



TÁMOP-4.1.1.F-14/1/KONV-2015-0006

Az ipari hulladékgazdálkodás vállalati gyakorlata

HULLADÉKOK LERAKÁSA ÉS DEPÓNIAGÁZ KEZELÉS

IX. Előadás anyag

Dr. Molnár Tamás Géza Ph.D
főiskolai docens
SZTE MK
Műszaki Intézet

SZÉCHENYI



**MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA**

**Európai Unió
Európai Szociális
Alap**

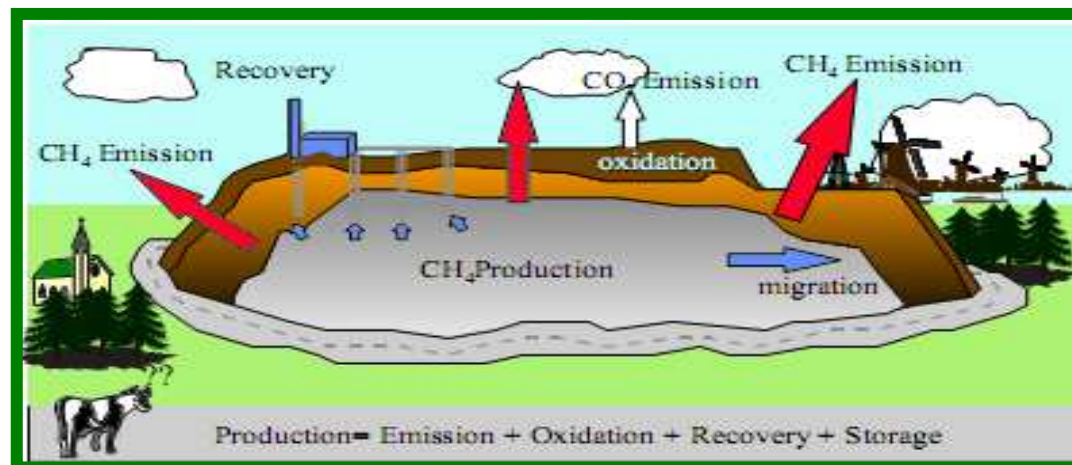


BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Bevezetés

A szilárd települési hulladékban található szerves anyag bomlásakor keletkező gázt hívjuk depóniagáznak. **Helyesen művelt és lezárt lerakóhely lényegében egy természetes nagy térfogatú bioreaktornak** fogható fel ahol anaerob körülmények dominálnak

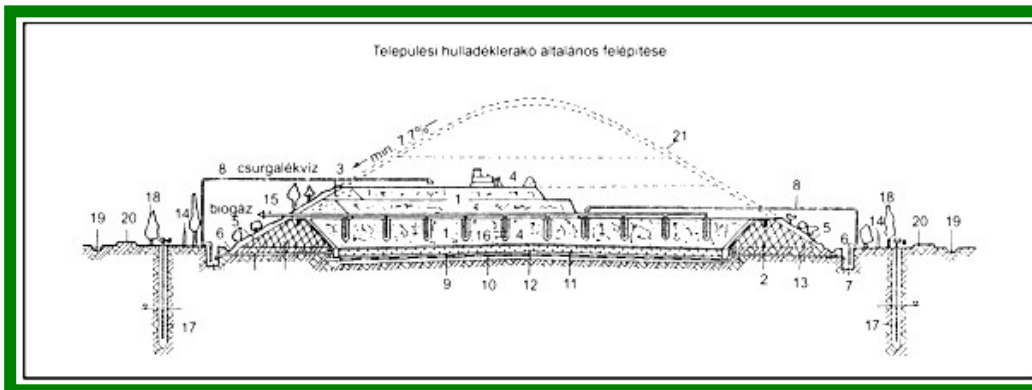
A települési hulladékok bomlásából keletkező biogáz problémakörével azóta foglalkoznak behatóan, mióta kimutatható, hogy földünkön a természetes és antropogén metán, szén-dioxid kibocsátás hozzájárul, **az un. üvegházhatás jelenség kialakulásához.**



A depóniagáz hatásai és lehetőségei

A hulladéklerakókba kerülő **szerves anyag**, a **hulladéklerakó technikai színvonalától függetlenül, biológiailag bomlani kezd**. A folyamatot **anaerob biodegradációnak** hívják, mely során **magas metántartalmú (~50% térf) un. depóniagáz képződik**, mely a hulladéklerakó felszínén kidiffundálva a légkörbe kerül.

A hazánkban **lerakásra kerülő ~5,2 millió t/év kommunális hulladékból ~1400 millió m³/év mennyiségű** depóniagáz szabadul fel. Amennyiben ezt az **értéket szén-dioxid egyenértékre átszámítjuk** a következő értéket kapjuk:



- 1. Hazánk depóniagáz kibocsátása: ~13 millió t CO₂eq/év**
- 2. Ami hazánk összes üvegházhatású gáz kibocsátásának (~65 milliót CO₂eq/év), 20%**
- 3. A depóniagáz szerepe tehát jelentős!**
- Közös felelősségünk es feladatunk, hogy a hulladéklerakásból származó környezetünket romboló hatásokat csökkentsük

Üvegházhatást okozó gázok hatása a környezetünkre

Üvegházhatású gáz	Tartózkodási idő (év)	GWP különböző időskálán		
		20 év	100 év	500 év
CO ₂	Változó	1	1	1
CH ₄	10,8	67	23	6,9

GWP (Global Warming Potencial) - a globális felmelegedési potenciál, azt mutatja meg, hogy az adott időtartamban a vizsgált gáz azonos tömegű széndioxidhoz képest **milyen mértékű üvegházhatást fejt ki**

Depóniagázok szerepe hazánk légszennyező anyag kibocsátásában

Hazánk ÜHG kibocsátása*:	~ 65 millió t CO _{2eq} /a
Magyarországon keletkező kommunális hulladék:	~ 5,2 millió t/a
Depóniagáz kibocsátás Hazánkban:	~ 1400 millió m ³ /a
	~ 13 millió t CO _{2eq} /a
Depóniagáz részaránya az ÜHG kibocsátásában:	~ 20 %
Magyarországi „nagy” erőművek kibocsátása**:	~ 15,5 millió t CO _{2eq} /a
Erőművek részaránya az ÜHG kibocsátásban:	~ 24%

MEGNEVEZÉS	%	CO ₂ eq
CO ₂	40-60	1
CH ₄	45-60	21
N tartalmú gázok	2-5	296
O ₂	0,1-1,0	-
S tartalmú gázok	0-1,0	22 200
Ammónia	0,1-1,0	-
H ₂	0-0,2	-
CO	0-0,2	-
Nyomokban megjelenő alkotók	0,01-0,6	500-25 000

Depóniagázok CO₂ egyenértéke

A hulladéklerakó telepeken keletkező depóniagáz mennyisége

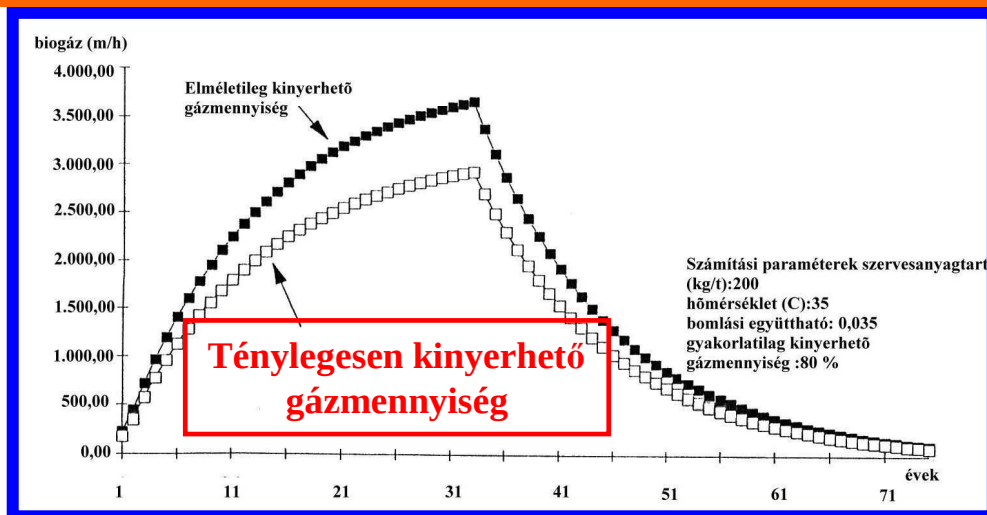
A depóniagáz keletkezése egy sajátos lebomlási görbét ad, melynek vége gyakran a lerakóhely lezárása utáni 25-30 évig is eltart.

Mennyiség alakulását két lépcsőben lehet számítani:

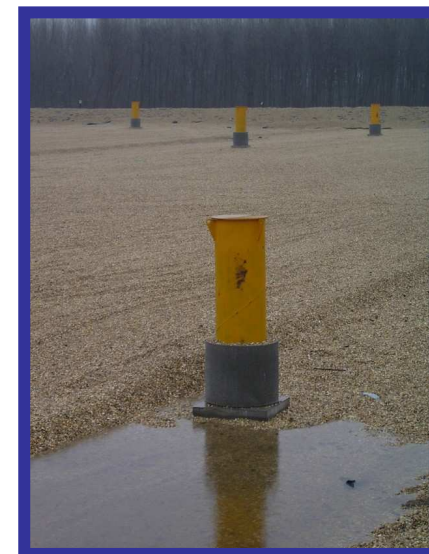
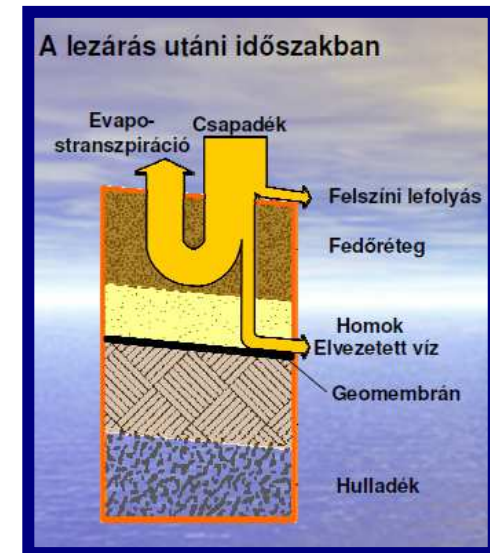
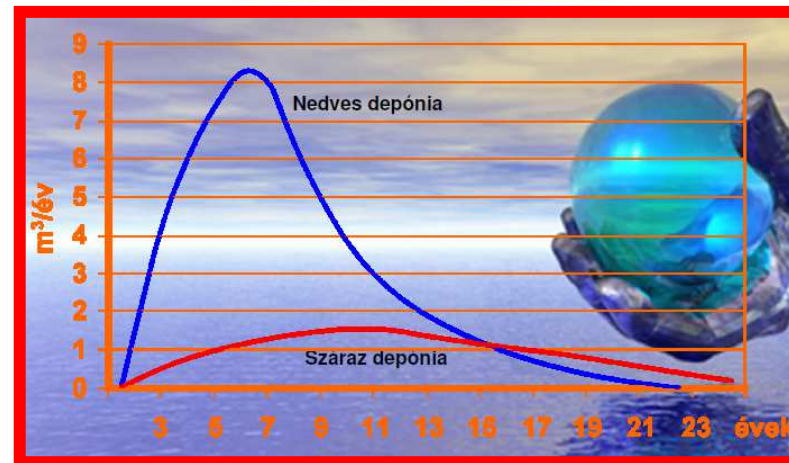
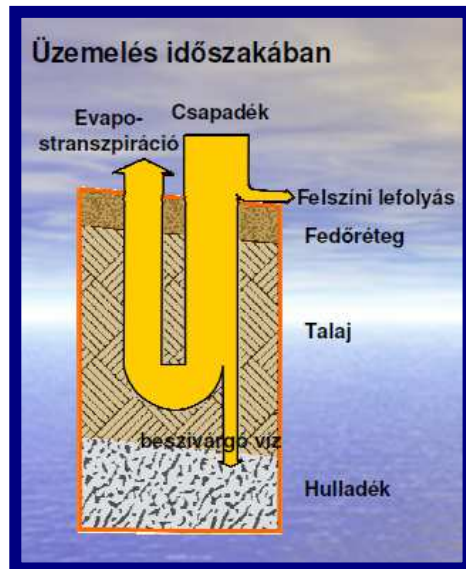
1. a szerves hulladékrész elméleti bomlásából
2. a tényleges mérések alapján mért értékekből

Elméleti számítások szerint a hulladék összetétel függvényében **40-300m³/t depóniagáz** keletkezik évente a hulladéklerakó telepen.

A ténylegesen kinyerhető gázmennyiség ennél kevesebb **2-3m³/t** depóniagáz nyerhető ki.



Hulladéktest nedvességtartalmának hatása a depóniagáz termelőésre

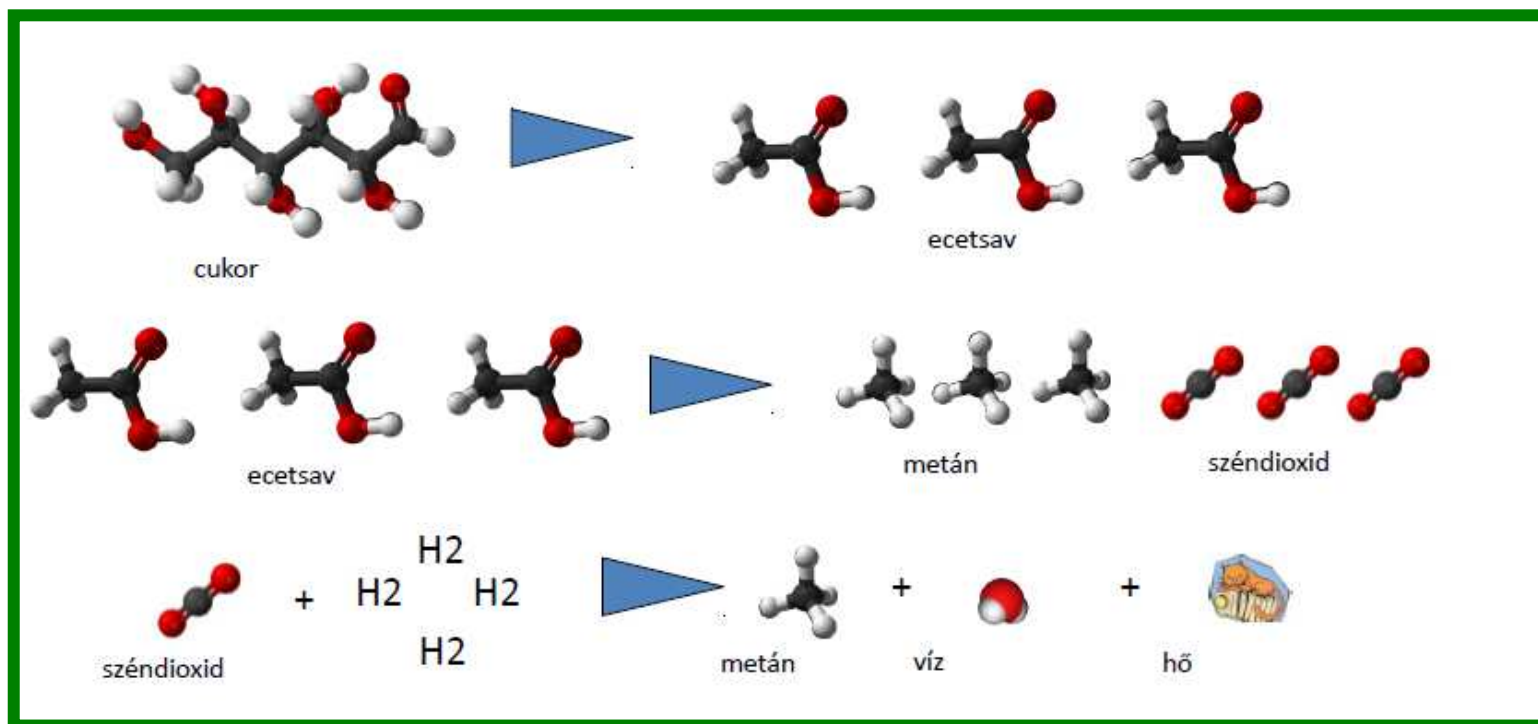


A depóniagáz képződése, tulajdonságai

Anaerob lebomlás – erjedés, rothadás, biodegradáció

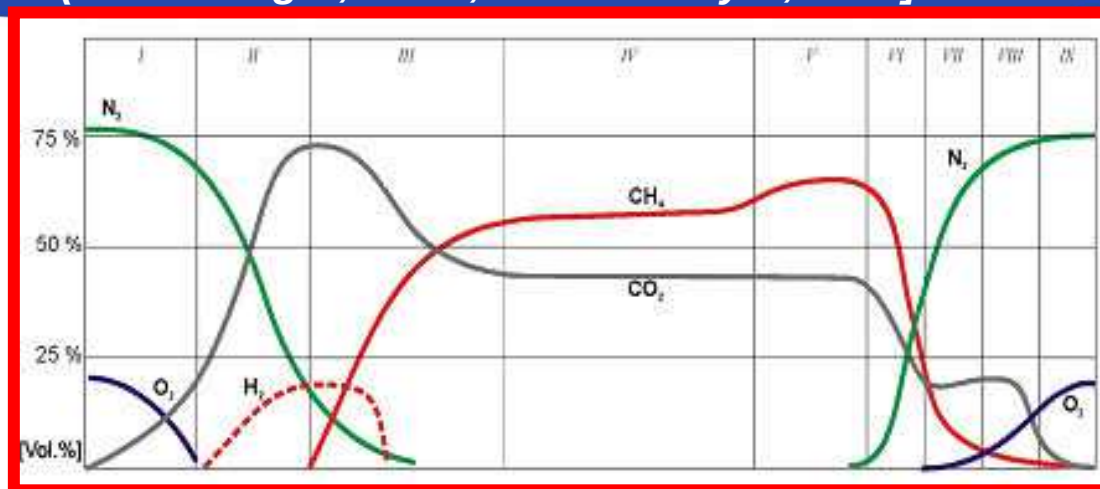
A szerves anyagok anaerob lebomlása során széndioxid, metán és víz keletkezik

Szilárd hulladék esetén a **biodegradálódás**, folyékony hulladékok esetén biológiai lebontás (**fermentáció**) elnevezést használjuk.



A hulladéklerakó-gáz fő összetevői koncentrációjának alakulása a hulladék lebomlása során

(Rettenberger, 1992., in. K. U. Heyer, 2003)



I. aerob fázis, II. anaerob savas erjedés, III. anaerob instabil metánképződés, IV. anaerob stabil metánképződés, V. metánfázis, VI. tartós fázis, VII. levegőbejutás fázisa, VIII. metán-oxidálódás fázisa, IX. Széndioxid fázis, X. Levegő fázis

Egy konkrét hulladék lerakódó hely esetében a metán kibocsátás:

ahol:

$$Q = L_0 \cdot R \cdot [e^{(-k \cdot c)} - e^{(-k \cdot t)}] \quad [\text{IPCC, 2002}]$$

- **Q**: a metán kibocsátás a folyó évben [$\text{m}^3/\text{év}$], **L₀**: a metánképződési potenciál [m^3/Mg hulladék], **R**: az átlagos évi szemét lerakási mennyiség [$\text{Mg}/\text{év}$]
- **k**: a metántermelési ütem [$1/\text{év}$], **c**: a szemét lerakóhely bezárása óta eltelt idő [év], **t**: a hulladéklerakó megnyitása óta eltelt idő [év]

Depóniagáz minőségi paraméterei

A depóniagáz összetétele függ a depónia korától és a lerakott anyagok változó összetételétől

Fő komponensek

- Metán CH_4 → 44–60 térfogat %
- Szén-dioxid / CO_2 → 33–55 térfogat % **csökkenti a gáz fűtőértékét**
- etán C_2H_6 → 0,01 térfogat %
- Nitrogén (semleges) / N_2 → 0,45 térfogat % **csökkenti a gáz fűtőértékét**
- Oxigén (robbanásveszély) / O_2 → 0,13 térfogat % **korróziós hatás+vízgőz**
- kén-hidrogén / H_2S → 0,90 térfogat % **korróziós hatás**
- ammónia / NH_3 → **csökkenti a gáz fűtőértékét**
- hidrogén / H_2 → **biztonságtechnikai kockázat**
- illékony zsírsavak, merkaptánokl *ppm nagyságrendben* → **műanyag alkatrészek**

A depóniagáz hatásai és lehetőségei

A problémákat okozó gáz

A hulladék lerakók szaghatásáért is felelős depóniagáz **környezeti kontrollja**, az aktív gázgyűjtés és felhasználás segíti **megelőzni a hulladék lerakókban keletkező tüzeket is**



Hazai helyzet, depóniagáz kezelés helyzete 2015-ben

Helyszín	Gázhasznosítás	Gázmotor el. Teljesítmény kWh	Projektfejlesztő	Cím
Debrecen	Jenbacher JGS 312 GS-L/N.LC	625	Cívis Biogáz Kft.	4400 Nyíregyháza, Simai utca 4.
Gyál		500	A.S.A. Magyarország Kft.	2360 Gyál, Kőrösi út 53.
Hódmezővásárhely		160	A.S.A. Hódmezővásárhely Köztisztasági Kft.	6800 Hódmezővásárhely, Maroslelei út, Békeffy dűlő
Kecskemét	Perkins TRS1 és Perkins TRS2 (375 + 500 kWh)	875	Ener-G Energia Technológia Zrt.	1106 Budapest, Jászberényi út 24-36.
Nyíregyháza - Oros	Jenbacher JGS212GS	511	Exim Invest Biogáz Kft.	4400 Nyíregyháza, Simai utca 4.
Szeged	OD 150 BIO Vo1	109	Regionális hulladékkezelő	
Veszprém	Perkins TRS1 és Perkins TRS2 (375 + 500 kWh)	875	Ener-G Energia Technológia Zrt.	1106 Budapest, Jászberényi út 24-36.
Összesen		3655	kWh	
Elvárt termelés (kWh/év)	7500	27 412 500	kWh	

További projektek:

- Pécs 500kW, Bicske 500kW

Depóniagáz ártalmatlanító rendszerek

- Csömör, Ajka, Cegléd, Dabas

Épülő projektek:

Tatabánya 1150kW, Bicske 2. 500kW, **Bodrogkeresztúr 500kW**, Gyál 2. 500kW, Salgótarján 500kW, **Nagykanizsa 500kW**, Kerepes 100kW, **Körmend 30KW**

A depóniagáz hatásai és lehetőségei, jogszabályi környezete

Az értékes bevételi forrás

A metán egy értékes megújuló energiaforrás.

- Áramtermelés
- Zöld energia
- KÁT



CO₂ kvótakereskedelem

- Kyotó-i mechanizmus (CER, VER, EAU)
- Koppenhága?
- Jövő?

Biogáz, mint üzemanyag

- Tömegközlekedésben alakulóban
- Gépjármű?

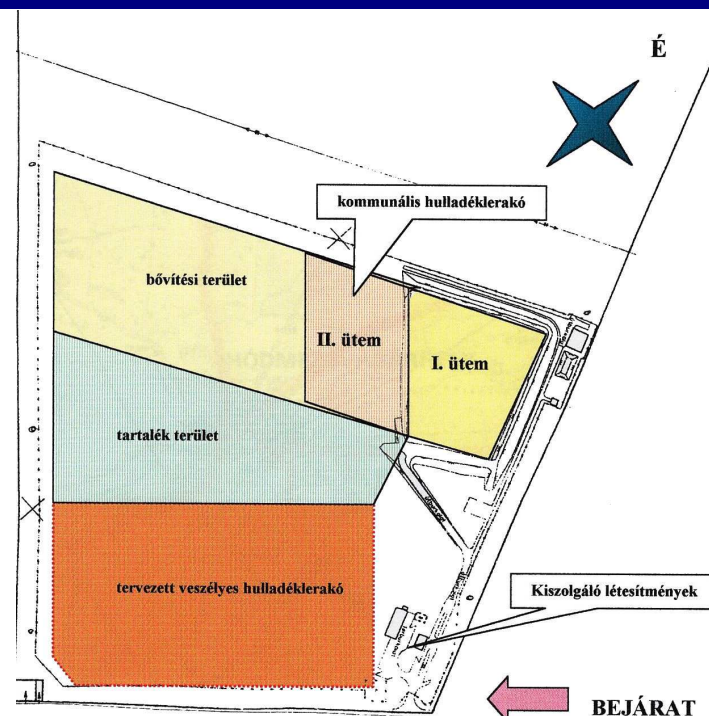
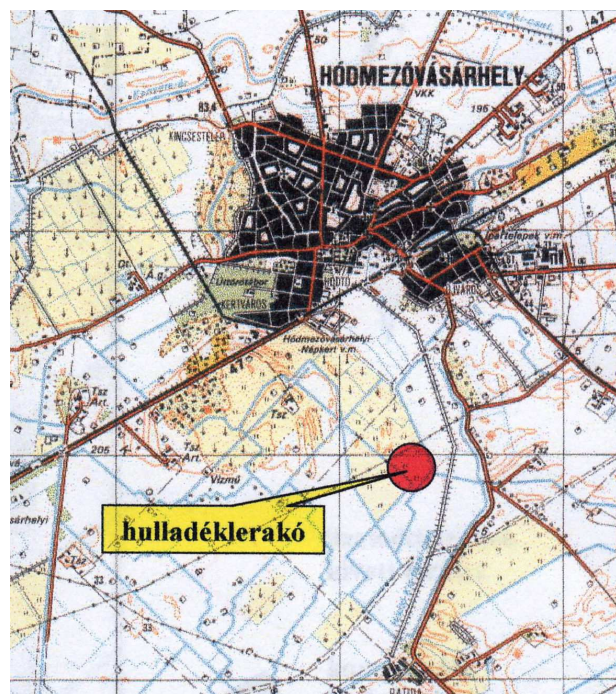


1. § 2000. évi XLIII. Hulladékgazdálkodási törvény: szerves anyag csökkentés
2. § 20/2006. ill. 92/2007. KvVM rendelet a keletkező gázok kinyerésére, ártalmatlanítására, hasznosítására
3. § 314/2005. kormányrendelet az elérhető legjobb technikáról (BAT)
4. § 56/2002 Zöldáram átvételi előírások
5. § Egyéb előírások (üzemeltetési engedélyben, IPPC egységes környezethasználati engedélyben, rekultivációs engedélyben)

Adott hulladéklerakó-telep vizsgálata

A vizsgálataimat az **A·S·A· Hódmezővásárhely Köztisztasági Kft** tulajdonát képező kommunális szilárd hulladéklerakóján (01957/1 hrsz) végzetem **2014. 01.01-12.31** közötti időszakban., 40 db gázkút esetében.

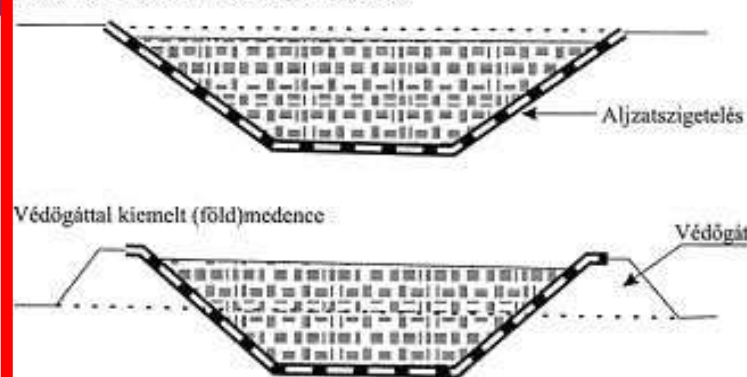
A **hulladéklerakó teljes kapacitása 3,9 millió m³ hulladék**, ami várhatóan **50 évre biztosítja Hódmezővásárhely és térségének** hulladékainak elhelyezését, 20 ha területen került kialakításra, a depóniák végső magassága elérheti a 30 m.



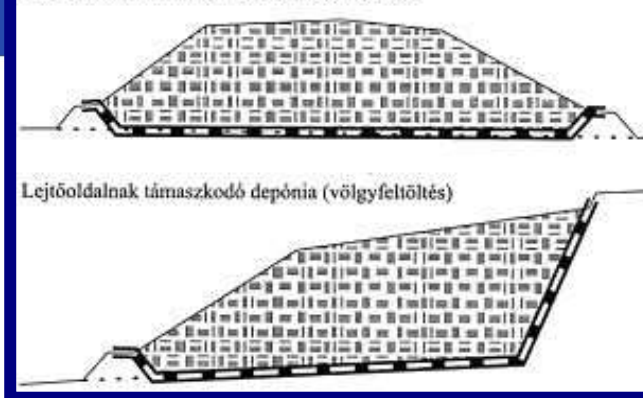
A hódmezővásárhelyi kommunális hulladéklerakó elhelyezkedése és helyszínrajza

Hulladéklerakó típusok terepadottságok szerint

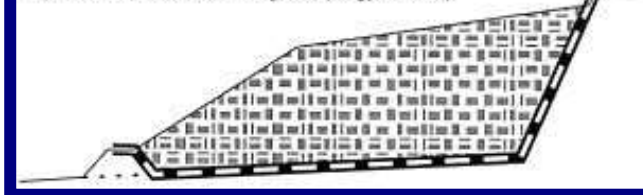
Felszínközeli kialakított depónia (gödör)



Hányószerűen kialakított depónia (dombépítés)

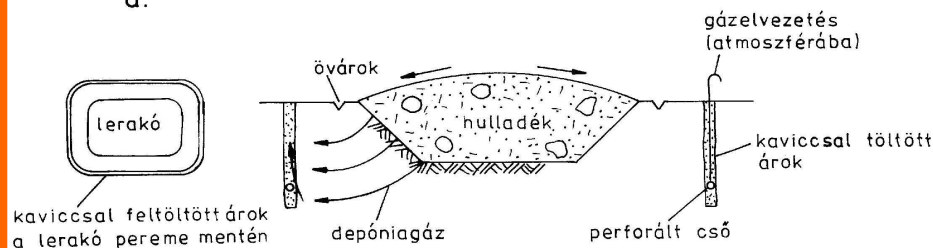


Lejtőoldalnak támaszkodó depónia (völgyfeltöltés)

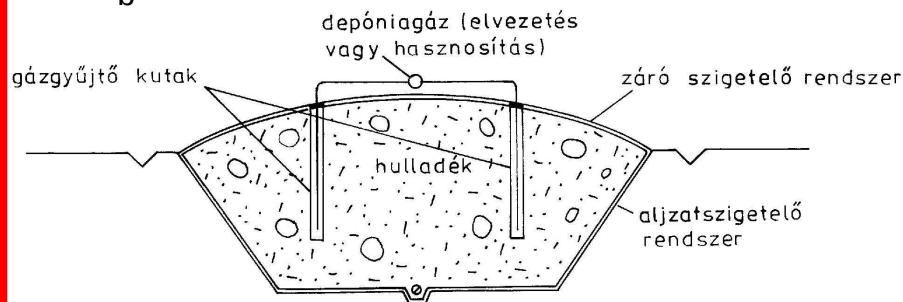


Hulladéklerakók gázmentesítő és gázellenőrző rendszerei

a.



b.

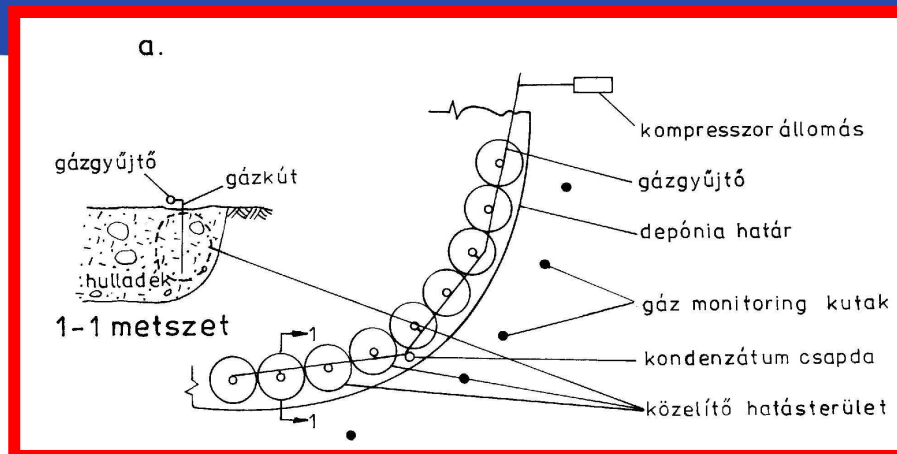


A passzív gáz ellenőrző-mentesítő rendszer vázlata [Tchobanoglous et al., 1993],

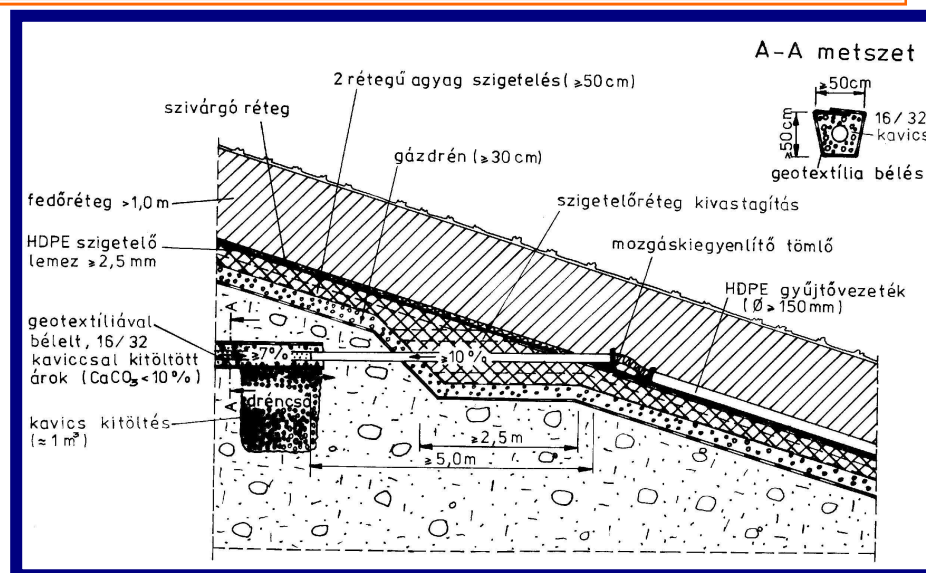
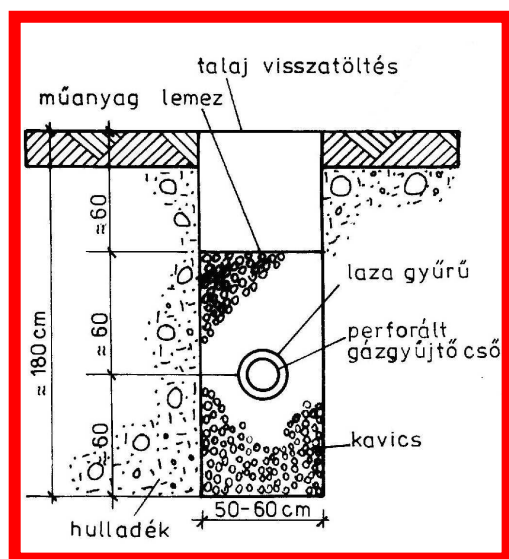
a. kavicsal töltött gyűjtőárok és perforált cső,

b. gázgyűjtő kutak

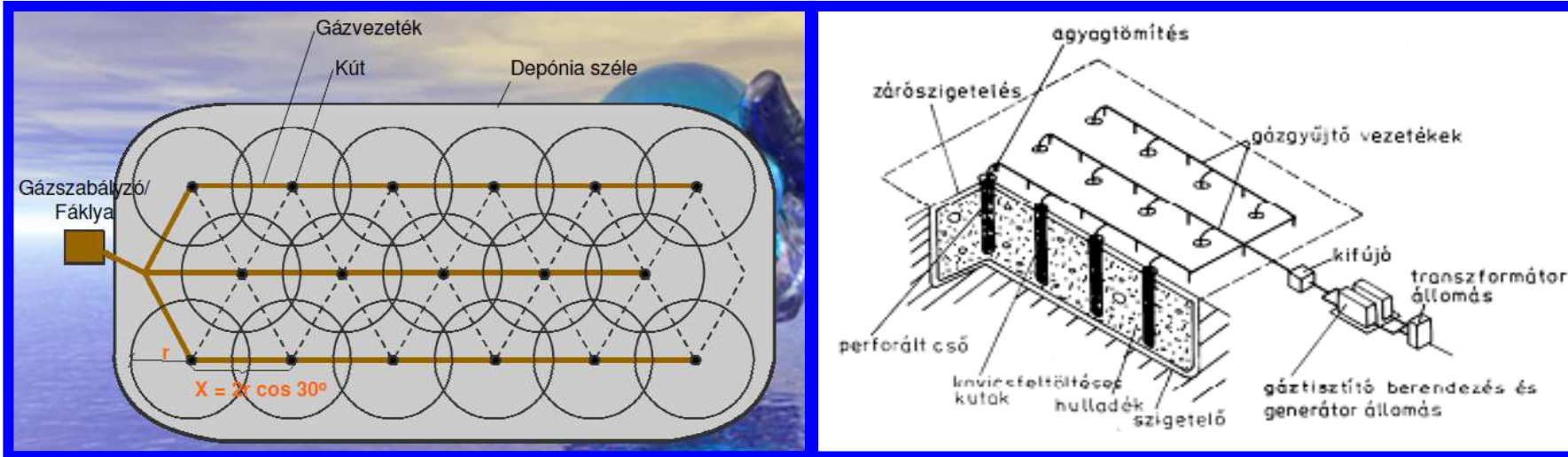
Aktív gázgyűjtő ellenőrző rendszer [Tchobanoglous et al., 1993] a. gázgyűjtő kutak



A horizontális gázgyűjtő árok és gázgyűjtő cső kivezetés kialakítás [Jessberger, 1994]



Vertikális gázkinyerő kutak háromszöges elrendezése



Az **aktív rendszer a lerakó peremén és a lerakóban hálózatosan elhelyezett csövekből áll.** A csövek lehetnek **függőleges vagy vízszintes** elhelyezésűek.

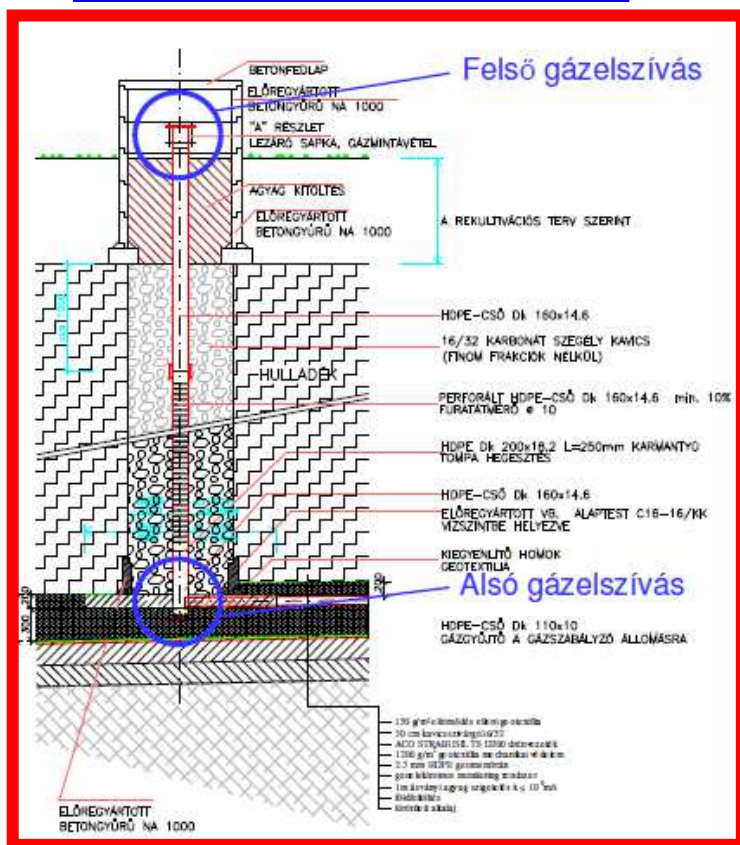
Az egyes kutakat és csöveket egy fővezeték köti össze, amelynek a végén egy kompresszor van, ezzel hozzák létre a fővezetékben a vákuumot.

Amikor a **vákuum létrejön**, kialakul egy hatásterület, amely a **kutakkal behálózott területre terjed ki**.

Gázkutak kialakítása és felépítése

Milyen gázkút legyen?

Felső elszívású?

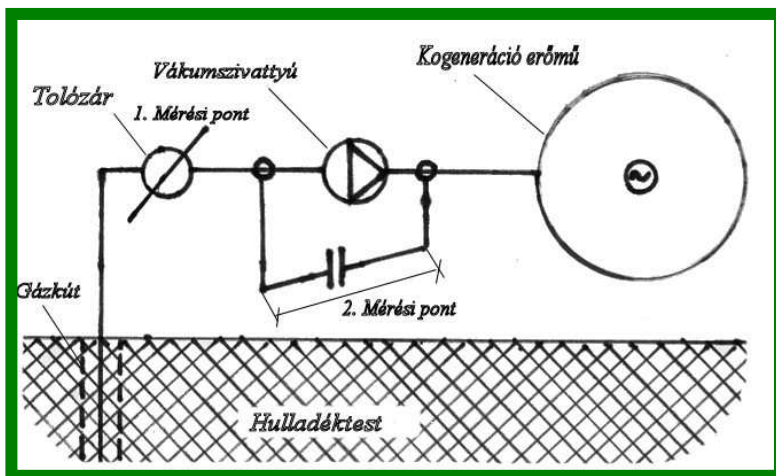
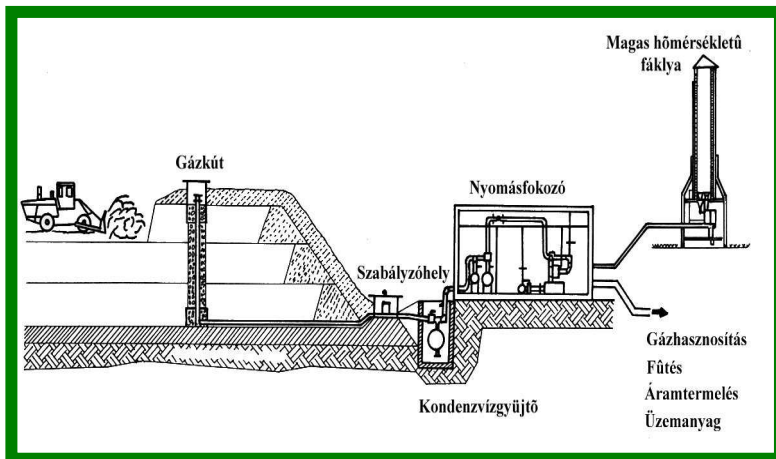


Alsó elszívású?

1. A lerakó feltöltése, vagy bizonyos magasság elérése után épül,
2. Az üzemeltetés **nem gátolja**.
3. A kút és kavicsvédelme nem sérül meg,
4. Alul lehet vizesedés, a gáz felfelé kiszívható,
5. Tisztítás, javítás **nem szükséges**,
6. Jó minőségű gáz, jó kitermelési hozam érhető el,
7. A kút kiépítése **után kezdődik a gázelvétel**.

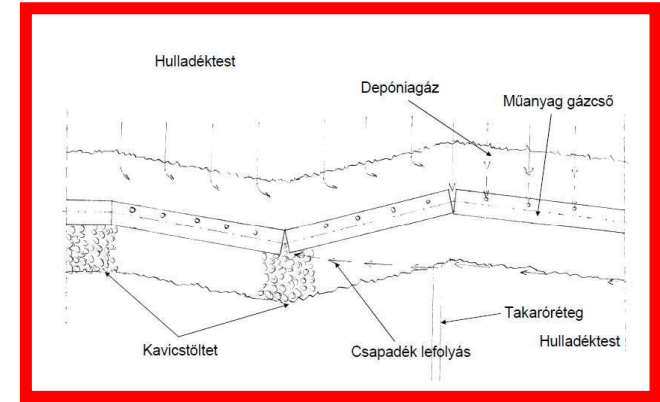
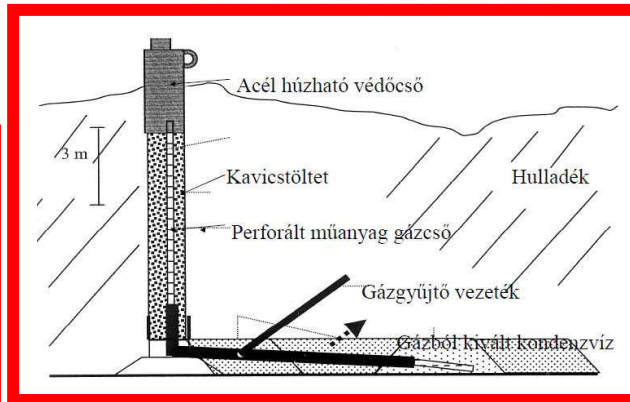
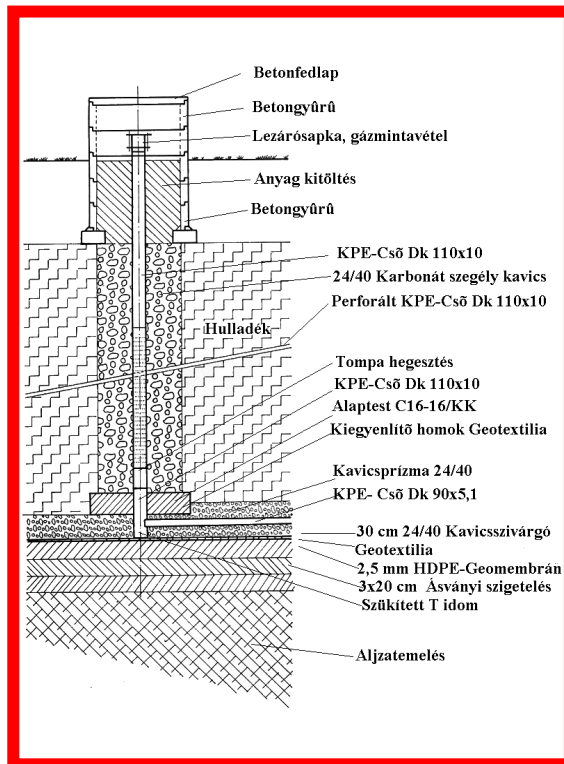
1. Az üzemeltetést hátráltatja,
2. A kút megsérül, megdől (kompaktor megnyomja),
3. A mélypont vízzár alakul ki, **nincs gázelvétel**,
4. Tisztítás, javítás **nem** lehetséges, **eldugulás, levegő betörés**,
5. Kis metántartalom, és **alacsony gázhozam érhető el**,
6. Gyors gázelszívás lehetséges a depóniából.

DEPÓNIAGÁZ ELLENÖRZŐ ÉS MÉRÉSI RENDSZER ELHELYEZKEDÉSE I.



Depóniagáz ellenőrző és kinyerő rendszer általános felépítése és mérési pontok elhelyezkedése

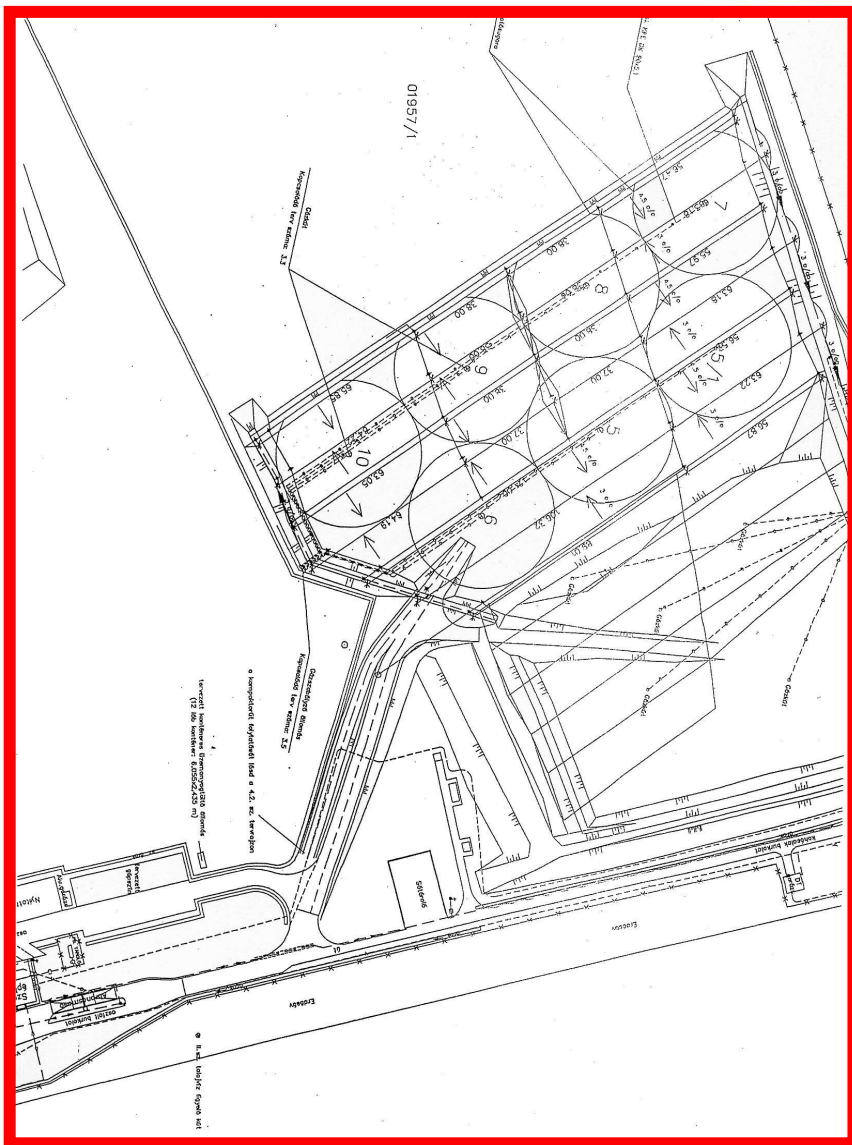
Alsó elvezetésű gázkút kialakítás és a süllyedésből származó elzáródás.



Felső elvezetésű gázkút kialakítása és elhelyezkedése a hulladéklerakó telepen.



A hulladéklerakó telepen elhelyezkedő gázkutak elrendezése az 2. ütemben



A szabályozó állomáshoz tartozó gázkutak:

- Sz. á. 6 szabályozó egység (1-6. kutak)
- Sz.á.8 szabályozó egység (7-14. kutak)
- Sz. á. 8 szabályozó egység (15-22. kutak)
- Sz. á.8 szabályozó egység (23-30. kutak)
- Sz. á. 10 szabályozó egység (31-40. kutak)
- Sz. á. 8 szabályozó egység (41-48. kutak)
- Sz. á. 8 szabályozó egység (49-56. kutak)
- Sz. á. 4 szabályozó egység (57-60. kutak)

DEPÓNIAGÁZ ELLENÖRZŐ ÉS MÉRÉSI RENDSZER ELHELYEZKEDÉSE II.



Függőleges elszívású gázkutak,
mérési pontokkal



GA 2000 hordozható depóniagáz-elemző felépítése

Az 1 mérési pont a gázkutaknál található két mérőcsonk, az alkalmazott depressziót a depóniagáz összetételét tudom mérni és a tolózárak nyitási szögét.

V = Gázkutak mérési pontjai

- P = depresszió [mbar]
- α_{ki} = Tolózár nyitási [$^{\circ}$]

Q = Depóniagáz minőségi paraméterei:

- | | |
|-------------------|-----------------|
| • CH ₄ | Metán [%] |
| • CO ₂ | Szén-dioxid [%] |
| • O ₂ | Oxigén [%] |

Vizsgálat során alkalmazott mérőműszer

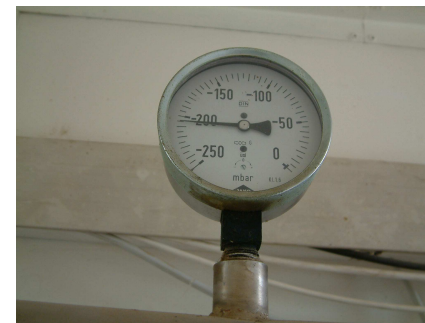
A depóniatestben zajló **degradációs folyamat diagnosztizálása**. Metán és széndioxid mérése a hulladéktestben.

Vizsgálandó jellemzők

- gáznyomás, gázhőmérséklet, gázhozam a mintavételi ponton.
- **gázösszetétel: metán, szén-dioxid, oxigén, szén-monoxid, kénhidrogén.**

DEPÓNIAGÁZ ELLENÖRZŐ ÉS MÉRÉSI RENDSZER ELHELYEZKEDÉSE III.

A **2. mérési pont** a vákuumszivattyúnál található, a vákuumszivattyú előtt és mögött tudom mérni, a nyomáskülönbséget ebből ki tudom számítani ténylegesen termelődött depóniagáz mennyiségét.



Mérőműszerek elhelyezkedése a konténerházban

A **3. mérési pont** a hulladéklerakó telepen található meteorológia állomás által mért időjárási paraméterek.

M = Meteorológia állomás mért adatai

- T_k = hőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$]
- φ = levegő relatív nedvességtartalom [%]
- v_{sz} = szélsebesség [m/s]
- p = légköri nyomás [hpa]
- h = csapadék mennyiség [mm/nap]



Meteorológia állomás a hulladéklerakó telepen

A HULLADÉKLERAKÓ TELEPEN ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

Csoportképzés definiálása és a hozzájuk tartozó üzemeltetési paraméterek

	1. vizsgálat Nyomás Csoportok	2. vizsgálat Hőmérséklet Csoportok	3. vizsgálat Szélesség Csoportok	4. vizsgálat Nedvességtartalom Csoportok	5. vizsgálat Csapadék Csoportok	6. vizsgálat Légköri nyomás Csoportok
	Alkalmazott elszívás [mbar]	Átlag hőmérséklet intervallum [°C]	Szélesség intervallum [m/s]	Relatív nedvesség tartalom [%]	Csapadék mennyiség [mm/nap]	Légköri nyomás [hpa]
1. csoport	$\leq (-3)$	≤ 5	$v_{sz} \leq 0,6$	50-60	0	1000 - 1010
2. csoport	$(-2,9) - (-2)$	5-10	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	61-70	0,1 - 1	1010 - 1020
3. csoport	$(-1,9) - (-1)$	10-15	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	71-80	1 - 3	>1020
4. csoport	$(-0,9) - 0$	15-20	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	81-90	3-5	
5. csoport	0,1 - 1	20-25	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	>90	>5	
6. csoport	1,1 - 1,9	25-30	$v_{sz} > 2,4$			
7. csoport	≥ 2					

Meghatározom a depóniagáz minőségi és mennyiségi paramétereinek változását (összes, illetve gázkutanként) a következő paraméterek függvényében:

1. alkalmazott elszívási érték [mbar]

2. átlaghőmérsékleti intervallumok [°C]

3. szélesség intervallum [m/s]

4. levegő relatív nedvességtartalom [%]

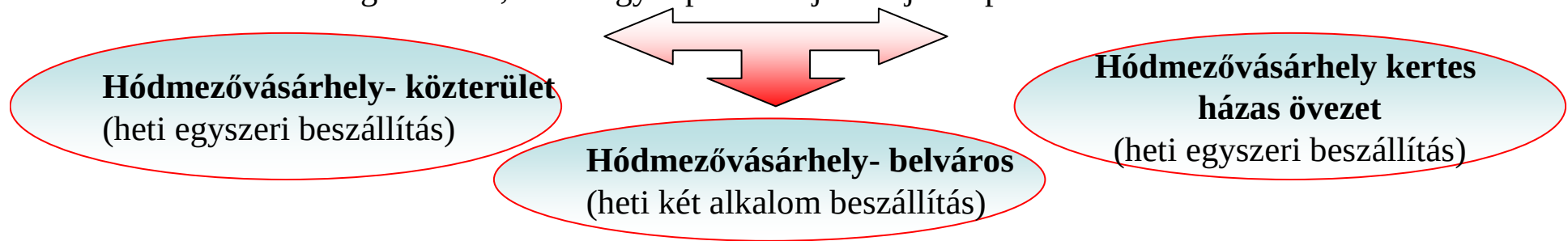
5. csapadék mennyiség [mm/nap]

6. légköri nyomás [hpa]

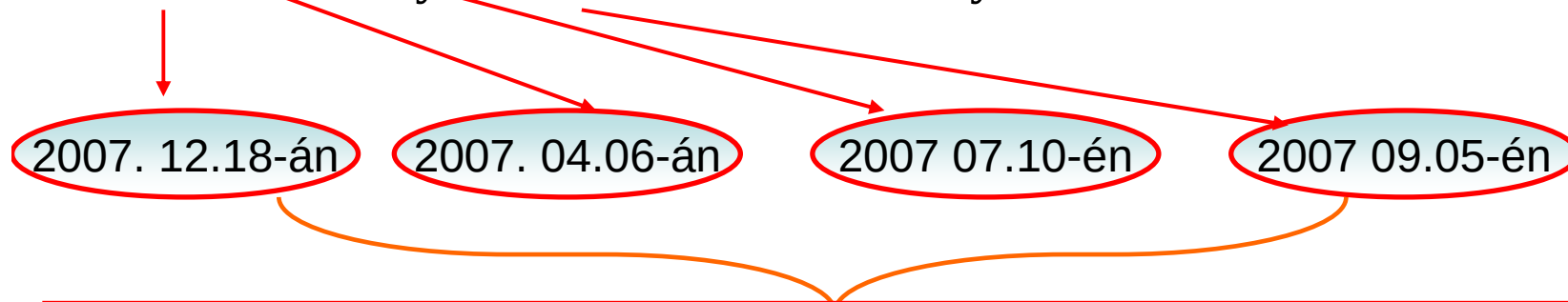
A hulladéklerakó telepre beszállított hulladékok összetételének vizsgálata

A művelés alatt álló, második és harmadik ütemén történt a vizsgálat, ahol a beszállított hulladék analízisét végeztem el.

A területek a kiválasztásának szempontjai, hogy kertes és közterületi és belvárosi pontokról érkező hulladékok analízisét végezzem el, mivel így reprezentálja a teljes depóniára lerakott hulladékvertikumot.



2007 téli tavaszi nyári őszi időszakban elhelyezett hulladék analízis vizsgálata



A környezethasználati engedélyekben előírt téli, tavaszi, nyári, őszi hulladék-összetétel monitoringozását a Környezetvédelmi felügyelőség értesítése mellett végeztem el.

A hulladék összetétel vizsgálat a MSZ 21420-28 és az MSZ 21420-29 szabványok szerint készítettem el.

EREDMÉNYEK

A hulladékok szerves anyag tartalmának vizsgálati eredményei

- elsődleges válogatásnál feladott hulladék tömege [kg]
- a felső szitán fennmaradt ($D > 100$) fennmaradt hulladék tömege [kg]
- másodlagos válogatás során, feladott hulladék tömege [kg]
- középső szitán ($20 < D < 100$) fennmaradt hulladék tömege [kg]
- mintakisebbítési arány

	2007 tél		2007 tavasz		2007 nyár		2007 ősz	
Hulladék neve	Hulladék [kg]	Δm [%]	Hulladék [kg]	Δm [%]	Hulladék [kg]	Δm [%]	Hulladék [kg]	Δm [%]
biológiai	191,6	38	74,76	15	165,57	33	186,3	37
nedves átlagminta	504,7	100	499,5	100	501,5	100	503,5	100
Elsődleges válogatás /feladott hulladék/	504,7	100	499,5	100	501,5	100	503,5	100
biológiai	5,4	3,7	22,6	11,5	16,8	10,5	22,5	12,1
felső szitán fennmaradt ($D > 100$) hulladék	146,2	100	196,3	100	160,5	100	186,5	100
Másodlagos válogatás /feladott hulladék/	358,5	100	303,1	100	341	100	317	100
biológiai	22,1	51,9	6,9	17,2	11,6	28	19,4	48
középső szitán ($20 < D < 100$) fennmaradt hulladék	42,55	100	40,1	100	41,5	100	40,6	100
Mintakisebbítési arány	8,425	-	7,56	-	8,21	-	7,8	-

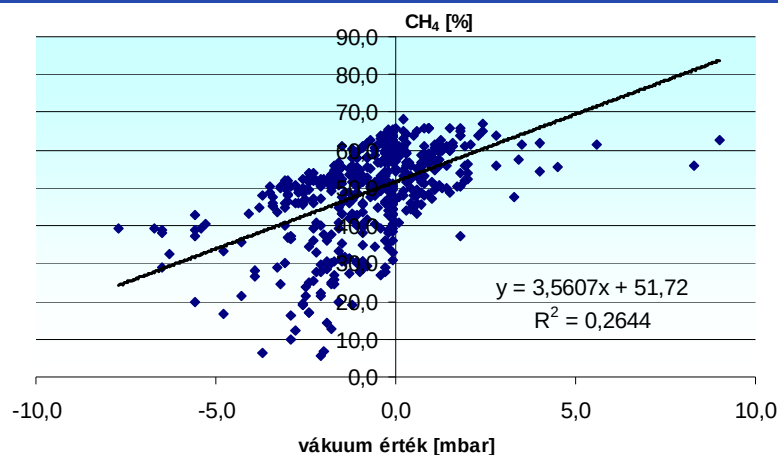
Depóniagáz minőségi paraméterei változása az alkalmazott depresszió függvényében vizsgálat eredményei I.

Nyomás csoport	Alkalmazott elszívás [mbar]	n [db]	CH ₄ átlag [%]	Variációs koefficiens CV% [%]	szórás [%]	95% Konfidencia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
						Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	≤ (-3)	45	45,47	32,82	14,924	40,99	49,95	6	66
2. csoport	(-2,9) - (-2)	58	43,34	33,94	19,042	38,33	48,34	6	65
3. csoport	(-1,9) - (-1)	95	46,15	31,73	14,644	43,16	49,13	13	68
4. csoport	(-0,9) - 0	180	52,44	21,58	11,317	50,78	54,11	25	66
5. csoport	0,1 - 1	72	54,11	15,97	8,644	52,07	56,14	31	68
6. csoport	1,1 - 1,9	41	51,15	34,47	17,635	45,59	56,72	5	66
7. csoport	≥ 2	18	50,87	39,76	20,226	40,81	60,93	1	67
	összesen	517	49,67	28,82	14,409	48,44	50,94	1	68

Nyomás csoport	Alkalmazott elszívás [mbar]	1. csoport ≤ (-3)	2. csoport (-2,9) - (-2)	3. csoport (-1,9) - (-1)	4. csoport (-0,9) - 0	5. csoport 0,1 - 1	6. Csoport 1,1 - 1,9	7. csoport ≥ 2
1. csoport	≤ (-3)	-	ns	ns	ns	*	ns	ns
2. csoport	(-2,9) - (-2)	2,13	-	ns	*	**	ns	ns
3. csoport	(-1,9) - (-1)	0,68	2,81	-	**	**	ns	ns
4. csoport	(-0,9) - 0	6,97	9,11	6,3	-	ns	ns	ns
5. csoport	0,1 - 1	8,63	10,77	7,96	1,66	-	ns	ns
6. csoport	1,1 - 1,9	5,68	7,82	5,01	1,29	2,95	-	ns
7. csoport	≥ 2	5,4	7,53	4,72	1,58	3,24	0,29	-

ns = nem szignifikáns, * P<5%, ** P<1%

Depóniagáz minőségi paraméterei változása az alkalmazott depresszió függvényében vizsgálat eredményei II.



Megállapítottam, hogy a hulladéklerakó telepen alkalmazott **gázkinyerő rendszer üzemeltetési paraméterei** hatással vannak a keletkezett **depóniagáz metántartalmának változására** ami a következő egyenlettel írható le $y = 3,5607x + 51,72$ az $R^2 = 0,2644$ a korrelációs együttható értéke $r = 0,52$

	Lineáris egyenlet	R^2	r
1. gázkút	$y = 2,5852x + 48,628$	0,1984	0,4454
2. gázkút	$y = 3,0598x + 29,557$	0,1403	0,3745
3. gázkút	$y = 3,0127x + 43,064$	0,1473	0,3837
4. gázkút	$y = 3,1633x + 54,149$	0,1502	0,3875
5. gázkút	$y = 3,724x + 53,784$	0,3762	0,6113
6. gázkút	$y = 1,5363x + 61,158$	0,3153	0,5615
7. gázkút	$y = 7,2115x + 56,226$	0,4879	0,6984
8. gázkút	$y = 2,6813x + 61,082$	0,2951	0,5432
9. gázkút	$y = 5,4264x + 48,139$	0,4478	0,6691
10. gázkút	$y = 3,0602x + 55,441$	0,2174	0,4662
11. gázkút	$y = 4,7509x + 47,804$	0,3626	0,6021

A gázkutak között is jelentős eltérések adódtak:

- a gázkutakra jellemző **szerves biológiai részarány**, illetve a gázkutak **tájolásából** adódott, laza, illetve közepes **pozitív korrelációt** állapítottam meg..

Az alkalmazott **elszívás mértékének növelése** a kitermelt **depóniagáz metántartalmát jelentősen csökkenti**, így az **energetikai hasznosítását is befolyásolja**

Depóniagáz minőségi és mennyiségi paramétereinek változása az átlaghőmérséklet függvényében I.

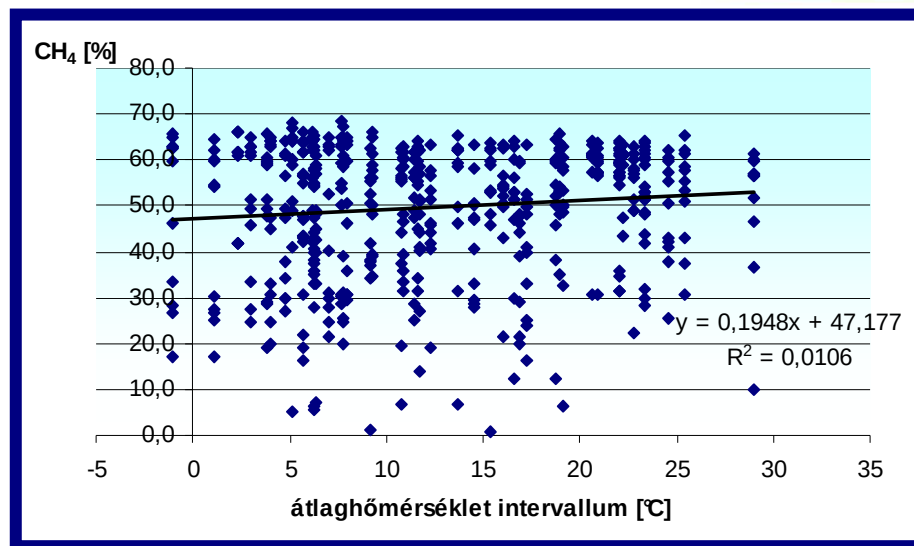
Hőmérséklet csoport	Átlaghőmérséklet intervallum [C°]	n [db]	CH ₄ átlag [%]	Variációs koefficiens CV% [%]	szórás [%]	95% Konfidencia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
						Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	<=5 C°	77	48,55	32,44	15,752	44,98	52,13	17	66
2. csoport	5-10 C°	143	48,43	32,45	15,719	45,83	51,03	1	68
3. csoport	10-15 C°	88	48,37	28,89	13,978	45,40	51,33	7	65
4. csoport	15-20 C°	88	48,48	29,78	14,439	45,42	51,54	1	66
5. csoport	20-25 C°	99	54,19	19,11	10,361	52,12	56,25	22	64
6. csoport	25-30 C°	22	51,27	25,28	12,965	45,52	57,02	10	65
	összesen	517	49,67	28,82	14,319	48,43	50,90	1	68

A **hőmérséklet** egy adott mikroorganizmus élettevékenységéhez szükséges **abiotikus környezeti tényező**, a **depóniagáz előállítása** szempontjából, pedig a **legfontosabb rendezőfaktor**

Hőmérséklet csoport	Átlaghőmérséklet intervallum [C°]	1. csoport <=5 C°	2. csoport 5-10 C°	3. csoport 10-15 C°	4. csoport 15-20 C°	5. csoport 20-25 C°	6. csoport 25-30 C°
1. csoport	<=5 C°	-	ns	ns	ns	ns	ns
2. csoport	5-10 C°	0,124	-	ns	ns	*	ns
3. csoport	10-15 C°	0,185	0,061	-	ns	*	ns
4. csoport	15-20 C°	0,074	0,051	0,111	-	*	ns
5. csoport	20-25 C°	5,635	5,759	5,820	5,709	-	ns
6. csoport	25-30 C°	2,717	2,842	2,902	2,791	2,918	-

ns = nem szignifikáns, * P<5%, ** P<1%

Depóniagáz minőségi és mennyiségi paramétereinek változása az átlaghőmérséklet függvényében II.



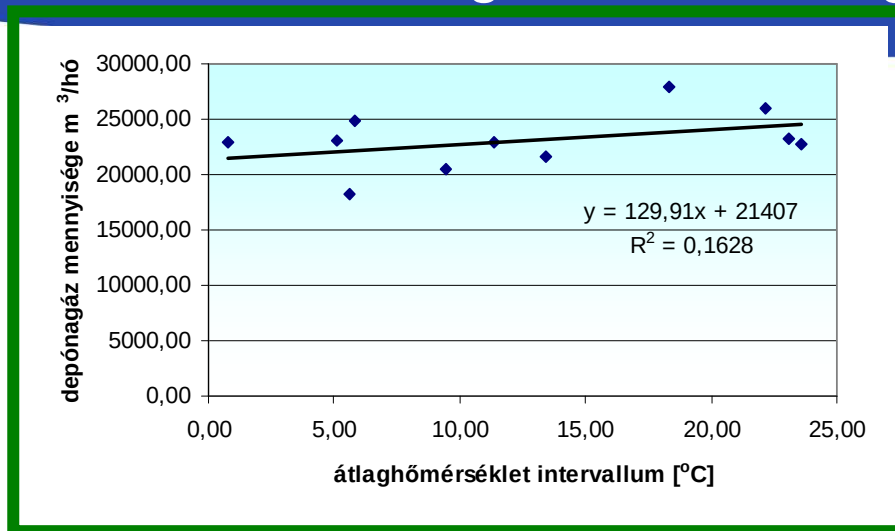
Megállapítottam egy adott hulladéklerakó telepre jellemző **környezeti paraméterek** közül az **átlaghőmérsékleti intervallumok** változása a **depóniagáz** metántartalmát nem befolyásolja, mivel csak a **hulladéktest felső néhány méterén érezteti hatását**, ami a következő egyenlettel írható le:

$y = 0,1948x + 47,177$ az $R^2 = 0,0106$
a korrelációs együttható értéke $r = 0,1029$

	Lineáris egyenlet	R ²	r
1. gázkút	$y = 0,8902x + 35,725$	0,2408	0,4907
2. gázkút	$y = 0,7714x + 22,672$	0,1043	0,3229
3. gázkút	$y = 0,7512x + 33,844$	0,3319	0,5761
4. gázkút	$y = 0,489x + 46,783$	0,1006	0,3171
5. gázkút	$y = 0,3479x + 47,223$	0,0745	0,2729
6. gázkút	$y = 0,1243x + 62,706$	0,0339	0,1841
7. gázkút	$y = -0,0856x + 51,411$	0,0055	0,0741
8. gázkút	$y = -0,0329x + 59,412$	0,0018	0,0424
9. gázkút	$y = -1,29x + 63,12$	0,3331	0,5771
10. gázkút	$y = -0,404x + 59,318$	0,098	0,3130
11. gázkút	$y = 0,6585x + 36,738$	0,0949	0,3080

A gázkutak tájolása és a szerves anyag összetétele gázkutanként eltérő ezért az átlaghőmérséklet változása egyes gázkutaknál mutat összefüggést, de a **teljes depóniagáz mennyiség** metántartalmát tekintve jelentősen nem befolyásolja.

Depóniagáz minőségi és mennyiségi paramétereinek változása az átlaghőmérséklet függvényében III.



A depóniagáz mennyiségét és az átlaghőmérséklet változását összerendelve *lineáris regresszió* vizsgálatot végeztem.

Depóniagáz mennyiségének változása az átlaghőmérsékleti intervallumok függvényében

a következő egyenlettel írható le:

$$y = 129,91x + 21407 \text{ az } R^2 = 0,1628$$

a korrelációs együttható értéke $r=0,42$

Hónap	Depóniagáz mennyisége [m ³ /hó]	Átlag hőmérséklet [C°]
Január	18150,41	5,65
Február	24764,41	5,83
Március	20416,65	9,46
Április	21562,23	13,41
Május	27859,25	18,35
Június	25998,36	22,17
Július	22771,35	23,58
Augusztus	23175,18	23,09
Szeptember	16407,71	15,14
Október	22846,56	11,38
November	22998,25	5,11
December	22966,35	0,82
Összesen	269916,71m³/év	

Pozitív korreláció ami éves szinten a termelődéseket nézve az átlaghőmérsékleti intervallumok emelkedése a depóniagáz mennyiségének emelkedését okozza.

Depóniagáz minőségi paramétereinek változása a szélesebbesség intervallumok függvényében I.

Szélesebbesség csoportok	Szélesebbesség intervallum [m/s]	n [db]	CH ₄ átlag [%]	Variációs koefficiens CV%[%]	szórás [%]	95% Konfidencia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
						Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	88	47,30	31,22	14,771	44,17	50,43	7	66
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	99	51,87	22,81	11,832	49,51	54,23	14	66
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	99	49,81	30,45	15,169	46,79	52,84	1	66
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	99	48,65	30,58	14,880	45,68	51,62	1	66
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	66	50,95	29,26	14,908	47,29	54,62	5	68
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	66	49,53	28,79	14,260	46,03	53,04	6	66
	összesen	517	49,67	28,82	14,319	48,43	50,90	1	68

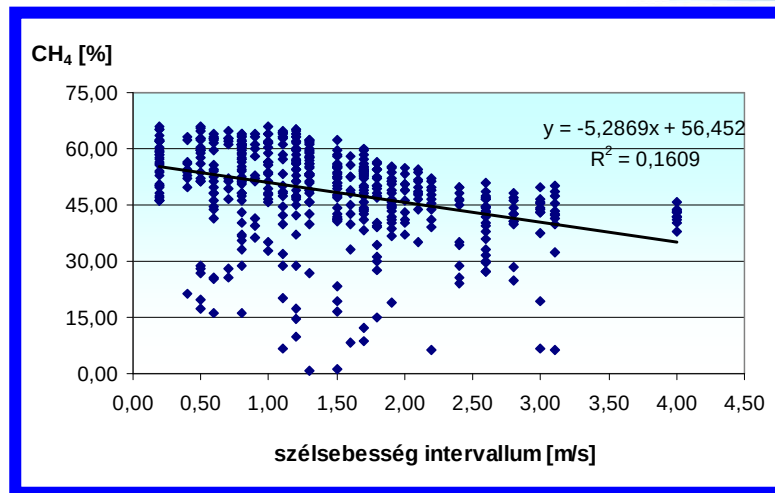
0,6>v_{sz} ≤1 közötti szélesebbesség esetében van legkedvezőbb metántartalmi értékek, ezt meghaladva csökken.

Szélesebbesség csoportok	Szélesebbesség intervallum [m/s]	1. csoport $v_{sz} \leq 0,6$	2. csoport $0,6 > v_{sz} \leq 1$	3. csoport $1 > v_{sz} \leq 1,3$	4. csoport $1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	5. csoport $1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	6. csoport $v_{sz} > 2,4$
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	-	*	ns	ns	ns	ns
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	4,571	-	ns	ns	ns	ns
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	2,512	2,059	-	ns	ns	ns
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	1,351	3,219	1,161	-	ns	ns
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	3,650	0,920	1,138	2,299	-	ns
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	2,232	2,338	0,279	0,881	1,418	ns

ns nem szignifikáns, * P<5%, ** P<1%

A csoportpárok között varianciaanalízis egy esetben mutatott szignifikáns különbséget az **2.-1. csoport** között, P<5% szignifikáns eltérések tapasztalhatóak

Depóniagáz minőségi paramétereinek változása a szélesebesség intervallumok függvényében II.



A szélesebesség változás hatása a depóniagáz metántartalmára a következő egyenlet segítségével írható le:

$$y = -5,2869x + 56,452 \text{ az } R^2 = 0,1699$$

a korrelációs együttható értéke $r=0,48$

	Lineáris egyenlet	R^2	r
1. gázkút	$y = -1,5841x + 48,555$	0,0152	0,1232
2. gázkút	$y = -5,3454x + 43,672$	0,0643	0,2535
3. gázkút	$y = -3,3061x + 50,314$	0,1117	0,3342
4. gázkút	$y = -7,9509x + 63,502$	0,4232	0,6505
5. gázkút	$y = -4,642x + 57,368$	0,3338	0,5777
6. gázkút	$y = -6,1143x + 64,857$	0,5621	0,7497
7. gázkút	$y = -5,7277x + 60,316$	0,4445	0,6667
8. gázkút	$y = -6,8312x + 64,912$	0,5902	0,7682
9. gázkút	$y = -5,3243x + 53,627$	0,0956	0,3091
10. gázkút	$y = -5,6265x + 60,562$	0,3346	0,5784
11. gázkút	$y = -5,7035x + 53,283$	0,0995	0,3154

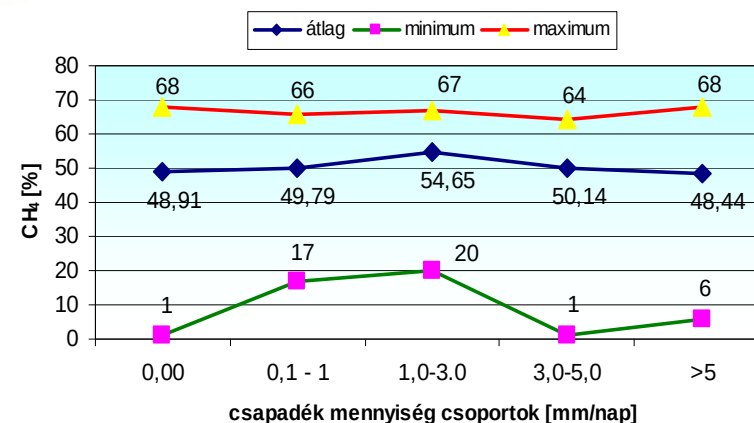
A gázkutankénti jelentős eltéréseket tapasztaltam, laza és közepes negatív korrelációt állapítottam meg.

A lineáris regresszió vizsgálat alapján kijelenthető, hogy a **szélesebesség intervallumok változása a keletkezett depóniagáz minőségi paramétereit befolyásolják.**

A változók között negatív korreláció van a szélesebesség emelkedésével a metánártalmi értékek csökkennek, oxigénben dúsulhat a rendszer, ami üzemeltetési és biztonságtechnikai kockázatot jelent az üzemeltető számára

Depóniagáz minőségi és mennyiségi paramétereinek változása a csapadék mennyiség függvényében I.

Csapadék mennyiség csoport	Csapadék mennyiség [mm/nap]	n [db]	CH ₄ átlag [%]	Variációs koefficiens CV% [%]	szórás [%]	Min. [%]	Max. [%]
1. csoport	0	286	48,91	29,91	14,63	1	68
2. csoport	0,1 - 1	77	49,78	27,43	13,65	17	66
3. csoport	1,0 – 3,0	55	54,65	22,33	12,20	20	67
4. csoport	3,5-5,0	33	50,14	30,21	15,15	1	64
5. csoport	>5	66	48,44	29,83	14,45	6	68
	Összesen	517	49,67	28,79	14,31	1	68



Az 1, 2 csoportoknál a csapadék mennyiség változása a depóniagáz metántartalmát nem befolyásolja, de az 5. csoportnál [**>5 mm/nap**] **nagyobb csapadék mennyiség mellett** már csökken, a **biológiai feltételek romlanak, elvizesednek a gázutak** és leromlik a termelés is.

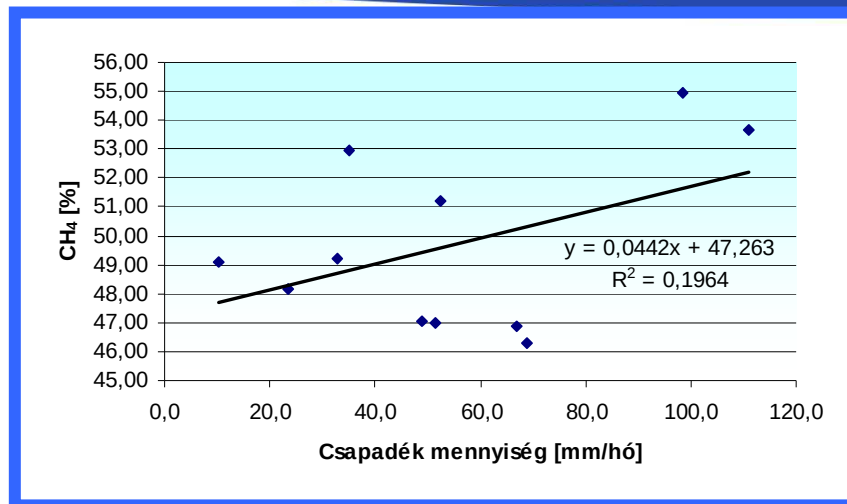
Csapadék mennyiség csoportok	Csapadék mennyiség [mm/nap]	1.csoport 0 [mm/nap]	2.csoport 0,1-1 [mm/nap]	3.csoport 1-3 [mm/nap]	4.csoport 3-5 [mm/nap]	5. csoport >5 [mm/nap]
1. csoport	0	-	ns	*	ns	ns
2. csoport	0,1 - 1	0,866	-	ns	ns	ns
3. csoport	1 - 3	5,736	4,870	-		*
4. csoport	3-5	1,230	0,364	4,506	-	ns
5. csoport	>5	0,472	1,338	6,208	1,702	-

Az eredmények statisztikai feldolgozása során a

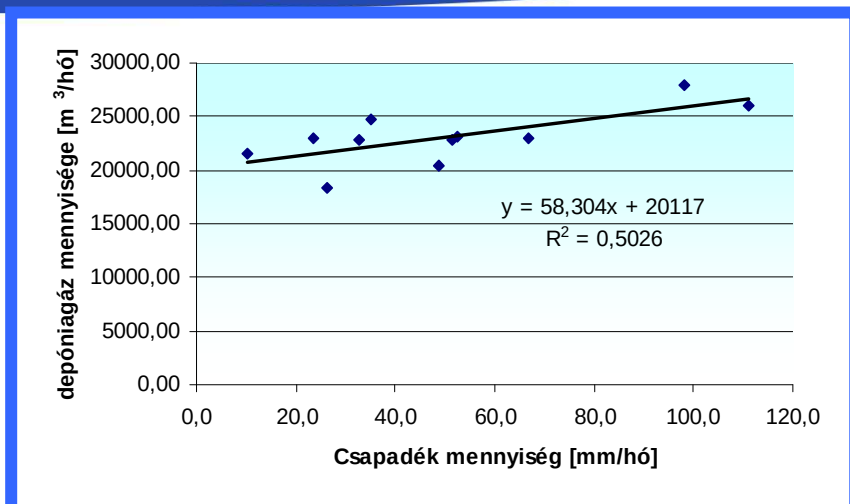
3.-1.csoport között $P < 5\%$,
5.-3.csoport között $P < 5\%$
szignifikáns különbségek adódtak

ns = nem szignifikáns, * $P < 5\%$, ** $P < 1\%$

Depóniagáz minőségi és mennyiségi paramétereinek változása a csapadék mennyiség függvényében II.



A csapadék mennyiség emelkedésével a **depóniagáz metántartalma emelkedik**, ami a következő egyenlettel írható le:
 $y = 0,0442x + 47,263$ az $R^2 = 0,1964$
a korrelációs együttható értéke $r = 0,44$



A csapadék mennyiség emelkedésével a **depóniagáz mennyisége** emelkedik ami a következő egyenlettel írható le:
 $y = 58,304x + 20117$ az $R^2 = 0,5026$
a korrelációs együttható értéke $r = 0,71$

A hulladéklerakó telepre lehullott csapadék mennyiségének változása befolyásolja képződött depóniagáz mennyiségi és minőségi paramétereit.

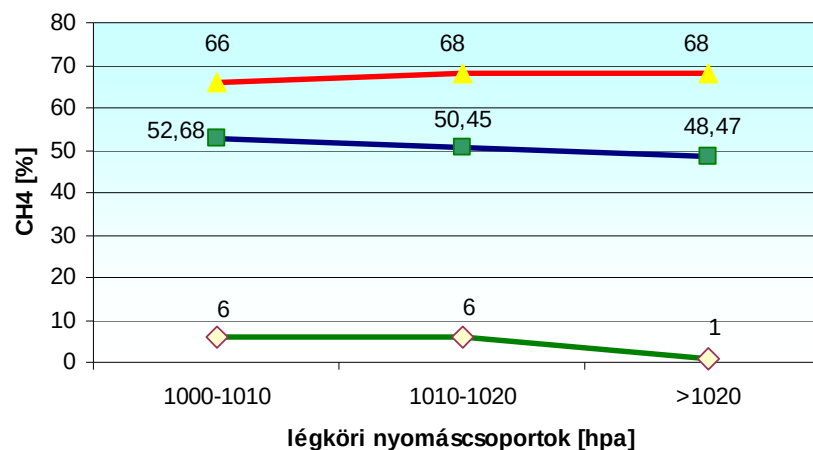
A lineáris regresszió vizsgálat során pozitív korreláció kapcsolatot állapítottam meg a paraméterek között, ahol a csapadék mennyiségének emelkedése a depóniagáz mennyiségének, illetve metántartalmának az emelkedését eredményezte.

Depóniagáz minőségi paramétereinek változása a légköri nyomás függvényében vizsgálat eredményei I.

Légköri nyomás csoport	Légköri nyomás [hpa]	n [db]	CH ₄ átlag [%]	Variációs koefficiens CV% [%]	szórás [%]	95% Konfidencia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
						Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	1000-1010	33	52,68	23,74	12,509	48,24	57,11	6	66
2. csoport	1010-1020	242	50,45	26,47	13,359	48,76	52,14	6	68
3. csoport	>1020	242	48,47	31,72	15,378	46,53	50,42	1	68
	összesen	517	49,67	28,82	14,319	48,43	50,90	1	68

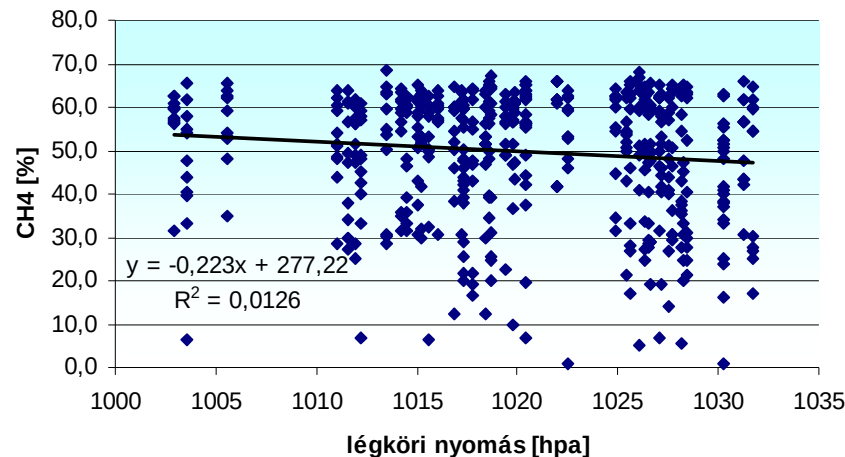
Légköri nyomás csoport	Légköri nyomás [hpa]	1. csoport 1000-1010	2. csoport 1010-1020	3. csoport >1020
1. csoport	1000-1010	-	ns	ns
2. csoport	1010-1020	2,227	-	ns
3. csoport	>1020	4,201	1,974	-

ns = nem szignifikáns, * P<5%, ** P<1%



A vizsgált csoportok **metántartalmának különbsége** az átló alatt és az átló felett a csoportpárok eredményei közötti szignifikancia eredmények. A csoportpárok között a varianciaanalízis **szignifikáns eredményeket nem igazolt**.

Depóniagáz minőségi paramétereinek változása a légköri nyomás függvényében vizsgálat eredményei II



A légköri nyomás változásának hatása a depóniagáz metántartalmára a következő egyenlettel írható le

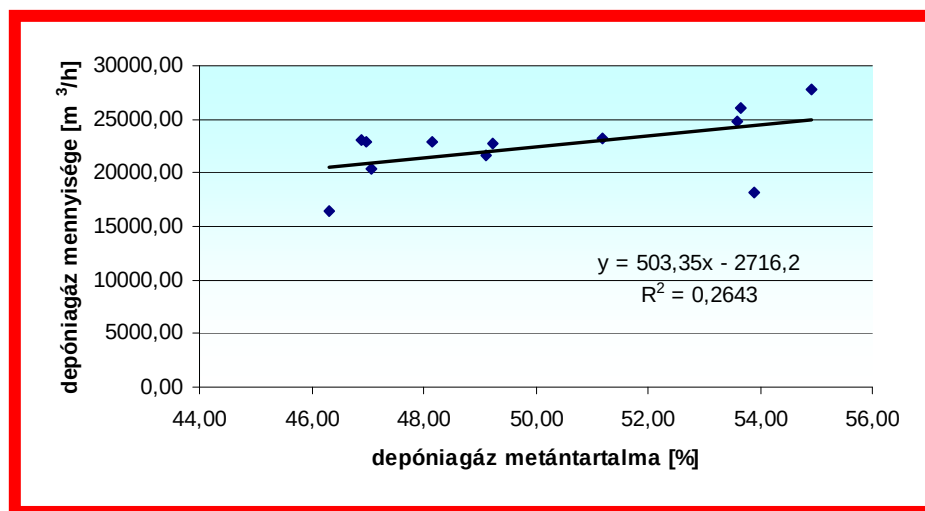
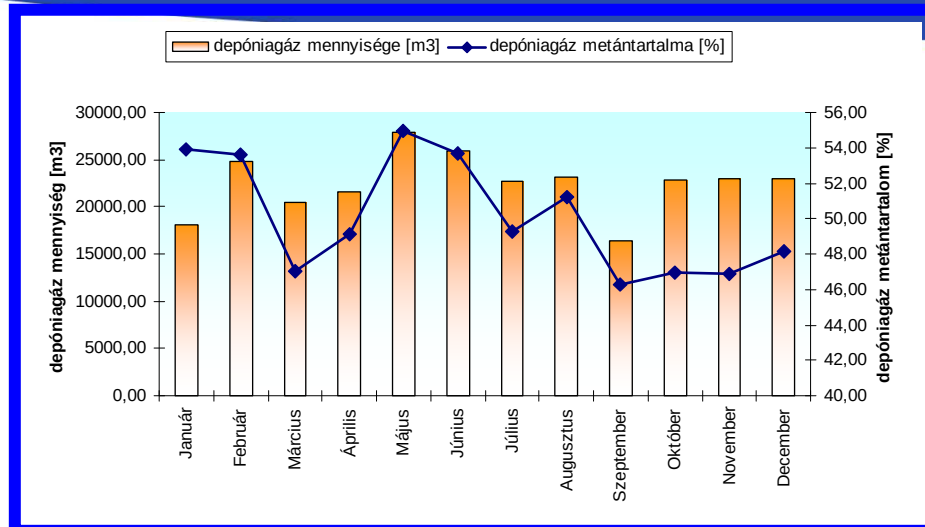
$y = -0,223x + 277,22$ az $R^2 = 0,0126$,
a korrelációs együttható értéke $r = 0,11$

	Lineáris egyenlet	R^2	r
1. gázkút	$y = -0,7708x + 833,47$	0,1637	0,4045
2. gázkút	$y = -0,5037x + 546,44$	0,0403	0,2007
3. gázkút	$y = -0,6815x + 738,75$	0,2477	0,4976
4. gázkút	$y = -0,1881x + 244,93$	0,0135	0,1161
5. gázkút	$y = -0,5939x + 657,59$	0,197	0,4438
6. gázkút	$y = -0,003x + 64,164$	2E-05	0,0001
7. gázkút	$y = -0,0848x + 139,02$	0,0049	0,0701
8. gázkút	$y = 0,2166x - 161,96$	0,0688	0,2622
9. gázkút	$y = 0,3701x - 330,93$	0,0249	0,1577
10. gázkút	$y = 0,1483x - 97,161$	0,012	0,1095
11. gázkút	$y = -0,3626x + 415,09$	0,0261	0,1615

A lineáris regresszió vizsgálat eredményei alapján elmondható, hogy a légköri nyomás változása a depóniagáz metántartalmát nem befolyásolja.

A gázkutanként már tapasztaltam szignifikáns különbségeket a légköri nyomás csoportok és a hozzájuk tartozó metántartalmak között.

Depóniagáz mennyiségi és minőségi paramétereinek változása.



Hónap	Depóniagáz CH ₄ [%]	Depóniagáz mennyisége [m³/hó]
Január	53,91	18150,41
Február	53,60	24764,41
Március	47,05	20416,65
Április	49,12	21562,23
Május	54,92	27859,25
Június	53,65	25998,36
Július	49,24	22771,35
Augusztus	51,19	23175,18
Szeptember	46,30	16407,71
Október	46,98	22846,56
November	46,89	22998,25
December	48,14	22966,35
Összesen	49,67	2699916,71

A depóniagáz metántartalmának változása és a mennyiségi paraméterekre a következő egyenlettel írható le.: $y = 503,35x - 2716,2$ az $R^2 = 0,2646$, ahol a $r=0,51$.

Depóniagáz mennyiségi és minőségi paramétereinek változása II.

A gázkutak esetében a tolózárakkal való időközönkénti szabályzás helyett, egy folyamatos kontrollal rendelkező, **telemetriás rendszerre való áttérést javasolom.**

Telemetriás rendszer, a gázkutaknál mért **depóniagáz metántartalmi értékek** változását és a **meteorológiai állomás által küldött**, információkat figyelné, és ezek alapján határozná meg az alkalmazott elszívás mértékét.

A kedvezőtlen időjárási paraméterek, alacsony átlaghőmérséklet esetében célszerű a hulladéklerakó telepen képződött **csurgalékvizet visszajuttatni a hulladéktestbe.**

A **gázkutak környékén a nedvességtartalom** fenntartása mellett a hatósugarában **földtakarást és zárást kell biztosítani**, hogy nem kerüljön ki a légkörbe a depóniagáz.

Csapadékban, gazdag időszakban a **csurgalékvizet a gázmotorok által termelt hulladék hővel párologtassák el**, ezáltal tudom csökkenteni a medencék terhelését.

Azoknál a gázkutaknál, ahol a biológiai háttér és időjárási paraméterek miatt lecsökkent a gáztermelődés és a metántartalom, **az elszívási mértékét csökkenteni kell**

Szélesebesség növekedésével az *elszívási rendszer elemeit össze kell hangolni.*

ÖSSZEFOGLALÁS

Összességében elmondható az üzemeltető számára az **alkalmazott elszívás értékének** meghatározásakor figyelembe kell vennie a telepre jellemző időjárási paramétereit – átlaghőmérsékleti intervallum, levegő relatív nedvességtartalom, légköri nyomás, csapadék mennyiség, szélesebb intervallum ahhoz, hogy egy adott évre a legkedvezőbb depóniagáz termelődéssel és metántartalommal tudjon tervezni.

Mivel:

- az időjárási paraméterek mindig változnak
- a szerves anyag bevitel az adott régióra jellemző paraméterekkel bír

Megállapítható, hogy

Ezért az elszívás mértékének szabályzásával és az időjárási paraméterek figyelembe vételével tudom a kinyerés hatékonyságát változtatni.

Megállapított összefüggések hozzájárulnak a hulladéklerakó telepeknek legkedvezőbb depóniagáz mennyiségi és minőségi kihozatalához és ezáltal a villamos energia termeléshez optimalizálásához is.

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

SZÉCHENYI



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE