

7. melléklet

A Paksi Atomerőmű Rt. területén található dízel-generátorok levegőtisztaság-védelmi hatásterületének meghatározása a terjedés számítógépes modellezésével

TARTALOMJEGYZÉK

1. A légszennyező anyagok légköri terjedését leíró matematikai modell.....	1
2. PIELSTICK típusú dízel-generátor	3
2.1. A kibocsátó forrás jellemző adatai, a modell kiinduló paramétereinek meghatározása	3
2.2. A hatásterület változásának meghatározása	4
2.3. Összefoglalás.....	5
3. A 10QD01 (15 D100) típusú dízel-generátor.....	8
3.1. A kibocsátó forrás jellemző adatai, a modell kiinduló paramétereinek meghatározása	8
3.2. A hatásterület változásának meghatározása	8
3.3. Összefoglalás.....	10

1. A légszennyező anyagok légköri terjedését leíró matematikai modell

A terjedési vizsgálatok alapja a légszennyező anyagok légköri terjedését leíró diszperziós modell. A folytonos pontforrás rövid átlagolási időtartamra vonatkozó szennyező hatásának számításával az MSZ 21459/1-81 számú szabvány foglalkozik.

Folytonos pontforrás gázállapotú szennyezőanyag és 10 µm-nél kisebb átmérőjű szilárd részecske kibocsátása következtében a rövid idejű (1 óra) átlagolási időtartamra vonatkozó koncentrációt (C_{G1}) a felszínközeli receptorpontban, ha kis terjedési távolságok esetén eltekintünk a gázállapotú szennyezőanyag kimosódásától, száraz ülepedésétől, valamint kémiai átalakulásától, a következőképpen határozzuk meg:

$$C_{G1} \cong \frac{E_G}{\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u_m} \cdot \text{Exp} \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \quad \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right]$$

ahol:

E_g folytonosan működő pontforrás rövid átlagolási időtartamra vonatkozó gázállapotú szennyezőanyag emissziója [mg/s];

H a pontforrás effektív kéménymagassága [m];

u_m folytonos pontforrás füstfáklyájára jellemző szélesség rövid időtartam alatti középértéke [m/s];

σ_y, σ_z folytonos pontforrás esetén a füstfáklya szélre merőleges vízszintes, illetve függőleges turbulens szóródási együtthatója (MSZ 21457/4) [m];

$$\sigma_y = ax^b; \sigma_z = cx^d; a = 0,08(6p^{-0,33} + 1 - \ln(H/z_0)); b = 0,367(2,5 - p);$$

$$c = 0,38p^{1/3}(8,7 - \ln(H/z_0)); d = 1,55 \exp(-2,35p)$$

x – a forrástól való távolság a szélirányban (m);

p – a szélprofil egyenlet kitevője (szélexponens);

Z_0 – az érdességi paraméter (a forrás környezetében, szélirányfüggő).

A modell alkalmazásához szükséges terjedési jellemzők meghatározását a következőkben foglaljuk össze.

Effektív kéménymagasság és az emelkedő füstfáklyára jellemző szélesség

A két jellemző meghatározásával az MSZ 21459/5-85 sz. szabvány foglalkozik.

Ha a kibocsátott véggáz és a környezeti levegő közötti hőmérséklet-különbség 50 °C-nál nagyobb, akkor a pontforrás járulékos kéménymagasságát a következő összefüggéssel határozzuk meg:

$$\Delta h = \frac{2,7 \cdot Q_h^{1/2}}{u^3} \quad [m]$$

ahol: Q_h – a kibocsátás hőárama [kW];

u – az emelkedő füstfáklyára jellemző szélesség [m/s].

Az effektív kéménymagasság a következő képlettel számítható:

$$H = h + \Delta h \quad [m]$$

ahol: h – a tényleges kéménymagasság [m].

Ha a $v < 1,5 \times u(h)$, akkor a leáramlás figyelembevételével korrigált tényleges kéménymagasság a következő:

$$h_k = h + 2 \cdot \left[\frac{v}{u(h)} - 1,5 \right] \cdot d \quad [m]$$

ahol $u(h)$ – szélsébség a tényleges kéménymagasságban [m/s];
 v – a szennyezett levegő kiáramlási sebessége a kilépésnél [m/s];
 d – a kürtőtorok átmérője [m].

A hőkibocsátás számítására a következő egyszerűsített összefüggés használható:

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

ahol T_s – a kiáramló gáz hőmérséklete [K];
 T_h – a környező levegő hőmérséklete [K];
 v – a szennyezett levegő kiáramlási sebessége a kilépésnél [m/s];
 d – a kürtőtorok átmérője [m].

A tényleges kéménymagasság és a kibocsátás effektív magassága közötti tartományra jellemző átlagos szélsébséget az

$$u(h) = u_0 \cdot \left(\frac{h}{h_0} \right)^p \quad \left[\frac{m}{s} \right]$$

ahol: h – a talajfelszíntől mért függőleges távolság [m];
 h_0 – a szélmérőhely magassága [m];
 u_0 – szélsébség a szélmérőhely magasságban [m/s].

szélprofilegnyenlet alapján az

$$\bar{u} = \frac{u_0}{(p+1) \cdot h_0^p} \cdot \frac{H^{p+1} - h^{p+1}}{H - h} \quad \left[\frac{m}{s} \right]$$

ahol: H – az effektív kéménymagasság [m];
 h – a tényleges kéménymagasság [m].

egyenlet írja le.

Pontforrások esetében az effektív kéménymagasság meghatározására az ismertett egyenletrendszernek nincs explicit megoldása, a számítás elvégzésére iterációt kell alkalmazni. Az iterációt gépi számítással a következő módon célszerű elvégezni:

1. lépés: kiinduló értéként \bar{u} legyen egyenlő u_0 -val;
2. lépés: az \bar{u} pillanatnyi értékével kiszámítjuk a kibocsátás effektív magasságának értékét;
3. lépés: H számított értékével meghatározzuk \bar{u} új értékét;
4. lépés: \bar{u} új és előző értékét összehasonlítjuk.

Ha az eltérés 1 %-os hibahatáron belül van, akkor vége a számításnak, ellenkező esetben vissza kell térni a 2. lépéshez. A megengedett relatív hibának 1 %-ot feltételezve, az iteráció általában 3-4 ciklus után befejeződik.

A szennyező hatás meghatározásához szükséges tényezők (pl. transzmissziós paraméterek) számítása a „Légszennyező anyagok terjedésének meteorológiai jellemzői.” c. MSZ 21457-1-6:2002 sz. szabványsorozat alapján történhet. Mivel ez utóbbi alkalmazásához – a terjedési tényezők meghatározásához – szükséges reprezentatív magaslégköri meteorológiai mérési adatok nem állnak rendelkezésre, a transzmissziós paraméterek meghatározását a korábban érvényben lévő MSZ 21457-1-4:1979-1980 számú, „Légszennyező anyagok transzmissziós paramétereit.” című szabványsorozat alapján végeztük el.

2. PIELSTICK típusú dízel-generátor

2.1. A kibocsátó forrás jellemző adatai, a modell kiinduló paramétereinek meghatározása

A dízel-generátorok az üzemkészség ellenőrzésére évente 15-20 órát üzemelnek, egy időben csak egy dízel-generátor működését ellenőrzik. Egyszerre több generátort – ha az szükségessé válik – csak havária esetén indítanak be. Ennek megfelelően a vizsgálatok egy darab, 2100 kW névleges teljesítményű dízel-generátor levegőtisztaság-védelmi hatásaira irányultak.

A számítások során figyelembe vett kibocsátási jellemzői a 2100 kW névleges teljesítményű dízel-generátornak a következők:

- a kürtő magassága 6 m,
- a kéménytornoknál a kilépési felület $0,096 \text{ m}^2$ (a kéménytornyok átmérője 0,35 m),
- a kilépő hordozógáz áramlási sebessége 27 m/s,
- a kilépő hordozógáz térfogatárama $9347 \text{ Nm}^3/\text{h}$,
- a kilépő hordozógáz hőmérséklete 597,5 K,
- vizsgált kibocsátások:
 - ◇ szén-monoxid $233,02 \text{ mg}/\text{Nm}^3$, azaz $2,178 \text{ kg}/\text{h}$,
 - ◇ nitrogén-oxidok $2569,03 \text{ mg}/\text{Nm}^3$, azaz $24,012 \text{ kg}/\text{h}$.

Pakson a régióra jellemző OMSZ adatok alapján, a szélirányok és a szélerőségek relatív gyakoriságának figyelembevételével, az éves súlyozott átlagos szélsébség talajszinten (2 m magasságban) 2,3 m/s. A terjedés vizsgálatánál – a vonatkozó előírásoknak megfelelően – a légszennyező forrás környezetében leggyakoribb meteorológiai viszonyokat vettük figyelembe, aminek megfelelően a légköri stabilitást semleges (D ill. S6) stabilitási kategóriával jellemeztük. A szélsébség-profilegyszerű exponense erre a stabilitási

kategóriára vonatkozóan $p=0,282$, a légköri stabilitástól függő korrekciós tényező pedig $k=1,05$.

A környezeti levegő átlagos hőmérsékletét $T_k = 283$ K-re, a z_0 érdességi paraméter értékét 0,3 m-re (füves ill. fás-bokros sík terület) vettük fel.

Mivel a kürtő esetén a kibocsátott véggáz és a környezeti levegő közötti hőmérséklet-különbség 50 °C-nál nagyobb, a pontforrás járulékos kéménymagasságát a bevezetésben bemutatott iterációs számítási eljárás alapján határoztuk meg. A terjedésvizsgálathoz szükséges számított adatok a dízel-generátor kürtőjénél ennek megfelelően a következők:

- az effektív kéménymagasság 24,43 méter,
- a füstfáklyára jellemző átlagos szélesség 4,68 m/s.

2.2. A hatásterület változásának meghatározása

A légszennyező forrás közvetlen hatásterülete a vizsgált légszennyező forrás körül lehatárolható azon legnagyobb terület, ahol a forrás által kibocsátott légszennyező anyag terjedése következtében várható, a vonatkozási időtartamra számított, szabványokban rögzített módon meghatározott, a légszennyező forrás környezetében fellépő leggyakoribb meteorológiai viszonyok mellett, a füstfáklya tengelye alatti talajközeli légszennyezettség változás:

- a) az egy órás maximális érték 80 %-ánál nagyobb, vagy
- b) az egy órás légszennyezettségi határérték 10 %-ánál nagyobb, vagy
- c) a terhelhetőség 20 %-ánál nagyobb (terhelhetőség: a légszennyezettségi határérték és az alap szennyezettség különbsége).

Az vizsgált területen a közvetlen források által nem befolyásolt alap szennyezettség értéke a Környezetvédelmi Minisztérium megrendelésére 2000-ben készült „A levegőszennyezettség mértéke Magyarország településein. Tanulmány és adattár.” című kiadványban szereplő adatok, a Környezetvédelmi Felügyelőség mérései, valamint modellszámítások alapján az alábbiak: $\text{NO}_2 - 10,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $\text{CO} - 1385 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A budapesti Phare monitorok mérési adatai alapján – amelyek párhuzamosan a NO_2 és a NO_x koncentrációt is mérik – a NO_2 esetén mért értékek 1,7-szerese felel meg a nitrogén-oxidok értékének, ennek megfelelően nitrogén-oxidok esetén a feltételezett alap szennyezettség $18,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A hatásterület meghatározásához szükséges légszennyezettségi határértékek és a terhelhetőség értékei a következők:

- CO – egy órás légszennyezettségi határérték $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ennek 10 %-a $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a terhelhetőség $8615 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ennek 20 %-a $1723 \mu\text{g}/\text{m}^3$),
- NO_x – egy órás légszennyezettségi határérték $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ennek 10 %-a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a terhelhetőség $181,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ennek 20 %-a $36,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Az eddig leírtak alapján az 1.-2. ábrákon a vizsgált kibocsátó pontforrásból – a dízel-generátor kürtőjéből – származó légszennyező anyagokra vonatkozóan a rövid idejű (1 óra) átlagolási időtartamra vonatkozó talajközeli légszennyezettség változás látható a 2100 kW névleges teljesítményű dízel-generátorok elhelyezési területének középpontjától, szélirányban távolodva. A hatásterület meghatározásához nyújt segítséget az 1. táblázat. Ebben feltüntetésre kerültek a korábban megfogalmazott **a**, **b** és **c** pontok alapján meghatározott távolságok.

1. táblázat: A hatásterület meghatározása az egyes szempontok alapján

Légszennyező anyag	Kialakuló maximális koncentráció [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Kialakuló maximális koncentráció távolsága [m]	<i>a.</i> [m]	<i>b.</i> [m]	<i>c.</i> [m]
CO	54	31	49	a maximális koncentráció nem éri el az egy órás légszennyezettségi határérték 10 %-át	a maximális koncentráció nem éri el a terhelhetőség 20 %-át
Nitrogén-oxidok	590	31	49	495	317

Jelmagyarázat:

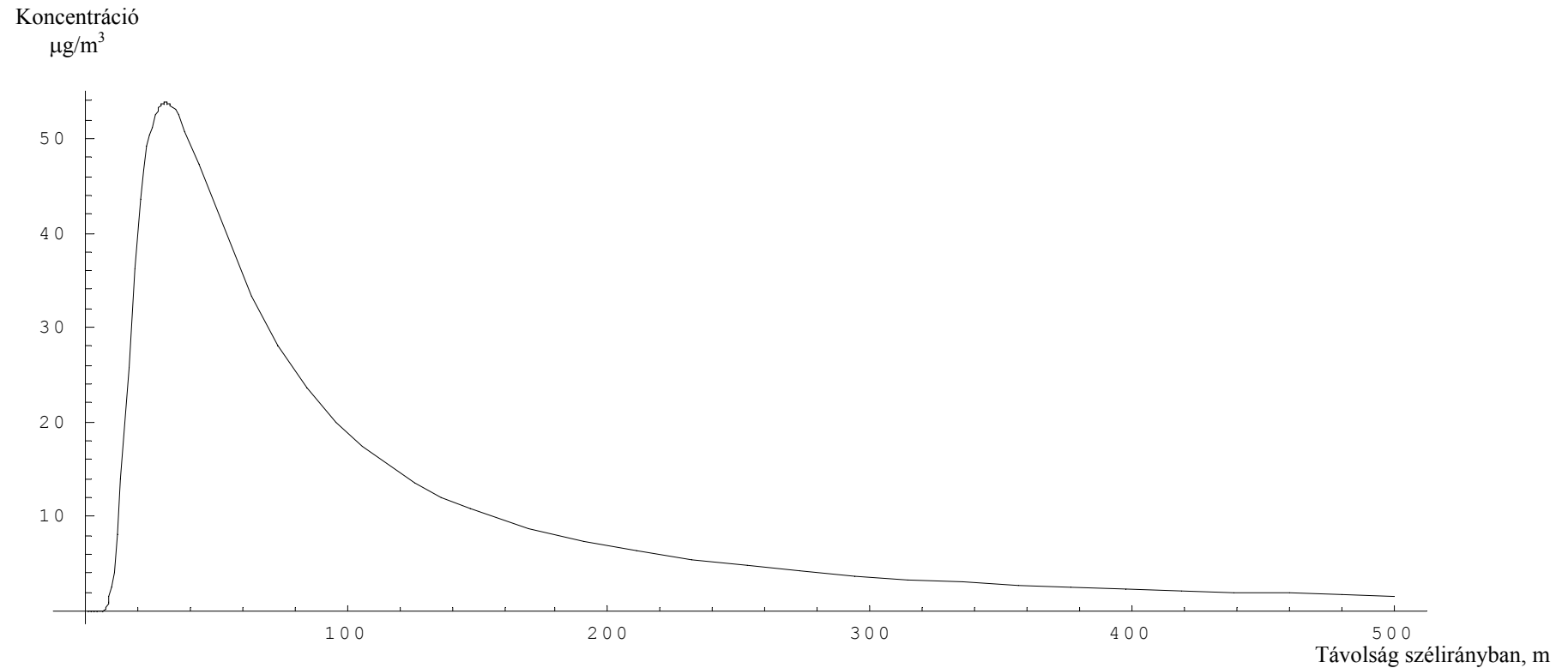
Az a távolság, ahol a meghatározott koncentráció

- az egy órás maximális érték 80 %-ánál nagyobb,*
- az egy órás légszennyezettségi határérték 10 %-ánál nagyobb,*
- a terhelhetőség 20 %-ánál nagyobb (terhelhetőség: a légszennyezettségi határérték és az alap szennyezettség különbsége).*

2.3. Összefoglalás

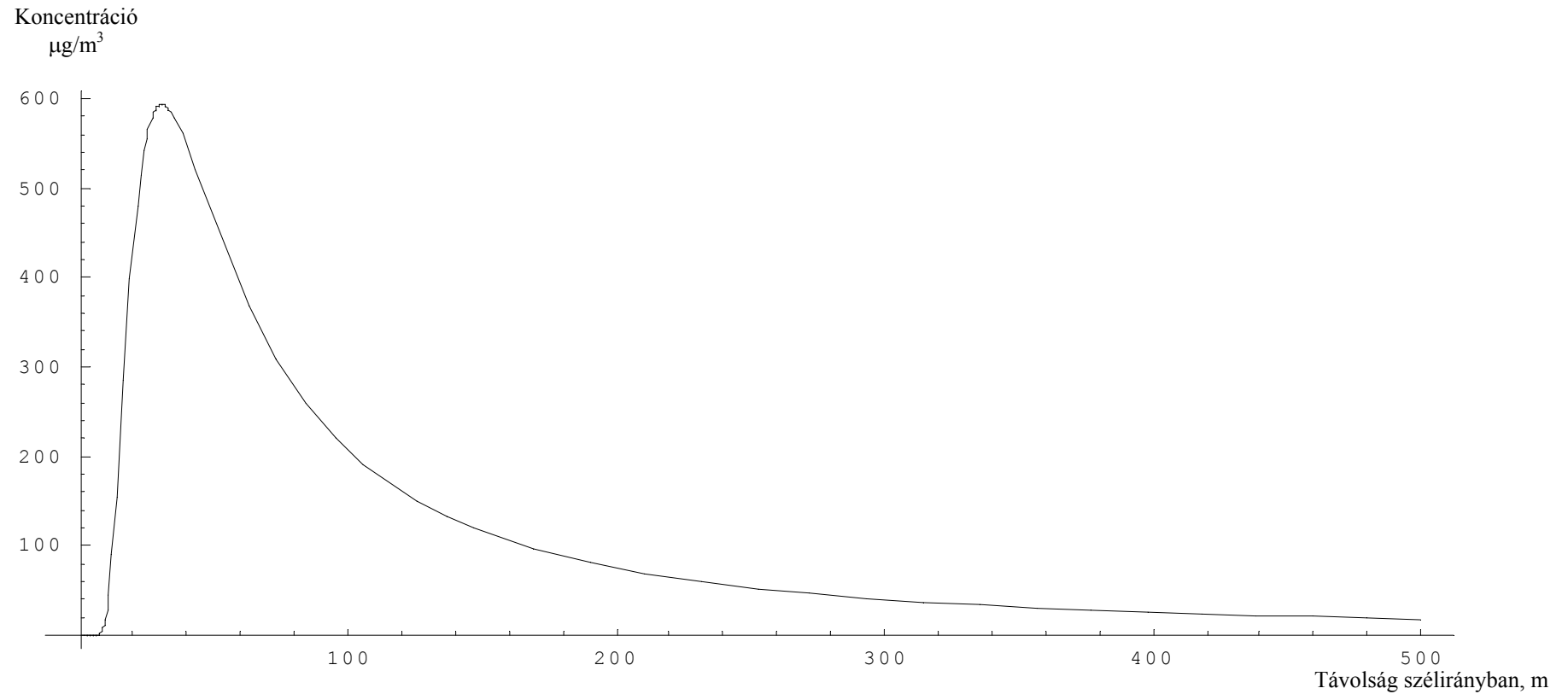
A vizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált dízel-generátor, mint légszennyező forrás hatásterülete a nitrogén-oxidoknál a „*b*” esetben a legnagyobb. **Ennek megfelelően a meghatározott hatásterület egy, a 2100 kW névleges teljesítményű dízel-generátorok elhelyezési területének középpontja köré írható 495 méter sugarú körön belül van.**

A dízel-generátorok elhelyezési területe az erőmű telekhatárától 350-400 méterre található. Mindenképp hangsúlyozni kell, hogy *az erőmű telekhatárán kívül* a vizsgált dízel-generátor üzemkészséget ellenőrző működtetéséből származó vizsgált kibocsátások hatására *a kialakuló légszennyező anyag koncentrációk – az alap szennyezettséget is figyelembe véve – jóval kisebbek, mint a vonatkozó légszennyezettségi határértékek* (a telekhatáron a szén-monoxid esetén a légszennyezettségi határérték megközelítőleg 14 %-a, nitrogén-oxidok esetén pedig 29 %-a).



1. ábra

A szén-monoxid esetén a rövid idejű (1 óra) átlagolási időtartamra vonatkozó talajközeli légszennyezettség változás a dízel-generátorok elhelyezési területének középpontjától szélirányban távolodva



2. ábra

A nitrogén-oxidok esetén a rövid idejű (1 óra) átlagolási időtartamra vonatkozó talajközeli légszennyezettség változás a dízel-generátorok elhelyezési területének középpontjától szélirányban távolodva

3. A 10QD01 (15 D100) típusú dízel-generátor

3.1. A kibocsátó forrás jellemző adatai, a modell kiinduló paramétereinek meghatározása

A dízel-generátorok az üzemkészség ellenőrzésére évente 15-20 órát üzemelnek, egy időben csak egy dízel-generátor működik. Egyszerre több generátort csak havária esetén indítanak be. Ennek megfelelően a vizsgálatok egy darab, 1600 kW névleges teljesítményű dízel-generátor levegőtisztaság-védelmi hatásaira irányultak.

Az 1600 kW névleges teljesítményű dízel-generátor számítások során figyelembe vett kibocsátási jellemzői a következők:

- a kürtő magassága 14 m,
- a kéménytoroknál a kilépési felület $0,28 \text{ m}^2$ (a kéménytorok átmérője 0,6 m),
- a kilépő hordozógáz áramlási sebessége 7,06 m/s,
- a kilépő hordozógáz térfogatárama $7121 \text{ Nm}^3/\text{h}$,
- a kilépő hordozógáz hőmérséklete 597,5 K,
- vizsgált kibocsátások:
 - ◊ szén-monoxid $420,94 \text{ mg/Nm}^3$, azaz 2,99 kg/h,
 - ◊ nitrogén-oxidok $4342,18 \text{ mg/Nm}^3$, azaz 30,92 kg/h.

Pakson a régióra jellemző OMSZ adatok alapján, a szélirányok és a szélerekségek relatív gyakoriságának figyelembevételével, az éves súlyozott átlagos szélsébsesség talajszinten (2 m magasságban) 2,3 m/s. A terjedés vizsgálatánál – a vonatkozó előírásoknak megfelelően – a légszennyező forrás környezetében leggyakoribb meteorológiai viszonyokat vettük figyelembe. Ennek megfelelően a légköri stabilitást semleges (D ill. S6) stabilitási kategóriával jellemeztük. A szélsébsesség-profilegysenlet exponense erre a stabilitási kategóriára vonatkozóan $p=0,282$, a légköri stabilitástól függő korrekciós tényező pedig $k=1,05$.

A környezeti levegő átlagos hőmérsékletét $T_k = 283 \text{ K}$ -re, a z_0 érdességi paraméter értékét 0,3 m-re (füves ill. fás-bokros sík terület) vettük fel.

Mivel a kürtő esetén a kibocsátott véggáz és a környezeti levegő közötti hőmérséklet-különbség $50 \text{ }^\circ\text{C}$ -nál nagyobb, így a pontforrás járulékos kéménymagasságát a bevezetésben bemutatott iterációs számítási eljárás alapján határoztuk meg. A terjedés vizsgálatához szükséges számított adatok a dízel-generátor kürtőjénél ennek megfelelően a következők:

- az effektív kéménymagasság 29,56 méter,
- a füstfáklyára jellemző átlagos szélsébsesség 4,92 m/s.

3.2. A hatásterület változásának meghatározása

A légszennyező forrás közvetlen hatásterülete a vizsgált légszennyező forrás körül lehatárolható azon legnagyobb terület, ahol a forrás által kibocsátott légszennyező anyag terjedése következtében várható, a vonatkozó időtartamra számított, szabványokban rögzített módon meghatározott, a légszennyező forrás környezetében fellépő leggyakoribb meteorológiai viszonyok mellett, a füstfáklya tengelye alatti talajközeli légszennyezettség változás:

- a) az egy órás maximális érték 80 %-ánál nagyobb, vagy
- b) az egy órás légszennyezettségi határérték 10 %-ánál nagyobb, vagy
- c) a terhelhetőség 20 %-ánál nagyobb (terhelhetőség: a légszennyezettségi határérték és az alap szennyezettség különbsége).

Az vizsgált területen a közvetlen források által nem befolyásolt alap szennyezettség értéke a Környezetvédelmi Minisztérium megrendelésére 2000-ben készült „*A levegőszennyezettség mértéke Magyarország településein. Tanulmány és adattár.*” c. kiadványban szereplő adatok, a Környezetvédelmi Felügyelőség mérései, valamint modellszámítások alapján az alábbiak: NO₂ – 10,7 µg/m³; CO – 1385 µg/m³. A budapesti Phare monitorok mérési adatai alapján – amelyek párhuzamosan a NO₂ és a NO_x koncentrációt is mérik – a NO₂ esetén mért értékek 1,7-szerese felel meg a nitrogén-oxidok értékének, ennek megfelelően nitrogén-oxidok esetén a feltételezett alap szennyezettség 18,19 µg/m³.

A hatásterület meghatározásához szükséges légszennyezettségi határértékek és a terhelhetőség értékei a következők:

- CO – egy órás légszennyezettségi határérték 10000 µg/m³ (ennek 10 %-a 1000 µg/m³), a terhelhetőség 8615 µg/m³ (ennek 20 %-a 1723 µg/m³),
- NO_x – egy órás légszennyezettségi határérték 200 µg/m³ (ennek 10 %-a 20 µg/m³), a terhelhetőség 181,81 µg/m³ (ennek 20 %-a 36,36 µg/m³).

Az eddig leírtak alapján a 3.-4. ábrákon a vizsgált kibocsátó pontforrásból – a dízel-generátor kürtőjéből – származó légszennyező anyagokra vonatkozóan a rövid idejű (1 óra) átlagolási időtartamra vonatkozó talajközeli légszennyezettség változás látható az 1600 kW névleges teljesítményű dízel-generátorok elhelyezési területének középpontjától szélirányban távolodva. A hatásterület meghatározásához nyújt segítséget a 2. táblázat. Ebben feltüntetésre kerültek a korábban megfogalmazott **a**, **b** és **c** pontok alapján meghatározott távolságok.

2. táblázat: A hatásterület meghatározása az egyes szempontok alapján

Légszennyező anyag	Kialakuló maximális koncentráció [µg/m ³]	Kialakuló maximális koncentráció távolsága [m]	a. [m]	b. [m]	c. [m]
CO	84	30	46	a maximális koncentráció nem éri el az egy órás légszennyezettségi határérték 10 %-át	a maximális koncentráció nem éri el a terhelhetőség 20 %-át
Nitrogén-oxidok	875	30	46	590	380

Jelmagyarázat:

Az **a** távolság, ahol a meghatározott koncentráció

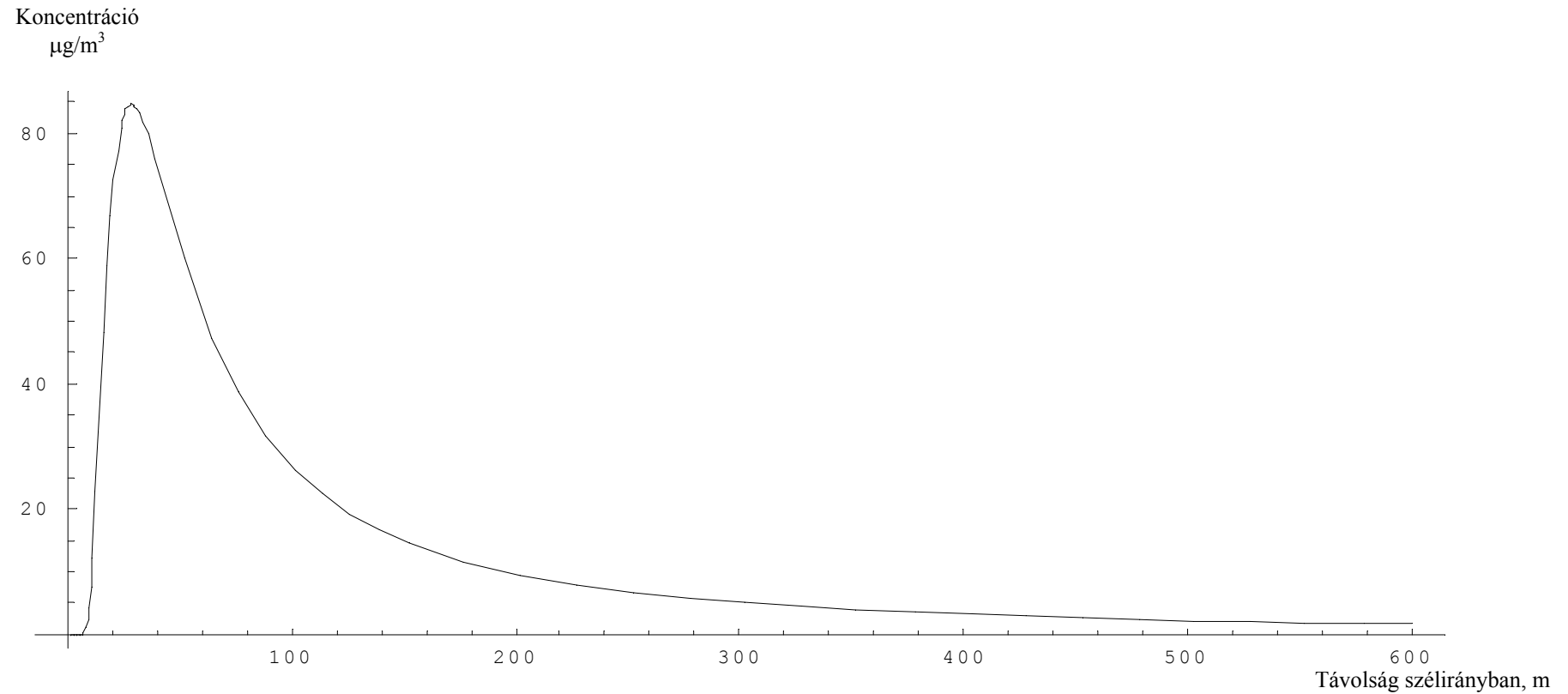
- a. az egy órás maximális érték 80 %-ánál nagyobb,
- b. az egy órás légszennyezettségi határérték 10 %-ánál nagyobb,
- c. a terhelhetőség 20 %-ánál nagyobb (terhelhetőség: a légszennyezettségi határérték és az alap szennyezettség különbsége).

3.3. Összefoglalás

A vizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a (10QD01 (15 D100) típusú, 1600 kW-os biztonsági dízel-generátor, mint légszennyező forrás hatásterülete a nitrogén-oxidoknál a „b” esetben a legnagyobb. **Ennek megfelelően a meghatározott hatásterület egy, az 1600 kW névleges teljesítményű dízel-generátorok elhelyezési területének középpontja köré írható 590 méter sugarú körön belül van.**

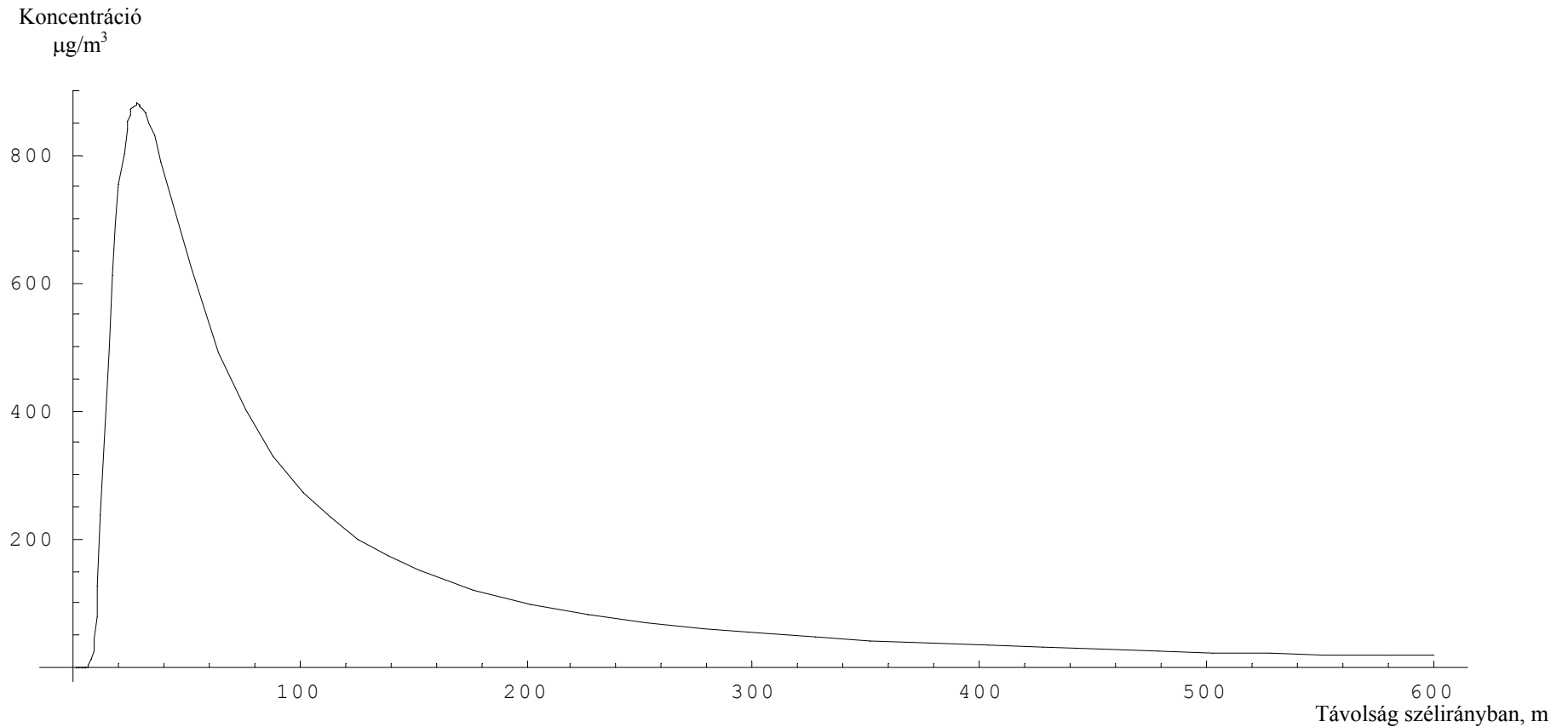
A dízel-generátorok elhelyezési területe az erőmű telekhatárától 350-400 méterre található. Ezért hangsúlyozni kell, hogy az erőmű telekhatárán kívül, a vizsgált dízel-generátor kibocsátásának hatására kialakuló légszennyező anyag koncentrációk – az alap szennyezettséget is figyelembevéve – jóval kisebbek, mint a vonatkozó légszennyezettségi határértékek (a telekhatáron, szén-monoxid esetén a légszennyezettségi határérték megközelítőleg 14,25 %-a, 1425 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; nitrogén-oxidok esetén pedig 34,1 %-a, 68,19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Fentiekből következően a dízel-generátorokból származó légszennyező anyag kibocsátások hatása nem éri el a lakott területek határát.



3. ábra

A szén-monoxid esetén a rövid idejű (1 óra) átlagolási időtartamra vonatkozó talajközeli légszennyezettség változás az 1600 kW-os dízel-generátorok elhelyezési területének középpontjától szélirányban távolodva



4. ábra

A nitrogén-oxidok esetén a rövid idejű (1 óra) átlagolási időtartamra vonatkozó talajközeli légszennyezettség változás az 1600 kW-os dízel-generátorok elhelyezési területének középpontjától szélirányban távolodva