

VILNIAUS UNIVERSITETAS

Judita Liukaitytė

BIOMETEOROLOGINIŲ SĄLYGŲ LIETUVOJE
KIEKYBINIS VERTINIMAS

Daktaro disertacija
Fiziniai mokslai, geografija (06P)

Vilnius, 2011

Disertacija rengta 2005-2011 metais Vilniaus universitete

Mokslinis vadovas:

doc. dr. Egidijus Rimkus (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, geografija –
06P)

Konsultantas:

prof. dr. Arūnas Bukantis (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, geografija –
06P)

Turinys

Įvadas	5
Darbe naudojami terminai ir santrumpos	10
1. Darbo tema atliktų tyrimų apžvalga	14
1.1. Biometeorologijos raida pasaulyje	14
1.2. Žmonių jautrumo orams tyrimai	17
1.3. Terminių indeksų naudojimas biometeorologijoje	19
1.4. Ultravioletinės spinduliuotės tyrimai	21
1.5. Biometeorologijos raida Lietuvoje	26
2. Žmonių jautrumo orams sociologinis įvertinimas	29
3. Duomenys ir darbo metodika	42
3.1. Orų sąlygų poveikio žmonių sergamumui širdies ir kraujagyslių ligomis Vilniuje tyrimo metodika	42
3.2. Terminių indeksų tyrimo metodika	46
3.2.1. Karščio ir šalčio indeksų kaita Lietuvoje	47
3.2.2. Karščio indikatorių ryšys su mirtingumu Vilniuje	54
3.3. UV spinduliuotės duomenų kalibracijos ir kaitos Lietuvoje tyrimo metodika	62
3.3.1. UV spinduliuotės matavimo rezultatų kalibracijos metodika	62
3.3.2. Kaune išmatuotos eriteminės spinduliuotės dydžių kalibravimas	68
3.3.3. Eriteminės spinduliuotės kalibruotų ir modeliuotų duomenų palyginimas	73
4. Oro sąlygų poveikis žmonių sveikatai	79
5. Terminių indeksų kaita Lietuvoje ir jų taikymas	96
5.1. Karščio indekso kaita Lietuvoje 1993–2006 metais	96
5.2. Šalčio indekso kaita Lietuvoje 1993–2006 metais	105
5.3. Karščio poveikis mirtingumui Vilniuje 1993–2007 metais	111
6. Karščio poveikio visuomenės sveikatai perspektyvos Europoje	117
7. Ultravioletinės spinduliuotės matavimai ir prognozės Lietuvoje	127
7.1. Kaune išmatuotos eriteminės spinduliuotės dydžių kalibracija	134

7.2 Eriteminės spinduliuotės kalibruotų ir modeliuotų duomenų palyginimas	138
Išvados	144
Literatūra	147
Publikacijos darbo tema	160
Priedai	163

Įvadas

Žmogaus savijauta yra glaudžiai susijusi su orų sąlygomis. Jau senovės mokslininkas gydytojas Hipokratas prieš 2500 metų yra pasakęs: „Jeigu daugelis žmonių vienu ir tuo pačiu metu susergera viena ir ta pačia liga, tai to priežasties reikia ieškoti ten, kas yra bendra visiems žmonėms ir kuo jie naudojami. Reiškia, kalbama apie įkvepiamą orą“. Jį galima vadinti pirmuoju biometeorologu.

Biometeorologija – tarpdisciplininis mokslas, tiriantis atmosferos procesų sąveiką su gyvaisiais organizmais – augalais, gyvūnais ir žmonėmis (ISB, 2010). Biometeorologinė aplinka – meteorologinių sąlygų kompleksas lemiantis žmonių sveikatos būklę ir komfortiškumą. Nuo Hipokrato laikų buvo vykdoma nemažai šios srities tyrimų, tačiau biometeorologinių darbų ypač padaugėjo XX amžiuje, kai įvairiose šalyse dirbantys autoriai pradėjo bendradarbiauti ir įkurta Tarptautinė biometeorologijos organizacija (ISB). Daugelyje pasaulio šalių atlikti moksliniai tyrimai rodo, jog orai ne tik daro įtaką žmonių savijautai, bet ir lemia įvairius susirgimus ar negalavimus.

Žmonių jautrumas orams nevienodas: meteorolabilūs asmenys jautriai reaguoja į orų pokyčius (pvz., jaučia galvos ar sąnarių skausmą, skausmą senų žaizdų vietose), kiti to poveikio visai nejaučia (meteostabilūs). Atlikta nemažai tyrimų, skirtų nustatyti, kokią įtaką žmogaus sveikatai daro atmosferos frontai, įvairios oro masės, kai kurie geofiziniai veiksniai (Höppe, 1999).

Orai veikia visuomenės sveikatą, tačiau dažniausiai pasitaikantys ir daugiausia žmonių aukų pareikalaujantys ekstremalūs gamtiniai reiškiniai yra šalčio ir karčio bangos. Nuo 2000 metų karščio bangos buvo užfiksuotos Prancūzijoje, Italijoje, Portugalijoje, Rusijoje, Vengrijoje, Bulgarijoje ir kitose pasaulio šalyse (Kirch ir kt., 2005). Labai karštos dienos bei neretai karščio bangų metu būnančios tvankios naktys sukelia kai kurias ligas ar jų paūmėjimą, o dažnai tampa ir mirties priežastimi (Kirch ir kt., 2005, Dessai, 2002, Gosling ir kt., 2007).

Svarbu laiku informuoti žmones apie artėjančią nelaimę ir kaip nuo to apsisaugoti. Biometeorologinės prognozės suteikia išankstinę informaciją apie sveikatai gresiantį pavojų, kuris atsiranda karščio ir šalčio bangų metu vykstant staigiems ar ekstremaliems orų pasikeitimams, išaugus ultravioletinės spinduliuotės intensyvumui, kai ilgesnis buvimas saulėje darosi pavojingas. Joms priskiriama ir žiedadulkių kiekio ore bei užterštumo prognozės.

Biometeorologija vis dar jaunas mokslas Lietuvoje. Iki šiol buvo atlikta labai nedaug tyrimų (Ašmenskas ir kt., 1997; Griciūtė ir kt., 1979; Martinkėnas ir kt., 1998, 2007), apie orų sąlygų poveikį žmonių sveikatai. Daugelis problemos aspektų dar visai nėra analizuoti. Autorė tikisi savo darbu prisidėti prie platesnio analizuojamos problemos pažinimo ir sukurti pagrindą biometeorologinės informacijos sklaidos ir prognozavimo sistemos Lietuvoje sukūrimui.

Darbo objektas

Lietuvos biometeorologinė aplinka

Darbo tikslas

Nustatyti orų poveikį Lietuvos gyventojų sveikatai ir atlikti biometeorologinių sąlygų šalies teritorijoje vertinimą

Darbo uždaviniai

1. Atlikti Lietuvos gyventojų jautrumo orams sociologinį vertinimą;
2. Nustatyti orų sąlygų poveikį širdies-kraujagyslių ligų kartojimuisi Vilniuje;
3. Išanalizuoti „*Humidex*“ ir Vėjo žvurbumo indeksų kaitą Lietuvoje;
4. Įvertinti karščio poveikį Vilniaus gyventojų mirtingumui;
5. Atlikti Kauno MS išmatuotų ultravioletinės spinduliuotės dydžių kalibraciją;
6. Įvertinti modelio STAR tinkamumą ultravioletinės spinduliuotės intensyvumo Lietuvoje prognozei.

Ginami teiginiai

1. Orų sąlygos ir jų pokyčiai veikia visuomenės sveikatos būklę Lietuvoje. Susirgimų širdies-kraujagyslių ligomis skaičius priklauso nuo orų sąlygų ir gali būti prognozuojamas remiantis ryšiais su meteorologiniais rodikliais.

2. Terminiai indeksai teikia svarbią papildomą informaciją apie teritorijos biometeorologines sąlygas. Biometeorologiniam šalčio poveikiui prognozuoti tinka Vėjo žvarbumo indeksas, karščio poveikiui – „*Humidex*“ indeksas.

3. Gyventojų mirtingumas padidėja karščio bangų metu. Todėl būtina karščio poveikio visuomenės sveikatai perspėjimo sistema.

4. STAR modelis yra tinkamas atlikti ultravioletinės spinduliuotės duomenų kalibraciją ir gali būti panaudotas UV spinduliuotės intensyvumo skaičiavimui ir prognozavimui Lietuvoje.

Darbo naujumas

Šiame darbe pirmą kartą Lietuvoje: 1) vykdyta orų sąlygų poveikio visuomenės sveikatai sociologinė apklausa; 2) įvertintas meteorologinių sąlygų poveikis sergantiems širdies-kraujagyslių ligomis Vilniuje; 3) išanalizuota terminių indeksų kaita laike ir erdvėje; 4) įvertintas karščio poveikis žmonių mirtingumui Vilniaus mieste; 5) įvertintas įvairių biometeorologinių karščio indikatorių panaudojimo gyventojų perspėjimui apie karščius tinkamumas; 6) įvertintas STAR modelio tinkamumas UV spinduliuotės Lietuvoje prognozei.

Darbo aktualumas ir pritaikomumas

Didėjant supratimui apie klimato ir orų poveikį žmogui, šiai sričiai vis daugiau dėmesio yra skiriama ir nacionalinėse orų tarnybose. Daugelis jų teikia informaciją ir prognozes, kaip prisitaikyti prie nepalankių sveikatai meteorologinių sąlygų ir sumažinti aplinkos poveikį bei keliamą stresą. Darbe aptariami prognozavimo metodai gali būti naudojami Lietuvos hidrometeorologijos tarnyboje prie Aplinkos ministerijos biometeorologinėms

prognozėms sudaryti. Atlikti tyrimai padės plėtoti kurortologijos ir visuomenės sveikatos sritis. Remiantis šiuo darbu, galima tobulinti egzistuojančią išankstinių perspėjimų apie stichinius, katastrofinius ir kitus pavojingus hidrometeorologinius reiškinius sistemą. Taip pat galima kurti karščio poveikio visuomenės sveikatai perspėjimų sistemą, informuojančią apie karščio poveikį sveikatai. Tai indėlis ir į klimato kaitos poveikio žmogaus sveikatai tyrimus, ir gali būti naudojamas tobulinti prisitaikymo prie klimato kaitos strategiją.

Rezultatų aprobavimas

Disertacijos darbo rezultatai buvo pristatyti 6 tarptautiniuose ir 10 respublikinių mokslinių renginių: 7-ojoje biometeorologijos konferencijoje (Freiburgas, Vokietijoje, 2010 m. balandžio 12–14 d.); Pasaulinės meteorologijos organizacijos organizuotame „Karščio sveikatos perspejimo sistemos planavimo“ posėdyje (Šanchajus, Kinija, 2009 m. liepos 21–24 d.); 3-iajame NCAR Klimato ir sveikatos seminare (Boulderis, JAV, 2009 m. liepos 13–17 d.); du pranešimai pristatyti 2-ame tarptautiniame Sankt Peterburgo ekologiniame forume „Aplinka ir žmogaus sveikata“ (Sankt Peterburgas, Rusija, 2008 m. liepos 1–4 d.); 18-ame tarptautiniame biometeorologijos kongrese (Tokijas, Japonija, 2008 m. rugsėjo 22–28 d.); 4-ojoje Europos smarkių audrų konferencijoje (Triestas, Italija, 2007 m. rugsėjo 10–14 d.); respublikinėje mokslinėje konferencijoje „Meteorologija ir hidrologija Lietuvoje: raida ir perspektyvos“, (Vilnius, 2005 m. kovo 23 d.); 4-oje mokslinėje konferencijoje „Mokslas Gamtos mokslų fakultete“ (Vilnius, 2006 m. lapkričio 23–24 d.); 9-ojoje jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“ (Vilnius, 2006 m. kovo 30 d.); seminare „Lietuvos pajūrio regiono prisitaikymo prie klimato kaitos galimybės“ (Klaipėda, 2007 m. gegužės 4 d.); 11-ojoje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“ (Vilnius, 2008 m. balandžio 3 d.); Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos konferencijoje „Orų ir klimato poveikis žmogui“ (Vilnius, 2008 m. balandžio 10 d.); 12-ojoje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas –

Lietuvos ateitis“ (Vilnius, 2009 m. balandžio 2 d.); Valstybinio aplinkos sveikatos centro seminare „Klimato kaita ir sveikata“ (Vilnius, 2009 m. rugsėjo 15 d.); 13-ojoje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“ (Vilnius, 2010 m. kovo 25 d); 3-ojoje nacionalinėje mokslinėje konferencijoje „Mokslas – žmonių sveikatai“ (Kaunas, 2010 m. balandžio 7 d.).

Publikacijos

Disertacijos tema paskelbti 3 straipsniai referuojamuose mokslo žurnaluose, 7 straipsniai recenzuojamuose ir 3 nerecenzuojamuose leidiniuose. Taip pat publikuotos 8 konferencijų tezės.

Padėkos

Disertacinio darbo autorė dėkoja visiems asmenims ir organizacijoms, padėjusiems rengti šį darbą. Autorė dėkoja darbo vadovui doc. E. Rimkui, moksliniam konsultantui prof. A. Bukančiui. Taip pat VU Hidrologijos ir klimatologijos katedros, Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos Meteorologinių prognozių skyriaus kolektyvams ir Vokietijos orų tarnybos biometeorologei dr. C. Koppe už patarimus ir pagalbą rengiant disertacinį darbą. Taip pat dėkojama Lietuvos hidrometeorologijos tarnybai prie Aplinkos ministerijos, VšĮ Greitosios medicinos pagalbos Vilniaus stoties ir Vilniaus miesto savivaldybės Civilinės metrikacijos skyriaus darbuotojams už leidimą pasinaudoti jų sukauptais duomenimis, Miuncheno universiteto Meteorologijos institutui ir dr. P. Koepke už galimybę dalį darbo atlikti Vokietijoje ir naudotis STAR modeliu ir suteiktą pagalbą. Dėkoju studentams R. Kutkaitei, I. Nariūnaitei ir J. Savanevičiui už pagalbą renkant duomenis. Ir dar giminėms, artimiesiems ir draugams.

Darbe naudojami terminai ir santrumpos

Oro sąlygų poveikis žmonių sveikatai

Arterinė hipertenzija (TLK kodas I-10) – progresuojantis daugybės tarpusavyje susijusių priežasčių nulemtas širdies ir kraujagyslių sindromas, glaudžiai susijęs su funkciniais bei struktūriniais širdies, kraujagyslių, inkstų, smegenų ir kitų organų pažeidimais (OP vaistais..., 2008).

Biometeorologinė aplinka – meteorologinių sąlygų kompleksas lemiantis žmonių sveikatos būklę ir komfortiškumą.

Insultas (I-64) – tai dažna nervų sistemos liga, kurios metu sutrinka galvos smegenų kraujotaka ir nukenčia tam tikra smegenų dalis. Insultai, nepatiksinti kaip kraujosruva ar smegenų infarktas, pagal mechanizmą gali būti skirstomi į išeminius (dėl nepakankamo kraujo pritekėjimo į smegenis (smegenų infarktas) ir hemoraginius (dėl kraujo išsiliejimo smegenyse) (Insultas..., 2010).

Išeminė širdies liga (I-25) – tai miokardo disfunkcija dėl reliatyvaus ar visiško arterinio kraujo pritekėjimo į miokardą sutrikimo, pasireiškianti ūminiais ir lėtiniais išeminiais sindromais. Liga vystosi dėl vainikinių širdies arterijų aterosklerozės, t. y. kraujagyslių „užkalkėjimo“. Arterijų spindis gali siaurėti palaipsniui, tada, metams bėgant, organizmas prisitaiko ir vystosi lėtinė išeminė širdies liga (Išeminė širdies..., 2008).

Kardiopatija (I-11) – tai širdies raumens liga, pasireiškianti širdies struktūros ir funkcijos pokyčiais, lemiančiais širdies nepakankamumo išsivystymą (Kardiomiopatija, 2008).

Meteorolabilus – asmuo, jautriai reaguojantis į orų pokyčius.

Meteorostabilus – asmuo, nereaguojantis į orų pokyčius.

Meteotropizmas – ligų priklausomybė nuo orų sąlygų.

Nestabili krūtinės angina (I-20) – tai trumpalaikis skausmas už krūtinkaulio, kurį sukelia sutrikusi pusiausvyra tarp miokardo aprūpinimo arteriniu krauju (deguonies tiekimo) ir deguonies poreikio (Išeminė širdies..., 2008).

Paroksizminė tachikardija (I-47) – tai dažno širdies plakimo priepuolis, kuriam būdinga: staigi priepuolio pradžia ir pabaiga; ritmiška širdies veikla

priepuolio metu; širdies susitraukimų dažnis priepuolio metu nuo 100 iki 250 k./min (Paroksizminių tachikardijų, 2009).

Prieširdžių plazdėjimas ir virpėjimas (I-48) – tai ritmo sutrikimai, kai prieširdžiai ima susitraukinėti labai greitai ir neefektyviai. Plazdėjimo metu skilveliai susitraukinėja dažnai, bet reguliariai, virpėjimo – visiškai neritmiškai. (Prieširdžių plazdėjimas..., 2009).

Smegenų infarktas (I-63) – tai ūmus galvos smegenų kraujotakos sutrikimas, kurio metu, dėl staiga užsikimšusios galvos smegenis maitinančios kraujagyslės, sutrinka smegenų audinio kraujotaka ir atsiranda smegenų pažeidimo simptomai (Insultas..., 2010).

Širdies laidumo sutrikimai (I-45) – tai elektrinio impulso plitimo širdyje sutrikimas (Širdies laidumo..., 2009).

Širdies veiklos nepakankamumas (I-50) – tai liga, atsirandanti dėl širdies „nusilpimo“, kai dėl jos nepajėgumo užtikrinti kiekvieno organo aprūpinimą deguonimi ir maisto medžiagomis, atsiranda ligos simptomų. Tai patologinė būklė, kai širdies skilveliai nebesugeba išstumti kraujo į mažąjį ar didįjį kraujotakos ratus (Širdies nepakankamumas, 2008).

TLK kodas - Tarptautinė ligų ir sveikatos problemų klasifikacija naudoja triženklį kodą

Ūminis miokardo infarktas (I-21) – tai negrįžtamas miokardo (širdies raumens) dalies pakenkimas ir žuvimas, kuris atsiranda dėl širdies kraujotakos pablogėjimo. Lietuvoje kasmet miokardo infarktu susergera 4500 žmonių (Miokardo infarktas, 2009).

Terminiai indeksai

AT – „tikroji“ temperatūra (*apparent temperature*).

ITU – temperatūros drėgmės indeksas (*temperature humidity index*):

$$ITU = T[°F] - 0.55 - 0.55 * (RH/100) * (T[°F] - 58) \quad (1).$$

Jutiminė temperatūra – žmogaus jaučiama temperatūra.

HI – karščio indeksas (*heat index*).

KPVSP – karščio poveikio visuomenės sveikatai perspėjimai (*heat-health warning system*).

PET – fiziologiškai ekvivalentinė temperatūra (*Physiological Equivalent Temperature*).

PT – pajaučiamos temperatūros indeksas (*perceived temperature*).

UTCI – Universalus Terminis Klimato Indeksas (*Universal Thermal Climate Index*),

„**Humidex**“ – karščio indeksas.

WCT – „Vėjo žvarbumo“ indeksas (*wind chill*).

UV spinduliuotė

CIE – UV veikimo spektras, sukeliantis odos paraudimą.

CONST_{ery} – absoliutaus jautrumo konstanta „tikrojo“ eriteminio spektro CIE spektriniam jautrumui.

CONST_{slmax} – *Solar Light* UV biometro absoliutaus jautrumo konstanta su maksimaliu spektriniu jautrumu.

CONST_{slmin} – *Solar Light* UV – biometro absoliutaus jautrumo konstanta su minimaliu spektriniu jautrumu.

E_{sky}(λ) – „tikroji“ eriteminio veikimo spektro spinduliuotė iš Saulės ir dangaus, [W/m²nm]:

$$E_{sky} = \int E_{sky}(\lambda) \times CONST_{ery} \times S_{ery}(\lambda) \times d\lambda = \int E_{sky}(\lambda) \times S_{ery}(\lambda) \times d\lambda; \quad (2)$$

E_{mod}(λ) – spektrinė spinduliuotė [W/m²nm] apskaičiuota, spinduliuotės perdavimo modeliui idealiomis matavimo sąlygomis, CONST_{ery} = 1:

$$E_{mod} = \int E_{mod}(\lambda) \times CONST_{ery} \times S_{ery}(\lambda) \times d\lambda = \int E_{mod}(\lambda) \times S_{ery}(\lambda) \times d\lambda; \quad (3)$$

E_{modslmax}(λ) – spektrinė spinduliuotė iš Saulės ir dangaus [W/m²nm], apskaičiuota aukštos kokybės spinduliuotės perdavimo modeliui. Gauta naudojant maksimalaus spektrinio ir kampinio jutiklio jautrumo reikšmes, nurodytas *Solar Light* vadove:

$$E_{modslmax} = \int E_{mod}(\lambda) \times CONST_{slmax} \times S_{slerymax}(\lambda) \times d\lambda = CONST_{slmax} \times \int E_{mod}(\lambda) \times S_{slerymax}(\lambda) \times d\lambda; \quad (4)$$

$E_{\text{modslmin}}(\lambda)$ – spektrinė spinduliuotė iš Saulės ir dangaus [$\text{W}/\text{m}^2\text{nm}$], sumodeliuota aukštos kokybės spinduliuotės perdavimo modeliu. Naudojant minimalaus spektrinio ir kampinio jutiklio jautrumo reikšmes, nurodytas *Solar Light* vadove:

$$E_{\text{modslmin}} = \int E_{\text{mod}}(\lambda) \times \text{CONST}_{\text{slmin}} \times S_{\text{slerymin}}(\lambda) \times d\lambda = \text{CONST}_{\text{slmin}} \times \int E_{\text{mod}}(\lambda) \times S_{\text{slerymin}}(\lambda) \times d\lambda; \quad (5)$$

$S_{\text{ery}}(\lambda)$ – eriteminio veikimo spektro CIE funkcija, naudojama formulėse 2 ir 3, tiek sumodeliuotai tiek išmatuotai „tikrajai“ spinduliuotei su kampiniu jutiklio jautrumu pagal kosinusoidės dėsnį.

$S_{\text{slerymax}}(\lambda)$ – spektrinio veikimo spektro funkcija su maksimaliu spektriniu jautrumu ir su kampiniu jutiklio jautrumu, nurodytais *Solar Light* vadove.

$S_{\text{slerymin}}(\lambda)$ – spektrinio veikimo spektro funkcija su minimaliu spektriniu jautrumu ir su kampiniu jutiklio jautrumu, nurodytais *Solar Light* vadove.

Dobsono vienetas – bendro ozono kiekio matavimo vienetas. 1 mm ozono sluoksnio storis esant 0 °C temperatūrai ir 1013 hPa atmosferos slėgiui yra lygus 100 Dobsono vienetų (DU).

DWD – Vokietijos orų tarnyba (*Deutscher Wetterdienst*).

Eriteminė spinduliuotė – UV spinduliuotė, kurios bangų ilgis 280–320 nm, ji daro stiprų fiziologinį poveikį.

UV – ultravioletinė spinduliuotė – elektromagnetinių bangų spektro dalis.

UVI – ultravioletinės spinduliuotės indeksas (*UV index*).

STAR – modelis UV spinduliuotei skaičiuoti. Darbe naudojamos STARsci, STARneuro0 ir STARneuro1 versijos.

MED – minimali eriteminė dozė. Šis dydis priklauso nuo odos tipo. *Solar Light* naudojimo vadovas nurodo, jog $1 \text{ MED} = 210 \text{ J}/\text{m}^2$

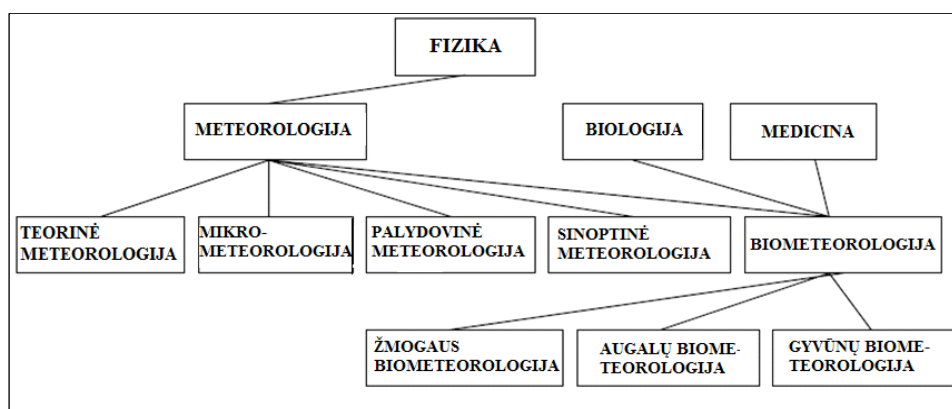
MED/h – UV spinduliuotės dydis, kuris priklauso nuo MED dydžio:

$$1 \text{ MED}/\text{h} = 0,058333 \text{ W}/\text{m}^2.$$

1. Darbo tema atliktų tyrimų apžvalga

1.1. Biometeorologijos raida pasaulyje

Biometeorologija – tarpdisciplininis mokslas, tiriantis atmosferos procesų sąveiką su gyvaisiais organizmais: augalais, gyvūnais ir žmonėmis (ISB, 2010).



1.1 pav. Schema, vaizduojanti sąsajas tarp fundamentinių mokslo šakų ir biometeorologijos (Höppe, 1997)

Žmogaus biometeorologija – mokslas apie atmosferos terpėje vykstančių procesų ar pavienių jos elementų poveikį žmogui (Höppe, 1997). Žmogaus biometeorologija – tai tarpdisciplininis mokslas, glaudžiai besisiejantis su meteorologija, aplinkos fizika, medicina, biologija ir labai artimas medicininei meteorologijai (1.1 pav.).

Pirmoji žmogaus biometeorologijai skirta knyga pasirodė dar 400 metų prieš Kristų, kai Hipokratas savo veikale „Apie orą, vandenį ir vietas“ įspėjo gydytojus apie galimas medicinines komplikacijas, kylančias dėl besikeičiančio oro. Bene plačiausiai tuo laikotarpiu kilusios idėjos aprašomos knygoje „*Hipocratic heritage*“ – idėjų apie orus ir žmonių sveikatą istorija, kurioje atskleidžiama, kad jau daugelį amžių žmonės sveikatos problemas siedavo su orų sąlygomis (Sargent II, 1982). Šioje knygoje apžvelgiamos biometeorologinės idėjos senovės indų, graikų, romėnų liaudies medicinoje. Atskleidžiama, kaip viduramžiais ligos ir epidemijos buvo siejamos su

natūraliomis gamtos sąlygomis, pristatoma daugelis kitų iki XX a. vidurio vyravusių nuostatų ar atliktų tyrimų rezultatų.

Klasikinės biometeorologijos pradžia galima laikyti 1803 metus, kai G. Knogler savo išleistoje knygoje „Meteorologija“ aprašė orų poveikį sveikatai. Vėliau baronas F. von Humboldt (1827) klimatą apibrėžė, kaip „...visi atmosferos pokyčiai, kurie veikia mūsų pojūčius“. 1876 metais M. von Pettenkofer analizavo orų poveikį apsirengusiam žmogui (Höppe, 1997).

Biometeorologijos mokslo raida ėmė įgauti pagreitį XX amžiaus 3–6 dešimtmečiais, kai atsirado terminas „meteojautrumas“. Bene labiausiai ši mokslo šaka klestėjo vokiškai kalbančiose šalyse, kur tuo metu publikuota nemažai biometeorologinių darbų: F. Sauberer (1948), P. De Rudder (1952), H. Ungeheuer (1955), W. Donle (1956), F. Flach (1957), D. Assmann (1963). O kiek vėliau V. Faust (1977) ir S.W. Tromp (1980) išleistos biometeorologijai skirtos knygos naudojamos ir iki šių laikų.

XX a. šeštą dešimtmetį biometeorologinių procesų analizei pradėti naudoti matematiniai-statistiniai skaičiavimų metodai ir pradėtas šių procesų modeliavimas. Daugiausia dėmesio buvo skiriama žmogaus šiluminiam balansui apibūdinti esant skirtingoms aplinkos sąlygoms (Sargent 1962; Wyndham ir kt., 1965). Šioje srityje daug tyrimų buvo atliekama ir vėlesniais dešimtmečiais.

Ilgą laiką tai buvo pavienių mokslininkų vykdomi tyrimai, o tarptautinis bendradarbiavimas vyko vangiai. Apie 1953 metus Europos biometeorologai pradėjo siekti suvienyti savo veiklą ir 1956 m. rugpjūčio 29–31 d. Paryžiuje, tuo metu vykusio pirmojo biometeorologijos kongreso metu, buvo įkurta Tarptautinė biometeorologijos organizacija (ISB). Iki šiol tai yra pagrindinė organizacija, kuriojanti šios srities tyrimus pasaulyje. Kongresų metu susirinkę visų šalių mokslininkai pristato savo darbus, sprendžia, kurioms biometeorologijos kryptims bus teikiami prioritetai ir tarptautinės mokslininkų grupės rengs bendrus darbus (ISB, 2010).

XX a. 7–8 dešimtmečiais buvo išsamiai aprašytas žmogaus energijos balanso modelis ir sukurti kompleksiniai terminiai indeksai. Pasirodo ir terminų

komfortą detaliai aprašančios P. O. Fanger (1970), D. M. Gates (1972; 1993), kiek vėliau K. C. Parson (1993) knygos.

Tyrimai buvo atliekami ir kitose biometeorologijos srityse. 1969 metais H. E. Landsberg išleido knygą „Orai ir sveikata: įvadas į biometeorologiją“, joje sujungė meteorologijos ir biometeorologijos srityse atliktus tyrimus. Biometeorologijos vadovėlius išleido W. P. Lowry ir P. P. Lowry (1989; 1998). 1997 metais paskelbtas mokslininkų darbas, kur aprašoma bioklimatologijos progresas ir pagrindinės tyrimų kryptys (Advances..., 1997). Naujausia knyga skirta adaptacijai prie klimato kaitos (Biometeorology..., 2009) – tai pirmoji knyga iš Springer leidyklos biometeorologijos tema planuojamos išleisti knygų serijos.

Daugiausia šios srities darbų publikuojama Tarptautiniame biometeorologijos žurnale (*International Journal of Biometeorology*). 2000-2009 metais buvo išspausdinti 423 darbai, kurių didelė dalis skirta ir žmogaus biometeorologijai.

Nemažai darbų šioje srityje atlikta Rusijoje. Vien 1980–2000 metų laikotarpiu buvo publikuota 300 darbų, kuriuose tirta orų ir klimato poveikis žmogui. Daugiausia darbų skirta terminiam poveikiui įvertinti įvairiose Rusijos dalyse ir įvairių ligų paūmėjimų, siejamų su meteorologinėmis sąlygomis, analizei (Razuvaev, 2002).

Siekiant tiksliau pateikti informaciją apie atmosferos sąlygas ir jų poveikį žmogaus sveikatai, savijautai ir darbingumui, pirminė meteorologinė informacija turi būti biologiškai susieta. Šiuo metu daugelyje pasaulio šalių jau yra skelbiamos biometeorologinės prognozės. Pasaulinė meteorologijos organizacija (WMO) yra išleidusi rekomendacijas kokias prognozes ir kaip reikėtų skelbti (WMO, 2004a). Tačiau įvairiose šalyse jos skiriasi, nes fiziologinis poveikis žmogui labai priklauso nuo geografinių ir klimatinų šalies sąlygų.

1.2 Žmonių jautrumo orams tyrimai

Publikacijų, kuriose būtų pateikiamas žmonių jautrumo orams sociologinis įvertinimas, yra palyginti nedaug. 2005 metais buvo publikuotas straipsnis, kur skelbiami Vokietijoje ir Kanadoje atliktos apklausos rezultatai (Mackensen ir kt., 2005). Tai vienas iš itin retų darbų šioje srityje.

Antra vertus, yra atlikta labai daug tyrimų, kur įvairios ligos ar sveikatos sutrikimai siejami su įvairiais meteorologiniais parametrais ar sinoptine situacija. F. Folkeris meteorolabilius žmones skirsto į tris grupes: reaguojantys į orus, jautrius ir dirglius. Pirmoji grupė praktiškai nepastebi, jog juos veikia orai. Antrojo tipo žmonės į dirgiklius reaguoja greičiau ir labiau negu kiti žmonės. Jie gali skųstis silpnumu, apetito stoka, stinguliu, depresine nuotaika, irzlumu, susilpnėjusia reakcija. Trečiajai grupei priklauso žmonės, kurie iš tiesų kenčia dėl orų permainų. Visų pirma tai randų ir amputuotų galūnių skausmai, galvos skausmai, infekcinių ligų, operacijų, kaulų lūžių liekamieji simptomai ir kt. (Folkeris, 1990).

Vokietijos meteorologijos tarnyba išskyrė svarbiausius atmosferos cirkuliacijų tipus, turinčius poveikį žmonių sveikatai, jais remiantis gyventojams ir suinteresuotoms institucijoms yra pateikiamos medicininės-meteorologinės prognozės. Nustatyta, jog ilgesniam laikui nusistovėjus aukšto slėgio sričiai, padidėja oro užterštumas, kas sukelia kvėpavimo takų sutrikimus, plaučių ligų ir reumato paūmėjimą. Vykstant orų pasikeitimams, pakyla kraujospūdis, padažnėja epilepsijos priepuolių, spazminių skausmų, pasireiškia galvos skausmas ar apima depresija, padidėja miokardo infarkto skaičius. Žmonėms, jautriai reaguojantiems į orų pokyčius, dažnai reikalinga tam tikra terapija ar specialus režimas (Jendritzky, Bucher, 1992).

Daug dirbama šioje srityje ir Japonijoje, ten yra skelbiama platus biometeorologinių prognozių spektras. Gyventojus ir sveikatos įstaigas pasiekia prognozės, informuojančios apie galimas gripo epidemijas ar miokardo infarkto tikimybę (Yoshino, Miyashita, 2007).

Publikuota daug darbų, kur sergamumas ar mirtingumas siejamas su bendromis meteorologinėmis sąlygomis ar pavieniais rodikliais. Dauguma ekspertų pripažįsta, jog temperatūra itin stipriai veikia sveikatos būklę. S. Sheridan, širdies, kraujagyslių bei kvėpavimo takų susirgimus sieja su temperatūros kilimu (WMO, 2004b). Esant aukštai temperatūrai kraujagyslės susitraukia, pakyla kraujo spaudimas, dėl to šiluma iš kūno sparčiau atiduodama į aplinką. Tačiau, jei organizmo termoreguliaciniai procesai vyksta pernelyg lėtai, jis gali perkaisti, o tai lemia širdies bei kraujagyslių ligų paūmėjimą (Nachatelo, 2002). Ypač pavojingos yra karščio ir šalčio bangos – jų metu įvairūs susirgimai bei mirštamumas smarkiai padidėja.

Kiti ne mažiau svarbūs meteorologiniai rodikliai – tai atmosferos slėgis, oro drėgnumas, vėjo greitis, saulės spindėjimo trukmė – visi jie taip pat veikia žmogaus sveikatą. Organizmą gali veikti netgi dirvožemio drėgnumas (Maunsell, 1952), mėnulio fazė (Ruegg ir kt., 2007), Saulės aktyvumo padidėjimas (Ašmenskas ir kt., 1997).

Atlikus tyrimus, nustatyta širdies bei kraujagyslių ligų priklausomybė nuo orų klasių žiemos sezonu Ispanijoje. Susirgimų skaičius padidėdavo per 24–48 valandas po anticikloninio pobūdžio oro masės įsiveržimo, praėjus 4–5 dienoms po vakarų ir 6–7 dienoms po rytų pernašos atneštų oro masių pasirodymo (De Pablo ir kt., 2008).

Su orų sąlygomis yra siejami įvairių ligų paūmėjimai: artrito (Aikman, 1997; Drane ir kt., 1997; Gorin ir kt., 1999), astmos (von Klot ir kt., 2002), epilepsijos (Motta ir kt., 2006; Doherty ir kt., 2007), migrenos (Cooke ir kt., 2000) ir daugelio kitų. Beje, skirtingomis klimatinėmis sąlygomis tos pačios ligos gali paūmėti dėl skirtingų aplinkos veiksnių.

Jungtinėje Karalystėje daug dėmesio skiriama kvėpavimo sistemos ligų sąsajoms su meteorologinėmis sąlygomis. Yra sukurtas metodas, skirtas mirtingumui nuo gripo nustatyti remiantis meteorologiniais duomenimis (Donaldson, Keatinge, 2002).

Ieškoma ryšio tarp orų ir dėl įvairių ligų išaugusio mirtingumo: mirtingumo padidėjimas nuo miokardo infarkto siejamas su aukšta temperatūra

Oklende, Naujojoje Zelandijoje (Frost ir kt., 1992), jau 1977 metais nustatytas ryšys tarp mirtingumo nuo išeminės širdies ligos ir temperatūros Londone, Jungtinėje Karalystėje (Bainton ir kt., 1977), mirtingumas nuo širdies ir kraujagyslių ligų siejamas su šalčio įsiveržimais Čekijoje (Kyselý ir kt., 2009). Nustatyta, kad temperatūrai nukrypstant nuo komfortiškų reikšmių, t. y. esant karšties ar šalties orams mirtingumas padidėja (Martens, 1998).

1.3 Terminų indeksų naudojimas biometeorologijoje

Dar 1938 metais K. Büttner aprašė šilumos balansą žmogaus organizme. Jis pastebėjo, kad aplinkos terminis poveikis žmogaus kūnui – tai bendras visų terminų parametrų efektas (Höppe, 1997). Oro temperatūra, Saulės ir Žemės spinduliuotė, santykinis drėgnumas ir vėjo greitis kartu su asmeniniais individualiais kintamais dydžiais, t. y. apranga ir metabolizmo lygiu, yra veiksniai, kurie formuoja energijos balansą tarp žmogaus ir jį supančios aplinkos. Šis balansas daro įtaką asmens terminiam komfortui. Naudojant minėtus kintamuosius per praėjusius septyniasdešimt tyrimo metų 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; Matzarakis ir kt., 2007).

1960 m. K. Büttner pasiūlytu parametrų komplekso principu buvo sudarytas šilumos balanso modelis, skirtas žmogaus kūno terminiam komfortui įvertinti, ir jis sulaukė vis didesnio susidomėjimo bei pripažinimo. P. O. Fanger (1970) knygoje „Terminis komfortas“ surinko ir pateikė daugelį iki to laikotarpio pasaulyje sukurtų terminų indeksų, kurių dalis rėmėsi šilumos balanso modeliu. Ir toliau yra daug dirbama šioje srityje, ypač bandant įvertinti karščio poveikį žmogaus organizmui. D. Lee 1980 metais aprašė, kaip per 75 metus nuo pirmojo karščio indekso sukūrimo vystyta ši sritis ir su kokiomis problemomis susidurta (Lee, 1980).

R. Steadman laikomas vienu garsiausių mokslininkų, dirbusių su terminiais indeksais. 1965 metais apgynė daktaro disertaciją, kurioje

analizuojama, kaip temperatūra ir drėgmė prasiskverbia per rūbus pučiant vėjui (Steadman, 1965). Toliau vystydamas šios srities tyrimus jis aprašė vėjo žvarbumo poveikį apsirengusiam žmogui ir taip patobulino vėjo žvarbumo indekso skaičiavimo formulę (Steadman, 1971). Taip pat autorius tyrinėjo kaitros poveikį ir sukūrė temperatūros-drėgmės indeksą, nustatinėjo vėjo, Saulės spinduliuotės bei atmosferos slėgio poveikį jutiminei temperatūrai (Steadman, 1979 a, b).

Ankstyvąjį vėjo žvarbumo indeksą 1940 metais sukūrė P. Siple ir C. Passel, atlikdami tyrinėjimus Arktikoje ir stebėdami, per kiek laiko vanduo užšals plastikiniame cilindre priklausomai nuo oro temperatūros ir vėjo greičio (Siple, Passel, 1945). Vėjo žvarbumo indeksas daugelio mokslininkų buvo tobulinamas. M. Bluestein ir J. Zecher (1999) sukūrė naują vėjo žvarbumo indeksą, remdamiesi P. Siple ir C. Passel indeksu (1945). R. G. Quayle ir kiti (2000) paskelbė įvairių autorių sukurtų vėjo žvarbumo indeksų palyginimą. Vykdamas tyrimus, skirtus šalčio stresui apibūdinti, indeksas buvo vis tobulinamas, kol 2001 metais JAV ir Kanados meteorologijos tarnybos pradėjo skelbti vėjo žvarbumo prognozes jau pagal naują vėjo žvarbumo indeksą (Osczevski, Bluestein, 2005). Vėjo žvarbumo prognozės skelbiamos daugelyje šalių, o remiantis šiuo indeksu atliekami skaičiavimai biometeorologiniuose tyrimimuose. Kadangi indeksas nusako kompleksinį vėjo ir temperatūros poveikį atviroms kūno vietoms, gali būti naudojamas visame pasaulyje. Tai pagrindinis indeksas, naudojamas nustatyti šalčio stresą.

Daugelį metų įvairiose pasaulio šalyse vykdytų tyrimų rezultatai rodo, jog terminės aplinkos sąlygos stipriai veikia žmogaus savijautą, o tai vietai mažiau būdingi ypač karšti ar šalti orai gali tapti sveikatos sutrikimų ar net mirties priežastimi (Kilbourne, 1998; Kirch ir kt., 2005). Pastaraisiais metais ypač daug dėmesio skiriama karščio bangų analizei. XXI amžiaus pradžioje Europoje ir Šiaurės Amerikoje buvo užfiksuotos net kelios gana didelę teritoriją apimančios, intensyvios ir ilgalaikės karščio bangos, nusinešusios daugelio žmonių gyvybes.

Jau yra publikuota nemaža darbų, aprašančių karščio keliamą pavojų sveikatai. Labai karštos dienos bei neretai karščio bangų metu būnančios tvankios naktys sukelia kai kurias ligas ar jų paūmėjimą (Kirch ir kt., 2005; Dessai 2002; Gosling ir kt., 2007).

Nusakyti karščio stresui dažnai naudojami indeksai, kurie į savo skaičiavimus įtraukia tik temperatūrą ir santykinę oro drėgnumą, dar kiti ir vėjo greitį. Tačiau šiuo metu vieni iš populiariausių yra indeksai, besiremiantys šilumos balanso modeliais. Juos galima naudoti ištikus metus. Vienas plačiai žinomų ir labiausiai naudojamų bioklimatinių indeksų, kurio skaičiavimai gali būti atliekami visais sezonais yra fiziologiškai ekvivalentinė temperatūra (PET – *Physiological Equivalent Temperature*) (Mayer, Höppe, 1987). PET apibūdina terminės aplinkos poveikį žmogui (Matzarakis ir kt., 2007) ir suvokiamas kaip tinkamos aprangos bei terminio komforto rezultatas, tiesiogiai susijęs su kūno ir aplinkos šilumos mainais (Höppe, 1999). Panašus indeksas – PT (*perceived temperature* – pajaučiama temperatūra) yra naudojamas Vokietijos orų tarnyboje (Jendritzky ir kt., 2000).

Pastaraisiais metais didelis mokslininkų kolektyvas dirbo bandydamas sukurti universalų indeksą, kuris būtų paremtas šilumos balanso modeliu ir įtrauktų į skaičiavimus pagrindinius meteorologinius parametrus. Taip atsirado Universalus Terminis Klimato Indeksas UTCI (*Universal Thermal Climate Index*), jį galima naudoti visose klimato juostose, kiekvienam metų sezonui (Jendritzky ir kt., 2001; 2002). Nors indeksas ir pristatytas daugelyje mokslinių renginių, tačiau kyla nemažai diskusijų dėl jo reikšmių vertinimo skalės. Biometeorologų tarpe šiuo metu nėra vieningo sutarimo dėl UTCI indekso naudojimo ir taikymo, o dėl jo naujumo dar nėra atlikta pakankamai tyrimų, skirtų patikrinti jo tinkamumą skirtingomis klimato sąlygomis.

1.4 Ultravioletinės spinduliuotės tyrimai

Ultravioletinė spinduliuotė – vienas iš aplinkos veiksnių, turintis labai didelę įtaką žmogaus sveikatai. Nors tai buvo žinoma jau daugelį metų

(Riemerschmid 1938), tačiau kiek daugiau tyrimų atlikta tik paskutiniaisiais dešimtmečiais (Elwood, Jopson 1997; WHO, 2007). Susidomėjimą sukėlė stratosferinio ozono sluoksnio plonėjimas, taip pat paskutiniaisiais dešimtmečiais išaugęs odos vėžio susirgimų skaičius (WMO, 2002).

Ultravioletinė spinduliuotė sudaro gana mažą dalį tos energijos, kuri yra gaunama iš Saulės, tačiau daro didelį poveikį žmogaus sveikatai, augalams, vandens ekosistemoms (Feister, Grewe, 1995). Visame pasaulyje yra atliekami biologų, medikų ir kitų sričių specialistų tyrimai.

Elektromagnetiniam spektrui priklausantis ultravioletinis diapazonas dar yra skirstomas į tris tipus: UVA, UVB ir UVC. Toks padalijimas yra gana subjektyvus ir yra iki šiol diskutuojama, kaip tai būtų galima teisingiausiai padaryti. Biologai dažniausiai bangų ilgį apibūdina tokiuose intervaluose: UVA 400–320 nm, UVB 320–290 nm ir UVC 290–200 nm. Skyrimui tarp UVB ir UVC pasirinkta 290 nm ultravioletinės spinduliuotės (UVR) riba, nes trumpesnių bangų spinduliuotė nepasiekia Žemės paviršiaus (Henderson, 1977). UVB ir UVA ribos pasirinkimas 320 nm ilgyje yra labiau sutartinis. Tyrimai parodė, kad trumpesnė nei 320 nm spinduliuotė turi stipresnį poveikį, nors yra duomenų, kad molekulinės fotobiologijos srityje naudojama 330–340 nm riba galėtų būti tikslesnė (Peak, Peak, 1986). Tad įvairiose mokslo srityse dirbantys autoriai nevienodai skiria UVB bangų ilgį ir galimi įvairūs jo variantai: 280–315 nm (Moseley, Mackie, 1997), 290–325 nm (Meloni ir kt., 2000), 290–320 nm (Podstawczynska-Bienias, 2000). Taip pat UV spektre yra skiriama ir eriteminė spinduliuotė, tai UV spinduliuotė, kurios bangų ilgis 280–320 nm, ji daro stiprų fiziologinį poveikį.

Žemės paviršių pasiekiančios ultravioletinės spinduliuotės pobūdis ir intensyvumas priklauso nuo Saulės spinduliuojamos energijos kiekio bei nuo spinduliuotės sklidimo atmosferoje sąlygų. Biologiniu požiūriu labai reikšminga ultravioletinio spektro dalis – UVB spinduliuotė. Šios spinduliuotės intensyvumas, pasiekiantis žemės paviršių, didele dalimi priklauso nuo ozono kiekio (Diffey, 1990).

Labai svarbu biologinis UV poveikis žmonėms. Dėl UV savybės prasiskverbti į žmogaus audinius, turime saugotis, kad tik ribotas jos kiekis patektų į akis ir į odą. Nepaisant to, kad UV skverbimosi į odą sluoksnis yra mažesnis nei 1 mm, ardoma akies tinklainė, skatinamas odos vėžio ir kataraktos atsiradimas, sukeliamas odos senėjimas (Bruls ir kt., 1984; Diffey, 1977).

Tyrimams atlikti reikalinga išsami informacija apie UV spinduliuotės svyravimus per metus ir parą, o norint žmones iš anksto informuoti apie staigų UV intensyvumo padidėjimą reikalingas matavimus atliekančių stočių tinklas ir įdiegti prognozės metodai.

Yra įsteigti stočių tinklai, kur atliekami UV spinduliuotės matavimai (daugiausia tokių stočių Europoje, JAV, Kanadoje), sukurtos UV spinduliuotės duomenų bazės. JAV jau nuo 1992 metų yra įkurtas UV matavimo tinklas ir kasmet prie jo prijungiamos naujos stotys, 2001 metais tinklą sudarė 31 stotis (Slusser, 2002). Šiuo metu tinklas dar labiau išplėstas, ypač atokesnėse vietovėse. UV spinduliuotės intensyvumo matavimai taip pat vykdomi iš palydovų. Dažniausiai naudojami SBUV, TOMS, GOME, SCIAMACHY, MERIS, MODIS palydovų duomenys.

Norint sudaryti tikslias UV spinduliuotės prognozes yra sukurta daug įvairių modelių, kurie skaičiuoja UV spinduliuotės intensyvumo ir UVI (Ultravioletinės spinduliuotės indekso) reikšmes.

Parašyta daug straipsnių, kuriuose aprašomi įvairiose šalyse taikyti modeliai ir jais gauti rezultatai, tačiau vienas iš svarbiausių tyrimų yra 1998 metais pasirodęs darbas „Modelių, naudojamų UV indeksui skaičiuoti, palyginimas“. Prie jo atsiradimo prisidėjo 14 skirtingų mokslinių institucijų mokslininkai iš 10 valstybių: Vokietijos, Graikijos, Belgijos, Ispanijos, Šveicarijos, Danijos, Suomijos, Lenkijos, Austrijos ir Čekijos. Skaičiavimai atliekami su 18 spinduliuotės perdavimo modelių, daugiau nei šimtui giedrų dienų. Vertintas rezultatų tikslumas, su kiekvienu modeliu skaičiavimai buvo atliekami skirtingomis sąlygomis ir naudojami skirtingi įvesties duomenys (Koepke ir kt., 1998).

Kitas bendras mokslininkų darbas buvo palyginti Pietų ir Šiaurės pusrutulių vidutinių platumų iš palydovų gautus UV spinduliuotės duomenis su priežeminių matavimų duomenimis. Šia tema dirbo Naujosios Zelandijos, Vokietijos, Kanados, Graikijos bei JAV mokslininkai (McKenzie ir kt., 2000; Slusser ir kt., 2002). TOMS instrumento duomenys su priežeminių stočių duomenimis buvo lyginami Maskvos universiteto Meteorologijos observatorijoje, buvo nustatomas debesuotumo ir ozono sluoksnio poveikis UV spinduliuotės intensyvumo kitimui (Chubarova, 2000). Palydovinius duomenys lyginant su Žemės paviršiuje išmatuotais ir sumodeliuotais dydžiais (Wagner ir kt., 2010; Lindfors ir kt., 2009) nustatomas matavimų tikslumas.

Skirtingos vietovėse išmatuoti dydžiai turi būti palyginami. Todėl privalo būti nuolat atliekama prietaiso kalibracija ir kalibruojami išmatuoti duomenys. Metodai kaip tai atlikti buvo aprašyti daugelyje darbų. Standartinis kalibracijos metodas yra pateikiamas J. Schreder (2005). LAP/COST/WMO ataskaitoje aprašomas eriteminės spinduliuotės radiometrų palyginimas ir jų kalibracija (Bais ir kt., 2000). Skirtingos kalibracijos procedūros aprašomos Vokietijos ir Austrijos mokslininkų darbuose (Oppenrieder ir kt., 2003).

Kanados mokslininkai bandė išspręsti problemą, kaip patobulinti UV prognozes įvedant detalesnius debesuotumo duomenis. Debesuotumas labai smarkiai veikia UV spinduliuotės intensyvumą, todėl buvo naudojamas skaitmeninis orų modelis debesuotumo pasikeitimams ir UV spinduliuotei skaičiuoti (Barker ir kt., 1998). Siekiant patikslinti prognozes, tyrimuose naudoti ir kasvalandiniai debesuotumo duomenys ultravioletinės spinduliuotės kitimui per parą apskaičiuoti (Staiger ir kt., 2008).

Vokietijoje yra dvi svarbiausios UV spinduliuotės modeliavimo tyrimus atliekančios ir naujus modelius kuriančios mokslinės institucijos Europoje, tai Aplinkos fizikos institutas Brėmeno universitete ir Meteorologijos institutas Miuncheno universitete. Brėmeno universitete daugiausiai darbų atliekama su jų sukurtu GOMETRAN modeliu naudojant GOME instrumentu išmatuotus dydžius. Atlikti tyrimai, kurių metu buvo nustatyta UV spinduliuotės priklausomybė nuo paviršiaus albedo (Coldewey ir kt., 2001). Vienas iš

įdomesnių Miuncheno universiteto mokslininkų darbų yra skirtas UV spinduliuotės kaitos scenarijų sudarymui. Šiame darbe apžvelgiama, kaip 2015–2050 metais pakis UV spinduliuotės intensyvumas Vidurio Europoje priklausomai nuo ozono kiekio mažėjimo. Darbe naudojamas STAR modelis (Reuder ir kt., 2001). Kitame darbe šio instituto mokslininkai įvertino debesų poveikį UV spinduliuotės intensyvumui, nustatė pataisas, kurias reikia įtraukti modeliuojant spinduliuotės intensyvumą debesuotomis dienomis. Darbe buvo naudojami trys UV modeliai (Koepke ir kt., 1998). Buvo tirta ir kaip įvairių parametru pasikeitimas veikia modeliuojamo ultravioletinės spinduliuotės intensyvumo pasikeitimą. Buvo parenkami įvairūs scenarijai su skirtingomis aplinkos sąlygomis ir nustatoma, kaip dėl vienu ar kitu parametru kaitos pakinta UV spinduliuotės intensyvumas (Schwander ir kt., 1997). Nustatyta, kaip kinta sniego albedo reikšmės ir kokias reikšmes reikėtų naudoti modelyje skaičiuojant UV intensyvumą, esant skirtingam sniego tankiui, storiui ir amžiui (Schwander, 1999).

COST – Europos tarpvyriausybiniu bendradarbiavimo programa mokslo ir technologijų srityje (*European Cooperation in Science and Technology*), koordinuojanti nacionalinėmis lėšomis finansuojamus tyrimus, parėmė ir keletą tyrimų, susijusių su ultravioletine spinduliuote. Sukurtos UV spinduliuotės klimatologinės sekos Europoje (projektas baigėsi 2009 kovą): parengtas praktinis vadovas, kaip prižiūrėti eriteminę spinduliuotę matuojančius prietaisus (Webb ir kt., 2006) ir ataskaita apie eriteminių radiometrų kalibraciją bei palyginimą (Vilaplana ir kt., 2009).

Pavojus sveikatai, įdegimas ir odos vėžys sukelia žmonių domėjimąsi UV kitimu ir prognozėmis. Dėl tų pačių priežasčių iškilo poreikis žmonėms suteikti apie tai daugiau informacijos. UV indeksas – tai paprasta ir lengvai suprantama priemonė UV spinduliuotės intensyvumui įvertinti. UV Indekso reikšmės grupuojamos į kategorijas ir lemia apsaugos nuo saulės reikalingumo laipsnį. Šį indeksą sukūrė Kanados mokslininkai ir jau 1992 metais savo šalyje pradėjo skelbti UV prognozes rytdienai. Vėliau jų pavyzdžiu pasekė ir kitų šalių specialistai, tačiau indeksai buvo skaičiuojami skirtingai ir turėjo

skirtingą skaitinę vertę. Dėl to Pasaulinė sveikatos organizacija (WHO) su kitomis tarptautinėmis organizacijomis inicijavo bendro UV indekso kūrimą. Tarptautinė mokslininkų komanda sukūrė UV indeksą, skirtą naudoti visame pasaulyje ir nuo 1995 metų juo remiantis pateikiamos UV prognozės. Taip pat buvo suskurta sistema, kaip visos šalys galėtų gauti ir nemokamai naudotis UVI prognozėmis. Tai atlikta bendradarbiaujant su Vokietijos meteorologijos tarnyba (DWD) (WHO, 2002). WHO yra parengusi nemažai rekomendacijų apie tai, kaip reikėtų saugotis pavojingų sveikatai UV spindulių (WHO, 2002), kaip apsisaugoti lauke dirbantiems žmonėms (WHO, 2007).

1.5 Biometeorologijos raida Lietuvoje

Lietuvoje biometeorologija yra vis dar labai jaunas mokslas. Kol kas nėra atlikta pakankamai tyrimų šioje srityje. Pirmoji knyga, kurioje publikuojama biometeorologinė informacija – „Lietuvos antropoklimatas“ (Griciūtė ir kt., 1979). Knygoje nagrinėjamos rekreacinių landšaftų fizinės, geografinės, klimatinės, spindulinės ir mikroklimatinės sąlygos.

Apie orų poveikį sveikatai ir komfortiškas orų sąlygas rašoma kituose Lietuvoje publikuotuose leidiniuose. Terminis komfortas aprašytas knygoje „Lietuvos klimatas“, ten apžvelgiamas ir ekstremalių temperatūros reikšmių per karščius ir šalčius kaita (Bukantis, 1994).

Tačiau plačiau Lietuvos mokslo literatūroje apie karščius rašyta palyginti nedaug (Bukantis, 1997; Buitkuvienė 1998; Stankūnavičius, 2000; Aloševičienė, 2001). Šiuose darbuose daugiau dėmesio skiriama karščių susidarymo sinoptinėms sąlygoms, jų kartojimosi dinamikai. Išsamių mokslinių studijų, skirtų karščio poveikio žmonėms (sveikatai bei mirtingumui) vertinimui, kol kas nėra atlikta. Apie orų poveikį žmogui yra skirtas skyrius ir knygoje apie aplinkos mediciną (Ašmenskas ir kt., 1997).

Lietuvoje didelį indelį į medicininę-meteorologinę sritį įnešė A. Martinkėnas (1996), parengęs daktaro disertaciją apie žmogaus kardiovaskulinės sistemos reakcijas į meteorologinius ir heliogeofizinius

faktorius. Jis sukūrė orų medicininio-meteorologinio vertinimo ir prognozavimo metodą, skirtą tirti meteotropinių reakcijų pasireiškimą tarp sergančių išemine širdies liga. Dar keli jo darbai paskelbti su bendraautoriais. Viename jų analizuota klimato veiksnių įtaka širdies ir kraujagyslių sistemos veiklai. Darbe atlikta dešimties metų Lietuvos pajūrio orų analizė (Martinkėnas ir kt., 1998). Taip pat stebėtas ir analizuotas sergančiųjų išemine širdies liga meteotropinių reakcijų pasireiškimas reabilituojamojo gydymo etape Palangoje priklausomai nuo oro sąlygų. Sudaryta medicininė meteorologinė klasifikacija orų biotropiškumui vertinti ir prognozuoti pajūrio klimatinėje zonoje (Martinkėnas ir kt., 1999). A. Martinkėnas, V. Kaminskas ir G. Varoneckas 2007 metais atliko tyrimą, apimančią medicininį-meteorologinį orų tipų įvertinimą ir sukūrė empirinius prognozavimo Palangos pajūriui modelius. Sudarytas medicininis-meteorologinis klasių modelis leidžia tiksliau vertinti ir prognozuoti orus pagal jų palankumą (nepalankumą) sergantiems kai kuriomis kraujotakos sistemos ligomis (Martinkėnas ir kt., 2007).

Šioje srityje dirba ir aplinkos medicinos atstovai, jų publikacijose nurodoma, kad nepalankiu oru 50–70 % sergančių širdies ir kraujagyslių ligomis žmonių sveikata pablogėja (Ašmenskas ir kt., 1997). Statistiškai apskaičiuota, jog širdies ir kraujagyslių ligos dažniausiai paūmėja krentant atmosferos slėgiui. Tuo metu padažnėja hipertoninės krizės, insultai ir miokardo infarktai. Ypač jautrūs atmosferos slėgio mažėjimui hipertonine kraujo liga sergantys žmonės (Ašmenskas ir kt., 1997).

Ultravioletinė Saulės spinduliuotė Lietuvoje pradėta matuoti 2000 metais Kauno meteorologijos stotyje. Kiek vėliau pradėtos sudarinėti UV indekso prognozės. Nustatyta, kad birželio–liepos mėnesiais giedrą vidurdienį UVI gali būti 6–8. Tai reiškia, kad I-ą ir II-ą odos tipą turintiems žmonėms nepavojingo buvimo saulėje laikas yra iki 20 min. Žinotina, kad paplūdimyje gauname papildomą UV dozę, atsispindėjusią nuo smėlio ir vandens, o kalnuose nuo sniego ir uolų, o debesuotumas gali sumažinti spinduliuotę, kartu ir UV indeksą perpus (Jonavičienė, 2002).

Ankstesniais metais įvairių spektro sričių UV spinduliuotės teritorinį pasiskirstymą tyrinėjo B. Kavaliauskas (1973). Remiantis bendrosios Saulės spinduliuotės modeliu, buvo apskaičiuoti kai kurie tiesioginės, išsklaidytosios ir bendrosios UV spinduliuotės rodikliai, sudarytos jų pasiskirstymo schemas (Kavaliauskas, 1979). UV spinduliuotės poveikis, spektrinė sudėtis taip pat buvo aprašyti knygoje „Žemės ūkio meteorologijos pagrindai“ (Ščemeliovas, 1977). Teoriniai bei klimatiniai bendrosios, išsklaidytosios, tiesioginės UV spinduliuotės pasiskirstymo ir kaitos aspektai, ryšys su kitais klimato elementais analizuojami vadovėlyje “Lietuvos klimatas” (Bukantis, 1994). Darbe „UV saulės spinduliuotės intensyvumas ir jo fluktuacijos Lietuvoje“ analizuojama UV spinduliuotės fluktuacijos 2001 metais Vilniuje ir Kaune, ozono ir kitų veiksnių įtaka UV spinduliuotės prietakai prie Žemės paviršiaus (Bukantis ir kt., 2001). 2009 metais R. Chadyšienė apgynė daktaro disertaciją tema „Ultravioletinės spinduliuotės pokyčių aplinkoje tyrimas ir vertinimas“. Disertacijoje nagrinėjami gamtinės ir dirbtinių šaltinių skleidžiamos UV spinduliuotės intensyvumo pokyčiai bei juos sąlygojantys aplinkos parametrai.

Vis dėlto didžioji dalis biometeorologijos tema publikuotų straipsnių ir leidinių yra daugiau informacinio pobūdžio, kur pateikiama informacija remiantis pasaulinių organizacijų rekomendacijomis ar užsienio mokslininkų patirtimi. Rekomendacijas kaip apsaugoti sveikatą klimato kaitos sąlygomis ar apsisaugoti nuo UV spinduliuotės pateikia Valstybinis aplinkos sveikatos centras (VASC, 2010). Apie tai, kaip apsisaugoti didelių šalčių ir karščių metu ar esant dideliame oro užterštumui skelbia Ekstremalių sveikatai situacijų centras (ESSC, 2010). Kokią įtaką pavojingi hidrometeorologiniai reiškiniai turi žmonių sveikatai ir kaip nuo jų apsisaugoti pateikiama ir Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos pateikiamame leidinyje (LHMT, 2009).

2. Žmonių jautrumo orams sociologinis įvertinimas

Žmonių jautrumo orams vertinimas buvo vykdomas atlikus Lietuvos gyventojų apklausą. Apklausa vyko 2005–2006 metais skirtinguose Lietuvos regionuose: Dzūkijoje, Suvalkijoje, Aukštaitijoje, Žemaitijoje bei 2 didžiuosiuose Lietuvos miestuose – Vilniuje ir Kaune. Kaip atskiras regionas buvo išskirtas ir pajūris, dėl jam būdingų specifinių klimatinių sąlygų. Apklaustų žmonių skaičius regione priklausė nuo regionuose gyvenančių žmonių skaičiaus (pagal Statistikos departamento duomenis). Apklausa vyko pateikiant žmonėms popierinį anketos variantą (1 priedas). Respondentai į ją atsakė raštu.

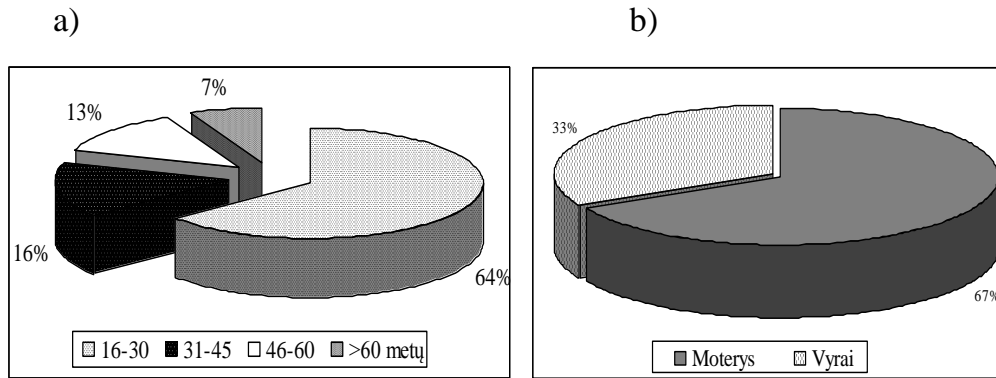
Anketą sudarė 49 klausimai, suskirstyti į grupes. Pradžioje pateikiamos žinios apie respondentą: lytis, šeiminė padėtis, gyvenamoji vieta, amžius, išsilavinimas, regionas, respondento darbo priklausomumas nuo orų sąlygų. Šie duomenys buvo būtini apdorojant surinktą informaciją.

Dalyje, skirtoje žmonių jautrumui orams, apklaustieji atsakė į klausimus, susijusius su orų poveikiu respondento fizinei būklei, t. y. kada respondentai jaučia didžiausią orų poveikį organizmui, kokias ligas sukelia ar kokios ligos paūmėja priklausomai nuo orų ir kt. Taip pat apklaustieji nurodė sau priimtinas komfortiškų oro sąlygų ribas, t. y. esant kokiai temperatūrai vasaros ir žiemos sezonu žmonės jaučiasi geriausiai.

Skyriuje apie orų prognozių svarbą surinkta informacija leidžia nustatyti, ar Lietuvos gyventojai yra patenkinti pateikiama informacija apie orus, ar jos pakanka ir ar ji yra suprantama kiekvienam respondentui, taip pat ar yra poreikis naujoms specializuotoms prognozėms atsirasti.

Norint gauti rezultatus, atspindinčius bendrą situaciją Lietuvoje, buvo būtina apklausti kuo daugiau respondentų. Šiame tyrime apklausta 500 įvairaus amžiaus bei skirtingose vietose gyvenančių Lietuvos gyventojų. Analogiškų tyrimų metu Vokietijoje buvo apklausta 1064, Kanadoje – 1506 respondentai (Mackensen ir kt., 2005). Be to, labai svarbu tinkamai sudaryti respondentų imtį, t. y. apklausti įvairaus amžiaus, lyties bei išsilavinimo žmones. Imtis buvo

sudaroma atsižvelgiant į statistikos departamento duomenis apie Lietuvos gyventojų demografinę sudėtį (Statistikos departamentas..., 2005). Nors apklaustųjų pasiskirstymas pagal amžių ir lytį kiek skiriasi nuo bendrų šalies demografinių rodiklių (2.1 pav.), tačiau didelė apklaustųjų imtis užtikrina, jog apklausos rezultatai gana tiksliai atspindi bendrą situaciją Lietuvoje.



2.1 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal amžių (a) ir lytį (b), %.

Kiekviena šalis ir konkretūs jos regionai yra saviti, turi specifinį orų režimą. Norint išsiaiškinti tam tikrų meteorologinių veiksnių įtaką sveikatai konkrečioje vietovėje reikia atlikti tyrimus įvairiuose šalies regionuose, nes vienomis gamtinėmis sąlygomis sveikatos būklei gali būti svarbios vienos, o kitomis – kitos priežastys. Todėl būtina įvertinti, ar egzistuoja jautrumo orų sąlygoms regioniniai skirtumai Lietuvoje. Be to, tam tikriems klimatiniams rajonams būdingomis sąlygomis per tam tikrą laikotarpį žmogaus organizmas adaptuojasi, pavyzdžiui, pajūrio gyventojai yra pripratę prie drėgnesnių ir vėjuotesnių orų nei gyvenantys likusiuose šalies rajonuose (2.1 lentelė).

2.1 lentelė. Apklaustųjų pasiskirstymas įvairiose Lietuvos dalyse, %.

Regionas	Suvalkija	Aukštaitija	Žemaitija	Dzūkija	Vilnius, Kaunas	Pajūris
Respondentai, %	7,2	20,4	19	9	42	2,4

Iš veiksnių, formuojančių Lietuvos klimatą, reikšmingiausias yra žemynų, vandenynų ir jūrų išsidėstymas. Į vakarus nuo Lietuvos plyti Baltijos jūros akvatorija ir tik nedideli sausumos plotai – Skandinavijos ir Jutlandijos pusiasaliai. Į rytus nuo Lietuvos kelis tūkstančius kilometrų tęsiasi Eurazijos žemynas. Todėl Lietuvos teritorijoje, nors tai ir pajūrio kraštas, klimatas nėra

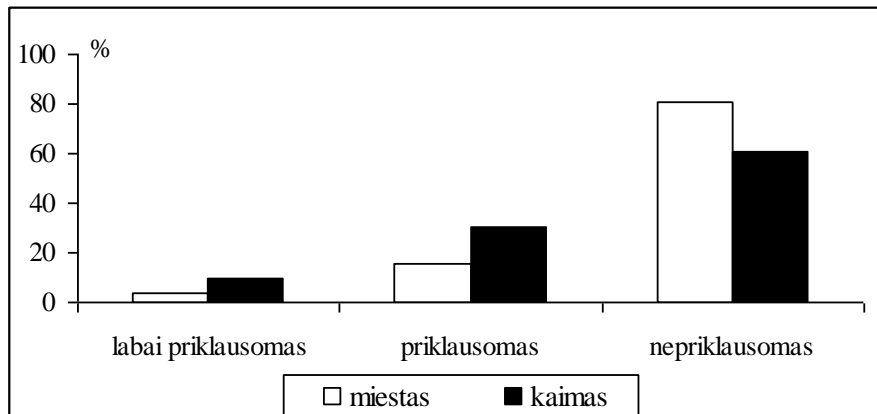
tipiškas jūrinis. Iš vakarų į rytus didėja klimato kontinentalumas: auga temperatūros metinė ir paros amplitudė, oras darosi sausesnis, mažėja kritulių (Bukantis, 1994).

Klausimas apie respondentų išsilavinimą įtrauktas į anketą manant, kad apklaustųjų išsilavinimas iš dalies lemia, kaip reaguojama į skirtingas oro sąlygas, kaip vertinamos orų prognozės, ar skiriasi informacijos apie orus naudojimas ir reikalingumas.

2.2 lentelė. Apklaustųjų įgytas išsilavinimas, %.

Išsilavinimas	Pradinis	Pagrindinis	Vidurinis	Aukštesnysis	Aukštasis
Respondentai, %	1,4	4,6	55,6	16,4	22,0

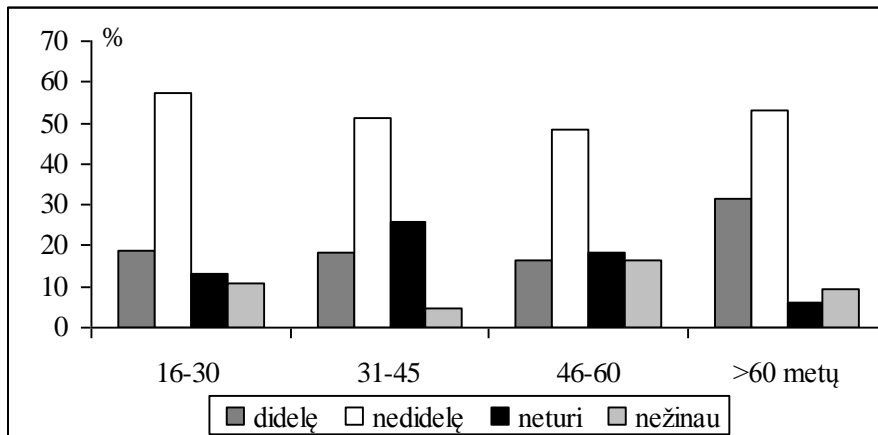
Buvo tiriama, ar respondento darbinė veikla priklauso nuo oro sąlygų. Apklausos rezultatai rodo, jog net 70 % respondentų teigia, kad jų darbas yra tiesiogiai nepriklausomas nuo oro sąlygų ir tik labai maža dalis (7 %) apklaustųjų atsakė, jog jų darbas yra labai priklausomas nuo jų (2.2 pav.). Tie žmonės, kurių veikla daugiau ar mažiau priklauso nuo oro sąlygų, prognozes laiko reikalingesnėmis nei tie, kurių veikla nepriklausoma nuo orų.



2.2 pav. Respondentų, gyvenančių miestuose ir kaimo vietovėse, darbo sąlygų priklausomybė nuo orų, %.

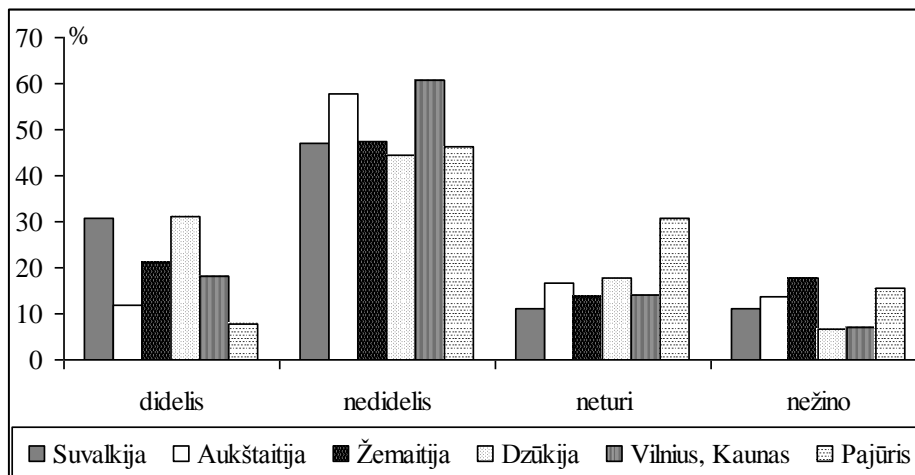
Nemažos dalies apklaustųjų sveikatai orai neturi įtakos arba jie nežino, ar atsirandantys negalavimai susiję su orais. Šios dvi respondentų grupės sudaro 26 % visų apklaustųjų. Didžioji dauguma respondentų, tai yra apie 55 %, teigia, kad orai turi nedidelę įtaką jų sveikatai, o apie 19 % mano, kad

orai stipriai veikia jų sveikatą. Išanalizavus atsakymų pasiskirstymą įvairiose amžiaus grupėse (2.3 pav.), pastebima, kad didelį poveikį sveikatai orai daro net trečdaliui apklaustųjų, vyresnių kaip 60 metų. Kitose amžiaus grupėse atsakymai pasiskirstė gana tolygiai.

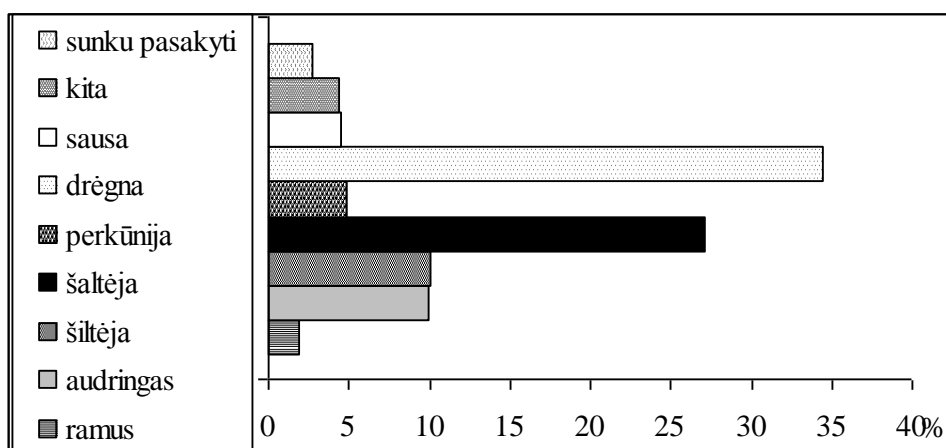


2.3 pav. Orų įtaka įvairių amžiaus grupių respondentų sveikatai, %.

Patys jautriausi orams yra Suvalkijos ir Dzūkijos gyventojai. Rezultatams poveikį galėjo turėti tai, jog nemaža dalis apklaustųjų šiuose regionuose gyvena kaimo vietovėse ar nedideliuose miestuose ir labiau jaučia orus nei didmiesčiuose gyvenantys. Panašios ir šių dviejų regionų klimatinės sąlygos. Pajūrio regione net trečdaliui apklaustųjų orai neturi poveikio sveikatai, o nemaža dalis nežino, ar jie jautrūs orams (2.4 pav.).

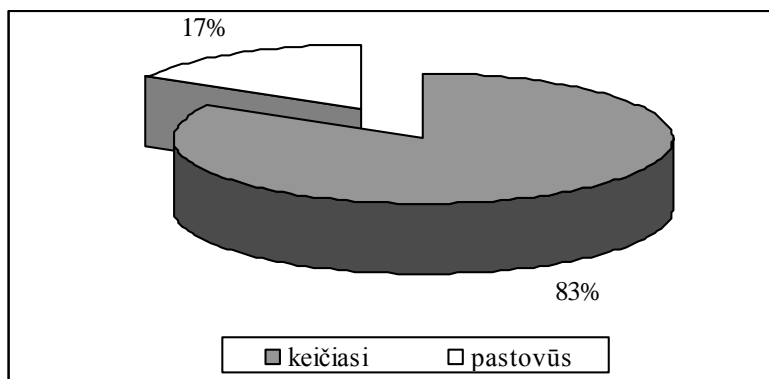


2.4 pav. Orų daromas poveikis respondentų, gyvenančių skirtinguose Lietuvos regionuose, sveikatai, %.



2.5 pav. Orų sąlygos, dažniausiai darančios poveikį žmonių sveikatai, kai žmonėms pradeda pasireikšti įvairūs negalavimai, %.

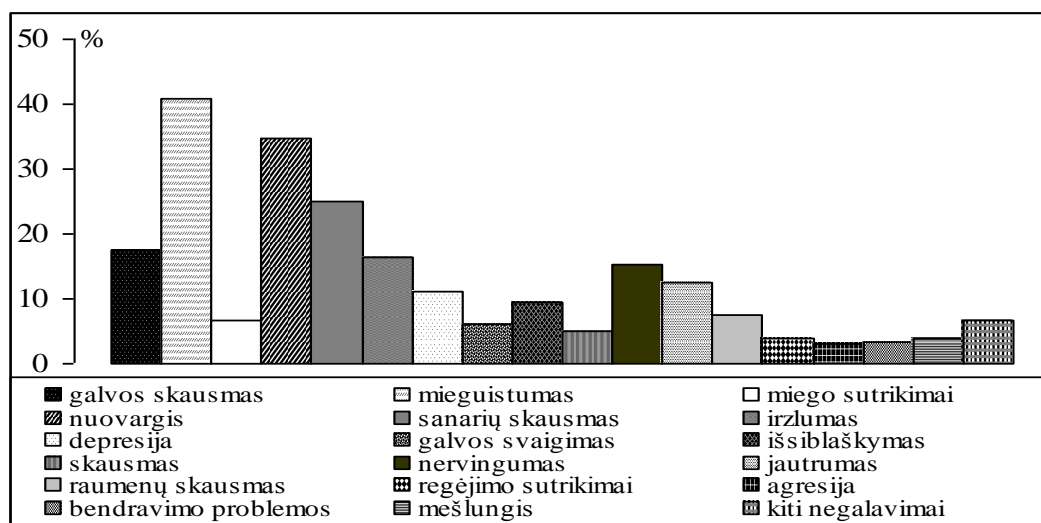
Lietuvos gyventojai mano esą jautrūs ir atskirų meteorologinių elementų pokyčiams, ir viso elementų komplekso pasikeitimams. Daugiau nei trečdalis žmonių blogai jaučiasi esant drėgniems orams, o 27 % – atšalus (2.5 pav.). Poveikis sveikatai neretai pasireiškia, kai šiltėja ar vyrauja audringi orai. Tai yra pagrindinės sąlygos, darančios poveikį sveikatai, kitus atsakymų variantus pasirinko nedidelė dalis respondentų. Prie kitų sąlygų, nepaminėtų anketoje (1 priedas), respondentai nurodo, kad poveikį sveikatai žmonės jaučia, kai šalta ir vėjuota, orus lemia žemas slėgis, būna apniukęs dangus, orai staigiai kinta ir t. t. Galima teigti, jog žmonės patys jautriausi orams, kuriuos lemia žemo slėgio laukas ir tuo metu vyrauja drėgnesni, audringesni orai, o praslinkus šaltajam atmosferos frontui orai staiga atvėsta.



2.6 pav. Sveikatos negalavimų atsiradimas priklausomai nuo sinoptinių procesų intensyvumo, %.

Išsiaiškinus, kokios orų sąlygos turi didžiausią poveikį sveikatai, tikslinga sužinoti, ar žmonės jautresni nusistovėjus pastoviems orams, ar kai jie keičiasi. Iš 2.6 pav. galime matyti, jog dauguma respondentų yra jautresni, kai orai keičiasi – jie sudaro 83 %. Iš tiesų orų permainos sukelia didžiausią poveikį žmonių sveikatai, nes žmogaus organizmas nespėja adaptuotis prie nepalankių jam sąlygų ir tuo metu patiria stresą.

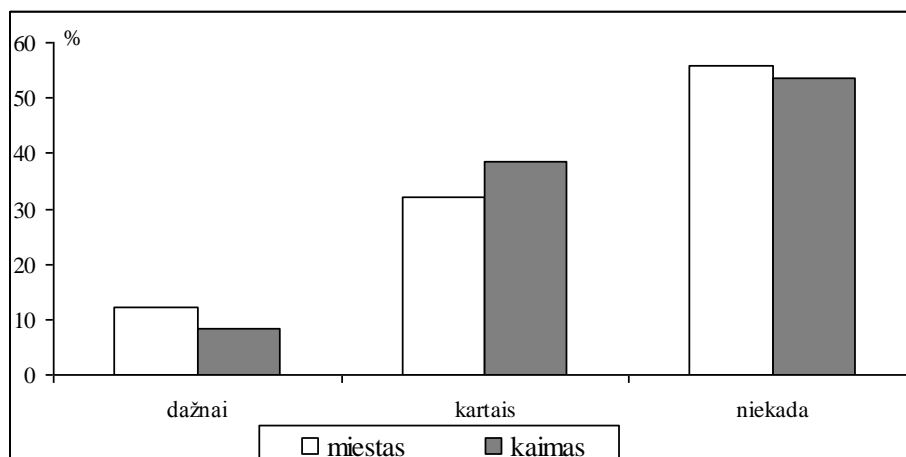
Net 58 % orams jautrių žmonių poveikį savijautai pirmą kartą pastebėjo būdami iki 20 metų amžiaus. Penktadaliui tai pasireiškė nuo 20 iki 30 metų tarpsnyje. Tad jautrumas orams pradeda pasireikšti gana anksti.



2.7 pav. Sveikatos sutrikimai, kuriuos respondentai sieja su orų sąlygomis, %

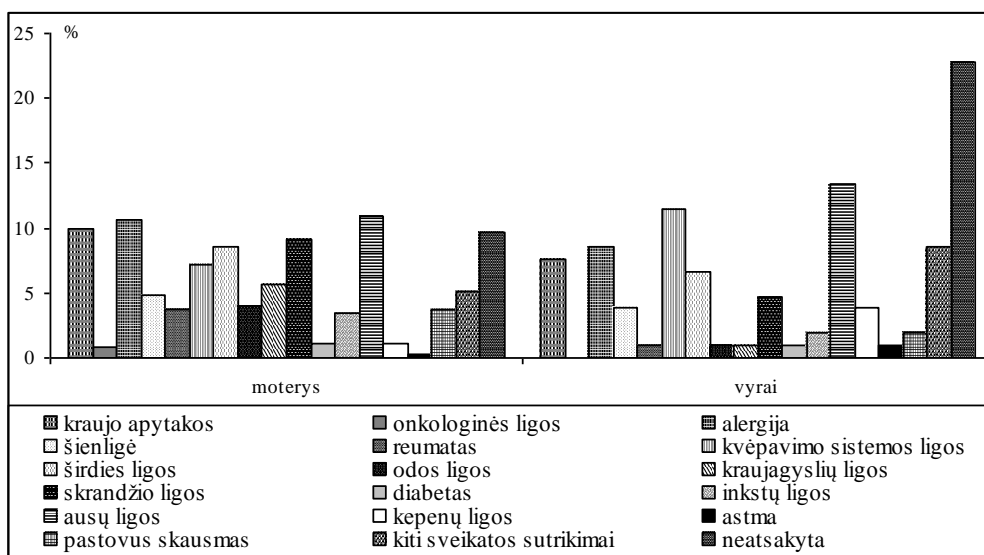
Organizmo jautrumas orams pasireiškia daugeliu negalavimų ar apsunkinta kai kurių ligų eiga. Lietuvos gyventojai su orų sąlygomis dažniausiai sieja jaučiamą sąnarių skausmą, sumažėjusį aktyvumą, nuovargį, mieguistumą (2.7 pav.). Nemažai apklaustųjų ir galvos ar raumenų skausmą, nervingumą, depresiją, irzlumą, ir padidėjusį jautrumą sieja su orais. Tarp kitų negalavimų, nepaminėtų anketoje, respondentai nurodė alergiją, slogą, kvėpavimo takų ligas, nuotaikų kaitą ir t. t.

Esančios orų sąlygos kartais gali sukelti stiprius sveikatos sutrikimus, dėl to tenka keisti dienotvarkę. Antra vertus, pusei apklaustųjų, nepriklausomai nuo jų gyvenamosios vietos, to daryti neteko (2.8 pav.).



2.8 pav. Būtinybė pakeisti dietą dėl orų sukeltų sveikatos sutrikimų respondentams, gyvenantiems mieste ir kaime, %.

Dažniausiai savijauta pablogėja ir reikia keisti dietą jau sergant įvairiomis ligomis, turint kraujotakos sistemos problemų ar neseniai persirgus onkologinėmis ligomis. Susumavus rezultatus, gauta, kad net 84 % orams jautrių žmonių serga ar jiems dažnai pasireiškia bent viena iš anketoje paminėtų ligų (sergant jomis padidėja jautrumas orams).



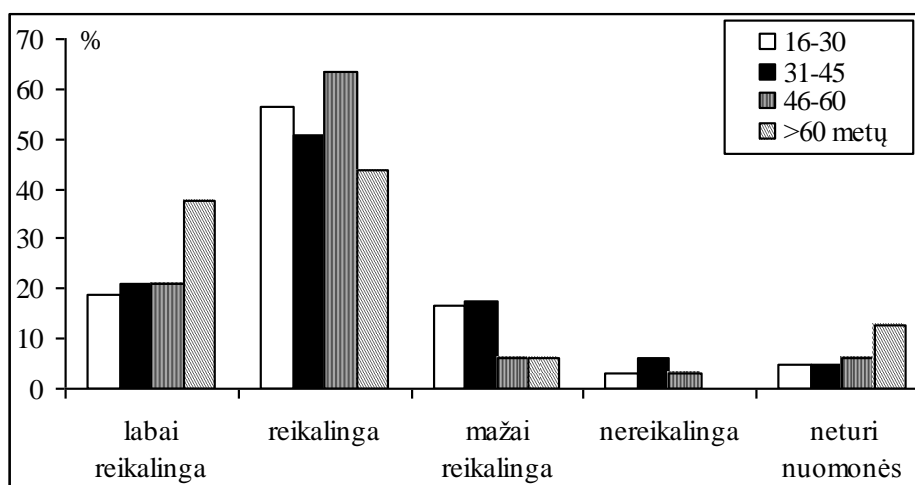
2.9 pav. Sveikatos sutrikimai, kuriais nepriklausomai nuo orų sąlygų jau serga orams jautrūs apklaustieji, %.

Panašus tyrimas buvo atliktas Vokietijoje ir Kanadoje (Mackensen ir kt., 2005). Buvo palyginti gauti rezultatai. Įvairių šalių gyventojai kiek nevienodai vertina orų daromą poveikį sveikatai. Didelį poveikį sveikatai

jaučia 19,2 % tiek Vokietijos, tiek Lietuvos gyventojų. Nedidelis poveikis pasireiškia 35,3 % vokiečių ir net 55 % lietuvių. Susumavus rezultatus gauname, kad 54,5 % Vokietijos gyventojų yra jautrūs orams, Kanadoje 61 % apklaustųjų orai turi poveikio sveikatai, o Lietuvoje net 74 % gyventojų jaučia, kad orai veikia jų sveikatą. Lietuviai jautriausi drėgnumams ir šaltėjantiems orams, vokiečiai audringiems ir šaltėjantiems, o kanadiečiai šaltėjantiems, drėgnumams ir lietingiems.

Siekiant informuoti apie orų poveikį sveikatai yra skelbiamos medicininės-meteorologinės prognozės. Jos orams jautriems žmonėms leidžia geriau planuoti savo laiką, pasirūpinti vaistų atsargomis. Tik 5 % apklaustųjų visiškai nereikalinga tokia informacija arba jie neturi nuomonės. Didžiajai daugumai Lietuvos gyventojų reikalinga (apie 50 %) tokia informacija, labai reikalinga – apie 20 %. Labiausiai išsiskyrė vyriausi apklaustieji, net 38 % vyresnių nei 60 metų apklaustųjų šios prognozės labai reikalingos (2.10 pav.), juolab kad šios amžiaus grupės gyventojams dažniau ir stipriau pasireiškia orų poveikis sveikatai.

Palyginus nuomones apklaustųjų, kurių darbas priklausomas ar nepriklausomas nuo orų sąlygų, gauti rezultatai skyrėsi nežymiai. Daugiau respondentų, kurių darbas priklausomas nuo orų sąlygų, rinkosi atsakymo variantą „labai reikalinga“ ir „reikalinga“.



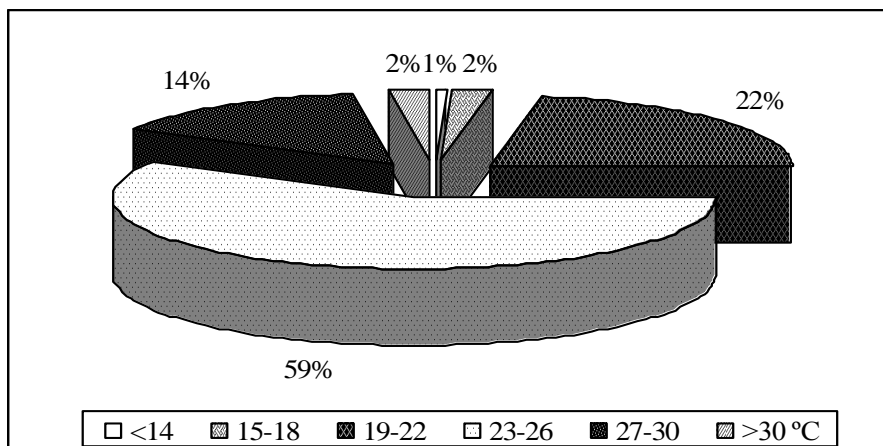
2.10 pav. Nuolatinės informacijos apie nepalankias sveikatai orų sąlygas reikalingumas įvairių amžiaus grupių respondentams, %.

Moterims labiau (skirtumas apie 10 %) reikalinga informacija apie nepalankias orų sąlygas sveikatai nei vyrams, šie dažniau rinkosi atsakymus „mažai reikalinga“ arba „nereikalinga“.

Komfortiškumas – tai žmogaus organizmo reakcija į meteorologinių reiškinių kaitą, dažnumą ir organizmo prisitaikymą prie tokių sąlygų. Lengvai apsirengę žmonės gerai jaučiasi, kai oro temperatūra 18-22 °C, o nusirengę, kai 25–28 °C (Folkeris, 1990). Tačiau kartais tenka išverti ekstremalią temperatūrą – nepakeliamą karštį ar stiprų šaltį. Šaltuoju metų laiku temperatūros pokyčiui ypač didelę reikšmę turi vėjo greitis. Kuo stipresnis vėjas, tuo žemesnė efektyvioji temperatūra

Kai oras drėgnas, žmogaus organizmui yra nepalanki tiek žema, tiek aukšta oro temperatūra. Tačiau Lietuvoje nuo spalio iki balandžio mėnesio vyrauja šalti ir drėgni orai ($f > 80\%$), temperatūra neigiama (Bukantis, 1994). Priklausomai nuo daugelio meteorologinių rodiklių, organizmas jaučia aukštesnę ar žemesnę temperatūrą, nei tuo metu išmatuota ore. Darbe įvertinta, kokiomis sąlygomis Lietuvos gyventojai jaučiasi geriausiai.

Apklaustųjų nuomone, komfortiškiausia vasaros sezono oro temperatūra dieną 23–26 °C (taip mano 59 % respondentų) (2.11 pav.), o 22 % komfortiškiausiu laiko temperatūros intervalą nuo 19 iki 22 °C. Intervalą nuo 27–30 °C renkasi jau tik 14 % apklaustųjų. Kitokia temperatūra yra komfortiška tik mažai daliai gyventojų.

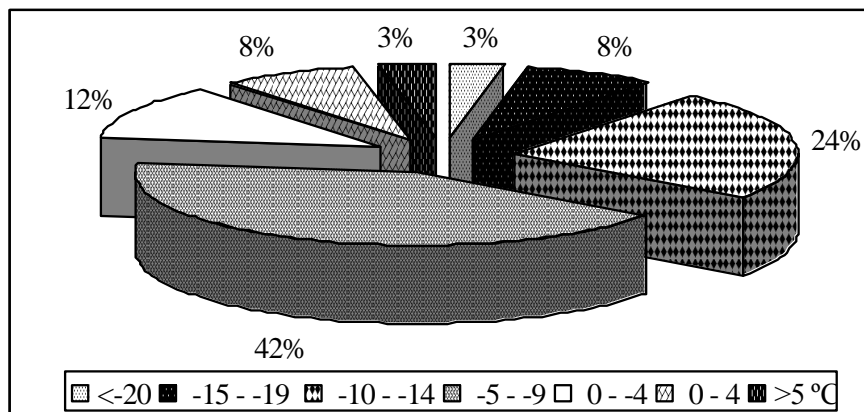


2.11 pav. Gyventojams komfortiška vasaros sezono oro temperatūra, %.

Respondentai komfortišku vasaros sezono dienos vėju laiko – silpną (0-5 m/s) ir vidutinišką (5–10 m/s) vėją. Panašūs apklausos rezultatai gauti ir su nakties vėju. Komfortiška vasaros sezono nakties temperatūra 40 % respondentų laiko 13–16 °C ir 17–20 °C. Tik maža dalis apklaustųjų pasirinko kitus temperatūros intervalus (1 priedas).

Debesuotumas yra labai svarbi meteorologinė informacija, jis lemia oro temperatūrą, kritulius, santykinį oro drėgnumą ir daugelį kitų veiksnių. Žmonės komfortiškesniai vasarą jaučiasi, kai giedra arba mažai debesuota.

Vasarą ir žiemą vyrauja skirtingas komfortiškų sąlygų suvokimas, tad svarbu žinoti ir kada šaltuoju sezonu gyventojai jaučiasi geriausiai. Komfortiška žiemos sezono oro temperatūra, anot 42 % visų apklaustųjų, yra -5...-9 °C (2.12 pav.).

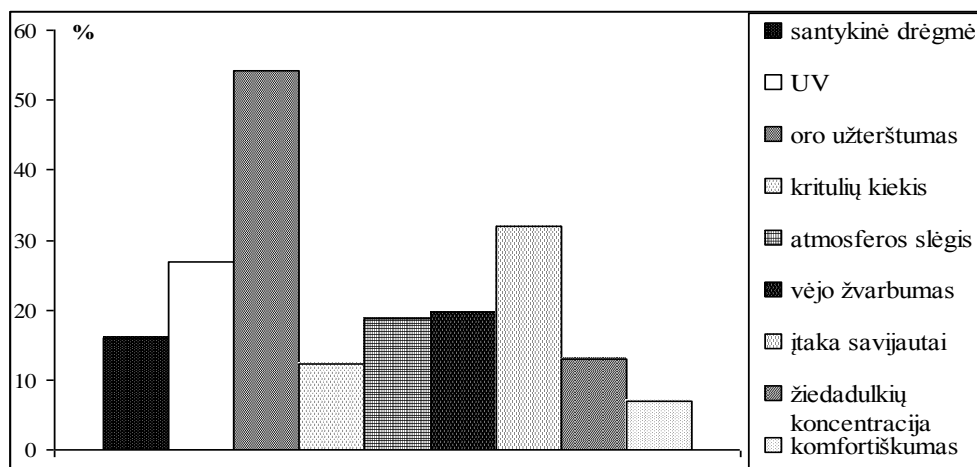


2.12 pav. Gyventojams komfortiška žiemos sezono oro temperatūra, %.

Komfortiškesniausias žiemos sezono vėjas naktį – silpnas, o daugiau nei trečdaliui apklaustųjų komfortiška yra tyka. Kitas vėjo reikšmes, kaip ir vasarą, rinkosi maža dalis lietuvių. Didžioji dauguma visų respondentų (48 %) mano, kad komfortiškas žiemos sezono debesuotumas dieną – giedra, tačiau naktį toks debesuotumas komfortiškas tik 30 % apklaustųjų. Apie 40 % apklaustųjų tiek dienai, tiek naktčiai rinkosi mažai debesuotas sąlygas.

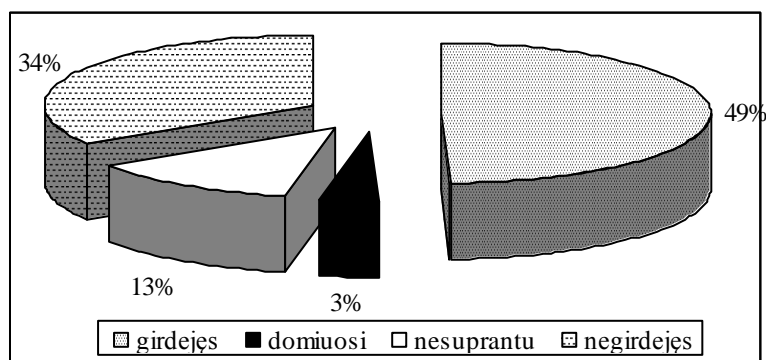
Apie nekomfortiškas orų sąlygas dažniausiai informuoja karščio ir vėjo žvarbumo prognozės. Apklausiant norėta sužinoti, kokia dar papildoma informacija būtų reikalinga Lietuvos gyventojams. Daugiau nei 50 %

respondentų aktuali informacija yra apie oro užterštumą. Ją dabar skelbia Aplinkos apsaugos agentūra. Daugiau nei 30 % apklaustųjų norėtų gauti informaciją apie orų įtaką jų savijautai. Apklaustiesiems labai svarbi ir informacija apie ultravioletinę spinduliuotę (27 %). Visa kita papildoma informacija buvo svarbi mažiau nei penktadaliui apklaustųjų.



2.13 pav. Papildoma informacija, kurią žmonės norėtų gauti kartu su orų prognozėmis, %.

UV spinduliuotės prognozės pirmosios iš biometeorologinių prognozių, kurios pradėtos skelbti Lietuvoje. Ką Lietuvos gyventojai mano apie ultravioletinės (UV) spinduliuotės prognozes ir kaip jie jas supranta, galima pamatyti iš 2.14 paveikslėlio.

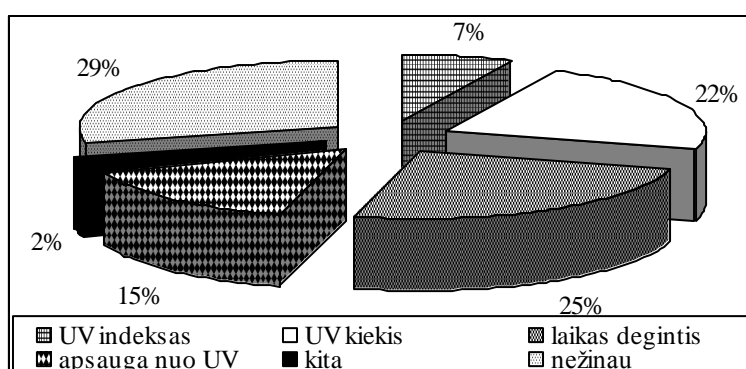


2.14 pav. Respondentų nuomonė apie ultravioletinės spinduliuotės prognozes, %.

Pusė visų apklaustųjų yra girdėję UV prognozes ir tik trečdalis respondentų nieko nežino apie ultravioletinę spinduliuotę. Tačiau tik 3,3 % domisi UV spinduliuotės prognozėmis, galbūt lemia tai, jog UV prognozės skelbiamos sezoniškai ir dažniausiai žmonės jomis domisi leisdami laiką atvira ore. Tačiau net 13 % apklaustųjų pateikiama UV spinduliuotės prognozių forma nėra informatyvi ne šios srities specialistui, nes žmonės jų nesupranta.

Iš gautų rezultatų sužinota, jog daugelis Lietuvos gyventojų nėra girdėję apie UV prognozes arba jų nesupranta. Kaip turėtų būti pateikiama ultravioletinės spinduliuotės prognozė? Atlikus apklausą paaiškėjo, kad labai panašiai (20–30 %) respondentų teigia, jog UV prognozes reikėtų pateikti taip: UV kiekį, pasiekiantį žemės paviršių (UV indeksą) arba kaip laiką, kurį rekomenduojama degintis (2.15 pav.). 15 % respondentų mano, kad reikėtų šias prognozes pateikti kaip nuorodą, kokio tipo kosmetines priemones tikėtų naudoti, siekiant apsisaugoti nuo UV spinduliuotės pertekliaus.

Taigi būtina pateikti daugiau informacijos apie tai, ką UV indeksas reiškia, kur skelbiamas ir kokią informaciją jis teikia žmonėms, be to, kartu su prognozėmis pateikiant ir papildomą informaciją apie rekomenduojamą deginimosi laiką.



2.15 pav. Ultravioletinės spinduliuotės prognozių pateikimas, %.

Medicininės-meteorologinės prognozės svarbiausios žmonėms, kurie jaučia didelį orų daromą poveikį sveikatai. Ypač šios prognozės svarbios vyresniems kaip 60 metų amžiaus žmonėms, nes kas trečiam iš jų pasireiškia

stiprus poveikis sveikatai. Gyventojai jautriausi besikeičiantiems orams, kai jie būna drėgni, šaltėja, šiltėja ar būna audringi. Apklausos rezultatai yra labai artimi gautiems Vokietijoje, nes gyvenama panašiomis gamtinėmis sąlygomis. Taigi daugelį šioje šalyje naudojamų biometeorologinių metodų galima pamėginti taikyti ir Lietuvoje.

Daugelis žmonių laiko reikalingomis medicininės-meteorologines prognozes, kurios informuotų apie orų poveikį sveikatai, taip pat žmonės norėtų gauti informaciją apie oro užterštumą ir UV spinduliuotę. Tačiau pradėjus skelbti naujas biometeorologines prognozes reikėtų plačiai informuoti visuomenę apie tokių prognozių naudą, kur jos bus skelbiamos ir kaip jas taikyti kasdieniniame gyvenime.

3. Duomenys ir darbo metodika

Prie biometeorologinių prognozių, kurios skelbiamos įvairiose tarnybose, yra priskiriama:

- terminių indeksų prognozės;
- ultravioletinės spinduliuotės intensyvumo prognozės;
- medicininės-meteorologinės prognozės;
- oro užterštumo prognozės;
- žiedadulkių koncentracijos ore prognozės.

Šiame darbe tyrimai atlikti pirmoms trimis prognozių grupėms, nustatyta jų skelbimo ir plėtojimo galimybės bei pritaikymas Lietuvoje. Tam tikrose darbo dalyse naudojami skirtingų laikotarpių ir iš skirtingų šaltinių gauti duomenys:

- meteorologiniai;
- visuomenės sveikatos;
- statistiniai.

Plačiau naudojami duomenys aprašomi konkrečių darbo dalių metodikose.

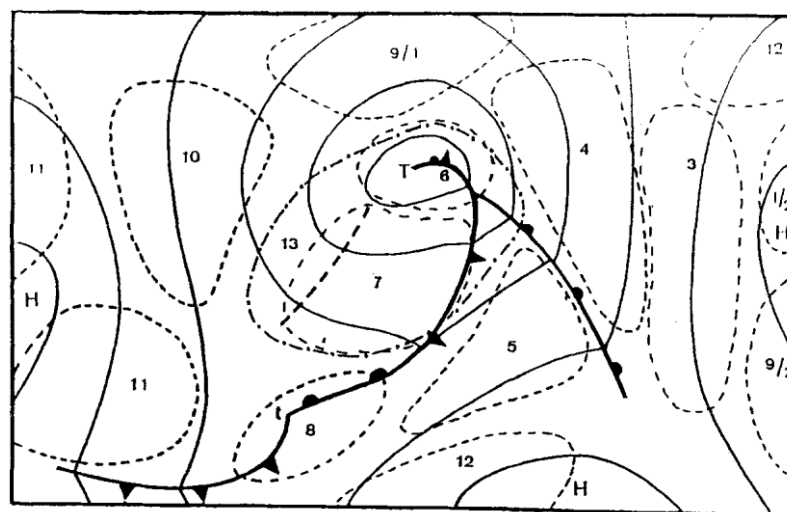
3.1 Orų sąlygų poveikio žmonių sergamumui širdies ir kraujagyslių ligomis Vilniuje tyrimo metodika

Pradiniame darbo etape siekta įvertinti kai kurių ligų kartojimosi dažnumo priklausomybę nuo meteorologinių sąlygų Lietuvoje. Tyrimas buvo atliekamas remiantis VŠĮ Greitosios medicinos pagalbos stoties duomenimis apie greitosios medicinos pagalbos iškvietimų 2007–2008 metais skaičių, nes tik nuo minėtų metų duomenys pradėti kaupti skaitmeniniu formatu. Tarptautinė ligų ir sveikatos problemų klasifikacija TLK-10 naudoja triženklį kodą. Tai privalomas kodavimas pateikiant informaciją Pasaulinės Sveikatos Organizacijos mirtingumo duomenų bazei bei tarptautiniams duomenų palyginimams. Tokiais kodais pateikiami duomenys ir VŠĮ Greitosios

medicinos pagalbos stoties duomenų bazėje ir nurodomas bendras kiekvienos dienos iškvietimų skaičius dėl atitinkamu kodu pažymėtos ligos. Analizei buvo pasirinktos „I“ grupės ligos. Šiai grupei priklauso širdies ir kraujagyslių ligos, nes daugelio tyrimų metu nustatyta, jog jomis sergantys žmonės jautriausiai reaguoja į meteorologines sąlygas ar jų pokyčius. Be to, šios grupės ligų skaičius Vilniuje yra pakankamas sudaryti reprezentatyvias duomenų sekas. Darbe analizuojamos tik tos kraujotakos ligos, kurių per metus pasitaikė daugiau nei 300 atvejų.

Šioje darbo dalyje naudojami 2007–2008 metų Vilniaus (Trakų Vokės) meteorologijos stoties paros duomenys iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos archyvo: oro temperatūra (vidutinė, maksimali ir minimali), °C; rasos taško temperatūra, °C; kritulių kiekis, mm per parą; vėjo greitis (vidutinis, gūsiuose), m/s; atmosferos slėgis stoties lygyje, hPa; santykinis oro drėgnumas (vidutinis ir minimalus); Saulės spindėjimo trukmė (valandomis per parą); orų klasės.

Atmosferos cirkuliacijos duomenys buvo surinkti iš LHMT archyve saugomų priežeminių ir barinės topografijos žemėlapių. Nustatyti atmosferos cirkuliacijos tipai ir tą dieną vyravusi orų klasė. Klasėms nustatyti buvo naudojama Vokietijos orų tarnybos sukurta medicininė–meteorologinė orų klasifikacija (Bucher, Haase, 1993).



3.1 pav. Orų klasių išskyrimas idealiame ciklone (Bucher, Haase, 1993).

Iš viso skiriamos 12 orų klasių (3.1 lentelė). Šiame darbe dėl pasitaikiusio mažo atvejų skaičiaus 1 ir 2 klasės sujungtos į vieną.

3.1 lentelė. Orų klasės (Bucher, Haase, 1993).

1. Anticiklono centras, esant vertikaliai atmosferos maišymuisi
2. Anticiklono centras, kai vertikalus atmosferos maišymasis nevyksta, susidaro inversija
3. Žemyneigiai oro srautai anticiklono periferijoje
4. Šilto oro advekcija ciklono priešakyje
5. Šiltasis ciklono sektorius
6. Ciklono centras
7. Šalto oro advekcija ciklono užnugaryje
8. Banguojantis frontas
9. Rytų pernaša ciklone ar anticiklone
10. Nekintanti situacija, kai kelias dienas orai nesikeičia
11. Anticiklono šaltoji dalis
12. Anticiklono šiltoji dalis

Iš turimų meteorologinių duomenų buvo apskaičiuoti kai kurių parametų (vidutinės, minimalios, maksimalios temperatūros, slėgio, vėjo greičio bei santykinio drėgnumo) tarppariniai pokyčiai. Kiekviena liga buvo analizuojama atskirai ir nustatomas ryšys su meteorologiniais parametrais bei ligų kartojimasis.

Pirmiausia buvo skaičiuojami koreliacijos koeficientai tarp meteorologinių parametų bei jų tarpparinių pokyčių ir ligų. Koreliacija tikimybių teorijoje ir statistikoje yra statistinis ryšys tarp kintamųjų (Čekanavičius, Murauskas, 2004):

$$r = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \times \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}; \quad (6)$$

čia r – koreliacijos koeficientas; n – narių skaičius; x_i, y_i – kintamasis; \bar{x}, \bar{y} – kintamųjų vidurkis.

Analizei atrinktos tik didesnės kaip 0,09 koreliacijos koeficientų reikšmės, šią ribą viršijantys dydžiai yra statistiškai reikšmingi pagal $\alpha=0,05$ lygmenį (Stephenson, 1997). Iš šių dydžių buvo sudaromos daugianarės regresijos lygtys kiekvienai ligai atskirai, naudojantis Statistica programa. Daugianarės regresijos lygtis reikalinga norint sužinoti ryšį tarp kelių nepriklausomų kintamųjų bei vieno priklausomojo (Čekanavičius, Murauskas, 2004):

$$Y = a + b_1 \times X_1 + b_2 \times X_2 + \dots + b_p \times X_p; \quad (7)$$

čia a – laisvasis narys; b_p – daugianarės regresijos koeficientas; X_p - nepriklausomas kintamasis.

Meteorologinių parametrų vertės taip pat buvo sugrupuotos į atskiras kategorijas, siekiant įvertinti, ar esant tam tikroms meteorologinių rodiklių reikšmėms, iškvietimų skaičius statistiškai reikšmingai skiriasi nuo visos populiacijos. Tai buvo įvertinta naudojantis Stjudento kriterijumi. Statistinio patikimumo lygmuo vėl buvo pasirinktas $\alpha=0,05$. Jei Stjudento kriterijaus reikšmės pagal pasirinktą statistinio patikimumo lygmenį nepatenka į intervalą $[-1,96;1,96]$, gautas skirtumas nėra atsitiktinis, o ir ryšys egzistuoja:

$$t = \frac{y_{vid.} - x_{vid.}}{\sqrt{n_x s_x^2 + n_y s_y^2}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}; \quad (8)$$

čia t – Stjudento kriterijus; y_{vid} ir x_{vid} – dviejų laikotarpių elementų vidutinės reikšmės; n_x ir n_y – eilių narių skaičius; S_x^2 ir S_y^2 – dviejų imties dalių dispersijos (Čekanavičius, Murauskas, 2004).

Pagal barinės topografijos ir priežeminius žemėlapius su atmosferos frontais kiekvienai dienai buvo nustatyta dienos orų klasė. Vystant aktyviems ir greit besikeičiantiems procesams pasitaikydavo, kad per parą pasikeisdavo kelios orų klasės, tačiau darbe buvo naudojama viena pagrindinė, kuri galėjo daryti didžiausią poveikį sveikatai.

3.2 Terminų indeksų tyrimo metodika

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; Matzarakis ir kt., 2007). Pagal šiuos skaičiavimus nacionalinės meteorologijos tarnybos pateikia jutiminės temperatūros prognozes ir informuoja gyventojus apie komfortiškumą ar karščio ir šalčio streso lygį lauke. Lietuvos Hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos nuo 2008 metų vasaros taip pat pradėjo teikti vartotojui karščio indekso „*Humidex*“, o nuo tų pačių metų žiemos „*Vėjo žvarbumo*“ prognozes.

Darbe įvertintas karščio ir šalčio keliamo terminio diskomforto dydis Lietuvos teritorijoje, atliktas „*Humidex*“ indekso reikšmių dinamikos vasaros metu, o „*Vėjo žvarbumo*“ šaltuoju metų laiku vertinimas, nustatyti teritoriniai skirtumai, įvertinta rodiklio paros eiga. Be to, darbe vertinamos sinoptinės sąlygos, lemiančios ekstremalius indeksų dydžius.

Ekstremali temperatūra daro didelį poveikį žmonių sveikatai. Jau XX amžiaus pirmaisiais dešimtmečiais buvo skelbiama, kad karštų orų metu padidėja žmonių mirtingumas ir sergamumas. Šiuo metu karščio bangos yra bene daugiausia aukų pasiglemžianti gamtinė nelaimė. Kiekvienais metais nuo karščio miršta daugiau žmonių, nei nuo uraganų, perkūnijų, potvynių ar kitų hidrometeorologinių reiškinių kartu sudėjus. Daugelyje šalių jau veikia karščio poveikio visuomenės sveikatai perspėjimų (KPVSP) sistemos, laiku informuojančios žmones apie grėsiantį pavojų sveikatai ir kaip jo išvengti.

Kol kas Lietuvoje yra skelbiamos tik karščio indekso prognozės, o visavertė sistema dar nėra sukurta. Tam yra reikalinga parinkti tinkamą karščio indikatorius, o tai įmanoma tik nustačius jų sąsajas su mirtingumu ar sergamumu. Tuo tikslu darbe taip pat analizuojamas ryšys tarp mirtingumo Vilniaus mieste ir įvairių karščio indikatorius.

3.2.1 Karščio ir šalčio indeksų kaita Lietuvoje

Žmogaus terminis komfortas priklauso nuo keleto meteorologinių veiksnių: oro temperatūros, drėgnumo, vėjo greičio, spinduliuotės balanso. Tačiau dauguma terminių indeksų į skaičiavimus įtraukia ne visus svarbiausius meteorologinius veiksnius. Dažniausiai šiltojo laikotarpio terminis komfortas skaičiuojamas naudojant tik oro temperatūrą ir drėgnumą, o žiemos – oro temperatūrą bei vėjo greitį.

Spinduliuotės intensyvumas ir vėjo greitis vasaros metu yra labai svarbūs terminį komfortą apibūdinantys veiksniai, tačiau jie daugiau nei temperatūra ir drėgnumas yra veikiami mikroklimatinių vietos sąlygų bei trumpalaikių oro būklės pasikeitimų (pvz., debesų užslinkimo). Ypač tai ryšku urbanizuotose teritorijose, kur vėjo greitis įvairiose miesto ar net kvartalo dalyse gali skirtis keletą kartų, be to, labai greitai keičiasi paviršiaus plotas, ant kurio krenta aplinkinių objektų šešėliai. Todėl beveik visi įvairiose pasaulio šalyse naudojami karščio keliamą diskomfortą apibūdinantys indeksai skaičiuojami vertinant tik oro temperatūrą ir drėgnumą, laikant, jog pučia silpnas vėjas ir šviečia saulė. Kai santykinis oro drėgnumas yra didelis, prakaito garavimas nuo žmogaus kūno paviršiaus vyksta ne taip greitai, todėl šilumos perteklius iš kūno pašalinamas lėčiau ir kūnas labiau įkaista nei sausame ore.

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

Kanadoje naudojamas „*Humidex*“ indeksas (°C):

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

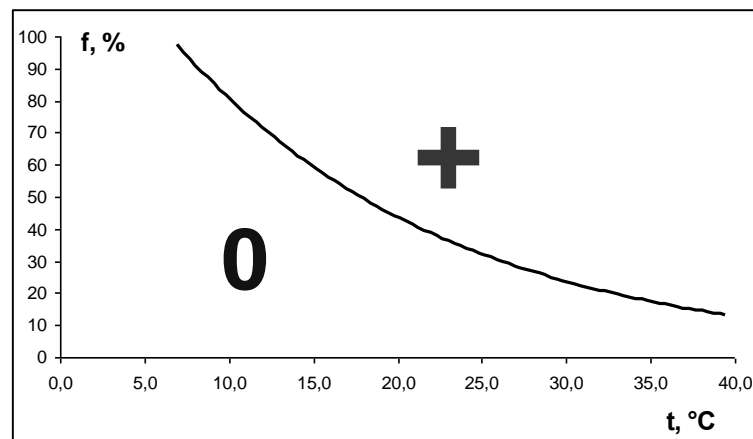
čia T – oro temperatūra (°C); e – vandens garų slėgis (hPa) apskaičiuojamas pagal formulę:

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

čia f – santykinis oro drėgnumas (%).

Šį indeksą 1979 metais Kanados Atmosferos aplinkos centre sukūrė J. Mastertonas ir F. Ričardsonas (Masterton, Richardson, 1979).

Kaip jau minėta, Lietuvoje sudarant terminio komforto sąlygų prognozes pradėtas naudoti „*Humidex*“ indeksas. Pasirinkimą lėmė tai, jog pietinė Kanados dalis yra panašioje platumoje kaip ir Lietuva, todėl tikėtina, jog karščio poveikis gyventojams yra gana panašus. Be to, kiek paprastesnis ir „*Humidex*“ indekso skaičiavimo algoritmas. Būtina paminėti, jog Pasaulinė meteorologijos organizacija deda daug pastangų siekdama suvienodinti jutiminės temperatūros skaičiavimo metodiką, nors iki šiol dar nėra apsispręsta, kuris iš indeksų būtų pats tinkamiausias. Net ir jau sukurtas universalus indeksas – UTCI, dar kelia daug abejonių ir diskusijų. Todėl pačios šalys atlieka išsamius tyrimus, siekdamos įvertinti komforto sąlygas ir kokį indeksą yra geriausia joms naudoti.



3.2 pav. „*Humidex*“ indekso ir išmatuotos oro temperatūros skirtumo ženklų priklausomybė nuo oro temperatūros (t) bei santykinio oro drėgnumo (f)

Priklausomai nuo ore esančio drėgmės kiekio žmogaus jaučiama – jutiminė temperatūra yra aukštesnė arba lygi tuo metu išmatuotai oro temperatūrai. Tai galima pamatyti 3.2 paveiksle, čia „*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. Todėl kuo aukštesnė temperatūra, tuo mažesnis prisotinimas drėgme reikalingas, kad išaugtų jaučiamas terminis diskomfortas. Kai oro temperatūra perkopia 40 laipsnių karščio, jau net ir nedidelis oro prisotinimas drėgme jutiminę temperatūra padidina daugiau nei 3 laipsniais. Tiesa, Lietuvoje tokia oro temperatūra dar nebuvo fiksuota.

Kanadiečių pateikiama 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 °C – diskomfortas nejaučiamas;

Nuo 27 iki 32 °C – silpnas diskomfortas;

Nuo 32 iki 37 °C – stiprus diskomfortas. Reikėtų vengti didelio fizinio aktyvumo;

Nuo 37 iki 42 °C – pavojus sveikatai. Reikėtų vengti buvimo lauke;

Daugiau kaip 42 °C – labai didelis pavojus sveikatai. Reikėtų nutraukti, bet kokią fizinę veiklą;

3.2 lentelė. Anksčiausia ir vėliausia data, kai „*Humidex*“ indekso reikšmė viršijo 32 °C 1993-2006 metais.

Meteorologijos stotys	Ankstyviausia data	Vėlyviausia data
Kaunas	V.26	VIII.24
Klaipėda	VI.2	VIII.28
Panevėžys	V.24	IX.7
Šiauliai	V.26	VIII.30
Vilnius	V.29	VIII.24

Pagal šią gradaciją stiprus terminis diskomfortas, keliantis pavojų aktyvų fizinį darbą lauke dirbantiems žmonėms, fiksuojamas, kai indekso reikšmė viršija 32 °C. Analizuojamu 1993–2006 metų laikotarpiu tokia indekso reikšmė anksčiausiai buvo fiksuota pačioje gegužės pabaigoje (Panevėžyje) ar net birželio pradžioje (Klaipėdoje), vėliausiai rugpjūčio pabaigoje ir tik Panevėžyje tokios reikšmės buvo fiksuotos rugsėjo pradžioje (3.2 lentelė). Todėl darbe „*Humidex*“ indekso analizei pasirinktas tik vasaros laikotarpis, kai karštis gali sukelti realų diskomfortą.

Jei karščio diskomfortui apibūdinti naudojama labai daug įvairių indeksų, tai žiemos sezonu yra vienas pagrindinis – „Vėjo žvarbumo“. 2001 metais JAV nacionalinė meteorologijos tarnyba paskelbė atnaujintą indekso versiją, kuri šiuo metu jau plačiai naudojama ne tik JAV, Kanadoje, bet ir daugelyje Europos ar kitų šalių. Daugelis šalių šaltuoju metų laiku skelbia šio indekso prognozes. „Vėjo žvarbumo“ indeksas (WCT) – nusako temperatūros ir vėjo poveikį žmonių komfortui:

$$WCT = 13.13 + 0.62 \times T - 13.95 \times V_{10m}^{0.16} + 0.486 \times T \times V_{10m}^{0.16}, \quad (11)$$

čia T – oro temperatūra (°C), V – vėjo greitis dešimties metrų aukštyje (Massen, 2001).

Vėjo greitis, V_{10}	Temperatūra, °C									
	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
1.5	4	-2	-7	-13	-19	-25	-30	-36	-42	-47
2	3	-2	-8	-14	-20	-26	-32	-37	-43	-49
4	2	-4	-10	-17	-23	-29	-35	-41	-47	-53
6	1	-5	-12	-18	-24	-31	-37	-44	-50	-56
8	0	-6	-13	-19	-26	-32	-39	-45	-52	-58
10	0	-7	-14	-20	-27	-34	-40	-47	-53	-60
12	-1	-8	-14	-21	-28	-35	-41	-48	-55	-61
14	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63
16	-2	-9	-16	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-64
18	-2	-9	-16	-23	-30	-38	-44	-51	-58	-65
20	-2	-9	-16	-23	-30	-38	-45	-52	-59	-66
22	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66
25	-3	-10	-17	-25	-32	-39	-46	-53	-60	-68

3.3 pav. Vėjo žvarbumo priklausomybė nuo oro temperatūros ir vėjo greičio.

Indeksas parodo žmogaus jaučiamą temperatūrą, t. y. kokią realią temperatūrą jus neuždengtos kūno vietos esant žemoms oro temperatūros reikšmėms ir stipresniam nei 1,5 m/s vėjui. Nors indeksas apima tik šiuos du parametrus, tačiau vėjo stiprumas ir oro temperatūra yra pagrindiniai elementai, turintys poveikį žmogaus terminiam komfortui šaltuoju sezonu.

3.3 lentelė. Vėjo žvarbumo poveikis ir nušalimų pavojus (Environment Canada, 2009).

Vėjo žvarbumas	Nušalimų pavojus	Poveikis sveikatai	Kaip apsisaugoti?
0 iki -9	Nedidelis	- sumažėja komfortas būnant lauke	- apsirengti šiltai, priklausomai nuo lauko temperatūros.
-10 iki -27	Mažas	- nekomfortiškos orų sąlygos - ilgesnį laiką būnant lauke be atitinkamos apsaugos atsiranda hipotermijos pavojus.	- apsirengti šiltai, keliais sluoksniais ir viršutinius neperpučiamus rūbus. - dėvėti kepurę, pirštines ir šaliką. - aktyviai judėti.
Atsiranda pavojus sveikatai -28 iki -39	Padidėja pavojus: atviros kūno vietos gali nušalti per 10–30 minučių	- patikrinti veidą ir galūnes (pirštus, pėdas, ausis ir nosį), ar nesustingę ir nepabalę - ilgesnį laiką būnant lauke be atitinkamos apsaugos atsiranda hipotermijos pavojus.	- apsirengti šiltai, keliais sluoksniais ir viršutinius neperpučiamus rūbus. - pridengti visas kūno vietas: dėvėti kepurę, pirštines ir šaliką, aukštą apykaklę ar veido kaukę. - aktyviai judėti.
-40 iki -47	Didelis pavojus: atviros kūno vietos gali nušalti per 5–10 minučių	- patikrinti veidą ir galūnes (pirštus, pėdas, ausis ir nosį), ar nesustingę ir nepabalę (nušalę) - ilgesnį laiką būnant lauke be atitinkamos apsaugos atsiranda hipotermijos pavojus.	- apsirengti šiltai, keliais sluoksniais ir viršutinius neperpučiamus rūbus. - pridengti visas kūno vietas: dėvėti kepurę, pirštines ir šaliką, aukštą apykaklę ar veido kaukę. - aktyviai judėti.
-48 iki -54	Labai didelis pavojus: atviros kūno vietos gali nušalti per 2–5 minutes	- patikrinti veidą ir galūnes (pirštus, pėdas, ausis ir nosį), ar nesustingę ir nepabalę (nušalę) - būnant lauke be atitinkamos apsaugos atsiranda didelis hipotermijos pavojus.	- būti atsargiems. Apsirengti labai šiltus ir neperpučiamus rūbus. - pridengti visas kūno vietas: dėvėti kepurę, pirštines ir šaliką, aukštą apykaklę ar veido kaukę. - būti pasiruošus sutrumpinti ar atšaukti veiklą atvirame ore -aktyviai judėti.
-55 ir šalčiau	PAVOJINGA: atviros kūno vietos gali nušalti per mažiau nei 2 minutes	PAVOJUS SVEIKATAI! - lauke būti pavojinga	- pasilikti namuose ar šildomose patalpose.

Priklausomai nuo pučiančio vėjo jutiminė temperatūra šaltuoju metų laiku yra žemesnė nei esanti oro temperatūra. „Naujoji“ ir darbe naudojama formulė buvo sukurta remiantis šilumos perdavimo teorija apie šilumos praradimą nuo kūno ir jo aplinkos, esant šaltoms ir vėjuotoms dienoms (Massen, 2001). Ji pritaikyta žmogaus veidui, nes tai kūno vieta, kuri būna neuždengta ir nusako per kiek laiko šiluma bus nupūsta nuo odos paviršiaus ir oda atvės. Vėjo greičio riba 1,5 m/s pasirinkta, nes vidutiniškai tokiu greičiu žmogus vaikšto. Esant daugiau nei 5 laipsniams šilumos ar silpnesniam nei 1,5 m/s vėjui, vėjas žvarbumo jau nesukelia (Enviroment Canada, 2009).

Kaip ir karščio indeksas, vėjo žvarbumas turi poveikio sveikatai gradacijas (3.3 lentelė). Jos išskiriamos pagal nušalimų pavojų ir komfortiškumą, Kanados meteorologijos tarnyba pateikia ir informaciją apie būtinas apsaugojimo priemones. Pažymėtina, kad jei vėjo greitis yra didesnis nei 14 m/s, sušalti galima greičiau nei yra apskaičiuota. Visos rekomendacijos, susijusios su vėjo žvarbumu ir nušalimų pavojumi, yra apskaičiuotos ir pateikiamos suaugusiam sveikam žmogui (Enviroment Canada, 2009).

Kadangi Lietuvos hidrometeorologijos tarnyboje yra sukurta elektroninė kiekvieno meteorologinio matavimo termino (kas 3 valandos) nuo 1993 metų duomenų bazė, todėl analizei buvo pasirinktas 1993–2006 metų laikotarpis. Keturiolikos metų laikotarpis yra pakankamas padaryti pirminėms išvadoms apie terminio komforto sąlygas įvairiuose Lietuvos regionuose.

Darbe „*Humidex*“ indekso reikšmių skaičiavimui naudoti kiekvieno matavimo termino oro temperatūros bei santykinio drėgnumo, vėjo žvarbumui – oro temperatūros ir vidutinio vėjo greičio duomenys. Kiekvienos dienos „*Humidex*“ 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 kritinių gyventojų sveikatai pavojų keliančių reikšmių.

Pavojus sveikatai atsiranda, kai vėjo žvarbumo indeksas nukrinta iki -28 °C, tai nutinka gruodžio–kovo mėnesiais. 1993–2006 metų laikotarpiu tokia indekso reikšmė anksčiausiai buvo fiksuota gruodžio pirmomis dienomis

(Kaune), vėliausiai tokios indekso reikšmės fiksuotos kovo pradžioje Kaune ir Vilniuje (3.4 lentelė). Tačiau pučiant gūsingam vėjui, pavojingos indekso reikšmės trumpais laiko momentais gali būti pasiektos ir anksčiau. Nekomfortiškos sąlygos ir ilgesnį laiką būnant lauke atsiradęs hipotermijos pavojus gali pasitaikyti viso šaltojo sezono metu. Tad skaičiavimai buvo atliekami lapkričio–kovo mėnesiams, nuo 1993 metų sausio 1 d. iki 2006 metų gruodžio 31 d. penkiems didiesiems Lietuvos miestams.

3.4 lentelė. Anksčiausia ir vėliausia šaltojo sezono data (1993–2006 m.), kai Vėjo žvarbumo indekso reikšmė buvo mažesnė ar lygi -28°C .

Meteorologijos stotys	Ankstyviausia data	Vėlyviausia data
Kaunas	XII.2	III.2
Klaipėda	XII.30	II.9
Panevėžys	XII.16	II.13
Šiauliai	XII.26	II.12
Vilnius	XII.16	III.2

Duomenys apie sinoptinę situaciją ekstremalių indeksų reikšmių metu buvo išrinkti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos archyve saugomų priežeminių ir barinės topografijos žemėlapių. Priežeminiai žemėlapiai 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 identifikuota konkrečių dienų sinoptinė situacija bei pernašos kryptys ir intensyvumas.

3.2.2 Karščio indikatorių ryšys su mirtingumu Vilniuje

Kaip jau minėta, karščio bangos yra bene daugiausia mirčių nusinešanti gamtinė nelaimė. Dažniausiai visuomenė nebūna pasiruošusi artėjančioms negandoms – joms nutikus nėra tiksliai žinoma, kokių priemonių reikėtų imtis, kaip nustatyti pavojingo reiškinio ribą. Lietuvoje karščio poveikio visuomenės sveikatai perspėjimų (KPVSP) sistema dar nėra iki galo sukurta. Norint tai įgyvendinti reikalinga meteorologinius duomenis susieti su mediciniais duomenimis ir nustatyti tinkamiausią indikatorių, nusakantį karščio stresą žmogui.

Šioje darbo dalyje naudojami 6 karščio indikatoriai ir tiriamas jų ryšys su mirtingumo duomenimis. Pradiniai duomenys: 1993–2007 metų (birželio–rugpjūčio mėnesių) kasdieniai Vilniaus (Trakų Vokės) MS duomenys (santykinis oro drėgnumas, oro temperatūra, vėjo greitis, bendras debesuotumas). Taip pat analizuotas to paties laikotarpio Vilniaus miesto civilinės metrikacijos skyriaus kasdieniai mirtingumo duomenys: bendras mirtingumas, mirtingumas, nesusijęs su traumomis, ir mirtingumas dėl širdies ir kraujagyslių ligų.

Darbe naudojami karščio indikatoriai:

1. Oro temperatūra. Maksimali oro temperatūra – plačiausiai naudojamas ir paprasčiausias karščio indikatorius. Tiesa, įvairios šalys turi skirtingas vertes, nuo kada jau yra skelbiami atitinkami pavojaus sveikatai lygiai. Tai daugiausia priklauso nuo vietovės klimatinių sąlygų. Pavyzdžiui, Airijoje pirmo lygio pavojus yra skelbiamas kai temperatūra pasiekia 23 °C. O Lietuvoje šiuo metu, anot veikiančių įstatymų, karštis pavojaus nesukelia, nes jo nėra pavojingų reiškinių sąrašė. Jis iškart tampa stichiniu reiškiniu – kaitra (maksimali oro temperatūra ≥ 30 °C; trukmė ≥ 10 dienų) (LHMT, 2009). Deja, jos poveikio sveikatai negalime nustatyti, nes per visą matavimų laikotarpį to Vilniuje iki šiol nėra buvę.

Tad šiame darbe karščio stresui įvertinti naudojami maksimalios, minimalios ir vidutinės oro temperatūros duomenys. Jie suskirstyti į 4 pavojingumo lygius, remiantis nuokrypiais nuo vidurkio (3.5 lentelė).

3.5 lentelė. Karščio keliamo pavojaus lygiai pagal vidutinę, maksimalią ir minimalią oro temperatūrą.

KARŠČIO LYGIS	Vidutinė temperatūra, °C	Maksimali temperatūra, °C	Minimali temperatūra, °C
I. Galimas pavojus sveikatai	21–23	27–29	15–17
II. Pavojus sveikatai	23–25	29–31	17–19
III. Didelis pavojus sveikatai	25–27	31–33	19–21
IV. Ekstremali situacija	> 27	>33	>21

2. *Humidex*. Antrasis indikatorius yra jau ankstesniame skyriuje minėtas „*Humidex*“ indeksas. Juo remiantis pateikiami karščio perspėjimai Kanadai, daliai Italijos. Pavojingumo sveikatai lygiai, naudojami darbe, buvo išskirti remiantis indekso skirstymu (3.6 lentelė).

3.6 lentelė. Karščio pavojaus lygiai, pagal „*Humidex*“.

KARŠČIO LYGIS	<i>Humidex</i> , °C
I. Galimas pavojus sveikatai	27–32
II. Pavojus sveikatai	32–37
III. Didelis pavojus sveikatai	37–42
IV. Ekstremali situacija	>42

3. **Karščio indeksas (HI).** Tai bene plačiausiai taikomas indeksas, kuris naudojamas JAV ir keliose Europos šalyse. Tai indeksas, kuris kaip ir „*Humidex*“ skaičiuojamas remiantis tik oro temperatūros ir drėgmės dydžiais. HI yra modifikuota „tikrosios temperatūros“ – AT (*apparent temperature*) versija, kai oro temperatūra yra aukštesnė nei 20 °C (Robinson 2001).

Formulė sudaryta šioms sąlygoms: oro temperatūra, išmatuota pavėsyje jūros lygyje, pučiant 2,68 m/s vėjui. Saulėkaitoje HI gali būti aukštesnis, iki 8 °C, o vėjas turi nedidelį poveikį indekso dydžiui. Indekso skaičiavimai atliekami, kai temperatūra aukštesnė ar lygi 27 °C, o santykinis drėgnumas didesnis ar lygus 40 %.

3.7 lentelė. Karščio keliamas pavojus sveikatai ir pavojaus lygiai pagal HI.

KARŠČIO LYGIS	HI, °F	Terminis jautrumas	Pavojus sveikatai
I. Galimas pavojus sveikatai	80–90	Labai šilta	Įspėjimas. Dirbant ar užsiimant kita veikla lauke atsiranda karščio sukeltas nuovargis.
II. Pavojus sveikatai	90–105	Karšta	Ypatingas įspėjimas. Galimas saulės smūgis, šilumos spazmai ar dehidracija ilgesnį laiką dirbant ar užsiimant kita veikla lauke
III. Didelis pavojus sveikatai	105–130	Labai karšta	Pavojus. Galimas saulės smūgis, šilumos spazmai ar dehidracija. Ilgesnį laiką dirbant ar užsiimant kita veikla lauke ištinka šilumos smūgis.
IV. Ekstremali situacija	>130	Ekstremaliai karšta	Ypatingas pavojus. Gresia saulės ar šilumos smūgis.

Jungtinėse Amerikos Valstijose karščio indeksas skaičiuojamas, pagal formulę (Steadman, 1979a):

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

čia T - oro temperatūra Farenheito skalėje (°F), o f – santykinis oro drėgnumas (%).

Jei oro temperatūra pateikiama Celsijaus skalėje, būtina ją perskaičiuoti į Farenheito. Šis indeksas populiarus ir Europoje. HI taip pat turi savo pavojaus sveikatai lygius (3.7 lentelė).

4. Fiziologiškai ekvivalentinės temperatūros indeksas – PET (*Physiological Equivalent Temperature*). Tai vienas iš populiariausių ir plačiausiai naudojamų bioklimatinių indeksų, kurio skaičiavimai gali būti atliekami visais sezonais, o didžiausias pastarojo privalumas – lengvai suprantami rezultatai išreikšti °C (Matzarakis, Mayer, 1996). Jis apibūdina terminės aplinkos poveikį ir suvokiamas kaip tinkamos aprangos bei terminio komforto rezultatas, tiesiogiai susijęs su kūno ir aplinkos šilumos mainais (Höppe, 1999).

Indeksas paremtas šilumos balanso lygtimis ir apskaičiuojamas „RayMan“ programa. Šis modelis apskaičiuoja trumpabangės ir ilgabangės spinduliuotės srautus, įvertina debesuotumo ir kietųjų kūnų poveikį jiems (Matzarakis, Gulyas, 2006). Į skaičiavimus įtraukiama jau daugiau meteorologinių duomenų: oro temperatūra (°C); santykinis drėgnumas (%); vėjo greitis (m/s); bendras debesuotumas (oktomis).

PET skaičiavimams reikalingi ir kiti parametrai (3.4 pav.):

- *Geografiniai duomenys:*
 - koordinatės: ilguma ir platuma;
 - aukštis virš jūros lygio, metrais;
 - laikas, pasauliniu koordinuotu laiku.

The screenshot shows the RayMan Pro software interface with the following data entered:

Section	Parameter	Value
Date and time	Date (day.month.year)	18.7.2008
	Day of year	199
	Local time (h:mm)	16:51
	Buttons	Now and today
Geographic data	Location	1st location - erster Ort
	Buttons	Add location, Remove location
	Geogr. longitude (°E)	7°51'
	Geogr. latitude (°N)	48°0'
	Altitude (m)	323
	Timezone (UTC + h)	1.0
Current data	Air temperature Ta (°C)	20.0
	Vapour pressure VP (hPa)	12.5
	Rel. humidity RH (%)	53.5
	Wind velocity v (m/s)	1.0
	Cloud cover N (octas)	0.0
Personal data	Height (m)	1.75
	Weight (kg)	75.0
	Age (a)	35
Clothing and activity	Clothing (clo)	0.90
	Activity (W)	80.0
	Position	standing
Thermal indices	PMV	<input checked="" type="checkbox"/>
	PET	<input checked="" type="checkbox"/>
Buttons		Calculation: New, Add, Close

3.4 pav. „Rayman“ modelio vartotojo sąsaja.

- *Asmeniniai žmogaus duomenys* (naudojami standartinio žmogaus parametrai):
 - žmogaus ūgis, metrais (1,75 m);
 - svoris, kilogramais (75 kg);
 - amžius, metais (35 m.);
 - lytis (skaičiuojama vyrui).

- *Aprangos ir fizinio aktyvumo parametrai:*
 - apsirengimas, išreiškiamas clo vienetais (naudojama standartinė 0,9 clo reikšmė);
 - fizinis aktyvumas, vatais (naudojama standartinė 80 W reikšmė);
 - padėtis (skaičiuojama stovinčiam žmogui).

Remiantis terminio jautrumo ir žmogaus fiziologinio streso laipsnio skale sudaryti karščio pavojaus lygiai (3.8 lentelė).

3.8 lentelė. PET indekso terminio jautrumo ir žmogaus fiziologinio streso laipsnio skalė (Matzarakis, Mayer, 1996) ir karščio pavojaus lygiai.

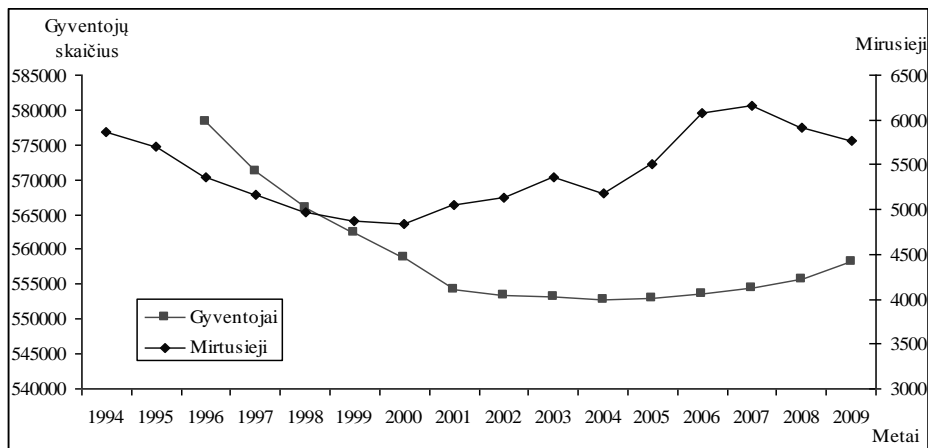
KARŠČIO LYGIS	PET (°C)	Terminis jautrumas	Fiziologinio streso laipsnis
-	18–23	Komfortiška	Terminio streso nėra
I. Galimas pavojus sveikatai	23–29	Truputį šilta	Nedidelio karščio
II. Pavojus sveikatai	29–35	Šilta	Vidutinio karščio
III. Didelis pavojus sveikatai	35–41	Karšta	Didelio karščio
IV. Ekstremali situacija	>41	Labai karšta	Ekstremalaus karščio

Visi karščio indikatoriai nusako karščio keliamą stresą žmogaus organizmui. Kai kurie iš jų į savo skaičiavimus įtraukia pagrindinius karščio diskomfortą lemiančius meteorologinius elementus ir rezultatus pateikia kaip vieną karščio stresą nusakančią dydį. PET indeksas apskaičiuotas kiekvienam terminui ir išrinkta maksimali konkrečios dienos reikšmė (3.9 lentelė).

3.9 lentelė. Vilniaus (Trakų Vokės) MS duomenys, naudojami karščio indikatoriams apskaičiuoti

Karščio indikatorius	Parametrai	Laikas
Tmax	Paros maksimali temperatūra	/
Tmin	Paros minimali temperatūra	/
Tvid	Paros vidutinė temperatūra	/
Humidex	Temperatūra, santykinis drėgnumas	12 UTC
HI	Temperatūra, santykinis drėgnumas	12 UTC
PET	Temperatūra, santykinis drėgnumas, vėjo greitis, bendras debesuotumas	00, 3, 6, 9, 12, 15 18 UTC

Tolesnėje darbo dalyje karščio indikatorių dydžiai sieti su mirtingumo duomenimis Vilniaus mieste. Iš Statistikos departamento duomenų (3.5 pav.) matyti, kad iki 2001 metų vyko spartus gyventojų skaičiaus mažėjimas ir didėti pradėjo tik paskutiniais metais. Mirtingumo mažėjimas pastebimas iki 2000 metų, vėliau reikšmės išauga.



3.5 pav. Gyventojų (1996–2009 m.) ir mirusiųjų skaičiaus (1994–2009 m.) kaita Vilniuje

Sužinoti, kokį poveikį karštis daro gyventojų sveikatai, kiekvienai dienai buvo apskaičiuotas tikėtinas tos dienos mirtingumas. Apskaičiuojant tikėtiną mirtingumą, t. y. koks vidutinis mirčių skaičius turėtų būti 1993–2007 metų vasaros laikotarpiu, naudotas 31 dienos slankusis vidurkis. Norint apskaičiuoti 1993–2007 metų mirtingumo slankųjį vidurkį reikalingi vieno mėnesio prieš (gegužės) ir vieno mėnesio po (rugsėjo) mirtingumo duomenys. Kadangi visų metų, kasdieniniai mirtingumo duomenys yra tik 2003–2007 metų laikotarpio, buvo skaičiuojami šio periodo vidurkiai, eliminuojant labai aukštas ir labai žemas mirtingumo reikšmes. Tam, kad tolimesniuose skaičiavimuose būtų išvengta skirtumo, atsirandančio dėl nevienodo mirčių skaičiaus įvairiais metais, duomenys buvo standartizuojami (12 formulė):

$$z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}; \quad (12)$$

čia x_i – sekos narys, \bar{x} – sekos vidurkis, σ – vidutinis kvadratinis nuokrypis.

Naudojant šias standartizuotas reikšmes kiekvienai 1993–2007 metų

laikotarpio vasaros dienai buvo apskaičiuojamas tikėtinas mirtingumas. Tam, kad gautus tikėtino mirtingumo rezultatus būtų galima palyginti su realiais kiekvienos dienos mirtingumo duomenimis, jie buvo perskaičiuoti į realius dydžius (13 formulė):

$$x_i = z \times \sigma + \bar{x}; \quad (13)$$

3.10 lentelė. Bendrojo mirtingumo (M_B), mirtingumo, nesusijusio su traumomis (M_T), ir mirtingumo dėl širdies darbo sutrikimų (M_ξ) metinė suma, metinis vidurkis bei minimalios ir maksimalios reikšmės 1993–2007 metų laikotarpiu Vilniaus mieste birželio–rugpjūčio mėnesiais

Metai				Bendras mirtingumas		Mirtingumas, nesusijęs su traumomis		Mirtingumas dėl širdies funkcijos sutrikimų	
	M_B	M_T	M_ξ	Dienos vid.	Min/Maks	Dienos vid.	Min/Maks	Dienos vid.	Min/Maks
1993	1244	1054	643	13,5	4/20	11,5	4/18	7	1/15
1994	1349	1118	670	14,7	6/27	12,2	4/22	7,3	2/16
1995	1279	1074	618	13,9	7/24	11,7	5/21	6,7	0/15
1996	1250	1046	584	13,6	5/25	11,4	5/21	6,3	1/14
1997	1201	1040	566	13,1	4/23	11,3	4/21	6,2	1/12
1998	1100	955	537	12	4/21	10,4	3/19	5,8	1/12
1999	1038	915	539	11,3	3/19	9,9	3/18	5,9	1/14
2000	1129	980	581	12,3	3/22	10,7	1/19	6,3	1/12
2001	1199	1030	598	13	2/23	11,2	2/21	6,5	0/14
2002	1182	1027	589	12,8	5/21	11,2	5/20	6,4	2/15
2003	1216	1082	618	13,2	5/21	11,8	5/18	6,7	2/12
2004	1242	1098	645	13,5	6/22	11,9	5/20	7	1/16
2005	1265	1129	667	13,8	6/24	12,3	5/24	7,3	2/14
2006	1480	1348	770	16,1	8/26	14,7	6/24	8,4	2/15
2007	1405	1287	715	15,3	7/28	14	6/28	7,8	2/18

Tolimesniame darbe atlikta terminę aplinką apibūdinančių kriterijų bei karščio įtakos mirtingumui analizė. Kasdieniniai užfiksuotų mirčių skaičiai Vilniaus mieste kinta nuo 3 iki 28 mirčių per dieną (3.10 lentelė). Siekiant aukštas mirtingumo reikšmes susieti su karščio poveikiu, buvo išskirti karščio periodai (3.6 pav.).

Karščiu laikomas laiko tarpas, kai nors vienas indikatorius 3 dienas iš eilės ir antras indikatorius tuo metu bent dvi dienas iš eilės pasiekia nors antro lygio karščio pavojaus reikšmę. Laikotarpis, kai du ir daugiau indikatoriai atitinka šias taisykles, vadinamas **karščio banga**. Karščio bangos pabaiga

laikoma, kai paskutinis karščio bangą identifikavęs indikatorius tris dienas iš eilės nebesiekia antro karščio pavojaus lygio.

Data	7/26/2005	7/27/2005	7/28/2005	7/29/2005	7/30/2005	7/31/2005	8/1/2005	8/2/2005
Vidutinė temperatūra, (°C)	17,7	17,6	19,2	22,2	24,8	21,2	21,3	19,4
Maksimali temperatūra, (°C)	23,1	22,2	25,0	27,4	31,5	28,8	27,1	24,0
Minimali temperatūra, (°C)	14,5	12,6	14,0	18,0	18,0	16,6	17,0	14,0
Humidex	27,1	23,1	27,7	31,0	35,6	27,6	28,5	24,6
HI	75,8	76,2	78,4	80,5	87,7	76,8	79,3	77,2
PET	22,7	24,0	29,1	30,6	34,2	31,8	28,6	21,6
I. Galimas pavojus sveikatai								
II. Pavojus sveikatai								
III. Didelis pavojus sveikatai								
IV. Ekstremali situacija								

Karščio banga

3.6 pav. Karščio periodas 2005-7-26 – 2005-8-2 dienomis Vilniuje.

Į **karščio periodą** įtraukiama dvi dienos prieš ir dvi dienos po karščio bangos, taip įvertinama, ar prieš tai nebuvo smarkiai išaugęs mirčių kiekis, ar poveikis nepasireiškia jau praėjus karščiams (3.6 pav.).

Darbe įvertinta mirtingumo padidėjimo (skirtumo tarp realaus ir tikėtino mirtingumo) eiga karščio periodų metu. Mirtingumo eiga karščio laikotarpiu apskaičiuota suvidurkinus santykį tarp realaus ir tikėtino mirtingumo kiekvienai karščio laikotarpio dienai.

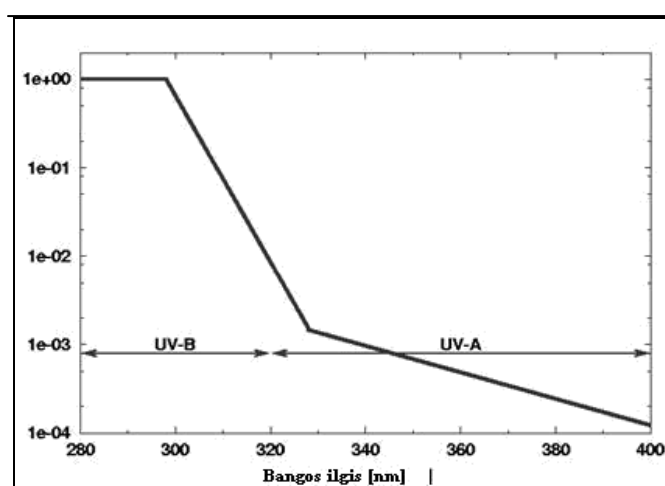
Mirtingumo pokyčiams karščių metu nustatyti buvo apskaičiuota, kiek vidutiniškai mirdavo žmonių dvi dienos prieš ir dvi po karščio bangos, taip pat ir karščio bangos metu. Kadangi karščio bangos tęsdavosi skirtingą dienų kiekį, vidurkis skaičiuotas toms dienoms, kai bent 3 karščio bangos dar tęsėsi. Šis skaičiavimo būdas naudotas ir mirtingumo pokyčiams pagal skirtingus indikatorius nustatyti.

3.3 UV spinduliuotės duomenų kalibracijos ir kaitos Lietuvoje tyrimo metodika

Skirtingai nei ankstesnės darbo dalys, šioji nėra skirta biometeorologinio prognozavimo pagrindimui. Lietuvoje naudojamos Vokietijos meteorologijos tarnybos pateikiamos nemokamos UVI prognozės. Su didesne problema susiduriama bandant duomenis palyginti. Dėl UV matuojančių prietaisų spektrinio jautrumo ir kampinio jutiklio jautrumo paklaidų išmatuoti duomenys skiriasi nuo prognozuotų, todėl sunku juos ir tarpusavyje palyginti. Tam yra reikalinga duomenų kalibracija, t. y. sisteminių paklaidų nustatymas. Lietuvoje tinkamas naudoti kalibracijos metodas aprašomas šioje darbo dalyje, palyginami išmatuoti ir apskaičiuoti dydžiai.

3.3.1 UV spinduliuotės matavimo rezultatų kalibracijos metodika

Pirminiame darbo etape reikia apskaičiuoti „tikrąją“ eriteminę Saulės spinduliuotę (E_{SKY}) iš turimų duomenų (E_{SKYSL}), išmatuotų *Solar Light* instrumentu Kauno meteorologijos stotyje, neturint duomenų apie prietaiso kalibraciją.



3.7 pav. CIE veikimo spektras (McKinlay, Diffey, 1987).

Standartinis kalibracijos metodas. Pagrindinė problema atliekant biometrų kalibraciją yra ta, kad jų spektrinis jautrumas skiriasi nuo CIE veikimo spektro (sukeliančio odos įdegimą). CIE buvo pasiūlytas A. F. McKinlay ir B. L. Diffey (1987) ir priimtas Tarptautinės iliuminacijos komisijos (*Commission Internationale de l'Éclairage*) kaip standartinis.

Eriteminės spinduliuotės I_E intensyvumas yra apibūdinama kaip:

$$I_E = \int_{\varphi} \int_{\theta} \int_{\lambda} R(\lambda, \theta, \varphi, O_3) \times CIE(\lambda) \times \cos(\theta) \times \sin(\theta) \times d\lambda \times d\theta \times d\varphi = \int_{\lambda} I(\lambda, O_3) \times CIE(\lambda) \times d\lambda; \quad (14)$$

čia $R(\lambda, \theta, \varphi, O_3)$ – spektrinė spinduliuotė, kuri priklauso nuo bangos ilgio – λ , Saulės zenito kampo – θ , azimuto kampo – φ bei bendro ozono kiekio – O_3 . $I(\lambda, O_3)$ – tai bendroji spektrinė spinduliuotė, o CIE – CIE veikimo spektras.

Biometro signalo S_B rezultatai yra:

$$S_B = \frac{1}{C_B} \times \int_{\varphi} \int_{\theta} \int_{\lambda} R(\lambda, \theta, \varphi, O_3) \times RSE_B(\lambda) \times CF_B(\theta) \times \cos(\theta) \times \sin(\theta) \times d\lambda \times d\theta \times d\varphi; \quad (15)$$

Jie pateikiami su santykinu spektriniu reagavimu $RSE_B(\lambda)$, kosinuso paklaida $CF_B(\theta)$ ir kalibracijos faktoriumi C_B . Iš šios lygties galima matyti, kad instrumento kampinis jautrumas nepriklauso nuo bangos ilgio ir azimuto. Tačiau biometro spektrinis ir kampinis jautrumas kinta priklausomai nuo kitų parametru, tokių kaip prietaiso vidaus drėgmė ar detektoriaus temperatūra, ir paprasčiausiai nuo jo amžiaus. Taigi kalibracijos faktoriaus C_B ir santykinio spektrinio reagavimo $RSE_B(\lambda)$ dydžiai yra tinkami naudoti tik tuo atveju, jei instrumento būklė išlieka nepakitusi per tam tikrą analizuojamą laikotarpį.

C_B gali būti apytiksliai išreiškiamas remiantis 15 lygtimi:

$$C_B \approx \frac{1}{S_B} \times \int_{\lambda} I \times RSE_B \times d\lambda; \quad (16)$$

Biometro kosinuso paklaidą sukelia C_B priklausomybė nuo Saulės aukščio ir debesuotumo. C_B labiausiai priklauso nuo Saulės zenito kampo θ_{SUN} . Todėl C_B paprastai išreiškiamas kaip θ_{SUN} funkcija, tuo pačiu įtraukiant instrumento kosinuso paklaidą. Sujungus 14 ir 15 lygtis mes gauname:

$$I_E = S_B \times C_B \cdot \frac{\int_{\lambda} I \times CIE \cdot d\lambda}{\int_{\varphi} \int_{\theta} \int_{\lambda} R \times RSE_B \times CF_B \times \cos(\theta) \times \sin(\theta) \times d\lambda \times d\theta \times d\varphi}; \quad (17)$$

Norint gauti eriteminę spinduliuotę biometro signalas S_B turi būti padaugintas iš kalibracijos faktoriaus C_B ir iš santykio, gauto 18 lygtyje. Įstačius 16 į 17 lygtį gauname:

$$I_E \approx S_B \times C_B \times \frac{\int_{\lambda} I \times CIE \times d\lambda}{\int_{\lambda} I \times RSE_B \times d\lambda} \approx S_B \times C_B \times ADA(\theta_{SUN}, O_3). \quad (18)$$

Santykis (19) lygtyje buvo pavadintas *ADA* ir priklauso nuo biometro spektrinių savybių, o ypač nuo bendrosios spektrinės spinduliuotės. Bendrosios spektrinės spinduliuotės pasikeitimai dėl pastovaus faktoriaus spinduliuotėje išreiškiami *ADA* santykyje. *ADA* turi būti skaičiuojama spinduliuotės perdavimo modeliu kiekvienai galimai Saulės zenito kampo reikšmei ir bendram ozono kiekiui. Tai turi būti atliekama individualiai kiekvienai matavimo vietai, į skaičiavimus įtraukiant specialias jos charakteristikas. *ADA* yra labai mažai veikiama debesuotumo ir kintančio aerzolių kiekio. „Tikroji“ eriteminė spinduliuotė I_E galiausiai apskaičiuojama dauginant S_B su C_B ir *ADA*:

$$I_E \approx S_B \times ADACAL(\theta_{SUN}, O_3); \quad (19)$$

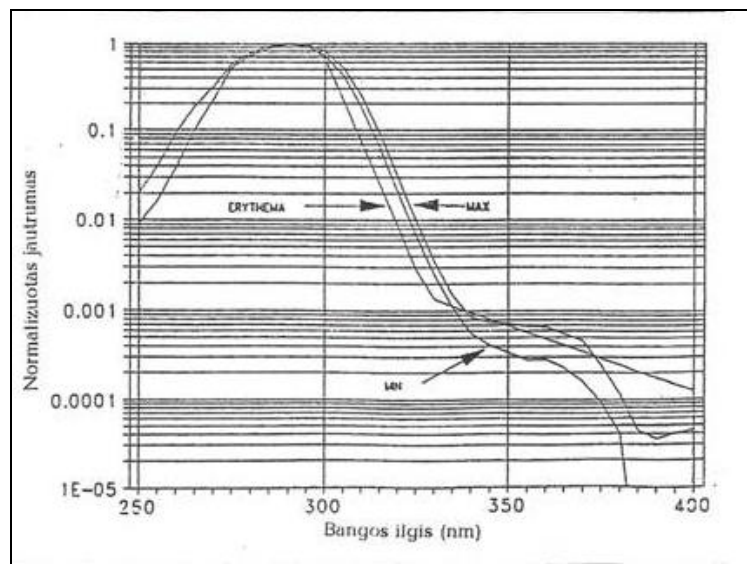
Norint supaprastinti kalibracijos matricų pateikimą *ADACAL*(θ_{SUN} , O_3) apskaičiuojama sudauginus C_B ir *ADA* (Schreder, 2005).

Tai standartinis taikomas pasaulyje kalibracijos metodas, tačiau jis naudojamas žinant tikrąjį spektrinį ir kampinį jutiklio jautrumą, kurie mūsų atvejų nėra žinomi, o yra naudojama informacija iš UV – Biometro naudojimo vadovo. Jame tiesiog pateikiamos vidutinės reikšmės, kurias turi *Solar Light* instrumentai.

Informacija apie prietaisą. Kauno meteorologijos stotyje UV spinduliuotė matuojama UV – Biometru 501 – A. Tai Robertsono – Bergerio hermetizuotų prietaisų, visame pasaulyje naudojamų UV monitoringui, eilės tąsa.

Eriteminio poveikio spektras yra tik vienas iš daugelio stebimų gamtoje su panašiu nuolydžiu ir bangų diapazonu. Todėl UV biometras gali rodyti Saulės spinduliuotės poveikį, sukeltą saulės įdegimą, fitoplanktono žuvimą bei daugelį kitų efektų. Biologinis UV spinduliuotės poveikis yra matuojamas MED/h. Biologiškai aktyvi dozė yra matuojama integruojant biologiškai aktyvią energiją per apibrėžtą laiko tarpą

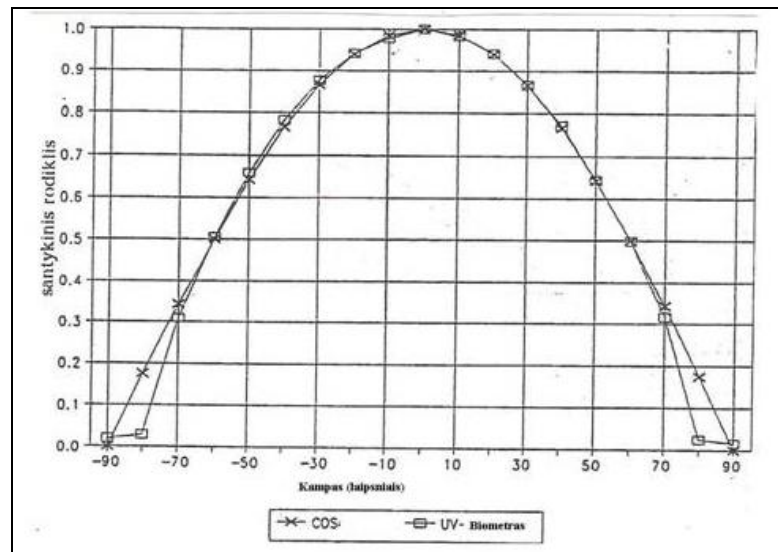
UV biometro pradinį kalibravimą atlieka gamintojas. Prietaisas rodo Saulės spinduliuotės biologinį aktyvumą pagal CIE veikimo spektrą ir 21 mJ/cm² energiją, sukeltą minimalų odos paraudimą. Jutiklis kalibruojamas esant giedram orui, Saulės zenito kampui <30°, bendram ozono kiekiui 270 DU bei jutiklio temperatūrai 25 °C (UV biometras..., 2000).



3.8 pav. UV – Biometro 501 – A spektrinis jautrumas (UV biometras..., 2000).

UV spinduliuotės matavimui UV biometru naudojamas tas pats principas, kaip ir Robertsono – Bergerio matuoklyje. Saulės šviesa per kvarcinį gaubtelį ir filtrą pasiekia jutiklį. Dalinai filtruota šviesa, apimanti visą UV spektrą, veikia fosforą. Matomoji šviesa, išspindėta fosforo yra matuojama galio – arseno – fosforo diodo. Diodo sukuriama elektros srovė paverčiama

elektros įtampa ir sustiprinama. Jutiklio temperatūra taip pat yra paverčiama elektros įtampa (UV biometras..., 2000).



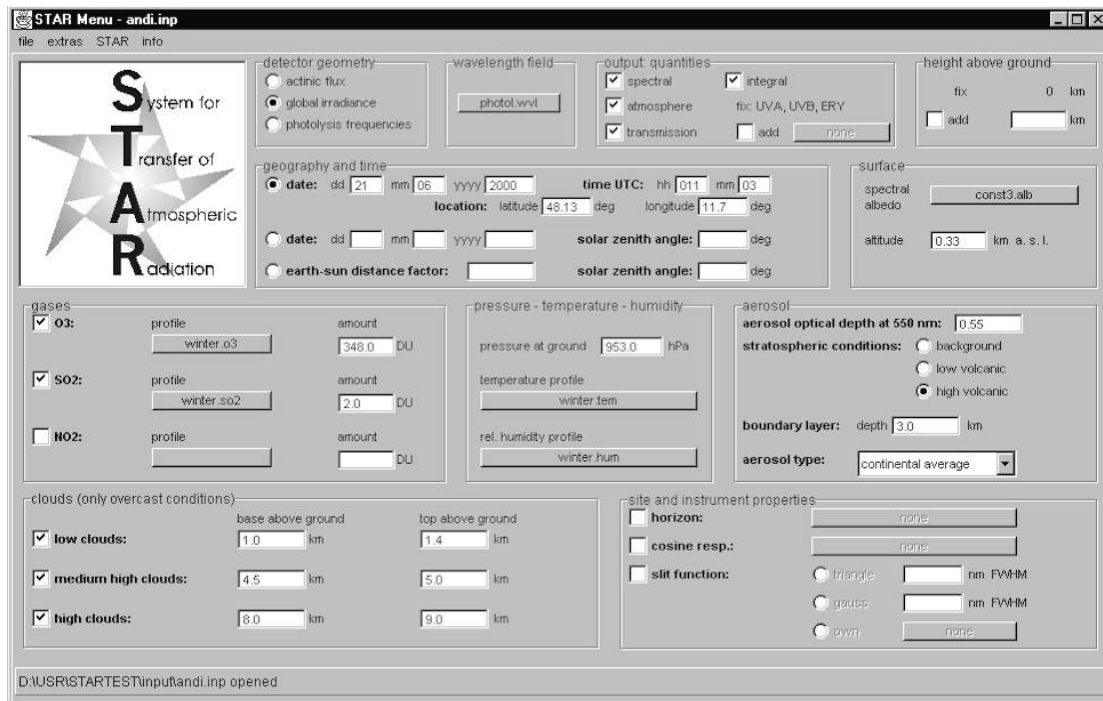
3.9 pav. UV – Biometro 501 – A kampinis jutiklio jautrumas (UV biometras..., 2000).

STAR modelis. STAR buvo sukurtas modeliuoti spinduliuotės kiekius ir fotolizės diapazoną troposferoje. Tai klasikinis spinduliuotės perdavimo modelis. Jis pagrįstas T. Nakajimos ir M. Tanakos funkcijomis, skirtomis spinduliuotės sklidimui atmosferoje įvertinti. Modelis sprendžia spinduliuotės perdavimo lygtis ir susideda iš specialių lygčių, skirtų apskaičiuoti spinduliuotės kiekius įvairiuose atmosferos sluoksniuose. Detalesnę informaciją apie modelyje panaudotas spindulinės energijos transformaciją aprašančias lygtis galima rasti T. Nakajimos ir M. Tanakos straipsnyje (Nakajima, Tanaka, 1986).

STAR modelis gali tiksliai ir veiksmingai apskaičiuoti spinduliuotės kiekius t. y. spinduliuovimą į vertikalų ir horizontalų paviršių, aktyvų srautą, kitus srautus ir jų išsiskyrimą į tiesiogines/išsklaidytas komponentes. Papildomai dar galima apskaičiuoti integruotą spinduliuotės kiekį, kuris priklauso nuo bangų ilgio (tai eriteminė dozė) ir fotolizės dažnį 27 skirtingoms dujų ir vandens fazėms bei integruotą dienos kiekį. Skaičiavimai yra atliekami

skirtingiems aukščiams bangų diapazonui nuo 280 iki 700 nm, t. y. UVA, UVB ir matomajai spinduliuotės daliai (STARsci, 2004).

STARsci modelis. Jis buvo sukurtas 1999 metų pabaigoje ir gali apskaičiuoti UV spinduliuotės kiekį troposferoje arba prie Žemės paviršiaus. STARsci gali būti laikomas vienu iš efektyviausių spinduliuotės perdavimo modelių apskaičiavimo požiūriu ir pasiekiamų rezultatų patikimumu.



3.10 pav. STARsci modelio vartotojo sąsaja (STARsci, 2004)

Modelis skaičiuoja šiuos spinduliuotės parametrus:

- bendrąją spinduliuotę, kuri susideda iš tiesioginės ir išsklaidytosios;
- UVA, UVB, eriteminę spinduliuotę, spinduliuotės indeksus;
- aktininį srautą;
- integruotą spinduliuotės kiekį;
- spinduliuotės kiekį į vertikalų paviršių;
- fotolizės dažnį 22 fotocheminėms reakcijoms.

Skaičiavimai yra atliekami skirtingiems aukščiams. Į visus algoritmus yra įtraukiamas ir aukštis virš jūros lygio (STARsci, 2004).

STARneuro modelis. Jame sujungtas spinduliuotės perdavimo modelis su neuroninių tinklų analizės metodu. Spinduliuotės rodikliai yra apskaičiuojami tik keliems bangų ilgiams, o neuroninių tinklų metodu informacija yra išplečiama visam spinduliuotės spektrui. Todėl skaičiavimai yra atliekami daug greičiau nei su STARsci modeliu, nes STARsci apskaičiuoja spinduliuotės rodiklius kiekvienam bangos ilgiui. Rezultatų tikslumas gali skirtis tik 2,5 %, kada bangos ilgis didesnis nei 310 nm, ir 10 % ,jei mažesnis. Taip pat šis modelis naudojamas apskaičiuoti spinduliuotės kiekius debesuotomis ir apsiniakusiomis dienomis, įtraukiant į įvesties duomenis informaciją apie skirtingus debesų tipus ir jų sluoksnius.

Modelis apskaičiuoja šiuos spinduliuotės parametrus:

- bendrąją spinduliuotę, neišskiriant atskirai tiesioginės ir išsklaidytosios;
- UVA, UVB, eriteminę spinduliuotę, spinduliuotės indeksus;
- integruotus spinduliuotės kiekius;

Jis, kaip ir STARsci, apskaičiuoja spinduliuotės kiekius skirtinguose aukščiuose, o į visus algoritmus yra įtraukiamas ir aukštis virš jūros lygio (STARneuro, 2004).

Darbe sudarant kalibracijos matricą buvo naudojamas STARsci modelis. O atliekant skaičiavimus, kuriais modeliavimo rezultatai buvo lyginami su Kauno MS išmatuotais duomenimis, STARneuro0 versija (į skaičiavimus neįtraukianti duomenų apie debesuotumą) ir STARneuro1 (įtraukiant duomenis apie tuo metu buvusį debesuotumą).

3.3.2 Kaune išmatuotos eriteminės spinduliuotės dydžių kalibravimas

Darbe naudojami duomenys apie prietaiso spektrinį (3.8 pav.) ir kampinį jutiklio jautrumą (3.9 pav.) paimti iš UV biometro naudojimo vadovo. Jame pateikiamos vidutinės reikšmės, kurias turi *Solar Light* instrumentai. Pasaulinės meteorologijos organizacijos pateiktoje ataskaitoje rašoma, kad

skirtingi *Solar Light* instrumentai turi labai skirtingus kampinius jutiklio jautrumus, kurie buvo nustatomi kalibracijos metu (Bais ir kt., 2000). Neturint duomenų apie Kauno MS esančio prietaiso kalibraciją, darbe naudojamos tik reikšmės iš UV biometro naudojimo vadovo.

Taip pat nėra žinomas ir tikrasis įvairiais metais buvęs spektrinis jautrumas. Jis instrumentuose taip pat gali skirtis. *Solar Light* vartojimo vadove pateikiamos minimalios ir maksimalios jo reikšmės, tad visi pradiniai skaičiavimai buvo atliekami naudojantis jomis. O dvi priešingos jutiklio jautrumo reikšmės buvo suvidurkintos.

Absoliutus jautrumas taip pat nėra žinomas, nes rezultatai pateikiami kaip absoliutus išmatuotas dydis, bet ne kaip dydis, priklausantis nuo jautrumo. Todėl pirmoji prielaida yra ta, jog $CONST_{sl} = CONST_{slmax} = CONST_{slmin} = 1$ (kaip, kad tai yra $CONST_{ery}$). Spektrinio veikimo funkcijos $S_{slerymax}(\lambda)$ ir $S_{slerymin}(\lambda)$ taip pat yra prilygintos 1.

Pirmiausia reikėjo sudaryti kalibracijos matricą, kuri apibūdintų santykį tarp „tikrosios“ ir išmatuotos spinduliuotės, atsirandantį dėl prietaiso spektrinio ir kampinio jautrumo, nes jie skiriasi nuo CIE spektro ir idealios kosinusoidės.

Su realiomis prietaiso maksimaliomis ir minimaliomis spektrinio jautrumo bei kosinuso reagavimo reikšmėmis gauti dydžiai buvo lyginami su dydžiais, gautais naudojant CIE spektrą bei kosinusoidę. Taip buvo nustatyta instrumento realaus spektrinio jautrumo bei kampinio reagavimo įtaka. Skaičiavimai buvo atliekami su STARsci modeliu įvairiomis atmosferos sąlygomis.

Kalibracijai atlikti buvo naudoti tokie modelio įvesties duomenys:

1. *Saulės zenito kampas*. Buvo skaičiuojama visoms galimoms reikšmėms nuo 10 iki 90 laipsnių, kas 10°.

2. *Atmosferos slėgis jūros lygyje*. Buvo naudojama 1000 hPa reikšmė, tai apytikslė vidutinė slėgio reikšmė, esanti mūsų platumose.

3. *Aerozolių tipas*. Vidutinis kontinentinis, kai aerozolių optinio tankio reikšmė 550 nm bangos ilgyje 0,2 ir švarus kontinentinis – 0,1. Tokios reikšmės buvo pasirinktos atsižvelgiant į stoties padėtį ir aplinką.

4. *Vietovės albedas.* Pasirinktos skirtingos albedo reikšmės UV spektro srityje: 3 %, 10 %, 20 %, 50 % ir 80 %.

5. *Aukštis virš jūros lygio.* Stoties aukštis virš jūros lygio yra 76 metrai, tad prietaiso aukštis yra visada vienodas 84,5 m. Modelyje tai paverčiama į kilometrus: 0,085 km.

6. *Paribio sluoksnio storis* – 1,5 km. Vidutiniškai toks storis būna vasaros metu.

7. *Ozono sluoksnio storis.* Buvo skaičiuojama 200–500 DU reikšmėms, kas 50 DU

8. *Temperatūros ir drėgmės profilis.* Temperatūros ir drėgmės skiltyse galima pasirinkti po du profilius: „vasaros“ ir „žiemos“, tačiau šiuo atveju buvo rinktasi tik „vasaros“.

Skaičiavimai buvo atliekami 3 kartus su tais pačiais įvesties duomenimis, bet skirtingu spektriniu ir kampiniu jutiklio jautrumu:

1. Su *Solar Light* vartojimo vadove pateikiamu minimaliu spektriniu jautrumu ir kampiniu jutiklio jautrumu;

2. Su *Solar Light* vartojimo vadove pateikiamu maksimaliu spektriniu jautrumu ir kampiniu jutiklio jautrumu;

3. Su CIE spektro jautrumu ir atitinkama kosinusoidės reikšme.

Santykis tarp „tikrosios“ spinduliuotės ir „realios“, kuris buvo naudojamas pakeisti matavimo duomenis, buvo skaičiuojamas abiem spektrinio jautrumo reikšmėms:

$$RAT = E_{sky} / E_{skysl}, \quad (20)$$

Pagrindiniai parametrai, kurie turi poveikį šiam santykiui, yra Saulės aukštis bei ozono sluoksnio storis, tad galime išreikšti $RAT = f(\theta_{SUN}, O_3)$. Saulės aukštis lemia kosinuso veikimo spektrą, o tuo pačiu ir spektrinį spinduliuotės pasiskirstymą. Ozono sluoksnio storio kitimas keičia UV spinduliuotės intensyvumą, daro poveikį ir spektriniam spinduliuotės pasiskirstymui. Paprastai šis santykis pateikiamas 20 lygtyje, kaip kalibracijos matrica, kuri priklauso nuo Saulės zenito kampo bei ozono sluoksnio storio (Schreder, 2005).

Norint tai atlikti, reikia nustatyti ir aerozolių bei albedo poveikį, nes jie nėra įvertinti kalibracijos matricoje. Atsižvelgiant į tai, kad UV matavimai yra svarbesni vasaros metu, kalibracijos matrica buvo sudaryta vasaros sąlygoms: naudotas aerozolių optinis tankis 550 nm bangos ilgyje – 0,2, o paviršiaus albedas UV spinduliuotei 3 % – tai yra tipiškas albedas vegetacijos metu.

Absolūtus jautrumas gali būti įtraukiamas į modeliavimo rezultatus arba, kaip tai atliekama praktikoje – į rezultatus, kuriuos išmatavo instrumentas. *Solar Light* prietaisas rezultatus pateikia MED/h, bet jie buvo paverčiami į W/m^2 .

Tačiau *Solar Light* UV biometro absoliutaus jautrumo konstanta (CONSTsl) nėra žinoma. Siekiant gauti šį dydį reikalinga absoliuti prietaiso kalibracija. Tuo tikslu su STARsci modeliu sumodeliuoti dydžiai buvo prilyginami „tikrajai“ spinduliuotei, kuri pasiekia žemės paviršių, su prielaida, kad $E_{sky} = E_{mod}$. Buvo analizuojami skirtumai, atsirandantys tarp sumodeliuotos ir išmatuotos UV spinduliuotės giedromis dienomis.

Absolūtus jautrumas yra konstanta, kuri nepriklauso nuo kintančių atmosferos sąlygų ir Saulės aukščio. Tai yra išreiškiama kaip „tikrosios“ ir išmatuotos spinduliuotės vidurkis, tomis sąlygomis, kurios dažniausiai būna Europoje vasaros metu. Darbe skaičiuojami E_{sky} , $E_{modslmax}$ ir $E_{modslmin}$ vidurkiai atitinkamomis Europai būdingomis atmosferos sąlygomis: Saulės aukštis iki 65° ; ozono kiekis paprastai svyruoja nuo 280 iki 380 DU, naudojamos reikšmės 300 ir 350 DU Vegetacijos metui būdingas UV albedas – 3 %, o aerozolių optinis tankis – 0,2. Siekiant gauti konstantą, buvo naudojamas santykis:

$$CONST_{max} = E_{sky} / E_{modslmax} \text{ bei } CONST_{min} = E_{sky} / E_{modslmin}, \quad (21)$$

Prietaiso gamintojai pateikia informaciją, kad jutiklio kalibracija atliekama, kai Saulės zenito kampas $<30^\circ$ laipsnių, o ozono koncentracija 270 DU. Taigi kalibracijos konstanta apskaičiuota, kaip faktoriaus tarp „tikrosios“ ir išmatuotos spinduliuotės vidurkis šiomis atmosferos sąlygomis. Taigi vėl skaičiuojami vidurkiai šių dydžių: E_{sky} , $E_{modslmax}$ ir $E_{modslmin}$, atitinkamomis atmosferos sąlygomis: Saulės zenito kampas $<30^\circ$, o ozono kiekis 270 DU

Siekiant įvertinti, ar aerozolių optinio tankio bei albedo pasikeitimas neturi didelės įtakos, kalibracijos konstanta buvo apskaičiuota ir skirtingomis šių parametrų sąlygomis: albedas naudojamas 10 %, aerozolių optinis tankis – 0,1.

Šios kalibracijos konstantos leidžia atskirti dėl skirtingo spektrinio ir kampinio prietaiso jautrumo instrumento absoliutaus jautrumo daromą poveikį matavimo duomenims. Tačiau nėra žinomas tikrasis spektrinis jautrumas, nes kiekvienas matavimas yra pateikiamas kaip absoliutus signalas W/m^2 . Taigi šie išmatuoti dydžiai gali būti tiesiogiai naudojami, o skirtumas, atsiradęs dėl spektrinio ir kampinio prietaiso jautrumo, gali būti atitaisomas kalibracijos matrica.

Naudojant absoliutų jautrumą yra galimybė nustatyti santykinę nuokrypį tarp išmatuotos ir „tikrosios“ spinduliuotės, kuris priklauso nuo instrumento savybių, t. y., nuo jo spektrinio bei kampinio jutiklio jautrumo, kiek daug jie skiriasi nuo CIE spektro bei kosinusoidės. Šis poveikis yra atvaizduojamas kaip kalibracijos matrica – *CAL*:

$$CAL = f(\theta_{SUN}, O_3), \quad (22)$$

Absoliučios kalibracijos ir santykinės kalibracijos matricos kombinacija duoda ieškomą „tikrąją“ spinduliuotę:

$$E_{SKY} = CAL \times E_{skysl} = CAL \times CONST_{sl} \times \int E_{mod}(\lambda) \times S_{stery}(\lambda) \times d\lambda, \quad (23)$$

Norint gauti kalibracijos faktorius, formuojančius kalibracijos matricą *CAL* (θ_{SUN} , O_3), santykis buvo apskaičiuotas:

$$CAL(\theta_{SUN}, O_3) = RAT / CONST = E_{mod} / \int E_{mod}(\lambda) \times S_{stery}(\lambda) \times d\lambda \quad (24)$$

Apskaičiuota abiem spektrinio jautrumo reikšmėms ir tai pateikiama grafiškai.

Kadangi nėra žinomas Kauno MS naudojamo instrumento spektrinis jautrumas, buvo skaičiuojamas vidurkis tarp maksimalių ir minimalių kalibracijos matricos reikšmių:

$$CAL(\theta_{SUN}, O_3) = (CAL_{max}(\theta_{SUN}, O_3) + CAL_{min}(\theta_{SUN}, O_3)) / 2, \quad (25)$$

Norint įvertinti galimas paklaidas, buvo skaičiuojamas nuokrypis tarp „tikrosios“ kalibracijos matricos, ir matricų, gautų su maksimaliom ir minimaliom spektrinio jautrumo reikšmėmis.

Darbe naudojami maksimalūs paros eriteminės spinduliuotės dydžiai, kuriems buvo atliekama kalibracija. Tad kiekvienam dydžiui, atsižvelgus į tos dienos ozono sluoksnio storio reikšmę bei maksimumo metu buvusį Saulės zenito kampą, buvo pritaikoma atskira kalibracijos matrica.

Tačiau, norint atlikti visą kalibraciją, reikia žinoti ne tik kalibracijos matricą, bet ir bendrą kalibracijos konstantą. Jutiklio jautrumas yra pateikiamas prietaiso pase ir išreiškiamas $W/m^2/V$ arba $MED/h/V$. Tačiau neretai jis skiriasi nuo prietaiso pase pateikiamų, todėl atlikti visą duomenų kalibraciją, reikia naudoti ir bendrą kalibracijos konstantą. Ją galima gauti tik atliekant prietaiso kalibraciją. Laikantis prielaidos, jog prietaisas per eksploataavimo metus nekeitė savo savybių, bendroji kalibracijos konstanta buvo gauta sulyginus išmatuotus ir iš kalibracijos matricos padaugintus dydžius su sumodeliuotais dydžiais. Tai buvo atliekama remiantis 2001–2002 metų eriteminės spinduliuotės rodikliais, išmatuotais ir sumodeliuotais giedromis dienomis. Jos buvo išskiriamos remiantis duomenimis apie tos dienos debesuotumą, kai aerozolių optinis tankis buvo < 1 . Gautas krypties koeficientas buvo naudojamas kaip bendroji kalibracijos konstanta ir juo remiantis buvo vykdoma išmatuotų rodiklių kalibracija. Visai kalibracijai atlikti Kauno MS išmatuoti eriteminės spinduliuotės maksimumo duomenys dauginami iš kalibracijos matricos ir bendrosios kalibracijos konstantos.

3.3.3 Eriteminės spinduliuotės kalibruotų ir modeliuotų duomenų palyginimas

Atlikus Kauno meteorologijos stotyje išmatuotų duomenų kalibraciją, buvo atliekamas kalibruotų ir sumodeliuotų duomenų palyginimas. Eriteminė spinduliuotė buvo modeliuojama modeliu STARneuro, naudojant jo versijas STARneuro0 ir STARneuro1.

Modelyje naudoti įvesties duomenys:

1. *Data*. Skaičiavimai buvo atliekami kiekvienai 2001–2002 metų dienai.

2. *Laikas*. Laikas pasirenkamas toks pat, kaip Kauno MS pateiktas laikas, kuriuo tą dieną buvo užfiksuotas UV paros maksimumas. Jis įrašomas suderintuoju pasauliniu laiku (UTC), minučių tikslumu. Pagal paros laiką, kada išmatuojamas UV maksimumas, nustatomas Saulės aukštis virš horizonto. Yra nustatyta, kad 20–30 % UVR kiekio vasarą žemės paviršių pasiekia valanda prieš ir po vidurdienio, o 75 % nuo 9 iki 15 valandos (Diffey, 1990).

3. *Stoties koordinatės*. Įrašomos Kauno MS koordinatės: 54,9° š. pl; 23,8° r. il.. Tai yra nekintantis dydis, kuris visuose skaičiavimuose išlieka pastovus.

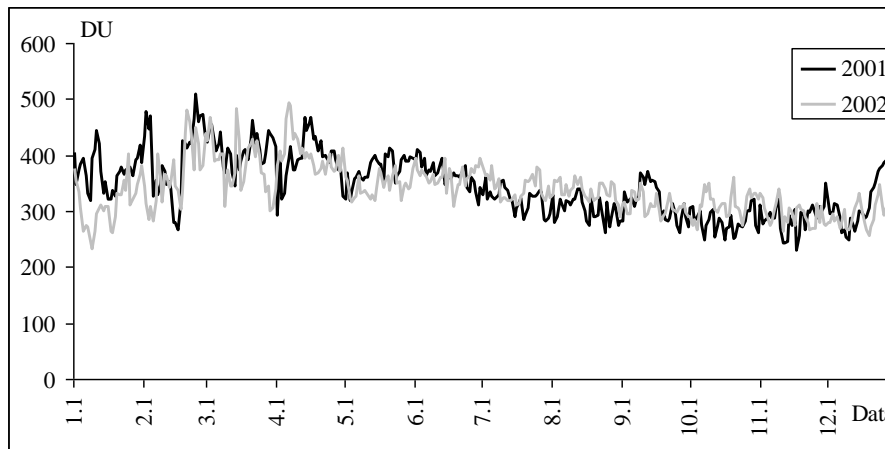
4. *Aukštis virš žemės paviršiaus*. Aukštis virš žemės paviršiaus yra 8,5 m. Prietaisas yra pastatytas ant stalo, stovinčio 2 m aukštyje nuo namo stogo paviršiaus.

5. *Aukštis virš jūros lygio*. Stoties aukštis virš jūros lygio yra 76 metrai, tad prietaiso aukštis yra visada vienodas 84,5 m (0,085 km). Tai svarbus UV prietakos veiksnys. Tyrimų daugelyje Europos šalių metu nustatyta, jog kalnuotose teritorijose UV reikšmė žymiai didesnė. Paprastai vietovės aukščiui padidėjant 1 kilometru, UV srauto dydis išauga 6 % (Meloni ir kt., 2000).

6. *Ozono sluoksnio storis*. Darbe naudojamas kasdieninis bendras ozono kiekis atmosferoje, kurį sudaro troposferinis ir stratosferinis ozonas. Jis yra nustatomas Kauno ozonometrijos stotyje ir išreiškiamas Dobsono vienetais. Dienomis, kada nebuvo matuotas ozono kiekis, duomenys buvo gauti interpoliuojant gretimų dienų duomenis.

Ozono sluoksnis sugeria UVR, tad nuo jo kiekio priklauso ir atmosferoje sugeriamos UV spinduliuotės kiekis. Reikėtų paminėti, kad ozono sluoksnio storis kinta per metus: Šiaurės pusrutulyje pavasarį pradedantis mažėti ozono kiekis minimalias reikšmes pasiekia rudenį (Bukantis ir kt., 2001). Tai atsispindi ir 2001–2002 metų ozono sluoksnio storio kitimo Kaune

grafike (3.11 pav.). Didžiausios reikšmės ir svyravimai matomi iki balandžio mėnesio, vėliau sumažėja.



3.11 pav. Ozono kiekis (Dobsono vienetais) atmosferoje 2001–2002 metais Kaune

7. *Vietovės albedas.* Buvo naudojamas 3 % UV spinduliuotės albedas, kuris būdingas vegetacijos metu apie Kauno meteorologijos stotį esančiai vietai. Vietovės albedas mažai kaitus veiksnys, tačiau jį gali pakeisti iškritęs sniegas (Koepke ir kt., 2002).

8. *Atmosferos slėgis stoties lygyje.* Atmosferos slėgis buvo atrenkamas iš Kauno MS pateikiamų duomenų tokiu principu: nuo 7.30 iki 10.30 val. buvo imami 9 valandos slėgio matavimo duomenys; nuo 10.30 iki 13.30 val. – 12 valandos matavimo duomenys; nuo 13.30 val. iki 16.30 val. – 15 valandos slėgio matavimo duomenys. 10.30 ir 13.30 valandomis buvo skaičiuojamas greta esančių matavimų vidurkis

9. *Ozono profilis.* Kadangi vertikalus ozono kiekio pasiskirstymas kinta priklausomai nuo sezono, tai modelis siūlo skirti 4 ozono profilius: žiemos, pavasario, vasaros ir rudens, kurie yra parenkami pagal metų laiką, kurio metu buvo matuota eriteminė spinduliuotė

10. *Atmosferos užterštumas.* Atmosferos užterštumas – vidutinis kontinentinis. Ore esantys aerosoliai, kaip ir pastovios dujos, atspindi, išsklaido bei sugeria Saulės spinduliuotę. Didėjanti gamtinės ar antropogeninės

kilmės aerozolių koncentracija ore mažina UV spinduliuotės prietaką. Aerozolių sukelti UV spinduliuotės kiekio pasikeitimai gali siekti 20–45 %. Dėl šios priežasties ir dėl to, jog virš stambių pramonės centrų išauga ir troposferinio ozono kiekiai, šiose vietovėse UV spinduliuotė yra daug mažesnė nei aplinkinėse teritorijose (Bukantis ir kt., 2001).

11. *Temperatūros ir drėgmės profilis*. Temperatūros ir drėgmės skiltyse galima pasirinkti du profilius: vasaros ir žiemos. „Vasara“ pasirenkamas balandžio–spalio mėnesiais, nes būtent šie mėnesiai priskiriami šiltajam laikotarpiui. „Žiema“ – lapkričio–kovo mėnesiais, kurie priskiriami šaltajam sezonui.

12. *Paribio sluoksnio storis*. Skaičiavimai atlikti, pagal formulę (Koepeke, 2005):

$$BL = GH_{\min} + (GH_{\max} - GH_{\min}) \frac{1}{2} (\cos(2\pi \frac{JD - \delta}{365}) + 1); \quad (26)$$

čia BL – paribio sluoksnio storis, GH_{MAX} – maksimalus paribio sluoksnio storis – 1,5 kilometro, GH_{MIN} – minimalus paribio sluoksnio storis – 0,5 kilometro, JD – diena, pagal Julijaus kalendorių, skaičiuojama nuo pirmos metų dienos, δ – koeficientas, naudojamas išreikšti dieną, kada paribio sluoksnis turi savo maksimumą:

$$\delta = 365 + JD_{GH_{MAX}}; \quad (27)$$

čia $JD_{GH_{max}}$ - 210, nes Lietuvoje šilčiausias mėnuo liepa, o pats šilčiausias trečiasis liepos dešimtadienis (Bukantis, 1994). Šis skaičius parodo dieną, kada būna šilčiausia, o paribio sluoksnis storiausias.

Paribio sluoksnio storis buvo skaičiuojamas kiekvienai 2001–2002 metų dienai.

13. *Aerozolių kiekis stratosferoje*. Pasirinktas aerozolių kiekis atmosferoje – foninis, šiuo laikotarpiu pasaulyje nebuvo vulkanų išsiveržimų, kurie galėtų jį pakeisti. Kiti modelio siūlomi variantai yra aukštas arba žemas vulkaninio užterštumo lygis.

14. *Aerozolių optinis tankis*. Skaičiuojamas kiekvienai 2001–2002 metų dienai, remiantis matomumo duomenimis, pagal formulę (Koepeke, 2005):

$$AOD = \left(\frac{3}{VIS} - 0,0125\right) \times BL ; \quad (28)$$

čia *AOD* – aerozolių optinis tankis, *VIS* – matomumas Kauno MS. Naudojama artimiausio matavimo reikšmė, nuo laiko, kai tądien fiksuotas eriteminės spinduliuotės maksimumas, *BL* – pažemio sluoksnio storis, nustatomas naudojant 26 formulę apskaičiuotus dydžius.

15. *Debesuotumas*. Modelis naudoja oktantus, o kadangi Kauno MS matuota balais, duomenys buvo perskaičiuoti į oktantus. Debesuotumas laikotarpiui, kai buvo išmatuotas eriteminės spinduliuotės maksimumas, buvo atrenkamas iš Kauno MS pateikiamų duomenų tokiu principu: nuo 7.30 iki 10.30 val. buvo imami 9 valandos debesuotumo duomenys; nuo 10.30 iki 13.30 val. – 12 valandos matavimo duomenys; nuo 13.30 val. iki 16.30 val. – 15 valandos debesuotumo matavimo duomenys. 10.30 ir 13.30 valandomis buvo skaičiuojamas greta esančių matavimų vidurkis. Ši įvesties duomenų dalis naudojama tik modeliuojant su STARneuro1 modelio versija. Kuo debesys, per kurį eina Saulės spindulys, yra storesnis ir tankesnis, tuo mažiau UV spinduliuotės pasiekia Žemės paviršių (Bukantis ir kt., 2001).

Toliau darbe buvo lyginami modeliu STARneuro, naudojant jo versijas STARneuro0 ir STARneuro1 sumodeliuoti rodikliai bei Kauno MS išmatuoti ir pagal 3.3.2 skyriuje aprašytą metodiką kalibruoti rodikliai. Sudaryti ryšio grafikai tarp STARneuro modeliu apskaičiuotų ir Kaune išmatuotų duomenų.

Norint nustatyti ryšį tarp apskaičiuotų ir kalibruotų duomenų buvo ieškoma skaitmeninės ryšio išraiškos. Apskaičiuotas tiesinis koreliacijos koeficientas, o rezultatų statistinis patikimumas įvertintas pasirinkus 0,05 statistinio reikšmingumo lygmenį.

Duomenų palyginimas buvo atliekamas atskirai giedroms, debesuotoms bei apsiniaukusioms dienoms. Buvo tikrinama, kuri STARneuro modelio versija geriau tinka naudoti debesuotomis ir apsiniaukusiomis dienomis.

Giedros dienos išskirtos naudojantis heliografo duomenimis apie Saulės spindėjimo trukmę, tačiau šiais duomenimis remiantis negalima tiksliai nusakyti, ar tuo metu danguje nebuvo debesų. Tad papildomai buvo žiūrima ir į duomenis apie debesuotumą. Jei artimiausio matavimo metu debesuotumas buvo 0 balų, o heliografas kelias valandas prieš ir po maksimumo fiksuoja, kad visą laiką švietė saulė – tos dienos priskiriamos giedroms.

Apsiniaukusios dienos buvo išskiriamos taip pat pagal heliografo duomenis apie Saulės spindėjimo trukmę bei pagal debesuotumo duomenis, kuriuos pateikia Kauno MS. Išskyrus giedras ir apsiniaukusias dienas, likusios dienos buvo priskiriamos debesuotoms.

4. Oro sąlygų poveikis žmonių sveikatai

Orais yra vadinami trumpalaikiai fiziniai procesai žemutiniame atmosferos sluoksnyje. Šie fiziniai procesai yra natūralūs veiksniai, turintys poveikio žmogaus organizmui. Dažniausiai prie to organizmas prisitaiko fiziologiškai, aklimatizuojantis ar adaptuojantis prie besikeičiančių orų ar neįprastų klimatinių sąlygų. Visas žmogaus gyvenimas yra susijęs su orų sąlygomis, tai daro įtaką žmonių savijautai, bei lemia įvairius susirgimus ar negalavimus. Žmogaus organizmas jautriai reaguoja į temperatūros kaitą, slėgį, drėgmę, debesuotumą, vėjo greitį. Moksliniai tyrimai parodė, kad tokios ekstremalios sąlygos, kaip didelis karštis ar šaltis, užterštas oras daro didelę įtaką sergamumui ir mirtingumui. Ekstremalius orų pokyčius sunkiausiai išgyvena vaikai ir vyresnio amžiaus žmonės. Vyresnieji todėl, kad dažniau serga įvairiomis ligomis, o vaikai dar neturi pakankamai susiformavusio imuniteto pokyčiams pakelti. Geriausiai prie pasikeitusių orų sąlygų prisitaiko jauni ir sveiki žmonės (Bucher, Haase, 1993).

Medicininį-meteorologinių tyrimų pagrindinis tikslas yra nustatyti orų poveikį organizmui, taip vadinamo bio-sinoptinio laiko mastu.

Dažniausiai net ekstremalios orų sąlygos nesukelia ligų. Tačiau tai gali būti kaip „katalizatorius“ ūminėms ligoms ar tiesiog pasunkinti jau esamų negalavimų būklę. Jau nuo paties žmogaus priklauso, ar organizmas vos pajus nedidelį jautrumą orams ar priklausomai nuo jų atsiras rimtesni susirgimai ar net žmogus mirs.

Daugelis statistinių tyrimų pasaulyje buvo atlikta norint nusakyti orų poveikį žmogaus sveikatai. Naudoti tiek skirtingi skaičiavimo metodai, tiek skirtingos duomenų aibės. Tačiau orų ir sveikatos ryšys yra labai komplikotas, atsižvelgiant į tai, kad tiek į atmosferą, tiek į žmogaus organizmą reikia žiūrėti kompleksiskai. Būtina įvertinti, kaip įvairių meteorologinių elementų kompleksai veikia organizmą. Yra išskirta trys pagrindiniai kompleksai: terminis, spindulinis ir oro kokybės (Bucher, Haase, 1993).

Terminis kompleksas susideda iš oro temperatūros, vėjo, drėgnumo, tiesioginės ir išsklaidytos trumpabangės Saulės spinduliuotės, ilgabangės spinduliuotės atmosferoje ir debesuotumo. Šis kompleksas iš esmės nusako žmogaus komforto sąlygas ir kaip organizmas į tai reaguos į jų pokyčius. Spinduliniam kompleksui priskiriama UV spinduliuotė ir matomoji spektro dalis. Vertinant oro kokybę, svarbu ne tik užterštumas, bet ir bendros sąlygos. Tiriama, kaip priklausomai nuo pasikeitusių sinoptinių sąlygų pasikeičia oro užterštumas ir kaip tai gali padidinti kai kurių susirgimų skaičių. Tačiau egzistuoja ne tik šie meteorologiniai kompleksai, darantys poveikį žmogaus sveikatai, neretai negalavimai yra siejami ir su elektromagnetinių bangų poveikiu (Bucher, Haase, 1993).

Norint nusakyti orų poveikį organizmui, geriausia yra išskirti atitinkamas orų klases ir jas sieti su meteorologiniais duomenimis. Orų klasės išskiriamos remiantis pagrindiniais dinaminiais procesais, vykstančiais atmosferoje, arba esama sinoptine situacija. Su orų klasėmis siejamas tiek terminis poveikis, kai priklausomai nuo advekcijos tipo tarppariniai temperatūros skirtumai gali būti gana dideli arba esama situacija ilgesnį laiką gali nesikeisti, tiek oro užterštumas.

Kuo didesni oro temperatūros ir kitų parametrų nuokrypiai nuo vidutinių reikšmių, kuo didesni jų paros arba metiniai svyravimai, tuo stipresnis biologinis klimato poveikis (Bukantis, 1994). Dėl šios priežasties yra labai svarbu nustatyti meteorologinius veiksnius bei jų kompleksus, lemiančius vienos ar kitos ligos atsiradimą.

Vokietijos meteorologijos tarnyboje (DWD) atlikta bene daugiausia tyrimų norint sudaryti medicininę-meteorologinę orų klasifikaciją. Jų pateikiama klasifikacija apima visus pagrindinius sinoptinius procesus, vykstančius vidutinėse platumose. Pagrindiniai parametrai, į kuriuos atsižvelgiama išskiriant orų klasę, yra atmosferos sūkurio parametrai, taip pat ir higroterminės sąlygos. Sūkurio reikšmės yra prognozuojamos daugelio skaitmeninių orų modelių, o sinoptinės analizės būdu gali būti gaunami faktiniai duomenys. Pateikiama informacija apie slėgio laukų formavimosi

ypatumus, jų pokyčius ir su tuo susijusius sinoptinius procesus. Įvertinamos ir higroterminės sąlygos, t. y. ar bus ryškūs pokyčiai nuo vidutinių esamo periodo (dažniausiai imamas 7 prieš tai buvusių dienų laikotarpis) sąlygų (Bucher, Haase, 1993)..

Orų klasės dažniausiai išskiriamos remiantis vienu iš šių būdų:

1. naudojant absoliutaus sūkurio reikšmes 850 hPa lygyje;
2. nustatant vertikalios sūkurio pokyčius;
3. įvertinant higrotermines sąlygas ir jos pokyčius.

Vokietijoje buvo nustatyti pagrindiniai procesai, vykstantys priežeminėje atmosferoje tada, kai padaugėja įvairių negalavimų (Bucher, Haase, 1993):

- daugiausia biotropinių reakcijų, kai pasireiškia orų poveikis sveikatai, fiksuojama orams smarkiai keičiantis. Biotropiškumas didėja, didėjant orų pokyčių intensyvumui;

- terminės aplinkos pokyčiai yra glaudžiai susiję su oro masių kaita, tuo metu pasireiškia daugiausia negalavimų, siejamų su orais. Didžiausias poveikis organizmui pasireiškia ir daugiausia įvairių susirgimų fiksuojama prasidėjus šilto oro advekcijai prieš atmosferos frontą (4 orų klasė (3.1 pav.)) bei pradėjus veržtis šaltam orui paskui šaltąjį atmosferos frontą (7 klasė);

- biotropiškumas mažiausias, kai orus lemia aukšto slėgio sritis, ypač jos centrinė dalis. Tačiau nereikėtų pamiršti, kad esant inversijos sluoksniui žemutinėje troposferoje padidėja atmosferos užterštumas, kuris taip pat gali sukelti daugelį negalavimų;

- orų biotropiniam poveikiui turi įtakos klimatinis geografinis veiksnys, taip pat metiniai ir tarppariniai svyravimai. Tai priklauso ir nuo paties individo polinkio į negalavimus (Bucher, Haase, 1993).

Buvo nustatyta, kokiai orų klasei esant kokios paūmėja ligos (4.1 lentelė). Dėl to prognozuojant vieną ar kitą orų klasę galima pateikti papildomą informaciją žmonėms. Žmonės dažniausiai jau žino, kokiais negalavimais skundžiasi ir esant nepalankioms orų klasėms galėtų pakeisti dienotvarkę, pasirūpinti vaistų.

4.1 lentelė. Ligų priklausomybė nuo orų klasės (Bucher, Haase, 1993)

Orų klasė	1/2	3/9 ₂	4	5	6	7	8/9 ₁	10/11	12	13
Migrena			•					•		
Galvos skausmas		•	•		•	•				
Miego sutrikimai		•	•	•		+				
Pablogėjusi savijauta		•	•	•						•
Nelaimingi atsitikimai			•	•						
Kraujo krešuliai		•	•							
Trombozė			•							
Embolija			•	•						
Polinkis į uždegimą			•	•					•	
Hipotonija		•	•					+		
Širdies infarktas	+		•	•	•	•		+		
Širdies nepakankamumas	+		•			•		+		
Apopleksija						•				
Krūtinės angina	+				•	•				
Reumatinis artritas					•	•	•			
Padidėjęs kraujospūdis					•					•
Spazminiai skausmai		•				•				
Diegliai						•	•			
Diabetas						•				
Depresija			•	•						

• – statistiškai reikšmingas ryšys, + teigiamas poveikis (sumažėjęs atvejų skaičius)

Norint įsitikinti, ar ši orų klasifikacija yra tinkama taikyti ir Lietuvoje, disertaciniame darbe buvo atlikti papildomi tyrimai, susiejantys visuomenės sveikatos duomenis su meteorologiniais.

Literatūroje nurodoma, kad nepalankiu oru 50–70 % sergančių širdies ir kraujagyslių ligomis žmonių sveikata pablogėja. Širdies ir kraujagyslių ligos dažniausiai paūmėja krentant atmosferos slėgiui. Tuo metu padažnėja hipertoninės krizės, insultai ir miokardo infarktai. Ypač jautrūs atmosferos slėgio mažėjimui hipertonine kraujo liga sergantys žmonės (Ašmenskas ir kt., 1997).

Analizuota 11 širdies ir kraujagyslių ligų pasiskirstymas per metus ir priklausomybė nuo meteorologinių elementų ar jų kompleksų.

Arterinė hipertenzija, kitaip padidėjęs kraujo spaudimas, neretai tampa ir kitų kraujotakos sistemos ligų priežastimi. Negydoma arterinė hipertenzija (AH) gali sukelti miokardo infarktą, insultą, širdies veiklos nepakankamumą, išeminę širdies ligą bei kt. (OP vaistais..., 2008). Nustatytas tiek aukštos, tiek žemos temperatūros poveikis arterinės hipertenzijos (AH) paūmėjimams: padidėja kraujospūdis, todėl dirbtinai padidinama širdies apkrova, pirmu atveju dėl optimalios kūno temperatūros palaikymo, antru – dėl padidėjusio metabolizmo.

Kardiopatijai pasireikšti palankus tvankus oras, staigus temperatūros kritimas bei lietingas periodas šaltuoju metų laiku. Kai aplinkos temperatūra viršija 33 °C, padidėja organizmo metabolizmas, o kai oras prisotinamas vandens garais, sumažėja deguonies koncentracija, kas gali būti sietina su širdies bei kraujagyslių ligomis (Chen ir kt., 2008). Nustatyta ir žemos temperatūros įtaka – esant šaltam orui kraujagyslės taip pat susitraukia ir priverčia širdį dirbti didesniu tempu, kas gali sukelti kardiopatiją (Dawson ir kt., 2009).

Dauguma atvejų **krūtinės angina** sukelia arterijų sienelių susiaurėjimas dėl riebalinių nuosėdų. Taip susilpnėja kraujotaka, dirbtinai padidėja širdies ritmas, kas ir sukelia skausmą. Krūtinės angina skirstoma į stabilią ir nestabilią (Gill, Kristensen, 2008; Išeminė širdies..., 2008). Iš poveikį darančių meteorologinių parametų labiausiai akcentuojamas šaltis ir stiprus vėjas kaip didžiausią įtaką darantys meteorologiniai veiksniai (Folkeris, 1990; Herlitz ir kt., 2001; Gill, Kristensen, 2008).

Bene daugiausia tyrimų yra atlikta siejant susirgimus **ūminiu miokardo infarktu** (ŪMI) su tuo metu vyravusiomis meteorologinėmis sąlygomis. Senyvų žmonių kraujyje žiemą padaugėja serumo fibrinogeno, medžiagos, atsakingos už krešėjimą, kurios perteklius kraujyje padidina riziką susidaryti trombai (Dawson ir kt., 2009). Tačiau kiti autoriai teigia, jog tai labiau siejama su sezoniškumu (susirgimų pagausėja, kai vyksta intensyvi sezoninė kaita, pvz.: žiemiškus orus keičia pavasariui būdingi), nei su žema temperatūra (Van Der Bom ir kt., 1997; Spencer ir kt., 1998).

Yra nustatyta, jog **išeminę širdies ligą** gali sukelti aukšta temperatūra. Kalifornijoje atliktame tyrime nustatyta, jog vidutinei paros temperatūrai padidėjus 6 °C, širdies ligų skaičius padidėdavo vidutiniškai 2,6 %, daugiausia dėl išeminės širdies ligos skaičiaus padidėjimo (Basu, Ostro, 2008). Šios ligos atvejų pagausėjo (8 % daugiau nei įprastai) Adelaidėje (Australijoje) siautusios karščio bangos metu (Nitschke, Tucker, 2008). Taip pat tyrimai rodo, jog ligos eigai nepalanki itin žema temperatūra, mat šaltis didina kraujo klampumą (McGregor, 2004).

Paroksizminė tachikardija, kaip ir daugelis širdies ligų, paūmėja žiemą (Scherlag ir kt., 1990).

Širdies laidumo sutrikimai ir paroksizminė tachikardija šiek tiek paūmėja esant sumažėjusiam geomagnetiniam aktyvumui (Stoupel, 2002). Nustatytas paroksizminės tachikardijos sezoniškumas – kaip ir daugumos širdies bei kraujagyslių ligų – pikas žiemą, sumažėjimas vasarą (Scherlag ir kt., 1990).

Prieširdžių virpėjimo ir plazdėjimo eigai turi įtakos temperatūros pokyčiai, atmosferos slėgis, vėjo greitis, debesuotumas bei santykinis drėgnumas. Neigiamą įtaką daro atslenkantys šaltieji frontai, teigiamą – dienos, kai vyravo nejudrūs aukšto slėgio bariniai dariniai. **Prieširdžių virpėjimas** turi tokią pačią sezoninę eigą, kaip ir daugelis širdies bei kraujagyslių ligų (Głuszak ir kt., 2008). Mokslininkų komanda iš Harvardo taip pat patvirtino, jog aukšta temperatūra sukelia **prieširdžių virpėjimą ir plazdėjimą** (Bazilchuk, 2006).

Tyrimais nustatyta, jog mirštamumas dėl **širdies nepakankamumo** padidėja esant žemai temperatūrai ir aukštam atmosferos slėgiui. Taip pat atrasta netiesioginė priklausomybė tarp širdies nepakankamumo ir aukštos temperatūros (Kolb ir kt., 2008, Weather and..., 2008).

Smegenų infarktas, dar kitaip vadinamas išeminiu insultu, yra dažna nervų sistemos liga, kurios metu sutrinka galvos smegenų kraujotaka ir nukenčia tam tikra smegenų dalis (Insultas..., 2009). Dauguma autorių (Ohno, 1969; Rogot, Blackwelder, 1970; Shvaikova, Vorupai, 2002; Rose, 1966) mini

šaltojo sezono ir žemos temperatūros ryši su šios ligos susirgimų išaugimu, nors kai kurie kiti tyrinėtojai (Anderson, Le Riche, 1970) mano, jog infarktu paūmėjimams daugiau įtakos turi kvėpavimo takų ligų paūmėjimas ir infekcijos, kurios padidina tikimybę susidaryti kraujo krešuliams.

Vilniuje 2007-2008 metais daugiausia užfiksuota arterinės hipertenzijos, nestabilios krūtinės anginos ir insulto atvejų (>5000) (4.2 lentelė).

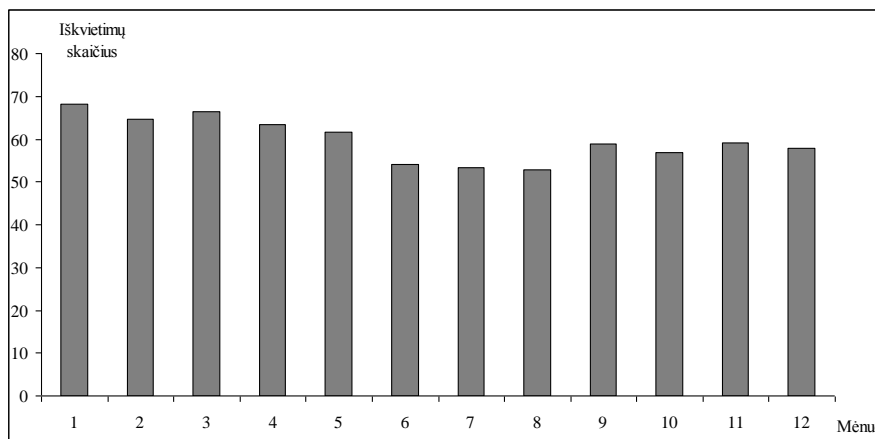
4.2 lentelė. Greitosios pagalbos iškvietimų dėl širdies ir kraujagyslių ligų 2007-2008 metais Vilniuje statistiniai rodikliai

Ligos	Bendras iškvietimų skaičius	Maksimalus iškvietimų skaičius	Minimalus iškvietimų skaičius	Paros vidurkis	Mediana	Moda
Arterinė hipertenzija	17955	61	6	25,47	25	28
Kardiopatija	928	12	0	1,32	1	0
Nestabili krūtinės angina	5621	21	0	7,97	8	6
Ūminis miokardo infarktas	1300	9	0	1,84	2	1
Išeminė širdies liga	4364	19	0	6,19	6	5
Širdies laidumo sutrikimai	1704	13	0	2,42	2	2
Paroksizminė tachikardija	489	6	0	0,69	0	0
Prieširdžių virpėjimas ir plazdėjimas	1427	9	0	2,02	2	1
Širdies veiklos nepakankamumas	1500	9	0	2,13	2	2
Smegenų infarktas	1654	13	0	2,35	2	1
Insultas	5136	18	1	7,29	7	7

Atliktų tyrimų metu nustatyta, kad daugelyje šalių širdies bei kraujagyslių ligos turi aiškia metinę eigą – ligų pikas šaltuoju metų laikotarpiu, o sumažėjimas – šiltuoju (Spencer ir kt., 1998; McGregor, 2004; Scherlag ir kt., 1990; Weather and..., 2008; Kolb ir kt., 2008). Analizuojant Vilniaus miesto greitosios medicinos pagalbos stoties iškvietimų pasiskirstymą gauti panašūs rezultatai (4.1 pav.).

Atvejų skaičiaus padidėjimas dažniausiai siejamas su oro temperatūra – temperatūrai krintant, iškvietimų skaičius išauga. Taip pat reikėtų pridurti, jog širdies bei kraujagyslių ligų paūmėjimą paskatina kvėpavimo sistemos ligų epidemijos, siaučiančios žiemą (Anderson, Le Riche, 1970). Šaltuoju sezonu susirgimų skaičiaus padidėjimui poveikio gali turėti ir fizinio aktyvumo sumažėjimas ir tai, jog žiemos sezonu organizmas yra mažiau atsparus įvairiems susirgimams bei infekcijoms.

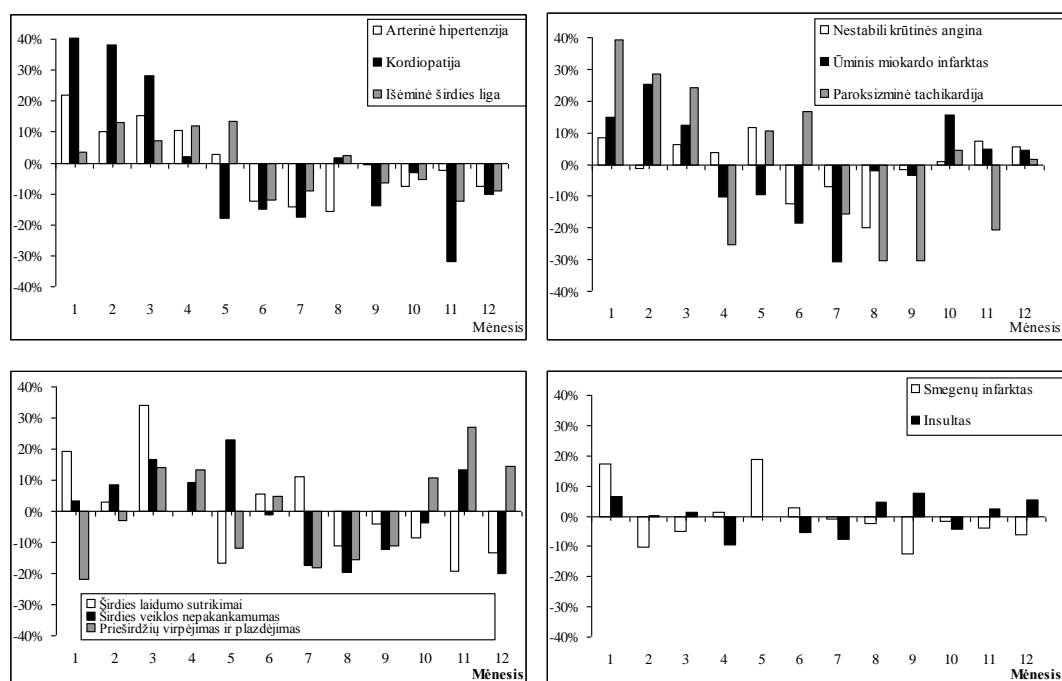
Kitas svarbus veiksnys – didesnė žmonių migracija vasaros metu, gyventojai labiau linkę atostogas leisti užmiestyje, dėl to sumažėja žmonių kiekis Vilniuje, o kartu – ir iškvietimų skaičius.



4.1 pav. Vidutinis iškvietimų dėl širdies ir kraujotakos ligų skaičius per parą mėnesiais Vilniuje 2007-2008 m.

Kuo aukštesnė temperatūra ir ilgiau šviečia saulė, tuo mažiau pasitaiko iškvietimų, susijusių su padidėjusiu kraujo spaudimu. Tai atsispindi ir metinėje iškvietimų eigoje (4.2 pav.). Iš 20-ies atvejų, kai per dieną buvo fiksuojami daugiau kaip 40 greitosios medicinos pagalbos iškvietimų dėl **arterinės hipertenzijos**, tik vienas iš jų buvo vasaros laikotarpiu. Daugiausia tokių atvejų žiemą, ypač sausį. Daugiausia iškvietimų fiksuojama sausio mėnesį – vidutiniškai 31 atvejis per dieną, mažiausia – birželio-rugpjūčio mėnesiais (21-22 iškvietimai). **Kardiopatijos ir arterinės hipertenzijos** kasmėnesinė eiga panaši, kadangi negydoma arterinė hipertenzija dažnai išsivysto į kardiopatiją, lėtinę išeminę širdies ligą bei keletą kitų.

Kaip ir daugeliui, širdies bei kraujagyslių ligomis sergantiems žmonėms, nepalankus metas yra žiema, tai galėtų būti siejama su kraujo klampumo padidėjimu bei susiaurėjusiu kraujagyslių spindžiu (McGregor, 2004). Vasarop iškvietimų skaičius dėl daugelio šių ligų sumažėja, tai gali būti siejama su šiltesniu klimatu, kuris teigiamai veikia širdies ligas, taip pat su padidėjusiu atostogaujančiųjų skaičiumi užmiestyje.



4.2 pav. Iškvietimų dėl širdies ir kraujagyslių ligų metinė eiga 2007 – 2008 m. (x ašyje pavaizduoti suvidurkinti kiekvieno mėnesio iškvietimų skaičiaus nuokrypiai nuo vidurkių).

Iškvietimų dėl **nestabilios krūtinės anginos** metų eiga labai netolygi, greičiausiai nepriklausanti nuo meteorologinių veiksnių. Pastebėta, jog dienų, kai NKA atvejų skaičius viršijo 15 iškvietimų (daugiausia 24), pasitaikė visais metų laikais po lygiai, išskyrus vasaros sezoną – šiuo metų laiku tokių dienų nepasitaikė.

Ūmus miokardo infarktas turi gana ryškią metų eigą – liepą iškvietimų skaičius nesiekia 1,3 per dieną, o sausio–vasario mėnesiais šis skaičius beveik padvigubėja.

Šios ligos atsiradimas siejamas su didžiausiomis maksimaliosios temperatūros reikšmėmis ir žymesniu atmosferos slėgio kritimu (> 10 hPa) per 48 valandas (Dawson ir kt., 2009). Švedijoje atliktų tyrimų rezultatai parodė, jog **miokardo infarktų** skaičius gali būti siejamas net su Arkties osciliacijos (AO) indeksu. AO indeksui padidėjus 1 vienetu, **miokardo infarktų** skaičius padidėjo 3,8 %, mirčių skaičius dėl **miokardo infarktų** per 28 dienas – 5,1 %, nemirtinų atvejų 3,4 %, o **ūmių širdies ligų** – net 8,3 % (Messner ir kt., 2003). **Miokardo infarkto** atvejų vidutinėse platumose padidėja žiemą, o sumažėja vasarą (Spencer ir kt., 1998).

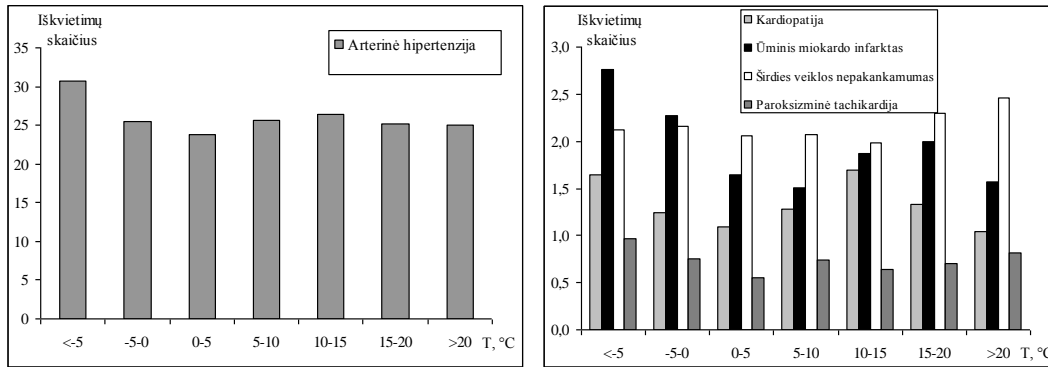
Kiek išsiskiria **širdies laidumo sutrikimų** pasiskirstymas, nagrinėtu laikotarpiu dažnesni ligos atvejai buvo pavasarį ir rudenį. Tokį pasiskirstymą per metus galima būtų aiškinti permainingais pereinamųjų metų laikų orais.

Tačiau išnagrinėjus dvejų metų **paroksizminės tachikardijos** duomenis ryškios metų eigos nerasta, tik, kaip ir kitų analizuojamų ligų, pikas žiemą, o sumažėjimas liepą–rugsėį. Šios ligos iškvietimų skaičius per parą yra gana mažas, juolab kad ne visais atvejais žmonės kreipiasi į gydytojus, taigi metinė eiga gali ir neatspindėti tikros pasiskirstymo tendencijos.

Smegenų infarkto metinė eiga skiriasi nuo kitų širdies bei kraujagyslių ligų, mažiausia iškvietimų fiksuojama vasarį ir rugsėį, daugiausia – sausio bei gegužės mėnesiais. Kadangi vidutinė mėnesio iškvietimų amplitudė nesiekia 1, galima teigti, jog meteorologiniai parametrai nėra pagrindinis ligos eigos veiksnys.

Analizuojant greitosios pagalbos iškvietimų duomenis Vilniaus mieste nustatyta, jog **arterinės hipertenzijos, kardiopatijos, ūmaus miokardo infarkto** ir **paroksizminės tachikardijos** atvejų skaičius statistiškai reikšmingai sumažėja priklausomai nuo vidutinės, maksimalios, minimalios ir rasos taško temperatūros reikšmių. Gauti koreliacijos koeficientai yra žemi, tačiau statistiškai reikšmingi (2 priedas). **Arterinė hipertenzija** dar turi ryšį su Saulės spindėjimo trukme – atvejų skaičius sumažėja, o priklausomai nuo vidutinio vėjo greičio – padidėja. Minimalus oro drėgnumas siejasi su **ūmaus miokardo infarkto** iškvietimų pagausėjimu, o vidutinės ir minimalios

temperatūros tarpparinis pokytis su **kardiopatija**. **Kiti laidumo sutrikimai** statistiškai reikšmingai koreliuoja tik su atmosferos slėgiu, didėjant jam iškvietimų sumažėja. Kitos širdies ir kraujagyslių sistemos ligos statistiškai reikšmingų ryšių su meteorologiniais parametrais neturi.

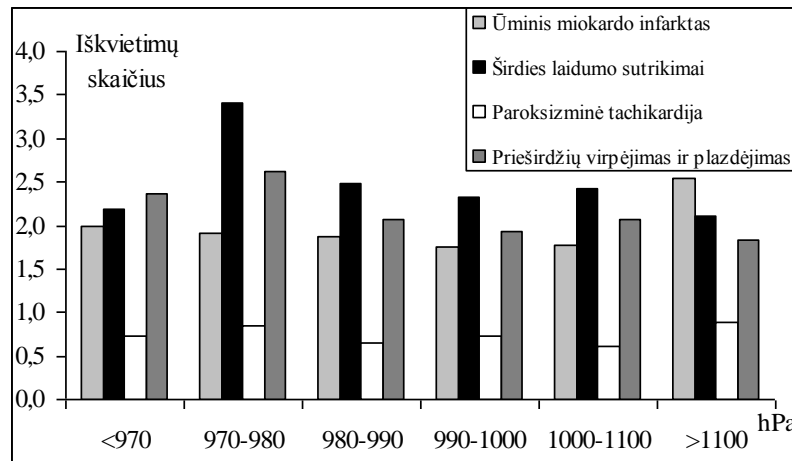


4.3 pav. Iškvietimų priklausomybė nuo vidutinės oro temperatūros 2007 – 2008 m.

Naudojant Stjudento kriterijų buvo tikrinama ar iškvietimų skaičius nedidėja esant tam tikroms meteorologinių parametru reikšmėms. Pagrindinis meteorologinis elementas, su kuriuo siejasi greitosios pagalbos iškvietimai, yra vidutinė paros temperatūra. Rasti statistiškai patikimi ($\alpha < 0,05$) ryšiai su 5 ligomis (4.3 pav.): **arterine hipertenzija, kardiopatija, ūmiu miokardo infarktu, širdies veiklos nepakankamumu ir paroksizmine tachikardija**. Visų ligų atvejų skaičius išauga esant žemai temperatūrai, kai vidutinė temperatūra yra žemiau 0. Iškvietimų sumažėja, kai vidutinė temperatūra jau būna silpnai teigiama, 0–5 laipsniai šilumos. Kiek išsiskiria **širdies veiklos nepakankamumo** duomenys, atvejų skaičius padidėja vidutinei temperatūrai išaugus.

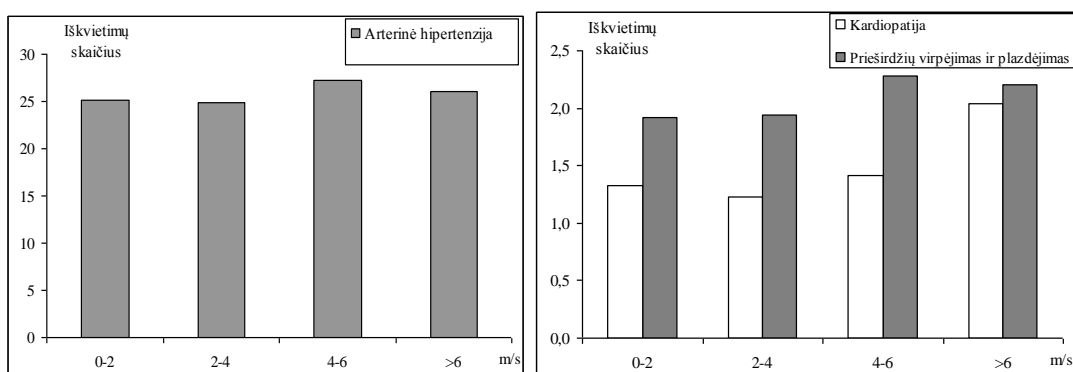
Kitas svarbus rodiklis, su kuriuo galima sieti atsirandančius negalavimus, yra atmosferos slėgis (4.4 pav.). Statistiškai patikimi ($\alpha < 0,05$) ryšiai tyrimų metu gauti su keturiomis ligomis: **ūminiu miokardo infarktu, širdies laidumo sutrikimais, paroksizmine tachikardija ir prieširdžių virpėjimu bei plazdėjimu**. Daugiau atvejų būna esant žemoms atmosferos slėgio reikšmėms < 980 hPa, išskyrus **ūminį miokardo infarktą** ir

paroksizminę tachikardiją, kurių skaičius išauga esant aukštam atmosferos slėgiui.



4.4 pav. Iškvietimų priklausomybė nuo atmosferos slėgio stoties lygyje, 2007–2008 m.

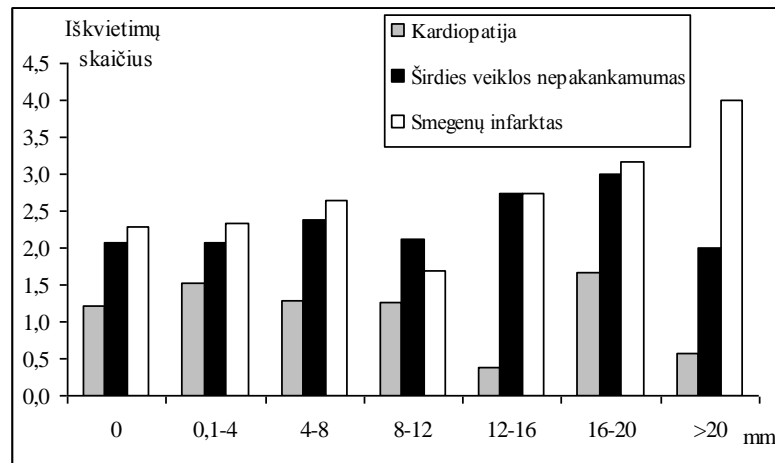
Statistiškai patikimi ryšiai gauti ligų skaičių siejant ir su vidutiniu vėjo greičiu (4.5 pav.) ir kritulių kiekiu per parą (4.6 pav.). Iškvietimų dėl **arterinės hipertenzijos, kardiopatijos bei prieširdžių virpėjimo ir plazdėjimo** padaugėja esant didesnėms vidutinėms vėjo greičio reikšmėms, o mažiausiai pasitaiko esant 0–4 m/s greičiui.



4.5 pav. Iškvietimų priklausomybė nuo vidutinio vėjo greičio, 2007–2008 m.

Kaip ir didėjant vidutinėms vėjo greičio reikšmėms, taip ir didėjant kritulių kiekiui iškvietimų skaičius auga. Statistiškai patikimas ryšys gautas su

iškviatimų skaičiumi dėl **kardiopatijos, širdies veiklos nepakankamumo** ir dėl **smegenų infarkto**.



4.6 pav. Iškviatimų priklausomybė nuo kritulių kiekio 2007–2008 m.

Daugeliu atvejų ligoms poveikį turi visas meteorologinių parametru kompleksas. Apibendrinus duomenis gauta, kad **arterinė hipertenzija** paūmėja esant žemesnei nei 0 °C vidutinei temperatūrai ir esant stipresniam nei 4 m/s vidutiniam vėjo greičiui. Tad ją gali paskatinti šaltuoju sezonu dėl vėjo žvarbumo besiformuojantis jutiminės temperatūros sumažėjimas.

Antra vertus, remiantis daugianarės regresijos modeliu apskaičiuota, kad šios ligos paūmėjimus dažniausiai lemia vidutinės paros temperatūros ir rasos taško temperatūros kompleksas.

$$Y = 26.8 - 0.128x_1 - 0.211x_2, \quad (29)$$

čia x_1 – vidutinė paros temperatūra, x_2 – rasos taško temperatūra.

Regresijai įtakos turėjo keletas kitų parametru (vėjo greitis, Saulės spindėjimo trukmė), tačiau jų indelis į bendros dispersijos aiškinimą buvo nereikšmingas. Tad pagrindiniai elementai turintys poveikio ligai, būtų vidutinė ir rasos taško temperatūra, galima teigti, kad liga yra priklausoma nuo laikotarpio higroterminiu sąlygų.

Kraujospūdis statistiškai reikšmingai padidėja orus pradėjus lemti 3 orų klasei – kai po buvusių gražesnių anticikloninių orų slėgis ima po truputį kristi

ir artėja didesnės orų permainos. Paaiškinamas ir kompleksinis ryšys su temperatūra ir drėgme, nes artėjant žemo slėgio laukui drėgmės kiekis ore didėja, o temperatūra keičiasi.

Kardiopatijos atvejų padaugėja pučiant stipresniam nei vidutiniam 4 m/s vėjui, oro temperatūrai esant žemesnei nei $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tiesa, pagausėjimas pastebimas ir esant $10\text{--}15\text{ }^{\circ}\text{C}$ vidutinei oro temperatūrai). **Kardiopatija** sergantiems žmonėms palankiausia $0\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūra ir dienos be kritulių, tada iškvietimų sumažėja.

Daugianarės regresijos modelis neparodė, kad **kardiopatijos** ligos eigą veiktų meteorologinių elementų kompleksas. Taip pat neaptikta statistiškai reikšmingo ryšio tarp kardiopatijos ir Saulės spindėjimo trukmės, nors literatūroje minimas teigiamas saulės šviesos poveikis sergantiems kardiopatija bei arterine hipertenzija (Chen ir kt., 2008). Atvejų skaičius statistiškai reikšmingai padidėja vyraujant 9 klasės orams, arba kitaip – vyraujant rytų pernašai.

Nestabilios krūtinės anginos priežastis – dėl riebalinių nuosėdų susiaurėjusios kraujagyslės, o kadangi kylant temperatūrai kraujagyslės prasiplečia, sumažėja rizika patirti **nestabilią krūtinės anginą** dėl meteorologinių parametrų poveikio. Taip pat patikimas ryšys gautas siejant šią ligą su 9 orų klase.

Daugianarės regresijos lygtis parodo, jog **NKA** paūmėjimams poveikį daro maksimalios paros temperatūros ir Saulės spindėjimo trukmės kompleksas:

$$Y=8,6-0,055x_1+0,058x_2, \quad (30)$$

čia x_1 – maksimali paros temperatūra, x_2 – Saulės spindėjimo trukmė.

Miokardo infarkto atvejų skaičius išauga net 29 %, kai atmosferos slėgis viršija 1010 hPa. Taip pat iškvietimų padaugėja temperatūrai svyruojant nuo 0 iki $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, o nukritus žemiau $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – jų skaičius išauga dar labiau. Priepuolių sumažėja vyraujant $0\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$ vidutinei oro temperatūrai.

Taigi ši liga siejama su šaltais orais, kai juos pradeda lemti aukštesnio slėgio laukas. Nors nerasta ryšių nė su viena orų klase, tikėtina, kad tam

poveikį turi žiemos metu orus neretai lemiantys arktiniai anticiklonai. Nereikėtų atmesti ir dar vieno svarbaus veiksnio – oro užterštumo, kuris dažniausiai padidėja šiomis orų sąlygomis ir yra siejamas su daugelio širdies ir kraujagyslių ligų paūmėjimu.

Analizuojant konkrečių parametrų indėlį **paroksizminės tachikardijos** paūmėjimams paaiškėjo, jog neigiamos įtakos turi aukštas slėgis >1010 hPa, o mažiausiai atvejų pasitaikydavo esant 0–5 °C temperatūros reikšmėms. Orui šaltėjant iškvietimų pagausėja.

Pagal daugianarės regresijos modelį, **paroksizminei tachikardijai** įtakos turi minimalios paros temperatūros, kritulių kiekio ir maksimalios paros temperatūros pokyčio kompleksas:

$$Y=0,725-0,016x_1+0,002x_2+0,003x_3, \quad (31)$$

čia x_1 – minimali paros temperatūra, x_2 – kritulių kiekis, x_3 – maksimali paros temperatūra.

Šia liga sergantys turėtų pasisaugoti 3 orų klasės, vyraujant šiai orų klasei atvejų skaičius statistiškai reikšmingai padidėja. Tad liga reaguoja į beprasidedančius orų pokyčius, kai aukštas orus lėmęs slėgis pradeda kristi, bet vis dar išlieka šalti orai.

Atmosferos slėgiui nukritus žemiau 980 hPa, iškvietimų skaičius dėl **prieširdžių virpėjimo ir plazdėjimo** pastebimai padidėdavo (12 % nuo bendro vidurkio). Žemas slėgis visada siejamas su deguonies sumažėjimu ore (Griciūtė ir kt., 1979), kas neigiamai veikia daugumą širdies bei kraujagyslių ligų. Neigiamos įtakos ligos paūmėjimams turi ir stipresnis nei 4 m/s vidutinis vėjo greitis.

Prieširdžių virpėjimo ir plazdėjimo atvejų skaičius statistiškai reikšmingai padidėja vyraujant 10 orų tipui, t. y. kai orai ilgesnį laiką išlieka nepakitę, o po to kai juos lemia žemesnio slėgio laukas. Tad greičiausiai ši liga turi inkubacinį periodą, po kurio ji pasireiškia, išryškėja po kelių dienų, jau nuslinkus ciklono centrui toliau nuo Lietuvos.

4.3 lentelė. Širdies ir kraujagyslių ligų ryšys su meteorologinėmis sąlygomis

Liga	Statistiškai reikšmingi koreliacijos koeficientai	Statistiškai reikšmingi rodikliai pagal Stjudento kriterijų	Daugianarė regresija	Orų klasė
Arterinė hipertenzija	Teigiamas ryšys: vidutinės, maksimalios, minimalios ir rasos taško temperatūros bei saulės spindėjimo trukmės reikšmės; neigiamas ryšys: vidutinis vėjo greitis	Neigiamai: vidutinė temperatūra <0 °C; vidutinis vėjas >4 m/s;	Vidutinė paros temperatūros, rasos taško temperatūros kompleksas, taip pat veikia vėjo greitis, saulės spindėjimo trukmė	3
Kardiopatija	Teigiamas ryšys: vidutinės, maksimalios, minimalios ir rasos taško temperatūros reikšmės; neigiamas ryšys: vidutinės ir minimalios temperatūros tarpparinio pokyčio reikšmės	Neigiamai: vidutinis vėjas >4 m/s, vidutinė temperatūra < -5 °C, Teigiamai: vidutinė oro temperatūra 10-15 °C	-	9
Nestabili krūtinės angina	-	-	Maksimalios temperatūros ir saulės spindėjimo trukmės kompleksas	9
Ūminis miokardo infarktas	Teigiamas ryšys: vidutinės, maksimalios, minimalios ir rasos taško temperatūros reikšmės; neigiamas ryšys: minimalus drėgnumas	Neigiamai: atmosferos slėgis >1010 hPa, vidutinė temperatūra <0 °C; teigiamai: vidutinė oro temperatūra 0-10 °C	-	-
Išeminė širdies liga	-	-	-	-
Širdies laidumo sutrikimai	Teigiamas ryšys: atmosferos slėgio reikšmės	Neigiamai: atmosferos slėgis <980 hPa, teigiamai >1010 hPa.	-	-
Paroksizminė tachikardija	Teigiamas ryšys: vidutinės, maksimalios, minimalios ir rasos taško temperatūros reikšmės	Neigiamai: atmosferos slėgis >1010 hPa, teigiamai: vidutinė oro temperatūra 0-5 °C	Minimalios ir maksimalios temperatūros, kritulių kiekio kompleksas	3
Prieširdžių virpėjimas ir plazdėjimas	-	Neigiamai: atmosferos slėgis <980 hPa, vidutinis vėjas >4 m/s	-	10
Širdies veiklos nepakankamumas	-	Neigiamai: kritulių kiekis > 8 mm	-	-
Smegenų infarktas	-	Neigiamai: kritulių kiekis > 8 mm, santykinė drėgmė >80 %	-	5
Insultas	-	-	-	4

Širdies laidumo sutrikimų paūmėjimams turi įtakos atmosferos slėgis. Kai jis žemesnis nei 980 hPa, iškvietimų skaičius išauga, o kai aukštesnis nei 1010 hPa – sumažėja. Kompleksinis orų poveikis **širdies laidumo sutrikimams** nenustatytas.

Širdies veiklos nepakankamumas mažai veikiamas atmosferos procesu. Statistiškai patikimas ryšys gautas tik su iškvietimų skaičiaus padidėjimu esant didesniai nei 8 mm per parą kritulių kiekiui.

Drėgni orai daro poveikį ir **smegenų infarkto** atvejų pagausėjimui. Iškvietimų daugiau, kai kritulių kiekis viršija 8 mm per parą, o santykinis oro drėgnumas >80 %. Literatūroje nenurodomas neigiamas kritulių kiekio poveikis širdies bei kraujagyslių ligoms, tačiau dauguma atvejų, kai kritulių kiekis viršijo 8 mm per parą, pasitaikė šiltuoju metų laiku, kada dažnesnės perkūnijos, kurių metu susidaro neigiamai širdies darbą veikiantis priežemio ozonas (McKee, 1994). **Smegenų infarktu** padaugėja vyraujant 5 orų klasei, apibūdinamai kaip „šiltas ciklono sektorius“. Tuo metu dažniausiai būna drėgni ir šiltesni nei ankščiau orai.

Insulto atvejų skaičius statistiškai reikšmingai nesisieja nei su vienu meteorologiniu elementu. Tik vyraujant 4 orų klasei („šilto oro advekcija artėjant ciklonui“) **insulto** atvejų statistiškai reikšmingai padaugėja. Atlikus skaičiavimus, išaiškėjo, jog **lėtinės išeminės širdies ligos** nesieja tiesioginė priklausomybė nei su vienu meteorologiniu parametru. Statistiškai reikšmingas ryšys nebuvo nustatytas ir įvertinus daugianarės regresijos modelį.

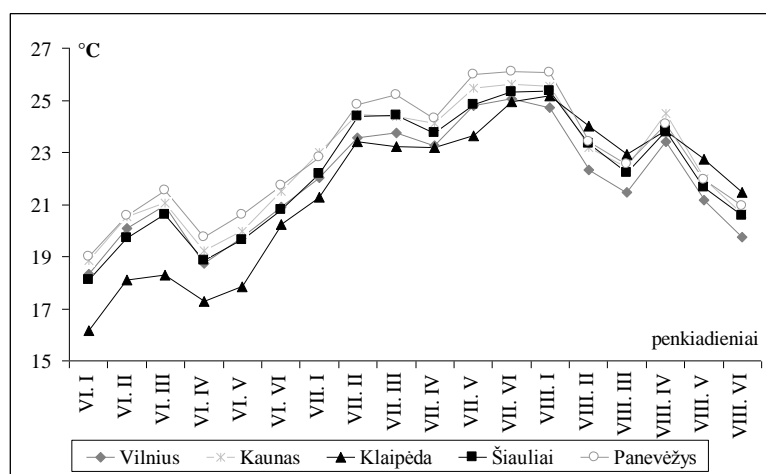
Apibendrinant galima teigti, jog meteorologiniai parametrai statistiškai reikšmingai siejasi ne su visomis širdies ir kraujagyslių ligomis. Tačiau daugelis ligų yra meteotropinės ir susirgimų skaičius statistiškai reikšmingai padidėja esant nepalankioms meteorologinių elementų reikšmėms (4.3 lentelė). Meteotropiškiausia liga yra arterinė hipertenzija, padidėjęs iškvietimų kiekis statistiškai reikšmingus ryšius turi su daugeliu meteorologinių elementų ar jų kompleksu. Taip pat meteotropiškoms ligoms galima priskirti kardiopatiją, ūminį miokardo infarktą, paroksizminę tachikardiją. Kitos ligos mažiau priklauso nuo esamų meteorologinių sąlygų.

5. Terminių indeksų kaita Lietuvoje ir jų taikymas

Orų sąlygų komfortabilumui nusakyti yra naudojama daug terminių indeksų, į savo skaičiavimus įtraukiančių įvairius meteorologinius parametrus. Šiame skyriuje pateikiama pasirinktų karščio ir šalčio indeksų kaita Lietuvoje. Kadangi labai didelį poveikį organizmui daro aukšta oro temperatūra, tai darbe analizuojami plačiausiai naudojamų karščio indikatorių ryšiai su mirtingumu Vilniaus mieste.

5.1 Karščio indekso kaita Lietuvoje 1993–2006 metais

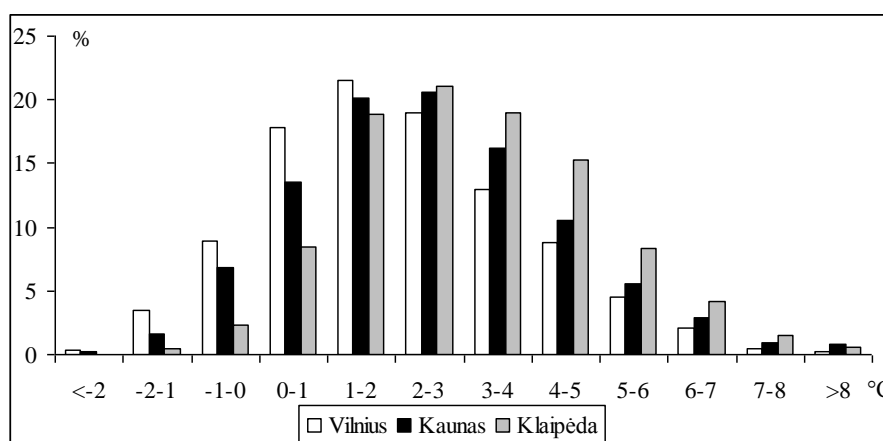
Pasirinkus „*Humidex*“ indeksą kaip tinkamiausią vasaros sezono terminiam komfortui nusakyti Lietuvoje, darbe buvo analizuojama jo kaita vasaros penkiadieniais (mėnuo buvo padalytas į šešis penkių dienų laikotarpius) (5.1 pav.).



5.1 pav. Vidutinės „*Humidex*“ indekso dienos reikšmės vasaros penkiadieniais Lietuvos miestuose 1993–2006 metais.

Aukštos vidutinės indekso reikšmės visoje Lietuvoje fiksuojamos laikotarpiu 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, o Vilniuje ir Šiauliuose mažesnės. Dėl terminio jūros poveikio indekso kaita Klaipėdoje turi gana savitą eigą. Pirmoje vasaros pusėje jutiminė temperatūra dėl vėsinančio jūros poveikio yra daug žemesnė (2–3 °C), rugpjūčio pradžioje ji tampa tokia pat kaip ir kitose Lietuvos dalyse, o vėliau, jūrai išliekant šiltai, būna netgi aukštesnė (0,5–1,0 °C).

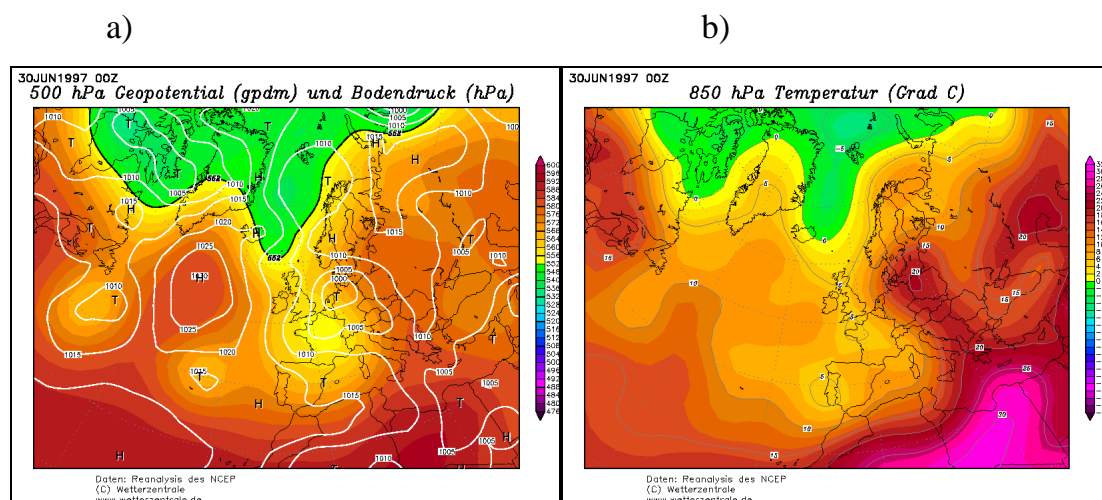


5.2 pav. Skirtumas tarp „Humidex“ indekso ir išmatuotos temperatūros vasaros mėnesiais Vilniuje, Kaune ir Klaipėdoje 1993–2006 metais.

Skirtumas tarp „*Humidex*“ indekso dydžio ir išmatuotos temperatūros tiriamojo laikotarpio vasaros mėnesiais didžiuosiuose Lietuvos miestuose dažniausiai nėra didelis. Vilniuje modalinis intervalas 1–2, Kaune ir Klaipėdoje 2–3 °C. Klaipėdoje ir daug dažniau nei kitose vietovėse skirtumas viršija 4 °C (>15 % atvejų). Tai sietina su žymiai didesnėmis oro drėgnumo reikšmėmis pajūryje dienos metu. Retais atvejais šis skirtumas gali viršyti ir 8 laipsnius (4.2 pav.). Vilniuje užfiksuota daugiausia atvejų (14,2 %), kai indekso reikšmė sutapo su oro temperatūra. Taip atsitinka tada, kai ore esantis vandens garų slėgis mažesnis už kritinę (10 hPa) reikšmę. Tokių atvejų daugiausia buvo vasaros pradžioje ir pabaigoje. Pajūryje drėgmės kiekis yra didesnis, todėl Klaipėdoje vos 3,2 % atvejų jutiminė temperatūra vasaros dienomis neviršijo išmatuotos.

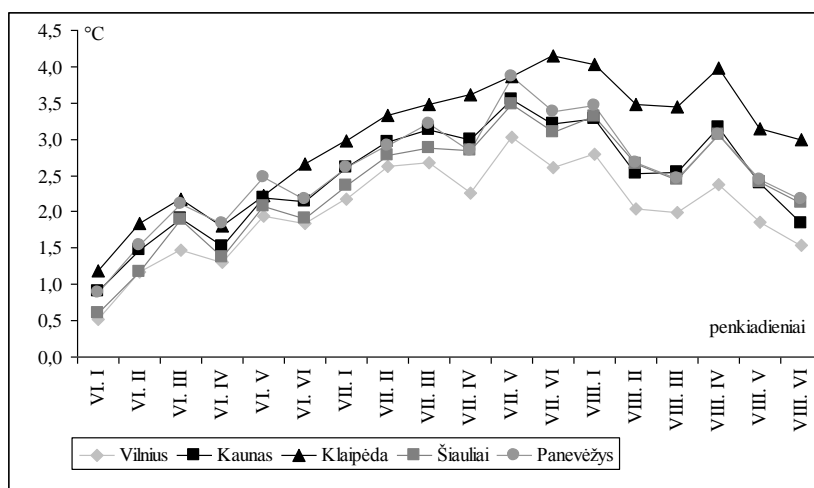
Vilniuje didžiausias skirtumas tiriamuoju laikotarpiu buvo užfiksuotas 1997 metų birželio 30 dieną, kai 18 valandą vakaro jutiminė temperatūra buvo

net 10,3 laipsnio didesnė nei išmatuota ore ir siekė 36,5 °C. Tai sietina su ypač karšto ir drėgno oro advekcija į Lietuvos teritoriją (5.3 pav.): 850 hPa izobarinio paviršiaus lygyje oro temperatūra dieną viršijo 20 °C, o kai kuriose meteorologijos stotyse buvo užfiksuotas absoliutus birželio mėnesio oro temperatūros rekordas. Didelę karščio indekso reikšmę bei skirtumą tarp realios ir jutiminės temperatūros lėmė ir labai lietingas birželis. Daugelyje Lietuvos rajonų lietus lijo daugiau nei 20 dienų. Maži vertikalūs oro temperatūros gradientai bei intensyvus garavimas iš dirvos lėmė, jog ypač išaugo absoliutus drėgmės kiekis priežeminiame atmosferos sluoksnyje.



5.3 pav. Sinoptinė situacija 1997-06-30: a) 500 hPa izobarinio paviršiaus aukštis (dm) ir slėgis jūros lygyje (hPa); b) oro temperatūra 850 hPa izobariniame paviršiuje (izohipsės kas 4 dm, izobaras kas 5 hPa, izotermos kas 2 °C (Wetterzentrale, 2010).

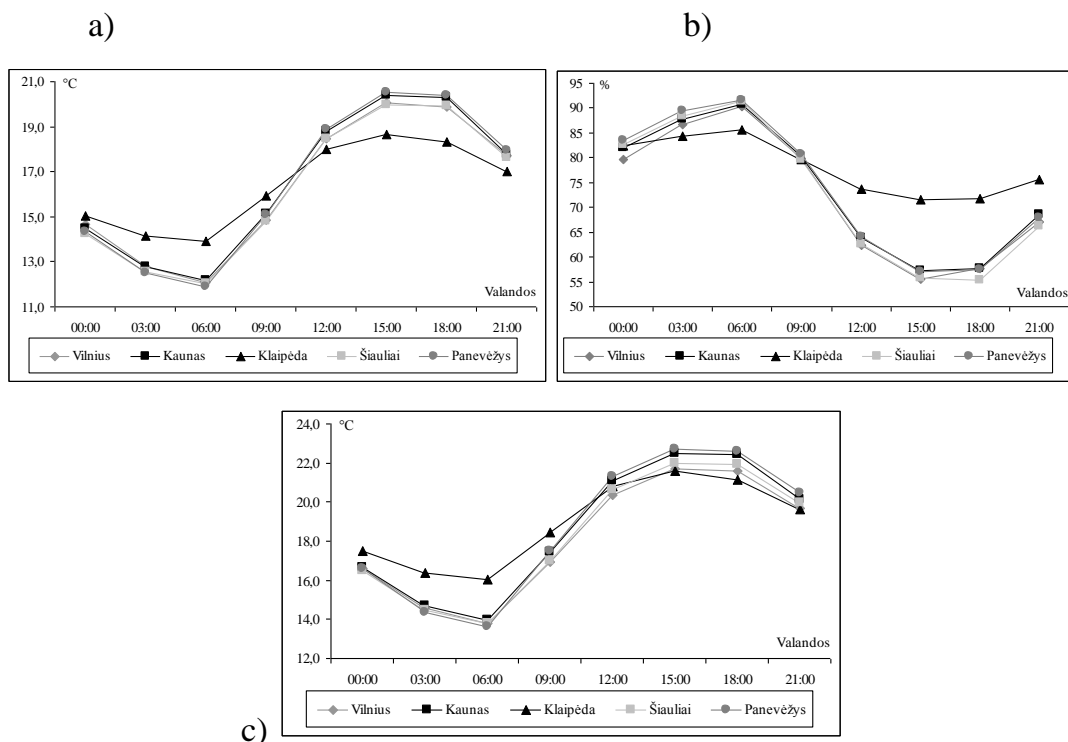
Kaune tokių atvejų, kai jutiminės ir išmatuotos temperatūros skirtumas viršijo 10 laipsnių, užfiksuota daugiau. Ypač išsiskyrė 2001 metų rugpjūčio vidurys. Laikotarpiu tarp rugpjūčio 15 ir 20 d. dienos matavimų terminais skirtumas tarp jutiminės ir tikrosios temperatūros nė karto nebuvo mažesnis nei 6 laipsniai, o to mėnesio 17 ir 20 dienomis net po tris kartus viršijo 10 laipsnių. Šiomis dienomis per Lietuvą slinko labai šilta ir pastoviai stratifikuota oro masė. Dažniausiai didelis analizuojamų temperatūros reikšmių skirtumas visoje Lietuvoje buvo fiksuojamas šiltojo fronto užnugaryje plūstelėjus karštam ir drėgnam tropiniam orui.



5.4 pav. Vidutinis skirtumas tarp „*Humidex*“ indekso dienos reikšmių ir išmatuotos oro temperatūros vasaros penkiadieniais 1993–2006 metais.

Didžiausias vidutinis skirtumas tarp „*Humidex*“ indekso reikšmių ir išmatuotos oro temperatūros užfiksuotas Klaipėdoje (5.4 pav.). Čia liepos pabaigoje ir rugpjūčio pradžioje indekso reikšmė yra vidutiniškai 4 laipsniais aukštesnė nei išmatuota temperatūra. Pajūryje šis skirtumas vasaros pradžioje yra panašus į likusios Lietuvos dalies, o nuo liepos pabaigos dėl įšilusios jūros poveikio (aukštesnė ne tik oro temperatūra bet ir didesnis santykinis oro drėgnumas) analizuojamos temperatūros skirtumas Klaipėdoje yra žymiai didesnis. 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 santykinis oro drėgnumas Vilniuje dieną (kai susidaro didžiausias nagrinėjamos temperatūros skirtumas) yra šiek tiek mažesni nei likusioje Lietuvos dalyje.

Oro temperatūra ir drėgnumas pasižymi priešinga paros eiga (5.5 a) ir b) pav.). Oro temperatūros minimumas fiksuojamas 6 valandą, maksimumas – 15 valandą, o santykinio drėgnumo – atvirkščiai. Intensyviausias oro temperatūros augimas (ir santykinio drėgnumo mažėjimas) vyksta tarp 6 ir 12 val. Vėl išsiskiria Klaipėda, kur dėl jūros poveikio abiejų rodiklių paros eiga nėra taip aiškiai išreikšta. Nepaisant didesnio absoliutaus drėgmės kiekio ore, aukštesnė vasaros naktų temperatūra pajūryje mažina prisotinimo laipsnį, o dieną santykinai vėsūs oras lemia žymiai didesnes santykinio drėgnumo reikšmes.

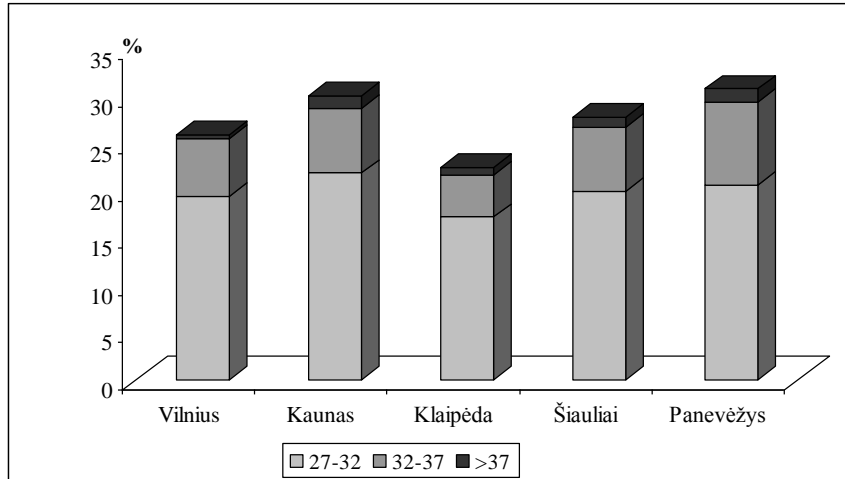


5.5 pav. Vidutinės oro temperatūros (a), santykinio oro drėgnumo (b) ir „*Humidex*“ indekso (c) reikšmių paros kaita vasaros mėnesiais didžiuosiuose Lietuvos miestuose 1993–2006 metais.

„*Humidex*“ indekso reikšmių paros eiga yra labai panaši į oro temperatūros (5.5 c) pav.). Maksimali vidutinė indekso reikšmė matavimo terminais fiksuojama 15 valandą ir kinta nuo 21,6 °C (Klaipėdoje) iki 22,7 °C (Panevėžyje). Vidutinis skirtumas tarp indekso reikšmės ir oro temperatūros kinta nuo 1,8 °C (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 išsilygina su dydžiais kitose Lietuvos vietose, nors oro temperatūra yra žemesnė.

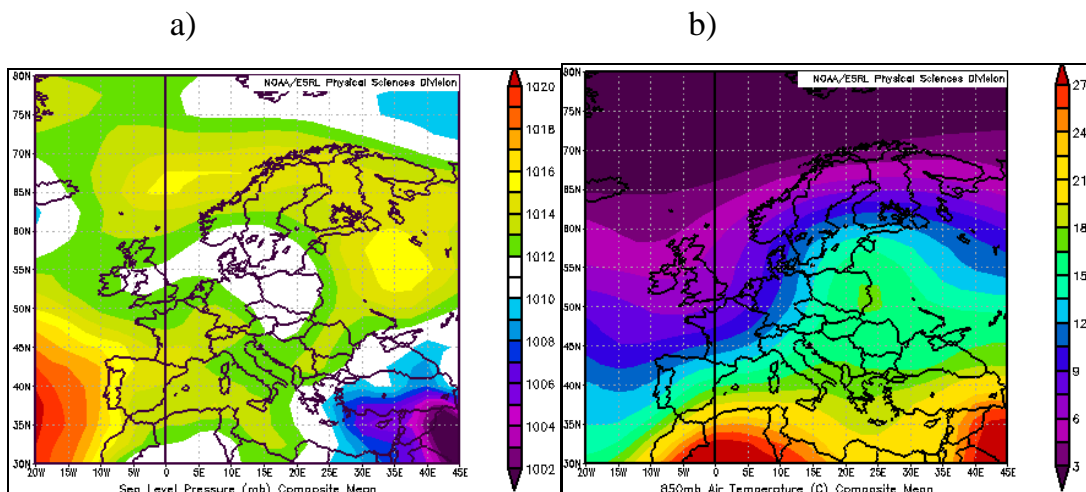
Aukštos „*Humidex*“ indekso reikšmės buvo išskirtos pagal metodikoje pateikiamą gradaciją. Neigiamą poveikį sveikatai ar diskomfortą sukelia jutiminės temperatūros padidėjimas iki 27 °C. Nustatyta, jog dienos, kurių bent vieno iš matavimų terminų metu yra pasiekama ši ribinė reikšmė, vidutiniškai sudaro nuo 22 (Klaipėdoje) iki 31 % (Panevėžyje) bendro vasaros dienų skaičiaus (5.6 pav.). Didesnį poveikį sveikatai bei stiprų diskomfortą kelianti aukštesnė nei 32 °C temperatūra pasitaiko rečiau: vidutiniškai 4,5–8,8 % nuo

bendro dienų skaičiaus. Pavojinga sveikatai temperatūra (>37 °C) pasitaiko ne kasmet ir sudaro vos 0,8–1,4 %.



5.6 pav. Dienų, kai „Humidex“ indekso reikšmė viršijo 27 °C, skaičius (%) 1993–2006 metų vasaros mėnesiais.

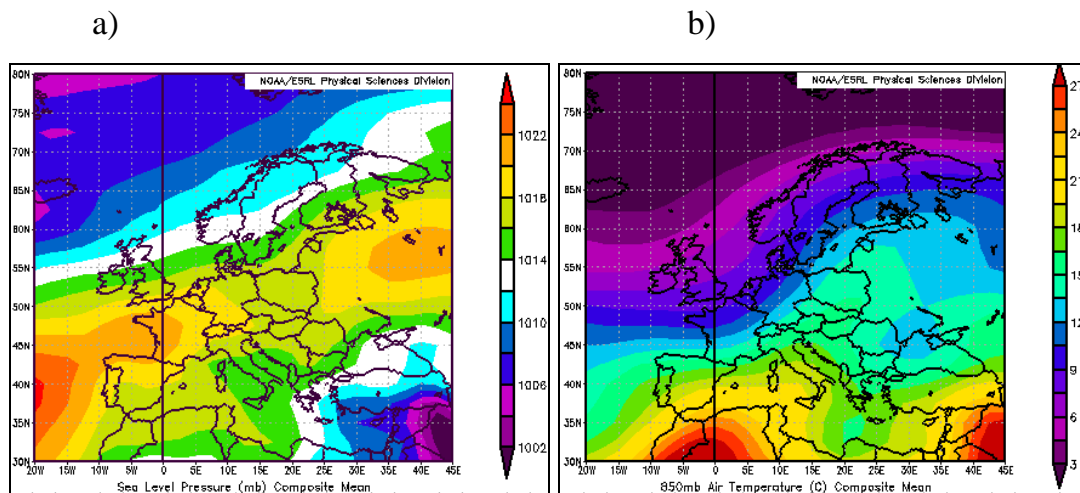
Visu tiriamuoju laikotarpiu buvo užfiksuota 18 epizodų (32 dienos), kai vienoje ar keliuose analizuojamose vietovėse indekso reikšmės viršijo 37 °C. Panevėžyje tokių dienų buvo 18, Kaune 17, Šiauliuose 13, Klaipėdoje 10, o Vilniuje vos 5. Didžiausias dienų su ekstremaliai aukštomis reikšmėmis skaičius užfiksuotas liepą (22 dienos), o birželį ir rugpjūtį tokie atvejai gana reti (atitinkamai 4 ir 6 dienos).



5.7 pav. Kompozicinė sinoptinė situacija, kai aukštą „Humidex“ indeksą lemdavo priešakinė ciklono periferija: a) slėgis jūros lygyje (hPa), b) oro temperatūra 850 hPa izobariniame paviršiuje (°C) (NOAA/ESRL..., 2010).

Atlikus tokių dienų sinoptinę analizę, paaiškėjo, jog daugeliu atvejų aukštos „*Humidex*“ indekso reikšmės fiksuotos 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 (5.7 pav.). Tuo metu 850 hPa izobarinio paviršiaus aukštyje formuojasi šilumos gūbrys, iš pietų nešamas karštas ir drėgnas tropinis oras, oro temperatūra šiame aukštyje didesnė nei 15 laipsnių, o didžiausios šilumos zona yra kiek piečiau Lietuvos.

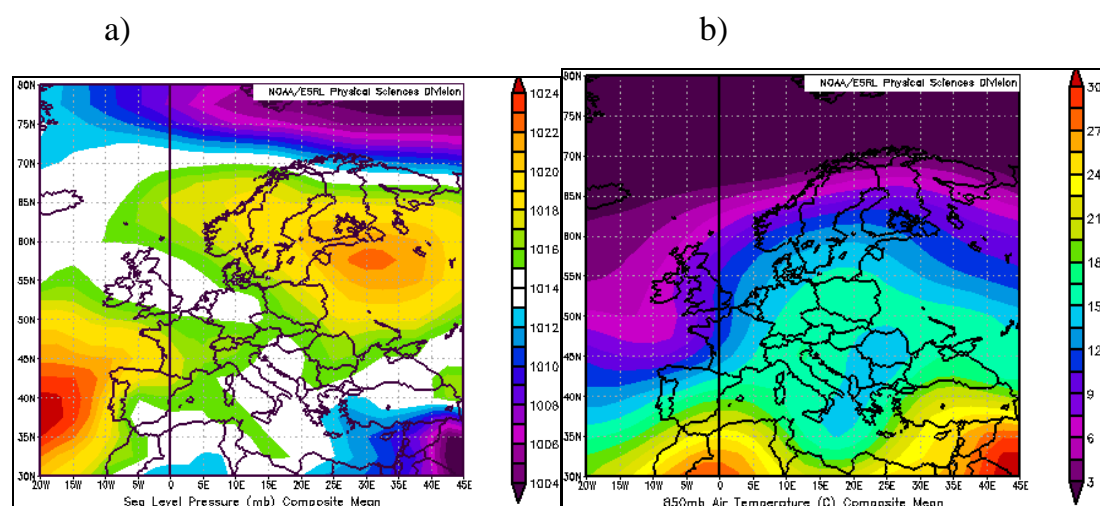


5.8 pav. Kompozicinė sinoptinė situacija, kai aukštą „*Humidex*“ indeksą lemdavo aukštesnio slėgio laukas: a) slėgis jūros lygyje (hPa), b) oro temperatūra 850 hPa izobariniame paviršiuje (°C) (NOAA/ESRL..., 2010).

Aukštesnio slėgio laukas tokius orus lėmė 5 kartus. Tuo metu anticiklono centras būdavo į rytus nuo Lietuvos. Kaip ir prieš tai aptartu atveju, 850 hPa izobarinio paviršiaus aukštyje formuodavosi šilumos gūbrys, iš pietų atnešta 13–15 laipsnių šiluma.

9 dienas tokius orus lėmė anticiklonas (5.9 pav.), kurio centras buvo į šiaurės rytus nuo Lietuvos. 500 hPa izobariniame paviršiuje virš Lietuvos būdavo anticiklono centras. Nors 850 hPa izobarinio paviršiaus aukštyje buvo susidaręs šilumos gūbrys, temperatūra buvo žymiai mažesnė nei orus lemiant priešakinei ciklono periferijai ar aukštesnio slėgio laukui.

Tiriamuoju laikotarpiu du kartus jutiminė temperatūra viršijo labai pavojingą sveikatai 42 °C. 2002 metų liepos 30 dieną Panevėžyje buvo užfiksuotas absoliutus šio laikotarpio „*Humidex*“ indekso reikšmės maksimumas. 43,4 °C. Jau nuo liepos 26 dienos Lietuvos orus pradėjo lemti stiprėjantis Azorų anticiklonas, kuris vėliau susijungė su virš Sibiro esančiu anticiklonu ir sudarė vieną bendrą sistemą. Geriausiai išsivysčiusi ji buvo liepos 29 dieną, kai tiek apatinėje troposferos dalyje, tiek aukštuminiuose atmosferos sluoksniuose netoli Lietuvos buvo anticiklono centras. Europos pietvakarinėje dalyje tuo metu buvo aktyvi cikloninė veikla, pietinių ciklonų nešamas karštas ir 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.



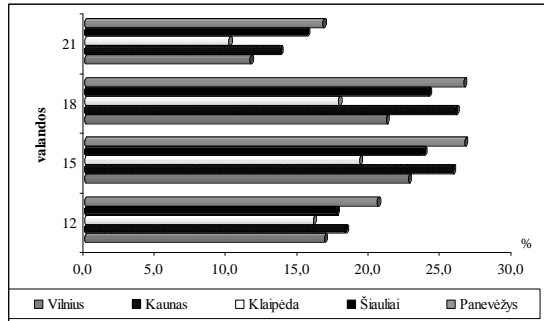
5.9 pav. Kompozicinė sinoptinė situacija, kai aukštą „*Humidex*“ indeksą lemdavo anticiklonas: a) slėgis jūros lygyje (hPa), b) oro temperatūra 850 hPa izobariniame paviršiuje (°C) (NOAA/ESRL..., 2010).

Stipriausia šilumos advekcija buvo liepos 31–rugpjūčio 1 dienomis. Tuo metu 850 hPa izobariniame paviršiuje buvo 17–18 šilumos. Tai buvo pats ilgiausias laikotarpis, kai penkias dienas iš eilės vienoje ar kitoje Lietuvos vietoje buvo fiksuojama aukštesnė nei 37 °C jutiminė temperatūra.

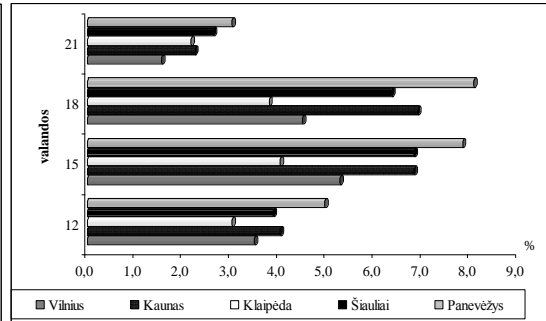
Labai aukštos karščio indekso reikšmės (Klaipėdoje 42,1 °C) buvo užfiksuotos ir 1997 metų birželio 29–liepos 1 dienomis: tuo laikotarpiu link

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

a)



b)



5.10 pav. Atvejų skaičius (%), kai „*Humidex*“ indekso vertė viršijo 27 °C (a) ir 32 °C (b) dienos matavimų terminais vasaros mėnesiais 1993–2006 metais.

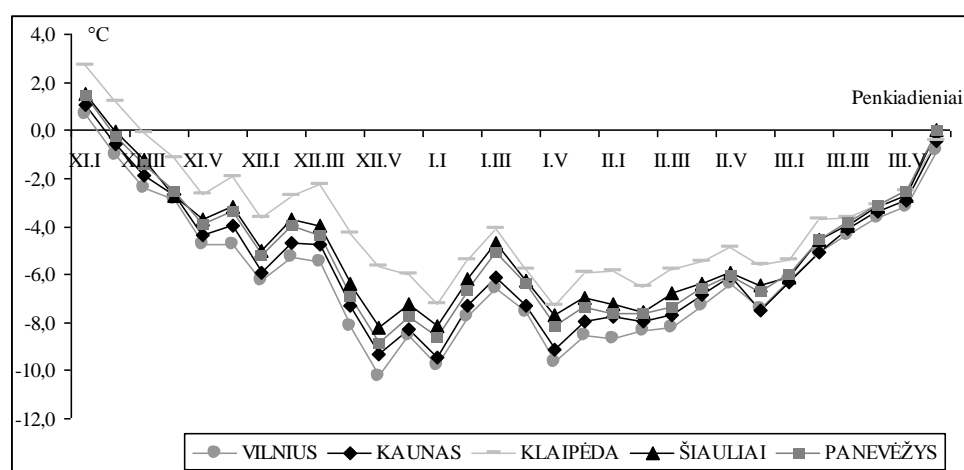
Analizuojant aukštų „*Humidex*“ reikšmių pasiskirstymą dienos matavimų terminais nustatyta, jog dažniausiai jos fiksuojamos 15 ir 18 valandą (5.10 a) ir b) pav.). Tokių atvejų skaičius abiem atvejais yra panašus, nors Klaipėdoje ir Vilniuje aukštos reikšmės (>27 °C) šiek tiek dažniau fiksuojamos 15 valandą, 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 kitų terminų metu, t. y. Panevėžyje visą dieną aukštų indekso reikšmių tikimybė yra didžiausia, o Klaipėdoje – mažiausia.

Apibendrinant galima teigti, jog didžiausios „*Humidex*“ indekso reikšmės Lietuvos teritorijoje fiksuojamos paskutinį liepos dešimtadienį ir rugpjūčio mėnesio pradžioje. Didžiausias vidutinis skirtumas tarp „*Humidex*“ indekso reikšmių ir išmatuotos oro temperatūros užfiksuotas Klaipėdoje. Dėl didesnio santykinio oro drėgnumo čia liepos pabaigoje ir rugpjūčio pradžioje indekso reikšmės yra vidutiniškai 4 °C aukštesnės nei išmatuota temperatūra. Tiriamuoju 14 metų laikotarpiu buvo 32 vasaros dienos, kai viename ar keliuose analizuojamuose Lietuvos miestuose, indekso reikšmės viršijo didelį pavojų sveikatai keliančią 37 °C ribą.

56 % atvejų aukštos „*Humidex*“ indekso reikšmės nustatytos tada, kai 500 hPa izobariniame paviršiuje virš Lietuvos susidarydavo aukštuminio anticiklono gūbrys. Priežeminiame lauke 56 % atvejų aukštos indekso reikšmės buvo fiksuojamos priešakinėje artėjančio ciklono periferijoje. Tuo metu 850 hPa izobarinio paviršiaus aukštyje formuodavosi šilumos gūbrys, iš pietų ir pietvakarių buvo nešamas karštas ir drėgnas tropinis oras.

5.2 Šalčio indekso kaita Lietuvoje 1993-2006 metais

Šaltuoju sezonu žmogaus terminį komfortą nusako vėjo žvurbumo indeksas. Darbe analizuojama šio indekso kaita šaltojo sezono penkiadieniais (5.11 pav.).

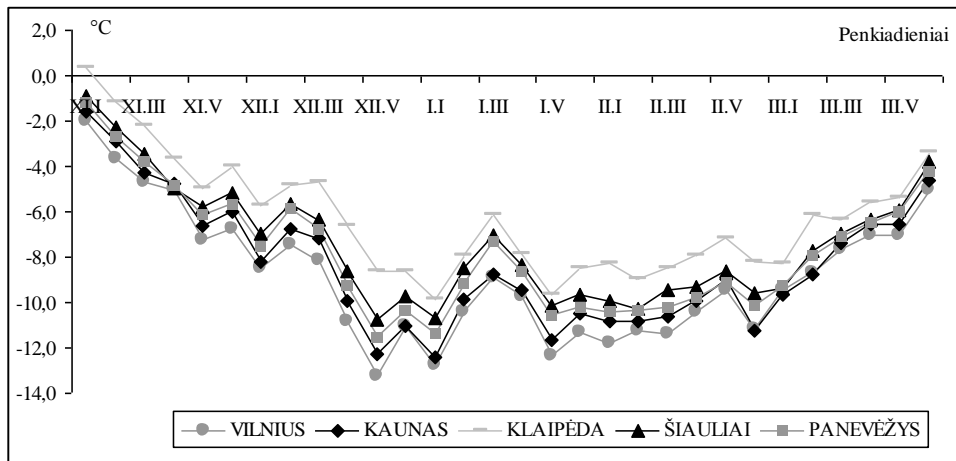


5.11 pav. Vidutinės vėjo žvurbumo paros reikšmės šaltojo sezono penkiadieniais Lietuvos miestuose 1993–2006 metais.

Žemos vidutinės indekso reikšmės visoje Lietuvoje fiksuojamos laikotarpiu nuo gruodžio ketvirto iki sausio pirmo penkiadienio, taip pat žemos reikšmės nustatytos sausio penktą penkiadienį. Minimalios vidutinės indekso reikšmės daugelyje miestų pasitaiko šiuo laikotarpiu (žemiausias vidutinis vėjo žvurbumas Vilniuje -10,2 °C). Išsiskiria tarpiniai trys sausio penkiadieniai, kai vidutinės indekso reikšmės yra aukštesnės nei prieš esančiais ar po to sekančiais laikotarpiais. Tuo laikotarpiu Lietuvoje dažnesni atodrėkiai,

vidutinė temperatūra yra maždaug 3 laipsniais aukštesnė nei gretimais laikotarpiais.

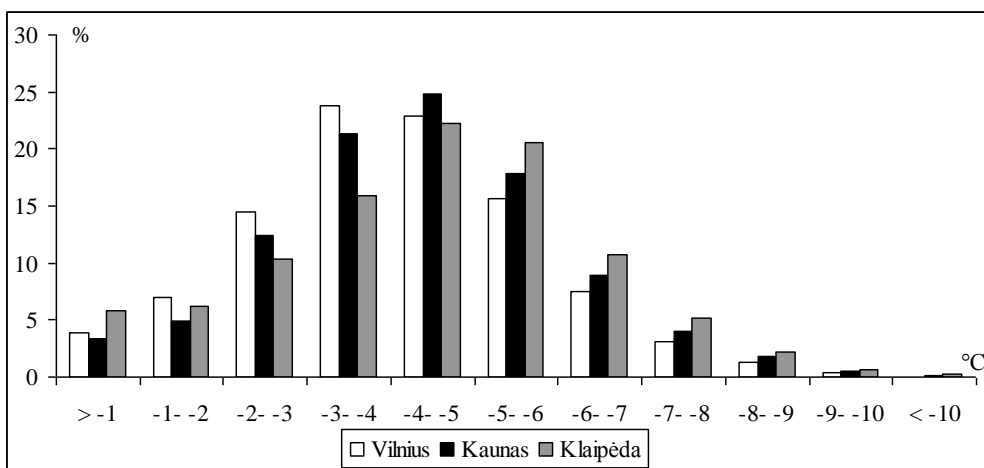
Vėjo žvorbumo reikšmės toliau nuo jūros esančiuose didžiuosiuose Lietuvos miestuose skiriasi mažai ir svyruoja labai sinchroniškai. Vilniuje ir Kaune jos šiek tiek žemesnės, o Panevėžyje ir Šiauliuose aukštesnės. Dėl terminio jūros poveikio šio indekso kaita Klaipėdoje turi gana savitą eigą. Beveik visu laikotarpiu čia vėjo žvorbumo reikšmės yra aukštesnės nei kituose miestuose ir tik kovą jau ima nebesiskirti nuo kitų miestų. Taip pasireiškia šildantis jūros poveikis, nors pajūryje pučia stipresnis vėjas, oro temperatūra išlieka aukštesnė lyginant su kitais miestais.



5.12 pav. Vidutinės minimalios vėjo žvorbumo paros reikšmės šaltojo sezono penkiadieniais Lietuvos miestuose 1993-2006 metais.

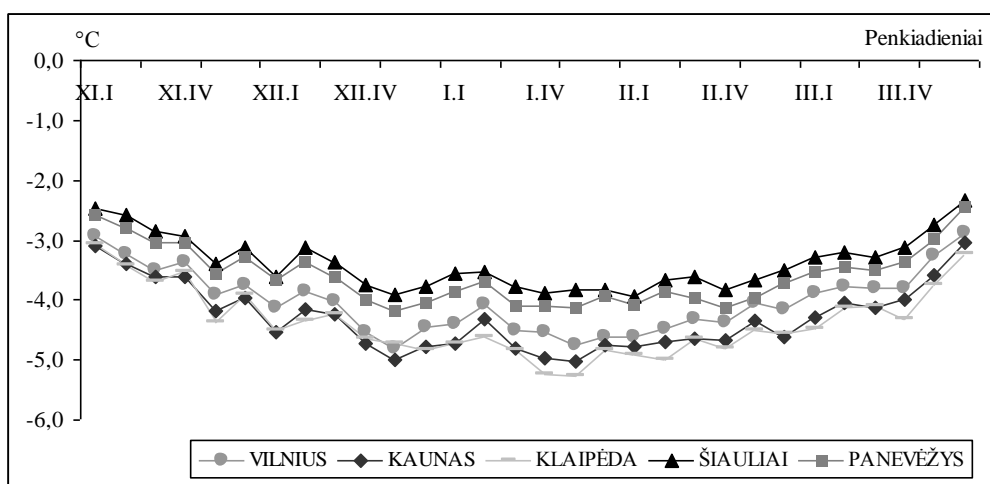
Įvertinant vėjo žvorbumo reikšmes yra svarbu išsiaiškinti, kokios vidutinės minimalios penkiadienių reikšmės yra šaltuoju laikotarpiu (5.12 pav.). Svyravimai mažai skiriasi nuo vidutinių reikšmių svyravimų, tik minimalios reikšmės yra apie 2 °C žemesnės nei vidutinis paros vėjo žvorbumas.

Skirtumas tarp vėjo žvorbumo ir išmatuotos temperatūros tiriamuoju laikotarpiu didžiuosiuose Lietuvos miestuose dažniausiai nėra mažas. Vilniuje modalinis intervalas -3...-4 °C, Kaune ir Klaipėdoje -4...-5 °C. Klaipėdoje daug dažniau nei kitose vietovėse skirtumas viršija -5 °C (~40 % atvejų). Retais atvejais šis skirtumas gali viršyti ir 10 laipsnių (5.13 pav.).



5.13 pav. Skirtumas tarp vėjo žvarbumo ir išmatuotos oro temperatūros šaltuoju sezonu Vilniuje, Kaune ir Klaipėdoje 1993-2006 metais.

Vilniuje didžiausias skirtumas tiriamuoju laikotarpiu buvo užfiksuotas 2007 metų lapkričio 29 dieną ir gruodžio 13 dieną, kai vėjo žvarbumo temperatūra buvo net 10,7 laipsnio žemesnė nei reali ir siekė $-25.3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vilniuje per tiriamąjį laikotarpį buvo 10 parų, kai skirtumas tarp išmatuotos temperatūros ir vėjo žvarbumo buvo daugiau nei 10 laipsnių.

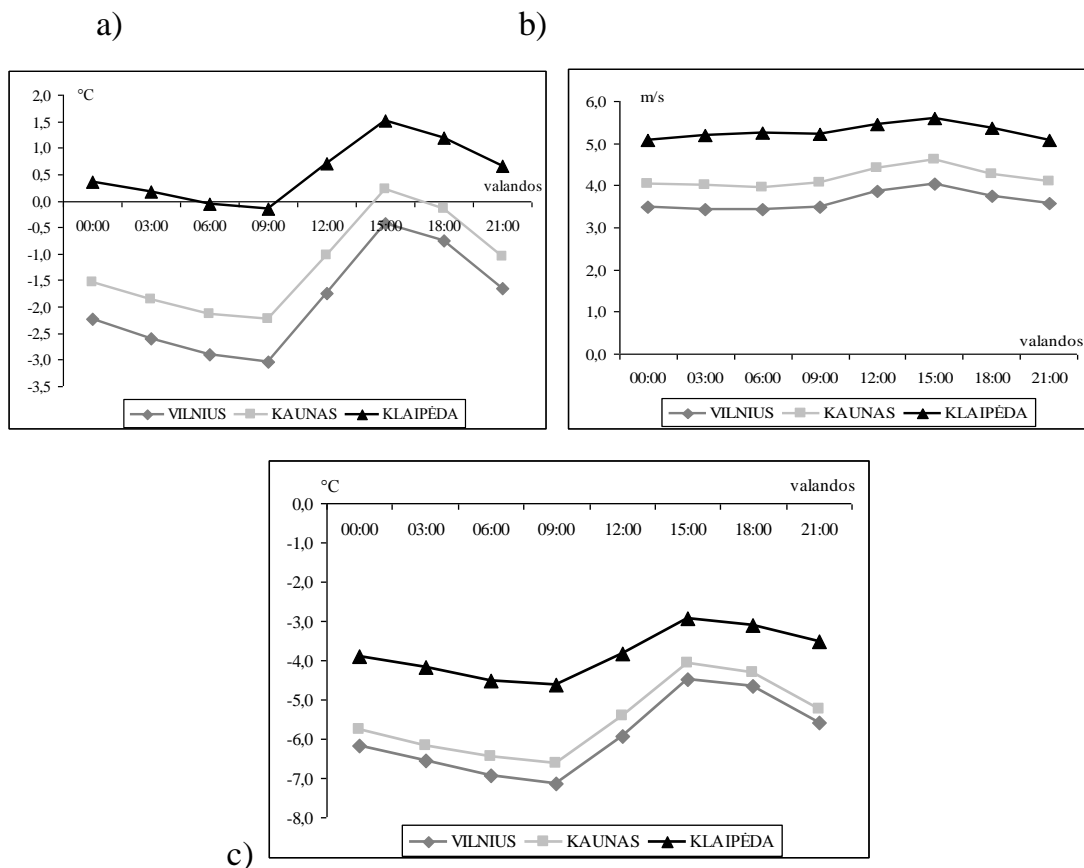


5.14 pav. Vidutinis skirtumas tarp vėjo žvarbumo reikšmių ir išmatuotos oro temperatūros šaltojo sezono penkiadieniais 1993–2006 metais.

Kaune tokių atvejų, kai vėjo žvarbumo ir išmatuotos temperatūrų skirtumas viršijo 10 laipsnių, užfiksuota daugiau – 29, Klaipėdoje pasitaikė net 41 atvejis. Pagrindinis komponentas, turintis poveikio atsirasti tokiems

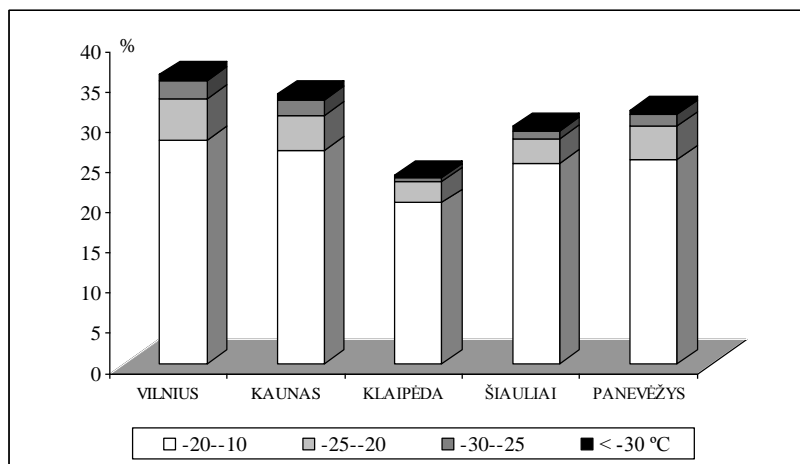
skirtumams, yra stiprus vėjas. Šaltasis sezonas Lietuvoje pasižymi aktyvia ciklonine veikla, o didžiausi skirtumai užfiksuoti tada, kai orus lėmė ciklono užnugaris. Didžiausias skirtumas Klaipėdoje tarp išmatuotos temperatūros ir vėjo žvurbumo net 3 dienas siekė 11,7 laipsnio. Nors tuo metu oro temperatūra buvo -3...-7 °C, vėjo žvurbumas nukrisdavo iki -15...-19 °C.

Didžiausias vidutinis skirtumas tarp vėjo žvurbumo reikšmių ir išmatuotos oro temperatūros užfiksuotas taip pat Klaipėdoje (5.14 pav.). Čia visu laikotarpiu indekso reikšmė yra 3-4 laipsniais žemesnė nei išmatuota temperatūra ir tik kai kuriais penkiadieniais skirtumai yra didesni Vilniuje. Nors pajūryje temperatūra ir būna aukštesnė šaltuoju metu, pučia stipresni vėjai. Šiauliuose šis skirtumas pats mažiausias ir tik šalčiausiais mėnesiais vidutinis jutiminės ir išmatuotos oro temperatūros skirtumas viršija 3 laipsnius.



5.15 pav. Vidutinės oro temperatūros (a), vidutinio vėjo (b) ir vėjo žvurbumo (c) reikšmių paros kaita vasaros mėnesiais Lietuvos miestuose 1993–2006 metais.

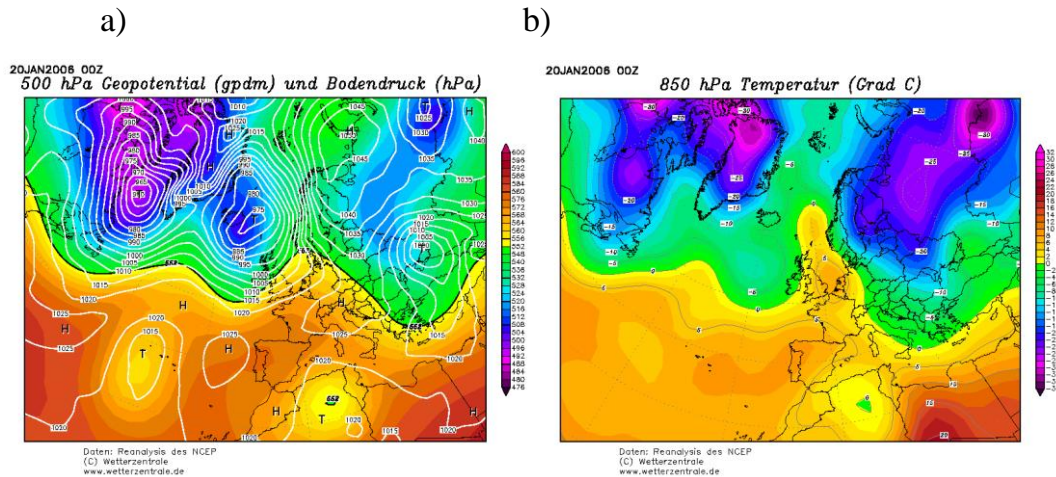
Oro temperatūra ir vėjo greitis turi panašią paros eigą (5.15 a) ir b) pav.). Oro temperatūros minimumas šaltuoju laikotarpiu fiksuojamas 9 valandą, maksimumas 15 valandą. Vėjo greičio minimumas yra fiksuojamas naktį ir įvairiuose miestuose skirtingu metu, o maksimumas, kaip ir temperatūros, 15 valandą. Vilniuje yra žemiausios oro temperatūros reikšmės ir silpniausias vėjas, o Klaipėdoje priešingai. Vėjo žvarbumo reikšmių paros kaita yra panaši (5.15 c pav.). Minimali indekso reikšmė matavimo terminais fiksuojama 9 valandą ir kinta nuo -4,6 (Klaipėdoje) iki -7,1 (Vilniuje).



5.16 pav. Dienų, kai vėjo žvarbumo reikšmė nukrisdavo žemiau -10 °C, skaičius (%) 1993–2006 metų šaltuoju sezonu.

Nustatyta, jog dienos, kurių bent vieno iš matavimų terminų metu yra pasiekama -10 °C ribinė reikšmė, vidutiniškai sudaro nuo 23 (Klaipėdoje) iki 36 % (Vilniuje) bendro šaltojo sezono dienų skaičiaus (5.16 pav.). Minimaliai oro temperatūrai nukrentant žemiau -25 °C pasiekiamas pavojingo reiškinių kriterijus – šaltis. Tokių atveju, kai vėjo žvarbumo temperatūra būna žemiau šios ribos, pasitaiko rečiau: vidutiniškai 0,8–3 % nuo bendro šaltojo sezono dienų skaičiaus.

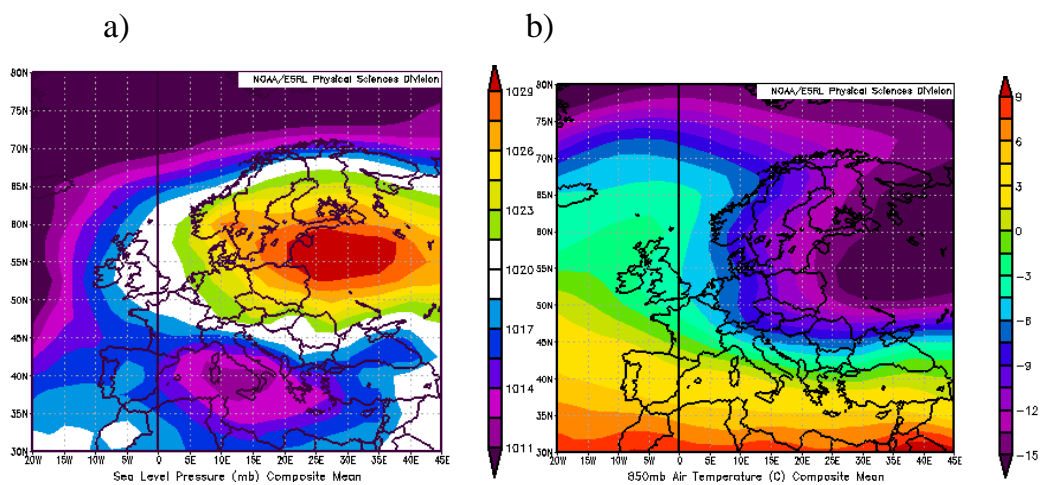
Absolūtus tiriamojo laikotarpio minimumas užfiksuotas -38,6 °C Vilniuje 1996 metų gruodžio 27 d. Tuo metu labai žemos indekso reikšmės fiksuotos ir kituose miestuose – Kaune -38,4 °C. Panevėžyje žemiausia reikšmė -36,5 °C užfiksuota viena diena prieš.



5.17 pav. Sinoptinė situacija 2006-01-20: a) 500 hPa izobarinio paviršiaus aukštis (dm) ir slėgis jūros lygyje (hPa); b) oro temperatūra 850 hPa izobariniame paviršiuje (izohipsės kas 4 dm, izobaros kas 5 hPa, izotermos kas 2 °C (Wetterzentrale, 2010).

Dienų su žemiausiomis vėjo žvurbumo reikšmėmis sinoptinė analizė parodė, jog visais atvejais orus lėmė anticiklono šaltoji dalis. 850 hPa izobarinio paviršiaus aukštyje virš Lietuvos oro temperatūra buvo žemesnė nei -15 °C.

Labai žemos indekso reikšmės buvo fiksuotos ir 2006 metų sausio 20 dieną, kai orai buvo arktinio anticiklono įtakoje (5.17 pav.). Tą naktį rytiniame šalies pakraštyje buvo pasiektas ir stichinio meteorologinio reiškinio kriterijus, temperatūra nukrito žemiau -30 °C.



5.18 pav. Kompozicinė sinoptinė situacija, kai orus lemdavo anticiklonas; suvidurkintos reikšmės: a) slėgis jūros lygyje (hPa), b) oro temperatūra 850 hPa izobariniame paviršiuje (°C) (NOAA/ESRL..., 2010).

Visais atvejais, kai buvo fiksuojamos žemiausios vėjo žvarbumo reikšmės, Lietuvos orus lėmė arktiniai anticiklonai (5.18 pav.), kurių centras būdavo virš Lietuvos ar netoli jos. Esant labai žemai oro temperatūrai ir nestiprus vėjas labai sumažindavo vėjo žvarbumo reikšmę.

Apibendrinant gautus rezultatus apie vėjo žvarbumą reikia paminėti, kad žemos vidutinės indekso reikšmės visoje Lietuvoje fiksuojamos laikotarpiu nuo gruodžio ketvirto iki sausio pirmo penkiadienio bei sausio penktą penkiadienį. Skirtumas tarp vėjo žvarbumo ir išmatuotos temperatūros tiriamojo laikotarpio žiemos mėnesiais Vilniuje dažniausiai yra $-3...-4$ °C, Kaune ir Klaipėdoje $-4...-5$ °C. Retais atvejais šis skirtumas gali viršyti ir 10 laipsnių. Absolūtus tiriamojo laikotarpio vėjo žvarbumo minimumas $-38,6$ °C užfiksuotas Vilniuje 1996 metų gruodžio 27 d. Žemiausios vėjo žvarbumo reikšmės fiksuotos tada, kai Lietuvos orus lėmė arktiniai anticiklonai, o 850 hPa izobariniame paviršiuje temperatūra būdavo žemesnė nei -15 °C.

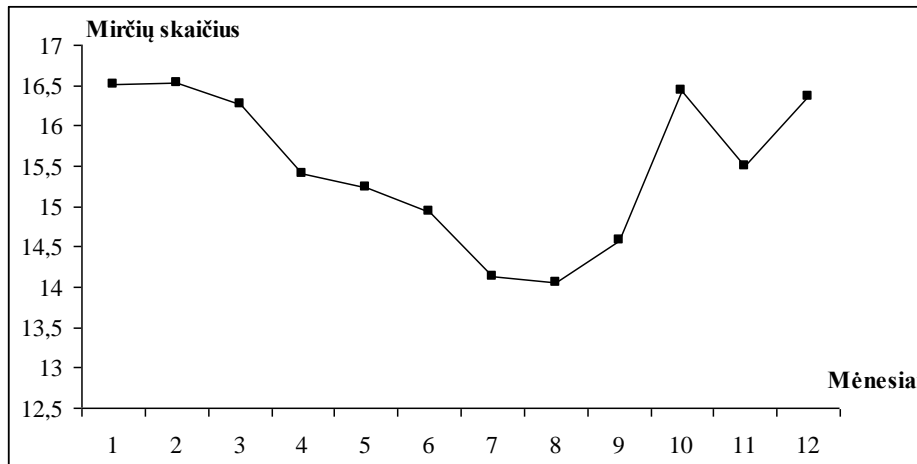
5.3 Karščio poveikis mirtingumui Vilniuje 1993–2007 metais

Kuriant karščio poveikio visuomenės sveikatai perspėjimų (KPVSP) sistemą dažniausiai naudojami mirtingumo duomenys. Jie siejami su oro temperatūra ar kitais karščio poveikį sveikatai nusakančiais indikatoriais. Analizuojamos priežastys, kodėl mirčių skaičius vienais ar kitais atvejais sparčiai išauga, ar tai siejasi su organizmui keliamu terminiu stresu. Analizėje naudojami didžiųjų miestų ir kuo ilgesnio laikotarpio duomenys (Basu, Ostro, 2008; Muthers ir kt., 2010).

Šiame darbe analizuojami 1993–2002 metų kasdieniniai 3 vasaros mėnesių mirtingumo duomenys ir 2003–2007 m. kasdieniniai visų metų duomenys Vilniaus mieste. Mirtingumas turi metinį ciklą (5.19 pav.), jis didžiausias šaltuoju metų sezonu, o mažiausias – liepą ir rugpjūtį.

Darbe vertinant karščio poveikį mirtingumui naudojami tik vasaros mėnesių duomenys. Karštis tiesiogiai mirtį sukelia labai retais atvejais. Ištikus šilumos smūgiui ar perkaitimui, dažniausiai karščio bangų metu miršta

žmonės, kurių būklė buvo artima kritinei. Karštis skatina ligų paūmėjimą ir gali paankstinti mirtį arba prišaukia ligas, į kurias žmogus yra linkęs. Dažniausiai karščio bangų metu pastebimas mirštamumo padidėjimas.



5.19 pav. Vidutinė mirtingumo kaita Vilniuje 2003–2007 metais.

Kasdieninis mirčių skaičius Vilniaus mieste 1993–2007 metų vasaros mėnesiais svyruoja nuo 2 iki 28 mirčių per parą. Tai palyginti nedideli skaičiai ir norint nustatyti meteorologinius veiksnius, kurie galimai veikia ligos eigą ir sukelia žmogaus mirtį, būtina apibendrinti gana didelę duomenų seką. Tiriamuoju laikotarpiu taip pat nėra ilgų padidėjusio mirtingumo periodų, kurie galėtų būti siejami su karščio poveikiu. Norint įvertinti karščio poveikį mirtingumui buvo išskirti karščio periodai pagal 6 karščio indikatorius: minimalią, maksimalią ir vidutinę temperatūrą, HI, PET ir „*Humidex*“ indeksus.

Tiriamuoju laikotarpiu buvo išskirti 23 karščio periodai. Ketverius metus karščio periodų nepasitaikė, o kitais metais buvo nuo 1 iki 5 periodų per metus. Daugiausia – 9 periodai – buvo išskirti remiantis 2 indikatoriais, 8 – 4 indikatoriais, 4 – 4 ir 1 karščio periodas išskirtas remiantis 3 indikatoriais.

Visais atvejais vienas iš indikatorių buvo PET indeksas, tačiau šis indeksas indikavo karščio bangas ir tais atvejais, kai kiti indeksai jų nefiksavo. PET indekso karščio lygiai išskirti remiantis indekso kūrėjų pateikiamomis terminio jautrumo kategorijomis (Matzarakis, Mayer, 1996). Anot jų, galimas

pavojus sveikatai pasireiškia esant >23 °C. Lietuviams remiantis apklausos duomenimis tai dar komfortiška temperatūra. Nustatyti karščio stresui Vienoje susiejant PET su mirtingumo duomenimis buvo naudojamos šio indekso >35 °C reikšmės (Muthers ir kt., 2010). Norint išvengti daugelio neteisingų perspėjimų, Lietuvoje karščio lygius pagal PET reikėtų pradėti skirti tik nuo 29 °C, o vidutinio karščio fiziologinio streso kategoriją padalyti į dvi dalis (3.8 lentelė). Per visą tiriamąjį laikotarpį pasitaikė 4 dienos, kai PET indeksas pasiekė ekstremalaus karščio lygį, >41 °C.

5.1 lentelė. Karščio periodai 1993–2007 metais Vilniuje

Metai	Išskirta periodų	Laikotarpis	Trukmė, dienomis	Indikatoriai
1993	-	-	-	-
1994	2	1994-7-8 – 7-18	11	Vidutinė ir maksimali temperatūra, <i>Humidex</i> , PET
		1994-7-24 – 8-9	17	Vidutinė, maksimali ir minimali temperatūra, <i>Humidex</i> , PET
1995	-	-	-	-
1996	-	-	-	-
1997	1	1997-6-26 – 7-4	9	Vidutinė, maksimali ir minimali temperatūra, <i>Humidex</i> , PET
1998	1	1998-6-8 – 6-11	7	Minimali temperatūra, <i>Humidex</i>
1999	4	1999-6-5 – 6-11	7	<i>Humidex</i> , PET
		1999-6-9 – 6-17	9	Vidutinė, maksimali ir minimali temperatūra, <i>Humidex</i> , PET
		1999-6-16 – 6-22	7	Minimali temperatūra, PET
		1999-7-3 – 7-9	7	Vidutinė, maksimali ir minimali temperatūra, <i>Humidex</i> , PET
2000	-	-	-	-
2001	4	2001-7-4 – 7-10	7	Maksimali temperatūra, PET
		2001-7-9 – 7-16	8	Vidutinė ir maksimali temperatūra, PET
		2001-7-13 – 7-20	8	Vidutinė, maksimali ir minimali temperatūra, <i>Humidex</i> , HI, PET
		2001-8-14 – 8-23	10	Maksimali ir minimali temperatūra, <i>Humidex</i> , PET
2002	5	2002-6-17 – 6-23	7	<i>Humidex</i> , PET
		2002-7-7 – 7-13	7	Vidutinė ir maksimali temperatūra, <i>Humidex</i> , PET
		2002-7-12 – 7-22	11	Vidutinė, maksimali ir minimali temperatūra, <i>Humidex</i> , PET
		2002-7-26 – 8-6	12	Vidutinė, maksimali ir minimali temperatūra, <i>Humidex</i> , PET
		2002-8-13 – 8-19	7	Maksimali temperatūra, PET
2003	1	2003-7-24 – 8-2	10	Vidutinė, maksimali ir minimali temperatūra, <i>Humidex</i> , PET
2004	1	2004-7-19 – 7-27	9	Minimali temperatūra, PET
2005	1	2005-7-26 – 8-2	8	Minimali temperatūra, PET
2006	2	2006-6-18 – 6-24	7	Vidutinė temperatūra, PET
		2006-7-4 – 7-16	13	Vidutinė, maksimali ir minimali temperatūra, <i>Humidex</i> , PET
2007	1	2007-8-19 – 8-26	8	Vidutinė, maksimali ir minimali temperatūra, <i>Humidex</i> , PET

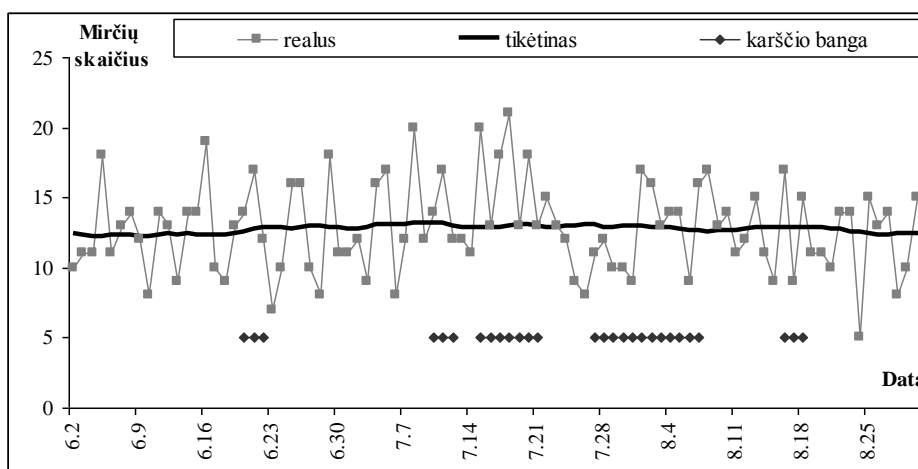
Kaip ir PET, karščio indeksas – HI kol kas negali būti tinkamas naudoti Lietuvoje. Tiriamuoju laikotarpiu pasitaikė tik 11 antro lygio reikšmių (karšta) ir nei vienos aukštesnės (3.7 lentelė). Be to, indeksas indikavo ir kitus karščio periodus, kai buvo kilęs 1 lygio pavojus. PET ir HI indeksai karščio perspėjimų sistemoje galėtų būti naudojami pakeitus karščio pavojaus lygius.

„*Humidex*“ indeksas identifikavo daugelį karščio periodų, nors ekstremalaus streso atvejų nepasitaikė (3.6 lentelė). Paminėtina, jog tik 3 dienas buvo trečio lygio pavojus. Taigi tai pakankamai geras ir tikslus indikatorius, ir pakeitimų karščio pavojaus lygiuose nelabai reikėtų.

Ekstremalaus lygio reikšmės minimaliai, maksimaliai ir vidutinei temperatūrai buvo išskirtos remiantis reikšmių kartojimusi 1993–2007 m. laikotarpiu. Minimali temperatūra ekstremalų lygį $>21\text{ }^{\circ}\text{C}$ buvo pasiekusi 2, maksimali $>33\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 12, vidutinė $>27\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 3 dienas. Indeksų ekstremalios reikšmės nustatytos pagal jų karščio pavojaus lygius.

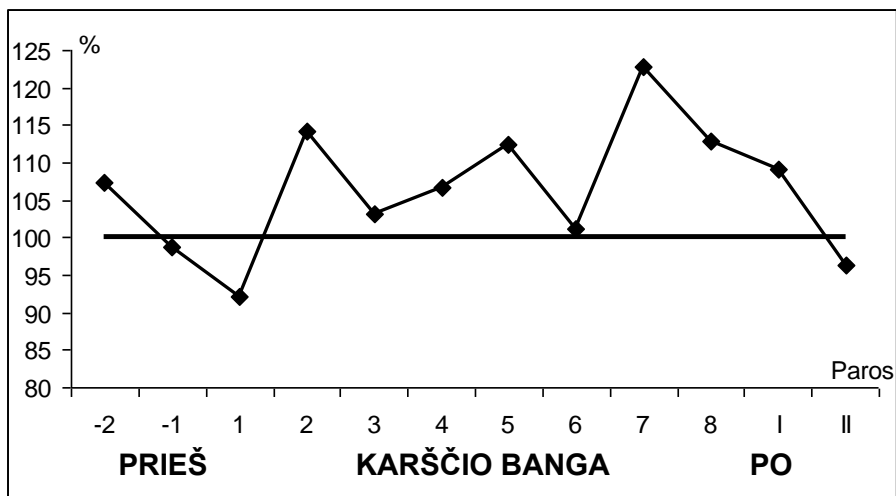
Darbe kasdienis mirtingumas yra siejamas su tikėtiniu tiriamojo laikotarpio mirtingumu, kuris apskaičiuojamas darbo metodikoje aprašytu būdu (5.20 pav.).

Tikėtinas mirtingumas parodo, kiek vidutiniškai analizuojamu laikotarpiu miršta žmonių Vilniaus mieste. Remiantis juo galima nustatyti, ar karščio bangų metu padidėja mirtingumas.



5.20 pav. Realaus ir tikėtino mirtingumo eiga bei išskirtos karščio bangos Vilniaus mieste 2002 metais.

2002 metais buvo daugiausia karščio bangų – 5. Nors svyravimai išlieka panašūs, ypač išsiskiria liepos 15-18 d. karščio banga. Jos metu mirtingumas buvo artimas tikėtinam arba didesnis. Tai pati stipriausia karščio banga, kai visi indikatoriai skelbė aukščiausio lygio karščio pavojų, o trys iš jų buvo pasiekę ekstremalaus reiškinio lygį. Didelių karščių metu mirtingumas Vilniaus mieste išauga. Po karščio bangos dažniausiai seka gana staigus mirčių skaičiaus sumažėjimas, dėl to ir vėliau buvusios karščio bangos pradžioje nebuvo smarkaus mirtingumo padidėjimo.

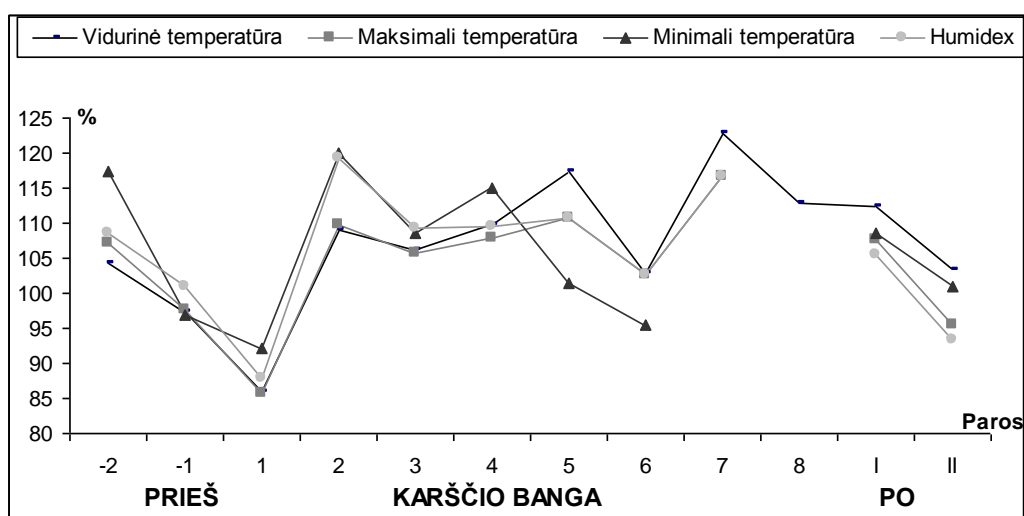


5.21 pav. Mirtingumo pokyčiai (%), 2 paros prieš karščio bangas, karščio bangų metu ir 2 paros po karščio bangų 1993–2007 metais Vilniuje

Būtina įvertinti, kiek dienų besitęsiant karščiui jau pasireiškia poveikis sveikatai (5.21 pav.). Apibendrinus visų 23 periodų duomenis gauta, jog karščio poveikis pasireiškia jau antrąją karščio bangos dieną, tuo metu pasireiškia pirmas mirtingumo pikas, mirčių skaičius išauga 15 %. Vėliau mirtingumas išlieka didesnis už tikėtiną, o antrasis pikas jau 7 dieną iš eilės besitęsiant karščiui, mirčių skaičius išauga 24 %. Po karščio bangos sekančių dviejų dienų metu mirtingumas mažėja, antrąją jis jau tampa mažesnis už tikėtiną mirtingumą. Remiantis tuo galima teigti, kad jei karštis tęsiasi bent dvi dienas, yra būtina skelbti karščio pavojų, nes yra keliamas pavojus sveikatai.

Kuriant karščio perspėjimo sistemą labai svarbu tinkamai parinkti indikatorių karščio pavojui skelbti. 5.22 paveiksle galima matyti, kaip kinta

mirtingumo eiga karščio periodų, išskirtų pagal skirtingus indikatorius, metu. Nepertvarkius terminio jautrumo skalės PET ir HI indeksai nėra tinkami naudoti, todėl šiame paveiksle jie nepateikiami. Terminio jautrumo skalę reikėtų keisti ir „Humidex“ indeksui, jei norima jį naudoti kaip pagrindinį indikatorių karščio pavojui skelbti. Ekstremalus pavojus sveikatai turėtų būti skelbiamas „Humidex“ indeksui pasiekus 37 °C. Minimali temperatūra yra gana geras indikatorius, tačiau ją būtų tikslinga naudoti kartu su maksimalia temperatūra. Karščio bangos metu didžiausias pavojus sveikatai kyla, kai yra labai karšta diena ir nepakankamai atvėsta naktį, tada organizmas nespėja atsigauti. Vidutinė temperatūra visais atvejais karštį indikuodavo panašiai kaip ir maksimali temperatūra. Kadangi maksimalią oro temperatūrą yra lengviau prognozuoti, ir ji yra pateikiama visose orų prognozėse, ji labiausiai tiktų indikuoti karščio bangas.



5.22 pav. Mirtingumo pokyčiai pagal skirtingus indikatorius (%) 2 paros prieš karščio bangas, karščio bangų metu ir 2 paros po karščio bangų 1993–2007 metais

Apibendrinus tyrimo rezultatus, galima teigti, kad mirtingumas padidėja antrąją karščio bangos dieną ir išlieka visos karščio bangos metu. Dėl to karščio perspėjimai turėtų būti sudaromi, jei bent dvi dienas prognozuojama aukšta temperatūra. Maksimali temperatūra ir jos bei minimalios temperatūros kompleksas yra tinkamiausi indikatoriai karščio pavojui skelbti.

6. Karščio poveikio visuomenės sveikatai perspėjimai Europoje

Tik po 2003 metais siautusios karščio bangos daugelis Europos šalių ėmėsi efektyvios politikos apsaugoti žmonių sveikatą karštų orų metu. Parengtos rekomendacijos, kaip elgtis per karščius, peržiūrėti įstatymai, sudaryti veikslių planai. Prieita vieningos nuomonės, kad Europos šalyse reikalinga bendra karščio perspėjimo sistema, tačiau tai dar nėra įgyvendinta.

Karščio poveikio visuomenės sveikatai perspėjimų sistemoje pagrindinė dalis yra meteorologinis komponentas. Dėl to yra itin svarbu tinkamai parinkti indikatorių, pagal kurį bus išskiriami karščio periodai ir žmonės informuojami apie karščio keliamą pavojų sveikatai. Tai gali būti meteorologinis elementas (pvz., oro temperatūra) ar keletas jų (pvz., oro temperatūra ir santykinis drėgnumas). Ši indikatorių grupė priskiriama pavienio ar keleto rodiklių metodei. Kita grupė būtų kompleksinio rodiklio metodas, kai naudojama daugelis skirtingų meteorologinių elementų ir jie sujungiami į terminį indeksą (Koppe, Becker, 2011).

Pavienio ar keleto rodiklių metodas, dažniausiai remiasi oro temperatūra – minimalia, maksimalia, vidutine. Tam priskiriamos ir karščio-sveikatos perspėjimo sistemos, kurios remiasi paprastais terminiais indeksais, tokiais kaip „tikroji“ temperatūra (*apparent temperature*). Neretai yra būtina, kad karščio periodas tęstųsi ne vieną dieną, jog būtų paskelbtas karščio pavojus arba pasiektas kitas jo lygis.

Kompleksinio rodiklio metodas dažniausiai paremtas šilumos balanso modelių apskaičiuojamais terminiais indeksais, į kurių skaičiavimus įtraukiama žymiai daugiau meteorologinių elementų. Įvertinami šilumos mainai tarp aplinkos ir žmogaus kūno. Kitas šiai grupei priskiriamas metodas yra sinoptinis būdas (Kalkstein, 1991), kuris taip pat įvertina nemažai meteorologinių rodiklių. Jis paremtas oro masių tipų, kurių metu padidėja žmonių mirtingumas, išskyrimu. Nustatomas oro masių ryšys su mirtingumu karščio bangų metu ir išskiriama tos oro masei būdingos charakteristikos, pagal kurias prognozuojami karščio periodai ir pavojus sveikatai (Koppe, Becker, 2011).

Iki didžiosios karščio bangos 2003 metais karščio poveikio visuomenės sveikatai perspėjimo (KPVSP) sistema veikė tik Romos mieste ir Portugalijoje. Vėliau daugelis šalių ėmė rūpintis savo gyventojų saugumu karščio bangų metu. 2006 metais buvo atlikta apklausa siunčiant klausimynus į Nacionalines hidrometeorologijos tarnybas, priklausančias WMO Europos regionui, sužinoti, kiek šalių turi veikiančias karščio perspėjimo sistemas. Nustatyta, kad tuo metu 16 šalių jau informuodavo apie karščio keliamą pavojų sveikatai ir teikdavo perspėjimus (Koppe, Becker, 2011). Šioje daktaro disertacijoje informacija buvo atnaujinta, nustatyta, kad daugelis šalių padarė nemažai patobulinimų savo sistemose per šį laikotarpį.

Darbe pateikiama informacija apie 2009 metais veikusias karščio perspėjimo sistemas Europoje. Duomenys gauti iš nacionalinių hidrometeorologijos tarnybų (NHMS) tinklalapių pateikiamos informacijos ar gavus oficialius atsakymus į jiems siųstus laiškus. Buvo surinkta informacija apie tai, kokius indikatorius šalys naudoja skelbti karščio pavojų, kokie yra pavojingumo lygiai, ar įvairiuose vienos šalies regionuose kriterijai skelbti karščio pavojų skiriasi, sužinotas laikotarpis, kurio metu gali būti skelbiami karščio perspėjimai.

Paminėtina, kad skelbiančios karščio perspėjimus šalys nebūtinai turi KPVSP sistemą, t. y. daugelyje šalių perspėjimai skelbiami, bet kartu nepateikiama informacija apie galimą poveikį sveikatai. Šiame darbe apžvelgiami egzistuojantys karščio perspėjimai.

Daugelis KPVSP teikia perspėjimus visai šaliai, išskyrus Italiją ir Jungtinę Karalystę (JK). Italijoje perspėjimai skelbiami miestams, kuriuose gyvena daugiau nei 200 000 gyventojų, o JK Meteorologijos tarnyba juos teikia tik Velsui ir Anglijai (6.1 lentelė).

Svarbus rodiklis yra ir perspėjimo sistemos išankstumas, t. y. prieš kiek laiko gyventojai ir suinteresuotos institucijos informuojamos apie numatomą karščio bangą. Dažniausiai pavojus skelbiamas prieš 24–72 valandas, tačiau yra šalių, kur perspėjimas pateikiamas anksčiau – Ispanija, Olandija ir Belgija pateikia karščio perspėjimus su 5 dienų išankstumu. Antra vertus, mažo

išankstumo perspėjimų privalumas yra tas, jog taip gali būti išvengta neteisingo pavojaus.

KPVSP neretai veikia tik vasarą, nes tada kyla karščio bangų pavojus. Vokietijoje ir Serbijoje pradeda veikti anksčiausiai – balandį, kitose šalyse gegužę–birželį, o baigia dažniausiai rugsėjį. Ilgiausiai sistema būna aktyvuota Serbijoje – iki spalio pabaigos. Tačiau daugelyje šalių nėra apibrėžto laikotarpio, kada veikia sistema, tiesiog, jei kyla karščio pavojus, perspėjimai yra skelbiami.

2009 metais 30 šalių skelbė karščio perspėjimus. Maksimali temperatūra yra pagrindinis indikatorius, kuriuo remiantis karščio perspėjimai pateikiami daugumoje šalių: Baltarusijoje, Graikijoje, Latvijoje, Estijoje, Airijoje, Kroatijoje, Čekijoje, Liuksemburge, Serbijoje ir Olandijoje (6.1 pav.). Skiriasi tik reikšmės, nuo kurių skelbiamas pavojus konkrečiose šalyse. Žemiausia ribinė temperatūra Airijoje, jos šiaurinėje dalyje esant 23 °C temperatūrai skelbiamas 1 lygio karščio pavojus, o Graikijoje perspėjimas skelbiamas tik maksimaliai temperatūrai pakilus iki 39 °C. Estijoje, Latvijoje ir Olandijoje reikalinga, kad karščio epizodas tęstųsi atitinkamą skaičių dienų. Olandijoje karščio pavojus skelbiamas, jei 25 °C maksimali temperatūra prognozuojama 5 dienoms iš eilės. Latvijoje perspėjimai pateikiami, jei maksimali temperatūra 6 dienas iš eilės pakyla iki 27 °C arba vieną dieną iki 33 °C. Čekijoje ir Estijoje reikia, kad 2 dienas maksimali oro temperatūra pakiltų iki 30 °C. Karščio pavojus Čekijoje taip pat skelbiamas, jei vieną dieną maksimali temperatūra būna 35 °C (6.1 lentelė).

Portugalija turi gana unikalią KPVSP sistemą su daugeliu indikatorių karščio pavojui skelbti. Nors dažniausiai remiamasi maksimalios temperatūros reikšmėmis, karščio bangų metu naudojamas ir ICARO indeksas (Paixao, Nogueira, 2002). Jei ateinančias dvi dienas prognozuojama aukštesnė nei 32 °C maksimali temperatūra, statistiniu modeliu yra apskaičiuojama, kokį poveikį tai turės mirtingumui. Be viso to Portugalijoje naudojama ir daugelis kitų metodų. Net jei ribinės temperatūros reikšmės nepasiekiamos, regione kylant

gaisrams, aukštam UVI ar kitiems faktoriams prognozių centrai gali skelbti karščio pavojų.

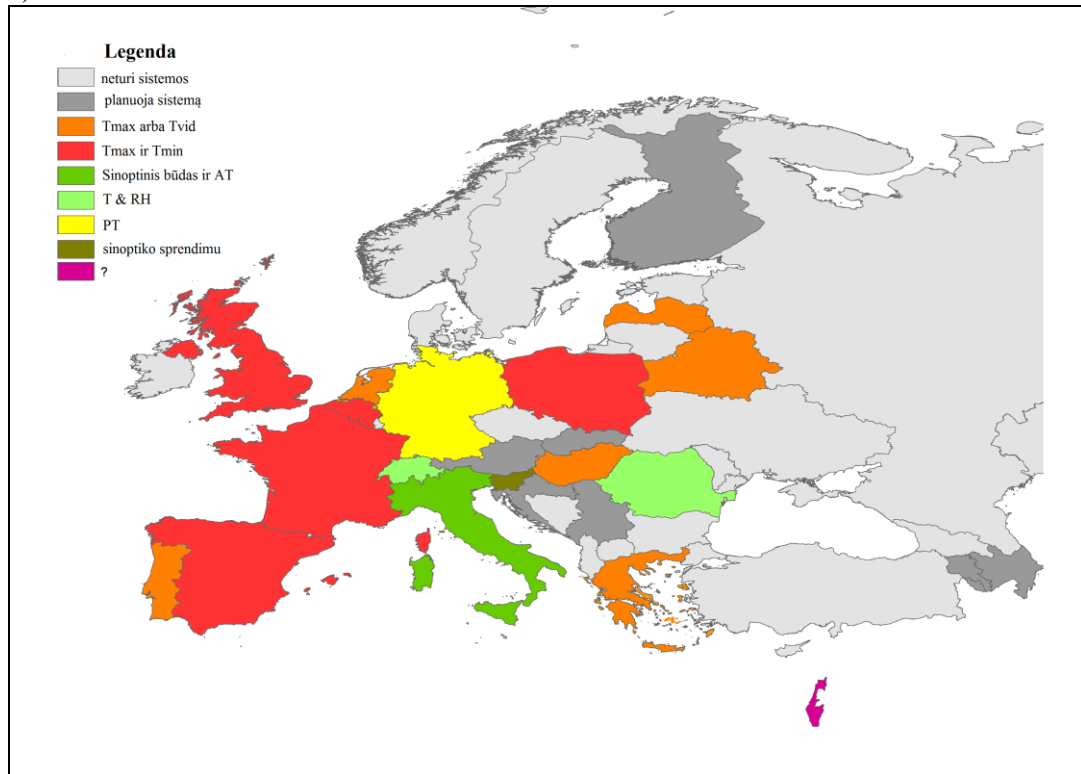
Liuksemburgas sveikatos sektoriui perspėjimus pateikia, jei 4 ateinančias dienas numatoma aukštesnė nei 29 °C temperatūra, be to, ir nakties temperatūra turi išlikti gana aukšta. Vengrija naudoja vidutinę temperatūrą, kaip indikatorių karščio pavojui skelbti. Jei tris dienas iš eilės vidutinė temperatūra siekia 25 °C arba vieną dieną 27 °C, skelbiama karščio grėsmė.

Kitas plačiai naudojamas metodas yra minimalios ir maksimalios temperatūros kombinacija. Tuo remiantis perspėjimus teikia Belgija, Jungtinė Karalystė, Prancūzija, Lenkija ir Ispanija. Tik jei abu temperatūros parametrai pasiekia ribines vertes, šalyje yra skelbimas karščio pavojus. Minimalios temperatūros ribos pavojui skelbti svyruoja nuo 15 °C kai kuriuose Jungtinės Karalystės regionuose iki 25 °C kai kuriuose Ispanijos regionuose. Maksimali temperatūra atitinkamai kinta nuo 28 °C iki 41 °C. Minimalios temperatūros naudojimas grindžiamas tuo, jog taip įvertinama, ar nakties metu žmogaus kūnas turi laiko atvėsti. Skelbti karščio pavojų Belgijoje ir Jungtinėje Karalystėje tenka, jei ribinės vertės bus viršytos dvi ir daugiau dienų. Prancūzijoje skaičiuojamas trijų dienų minimalios ir maksimalios temperatūros slankysis vidurkis.

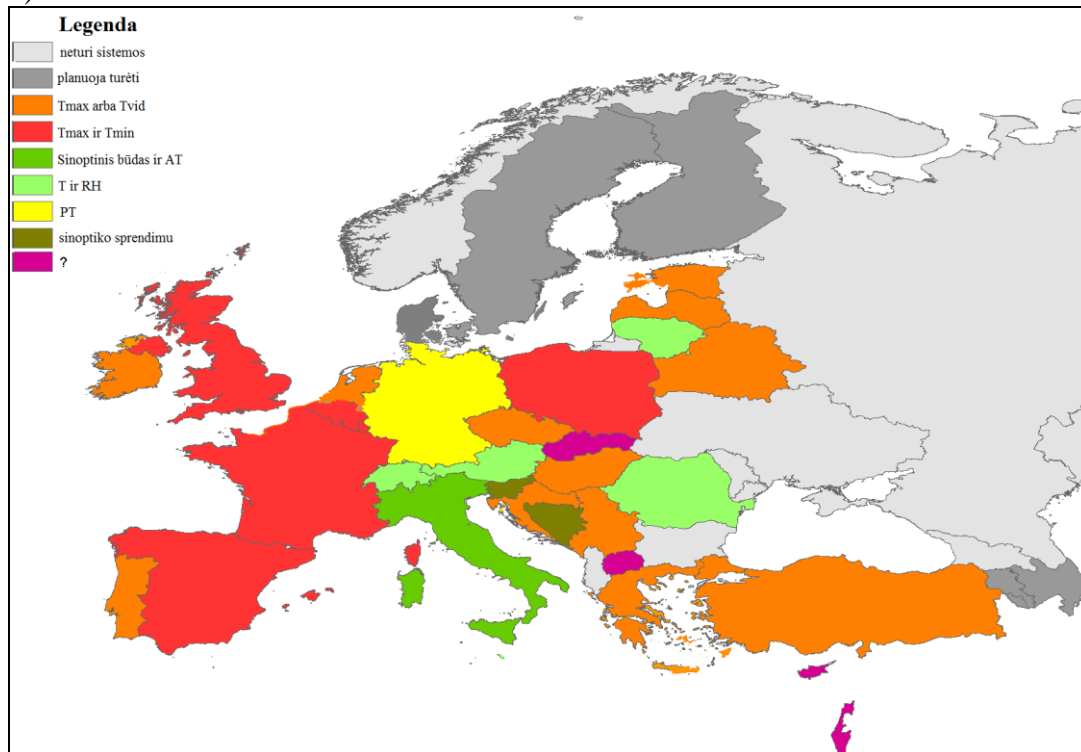
Kalbant apie Belgijos KPVSP reikėtų paminėti, kad šioje šalyje perspėjimus teikia ne tik Belgijos meteorologijos institutas. Pastarasis duoda perspėjimus remdamasis minimalios ir maksimalios temperatūros reikšmėmis, kurių kritinės ribos skirtingos įvairiuose regionuose. Kiti perspėjimai teikiami remiantis jau ir ozono duomenimis, juos sudaro sveikatos sektorius bendradarbiaujant su meteorologais ir Aplinkos agentūra.

Sudėtingesni metodai naudojami Italijoje ir Vokietijoje, ten remiamasi kompleksinio rodiklio metodais. O paprastieji temperatūros-drėgmės indeksai naudojami 6 šalyse: Italijoje kai kurie miestai remiasi AP indeksu, Austrija ir Šveicarija – karščio indeksu. Malta ir Rumunija turi savo indeksus: Malta – orų streso, Rumunija – ITU.

a)



b)



6.1 pav. Europoje veikiančios KPVSP sistemos: a) 2006 metais (Koppe, Becker, 2010); b) 2009. T – temperatūra; Tmax – maksimali; Tvid – vidutinė; Tmin – minimali; AT – „tikroji“ temperatūra; RH – santykinis drėgnumas; PT – pajaučiama temperatūra; ?- sistema yra, bet neturima duomenų kuo remiantis skelbiami karščio perspėjimai.

6.1 lentelė. Karščio perspėjimo sistemų palyginimas

Šalis	Perspėjimai visai šaliai	Skelbimo laikotarpis	Karščio indikatorius	Regioniniai skirtumai	Sezoniniai skirtumai	Trukmė	Išankstumas	Pavojeingumo lygiai
Airija	taip	1.6 – 30.9	T_{max}	ne	ne	ne		1: $23^{\circ}\text{C} < T_{max} < 28^{\circ}\text{C}$ 2: $28^{\circ}\text{C} < T_{max} < 33^{\circ}\text{C}$ 3: $> 33^{\circ}\text{C}$
Austrija	taip		Karščio indeksas	ne	ne	ne	24h-72h	4 lygiai, pateikiantys informaciją apie terminį stresą
Baltarusija	taip		T_{max}	ne	ne	ne	24h-72h	1: karščio perspėjimas $T \geq 30^{\circ}\text{C}$ 2: aukščiausio laipsnio karščio perspėjimas: $T \geq 35^{\circ}\text{C}$
Belgija	taip	15.5. –30.9.	3-dienų vidurkis $T_{min} + T_{max}$	taip	ne	taip	3 d.	1: 2 parų vidurkis $T_{min} > 18,2 + T_{max} > 29,6$; arba 3 paras $T_{min} > 16 + T_{max} > 28$; 2 paras $T_{min} > 18 + T_{max} > 30$; 1 parą $T_{min} > 20 + T_{max} > 32$ * 2: 3 parų vidurkis $T_{min} > 18,2 + T_{max} > 29,6$ + ozono duomenys > 240 (prieš tai dieną) ir > 180 (esamą) arba 3 paras $T_{min} > 18 + T_{max} > 30$, 2 paras $T_{min} > 20 + T_{max} > 32$, 1 parą $T_{min} > 22 + T_{max} > 34$ * 3: 3 parų vidurkis $T_{min}' > 18,2 + T_{max}' > 29,6$ + ozono duomenys > 240 (prieš tai dieną) ir > 240 (esamą) arba 3 paras $T_{min} > 20 + T_{max} > 32$, 2-3 paras $T_{min} > 22 + T_{max} > 34$ *
Bosnija ir Hercegovina	taip	1.6. – 31.8.	Sinoptiko sprendimu					
Čekija	taip		T_{max}	ne	ne	taip	24h-72h	1: 2 paras $T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ 2: 1 parą ir daugiau $T_{max} \geq 35^{\circ}\text{C}$
Didžioji Britanija (Anglija ir Velsas)	taip	1.6. – 15.9.	$T_{min} + T_{max}$	taip	ne	taip		1: vasaros parengtis ir ilgalaikiai planavimai (nėra pavojaus) 2: Pavojus ir parengtis (skelbiama, kai tikimybė karščio bangai 60 % arba pavo-jaus kriterijai jau pasiekti viename iš regionų ir tęsis dvi dienas bei naktį tarp jų) 3: Karščio banga (karščio kriterijai bus pasiekti vienam ir daugiau regionų)) 4: Kritinė padėtis (karščio banga labai stipri ir ilgai besitęsianti)

Šalis	Perspėjimai visai šaliai	Skelbimo laikotarpis	Karščio indikatorius	Regioniniai skirtumai	Sezoniniai skirtumai	Trukmė	Išankstumas	Skirtingi lygiai
Estija	taip	1.6. – 30.9.	2-paras T_{\max}	ne	ne	taip	24 h	1: 2 paras $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ 2: 3 paras ir ilgiau $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$
Graikija	taip		T_{\max}	ne	ne	taip	48h	1: $\leq 38^{\circ}\text{C}$ 2: $39^{\circ}\text{C} \leq T_{\max} \leq 41^{\circ}\text{C}$ 3: $42^{\circ}\text{C} \leq T_{\max} \leq 44^{\circ}\text{C}$ 4: $\geq 45^{\circ}\text{C}$
Italija	ne	15.5. – 15.9	Sinoptinis būdas, AP	taip	taip	taip	72h	1: visuomenės sveikatai pavojaus nėra, bet gali įvykti 2 lygio pavojus 2: aukšta temperatūra ir oro sąlygos, kurios gali turėti neigiamą poveikį žmonių sveikatai ir kelti pavojų visuomenei 3: karščio banga (pavojingos orų sąlygos, kurios tęsis tris ir daugiau ateinančių dienų)
Ispanija	taip	1.6. – 30.9.	$T_{\min} + T_{\max}$	taip	ne		5 d.	1: karštis tęsiasi 1–2 dienas – žemas lygis 2: 3–4 karčio dienos – vidutinis 3: 5 ir daugiau – aukštas
Kipras	taip		neturima duomenų					4 lygiai
Kroatija	taip		T_{\max}	ne	ne	ne	24 h	$T_{\max} > 35^{\circ}\text{C}$
Latvija	taip		T_{\max}	ne	ne	taip	24h	1: $27^{\circ}\text{C} < T_{\max} \leq 32^{\circ}\text{C}$, trunka 6 paras 2: $> 33^{\circ}\text{C}$, trunka 1 dieną
Lenkija	taip		$T_{\min} + T_{\max}$	ne	ne	taip		1: $30^{\circ}\text{C} < T_{\max} \leq 35^{\circ}\text{C} + T_{\min} < 18^{\circ}\text{C}$ - 2 paras ir ilgiau 2: $30^{\circ}\text{C} < T_{\max} \leq 35^{\circ}\text{C} + T_{\min} \geq 18^{\circ}\text{C}$ - 2 paras ir ilgiau 3: $T_{\max} > 35^{\circ}\text{C}$ - 2 paras ir ilgiau

Šalis	Perspėjimai visai šaliai	Skelbimo laikotarpis	Karščio indikatorius	Regioniniai skirtumai	Sezoniniai skirtumai	Trukmė	Išankstumas	Skirtingi lygiai
Lietuva	taip	1.6. – 31.8	„Humidex“	ne	ne	taip	24h	0. iki 27 °C - karštis diskomforto nesukelia 1. 27 - 34 °C - silpnas diskomfortas 2. 35 - 39 °C - stiprus diskomfortas 3. 40 - 45 °C - pavojus sveikatai 4. 46 - 53 °C - labai didelis pavojus sveikatai 5. virš 54 °C - mirtinas pavojus
Liuksemburgas	taip	1.6 – 31.8	T _{max}	ne	ne	taip	4 d.	4 paras T _{max} > 29 °C
Makedonija	taip		neturima duomenų					
Malta	taip		Karščio streso indeksas	taip	ne			
Olandija	taip	1.6.-1.9.	T _{max}	ne	ne	taip	5 d.	1: Budrumo fazė – nėra pavojaus 2: Parengties fazė- jei yra didesnė nei 20 % tikimybė per ateinančias 5 paras sulaukti aukštesnės nei 27 °C temperatūros, duodami įspėjimai reikiamoms organizacijoms 3: Pavojaus fazė – jei yra tikimybė per ateinančias 5 paras sulaukti aukštesnės nei 27 °C temperatūros, siekia 90 %
Prancūzija	taip	1.6. – 31.8.	3-parų vidurkis T _{min} + T _{max}	taip	ne	taip	72h	1: sezoninė parengtis: aktyvi vasaros metu (birželio 1 – rugpjūčio 31 d.) 2: pavojus: po trijų parų prognozuojama karčio banga arba ji jau prasidėjo 3: aukščiausia parengtis: kriterijus pasiektas + kiti kriterijai kurie turi poveikį sveikatai
Rumunija	taip		ITU	ne	ne			ITU > 80 °F, pavojaus lygis priklauso nuo karščio bangos trukmės ir intensyvumo

Šalis	Perspėjimai visai šaliai	Skelbimo laikotarpis	Karščio indikatorius	Regioniniai skirtumai	Sezoniniai skirtumai	Trukmė	Išankstumas	Skirtingi lygiai
Portugalija	taip	15.5. – 30.9	T_{\min} ; T_{\max} ; ICARO indeksas (I); kiti indikatoriai	taip	taip	taip		1: tam sezonui būdingos klimatinės normos atitinkančios temperatūros reikšmės 2: aukšta temperatūra, gali turėti poveikį sveikatai 3: labai aukšta temperatūra, gali sukelti rimtų sveikatos problemų
Serbija	taip	1.4. – 31.10.	T_{\max}	ne	ne	taip	5 d.	Karščio banga tęsiasi 5 paras iš eilės. Priklauso nuo to, kokio intensyvumo ir trukmės reiškinys prognozuojamas.
Slovakija	taip		neturima duomenų	ne				
Slovėnija	taip		sinoptiko sprendimu					
Šveicarija	taip		Karščio indeksas	ne	ne	ne		≥ 90 - 3 dienas iš eilės
Turkija	taip		Temperatūra					+4 °C nuokrypis nuo klimatinių normų
Vengrija	taip	1.5. – 30.9.	T_{vid}	ne	ne			1: $T_{\text{vid}} > 25$ °C 2: 3 paras $T_{\text{vid}} > 25$ °C arba 1 parą > 27 °C 3. 3 paras $T_{\text{vid}} > 27$ °C
Vokietija	taip	1.4. – 30.9.	PT	taip	taip	taip	36h	1. karščio pavojus laukiamas per kitas 6 dienas 2: didelis karščio pavojus prognozuojamas 3. ekstremalus karštis

T_{\min} : minimali temperatūra; T_{\max} : maksimali temperatūra; T_{vid} : vidutinė temperatūra; AP: „tikroji“ temperatūra; PT: jaučiamos temperatūros indeksas
ITU: temperatūros drėgmės indeksas; $ITU = T[^\circ\text{F}] - 0.55 - 0.55 \cdot (RH/100) \cdot (T[^\circ\text{F}] - 58)$

Šiuo metu Lietuvoje yra sudaromos „*Humidex*“ karščio indekso prognozės, kurios pateikia gyventojams informaciją apie keliamą pavojų sveikatai, tačiau jomis nėra vadovojamasi informuojant atitinkamas tarnybas, jog būtų imtasi atitinkamų veiksmų sumažinti karščio poveikį.

Lietuvoje kaitra – kai dienos maksimali oro temperatūra yra aukštesnė kaip 30 °C ir tai tęsiasi ne trumpiau kaip 10 dienų (LHMT, 2009). Tada šalyje privalo būti skelbiama ekstremali situacija. Tačiau tokių atvejų per visą matavimų laikotarpį nėra pasitaikę.

Nė vienoje Europos šalyje nėra tokių karščio išskyrimo trukmės kriterijų: ilgiausias kritinis periodas yra Olandijoje, kur 5 dienas maksimali temperatūra turi būti bent 25 °C, bei Latvijoje – 6 dienas 27 °C. Tačiau pastarojoje karščio pavojus skelbiamas, jei nors vieną dieną numatoma ar užfiksuojama 33 °C.

Lietuvoje yra reikalinga remiantis moksliniais tyrimais iš pagrindų atnaujinti karščio perspėjimų kriterijus. Būtina įvertinti poveikį sveikatai buvusių karščio bangų metu. Ankstesnėje darbo dalyje nustatyta, kad geriausi kriterijai karščio pavojui skelbti yra maksimali temperatūra, maksimalios ir minimalios temperatūros kompleksas arba „*Humidex*“ indeksas. Reikalinga pasirinkti vieną iš šių kriterijų ir, išskyrus pavojingumo lygius, pradėti oficialiai informuoti apie karščio pavojų. Būtina baigti kurti ir įdiegti veikiančią karščio poveikio visuomenės sveikatai perspėjimų sistemą, kuri laiku informuotų gyventojus ir atitinkamas tarnybas apie karščio pavojų ir taip būtų išvengta karščio aukų. Tuo tikslu reikia parengti karščio planą. Karščio plane būtų aprašomi pagrindiniai veiksmai karščio bangos metu, tarpžinybinis bendradarbiavimas, karščio lygiai ir kitokia susijusi informacija, kuri padeda atsakingoms institucijoms operatyviai ir koordinuotai veikti kilus karščio pavojui.

7. Ultravioletinės spinduliuotės matavimai ir prognozės Lietuvoje

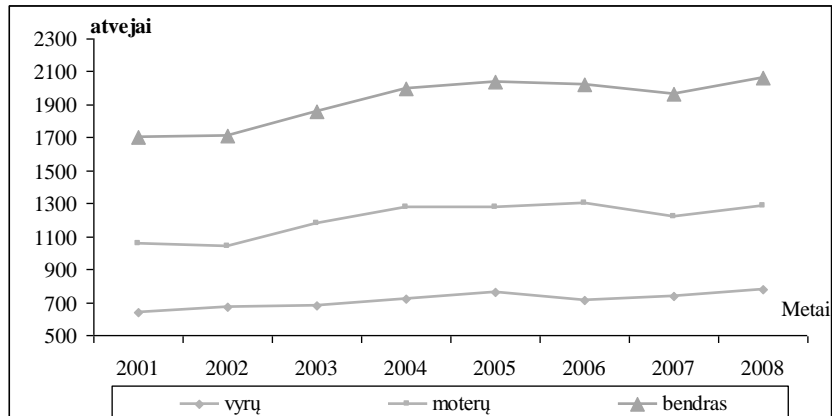
Ultravioletiniams (UV) spinduliams būdingas didelis biologinis ir cheminis aktyvumas. Mažas jų kiekis veikia teigiamai: skatina augimą, stiprina organizmą, naikina ligas sukeliančias bakterijas, todėl šie spinduliai taikomi kai kurioms ligoms gydyti. Tačiau per didelis jų kiekis ardo akies tinklainę, skatina odos vėžio ir kataraktos atsiradimą, sukelia odos senėjimą.

Ozono sluoksnis yra tarsi filtras, kuris apsaugo nuo pačios pavojingiausios UV spinduliuotės dalies, kad ji nepasiektų žemės paviršiaus. Manoma, jog dėl suplonėjusio ozono sluoksnio praėjusio amžiaus pabaigoje didžiojoje Europos dalyje žemės paviršių pasiekė apie 5–10 % daugiau UV. Pasirašius Monrealio protokolą, sluoksnio plonėjimas buvo pristabdytas ir teigiama, kad artimiausius kelis dešimtmečius ozono sluoksnio storis didės ir pasieks anksčiau buvusias reikšmes. Visgi odos vėžio atvejų skaičiaus didžiausias reikšmes pasieks 2050–2070 metais, nes manoma, jog pagrindinis UV kiekis, sukeliantis odos vėžį, yra gaunamas dar vaikystėje bei jaunystėje (Kelfkens ir kt., 2002).

Odos vėžys yra vienas iš pagrindinių susirgimų, kurį sukelia ultravioletiniai Saulės spinduliai. Jis dažniausiai išryškėja vidutinio amžiaus žmonėms ir labai glaudžiai siejasi su gautų UV spindulių doze. Odos vėžio susirgimų duomenis kaupia Vėžio registras, tai populiacinis registras, kurio tikslas – užtikrinti piktybinių navikų registraciją visoje Lietuvoje. Vėžio registre yra kaupiami duomenys apie susirgimus piktybiniais navikais Lietuvoje ir mirtis dėl jų. Šiuo metu Vėžio registro duomenų bazėje sukaupta informacija apie onkologinius susirgimus Lietuvoje nuo 1978 metų (Lietuvos vėžio registras, 2009).

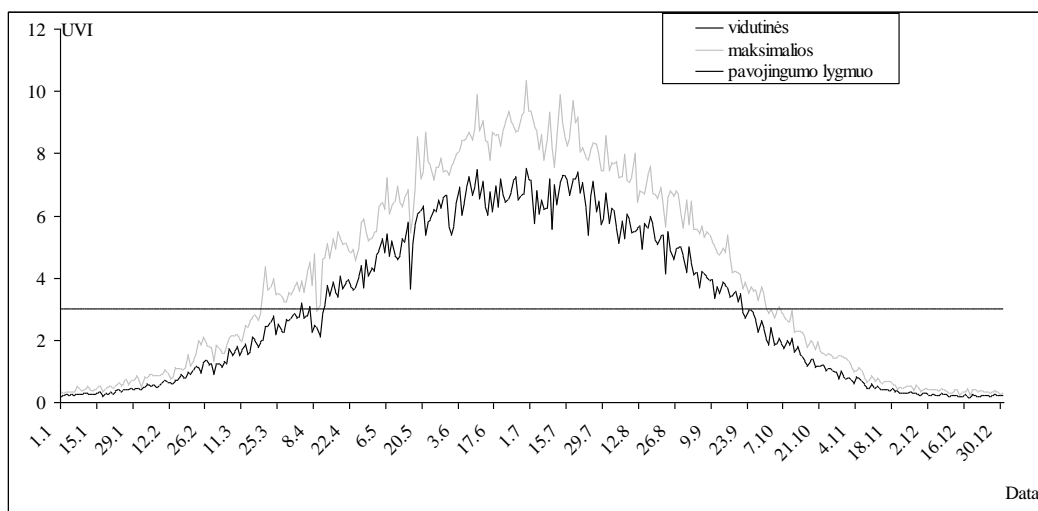
Remiantis Lietuvos vėžio registro duomenimis (7.1 pav.), galima tvirtinti, kad Lietuvoje, kaip ir visame pasaulyje, sergamumas odos piktybiniais navikais tolydžio didėja. Moterys piktybiniais odos navikais serga du kartus dažniau nei vyrai. Odos vėžio atvejų daugėjimas Lietuvoje susijęs su tuo, jog

ilgėja žmonių gyvenimo trukmė, taigi daugėja senyvo amžiaus žmonių, kurie pernelyg neatsakingai degindavosi saulėje (Lietuvos vėžio registras, 2009).



7.1 pav. Odos vėžio susirgimų atvejų skaičius Lietuvoje 2001–2008 metais.

Norint apsaugoti organizmą nuo neigiamo UV spinduliuotės poveikio, reikia sekti UV indekso (UVI) prognozes ir vadovautis pateikiamomis rekomendacijomis. UVI prognozė nusako, kiek eriteminį poveikį darančios (galinčios sukelti odos įdegimą) spinduliuotės pasieks žemės paviršius. Šis indeksas puikiai tinka ir kaip žmonių informavimo (apie UV keliamą pavojų), ir kaip mokomoji priemonė (kaip nuo jos apsisaugoti).



7.2 pav. UVI vidutinių ir absoliučių paros maksimalių reikšmių kaita Kaune 2001–2008 metais.

Lietuvoje UVI svyruoja nuo 1 iki 8,5 (remiantis LHMT 2001–2008 metų matavimais), o maksimalias reikšmes pasiekia birželio–liepos mėnesiais (7.2 pav.). Pavojingas UV kiekis fiksuojamas tada, kai UVI pasiekia 3, tuo metu žemės paviršių pasiekęs UV kiekis jau gali sukelti įdegimą. Tai dažniausiai nutinka balandžio mėnesį, tačiau yra pasitaikę atvejų, kai įsivyravus saulėtiems orams šis UV spindulių kiekis jau buvo išmatuotas kovo viduryje.

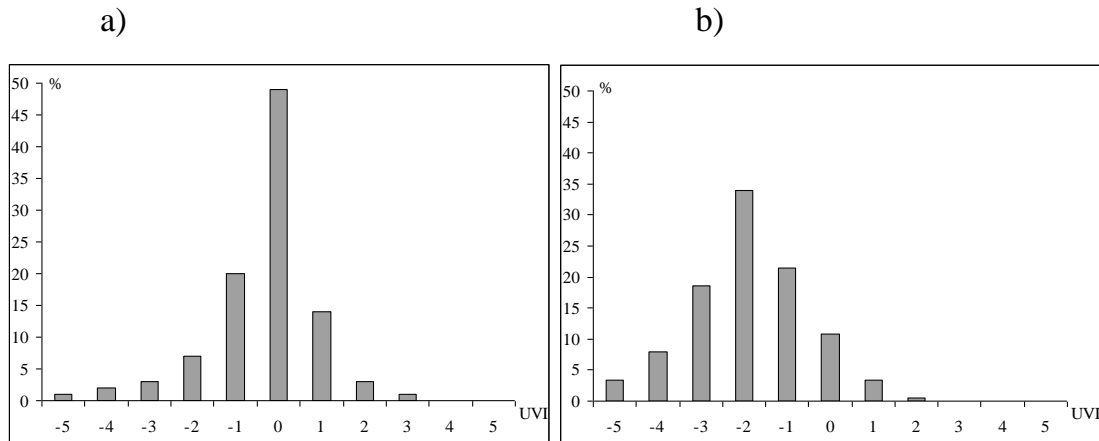
UVI prognozės yra sezoninės, todėl tikslingiausia jas yra skelbti laikotarpiu, kai žmogus jau gali ilgesnį laiką būdamas lauke įdegti. Lietuvoje būtina teikti UV spinduliuotės prognozes nuo balandžio iki rugsėjo pabaigos. Tačiau sezono pradžioje ar pabaigoje įsivyravus debesuotiems ir lietingiems orams tiksli skelbimo data gali būti keičiama.

Prognozuojant UVI reikalingi trys skirtingi prognoziniai modeliai: skaitmeninis orų modelis, ozono sluoksnio prognozės ir juos jungiantis ultravioletinės spinduliuotės modelis. Tik didieji prognozių centrai turi šias galimybes. Vokietijos orų tarnyba (DWD) apskaičiuoja UVI visam Žemės rutuliui ir pateikia nemokamas išankstines prognozes visoms nacionalinėms meteorologijos tarnyboms, tarp jų ir Lietuvai. Šios prognozės pateikiamos Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos interneto svetainėje.

Siekiant įvertinti, ar prognozės yra tinkamos Lietuvai ir ar nėra sisteminių nukrypimų dėl specifinių vietovės sąlygų, reikia atlikti prognozės patikrą – verifikaciją. Vokietijos orų tarnyba prognozės verifikaciją atlieka kiekvienais metais, įvairiems Europos miestams. Nors įvairiose vietovėse pasitvirtinimas kiek skiriasi, apibendrinus prognozės pasitvirtinimą 14 Europos miestų (7.3a pav.) gauta, kad beveik pusė visų pateiktų prognozių buvo visiškai tikslios, t. y. skirtumas artimas 0 UVI (*Comparison of forecasted...*, 2009).

Tačiau pažvelgus į Lietuvos prognozių pasitvirtinimą matomas kitoks pasiskirstymas (7.3b pav.). Prognozės kasdien sudaromos giedram dangui ir Europos vidutinės trukmės orų prognozių centro (ECMWF) prognozuojamam debesuotumui (Feister ir kt., 2011). Kadangi žmonėms aktualu prognozė

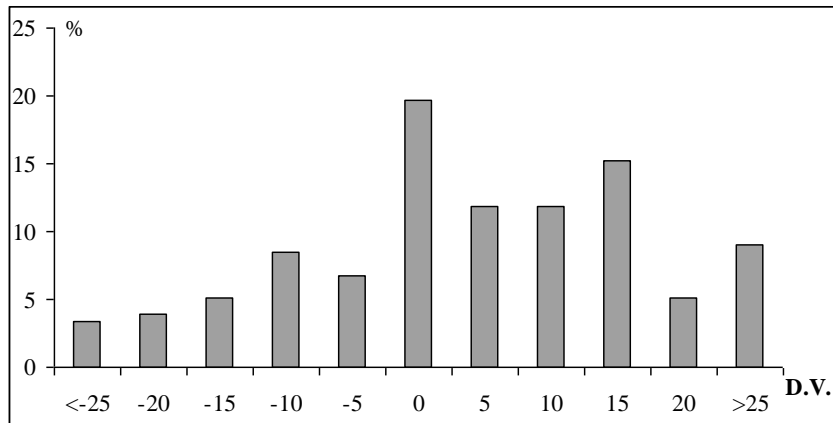
esamomis sąlygomis, naudojamos tik UVI prognozės prognozuotam debesuotumui. Kauno MS išmatuotas UVI net 93 % atvejų yra aukštesnis nei prognozuotas. Didžioji dalis (35 %) atvejų, kai išmatuotas kiekis yra didesnis 2 UVI. Remiantis verifikacijos duomenimis, galima daryti prielaidą, kad Vokietijos orų tarnybos prognozės yra netinkamos Lietuvai. Tačiau yra labai svarbu nustatyti tai lėmusias priežastis.



7.3 pav. Vokietijos orų tarnybos pateikiamos UVI prognozės pasitvirtinimas (skirtumas tarp prognozuoto ir išmatuoto UVI paros maksimumo): a) 14 Europos miestų 2008 metų gegužė–rugsėję (*Comparison of forecasted..., 2009*), b) Kaune 2008 metų balandį–rugsėję.

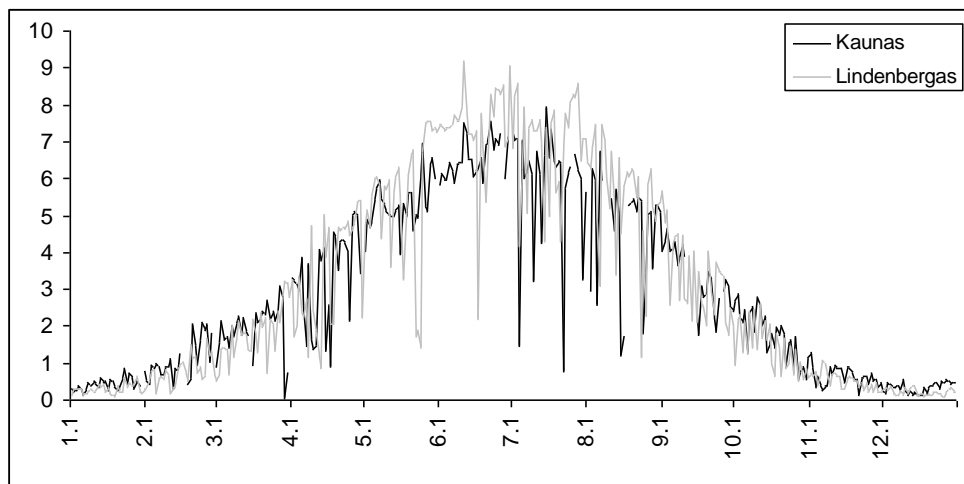
Vienas iš pagrindinių veiksnių, lemiantis UV kiekį prie žemės paviršiaus, yra ozonas. Atlikus ozono prognozių patikrą (7.4 pav.) nustatyta, jog 58 % atvejų prognozuota daugiau nei išmatuota, o tai galėjo sumažinti ir UVI prognozinės reikšmės Lietuvai. Vis dėlto prognoziniai dydžiai nuo išmatuotų skiriasi nedaug. Įvertinus ozono prognozių pasitvirtinimą Europoje, nustatyta, kad išmatuotų duomenų vidurkis 321,3 DU, o prognozuotų 319,8 DU. (*Comparison of forecasted..., 2009*). Todėl prognozių nepasitvirtinimo priežastis turi būti kita.

Nustatyta jog UVI indekso prognozės paklaidos dydis beveik nepriklauso ir nuo esamo debesuotumo – visais atvejais išmatuojami didesni UVI kiekiai nei prognozuojama. Tolesniame darbo etape buvo vertinamas matavimų Kauno meteorologijos stotyje tikslumas.

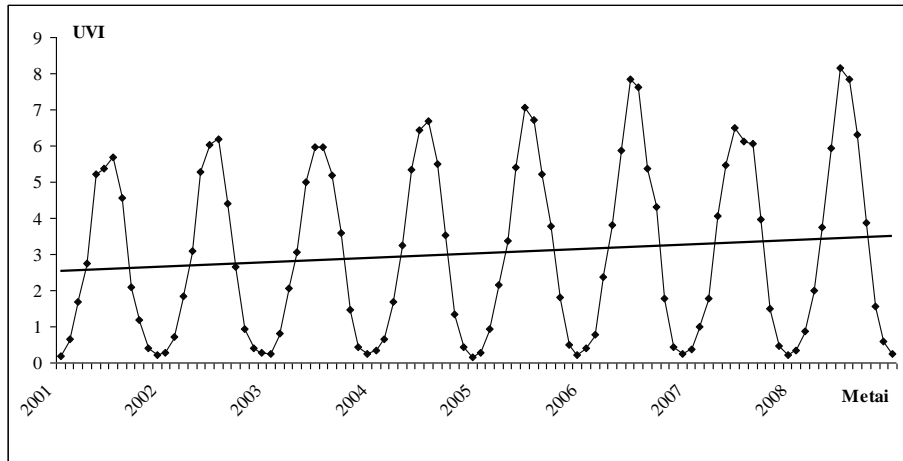


7.4 pav. Ozono sluoksnio storio prognozės pasitvirtinimas (skirtumas tarp prognozuoto ir išmatuoto ozono sluoksnio storio) Kaune 2008 metų balandį–rugsėį.

Lietuvoje ultravioletinės spinduliuotės matavimai pradėti 2000 metais. Ji matuojama Kauno meteorologijos srityje ($54,9^\circ$ š. pl; $23,8^\circ$ r. il.), o duomenys kaupiami Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos archyve. Vokietijos orų tarnyba matavimus atlieka Lindenberge ($52,2^\circ$ š. pl; $14,1^\circ$ r. il.), tad gali būti lyginami šiose dviejose matavimo vietose išmatuoti dydžiai (7.5 pav.). Kaune išmatuoti UVI paros maksimumo dydžiai yra aukštesni nei Linderbengo, nors turėtų būti priešingai, nes Linderbergas yra kiek piečiau Kauno. Matavimo vietos aukštis virš jūros lygio yra didesnis (127 metrai), o Kauno MS – 76 metrai. Gauti rezultatai leidžia suabejoti Kaune atliekamų UVI matavimų tikslumu.

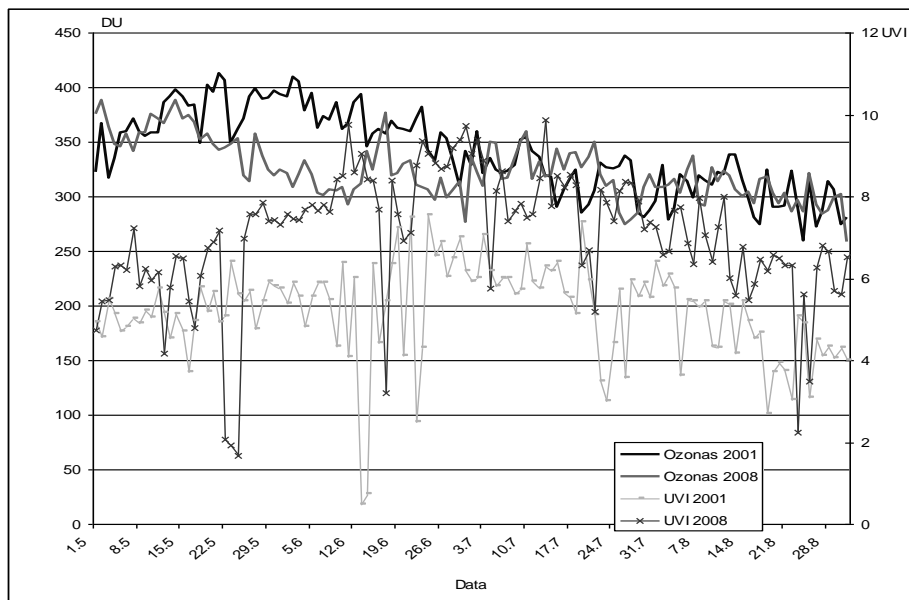


7.5 pav. UVI kaita Kaune ir Linderberge 2008 metų balandį–rugsėį.



7.6 pav. UVI intensyvumo kaita Kaune 2001–2008 metais.

Palyginus Kauno duomenis su kitur Vokietijoje vykdytų matavimų duomenimis, paaiškėjo, jog jie yra artimiausi Miunchene išmatuotiems. Galima daryti prielaidą, jog Kauno MS esantis UV spinduliuotės prietaisas išmatuoja didesnius UVI kiekius nei tuo metu yra. Svarbu nustatyti, kokios priežastys lėmė matavimo klaidų atsiradimą.



7.7 pav. UVI ir ozono kaita Kaune 2002 ir 2008 metais

Pažvelgus į 2001–2008 metų duomenis (7.6 pav.), matyti, kad 2006 ir 2008 metais yra žymiai išaugusios vasaros mėnesių UVI reikšmės. O net 9

siekęs maksimumas visai nebūdingas Lietuvos sąlygoms. Įvairių autorių publikacijose taip pat nėra rasta duomenų apie paskutiniiais metais padidėjusius UVI kiekius Europoje (tai yra nustatyta Kauno meteorologijos stotyje). Šiam laikotarpiui nebuvo būdingi ir kiti papildomi veiksniai, tokie kaip sumažėjęs ozono kiekis (7.7 pav.) ar didesnis giedrų dienų skaičius.

Palyginus ozono ir UVI duomenis 2001 ir 2008 metais, rasta, kad ozono reikšmės buvo panašios, o UVI yra smarkiai išaugęs. Išmatuoti UV spinduliuotės kiekiai skiriasi per 2 UV indekso reikšmes, panašus dydis nustatytas ir atliekant UVI prognozės verifikaciją. Pagrindinė priežastis kodėl tai nutiko – galimas spektrinio ar kampinio jautrumo, o gal abiejų prietaiso reikšmių pasikeitimas, dėl to yra išmatuojamos didesnės UVI reikšmės.

Duomenų kalibraciją, t. y. sisteminių pataisų įtraukimą reikia atlikti nuolat. Įvairūs prietaisai turi sistemines pataisas, todėl būtina atsižvelgiant į tai pataisyti išmatuotus dydžius. Kaune UV spinduliuotės matavimai atliekami UV-biometru. Šio tipo prietaisai turi skirtingą spektrinį ir kampinį jautrumą. Todėl priklausomai nuo jų ir CIE veikimo spektro skirtumo bei idealios kosinusoides reikia įtraukti atitinkamas pataisas.

Tai itin svarbu norint palyginti gautus duomenis, nes ir kitose šalyse naudojami prietaisai turi sistemines pataisas. Jų dydis priklauso nuo prietaiso savybių, kurios bėgant metams kinta. Kitas svarbus aspektas yra prognozių pasitvirtinimas. Būtina įvertinti, kaip tvirtinasi UVI prognozės, atlikti jų verifikaciją, prognozines reikšmes lyginant su išmatuotais ir kalibruotais dydžiais.

Norint nustatyti Kauno MS duomenų sistemines paklaidas, t. y. kalibruoti duomenis, būtina sudaryti kalibracijos matricą ir apskaičiuoti jos konstantą. Tikslingiausia tai atlikti panaudojus prietaiso eksploatacijos pradžios duomenis, nes jis dar nebuvo praradęs tų savybių, kurias nurodo prietaiso gamintojas.

Tolimesnėje darbo dalyje pateikiamas metodas, kuris gali būti naudojamas UV spinduliuotės duomenims kalibruoti. Skaičiavimams pasirinkti 2001–2002, prietaiso eksploatacijos pradžios metai.

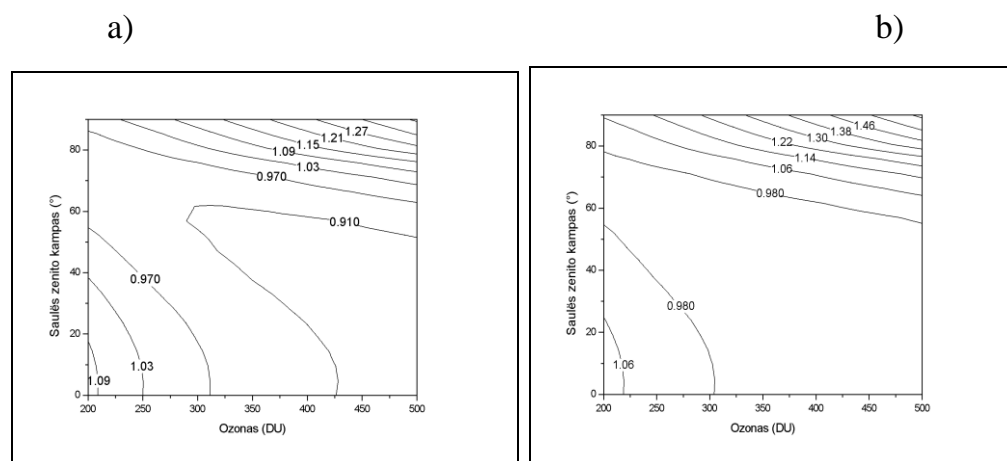
7.1 Kaune išmatuotos eriteminės spinduliuotės dydžių kalibracija

Kalibracija buvo atliekama Kauno meteorologijos stotyje 2001-2002 metais išmatuotiems eriteminės spinduliuotės paros maksimumo duomenims.

7.1 lentelė. *Solar Light UV* – biometro absoliutaus jautrumo kalibracijos konstantos dydžiai skirtingomis atmosferos sąlygomis ir esant maksimalioms bei minimalioms jutiklio reikšmėms.

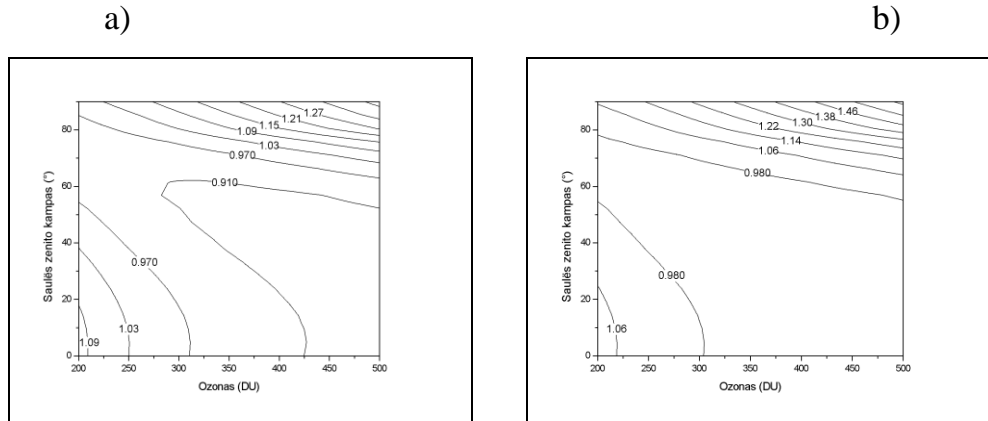
	Atmosferos sąlygos			
	O ₃ – 280-380 DU, θ _{SUN} >25°, AOD - 0,2, albedas – 3%	O ₃ – 270 DU, θ _{SUN} <30°, AOD - 0,2, albedas – 3%	O ₃ – 270 DU, θ _{SUN} <30°, AOD - 0,2, albedas – 10%	O ₃ – 270 DU, θ _{SUN} <30°, AOD - 0,1, albedas – 3%
CONSTslmax	0,3511	0,3844	0,3850	0,3848
CONSTslmin	0,4724	0,4947	0,4954	0,4952

Svarbu įvertinti, kaip skirtingos atmosferos sąlygos veikia absoliutaus jautrumo kalibracijos konstantos dydį. Nustatyta, kad labiausiai nuo kitų apskaičiuotų reikšmių skiriasi vidutinėmis Europai vasarai būdingomis atmosferos sąlygomis gautos reikšmės (7.1 lentelė).



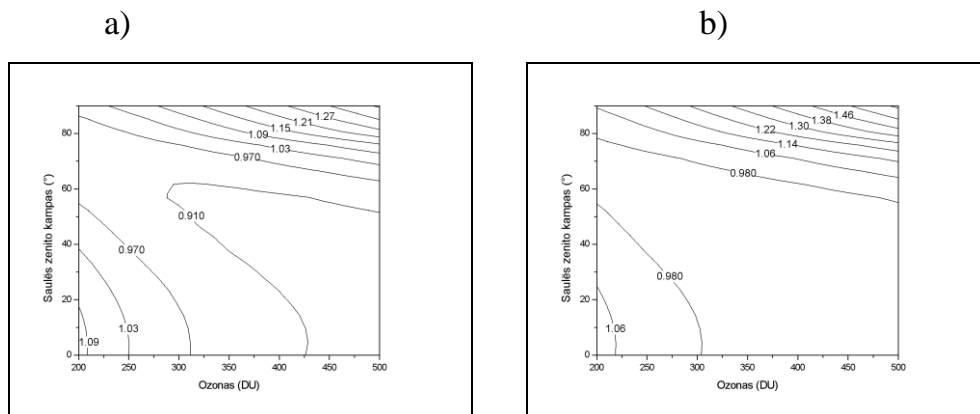
7.8 pav. Kalibracijos matrica, kai CONSTsl, sudaryta atmosferos sąlygomis: O₃ – 270 DU, θ_{SUN}<30°, AOD – 0,2, albedas – 3 %; a) su maksimalia spektrinio jautrumo reikšme, b) su minimalia spektrinio jautrumo reikšme.

Tačiau prietaiso gamintojai pateikia, kad jutiklio kalibracija atliekama, kada Saulės zenito kampas <30 laipsnių, o ozono koncentracija 270 DU. Tad geriau naudoti šiuos Saulės zenito kampo ir ozono koncentracijos dydžius. Keičiamos albedo ir aerozolių optinio tankio reikšmės didelės įtakos neturi, nors tai ir bus įvertinama sudarant kalibracijos matricą.



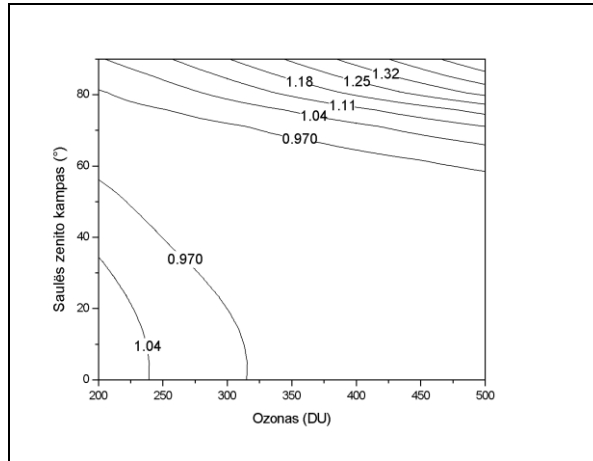
7.9 pav. Kalibracijos matrica, kai CONSTsl sudaryta esant sąlygoms: $O_3 - 270$ DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0,1, albedas – 3 %; a) su maksimalia spektrinio jautrumo reikšme, b) su minimalia spektrinio jautrumo reikšme.

Palyginus 7.8, 7.9 bei 7.10 paveikslus matyti, kad besikeičianti albedo ir aerozolių optinio tankio reikšmė kalibracijos matricai didelio poveikio neturi. Tad galutinė ir „tikroji“ kalibracijos matrica sudaroma su CONSTsl, apskaičiuota esant šioms atmosferos sąlygoms: $O_3 - 270$ DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0,2, albedas – 3 % ir abiem spektrinio jautrumo reikšmėms.



7.10 pav. Kalibracijos matrica, kai CONSTsl sudaryta esant atmosferos sąlygoms: $O_3 - 270$ DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0,2, albedas – 10 %; a) su maksimalia spektrinio jautrumo reikšme, b) su minimalia spektrinio jautrumo reikšme.

Nėra žinoma, koks yra Kaune esančio instrumento spektrinis jautrumas. Galbūt tai tarpinis variantas tarp maksimalaus ir minimalaus dydžio, pateikiamo vartotojo vadove, tad skaičiuojamas vidurkis tarp maksimalių ir minimalių kalibracijos matricos reikšmių, ir sudaroma „tikroji“ kalibracijos matrica.

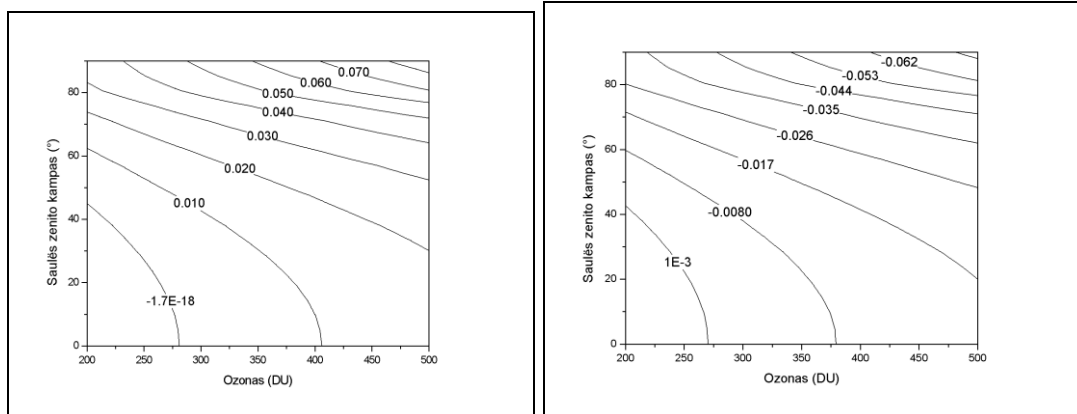


7.11 pav. „Tikroji“ kalibracijos matrica, kai CONSTsl sudaryta esant atmosferos sąlygoms: $O_3 - 270 \text{ DU}$, $\theta_{\text{SUN}} < 30^\circ$, $AOD - 0,2$, albedas $- 3 \%$; su vidutine spektrinio jautrumo reikšme.

„Tikrosios“ kalibracijos matricos reikšmės (7.11 pav.), kurios bus taikomos Kauno MS *Solar Light* instrumentu išmatuotai eriteminei spinduliuotei kalibruoti, svyruoja nuo 0,9 iki 1,55.

a)

b)

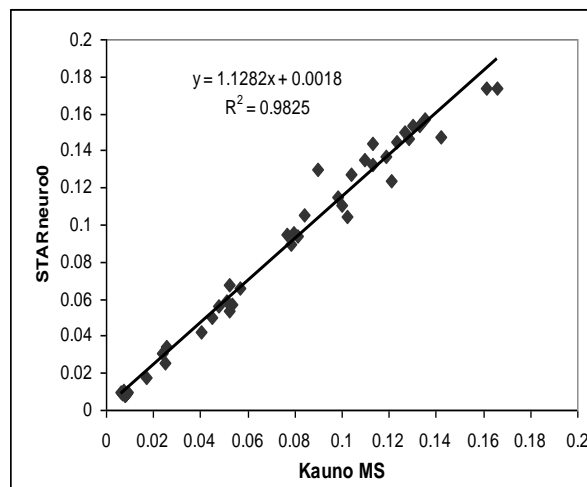


7.12 pav. Nuokrypis tarp „tikrosios“ kalibracijos matricos ir matricos a) su maksimalia spektrinio jautrumo reikšme ir b) su minimalia spektrinio jautrumo reikšme.

Norint įvertinti pataisas, kurios gali atsirasti, jei būtų taikoma maksimali ar minimali, o ne vidutinė spektrinio jautrumo reikšmė, buvo skaičiuojami nuokrypiai tarp „tikrosios“ matricos ir kalibracijos matricų su minimalia ir maksimalia spektrinio jautrumo reikšme.

Abiem atvejais maksimalus nuokrypis apie 7 %, jei Saulės zenito kampas yra $>80^\circ$, o ozono koncentracija apie 500 DU (7.12 pav.).

Tačiau, norint atlikti visą duomenų kalibraciją, reikia žinoti ne tik kalibracijos matricą, bet ir bendrą kalibracijos konstantą. Priėmus prielaidą, kad prietaisas per metus nekeitė savo savybių, ji gauta sulyginus išmatuotus ir iš kalibracijos matricos padaugintus dydžius su sumodeliuotais dydžiais. Tai atliekama remiantis 2001–2002 metų eriteminės spinduliuotės rodikliais, išmatuotais ir sumodeliuotais giedromis dienomis. 7.13 paveiksle nustatytas krypties koeficientas naudojamas kaip bendroji kalibracijos konstanta.



7.13 pav. Maksimalaus paros eriteminės spinduliuotės intensyvumo ryšys 2001–2002 metais tarp Kauno MS išmatuotos ir iš kalibracijos matricos padaugintos bei STARneuro0 modeliu apskaičiuotos spinduliuotės (W/m^2) giedromis dienomis, kai $AOD < 1$.

Bendroji kalibracijos konstanta yra 1,1282 ir iš jos bus dauginami visi Kauno MS išmatuoti ir iš kalibracijos matricos padauginti dydžiai. Tolimesniame darbe jie bus lyginami su sumodeliuotais duomenimis.

Išanalizavus albedo ir aerozolių optinio tankio įtaką kalibracijos matricos sudarymui, nustatyta, kad šių parametų kaita didelio poveikio neturi, todėl šie dydžiai išlieka konstanta. „Tikrosios“ kalibracijos matricos reikšmės, kurios buvo taikomos Kauno MS *Solar Light* instrumentu išmatuotai eriteminei spinduliuotei kalibruoti, svyruoja nuo 0,9 iki 1,55. O bendroji kalibracijos konstanta, kuri duoda jutiklio jautrumo pataisą, yra 1,1282.

Šis metodas gali būti naudojamas kalibruoti Kaune išmatuotus UV duomenis, tačiau reikia atlikti ir paties prietaiso kalibraciją ir nustatyti šiuo metu esančias spektrinio ir kampinio jautrumo reikšmes. Atkurti visiškai tikslių duomenų jau nepavyks, tačiau priėmus prielaidą, kad prietaiso nusidėvėjimas vyko palaipsniui galima gauti pakankamai kokybišką rekonstruotų duomenų seką.

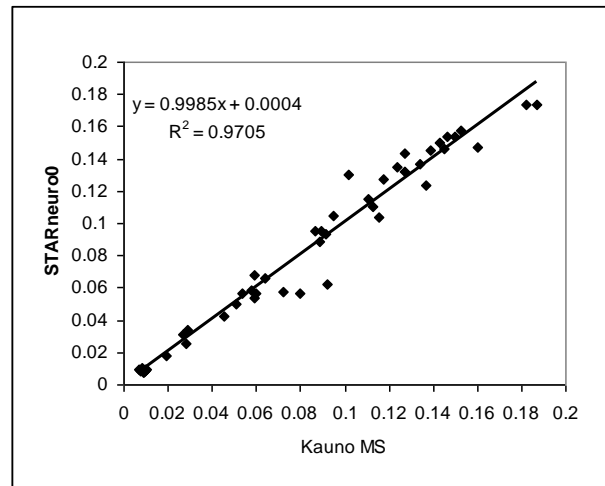
7.2 Eriteminės spinduliuotės kalibruotų ir modeliuotų duomenų palyginimas

Darbe palyginami išmatuoti ir kalibruoti Kauno MS maksimalios paros eriteminės spinduliuotės duomenys (2001–2002 metais) su apskaičiuotais STARneuro modeliu, naudojant jo versijas STARneuro0 ir STARneuro1. Duomenų palyginimas atliekamas atskirai giedroms, debesuotoms bei apsiniaukusioms dienoms. Darbe tikrinama, kuri STARneuro modelio versija geriau tinka naudoti lyginant eriteminės spinduliuotės maksimumo reikšmes debesuotomis ir apsiniaukusiomis dienomis.

Giedros dienos. Eriteminės spinduliuotės modeliavimas giedromis dienomis atliekamas tik su modeliu STARneuro0, nes ši versija yra pritaikyta modeliuoti spinduliuotę giedromis dienomis. Būtent šiomis dienomis nereikia atsižvelgti į debesų poveikį ir išmatuojama „tikroji“ eriteminio veikimo spektro spinduliuotė.

Giedromis 2001–2002 metų dienomis ryšys tarp išmatuotos kalibruotos spinduliuotės ir modeliuotos su STARneuro0 modeliu buvo labai stiprus ir statistiškai patikimas (7.14 pav.), koreliacijos koeficientas – 0,985. Labiausiai

išsiskiria 3 dienos, kuriomis Kauno MS stotyje buvo išmatuotos aukštesnės eriteminės spinduliuotės reikšmės nei buvo sumodeliuotos. To priežastis – tomis dienomis tvyrojęs rūkas ir buvęs didelis aerozolių optinis tankis (<1).



7.14 pav. Maksimalaus paros eriteminės spinduliuotės intensyvumo ryšys 2001–2002 metais tarp Kauno kalibruotų ir STARneuro0 modelių apskaičiuotų UV spinduliuotės duomenų (W/m^2) giedromis dienomis.

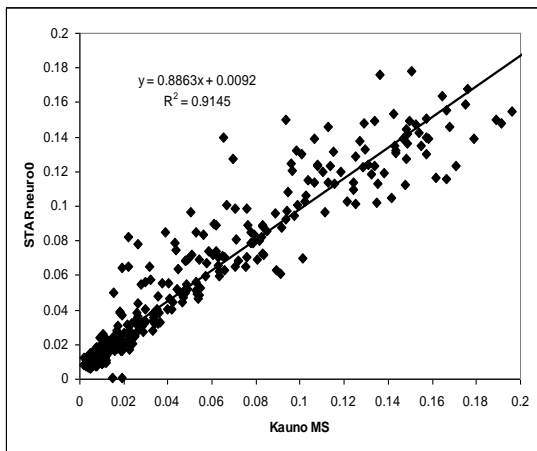
Apsiniaukusios dienos. Šioms dienoms eriteminės spinduliuotės kiekiams apskaičiuoti buvo naudojamos STARneuro0 ir STARneuro1 modelių versijos. Apsiniaukusios dienos buvo išskiriamos naudojant debesuotumo duomenis, kuriuos pateikia Kauno MS. Jei artimiausio matavimo, kuris buvo atliekamas prieš ar po laiko, kai išmatuotas UV maksimumas, metu buvo fiksuojamas 10 balų debesuotumas, ta diena buvo priskiriama apsinaukusioms dienoms.

7.15a pav. pateikiamas skaičiavimų, atliktų su modelio STARneuro0 versija, palyginimas su išmatuotais ir jau kalibruotais duomenimis. Modelio skaičiavimuose nebuvo įvertinamas debesuotumo poveikis, nes šią versiją geriausia taikyti giedromis dienomis, tad duomenų sklaida labai didelė. Tačiau ryšys tarp išmatuotos kalibruotos ir modeliuotos spinduliuotės stiprus ir statistiškai patikimas, koreliacijos koeficientas – 0,956.

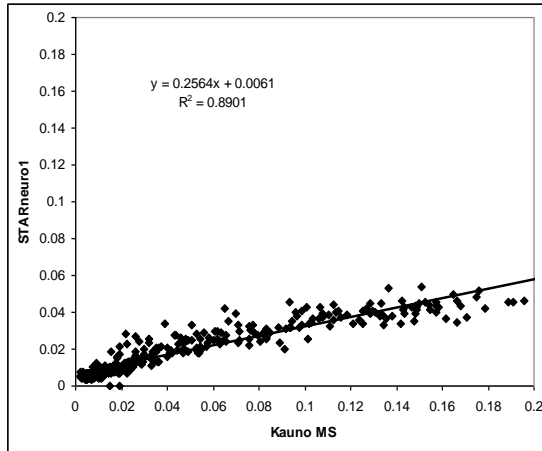
Palyginus išmatuotus kalibruotus Kauno MS eriteminės spinduliuotės duomenis su STARneuro1 apskaičiuotais duomenimis matome, kad ryšys tarp

duomenų yra stiprus ir statistiškai patikimas, koreliacijos koeficientas – 0,944. Tačiau visada apskaičiuoti dydžiai yra mažesni nei išmatuoti. Taip nutinka dėl to, kad modelio STARneuro1 versija apskaičiuoja vidutinį spinduliuotės kiekį, kuris pasiekia žemės paviršių apsiniaukusiomis dienomis, nes neturime duomenų apie debesų sluoksnius ir jų tipus. O tuo metu, kada išmatuojama maksimali paros eriteminė spinduliuotė, debesys gali būti labai ploni ir didesnis eriteminės spinduliuotės kiekis gali pasiekti paklotinį paviršių.

a)



b)

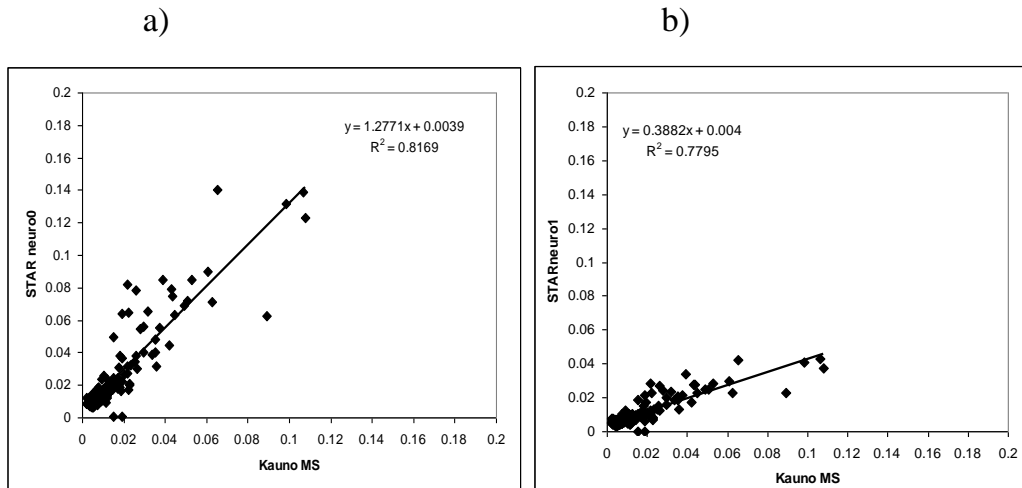


7.15 pav. Maksimalaus paros eriteminės spinduliuotės intensyvumo ryšys 2001–2002 metais tarp Kauno kalibruotų ir apskaičiuotų spinduliuotės duomenų (W/m^2) apsiniaukusiomis dienomis pagal debesuotumo duomenis: a) STARneuro0 ir b) STARneuro1 modeliu.

Modelio STARneuro0 versija turėtų visada apskaičiuoti didesnius už išmatuotus dydžius, o taip nėra. Dėl šių priežasčių buvo suabejota apsiniaukusių dienų išskyrimo metodika. Jos papildomai buvo išskiriamos pagal heliografo duomenis apie Saulės spindėjimo trukmę. Tik tos dienos, kuriomis Saulės spindėjimas nebuvo užfiksuotas, kelios valandos prieš ir po laiko, kada išmatuotas eriteminės spinduliuotės paros maksimumas, buvo priskirtos apsiniaukusioms.

Iš 7.16 pav. matyti, kad šis metodas išskirti apsiniaukusias dienas yra geresnis nei remtis tik debesuotumo duomenimis. STARneuro0 apskaičiuoti duomenys beveik visomis dienomis yra didesni nei išmatuoti. Išsiskiria 2

dienos, kuriomis modelis apskaičiavo labai žemus spinduliuotės kiekius, bet tai yra dėl to, kad tomis dienomis tvyrojo rūkas, buvo didelis santykinis drėgnumas, o matomumas siekė vos keliasdešimt metrų. Todėl buvo apskaičiuotas labai didelis aerzolių optinis tankis, kuris sumažino modeliuotos spinduliuotės kieki.



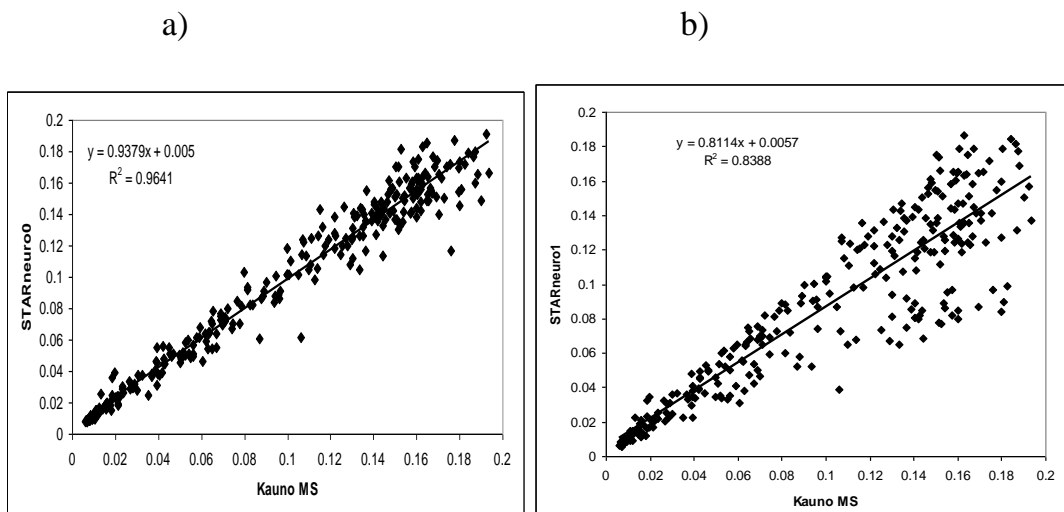
7.16 pav. Maksimalaus paros eriteminės spinduliuotės intensyvumo ryšys 2001–2002 metais tarp Kauno kalibruotų ir apskaičiuotų spinduliuotės duomenų (W/m^2) apsiniaukusiomis dienomis (pagal heliografo duomenis): a) STARneuro0 ir b) STARneuro1 modeliu.

STARneuro1 modeliu apskaičiuoti duomenys daugeliu atvejų išlieka žemesni nei išmatuoti, tačiau tai galėjo nutikti dėl anksčiau minėtų priežasčių.

Palyginus išmatuotų kalibruotų Kauno MS eriteminės spinduliuotės duomenų ir STARneuro apskaičiuotų koreliacijos koeficientus matome, kad ryšys tarp duomenų yra stiprus ir statistiškai patikimas, bet silpnesnis už prieš tai buvusį. Koreliacijos koeficientas tarp išmatuotų ir STARneuro0 modeliuotų duomenų – 0,90, o STARneuro1 – 0,88.

Tad ir apsiniaukusiomis dienomis, kada turime duomenų apie eriteminės spinduliuotės paros maksimumo reikšmes, o nėra duomenų apie debesų sluoksnius, jų storį, yra geriau naudoti modelio STARneuro0 versiją. Apsiniaukusias dienas geriau išskirti remiantis heliografo duomenimis apie Saulės spindėjimo trukmę.

Debesuotos dienos. Joms priskiriamos visos likusios dienos nuo išskirtų giedrų ir apsiniaukusių dienų. Kadangi apsiniaukusios dienos buvo išskiriamos 2 būdais, tai ir debesuotos dienos buvo išskiriamos pagal debesuotumo duomenis bei duomenis apie Saulės spindėjimo trukmę. O skaičiavimai atliekami 2 skirtingomis modelio versijomis: STARneuro0 ir STARneuro1. Palyginę skirtingomis modelio versijomis gautus duomenis su išmatuotais kalibruotais eriteminės spinduliuotės duomenimis matome, kad abiem atvejais ryšys yra stiprus ir patikimas. Tik STARneuro1 versija apskaičiuotų ir išmatuotų duomenų sklaida didesnė, bet tai gali nutikti dėl to, kad nenaudojami duomenys apie tam tikrus debesų sluoksnius ir jų tipus, o tik bendras debesuotumas. Koreliacijos koeficientas tarp išmatuotų ir STARneuro0 modeliuotų duomenų – 0,982, o STARneuro1 – 0,916.

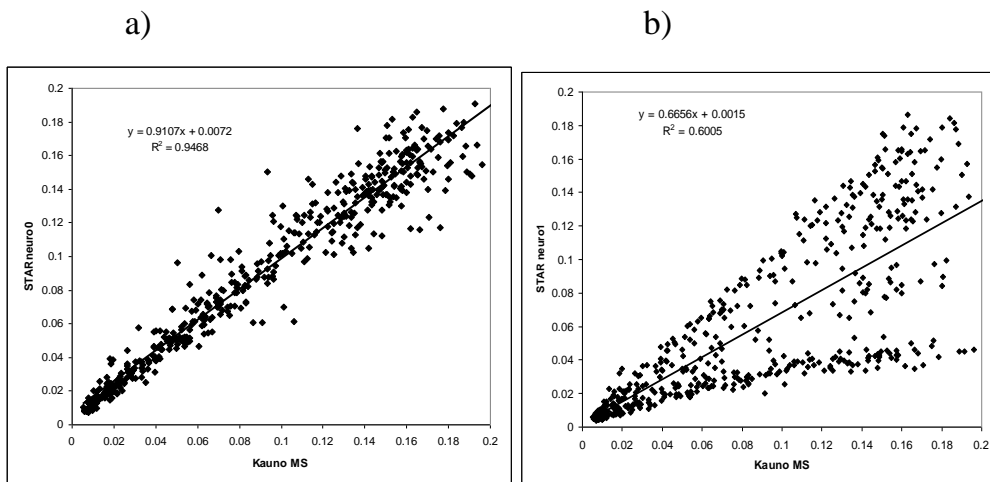


7.17 pav. Maksimalaus paros eriteminės spinduliuotės intensyvumo ryšys 2001–2002 metais tarp Kauno kalibruotų ir apskaičiuotų spinduliuotės duomenų (W/m^2) debesuotomis dienomis, pagal debesuotumo duomenis: a) STARneuro0 ir b) STARneuro1 modeliu.

Apsiniaukusias dienas išskyrus pagal heliografo duomenis apie Saulės spindėjimo trukmę, padaugėjo dienų, kurias turi būti priskiriamos debesuotoms. Tada atsiranda kita problema, nes nėra duomenų apie tuo metu buvusį debesuotumą. Duomenyse apie debesuotumą balais nurodyta 10 dalų debesuotumas, o tai reiškia, kad tuo metu visą dangaus skliautą dengė debesys. Taigi skaičiavimai buvo atlikti esant 10 balų debesuotumui. Koreliacijos

koeficientas tarp išmatuotų ir STARneuro0 modeliuotų duomenų – 0,973, o STARneuro1 – 0,775.

Nesunku pastebėti, jog ypač susilpnėjo ryšys tarp modelio STARneuro1 versija apskaičiuotų duomenų ir išmatuotų, nes apsiniaukusiomis dienomis modelis apskaičiuoja daug žemesnes reikšmes. O 7.18b paveikslo apatinėje dalyje galime matyti juostą, kurią sudaro modeliavimo rezultatai gauti tuo atveju, kai debesuotumas 10 balų. Šios reikšmės smarkiai sumažina ryšį tarp duomenų.



7.18 pav. Maksimalaus paros eriteminės spinduliuotės intensyvumo ryšys 2001–2002 metais tarp Kauno kalibruotų ir apskaičiuotų spinduliuotės duomenų (W/m^2) debesuotomis dienomis, pagal heliografo duomenis: a) STARneuro0 ir b) STARneuro1 modeliu.

Taigi ir debesuotomis dienomis, kada turima duomenų apie eriteminės spinduliuotės paros maksimumo reikšmes, o nėra apie debesų sluoksnius ir jų storį, labiau tinka naudoti STARneuro0 versiją. STARneuro0 gali būti naudojama tiek giedromis dienomis, tiek apsiniaukusiomis ir debesuotomis, kada yra duomenų apie eriteminės spinduliuotės paros maksimumo reikšmes, o nėra duomenų apie konkrečius debesų sluoksnius ir jų storį.

Norint atlikti UVI indekso prognozės verifikaciją neturint duomenų apie tądien buvusį UVI galima naudoti STARneuro0 versija apskaičiuotus UV kiekius. Taip pat ir tomis dienomis, kai abejojama duomenų tikslumu, bet žinomos meteorologinės sąlygos, galima apskaičiuoti tikėtinas UVI reikšmes. Esant būtinybei, modelis gali būti naudojamas ir UVI prognozavimui.

Išvados

1. Atlikus Lietuvos gyventojų sociologinę apklausą paaiškėjo, jog 55 % apklaustųjų orai daro nedidelį poveikį sveikatai, o 19 % – didelį. Didžiausią poveikį jaučia vyresni nei 60 metų šalies gyventojai. Labiausiai savijautą veikia besikeičiantys orai. Nustatyta, kad net 35 % respondentų orų pokyčiai sukelia mieguistumą, nuovargį ir sąnarių skausmą.
2. Dauguma širdies ir kraujagyslių ligų yra sezoniškos – susirgimų Vilniuje skaičius išauga žiemą, o sumažėja vasarą. Svarbiausi meteorologiniai rodikliai, nuo kurių priklauso susirgimų skaičius, yra oro temperatūra, oro drėgnumas, atmosferos slėgis bei jo kaita ir kritulių kiekis.
3. Arterinės hipertenzijos atvejų skaičius geriausiai siejasi su orų sąlygomis: statistiškai reikšmingi ryšiai nustatyti su daugeliu meteorologinių elementų ar jų kompleksais. Prie meteojautrių ligų taip pat galima priskirti kardiopatiją, ūminį miokardo infarktą, paroksizminę tachikardiją. Kitos tirtos ligos mažiau priklauso nuo esamų meteorologinių sąlygų. Dažniausiai ligų paūmėjimai siejami su 3 orų klase – kai po ilgesnį laiką vyravusių anticikloninių orų slėgis ima kristi ir artėja didesnės orų permainos arba esant 9 klasės orams – vyraujant rytų pernašai anticiklone ir ciklone.
4. Didžiausios „*Humidex*“ indekso reikšmės Lietuvos teritorijoje fiksuojamos liepos pabaigoje ir rugpjūčio pradžioje. Maksimalios jos Panevėžyje, kur paskutinį liepos penkiadienį vidutinė maksimali indekso reikšmė siekia 26,1 °C. Didžiausias vidutinis skirtumas tarp „*Humidex*“ indekso reikšmių ir išmatuotos oro temperatūros užfiksuotas Klaipėdoje. Liepos pabaigoje ir rugpjūčio pradžioje dėl didesnio nei likusioje šalies dalyje oro drėgnumo indekso reikšmės Klaipėdoje yra vidutiniškai 4 °C aukštesnės nei išmatuota oro temperatūra.
5. Nustatyta, jog dienos, kurių metu maksimalios „*Humidex*“ indekso reikšmės viršija diskomfortą sukeliančią 27 °C ribą, vidutiniškai sudaro nuo 22 % (Klaipėdoje) iki 31 % (Panevėžyje) bendro vasaros dienų skaičiaus. Tiriamuoju 1993–2006 metų laikotarpiu buvo 32 vasaros dienos, kai viename ar keliuose analizuojamuose Lietuvos miestuose indekso reikšmės viršijo

- didelį pavojų sveikatai keliančią 37 °C ribą. Absoliutus tiriamojo laikotarpio maksimumas užfiksuotas 2002 metų liepos 30 dieną Panevėžyje – 43,4 °C.
6. 56 % atvejų aukštos „*Humidex*“ indekso reikšmės nustatytos tada, kai 500 hPa izobariniame paviršiuje virš Lietuvos susidarydavo aukštuminio anticiklono gūbrys. Aukštuminis anticiklonas tokius orus lėmė 31% atvejų, o likusieji 13 % siejami su aukšto slėgio lauku (aukštuminio anticiklono periferija). Priežeminiame lauke net 56 % atvejų ypač aukštos indekso reikšmės buvo fiksuojamos priešakinėje artėjančio ciklono periferijoje. 28 % atvejų tokius orus lėmė anticiklonas ir 16 % – aukštesnio slėgio laukas. Tuo metu 850 hPa izobarinio paviršiaus lygyje buvo susiformavęs šilumos gūbrys. Temperatūra šiame lygyje visais atvejais buvo aukštesnė nei 15 °C.
 7. Žemiausios vidutinės Vėjo žvarbumo indekso reikšmės visoje Lietuvoje fiksuojamos nuo gruodžio pabaigos iki sausio pradžios ir sausio paskutinę dekadą. Žemiausia vėjo žvarbumo reikšmė žiemą nustatyta Vilniuje, -10,2 °C. Tarp išmatuotos temperatūros ir vėjo žvarbumo dažniausiai žiemos mėnesiais Lietuvoje fiksuotas 3–5 °C skirtumas, retais atvejais šis skirtumas gali viršyti ir 10 laipsnių.
 8. Visais analizuojamais atvejais, kai buvo fiksuotos žemiausios vėjo žvarbumo reikšmės, Lietuvos orus lėmė Arkties anticiklonai. 850 hPa izobarinio paviršiaus lygyje oro temperatūra būdavo žemesnė nei -15 °C. Absoliutus tiriamojo laikotarpio vėjo žvarbumo minimumas užfiksuotas 1996 metų gruodžio 27 d Vilniuje, -38,6 °C. Vėjo žvarbumo temperatūra žemiau pavojingos ribos -25 °C ribos pasitaiko vidutiniškai 0,8–3 % nuo bendro šaltojo sezono dienų skaičiaus.
 9. Tiriamuoju 1993-2007 metų laikotarpiu buvo išskirti 23 karščio laikotarpiai. Ketverius metus karščio periodų nepasitaikė, o kitais tiriamo laikotarpio metais karščiai buvo nustatomi nuo 1 iki 5 kartų per metus. Karščio poveikis sveikatai pasireiškia jau antrąją laikotarpio dieną, kai mirtingumas padidėja 15 %. Dėl to karščio perspėjimai turėtų būti sudaromi tais atvejais, jei dviem dienom iš eilės prognozuojama aukšta temperatūra ar didelės terminių indeksų reikšmės. „*Humidex*“ indeksas, maksimali temperatūra ir maksimalios bei minimalios temperatūros kompleksas yra tinkamiausi indikatoriai karščio pavojui nusakyti.

10. Atlikus Kauno MS išmatuotų eriteminės spinduliuotės duomenų kalibraciją, nustatyta, jog „tikrosios“ kalibracijos matricos reikšmės, kurios buvo taikomos Kauno MS *Solar Light* instrumentu išmatuotai eriteminei spinduliuotei kalibruoti, svyruoja nuo 0,9 iki 1,55. O bendroji kalibracijos su jutiklio jautrumu susieta santykinė pataisa yra 1,1282.
11. Nustatyta, jog STARneuro0 modelio versija geriausiai tinka naudoti tiek giedromis dienomis (koreliacijos koeficientas – 0,985), tiek apsiniaukusiomis (koreliacijos koeficientas – 0,982) ir debesuotomis (koreliacijos koeficientas – 0,956) dienomis. Ji tinkama naudoti atliekant UVI indekso prognozės verifikaciją ar prognozuojant UVI.

Literatūra

- Aikman H. 1997. The association between arthritis and the weather. *International Journal of Biometeorology*. 40: 192-199.
- Advances in Bioclimatology: 5 - Human Bioclimatology*. 1997 Auliciems A. (ed.). Queensland: Springer.
- Alosevičienė G. 2001. Didelės kaitros Lietuvoje. *Geografijos metraštis*. 34 (1): 22-30.
- Anderson T. W., Le Riche W. H. 1970. Cold weather and myocardial infarction. *Lancet*, 1: 291-296.
- Assmann D. 1963. *Die Wetterfühligkeit des Menschen*. Jena: Fischer.
- Ašmenskas J., Baubinas A., Obelinis V., Šimkūnienė B. 1997. *Aplinkos medicina*, Vilnius: Avicena.
- Bainton D., Moore F., Sweetnam P. 1977. Temperature and deaths from ischaemic heart disease. *British Journal of Preventive and Social Medicine*. 31 (1): 49-53.
- Bais A., Topaloglou C., Kazadtzis S., Blumthaler M., Schreder J., Schmalwieser A., Henriques D., Janouch M. 2000. Report of the LAP/COST/WMO intercomparison of erythemal radiometers. *World Meteorological Organization - Global Atmospheric Watch, Report*: 141.
- Barker H., Oreopoulos L., Garand L. 1998. *UV irradiance at the surface in an NWP model: accounting for unresolved cloud fluctuations*. www.ozone.fmi.fi/Archive/ECUV/docs/wwwprog.pdf
- Basu R., Ostro B. 2008. A Multicounty Analysis Identifying the Populations Vulnerable to Mortality Associated with High Ambient Temperature in California, *American Journal of Epidemiology*. 168 (6): 632-637.
- Bazilchuk N. 2006. A Lethal Change in the Weather: Temperature Extremes and Premature Mortality. *Environmental Health Perspectives*. 114 (9): 554.
- Biometeorology for Adapting to Climate Variability and Change*. 2009. Ebi K.L., Burton I., McGregor G.R (eds.). Netherlands: Springer.
- Bluestein, M., Zecher J. 1999. A new approach to an accurate wind chill factor. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 80: 1893-1899.

Bruls, W. A. G., Slaper, H., Van Der Leun, J. C., Berrens, L. 1984. Transmission of human epidermis and stratum corneum as a function of thickness in the ultraviolet and visible wavelenghts. *Photochemistry and Photobiology*. 40: 485-494.

Buitkuvienė S. 1998. *Sausros Lietuvoje*. Mokslinio tyrimo ataskaita. Vilnius: LHMT.

Bukantis A. 1994. *Lietuvos klimatas*. Vilnius: VU leidykla.

Bukantis A. 1997. *Neįprasti gamtos reiškiniai Lietuvos žemėse XI-XX amžiuose*. Vilnius: Geografijos institutas.

Bukantis A., Rimkus E., Kazakevičius S. 2001. *UV radiacijos intensyvumas ir jos fluktacijos Lietuvoje*, Vilnius.

Bucher K., Haase C. 1993. Meteorotropy and medical-meteorological forecasts. *Experientia*. 49 (9): 759-68.

Büttner K. 1938. *Physikalische Bioklimatologie*. Verlagsgesellschaft Leipzig: Akademische.

Chen X., Cao Q., Liu C., Xu C. 2008. Research on Meteorological Conditions and Their Related Diseases in Hefei, China. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1140: 86-90.

Chubarova N. Y. 2000. *The influence of cloud and total ozone and biologically active UV interannual variability during the 20th century in different geographical regions*.
www.aero.jussieu.fr/~sparc/SPARC2000_new/indexSession4.html

Coldewey, M., Weber M., Rozanov V., Burrows J. P. 2000. Surface UV-flux estimation from GOME: Impact of wavelength dependent effective albedo. *ESA Special Publication*. 461.

Comparison of forecasted and measured UV Index for all effective atmospheric conditions. 2009. *Deutscher Wetterdienst*

Cooke L. J., Rose M. S., Becker W. J. 2000. Chinook winds and migraine headache. *Neurology* 54: 302-307.

Čekanavičius V., Murauskas G. 2004. *Statistika ir jos taikymai I*. Vilnius: TEV.

Dawson J., Quinn T. Walters M. R. 2009. Under the weather with stroke; more data emerge. *International Journal of stroke*. 4 (1): 19-20.

De Pablo F., Tomás C., Soriano L. R., Diego L. 2008. Winter circulation weather types and hospital admissions for cardiovascular, respiratory and digestive diseases in Salamanca, Spain. *International Journal of Climatology*. 29 (11): 1692-1703.

De Rudder B. 1952. *Grundrig einer Meteorobiologie des Menschen*. Berlin: Springer.

Dessai S. 2002. Heat stress and mortality in Lisbon. Part I: model construction and validation. *International Journal of Biometeorology*. 47: 6-12.

Diffey B. L. 1977. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Physics in Medicine and Biology*. 36 (3): 299-328.

Diffey B. L. 1990. *Solar ultraviolet radiation effects on biological systems*. Durham.

Doherty M. J, Youn C., Gwinn R. P., Haltiner A. M. 2007. Atmospheric pressure and seizure frequency in the epilepsy unit: preliminary observations. *Epilepsia*. 48(9):1764-7.

Donaldson G. C., Keatinge W. R. 2002. Excess winter mortality: influenza or cold stress? Observational study. *British Medical Journal*. 324: 89-90.

Donle W. 1956. *Jahreszeit und Witterung im Seuchengeschehen*. Stuttgart: Enke.

Drane D., Berry G., Bieri D., McFarlane A. C., Brooks P. 1997. The association between external weather conditions and pain and stiffness in women with rheumatoid arthritis. *The Journal of Rheumatology*. 24: 1309-1316.

Elwood M. Jopson J. 1997. Melanoma and sun exposure: an overview of published studies. *Journal Cancer*. 73: 198-203.

Environment Canada. 2009. *Canada's Wind Chill Index*. <http://www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=En&n=5F8F816A-1>.

ESSC. 2010. *Gamtinės kilmės grėsmės*. http://www.essc.sam.lt/lt/informacija_visuomenei_ir_specialistams/patarimai_visuomenei/gamtines_kilmes_gresmes.html

Fanger P. O. 1970. *Thermal comfort*. New York: McGraw Hill.

Faust V. 1977. *Biometeorologie*. Stuttgart: Hippokrates.

Feister U., Grewe R. 1995. Spectral albedo measurements in the UV and visible region over different types of surfaces. *Photochemistry and Photobiology*. 62: 736-744.

Feister U., Laschewski G., Grewe R. D. 2011. UV index forecasts and measurements of health-effective radiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 102: 55–68.

Flach E. 1957. Grundbegriffe und Grundtatsachen der Bioklimatologie. *Meteorologisches Taschenbuch*. 4 (3): 178-271.

Folkeris F. 1990. *Kaip reaguojame į orus*. Vilnius: „Mokslas“

Frost D. B., Auliciems A., De Freitas C. 1992. Myocardial infarct death and temperature in Auckland, New Zealand. *International Journal of Biometeorology*. 36 (1): 14-7.

Gates D. M. 1972. *Man and His Environment: Climate*. New York: Harper and Row.

Gates D. M. 1993. *Climate Change and Its Biological Consequences*. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.

Gill S., Kristensen S. D. 2008. *Angina pectoris (chest pain)*
<http://www.netdoctor.co.uk/diseases/facts/angina.htm>.

Głuszak A., Kocoń S., Zuk K., Aljabali P., Gluza A., Siwek K. 2008. Episodes of atrial fibrillation and meteorological conditions. *Kardiologia Polska*. 66 (9): 958-63.

Gorin A., Smyth J., Weisberg J., Affleck G., Tennen H., Urrows S., Stone A. 1999. Rheumatoid arthritis patients show weather sensitivity in daily life, but the relationship is not clinically significant. *Pain*. 81: 173-177

Gosling S. N., McGregor G. R., Páldy A. 2007. Climate change and heat-related mortality in six cities part 1: model construction and validation. *International Journal of Biometeorology*. 51 (6): 525-540.

Griciūtė A., Kavaliauskas A., Tomkus J. 1979. *Lietuvos antropoklimatas*. Vilnius: "Mokslas".

Henderson S. T. 1977. *Daylight and its Spectrum*. Bristol: Adam Hilger Ltd.

Herlitz J., Wiklund I., Sjolund H., Karlson B. W., Karlsson T., Haglid M. ir kiti. 2001. Relief of symptoms and improvement of health-related quality of life five years after coronary artery bypass graft in women and men. *Clinical Cardiology* 24 (5): 385-392.

Höppe P. R. 1997. Aspects of human *biometeorology* in past, present and future. *International Journal of Biometeorology*. 40: 19-23.

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.

ISB. <http://www.biometeorology.org/> (paskutinį kartą žiūrėta 2010 04 25)

Insultas (smegenų infarktas). <http://www.pasveik.lt/ligos-ir-sindromai/insultas-smegenu-infarktas/4396> (paskutinį kartą žiūrėta 2010 06 12)

Išeminė širdies liga. <http://www.sos03.lt/>. (paskutinį kartą žiūrėta 2008 01 06).

Yoshino M., Miyashita R. 2007. Studies on Bioclimate and Weather-Health Forecasting in Japan. *Global Environmental Research*. 11: 23-31.

Jendritzky G., Bucher K. 1992. Medical-meteorological fundamentals and their utilization in Germany. *Proceedings of the Weather and Health Workshop*. 42-59.

Jendritzky G., Maarouf A., Fiala D., Staige, H. 2002. An update on the development of a universal thermal climate index. *Proceedings of the 15th Conference on Biometeorology and Aerobiology and 16th ICB02, AMS*. 129-133.

Jendritzky G., Bucher K., Laschewski G., Walther H. 2000. Atmospheric heat exchange of the human being, bioclimate assessments, mortality and thermal stress. *International Journal of Circumpolar Health*. 59: 222-227.

Jendritzky G., Maarouf, A., Staiger, H., 2001. *Looking for a universal thermal climate index UTCI for outdoor applications*. Proceedings of Windsor Conference on Thermal Standards, 58 April, Windsor, UK.

Jonavičienė A. 2002. *Apie ultravioletinę saulės spinduliuotę ir jos poveikį žmogui*. www.meteo.lt.

Kardimiopatija. <http://www.pasveik.lt/ligos-ir-sindromai/kardimiopatija/> (paskutinį kartą žiūrėta 2010 05 24)

Kalkstein L. S. 1991. A new approach to evaluate the impact of climate on human mortality. *Environmental Health Perspectives*. 96: 145-150.

Kelfkens G., Bregman A., de Gruijl F. R., van der Leun J. C., Piquet A., van Oijen T., Gieskes W. W. C., van Loveren H., Velders G. J. M., Martens P., Slaper H. 2002. Ozone layer - climate change interactions: Influence on UV levels and UV related effects. *Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and climate change*. Report 410 200 112.

Kavaliauskas B. 1973. Apie UV radiaciją bei eriteminės B srities radiacijos pasiskirstymą Pietų Pabaltijyje. *Hidrometeorologiniai straipsniai*. VI.

Kilbourne E. M. 1998. Illness due to thermal extremes. *Maxcy-Rosenau-Last Public Health and Preventive Medicine*. 607-17.

Kirch W., Menne B., Bertollini R. 2005. *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. Springer-Verlag.

Koepke P. 2005. *Asmeniniai užrašai*.

Koepke P., Bais A., Balis D., Buchwitz M., De Backer H., de Cabo X., Eckert P., Eriksen P., Gillotay D., Heikkilä A., Koskela T., Lapeta B., Litynska Z., Lorente J., Mayer B., Renaud A., Ruggaber A., Schauburger G., Seckmeyer G., Seifert P., Schmalwieser A., Schwander H., Vanicek K., Weber M. 1998. Comparison of models used for UV Index calculations, *Photochemistry and Photobiology*. 67(6): 656-662.

Koepke P., Reuder J., Schwander H. 2002. Solar UV radiation and its variability due to the atmospheric components. *Recent Research Developments in Photochemistry & Photobiology*, 6: 11-34.

Koppe C., Becker P. 2011. Comparison of operational heat health warning systems in Europe. *Preparedness and response to heat-waves in Europe, from evidence to action. Public health response to extreme weather events*. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe.

Kyselý J., Pokorná L., Kynčl J., Kříž B. 2009. Excess cardiovascular mortality associated with cold spells in the Czech Republic. *BMC Public Health*. 9: 19.

Kolb S., Radon K., Valois M.F., Héguý L., Goldberg M.S. 2008. The short-term influence of weather on daily mortality in congestive heart failure, Munich. *Archives Of Environmental & Occupational Health*. 62 (4): 169-76.

Landsberg H. E. 1969. *Weather and Health: An Introduction to Biometeorology*. New York: Doubleday & Co.

Lee D. H. K. 1980. Seventy-five years of search for a heat index. *Environmental Research*. 22: 331-356.

LHMT. 2009. *Pavojingų meteorologinių reiškinių įtaka ūkio šakoms*. Vilnius: „Petro ofsetas“

Lietuvos vėžio registras. 2009. *Sergamumas piktybiniais navikais Lietuvoje*. <http://www.loc.lt>.

Lindfors A., Tanskanen A., Arola A., van der A R. J., Bais A., Feister U., Janouch M., Josefsson W., Koskela T., Lakkala K., den Outer P. N., Smedley A. R. D., Slaper H., Webb A. R. 2009. The PROMOTE UV Record: Toward a Global Satellite-Based Climatology of Surface Ultraviolet Irradiance. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 2 (3): 207-212.

Lowry W. P., Lowry P. P. 1989. *Fundamentals of Biometeorology: Interactions of Organisms and the Atmosphere, vol. 1: The physical environment*. Peavine Publications.

Lowry W. P., Lowry P. P. 1998. *Fundamentals of Biometeorology - Interactions of Organisms and the Atmosphere, vol. 2: The Biological Environment*. Peavine Publications.

McGregor G. R. 2004. Winter North Atlantic Oscillation, temperature and ischaemic heart disease mortality in three English counties. *International Journal of Biometeorology*. 49: 197–204.

McKee D. 1994. *Tropospheric ozone*. Boca Raton: CRC Press.

McKenzie R. L., Seckmeyer G., Bais A. F., Kerr J. B., Madronich S. 2000. Satellite-retrievals of UV compared with ground-based measurements at Northern and Southern mid-latitudes. *Journal of Geophysical Research*. 106: 24,051-24,062.

McKinlay A. F., Diffey B. L. 1987. A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *International Congress Series*. 83-87.

Mackensen S., Hoeppe P., Maarouf A., Tourigny P., Nowak D. 2005. Prevalence of weather sensitivity in Germany and Canada. *International Journal of Biometeorology*. 49 (3): 156-66.

Martens, W. J. M. 1998. Climate Change, Thermal Stress and Mortality Changes. *Social Science and Medicine*. 46 (3): 331-344.

Martinkėnas A. 1996. *Žmogaus kardiovaskulinės sistemos reakcijų prognozavimas pagal meteorologinius ir heliogeofizinius faktorius*. Daktaro disertacija. Kaunas.

Martinkėnas A., Kaminskas V., Varoneckas G. 2007. Forecast Model of Impact of Meteorological Factors on Coronary Artery Disease Patients. *Informatica*. 3: 407-418.

Martinkėnas A., Varoneckas G., Žemaitytė D., Kaminskas V. 1998. Klimato veiksnių įtaka širdies kraujagyslių sistemai. *Aplinkotyros tyrimai, inžinerija ir vadyba*. 2 (7): 40-50.

Martinkėnas, A., Varoneckas, G., Žemaitytė, D., Kaminskas, V. 1999. Klimato veiksnių įtakos prognozavimo modelis sergantiems koronarine liga. *Aplinkotyra*. 1 (8): 32-40.

Massen F. 2001. *The new windchill formula. A short explanation* http://www.restena.lu/meteo_lcd/papers/windchill/newwindchill.html

Masterton J. M., Richardson F. A. 1979. *A method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity*. Environment Canada.

Mayer H., Höppe P. 1987. Thermal comfort of man in different urban environments. *Theoretical and Applied Climatology*. 38: 43-49.

Matzarakis A., Gulyas A. 2006. A contribution to the thermal bioclimate of Hungary – mapping of the physiologically equivalent temperature. *Landscape, Environment and Society. Studies*. 479-488.

Matzarakis A., Mayer H. 1996. Another Kind of Environmental Stress: Thermal Stress. *WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control NEWSLETTERS* 18: 7-10.

Matzarakis A., Matuschek O., Neumcke R., Rutz F., Zalloom M. 2007. Climate change scenarios and tourism – how to handle and operate with data. *Developments in Tourism Climatology*. 240-245.

Maunsell K. 1952. Quantitative aspects of allergy to house-dust. *First International Congress For Allergy*.

Meloni, D., Casale G. R., Siani A. M., Palmieri S., Cappellani, F. 2000. Solar UV Dose Patterns in Italy. *Photochemistry and Photobiology*. 71 (6): 681-690.

Messner T., Lundberg V., Wikström B. 2003. The Arctic Oscillation and incidence of acute myocardial infarction. *Journal of Internal medicine*. 253 (6): 666-670.

Miokardo infarktas. <http://www.sveikas.lt/katalogai/ligos/sirdies-ir-kraujagysliu-ligos-18/miokardo-infarktas-81/> (paskutinį kartą žiūrėta 2009 06 15).

Moseley H., Mackie R. M. 1997. Ultraviolet B radiation was increased at ground level in Scotland during a period of ozone depletion. *British Journal of Dermatology*. 137: 101-102.

Motta E., Kazibutowska Z., Strzała-Orzeł M., Gołba A., Dębski M., Woźnik G. 2006. The frequency of seizures and brain bioelectrical activity during stable and unstable weather conditions in the spring time. *Epilepsia*. 47 (S3): 1-272.

Muthers S., Matzarakis A., Koch E. 2010. Climate Change and Mortality in Vienna—A Human Biometeorological Analysis Based on Regional Climate Modeling. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7: 2965-2977.

Nachatelo M. 2002. The way weather affects your health. http://findarticles.com/p/articles/mi_m0NAH/is_5_32/ai_87854525/.

Nakajima T., Tanaka M. 1986. Matrix Formulations for the Transfer of Solar Radiation in a Plane – Parallel Scattering Atmosphere. *Journal of Quantitative Spectroscopic Radiative Transfer*. 35: 13-21.

Nitschke M., Tucker G.R. 2008. Morbidity and mortality during heatwaves in metropolitan Adelaide. *The Medical Journal of Australia*. 187(11/12): 662-665.

NOAA/ESRL Physical Sciences Division. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/> (paskutinį kartą žiūrėta 2010 12 15).

Ohno Y. 1969. Biometeorologic studies on cerebrovascular diseases. *Japanese Circulation Journal*. 33(11): 1304-1314.

OP vaistais gydomos ligos / Pirminė arterinė hipertenzija. <http://www.orionpharma.lt/index.php?id=59&sid=77> (žiūrėta 2009 02 12)

Oppenrieder A. Hoeppe P., Koepke P., Reuder J., Schween J., Schreder J. 2003. Simplified calibration for broadband solar ultraviolet radiation measurements, *Journal of Photochemistry and Photobiology* 78(6): 603-606.

Osczevski R., Bluestein M. 2005. The New Wind Chill Equivalent Temperature Chart. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 86 (10): 1453-1458.

Paixao E., Nogueira P. J. 2002. *Estudo da onda de calor de Julho de 1991 em Portugal, efeitos na mortalidade: relatório científico*. Lisbon.

Paroksizminių tachikardijų diagnostikos ir ambulatorinio gydymo, kompensuojamo iš Privalomojo sveikatos draudimo fondo biudžeto lėšų, metodika. <http://www.medicine.lt/index.php?pagrid=leidiniai&strid=1368&subid=gm>. (paskutinį kartą žiūrėta 2009 03 05)

Parsons K. C. 1993. *Human Thermal Environments*. London: Taylor.

Peak M. J., Peak J. G. 1986. Molecular photobiology of UVA. *Biological Effects of UVA Radiation*: 42 – 52.

Podstawczynska – Bienias A. 2000. *Intensity of Ultraviolet and total Solar Radiation in Lodz*. Krokua.

Prieširdzių plazdėjimas ir virpėjimas (PP, PV).
<http://www.sveikas.lt/katalogai/ligos/sirdies-ir-kraujagysliu-ligos-18/priesirdziu-plazdejimas-ir-virpejimas-pp-pv-366/>. (paskutinį kart žiūrėta 2009 03 12)

Quayle R. G., Nicodemus M. L., Schwerdt R. W., Matthews M., Kalkstein L. S. 2000. Comparison of recently published wind chill scales. *12th Conf. on Applied Climatology, AMS*. 216-219.

Razuvaev V. N. 2000. *On the principal research areas into the weather and climate influence on human health in Russia (1980-2000)*.
<http://meteo.ru/english/climate/doclade.php>.

Reuder J., Dameris M., Koepke P. 2001. Future UV radiation in Central Europe modelled from ozone scenarios. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 61: 94-105.

Riederschmid R. 1938. Zur Entwicklung der natuerlichen ultravioletstrahlung. *Radiologica*. 2: 126-137.

Robinson P. J. 2001. On the definition of a heat wave. *Journal of Applied Meteorology*. 40: 762-775.

Rogot E., Blackwelder W. C. 1970. Association of cardiovascular mortality with weather in Memphis, Tennessee. *Public Health Reports*. 85(1): 25-39.

Rose G. 1966. Cold weather and ischemic heart disease. *British journal of preventive & social medicine*. 20(2): 97-100.

Ruegg S., Hunziker P., Marsch S., Schindler C. 2007. Association of environmental factors with the onset of status epilepticus – experience from a tertiary care center intensive care unit. *Epilepsia* 48 (s6): 1-118.

Sargent F. 1962. Depression of sweating in man: so called sweat gland fatigue. *Advances in Biology of Skin*. 3: 163-211.

Sargent II, F. 1982. *Hippocratic Heritage: a History of Ideas About Weather and Human Health*. New York.

Sauberer F. 1948. *Wetter, Klima und Leben - Grundzüge der Bioklimatologie*. Wien: Verlag Brfider Hollinek.

Scherlag B. J., Patterson E., Lazzara R. 1990. Seasonal variation in sudden cardiac death after experimental myocardial infarction, Oklahoma City. *Journal of Electrocardiology*. 23 (3): 223-30.

Schreder J. 2005. *Standart calibration method*. www.schreder-cms.com.

Schwander H., Koepke P., Ruggaber A. 1997. Uncertainties in modeled UV irradiances due to limited accuracy and availability of input data. *Journal of Geophysical Research*. 102 D8: 9419-9429

Schwander H., Mayer B., Ruggaber A., Albold A., Seckmeyer G., Koepke P. 1999. Method to determine snow albedo values in the ultraviolet for radiative transfer modelling. *Applied Optics*. 38: 3869-3875.

Shvaikova I., Vorupai N. 2002. Research of influence of meteorological conditions on features of clinical course of ischemic insults. *Science and Technology*. 1:483-485.

Siple P., Passel C. 1945. Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. *Proceedings of the American Philosophical Society*. 89: 177-99.

Slusser J. 2002. *USDA Ultraviolet radiation monitoring and research program (UVMRP)*, 2001 Technical report. Fort Collins. Colorado State University.

Slusser, J. R., Krotkov N., Gao W., Herman J. R., Labow G., Scott G. 2002. Comparisons of USDA UV shadow-band Irradiance Measurements with TOMS Satellite and DISORT Model Retrievals Under All Sky conditions. *SPIE Proceedings*. 4482: 56-63.

Spencer F.A., Goldberg R.J., Becker R.C., Gore J.M. 1998. Seasonal distribution of acute myocardial infarction in the second National Registry of Myocardial Infarction. *Journal of the American College of Cardiology Foundation*. 31:1226-1233.

Staiger H., Den Outer P. N., Bais, A. F., Feister U., Johnsen B., Vuilleumier L. 2008. Hourly resolved cloud modification factors in the ultraviolet. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*. 8 (1): 181-214.

Stankūnavičius G. 2000. *Ilgalaikių oro temperatūros anomalijų sinoptinės sąlygos, Disertacinis darbas*. Vilnius. Vilniaus universitetas.

STAR. <http://www.meteo.physik.uni-muenchen.de/strahlung/uvrad/Star/> (paskutinį kartą žiūrėta 2004 12 15).

STARsci. <http://www.meteo.physik.uni-muenchen.de/strahlung/uvrad/Starsci/> (paskutinį kartą žiūrėta 2004 12 15).

STARneuro. <http://www.meteo.physik.uni-muenchen.de/strahlung/uvrad/Starneuro/> (paskutinį kartą žiūrėta 2004 12 15).

Steadman R. G. 1965. *Simultaneous heat and moisture transfer through clothing textiles in the presence of wind. Ph.D. thesis.* University of New South Wales.

Steadman, R. G. 1971. Indices of Windchill of Clothed Persons. *Journal of Applied Meteorology*. 10: 674–683.

Steadman R. G. 1979a. The assessment of sultriness: Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *Journal of Applied Meteorology*. 18: 861-873.

Steadman R. G. 1979b. The assessment of sultriness: Part II: Effect of wind, extra radiation, and barometric pressure on apparent temperature. *Journal of Applied Meteorology*. 18: 874-884.

Stephenson D. B. 1997. *Correlation coefficient. Critical values for testing significance.* <http://psychlops.psy.uconn.edu/eric/stats/SignifCorr.html>.

Stoupe E. 2002. The effect of geomagnetic activity on cardiovascular parameters. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 56: 247-256.

Ščemeliovas V. 1977. *Žemės ūkio meteorologijos pagrindai.* Vilnius.

Širdies laidumo sutrikimai. <http://www.sveikas.lt/katalogai/ligos/sirdies-ir-kraujagysliu-ligos-18/sirdies-laidumo-sutrikimai-362/> (paskutinį kartą žiūrėta 2009 09 09).

Širdies nepakankamumas. <http://www.sos03.lt/>. (paskutinį kartą žiūrėta 2008 07 04)

Tromp S. W. 1980. *Biometeorology.* London: Heyden and Son.

Ungeheuer H. 1955. Ein meteorologischer Beitrag zu Grundproblemen der Medizinmeteorologie. *Berichte DWD*. 3(16).

Unger J. 1999. Comparisons of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central-European city *International Journal of Biometeorology*. 43 (3): 139-44.

UV biometras. Naudojimo vadovas. 2000. R. Jonavičienė, J. Karkozas (red.). LHMT.

Van Der Bom J. G., De Maat M. P., Bots M. L., Hofman A., Klufft C., Grobbee D. E. 1997. Seasonal variation in fibrinogen in the Rotterdam study. *Thrombosis and haemostasis*. 78 (3): 1059–62.

VASC 2009. *Klimato kaita ir sveikata*.
http://vasc.sam.lt/klimatas_ir_sveikata.pdf.

Vilaplana J. M., Serrano A., Antón M., Cancillo M. L., Parias M., Gröbner J., Hülsen G., Zablocky G., Díaz A., de la Moren B. A. 2009. *COST Action 726 - Report of the “El Arenosillo”/INTA-COST Calibration and Intercomparison Campaign of UVER Broadband Radiometers*. COST Office

Von Klot S., Wolke G., Tuch T., Heinrich J., Dockery D. W., Schwartz J., Kreyling W. G., Wichmann H. E., Peters A. 2002. Increased asthma medication use in association with ambient fine and ultrafine particles. *The European Respiratory Journal*. 20:691-702.

Wagner J. E., Angelini F., Arola A., Blumthaler M., Fitzka M., Gobb, G. P., Kift R., Kreuter A., Rieder H. E., Simic S., Webb A., Weihs P. 2010. Comparison of surface UV irradiance in mountainous regions derived from satellite observations and model calculations with ground-based measurements. *Meteorologische Zeitschrift*, 19 (5): 481-490.

Weather and mortality in congestive cardiac failure. 2008. *Age & Ageing*. 37(5):495-496.

Webb A. R., Gröbner J., Blumthaler M. 2006. *A Practical Guide to Operating Broadband Instruments Measuring Erythemally Weighted Irradiation*. Luxembourg.

Wetterzentrale. www.wetterzentrale.de (paskutinį kartą žiūrėta 2010 12 15).

Wyndham C. H., Morrison J. F., Williams C.G. 1965. Heat reactions of male and female Caucasians. *Journal of Applied Physiology*. 20: 357-364.

WHO. 2002. *Global Solar UV Index, A Practical Guide*. Geneva.

WHO. 2007. Protecting Workers from Ultraviolet Radiation.
http://www.who.int/uv/publications/protect_workers/en/index.html.

WMO. 2002. *Scientific assessment of ozone depletion*. Geneva.

WMO. 2004 a. *Guidelines On Biometeorology and air quality forecasts*. Geneva.

WMO. 2004 b. *Heat waves: risks and responses*. Geneva.

Publikacijos darbo tema

REFERUOJAMUOSE MOKSLO ŽURNALUOSE

1. **Liukaitytė J.**, Rimkus E. (2004). Maksimalios eriteminės radiacijos prietakos modeliavimas STARsci modeliu, *Geografija* 40(1): 3-9.
2. **Liukaitytė J.**, Rimkus E. (2005). STARsci modelio pritaikymas Kauno MS išmatuotų eriteminės spinduliuotės rodiklių kalibracijai. *Geografija*. 41 (2): 3-9.
3. **Liukaitytė J.**, Rimkus E. (2008). Karštų orų keliamo terminio diskomforto Lietuvoje vertinimas. *Geografija*. 44 (2).

RECENZUOJAMUOSE LEIDINIUOSE

1. **Liukaitytė J.** (2006) STAR modelio pritaikymas maksimalios eriteminės spinduliuotės prietakos modeliavimui, 9 - osios jaunųjų mokslininkų konferencijos "Mokslas–Lietuvos ateitis" pranešimų medžiaga, 2006 m. kovo 30 d.
2. **Liukaitytė J.** (2007). Klimato poveikis žmogaus sveikatai. Bukantis A., Šimkūnas P., Toločkaitė E. (edt.), *Klimato kaita: prisitaikymas prie jos poveikio Lietuvos pajūryje*.
3. **Liukaitytė J.** (2007). The need of the weather forecasts adapted for recreation in Lithuania, Matzarakis, A., de Freitas, C.R., Scott, D. (eds.) (2007). *Developments in Tourism Climatology. Commission Climate, Tourism and Recreation*. ISB.
4. Kažys J., Rimkus E., **Liukaitytė J.** (2008). Globalios klimato kaitos poveikis žmogaus sveikatai. Biota ir globali kaita (antroji knyga).
5. **Liukaitytė J.**, Savanevičius J. (2008). Atmosferos cirkuliacijos poveikio gyventojų sveikatos būklei Lietuvoje įvertinimas, 11-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2008 m. 04 mėn. 03 d., medžiaga
6. Nariūnaitė I., **Liukaitytė J.** (2009). Biotemeorologinės prognozės kaip adaptacijos priemonė klimato kaitos kontekste, 12-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2009 m. 04 mėn. 02 d., medžiaga
7. Nariūnaitė I., **Liukaitytė J.** (2010). Fiziologiškai ekvivalentinės temperatūros (PET) indekso pokyčių vertinimas Lietuvoje 13-osios Lietuvos jaunųjų

mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2010 m. 03 mėn. 25 d., medžiaga

NERECENZUOJAMUOSE LEIDINIUOSE

1. **Liukaitytė J.** (2007). Very strong winds in Lithuania and their impact on population during 1999-2007, 4-oji Europos smarkių audrų konferencija, pranešimų medžiaga, 2007 metų rugsėjo 10-14 d.
2. **Liukaitytė J.** (2008). Weather impacts on human health in Lithuania, 18-ojo tarptautinio biometeorologijos kongreso pranešimų medžiaga, 2008 m. 09 mėn. 22-28 d.
3. **Liukaitytė J., Savanevičius J.** (2010). Association of meteorological factors with emergency calls of ambulance in Vilnius, Lithuania. Leidinyje: Matzarakis, A., Mayer H., Chmielewski F.M. (eds.) (2010). *Proceedings of the 7th Conference on Biometeorology*. Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Germany 12-14 April 2010.

KONFERENCIJŲ TEZĖS

1. **Liukaitytė J., Rimkus E.** (2005). Eriteminės radiacijos prietakos modeliavimas STARsci modeliu, Respublikinė mokslinė konferencija “Meteorologija ir hidrologija Lietuvoje: raida ir perspektyvos”, pranešimų medžiaga, 2005 metų kovo 23 d.
2. **Liukaitytė J., Kutkaitė R.** (2006). Orų sąlygų poveikio žmonių sveikatai tyrimas, Ketvirtosios mokslinės konferencijos „Mokslas gamtos mokslų fakultete“ vykusioje 2006 metų lapkričio 23-24 d., pranešimai
3. **Liukaitytė J.** (2007). The need of the weather forecasts adapted for recreation in Lithuania, 3-iojo tarptautinio Klimato, turizmo ir poilsio seminaro pranešimų tezės, 2007 metų rugsėjo 19-22 d.
4. Kažys J., Kuliešaitė E., **Liukaitytė J.** (2008). Assessment of meteorological parameters and synoptic situation impact on influenza and respiratory diseases variation in Lithuania, 1995-2005, 2-ojo tarptautinio Sankt Peterburgo ekologinio forumo „Aplinka ir žmogaus sveikata“ pranešimų medžiaga, 2008 m. 07 mėn. 1-4 d.

5. **Liukaitytė J.,** Kažys J. (2008). Biometeorological forecasts in Lithuanian Hydrometeorological Service: present and future, 2-ojo tarptautinio Sankt Peterburgo ekologinio forumo „Aplinka ir žmogaus sveikata“ pranešimų medžiaga, 2008 m. 07 mėn. 1-4 d.
6. **Liukaitytė J.** (2008). Weather impacts on human health in Lithuania, 18-ojo tarptautinio biometeorologijos kongreso pranešimų tezės, 2008 m. 09 mėn. 22-28 d.
7. **Liukaitytė J.** (2010). Biometeorologinės prognozės – informuojančios apie orų poveikį sveikatai, 3-osios nacionalinės mokslinės konferencijos „Mokslas - žmonių sveikatai“ pranešimų tezės, 2010 m. 04 mėn. 7 d.
8. **Liukaitytė J.,** Savanevičius J. (2010). Association of meteorological factors with emergency calls of ambulance in Vilnius, Lithuania. 7-osios BIO MET konferencijos tezių medžiaga, 2010 m. 04 mėn. 12-14 d.

PRIEDAI

1 priedas. Lietuvos orų sąlygų ir žmonių jautrumo joms įvertinimo tyrimas

I. Informacija apie respondentą

Lytis

moteris

vyras

1. Šeimyninė padėtis

nevedęs/netekėjusi

vedęs/ištekėjus

išsiskyręs/us

našlys/ė

2. Gyvenamoji vieta

miestas

kaimas

3. Amžius

16-30 metų

31-45 metų

46-60 metų

>60 metų

4. Išsilavinimas

pradinis

pagrindinis

vidurinis

aukštesnysis, įskaitant spec. vidurinį

nebaigtas aukštasis

aukštasis

5. Regionas kur gyvenate

Suvalkija

Aukštaitija

Žemaitija

Dzūkija

Vilnius, Kaunas

Pajūris

6. Ar Jūsų darbas yra tiesiogiai priklausomas nuo orų sąlygų?

labai priklausomas

priklausomas

nepriklausomas

II. Žmonių jautrumas orams

1. Ar orai turi įtakos Jūsų sveikatai?

turi didelę įtaką

turi nedidelę įtaką

neturi

nežinau

Į kitus šios dalies klausimus reikia atsakinėti tik tada jei į 1 klausimą atsakymas buvo vienas iš pirmų dviejų

2 a) Kokios orų sąlygos turi didžiausią įtaką Jūsų sveikatai ar kokioms orų sąlygoms Jūs esate jautriausi? (galimi keli atsakymai)

kai ramus oras

kai audringas

kai orai šiltėja

kai šaltėja

kai būna perkūnija

kai drėgna

kai sausa

kitos sąlygos:.....

sunku pasakyti

2 b) Kada Jūs esate jautresni orams?

kai orai keičiasi

kai ilgą laiką išlieka nepakitę

3. Kada pirmą kartą pastebėjote, kad esate jautresni orams ir jų pokyčiams?

jaunesnis nei 20 metų

tarp 20 ir 30 metų

31-40 metų

41-50 metų

vyresnis nei 50 metų

4. Kokius Jūsų sveikatos sutrikimus lemia orai:

galvos skausmą, migreną

mieguistumą

miego sutrikimą

sumažėjusį aktyvumą, nuovargį

sąnarių skausmą

irzlumą

depresiją

galvos svaigimą

išsiblaškimą

skausmą senų žaizdų vietose

nervingumą

padidėjusį jautrumą

raumenų skausmą

regėjimo pablogėjimą

agresiją

bendravimo problemas

mėšlungį

kitą.....

5. Ar 2005 metais dėl priklausomai nuo orų sąlygų pablogėjusios savijautos Jums teko keisti savo dienotvarkę?

taip, dažnai

taip, kartą ar du

ne, niekada

6. Pažymėkite, jei sergate kuria nors iš žemiau išvardintų ligų (galimi keli atsakymai):

kraujo apytakos sutrikimu

onkologinėmis ligomis

alergija

šienlige

reumatu

kvėpavimo ligomis

širdies ligomis

odos ligomis

kraujagyslių ligomis

virškinimo sistemos ligomis

diabetu

inkstų ar pūslės ligomis

ausų, nosies ar gerklės ligomis

kepenų ar tulžies pūslės ligomis

astma

Jus kamuoja chroniškas skausmas

kitos ligos, kurios susijusios su orų

sąlygomis.....

neatsakysiu

III. Informacijos apie orą naudojimas

1. Ar Jums yra reikalinga orų prognozė?

- | labai reikalinga
- | reikalinga
- | mažai reikalinga
- | nereikalinga

2. Kiek kartų per dieną Jūs siekiate gauti informaciją apie orus?

- | daugiau nei tris
- | tris
- | du
- | vieną

| man ji nereikalinga

3. Kaip Jūs manote, ar informacija apie numatomus orus dabar yra praeinamesnė nei prieš 10 metų?

- | labiau prieinama
- | tiek pat prieinama
- | mažiau prieinama

4. Ar orų prognozė yra pakankamai informatyvi ir atitinka Jūsų poreikius?

- | visada
- | kartais
- | niekada

5. Kokia kasdieninė meteorologinė informacija Jums yra būtina (galimi keli atsakymai)?

- | maksimali temperatūra dieną
- | minimali temperatūra naktį
- | kritulių kiekis (mm)
- | kritulių tipas
- | kada krituliai prasidės ir baigsis
- | kritulių tikimybė (%)
- | vėjo greitis
- | vėjo greitis gūsiuose
- | vėjo kryptis
- | orų sąlygos keliuose
- | informacija apie matomumą
- | debesuotumas
- | perkūnijos tikimybė
- | tikėtini orų pasikeitimai
- | istorinė informacija
- | kita.....

6. Ar Jūs pageidautumėte girdėti informaciją apie (galimi keli atsakymai):

- | santykinę drėgmę
- | ultravioletinę spinduliuotę
- | oro užterštumą
- | kritulių kiekybinę išraišką (mm)
- | atmosferos slėgį ir jo tendenciją
- | vėjo žvarbumą (kompleksinis vėjo ir temperatūros indeksas)
- | kaip orai šiandien gali įtakoti Jūsų savijautą
- | žiedadulkių kiekį ore
- | orų komfortiškumo indeksus
- | kita.....

7. Ar dažnai jūsų darbas reikalauja priimti sprendimus, priklausančius nuo orų sąlygų?

- | visada
- | dažnai
- | kartais
- | niekada
- | nedirbu

8. Ką žinote apie ultravioletinės spinduliuotės prognozes Lietuvoje?

- | esu girdėjęs
- | nuolat domiuosi
- | nesuprantu jų
- | nesu girdėjęs, kad tokios sudaromos

9. Kaip jūsų manymu turėtų būti pateikiamos ultravioletinės spinduliuotės (UV) prognozė?

- | kaip UV indeksas
- | kaip UV kiekis pasiekiantis žemės paviršių
- | kaip laikas, kurį rekomenduojama degintis
- | kaip nuoroda, kokio tipo kosmetines priemones reikėtų naudoti, siekiant apsisaugoti nuo UV radiacijos pertekliaus
- | kita.....

1. Kokie išankstumo prognozės Jums reikalingos planuojant savaitgalius ir trumpas išvykas?

esamos dienos

išankstinės dviejų parų

išankstinės savaitinės

2. Skalėje nuo 1 iki 7, kur 7 reiškia “labai svarbu” ir 1 reiškia “visiškai nesvarbu”, pažymėkite kaip svarbu Jums prognozė skirtingais metų laikais:

Pavasaris	1	2	3	4	5	6	7
Vasara	1	2	3	4	5	6	7
Ruduo	1	2	3	4	5	6	7
Žiema	1	2	3	4	5	6	7

12. Kiek svarbios Jums yra įvairios orų prognozė dalys? Skalėje nuo 1 iki 7, kur 7 reiškia “labai svarbu” ir 1 reiškia “visiškai nesvarbu”.

maksimali temperatūra dieną	1	2	3	4	5	6	7
minimali temperatūra naktį	1	2	3	4	5	6	7
kritulių tikimybė	1	2	3	4	5	6	7
ar krituliai bus smarkūs	1	2	3	4	5	6	7
kada krituliai prasidės ir baigsis	1	2	3	4	5	6	7
vėjo greitis	1	2	3	4	5	6	7
vėjo greitis gūsiuose	1	2	3	4	5	6	7
vėjo kryptis	1	2	3	4	5	6	7
informacija apie matomumą	1	2	3	4	5	6	7
debesuotumas	1	2	3	4	5	6	7
perkūnijos tikimybė	1	2	3	4	5	6	7
tikėtini orų pasikeitimai	1	2	3	4	5	6	7
kelių apledėjimas	1	2	3	4	5	6	7
atmosferos slėgis ir jo tendencija	1	2	3	4	5	6	7
pūgos	1	2	3	4	5	6	7
lijundros	1	2	3	4	5	6	7
rūkai	1	2	3	4	5	6	7

13. Ar Jus manote, kad gerai suprantate, ką įvairios orų prognozių dalys reiškia?

taip

ne

reikėtų išsamiau paaiškinti

nežinau

kita.....

14. Ar, Jūsų manymu, reikalinga, kad būtų nuolat informuojama apie nepalankias sveikatai orų sąlygas, t.y. būtų operatyviai pranešama apie galimus orų pasikeitimus, kurie lemia sveikatos būklę?

labai reikalinga

reikalinga

mažai reikalinga

nereikalinga

neturiu nuomonės

IV. Oro užterštumo informacija

1. Ar Jūs manote, kad per paskutinius metus padidėjo aplinkos užterštumas?

taip

ne

nežinau

2. Ar Jūsų gyvenamojoje vietoje yra ekologinių problemų?

taip

ne

nežinau

3. Kaip dažnai Jūs norėtumėte gauti duomenų apie oro užterštumą?

kasdien

retai

niekada

kaip kas nors svarbaus nutinka ir dėl to padidėja oro užterštumas

4. Ar žinote kokį nors informacijos šaltinį iš kur galėtumėt sužinoti apie oro užterštumą?

taip

ne

5. Kaip manote, ar Jūsų gyvenamojoje vietovėje oras yra užterštas? Skalėje nuo 1 iki 7, kur 7 reiškia “labai užterštas” ir 1 reiškia “visiškai neužterštas”:

1 2 3 4 5 6 7

6. Jeigu Jūs girdite pranešimą apie padidėjusį oro užterštumą, kaip Jūs reaguojate į jį?

	Taip	Galbūt	Ne
Leidžiate mažiau laiko lauke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mažiau naudojate automobiliu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vykstate toliau nuo užterštos teritorijos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pasidomite, kaip tai gali įtakoti Jus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nekreipiate dėmesio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Komfortiškumas

VASARA

1. Kokia Jūsų manymu yra komfortiška vasaros sezono dienos temperatūra ir vėjas?

- | | |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> < 14 °C | <input type="checkbox"/> tyka |
| <input type="checkbox"/> 15-18 °C | <input type="checkbox"/> silpnas, vos juntamas |
| <input type="checkbox"/> 19-22 °C | <input type="checkbox"/> vidutinis |
| <input type="checkbox"/> 23-26 °C | <input type="checkbox"/> stiprus |
| <input type="checkbox"/> 27-30 °C | <input type="checkbox"/> labai stiprus |
| <input type="checkbox"/> >30 °C | <input type="checkbox"/> gūsingas |

2. Kokia Jūsų manymu yra komfortiška vasaros sezono nakties temperatūra ir vėjas?

- | | |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> < 4 °C | <input type="checkbox"/> tyka |
| <input type="checkbox"/> 5-8 °C | <input type="checkbox"/> silpnas, vos juntamas |
| <input type="checkbox"/> 9-12 °C | <input type="checkbox"/> vidutinis |
| <input type="checkbox"/> 13-16 °C | <input type="checkbox"/> labai stiprus |
| <input type="checkbox"/> 17-20 °C | <input type="checkbox"/> gūsingas |
| <input type="checkbox"/> >20 °C | |

3. Koks Jūsų manymu yra komfortiškas vasaros sezono debesuotumas?

DIENĄ

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> giedra | <input type="checkbox"/> giedra |
| <input type="checkbox"/> mažai debesuota | <input type="checkbox"/> mažai debesuota |
| <input type="checkbox"/> debesuota su pragiedruliais | <input type="checkbox"/> debesuota su pragiedruliais |
| <input type="checkbox"/> apsiniaukę | <input type="checkbox"/> apsiniaukę |
| <input type="checkbox"/> nepastoviai debesuota | <input type="checkbox"/> nepastoviai debesuota |

NAKTĮ

4. Kokis Jūsų manymu yra komfortiškas vasaros sezono santykinis oro drėgnumas?

- labai drėgna (85-100 %)
 drėgna (70-85 %)
 vidutiniškai drėgna (55-70 %)
 sausa (40-55 %)
 labai sausa (<40%)

5. Kokia vandens temperatūra Jums jau yra tinkama maudymuisi?

- >10
 >14
 >16
 >18
 >20
 >22

ŽIEMA

6. Kokia Jūsų manymu yra komfortiška žiemos sezono temperatūra ir vėjas?

- | | |
|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> < -20 °C | <input type="checkbox"/> tyka |
| <input type="checkbox"/> -15 - -19 °C | <input type="checkbox"/> silpnas, vos juntamas |
| <input type="checkbox"/> -10 - -14 °C | <input type="checkbox"/> vidutinis |
| <input type="checkbox"/> -5 - -9 °C | <input type="checkbox"/> stiprus |
| <input type="checkbox"/> 0 - -4 °C | <input type="checkbox"/> labai stiprus |
| <input type="checkbox"/> 0 - 4 °C | <input type="checkbox"/> gūsingas |
| <input type="checkbox"/> >5 °C | |

7. Koks Jūsų manymu yra komfortiškas žiemos sezono dienos debesuotumas?

DIENĄ

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> giedra | <input type="checkbox"/> giedra |
| <input type="checkbox"/> mažai debesuota | <input type="checkbox"/> mažai debesuota |
| <input type="checkbox"/> debesuota su pragiedruliais | <input type="checkbox"/> debesuota su pragiedruliais |
| <input type="checkbox"/> apsiniaukę | <input type="checkbox"/> apsiniaukę |
| <input type="checkbox"/> nepastoviai debesuota | <input type="checkbox"/> nepastoviai debesuota |

NAKTĮ

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> giedra | <input type="checkbox"/> giedra |
| <input type="checkbox"/> mažai debesuota | <input type="checkbox"/> mažai debesuota |
| <input type="checkbox"/> debesuota su pragiedruliais | <input type="checkbox"/> debesuota su pragiedruliais |
| <input type="checkbox"/> apsiniaukę | <input type="checkbox"/> apsiniaukę |
| <input type="checkbox"/> nepastoviai | <input type="checkbox"/> nepastoviai |

VI. Klimato kaita

1. 7 balų sistema įvertinkite ateities grėsmes pasauliui (1 – nėra jokio pavojaus; 7 – labai didelė grėsmė).

Terorizmas	1	2	3	4	5	6	7
Karai	1	2	3	4	5	6	7
Neracionalus gamtinių išteklių eikvojimas	1	2	3	4	5	6	7
Socialinio sveikatingumo ydos (narkomanija, alkoholizmas)	1	2	3	4	5	6	7
Globalinis atšilimas ir klimato kaita	1	2	3	4	5	6	7
Badas ir geriamo vandens trūkumas	1	2	3	4	5	6	7
Genų inžinerijos vystymasis (genetiškai modifikuotas maistas, klonavimas ir kt.)	1	2	3	4	5	6	7
Staigus gyventojų skaičiaus augimas	1	2	3	4	5	6	7
Ligos (tokios kaip AIDS) ir epidemijos	1	2	3	4	5	6	7
Religinis fundamentalizmas	1	2	3	4	5	6	7
Aplinkos užterštumas	1	2	3	4	5	6	7

2. 7 balų sistema įvertinkite ateities grėsmes Lietuvai (1 – nėra jokio pavojaus; 7 – labai didelė grėsmė).

Terorizmas	1	2	3	4	5	6	7
Karai	1	2	3	4	5	6	7
Neracionalus gamtinių išteklių eikvojimas	1	2	3	4	5	6	7
Socialinio sveikatingumo ydos (narkomanija, alkoholizmas)	1	2	3	4	5	6	7
Globalinis atšilimas ir klimato kaita	1	2	3	4	5	6	7
Badas ir geriamo vandens trūkumas	1	2	3	4	5	6	7
Genų inžinerijos vystymasis (genetiškai modifikuotas maistas, klonavimas ir kt.)	1	2	3	4	5	6	7
Staigus gyventojų skaičiaus augimas	1	2	3	4	5	6	7
Ligos (tokios kaip AIDS) ir epidemijos	1	2	3	4	5	6	7
Religinis fundamentalizmas	1	2	3	4	5	6	7
Aplinkos užterštumas	1	2	3	4	5	6	7

3. Ar Jūs laikote save pakankamai informuotu apie klimato kaitą ir jos keliamas grėsmes pasauliui ir Lietuvai? Kuris iš atsakymų Jums labiausiai tinkamas?

- Taip, esu pakankamai informuotas
 Informuotas, bet nepakankamai daug

- Apie tokią problemą esu girdėjęs, tačiau nieko konkretaus negaliu pasakyti
- Nieko apie tai nesu girdėjęs
- Nemanau, jog ši problema reikalauja mano dėmesio

4. Iš kur Jūs gaunate informacijos apie klimato kaitą ir jos keliamas grėsmes (galite pasirinkti kelis atsakymus):

- Televizija
- Radijas
- Spauda
- Internetas
- Paskaitos ar pamokos
- Kitų asmenų pasakojimai
- Mokslinė bei mokslo populiarinimo literatūra
- Nesidomiu
- Kita.....

5. Ar Jūs manote jog Jums prieinamos informacijos šia tema pakanka?

- Pakanka
- Pakanka, bet galėtų būti daugiau
- Informacijos yra labai maža
- Nežinau, nes ši tema manęs nedomina

6. Su kuo jums labiausiai asocijuojasi globalinė klimato kaita (galite pasirinkti kelis atsakymus):

- Oro temperatūros augimu
- Dykumų plėtra
- Ledynų tirpimu
- Uraganų bei taifūnų skaičiaus ir galios didėjimu
- Upių potvynių skaičiaus didėjimu
- Geriamo vandens išteklių mažėjimu
- Ekologinių pabėgėlių skaičiaus didėjimu

7. 7 balų sistema įvertinkite, koki, Jūsų manymų, pavojų Lietuvos ekonomikai bei jos socialiniai raidai kelia atskiri klimato kaitos požymiai bei socialiniai aspektai (1-jokio pavojaus, tai netgi naudinga, 7 – labai didelis pavojus).

Oro temperatūros augimas	1	2	3	4	5	6	7
Sausringumo didėjimas	1	2	3	4	5	6	7
Audrų ir uraganų skaičiaus didėjimas	1	2	3	4	5	6	7
Jūros lygio kilimas	1	2	3	4	5	6	7
Stiprių liūčių skaičiaus didėjimas	1	2	3	4	5	6	7
Sniego dangos trukmės ir storio mažėjimas	1	2	3	4	5	6	7
Gruntinių vandenų lygio žemėjimas	1	2	3	4	5	6	7
Didėjantis dėl klimato kaitos atsirusių imigrantų į Lietuvą bei Europos Sąjungą skaičius	1	2	3	4	5	6	7

8. Ar Jūs esate girdėjęs apie Kioto protokolą

- Taip, jis skirtas ozono apsaugai
- Taip, jis skirtas mažinti šiltnamio dujų emisijas
- Taip, jis skirtas ekonominių problemų sprendimui
- Nesu apie jį girdėjęs

9. Ar Lietuva turėtų daugiau dėmesio ir lėšų skirti klimato kaitos keliamų problemų sprendimui?

- Taip, šiai problemai turėtų būti skiriama daugiau dėmesio ir lėšų
- Taip, bet tik tuo atveju jei tam galima panaudoti tarptautinių fondų lėšas
- Gal būt ateityje, kai mūsų ekonominė situacija ženkliai pagerės
- Ne, nes tai tikrai nėra pirmą kartą problema, yra daug svarbesnių dalykų
- Tai iš viso ne problema

10. Kaip Jūs manote, ar Lietuva turėtų mažinti šiltnamio efektą ir tuo pačiu globalinį atšilimą skatinančių dujų išmetimą į atmosferą?

- Taip, net jei tai ir brangiai kainuoja
- Taip, tačiau reikia imtis tik tų priemonių, kurios nedaug kainuoja bei nestabdo ekonomikos vystymosi
- Ne, nes tai brangu, o Lietuva maža ir šios problemos vis tiek neišspręs
- Ne, tegul tai daro kiti
- Ne, tai nėra didelė problema nei Lietuvai, nei pasauliui

11. Kokie „globalinio atšilimo“ skeptikų argumentai Jums atrodo labiausiai įtikinantys:

- Tai bus negreitai, todėl manęs tai neliečia
- Tai natūralus gamtinis ciklas ir žmonės čia nekalti
- Tai per daug sureikšmina, yra kitų problemų
- Atšilimas Lietuvai tik į gerą, o kitų šalių nelaimės manęs nedomina
- Aš nejaučiu jokio atšilimo, tai mokslininkų išsigalvojimai
- Nei vienas argumentas manęs neįtikina

2 priedas. Koreliacijos koeficientų reikšmės tarp širdies bei kraujagyslių ligų ir kai kurių meteorologinių parametrų 2007-2008 metais Vilniuje (Patamsintos reikšmės laikomos statistiškai patikimos pagal statistinio patikimumo lygmenį $\alpha=0,05$).

	Arterinė hipertenzija	Kardio-patija	Nestabili krūtinės angina	Ūminis miokardo infarktas	Kiti laidumo sutrikimai	Paroksizminė tachikardija
Vidutinė oro temperatūra	-0.34	-0.08	-0.14	-0.17	-0.01	-0.11
Maksimali oro temperatūra	-0.32	-0.08	-0.14	-0.15	-0.02	-0.09
Minimali oro temperatūra	-0.34	-0.09	-0.12	-0.18	-0.01	-0.12
Rasos taško temperatūra	-0.34	-0.09	-0.12	-0.16	-0.02	-0.12
Kritulių kiekis	0.02	-0.05	0.00	0.00	0.04	0.08
Vidutinis vėjo greitis	0.10	0.06	0.03	0.03	0.02	0.02
Vėjo greitis gūsiuose	0.04	0.04	0.01	0.02	0.04	-0.02
Atmosferos slėgis	-0.07	0.00	0.02	0.03	-0.09	0.00
Vidutinis oro drėgnumas	0.04	0.00	0.06	0.07	0.01	0.02
Minimalus oro drėgnumas	0.07	0.03	0.06	0.09	-0.01	0.04
Saulės spindėjimo trukmė	-0.16	-0.07	-0.08	-0.08	0.01	-0.04
Δ Vidutinė oro temperatūra	0.05	0.09	0.03	-0.03	-0.03	0.05
Δ Maksimali oro temperatūra	0.05	0.03	0.00	0.04	-0.06	0.08
Δ Minimali oro temperatūra	0.00	0.09	0.01	-0.06	-0.01	-0.01
Δ Vidutinis vėjo greitis	-0.04	0.02	-0.03	0.03	0.03	-0.01
Δ Vėjo greitis gūsiuose	-0.07	0.00	-0.02	0.07	0.07	-0.01
Δ Atmosferos slėgis	0.02	-0.07	0.00	0.01	-0.01	-0.02
Δ Vidutinis oro drėgnumas	-0.04	0.02	-0.05	0.05	-0.01	0.03
Δ Minimalus oro drėgnumas	-0.03	0.03	-0.03	0.04	0.00	0.04

Δ - ženklas prieš meteorologinį rodiklį nurodo jo pokytį per parą.