

# Atmosféra a hydrosféra Země

## Lekce 1

Meteorologie a klimatologie  
jako vědní obory,  
klimatotvorné faktory, kategorie klimatu,  
meteorologická měření a pozorování



RNDr. Jiří Jakubínský, Ph.D. | 23. 2. 2022

1

## Organizační pokyny

- **2 hod. přednášky každý sudý týden** (St 16:00 hod.)
- **2 hod. cvičení každý sudý týden** (St 10:00, 14:00 hod.) – **povinná účast!**
- kontaktní e-mail: [jakubinsky@mail.muni.cz](mailto:jakubinsky@mail.muni.cz)
- konzultace možná po předchozí domluvě virtuálně (MS Teams) nebo v pracovně č. -1035 (5. poschodí) na PedF MU, Poříčí 7
- zkouška z předmětu (zahrnuje i obsah seminářů) bude probíhat písemnou formou (v případě 3. pokusů eventuálně ústní přezkoušení)
- zkušební termíny budou včas zveřejněny v IS
- k účasti u zkoušky je nutné splnění požadavků ze seminářů!

## Osnova přednášek

1. Meteorologie a klimatologie jako vědní obory, klimatotvorné faktory, kategorie klimatu, meteorologická měření a pozorování
2. Atmosféra - chemické a fyzikální vlastnosti atmosféry
3. Sluneční záření v systému zemský povrch – atmosféra
4. Teplota a vlhkost vzduchu, změna s výškou a v času.
5. Atmosférický tlak, měření tlaku, barické pole, barický gradient, tlakové útvary, vítr
6. Atmosférické fronty, vzduchové hmoty, druhy a projevy atmosférických front
7. Planetární cirkulace atmosféry, cirkulace tropických a mimotropických šířek
8. Předpovědi počasí
9. Klimatické klasifikace, Köppenova a Alisovova klimatická klasifikace
10. Změny a kolísání klimatu, příčiny, předpoklady dalšího vývoje
11. Definice a členění hydrologie, zásoby a oběh vody na Zemi
12. Měrné jednotky odtoku, odtok vody z povodí, tvar a vývoj říční sítě
13. Režim vodních stavů a průtoků, teplotní poměry a ledové jevy řek, splaveniny
14. Druhy podpovrchových vod
15. Druhy jezer, teplotní poměry a ledové jevy
16. Světový oceán, fyzikální a chemické vlastnosti oceánské vody

## Literatura a studijní materiály

- NETOPILOV, R., R. BRÁZDIL a J. DEMEK (1984): Fyzická geografie. Praha, SPN. 272 s.
- THURMAN, H.V. a A.P. TRUJILLO (2005): Oceánografie. Praha, Computer Press. 479 s.
- TRIZNA, M. [ed.] (2007): Meteorológia, klimatológia a hydrológia pre geografov. Bratislava, Geografika. 143 s.
- VYSOUDIL, M. (1997): Meteorologie a klimatologie pro geography. Olomouc, Vydavatelství University Palackého. 232 s.
- KOPÁČEK, J. a J. BEDNÁŘ (2005): Jak vzniká počasí. Praha, Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum. 226 s.
- STRAHLER, A.H. a A.N. STRAHLER (2006): Introducing physical geography. Hoboken, N.J., J. Wiley. 728 s.
- BARRY, R.G. a R.J. CHORLEY (2003): Atmosphere, weather and climate. London, Routledge. 421 s.
- DE BLIJ, H.J. a P.O. MULLER (1996): Physical geography of the global environment. New York, John Wiley & Sons. 599 s.

## Literatura a studijní materiály

- Ruda, A. (2014): Klimatologie a hydrogeografie pro učitele. Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity, Brno. 257 s.



[http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz\\_geogr/web/index.html](http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/index.html)

- studijní materiály předmětu v Informačním systému MU

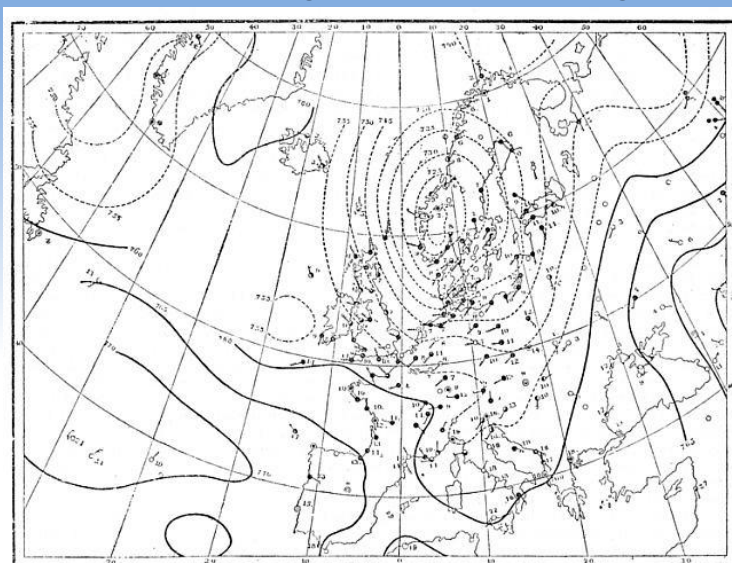
## Meteorologie a klimatologie

- vědní disciplíny o zemské atmosféře, klimatických a povětrnostních dějích a jevech, které se v ní odehrávají
- společný objekt studia, ale samostatný vývoj
- pozorování **závislosti zemědělské produkce na počasí a podnebí**
- úvahy o souvislosti počasí s vesmírnými tělesy
- první pokusy o pravidelná meteorologická pozorování (Řecko, 5. st. př. n. l.)
- věž větrů v Athénách
- **Plátón** (427-347 př. n. l.): „**meteora**“ – věci a jevy mezi nebem a zemí
- **Aristoteles** (384-322 př. n. l.): dílo **Meteorologica** – souhrn tehdejších meteorologických poznatků, další vývoj oboru v souvislosti s astronomií a geofyzikou
- **české země**: první zpráva o počasí z r. 1092 (**Kosmas**)  
→ „A v samý týden velikonoční, dne 1. dubna, napadlo množství sněhu a uhodily takové mrazy, jako málokdy bývá uprostřed zimy.“

## Meteorologie a klimatologie

- **středověk** – rozvoj meteorologie často souvisí s cestami objevitelů
- konstrukce **prvních meteorologických přístrojů** v 17. století
- Accademia del Cimento (Firence, založena 1657)
- Societas Meteorologica Palatina (Mannheim, založena 1780) - základy pro formulaci prvních meteorolog. teorií
- **E. Halley (1656-1742): první „meteorologická“ mapa** (mapa vzdušných proudů nad Atlantikem, Tichým a Indickým oc.)
- 18. a 19. století – **počátky souvislých meteorolog. pozorování a měření**, vznikají sítě meteorologických stanic
- **H. W. Brandes (1820): první mapa současného rozdělení tlaku vzduchu (synoptická mapa)** – další rozvoj s vynálezem telegrafu (1850)
- **A. von Humboldt a H. W. Dove (počátek 19. stol.): základy klimatologie**
- vznikají první pracoviště zaměřená na meteorologii a klimatologii (např. Ústřední ústav pro meteorologii a zemský magnetismus, Vídeň, založen 1851)

## Meteorologie a klimatologie

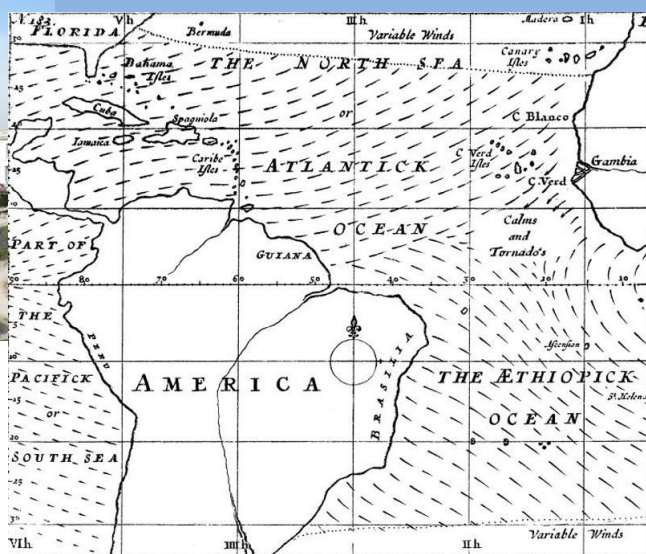


Väderlekskarta på morgonen den 22 oktober 1874.

## Meteorologie a klimatologie

- **české země:** nejstarší denní záznamy o počasí z let 1533-34
- souvislá meteorologická pozorování a měření od r. 1752 – **Praha, Klementinum** (A. Strnad)
- 2. pol. 19. stol. – s rozvojem poznatků z termodynamiky souvisí vznik **dynamické meteorologie**
- klimatologie se soustředila zejm. na výzkum geografických podmínek a regionálních odlišností – **W. Köppen**
- 20. století – intenzivní rozvoj meteorologie jako důsledek technologického pokroku (vznik **radiolokační a družicové meteorologie**, atd.)
- r. 1919 založen Státní ústav meteorologický v Praze (dnes **ČHMÚ**)
- potřeba mezinárodní spolupráce: vznik **Světové meteorolog. organizace (WMO)** při OSN v r. 1950 [v r. 2013 měla 191 členů]
- nový **problém 20. stol.:** **znečištění ovzduší** a nástroje jeho ochrany
- 21. století: projevy **klimatické změny**

## Meteorologie a klimatologie



## Meteorologie a klimatologie

- **meteorologie** („meteoros“ a „logos“)
  - **věda o atmosféře, o její stavbě, vlastnostech a v ní probíhajících fyzikálních procesech**
  - předpovídá a analyzuje **počasí** (tj. aktuální stav atmosféry, charakterizovaný souhrnem hodnot **meteorologických prvků** a **meteorologických jevů** v daném místě a čase)
  - **hlavními úkoly meteorologie** jsou zejm.: studium stavby a složení atmosféry, oběh tepla a vody v interakci se zemským povrchem, atmosférické pohyby, elektrické pole atmosféry, optické a akustické jevy v atmosféře Země
  - **dle zaměření meteorologii dělíme** na: **dynamickou, synoptickou, fyzikální, radiolokační** (radarovou) a **aplikovanou** (podle konkrétního využití v praxi – tj. biometeorologie, agrometeorologie, letecká a námořní meteorologie, atd.)
  - vyšší vrstvy atmosféry studuje **aerologie** a **aeronomie** (nad troposférou)

## Meteorologie a klimatologie

- **meteorologické prvky**: sluneční záření, teplota vzduchu a půdy, tlak a vlhkost vzduchu, výpar, oblačnost a atmosférické srážky
- **meteorologické jevy**: tzv. **meteory** (úkony pozorované v atmosféře nebo na zemském povrchu vyjma oblaků)
  - hydrometeory
  - litometeory
  - fotometeory
  - elektrometeory
- **povětrnost**: ráz počasí během několika dnů



Oheň Sv. Eliáše na observatoři Sonnblick (Rakousko)

## Meteorologie a klimatologie

- **klimatologie**
  - **věda o klimatech Země, o podmínkách a příčinách jejich utváření, o působení klimatu na objekty činnosti člověka a člověka samotného a naopak**
  - **Hipparchos** (190-125 př. n.l.): závislost podnebí na sklonu dopadajícího slunečního záření („klinein“ – sklon)
  - předmětem klimatologie je studium **klimatu**
  - **úkolem klimatologie** je studovat obecné zákonitosti klimatických jevů, genezi klimatu, jeho změny a kolísání
  - dle míry vlivu aktivního povrchu na klimatotvorné procesy lze klimatologii dělit na: **klimatologii přízemní atmosféry, mezní vrstvy atmosféry a aeroklimatologii** (klima volné atmosféry)
  - **obecná vs. aplikovaná klimatologie** (bio/agroklimatologie, technická či dopravní klimatologie, atd.)

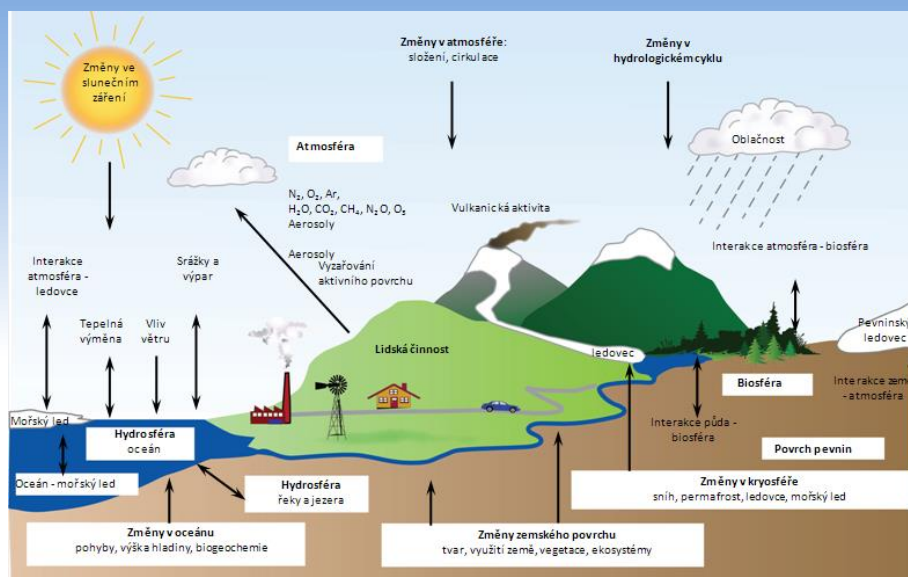
## Klimatotvorné faktory

- **klima** (podnebí): **souhrn a postupné střídání všech stavů atmosféry** (podmínek počasí) **možných v daném místě**
- klima je **relativně časově stálé** - trvalá fyzickogeografická charakteristika místa
- klima je důsledkem **klimatotvorných procesů** – tj. fyzikálních procesů v atmosféře a aktivní vrstvě půdy
- procesy jsou důsledkem působení **klimatotvorných faktorů**
- **klimatotvorné faktory:**
  - **astronomické** (tvar Země, sklon zemské osy, změny sluneční aktivity, složení atmosféry, uchylující síla zemské rotace)
  - **geografické** (zeměpisná šířka, rozdělení kontinentů a oceánů, orografické poměry, vzdálenost od moří a oceánů, vegetační kryt, atd.)
  - **cirkulační** (planetární a místní cirkulace atmosféry)
  - **antropogenní** (změny vlastností atmosféry a zemského povrchu vlivem člověka)

## Klimatický systém Země

- **klimatický systém** – fyzickogeografická sféra Země
  - úplný klimatický systém se skládá z ...
    - atmosféry
    - hydrosféry
    - kryosféry
    - povrchu pevniny
    - biosféry
- } **aktivní povrch (vrstva) [AP]**
- „**aktivní vrstva** je část zemského povrchu na níž probíhá transformace zářivé energie na tepelnou a opačně a z níž se uskutečňuje transport tepelné energie do atmosféry a podloží turbulentní výměnou nebo molekulárním vedením“ (Netopil a kol. 1984)
  - **okamžitý stav úplného klimatického systému** lze tedy označit jako **počasí**

## Úplný klimatický systém Země





## Klimatický systém Země

- klimatický systém je prostorově a časově **velmi proměnlivý**
- **prostorová proměnlivost** klimatu může nabývat různého měřítka:
  - **topická až chorická** (příčinou může být např. vykácení lesa či zástavba)
  - **regionální** (způsobena cirkulačně podmíněnými změnami v rozložení meteorologických prvků)
  - **globální** (vázána na celou Zemi nebo její část)
- **časovou proměnlivost** klimatu lze rozlišit na:
  - **sezónní** (změny způsobené revolucí Země – změny počasí během roku)
  - **meziroční** (neperiodický ráz – střídání vlhkých a suchých let)
  - **sekulární** (dlouhodobé změny charakteru kolísání klimatu)

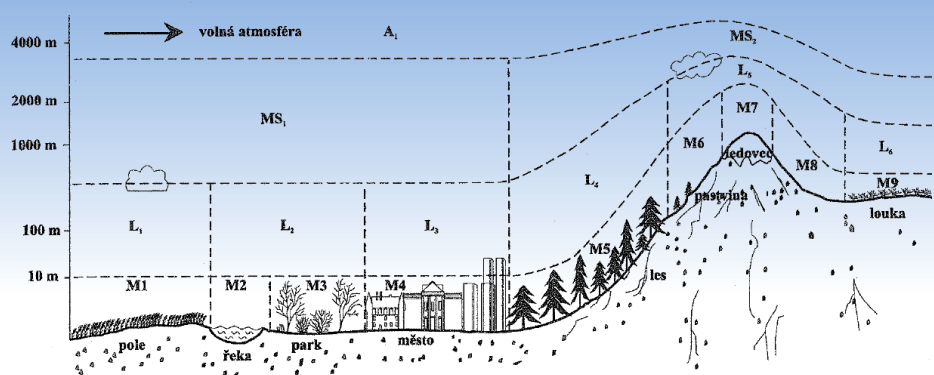
## Kategorie klimatu

- značná **prostorová proměnlivost klimatického systému** umožňuje klima klasifikovat do následujících kategorií:
  - **mikroklima**
    - režim meteorologických dějů vznikající **vlivem stejnorodého AP**
    - vertikální rozměr podmíněn **charakterem AP** a jevy na vyšších úrovních (obvykle desítky metrů)
    - horizontální rozměr v řádech **stovek metrů**
    - mikroklima **nemusí vůbec vznikat**
    - „**kryptoklima**“ jako specifický typ mikroklimatu
  - **místní klima**
    - režim vznikající **vlivem morfologie, převládajícího složení a struktury biotické i abiotické složky AP a vlivem mikroklimat**
    - vertikální rozměr je dán výškou **přízemní vrstvy atmosféry** (80–100 m) a **lokální cirkulací** (podmíněnou reliéfem a „místním přehřátím“ – např. pole, zpevněný povrch)
    - horizontální rozměr obvykle **jednotky km** (režim meteorolog. dějů může být ovlivněn makrometeorologickými procesy)
    - **topoklima** – místní klima formované vlivem reliéfu

## Kategorie klimatu

- **mezoklima**
  - režim vznikající **vlivem charakteru AP o větších rozměrech** („makrochora“), **výsledky antropogenní činnosti** (větší sídla, apod.), **vlivem makroklimat i místních klimat**
  - vertikálně omezeno **horní hranicí planetární mezní vrstvy atmosféry** (1–1,5 km)
  - **vlivem advekce** se mezoklima nemusí utvářet vůbec nebo může dosahovat až do výšky 3 km)
- **makroklima**
  - režim vznikající **vlivem interakcí mezi atmosférou a AP**, podmíněných jejich energetickou bilancí a planetární cirkulací
  - vertikálně omezeno **horní hranicí nižších klimatických kategorií a polohou tropopauzy** (9–17 km)

## Kategorie klimatu



Zdroj: Vysoudil, 2006

## Kategorie klimatu



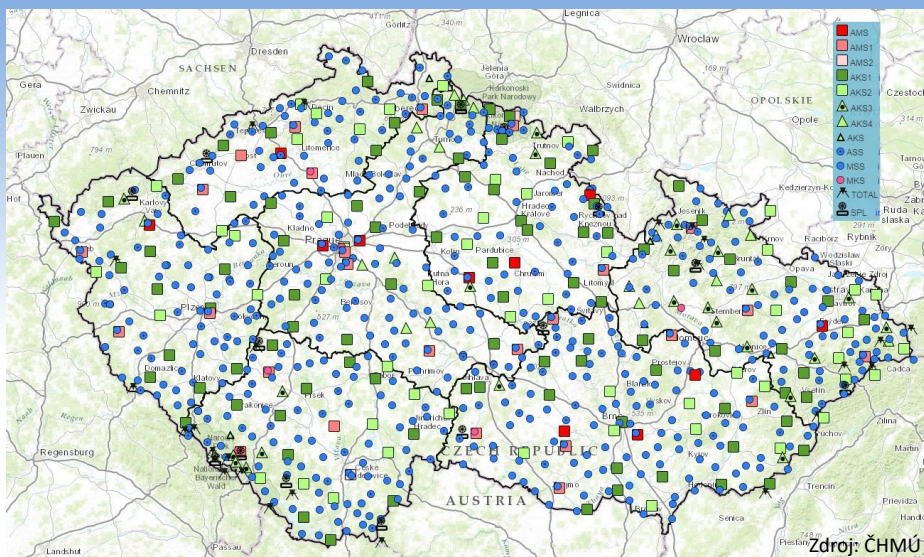
## Meteorologická měření a pozorování

- probíhají na **meteorologických a klimatologických stanicích** a pomocí **radiolokačních a družicových měření**
- **Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ)** – celkem 802 stanic (06/2011)
- **přízemní meteorologická měření a pozorování** jsou realizována:
  - **meteorologickými stanicemi** (ČHMÚ: plně profesionální, část pod správou AČR)
    - synoptické a letecké meteorologické stanice
    - agrometeorologické a fenologické stanice (ČHMÚ: Doksany)
  - **klimatologickými stanicemi** (ČHMÚ: obvykle dobrovolnické, částečně automatizované)
  - **srážkoměrnými stanicemi** (ČHMÚ: dobrovolnické, částečně automatizované)
  - **stanicemi se speciálním zaměřením** (pozorování a měření záření, dlouhodobý úhrn srážek, počet blesků, apod. – ČHMÚ: solární a ozónová laboratoř Hradec Králové)

## Meteorologická měření a pozorování

- **termíny měření a pozorování:**
  - **meteorologie**
    - hlavní synoptické termíny 00, 06, 12 a 18 h. UTC (tj. SEČ -1h, SELČ -2h)
    - vedlejší termíny 03, 09, 15 a 21 h. UTC
  - **klimatologie**
    - 7, 14 a 21 h. místního středního času
- profesionální stanice **standardně měří** teplotu, vlhkost a tlak vzduchu, směr a rychlost větru, úhrn srážek, výšku sněhové pokrývky, dobu trvání slunečního svitu, přízemní minimální teplotu (v 5 cm) a příkon fotonového dávkového ekvivalentu
- dále se **pozoruje** vodorovná dohlednost, pokrytí oblohy oblačností, charakteristiky oblačnosti, stav a průběh počasí, nebezpečné a zvláštní atmosférické jevy a náhlé změny počasí
- **nadstandardně se měří** výpar vody z vodní hladiny, teplota půdy, intenzita slunečního záření a čistota ovzduší

## Meteorologická měření a pozorování



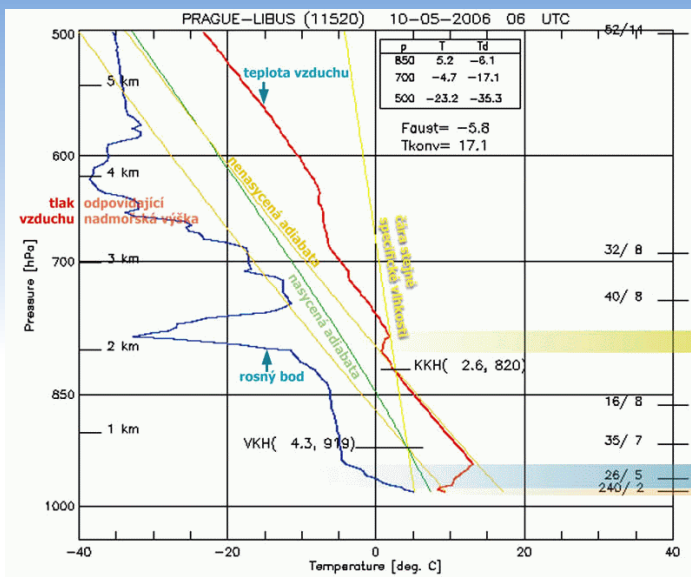
## Meteorologická měření a pozorování

- **aerologická měření**
  - provádí **vertikální sondáž atmosféry** pomocí **radiosond** unášených balóny
  - informace o tlaku, teplotě a vlhkosti vzduchu, rychlosti a směru větru v daných výškových hladinách (zhruba do výšky 35 km)
  - ČHMÚ: **Praha-Libuš** a **Prostějov**
  - termíny: 00, 06, 12 a 18 h. UTC
- **radiolokační měření**
  - princip odrazivosti elektromagnetického záření od oblačnosti a atmosférických srážek
  - **radiolokační odraz** zachycen pomocí **meteorologického radaru**
  - analýzou odrazu lze zjistit informace o vzdálenosti a směru pozorovaných objektů od místa pozorování
  - ČHMÚ: radiolokační stanice **Brdy-Praha** a **Skalka** (Drahanská vrchovina)

## Meteorologická měření a pozorování



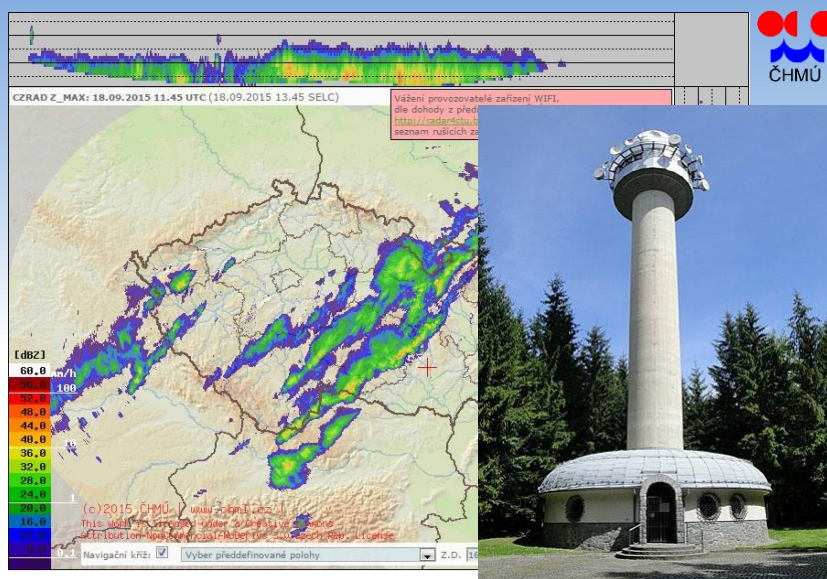
## Meteorologická měření a pozorování



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

27

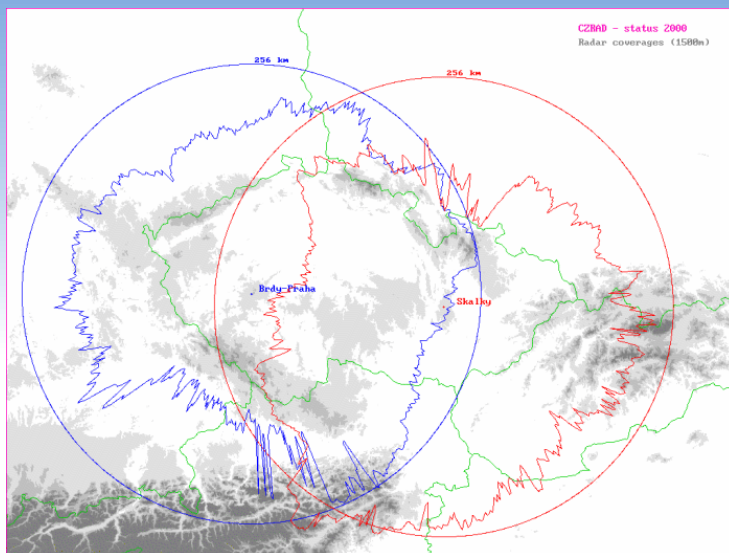
## Meteorologická měření a pozorování



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

28

## Meteorologická měření a pozorování



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

29

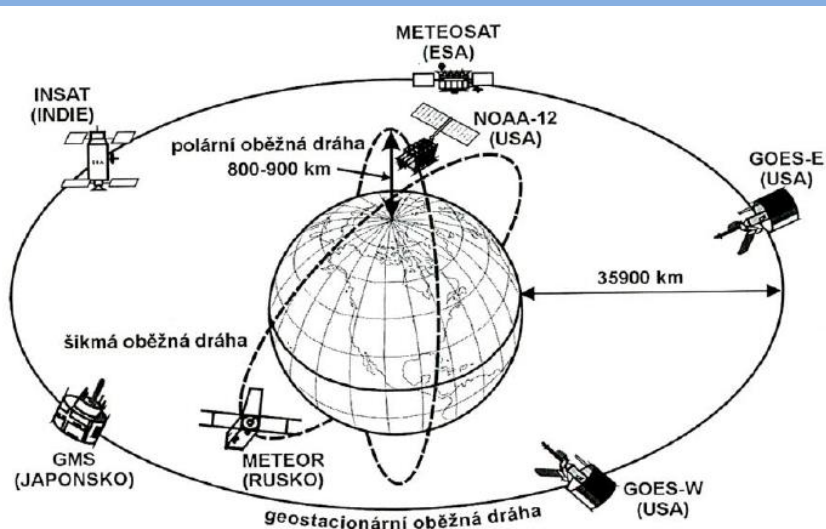
## Meteorologická měření a pozorování

- **družicová měření a pozorování**
  - operativní informace o stavu atmosféry nad velkými částmi Země
  - **světový meteorologický kosmický systém** (→ DPZ)
    - kosmický subsystém (soubor družic pro pozorování povrchu Země a atmosféry)
    - pozemní subsystém (infrastruktura k příjmu a zpracování dat z družic)
  - družice se pohybují po třech **orbitálních drahách** specifických výškou nad povrchem Země a svou polohou
    - **geostacionární (rovníková) dráha** (cca 35 900 km, např. METEOSAT, ENVISAT, GOES, GOMS)
    - **šikmá dráha** (300–600 km, METEOR)
    - **subpolární dráha** (800–900 km, např. LANDSAT, SPOT, TERRA, NOAA,)
  - družice s šikmou a subpolární dráhou letu jsou nověji označovány jako „**LEO**“ (Low Earth Orbit), přelet nad jedním územím obvykle 2 × denně
  - družice s geostacionární dráhou („**GEO**“ – Geostationary Earth Orbit) „visí“ nad určitým územím (oblast snímání cca 80° s. š. – 80° j. š.)

Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

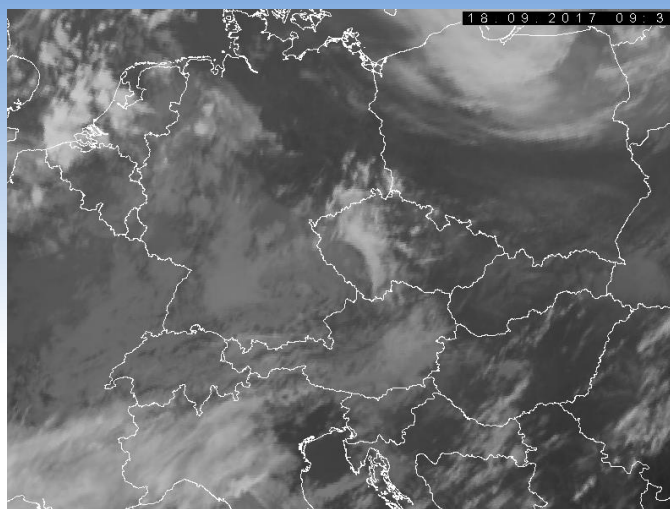
30

## Meteorologická měření a pozorování



Zdroj: Vysoudil, 2006

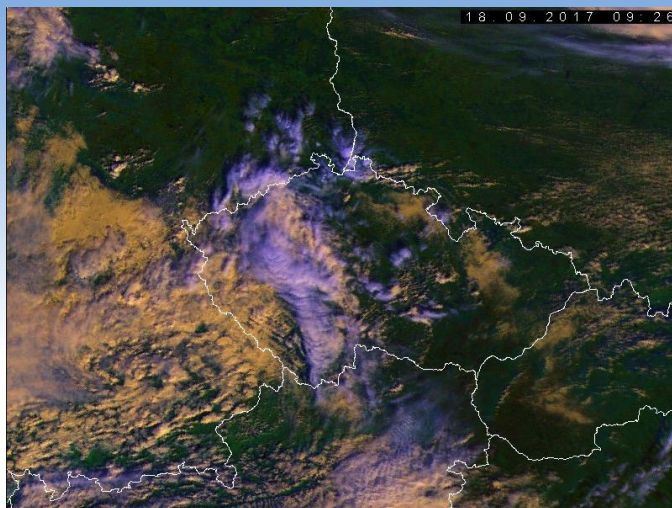
## Meteorologická měření a pozorování



Snímek oblačnosti z družice MSG (Meteosat 2. generace), Meteosat-8, resp. Meteosat-9 v pásmu tepelného záření (IR), zdroj: ČHMÚ, EUMETSAT



## Meteorologická měření a pozorování



Snímek oblačnosti z polární družice NOAA (RGB 124 kompozit, vícekanálová barevná syntéza), zdroj: ČHMÚ, NOAA

## Meteorologická měření a pozorování

- význam družicového měření a pozorování **pro potřeby meteorologie:**
  - monitoring aktuálního počasí a jeho předpověď
  - parametry oblačnosti
  - rychlost a směr větru na lokální i globální úrovni
  - studium tropických cyklon a možnost predikce jejich vzniku
- **pro potřeby klimatologie:**
  - energetické toky v rámci úplného klimatického systému Země
  - teplota povrchu oceánu
  - globální rozložení teploty vzduchu a AP
  - globální rozložení a charakter vodních par / oblačnosti
  - proudění větru a cirkulace vzduchu na globální úrovni

## Meteorologická měření a pozorování

- většina meteorologických prvků v současnosti měřena **automatickými přístroji**
- řada stanic je však stále vybavena **tradičními přístroji**, umístěnými na **meteorologickém měrném pozemku**



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

35

## Meteorologická měření a pozorování

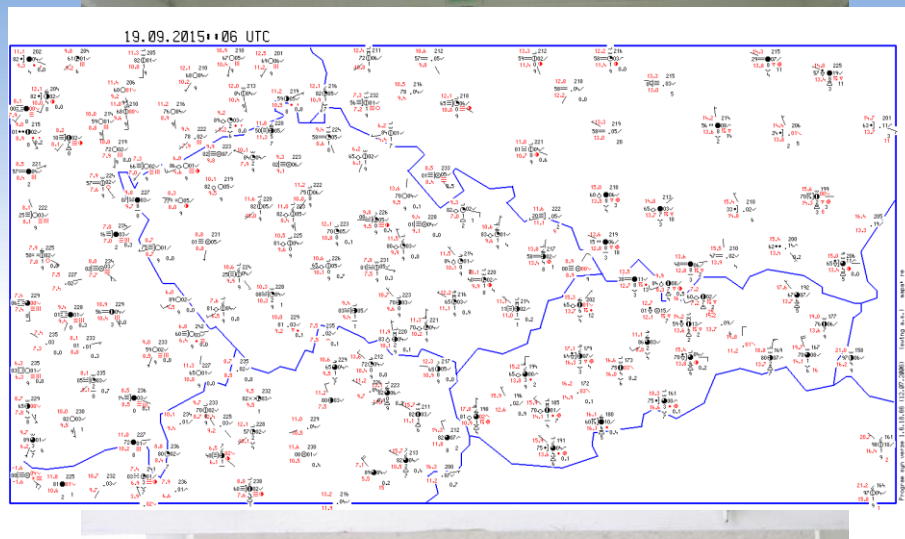
- **meteorologická budka**
  - bílá barva
  - dřevěné dvojitě žaluzie a drátěné dno
  - dvojitá stříška
  - výška nad povrchem 180 cm
  - dvířka orientována k severu
  - obsah budky:
    - 2 staniční teploměry (suchý a vlhký)
    - vlasový vlhkoměr (hygrometr)
    - extrémní teploměry (Sixův t., min. a max.)
    - termograf
    - hygrogaf } kontinuální záznam meteorolog. prvků
  - výsledky kontinuálních měření předávány na centrální pracoviště prostřednictvím **zprávy SYNOP** (1× hod.)
  - náhlé změny počasí (překročení stanovených mezí) na stanici předávány ihned ve formě **zprávy BOUŘE**



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

36

## Meteorologická měření a pozorování



## Meteorologická měření a pozorování



## Meteorologická měření a pozorování

NAME: Brno, Czech Republic  
 ELEV: 200 meters LAT: 49-11.22 N LONG: 016-35.70 E

### TEMPERATURE (C)

| YR   | MO | MEAN MAX | MEAN MIN | MEAN | HEAT DEG DAYS | COOL DEG DAYS |
|------|----|----------|----------|------|---------------|---------------|
| 2016 | 01 | 2.7      | -2.3     | 0.2  | 493.1         | 0.0           |
| 2016 | 02 | 8.8      | 2.2      | 5.4  | 374.5         | 0.0           |
| 2016 | 03 | 10.8     | 2.2      | 6.3  | 371.9         | 0.0           |
| 2016 | 04 | 16.6     | 5.4      | 11.1 | 216.0         | 0.0           |
| 2016 | 05 | 23.2     | 11.1     | 17.1 | 66.6          | 28.6          |
| 2016 | 06 | 28.1     | 15.2     | 21.4 | 2.7           | 95.9          |
| 2016 | 07 | 30.0     | 16.5     | 23.2 | 7.1           | 141.9         |
| 2016 | 08 | 26.0     | 14.8     | 20.3 | 8.9           | 70.0          |
| 2016 | 09 | 23.9     | 13.1     | 18.4 | 40.8          | 44.0          |
| 2016 | 10 | 17.1     | 9.9      | 13.8 | 25.9          | 0.0           |
| 2016 | 11 |          |          |      |               |               |
| 2016 | 12 |          |          |      |               |               |
|      |    | 19.1     | 8.9      | 13.9 | 1607.6        | 380.2         |

### PRECIPITATION (mm)

| YR   | MO | TOTAL | MAX OBS. DAY | DATE | ---DAYS OF RAIN---<br>OVER |      |       |
|------|----|-------|--------------|------|----------------------------|------|-------|
|      |    |       |              |      | 0.30                       | 3.00 | 30.00 |
| 2016 | 01 | 8.4   | 4.1          | 14   | 3                          | 1    | 0     |
| 2016 | 02 | 62.2  | 15.7         | 18   | 12                         | 5    | 0     |
| 2016 | 03 | 33.8  | 18.8         | 08   | 8                          | 3    | 0     |
| 2016 | 04 | 31.5  | 9.4          | 08   | 8                          | 3    | 0     |
| 2016 | 05 | 23.1  | 7.4          | 29   | 7                          | 3    | 0     |
| 2016 | 06 | 23.1  | 8.4          | 15   | 5                          | 3    | 0     |
| 2016 | 07 | 128.8 | 52.8         | 31   | 10                         | 8    | 1     |
| 2016 | 08 | 28.2  | 14.7         | 21   | 4                          | 3    | 0     |
| 2016 | 09 | 7.6   | 6.3          | 05   | 2                          | 1    | 0     |
| 2016 | 10 | 6.1   | 4.1          | 04   | 2                          | 1    | 0     |
| 2016 | 11 |       |              |      |                            |      |       |
| 2016 | 12 |       |              |      |                            |      |       |
|      |    | 352.8 | 52.8         | Jul  | 61                         | 31   | 1     |

## Meteorologická měření a pozorování

- **intenzita slunečního záření**
  - **pyranometry (solarimetry)** - měření charakteristik elektromagnetického záření
  - registrují globální, rozptýlené i odražené záření o vlnové délce 0,3–3,0 μm
  - množství záření dopadajícího na jednotku plochy
  - ČHMÚ: měření pouze na vybraných stanicích
  - denní chod průměrných hodinových úhrnů globálního záření



## Meteorologická měření a pozorování

- **délka trvání slunečního svitu**
  - **heliograf** (Campbell-Stokes)
  - koule z žíhaného optického skla
  - záznamový pásek pro vypálení stopy
  - 3 typy záznamových pásků
  - nutné nastavit podle z. š. stanice
  - **izohélie**: čára spojující místa se stejnou délkou slunečního svitu



## Meteorologická měření a pozorování

- **měření teploty vzduchu**
  - suchá, vlhká, maximální, minimální a přízemní (5 cm) teplota vzduchu
  - standardně ve 2 m nad AP, s přesností na 0,1 °C
  - přístroje:
    - skleněný kapalinový teploměr
    - deformační bimetalový teploměr
    - elektrický teploměr (odporový a termoelektrický)
  - **průměrná denní teplota [°C]**

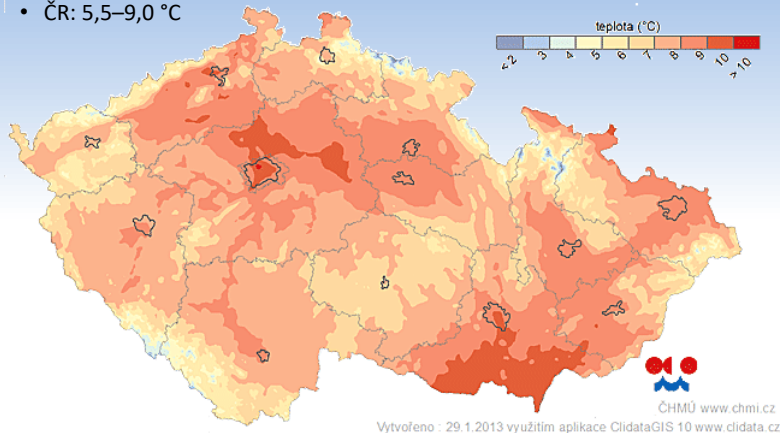
$$t_d = \frac{t_7 + t_{14} + 2 \cdot t_{21}}{4}$$

- **počty „charakteristických dnů“**
  - arktický den ( $t_{\max} \leq -10$  °C), ledový den ( $t_{\max} \leq -0,1$  °C), mrazový den ( $t_{\min} \leq -0,1$  °C), letní den ( $t_{\max} \geq 25$  °C), tropický den ( $t_{\max} \geq 30$  °C), tropická noc ( $t_{\min} \geq 20$  °C)



## Meteorologická měření a pozorování

- **teplotní suma**
  - součet průměrných denních teplot
- **průměrná roční teplota [°C]**
  - ČR: 5,5–9,0 °C



## Meteorologická měření a pozorování

- **měření teploty půdy**
  - rtuťové či elektrické teploměry
  - standardní hloubky měření 5, 10, 20, 50 a 100 cm
  - lomené půdní teploměry (hloubky do 20 cm)
  - hloubkové půdní teploměry



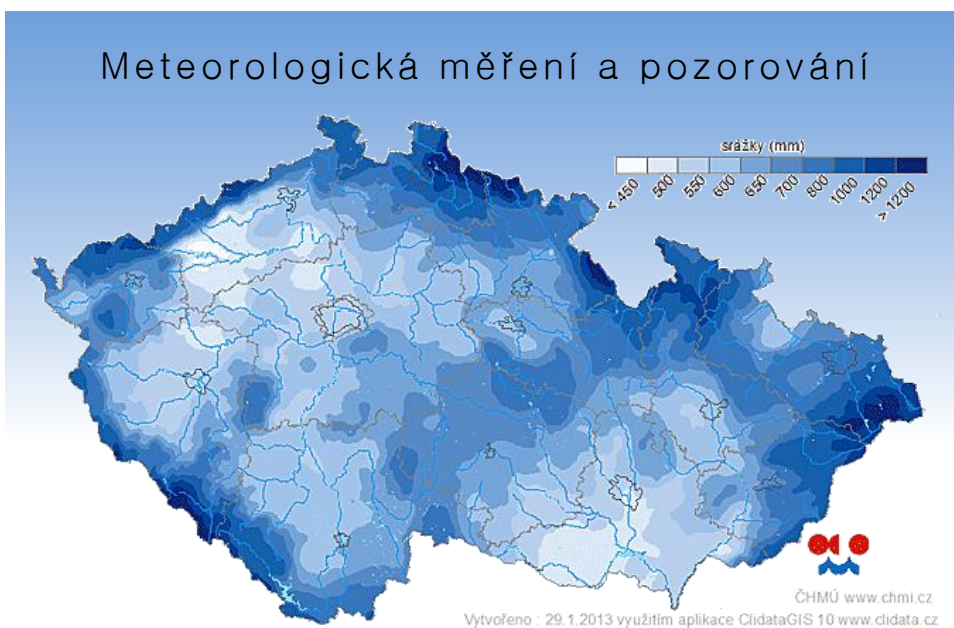
## Meteorologická měření a pozorování

- **měření srážek**
  - **srážkoměr**
  - **ombrograf** pro kontinuální záznam srážkových úhrnů
  - **totalizátor** pro měření srážkových úhrnů v nepřístupných oblastech
  - odečet vždy v 7 hod. ráno
  - v zimě se měří také **celková výška sněhu** (sněhoměrnou latí [cm]), **výška nového sněhu** (sněhoměrným prkénkem [cm]) a **vodní hodnota sněhu** (váhový sněhometrem [mm], 1× týdně)
  - běžné charakteristiky: měsíční srážkový úhrn, průměrný dlouhodobý měsíční úhrn, nejvyšší denní úhrn, počet dní se srážkami, se sněžením, kroupami, apod.

## Meteorologická měření a pozorování



## Meteorologická měření a pozorování



## Meteorologická měření a pozorování





## Meteorologická měření a pozorování



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

49

## Meteorologická měření a pozorování

- **měření vlhkosti vzduchu**
  - **psychrometr** (psychrometrická metoda založena na měření rozdílu teplot suchého a vlhkého teploměru – psychrometrický rozdíl), Augustův psychrometr
  - **hygrometr** (vlasový vlhkoměr – měří změnu délky vlasu se změnou vlhkosti)



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

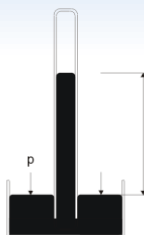
50

## Meteorologická měření a pozorování

- **měření tlaku vzduchu**

- **rtuťový tlakoměr** (E. Toricelli, 17. stol., jednotka tlaku torr [mm]), **aneroid, barograf**

- výška Hg sloupce ve skleněné trubici, nahoře uzavřené, dole ponořené do nádoby s Hg
- odečtený tlak je třeba redukovat na teplotu 0 °C (tepelná roztažnost), nadmořskou výšku a tíhové zrychlení
- normální tlak vzduchu  $p_n = 1013,25 \text{ hPa}$  (= 760 torr)
- význam měření tlaku pro předpovědi počasí



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

51

## Meteorologická měření a pozorování



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

52

## Meteorologická měření a pozorování

- **měření přízemního větru [m.s<sup>-1</sup>]**
  - měření ve výšce 7-10 m nad terénem
  - **větrná směřovka**
  - **anemometr** (Robinsonův miskový kříž)
  - Beaufortova stupnice (13 stupňů)



## Meteorologická měření a pozorování

| stupeň | rychlost větru |         | tlak větru v kg/m <sup>2</sup><br>odpovídající měření v 10 m | slovní označení           | znaky na souši   | znaky na moři  |
|--------|----------------|---------|--|---------------------------|--|--|
|        | m/s            | km/h    |  |                           |  |  |
| 0      | 0-0,2          | 0-1     | 0  | <b>bezvětří</b>           | kouř stoupá svisle vzhůru  | moře je zrcadlově hladké   |
| 1      | 0,3-1,5        | 1-5     | 0-0,1  | <b>váněk</b>              | kouř už nestoupá úplně svisle, korouhev nereaguje                                  | malé šupinovitě zčeřené vlny bez pěnových vrcholků   |
| 2      | 1,6-3,3        | 6-11    | 0,2-0,6  | <b>slabý vítr</b>         | vítr je cítit ve tváři, listí šelestí, korouhev se pohybuje                        | malé vlny, ještě krátké, ale výraznější se sklovitými hřebeny, které se nelámu   |
| 3      | 3,4-5,4        | 12-19   | 0,7-1,8  | <b>mírný vítr</b>         | listy a větvičky v pohybu, vítr raplně prapore                                     | hřebeny vln se začínají lámat, pěna převážně skelná. Ojedinelý výskyt malých pěnových vrcholků.  |
| 4      | 5,5-7,9        | 20-28   | 1,9-3,9  | <b>došti čerstvý vítr</b> | vítr zvedá prach a papíry, pohybuje větvičkami a slabšími větve                    | vlny ještě malé, ale prodlužují se. Hojný výskyt pěnových vrcholků.  |
| 5      | 8,0-10,7       | 29-38   | 4,0-7,2  | <b>čerstvý vítr</b>       | hýbe listnatými keři, malé stromky se ohýbají                                      | došti velké a výrazně prodloužené vlny. Všude bílé pěnové vrcholy, ojedinělý výskyt vodní tříště.  |
| 6      | 10,8-13,8      | 39-49   | 7,3-11,9   | <b>silný vítr</b>         | pohybuje silnějšími větve, telegrafní dráty sviští, nesnadné jest používat deštník | velké vlny. Hřebeny se lámou a zanechávají větší plochy bílé pěny. Trochu vodní tříště.  |
| 7      | 13,9-17,1      | 50-61   | 12,0-18,3  | <b>prudký vítr</b>        | pohybuje celými stromy, chůze proti větru obtížná                                  | moře se bouří. Bílá pěna vzniklá lámáním hřebenů vytváří pruty po větru.   |
| 8      | 17,2-20,7      | 62-74   | 18,4-26,8  | <b>bouřlivý vítr</b>      | láme větve, vzpřímená chůze proti větru je již nemožná                             | došti vysoké vlnové hory s hřebeny výrazné oděky od jejich okrajů se začíná odtrhávat vodní tříšť, pásy pěny po větru  |
| 9      | 20,8-24,4      | 75-88   | 26,9-37,3  | <b>vichřice</b>           | menší škody na stavbách  | vysoké vlnové hory, husté pásy pěny po větru, moře se začíná valit, vodní tříšť snižuje viditelnost  |
| 10     | 24,5-28,4      | 89-102  | 37,4-50,5  | <b>silná vichřice</b>     | na pevnině se vyskytuje zřídka, vyvrací stromy a ničí domy                         | velmi vysoké vlnové hory s překlápějícími a lámajícími se hřebeny, moře bílé od pěny. Těžké nárazové valení moře. Viditelnost znatelně omezena vodní tříští. |
| 11     | 28,5-32,6      | 103-117 | 50,6-66,5  | <b>mohutná vichřice</b>   | rozsáhlé zpuštění plochy   | mimořádné vysoké pěnové hory. Viditelnost znehodnocena vodní tříští.   |
| 12     | 32,7-37,4      | 118-133 | 66,6-??  | <b>orkán</b>              | nižové účinky odnáší domy, pohybuje těžkými hmotami                                | vzduch plný pěny a vodní tříště. Moře zcela bílé. Viditelnost velmi snížena. Není výtěd.   |

## Meteorologická měření a pozorování

### • měření a pozorování oblačnosti

- pozorování stupně zakrytí oblohy oblačností
- měření výšky základny oblačné vrstvy (optický či laserový **ceilometr**)
- **nefometr** pro měření pokrytí oblohy oblačností

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| ○ 0/8 - jasno          | ◐ 5/8 - oblačno        |
| ◑ 1/8 - jasno          | ◒ 6/8 - oblačno        |
| ◓ 2/8 - skoro jasno    | ◔ 7/8 - skoro zataženo |
| ◕ 3/8 - malá oblačnost | ◖ 8/8 - zataženo       |
| ◗ 4/8 - polojasno      | ⊗ Nelze rozeznat       |



Laserový ceilometr CT25K.

## Meteorologická měření a pozorování

### • měření výparu

- množství vody [mm], které se odpaří z volné vodní hladiny za 24 h.
- **evaporimetr (výparoměr)** – odměrná nádoba zapuštěná do země



## Meteorologická měření a pozorování

- **měření ozonu v atmosféře**

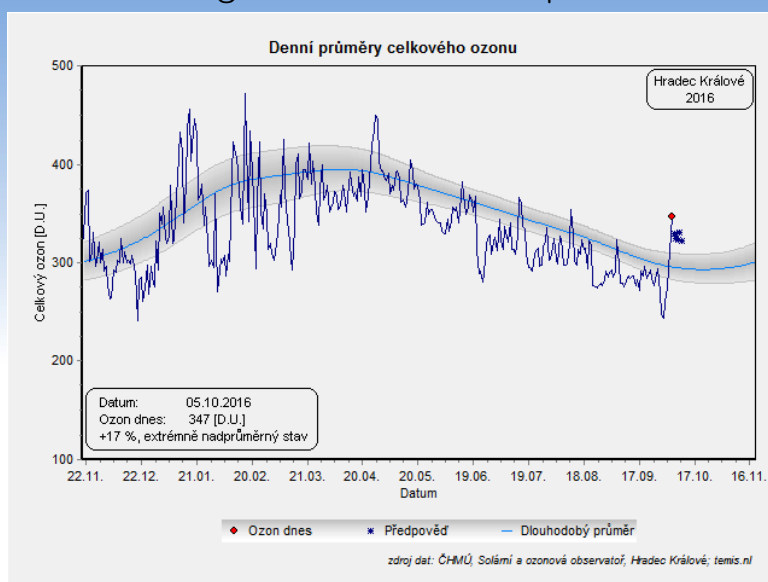
- **Dobsonova jednotka (DU)** – mohutnost ozonové vrstvy
- **1 DU** = 0,01 mm silná vrstva ozónu shromážděného ze sloupce ozónu nad daným místem u zemského povrchu za standardních podmínek (teplota 0 °C a tlak 1 atm)
- 1 DU = 0,01 mm vrstvy čistého ozónu za standardních podmínek
- **Dobsonův spektrometr** měří intenzitu slunečního UV záření o 4 vlnových délkách (2 jsou absorbovány ozonem a 2 nikoliv)
- ČR: aerologický ozonosondažní systém (Praha-Libuš) + fotometrické měření koncentrace ozonu (observatoř Hradec Králové)



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

57

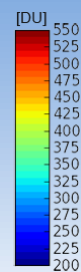
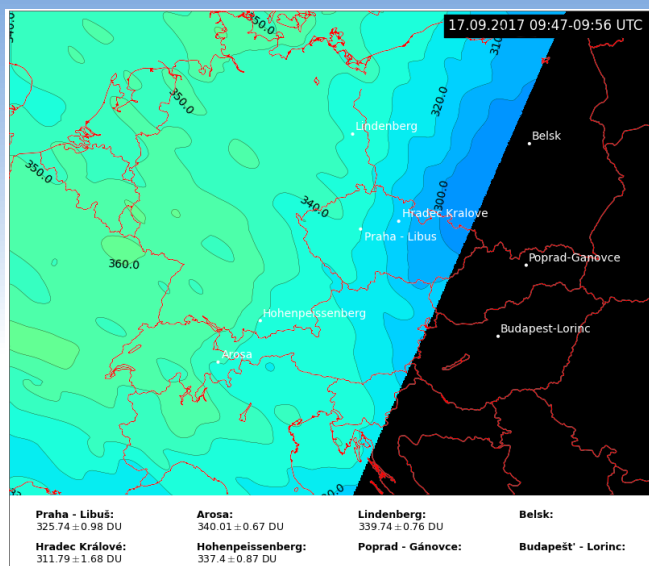
## Meteorologická měření a pozorování



Atmosféra a hydrosféra Země | J. Jakubinský

58

## Meteorologická měření a pozorování



- výstup přístroje GOME2 (Global Ozone Monitoring Experiment-2)
- družice Metop s polární dráhou (EUMETSAT+NOAA)
- finská meteo. služba

## Meteorologická měření a pozorování

- **monitoring složení atmosféry, toků energie a látek v atmosféře**
  - atmosférická stanice Košetice / Křešín u Pacova
  - Ústav výzkumu globální změny AV ČR + ČHMÚ
  - národní monitoring výskytu a dálkového přenosu skleníkových plynů v atmosféře



## Meteorologická měření a pozorování

