

2 óra

*Levegőkémia, légkörkémiail
folyamatok modellezése*

Modellek

- statisztikus modell
- dinamikus modell

Statisztikus modellek

A statisztikus modellek a korábbi mérések statisztikai elemzésén alapulnak, feltételezve az adatsorok homogenitását. A nyert statisztikai összefüggések ismeretében, néhány paraméter felhasználásával becslik a várható légszennyező anyag koncentrációját.

HÁTRÁNY:

- A statisztikus modellek nem képesek az időben változó folyamatokat nyomon követni, így nem tudják figyelembe venni a szennyezőanyag kibocsátás mennyiségének, összetételének és területi eloszlásának évek során bekövetkezett változását, valamint a meteorológiai tényezők időbeli menetéből fakadó hatásokat.
- Nem alkalmasak különböző beavatkozási stratégiák hatásának előzetes becslésére, hiszen értelmezési tartományuk lényegében már korábban is ismert, a statisztikai összefüggések becslésére felhasznált szituációkra korlátozódik.
- Ezért ritkán, vagy korábban még soha elő nem fordult kritikus helyzetekben nem segíthetik a döntéshozókat. Nem alkalmasak szmogriadó-tervek megalapozására sem, ahol a különböző beavatkozási stratégiák hatását kell előre felmérni.

ELŐNY:

- A statisztikus modellek vitathatatlan előnye ugyanakkor az egyszerűsége, gyorsasága és a számítástechnikai igénytelensége.

CAR modell

Cél: a CO évi átlagos koncentrációjának kiszámítása egy utca környezetében (közepontól 5-30 m távolságban, 1,5 m magasságban)

Számítás lépései:

(1) A háttérszennyezettség meghatározása (az a koncentráció, ami nem az utcában járó járművekből ered).

$$c_h = c_r + c_v$$

c_r : regionális háttérszennyezettség; a városon kívüli forrásokból ered \approx minimális városi szennyezettség (beépített terület határán kívül mérhető)

c_v : városi háttérszennyezettség; a város saját kibocsátásából származik

c_v helyfüggő; $c_v = \alpha d$, ahol d a város peremétől mért távolság

(2) A lokális utcai kibocsátás meghatározása (E_s)

- E_s függ: - a járművek típusától: könnyű (E_p); nehéz (E_v);
- a járművek átlagos sebességétől az utcában
(4 sebességi kategória)
- a forgalomsűrűségtől (járművek napi átlagos száma: N)

$$F_v = \frac{\text{nehéz gépjárm.száma}}{N}$$

$$E_s = (1 - F_v)NE_p + F_vNE_v$$

$$[E] = 1 \frac{\mu\text{g}}{\text{ms}}$$

(3) A lokális utcai kibocsátásból származó koncentráció (c_u)
kiszámítása

c_u függ: - E_s -től

- az utca geometriájától
- a szélességtől
- a fáktól

$$c_u = E_s \Phi F_{sz} F_f$$

Φ

diszperziós faktor

$$[\Phi] = 1 \frac{s}{m^2}$$

Az utca körüli épületek hatását írja le a szennyezőanyag
hígulására; 5 utcatípust különböztetnek meg

$$\Phi = \Phi(d)$$

F_{sz} szélfaktor: dimenziómentes szorzófaktor a referenciaszélről vett helyi eltérések figyelembe vételére.

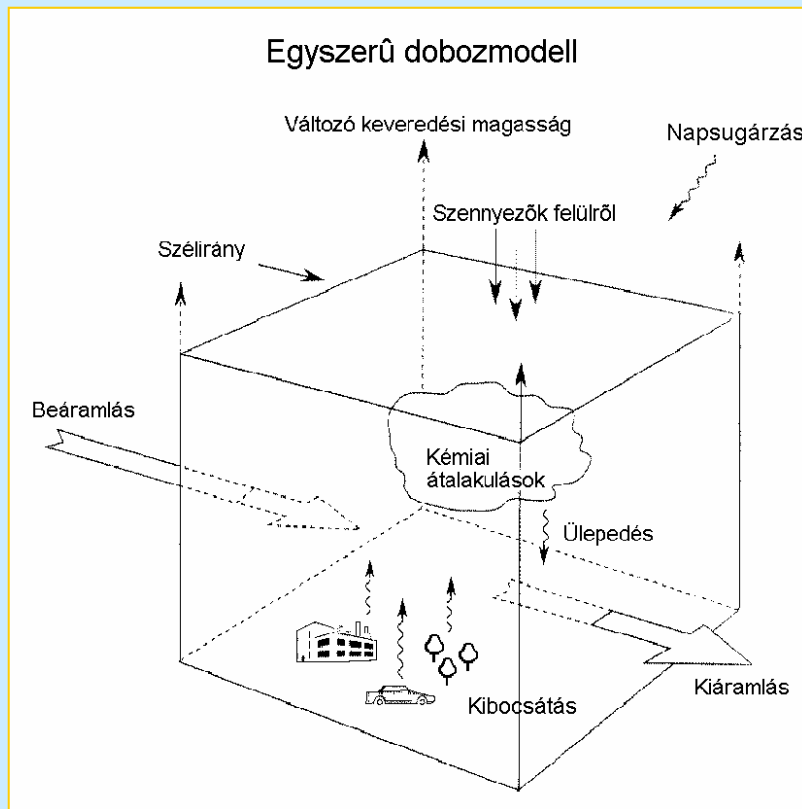
F_f fa-függvény: dimenziómentes szorzófaktor a fák sűrűségének a hatása.

(4) Az évi átlagkoncentráció kiszámítása:

$$c_{teljes} = c_h + c_u$$

Dinamikus modellek

1.) BOX (DOBOZ) MODELL



- a térfogatban ideális keveredés
- nincs turbulencia
- koncentrációváltozás oka:
 - * ülepedés
 - * kémiai reakciók emisszió

FELADAT: az anyagfajták koncentrációváltozását
leíró differenciálegyenlet megoldása

közönséges differenciálegyenletek elmélete

+

numerikus módszerek

2.) DISZPERZIÓS (TERJEDÉSI) MODELLEK

Lokális modell (városi) /0 – 30km/

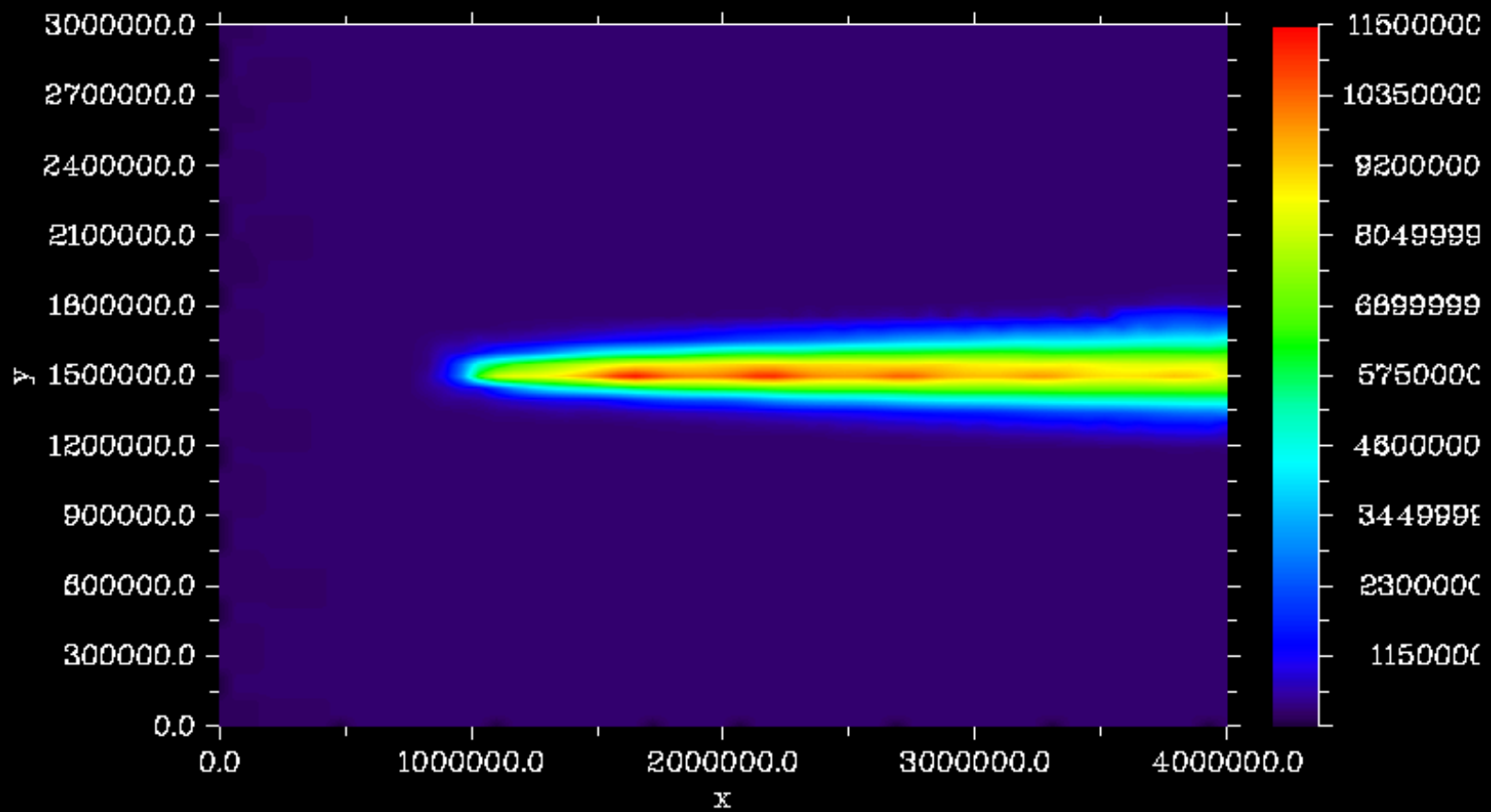
Regionális modell /50 km – 2000 km/

Kontinentális modell /1000 km – /

Globális modell

Gauss-modell: Magas pontforrások esetén a légszennyeződés terjedésének modellezésére gyakran alkalmazható a **Gauss-féle egyenlet** (Gauss-modell). Ez az egyenlet határesetként levezethető a kontinuitási egyenletből, több egyszerűsítő feltétel alkalmazásával, amelyek a következők:

- a meteorológiai helyzet stacionárius,
- a forrást pontszerűnek tekintjük, amelynek kibocsátása folytonos és időben állandó,
- a földfelszín sík és a szennyezőanyagoknak nincs ülepedésük,
- a szélmezőnek csak az egyik (x) irányú) komponense nem nulla ($v = 0$; $w = 0$),
- az adott irányban csak advekció van, turbulens diffúzió nincs ($K_x = 0$),
- a kémiai átalakulásokat figyelmen kívül hagyjuk.



Gauss-féle egyenlet (Gauss-modell)

$$\frac{\partial \mathbf{c}}{\partial t} = -\frac{\partial(u\mathbf{c})}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial \mathbf{c}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial \mathbf{c}}{\partial z} \right) + E(\mathbf{c}, x, y, z).$$

$$E(\mathbf{c}, x, y, z) = E, \quad \text{ha } (x, y, z) = (0, 0, 0)$$

$$E(\mathbf{c}, x, y, z) = 0, \quad \text{ha } (x, y, z) \neq (0, 0, 0)$$

Gauss-féle egyenlet (Gauss-modell)

$$c(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right) \left[\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z-h_e}{\sigma_z}\right)^2\right) + \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z+h_e}{\sigma_z}\right)^2\right) \right],$$

ahol Q a kibocsátott szennyező anyag mennyiségét, h_e az effektív kéménymagasságot jelöli és σ_y és σ_z szóródási paraméterek, amelyek a pontforrástól való távolság és a légköri stabilitás függvényében empirikus úton meghatározhatók.

Gauss PUFF modellek

1. A Vizsgált időt olyan Δt szakaszokra bontjuk, amelyek alatt a kibocsátás és a meteorológiai feltételek állandónak vehetők.
2. Az egyes Δt idők alatt kibocsátott szennyezőanyag-mennyiségekre megoldjuk a

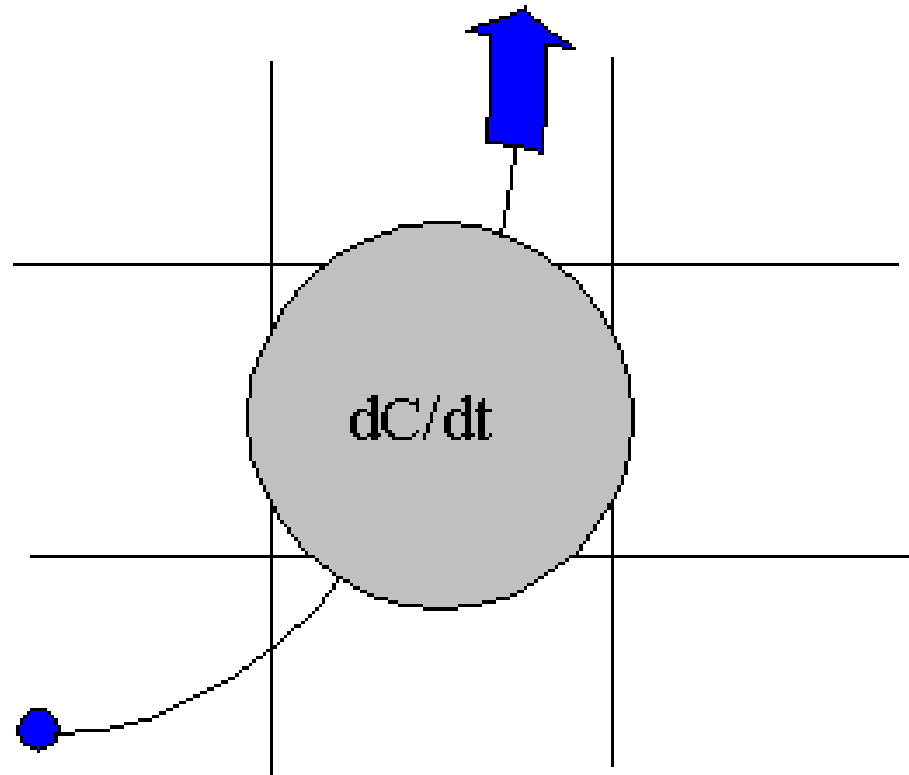
$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{\partial(uc)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) + E(c, x, y, z).$$

A paraméterek minden időközben mások lehetnek

Így: Adott pontban és időben a fellépő koncentráció érték az éppen ott lévő puffokból származó **koncentráció értékek összege**.

B. Lagrange modell

$$DC/Dt = [\text{dispersion}] + [\text{sources}] + [\text{sinks}]$$



C.) Euler modell

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = -\vec{V}\nabla c_i + \underline{\underline{K}}\nabla^2 c_i + R(c_i, T) + S_i(\vec{X}, t) - c_i k_{1ni} - c_i k_{1szi}$$

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↙

advекció **turbulens diffúzió** **reakció** **emisszió** **üledés**

Parciális differenciálegyenletek elmélete

(‘method of lines’) :

1. Térbeli diszkretizáció
 - véges differencia módszer
 - véges elem/térfogat módszer
2. A közönséges differenciálegyenletek numerikus megoldása

CFD modellek

