

Atmosferos stabilumo tyrimas anticikloninės cirkuliacijos dariniuose

Eleonora Ramanenko,

Gintautas Stankūnavičius

Vilniaus universitetas,

M. K. Čiurlionio g. 21,

LT-03101 Vilnius

El. paštas: eleonora.ramanenko@gf.stud.vu.lt;

gintas.stankunavicius@gf.vu.lt

Ramanenko E., Stankūnavičius G. Atmosferos stabilumo tyrimas anticikloninės cirkuliacijos dariniuose. *Geografija*. T. 48(2). ISSN 1392-1096.

Atmosferos stabilumas yra vienas dažniausiai naudojamų rodiklių vertikalių hidroterminės atmosferos struktūros apibūdinimui. Atmosferos stabilumo sąlygos kinta nuo labai nestabilių, susijusių su perkūnijomis ir stipriomis liūtimis, iki labai stabilių, kurių metu paprastai formuojasi galingos temperatūros inversijos. Šis darbas skirtas labai stabilioms atmosferos sąlygoms, kurios yra svarbus veiksnys teršalų sklaidai. Tokios sąlygos dažniausiai susiformuoja anticikloninės cirkuliacijos dariniuose.

Darbe nagrinėjamas apatinės troposferos stabilumas, apibūdinamas indeksais, nustatytais remiantis Kauno aerologinės stoties radiozondavimo duomenimis. Įvairūs indeksai dažnai skirtingai apibūdina stabilumo sąlygas, todėl palyginimui darbe naudojami keli indeksai: SHOW, LI, SWEAT ir K. Pagrindinis šio tyrimo objektas yra labai stabilios apatinės atmosferos sąlygos, todėl darbe naudojami tik tų dienų stabilumo rodikliai, kurių metu vyraavo anticikloninė cirkuliacija virš tiriamosios teritorijos.

Tyrimo tikslas yra įvertinti atmosferos stabilumo sąlygas anticikloninės cirkuliacijos dariniuose. Taip pat vienas iš pagrindinių uždavinių yra įvertinti atmosferos stabilumą indikuojančių rodiklių sezoninę kaitą.

Nustatyta, kad didžiausias atmosferos stabilumas (pagal SHOW, LI ir K indeksus) Vidurio Lietuvoje yra gruodžio–vasario mėn., o mažiausias – liepos–rugpjūčio mėn. Didžiausio stabilumo periodai sutampa su intensyviausios anticikloninės cirkuliacijos laikotarpiais, o tai parodo, kad atmosferos stabilumas tiesiogiai priklauso nuo anticikloninės cirkuliacijos intensyvumo. Taip pat nustatyta, kad SWEAT indeksas yra mažiausiai tinkamas naudoti tiriant atmosferos stabilumą Lietuvoje, o tinkamiausi yra LI ir K indeksai.

Raktažodžiai: atmosferos stabilumas, anticikloninė cirkuliacija, stabilumo indeksai

ĮVADAS

Atmosferos stabilumas yra vienas iš svarbiausių rodiklių, naudojamų apibūdinti įvairių oro masių termodinamines savybes. Šis atmosferos būvio rodiklis įvertina atmosferoje esančio oro pasipriešinimą vertikaliajam judėjimui. Esant nestabiliai atmosferai, formuojasi galingi kamuoliniai debesys, lydimi audrų su perkūnijomis. Šių reiškinių prognozavimas dėl savo grėsmės žmonių sveikatai ir turtui yra labai svarbus.

Pastaraisiais dešimtmečiais visame pasaulyje labai opia problema tapo atmosferos tarša. Teršalai nėra vienodai pasiskirstę atmosferoje. Didžiausios koncentracijos yra ties jų emisijų vietomis. Dažniausiai tai dideli miestai, kur koncentruojasi įvairūs teršalus skleidžiantys objektai. Teršalų kiekiai tam tikru laiku priklauso nuo dviejų veiksnių: išmetamų teršalų kiekio iš tam tikro objekto ir atmosferos stabilumo sąlygų (Henry, 2002). Nuo atmosferos stabilumo priklauso teršalų sklaida vertikalia kryptimi (Ryan ir kt., 1999).

Stabilumas, skirtingai nei kiti rodikliai, apibūdinantys termodinamines oro masių savybes, kaip drėgnumas ar temperatūra, nėra išmatuojamas ir jam apibūdinti yra naudojami įvairūs išvestiniai parametrai. Atmosferos stabilumui vertinti yra sukurta daugybė skirtingų indeksų ir koeficientų, naudojamos įvairios atmosferos stabilumo klasifikacijos. Stabilumo indeksai nustatomi naudojant vertikalių temperatūros ir drėgmės profilių duomenis (Coning, Koenig, 2008).

Visi darbe naudojami indeksai turi privalumų bei trūkumų, todėl nei vienas iš jų tobulai neapibūdina atmosferos stabilumo sąlygų. Pvz., Showalter indeksas yra nereprezentatyvus, jei sluoksniu nuo paviršiaus iki 850 hPa lygio yra sausas arba jei 850 hPa lygyje esanti temperatūra ir drėgmė nereprezentuoja paribio sluoksnio (Blanchard, 1998). Pakilimo indeksas yra nereprezentatyvus, kai vidurinėje troposferoje atsiranda inversijos arba susiformuoja stabilūs atmosferos sluoksniai, nes 500 hPa lygyje išmatuota temperatūra skaičiavimuose tampa nereprezentatyvi (Blanchard, 1998). Taip pat pakilimo indeksas yra nepatikimas, jei jam įvertinti naudojami duomenys tokio radiozondo, kuris kildamas kerta storą debesų sluoksnį (Manzato, 2005).

Įvairūs indeksai atsirado tobulinant jau esamus. Pvz., LI indeksas buvo sukurtas pagal SHOW indeksą, įtraukiant papildomą plūdrumo potencialo parametą, kurį įgyja dalelė, kildama ne nuo 850 hPa lygio, o nuo paklotinio paviršiaus (Petersen, 1992). Todėl tyrimo rezultatai, nustatyti naudojant šiuos indeksus, yra panašūs.

DARBO METODIKA IR PRADINIAI DUOMENYS

Lietuvoje atmosferos radiozondavimas vykdomas Kauno hidrometeorologijos stotyje nuo 1945 m. Šiame tyrime naudojami 1981–2010 m. duomenys. Radiozondavimas Lietuvoje šiuo laikotarpiu buvo vykdomas nereguliariai, todėl atmosferos stabilumo duomenų sekose yra trūkių. 1997, 2000 ir 2002 m. radiozondavimas nevyko. Taip pat iki 2001 m. radiozondavimas buvo atliekamas du kartus per parą: 12 ir 00 UTC, o nuo 2001 m. – tik nelyginėmis mėnesių dienomis, 00 UTC terminu.

Anticikloninė cirkuliacija yra susijusi su žemynėjimo oro judėjimu apatinėje troposferoje, todėl dažniausiai šiuose aukštesnio slėgio dariniuose vyrauja

stabilios oro masės. Atmosferos cirkuliacijos ženklui ir intensyvumui nustatyti buvo naudojamas santykinio sūkurio parametras virš Kauno miesto koordinatų: duomenys gauti iš NOAA NOMADS (*National Oceanic and Atmospheric Administration National Operational Model Archive & Distribution System*) duomenų bazės, kuri teikia NCEP (*National Centers of Environmental Prediction*) reanalizės duomenis. Duomenys reprezentuoja vidutinę santykinio sūkurio reikšmę, išvedus vidurkį tarp 22,5° ir 25° rytų ilgumos meridianų, 55° platumos juostai, 850 hPa izobariniame paviršiuje. Šis izobarinis paviršius buvo pasirinktas todėl, kad stabilumo indeksai dažniausiai nustatomi remiantis 850–500 hPa sluoksnio parametrais (išskyrus LI indeksą, kuris nustatomas sluoksniui nuo Žemės paviršiaus iki 500 hPa lygio), be to, potencialaus sūkurio reikšmės 850 hPa lygyje beveik nesiskiria nuo santykinio sūkurio reikšmių 1 000 hPa izobariniame paviršiuje (Flocas, 2001).

Atmosferos stabilumo analizei anticikloninės cirkuliacijos (toliau – AC) dariniuose buvo pasirinkti 10 % atvejų (367 dienos) per visą 1980–2010 m. laikotarpį, kai santykinio sūkurio reikšmės buvo mažesnės arba lygios $-3 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$. Vienas atvejis šiame tyrime atitinka vienos paros vidurkį. Į analizę įtraukti tik tie atvejai, kai Kauno stotyje buvo vykdomas radiozondavimas, t. y. laikotarpiai, kai radiozondavimas nevyko, buvo pašalinti iš duomenų sekos.

Keturi stabilumo indeksai: SHOW (Showalter), LI (pakilimo), SWEAT (atšiauraus oro grėsmės) ir K (konvekcijos) buvo pasirinkti atmosferos stabilumo vertinimui. Jų skaičiavimo metodikos ir interpretacijos, vertinant atmosferos stabilumą, pateiktos lentelėje. Atmosfera laikoma stabilia, kai tenkinamos lentelėje pateiktos sąlygos (lentelė, paskutinis stulpelis). Taigi, atmosfera tuo stabilesnė, kuo didesnės SHOW ir LI arba mažesnės SWEAT ir K indeksų reikšmės.

REZULTATAI

Atmosferos sukuringumo sezoninė kaita

Anticikloninė cirkuliacija Lietuvoje būdinga šiltojo metų laiku, tačiau šaltaisiais mėnesiais formuojasi daug galingesni anticiklonai su itin žemesnėmis sūkurio reikšmėmis, todėl AC atvejais sūkurio sezoninė kaita yra priešinga vidutinio sūkurio sezoninei kaitai (koreliacijos koeficientas – 0,52) (1 pav.). Vidutinio santykinio sūkurio

Lentelė. Atmosferos stabilumo indeksų skaičiavimo metodikos ir jų interpretacija, kai atmosfera laikoma stabilia
 Table. Formulas of atmosphere stability indices and their interpretation as stable atmosphere indices

Indekso žymėjimas Index abbreviations	Indekso nustatymas Estimation of index	Stabilaus atmosferos sluoksnio sąlygos Conditions of stable atmospheric layer
	$SHOW = T_{500} - T_{850 \text{ dalelės}}$	
SHOW	T_{500} – aplinkos temperatūra 500 hPa lygyje, $T_{850 \text{ dalelės}}$ – dalelės temperatūra 500 hPa lygyje, jai pakilus nuo 850 hPa. <i>T_{500} – temperature at 500 hPa, $T_{850 \text{ parcel}}$ – temperature at 500 hPa of a parcel lifted from 850 hPa.</i>	>4 °C
	$LI = T_{500} - T_{\text{dalelės}}$	
LI	$T_{\text{dalelės}}$ – dalelės temperatūra 500 hPa lygyje, jai pakilus nuo 500 m sluoksnio virš žemės paviršiaus, esant vidutinei oro ir rasos taško temperatūrai bei slėgiui. <i>T_{parcel} – 500 hPa temperature of a lifted parcel with the average pressure, temperature, and dewpoint of the layer 500 m above the surface.</i>	>0 °C
	$SWEAT = 12 \cdot TD_{850} + 20 \cdot TERM2 + 2 \cdot SKT_{850} + SKT_{500} + 125 \cdot [\sin(DIR_{500} - DIR_{850}) + .2]$	
SWEAT	TD_{850} – rasos taško temperatūra 850 hPa lygyje, $TERM2$ – suminis nepastovumo indeksas minus 49, SKT_{850} , SKT_{500} – vėjo greitis 850 ir 500 hPa lygiuose, išreikštas mazgais, DIR_{850} , DIR_{500} – vėjo kryptis 850 ir 500 hPa lygiuose. <i>TD_{850} – dewpoint temperature at 850 hPa, $TERM2$ – total index subtract from 49, SKT_{850}, SKT_{500} – 850 and 500 hPa wind speed in knots, DIR_{850}, DIR_{500} – 850 and 500 hPa wind direction.</i>	<270
	$K = (T_{850} - T_{500}) + TD_{850} - (T_{700} - TD_{700})$	
K	T_{850} , T_{700} – aplinkos temperatūra 850 ir 700 hPa lygiuose, TD_{700} – rasos taško temperatūra 700 hPa lygyje. <i>T_{850}, T_{700} – temperature at 850 and 700 hPa, TD_{700} – dewpoint temperature at 700 hPa.</i>	<15 °C

reikšmės yra teigiamos šaltuoju metų laikotarpiu: nuo spalio trečio dešimtadienio iki balandžio antro dešimtadienio (1 pav.). Likusiu laikotarpiu vidutinio santykinio sukurių svyravimų amplitudė yra nedidelė, nesiekia $0,44 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$.

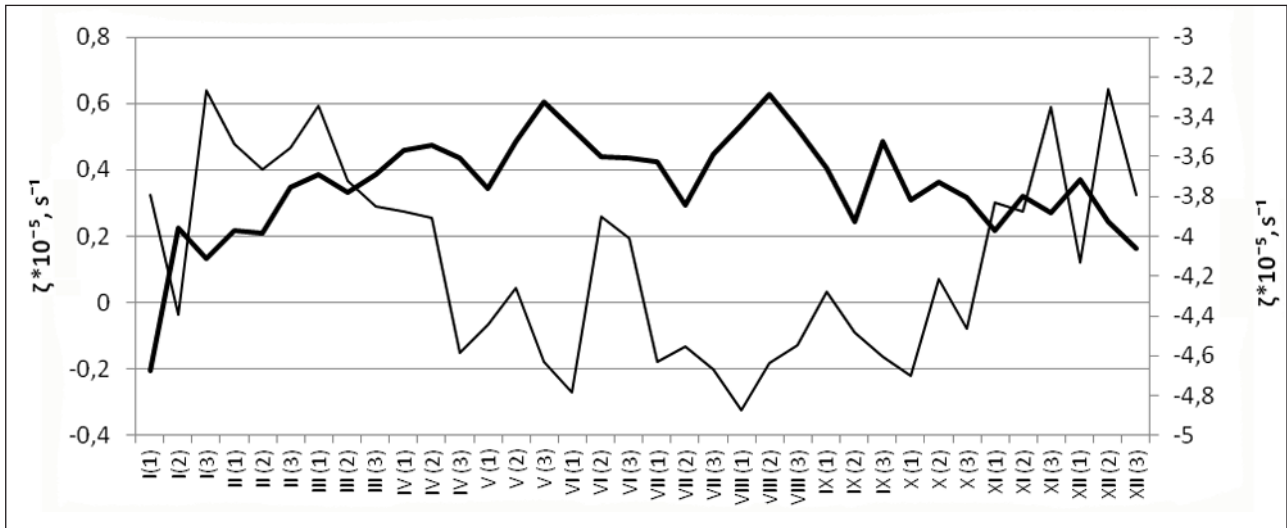
Santykinio sukurių parametras yra tinkamas cirkuliacijos tipui virš tam tikro taško nustatyti, kadangi šis parametras apibūdina dalelės sukimąsi apie savo ir barinio darinio ašis. Sūkuriumas (sukurių parametro interpretacija) yra susijęs ne tik su ciklonų, anticiklonų, gūbrių ir slėnių vystymusi, bet taip pat veikia debesuotumą, kritulius, slėgio ir geopotencialaus aukščio pokyčius (Stankūnavičius, 2005). Neigiamos sukurių reikšmės apibūdina anticikloninę cirkuliaciją.

Šaltuoju metų laiku formuojasi tiek galingi anticiklonai, tiek gilūs ciklonai, todėl cirkuliacijos kaita žiemą yra daug kontrastingesnė nei vasarą. AC atvejais santykinio sukurių amplitudės yra didesnės šaltuoju metų laiku nei šiltuoju (2 pav.).

Vidutinės santykinio sukurių reikšmės AC atvejais rodo ryškų sezoninį ciklišumą, t. y. aukščiausios santykinio sukurių reikšmės yra vasarą, birželio–rugpjūčio mėn., o žemiausios – žiemą. Taikant stačiakampę diagramą statistiniam įvertinimui sezoninio sukurių kaitos AC atvejais, ryškus sezoninis cikliškumas nustatytas tik minimalioms sukurių reikšmėms. Šiame tyrime naudojama tik 10 % atvejų, todėl esant anticikloninei cirkuliacijai maksimalios reikšmės per metus svyruoja mažai, o minimalių reikšmių skirtumai nuo medianų yra didesni už maksimalių reikšmių skirtumus visais mėnesiais. Šie rezultatai rodo, kad šaltuoju metų laikotarpiu cirkuliacijos kontrastai yra daug didesni nei šiltuoju (sukurių kaitos amplitudė sausio mėn. – $5,4 \cdot 10^{-5}$, birželio – $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$).

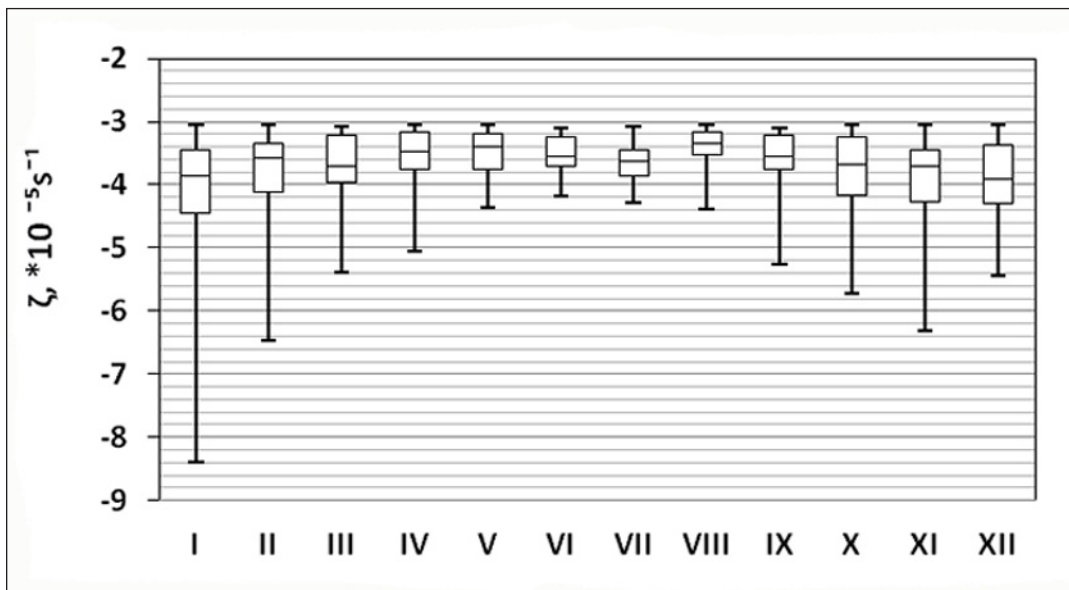
Atmosferos stabilumo sezoninė kaita

Indeksai apskaičiuoti pagal vertikalių atmosferos profilių duomenis yra empiriniai ir dažniausiai



1 pav. Vidutinės sezoninės santykinio sukurio reikšmės per visą 1981–2010 m. laikotarpį (plona linija; ašis kairėje) ir tik AC atvejais (stora linija; ašis dešinėje) Kaune. Romėniški skaičiai žymi mėnesius, skaičiai skliausteliuose – dešimtadienį

Fig. 1. Long-term mean of intraseasonal variation of relative vorticity (thick line, left axis) and AC (thin line, right axis) cases in Kaunas (1981–2010). Roman numerals correspond to the month of the year, numbers in brackets – ten-day period



2 pav. 850 hPa santykinio sukurio AC atvejais sezoninis pasiskirstymas virš Kauno naudojant stačiakampę diagramą: stačiakampio apatinė kraštinė – apatinis kvartilis; viršutinė kraštinė – viršutinis kvartilis; linija stačiakampio viduje – mediana; išoriniai barjerai apačioje ir viršuje atitinkamai žymi minimalias ir maksimalias imties reikšmes (1981–2010 m.). Romėniški skaičiai vaizduoja mėnesius

Fig. 2. 850 hPa relative vorticity seasonal variation in AC cases over Kaunas described by plot box: bottom of the box – lower quartile, top of the box – upper quartile, middle of the box – median, whiskers in the bottom and top respectively show minimum and maximum values (1981–2010). Roman numerals correspond to the month of the year

gali būti taikomi tik tam tikruose geografiniuose regionuose (Coning, Koenig, 2008), todėl šiame darbe naudojamas ne vienas, o keli stabilumą apibūdinantys rodikliai.

Stabilumo indeksai, nustatyti pagal vertikalios atmosferos stulpo termodinaminius rodiklius, įvertina konvekcijos potencialą. Šiems indeksams yra nustatytos kritinės reikšmės, rodančios konvekcinių reiškinių ir / arba stabilų sąlygų tikimybę. LI ir SHOW indeksų reikšmės, didesnės už kritines reikšmes, susijusios su stabiliomis sąlygomis, o SWEAT ir K – su nestabiliomis sąlygomis (lentelė). Ribos priklauso nuo geografinio regiono ir metų laiko (Coning, Koenig, 2008). Pagal visus keturis indeksus nustatyta, kad egzistuoja sezoninis atmosferos stabilumo cikliškumas. Stabilumo minimumai pagal visus keturis indeksus sutampa, jie tenka šiltajam metų laikotarpiui, liepos–rugpjūčio mėn. (3 pav.). Maksimalus stabilumas yra šaltuoju metų laiku, tačiau skirtingi indeksai tai rodo ne tuo pačiu laikotarpiu. Tiesa, pakilimo indeksas retai naudojamas žiemą, kadangi paribio sluoksnis pakankamai stabilus, o drėgmės kiekiai jame maži (Stankūnavičius, 2005).

D. DeRubertis (2006) tyrimais nustatė, kad K indekso aukštos reikšmės dažnesnės yra vasarą nei pavasarį, nes jis jautrus vandens garų kiekio didėjimui. Taip pat buvo nustatyta, kad SWEAT indeksas kinta iš visų mažiausiai. Panašūs rezultatai nustatyti ir šiame tyrime: SWEAT indekso metinė amplitudė yra mažesnė negu kitų naudotų indeksų; SWEAT indekso variacijos koeficientas lygus 0,67; SHOW – 0,69; LI – 1,37 ir K – 1,52.

Šaltuoju metų laiku atmosferos nestabilumas yra susijęs daugiau su atmosferos frontais, o šiltuoju metų laiku – tiek su atmosferos frontais, tiek ir su konvekciniiais procesais oro masės viduje, todėl vidutinės indeksų reikšmės vasaros mėnesiais rodo mažesnę stabilumą.

AC atvejais atmosferos stabilumas yra daug didesnis, palyginti su vidutiniu daugiamečiu stabilumu. Tai rodo neigiami SWEAT ir K indeksų nuokrypiai nuo vidutinio atmosferos stabilumo (mažėjant šių indeksų reikšmėms stabilumas mažėja) bei teigiami SHOW ir LI indeksų nuokrypiai (didėjant šių indeksų reikšmėms stabilumas didėja) (Lentelė). Taigi, anticikloninės cirkuliacijos dariniuose formuojasi stabiliausias atmosferos sąlygos.

Remiantis vidutinėmis indeksų reikšmėmis nustatyta, kad atmosferos stabilumas per metus

keičiasi sezoniškai, t. y. šiltuoju metų laiku jis yra mažiausias, o šaltuoju – didžiausias (4 pav.). Tokių sezoniškumą AC atvejais geriausiai indikuoja LI indeksas. Tiek maksimalios, tiek minimalios LI indekso reikšmės nuo sausio iki liepos mėn. mažėja (t. y. mažėja stabilumas), o nuo liepos iki gruodžio mėn. vėl didėja (atitinkamai didėja ir stabilumas). Panašus sezoniškumas nustatytas analizuojant SHOW indekso medianas, tačiau šio indekso minimalios ir maksimalios reikšmės sezoniškumo nerodo. LI ir SHOW indeksai stabilumo sąlygas apibūdina panašiai (rodo aukštas ir statistiškai patikimas koreliacijos koeficientas – 0,74).

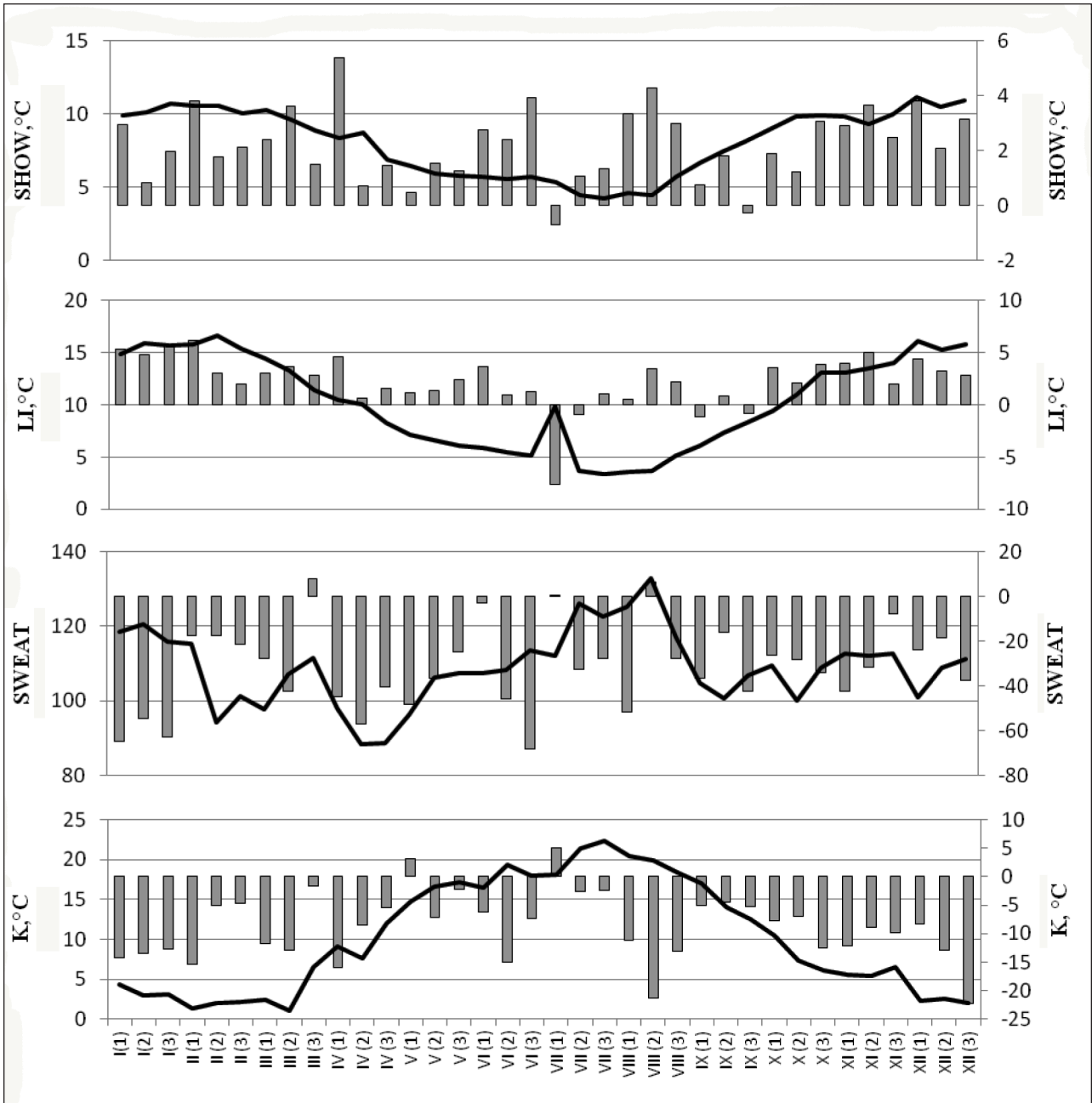
Stipri koreliacija AC atvejais yra tarp SHOW ir K indeksų. SWEAT indekso skirstinys beveik visais mėnesiais rodo dešiniašonę asimetriją, o K indeksas – atvirkščiai, kairiašonę. Vadinasi, K indeksas yra jautresnis orų pokyčiams nei SWEAT indeksas, nes santykinio sukuri skirstinys taip pat yra kairiašonis (2 pav.).

D. Derubertis (2006) nustatė pakankamai stiprią koreliaciją tarp K indekso ir SWEAT, nes abiejų indeksų įvertinimams naudojami gradientai tarp 850 ir 500 hPa lygių bei drėgnumo parametrai vidurinėje troposferoje. Tyrimu nustatyta, kad tarp šių dviejų indeksų yra silpna koreliacija ($r = 0,24$). Tokie rodiklių sekų skirtumai gali būti susiję su indeksų taikymu tik tam tikruose regionuose.

Pagal ankstesnių atmosferos stabilumo tyrimų rezultatus (DeRubertis, 2006; Coning, Koenig, 2008) žinoma, kad stabiliausias sąlygos susiformuoja šaltuoju metų laiku dėl nepalankių sąlygų konvekcijai vystytis. Dažniausiai žiemą yra didžiausi skirtumai tarp skirtingų indeksų, t. y. jeigu vieno indeksų reikšmės atitinka konkretaus termino stabilias atmosferos sąlygas, tai kitų – nestabilias. Skirtumai tarp indeksų rodo, kad vieni ar kiti indeksai yra nereprezentatyvūs tam tikram geografiniam regionui ar metų laikui. Indeksų tinkamumo vertinimas vien pagal vidutinius daugiamečius duomenis yra ne visuomet korektiškas, nes lieka neaiškios tokių skirtumų priežastys. Pateikiami du pavyzdžiai iš 2010 m. žiemos ir vasaros sezonų situacijų, kai įvairiais indeksais buvusios stabilumo sąlygos apibūdinamos skirtingai.

Konkrečių atvejų stabilumo sąlygų analizė

Pateikiami du pavyzdžiai: 2010 m. gruodžio 2 ir liepos 11 d., kai buvo fiksuotos mažiausios santykinio

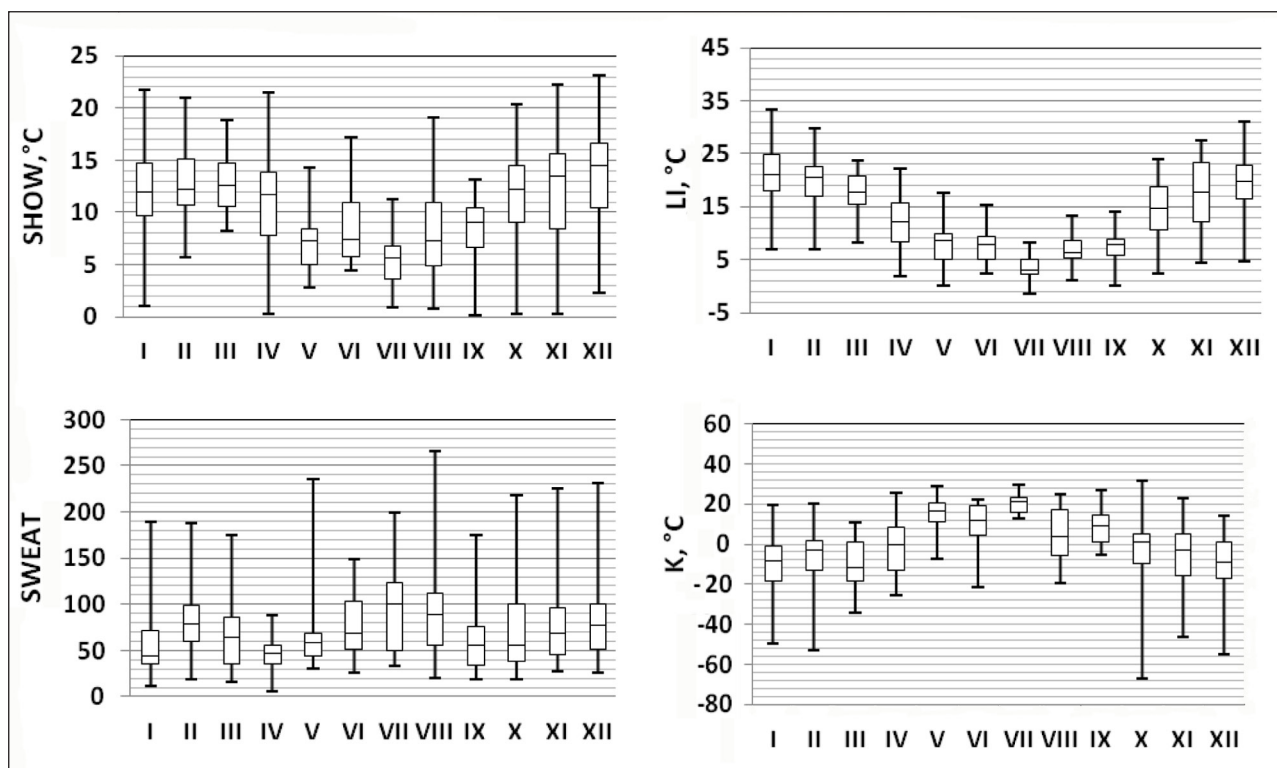


3 pav. Sezoninis atmosferos stabilumo pasiskirstymas pagal vidutinius daugiamečius indeksų (SHOW, LI, SWEAT ir K) duomenis (linija; ašis kairėje) ir stabilumo AC atvejais nuokrypiai nuo vidutinio daugiamečio vidurkio (stulpeliai; ašis dešinėje) Kaune (1981–2010 m.). Romėniški skaičiai žymi mėnesius, skaičiai skliausteliuose – dešimtadienius

Fig. 3. Mean seasonal variation of atmospheric instability indices (SHOW, LI, SWEAT and K) for 1981–2010 (line, left axis) and deviation from seasonal mean in AC cases (columns, right axis) in Kaunas. Roman numerals correspond to the month of the year, numbers in brackets – ten-day period

sūkurio reikšmės. 2010 m. gruodžio 2 d. virš Lietuvos buvo susiformavusi galinga anticikloninė sistema su dviem aukšto slėgio centrais į vakarus ir rytus nuo Lietuvos teritorijos. Slėgis centruose siekė 1 031 hPa jūros lygyje (5 pav.). Šios bariinės sistemos orientuotos platumos kryptimi. Lie-

pos 11 d. virš Lietuvos susiformavęs anticiklonas buvo silpnėsnis už žiemos metu susiformavusį anticikloną ir jame slėgis siekė 1022,5 hPa jūros lygyje, šis darinys ištyso meridianine kryptimi. Žinoma, kad vyraujant meridianinei cirkuliacijai dažniau formuojasi blokuojantys gūbriai, dėl kurių



4 pav. Vidutinė sezoninė atmosferos stabilumo indeksų (SHOW, LI, SWEAT ir K) kaita AC atvejais Kaune (žiūrėti paaiškinimus 2 pav.) (1981–2010 m). Romėniški skaičiai žymi mėnesius

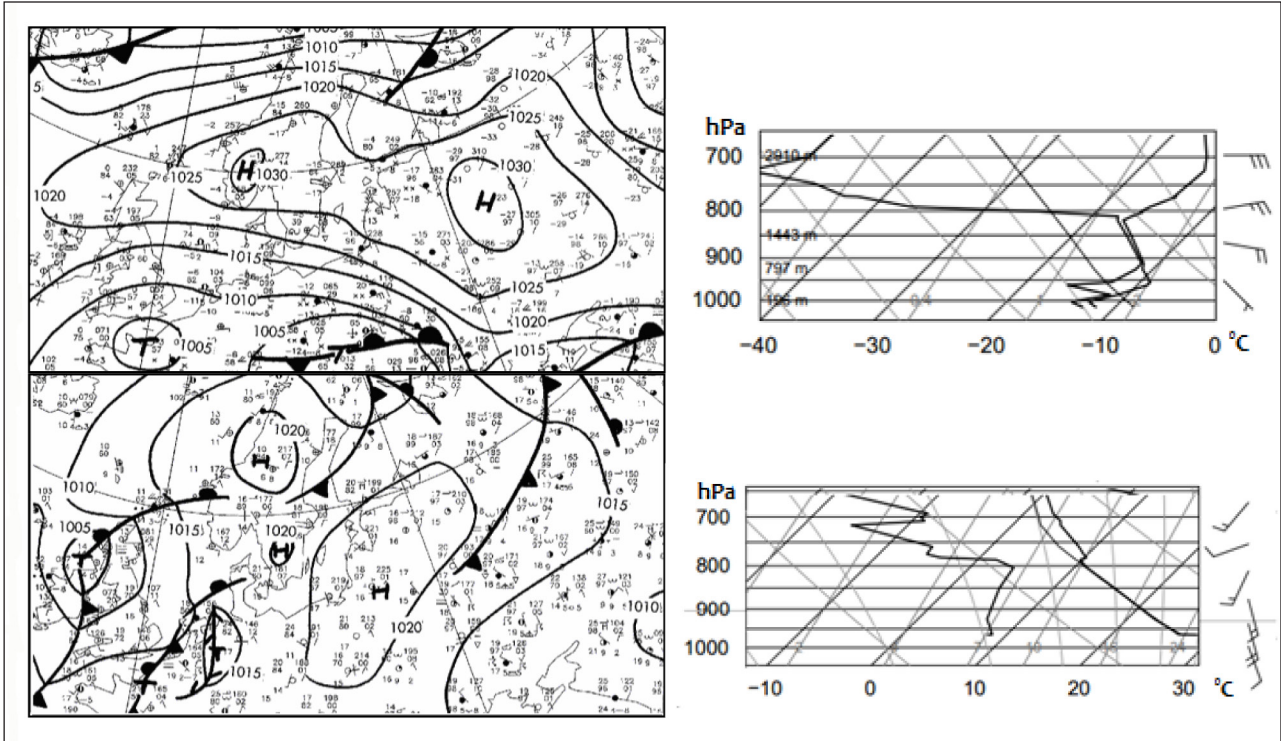
Fig. 4. Mean intraseasonal variation of atmospheric stability indices (SHOW, LI, SWEAT and K) in AC cases in Kaunas (explanation in Fig. 2.) (1981–2010). Roman numerals correspond to the month of the year

vasarą susidaro palankios sąlygos radiaciniam Žemės paviršiaus ir oro išilimui, vyrauja sausesni orai (Pankauskas, Bukantis, 2006). Kauno stotyje vidutinis santykinis drėgnumas tarp Žemės paviršiaus ir 800 hPa izobarinio paviršiaus liepos 11 d. buvo santykinai žemas (palyginti su žiemos situacija) ir siekė tik 57,3 %. Žiemą oro masė iki 800 hPa izobarinio paviršiaus laikoma drėgna (santykinis drėgnumas – 84 %).

Šios dvi skirtingų metų laikų situacijos turi vieną panašumą. Abiem atvejais atmosferos stulpe yra susiformavusios dvi inversijos. Vasarą oro masėje yra susiformavusios priežeminė ir pakeltoji inversijos. Abi inversijos yra silpnos ir apima atitinkamai 117 ir 109 m storio sluoksnius. Šioje situacijoje temperatūros gradientas artimas sausaadiabatiniam sluoksniui tarp 926 ir 894 hPa izobarinių paviršių, tačiau atmosferos nepastovumui formotis neleidžia itin didelis rasos taško deficitas. Žiemą susiformavusios inversijos yra galingesnės tiek pagal vertikalų temperatūros gradientą,

tiek pagal sluoksnio storį. Žemiau esanti inversija apima 385 m storio sluoksnį. Ši priežeminė inversija (dėl gaunamos šilumos nuo paklotinio paviršiaus) yra sutrikdyta, todėl apatinė jos riba prasideda 89 m aukštyje nuo Kauno stoties altitudės. Aukštesniuose sluoksniuose esanti inversija yra daug galingesnė, jos storis siekia 765 m. Nors barinis gradientas šiame sluoksnyje mažas (siekia vos $-0,2$ °C/100 m), susidariusi inversija neleidžia formotis nepastoviems atmosferos sluoksniams. Taigi žiemos sezonu nestabilioms oro sąlygoms formotis neleidžia galingos inversijos.

Pagal stabilumo indeksus nustatyta, kad gruodžio 2 d. virš Lietuvos oro masė yra daug stabilesnė nei liepos 11 d.: SHOW indekso reikšmės gruodžio 2 d. buvo 23,15 °C, liepos 11 d. – 5,39 °C; LI gruodžio 2 d. – 28,53 °C, liepos 11 d. – 0,05 °C; K gruodžio 2 d. – $-40,1$ °C, liepos 11 d. – 15,5 °C; SWEAT indekso kaita šiomis datomis yra maža: gruodžio 2 d. – 60,22; liepos 11 d. – 64,68. Toks santykinai mažas skirtumas gali būti susijęs su tuo,



5 pav. DWD (Vokietijos orų tarnybos) priežeminės orų analizės fragmentai (kairėje) ir aerologinės diagramos apatinė dalis (dešinėje); 2010 m. gruodžio 2 d. (viršuje) ir liepos 11 d. (apačioje). Priežeminės analizės žemėlapiai paimti iš tinklalapio: <http://www.dwd.de/>, o aerologinės diagramos – iš tinklalapio: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

Fig. 5. Part of surface analysis of DWD (German Weather Service) (left) and lower part of sounding diagrams (right) for December 2, 2010 (top) and July 11, 2010 (bottom). Surface analysis charts were taken from <http://www.dwd.de/> website and sounding diagrams – from <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> website

kad tik SWEAT indekso nustatymams yra naudojami vėjo greičio duomenys. Kuo didesnis vėjo greitis 850 ir 500 hPa lygiuose, tuo didesnės SWEAT indekso reikšmės. Žinoma, kad šiltuoju metų laiku vėjo greičiai paprastai yra mažesni nei šaltaisiais mėnesiais, todėl vasarą, net ir esant dideliame atmosferos nestabilumui, SWEAT indekso reikšmės gali būti nenatūraliai mažos.

IŠVADOS

Santykinio sukuri reikšmių amplitudė anticikloninės cirkuliacijos atvejais didžiausia žiemą: gruodžio–sausio mėn. ($5,4 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$), o mažiausia – vasarą, liepos–rugpjūčio mėn. ($1,1 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$). Atitinkamai šiais laikotarpiais nustatytos mažiausios ir didžiausios šio parametro reikšmės anticikloninės cirkuliacijos dariniuose.

Atmosferos stabilumas yra atvirkščiai proporcingas santykinio sukuri reikšmėms. Vadinas, kuo anticiklonas galingesnis, tuo stabilesnės atmosferos sąlygos jame formuojasi, todėl didžiausias atmosferos stabilumas nustatytas gruodžio–vasario mėn., o mažiausias – liepos–rugpjūčio mėn. Didžiausius skirtumus tarp šių sezonų rodo K indeksas – $31,48 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tyrimu nustatyta, kad LI ir K indeksai cirkuliacijos sukuringumo pokyčiams yra jautresni nei SHOW ir SWEAT, todėl stabilų atmosferos sąlygų tyrimams LI ir K indeksai yra tinkamesni. SWEAT indeksas prastai reprezentuoja stabilumo sąlygas šiltuoju metų laiku.

Gauta 2012 10 22
Priimta 2012 11 21

LITERATŪRA

1. Blanchard D. O. 1998. Assessing the Vertical Distribution of Convective Available Potential Energy. *Weather and Forecasting*. 13: 870–877.
2. Coning E., Koenig M. 2008. The MSG Global Instability Indices Product and Its Use as a Nowcasting Tool. *Weather and Forecasting*. 24: 272–285.
3. DeRubertis D. 2006. Recent Trends in Four Common Stability Indices Derived from U. S. Radiosonde Observations. *Journal of Climate*. 19: 309–323.
4. Flocas H. A., Maheras P., Karacostas T. S., Patrikas I., Anagnostopoulou C. 2001. A 40-year Climatological Study of Relative Vorticity Distribution over the Mediterranean. *International Journal of Climatology*. 21: 1759–1778.
5. Henry R. C., Chang Y., Spiegelman C. H. 2002. Locating nearby sources of air pollution by nonparametric regression of atmospheric concentrations on wind direction. *Atmospheric Environment*. 36: 2237–2244.
6. Manzato A. 2005. The Use of Sounding-Derived Indices for a Neural Network Short-Term Thunderstorm Forecast. *Weather and Forecasting*. 20: 896–917.
7. NOAA Operational Model Archive Distribution System (žiūrėta 2012 10 03). http://nomad1.ncep.noaa.gov/ncep_data/index.html
8. Pankauskas M., Bukantis A. 2006. Baltijos jūros regiono klimato humidiškumo dinamika 1950–2004 metais. *Annales Geographicae*. 39(1): 5–14.
9. Petersen R. A. 1992. Comparisons of LFM and NGM Lifted-index Calculation. *Weather and Forecasting*. 7: 536–541.
10. Ryan W. F., Piety C. A., Luebehusen E. D. 1999. Air Quality Forecasts in the Mid-Atlantic Region: Current Practice and Benchmark Skill. *Weather and Forecasting*. 15: 46–60.
11. Stankūnavičius G. 2005. *Sinoptinės meteorologijos pagrindai*. I dalis, Vilnius: Vilniaus universitetas.
12. University of Wyoming. College of Engineering. Department of Atmospheric Science (žiūrėta 2012 10 03). <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
13. Wetter3.de. (žiūrėta 2012 10 03). <http://www.wetter3.de/>

Eleonora Ramanenko, Gintautas Stankūnavičius

THE STUDY OF ATMOSPHERIC STABILITY IN THE ANTICYCLONIC CIRCULATION SYSTEMS

Summary

Atmospheric stability describes the resistance of the atmosphere to vertical motion. Atmospheric stability can be described using various stability indices. Many of them are constructed to show the convection potential.

This study deals with the stability conditions in atmosphere within the anticyclonic pressure systems over Kaunas. Anticyclonic circulation cases were identified using relative vorticity field at 850 hPa level over the central part of Lithuania. The major variation of this parameter is in winter, December–January ($5.4 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$) and the least variation is in summer (mostly in June) ($1.1 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$).

Four indices were selected to define atmospheric stability. These indices: LI, SHOW, SWEAT and K are calculated using temperature, humidity and wind profiles data taken from sounding time series. The study results show that in Lithuania LI and K indices are more suitable for atmospheric stability identification than SHOW and SWEAT indices, because they are more sensitive to variation of relative vorticity (parameter of circulation intensity) over the year. SWEAT index is suitable only for winter time.

The analysis of seasonal variation of selected indices shows that the least stable atmosphere conditions are in July–August and most stable in December–February. K index shows the largest differences between summer and winter seasons – 31.48 °C.

Key words: atmospheric stability, anticyclonic circulation, stability indices