



Bioklimatologie (LES+M+A)

Vyučující: prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D.
(Ústav agrosystémů a bioklimatologie AF)

14.09.2026	14.00	16.50	B32
16.09.2026	8.00	10.50	B32
09.10.2026	13.00	15.50	B32
30.10.2026	14.00	16.50	B32
27.11.2026	14.00	16.50	B32
11.12.2026	14.00	16.50	B32



Organizace

- kdo absolvoval na VŠ
- docházka
- přestávka
- z + z
- ???

Studijní literatura:



ke stažení

Texty z předmětu bioklimatologie

- www.mendelu.cz
- naše fakulty
- Agronomická fakulta
- o fakultě
- organizační struktura fakulty
- Ústav agrosystémů a bioklimatologie
- Výuka
- Materiály ke stažení
- Bioklimatologie LDF – kombinované studium
- (https://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/ke_stazeni/bioklimatologie/LDFkombi/)



Bioklimatologie:

- Fytobioklimatologie
- Zoobioklimatologie
- Humánní bioklimatologie
- Technická bioklimatologie



Cíl předmětu

- popsat, vysvětlit a objasnit:
 - ⇒ základy meteorologie a klimatologie
 - ⇒ podstatu meteorologických měření (stanice, data)
 - ⇒ jednotlivé meteorologické prvky (energie a voda)
 - ⇒ jejich význam (MP) v přírodě - lesnictví, myslivosti a arboristice
 - ⇒ změnu klimatu a její dopady na les a krajinu
 - ⇒ základní informace o předpovědi počasí



Bioklimatologické faktory x les (strom)

produkce

- sluneční záření
- srážky (vodní bilance)
- teplota vzduchu

.....

..

stres

- teplota
- sucho
- UV záření

.....

destrukce

(disturbance)

- vítr
- námraza
- sníh

.....



Bioklimatologické faktory x les (strom)

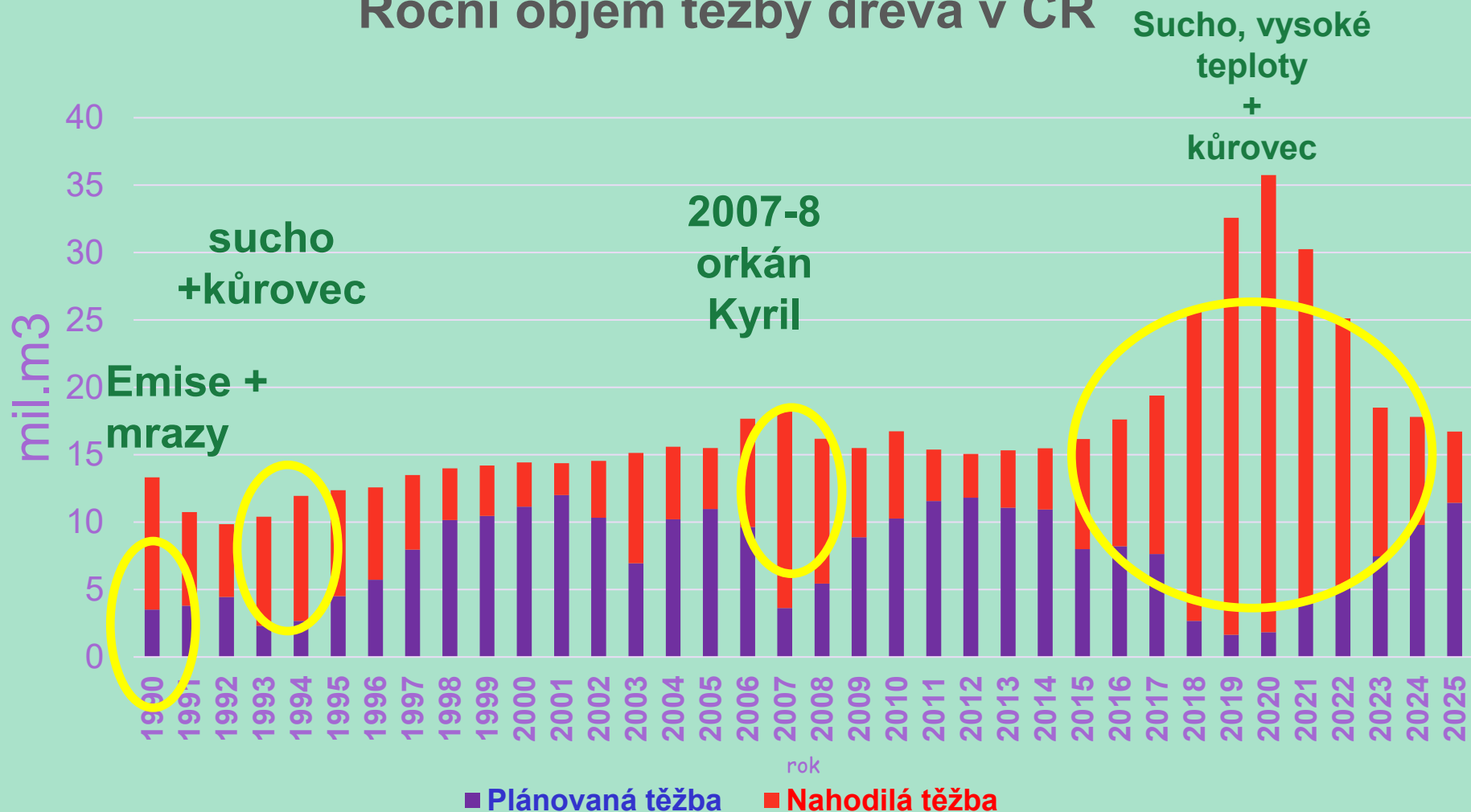
Klimatická změna

.... reálně je počasí rozhodující
(podporující/omezující)
produkční faktor
Důkaz?

Vývoj těžeb 1990–2025

(nahodilá = vítr, námraza, povodně, sucho, kůrovec...)

Roční objem těžby dřeva v ČR



rok	celková těžba	z toho nahodilá těžba	nahodilá těžba
	mil m ³	mil m ³	%
2015	16,2	8,2	50
2016	17,6	9,4	53
2017	19,4	11,7	60
2018	25,7	23,0	89
2019	32,6	31,0	95
2020	35,8	33,9	95
2021	30,3	26,3	87
2022	25, 0	19,8	79
2023	18,5	11,0	59
2024	17,8	8,0	45
2025	16,7	5,3	32 (každý třetí kubík)



Související disciplíny

- ekologie
- geografie
- hydrologie
- pedologie
- fyziologie
- **meteorologie a klimatologie**



Data, Data, Data

- dokumentární prameny
- přírodní nepřímá (proxy) data
- přístrojová meteorologická pozorování



The image shows an open handwritten manuscript, likely a ledger or account book, with two pages visible. The text is written in a cursive script, characteristic of the 17th or 18th century. The left page has a large heading at the top, and the right page has a similar heading. The handwriting is dense and fills most of both pages.

Left Page:

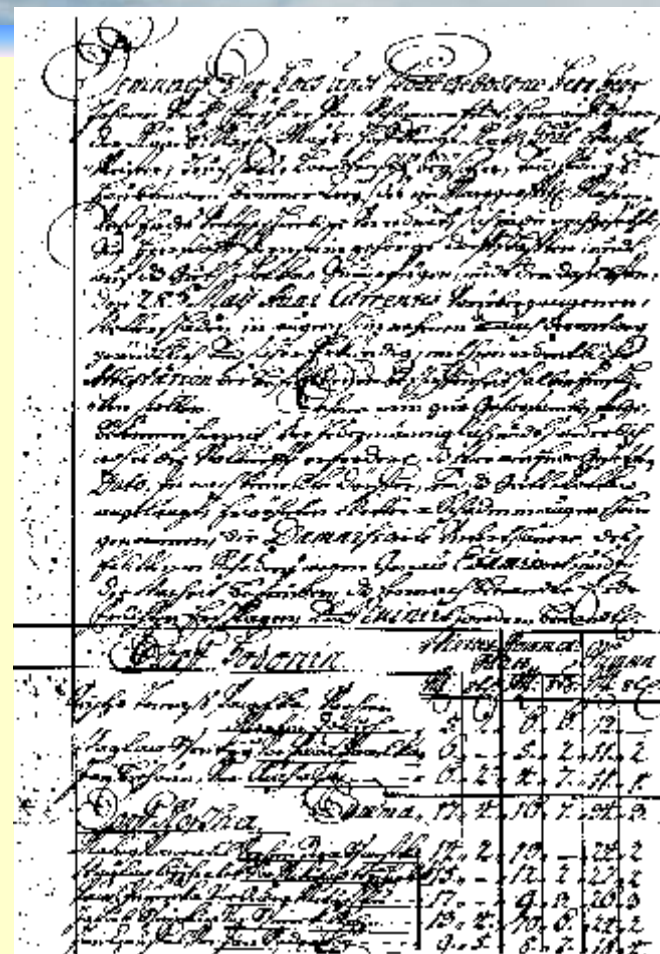
De Costen der Maagden & Maer

The text on the left page is organized into columns, with descriptions of expenses on the left and monetary values on the right. The entries are written in a cursive script, and the page is filled with many lines of text.

Right Page:

De Costen der 8 Matzau / 11.

The text on the right page is also organized into columns, with descriptions of expenses on the left and monetary values on the right. The entries are written in a cursive script, and the page is filled with many lines of text.



Rozsáhlá agenda je dochována v souvislosti se škodami farmářům (snížení daní)

Dokumentární nepřímé údaje

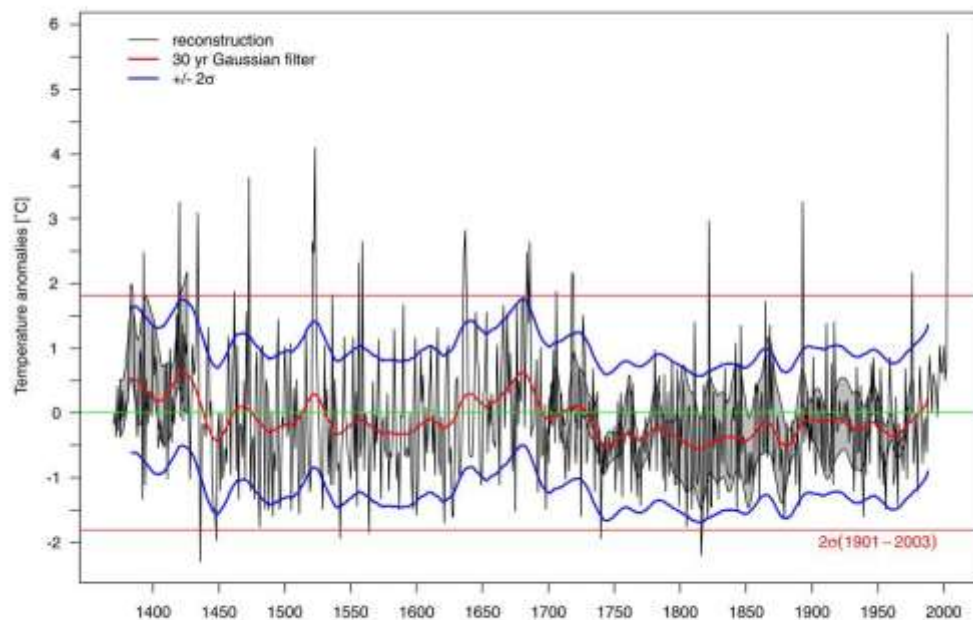


Nepřímé údaje z vinařství

- začátek vinobraní
- množství vína
- kvalita vína

Kolísání teplotních anomálií dubna-srpna v Burgundsku rekonstruované z údajů o vinobraní v období **1370–2003**.

(Chuine et al., 2004)





- Karel Bernard Hein, 1780-1789, Hodonice

Záznamy Jana z Kunovic – leden 1538



Data, Data, Data

- dokumentární prameny
- **přírodní nepřímá (proxy) data**
- přístrojová meteorologická pozorování



Přírodní proxy data

Historické značky
(epigrafie)

Letokruhy

Sedimenty

Korály

Ledová jádra

Pyl

....

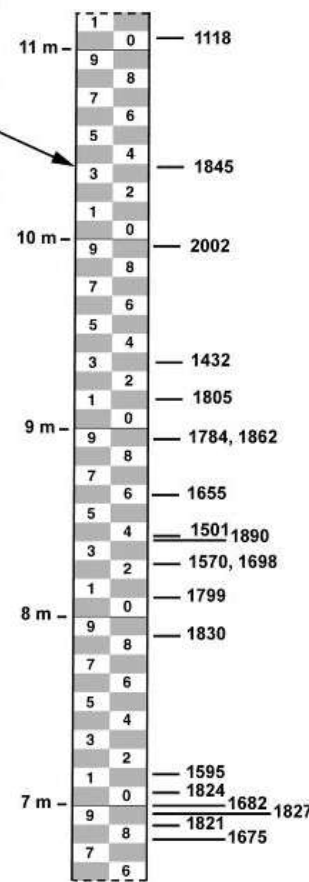
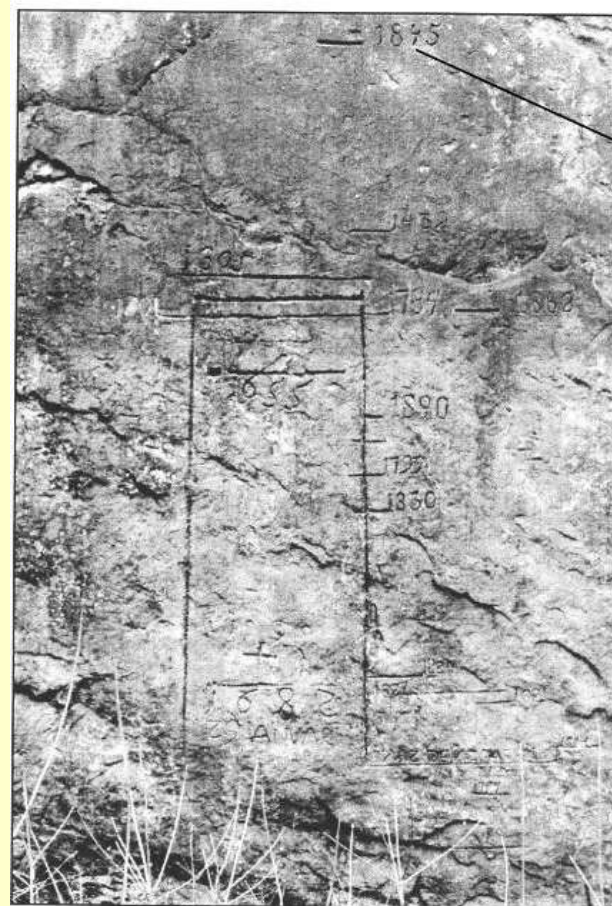
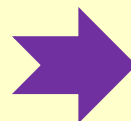
Archive	Minimum sampling interval	Temporal range (order: yr)	Potential information derived
Historical records	day/hr	$\sim 10^3$	T, P, B, V, M, L, S
Tree rings	yr/season	$\sim 10^4$	T, P, B, V, M, S
Lake sediments	yr (varves) to 20 yr	$\sim 10^4$ – 10^6	T, B, M, P, V, C _w
Corals	yr	$\sim 10^4$	C _w , L, T, P
Ice cores	yr	$\sim 5 \times 10^5$	T, P, C _s , B, V, M, S
Pollen	20 yr	$\sim 10^5$	T, P, B
Speleothems	100	$\sim 5 \times 10^5$	C _w , T, P
Paleosols	100 yr	$\sim 10^6$	T, P, B
Loess	100 yr	$\sim 10^6$	P, B, M
Geomorphic features	100 yr	$\sim 10^6$	T, P, V, L, P
Marine sediments	500 yr ^a	$\sim 10^7$	T, C _w , B, M, L, P

Bradley (1999)

Epigrafické prameny



Povodňové značky vytesané na zámecké skále v Děčíně umožňují porovnat výšky vod při povodních na Labi během několika století (viz stupnice úplně vpravo)

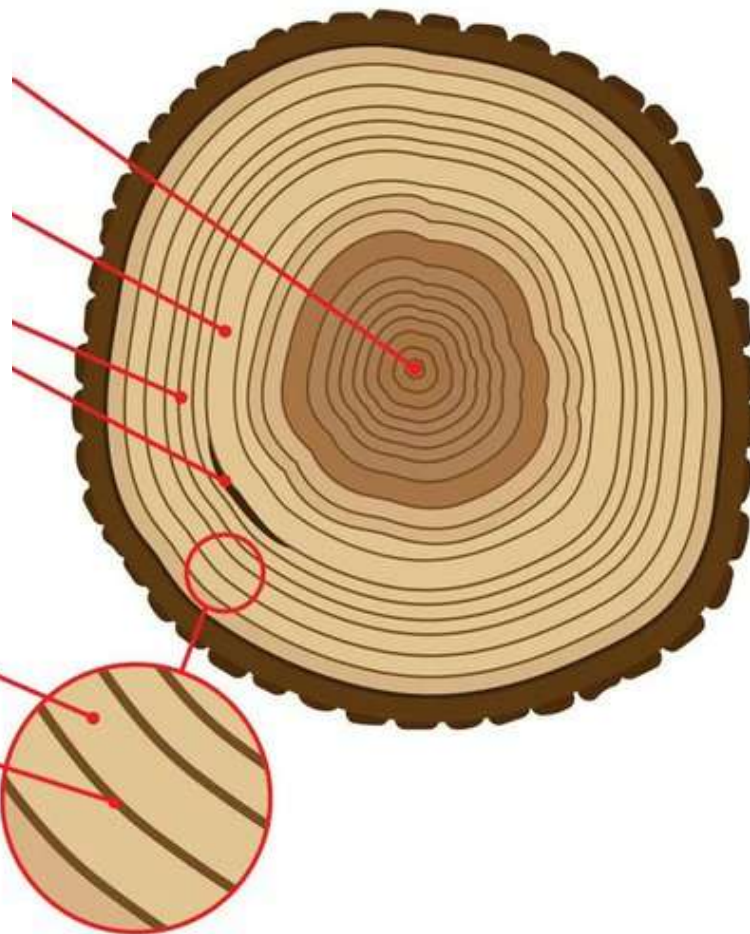


“Hladový” kámen při levém břehu řeky Labe v Děčíně - indikátor suchých období v Čechách

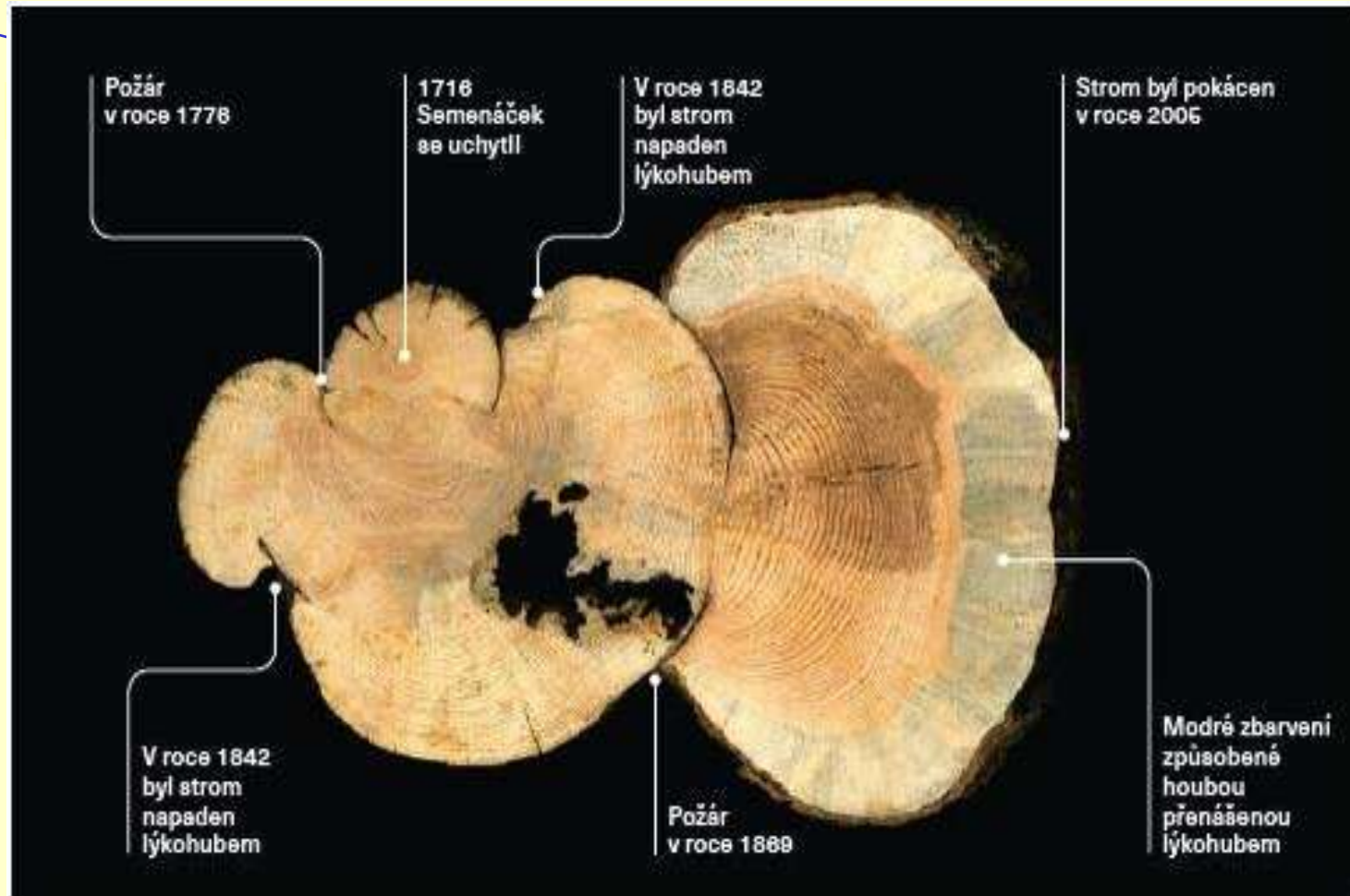
Letokruhy

První rok
Deštivá sezóna
Suchá sezóna
Jizva po požáru

Jarní/časně letní přírůst
Pozdně letní/podzimní přírůst



Čteme v kmenech stromů (dendroklimatologie)





Data, Data, Data

- dokumentární prameny
- přírodní nepřímá (proxy) data
- **přístrojová meteorologická pozorování**



Přístrojová meteorologická pozorování

Počátky meteorologických pozorování

- **Galileo Galilei** (1564–1642) a jeho žáci – první meteorologické přístroje
- 1653 - Rete Medicea – první mezinárodní meteorologická síť (10 stanic, Florencie, Parma, Paříž, Osnabrueck, Varšava...) – zaniká v roce 1667
- od roku 1659 **začíná teplotní řada Střední Anglie**, pokračující do současnosti; srážky od roku 1697 – Kew, Londýn

Systematická meteorologická pozorování v českých zemích



Praha-Klementinum

Pozorování od **1752**

Jezuitská kolej sv. Klementa (zkráceně Klementinum)

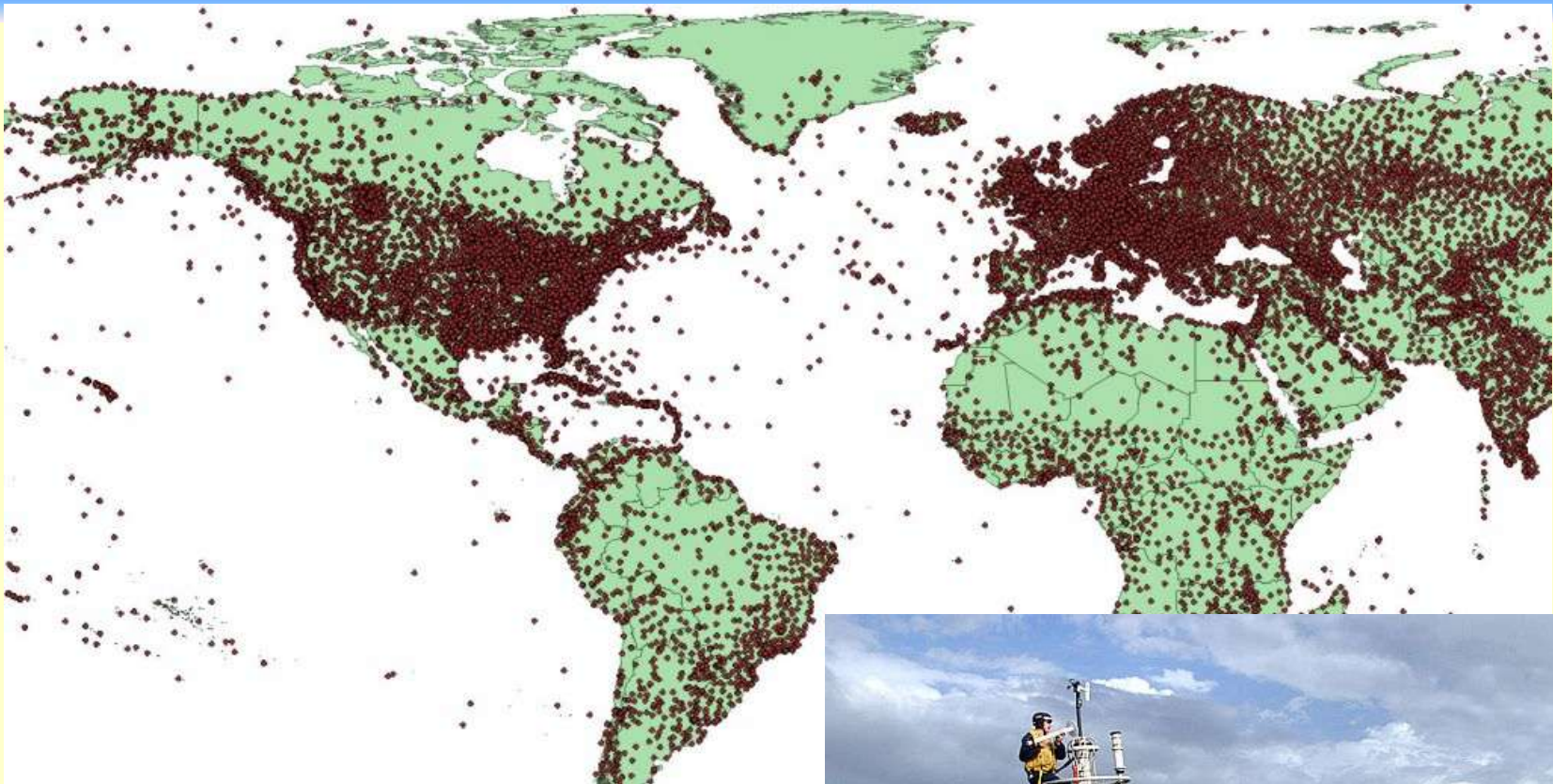




Vídeň 1873 – WMO (SMO)

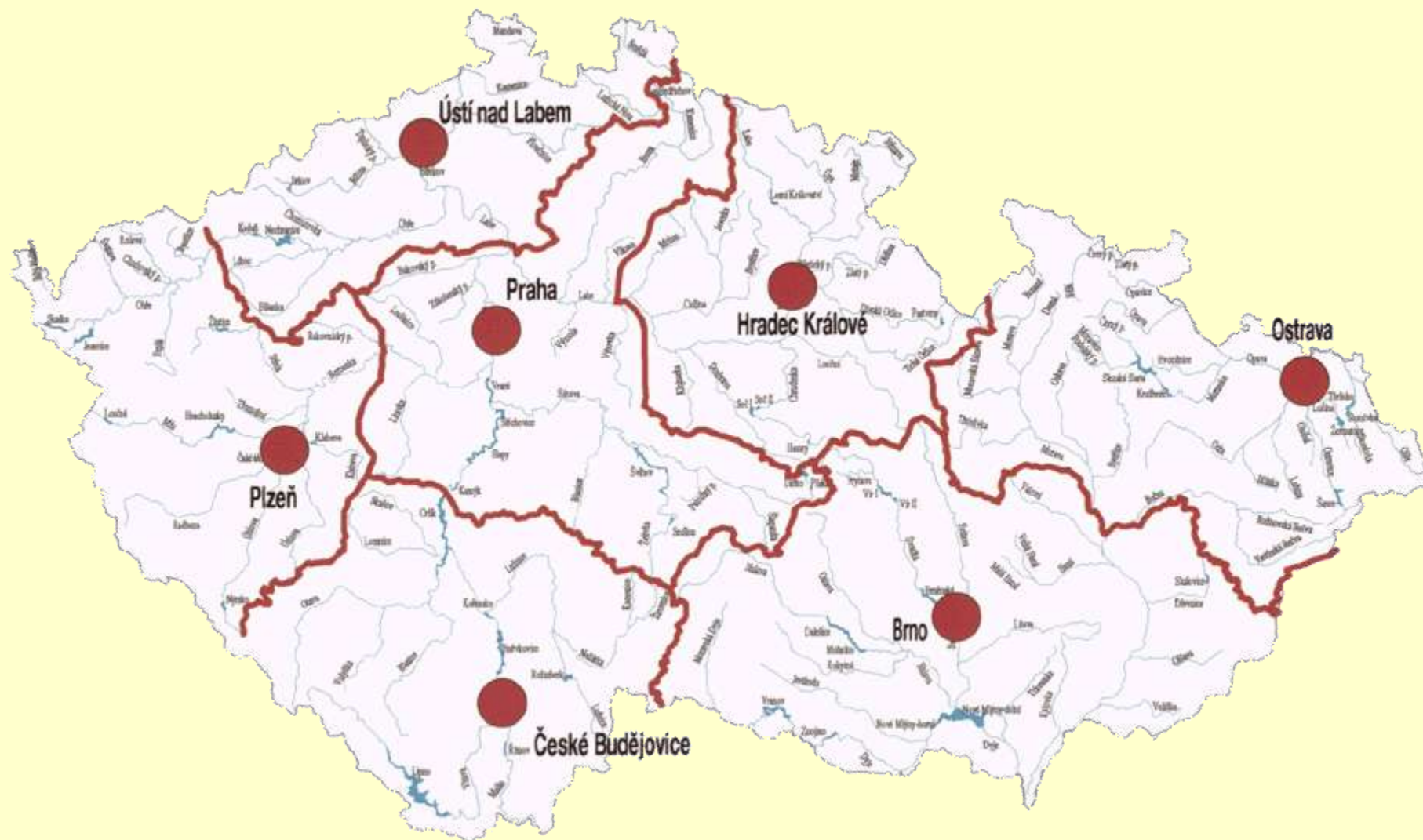
- Koordinace práce
- definice metodik a pojmů
- přijímá změny
- výkonný výbor a kongres 1x 4 roky
 - ⇒ 5/2027 - Ženeva – 20. kongres

Svět má cca 2,5 mil. meteo stanic





Pobočky ČHMÚ





ČHMÚ

Člení se na tři odborné úseky:

➤ Meteorologie a Klimatologie

- Odd. numerických předpovědí počasí
- Meteorologická kalibrační laboratoř
- Solární a ozónová observatoř, Hradec Králové
- Odbor letecké meteorologie
- Centrální předpovědní pracoviště
- Odbor klimatologie
- Odbor profesionální staniční sítě
- Odbor distančních měření a informací

➤ Hydrologie

- Oddělení povrchových vod
- Oddělení podzemních vod
- Oddělení hydrofondu a bilancí
- Odbor jakosti vody
- Oddělení hydrologických předpovědí
- Oddělení aplikované hydrologie

Čistoty ovzduší

- Oddělení emisí a zdrojů (emise - kg/čas)
- Oddělení modelování a expertíz
- Oddělení informačních systémů kvality ovzduší
- Oddělení Národní inventarizační systém
- Imisní monitoring (imise - mikrog/m³)
- Centrální laboratoř imisí
- Kalibrační laboratoř imisí
- Oddělení observatoř Tušimice
- Oddělení observatoř Košetice



Meteorologické stanice - členění

UMÍSTĚNÍ

- kosmické
- pozemní



Družice - podstata a využití

- snímání - skanující radiometr (v VIS, IR, WV)
- přenos dat – (digitálně)
- zpracování a distribuce snímků
- změny na zemském povrchu (eroze, požáry, desertifikace, sopky, poškození lesů, uvolnění ledovců)
- výskyt extrémních meteorologických jevů (cyklóny, povodně)
- předpověď počasí



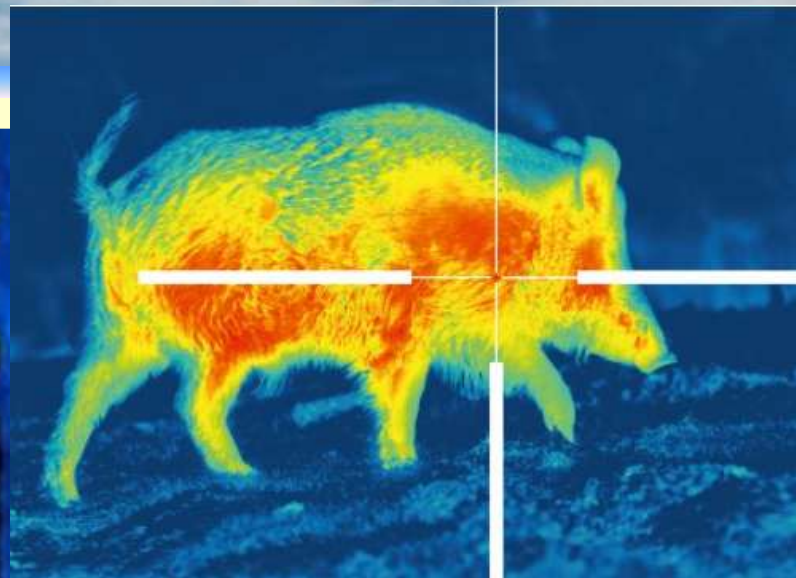
Meteorologické družice historie

- TIROS 1 (122,5 kg) – 1.dubna 1960 – první
- TIROS 3 – 10.září 1961 - hurikán Ester (1979 Bob)
- Nimbus 1 (dnes NOAA) – 1964 - IR kamery



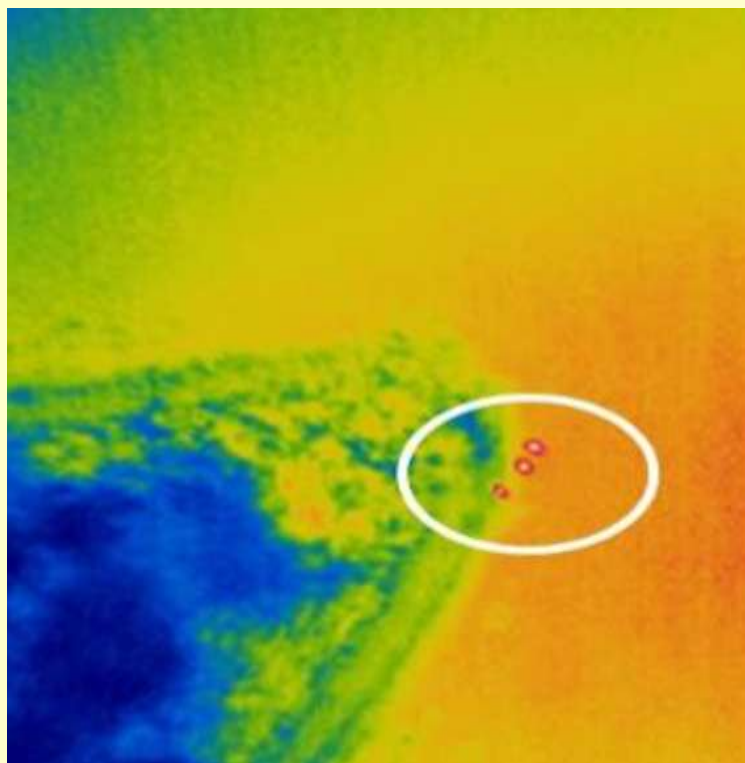
Termovize x noční vidění

(u NV nutnost přísvitů)



Zvěř - IR kamery

termovizní vyhledávání zvěře (srnčí, drobná, hnízdící ptactvo.....) před sklizní (především píce, obiloviny)



Akustické vyhánění, lidé....

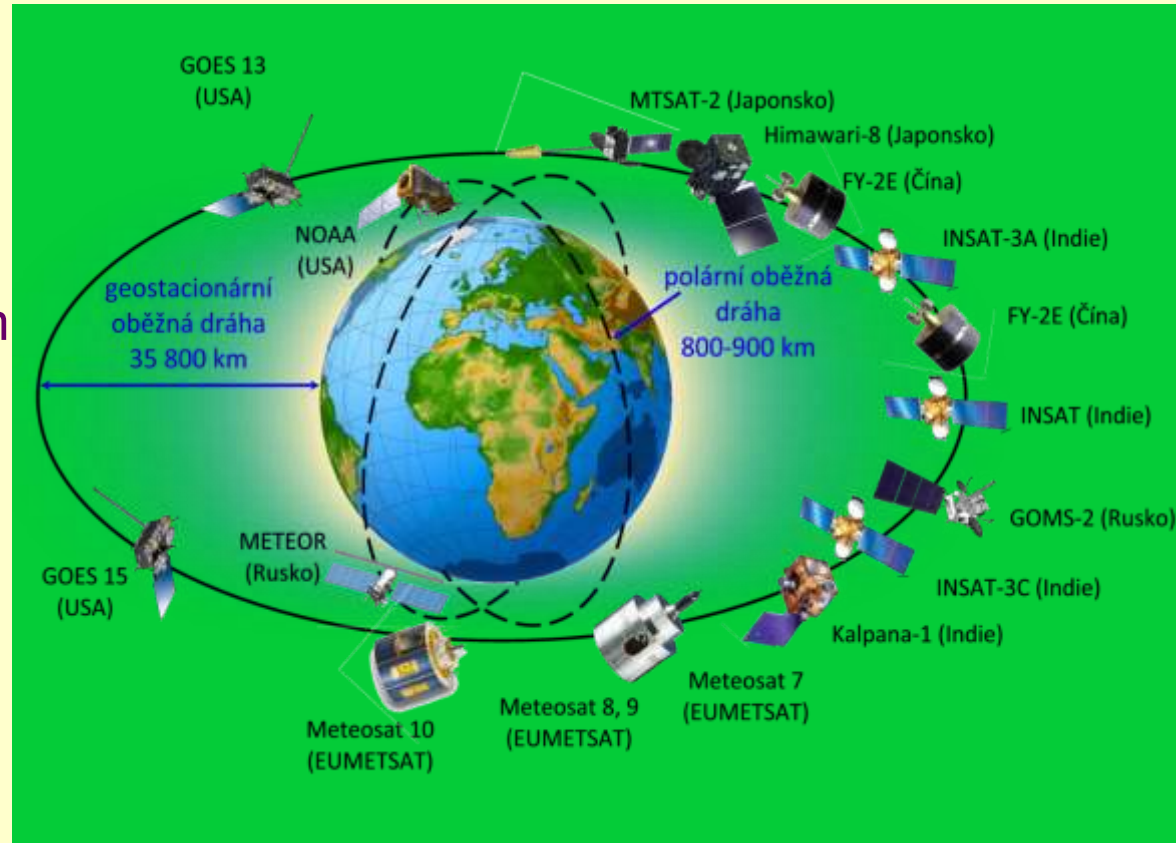


Zpět k meteosatelitům



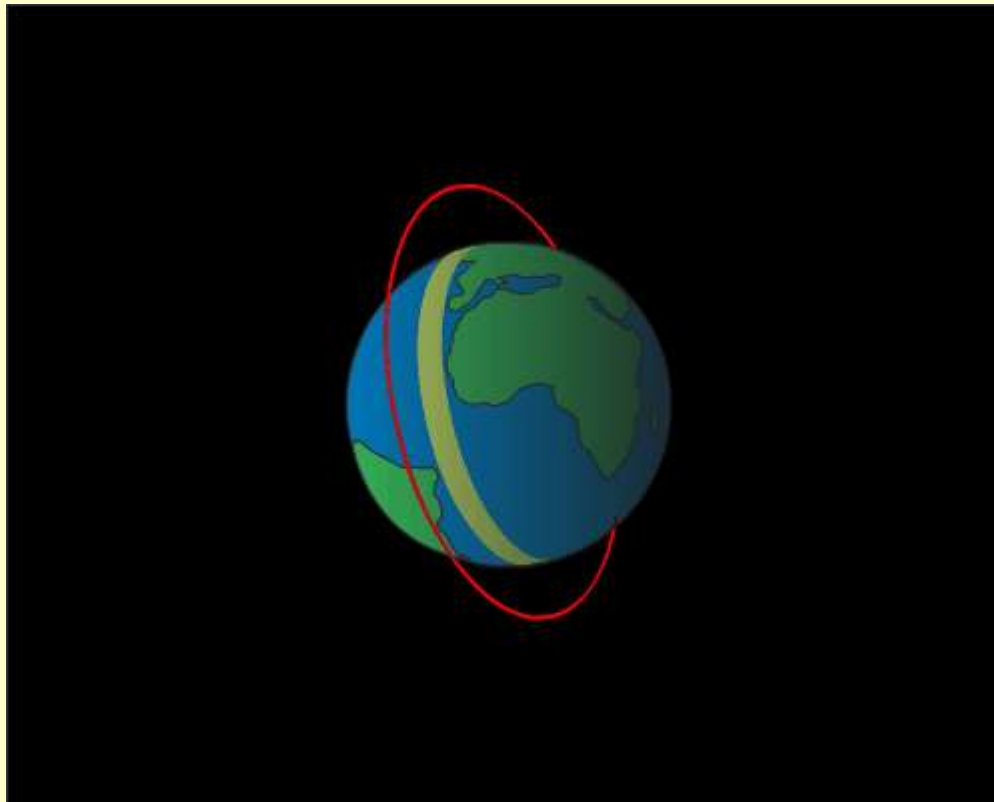
Souhra meteorologických satelitů

- Polární
- Geostacionární
- Výška 900 km x 36 000 km
- Rychlost 2 hod x 24 hodin
- Sklon k rovině rovníku

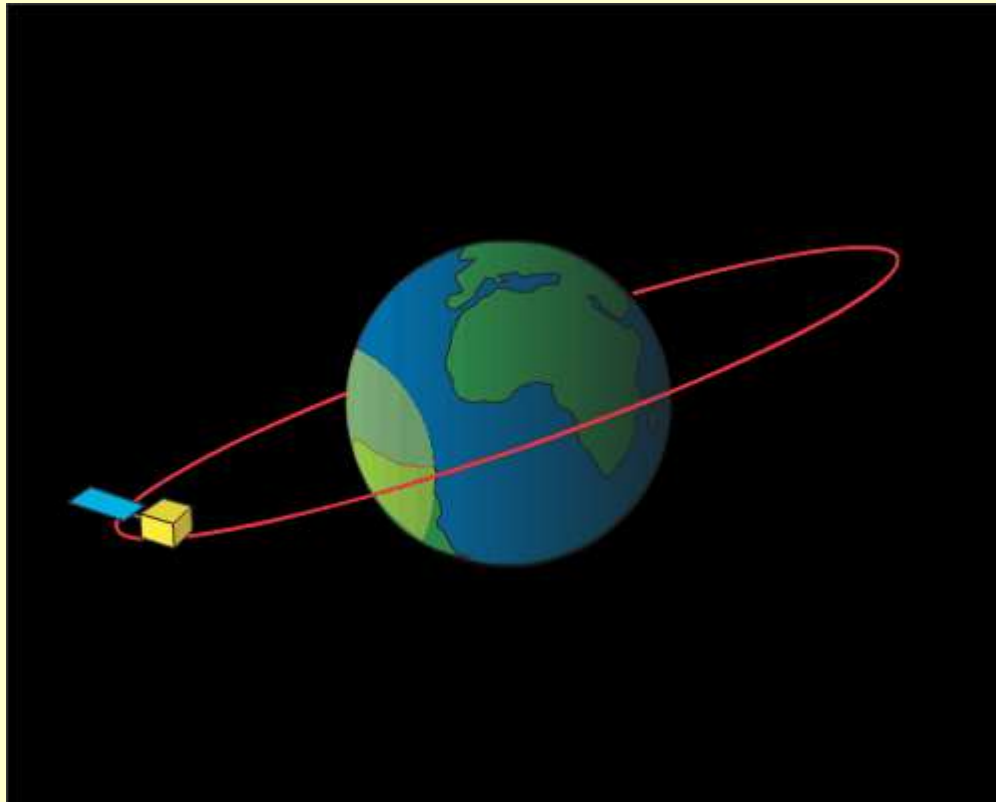




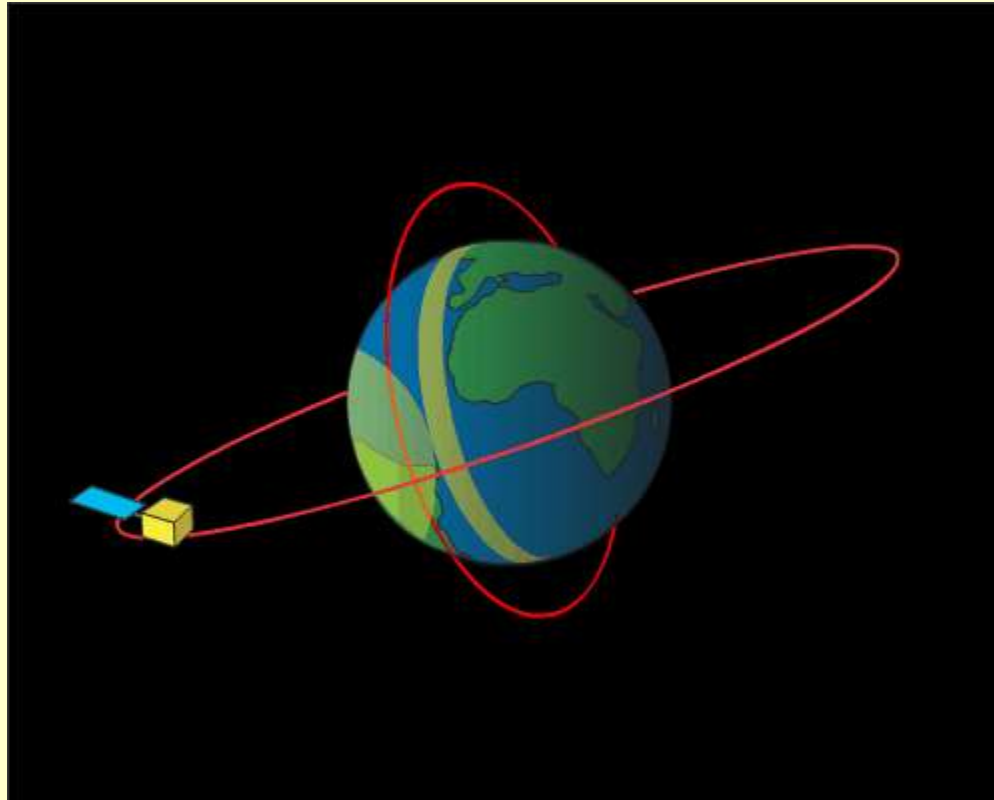
Jak snímkuje polární družice?



Jak snímkuje geostacionární družice



Souhra





Kosmické meteorologické družice

GEOSTACIONÁRNÍ

- METEOSAT
- GOES-E
- GOES-W
- HIMAWARI (Jap)
- GOMS (ELEKTRO) (Rus)
- INSAT (Ind)
- FY4 (China)

POLÁRNÍ

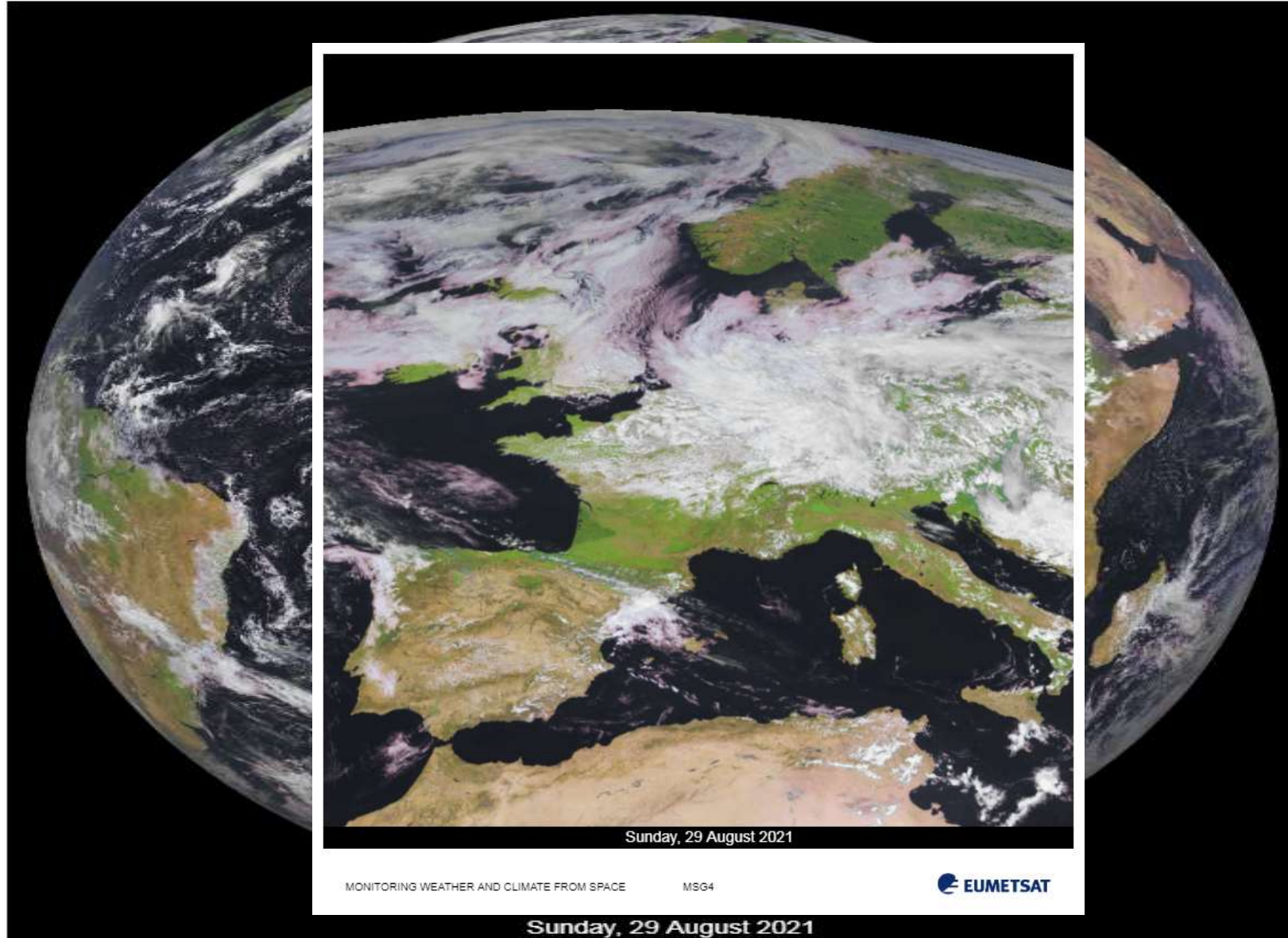
- NOAA
- METEOR
- LANDSAT
- SEASAT
-
-
-

Geostacionární družice Meteosat



Délka 3,7 m
Průměr 3,8
Váha 2035 kg

1	VIS0,6	Solární kanál	5	WV6,2	Absorpce vodní páry	9	IR10,8	Atmosferické okno
2	VIS0,8	Solární kanál	6	WV7,3	Absorpce vodní páry	10	IR12	Atmosferické okno
3	NIR1,6	Solární kanál	7	IR8,7	Atmosférické okno	11	IR13,4	Absorpce CO ₂
4	IR3,9	Atmosferické okno	8	IR9,7	Absorpce ozonu	12	HRV	Solární kanál, vysoké rozlišení

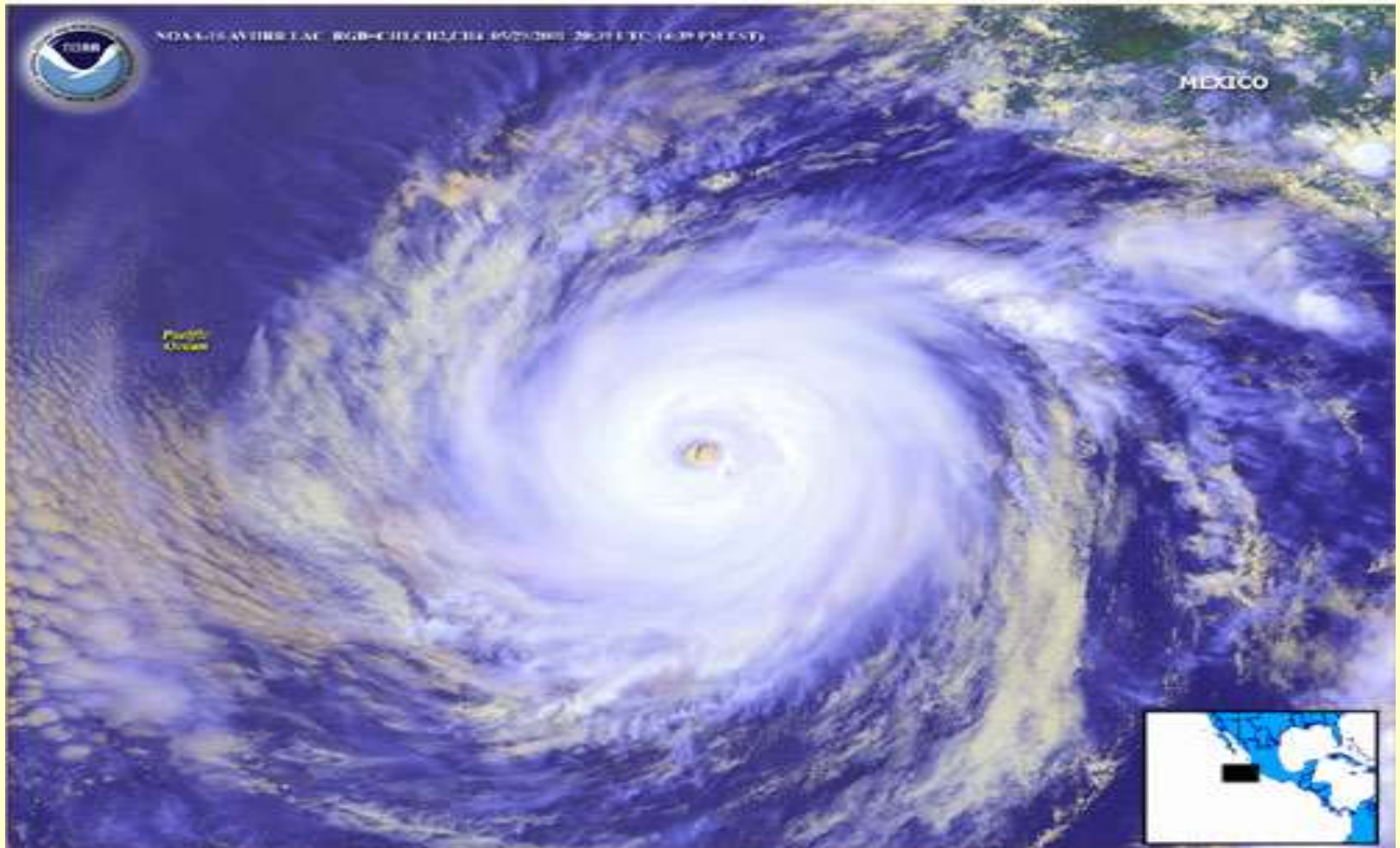


METEOSAT 8 (existují dnes 8-12)

Polární satelit (NOAA)

Hurricane Kaitika was located in the East Pacific Ocean near 13.8N and 105.7W at 20:00 UTC. Kaitika has been moving west at 10 knots with maximum sustained winds estimated at 110 knots, gales to 135 knots.

CREDIT: NOAA



Lesní požáry v Kalifornii (Envisat 2007)



Družice

Zemědělství v Saúdské Arábii (Sentinel-2A)







Meteorologické stanice

UMÍSTĚNÍ

- kosmické
- pozemní



podle obsluhy

- profesionální
- dobrovolnické



Podle účelu

- **synoptické** (53 stanic v ČR) 5 pozorovatelů, měření + pozorování, každou hodinu
- **klimatologické** (200) 3x denně, většina automatické
- **srážkoměrné** (463) 1x denně, více jak polovina automatické
- **letecko-meteorologické** (6) každou ½, Praha a Mošnov, ostatní každou hodinu
- **observatoře** (7)
- **zemědělsko (lesnicko)-meteorologické**
(207) často na fenologii

Mapa profesionálních stanic



- ...and the other side of the coin is that it is not possible to have a single, unified, and coherent system of law that can be applied to all cases.

Rozmístění klimatologických stanic – pobočka Brno





Pozemní stanice

- měrný pozemek 20*20 m, ve městě i 10*10
- nesmí být umístěna v blízkosti velkých staveb, vysokých stromů či jiných překážek
- stanice oplocena a to pletivem, deskami
- povrch pozemku

Příklady pozemních stanic





Lesnicko-meteorologická stanice Bílý Kříž





Zvláštní typy stanic: meteorologické radary - podstata a využití

- vysílání elektromagnetického vlnění (kolem 3 cm)
- zachycování jejich odrazu od cílů meteorologických (srážky) či jiných (terén, letadla apod.)
- lokalizace vertikálních srážek
- posouzení intenzity srážek
- detekce výskytu bouřek



Radarová měření v ČR

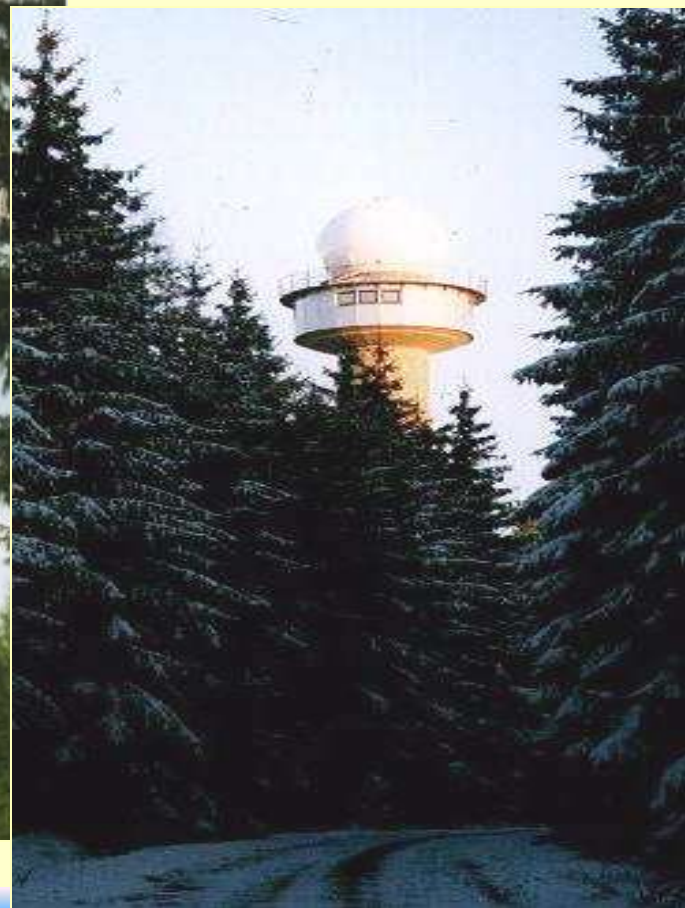
Praha-Libuš



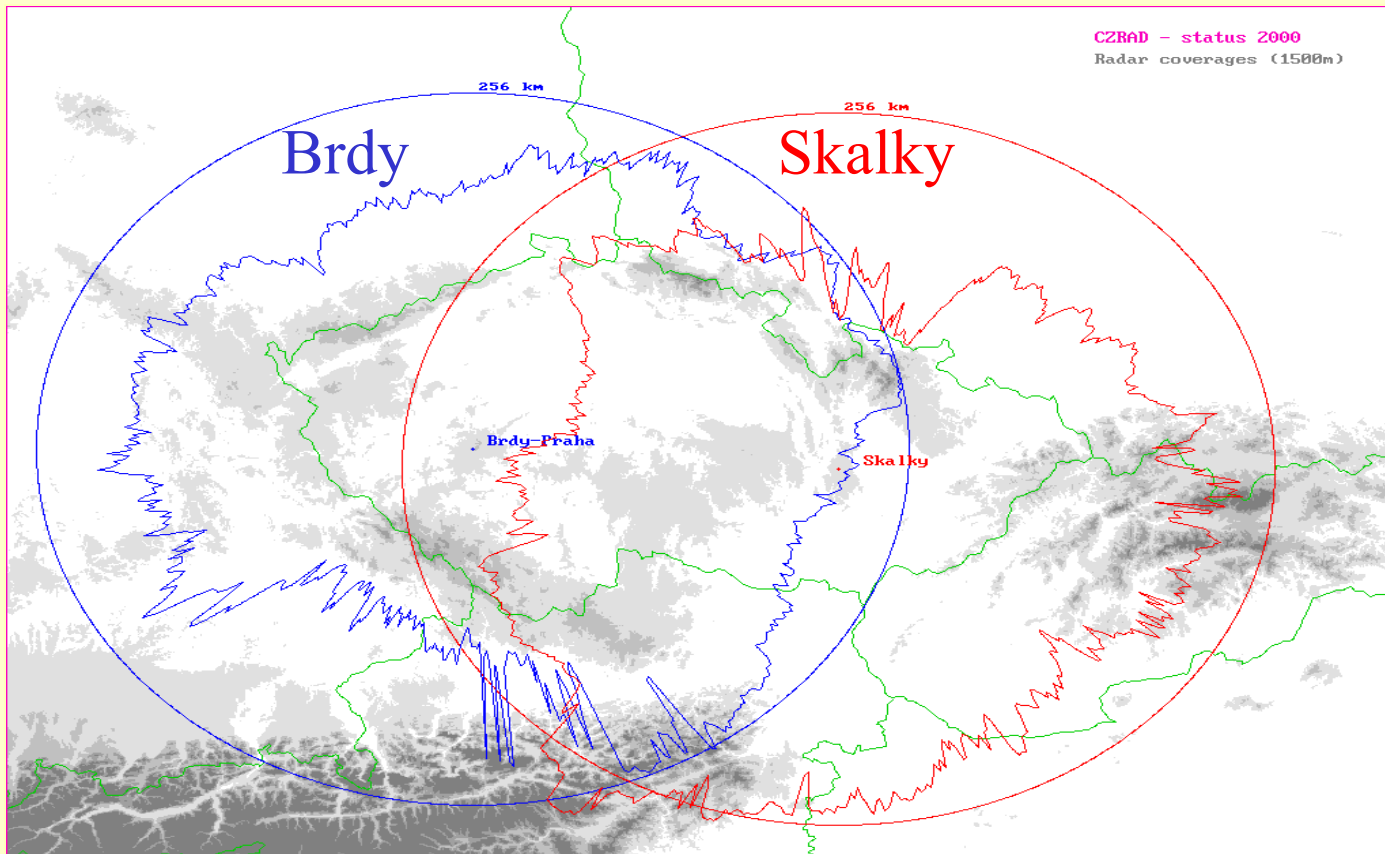
Brdy



Skalky

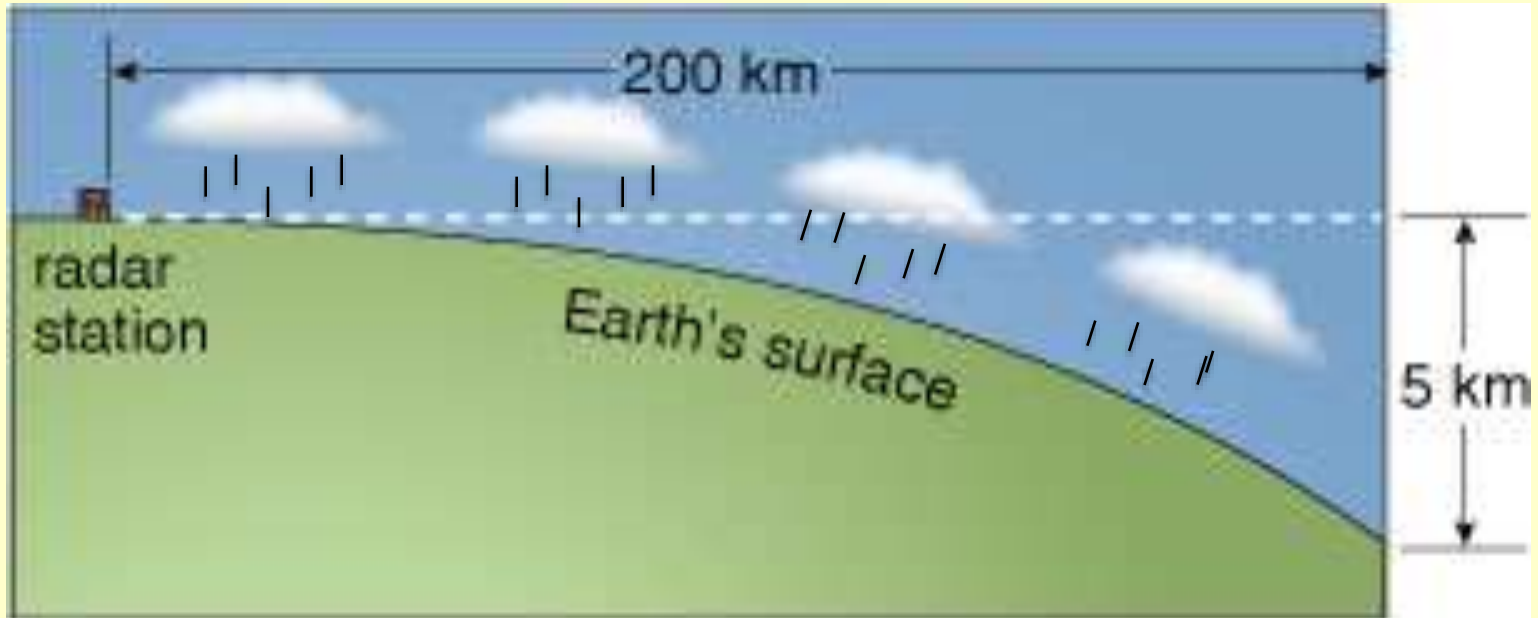


Dosahy radarů v ČR



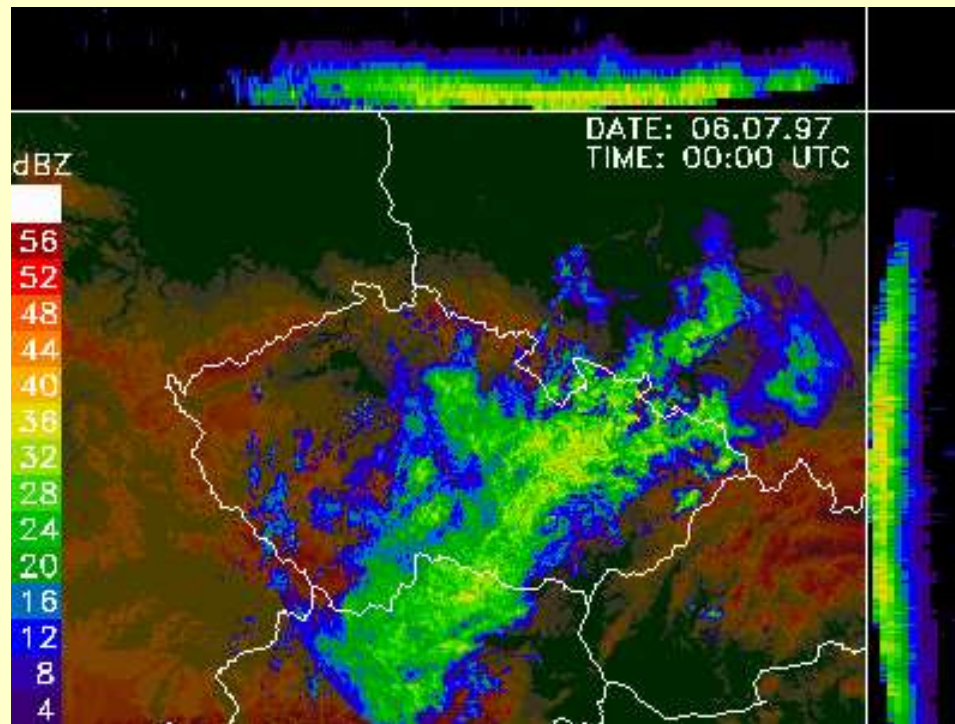
$R = 256 \text{ km}$

Dosahy radarů obecně



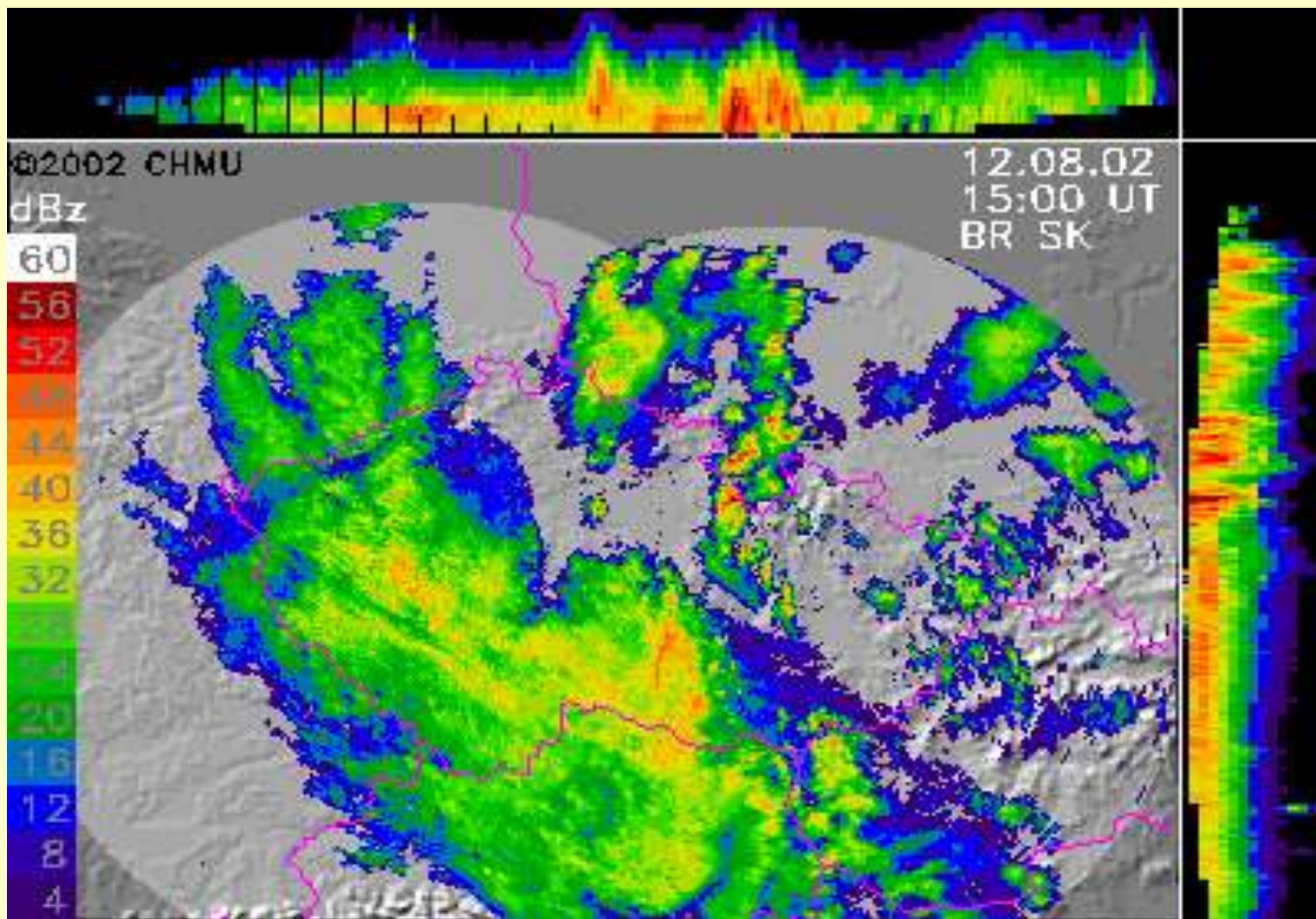


Radarové výstupy (červenec 1997)

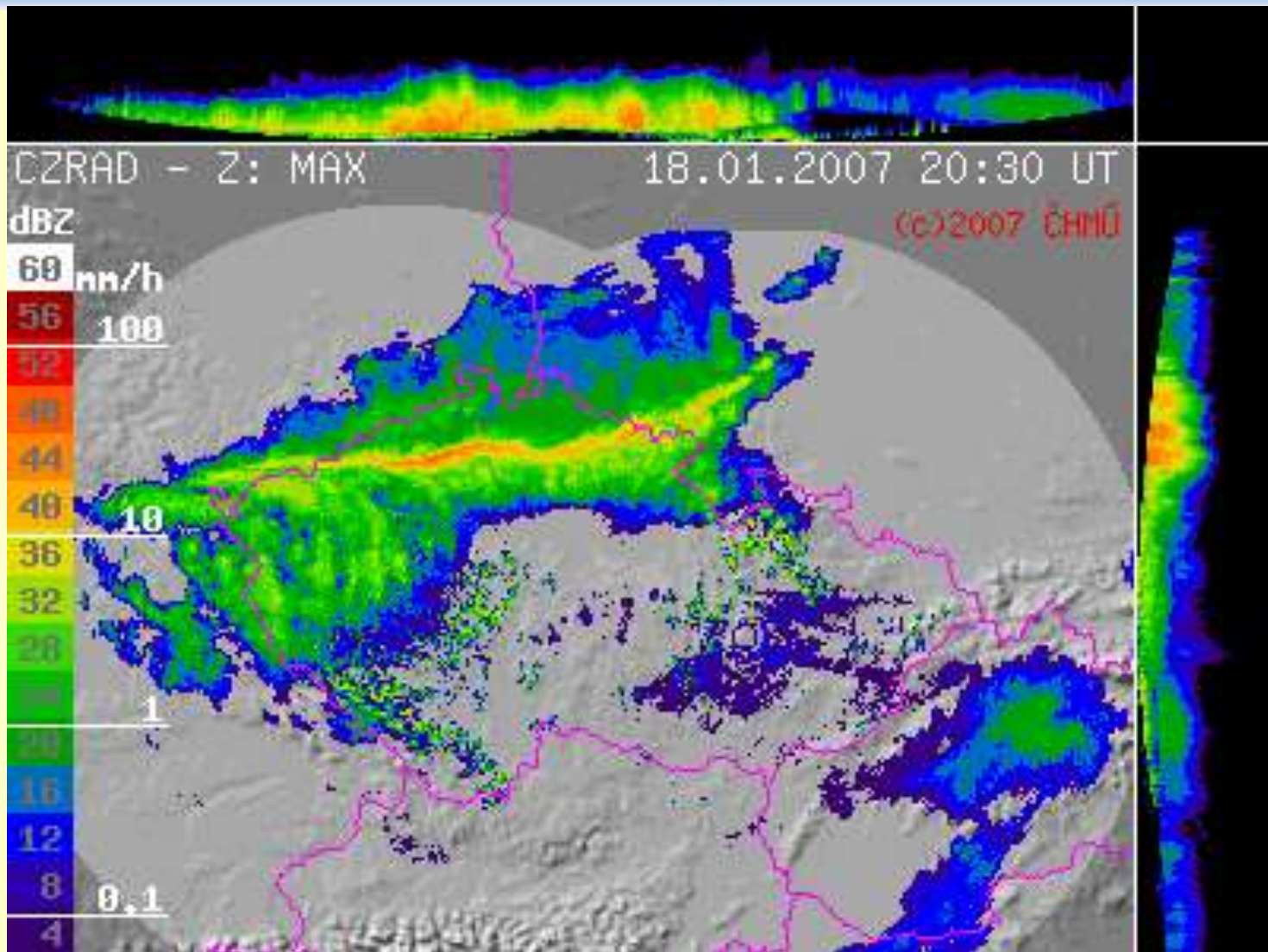


<http://www.chmi.cz/meteo/rad/index.html>

Radarové výstupy (povodeň srpen 2002)



18.1. 2007 - Kyril



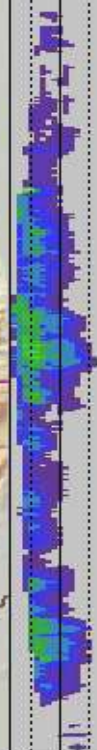
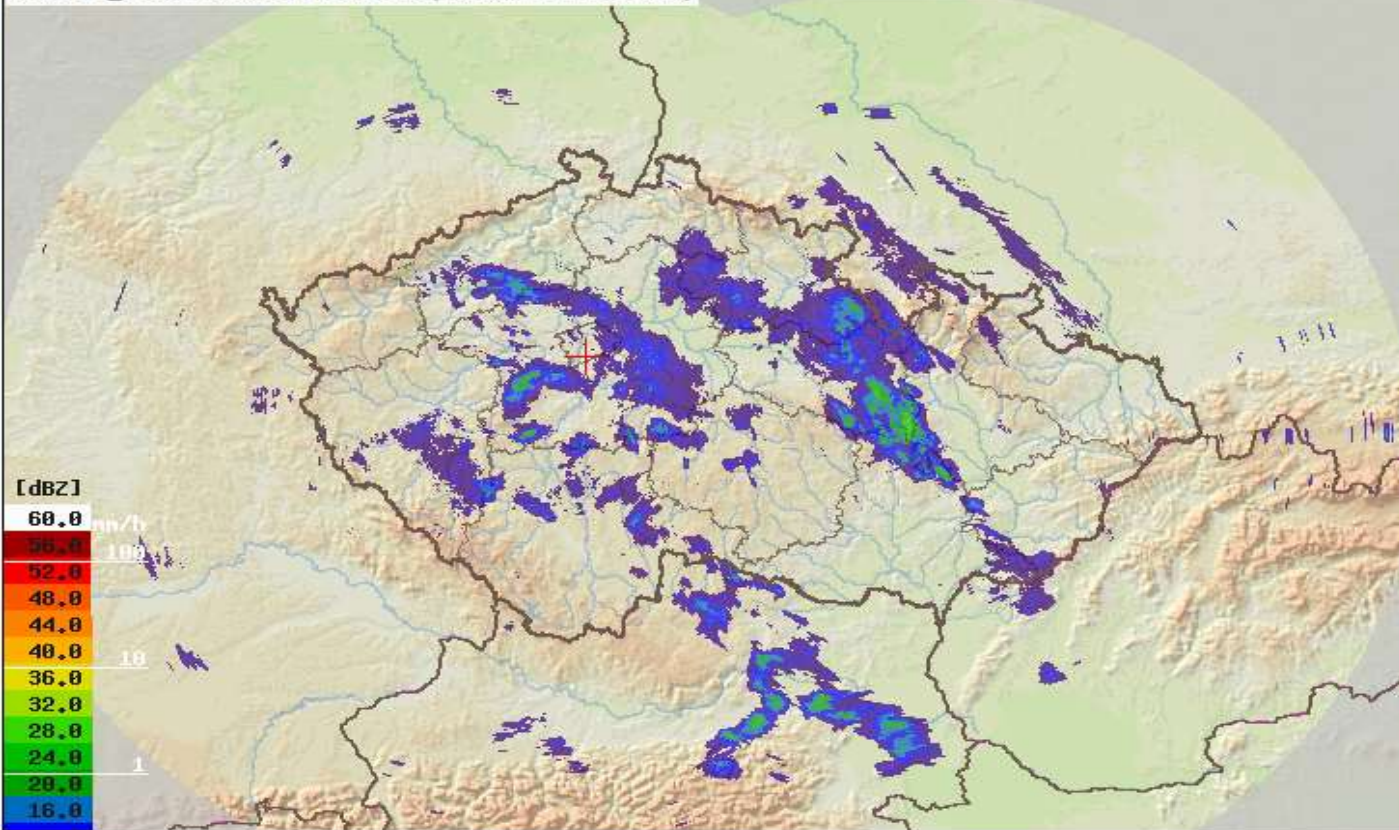
Současná podoba



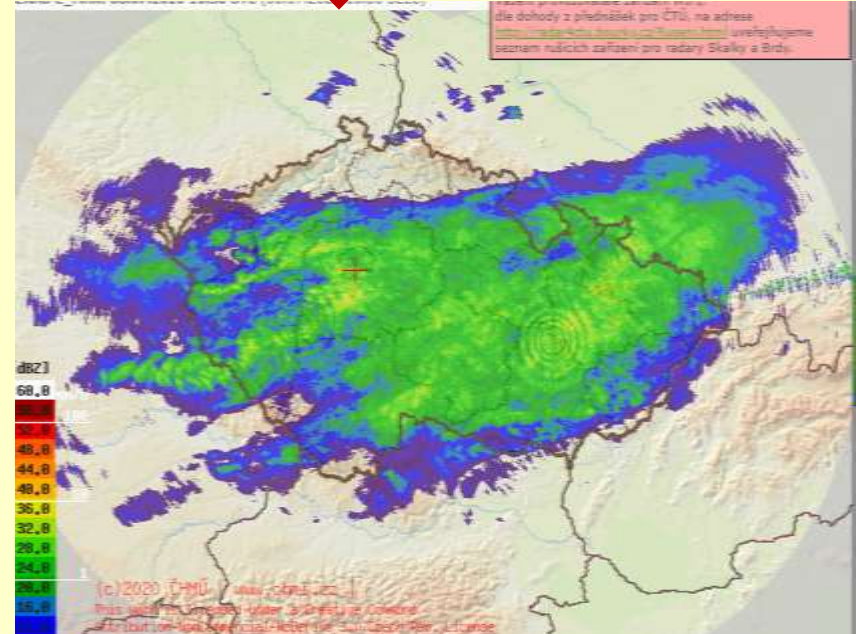
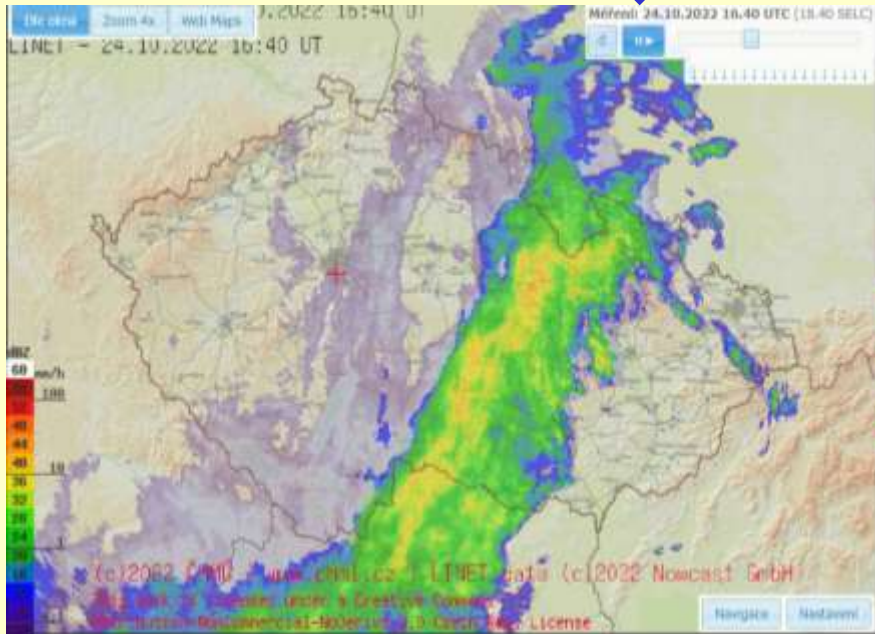
ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV

- Aktuální radarová data

CZRAD_Z_MAX: 13.02.2011 13:00 UTC (13.02.2011 14:00 SEC)



Studená a teplá fronta





11.4.2023

4 50

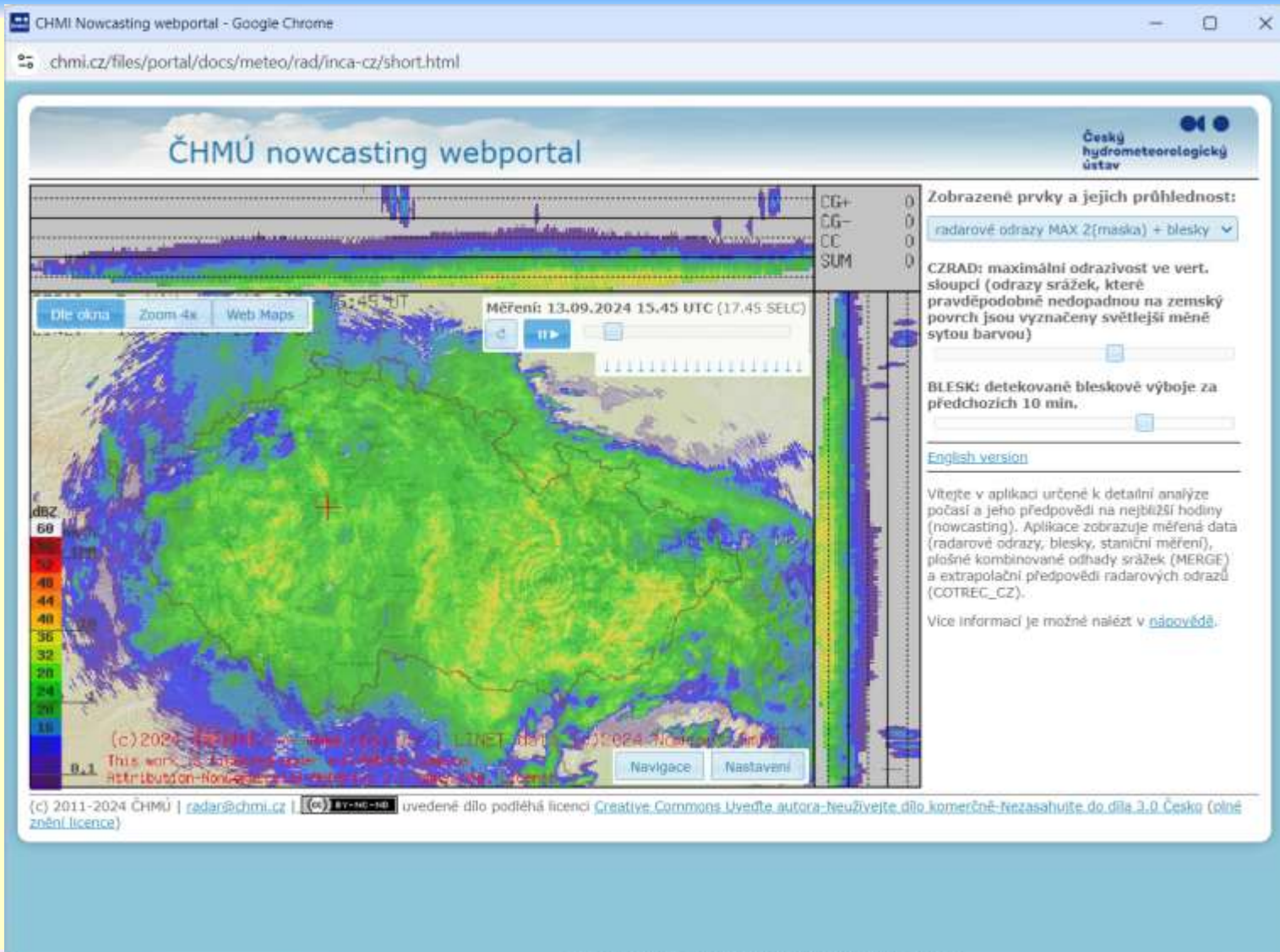
5 10



???



Povodně 2024 (13.9.2024)

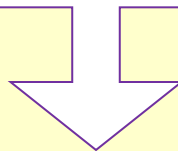


www.radareu.cz

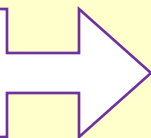




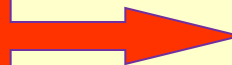
Atmosférické vlivy



Člověk

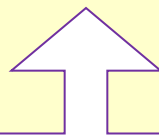


les (strom)



Služby = ZISK

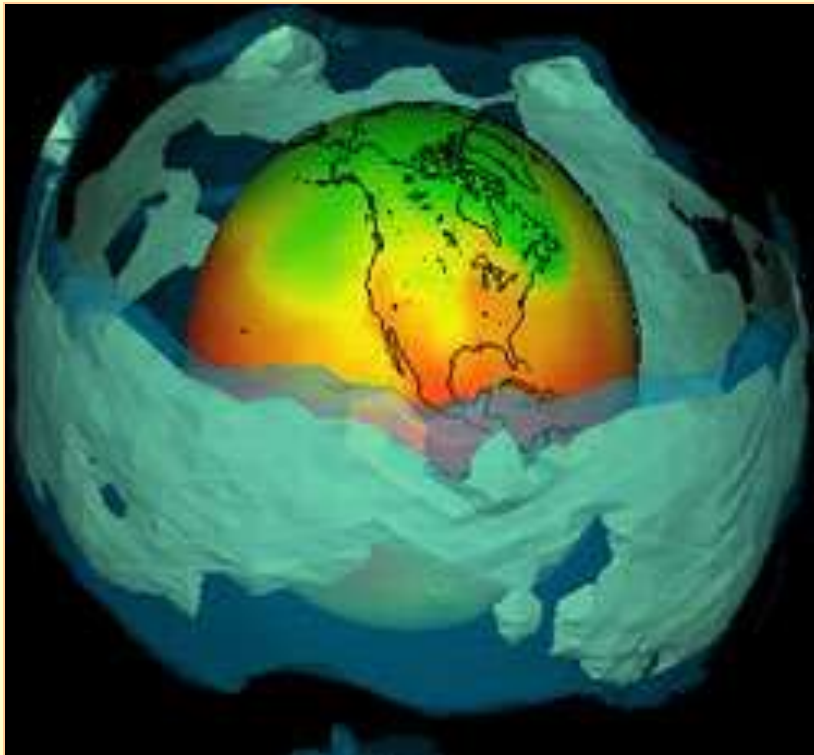
Půdní vlivy





Atmosféra

z řeckého *atmos* = pára; *sphera* = obal, koule





Složení atmosféry

	obj. %		obj. %
Dusík - N₂	78	neon	0,001818
Kyslík - O₂	21	helium	0,000524
Argon	0,9	methan	0,0002
CO₂	0,04	krypton	0,000114
		vodík	0,00005
		oxid dusný	0,00005
		xenon	0,000007
		ozón	0,000007
CO₂ x CO		oxid dusičitý	0,000002
		amoniak (NH ₃)	minimum
		jod	minimum

Stopová
koncentrace



Příměsi

➤ Pevné:

litometeory (prach, písek, soli NaCl, org.látky - pyl, aeroplankton), led

➤ Kapalně:

vodní kapičky (0-4% objemu), H_2CO_3 , H_2SO_3 ,

➤ Plynně:

SO_2 , HCl, organické (toxické) látky, vodní pára

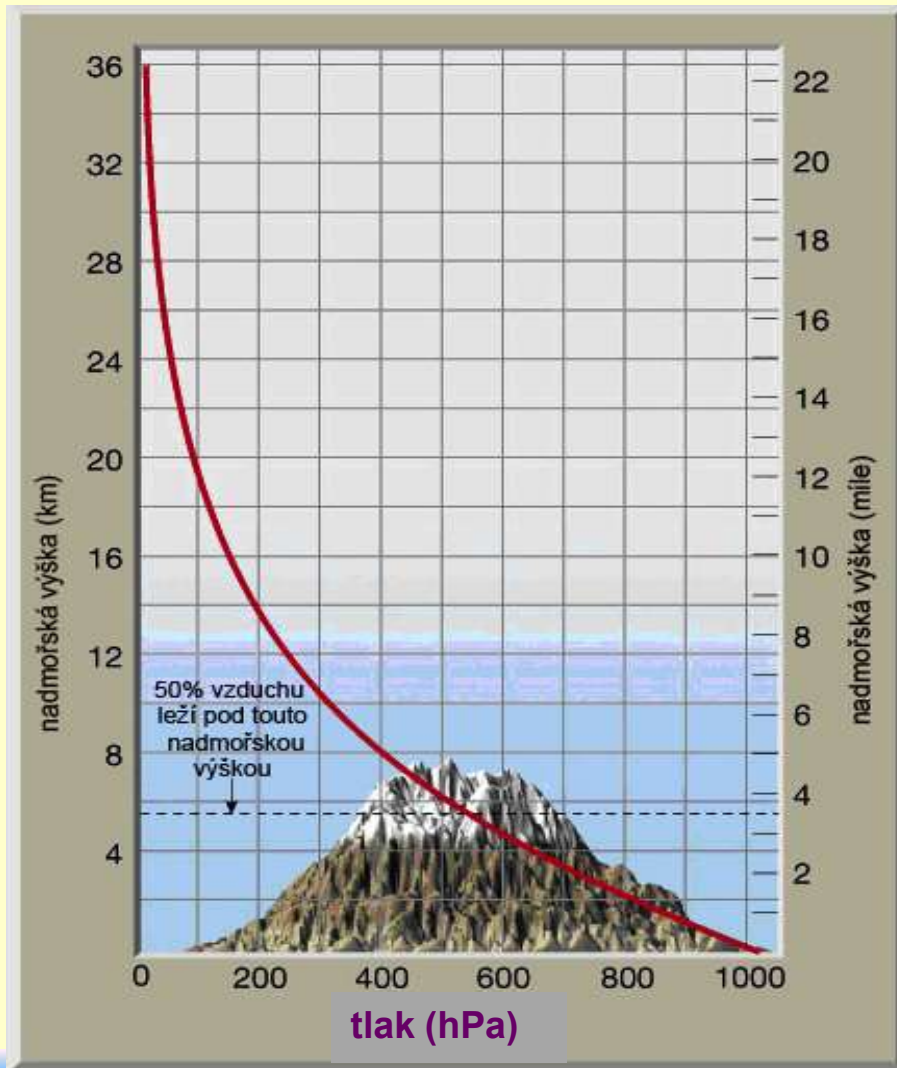


Charakteristiky atmosféry

- TLAK
- OBJEM (hustota)
- TEPLOTA



Změna tlaku v atmosféře



Objem:

5,5 km = 50 %

10 km = 75 %

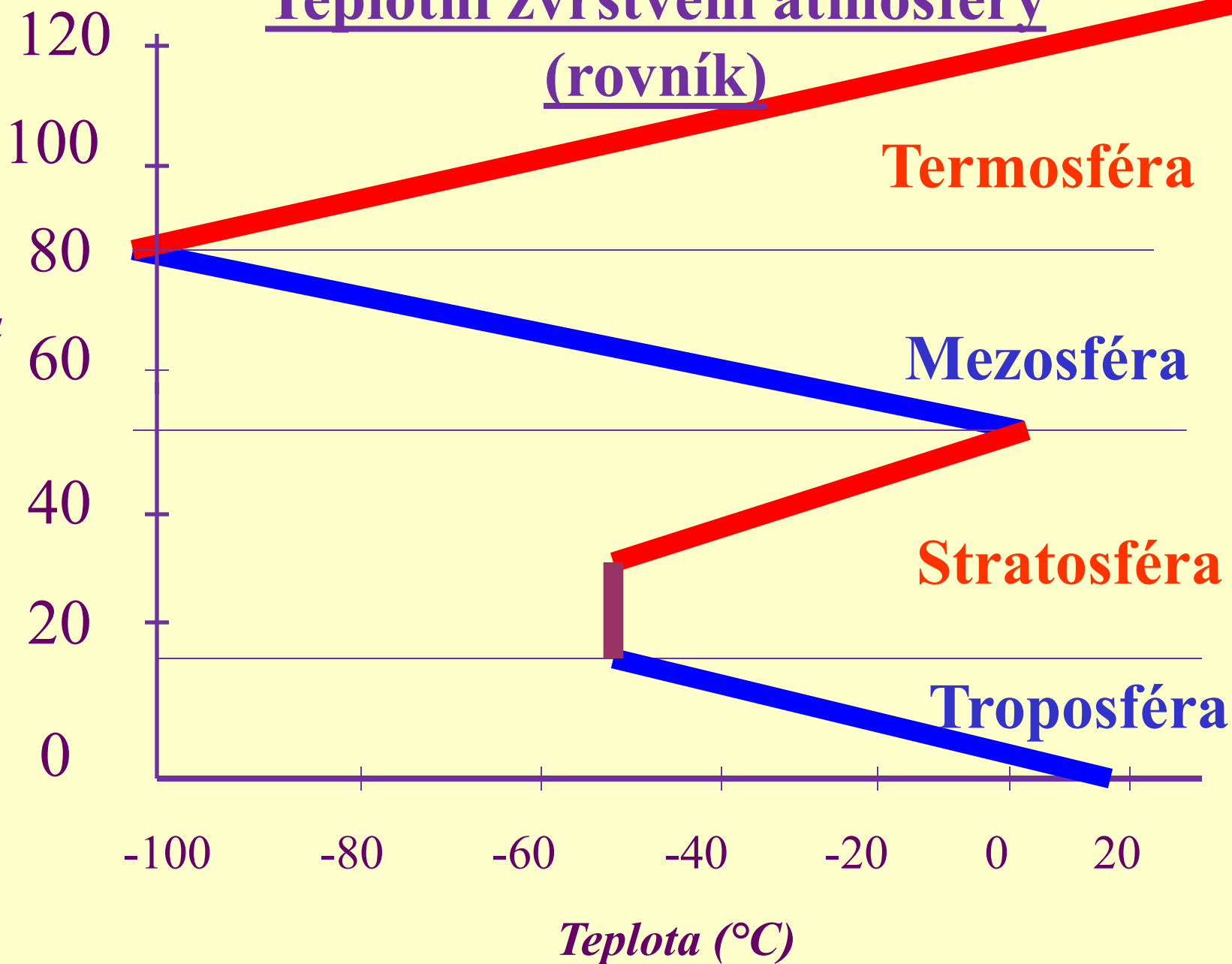
36 km = 99 %

Konec atmosféry?

- Ionosféra 60+ km
- Polární záře 100-500 km i 1000 km
- Poslední částice 40 000 km

Teplovní zvrstvení atmosféry (rovník)

*Výška
(km)*



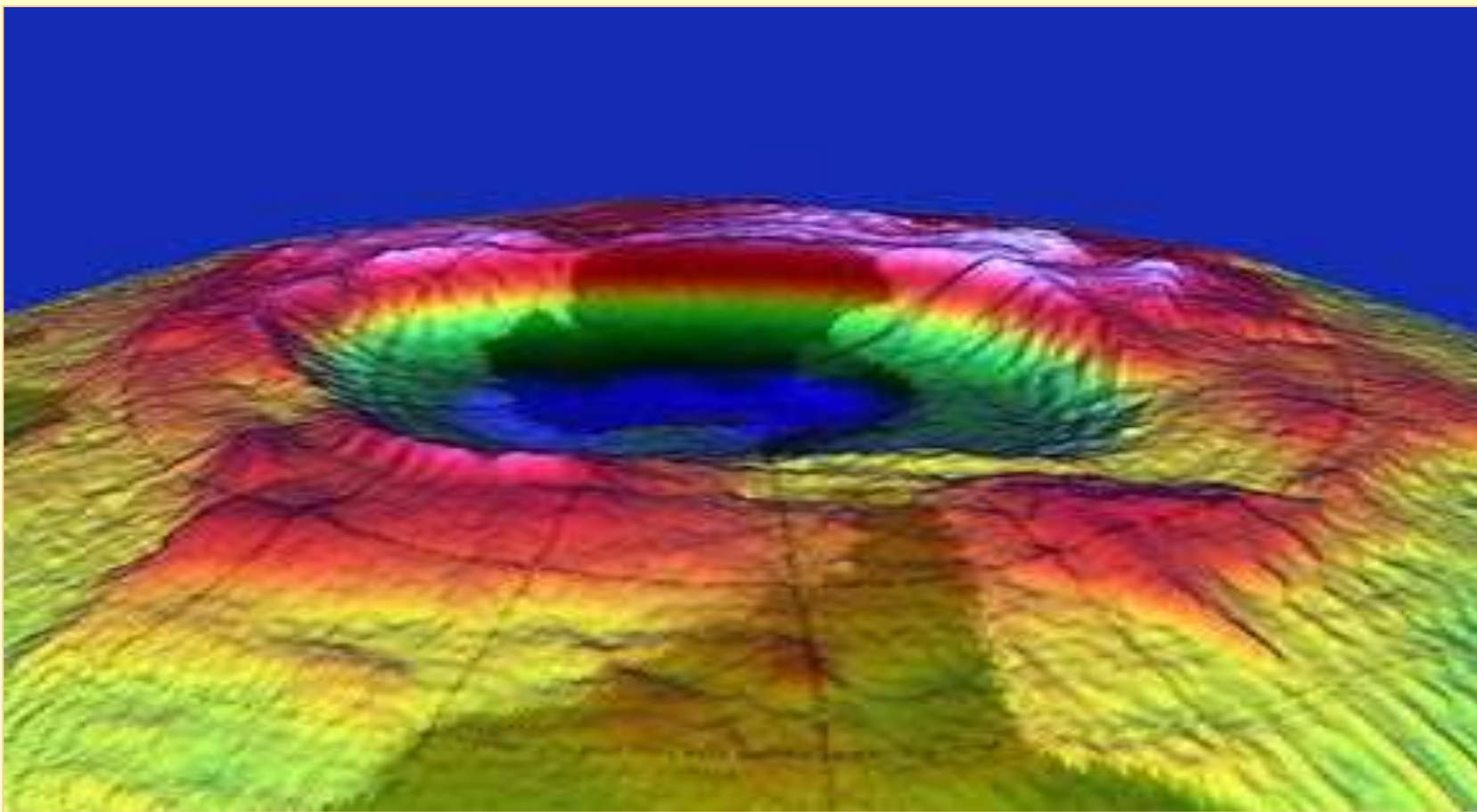


Troposféra

z řeckého **tropos** = zvrát

- do výšek **0 – 8 až 18 km**; nejvyšší nad rovníkem nejnižší nad póly
- **75 %** hmotnosti atmosféry
- **teplota** s výškou **klesá** - podle teplotního vertikálního gradientu o $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.
- **všechny jevy počasí** (všechna vodní pára a oblaka)
- **konvektivní, advektivní, turbulentní** pohyby
- v ČR je průměrná výška tropopauzy **10,7 km** a teplota **$-57,3^{\circ}\text{C}$** ,

Problematika ztenčování ozónové vrstvy





Globální ekologické problémy (Rio 1992)

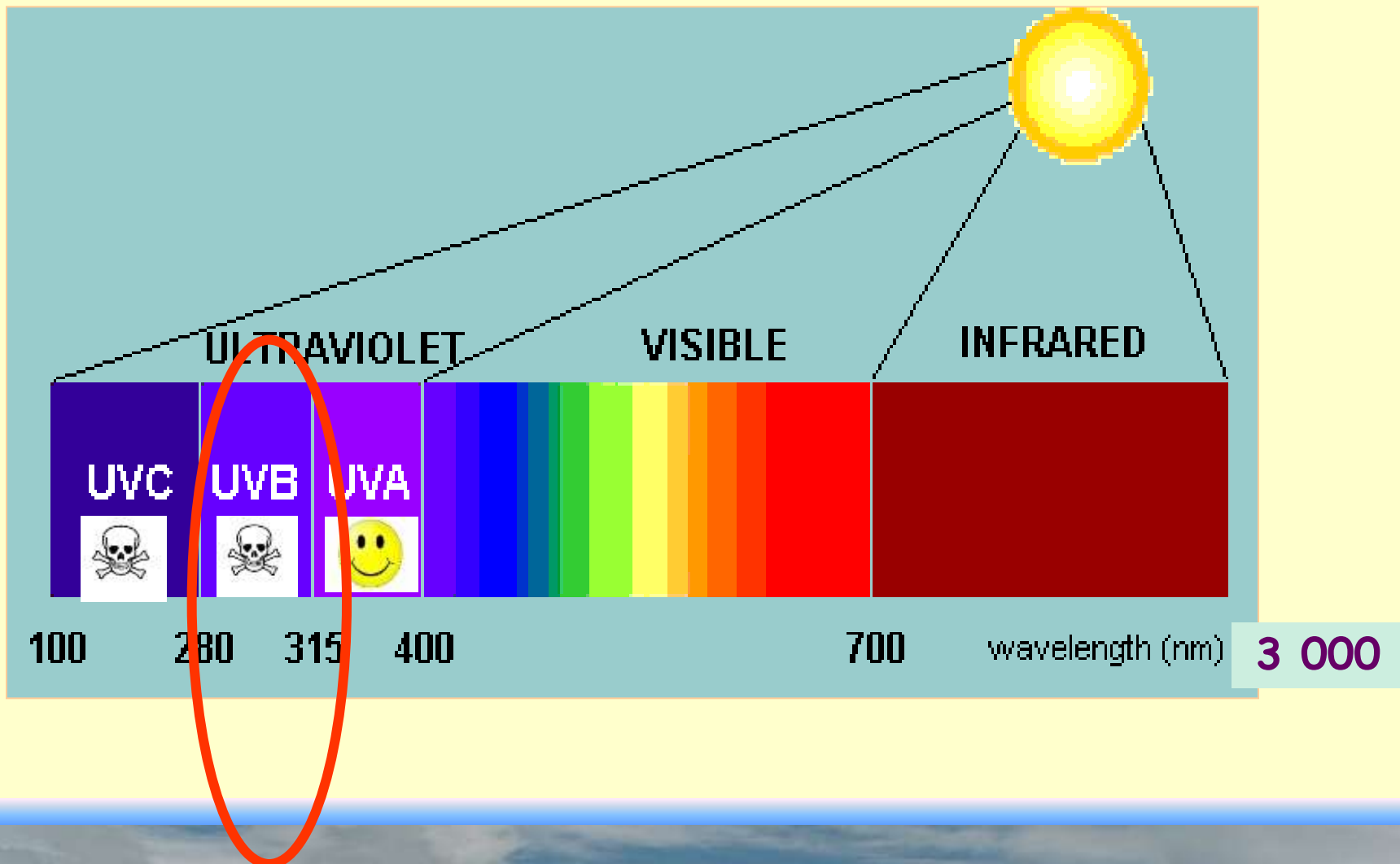
- Změna klimatu
- Znečištění
- Snižování biodiverzity
- Ztenčování ozónové vrstvy



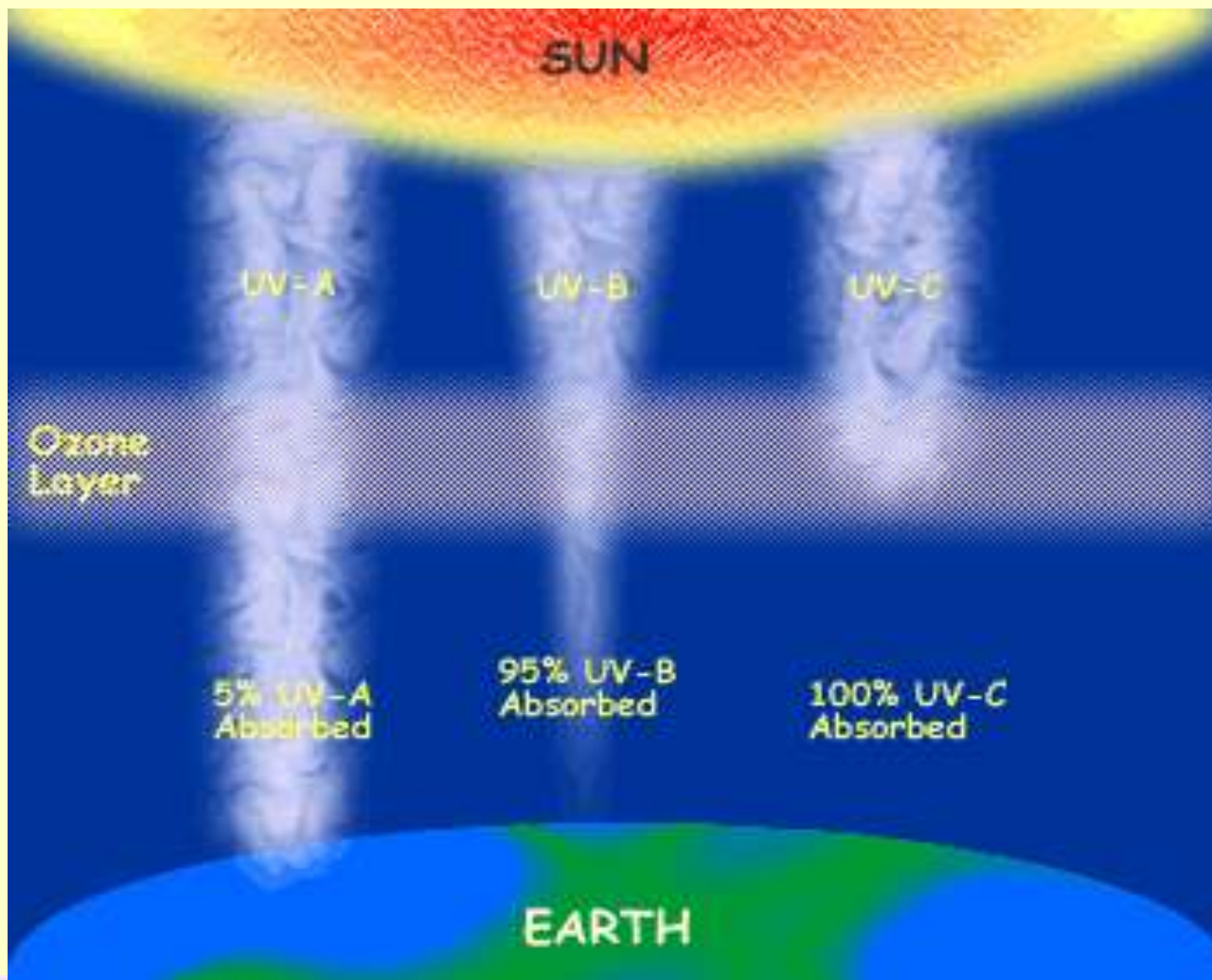
Hypotéza:

**používání určitých
syntetických látek
poškozuje
ozónovou vrstvu,
což zvyšuje intenzitu
UV-B ZÁŘENÍ
na zemském povrchu**

Záření slunce



Atmosféra a UV záření





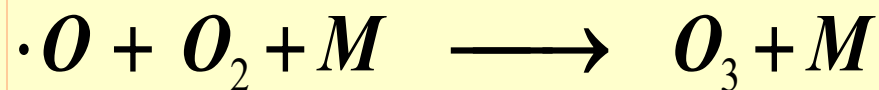
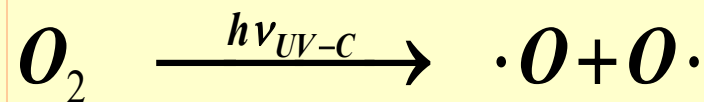
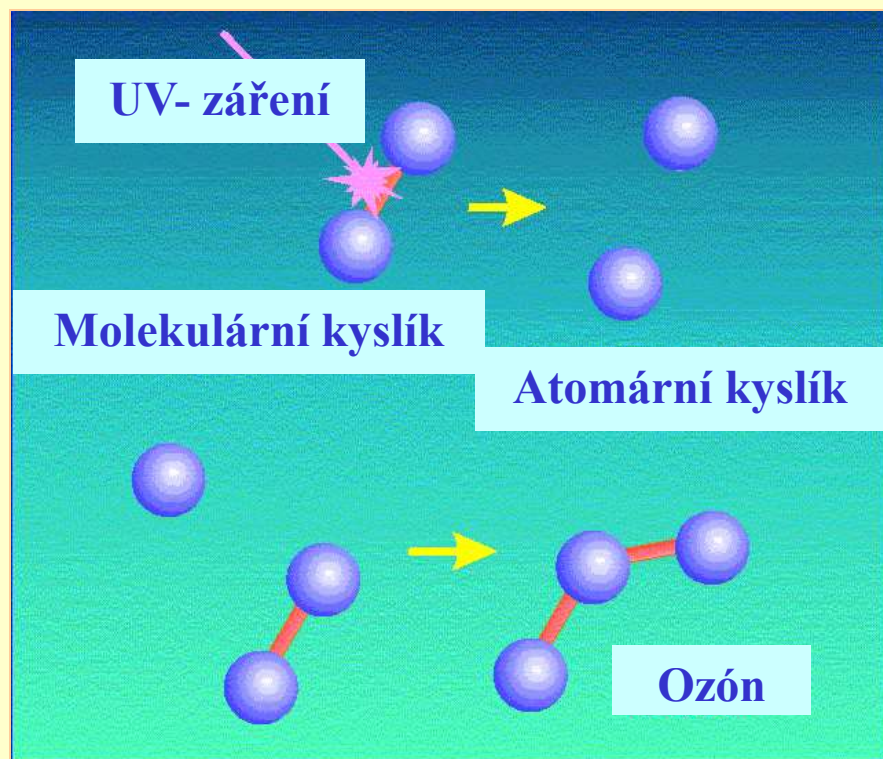
Hypotéza:

používání určitých
syntetických látek
poškozuje
OZÓNOVOU VRSTVU,
což zvyšuje intenzitu
UV-B záření
na zemském povrchu



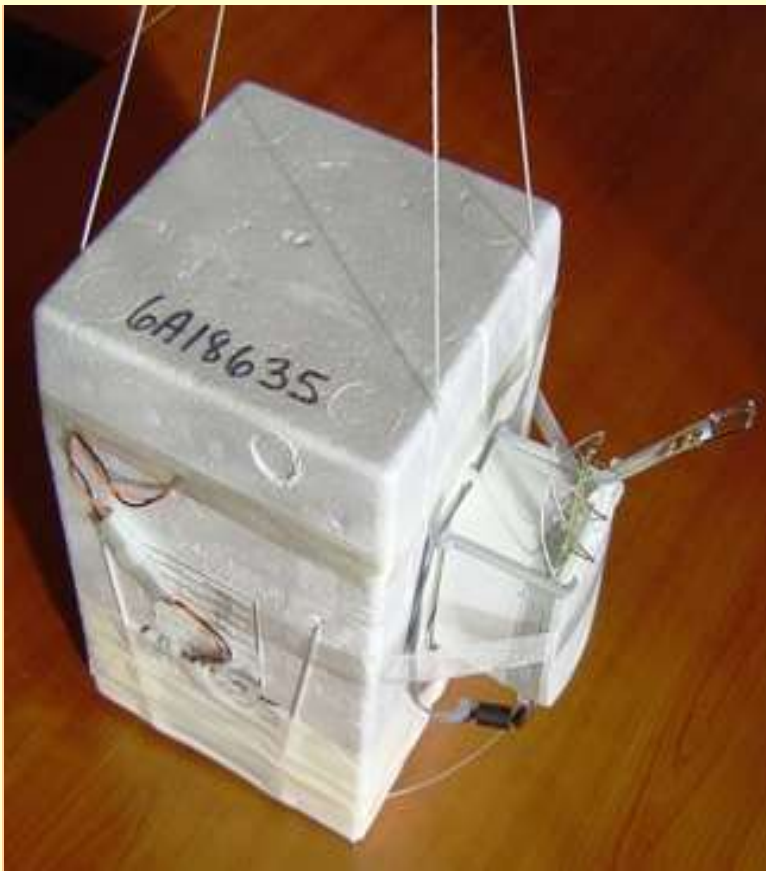
Vznik ozónové vrstvy

Chapmanův řetězec (1930)



Měření množství ozónu

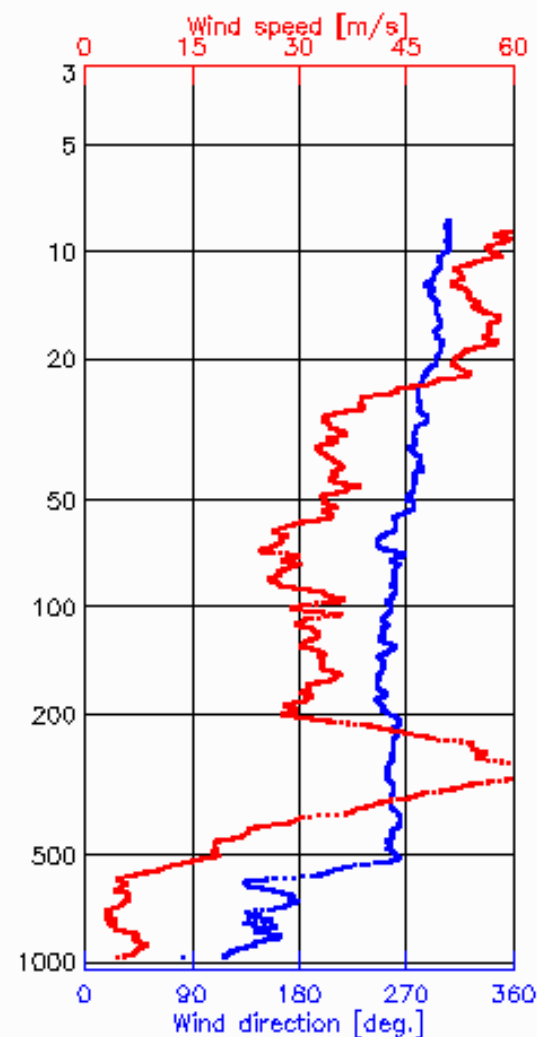
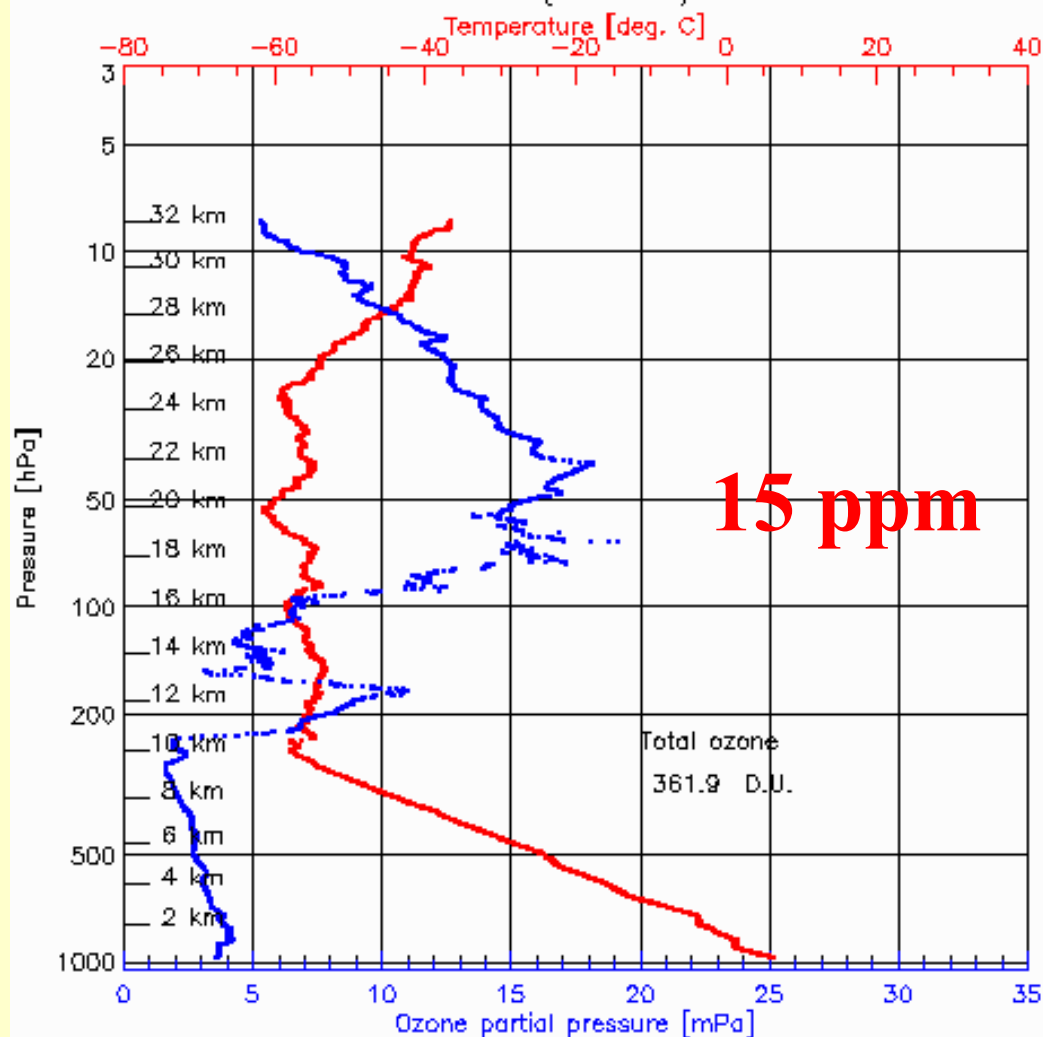
Metoda přímá - aerologický výstup



Příklad části výstupu z aerologického měření



PRAHA-LIBUS (11520) 10-02-2014 11 UTC

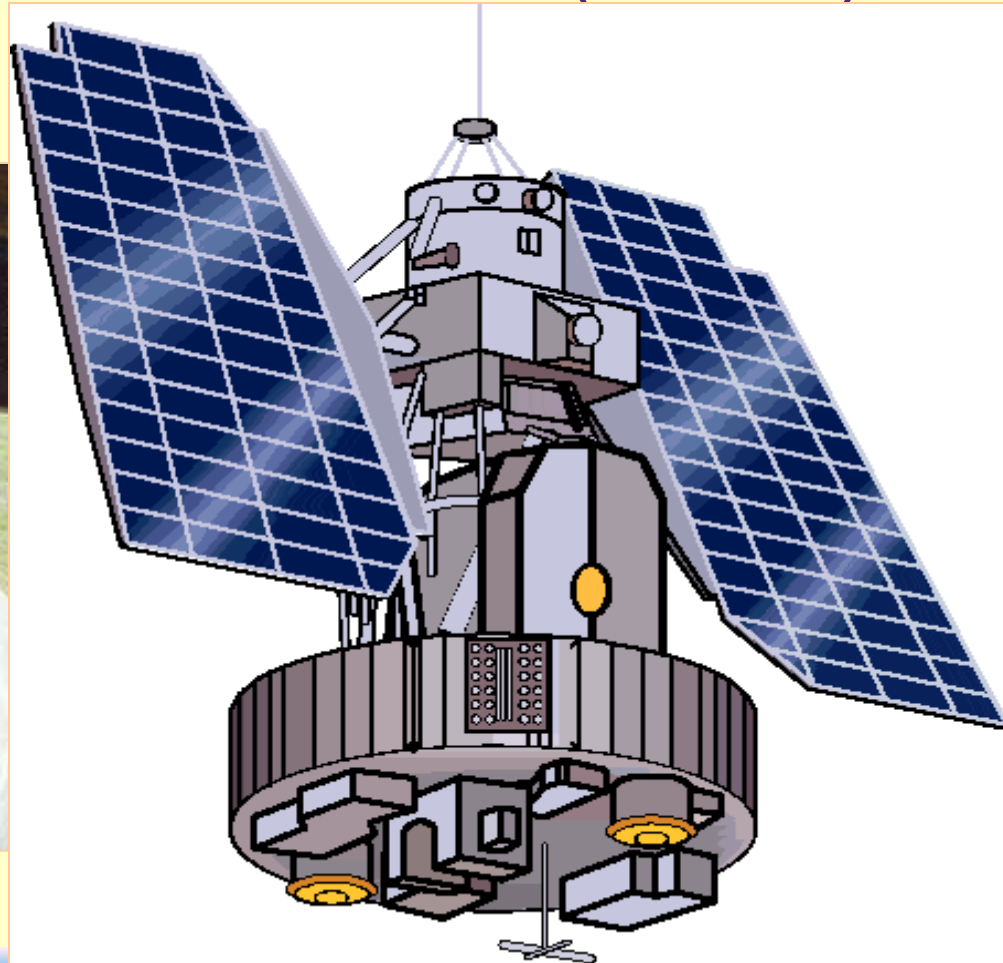


Nepřímá metoda měření

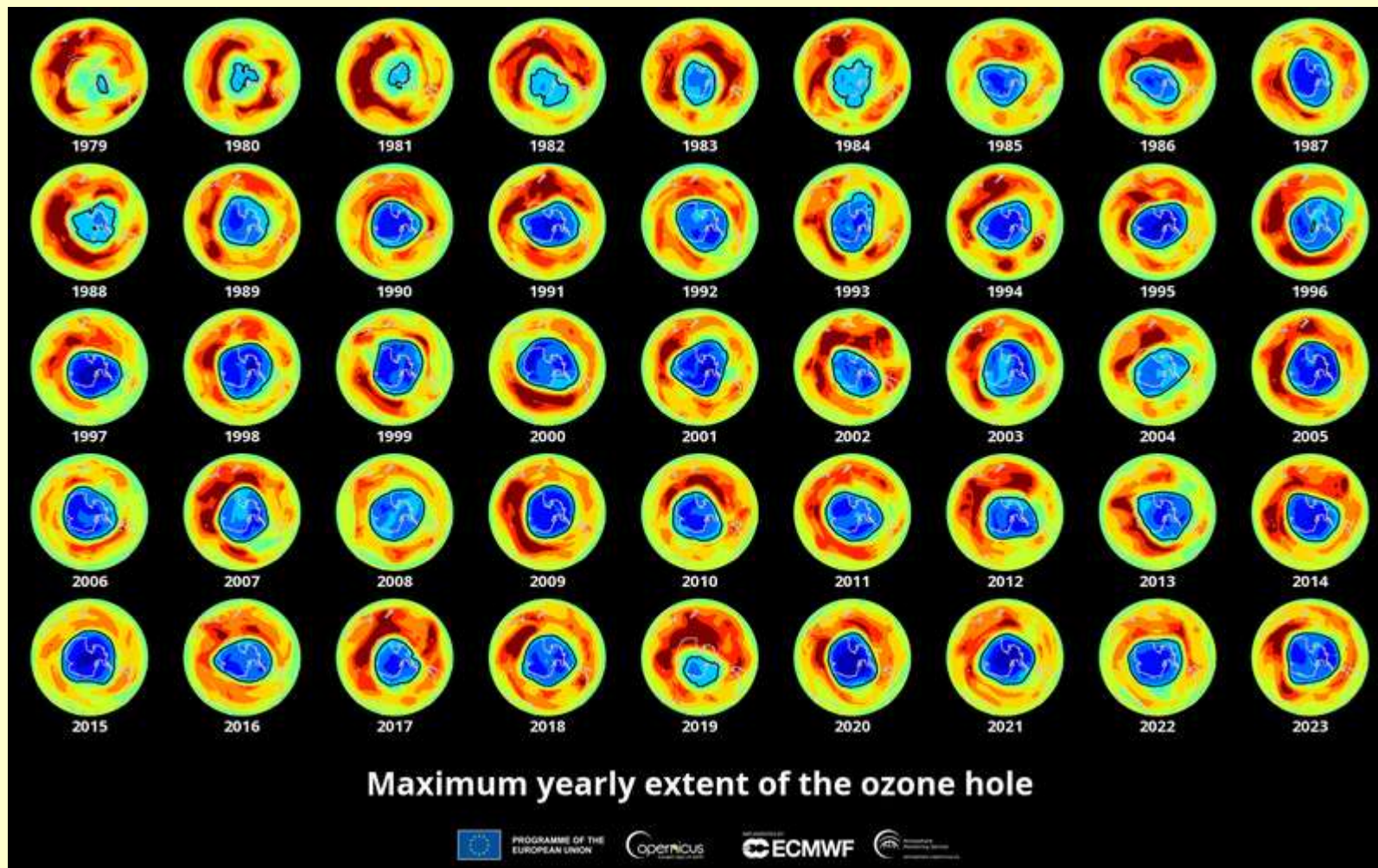
DOBSONŮV a
BREWERŮV
spektroradiometr



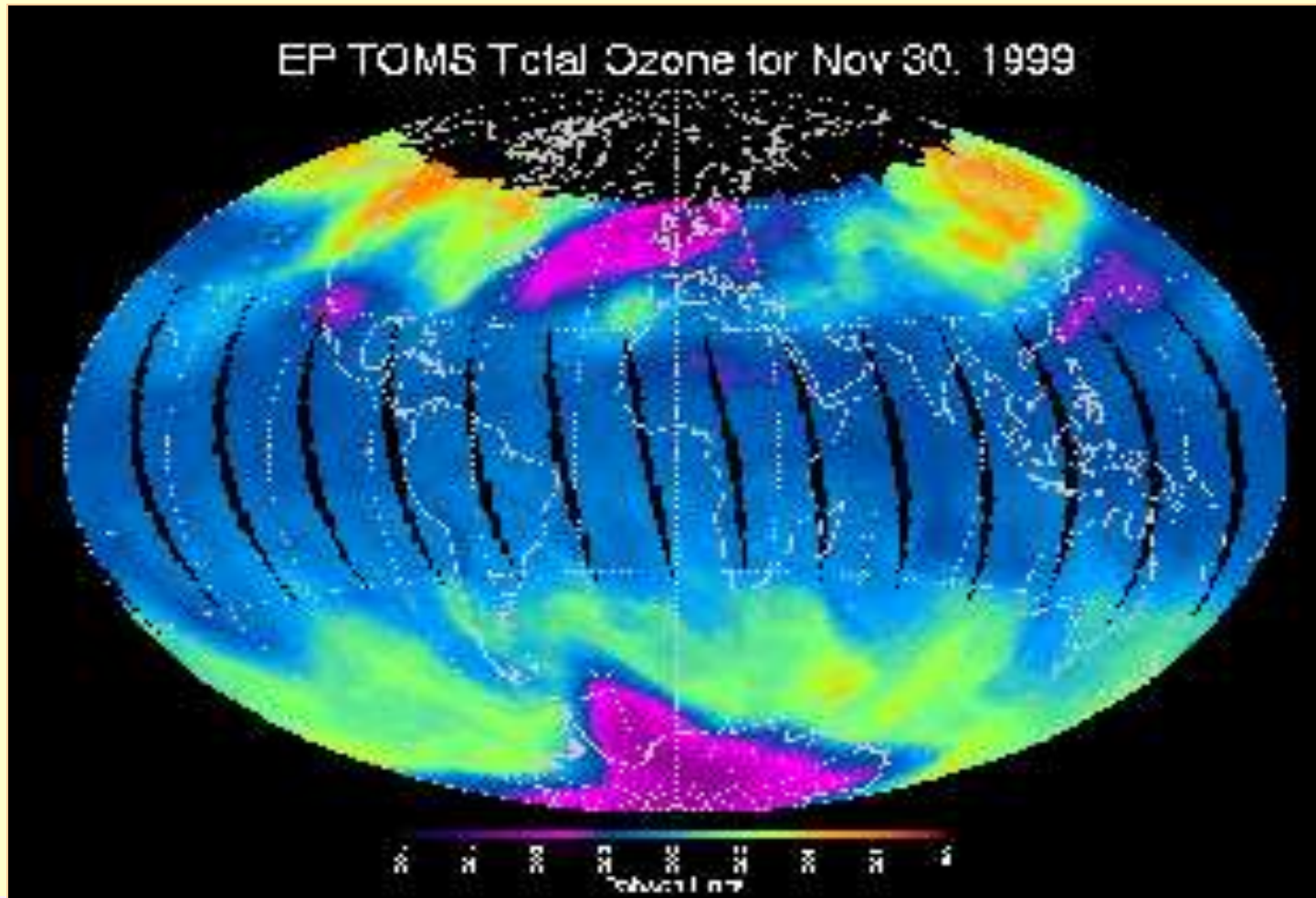
NIMBUS 7 či
TERRA (TOMS)



Časová řada (1979-2023) vývoje ozónové díry nad Antarktidou



Ozónová díra nad Antarktidou a severní polokoulí (30.11.1999)

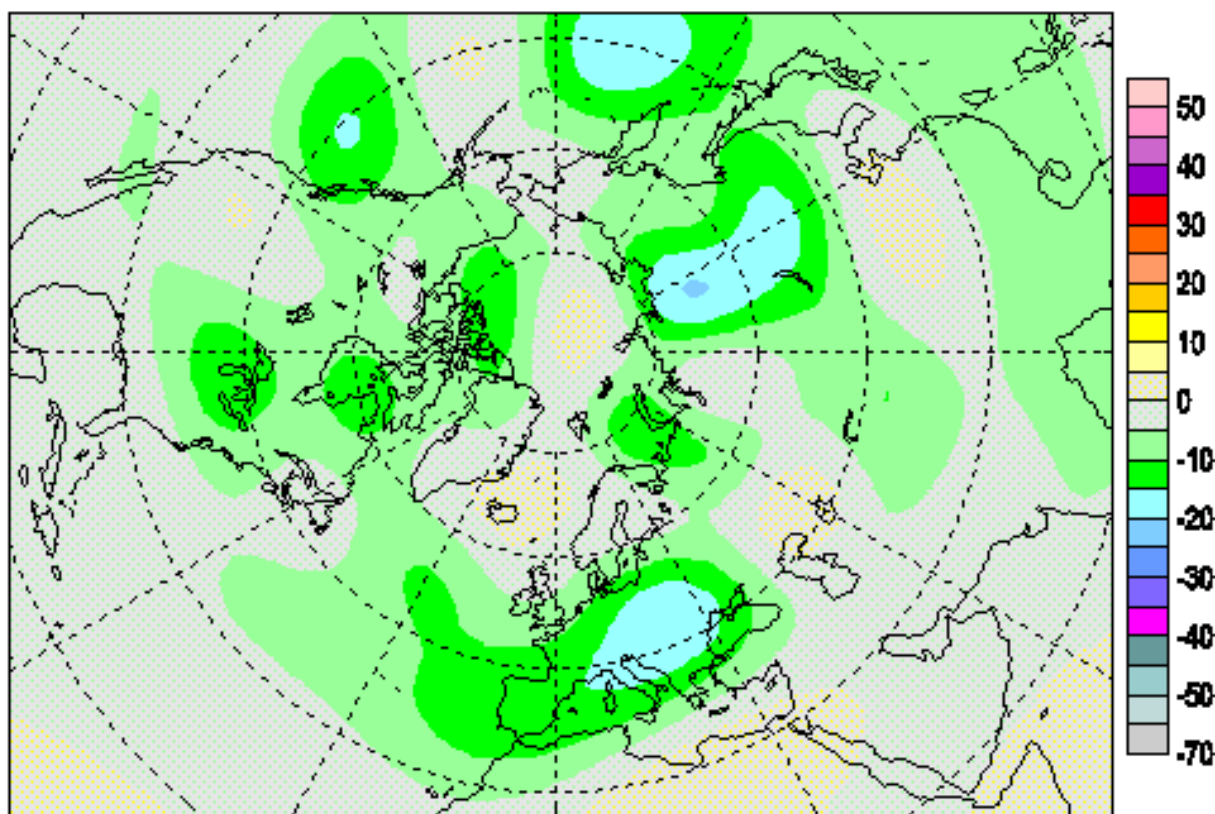


Zeslabení ozónové vrstvy nad ČR

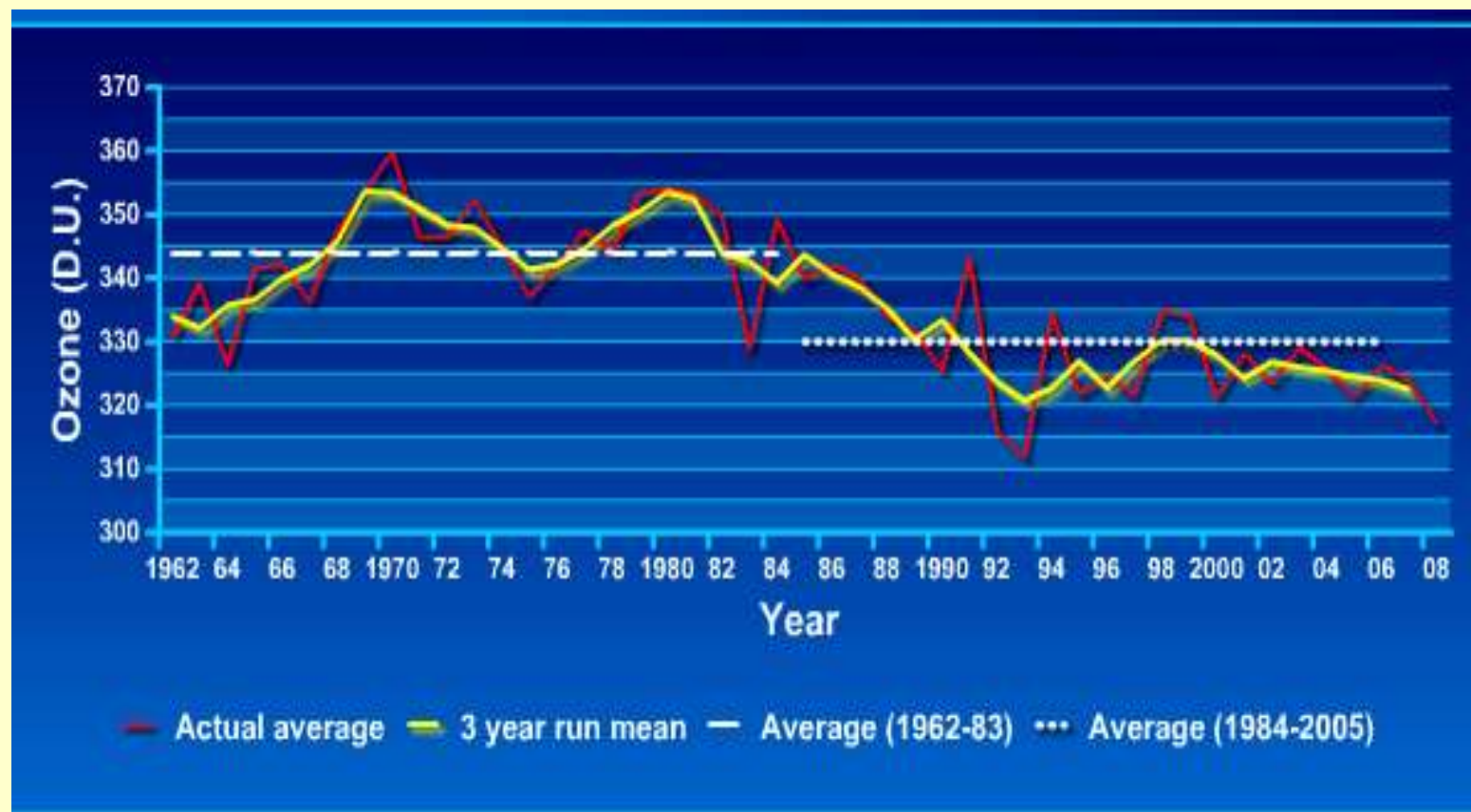
26.6.2008



KNMI Forecast dev. / Ecart prévu (%), 2008/06/26

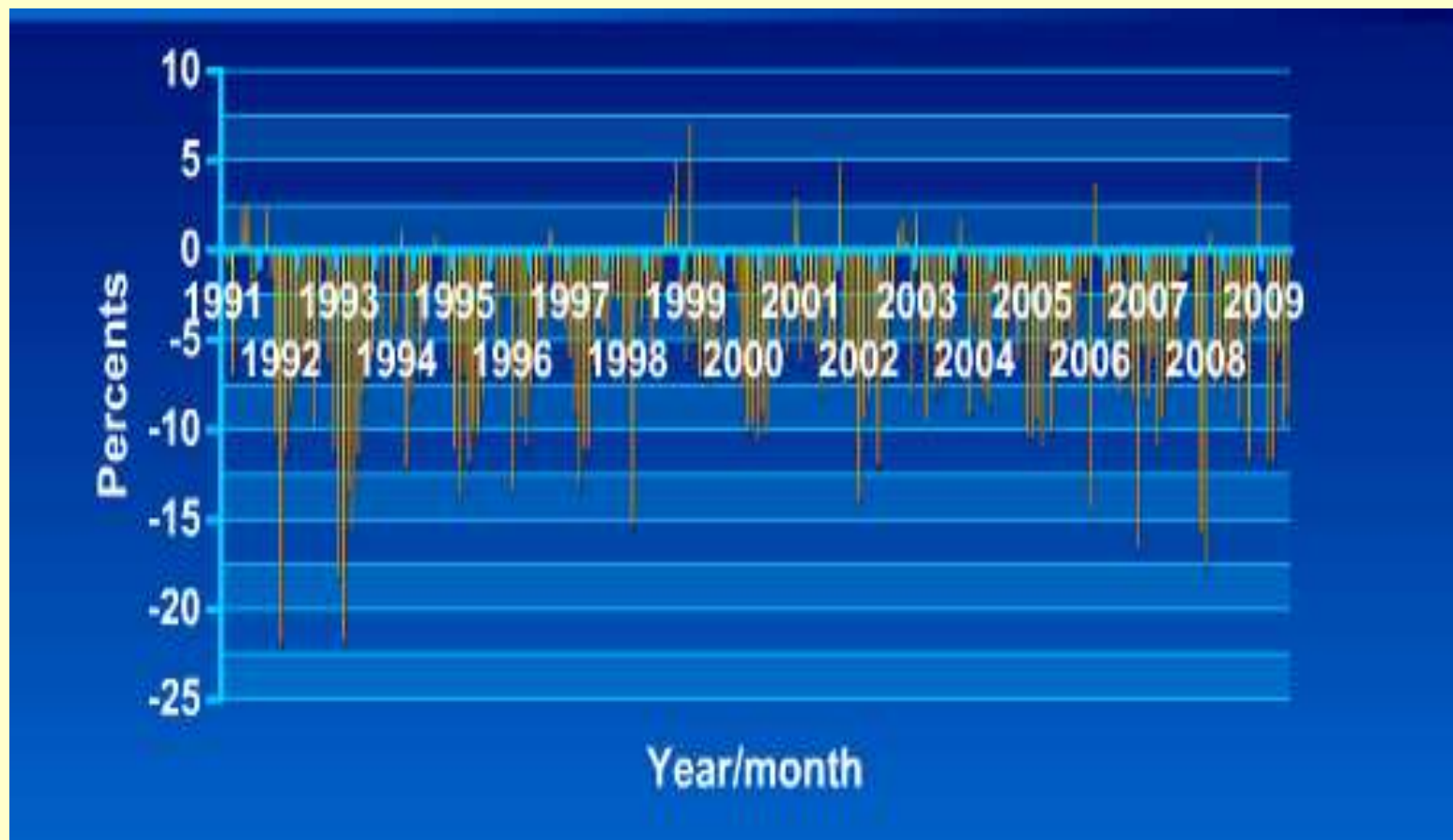


Hradec Králové 1962 – 2010 (roční průměry)



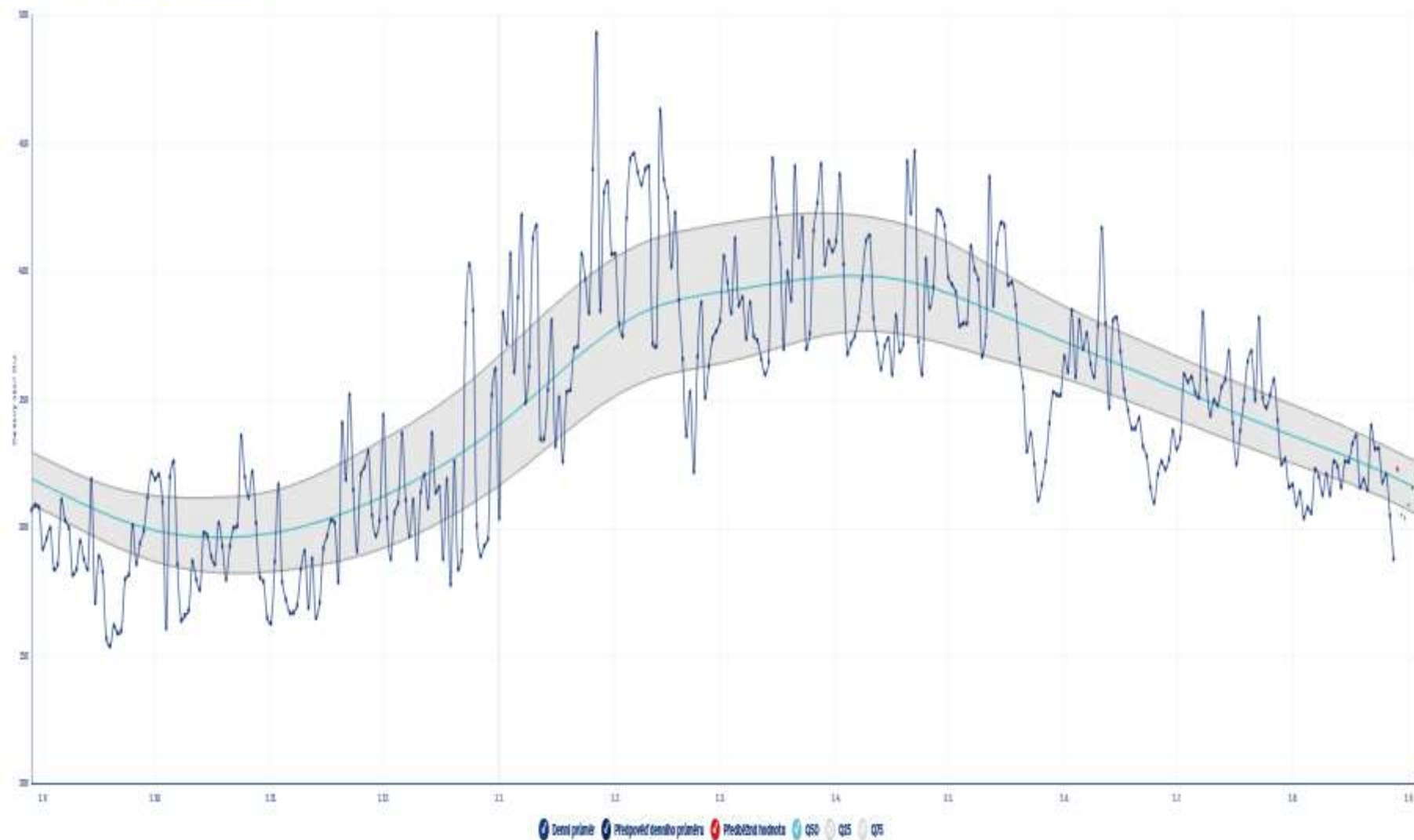


Měsíční odchylky od dlouhodobého průměru (Hradec Králové 1991-2010)



Aktuální ozón a UV index

Denní průměry celkového ozonu nad ČR



zdroj dat: ČHMÚ, Solární a ozonová observatoř, Hradec Králové; temis.nl

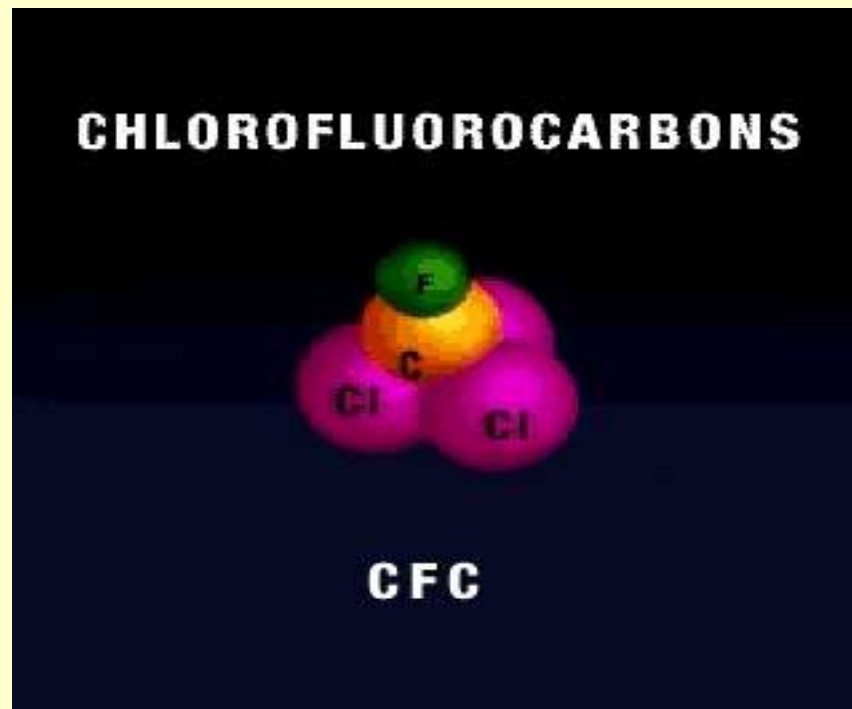


Hypotéza:

používání určitých
SYNTETICKÝCH LÁTEK
poškozuje
ozónovou vrstvu,
což zvyšuje intenzitu
UV-B záření
na zemském povrchu



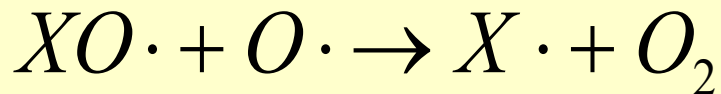
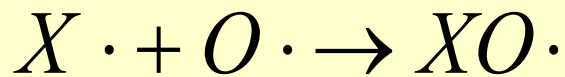
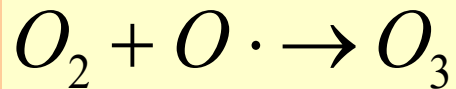
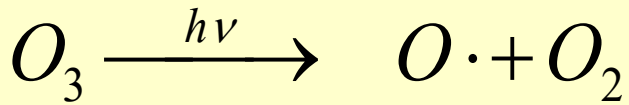
Problém = CFC



Thomas Midgley, Jr. 1930

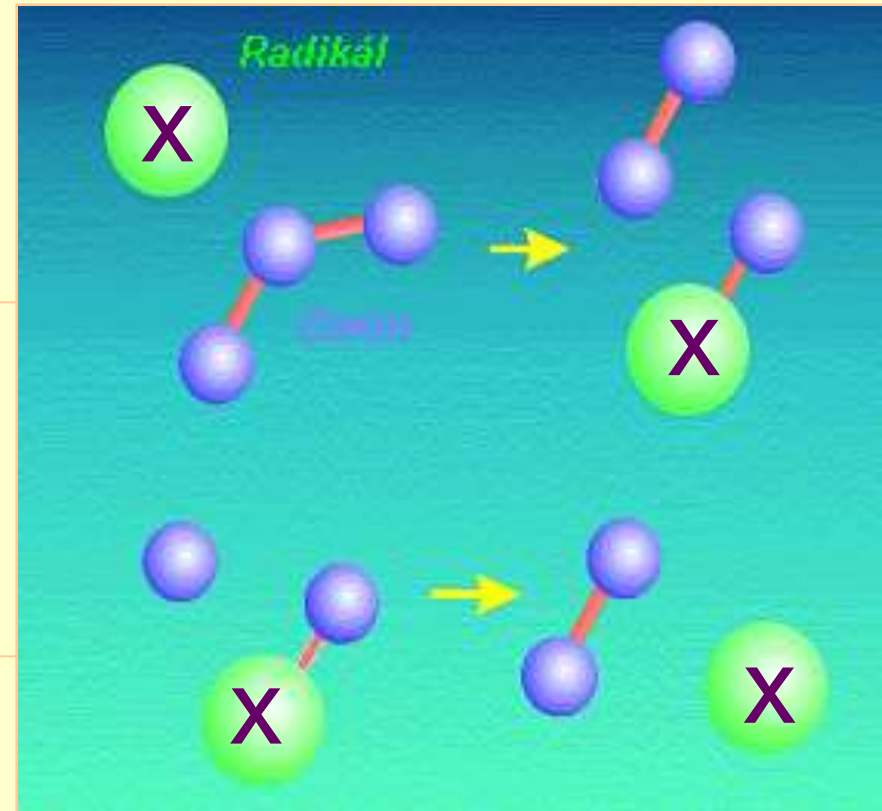
Mechanismus působení a poškození ozónové vrstvy

(Mario Molina-1973, 1995)



Freónový radikál X má charakter **katalyzátoru** a je tvořen zejména

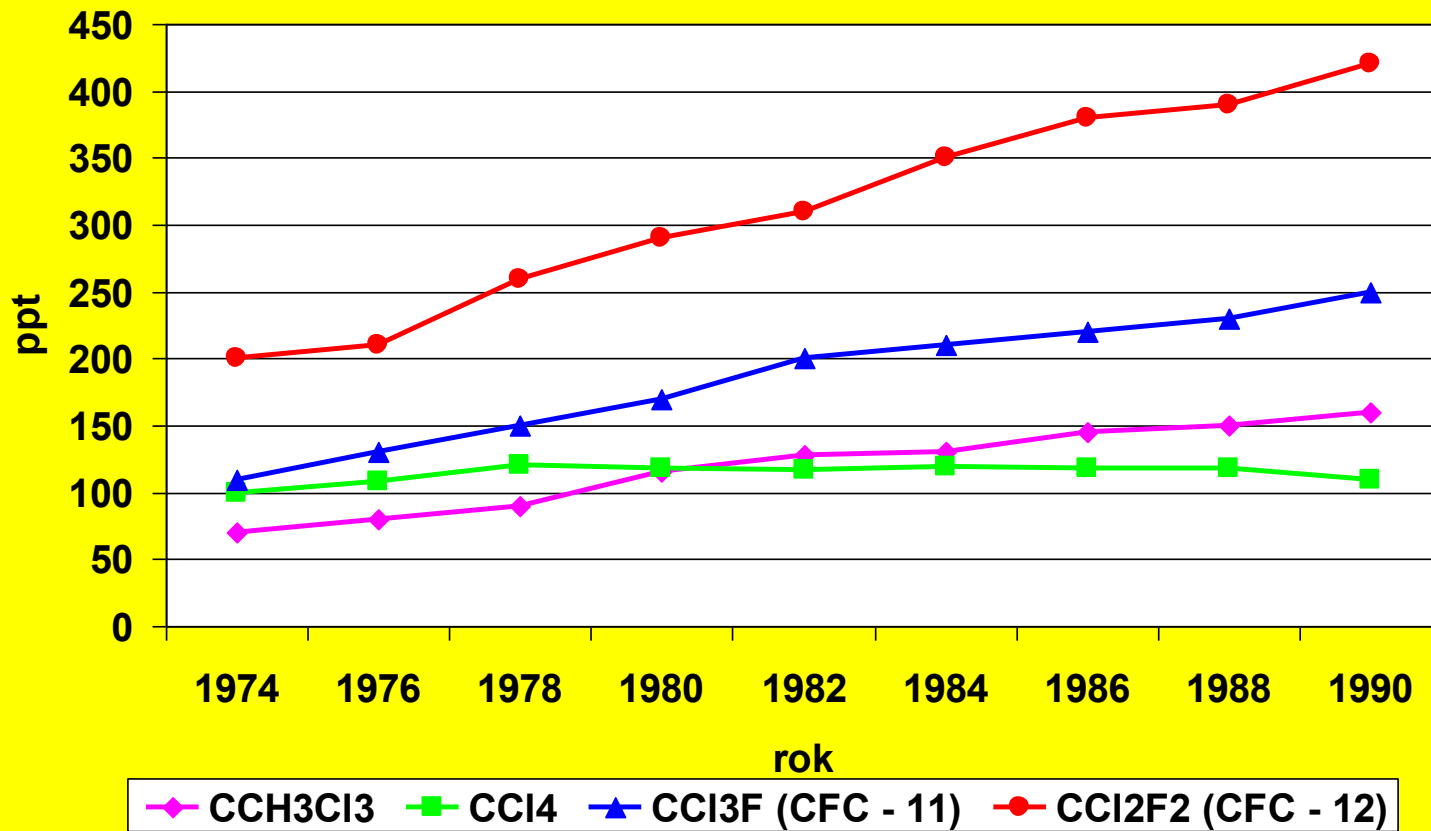
Cl, Br, H, OH, NO





Koncentrace vybraných FREÓNŮ v atmosféře do 1992

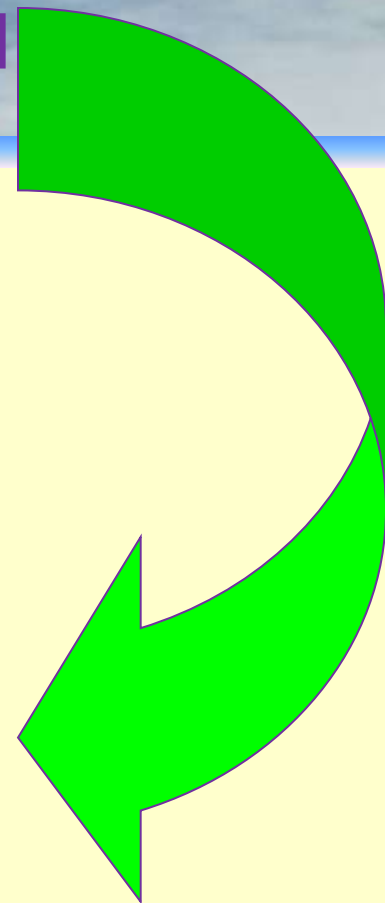
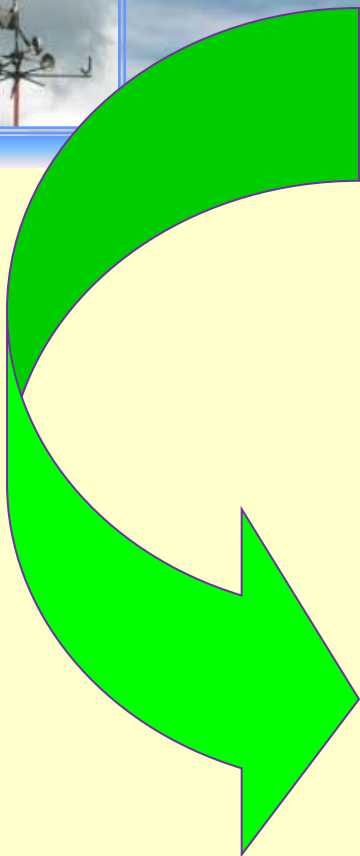
(PPT parts per trillion)





Ubývání ozónu

**Zvyšování
intenzity UV-B
záření**





Dopady zvýšené intenzity UV-B

- Na rostliny
- Na zvířata a člověka



Dopady na rostliny

- Fotosyntéza
- Růst
- Pigmentace
- Fertilita
- Konkurenční tlak

Dopady na rostliny





Příklady adaptace rostlin



Příklady poškození rostlin/plodů

UV-B Damage



No UV-B Damage





Dopady UV-B na živočichy / člověka

1. Škodlivé účinky pro kůži:

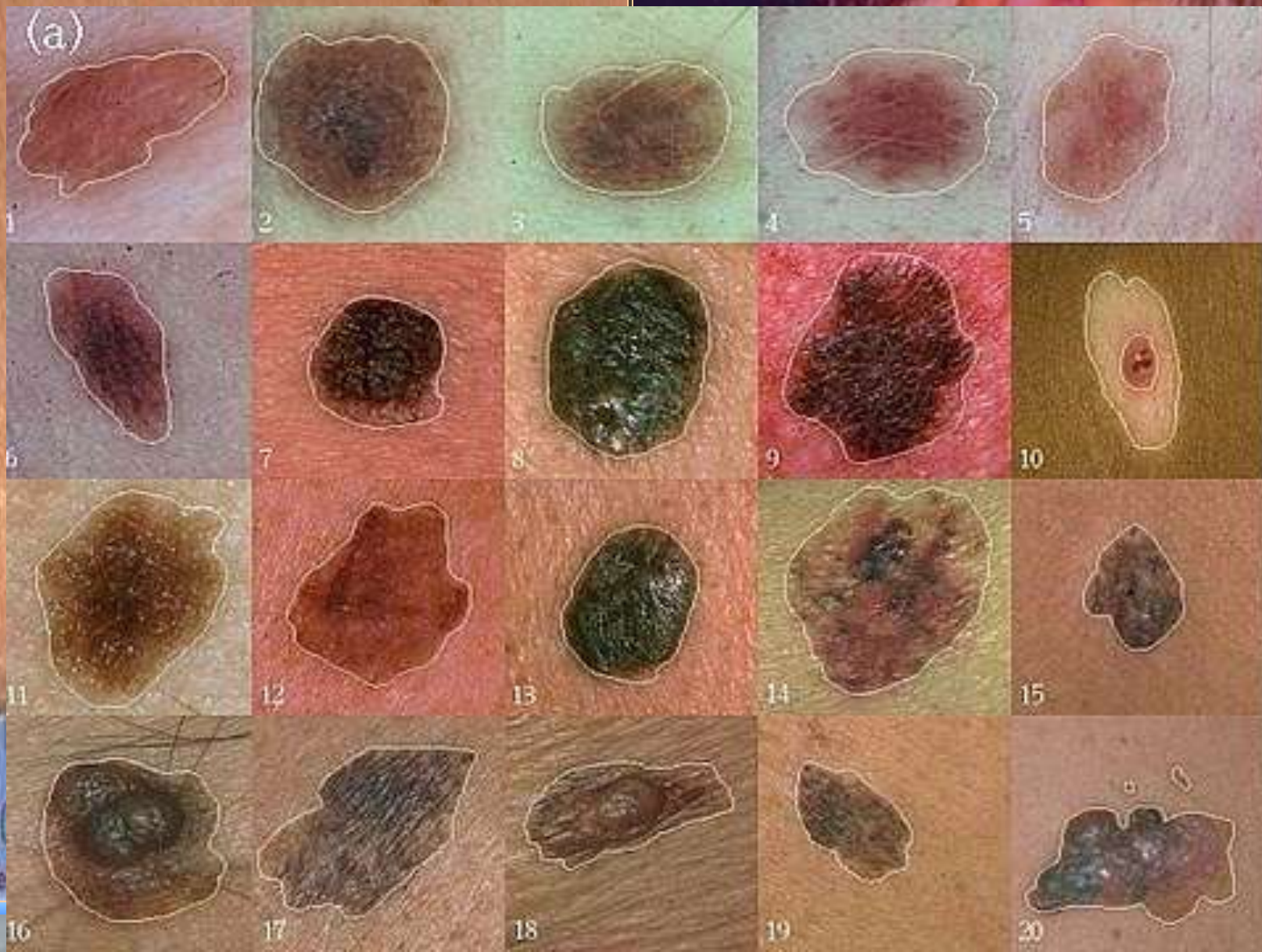
a) akutní: zánět a pigmentace (melanin)

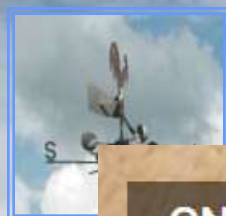
b) chronické: degenerativní změny a karcinogeneze)

- stárnutí (photoaging) kůže
- fototoxické a fotoalergické reakce
- imunosuprese
- karcinogenní účinky (melanomy)



Nádory





ONA



Lidí s rakovinou kůže přibývá. Jak zhoubnou nemoc poznat, poradí lékařka

Šéfkuchař Gordon Ramsay bojuje s rakovinou. Nepodceňujte opalování, radi



Gordon Ramsay

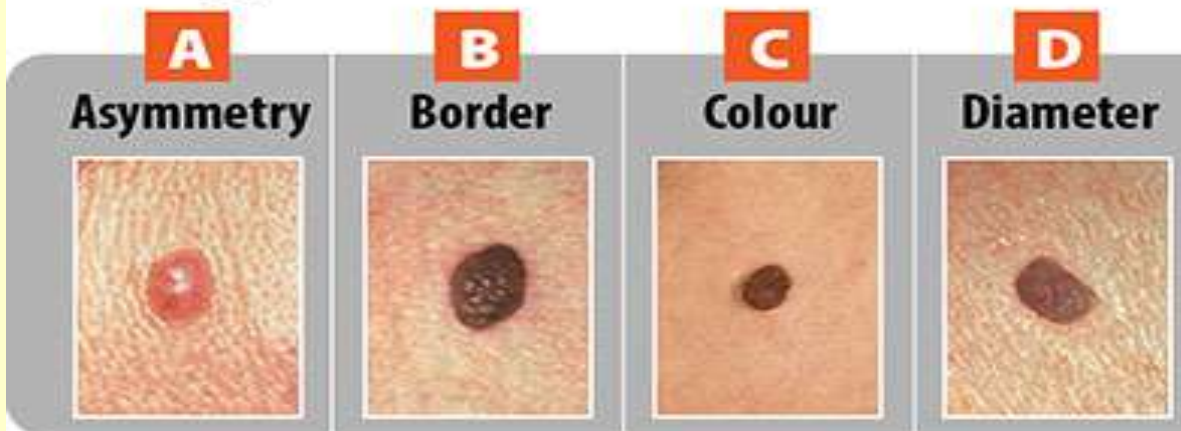
© 2014 FOX News

Hlavní příčinou je podle lékařů nadměrné opalování. Lidé si totiž vůbec neuvědomují, že si kůže pamatuje i jedno spálení. Nadměrné slunění s častým zčervenáním kůže se nám tak časem může vymstít.



Kožní nádory – benigní/maligní = melanomy

Benign



A – poloviny nejsou stejné (kruh/elipsa)

B – okraje jsou/nejsou ohraňované, pravidelné

Malignant



C – jedno/vícebarevné

D – průměr menší nebo větší 0,5 cm



Fototypické skupiny

Foto- typ	Pokožka hnědne	Pokožka rudne	Oči	Vlasy	Čas (MINUTY)
1	nikdy	vždy	modré	zrzavé	5
2	mírně občas	většinou	tmavě modré zelené	blond	10
3	vždy	nikdy	šedé hnědé	hnědé	15
4	vždy	nikdy	tmavé	černé	20



Dopady UV-B na živočichy / člověka

2. Škodlivé účinky pro zrak:

- zánětlivé onemocnění rohovky
- zánětlivé onemocnění spojivky
- poškození sítnice
- katarakta - šedý zákal

Brýle!!!!

Šedý zákal (katarakta)



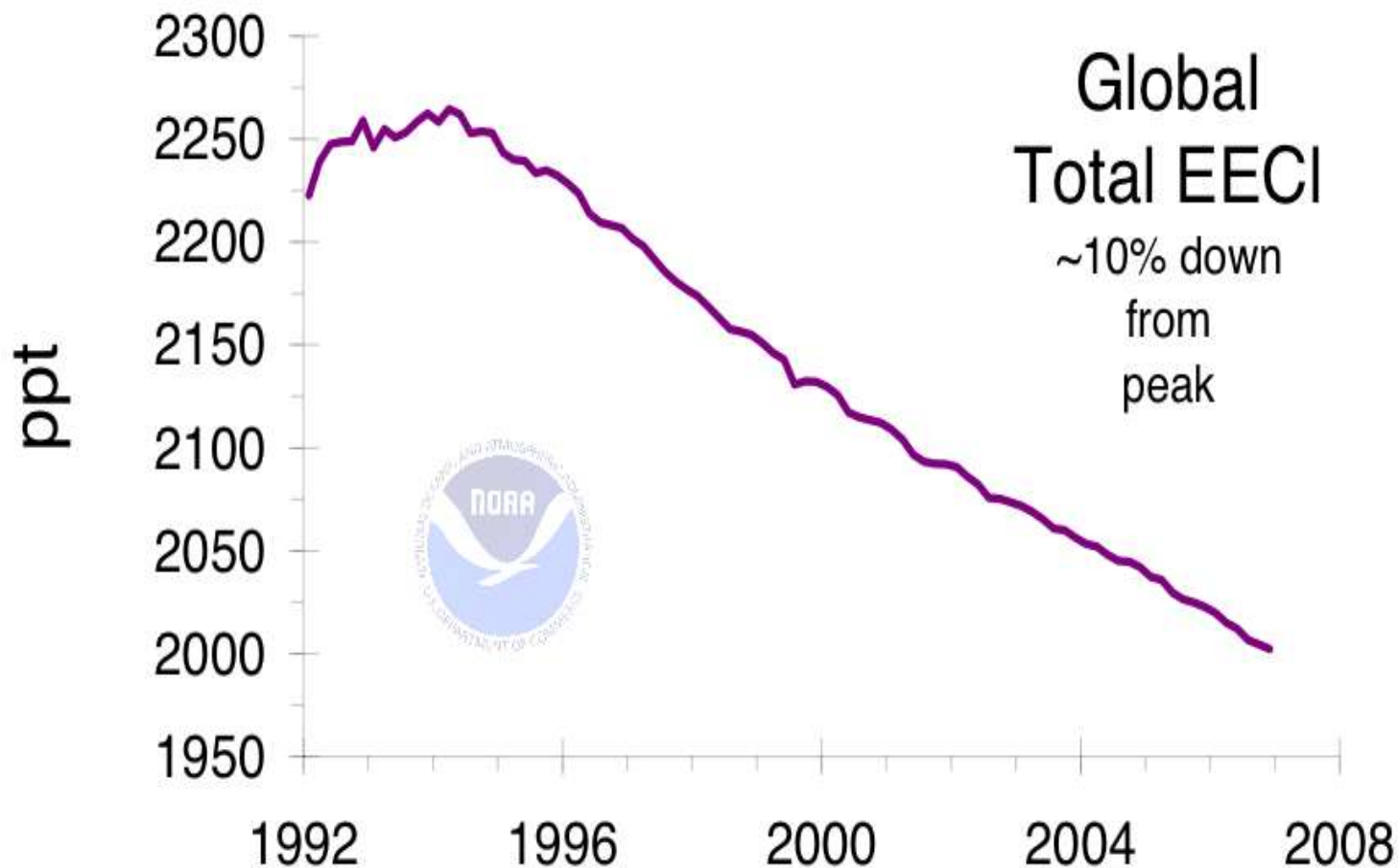


Mezinárodní dohody o ochraně ozónové vrstvy

- 1985 Vídeň – Úmluva o ochraně ozonové vrstvy
- 1987 Montreal – Montrealský protokol
- 1990 Londýn v roce 2024 měl 196 zemí
- 1992 Kodaň
- 1995 Vídeň
- 1997 Montreal
- 1999 Peking
- 2002 Paříž
- 2004 Praha
- 2006 Nové Dillí
- 2008 Londýn
- 2010 Ženeva
- 2012 San Antgoio
- 2015 Barcelona
- 2016 Rwanda
- 2019 Bangkok
- 2024 Montreal
- 2025 Nairobi

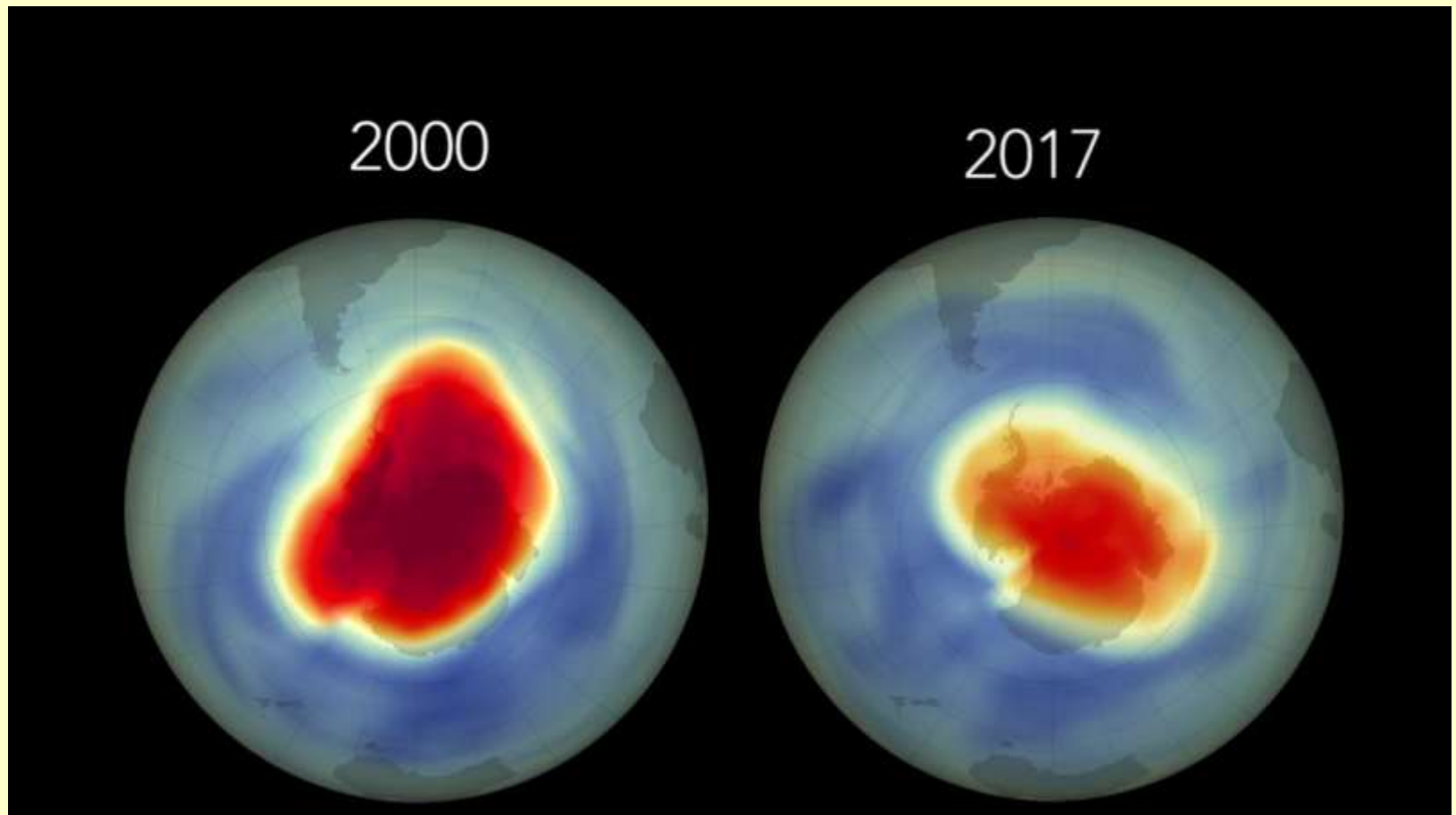


Koncentrace FREÓNŮ v atmosféře po 1995 klesá





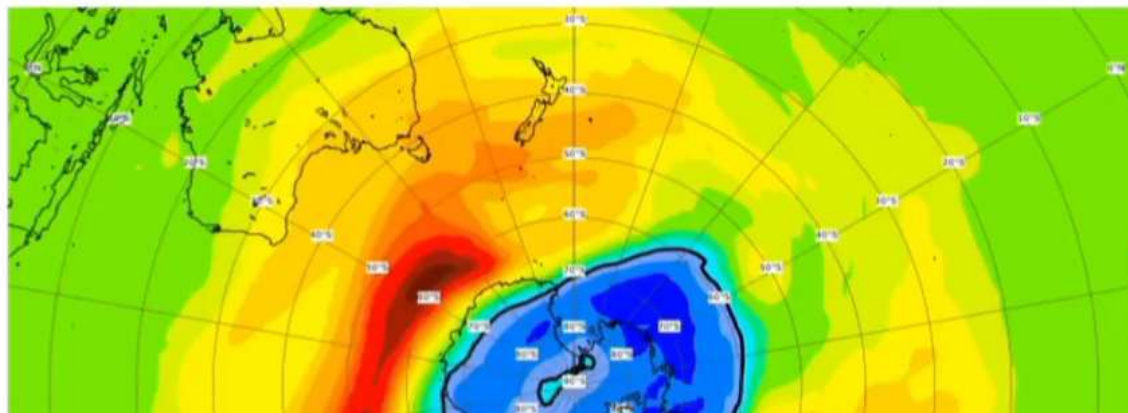
Dobrá zpráva – jde to😊



...i když 2020.....

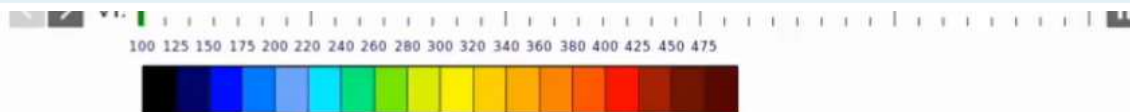
Total column of ozone in Dobson Units (DU)

Sunday 13 Sep, 00 UTC T+3 Valid: Sunday 13 Sep, 03 UTC



Nad Antarktidou je podle vědců největší ozonová díra posledních let

Aktualizace: 06.10.2020 10:05 Vydáno: 06.10.2020, 10:05



Ale! Např. 2021

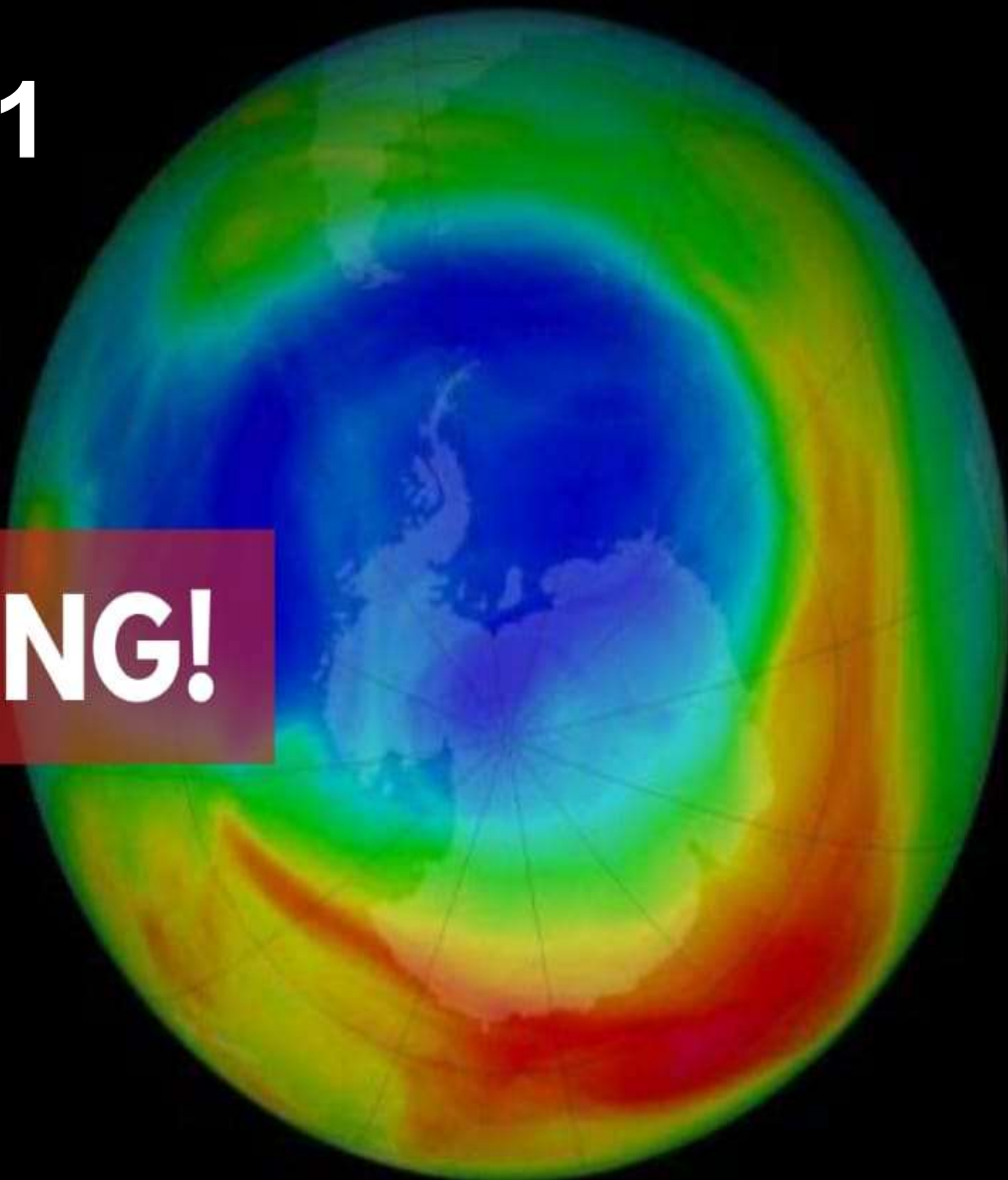
2021



@powerjanta

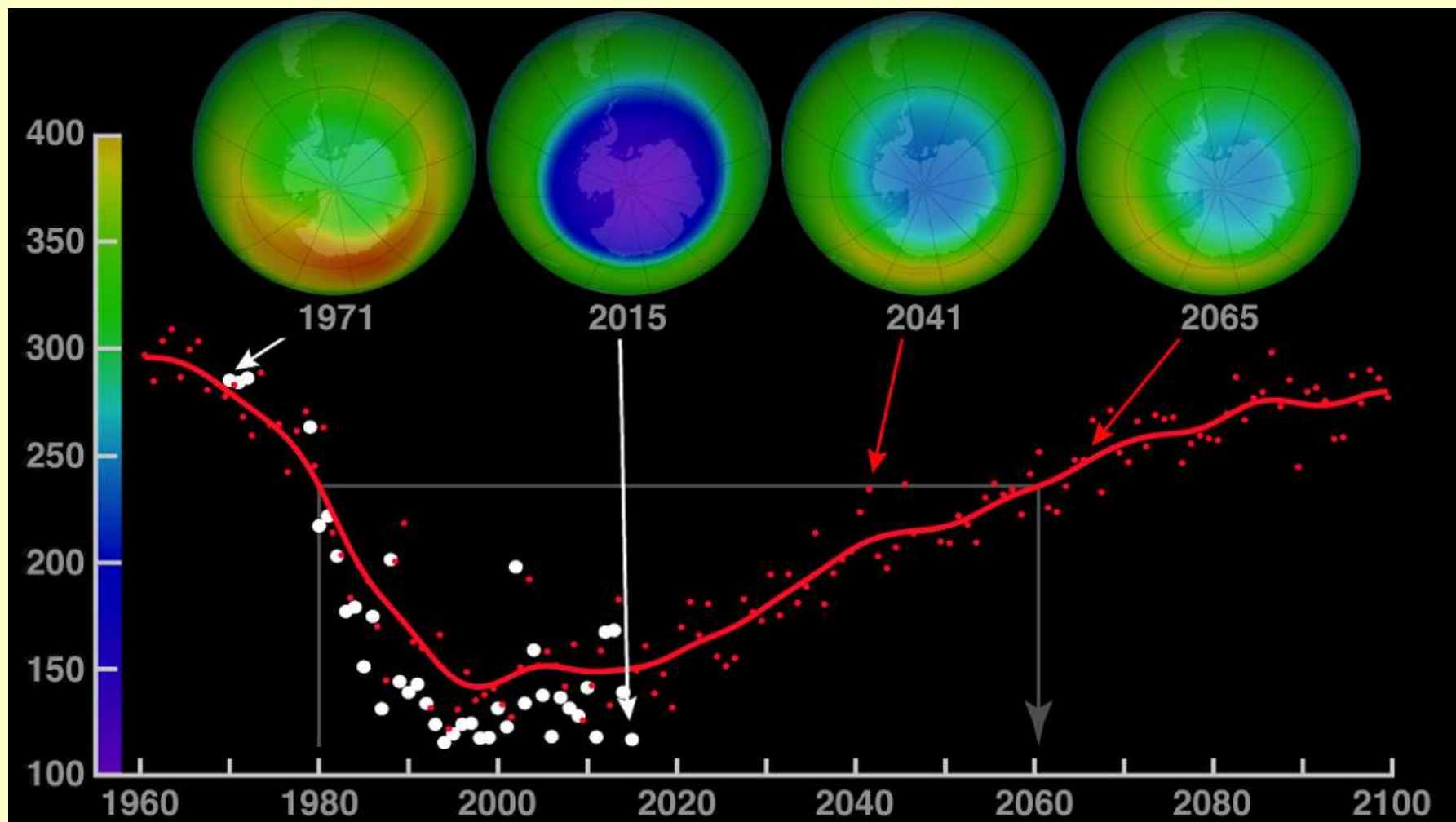
www.jantapower.com

SHOCKING!





Predikce vývoje

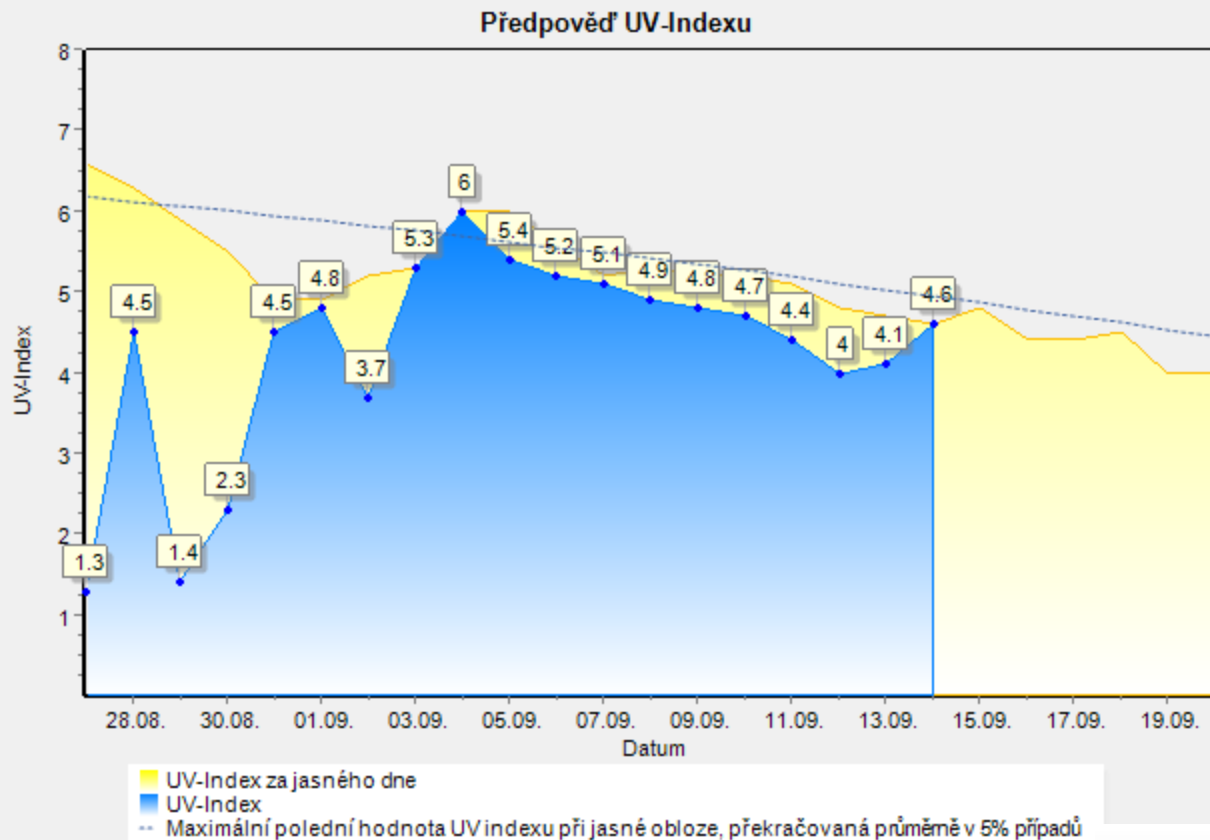




Národní aktivity

- **Zákon č. 73/2012 Sb., o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu a o fluorovaných skleníkových plynech**
- **Inovován** na Zákon č. 60/2023 Sb.
- **Solární a ozónové oddělení ČHMÚ Hradec Králové (monitorují a vydávají předpověď)**

Předpověď UV-indexu pro ČR



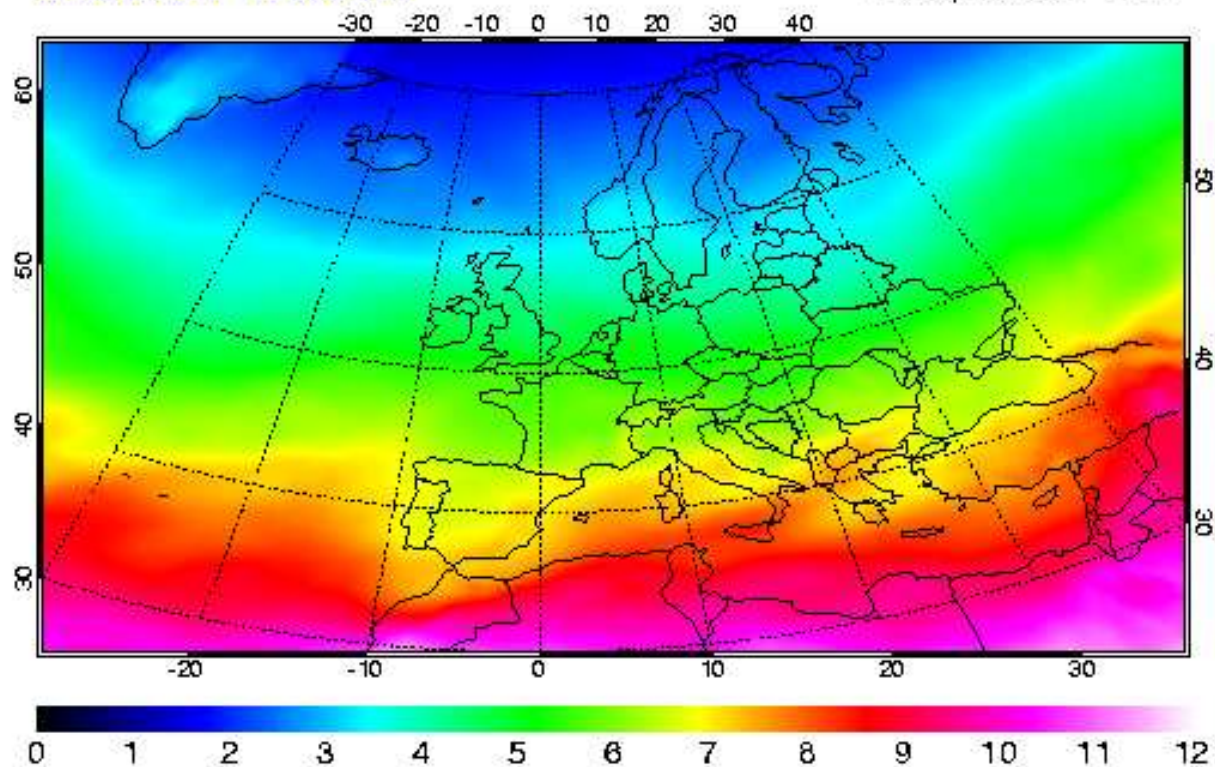
zdroj dat: ČHMÚ, Solární a ozonová observatoř, Hradec Králové

UV INDEX	ROZSAH
Nízký	< 2
Střední	3 - 5
Vysoký	6 - 7
Velmi vysoký	8 - 10
Extremní	11 +

UV-index Evropa

Erythral UV index
SCIAMACHY - KNMI/ESA

Clear-sky
2 September 2011

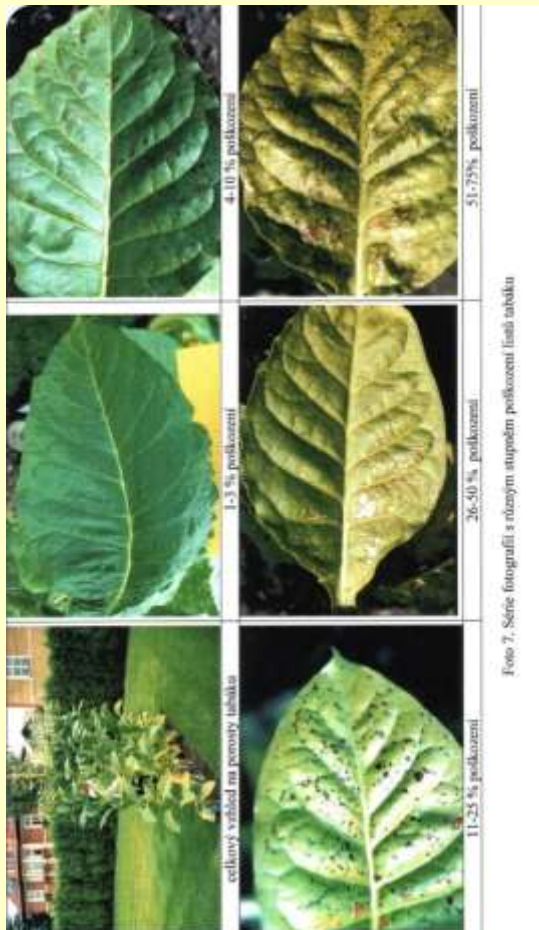


Geografické rozložení UV-Indexu nad Evropou

(Copyright © KNMI/ESA)



Přízemní ozón se tvoří když je jasný teplý den, výfukové plyny, oxidy dusíku





Bioklimatologie (LES+M+A)

14.09.2026	14.00	16.50	B32
16.09.2026	8.00	10.50	B32
09.10.2026	13.00	15.50	B32
30.10.2026	14.00	16.50	B32
27.11.2026	14.00	16.50	B32
11.12.2026	14.00	16.50	B32



Začít 16.9.2026

- Skripta
- Meteorologická měření – data
- Družice, pozemní stanice
- Atmosféra (troposféra)
- Ozón + UV záření
- Tropoozón



Radiace a radiační bilance

- Proč radiace jako první?
- Co je to radiace?
- Jaké jsou jednotky?
- Co je zdrojem radiace?



Podstata radiace

➤ *Tok částic*

energie se šíří v násobcích základního kvanta, které se nazývá **FOTON**

➤ *Vlnění*

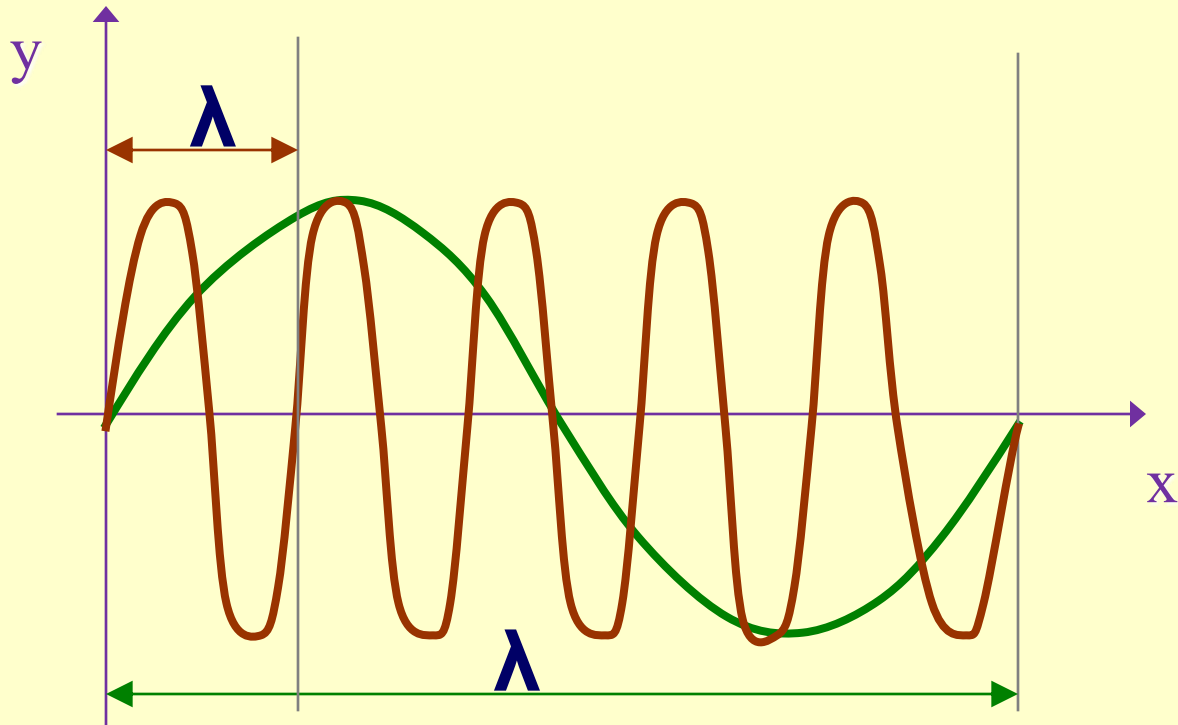
$$\lambda \quad * \quad \nu \quad = \quad c$$

vlnová délka * frekvence = rychlost světla

$$m \quad * \quad s^{-1} \quad = \quad m.s^{-1}$$



Vlnová představa



$$\lambda \uparrow * v \downarrow = c$$

vlnová délka * frekvence = konstanta



Radiace - jednotky

- Energie - Joule
- Práce - Watt (J.s^{-1})
- Osvětlení - lux
- Einstein = počet fotonů, které jsou nutné k vytvoření 1 molu cukrů = uhlohydrátů = glycidů = sacharidů



Zdroje záření

- Obecně - každé těleso
- STEFAN - BOLTZMANNův zákon
jaké množství energie nám daná hmota
všesměrově vyzáří:

$$E = \varepsilon * \delta * T^4 \quad (\text{W.m}^{-2})$$

$$\delta = 5,67.10^{-8} \quad \text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$$

$$\varepsilon = (0,1)$$



Koeficient ε pro různé přírodní povrchy

➤ Tmavá půda	0,87
➤ písek	0,90
➤ voda	0,95
➤ trávník	0,98
➤ čerstvě napadlý sníh	0,99



Rozdělení radiace

- 1) Praktické**
- 2) Podle fyziologických účinků**
- 3) Podle vlnové délky**

Praktické rozdělení

➤ IONIZUJÍCÍ (TOK JADER He a H)

⇒ Gama záření 0.01 nm

⇒ Roentgenovo 0.1 nm

➤ SVĚTLO →

⇒ 400 - 700 nm

fialová	400-430 nm
modrá	450-485 nm
zelená	515-520 nm
žlutá	575-590 nm
oranžová	590-620 nm
červená	620-700 nm





Dvojitá duha – inverzní barvy





Praktické rozdělení

➤ IONIZUJÍCÍ (TOK JADER He a H)

⇒ Gama záření 0.01 nm

⇒ Roentgenovo 0.1 nm

➤ SVĚTLO →

⇒ 400 - 700 nm

fialová	400-430 nm
modrá	450-485 nm
zelená	515-520 nm
žlutá	575-590 nm
oranžová	590-620 nm
červená	620-700 nm

➤ RÁDIOVÉ A TELEVIZNÍ VLNY

⇒ mikrovlny do 1m (mobilní telefony)

⇒ VKV 1-10 m (televize)

⇒ krátké vlny 10-100 m

⇒ střední 100-1000 m

⇒ dlouhé 1000-10000 m



Rozdělení radiace

1) Praktické

**2) PODLE FYZIOLOGICKÝCH
ÚČINKŮ**

3) Podle vlnové délky

Podle fyziologických účinků



Nad	7 %	48%	45%
Pod	1 %	49,5%	49,5%

UV

FAR

IR

400

700 nm

Slunce vyzařuje 100 – 3 000 nm



UV-B záření

- - **destruktivní účinky** (oči x kůže x imunita)
- - **způsobuje mutace**
- - **má fotochemické účinky** (rostliny, pigmentace, fotosyntéza....)

- + **vitamín D3** - antirachitický účinek
- + **podpora červených krvinek a hemoglobinu,**
- + **aktivizuje žlázy s vnitřní sekrecí, činnost některých enzymů a pod.**
- + **germucidní účinky (poměr A:B:C 1:1:1).**

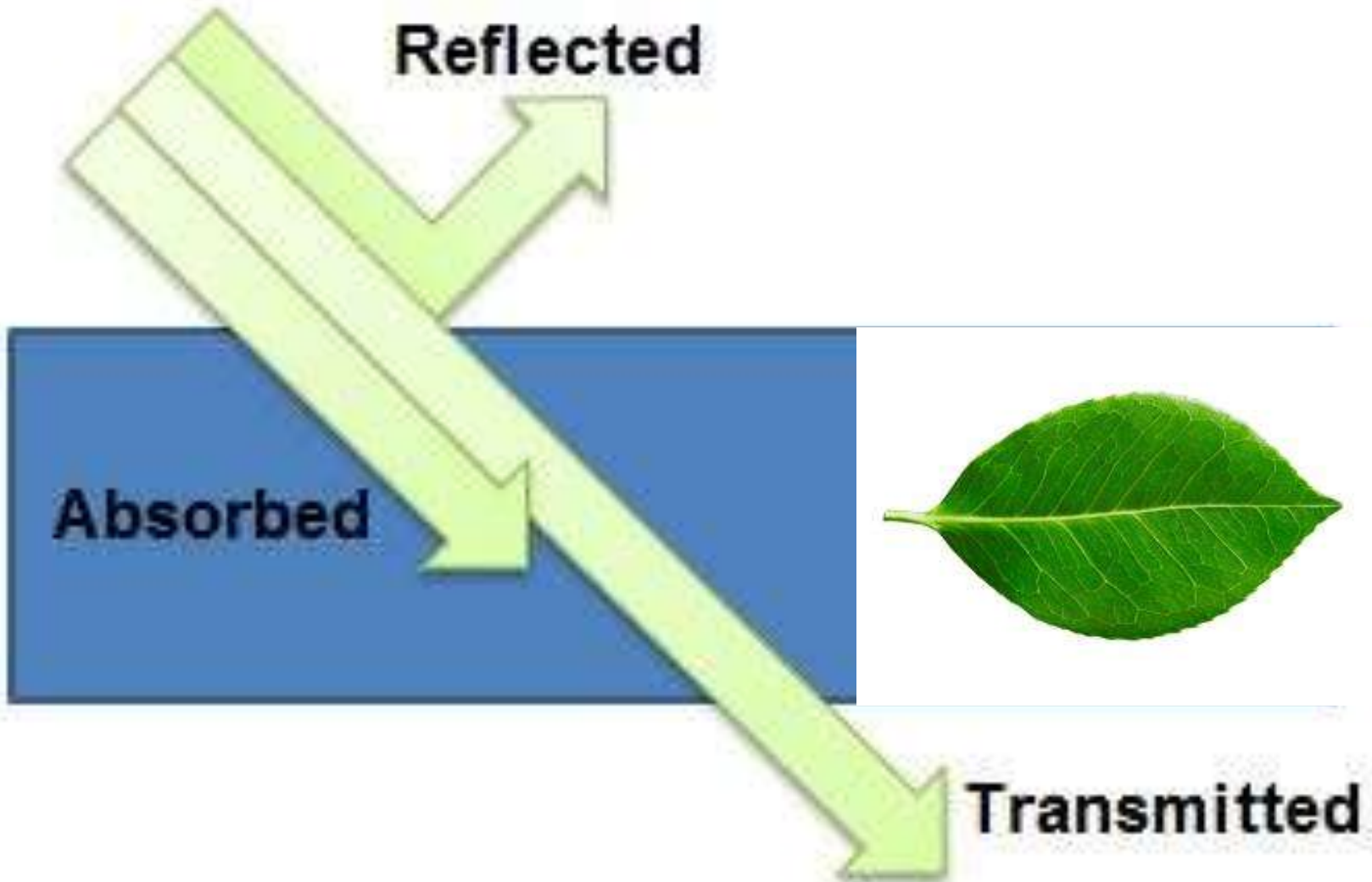


FAR

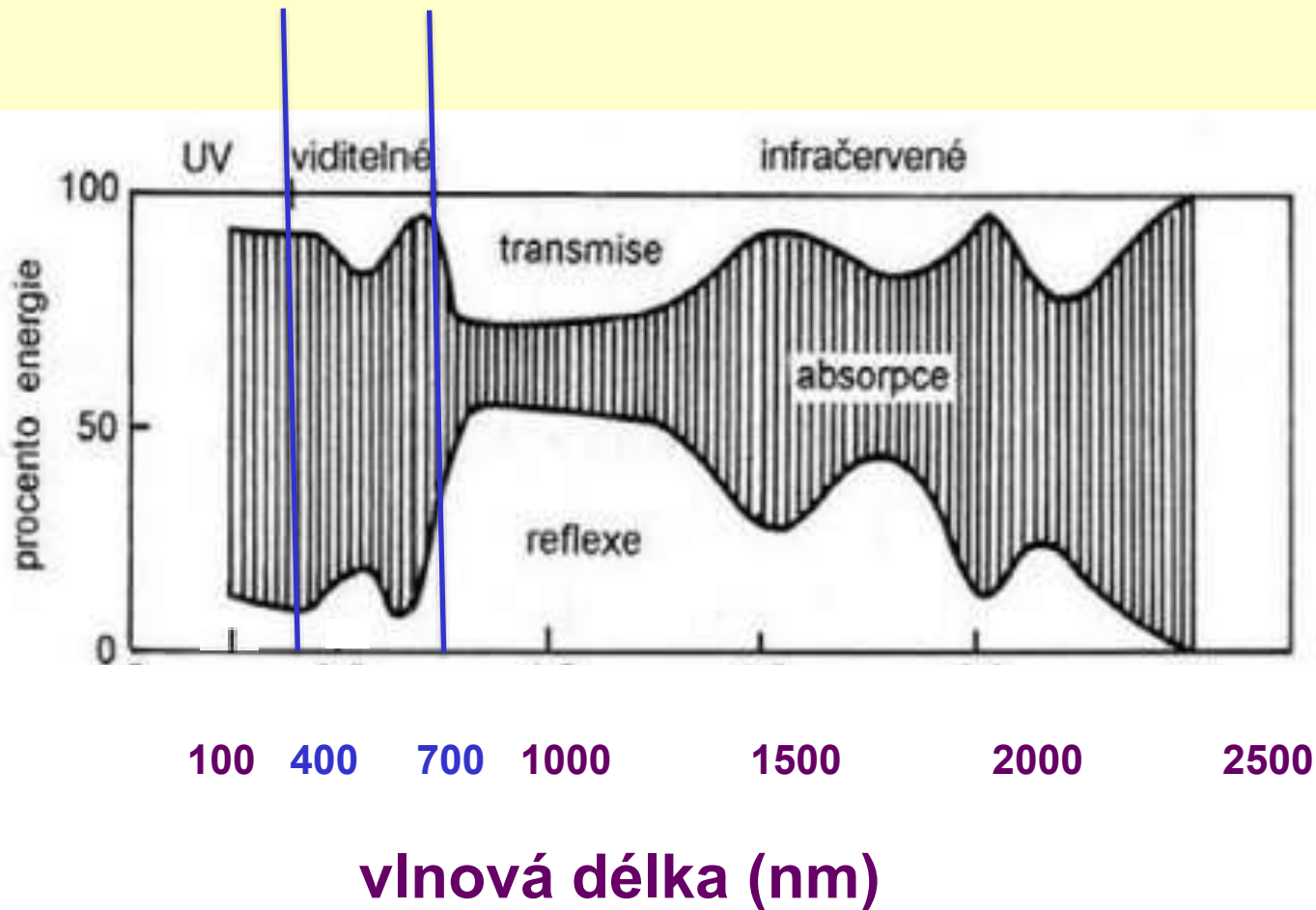


- **fotosyntetické** (1-3 % sluneční energie)
- **fotomorfogenetické** (regulátor v procesech růstu)
- **tepelné** (většina - transpirace a výměna energie s okolím)

FAR a list



FAR (400-700nm) a IR x list





Intenzita světla/osvětlení

Měsíc v úplňku cca do 1 luxu
30.6. ve 12 00 až 130 000 luxů

Velmi zatažený den 100 luxů
Místnost minimum 300 luxů

C3 rostliny optimum 8 000 -12 000 luxů
C4 rostliny optimum 60 000 - 80 000 luxů

$1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2 =$
osvětlení 1 candely z 1 m



C3 a C4 rostliny (CAM)

C3 – (mírný klimatický pás) karboxylačním enzymem je **rubisco** (karboxyluje RuP2) a prvním produktem fixace uhlíku je **tříuhlíkatá kyselina 3-fosfoglycerová** (PGA). Do této skupiny patří většina rostlinných druhů.

Optimum – 8 000 -12 000 luxů

C4 – (tropy, subtropy) karboxylační enzym je **PEP karboxyláza** (karboxyluje fosfoenolpyruvát – PEP) a prvním produktem fixace uhlíku je **čtyřuhlíkatá kyselina oxaloctová** (OAA).

Optimum 60 000 – 80 000 luxů

Příklady C4 rostlin: *Panicum* (proso), *Zea* (kukuřice), *Sorghum* (čirok), *Amaranthaceae* (laskavec), tropické epifytické *Orchidaceae*.

Stromy jsou z 99,9 % C3 rostliny

CAM – (polo) pouštní vegetace

stromy: 99,9 % jsou C3 rostliny

**Karboxylace = chemická reakce vázání CO₂,
probíhá jen s pomocí enzymu**



Rozdělení rostlin ve vztahu k FAR (světlu)

➤ **heliofyta**

bříza, borovice, modřín, kukuřice,
slunečnice.....

➤ **sciofyta**

smrk, lípa, jedle, tabák.....

IR (teplené)

- Zvířata: předávkování IR může dojít k úžehu a následně **přehřátí** organismu a to zvláště u neosrstěných zvířat



Jalový dvůr, Nížkovice



IR (teplené)



- Rostliny: při přehřátí dochází k **otevření** průduchů a ke zvýšení transpirace - výparu z rostlin

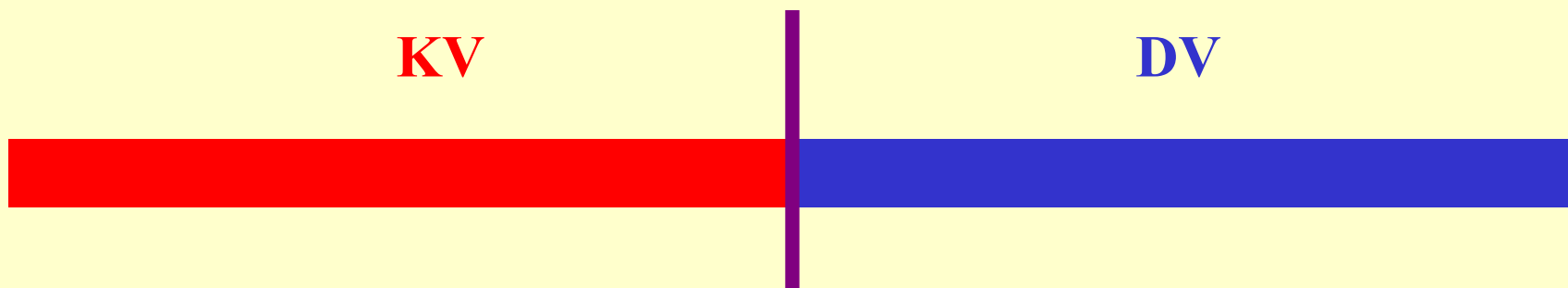


Rozdělení radiace

- 1) Praktické**
- 2) Podle fyziologických účinků**
- 3) PODLE VLNOVÉ DÉLKY**



Rozdělení záření podle vlnové délky



3 000 nm (3 mikrometry)

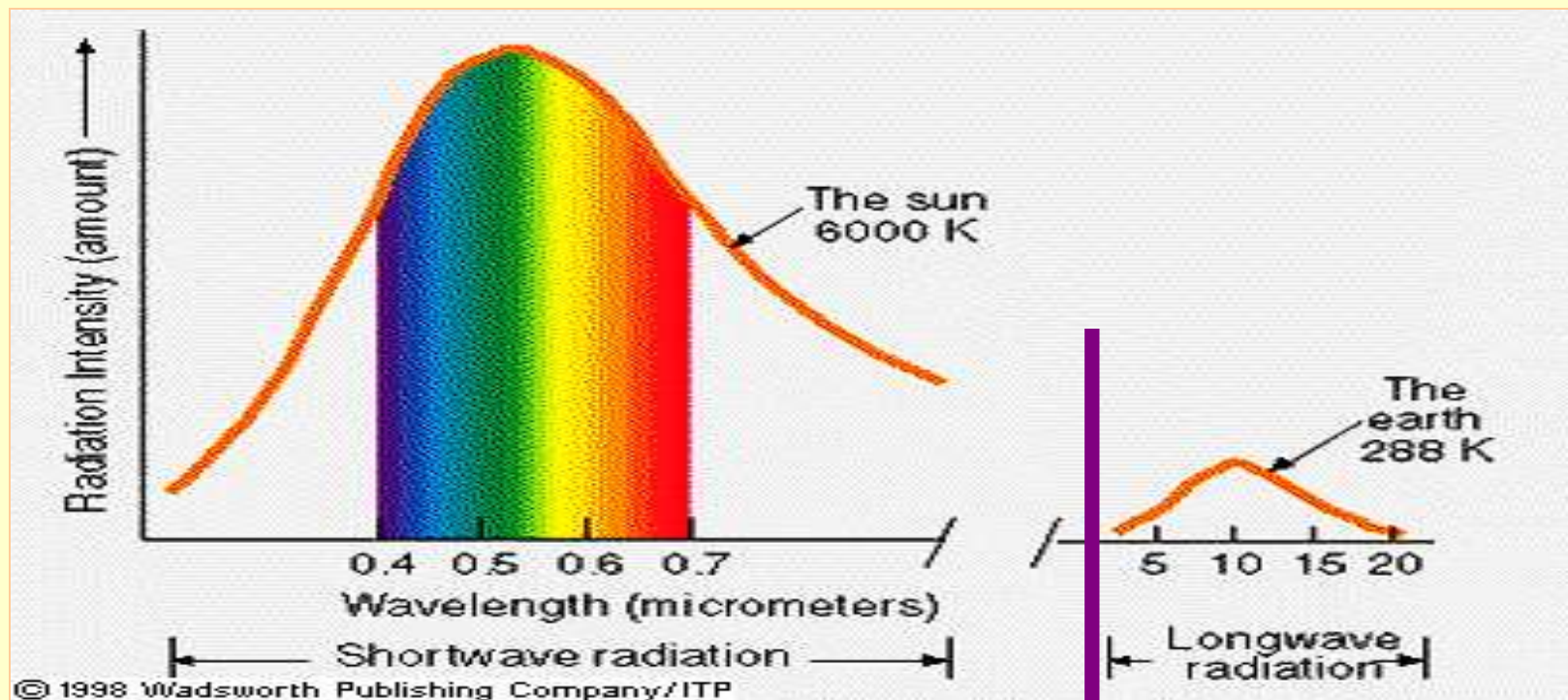
$$\lambda_{\max} = \frac{0,002897}{T} \quad (\text{m})$$

Wienův zákon

$$\lambda_{\max} = \frac{\text{constant}}{T}$$

Slunce = 6 000 K

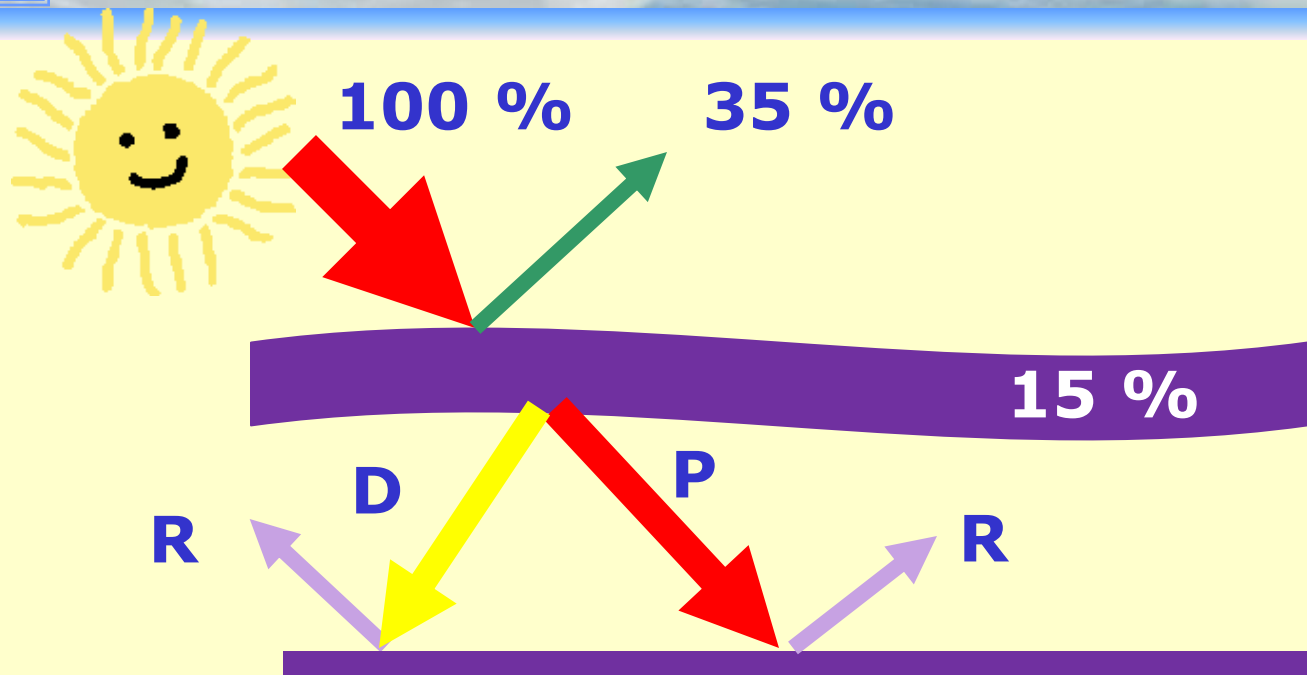
Země = 15 °C = 288K



3 mikrometry



Bilance krátkovlnného záření



$$B_k = P + D - R$$

$Q = \text{globální záření}$



Rozptyl záření

1. Aerosolový – rozptyl na molekulách vody (ledu)

⇒ všechny vlnové délky se rozptylují stejně =
bílošedá obloha



2. Molekulární (Rayleigh) – rozptyl na molekulách vzduchu

⇒ čím kratší záření tím lépe se rozptyluje
= modrá obloha



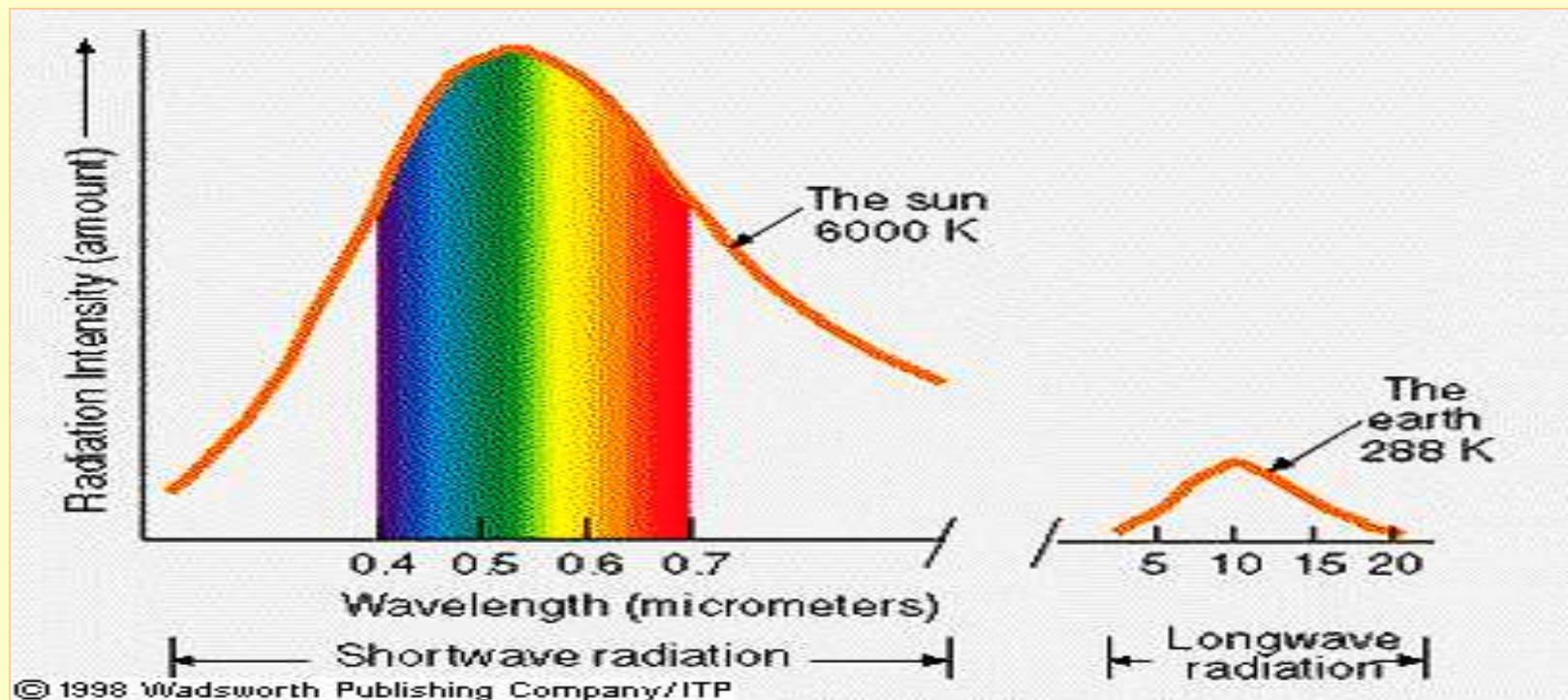
⇒ čím více částic je záření v cestě resp. čím je delší dráha
záření v atmosféře tím lépe se rozptyluje

Wienův zákon

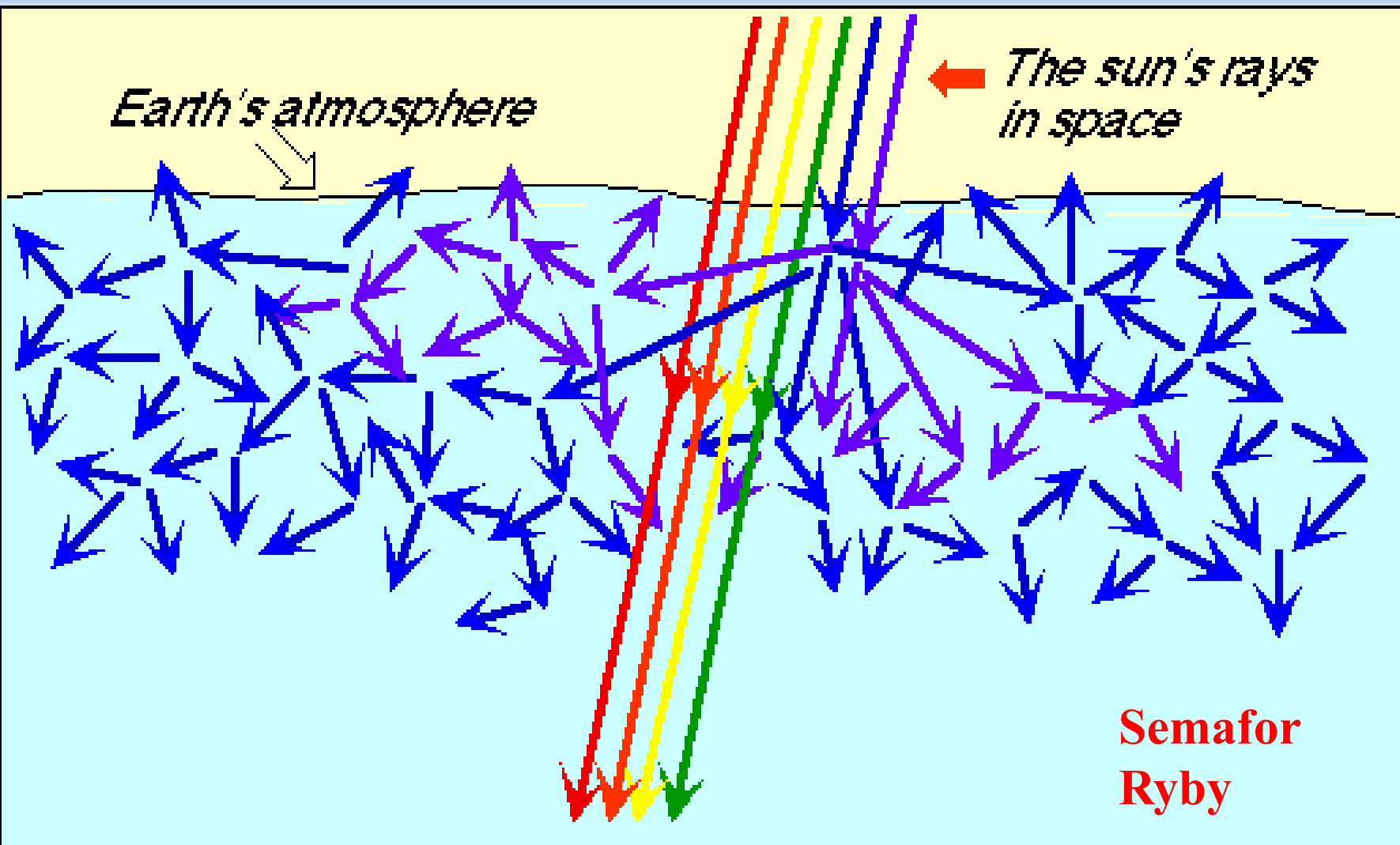
$$\lambda_{\max} = \frac{\text{constant}}{T}$$

Slunce = 6000 K

Země = 15°C = 288K

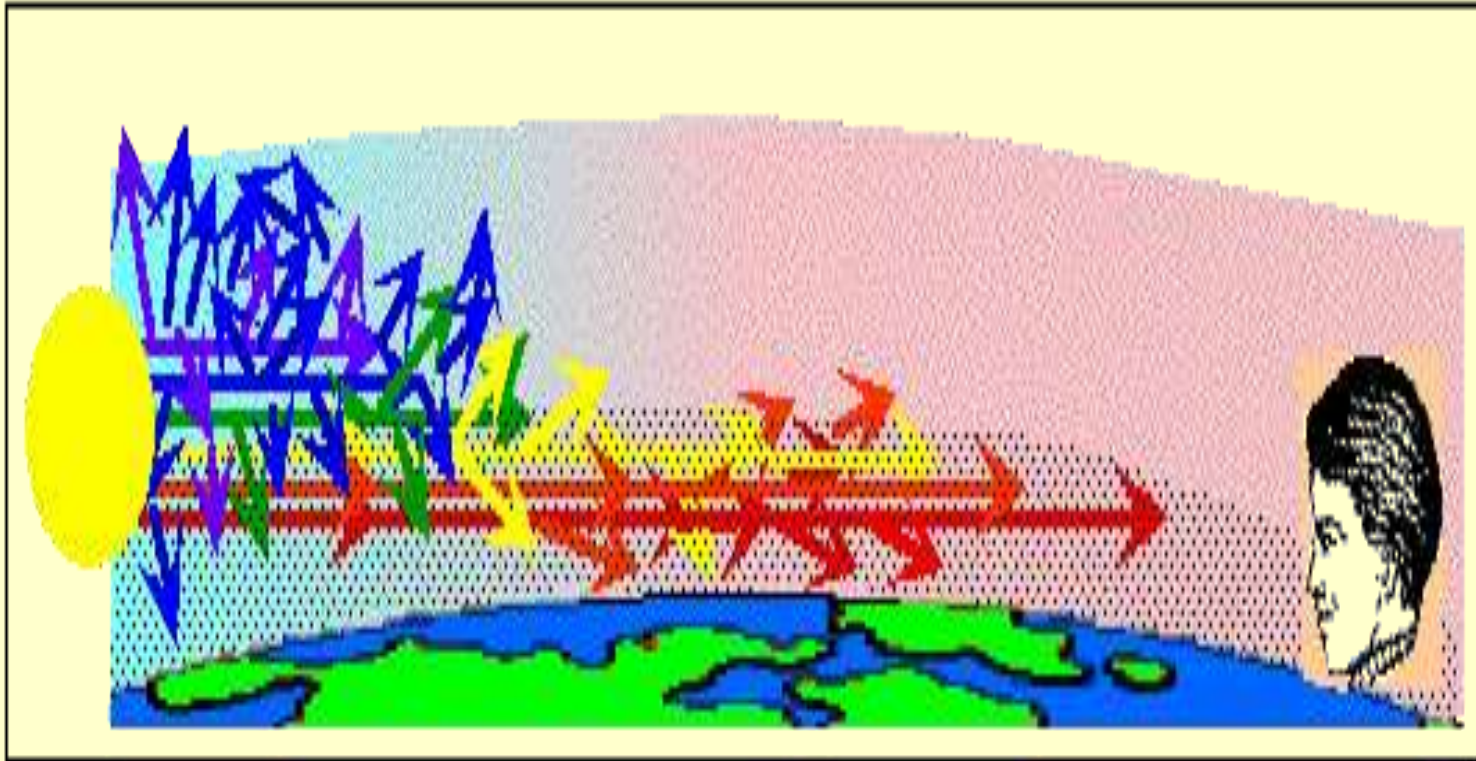


Proč je obloha modrá?





A slunce večer oranžovo- červené



**Dráha paprsku 12x
delší než v poledne**



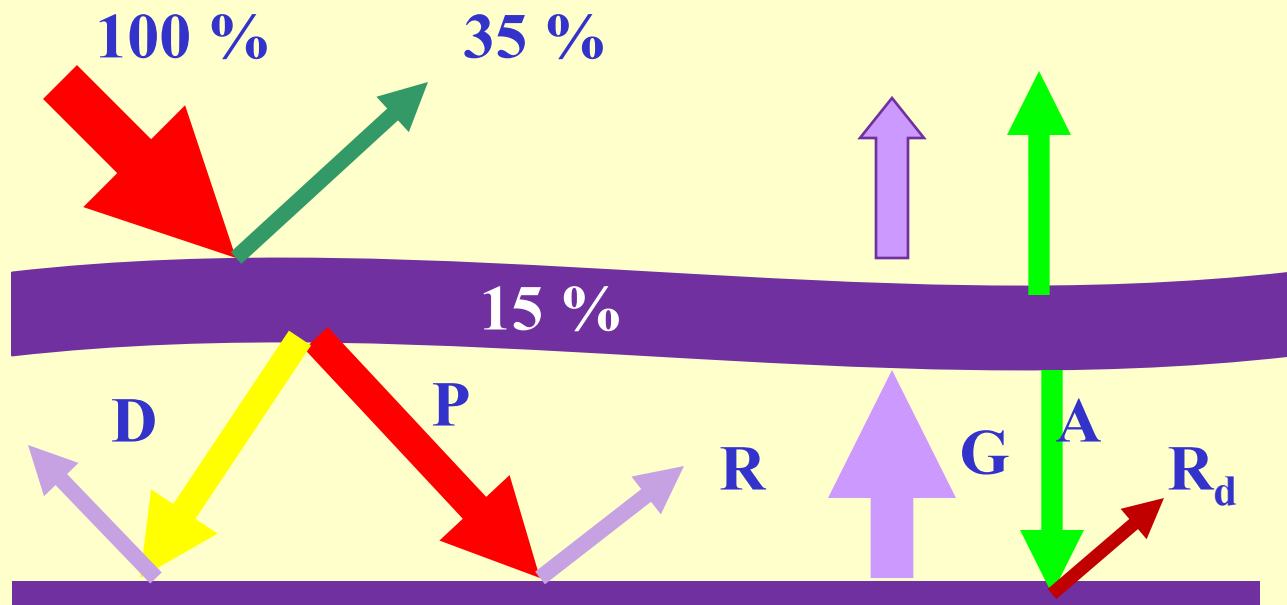
Odraz záření - ALBEDO

$$\text{ALBEDO} = R / Q * 100 \quad (\%)$$

voda	5 – 90
sníh	75 – 95
sníh starší	40 – 70
půda tmavá	5 – 15
půda světlá	25 – 45
poušť	25 – 30
rostliny	5 - 25
oblaka	40 – 90
pokožka bílá	43 – 45
pokožka tmavá	16 – 22
Země	34 – 42



Bilance krátkovlnného s dlouhovlnného záření

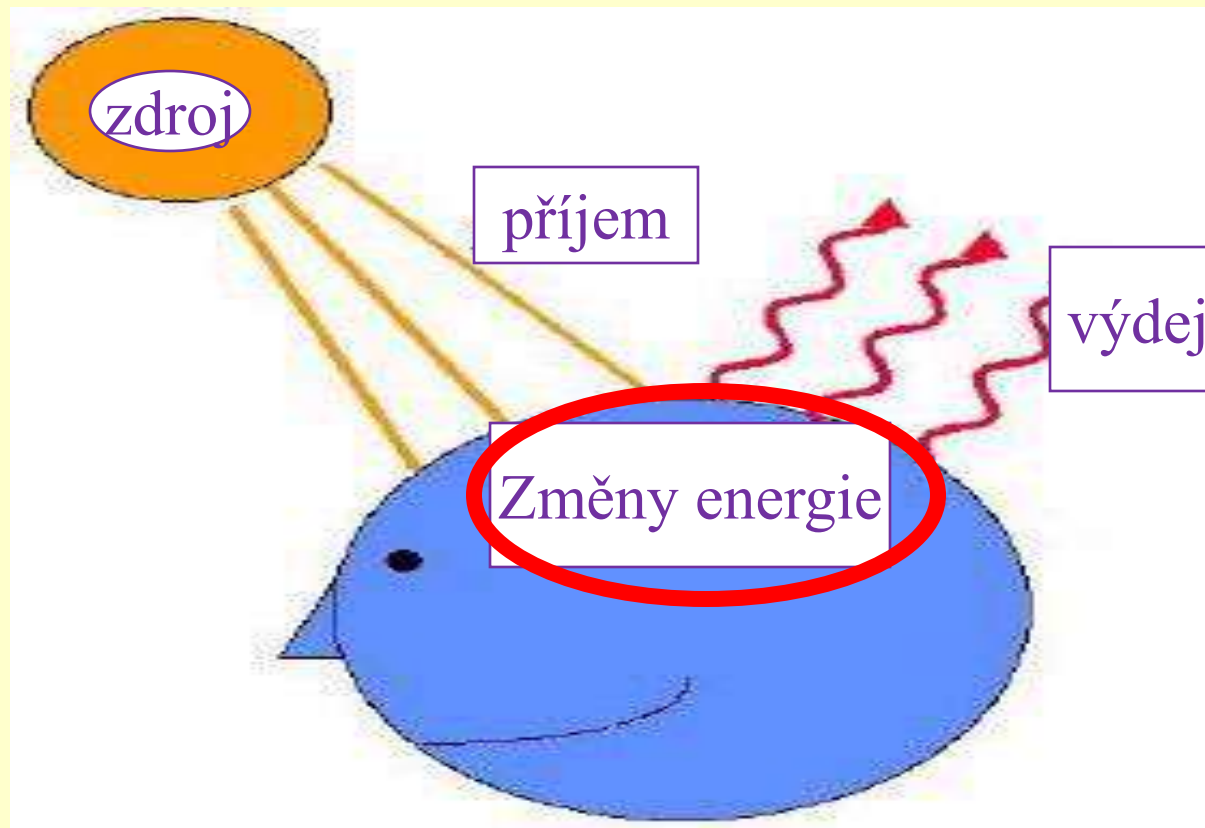


$$B_k = P + D - R$$

$$B_d = -G + A - R_d$$

$$B = B_k + B_d$$

ENERGETICKÁ BILANCE

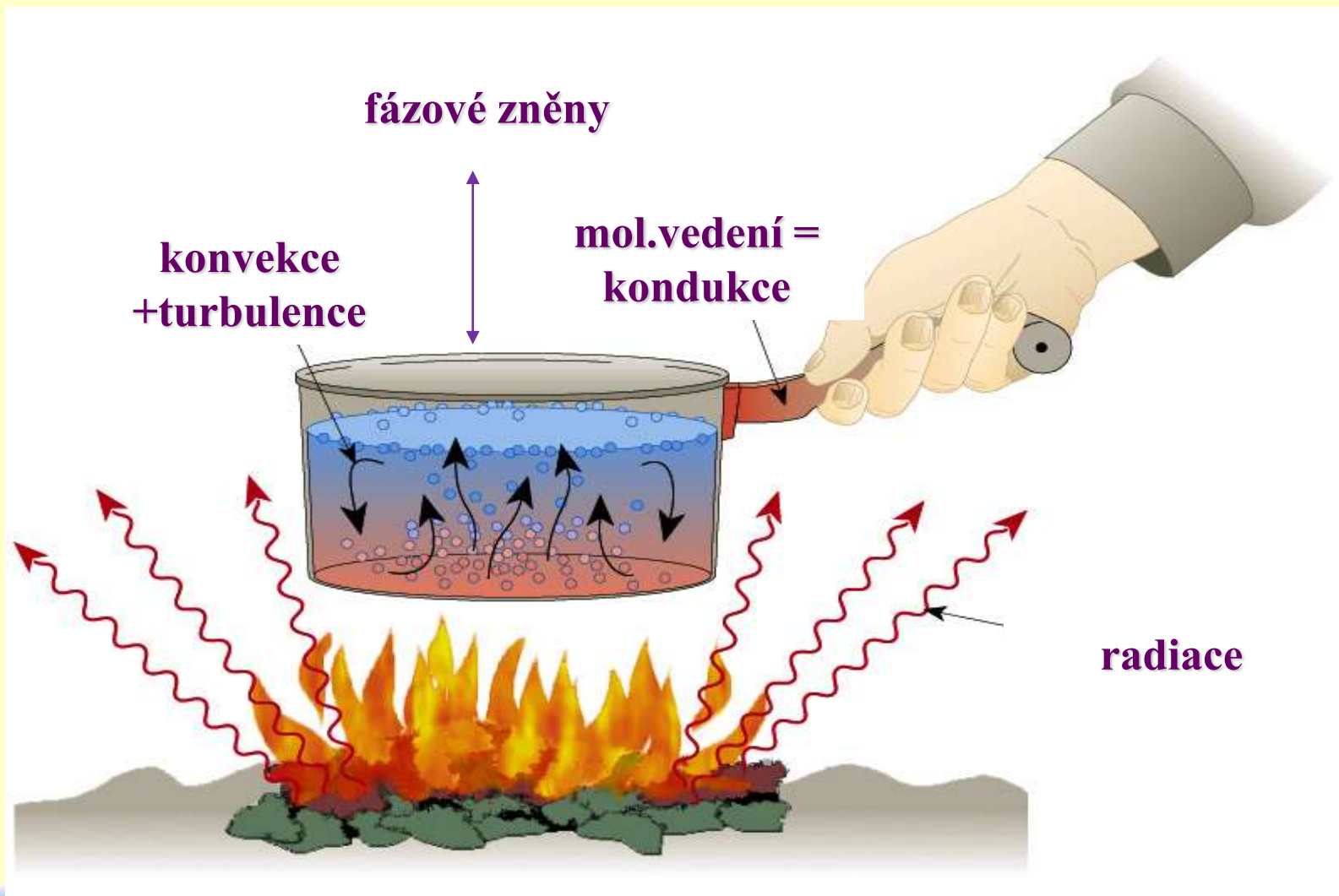




Přenos energie

- radiace
- molekulární vodivost
- turbulence (s převahou konvekce)
- latentní přenos (fázové změny vody)

Přenos energie





Energetická bilance

$$B_e = B \pm P \pm Q_p \pm LV$$

- B = radiační bilance
- P = tok tepla (výměna tepla) mezi atmosférou a zemským povrchem
- Q_p = tok tepla mezi zemským povrchem a jeho podložím
- LV = tok tepla spojený s fázovými přeměnami vody



$$B_e = B \pm P \pm Q_p \pm LV$$

P – tok tepla mezi atmosférou a zemským povrchem

1. povrch je **teplejší**
než vzduch

2. povrch je **chladnější**
než vzduch

Konvekce +
Turbulence

Mol. vedení =
konduktce (laminární
vrstva)



Energie směřuje do atmosféry,
povrch se ochlazuje

Energie směřuje k povrchu,
ten se otepluje



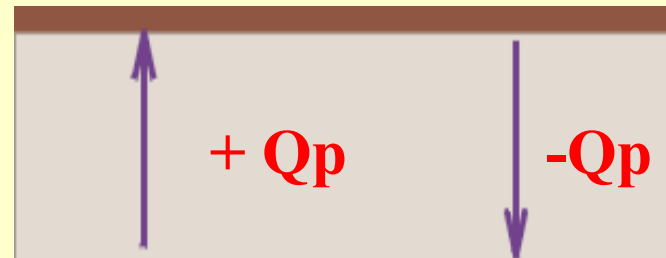
$$B_e = B \pm P \pm Q_p \pm LV$$

Q_p - Tok tepla do půdy

Q_p = záleží na typu
podloží (A)

1. Povrch je
chladnější než
podloží

2. Povrch je
teplejší než
podloží



Molekulární
vedení = kondukce

Povrch se
otepluje

Povrch se
ochlazuje

Hodnoty koeficientu teplotní vodivosti „A“



Látka	teplota (°C)	A (W m ⁻¹ K ⁻¹)
Vzduch	10	0,025
Voda	10	0,59
Led	0	2,18
Led	-10	2,30
Sníh (500kg m ⁻³)	10	0,63
Jílové minerály	10	2,93
Křemen	10	8,79
Organický půdní materiál	10	0,25
Suchá půda	10	0,16 - 0,34
Vlhká půda	10	1,26 - 3,35



$$B_e = B \pm P \pm Q_p \pm LV$$

LV – tok tepla spojený s fázovými přeměnami vody

	1. Povrch je teplejší než vzduch	2. Povrch je chladnější než vzduch
H ₂ O (voda)	2 500 J g ⁻¹	
H ₂ O (led)	2 835 J g ⁻¹	

latentní přenos



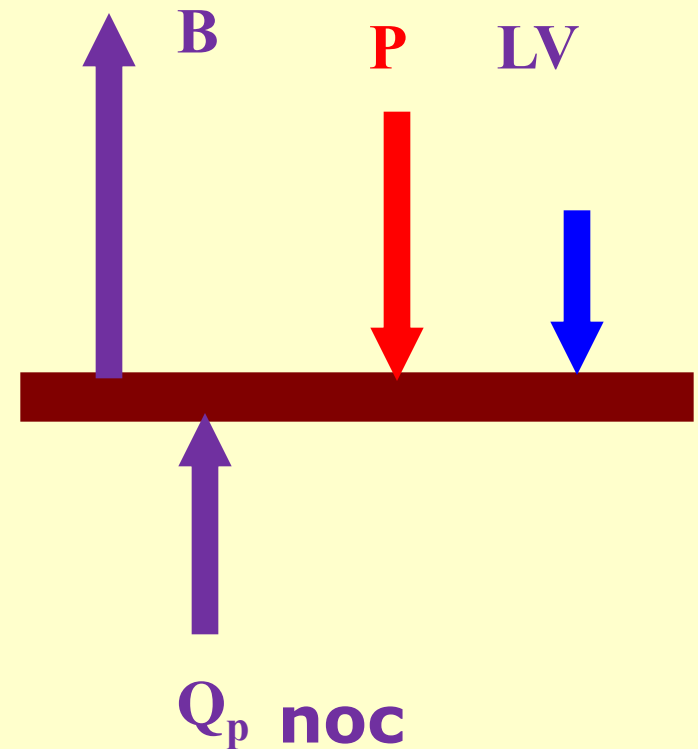
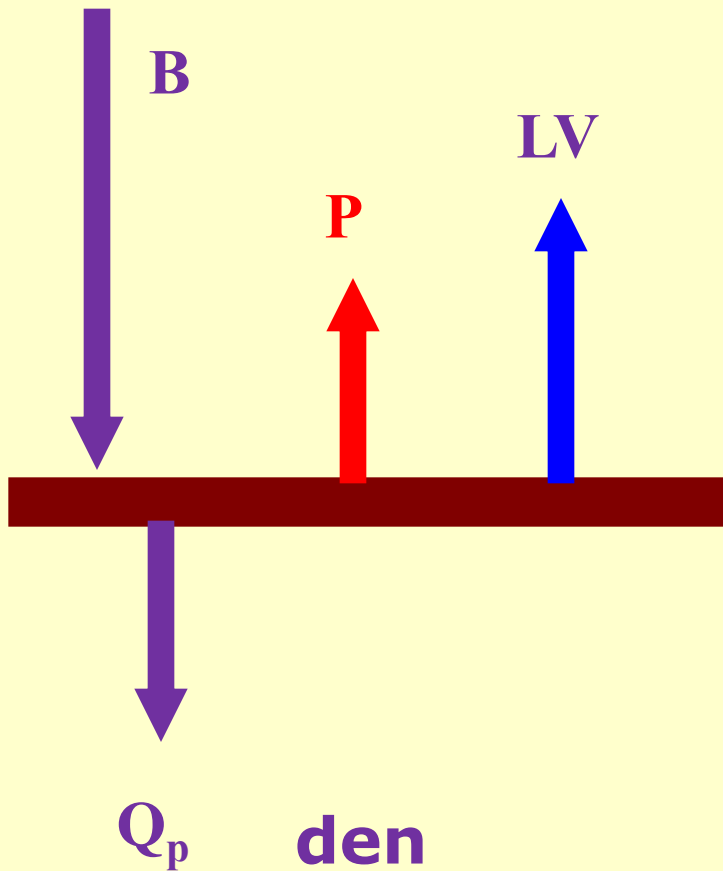
Povrch se ochlazuje
vzduch se nezahřívá

Povrch se **zahřívá**
vzduch se neochlazuje



Energetická bilance

šipka = směr zisku energie

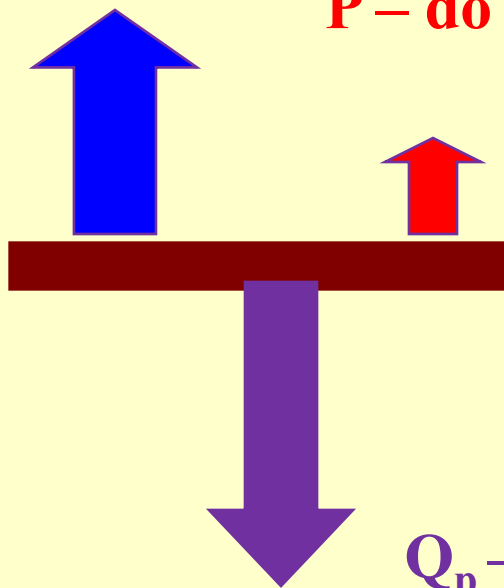




Urči typ povrchu (den) (B = stejné pro všechny povrchy)

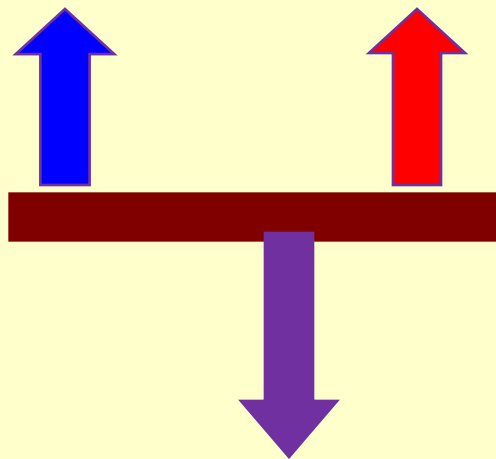
LV – výpar

P – do vzduchu

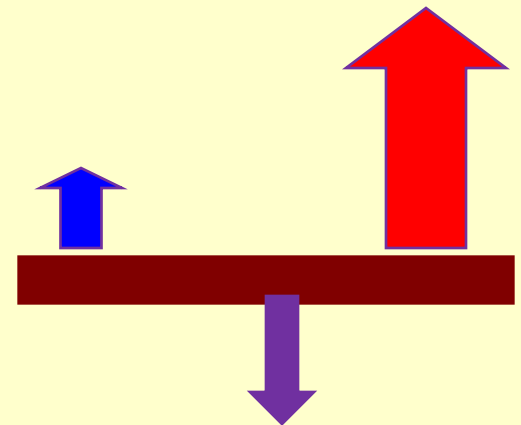


Q_p – do půdy

Vodní hladina



Les



Poušť



UŽ VÍŠ PROČ....

Je přes den nad vodou chladněji?

A v noci naopak menší zima?

Proč se těžší půdy nazývají studené?

A nad lehkými půdami je větší nebezpečí jarních mrazíků?

Proč po dešti když vysvitne slunce teplota klesá?

Proč sucho přispívá k přehřátí krajiny?

Proč je město bráno jako tepelný ostrov?

.....



Příklad porušení radiační (energetické) bilance

aneb

Problematika změny klimatu



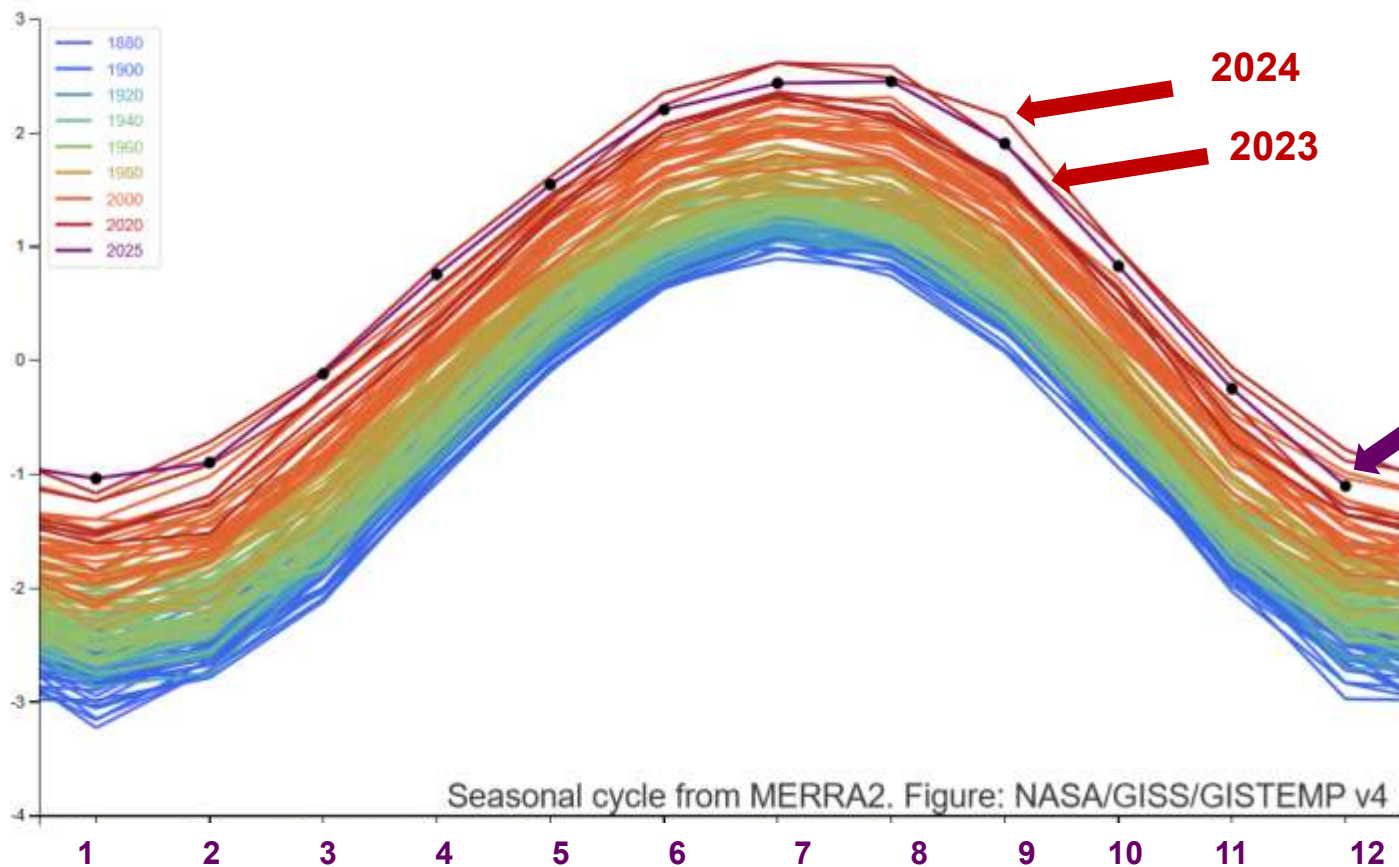
HYPOTÉZA změna klimatu:

*Porušení
radiační bilance
Země způsobené zesílením
skleníkového jevu
vede ke
změně klimatu.*

Globální teplota Země od 1880

Teplotní odchylka od průměru 1980–2015 (°C)

GISTEMP Seasonal Cycle since 1880

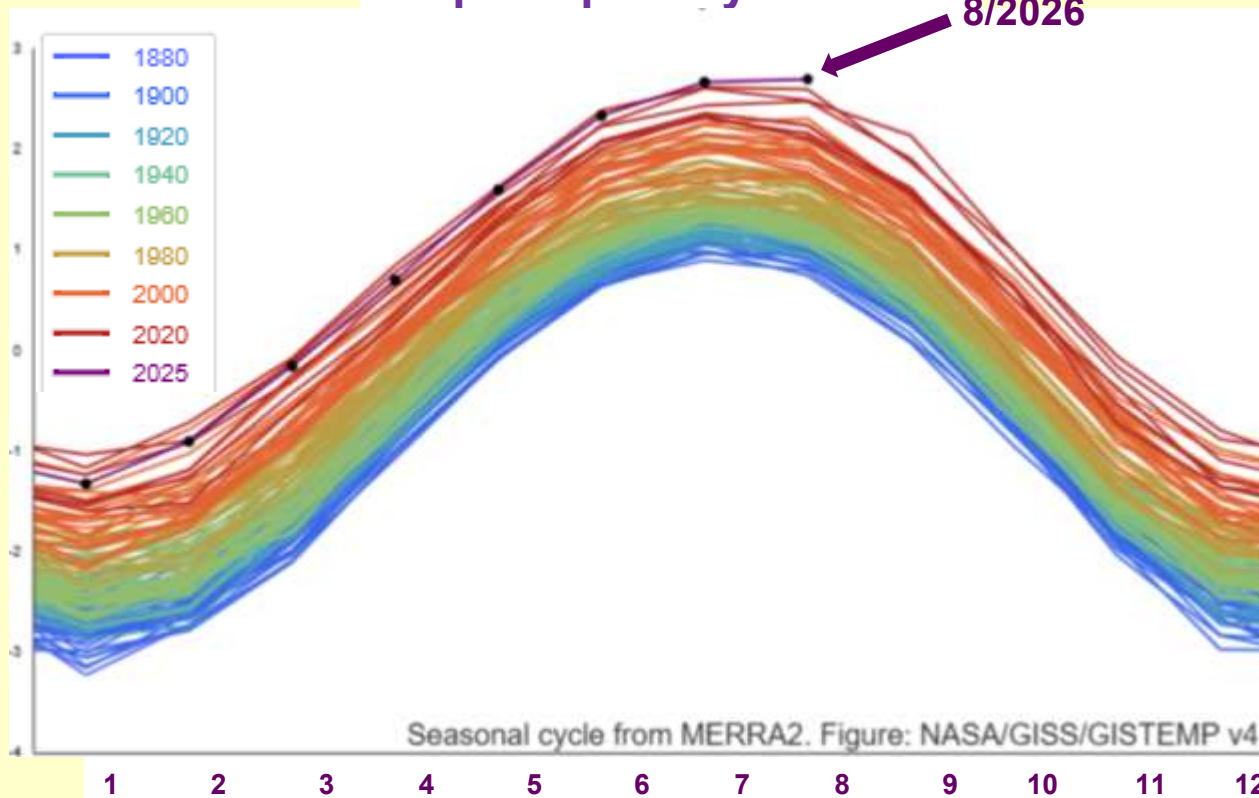




Teplotní odchylka od průměru
1980–2015 (°C)

Teplota planety od 1880

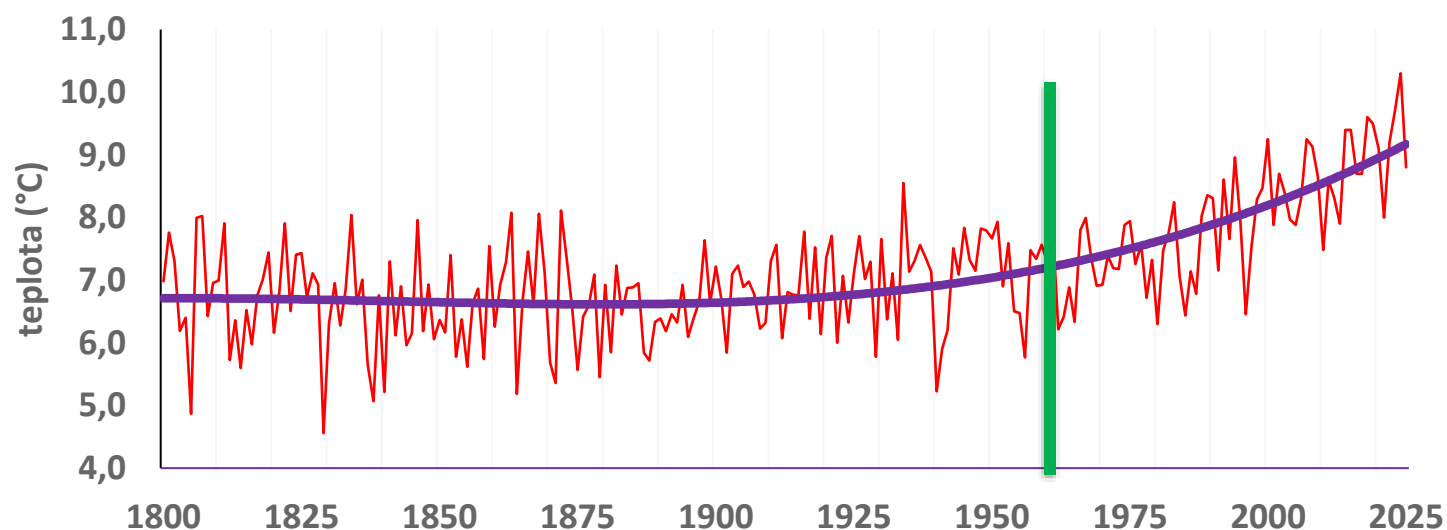
8/2026



Klimatická realita v ČR



Průměrná roční teplota v ČR (1800–2025)



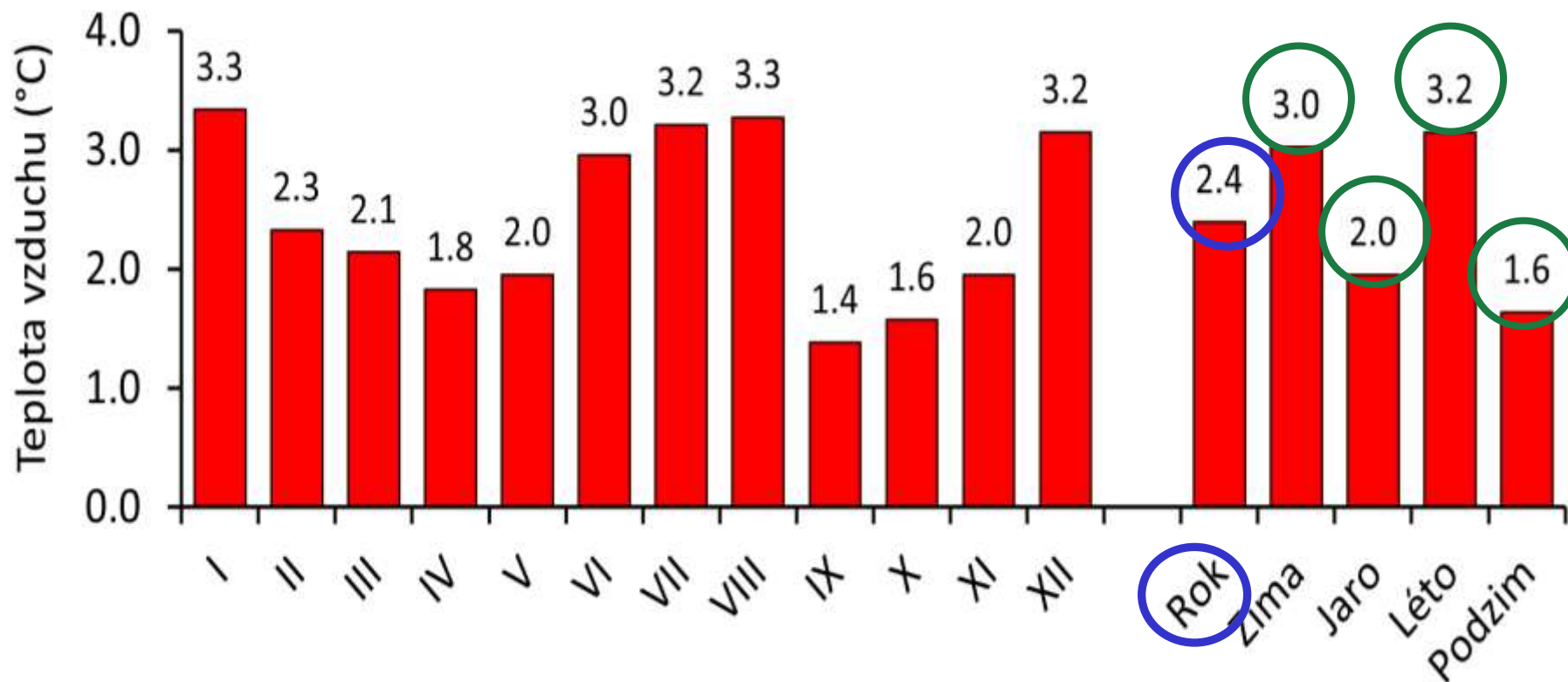
1800–1960 = 6,6 °C

2000– 2025 = 9,0 °C

2024 = 10,3 °C

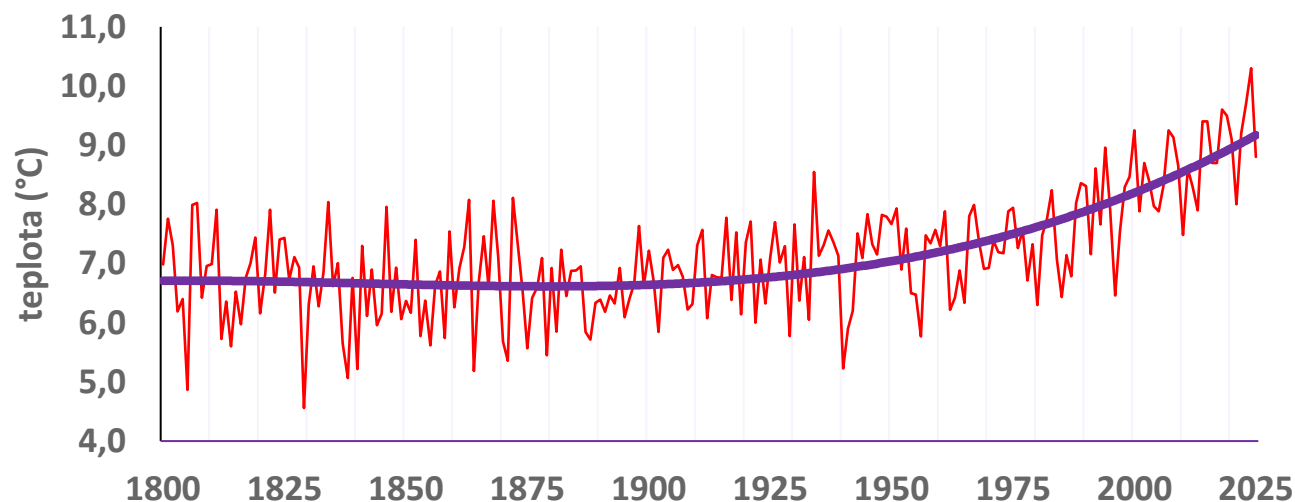
Změna teploty vzduchu (°C) 1961–2023

měsíce **roční období** **celý rok**



Klimatická realita v ČR

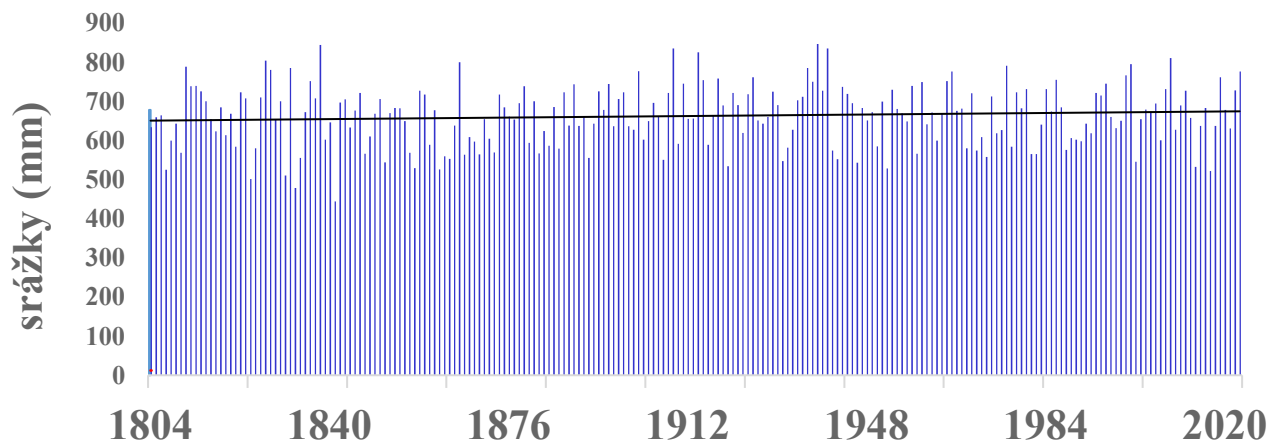
Průměrná roční teplota v ČR (1800–2025)



1800–1960 = 6,6 °C

2000–2024 = 9,0 °C

Průměrné roční srážky v ČR (1804–2025)



**+2 °C =
úbytek cca 100 mm !!
srážek za rok
kvůli výparu**



Proč se otepluje a mění se klima?

Je to epizoda, výkyv...?

Je to něco znepokojivého?

Vždyt'.....



Vždyť klima se měnilo vždycky....

uhlí (sub-tropická vegetace)



ledovcové kary Krkonoše





Příčiny změn klimatu

Evolve

(desetitisíce až milióny let)

Revoluce

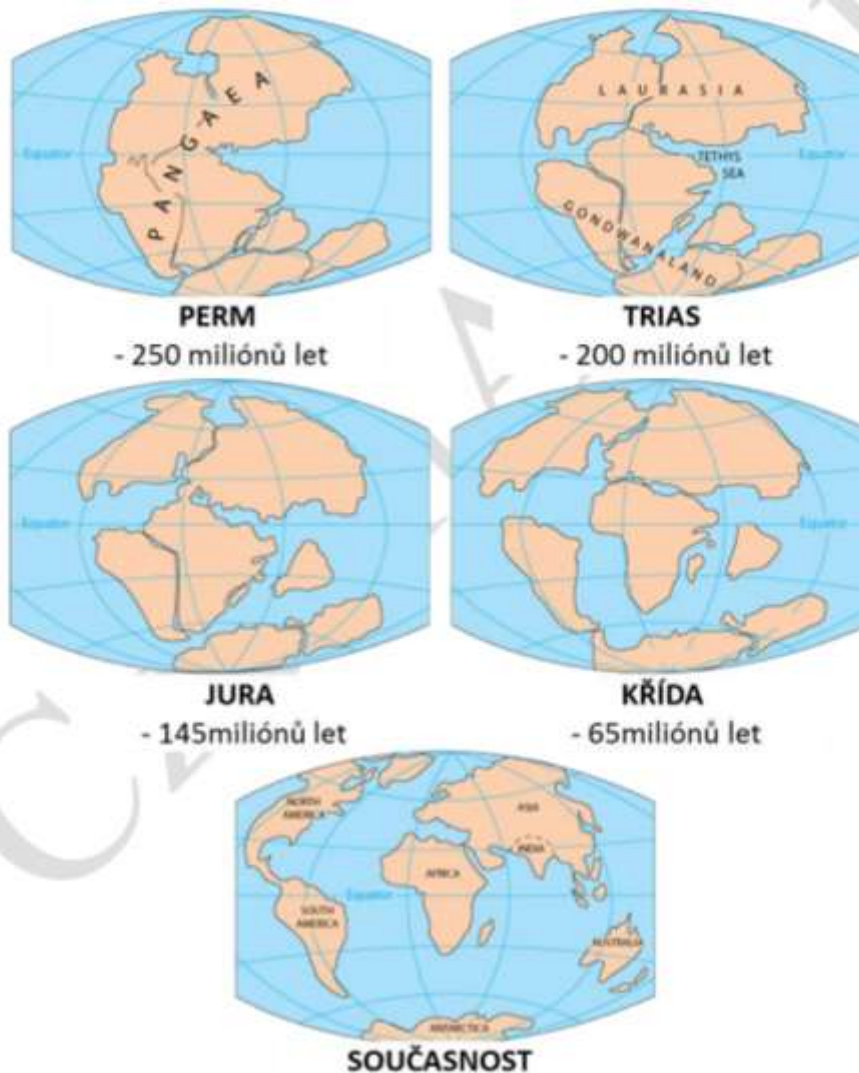
(jednotky až desítky let)

- tektonika (pohyb, deformace) zemských desek?

Tektonické desky – milióny let

Perm
končí prvohory

Trias, Jura, Křída
druhohory



dnes
čtvrtohory
Holocén
-12 000 let

Obr. 3.1: Přibližná poloha kontinentů od mladších prvohor do současnosti (zdroj: <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/historical.html>)



Příčiny změn klimatu

Evolve – Revoluce

- **tektonika** (pohyb, deformace) **zemských desek**
- **orbita** (oběžná dráha) **a precese** (naklonění zemské osy)?

Oběžná dráha a zemská osa Croll – Milankovičovy cykly



Obr. 3.5: Základní komponenty Croll-Milankovičových cyklů a jejich perioda. Tj. změna ekliptikální délky perihélia (tzv. *precese*), excentricity oběžné dráhy (z prakticky kruhové na mírně eliptickou) a změna náklonu zemské osy. Zdroj: Lee, J. (2012). Milankovitch cycles. <http://www.eoearth.org/view/article/154612>



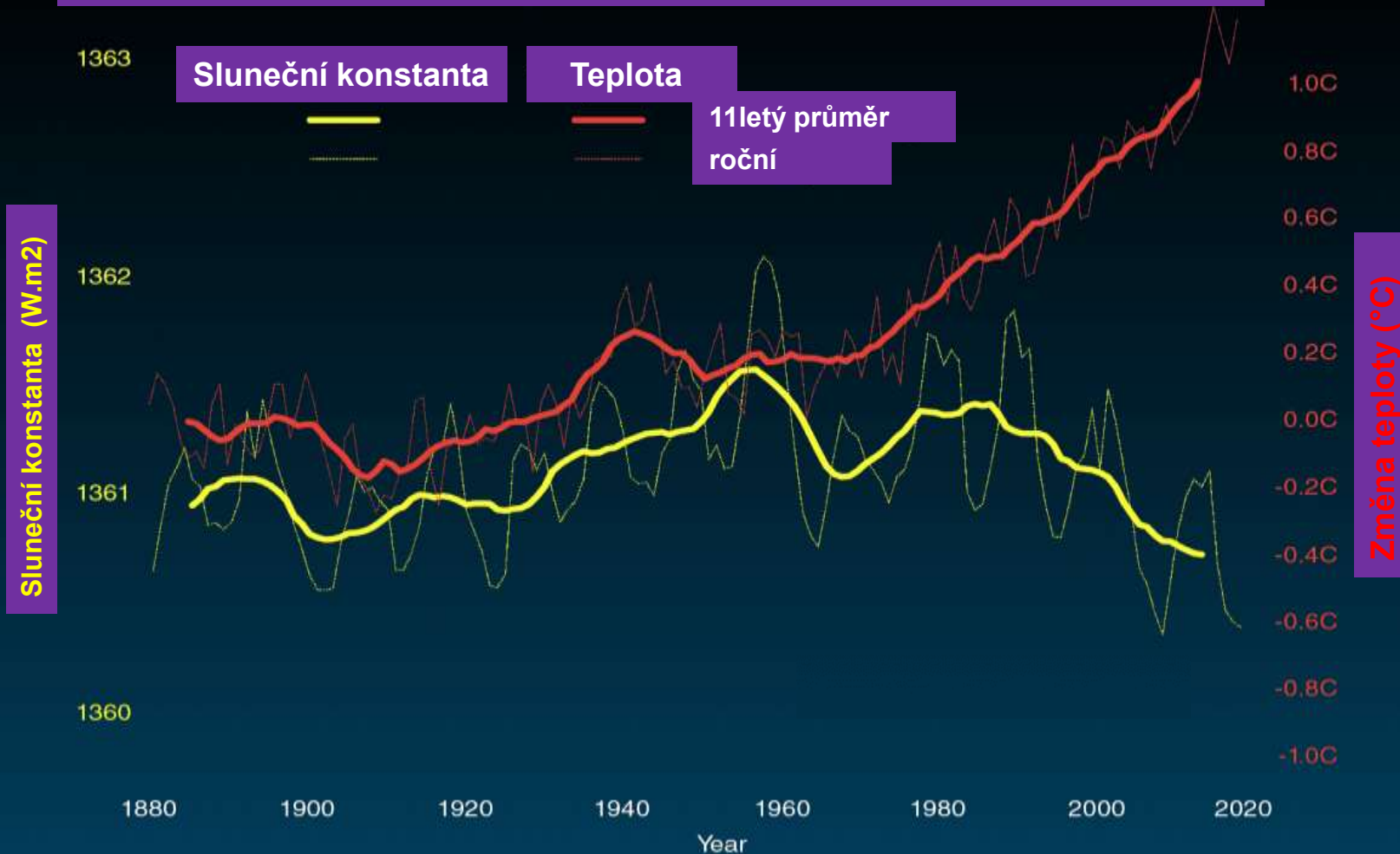
Příčiny změn klimatu

Evolve – Revoluce

- **tektonika** (pohyb, deformace) **zemských desek**
- **orbitala a precese**
- **sluneční aktivita?**

Teplota a sluneční aktivita od 1880

Teplota vs. Sluneční aktivita (konstanta)



Teplota a sluneční aktivita od 1880

Teplota vs. Sluneční aktivita



„Já mám za to, že klima opravdu ovlivňují jiné faktory, např. proměnlivá intenzita slunečního záření.“

Petr Macinka, 17. 9. 2025
v předvolební debatě na CNN Prima News



Příčiny změn klimatu

Evolve – Revolve

Evolve (tisíce až miliony let)

- tektonika (pohyb, deformace) zemských desek
- orbita a precese
- sluneční aktivita

Revolve (roky až desítky let)

- asteroid (65 mil. let)
- sopka (1883 – Krakatoa)

**Současná změna klimatu se svojí
rychlostí blíží revoluci
Je až 100x rychlejší než
astronomické vlivy!**





**Jaká je podstata současné
(a rychlé)
změny klimatu?**

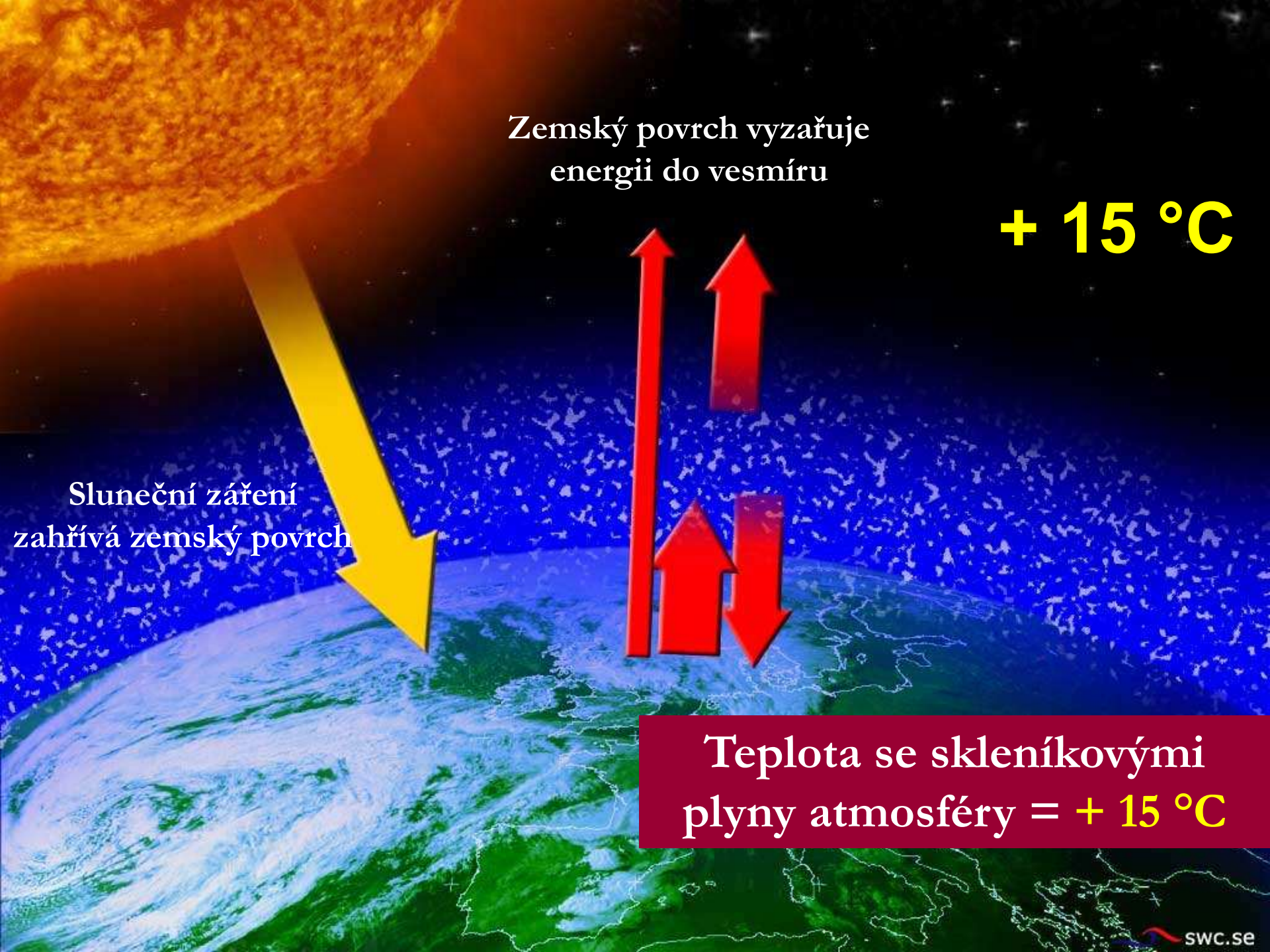
A diagram illustrating the greenhouse effect. The top left shows a portion of the Sun as a bright orange and yellow sphere. A large yellow arrow points from the Sun towards the Earth. The Earth is shown as a blue and green sphere with white clouds. A large red arrow points from the Earth's surface upwards into space. The background is a dark blue space filled with small white stars.

Zemský povrch vyzařuje
energii do vesmíru

- 18 °C

Sluneční záření
zahřívá zemský povrch

Teplota bez skleníkových
plynů -18°C !!!



The diagram illustrates the greenhouse effect. A large, glowing orange sun in the top left corner emits a thick yellow arrow representing solar radiation that points towards the Earth. The Earth is shown from space, with blue oceans and green continents. From the Earth's surface, two red arrows point upwards into the black space, representing energy being radiated away. Simultaneously, two red arrows point downwards from the atmosphere back towards the Earth's surface, representing the greenhouse effect where atmospheric gases trap heat. Text labels in Czech explain these processes and state the resulting temperature.

Zemský povrch vyzařuje
energii do vesmíru

+ 15 °C

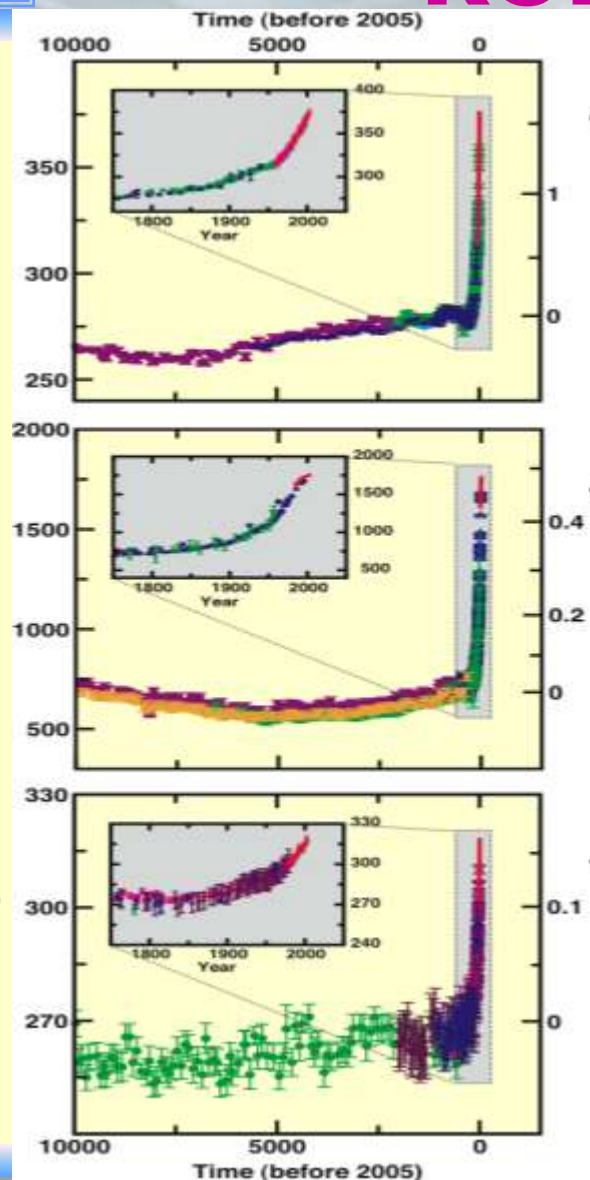
Sluneční záření
zahřívá zemský povrch

Teplota se skleníkovými
plyny atmosféry = **+ 15 °C**



Skleníkové plyny a jejich koncentrace

CO_2



CH_4

N_2O

koncentrace (od cca 1750)

CO_2
 CH_4
 N_2O
Freony

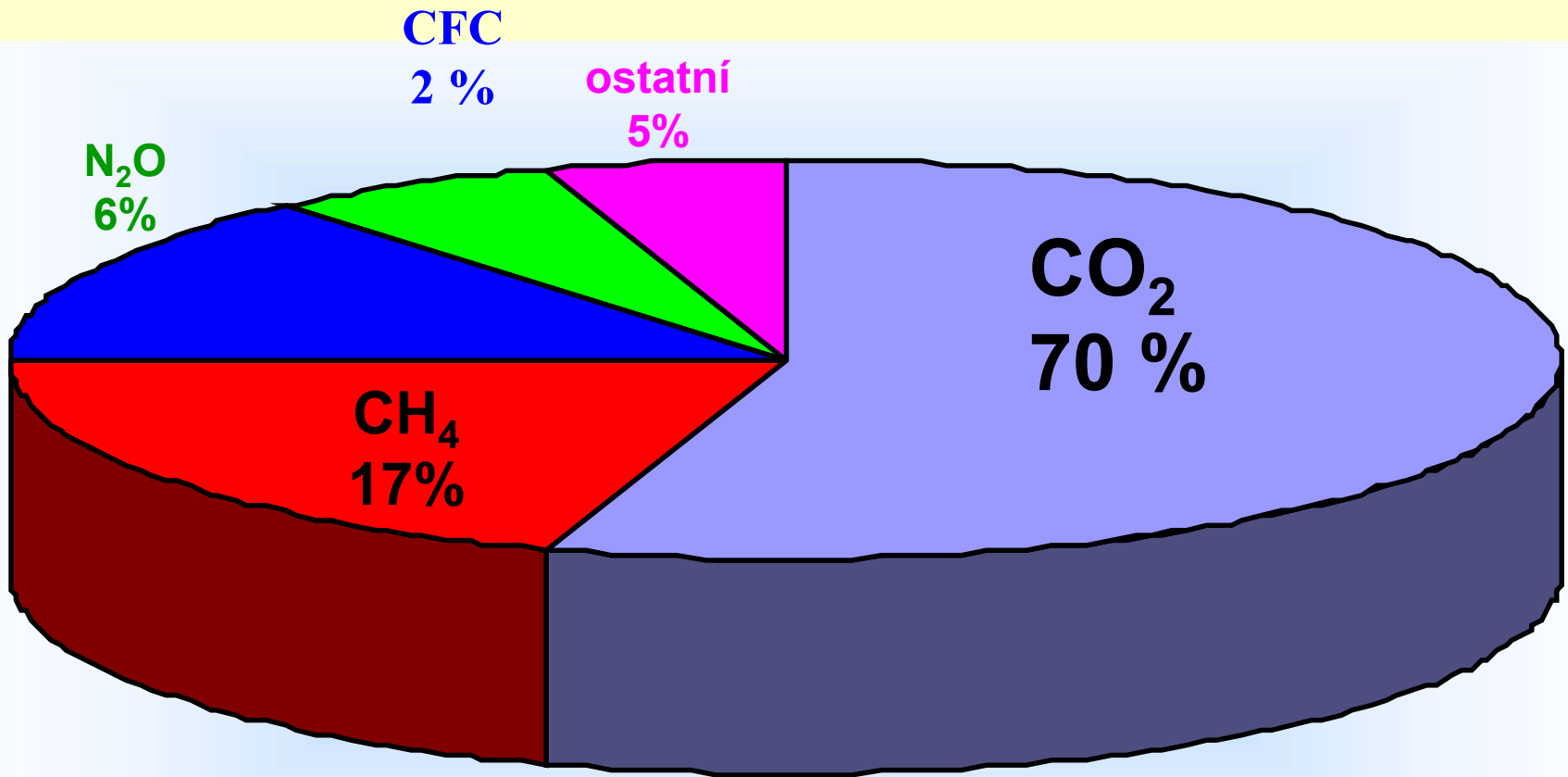
50%
140%
18%
zcela nové!

plyn	Antropogenní zdroj	Koncentrace v atmosféře		nárůst za rok	relativní účinnost	doba působení v letech
		rok 1780	současnost			
CO ₂	přímý		280 ppm	430 ppm		
CH ₄			0,7 ppm	1,7 ppm		
N ₂ O			0,22 ppm	0,35 ppm		
CFC (freony)			0	0,0011 ppm		

CO₂ ekv



Podíl radiačně aktivních plynů na zesílení skleníkového efektu



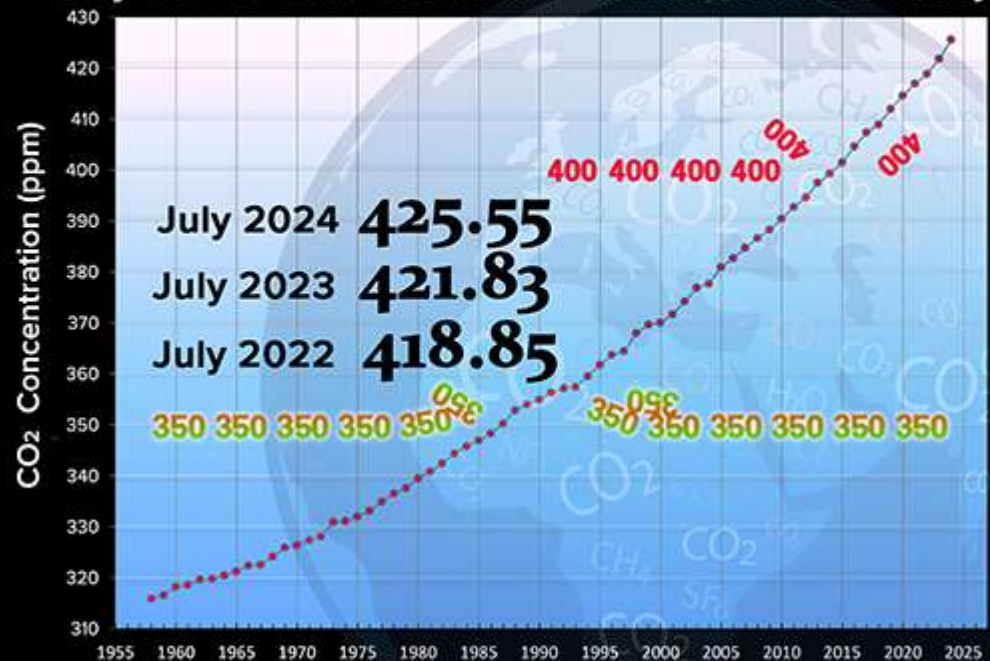
CO₂



July 1958 - July 2024

Atmospheric CO₂

July CO₂ | Year-Over-Year | Mauna Loa Observatory



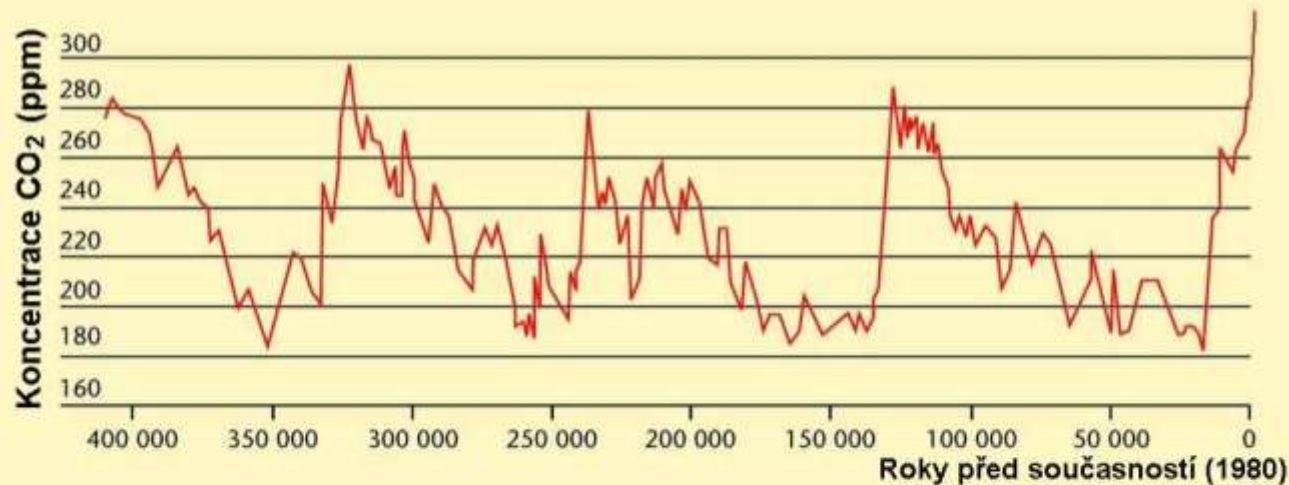
CO₂-earth Featuring NOAA data of August 5, 2024



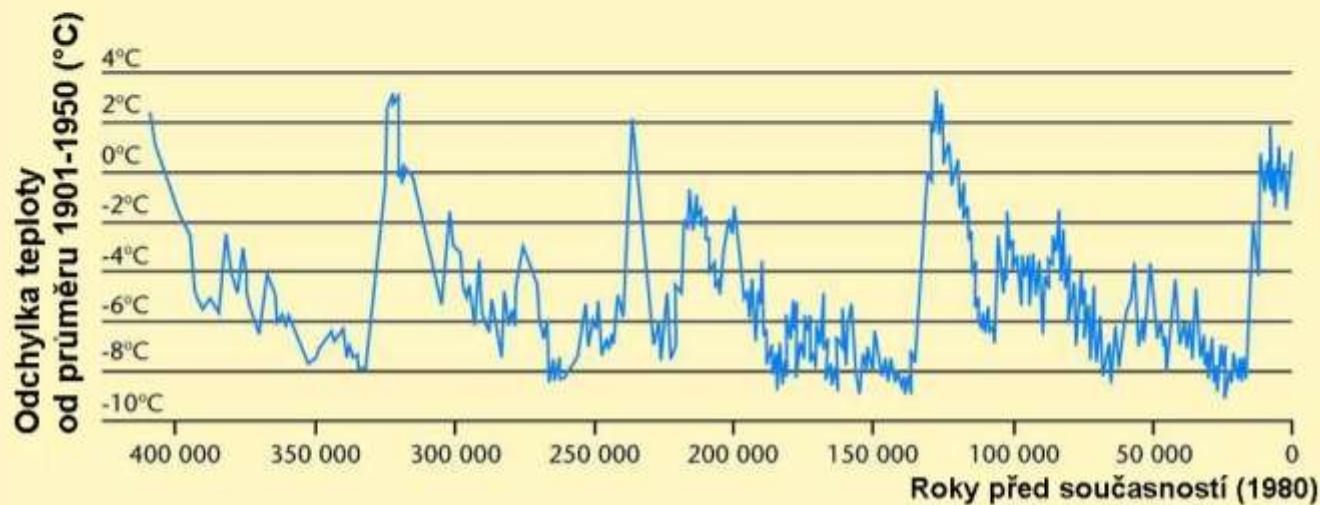
Vztah koncentrace CO_2 a teploty za posledních 420 000 let (analýza ledovcových tyčí stanice VOSTOK)

430
ppm

CO_2

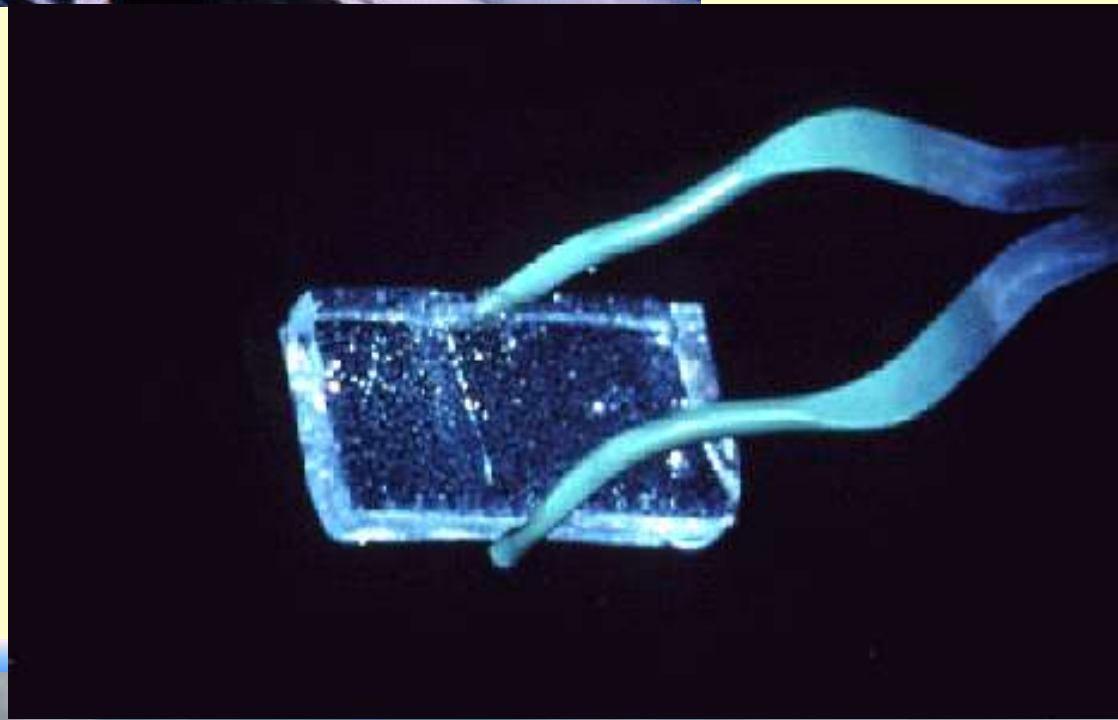


Teplota





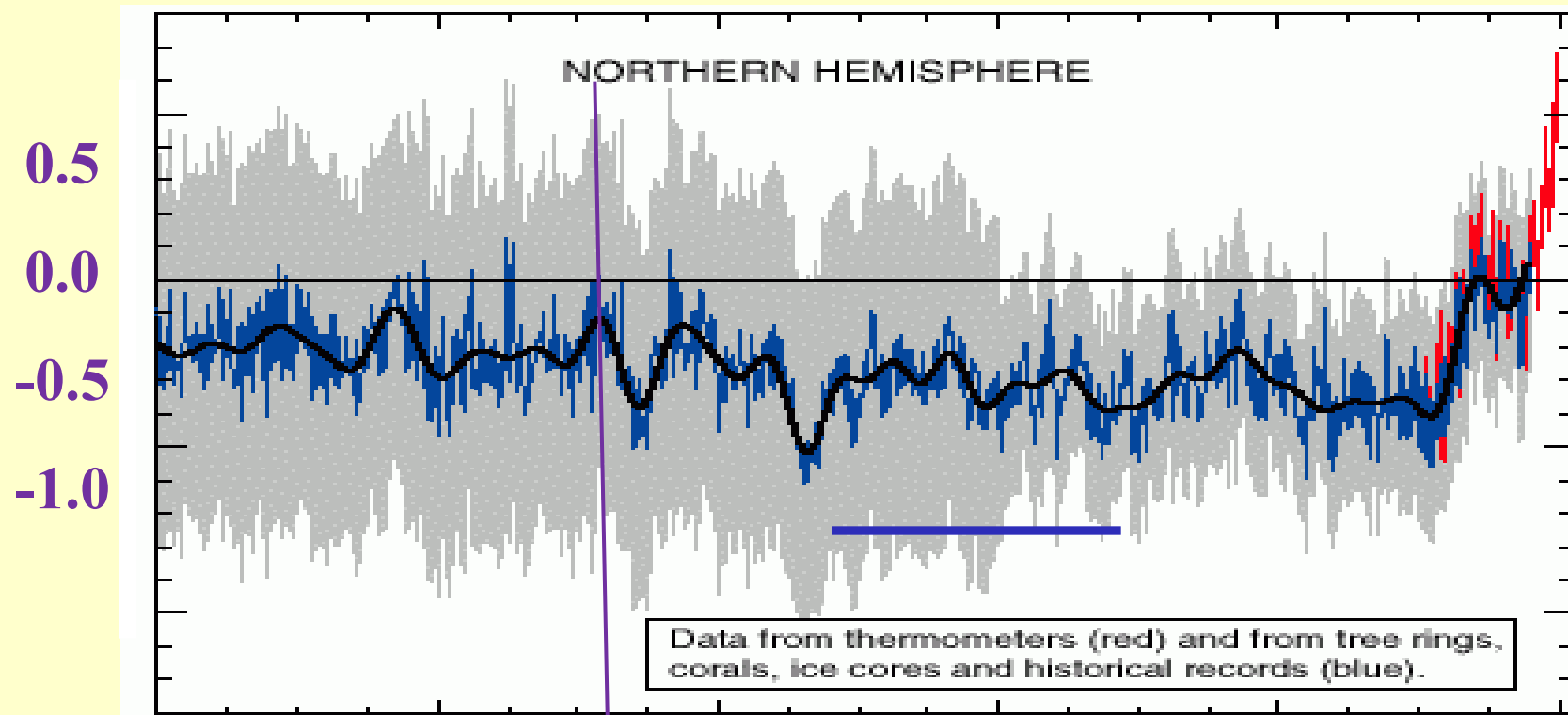
„Ledová jádra = klimaarchív naší atmosféry“





Teplota severní polokoule za posledních 1000 let (IPCC, 2014)

Odchylka od 1961-90



1000

1200

1400

1600

1800

2000





A co vodní pára?
Ano, ale...



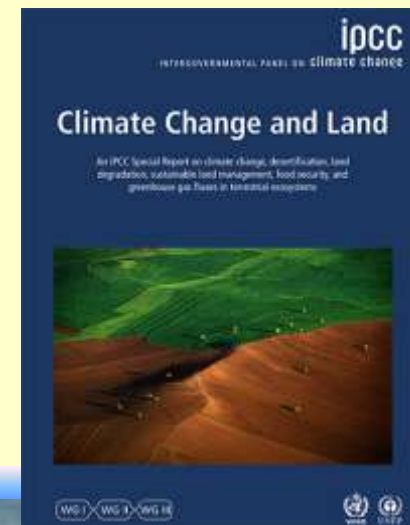
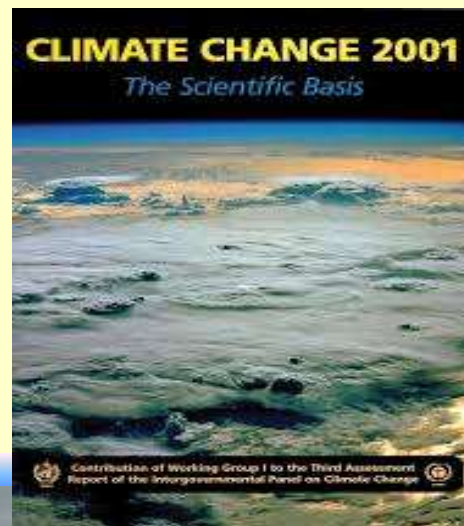
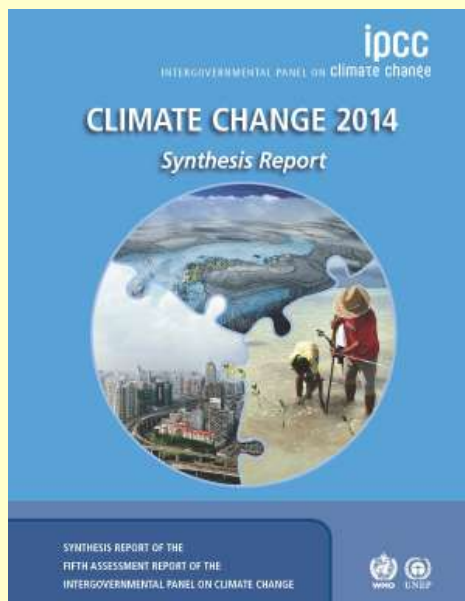
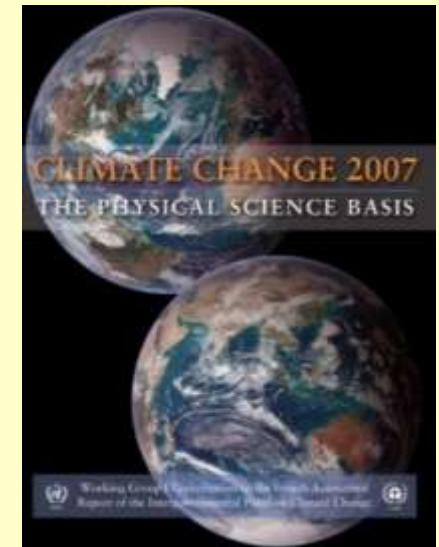
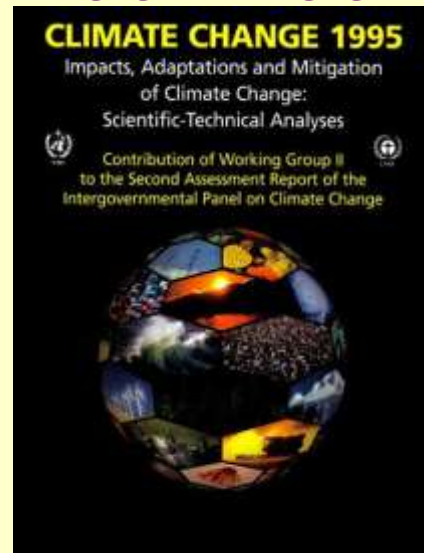
IPCC

Intergovernmental Panel on Climate Change, 1988

- **aspekty** klimatického systému a změny klimatu (*cíl: studium příčin, mechanismů, vazeb*)
- **zranitelnost** socio - ekonomických a přírodních systémů (*cíl: dopady*)
- **limity** skleníkových plynů (*cíl: doporučení omezení*)

IPCC zprávy

1990 1995 2001 2007 2014 2023





Minulost (analýza 20. a 21. století)



Zpráva IPCC 2023 (Fakta o minulosti)

➤ Teplota

- ⇒ se zvýšila o 1,0 °C
- ⇒ nárůst extrémních roků, dnů

➤ Srážky ve 20 st.

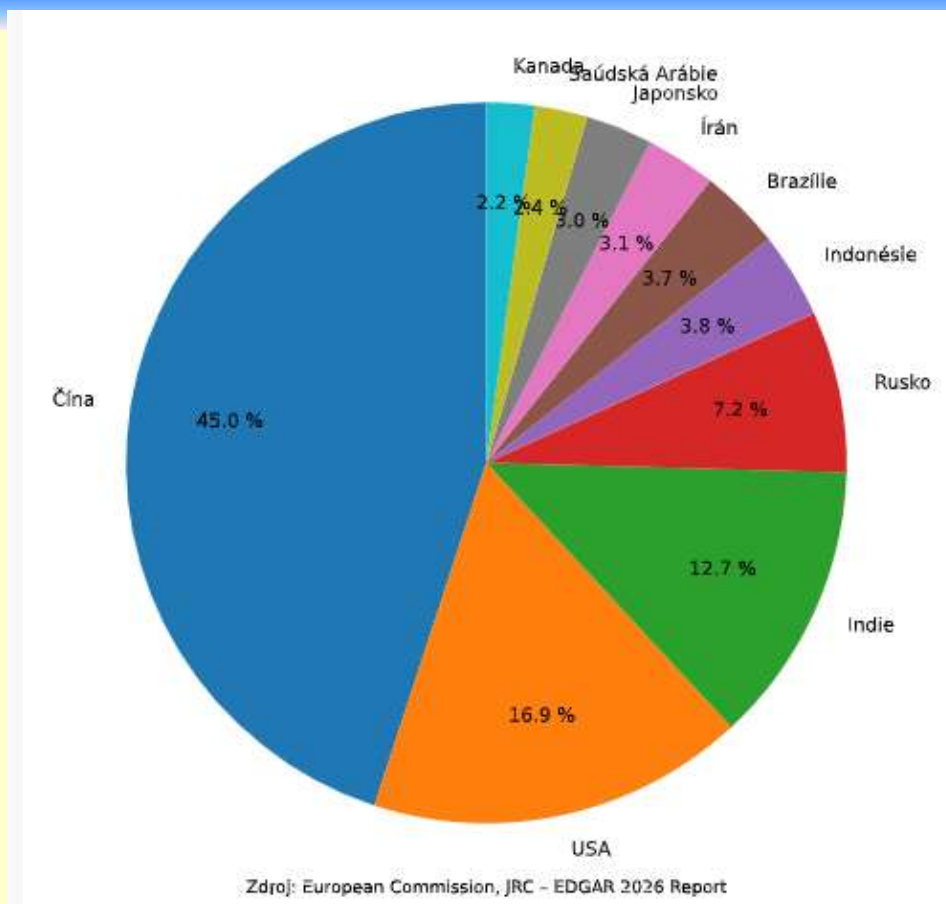
- ⇒ množství na severní polokouli se zvýšilo o 0,5 – 1%
- ⇒ až o 5% se zvedl počet přívalových srážkových případů na sev. polokouli
- ⇒ o 10 % klesla plocha pokrytá ledem a sněhem (výchozí stav: 1960)
- ⇒ horské ledovce - úbytek na obou polokoulích o ca 20-30% (od 80.let)

Hladina oceánů ve 20.st.

- ⇒ průměrná výška stoupla od 1901 o 0,20 m
- ⇒ byly zaznamenány první migrace obyvatel v souvislosti se zvýšením hladin oceánů



IPCC řekli KDO?

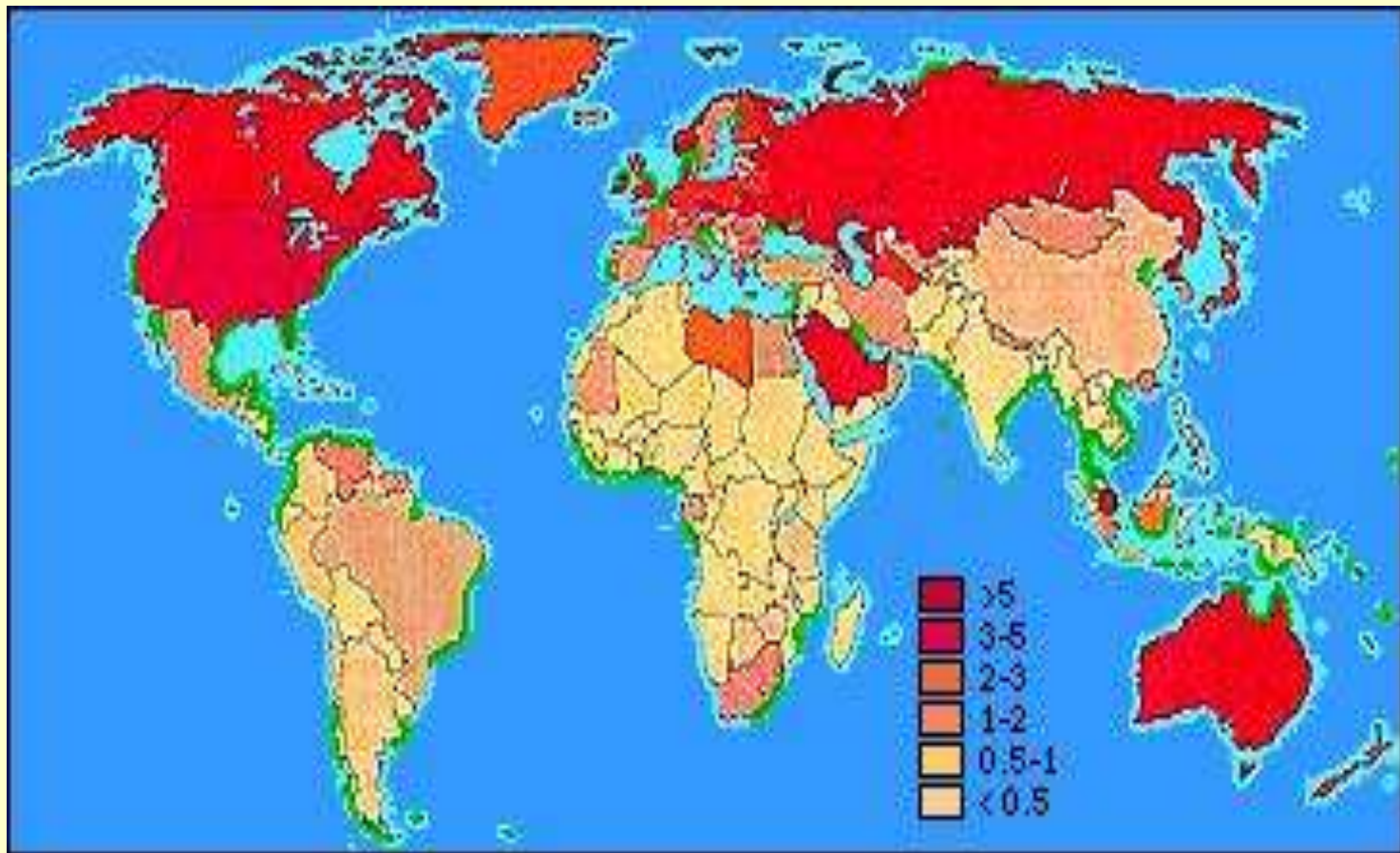


EU asi 6 %

10 států = 66 % emisí CO₂ekv

Zdroj: <http://oenergetice.cz/evropska-unie>

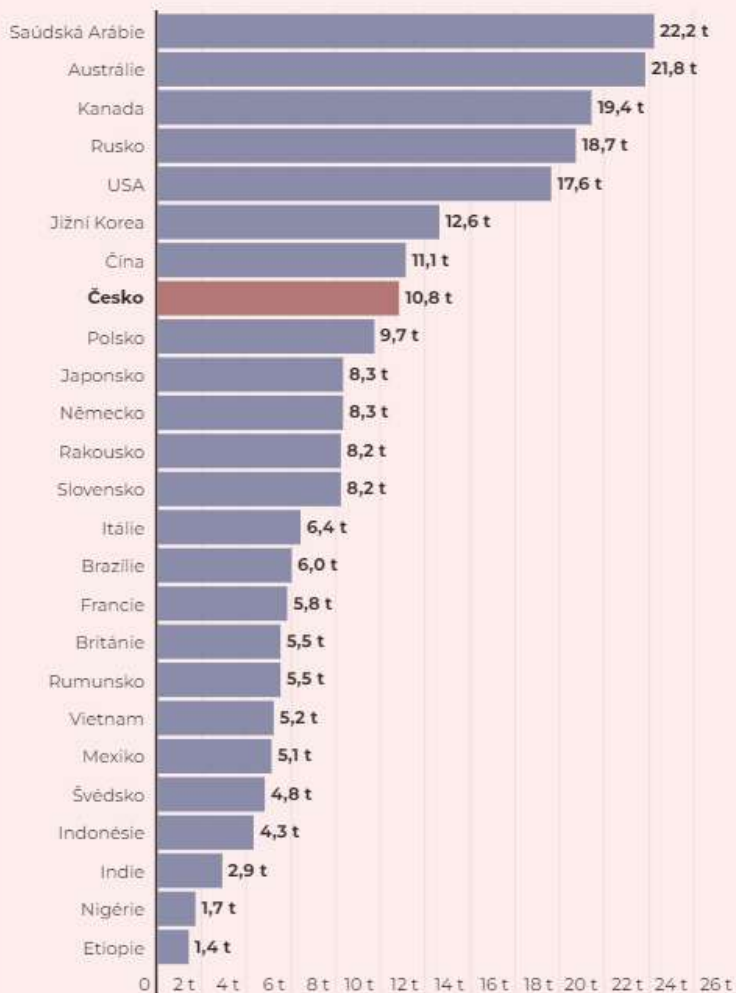
Nejvýznamnější producenti CO₂ per capita



Na obyvatele

Emise na hlavu

Produkce skleníkových plynů v tunách na obyvatele za rok 2023



Zdroj: Evropská komise, databáze EDGAR
(vybrané země podle zajímavosti)



**Jaká bude
budoucnost?**



Bioklimatologie (LES+M+A)

14.09.2026	14.00	16.50	B32
16.09.2026	8.00	10.50	B32
09.10.2026	13.00	15.50	B32
30.10.2026	14.00	16.50	B32
27.11.2026	14.00	16.50	B32
11.12.2026	14.00	16.50	B32