

# Světlo

- nezbytný zdroj energie pro existenci života na Zemi
- v nadbytku a při přímém působení na protoplazmu nebezpečný činitel pro život

## Typy záření

### a) **radioaktivní (ionizační):** vlnová délka do 3 nm

Záření o velmi vysoké energii, které dokáže převést elektron z jednoho atomu na druhý za vzniku kladného a záporného iontu.

**Význam:** poškozují protoplazmu, zastavují mitózu, brzdí růst tkání, narušují DNA, podílí se na vzniku mutací

**Zdroj:** mimozemské záření, radioaktivní látky (radioisotopy)

### b) **ultrafialové:** 3-400 nm

**Význam:** Při vlnové délce do 260 nm způsobuje úhyn rostlin a živočichů; při vyšší vlnové délce ničí jen některé organismy, způsobuje zčervenání pokožky, tvorba vitamínu D a histaminu.

**Zdroj:** sluneční záření. Je pohlcováno v ozónové vrstvě, při průchodu atmosférou je postupně pohlcováno (je ho více v horách)

### c) **viditelné:** 360-760 nm. Vnímáno lidským okem.

**Význam:** přináší organismům využitelné (“blahodárné”) světlo a teplo. Je to fotosynteticky aktivní záření (FAR), jediný zdroj energie pro primární produkci.

**Zdroj:** sluneční záření (tvorí asi 48% slunečního záření)

### d) **infračervené:** 760 nm – 400 um (**tepelné**)

**Význam:** přináší organismům teplo a ovlivňuje jejich termoregulační mechanismy. Fotoperiodické účinky.

**Zdroj:** sluneční záření (tvorí asi 50% slunečního záření).

Neprochází sklem.

### e) **kosmické:** $10^{-10}$ – $10^{-12}$ cm

**Význam:** mutagenní účinky, vyvolává krevní choroby, zhoubné nádory, mutace. Ovlivňuje zejména člověka ve vesmíru a vysokých vrstvách atmosféry.

Mimozemské záření přináší 99,98% veškeré energie, 0,02% připadá na geotermální teplo. K povrchu atmosféry se dostává víceméně stále množství energie,

tzv. **SOLÁRNÍ KONSTANTA** ( $1,38 \text{ kJ/m}^2/\text{s}$ ).

8% se odrazí od atmosféry (záření oblohy)

25% se odrazí od mraků

16% se v atmosféře přemění v teplo

5% se odrazí od povrchu Země

46% pohlcuje povrch Země (půda, vegetace)

### **Související pojmy:**

**albedo** vyjadřuje, kolik % dopadajícího záření odrazí určitá plocha. (Povrch Země má albedo 0,1).

**insolace** – přímé záření působící na organismy

**difuzní světlo** – rozptýlené světlo

Množství energie dopadající na povrch se mění v závislosti na:

- **postavení slunce a zeměpisné šířce** (Špicberky versus Singapur)
- **expozici a sklon ozařované plochy**  
u nás nejvíce energie na j., jz. a jv. svazích o sklonu  $25-30^\circ$   
východní svahy - ztráta energie při výparu ranní rosy
- **zaclonění horizontem**
- **oblačnost**. Například v horách je odpoledne více oblačnosti a proto jsou západní svahy chladnější.

### **Světlo v porostu rostlin**

- **reflexe (odraz) na listech**. 10-20% kolmo dopadajících paprsků. Hladké lesklé listy odrážejí nejvíce (tvrdolistý biom)
- **absorpce**. Různá dle množství a druhu pigmentů v listech. Pro fotosyntézu se využije asi 1% viditelného záření. UV záření absorbováno v epidermálních buňkách (ochranný filtr).
- **transmise**. Množství záření které prošlo listem (0-40% dle tloušťky listu). Prošlé záření je ze zelené a zčásti z červené části spektra ("červenozelený stín" v lese).

**Světlo v koruně stromů** je postupně pohlcováno, takže ze 100% ozáření koruny se do jejích vnitřních částí dostane jen část světla (u borovice 10%, u hustě olistěného buku až 1,2%). Periferní listy jsou **slunného typu** (menší plocha, větší tloušťka, tlustší pokožka, více sklerenchymu, více chloroplastů a průduchů, méně chlorofylu), uvnitř koruny jsou listy **stinného typu**.



**Relativní ozářenost** (relativní světelný požitek) je procento prošlého světla, které se dostane k příslušnému patru ze záření na volné ploše (100%). V mladých smrkových monokulturách nebo v tropických lesích je relativní ozářenost bylinného patra někdy až 0%.

**Nepřavidelný průnik slunečního záření vegetací** je významným ekologickým faktorem – viz sluneční skvrny v lese.

**Sezónní změny v průniku záření** ovlivňují fenologii (“fázovitost”) podrostu v lese. V opadavém lese se vytváří jarní

aspekt světlomilných bylin (“časová nika”) a letní aspekt druhů tolerujících nebo vyžadujících stín.

## **ADAPTACE ORGANISMŮ NA SVĚTLO** **stenofotní a euryfotní organismy**

a) organismy vyskytující se na nezastíněných stanovištích (fotofilní, heliofilní). U rostlin hovoříme o **heliofytech**. Snášejí takové záření, které u jiných rostlin vyvolává rozklad chlorofylu, adaptace k vysokému UV záření, fyziologické adaptace k nadbytku světelné energie).





b) organismy tolerantní ke 100% ozáření i k zastínění. U rostlin hovoříme o **heliosciofytech**. Tolerují určitý rozsah ozáření, kvetou při ozářeních vyšších. Břečťan (*Hedera helix*) roste při 2-100% ozáření a kvete při 22-100% ozáření. Z živočichů např. drosophila.



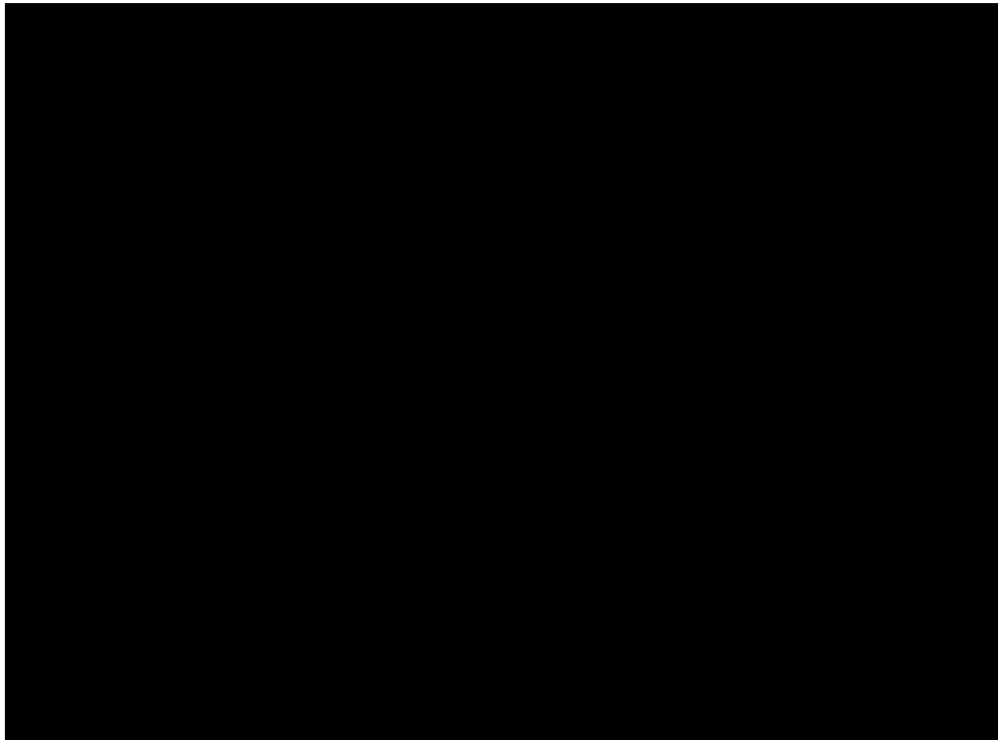
c) stínomilné organismy.

**Sciofyty (stínobytné rostliny)** rostou jen na zastíněných místech (hrachor jarní při 20-33% ozáření). Minimální požadavek na ozáření klesá od zelených kvetoucích rostlin přes kapradiny a mechy k řasám. Fylogenetická (vývojová) adaptace na stinné podmínky: liánovitý vzrůst, epifytismus, ztráta chlorofylu (vznik heterotrofie).

**Skiofilní** druhy živočichů.



d) organismy afotních prostředí (úplně bez světla). Jen živočichové (fotofobní, heliofobní druhy). Žijí v jeskynních (troglobionti), dutinách (kavernikolní formy), v půdě (euedafonti), v podzemních vodách (stygobionti), v mořských hlubinách (abysální formy) a v tělech hostitelů (endoparaziti). Zanikly jim zrakové orgány, vymizely pigmenty, zanikla fotoperiodicita.



## SVĚTLO A FOTOSYNTÉZA

Světlo je základní předpoklad pro fotosyntézu. Ta je nezbytná pro primární produkci, která je na začátku všech potravních řetězců.

**Světelný kompenzační bod fotosyntézy** nastává při takové hustotě záření, kdy množství  $\text{CO}_2$  vázaného ve fotosyntéze se rovná množství  $\text{CO}_2$  vydávaného dýcháním. Minimální průměrná denní hustota ozáření musí ležet nad tímto bodem. Je dán i časově (ráno / večer). Pozitivní látková bilance musí být tak velká, aby stačila i na noc.

**Stín tolerující rostliny** dosahují maximální fotosyntézy při 1/4 plného slunečního záření; **stín netolerující rostliny** nikdy maxima nedosahují a se zvyšujícím se zářením zvyšují i fotosyntézu.

### Fotosyntetické strategie rostlin

**$\text{C}_3$  rostliny.**  $\text{CO}_2$  ze vzduchu je nejdříve konvertován na kyselinu 3-fosfoglycerovou (má 3 uhlíky). U těchto rostlin existuje fotorespirace (dýchání na světle), které znamená ztráty výtěžku fotosyntézy. Jsou to rostliny mírného klimatu.

**$\text{C}_4$  rostliny.** První sloučeniny produkované z  $\text{CO}_2$  mají 4 uhlíky. Mají odlišnou anatomickou skladbu listu, která jim umožňuje využívat i nízké koncentrace  $\text{CO}_2$  a pro recyklaci  $\text{CO}_2$  produkovaného respirací. Na tyto pochody mají i fyziologickou adaptaci – rozdílný biochemický cyklus. Efektivním získáváním a recyklací  $\text{CO}_2$  dokáží využít vysokou intenzitu záření pro produkci. Jsou to většinou tropické trávy (kukuřice, cukrová třtina), ale i rostliny slanomilné nebo např. ruderální rostliny prašných stanovišť (“ucpané” průduchy). Mají vysoké tepelné optimum fotosyntézy a upřednostňují písšité (nejílovité) půdy. Předpokládá se jejich větší rozšíření při globálním oteplování.

**CAM (*crassulacean acid metabolism*) rostliny.** Otevírají průduchy v noci a brání se tím ztrátě vody.  $\text{CO}_2$  je “uložen” v organických



kyselinách a ve dne je pak využíván. Jsou adaptovány na suché pouštní oblasti (sukulenty). Mohou “přepínat” na C<sub>3</sub> režim.

## SVĚTLO A PERIODICITA BIOLOGICKÝCH JEVŮ (FOTOPERIODISMUS)

### ROSTLINY

Rostliny reagují na změny délky dne pomocí barviv (fytochromů) v listech. Světlo tak ovlivňuje indukci kvetení, shození listů u opadavých dřevin a přesun asimilátů do kořenů u přezimujících rostlin.

**krátkodenní rostliny** – kvetení je vyvoláno zkracující se délkou dne.  
Rostliny kvetou na podzim (astrý)



**dlouhodobé rostliny** – kvetení je vyvoláno při prodlužujícím se dni (druhy mírného pásma).



## ŽIVOČICHOVÉ

Reagují na fotoperiodu fotoreceptory (oči), které aktivizují hormony a pigmenty.

Periodicky nastává:

- pohlavní aktivita (lze však snadno ovlivnit)
- línání, přepeřování
- shromažďování tuku
- zimní spánek, migrace (zejména ptáci)
- sezónní dimorfismus (polymorfismus) hmyzu. (jarní a letní formy lišící se morfologicky, např. babočka síťkovaná).
- dormance (přečkání nepříznivých podmínek). Dědičně podmíněná dormance, která synchronizuje životní cyklus druhu s roční dobou, se nazývá **diapauza**. Zejména u hmyzu.

Střídání dne a noci (světlé a tmavé fáze) vyvolává u živočichů **cirkadianní** rytmy trvající zhruba 24 hodin (“biologické hodiny”). Jsou vyvolány světlem, ale i teplem, vlhkostí apod. nebo jsou vrozené (endogenní).

Podle doby aktivity rozeznáváme organismy denní (**diurnální**), noční (**nocturnální**), soumravné (**krepuskulární**) a indiferentní (**arytmické**). Tyto rozdíly zanikají v polárních oblastech (není pravidelné střídání dne a noci).

**Měsíční (lunární) rytmy** jsou většinou známy u mořských živočichů a ovlivňují zejména rozmnožování.

## **SVĚTLO A POHYBOVÉ (FOTOKINETICKÉ) REAKCE**

**Fototropismus (heliotropismus)** ... rostliny a přisedlé formy živočichů zauímají určitou polohu svých orgánů vzhledem k slunci.

**Fotokineze** ... nahodilé pohyby živočichů či mikroorganismů, při nichž vyhledávají místa s nejvhodnějším osvětlením.

**Fototaxe** ... přímočarý pohyb ke světlu (pozitivní fototaxe, převažuje) nebo od zdroje světla (negativní f.)

**Menotaxe** ... pohyby dle určitého úhlu ke světelným paprskům

# Teplo

**Zdroj:** infračervené záření, jen vzácně ostatní zdroje (geotermální teplo, rozklad organické hmoty, antropogenní teplo).

**Význam:** Život se na Zemi vyskytuje při takových teplotních podmínkách, kdy mohou ještě existovat komplexní organické sloučeniny ( $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Teploty nad  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  alespoň po část roku jsou nezbytné pro život vyšších rostlin a živočichů. V mrazu většinou neprobíhají základní životní procesy, ničí se buněčné struktury. Příliš vysoké teploty jsou rovněž letální. Organizmy **eury-** a **stenotermní**.

## TEPLO A ROSTLINY

Množství tepla ovlivňuje u rostlin fotosyntézu, respiraci, transpiraci, růst. Jednotlivé druhy rostlin se liší ve své toleranci k teplotě. Naše rostliny jsou většinou dosti eurytermní, snášející rozsah teplot ca  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , s optimem mezi  $20\text{-}25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**termofyty** – teplobytné rostliny, snášejí vysoké teploty. Často jsou adaptované i na nedostatek vody – xerothermofyty (xerothermní rostliny). Naše rostliny jsou často subxerothermní.

**psychrofyty** – chladnobytné rostliny, snášejí nízké teploty

**kryofyty** – rostliny žijící na sněhu (např. řasy).

Teplota je spolu s dalšími klimatickými činiteli významným faktorem ovlivňujícím rozšíření rostlin v měřítku Země (viz biomy). Jednotlivé druhy jsou adaptovány na specifické klimatické podmínky a podle toho vyhledávají i vhodné “mikroklima” na hranici jejich areálu. U nás kontinentální druhy, oceanické druhy, mediteránní, boreální druhy ... Listnaté stromy mají větší nároky na teplotu než jehličnaté, za určitých klimatických podmínek končí výskyt dřevin (alpínská a zonální tundra).

**isoterma** ... spojuje na mapě místa se stejnou průměrnou teplotou.

**výškový teplotní gradient a vegetační stupňovitost**

#### TEPELNÁ BILANCE POROSTU

0,5 – 10% záření pohlceného porostem se využije na fotosyntézu  
Zbytek se přemění na teplo. Rostliny se tepelné zátěže zbavují.

Část se ve formě tepelného infračerveného záření vydá do okolí, část se spotřebuje na výpar vody při transpiraci a při evaporaci (ostatní výpar vody, např. z mokrého povrchu po dešti).

transpirace + evaporace = **evapotranspirace**.

Část tepla se vydá ohříváním vzduchu v okolí porostu.

**BOWENŮV POMĚR** vyjadřuje relativní poměr mezi teplem předaným vzduchu a energií, spotřebovanou na výpar. Bowenův poměr stoupá s klesající evapotranspirací.

Část tepla pohlceného porostem přechází do **půdy**. Jílovité půdy přitom vedou teplo do spodních vrstev, zatímco písčité půdy se přehřívají v povrchových vrstvách. Směrem do hlubších vrstev půdy se zmenšuje kolísání teploty. V hloubce 1 m neklesá u nás pod 0°C. Půda nezamrzá do hloubky ani pod sněhovou vrstvou.

Podle energetické bilance je různá teplota rostlinného těla. Není proto vždy shodná s teplotou okolí.

## TEPLO A ŽIVOČICHOVÉ

Živočichové uvolňují teplo při svalové činnosti a při rozkladu potravy. Liší se ve schopnosti termoregulace:

- **studenokrevní (poikilotermní)**  
mají nejvyšší diverzitu v tropech (stálá teplota)
- **teplokrevní (homoiotermní)**

Zvláštní adaptací teplokrevných živočichů na chlad během zimy v mírném pásmu je **hibernace** (zimní spánek). Životní funkce jsou sníženy na minimum, tělesná teplota snížena. Souhra nervové a humorální soustavy a činnosti tkání. Fyziologicky shodná je **estivace** (letní spánek), do kterého upadají živočichové vlivem vysoké teploty a sucha.

**Nepравý zimní spánek** – medvěd, jezevec. Nesnižují tělesnou teplotu.

## Adaptace k vysoké teplotě

Teplota nad 45°C je letální. Adaptace k vysokým teplotám: barva, tělní pokryvy, aktivita v noci.

## Vztah tělesných znaků teplokrevných ž. k teplotě prostředí

**Bergmannovo pravidlo.** Živočichové v chladnějších oblastech jsou větší a hmotnější než příbuzné druhy v teplejších oblastech.

**Allenovo pravidlo.** V chladnějších oblastech mají živočichové kratší uši, zobáky, ocasy a končetiny.

**Glogerovo pravidlo.** V teplejších a vlhčích oblastech jsou někteří teplokrevní živočichové tmavší než příbuzné formy.

## Teplota a poikilotermové

Teplota ovlivňuje u studenokrevných živočichů:

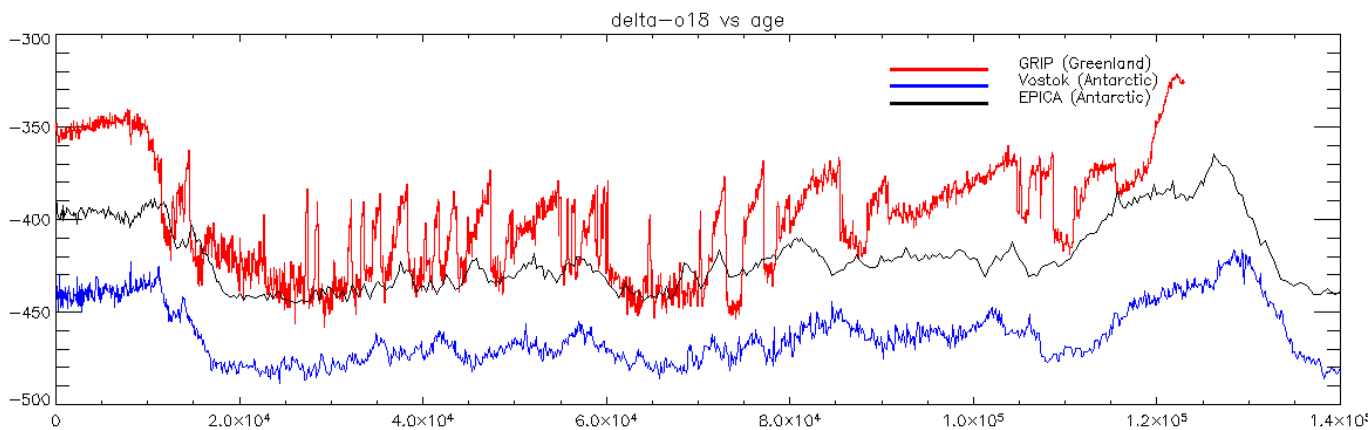
- aktivitu;
- vývoj a počet;
- rozmnožování

Suma efektivních teplot – denní stupně. Vývoj, výskyt nebo početnost živočicha souvisí s určitým počtem denních stupňů. Např. 60 denních stupňů se může sečíst za různý počet dnů.

## Změny teploty v poslední době ledové a v Holocénu

Zjišťují se na základě nepřímých důkazů (koncentrace izotopů v ledovcích, analýza zbytků rostlin a živočichů v sedimentech apod.). Změny teploty a vlhkosti klimatu během čtvrtohor jsou velké a zásadním způsobem ovlivňují rozšíření druhů na Zemi.

Čtvrtohory – vyznačují se střídáním dlouhých dob ledových (glaciálů) a spíše kratších dob meziledových (interglaciálů), poslední interglaciál, ve kterém žijeme, se nazývá **holocén**. Na obrázku si povšimněte konce předchozího interglaciálu vpravo, rozkolísané klima s teplotními nárůsty během glaciálu a vlevo, po prudkém nárůstu asi před 10.000 lety, vývoj v holocénu. V době ledové u nás převládala sprašová step, stepotundra a tajga s borovicí a v Karpatech s modřínem.



Během Holocénu (období po odeznění doby poslední ledové) rozlišujeme tradičně několik období s různým klimatem, i když ve skutečnosti bylo výkyvů víc a některé změny byly spíše regionální než globální. Zobecnění je následující:

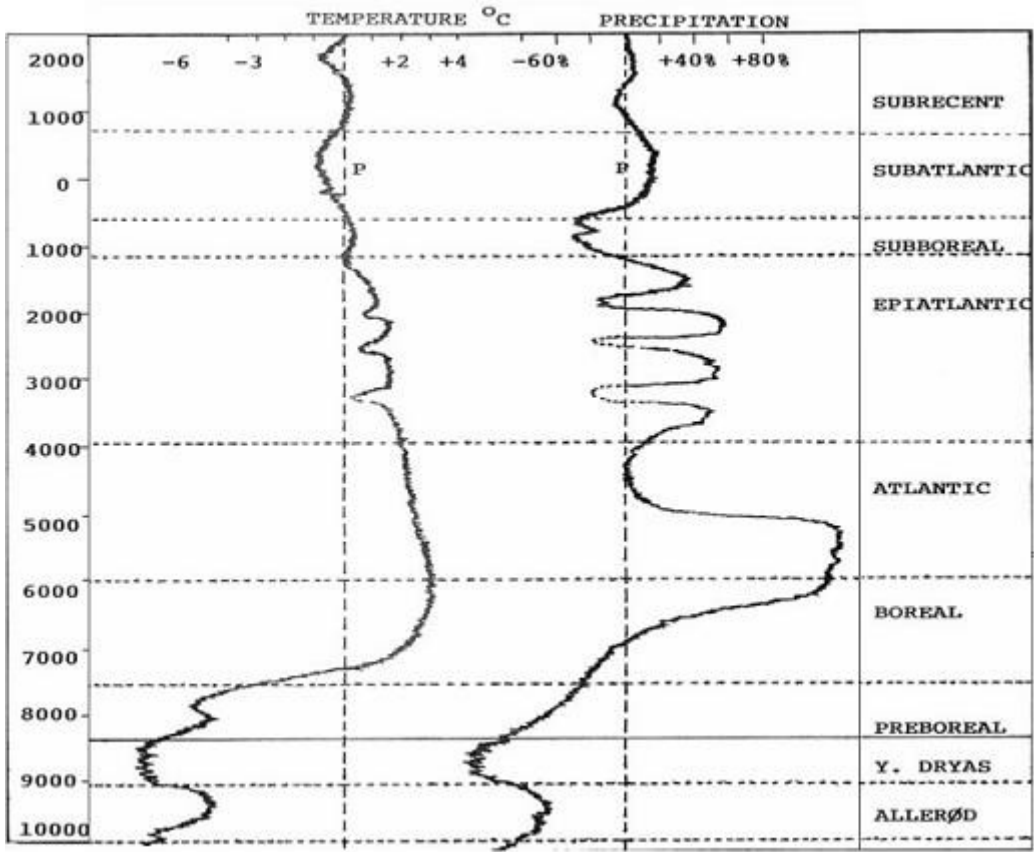
**Preboreál a Boreál** (starší Holocén, před 8-10 tisíci let)– období po skončení poslední doby ledové, vyznačující se nárůstem teploty a poněkud opožděným nárůstem vlhkosti. Odpovídá období mezolitu. Stepi postupně přecházejí v tajgu, šíří se některé listnáče.

**Atlantik** – střední Holocén, tzv. klimatické optimum asi před 5-8 tisíci let, odpovídá období neolitu a eneolitu. Jedná se obecně o nejteplejší a nejvlhčí období (v současnosti se však ukazuje, že v některých oblastech bylo spíše sucho, hlavně na začátku období). Zhruba před 7-8 tisíci let bylo tepleji než je dnes. Období se vyznačuje šířením listnáčů a postupným zapojováním lesa.

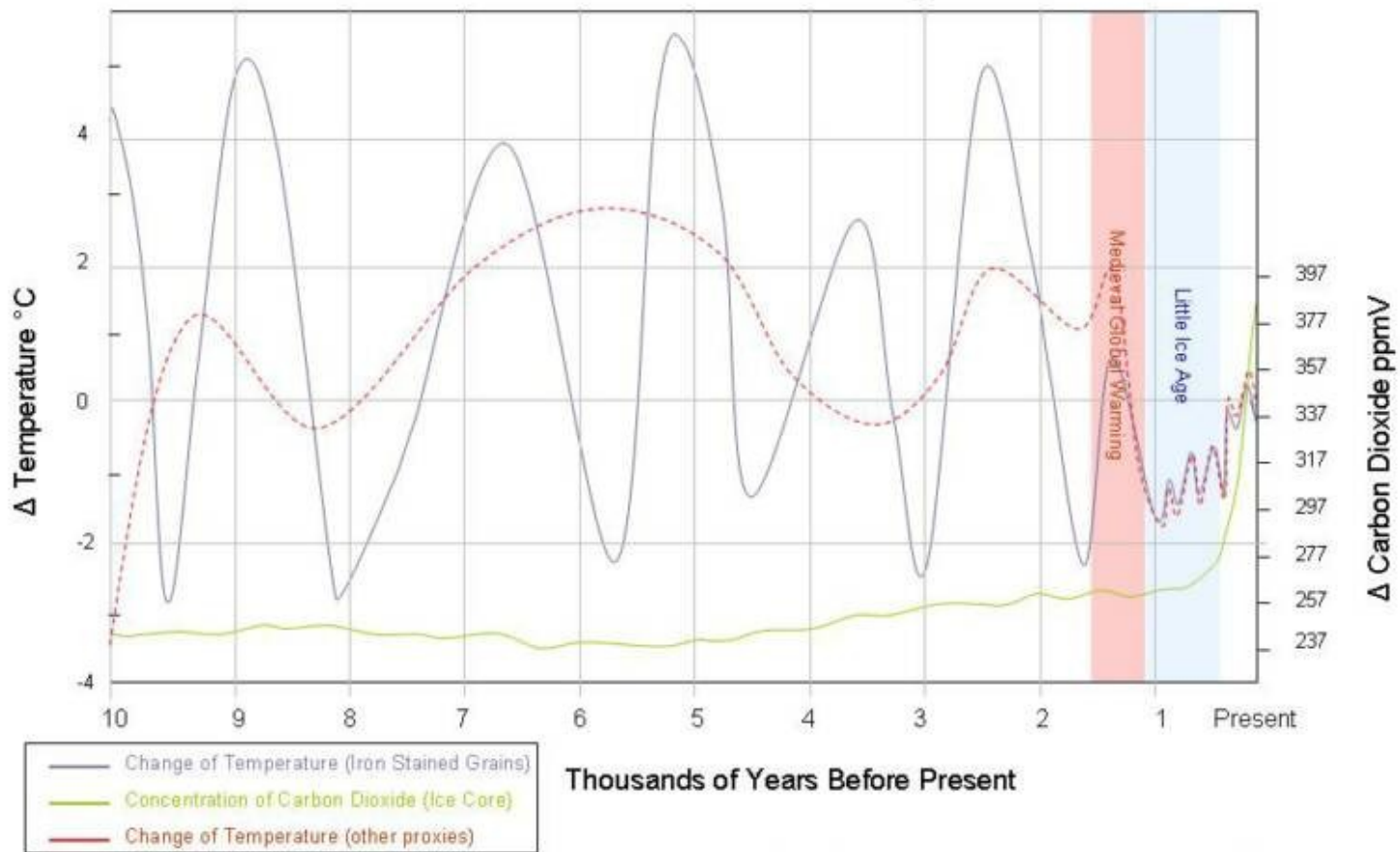
**Epipatlantic, Subboreál a Subatlantic** (mladší Holocén) – ve srovnání s atlantikem obecně sušší a chladnější klima, a le s výraznými výkyvy, oteplení v době římské (kolem přelomu letopočtu) a v raném středověku, pak ochlazení během Malé doby ledové (obrázek dole). V celém období výrazný vliv člověka na krajinu.

Tyto výkyvy, včetně glaciálů, byly způsobovány zejména tzv. Milankovičovými cykly (pohyby Země vůči slunci). Význam oxidu uhličitého nastal až se spalováním fosilních paliv v posledních 50-100 letech (viz přednáška o biogeochemických cyklech).





## CHANGE OF TEMPERATURE AND CHANGE OF CO<sub>2</sub> HOLOCENE EPOCH



Data CO<sub>2</sub>: Parrenin, F., L. Louergue, and E. Wolff. 2007. *EPICA Dome C Ice Core Timescales EDC3*. IGBP. PAGES / World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series # 2007-083. NOAA/NCDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.  
 Data Temperature Holocene Epoch obtained from: Broecker, Wallace S. *Was the Medieval Warming Period Global?* © Science. 23 February 2001. Vol. 291. No. 5508, pp. 1497-1499.  
 Graph on CO<sub>2</sub> and Change of Temperature through Holocene Epoch: ©2007, Nasif Nahle.