

Kietosios biomasės kuro išteklių kitimas vietinės taršos zonoje

Regina Erlickytė,

Juozas Savickas

*Lietuvos energetikos institutas,
Atsinaujinančių energijos šaltinių
laboratorija, Breslaujos g. 3,
LT-44403 Kaunas
El. paštas: regerl@mail.lei.lt*

Pagrindinis ir nuolat atsinaujinantis kietosios biomasės kuro šaltinis yra miškas. Medžiai laikomi jautriais klimato pokyčių ir antropogeninės veiklos indikatoriais, augimu ir būkle atspindinčiais aplinkos pokyčius. Spygliuočiams tenka išskirtinis indikatorinis vaidmuo, nes jie yra gerokai jautresni aplinkos taršos poveikiui negu lapuočiai. Norint nustatyti kietosios biomasės prieaugio kitimą, gali būti atliekami dendrochronologiniai tyrimai. Medžių metinės rievės augimo procese kaupia informaciją apie aplinkoje vykstančius reiškinius, todėl gali būti naudojamos kaip medžių būklės ir aplinkos sąlygų indikatorius. Medžių metinio radialiojo prieaugio dinamiką sąlygoja ne tik biologinės medžio rūšies savybės, ekologinės augavietės sąlygos, bet ir ilgalaikė klimato veiksmų – oro temperatūros ir kritulių kiekio – kaita.

Straipsnyje pateikti pušynų prieaugio kitimo dėsniniai ir atstatymo galimybės dėl ekologinių sąlygų pasikeitimo vietinės taršos aplinkoje.

Raktažodžiai: kietoji biomasė, paprastoji pušis, dendrochronologija, metinis radialusis prieaugis, klimato rodikliai, aplinkos tarša

1. ĮVADAS

Miškas yra pagrindinis ir nuolat atsinaujinantis kietosios biomasės kuro – biokuro – šaltinis. Šiuo metu Lietuvoje kietasis biokuras – miško ir medienos atliekos – vis labiau populiarėja ir sudaro apie 10,5% viso Lietuvoje sunaudojamo kuro centralizuotai tiekiamos šilumos gamybai. Medienos apdirbimo pramonėje, statyboje naudojama ir paklausiausia Lietuvoje vyraujanti medžių rūšis – paprastoji pušis (*Pinus sylvestris* L.). Miškai, kuriuose vyrauja ši rūšis, sudaro 36,2% viso miškų ploto [1].

Medžių būklės kitimo dėl ekologinių sąlygų tyrimai teikia žinių apie biologinių sistemų stabilumą, funkcionavimo ypatybes ir sudaro galimybes gamtinės aplinkos pokyčiams prognozuoti. Medžiai turi įtakos ekosferoje vykstantiems procesams, reaguoja į antropogeninių veiksmų poveikį, augimu ir būkle atspindi kompleksinį klimato ir teršalų poveikį, todėl yra laikomi jautriais klimato pokyčių ir antropogeninės veiklos indikatoriais [1, 2].

Medžių metinio radialiojo prieaugio dinamikos ypatumus sąlygoja ne tik ekologinės augavietės sąlygos, biologinės medžių rūšių savybės, bet ir ilgalaikė klimato veiksmų kaita, kuri yra dominuojanti [2, 3]. Nepalankiomis augimo sąlygomis toliausiai nuo klimatinio optimumo ribos augantys medžiai stipriausiai reaguoja į klimato pokyčius; dėl pagerėjusių klimato sąlygų medžių metinės rievės plėtėja. Tuo tarpu palankiomis augimui klimato sąlygomis arčiau savo arealo optimumo augantys medžiai ilgainiui didina rievė plotį, vėliau jį mažina, silpnai reaguodami į foninę klimato kaitą [2–6]. Šita medžių savybė padeda dendrochronologinei praeities klimato rekonstrukcijai ir įgalina patikimai atstatyti ankstesnius klimato pokyčius [7, 8].

Optimaliomis sąlygomis klimato veiksmų ir medžių metinio radialiojo prieaugio koreliacija yra nedidelė; kuo klimato sąlygos mažiau palankios augimui, tuo jų poveikis medžių radialiajam prieaugiui didesnis [9].

Miškų būklės kitimą vietinės taršos sąlygomis lemia gamtinių ir antropogeninių veiksmų kompleksas, tačiau pagrindinis veiksnys yra oro tarša [10–12]. Labiausiai nukenčia arti taršos šaltinių esančios miško ekosistemos. Jų būklė pramoninės taršos aplinkoje priklauso nuo daugelio veiksmų: atstumo nuo taršos šaltinio, emisijų asortimento, koncentracijos, poveikio laiko, vyraujančių vėjų krypties ir dažnio, medynų biometrinių rodiklių bei padėties kitų sistemų atžvilgiu.

Vieni autoriai teigia, kad atmosferos taršos poveikis miškams dažniausiai atsiranda tik esant labai didelėms teršalų koncentracijoms ir pasireiškia vietiniu mastu [13, 14], kiti ilgalaikę atmosferos taršą nurodo kaip veiksnį, silpninantį medžių gyvybingumą ir kartu mažinantį jų atsparumą kitiems veiksniams [10, 15]. Tačiau mokslininkai pripažįsta, kad oro tarša neigiamai veikia medžių augimą, vystymąsi ir būklę, o dažnai yra ir pagrindinė medžio žūties priežastis. Šiuo metu atlikta ilgalaikių tyrimo duomenų daugiamečių analizė parodė, kad Lietuvoje miškų būklės pokyčius labiau lemia oro užterštumas aplinką rūgštinančiais junginiais nei šių junginių iškritos [16].

Šio straipsnio tikslas – ištirti biokuro išteklių pokyčius vietinės taršos sąlygomis, įvertinant galimą klimato veiksmų ir pramonės emisijų poveikį pušų radialiajam prieaugiui.

Tyrimui pasirinkti Lietuvoje paplitusios vietinės medžių rūšies – paprastosios pušies – medynai, nutolę vyraujančių vėjų kryptimi skirtingu atstumu nuo AB „Akmenės cementas“ ir patiriantys ilgalaikį antropogeninį poveikį.

2. AB „AKMENĖS CEMENTAS“ POVEIKIO ZONOS CHARAKTERISTIKA

AB „Akmenės cementas“ charakteristika. AB „Akmenės cementas“ yra vienas didžiausių taršos šaltinių Lietuvoje. 1952 m. gamykloje pradėjo veikti pirmoji klinkerio degimo krosnis. Gamyklai plečiantis, 1974 m. joje veikė 8 cemento gamybos linijos. XX a. aštuntojo dešimtmečio pradžioje gamykla į atmosferą kasmet išskirdavo 27 tūkst. t sieros dioksido (SO_2), 9–10 tūkst. t cemento dulkių, 8,5 tūkst. t azoto oksidų (NO_x), apie 1 tūkst. t pelenų bei kitų kietųjų dalelių [17, 18].

XX a. devintojo dešimtmečio pradžioje dėl bendro pramonės nuosmukio sumažėjus gamybos apimtims, modernizuojant technologines linijas, išmetamų teršalų kiekis mažėjo. Nuo 1999 m. patobulinus aplinkos apsaugos priemones ir vykdant DLK normatyvų projekte numatytų priemonių planą, AB „Akmenės cementas“ metinis išmetamų teršalų kiekis neviršijo 3 tūkst. t (1 pav.). Palyginus su 8-ojo dešimtmečio pabaiga, bendroji teršalų emisija sumažėjo daugiau kaip 20 kartų.

Miško ekosistemų charakteristika. AB „Akmenės cementas“ supa Mažeikių miškų urėdijos Naujosios Akmenės girininkijos miškai, kurių bendras plotas siekia 6373 ha. Pušynai užima 1595 ha (26% visų medynų), beržynai – 2248 ha (38%), baltalksnynai – 891 ha (14%), eglynai – 836 ha (13%), drebulynai – 291 ha (5%), uosynai – 204 ha (3%), juodalksnynai – 84 ha, ąžuolynai – 17 ha.

Aplinkos sąlygos. Vidutinė metinė oro temperatūra $7,1^\circ\text{C}$. Per metus iškrinta vidutiniškai 612 mm kritulių.

Teritorijoje vyrauja velėniniai glėjiški dirvožemiai, susidarę iš sunkių priemolių, pridengtų priesmėliu arba lengvu priemoliu. Dažni jauriniai ir ypač pelkiniai tarpinio tipo dirvožemiai, kuriuose auga pušynai, priskiriami nusaustam durpinio mėlyngirio (*Myrtillo-oxalidoso turfosa-siccata*) miško tipui. 65% urėdijos ploto priskiriama laikinai užmirkstančioms dirvoms, 14% dirvožemių yra nusaustose pelkėse. Gausūs tarpinės pelkės durpžemiai pasižymi dideliu absorbiškumu cemento dulkių teršalams.

Dėl į atmosferą išmetamų dulkių ir pelenų durpiniuose dirvožemiuose kaupiasi mikroelementai ir sunkieji metalai. Didžiausi jų kiekiai nustatyti šalia gamyklos. Tolstant nuo jos, šie kiekiai ženkliai mažėja [17].

Artimiausios AB „Akmenės cementas“ aplinkos būklei teigiamos įtakos turi cemento dulkių neutralizuojantis ir dolomitų

karjero melioruojantis kompleksinis poveikis. Kaupiantis cemento dulkėms, intensyvieja miško paklotės ir viršutinio durpių sluoksnio mineralizacija, sunkiųjų metalų išplovimas ir migracija [17, 19].

3. TYRIMO METODIKA

Tyrimai atlikti pusamžiuose pušynuose (pušų amžius svyruoja nuo 65 iki 80 metų), augančiuose skirtingu atstumu (iki 5 km, 5–10 km ir daugiau nei 10 km) nuo gamyklos vyraujančių vėjų kryptimis (šiaurės rytų ir rytų).

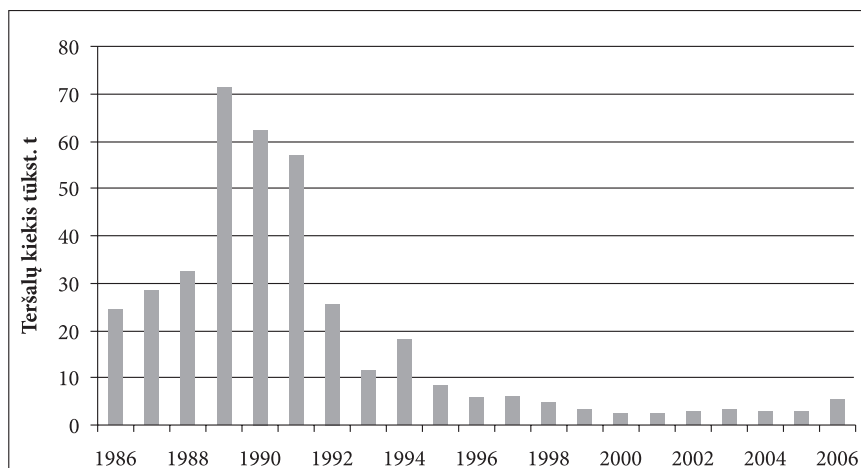
Dendrochronologiniai tyrimai. Nagrinėjant miškų augimo pokyčius dėl klimato kaitos bei atmosferos užterštumo, svarbu nustatyti šių procesų eigą netolimoje praeityje ir praėjusiais dešimtmečiais. Šiam tikslui taikomi dendrochronologiniai medžių rievėlių analizės metodai, leidžiantys išanalizuoti didelį duomenų kiekį ir naudotis daugelio praeities metų informacija, užfiksuota medžių metinėse rievėse [20]. Medžių metinės rievės augimo procese kaupia informaciją apie aplinkoje vykstančius reiškinius, tapdamos gamtiniais monitoriais [2, 5, 21]. Prieaugio dinamika suteikia unikalią ir svarbią informaciją apie ekologines, klimatinės augaviečių ypatybes [6].

Ypač jautrūs aplinkos taršos poveikiui spygliuočiai, iš kurių paprastoji pušis dažniausiai yra naudojama dendrochronologiniuose tyrimuose. Pagrindiniu medžių būklės ir jos pokyčių indikatoriumi tyrimuose pasirinktas metinis radialusis prieaugis. Tyrimai atlikti nusaustuose tarpinės pelkės durpžemiuose (D_1) augančiuose pušynuose.

Pušų metiniam radialiajam prieaugiui vertinti ir medynų reakcijai į aplinkos pokyčius indikuoti naudota eksperimentinė medžiaga – grėžiniai. Metinėms rievėms matuoti naudota įranga LINTAB ir kompiuterinė programa WinTSAP 3.0, sudaryta metinių rievėlių datavimui ir medžių prieaugio sinchronizavimui naudojamų, pasaulinėje dendrochronologinių ir dendroindikacinių tyrimų praktikoje taikomų metodikų pagrindu [5, 21]. Matavimo tikslumas 0,001 mm.

Metinio radialiojo prieaugio sinchronizacija, indeksavimas. Radialiojo prieaugio eilučių sinchronizacija yra pagrindinis dendrochronologijos principas. Datavimo kokybei ir sinchroniškumui tarp radialiojo prieaugio eilučių įvertinti naudota COFECHA 3.00P kompiuterinė programa (R. Holmes, Tucson).

Medžių rievėlių plotis priklauso nuo amžiaus: jauname amžiuje rievės gana plačios, vyresniame – siauresnės. Norint eliminuoti medžių amžiaus įtaką metinio radialiojo prieaugio dydžiui bei



1 pav. Metinė AB „Akmenės cementas“ emisija 1986–2006 m.

išryškinti prieaugio dinamikos ciklus dėl klimato fono svyravimų, prieaugio matavimo duomenys buvo standartizuojami. Tam tikslui buvo skaičiuoti radialiojo prieaugio indeksai – santykiniai dydžiai, parodantys konkrečių kalendorinių metų radialiojo prieaugio santykį su tų metų prieaugio norma.

Metinio radialiojo prieaugio indeksai skaičiuoti remiantis R. Holmes metodika (1994). Kiekviena radialiojo prieaugio eilutė indeksuota atskirai Tarptautinio medžių rėvių duomenų banko (ITRDB) programa CHRONOL 6.00P, sukurta 1992 metais Arizonos universitete E. R. Cook. Indeksuota neigiama eksponentine funkcija, naudojama radialiojo prieaugio trendui (radialiojo prieaugio kitimai susiję su medžio amžiumi) eliminuoti:

$$Y = Ae^{-bt} + D; \quad (1)$$

čia Y – tikėtinas prieaugis t metais; e – natūrinis logaritmas; b kinta priklausomai nuo išlyginimo kreivės polinkio (A); D – konstanta.

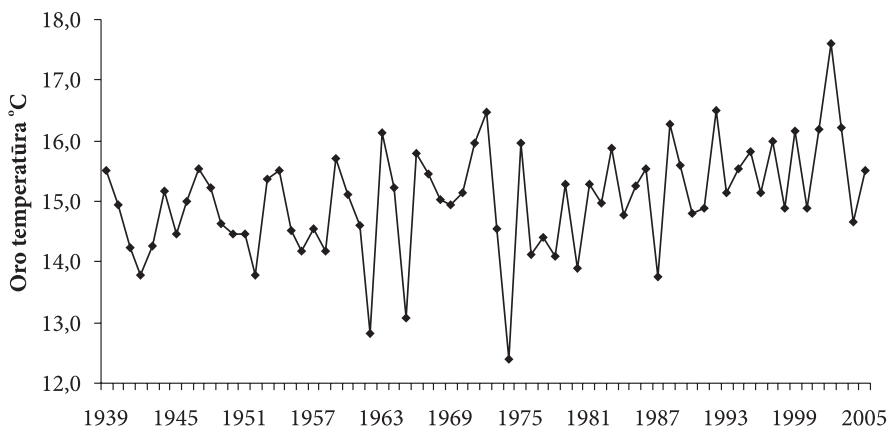
Statistinė analizė. Gamyklos taršos ir pagrindinių klimato rodiklių – oro temperatūros ir kritulių kiekio – įtakai įvertinti naudota koreliacinė analizė – atsako funkcija [4]. Klimato rodiklių dinamikos analizei ir tolesniems tyrimams naudoti Šiaulių meteorologijos stoties daugiamečiai praėjusių metų sausio–gruodžio mėnesių ir einamųjų metų sausio–rugsėjo mėnesių oro temperatūros ir kritulių duomenys.

4. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

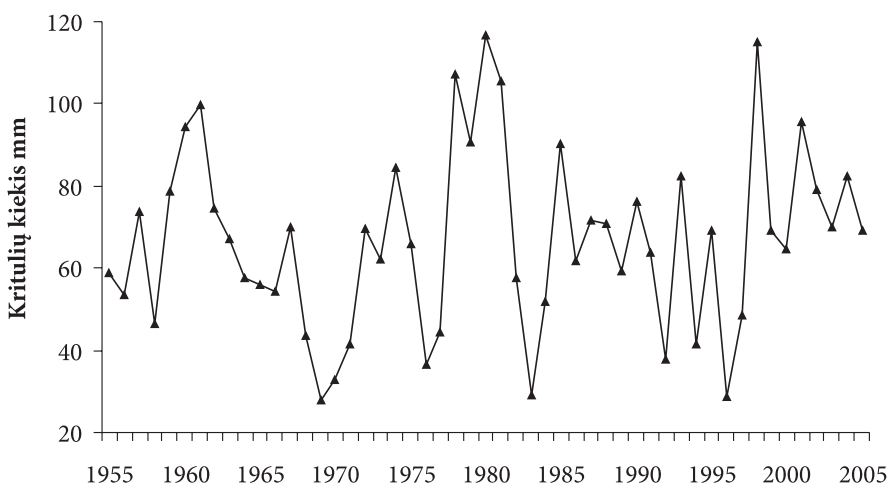
Klimato sąlygų kaita Naujosios Akmenės aplinkoje 1939–2005 metais. Medžių metinio radialiojo prieaugio dinamikos ypatumus sąlygoja ne tik ekologinės augavietės sąlygos, biologinės medžių rūšių savybės, bet ir ilgalaikė klimato veiksnių kaita, kuri yra dominuojanti [2, 3]. Dendrochronologiniais ir dendroindikaciniais tyrimais nustatyta, kad medžių metinių rėvių formavimuisi Lietuvos miškų normalaus drėgnumo augavietėse didžiausią reikšmę turi rudens ir žiemos mėnesių (ypač sausio–vasario) temperatūra ir krituliai bei vegetacijos pradžios (kovo–balandžio) temperatūra [23]. Tuo tarpu perteklinio drėkinimo ir pelkiniuose dirvožemiuose vegetacijos periodo vidutinės oro temperatūros padidėjimas ir mažesnis už daugiametę normą vasaros kritulių kiekis skatina medžių augimą, o kritulių perteklius veikia kaip augimą ribojantis veiksnys [2].

Naujosios Akmenės aplinkoje aktyvios vegetacijos periodo (gegužės–rugpjūčio) oro temperatūra kito nuo 12,4 iki 17,6°C (2 pav.). Vidutinė daugiametė aktyvios vegetacijos periodo oro temperatūra 15,0°C. Aukštesnė už vidutinę daugiametę oro temperatūra užfiksuota 1963, 1972, 1988–1989, 1992, 1997, 2001–2003 m. ir siekė 16,4°C. Žemiausia šio laikotarpio oro temperatūra (13,5°C) užfiksuota 1941–1943, 1952, 1962, 1965, 1974 ir 1987 m.

Vasarą kritulių kiekis aptariamuoju laikotarpiu kito nuo 27,7 iki 116,7 mm per mėnesį (3 pav.). Vidutinis daugiametis birželio–rugpjūčio kritulių kiekis – 66,2 mm per mėnesį.



2 pav. Vidutinės aktyvios vegetacijos laikotarpio (gegužės–rugpjūčio) oro temperatūros dinamika 1939–2005 m.



3 pav. Vidutinio vasaros (birželio–rugpjūčio) kritulių kiekio dinamika 1955–2005 m.

Sausringomis vasaromis, užfiksuotomis 1969–1970, 1976, 1983, 1992 ir 1996 m., vidutinis kritulių kiekis siekė tik 32 mm. Lietingomis vasaromis (1960–1961, 1974, 1979, 1985, 1993 ir 1998 m.) kritulių kiekis buvo didesnis už vidutinę daugiamečių normą; jo vidurkis 93,8 mm.

Klimato veiksnių ir pramonės emisijų poveikis paprastojo pušies (*Pinus sylvestris* L.) metinio radialiojo prieaugio formavimuisi. Pušų metinio radialiojo prieaugio mažėjimas arba didėjimas grindžiami kompleksiniu aplinkos taršos ir palankių arba nepalankių klimato veiksnių poveikiu.

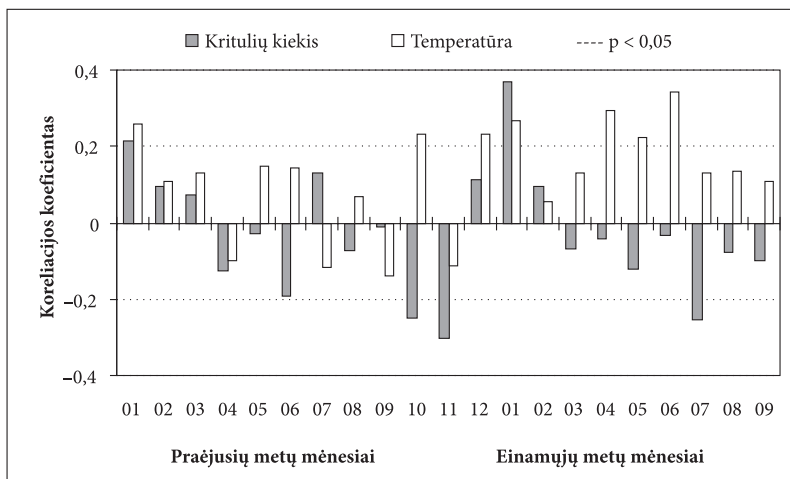
Klimato veiksnių ir metinio radialiojo prieaugio ryšiai nustatyti pasirinktas pagal visus biometrinius rodiklius analogiškas 12 km atstumu nuo „Akmenės cemento“ pietvakarių kryptimi nutolęs kontrolinis medynas, augantis sąlyginai neužterštoje aplinkoje, nes vyraujantys vakarų–pietvakarių vėjai šia kryptimi atneša palyginti mažai emisijų. Sąlyginai sveiki medžiai yra atspariausi antropogeniniam poveikiui, todėl šių medynų radialusis prieaugis geriausiai atspindi klimato veiksnių įtaką.

Metinio radialiojo prieaugio ir klimato sąlygų koreliacinės analizės rezultatai leidžia teigti, kad prieaugio formavimuisi pelkiniuose dirvožemiuose didelę reikšmę turi vegetacijos laikotarpio oro temperatūra (4 pav.). Nustatyti teigiami ir statistiškai patikimi koreliaciniai ryšiai nustatyti su vidutine pavasario (balandžio–gegužės), vasaros pradžios (birželio) oro temperatūra (r siekia 0,22–0,34; $p < 0,05$), taip pat su sausio mėnesio krituliais ($r = 0,37$; $p < 0,05$), neigiami – su liepos mėnesio krituliais ($r = -0,25$; $p < 0,05$). Gauti rezultatai taip išryškino teigiamą sausio mėnesio temperatūros įtaką radialiajam prieaugiui ($r = 0,27$; $p < 0,05$). Panašios tendencijos nustatytos ir kitų autorių tyrimuose [1, 24].

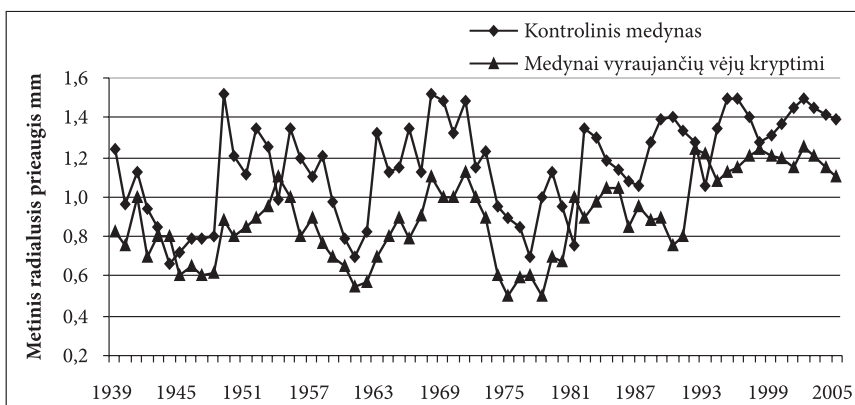
Remiantis literatūros duomenimis [1, 18, 25–27], medžių augimui ir metinio radialiojo prieaugio formavimuisi didelės reikšmės turi ir praėjusių metų klimato sąlygos. Atlikta analizė išryškino reikšmingą praėjusių metų klimato sąlygų įtaką radialiojo prieaugio formavimuisi. Duomenys rodo statistiškai patikimą teigiamą praėjusių metų sausio kritulių ir temperatūros įtaką radialiajam prieaugiui (koreliacijos koeficientas r lygus atitinkamai 0,21 ir 0,26; $p < 0,05$). Gauti rezultatai patvirtino kitų autorių [1, 28] tyrimų rezultatus dėl stiprios praėjusio rudens klimato sąlygų įtakos. Nustatyti neigiami statistiškai patikimi ryšiai su spalio ir lapkričio kritulių kiekiu (koreliacijos koeficientai siekia atitinkamai – 0,25 ir –0,31; $p < 0,05$), teigiami – su spalio ir gruodžio temperatūra ($r = 0,23$; $p < 0,05$).

Antropogeninio poveikio zonoje augančių pušų metinio radialiojo prieaugio nuostoliams vertinti naudoti faktiniai kontrolinio ir tiriamų medynų radialiojo prieaugio dydžiai.

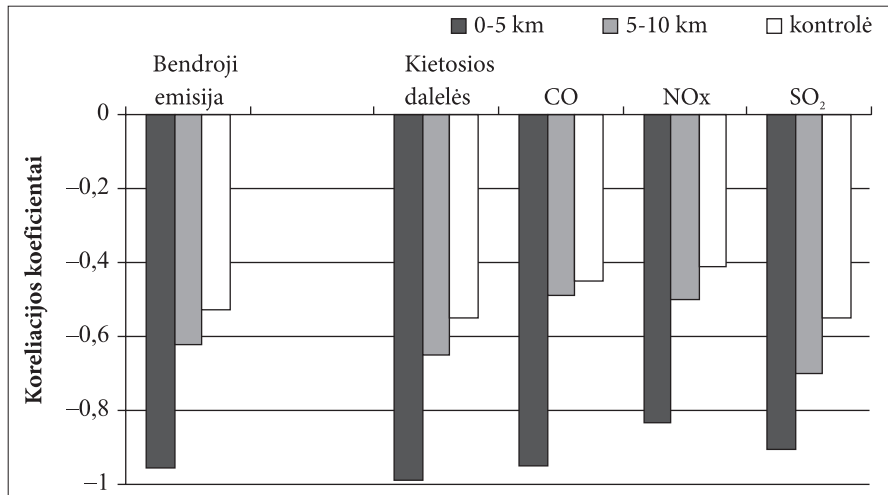
Nagrinėjant kontrolinio medyno radialiojo prieaugio dinamiką (5 pav.), galima pastebėti, kad iki gamyklos klestėjimo metų (1974–1981), kai buvo ne tik pagaminama daug produkcijos, bet ir intensyviai teršiama aplinka, metinis radialusis prieaugis kito periodiškai. Prieaugio maksimumai sutapo su palankiais medžių augimui šiltais periodais, minimumai buvo stebimi po sąlyginai šaltų periodų. Šiltas klimatinis periodas padidino kontrolinio medyno prieaugį net 20%. Prieaugio maksimumai stebimi 1995–1997 ir 1999–2002 m. Tai lėmė palankios klimato sąlygos – aukštesnė už vidutinę daugiamečių normą įvairių laikotarpių temperatūra bei artimas normai arba mažesnis vegetacijos periodo kritulių kiekis.



4 pav. Pirono koreliacija tarp kontrolinio medyno radialiojo prieaugio ir klimato rodiklių



5 pav. Pušų radialiojo prieaugio dinamika 1939–2005 m.



6 pav. Pirsono koreliacija tarp pušų radialiojo priaugio ir gamyklos teršalų kiekio

Vyraujančių vėjų kryptimi augančių medynų metinis radialusis priaugis 1955–1971 m. sudarė vidutiniškai 73% kontrolinio medyno priaugio. Dėl didelio gamyklos išskiriamų teršalų kiekio intensyvios taršos metais (1974–1981, 1989–1991) vidutinis medynų radialusis priaugis sumažėjo net 38–45%, lyginant su kontrole. Nuo 1995 m. mažėjant gamyklos išmetamų teršalų kiekiams pušų metinis radialusis priaugis buvo 10–15% mažesnis už kontrolę.

Gamyklos išmetamų teršalų poveikiui radialiajam priaugiui įvertinti atlikta koreliacinė analizė ir nustatyti vidutinio stiprumo, daugiausia statistiškai nepatikimi ryšiai (6 pav.).

Intensyvios taršos laikotarpiu (1982–1992) nustatyti neigiami statistiškai patikimi pušų radialiojo priaugio, bendros gamyklos emisijos ir daugumos jos komponentų ryšiai. Nagrinėjant ryšius skirtingu atstumu nuo gamyklos, stebimas ryšių susilpnėjimas. Intensyvios taršos zonoje (iki 5 km) nustatyti stipriausi neigiami ir statistiškai patikimi ryšiai. Tolstant nuo gamyklos radialiojo priaugio ir teršalų koreliacinis ryšys silpnėja.

IŠVADOS

1. Tarpinės pelkės durpžemiuose augančių pušų metinio radialiojo priaugio dinamiką lemia ne tik augavietės sąlygos, bet ir klimato veiksniai – oro temperatūra ir kritulių kiekis. Nustatyta, kad oro temperatūros padidėjimas ir kritulių kiekio sumažėjimas skatino pušų augimą, o kritulių perteklius veikė kaip augimą limituojantis veiksnys.

2. AB „Akmenės cementas“ vietinės taršos zonoje augančių pušynų metinis radialusis priaugis 1955–1971 m. sudarė vidutiniškai 73% kontrolinio medyno priaugio. Dėl didelio gamyklos išskiriamų teršalų kiekio intensyvios taršos metais priaugis sumažėjo net 38–45%, lyginant su kontrole. Nuo 1995 m. mažėjant gamyklos išskiriamų teršalų kiekiams pušų metinis radialusis priaugis buvo 10–15% mažesnis už kontrolę.

3. Didžiausią galimą gamyklos išmetamų teršalų poveikį patiria artimiausioje gamyklos aplinkoje (iki 5 km) augantys pušynai. Tolstant nuo gamyklos pušų radialiojo priaugio ir gamyklos išmetamų teršalų kiekio ryšiai silpnėja.

Literatūra

1. Stravinskienė V. Klimato veiksnių ir antropogeninių aplinkos pokyčių dendrochronologinė indikacija (monografija). Kaunas, 2002. 172 p.
2. Stravinskienė V. Ecological monitoring of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growing in forest ecosystems at roadsides // Journal of Forest Science. 2001. Vol. 47(5). P. 212–219.
3. Bitvinskas T. Centrinės Lietuvos klimatas ir medynų priaugiai // Rūšių tyrimai areale. 1. Ekologinio optimumo zonos. Vilnius, 1997. P. 9–11.
4. Čekanavičius V., Murauskas G. Statistika ir jos taikymai. Vilnius: TEV, 2000. D. 1. 239 p.
5. Schweingruber F. H. Tree Rings and Environment Dendroecology. Berne–Stuttgart–Vienna: Paul Haupt Publisher, 1996. 609 p.
6. Lovelius N. V. Dendroindication of Natural Processes and Anthropogenic Influences. St. Petersburg, 1997. 320 p.
7. Eronen M., Zetterberg P. Climatic changes in Northern Europe since late Glacial times, with special reference to dendroclimatological studies in northern Finnish Lapland // Geophysica. 1996. Vol. 32. P. 35–60.
8. Kalela-Brundin M. Climatic information from tree-rings of *Pinus sylvestris* L. and a reconstruction of summer temperatures back to AD 1500 in Femundsmarka, eastern Norway, using partial least squares regression (PLS) analysis // The Holocene. 1999. Vol. 9(1). P. 59–77.
9. Läänelaid A. A Dendrochronological study of decline of pine stands in South Estonia // Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Biology. 1994. Vol. 43. P. 89–98.
10. Innes J. L. Forest Health: its Assessment and Status. Oxon, CAB International, 1993. 677 p.
11. Chappelka A. H., Freer-Smith P. H. Predisposition of trees by air pollutants to low temperatures and moisture stress // Environmental Pollution. 1995. Vol. 87. P. 105–117.
12. Van Leeuwen E. P., Hendriks C. M. A., Klap J., de Vries W., de Jong E., Erisman J. W. Effects of environmental stress on forest crown condition in Europe. Part II: estimation of stress induced by meteorology and air pollutants // Water, Air and Soil Pollution. 2000. Vol. 119. P. 335–362.

13. Kandler O. The German forest decline situation: a complex disease or a complex of diseases // Manion P. D., Lachance D. (eds.). Forest Decline Concepts. St. Paul, MN: APS Press, 1992. P. 59–84.
14. Landmann G., Bonneau M. Forest Decline and Atmospheric Deposition Effects in the French Mountains. Berlin, Springer-Verlag, 1995. 461 p.
15. Manion P. D., Lachance D. Forest decline concepts: an overview // Manion P. D., Lachance D. (eds.). Forest Decline Concepts. St. Paul, MN: APS Press, 1992. P. 181–190.
16. Augustaitis A. Impact of regional pollution load on tree condition and interpretation of assessment methods // Ecologia (Bratislava). 2003. Vol. 22. Suppl. 1. P. 37–41.
17. Vaičys M., Armolaitis K., Kubertavičienė L., Raguotis A. „Akmenės cemento“ teršalų poveikis // Mūsų girios. 1998. Nr. 2. P. 8–9.
18. Armolaitis K., Vaičys M., Raguotis A., Kubertavičienė L. AB „Akmenės cementas“ teršalų poveikis miško ekosistemos // Ozolinčius R. (sud.). Lietuvos miškų būklė ir ją sąlygojantys veiksniai. Kaunas: Lututė, 1999. P. 65–77.
19. Stravinskienė V., Kubertavičienė L. Mineralinių trąšų poveikio miško dirvožemiui ir pušų radialiajam prieaugiui „Akmenės cemento“ gamyklos aplinkoje ekologiniai aspektai // Ekologija. 2001. Vol. 2. P. 67–72.
20. Kairiūkštis L. Dendrochronology for the Indication of Background Climate Variation. Kaunas, 1981. 100 p.
21. Eckstein D. Qualitative assessment of past environmental changes // Cook E., Kairiūkštis L. (eds.). Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989. P. 220–223.
22. Cook E., Briffa K. A. Comparison of Some Tree-Ring Standardization Methods // Cook E., Kairiūkštis L. (eds.) Methods of Dendrochronology, Applications in the Environmental Sciences. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990. P. 153–162.
23. Битвинскас Т. Т. Биоэкологические основы дендроклиматологических исследований. Автореф. дисс. ... доктора биологических наук. Свердловск, 1984. 50 с.
24. Kairiūkštis L. The Environmental Situation in Baltic Countries and the Environment. Lithuanian Branch ICSC-World Laboratory and Lithuanian Academy of Science, Lithuanian Forest Research Institute // Marine Pollution Bulletin. 1994. Vol. 29(12). P. 477–483.
25. Juknys R., Stravinskienė V., Vencloviene J. Tree-ring analysis for the assessment of anthropogenic changes and trends // Environmental Monitoring and Assessment. 2002. Vol. 77(1). P. 81–97.
26. Pederson N., Cook E. R., Jacoby G. C., Peteet D. M., Griffin K. L. The influence of winter temperatures on the annual radial growth of six northern range margin tree species // Dendrochronologia. 2004. Vol. 22. P. 7–29.
27. Augustaitis A. Natūralių ir antropogeninių aplinkos veiksnių kompleksiškos įtakos pušynų vidutinei defoliacijai vertinimas ir prognozė // Miškininkystė. 2005. Nr. 2(58). P. 51–62.
28. Juknys R., Vencloviene J. Quantitative analysis of tree rings series // Proceedings of International Conference Dendrochronology and Environmental Trends. Kaunas. 1998. P. 237–249.

Regina Erlickytė, Juozas Savickas

VARIATION OF SOLID BIOMASS RESOURCES IN THE ZONE OF LOCAL POLLUTION

Summary

Forest is the main source of renewable solid biomass. Trees are considered to be sensitive indicators of climatic changes and anthropogenic impact as their growth and condition reflect environmental changes. Conifers are especially sensitive to environmental pollution. To determine the dynamics of solid biomass growth rate, dendrochronological investigations are carried out. Tree ring width and structure integrally reflect the impact of ecological factors and serve as perfect indicators of natural environment condition. The dynamics of annual radial increment is influenced not only by the biological characteristics of tree species and growth conditions, but also by the main climatic factors such as air temperature and precipitation.

Pine wood comprises a significant part of solid biomass resources. In this paper, the regularities of the increment of pine stands and the possibilities of their recovery due to changes of environmental condition in a local pollution zone are presented.

Key words: solid biomass, Scots pine, dendrochronology, annual radial increment, climatic factors, environmental pollution

Регина Эрлицките, Юозас Савицкас

ИЗМЕНЕНИЕ РЕСУРСОВ ТВЕРДОЙ БИОМАССЫ В ЗОНЕ ЛОКАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Резюме

Основным и постоянно возобновляющимся источником топлива твердой биомассы является лес. Деревья считаются чувствительными индикаторами климатических изменений и антропогенной деятельности, на их росте и состоянии отражаются изменения среды. Хвойные особенно чувствительны к загрязнению среды. Динамика изменения прироста твердой биомассы может быть определена путем дендрохронологических исследований. Годичные кольца деревьев в процессе роста накапливают информацию о явлениях среды, поэтому они могут быть использованы как индикаторы состояния деревьев и условий среды. Динамику годового радиального прироста деревьев обуславливают не только биологические свойства видов деревьев, экологические условия места произрастания, но и долговременная смена климатических факторов – температуры воздуха и количества осадков.

Значительную часть ресурсов твердой биомассы составляют сосны. В статье представлены закономерности изменения прироста сосен и возможности его восстановления в зависимости от изменения экологических условий в среде локального загрязнения.

Ключевые слова: твердая биомасса, сосна, дендрохронология, годовой радиальный прирост, климатические факторы, загрязнение среды