



Klima a klimatická variabilita v oblasti Antarktického poloostrova

Kamil Láska, Pavel Prošek

Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita

27. března 2017



plocha Antarktidy = 13.829.430 km²
nezaledněná oblast = 44.890 km²
(tj. 0,03 %)

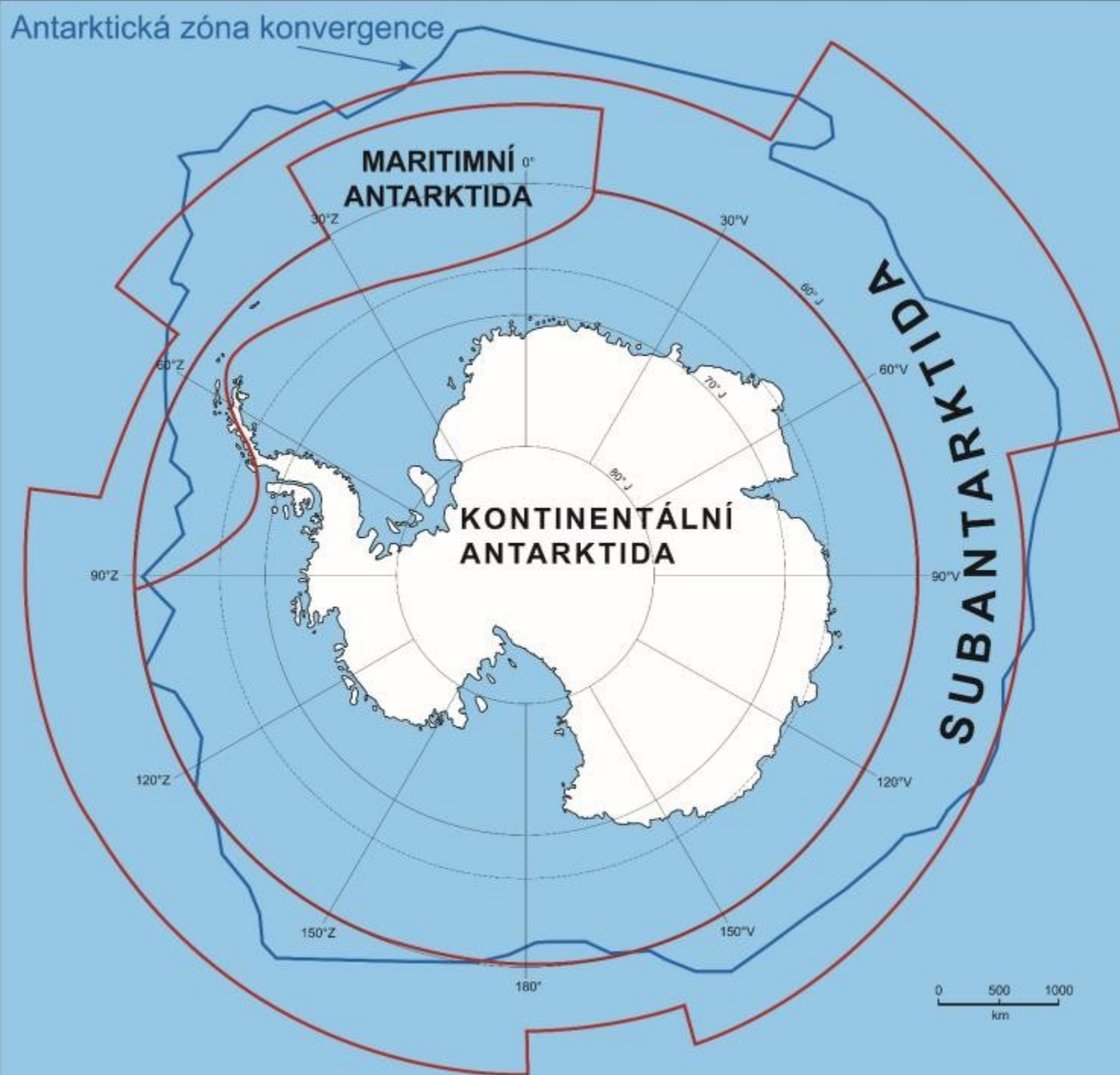
A topographic map of Antarctica showing the continent's terrain. The map uses a color gradient from white (low elevation) to dark blue (high elevation). A red circle marks the location of Vinson Massif, the highest peak in Antarctica. The text 'Vinson Massif' and '4892 m' is overlaid on the map in yellow and red respectively. The map shows the continent's irregular shape, including the Antarctic Peninsula on the left and the Ross Sea on the right.

Vinson Massif
4892 m

kubatura ledu = 29 300 000 km³ → 29,3 · 10¹⁴ t
→ 90 % sladké vody na Zemi

Hranice a dělení Antarktidy

Uvnitř polárního kruhu představuje oceán 66 % a pevnina 34% plochy



Larsen C Ice Shelf

Rift development to January 2017

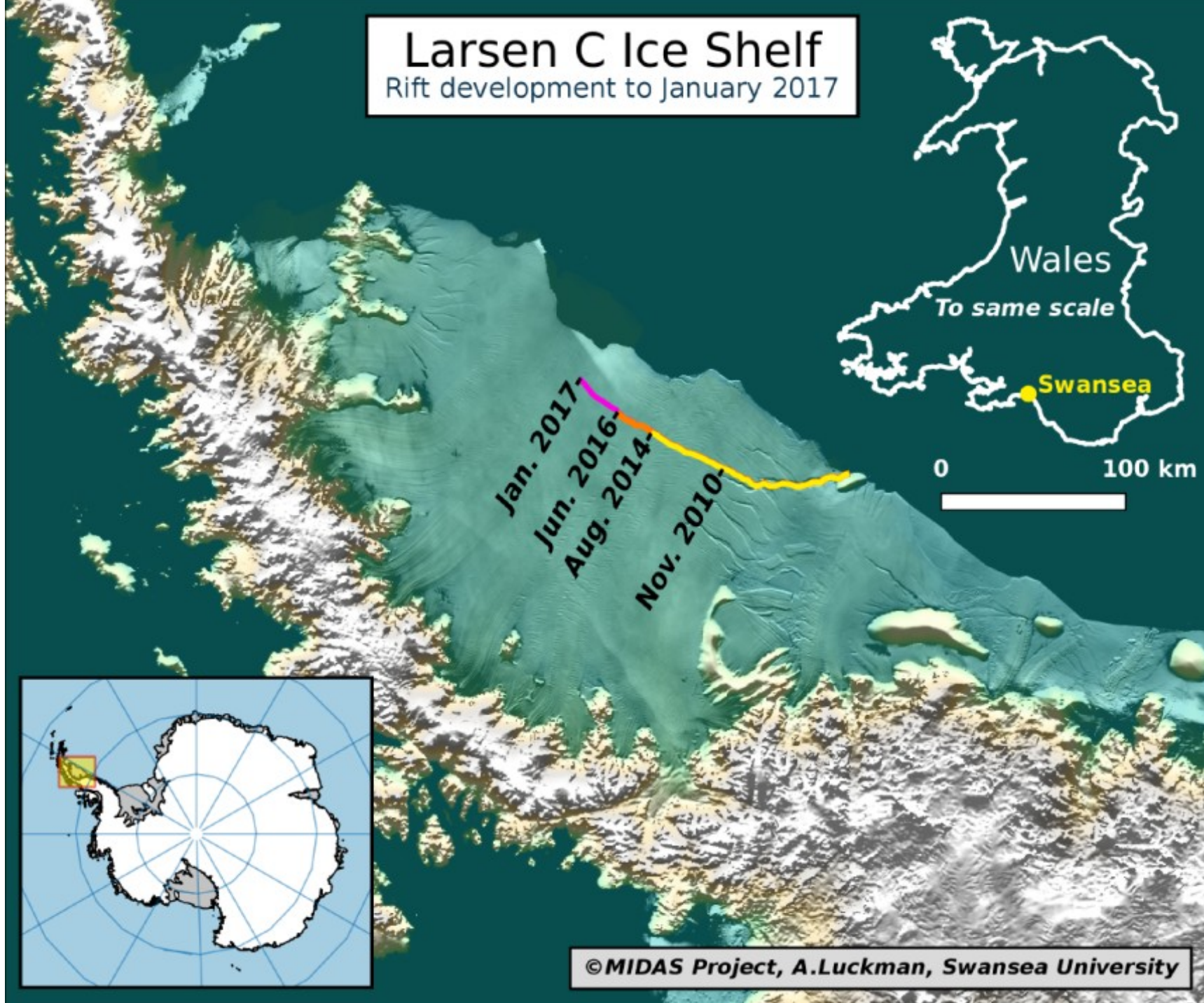
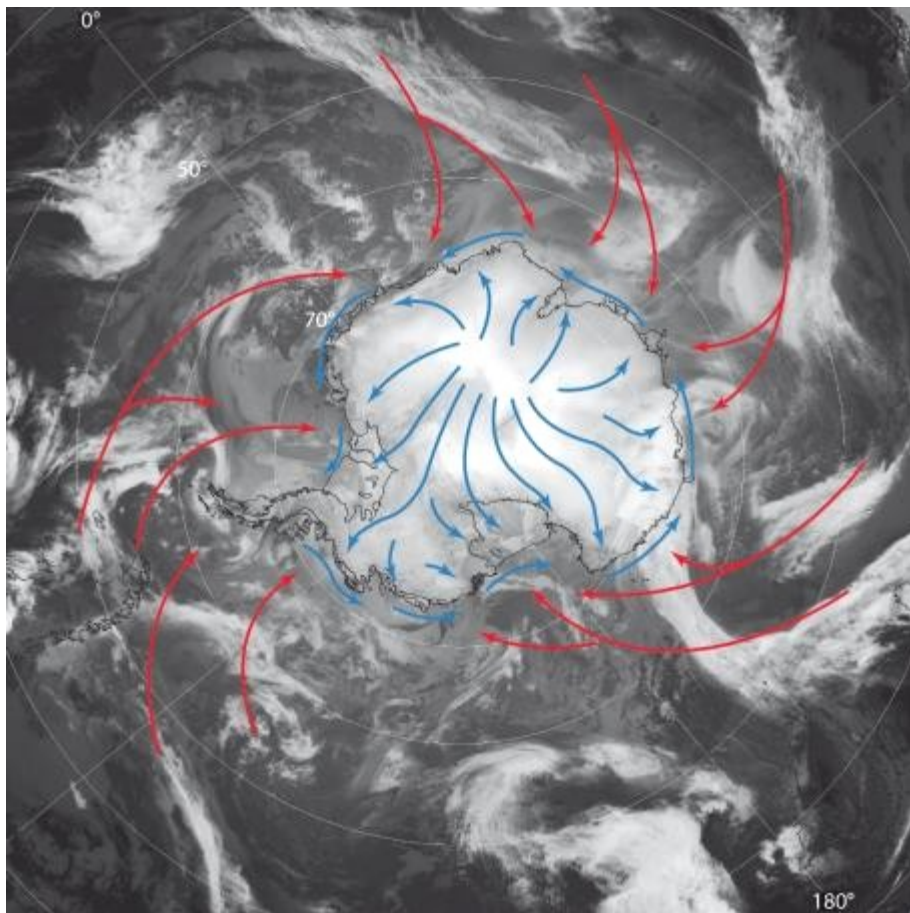
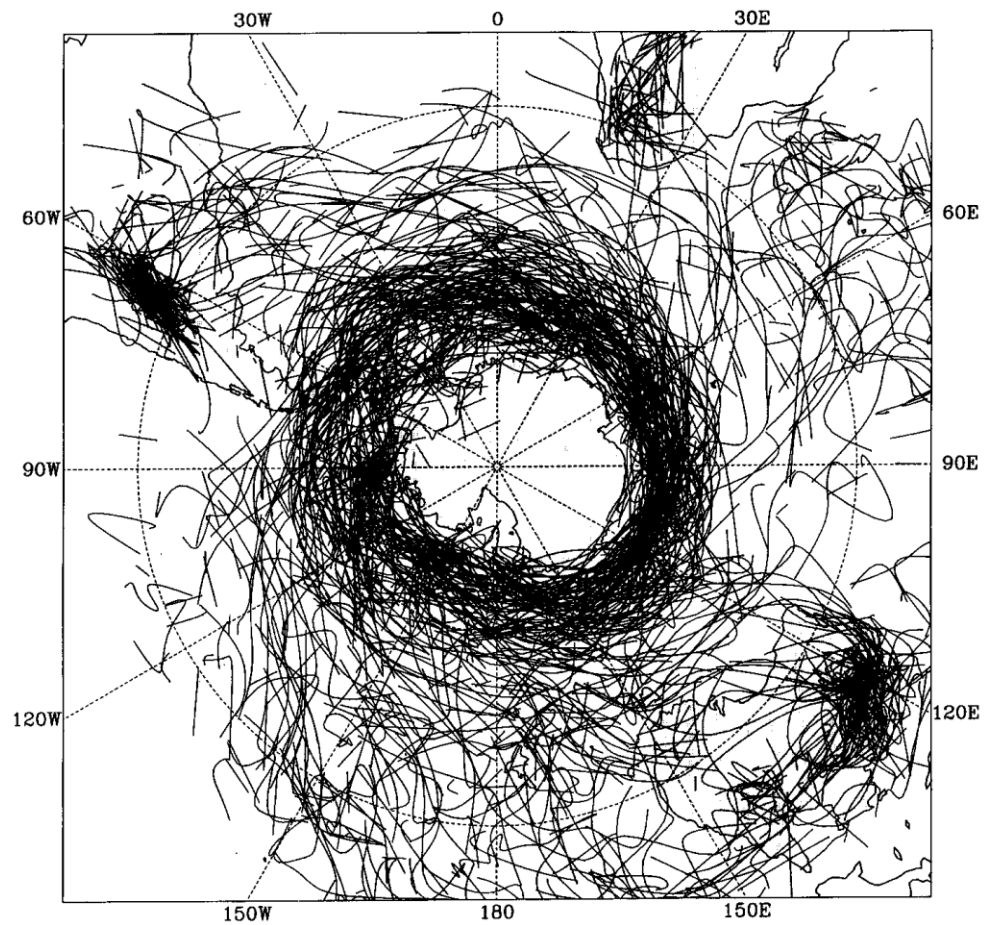
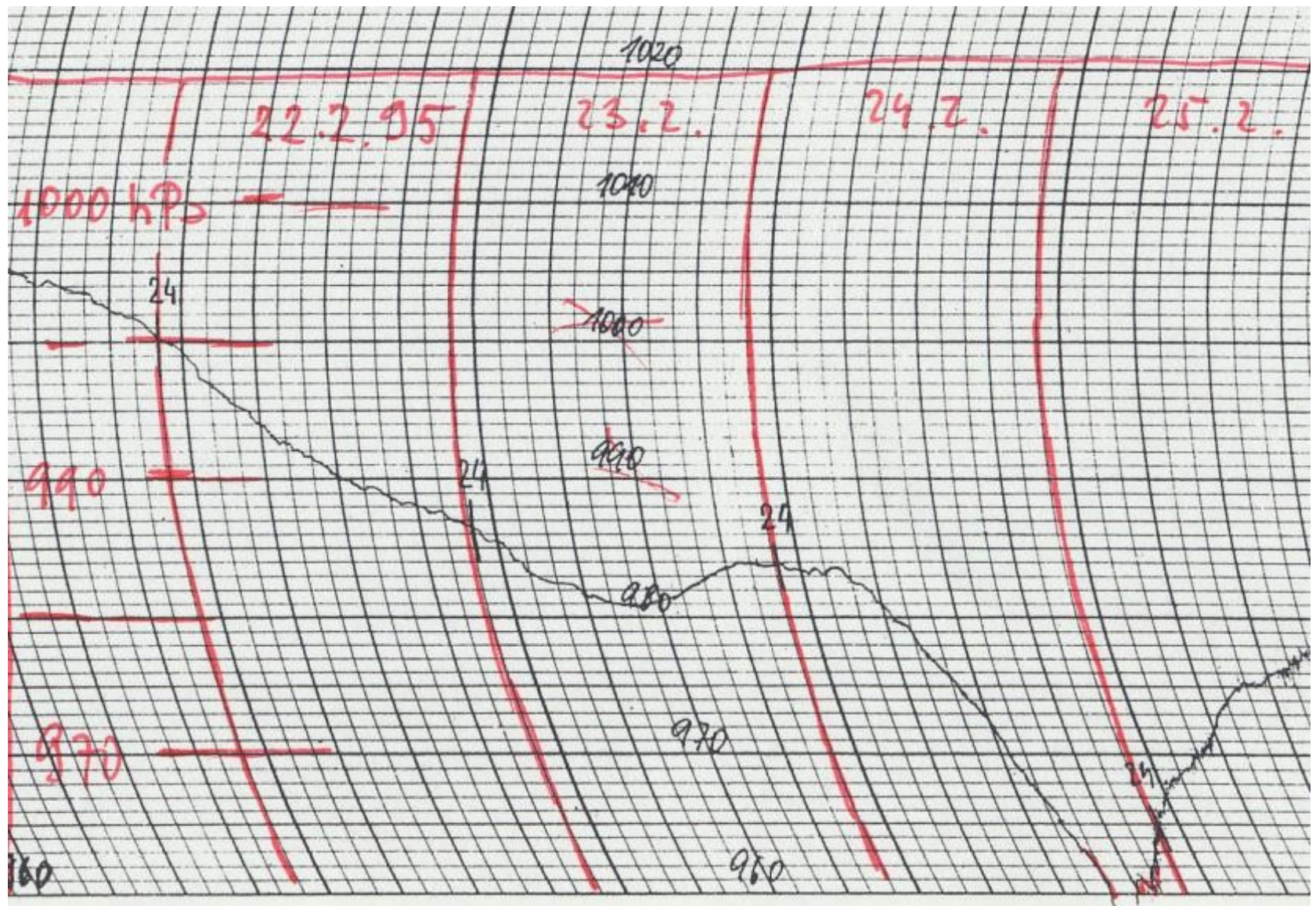


Schéma globální atmosférické cirkulace nad Antarktidou



Dráhy cyklón v letním období (říjen-březen) v letech 1985-89





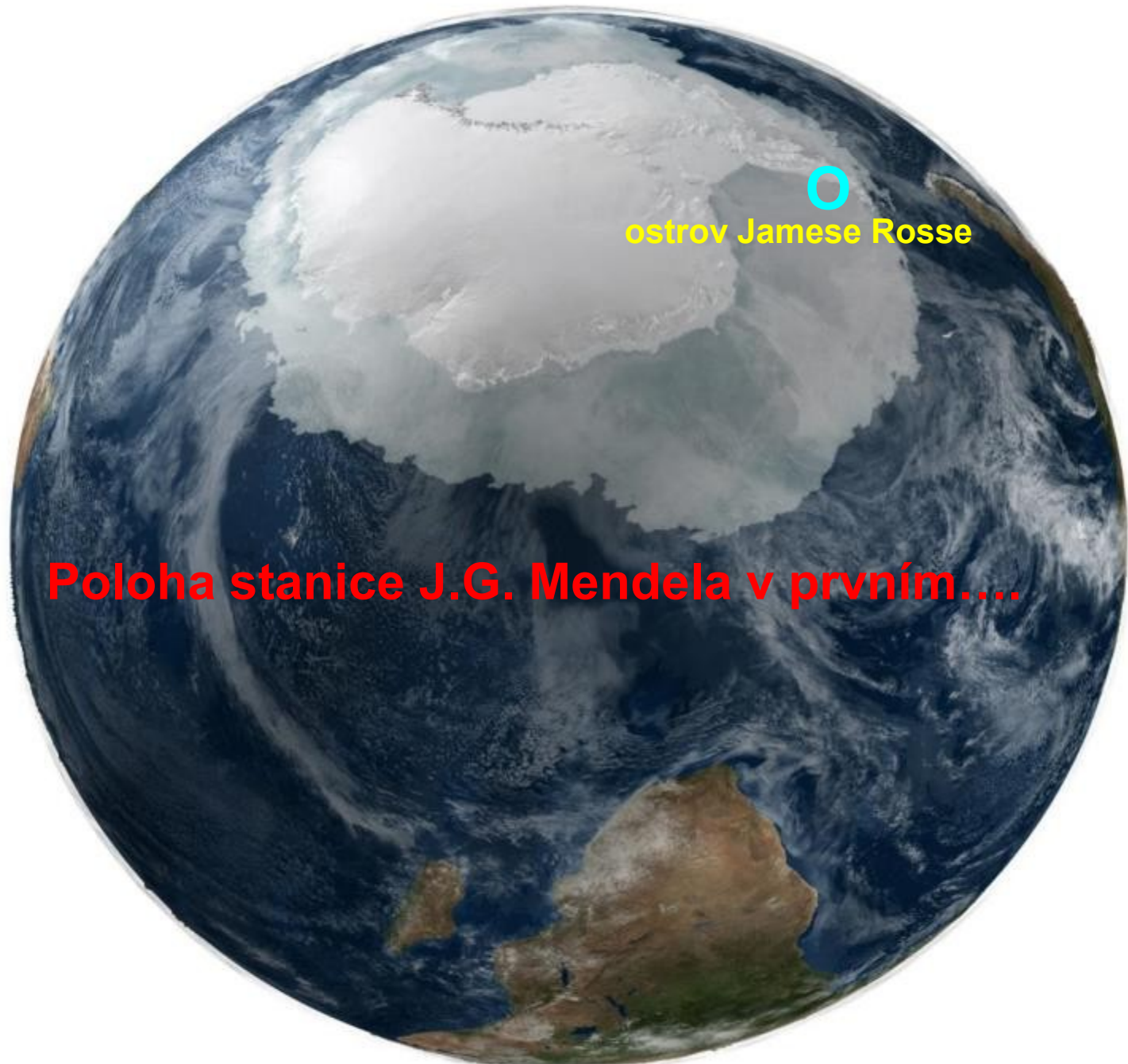
Registrace barografu z 22.-25.2.1995 dokládající pokles tlaku vzduchu o více než 24 hPa za 14 h (ostrov krále Jiřího, Jižní Shetlandy)



blizzard na stanici J. G. Mendela

Význam Antarktidy v globálním planetárním systému:

- zvětšuje odrazivost Země na ca 30 %;
- jako kryosférické prostředí má dlouhou „klimatickou paměť“, → stabilizátor klimatu, čas odezvy na změnu klimatu ca 3 000 let;
- zvětšuje teplotní kontrast pól – rovník → zesiluje cirkulaci atmosféry;
- Jižní oceán → důležitá součást termohalinní cirkulace mořské vody;
- objemem ledu významně snižuje úroveň hladiny světového oceánu.



ostrov Jamese Rosse

Poloha stanice J.G. Mendela v prvém....

.... ve druhém ...



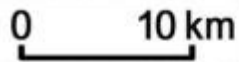
... třetím

stanice J. G. Mendela



ostrov Jamese Rosse

(2 500 km²)



.... a čtvrtém přiblížení (63 48'S, 57 53'E)



letecký pohled na Ulu Peninsula







D a v i e s D o m e

W h i s k y G l a c i e r

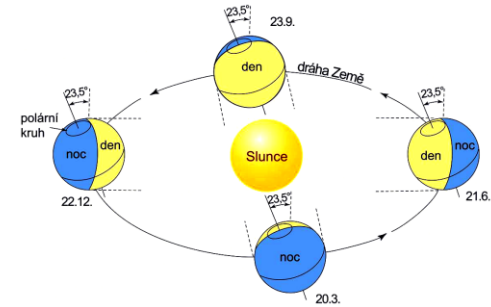
Argumenty pro umístění stanice:

1. Jde o oblast s velmi zajímavým geologickým vývojem.
2. Je typická velkou variabilitou klimatu (střídání oceánických a kontinentálních vlivů).
3. Území Ant. Poloostrova vykazuje největší oteplení za 50 let (průměrně o 2,5 °C, v zimě až o 5 C°, v létě jen o 1,5 C°).
4. Oteplení je velmi variabilní v čase, v zimě s periodou 2-4 teplé zimy a 1-3 studené zimy. To souvisí s periodicitou fenoménu El Niño a je významně ovlivněno mořským zámrzem.
5. Stanice je umístěna na pobřeží rozsáhlého, zhruba 6 tis. let pomalu odledňovaného území – poskytuje proto široké spektrum typů prostředí zajímavých pro řadu fyzickogeografických a biologických vědních disciplin.
6. Pobřežní poloha umožňuje provádět výzkum mořské bioty.

Klimatovorné faktory a jejich působení

a) Astronomické

- vyplývají z vlastností Země jako planety, ovlivňují přítok sluneční energie a její transformaci stejně jako pohyb vzduchu



Brázdil et al. (1986)

b) Geografické

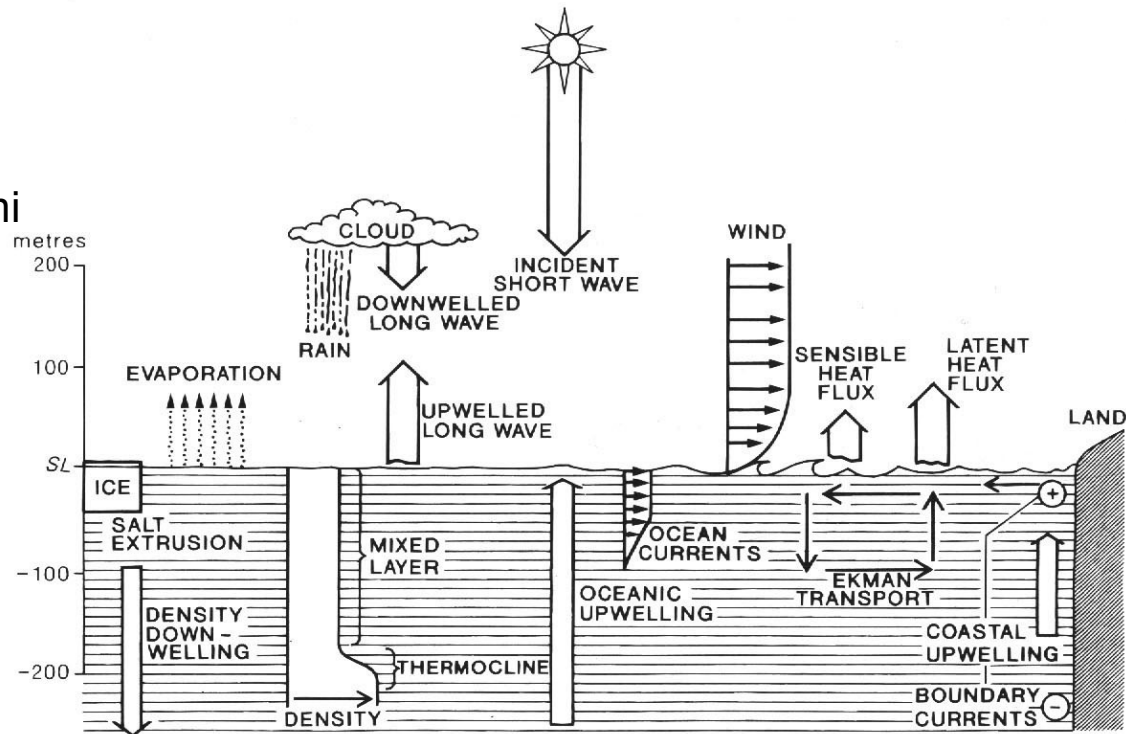
- jsou dány polohou a vlastnostmi různých částí zemského povrchu

c) Cirkulační

- umožňují přenos vzduchových hmot různých fyzikálních vlastností na Zemi

d) Antropogenní

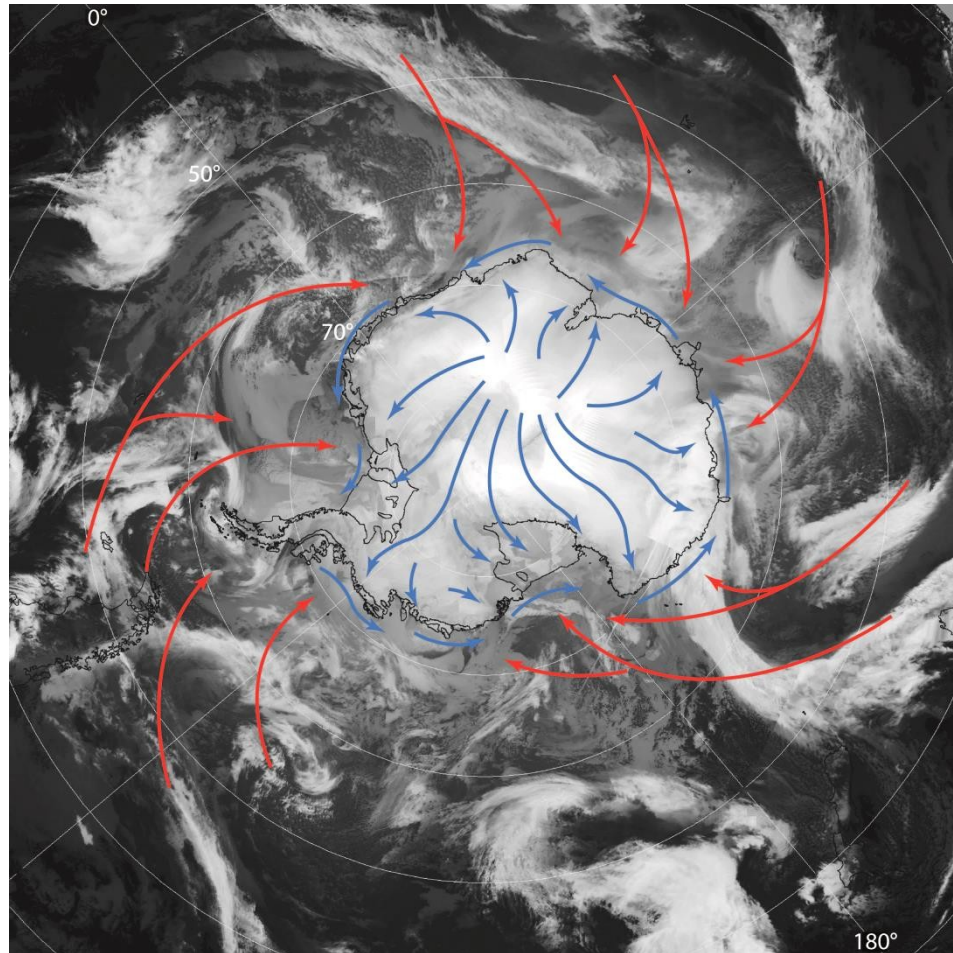
- živelné a záměrné změny vlastností atmosféry a zemského povrchu související s činností člověka



Turner & Marshall (2011)

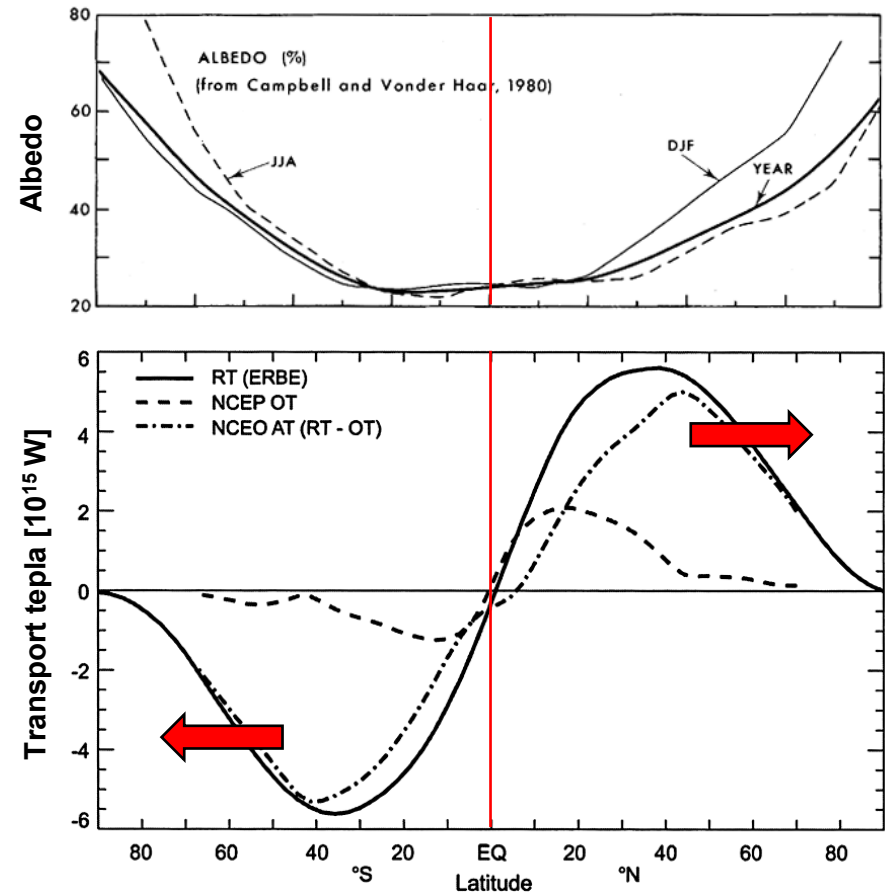
Cirkulační faktory a jejich působení

Schéma globální atmosférické cirkulace nad Antarkidou



Meridionální transport tepla

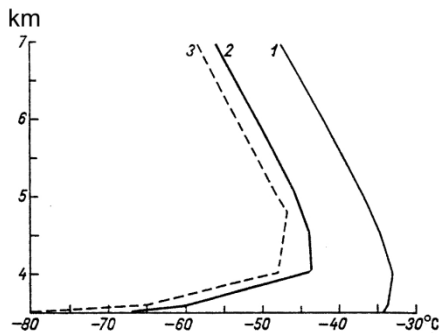
- nejvýznamnější v atmosféře (výměna vzduchových hmot)
- dále v oceánu (mořskými proudy)



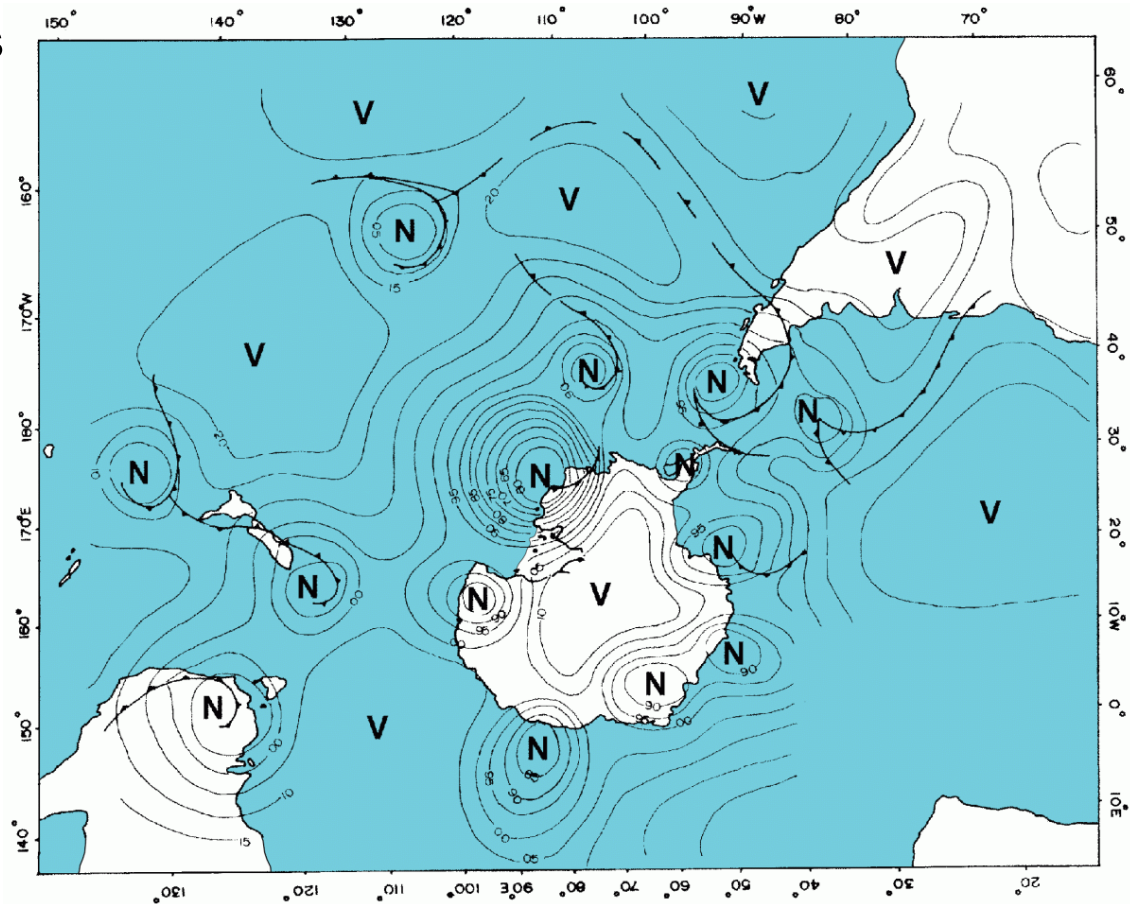
Peixoto & Oort (1992)

Cirkulační faktory

- nad vlastním kontinentem se drží **centrální tlaková výše** (nejstabilnější tlakový útvar - anticyklóna na Zemi)
- na okrajích přechází v pásmo nízkého tlaku s početnými **tlakovými nížemi**
- v centru kontinentu jsou rychlosti větru malé a střední; vlivem uchylující síly zemské rotace na pobřeží vane JV až V vítr
- průměrná rychlost větru 11 m/s
- na „hladkém“ povrchu a vlivem gravitačních účinků vzniká **katabatický vítr** – na pobřeží dosahuje až **320 km/h**

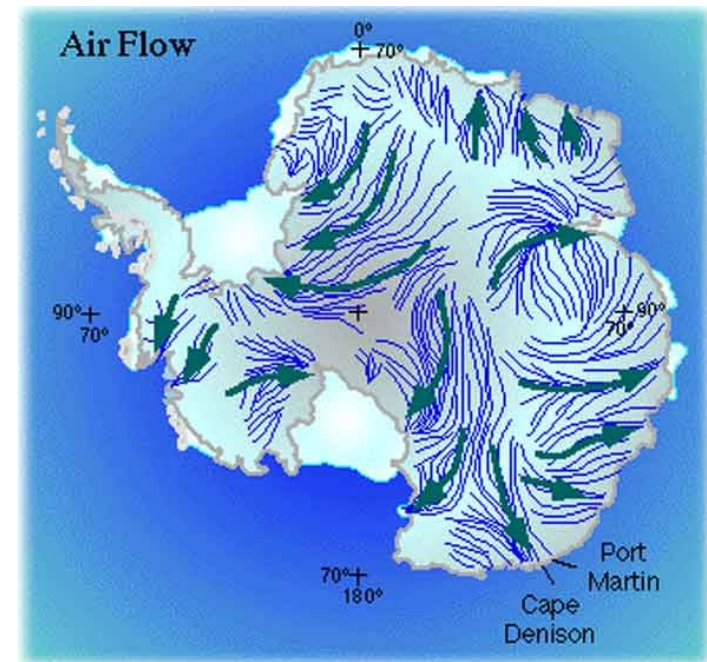
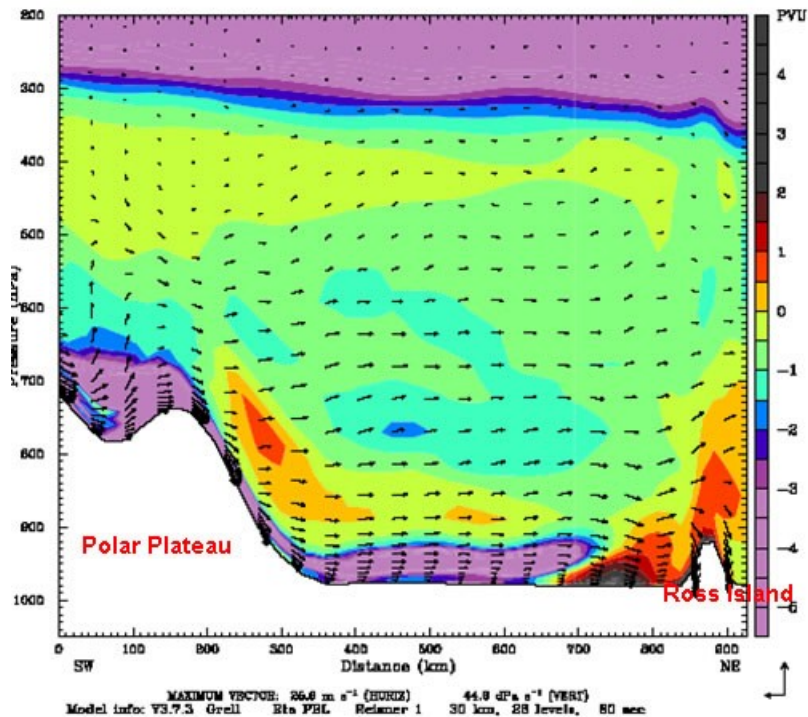
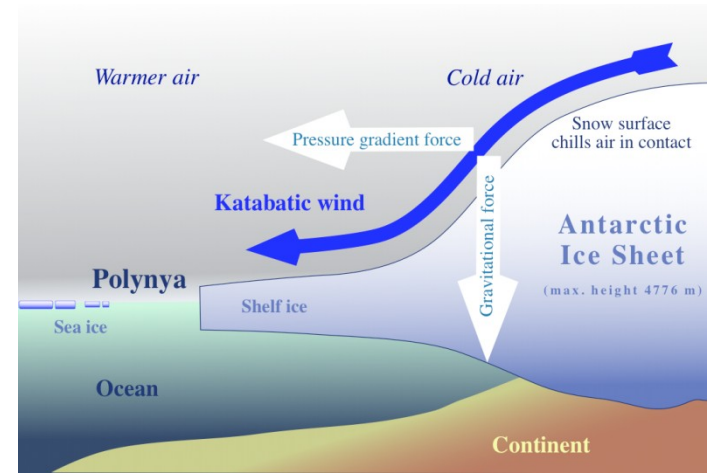
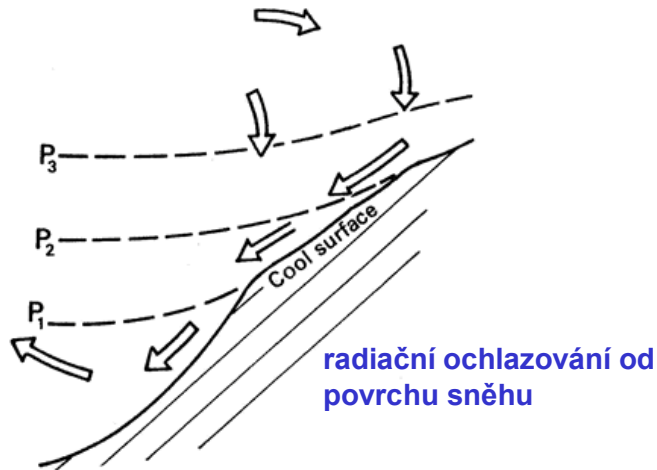


Průměrný vertikální profil teploty do výšky 7 km na stanici Vostok (1 - léto, 2 - zima, 3 - extrémní případ 2. 6. 1960)



Proudění nad kontinentem

- katabatické, bariérové a konvergentní (sbíhavé)

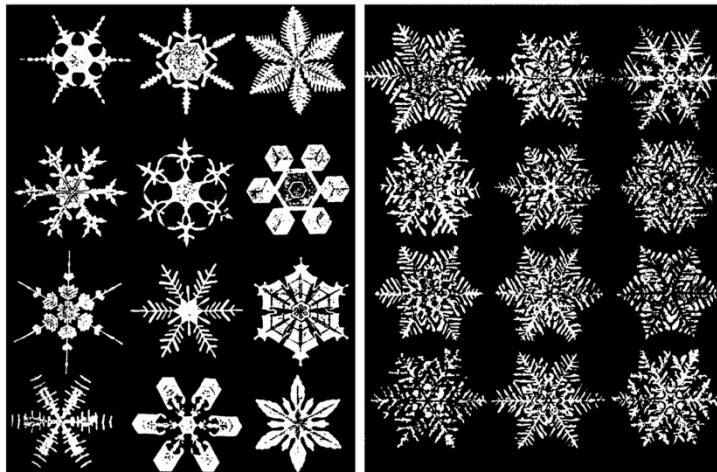
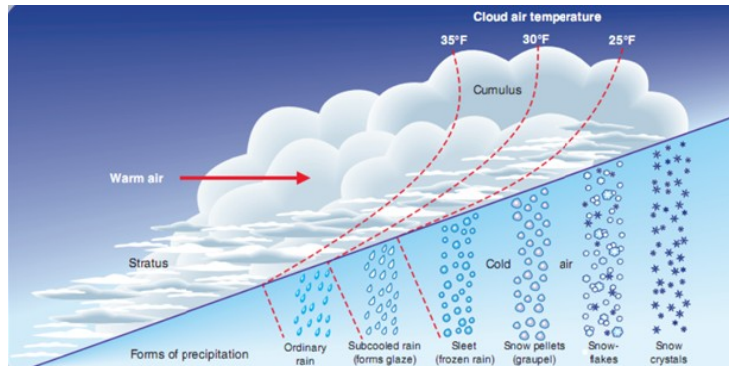


Oblačnost

max. množství v pásu $\sim 60^\circ\text{S}$ (max. hodnoty v létě 75-80%, min. v zimě 55-60%)

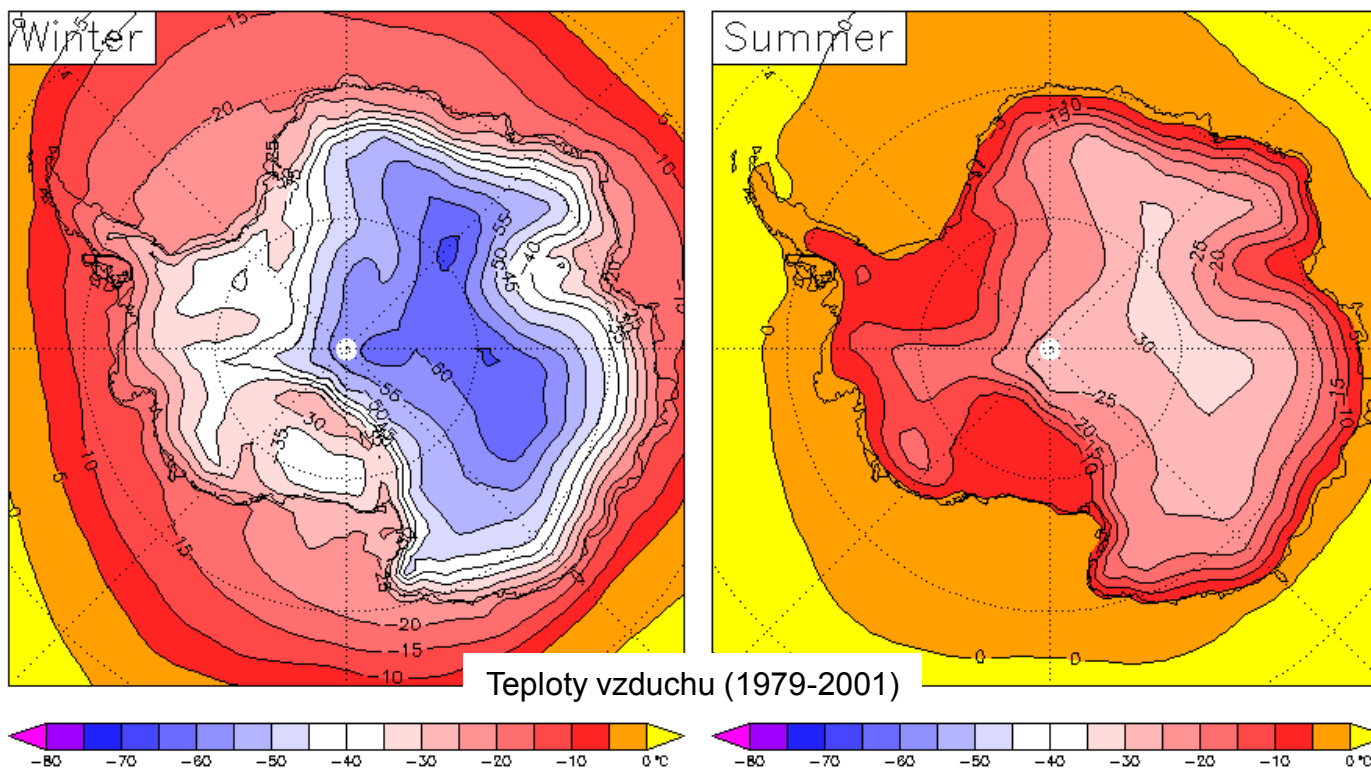
- rychlý pokles množství oblačnosti mezi $65-70^\circ\text{S}$ při přechodu na kontinent
- ve Východní Antarktidě malá vertikální mocnost (max. do výšky 2 – 4 km)
- v oblasti jižního pólu oblačnost $\sim 50\%$

Halové jevy a množství ledových krystalů v atmosféře

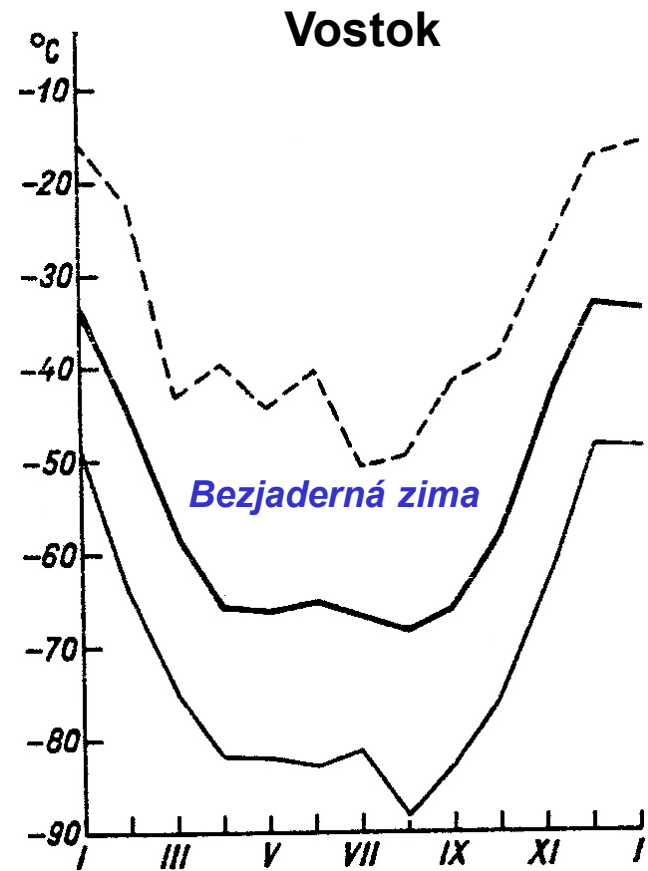
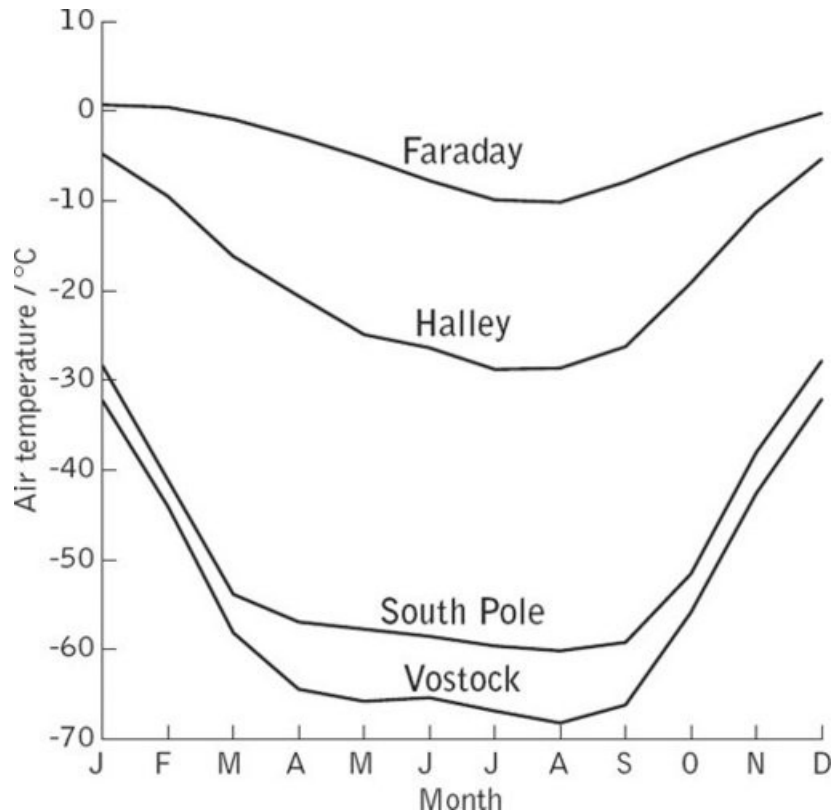


Teplota vzduchu

- je ovlivněna zápornou radiační bilancí, nadmořskou výškou a povrchem ledu
- nejnižší v centrální části Východní Antarktidy (Dome A)
- **nejnižší naměřená teplota: $-89,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (21.7.1983, stanice Vostok)**
nepotvrzená hodnota $-91\text{ }^{\circ}\text{C}$ naměřená v zimě 1997 (Vostok)
- podle teoretických předpokladů se v Antarktidě vyskytují **teploty $<-100\text{ }^{\circ}\text{C}$**
nejvyšší teploty se vyskytují v severní části AP: **$+14,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (5.1.1974) a $17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (24.3.2015) - Esperanza, Hope Bay; $17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (23.3.2015) - J.G. Mendel, JRI.**

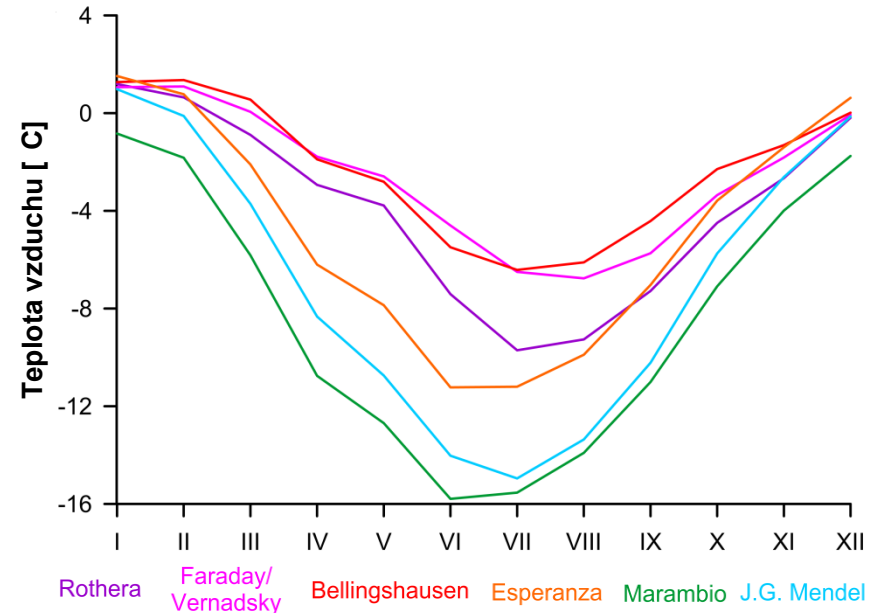
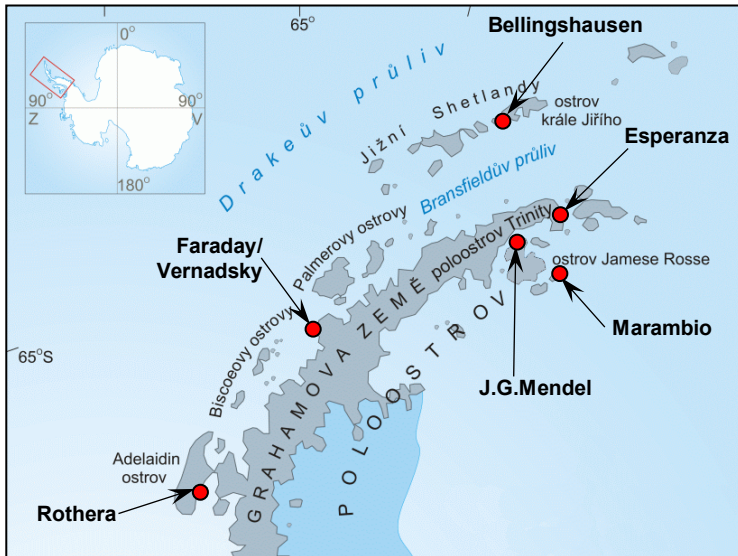


Roční chod teploty vzduchu



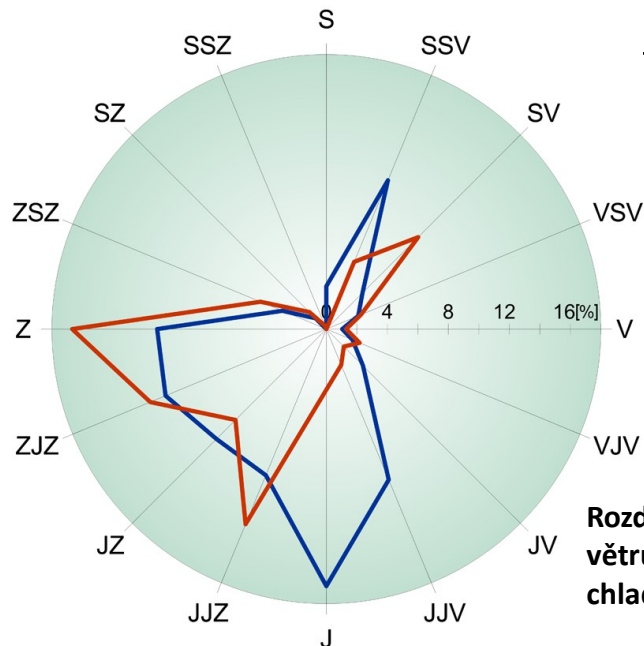
- „stabilní“ chod teplot v centrální Antarktidě je v kontrastu s **velkou rozkolísaností teplot** v okrajové (maritimní) části Antarktidy
- důsledek vlivu frontálních systémů (cyklón) vyskytujících se při okrajích Antarktidy v brázdě nízkého tlaku vzduchu (podporující meridionální výměnu vzduchových hmot)

Změny teploty vzduchu v oblasti Antarktického poloostrova



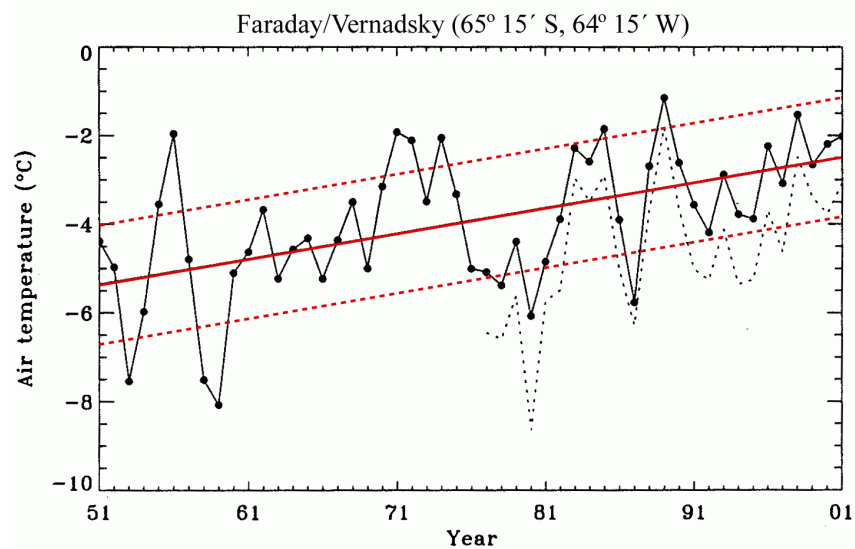
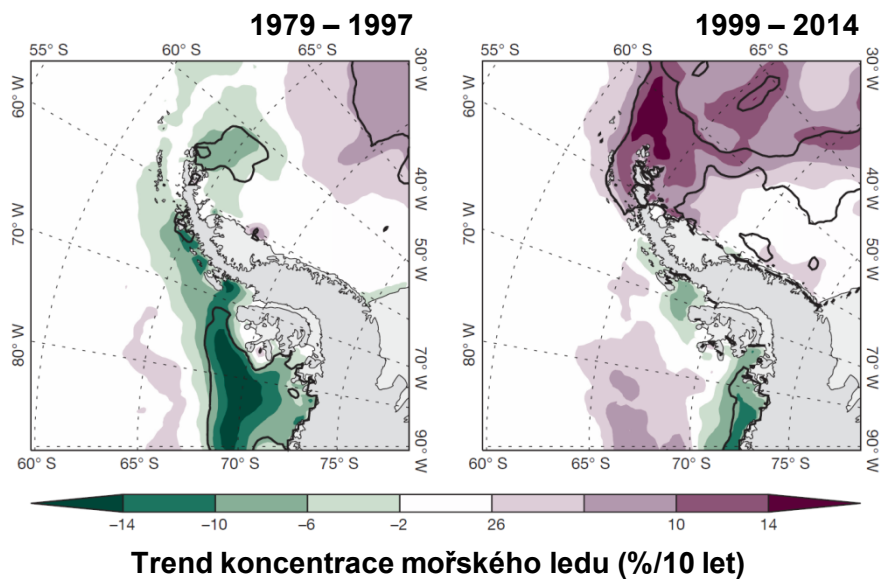
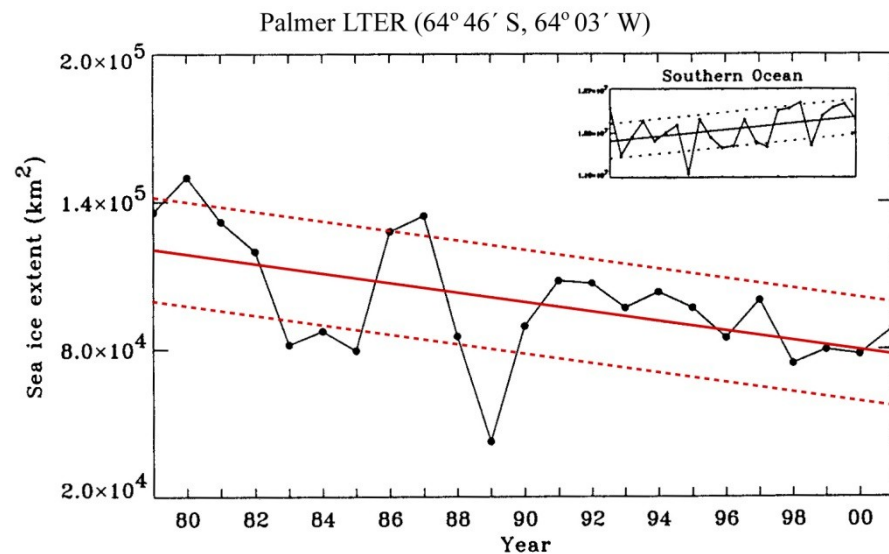
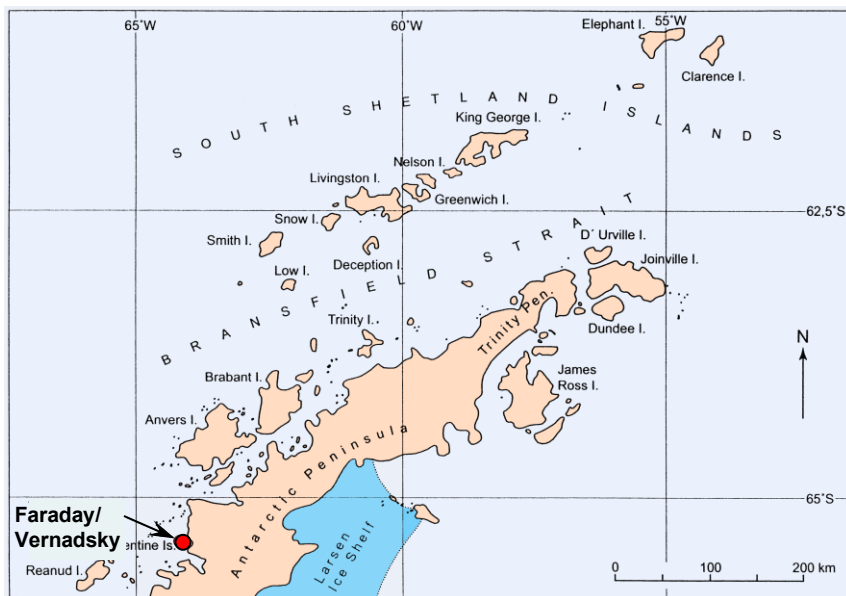
Teplota vzduchu (°C) 2005-2015	Rothera	Faraday/ Vernadsky	Bellingshausen	Esperanza	Marambio	J.G. Mendel
	-3,9	-2,6	-2,3	-4,8	-8,4	-7,0

Ambrožová & Láška (2016)



Rozdíly četnosti směru větru mezi teplým a chladným půlkou

Příčiny změn teploty vzduchu v oblasti Antarktického poloostrova

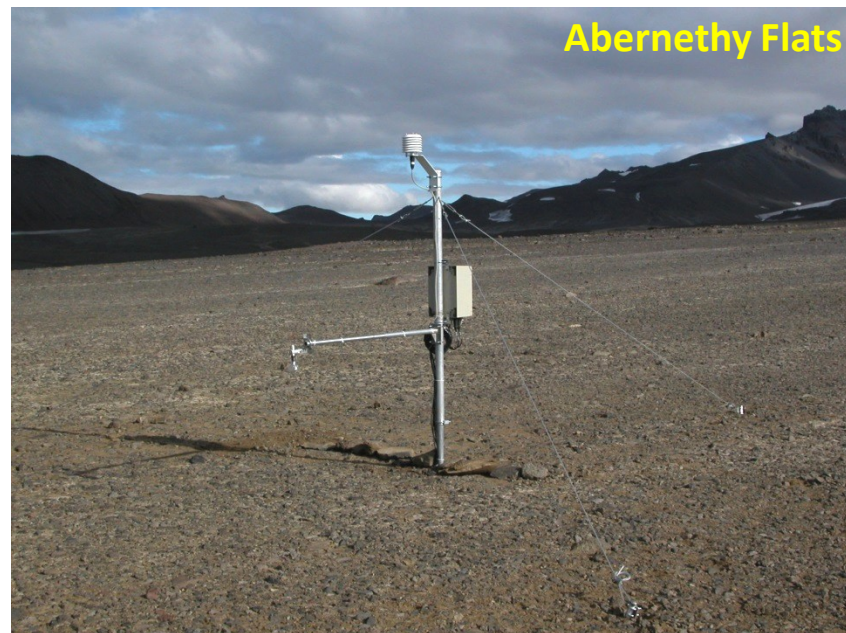


Meteorologická měření realizovaná pomocí automatických meteorologických stanic na Ulu Peninsula

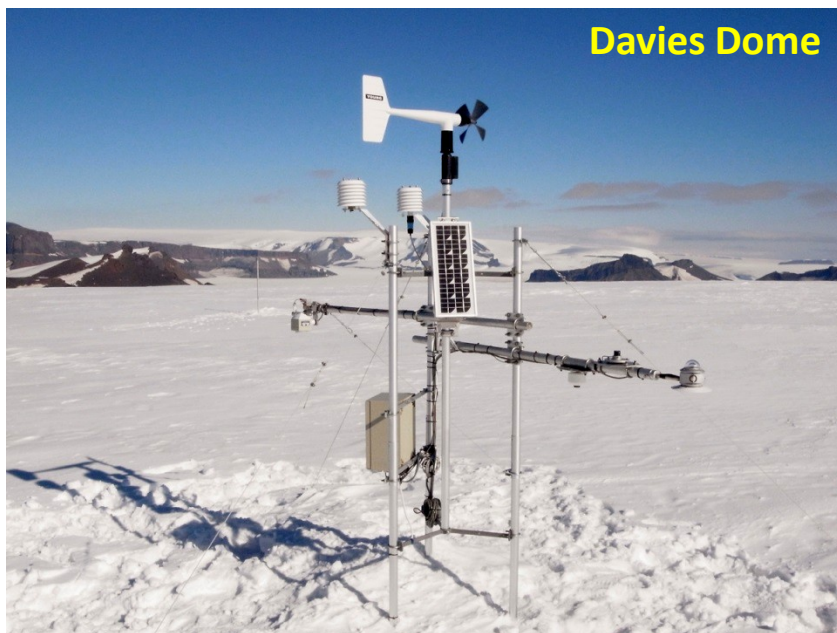
J.G.Mendel Base



Abernethy Flats



Davies Dome

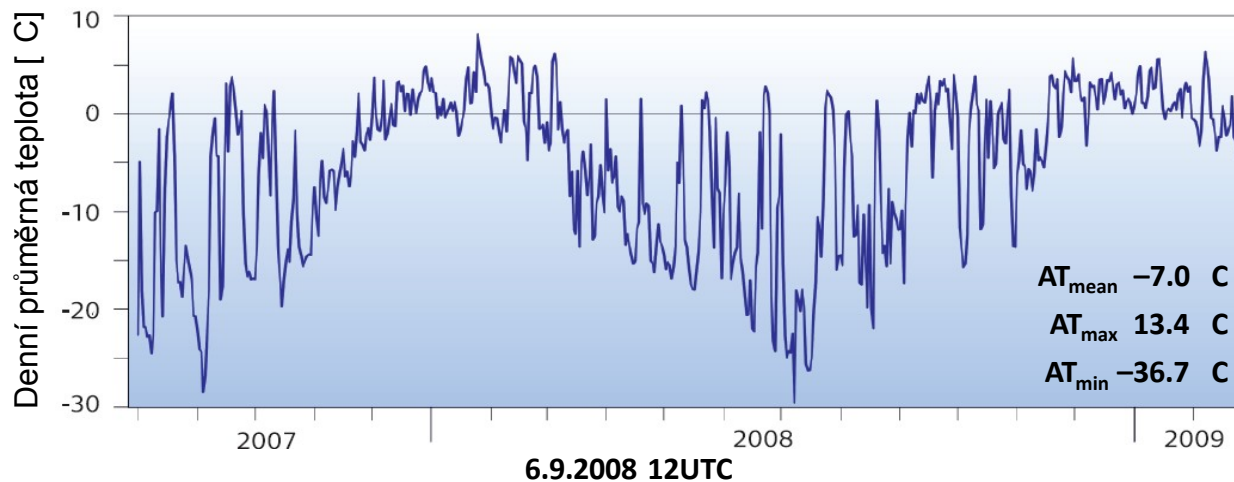


Whisky Glacier



Variabilita teploty vzduchu na ostrově J. Rosse

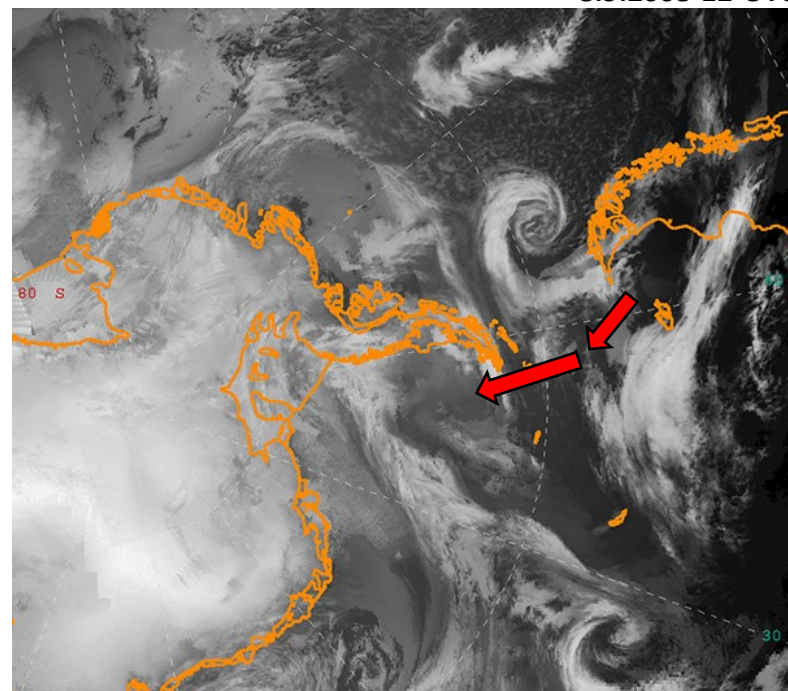
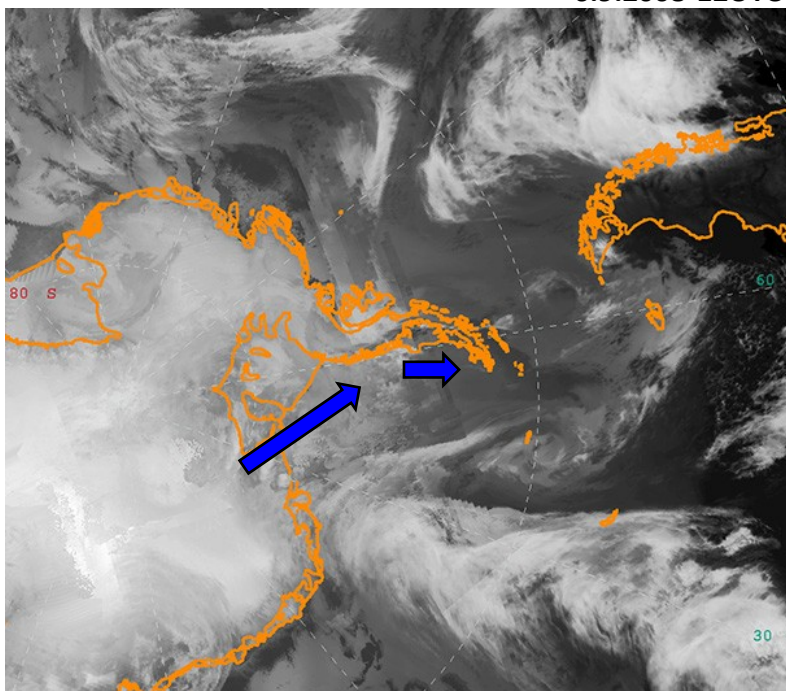
- četnost vzduchových hmot o různých fyzikálních vlastnostech
- vliv lokálních podmínek (mořský led, bariérový vítr a fén, aktivní povrch)



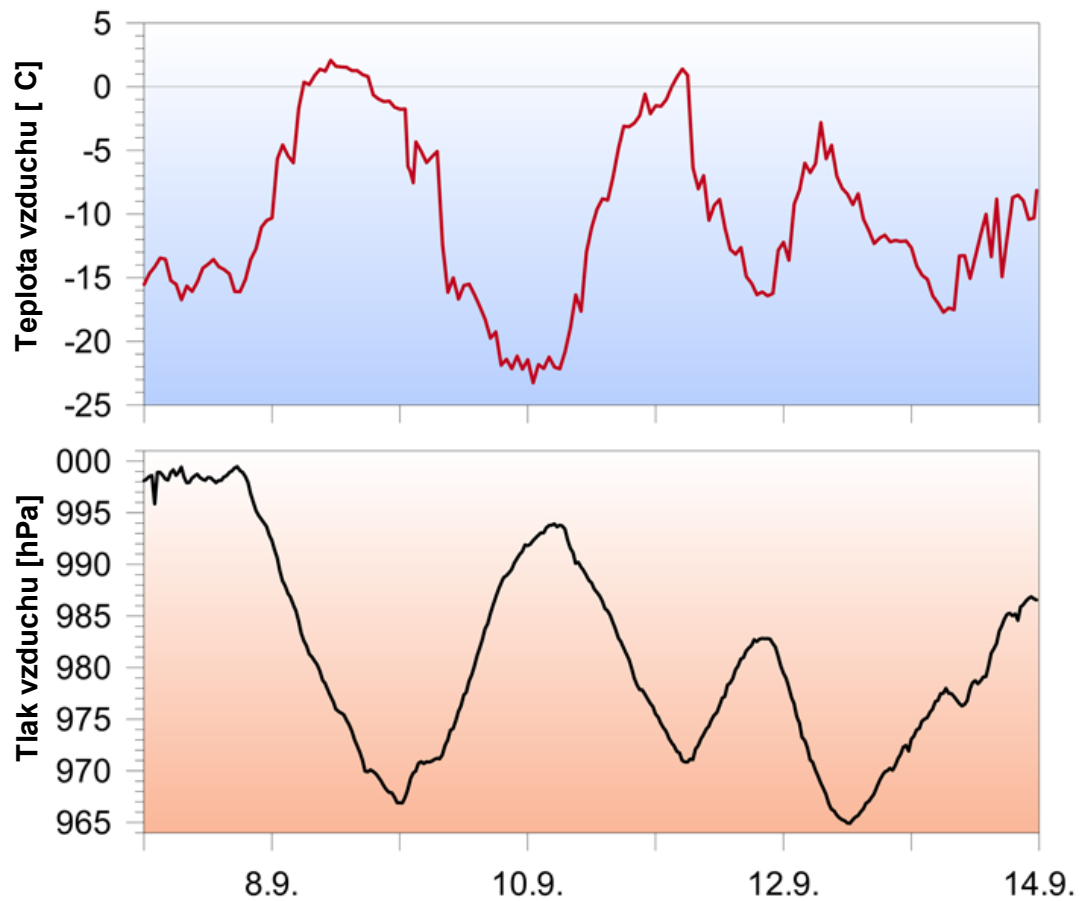
Láska et al. (2011)

6.9.2008 12UTC

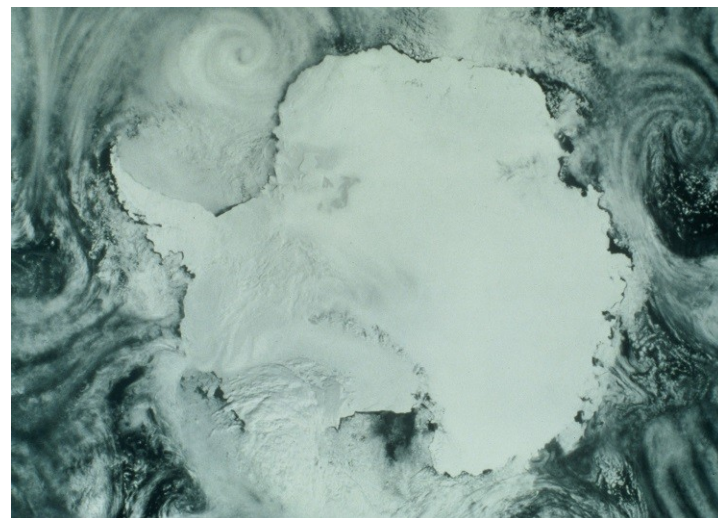
8.9.2008 12 UTC



Denní chod teploty vzduchu a atmosférického tlaku na stanici J. G. Mendela v závislosti na cirkulačních podmínkách

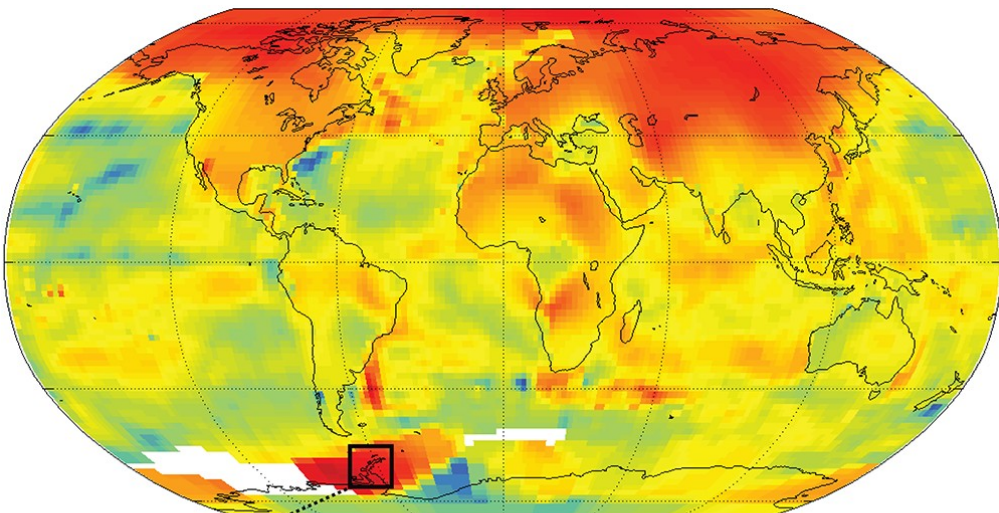


Láska & Prošek (2012)

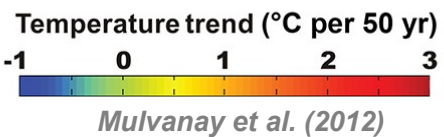


Klimatická změna v Antarktidě a její důsledky

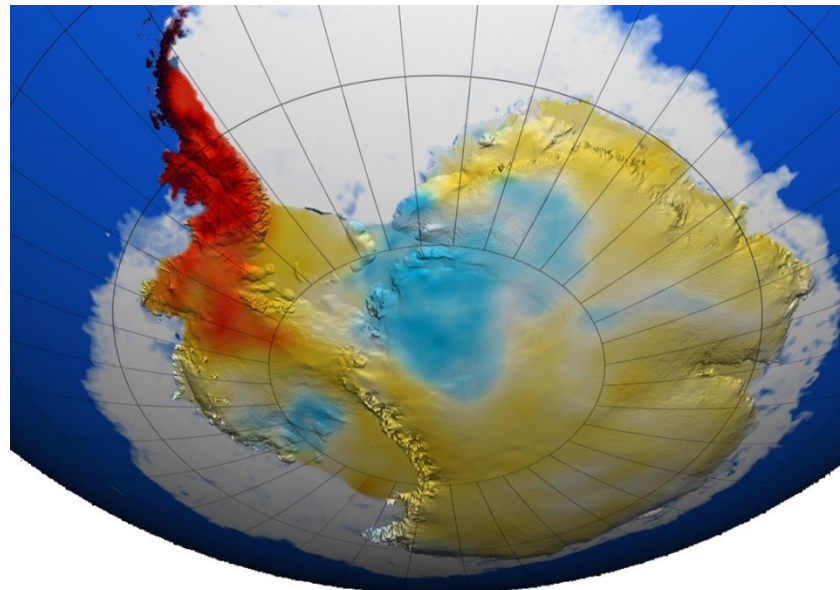
Teplotní trend v období 1958-2008



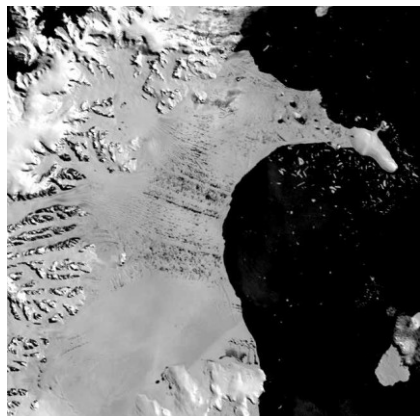
Antarctic Peninsula



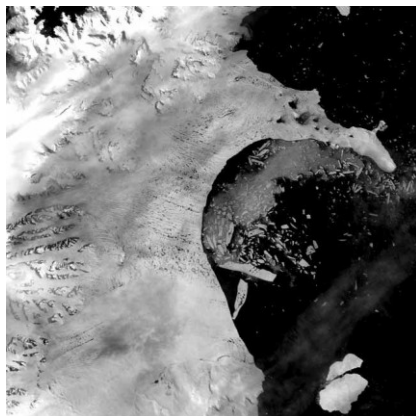
Teplotní trend v období 1957-2006



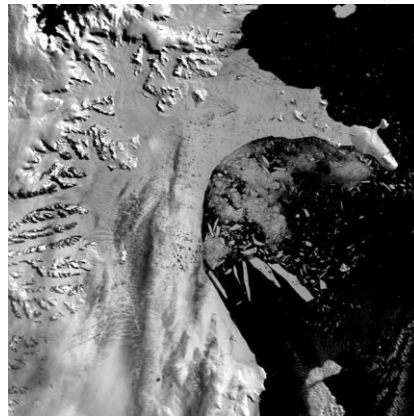
31.1.2002



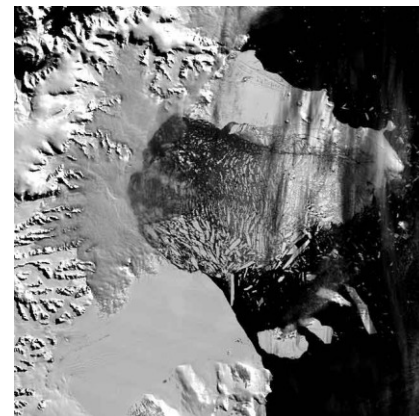
17.2.2002



23.2.2002

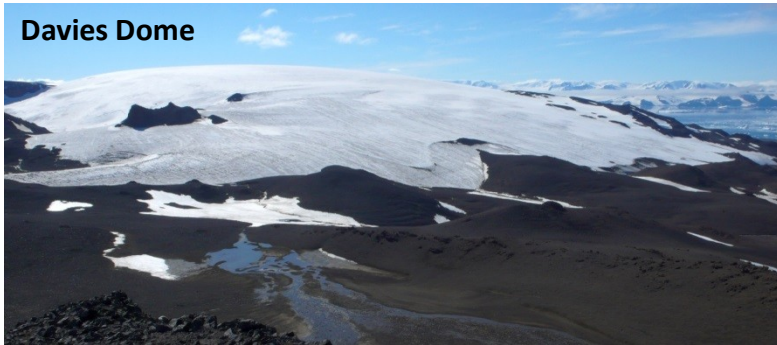


5.3.2002



Odezva glaciálního prostředí na klimatickou variabilitu

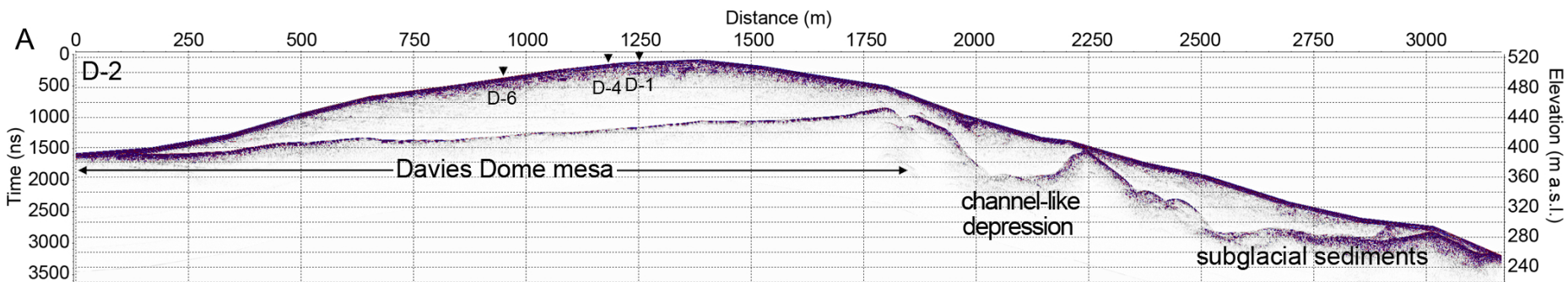
Davies Dome



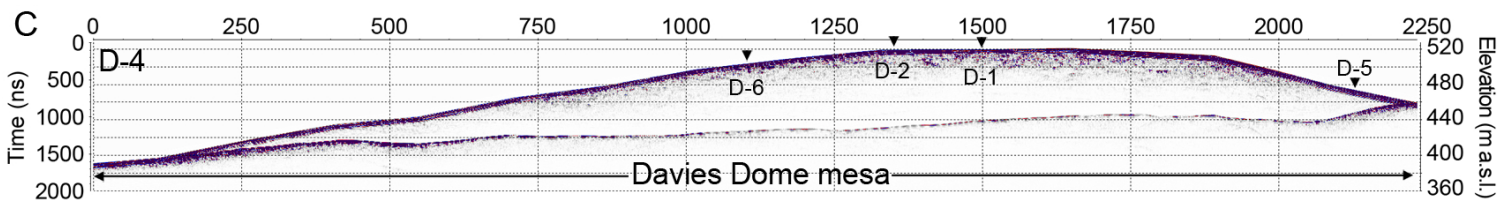
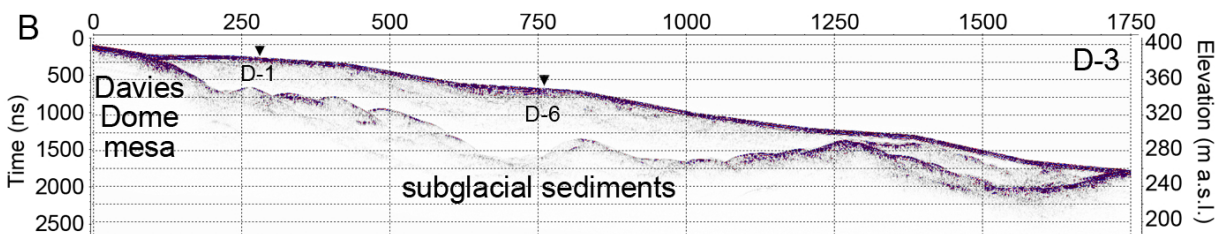
Whisky Glacier



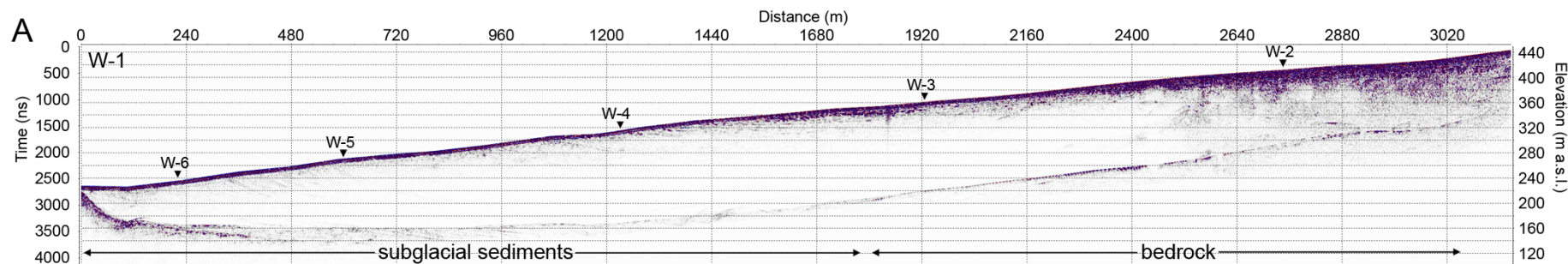
Profilové georadarové měření pro určení reliéfu podloží a mocnosti ledovců



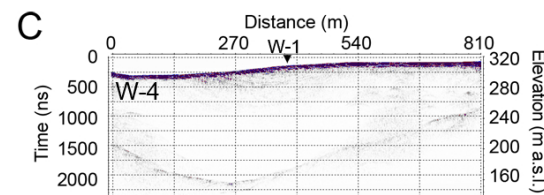
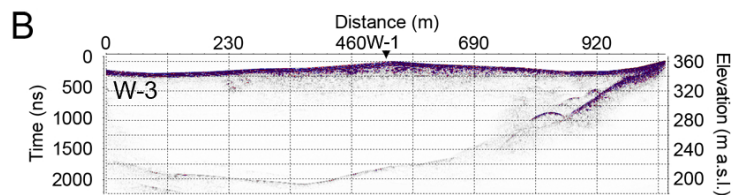
Davies Dome



Engel et al. (2011)

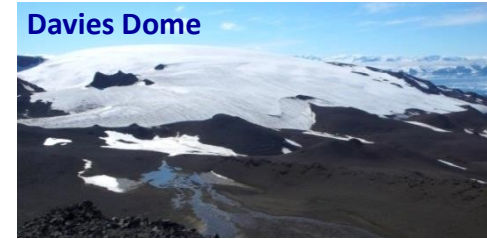


Whisky Glacier



Rekonstrukce plošných a objemových změn ledovců mezi dekádami

- **největší ztráty** hmoty ze všech studovaných ledovců (s výjimkou šelfových ledovců)
- významnější **objemové** změny než plošné (až 30%)
- větší změny na východní pobřeží AP a Jižních Shetlandách než na západním pobřeží důsledek změny **srážkových úhrnů**

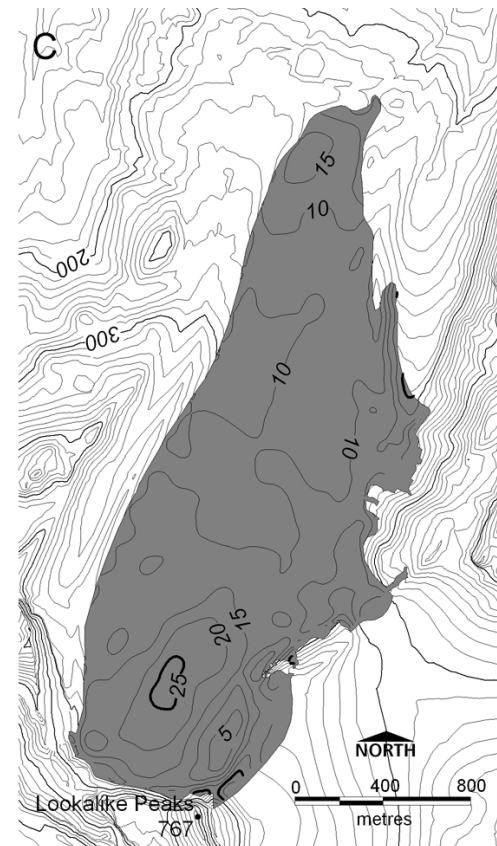
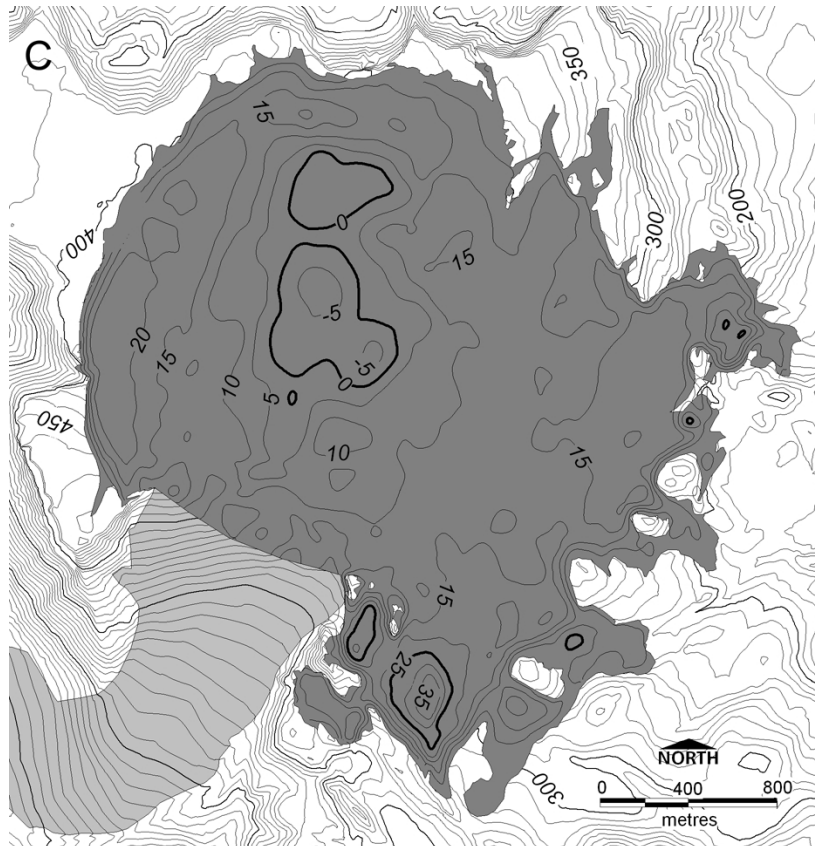


Davies Dome (1979-2006)

-0,32 m vod. ekv./ rok

Whisky Glacier (1979-2006)

-0,37 m vod. ekv./ rok



Vega Island

(1979-2006)

Bahía del Diablo

-0,31 m vod. ekv./ rok

Jižní Shetlandy

(1957-2000)

Livingston Ice Cap

-0,23 m vod. ekv./ rok

Engel et al. (2011)

Současné objemové změny hmoty ledovců na ostrově Jamese Rosse

- **pozitivní** bilance hmoty v posledních letech (akumulace převládá nad ablací sněhu)
- **regionální anomálie** v oblasti ostrova JR
- důsledek **poklesu** teploty vzduchu a akumulace **sněhové pokrývky**

James Ross Is.
(2009–2013)

Vega Island
(2001–2011)

Jižní Shetlandy
(2007–2011)

Whisky Glacier
0,19 m vod.ekv./ rok

Bahía del Diablo
-0,22 m vod.ekv./ rok

Livingston Ice Cap
-0,67 m vod.ekv./ rok



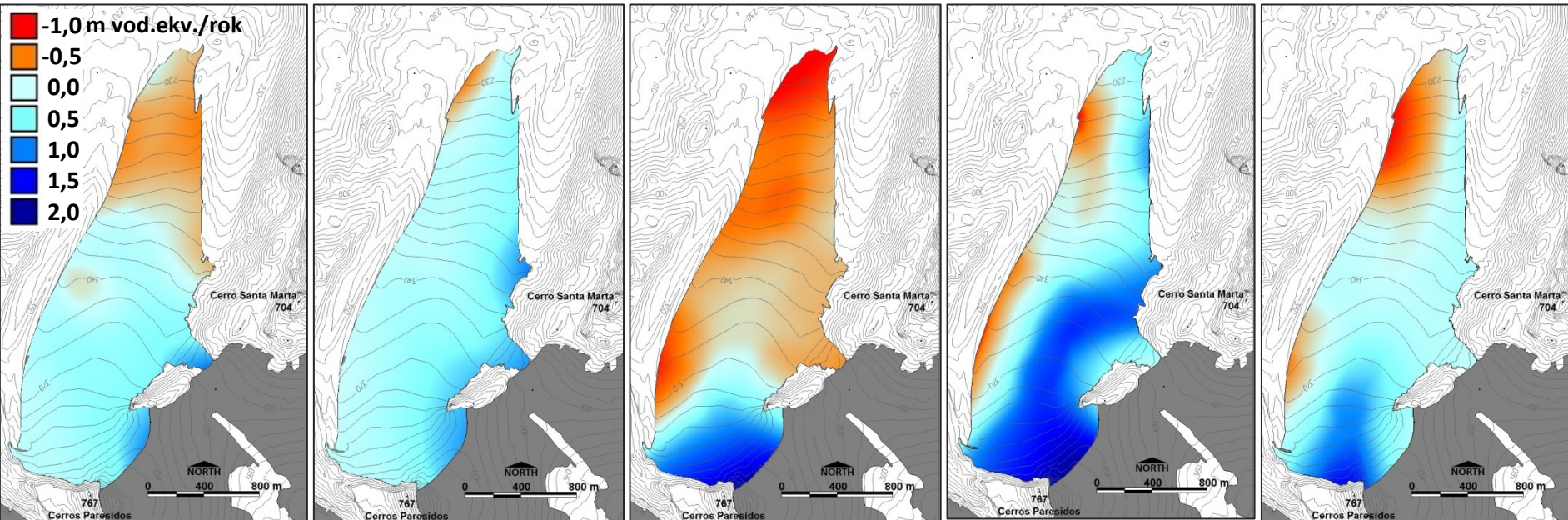
01/2009 – 01/2010

01/2010 – 01/2011

01/2011 – 01/2012

01/2012 – 01/2013

01/2013 – 01/2014



Odezva periglaciálního prostředí na klimatickou variabilitu

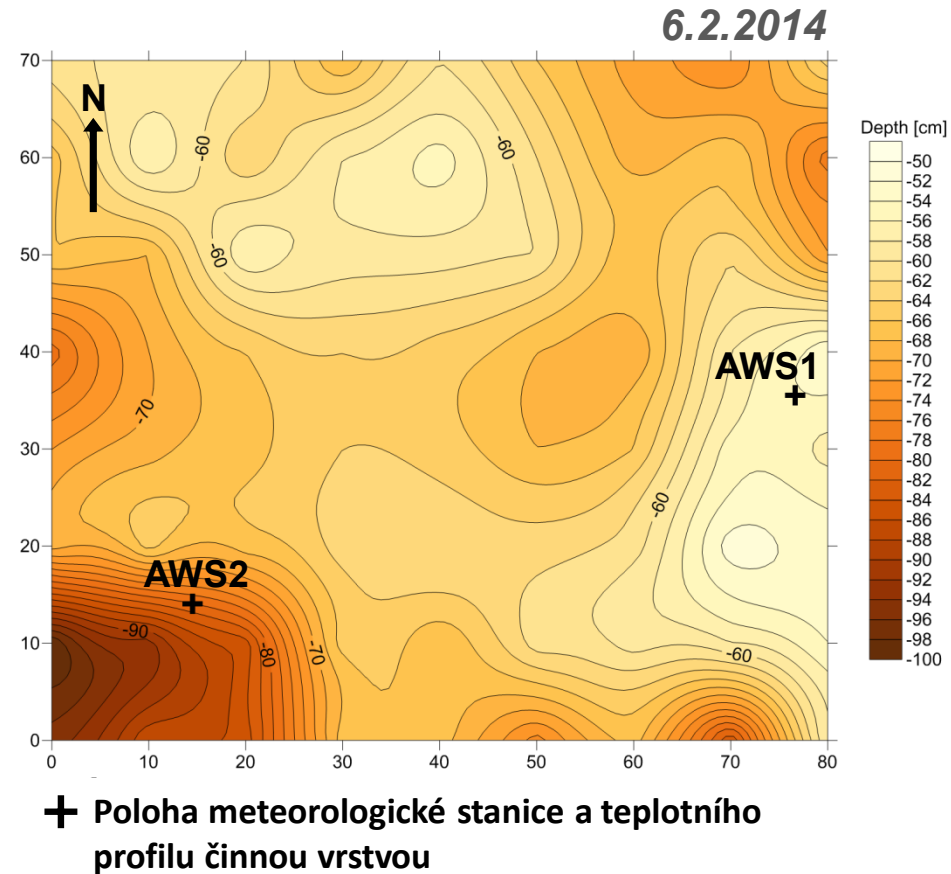


Prostorová variabilita mocnosti činné vrstvy

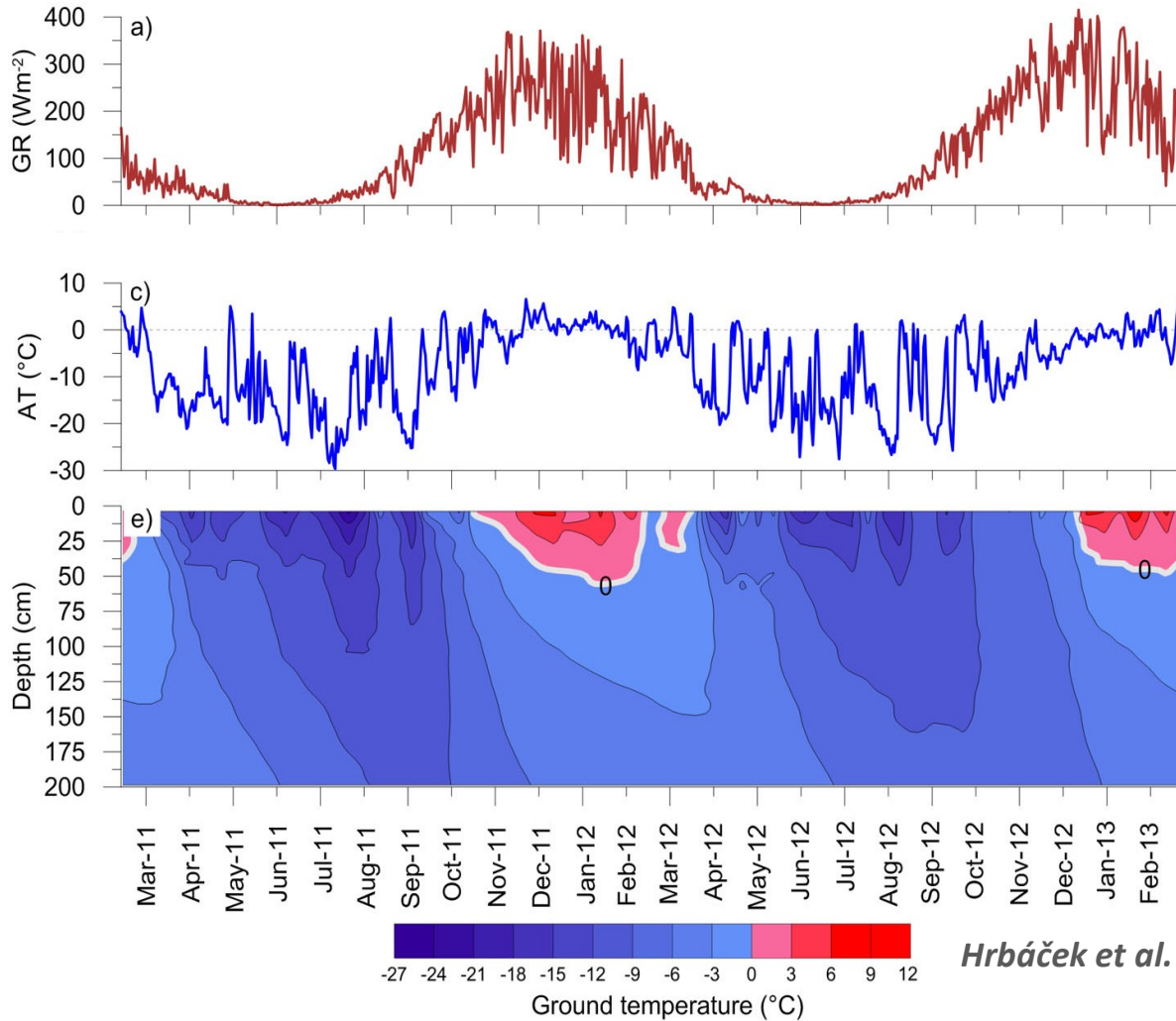
- založeno stanoviště CALM-S Mendel pro hodnocení rozdílů mocnosti činné vrstvy (metodika a protokoly)



- Plocha 70 x 80 m, 100 m od stanice JGM
- Měření činné vrstvy v mřížce 10 m
- První výsledky:
 - Mocnost činné vrstvy 50 až 100 cm
 - Vliv fyzik. vlastností zeminy (zrnitost → tepel. vodivost, struktura mořské terasy)



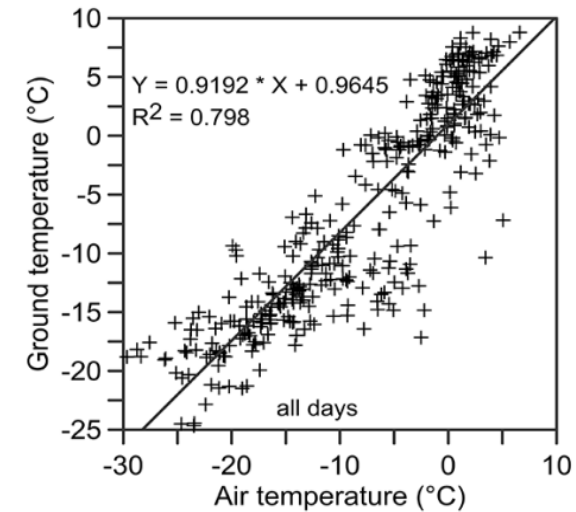
Vliv základních meteorologických prvků na činnou vrstvu



Hrbáček et al. (2016)

Období 2011-2013

AT ($^{\circ}\text{C}$)	-8.0
GT 5 cm ($^{\circ}\text{C}$)	-6.6
GT 75 cm ($^{\circ}\text{C}$)	-5.8
Max. výška sněhu (cm)	35
ALT (cm)	52–58



Shrnutí

- zásadní role atmosférické cirkulace (SAM) a pozitivní zpětné vazby mezi plochou mořského zámruzu (albedo) a teplotou vzduchu
- významné rozdíly mezi západním a východním pobřežím AP (vliv orografické bariéry na pole větru, teploty vzduchu a další prvky)
- změna trendu teploty vzduchu → reakce ledovců a činné vrstvy
- extrémně vysoká variabilita meteorologických prvků doložená na změnách oblačnosti, slunečního záření, teploty vzduchu, teploty činné vrstvy a výšky sněhové pokrývky



Oblaka druhu *altocumulus lenticularis* v závětrří Antarktického poloostrova



Děkujeme za pozornost