

Pušų (*Pinus sylvestris* L.), augusių subatlančio periodu Aukštosios plynios durpyne, ilgaamžių rievių serijų sudarymas

Jonas Karpavičius *

Vytauto Didžiojo universitetas, Gamtos mokslų fakultetas, Aplinkos tyrimų centras

Paprastosios pušies (*Pinus sylvestris* L.) augimo dėsningumams Aukštosios plynios durpyne nustatyti buvo sudarinėjamos ilgaamžės rievių serijos, tam naudojant iškastinę pušies medieną. Iš viso durpyne buvo paimtos 347 iškastinės medienos atpjosos iš kurių tyrimams tinkamomis buvo pripažintos mažiau nei 300. Individualios rievių serijos, gautos išmatavus kiekvienos atpjosos kasmetinius rievių pločius, panaudotos bendrajai durpyno rievių serijai sudaryti. Pirmajame etape pavyzdžių prieaugių sinchronizacija atlikta pagal jų radimo vietas, o galutiniame – iš visų tuo pat metu durpyne augusių medžių sinchroniškiausių rievių serijų. Sudarant ilgaamžę rievių seriją naudoti įvairūs matematiniai statistiniai ir radioaktyvios anglies (^{14}C) metodai. Taip pat buvo įvertinti iškastinių pavyzdžių prieaugio dinamikos dėsningumai remiantis analogiškais dėsningumais, nustatytais pagal dabar pelkėse augančių pušų prieaugio ypatumus. Nustatyta, kad ilgalaikiai radialiojo prieaugio pokyčiai ir dvimetinio ritmo pasikartojimas yra būdingi ir iškastinės medienos prieaugiui. Atlikus kalendorinį datavimą, sinchronizuojant su tiksliai datuotomis kitomis ilgaamžėmis rievių serijomis, paaiškėjo, kad pušys Aukštosios plynios durpyne dominavo nuo X a. antrosios pusės iki XII a. pirmosios pusės. XII a. pirmojoje pusėje prasidėjęs masiškas pušų džiūvimas galėjo būti apie 1100–1150 m. įvykusio staigaus klimato atšalimo pasekmė. Kitais m.e. laikotarpiais pušys durpyne buvo mažai išplitusios, todėl ištisinės rievių serijos, kad būtų galima susieti su dabar pelkėje augančių pušų prieaugiu, sudaryti nepavyko dėl mažo tų laikotarpių pavyzdžių skaičiaus.

Iškastinė mediena, radialusis prieaugis, ilgaamžės rievių serijos, dėsningumai.

Įvadas

Vienas iš dendroklimatologijos uždavinių yra retrospektyviniai medžių radialiojo prieaugio ir jį nulemiančių veiksnių tyrimai, skirti buvusioms klimatinėms sąlygoms atkurti ir prognozuoti būsimas.

Dėl palyginti trumpų dabar augančių medžių rievių serijų (100–300 metų) negalima patikimai ištirti šimtmetinių ir ilgesnės trukmės ciklų. Dėl to nukenčia gamtinės aplinkos rekonstrukcijos patikimumas. Tam išvengti yra sudarinėjamos ilgaamžės rievių serijos, panaudojant iškastinės ir archeologinės medienos radialiojo prieaugio duomenis. Kartu reikia pažymėti, kad sudarytos ilgaamžės rievių serijos leidžia ne tik rekonstruoti buvusias klimatinės sąlygas (Briffa et al., 1992), bet ir vertinti augalijos kaitą ir to priežastis (Pukienė, 1997).

Vienas iš tokių šaltinių, kur dėl anaerobinių sąlygų ir rūgšties reakcijos labai gerai išsilaiko augusių medžių mediena, yra pelkės. Bet dėl aukšto vandens lygio pelkėse praktiškai labai sunku paimti pavyzdžius iš gilesnių pelkės vietų, todėl dendrochronologiniai tyrimai jose mažai kur atliekami. Daugiausia tokių tyrimų vyksta Suomijoje, bei gerą dešimtmetį – Švedijoje. Tam naudojama ne tik iš pelkių iškasta mediena, bet ir ištraukta iš ežerų (Eronen et al., 2002; Grudd et al., 2000; 2002).

Kadangi iš gilesnių pelkės sluoksnių paimti pavyzdžius sunku, iškastinės medienos ieškojome ir ją rinkome nusausintuose ir eksploatuojamuose durpynuose. Todėl ir buvo pasirinktas nusausintas Aukštosios plynios (Šakių r.) durpynas. Analogiški darbai anksčiau buvo atlikti ir Užpelkių tyrello (Plungės r.) durpyne (Pukienė, 1997). Toks kelių durpynų pasirinkimas leidžia nustatyti ne tik vietinius medžių augimo skirtumus, bet ir bendruosius medžių reakcijos į gamtinės aplinkos poveikį dėsningumus.

Ankstesni tyrimai parodė, kad dabar augančių medžių radialiojo prieaugio reakcija į klimato veiksnius yra glau-

džiai susijusi su medžių augaviečių sąlygomis (Kairaitis et al., 1996; Karpavičius et al., 1996). Net toje pat pelkėje, bet skirtingose vietose augantys medžiai į klimato veiksnius reaguoja skirtingai (Карпавичюс, 1993). Skiriasi ir radialiojo prieaugio ilgalaikiai pokyčiai, ir ritmiškumas. Todėl siekiant kiek galima padidinti sudaromų ilgaamžių rievių serijų patikimumą buvusioms aplinkos sąlygoms atkurti buvo stengiamasi, kad rievių serijos būtų sudarytos iš kuo identiškesnėmis sąlygomis augusių medžių pavyzdžių.

Darbo tikslas – pušų, augusių Aukštosios plynios durpyne, ilgaamžės rievių serijos sudarymas panaudojant įvairius tyrimų metodus ir dabar pelkėse augančių pušų radialiojo prieaugio dinamikos dėsningumus.

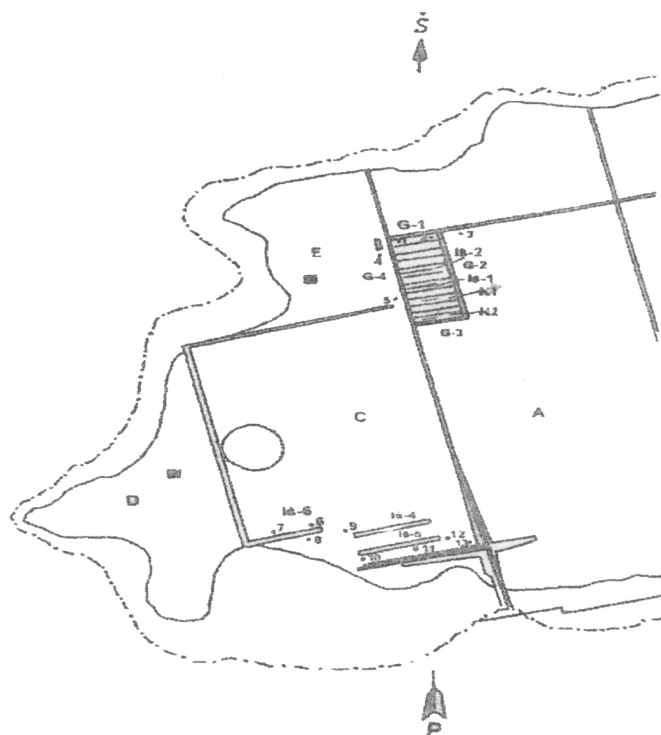
Tyrimo objektas ir metodika

Aukštosios plynios durpynas yra pietvakarinėje Lietuvos dalyje, 15 km nuo Šakių, tarp Jotijos ir Siesarties upių, ir užima 358 ha plotą. Prieš durpių eksploataciją durpynas buvo iškili formos su didžiausiu pakilimu centrinėje B ploto dalyje – 48,5 m virš jūros lygio (1 pav.). Aukščio skirtumai tam tikrose durpyno vietose siekė iki 3,5 m, ir didžiausias nuolydis buvo link antrosios medienos pavyzdžių paėmimo vietos (Iš-4; Iš-5; Iš-6), t.y. pietų ir pietvakarių kryptimis. Nuolydis šiaurės, šiaurės vakarų kryptimis, link pirmosios pavyzdžių paėmimo vietos, tik vietoomis siekė 1,5 m ir dažniausiai neviršijo 0,5 m (G-1; G-2; G-3; G-4 ir Iš-1; Iš-2; Iš-3).

Kadangi prieš pradedant durpių eksploataciją durpynas buvo nusausintas, didžioji pavyzdžių dalis buvo surinkta iš melioracinių griovių (G-1; G-2; G-3; G-4). Kita pavyzdžių dalis buvo surinkta iš durpyno rastų iškasų (Iš-4; Iš-5; K1 ir K2). Trečioji pavyzdžių dalis buvo paimta iš tam mūsų iškastų profilių (Iš-1; Iš-2; Iš-3 ir Iš-6).

Durpių storis (m)
Depth of peat (m)

1 – 1,05
2 – 1,20
3 – 1,15
4 – 1,15
5 – 1,50
6 – 1,80
7 – 1,50
8 – 2,20
9 – 1,50
10 – 1,50
11 – 1,70
12 – 1,60
13 – 1,10



1 pav. Pagrindinės dendrochronologinių pavyzdžių paėmimo vietos ir dabartinis durpių storis (m) Aukštojos plynios durpyne:

G – melioracijos grioviai; K ir IŠ – kitos iškasos; ■ – tyrimo barčiai augančiuose medynuose

Fig. 1. The main places of collection of dendrochronological samples and the depth of peat at present (m) in peat bog Aukštoji plynia:
G – drainage canals; K and IŠ – other excavations; ■ – research plots in living stands

Iš visose minėtose vietose rastos medienos (kelmų, šaknų) pirmiausiai buvo atpjautos nuopjovos ir prie jų pritvirtinus Nr. buvo nustatyta jų horizontalaus ir vertikalus išsidėstymo padėtys. Vertikalus išsidėstymo padėtis buvo nustatoma niveliacijos metodu, t.y. teodolitu nustatant jų radimo gylį centrinio reperio atžvilgiu. Kadangi šie pavyzdžius iš kelmų likučių atpjoja paprastai buvo daroma šaknies kaklelio lygyje, matavimo juosta buvo statoma ant likusios kelmo dalies pjūvio ar ant nuvirtusio šiešo viršaus prie atpjovos.

Horizontalus išsidėstymas nustatytas matuojant atstumą nuo tam tikro atskaitos taško. Pagrindinis atskaitos taškas buvo griovių G-1 ir G-4 susikirtimo vidinėje pusėje. Pavyzdžiui, rastų griovyje G-2, atstumas buvo matuojamas nuo susikirtimo su grioviu G-1, o rastų griovyje G-3 ir iškasose IŠ-1; IŠ-2; K1 ir K2 – einant nuo link griovio G-4 griovio G-2. Iškasose IŠ-4; IŠ-5 ir IŠ-6 atstumai buvo matuoti nuo jų pradžios griovio link G-4. Be atstumų, dar buvo išmatuoti ir plotai statmenai nuo griovio ar iškasos krašto iki pavyzdžio radimo vietos. Iš viso buvo paimti 347 pavyzdžiai, iš kurių tyrimams tinkami buvo atrinkti mažiau nei 300. Dar nepradėjus jų radialiojo prieaugio matavimų, dalis pavyzdžių buvo atmesti, nes turėjo mažiau nei 50 rievių, arba atpjovos buvo labai ekscentriškos, t.y. su ryškiu vienos krypties prieaugiu. Tokia medžio augimo savybė yra susijusi ne su klimato sąlygomis, o su šaknų išaugimo vieta.

Paimtų medienos pavyzdžių atpjovos, jas išdžiovinus, buvo šlifuojamos ir matuojamas rievių plotis naudojant mikroskopą MBS-2. Atskirai 0,05 mm tikslumu buvo matuojama ankstyvoji ir vėlyvoji metinės rievės dalys. Matavimai buvo atliekami dviem, kartais trimis kryptimis, ne mažesniu kaip 90° kampų tarp jų. Tai leido patikimai nu-

statyti iškrentančias ir dvigubas rieves bei niveliuoti paklaidas dėl kai kurių atpjovų ekscentriškumo.

Kiekvieno pavyzdžio visų krypčių duomenys buvo suvidurkinti, o gauta prieaugio kreivė naudojama tolesnei analizei. Pirmiausia prieaugio kreivės buvo vizualiai sinchronizuotos tarpusavyje, o kitame etape sinchronizuojamos matematiniais statistiniais metodais. Tai atlikta apskaičiuojant koreliacinį koeficientą r ir kriterijų t , naudojant Excel programų paketą. Pavieniais atvejais buvo skaičiuojamas panašumas procentais pagal T.Bitvinsko metodiką (Битвинская, 1974).

Gavus F. Rinn'o sudarytą universalią programą TSAP, sinchronizacija buvo baigta naudojant šią programą (Rinn, 1996). Ši rievių serijų analizė ir pavaizdavimo programa leidžia įvertinti daugelį sinchronizacijos kriterijų. Vienas iš jų yra kryžminio datavimo indeksas (CDI), pasiūlytas B. Šmito. Jis jungia kitus keturis programoje naudojamus kriterijus į vieną:

- GIk – sutampančių intervalų kiekis procentais nuo sinchronizuojamų rievių persidengimų skaičiaus;
- SGIk – sutampančių reperinių intervalų skaičius;
- TVH – t kriterijus, pasiūlytas Holsteino;
- TVBP – t kriterijus, pasiūlytas Bailio ir Pilčerio.

Sinchronizuotomis vadintos tos rievių serijos, kai grupę sudarančių pavyzdžių radialinio prieaugio dinamikos atitikdavo šį principą, pvz., jeigu antrojo pavyzdžio pirmoji rievė sutapo su pirmojo pavyzdžio 5-ąja, o trečiojo pavyzdžio su jo 8-ąja rieve, tai ir trečiojo pavyzdžio 1-oji rievė, būtinai turėjo sutapti su 2-ojo pavyzdžio 4-ąja rieve ir turėti gerus sinchronizacijos rodiklius.

Greta šių metodų buvo naudotas ir radioizotopų metodas nustatant rastų pavyzdžių augimo metus pagal ^{14}C kiekį juose.

Tačiau radioaktyviosios anglies kiekis atmosferoje metams bėgant nebuvo ir nėra pastovus (Депрачев и др., 1981). Siekiant nustatyti tikslesnes pavyzdžių radioaktyvios anglies datas, būtina jų kalibracija, atsižvelgiant į radioaktyvios anglies kiekio atmosferoje svyravimus. Todėl dalies pavyzdžių radioaktyvios anglies datos buvo kalibruotos naudojant M. Stuiver ir P. J. Raimer (1993) pasiūlytą metodiką.

Prieš pradėdant sudaryti ilgaamžę rievių seriją, pavyzdžiai buvo sugrupuoti pagal jų radimo vietą ir gylius, nes buvo manoma, kad panašiam gylyje rasti pavyzdžiai turi būti panašaus amžiaus. Atlikta pirminė sinchronizacija šią prielaidą patvirtino tik iš dalies, nes gerai tarpusavyje sinchronizavosi ir pavyzdžių radialiusis prieaugis, nors tarp jų gylio skirtumas buvo netgi didesnis nei pusė metro. Šio reiškinio pagrindinės priežastys yra šios:

1) pavyzdžių nevienalytiškumas. Vieni paimti iš stiebų, kiti – iš rastų kelmų liekanų. Virsdami stiebais galėjo užkristi vienas ant kito, ant kupstų ar į tarpą tarp jų. Todėl radimo gylio, kaip vieno iš rodiklių, buvo atsisakyta;

2) labai nevienodas pelkės reljefas. Atlikus dabar pelkėse augančių pušų niveliaciją jų šaknies kaklelio aukštyje, net kelių dešimčių arų plote šio aukščio skirtumai didesni kaip 0,5 m.

Todėl remiantis ankstesne sinchronizacijos patirtimi ir atsižvelgiant į dabar augančių medžių radialinio prieaugio specifiškumą, buvo atliekama atskirų plotų galutinė sinchronizacija. Be to, labai svarbūs ne tik tikslūs sinchronizacijos rodikliai, bet ir radioaktyvios anglies datos bei kiekvieno pavyzdžio radialiojo prieaugio specifiškumas, ilgalaikiai prieaugio pokyčiai ir dvimetis jo ritmiškumas (Карпавичюс, 1993).

Cheminis pavyzdžių paruošimas datuoti radioizotopiniu metodu buvo atliekamas LMA Geologijos instituto Radioizotopų laboratorijoje, o radioaktyvios anglies kiekio nustatymas atliktas ATC Dendroklimatologijos ir radiometrijos grupėje, moderniu daugiakanalio spektro analizatoriumi LSC 1220 (Quantulus).

Datavimas radioaktyvios anglies (^{14}C) metodu

Įvertinus visas nustatytas pavyzdžių radioaktyvios anglies datas nustatyta, kad vienas iš anksčiausiai rastų iškastinių pavyzdžių yra pušies, augusios prieš 2326 ± 43 metus, liekana, radioaktyvios anglies amžių skaičiuojant nuo 1950 m. Taip pat nustatyta, kad labiausiai pušys buvo išplitusios prieš 700–1100 metų.

Toks masinis pušų išplitimas sutampa su R. Pukienės (1997) duomenimis, gautais sinchronizuojant ir datuojant iškastinę medieną iš Užpelkių tyrelio durpyno.

Pažymėtina, kad prieš įsigyjant daugiakanalį spektro analizatorių, dalis pavyzdžių buvo datuoti Uralsko pedagoginio instituto Radioizotopų laboratorijoje. Remiantis jų datavimo duomenimis, pavienės pušys durpyne augo net prieš 3837 ± 40 m. Bet pakartotinis datavimas, atliktas ATC Dendroklimatologijos ir radiometrijos grupėje, parodė, kad dalies pavyzdžių augimo metai žymiai skiriasi. Siekiant įsitikinti naudotos aparatūros tikslumu, dalis pavyzdžių, naudojant skirtingas metodikas, buvo datuoti keltą kartą (1 lentelė). Paaiškėjo, kad daugumos pakartotinai datuotų pavyzdžių datos labai panašios. Todėl Dendroklimatologijos ir radiometrijos grupėje gautos radioaktyvios anglies datos buvo pagrindinės tolesniame pavyzdžių sinchronizacijos etape.

1 lentelė. Įvairiais metodais datuotų pavyzdžių radioaktyvios anglies datos
Table 1. Radiocarbon dates established by using different methods

Invent. Nr. Invent. No.	Datuotos rieivės Dated rings	Matavimai ir radioaktyvios anglies datos Measurements and radiocarbon date				Laboratorija Laboratory
		I	II	III	IV	
1607	59-83	803 ± 33	835 ± 40	803 ± 27	731 ± 57	VDU
1621	65-83	760 ± 52	775 ± 40	752 ± 57	732 ± 70	VDU
1681	30-50	920 ± 40	-----	-----	-----	VDU
	1-29	158 ± 23	-----	-----	-----	UPI
1663	6-69	943 ± 33	965 ± 40	908 ± 41	890 ± 57	VDU
1896	48-80	640 ± 36	-----	-----	-----	VDU
	10-45	638 ± 29	-----	-----	-----	UPI
1700	5-51	1340 ± 40	1080 ± 40	-----	-----	VDU
1706	67-159	889 ± 39	903 ± 40	867 ± 41	850 ± 57	VDU
1707	14-51	887 ± 53	910 ± 80	862 ± 43	833 ± 70	VDU
1716	2-74	1191 ± 40	905 ± 39	-----	-----	VDU
1785	1-20	1045 ± 33	1059 ± 40	1015 ± 29	1019 ± 70	VDU
	21-50	3837 ± 40	-----	-----	-----	UPI
1786	2-86	956 ± 33	967 ± 40	956 ± 40	939 ± 70	VDU
1836	1-24	2326 ± 43	-----	-----	-----	VDU
1893	27-60	274 ± 39	-----	-----	-----	VDU

Sinchronizacijos rezultatai

Iš visų sinchronizuoti tinkamų pavyzdžių tarpusavyje pavyko sinchronizuoti 40,7% jų serijas, bet nevienodai iš skirtingų plotų (2 lentelė).

Gerai tarpusavyje sinchronizavosi pavyzdžių, surinktų grioviuose G-2, G-3, ir G-4 radialiojo prieaugio sekos; atitinkamai 42,2, 42,8 ir 42,3 procentai individualių sekų. Ypač gerai sinchronizavosi serijos pavyzdžių, surinktų griovio G-2 atkarpoje nuo 191 iki 235 m – iš 12 net 9 (75%).

3 lentelė. Iškasos pavyzdžių sinchronizacijos rezultatai skirtingose jų radimo vietose

Table 3. Results of synchronization of excavated samples in different places

Pavyzdžio radimo vieta	Inventorinis Nr. Inventory No.	Kiekis Amount	Sinchronizuotų pavyzdžių kiekis Amount of syn- chronized sam- ples
Šiaurinė durpyno dalis Northern part of peatbog			
G-1	1601 - 1639	39	13
G-2	1640 - 1653	14	19
	1661 - 1691	31	
G-3	1654 - 1660	7	3
G-4	1692 - 1776	85	36
A-1	1777 - 1786	10	4
A-2	1787 - 1815	29	5
B-1	1818 - 1905	18	9
B-2	1873 - 1887	15	5
B-3	1906 - 1913	8	-
B-4	1914 - 1915	2	-
Pietvakarinė durpyno dalis Southwestern part of peatbog			
B-4	1816 - 1842	27	10
B-5	1843 - 1872	30	13
B-6	1916 - 1940	25	5

Be to, 6 šiame griovyje rasti pavyzdžiai gerai sinchronizavosi ir su pavyzdžiais iš iškaso IŠ-2, bei griovio

G-3. Kadangi tiek iškasa, tiek griovys G-3 yra arti atkarpoje nuo 191-235 m rastų pavyzdžių, jų duomenys buvo sujungti į vieną rievių seriją. Į šią grupę buvo priskirti ir 1698 pavyzdžio, paimto griovio G-4 pradžioje, prieaugio duomenys, nes jie patikimai sinchronizavosi su visais grupės individualais. Buvo sudaryta bendra rievių serija, susidedanti iš 14 individų radialinio prieaugio sekų (LapŠet1).

Panašios ir šią grupę sudarančių pavyzdžių 1654; 1655; 1663; 1667 ir 1669 radioanglies datos. Jos svyruoja nuo 953 ± 58 (1655) iki 790 ± 81 (1654) metų. Reikia pažymėti, kad daugumos šių pavyzdžių augimo eigai būdinga amžiaus kreivė, t. y. amžiui didėjant prieaugis mažėja. Ši amžiaus kreivė susijusi su tuo, kad šios grupės medžių šaknys turėjo kontaktą su mineraliniu gruntu. Analogiškas reiškinys būdingas ir dabar augantiems medžiams.

Iš visų pavyzdžių, surinktų šiaurinėje durpyno dalyje, radialiojo prieaugio duomenų buvo sudaryta 10 atskirų rievių serijų. Iš jų reikėtų išskirti rievių seriją, sudarytą iš iškasoje IŠ-1 rastų pavyzdžių. Iš viso šioje iškasoje rastų pavyzdžių buvo sinchronizuota net 50%.

Ypač gerai tiek tarpusavyje, tiek su kitais sinchronizavosi 7 šioje iškasoje rasti pavyzdžiai. Sujungus į vieną grupę buvo sudaryta viena iš ilgiausių rievių serijų (Laplš1), nes mažiausiai rievių – 94 – turėjo 1891 pavyzdys. 1890 turėjo 159, o 1892 – net 168. Bet nepriklausomai dėl didelio persidengiančių rievių skaičiaus jie daugiausiai turi labai gerus tarpusavio sinchronizacijos rodiklius ($CDI > 200$).

Dideli ir jų tarpusavio koreliaciniai koeficientai, pvz., tarp 1892 ir 1891 r. siekia 0,88, o jo $t = 17,8$. CDI siekia net 975 (3 lentelė).

3 lentelė. Grupę Lapš1 sudarančių pavyzdžių sinchronizacijos kriterijai
Table 3. Synchronization criteria of the samples from group Lapš1

Sinchronizuotų pa- vydžių Nr. No. of synchronized samples	Sinchronizacijos kriterijai Synchronization criteria					
	PRS	GIK	TVBP	TVH	CDI	SPR
1890-1892	154	74	8,7	9,1	425	6
1890-1891	94	73	8,3	8,3	388	14
1890-1899	105	70	4,0	7,1	219	21
1890-1901	104	68	7,4	6,9	251	21
1890-1889	97	76	10,5	10,0	537	22
1890-1896	120	71	8,3	7,9	344	40
1892-1891	94	85	13,9	14,2	975	9
1892-1899	105	76	4,3	7,7	313	16
1892-1901	104	70	7,1	5,9	261	16
1892-1889	97	77	9,9	8,3	497	17
1892-1896	133	72	9,0	8,3	381	35
1891-1899	86	77	11,9	10,5	600	8
1891-1901	87	69	5,7	5,1	210	8
1891-1889	86	77	11,9	10,5	600	9
1891-1896	68	82	9,7	11,4	668	27
1899-1901	104	66	3,9	6,8	167	1
1899-1889	97	73	4,5	8,8	301	2
1899-1896	86	77	2,7	7,2	272	20
1889-1896	79	75	9,6	10,0	496	19

Pažyma: PRS – persidengiančių rievių skaičius tarp sinchronizuojamų pavyzdžių porų; SPR – sutampančios pradinės rievės pirmojo įrašyto pavyzdžio atžvilgiu, kai pirmojo pavyzdžio n-oji rievė sutampa su antrojo 1-ąja rievė; Kitos santrumpos aprašytos metodikoje.

Remark: PRS – number of overlapping rings among synchronized pairs; SPR – matching initial rings in respect of the first entered sample where n ring of the first sample matches with the 1st ring of the second sample; Other abbreviations are described in methodics.

Iš šiaurinėje durpyno dalyje surinktų pavyzdžių dar reikia pažymėti rievių seriją, sudarytą iš 14 individų, rastų griovio G-4, 31-207 metrų atkarpoje. Nors iš visų grupę sudarančių individų labiausiai nutolęs Nr. 1759 pavyzdys, jis į bendrą rievių seriją buvo įtrauktas, kaip turintis vieną iš seniausių radioanglies datų (1070 ± 65) bei gan gerus sinchronizacijos rodiklius su panašaus augimo laikotarpio individais.

Ši rievių serija sudaryta iš skirtingu metu augusių individų sekų. Vieni individai pradėjo augti tada, kai kitų augimas baigėsi ar jau buvo pasibaigęs. Jie į bendrą rievių seriją pateko tų individų dėka, kurie augo tarpiniu laikotarpiu, nes jų rievių serijos persidengė tiek su anksčiau, tiek ir su vėliau išaugusių pušų prieaugio duomenimis.

Gerai sinchronizavosi ir pavyzdžių iš pietvakarinės durpyno dalies rievių serijos. Šioje durpyno dalyje buvo paimti 82 pavyzdžiai, iš jų sinchronizavosi 34. Tai sudaro 41,5% čia paimtų pavyzdžių kiekio. Reikia pažymėti, kad dalis pavyzdžių gerai sinchronizavosi tik poromis. Kadangi šioje dalyje iškasos IŠ-4 ir IŠ-5 eina lygiagrečiai 16 m viena nuo kitos, o IŠ-6 yra tik už 60 m nuo jų pradžios, todėl grupės sudarytos apibendrinus pavyzdžių rievių sekas iš visų iškasų. Be to, kaip tik šio durpyno dalyje buvo rastas vienas seniausių pavyzdžių. Kaip rodo radioanglies data, pušis iš kurios likučių paimtas 1836 pavyzdys, augo net prieš 2326 ± 43 m. Daug čia surinktų pavyzdžių taip pat augo daugiau kaip prieš 1000 metų. Kaip tik iš tokių pavyzdžių ir buvo sudaryta pirmoji apibendrinta rievių serija. Prie šios grupės priskirta ir griovyje G-4 rasto 1759 pavyzdžio rievių serija. Pavyzdys turėjo ne tik labai artimą radioanglies datą, bet ir gerai sinchronizavosi su kitais šios grupės

pavyzdžiais. Be to, turėjo didelį persidengiančių rievių skaičių (>59).

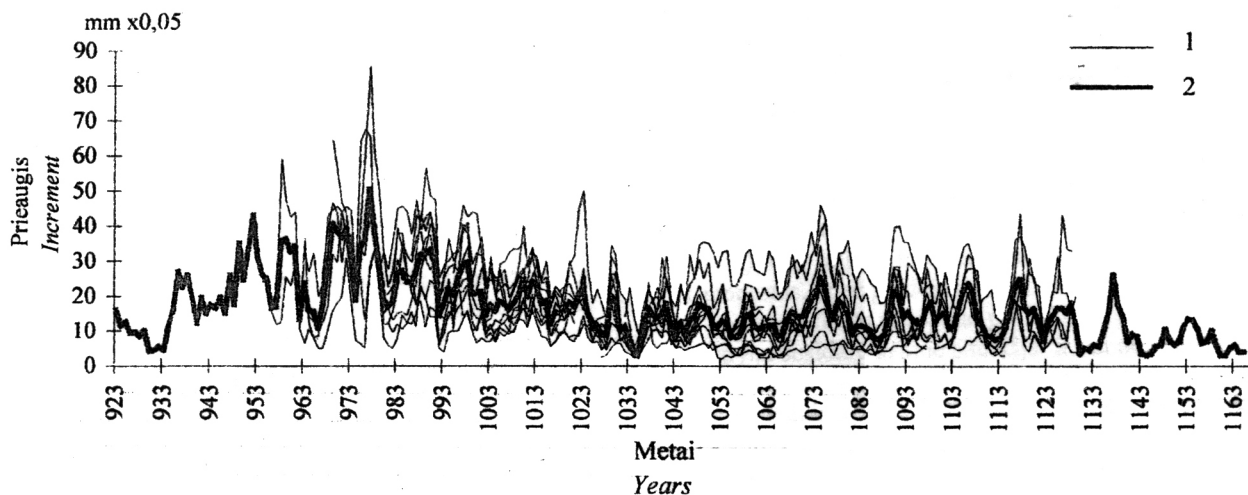
Antroji sudaryta rievių serija susideda iš 7 pavyzdžių rievių duomenų. Šioje grupėje esančio pavyzdžio 1938 rievių serija buvo panaudota ir anksčiau aptartoje grupėje. Tai yra kaip tarpininkas sujungiant abiejų grupių rievių serijas, nes su abiejų grupių visų pavyzdžių serijomis turi gerus sinchronizacijos rodiklius: su pirmąja per visą augimo laikotarpį, o su antrąja – vyresnio amžiaus.

Be šių rievių serijų, dar buvo sudaryta daugelis kitų. Kadangi jos daugiausia susideda tik iš dviejų individų rievių duomenų, todėl plačiau neaptarsime.

Sudarius atskiras vidutines rievių serijas, jos buvo sinchronizuojamos tarpusavyje. Ši sinchronizacija parodė, kad daugelis sudarytų grupių susideda iš individų, augusių tuo pačiu laikotarpiu.

Tai patvirtino ne vien geri sinchronizacijos rodikliai tarp daugelio sudarytųjų grupių rievių serijų, bet ir dalies individų kalibruotos radioaktyvios anglies datos. Esant 1 sigmos patikimumo lygmiui, kai tikimybė 68,3%, persidengia 785-1306 m. datos, o esant 2 (95,4%) – 977-1316 metų. Įvertinus visus aptartus rodiklius, buvo sudaryta ištisinė vidutinė rievių serija LAPPISY. Ją sudaro visi 2 pav. pavyzdžiai. Šią grupę sudarant individų rievių serijos buvo atrinktos vadovaujantis dviem pagrindiniais principais:

- 1) kad grupę sudarytų patys seniausi individai, tarp kurių persidengiančių rievių skaičius būtų ne mažesnis kaip 50;
- 2) kad tarp individų rievių serijų būtų ne tik geri sinchronizacijos rodikliai, bet ir gerai sutaptų jų pamatinė prieaugio dinamika ir ilgalaikiai jos pokyčiai.



2 pav. Grupę LAPPISY sudarančių pavyzdžių individualios (1) ir jų vidutinė (2) rievių serijos
Fig. 2 Group LAPPISY samples series (1) and average (2)

Kalendorinis datavimas

Pažymėtina, kad visos sudarytos vidutinės rievių serijos yra paslankios nes jos nedatuotos dendrochronologiškai su kalendoriškai datuotomis kitomis rievių serijomis. Kaip tik toks datavimas ir buvo atliktas galutiniame etape. Tam buvo panaudotos trys anksčiau grupėje sudarytos rievių serijos. Pirmosios dvi rievių serijos nuo 951 iki 1148 ir nuo 1143 iki 1474 metų buvo sudarytos iš pušų iškastinės medienos, surinktos Užpelkių tyrelio durpynė (Pukienė,

1997). Trečiajai VILPISY sudaryti buvo panaudota archeologinė mediena, rasta Vilniaus Žemutinės pilies kasėnėse, jimų metu (Pukienė, 2000). Su šiomis rievių serijomis buvo sinchronizuojamos tiek pavienių pavyzdžių, tiek ir sudarytų grupių vidutinės rievių serijos.

Pirmiausiai reikia pažymėti, kad su minėtomis rievių serijomis iškastinių pušų prieaugis iš Aukštosios plynios durpyno sinchronizavosi daug blogiau nei tarpusavyje. Su rievių serijomis iš Užpelkių tyrelio CDI retai tesiekė 100, o TVBP ir TVH nebuvo didesni nei 3,0. Taip galėjo būti dėl

geohidrologinių skirtumų abiejuose durpynuose medžių augimo metu. Analogiški skirtumai nustatyti ir tarp dabar netgi vienoje pelkėje augančių medžių radialinio prieaugio (Капанавичюс, 1993).

Geriausiai su iškastinių pušų iš Užpelkio tyrelio rievų serijomis sinchronizavosi sudarytų grupių Lapšetl ir Lapšl1 individų serijos. Grupės Lapšetl individai geriausiai sinchronizavosi su rievų serija nuo 951 iki 1148 (Už-1), o Lapšl1 su serija – nuo 1143 iki 1474 metų (Už-2). Įvertinus visų šių grupių tarpusavio sinchronizacijos ir radioaktyvios anglies datų kalibracijos rezultatus, sinchronizacijos su serija Už-2 buvo atsisakyta, nes tai prieštaravo visiems ankstesniems iškastinių pavyzdžių iš Aukštosios plynios durpyno sinchronizacijos rezultatams. Toks sutapimas gali būti dėl ilgalaikių ciklų pasikartojimo skirtingais medžių augimo laikotarpiais. Šis faktas dar kartą patvirtina, kaip atsargiai reikia datuoti nežinomos kilmės medieną, t.y. kad nebūtų klaidų, būtina naudoti keletą metodų.

Kadangi grupės Lapšetl individų radialiniam prieaugiui labai būdinga amžiaus kreivė, kaip ir medžiams iš normalaus drėgnumo augaviečių, jų serijos buvo sinchronizuojamos su Vilniaus Žemutinės pilies tiksliai datuota rievų seka (Pukienė, 2000). Su šia rievų seka taip pat buvo sinchronizuojama ir dalies iškastinių pavyzdžių individualios rievų serijos.

Taip pat reikia pažymėti, kad didelė sinchronizuotų individualių pavyzdžių dalis su Žemutinės pilies rievų serija atitiko visus keliamus reikalavimus, ir sinchronizacijos rezultatai buvo netgi geresni nei su serijomis Už-1 ir Už-2. Todėl su šia rievų serija gauti sinchronizacijos rezultatai buvo paimti kaip pagrindiniai datuojant pavyzdžių iš Aukštosios plynios durpyno radialiojo prieaugio sekas. Nors sinchronizacijos rezultatai dažniausiai prastesni nei tarp pavienių pavyzdžių grupėse, bet didelis persidengiančių rievų skaičius sinchronizacijos patikimumu abejonių nekelia. Be to, sudarytų grupių individualių pavyzdžių serijos su Žemutinės pilies rievų serija sinchronizavosi analogiškai, t.y. sutapo tose pačiose vietose kaip ir grupėse.

Kalendorinio datavimo įvertinimas

Įvertinus visus pavienių pavyzdžių, jų grupių ir su datuotomis ilgaamžėmis rievų serijomis gautus sinchronizacijos rodiklius bei radioaktyvios anglies datas, buvo nustatytos iškastinių pavyzdžių augimo pradžios ir pabaigos datos (4 lentelė).

4 lentelė. Iškastinių pavyzdžių, rastų Aukštosios plynios durpyne, kalendorinės augimo datos

Table 4. Growing dates of excavated samples from Aukštoji Plynia peat-bog

Inv.Nr. Inv. No.	Augimo metai Years of growth	Inv.Nr. Inv. No.	Augimo metai Years of growth
1	2	3	4
1606	979-1097	1758	1032-1130
1607	1016-1126	1759	923-1021
1614	1033-1128	1776	986-1097
1626	1038-1130	1809	1039-1109
1627	1063-1112	1810	1039-1131
1628	1059-1128	1813	1037-1112
1630	1038-1128	1816	963-1026

1	2	3	4
1631	1021-1086	1817	1053-1133
1634	1047-1118	1818	1041-1131
1643	1027-1129	1820	1039-1096
1651	1036-1129	1825	1040-1105
1653	1022-1125	1827	1038-1111
1654	1055-1128	1832	942-1022
1657	1020-1093	1835	949-1023
1661	1051-1131	1838	1054-1138
1662	1056-1126	1843	1075-1128
1663	1061-1129	1846	961-1075
1669	1067-1128	1847	954-1063
1703	1031-1120	1857	1039-1131
1711	1076-1127	1859	1072-1141
1713	1054-1127	1866	941-1064
1715	1062-1124	1874	1022-1079
1716	1053-1129	1875	1023-1079
1722	1038-1126	1878	1061-1127
1725	992-1128	1883	1037-1133
1727	1046-1105	1884	994-1124
1731	1068-1129	1887	1028-1079
1734	1034-1129	1889	977-1073
1736	1071-1126	1890	956-1114
1737	981-1114	1891	969-1069
1738	1036-1165	1892	961-1128
1741	1038-1128	1896	995-1127
1746	1036-1123	1899	977-1073
1748	1040-1096	1901	967-1079
1749	1030-1123	1919	1072-1130
1753	1032-1128	1934	1037-1102
1754	1030-1098	1938	1002-1075

Vertinant 4 lentelėje pateiktas iškastinių pavyzdžių augimo datas, akivaizdūs du faktai:

1) daugiau kaip pusė iš lentelėje pateiktų pavyzdžių žuvo labai panašiu laiku – 1120-1140 metais. Šis pavyzdžių skaičius dar labiau padidėtų, jeigu būtų buvę išmatuotos visų individų išorinės rievės. Kadangi dalies pavyzdžių balana buvo supuvusi, buvo neįmanoma išmatuoti 20-30 išorinių rievų;

2) kuo vėliau medžiai pradėjo augti, tuo jų amžius trumpesnis, ypač pradėjusių augti po 1050 metų.

Šie du faktai rodo, kad po 1130 m. Aukštosios plynios durpyne susidarė kritinė situacija, ir ten augusios pušys žuvo. Viena iš tokių masinio žuvimo priežasčių gali būti staigus ilgalaikis klimato atšalimas. Kad net trumpalaikės ekstremalesnės sąlygos gali sukelti medžių žuvimą, rodo ir masiškas pušų, augusių drėgniausiose vietose Žuvinto rezervate, išdžiūvimas po šaltų 1979 m. ir 1980 m. žiemų ir prieš tai buvusių iš eilės 4 lietingų metų. Po šaltų 1940 m. ir 1941 m. žiemų visoje Lietuvoje ir visų rūšių medžiams, augantiems normalaus drėgnumo augavietėse, būdingas prieaugio minimumas, o 1940 m. ir 1941 m. yra reperiniai sinchronizuojant pavyzdžius.

Masinę žuvimo galimybę dėl klimato atšalimo liudija ir kiti faktai:

1) staigus radialinio prieaugio sumažėjimas šiame laikotarpyje būdingas ir pušims, augusioms Užpelkių tyrelio durpyne;

2) naujas ledyno išplitimas Šveicarijos Alpių kalnuose tuo metu (Zumbuhl et al., 1988). Kaip nustatė K.R. Briffa et

al., (1992), XI m. e. a. pabaigoje ir XII m. e. a. buvo dideli klimato svyravimai. Jų duomenimis, ~1100-1150 m. įvyko staigus klimato atšalimas, o ~1150-1190 m. – vėl atšilimas;

3) atlikus Užpelkių tyrelio durpyne rastų medžių žiedadulkių analizę, buvo nustatyta, kad šiltuoju ir sausuoju (prieš 600-1700 m.) subatlantio laikotarpiu padidėjo pušų ir beržų, sumažėjo kitų medžių rūšių žiedadulkių. Drėgnu ir šaltuoju (prieš 200-600 m.) laikotarpiu dominavo eglių ir alksnių žiedadulkės (Битвинскас и др., 1978). Tai būdinga ir Aukštosios plynios durpynui (Битвинскас и др., 1981). Taigi masinis pušų džiūvimas Aukštosios plynios durpyne galėjo būti sukeltas staigus klimato atšalimo, pasireiškio ir Lietuvoje ~ 1100-1150 m.

Todėl remiantis iškastinių pavyzdžių iš Aukštosios plynios durpyno sinchronizacijos rezultatais ir kitų autorių duomenimis, galima paaiškinti, kodėl gerai sinchronizavosi tik 923-1165 metų pavyzdžiai. Ankstesnių ir vėlesnių laikotarpių ištisinių rėvių serijų sudaryti nepavyko dėl nepakankamumo rastų iškastinių pavyzdžių kiekio.

Išvados

1. Sudarytų ilgaaamžių rėvių serijų patikimumas ir jų tinkamumas gamtinės aplinkos rekonstrukcijai iš esmės priklauso nuo dviejų principų:

1) kad jas sudarant būtų panaudoti įvairūs metodai (dendrochronologinis, radioaktyvios anglies ir įvairūs matematiniai – statistiniai);

2) kad jos būtų sudarytos iš kiek galima vienosdesnės augavietės augusių atskirų individų radialiojo priaugio duomenų. Apie pavyzdžių, naudojamų ilgaaamžių rėvių serijoms sudaryti homogeniškumą kalbama ir suomių mokslininkų tyrimų išvados (Eronen et al., 2002).

2. Nustatyta, kad iškastinės pušies medienos radialiojo priaugio dinamikai būdingi analogiški dėsningumai, jie taip pat yra susiję su durpių gyliu, buvusiu jų augimo metu. Pagrindiniai radialiojo priaugio dinamikos ypatumai, leidžiantys spręsti apie augaviečių panašumą, – tai vienodi ilgalaikiai radialiojo priaugio pokyčiai (trendai) ir sutampantis atskirų periodų priaugio ritmiškumas.

3. Paprastosios pušys (*Pinus sylvestris* L.) Aukštosios plynios durpyne subatlantio laikotarpiu, prasidėjusiu prieš 2500 - 2600 metų, nuolatos buvo vienas iš augalijos komponentų. Skiriasi tik jų paplitimo laipsnis. Pavienės pušys durpyne pradėjo augti prieš 2326±43 metus, o masiškiausiai buvo išplitusios nuo X a. antrosios pusės iki XII a. pirmosios pusės. Po XII a. pirmojoje pusėje prasidėjusio masiško pušų džiūvimo iki XIX a. antrosios pusės vėl augo tik pavienės pušys. Antrasis masiškas pušų išplitimas prasidėjo nuo XIX a. antrosios pusės ir tęsėsi iki durpyno eksploatacijos pradžios, o durpyno pakraščiais pušys masiškai auga ir dabar (Karpavičius, 1978).

Jonas Karpavičius

Compiling of Long-Term Tree Ring Chronology of Pine (*Pinus sylvestris* L.), Growing in Aukštoji Plynia PeatBog during the Subatlantic Period Summary

For the analysis of the radial growth regularities of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Aukštoji plynia peat bog the long-term tree ring series compiled from excavated pine timber were applied. The total amount of excavated wood samples taken in peat bog – 347, but for the research work less than 300 were considered as suitable. Tree ring widths of each sample were measured and obtained series were used in the site chronology of the peat bog. Synchronisation of tree ring width series at the first stage was performed according its finding place and at the final stage, common for the all peat bog,

4. Apie 1100-1150 m. įvykęs staigus klimato atšalimas galėjo būti viena iš pagrindinių XII a. pirmojoje pusėje prasidėjusio masiško pušų džiūvimo priežasčių.

Literatūra

- BRIFFA, K. R., JONES, P. D., BARTHOLIN, T. S., ECKSTEIN, D., SCHWEINGRUBER, F. H., KARLEN, W., ZETTERBERG, P., ERONEN, M. Fennoscandian Summers from AD 500: Temperature Changes on Short and Long Timescales. *Climate Dynamics*, 1992, 7, p. 111-119.
- ERONEN, M., ZETTERBERG, P., BRIFFA, K.R., LINDHOLM, M., MERILAINEN, J., TIMONEN, M. The Supra-Long Scots Pine Tree-Ring Record for Finnish Lapland: Part 1, Chronology Construction And Initial Inferences. *The Holocene*, 2002, 12(6), p. 673-680.
- GRUDD, H., BRIFFA, K.R., GUNNARSON, B.E., LINDERHOLM H.W. Swedish Tree Rings Provide New Evidence in Support of a Major Widespread Environmental Disruption in 1628 BC. *Geophysical Research Letters*, 2000, 27, p. 2957-2960.
- GRUDD H., BRIFFA, K.R., KARLEN, W., BARTHOLIN, T.S., JONES, P.D., KROMER, B. A 7400-year Tree-Ring Chronology in Northern Swedish Lapland: Natural Climatic Variability Expressed on Annual to Millennial Timescales. *The Holocene*, 2002, 12(6), p. 657-665.
- KAIRAITIS, J., KARPAVICIUS, J. Radial Growth Peculiarities of Oak (*Quercus robur* L.) in Lithuania. *Ekologija*, 1996, 4, p. 12 - 19.
- KARPAVICIUS, J., YADAV, R. R., KAIRAITIS, J. Radial Growth Response of Pine (*Pinus sylvestris* L.) and Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) to Climate and Geohydrological Factors. *Paleobotanis*, 1996, 45, p. 148-151.
- PUKIENĖ, R. Pinewood Growth Dynamics in Užpelkių Tyrelis Oligathrophic Bog During the Subatlantic Period: *Summary of Doctoral Dissertation*. Vilnius, 1997. 28 p.
- PUKIENĖ, R. Wood Analysis of Constructions of Medieval Vilnius City. In: *City environment 2000*. Kaunas, 2000, p. 94-98.
- RINN, F. *TSAP Version 3.0: Reference Manual*. Heidelberg: Frank Rinn Distribution, 1996. 263 p.
- STUIVER, M., REIMER, P. J. Extended C14 Data Base and Revised Calib 3.0 C 14 Age Calibration Program. *Radiocarbon*, 1993, 35(1), p. 215-230.
- ZUMBUHL, H., HOLZHAUSER, H. P. Alpenglückscher in der Kleinen Eiszeit. *Die Alpen*, 1988, 64, p. 129-322.
- БИТВИНСКАС, Т. Дендроклиматические исследования. Ленинград: Гидрометеониздат, 1974. 172 с.
- БИТВИНСКАС, Т., ГРИГЕЛИТЕ, М., САВУКИНЕНЕ, Н. Стратиграфия и развитие болота „Ужпелкю Тириалс“. In: *Условия среды и радиальный прирост деревьев*. Каунас, 1978, с. 56-61.
- БИТВИНСКАС, Т.Т., САВУКИНЕНЕ, Н.П., ГРИГЕЛИТЕ, М.А. Развитие болота „Аукштои Плиня“ и растительного покрова его окрестностей и дендрохронологический материал торфяника. In: *Пространственные изменения климата и годовичные кольца деревьев*. Каунас, 1981, с. 14-20.
- ДЕРГАЧЕВ, В. А., КОЧАРОВ, Г. Е. Проявление закономерностей некоторых природных процессов в прошлом в концентрации радиоуглерода годовичных колец древесины. In: *Пространственные изменения климата и годовичные кольца деревьев*. Каунас, 1981, с. 27-39.
- КАРПАВИЧИУС, Й. Дендрохронологические шкалы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) Центральной Литвы. In: *Дендроклиматологические шкалы Советского Союза*. Каунас, 1978, с.27-34.
- КАРПАВИЧИУС, Й. А. Дендроклиматические исследования. In: *Заповедник Жувинтас*. Вильнюс: Academia, 1993, с: 233-241.

...the sampling, with the best results of synchronisation. For long-term series compiling several statistical and radiocarbon (^{14}C) dating methods were used. The radial growth peculiarities of excavated patterns were also compared with the peculiarities of the pines presently living in peat bogs. It was established that the long-term changes of the radial growth and the recurrence of 2-year rhythm were also common to the growth of excavated timber. Pre-dating of the tree ring chronology with other well dated long-term chronologies showed that pines in Aukštoji plynia peat bog grew from the second half of the 11th to the middle of first half of the 12th century on a mass scale. The massive die off of pines began in the first half of the 12th century indicating the massive climate cooling in about 1100-1150 AD. Due to low outspread of pines in the peat bog in other centuries AD it was impossible to bind the excavated chronology from the excavated material over the tree ring series of the living trees in peat bog.

Keywords: wood radial growth, long term tree ring series, regularities.

...
...

...многолетних колец сосен (*Pinus sylvestris* L.) субатлантического периода с торфяника Аукштои плина

...
...

...закономерностей роста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на торфянике Аукштои плина в субатлантический период ... многолетних колец из образцов ископаемой древесины. На торфянике собрано 347 отрезка ископаемой древесины, ... признаны пригодными для исследования. После измерения ширины годовых колец на каждом отрезке составлены ... которые были использованы при составлении серии колец всего торфяника. На первом этапе синхронизация ... анализировалась по месту обнаружения отдельных образцов, на последнем этапе – по сериям наиболее синхронных ... на торфянике сосен. При составлении серий многолетних колец применялись различные математические, ... и радиоуглеродный (^{14}C) методы. Закономерности динамики прироста годовых колец ископаемой древесины устанавливались ... с особенностями прироста колец сосен, произрастающих на торфяниках. Установлено, что многолетние изменения радиального ... ритм повторности характерны и годовым кольцам ископаемой древесины. Проведенное календарное датирование ... с другими, точно датированными многолетними сериями годовых колец показало, что сосны на торфянике Аукштои плина ... первой половины X века до первой половины XII века. Начало массового высыхания сосен в XII веке по-видимому было ... похолоданием климата в 1100-1150 гг. В остальные периоды нашей эры распространение сосен на торфянике резко ... из-за малого количества образцов сплошной серии годовых колец для соединения с приростом колец сосен, растущих на ... составить не удалось.

Ключевые слова: древесина, радиальный прирост, многолетние серии колец, закономерности.

... 2005 m. balandžio mėn., atiduota spaudai 2005 m. rugsėjo mėn.

... KARPAVICIUS. Vytauto Didžiojo universitetas, Gamtos mokslų fakultetas, Aplinkos tyrimų centras. Agrarinių mokslų daktaras. Adresas: Ž. E. ... 2 LT-46324 Kaunas. El. paštas j.karpavicius@gmf.vdu.lt, telefonas 8-37 390955

... KARPAVICIUS. Doctor of Agricultural Sciences. Environmental Research Centre. Faculty of Nature Sciences, Vytautas Magnus University Ad- ... 2, LT-46324 Kaunas, Lithuania. E-mail j.karpavicius@gmf.vdu.lt, phone 8-37 390955