

## 1. ÚVOD DO STUDIA FYZICKÉ GEOGRAFIE

- **Fyzická geografie** je vědní disciplína v rámci geografických věd, zabývající se studiem fyzickogeografické sféry Země. Z časového a prostorového hlediska popisuje, studuje a prognózuje procesy a jevy, které se v ní odehrávají.
- **Fyzickogeografická sféra** Země se skládá z jednotlivých geosfér:
  - a) zemská kůra s georeliéfem – nejsvrchnější vrstva pevného zemského tělesa, jejíž povrch se označuje jako georeliéf
  - b) atmosféra – plynný obal Země (po ozonovou vrstvu)
  - c) hydrosféra – geosféra tvořená vodami oceánů a pevniny
  - d) kryosféra – část zemské kůry a hydrosféry, jejíž teplota je po více než 2 roky pod bodem mrazu
  - e) pedosféra – půdní pokryv na povrchu pevnin
  - f) biosféra – geosféra s podmínkami pro život a trvale obydlena živými organismy
- fyzickogeografická + socioekonomická sféra = **krajinná sféra** Země

### Literatura:

Netopil, R. a kol. (1984): Fyzická geografie I. SPN, Praha. Kap. 1: s. 9-25.

Strahler, A., Strahler, A. (1999): Introducing Physical Geography. Wiley, New York. Kap. Prologue: s. 2-9.

## 2. GLOBÁLNÍ ENERGETICKÁ BILANCE ZEMĚ

### 2.1 Elektromagnetické záření

- sluneční záření – elektromagnetické x korpuskulární (částicové)
- **elektromagnetické záření** – soubor záření různých vlnových délek vycházejícího od povrchu objektu
- **vlnová délka L** – vzdálenost od jednoho hřbetu vlny k sousednímu hřbetu; jednotka –  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6}$  m) nebo nm ( $10^{-9}$  m)

*Obr. 2.1/31 - Strahler, Strahler (1999)*

#### 2.1.1 Záření a teplota

- dva základní principy emise elektromagnetického záření:
  - a) nepřímý vztah mezi vlnovou délkou záření daného tělesa a jeho teplotou (Slunce – kratší vlnové délky, Země – větší vlnové délky)
  - b) teplejší tělesa vyzařují mnohem více než tělesa chladnější (závislost na čtvrté mocnině absolutní teploty – Stefan-Boltzmannův zákon)

#### 2.1.2 Sluneční záření

- Slunce: jaderné reakce proton-protonového cyklu (přeměna vodíku na hélium) – povrchová teplota  $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$  – výkon Slunce  $2,8 \cdot 10^{26}$  W – rychlost elektromagnetického záření  $300\text{ tisíc km}\cdot\text{s}^{-1}$  – 8 1/3 min. než dorazí na Zemi
- vzdálenější planety – méně energie od Slunce; Země –  $1,7 \cdot 10^{17}$  W
- **spektrum elektromagnetického záření:**
  - a) ultrafialové záření –  $0,2\text{-}0,4\ \mu\text{m}$  – pohlceno téměř úplně plyny v atmosféře – škodlivé pro živé organismy
  - b) viditelné záření –  $0,4\text{-}0,7\ \mu\text{m}$  – světelná energie – barva závislá na vlnové délce (fialové, modrá, zelená, žlutá, oranžová, červená) – jen malá část pohlcována
  - c) krátkovlnné infračervené záření –  $0,7\text{-}3\ \mu\text{m}$  – lidské oko není na ně citlivé – snadno proniká atmosférou
- a) + b) + c) = **krátkovlnné záření**
- d) tepelné infračervené záření –  $> 3\ \mu\text{m}$  – vydáváno chladnějšími objekty – pocíťováno jako teplo – označuje se jako **dlohovlnné záření** (tepelné snímkování)

## ***Obr. 2.2/32 - Strahler, Strahler (1999)***

### **2.1.3 Charakteristiky slunečního záření**

- různá intenzita vyzařování podle vlnové délky: ultrafialové – 9 %, viditelné – 41 %, krátkovlnné infračervené – 50 % (velmi málo energie pro  $L > 2 \mu\text{m}$ )
- intenzita slunečního záření je největší ve viditelné části spektra
- **solární konstanta** - celková intenzita elektromagnetického záření Slunce, dopadajícího na horní hranici atmosféry na jednotkovou plochu kolmou k paprskům při střední vzdálenosti Země-Slunce:  $I_S = 1367 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \pm 0,3 \%$

### **2.1.4 Dlouhovlnné záření Země**

- zemský povrch a atmosféra vyzařují méně energie o větších vlnových délkách (v porovnání se Sluncem)
- intenzita vyzařování má tři maxima pro  $L = 5, 10$  a  $20 \mu\text{m}$  – vlnové délky mezi tím pohlcovány hladně vodní párou a  $\text{CO}_2$

### **2.1.5 Globální radiační bilance**

- Země stále pohlcuje krátkovlnné sluneční záření a vydává dlouhovlnné záření – **radiační bilance**
- krátkovlnné záření je zčásti odraženo zpět do meziplanetárního prostoru (též oblaky, částicemi), zčásti pohlcováno v atmosféře a na aktivním povrchu (vzestup teploty)
- dlouhovlnné záření uniká do meziplanetárního prostoru (pokles teploty)
- dlouhodobě je příjem krátkovlnného záření vyrovnáván výdejem dlouhovlnného záření (zářivá rovnováha)

## **2.2 Insolace Země**

- sluneční záření je proměnlivé v závislosti na čase a na místě na Zemi
- **insolace** – tok dopadající sluneční energie na exponovaný povrch pro sférickou Zemi bez atmosféry ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) – závisí na výšce Slunce (maximální pro Slunce v zenitu)
- výška Slunce závisí na zeměpisné šířce, části dne a části roku

## ***Obr. 2.5/35 - Strahler, Strahler (1999)***

### **2.2.1 Dráha Slunce na obloze**

#### ***Obr. 2.6/35 – Strahler, Strahler (1999)***

### **2.2.2 Denní insolace během roku**

- denní insolace závisí na úhlu dopadu slunečních paprsků a době expozice (tedy na zeměpisné šířce a roční době)
- v pásmu mezi obratníky existují dvě maxima (na rovníku v době rovnodenností), která se od rovníku k obratníkům přibližují až splývají v jedno maximum
- mezi obratníky a polárními kruhy – maximum při letním slunovratu, minimum při zimním slunovratu
- mezi polárními kruhy a póly – minimum nulové postupně se rozšiřující na půl roku

#### ***Obr. 2.7/36 - Strahler, Strahler (1999)***

### **2.2.3 Roční insolace podle zeměpisných šířek**

- roční insolace plynule klesá od rovníku k pólu – na pólu asi 40 % hodnoty insolace na rovníku
- díky sklonu zemské osy je významná část insolace přerozdělena od rovníku k pólům a střídají se roční období

#### ***Obr. 2.1/31 - Strahler, Strahler (1999)***

## **2.3 Světové šířkové zóny**

- rovníkový pás (10° s.š. – 10° j.š.) – intenzivní insolace během roku, dny a noci téměř stejně dlouhé
- tropický pás (10-25° z.š.) – roční cyklus, velká roční insolace
- subtropický pás (25-35° z.š.)
- pás mírných šířek (35-55° z.š.) – velké rozdíly ve výšce Slunce a délce dnů a nocí mezi zimou a létem
- subarktický (subantarktický) pás (55-60° z.š.)
- arktický (antarktický) pás (60-75° z.š.) – velké rozdíly v délce dne a v insolaci
- polární pás (nad 75° z.š.) – dominuje vždy téměř půl roku polární den a polární noc

**Obr. 2.9/37 - Strahler, Strahler (1999)**

## 2.4 Složení atmosféry

- atmosféra (atmos – pára, sphaira – koule, obal) – plynný obal Země, tvořený zvláštní směsí plynů – **vzduchem**
- hmotnost  $5,157 \cdot 10^{18}$  kg
- rozložení hmotnosti: 50 % do 5-6 km, 90 % do 16 km, 99 % do 30 km
- hlavní plynné složky atmosféry v suchém čistém vzduchu:
  - a) **dusík** –  $N_2$  – 78,084 % (objemový podíl) – 75,51 % (hmotnostní podíl) [inertní plyn, vulkanická činnost]
  - b) **kyslík** –  $O_2$  – 20,946 % - 23,01 % [dýchání, reaktivní plyn, pohlcování záření, ozon, fotosyntéza]
  - c) **argon** – Ar – 0,934 % - 1,286 % [inertní plyn, rozpad  $^{40}K$ ]
  - d) **stopové plyny**:  
**oxid uhličitý** –  $CO_2$  – pohlcování dlouhovlnného záření (oteplování atmosféry), spotřebováván při fotosyntéze  
 další stopové plyny: ozon, methan, neon, krypton, xenon, vodík, oxid dusný, hélium
- vlhký čistý vzduch:  
**vodní pára** – max. do 4 % objemu (průměr 2,6 %) na úkor dalších plynných komponent, pokles s výškou, pohlcování dlouhovlnného záření
- **atmosférické aerosoly** – pevné a tekuté příměsi ve vzduchu

### 2.4.1 Ozon ve stratosféře

- ozon – zapáchající plyn vznikající při elektrických vývojech v atmosféře (C. F. Schönbein – 1840)

#### 2.4.1.1 Přirozená rovnováha ozonu v atmosféře

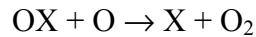
- stopový plyn, tvořený 3 atomárními kyslíky ( $O_3$ )
- 90 % ve stratosféře, asi 3/4 v 15-30 km – ozonosféra
- měření spektrofotometrem
- Dobsonovy jednotky (DU) – celkové množství  $O_3$  ve vertikálním sloupci o základně  $1 \text{ cm}^2$  (100 DU odpovídá při normálním tlaku a teplotě 298K vrstva  $O_3$  o tloušťce 1 mm)
- geografické rozložení: růst koncentrací od minim v oblasti rovníku (cca 250 DU) k maximum na 60° z.š. (cca 400 DU), odtud pokles k pólům, koncentrace v Arktidě vyšší než v Antarktidě
- roční chod: maximum na jaře, minimum na podzim
- vznik a zánik  $O_3$  – Chapmanova teorie:

#### Vznik:

- a) UV-záření o  $L < 0,242 \mu\text{m}$  – disociace kyslíku:  $O_2 + h\nu \rightarrow 2O$
- b) reakce atomárního a molekulárního kyslíku:  $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$

#### Zánik:

- a) disociace  $O_3$  zářením s  $L < 1,2 \mu\text{m}$ :  $O_3 + h\nu \rightarrow O + O_2$ , popř. reakce  $O_3$  s atomárním kyslíkem:  $O_3 + O \rightarrow O_2 + O_2$
- b) katalytické reakce:  $O_3 + X \rightarrow OX + O_2$



katalyzátory: radikály dusíku  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ) – 70 % v 15-35 km

radikály vodíku  $\text{HO}_x$  ( $\text{HO}$ ,  $\text{HO}_2$ ) – 70 % nad 50 km

### 2.4.1.2 Ozonová díra a její příčiny

- ozonová díra – drastický úbytek celkového ozonu, pozorovaný v Antarktidě v září-říjnu v porovnání s koncem 70. let
- halogenované uhlovodíky: lehké uhlovodíky (zejména methan  $\text{CH}_4$  a ethan  $\text{C}_2\text{H}_6$ ), v nichž vodík je nahrazen
  - a) atomy fluoru F a chloru Cl (chlorofluorohydrovodyky – CFC – též freony  
hydrochlorofluorohydrovodyky – HCFC)
  - b) atomy bromu Br (bromované uhlovodíky, též halony)
- vlastnosti: plyny nebo lehce těkavé kapaliny – nehořlavost, nejedovatost, chemická netečnost, domnělá ekologická nezávadnost – prudký nárůst produkce
- použití: hnací plyny, chladiva, nadouvadla, čistící a odmašťovací prostředky, protipožární technika atd.
- mechanismus působení na  $\text{O}_3$ :
  - a) průnik z troposféry do stratosféry
  - b) vůči  $\text{O}_3$  inertní sloučeniny Cl (chlorovodík HCl, chlornitrát  $\text{ClONO}_2$ )
  - c) v polární noci na částicích polárních stratosférických oblak (PSO) – aktivní formy ( $\text{Cl}_2$ , HOCl)  
PSO – polární vortex, teploty kolem  $-80^\circ\text{C}$
  - d) časně zjara působením slunečního záření uvolňován aktivní Cl – katalytické reakce – zánik  $\text{O}_3$
- pokles  $\text{O}_3$  v Antarktidě větší než v Arktidě (nestabilní vortex, vznik PSO méně častý)

### Obr. Vznik ozonové díry

## 2.5 Turbulentní a latentní tok tepla

- stýkají-li se dva objekty různé teploty, předává se teplo od teplejšího k chladnějšímu vedením
- neuspořádaný vertikální přenos tepla – **turbulentní tok tepla** (sensible heat transfer)
- teplo spotřebované či uvolňované při fázových změnách vodní páry – latentní teplo
- **latentní tok tepla** – přenos tepla od povrchu do atmosféry při výparu, uvolňování tepla na povrchu při kondenzaci nebo sublimaci

## 2.6 Globální energetická bilance

- tok energie mezi Sluncem a Zemí zahrnuje nejen záření, ale i ukládání a transport energie

### 2.6.1 Ztráty záření

- molekuly a částice ve vzduchu rozptylují sluneční záření všemi směry – **rozptýlené záření**
- část záření, která je rozptýlena zpět do prostoru, se označuje jako **difuzní odraz** (asi 5 % přicházejícího slunečního záření)
- **pohlcování záření** při průchodu atmosférou (asi 15 % přicházejícího záření)
- pohlcování záření se může měnit výrazně podle prostředí
- oblaka mohou odrážet 30-60 % přicházejícího záření a pohlcovat 5-20 %; v případě husté oblačné vrstvy může být při povrchu jen 10 % z dopadajícího záření

### Obr. 2.11/42 - STRAHLER, STRAHLER (1999)

### 2.6.2 Albedo

- **albedo** – procentuální podíl odraženého záření vzhledem k celkovému dopadajícímu záření
- albedo určuje, jak rychle se povrch vystavený insolaci zahřívá
- např. albedo sněhu 45-85 % - odráží většinu záření, zahřívá se pomalu
- albedo Země měřené pomocí družic – 29-34 %

### 2.6.3 Zpětné záření atmosféry

- aktivní povrch vydává dlouhovlnné záření pouze do atmosféry, kde je pohlcováno CO<sub>2</sub> a vodní párou, ale i oblaky
- atmosféra vyzařuje do meziplanetárního prostoru a také k zemskému povrchu – **zpětné záření atmosféry**
- **skleníkový efekt atmosféry** – atmosféra je dobře propustná pro krátkovlnné záření, ale pohlcuje dlouhovlnné vyzařování zemského povrchu

**Obr. 2.12/43 - Strahler, Strahler (1999)**

#### 2.6.4 Globální energetická bilance atmosféry a aktivního povrchu

**Obr. 2.13/43 – Strahler, Strahler (1999)**

##### **Bilance krátkovlnného záření:**

- albedo systému zemský povrch - atmosféra 31 %
- pohlcování v atmosféře 20 %
- pohlceno zemským povrchem 49 %

##### **Bilance dlouhovlnného záření:**

- vyzařování zemského povrchu 114 %, z čehož 102 % pohltí atmosféra a zbytek 12 % uniká do meziplanetárního prostoru (atmosférické okno)
- zpětné záření atmosféry 95 %

##### **Zemský povrch:**

- $49$  (krátkovlnné) +  $95$  (dlouhovlnné) =  $144$  %, takže  $144$  (zisk) –  $114$  (ztráta) = zisk  $30$  %
- tento zisk se předává do atmosféry latentním tokem tepla ( $23$  %) a turbulentním tokem tepla ( $7$  %), takže ztráta zemského povrchu činí celkově  $114$  (dlouhovlnné) +  $23$  +  $7$  =  $144$  %

##### **Atmosféra:**

- ztráta:  $57$  % do meziplanetárního prostoru,  $95$  % k zemi jako zpětné záření atmosféry, tj.  $152$  %
- zisk:  $102$  (dlouhovlnné) +  $20$  (krátkovlnné pohlcené) +  $23$  (latentní tok) +  $7$  (turbulentní tok) =  $152$  %
- bez skleníkového efektu by byla Země chladným neobyvatelným místem

#### 2.6.5 Šířkový transport energie

- příjem a výdej energie pro Zemi v dalším časovém intervalu je vyrovnaný, což ale nemusí platit pro konkrétní místo nebo kratší časové úseky
- **radiační bilance** – difference mezi veškerým přijímaným a vyzařovaným zářením:
  - a) pozitivní – příjem záření větší než výdej (např. den)
  - b) negativní – výdej záření větší než příjem (např. noc)
- mezi  $40^\circ$  s.š. a  $40^\circ$  j.š. je v ročním průměru přebytek zářivé energie (kladná radiační bilance)
- ve vyšších šířkách než je  $40^\circ$  z.š. je negativní radiační bilance – deficit je vyrovnávám transportem energie z rovníkové a tropické zóny směrem k pólům dvěma způsoby:
  - a) přenos tepelné energie oceánskou cirkulací
  - b) přenos tepelné energie atmosférickou cirkulací (latentní teplo)

**Obr. 2.14/45 – Strahler, Strahler (1999)**

#### 2.6.6 Antropogenní vlivy na energetickou bilanci

- energetická bilance je citlivá na řadu faktorů, ovlivňujících pohlcování a výdej energie
- růst CO<sub>2</sub> zvyšuje pohlcování dlouhovlnného záření v atmosféře – zesilování skleníkového efektu
- růst aerosolů ve vyšších vrstvách atmosféry zvyšuje rozptyl záření a tedy snižuje přívod krátkovlnného záření k povrchu
- větší obsah aerosolů v dolních vrstvách atmosféry zvyšuje pohlcování dlouhovlnného záření
- lidskou činností se mění charakter aktivního povrchu (vliv na albedo, pohlcování záření a na vyzařování)

#### **Literatura:**

Netopil, R. a kol. (1984): Fyzická geografie I. SPN, Praha. Kap. 2.2-2.3.2: s. 35-56.

Strahler, A., Strahler, A. (1999): *Introducing Physical Geography*. Wiley, New York. Kap. 2: The Earth's Global Energy Balance, s. 31-47.