

A photograph of a forest stream with a title overlay. The stream flows through a dense forest of tall, thin trees. The water is clear and flows over rocks, creating white rapids. The forest floor is covered with fallen leaves and moss. The title "OCHRANA PODZEMNÍCH VOD" is written in white, serif font across the middle of the image.

# OCHRANA PODZEMNÍCH VOD

IV.

obecná úplná rovnice analytického řešení ve 3-D systému a plošném zdroji

$$\frac{C(x, y, z, t)}{C_0} = \frac{1}{8} \operatorname{erfc} \left[ \frac{x - vt}{2(\alpha_x vt)^{\frac{1}{2}}} \right] \left\{ \operatorname{erf} \left[ \frac{(y + Y/2)}{2(\alpha_y x)^{\frac{1}{2}}} \right] - \operatorname{erf} \left[ \frac{(y - Y/2)}{2(\alpha_y x)^{\frac{1}{2}}} \right] \right\} \left\{ \operatorname{erf} \left[ \frac{(z + Z)}{2(\alpha_z x)^{\frac{1}{2}}} \right] - \operatorname{erf} \left[ \frac{(z - Z)}{2(\alpha_z x)^{\frac{1}{2}}} \right] \right\}$$

pro linii symetrie

$$\frac{C(x, 0, 0, t)}{C_0} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[ \frac{x - vt}{2(\alpha_x vt)^{\frac{1}{2}}} \right] \left\{ \operatorname{erf} \left[ \frac{Y}{4(\alpha_y x)^{\frac{1}{2}}} \right] \operatorname{erf} \left[ \frac{Z}{2(\alpha_z x)^{\frac{1}{2}}} \right] \right\}$$

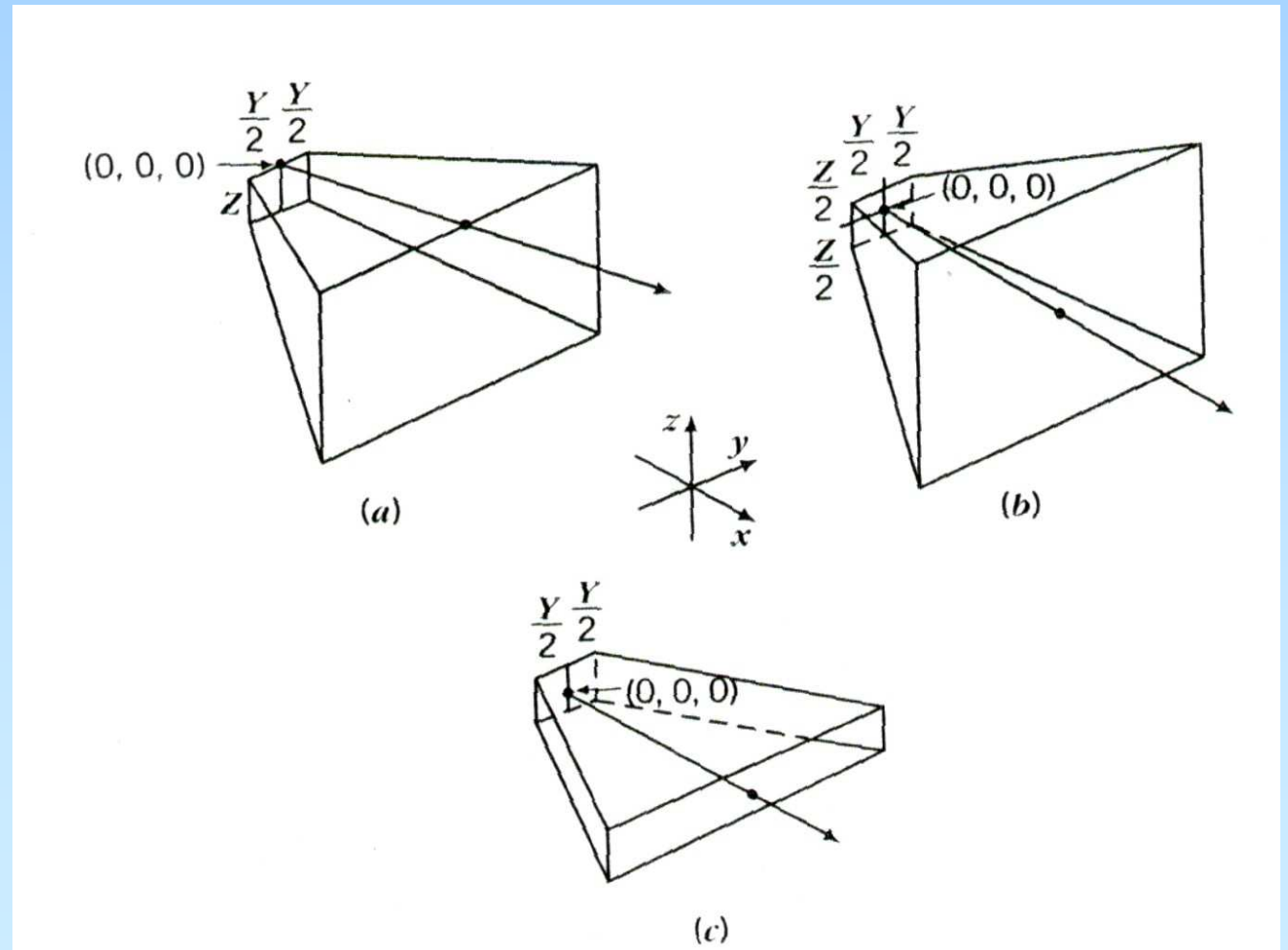
obecná úplná rovnice analytického řešení ve 3-D systému a plošném zdroji

- úprava rovnice podle geometrie zdroje a možnosti šíření kontaminantu

- úplný tvar – šíření ve směru  $z$  jen jedním směrem,  
ve směru osy  $y$  oběma směry

- šíření v obou směrech  $y$  a  $z$

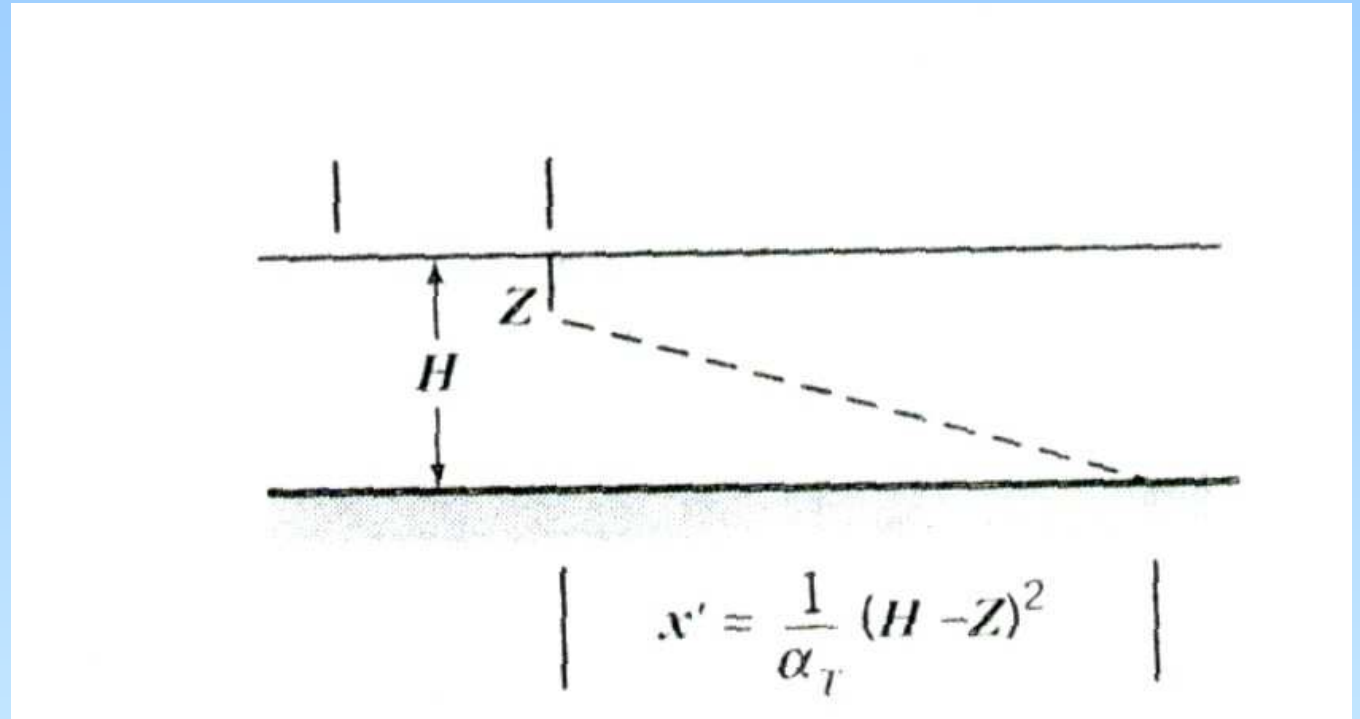
- šíření pouze v obou směrech  $y$   
– odpadá člen pro  $Z$



malé mocnosti zvodněných kolektorů

- po určité vzdálenosti vyplní kontaminační mrak zvoďeň v celém profilu  $Z$
- zanedbání dalšího významu příčné disperzivity ve směru  $Z$  na šíření kontaminantu

$$x' = \frac{(H - Z)^2}{\alpha_z}$$



- pokud vzdálenost  $x$  ve vzorci přesáhne  $x'$ , ve vzorci použijeme hodnotu  $x'$

### Zavedení koeficientu retardace do rovnic

- hodnotu rychlosti advekce  $v$  nahrazuje hodnota rychlosti pohybu retardovaného kontaminantu

## ROZPAD LÁTEK

- přispívá k celkovému poklesu koncentrace látky transportované médiem
- zaměnitelné s procesy hydrodynamické disperze a retardace
- vzájemné odlišení a kvantifikace možné jen při sledování látek vznikajících při rozpadu
- celá řada procesů
  - biodegradace
  - rozpad radioaktivních látek
  - rozpad (transformace) anorganických látek

### **Klasický koncept rozpadu**

- platí jen u organických a radioaktivních látek
- nevratná přeměna – vznik dceřinných produktů (např. CO<sub>2</sub> z organických látek, stabilní izotopy radioaktivních látek, apod.)

# KINETIKA REAKCÍ

- kinetiky reakcí 0., 1. a 2. řádu
- podle exponentu závislé proměnné

## KINETIKA 0. ŘÁDU

- rychlost rozpadu je konstantní a nezávisí na koncentraci původní látky

- obecně 
$$-\frac{dC}{dt} = k$$

- po integrování časem obdržíme 
$$C_t = C_o - kt$$

- konstantní hodnota rozpadové konstanty
- v praxi velmi vzácné

## KINETIKA 1. ŘÁDU

- rychlost rozpadu závisí na koncentraci původní látky

- obecně 
$$-\frac{dC}{dt} = kC$$

- po integrování 
$$C_t = C_o e^{-kt}$$

- konstantní hodnota rozpadové konstanty

- běžně se vyskytující radioaktivní izotopy, některé organické látky (BTX)

- organické látky – rychlost reakce závisí na dalších faktorech

(pH, množství bakteriální hmoty) souvisejících s lokálními podmínkami

nejedná se o klasickou konstantu – lokálně proměnlivá, rozpětí dat v literatuře

- radioaktivní látky – konstanta platí ve všech podmínkách

- poločas rozpadu 
$$t_{1/2} = 0,693/k$$

## KINETIKA 2. ŘÁDU

- exponent závislé proměnné je 2

- např. oxidace  $Fe^{2+}$  
$$-\frac{dm_{Fe^{2+}}}{dt} = k \cdot m_{Fe^{2+}} (OH^-)^2 \cdot P_{O_2}$$

- podobně existují i reakce dalších řádů



# BIODEGRADACE ORGANICKÝCH LÁTEK

rychlost reakcí lze přesněji popsat jako funkci množství bakteriální hmoty (event. množství primárního substrátu)

- Michaelis – Mentenova kinetika
- Monodova kinetika  
(kinetiky 0., 1. a smíšeného řádu)

$$v = \frac{v_{\max} \cdot S}{(K_m + S)}$$

$v$	rychlost reakce (event. rychlost růstu)
$v_{\max}$	maximální rychlost reakce (event. rychlost růstu)
$S$	koncentrace substrátu limitujícího produkci bakteriální hmoty
$K_m$	poloviční koncentrace substrátu ve srovnání s maximální rychlostí reakce (event. rychlostí růstu)

- je-li  $S \gg K_m$ , pak  $K_m + C$  je téměř rovno  $C$  a reakce má charakter kinetiky 0. řádu,

kde  $v = v_{max}$  a  $v_{max}$  je limitujícím faktorem rychlosti reakce

- je-li  $S \ll K_m$ ,

pak po úpravě získáme vztah 
$$v = \frac{v_{max}}{K_m} S$$

kde poměr  $v_{max}/K_m$  je roven rozpadové konstantě a reakce má charakter kinetiky 1. Řádu

### Monodova kinetika

$$\Delta C = M_t v_{max} \frac{S}{K_m + S} \Delta t$$

$M_t$

celková koncentrace  
mikrobiální hmoty

$v_{max}$

maximální utilizace kontaminantu  
na jednotkovou hmotnost  
mikrobiální hmoty

## Monodova kinetika

- pokud uvažujeme, že proces rozkladu organické látky je aerobní – oxidace organické látky
- kyslík a organická látka jsou jedinými faktory podmiňujícími růst bakteriální hmoty

- změna koncentrace kontaminantu

$$\Delta C = M_t v_{\max} \frac{S}{K_m + S} \frac{O}{K_o + O} \Delta t$$

$O$  koncentrace rozpuštěného kyslíku

$F$  poměr mezi spotřebovaným kyslíkem a kontaminantem

$K_o$  konstanta udávající rychlost reakce při polovičním nasycení kyslíkem

- změna koncentrace kyslíku

$$\Delta O = M_t v_{\max} F \frac{S}{K_m + S} \frac{O}{K_o + O} \Delta t$$