

Vliv sluneční aktivity na cyklonální a anticyklonální činnost v mírných zeměpisných šířkách

Radan Huth

Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i. (email huth@ufa.cas.cz)

Abstrakt

V uplynulých letech jsme prokázali, že sluneční aktivita významně ovlivňuje různé charakteristiky troposférické cirkulace v mírných zeměpisných šířkách v zimě. Předložený příspěvek rozšiřuje tyto analýzy o cyklonální a anticyklonální aktivitu. Cyklonální aktivita je popsána pomocí Eulerovských tzv. drah cyklón ('stormtracks'), jež jsou definovány jako standardní odchylka výšky hladiny 500 hPa, filtrované pásmovým filtrem, který zachovává synoptické periody v pásmu přibližně 2,5 až 6 dní. Anticyklonální aktivita je charakterizována tzv. bloky, což jsou dlouho trvající stacionární anticyklonální útvary, působící jako překážky převládajícímu západnímu zonálnímu proudění. Dráhy cyklón a bloky jsou analyzovány odděleně pro měsíce s nízkou, střední a vysokou sluneční aktivitou, definovanou jako dolní, střední a horní třetina hodnot slunečního radiového toku 10,7 cm. Výsledky ukazují, že období s nízkou a vysokou sluneční aktivitou se liší polohou drah cyklón a bloků (bloky jsou za slunečního maxima posunuty na východ), dobou života bloků (trvají déle za slunečního minima) a částečně i intenzitou drah cyklón (ve slunečním maximu jsou slabší). Vliv sluneční aktivity je významnější na bloky než na cyklonální činnost.

Summary

In recent years, we have demonstrated that solar activity significantly affects various characteristics of tropospheric circulation in mid latitudes in winter. This contribution extends these analyses to cyclonic and anticyclonic activity. Cyclonic activity is described in terms of Eulerian stormtracks, defined as standard deviation of 500 hPa heights, filtered by a band-pass filter retaining synoptic frequencies in the band of approximately 2.5 to 6 days. The anticyclonic activity is characterized by mid-latitude blockings, which are persistent stationary anticyclonic features, acting as obstacles in the prevailing westerly zonal flow. The stormtracks and blockings are analyzed separately for months with low, moderate, and high solar activity, defined in turn as the low, medium, and high third of the 10.7 cm solar radio flux. The results show that the low and high solar cycle phases differ i.a. in the position of both the stormtracks and blockings (the latter being shifted eastwards in solar maxima), in the lifetime of blockings (tending to last longer under solar minima), and partially also in the intensity of stormtracks (stormtracks being weaker in solar maxima). The effect of solar activity is more significant on blockings than on cyclonic activity.

1. Úvod

Důkazy, že sluneční aktivita, zejména její 11-letý cyklus, ovlivňuje cirkulaci v troposféře, stále přibývají. K tomu přispěly i výsledky práce našeho pracovního týmu, složeného z pracovníků Ústavu fyziky atmosféry a Geofyzikálního ústavu AV ČR. Podařilo se nám ukázat, že v zimě sluneční aktivita ovlivňuje intenzitu zonálního přenosu (tj. západního proudění), tvar, geografický rozsah a intenzitu módů nízkofrekvenční proměnlivosti včetně severoatlantické oscilace, charakteristiky Arktické oscilace i četnost některých synoptických typů. Tyto výsledky byly prezentovány jak mezinárodní komunitě ve formě odborných článků (např. Bochníček a kol. 2001; Bochníček a Hejda 2002, 2005, 2006; Huth a kol. 2006a, 2007a, 2008, 2009), tak domácí odborné komunitě ve sbornících konference Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí (mj. Huth a kol. 2005, 2006b, 2007b). Společným jmenovatelem vlivu sluneční aktivity na cirkulaci troposféry je zvýšená intenzita a četnost zonálního (západního) proudění za vysoké sluneční aktivity. Přehled článků jiných autorů na téma vlivu sluneční aktivity na atmosférickou cirkulaci lze najít např. v práci Huth a kol. (2007b).

Důležitými aspekty atmosférické cirkulace jsou cyklonální aktivita a výskyt atmosférických bloků. Tento příspěvek se zabývá vlivem sluneční aktivity na jejich charakteristiky, s důrazem na oblast Evropy a přilehlého Severního Atlantiku.

2. Data a metody

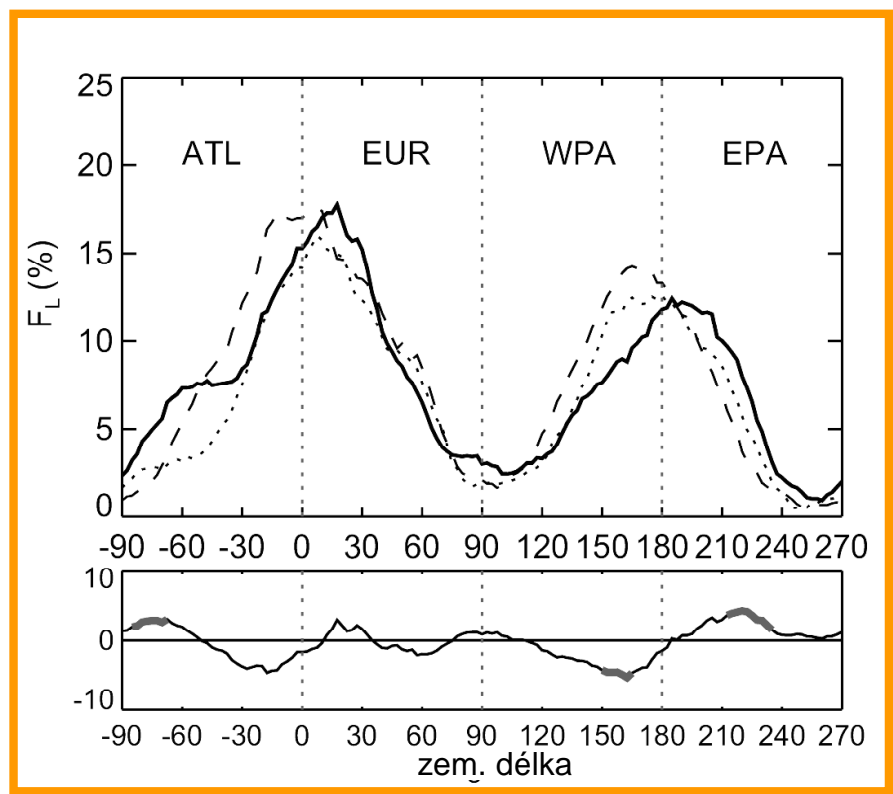
Analýza se zabývá prodlouženou zimou, zahrnující měsíce prosinec až březen. Sluneční aktivita je charakterizována průměrným měsíčním slunečním radiovým tokem s vlnovou délkou 10,7 cm (F10.7). Data jsou rozdělena do tří skupin podle úrovně sluneční aktivity, analogicky našim předchozím pracím. Zde popisujeme výsledky pro rozdělení dat na třetiny, tj. třída odpovídající nízké sluneční aktivitě obsahuje třetinu měsíců s nejnižšími hodnotami F10.7, třída odpovídající vysoké aktivitě obsahuje třetinu měsíců s nejvyššími hodnotami

F10.7 a třída odpovídající střední aktivitě obsahuje zbývající třetinu měsíců. Výsledky pro jiná rozdělení jsou obdobné.

Atmosférická cirkulace je charakterizována geopotenciálními výškami hladiny 500 hPa. Zdrojem dat jsou reanalýzy NCEP/NCAR (Kalnay a kol. 1996). Prostorové rozlišení datových souborů je $2,5^\circ \times 2,5^\circ$.

3. Atmosférické bloky

Atmosférické bloky jsou kvazi-stacionární útvary, trvající až několik týdnů. Jedná se o anticyklóny nebo hřebeny vysokého tlaku ve středních zeměpisných šířkách, jež přerušují, odklánějí či rozdvíhají zonální (západní) proudění, jež je ve střední troposféře typické a běžné. Bloky mají proto významný vliv na počasí ve středních zeměpisných šířkách; např. v zimě je výskyt bloků nad Severním Atlantikem spojen s epizodami velmi nízkých



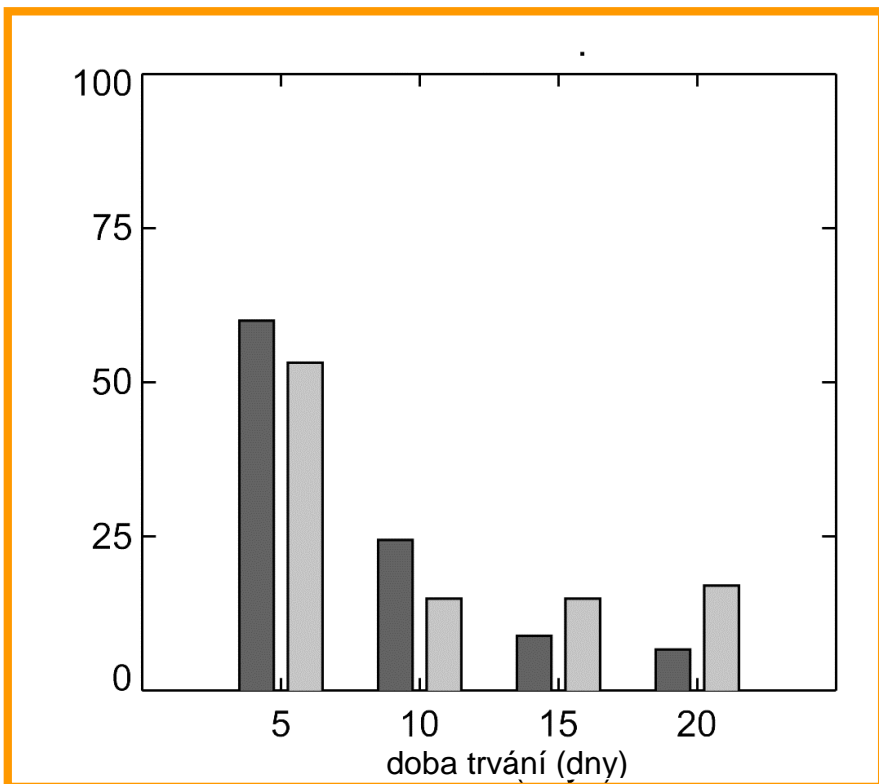
Obr. 1. Četnost výskytu bloků s dobou trvání aspoň 5 dnů (v procentech ze všech zimních dnů, nahoře) pro nízkou (čárkovaně), střední (tečkovaně) a vysokou (plně) sluneční aktivitu. Dole: rozdíl četností mezi vysokou a nízkou sluneční aktivitou; tučná čára značí rozdíl na hladině významnosti 0,1.

teplot ve střední Evropě. Pro použitou formální definici atmosférického bloku odkazujeme čtenáře na článek Barriopedro a kol. (2008), kde jsou uvedeny i další podrobnosti ke zde prezentovaným výsledkům.

Zkoumané období pokrývá 44 zim v období 1955 až 1999, odpovídající čtyřem úplným cyklům sluneční aktivity.

Četnost bloků v jednotlivých zeměpisných délkách pro různé fáze 11-letého slunečního cyklu je zobrazena na obr. 1. Bloky mají dvě hlavní oblasti výskytu; jednu v euro-atlantické oblasti s maximem poblíž 0° z.d., druhou nad středním Pacifikem poblíž datové čáry. Je zřejmé, že v euro-atlantické oblasti se četnost bloků příliš nemění, oblast jejich maximálního výskytu se však ve slunečním maximu posunuje o přibližně 15 až 20° směrem na východ. Obdobný posun pozorujeme i nad Tichým oceánem; tam navíc četnost bloků za slunečního maxima výrazně klesá. Významnou charakteristikou bloků je doba jejich trvání. Ukazuje se, že na tuto charakteristiku má sluneční aktivita rovněž významný vliv. Na obr. 2 vidíme, že ve slunečním maximu jsou krátce trvající bloky (do 2 týdnů) četnější než ve slunečním minimu; opak platí pro bloky s dobou trvání nad dva týdny – ty jsou četnější za nízké sluneční aktivity. Obr. 3 ukazuje, že plošný rozsah bloků je za vysoké sluneční aktivity větší (tj. za slunečních maxim bloky ovlivňují atmosférickou cirkulaci na větší oblasti). Na druhou stranu je jejich vliv na teploty v Evropě slabší: zatímco za slunečního minima jsou s bloky spojeny záporné odchylky teploty od

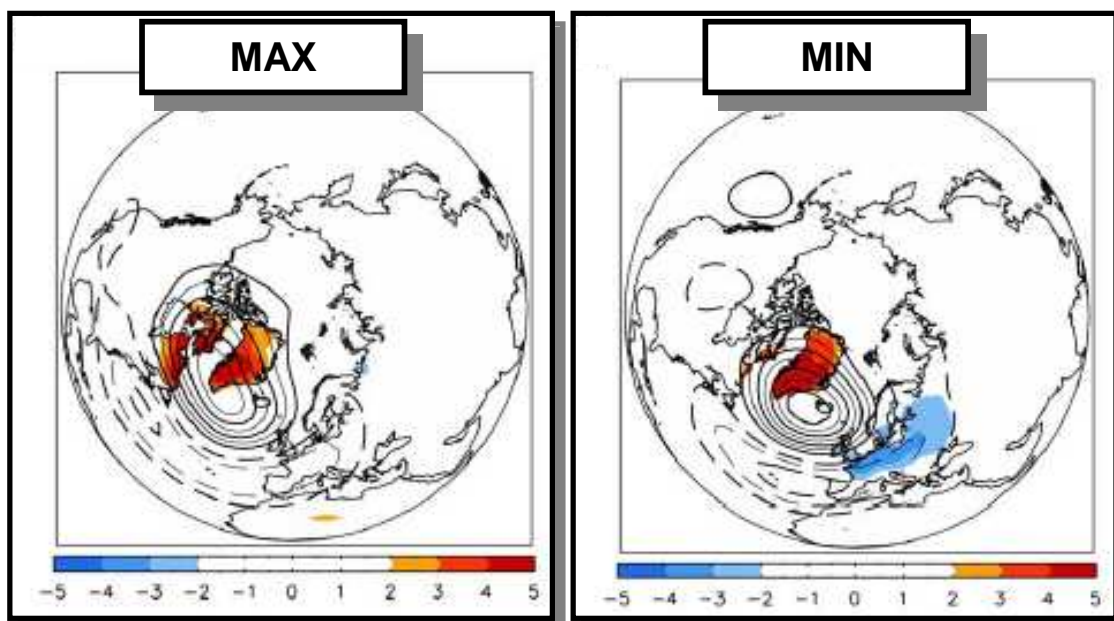
normálu překračující 2°C nad velkou částí západní, střední a východní Evropy, za slunečního maxima takto velké odchylky nad Evropou (s výjimkou malých oblastí nejsevernějšího Ruska) nenajdeme.



Obr. 2. Relativní četnost doby trvání bloků pro 5-9 dní (značeno 5), 10-14 dní (značeno 10), 15-19 dní (značeno 15) a více než 20 dní (značeno 20) pro vysokou (tmavě) a nízkou (světle) sluneční aktivitu v oblasti Severního Atlantiku (ATL na obr. 1).

4. Cyklonální činnost

Cyklonální činnost je popsána Eulerovským způsobem. Oblasti se zvýšenou cyklonální aktivitou (v angličtině zjednodušeně nazývané „stormtracks“) hledáme jako maxima v poli standardních odchylek anomálií



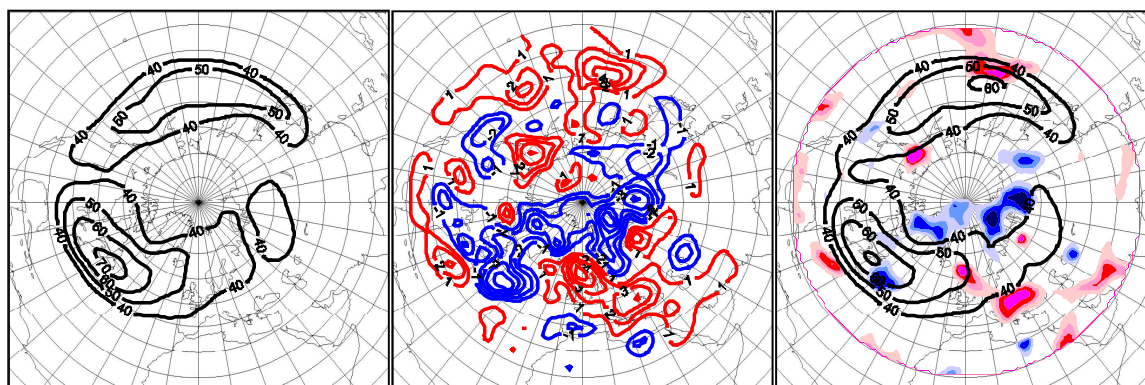
Obr. 3. Kompozity výšek hladiny 500 hPa (čáry, interval izočar 50 m) a teploty (barevně) pro dny, kdy byl pozorován blok v oblasti ATL dle obr. 1: pro sluneční maximum (vlevo) a minimum (vpravo).

geopotenciálních výšek hladiny 500 hPa v oblasti synoptických frekvencí 2,5 až 6 dní. K tomu účelu jsme na geopotenciální výšky aplikovali Blackmonův pásmový filtr (Blackmon a Lau 1980). Analyzováno je období 1950-2003.

Obr. 4 ukazuje velikost výše definované standardní odchylky geopotenciálu odděleně pro nízkou (vlevo) a vysokou (vpravo) sluneční aktivitu. Rozdíly mezi vysokou a nízkou aktivitou jsou zakresleny uprostřed; jejich statistická významnost určená metodou Monte Carlo je vyznačena barevně na pravém panelu. Je vidět, že obraz změn mezi vysokou a nízkou sluneční aktivitou je poměrně chaotický; nicméně nad Evropou lze za slunečního maxima pozorovat pokles cyklonální aktivity severně od oblasti hlavního výskytu cyklón a nárůst jižně od ní. To ukazuje na posun oblasti cyklonální činnosti ve slunečním maximu směrem k jihu.

5. Diskuse a závěry

Za slunečního minima jsou bloky v euro-atlantické oblasti posunuté více na západ a trvají déle, což má za



Obr. 4. Charakteristika cyklonální činnosti (definice viz text) pro nízkou (vlevo) a vysokou (vpravo) sluneční aktivitu. Uprostřed rozdíl mezi vysokou a nízkou sluneční aktivitou (červeně / modře pro vyšší / nižší hodnoty za vysoké sluneční aktivity). Statistická významnost rozdílů je vyznačena barevně na pravém panelu, a to stupni tmavosti pro 90%, 95% a 99%.

následek větší poklesy teplot (oproti slunečnímu maximu) ve velké části Evropy. Za nízké sluneční aktivity je oblast největšího výskytu cyklonální činnosti více zakřivená směrem k severovýchodu než za vysoké sluneční aktivity, kdy je orientována více zonálně. To je v souladu s našimi předchozími zjištěními, že vysoká sluneční aktivita je spojena se zesílenou zonalitou atmosférické cirkulace.

Vlivy 11-letého slunečního cyklu v zimě jsou systematictější a významnější na atmosférické bloky než na cyklonální činnost. Důvodem může být odlišné časové měřítko: bloky mají charakteristickou dobu trvání podstatně delší než cyklóny (týdny oproti dnům). To by mohlo znamenat, že vliv sluneční aktivity na atmosférickou cirkulaci roste s prodlužujícím se časovým měřítkem zkoumaných procesů.

Poděkování

Autor děkuje Davidu Barriopedrovi a Ricardovi García-Herrerovi za provedení výpočtů pro atmosférické bloky a Josefu Bochníčkovvi za průběžnou inspirující spolupráci. Studie byla podpořena Grantovou agenturou AV ČR, projekt č. A300420805.

Literatura

- Barriopedro, D., García-Herrera, R., Huth, R., 2008: Solar modulation of Northern Hemisphere winter blocking. *J. Geophys. Res.*, **113**, D14118.
- Blackmon, M. L., Lau, N.-C.: 1980: Regional characteristics of the Northern Hemisphere wintertime circulation: A comparison of the simulation of a GFDL General Circulation Model with observations. *J. Atmos. Sci.*, **37**, 497-514.
- Bochníček, J., Hejda, P., Pýcha, J., 2001: Comparison of solar and geomagnetic activity effects on the Northern Hemisphere weather changes. *Studia geophys. geod.*, **45**, 133-154.
- Bochníček, J., Hejda, P., 2002: Association between extraterrestrial phenomena and weather changes in the Northern Hemisphere in winter, *Surv. Geophys.*, **23**, 303-333.

- Bochníček, J., Hejda, P., 2005: The winter NAO pattern changes in association with solar and geomagnetic activity, *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, **67**, 17-32.
- Bochníček, J., Hejda, P., 2006: Connections between the distribution of prevailing winds in the winter Northern Hemisphere, solar/geomagnetic activity and the QBO phase. *Studia geophys. geod.*, **50**, 299-318.
- Huth, R., Pokorná, L., Bochníček, J., Hejda, P., 2005: Vliv sluneční aktivity na módy proměnlivosti atmosférické cirkulace. In: *Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí*, Hvězdárna v Úpici, Úpice, 98-105.
- Huth, R., Pokorná, L., Bochníček, J., Hejda, P., 2006a: Solar cycle effects on modes of low-frequency circulation variability. *J. Geophys. Res.*, **111**, D22107.
- Huth, R., Bochníček, J., Hejda, P., 2006b: Vliv 11-letého slunečního cyklu na Arktickou oscilaci. *Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí*, Hvězdárna v Úpici, Úpice, 85-91.
- Huth, R., Bochníček, J., Hejda, P., 2007a: The 11-year solar cycle affects the intensity and annularity of the Arctic Oscillation. *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, **69**, 1095-1109.
- Huth, R., Kyselý, J., Bochníček, J., Hejda, P., 2007b: Vlivy sluneční a geomagnetické aktivity na výskyt synoptických situací v Evropě. In: *Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí*, Hvězdárna v Úpici, Úpice, 77-81.
- Huth, R., Kyselý, J., Bochníček, J., Hejda, P., 2008: Solar activity affects the occurrence of synoptic types over Europe. *Ann. Geophys.*, **26**, 1999-2004.
- Huth, R., Pokorná, L., Bochníček, J., Hejda, P., 2009: Combined solar and QBO effects on the modes of low-frequency atmospheric variability in the Northern Hemisphere. *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, **71**, 1471-1483.
- Kalnay, E., a kol., 1996: The NCEP / NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, **77**, 437-471.