

# Karštų orų keliamo terminio diskomforto Lietuvoje vertinimas

Judita Liukaitytė,

Egidijus Rimkus

Vilniaus universitetas,  
M. K. Čiurlionio 21/27,  
LT-03101 Vilnius

El. paštas: [Judita.Liukaityte@gf.vu.lt](mailto:Judita.Liukaityte@gf.vu.lt);  
[egidijus.rimkus@gf.vu.lt](mailto:egidijus.rimkus@gf.vu.lt)

Liukaitytė J., Rimkus E. Karštų orų keliamo terminio diskomforto Lietuvoje vertinimas. *Geografija*. 2008. T. 44. Nr. 2. ISSN 1392-1096.

Straipsnyje pateikiami karščio indekso „Humidex“, kuris rodo žmogaus jaučiamą oro temperatūrą ir priklauso nuo išmatuotos oro temperatūros bei drėgnumo, reikšmių skaičiavimo rezultatai. Apskaičiuoti 1993–2006 m. laikotarpio indekso dydžiai vasarą didžiosiose Lietuvos miestuose. Didžiausios indekso reikšmės užfiksuotos paskutinį liepos mėnesio penkiadienį. Įvertintas vidutinis skirtumas tarp žmogaus juntamos ir išmatuotos temperatūros, kuris liepos pabaigoje bei rugpjūčio pradžioje yra pats didžiausias, o pajūryje siekia net 4°C. Didžiausi skirtumai siejami su karštų ir drėgnų pastoviai stratifikuojamų oro masių advekcija. Tyrimas rodo, jog karščio diskomfortą sukelti 27°C indekso reikšmė yra viršijama 22–31% visų vasaros dienų. Išanalizavus sinoptinius procesus, lėmusius sveikatai labai grėsmingos 37°C jutiminės temperatūros atvejus, nustatyta, jog dažniausia tokios situacijos priežastis – aukštinis gūbrys bei šilumos ir drėgmės advekcija priešakinėje ciklono periferijoje apatinėje troposferoje.

**Raktažodžiai:** „Humidex“, terminiai indeksai, terminis komfortas

## ĮVADAS

Daugelį metų įvairiose pasaulio šalyse vykdytų tyrimų rezultatai rodo, jog terminė aplinka stipriai veikia žmogaus savijautą, todėl vietovei mažiau būdingi ypač karšti ar šalti orai gali tapti sveikatos sutrikimų ar net mirties priežastimi (Kirch, Menne, Bertollini, 2005). Pastaraisiais metais didelis dėmesys skiriamas karščio bangų analizei. XXI a. pradžioje Europoje bei Šiaurės Amerikoje buvo užfiksuotos net kelios gana didelę teritoriją apimančios intensyvios ir ilgalaikės karščio bangos, nusinešusios daugelio žmonių gyvybes. Apskaičiuota, jog per pačią stipriausią 2003 m. Vakarų Europoje mirė daugiau nei 50 000 žmonių (daugiausia Prancūzijoje). Tada didelę Europos dalį ilgą laiką pasiekdavo naujos labai karšto ir drėgno tropinio oro bangos. Po šios gamtinės katastrofos daugelis Europos šalių pradėjo kur kas daugiau dėmesio skirti karščio bangų poveikio prevencijai: peržiūrėti įstatymai, sudaromi operatyvūs veiksmų planai. Šiuo metu daugelje šalių ne tik prognozuojama bei informuojama apie numatomo karščio keliamą pavojų žmonių sveikatai bei gyvybei, bet ir teikiamos išsamios rekomendacijos. Prognozės sudaromos remiantis įvairiais terminį diskomfortą ar karščio stresą nusakančiais indeksais.

Pasaulyje yra sukurta ir naudojama nemažai tiek teorinių, tiek empirinių indeksų, kurie į skaičiavimus įtraukia pavienius meteorologinius elementus ar jų kompleksus (Höppe, 1999; Unger, 1999; Advances, 2004; Matzarakis ir kt., 2007). Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba nuo 2008 m. vasaros taip pat pra-

dėjo teikti vartotojui karščio indekso „Humidex“, kuris aptariamam šiame darbe, prognozes.

Šio darbo tikslas – įvertinti karščio keliamo terminio diskomforto dydį Lietuvos teritorijoje, taip pat „Humidex“ indekso reikšmių kaitą vasaros metu, per parą, nustatyti teritorinius skirtumus. Be to, darbe siekiama įvertinti sinoptines sąlygas, lemiančias ekstremaliai aukštus indekso dydžius.

Lietuvos mokslo literatūroje apie karščius rašyta palyginti nedaug (Bukantis, 1996; Buitkuvienė 1998; Stankūnavičius, 2000; Aloševičienė, 2001). Šiuose darbuose didesnis dėmesys skiriamas karščių susidarymo sinoptinėms sąlygoms, jų pasikartojimo kaitai, tuo tarpu išsamių mokslinių studijų, įvertinančių karščio poveikį žmonėms (sveikatai bei mirtingumui), kol kas nėra.

## PANAUDOTI DUOMENYS IR DARBO METODIKA

Žmogaus terminis komfortas priklauso nuo keleto meteorologinių veiksnių: oro temperatūros ir drėgnumo, vėjo greičio, trumpabangės saulės bei ilgabangės žmogų supančio paklotinio paviršiaus spinduliuotės intensyvumo. Pasaulyje sukurta keliolika indeksų, padedančių apskaičiuoti jutiminę temperatūrą, tačiau į daugelio jų skaičiavimus įtraukiami ne visi svarbiausi meteorologiniai veiksniai. Dažniausiai šiltojo laikotarpio terminis komfortas apskaičiuojamas pasitelkus tik oro temperatūrą ir drėgnumą, o žiemos – oro temperatūrą bei vėjo greitį. Nekyla abejonių, jog spinduliuotės intensyvumas ir vėjo greitis vasarą

yra labai svarbūs terminį komfortą apibūdinantys veiksniai, tačiau juos labiau nei temperatūrą ir drėgmę veikia mikroklimatinės vietos sąlygos bei trumpalaikiai oro pasikeitimai (pvz., užslinkę debesys). Ypač tai ryšku urbanizuotose teritorijose, kur vėjo greitis skirtingose miesto ar net kvartalo dalyse gali skirtis keletą kartų, be to, labai greitai kinta šešėlio plotas. Todėl beveik visi įvairiose pasaulio šalyse naudojami karščio keliamą diskomfortą atspindintys indeksai yra skaičiuojami atsižvelgiant tik į oro temperatūrą ir drėgmę ir darant prielaidą, jog pučia silpnas vėjas bei šviečia saulė. Kai santykinė oro drėgmė yra aukšta, prakaitas nuo žmogaus kūno paviršiaus garuoja ne taip greitai, todėl šilumos perteklius iš kūno pašalinamas lėčiau ir kūnas labiau įkaista nei sausame ore.

Pasaulyje yra sukurta nemažai indeksų, skirtų jutiminei temperatūrai įvertinti ir apskaičiuotų remiantis oro temperatūros ir drėgmės rodikliais. Pateiksime populiariausius.

Jungtinėse Amerikos Valstijose jutiminė karščio temperatūra įvertinama karščio indeksu (*heat index* – HI) (Steadman, 1979):

$$HI = -42,379 + (2,049 \times T) + (10,143 \times f) - (0,225 \times T \times f) - (0,0068 \times T^2) - (0,0548 \times f^2) + (0,00123 \times T^2 \times f) + (0,00085 \times T \times f^2) - (0,000002 \times T^2 \times f^2);$$

čia  $T$  – oro temperatūra pagal Farenheito skalę ( $^{\circ}F$ ),  $f$  – santykinis oro drėgnumas (%). Jei oro temperatūra pateikiama pagal Celsijaus skalę, būtina ją perskaičiuoti pagal Farenheito. Šis indeksas populiarus ir Europoje.

Kanadoje naudojamas labai artimas „Humidex“ indeksas ( $^{\circ}C$ ):

$$\text{Humidex} = T + 5/9 \times (e-10);$$

čia  $T$  – oro temperatūra ( $^{\circ}C$ ),  $e$  – vandens garų slėgis (hPa), kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$e = (6,112 \times 10^{\frac{7,5 \times T}{237,7 + T}}) \frac{f}{100};$$

čia  $f$  – santykinė oro drėgmė (%). Šį indeksą 1979 m. Kanados Atmosferos aplinkos centre sukūrė J. Mastertonas ir F. Richardsonas (Masterton, Richardson, 1979).

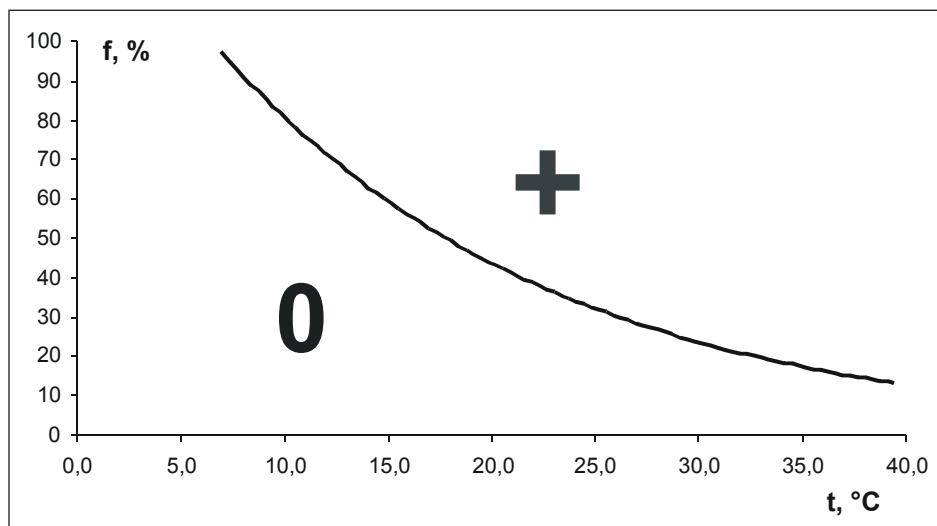
Mūsų tyrime buvo analizuoti pagal Kanados mokslininkų sukurto karščio diskomforto „Humidex“ indekso skaičiavimo metodiką apskaičiuoti dydžiai penkiuose didžiausiuose Lietuvos miestuose 1993–2006 m. vasaromis.

Kaip jau minėta Lietuvoje, prognozuojant terminio komforto sąlygas, pradėtas naudoti „Humidex“ indeksas. Pasirinkimą lėmė tai, jog pietinė Kanados dalis yra panašioje platumoje kaip ir Lietuva, todėl tikėtina, jog karščio poveikis gyventojams yra ganėtinai panašus. Be to, kiek paprastesnis „Humidex“ indekso skaičiavimo algoritmas. Būtina paminėti, jog Pasaulinė meteorologijos organizacija siekia suvienodinti jutiminės temperatūros skaičiavimo metodiką, nors iki šiol dar neapsispręsta, kuris iš indeksų būtų pats tinkamiausias.

Jutiminė temperatūra priklauso nuo ore esančio drėgmės kiekio ir yra aukštesnė arba lygi tuo metu išmatuotai oro temperatūrai (1 pav.). „Humidex“ indekso reikšmės, apskaičiuotos iš žemiau skiriamosios linijos esančių dydžių, gaunamos mažesnės nei išmatuota temperatūra (vėliau prilyginamos jai), iš aukščiau esančių dydžių – didesnės. Kanados mokslininkai parinko ribinę 10 hPa vandens garų slėgio reikšmę. Kuo aukštesnė temperatūra, tuo mažiau reikia drėgmės, kad sustiprėtų jaučiamas terminis diskomfortas. Kai oro temperatūra perkopia 40 laipsnių karščio, net ir nedidelis oro prisotinimas drėgme jutiminę temperatūrą padidina daugiau nei 3 laipsniais (1 pav.). Tiesa, Lietuvoje tokia oro temperatūra dar nebuvo užfiksuota.

Kanadiečių pateikta galimo poveikio sveikatai gradacija šiame tyrime buvo šiek tiek modifikuota atsižvelgiant į karščio indekso HI skirstymą (žemesnių reikšmių sritis suskaidyta į daugiau grupių): iki  $27^{\circ}C$  – karštis diskomforto nesukelia; nuo  $27$  iki  $32^{\circ}C$  – silpnas diskomfortas; nuo  $32$  iki  $37^{\circ}C$  – stiprus diskomfortas, reikėtų vengti didelio fizinio aktyvumo; nuo  $37$  iki  $42^{\circ}C$  – pavojus sveikatai, reikėtų vengti buvimo lauke; daugiau kaip  $42^{\circ}C$  – labai didelis pavojus sveikatai, reikėtų nutraukti, bet kokią fizinę veiklą.

Pagal šią gradaciją stiprus terminis diskomfortas, keliantis pavojų aktyvų fizinį darbą lauke dirbantiems žmonėms, yra fiksuojamas, kai indekso reikšmė viršija  $32^{\circ}C$ . Analizuojamu 1993–2006 m. laikotarpiu tokia indekso reikšmė anksčiausiai buvo užfiksuota pačioje gegužės pabaigoje (Panevėžyje) ar



1 pav. „Humidex“ indekso bei išmatuotos oro temperatūros skirtumo ženklo priklausomybė nuo oro temperatūros bei santykinės oro drėgmės

Fig. 1. Dependence of difference between „Humidex“ sign value and measured air temperature on air temperature and relative humidity

birželio pradžioje (Klaipėdoje), vėliausiai – rugpjūčio pabaigoje ir tik Panevėžyje tokios reikšmės buvo užfiksuotos rugsėjo pradžioje (lentelė). Mūsų darbe „Humidex“ indekso analizei pasirinktas tik vasaros laikotarpis, kai karštis gali sukelti realų diskomfortą.

Kadangi Lietuvos hidrometeorologijos tarnyboje yra sukurta elektroninė kiekvieno meteorologinio matavimo termino nuo 1993 m. (kas 3 valandos) duomenų bazė, analizei pasirinktas 1993–2006 m. laikotarpis. Mūsų nuomone, keturiolikos metų laikotarpio pakanka, kad būtų galima daryti pirmines išvadas apie terminio komforto sąlygas atskiruose Lietuvos regionuose.

Darbe panaudoti kiekvieno matavimo termino duomenys apie oro temperatūrą bei santykinę drėgmę, apskaičiuotos „Humidex“ indekso reikšmės, įvertinta parametro paros kaita. Antra vertus, kiekvienos dienos vidutinė indekso reikšmė buvo apskaičiuota tik iš rezultatų, gautų keturių matavimo terminų (12, 15, 18, 21 valandos) metu. Indekso reikšmės naktį ir rytą yra daug mažesnės ir beveik niekada nesiekia gyventojų sveikatai pavojų keliančių kritinių reikšmių.

Duomenys apie sinoptinę situaciją didelių indekso reikšmių metu buvo išrinkti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos

Lentelė. Anksčiausia ir vėliausia šiltojo sezono data 1993–2006 m., kai „Humidex“ indekso reikšmė viršijo 32°C

Table. The earliest and the latest date of warm season when “Humidex” index value reached 32 °C during 1993–2006 period

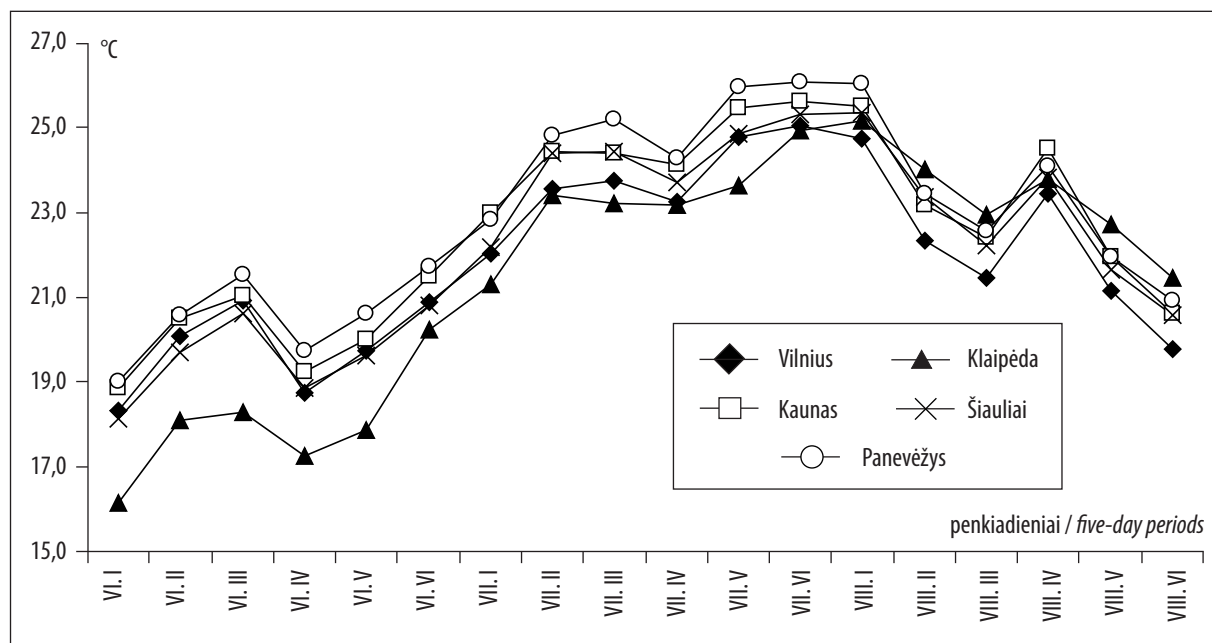
Meteorologijos stotys / Meteorological stations	Ankstyviausia data / The earliest date	Vėlyviausia data / The latest date
Kaunas	05 26	08 24
Klaipėda	06 02	08 28
Panevėžys	05 24	09 07
Šiauliai	05 26	08 30
Vilnius	05 29	08 24

prie Aplinkos ministerijos archyve saugomų priežeminės sinoptinės situacijos ir barinės topografijos žemėlapių. Priežeminės sinoptinės situacijos žemėlapiai yra sudaromi kas tris valandas Pasaulinės meteorologijos organizacijos nustatytais terminais. 850 ir 500 hPa izobarinių paviršių aukščio žemėlapiai sudaromi dukart per parą (00 ir 12 valandą pagal suderintą pasaulinį laiką – UTC). Remiantis jais buvo identifikuota konkrečių dienų sinoptinė situacija, pernašos kryptys ir intensyvumas; taip pat naudojantis atmosferos zondavimo duomenimis buvo įvertintas oro masių pastovumas. Iš viso analizuotos 32 vasaros dienos, kai indekso reikšmės viršijo didelį pavojų sveikatai keliančią 37°C ribą.

## „HUMIDEX“ INDEKSO REIKŠMIŲ SEZONINĖ IR PAROS KAITA

Darbe buvo analizuojami vasaros laikotarpio penkiadieniai (mėnuo buvo padalytas į šešis penkių dienų periodus) (2 pav.). Aukštos vidutinės indekso reikšmės visoje Lietuvoje fiksuojamos nuo liepos antro iki rugpjūčio pirmo penkiadienio. Išsiskiria paskutiniai trys šio laikotarpio penkiadieniai, kai nusistovi maksimalios vidutinės reikšmės (didžiausia Panevėžyje – 26,1°C). Indekso reikšmės toliau nuo jūros esančiuose didžiuosiuose Lietuvos miestuose skiriasi mažai ir svyruoja labai sinchroniškai: Panevėžyje ir Kaune jos šiek tiek didesnės, tuo tarpu Vilniuje ir Šiauliuose mažesnės. Dėl terminio jūros poveikio indekso kaita Klaipėdoje gana savita: pirmoje vasaros pusėje jutiminė temperatūra dėl vėsinančios jūros yra daug žemesnė (2–3°C), rugpjūčio pradžioje ji tampa tokia pat, kaip ir kitose Lietuvos dalyse, o vėliau, jūrai išliekant šiltai, netgi yra aukštesnė (0,5–1,0°C).

Skirtumas tarp „Humidex“ indekso dydžio ir išmatuotos temperatūros tiriamojo periodo vasaros mėnesiais didžiuosiuose Lietuvos miestuose dažniausiai nėra didelis. Vilniuje modalinis



2 pav. Vidutinės „Humidex“ indekso reikšmės dienų skirtingais vasaros penkiadieniais Lietuvos miestuose 1993–2006 m.

Fig. 2. Mean daily “Humidex” values of different summer five-day periods in Lithuania in 1993–2006

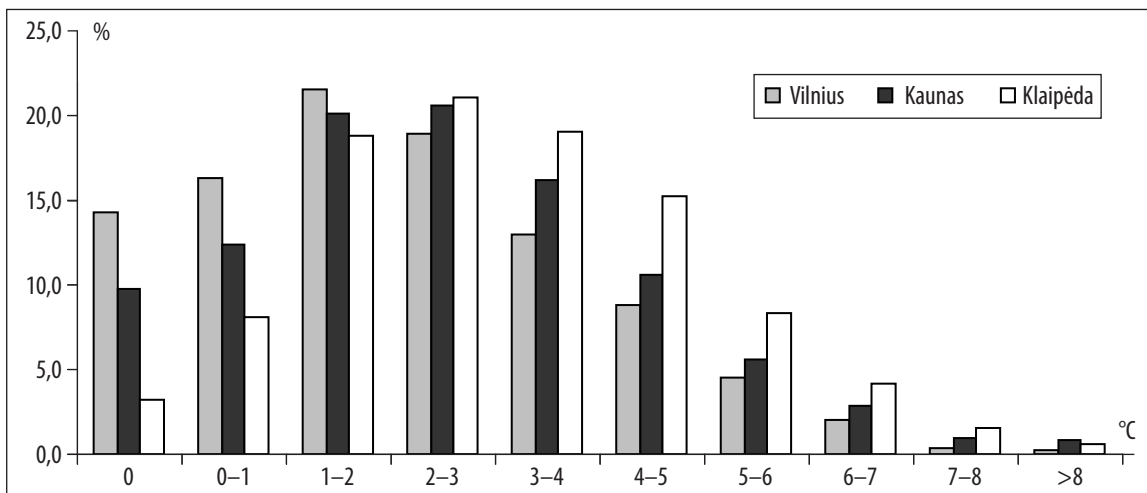
intervalas – 1–2, tuo tarpu Kaune ir Klaipėdoje – 2–3°C. Klaipėdoje daug dažniau nei kitose vietovėse skirtumas viršija 4°C (> 15% atvejų). Tai sietina su kur kas didesnėmis oro drėgmės reikšmėmis pajūryje dienos metu. Retais atvejais šis skirtumas gali viršyti ir 8 laipsnius (3 pav.). Vilniuje užfiksuota daugiausia atvejų (14,2%), kai indekso reikšmė sutapo su oro temperatūra. Tokie atvejai pasitaiko tada, kai ore esantis vandens garų slėgis mažesnis už kritinę (10 hPa) reikšmę, – daugiausia vasaros pradžioje ir pabaigoje. Pajūryje drėgmės kiekis yra didesnis, todėl Klaipėdoje vos 3,2% atvejų jutiminė temperatūra vasaros dienomis neviršijo išmatuotos.

Vilniuje didžiausias skirtumas tiriamuoju laikotarpiu buvo užfiksuotas 1997 m. birželio 30 d., kai 18 valandą vakaro jutiminė temperatūra buvo net 10,3 laipsnio didesnė nei išmatuota ir siekė 36,5°C. Tai sietina su ypač karšto ir drėgno oro advekcija į Lietuvos teritoriją: 850hPa izobarinio paviršiaus aukštyje oro temperatūra viršijo 20°C, o kai kuriose meteorologijos stotyse buvo užfiksuotas absoliutus birželio mėnesio oro temperatūros rekordas.

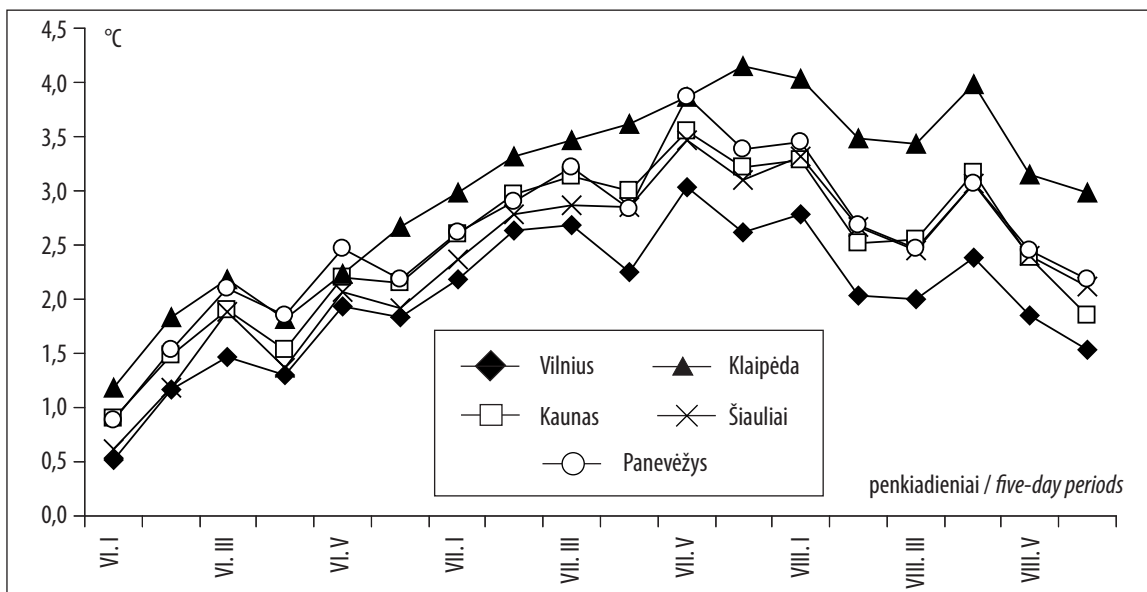
Didelę karščio indekso reikšmę bei skirtumą tarp išmatuotos ir jutiminės sąlygojo ir labai lietingas birželis. Daugelyje Lietuvos rajonų lietus lijo daugiau nei 20 dienų. Intensyvus dirvos garavimas lėmė, jog ypač išaugo absoliutus drėgmės kiekis priežeminiame atmosferos sluoksnyje.

Kaune tokių atvejų, kai jutiminės ir išmatuotos temperatūros skirtumas viršijo 10 laipsnių, užfiksuota daugiau. Ypač išsiskyrė 2001 m. rugpjūčio vidury. Tarp rugpjūčio 15 ir 20 dienos matavimų terminais skirtumas tarp jutiminės ir išmatuotos temperatūros nė karto nebuvo mažesnis nei 6 laipsniai, o to mėnesio 17 ir 20 dienomis net po tris kartus viršijo 10 laipsnių. Šiuo laikotarpiu per Lietuvą vėl slinko labai šilta ir pastoviai stratifikuojama oro masė. Dažniausiai didelis analizuojamų temperatūrų skirtumas visoje Lietuvoje buvo fiksuojamas šilto fronto užnugaryje plūstelėjus karštam ir drėgnam tropiniam orui.

Didžiausias vidutinis skirtumas tarp „Humidex“ indekso reikšmių ir išmatuotos oro temperatūros užfiksuotas Klaipėdoje (4 pav.): čia liepos pabaigoje ir rugpjūčio pradžioje indekso



3 pav. Skirtumas tarp „Humidex“ indekso dydžio ir išmatuotos temperatūros vasaros mėnesiais Vilniuje, Kaune ir Klaipėdoje 1993–2006 m.  
Fig. 3. Difference between calculated „Humidex“ value and measured air temperature in Vilnius, Kaunas and Klaipėda during summer in 1993–2006

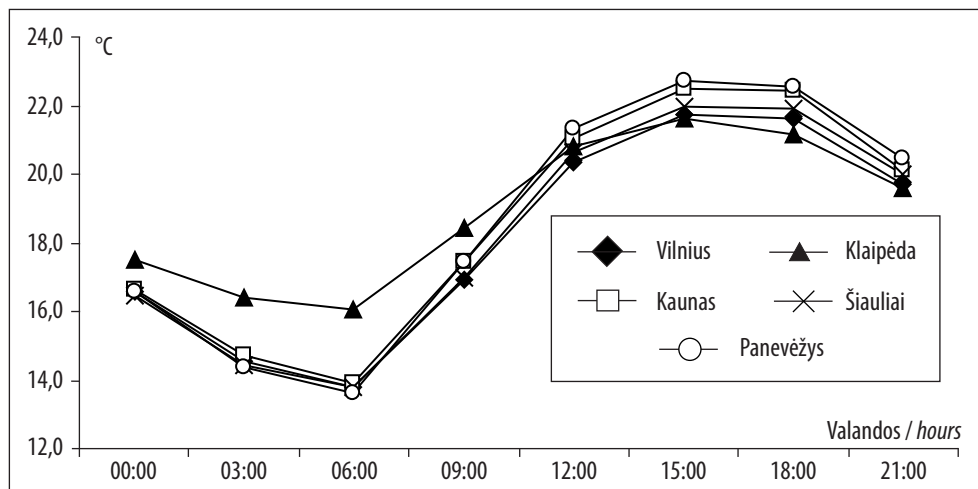
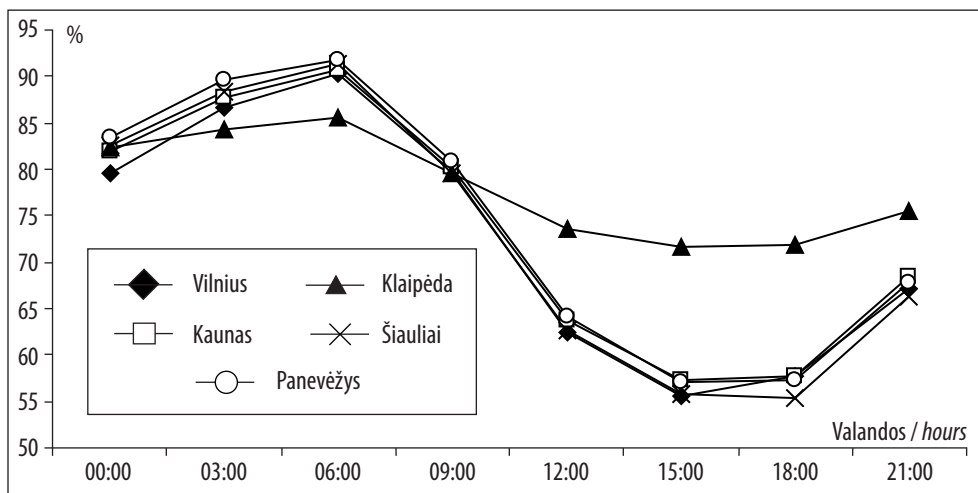
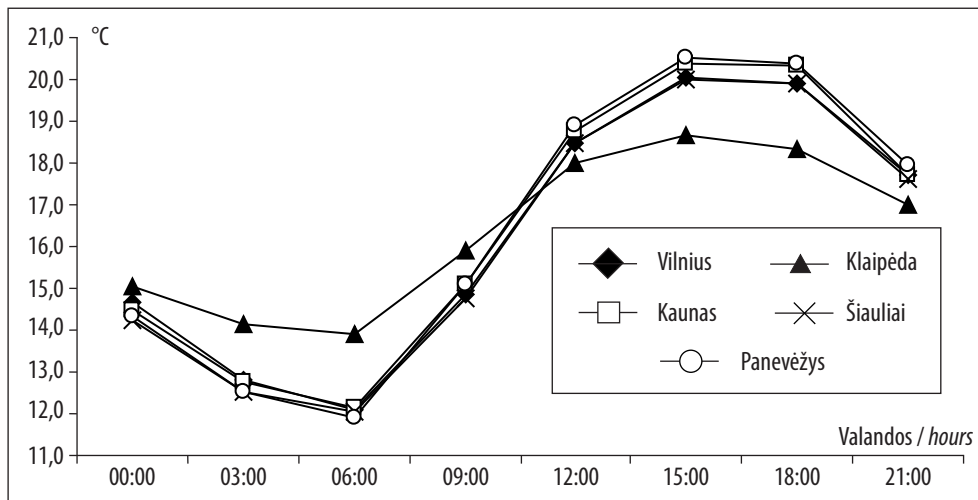


4 pav. Vidutinis skirtumas tarp „Humidex“ indekso reikšmių dieną ir išmatuotos oro temperatūros skirtingais vasaros penkiadieniais 1993–2006 m.  
Fig. 4. Mean difference between calculated „Humidex“ value and measured air temperature of different summer five-day periods in 1993–2006

reikšmė yra vidutiniškai 4 laipsniais aukštesnė nei išmatuota temperatūra. Pajūryje šis skirtumas vasaros pradžioje yra panašus į likusios Lietuvos dalies, tuo tarpu nuo liepos pabaigos dėl išilusios jūros (didesnė ne tik oro temperatūra, bet ir santykinė oro drėgmė) analizuojamos temperatūros skirtumas Klaipėdoje yra didesnis nei kitur. Tuo tarpu Vilniuje šis skirtumas pats mažiausias ir tik liepos pabaigoje vidutinis jutiminės ir išmatuotos oro temperatūros skirtumas viršija 3 laipsnius.

Antroje vasaros pusėje oro temperatūra ir santykinė oro drėgmė Vilniuje dieną (kai susidaro didžiausias nagrinėjamos temperatūros skirtumas) yra šiek tiek mažesnė nei likusioje Lietuvos dalyje.

Oro temperatūra ir drėgmė pasižymi priešinga paros kaita (5 pav., a ir b): minimali oro temperatūra fiksuojama 6 valandą, maksimali – 15 valandą, o santykinė drėgmė – atvirkščiai. Intensyviausiai oro temperatūra auga (ir mažėja santykinė



5 pav. Vidutinės oro temperatūros (a), santykinės drėgmės (b) ir „Humidex“ indekso (c) reikšmių kaita per parą vasaros mėnesiais didžiausiuose Lietuvos miestuose 1993–2006 m.

Fig. 5. Mean diurnal variation of air temperature (a), relative humidity (b), “Humidex” index (c) values in Lithuania in summer time 1993–2006

drėgmė) tarp 6 ir 12 valandos. Čia vėlgi išsiskiria Klaipėda, nes dėl jūros poveikio abiejų rodiklių paros kaita netokia ryški. Nepaisant didesnio absoliutaus drėgmės kiekio ore, aukštesnė vasaros naktų temperatūra pajūryje mažina prisotinimo laipsnį, tuo tarpu dieną santykinai vėsus oras lemia didesnes santykinės drėgmės reikšmes.

„Humidex“ indekso reikšmių kaita per parą yra labai panaši į oro temperatūros (5 pav., c). Maksimali vidutinė indekso reikšmė matavimo terminais fiksuojama 15 valandą ir kinta nuo 21,6 (Klaipėdoje) iki 22,7 (Panevėžyje). Vidutinis skirtumas tarp indekso reikšmės bei oro temperatūros kinta nuo 1,8 (6 val.) iki 2,4°C (21 val.). Klaipėdoje dėl didesnio drėgmės kiekio skirtumai didesni (iki 3,0°C (15 val.)). Antroje paros pusėje indekso reikšmės pajūryje prilygsta atitinkamiems dydžiams kitose Lietuvos vietose, nors oro temperatūra yra žemesnė. Tai sietina su išaugusiu drėgmės kiekiu ore, kuris susidarė dėl intensyvaus vandens paviršiaus garavimo.

### AUKŠTŲ „HUMIDEX“ INDEKSO REIKŠMIŲ PASIKARTOJIMAS

Aukštos „Humidex“ indekso reikšmės buvo išskirtos atsižvelgiant į darbo metodikoje pateiktą gradaciją: neigiamą poveikį sveikatai ar diskomfortą sukelia jutiminės temperatūros padidėjimas iki 27°C. Nustatyta, jog dienos, kurių bent vieno iš matavimų terminų metu yra pasiekama ši ribinė reikšmė, vidutiniškai sudaro nuo 22 (Klaipėdoje) iki 31% (Panevėžyje) bendro vasaros dienų skaičiaus (6 pav.). Rimtesnį poveikį sveikatai bei stiprų diskomfortą kelianti aukštesnė nei 32°C temperatūra pasitaiko rečiau: vidutiniškai 4,5–8,8% bendro dienų skaičiaus. Pavojinga sveikatai temperatūra (> 37°C) būna ne kasmet ir sudaro vos 0,8–1,4%. Iš viso tiriama laikotarpiu buvo užfiksuota 18 epizodų (32 dienos), kai vienoje ar kelyose analizuojamose vietovėse indekso reikšmės viršijo 37°C. Panevėžyje tokių dienų buvo 18, Kaune – 17, Šiauliuose – 13, Klaipėdoje – 10, Vilniuje – vos 5. Daugiausia dienų su ekstremaliai aukštomis reikšmėmis

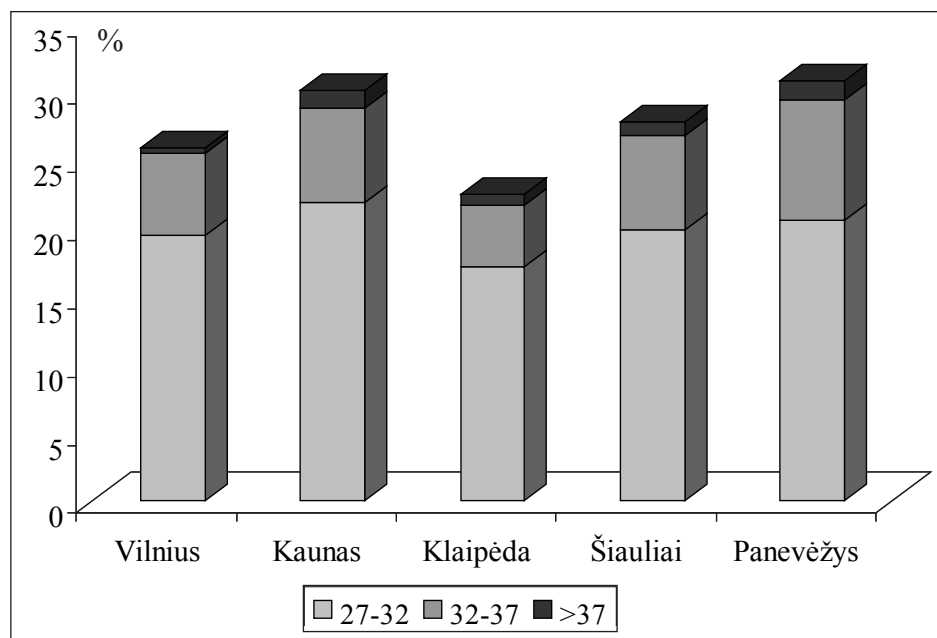
užfiksuota liepą (22 dienos), tuo tarpu birželį ir rugpjūtį tokie atvejai gana reti (atitinkamai 4 ir 6 dienos).

Atlikus tokių dienų sinoptinę analizę, paaiškėjo, jog daugeliu atvejų aukštos „Humidex“ indekso reikšmės užfiksuotos tada, kai 500 hPa izobariniame paviršiuje virš Lietuvos būdavo aukštuminio anticiklono gūbrys (56% atvejų). Aukštuminis anticiklonas tokius orus lėmė 31% atvejų, o likusieji 13% siejami su aukšto slėgio lauku (aukštuminio anticiklono periferija).

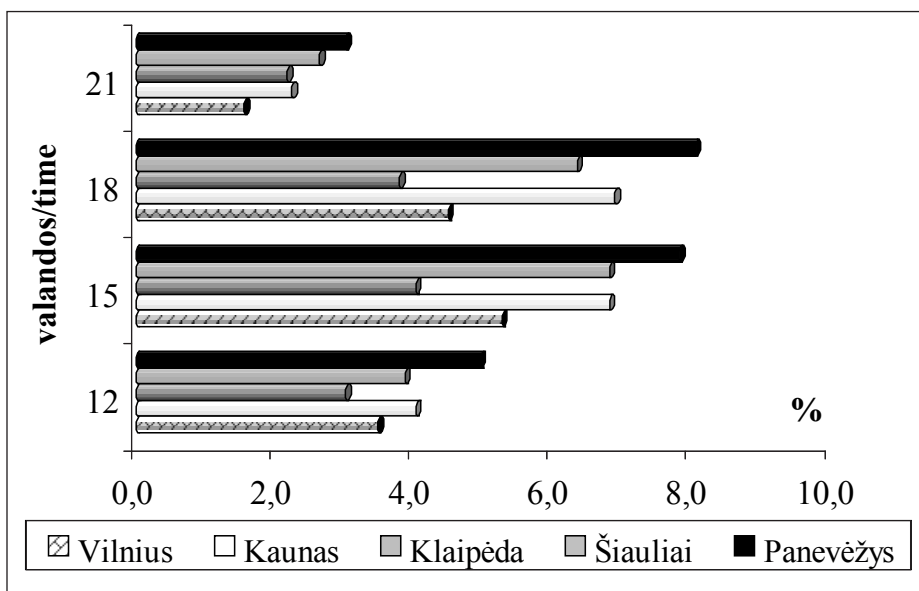
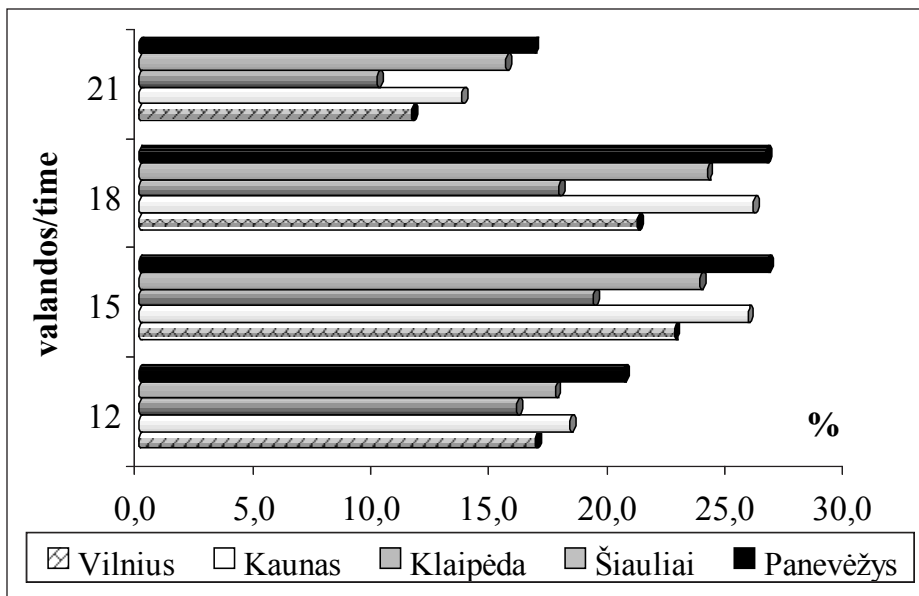
Priežeminiame lauke net 18 dienų ypač aukštos indekso reikšmės buvo fiksuojamos priešakinėje artėjančio ciklono periferijoje. Devynias dienas tokius orus lėmė anticiklonas ir 5 kartus – aukštesnio slėgio laukas. Tuo metu 850 hPa izobarinio paviršiaus aukštyje formuojasi šilumos gūbrys, iš pietų ir pietvakarių atnešamas karštas ir drėgnas tropinis oras, temperatūra šiame aukštyje didesnė nei 15 laipsnių.

Tiriamuoju laikotarpiu du kartus jutiminė temperatūra viršijo labai pavojingą sveikatai 42°C ribą. 2002 m. liepos 30 d. Panevėžyje buvo užfiksuotas absoliutus šio periodo „Humidex“ indekso reikšmės maksimumas – 43,4°C. Jau nuo tų metų liepos 26 d. Lietuvos orus pradėjo lemti stiprėjantis Azorų anticiklonas, kuris vėliau susijungė su virš Sibiro esančiu anticiklonu ir sudarė vieną bendrą sistemą. Galutinai susiformavusi ji buvo liepos 29 d., kai tiek apatinėje troposferos dalyje, tiek aukštuminiuose atmosferos sluoksniuose netoli Lietuvos buvo anticiklono centras. Europos pietvakariuose tuo metu vyko aktyvi cikloninė veikla: pietinių ciklonų nešamas karštas bei drėgnas tropinis oras lėtai kilo į aukštesnes platumas, o anticiklonas pradėjo silpti. Iš pietvakarių besiokliuduojantis atmosferos frontas, o su juo ir labai karštas oras pasiekė Lietuvą. Stipriausia šilumos advekcija buvo liepos 31–rugpjūčio 1 dienomis, tuo metu 850 hPa izobariniame paviršiuje buvo 17–18°C šilumos. Tai buvo pats ilgiausias laikotarpis, kai penkias dienas iš eilės vienoje ar kitoje Lietuvos vietoje buvo fiksuojama aukštesnė nei 37°C jutiminė temperatūra.

Labai aukštos karščio indekso reikšmės (Klaipėdoje – 42,1°C) buvo užfiksuotos ir 1997 m. birželio 29–liepos 1 dienomis: tuo



6 pav. Dienų, kai „Humidex“ indekso reikšmė viršijo 27°C, skaičius (%) 1993–2006 m. vasaros mėnesiais  
Fig. 6. Number of days with daily „Humidex“ index maximum above 27°C in summer time 1993–2006



7 pav. Atvejų skaičius (%), kai „Humidex“ indekso vertė viršijo 27°C (a) ir 32°C (b) atskirų dienos matavimų terminų metu vasaros mėnesiais 1993–2006 m.

Fig. 7. Number of cases (%) when „Humidex“ index value exceeded 27 °C (a) and 32 °C (b) during diurnal measurements in summer 1993–2006

laikotarpiu link Lietuvos iš pietvakarių artėjo ciklonas, kurio šiltajam frontui praslinkus į Lietuvą plūstelėjo karštas ir drėgnas oras.

Analizuojant aukštų „Humidex“ reikšmių pasiskirstymą dienos matavimų terminais nustatyta, jog dažniausiai jos užfiksuojamos 15 ir 18 valandą (7 pav., a ir b). Tokių atvejų skaičius yra panašus, nors Klaipėdoje ir Vilniuje aukštos reikšmės (> 27°C) šiek tiek dažniau fiksuojamos 15 valandą, o Kaune ir Šiauliuose – 18 valandą. Visose tirtose vietovėse vidurdienį aukštų indekso reikšmių tikimybė yra didesnė nei 21 valandą. Teritoriniai skirtumai išlieka beveik nepakitę ir atskirų terminų metu, t. y. Panevėžyje visą dieną aukštų indekso reikšmių tikimybė yra didžiausia, o Klaipėdoje – mažiausia.

## IŠVADOS

1. Maksimalios „Humidex“ indekso reikšmės Lietuvos teritorijoje fiksuojamos paskutinę liepos dekadą bei rugpjūčio mėnesio pradžioje. Didžiausios Panevėžyje, kur paskutinę liepos penkia-

dienį vidutinė dienos matavimų indekso reikšmė siekia 26,1°C, pajūryje dėl vėsinančio Baltijos jūros poveikio jos yra kiek mažesnės.

2. Didžiausias vidutinis skirtumas tarp „Humidex“ indekso reikšmių ir išmatuotos oro temperatūros užfiksuotas Klaipėdoje. Dėl didesnės santykinės oro drėgmės čia liepos pabaigoje ir rugpjūčio pradžioje indekso reikšmės yra vidutiniškai 4°C aukštesnės nei išmatuota temperatūra.

3. Nustatyta, jog dienos, kurių metu maksimalios „Humidex“ indekso reikšmės viršija 27°C, vidutiniškai sudaro nuo 22% (Klaipėdoje) iki 31% (Panevėžyje) bendro vasaros dienų skaičiaus.

4. Tiriama 14 metų laikotarpiu užfiksuotos 32 vasaros dienos, kai viename ar keliuose analizuojamuose Lietuvos miestuose indekso reikšmės viršijo didelį pavojų sveikatai keliančią 37°C ribą. Absoliutus tiriamo laikotarpio maksimumas užfiksuotas 2002 m. liepos 30 d. Panevėžyje – 43,4°C.

5. Aukštos „Humidex“ indekso reikšmės 56% atvejų nustatytos tada, kai 500 hPa izobariniame paviršiuje virš Lietuvos

susidarydavo aukštuminio anticiklono gūbrys. Priežeminiame lauke 56% atvejų aukštos indekso reikšmės užfiksuotos priešakinėje artėjančio ciklono periferijoje. Tuo metu 850 hPa izobarinio paviršiaus aukštyje formuojasi šilumos gūbrys, iš pietų ir pietvakarių atnešamas karštas ir drėgnas tropinis oras.

Parengta 2008 09 19

Gauta 2008 10 13

## PADĖKA

Straipsnio autoriai dėkoja Lietuvos hidrometeorologijos tarnybai prie Aplinkos ministerijos už suteiktą galimybę pasinaudoti jų sukaupta duomenų baze bei archyvine medžiaga. Už vertinimą pastabas autoriai dėkoja ir VU Hidrologijos bei klimatologijos katedros docentui G. Stankūnavičiui.

## Literatūra

1. *Advances in tourism climatology*. (2004). Matzarakis A., de Freitas C. Scott D. (eds.). Freiburg.
2. Aloševičienė G. (2001). Didelės kaitros Lietuvoje. *Geografijos metraštis*. 34(1): 22–30.
3. Buitkuviene S. (1998). *Sausros Lietuvoje*. Mokslinio tyrimo ataskaita. Vilnius: LHMT.
4. Bukantis A. (1996). *Neįprasti gamtos reiškiniai Lietuvos žemėse XI–XX amžiuose*. Vilnius, Geografijos institutas.
5. Höppe P. R. (1999). The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*. 43(2): 71–75.
6. Kirch W., Menne B., Bertollini R. (2005). *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. Springer-Verlag.
7. Masterton J. M., Richardson F. A. (1979). *A Method of Quantifying Human Discomfort due to Excessive Heat and Humidity*. Environment Canada.
8. Matzarakis A., Rutz F., Mayer H. (2007). Modeling radiation fluxes in simple and complex environments – application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*. 51(4): 323–334.
9. Stankūnavičius G. (2000). *Ilgalaikių oro temperatūros anomalijų sinoptinės sąlygos*. Disertacinis darbas. Vilniaus universitetas.
10. Steadman R. G. (1979). The assessment of sultriness. Part I: a temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *Journal of Applied Meteorology*. 18(7): 861–873.
11. Unger J. (1999). Comparisons of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central-European city. *International Journal of Biometeorology*. 43(3): 139–143.

Judita Liukaitytė, Egidijus Rimkus

## ASSESSMENT OF HEAT STRESS RISK INDUCED BY HOT WEATHER IN LITHUANIA

### Summary

The summer time heat stress index “Humidex” values were analysed during 1993–2006 in Lithuania. Depending on air humidity, the human body senses a higher or a lower air temperature as compared with the measured one. Heat exhaustion is possible after a prolonged exposure and physical activity when the apparent temperature exceeds 32 °C. In Lithuania such high temperatures can be observed from the end of May till the beginning of September. For this reason, only summer months were analysed in this study. The daily index mean values were estimated as the average of four daytime measurements (12 AM, 3, 6 and 9 PM).

High mean index values (>23 °C) were determined for the period from the beginning of July till the beginning of August (Fig. 2). The maximal mean “Humidex” values were observed in the last ten days of July and in the beginning of August. Especially high values were determined in Panevėžys where the mean value of the last five-day period of July reached 26.1 °C. Lower index values were found in Klaipėda due to the cooling effect of the Baltic Sea.

The positive difference between the “Humidex” value and air temperature strongly prevails in summer (Fig. 3). The highest recurrence of such a difference in Vilnius is within 1–2 °C, whereas in Kaunas and Klaipėda 2–3 °C and in some cases can exceed even 8 °C. The highest mean difference was estimated for Klaipėda. In the coastal area, due to the high relative humidity in the end of July and the beginning of August, the index values are on average by 4 °C higher than the measured temperature.

The number of summer days when the heat index values exceeded 27 °C varied from 22 in Klaipėda to 31% in Panevėžys, mostly at 3 h and 6 h PM. There were 32 days in the study period when the index values exceeded the critical level of 37 °C. The highest index value during the study period was observed in Panevėžys (43.4 °C on July 30, 2002).

In most cases, high (>37 °C) the “Humidex” index values can be related with the anticyclonic ridge at the 500 hPa level, whereas in the lower troposphere such events are mostly (56%) related with the periphery of the forthcoming cyclone when an anticyclonic ridge of warm air at the 850 hPa level and a very intensive advection of hot and wet air from the south and southwest can be observed.