

Renovuotø Lietuvos mokyklø klasio oro kokybë

Andrius Jurelionis

*Kauno technologijos universitetas,
Statybos ir architektūros fakultetas,
Studentø g. 65, LT-51369 Kaunas*

Jūratė Karbauskaitė

*Kauno technologijos universitetas,
Statybos ir architektūros institutas,
Breslaujos g. 60, LT-44405 Kaunas*

Pagrindinis 1997 m. Lietuvoje pradëtos ir vykstanëios mokyklø renovacijos tikslas – energijos taupymas. Siekiant sumažinti iðlaidas õildymui bei pagerinti õiluminio komforto sàlygas patalpose, dažniausiai keièiami langai, renovuojami õiluminiai mazgai, reèiau õiltinamos lauko sienos ar stogai. Taèiau vëdinimui ir patalpø oro kokybei skiriama nepakankamai dëmesio. Straipsnyje pristatomi eksperimentiniai tyrimai, atlikti Lietuvos tipinës mokyklos klasëse, kuriose renovacijos metu seni langai buvo pakeisti naujais sandariais langais ir árengtos kelio tipø orlaidës orui tiekti. Klasëse atlikti temperatūros, santykinio drëgnio, CO₂ koncentracijos ir oro judëjimo greièio matavimai ávairiose patalpos vietose. Nustatyta, kad CO₂ koncentracija 2–3 kartus didesnë uþ leistinà normà, o tam tikrose patalpø vietose didesni uþ leistinus ir oro judëjimo greièiai. Gauti rezultatai patvirtina, kad ðiuo metu naudojamos priemonës oro apykaitai klasëse uþtikrinti yra nepakankamos. Atliekant mokyklø renovacijà ir investuojant lëðas á atsiperkanëias sritis, būtina skirti pakankamai dëmesio ir patalpø mikroklimatui. Prieðingu atveju pasireiðkia tokie neigiami reikškimiai, kaip pablogëjusi patalpø oro kokybë ir nepakankamas vëdinimas. Tai neigiamai veikia mokiniø savijautà, darbingumà, sugebëjimà ásiminti.

Raktaþodþiai: mokyklø renovacija, visuomeniniai pastatai, vëdinimas, patalpø oro kokybë, CO₂ koncentracija, oro judëjimo greitis

1. ÁVADAS

Dauguma Lietuvos mokyklø statytos pagal tipinius projektus XX a. 8 ir 9 deðimtmeèiais. 1997 m. parengta „Valstybës ir savivaldybiø ugdymo institucijø sanitarinës buklës gerinimo rëmimo programa“ ir pradëti mokyklø renovacijos darbai. Siekiant sumažinti õilumos nuostolius, susidaranëius per atitvaras ir dël iðorës oro infiltracijos, seni langai renovacijos metu dažniausiai yra sandarinami arba keièiami naujais. Taèiau projektuojant natūralaus vëdinimo sistemas mokyklose, buvo numatyta, jog oras á patalpas pritekës bûtent pro nesandarumus (infiltracijos būdu). Todël sumontavus sandarius langus sutrinka patalpø vëdinimas.

Pirmieji reikðmingi tyrimai vykstanëios mokyklø renovacijos darbø kokybei ávertinti Lietuvoje buvo atlikti 2001–2002 m. Jø metu pastebëta ir neigiamø renovacijos efektø. Vienas ið jø buvo ir nepakankamas klasio vëdinimas [1]. Ðio neigiamo renovacijos poveikio klasio mikroklimatui ðiuo metu bandoma iðvengti sandariuose languose árengiant orlaides orui tiekti.

Lietuvos Statybos techniniame reglamente „Õildymas, vëdinimas ir oro kondicionavimas“ (STR 2.09.02:2005) [2] reikalaujama, kad á klasës patalpà bûtø tiekiamas 21,6 m³/h (6 dm³/s) lauko oro vienam asmeniui. Taip

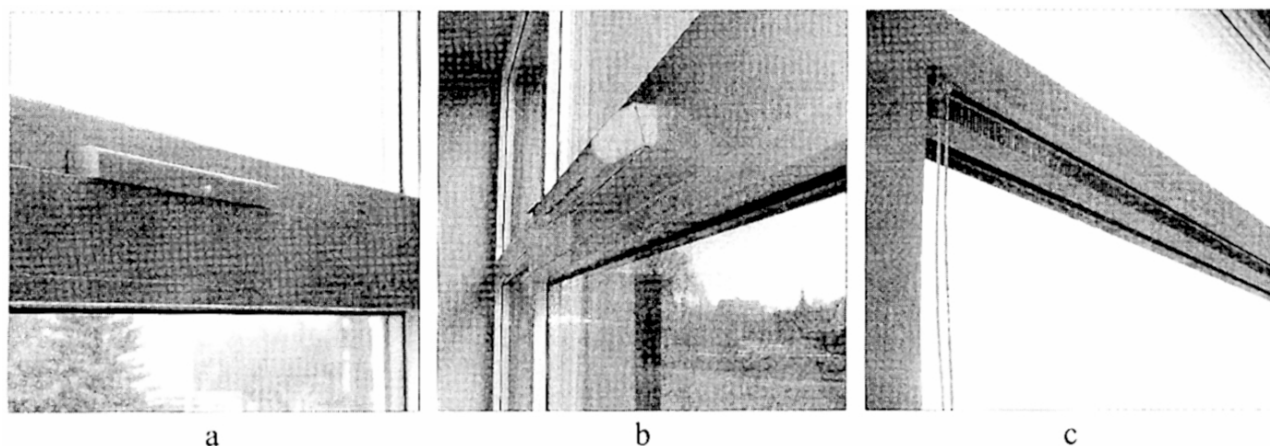
pat nurodomas minimalus õvaraus lauko oro kiekis vienam suaugusiam þmogui – 14,4 m³/h (4 dm³/s).

Taèiau, nors projektuotojai mokyklø renovacijos projektuose nurodo, jog keièiant pastato langus turi bûti árengtos orlaidës orui tiekti, dažnai nepateikiama tiksliø árenginiø specifikacijø ir charakteristikø. Taupant lëðas, rekonstrukcijos metu dažnai parenkamas nepakankamas oro tiekimo átaisø skaièius ar tipas, o oro šalinimo sistemos visiškai nerekonstruojamos. Taigi neþinoma, ar priemonës, kuriø imasi projektavimo ir statybos ámonës, yra pakankamos norminei oro apykaitai klasëse uþtikrinti.

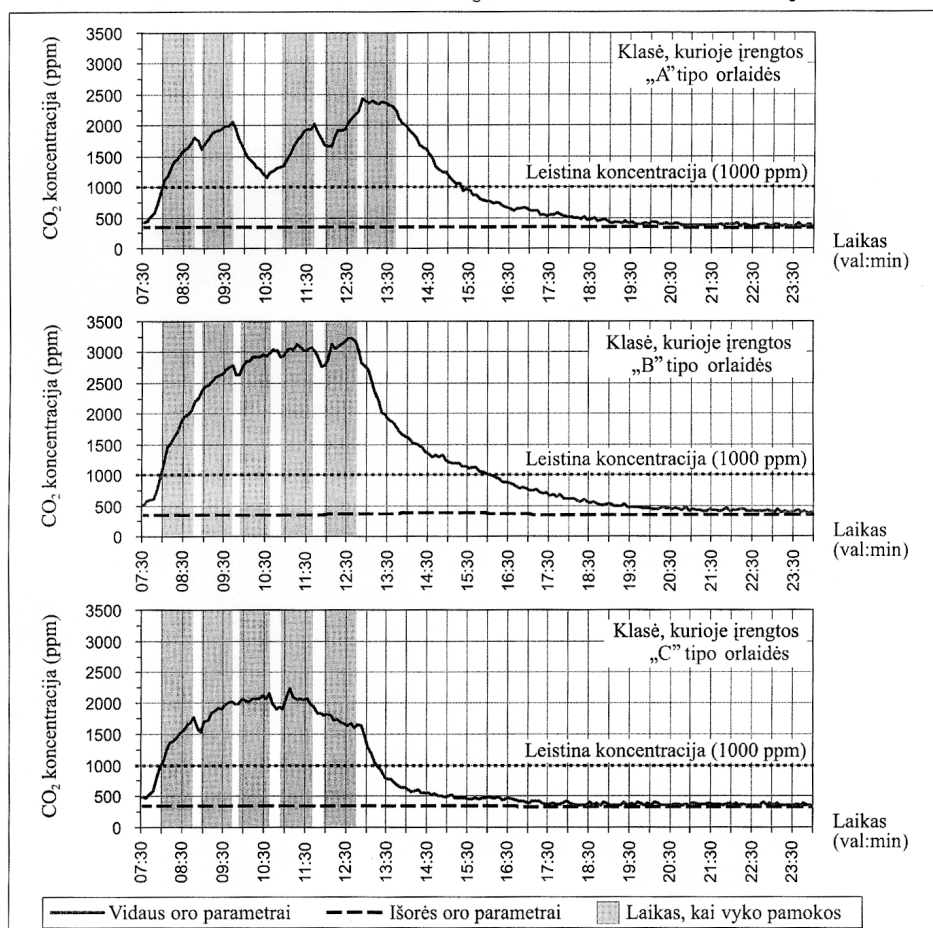
Siekiant ávertinti tipiniø vëdinimo sistemø, árengtø renovuojant mokyklas, efektyvumà, buvo atliktas eksperimentinis tyrimas.

2. TYRIMO OBJEKTAS IR METODIKA

Atliekant eksperimentinius tyrimus buvo analizuojami parametrai, apibûdinanëios renovacijos poveikà klasio patalpø oro apykaitai ir mikroklimatui, kitimas laike. Tirta patalpø oro temperatūra ir santykinis drëgnis ávairiose patalpos vietose, oro judëjimo greitis 0,1 m, 1,1 m ir 1,7 m aukðtyje nuo grindø pavirðiaus bei CO₂ koncentracija. Mikroklimato paramet-



1 pav. Oro tiekimo átaisai, kurie buvo árengti tiriamoje mokykloje (*a* – „A“ tipo mechaniskai varstomos mažiausio oro pralaidumo orlaidës, *b* – „B“ tipo automatiniës drëgmei jautrios vidutinio oro pralaidumo orlaidës, *c* – „C“ tipo mechaniskai varstomos didžiausio oro pralaidumo orlaidës)



2 pav. CO₂ koncentracija klasio patalpø centre, 1,1 m aukštyje nuo grindø paviršiaus

rø tyrimai atlikti pagal Lietuvos higienos normà „Gyvenamøjø ir vieðosios paskirties pastatø mikroklimatas“ (HN42:2004) [3].

Kad naudojamø vëdinimo sistemø efektyvumà bûtø galima palyginti tarpusavyje, klasës, kuriose buvo atliekami tyrimai, turëjo bûti panaðios (geometriškai, langø plotu bei jø orientacija, atitvarø sandarumu ir ðilumine varþa, mokiniø amþiumi, jø skaièiumi pa-

mokø metu ir t. t.). Todël tyrimui pasirinktos tos paëios mokyklos klasës, esanëios tame paëiame aukšte ir atitinkanëios visus keliamus panaðumo reikalavimus. Eksperimentai buvo atliekami Vilkaviðkio S. Nëries viduriniøje mokykloje. Klasëse buvo árengta po 3 vienetus trijø tipø oro tiekimo átaisø, kurie toliau vadinami „A“, „B“ ir „C“ tipø orlaidëmis (1 pav.). Tyrimo tikslas nebuvo ávertinti ðiø konkreèiø gaminiø savybes. Jie tyrimui pasirinkti kaip tipiniai orui á klases tiekti átaisai. Be abejo, jie skiriasi savo veikimo principais bei yra skirtingai montuojami. „A“ ir „B“ tipo orlaidës tvirtinamos prie lango rëmo, o „C“ tipo orlaidës jungiamos prie stiklo paketo. „B“ orlaidës reguliuoja tiekiamo oro kieká automatiðkai, priklausomai nuo vidaus oro santykinio drëgumo. Tuo tarpu „A“ ir „C“ tipo orlaidës valdomos mechaniskai ir turi dvi padëtis: „atidaryta“ ir „uþdaryta“. Taip pat skiriasi ir ðiø oro tiekimo árenginiø pralaidumas. Daugiausiai oro gali bûti tiekiamas per „C“ tipo orlaidæ, mažiausiai – per „A“ tipo oro tiekimo átaisà.

Statant pastatà, klasëse buvo árengtos natùralaus oro ðalinimo sistemos, kurios renovacijos metu nerekonstruotos. Klasëse pamokø metu bûdavo 22–27 mokiniai (8–10 metø amþiaus).

3. TYRIMO REZULTATAI

Šiame skyriuje pateikiami CO₂ koncentracijos, temperatūros, santykinio drėgumo matavimo tipinėse klasėse, kuriose renovacijos metu įrengtos anksčiau aprašytos orlaidės, rezultatai. Tyrimai atlikti 2004 metų vasarą-kovą.

Pagrindinis oro kokybės visuomeniniuose pastatuose rodiklis – anglies dvideginio koncentracija. Ji teršalų grupė ypač svarbi visuomeniniams pastatams. Vienas 14–16 metų moksleivis klasėje išskiria apie 19 l/h anglies dioksido [4]. Nors CO₂ dujos nėra ypač kenksmingos sveikatai, tačiau pagal jų koncentraciją galima spręsti apie patalpų vėdinimo efektyvumą [5]. Ji koncentracija turi būti ne didesnė kaip 1000 ppm (CO₂ molekulių, tenkančių milijonui oro molekulių, skaičius) [6].

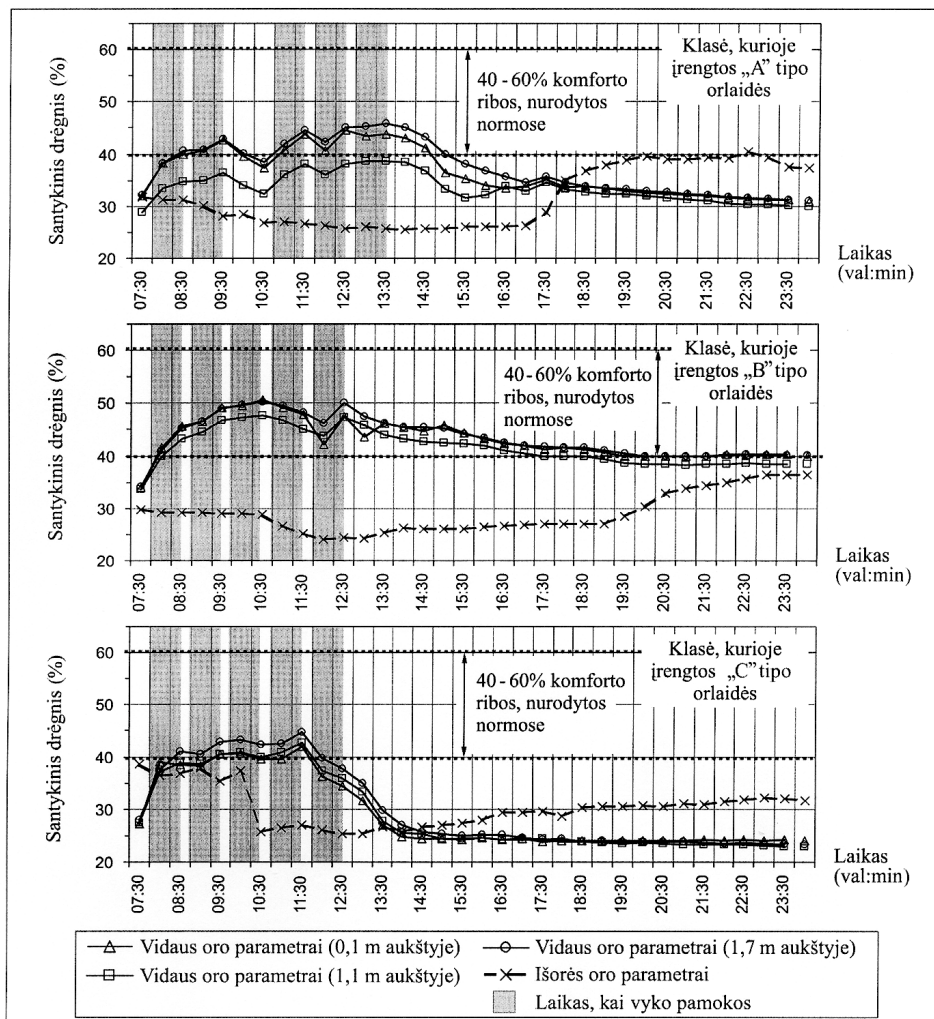
Kaip matyti 2 paveiksle, nepaisant to, kurie oro tiekimo šaltiniai sumontuoti klasėse, CO₂ koncentracija penkliai didesnė už leistiną normą. Gauti rezultatai klasėse su „A“ ir „B“ tipo orlaidėmis yra labai panašūs (norminė reikšmė 4 pamokos metu viršijama 3 kartus). Klasėje su „C“ tipo orlaidėmis norminė reikšmė viršijama 2 kartus (2 pav.). Visais atve-

jais jau po pirmosios pamokos CO₂ koncentracija siekia beveik 2000 ppm. Net ir tuo atveju, kai pamokos metu mokinių nebuvo (klasėje su „A“ tipo orlaidėmis), CO₂ koncentracija pastebimai mažėjo, bet nenukrito žemiau maksimaliai leistinos normos (1000 ppm) (2 pav.). Taigi ir klasių vėdinimas atidarant langus pertraukė metu mokyklose nėra tinkamas vėdinimo būdas, kadangi jau apusėjus pamokai, CO₂ koncentracija 1,5–2 kartus bus didesnė už leistiną normą.

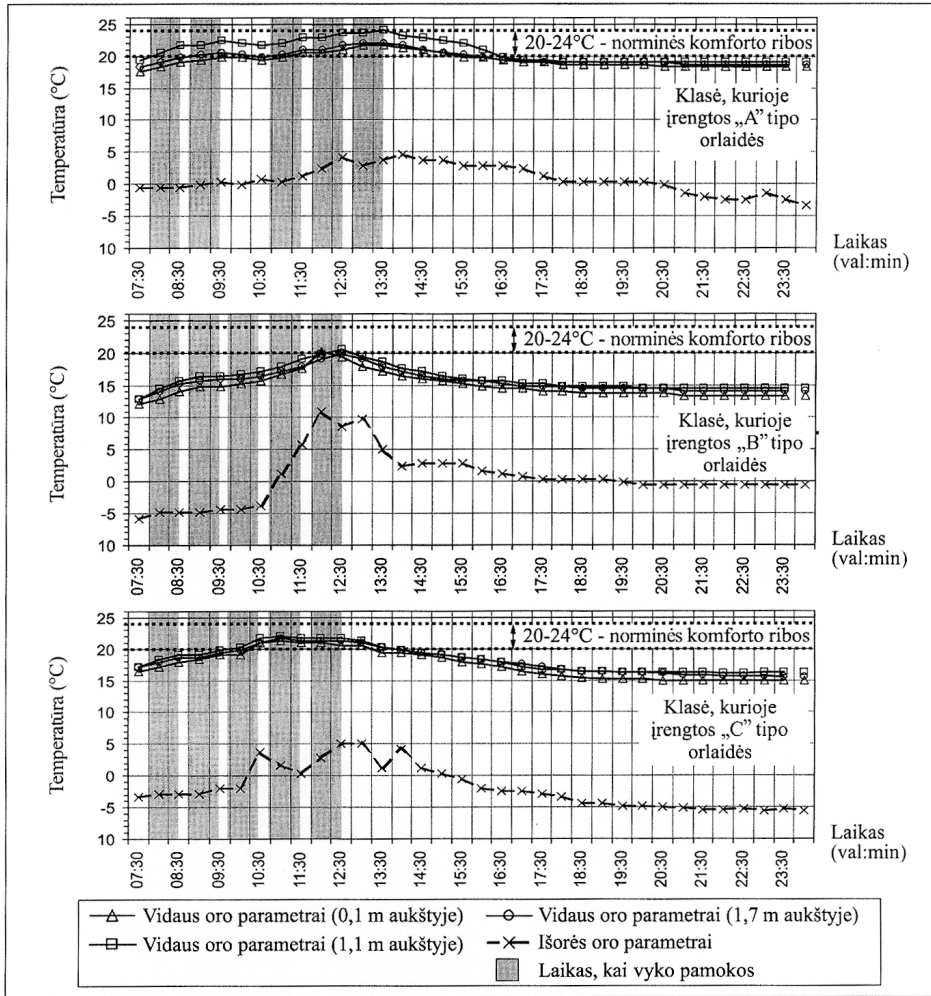
Tyrimais, atliktais 2001–2002 m., nustatyta, kad dėl vėdinimo stokos daugelyje renovuotų Lietuvos mokyklų pamokos metu santykinis drėgnis viršydavo leistinas normas (40–60% pagal Lietuvos higienos normą [1]). Tačiau šioje mokykloje atlikus tyrimus paaiškėjo, jog santykinis drėgnis pamokos metu retai būdavo didesnis nei 50% (3 pav.). Tai iš dalies paaiškina CO₂ koncentracijos kitimą klasėje, kurioje buvo įrengtos „B“ tipo orlaidės. Šios drėgmei jautrios orlaidės pritaikytos maksimaliai leisti orą esant 70% patalpos santykiniam drėgmeniui. Tuo tarpu šioje mokykloje ši riba nebuvo pasiekama, todėl orlaidės buvo tik pusiau atsidariusios ir praleido mažiau oro.

Statistikos metodais buvo patikrintas CO₂ koncentracijos ir santykinio drėgumo koreliacijos egzistavimas tyrinėtose klasėse patalpose (taikant Pirsono kriterijų). Gauti rezultatai rodo stiprų šių parametrų koreliacijos ryšį. Tai patvirtina jau prieš du dešimtmečius nustatytą faktą, jog tarp šių oro teršalų (CO₂ koncentracijos ir drėgumo) visuomeniniuose pastatuose egzistuoja tiesinė priklausomybė. Tačiau tam, kad mokyklose vėdinimo sistemos naštumą būtų efektyvu reguliuoti pagal santykiną drėgną kiekvienu atveju reikia sureguliuoti santykinio drėgumo daviklių jautrumą.

Oro temperatūra yra rekomenduojamas komforto ribas (+20 – +24°C pagal HN 42:2004 [3] Europos standartą CR 1752:1998 [4]) patenka tik tuomet, kai klasėse susirenka mokiniai (4 pav.). Kaip matyti 4 paveiksle, net ir po renovacijos kai ku-



3 pav. Patalpos oro santykinis drėgnis klasių patalpų centre



4 pav. Oro temperatūra klasiø patalpø centre

riose klasėse neaptikrinamos ðiluminio komforto slygos. Pirmos pamokos metu jose palaikoma +15 – +17°C temperatūra.

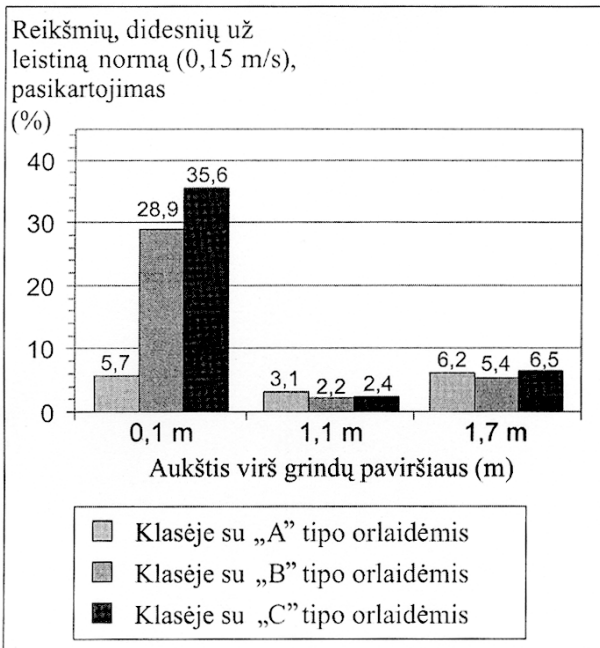
Kalbant apie reglamentuojamas temperatūros vertes klasiø patalpoms, verta paminėti skirtumą tarp ðiuo metu galiojančios Lietuvos higienos normos HN 21:2005 „Bendrojo lavinimo mokykla. Bendrieji sveikatos reikalavimai“ [7] ir jau minėtos HN 42:2004 [3]. Pastarajame dokumente pateikiamos ðiluminio komforto normuojamosios ribos: +20 – +24°C, atitinkančios ir Europos standartà CR 52:1998 [4]. Tuo tarpu higienos normoje HN 21:2005 nurodoma, jog klasėse turi būti palaikoma +18 – +19°C temperatūra.

Tyrimø metu taip pat buvo atliekami oro judėjimo greičių matavimai trijuose patalpos aukðėiuose (0,1 m, 1,1 m, 1,7 m).

Rezultatai buvo fiksuojami 1 min intervalu. Veikiant natūraliai vėdinimo sistemai, oro greičių reikšmė yra pulsacinio pobūdžio. Todėl visi gauti duomenys buvo apdoroti statistikos programa apskaičiuojant leistinà ribà virðijančių oro greičių reikšmiø pasikartojimà (5 pav.). Ði riba, atsiþvelgus á Lietuvos higienos normà HN 42:2004 [3], CR 1752:1998 standartà [4] ir ANSI/ASHRAE 55-1992 standartà [6], priimta 0,15 m/s.

Procentinis normas virðijančių reikšmiø pasikartojimas skiriasi priklausomai nuo oro tiekimo átaisø tipo (t. y. nuo tiekiamo oro krypties ir debito). Á patalpà tiekiamo lauko oro debitas didþiausia átakà turi paþeminio oro sluoksnio greièiui (0,1 m aukðtyje nuo grindø pavirðiaus). Klasėje, kurioje buvo árengtos maþiausia tiekiamo oro debità uþtikrinančios „A“ tipo orlaidės, oro greitis paþeminiame sluoksnyje – maþiausias. Tuo tarpu klasėje su „C“ tipo orlaidėmis, kuriø oro pralaidumas didþiausias iš tyrinėtų oro tiekimo átaisø, paþeminio sluoksnio greièiai yra didþiausi ir virðijančios leistinà greitá reikšmės pasikartoja net 35% atvejø.

Tiriamose klasėse buvo atlikti netiesioginiai ðalinamo oro debito matavimai. Prie oro ðalinimo gro-



5 pav. Oro greičių reikšmiø, didesniø kaip 0,15 m/s, pasikartojimas tirtose klasėse

teliø buvo tvirtinamas tam tikro skerspjūvio ploto kanalas, kurio viduryje matuotas ðalinamo oro greitis. Pagal ðio greièio reikðmæ buvo apskaièiuojamas ðalinamo oro debitas. Ða tyrimà buvo ámanoma atlikti tik pirmo aukðto klasèse, kadangi virðutiniuose aukðtuose oro srautas ðalinimo kanale buvo kintamos krypties, t. y. kintant iðorës sàlygoms, oras periodiðkai buvo ápuèiamas per ðalinimo groteles á vidø. Atlikus skaièiavimus paaiðkëjo, kad per oro ðalinimo kanalus iðtraukiama maþiau oro, negu reikalaujama normose. Kad bûtø uþtikrinta norminë oro apykaita tirtose klasèse, reikëtø paðalinti oro vidutiniðkai 560 m³/h (ávertinant mokiniø skaièiø klasèje), taèiau per oro ðalinimo kanalus buvo iðtraukiama vidutiniðkai tik 300 m³/h (esant lauko oro temperatūrai apie 0°C). Tai tenkina tik 53% norminës oro apykaitos, arba 79% leistinos oro apykaitos [2]. Kadangi natūralaus vėdinimo sistemose oro, patenkanèio á patalpas, kiekis priklauso nuo jo iðretinimo, sukuriama vėdinimo kanalø dëka, pagal ðalinamo oro kieká galima spræsti ir apie tiekiamo oro kieká. Todël ir tiekiamo oro kiekis klasèse buvo dvigubai maþesnis uþ norminá. Ávertinant tai, kad sumontuotø orlaidþiø pralaidumas yra maþesnis uþ ðalinamo oro kieká, dalis oro á klases buvo tiekama pro jas, kita dalis – pro statybinius nesandarumus.

Matavimø rezultatai parodë, jog seni oro ðalinimo kanalai neuþtikrina slëgio, reikalingo norminiams oro kiekiams ið patalpø paðalinti. To prieþastimi gali bûti netinkamø oro ðalinimo groteliø (sudaranèiø per didelius oro slëgio nuostolius) árengimas, vėdinimo kanalø uþterðimas, galiausiai, netinkamas kanalø aukðtis. Todël renovuojant mokyklas, ðie kanalai turi bûti bent jau valomi, geriau – rekonstruojami, árengiant traukos reguliavimo árenginius, ar kitu būdu didinant jø funkcionalumà.

Taèiau, kaip matyti 5 paveiksle, padidinus oro apykaità klasèse, susidaro skersvėjai (didesni uþ norminius oro judėjimo greièiai) apatinèje patalpø dalyje. Todël tikëtina, jog pagal oro apykaitos reikalavimus rekonstruota natūrali vėdinimo sistema nebeatitiks ðiluminio komforto reikalavimø. Ðaltuoju periodu klasèse susidarys didelis vertikalus temperatūrø gradientas ir oro judėjimo greitis apatinèje patalpø dalyje bus didesnis uþ leistinàjã. To galima bûtø iðvengti, jei tiekiamas oras bûtø ðildomas, taigi, jei bûtø árengiama priverstinë oro tiekimo sistema, taèiau dël tokio sprendimo gerokai padidëtø mokyklø renovacijos kaina.

Kauno technologijos universitete tàsiami tyrimai ðioje srityje, ieðkant ekonomiðkai efektyviø oro apykaitos uþtikrinimo būdø, padësianèiø iðvengti neigiamø mokyklø renovacijos padariniø.

4. IŠVADOS

Apibendrinant atliktus tyrimus galima teigti, jog konstrukcinës priemonës, kurios ðiuo metu taikomos renovuojamose Lietuvos mokyklose siekiant norminës

oro apykaitos, yra nepakankamos. Todël mokyklø renovacija neigiamai veikia patalpø oro kokybæ.

1. Klasèse, kuriose oro ðalinimo sistema nerekonstruota, vėdinimas tampa nepakankamas ir pamokø metu patalpø ore CO₂ dujø koncentracijos bûna didesnës uþ leistinas normas. Kadangi natūralaus oro ðalinimo kanaluose susidaro nepakankamas slëgis, renovuojant mokyklas būtina rekonstruoti ir oro ðalinimo sistemas.

2. Kadangi klasiø patalpoms vėdinti Lietuvoje plaèiausiai naudojami langiniai oro tiekimo átaisai (tiesiogiai tiekiantys á patalpà lauko orà), ðaltuoju periodu oras juda greièiausiai apatinèje patalpos dalyje (0,1 m aukðtyje). Didþiausi greièiai yra pulsacinio pobūdþio (periodiðkai virðija normines reikðmes). Kuo didesnis per orlaides tiekiamo oro kiekis, tuo daþniau apatinèje patalpos dalyje susidaro oro greitis, didesnis nei 0,15 m/s. Nekeièiant vėdinimo principo, bet didinant oro apykaità, gali susidaryti leistinas normas virðijantis vertikalus temperatūrø gradientas, neigiamai veikiantis savijautà.

3. Kadangi, ávertinus CO₂ koncentracijos ir santykinio drëgnio klasiø patalpose koreliacijà, nustatyta jø tiesinë priklausomybë, vėdinimo sistemø naðumui klasiø patalpose reguliuoti gali bûti taikomos vėdinimo sistemos su santykinës drëgmës jutikliais. Taèiau árangos gamintojai arba montuotojai ðiø jutikliø jautrumà turëtø sureguliuoti kiekvienam, konkreèiam, atvejui, arba tam tikrai pastatø-vartotojø grupei (ðiuo atveju – mokykloms).

4. Atliekant tyrimus pastebëta, kad oro apykaitai klasèse átakos turi ir patalpø nesandarumai (ypaè durø) bei patalpos padëtis pastato plane (atstumas iki laiptinës). Á tai taip pat būtina atsiþvelgti renovuojant klasiø vėdinimo sistemas.

Gauta 2005 12 12

Literatūra

1. Ignatavièius È., Ignatavièius G., Tuomas E. 1997–2000 metø mokyklø renovacijos rezultatai. Vilnius: Homo Liber, 2002.
2. STR 2.09.02:1998. Ðildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas. Vilnius: LR Aplinkos ministerija, 1999.
3. HN42:2004. Gyvenamøjø ir vieðosios paskirties pastatø mikroklimatas. Vilnius: LR Sveikatos apsaugos ministerija, 1999.
4. CEN Report CR 1752:1998. Ventilation for Buildings – Design criteria for the indoor environment. Brussels: European Committee for Standardization, 1998.
5. Awbi A. J. A study of air quality in classrooms // Proceedings Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings, Second International Conference, held May 9–12, Montreal, 1995. Vol. I. P. 93–104.
6. ASHRAE 62–2001. Ventilation for acceptable indoor air quality. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001.

