

# Ilgalaikių oro temperatūros ir kritulių anomalijų numatymo galimybės Lietuvoje

**Gintautas Stankūnavičius**

*Vilniaus universitetas,*

*M. K. Čiurlionio 21,*

*LT-03101 Vilnius*

*El. paštas: gintas.stankunavicius@gf.vu.lt*

Stankūnavičius G. Ilgalaikių oro temperatūros ir kritulių anomalijų numatymo galimybės Lietuvoje. *Geografija*. 2009. T. 45(1). ISSN 1392-1096.

Darbe pateiktas naujas Šiaurės Atlanto osciliacijos (NAO) dekadinės trukmės indeksas bei tam pačiam laikui pritaikyti kiti du NAO tipo paros trukmės rodikliai (NAO<sub>pc</sub> ir AO<sub>i</sub>) jau senokai yra naudojami atmosferos procesų diagnozei ir prognozei. Kalendoriniai sezonai pakeisti natūraliais sinoptiniais sezonais. Nustatyta temperatūros ir kritulių anomalijų inercija nesiejant jų su bet koku išoriniu poveikiu bei apskaičiuotos koreliacijos su išoriniu veiksnium. Geriausi rezultatai buvo gauti natūraliam sinoptiniam žiemos sezonui, kai egzistuoja didelė vieno ženklo terminų anomalijų inercija. Tokias anomalijas gerai diagnozuoja NAO tipo rodikliai. Kritulių anomalijos yra diagnozuojamos ir prognozuojamos daug prasčiau už termines, joms nebuvo nustatytas geriausiai jas indikuojantis rodiklis.

Mėnesio trukmės hidroterminės anomalijos gerai dera su standartinėmis priežeminio ir vidurinės troposferos barinio lauko anomalijomis. Vidurinės troposferos (priežeminis) barinis laukas glaudžiau siejasi su terminėmis (kritulių) anomalijomis nei priežeminis (vidurinės troposferos), tačiau bendras jų poveikis, kurį reprezentuoja daugianarė regresija, sustiprina glaudų ryšį tik su terminėmis anomalijomis.

**Raktažodžiai:** anomalijų inercija, atmosferos cirkuliacija, Šiaurės Atlanto osciliacija

## ĮVADAS

Dėl atmosferos cirkuliacijos vidutinėse platumose formuojasi neperiodiniai orų sąlygų svyravimai, kurie suvidurkinti gana ilgam laikotarpiui. Tarkime, vadinamąjį klimatinės normos laikotarpį lemia jau sezoninio masto meteorologinių elementų pokyčiai. Trumpalaikę ir vidutinės trukmės (atitinkamai 0,5–2 bei 3–7 paros) orų sąlygų kaitą dabartiniu metu gerai prognozuoja skaitmeniniais metodais paremti globalios (GCM) ir regioninės (RCM) cirkuliacijos modeliai. Šie prognozavimo būdai priklauso vadinamiesiems determinuotiems orų prognozės metodams, kuriems būdinga auganti laike dinaminė vidutinė kvadratinė prognozės paklaida. Po tam tikro laiko didėjančios prognozės paklaidos pasiekia piką ir kartais net savo absoliučia reikšme lenkia prognozuojamo meteorologinio elemento tikrąją reikšmę. Toks pikas paprastai pasiekiamas po 10–18 parų (priklausomai nuo pradinių sąlygų, duomenų gausos, nustatytų kraštinių sąlygų, vyraujančių atmosferos procesų sekos ir kt.) nuo prognozės sudarymo momento.

Ilgesnės kaip dviejų–trijų savaitių orų prognozės jau priskiriamos ilgalaikėms ir jų metodika iš esmės skiriasi nuo

vidutinės trukmės prognozių. Kadangi atmosferos procesai linkę vystytis chaotiškai, dalis prognostinių metodų, taikytinų ilgalaikėms prognozėms, priskiriami prie statistinių arba tikimybinių. Jie pasižymi didele formų įvairove: nuo paprasčiausių tiesinės regresijos aproksimacijų tarp vieno prediktoriaus ir prediktanto iki sudėtingų bei kompleksinių. Šiems metodams nereikia tikslių determinuotų ryšių tarp prognozuojamo meteorologinio elemento (sąlygų) ir jo kaitos priežasties – daugybės tarpusavyje susijusių atmosferinių įvairaus masto procesų, todėl yra populiarūs, be to, jiems nereikia didelių kompiuterinių resursų.

Pagrindinis šio tyrimo tikslas – nustatyti globalaus masto atmosferos ir atmosferos bei vandenyno cirkuliacijos rodiklių prognostinį potencialą ilgalaikėms orų anomalijoms bei trumpalaikėms klimato anomalijoms Lietuvoje.

Didelio masto atmosferos ir/arba atmosferos ir vandenyno cirkuliacijos anomalijos paprastai trunka ilgiau nei vieno konkretaus sinoptinio darinio vystymosi ciklas, tačiau maksimali trukmė kinta dideliame diapazone – nuo vienos savaitės iki sezono ar ilgiau.

Pirmosios mokslinės publikacijos, nagrinėjančios globalių atmosferos procesų ryšį su regioninėmis terminėmis

anomalijomis, pasirodė dar XX a. 4-ajame dešimtmetyje (Walker and Bliss, 1932), tačiau daugiausia tokio pobūdžio mokslinių darbų būta praeito šimtmečio 8-ojo ir 9-ojo dešimtmečių sandūroje. Atraminiais šioje mokslo srityje laikomi A. Barnston ir R. Livezey (1987), J. Wallace ir D. Gutzler (1981), J. Hurrell (1996), J. Rogers (1984) ir kiti darbai (Trenberth, 1984; Barnett, 1985; van Loon and Rogers, 1978). Lengviausia buvo manipuluoti mėnesio ar sezono anomalijomis, be to, žiemos, arba šaltojo sezono, slėgio laukų bei terminių anomalijų amplitudė bei erdvės mastai didesni nei šiltojo sezono, todėl tokių darbų per visą laikotarpį buvo daugiausia. Paskutiniajame XX a. dešimtmetyje staiga padidėjus kokybiškų meteorologinių duomenų srautui iš retą stebėjimo stočių tinklą turinčių Žemės rajonų atsirado moksliniai darbai, analizuojantys pusrutulio įvairios trukmės ir skirtingų atmosferos sluoksnių atmosferos cirkuliacijos procesų dinamiką bei ryšį su panašaus masto orų anomalijomis (Thompson and Wallace, 1998; 2000; Thompson et al., 2002; Baldwin et al., 2003). Pastaruosius dešimt metų daugelis atmosferinių rodiklių, reprezentuojančių kalendorinį mėnesį ar sezoną, yra sudaroma iš to paties rodiklio paros reikšmių, todėl jos lengviau interpretuojamos, tačiau darbų apie trumpesnes nei mėnesio atmosferos cirkuliacijos anomalijas labai nepadaugėjo.

Mėnesio atmosferinių rodiklių ryšį su tokio pat masto anomalijomis Lietuvoje analizavo Stankūnavičius ir Bartkevičienė (2002a; 2002b; 2003), Stankūnavičius (2004), Bartkevičienė (2004), Bukantis ir Bartkevičienė (2005); nuotolinius jų ryšius su Atlanto vandenyno paviršiaus temperatūromis tyrė Stankūnavičius ir Jalinskas (2004). Pagrindinis atmosferinis veiksnys šiuose darbuose yra Šiaurės Atlanto oscilacija (NAO). Kiti rodikliai dėl fragmentiško poveikio analizuojami tik keliuose darbuose (Stankūnavičius ir Jalinskas, 2001; Stonėvičius et al., 2008). Visuose minėtuose darbuose labiausiai akcentuojama šaltojo laikotarpio terminių anomalijų priklausomybė nuo zoninės cirkuliacijos intensyvumo Šiaurės Atlante, tačiau šis ryšys sezono svyravimuose jau yra pakankamai gerai ištirtas.

## DUOMENYS IR DARBO METODIKA

**Duomenų šaltiniai.** Duomenys didelio masto slėgio laukų analizei buvo paimti iš globalinės elektroninės interpoliuotos duomenų bazės (Kalnay et al., 1996). Tai 1950–2007 m. Europos–Atlanto sektoriaus vidutiniai paros ir mėnesio geopotencialaus aukščio ir temperatūros duomenys iš skirtingų standartinių izobarinių paviršių. Kaip stambių atmosferos procesų rodikliai buvo naudojami du atmosferos cirkuliacijos indeksai, paimti iš Nacionalinio klimato prognozių centro (JAV) ir Klimato tyrimo centro Rytų Anglijos universitete (JK). Tai vidutinės NAO rodiklio (NAO<sub>cpc</sub>) ir AO indekso (AO<sub>i</sub>) paros bei mėnesio reikšmės; jų sudarymo metodiką bei duomenų archyvą galima rasti <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/> svetainėje. Vidutinės mėnesio NAO indekso (NAO<sub>i</sub>), reprezentuojančio slėgio jūros lygyje nuokrypių skirtumus tarp dviejų stočių Atlanto atmosferos veiklos cen-

trų zonose, reikšmės paimtos iš <http://www.cru.uea.ac.uk/> svetainės. Tyrimo metu buvo sukurtas naujas Šiaurės Atlanto oscilacijos indeksas, reprezentuojantis dešimties parų vidutinės vakarinės pernašos ypatumus Šiaurės rytų Atlante naudojant NCEP / NCAR Reanalysis slėgio jūros lygyje duomenis.

Tyrimo metu buvo panaudoti Lietuvos meteorologinių stočių duomenys, gauti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos archyvų: vidutinės paros oro temperatūros (ir ekstremumų), slėgio jūros lygyje reikšmės ir paros kritulių suma. Iš viso analizuotos 8 meteorologijos stotys, tačiau dėl aukštos tarpusavio koreliacijos visuose tyrimo etapuose buvo pasinaudota tik trijų stočių – Klaipėdos, Kauno ir Vilniaus – duomenimis.

**Dekadinio Šiaurės Atlanto oscilacijos (NAO<sub>di</sub>) indekso sudarymas.** 1950–2006 metų interpoliuoti kasdieniniai slėgio jūros lygyje duomenys pirmiausia buvo vidurkinti dviejuose arealuose: Atlanto subpoliariniame (62.5°–67.5° š. pl., 15°–40° v. il.) ir subtropiniame (35°–40° š. pl., 5°–35° v. il.). Iš keliamųjų metų pašalinta vasario 29 diena, o vėliau iš kiekvienų metų sekos dar pašalintos atsitiktinės 5 dienos, kad kiekvienus metus sudarytų 36 dekados. Prieš pašalinant šių dienų reikšmes, jos buvo testuojamos dėl ekstremalių reikšmių ir paliekamos, jeigu viršydavo  $\bar{p} \pm 2\sigma$  (čia  $\bar{p}$  yra 5 parų slėgio jūros lygyje slankusis vidurkis,  $\sigma$  – standartinis nuokrypis), o procedūra kartojama iš naujo. Iš likusios sekos duomenų buvo skaičiuojami dekadiniai vidurkiai, o iš 1950–2000 m. laikotarpio abiejuose arealuose buvo formuojamas sezoninis klimatologinis slėgio jūros lygyje ciklas, kuris vėliau dar buvo nugludintas *spline* būdu naudojant glodinimo parametrą ir svertines funkcijas kiekvienam laiko momentui. Kiekvienos dekados nuokrypiai skaičiuojami atimant konkrečios dekados reikšmes iš nugludinto sezoninio ciklo reikšmių kiekvienam arealui atskirai. Vėliau gauti dekadiniai nuokrypiai buvo standartizuoti ir gautas dekadinis  $56 \times 36$  narių dydžio NAO<sub>di</sub> indeksas. Palyginimui tokiu pat būdu buvo apdoroti paros NAO<sub>cpc</sub> ir AO<sub>i</sub> rodikliai, tik NAO<sub>cpc</sub> rodiklio nereikėjo standartizuoti, kadangi ši procedūra taikyta šio indekso skaičiavimo metodikoje.

**Oro temperatūros ir kritulių anomalijų išskyrimo metodika.** Vidutinės paros oro temperatūros ir kritulių duomenų sekos šiose stotyse buvo sutrumpintos tokiu pat būdu kaip ir konstruojant NAO<sub>di</sub> indeksą – kad kiekvienų metų trukmė būtų lygi 360 parų. Atmestos reikšmės dar buvo testuojamos dėl ekstremalių reikšmių, nes paros oro temperatūra neturėjo viršyti  $\bar{T} \pm 1,5\sigma$  ribos (čia  $\bar{T}$  – vidutinė slankiųjų penkiadienių temperatūra,  $\sigma$  – jos vidutinis kvadratinis nuokrypis); kritulių kiekis negalėjo viršyti vidutinio paros kritulių kiekio, gauto iš slankiųjų tridienių vidurkio ir dvigubo standartinio nuokrypio sumos. Taip išvengta abiejų ženklų intensyvių oro temperatūros anomalijų ir teigiamų kritulių anomalijų netekties. Kitame etape oro temperatūros ir kritulių duomenų sekos agreguotos į dekadinius vidurkius (kritulių sumas). Toliau skaičiuojami 1951–2000 m. daugiamėčiai dekadiniai vidurkiai, o gauta vidutinė sezoninė kaita

nuglondinta *spline* metodu taip, kad neturėtų lokalių maksimumų ir minimumų. Tokia pat procedūra buvo atlikta ir su daugiamečiu dekadiniu standartiniu nuokrypiu, tik čia lokalių minimumų ir maksimumų nebuvo paisoma. Kritulių sekos dėl nenormalaus skirstinio buvo filtruojamos slankiųjų trijų taškų metodu, todėl sudarant daugiamečių dekadinių vidurkių bei standartinių nuokrypių kreives jų atskirai glodinti nereikėjo. Transformuotos kritulių sekos taip pat buvo standartizuotos.

Hydroterminių oro sąlygų inertiškumui nustatyti bei oro temperatūros ir kritulių anomalijų pasikartojimo tikimybei įvertinti pateikta metodika netiko, todėl jų reikšmės buvo suskirstytos į kategorijas. Tokiai klasifikacijai pasirinkta maksimali ir minimali paros oro temperatūra bei kritulių kiekis. Teigiamos, neigiamos anomalijos bei vidutiniams artimi dydžiai buvo išskirti remiantis 33 % ir 66 % variacinės eilutės procentiliais kiekvienai 1950–2006 m. dekadai. Teigiamą anomaliją (A) buvo laikomas dydis, didesnis nei 66 % analizuojamos dekados procentilis tiriamuoju 60 metų laikotarpiu, neigiama (B) – mažesnis nei 33 % procentilis. Dydžiai, patenkantys į intervalą tarp 33 % ir 66 % variacinės eilutės procentilių, buvo laikomi normaliais (N). Vienodo ženklo anomalijos, trukusios dvi, tris ar keturias iš eilės dekadas, toliau bus žymimos atitinkamai A–A, AA–A, AAA–A, B–B ... ir t. t. Vėliau buvo apskaičiuotas atvejų skaičius, kai po vieno ar kito ženklo anomalijos buvo fiksuojamas toks pat ar kito pobūdžio nuokrypis nuo vidurkio. Taip pat analizuotas vienokio ar kitokio ženklo nuokrypių pasikartojimas po dviejų ar trijų iš eilės sekusių to paties ženklo dekadinių oro temperatūros bei kritulių kiekio anomalijų. Kadangi skirtingais metų laikais atmosferos sąlygų inertiškumas gali skirtis, be to, atmosferos procesų sezoniskumas nesutampa su kalendoriniais sezonais, metai papildomai buvo suskirstyti į šešis natūralius sinoptinius sezonus (1 lentelė).

1 lentelė. Natūralūs sinoptiniai sezonai ir jų vidutinė trukmė pagal Borisovą ir Rudičevą (1968)

Table 1. Natural synoptic seasons and their mean length by Borisov and Rudichev (1968)

Nr. / No.	Sezono pavadinimas / Season	Žym. / Abbr.	Vidutinės sezono datos dekadomis (I, II, III) / Mean dates in ten-day sequence (I, II, III)	
			Pradžia / Start	Pabaiga / End
1	Žiema / Winter	ZM	Gruodis / Dec. (III)	Kovas / March (II)
2	Pavasaris / Spring	PV	Kovas / March (III)	Gegužė / May (I)
3	Ankstyvoji vasara / Early summer	V1	Gegužė / May (II)	Birželis / June (III)
4	Vasara / Summer	V2	Liepa / July (I)	Rugpjūtis / Aug. (III)
5	Ruduo / Autumn	RD	Rugsėjis / Sep. (I)	Spalis / October (II)
6	Priešžiemis / Prewinter	PZ	Spalis / October (III)	Gruodis / Dec. (II)

**Oro temperatūros ir kritulių anomalijų priklausomybės nuo standartinių barinio lauko anomalijų virš Lietuvos teritorijos nustatymas.** Standartinėms barinio lauko anomalijoms priskirtos skirtingo ženklo slėgio jūros lygyje ir 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio nuokrypiai nuo vidurkio. Buvo išskirtos keturios pagrindinės barinio lauko charakteristikos ir jų kombinacijos (2 lentelė).

Oro temperatūros ir kritulių anomalijos buvo skaičiuotos atitinkamai kaip absoliutus oro temperatūros nuokrypis ( $x - \bar{x}$ ) ir santykinis kritulių kiekis ( $x/\bar{x}$ ) nuo visų šių atvejų vidurkio atskirais metų mėnesiais (čia  $x$  yra tiriamo mėnesio oro temperatūros ar kritulių reikšmė, o  $\bar{x}$  – jų klimatologinis vidurkis). Toliau buvo apskaičiuoti daugianarės koreliacijos koeficientai, siejantys vidutines slėgio jūros lygyje ir 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio reikšmes su oro temperatūra arba kritulių kiekiu. Toliau buvo nustatyti daugialypės regresijos modelio koeficientai ir apskaičiuotas koreliacijos koeficientas atskirai oro temperatūrai bei kritulių kiekiui. Tam tikslui kaip prediktoriai buvo naudojami 1961–2006 m. visų mėnesių slėgio jūros lygyje bei 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio duomenys.

**ORO TEMPERATŪROS IR KRITULIŲ ANOMALIJŲ INERCIJA**

Oro temperatūros anomalijos dėl savitų formavimosi sąlygų yra labiau inertiškos negu kritulių laukas, todėl inercijos skirtumai tarp šių meteorologinių kintamųjų toliau straipsnyje nebus nagrinėjami. Be to, ilgėjant vienodo ženklo anomalijos trukmei, mažėja atvejų skaičius, įtrauktas į statistinę tokios trukmės anomalijų analizę. Dviejų dekadų trukmės terminės anomalijos pagal minimalią temperatūrą yra linkusios išlaikyti ženklą, kai jos priklauso žemesnėms už normą (B–B) ir aukštesnėms už normą (A–A) kategori-

2 lentelė. Tipinės barinio lauko charakteristikos virš Lietuvos teritorijos ir jų kombinacijos

Table 2. Conventional classes of pressure field above Lithuanian territory and their combinations

Nr. / No.	Tipinė slėgio lauko nuokrypio nuo normos ypatybė / Typical pressure field anomaly	Laukų kombinacijos pagal eilės numerį / Field combinations according to serial number	
		Kombinacija / Combination	Žymėjimas / Abbreviation
1	Teigiama slėgio jūros lygyje anomalija / Positive sea level pressure anomaly	1–3	PP
2	Neigiama slėgio jūros lygyje anomalija / Negative sea level pressure anomaly	1–4	PN
3	Teigiama 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio anomalija / Positive 500 hPa level height anomaly	2–3	NP
4	Neigiama 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio anomalija / Negative 500 hPa level height anomaly	2–4	NN

joms, tačiau ši taisyklė netinka normai artimai kategorijai (N–N). Be to, didesnė tokios inercijos tikimybė yra žiemos ir pavasario sezonais bei pajūryje (Klaipėda). Pajūryje žiemą B–B tipo anomalijos yra dažnesnės negu A tipo. Mažiausia tikimybė grupėje B ir A antrąją dekadą sulaukti priešingo ženklo anomalijos (B–A ir A–B). Panaši anomalijų inercijos tikimybė egzistuoja ir maksimaliai temperatūrai, tačiau A–A tipo anomalijos dažnesnės pajūryje žiemą, o žemyne (Vilniuje) – vasarą, be to, B–B tipo anomalijos tampa dažnesnės abiejose stotyse visais sezonais. Terminų inercijų pasikartojimo tikimybės lieka panašios net prailginus vieno ženklo anomalijų trukmę viena dekada: jos didesnės žiemą ir pavasarį negu likusiais sezonais, be to, esant maksimaliai temperatūrai yra didesnės nei minimaliai. Prailginus dar viena dekada (trys vienodo ženklo dekados plus viena) sezoninis ir teritorinis anomalijų tikimybių pasiskirstymas išlieka labai panašus į trumpesnės trukmės, o BBB–B ir AAA–A tipo anomalijų tikimybės dar padidėja, tačiau reikia pažymėti, kad ilginant vieno ženklo anomalijų trukmę, mažėja atvejų skaičius. Maksimalios oro temperatūros jau minėto tipo anomalijų tikimybės didesnės negu minimalios. Be to, atsiranda statistiškai reikšminga NNN–A tipo anomalijų tikimybė, nustatyta iš 11 atvejų (3 lentelė).

Kalendorinius metus suskirsčius pagal vidutinę natūralių sinoptinių sezonų trukmę, didžiausią tikimybę visais sezonais

turi B–B ir A–A tipo temperatūros anomalijos, nors natūralūs sinoptiniai sezonai pasižymi skirtinga trukme. Kita vertus, tendencijos išlieka panašios: Klaipėdoje tokių anomalijų pasikartojimo tikimybė didesnė nei Vilniuje, o žiemą – didesnė nei vasarą (ypač ankstyvąją vasarą). Priešžiemis (PZ), turintis šaltam sezonui būdingų savybių, pagal vieno ženklo anomalijų vystymosi seką yra panašus į šiltojo laikotarpio natūralų sinoptinį sezoną. Šį sezoną maksimalių oro temperatūros B–B ir A–A tipo anomalijų tikimybė abiejose stotyse yra mažesnė negu minimalių, tuo tarpu statistiškai reikšmingų maksimalios oro temperatūros N–N tipo anomalijų yra daugiau negu minimalių, nors Klaipėdoje žiemą pastarųjų pasikartojimas labiau tikėtinas negu maksimalių N–N tipo anomalijų. Mažiausiai tikėtinos antrąją dekadą priešingo ženklo anomalijos grupėje B ir A.

Dviejų vienodo ženklo dekadų plus viena maksimalios oro temperatūros anomalijų analizė sinoptiniais sezonais atskleidė, kad didžiausia tikimybė būdinga BB–B ir AA–A anomalijoms ZM, PV, V2 ir RD sezonais, mažiausia tikimybė – vasaros pirmoje pusėje, o PZ sezonu statistiškai reikšmingas yra tik BB–N ir AA–A anomalijų pasikartojimas ir tik Klaipėdoje. Minimalios oro temperatūros anomalijos nuo maksimalios skiriasi tik mažesnėmis tikimybės reikšmėmis bei statistiškai reikšmingomis tikimybėmis BB–B tipo anomalijoms PZ ir V1 sezonais, o AA–A PZ sezoną Vilniuje.

3 lentelė. Keturių dekadų (trys plus viena) trukmės minimalios oro temperatūros anomalijų kaitos tikimybė (%) (raidės A, B ir N atitinkamai žymi aukščiau, žemiau normos ir artimas normai reikšmės, o 9 stulpeliai rodo visus galimus anomalijų kitimo scenarijus; paryškintos reikšmės žymi statistinį reikšmingumą, kai  $p < 0,01$ , o parašytos kursyvu – kai  $p < 0,05$ )

Table 3. The probability of inertial sequence of minimal temperatures in case of four (three plus one) ten-day periods (%). Letters A, B and N indicate above-, below- and near-normal categories, respectively, and 9 columns correspond to all available change scenarios. Values in bold indicate statistical significance at  $p < 0.01$  level and in italics at  $p < 0.05$

Kalend. sezonas / Calendar season	Stotys / Stations	Anomalijų nuoseklos kaitos scenarijus / Scenario of anomaly change sequence								
		BBB–B	BBB–N	BBB–A	NNN–B	NNN–N	NNN–A	AAA–B	AAA–N	AAA–A
Žiema / Winter	Klaipėda	<b>71,4</b>	21,4	7,1	35,5	41,9	22,6	8,8	22,8	<b>68,4</b>
	Vilnius	<b>62,0</b>	26,0	12,0	30,4	34,8	34,8	10,5	31,6	<b>57,9</b>
Pavasaris / Spring	Klaipėda	<b>61,9</b>	20,6	17,5	13,8	41,4	44,8	5,1	37,3	<b>57,6</b>
	Vilnius	<b>49,0</b>	36,7	14,3	36,4	36,4	27,3	15,4	26,9	<b>57,7</b>
Vasara / Summer	Klaipėda	<b>55,0</b>	22,5	22,5	15,8	36,8	47,4	16,7	35,7	47,6
	Vilnius	47,7	38,6	13,6	34,6	38,5	26,9	22,2	20,0	<b>57,8</b>
Ruduo / Autumn	Klaipėda	<b>51,1</b>	31,1	17,8	22,7	54,5	22,7	23,1	25,6	<b>51,3</b>
	Vilnius	<b>52,8</b>	27,8	19,4	25,0	8,3	<b>66,7</b>	21,1	28,9	50,0
Sinoptinis sezonas / Synoptic season	Stotys / Stations	BBB–B	BBB–N	BBB–A	NNN–B	NNN–N	NNN–A	AAA–B	AAA–N	AAA–A
ZM*	Klaipėda	<b>74</b>	19	7	33	43	23	5	20	<b>75</b>
	Vilnius	<b>63</b>	24	12	32	40	28	7	26	<b>67</b>
PV	Klaipėda	<b>69</b>	17	15	12	44	44	3	43	<b>55</b>
	Vilnius	<b>56</b>	33	11	29	29	43	14	31	<b>54</b>
V1	Klaipėda	33	39	28	29	14	57	30	40	30
	Vilnius	39	44	17	27	55	18	35	25	40
V2	Klaipėda	<b>59</b>	14	28	15	46	38	10	39	52
	Vilnius	48	36	15	42	32	26	18	21	<b>62</b>
RD	Klaipėda	<b>53</b>	22	25	13	<b>67</b>	20	20	35	45
	Vilnius	50	27	23	25	0	75	13	35	52
PZ	Klaipėda	42	<b>58</b>	0	36	27	36	27	15	<b>58</b>
	Vilnius	48	38	14	33	17	50	32	21	47

\* Natūralių sinoptinių sezonų santrumpas žr. 1 lentelėje. / For abbreviations of natural synoptic seasons, see Table 1.

Ilgiausių temperatūros anomalijų sekų analizė rodo, kad BBB–B ir AAA–A tipo anomalijos turi didžiausią tikimybę pasikartoti žiemą ir pavasarį, taip pat dažniau Klaipėdoje negu Vilniuje, be to, Klaipėdoje maksimaliai oro temperatūrai statistiškai reikšmingos NNN–N tikimybės dar fiksuojamos rudenį, o BBB–N – priešžiemyje (neparodyta). Minimalios oro temperatūros AAA–A tipo anomalijų tikimybė padidėja V2 sezonu lyginant su maksimalios, taip pat BBB–B ir AAA–A tipo anomalijos tampa statistiškai reikšmingos Vilniuje PZ sezonu (3 lentelė).

Visiškai kitoks vaizdas atsiskleidžia analizuojant kritulių kiekio anomalijų inerciją. Statistiškai reikšmingos 99 % lygmeniu dviejų gretimų dekadų A–A ir B–B tipo kritulių anomalijos fiksuojamos tik Klaipėdos stotyje ir tik šaltuoju metų laiku. Žiemos sezonu žemiau normos kritulių anomalijų inercija išlieka ir viena dekada pailgėjus anomalijų trukmei (BB–B) Klaipėdoje, ir nors rudenį tokių anomalijų tikimybė yra statistiškai nereikšminga, tačiau vasarą ji vėl tampa reikšminga. Rudenį 95 % statistinio reikšmingumo lygmenį tenkina NN–A tipo anomalijos Klaipėdoje ir AA–A Vilniuje.

Klaipėdoje keturių dekadų trukmės vieno ženklo anomalijų inercija tenka tik žiemos sezonui, mažesnio statistinio reikšmingumo inercija pasižymi NNN–B tipo anomalijų seka žiemą ir NNN–A tipo anomalijų seka rudenį. Vilniuje nei viena iš tokios trukmės anomalijų nesiekia statistinio reikšmingumo ribos. Mažiausiai tikėtina, kad Klaipėdoje po NNN anomalijų sekos ketvirtoji dekada taip pat priklausys N tipui rudenį (tik 1 atvejis per 57 sezonus).

Natūraliais sinoptiniais sezonais kritulių anomalijų tikimybė gerokai mažesnė: 99 % lygmeniu anomalijos reikšmingos tik Klaipėdoje – B–B tipo tik ZM ir PZ sezonais, o A–A – tik PV ir PZ sezonais. Vilniuje šio reikšmingumo B–B tipo anomalijos galimos tik PZ sezonu.

BB–B tipo anomalijos labiausiai tikėtinos iš visų galimų trijų dekadų trukmės (dvi plius viena) kritulių anomalijų vystymosi scenarijų Klaipėdoje žiemą, tuo metu AA–A tipo anomalijos turi mažesnę statistinį reikšmingumą (95 %) PV ir V2 sezonais. Vilniuje 95 % lygmeniu statistiškai reikšmingos yra BB–B ir NN–N tipo anomalijos V1 sezoną bei AA–A ir NN–N rudens sezoną. Dar viena dekada pailginus vieno ženklo anomalijų trukmę statistiškai reikšmingos 99 % lygmeniu tampa BBB–B tipo anomalijos Klaipėdoje žiemą, o Vilniuje priešžiemių laikotarpiu – atitinkamai 24 ir 12 atvejų per 57 sezonus.

### SKIRTINGOS TRUKMĖS ORO TEMPERATŪROS IR KRITULIŲ ANOMALIJŲ RYŠYS SU DIDELIO MASTO ATMOSFEROS CIRKULIACIJOS FAZĖMIS ŠIAURĖS ATLANTE

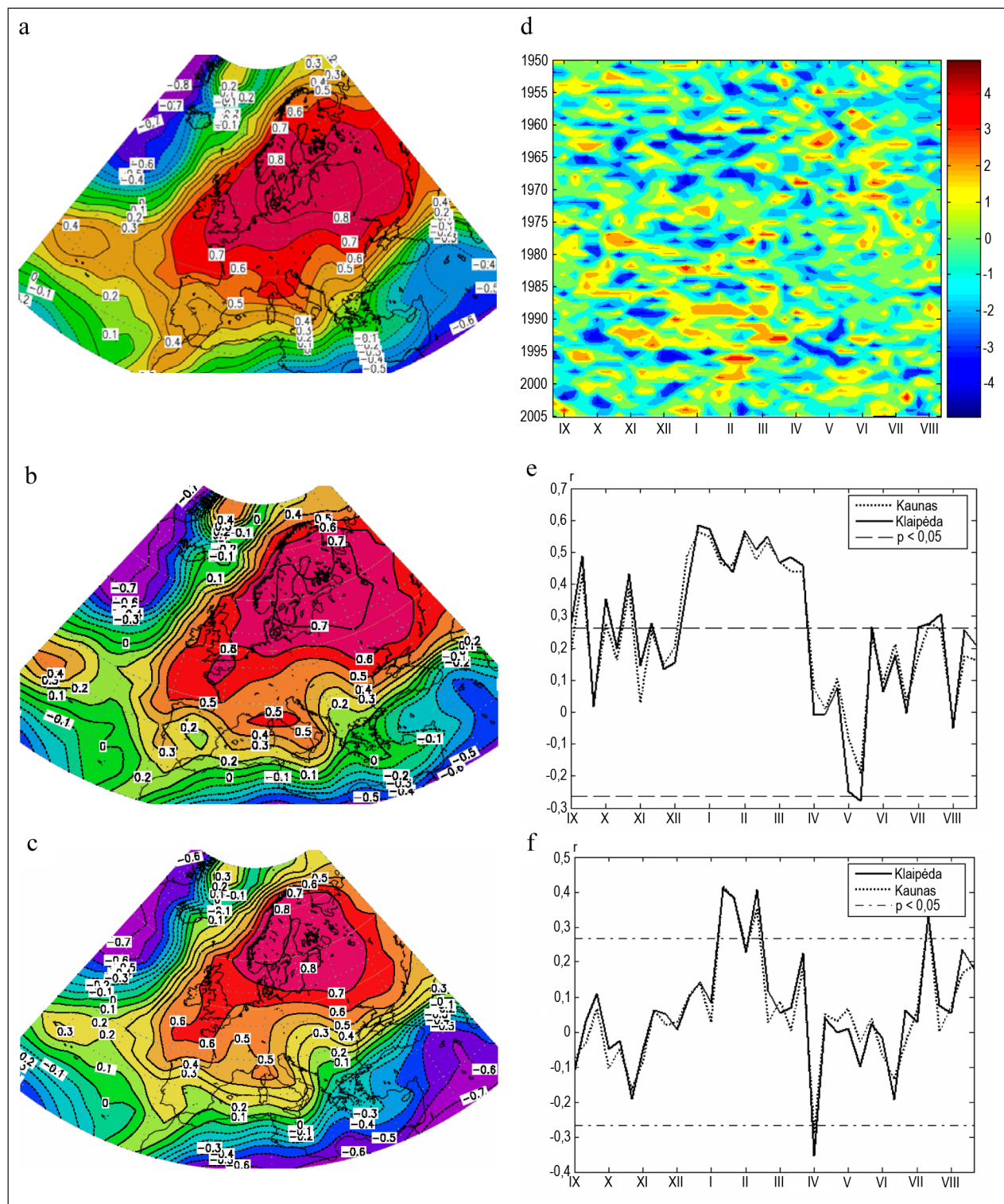
Stambaus masto žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos judesiai ryškiausiai pasireiškia šaltuoju metų laiku, todėl ir jų įtaka Europos (taip pat ir Lietuvos) orams ir klimato sąlygoms didžiausia būna šiuo sezonu. Šioje analizėje naudoti atmosferos cirkuliacijos rodikliai NAOi, NAOcpc ir AOi neturi ryš-

kaus cikliškumo, kad juos būtų galima prognozuoti remiantis jų istorine kaita (Stephenson et al. 2000), tačiau pasižymi statistiškai reikšmingomis tarpmetinėmis ir tarpsezonišomis kaitos tendencijomis. Per pastaruosius 30 metų šaltojo metų laikotarpio (lapkritis–kovas) oro temperatūros 2 m aukštyje koreliacijos su pasirinktais atmosferos cirkuliacijos indeksais (NAOi; NAOcpc ir AOi) erdvinė analizė rodo, kad Lietuvos teritorija patenka į didžiausių koreliacijos koeficientų zoną (1 pav., a–c), o lyginant su ankstesniu 30 metų laikotarpiu aukščiausios koreliacijos zonos per 100–500 km pasislinko į šiaurės rytus (neparodyta).

Zoninė vakarų–rytų krypties pernaša šaltuoju metų laiku virš Šiaurės rytų Atlanto sustiprėjo pradedant XX a. 8-uoju dešimtmečiu – tai patvirtina visų trijų analizuotų rodiklių (NAOi, NAOcpc ir AOi) kaita. Ypač ryški neigiama fazė jų kaitoje vyrauja iki 1980-ųjų, o pradedant 1988–1989 m. šaltuoju sezonu visų trijų rodiklių reikšmės perėjo į teigiamą fazę ir per kelerius metus įgijo maksimalias reikšmes. NAO<sub>D1</sub> daugiametė ir tarpsezonišė kaita gerai dera su giminingo NAOi, reprezentuojančio mėnesio trukmės svyravimus, kaita. Šioje kaitoje gerai matyti dvi šaltojo laikotarpio NAO fazės: neigiama, trukusi nuo 1950 m. iki 1970-ųjų pradžios bei 1975–1979 m., ir teigiama, prasidėjusi 1980-ųjų pradžioje, tačiau galutinai išsitvirtinusi 1987–1988 m. žiemą. Kaip ir NAOi, šis rodiklis rodo ryškų maksimalių reikšmių poslinkį nuo spalio pabaigos 1970-ųjų viduryje į viduržiemių laikotarpį 1980-ųjų pabaigoje (1 pav., d).

Oro temperatūra Lietuvoje šaltuoju metų laiku tiesiog proporcinga NAO tipo (visiems trimis) rodiklių pokyčiams. Glaudžiausias ryšys fiksuojamas su NAO<sub>D1</sub> sinoptinės žiemos (ZM) laikotarpiu, panašų ryšį rodo ir AOi bei NAOcpc. ZM sezono pabaigoje koreliacija staiga sumažėja per 2–4 dekadas ir net tampa neigiama. Ši neigiama koreliacija su NAO<sub>D1</sub> dvi dekadas gegužės mėnesį yra statistiškai reikšminga. Rudens (RD) ir priešžiemių (PZ) sezonais NAO<sub>D1</sub> (1 pav., e) ir AOi (neparodyta) koreliacijos su temperatūromis yra teigiamos ir statistiškai reikšmingos, tačiau kartu fiksuojama didelė šio koeficiento tarpdekadinė variacija. Temperatūros sekas perslinkus per dvi pirmyn iki 7 dekados PZ sezonu dar lieka statistiškai reikšmingi teigiami koreliacijos koeficientai nuo gruodžio pabaigos iki vasario vidurio, rodantys, kad šiuo laikotarpiu NAO kaita turi prognostinį sausio vidurio – kovo pabaigos oro temperatūros potencialą (1 pav., f). Nuo 7 dekados statistiškai reikšmingų koreliacijos koeficientų kaita jau nesudaro bendrės kreivės, o dažnėjantys neigiamos ir teigiamos koreliacijos koeficientų pikai visais sezonais greičiau rodo atsitiktinį ryšį.

Kritulių anomalijos kur kas prasčiau koreliuoja su pasirinktais atmosferos cirkuliacijos rodikliais net ir ZM sezonu. Be to, normalizuojant kritulių sekas skirstinį, jos buvo nufiltruotos laiko filtru, todėl koreliacijos kreivės forma keičiasi, kai toks pat filtras pritaikomas ir atmosferiniam rodikliui. Pritaikę panašią transformacijos metodiką atmosferiniams rodikliams, turime beveik kompaktišką statistiškai reikšmingų koreliacijos koeficientų kreivės atkarpą, reprezentuojančią



1 pav. Šaltojo laikotarpio (lapkritis–kovas) tiesinės koreliacijos koeficientai tarp priežeminės oro temperatūros ir Šiaurės Atlanto atmosferos cirkuliacijos rodiklių (sezoniniai vidurkiai) 1978–2005 m.: *a* – NAOi, *b* – NAOcpc ir *c* – AOi (koreliacijos koeficientai tenkina 99% reikšmingumo lygį, kai  $r \geq |0.5|$  visuose paveikslėliuose); *d* – NAO<sub>Di</sub> tarpsezoninis pasiskirstymas 1950–2006 m. (Hovmiolerio diagrama); *e* ir *f* – NAO<sub>Di</sub> koreliacija su Kauno ir Klaipėdos dekadiniams oro temperatūros anomalijomis, kai NAO<sub>Di</sub> yra vienoje fazėje su anomalijomis (*e*) ir NAO<sub>Di</sub> pirmauja anomalijų atžvilgiu 6 dekadomis (*f*) (koreliacijų 95% reikšmingumo lygmuo pavaizduotas plona tiesia brūkšnine-taškine linija).

Fig. 1. Seasonal (November–March) correlations between NAO-like indices and surface temperature for 1978–2005: *a* – NAOi, *b* – NAOcpc and *c* – AOi. Correlations equal to or greater than  $|0.5|$  are significant at the 99% level; *d* – NAO<sub>Di</sub> interseasonal variation for 1950–2006 (Hovmoller diagramme), *e* and *f* – NAO<sub>Di</sub> correlations with air temperature anomalies in Kaunas and Klaipėda, only anomalies lag by 0 (*e*) and 60 days (*f*). Correlation significance at 95% level is indicated using straight dashed / dotted line

gruodžio mėnesį ir ZM sezoną ( $NAO_{Di}$ ). Kitais sezonais, kovo pabaiga (Klaipėda), birželio vidurys (Kaunas), koreliacija taip pat reikšminga, tačiau ji per trumpa, kad galėtų būti prediktoriumi (2 pav., a). Koreliacijų interpretacijose laiko filtras, pritaikytas sekoms, reiškia kaupiamąjį anomalijų efektą, nes pavienių ar kelių dekadų pikai nefiltruotose sekose negarantuoja tuo trumpu laikotarpiu ryškios NAO fazės poveikio. Kritulių anomalijų sekas paslinkus per keletą dekadų į priekį statistiškai reikšmingos koreliacijos greitai užgęsta ir praranda savo prognostinę reikšmę. ZM sezonu tik pačios žemiausios  $NAO_{Di}$  reikšmės atitinka didžiausias neigiamas kritulių anomalijas. Kai  $NAO_{Di}$  svyruoja nuo  $-1$  iki  $2$ , ryšys tarp šių parametru yra labai silpnas (2 pav., b).

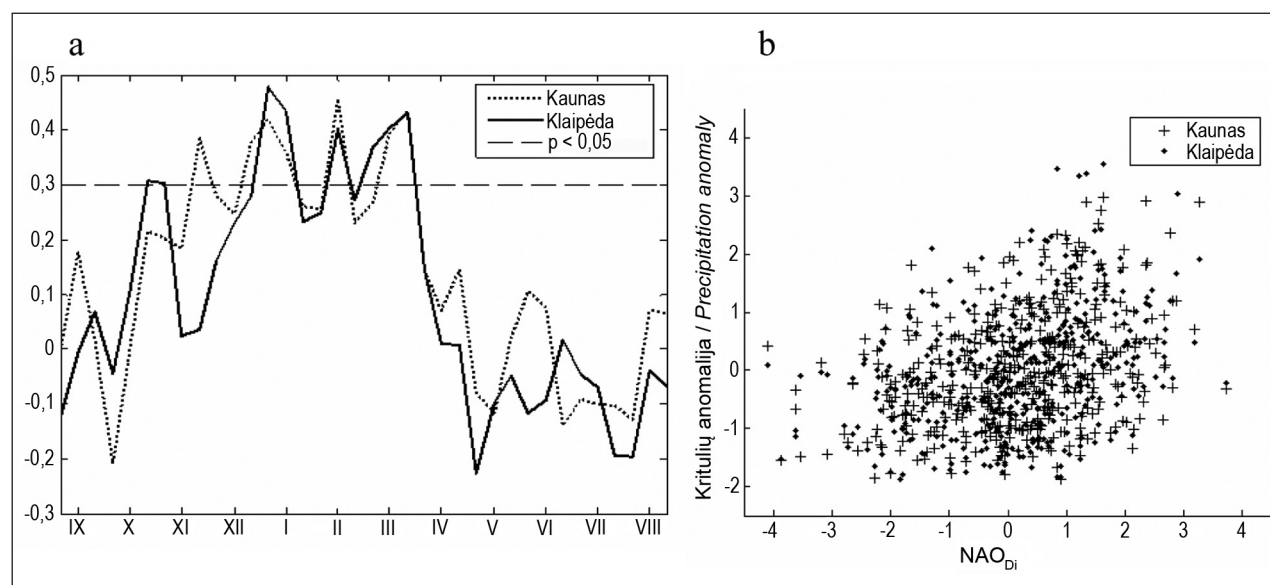
### ORO TEMPERATŪROS IR KRITULIŲ ANOMALIŲ PRIKLAUSOMYBĖ NUO STANDARTINIŲ BARINIO LAUKO ANOMALIŲ VIRŠ LIETUVOS TERITORIJOS

Geopotencialaus aukščio 500 hPa (H500) ir priežeminės oro temperatūros ryšys visoje Lietuvos teritorijoje geriausias šiltuoju metų laiku (3 pav., a), tuo tarpu slėgio jūros lygyje ryšys su oro temperatūra labai silpnas (neparodyta). Taikant išvestinį jų parametru (sluoksnio storis tarp 500 ir 1000 hPa (ST500–1000)), ryšys pagerėja visais metų laikais, išskyrus spalio–lapkričio mėnesius. Be to, šis parametras rodo ir erdvinis ryšio skirtumus – Klaipėdoje silpniausias, o Varėnoje stipriausias (3 pav., b). Sudėtingesnė ryšio tarp šių parametru ir kritulių kiekio sezoninė kaita: H500 su krituliais koreliuoja silpnai ankstyvosios vasaros sezonu, tuo tarpu aukščiausios koreliacijos tenka rudens sezonui. Be to, pastarąjį sezoną

stebimi maži koreliacijos koeficiento skirtumai tarp stočių. ST500–1000 geriausias koreliacijos su krituliais taip pat tenka rudens sezonui, tik aukštų koeficientų laikotarpis čia ilgesnis negu H500 atveju (3 pav., c–d). Geriausių ryšių su krituliais rodo vidutinis mėnesio slėgis jūros lygyje. Šis ryšys su visų analizuotų stočių krituliais statistiškai reikšmingas, išskyrus gegužės–birželio mėnesius (neparodyta). Visais mėnesiais, ypač vasario ir lapkričio, fiksuojama didelė koreliacijos koeficiento erdvinė sklaida.

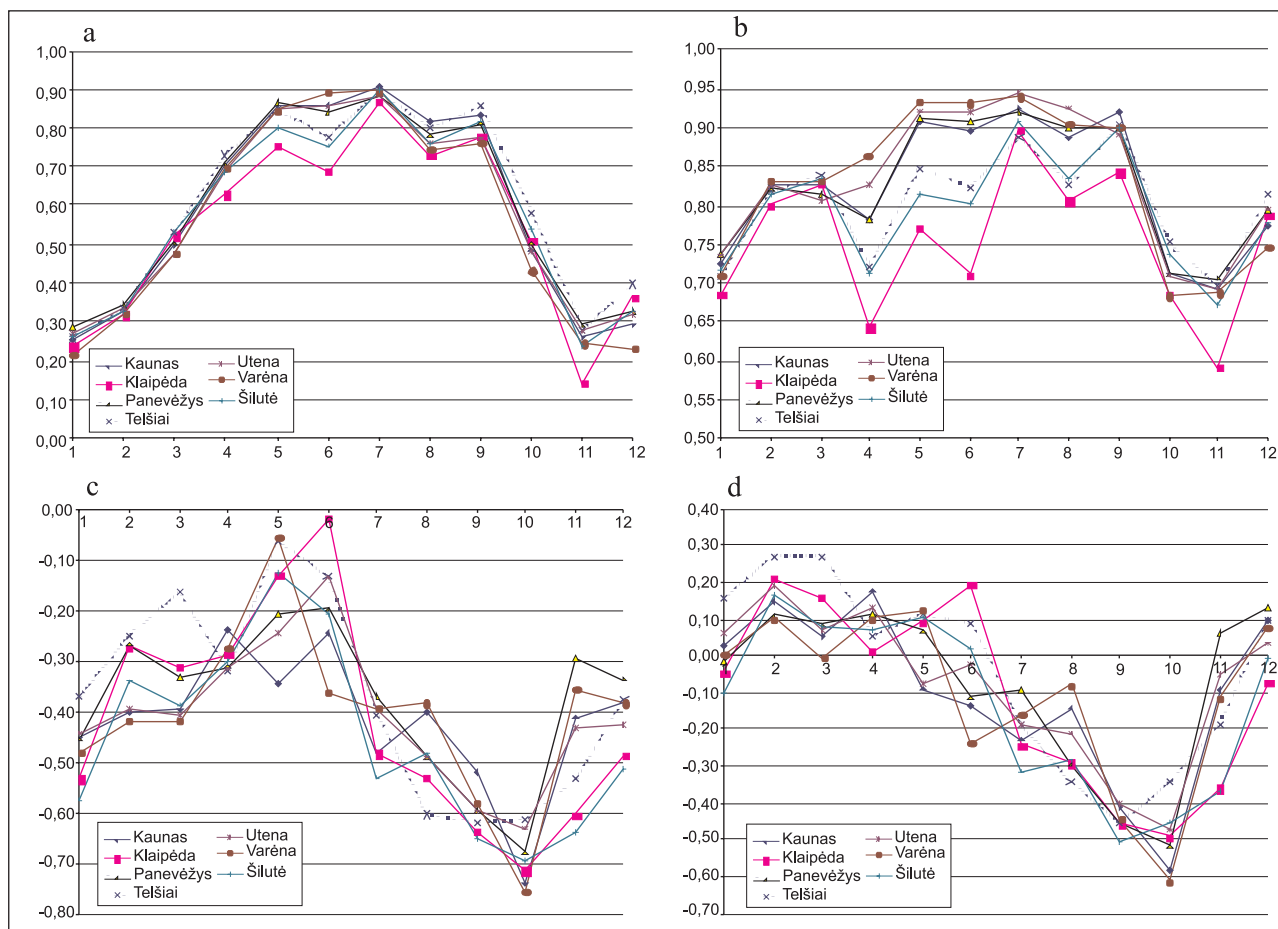
Daugianarė slėgio jūros lygyje (SJL) ir geopotencialus aukščio 500 hPa lygyje (H500) regresija (DNR) su oro temperatūra rodo, kad bendras šių parametru indėlis į temperatūros pokyčius yra kur kas didesnis, negu juos imant atskirai, nors pagrindinis veiksnys yra H500. Geriausi Vidurio Lietuvos rezultatai gaunami vasaros mėnesiais, taip pat vasarį ir lapkritį. Pajūryje DNR ir oro temperatūros ryšys prastesnis negu likusioje dalyje – pakankamai aukšti koreliacijos koeficientai ištisus metus, išskyrus balandžio ir birželio mėnesius (4 lentelė). Priešingai, DNR metodas nepagerina ryšio su kritulių kiekiu, o atskirais mėnesiais net pablogina. Statistiškai reikšmingas ryšio pagerėjimas matomas Kaune gruodžio, o Klaipėdoje – birželio mėnesį. Didesnę metų dalį pagrindinis veiksnys, turintis įtakos kritulių kiekiui, yra slėgis jūros lygyje, išskyrus priešžiemio sezoną (4 lentelė).

Susidarius aukštesnio slėgio laukui vidurinėje troposferoje bei priešžiemio sluoksnyje (situacija PP), o tai būdinga centrinėms didelėms troposferinių gūbrių dalims, oro temperatūra šiltuoju metų laiku dažniausiai bus aukštesnė už normą visoje Lietuvos teritorijoje. Žiemos metu atvirkščios priklausomybės nėra (4 pav., a). Tokia situacija labai palanki kritulių stygiui formuotis ištisus metus, tačiau didžiausia



2 pav.  $NAO_{Di}$  indekso (pritaikius trijų slankiųjų taškų filtrą) koreliacija (a) ir regresija žiemos (ZM) sinoptiniu sezonu (b) su tokiu pat būdu transformuota kritulių seka Kaune ir Klaipėdoje (koreliacijos reikšmingumą 95 % lygiu žymi punktyrinė linija)

Fig. 2. Correlation (a) and regression (b) between filtered (3 points moving average)  $NAO_{Di}$  index and in the same way transformed Kaunas and Klaipėda precipitation series. Scatterplot is made only for ZM synoptic season. Correlation significance at 95% level is indicated using straight dashed line in (a)



3 pav. Vidutinės mėnesio oro temperatūros (a–b) ir kritulių kiekio (c–d) koreliacijos su mėnesio 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščiu (a–c) ir sluoksnio storium tarp 500 ir 1000 hPa (b–d) (koreliacijos koeficientai tenkina 99 % reikšmingumo lygį, kai  $r \geq |0.35|$ )

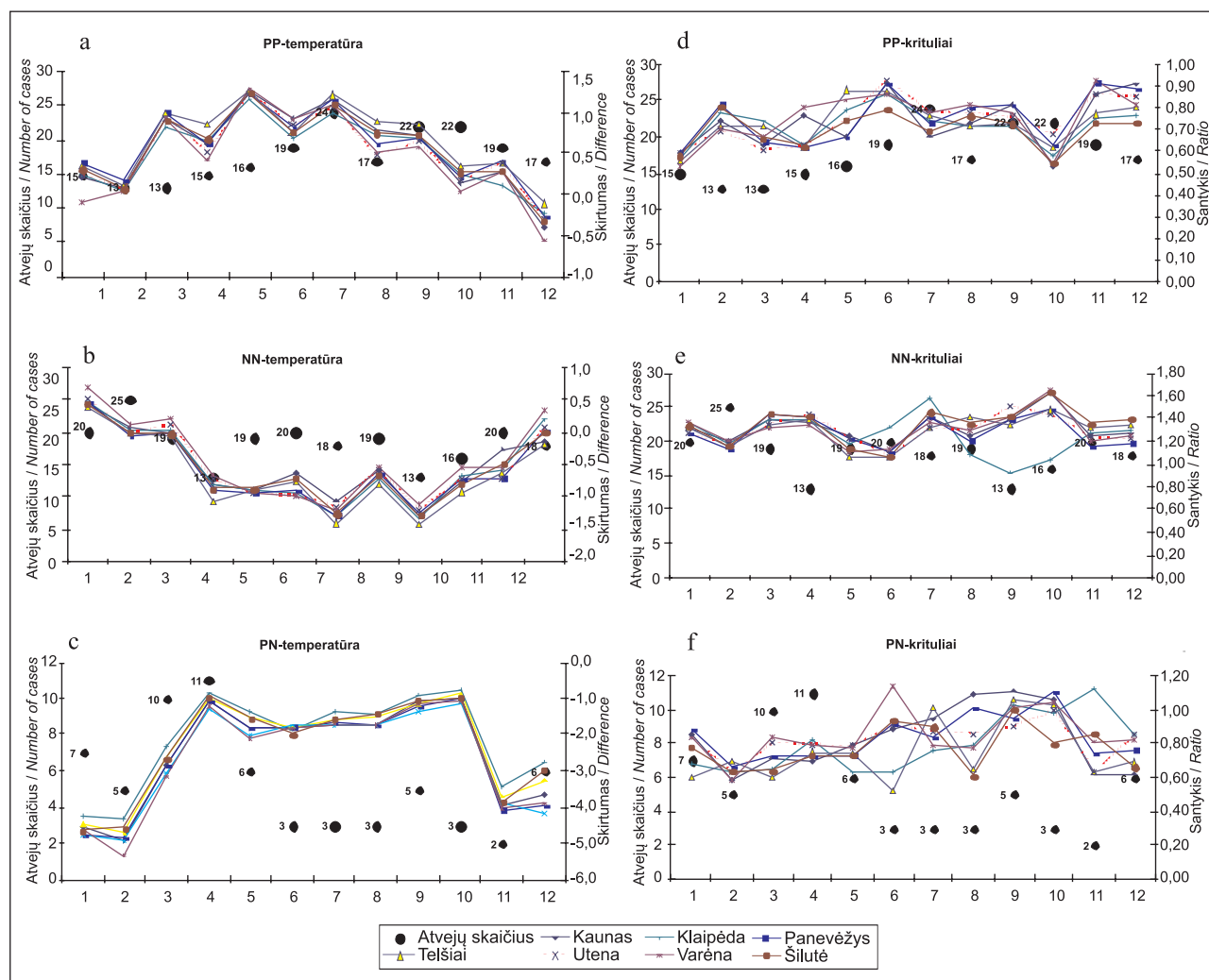
Fig. 3. Correlations of air temperature (a–b) and precipitation (c–d) with monthly mean geopotential height at 500 hPa level (a–c) and thickness between 500 and 1000 hPa (b–d). Correlations equal to or greater than  $|0.35|$  are significant to the 99% level

4 lentelė. Slėgio jūros lygyje (SJL) ir geopotencialus aukščio 500 hPa lygyje (H500) bei jų dauginarės regresijos (DNR) koreliacijos koeficientai su oro temperatūra Kaune ir Klaipėdoje (paryškinti skaičiai rodo statistškai reikšmingą koreliacijos pagerėjimą pereinant nuo tiesinės koreliacijos prie dauginarės regresijos)

Table 4. Correlation coefficients of Kaunas and Klaipėda air temperature and precipitation with sea level pressure (SJL) and H500 level and its coupling effect using multiple regression analysis (MRA). Bolded numbers indicate statistically significant improvement of correlation when switching from linear correlation to MRA

Mėnesiai / Months	Oro temperatūra / Air temperature						Krituliai / Precipitation						
	Kaunas			Klaipėda			Kaunas			Klaipėda			
	SJL	H500	DNR	SJL	H500	DNR	SJL	H500	DNR	SJL	H500	DNR	
I	-0,32	0,25	<b>0,88</b>	-0,31	0,24	<b>0,83</b>	I	-0,73	-0,46	0,75	-0,78	-0,53	0,79
II	-0,39	0,33	<b>0,91</b>	-0,38	0,32	<b>0,88</b>	II	-0,73	-0,40	0,75	-0,61	-0,27	0,65
III	-0,21	0,50	<b>0,86</b>	-0,17	0,52	<b>0,85</b>	III	-0,71	-0,40	0,71	-0,70	-0,31	0,72
IV	0,07	0,70	<b>0,79</b>	0,15	0,63	0,66	IV	-0,69	-0,24	0,7	-0,52	-0,29	0,52
V	0,31	0,86	<b>0,91</b>	0,32	0,75	<b>0,78</b>	V	-0,62	-0,34	0,62	-0,47	-0,13	0,52
VI	0,46	0,86	<b>0,90</b>	0,38	0,69	0,72	VI	-0,32	-0,24	0,32	-0,35	-0,02	<b>0,5</b>
VII	0,59	0,90	<b>0,94</b>	0,56	0,87	<b>0,91</b>	VII	-0,68	-0,48	0,69	-0,66	-0,48	0,67
VIII	0,35	0,82	<b>0,90</b>	0,30	0,73	<b>0,81</b>	VIII	-0,52	-0,40	0,52	-0,56	-0,53	0,59
IX	0,40	0,83	<b>0,92</b>	0,40	0,78	<b>0,84</b>	IX	-0,51	-0,52	0,55	-0,71	-0,64	0,72
X	0,12	0,49	<b>0,79</b>	0,20	0,51	<b>0,73</b>	X	-0,74	-0,74	0,77	-0,79	-0,72	0,79
XI	-0,29	0,26	<b>0,91</b>	-0,38	0,14	<b>0,87</b>	XI	-0,60	-0,41	0,62	-0,65	-0,61	0,66
XII	-0,25	0,29	<b>0,89</b>	-0,15	0,37	<b>0,86</b>	XII	-0,65	-0,38	<b>0,69</b>	-0,65	-0,49	0,66





4 pav. Mėnesio oro temperatūros (a–c) nuokrypis nuo daugiamečių normos ir mėnesio kritulių sumos (d–f) santykis su daugiamete norma esant standartinėms barinio lauko situacijoms: PP (a, d), NN (b, e), PN (c, f) (taškais parodytas analizuotų atvejų skaičius)

Fig. 4. Composites of monthly air temperature (a–c) anomalies and relative precipitation (ratio of monthly and long-term mean) (d–f) for the typical pressure field situations: PP (a, d), NN (b, e), PN (c, f). Position of dots and their labels corresponds to the number of analysed cases

tikimybė tenka ankstyvai vasarai ir priešžiemiui (4 pav., d). Priešziemyje fiksuojama didžiausia erdvinė nuokrypių sklaida. Priešingo ženklo slėgio laukų anomalijos (NN) dažniausiai reprezentuoja didelių barinių slėnių pietinę ir pietrytinę periferiją. Tokios sąlygos palankios neigiamų oro temperatūros anomalijų formavimuisi Lietuvoje visais metų laikais, išskyrus žiemos sinoptinį sezoną ir iš dalies priešžiemį. Geriausias ryšys fiksuojamas liepos–rugsėjo mėnesiais, vasarą ir rudenį (4 pav., b). NN tipo barinis laukas visais metų laikais palankus kritulių pertekliui, didžiausia kritulių pertekliaus tikimybė tenka liepos–spalio mėnesiams didesnėje teritorijos dalyje ir liepos mėnesį pajūryje (4 pav., e). Pakankamai retos yra dvi likusios mišrios situacijos – PN ir NP, todėl gana kebli jų rezultatų interpretacija. Tokios sąlygos, kai slėgis jūros lygyje atitinka anticikloninį lauką, o vidurinis troposferos laukas – cikloninį (PN), būdingos dideliems troposferiniams slėniams vakarinėje ir pietvakarinėje periferijoje. Tikimybė, kad tokia situacija išsilaikys visą mėnesį, yra

labai maža, todėl PN reprezentuoja suvidurkintas sąlygas. Be to, didelės troposferinės bangos dažnesnės šaltuoju metų laiku. Nepriklausomai nuo atvejų skaičiaus tokia situacija lemia neigiamas temperatūros anomalijas, o didžiausia jų tikimybė šaltuoju metų laiku. Tokio tipo situacijos atskleidžia mažiausią nuokrypių erdvinę sklaidą. Ir priešingai, kritulių anomalijos rodo didelę erdvinę sklaidą, tačiau žiemą ir pavasarį, kai atvejų skaičius pakankamas, labiausiai tikėtinas kritulių stygius. NP barinis laukas yra pats nepastoviausias iš tipinių situacijų, tačiau palankiausias šilto ir drėgno oro advekcijai į Lietuvos teritoriją. Visais mėnesiais, išskyrus liepą (deja, tokia išvada padaryta tik iš dviejų atvejų), tokia situacija susijusi su aukštesne už normą oro temperatūra, o susidariusios temperatūros anomalijos dydžiu mažai skiriasi tarp stočių. Didžiausi teigiami nuokrypiai susidaro žiemos mėnesiais. Kritulių anomalijos nuo liepos iki gruodžio artimos normai, tačiau šis teiginys paremtas nevienodu atvejų skaičiumi. Sausio–vasario ir balandžio–birželio mėnesiais

tokia barinė situacija lemia aukštesnę už normą kritulių kiekį (neparodyta). Stipriausios teigiamos anomalijos formuojasi pamaryje ir Žemaičių aukštumoje, o silpniausios – Vidurio Lietuvoje.

## APIBENDRINIMAS

Oro temperatūros anomalijų ženklas turi statistiškai reikšmingą inerciją sinoptiniu žiemos sezonu ir gali būti naudojamas savo paties prognozavimui be jokio išorinio prediktoriaus, tačiau tokios tikimybinės prognozės galėtų būti sudaromos ne ilgesniam kaip keturių dekadų laikotarpiui. Anomalijų ženklo inercija nėra atsitiktinis statistinis reiškinys ir gali būti paaiškinta tam tikrų atmosferos cirkuliacijos formų žiemos sezonu tariamu pastovumu (blokuojantys procesai, stipri zoninė cirkuliacija ir nejudrios didelės troposferinės bangos).

Ir į diagnostinį, ir į prognostinį temperatūros anomalijų procesą įtraukus NAO tipo cirkuliacijos indeksą, prognozės kokybė turėtų pagerėti, lyginant su klimatologine prognoze, o prognozės trukmė sinoptiniu žiemos sezonu gali būti pailginta iki 6–7 dekadų. Naujai sukurtas  $NAO_{Di}$  dekadinis atmosferos cirkuliacijos indeksas pasirodė tinkamesnis temperatūros anomalijoms Lietuvoje diagnozuoti, tačiau jis pats nėra prognozuojamas. Nustatyti ryšiai tarp  $NAO_{Di}$  ir kitų dviejų NAO tipo rodiklių ( $NAO_{cpc}$  ir  $AO_i$ ) leistų ateityje šį indeksą panaudoti ir prognozėse, kadangi dabartiniu metu JAV NOAA Klimato prognozių centras (CPC) prognozuoja  $AO_i$  ir  $NAO_{cpc}$  reikšmes 15-ai parų ir numato prailginti šias prognozes. Šiltuoju metų laiku labiausiai „neprognozuojami“ temperatūros atžvilgiu sezonai yra ankstyvoji vasara ir kiek mažiau priešžiemis. Be žiemos sezono, dideliu anomalijų inertiškumu pasižymi pavasario ir vasaros sezonai, tačiau jiems sunku parinkti prediktorių iš darbe naudotų atmosferos cirkuliacijos rodiklių. Kritulių anomalijos yra mažiau inertiškos net ir žiemos sezonu, be to, pasižymi daug didesne erdvine sklaida Lietuvos teritorijoje. Kita vertus, neigiamos anomalijos turi didesnę inerciją negu teigiamos, nes siejamos su aukštesnio slėgio laukais, kurie paprastai yra pastovesni laiko atžvilgiu. NAO tipo rodikliai beveik nepagerina klimatologinių prognozių. Teigiama NAO / AO fazė dažniausiai yra susijusi su aukštesnio slėgio lauku virš Vidurio Europos, todėl tik iš dalies gali paaiškinti gausesnius kritulius šioje fazėje Lietuvoje ir tik pajūrio regione. Neigiama šių rodiklių fazė susijusi su kritulių stygiumi didesnėje Vakarų ir Šiaurės Europos dalyje, tačiau pavieniai iš pietvakarių ar pietų atlinkę ciklonai palieka iki pusės mėnesio normos kritulių. Tik 20 % erdvinio kritulių pasiskirstymo žiemą atvejų gali būti paaiškinti NAO / AO faze.

Tinkamesnis būdas būtų sieti NAO tipo reiškinius su standartiniais bariniais laukais virš Lietuvos teritorijos. Nustatyti temperatūros ir kritulių ryšiai su šiais standartiniais bariniais laukais (situacijomis) gali būti panaudoti didinant globalios cirkuliacijos modelių rezultatų skiriamąją gebą ar jų sukurtų prognozių regioniniam patikslinimui. Glaudžiausi

ryšiai nustatyti tik toms situacijoms, kai apatinės ir vidurinės troposferos barinio lauko nuokrypio nuo normos ženklas sutampa. Kitos, mišrios, situacijos yra mažiau pastovios laike ir labiau judrios erdvėje, kad nustatyti ryšiai būtų naudojami prognozėse.

Viena svarbi anomalijų rūšis šiame darbe liko neišnagrinėta – tai sausros. Jos taip pat priklauso nuo ilgalaikių terminių ir drėkinimo sąlygų, tačiau daug ką lemia daugiametės gruntinių vandenų svyravimo tendencijos, žemėnauda, hidroterminės sąlygos kaimyniniuose kraštuose, taip pat dirvožemio bei kraštovaizdžio savybės ir erdviniai skirtumai. Tikėtina, kad ateityje visi tiriamieji darbai, nagrinėjantys ilgalaikių hidroterminių anomalijų formavimąsi ir prognozes, bus susieti su sausrų identifikacija ir ilgalaikių jų numatymu.

## PADĖKA

Autorius dėkoja Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijų fondui, finansiškai parėmusiam šį tyrimą (sut. Nr. T-35/08), taip pat Egidijui Rimkui už metodinę pagalbą ir kritines pastabas rengiant mokslinį straipsnį.

Gauta 2009 05 20  
Parengta 2009 06 04

## Literatūra

1. Baldwin M. P., Stephenson D. B., Thompson D. W. J., Dunkerton T. J., Charlton A. J., O'Neill A. 2003. Stratospheric memory and skill of extended-range weather forecasts. *Science*. 301: 636–640.
2. Bartkevičienė G. 2004. Impact of the North Atlantic oscillation on long-term fluctuations of climatic indices in Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica*. 14(3): 66–73.
3. Barnett T. P. 1985. Variations in near-global sea level pressure. *Journal of Atmospheric Sciences*. 42: 478–501.
4. Barnston A. G., Livezey R. E. 1987. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. *Monthly Weather Review*. 115: 1083–1126.
5. Borisova L. G., Rudicheva L. M. 1968. The use of special features of natural synoptic seasons in making monthly weather forecasts. *Trudy Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo centra SSSR*. 12: 12–18.
6. Bukantis A., Bartkevičienė G. 2005. Thermal effects of the North Atlantic Oscillation on the cold period of the year in Lithuania. *Climate Research*. 28: 221–228.
7. Hurrell J. W. 1996. Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on Northern hemisphere temperature. *Geophysics Research Letters*. 23. 665–668.
8. Jalinskas P., Stankūnavičius G. 2004. Šiaurės Atlanto vandenyno paviršiaus temperatūros ryšys su atmosferos cirkuliacija virš Europos. *Geografijos metraštis*. XXXVII(1–2): 5–17.
9. Kalnay E. et al. 1996. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 77: 437–471.

10. Rogers J. C. 1984. The association between the North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation in the Northern Hemisphere. *Monthly Weather Review*. 112: 1999–2015.
11. Stankūnavičius G. 2004. North Atlantic influence on Lithuanian climate: effects of large-scale atmospheric circulation. Jan Mayen island in scientific focus. In: Skreslet S. (ed.). *NATO Science. Series IV: Earth and Environmental Sciences*. 41–54.
12. Stankūnavičius G., Bartkevičienė G. 2003. Ekstremalios atmosferos cirkuliacijos sąlygos Šiaurės Atlante: oro temperatūros ir kritulių anomalijos Lietuvoje. *Geografijos metraštis*. XXXVI(1): 18–33.
13. Stankūnavičius G., Bartkevičienė G. 2002. Ekstremalios atmosferos cirkuliacijos sąlygos Šiaurės Atlante. 1 dalis: atmosferos veiklumo centrai. *Geografija*. 38(1): 22–33.
14. Stankūnavičius G., Bartkevičienė G. 2002. Ekstremalios atmosferos cirkuliacijos sąlygos Šiaurės Atlante. 2 dalis: slėgio ir geopotencialaus aukščio anomalijos. *Geografija*. 38(2): 5–13.
15. Stankūnavičius G., Jalinskas P. 2001. Blocking activities in Europe and weather anomalies in Lithuania. *Geografijos metraštis*. XXXIV(1): 7–21.
16. Stephenson D. B., Pavan V., Bojariu R., Cardot H. 2000. Is the North Atlantic Oscillation a random walk? *International Journal of Climatology*. 20: 1–18.
17. Stonevičius E., Stankūnavičius G., Kilkus K. 2008. Ice regime dynamics in the Nemunas River. Lithuania. *Climate Research*. 36(1): 17–28.
18. Thompson D. W. J., Wallace J. M. 1998. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophysical Research Letters*. 25: 1297–1300.
19. Thompson D. W. J., Wallace J. M. 2000. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability. *Journal of Climate*. 13: 1000–1016.
20. Thompson D. W. J., Baldwin M. P., Wallace J. M. 2002. Stratospheric connection to Northern Hemisphere wintertime weather: implications for prediction. *Journal of Climate*. 15: 1421–1428.
21. Trenberth K. E. 1984. Signal versus noise in the Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*. 112: 326–332.
22. Van Loon H., Rogers J. C. 1978. The seesaw in winter temperatures between Greenland and Northern Europe. Part I: General description. *Monthly Weather Review*. 106: 296–310.
23. Walker G. T., Bliss E. W. 1932. World Weather V. *Memoirs of the Royal Meteorological Society*. 4(36): 53–84.
24. Wallace J. M., Gutzler D. S. 1981. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Monthly Weather Review*. 109: 784–812.

Gintautas Stankūnavičius

#### PREDICTABILITY POTENTIAL OF LONG-TERM AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION ANOMALIES IN LITHUANIA

##### Summary

The influence of the North Atlantic Oscillation (NAO) and the Arctic Oscillation (AO) onto regional temperature and precipitation on monthly and seasonal timescales is well documented in scientific papers. The daily NAO index (station-based) applications are still quite rare in the scientific literature. The daily NAO index constructed using daily Iceland and Azores gridded pressure data aggregated to the 10-day mean reveals a large intraseasonal variability of correlations between the index and the surface temperature during cold seasons. Conversely, precipitation weakly correlates with the newly constructed index, except a few short periods. Late winter temperatures show a significant lagged correlation during 2 to 8 weeks. On the other hand, the abrupt change of correlations between the end of March and beginning of April and during mid winter periods indicates that the high-frequency NAO is replaced by other large-scale atmospheric patterns in such periods.

Most inertial temperature anomalies appear in calendar winter and spring, while summer is most unfavourable for maintaining an anomaly sign. Dividing a year into natural synoptic seasons reveals that the most persistent anomalies tend to occur in the real winter period and spring and are somewhat less frequent in the prewinter season. Furthermore, negative anomalies seem to be more persistent than positive, except in summer, while the early summer period shows no statistically significant persistence anomalies of both signs.

Typical qualitative pressure field patterns, such as positive (P) or negative (N) pressure anomalies in the middle and lower troposphere and their combinations, are good indicators of persistent temperature and precipitation anomalies. The patterns show a rather statistically significant correlation with NAO-like oscillations. The best patterns appear to be PP and NN for temperature and precipitation during warm seasons, while PN is good only for temperature during a cold season. The least persistent pattern is NP, and it cannot diagnose hydrothermal anomalies.

Regardless of the relations between persistent regional weather anomalies and their potential predictors identified in this study, the main task did not include developing the methodology of forecasting anomalies. On the other hand, the most important “derivations” of the persistent temperature and precipitation anomalies are droughts and floods. The former has a rather long memory and depends on the accumulated effect of circulation patterns.

**Key words:** interia of anomalies, atmospheric circulation, North Atlantic oscillation