

# Üvegházhatású gázok kibocsátásának becslése hulladéklerakóból (depóniagáz)

## 1. Cél és hatály

**A jelen műszaki becslés célja** a hulladéklerakó üvegházhatású gáz (ÜHG) kibocsátásának becslése a megadott üzemeltetési és mennyiségi adatok alapján. A számítás a CH<sub>4</sub> (metán) képződésére és kibocsátására fókuszál, és a kibocsátást CO<sub>2</sub>-egyenértékre (CO<sub>2</sub>e) átszámítja. A módszertan az IPCC 2006 irányelvek szerinti első rendű lebomlási (FOD) megközelítést követi (Tier 1 jelleg).

## 2. Kiinduló adatok

A számítás kiinduló adatai a megbízói adatszolgáltatáson alapulnak:

Paraméter	Érték
Érintett lerakó felület	2.0 ha (≈ 20 000 m <sup>2</sup> )
Átlagos hulladékvastagság	≈ 10 m
Becsült hulladéktest térfogat (ellenőrzés)	≈ 200 000 m <sup>3</sup>
Térfogattömeg (ellenőrzés)	≈ 1.00 t/m <sup>3</sup>
Összes felhalmozott tömeg (hulladék + talajtakarás)	≈ 200 000 t
Rendszeres talajtakarás aránya	7,5 %
Becsült nettó hulladéktömeg (talajtakarás nélkül)	185 000 t
Éves beszállított hulladék mennyiség	≈ 30 000 t/év
Depóniagázkutak	6 db (jelenleg nincs hasznosító/ártalmatlanító rendszerbe kötve)

## 3. Módszertan

A hulladéklerakók ÜHG-terhelésének meghatározó komponense a metán (CH<sub>4</sub>), amely a lerakott biológiailag lebomló szerves anyag anaerob bomlásából képződik. A számítás az IPCC által javasolt FOD-

modellt alkalmazza; ennek lényege, hogy a lebomlás sebessége arányos a lerakóban megmaradó degradálható szerves szénnel.

A felhasznált alapösszefüggések (IPCC):

- $DDOCm = W * DOC * DOCf * MCF$
- $LO \text{ (CH}_4 \text{ potenciál)} = DDOCm * F * (16/12)$
- Éves CH<sub>4</sub>-képződés (FOD, futtatás) a DDOCm-akkumuláció és a k (1/év) alapján
- $CH_4\text{-kibocsátás} = (CH_4\text{-képződés} - R) * (1 - OX)$
- $CO_2e = CH_4\text{-kibocsátás} * GWP_{100}$

#### 4. Alkalmazott paraméterek és indoklás

**DOC (degradálható szerves szén) becslése:** a hulladékösszetételre IPCC regionális adatokat alkalmaztunk (Kelet-Európa, IPCC 2006 Vol.5, Ch2, Table 2.3), és a komponensenkénti DOC-tartalmakat (IPCC 2006 Vol.5, Ch2, Table 2.4). Az inert frakciókra a DOC-t 0-nak vettük. A súlyozott DOC értéke:

**0,14733 t C / t hulladék**

A fő paraméterek (IPCC defaultok) és a jelenlegi üzemállapot:

Paraméter	Alkalmazott érték	Megjegyzés
DOCf	0,5	IPCC ajánlott default érték
F	0,5	A lerakógáz CH <sub>4</sub> -frakciója (tipikusan ~50%)
MCF	1,0	Managed - anaerobic SWDS
k	0,065 1/év	
R	0	Nincs visszanyerés/ártalmatlanítás (jelenlegi állapot)
OX	0 (alternatív: 0,1)	Default 0; fedett, jól kezelt esetben 0,1 indokolható
GWP100 (CH <sub>4</sub> , AR6 non-fossil)	27,0	CO <sub>2</sub> -egyenértékre átszámítás

#### 5. Számítás

##### 5.1 Nettó hulladéktömeg (talajtakarás levonásával)

**Összes felhalmozott tömeg:** 200 000 t. **Talajtakarás aránya:** 7,5 %, **Ennek megfelelően a becsült nettó hulladéktömeg:** 185 000 t

## 5.2 DOC és CH<sub>4</sub>-potenciál (L<sub>0</sub>) meghatározása

Súlyozott DOC számítás (Kelet-Európa összetétel, nedves tömeg alapon):

$$\text{DOC} = 0,301 \cdot 0,15 + 0,218 \cdot 0,40 + 0,075 \cdot 0,04 + 0,047 \cdot 0,24 + 0,014 \cdot 0,05 = 0,14733$$

**CH<sub>4</sub>-képződési potenciál (L<sub>0</sub>) tömegarányosan:**  $L_0 = \text{DOC} \cdot \text{DOCf} \cdot \text{MCF} \cdot F \cdot (16/12) = 0,04911 \text{ t CH}_4 / \text{t hulladék}$

## 5.3 A lerakási idősor feltételezése

A rendelkezésre álló adatok alapján évi ~30 000 t beszállítás mellett a nettó 185 000 t hulladéktömeg kb. 6 év alatt, valamint egy részében halmozódott fel. A számításban a következő egyszerűsített idősor került alkalmazásra:

Év (modell szerinti)	Lerakott nettó hulladék [t]
1	30 000
2	30 000
3	30 000
4	30 000
5	30 000
6	30 000
7	5 000

## 5.4 Éves CH<sub>4</sub>-képződés és -kibocsátás (FOD)

A FOD futtatás eredménye szerint a modell szerinti aktuális évben a CH<sub>4</sub>-képződés: **475,8 t CH<sub>4</sub>/év**. Mivel a kutak jelenleg nem ártalmatlanító/hasznosító rendszerbe kötöttek, a visszanyerés: **R = 0**.

Nettó kibocsátás oxidáció figyelembevételével:

- **OX = 0 (konzervatív):** 475,8 t CH<sub>4</sub>/év
- **OX = 0,1 (fedett, oxidáló anyaggal kezelt):** 428,2 t CH<sub>4</sub>/év

## 5.5 CO<sub>2</sub>-egyenértékre (CO<sub>2</sub>e) átszámítás

A CH<sub>4</sub> CO<sub>2</sub>-egyenértéke a GWP100 (AR6, non-fossil) = 27,0 értékkel számítva:

- **OX = 0 (konzervatív):** 12 846 t CO<sub>2</sub>e/év
- **OX = 0,1 (alternatív):** 11 562 t CO<sub>2</sub>e/év

## 5.6 Teljes CH<sub>4</sub>-potenciál (nem éves érték)

A jelenlegi nettó hulladéktömeghez tartozó teljes CH<sub>4</sub>-képződési potenciál (L0 alapon): **9 085 t CH<sub>4</sub>**, amely CO<sub>2</sub>-egyenértéken: **245 304 t CO<sub>2</sub>e**. (Megjegyzés: ez egy hosszabb időtávon, évek-tizedévek alatt realizálódó potenciál, nem éves kibocsátás.)

## 6. Eredmények összefoglalása

- Éves CH<sub>4</sub>-képződés (FOD, jelenlegi üzemállapot): 475,8 t CH<sub>4</sub>/év
- Éves CH<sub>4</sub>-kibocsátás (R = 0, OX = 0): 475,8 t CH<sub>4</sub>/év
- Éves CO<sub>2</sub>e (R = 0, OX = 0, GWP100 = 27): 12,846 t CO<sub>2</sub>e/év
- Alternatív (fedett/oxidáló eset) OX = 0,1 mellett: 11,562 t CO<sub>2</sub>e/év

## 7. Bizonytalanság, érzékenység

A becslés Tier 1 jellegű; a valós kibocsátás erősen függ a hulladék összetételétől, a nedvességi viszonyoktól, a fedés minőségétől és a lerakó üzemvitelétől. A fő érzékenységi tényezők: DOC, DOCf, MCF, k, OX és a visszanyerés (R).

Érzékenységi indikációk a legfontosabb default-tartományok mentén (azonos idősor mellett):

Eset	CH <sub>4</sub> [t/év]	CO <sub>2</sub> e [t/év] (GWP100=27)
k = 0,05 1/év (alsó default)	381,9	10 310
k = 0,065 1/év (alkalmazott)	475,8	12 846
k = 0,08 1/év (felső default)	561,6	15 164
MCF = 0,8 (unmanaged deep), k = 0,065	380,6	10 277

**Megjegyzés:** az oxidációs tényező (OX) alkalmazása tipikusan 0-10% csökkentést eredményezhet a nettó kibocsátásban, ha a lerakó fedőrétege CH<sub>4</sub>-oxidáló anyagot (pl. talaj, komposzt) tartalmaz és a fedés állapota megfelelő.

## 8. Szakmai álláspont és javaslatok

A jelenlegi üzemállapotban (R = 0) a számítás szerint a lerakóból származó metán-kibocsátás nagyságrendileg **476 t CH<sub>4</sub>/év** (**≈ 12 846 t CO<sub>2</sub>e/év**) konzervatív OX=0 feltételezéssel. A meglévő 6 db depóniagázkút mérésen alapuló üzemeltetési adatgyűjtése megfelelő alapot ad a későbbi ártalmatlanító rendszer (várhatóan fáklya) dimenzionálásához.

Javasolt a kutak gyűjtővezetékekkel történő összekötése és a fáklyázó rendszer mielőbbi kiépítése, mivel a visszanyert és elégetett CH<sub>4</sub> közvetlenül csökkenti a nettó ÜHG-kibocsátást.

## Melléklet 1. Modellfuttatás eredménye (éves CH<sub>4</sub>-képződés)

Az alábbi táblázat a feltételezett idősor mellett, OX = 0 és R = 0 esetén adja meg az éves CH<sub>4</sub>-képződést és CO<sub>2</sub>e-t:

Év	Lerakott nettó hulladék [t]	CH <sub>4</sub> -képződés [t/év]	CO <sub>2</sub> e [t/év] (GWP100=27)
1	30 000	0,0	0
2	30 000	92,7	2 503
3	30 000	179,6	4 849
4	30 000	261,0	7 047
5	30 000	337,3	9 107
6	30 000	408,8	11 038
7	5 000	475,8	12 846

## 9. Hivatkozások

1. IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste. Chapter 2 (Waste Generation, Composition and Management Data) és Chapter 3 (Solid Waste Disposal Sites). IPCC-NGGIP. Elérhető: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>
2. GHG Protocol (2024): Global Warming Potential Values (August 2024) - IPCC AR6 GWP100 értékek. Elérhető: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2024-08/Global-Warming-Potential-Values%20%28August%202024%29.pdf>
3. IPCC (2022): AR6 WGIII Annex II (Definitions, Units and Conventions) - metán GWP100 értékek és alkalmazási elvek. Elérhető: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_Annex-II.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Annex-II.pdf)