

Předpověď počasí, současné trendy v meteorologii

Přednáška pro Katedru geografie Masarykovy univerzity, listopad 2003.

*Autor: RNDr. Milan Šálek, e-mail: salek@chmi.cz,
<http://www.chmi.cz/poboc/BR/rpp/salek/salek.html>*

1. Úvod

Předpověď počasí - předpověď vyjadřující budoucí stav povětrnostních podmínek
(Meteorologický slovník)

Meteorologická předpověď je fyzikální úloha, jejíž cílem je vytvořit nejpravděpodobnější scénář (scénáře) budoucího vývoje atmosféry. Využívá základní fyzikální zákony (zákony pohybu, zákony termodynamiky) a řeší je pomocí matematiky, případně s pomocí znalostí chování synoptických objektů (tlakové útvary, fronty, bouřky).

2. Rozdělení předpovědi počasí:

I. Podle období, na které je vydána:

1) Velmi krátkodobá 0-12 h, nowcasting 0-2 h.

- využití numerických modelů, metod dálkové detekce (radary, družice, systémy detekce blesků), koncepčních modelů (vliv "klasické" synoptické metody)

2) Krátkodobá: 1-3 dny (někdy 1-2 dny)

- dominantní využití numerických modelů, (vliv "klasické" synoptické metody je menší, omezuje se hlavně na interpretaci výsledků num. modelů)

3) Střednědobá: 3-15 dnů

- dominantní využití numerických modelů, využití poznatků z teorie deterministického chaosu k odhadu pravděpodobnosti jednotlivých scénářů vývoje

4) Dlouhodobá

- měsíční, sezónní - využívá poznání určitých vazeb mezi některými složkami klimatického systému - např. sezónní předpověď pro americké kontinenty na podkladě nastoupení jevu El Niño / La Niña

5) Předpověď klimatu

- časový horizont: desetiletí, staletí
- *Poznámka: je vhodné odlišovat **předpovědi klimatu** od **klimatické předpovědi počasí**, tj. předpovědi počasí vypracované na základě klimatických údajů.*

II. Podle účelu:

- 1) **Všeobecná** - určená pro nejširší veřejnost, prezentovaná ve sdělovacích prostředcích
- 2) **Speciální** - pro specializované uživatele, jimž se přizpůsobuje obsah i forma předpovědi (předpovědi pro letectví, údržbu silnic, zemědělské práce, stavebnictví, předpovědi pro hydrologické modelování, atd.)

III. Podle místa / oblasti:

- 1) **Oblastní** (pro administrativně nebo jinak specifikované území)
- 2) **Liniová (traťová)** - speciální předpověď zejména pro sféru dopravy - letectví, silnice.
- 3) **Místní** - speciální předpověď pro určitou lokalitu (pravděpodobnostní vyjádření)

2. Informace nutné pro tvorbu předpovědi počasí

Prvním předpokladem úspěšné předpovědi je co nejpodrobnější znalost aktuálního stavu atmosféry, kterou je možno získat informacemi z následujících zdrojů:

- 1) **Informace ze sítě pozemních (oceánských) stanic o počtu kolem 10000:** posílají většinou alespoň každých 6 hodin, nejčastěji každou hodinu zprávu, v současné době v kódu SYNOP (bude nahrazováno zprávou v kódu BUFR, popř. CREX):

Příklad zprávy SYNOP:

11624 11760 79901 10187 20179 39906 40184 57006 60051 72598 87500
333 55044 87656 555 395// =

- 2) **Informace z aerologických stanic: 600-800 stanic na Zemi** měří výškový profil základních meteorologických prvků (teplota, vlhkost, tlak vzduchu, vítr) alespoň 1x denně
- 3) **Informace získané metodami dálkové detekce** (hlavně meteorologické družice, meteorologické radary, systémy detekce blesků)
- 4) **Podnebné charakteristiky** dané lokality nebo oblasti.

3. Metody předpovědi počasí

3.1 Klasická norská (frontologická) škola

Metoda synoptická, rozvíjená především v první polovině tohoto století. Je založená na teoretickém rozpracování termodynamiky a hydrodynamiky (aerodynamiky) vzduchových hmot, atmosférických front, tlakových níží a výší a všeobecné cirkulace atmosféry. Poznané zákonitosti vývoje barických útvarů a atmosférických front sice vedly k výraznému zlepšení úspěšnosti předpovědi počasí, ale v současnosti je tato škola stále více nahrazována **numerickým modelováním**.

3.2 Numerické modelování

Předpověď se nyní z podstatné části vytváří pomocí numerického modelování, předpověď na období 2-15 dnů se vypracovává téměř výhradně na podkladě numerických výpočtů.

„Technologická linka“ předpovědi s pomocí numerických modelů:

- 1) Měření stavu atmosféry (600-800 aerologických stanic), zakódování do zpráv (nyní TEMP, postupně BUFR) apod., další informace z metod dálkové detekce, zejména z meteorologických družic
- 2) Pomocí Global Telecommunication System (GTS) soustředění zpráv naměřených dat v meteorologických centrech (Offenbach, Reading, U.S. NCEP u Washingtonu D.C. atd.)
- 3) Výpočet budoucího stavu atmosféry v meteorologických centrech pomocí výkonných (super)počítačů
- 4) Rozesílání předpovědí uživatelům prostřednictvím telekomunikačních linek.
- 5) Zpracování těchto dat pomocí malé výpočetní techniky, po doplnění ostatními informacemi (aktuální zprávy o počasí, data ze sensorů dálkové detekce, podpůrné systémy pro nowcasting), konečné zpracování předpovědi (meteorologem, příp. *poučeným* uživatelem).

3.3 Krátký výlet do historie

1858 - H. Helmholtz - pravděpodobně první myšlenka o možnosti budoucí stav atmosféry *vypočítat*.

- 1901 Cleveland Abbe (USA), 1904 Vilhelm Bjerknes navrhli, že za předpokladů znalosti počátečních podmínek je možné řešit hydrodynamické a termodynamické rovnice a vytvořit objektivní předpověď.

- 1922 Lewis F. Richardson provedl první výpočet budoucího stavu atmosféry. Zjednodušené rovnice vývoje atmosféry řešil numericky metodou grafické integrace, ale dopustil se při tom porušení důležitého pravidla mezi vzdáleností sousedních uzlů a časovým krokem integrace, čímž se výsledky lišily od skutečnosti o řády. Uvedený neúspěch na čas ochladil zájem meteorologů o tyto metody.

Skutečný rozvoj nastal až s vývojem prvních počítačů na sklonku 40. a počátku 50. let (J. von Neumann, J. Charney, C.G. Rossby, H. Panofsky) - nejdříve byl vyvinut první barotropní model (hustota závisí pouze na tlaku), poté první baroklinní modely (hustota závislá na tlaku i teplotě). Od této doby se tyto metody neustále zdokonalují.

Vývoj v ČR:

MF UK, prof. Brandejs, 50. léta - vypracovaly se první studie týkající se problematiky numerického modelování (Kibelův model, Sutcliffova vývojová teorie atd.). Na konci 50. a během 60. let se objevily první pokusy o rutinní výpočty, problémem byla omezenost výpočetní techniky (Ural 1, Ural 2 ...). V 70-80. letech došlo nejdříve zastavení výpočtů, poté na konci 80. let jejich obnovení - zavedl se model ČHMÚ. Na počátku 90. let se ČSFR a později ČR aktivně zúčastnila vývoje moderního numerického modelu ALADIN.

3.4 Numerické modelování

3.4.1 Objektivní analýza, asimilace dat

- Klasickou metodou je tzv. optimální interpolace, tj. interpolace nově naměřených hodnot na základě autokorelačních analýz (analýz průměrného „informačního vlivu“ nově naměřených hodnot vzhledem k chybám měření a variability analyzovaných polí) do tzv. předběžného pole. Jako předběžné pole se používá výstup z předchozího běhu modelu (obvykle se jedná o výstup 6h starý, ale principiálně to může být třeba klimatická analýza zachovávající fyzikální konzistenci), do kterého se matematickými technikami zavádějí nově naměřené hodnoty a pole meteorologických veličin se opravují. U této metody se analyzují data z jednoho termínu (např. 00, 12, 18 h UTC).
- současný trend: asimilace netradičních, nesynchronních dat metodou 4-dimenzionální variační analýzy (4DVAR) zahrnující čtvrtý rozměr **čas**; mezi tato data patří především údaje z družic s polární drahou, z letadel, atd. Pro modely využívající 4DVAR, např. model Evropského střediska pro střednědobou předpověď (European Centre for Medium-Range Weather Forecast, ECMWF) se nejdůležitějším zdrojem dat stávají **družice s polární drahou**.

3.4.2 Inicializace dat

- hlavní úkol: „vyladit“ pole meteorologických veličin tak, aby v modelu nevytvářely nereálné vlny (gravitační, zvukové) znehodnocující výpočet.

3.4.3 Základní rovnice

3.4.3.1 Pohybové rovnice (tj. zákony zachování hybnosti, dynamická část modelu):

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + 2\vec{\Omega} \times \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{g} + \vec{F} \quad (1)$$

ve složkovém tvaru se zahrnutím vlivu zakřivení zemského povrchu (člen v závorce):

$$\vec{v} = (u, v, w) :$$

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} - fv - \left(\frac{u}{a} \operatorname{tg} \varphi \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} &= F_x \\ \frac{dv}{dt} + fu + \left(\frac{u}{a} \operatorname{tg} \varphi \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} &= F_y \end{aligned} \quad (2)$$

kde:

$$f = 2\Omega \sin \varphi$$

$$\Omega = 7,292 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

$$a = 6,371 \cdot 10^6 \text{ m}$$

p - tlak vzduchu

\vec{v} - vektor proudění (u - složka ve směru x , v - složka ve směru y)

\vec{g} - tíhová síla

ρ - hustota vzduchu;

$$\frac{dw}{dt} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + g = F_z \quad , \text{ po zanedbání 1. členu a zdrojové funkce:}$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -g\rho \quad , \text{ tj. } \frac{\partial \ln p}{\partial z} = -\frac{g}{RT} \quad . \quad (3)$$

3.4.3.2 První věta termodynamická, kterou je možno psát v následujícím tvaru:

$$c_p \frac{dT}{dt} = \alpha w + F_T \quad , \quad (4)$$

T - absolutní teplota v K

$c_p = 1004 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ - měrné teplo vzduchu při konstantním tlaku,

$\alpha = \frac{1}{\rho}$ - měrný objem vzduchu

$w = \frac{dp}{dt}$ - generalizovaná vertikální rychlost.

3.4.3.3 Stavová rovnice

$$p\alpha = RT \quad , \quad (5)$$

kde $R = 287 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ je plynová konstanta pro suchý vzduch.

Funkce F s indexy: **zdrojové funkce** pravých stran rovnic (vnější vlivy, např. tření, příkon energie slunečním zářením, tok latentního tepla, tok tepla konvekcí a turbulentní difúzí - děje podsíťového měřítka).

3.4.3.4 Rovnice kontinuity

$$\nabla(\vec{v}\rho) = \frac{d\rho}{dt} + \rho \nabla \vec{v} = 0 \quad (7)$$

3.4.3.5 Rovnice bilance vodní páry

$$\frac{dQ}{dt} = F_Q \quad , \quad (6)$$

kde Q je směšovací poměr a F_Q je změna množství vodní páry způsobená výparem nebo kondenzací vody. Tato rovnice bývá označována též jako rovnice kontinuity vodní páry.

3.4.3.6 Obecnější formulací je zákon zachování (energie, hybnosti ...)

Individuální změna fyzikálního parametru F , která je dána součtem lokální změny - $\frac{\partial F}{\partial t}$ a

advekce $\vec{v} \nabla F = u \frac{\partial F}{\partial x} + v \frac{\partial F}{\partial y} + w \frac{\partial F}{\partial z}$:

$$\frac{dF}{dt} = \frac{\partial F}{\partial t} + u \frac{\partial F}{\partial x} + v \frac{\partial F}{\partial y} + w \frac{\partial F}{\partial z} \quad . \quad (8)$$

3.4.4 Systémy vertikálních souřadnic:

1) z-systém

2) p-systém (vertikální souřadnicí je tlak vzduchu)

3) σ -systém: $s = \frac{p}{p_s}$, p_s - tlak vzduchu na povrchu země.

4) η -systém: $h = A(h) + B(h)p_s$, na povrchu Země: $\eta = 1, A(1) = 0, B(1) = 1$

- tento systém se s rostoucí výškou přibližuje k p-systému, nad tropopauzou je shodný:

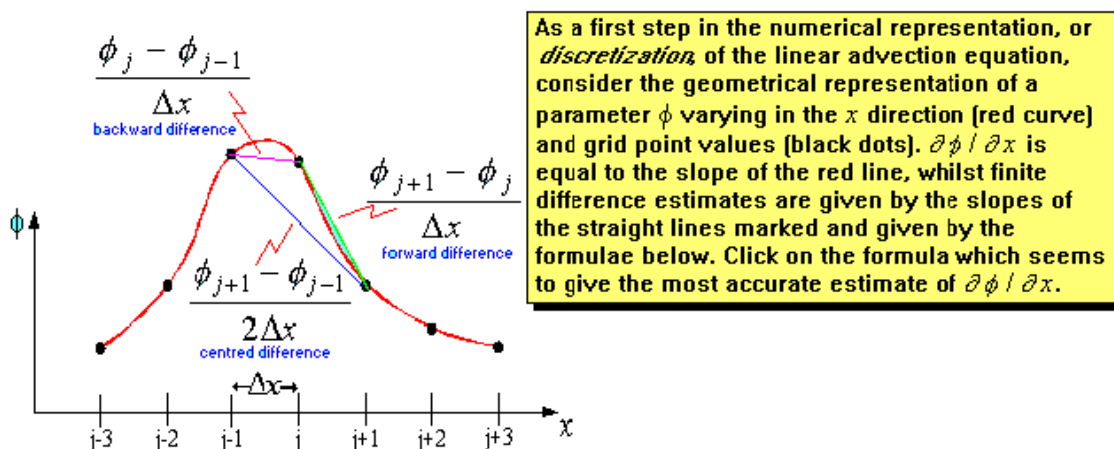
$$B(\eta) = 0, A(\eta) = 0$$

3.4.5 Integrace základních rovnic

Integraci základních rovnic je možno provádět *pouze numericky metodou konečných diferencí*, popřípadě *spektrálními metodami*, kdy se proměnné reprezentují na základě konečného (diskrétního) Furierova rozvoje. V současné době se v numerických modelech upřednostňují spíše spektrální metody.

Numerické metody jsou pouze *přibližným řešením*, tudíž jejich aplikace je dalším zdrojem nepřesností předpovědi.

Diskretizace rovnic (nahrazení přesných derivací konečnými diferencemi):



Centred differences are generally more accurate than forward or backward differences. Taylor series expansions may be used to investigate the nature of the errors involved in these approximations, and to derive other approximations.

3.4.6 Globální modely a modely na omezené oblasti

- modely globální
- modely na omezené oblasti (Local Area Model - LAM modely - např. HIRLAM, ALADIN).

Horizontální rozlišení (vzdálenost sousedních uzlů) globálních modelů se nyní pohybuje kolem 50 km a přibližuje se 20 km, u lokálních modelů se rozlišení pohybuje kolem 10 km a bude se přibližovat několika kilometrům (proto se LAM modely nazývají též modely s jemným rozlišením). V roce 2003 činilo rozlišení modelu ALADIN 9 km. Vertikální rozlišení se pohybuje od několika desítek metrů v nejnižších hladinách až po několik kilometrů na horní hranici modelu. Model ALADIN počítal v závěru roku 1999 se 43 hladinami.

Údaje o modelu, který se do roku 1999 počítal ve Středisku pro střednědobou předpověď (ECMWF):

Rozlišení sítě kolem 60 km, 31 horizontálních hladin, 4 154 868 uzlů ve volné atmosféře a 134 028 uzlů na zemi.

Údaje o současném operativním modelu ECMWF (2006):

Rozlišení sítě kolem 25 km, 91 horizontálních hladin, 76 757 590 uzlů ve volné atmosféře a 134 028 uzlů na zemi.

Největší problém je s počátečními podmínkami (kvalita dat, nerovnoměrnost měřicích bodů) - pro asimilaci dat se spotřebuje zhruba stejné množství času jako pro výpočet vlastní 10-denní předpovědi.

3.4.7 Deterministický chaos

Důležitou vlastností základních (parciálních diferenciálních) rovnic uvedených v kapitole 3.4.3 je jejich **nelinearita**, jejíž výsledkem je citlivá závislost na počátečních podmínkách (s notnou mírou nadsázky se praví, že zamávání **motýlích křídel** nad Pekingem může mít za následek bouři nad Washingtonem). To znamená, že jestliže se do modelu zadají jen **o málo pozměněné** vstupní údaje (např. pole tlaku, teploty apod.), tak se výsledky modelu mohou již po několika dnech **podstatně lišit** (takto vznikla v 60. letech též díky meteorologu E. Lorenzovi teorie chaosu). Zmíněná vlastnost těchto modelů vedla k postupům, kdy více modelových výpočtů s lehce pozměněnými (perturovanými) vstupními údaji podává informaci o pravděpodobnosti scénářů vývoje počasí, přičemž perturbace mají za úkol simulovat nejistotu (nepřesnost) vstupní analýzy. Takto získané předpovědi získaly jméno **skupinové** (slangově ansámblové). Z praktických výpočtů pak vyplývá, že model (modely) je vhodné počítat pouze na nejvýše 10-15 dnů dopředu, přičemž aktuální prediktabilita (předpověditelnost) často významně závisí na aktuální povětrnostní situaci. Též prediktabilita jednotlivých meteorologických prvků se může podstatně lišit.

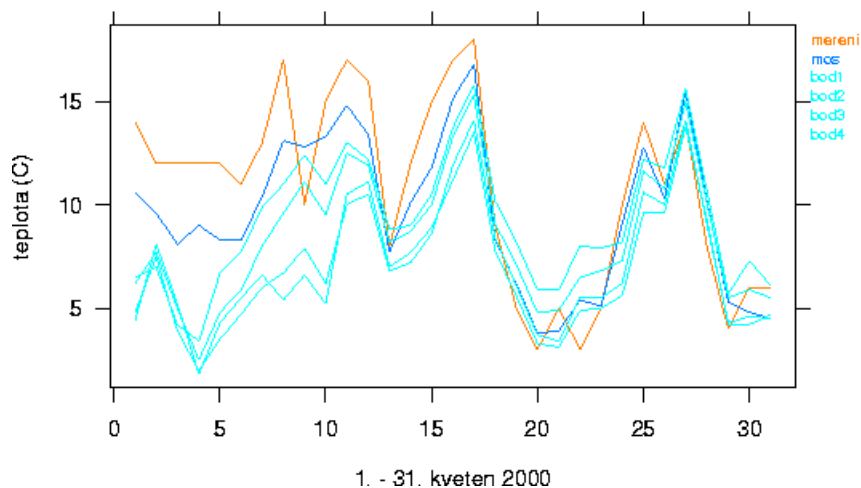
3.4.8 Dodatečné zpracování výstupů numerických modelů (postprocessing)

Pro operativní předpověď je možné kromě přímého výstupu modelu využívat též dodatečně zpracované, tj. upravené hodnoty meteorologických prvků podle statisticky (nebo jinak) zjištěné vazby mezi předpovědí a naměřenými hodnotami. Statistická vazba se počítá mezi *prediktory* (tj. prvky, které jsou počítány z numerických modelů) a *prediktanty* (tj. předpovídanými veličinami), přičemž prediktor a prediktant může být tatáž veličina. Podle koncepce je možno je rozlišit na:

- a) Metoda Perfect Prog Method (PPM). Předpokládá se, že numerický model perfektně předpoví meteorologický prvek v daném místě; *jiné* meteorologické veličiny se odvodí z *měření* „perfektně“ předpovězeného prvku. Tato metoda není v praxi příliš rozšířena.

b) Metoda Model Output Statistics (MOS). Vychází z dlouhodobějšího vztahu (měsíce, roky) mezi naměřenými veličinami (prediktanty) a veličinami z přímého výstupu numerických modelů. Přestože největším problémem tohoto systému jsou četné úpravy numerických modelů, je tato metoda poměrně rozšířena (používá se i v ČHMÚ pro model ALADIN, viz následující obrázek).

stat. adaptace modelu ALADIN, stanice 11457, předpověď na 30 hodin, metoda: MOS



c) Metody založené na Kalmanově filtru, což je *optimální rekursivní algoritmus odhadu*.

3.5 Metody nowcastingu

3.5.1 Metody dálkové detekce

- měření z meteorologických družic, meteorologických radarů, sodarů, systémů detekce blesků

3.5.1.1 Meteorologické družice

Od roku 2003: **METEOSAT 8 a METEOSAT 9 (METEOSAT Second Generation, MSG)** s novým radiometrem (12 kanálů) a s periodou snímání 15 minut (namísto dřívějších 30 minut u Meteosatu 7)

	HRV (high resolution visible)
Viditelná (a blízká) část spektra (InfraRed)	VIS 0.6
	VIS 0.8
	IR 1.6
Spektrum pro odhad obsahu vodní páry (Water Vapour - WV)	WV 6.2
	WV 7.3

Viditelná (a blízká) část spektra (InfraRed)	HRV (high resolution visible)
	VIS 0.6
	VIS 0.8
IR Window IR	IR 1.6
	IR 3.8
	IR 8.7
	IR 10.8
Pseudo sondáže atmosféry (Pseudo Sounding)	IR 12.0
	IR 9.7
	IR 13.4

Družice s oběžnou (kvazipolární) drahou – NOAA:

1. kanál	0.58 - 0.68 mikrometru	červená oblast spektra
2. kanál	0.725 - 1.1 mikrometru	blízké infračervené záření
3. kanál	3.55 - 3.93 mikrometru	tepelné záření
4. kanál	10.3 - 11.3 mikrometru	tepelné záření
5. kanál	10.3 - 11.3 mikrometru	tepelné záření

3.5.1.2 Meteorologické radary

Meteorologický radar je zařízení, které vyzařuje směrovou anténou elektromagnetickou energii v krátkých časových pulsech do určité oblasti, přičemž objekty, které jsou v dráze radarového paprsku, určitou část energie odrazí zpět. Tato energie je pak přijímačem radaru zpracována a vyhodnocena. Ze zpoždění přijatého signálu oproti vyslanému a z množství přijaté energie lze získat informaci o poloze a vlastnostech objektu, případně o jeho pohybu. Standardní meteorologický radar provede za 1 měření o časovém rozsahu 10-15 minut kolem 15 otáček s proměnným výškovým úhlem (většinou nízko nad obzorem)

Bylo sestaveno více typů meteorologických radarů rozličných vlastností, zde se však budeme zabývat především měřeními radarů používaných v operativní praxi, nikoliv radary určenými pro výzkumné účely, jejichž parametry (a cena) bývají odlišné.

Základní rovnicí používanou v radarové meteorologii je následující, tzv. **radiolokační rovnice**:

$$P_r = P_M \cdot \frac{Z}{r^2} \quad , \quad (8)$$

P_r [W] - přijatá energie

Z [mm⁶/m³] - radiolokační odrazivost meteorologického cíle

r [m] - vzdálenost cíle od radaru

P_M - radarová konstanta, (též se označuje jako tzv. meteorologický potenciál radaru).

Neznámou, kterou z rovnice (1) vypočítáváme, je tzv. **radiolokační odrazivost Z** , která je rovna součtu šestých mocnin průměrů detekovaných srážkových částic:

$$Z = \int_0^{\infty} N(D) D^6 dD, \quad (9)$$

D-průměr částice,

N(D)- počet částic o průměru D až D+dD.

Základní informací z meteorologického radiolokátoru je pole **radiolokační odrazivosti** na zájmovém území. Nejčastější formou zobrazení je přehled maximálních hodnot radiolokační odrazivosti. Plošný přehled se často doplňuje ještě bočními průměty maximálních odrazivosti. Z animace takto získaných obrázků lze získat informaci o aktuálním pohybu srážkově významné oblačnosti.

3.5.1.3 Metody detekce blesků

Způsob detekce blesků: Na zájmovém území jsou vhodně rozmístěna detekční čidla. V okamžiku bleskového výboje dochází k vyzařování elektromagnetického záření, které jsou tato čidla schopna zachytit. Čidla určí směr, ve kterém došlo k výboji, nebo dobu zachycení signálu synchronizovanou pomocí GPS. Informace z čidel jsou v reálném čase zasílány do zpracovatelského počítače, který je vyhodnotí a určí, zda šlo o blesk, a pokud ano, kde se vyskytl. Většinou je možno určit i typ blesku (mrak-mrak, mrak-země), polaritu a velikost elektrického proudu ve výboji.

Hlavní přínos metod dálkové detekce pro předpovědní praxi:

- detekce konkrétních jevů (často oblačnosti s významnými srážkami nebo silné konvekce)
- využití pro velmi krátkodobou předpověď - nowcasting, kde se uplatňují **extrapolační procedury**

3.5.2 Spojení numerického modelu na omezené oblasti a metod dálkové detekce

Model NIMROD (UKMO): Oblačné systémy zjištěné satelity a radary jsou advehovány ("přesouvány") pomocí vektoru větru z numerického modelu nebo extrapolací předchozího pohybu v případě, že je numerický model v předchozí předpovědi (na předchozí časový interval) předpověděl hůře než předpověď založená na extrapolaci pohybu.

Problémy: Počáteční fáze vzniku konvektivních systémů.

3.5.3 Využití tzv. koncepčních modelů

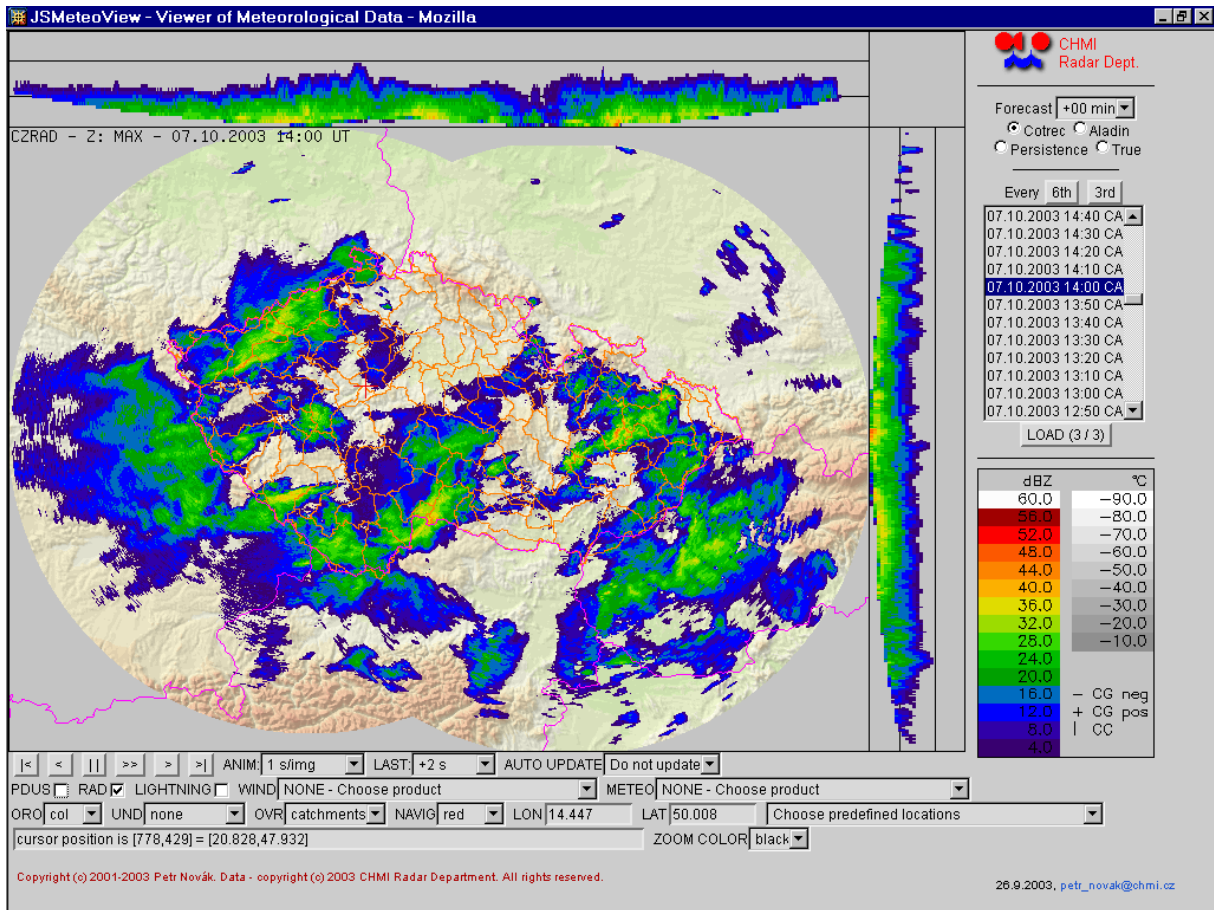
Koncepční modely atmosférických systémů popisují jejich typické struktury, životní cykly a s nimi spojené povětrnostní jevy.

Koncepční modely jsou založeny na studiu pozorovaného chování atmosférických systémů patřících do stejné kategorie a jsou často určitým způsobem podporovány výsledky numerických simulací.

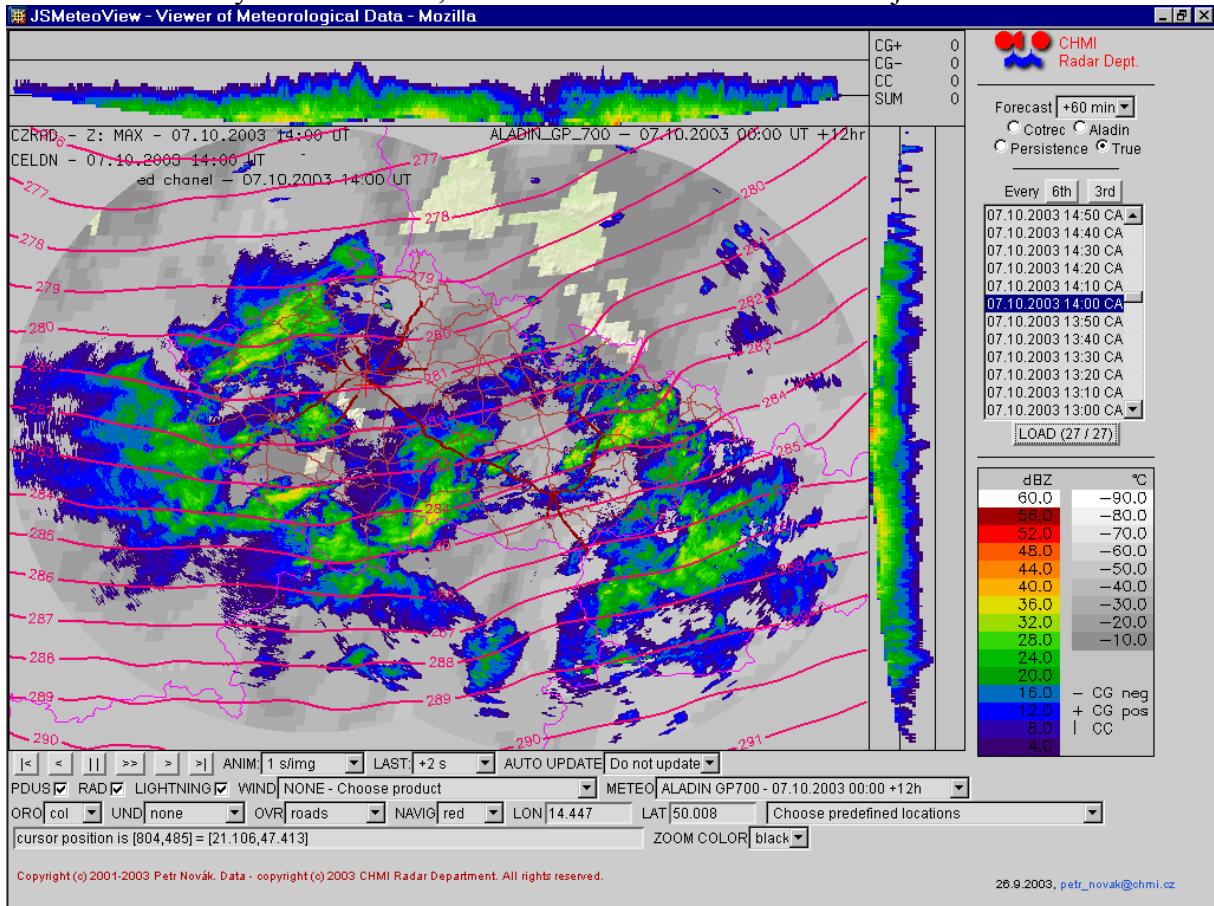
Nejnámější koncepční modely: fronty, cyklóny, konvektivní systémy.

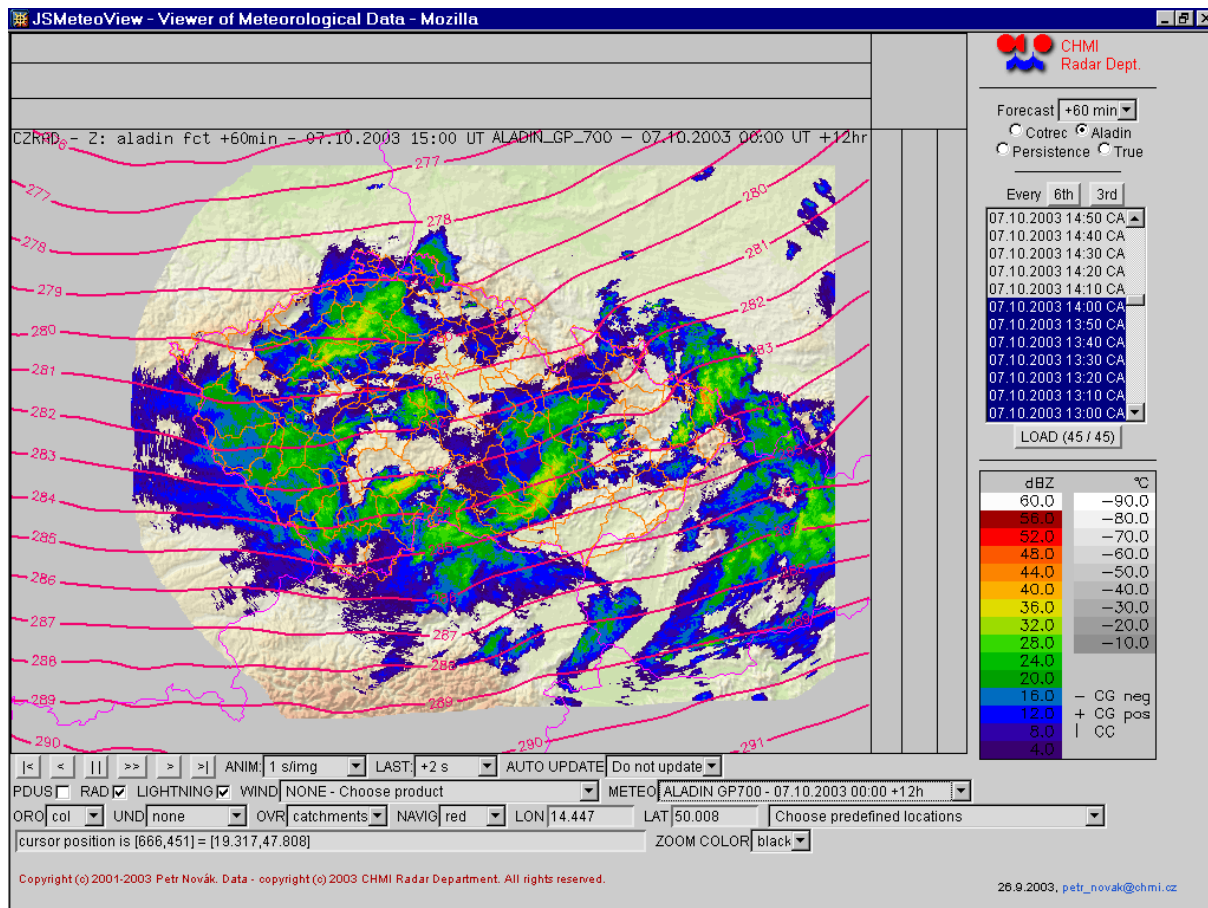
3.5.4 Ukázka aplikace systému nowcastingu v ČHMÚ

Na následujících stranách jsou ukázky systému nowcastingu v ČHMÚ (systém JS MeteoView autora Petra Nováka), který integruje informace z meteorologických radarů, meteorologických družic, systému detekce blesků, numerického modelu ALADIN a aktuálních údajů ze sítě synoptických stanic (izolinie na druhém a třetím obrázku jsou izohypsy hladiny 700 hPa). Modifikace systému zvaná JS Precip View umí zobrazovat odhady srážek z meteorologických radiolokátorů a srážkoměrů a jejich kombinace zároveň s výpočty plošných srážek pro definovaná území (povodí).

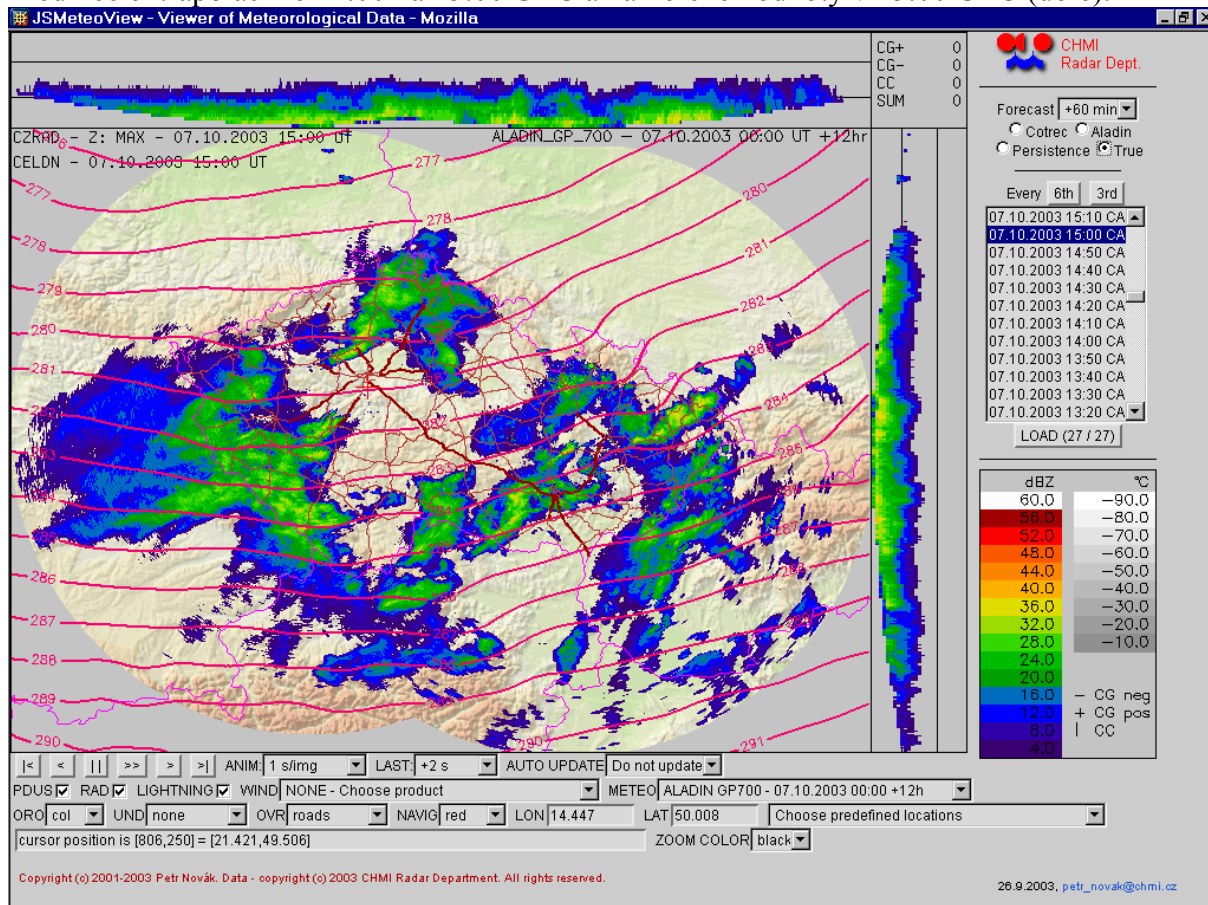


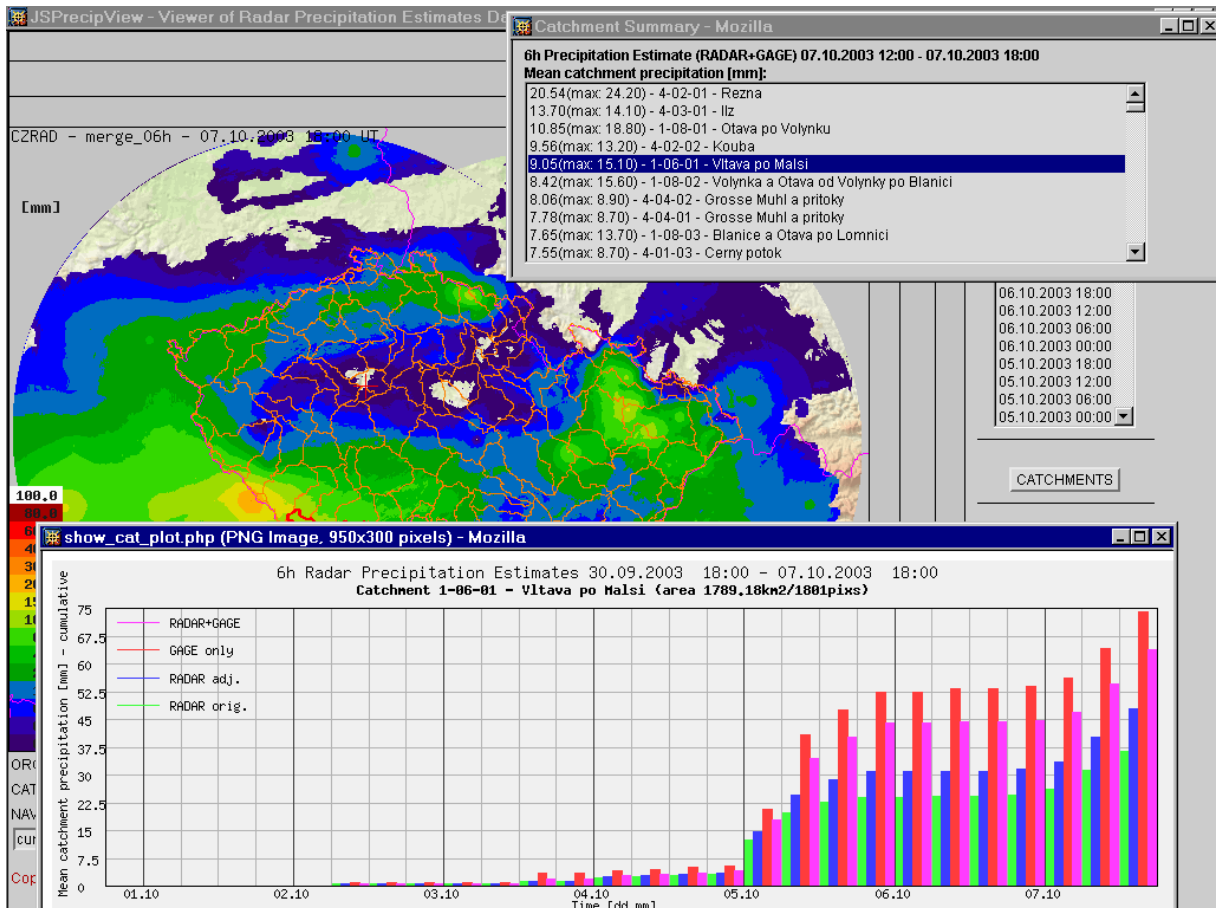
Naměřené hodnoty ze 7. 10. 2003, 14h UTC. Dole totéž s družic. údaji a zobrazením silnic.



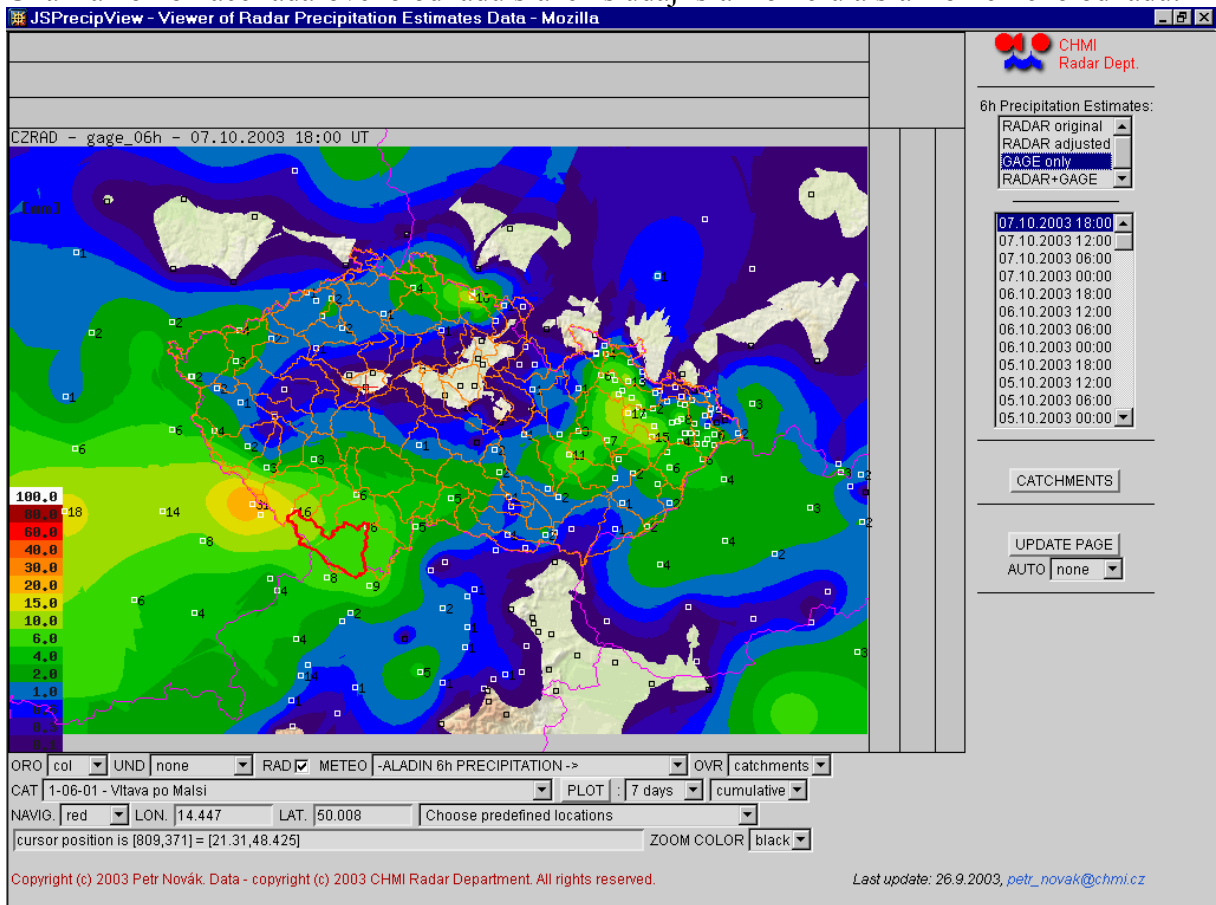


Predikce extrapolací ze 14.00 na 15.00 UTC a naměřené hodnoty v 15.00 UTC (dole).

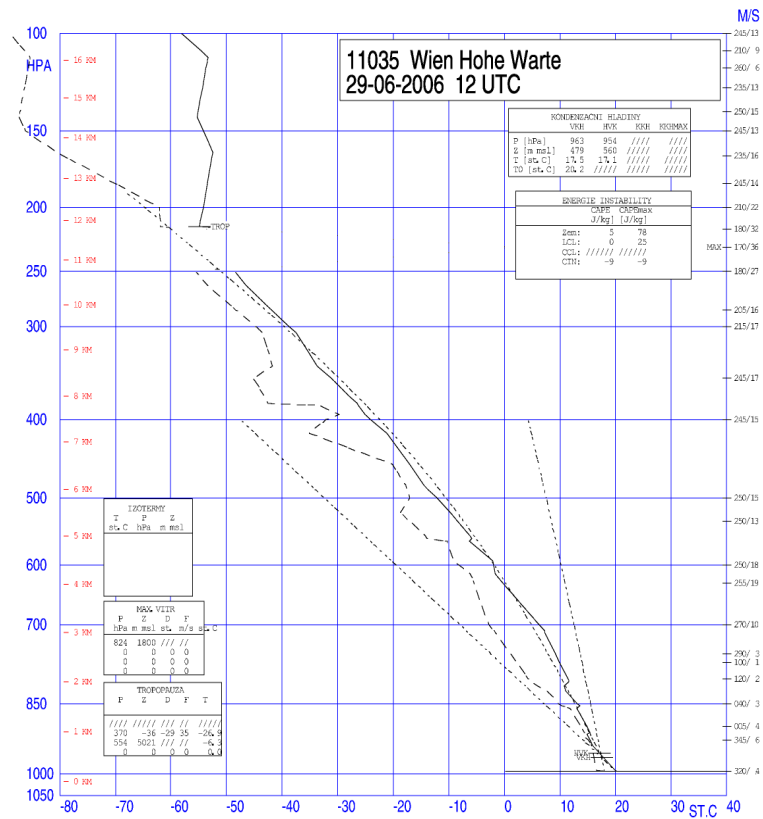
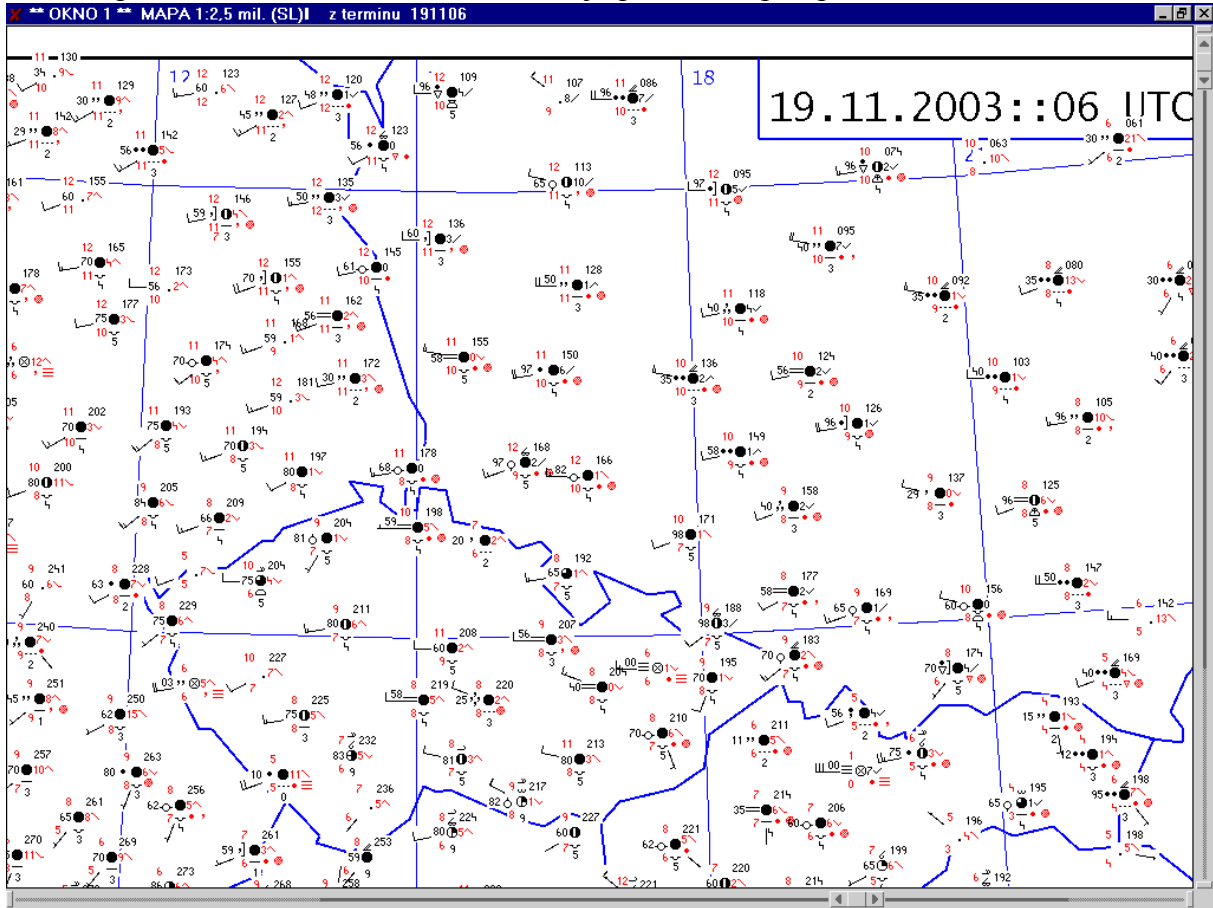




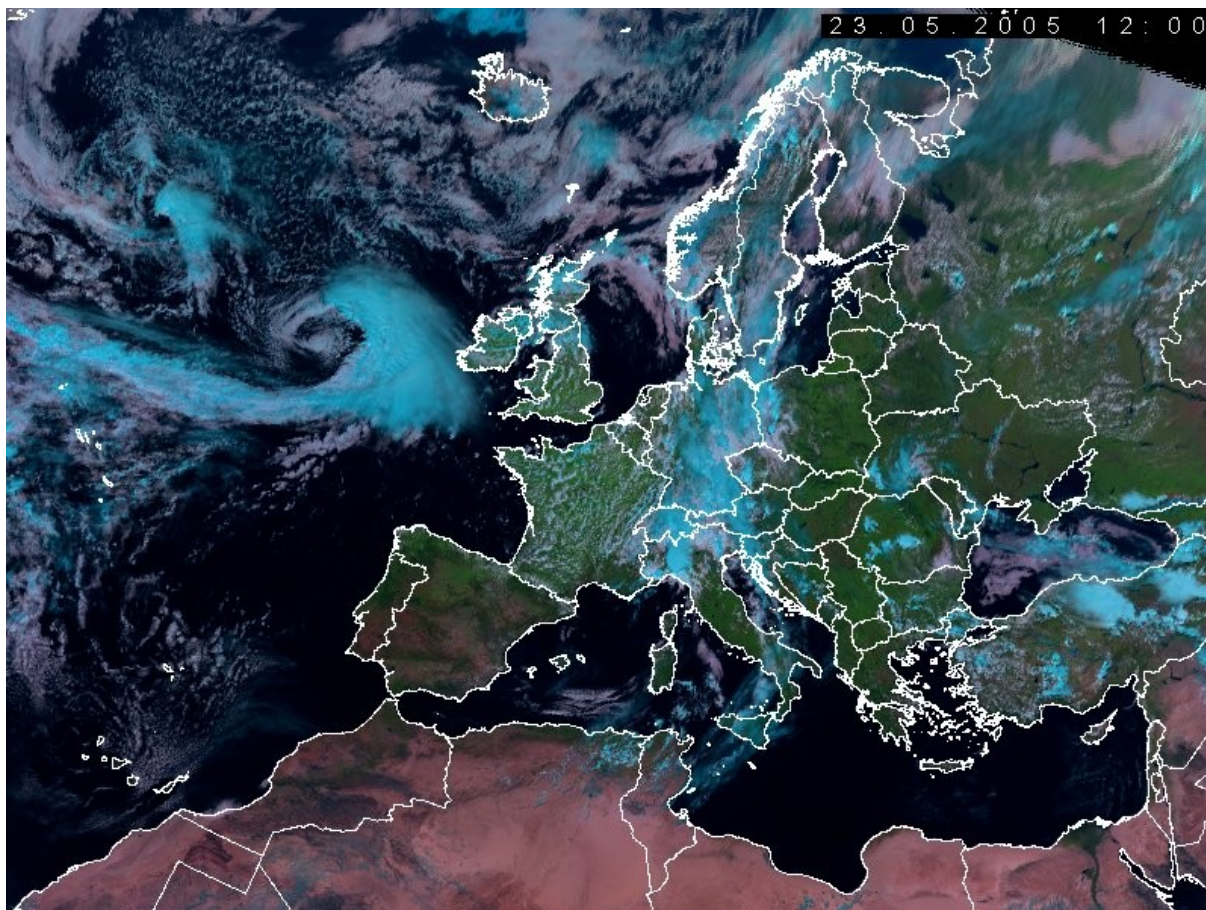
Ukázka kombinace radarového odhadu srážek s údaji srážkoměrů a srážkoměrného odhadu.



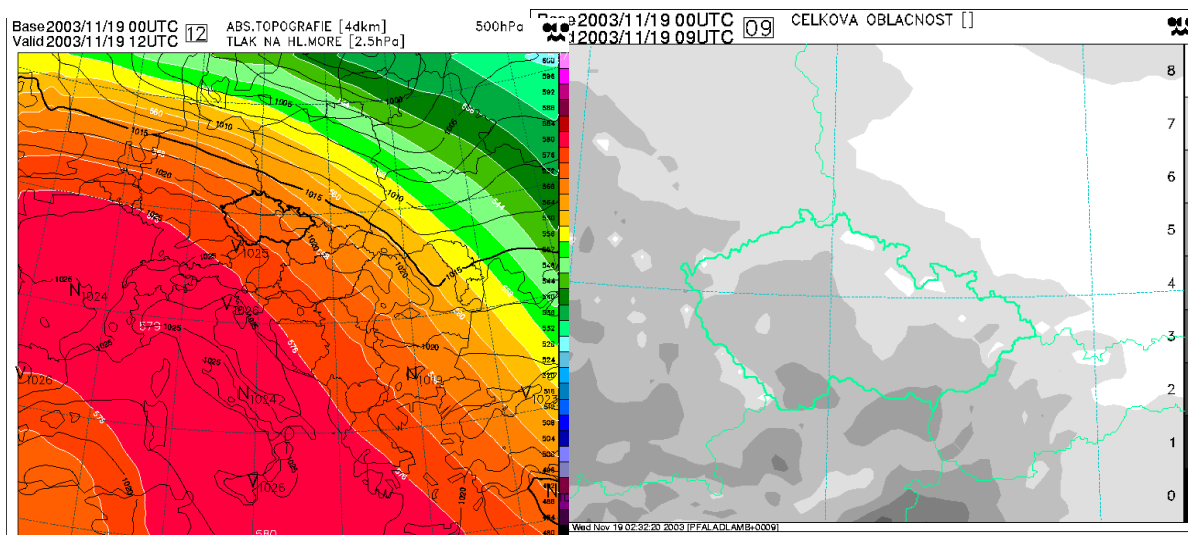
4. Rekapitulace - ukázka informačních zdrojů pro tvorbu předpovědi

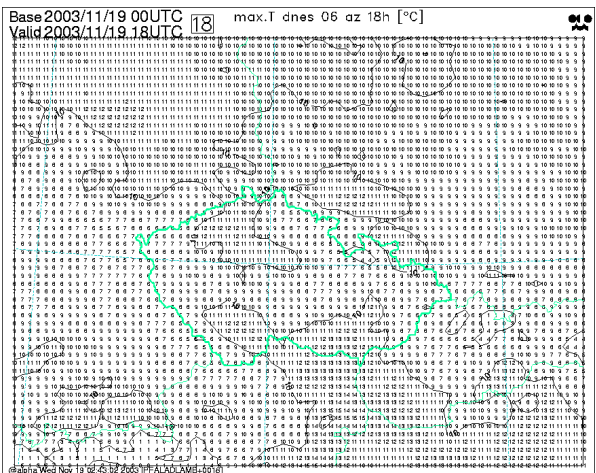
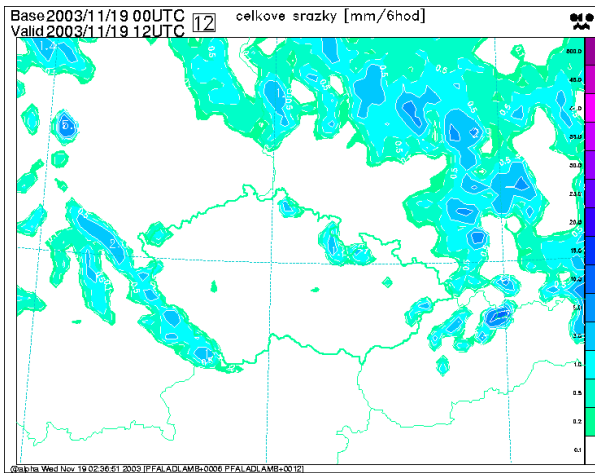
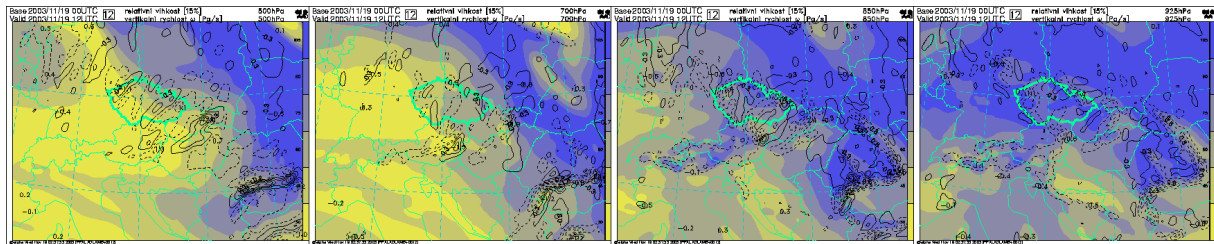


a) Naměřené údaje, jejich (trojrozměrná analýza), nowcasting (nowcasting viz výše)

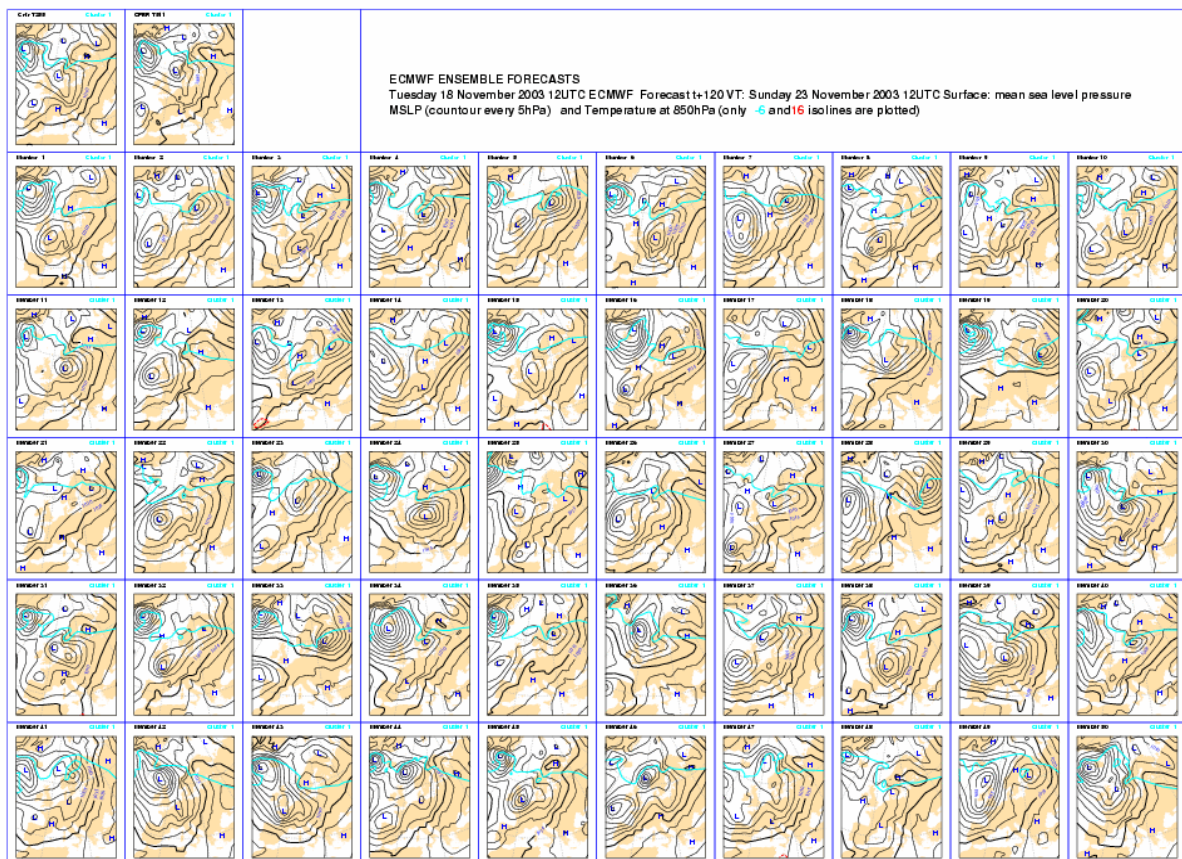


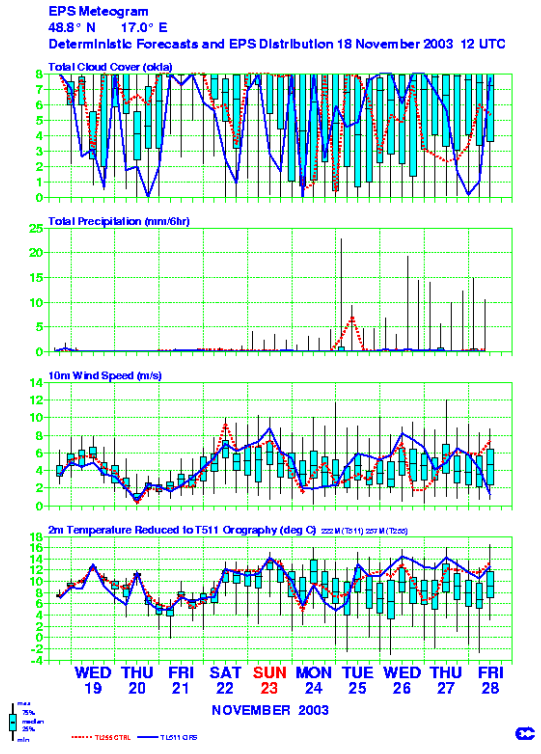
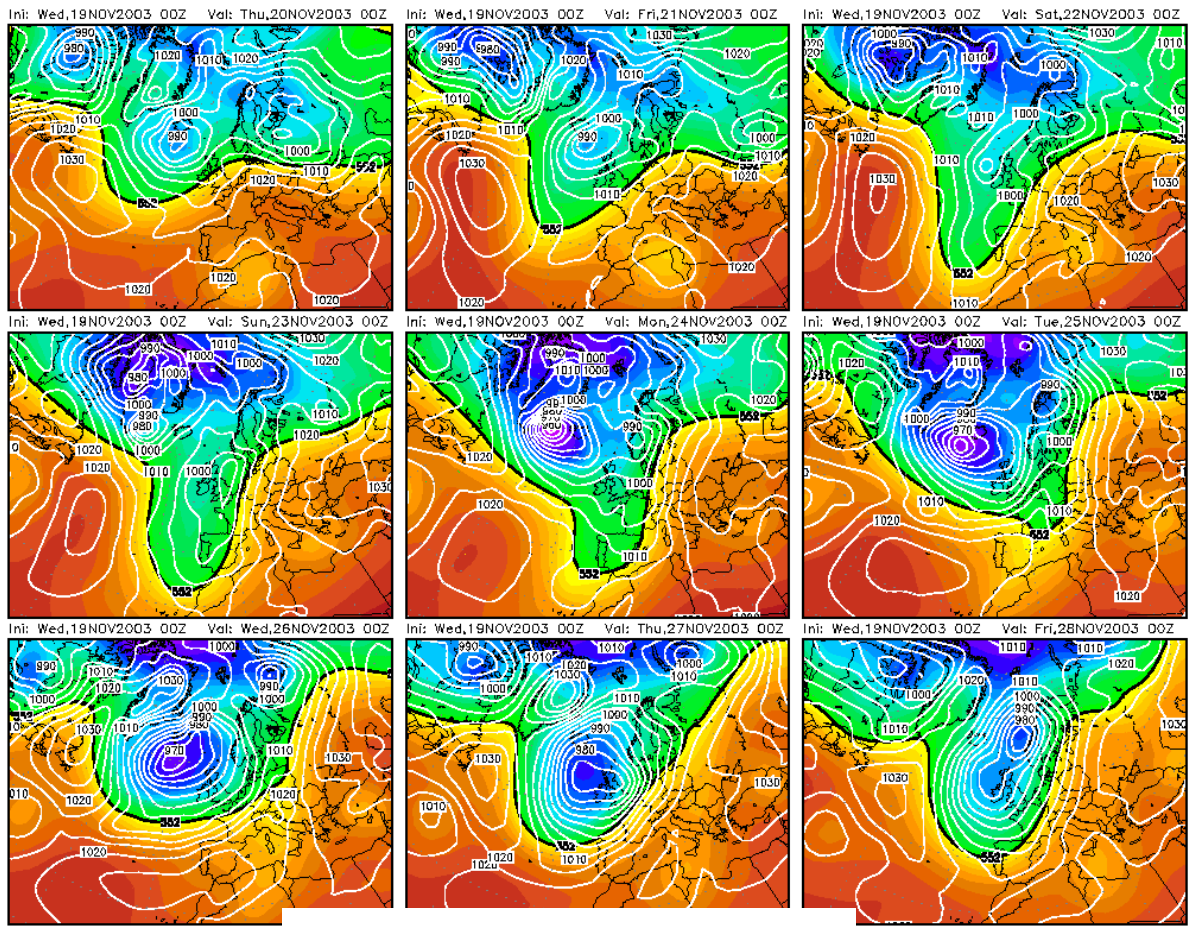
Kombinace kanálů IR 1,6, VIS 0,8 a VIS 0,6 z Meteosatu 8, ukazující fázi oblačnosti (ledová fáze je zobrazena modře, kapalná fáze bíle až okrově).





b) Výstupy numerických modelů (LAM model ALADIN) pro krátkodobou předpověď.





c) Výstupy globálních numerických modelů (ECMWF, Globální model Německé povětrnostní služby, model U.S. NCEP atd.) - na další dny

4. Závěr

V budoucnosti lze očekávat pokračující trend automatizace předpovědi počasí, vzniká a bude vznikat větší tlak na vyšší operativnost při detekci nebezpečných a místně omezených povětrnostních jevů, které mohou modely předpovědět jen v omezenější míře (zejména konvektivní systémy). Dochází k výrazné integraci informačních zdrojů a zvyšování nabídky grafických výstupů pro uživatele (Internet, MMS ...).

V oblasti numerického modelování u LAM modelů přechází na výpočtu 4x denně, začnou se při asimilaci dat ve stále větší míře používat netradiční zdroje dat (např. radarové informace). Limitujícím faktorem pro numerické modely (nepoužívající asimilaci dat 4DVAR) zřejmě nadále zůstane kvalita a množství aerologických měření.

V případě střednědobých předpovědí se bude zdokonalovat metoda skupinových předpovědí, důležitým trendem je odhad spolehlivosti předpovědi (pravděpodobnostní vyjádření). U modelů využívajících 4-dimenzionální analýzu se bude předpověď zlepšovat především vlivem kvalitnějších dat z meteorologických družic (s pseudopolární oběžnou drahou).

U dlouhodobé (sezónní) předpovědi bude zřejmě kladen větší důraz na predikci mořských proudů a zpřesňování informací o dalších složkách klimatického systému; stále není jasné, zda v některých oblastech (např. v Evropě) je vůbec možné vydávat dlouhodobé předpovědi lepší než předpovědi vydávané pouze na základě klimatických statistik (klimatické předpovědi).