai – <i>Heavy metals</i>				
	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn
Ore (Preila 1990-2000 m.)			-		
Samanose (Lietuva 1990-2000 m.)					
Samanose (KMS 1990-2000 m.)					
Nuokritose					
Srautas su nuokritomis					
Dirvožemyje					
Dirvožemio vandenyje					
Gruntiniame vandenyje					
Upelio vandenyje					
Pelėnuose (Aukštaitijos KMS)					-



- koncentracija reikšmingai mažėja;



- koncentracija mažėja;



- stabilu;



- koncentracija reikšmingai didėja;



- koncentracija didėja.

Sunkiųjų metalų koncentracijų tyrimo rezultatai parodė, kad per tyrimo laikotarpį reikšmingai sumažėjo tik Cu koncentracija ore, Pb ir Cd koncentracijos mažėjo, tačiau nereikšmingai, o padidėjo tik Zn vidutinė metinė koncentracija ore.

Tačiau KMS teritorijose bei jų apylinkėse 1990-2000 m. laikotarpiu reikšmingai padidėjo Pb, o sumažėjo Cd ir iš dalies Ni koncentracija samanose. Kitų tirtų sunkiųjų metalų koncentracijų samanose kaita buvo nereikšminga bei pasižymėjo skirtingomis tendencijomis.

Nuokritų užterštumas sunkiaisiais metalais didžiausias Dzūkijos KMS, kiek mažesnis Žemaitijos ir mažiausias Aukštaitijos KMS teritorijoje. Tyrimų laikotarpiu jų koncentracijos turėjo tendenciją didėti, ypač Pb ir Cr. Pastaraisiais metais iš esmės padidėjo ir Pb, Zn bei Cr metiniai srautai su nuokritomis. Jei Aukštaitijos KMS šių srautų augimą reikšmingiau sąlygojo didėjanti sunkiųjų metalų koncentracija nuokritose, tai Žemaitijos KMS – didėjantis nuokritų kiekis. Žemaitijos KMS sunkiųjų metalų srautas su nuokritomis viršijo nuo 1,5 iki 3,5 karto atitinkamų metalų srautą Aukštaitijos KM stotyje.

Sunkiųjų metalų koncentracijos dirvožemyje kito panašiai kaip ir jų koncentracijos samanose. Per tiriamąjį laikotarpį KMS tirtuose dirvožemiuose padidėjo Pb ir Cr koncentracijos, o Cd sumažėjo. Kitų elementų koncentracijos kito nereikšmingai ar pasižymėjo skirtingomis kitimo tendencijomis.

Dirvožemio vandenyje išaugo Zn, Cu bei nežymiai Pb, sumažėjo Cd, o stabilios išliko Cr koncentracijos. Gruntiniame vandenyje tirtų metalų koncentracijos kito panašiai, kaip ir koncentracijos dirvožemio vandenyje, tik pastaruoju metu Pb koncentracija giliuosiuose gręžiniuose turi ryškesnę tendenciją augti, negu dirvožemio vandenyje. Tai gali būti gruntinio vandens nuotėkio sumažėjimo pasekmė.

Upelio vandenyje, kaip ir dirvožemio, ir gruntiniame vandenyje, reikšmingiausiai didėjo Zn koncentracijos. Pb koncentracijoms buvo būdinga augimo tendencija, o likusių elementų koncentracijos buvo stabilios ar kito nevienareikšmiškai.

Sunkiųjų metalų kaitai smulkiuosiuose žinduoliuose buvo būdingos bendrosios sunkiųjų metalų kaitos tendencijos vykstančios Aukštaitijos KMS teritorijoje. Sunkiųjų metalų koncentracijos jų organuose bei skrandžio turiniuose turėjo tendenciją didėti.

Sunkiųjų metalų srautų su krituliais duomenų stoka neleido iš esmės įsigilinti į šių išaiškintų sunkiųjų metalų koncentracijų įvairiuose miško ekosistemų komponentuose pokyčių priežastinius ryšius bei taršos šaltinius. Nuo 2005 metų numatomi pradėti sunkiųjų metalų koncentracijų krituliuose tyrimai įgalins išaiškinti sunkiųjų metalų srautų poveikį jų kaupimosi, transformacijų bei išnešimo procesų kaitai sąlygiškai natūraliose miško ekosistemose.

Literatūra

1. Air pollution and biodiversity.: 1997, *Environmental factsheet from the Swedish NGO Secretariat on Acid Rain*. October 1997.
2. Alewell, C., Armbruster, M., Bittersohl, J., Evans, C.D., Meesenburg, H., Moritz, K. and Prechtel, A.: 2001, 'Are there signs of aquatic recovery after two decades of reduced acid deposition in the low mountain ranges of Germany?', *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 367--378.
3. Arbačiauskas K., K. Gaigalis, A. Šmitienė ir G. Višinskienė, 2004. Klimato, hidrologinių ir hidrocheminių veiksnių poveikis Graisupio upelio bentofaunai. *Vandens ūkio inžinierija, LŽŪU ir LŽŪU VŪI mokslo darbai* 27(47): 38-44.
4. Arbačiauskas K., 2003. Bentofaunos monitoringas pagal ICP IM programą (agrostacionaras, IM stotys) ir monitoringo stočių standartizavimas. Ataskaita. Vilniaus universiteto Ekologijos institutas, 17 pp.
5. Arbačiauskas K., 2000. Graisupio upelio hidrobiologiniai stebėjimai agrostacionare. Ataskaita. Ekologijos institutas. 14 pp.
6. Baker, J.P., Bernard, D.P., Christensen, S.W., Sale, M.J.: 1990, 'Biological Effects of Changes in Surface Water Acid-base Chemistry', *Report SOS/T 13*, National Acid Precipitation Assessment Program, Washington, DC.
7. Bräkenhielm S. Field Manual for Vegetation Monitoring in the Swedish National Environmental Monitoring Programme (PMK). Draft version April 1992. Uppsala, 1992. - 68p.
8. Burton A. Biological Monitoring of Environmental Contamination (Plants) // MARC Report, 1986, No 32. London: King's College Monitoring Assessment Research Centre.
9. Boxman, A.W., van Dam D., van Dijk H.F.G., Hogervorst R.F. and Koopmans C.J.: 1995, 'Ecosystem responses to reduced nitrogen and sulphur inputs into two coniferous forest stands in the Netherlands', *Forest Ecology and Manag.* 71, 7--29.
10. Bull, K.R., Achermann, B., Bashkin, V., Chrast, R., Fenech, G., Forsius, M., Gregor, H.D., Guardans, R., Haußmann, T., Hayes, F., Hettelingh, J.P., Johannessen, T., Krzyzanowski, M., Kucera, V., Kvaeven, B., Lorenz, M., Lundan, L., Mills, G., Posch, M., Skjelkvale, B.J., Ulstein, M.J.: 2001, 'Coordinated effects monitoring and modelling for developing and supporting international air pollution control agreements', *Water, Air, and Soil Pollution.* 130, 119--130.
11. Campbell G.S., 1986. Extinction coefficient for radiation in plant canopies calculated using an ellipsoidal inclination angle distribution. *Agric. For. Meteorol.*, 36, p. 317-21.
12. COEJL.: 2003, *Ten Modern Plagues*, <http://www.coejl.org/programbank/displayprog.php?id=157>
13. Daniulis J., Mozgeris G., 1993, Defoliuotų pušynų dešifravimo požymių tyrimai, LŽŪA mokslo darbai, Žemės ūkis, 1993, t.42, 21-23.
14. Daniulis J., Deltuvas A. Ortofotografinių žemėlapių informatyvumo tyrimas // Žemės ūkio mokslai. -2000. -Nr. 3. -P. 95-102
15. Daniulis J., Deltuvas A. Ortofotoplanų naudojimas miškų inventorizacijai // Miškininkystė. -1998. -T. 2 (42). -P. 5-11.
16. De Wit T. Lichens as indicators for air quality // *Environmental Monitoring and Assessment*, 1983, 3. - P.273-282.
17. Deleporte, S. and Tillier, P.: 1999, 'Long-term effects of mineral amendments on soil fauna and humus in an acid beech forest floor', *Forest ecology and management.* 118, 245--252.
18. De Vries, W., Klap, J. and Erisman, J.W.: 2000, 'Effects of environmental stress on forest crown condition in Europe. Part I: Hypotheses and approach to the study', *Water, Air, and Soil Pollution.* 119, 317--333.
19. Driscoll, Ch.T., Driscoll, K.M., Mitchell, M.J. and Raynal, D.J.: 2003, 'Effects of acidic deposition on forest and aquatic ecosystems in New York State', *Environmental Pollution.* 123, 327--336.
20. Dudley, N. and Stolton, S.: 1994, *Air pollution and biodiversity: a review*, Bristol, <http://www.equilibriumconsultants.com/publications/docs/airpollutionandbiodi4f9.pdf>
21. EMEP.: 1977, *Manual of sampling and chemical analysis*, EMEP/CHEM 3/77. Norwegian

- Institute for Air Research.
22. Engblom, E. and Lingdell, P.E.: 1991, 'Acidification and changes in benthic fauna in Sweden', *Vatten*, 47.
 23. Falkengren-Grerup, U., Hornung, M. and Strengbom, J.: 2002, 'Working group 1 – Forest habit', in B. Achermann and R. Bobbink (eds.), *Proceedings Empirical Critical Loads for Nitrogen*, Expert workshop, Berne, 11-13, pp. 21--31.
 24. Forest Health Monitoring Field Methods Guide (International 1996). EPA. EMAP. 1995. *Edited by Nita G. Tallent-Halsell*. Las Vegas: Environmental Monitoring Systems Laboratory.
 25. Galinis V. Žemesniųjų augalų sistematika. Vilnius: Mokslas, 1979. - 228p.
 26. Gilbert O.L. Biological Indicators of Air Pollution. PhD Thesis, University of Newcastle upon Tyne, 1968.
 27. Harriman, R., Watt, A. W., Christie, A. E. G., Collen, P., Moore, D. W, McCartney, A. G, Taylor, E. M and Watson, J.: 2001, 'Interpretation of trends in acidic deposition and surface water chemistry in Scotland during the last three decades', *Hydrol. Earth System Sci.* 5, 407--420.
 28. James P. W. 1973. The effects of air pollutants other than hydrogen fluoride and sulphur dioxide on lichens // *Air Pollution and Lichens*. London: The Athlone Press. - P.143-175.
 29. Kahn, J.H.: 1985, *Acid Rain in Virginia: Its Yearly Damage Amounts to Millions of Dollars*, Virginia Water Resources Research Center Virginia Polytechnic Institute and State University, Special Report No. 21.
 30. Keller, W., Gunn, J.M. and Yan, N.D.: 1999, 'Acid rain - perspectives on lake recovery', *Journal of Aquatic Ecosystem Health and Recovery*. 6, 207--216.
 31. Kopuszki, H.: 1992, 'Effects of acid and nitrogen deposition on the mesofauna, especially the collembola', in M Tesche and S Feiler (eds), *Proceedings of Air Pollution and Interactions between Organisms in Forest Ecosystems*, 15th IUFRO International Meeting of Specialists on Air Pollution Effects on Forest Ecosystems.
 32. Lichens as air pollution monitors in Sweden // Field- and evaluation methods. Stenungsund, Naturcentrum, 1993. - 2p.
 33. Lindberg, N. and Persson, T.: 2004, 'Effects of long-term nutrient fertilisation and irrigation on the microarthropod community in a boreal Norway spruce stand', *Forest ecology and management*. 188, 125--135.
 34. Manual for Integrated Monitoring Programme Phase 1993-1996. Environmental Report 5. Helsinki: Environmental Data Centre. National Board of Waters and the Environment, 1993. - 114p.
 35. Norman J.M., Jarvis P.G. 1975. Photosynthesis in Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.). Radiation penetration theory and a test case. *Appl. Ecol.*, 12: 839-878.
 36. Pearce, J. and Venier, L.: 2005, 'Small mammals as bioindicators of sustainable boreal forest management', *Forest ecology and management*. 208, 153--175.
 37. Raddum, G. G. and Fjellheim, A.: 2003, 'Liming of River Audna, Southern Norway. A large scale experiment of benthic invertebrate recovery', *AMBIO*. 32 (3), 230--234
 38. Repšys J., 1991, Spygliuočių medynų spektrinio atspindėjimo tyrimai, Mūsų girios, Nr.1, - 3-5 p.
 39. Skye E. Lichens as biological indicators of air pollution // *Annual Review of Phytopathology*, 1979, 17. - P.325-341.
 40. Stakėnas V. 2003. Medynų būklės, spyglių masės ir fotosintetiškai aktyvios saulės spinduliuotės (FAS) tyrimai pušinio pelėdgalvio pakenktuose pušynuose. LŽŪU mokslo darbai Vagos, Kaunas 2003, (sauodoje).
 41. UN-ECE.: 1994, *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*, UN ECE, ICP, 178pp.
 42. Vilkamaa, P. and Huhta, V.: 1986, 'Effects of fertilization and pH upon communities of Collembola in pine forest soil', *Annales Zoologicae fennici*. 23, 167--174.

43. Wright, R.F., Larssen, T., Camarero, L., Cosby, B.J., Ferrier, R., Helliwell, R., Forsius, M., Jenkins, A., Kopaček, J., Moldov, F., Posch, M., Rogora, M., Sshopp, W.: 2005, 'Recovery of acidified European surface waters', *Environment science & technology*. February 1, 64—72.
44. Отчет по теме: "Разработка методики мониторинга состояния лесов в условиях интенсивного лесного хозяйства с применением дистанционных методов", Литовская СХА, Каунас, 1990, 85 с.

Rezultatų apibendrinimas

8. Ozono poveikis miško ekosistemų būklei

Algirdas Augustaitis, Raselė Girgždienė, Irena Eitminavičiūtė, Reda Mažeikytė

Daugelio autorių nuomone, pastaruoju laikotarpiu didžiausias dėmesys turi būt skiriamas 3 pagrindinėms atmosferos komponentėms, kurios atskirai ar junginiuose gali turėti esminės įtakos ilgalaikiam miškų stabilumui. Tai ozonas, CO₂ koncentracija ore bei azoto iškritos (Matyssek and Innes, 1999). Šių komponentių poveikis susijęs su medžiagų persiskirstymu medžiuose, bei jų sąlygojamais ekologiškai reikšmingais medžių bendro gyvybingumo pokyčiais. Visu pirma tai medžių konkurentingumui bei atsparumui skirtingiems stresams. Tokiu būdu reikšmingas ozono poveikis gali būt paslėptas jį lydinčių veiksnių poveikių. Šiais veiksniais gali tapti ir natūralūs veiksniai, tokie kaip vabzdžių pažeidimai (Grodzki et al., 2002), ir antropogeniniai veiksniai, kurių tarpe išsiskiria aplinkos užterštumas sieros dioksidu. Būtent padidintos ozono ir sieros dioksido koncentracijos per jų sinergetinį poveikį gali sukelti reikšmingus lapijos pažeidimui (Percy, 2002). Dėl šios priežasties ozono poveikio miško ekosistemų būklei įvertinimas iki šios lieka pirmaeilium uždaviniu ir kompleksiško monitoringo programoje.

Ozonas yra vienas stipriausių oksidatorių, neigiamai veikiantys visą gyvąją aplinką. Būtent dėl to, tarp įvairaus tipo aplinkos teršalų, sąlygojančių miškų būklę Europoje, didžiausią susirūpinimą pastaruoju laikotarpiu kelia ozono poveikis. Šio teršalo koncentracija ore, skirtingai nei vieno pagrindinio pramoninių emisijų komponento SO₂, turi tendencija didėti (Staehelin et al., 1994; Dollar et al., 1995, Solberg et al., 2004).

Ozonas veikia augalus dviem būdais. Mažos koncentracijos per ilgą laiką sukelia fiziologinių procesų ir metabolizmo pokyčius, tuo tarpu aukštos ozono koncentracijos ir matomus pakenkimo simptomus (Huttunen et al., 2002). Bandymai kontroliuojamoje aplinkoje rodo, kad ozonas neigiamai veikdamas bendrą medžio būklę, mažina ir jo prieaugį, ir kas svarbiausia, ne tik maksimalių koncentracijų, bet ir vidutinių koncentracijų laikotarpiu (Matyssek and Innes, 1999, Manning, 2004). Šio poveikio rezultate kinta ne tik medžio fenotipas, bet mažėja medžių genetinė įvairovė bei konkurentabilumas, kovoje dėl šviesos ir maisto medžiagų. Mažėja individų, pasižyminčių didžiausi jautrumu taršai (Kornosky et al., 1999). Laikotarpiu, kai bioįvairovės reikšmė aplinkoje pastoviai didėja, toks genetinės įvairovės suažėjimas gali būt reikšmingas, kadangi būtent populiacijos genetinė įvairovė užtikrina jos atsparumą nepalankiems aplinkos veiksniams (Muller-Strack and Ziehe, 1991).

Tipinis ozono pažeidimų simptomas – rausvi, rudi, purpuriniai ar juodi taškai ar dėmelės viršutinėje, saulės apšviestoje lapo pusėje ar dechromacijos išmarginti seni spygliai (Skelly et al., 1987; Flager, 1998). Ozonas pažeidžia medžius per lapų/spyglių žioteles (Emberson *et al.* 2000), o ozono difuzinis patekimas į augalo vidų priklauso nuo žiotelių skaičiaus ir jų atvirumo (Reich, 1987; Laisk et al., 1989). Patekęs pro žioteles į augalo vidų ozonas veikia membranų baltymus ir

neprisotintas riebiųjų rūgščių dalis (Wellburn et al., 1987; Lange, 1989). Galiausiai šie procesai pažeidžia vandens panaudojimo, jo transporto bei fotosintezės procesus (Wellburn et al., 1987) taip padidindami augalo žūties riziką.

Didžiausios ozono koncentracijos dažniausiai registruojamos vidurdienį, kai yra intensyviausia saulės spinduliuotė, nėra kritulių ir galimas drėgmės deficitas dirvoje. Tokiais atvejais medžių žiotelės yra užsidariusios ir ozonas neprasiskverbia į vidų. Taip vidurdienio aukščiausios ozono koncentracijos gali būti mažiau pavojingos augalams nei mažesnės koncentracijos kitu paros laiku, kai lapų/spyglių žiotelės yra atviros.

Pirmas pranešimas apie miško medžių pažeidimus dėl padidintų ozono koncentracijų buvo pateiktas dar 1961 metais (Berry ir Ripperton, 1963), tačiau pastaruoju laikotarpiu vis dažniau pasigendama tiesioginių ozono neigiamo poveikio miškams įrodymų. Šiuo metu yra žinoma, kad ozonas gali turėti įtakos medžių defoliacijai bei sumažinti medžių prieaugį (Manning, 2004). Tačiau nustatyti didesni miškų augimo tempai (Spieker et al., 1999) iš dalies prieštarauja esamai ozono koncentracijos augimo tendencijai. Problematiškas išlieka ozono ir lajų defoliacijos ryšys (Brantley et al., 1994; Skelly et al., 1987). Pagrindinė priežastis – medžių lajų defoliacijos laipsnio nustatymo didelis subjektyvumas bei šio rodiklio nespecifinės reakcijos į kitus aplinkos veiksnius, kas apsunkina šių duomenų interpretaciją (Innes, 1990, 1993; Ferretti, 1998). Vidutinei medžių lajų defoliacijai reikšmingai kintant jau daugelį metų, ryšis su ozono koncentracijų kaita išlieka silpnas, ar apskritai nenustatomas (Innes et al. 1997; Klap et al., 1997, 2000). Iki šiol reikšmingas ozono poveikis augalijos gyvybingumui buvo nustatytas tik teritorijose, pasižyminčiose išskirtinėmis sąlygomis (Skelly et al., 1998b) bei kontroliuojamoje aplinkoje. Tačiau atskleisti ozono poveikio augalijai dėsningumai tokiomis sąlygomis, negali būti perkelti į natūralias sąlygas (Manning, 2004). Ozono poveikis natūraliomis sąlygomis yra papildomai susijęs su kitų natūralių ir antropogeninių stresorių poveikiu, dėl ko iki šiol ozono tiesioginis poveikis nenustatytas plataus masto miškų būklės pablogėjimui praėjusio amžiaus paskutiniajame dešimtmetyje (Skelly and Innes, 1994; Kandler and Innes, 1995). Nežiūrint šių prieštaravimų, daugelis mokslininkų linkę teigti, kad būtent ozonas turi reikšmingiausią įtaką miškų būklei globaliu mastu (Reich, 1987; Steiguer, 1990; Sandermann, 1996).

Pagrindinė problema, nustatant ozono poveikio rizikos laipsnį medžiui brandžiame medyne yra nepatikimos žinios apie ozono dieninę ir sezoninę kaitą medyne bei potencialiai padidėjusio lapijos jautrumo ozono poveikiui prie riboto apšviestumo reikšmingumas (Tjoelker et al., 1995; Matyssek et al., 1995). Pirmoje dienos pusėje eglyne ozono koncentracija po lapijos danga yra tokia pat didelė kaip ir virš jos, kai tuo tarpu vakare ir naktį - žymiai mažesnė (Matyssek et al., 1997). Tačiau kiti mokslininkai teigia, kad ozono koncentracijų pasiskirstymui medyno viduje įtakos gali turėti ir natūralūs aplinkos veiksniai. Tokių veiksnių tarpe dažnai minimas vėjas. Būtent nuo jo greičio priklauso ozono koncentracija medyno viduje. Teigiama, kad ramiomis naktimis ozono koncentracija eglyne gali viršyti jo koncentraciją atviroje vietoje (Pleijel et al.,

1996), o jo poveikis medyno viduje gali siekti ozono poveikį miesto centre (Lefohn and Jones, 1986) bei kalnuose (Beyrich et al., 1996).

Sąlygiškai natūralių miško ekosistemų kompleksiško monitoringo programoje nenumatyti tyrimai ozono koncentracijų susivėrusiuose medynuose bei veiksnių sąlygojančių jo kaitą, tačiau nustatytos pažemio ozono koncentracijos bei jų sezoninė kaita įgalino pradėti šio vieno iš pagrindinių aplinkos toksikanto poveikio atskirų miško ekosistemų komponentų būklei tyrimą.

Ozono poveikis medžių lapų vidutinei defoliacijai

Vidutinės ozono koncentracijos sąlygoja tris pagrindines fiziologines reakcijas: transpiracijos sutrikimą, karbohidratų metabolizmo ir pasiskirstymo sutrikimus bei mineralinių maistinių medžiagų trūkumą. Visi šie pokyčiai turi įtakos ankstyvam lapų/spyglių augimo greičio sumažėjimui, pageltimui ir priešlaikiniam kritimui (Schmeiden, 1995). Kadangi tokie pokyčiai charakterizuojami medžių lapų defoliacijos laipsniu, toliau pabandėme nustatyti, ar išmatuotas pažemio ozono lygis, jo vidutinės ir maksimalios koncentracijos turėjo įtakos KMS teritorijose augančių skirtingų rūšių medžių lapų defoliacijai.

Koreliacinės analizės metu nustatyta, kad ozonas statistiškai reikšmingai sąlygojo tirtų medžių lapų defoliaciją (5.8 pav.). Didžiausią įtaką medžių vidutinei defoliacijai turėjo ozono maksimali koncentracija vegetacinio periodo pradžioje, t.y. balandžio-gegužės mėnesiais.

Vertinant ozono poveikį augmenijai yra naudojamas indikatorius AOT40. Tai suma skirtumų tarp ozono koncentracijų didesnių už $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 dalių vienam milijardui) ir $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per nustatytą laikotarpį (balandžio – rugsėjo mėn.), naudojant kiekvienos valandos vertes, matuotas nuo 8:00 iki 20:00 val. bei išreikšta $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per valandą (val), Vidurio Europos laiku kiekvieną dieną. $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yra aplinkosauginė ozono kritinė koncentracija, sukelti reikšmingus pokyčius jautriems receptoriams, bet neteikianti informacijos apie galimus pokyčius viršijus ją lauko sąlygomis (Führer et al., 1997). Tačiau ši riba išlieka diskutuotina, kadangi nėra tikslaus mokslinio pagrindimo. Matyt dėl to vieni mokslininkai teigia, kad ši riba yra per didelė apsaugoti labiausiai jautrias rūšis nuo ozono neigiamo poveikio (drebulė, klevas, beržas pagal Karnosky et al., 2004), kiti, kad per maža rūšims, pasižyminčioms mažesniu jautrumu, tokioms kaip paprastoji eglė (*Picea abies* Karst.) (Skelly et al., 1999; Matyssek and Innes, 1999). Tokią situaciją gerai patvirtina duomenys iš Skandinavijos regionų (Karlsson, 2003), kurie rodo, kad reikalingos mažesnės AOT40 vertės (apie $10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$) norint apsaugoti labiausiai jautrias medžių rūšis. Kita vertus, dabartinis reikalaujamas ozono lygis yra per žemas Viduržemio jūros regionuose augantiems medžiams. Nežiūrint šių nesutarimų, pagal ozono direktyvą 2002/3/EB miškų apsaugai AOT40 reikšmė neturėtų viršyti $20\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ val.}$ per balandžio – rugsėjo mėnesius, o norint apsaugoti augmeniją nuo žalingo ozono poveikio AOT40 reikšmės neturėtų viršyti $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ val.}$ per gegužės – liepos mėnesius.

Nors ozono direktyvoje nustatyti reikalavimai negali būti besąlygiškai priimami nagrinėjant konkrečius miškų pažeidimus, atlikti tyrimai KMS teritorijose rodo, kad Lietuvoje

AOT40 reikšmės dažnai viršijo kritinį lygį, pateiktą šios direktyvos reikalavimuose (5.9 pav.), augmenijai, tačiau beveik niekada miškų apsaugai.

Koreliacinė duomenų analizė parodė, kad AOT40 reikšmės buvo mažiau reikšmingos miškų būklei negu maksimalios ozono reikšmės.

Ozono poveikis dirvožemio mikroartropodų rūšinei įvairovei ir gausumui

Neigiamas ozono koncentracijų poveikis nustatytas ir dirvožemio mikroartropodų rūšinei įvairovei ir gausumui. Jei šių mikroartropodų gausumą neigiamai sąlygojo tiek vidutinės, tiek ir maksimalios ozono koncentracijos ore, tai jų rūšinę įvairovę statistiškai reikšmingai sąlygojo tik maksimalios šio toksikanto koncentracijos. Maksimaliu ozono koncentracijų reikšmingiausias poveikis nustatytas oribatida genties mikroartropodams.

Ozono poveikis smulkiųjų žinduolių rūšinei įvairovei ir gausumui

Ozonas gali pažeisti ląstelių membranų funkcijas ir taip turėti įtakos metaboliniams procesams ir augaluose, ir gyvūnuose. Pastaruosiuose, šių pokyčių rezultatas – imuninės sistemos susilpnėjimas (Smith, 1990). Gal dėl šios priežasties kai kuriems mokslininkams pavyko nustatyti tam tikrą graužikų jautrumą ozonui (Newman et.al., 1992). Nežiūrint šių pavienių publikacijų, duomenų apie ozono tiesioginį neigiamą poveikį smulkiesiems žinduoliams nepakankama. Tačiau skelbiami tyrimų rezultatai rodo, kad net dabartinis pažemio ozono lygis daugelyje valstybių mažina javų ir vaisių derlių bei jo kokybę (Black, 2000). Todėl būtų galima daryti prielaidą, kad ozonas mažina ir miško varpinių augalų derlingumą, kas gali turėti netiesioginės įtakos smulkiųjų žinduolių rūšinei įvairovei ir gausumui. Šia netiesioginės įtakos hipoteze galima būtų aiškinti nustatytus reikšmingus koreliacinius ryšius tarp smulkiųjų žinduolių tirtų parametrų ir pažemio ozono maksimalių koncentracijų. O juk būtent maksimalios ozono koncentracijos neigiamai sąlygoja ir jau tirta biotos komponento – dirvožemio pedobiontų rūšinę įvairovę. Toks analogiškas maksimalių ozono koncentracijų poveikis įvairių biotos komponentų įvairovei liudija apie egzistuojantį priežastinį ryšį.

Kaip įrodymą egzistuojančio tiesioginio ryšio tarp pažemio ozono maksimalių koncentracijų ir smulkiųjų žinduolių įvairovės, galima pateikti ir nenustatytą joki reikšmingesnį (kaip ir dirvos pedobiontų atveju) AOT-40 koncentracijos poveikį. Būtent AOT-40 yra skaičiuojamas atsižvelgiant į neigiamą augalų reakciją, ką patvirtino ir gauti rezultatai KMS teritorijose.

Apibendrinus pažemio ozono koncentracijų poveikį miško ekosistemų komponentų būklei nustatyta, kad maksimalios ozono koncentracijos statistiškai reikšmingai sąlygojo ne tik smulkiųjų žinduolių rūšinę įvairovę, bet ir dirvožemio mikroartropodų įvairovę, gausumą ir struktūrinį-funkcinį santykį, o taip pat ir medžių vidutinę defoliaciją. Ateityje, tęsiant šiuos tyrimus, rekomenduotina pereiti nuo ozono poveikio bendrai organizmų rūšinei įvairovei prie atskirų rūšių indikacinių savybių tyrimo, jų išnykimo, ar atsiradimo ypatumų išaiškinimo.