

PROGNÓZA POČASIA, EXTRÉMY A KLIMATICKÉ ZMENY

Prvá časť 2-hodinovej prednášky, druhá časť je podobná ako prednáška v predchádzajúcej prílohe „Kaskády“ z XI.2015

Milan LAPIN

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky,

Univerzita Komenského, Bratislava

**lapin@fmph.uniba.sk , www.dmc.fmph.uniba.sk ,
www.milanlapin.estranky.sk , www.ipcc.ch**

Základné pojmy - Definície M a K a H

- **Meteorológia** - Veda o atmosfére Zeme, jej zložení, vlastnostiach a o procesoch v nej prebiehajúcich – **o počasí (alebo o aktuálnom stave atmosféry) a jeho prognóze do 15 dní – tu uvediem len stručné informácie o predpovediach počasia (čo sú extrémny počasia a variability-premenlivosti klímy?)**
- **Klimatológia** - Veda o podnebí Zeme, o súvislostiach a príčinách vzniku a zmien určitých klimatických podmienok, o vplyvoch klímy na objekty činnosti človeka a naopak – **o dlhodobom režime počasia (aspoň 30 rokov) vo vzťahu ku geografickým podmienkam, ekosystémom a k socio-ekonomickej sfére – budem sa tomu venovať podrobnejšie**
- **Hydrológia** - veda o zákonitostiach časového a priestorového rozdelenia obehu vody na Zemi, tiež o jeho fyzikálnom chemickom a biologickom režime **(dôležité sú vzájomné vzťahy medzi Meteorologickým, Klimatickým a Hydrologickým režimom) – spomeniem iba okrajovo v rámci zmeny klímy a hydroprognózy**

Synoptická meteorológia 1 – predpoveď počasia

- V zásade môžeme všetky prognózy rozdeliť na také, pri ktorých je možné efektívne využiť **fyzikálne numerické prognostické modely** a výkonnú výpočtovú techniku a také, ktoré majú **viac-menej pravdepodobnostný charakter** a využívajú sa pri nich tak odborné skúsenosti prognostikov, výstupy modelov ako aj štatistické charakteristiky dlhodobých meraní
- Do prvej skupiny patrí predovšetkým **krátkodobá predpoveď počasia** (na 6 až 36 hodín) a ešte krátkodobejšia meteorologická predpoveď (tzv. **nowcasting – na menej ako 6 hodín**). Pri nowcastingu sa môžu efektívne využiť aj aktuálne interpretované satelitné a rádiolokačné merania, prípadne aj operatívne údaje z monitoringu pomocou staníc s automatizovaným meraním – určená je hlavne na **predpoveď náhlych zmien (extrémov)** počasia s presnejšou lokalizáciou, dajú sa využiť aj v hydroprognóze
- Na rozhranie prvej a druhej skupiny môžeme zaradiť **strednodobé meteorologické predpovede** (na 36 hodín až 7 dní), ktoré sú síce tiež založené predovšetkým na výstupoch numerických prognostických modelov, no vydávajú sa vo viacerých variantoch (behoch) výstupov, pričom sa so vzdalujúcim časovým horizontom stále viac rozširuje „vejár“ možného vývoja polí jednotlivých meteorologických prvkov. Príkladom môže byť pravidelná meteorologická predpoveď SHMÚ vydávaná o 11. h. GMT každý deň: <http://www.shmu.sk/sk/?page=58> tieto predpovede majú všestranné využitie, no treba brať do úvahy ich pravdepodobnostný charakter na dlhšiu dobu (podobne ako v prípade dlhodobých predpovedí)

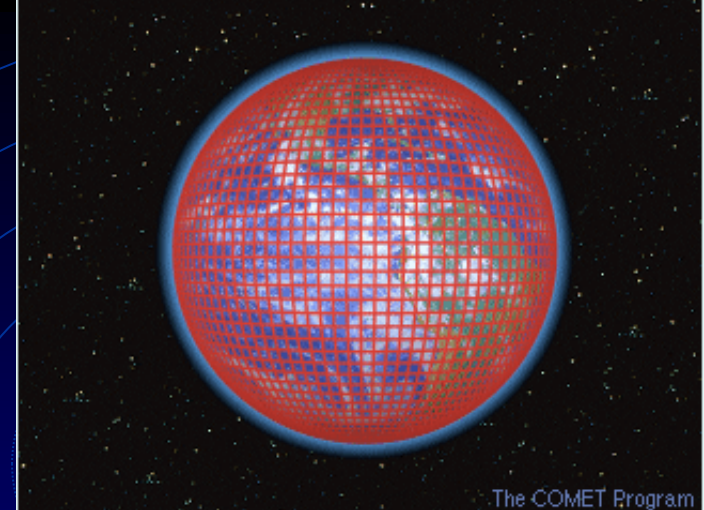
Synoptická meteorológia 2 – predpoveď počasia

- Jednoznačne do druhej skupiny patria **dlhodobé meteorologické predpovede na viac ako 7 dní**, pričom do 15 dní sa vydávajú predpovede po jednotlivých dňoch a na dlhšie obdobie po dekádach (desiatkach dní) alebo po mesiacoch, sezónach a rokoch. Príkladom rôznych prognóz môže byť predpoveď meteorologických polí alebo len meteorologických prvkov zo svetových centier (ECMWF, UKMO, METEOFRACTANCE, NCEP...). Ich produkty sú bežne dostupné aj laickej verejnosti napríklad na stránkach (a celom rade ďalších):
- <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/tknf.html>
- <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsgfsmeur.html>
- <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsavnmgeur.html>
- <http://profi.wetteronline.de/>
- http://www.meteociel.fr/modeles/gfse_cartes.php?mode=0&ech=192

OPERATÍVNE VSTUPY DO METEOROLOGICKÝCH MODELOV

- Synoptické stanice (viac ako 13000 na Zemi)
- Aerologické stanice (viac ako 1000 na Zemi)
- Radary, lode, lietadlá, satelity...
- Klimatické stanice poskytujú informácie o okrajových podmienkach a o dlhodobých priemeroch

Numerický model



NUMERICKÁ PREDPOVEĎ

- Lewis Richardson, po 1. Svetovej vojne, numerická predpoveď založená na zákonoch hydrodynamiky
- Ďalší rozvoj met. s nástupom výpočtovej techniky a matematických metód

➤ Globálne a regionálne numerické modely

- 4 rozmerný obraz vývoja atmosféry
- Fyzikálna previazanosť meteorologických veličín

➤ Modely pre synoptickú a klimatickú predpoveď

- Fyzikálne zákony
- Rôzny stupeň priblíženia a aproximácie fyzikálnych procesov

Pohybové rovnice:

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla p - 2\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v} + \mathbf{g} + \mathbf{F}$$

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla_{\xi} p - \nabla_{\xi} \phi - f\mathbf{k} \times \mathbf{v} + \mathbf{F}$$

$$\delta \frac{dw}{dt} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial \xi} \frac{\partial \xi}{\partial z} + g = \delta F_{\xi}$$

Rovnica kontinuity:

$$\frac{1}{(\rho D_{\xi})} \frac{d(\rho D_{\xi})}{dt} = \nabla \cdot \mathbf{v}_m$$

$$D_z^2 = |J(x, q)|^2$$

$$D_{\xi} = D_z \frac{\partial z}{\partial \xi}$$

$$\theta = T \left(\frac{p_0}{p} \right)^{R/c_p}$$

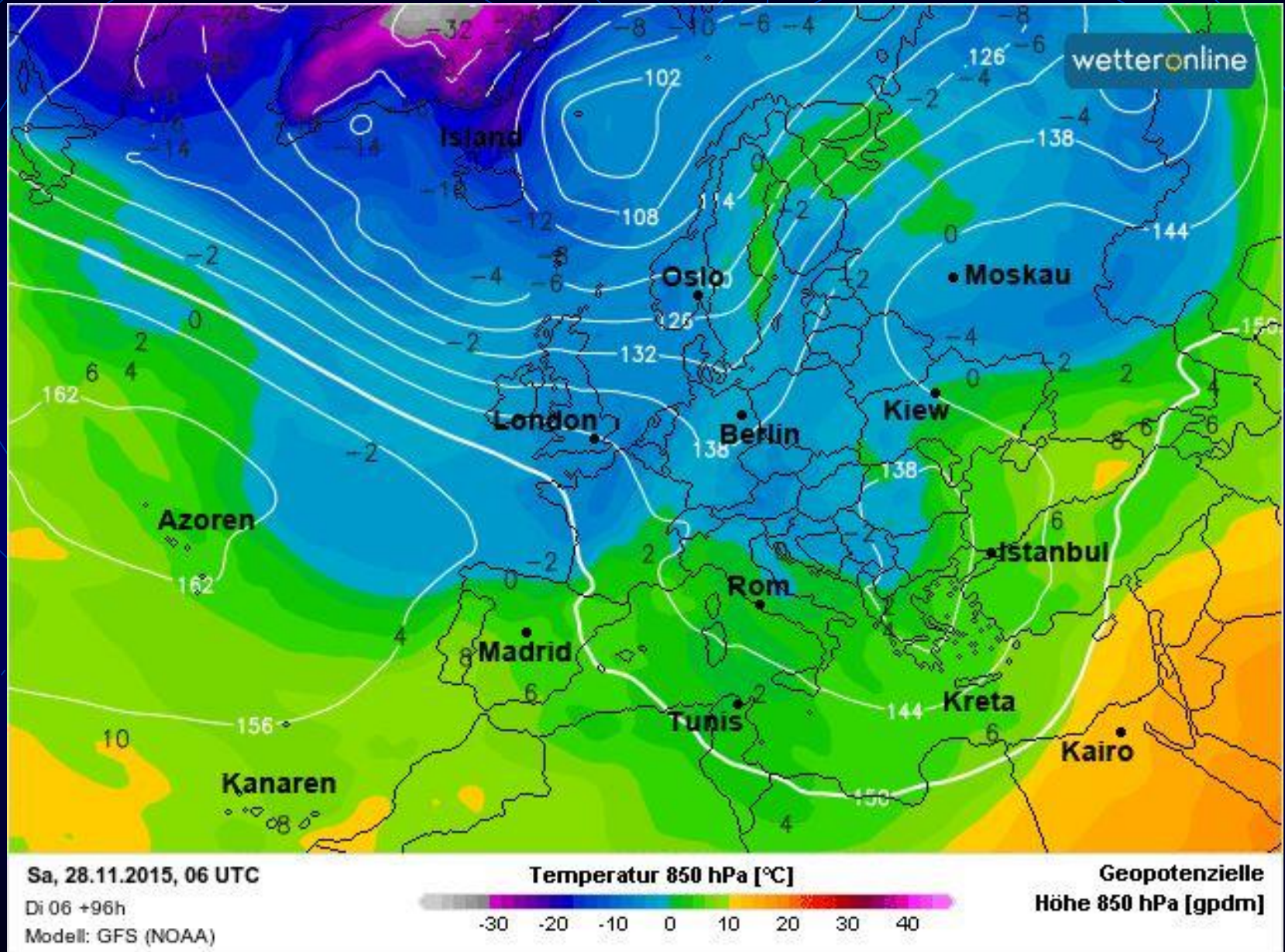
1. Veta termodynamická:

$$c_p T \frac{d}{dt} \ln(\theta) = Q$$

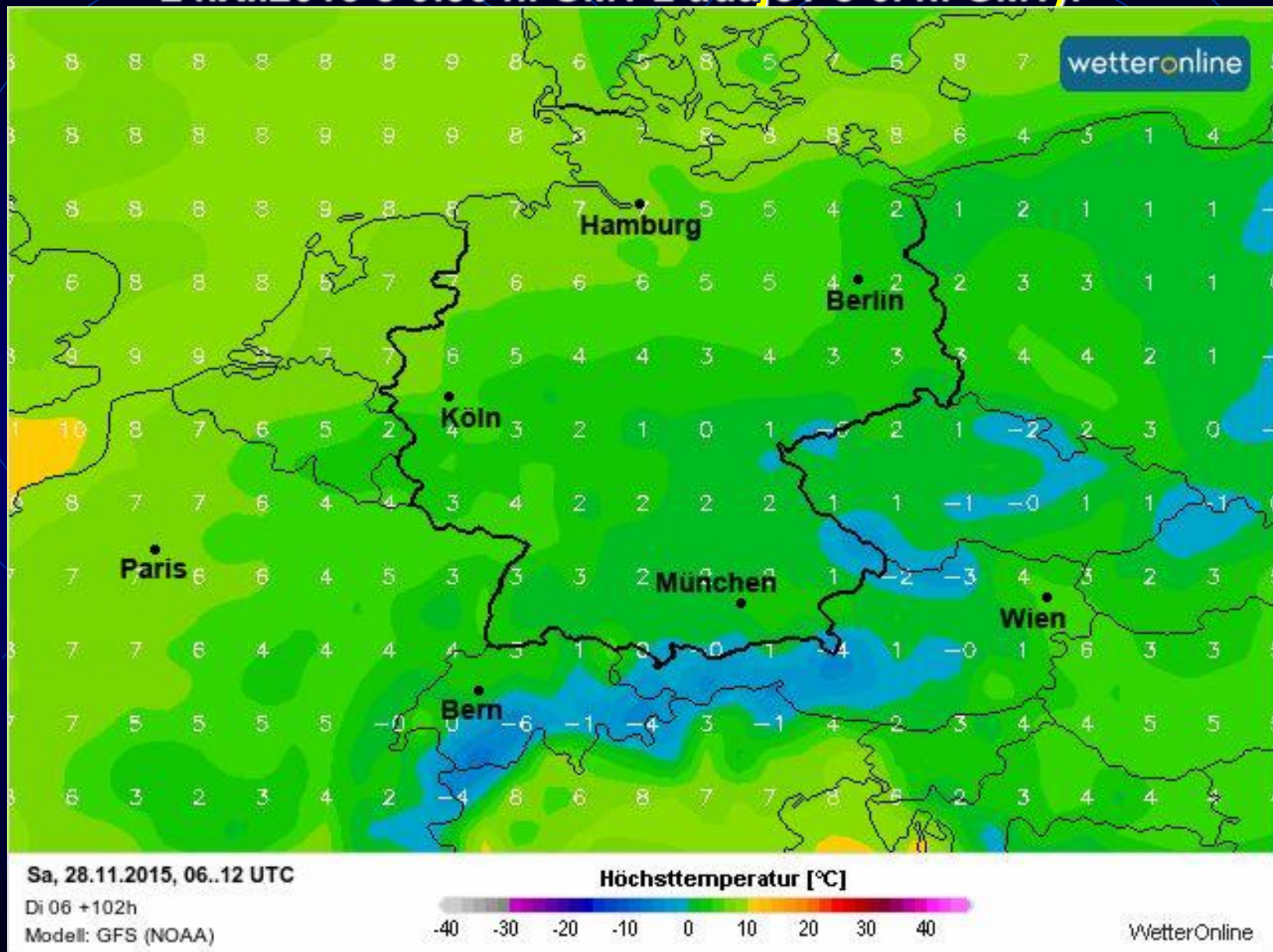
Stavová rovnica: $p = \rho R_d T$

V prípade vlhkého vzduchu aj rovnica fázových zmien vody

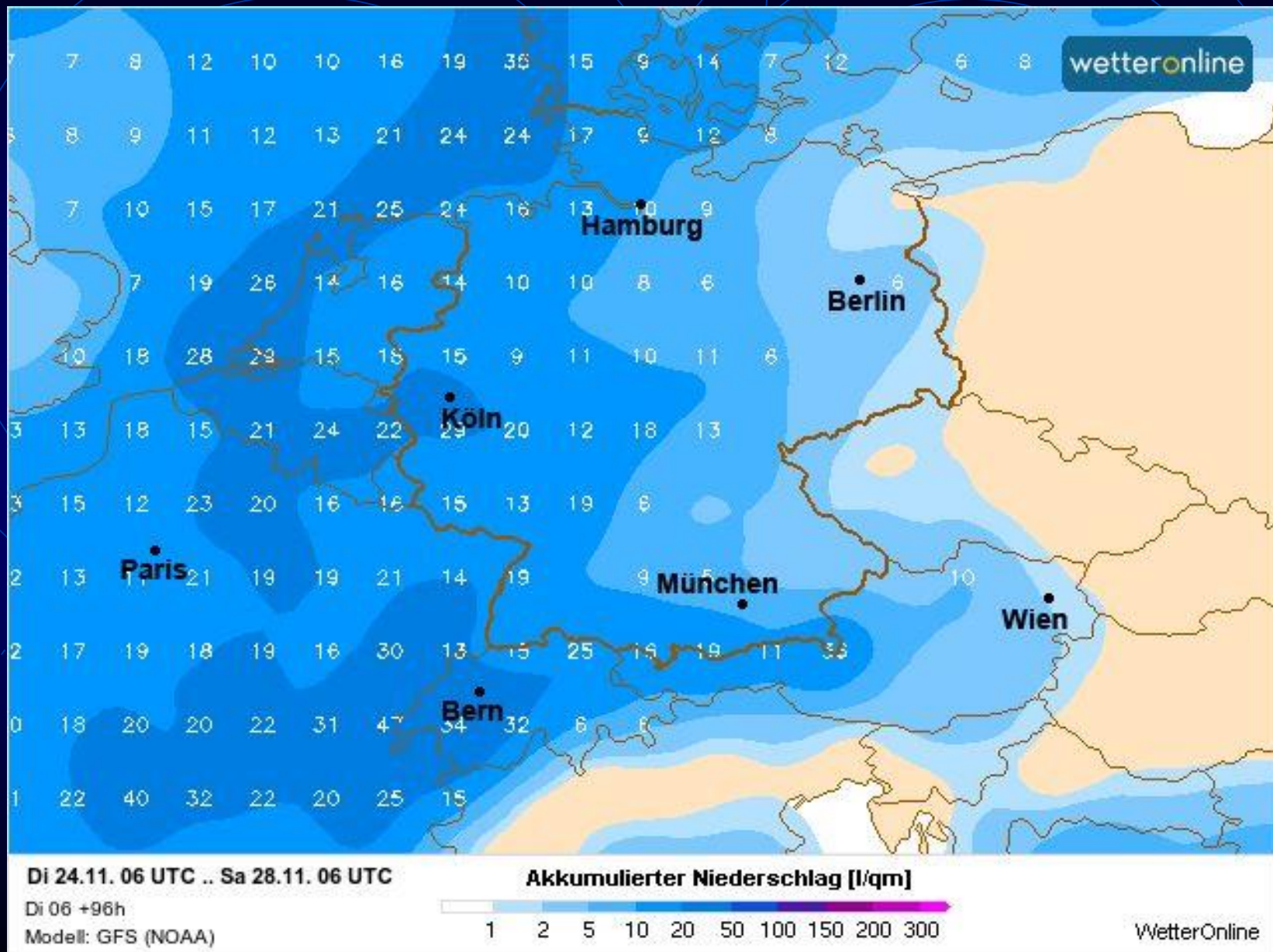
Príklad predpovede teploty vzduchu na AT850 hPa a výška AT850 hPa, asi 1400 m n.m. (vydané 24.XI.2015 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



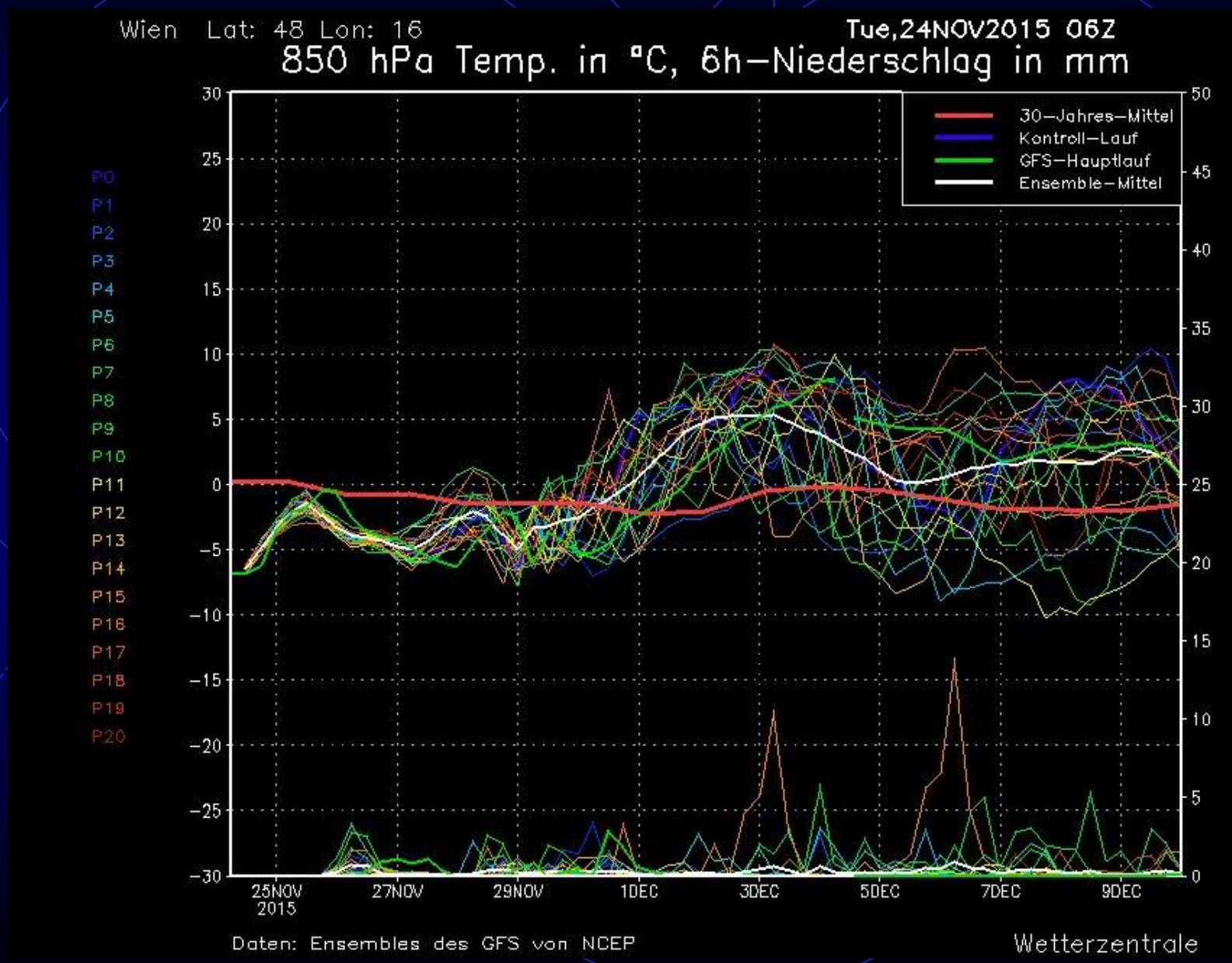
Príklad predpovede maxima teploty vzduchu vo výške 2 m (vydané 24.XI.2015 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



Príklad predpovede kumulovaných úhrnov zrážok (vydané 24.XI.2015 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



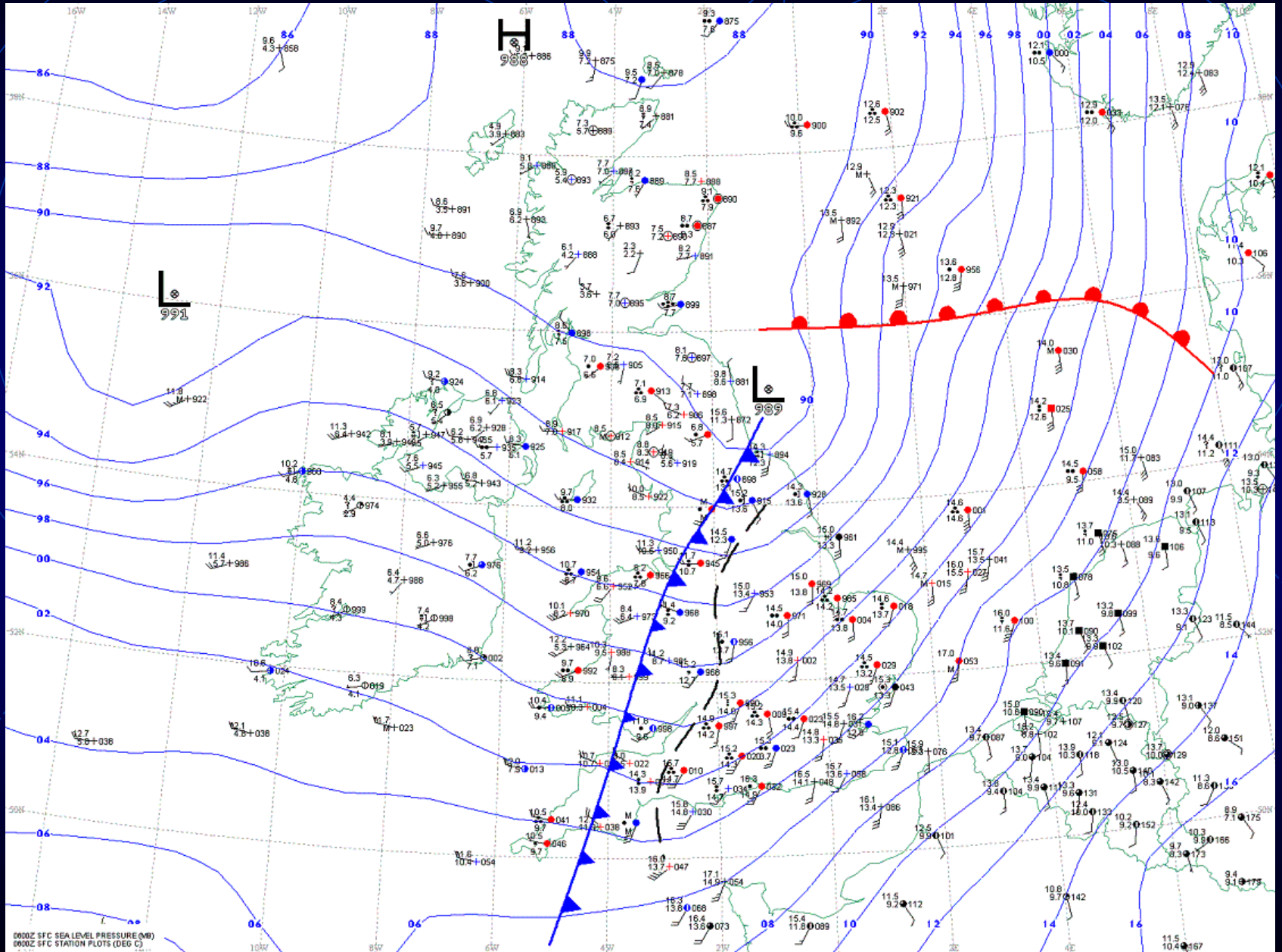
Príkladom vejára predpovede teploty vzduchu na hladine AT 850 hPa a zrážkových úhrnov pre Viedeň je na nasledujúcom obrázku (24.XI.2015 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



Synoptická meteorológia 3 – predpoveď počasia

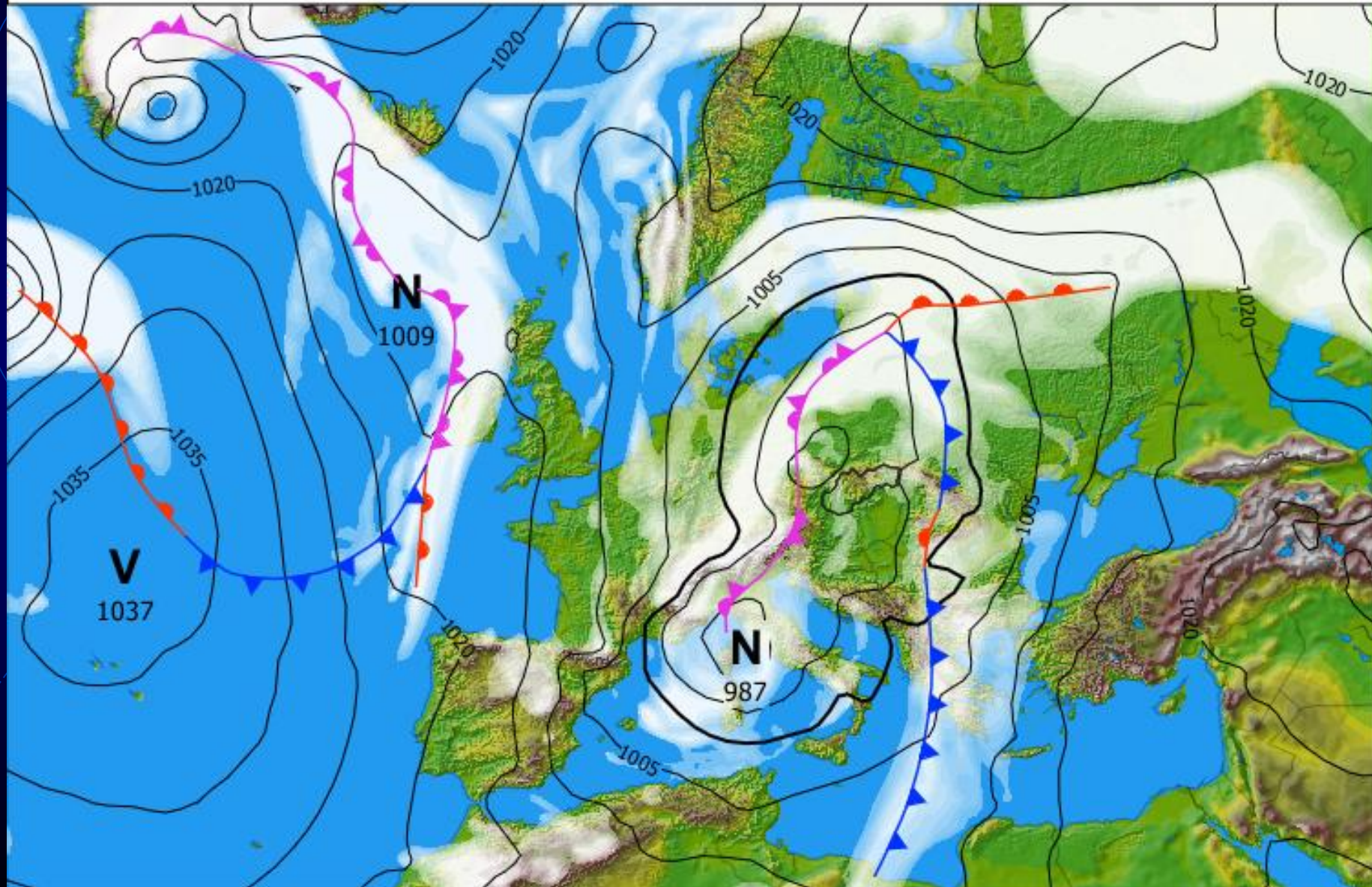
- Je vidieť, že do 36 hodín je predpoveď všetkých behov modelu GFS celkom jednoznačná, do 7 dní viac-menej podobná, no na dlhšie obdobie má už značný rozptyl. Na viac ako 7 dní môžeme iba stanoviť pravdepodobnosť výskytu určitého vývoja vzhľadom k dlhodobému priemeru, dajú sa odhadnúť len možné extrémny viacdenných priemerov meteorologických prvkov
- V nadprodukcii rôznych predpovedí podľa desiatok numerických modelov tak trochu zaniká **klasická synoptická metóda predpovede počasia** založená na subjektívnej (expertnej) analýze tzv. prízemných a výškových máp meraných meteorologických prvkov. Táto metóda bola rozpracovaná v modernom chápaní dynamickej (fyzikálnej) a synoptickej meteorológie nórskym meteorológom Wilhelmom Bjerknesom začiatkom 20. storočia:
- http://en.wikipedia.org/wiki/Vilhelm_Bjerknes
- V jeho práci pokračoval švédsky meteorológ Tor Bergeron a rad ďalších meteorológov (medzi nimi aj náš nestor meteorológie a klimatológie Mikuláš Konček):
- <http://www.answers.com/topic/tor-bergeron>
- http://sk.wikipedia.org/wiki/Mikul%C3%A1%C5%A1_Kon%C4%8Dek

Synoptické mapy sa konštruujú z údajov tzv. synoptických staníc, ktorých je na Zemi asi 13 tisíc, viac o synoptickej metóde je na: http://en.wikipedia.org/wiki/Synoptic_scale_meteorology



Ako príklad môžeme uviesť prízemnú mapu 29.XI.2012 z údajov o 12. h. GMT (produkt SHMÚ):

(c) SHMÚ - Prízemné tlakové pole - štvrtok 29.11.2012 12:00 UTC

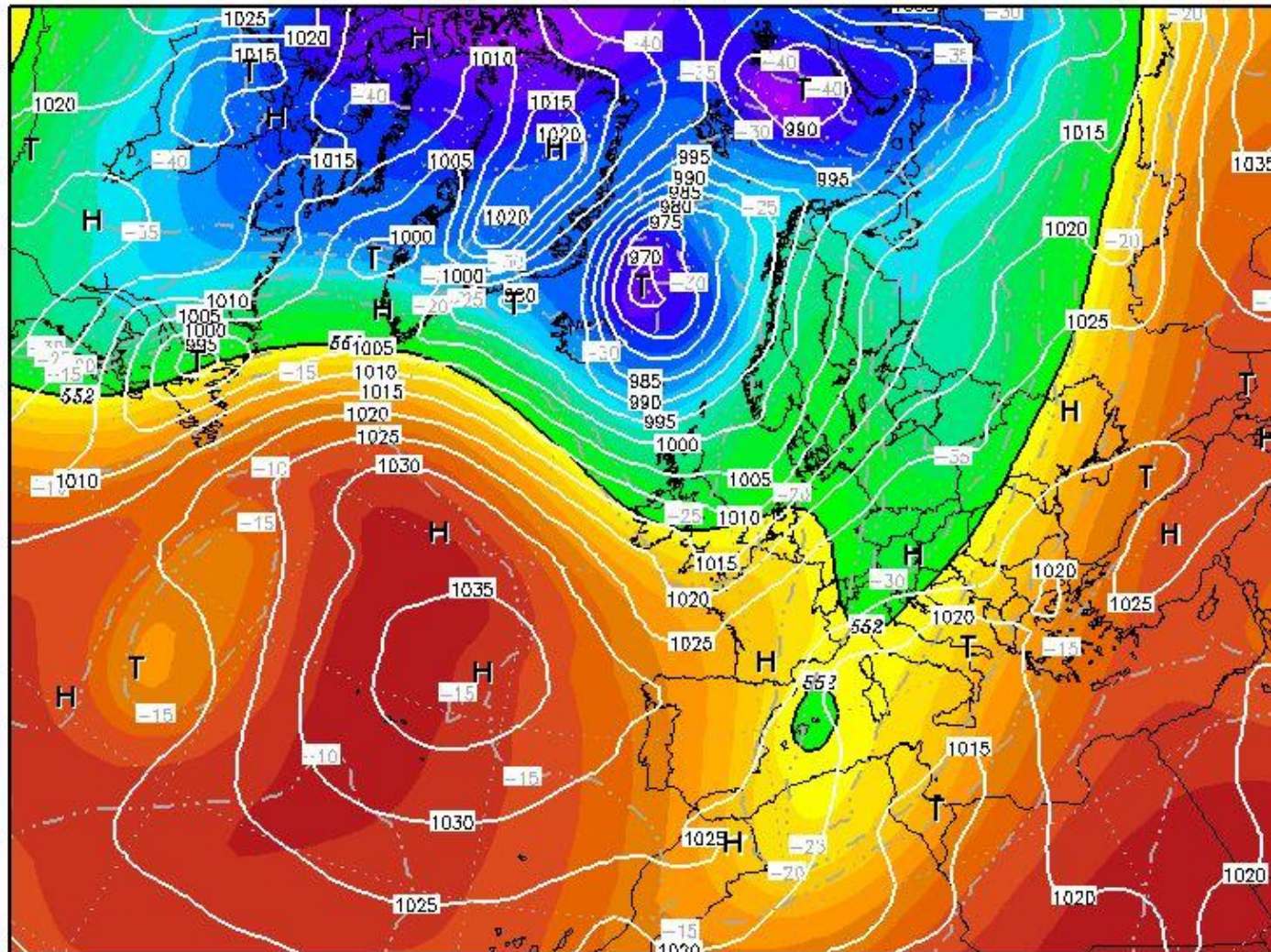


**Používajú sa aj analyzované aerologické údaje (T, U, AT 850, 700 a 500 hPa, vietor...)
príklady sú na nasledujúcich obrázkoch (24.XI.2013 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):**

Init : Tue,24NOV2015 06Z

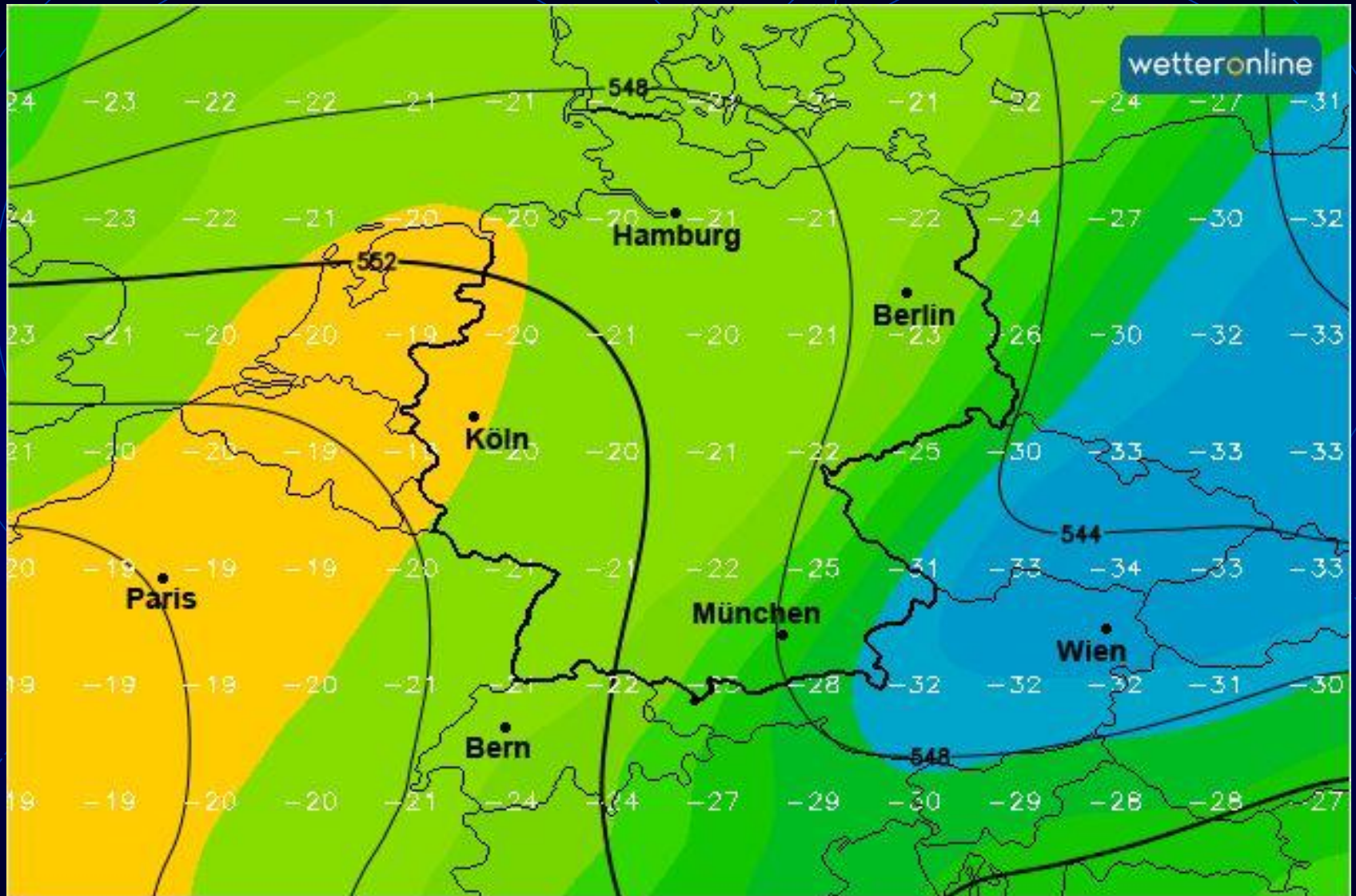
Valid: Tue,24NOV2015 06Z

500 hPa Geopot.(gpm), T (C) und Bodendr. (hPa)



Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Používajú sa aj analyzované aerologické údaje (T, U, AT 850, 700 a 500 hPa, vietor...) príklady sú na nasledujúcich obrázkoch (24.XI.2013 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



Di, 24.11.2015, 06 UTC

Di 06 +0h

Modell: GFS (NOAA)

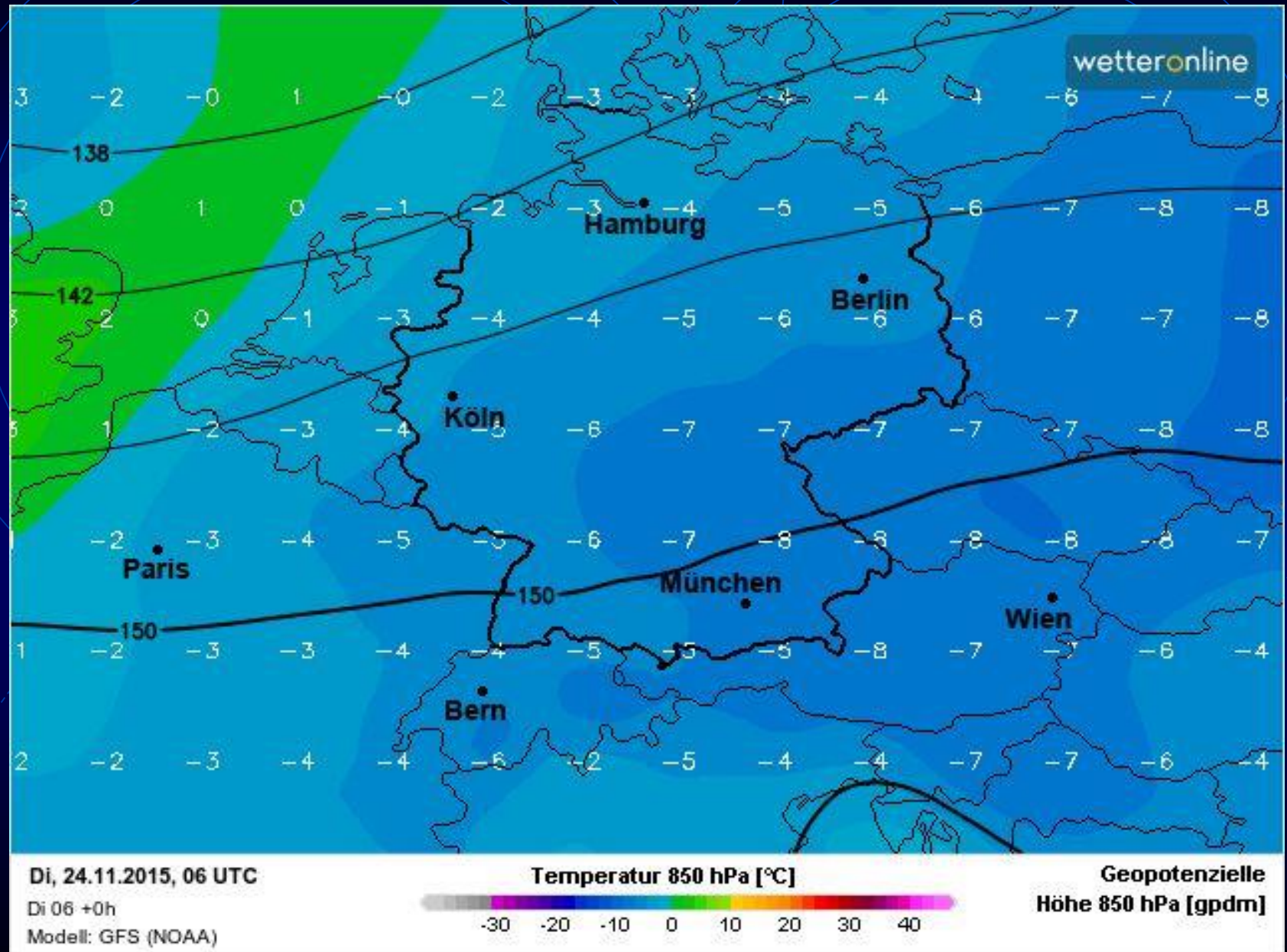
Temperatur 500 hPa [°C]



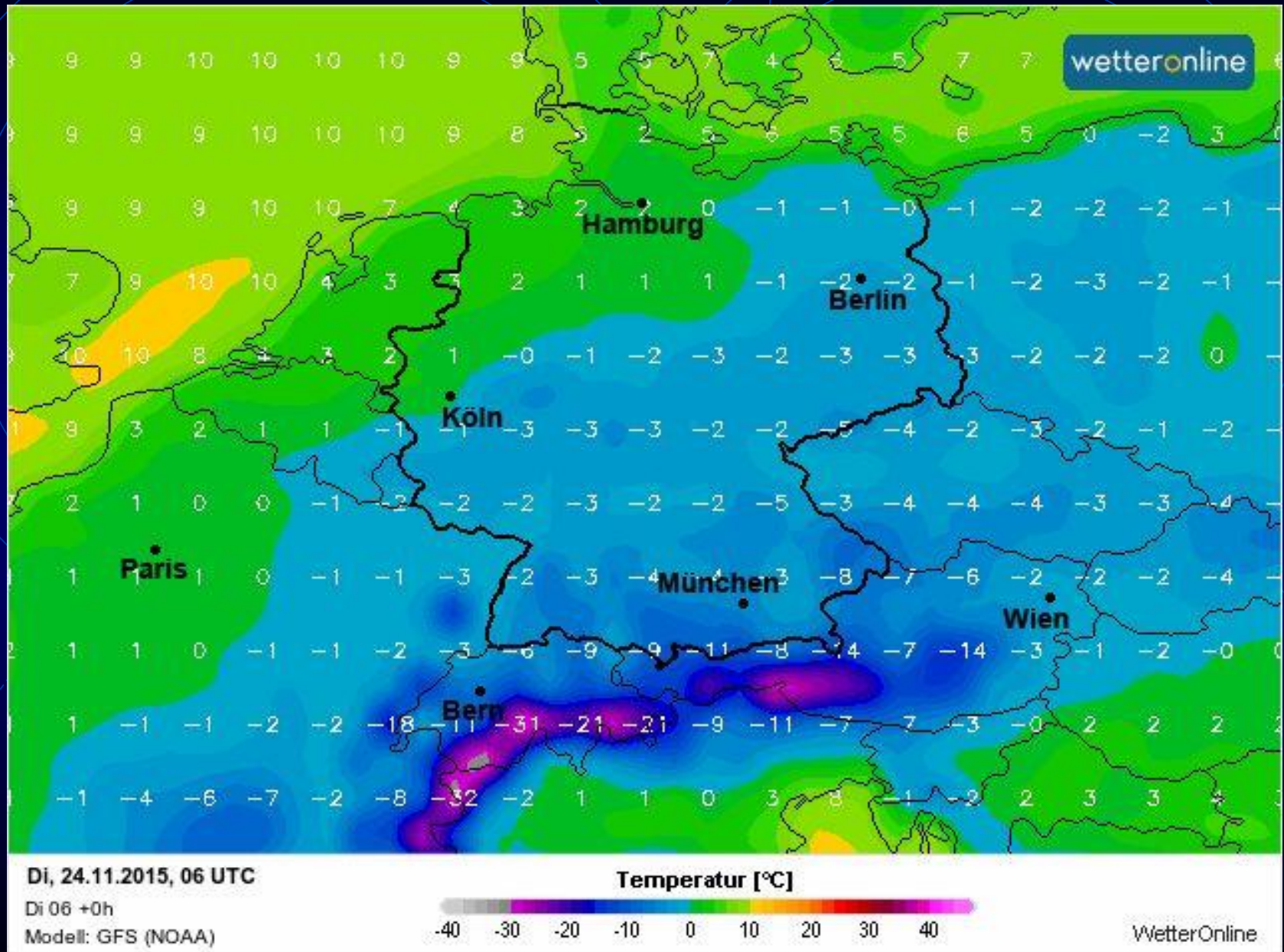
Geopotenzielle Höhe 500 hPa [gpdm]

WetterOnline

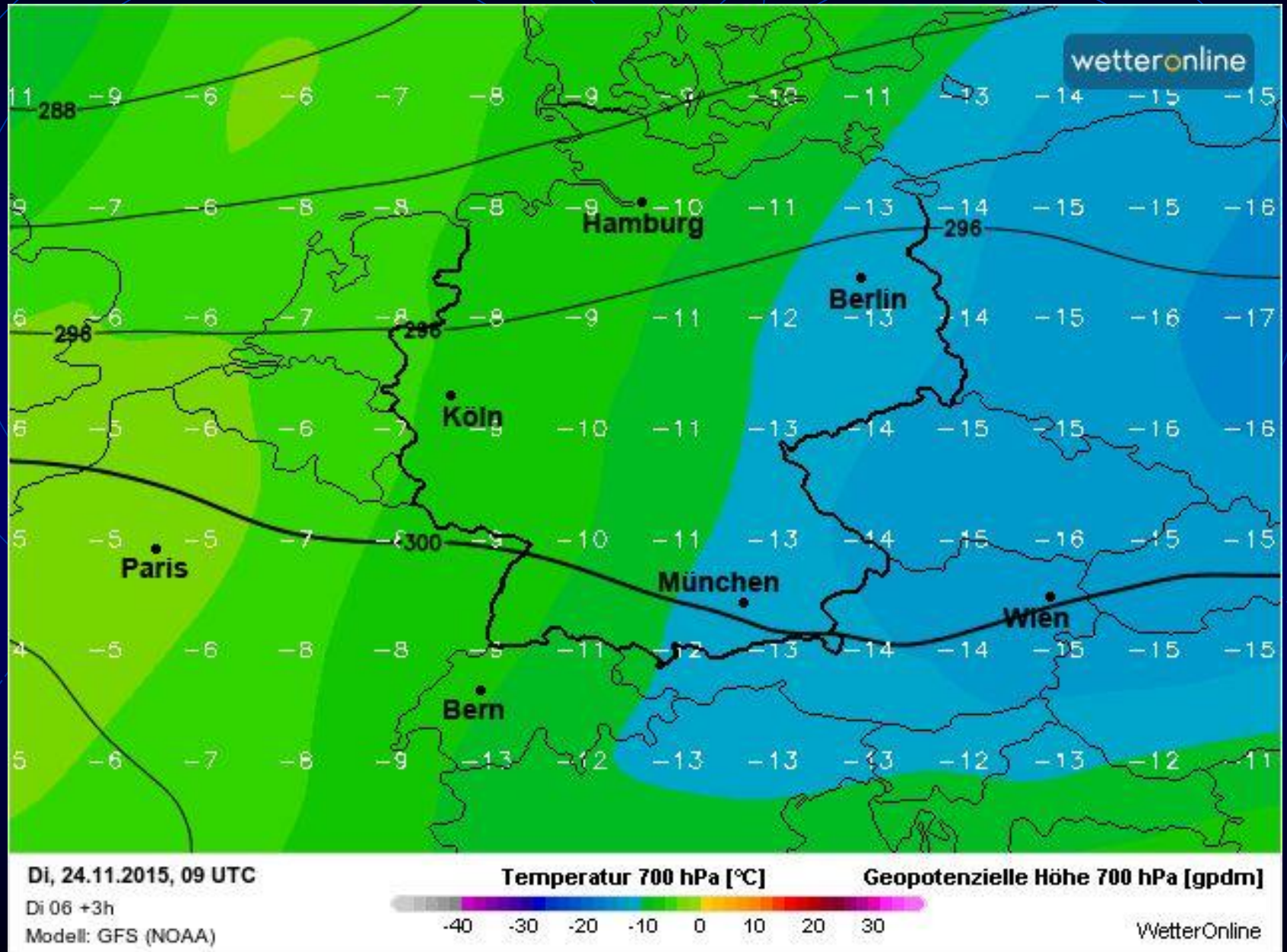
Používajú sa aj analyzované aerologické údaje (T, U, AT 850, 700 a 500 hPa, vietor...) príklady sú na nasledujúcich obrázkoch (24.XI.2013 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



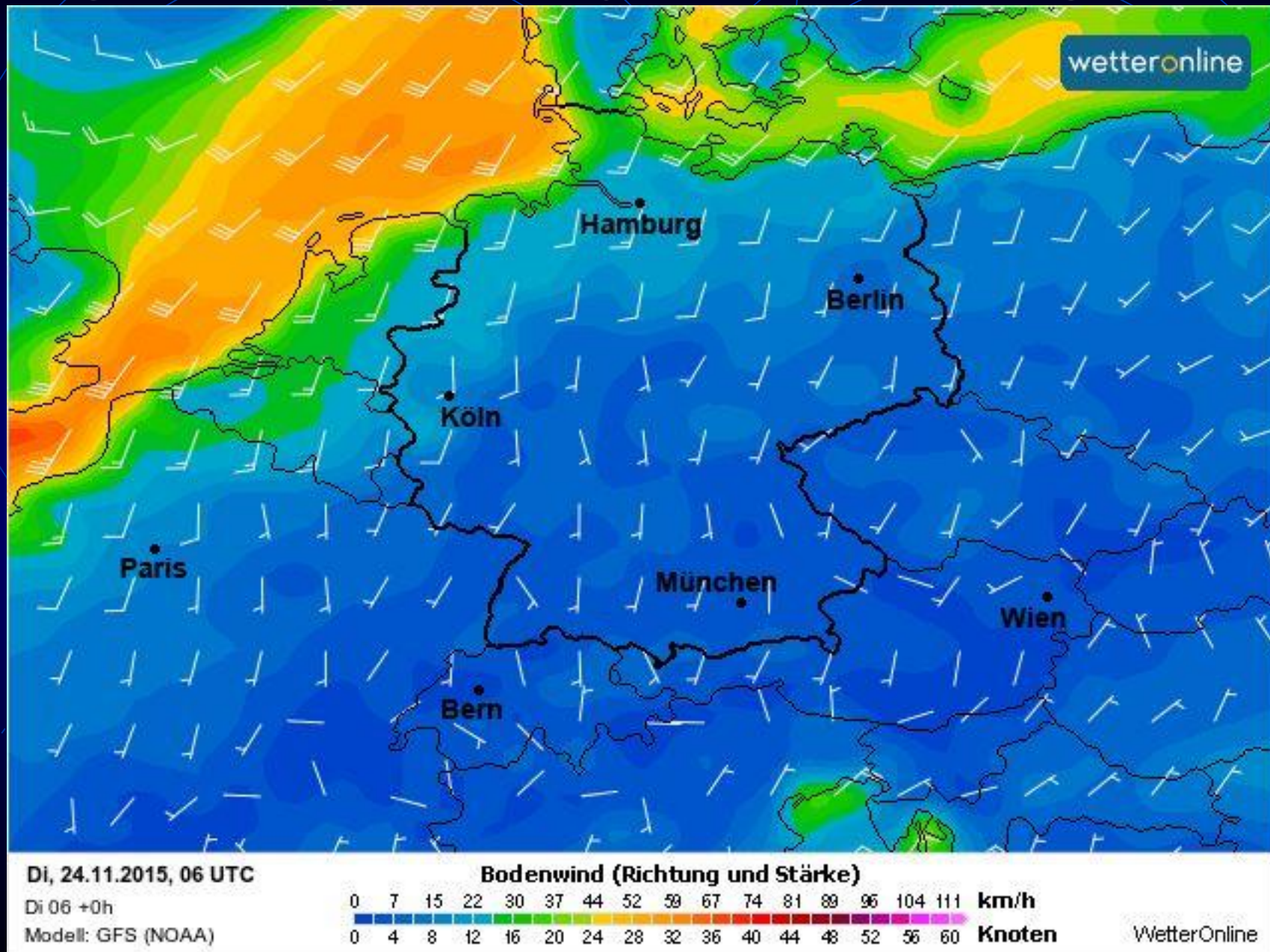
**Používajú sa aj analyzované aerologické údaje (T, U, AT 850, 700 a 500 hPa, vietor...)
príklady sú na nasledujúcich obrázkoch (24.XI.2013 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):**



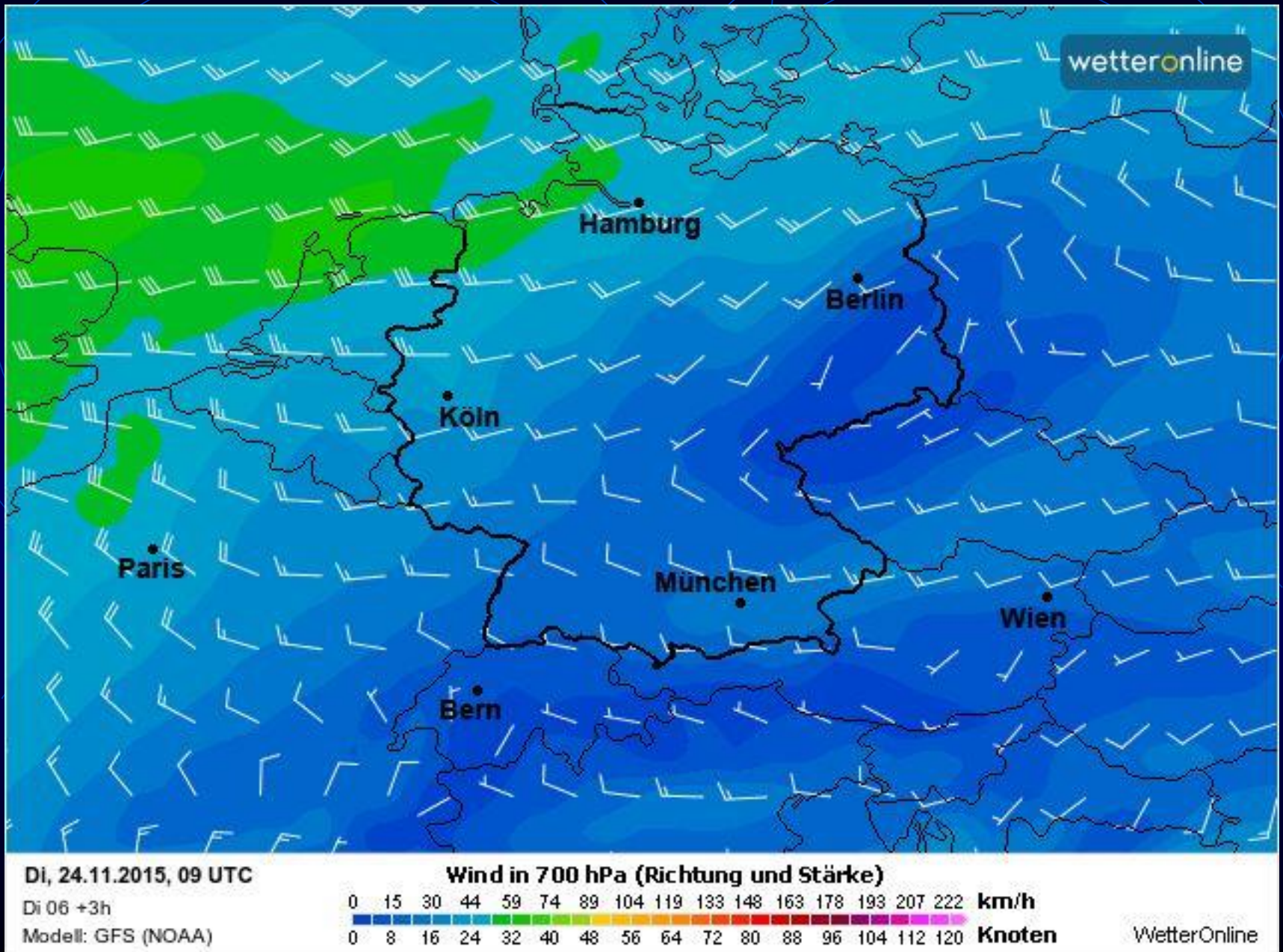
Používajú sa aj analyzované aerologické údaje (T, U, AT 850, 700 a 500 hPa, vietor...) príklady sú na nasledujúcich obrázkoch (24.XI.2013 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



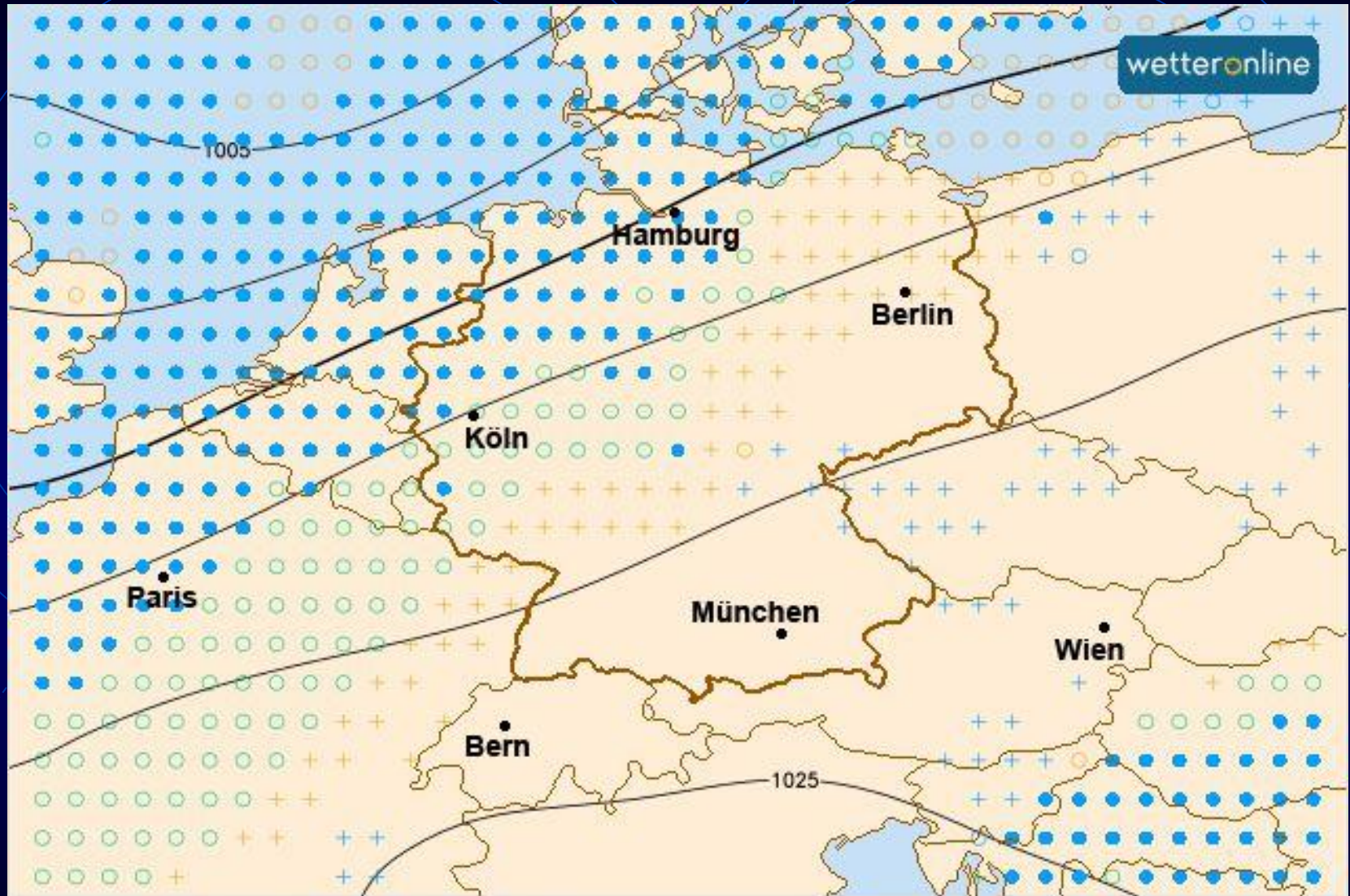
Používajú sa aj analyzované aerologické údaje (T, U, AT 850, 700 a 500 hPa, vietor...) príklady sú na nasledujúcich obrázkoch (24.XI.2013 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



Používajú sa aj analyzované aerologické údaje (T, U, AT 850, 700 a 500 hPa, vietor...) príklady sú na nasledujúcich obrázkoch (24.XI.2013 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



Používajú sa aj analyzované aerologické údaje (T, U, AT 850, 700 a 500 hPa, vietor...) príklady sú na nasledujúcich obrázkoch (24.XI.2013 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



Di, 24.11.2015, 06..09 UTC

Di 06 +3h

Modell: GFS (NOAA)

Wolkenschichten

+

○

+

○

+

○

+

○

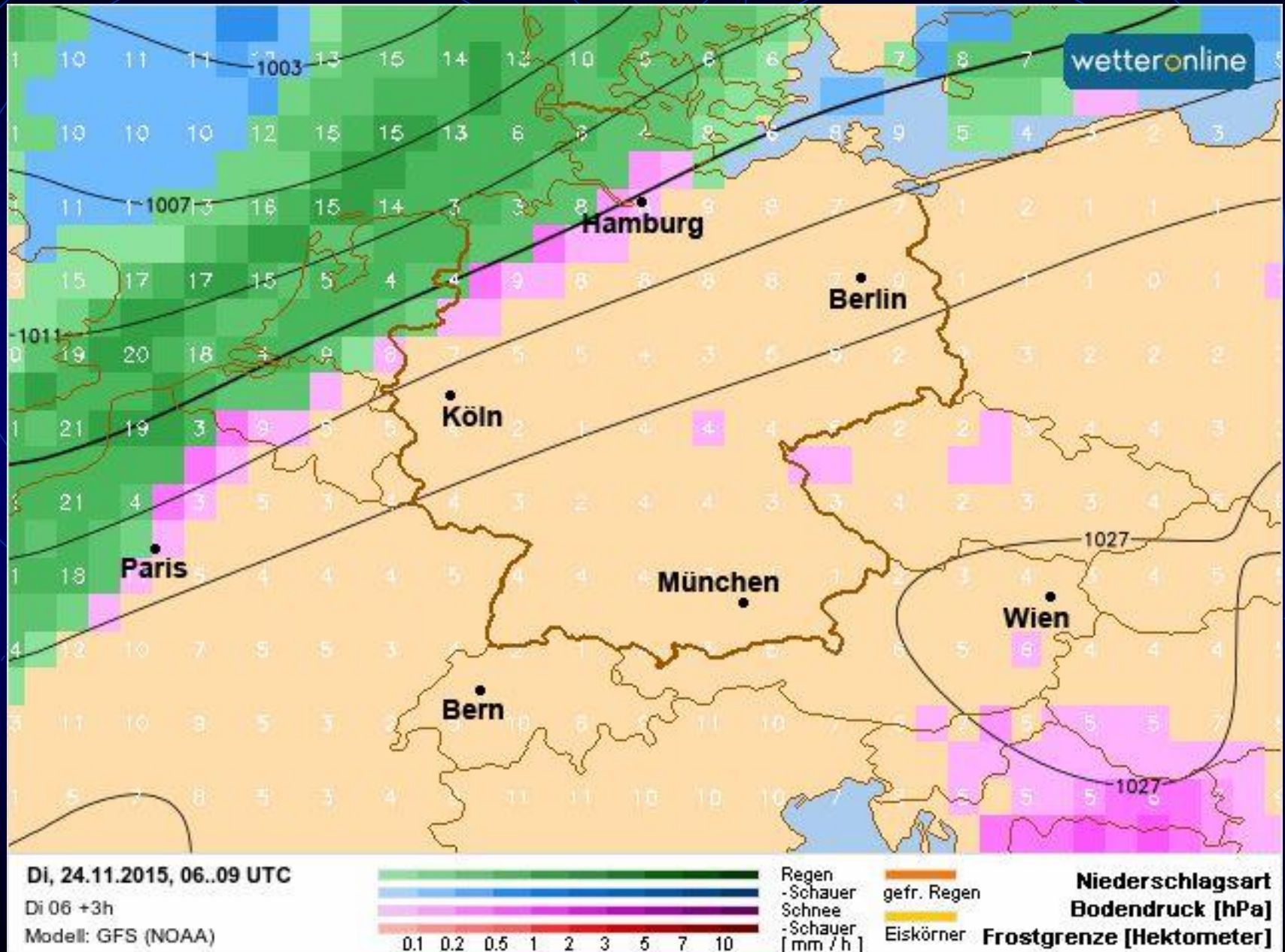
T: tief

M: mittelhoch

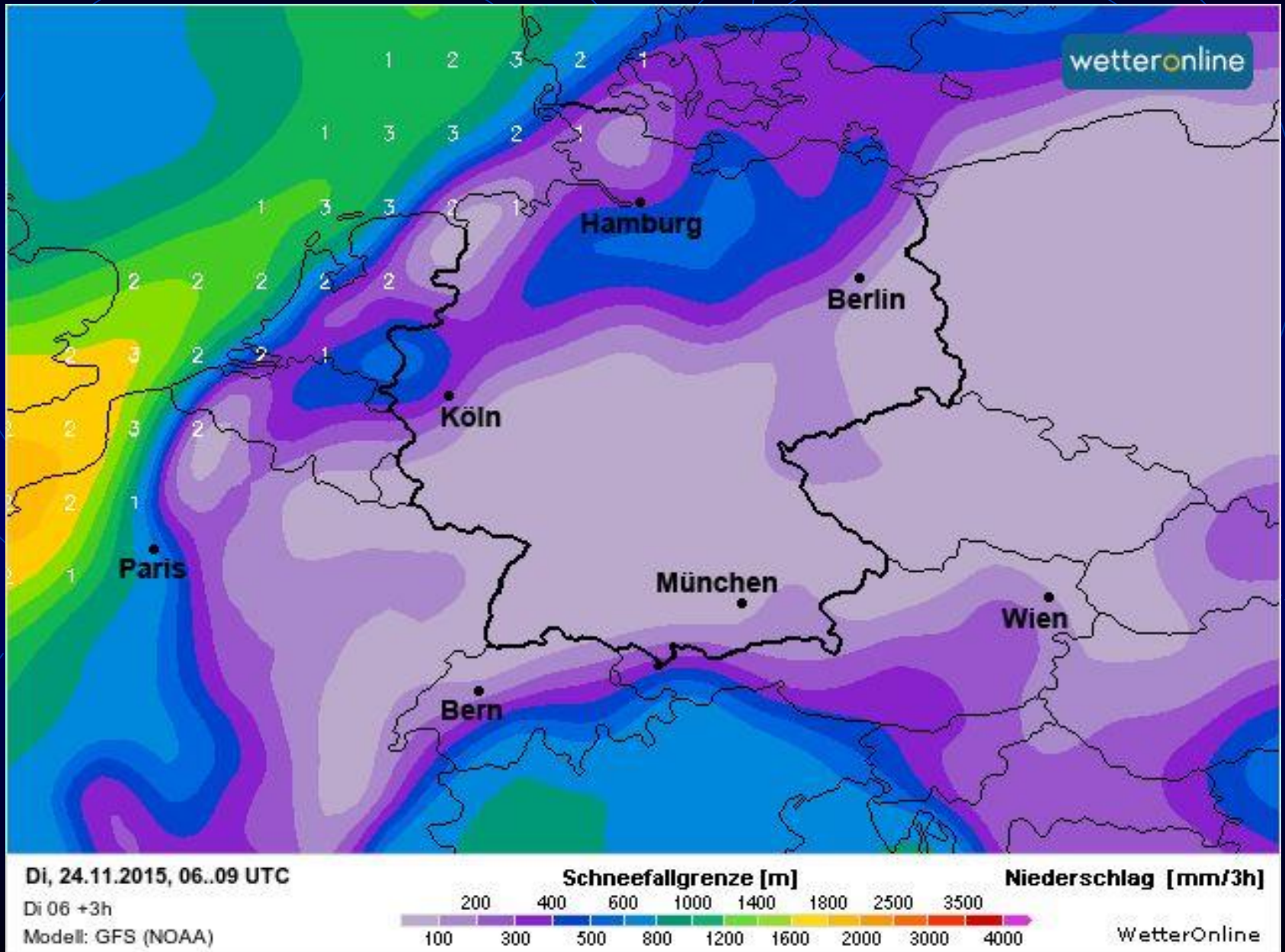
H: hoch

WetterOnline

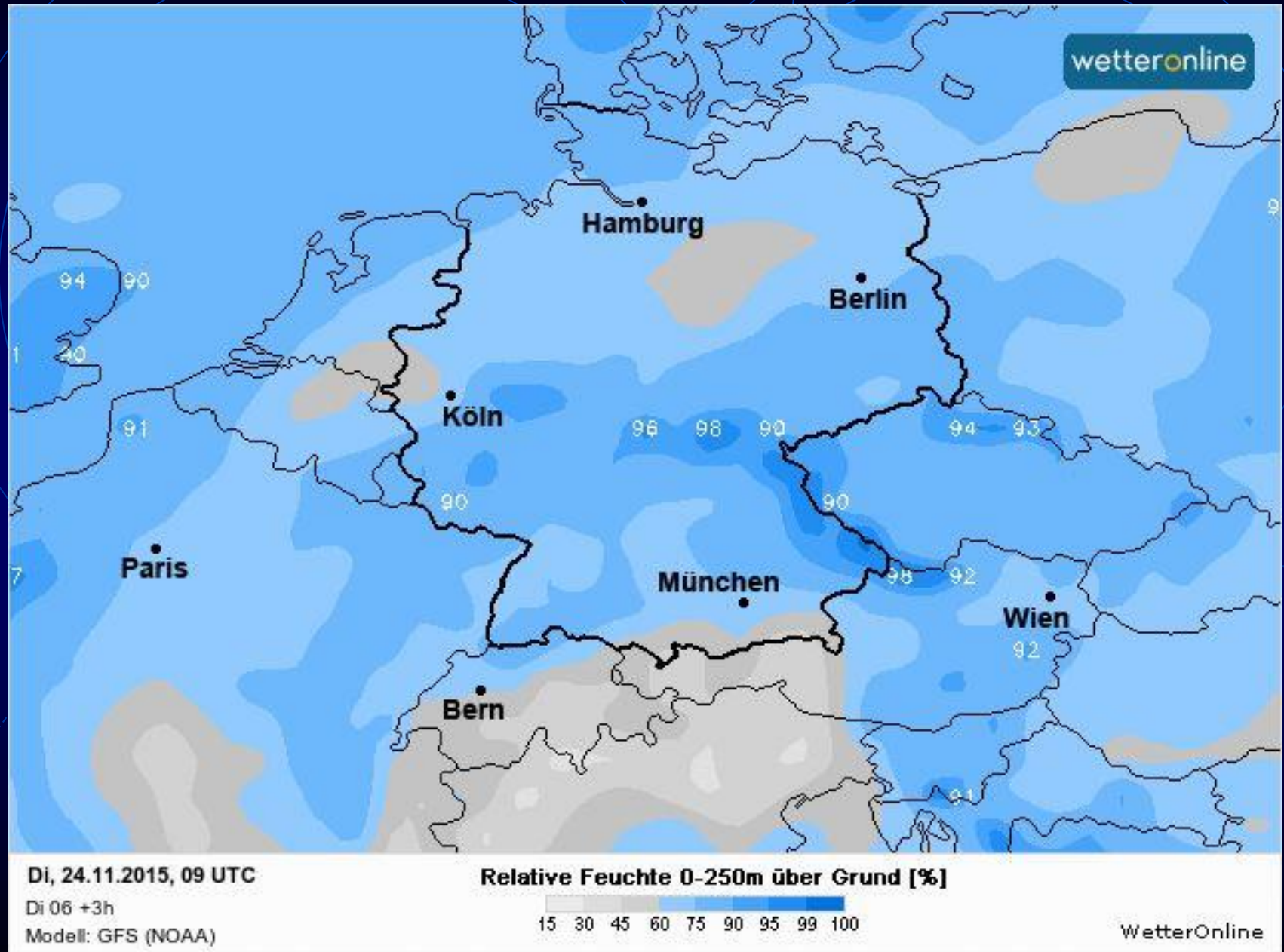
Používajú sa aj analyzované aerologické údaje (T, U, AT 850, 700 a 500 hPa, vietor...) príklady sú na nasledujúcich obrázkoch (24.XI.2013 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



Používajú sa aj analyzované aerologické údaje (T, U, AT 850, 700 a 500 hPa, vietor...) príklady sú na nasledujúcich obrázkoch (24.XI.2013 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



Používajú sa aj analyzované aerologické údaje (T, U, AT 850, 700 a 500 hPa, vietor...) príklady sú na nasledujúcich obrázkoch (24.XI.2013 o 9.30 h. GMT z údajov o 6. h. GMT):



Synoptická meteorológia 4 – predpoveď počasia

- Zaujímavé sú v tomto kontexte informácie o aktuálnom počasi na jednotlivých staniách, prípadne plošné a priestorové údaje z dištančných meraní, ďalej údaje o existencii, stave a vývoji tlakových útvarov, vzduchových hmôt, atmosférických frontov, polí meteorologických prvkov, charakteristík oblačnosti, nebezpečných meteorologických javov, ale aj tzv. Rossbyho vln, tryskového prúdenia, fázových zmien vody v atmosfére, termickej vertikálnej instability atmosféry atď
- Meteorológ spravidla sleduje **všetky dostupné podklady na mapách danej veľkopriestorovej oblasti** (u nás Euro-Atlantickej zóny) a na základe svojich dlhoročných skúseností modifikuje získané podklady z modelových výstupov a aktuálnych meraní do regionálnej alebo lokálnej predpovede počasia v danom časovom intervale, **inak postupuje amatér, ktorý zväčša len odčíta údaje**
- Zvláštnym typom synoptickej predpovede sú **účelové predpovede počasia** pre RLP (riadenie leteckej prevádzky), pre námornú dopravu a iné socio-ekonomické systémy významne závisiace od vývoja počasia, napríklad poľnohospodárstvo, lesné a vodné hospodárstvo. Zaoberajú sa tým predovšetkým špecializované predpovedné tímy

DLHODOBÉ PREDPOVEDE POČASIA

- V prípade scenárov klimatickej zmeny sa snažíme odhadnúť budúci vývoj klímy, vrátane trendu, extrémov a premenlivosti v nejakom dlhšom období (napríklad 30-ročnom), to teda nie je predpoveď počasia - **nemôžeme robiť predpoveď počasia na dlhšie obdobie ako 10-15 dní pre dané dni a lokality**
- Existujú však možnosti na prípravu klimatologického výhľadu počasia na najbližšie 2 týždne až najbližších 6 mesiacov
- V tomto prípade ide o kombinovanú synopticko-klimatologickú predpoveď, v ktorej sa berie do úvahy aj zmena cirkulácie atmosféry a oscilácie prúdenia atmosféry a oceánov
- Na ďalších obrázkoch uvádzame príklad takýchto výhľadov pre Európu, priebežne ich vyhodnocujeme a odhadujeme úspešnosť
- **Je možné konštatovať, že kým čisto klimatologické výhľady majú 50%-nú úspešnosť, čiže sa vieme vtesnať iba do intervalu od dolného po horný kvartil s 50%-nou istotou, kombinované synopticko klimatologické výhľady majú až 65%-nú úspešnosť v dlhodobom priemere, čo sa dá využiť**

PRÍKLAD DLHODOBEJ PREDPOVEDE POČASIA Z RÔZNYCH ZDROJOV PRE EURÓPU

Mean Surface Temperature (°C)
during the period:

Thu, 05 NOV 2015 at 00Z

-to-

Fri, 13 NOV 2015 at 00Z

Fri, 13 NOV 2015 at 00Z

-to-

Sat, 21 NOV 2015 at 00Z

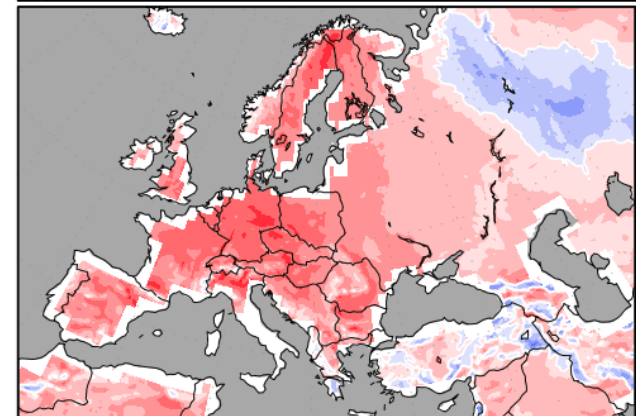
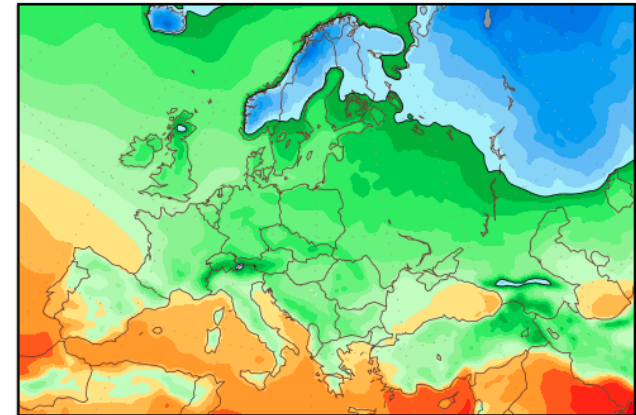
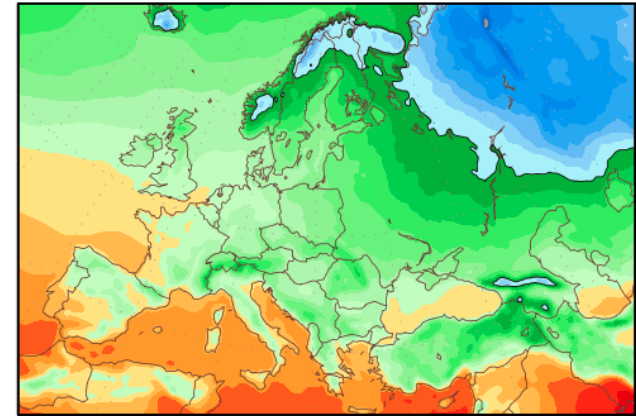
Temperature Anomaly
during the first period:

Thu, 05 NOV 2015 at 00Z

-to-

Fri, 13 NOV 2015 at 00Z

Temperature Forecasts



Temperature forecasts from the National Centers for Environmental Prediction.
Normal Temperature derived from CRU monthly climatology for 1901-2000
Forecast Initialization Time: 00Z05NOV2015

PRÍKLAD DLHODOBEJ PREDPOVEDE POČASIA Z RÔZNYCH ZDROJOV PRE EURÓPU

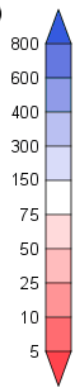
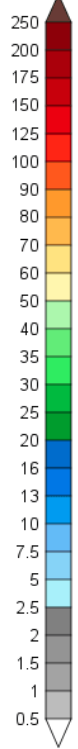
Precipitation (mm)
during the period:

Thu, 05 NOV 2015 at 00Z
-to-
Fri, 13 NOV 2015 at 00Z

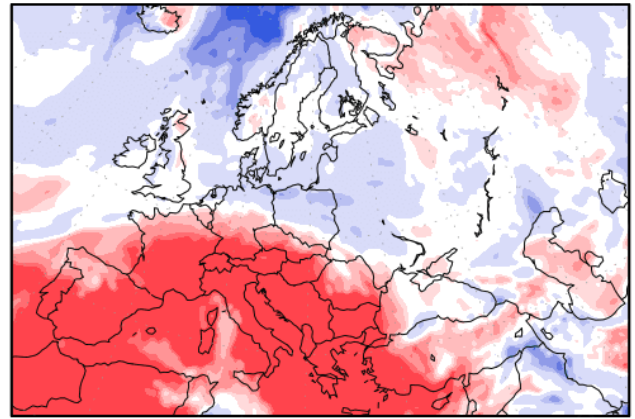
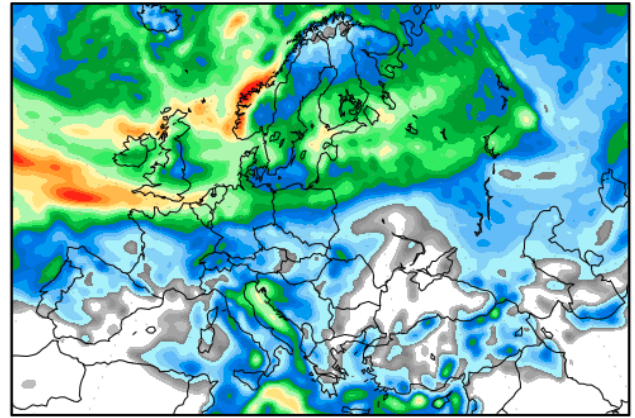
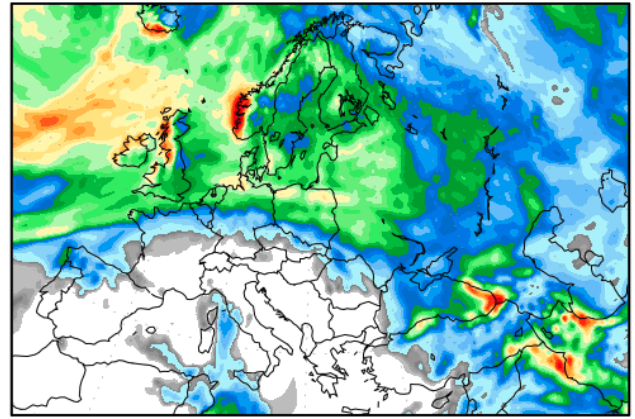
Fri, 13 NOV 2015 at 00Z
-to-
Sat, 21 NOV 2015 at 00Z

Precipitation (% of normal)
during the first period:

Thu, 05 NOV 2015 at 00Z
-to-
Fri, 13 NOV 2015 at 00Z



Precipitation Forecasts

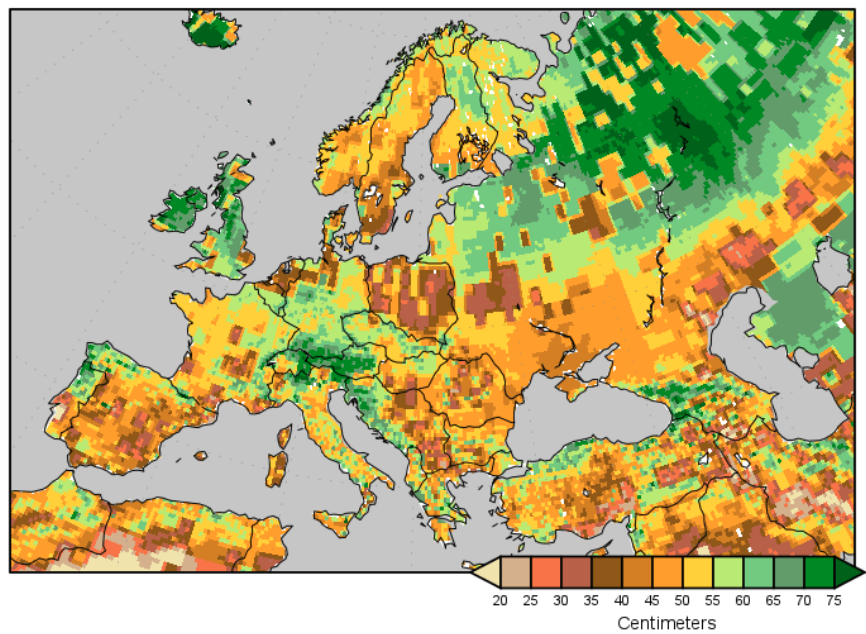


Precipitation forecasts from the National Centers for Environmental Prediction.
Normal rainfall derived from Xie-Arkin (CMAP) Monthly Climatology for 1979-2003.
Forecast Initialization Time: 00Z05NOV2015

PRÍKLAD DLHODOBEJ PREDPOVEDE POČASIA Z RÔZNYCH ZDROJOV PRE EURÓPU

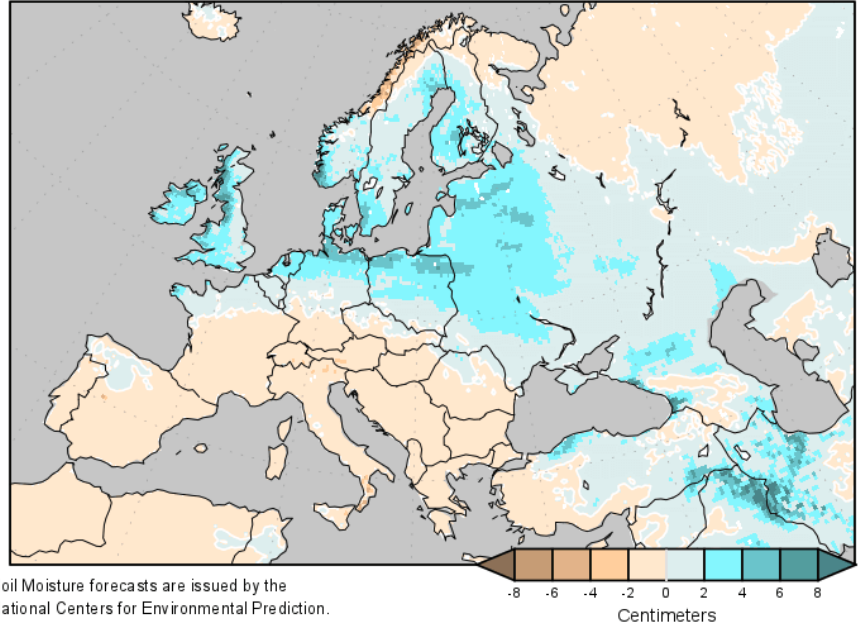
Initial Soil Moisture

Liquid Water in top 2 meters of soil
Valid time: Thu, 05 NOV 2015 at 00Z



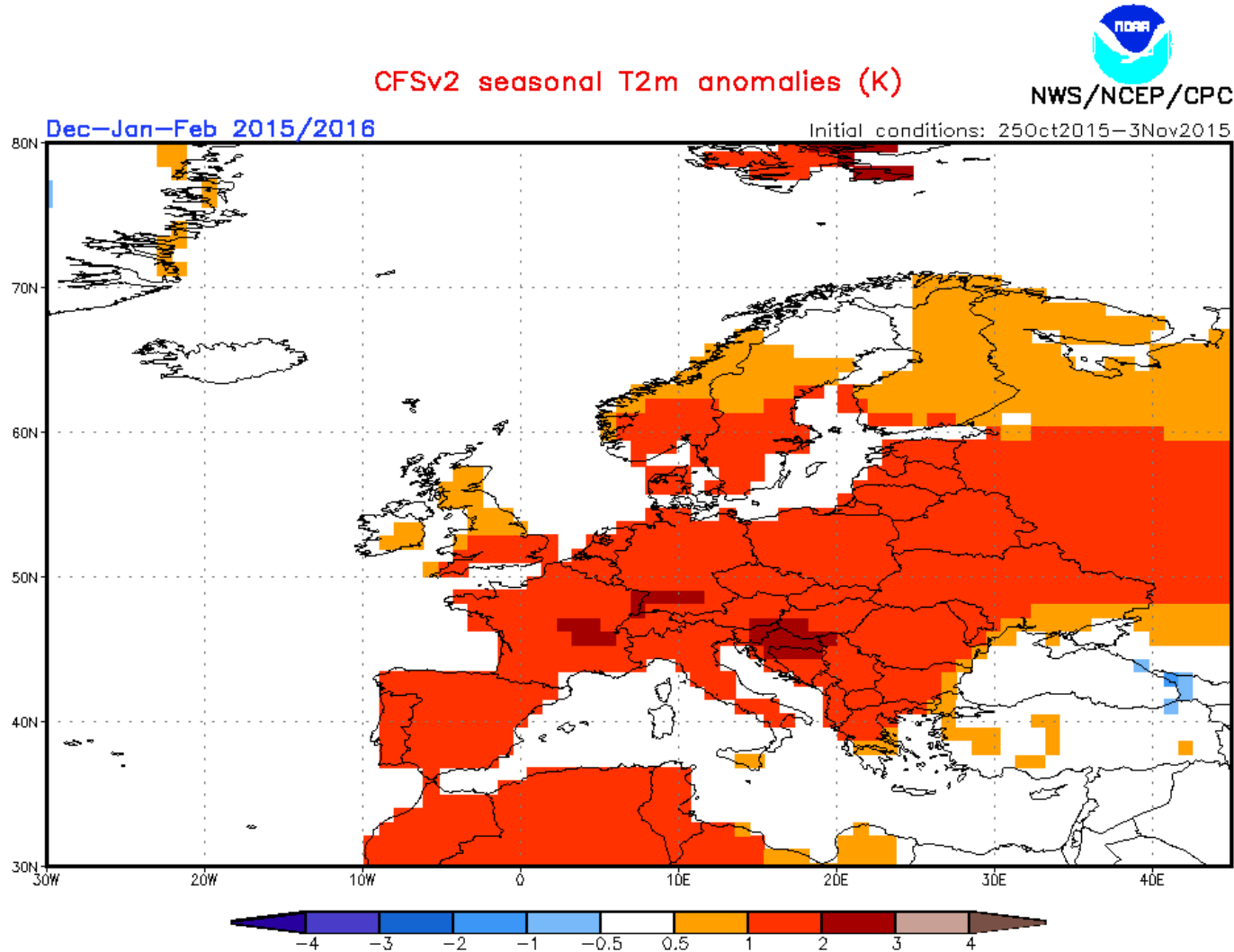
Soil Moisture Change

00Z 05 NOV 2015 to 00Z 13 NOV 2015

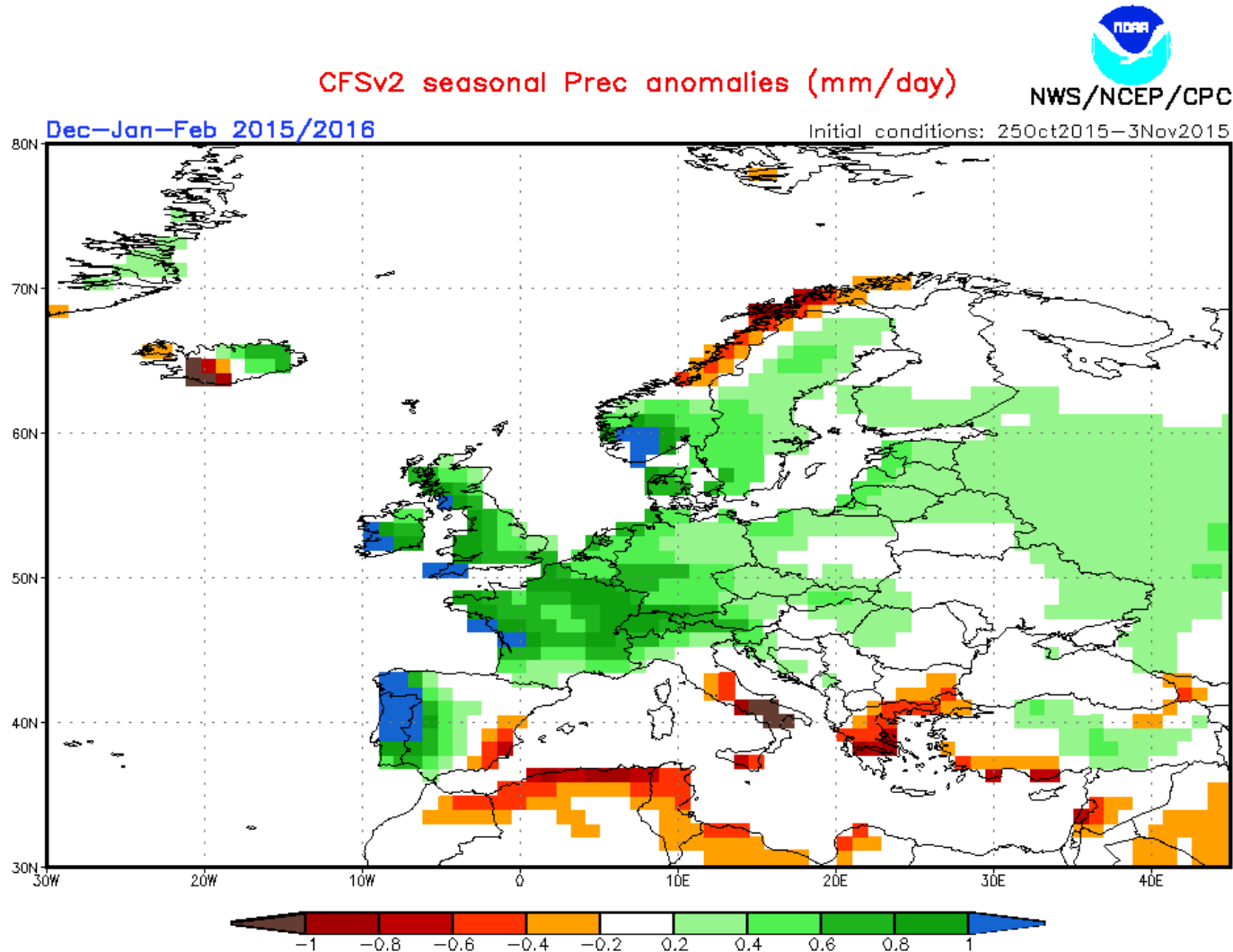


Soil Moisture forecasts are issued by the
National Centers for Environmental Prediction.

PRÍKLAD DLHODOBEJ PREDPOVEDE POČASIA Z RÔZNYCH ZDROJOV PRE EURÓPU



PRÍKLAD DLHODOBEJ PREDPOVEDE POČASIA Z RÔZNYCH ZDROJOV PRE EURÓPU



Synoptická meteorológia 5 – dlhodobá predpoveď

- Vidíme, že takéto predpovede majú za cieľ predovšetkým **informovať o možných odchýlkach priemerov teploty vzduchu a úhrnov zrážok** za dané obdobie od dlhodobého priemeru, niekedy aj o pravdepodobnosti prekročenia určitých hraníc, napríklad horného a dolného kvartilu (decilu)
- Nie je našim cieľom informovať záujemcov o podrobnostiach metodiky prezentovaných predpovedných schém, no iba na okraj uvádzame, že ide tiež o **modely všeobecnej cirkulácie atmosféry**, do ktorých sa popri základných okrajových podmienkach z asimilovaných meraných údajov v čase 0 hodín predpovede a dlhodobých klimatických priemerov vkladajú aj očakávané zmeny cirkulačných schém, napríklad oscilácie SO, ENSO, ONI, PDO, NAO, AO, AAO, PNA atď.
- Predpovede týchto oscilácií sú dostupné na stránkach:
- http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_a_o_index/ao.shtml

VEDECKÁ TEÓRIA KLIMATICÝCH ZMIEN

- Fyzika, chémia a biológia klimatických zmien, teda klimatickej zmeny (definícia neskôr) a prirodzených zmien klímy – ale aj:
- **Socio-ekonomické súvislosti a dôsledky** – aj využívanie fosílnych palív, zmeny vo využívaní krajiny, poľnohospodárstvo, lesy a i.
- **Prirodzené ekosystémy a klimatická zmena** – aj možnosti adaptácie, regulácia uhlíkového cyklu...
- **Pozitívne a negatívne spätné väzby** – aj dlhodobé zmeny v uhlíkovom cykle ale aj CH_4 a N_2O
- **Dezinformácie šírené záujmovými skupinami** – najmä v súvislosti s využívaním fosílnych palív a konkurencieschopnosťou v prípade prijatia opatrení

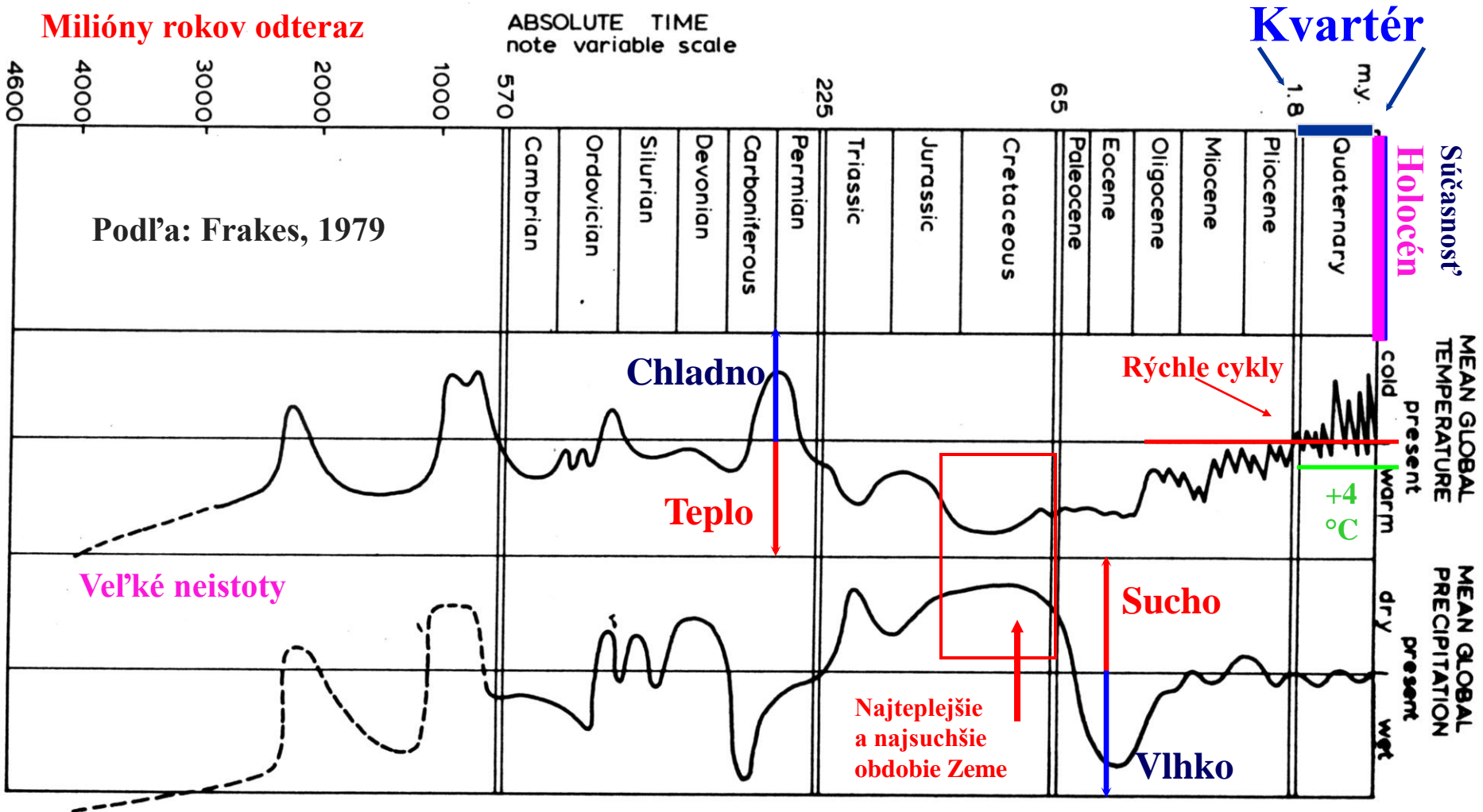
DEFINÍCIE ZMIEN KLÍMY, KOLÍSANIA KLÍMY A PREMENLIVOSTI KLÍMY

- **Zmeny klímy** - tento termín sa v minulosti používal pre všetky zmeny súvisiace s klímou (v súčasnosti podľa Medzivládneho panelu OSN o zmene klímy (IPCC, 1996) takto nazývajú už len zmeny klímy prirodzeného charakteru)
- **Premenlivosť klímy** - klimatické pomery charakterizujeme priemermi, rozptylovými, trendovými a cyklickými charakteristikami (smerodajná odchýlka a koeficient variácie je príkladom charakteristík rozptylu - variability)
- **Kolísanie klímy** - prirodzené kolísanie klimatických charakteristík je dané predovšetkým solárnou klímou (ročný chod, 11-ročný cyklus...), iné cykly súvisia s cyklickosťou niektorých klimatotvorných procesov (El Niño, LaNiña, NAO, AO, AAO, PDO a rad iných). Dlhé periódy kolísania klímy súvisia napríklad s Milankovičovými cyklami (okolo 100 tisíc rokov) a radom iných
- **Zmena klímy** je iba tá časť zo všetkých zmien klímy, ktorú spôsobil človek zmenou skleníkového efektu atmosféry (emisie skleníkových plynov a aerosólov, využívanie krajiny)

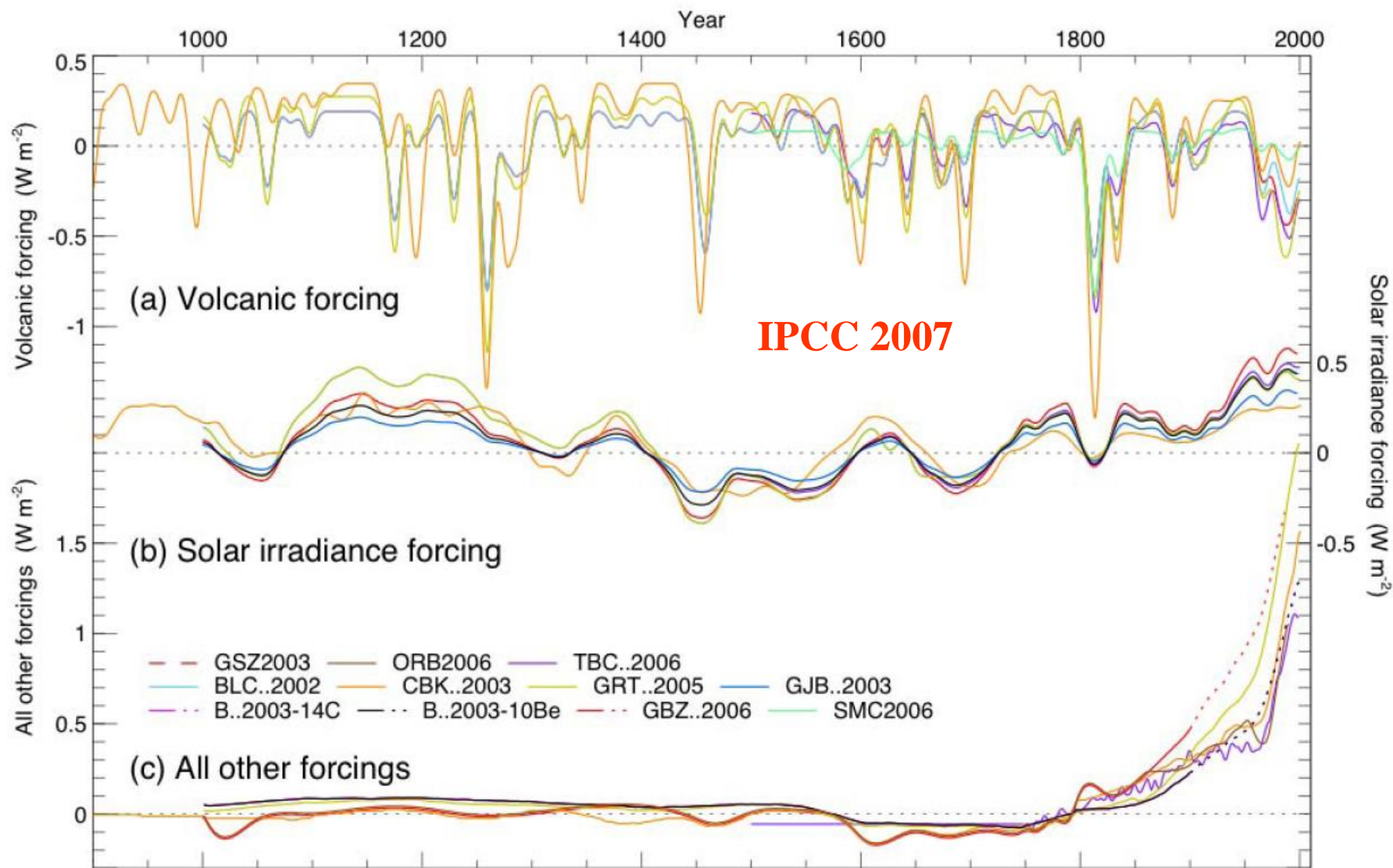
EŠTE K ÚVODU DO PROBLEMATIKY ADAPTÁCIE NA KLIMATICKÚ ZMENU

- Zmeny a premenlivosť klímy ako aj ich možné dôsledky sa dostávajú do centra pozornosti najmä v obdobiach s výskytom rôznych extrémov počasia. Za mimoriadny až extrémny vývoj počasia sa považujú aj prípady s pomerne častým výskytom (aj častejšie ako raz za 10 rokov v priemere) a prehliadajú sa **systematické zmeny režimu počasia**. Málokedy sa aj v odborných kruhoch analyzujú štatistické charakteristiky zmien a variability klímy z pohľadu možných škodlivých vplyvov.
- Hoci majú zainteresovaní odborníci viac znalostí z teórie zmien a premenlivosti klímy ako laici, aj oni sú niekedy zaťažení iba spomienkami na predchádzajúce 2 - 3 roky.
- V príprave opatrení na **adaptáciu na klimatickú zmenu** je potrebný predovšetkým seriózny štatistický postup a korektná vedecká (fyzikálna) interpretácia možných dôsledkov (**impacts and vulnerability**). Zmierňovanie klimatickej zmeny (**mitigation options**) ale vyžaduje **celosvetovú koordináciu opatrení**. Pozrite prechádzajúcu prednášku „Kaskády“, XI.2015

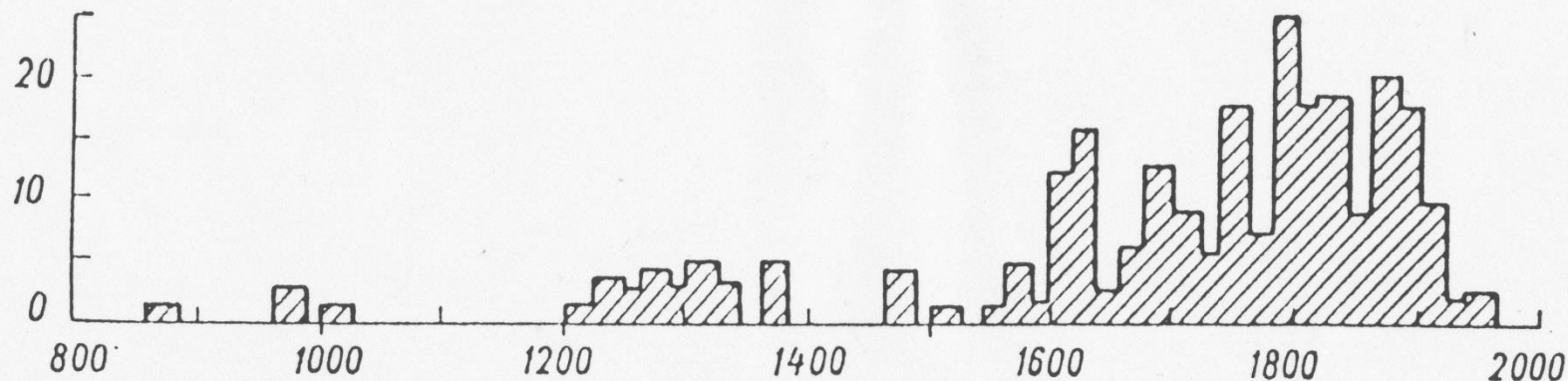
TEPLOTA VZDUCHU A ATMOSFÉRICKÉ ZRÁŽKY NA KONTINENTOCH ZEME V PRIEMERE VO VŠETKÝCH GEOLOGICKÝCH DOBÁCH



HLAVNÉ FAKTORY VPLÝVAJÚCE NA GLOBÁLNU KLÍMU OD ROKU 900 – VULKANICKÉ ERUPCIE, SLNEČNÁ AKTIVITA A VPLYV ČLOVEKA

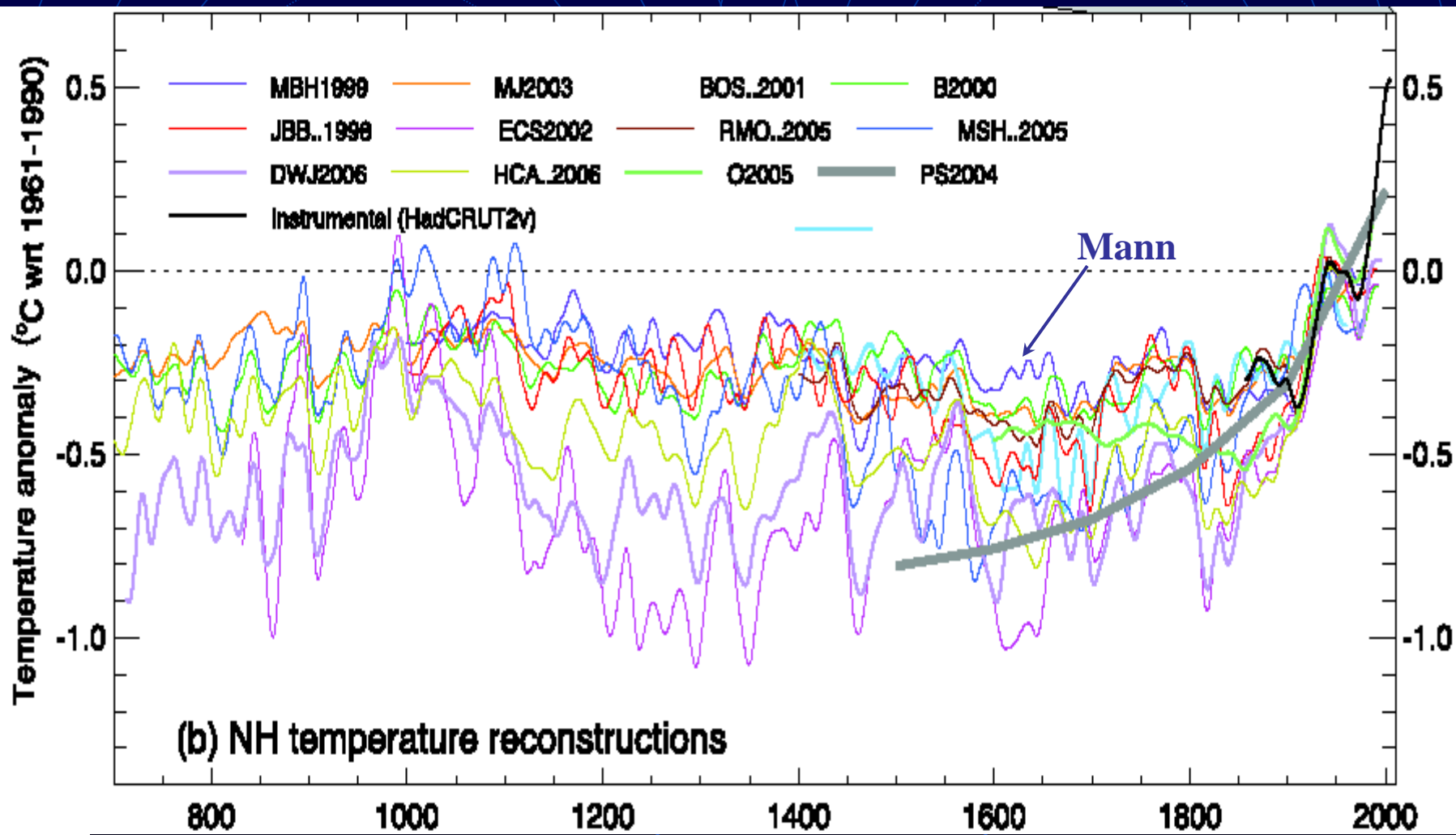


NAJSTARŠIE POZOROVANIA: POČET TÝŽDŇOV S BLOKOVANÍM PRÍSTAVOV NA ISLANDE PLÁVAJÚCIM MORSKÝM L'ADOM V OBDOBÍ 860 AŽ 1960 n.l. (20-ročné priemery) Ide predovšetkým o prístavy na NW a W Islande (existujú aj staršie priame pozorovania v Číne a i.)



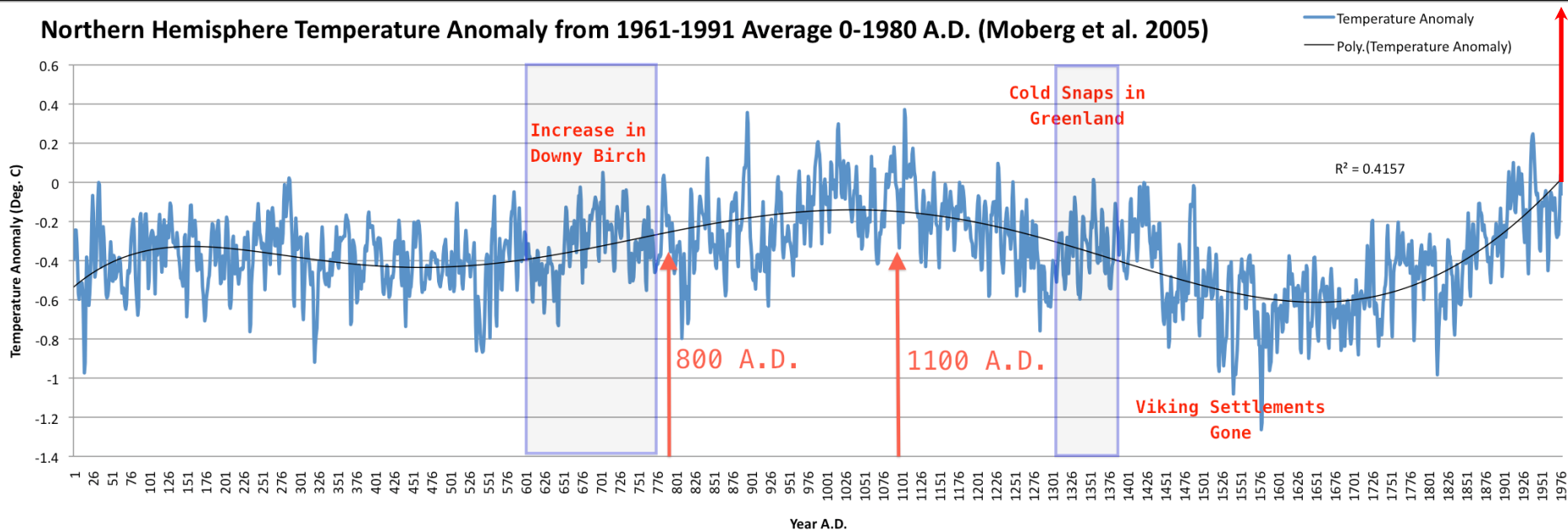
Podľa písomných záznamov Vikingov a
novších údajov, publikované vo Frakes, 1979

REKONŠTRUKCIE KLÍMY: ODCHÝLKY PRIEMEROV TEPLoty VZDUCHU NA SEVERNEJ POLOGULI OD DP 1961-1990 (AR4 IPCC)

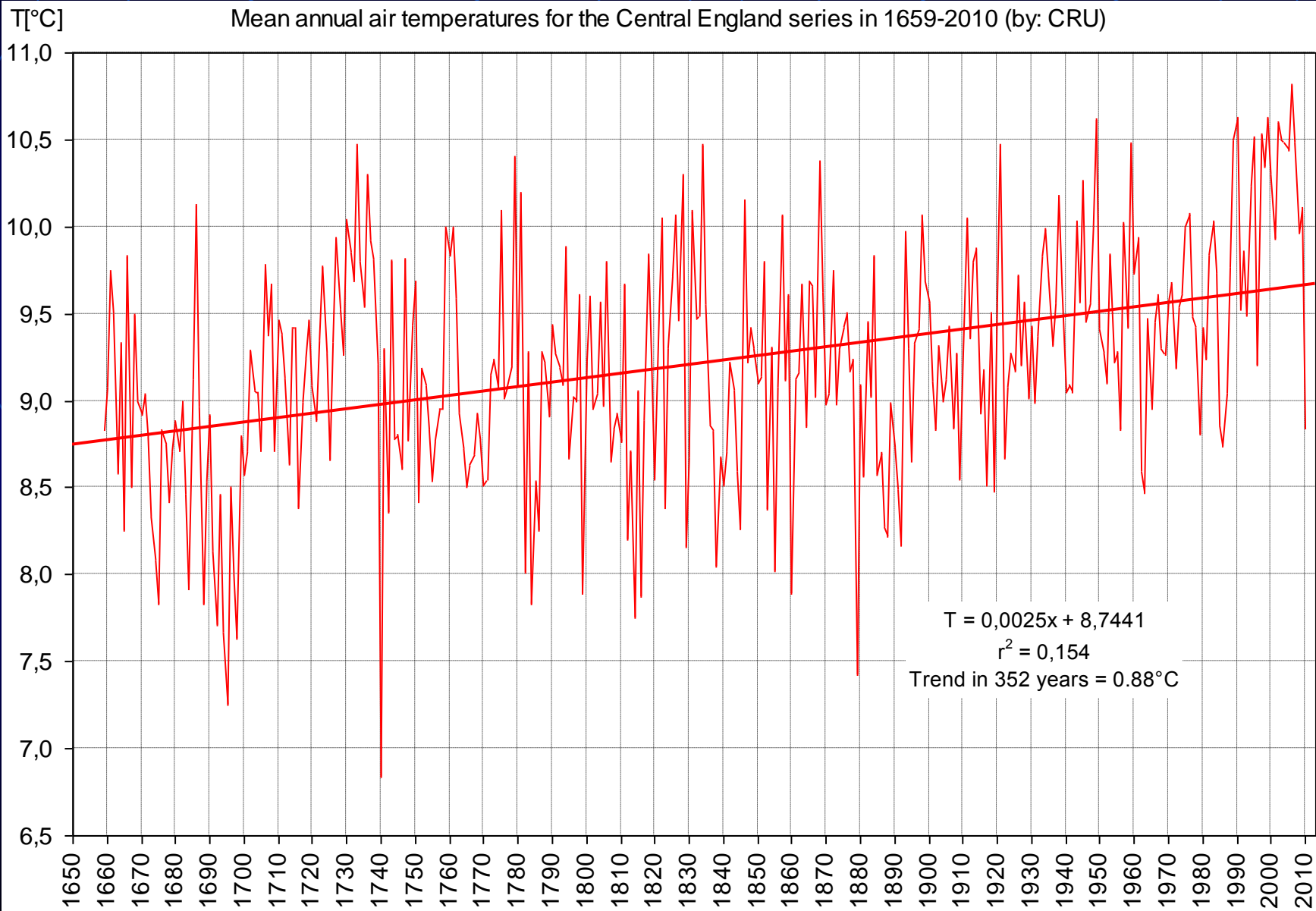


ODCHÝLKY PRIEMEROV TEPLOTY VZDUCHU NA SEVERNEJ POLOGULI (OBDOBIE 0-1980) OD DP 1961-1990 (Moberg, 2005, **zvýšenie do 2015**)

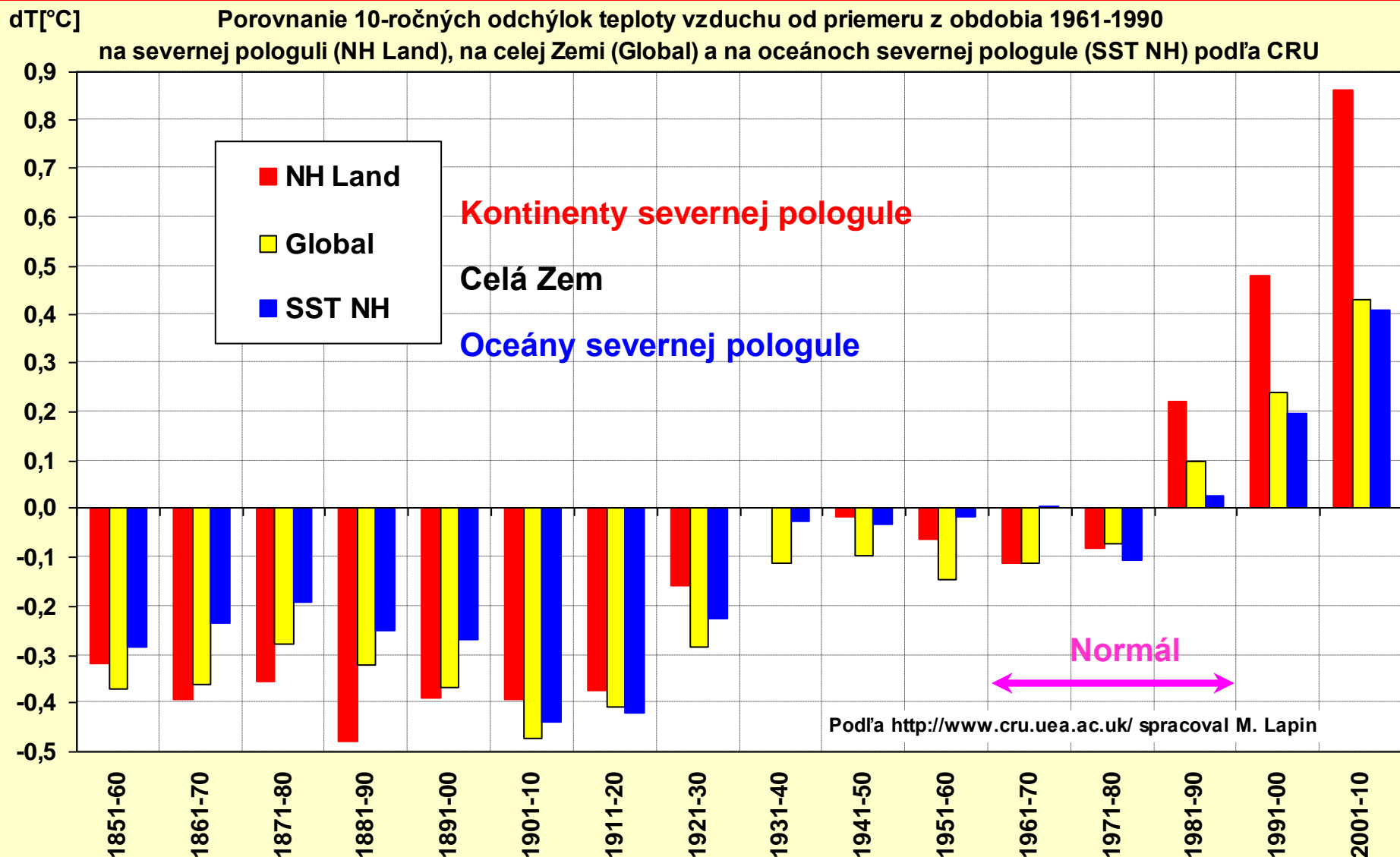
Northern Hemisphere Temperature Anomaly from 1961-1991 Average 0-1980 A.D. (Moberg et al. 2005)



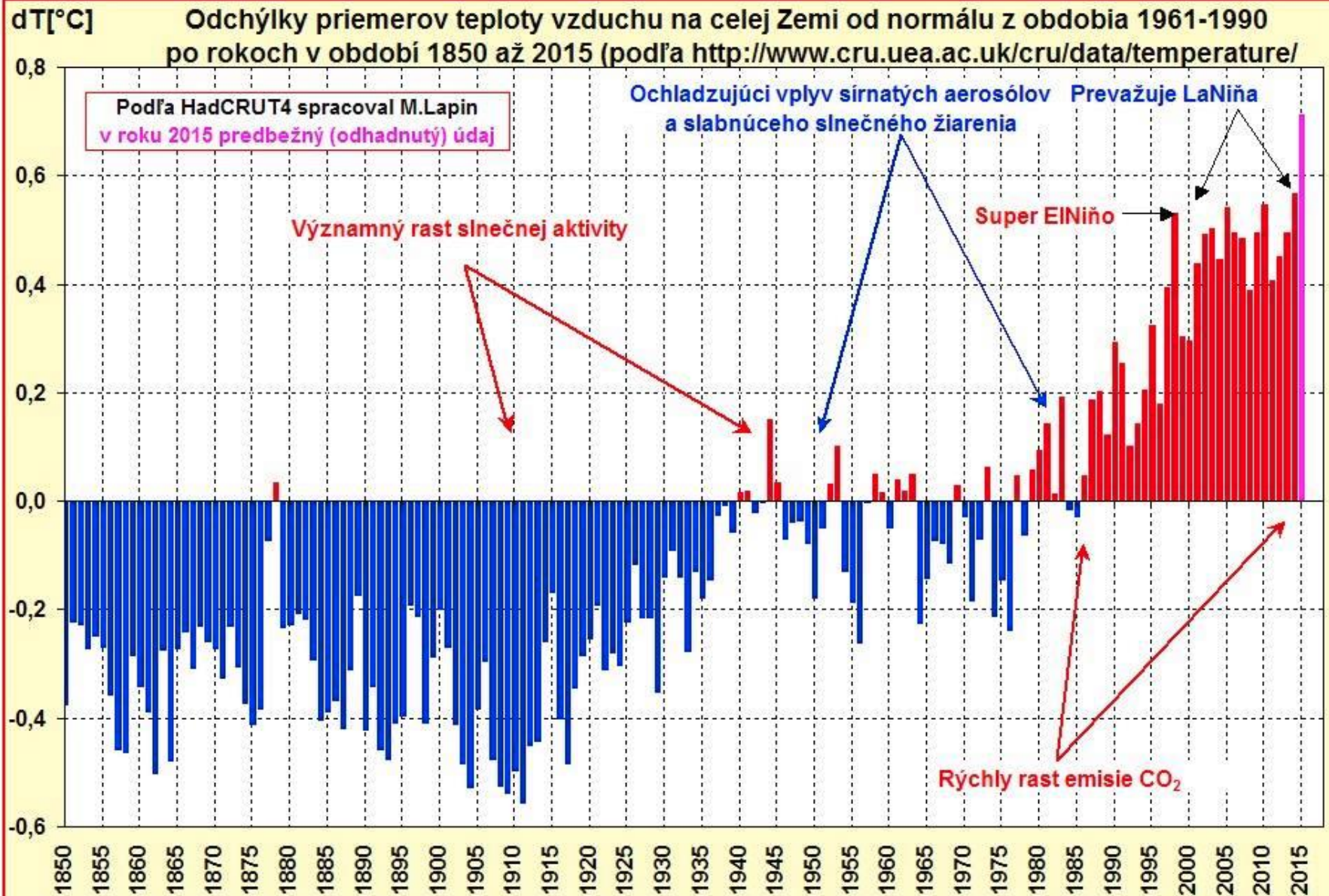
NAJSTARŠIE NEPRERUŠENÉ MERANIA: TEPLOTA VZDUCHU - STREDNÉ ANGLICKO OD 1659



ODCHÝLKY 10-ROČNÝCH PRIEMEROV TEPLoty VZDUCHU NA ZEMI A NA SEVERNEJ POLOGULI OD NORMÁLU 1961-1990



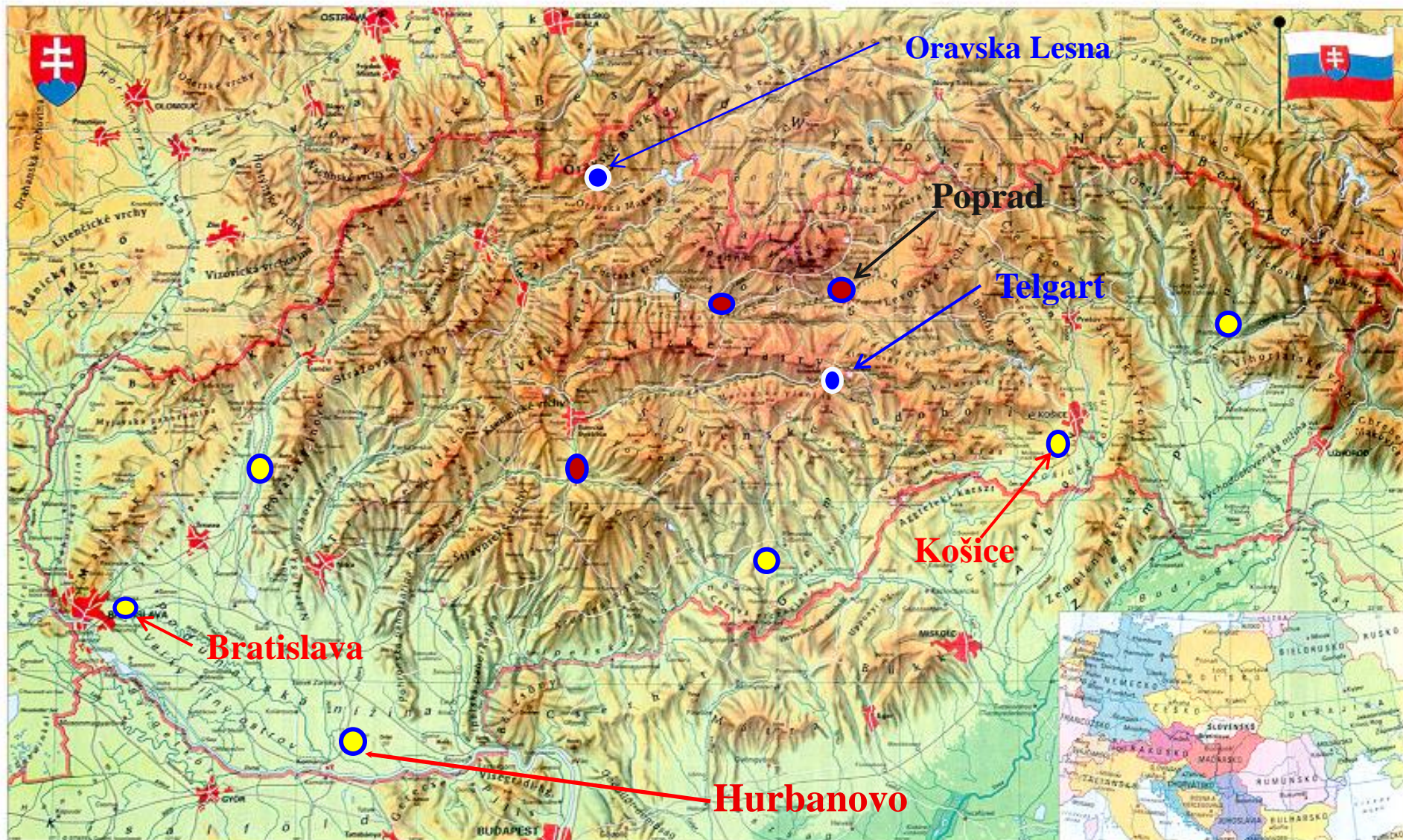
Používa sa asi 3000 klimatických staníc od roku 1950 (predtým bolo postupne menej staníc) a od roku 1979 aj satelitné merania



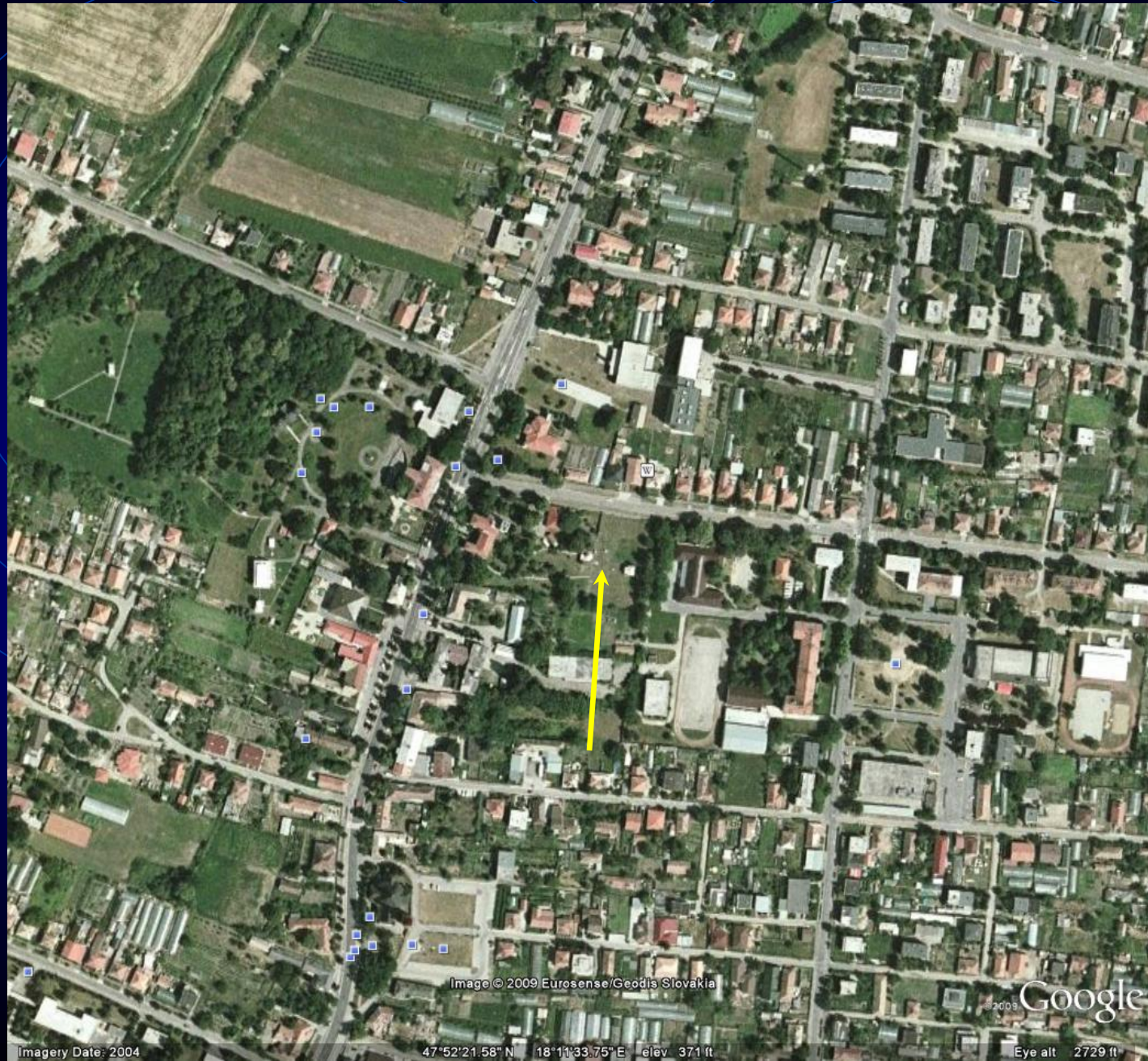
SLOVENSKÁ REPUBLIKA – 49 036 km², 440 m n.m,

5,4 mil. obyvateľov, 750 mm úhrn zrážok, 7,5 °C teplota vzduchu

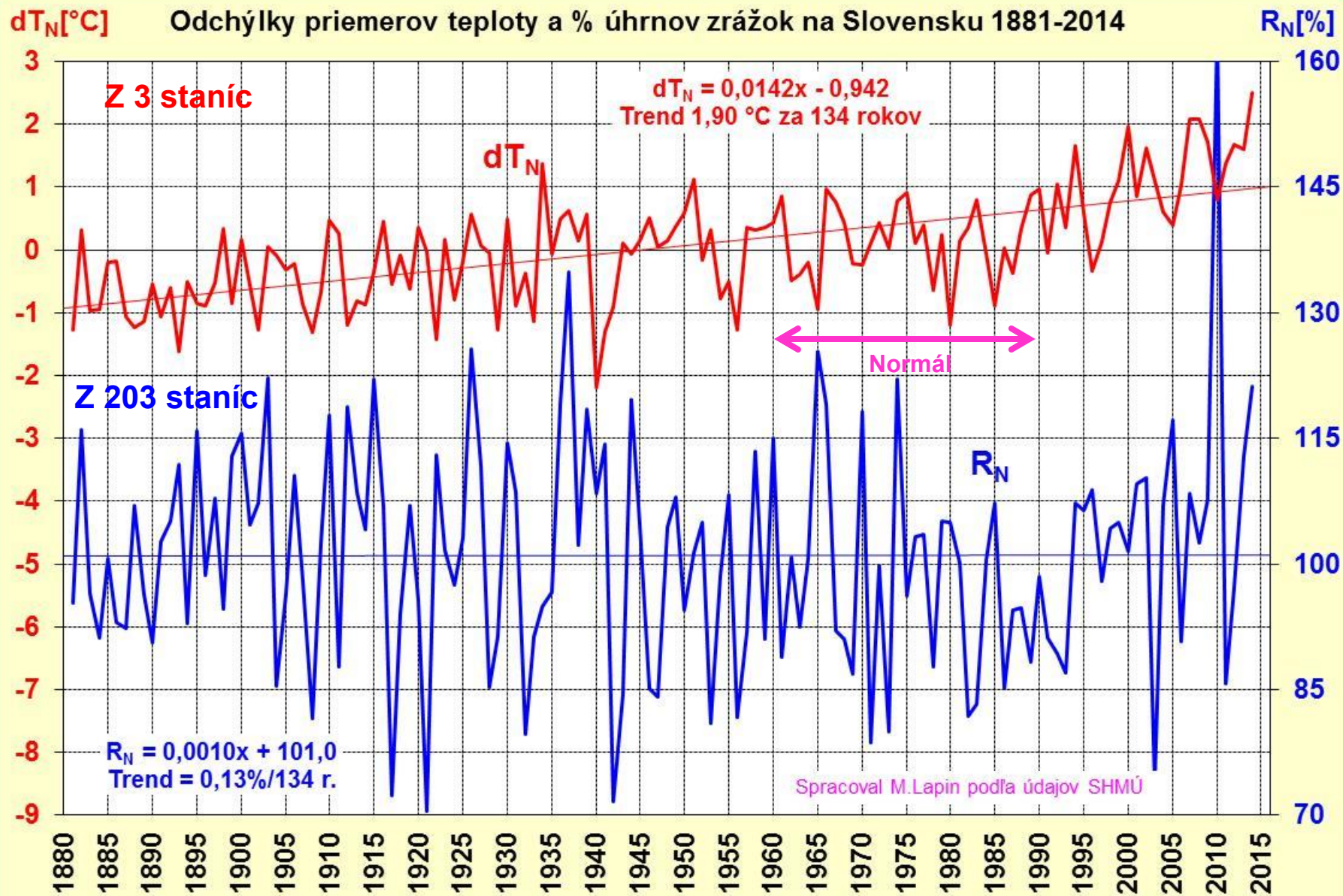
50% poľnohosp. pôda, 41% lesná pôda, 2% vodné plochy, 3% urbanizované, 5,4% nad 1000 m



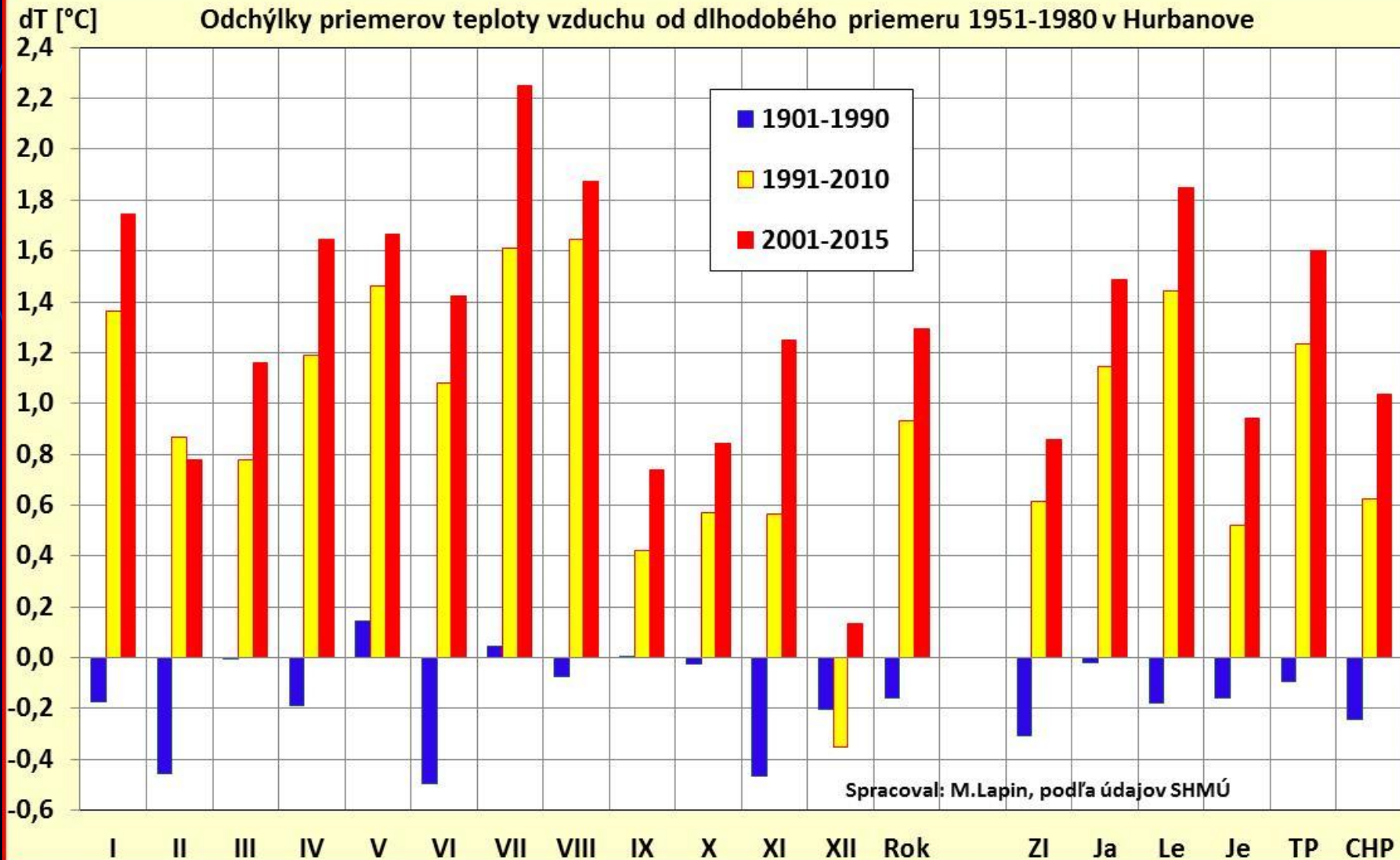
Observatórium Hurbanovo, 115 m n.m.



ROČNÉ PRIEMERY TEPLOTY (T) V SR A ÚHRNY ZRÁŽOK (R) V SR

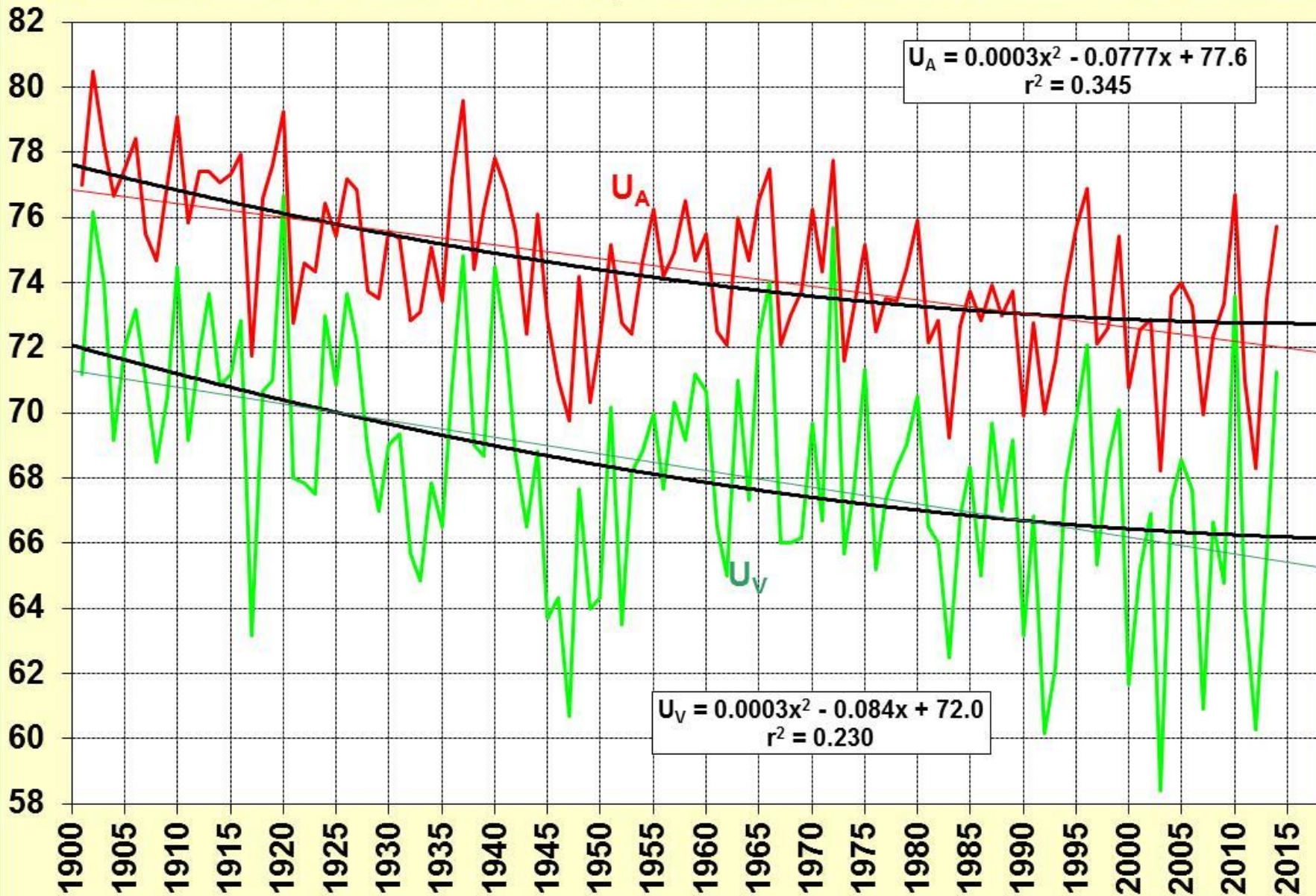


MESAČNÉ A SEZÓNNE PRIEMERY TEPLoty VZDUCHU V HURBANOVE V OBDOBÍ 1901-2015 V POROVNANÍ S 1951-1980

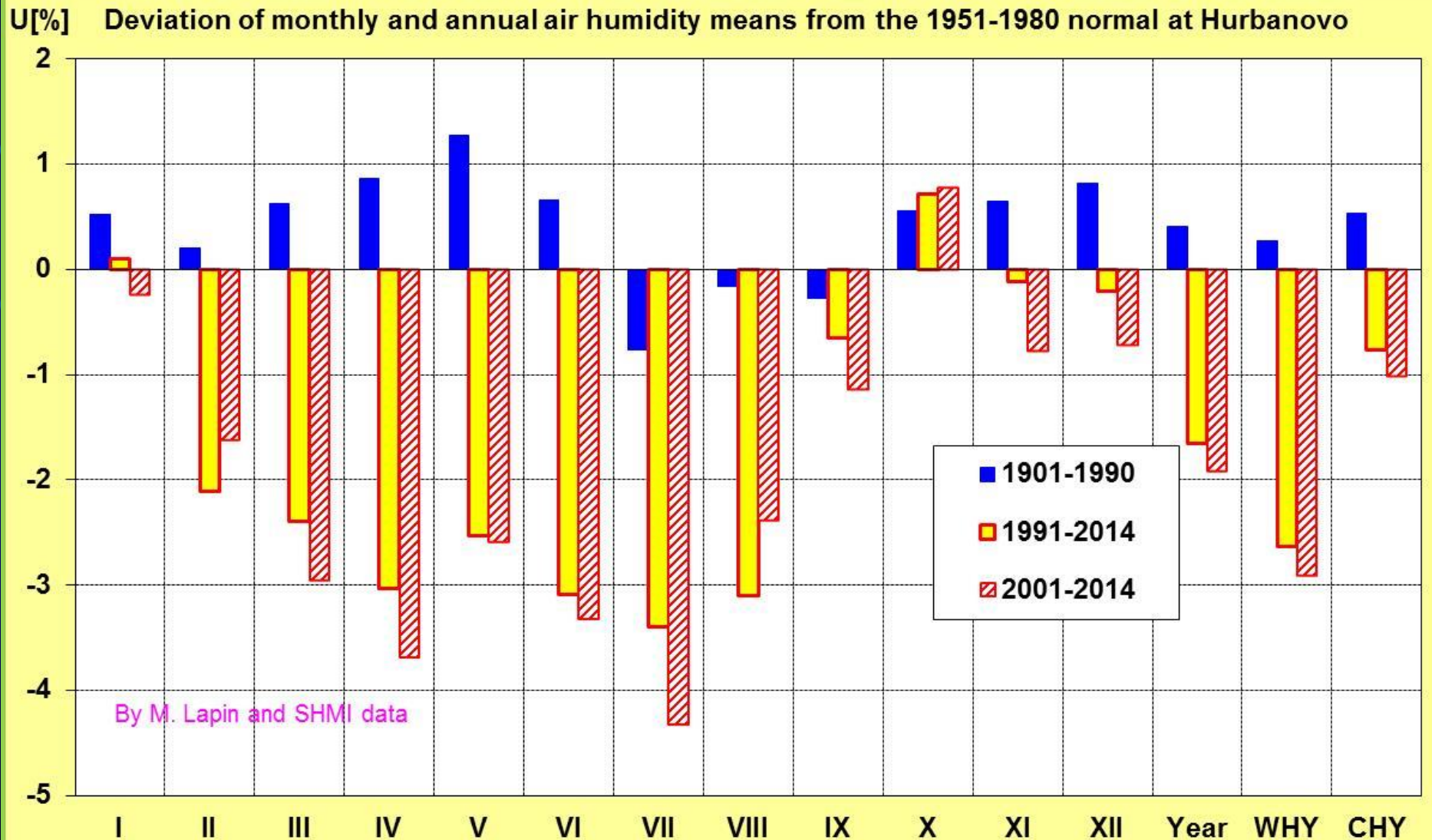


TREND RELATÍVNEJ VLHKOSTI VZDUCHU, 1901-2014

U[%] Annual and Growing period (U_V) relative air humidity at Hurbanovo 1901-2014

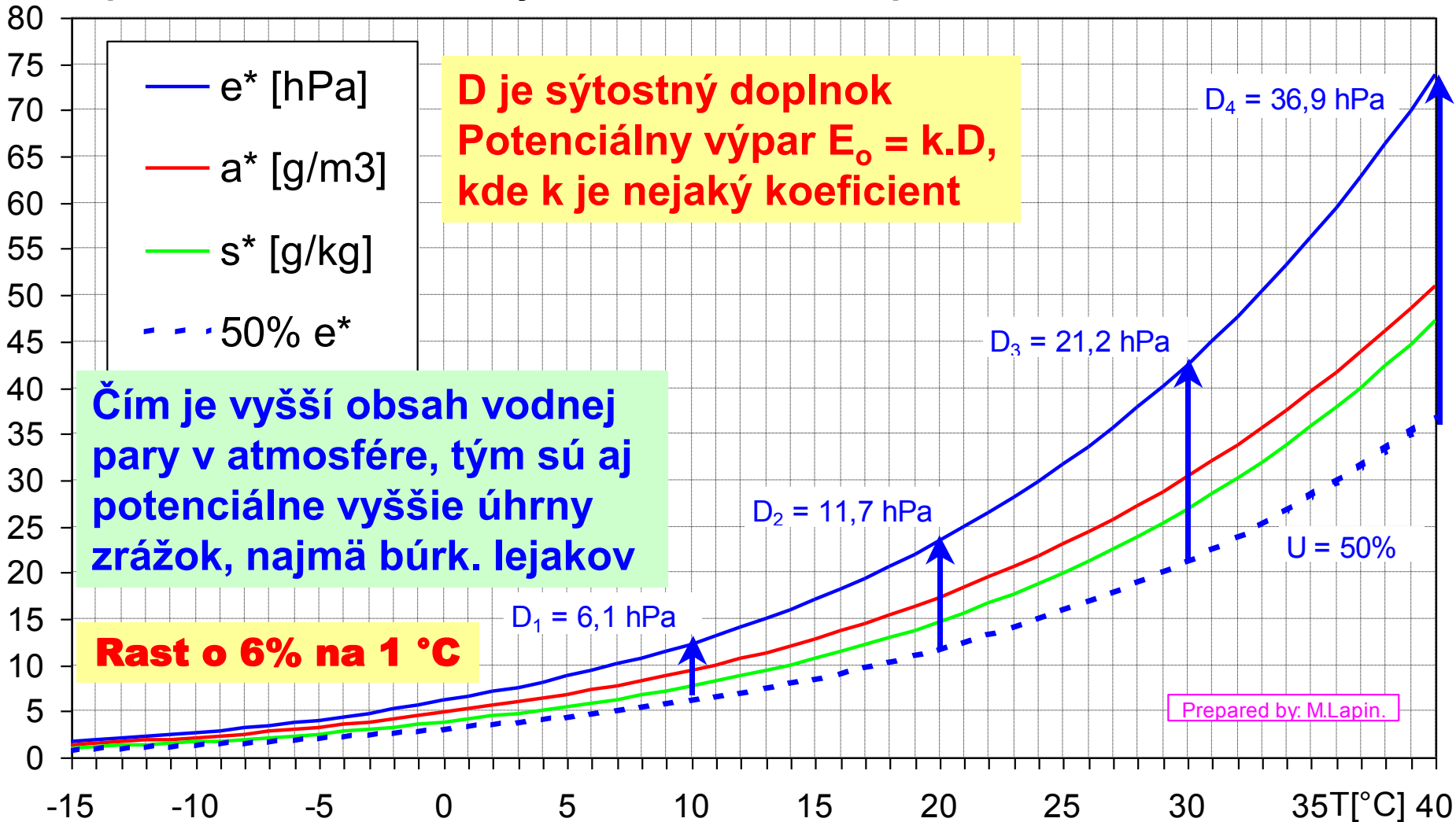


TREND RELATÍVNEJ VLHKOSTI VZDUCHU, 1901-2014

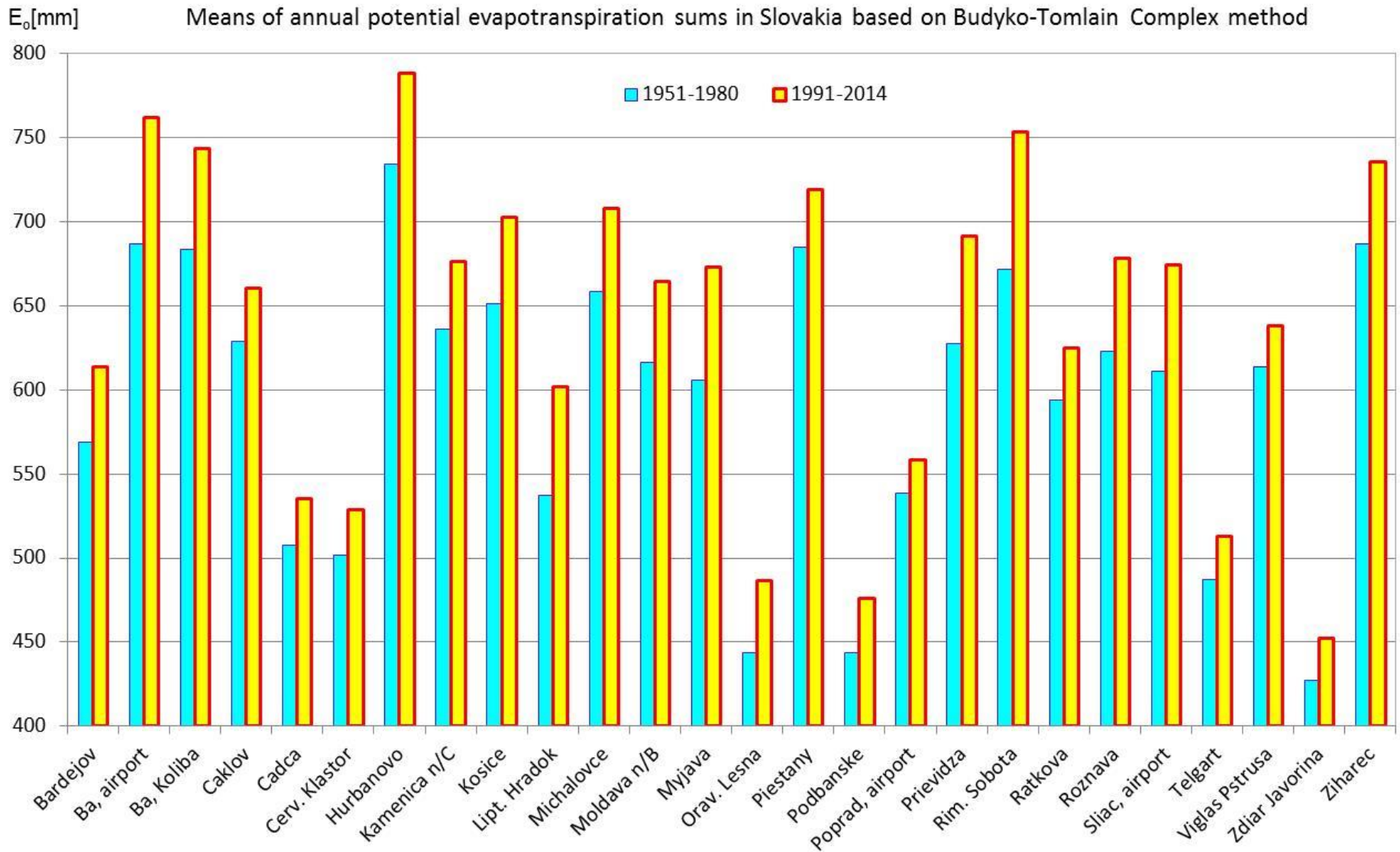


VLHKOSŤ A TEPLOTA VZDUCHU

Dependence of air humidity variables on air temperature at about 1000 hPa

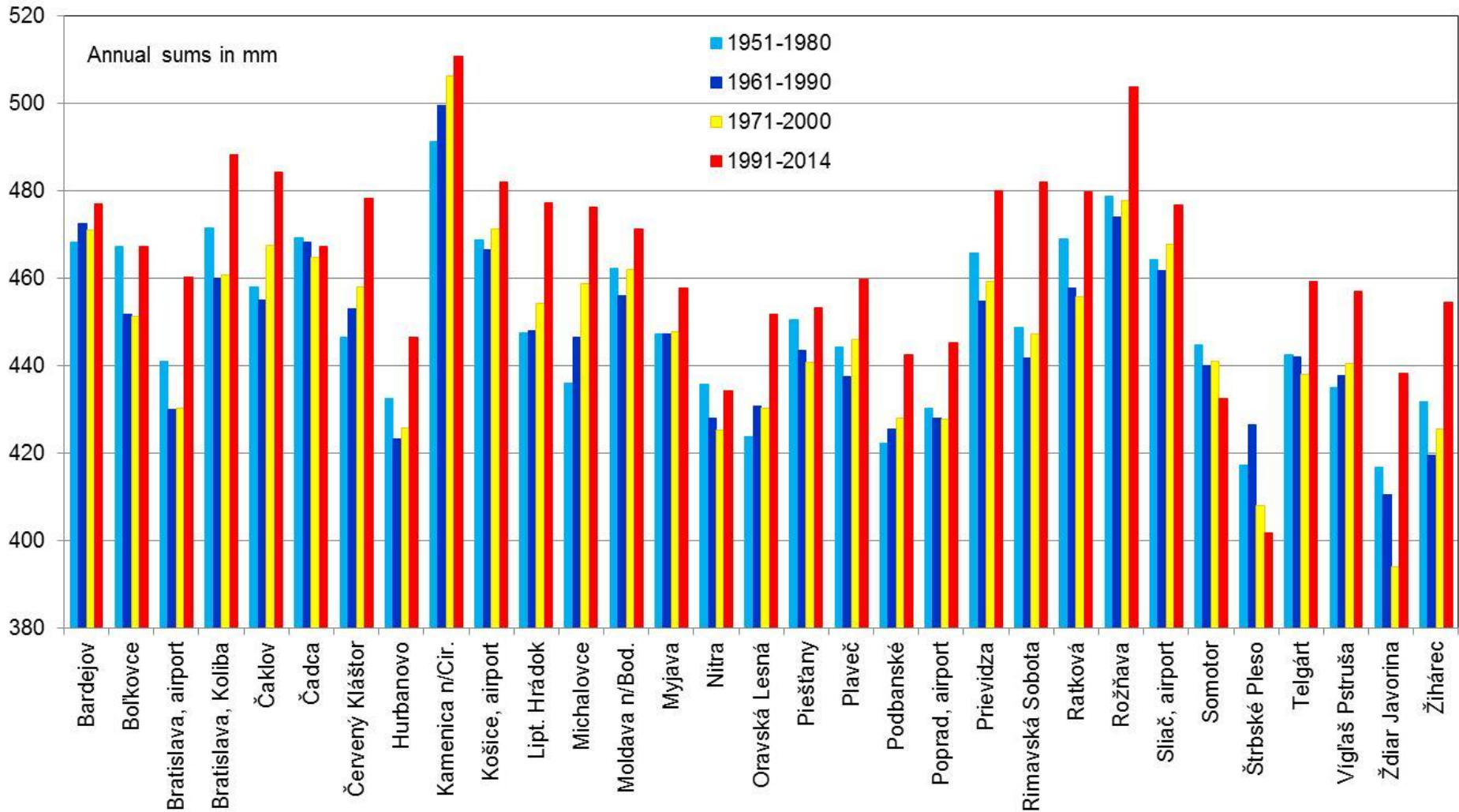


TREND POTENCIÁLNEJ A SKUTOČNEJ EVAPOTRANSPIRÁCIE NA SLOVENSKU PODĽA OMK



TREND POTENCIÁLNEJ A SKUTOČNEJ EVAPOTRANSPIRÁCIE NA SLOVENSKU PODĽA OMK

E[mm] Evapotranspiration in Slovakia at SHMI stations and time frames from 1951 to 2014, calculated by Budyko-Tomlain Complex Method in OMK

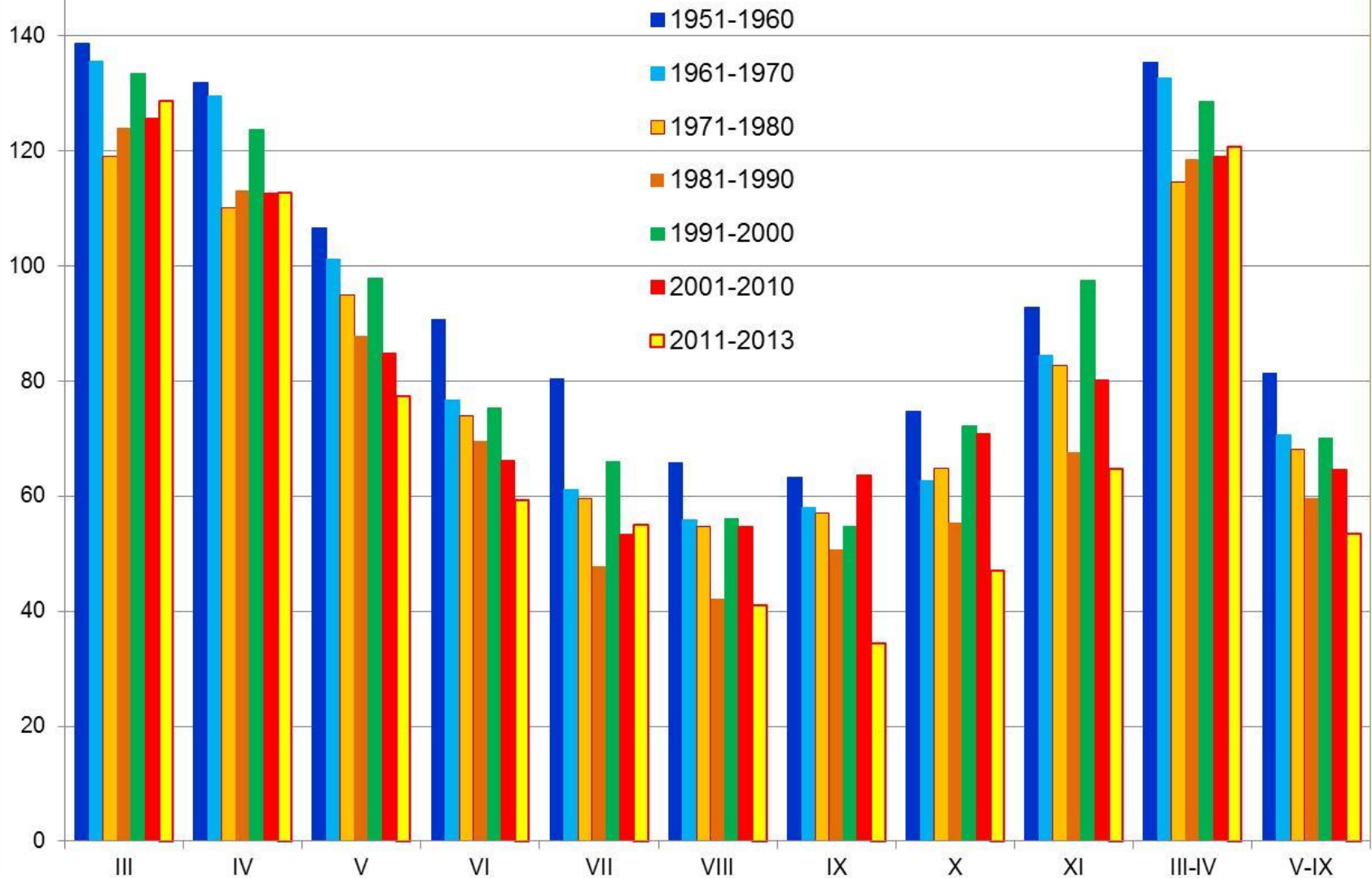


VYUŽITELNÁ VLHKOSŤ PÔDY, HURBANOVO

W[mm]

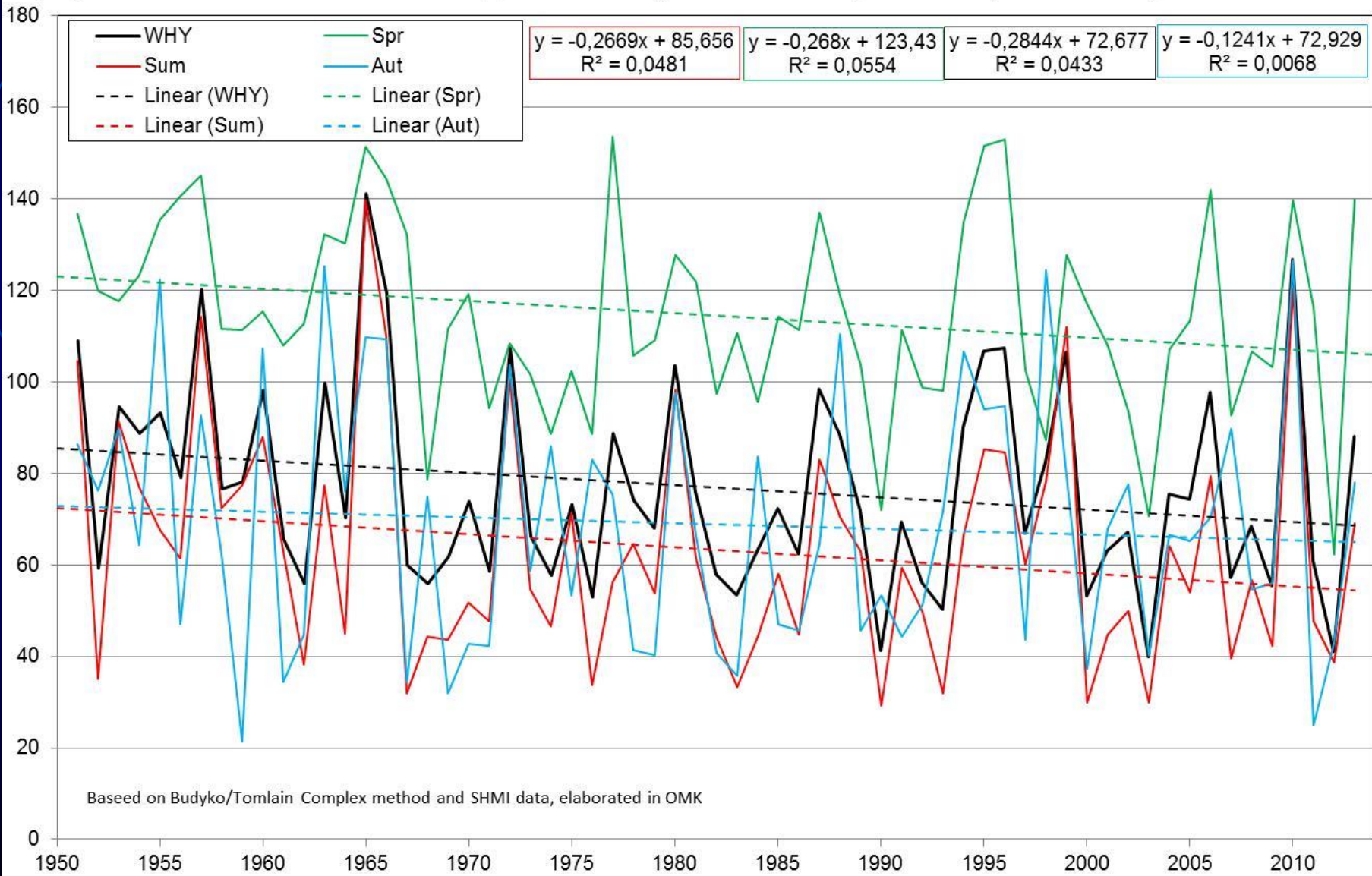
Usable soil moisture of upper 1 m of soil layer for Hurbanovo in 1951-2013

By Budyko-Tomlain method and SHMI data, calculated in OMK



VYUŽITELNÁ VLHKOSŤ PÔDY, HURBANOVO

W[mm] Mean usable soil moisture in upper 1 m soil layer at Hurbanovo, 115 m a.s.l., SW Slovakia, in 1951-2013

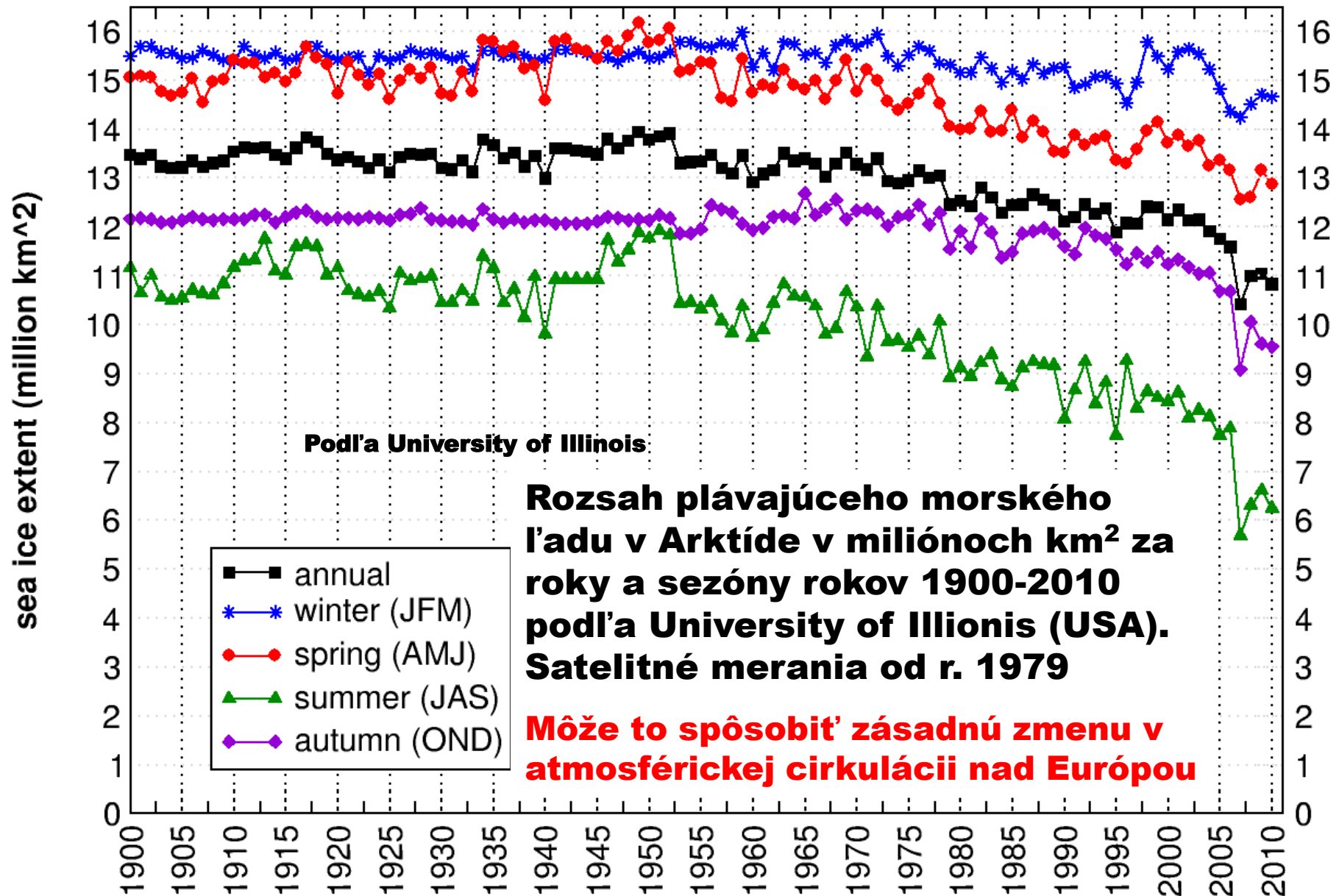


EŠTE DODATOK K DANEJ TÉME

- Klimatická zmena spôsobená aktivitami človeka je len jednou z viacerých ďalších zmien klímy, ktoré majú však iba prirodzený pôvod. V 5. Správe IPCC (2013/14) sa už ale konštatuje 95% istota, že človekom spôsobená klimatická zmena má väčší podiel na všetkých zmenách klímy ako zmeny klímy prirodzeného charakteru.
- To otvára potrebu zodpovednej diskusie o možných dôsledkoch človekom vyvolanej zmeny klímy v takých socio-ekonomických sektoroch ako poľnohospodárstvo, lesné a vodné hospodárstvo, energetika, doprava, zásobovanie potravinami, zdravotníctvo a i. Dôležité sú ale aj možné dôsledky uvedenej zmeny klímy na pôvodné ekosystémy na celej Zemi a odlíšenie vplyvu prirodzených zmien klímy a klimatickej zmeny.
- Vedci odhadli, že globálna zmena klímy v rozsahu do 2 °C za 100 rokov (oteplenie alebo ochladenie v dlhodobých priemeroch) je ešte v intervale normálnych adaptačných schopností prirodzených ekosystémov a aj väčšiny socio-ekonomických sektorov, oteplenie do 1 °C je bez problémov.
- Ak má ľudstvo čeliť naznačeným rizikám, je potrebné pripraviť adaptačné opatrenia prinajmenšom na strednú triedu scenárov očakávanej klimatickej zmeny (v mimoriadne dôležitých sektoroch aj na horný odhad možnej zmeny klímy).
- Od tohto miesta pokračovala prednáška o scenároch klimatickej zmeny – pozrite predchádzajúcu prílohu „Kaskády“ z XI.2015

RIZIKO ZMENY POLOHY KLIMATICKÝCH PÁSIEM NA ZEMI

Northern Hemisphere Sea Ice Extent

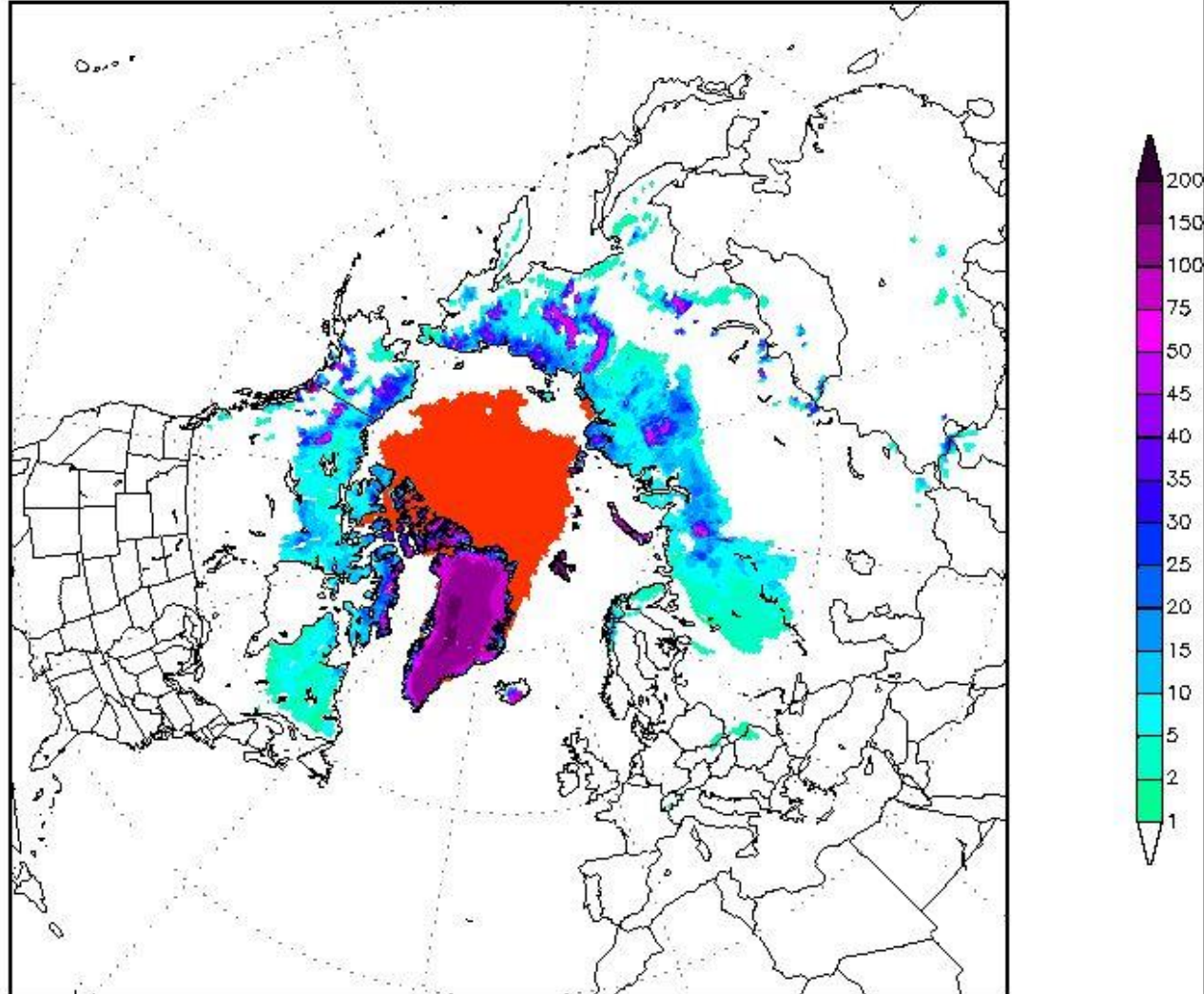


Ešte dôsledok zvýšeného topenia plávajúceho ľadu v Arktíde – veľká plocha mora bez ľadu spomaľuje ochladzovanie Arktídy

Init : Mon,12OCT2015 00Z

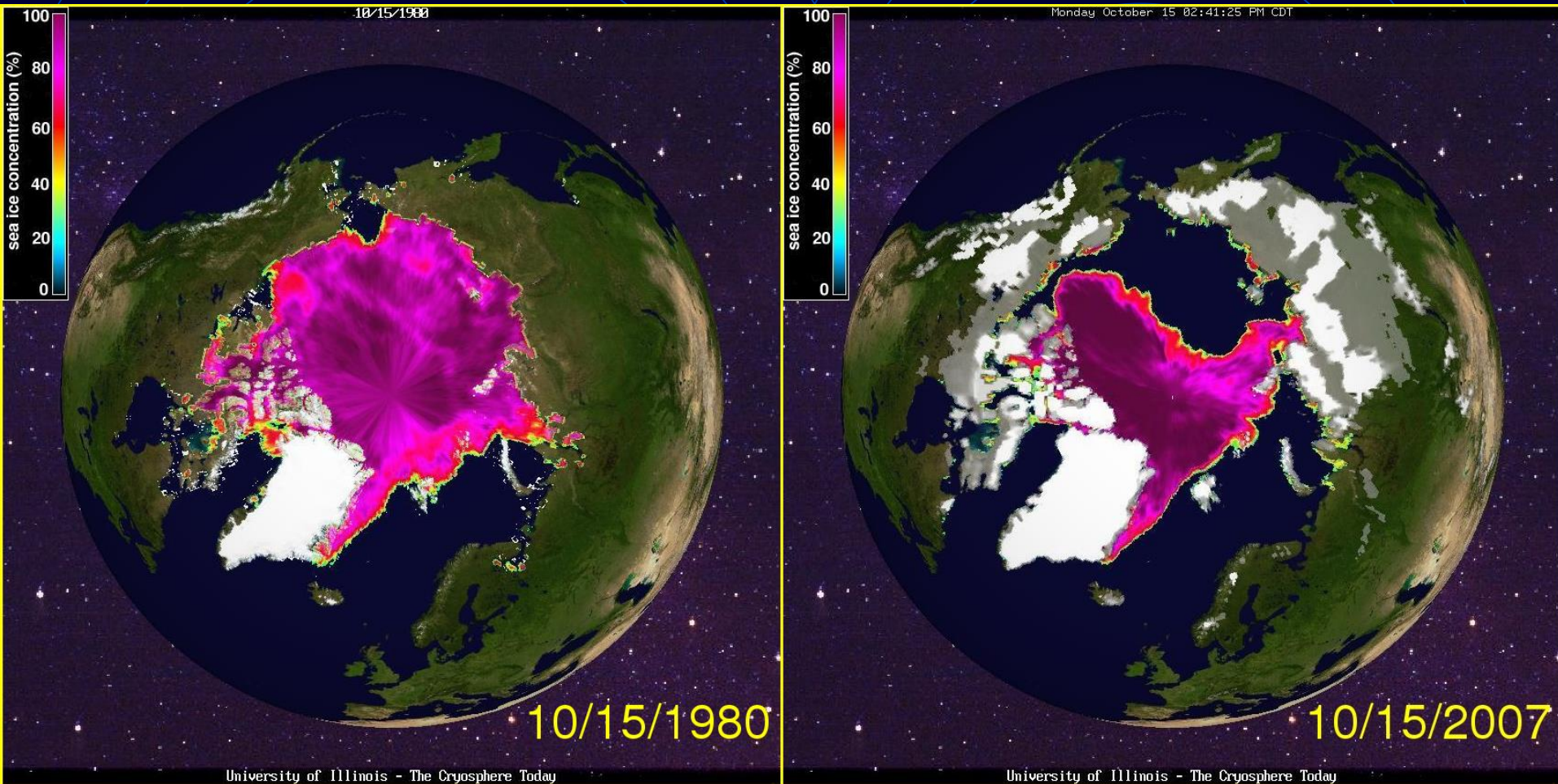
Valid: Mon,12OCT2015 00Z

Eisbedeckung und Schneehoehe in cm



Daten: Eis und Schneehoehenanalyse des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

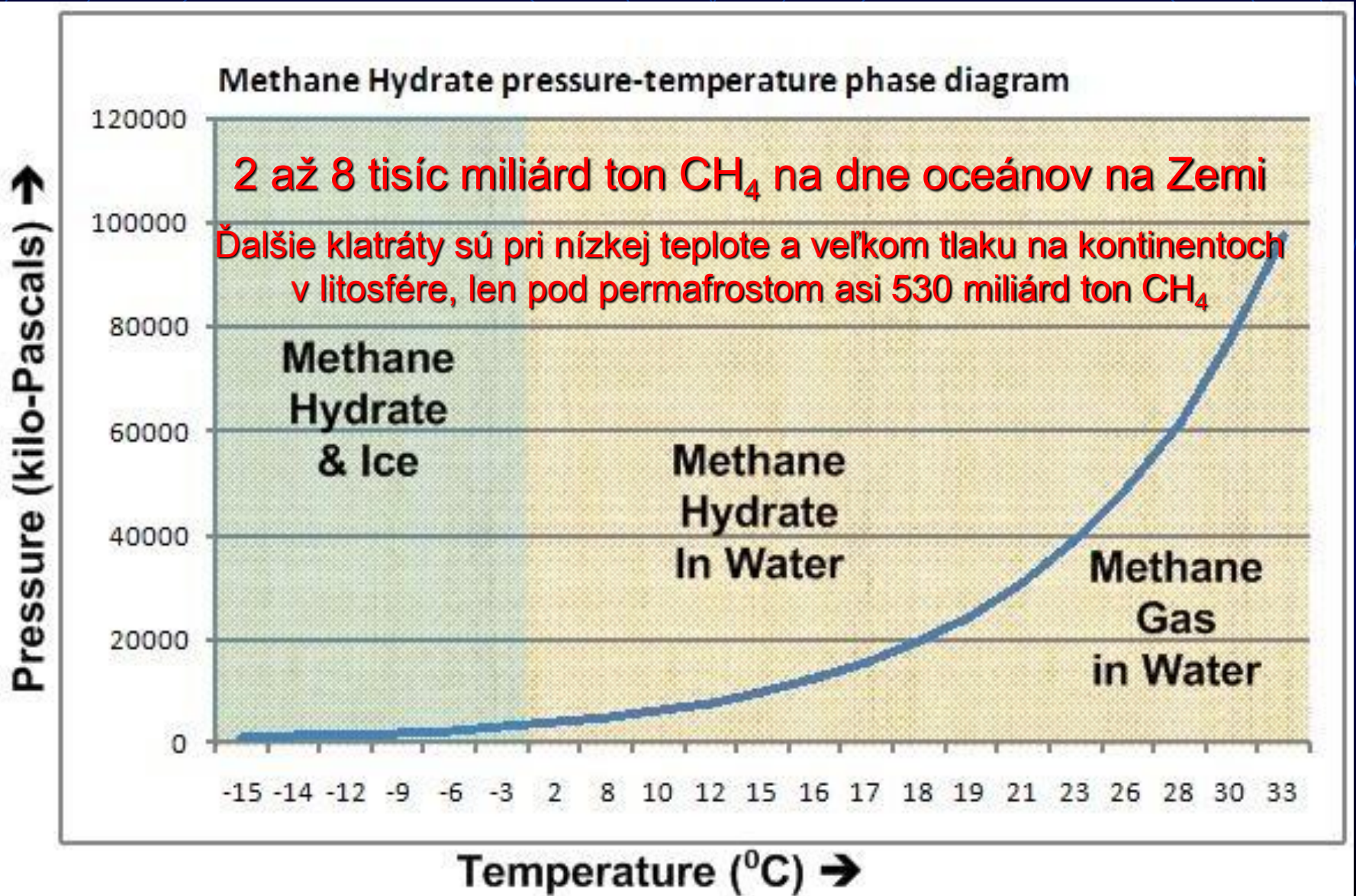
PODMIENKY PLÁVAJÚCEHO ĽADU V ARKTÍDE SA MENIA (15.X.1980 – pôvodný stav a 15.X.2007 – nové podmienky)



Podľa: Department of Atmospheric Sciences at the University of Illinois

TO MENÍ ZÁSADNE RADIČNÚ A ENERGETICKÚ BILANCIU ARKTÍDY

Hydráty metánu (klatráty) – riziko emisie CH₄ do atmosféry pri raste T (až 169 litrov v 1 litri morskej vody)



ZÁVERY

- Klimatická zmena môže závažným spôsobom ovplyvniť socio-ekonomické sektory a prírodné prostredie na Slovensku už v najbližšom období (**ide o najrýchlejšiu zmenu od začiatku meraní**)
- Súčasnú klimatickú zmenu potvrdzujú platnosť scenárov pripravených v období 1991-1997 na Slovensku v rôznych projektoch – obdobie 1988-2015 asi o 1,2 °C teplejšie ako normál z obdobia 1951-1980 (v TP (IV-IX) až o 1,3 °C), trend až 2 °C
- **Sektory poľnohospodárstva, ekosystémov, lesného a vodného hospodárstva sme na Slovensku analyzovali detailnejšie, sú aj najviac zraniteľné (kontaktovali sa aj iné – energetika, zdravie...), adaptačné a mitigačné opatrenia sú v 6-tich NSKZ od 1995**
- **Ďalší pokrok v danej problematike závisí od podpory výskumu v klimatológii a v iných dotknutých sektoroch, tiež od ekonomického zhodnotenia nákladov a ziskov a od strategického rozhodovania (cost/benefit assessment)**
- Ide o veľkú zodpovednosť, žiaľ, väčšina politikov má záujem iba o populistické vyhlásenia smerujúce k svojim voličom, ktorí sú zväčša s nižším vzdelaním a aj s nižším ekologickým povedomím

ĎAKUJEM ZA POZORNOSŤ

Ďalšie informácie

a kompletnú Národnú správu SR o KZ nájdete na:

www.dmc.fmph.uniba.sk

Pozrite si aj: www.milanlapin.estranky.sk

Teóriu KZ nájdete aj na: www.ipcc.ch

E-mail: lapin@fmph.uniba.sk