

# **MOŘSKÁ VODA**

**Fyzikální a chemické vlastnosti**

# TEPLOTA MOŘSKÉ VODY

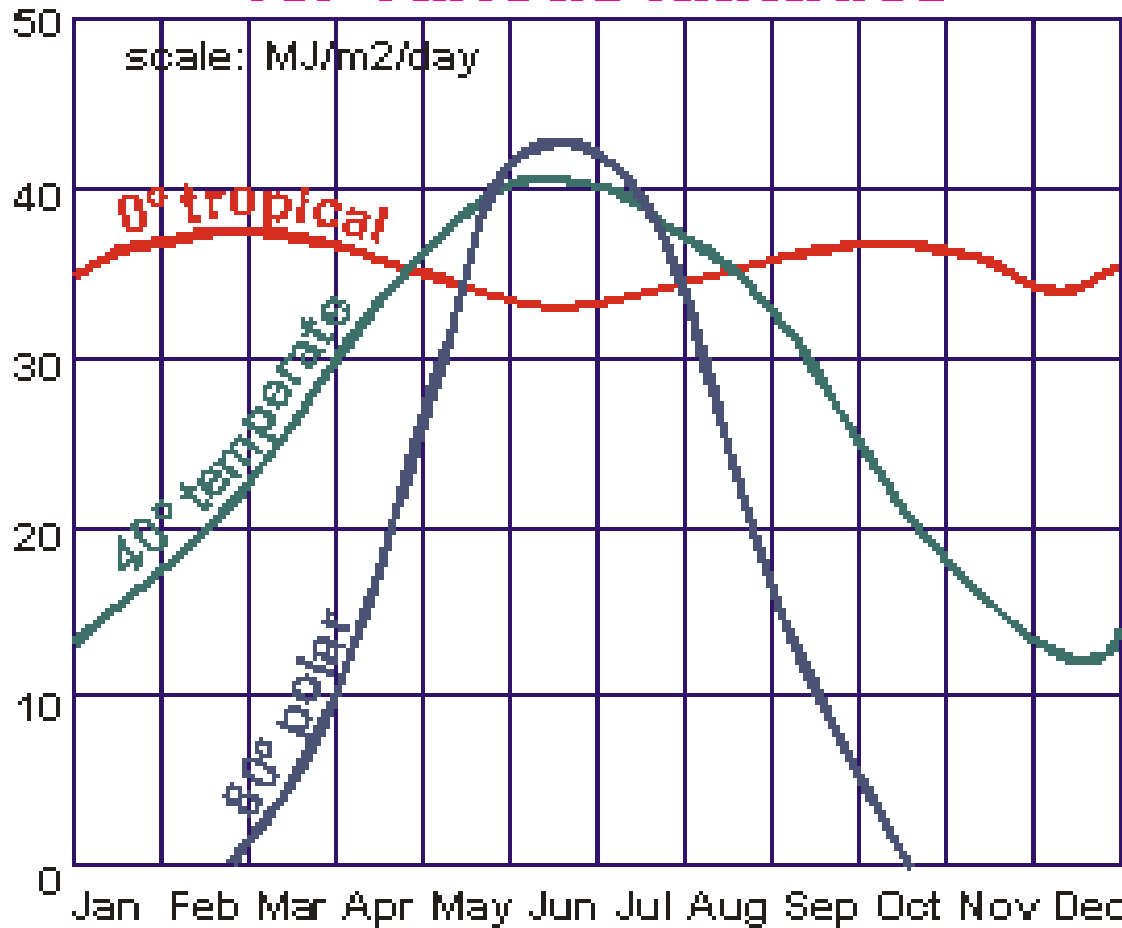
## Zdroje tepla pro oceán (+):

- absorpce slunečního záření
- teplo ze dna oceánů (ze zemské kůry i pláště)
- přeměna kinetické energie na teplo
- ohřev vody chemickými a biologickými procesy
- tok tepla z atmosféry
- kondenzace vodních par
- radioaktivní rozpad prvků

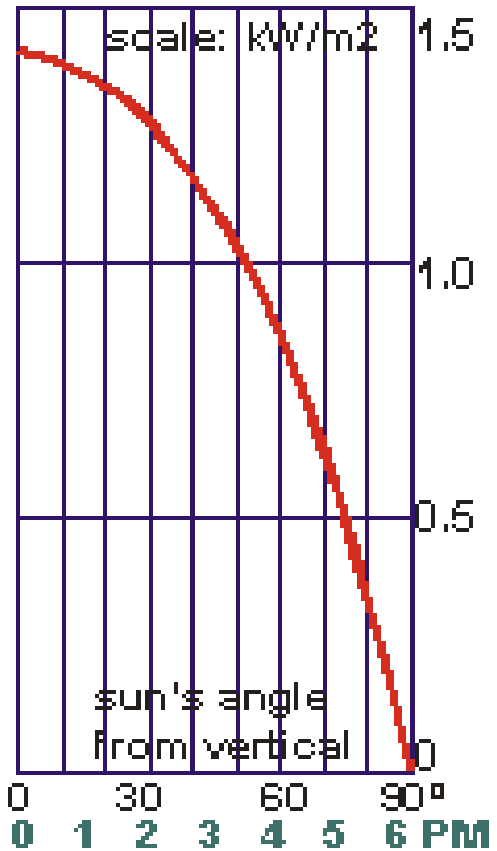
## **Ztráta tepla:**

- **vyzařování tepla z povrchu oceánů**
- **konvekční proudění do chladnějšího vzduchu**
- **odnímání tepla při vypařování**
  - **výsledkem rozdílu mezi přijímaným, přenášeným a vydávaným teplem je reálná teplota vody při hladině**
  - **oceány = zásobárny tepelné energie, regulátor teploty**

# incoming radiation by month for various latitudes



# effect of sun's angle on incident radiation



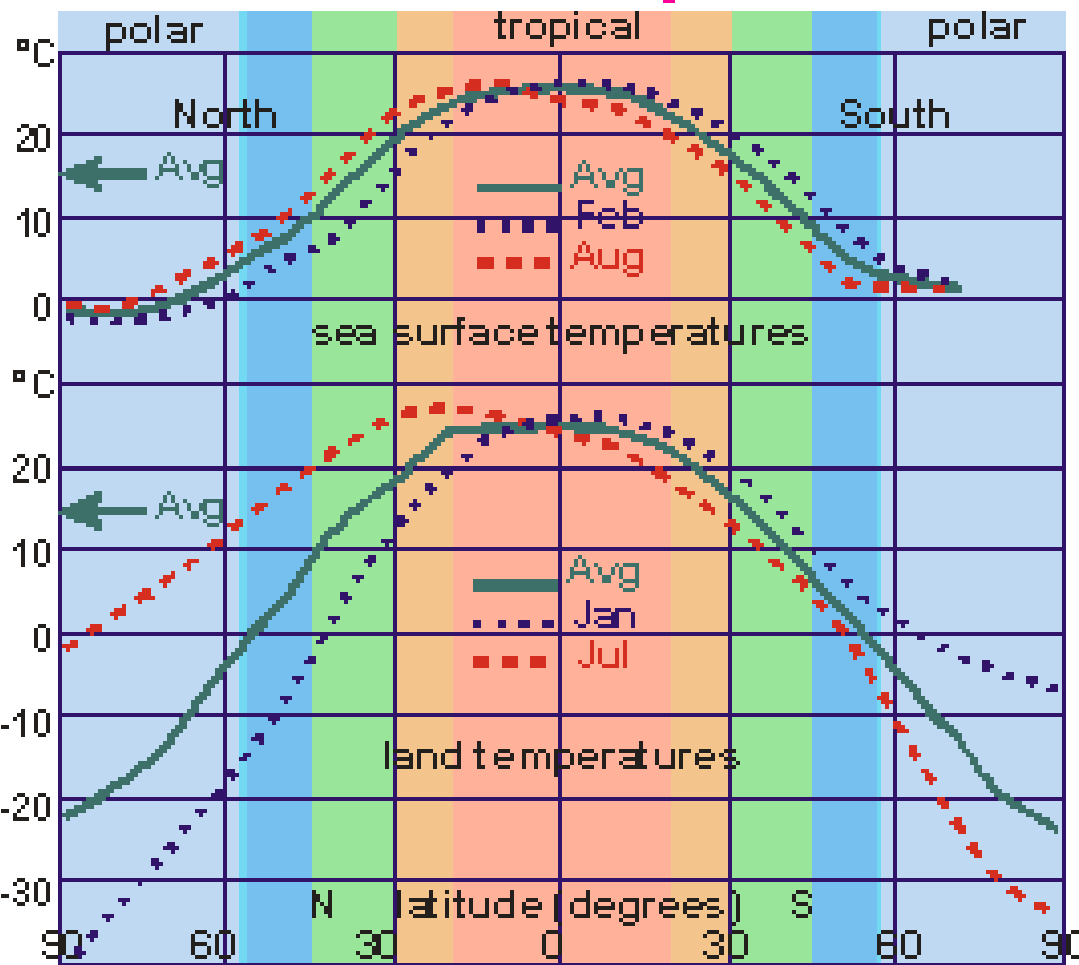
# Přenos tepla v oceánech

- v horizontálním i vertikálním směru
- hlavně mořskými proudy (z nižších zeměpisných šířek do vyšších)

## Výměna tepla ve vertikálním směru:

- tok tepla (velmi nepatrně)
- konvekční tepelné proudění
  - pohybují se větší částice než molekuly
  - termohalinní konvekce
- turbulence

# land & sea temperatures



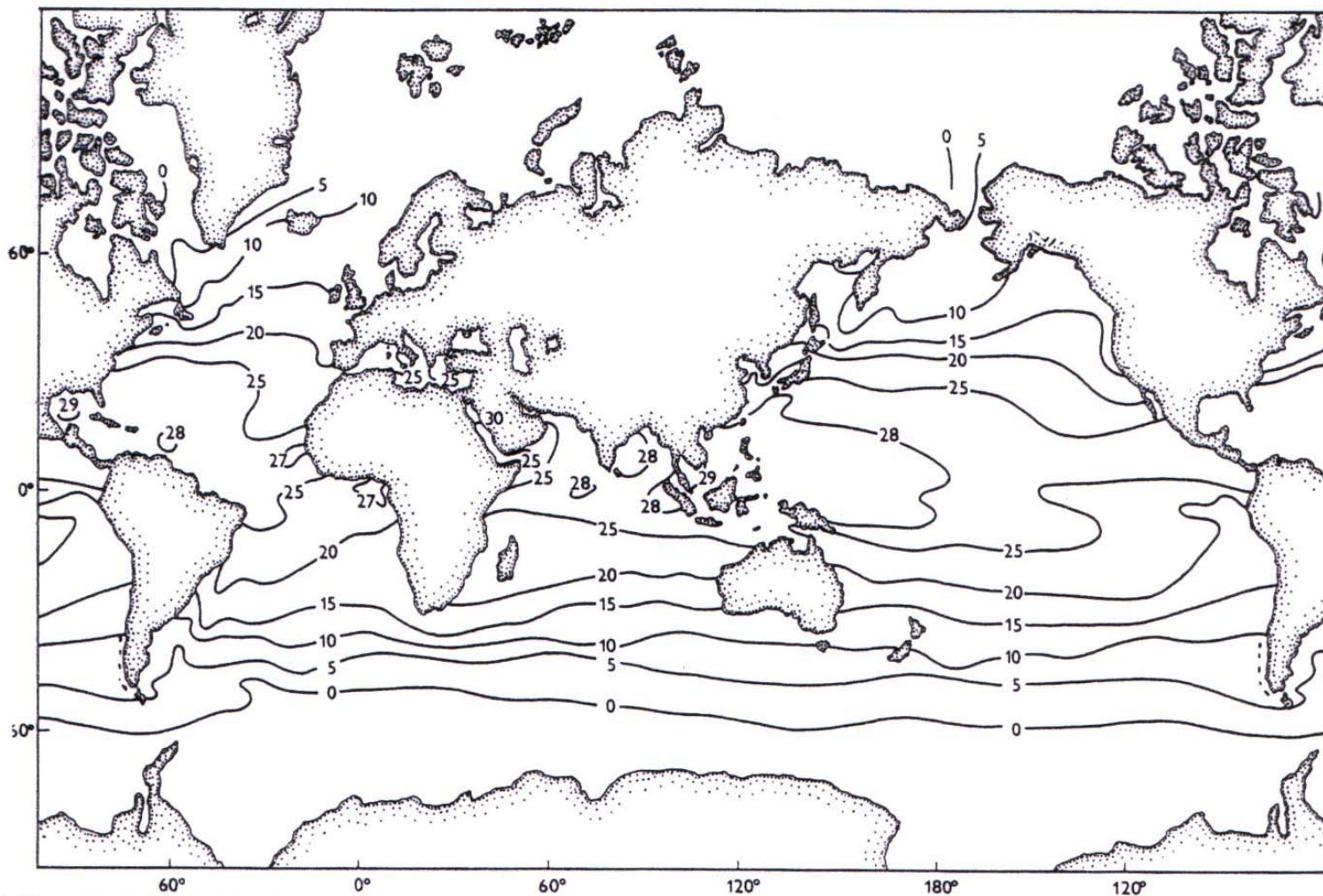
Because the Northern Hemisphere is dominated by land and the Southern Hemisphere by sea, their seasonal temperature changes are quite different. The Northern Hemisphere has larger fluctuations, but sea temperatures are similar.

Notice the one month lag in sea temperatures. New Zealand lies in the temperate climate region.

- tropical
- subtropical
- temperate
- subpolar
- polar

# Povrchové teploty světového oceánu

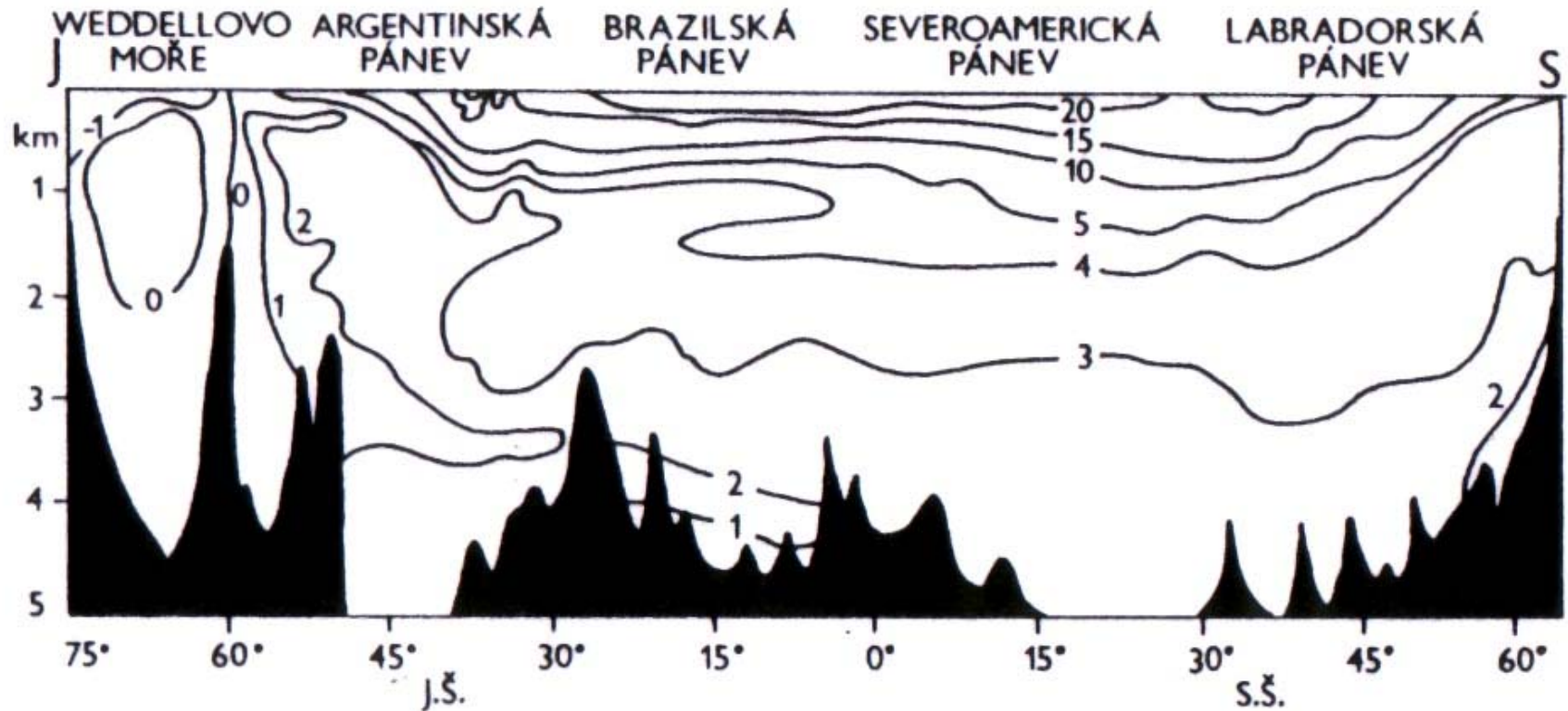
- **horizontální pásmovitost**
- **průměrná roční teplota celého oceánu 17,4 °C (TO 19,1°C, IO 17,0 °C, AO 16,9 °C)**
- **vliv rozložení pevnin, velkých povrchových proudů a výstupných chladnějších hlubinných proudů na vznik teplotních anomálií (východní části oceánů při západním pobřeží)**
- **teplotní rovník a jeho posun během roku**



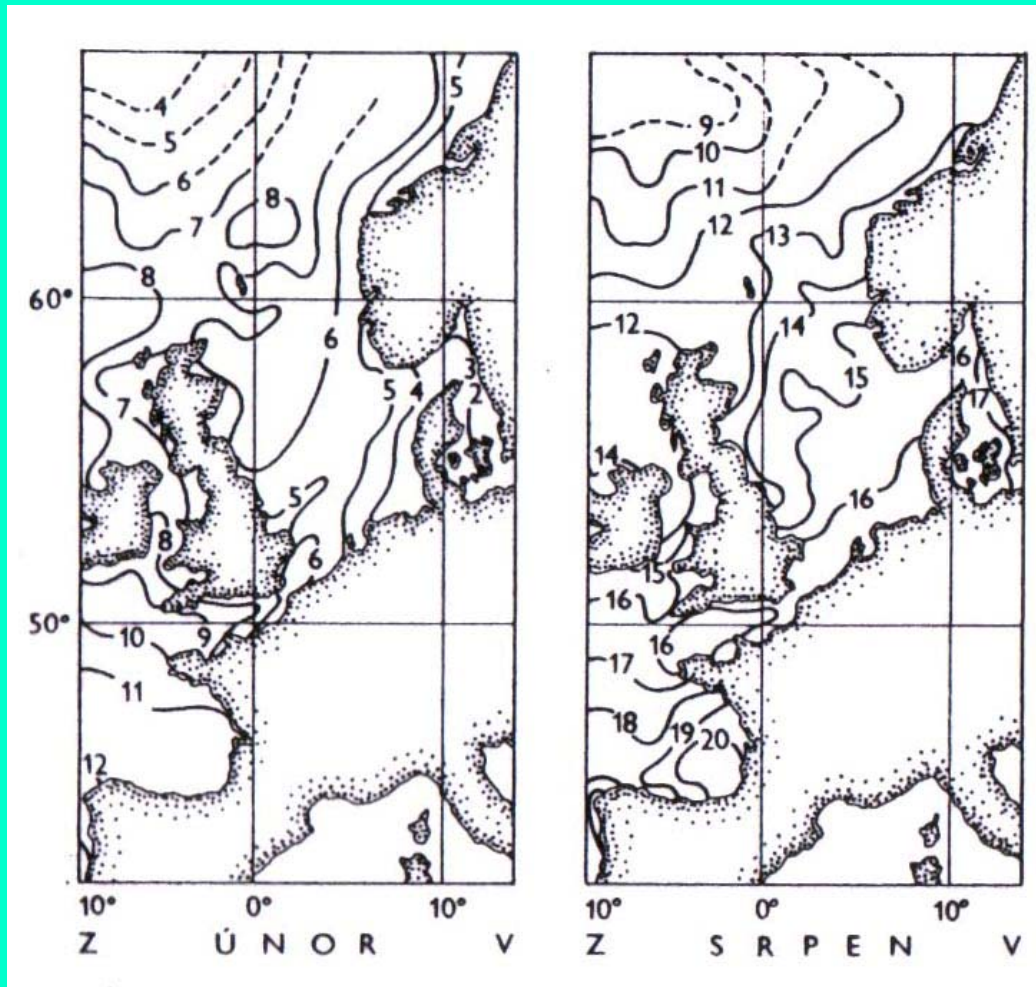
125. Mapa středních letních (srpnových) teplot povrchu světového oceánu. Teploty ve °C. Podle Sverdrupa a kol. (1942), upraveno Brunsem (1958).



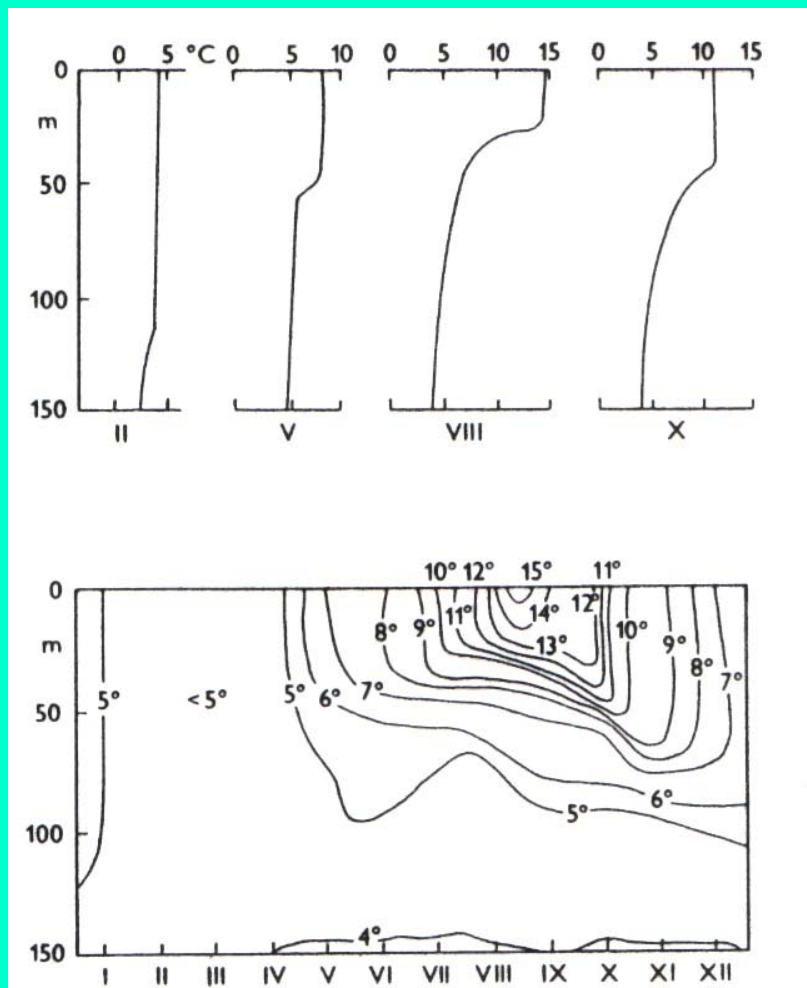
# Podélný řez AO od jihu k severu s izotermami



# Povrchové teploty vod SM a části AO



# Kolísání povrchových teplot během roku a průběh změn ve svrchní (150 m) vrstvě



# Teplota hlubinných vod

## **pokles teploty s hloubkou**

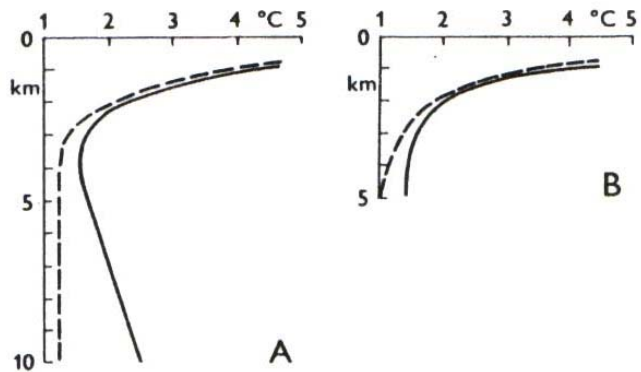
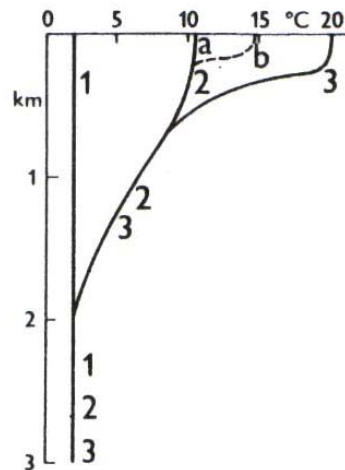
- **svrchní vrstva – značně proměnlivá, sezónní změny**
- **spodní vrstva – teplotně homogenní**
- **skočná vrstva – ovlivňuje rozsah termohalinní cirkulace**

## **okrajová a vnitřní moře**

- **vliv geografické pozice moře**
- **vliv spojení s oceánem**

# Západní Atlantik – teplotní vrstvy

<b>nejsvrchnější (spodní hranice Golfského proudu)</b>	<b>17°C</b>
<b>vrstva o teplotě</b>	<b>12 - 17°C</b>
<b>střední vrstva o teplotě</b>	<b>7 - 12°C</b>
<b>spodní vrstva o teplotě</b>	<b>4 - 7°C</b>
<b>vody hlubinné s teplotami</b>	<b>pod 4°C</b>

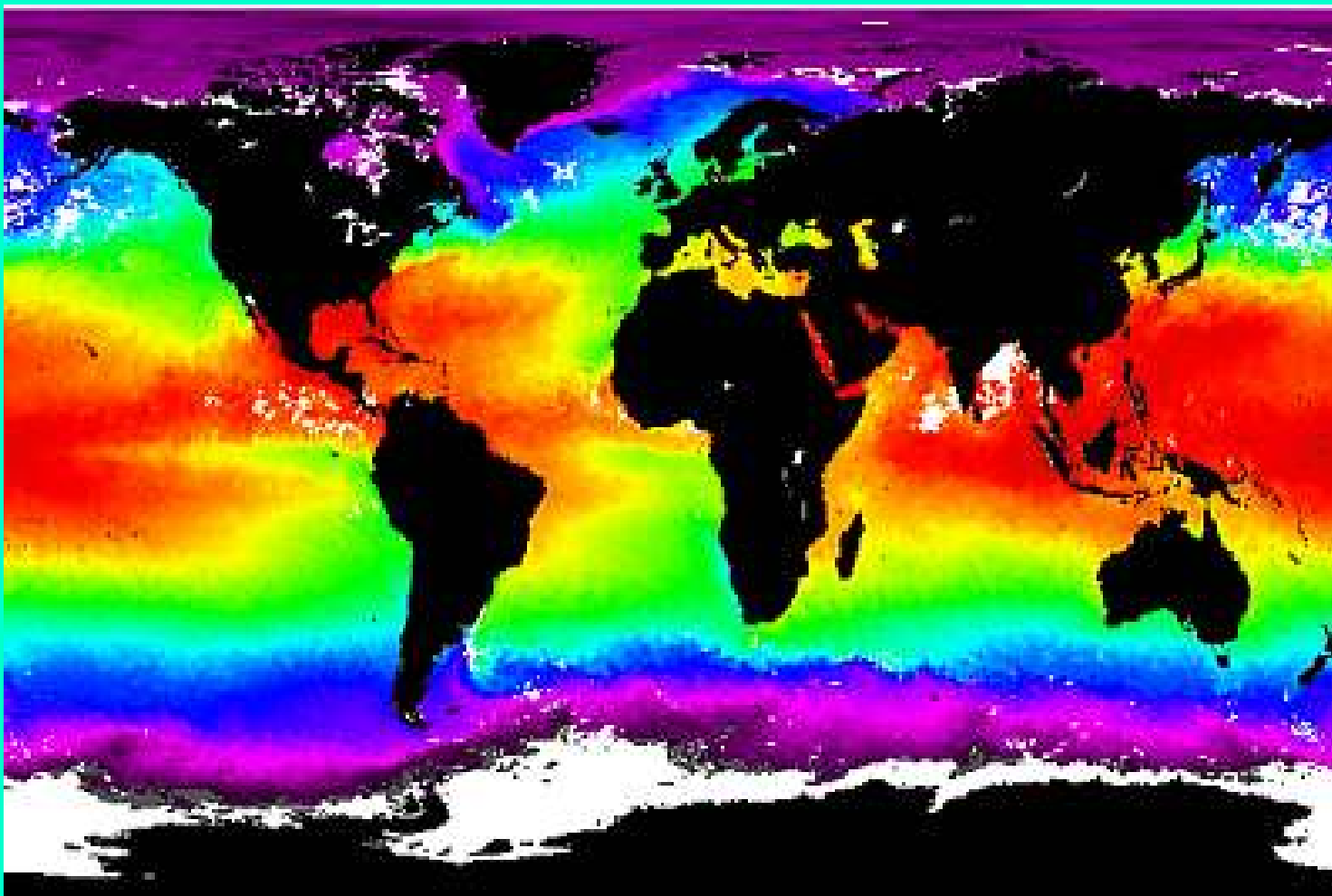


129. Na svrchním obrázku teplotní křivky typické pro vysoké šířky (1), mírné pásmo (2, a-zima, b-léto) a tropické šířky (3). Ukazují na změny teploty až do hloubky 3 km. Na dolních obrázcích je znázorněna teplota ve velkých hloubkách a rozdíly mezi teplotou in situ (čárkovaně), a teplotou potenciální (plná čára). A — ideální křivka, B — situace v severním Tichém oceánu. Drake a kol. (1978).

# Denní a sezónní kolísání teplot

- denní amplituda – nepatrná
- roční amplituda - důležitější
  - vliv zeměpisné šířky (největší rozdíly mezi 30° a 50°)
  - vliv mořských proudů
  - různé projevy směrem do hloubky

# teplota oceánu v červenci

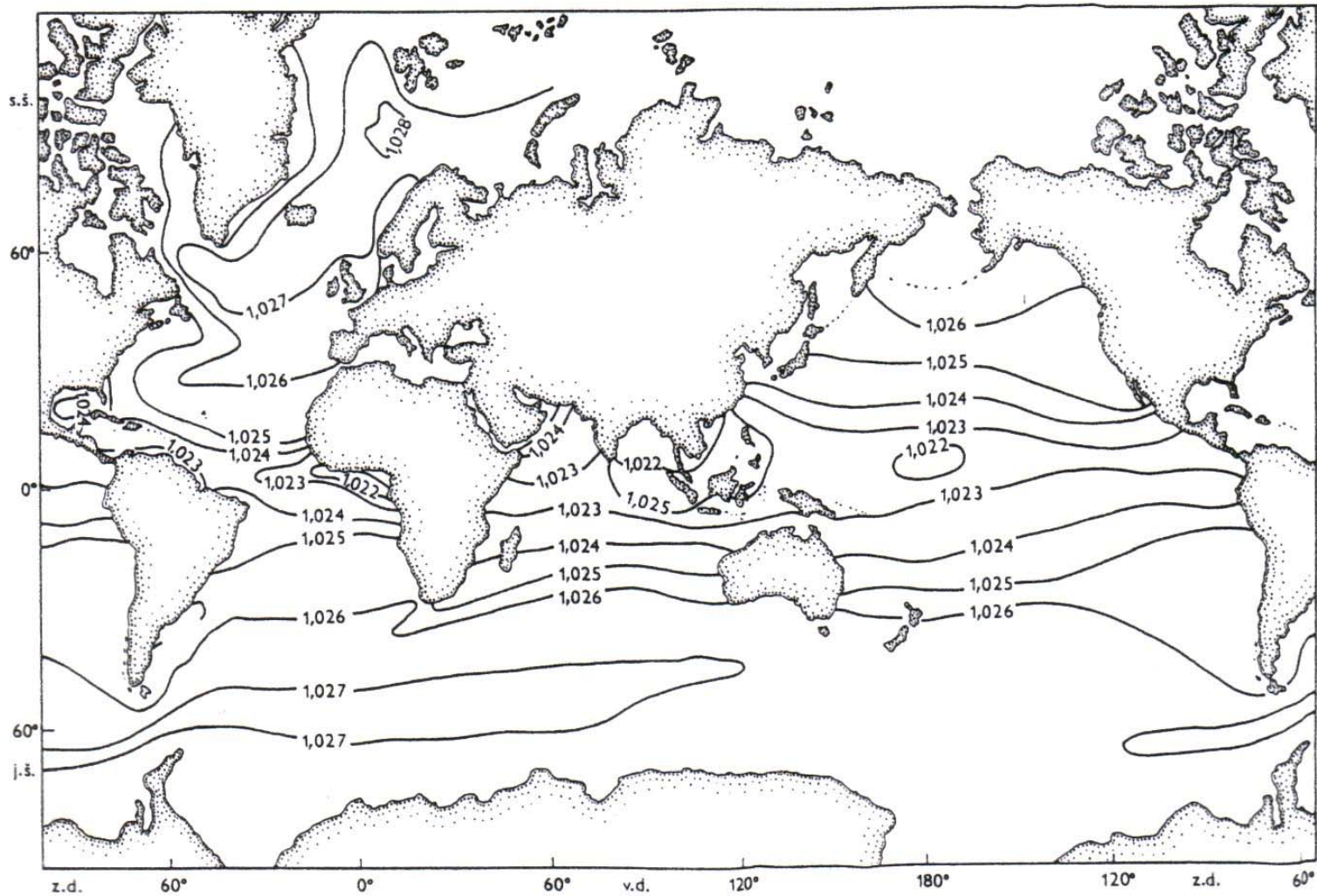




# HUSTOTA MOŘSKÉ VODY

**hustota závisí na salinitě, teplotě a tlaku**

- **teplota**            ↑            **hustota**            ↓
- **salinita**            ↑            **hustota**            ↑
- **tlak**                ↑            **hustota**            ↑
- **s rostoucí hloubkou stoupá hustota**  
**s poklesem teploty a růstem tlaku**



135. Mapa hustot povrchné vrstvy oceánských vod. Podle Brunse (1958).

- při salinitě 35 ‰ a teplotě 0 °C je hustota 1,028, při teplotě 20 °C asi 1,024
- maximální hustota při teplotě 3,98 °C
- na povrchu oceánu je hustota
  - snižována: ohříváním vody, dešťovými srážkami, táním ledu, vtokem řek
  - zvyšována: ochlazováním, odpařováním, mrznutím

# Změny hustoty svrchní vrstvy vody vyvolávají

- konvekční proudění
- klesání studených polárních vod a jejich pomalý pohyb k rovníku
- intenzivní proudění v úžinách mezi nestejně slanými moři
  - slanější vody jako spodní proud, méně slané vody jako svrchní proud

# Regionální změny hustoty povrchové vodní vrstvy

- **vliv klimatu a mořských proudů**
- **růst od tropických šířek k polárním oblastem**
  - **opačným směrem než salinita – vliv teploty**

# Barva mořské vody

## zdánlivá

- odraz oblohy, mraků, světla

## skutečná

- vliv suspenze – minerální i biogenní
- větší množství minerální suspenze (jíl, silt - nad  $10 \text{ g/m}^3$ ) – žlutavá nebo hnědavá barva

# Plankton

- bohatý výskyt planktonu (nad 1 g/m<sup>3</sup>) - barva **zelená**
- dostatek planktonu – barva **modrá**
- nejchudší plankton (mořské pouště) – barva **kobaltově modrá** (mezi 40.rovnoběžkami)

## **Vliv hloubky vody a množství suspenze na intenzitu pohlcování záření:**

- **tropická moře - mělčiny, útesy, podmorské hory – vody zelené**
- **vnitřní a okrajová moře mírného pásu a moře polární – zelená nebo zelenohnědá barva**
- **názvy moří podle zabarvení vody**



# LED NA MOŘSKÉ HLADINĚ

## rozšíření ledu na povrchu oceánu

- cca 32 mil. km<sup>2</sup> při max. rozšíření
  - Antarktida 20 mil. km<sup>2</sup>, v létě 4 mil. km<sup>2</sup>
  - Arktida 12 mil. km<sup>2</sup>, v létě 9 mil. km<sup>2</sup>

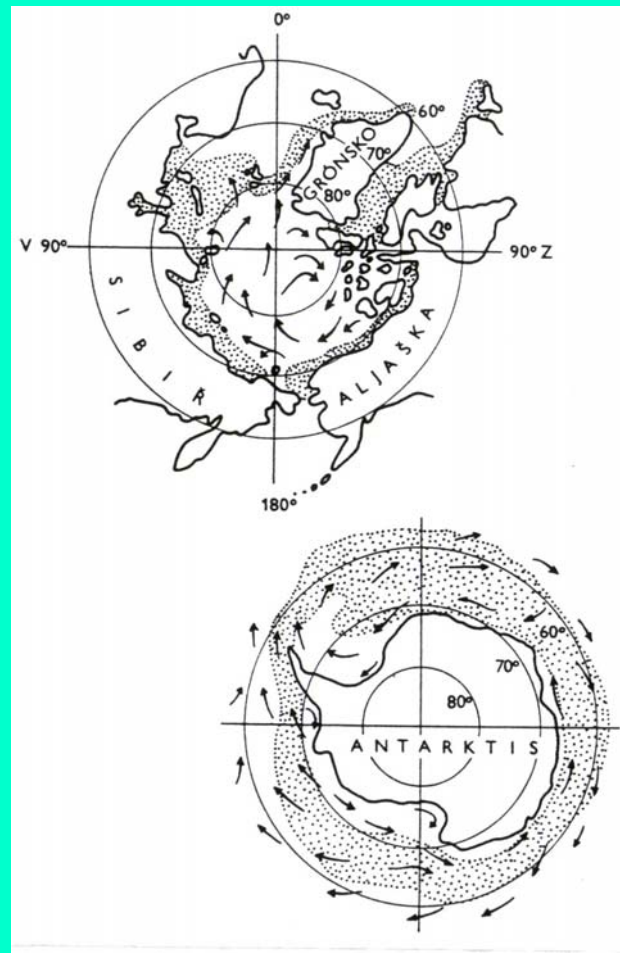
# Zamrzání mořské vody

- $t = -1,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (při salinitě 35 ‰ a hustotě 1,028)  
zamrzání je zpomalováno
  - mořské proudy, silné vlnění a dmutí  
urychlováno
  - sněžení, drobné víření → vznik  
krystalizačních jader
- čistý mořský led má při  $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  hustotu 0,91676
- obsahuje však zbytky vody, plynů, nečistoty  
(hustota = 0,857- 0,920)

# Obsah solí v ledu závisí

- na rychlosti krystalizace a stáří ledu
- čím rychleji se led tvoří, tím více solí obsahuje
- se stárnutím se z ledu sůl vylučuje vertikální difúzí (vertikálně členitá až stébelnatá struktura mořského ledu)
- starý led má barvu našedlou až namodralou, nový led je jiskřivě bílý
- pevnost mořského ledu oproti sladkovodnímu je třetinová

# Průměrná poloha hranic souvislého ledového pokryvu



# Druhy ledu

- **tabulový led** – souvislý ledový pokryv o mocnosti do 2 – 2,5 m
- **ledová návrš** – rozlámáním tabulového ledu vlněním a dmutím, nakupení ker přes sebe
- **ledová tříšť** – rozpadem ledové návrše v době tání
- **pack ice (packeis)** – víceletý led o značné mocnosti
- **ledové kry (icebergy)** – rozpadlé části ledovců

# SUSPENZE V MOŘSKÉ VODĚ

určité množství vznášejících se pevných látek ve vodě, různý původ a složení

- suspenze anorganická (pevné a koloidní částice, prach,..)
- suspenze biogenní ( fytoplakton, zooplakton, popř, drobný nekton)

# Obsah suspenze v mořské vodě

- stoupá směrem k pobřeží, do vnitřních a okrajových moří, směrem k ústí velkých řek (anorganická suspenze)
- roste směrem do vyšších zeměpisných šířek a do oblastí výstupných proudů (stoupá koncentrace fytoplaktonu)
- **anomální výskyt**
  - tropické vody (Bahamy) – chemicky vysrážené aragonitové jehličky – mléčná barva vody – whittings (běloby)
  - okolí vulkanických ostrovů a jejich laguny – hydroxidy železa
- proměnlivost suspenze s hloubkou
  - **nefeloidní vrstva** – vrstvy oceánské vody bohaté na suspenze

# CHEMICKÉ VLASTNOSTI MOŘSKÉ VODY

- povaha mořské vody (molekuly vody)

## *pH mořské vody*

- mořská voda má zásaditý charakter (pH = 7,8 – 8,3), závisí to obsahu volného kyslíku a množství CO<sub>2</sub>

- ↑ O<sub>2</sub>    ↑ pH                    silná fotosyntéza
- ↓ O<sub>2</sub>    ↑ CO<sub>2</sub>    ↓ pH                    oxidační procesy



# **závislost pH na hloubce**

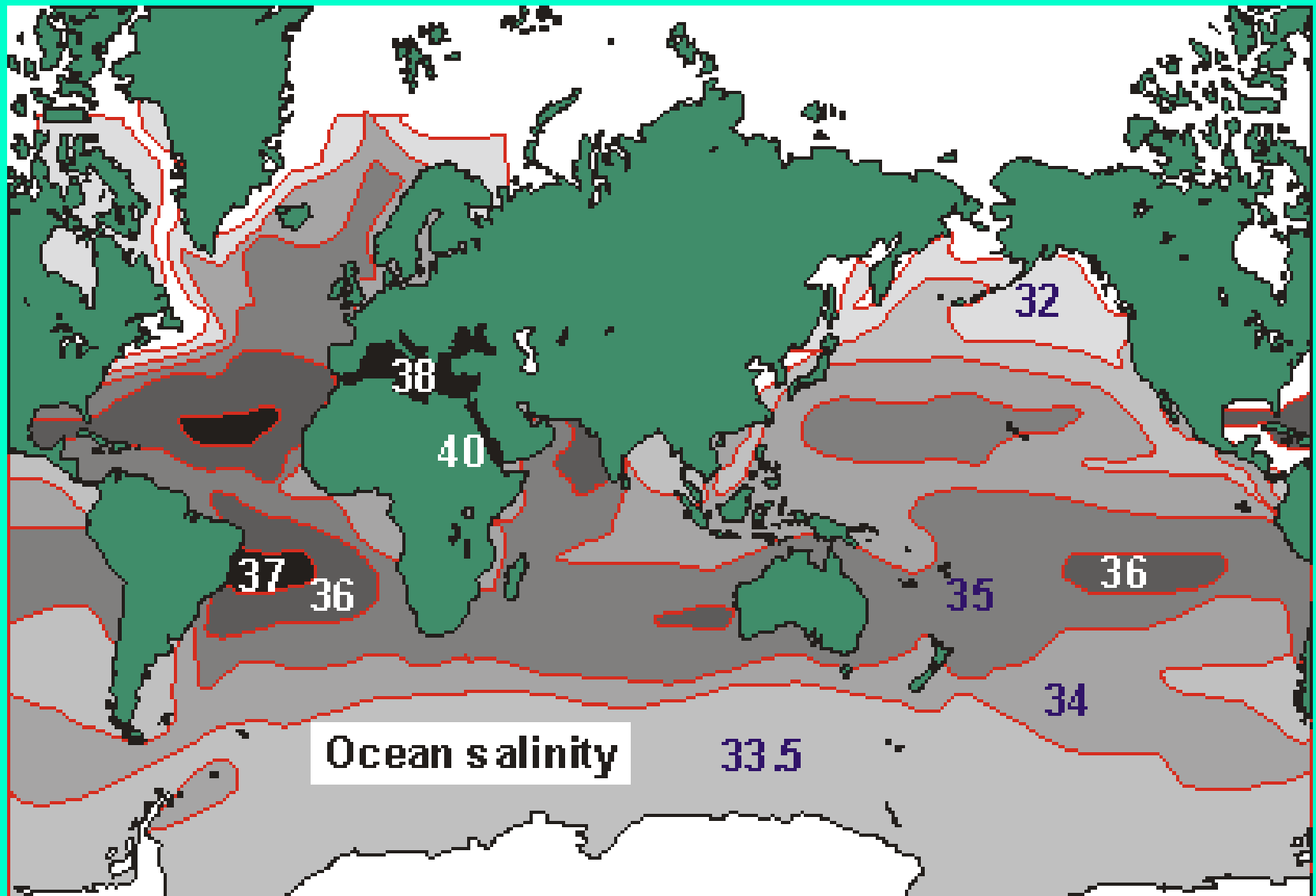
- **těsně pod hladinou mírné zvýšení (oceán/atmosféra, biologická aktivita)**
- **pokles hodnot do hloubky několika set metrů**
  - **vrstva kyslíkové minima**
  - **vliv rostoucího tlaku a snížení obsahu volného kyslíku**
- **do větších hloubek pH roste, hlubinné vody...pH ~8,0**
- **ve vodách o normální salinitě nemůže hodnota pH klesnout pod 7,5**
  - **vliv složitého karbonátového systému – nemůže se vyvinout více CO<sub>2</sub> , který by hodnotu pH dále srážel**

# *redox potenciál Eh*

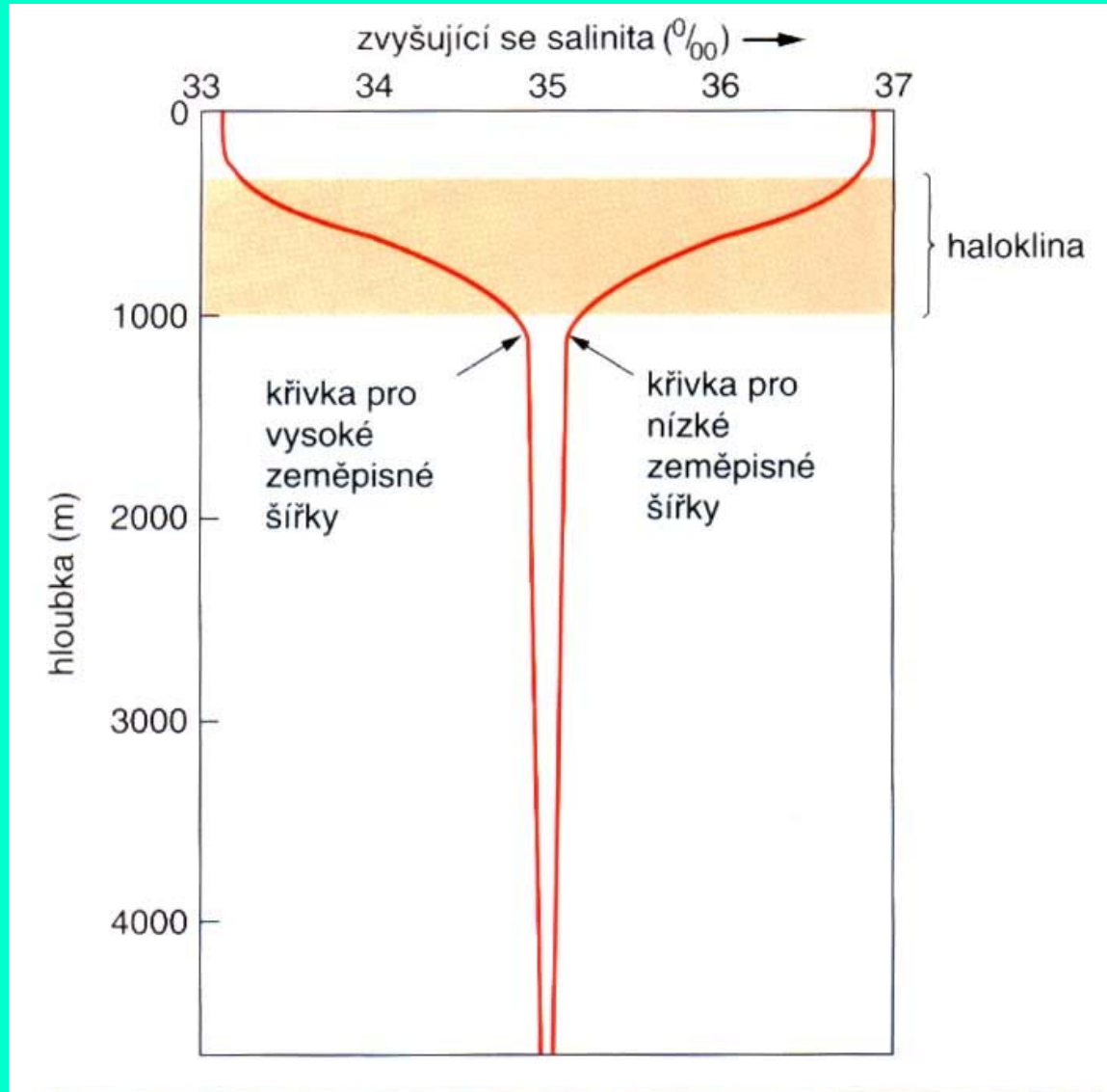
- určuje redukční či oxidační schopnost mořské vody, hodnoty Eh jsou dány volným  $O_2$ , organickou hmotou, popř. volným  $H_2S$
- **Eh = 0** prostředí **neutrální**  
(v hloubce 400 – 1000 m, vrstva kyslík. minima)
- **Eh = -** prostředí **redukční**  
(vody bez  $O_2$ , s  $H_2S$  : Černé moře, norské fjordy)
- **Eh = +** prostředí **oxidační**  
(většina mořské vody)

# Salinita (slanost)

- celkové množství pevného materiálu (v gramech), obsažené v 1 kg vody
- míra celkového obsahu solí v mořské vodě
- chlorinita (CH) – mírou obsahu halogenů ve vodě
- výpočet salinity (S) z chlorinity podle Knudsenovy formule
- $$S = 0,03 + 1,805 CH$$



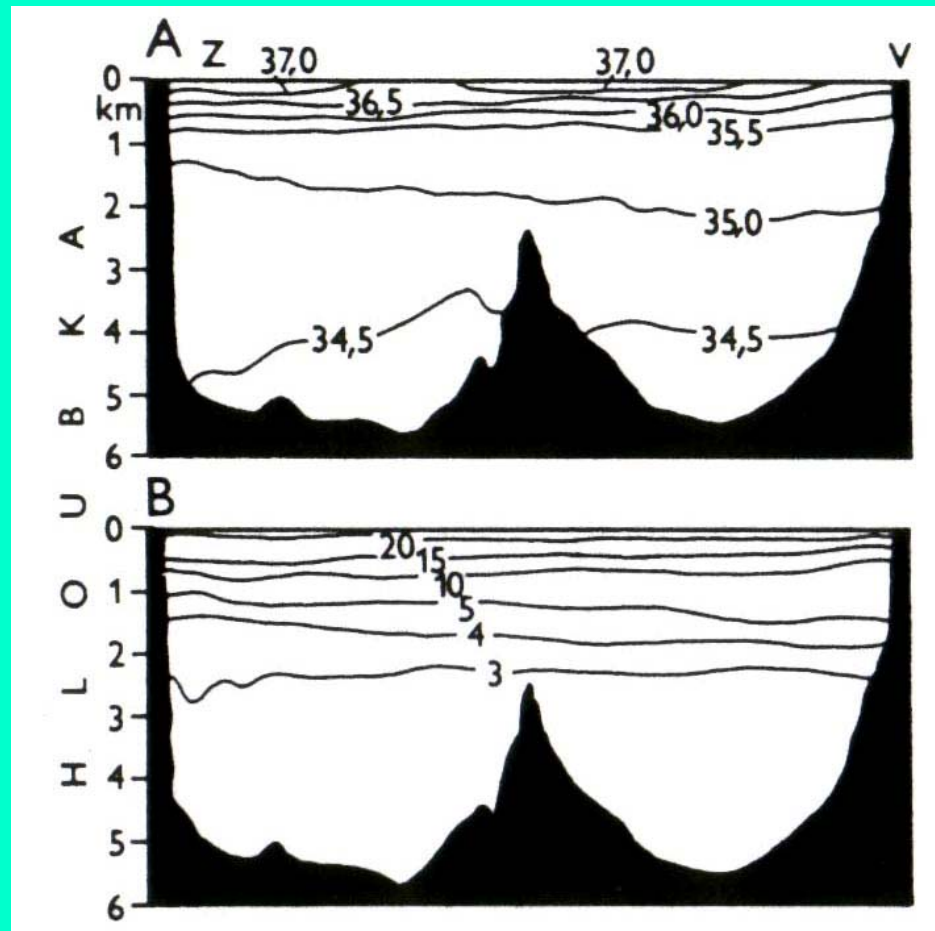
- **na povrchu oceánu je salinita výsledkem**
  - **odpařování – zvyšování salinity**
  - **zředování - snižování salinity dešťovými srážkami a přítokem říční vody**
- **salinita roste do nižších šířek a klesá do vyšších šířek – polárních oblastí**
- **okrajová a vnitřní moře mírného pásu a polární oblasti – snížená salinita**
- **vnitřní moře subtropická a tropická – zvýšená salinita**
- **regionální rozdíly – anomálie, brakická voda**



# Povrchová salinita ve Středozezemním moři – izohaliny (‰)

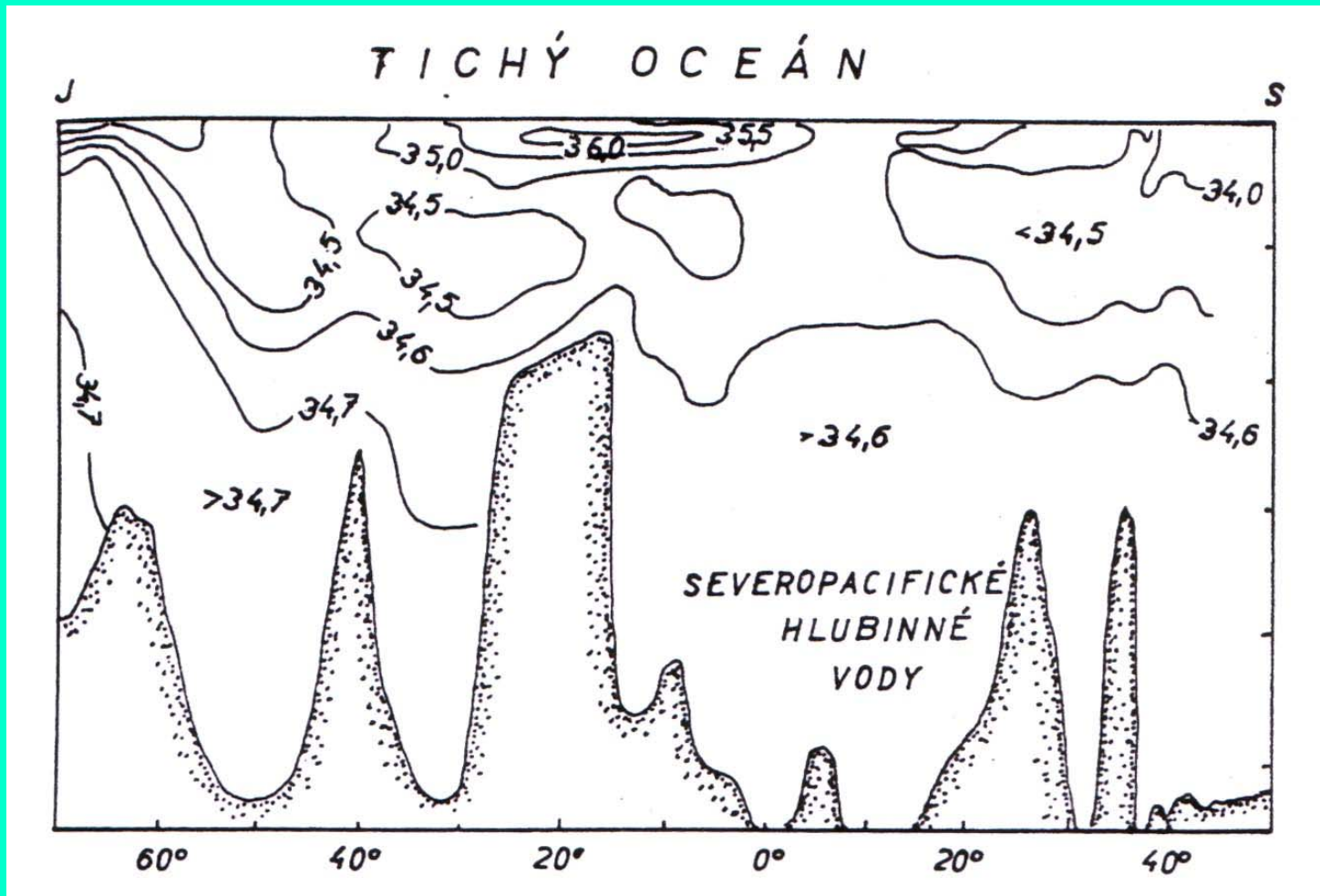


# Salinita (A) a teplota (B) hlubinných vod AO

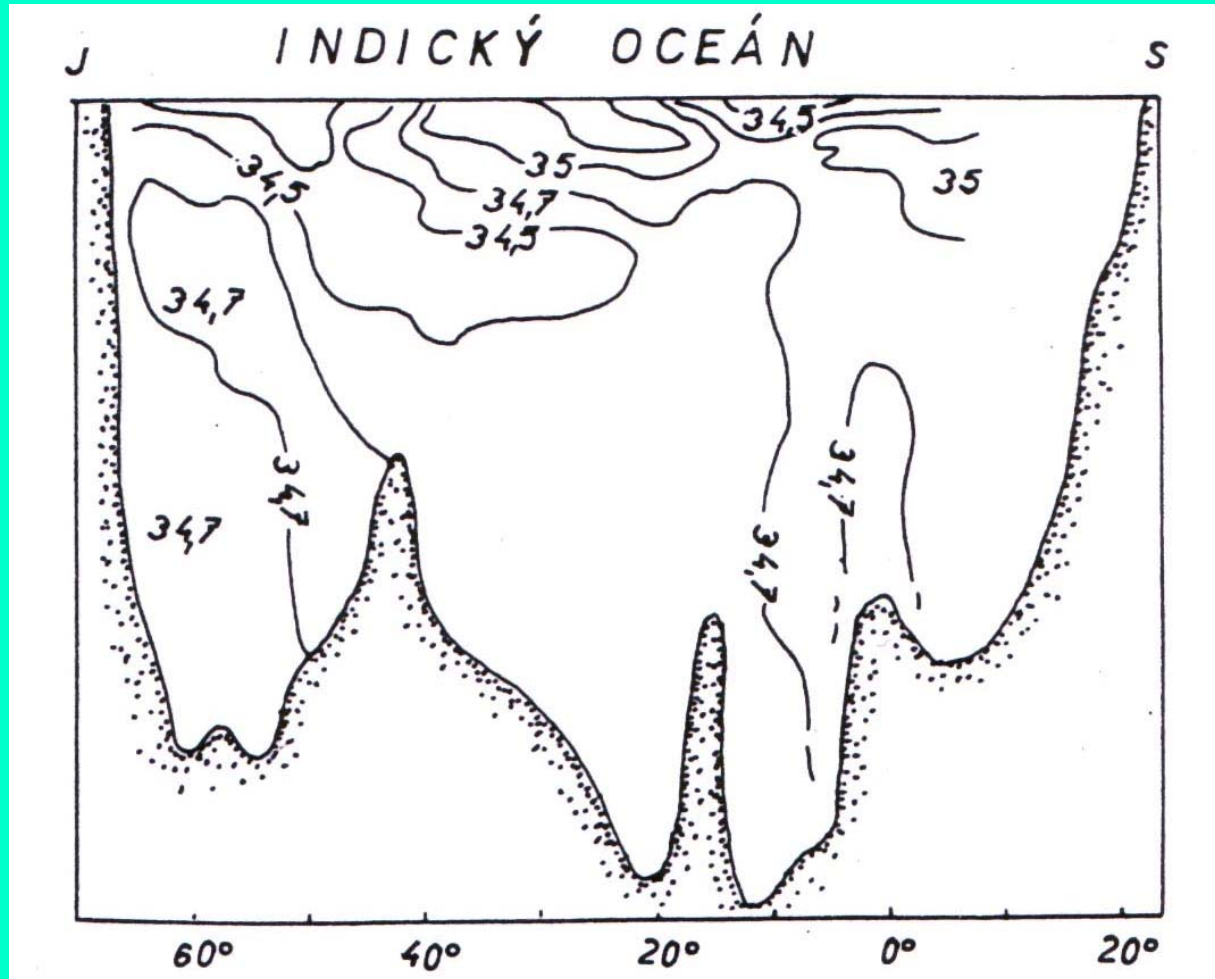


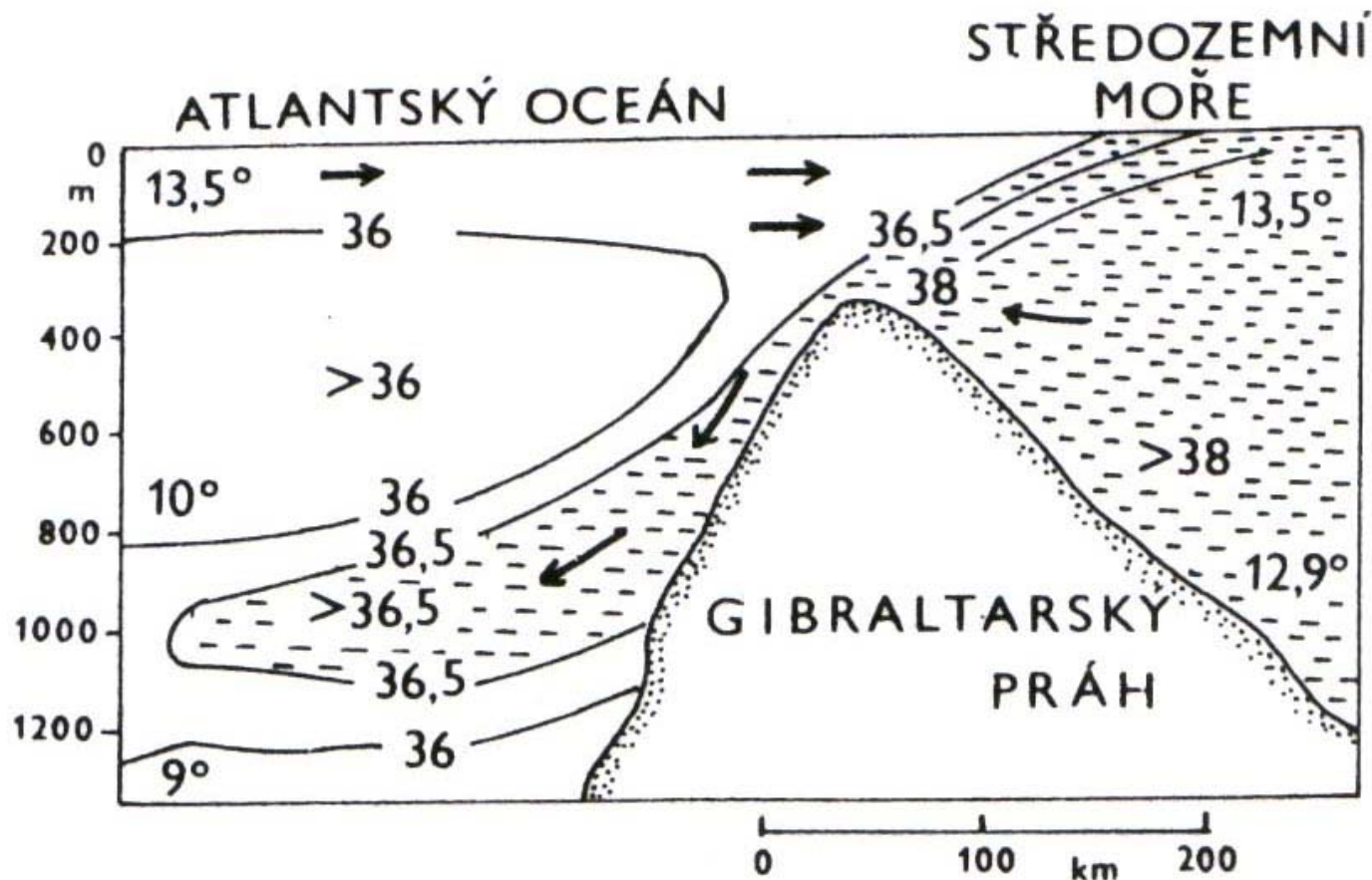


# Salinita hlubinných vod



# Salinita hlubinných vod



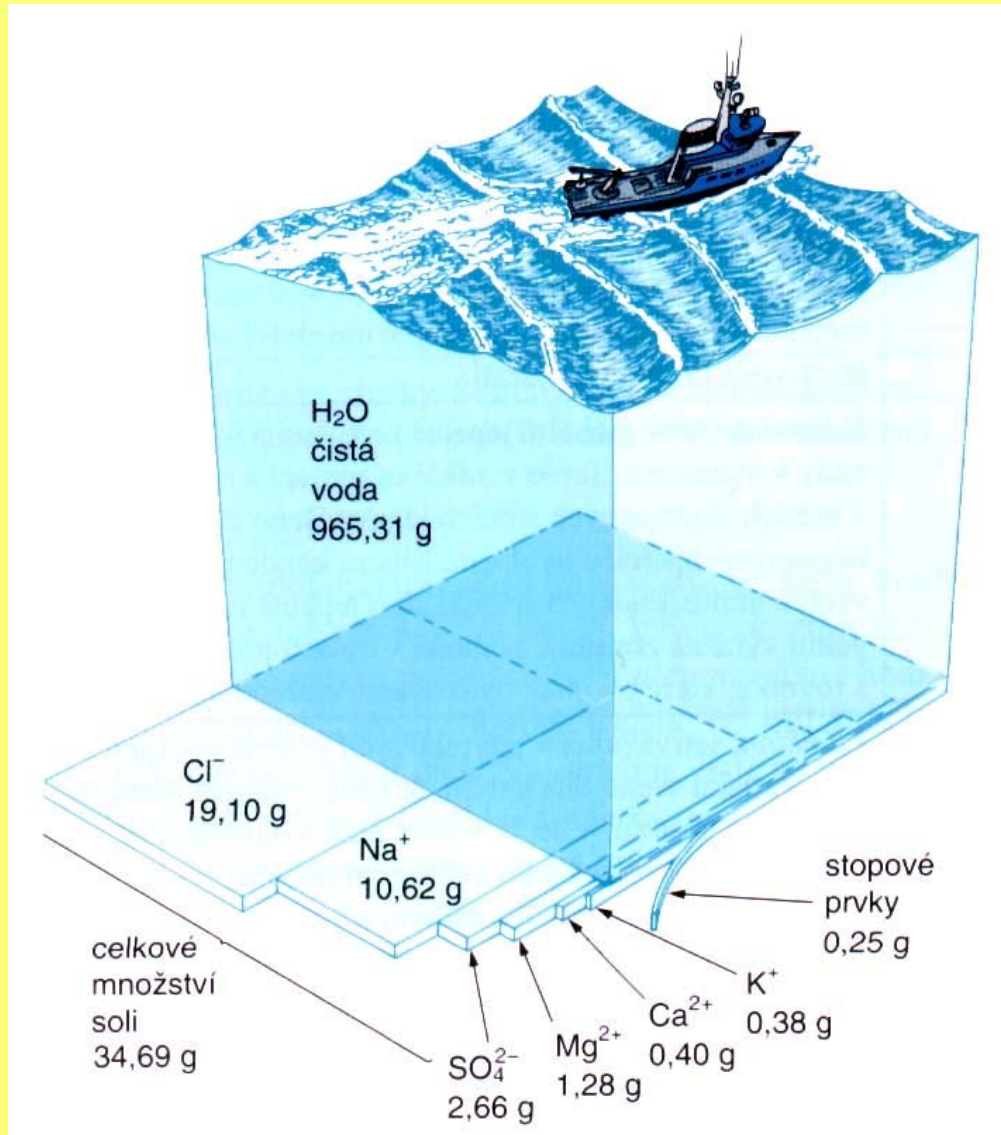


149. Výměna vod mezi Atlantským oceánem a Středozemním mořem. Při povrchu proudí do Středozemního moře méně slané vody Atlantského oceánu, zatímco slané vody se vracejí do Atlantiku jako hlubinný proud. Podle Sverdrupa a kol. (1942), značně upraveno.

# Složení mořské vody

## 11 hlavních iontů obsažených v mořské vodě

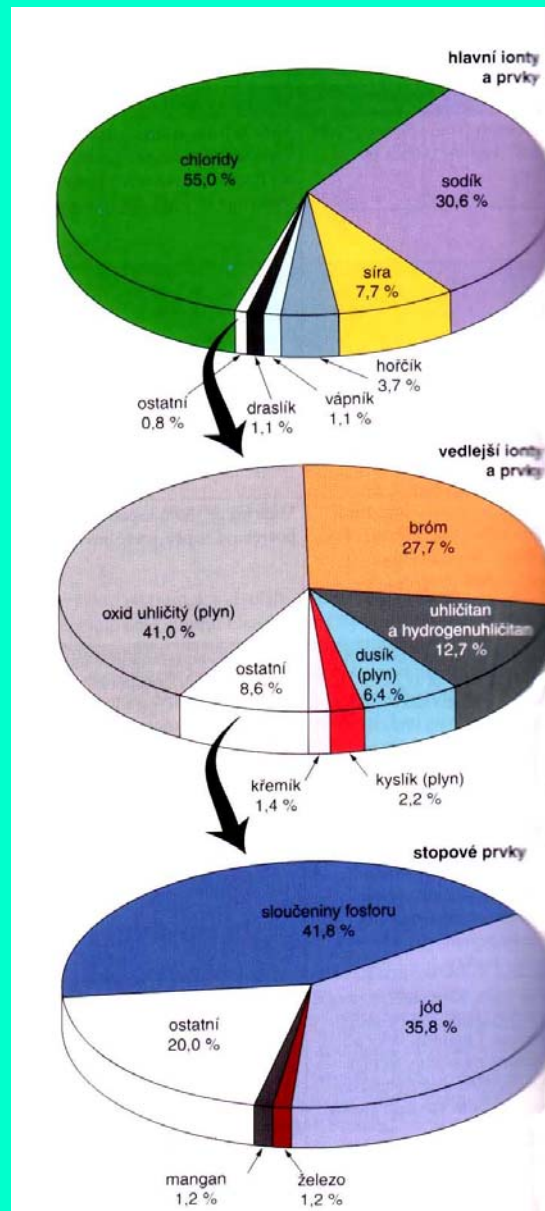
- reprezentuje 99,99 % veškerého rozpuštěného materiálu (viz tabulka)
- Cl, Na, SO<sub>4</sub>, Mg, Ca, K, HCO<sub>3</sub>, Br, Sr, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, F
- další stopové prvky ve vodě a mořských organismech





Hlavní ionty v mořské vodě (podle J.J. Myerse a kol. 1969)

Iont	Obsah %	Iont	Obsah %
Cl <sup>-</sup> chloridový	1,9353	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> hydrogenuhličitanový	0,0142
Na <sup>+</sup> sodný	1,0760	Br <sup>-</sup> bromidový	0,0067
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> síranový	0,2712	Sr <sup>2+</sup> strontnatý	0,0008
Mg <sup>2+</sup> hořečnatý	0,1294	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> kyselina orthoboritá	0,0004
Ca <sup>2+</sup> vápenatý	0,0413	F <sup>-</sup> fluoridový	0,0001
K <sup>+</sup> draselný	0,0387		



## **FOSFOR**

- **přítomen ve formě rozpustných fosfátů a organických sloučenin nebo v podobě suspenze nerozpustných fosforečných sloučenin**
- **hlavní živina – produkce fytoplaktonu**

## **DUSÍK**

- **biogenní prvek, nitráty – nejdůležitější živina pro produkci planktonu**
- **oběh dusičnanů ve vodě**



# **KŘEMÍK**

- **základní část pevné struktury bičíkovců, rozsivek, mřížkovců, křemitých hub**
- **vliv geochemických a biologických procesů na obsah**

# Rozpuštěné plyny

- z atmosféry, z podmořské sopečné činnosti, z chemických a biologických procesů
- vysoký obsah CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>
  - největší koncentrace O<sub>2</sub> v polárních mořích, k rovníku klesá
  - s hloubkou obsah kyslíku kles –vrstva kyslíkového minima (400-1000 m)
    - spotřeba kyslíku na oxidaci organických látek z propadu odumřelého planktonu
- rozdílná cirkulace ve vnitřních mořích – neexistuje polární výměna
- oxid uhličitý – v těsné vazbě na obsah kyslíku

Obsahy rozpuštěných plynů v mořské vodě a v atmosféře  
 (Podle A.P. Vinogradova 1967 in: Z.Kukal a kol.1977)

Plyn	Obsah v atmosféře ml/l	Obsah v mořské vodě ml/l
N <sub>2</sub> dusík	781	13
O <sub>2</sub> dikyslík	210	2 - 8
Ar argon	9,32	0,32
CO <sub>2</sub> oxid uhličitý	0,30	50,00
Ne neon	1,82 · 10 <sup>-2</sup>	1,8 · 10 <sup>-4</sup>
He helium	5,30 · 10 <sup>-3</sup>	5,0 · 10 <sup>-5</sup>
Kr krypton	1,0 · 10 <sup>-3</sup>	6,0 · 10 <sup>-5</sup>
Xe xenon	8,0 · 10 <sup>-5</sup>	7,0 · 10 <sup>-5</sup>

# Karbonátový systém – cyklus uhlíku

