

TEPLOTNÍ STRATIFIKACE NÁDRŽÍ



CIV
water

Firda

Vitens

Mendel
University
in Brno



ESTONIAN
WATER-
WORKS
ASSOCIATION
SINCE
1995



LATGALES INDUSTRIĀLAIS
TEHNIKUMS

Learning
Hub
Friesland

**KATA
PULT**

Yuverta

**VIDZEMES
TEHNOĻĪJU
UN DIZAINA
TEHNIKUMS**

1862
RTU
OLAINES TEHNOĻĪJU
KOLEDŽA



**Jārvamaa
Kutsehariduskeskus**
OPPIINE ON SŪDAMEASI

MSM MAASTRICHT
SCHOOL OF
MANAGEMENT
Maastricht University



CREA

1862
RIGA TECHNICAL
UNIVERSITY



SPŠ STAVEBNÍ
STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STAVEBNÍ
BRNO

lipka

water
services corporation



MCAST



HANSE-PARLAMENT
Network for Small and Medium Enterprises

Stellenbosch
UNIVERSITY
IYUNIVESITHI
UNIVERSITEIT



Co-funded by
the European Union

Měrná hmotnost kapalin

- Měrná hmotnost (ρ), nazývaná též hustota kapaliny, vyjadřuje její hmotnost (m) ku objemu (V).
- Vzorec pro měrnou hmotnost: $\rho = m / V$.
- Jednotkou je **kg*m⁻³**.
- U vody se hustota mění s teplotou a tlakem.

Hustota vody: klíčové hodnoty

- Největší měrná hustota vody za normálních tlakových podmínek je naměřena při teplotě **3,98°C**.
- Při této teplotě je hustota vody $\rho = 999,97 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- Hustota ledu je přibližně **920 kg}\cdot\text{m}^{-3}**.
- Hustota mořské vody závisí na obsahu soli a pohybuje se přibližně mezi **1020-1050 kg}\cdot\text{m}^{-3}**.

Vliv hustoty na pohyb vody

- Hustota vody zásadně ovlivňuje pohyb vody směrem od a k hladině.
- **Hustší voda klesá ke dnu** nádrže.
- **Lehčí voda zůstává na povrchu** nádrže.
- Tento princip je základem pro vznik teplotního rozvrstvení.

Teplotní stratifikace v nádržích

- Teplotní stratifikací rozumíme **rozvrstvení teplot vody ve vodní nádrži**.
- Toto rozvrstvení je **závislé na hloubce**.
- Nejvyšších teplot na hladině dosahují nádrže na přelomu **srpna a září**.

Faktory ovlivňující teplotu vody v létě

- V letních dnech se průběh teploty vody v nádrži mění v závislosti na dvou hlavních faktorech:
- **Sluneční energie - konvekční vertikální proudění.**
 - Vodní hladina absorbuje sluneční záření velmi rychle.
 - Nejteplejší je **horní vrstva vody** v nádrži. Směrem do hloubky teplota vody **klesá** s ubýváním slunečních paprsků.
- **Větrná energie.**

Vliv sluneční energie

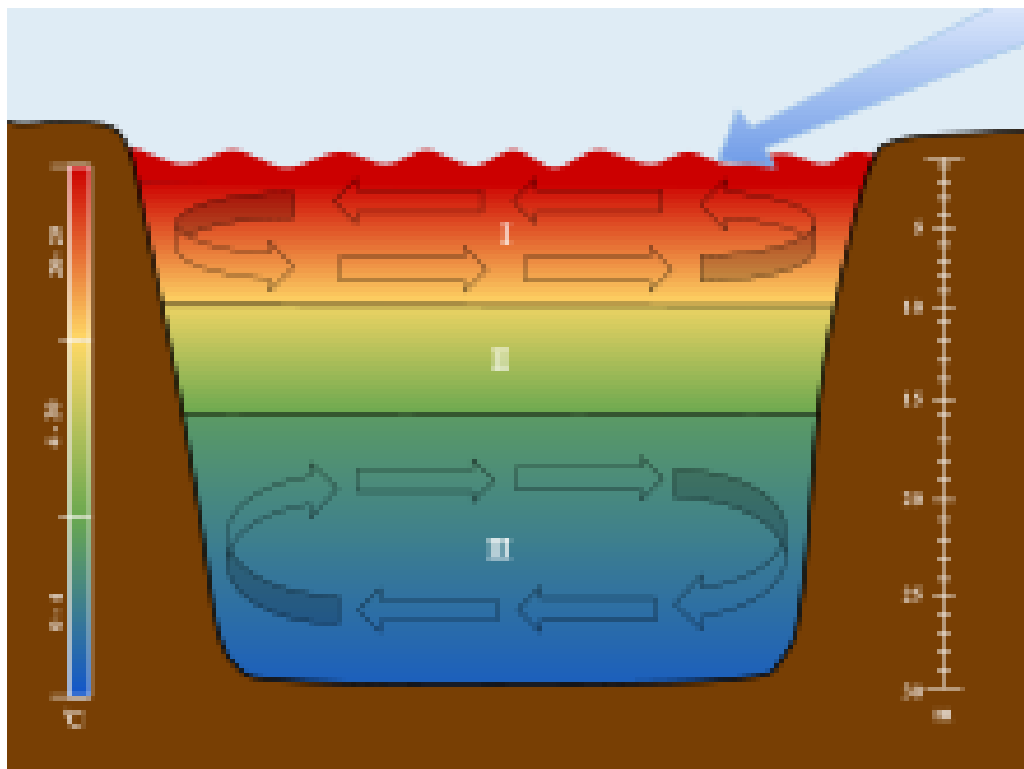
Konvekční vertikální proudění

- V noci klesá teplota vody v horní vrstvě, čímž se ochlazuje.
- Ochlazením dochází ke **zvětšení hustoty** vody.
- Chladnější a hustší voda **klesá do hloubky**.
- Zároveň je teplejší a lehčí voda vytlačována k hladině.
- Jedná se o **konvekční vertikální proudění** (konvekce = přenos tepla prouděním).

Vliv větru a horizontální proudění

- Vítr ovlivňuje teplotu vody vytvářením **vln na hladině**.
- Vlny způsobují **výměnu energie mezi ovzduším a vodou**.
- Teplota vody se mění v závislosti na teplotě vzduchu.
- **Větrná energie vyvolává horizontální proudění**.

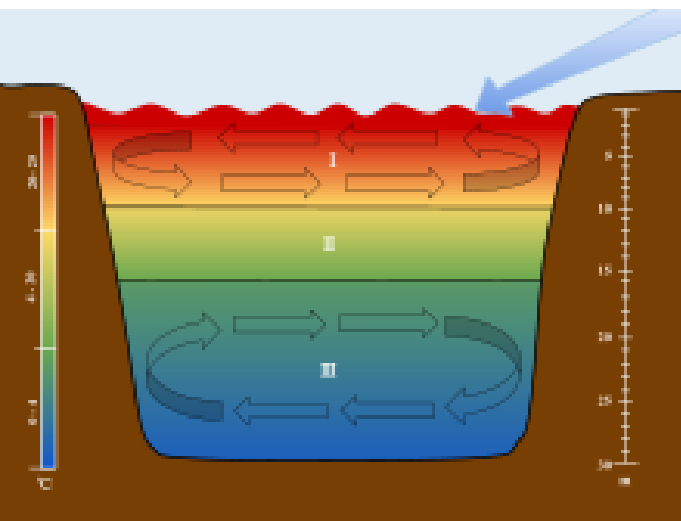
Teplotní skočná vrstva (termoklima)



- Konvekční a horizontální proudění se projevuje jen do **určité hloubky** vody.
- Hranice, na které proudění slábne, se nazývá **teplotní skočná vrstva** nebo **termoklima**.
- V této vrstvě může teplota vody **klesnout až o několik stupňů °C v průběhu 1 metru** hloubky.

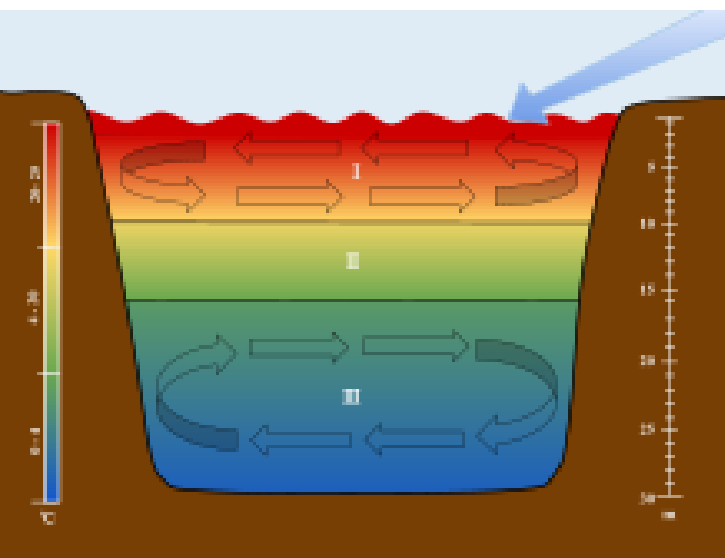
Vrstvy vody v létě

- V létě jsou vrstvy vody v nádrži rozděleny na tři zóny:
- **Epilimnion:** Svrchní vrstva, ovlivněná sluneční a větrnou energií.
- **Metalimnion:** Střední, přechodová vrstva, která odděluje horní a spodní vrstvu a brání jejich promíchávání. Termoklima je součástí této vrstvy.
- **Hypolimnion:** Spodní vrstva s vodou o největší hustotě.



Hlubozemní vrstva hypolimnion

- Hypolimnion je spodní vrstva vody v nádrži.
- Voda v této vrstvě má **největší hustotu**.
- Překvapivě, v zimním období je voda v hypolimnionu **nejteplejší** (okolo 4°C).

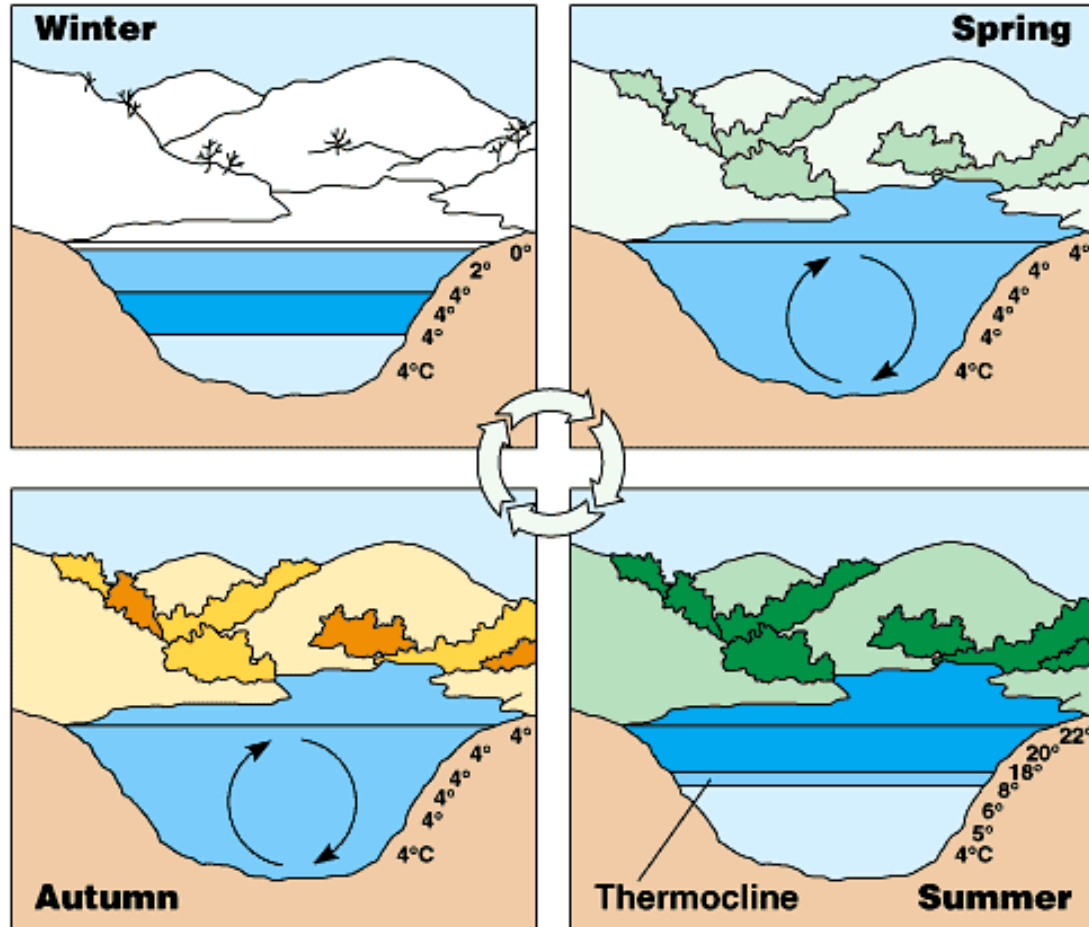


Faktory ovlivňující promíchávání vody

- Promíchávání vody v nádrži (cirkulace) závisí na několika faktorech:
- **Vítr.**
- **Teplota vzduchu.**
- **Velikost nádrže.**
- **Podnebné pásmo a klimatické podmínky.**
- Typ nádrže
 - U **menších nádrží** v našich klimatických podmínkách se promíchávání projevuje do hloubky **3-7 metrů**.
 - U **větších nádrží (přehrad)** může promíchávání sahat do hloubek **10-15 metrů**.

Hloubka promíchávání

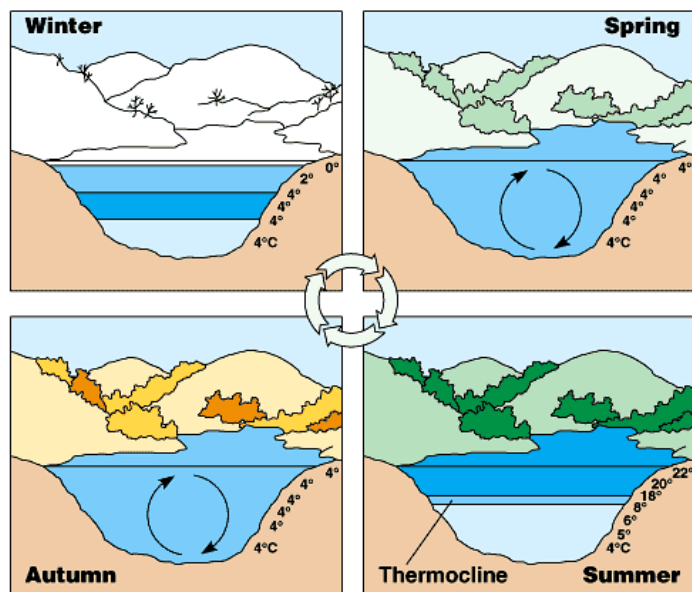
Roční cykly změn teploty



- Během roku se ve vodních nádržích střídají různé cykly teplotního rozvrstvení a promíchávání.
- Přímá teplotní stratifikace nastává, když je teplota u hladiny vyšší než 4°C a s hloubkou klesá k 4°C.

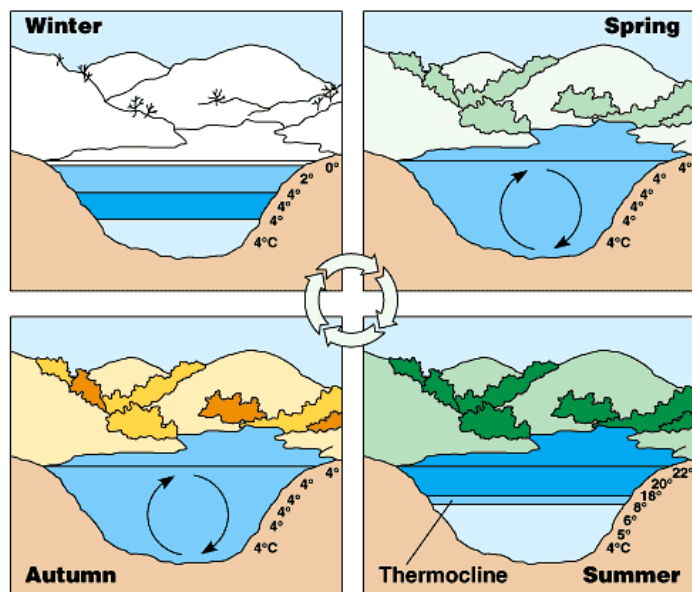
Období letní stagnace

- Začíná, když teplota vody v nádrži dosáhne 4°C po roztání ledu.
- Teplota u hladiny postupně stoupá.
- Koncem června dosahuje voda nejvyšší teploty, přibližně 25°C.
- Voda v tomto období **necirkuluje**, jedná se o stagnaci.



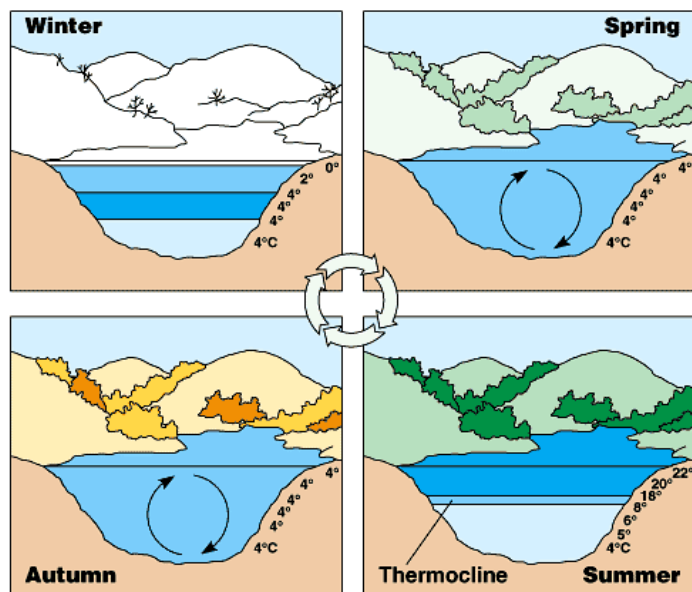
Období částečné letní cirkulace

- Toto období začíná, když se horní vrstvy vody až do konce září ochlazují.
- Ochlazováním vzrůstá hustota horních vrstev.
- Chladnější voda klesá dolů, kde se mísí s vodou stejné hustoty.
- Dochází k **částečné cirkulaci** vody.



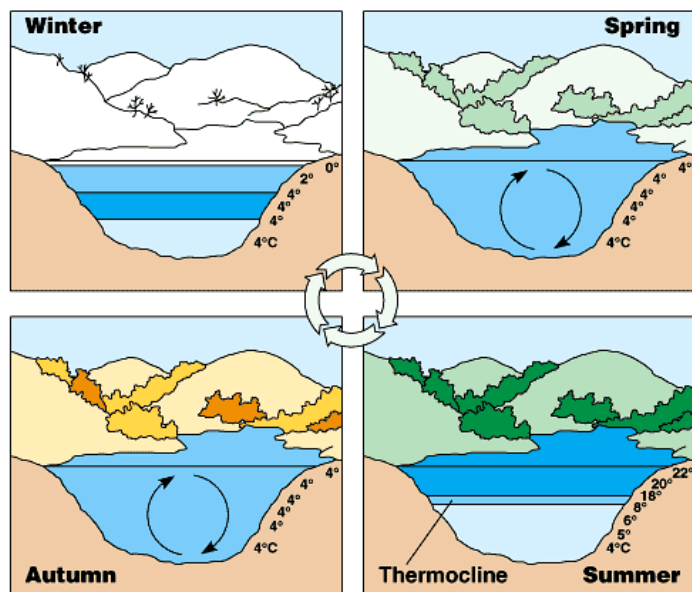
Období úplné podzimní cirkulace

- Ochlazování vody pokračuje až do konce prosince.
- Voda dosahuje své **největší hustoty při 4°C**.
- Voda o teplotě 4°C klesá až ke dnu nádrže.
- V tomto období dochází k **úplné cirkulaci** vody v celé hloubce.



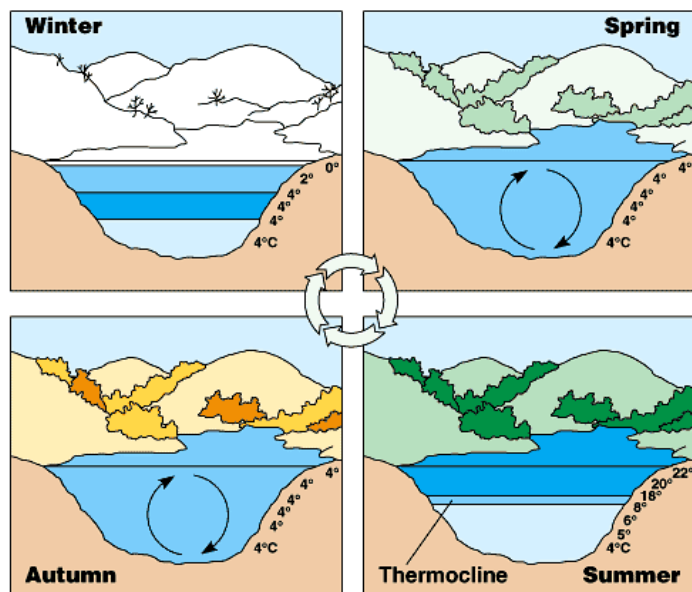
Období zimní stagnace

- Vlivem mrazu se voda v horní vrstvě ochlazuje až k **0°C**.
- Hustota vody se při poklesu teploty pod 4°C zmenšuje.
- Nejchladnější a nejméně hustá voda **zůstává na povrchu**, kde může zamrznout.
- Voda v tomto období **necirkuluje**.



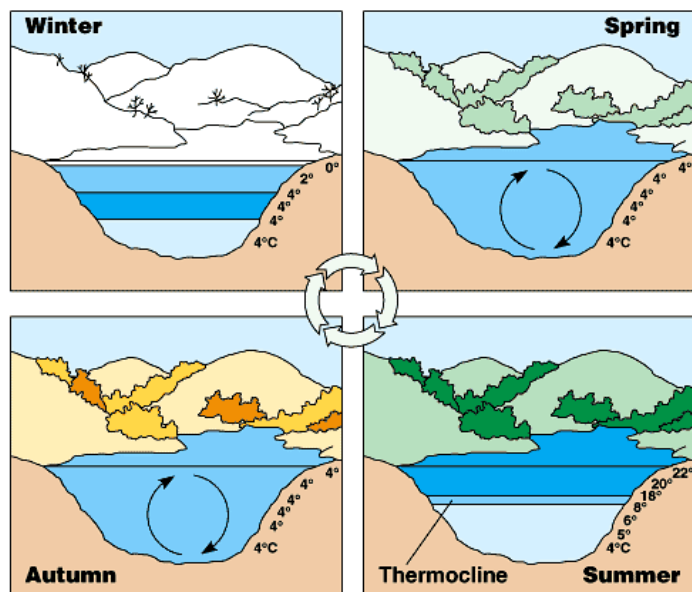
Období částečné zimní cirkulace

- Nastává po ukončení mrazů.
- Voda při povrchu se ohřívá v důsledku tání ledů a oteplení.
- Mírně teplejší voda klesá do hloubky, kde se mísí s vodou stejné teploty.
- Dochází k **částečné cirkulaci**.



Období jarní cirkulace

- Při dalším oteplení dosáhne voda teploty **4°C**.
- Voda o teplotě 4°C má nejvyšší hustotu a klesá až na dno nádrže.
- Dochází k **úplné cirkulaci** vody v celé nádrži.



Při jaké teplotě dosahuje čistá voda největší hustoty za normálního tlaku?

A – 0°C

B – 25°C

C – 3,98°C

D – 100°C

Při jaké teplotě dosahuje čistá voda největší hustoty za normálního tlaku?

A – 0°C

B – 25°C

C – 3,98°C

D – 100°C

Jak se nazývá vrstva vody v nádrži, kde teplota s hloubkou rychle klesá (až o několik °C na metr)?

A – Epilimnion

B – Hypolimnion

C – Metalimnion (Termoklima)

D – Pelagiál

Jak se nazývá vrstva vody v nádrži, kde teplota s hloubkou rychle klesá (až o několik °C na metr)?

A – Epilimnion

B – Hypolimnion

C – Metalimnion (Termoklima)

D – Pelagiál

Které roční období je charakteristické úplnou cirkulací vody v nádrži, kdy voda o teplotě 4°C klesá ke dnu?

A – Léto

B – Jaro a Léto

C – Zima a Léto

D – Jaro a podzim

Které roční období je charakteristické úplnou cirkulací vody v nádrži, kdy voda o teplotě 4°C klesá ke dnu?

A – Léto

B – Jaro a Léto

C – Zima a Léto

D – Jaro a podzim

Co způsobuje konvekční vertikální proudění vody v nádrži?

A – Vítr na hladině

B – Rozdíl v hustotě vody

C – Sluneční záření

D – Přiliv znečištěné vody

Co způsobuje konvekční vertikální proudění vody v nádrži?

A – Vítr na hladině

B – Rozdíl v hustotě vody

C – Sluneční záření

D – Příliv znečištěné vody

Jak se nazývá spodní vrstva vody v termálně stratifikované nádrži, která má nejvyšší hustotu a v zimě je nejteplejší?

A – Epilimnion

B – Metalimnion

C – Hypolimnion

D – Litorál

Jak se nazývá spodní vrstva vody v termálně stratifikované nádrži, která má nejvyšší hustotu a v zimě je nejteplejší?

A – Epilimnion

B – Metalimnion

C – Hypolimnion

D – Litorál