

A Tisza-Therm Fűtőerőmű Kft. 3580 Tiszaújváros, Tisza út 1/d. szám alatti telephelyén üzemelő és tervezett pontforrásból származó légszennyező anyagok légköri terjedésének számítógépes modellezése, a hatásterület meghatározása

Készült: 2019. december

1. A légköri terjedést leíró matematikai modell

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:

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

- E_g** folytonosan működő pontforrás rövid átlagolási időtartamra vonatkozó gázállapotú szennyezőanyag emissziója [mg/s];
H a pontforrás effektív kéménymagassága [m];
u_m folytonos vonalforrás füstfáklyájára jellemző szélesebbesség 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);
Z₀ - az érdességi paraméter (a forrás környezetében, szélirányfüggő).

A σ_y , σ_z horizontális és vertikális diszperziós együtthatók meghatározásával az MSZ 21457/1-7-2002. *Légszennyező anyagok terjedésének meteorológiai jellemzői* című szabványsorozat foglalkozik. A két tényező meghatározásához, a szabványsorozatban leírt matematika számítási formula (matematikai modell) alkalmazásához magaslégköri meteorológiai adatok szükségesek. A szabványsorozat foglalkozik azzal az esettel, amennyiben ezen magaslégköri

meteorológiai adatok a számításához nem állnak rendelkezésre. Ezzel kapcsolatban a szabványsorozat MSZ 21457/6:2002. *Légszennyező anyagok terjedésének meteorológiai jellemzői. A szélesség, a szélirány és a hőmérséklet függőleges profiljának kiszámítása a földfelszín és a 850 hPa nyomási szint között.* című szabványa a következőket tartalmazza (ezen profilok kiszámítása elengedhetetlen feltétele a vertikális diszperziós együtthatók meghatározásának):

„Ha nem ismertek a 925 hPa-os és a 850 hPa-os nyomási szint standard magaslégköri meteorológiai adatai, akkor a felszíni mérésekből számított profilok érvényességi köre a szél mérés szintje (z_m) és a 200 m-es magassági szint közötti légréteg. A felszíni mérésekből számított, a felszínközeli 100 m-es rétegre vonatkozó profilok érvényessége az alsó 200 m-es rétegre terjeszthető ki elfogadható hibával.”

306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet a levegő védelméről az 5. melléklet 13. pontjában a légszennyező pontforrás és diffúz forrás engedélyezéséhez szükséges kérelem tartalmi követelményeivel kapcsolatban a következőt tartalmazza: *„a hatásterület lehatárolása, előzetes vizsgálati eljárás, környezeti hatásvizsgálati eljárás, EKHE-eljárás, környezetvédelmi felülvizsgálati eljárás, hulladékégetés esetén az érvényes szabvány szerinti vagy azzal egyenértékű számítással, egyéb esetben egyszerűsített számítással”.*

Az érvényben lévő, fent említett szabványsorozat a mellékleteiben számítási példákon keresztül bemutatja a leírt matematikai modell alkalmazásának gyakorlati módszereit. Mivel a vizsgált környezetben nem állnak rendelkezésre mértékadó magaslégköri meteorológiai adatok, ezért a jelen vizsgálatokhoz kapcsolódó elővizsgálatok során megvizsgáltuk, hogy a hatásterület lehatárolásához milyen, az érvényes szabvánnyal egyenértékű számítási eljárás alkalmazható. Az elővizsgálatok során a korábban érvényben lévő, MSZ 21457-4:1980. *Légszennyező anyagok transzmissziós paraméterei. A turbulens szóródás mértékének meghatározása.* című szabványban leírt, felszíni meteorológiai méréseken alapuló számítási formula alkalmazhatóságát, az érvényes szabvánnyal való egyenértékűségét vizsgáltuk. Ennek során az érvényben lévő szabványsorozatban bemutatott számítási példák eredményeit, a horizontális, és vertikális diszperziós együtthatók meghatározásának eredményeit vetettük össze a korábban érvényben lévő szabványsorozat alkalmazása során meghatározható, a horizontális és vertikális diszperziós együtthatók meghatározásának eredményeivel. Az elővizsgálatok eredményeit, a horizontális, és vertikális diszperziós együtthatók jelenleg érvényes és korábban érvényben volt szabvány (számítási módszer) alkalmazásával meghatározott értékeit, ezek eltérését az alábbi táblázatokban foglaljuk össze.

A horizontális diszperziós együttható

Pontforrástól való távolság szélirányban, x [m]	Érvényben lévő szabványsorozat alapján, $\sigma_y(x)$ [$m s^{-1}$]	Korábban érvényben lévő szabványsorozat alapján, $\sigma_y(x)$ [$m s^{-1}$]	Eltérés [%]
100	15,95	15,57	-2,4
200	28,57	28,39	-0,6
300	39,43	40,29	2,2
400	49,06	51,67	5,3
500	57,91	62,67	8,2

A vertikális diszperziós együttható

Pontforrástól való távolság szélirányban, x [m]	Érvényben lévő szabványsorozat alapján, $\sigma_z(x)$ [m s ⁻¹]	Korábban érvényben lévő szabványsorozat alapján, $\sigma_z(x)$ [m s ⁻¹]	Eltérés [%]
100	14,00	12,65	-9,6
200	25,30	24,91	-1,5
300	35,08	37,03	5,6
400	43,80	47,08	7,5
500	51,81	56,32	8,7

A horizontális és vertikális diszperziós együtthatók jelenleg érvényes és korábban érvényben volt szabvány (számítási módszer) alkalmazásával meghatározott értékeit tartalmazó fenti táblázatok adatai alapján megállapítható, hogy 500 méteres terjedési távolságig a két számítási módszer összevetésekor a számítási eredmény eltérése legfeljebb 9,6 %. Az érvényben lévő szabványsorozat alapján a felszínközeli szél mérésének pontossági követelményei a légszennyezés terjedésének vizsgálatához a következők: 5 m/s szélesség alatt 0,5 m/s abszolút pontossággal, 5 m/s szélesség felett 10 % relatív pontossággal (a Meteorológiai Világszervezet előírásainak megfelelően). Ennek megfelelően a fenti táblázatban közölt eltérési adatok figyelembe vételével megállapítható, hogy a kis és közepes terjedési távolságokban a jelenleg érvényes és a korábban érvényes szabványban leírt számítási módszerekkel meghatározott diszperziós együtthatók eltérései jóval alatta maradnak a felszínközeli szél mérése során elfogadott abszolút hiba nagyságának. *A fenti táblázatban bemutatott számítási eredmények és a fent leírtak alapján megállapítható, hogy kis és közepes terjedési távolságokban a korábban érvényben lévő szabványban leírt, a horizontális és vertikális diszperziós együtthatók meghatározására alkalmas számítási módszer az ismert és szakmailag elfogadható eltérések ismeretében megfelelő biztonsággal az érvényes szabvánnyal egyenértékű számítási eljárásaként alkalmazható.*

Felületi forrás esetén az adott terület összes emisszióját együttesen veszik figyelembe, és az egész területet olyan forrásnak tekintik, amelynek a kibocsátó forrásnál a kezdeti turbulens szóródási együtthatója σ_{y0} ill. σ_{z0} . A σ_{y0} értéke s oldalhosszúságú, négyzet alakú területi forrás esetén s/4,3. A pontforrásokra alkalmazott terjedési modell ezután a $\sigma_y(x) = \sigma_y(x) + \sigma_{y0}$ értékének figyelembevételével már alkalmazható. A σ_{z0} értéke, ha a kibocsátás a talajfelszínről történik, $\sigma_{z0} = 0$, egyéb esetben σ_{z0} a területi forrás magasságának 2,15-dal osztott értéke.

Folytonos pontforrás gázállapotú szennyezőanyag kibocsátása következtében a receptorpontban kialakuló hosszú átlagolási idejű (pl. napi vagy évi) koncentrációt (\bar{C}) a receptorpontra számított rövid átlagolási idejű részeredmények középértékéből számítjuk a következők szerint:

$$\bar{C} = \sum_u \sum_s f_\theta(u, S) C(x, u, S) \cdot \left[\frac{\mu g}{m^3} \right]$$

$f_\theta(u, S)$ a vizsgált időszakban a θ szélirány, az u szélesség és az S légköri stabilitás-indikátor együttes előfordulásának relatív gyakorisága;
 $C(x, u, S)$ a receptorpontra számított rövid átlagolási idejű (1 óra) átlagolási időtartamra vonatkozó koncentráció [$\mu g/m^3$].

Meg kell jegyezni, hogy ezen formula szerinti számításához a vizsgált légszennyező források közvetlen környezetére jellemzően nem állnak rendelkezésre megfelelő hosszúidejű meteorológiai adatok.

A lokális hosszúidejű meteorológiai adatok hiányában a vonatkozó szabványban és a szakirodalomban közöltek alapján az átszámítás a következő közelítő formulával lehetséges:

$$C_2 = C_1 \cdot \left[\frac{t_1}{t_2} \right]^{0,3} \quad [\mu\text{g}/\text{m}^3]$$

ahol: C_2 az éves időtartamra vonatkozó koncentráció $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$;
 C_1 az 1 órás időtartamra vonatkozó koncentráció $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$;
 t_1 1 óra
 t_2 8760 óra

az értékeket behelyettesítve:

$$C_2 = 0,066 \cdot C_1 \quad [\mu\text{g}/\text{m}^3]$$

Ugyanez az érték 24 órás időtartamra vonatkoztatva:

$$C_2 = 0,385 \cdot C_1 \quad [\mu\text{g}/\text{m}^3]$$

Effektív kéménymagasság és az emelkedő füstfáklyára jellemző szélesebbesség

A két jellemző meghatározásával az MSZ 21459/5-85 sz. szabvány foglalkozik. Ha a kibocsátott véggáz és a környezeti levegő közötti hőmérsékletkülönbség $50\text{ }^\circ\text{C}$ -nál nagyobb, akkor a pontforrás járulékos kéménymagasságát a következő összefüggéssel határozzuk meg:

$$\Delta h = \frac{k}{u} \cdot (1,5 \cdot v \cdot d + 0,0096 \cdot Q_h) \quad [m]$$

ahol: Q_h – a kibocsátás hőárama $[\text{kW}]$;
 u – az emelkedő füstfáklyára jellemző szélesebbesség $[\text{m/s}]$.

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 figyelembe vételével korrigált tényleges kéménymagasság a következő:

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

ahol $u(h)$ – szélesebbesség 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 szélesebbességet 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 – szélesebbesség a szélmérőhely magasságban [m/s].

szélprofil egyenlet 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 korábban leírtaknak megfelelően 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, ill. a terjedési folyamatok esetünkben a kis forrásmagasság miatt a légköri határréteg alsó zónájában mennek végbe, valamint az alkalmazott számítási módszer az érvényes szabvánnyal egyenértékű számítási eljárásként alkalmazható, a transzmissziós paraméterek meghatározását a korábban érvényben lévő MSZ 21457–1-4:1979-1980 számú, „Légszennyező anyagok transzmissziós paraméterei.” című szabványsorozat alapján végeztük el.

2. A kibocsátó források jellemző adatai, a modell kiinduló paramétereinek meghatározása

A terjedésmodellezés tárgyát a Tisza-Therm Fűtőerőmű Kft. Tiszaújváros, Tisza út 1/d. szám alatti telephelyén üzemelő és tervezett pontforrásokból származó kibocsátások levegőtisztaság-védelmi hatásainak vizsgálata képezte.

A Tisza-Therm Fűtőerőmű Kft. Tiszaújváros, Tisza út 1/d. szám alatti telephelyén 2 db gázmotorból (P1 és P2 pontforrás) és 3 db gázkazánból (P3, P4 és P5 pontforrás) álló fűtőerőművet üzemeltet. A gázmotorok és a kazánok külön csarnokrészben kaptak helyet. Az üzemeltető a vizsgált telephelyen újabb gázmotor telepítését tervezi, jelen vizsgálatok ezzel összefüggésben készültek.

A technológia jelenlegi főberendezései és azok adatai a következők:

Gázmotor (2 db.)	
típusa	Wärtsilä 18VW220 SG
villamos teljesítmény	2×3200 kW
termikus teljesítmény	2×3400 kW
villamos hatásfok	39,7%
termikus hatásfok	42,2%
névleges bemenő hőteljesítmény	2x8,061 MW _{th}
Forróvíz-kazán (3 db.)	
típusa	ALSTOM MEGATHERM HF12/16
termikus teljesítmény	3×12 MW _{th}
termikus hatásfok	94,4%
névleges bemenő hőteljesítmény	3x12,710 MW _{th}

A telephelyen üzemeltetett pontforrások technológiai kibocsátási határértékeit a 140 kW_{th} és annál nagyobb, de 50 MW_{th}-nál kisebb teljes névleges bemenő hőteljesítményű tüzelőberendezések működési feltételeiről és légszennyező anyagainak kibocsátási határértékeiről szóló 53/2017. (X. 18.) FM rendelet (továbbiakban: Rendelet) szabályozza. Ez alapján az új technológiai kibocsátási határértékek a következők:

Pontforrások	Légszennyező anyag	M.e.	Határérték
P1, P2	nitrogén-oxidok	mg/m ³	190

gázmotor kémények	összes szénhidrogén	mg/m ³	55
	szén-monoxid	mg/m ³	245

A kibocsátott légszennyezőanyagokra a Rendelet 12. § (2) bekezdése, valamint a Rendelet 1. számú mellékletének 3. pontja szerinti meghatározott határértékeket kell alkalmazni. A mg/m³-ben kifejezett koncentrációk száraz (vízmentes) 273 K hőmérsékletű, 101,3 kPa nyomású, 15 % oxigéntartalmú füstgázra vonatkoznak.

Pontforrások	Légszennyező anyag	M.e.	Határérték
P3, P4, P5 gázkazán kémények	kén-dioxid	mg/m ³	35
	nitrogén-oxidok	mg/m ³	350
	szén-monoxid	mg/m ³	100
	szilárd (nem toxikus) por	mg/m ³	5

A kibocsátott légszennyezőanyagokra a Rendelet 12. § (3) bekezdése, valamint a Rendelet 1. számú mellékletének 1. pontja szerinti meghatározott határértékeket kell alkalmazni. A mg/m³-ben kifejezett koncentrációk száraz (vízmentes) 273 K hőmérsékletű, 101,3 kPa nyomású, 3 % oxigéntartalmú füstgázra vonatkoznak.

A vizsgált két gázmotor kéményei 15 méter magasak, a kibocsátási átmérőjük 0,6 m; a gázkazánok kéményei 36 m magasak, kibocsátási átmérőjük 0,85 m.

A telephelyen jelenleg üzemelő pontforrások kibocsátási jellemzőit az alábbi táblázatban mutatjuk be. A kibocsátási értékeket az elmúlt időszakban végzett legutolsó emisszió mérési eredmények alapján határoztuk meg.

A jelenlegi pontforrások modellezéséhez felhasznált paraméterei

Mérési időpont	Név	Térfogat-áram [m ³ /h]	Kilépő gáz		Kibocsátás		
			hőmérséklete	sebessége	CO	NO ₂	Szénhidrogének
			[C]	[m/s]	[kg/h]		
2018	P1	17700	99,1	17,4	4,038	3,028	1,375
2017	P2	16950	95	16,7	3,941	5,097	0,783
2016	P3	14413	150,9	7,06	0,107	1,418	-
2016	P4	13934	129,8	6,82	0,105	1,471	-
2016	P5	13970	133,9	6,84	0,074	1,384	-

A tervezett új (P6 jelű) pontforrás egy újabb, a már üzemelő pontforrások közvetlen környezetében, konténerben telepített gázmotor.

A telepítendő gázmotor feladata nem a folyamatos energiatermelés lesz, hanem a villamosenergia-hálózat egyensúlyának megteremtésében fog részt venni. Az országos Villamos Energia Rendszerben a Termelt/Import és a Fogyasztás mérlegének egyensúlyban kell lenni. A fellépő hiány és többlet gyors reagálását energiatermelő egységekkel kezelhető le. E cél figyelembevételével a berendezések hőtermelő kapacitása nem kerül kihasználásra, a füstgáz visszahűtés nélkül kerül a kéménybe és így a környezetbe. A motor másik hőtermelő lehetősége, a motorblokk és a kenőolajrendszer hűtése sem kerül hasznosításra, a kényszerűen termelt hő szükséghűtőkön kerül elhűtésre a környezet felé. A motor üzemeltetésének műszaki, de legfőképp gazdasági körülményeinek folyamatos elemzése során kell a hőhasznosítás kiépítéséről a későbbiekben a döntést meghozni.

A telepíteni tervezett JGS 620 GS-NL típusú gázmotor gázmotor legfontosabb jellemzői a szállító által szolgáltatott információk alapján az alábbiak:

A gázmotor adatai (hőhasznosítás nélküli kialakításban I. ütemben):

névleges villamos teljesítmény:	3048 kW _{el}
névleges villamos hatásfok:	42,6 %
névleges termikus hatásfok:	-----
Névleges összhatásfok:	42,6 %
névleges gázfogyasztás (névleges bemenő hőteljesítmény):	7155 kW _{gaz}
(34 MJ/Nm ³ fűtőértékkel számolva 745 Nm ³ /h)	

A gázmotor adatai (hőhasznosítással a későbbi döntés alapján II. ütemben):

névleges villamos teljesítmény:	3048 kW _{el}
névleges villamos hatásfok:	42,86 %
névleges termikus teljesítmény:	3073 kW _{th}
névleges termikus hatásfok:	42,9 %
Névleges összhatásfok:	85,6 %
névleges gázfogyasztás (névleges bemenő hőteljesítmény):	7155 kW _{gaz}
(34 MJ/Nm ³ fűtőértékkel számolva 745 Nm ³ /h)	

Kilépő füstgáz hőmérséklete (100 %): 425 K

Kilépő füstgáz térfogatárama: 13376 Nm³/h

A Szállító cég által szolgáltatott információk alapján az új gázmotor kéménymagassága 10 m lesz, a kilépési átmérő 0,9 m (ezzel a füstgáz kilépési sebessége a kéménytöröknél 6 m/s). Az új gázmotor légszennyező anyag kibocsátását a vonatkozó kibocsátási határértékekkel vettük figyelembe, ezek az alábbiak:

Pontforrás	Légszennyező anyag	M.e.	Határérték
P6 új gázmotor kéménye	nitrogén-oxidok	mg/m ³	95
	összes szénhidrogén	mg/m ³	55
	szén-monoxid	mg/m ³	245

A kibocsátott légszennyezőanyagokra a Rendelet 4. § (5) bekezdése, valamint a Rendelet 5. számú mellékletének 3. pontja szerinti meghatározott határértékeket kell alkalmazni. A mg/m³-ben kifejezett koncentrációk száraz (vízmentes) 273 K hőmérsékletű, 101,3 kPa nyomású, 15 % oxigéntartalmú füstgázra vonatkoznak.

A fenti adatoknak megfelelően a tervezett új gázmotor légszennyező anyag kibocsátásai a következők: nitrogén-oxidok 1,168 kg/h; összes szénhidrogén 0,676 kg/h; szén-monoxid 3,012 kg/h.

A terjedésmodellezés, a levegővédelmi hatásterület meghatározása során a nitrogén-dioxid koncentráció meghatározásakor – mivel a kibocsátási adatok a nitrogén-oxidokra vonatkozó állnak rendelkezésre, de nitrogén-oxidokra jelenleg nem került meghatározásra egészségügyi határérték – a következő megfontolást vettük figyelembe. A nitrogén-oxidok és nitrogén-dioxid párhuzamos levegőterheltségi szint mérése alapján a nitrogén-oxidok koncentráció értéke hosszú időtartamot figyelembe véve átlagosan a nitrogén-dioxid koncentráció 1,7-szeresének felel meg. Ennek megfelelően a nitrogén-dioxid koncentráció értékének meghatározásakor ezt az arányt vettük figyelembe.

A terjedést befolyásoló tényezők

A vizsgált területen a talajszinten (2 m magasságban) mért szélgyakoriság értékek ismeretében a súlyozott átlagos szélesség 2,5 m/s. A terjedés vizsgálatánál a legnagyobb légszennyező anyag kibocsátási állapotot és a légszennyező forrás környezetében leggyakoribb meteorológiai viszonyokat vettük figyelembe, ennek megfelelően a légköri stabilitást semleges (D ill. S6) stabilitási kategóriával jellemeztük. A szélesség-profilegyenlet exponense erre a stabilitási kategóriára vonatkozóan $p=0,282$. A talajfelszínre jellemző z_0 érdességi paramétert az adott viszonyoknak (enyhén tagolt, létesítményekkel, növényzettel borított terület) megfelelően $z_0=0,5$ m értékre vettük fel. A környezeti levegő átlagos hőmérsékletét $T_k = 283$ K-re vettük fel.

A fentebb leírtak, ill. a korábban bemutatott számítási módszerek alapján meghatároztuk a vizsgált pontforrások effektív kéménymagasságát és a diszperziós rétegben jellemző szélességet is. Ennek megfelelően a vizsgált pontforrások esetén a diszperziós jellemzők a következők:

- P1: az effektív kéménymagasság 43,5 m, a szélesség a diszperziós rétegben 5,95 m/s;
- P2: az effektív kéménymagasság 42,7 m, a szélesség a diszperziós rétegben 5,92 m/s;
- P3: az effektív kéménymagasság 62,3 m, a szélesség a diszperziós rétegben 6,6 m/s;
- P4: az effektív kéménymagasság 61,7 m, a szélesség a diszperziós rétegben 6,6 m/s;
- P5: az effektív kéménymagasság 61,8 m, a szélesség a diszperziós rétegben 6,6 m/s;
- P6: az effektív kéménymagasság 34,8 m, a szélesség a diszperziós rétegben 5,6 m/s.

Alap levegőterheltség, a levegőterheltségi szint egészségügyi határértékei

A vizsgált légszennyező anyagok esetén a levegőterheltségi szint egészségügyi határértékei a következők:

- szén-monoxid órás határérték $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, éves határérték $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- nitrogén-dioxid órás határérték $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, éves határérték $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- az összes szénhidrogének esetén a paraffin szénhidrogének, kivéve metán anyagsoportra vonatkozó tervezési irányértéket vettük figyelembe, ennek órás határértéke $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 órás határértéke $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A vizsgált térségben az alap levegőterheltség meghatározásához az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat oszlári automata mérőállomásának 2018. évi mérési eredményei álltak rendelkezésre, ennek megfelelően a szén-monoxid esetén a figyelembe vett alap levegőterheltség $658 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a nitrogén-dioxid esetén pedig $11,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A korábban a vizsgált forrásoknál elvégzett (2007, 2012) terjedésszámítások alapján megállapítható, hogy a hatásterület nagyságát a szén-monoxid, illetve a nitrogén-dioxid kibocsátása esetén célszerű elvégezni, ezért a szénhidrogének esetén (NMCH) a hatásterület meghatározásán nem találtuk indokoltnak elvégezni.

A terjedésvizsgálatnál és a hatásterület meghatározásánál a vizsgált légszennyező anyag kibocsátó források (meglévő és tervezett új pontforrások) kibocsátásait – mivel a források egymás közvetlen környezetében helyezkednek el – egy helyre, a források által meghatározott terület kibocsátási súlypontjába koncentráltuk, és az általuk okozott immissziós értékeket az egyedi terjedési jellemzők figyelembevételével együttesen határoztuk meg.

3. *Vizsgálati eredmények*

Helyhez kötött pontforrás hatásterülete a vizsgált pontforrás körül lehatárolható azon legnagyobb terület, ahol a pontforrás által maximális kapacitáskihasználás mellett kibocsátott légszennyező anyag terjedése következtében a vonatkoztatási időtartamra számított, a légszennyező pontforrás környezetében fellépő leggyakoribb meteorológiai viszonyok mellett, a füstfáklya tengelye alatt várható talajközeli levegőterheltség-változás:

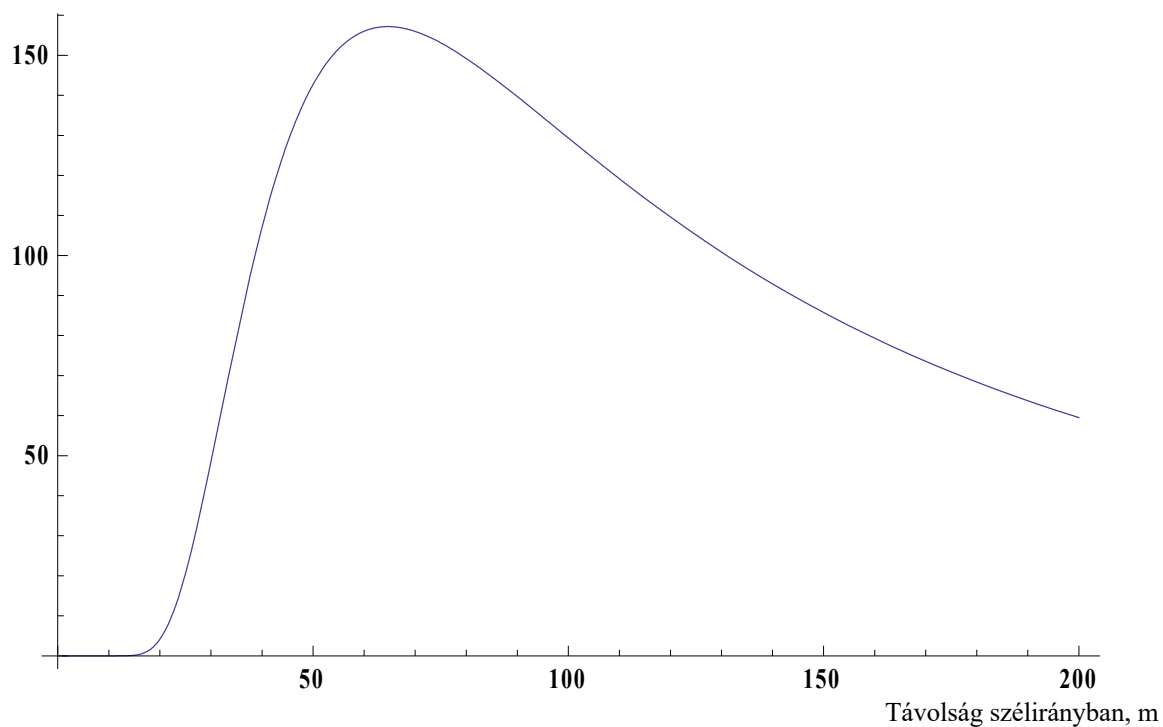
- a) az egy órás (PM10 esetében 24 órás) légszennyezettségi határérték 10 %-ánál nagyobb; vagy
- b) a terhelhetőség 20 %-ánál nagyobb (terhelhetőség: a légszennyezettségi határérték és az alap szennyezettség különbsége);
- c) az egyórás (PM10 esetében 24 órás) maximális érték 80%-ánál nagyobb.

A levegővédelmi követelmények teljesülését a légszennyező forrás hatásterületén biztosítani kell. Helyhez kötött légszennyező forrás létesítésekor és üzemelésekor annak várható levegőterhelése – az alap levegőterheltség figyelembe vételével – nem eredményezheti sem a rövid idejű sem a hosszú idejű egészségügyi határértékek túllépését.

A vizsgált területen a korábban leírtaknak megfelelően a feltételezett alap levegőterheltség mértéke a nitrogén-dioxid esetén $11,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a szén-monoxid esetén $658 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A nitrogén-dioxid esetén az órás légszennyezettségi határérték $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ennek 10 %-a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a terhelhetőség $88,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ennek a 20 %-a $17,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A szén-monoxid esetén az órás légszennyezettségi határérték $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ennek 10 %-a $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a terhelhetőség $9342 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ennek a 20 %-a $1868 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Az elvégzett vizsgálatok eredményeit az **1-2. ábrák**. Az ábrákon a vizsgált légszennyező anyagok rövid idejű (1 óra) átlagolási időtartamra vonatkozó talajközeli koncentrációt mutatjuk be a pontforrástól szélirányban távolodva. A hatásterület meghatározásához nyújt segítséget az *1. táblázat*. Ebben feltüntetésre kerültek a korábban megfogalmazott **a), b) és c)** pontok alapján meghatározott távolságok.

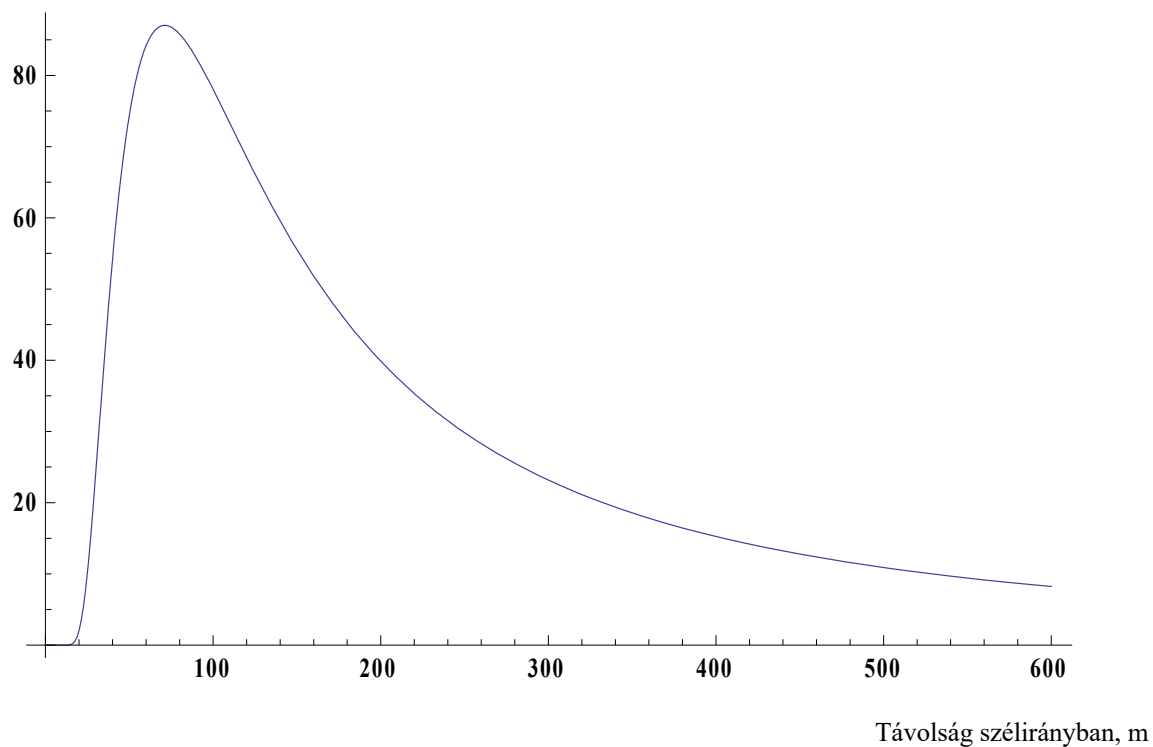
Koncentráció
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



1. ábra

A szén-monoxid esetén a talajközeli rövid idejű (1 óra) légszennyezettség változás a vizsgált pontforrások kibocsátási súlypontjától szélirányban távolodva

Koncentráció
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



2. ábra

A nitrogén-dioxid esetén a talajközeli rövid idejű (1 óra) légszennyezettség változás a vizsgált pontforrások kibocsátási súlypontjától szélirányban távolodva

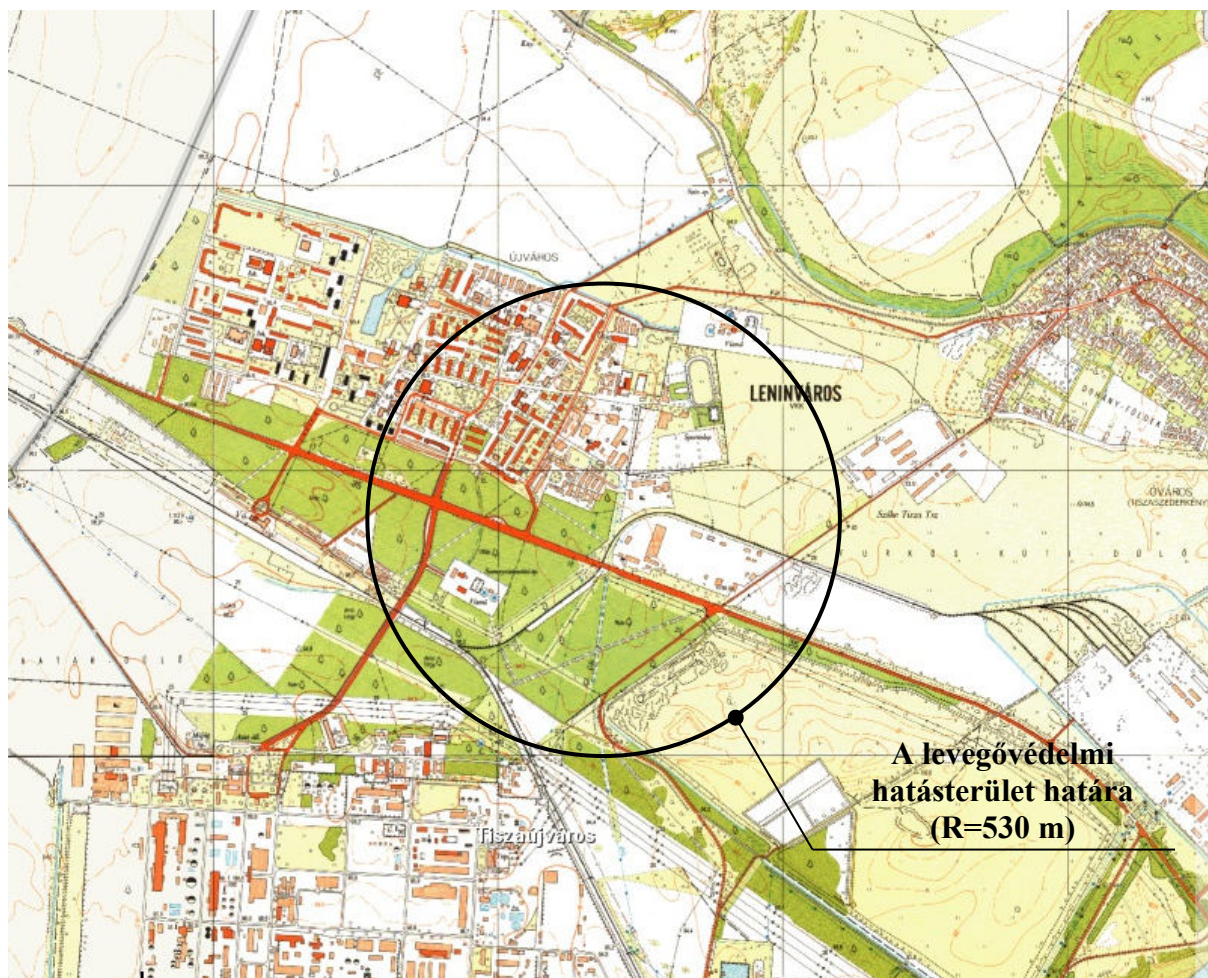
1. táblázat*A hatásterület meghatározása az egyes szempontok alapján*

Légszennyező anyag	Kialakuló maximális koncentráció [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] az alap levegőterheltség nélkül (aránya a figyelembe vett légsz. határértékhez viszonyítva* [%])	A maximális koncentráció távolsága a forrástól [m]	a. [m]	b. [m]	c. [m]
Szén-monoxid	155 (8,13 %)	65	**	***	106
Nitrogén-dioxid	87 (98,4 %)	75	530	363	120

Jelmagyarázat:*Az a távolság, ahol a meghatározott koncentráció**a) az egy órás légszennyezettségi határérték 10 %-ánál nagyobb;**b) a terhelhetőség 20 %-ánál nagyobb (terhelhetőség: a légszennyezettségi határérték és az alap szennyezettség különbsége);*** az alap levegőterheltséget is figyelembe véve;**** a maximális koncentráció nem éri el a légszennyezettségi határérték (tervezési irányérték) 10 %-át;***** a maximális koncentráció nem éri el a terhelhetőség 20 %-át.*

A bemutatott vizsgálati eredmények alapján a következő megállapításokat lehet megfogalmazni.

- 1. A vizsgált pontforrások (gázmotorok és gázkazánok kéményei) kibocsátása miatt kialakuló rövid idejű (1 óra) átlagolási időtartamra vonatkozó maximális talajközeli koncentráció – az alap levegőterheltséget is figyelembe véve – egyik vizsgált légszennyező anyag esetén sem éri el a figyelembe vett levegőterheltségi szint egészségügyi határértéket.** A nitrogén-dioxid esetén a rövid idejű átlagolási időtartamra vonatkozó maximális talajközeli koncentráció – az alap levegőterheltséget is figyelembe véve – a figyelembe vett egészségügyi határérték 98,4 %, ugyanez az érték a szén-monoxid esetén 8,13 %.
- 2. A vizsgált pontforrások (gázmotorok és gázkazánok kéményei) együttes hatásterülete a vizsgált légszennyező anyagok közül a nitrogén-dioxid esetén az a) esetben a legnagyobb, 530 m. Ennek megfelelően a vizsgált pontforrások (gázmotorok és gázkazánok kéményei) együttes hatásterülete egy, a pontforrások kibocsátási súlypontja köré írható 530 méter sugarú körön belül van (3. ábra).**



3. ábra

A meghatározott levegővédelmi hatásterület bemutatása

3. A korábban bemutatott számítási módszerek és az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján az is megállapítható, hogy a hosszú átlagolási idejű (évi) maximális koncentráció és a területre jellemző alap levegőterheltség együttes értéke a nagyobb nyári ill. fűtési időszaki talajközeli légszennyezettség változás esetén:
- a szén-monoxid esetén– az alap levegőterheltséget is figyelembe véve – $667,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, az éves egészségügyi határérték 22,2 %-a;
 - a nitrogén-dioxid esetén– az alap levegőterheltséget is figyelembe véve – $16,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$, az éves egészségügyi határérték 41,55 %-a.

A fentiek alapján összefoglalva megállapítható, hogy a vizsgált pontforrásoknál (gázmotorok és gázkazánok kéményei) a figyelembe vett légszennyező anyag kibocsátások (nitrogén-oxidok, szén-monoxid, elégetlen szénhidrogének) esetén – az alap levegőterheltséget is figyelembe véve – sem a kibocsátások következtében kialakuló rövid idejű (1 óra) átlagolási időtartamra vonatkozó maximális légszennyező anyag koncentráció, sem a hosszú átlagolási idejű (évi) maximális koncentráció nem éri el a vonatkozó egészségügyi határértéket. Megállapítható továbbá az is, hogy a vizsgált már működő pontforrások esetén a kibocsátás mérések során meghatározott kibocsátási értékek megfelelnek a vonatkozó kibocsátási határértéknek. A tervezett új gázmotor kibocsátása a szállítótól származó információk alapján megfelel az érvényben lévő kibocsátási határértékeknek.