

Vėjo krypties ir greičio kaita Lietuvoje 1971–2010 metais

Skirmantė Strolytė,

Egidijus Rimkus

*Vilniaus universitetas,
M. K. Čiurlionio g. 21/27, LT-03101 Vilnius
El. paštas: skirmante.stolyte@gmail.com;
egidijus.rimkus@gf.vu.lt*

Strolytė S., Rimkus E. Vėjo krypties ir greičio kaita Lietuvoje 1971–2010 metais. *Geografija*. T. 48(2). ISSN 1392-1096.

Tyrimo tikslas – įvertinti vėjo režimą ir jo kaitą 1971–2010 m. laikotarpiu bei nustatyti vėjo rodiklių (krypties ir greičio) ryšį su Šiaurės Atlanto Osciliacijos (NAO) ir Arkties Osciliacijos (AO) indeksais. Darbe analizuoti aštuonių Lietuvos meteorologijos stočių mėnesiniai vėjo krypties ir greičio duomenys.

Vėjo krypčių pasikartojimo kaitos tendencijos Lietuvos teritorijoje labai skiriasi. Didžiausi pokyčiai užfiksuoti žiemą. Vėjo krypčių režimas itin stipriai pakito Utenos ir Klaipėdos meteorologijos stotyse. Vidutinis metinis vėjo greitis 1971–2010 m. beveik visose meteorologijos stotyse mažėjo. Stipriausi neigiami pokyčiai užfiksuoti toliau nuo jūros nutolusiose stotyse. Labiausiai susilpnėjo V ir PV krypčių vėjai.

Nustatyta, jog NAO ir AO poveikis vėjo režimui labiausiai pasireiškia žiemą, o AO – ir rudenį. Nuo indeksų dydžio labiau priklauso vėjo kryptis nei greitis. Žiemą visose meteorologijos stotyse nustatytas didėjantis vakarinių rumbų vėjų pasikartojimo dažnumas bei mažėjantis rytinių rumbų pasikartojimas (esant aukštomis NAO/AO reikšmėms). Be to, išauga ir vėjo greitis pučiant vakarinių bei pietinių rumbų vėjams.

Raktažodžiai: vėjo kryptis, vėjo greitis, NAO, AO

ĮVADAS

Vėjas – vienas iš svarbiausių klimatinės sąlygas apibūdinančių meteorologinių elementų. Su juo susiję staigios orų permainos, drėgmės ir šilumos pokyčiai (Lietuvos klimato..., 1996). Priežeminio ir aukštesnių atmosferos sluoksnių vėjo režimo pokyčiai yra analizuoti daugelyje tyrimų (Keevallik, Rajasalu, 2001; Achberger ir kt., 2006). Lietuvoje vėjo krypties ir greičio rodiklių daugiametė kaita iki šiol mažai nagrinėta, daugiausia tirta erdvinė sklaida teritorijoje (Kaušyla, 1959; Buzas ir kt. 1966; Bukantis, 1994) ir sezoninė bei paros eiga (Galvonaitė ir kt., 2007). Tiriant vėjo greičio dinamiką nustatyta, kad Lietuva – silpnų vėjų šalis: stipriausi vėjai pučia pajūryje, o silpniausi – pietryčių smėlingoje lygumoje. Vėjo greitis turi ryškia paros ir metinę eigą: stipriausi vėjai – naktį ir paryčiui, o silpniausi – po pietų, taip pat stipriausi vėjai vyrauja šaltuoju metų laiku, o silp-

niausi – šiltuoju (Lietuvos klimato..., 1996). Pagrindinė priežastis, ypač apsunkinanti šių rodiklių kaitos tyrimus, yra ta, kad rodiklių reikšmės labai priklauso nuo supančios aplinkos pokyčių. Tokie pokyčiai gali būti susiję ir su stoties perkėlimu, ir su ją supančio landšafto pokyčiais. Todėl neretai sunku atskirti, kurie vėjo režimo pokyčiai susiję su klimato, o kurie su supančios aplinkos pasikeitimais. Atliktais tyrimais nustatyta, jog XX a. paskutiniaisiais dešimtmečiais (analizuotas laikotarpis iki 1990 metų) daugėjo vakarų rumbų vėjų pasikartojimas, be to Lietuvoje mažėjo regioniniai skirtumai. Sumažėjo ir vidutinis vėjo greitis (Bukantis ir kt., 2001).

Vėjo krypties ir greičio pasikeitimai taip pat neatsiejami nuo atmosferos cirkuliacijos. Kitų šalių mokslininkų tyrimų duomenimis, egzistuoja ryšys tarp vėjo greičio ir krypties su stambaus masto atmosferos cirkuliacijos indeksais (Spears, Jones, 2010; Jaagus, Kull, 2011). Atlikti tyrimai Estijoje

parodė, kad PV ir V vėjų pasikartojimas teigiamai koreliuoja su NAO ir AO indekso reikšmėmis (Jaagus, Kull, 2011). Vokietijos mokslininkai, analizuodami NAO fazės ryšį su vėjo sąlygomis Šiaurės Europoje, aiškino vėjo energijos produktyvumo indekso svyravimus (Albers, 2004). Lietuvoje vėjo greičio ir krypties ryšys su šiais atmosferos cirkuliacijos indeksais dar nebuvo nagrinėtas.

Darbo tikslas – išnagrinėti vėjo krypties ir greičio pasikartojimą, daugiamečę kaitą 1971–2010 m. laikotarpiu bei nustatyti ryšį su Šiaurės Atlanto Osciliacijos (NAO) ir Arkties Osciliacijos (AO) indeksais.

DUOMENYS IR DARBO METODIKA

Darbe analizuojami aštuonių Lietuvos meteorologijos stočių (MS) (Biržų, Kauno, Klaipėdos, Kybartų, Panevėžio, Šilutės, Telšių ir Utenos) 1971–2010 m. mėnesiniai vėjo krypties ir greičio duomenys. Analizei pasirinktos stotys, kurių aplinka nekito ar pasikeitė labai nežymiai, be to, jos atstovauja skirtingiems Lietuvos rajonams. Vėjo krypties ir greičio duomenys buvo gauti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos archyvų. NAO ir AO indeksų reikšmės kiekvienam tiriamojo laikotarpio mėnesiui gauti iš NOAA duomenų bazės. Naudotas standartizuotas indeksas kiekvienam sezono mėnesiui (Barnston, Livezey, 1987).

Meteorologijos stotys buvo pasirenkamos ir remiantis flugerio atvirumo klase, kuri Lietuvoje svyruoja nuo 5c iki 10b. Atviriausia Klaipėdos MS priklauso 10b klasei, kas rodo, jog ji yra prie vidinės jūros kranto, plokščioje reljefo formoje. Biržų, Kauno, Panevėžio ir Šilutės meteorologijos stotys yra 7b klasės, t. y. toli nuo vandens telkinių, tarp atskirų užstojančių elementų, plokščioje reljefo formoje. Telšiai ir Utena priklauso 7a klasei – yra išgaubtoje reljefo formoje. Uždariausia, esanti tarp didesnio kiekio užstojančių elementų, Kybartų MS priklauso 6a klasei (Lietuvos klimato..., 1996).

Siekiant įvertinti vėjo greitį pagal kryptis Lietuvoje buvo braižomos 1971–2010 m. laikotarpio vėjo rožės, taip pat sudarytos atskiros 1971–1990 ir 1991–2010 m. vėjo rožės. Tokiu būdu įvertinti ir daugiamečiai vėjo greičio pokyčiai.

Analizuojant AO ir NAO ryšį su vėjo krypties ir greičio pasikartojimu, cirkuliacijos indeksai buvo išskaidyti į tris intervalus: $AO/NAO > 0,5$,

$-0,5 < AO/NAO < 0,5$ ir $AO/NAO < -0,5$. Buvo apskaičiuotas vėjo rodiklių skirtumas esant skirtingoms NAO reikšmėms.

Nustatytų pokyčių statistinis reikšmingumas buvo įvertintas naudojant Stjudento kriterijų. Pasirinktas 0,05 statistinio reikšmingumo lygmuo.

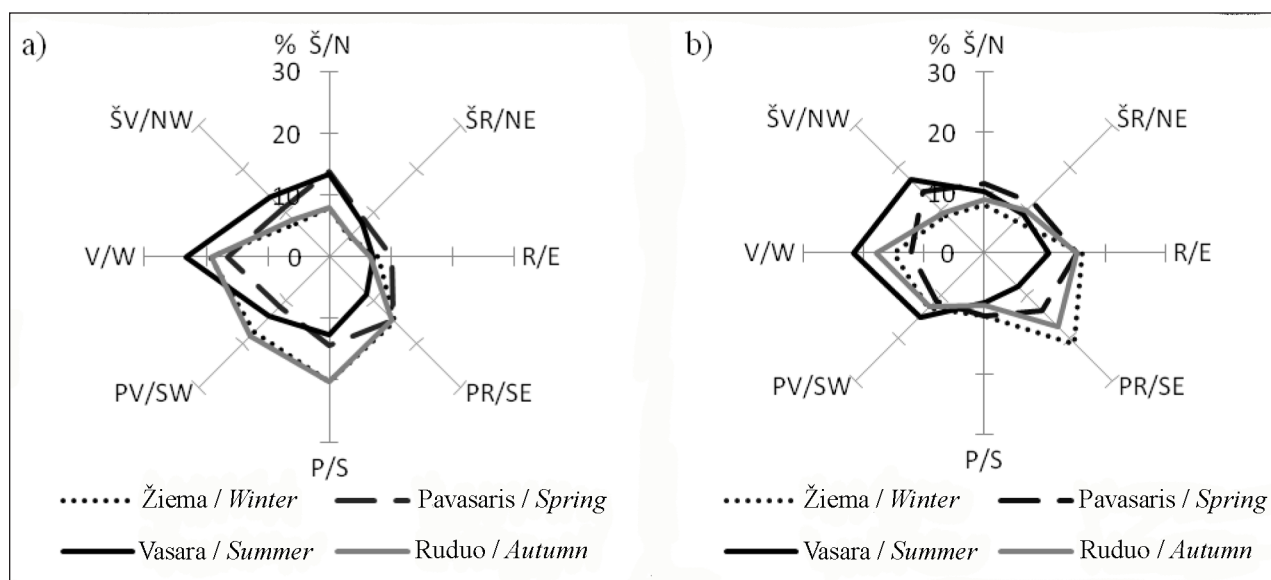
VĖJO KRYPTYS LIETUVOJE 1971–2010 METAIS

1971–2010 m. beveik visoje Lietuvos teritorijoje vyraavo vakarinių ir pietinių rumbų vėjai, nors Klaipėdoje gana dažnai fiksuoti ir rytinių rumbų vėjai. Visose meteorologijos stotyse rečiausiai pasitaikė šiaurinių rumbų, o Utenoje ir Kaune – ir rytų rumbų vėjai.

Atmosferos cirkuliacijai persitvarkant į žiemos laikotarpį, kai suaktyvėja Sibiro anticiklono veikla, labai sumažėja šiaurinių kryptų vėjų, o padidėja pietinių (P, PV) (Galvonaitė ir kt., 2007). Tai būdinga daugeliui tirtų vietovių. Klaipėdoje ir Šilutėje žiemos sezonu, skirtingai nei kitose meteorologijos stotyse, dažniausiai pasikartoja PR vėjas (1 pav.). Pavasarį pradeda daugėti šiaurinių rumbų vėjų, kartu mažėja pietinių. Šiaurinių rumbų kryptų pasikartojimas, palyginti su žiemos sezonu, išauga visose MS 3–6 %, o P ir PV vėjų visose MS, išskyrus Klaipėdos, sumažėja 2–11 %. Vasarą dažniau kartojasi vakarinių rumbų vėjai. Visose Lietuvos MS vasarą vyrauja V krypties vėjai, jų pasikartojimas kinta nuo 15 % Panevėžyje iki 24 % Šilutėje. Visose MS 4–6 % sumažėja PR ir 3–5 % R kryptų vėjo pasikartojimas. Rudens pradžioje dar gana dažnai pučia V, bet pamažu ima dažnėti P kryptų vėjai. Š ir ŠR vėjai jau gana reti. Šaltasis laikotarpis Lietuvoje pasižymi pastovesniais vėjais (Galvonaitė ir kt., 2007). Rudens sezoną vyrauja panašios krypties vėjai kaip ir žiemą (1 pav.).

Nagrinėjant vėjo kryptų metinio pasikartojimo 1971–1990 ir 1991–2010 m. skirtumus (1 lentelė), paaiškėjo, jog pokyčiai Lietuvos teritorijoje gana stipriai varijuoja. Pajūryje daugiausia išaugo PV ir ŠR vėjų, o likusioje teritorijos dalyje PV vėjų mažėjo. Beveik visur padaugėjo R vėjų, nors pokyčiai nėra statistiškai reikšmingi. ŠV vėjų pasikartojimas Klaipėdoje, Šilutėje ir Utenoje statistiškai reikšmingai išaugo, o kitur šiek tiek sumažėjo.

Analizuojant vėjo krypties pasikartojimo žiemą pokyčius, didžiausi pasikeitimai užfiksuoti Utenos meteorologijos stotyje: čia labiausiai sumažėjo



1 pav. Sezoniniai vėjo krypčių pasikartojimo skirtumai 1971–2010 m.: a) Kaune; b) Klaipėdoje
Fig. 1. Seasonal changes in wind direction in 1971–2010: a) Kaunas; b) Klaipėda

1 lentelė. Vidutinių metinių vėjo krypčių pasikartojimo 1991–2010 ir 1971–1990 m. skirtumas (%). **Teigiamas dydis rodo pasikartojimo didėjimą. Statistiškai reikšmingi dydžiai pajuodinti ($\alpha < 0,05$)**

Table 1. The difference (%) of mean annual wind direction recurrence in 1991–2010 and 1971–1990. A positive value indicates increases of recurrence. Statistically significant values marked in bold ($\alpha < 0.05$)

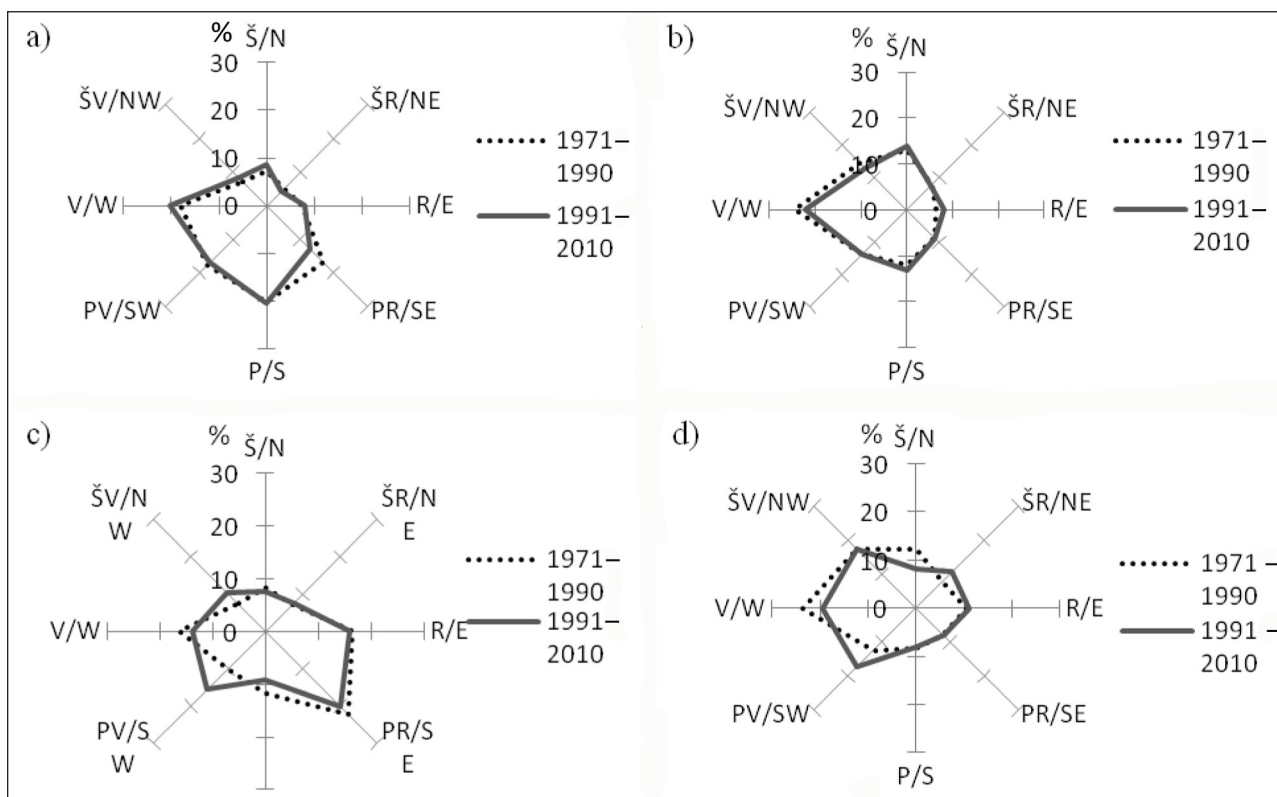
	Š/N	ŠR/NE	R/E	PR/SE	P/S	PV/SW	V/W	ŠV/NW
Biržai	-0,6	0,2	0,5	-1,4	0,3	-0,1	1,6	-0,5
Kaunas	1,5	-0,5	0,8	-0,9	0,9	-0,8	-0,6	-0,3
Klaipėda	-2,6	2,7	0,6	-1,5	-1,7	4,1	-3,8	2,2
Kybartai	0,2	0,4	1,0	-1,2	0,4	-1,3	1,2	-0,6
Panevėžys	1,1	0,6	1,1	-0,9	0,9	-1,6	0,0	-1,1
Šilutė	0,6	-1,2	-1,9	1,5	-0,7	-0,9	1,2	1,4
Telšiai	0,8	-0,6	2,7	-0,8	1,1	-3,4	0,4	-0,3
Utena	-2,2	1,0	0,8	4,9	-7,6	2,7	-3,8	4,1

P krypties pasikartojimas (7 %), o PV ir ŠV vėjo pasikartojimas 4 % išaugo. PV vėjo pasikartojimas taip pat gana akivaizdžiai padažnėjo ir Klaipėdoje – 6 % (2 pav.). Šilutės meteorologijos stotyje R krypties vėjo pasikartojimas 1991–2010 m. sumažėjo 6 %.

Vasaros laikotarpiu vėjo krypties pokyčiai mažesni nei žiemos. Labiausiai antrojo laikotarpio vasarą (1991–2010 m.) sumažėjo V krypties vėjo pasikartojimas Utenoje ir Klaipėdoje – 4–5 %. Utenoje 5 % sumažėjo ir P krypties vėjo pasikartojimas, tiek pat padažnėjo PR. Klaipėdoje sumažėjo Š ir padažnėjo PV krypties vėjo pasikartojimas antruoju laikotarpiu (2 pav.).

VĖJO GREITIS LIETUVOJE 1971–2010 METAIS

Vidutinis metinis vėjo greitis Lietuvoje analizuojamuoju laikotarpiu kito nuo 2,9 m/s Utenoje iki 4,7 m/s Klaipėdoje. Klaipėdoje 1998 m. buvo užfiksuota aukščiausia rodiklio reikšmė (6,3 m/s), o Utenoje 2004 ir 2010 m. – mažiausia (2,3 m/s). Analizuojant vėjo greitį pagal kryptis aštuoniose meteorologijos stovyse, nustatyta, jog vidutiniškai stipriausias vėjas Lietuvoje pučia iš V ir PV (atitinkamai 4,0 ir 3,9 m/s), o silpniausias iš ŠR (2,6 m/s). Klaipėdoje vidutinis V krypties vėjo greitis siekia 6,0 m/s (2 lentelė).



2 pav. Vėjo krypties pasikartojimas 1971–1990 ir 1991–2010 m.: a) Kaune žiemą; b) Kaune vasarą; c) Klaipėdoje žiemą; d) Klaipėdoje vasarą

Fig. 2. Reoccurrence in wind direction in 1971–1990 and 1991–2010: a) Kaunas winter; b) Kaunas summer; c) Klaipėda winter; d) Klaipėda summer

2 lentelė. Vidutinis metinis vėjo greitis Lietuvoje pagal vėjo kryptis 1971–2010 m. (m/s)

Table 2. The average annual wind speed (m/s) in Lithuania according to the wind direction in 1971–2010

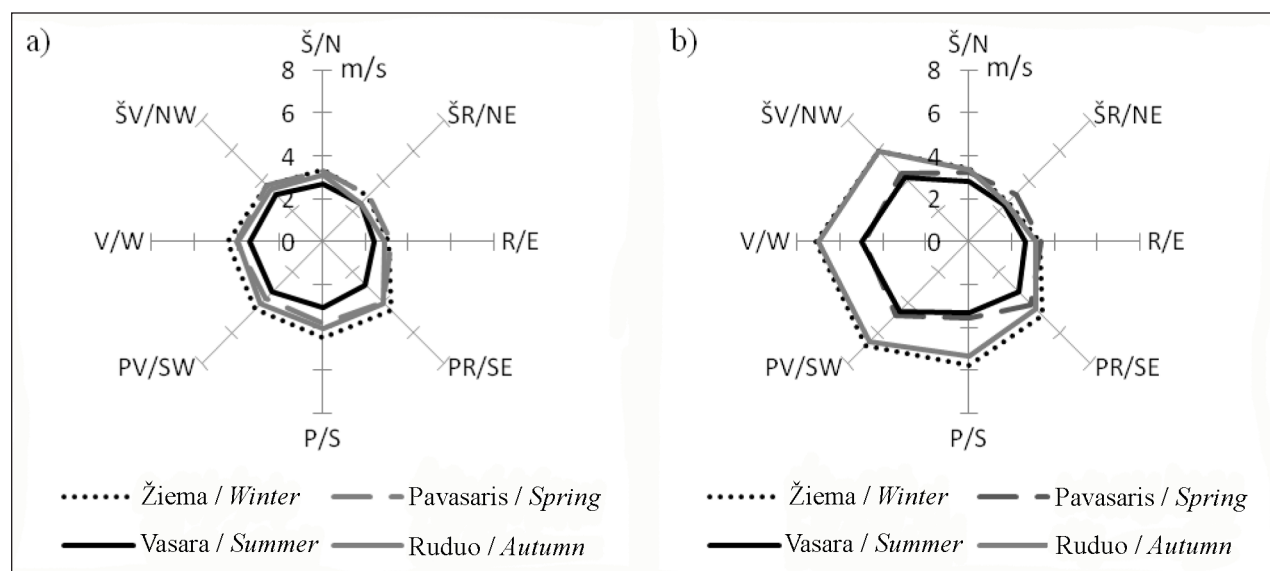
	Š/N	ŠR/NE	R/E	PR/SE	P/S	PV/SW	V/W	ŠV/NW
Biržai	2,9	2,9	3,2	3,6	3,3	3,4	3,3	3,2
Kaunas	3,1	2,8	2,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,5
Klaipėda	3,2	2,6	3,2	4,2	4,5	5,7	6,0	5,1
Kybartai	2,5	2,2	2,5	3,2	3,5	3,6	3,6	2,9
Panevėžys	2,8	2,8	2,9	3,1	3,3	3,8	3,8	3,4
Šilutė	2,6	2,5	3,1	3,4	3,0	4,4	4,9	4,0
Telšiai	2,6	2,5	2,5	2,9	2,9	3,3	3,3	3,0
Utena	2,7	2,4	2,4	2,7	2,7	2,9	3,1	2,7

Žiemą ir rudenį vėjai Lietuvoje stipresni, o pavasarį ir ypač vasarą – silpnesni (3 pav.). Ryškiausias sezoniskumas nustatytas Klaipėdos MS: vasarą ir pavasarį ŠV, V, PV ir P krypčių vėjo greitis 1,6–2,2 m/s mažesnis nei žiemos bei rudens sezonu.

Lyginant vėjo greitį 1971–1990 ir 1991–2010 m. (3 lentelė) paaiškėjo, jog vėjo greitis antruoju laikotarpiu buvo mažesnis beveik visose meteorologijos stotyse (išskyrus Šilutę). Galima teigti, jog

ankstesnių tyrimų nustatyta tendencija, jog vėjo greitis Lietuvoje mažėja (Bukantis ir kt., 2001) išlieka ir pastaraisiais dešimtmečiais.

Tolstant nuo jūros stiprėja neigiami pokyčiai. Labiausiai visų krypčių vidutinis metinis vėjo greitis antruoju laikotarpiu sumažėjo labiausiai į rytus nutolusioje Utenos MS – 0,4–0,9 m/s. Visų krypčių vėjo greitis taip pat sumažėjo Biržuose ir Kaune. Visose stotyse silpnėjo PV vėjai.



3 pav. Sezoninė vėjo greičio (m/s) kaita Kaune (a) ir Klaipėdoje (b) 1971–2010 m.

Fig. 3. Seasonal changes in wind direction in 1971–2010: a) Kaunas; b) Klaipėda

3 lentelė. Vidutinio metinio vėjo greičio (m/s) 1991–2010 ir 1971–1990 m. skirtumas Lietuvoje. Teigiamas dydis rodo vėjo greičio padidėjimą. Statistiškai reikšmingi dydžiai pajuodinti ($\alpha < 0,05$)

Table 3. The difference of mean annual wind speed in 1991–2010 and 1971–1990. A positive value indicates increases of recurrence. Statistically significant values marked in bold ($\alpha < 0.05$)

	Š/N	ŠR/NE	R/E	PR/SE	P/S	PV/SW	V/W	ŠV/NW
Biržai	-0,7	-0,6	-0,2	-0,5	-0,8	-0,3	-0,1	-0,2
Kaunas	0,0	-0,3	-0,2	-0,1	0,1	-0,1	-0,3	-0,2
Klaipėda	-0,6	0,2	0,4	-0,2	0,2	-0,3	-1,0	-0,7
Kybartai	0,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	0,1	0,2
Panevėžys	-0,6	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5	-0,5	-0,4	-0,2
Šilutė	0,1	-0,2	-0,4	0,3	0,0	-0,2	0,3	0,4
Telšiai	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	-0,1	-0,2	-0,2
Utena	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,5	-0,7	-0,9	-0,7

Klaipėdoje itin susilpnėjo V vėjai (1 m/s). Antra vertus, Vakarų Lietuvoje kai kurių kryptių vėjo greitis šiek tiek išaugo. Labiausiai (0,4 m/s) sustiprėjo R krypties vėjas Klaipėdoje bei ŠV vėjas Šilutėje (3 lentelė).

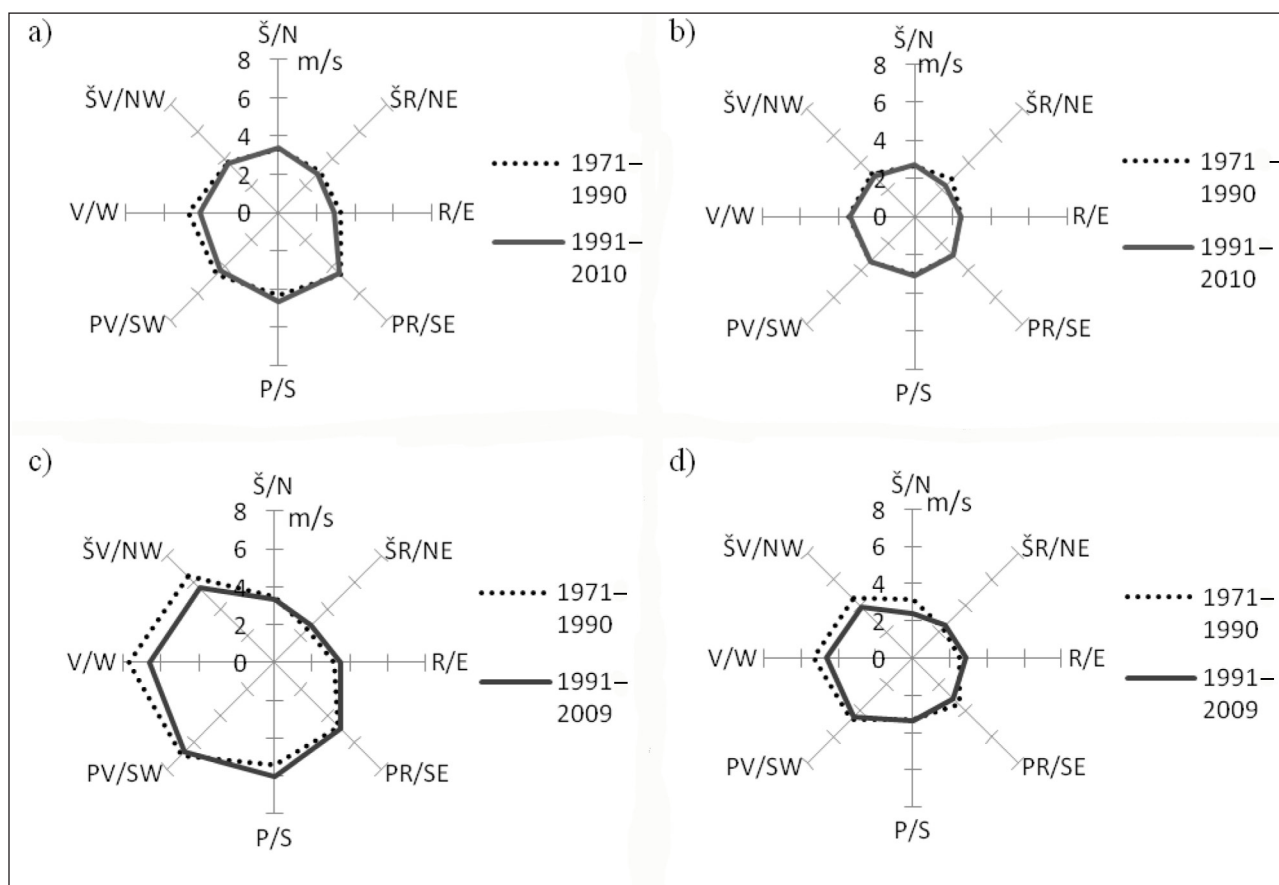
Žiemą antruoju 1991–2010 m. laikotarpiu visų kryptių vėjo greitis sumažėjo Biržuose, Panevėžyje ir Utenoje (0,1–0,9 m/s). Labiausiai antruoju laikotarpiu sumažėjo V krypties vėjo greitis Klaipėdoje (1,0 m/s) ir Utenoje (0,9 m/s). Klaipėdoje taip pat gana akivaizdžiai susilpnėjo ir ŠV krypties vėjo greitis (0,9 m/s) (4 pav.).

Vasarą skirtumai mažesni. Biržuose ir Utenoje (kaip ir žiemą) visų kryptių vėjo greičiai 1991–

2010 m. sumažėjo nuo 0,1 iki 0,9 m/s. Klaipėdoje, Šilutėje ir Utenoje vėlgi labai sumažėjo V krypties vėjo greitis (0,6–0,9 m/s). Itin susilpnėjo ŠR krypties vėjo greitis Biržuose – 0,8 m/s, o taip pat ir Š krypties vėjo greitis Biržuose, Klaipėdoje ir Panevėžyje (0,5–0,7 m/s).

VĖJO KRYPTIES IR GREIČIO RYŠYS SU ATMOSFEROS CIRKULIACIJOS INDEKSAIS

Kaip jau buvo minėta, vėjo krypties ir greičio pasikeitimai taip pat neatsiejami nuo atmosferos cirkuliacijos. Lietuvoje atmosferos cirkuliacijos



4 pav. Vėjo greitis 1971–1990 ir 1991–2010 m.: a) Kaune žiemą; b) Kaune vasarą; c) Klaipėdoje žiemą; d) Klaipėdoje vasarą

Fig. 4. Wind speed in 1971–1990 and 1991–2010: a) Kaunas winter; b) Kaunas summer; c) Klaipėda winter; d) Klaipėda summer

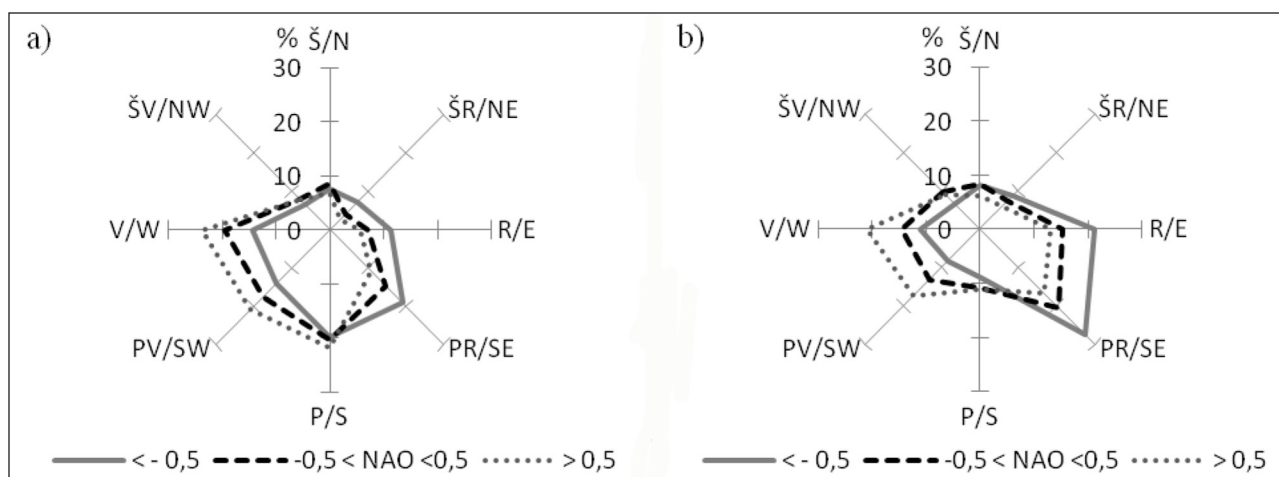
indeksų ryšys su vėjo greičio ir krypties pokyčiais iki šiol nebuvo nagrinėtas. G. Bartkevičienės atliktuose tyrimuose nurodyta, jog labiausiai NAO indekso reikšmė koreliuoja su Lietuvos klimato sąlygomis žiemą (Bartkevičienė, 2003). Jos darbe vėjo režimas neanalizuotas.

Šiuo tyrimu nustatyta, jog NAO ir AO poveikis vėjo režimui labiausiai pasireiškia žiemą, o AO – ir rudenį. Žiemą visose meteorologijos stotyse nustatytas mažėjantis vakarinių rumbų vėjų pasikartojimo dažnumas bei dažnėjantis rytinių rumbų pasikartojimas esant mažesnei NAO indekso reikšmei. Vidutiniškai esant aukštam NAO indeksui, V krypties vėjas kartojosi dvigubai dažniau Klaipėdoje, o Kaune – 65 % (5 pav.), palyginti kai NAO buvo žemas. Kadangi NAO didelė dalimi lemia zoninę pernašą (Slonosky, Yiou, 2002), tai kintant NAO reikšmei vakarų-

rytų rumbų vėjo krypties pasikartojimo kaita yra žymiai stipresnė nei šiaurės-pietų. Tai patvirtina ir pokyčių statistinio reikšmingumo vertinimas (4 lentelė). Esant teigiamam NAO, beveik visose nagrinėtose MS stotyse statistiškai reikšmingai išaugo PV ir V vėjų, o sumažėjo R ir PR krypčių vėjų. Š ir P krypčių pokyčiai buvo mažiausiai statistiškai reikšmingi.

AO ryšys su vėjo krypties pasikartojimu žiemą yra net stipresnis. Visoje Lietuvoje didėjant AO indekso reikšmei dažnėja V ir PV vėjų pasikartojimas ir mažėja rytinių rumbų vėjų (6 pav.). Tik pučiant Š, P ir ŠV krypčių vėjui, kai kuriose stotyse užfiksuotas vėjo krypties pasikartojimo skirtumas aukšto ir žemo AO atveju yra statistiškai nepatikimas (4 lentelė).

Pavasari dažniau pasikartoja V krypties vėjas esant aukštomis NAO ir AO indeksų reikšmėms,



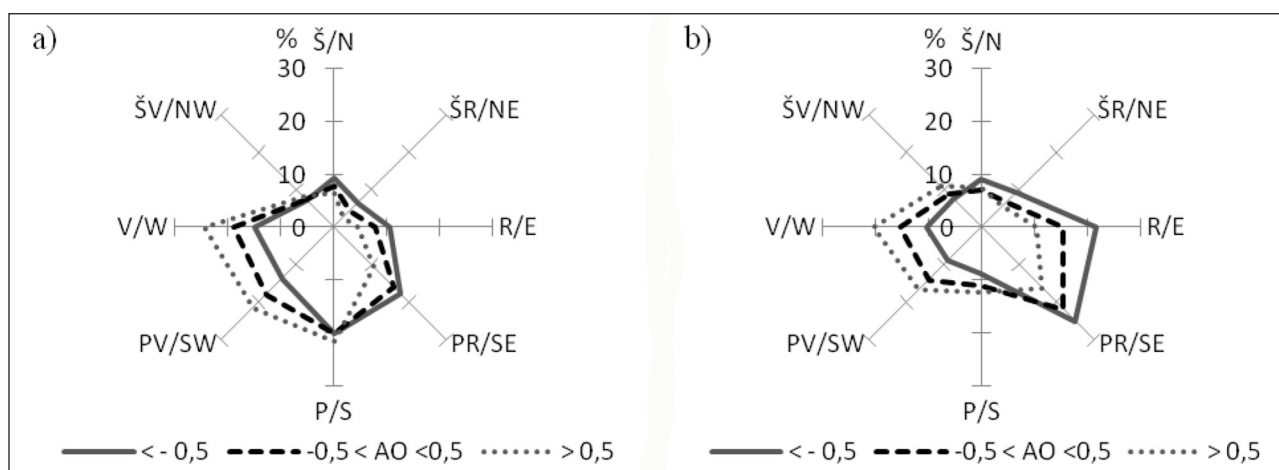
5 pav. Vėjo krypties pasikartojimas (%): a) Kaune žiemą; b) Klaipėdoje žiemą (esant aukštoms ($NAO > 0.5$), vidutinėms ($-0.5 < NAO < 0.5$) ir žemoms ($NAO < -0.5$) NAO indekso reikšmėms)

Fig. 5. Recurrence (%) of winter wind direction in Kaunas (a) and Klaipėda (b) at high ($NAO > 0.5$), medium ($0.5 < NAO < 0.5$) and low ($NAO < -0.5$) NAO index values

4 lentelė. Studento kriterijaus reikšmės žiemos mėnesiais (įvertintos lyginant vėjo krypties pasikartojimo pokyčius, kai $NAO/AO > 0.5$ ir $NAO/AO < -0.5$). Statistiškai reikšmingos ($\alpha < 0.05$) kriterijaus reikšmės pažudintos

Table 4. Student's test values in the winter months calculated by comparing the changes in wind direction recurrence when $NAO/AO > 0.5$ and $NAO/AO < -0.5$. Statistically significant ($\alpha < 0.05$) values marked in bold

	Š/N	ŠR/NE	R/E	PR/SE	P/S	PV/SW	V/W	ŠV/NW
Kaunas	-0,46/ -1,96	-2,86/-2,92	-2,39/-3,03	-2,36/-2,57	0,62/0,64	3,56/3,94	2,58/3,21	0,77/0,95
Klaipėda	-1,21/-1,01	-1,51/-2,32	-2,33/-4,41	-3,47/-2,65	1,22/ 1,88	3,48/3,15	2,24/2,40	1,65/2,11
Telšiai	-1,78/-2,55	-3,18/-3,69	-3,11/-5,44	-2,43/-2,84	0,69/0,38	2,53/3,94	3,45/3,96	2,54/3,44
Utena	-0,99/-1,62	-1,6/-3,48	-1,67/-5,83	-2,77/-2,63	2,16/1,26	2,33/2,80	1,66/2,47	1,12/1,66



6 pav. Vėjo krypties pasikartojimas (%): a) Kaune žiemą; b) Klaipėdoje žiemą (esant aukštoms ($AO > 0.5$), vidutinėms ($-0.5 < AO < 0.5$) ir žemoms ($AO < -0.5$) AO indekso reikšmėms) 1971–2010 m.

Fig. 6. Recurrence (%) of winter wind direction in Kaunas (a) and Klaipėda (b) at high ($AO > 0.5$), medium ($0.5 < AO < 0.5$) and low ($AO < -0.5$) AO index values in 1971–2010

tačiau tik Kauno MS (NAO atveju) pokyčiai yra statistiškai reikšmingi. Daugelio meteorologijos stočių duomenimis, taip pat statistiškai reikšmingai sumažėja ŠR ir PR krypties vėjų pasikartojimas esant aukštom NAO indekso reikšmėms, o R ir PR – esant aukštom AO reikšmėms.

Vasarą vėjo krypties ir NAO indekso ryšys daug silpnesnis. Statistiškai reikšmingi pokyčiai nustatyti tik Klaipėdos MS, kur esant aukštai NAO indekso reikšmei statistiškai reikšmingai mažėja P ir PV krypties vėjo pasikartojimas bei dažnėja ŠV, o Kaune ir Utenoje sumažėja PV vėjų pasikartojimas.

Rudenį statistiškai patikimų vėjo krypties pokyčių NAO indekso svyravimai nelemia. Kai kuriose stotyse statistiškai reikšmingai išauga vakarinių rumbų vėjo pasikartojimas, o mažėja rytinių rumbų pasikartojimas (aukšto AO atveju).

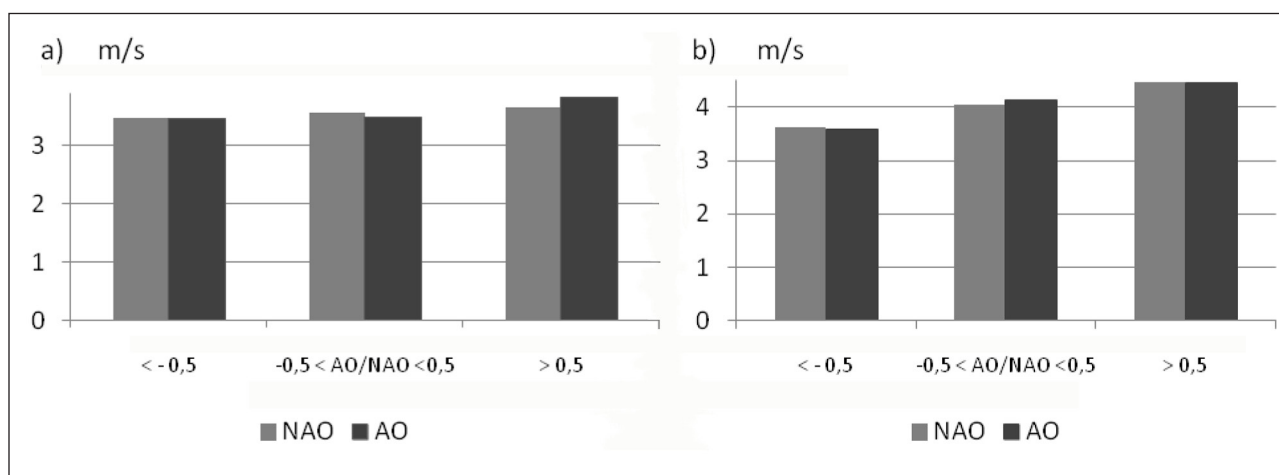
Analizuojant vėjo greičio ryšį su atmosferos cirkuliacijos indeksais paaiškėjo, jog šiuo atveju ryšys yra kiek silpnesnis. Be to, nustatyta, jog AO ryšys su vėjo greičiu Lietuvoje yra stipresnis nei NAO.

Esant žemoms ir vidutinėms AO ir NAO indekso reikšmėms, vidutinis metinis vėjo greitis beveik nesiskiria, o kai indeksų reikšmės aukštos – jis yra 0,2 m/s (NAO atveju) bei 0,4 m/s (AO atveju) stipresnis. Žiemą skirtumai didesni. Vidutinis vėjo greitis esant aukštom AO ir NAO indekso reikšmėms yra atitinkamai 0,9 ir 0,8 m/s stipresnis nei esant žemoms indeksų reikšmėms (7 pav.).

Žiemą visose meteorologijos stotyse vakarinių ir pietinių rumbų vėjai yra stipresni esant aukštom NAO indekso reikšmėms (8 pav.). Tačiau tik P, PV ir V kryptių vėjų greičio padidėjimas kai kuriose MS yra statistiškai reikšmingas (5 lentelė). Didėjant NAO indekso reikšmei, R ir ŠR krypties vėjų greitis visose MS mažėja, nors pokyčiai nėra statistiškai reikšmingi.

Vėjo greičio ryšys su AO žiemą yra kiek glaudesnis. Esant aukštai AO statistiškai reikšmingai išauga P, PV, V ir ŠV kryptių vėjo greičiai (9 pav., 5 lentelė). Kaip ir NAO atveju, didėjant AO reikšmei sumažėjo rytinių rumbų vėjo greičiai. Tačiau tik pučiant PR vėjui, Utenoje pokyčiai statistiškai reikšmingi.

Kitais metų laikais statistiškai reikšmingų skirtumų nustatyta nedaug. Pavasarį esant aukštai NAO indeksui, Š ir P kryptių vėjai statistiškai reikšmingai sustiprėja Kaune, Telšiuose, o Š ir Utenoje. Esant didesnėms AO indekso reikšmėms, statistiškai reikšmingai išauga ŠV krypties vėjo greitis Vakarų Lietuvoje bei P, V ir Š vėjai Kaune. Kadangi NAO ir AO poveikis Lietuvos klimato sąlygoms vasarą yra labai silpnas (Bartkevičienė, 2003), tai ir poveikis vėjo greičiui vasarą – labai nežymus. Rudenį ir NAO, ir AO atveju, esant aukštom indeksų reikšmėms, išauga V, ŠV ir Š vėjo greičiai, o pietinių ir rytinių rumbų vėjo greitis mažėja.

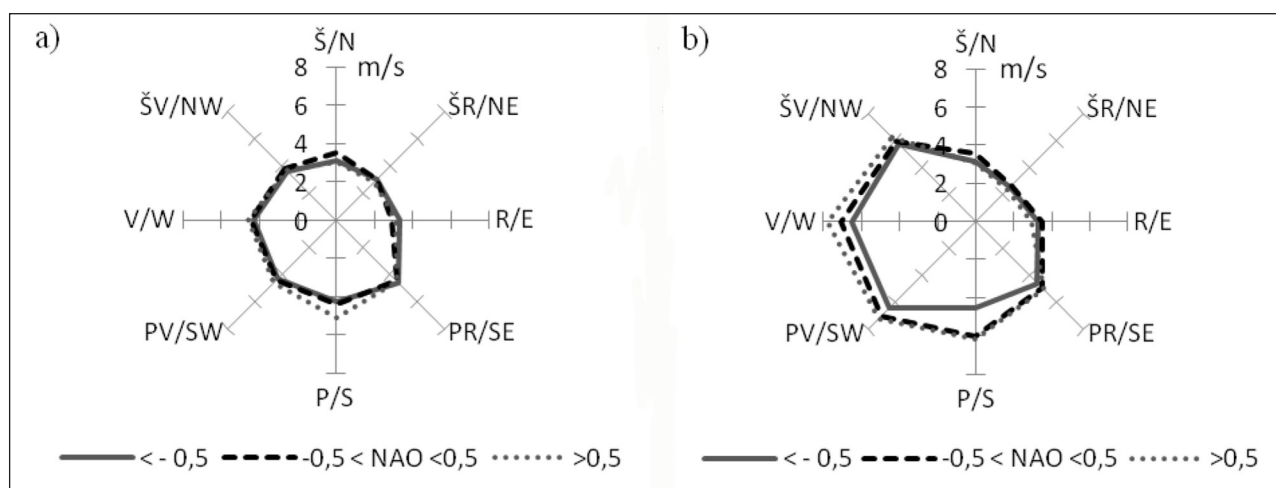


7 pav. Vidutinė metinė (a) bei vidutinė žiemos (b) vėjo greičio kaita Lietuvoje 1971–2010 m. (esant žemoms (AO/NAO < -0,5), vidutinėms (-0,5 < AO/NAO < 0,5) ir aukštom (0,5 < AO/NAO) AO/NAO indekso reikšmėms)

Fig. 7. The average annual (a) and average winter (b) wind speed in Lithuania in 1971–2010 at low (AO/NAO < -0.5), moderate (0.5 < AO/NAO < 0.5) and high (0.5 < AO/NAO) AO/NAO index values

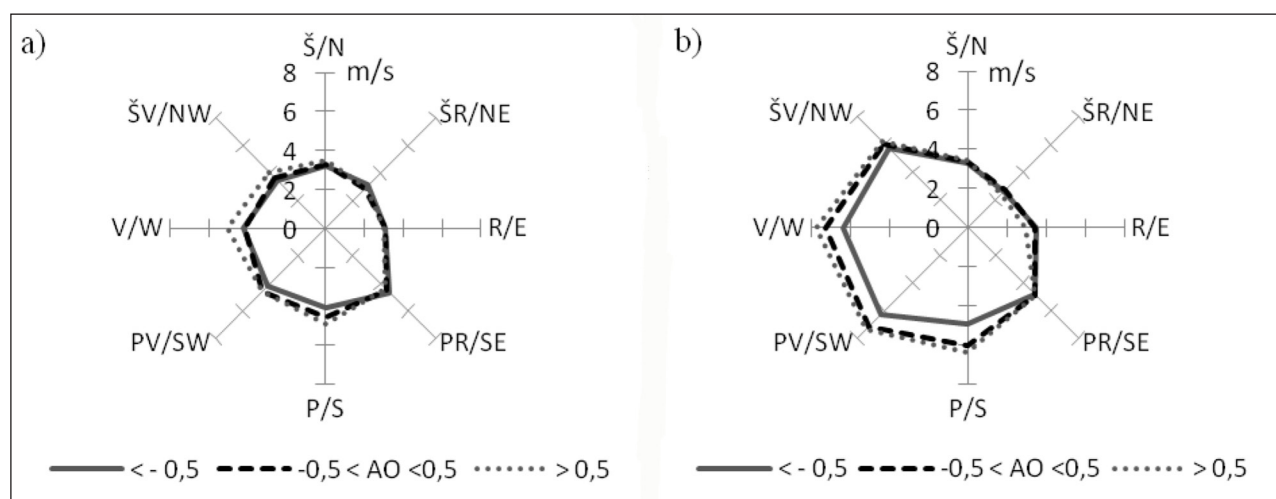
5 lentelė. Stjudento kriterijaus reikšmės žiemos mėnesiais, įvertintos lyginant vėjo greičio pokyčius, kai $NAO/AO > 0,5$ ir $NAO/AO < -0,5$ (pajuodinti statistiškai reikšmingi pokyčiai, kai statistinis reikšmingumo lygmuo $\alpha < 0,05$)
 Table 5. Student's test values in the winter months calculated by comparing the changes in wind speed when $NAO/AO > 0.5$ and $NAO/AO < -0.5$. Statistically significant ($\alpha < 0.05$) values marked in bold

	Š/N	ŠR/NE	R/E	PR/SE	P/S	PV/SW	V/W	ŠV/NW
Kaunas	-0,19/0,93	-0,80/-0,47	-0,88/-0,27	-0,26/-0,55	3,18/2,36	0,91/1,19	0,82/2,21	0,17/1,70
Klaipėda	-0,31/0,23	-0,55/-0,82	-1,10/-1,60	1,03/0,03	2,67/2,45	1,42/1,87	2,72/2,54	1,03/0,79
Telšiai	0,79/0,64	-0,18/0,33	-0,75/0,66	0,14/-0,43	2,27/4,04	2,25/4,48	3,51/4,97	0,89/2,27
Utena	0,38/1,86	-1,31/-0,33	-1,7/-1,65	-1,26/-1,79	1,03/1,61	0,11/1,03	0,89/2,87	-0,22/2,19



8 pav. Vėjo greitis (m/s): a) Kaune žiemą; b) Klaipėdoje žiemą 1971–2010 m. (esant aukštoms ($NAO > 0,5$), vidutinėms ($0,5 < NAO < 0,5$) ir žemoms ($NAO < -0,5$) NAO indekso reikšmėms)

Fig. 8. Wind speed in winter in Kaunas (a) and Klaipėda (b) at high ($NAO > 0.5$), medium ($0.5 < NAO < 0.5$) and low ($NAO < -0.5$) NAO index values in 1971–2010



9 pav. Vėjo greitis (m/s): a) Kaune žiemą; b) Klaipėdoje žiemą 1971–2010 m. (esant aukštoms ($AO > 0,5$), vidutinėms ($0,5 < AO < 0,5$) ir žemoms ($AO < -0,5$) AO indekso reikšmėms)

Fig. 9. Wind speed in winter in Kaunas (a) and Klaipėda (b) at high ($AO > 0.5$), medium ($0.5 < AO < 0.5$) and low ($AO < -0.5$) AO index values in 1971–2010

IŠVADOS

1. Vėjo krypčių pasikartojimo kaitos tendencijos Lietuvos teritorijoje labai skiriasi. Pajūryje daugiausia išaugo PV ir ŠR krypties vėjų, o likusioje teritorijos dalyje – mažėjo PV vėjų. Beveik visoje Lietuvos teritorijoje padaugėjo R vėjų. Didžiausi pokyčiai užfiksuoti žiemą. Vėjo krypčių režimas itin stipriai pakito Utenos ir Klaipėdos meteorologijos stotyse.

2. Beveik visose meteorologijos stotyse 1971–2010 m. užfiksuota vidutinio metinio vėjo greičio mažėjimo tendencija. Stipriausi neigiami pokyčiai nustatyti labiau nuo jūros nutolusiose stotyse. Utenos MS visų krypčių vėjo greitis sumažėjo 0,4–0,9 m/s. Labiausiai Lietuvos teritorijoje susilpnėjo V ir PV krypčių vėjai. Žiemą pasikeitimai buvo didesni nei vasarą.

3. Nustatyta, jog NAO ir AO poveikis vėjo režimui labiausiai pasireiškia žiemą, o AO – ir rudenį. Nuo indeksų dydžio labiau priklauso vėjo kryptis nei greitis. Žiemą visose meteorologijos stotyse nustatytas vakarinių rumbų vėjų pasikartojimo dažnumo didėjimas bei rytinių rumbų pasikartojimo mažėjimas esant aukštoms NAO/AO reikšmėms. Apskaičiuota, jog esant aukštoms NAO/AO reikšmėms išauga vidutinis vėjo greitis bei stiprėja vakarinių bei pietinių rumbų vėjai.

Gauta 2012 10 31
Priimta 2012 11 15

LITERATŪRA

- Achberger C., Chen D., Alexandersson H. 2006. The Surface Winds of Sweden during 1999–2000. *International Journal of Climatology*. 26: 159–178.
- Albers A. 2004. Long Term Variation of Wind Potential: Are We Moving into a Low NAO-Cycle Period. *European Wind Energy Conference & Exhibition, London, UK*. http://www.2004ewec.info/files/23_1400_axelalbers_01.pdf (last time accessed 10 10 2011).
- Barnston A. G., Livezey R. E. 1987. Classification, seasonality and persistence of low frequency atmospheric circulation patterns. *Monthly Weather Review*. 115: 1083–1126.
- Bartkevičienė G. 2003. *Šiaurės Atlanto osciliacijos poveikis Lietuvos klimatui*. Daktaro disertacija. Vilnius: Vilniaus universitetas.
- Bukantis A. 1994. *Lietuvos klimatas*. Vilnius.
- Bukantis A., Gulbinas Z., Kazakevičius S., Kilkus K., Mikelinskienė A., Morkūnaitė R., Rimkus E., Samuila M., Stankūnavičius G., Valiuskevičius G., Žaromskis R. 2001. *Klimato svyravimų poveikis fiziniams geografiniams procesams Lietuvoje*. Vilnius: Geografijos institutas, Vilniaus universitetas.
- Buzas A., Ščemeliovas V., Dorfman C., Garbaliuskas Č., Gričiūtė A., Kavaliauskas B., Styra B. 1966. *Lietuvos klimatas*. Vilnius.
- Galvonaitė A., Misiūnienė M., Valiukas D., Buitkuvienė M. S. 2007. *Lietuvos klimatas*. Vilnius: ARX Baltica.
- Jaagus J., Kull A. 2011. Changes in Surface Wind Directions in Estonia during 1966–2008 and Their Relationships with Large-Scale Atmospheric Circulation. *Estonian Journal of Earth Sciences*. 60(4): 220–231.
- Kaušyla K. 1959. *Pažinkime Lietuvą – Lietuvos klimatas*. Vilnius.
- Keevallik S., Rajasalu R. 2001. Winds on the 500 hPa Isobaric Level Over Estonia (1953–1998). *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*. 26(5–6): 425–429.
- Lietuvos klimato žinynas. Vėjas*. 1996. Vilnius.
- Slonosky V., Yiou P. 2002. Does the NAO index represent zonal flow? The influence of the NAO on North Atlantic surface temperature. *Climate Dynamics*. 19: 17–30.
- Spears B. M., Jones I. D. 2010. The Long-term (1979–2005) Effects of North Atlantic Oscillation on wind-induced wave mixing in Loch Leven (Scotland). *Hydrobiologia*. 646: 49–59.

Skirmantė Strolytė, Egidijus Rimkus

CHANGES OF WIND DIRECTION AND SPEED IN LITHUANIA IN 1971–2010

S u m m a r y

The main task of this study is assessment of the wind regime and its changes in Lithuania during period from 1971 till 2010 as well as evaluation of relationships between the wind parameters (direction and speed) and large scale atmospheric circulation indexes (NAO (North Atlantic Oscillation) and (AO) Arctic Oscillation). Monthly wind speed and direction data from 8 meteorological stations were analyzed in this research.

The wind direction recurrence tendencies in the territory of Lithuania differ a lot. The particularly profound shift in wind direction regime was found in Utena and Klaipėda MS. The largest changes were recorded in the winter. Significant increase in frequency of south-west and north-east winds was observed in the western part of Lithuania, while reoccurrence of south-west winds decreased in the rest of the territory. Almost in the whole territory of Lithuania increase of eastern winds was observed.

The mean annual wind speed declined in almost whole Lithuanian territory during investigation period. The strongest negative changes were observed in the eastern part of Lithuania. Wind speed from all directions decreased by 0.4–0.9 m/s in Utena MS. Weakening of wind from west and southwest was common for the large part of Lithuania. Measured changes in winter were more significant than in summer.

It was determined that the strongest influence of NAO and AO on the wind regime occurs in winter and in case of AO also in autumn. The influence of NAO and AO on wind direction is more significant. According to data from all meteorological stations, there were observed increase in the frequency of western winds and decrease in the frequency of eastern winds in strongly positive phase of NAO/AO values in winter. Also, increase of mean annual wind speed as well as increase in wind speed from western and southern directions during the high NAO/AO index values were determined.

Key words: wind direction, wind speed, NAO, AO