

Chemie životního prostředí II – Znečištění složek prostředí

Hydrosféra

(04)

Samočistící schopnost vod

Ivan Holoubek

RECETOX, Masaryk University, Brno, CR

holoubek@recetox.muni.cz; <http://recetox.muni.cz>



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

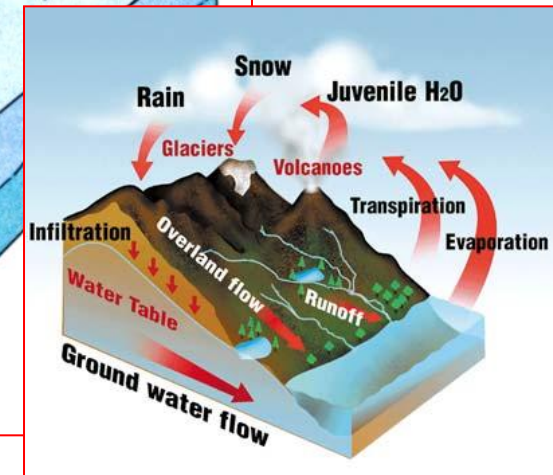
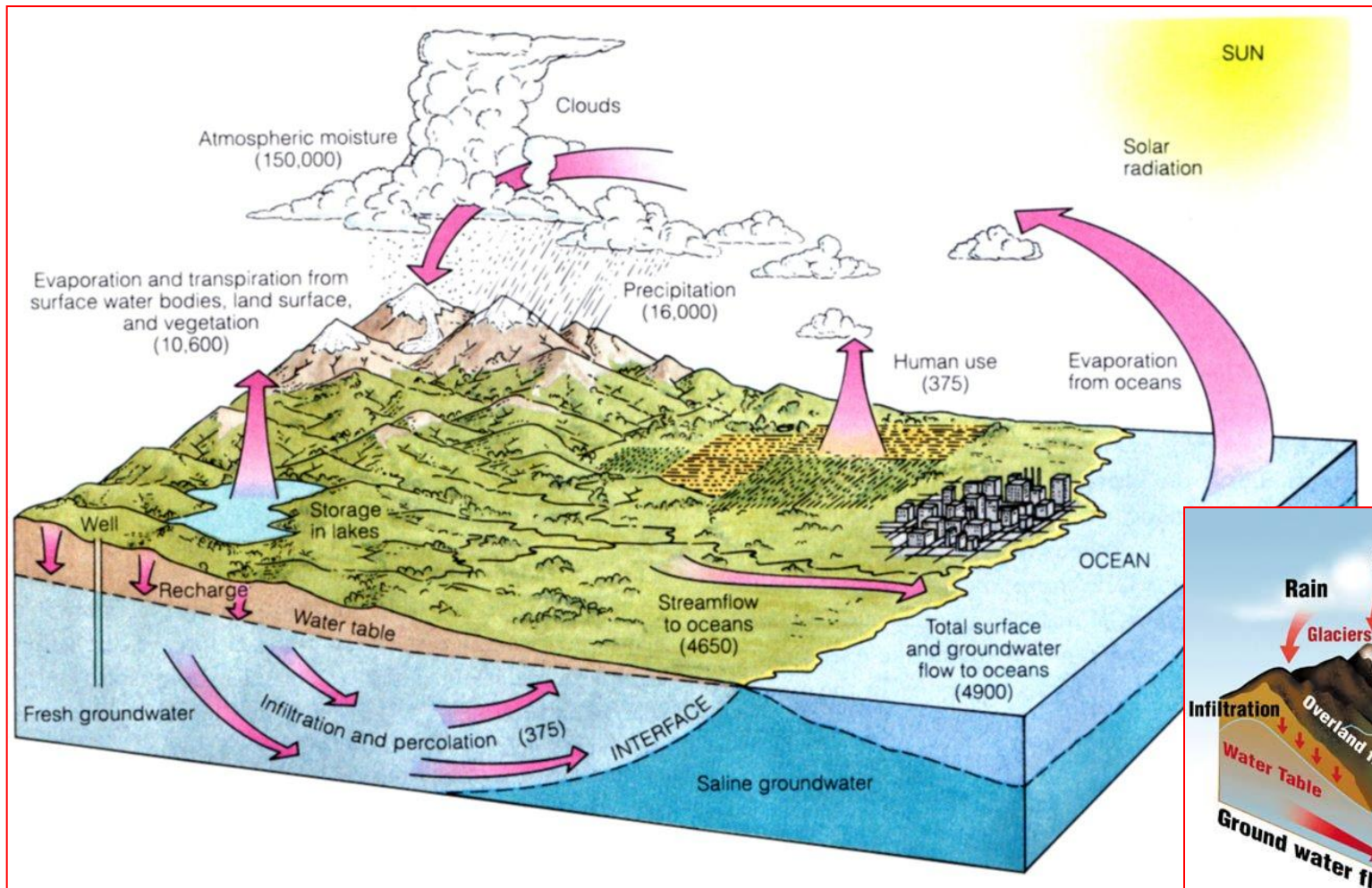


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hydrologický cyklus



Samočistící schopnost vody

Schopnost povrchových vod znovu získat svou čistotu po vstupu znečišťujících látek - přírodní - jarní tání, antropogenní - vypouštění odpadních vod

Samovolné čištění - usazování tuhých částic, oxidace

Samoznečištění vod - odumírání živé hmoty, rozkladné procesy

Samočistící schopnost vody

Samočištění:

- ↪ **fyzikální procesy:** sedimentace, koagulace, rozpouštění kyslíku ze vzduchu, unikání plynných produktů z biochemických reakcí, rozptýlení a zředění znečišťujících látek ve vodách
- ↪ **chemické procesy:** oxidace, redukce, neutralizace, srážení, fotochemický rozklad, komplexace
- ↪ **biologické procesy:** mineralizace biologicky rozložitelných látek působením mikroorganismů

Samočistící schopnost vody

Biologické procesy:

- ↪ **Aerobní děje** – proudící voda, letní období (rozklad fenolu – v zimě po více než 100 km, v létě kolem 10 km)
- ↪ **Anaerobní děje** – vznik nežádoucích produktů (H_2S , NH_3 , CH_4)

Samočistící schopnost vody

Kyslíkové poměry v tocích

Kyslík ve vodách:

↪ Reaerace – výměna plynů

↪ Fotosyntetická asimilace

Kyslík rozpuštěný ve vodách se spotřebovává aerobními procesy při biochemickém rozkladu organických látek

Klidná hladina přijímá	1,4 mg O ₂ .m ⁻² .den ⁻¹
Zčeřená hladina přijímá	5.5 mg O ₂ .m ⁻² .den ⁻¹
Prudce zčeřená hladina přijímá	50 mg O ₂ .m ⁻² .den ⁻¹
1 m ³ řas (světlo, teplo) vyprodukuje	23 g O ₂ .m ⁻³ .den ⁻¹

Denní/sezonní variace

Samočistící schopnost vody

Kyslíkové poměry:

$$G = \beta * \Delta c - F \text{ [g.h}^{-1}\text{]}$$

Kde:

G = množství kyslíku prostupující za časovou jednotku
fázovým rozhraním plochy F [m^2]

β = součinitel přestupu hmoty [m.h^{-1}]

Δc = hnací potenciál přestupu kyslíku [g.m^{-3}]

Samočistící schopnost vody

Koncentrace kyslíku v čase t je c_t – hnací potenciál se v tomto okamžiku rovná deficitu:

$$\Delta c = D_t = c_r - c_t$$

Kde:

c_r = rovnovážná koncentrace kyslíku

c_t = koncentrace kyslíku c čase t

Samočistící schopnost vody

Trvalý pohyb vody – neustálé obnovování koncentračního spádu
– kyslík se neustále rozpouští.

Množství kyslíku přecházejícího za časovou jednotku do vody
způsobí zvýšení jeho obsahu o hodnotu Δc_t , které se rovná
snížení deficitu za stejný čas o ΔD_t .

Pro každou vrstvu vody musí platit:

$$d c_t / d t = - d D_t / d t$$

Samočistící schopnost vody

Množství kyslíku, který prošel za jednotku času do jednotky objemu vzduchu, je úměrný deficitu:

$$- dD_t / dt = K_r * D_t$$

Po integraci dostaneme:

$$D_t = D_0 * e^{-K_r * t}$$

Kde:

K_r = koeficient reaerace [d^{-1}], obvykle = 0,2 – závisí na druhu recipientu

D_0 = počáteční deficit v čase $t = 0$ [$mg.l^{-1}$]

Samočistící schopnost vody

Při přestupu kyslíku ze vzduchu do vody platí Henryho zákon (rozpuštění plynu nereagujícího s vodou).

Rozpustnost za stálé teploty je přímo úměrná parciálnímu tlaku plynu nad rozpouštědlem a jeho koncentrace je dána výrazem:

$$C = B * p_i$$

Kde:

B = konstanta úměrnosti

P_i = parciální tlak kyslíku v plynné fázi

Samočistící schopnost vody

Všeobecně platí:

$$P_i = H_i * x_i$$

Kde:

H_i = Henryho konstanta ($t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $H_i = 4,05 \text{ GPa}$)

x_i = molární zlomek látky i v kapalně fázi

Samočistící schopnost vody

Obsah rozpuštěného kyslíku [mg.l⁻¹] nebo míra nasycení vody kyslíkem (N) (zavisí na T):

$$N = c * 100 / c_r$$

Kde:

c = koncentrace rozpuštěného kyslíku [mg.l⁻¹]

c_r = rovnovážná koncentrace rozpuštěného kyslíku [mg.l⁻¹]

Zvýšení teploty vede ke zvýšení kyslíkového deficitu – zpomalení nebo až zastavení biochemických aerobních procesů – zákaz vypouštění OV s T > 30 °C.

Samočistící schopnost vody

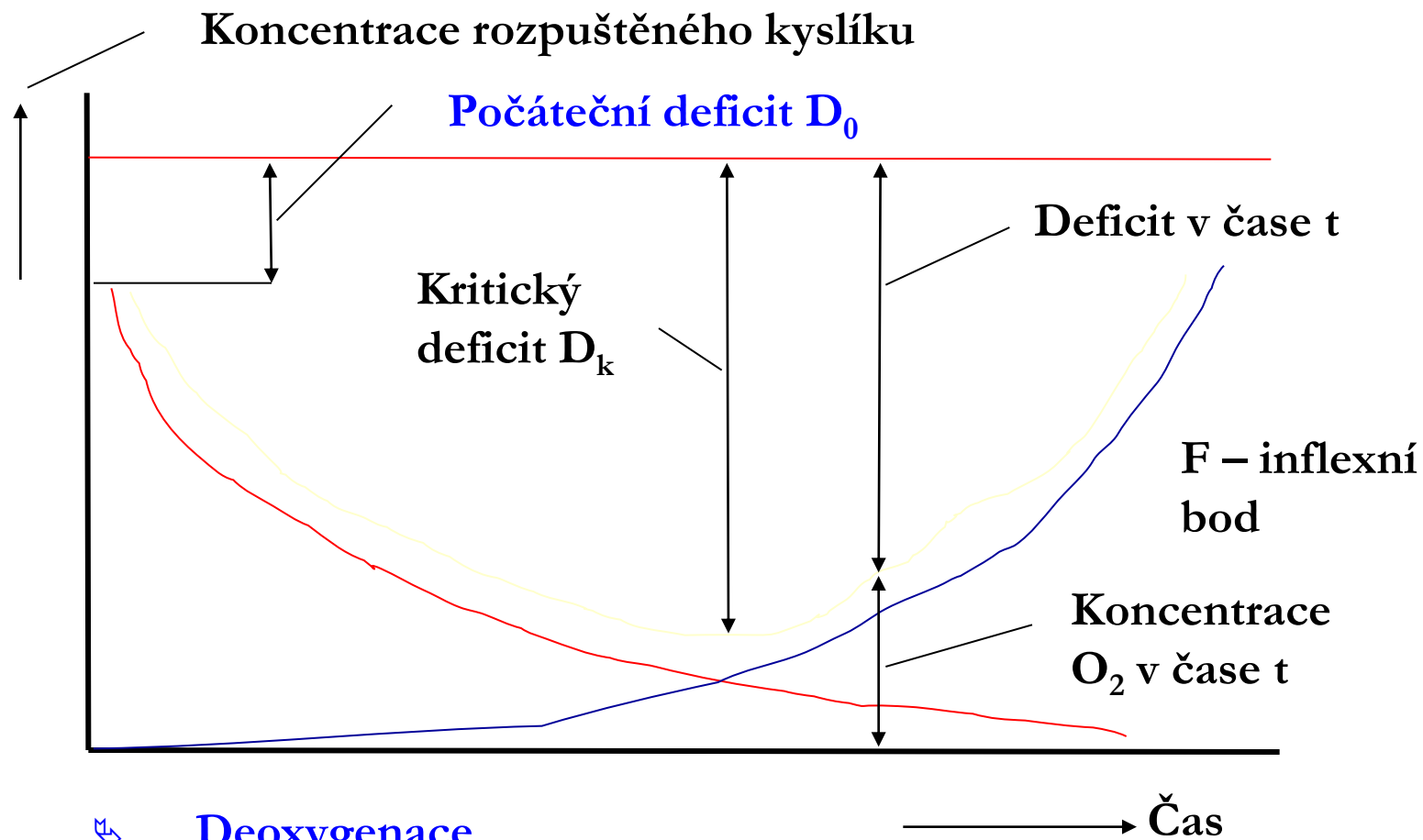
Spotřeba rozpuštěného kyslíku aerobními procesy při biochemickém rozkladu organických látek – **deoxygenace**.

Kyslíková rovnováha:

Poměr mezi spotřebou a dodávkou kyslíku – v rozhodující míře ovlivňuje samočistící schopnost toku – je dána deoxygenací a reaerací vody.

Deoxygenace (způsobená znečištěním) a reaerace (vyvolaná vznikem kyslíkového deficitu) – vede k ustálenému stavu mezi zdrojem a spotřebou kyslíku v recipientu.

Samočistící schopnost vody



- ↙ Deoxygenace
- ↙ Reaerace
- ↙ Kyslíková křivka

Samočistící schopnost vody

Množství rozpuštěného kyslíku [mg.l⁻¹] při dané teplotě:

T [°C]	0	10	15	20	25	30
Množství O ₂ [mg.l ⁻¹]	14,62	11,33	10,15	9,20	8,38	7,63

Při koncentraci < 4 mg.l⁻¹ – úhyn ryb a vodních organismů

V nádržích závisí množství rozpuštěného kyslíku na hloubce vodní vrstvy:

Hloubka [m]	2	1	0,5	0,25
Porovnávací číslo	1	2	4	8

Samočistící schopnost vody

Porovnávací číslo = koncentrace kyslíku v objemu vody s jednotkovou plochou hladiny při proměnné výšce vodního sloupce

Přesycení vody kyslíkem – v letním období v důsledku intenzivní asimilační činnosti, současně se zvyšuje pH.

Samočistící schopnost vody

Znečišťující látky ovlivňující kyslíkovou bilanci:

- ↪ Látky rozpuštěné a nerozpuštěné (nesedimentující) ovlivňující kyslíkovou bilanci vody
- ↪ Nerozpustné látky sedimentující
- ↪ Toxické látky

Znečišťující látky mohou spotřebovávat kyslík chemickou nebo biologickou cestou.

Samočistící schopnost vody

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK) – množství kyslíku, které se spotřebuje na oxidaci oxidujících se látek přítomných ve vodách – oxidovatelnost organických látek dvojchromanem draselným v silně kyselém prostředí za katalýzy Ag_2SO_4

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK) – množství kyslíku potřebné na biochemickou stabilizaci organických látek;

Samočistící schopnost vody

BSK₅ – pětidenní biochemická spotřeba kyslíku – množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy během 5 dnů na rozklad (mineralizaci) organických látek za aerobních podmínek (BSK₂₀).

Organické látky – potrava pro heterotrofní bakterie – část aerobní asimilace – zisk E, část syntéza biomasy.

Asimilace – spotřebovává se kyslík, produkce CO₂ a H₂O.

BSK – množství kyslíku je úměrné množství přítomných rozložitelných organických látek – odhad stupně znečištění OV.

Samočistící schopnost vody

Organická látka - spotřebována při dostatečném přísunu kyslíku asi za 20 dnů - sleduje se z praktických důvodů **BSK₅**.

Přepočet BSK₅ na BSK₂₀:

- ↪ pomocí tabulek,
- ↪ ČOV - BSK₅ při 20 °C \cong 68 % BSK₂₀,
- ↪ přepočet podle vztahu:

$$L_t / L = 10^{-k * t}$$

kde:

L = původní BSK odpadní vody

L_t = výsledná BSK po dokončení rozkladného procesu

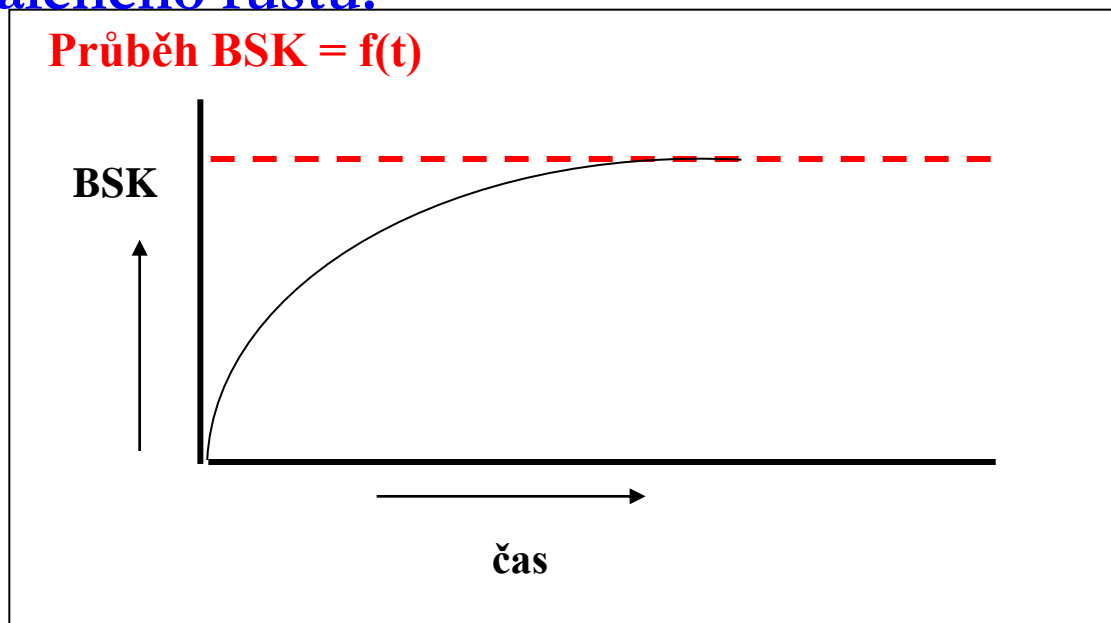
k = součinitel závislý na druhu OV - splaškové OV = 0,1

t = počet dnů

Samočistící schopnost vody

Lagové stádium - buňka má ve své struktuře konstitutivní enzymatický systém, který je schopen organickou látku rozložit.

Některé mikroorganismy jej nemají, ale buňka je schopna si tento systém vybudovat (adaptivní enzymy) \Rightarrow počáteční fáze zpomaleného růstu.



Vztah CHSK - BSK

Závisí na obsahu kyslíku v daných látkách, na obsahu biogenních prvků, na struktuře OL.

Při správně prováděných analýzách musí vždy platit:

$$\text{TSK} \geq \text{CHSK} \geq \text{BSK}_C \geq \text{BSK}_5$$

kde:

TSK = teoretická spotřeba kyslíku

Samočistící schopnost vody

BSK : CHSK - odhad zastoupení biologicky rozložitelných látek ve vodě \Rightarrow čím je hodnota vyšší, tím jsou přítomné organické látky biologicky snáze rozložitelné \Rightarrow **vyhodné biologické čištění - hranice použitelnosti BKS : CHSK = 0,5.**

Saprobita - souhrn vlastností vodního prostředí - biologický stav - vyvolaný znečištěním vody (přírodním, antropogenním) biochemicky rozložitelnými látkami.

Stanovuje se analýzou společenstev - určení druhů žijících (nebo chybějících) na dané lokalitě.

Rozpuštěný kyslík – vliv organických odpadů vypouštěných do řeky

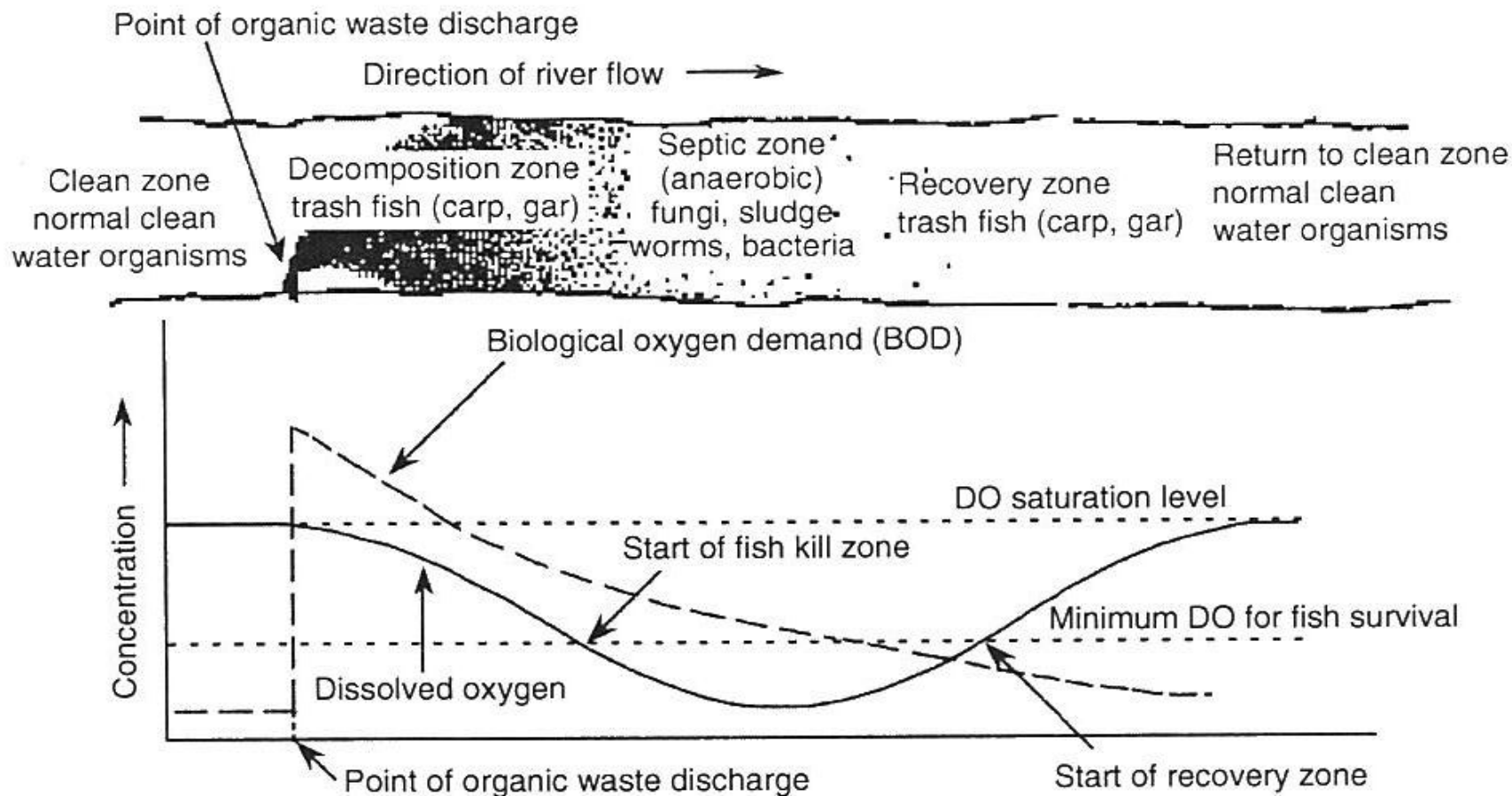


FIGURE 3.6 Dissolved oxygen sag curve caused by discharge of organic wastes into a river.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Inovace tohoto předmětu je spolufinancována
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem
České republiky**