

## Hiánypótlás, Szerep-Hosszúhát (HB/17-IKV/00726-4/2026)

5. Igazolja, hogy a bűzterhelés hatásterületének meghatározásához használt *hatastavolsag.exe* program érvényes szabvány szerinti vagy azzal egyenértékű számítással végzi a hatásterület lehatárolását. Határozza meg a bűzterhelés hatásterületét a diffúz bűzforrások szélétől oly módon, hogy a légszennyező diffúz források környezetében a talajközeli és magaslégköri meteorológiai jellemzők vizsgálata során figyelembe veszi a szélsőséges szélsébséget is és ábrázolja a fenti módon meghatározott hatásterületet az intenzív állattartásra vonatkozó tervezési irányérték figyelembevételével.

A program a számításokat az MSZ 21457 szabványsorozat alapján végzi.

### Alapegyenlet – Gauss-féle füstfáklya modell

Ez a szabvány központi képlete:

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

#### Jelölések

- $C(x,y,z)$  → koncentráció [g/m<sup>3</sup>]
- $Q$  → kibocsátás [g/s]
- $u$  → szélsébség [m/s]
- $\sigma_y, \sigma_z$  → szórési paraméterek [m]
- $H$  → effektív kibocsátási magasság [m]
- $x$  → szélirány menti távolság
- $y$  → oldalirány
- $z$  → magasság

### Elméleti áttekintés (ld. hatastavolsag.exe helpje)

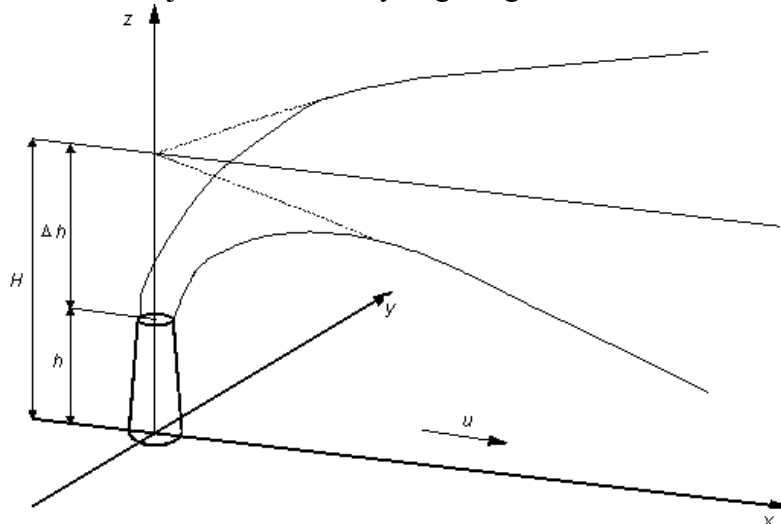
#### Füstfáklya-modellek jellemzői<sup>[1]</sup>

##### Az egyszerű füstfáklya modellek:

- egyedi kibocsátások közvetlen lokális hatásának vizsgálatára
- többnyire stacioner állapotok vizsgálatára
- sík felszín feletti terjedésre
- érvényesség: általában néhány száz tíz kilométerre, a stacioner kibocsátási és meteorológiai állapotok fennállásának idejére
- Nem vagy csak nehézkesen, pontatlanul használhatók komplex felszín feletti vagy extrém meteorológiai körülmények közötti terjedés követésére
- Feltételezik, hogy a kialakuló koncentráció arányos a forráserősséggel és fordítottan arányos a szélsébséggel
- A kiszélesedési folyamatot a szélmező turbulenciájának tulajdonítják
- Igen sokféle modell, ezek közül leginkább bevált: **GAUSS TÍPUSÚ MODELL**

## Füstfáklya terjedése: igen bonyolult folyamat egyszerűsítés: elkülönült vizsgálatok:

1. füstszázló emelkedési szakasza - a kiszélesedést nem vizsgáljuk, de az emelkedésnek megfelelő **effektív forrásmagasság** megállapítása
2. terjedési szakasz: mintha a forrás fölött az effektív forrásmagasságban lévő pont lenne a forrás és nem lenne járulékos kéménymagasság.



1. ábra. A füstfáklya helyzete a koordinátarendszerben [2]

### A Gauss-modell használatának lépései

- 1/ Az effektív forrásmagasság meghatározása
  - A hőkibocsátás meghatározása
  - Az átlagos szélesség meghatározása a kibocsátási magasságban
  - A légköri jellemzők meghatározása (- stabilitás)
  - A járulékos kéménymagasság számítása
- 2/ A Gauss-féle terjedési egyenlet felírása és alkalmazása az effektív forrásmagasságra
  - Terjedési egyenlet
  - A turbulens szórások meghatározása
  - A szélesség számítása
  - A tükröződés hatásának figyelembevétele
  - A szennyezőanyagok kikerülési folyamatainak figyelembevétele
  - A szennyezőanyagok ülepedési folyamatainak figyelembevétele

## Az effektív forrásmagasság meghatározása

### A járulékos kéménymagasság számítása

A szennyezőanyag: forrásból kibocsátott anyag a forrásnál nagyobb magasságban fekvő légrétegbe emelkedik.

### Az emelkedési folyamat okai:

- \* függőleges irányú kibocsátásnál (pl. kémények): a kibocsátott anyag mozgási energiája
- \* a kibocsátott szennyezőanyag környezeti levegőtől eltérő sűrűsége - felhajtóerő. Elsősorban a kibocsátás környezetnél magasabb hőmérsékletéből. Kisebb jelentőségű az eltérő anyagi összetétel okozta sűrűségkülönbség.

**Járulékos kéménymagasság,  $\Delta h$ :** a kibocsátott szennyezőanyag forrásból való kilépése utáni emelkedésének mértéke

**A forrás geometriai (épített) magassága,  $h$**

**Effektív forrásmagasság,  $H$ :** az a magasság, amelyben a vízszintes tengelyű terjedés és hígulás játszódik

$$H = h_k + \Delta h \quad (1)$$

ahol

$h_k$  = korrigált kéménymagasság (m)

Ha a véggáz sebessége kisebb, mint a szélesebbég másfélszerese (azaz van leáramlás):

$$h_k = 2d(v/u_m - 1,5) + h,$$

ahol:

$d$  = a kibocsátás átmérője (m)

$v$  = gáz kilépési sebesség (m/s)

$u_m$  = szélesebbég a kéménymagasságban (m/s)

Ha a véggáz sebessége nagyobb, vagy egyenlő, mint a szélesebbég másfélszerese (azaz nincs leáramlás):  $h_k = h$ , a korrigált kéménymagasság egyenlő a tényleges kéménymagassággal.

Járulékos kéménymagasság: bonyolult függés egyéb tényezőktől - különféle kutatócsoportok: egymástól formailag és számszerű eredményeiben egyaránt jelentősen eltérő empirikus összefüggések.

**Általános formula:**

$$\Delta h = \frac{k \cdot E}{u^a} = \frac{k}{u^a} \cdot (c_1 \cdot v \cdot d + c_2 \cdot Q_h^b), \quad (2)$$

ahol

$k$ : [-] léghő stabilitástól függő tényező (0.85 - 1.15)

$E$ : a meteorológiai tényezőktől független tényező

$u$ : [m/s] (átlagos) szélesebbég

$v$ : [m/s] a füstgáz kilépő sebessége

$d$ : [m] a kémény kilépő átmérője

$Q_h$  [kW] a füstgázzal kibocsátott hőteljesítmény

$a, b, c_1, c_2$  empirikus konstansok

**Hatályos magyar szabvány :**

- Holland formula, ha a  $T_s - T_h$  (véggáz és környezeti levegő közötti) hőmérséklet különbség 50°C-nál és a hőkibocsátás 100 MW-nál kisebb,
- CONCAWE (CONservation of Clean Air and Water in Europe) formula, ha a  $T_s - T_h$  hőmérséklet különbség 50°C-nál vagy a hőkibocsátás 100 MW-nál nagyobb.

**1. táblázat. Formulák a járulékos kéménymagasság számításához**

Formula	stabilitás	a	b	$c_1$	$c_2$
Holland	mind	1	1	$1.5 \cdot k$	$0.0096 \cdot k$
CONCAWE	mind	0.75	0.5	0	2.71

**Holland formula:**

$$\Delta h = \frac{k}{u} \cdot (1.5 \cdot b \cdot d + 0.0096 \cdot k \cdot Q_h)$$

**CONCAWE formula:**

$$\Delta h = \frac{k}{u^{0.75}} \cdot (2.71 \cdot Q_h^{0.5})$$

A hőkibocsátás számítása

(2) használatához, valamint a Holland/Concawe formulák megválasztásához: a hordozó gázzal kibocsátott hőteljesítmény:

$$Q_h = m \cdot c_p \cdot (T_s - T_h) = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_s - T_h) \quad (3)$$

$$V = \frac{d^2 \cdot \pi \cdot v}{4} \quad (4)$$

ahol

$m$ [kg/s]	füstgáz tömegárama
$V$ [m <sup>3</sup> /s]	fg. térfogatárama
$c_p$ [J/kgK]	fg. izobár fajhője
$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	fg. sűrűsége
$T_s$ [K]	fg. hőmérséklete
$v$ [m/s]	fg. kilépő sebessége
$d$ [m]	a kémény kilépő keresztmetszetének belső átmérője
$T_h$ [K]	a levegő hőmérséklete $h$ magasságban.
$T_s$ [K]	a füstgáz kilépési hőmérséklete $h$ magasságban.

**Hatályos magyar szabvány <sup>[3]</sup>**

Levegő kibocsátása esetén egyszerűsített formula (levezethető (3)-ból a levegő anyagjellemzőinek, az univerzális gáztörvénynek és a  $h$  magasságra feltételezett 0.99 bar légnyomásnak megfelelően):

$$Q_h = 271 \cdot \frac{T_s - T_h}{T_s} \cdot d^2 \cdot v \text{ [kW]} \quad (5)$$

(5) alapján a füstgázokkal kibocsátott hőteljesítmény is számítható, ekkor azonban a (5)-ből számolt értéket a füstgázok eltérő jellemzői miatt a következő mértékben kell megnövelni:

gázturbina kipufogógáza	2...2.5 %-kal,
szénhidrogén-tüzelés kazánban	4...6 %-kal,
feketeszén, koksz tüzelése	5...7 %-kal,
barnaszén, lignit tüzelése	7...9 %-kal.

2.3. Az átlagos szélesebbég számítása

(2)-be: a kémény geometriai és effektív magassága között tartományban uralkodó átlagos szélesebbéget kell helyettesíteni.

$$u(z) = u_1 \cdot \left(\frac{z}{z_1}\right)^p \quad (6)$$

ahol  $u_1$  a  $z_1$  magasságban mért (ismert) szélesség,  $p$  pedig az ún. szélprofil kitevő.

$$u = \frac{u_1}{(p+1) \cdot z_1^p} \cdot \frac{H^{p+1} - h^{p+1}}{H - h} \quad (6a)$$

(1)(2)(6) egyenletrendszer:

- \* A CONCAWE formula esetén iterációval oldható csak meg, vagy a leírt egyszerűsítés alkalmazásával megkerülhető <sup>3</sup>.
- \* A Holland-formulára ( $a = 1$ ) explicit megoldás <sup>3</sup>:

$$H = \left[ h^{p+1} + \frac{k \cdot (1.5 \cdot v \cdot d + 0.0096 \cdot Q_h) \cdot (p+1) \cdot z_1^p}{u_1} \right]^{\frac{1}{p+1}} \quad (7)$$

### A légköri jellemzők meghatározása

#### 1/ $p$ szélprofil-kitevő:

Helyszíni szélmérésből, meteorológiai adatokból, ennek hiányában: szakirodalomból<sup>3</sup>.

#### 2/ $k$ tényező <sup>3</sup>:

**2. táblázat. a légköri stabilitás és a  $k$  tényező közti összefüggés**

Pasquill-féle stabilitási indikátor	Stabilitási kategória	$k$ értékek
F*	1	0.88
F	2	0.92
-	3	0.96
E	4	0.99
-	5	1.02
D	6	1.05
A, B, C	7	1.08

### A légköri stabilitás minősítése

A  $k$  tényező meghatározásához, valamint a turbulens szórások számításához (lásd később).

### Pasquill-féle stabilitási kategóriák

Könnyen észlelhető jelenségekhez kapcsolódóan.

- A - erősen labilis
- B - közepesen labilis
- C - enyhén labilis
- D - semleges
- E - enyhén stabil
- F - erősen stabil

**3. táblázat. A légköri stabilitás legvalószínűbb értékei Pasquill szerint ([1])**

Szélsebesség a talajközeli $u_1$ , m/s	Nappal a besugárzás mértéke			Éjszaka a felhőzet aránya	
	erős	közepes	gyenge	4/8	3/8
< 2	A	A - B	B	-	-
2 - 3	A - B	B	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Stabilitási kategóriák a hőmérsékleti gradiens szerint (Szepesi)

Hazánk jórészt síksági területeket foglal magában - a légkör stabilitása igen jól jellemezhető a függőleges hőmérsékleti gradiens értékével. Kiterjedt mérések a légkör alsó 300 m-es szakaszára vonatkozóan.

**4. táblázat. A függőleges hőmérsékleti gradienssel jellemzett stabilitási kategóriák <sup>2</sup>**

Stabilitási kategória		$\Delta T / \Delta z$
Neve	Jele (S)	K/100 m
erős inverzió	1	1,51
inverzió	2	1,01..1,5
gyenge inverzió	3	0,51..1,00
pozitív izoterm	4	0,01..0,50
negatív izoterm	5	-0,50..0,00
normális	6	-1,00..-0,51
labilis	7	-1,01

### ***A légszennyezők terjedésének Gauss-modellje***

#### A terjedés differenciálegyenlete

Szokásos alak: az 1. ábra koordináta-rendszerében - a szennyezőanyag egységnyi térfogatban található mennyiségének változása:

$$\frac{\delta q}{\delta t} = \frac{\delta}{\delta x} \cdot K_x \cdot \frac{\delta q}{\delta x} + \frac{\delta}{\delta y} \cdot K_y \cdot \frac{\delta q}{\delta y} + \frac{\delta}{\delta z} \cdot K_z \cdot \frac{\delta q}{\delta z} - u \cdot \frac{\delta q}{\delta x} + w \cdot \frac{\delta q}{\delta z} - \lambda q + S \quad (8)$$

$q = q(x,y,z,t)$	[g/m <sup>3</sup> ]	a szennyezőanyag térben és időben változó koncentrációja
$K_x, K_y, K_z$	[m <sup>2</sup> /s]	a diffúziós állandók a három térirányban
$u$	[m/s]	szélsebesség (vízszintes)
$w$	[m/s]	üledési sebesség (függőleges, lefelé irányul)
$\lambda$	[1/s]	bomlási, átalakulási, kimosódási állandó
$S$	[g/m <sup>3</sup> s]	forrástag

Áramlástanai szemlélet: homogén, izotróp diffúzió esetére: K diffúziós együttható: (8) alakja:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\delta q}{\delta t} + v \cdot \text{grad } q = K \cdot \text{div grad } q - \lambda q + S \quad (9)$$

(8) A jobboldal negyedik és ötödik tagja a szél és az ülepedés szállító hatását veszi figyelembe (a koncentráció konvektív megváltozása) (az eltérő előjel a  $w$  sebesség fordított előjelű értelmezéséből adódik).

(8) Hatodik tag: a szennyezőanyag légkörből való kikerülési folyamatok (bomlás, átalakulás, kimosódás, ab- és adszorpció) intenzitásának leírása

(8) Utolsó tag: forrásintenzitás. Általános esetben:  $S(x,y,z,t)$  időben változó térbeli eloszlás lehet, ekkor  $S$  térfogati forrás-sűrűség, (8)-nak megfelelően  $[(g/s)/m^3]$ . Stacionárius pontforrás esetén a forrásponttól különböző minden pontban ( $r > 0$ ) nulla az értéke - Egységnyi emisszióra (forráserősségre) Dirac delta függvény:

$$S(x, y, z) = \delta(r) = \delta(\sqrt{x^2 + y^2 + (H - z)^2}) \quad (10)$$

Pontforrás esetén: forráserősség,  $S = Q$  [g/s]. Ebből úgy lesz szemléletes a (8)-nak megfelelő  $[(g/s)/m^3]$ , hogy a vizsgált, forrás-közi elemi térfogatra vonatkozóan a pontforrás erősségét elosztjuk az elemi térfogatra, így definiálhatunk térfogati forráserősséget.

### 3.2. A differenciálegyenlet egyszerűsített megoldásai

- \* stacionárius állapot
- \* helyfüggetlen (homogén), irányfüggetlen (izotróp) diffúzió:  $K$
- \* helyfüggetlen (homogén) szélesebbesség
- \* ülepedés hatásának elhanyagolása ( $w = 0$ )
- \* a szennyezőanyag nem alakul át és nem nyelődik el ( $= 0$ )

$$(8)\text{-ből: } u \cdot \frac{\delta q}{\delta x} = K \cdot \Delta q + Q \cdot \delta(r) \quad (11)$$

$K$  [m<sup>2</sup>/s] a diffúziós állandó az összes irányban

$Q$  [g/s] forráserősség (az emisszió mértéke)

$\delta$  (div grad) Laplace-operátor

További közelítés: szélirányban a diffúzió szennyezőanyag szállító hatása a szél általi szállításhoz képest elhanyagolhatóan kismértékű, az  $x$  irányú diffúziót jelentő tagot elhagyjuk, így (11)-ből:

$$u \cdot \frac{\delta q}{\delta x} = K \left( \frac{\delta^2 q}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 q}{\delta z^2} \right) + Q \cdot \delta[(\sqrt{x^2 + y^2 + (H - z)^2})] \quad (12)$$

(9,12) megoldása:

$$q = \frac{Q}{4\pi K x} \cdot \exp \left[ -\frac{u}{4Kx} \cdot (y^2 + (H - z)^2) \right] \quad (13)$$

A  $z$  és  $y$  irányú koncentrációváltozást Gauss-féle normális eloszlás formájában írja le. Fizikai szemlélet: a szennyezőanyag füstfáklya tengelye körüli szétszóródása: a turbulens örvények általi szétszállítás véletlenszerű jellege következtében mindkét irányban Gauss-eloszlás szerint alakul, amelyek legvalószínűbb értéke  $y = 0$ , ill.  $z = H$ .

**Szórásnégyzet bevezetése - az  $x$ -függést ez tartalmazza:**

$$\sigma^2 = \frac{2 \cdot K \cdot x}{u} \quad (14)$$

Ennek megfelelően (13):

$$q = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \sigma^2 \cdot u} \cdot \exp \left[ -\frac{y^2 + (H-z)^2}{2 \cdot \sigma^2} \right] \quad (15)$$

Súlyos elhanyagolás: a diffúzió izotróp voltának feltételezése. Feloldása: a  $K_z$  és  $K_y$  diffúziós tényezők eltérésének megfelelően az  $y$  és a  $z$  irányú szórások eltérő értékeivel.

Ekkor (15)-ből - KETTŐS GAUSS-ELOSZTLÁS:

$$\sigma_y^2 = \frac{2 \cdot K_y \cdot x}{u} [\text{m}] \text{ és } \sigma_z^2 = \frac{2 \cdot K_z \cdot x}{u} [\text{m}], \text{ amelyekkel (15)-ből:} \quad (15a)$$

$$q = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u} \cdot \exp \left[ -\frac{y^2}{2 \cdot \sigma_y^2} - \frac{(H-z)^2}{2 \cdot \sigma_z^2} \right] \quad (16)$$

A rövid idejű (1 órás) átlagkoncentrációkból megbecsülhetők a 24 órás és az éves várható átlagok is:

$$q(24h) = q(1h) \cdot \left( \frac{1}{24} \right)^{0.45}, \text{ ill. } q(\text{év} = 8760h) = q(1h) \cdot \left( \frac{1}{8760} \right)^{0.45}$$

**A (16) egyenlet a közelítések, elhanyagolások ellenére jó közelítéssel tükrözi a szennyezőanyag szélre merőleges irányú vándorlásának statisztikus jellegét. Értékes alapja a koncentráció-eloszlást leíró összefüggések empirikus pontosításának.**

### 3.3. A szórások meghatározása

(16) alkalmazhatóságához: szükséges a szórásnégyzetek valamint szórások meghatározása.

Különböző megadási módok:

#### Hatályos magyar szabvány:

- \* a szórásnégyzetek alakilag a (14a)-tól eltérő módon számíthatóak,
- \* a szórások függenek az  $x$  koordinátától,
- \* a szórások  $p_0$  segédparaméteren keresztül függenek a légkör stabilitási állapotától (- termikus turbulencia: lásd 2.5. alfejezet) - ***ez a paraméter nem keverendő össze a  $p$  szélprofil-kitevővel !!!!***,
- \* a szórások  $z_0$  érdességi paraméteren keresztül függenek a felszín érdességétől (- mechanikai turbulencia).

$$q_y = 0.008 \cdot \left( 6 \cdot p_0^{-0.3} + 1 - \ln \frac{H}{z_0} \right) \cdot x^{0.367 \cdot (2.5 - p_0)} [\text{m}] \quad (18a)$$

$$q_z = 0.38 \cdot p_0^{1.3} \left( 8.7 - \ln \frac{H}{z_0} \right) \cdot x^{1.55 \cdot \exp(-2.35 \cdot p_0)} [\text{m}] \quad (18b)$$

Ha a  $H/z_0$  arány a számítások során 2000-nél nagyobbra adódik, akkor 2000-nek kell tekinteni.

#### 5. táblázat. A $p_0$ tényező értékei <sup>[7]</sup>

Stabilitási kategória:

	7	6	5	4	3	2	1
$p_0$	0.170	0.282	0.343	0.384	0.427	0.446	0.464



Pasquill-féle stabilitási indikátor:

	A	B	C	D	E	F és F*
$p_0$	0.079	0.143	0.196	0.270	0.363	0.440

**6. táblázat. Az érdességi paraméter jellemzőbb értékei <sup>7</sup>**

A terület jellege	$z_0$ , m
Sík, növényzettel borított terület	0.1
Erdő	0.3
Település	1.0
Város	1.2 ... 2.0
Nagyváros	3.0

Az érdességi paraméter helyes meghatározása: a terjedési vizsgálatok egyik kritikus pontja. Gond: általában nincs nagy kiterjedésű, homogén érdességű terület a terjedés alatt, ugyanakkor a terjedés-számítás eredménye igen érzékeny az érdességi paraméterre.

**3.4. A szélsébség átlagolása**

(16)-ban: az  $u$  szélsébség magasságfüggését elhanyagoltuk. az összefüggés alkalmazásakor a homogénnek tekintendő szélmező sebességét a tényleges szélmező átlagos sebességével vesszük számításba.

Immisszió megfigyelési pontja (a szennyeződés környezeti behatása): talajszinten vagy annak közvetlen közelében átlagolás a  $z = 0 \dots H$  tartományon:

$$u(\text{átl.}) = \frac{1}{H} \cdot \int_0^H u(z) \cdot dz = \frac{1}{H} \cdot \int_0^H u_1 \cdot \left(\frac{z}{z_1}\right)^p \cdot dz = u_1 \cdot \frac{H^p}{(1+p) \cdot z_1^p} = \frac{u(H)}{p+1} \quad (19)$$

**Felhasznált irodalom**

1. Dr. Vad János – BGME, Bp. előadása alapján
2. Gács Iván: Szennyezőanyagok légköri terjedése. Előadásjegyzet. BME Energetika Tanszék, 1996.
3. MSZ 21459/5-85. Légszennyező anyagok transzmissziójának meghatározása. A kibocsátás effektív magasságának meghatározása.
4. Sutton, O.G.: Micrometeorology. Mcgraw Hill, London, 1953.
5. Szepesi D.: Légszennyező anyagok turbulens diffúziójának meteorológiai feltételei Magyarországon. OMI Hivatalos Kiadványai XXXII. Budapest, 1967.
6. Rákóczi Ferenc: Életterünk a légkör. Mundus Magyar Egyetemi Kiadó, Budapest 1998.
7. MSZ 21457/4-80. Légszennyező anyagok transzmissziós paraméterei. A turbulens szóródás mértékének meghatározása.

A felületi forrásokból származó emissziók által okozott várható rövid idejű koncentrációk (immissziók) becslését a pontforrásoknál alkalmazott módszer szerint is elvégezhetjük az alábbi kiegészítéssel.

Az MSZ 21457/4 2.2. szakaszában leírtak szerint meghatározott turbulens szóródási együtthatókat az alábbiak szerinti  $\sigma_{yt}$  és  $\sigma_{zt}$  együtthatókkal helyettesítjük:

$$\sigma_{yt} = \sqrt{(\sigma_{y0}^2 + \sigma_y^2)} \text{ [m]}$$

$$\sigma_{zt} = \sqrt{(\sigma_{z0}^2 + \sigma_z^2)} \text{ [m]}$$

ahol:  $\sigma_{y0}$  a vízszintes irányú kezdeti szóródási együttható, amely a területi forrás szélességének 4,3-del osztott értéke, m;

$\sigma_{z0}$  a függőleges irányú kezdeti szóródási együttható, amely a területi forrás magasságának 2,15-dal osztott értéke, m;

Ha a szélsébség 2 m/s-nál kisebb, a MSZ 21457/4 2.2. szakaszában lévő  $\sigma_y$  egyenlete a következőképpen módosul:

$$\sigma_{ym} = 4 \cdot \sigma_y \text{ [m]}$$

Hangsúlyozzuk, hogy e becslés csak durva közelítésként használható és a kibocsátás pontja a felületi forrás geometriai közepe.

Tapasztalat szerint a hatástávolság.exe túlbecsüli a várható hatástávolságot.

A bűzterheltségek átlagos eloszlásának modellezésére az AERMOD View szoftvert használtuk.

**A modell figyelembe veszi mind ezen paramétereket.** A meteorológiai adatbázis óránkénti felbontásban tartalmazza egy teljes év (8760 óra) folyamán a légköri állapotok változását.

Az AERMOD modell meteorológiai szempontból elsősorban a planetáris határréteg (PBL – Planetary Boundary Layer) állapotát írja le. Az input meteorológiai adatokat az AERMET előfeldolgozó dolgozza fel (gaftp.epa.gov).

Az AERMOD lényegében három meteorológiai tényezőt modellez részletesen:

1. szélmező,
2. turbulencia,
3. légköri stabilitás.

Ezek alapján számítja a légszennyező anyagok:

- hígulását,
- terjedését,
- ülepedését,
- talajközeli koncentrációját.

A modell által figyelembe vett fő meteorológiai paraméterek:

#### **Alap meteorológiai bemenetek**

- szélsébség
- szélirány
- levegőhőmérséklet
- felhőzet
- légnyomás
- relatív nedvesség
- globálsugárzás / napsugárzás
- csapadék (bizonyos alkalmazásoknál)

#### **Felszíni és határréteg-paraméterek**

Az AERMET ezekből számolja a diszperzióhoz szükséges turbulencia-paramétereket:

- súrlódási sebesség (friction velocity,  $u^*$ )
- Monin–Obukhov-hossz (L)
- keveredési réteg magassága (mixing height)
- konvektív sebességskála ( $w^*$ )
- felszíni hőfluxus
- hőmérsékleti skála
- turbulencia intenzitás
- stabilitási állapot (stabil / neutrális / instabil rétegződés) ([journals.ametsoc.org](http://journals.ametsoc.org))

A Monin–Obukhov-hossz az egyik legfontosabb stabilitási paraméter:

$$L = -\frac{u_*^3 \overline{\theta_v}}{kg(w'\theta_v')}$$

Ez mutatja meg, hogy a turbulenciát inkább a mechanikai nyírás (szél), vagy a felhajtóerő (hőmérsékleti különbség) generálja-e.

### Felszínjellemzők (land use)

A modell külön figyelembe veszi:

- felszíni érdesség ( $z_0$ )
- albedó (a felszín visszaverő képességét jelenti, azt mutatja meg, hogy a beérkező napsugárzás mekkora részét veri vissza a felszín.
- Bowen-arány (a felszín energiaforgalmának egyik fontos meteorológiai paramétere. Azt mutatja meg, hogy a felszínre érkező energia mekkora része fordítódik a levegő közvetlen melegítésére (**szenzibilis hőfluxus**), illetve párolgásra (**látens hőfluxus**).
- domborzat
- városi/vidéki környezet

mert ezek jelentősen módosítják a turbulenciát és a szélprofil. ([gaftp.epa.gov](http://gaftp.epa.gov))

### Magassági meteorológiai adatok

Az AERMOD nemcsak felszíni, hanem magaslégköri adatokat is használ:

- rádiószondás profilok
- vertikális szélprofil
- vertikális hőmérsékleti profil
- inverziós rétegek

Ezek szükségesek a keveredési magasság és a stabilitás meghatározásához.

A terheltségek 95%-os percentilisét vizsgáltuk 200 m x 200 m méretű rácshálóban, összesen 3721 pontban.

A **95%-os percentilis** azt jelenti, hogy a számított légszennyezési értékek **95%-a ennél az értéknél kisebb vagy egyenlő**, az esetek 5%-ában fordul elő ennél magasabb koncentráció.

Ha egy év minden órájára kiszámoljuk a szennyezőanyag-koncentrációt, akkor a 95. percentilis az az érték, amelyet a vizsgált időszak (1 év) 95%-ában nem lép túl a szennyezettség ( $8760 \text{ óra/év} * 95\% = 8322 \text{ óra/év} \approx 347 \text{ nap/év}$ ).

Ez nem a legnagyobb érték, hanem egy jellemzően magas, de még nem szélsőséges levegőterheltség.

A legnagyobb (maximum) érték egy ritka, rendkívüli időjárási helyzet miatt alakul ki. A 95% percentilis jobban mutatja a rendszeres terheltséget.

Környezetvédelmi vizsgálatokban ezt használjuk annak megítélésére, hogy a kibocsátás mennyire jelentős.

A várható átlagos hatástávolságot mutatják be az alábbi térképek.

A hatástávolságot a modell a diffúz forrás geometriai közepétől számolja.

