

## **Ekstremalios atmosferos cirkuliacijos sąlygos Šiaurės Atlante: slėgio ir geopotencialaus aukščio anomalijos**

---

**Gintautas Stankūnavičius, Galina Bartkevičienė**

*Vilniaus universitetas*

*El. paštas: gintautas.stankunavicius@gf.vu.lt, galina.bartkeviciene@gf.vu.lt*

---

### **ĮVADAS**

Atmosferos veiklumo centrai (AVC), išskirti pagal slėgio jūros lygyje duomenis, net priešingos atmosferos cirkuliacijos fazių laikotarpiams mažai keičia savo padėtį. Ypač tai akivaizdu tiriant Islandijos ciklono dinamiką – didžiausias atstumas tarp galimų centro padėčių būna nedidesnis kaip 2000 km (Serreze et al., 1997). Taigi analizuojant atmosferos cirkuliacijos savybes, vien atmosferos veiklumo centrų tyrimo nepakanka. Kitas kelias tai – slėgio nuokrypių nuo klimatinės normos ženklo, dydžio (amplitudės) ir geografinės padėties įvertinimas. Būtent čia geografinė padėtis vaidina didžiausią vaidmenį: slėgio nuokrypių (toliau tekste jie bus vadinami anomalijomis) centrai dažnai išeina už atmosferos veiklumo centrų poveikio zonų. Tai leidžia įvertinti slėgio jūros lygyje ar jo gradientų (platumine ir meridianine kryptimi) kaitą toli nuo Šiaurės Atlanto AVC. Be to, tiek teigiamų, tiek neigiamų anomalijų centrai gali būti ir subpoliarinėje, ir subtropinėje klimato juostoje.

Žinoma, kad šaltuoju metų laiku vidurinėje troposferoje izobarinių paviršių aukštis staigiai mažėja einant nuo tropinių link poliarinių platumų, išskyrus blokuojančių procesų atvejus (Blackmon, 1976), todėl, pavyzdžiui, vidutinio mėnesio 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio lauke išskirti tam tikrus centrus yra labai sudėtinga. Tyrimė naudojant ne tik priežeminio slėgio, bet ir izobarinių paviršių vidurinėje troposferoje aukščio anomalijas įmanoma AVC susieti su pagrindinio srauto vidurinėje troposferoje

ypatumais, cirkumpoliarinio sūkurio padėtimi, intensyvumu ir kitais rodikliais.

Didelės slėgio ir geopotencialaus aukščio anomalijos, susidaranti virš tam tikrų Žemės rutulio rajonų (dažniausiai virš vidutinių ir aukštų platumų), yra susijusios su nuolatiniais sūkuriais, apimančiais visą troposferą, o kartais ir dalį apatinės stratosferos (tik šaltuoju metų laiku) sluoksnio. Abipus tokių anomalijų formuojasi priešingos krypties srautai, formuojantys priešingo ženklo oro temperatūros (ir kritulių) anomalijas (Hurrell, 1996). Vidutinės mėnesio anomalijos slėgio lauke dar gali būti sietinos su greitai judančių sūkurių (ciklonų, slėnių) nusistovėjusiu keliu: jeigu ciklonų trajektorijos per mėnesį mažai keičiasi, tai išilgai šio kelio susidaro neigiama slėgio anomalija, o šiauriau jo – neigiama geopotencialaus aukščio anomalija vidurinėje troposferoje.

Šiame straipsnyje mėginama atskleisti atmosferos cirkuliacijos ypatumus per slėgio jūros lygyje ir geopotencialaus aukščio vidurinėje troposferoje anomalijas ekstremalių cirkuliacijos indeksų (NAO, AO) fazių laikotarpiams.

### **DUOMENYS IR DARBO METODIKA**

Tyrimė naudoti tokie pat duomenys kaip ir pirmoje tyrimų dalyje (Stankūnavičius, Bartkevičienė, 2002): NAO indekso pagal Džonsą (NAOi), NAO rodiklio, AO indekso ekstremalios reikšmės; taip pat slėgio jūros lygyje bei 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio anomalijų duomenys šaltuoju (lapkritis–kovas) metų laiku (Kalnay et al., 1996). Šioje duomenų ba-

zėje visi meteorologiniai elementai bei išvestiniai dydžiai yra asimiliuoti  $2,5 \times 2,5^\circ$  geografinio tinklelio susikirtimo taškuose.

Slėgio jūros lygyje ir geopotencialaus aukščio anomalijų padėtis buvo nustatoma atitinkamai pagal didžiausių (teigiamos anomalijos centras) ir mažiausių (neigiamos anomalijos centras) nuokrypių reikšmes nepriklausomai nuo jų geografinės padėties – šie centrai gali ir nepatekti į atmosferos veiklumo centrų poveikio zonas. Jeigu buvo išskirtas daugiau negu vienas vienodo ženklų anomalijų centras, tai antrasis pagal dydį buvo įtraukiamas į analizę kaip antrinis centras. Antrinio centro slėgio ar geopotencialaus aukščio nuokrypis turi sudaryti ne mažiau kaip du trečdalius pirminio centro reikšmės. Anomalijos ( $A_H$ ) skaičiuojamos iš vidutinės mėnesio reikšmės atimant 1973–1995 metų vidurkį:

$$|A_H| = \overline{H} - H ;$$

čia  $\overline{H}$  – vidutinė mėnesio slėgio jūros lygyje ar geopotencialaus aukščio reikšmė kiekviename geografinio tinklelio  $2,5 \times 2,5^\circ$  susikirtimo taške,  $H$  – vidutinė daugiametė to mėnesio reikšmė tuose pačiuose taškuose.

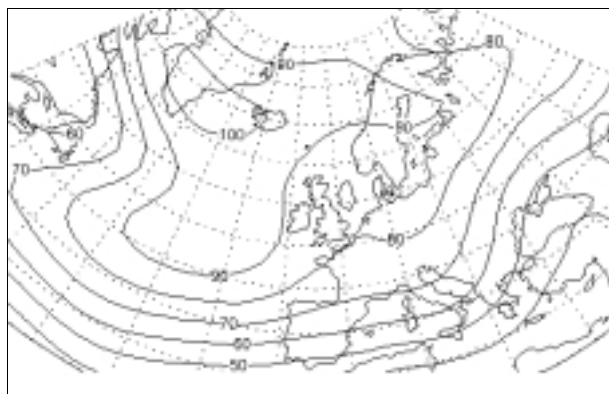
Anomalijų centrai pagal intensyvumą buvo suskirstyti į kategorijas (1 lentelė). Vidutinio kvadratinio nuokrypio reikšmės kiekviename tinklelio susikirtimo taške yra skirtingos (tiek slėgio jūros lygyje, tiek geopotencialaus aukščio), todėl  $\sigma$  reikšmės paimitos iš kiekvieno tiriamo sektoriaus geografinio tinklelio  $2,5 \times 2,5^\circ$  susikirtimo taško (1 pav.).

1 lentelė. Slėgio jūros lygyje ir 500 hPa izobarinio paviršiaus geopotencialaus aukščio anomalijų kategorijos ( $\sigma$  – vidutinis kvadratinis nuokrypis kiekviename geografinio tinklelio  $2,5 \times 2,5^\circ$  susikirtimo taške)

Table 1. Ranks of sea level pressure (SLP) and 500 hPa level geopotential height (H500) anomalies ( $\sigma$  – interannual standard deviation of SLP or H500 in every  $2.5 \times 2.5^\circ$  latlon grid point)

| Anomalijų intensyvumo kategorijos<br>Anomaly intensity ranks | Kategorijų išskyrimo kriterijai<br>Criteria of rank partition |
|--|---|
| I  | $A_H / \sigma < 1$  |
| II   | $1 \leq A_H / \sigma < 2$                                     |
| III  | $2 \leq A_H / \sigma < 3$                                     |
| IV   | $A_H / \sigma \geq 3$   |

Kaip matyti 1 paveikslėlyje, didžiausia 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio kaita sausio mėnesį fiksuojama Šiaurės Atlante, Grenlandijos jūroje, taip pat dideli aukščio tarpmetiniai svyravimai stebimi



1 pav. Sausio mėnesio 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio vidutinis kvadratinis nuokrypis (gpm) Euroatlantiniame sektoriuje

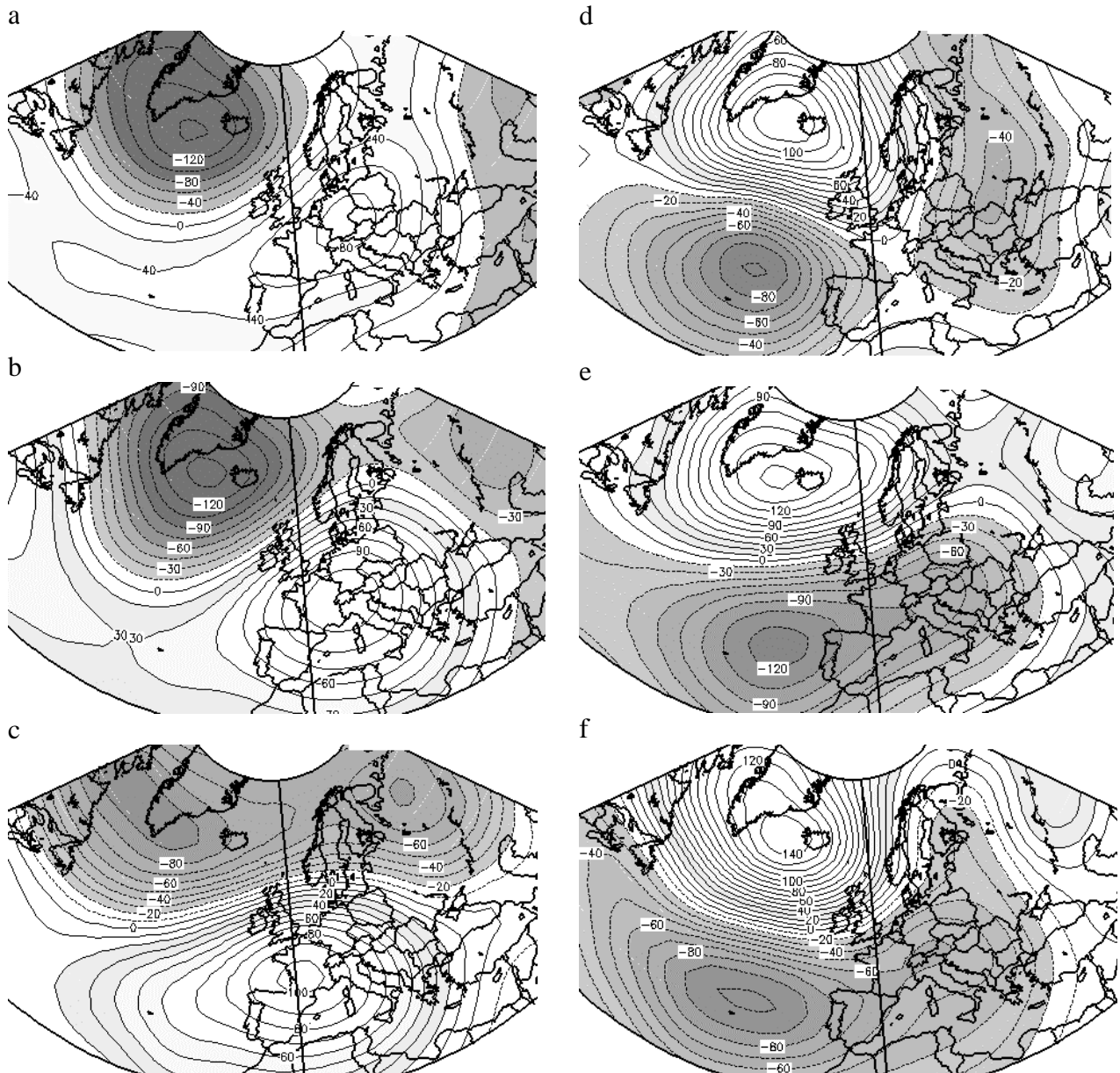
Fig. 1. Interannual standard deviation of 500 hPa level height (gpm) over the European-Atlantic sector in January

Šiaurės Atlanto viduryje bei Šiaurės rytų Atlante (Norvegijos jūroje). Tolstant nuo Atlanto link žemynų centrinių dalių bei einant iš šiaurės į pietus  $\sigma$  reikšmės mažėja. Toks  $\sigma$  pasiskirstymas nulemtas cikloninio cikloninio sukuri intensyvumo ir padėties svyravimų skirtingų atmosferos cirkuliacijos fazių laikotarpiais. Greitai judančių cikloninių sukurių regeneracija Grenlandijos–Islandijos rajone taip pat turi įtakos trumpalaikiams (3–10 dienų) geopotencialaus aukščio ir slėgio jūros lygyje svyravimams.

Taigi vienodo ženklų ir dydžio anomalijos gali priklausyti skirtingoms kategorijoms, ypač jeigu viena iš jų yra virš žemyno ar subtropinėse platumose.

### GEOPOTENCIALAUS AUKŠČIO IR SLĖGIO JŪROS LYGYJE ANOMALIJŲ ERDVINĖ SKLAIDA

Visi darbe nagrinėjami atmosferos cirkuliacijos rodikliai (NAOi, NAO, AO) išskirti remiantis slėgio bei geopotencialaus aukščio anomalijų dydžiais ir geografinė padėtimi, todėl ekstremalios jų reikšmės susijusios su griežtai lokalizuotomis ir didelės amplitudės anomalijomis. Tačiau egzistuoja ir sezoniniai šių anomalijų intensyvumo bei padėties skirtumai. Nors NAO indekso reperiniai taškai yra Šiaurės Atlante – Azorų salyne bei Islandijoje, tačiau ekstremaliai teigiamos NAOi fazės laikotarpiais didžiausia teigiama 500 hPa paviršiaus aukščio anomalija (jos vidutinė padėtis) fiksuojama Vidurio Europoje, o neigiama – Grenlandijos jūroje (2 pav., a). Panašus vaizdas stebimas ir kitais mėnesiais. Kovo mėnesį papildomas neigiamos anomalijos centras atsiranda Šiaurės Rusijoje ir Barenco jūroje (2 pav., e), o gruodžio mėnesį teigiamos anomalijos centras pasistumia iš Centrinės Europos į Portugalijos pakrantę (neparodyta).



2 pav. 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio (gpm) anomalijos ekstremaliai neigiamos (dešinėje) ir teigiamos (kairėje) NAOi fazės laikotarpiais lapkričio (a, d), sausio (b, e) ir kovo (c, f) mėnesiais. Šviesiai pilka štrichuotė žymi teigiamas, tamsiai pilka – neigiamas anomalijas

Fig. 2. The 500 hPa level height anomalies (gpm) during extremely negative (right) and positive (left) phase of NAO index in November (a, d), January (b, e) and March (c, f). Light (dark) shadings indicate positive (negative) anomaly

Neigiamos fazės laikotarpiais teigiamų ir neigiamų anomalijų centrai beveik sutampa su NAOi reperiniais taškais. Sezoniniai skirtumai stebimi žiemos pradžioje (lapkritis) ir pabaigoje (vasaris, kovas), kai šalia neigiamos anomalijos centro tarp Azorų salyno ir Pirėnų pusiasalio atsiranda kitas ne mažiau svarbus anomalijos centras Vidurio ar Rytų Europoje (2 pav., d, e ir f).

Slėgio jūros lygyje anomalijų padėtis yra 2–5° į pietus nuo geopotencialaus aukščio anomalijų centrų (ypač pietinio centro). Be to, reikia pažymėti, kad šiaurinio centro (nepriklausomai teigiamo ar neigiamo) anomalijos dydis visuomet 2–6 hPa didesnis negu pie-

tinio. Ties Lietuvos teritorija geopotencialaus aukščio anomalija neigiamos NAOi fazės laikotarpiais beveik visuomet neigiama (–10 – –60 gpm), o slėgio jūros lygyje – atitinkamai teigiama (0 – +4 hPa). Tai ypač palankios sąlygos radiaciniam paviršiaus atvėsimui. Slėgio jūros lygyje ir 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio ryšys ties Lietuvos teritorija pateiktas 2 lentelėje. Čia matyti, kad glaudžiausias ryšys yra žiemos pradžioje, esant mažiausiai saulės radiacijos prietakai. Antroje žiemos pusėje dėl ryškaus radiacinio atvėsimu po aukštuminiu (šalčio) slėniu susidarantys priežeminiai aukštesnio slėgio laukai, matyt, silpnina šį ryšį.

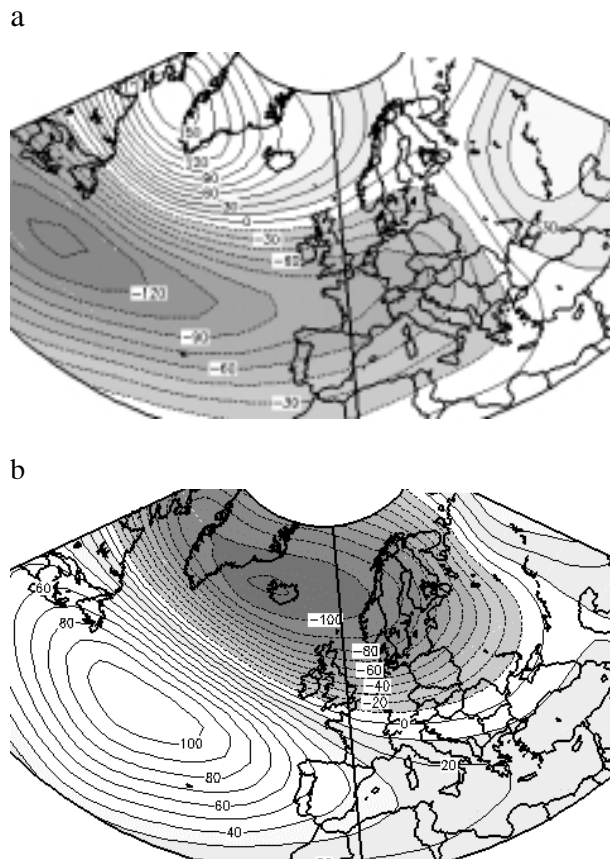
2 lentelė. Slėgio jūros lygyje ir 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio ryšys ties Lietuvos teritorija (54°–56° š. pl. ir 23°–26° r. il.)

Table 2. Relation between SLP and 500 hPa level height over Lithuanian territory (54°–56° N and 23°–26° E)

|  | Mėnesiai<br>Months |      |      |      |      |
|--|--------------------|------|------|------|------|
|  | XI                 | XII  | I    | II   | III  |
| Koreliacijos koeficientai<br>Correlation coefficient | 0,80               | 0,81 | 0,72 | 0,67 | 0,68 |

Ekstremaliais NAO rodiklio laikotarpiais slėgio ir geopotencialaus aukščio anomalijų padėtis artima NAOi anomalijoms, ypač šaltojo sezono pradžioje ir pabaigoje (lapkritis, kovas). Kalendorinės žiemos mėnesiai (gruodis–vasaris) pietinės anomalijos centras lokalizuotas tarp 30° ir 60° v. il. ir 45° ir 53° š. pl. (neigiama anomalija) bei 20° ir 55° v. il. ir 47° ir 55° š. pl. (teigiama anomalija). Šiaurinis centras yra pasistūmęs į pietryčius (NAOi centrų atžvilgiu) NAO teigiamos fazės metu ir atsitraukęs link Deviso sąsiaurio ir pietinės Grenlandijos teigiamos fazės metu (3 pav.) Toks anomalijų pasiskirstymas lemia nuolatinius rytinius srautus Vakarų ir Vidurio Atlanto vidutinėse platumose neigiamos NAO fazės laikotarpiais ir vakarinius srautus – teigiamos. Be to, teigiamai NAO fazei būdingos didelės neigiamos geopotencialaus aukščio ir slėgio anomalijos (išskyrus lapkritį) Skandinavijoje ir Baltijos regione, rodančios cikloninių sūkurių aktyvumą tokiomis laikotarpiais. Neigiamos fazės laikotarpiais ties Lietuvos teritorija slėgis jūros lygyje artimas normai ar šiek tiek aukštesnis, o geopotencialus aukštis visuomet žemesnis už normą. Šiaurinio slėgio jūros lygyje anomalijos centro padėtis nutolusi vidutiniškai 10–25° į rytus nuo atitinkamo geopotencialaus aukščio anomalijos centro, ir tai atitinka priežeminio slėgio augimo (kritimo) vietas žemiau srautų konvergencijos (divergencijos) zonų vidurinėje troposferoje, rytinėje aukštuminių gūbrių (slėnių ar ciklonų) periferijoje (Kutzbach, 1970). Pažymėtina, kad antroje žiemos pusėje (vasaris, kovas) neigiamos NAO fazės laikotarpiais atsiranda antrinė neigiamos anomalijos zona ties Vidurio ir Rytų Europa. Šis antrinis centras lemia šiaurinius srautus vidurinėje troposferoje bei šiaurės rytų pernašą priežemio sluoksnyje Baltijos regione.

AO indekso ekstremaliais laikotarpiais teigiamos ir neigiamos geopotencialaus aukščio anomalijos pasiskirsto pagal platumas. Neigiamos fazės laikotarpiais teigiama anomalija apima poliarines ir subpoliarines platumas, o neigiama – vidutinės ir subtropinės. Maksimalios anomalijų reikšmės (ir teigiamų, ir neigiamų) fiksuojamos Vakarų Atlante. Tik žiemos antroje pusėje atsiranda antrinis neigiamos anomali-

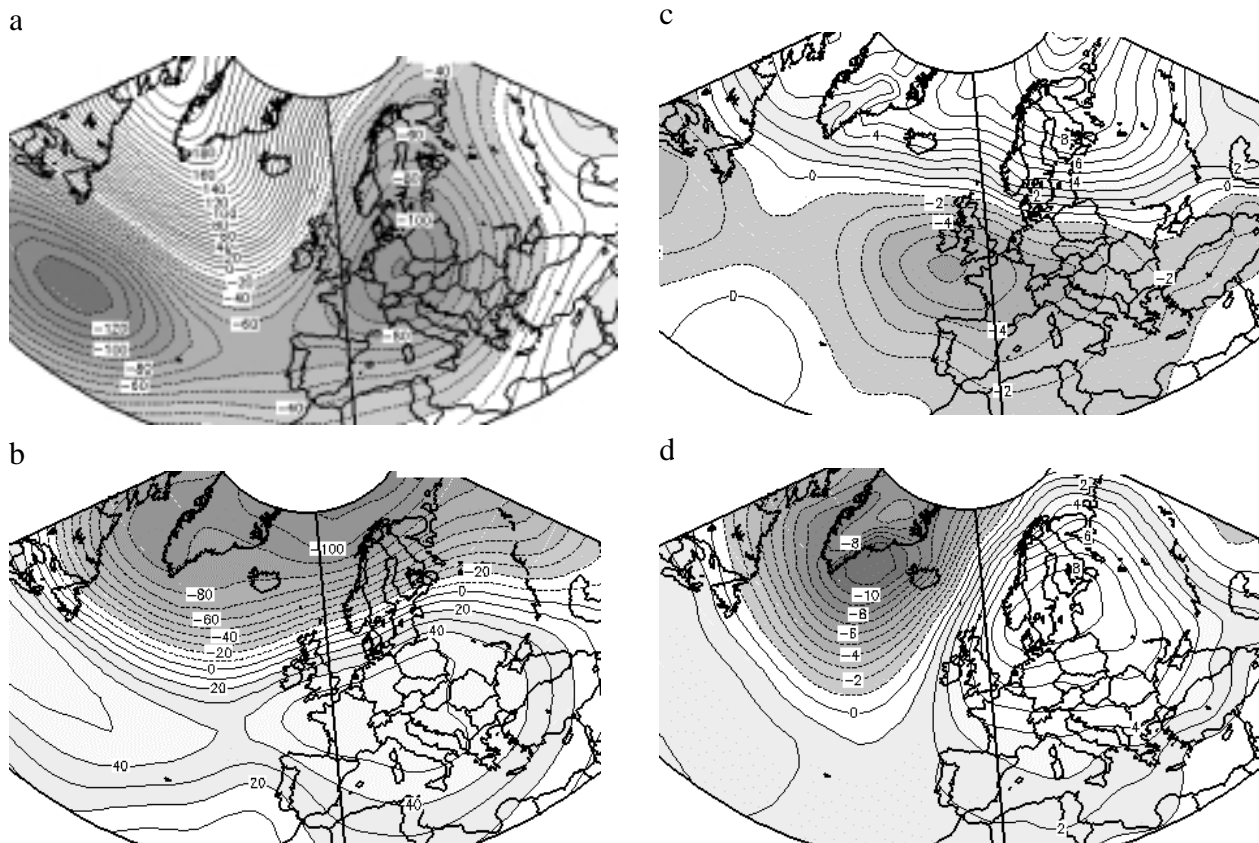


3 pav. 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio (gpm) anomalijos sausio mėnesiais ekstremaliai neigiamos (a) ir teigiamos (b) NAO rodiklio fazės laikotarpiais. Štrichų reikšmės žr. 2 pav.

Fig. 3. The 500 hPa level height anomalies (gpm) in January during extremely negative (a) and positive (b) NAO phases. Shading the same as in Fig. 2

jos centras ties Centrine Europa (4 pav., a). Priešingai, teigiamai fazei būdinga neigiama geopotencialaus aukščio anomalija Arkties baseine ir subpoliarinėje juostoje, o teigiama – vidurinėje ir subtropinėje juostoje (4 pav., b). Maksimalios anomalijų reikšmės yra pasistūmėjusios į priešingas puses nuo NAO indekso reperinių taškų: didžiausios teigiamos reikšmės fiksuojamos ties Vakarų ir Vidurio Europa, o neigiamos – ties Pietų Grenlandija ir Deviso sąsiauriu. Tik lapkričio mėnesį anomalijų padėtis įgauna meridianinį pasiskirstymą (4 pav., c ir d).

Panaši yra ir slėgio jūros lygyje anomalijų erdvinė sklaida. Skirtingai nuo geopotencialaus aukščio anomalijų, slėgio anomalijos šiaurinio centro maksimali reikšmė visada didesnė už pietinio. Baltijos regione neigiamos AO fazės metu H500 paviršiaus aukštis artimas normai arba mažesnis už normą (vasaris, kovas), o teigiamos – visada didesnis už normą; priežeminis slėgis Lietuvoje neigiamos AO fazės laikotarpiais nedaug didesnis už normą (1–7 hPa),



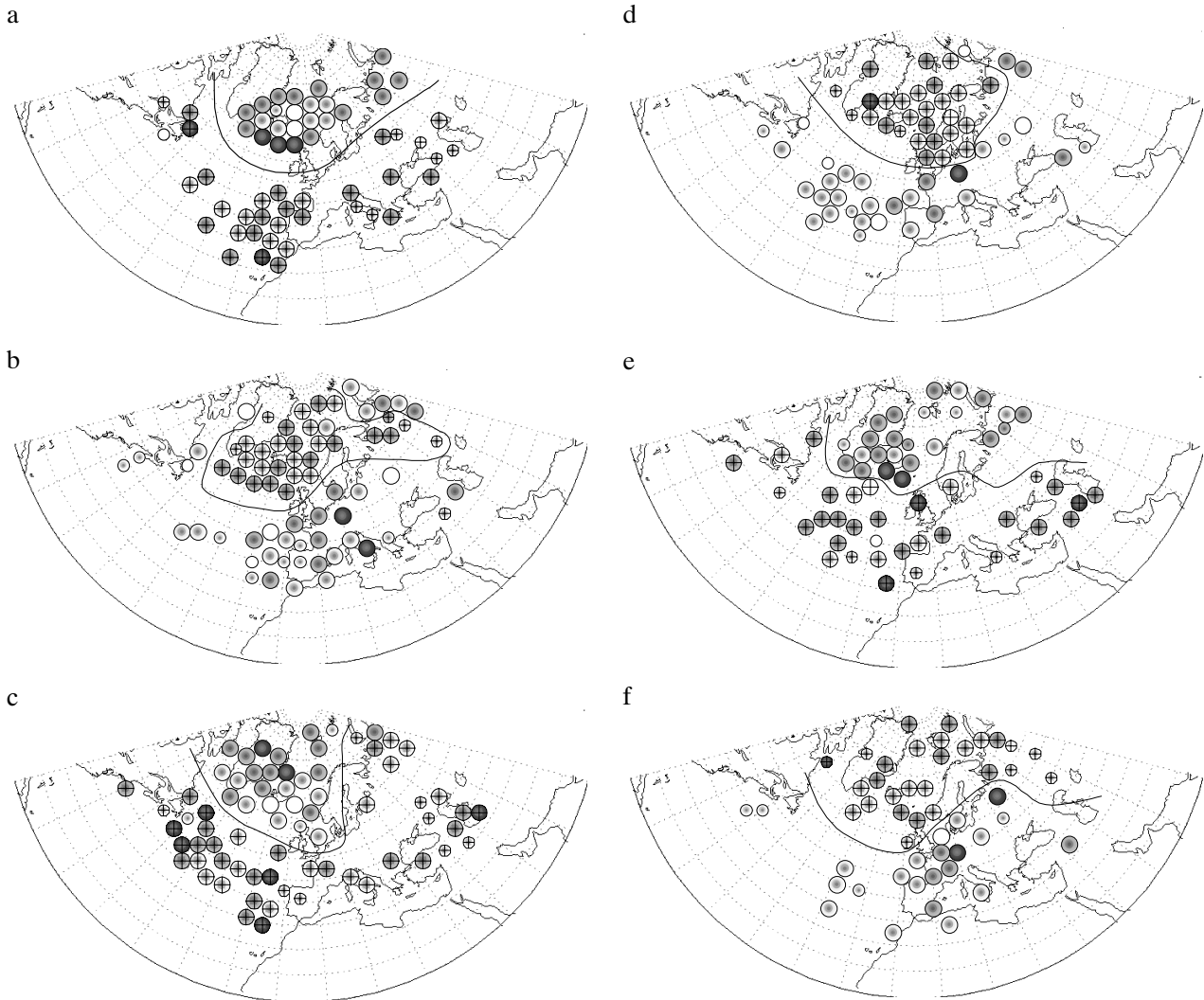
4 pav. Kovo mėnesio 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio (a, b) ir lapkričio mėnesio slėgio jūros lygyje (c, d) anomalijos ekstremaliai neigiamos (a, c) ir teigiamos (b, d) AO indekso fazės laikotarpiais. Štrichų reikšmės žr. 2 pav. Fig. 4. The 500 hPa height level anomalies (gpm) in March (a, b) and sea level pressure anomalies (hPa) in November (c, d) during extremely negative (a, c) and positive (b, d) AO index periods. Shading the same as in Fig. 2

išskyrus kovo mėnesį (2–6 hPa žemesnis), o teigiamos fazės laikotarpiais yra artimas normai (nuo –2 iki 2 hPa), išskyrus lapkričio mėnesį (2–18 hPa aukštesnis).

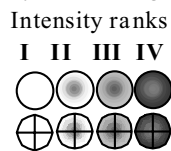
#### GEOPOTENCIALAUS AUKŠČIO IR SLĖGIO JŪROS LYGYJE ANOMALIJŲ CENTRŲ PADĖTIS IR INTENSYVUMAS

Tarp visų anomalijų centrų intensyvumo kategorijų vyrauja II ir III kategorijos centrai (tiek neigiamos, tiek teigiamos fazės laikotarpiais). Neigiamos anomalijos centrų (II ir III kategorijų) daugiau teigiamos fazės metu, jų skaičius, nors ir nedaug, viršija teigiamos anomalijos centrus ir teigiamoje fazėje. Tai galima paaiškinti cirkumpoliarinio cikloninio sūkurio intensyvumo padidėjimu, kuris pirmiausia veikia aukštesias ir vidutines platumas. Ypač tai akivaizdu AO teigiamoje fazėje. Daugiausia IV kategorijos centrų fiksuojama neigiamoje visų nagrinėtų rodiklių fazėje. Šioje fazėje, ypač priežeminio slėgio lauke, susidaro dideli nuokrypiai nuo daugiamėčio vidurkio (3 lentelė).

NAOi teigiamos fazės laikotarpiais neigiamų slėgio jūros lygyje anomalijų centrai telkiasi griežtai ribotame areale: į rytus nuo Grenlandijos ledinio skydo, į šiaurę nuo 56° š. pl. Šiaurės rytų Atlante ir 60° š. pl. Šiaurės jūroje; į vakarus nuo Skandinavijos kalnų, o labiausiai į šiaurę nutolusi padėtis – Špicbergeno salynas. Daugiausia III kategorijos centrų yra tarp 56° ir 60° š. pl. Teigiamų anomalijų centrai ne taip griežtai lokalizuoti: didžiausia jų sanaupa į vakarus ir šiaurę nuo Pirėnų pusiasalio, Tirėnų jūroje bei Azorų salyno rajone. Be to, 5 paveikslėlio b dalyje matomą didesnę teigiamų centrų erdvinę sklaidą galima paaiškinti vyraujančia aukšto slėgio juosta, ištįsusia platumine kryptimi (nuo rytinės JAV pakrantės iki Sibiro anticiklono vakarinio gūbrio). Šiaurėje jie siekia 55° š. pl. Antriniai centrai yra susitelkę piečiau Gatero kyšulio ir Poliariniame Urale. NAO rodiklio teigiamos fazės laikotarpiais neigiamų anomalijų centrai pietuose siekia Vidurio Europą (Šiaurės Atlante iki 60° š. pl.), o teigiamų koncentruojasi ties Azorų salynu, tačiau jų intensyvumas siekia tik II kategoriją. Atskirais mėnesiais III kategorijos centrai įsitvirtina Vakarų Europoje ir



Intensyvumo kategorijos



3 lentelė. Slėgio jūros lygyje ir 500 hPa izobarinio paviršiaus geopotencialaus aukščio anomalijų intensyvumo kategorijų pasikartojimas (neigiamų/teigiamų)  
 Table 3. Frequency of intensity ranks of sea level pressure (SLP) and 500 hPa level geopotential height (H500) anomaly centres (negative/positive)

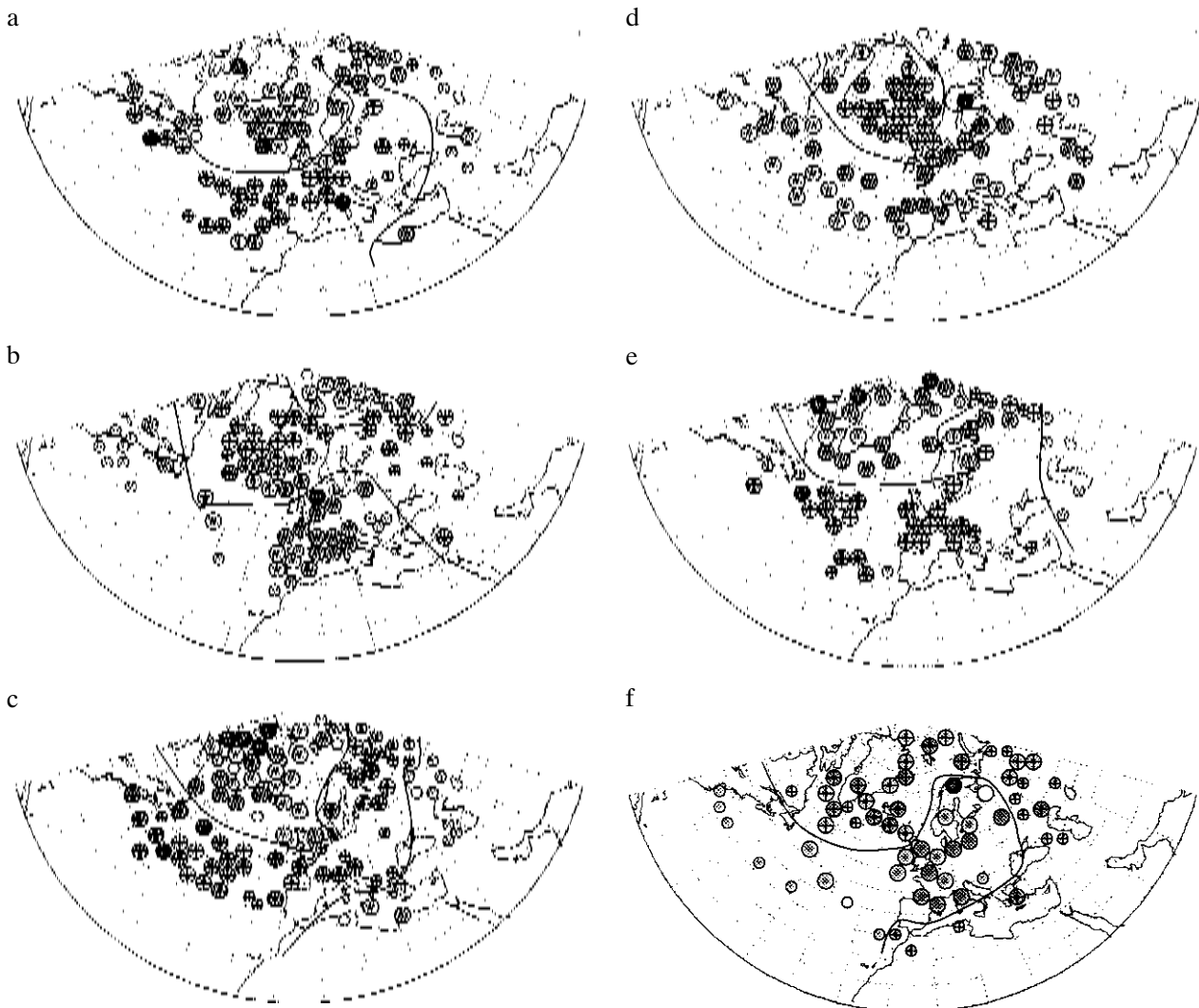
| Kategorijos<br>Ranks | Neigiama fazė<br>Negative phase      |       |       | Teigiama fazė<br>Positive phase |       |       |
|----------------------|--------------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|
|                      | NAOi                                 | NAO   | AO    | NAOi                            | NAO   | AO    |
|                      | Slėgio jūros lygyje (SLP)            |       |       |                                 |       |       |
| I                    | 1/2                                  | 1/4   | 3/1   | 3/5                             | 1/4   | -/6   |
| II                   | 14/6                                 | 18/7  | 8/8   | 13/18                           | 16/17 | 14/10 |
| III                  | 15/12                                | 15/14 | 15/14 | 14/10                           | 9/5   | 11/5  |
| IV                   | 2/3                                  | 6/2   | 3/2   | -/1                             | 1/2   | 1/2   |
|                      | 500 hPa izobarinio paviršiaus (H500) |       |       |                                 |       |       |
| I                    | 2/1                                  | 1/5   | 3/1   | 2/1                             | 1/2   | 2/2   |
| II                   | 17/20                                | 24/24 | 17/11 | 24/24                           | 20/18 | 23/15 |
| III                  | 19/12                                | 23/10 | 1/3   | 13/16                           | 10/18 | 11/8  |
| IV                   | 2/2                                  | 2/4   | -/-   | -/1                             | -/1   | -/1   |

5 pav. Slėgio jūros lygyje anomalijų centrų padėtis ir intensyvumas NAOi (a, b), NAO rodiklio (c, d) bei AO indekso (e, f) ekstremaliai neigiamais (kairėje) ir teigiamais (dešinėje) žiemos laikotarpiu (lapkritis – kovas). Užštrichuoti perbraukti skrituliai atitinka neigiamas, o neperbraukti – teigiamas slėgio anomalijas. Dideli skrituliai žymi pagrindinius centrus, o mažesni – antrinius  
 Fig. 5. The position and intensity of SLP anomalies during extremely negative (left column) and positive (right column) NAOi (a, b), NAO (c, d) and AO index (e, f) phase in winter (FDJM). Inter-crossed and filled circles indicate centers of negative anomaly and only filled – positive anomaly. The large circles represent main centers and small – the secondary one

Šiaurės Sibire (5 pav., *d*). Ekstremaliai teigiamo AO indekso laikotarpiais tiek neigiamų, tiek teigiamų anomalijų centrai nėra griežtai lokalizuoti pagal padėtį ir intensyvumą: šiauriniai centrai neperžengia 55° š. pl. ribos pietuose, tačiau šiaurėje siekia Centrinę Arktį, o rytuose – Šiaurės Rusiją. Didesnio intensyvumo pietiniai centrai koncentruojasi Vakarų Europoje (5 pav., *f*).

NAOi neigiamos fazės laikotarpiais teigiamų slėgio jūros lygyje anomalijų centrai telkiasi maždaug tame pačiame areale kaip ir neigiamų anomalijų centrai (žr. 1 pav.), tačiau jų intensyvumas viena kategorija didesnis. Ties Framo sąsiauriu jie neperžengia 70° š. pl. ribos. Didžiausias neigiamų anomalijų centrų skaičius fiksuojamas tarp Pirėnų pusiasalio vakarinės pakrantės ir Azorų salyno. Į šiaurę jie taip pat mažiau prasiskverbia negu teigiamų anomalijų centrai NAOi teigiamos fazės laikotarpiais (5 pav., *a*). Tuo tarpu antrinių centrų sklaida gerokai didesnė:

dalį jų telkiasi Pietų Rusijoje ir Užkaukazėje, kiti – Apeninų pusiasalyje ir prie Azorų salyno. NAOi rodiklio neigiamos fazės laikotarpiais teigiamų anomalijų centrai toliausiai į pietus nutolsta Šiaurės Vakarų Europoje, tačiau intensyviausi centrai koncentruojasi ties Grenlandija. Neigiamų anomalijų centrai apima plačią platuminę kryptimi išstusią juostą nuo rytinės JAV pakrantės vakaruose iki Kaspijos jūros rytuose ir, skirtingai nuo NAOi, Rusijoje siekia Naująją Žemę. Didžiausio intensyvumo centrai koncentruojasi Vakarų Atlante ir į rytus nuo Azorų (5 pav., *c*). Neigiamo AO indekso laikotarpiais teigiamų anomalijų centrai telkiasi šiauriau 60° š. pl., o intensyviausi centrai – Islandijos–Grenlandijos rajone. Neigiamų anomalijų centrai lokalizuojasi tarp 5° r. il ir 40° v. il. Kita tokių centrų telkimosi vieta – Mažoji Azija ir Iranas, jie kartu su teigiamų anomalijų centrais Šiaurės Rusijoje sudaro bipolinę sistemą (5 pav., *e*).



6 pav. Tas pats kaip ir 5 pav., tik 500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio atveju  
 Fig. 6. The same as in Fig. 5, only for H500 level

500 hPa izobarinio paviršiaus aukščio anomalijų centrų pasiskirstymas neigiamo NAOi laikotarpiais panašus kaip slėgio jūros lygyje, tačiau papildomai neigiamų anomalijų centrai fiksuojami ties Barenco jūra, o teigiamos fazės metu – papildomi teigiamų anomalijų centrai ties Centrine Arktimi (6 pav., *a*, *b*). Neigiamo NAO rodiklio laikotarpiais didžiausio intensyvumo H500 anomalijų centrai telkiasi į vakarus nuo 20° v. il. (patys intensyviausi teigiamų anomalijų centrai yra Boforto jūroje), tuo tarpu ties Europa vyrauja II–III kategorijos neigiamų anomalijų centrai. Teigiamos fazės laikotarpiais teigiamų anomalijų centrai telkiasi platuminėje juostoje tarp 30° ir 55° š.pl. lygiagrečių (šios juostos šiaurinėje pusėje centrų intensyvumas viena kategorija didesnis negu pietinėje), išskyrus vieną IV kategorijos centrą ties Kolos pusiasaliu. Neigiamų anomalijų centrų ribojamas arealas tęsiasi iš šiaurės vakarų į pietryčius (nuo Boforto jūros iki pietinės Baltijos), nors didžiausią jų koncentracija lieka į šiaurę ir pietus nuo Islandijos (6 pav., *c* ir *d*). Ekstremaliais AO indekso laikotarpiais anomalijų centrai nėra griežtai lokalizuoti kaip NAO ir NAOi. Neigiamos fazės metu didžiausio intensyvumo teigiamų anomalijų centrai telkiasi Arkties baseine, kita ne mažiau svarbi vieta – Islandijos rajonas. Lyginant su NAO atvejais, neigiamų anomalijų centrai yra pasistūmę 5°–10° į šiaurę. Teigiamos AO fazės laikotarpiais teigiamų anomalijų centrų užimamas arealas Europoje nutįsęs iš pietvakarių į šiaurės rytus (toliausiai į šiaurę nutolęs centras siekia 70° š. pl.), o subtropinėse Atlanto platumose tokių centrų nedaug ir jie neintensyvūs. Neigiamų anomalijų centrai koncentruojasi Islandijos–Grenlandijos, Pavolgio–Uralo rajonuose ir Barenco jūroje (6 pav., *e* ir *f*).

## IŠVADOS

Kaip matyti iš pateiktų pavyzdžių, atmosferos cirkuliacijos rodikliams įgaunant net ekstremalias reikšmes, slėgio ir geopotencialaus aukščio anomalijų (kurių pagalba skaičiuojami šie cirkuliacijos rodikliai) padėtis ir intensyvumas labai kinta erdvėje ir laike. Vienas būdingiausių šių rodiklių bruožų – priešingo ženklo anomalijos (jų centrai) koncentruojasi skirtingose tiriamo sektoriaus rajonuose. Ypač tai akivaizdu NAO rodiklio anomalijų atveju: neigiamos fazės laikotarpiais didžiausia neigiamų ir teigiamų anomalijų centrų koncentracija yra į vakarus nuo 20° v. il., o teigiamos fazės – į rytus. Taigi ekstremaliai priešingos NAO fazės laikotarpiais ne tik keičiasi vyraujančių srautų kryptis, bet ir jų padėtis. Priešingai, išskirti laikotarpiai pagal NAO indekso ekstremalias reikšmes rodo, kad vyraujančių srautų kryptis indeksui keičiant ženklą keičiasi virš to paties rajono – Vakarų Europos ir Rytų Atlanto. Ekstre-

malūs AO laikotarpiai išsiskiria iš pirmųjų dviejų cirkuliacijos rodiklių tuo, kad pagrindiniai barinio lauko skirtumai indeksui keičiant ženklą susidaro aukštosiose platumose. Be to, šiais laikotarpiais pietiniai anomalijų centrai (teigiami teigiamoje fazėje ir neigiami neigiamoje fazėje) toliausiai iš visų trijų tirtų rodiklių pasistumia į šiaurę, ypač ties Skandinavija ir Rytų Europa.

Iš visų tirtų šaltojo laikotarpio mėnesių labiausiai išsiskiria lapkritis. Šį mėnesį vietoj platuminio anomalijų pasiskirstymo Šiaurės Atlante turime labiau meridianinį. Taip pat NAO ir NAOi teigiamos fazės metu lapkričio mėnesiais virš Lietuvos fiksuojamos didelės slėgio jūros lygyje ir geopotencialaus aukščio anomalijos. Tai rodo, kad atmosferos cirkuliacijos bruožai lapkričio mėnesį nėra būdingi žiemai (Букантис, 1992). Viduržemių tik teigiamoje NAO rodiklio fazėje slėgis ir geopotencialus aukštis virš Lietuvos yra anomaliai žemas, neigiamų anomalijų centrai priartėja prie pietinės Baltijos. Tai pagrindinis greitai judančių cikloninių sukurių trajektorijų rodiklis. Kovo mėnesį tik neigiamoje NAO rodiklio fazėje Centrinėje ir Rytų Europoje susidaro antras neigiamos anomalijos rajonas (pagal dydį artimas Atlanto pietinei anomalijai). Taigi žiemos pabaigoje šis rodiklis rodo didesnę terminų sąlygų atšiaurumą tuose rajonuose negu kiti du.

Tokie anomalijų erdviniai skirtumai atsiranda dėl kelių priežasčių:

1) NAO rodiklis neturi reperinių taškų kaip NAO indeksas ir jo reikšmės labai priklauso nuo žiemos mėnesio, tai yra reaguoja į barinio lauko konfigūracijos ir gradientų sezoninę kaitą (Barnston and Livezey, 1987; Wallace and Gutzler, 1981);

2) AO indeksas rodo bendrą cirkumpoliarinio sukurių intensyvumą – vidutinio slėgio skirtumą tarp vidutinių ir aukštų platumų, todėl pakanka, kad priešingame (Ramiojo vandenyno) sektoriuje gradientai padidėtų meridianine kryptimi ir AO indeksas taps neinformatyviu Atlantoeuropiniame sektoriuje (Thompson and Wallace, 1998);

3) NAO indeksas skaičiuojamas pagal priežeminių slėgio lauką, todėl geopotencialaus aukščio anomalijos vidurinėje troposferoje ne visada atitinka priežemines slėgio anomalijas.

Gauta 2002 10 02  
Parengta 2002 10 11

## Literatūra

Barnston A. G. and Livezey R. E. (1987). Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. *Mon. Wea. Rev.* 115: 1083–1126.  
Blackmon M. L. (1976). A climatological spectral study of the 500 mb geopotential height of the Northern Hemisphere. *J. Atmos. Sci.* 33: 1607–1623.



Hurrell J. W. (1996). Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on Northern Hemisphere temperature. *Geophys. Res. Lett.* 23: 665–668.

Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woolen J., Zhu Y., Chelliah M., Ebisuzaki. W, Higgins W., Janowiak J., Mo K. C., Ropelewski C., Wang J., Leetmaa A., Reynolds R., Jenne R. & Joseph D. (1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 77: 437–471.

Kutzbach J. E. (1970). Large-scale features of monthly mean Northern Hemisphere anomaly maps of sea-level pressure. *Mon. Wea. Rev.* 98: 708–716.

Serreze M. C., Carse F., Barry R. G. and Rogers J. C. (1997). Icelandic low cyclone activity: climatological features, linkages with NAO, and relationships with recent changes in the Northern Hemisphere circulation. *J. Climate.* 10: 453–464.

Stankūnavičius G., Bartkevičienė G. (2002). Ekstremalios atmosferos cirkuliacijos sąlygos Šiaurės Atlante. 1 dalis: atmosferos veiklumo centrai. *Geografija.* 38(1): 22–33.

Thompson D. W. J. and Wallace J. M. (1998). The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophys. Res. Lett.* 25: 1297–1300.

Wallace J. M. and Gutzler D. S. (1981). Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.* 109: 784–811.

Bukantis A. (1992). Ekstremalioje zimy Pribaltiki. Doktorskaja dissertacija (rukopis). Sankt-Peterburg.

**Gintautas Stankūnavičius, Galina Bartkevičienė**

**EXTREME CONDITIONS OF ATMOSPHERIC CIRCULATION IN THE NORTH ATLANTIC. ANOMALIES OF SEA LEVEL PRESSURE AND GEOPOTENTIAL HEIGHT**

**S u m m a r y**

The anomalous pressure field over the Atlantic-European sector during extreme atmospheric circulation periods is considered. These periods are determined using high positive and negative values of circulation indices such as NAO index (by Jones), NAO (as teleconnection pattern) amplitudes and AO index. The main resemblance and differences between these indices are given in the previous part of this work (Bartkevičienė, Stankūnavičius, 2002). All necessary data including the anomaly values of sea level pressure (further SLP) 500 hPa level geopotential height (further H500) are obtained from NCEP/NCAR Reanalysis on their website. The time-series of circulation indices used in this paper are taken from the same

sources as in Part One. Besides, there are determined the position and intensity of the centers of anomalies. Their intensity is characterized by four ranks. The ranks are distinguished using the standard deviation ( $\sigma$ ) of SLP and H500 as a threshold. The anomaly value in every grid point is divided by  $\sigma$ . When this ratio is less than unity the first rank is determined, when it is greater or equal to unity but less than two is the second rank, etc.

The anomaly field analysis shows that there always exist dipole or multipole field structures. This is evident, because the calculation procedures of circulation indices are referred to these anomalies, although there are determined large longitudinal position shifts of anomaly fields when the phase sign of some index is changed (this is especially actual for NAO). During the positive phase a large number of positive and negative anomaly centers are located east from 20W, and the during negative phase they are concentrated in the West Atlantic. So the tropospheric flow associated with those anomaly fields changes its direction in different regions during different phase periods. The anomaly field structure remains approximately at the same position using the NAO index to determine extreme circulation. When the AO index reaches the extreme values, the North Atlantic anomaly dipole is shifted 5–20° north from NAO anomaly positions.

Also, high intraseasonal anomaly positions and intensity variations are found. The November circulation conditions appear quite different from the rest part of winter. During the phase of positive indices (NAOi, NAO and AO) the latitudinal anomaly structure in the North Atlantic is disordered and is most similar to a wave pattern. The end of winter also differs in the structure of anomalies and location of centers. The negative phase of NAO is distinguished by a secondary negative anomaly area over Central and Eastern Europe, and some II and III class intensity centers are fixed to the east of Lithuania in the middle troposphere.

The SLP field over Lithuania in positive phase has a slightly or medium positive anomaly (except March). The same picture is seen also at a 500 hPa level. During the negative phase (NAO, AO) SLP has a slightly positive anomaly or is close to normal. On the contrary, in the middle troposphere the negative anomaly prevails. Such conditions are very favorable for radiative cooling. During NAO positive phase the negative SLP (and H500) anomaly centers are closest to the Lithuanian territory, implying a higher number of fast moving eddies to reach the southern Baltic under such conditions.

NAO as a teleconnection pattern shows the most severe circulation conditions during the negative and mildest during the positive phase over the Eastern Baltic.