



# CHEMIE OVZDUŠÍ

## Přednáška č. 2

# Organizace studia

- Přednášející: Ing. Marek Staf, Ph.D., tel.: 220 444 458  
e-mail: [marek.staf@vscht.cz](mailto:marek.staf@vscht.cz)  
web: <http://web.vscht.cz/~stafm/>  
budova A, ústav 216, č. dveří 162  
e-learning:  
<https://e-learning.vscht.cz/course/view.php?id=105>
- Rozsah předmětu: zimní semestr  
14 přednášek, 14 týdnů, 2 hodiny/týden
- Klasifikace: zkouška - ústní zkouška
- Poznámka: na předmět „Chemie ovzduší“ volně navazuje  
„Technologie ochrany ovzduší“ ⇒ prolínání obsahu  
cca 10 %

# Osnova přednášky 2

## Historie zemské atmosféry

- Chronostratigrafická historie Země
- Evoluce zemské atmosféry
- Fluktuace v historických koncentracích kyslíku
- Fluktuace v teplotě planety

## Jak pracuje environmentální informační systém

- Popis nutných podmínek pro provoz IS pro oblast životního prostředí
- Hlavní automatizované analytické techniky
- Vývoj počítačového vybavení a sítí, využívaných v EIS
- Životní cyklus informace v rámci EIS

# Stáří planety

- Stáří Země je 4,54 miliard let  $\pm$  70 mil. let
- Kombinace 3 hlavních metod datace:
  - radiometrické datování (poměr radionuklidů v minerálech)

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t}$$

$N_t$  ... počet atomů nuklidu v čase t nuclide in the time t

$N_0$  ... výchozí počet atomů nuklidu

$\lambda$  ... rychlostní konstanta přeměny - rozpadu ( $s^{-1}$ )

- porovnání hmotnosti a zářivosti Slunce s jinými hvězdami
- radiometrické datování meteoritů formovaných při vzniku sluneční soustavy

# Historie Země (Chronostratigrafická)

- Stáří planety Země 4,54 miliardy let  $\pm$  70 mil. let (Zdroj: Wilde, S. A., Valley, J. A., Peck, W. H., Graham, C. M. (2001))

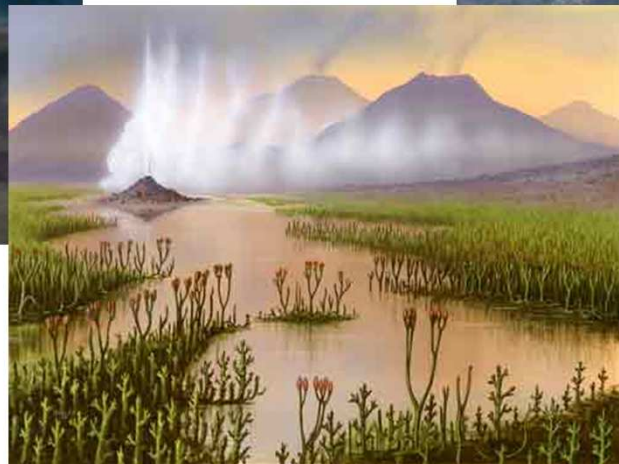
Eon	Éra	Perioda	Epocha	Čas [mil. r.]	Organismy
Hadaikum				4 540 - 3 800	
Archaikum	Eoarchaikum			3 800 - 3 600	
	Paleoarchaikum			3 600 - 3 200	Vznik archebakterií
	Mezoarchaikum			3 200 - 2 800	
	Neoarchaikum			2 800 - 2 500	
Proterozoikum	Paleoproterozoikum			2 500 - 1 600	První eukaryotní buňky
	Mezoproterozoikum			1 600 - 1 000	
	Neoproterozoikum			1 000 - 541	Vznik mnohobuněčných organismů, červy



# Historie Země (Chronostratigrafická)

- Stáří planety Země 4,54 miliardy let  $\pm$  70 mil. let (Zdroj: Wilde, S. A., Valley, J. A., Peck, W. H., Graham, C. M. (2001))

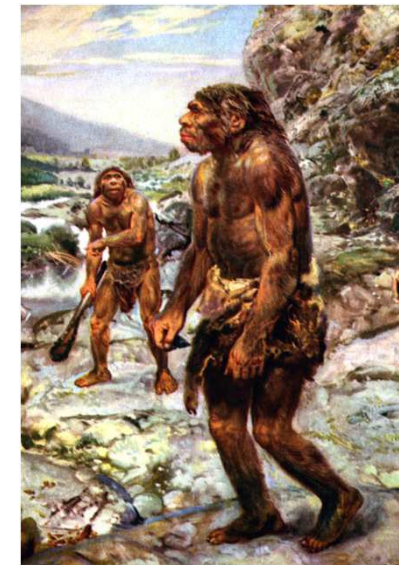
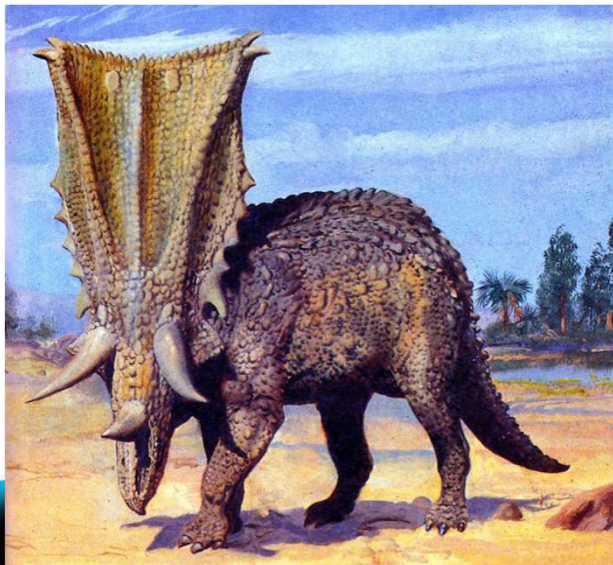
Eon	Éra	Perioda	Epocha	Čas [mil. r.]	Organismy
Fanerozoikum	Paleozoikum	Kambrium		541 - 485	Kambrická exploze, vznik trilobitů
		Ordovik		485 - 443	Rozvoj bezobratlých
		Silur		443 - 419	První suchozemské rostliny
		Devon		419 - 359	Vznik obojživelníků
		Karbon		359 - 299	Rozvoj hmyzu, vznik plazů
		Perm		299 - 252	Rozvoj plazů



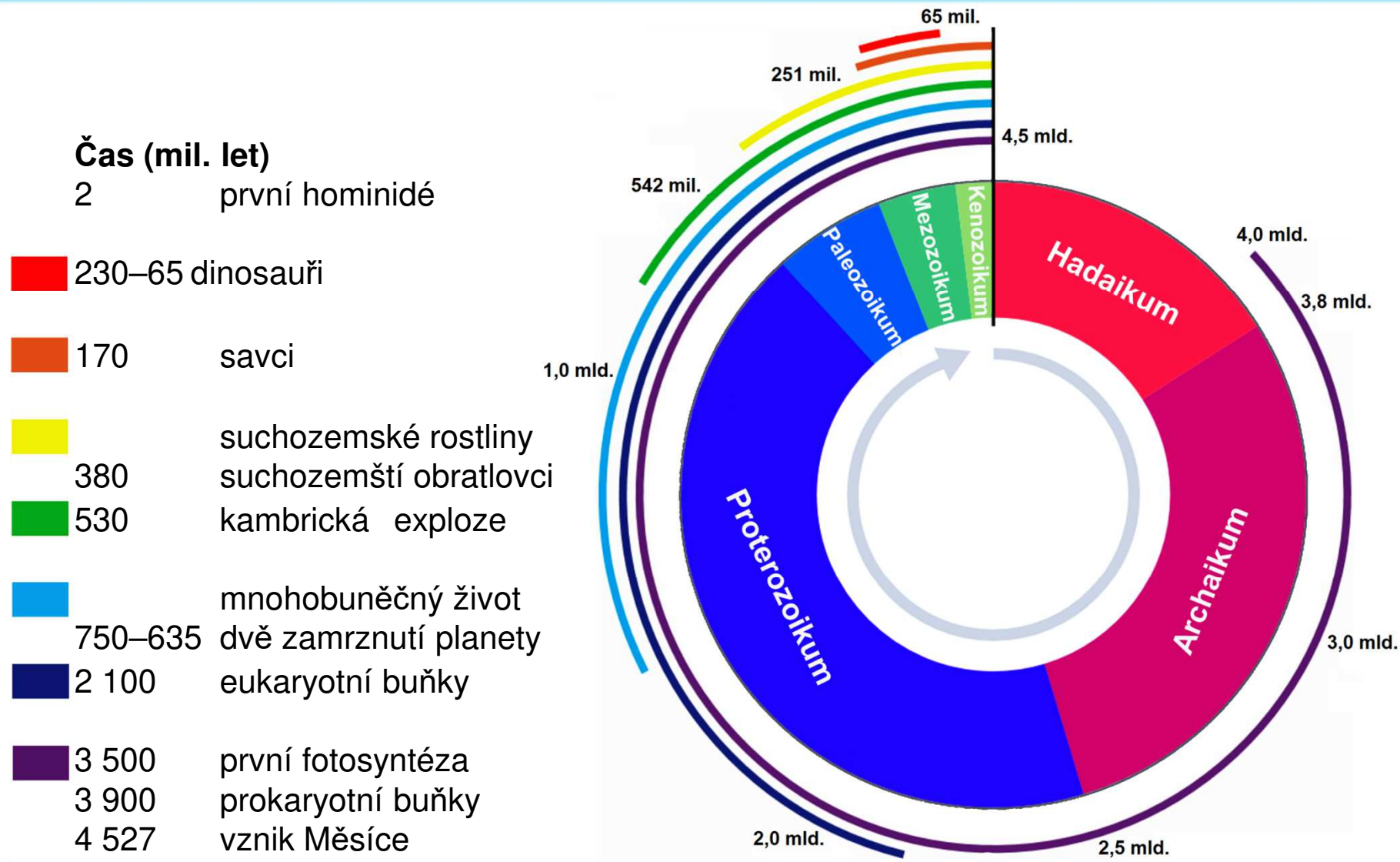
# Historie Země (Chronostratigrafická)

- Stáří planety Země 4,54 miliardy let  $\pm$  70 mil. let (Zdroj: Wilde, S. A., Valley, J. A., Peck, W. H., Graham, C. M. (2001))

Eon	Éra	Perioda	Epocha	Čas [mil. r.]	Organismy	
Fanerozoikum	Mezozoikum	Trias		252 - 201	Vznik dinosaurů, vznik vejcorodých savců	
		Jura		201 - 145	Vznik ptáků a vačnatců	
		Křída		145 - 66	Vznik placentálů, konec dinosaurů	
	Kenozoikum	Paleogén	Paleocén		66,0 - 56,0	
			Eocén		56,0 - 33,9	
			Oligocén		33,9 - 23,0	
		Neogén	Miocén		23,0 - 5,33	
			Pliocén		5,33 - 2,59	
		Kvartér	Pleistocén		2,59 - 0,0117	Evoluce moderního člověka
		Holocén		0,0117 - 0		



# Historie Země (Chronostratigrafická)





# Vývoj zemské atmosféry

- Tři etapy historie atmosféry

- prvotní atmosféra

před 4,0 – 3,8 mld. let

- sekundární atmosféra

před 3,8 – 2,3 mld. let

- atmosféra bohatá na kyslík

2,3 mld. let – současnost



Prvotní atm.  
(žádný skleníkový efekt)



Sekundární atm.  
(extrémní skleníkový efekt)



Atm. bohatá na O<sub>2</sub>  
(střední skleníkový efekt)

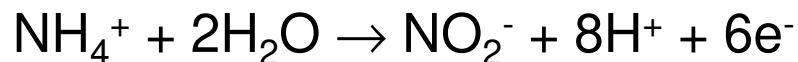
# Vývoj zemské atmosféry

- Prvotní atmosféra
  - Vznik před 4,0 – 3,8 miliardami let
  - Absence těžších molekul, tvořena převážně  $H_2 + He$
  - Velký únik do kosmického prostoru
- Sekundární atmosféra
  - V průběhu chladnutí zemské kůry z vulkanické činnosti a z povrchu emise  $CO_2$ ,  $CH_4$ , vyšších  $C_xH_y$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$  a malé množství  $N_2$ ;
  - cca 800 mil. Let od vzniku Země maximum skleníkového efektu ( $t = cca 44\text{ °C}$ ,  $p = 1,4 \times$  vyšší než v současnosti);
  - Následně kondenzace vody za vzniku prvních vodních ploch a toků;
  - V důsledku absorpce  $CO_2$  v  $H_2O$  a následným reakcím v roztoku vznik uhličitanových sedimentů a současný pokles koncentrace  $CO_2$  v atmosféře a zmenšení skleníkového efektu;

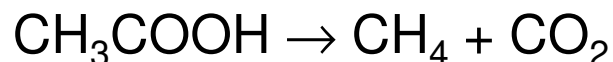
# Vývoj zemské atmosféry

## ■ První organismy

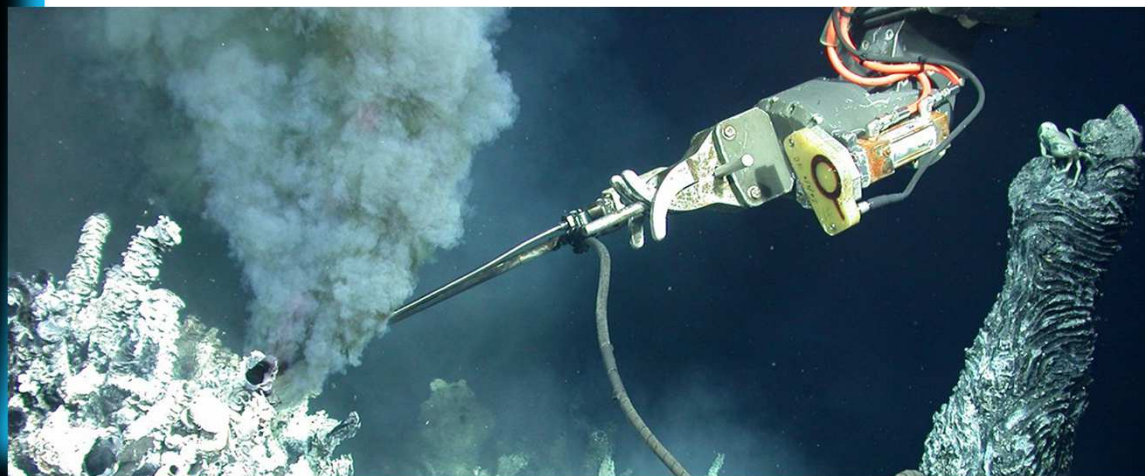
- heterotrofní se získáváním energie anaerobním způsobem:



- Alternativní mechanismus štěpení jednoduchých org. molekul:



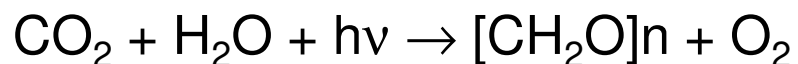
- podobný metabolismus jako hlubokomořské termofilní bakterie
- žádná produkce  $\text{O}_2$



# Vývoj zemské atmosféry

## ■ Začátek produkce O<sub>2</sub>

- V další evoluci vznik cyanobakterií – prvních organismů schopných fotosyntézy, tj. organismy fotoautotrofní:



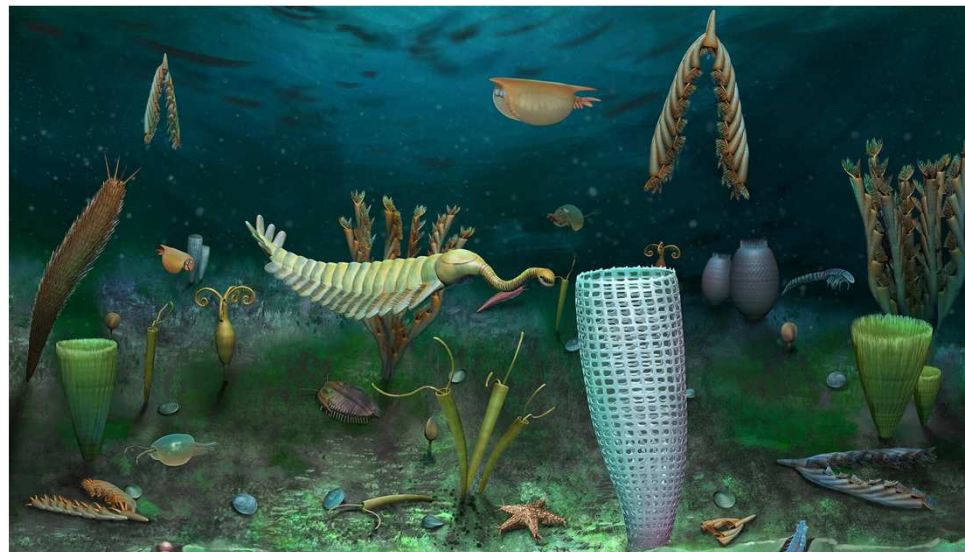
- Většina kyslíku vázána reakcí s roztokem dvojmocného železa v praoceánu (velký výchozí obsah Fe<sup>2+</sup>)



vznik Fe(OH)<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



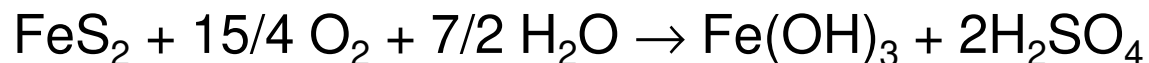
O<sub>2</sub> reaguje s Fe snadno!



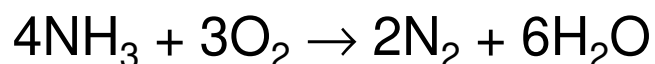
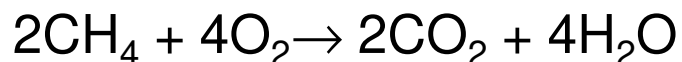
# Vývoj zemské atmosféry

## ■ Začátek produkce O<sub>2</sub>

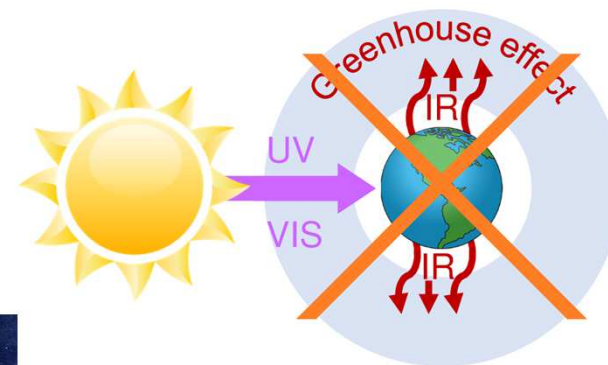
- další část O<sub>2</sub> (po spotřebování Fe<sup>2+</sup> iontů) vyvázána pyritem



- 2,5 miliard let po vzniku planety kyslík vzniklý fotosyntézou odstranil z atmosféry těž methan, amoniak i vyšší uhlovodíky:



- oslabení skleníkového efektu  
⇒ -2 mld. let nízké teploty 6 °C  
⇒ a tlak 0,6 současného
- cca -400 mil. let stabilizace.



# Vývoj zemské atmosféry

## ■ Obsah kyslíku v atmosféře

- Pravděpodobně nebyla v době od prvohor do současnosti konstantní.
- Není mezi odborníky shoda v konkrétních hodnotách.
- Hodnoty získány měřením poměrů izotopu C ve vzorcích z vrtů hlubokomořských hornin a výpočet biogeochemickými modely (Zdroj: Falkowski, P.; Science 309: 2202-2204 (2007));
- Kolísání v důsledku různých faktorů
  - změny v intenzitě fotosyntézy
  - průběh zvětrávání hornin
  - pohyb kontinentů (např. rozpad kontinentu Pangea se vznikem mělkých moří s množstvím fotosyntetizujících organismů)
  - hnilobné procesy v rozsáhlých mokřadech při poklesu souší
  - změny sluneční aktivity a jiné kosmologické jevy

# Vývoj zemské atmosféry

- Obsah kyslíku v atmosféře (Zdroj: Falkowski, P.; Science 309: 2202-2204 (2007));

- Zjištěné hodnoty:

Před 300 – 350 miliony let      35 %

Před 205 miliony let              10 %

Před 55 miliony let                23 %

- Možné konsekvence:

Ovlivňování biotopů (pokles kyslíku pod 13 – 16 % zamezení vzniku lesních požárů)

Ovlivňování evoluce

vznik velkých forem suchozemských členovců

přechod primitivních obojživelníků a dvojdyšných ryb na souš

možnost vzniku velkých savců indricotherií, mastodontů apod. v důsledku vyšší koncentrace O<sub>2</sub>

# Vývoj zemské atmosféry

- Obsah kyslíku v atmosféře (Zdroj: Falkowski, P.; Science 309: 2202-2204 (2007));
  - Příklad – velký hmyz a pavouci: hmyz nemá plíce, ale méně účinné vzdušnice  $\Rightarrow$  funkční jen u malých velikostí těla (velké formy možné pouze při vyšší koncentraci kyslíku v atmosféře)



Megarachne servinei (50 cm)



Meganeura (75 cm)



Arthropleura (200 cm)

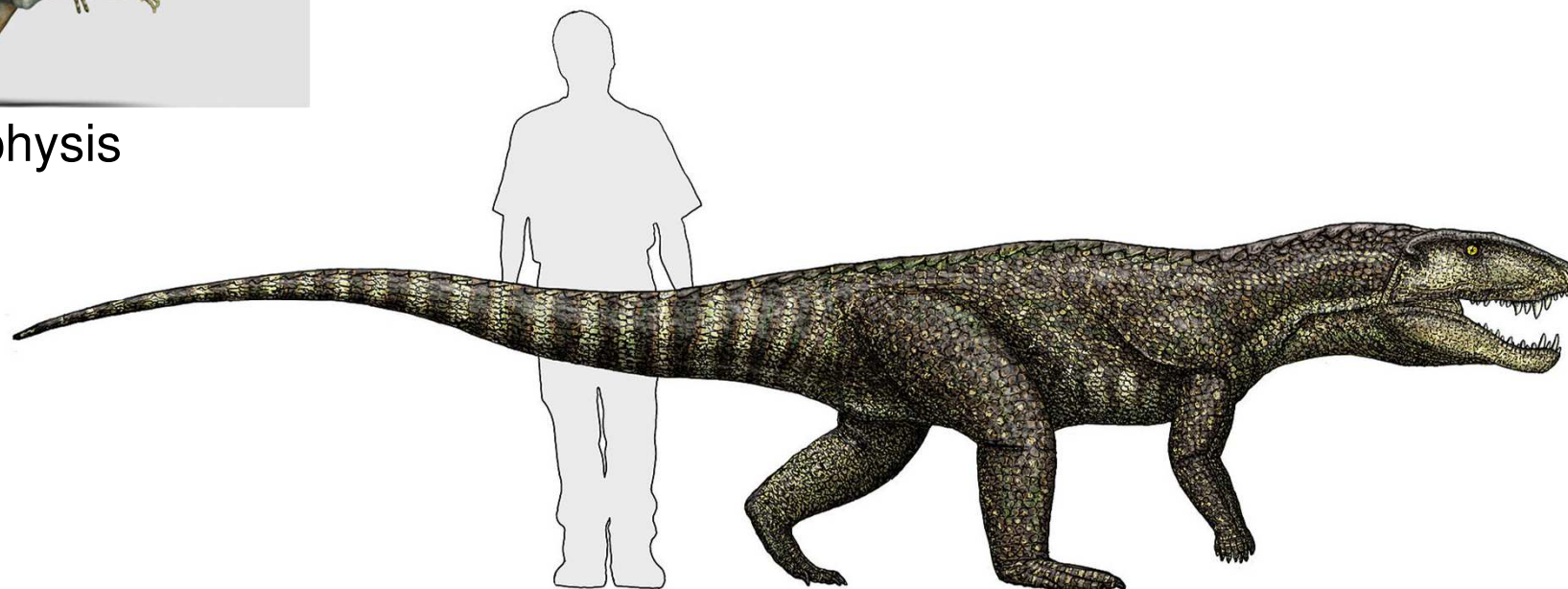


# Vývoj zemské atmosféry

- **Obsah kyslíku** (Zdroj: Falkowski, P.; Science 309: 2202-2204 (2007), obrázky <https://dinopedia.fandom.com>);
  - Příklad – rozvoj plazů v chladnějším sušším období triasu (výkonné plíce, nižší spotřeba potravy, studenokrevný metabolismus)



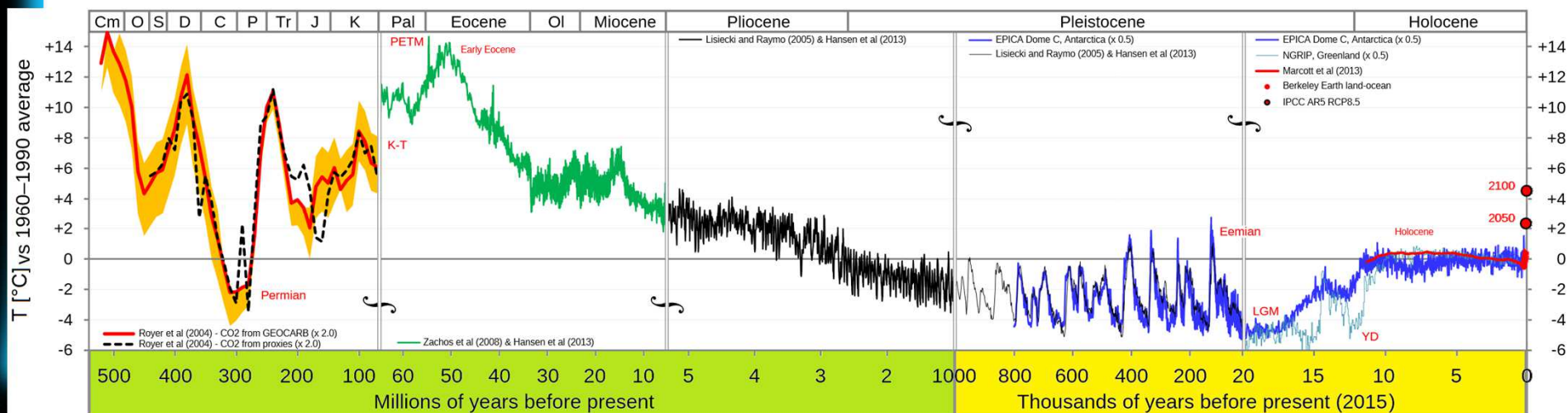
Coelophysis



Postosuchus

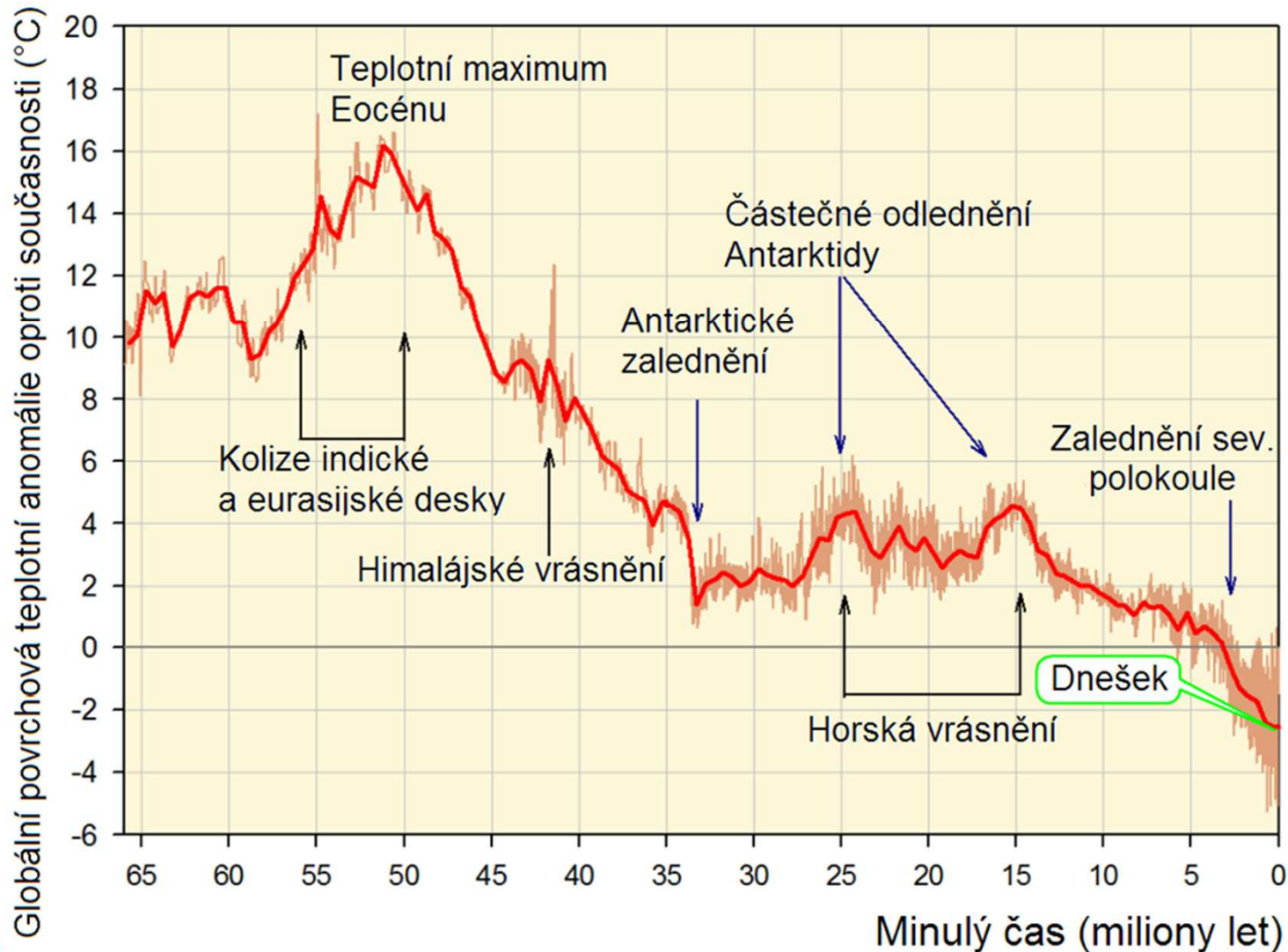
# Vývoj globálních teplot

- Vývoj celosvětových průměrných teplot v období kambrium - současnost (Zdroj: Fergus, G.; Royer et al (2004), Zachos et al (2008), Hansen et al (2013))
- Jako nulová linie brán průměr v letech 1960 – 1990
- Teploty do stáří 0,8 mil. let dle modelu EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) – projekt od roku 1996 provádí jádrové vrty v oblasti Dome C ve východní Antarktidě v ledovci tloušťky 3 270 m
- Údaje EPICA uvádějí vypočtené hodnoty teploty a měřené koncentrace atmosférického CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub> (do stáří 0,65 mil. let)
- Díky EPICA známy klimatologické údaje o 8 glaciálech



# Vývoj globálních teplot

- Vývoj průměrných teplot v období paleocén - současnost (Zdroj: Open Science Conference of the World Climate Research Program, 2011, Denver CO, USA)



# Faktory umožňující vznik a provoz IS

- 1. Zájem státních a mezinárodních autorit o sběr a sdílení dat o kvalitě ŽP – společenský požadavek
- 2. Dostupné metody pro získání dat – instrumentální analýza
- 3. Dostupná technika pro vytvoření databáze, její správu a archivaci – počítačová technika
- 4. Dostupná technika pro sdílení vytvořené databáze – existence sítě

# Společenská poptávka – 1. podmínka

- Vytvoření potřebné legislativy na základě politického konsenzu, přistoupení k mezinárodním smlouvám apod.
- Příklad – sledování kvality ovzduší pomocí stanic imisního monitoringu

Celostátní systém Automatického Imisního Monitoringu (AIM) a Manuálního Imisního monitoringu (MIM)

Financování: aktuálně platné Nařízení vlády č. 596/2006 Sb., příloha č. 4 (přípustná míra veřejné podpory)

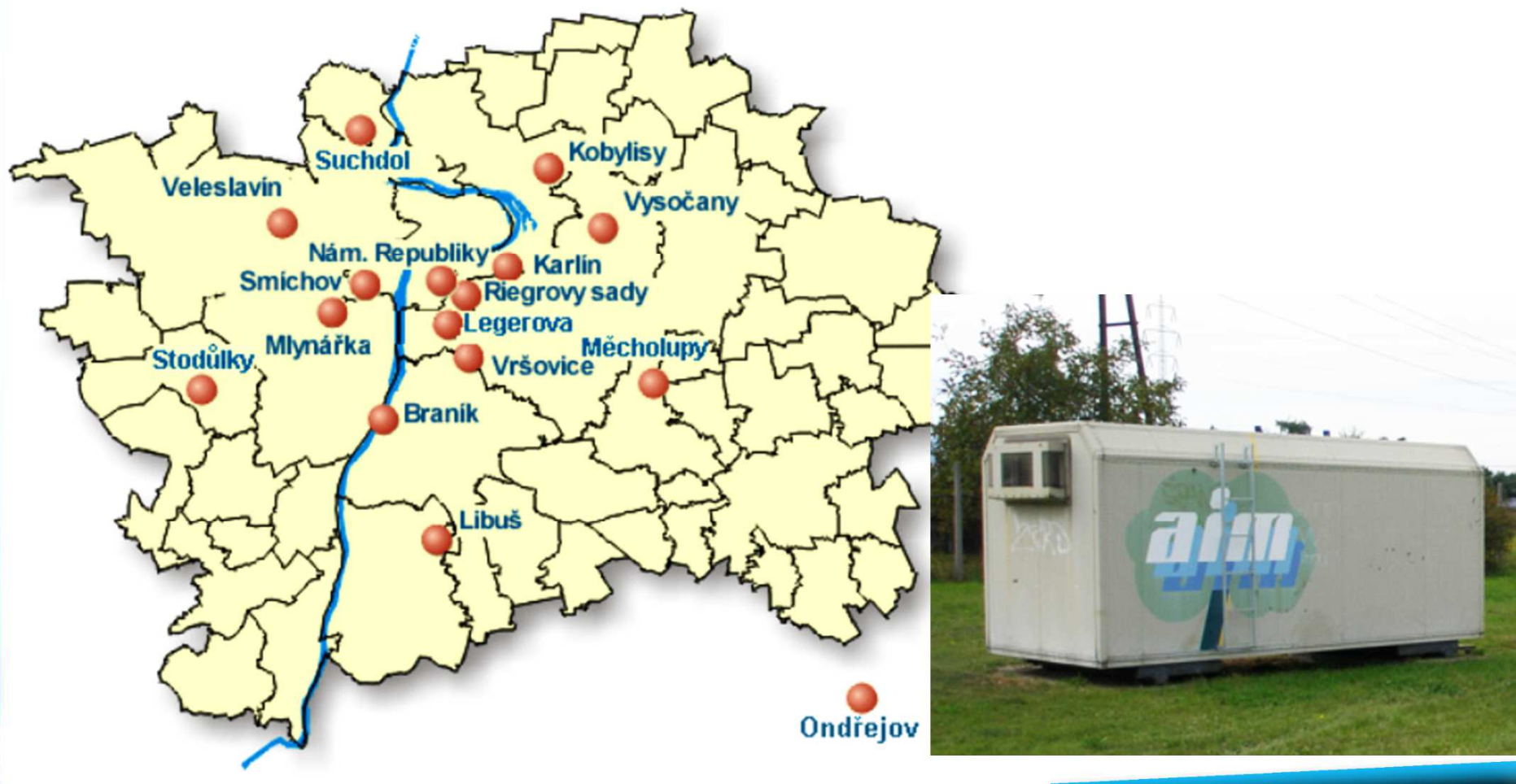
Provoz imisního monitoringu spadá dle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší pod Ministerstvo životního prostředí, které jím pověřilo Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ).

Realizace stanic: vyhláška 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích.

System monitoringu spuštěn v Praze r. 1986 v působnosti ČHMÚ, v celorepublikovém měřítku již pod názvem AIM od r. 1992

# Analytika – 2. podmínka funkce IS

- Příklad – stanice AIM
- Celorepublikově 206 stacionárních stanic (126 ČHMÚ, cca 39 Zdravotní ústavy, zbytek další organizace ČEZ apod.), z toho Praha 15 stanic AIM:

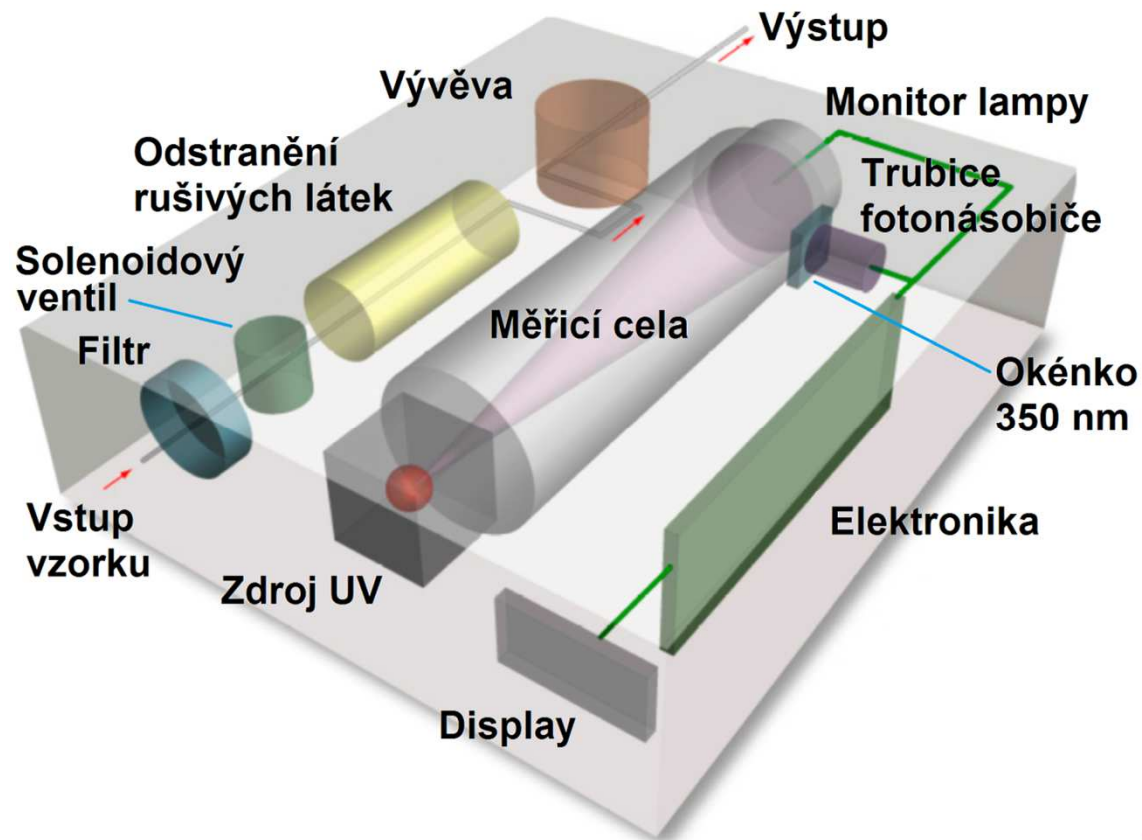


# Analytika – 2. podmínka funkce IS

- Příklad – stanice AIM
- Celorepublikově 206 stacionárních stanic (126 ČHMÚ, cca 39 Zdravotní ústavy, zbytek další organizace ČEZ apod.);
- Hl. m. Praha 15 stanic AIM + 1 stanice v Ondřejově
- Standardní měření složek: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> (Particulate Matter = prachové částice, frakce < 10 μm), dále na vybraných stanicích CO, O<sub>3</sub>, BTX frakce (benzen, toluen, ethylbenzen, xyleny)
- Použité automatizované metody:
  - SO<sub>2</sub> ultrafialová fluorescence
  - NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>) chemiluminiscence
  - PM<sub>10</sub> radiometrická metoda
  - CO IR spektrofotometrie
  - BTX frakce plynová chromatografie

# Analytika – 2. podmínka funkce IS

- Příklad – stanice AIM, metody stanovení (jen příklady)
- SO<sub>2</sub> Molekuly absorbují UV záření o vlnové délce v rozsahu 200 – 240 nm, při které jsou excitovány. Při návratu na základní hladinu emitují UV záření o jiné vlnové délce, jehož intenzita je měřena kolmo na primární paprsek a odpovídá koncentraci SO<sub>2</sub> ve vzduchu.





# Analytika – 2. podmínka funkce IS

- Příklad – stanice AIM, metody stanovení (jen příklady)
- $\text{NO}_x$  ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) chemiluminiscenční metoda

Měření  $\text{NO}$ : Stroj generuje ozon, který reaguje s  $\text{NO}$  a oxiduje jej na  $\text{NO}_2$ . Cca 10 % takto vzniklého  $\text{NO}_2$  vzniká v excitovaném stavu. Při přechodu do základního stavu vzniká záření o intenzitě úměrné koncentraci  $\text{NO}_2$ , které je detekováno fotodiodou.

Měření  $\text{NO}_2$ : Molekuly jsou v prvním kroku redukovány na  $\text{NO}$  a ten je stanoven viz výše.

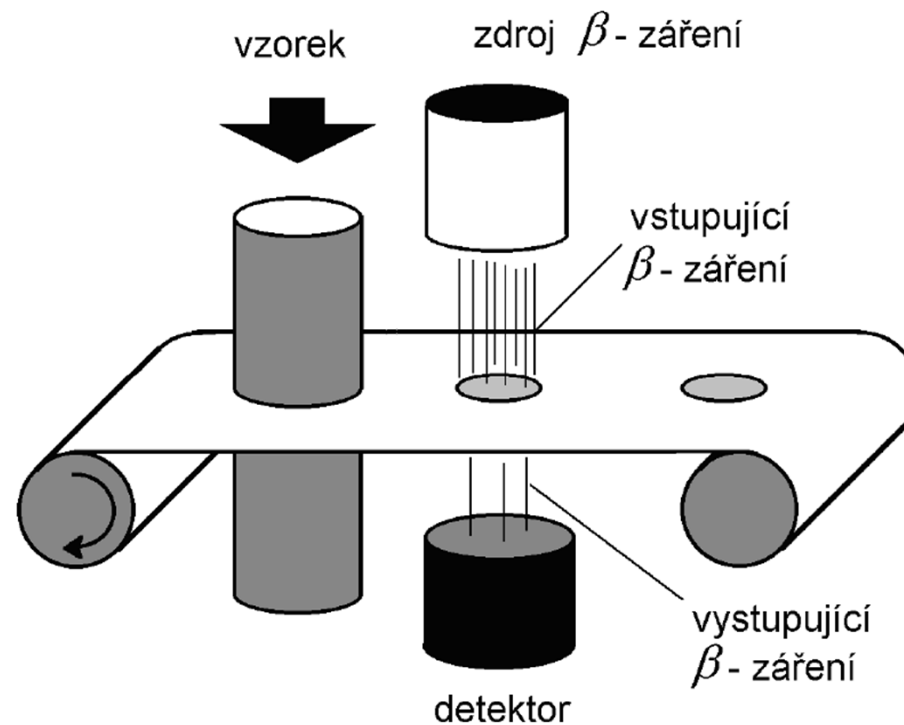
Suma  $\text{NO}_x = \text{koncentrace NO} + \text{NO}_2$

# Analytika – 2. podmínka funkce IS

- Příklad – stanice AIM, metody stanovení (jen příklady)
- $PM_{10}$  radiometrická metoda  
Absorpce  $\beta$ -záření ve vzorku prachu zachyceném na filtračním materiálu. Z rozdílu absorpce záření mezi exponovaným a neexponovaným filtračním materiálem je odvozen údaj o jeho koncentraci.



Vzorkovací hlavice



Princip metody

# Analytika – 2. podmínka funkce IS

- Příklad – stanice AIM (Zdroj: Ekologické centrum Most)
- Pravidla a možnosti rozmístění dle účelu měření:
  - dopravní stanice AIM – umístěné do 50 m od komunikace s velkou intenzitou dopravy (měla by reprezentovat linii v co nejdelší délce);
  - průmyslové stanice AIM – umístěné v areálu továrny nebo v místě předpokládaného zásahu vlečkou ze zdrojů zpravidla v převládajícím směru větru;
  - pozad'ové stanice AIM – v nezatížených lokalitách, přímo neovlivněné žádným zdrojem, měří pozadí regionů, měst a průmyslových oblastí:
    - poloměr reprezentativnosti pro AIM městské a předměstské: více než 1 – 1,5 km,
    - poloměr reprezentativnosti pro AIM venkovské: více než 5 – 60 km (obvykle 10 – 20 km).

# Počítače – 3. podmínka funkce IS

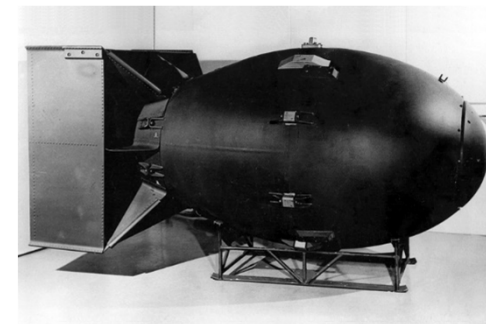
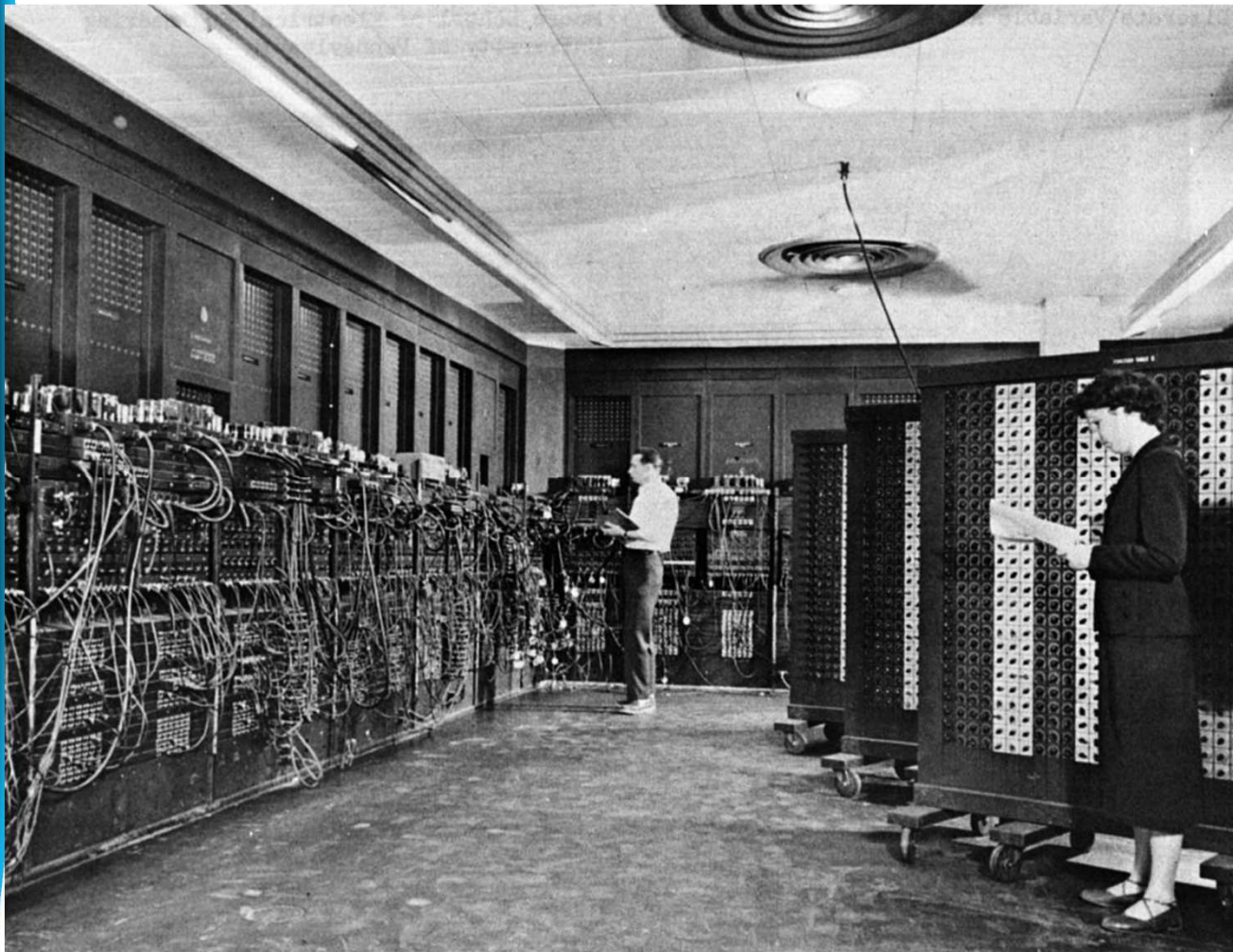
- Vývoj počítačů (Zdroj: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/HISTOR.HTML>)
- Rozdělení do generací, kde každá generace je charakteristická konfigurací, rychlostí a základním stavebním prvkem

	Generace	Počátek	Počet skříní	Konfigurace	Počet operací
–	0.	1940	velký počet	releová	jednotky/s
–	1.	1945-52	desítky	elektronková	100 – 1 000
–	2.	1958	< 10	tranzistorová	10 <sup>3</sup>
–	3.	1964	< 5	obvody SSI, MSI	10 <sup>4</sup>
–	3½.	1972	1	obvody LSI	10 <sup>5</sup>
–	4.	1981	1	obvody VLSI	10 <sup>7</sup> a více
–	Generace 4. trvá dosud, pouze zmenšování rozměrů a zvyšování výkonu.				
–	Generace 5. = umělá inteligence, není k dispozici				

Pozn. Rozdělení obvodů dle počtu logických členů: SSI = Small Scale Integration, MSI = Middle Scale Integration, LSI Large Scale Integration, VLSI Very Large Scale Integration

# Počítače – 3. podmínka funkce IS

- Vývoj počítačů – ENIAC 1946 (1. generace) – vojenské účely



# Počítače – 3. podmínka funkce IS

## ■ Vývoj počítačů



IBM 7090 – 2. generace



IBM 360 – 3. generace

# Počítače – 3. podmínka funkce IS

- Vývoj počítačů – počátek 4. generace
- Jeden z prvních přenosných počítačů:



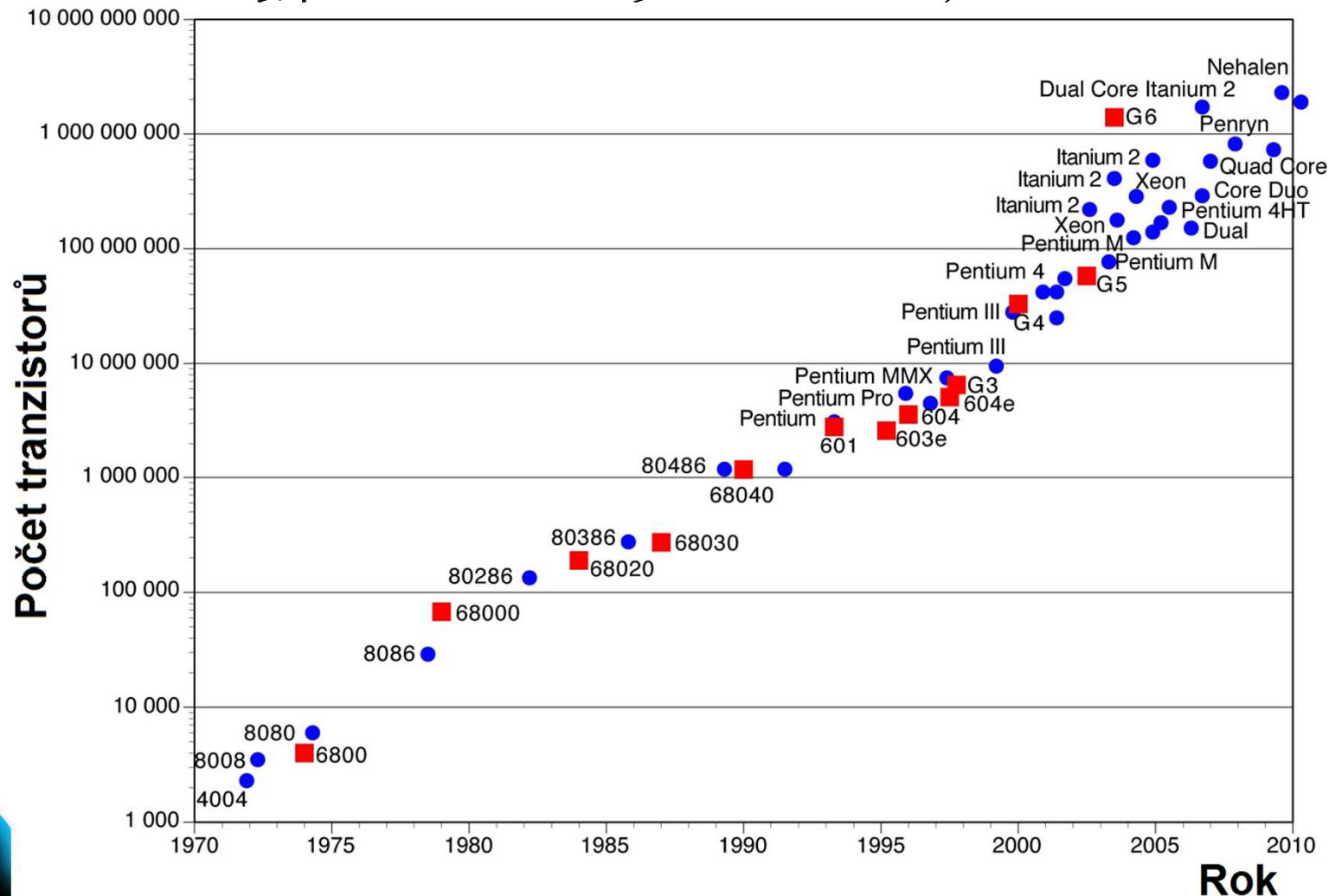
Osborne 1	
Uveden na trh	1981
Tehdejší cena	1795 \$
Frekvence CPU	4 MHz
RAM	64 kB
HDD	žádný



HP Spectre Pro x360 G1 ultrabook	
1490 \$ v r. 2014	
Frekvence CPU	2.7 GHz (dual core)
RAM DDR3	4 GB
HDD SSD	128 GB

# Počítače – 3. podmínka funkce IS

- Vývoj počítačů – zvyšování výkonu, tzv. Moorův zákon (z r. 1965 počet tranzistorů na integrovaném obvodu se zdvojnásobí každých 18 měsíců, nyní každé 2 roky, platnost zákona ještě cca 20 let)

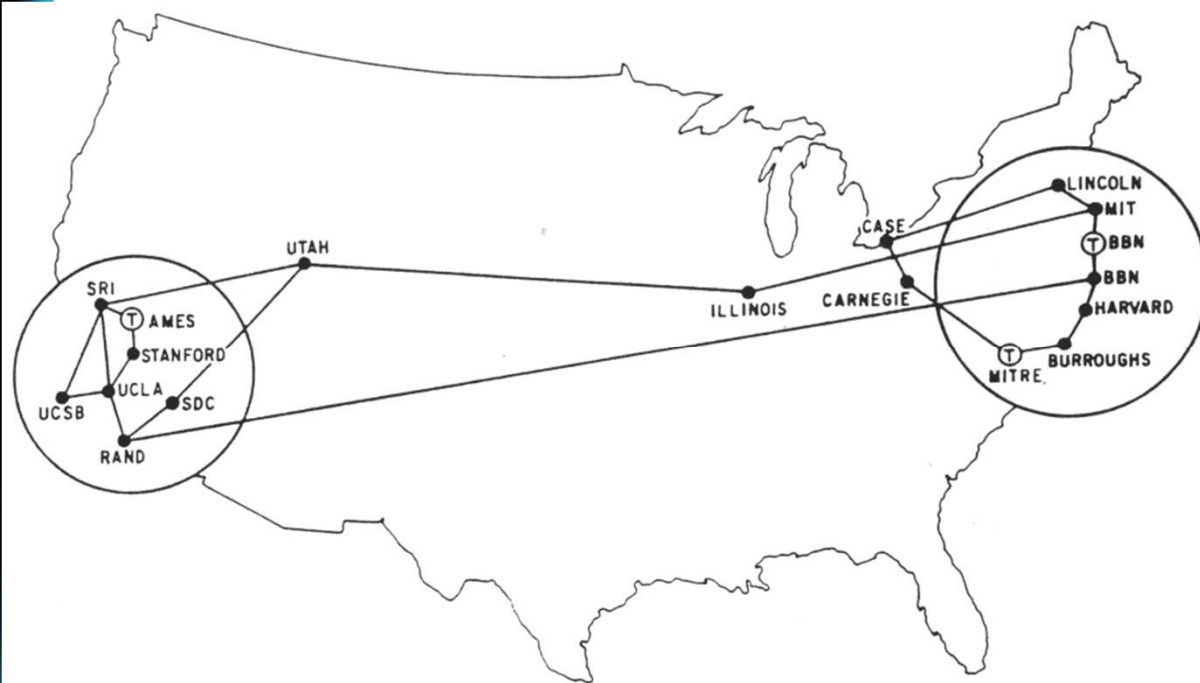




# Sítě – 4. podmínka funkce IS

## ■ Vývoj sítí

- Nejstarší síť užívající datové pakety s decentralizovanou koncepcí s možností připojení různých typů počítače, uzavřená pro vládní počítače v USA: ARPANET  
řešení publikováno v r. 1964  
zprovozněno 1969



Stav ARPANET v r. 1971



Síťový terminál, konec 60. let

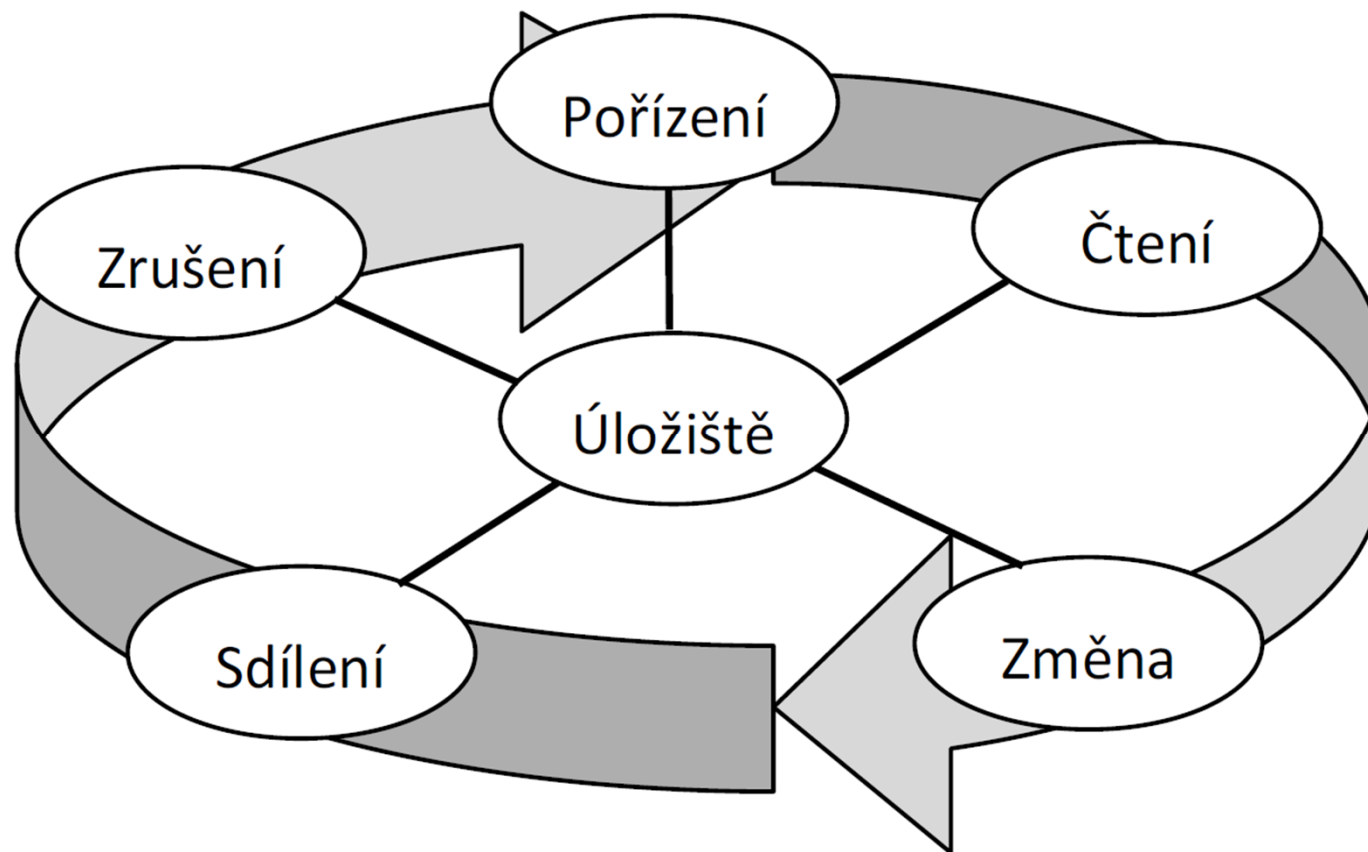
# Sítě – 4. podmínka funkce IS

## ■ Vývoj sítí, milníky

- 1969 ARPANET – pozn. Ukončen 1990
- 1971 zahájen email
- 1972 zahájen Telnet – terminálový program, který umožňuje vzdáleně pracovat na vybraném serveru
- 1973 rozšířen FTP – File Transfer Protocol (první verze zveřejněna 1971)
- 1977 vytvořen mailing list
- 1979 Usenet, uucp – základ systému diskusních skupin z architektury Unix-To-Unix Copy
- 1982 rozšířen TCP/IP – Transmission Control Protocol/Internet Protocol, primární protokoly internetu
- 1984 DNS – Domain Name Systém
- 1986 NSFNET – National Science Foundation Network, v letech 1986–1995 páteř internetu
- 1991 WWW, Gopher – služba Gopher podobný účel jako www, později vytlačena právě www
- 1992 Veronica – vyhledávací systém pro servery Gopher

# Životní cyklus informace

- Úroveň práce s databází dle oprávnění – uživatel ani nemusí mít právo pro přístup k datům do úložiště dat, přistupuje pomocí aplikace = bezpečnější pro data (Zdroj: Hřebíček J.: Environmentální informační systémy)



# Účel environmentálních IS

- Evropský model pro ovlivňování znečištění ŽP státní mocí (Zdroj: Hřebíček J.: Environmentální informační systémy)
- V EU se používá model DPSIR (Driving force-Pressure-State-Impact-Response) = Hnací síla-Tlak-Stav-Dopad-Odezva
- Model DPSIR je pro environmentální data používán v Evropské agentuře životního prostředí (European Environment Agency – EEA).
- Model DPSIR znázorňuje závislosti mezi faktory ovlivňujícími stav životního prostředí a nástroji, které používáme k jejich regulaci.

# Účel environmentálních IS

- Model DPSIR (Driving force-Pressure-State-Impact-Response) = Hnací síla-Tlak-Stav-Dopad-Odezva (Zdroj: Hřebíček J.: Environmentální informační systémy)

