SZENT ISTVÁN EGYETEM

Környezeti hatások a depóniagáz mennyiségi, illetve minőségi jellemzőire

Doktori (PhD) értekezés

Molnár Tamás Géza

Gödöllő
2012

A doktori iskola megnevezése: Műszaki Tudományi Doktori Iskola

tudományága: Agrárműszaki tudomány

vezetője: Prof Dr. Farkas István
egyetemi tanár, DSc
SZIE Gépészmérnöki Kar

témavezető: Prof. Dr. Barótfi István CSc
egyetemi tanár, CSc
SZIE Gépészmérnöki Kar
Környezetipari Rendszerek Intézet

…… az iskolavezető jóváhagyása

…….. a témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK 5
1.1. A választott témakör jelentősége 5
1.2. Célkitűzések 6
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS 7
2.1. A hulladék fogalma, csoportosítása 7
2.1.1. A hulladék ártalmatlanítása és kezelése 7
2.2. Magyarországon és az Európai Unióban megvalósított depóniagáztelepek 10
2.2.1. Hulladékkezelés és depóniagázkezelés nemzetközi kitekintése 11
2.3. Hulladéklerakó telepek helykijelölési szempontjai és kialakításai 12
2.3.1. Hulladéklerakó depóniák szigetelési rendszerének technológiája 15
2.3.2. Hulladéklerakók gázmentesítő és gázellenőrző rendszerei 18
2.4. Hulladéklerakó telepen képződő depóniagáz mennyiségi és minőségi jellemzői 21
2.4.1. Anaerob degradáció során lezajló folyamatok 21
2.4.2. A hulladéklerakó depóniában végbemenő folyamatok 22
2.4.3. A depóniagázok mennyisége, összetétele és modellek ismertetése 25
2.4.4. A depóniagáz keletkezésére ható tényezők 29
2.5. A depóniagáz felhasználás és hasznosítás lehetőségei 32
2.5.1. Depóniagáz kapcsolt energiatermelésben történő felhasználása 35
2.5.2. Depóniagáz hasznosításának jövője és feltételei 36
2.6. A szakirodalomban fellelhető ellentmondások és értékelések 37
3. ANYAG ÉS MÓDSZER 38
3.1. Hódmezővásárhely szilárd kommunális hulladékának rendezett lerakása 38
3.1.1. A depóniagáz termelés technológiája a hulladéklerakó telepen 39
3.1.2. A hulladéklerakó telepen keletkezett depóniagáz hasznosítási lehetőségei 43
3.2. A vizsgálat megtervezése 45
3.2.1. Mérési rendszerek elhelyezkedése a hulladéklerakó telepen 45
3.2.2. Vizsgálatok során alkalmazott mérőműszerek 47
3.2.3. Az adatfeldolgozás menete és az alkalmazott statisztikai módszerek 48
3.2.4. A vizsgálatok és az adatfeldolgozás során alkalmazott kiindulási alapadatok 49
3.3. A hulladéklerakó telepen elvégzett vizsgálatok ismertetése 51
3.3.1. A hulladéklerakó telepre beszállított hulladékok összetételének vizsgálata 52
3.3.2. Az elszívás mértéke és a depóniagáz minőségi paramétereinek változása 53
3.3.3. Átlaghőmérsékleti intervallumok hatása a depóniagáz minőségi, mennyiségi értékeire 54
3.3.4. A levegő relatív nedvességtartalmának hatása a depóniagáz minőségi paramétereire 54
3.3.5. A légköri nyomás hatása a depóniagáz minőségi paramétereire 55
3.3.6. A szélsebesség intervallumok hatása a depóniagáz minőségi paramétereire 55
3.3.7. A csapadék mennyiségének hatása a depóniagáz minőségi és mennyiségi paramétereire 55
4. EREDMÉNYEK 56
4.1. A beszállított hulladékok szerves anyag tartalmának vizsgálati eredményei 56
4.2. Depóniagáz minőségi paraméterei változása az alkalmazott depresszió függvényében. 59
4.2.1 A gázkutankénti vizsgálatok eredményei 61
4.3. Depóniagáz minőségének és mennyiségének változása a környezeti viszonyoktól 71
4.3.1. Depóniagáz minőségének, mennyiségének változása az átlaghőmérséklet függvényében 71
4.3.2. Depóniagáz metántartalmának változása a relatív nedvességtartalom függvényében 85
4.3.3. Depóniagáz metántartalmának változása a légköri nyomás függvényében 89
4.3.4. Depóniagáz metántartalmának változása a különböző szélsebesség intervallumokban 92
4.3.5. Depóniagáz minőségének és mennyiségének változása a csapadék mennyiségétől 95
4.4. Az eredmények értékelése 98
4.5. Új tudományos eredmények 102
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK 104
6. ÖSSZEFOGLALÁS 105

7. SUMMARY 106
8. MELLÉKLETEK 107
M1 : Irodalomjegyzék 107
M2 : Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk 113
M3 : Hulladéklerakó típusok terepadottságok szerint 117
M4 : A hulladéklerakók aljzat és felső lezáró szigetelési rendszerének felépítése 117
M5 : A horizontális gázgyűjtő árok és gázgyűjtő cső kivezetés kialakítás 117
M6 : Beszállított szennyvíziszap vonatkozó előírások 118
M7 : Szerves szennyezőkre vonatkozó előírások 118
M8 : A toxikus elemekre vonatkozó előírások 118
M9 : Depóniagáz és földgáz paramétereinek összehasonlítása 118
M10 Depóniagáz kihozatal különféle hulladékokból 119
M11 : Depóniagázok összetétele és a komponensek koncentrációjának jellemző értékei 119
M12 : A hulladéklerakó telepen elhelyezkedő gázkutak elrendezése az 1. ütemben 120
M13 : A hulladéklerakó telepen elhelyezkedő gázkutak elrendezése az 2. ütemben 121
M14 : Az alkalmazott gázfáklya kialakítása és műszaki paraméterei 121
M15 : ASA Hódmezővásárhely Köztisztasági Kft kiserőmű hálózati csatlakozása 122
M16 : Generátor és transzformátor adatok 123
M17 : Gázmotor-generátor egységbe beépített védelmek 123
M18 : Gázmotor generátor teljesítmény érték szerinti szabályozása 123
M19 : Gázmotor generátor teljesítmény „0”érték szerinti szabályozása 124
M20 : GA 2000 hordozható depóniagáz-elemző felépítése 124
M21 : NDIR közepes infravörös tartományban működő gázelemző készülék 124
M22 : GA 2000 hordozható depóniagáz-elemző műszaki specifikációi 125
M23 : 2007-12-18-án beszállított hulladék megoszlása EWC kódok szerint 126
M24 : 2007. 04.06-án beszállított hulladék megoszlása EWC kódok szerint 126
M25 : 2007-07-10-én beszállított hulladék megoszlása EWC kódok szerint 127
M26 : 2007. 09.05-én. beszállított hulladék megoszlása EWC kódok szerint 128
M27 : 2007 téli időszakban elhelyezett hulladékok összetételeinek eredményei 128
M28 : 2007 tavaszi időszakban elhelyezett hulladékok összetételeinek eredményei 128
M29 : 2007 nyári időszakban elhelyezett hulladékok összetételeinek eredményei 129
M30 : 2007 őszi időszakban elhelyezett hulladékok összetételeinek eredményei 129
M31 : A szénhidrátok anaerob lebontásának vázlata és kémiai képlete 129
M32 : A zsírok anaerob lebontásának vázlata és kémiai képlete 130
M33 : A fehérjék anaerob lebontásának vázlata és kémiai képlete 130
M34 : A depóniagáz összetételének változása a vizsgálati időszakban 131
M35 : A vizsgálati időszakban mért időjárási paraméterek 134
M36 : A gázkutankénti metántartalom változása az alkalmazott elszívás függvényében 135
M37 : A gázkutankénti metántartalom az átlaghőmérséklet intervallum függvényében 137
M38 : A levegő relatív nedvességtartalom változása a gázkutankénti metántartalomra 138
M39 : A légköri nyomásváltozása a metántartalomra gázkutanként 139
M40 : A szélsebesség intervallumokhoz tartozó metántartalmi értékek gázkutanként 140
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 143

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

Magyarországon az elmúlt években egyre nagyobb feladatot jelent a települési szilárd hulladék mennyiségének folyamatos növekedése, ami a lakossági fogyasztás következtében alakult ki. A nyugat-európai fogyasztói szokásokhoz való közeledés megváltoztatta a hazai vásárlási szokásokat, egyre több "egyszer használatos" áru kerül a háztartásokba. Magyarországon jelenleg mintegy 23 millió m^3 települési szilárd hulladék keletkezik évente. Ennek 62%-a lakossági eredetű, a többi intézményeknél, szolgáltató egységeknél keletkező háztartási hulladékokkal együtt kezelhető hulladék. A mennyisége a gazdaság fejlődésével évente 2-3%-kal nő. A közszolgáltatás keretében begyűjtött települési szilárd hulladéknak 3%-át hasznosítják, az ártalmatlanítás jellemző formája a lerakás. Magyarországon a jelenleg engedéllyel üzemelő mintegy 2600 települési szilárd hulladéklerakónak kb. 70 %-a a minimális követelményeknek sem tesz eleget. A többi lerakónak kb. a 2/3-a részben megfelel az elvárásoknak és kb. 1/3 tekinthető rendezett lerakóként üzemeltetett ártalmatlanító telepnek. A hulladékgazdálkodásnak kulcs szerepe van a környezet minőségének, a természeti erőforrás védelmében, a környezeti biztonságérzet kialakításában egyaránt. A hulladékok rendezett lerakása során két alapvető káros tényező lép fel. Az egyik a csurgalékvíz, ami a hulladékokból szivárogva szennyezi a talajvizet, a másik a szerves anyag bomlásából származó depóniagáz. Kiáramlása a környezetre káros hatással van, előidézi az üvegházhatást, kellemtelen szagot áraszt és robbanóképes gázelegyet is képezhet. A keletkező depóniagáz megfelelő és ellenőrzött kinyerésével, összegyűjtésével, hasznosításával környezetbarát állapotot lehet létrehozni. A hasznosítás garantálja a hulladéklerakó telep biztonságát és az aktív környezetvédelmi előírások betartását, mindemellett ésszerű energiatermelést valósíthatunk meg. A kutatásomat a hódmezővásárhelyi székhelyű A·S·A·Köztisztasági Kft támogatásával végzem. A hódmezővásárhelyi hulladéklerakó az első, környezetvédelmi engedély alapján épült hulladéklerakó Magyarországon, ami eleget tesz az Európai Uniós környezetvédelmi előírásoknak és műszaki feltételeknek. A hulladéklerakó teljes tervezett kapacitása, 3,9 millió tonna (4,7 millió m^3), amely 50-60 évre biztosítja Hódmezővásárhely és térsége hulladékának biztonságos elhelyezését.

1.1. A választott témakör jelentősége

A kommunális hulladékok növekvő tömege depóniagáz forrásként szolgálhat. A hulladéklerakó telepeknek rendelkezniük kell depóniagáz elvezető rendszerekkel ahhoz, hogy a környezetvédelmi előírásoknak megfeleljenek, amennyiben a feltételek adottak, akkor a depóniagáz hasznosítását is meg kell oldani. A települési hulladékok bomlásából keletkező depóniagáz problémakörével azóta foglalkoznak behatóan, mióta kimutatható, hogy Földünkön a természetes és antropogén metán, szén-dioxid kibocsátás hozzájárul, az un. üvegházhatás jelenség kialakulásához [Farkas, 2011]. A fosszilis energiahordozók véges volta és környezetszennyező hatása egyaránt ráirányította a figyelmet más alternatív energiaforrások, például depóniagáz feltárására és gyakorlati alkalmazására [Farkas, 2010]. A téma aktualitásának és jelentőségének szempontjai közül az egyik, hogy a képződött hulladék korszerű és az Európai Unió előírásainak megfelelő technológia rendszerek alkalmazásával energetikailag hasznosítható és a fosszilis energiát kiváltó alternatív energiaforrást tudunk használni villamos és hőenergia termelés céljára, ami gazdasági és környezetvédelmi előnyökkel jár. A hulladéklerakó telepen képződött depóniagáz energetikai hasznosítása több lépcsőben valósulhat meg. A kezdeti időszakban, ártalmatlanításról beszélhetünk, amikor gázfáklyában égetjük el a depóniagázt, ezzel megakadályozva a légkörbe kerülését. Amennyiben a depóniagáz mennyiségi és minőségi paraméterei lehetővé teszik akkor a hulladéklerakó telepen található szociális épületek fűtését és meleg vízzel való ellátását egy depóniagáz elégetésére alkalmas gázkazán segítségével tudjuk biztosítani. Az energetikai hasznosítás következő lehetősége a hulladéklerakó-telepre jellemző depóniagáz hozamra méretezett kogenerációs erőműben való alkalmazása, ahol villamos és hőenergia-energiatermelés is megvalósul. A másik szempont a környezetünk védelme céljából olyan intézkedéseket és technológiákat kell alkalmazni, ami szem előtt tartja a környezeti problémák minimalizálását.

1.2. Célkitűzések

A keletkező depóniagázok mennyisége és minősége feltételezhetően a hulladéklerakó telepre jellemző időjárási paraméterektől, a depóniagáz kinyerő rendszer műszaki paramétereitől és az adott hódmezővásárhelyi térségre jellemző szerves anyag potenciáltól függ. Ezért, célul tűztem ki, hogy meghatározzam egy adott hulladéklerakó-telepen keletkező depóniagáz mennyiségi és minőségi jellemzőinek változását az időjárási paraméterek, üzemeltetési tényezők, és az adott régióra jellemző szerves anyag potenciál figyelembevételével. A feltételezésnek megfelelően a következő környezeti hatások befolyásolhatják a depóniagáz termelődését: átlaghőmérséklet, légköri nyomás, levegő relatív nedvességtartalma, szélsebesség, csapadék mennyiség változása. Ezeknek a hatása közvetett, illetve közvetlen úton is befolyásolhatja a hulladéklerakó telepen keletkezett depóniagáz mennyiségi és minőségi paramétereit. A környezeti viszonyok és a gáztermelődés közti összefüggések vizsgálata mellett nagyon fontos szempont a hulladéklerakóra lerakott hulladék szerves anyag mennyisége, mely a törvényi előírások miatt folyamatosan változik, egyre kisebb hányad kerülhet lerakásra a biológiailag lebomló részből. Az adott régióra jellemző szerves anyag potenciálból, - mint kiindulási alapadatból- lehet következtetni a termelődött depóniagáz mennyiségére. Meghatározásához a vizsgálati időszakban hulladékanalízist kellett végeznem, melyből megállapítható a lerakott hulladék biológiailag lebomló részaránya. A depóniagázok termelődése és a kitermelhető mennyiségek között jelentős eltérések tapasztalhatóak, amit a területre jellemző környezeti viszonyok, a kitermelés technológiai színvonala és a lerakott hulladék összetétele, depóniatest víztartalma, a hulladék tömörsége és a bomlási idő határoz meg. A fenti célok pontokba szedve és részletezve az alábbiak:

1. *Depóniagáz minőségi paramétereinek változása az alkalmazott depresszió függvényében.* Vizsgálatom célja, hogy bemutassam az alkalmazott elszívási rendszer hatékonyságát és a statisztikai módszerek segítségével kapott eredményeket a gyakorlati élet számára hasznosíthatóvá tegyem. A mérések alapján összefüggéseket állítok fel a hulladéklerakóból kinyert depóniagáz minőségi paramétereinek változásáról az alkalmazott depresszió függvényében. A szívóoldali elszívás különböző értékei és a depóniagáz minősége között összefüggéseket határozok meg, ami megmutatja, hogy milyen mértékben befolyásolja az elszívás mértéke a depóniagáz metántartalmát. A depóniagáz kinyerő rendszer üzemeltetése folyamatos kontrolt jelent, ami magába foglalja a gázkutak szabályozhatóságát és ellenőrzését is, így a minimum 45%-os energetikailag hasznosítható metántartalom fenntartható.

2. *Depóniagáz minőségi és mennyiségi paramétereinek változása az átlaghőmérsékleti intervallum, levegő relatív nedvességtartalom, a szélsebesség intervallum, csapadék mennyiség és az elhelyezett hulladék szerves anyag tartalmának változása függvényében.* Összefüggéseket dolgozok ki a keletkező depóniagáz mennyiségi és minőségi változására adott paraméterek figyelembevételével. A hulladéklerakó telep és környezetére jellemző külső fizikai jellemzők voltak az irányadóadóak, ilyenek az időjárási adatok, melyek között kapcsolatokat keresek matematika statisztikai módszerek segítségével. A hulladéklerakó egy természetes bioreakornak fogható fel ahol nem csak a biológiai folyamatok, hanem a külső körülmények is befolyással bírnak. Ezért szükséges, hogy minden egyes környezeti elemet vizsgáljak meg és hasonlítsak össze az általam mért gázösszetételekkel.

Ezek a vizsgálatok szükségesek egy meglévő és egy tervezett hulladéklerakó-telep megépítésekor és üzemeltetésekor. Dolgozatom következő fejezetében, a depóniagáz képződést befolyásoló tényezők szakirodalmát tekintem át.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A hulladék fogalma, csoportosítása

Tekintve, hogy a dolgozat témája a kommunális hulladéklerakóban képződött depóniagáz mennyiségi és minőségi vizsgálatainak összefüggése, ezért részletesen ismertetem a hulladékok kezelésével és ártalmatlanítás és a hulladék lerakása során végbemenő biológia és mechanikai folyamatokat és összefüggéseket. Általános értelemben hulladéknak tekinthető az ember mindennapi élete, munkája, (1. táblázat) gazdasági tevékenysége során keletkező a keletkezés helyén feleslegessé vált és az ott közvetlenül fel nem hasznosítható különböző minőségű és halmazállapotú anyagmennyiséget [Barótfi 2000]. Az a termék, maradvány, tárgy, leválasztott szennyezőanyag, szennyezett kitermelt föld, amelyet a tulajdonosuk sem közvetlenül felhasználni, sem értékesíteni nem tud, és amelyek kezeléséről külön kell gondoskodni [Bonyai et al, Olessák, Szabó 1984]. A hulladékok halmazállapota és veszélyessége szerint megkülönböztetünk szilárd, folyékony, iszapszerű és gázszerű hulladékokat. A csoportosítás a hulladékok manipulálása, gyűjtése, szállítása és a tárolás előkészítése és megszervezése miatt fontos. [Szabó, Olessák 1983].

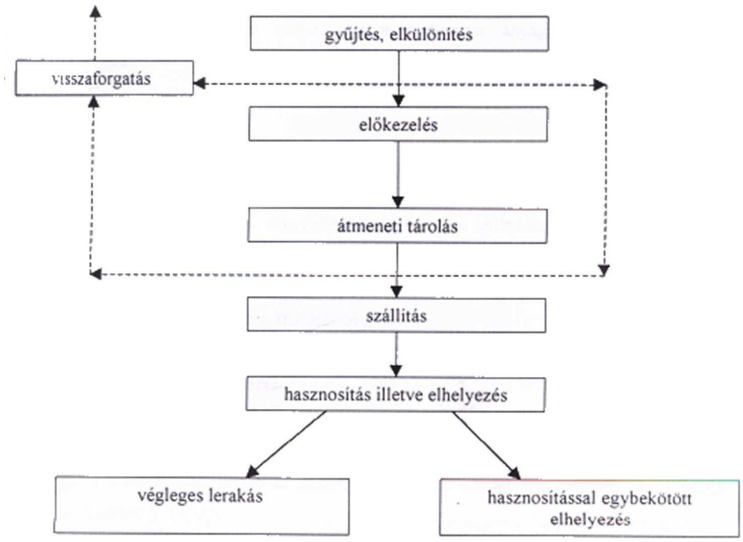
1. táblázat A hulladékok eredet veszélyesség és halmazállapot szerinti csoportosítása [Árvai, 1991]

Eredet	**Halmazállapot szerint**			
	szilárd	**folyékony**	**iszapszerű**	**gáznemű**
Települési	háztartási és utcai szemét	kommunális szennyvíz	kommunális szennyvíziszap	lakóház fűtésének füstje
Termelési	ipari melléktermékek és hulladékok	ipari szennyvizek, olajok, hígtrágya	ipari szennyvíziszapok	ipari füstök és gázok
Veszélyes	különféle ipari törmelékek, salakok, porok	savak, lúgok, oldatok, festékek, trafóolajok	galvániszapok	vegyipari, gázok és füstök

Települési hulladék a lakossági fogyasztás, intézményi kiskereskedelmi és vendéglátó tevékenységből származó hulladék lehet, az összetétele és mennyisége erősen függ az adott régióra jellemző életszínvonaltól és az életmódtól, ezen belül a fogyasztási szokásoktól.[Barótfi 1993]. Termelési hulladék, a termelési tevékenység során üzemszerűen képződő hulladék [Árvai 1993]. Települési folyékony hulladék, a közcsatornára nem kötött emberi tartózkodásra alkalmas épületek szennyvíztároló létesítményeinek, közműpótló berendezéseinek ürítéséből, továbbá a nem közüzemi csatorna- és árokrendszerek, szennyvíztisztító berendezések fenntartásából, tisztításából származó hulladék. A települési szennyvíz tisztításából képződő nyers, vagy kirothasztott szennyvíziszap, valamint a gazdasági, de nem termelési tevékenységből származó kommunális szennyvíz és szennyvíziszap [Bakos 1996]. Veszélyes hulladék, a Kormány 102/1996. (VII. 12.) rendelete alapján veszélyes hulladék: "az a hulladék, amely vagy amelynek bármely összetevője, illetve átalakulás terméke az e rendeletben meghatározott veszélyességi jellemzők valamelyikével rendelkezik és a veszélyes összetevő olyan koncentrációban van jelen, hogy ezáltal az élővilágra, az emberi életre és egészségre, a környezet bármely elemére veszélyt jelent”.

2.1.1. A hulladék ártalmatlanítása és kezelése

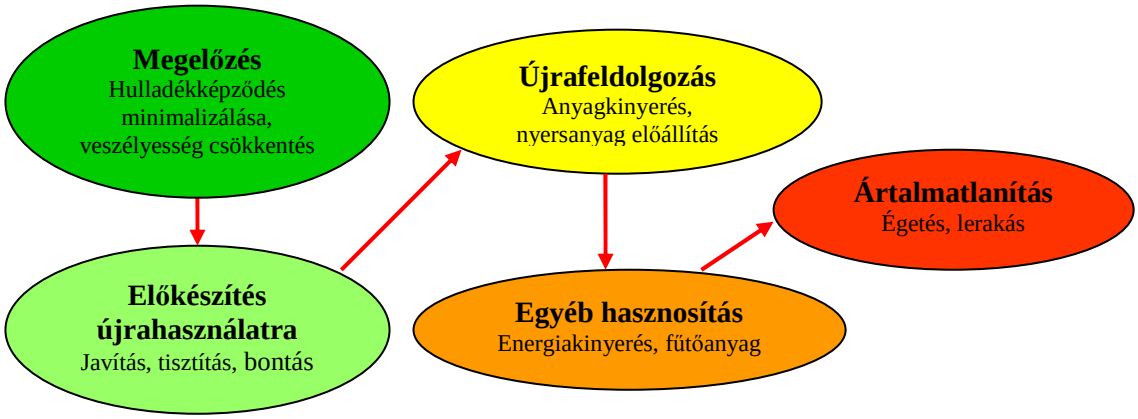
A kommunális hulladékok kezelésének általános fázisai a gyűjtés, elkülönítés (szeparálás), előkezelés, átmeneti tárolás, szállítás, hasznosítás. A nem hasznosítható alkotókat lerakással ártalmatlanítják. A háztartási szemét szelektív gyűjtése néhány fejlett ország kivételével világviszonylatban sem megoldott, bár a szilárd hulladék kevert gyűjtése egyre tarthatatlanná válik. Különösen kerülni kell az ipari, mezőgazdasági tevékenység során az eltérő kezelési osztályba tartozó hulladékok összekeverését. A hulladékok kezelésének, hasznosításának és ártalmatlanításának általános technológiája rendszerét az 1. ábrában szemléltetem [Vermes 1998].



1. ábra Hulladékgazdálkodás technológia folyamatai [Vermes 1998]]

Az elmúlt évtizedek műszaki, gazdasági fejlődése, és az urbanizáció következtében rendkívüli mértékben megnőtt a hulladékok mennyisége. A mai kor környezetgazdálkodási tevékenységének egyik legfontosabb elemeinek tekintendő [Ryding 1994]. A hulladékok környezetkárosítása hatás mellett megnőtt a szerepe a természeti erőforrásokkal való ésszerű gazdálkodásnak. Olyan eljárásoknak van létjogosultsága melyek a nyersanyag készleteket és az energiafelhasználást is figyelembe veszik. Az anyag- és energiatakarékos helyi gazdaságok kialakítása rendkívül fontos tevékenység, ami jelentős kihívást jelent a hulladékgazdálkodás számára [Árvai, 1993]. A természeti erőforrások megőrzése és a környezetszennyezés elkerülése a két alappillére a hulladékgazdálkodás környezetvédelmi problémáinak [McDougall et al., 2001]. Ezáltal a hulladékok keletkezésének, mennyiségének és veszélyességének a csökkentése, illetve a természeti erőforrások felhasználásának csökkentése alapvető feladatunk. A hulladékok újrahasznosításával és feldolgozásával és másodnyersanyagként történő felhasználásával egy adott gazdaság hatékonysága növelhető, valamint így a hulladékok visszakerülését a természetbe megakadályozza [Epa, 1988].

A Magyarországon alkalmazott hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi XLIII. törvény összhangban van az Európai Unió direktíváival, amiben megfogalmazásra kerültek a következőek: a fenntartható fejlődés, a jövő generációk létfeltételeinek és lehetőségeinek biztosítása, az energia és nyersanyagfogyasztás mérséklése, a felhasználás hatékonyságának növelése, a hulladék mennyiségének csökkentése, az emberi egészség, a természeti és épített környezet, hulladék okozta terhelésének mérséklése érdekében született. A törvény célul tűzte ki a települési szilárd hulladékok lerakással történt ártalmatlanítása során a biológiailag lebomló szerves anyag ütemezett csökkentését: 2004. július 1. napjáig 75%-ra, 2007. július 1. napjáig 50%-ra, 2014. július 1. napjáig 35%-ra. Az Európai Unióban 2008-ban került kihirdetésre az új hulladék-keretirányelv (2008/98/EK), melyhez igazodik a magyar Országos Hulladékgazdálkodási Terv (OHT-II.) is. Az EU 2008/98/EK új hulladék-keretirányelve egy ötlépcsős hulladék-gazdálkodási hierarchiát állított fel (2. ábra), melyben a hulladékképződés megelőzésnek és az újrahasznosítás ösztönzésnek van elsődleges prioritása. Sorrendben a megelőzés (a hulladék minimalizálása) az első helyen, majd az újrahasználtra való előkészítés (javítás, tisztítás), újrafeldolgozás (anyagkinyerés, nyersanyag-előállítás), egyéb hasznosítás (energiakinyerés, fűtőanyag) és azokat a hulladékokat, amit nem lehet hasznosítani, azt ártalmatlanítani kell (égetés, lerakás) [OHT-II.]. A képződött hulladékok hazai hasznosítása nemzetközi viszonyokat tekintve előnytelen helyen található. Mivel az ipari hulladékok hasznosítása nem éri el a 30%-ot, az ipari veszélyes hulladék a 20%-ot, a települési szilárd hulladék 3%-ot és a települési folyékony hulladék illetve szennyvíziszap közel 30-40%-ot. Összességében kijelenthető, hogy a Magyarországon a hasznosítás mértéke a 30%-ot sem éri el.



2. ábra A hulladékgazdálkodás hierarchiája [OHT-II.]

A hulladékgazdálkodás alapfogalmába tartoznak az 1996-ban az OECD berlini konferenciáján az elfogadott irányelvek (2. táblázat), melyek a hulladékcsökkentéssel kapcsolatos meghatározásokat tartalmaztak. A megelőzés a legfontosabb, a következő a képződés szintjén és gyártási folyamatokban csökkentsük a képződött hulladékok mennyiségét és az használjuk újra a hulladékot [OECD, 1996]. Ha minden lehetőséget kiaknáztunk, akkor olyan ártalmatlanítási módszereket alkalmazzunk, mely a környezet megóvását figyelembe veszi. Ezek alapján megkülönböztetünk megelőzési és kezelési módszereket.

2. táblázat Hulladék kezelésének hierarchiája [OECD, 1996]

Hierarchia a hulladékgazdálkodásban Az OECD által elfogadott definíciók a hulladékcsökkentés témakörbe	
Hulladékcsökkentési módszerek	
Megelőzési megoldások	Kezelési módszerek
megelőzés	
csökkentés a forrásnál	
újra-használat	
	minőség fejlesztés
	nyersanyag-hasznosítás
	energetikai hasznosítás
	lerakás
	égetés

A depóniagáz termelés szempontjából fontos vizsgálni a beszállításra kerülő települési szilárd hulladék szerves anyag tartalmának helyzetét, és várható alakulását. Az EU hulladéklerakókról szóló 1999/31 EK tanácsi irányelv megalkotásával a hulladéklerakók tehermentesítését, így a hulladékhasznosítást helyezte előtérbe. Az irányelv egyik kulcseleme a települési szilárd hulladék biológiailag bontható frakciójának eltérítése a lerakóktól. Az irányelv kimondja, hogy a hulladéklerakóban ártalmatlanítható települési szilárd hulladék biológiailag lebomló részarányát, mennyiségét folyamatosan csökkenteni kell, illetve meg kell szüntetni. 1995-ben a 4,5 millió tonna települési szilárd hulladéknak 35%-át tette ki a biohulladék és 17%-át a papírhulladék, ami összesen 2,34 millió tonna biológiailag lebomló hulladékot jelentet. Azonban 2004-ben maximum 1,76; 2007-ben 1,17; 2014-ben 0,82 millió tonna szerves hulladék rakható le. Ezáltal a lerakók terhelését tudjuk csökkenteni, illetve az élettartamát tudjuk növelni. A biológiailag lebomló hányad kezelésére komposztáló, biogáz-előállító és felhasználó, illetve bioenergia hasznosító létesítményeket kell kialakítani, ahol az élelmiszeripari hulladék kezelését meg kell tudni oldani.

2.2. Magyarországon és az Európai Unióban megvalósított depóniagáztelepek

Magyarországon jelenleg mintegy 23millió m^3 (4,6millió tonna) települési szilárd hulladék keletkezik, mennyisége a gazdaság fejlődésével évente 2-3%-kal emelkedik [Bai 2005]. Jelenleg a közszolgáltatás keretében begyűjtött települési szilárd hulladéknak csupán 3%-át hasznosítják, az ártalmatlanítás jellemző formája a lerakás (83%) [Barótfi 2000]. A magyarországi hulladéklerakó helyzet elemzésekor külön kell választani az 1990. előtti és utáni állapotot. 1990 előtt teljes szabályozatlanság, alacsony műszaki színvonal és a magántőke bevonásának a hiánya volt jellemző. A lerakók kialakítására, műszaki védelmi rendszerére nem voltak jogszabályok, előírások, műszaki irányelvek [Kajner, 2000]. A korában épült lerakók, felhagyott gödröket, bányatérségeket jelentettek, ahol a természetes védelmet biztosító anyagrétegeket már eltávolították [Déri et. al 2002]. 1990 után az országban céltámogatás (KKA, majd KAC támogatás) és PHARE, ISPA támogatásokból nyert források és szakmai befektetők finanszírozásával több, mint 40 lerakó épült, amelyek az Európai Uniós irányelveknek és nemzetközi elvárásoknak megfelelnek. 1997-ben 12 lerakó kapott támogatást, az átlagosan ellátott lakosok száma 34 ezer fő, míg 1999-ben támogatott 4 db térségi lerakónál az ellátott lakosság száma 56 ezerre nőtt [Nagy-Rákosi, 1999]. A szigeteletlen hulladéklerakók károsították a környezetet és a talajréteget az új EU-s környezetvédelmi előírásoknak megfelelően kialakított, szigetelt lerakók már hozzájárulnak a környezetünk és az egészségünk megóvásához [Barótfi 2000].

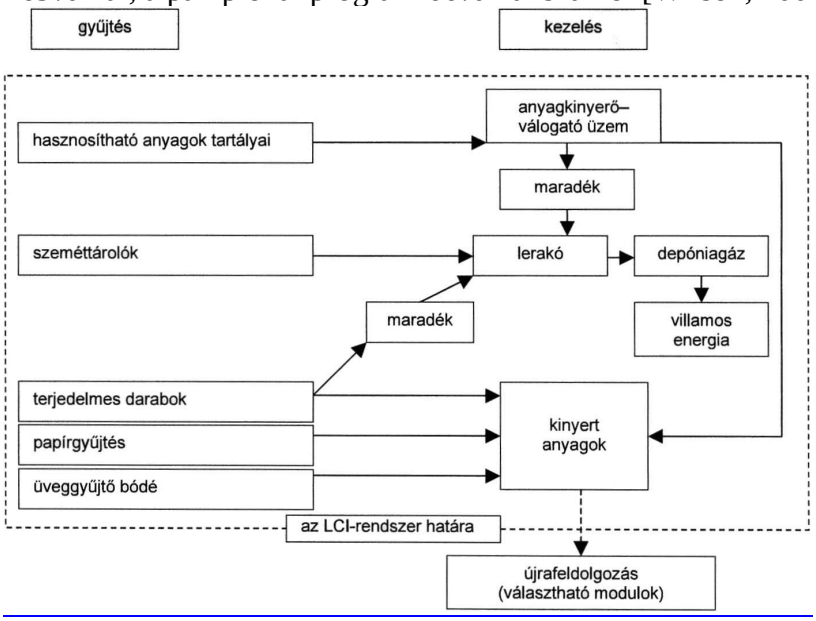
A hulladékgazdálkodás finanszírozásában a „szennyező fizet" elvet alkalmazzák, akinél a hulladék képződik, annak kell a hulladék kezelésének költségeit fedeznie. Az elmúlt években radikálisan emelkedtek a települési szilárd hulladékkezelési díjak. Mivel 2001-től hatályos díjszámítási rendszer lépett életbe, illetve korszerűbb és drágább létesítmények kerültek beüzemelésre. A hulladékkezelési díjak fedezik az üzemeltetési, beruházási és fejlesztési költségeket [Bai, 2007] szerint. 2003. január l-jétől további díjnövekedés következett be, minek értelmében az önkormányzatoknak a szolgáltatás mennyiségével arányos díjrendszert és a szolgáltatás ráfordításait megtérítő díjakat kell alkalmazni, a díjaknak pedig fedezetet kell biztosítaniuk az utógondozás költségeire is [242/2000. (XII.23.)]. A hulladékgazdálkodási törvény a lerakással ártalmatlanítható hulladékokat a következőképpen szabályozza. Az a hulladék kerülhet ártalmatlanításra, amelynek anyagában történő hasznosításra, vagy energiahordozóként való felhasználásra a műszaki, gazdasági lehetőségei még nem adottak, vagy a hasznosítás költségei aránytalanul magasak [20/2006. (IV.5.)]. Ezen előírásból kiderül, hogy hulladéklerakóban előkezelés nélkül - ha törvény, kormányrendelet, vagy miniszteri rendelet másként nem rendelkezik – a hulladék nem ártalmatlanítható. A hulladéklerakó telepeken ártalmatlanítható hulladékok körét és a lerakás feltételeit a 22/2001.(X.10) KÖM rendelet szabályozza [22/2001.(X.10)].

A hulladékgazdálkodás legnagyobb emissziós tevékenysége a biológiai bomlásból származó depóniagáz [Molnár 2006]. Mivel a légkörbe kerülve hozzájárul az üvegházhatás jelenségéhez és 24-szer veszélyesebb a környezetre, mint a szén-dioxid, ezenkívül kellemetlen szagot áraszt, és robbanóképes gázelegyet képez [Fuchs et.al 2010]. A hulladéklerakó telepen megtalálható szigetelési technológiákon kívül jelentős szerepe van ezért az alkalmazott depóniagáz kinyerési rendszereknek [Molnár et al. 2007]. Hazánk depóniagáz kibocsátása 13MtCO_2eq/év, ami az összes üvegházhatású gáz-kibocsátásnak (65MtCO_2eq/év) 20 százaléka, tehát jelentős mennyiségek kezeléséről kell gondoskodnunk [Hajdú 2009]. A 20/2006. (IV.5.) KvVM rendelet (1sz. melléklet 5.1. bekezdés) kimondja, hogy „gondoskodni kell a keletkező hulladéklerakó-gázok rendszeres eltávolításáról, gyűjtéséről és kezeléséről, a B3 kategóriájú hulladéklerakón a biológiailag bomló összetevőkből képződő gázok kezelésére minden esetben ki kell alakítani a gázkezelő és hasznosító rendszert” [20/2006. (IV.5.)].

2.2.1. Hulladékkezelés és depóniagázkezelés nemzetközi kitekintése

A települési hulladék összegyűjtésével, szállításával, elhelyezésével, ill. kezelésével járó környezetterhelés csökkentés a spanyolországi tartományokat is jelentősen foglakoztatja. Példa értékű Pamplona körzetének 1996-ban indított átfogó szilárdhulladék-kezelő programja, amellyel a környezetvédelmi szempontok következetes érvényesítése révén 1997-ben kb. 11%-os újrahasznosítási arányt értek el. Az Észak-Spanyolország Navarra tartományában elterülő Pamplona körzet, további hat városával, 12 000 fő/km^2-es népsűrűségű terület. A terület 40 helységének kommunális hulladékkezelése 1992-ben pamplonai központú szövetkezet irányítása alá került, amely az EU környezetvédelmi rendelkezései közül a spanyol nemzeti jogba is átültetett csomagolási és hulladéklerakási irányelv megvalósítását tűzte ki céljául [Wilson, 2002]. A csomagolásokból 2000-re előirányzott 50%-os visszanyerési arányból kb. 45%-ot sikerült is elérni. A kommunális hulladékból a biológiailag lebontható rész 2002-ben 25%, 2005-ben 50%, 2010-ben 70%-ának elkülönítése tudták elérni. A különböző hulladékkezelő rendszereket környezetterhelés szempontjából az életciklus-elemzés (life-cycle assessment, LCA) vagy az ún. életciklusleltár (life cycle inventory, LCI) segítségével lehet összehasonlítani. Az alkalmazott LCI- alapú MSWM modellek 1996 óta több országban készülnek. 1998-ban az USA Környezetvédelmi Hivatala (EPA) és az Egyesült Királyság Környezetügyi Minisztériuma (UKDE) nagy költséggel dolgozta ki az LCA/LCI-alapú döntéshozó rendszert, ökológiai és gazdasági szempontokból [Boros, 2002].

Az 1996-ban közölt LCI- alapú MSWM modell, a Pamplona körzetében képződő hulladékok gyűjtését, szállítását, feldolgozását, komposztálását és lerakását mutatja meg (3. ábra). A rendszer kiindulása a „bölcső", amikor az anyag szeméttté válik, vagyis amikor kidobják. A „koporsó" a lerakás az inertté válás, az újrafeldolgozás a hulladékból kinyert vagy komposztált anyagok új termelési vagy hasznosítási körbe kerülését jelenti választható modulok alapján. A hulladéklerakók szerves anyagaiból képződő depóniagáz térfogat a hulladék összetételétől, nedvességtartalmától, a lerakás technikájától, a szilárd hulladék bomlási fokától függően erősen ingadozik: az európai átlag 60%-kal, a spanyol 69%-kal, a pamplonai program 66%-kal számol [Wilson, 2002].



3. ábra Pamplona-körzet szilárdhulladék-kezelő programjának rendszerhatárai [Wilson, 2002]

A kommunális hulladék környezeti hatásainak elemzésére, Dániában egy új számítógépes életciklus elemzést használtak, hogy kiértékeljék a kommunális hulladék rendszert azzal a céllal, hogy az eredetük szerint csoportosított háztartási hulladékok levegőtől elzárt rothasztással történő feltárásának és elégetésének milyen környezeti hatásai vannak. Az eredmény szerint nem volt eltérés a két módszerben. Azonban a biomassza használata okozhat toxikus hatást az emberi szervezetben a magas nehézfém tartalom miatt [J.D. Murhy et al., 2003].

A biogén eredetű hulladékok mennyiségét és az anyagukban nem hasznosítható állati tetemek mennyiségét, illetve a biogén hulladékból gazdaságosan előállítható depóniagáz mennyiségét mutatja a 3. táblázat Németországban. Az anaerob biogáz termelési folyamatok gazdaságossága a különféle hulladékok esetében igen eltérő. A depóniagáz kitermés lehetőségei a németországi biológiailag lebomló hulladékok esetében a következőképpen alakultak: 8Mt/év friss tömegből, 3,1Mt/év szerves szárazanyag-tartalom esetében 1,45Mrd m^3/év depóniagáz képződik [Loll, 2001].

3. táblázat Biogén hulladékok és a kinyerhető biogáz mennyiségek Németországban [Garai, 2002]

Hulladékok	**Friss tömeg Mt/év**	**Szerves száraz anyag Mt/év**	**Várható biogáz-mennyiség Mrd m^3/év**
Kommunális hulladék			
háztartási	8	3,1	1,45
ipari	4	1,6	0,70
fű	4	1,2	0,55
étkezési	1	0,3	0,15
piaci	0,6	0,2	0,10
szennyvíziszap	60	1,9	0,55
Élelmiszeripar			
melléktermékek	1,5	3,0	2,3
hulladékok	7,5	2,3	2,3
Állati tetemek			
húsliszt	0,8	0,6	0,6
állati zsír	0,3	0,3	0,5

Környezeti és gazdasági elemzéseket végeztek a hulladékhasznosítás lehetőségeiről az Indonéz területeken is, ahol megállapították a környezeti és gazdasági becslések eredményeit és összehasonlították az Indonéz piac hulladék hasznosításának lehetőségeivel. A legnagyobb forrás a kommunális hulladék, amelynek nagyobb a szerves anyag tartalma, mint a háztartási hulladéknak ezért energetikai szempontból is előnyösebb, illetve a hulladék egységesebb, koncentráltabb és kevésbé veszélyes. Megvizsgálták és összehasonlították laborkörülmények közötti komposztálás lehetőségeit és a központosított erőművekben végzett komposztálási folyamatokat, majd biogáz erőművekben történő felhasználás lehetőségét is. A biogáz termelésnek van a legkisebb behatása a környezetre. A költség elemzés, - amit az üvegház gáz megtakarításához mértek- azt derítette ki, hogy a komposztálás központosított erőműben a leggazdaságosabb a jelen Indonéziai körülmények között [Lu et al., 2005].

2.3. Hulladéklerakó telepek helykijelölési szempontjai és kialakításai

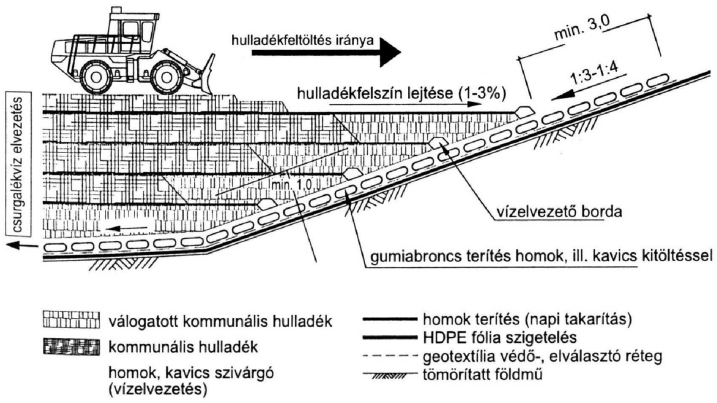
A lerakással történő ártalmatlanítás olyan természetes, vagy mesterséges képződményben, illetve létesítményben alkalmazható, amelynek a természetes adottságai (topográfiai, környezetföldtani, vízföldtani, talajadottságai) alkalmasak bármely időjárás esetén a hulladék befogadására és megakadályozzák a hulladékszennyező anyagainak kimosódását és a szivárgó vízzel okozott felszíni, talajfelszín alatti vízszennyezést [Barótfi 2000]. A hulladéklerakó telepeket mérnöki létesítményeknek és nem túlméretezett szemétvödröknek kell tekinteni. A deponálásnak vannak hátrányai, mégpedig az, hogy a hulladék anyag energiahasznosítása nem valósul meg [Brandl, 1989]. A depóniák a hulladékgazdálkodásnak igen jelentős elemei, amennyiben az értékes anyagok válogatásra kerülnek és csak az értéktelen maradékanyagokat deponálják, akkor a hulladéklerakó-telepek terület felhasználási igénye csökkenthető és a környezetre gyakorolt szennyeződésveszély is sokkal kisebb lesz [Biacs et al., 2003].

Lerakó építésére alkalmas területek kiválasztása során figyelembe kell venni a vizsgált területek számos jellemzőjét. A gazdaságosság és a környezet megóvása érdekében, kellően nagy lélekszámú régiót átfogó hulladéklerakó kialakítására van szükség, mert a kisebb települések önállóan nem képesek megfelelő műszaki védelemmel ellátott lerakó létesítésére, illetve szakszerű üzemeltetésére [Déri et al., 2002]. A területek elsődleges kiválasztása a regionális szempontok alapján történik. A megfelelő területi nagyság, geometriai befogadóképesség meghatározó, mert a magas költségekkel megépülő lerakót célszerű legalább több tíz éves üzemidőre tervezni. Figyelembe kell venni a hulladékgyűjtő terület jellemzőit, a szállítási útvonalakat, a morfológiai jellemzőket, a terület értékét mező- és erdőgazdasági művelés szempontjából, a közművek csatlakozási lehetőségeit és az épített környezet védelmében a kötelezően előírt 1 km-es védőtávolság betartását [Szabó, 1999].

A legfontosabb jellemzők a terület geológiai, hidrológiai és hidrogeológiai adottságai, illetve meteorológiai viszonyok ismerete. A depóniát mindig a legkisebb gyakoriságú szélirányba célszerű a településtől, ill. a porra, bűzre érzékeny létesítményektől elhelyezni. Területföldtani vizsgálatok alapján meghatározhatóak: a terület réteg- és talajtani jellemzői, a vízzáró rétegek elhelyezkedése és vastagsága, mélysége, eróziós folyamatok, a terület hidrogeológiai viszonyai és vízháztartásának jellemzői. Ezen információk alapján megállapítható, hogy a vizsgált terület alkalmas-e lerakó kialakítására műszaki védelemmel, vagy esetleg természetes védelemmel [Kiss, 1992].
Természetes védelemmel azon területek rendelkeznek, ahol a geológiai, hidrogeológiai, talajtani, geomorfológiai és a meteorológiai adottságok egyértelműen megakadályozzák a hulladék és a környezet közötti kölcsönhatást. Azonban csak olyan képződmények esetében lehet természetes védelemről beszélni, melyekben a talaj, vagy kőzet legalább $k=10^{-6}$ cm/s áteresztőképességű és összefüggő, megfelelő vastagságú, háborítatlan réteget képez (gránit, agyagfajták). Magyarországon a legtöbb esetben nem lehet találni ilyen területeket, mert ha van, a vastagsága nem éri el a kívánatos mértéket [Bonnyai et al., 1981].
Műszaki védelemmel lehet megvalósítani ebben az esetben, azonban a területet kiválasztása szintén jelentős, mivel ha jó természetes szigetelő réteggel rendelkezik, akkor csökkenthetők a műszaki védelem kialakításának költségei [Kertész-Mann, 1991]. A lerakó terület kiválasztásnál nem elegendő talajtani, hidrológiai és hidrogeológiai viszonyokat vizsgálni, hanem szükséges az ártalmatlanító telep környezeti hatásait, és az elhelyezésével zavart tevékenységeket is vizsgálni [A.S.A, 1995]. A lerakóhely kijelölésekor a törvényi előírások szerint kell eljárni, amelyek meghatározzák a hulladéklerakó telep településekhez és létesítményekhez viszonyított helyzetét is [Kertész-Mann, 1991].

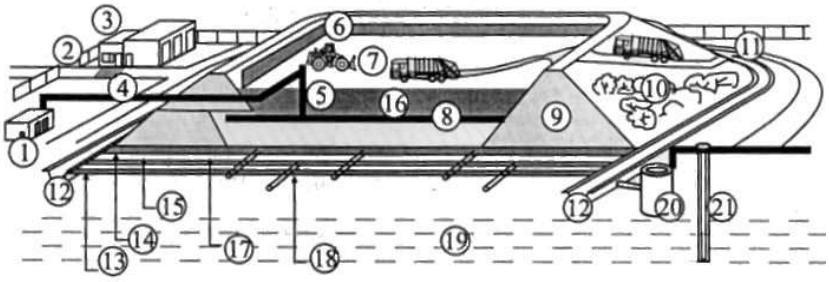
A hulladékkezelés végső fázisa az elhelyezés, amely alapvetően kétféle lehet. Az egyik a hasznosítás, illetve a hasznosítással egybekötött elhelyezés a káros hatások kiküszöbölése mellett közvetlen gazdasági eredménye is van. Illetve a végleges lerakás depóniában való elhelyezés, mely a hulladék ártalmatlanítását képes csak megoldani [Szabó-Olessák, 1983]. A deponálásra alkalmas területek száma korlátozottabb, ezért törekedni kell a hasznosításra, vagy a hasznosítással összekapcsolt elhelyezésre, és csak olyan hulladékokat deponáljunk, amelyek nem hasznosíthatóak [Vermes, 1998]. A végleges lerakásnak két módja van: a szabálytalan és szabályozott lerakás. A *szabálytalan lerakás*: környezetvédelmi okok miatt nem megfelelő az alkalmazása, sok országban hatósági előírások tiltják a települési szilárd hulladék nyílt, szabályozatlan, egyengetés, tömörítés, takarás nélkül lerakását [Barótfi, 2000]. A *szabályozott rendezett lerakás alapkövetelményei*: hulladékok koncentrálása a szükséges legkisebb területen, a különböző tulajdonságú hulladékok együttes elhelyezése, a talajvízszint felett a hulladék elhelyezése. A hulladéklerakók lehetnek az előkezelés és hulladék minősítése szerint veszélyes és nem veszélyes illetve inert hulladéklerakók. Az új hulladéklerakókat létesítésük engedélyezésekor, a meglévőket 2003. január 1-ig a 22/2001. (X.10.) KöM rendelet szerint kell ezekbe a kategóriákba sorolni. A hulladéklerakó-telepet csapadékszegény területre kell elhelyezni, a talajvíz és a hulladék között megfelelő védőréteg szükséges, nem kerülhetnek árvízveszélyes területekre, kis talajvíz-áramlási sebességgel rendelkező területre kerüljenek, repedezett alapkőzet, karsztterület kerülendő.

A hulladéklerakó-telepnek megfelelő ellenőrző és megfigyelő rendszerrel kell rendelkeznie [Schenkel, 1974]. Nem elegendő csak természetes, vagy mesterséges védelmi rendszerre támaszkodni, a védelemnek többszörösnek kell lennie. Ilyenek a hulladék-előkezelés, földtani- és vízföldtani viszonyok, aljzatszigetelő és csurgalékvízgyűjtő rendszer, az összegyűjtött szennyezett víz kezelése, depóniafelület lezárása, a lefolyó vizek szakaszolt összegyűjtése, a védelmi rendszert nem károsító hasznosítás, folyamatos ellenőrzés és az észlelt hibák kijavíthatósága [Stief, 1986]. A módszer a hulladékot erre alkalmas területen, tervszerűen ellenőrzött módon, rétegesen rakják le. A hulladékot egyengetik, tömörítik, a rétegek vastagsága 2-4m lehet. Minden réteget inert takaróanyaggal (talaj, salak, építési törmelék, stb.) 10-15cm vastagon beborítanak a lerakást követő 24 órán belül. A depónia felszínére a lerakás befejezése után (4. ábra) a rekultiváció kívánalmainak megfelelő vastagságú talajréteg kerül, ami növényzet telepítését is lehetővé teszi [Barótfi, 2000].



4. ábra A depónia feltöltése [Barótfi, 2000]

A rendezett hulladéklerakók üzemeltetésében két alapvető probléma adódik, a depónián átszivárgó csurgalékvíz és a bomlásból származó depóniagázok. A csurgalékvíz tartalmaz a hulladékokból kioldott ammóniumvegyületeket, nitrátokat, nehézfémeket, zsírsavakat, baktériumokat. A csurgalékvíz mennyisége függ a hulladék áteresztőképességétől, a bomlási folyamatoktól, a párolgás és a csapadék mértékétől [Bánhegyi, 1993]. A hulladékok bomlása során keletkező depóniagázok a talajban a pórusokon keresztül nagy távolságokra jutnak el, károsítják az ott lévő növényzetet, megváltoztatják a talajnedvesség kémhatását, így kevésbé oldódó anyagok fokozottabb kimosódását okozhatják [Eörsi, 2006]. Az 5. ábra egy rendezett lerakó metszetét szemlélteti, feltüntetve a lerakó biztonságos üzemeltetésének a szükséges lehetséges elemeit.



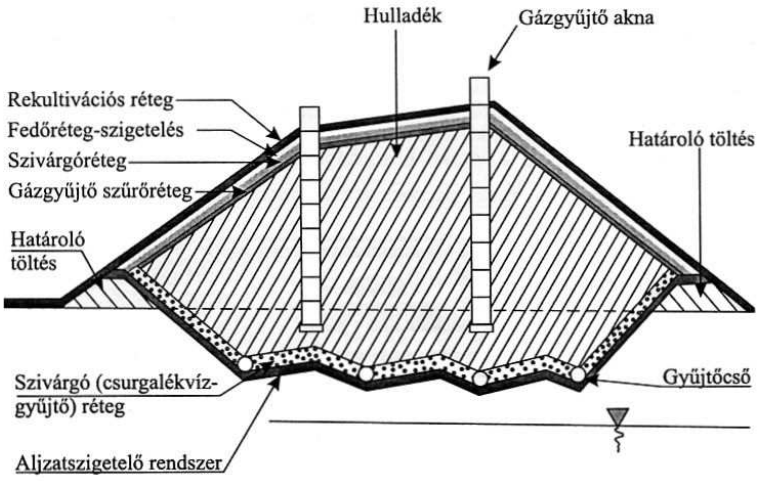
5. ábra Rendezett hulladéklerakó lehetséges modellje [Thome-Kozmiensky,1987]

1. gépház, biogáz szivattyú, 2. bejárat és kerítés, 3. bejárati ellenőrzés, 4. hídmérleg, 5. Biogáz kút, szállítócsővel 6. papírfogó háló 7. hulladéktömörítés 8. depóniagáz gyűjtő vezeték, 9. védőtöltés 10. zöld növényzet 11. körforgalom 12. vízelvezető árok 13. szivárgó víz elvezetés 14. homokos kavicsréteg 14. talajfeltöltés magas talajvíznél 16. tömörített hulladék 17. homokréteg csurgalékvíz vezetékkel 18. vízzáró altalaj és műszaki védelem 19. talajvíz 20. víznyelő akna 21. talajvíz figyelőkút

Építési mód szerint gödörfeltöltéssel kialakított hulladéklerakót és a dombépítéses hulladéklerakót különböztetünk meg. A terepadottságok szerint lehetséges hulladéklerakó típusok lehetnek: felszín közelben kialakított medence, védőgáttal kiemelt medence, hányószerűen kialakított depónia, lejtőoldalnak támaszkodó típusok (M3. melléklet) [Brandl, 1989].
A feltöltéssel épített depónia a leginkább hagyományos forma, a köztudatban ez az általános hulladéklerakás. Nem rendelkeznek teherviselő szerkezeti elemekkel, mivel az oldalhatárolást biztosító védőgátaknak csak másodlagos jelentőségük van [Szabó, 1994a]. A felszínközelben kialakított depóniaként használhatók a meglévő bányagödrök, amennyiben a megkívánt feltételek biztosíthatóak és gazdaságosan megvalósíthatóak. Hátránya a keletkező csurgalékvíz és a csapadékvíz elvezetése nehézkes, illetve jelentős többletberuházást igényel. Ennek a rendszernek a használata szennyezés állandó kockázatát magába foglalja [Fehér, 1984]. Az aljzatszigetelő rendszer meghibásodása esetében csak szektorokra bontva határozható meg hibaforrás így nehezen javítható [Kiss, 1992]. A védőgáttal kiemelt depóniákat folyékony és iszapszerű ipari hulladékok tárolására alkalmazzák bányaiparban, illetve kohászatban monodepóniaként [Brandl, 1989]. A dombépítéses technológia alkalmazásával a hulladéktest gázmentesítése és csurgalékvíz kezelése technikailag megoldható és jobban ellenőrizhető. A hulladéktest emelkedésével szivárgási tényező értéke kedvezően alakul az altalaj konszolidációja miatt. A Magyarországon épített és tervezett lerakók végleges hulladékfeltöltési magassága 20-30m, amit a topográfia és az altalaj teherbíró képessége határoz meg. A lejtőoldalnak támaszkodó depóniák a helyi topográfiai viszonyokhoz illeszkednek, a szivárgó paplan nagy esése miatt hatékony a víztelenítésük [Szabó, 1999].

2.3.1. Hulladéklerakó depóniák szigetelési rendszerének technológiája

A hulladéklerakó depóniák esetében a legfontosabb a víz elleni természetes és műszaki védelem biztosítása. A csapadékvíz beáramlását meg kell akadályoznia lerakás alatti hulladékra, illetve képződött csurgalékvíz bejutását a lerakóhely alatti talajba, talajvízbe. A megvalósítása a lefolyási viszonyok alakításával, a csapadékvíz elvezető övárok kialakításával történik [Bonnyai et al.,1981]. A lerakó-kazetták megfelelő tagolása és a lerakó szigetelése, és a szivárgó vizek szakszerű gyűjtése és kezelése kiemelten fontos feladat. A hulladéklerakó telepen ki kell alakítani az üzemeltetési és ellenőrző rendszert. A lerakóhely végső lezárása, rekultivációja, utógondozása során a hulladék környezetre való veszélyeztetése nélkül történik meg az ártalmatlanítása [Kertész-Mann, 1991].
A depóniák szigetelőrendszere alapján megkülönböztetünk záró- és aljzatszigetelő rendszereket, ezeknek a segítségével a hulladéktestet elválasztjuk környezettől. Az átszivárgott csapadékból képződött csurgalékvizet (6. ábra) és a hulladékbomlásból származó depóniagázt zárt elvezető rendszerek segítségével a környezet károsítása nélkül tudjuk kezelni [Szabó, 1995].



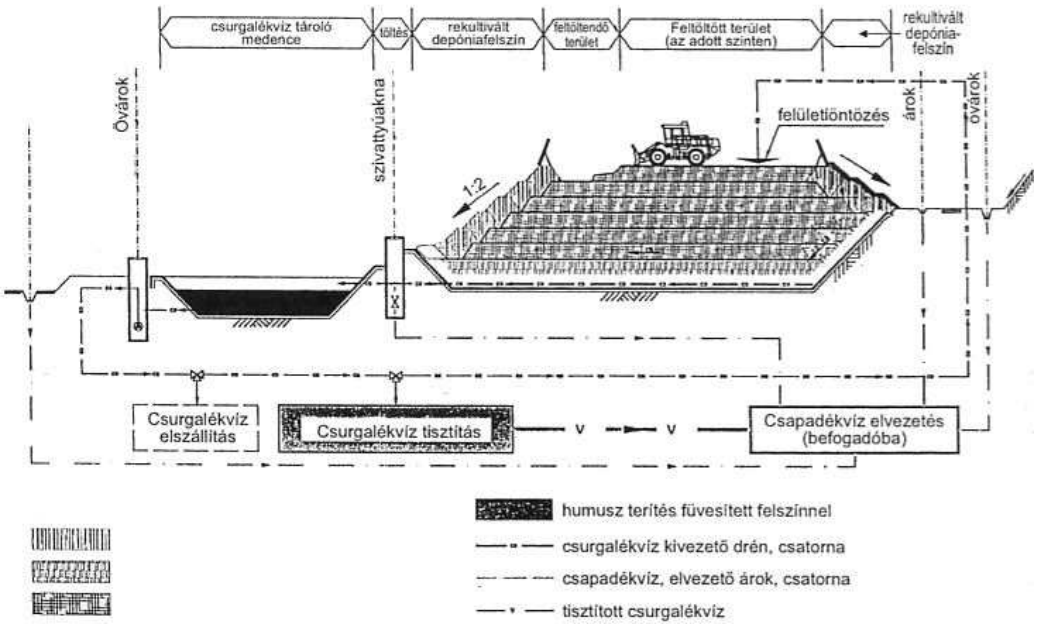
6. ábra Hulladékdepónia szigetelő rendszerének az elemei [Szabó, 1999]

Stief, 1985; Franzius, 1987 szerint az aljzat-és záró szigetelő rendszernek meg kell felelnie vízzáróság, hőállóság, depóniagázokkal szembeni szigetelő képesség szempontjából. Az üzemeltetés során a szigetelő rendszereknek a mechanikai, kémiai, biológiai igénybevételeknek és, süllyedésekből és kiszáradásból származó deformációknak ellen kell állnia. A mikroorganizmusok rágcsálók, és a növényzet gyökérzetével szembeni ellenálló képességgel kell rendelkeznie. Szigetelőrétegként természetes, vagy mesterséges anyagokat alkalmaznak, megválasztásukat alapvetően a hulladék anyagi jellemzői határozzák meg [Daniel, 1987]. A legfontosabb szigetelőanyagok a következők, természetes ásványok, aszfaltbitumenek, műanyagok, vegyszeres eljárások, kombinált eljárások [Bonnyai- Olessák, 1990]. Magyarországon a hulladéklerakókra vonatkozó aljzat és felső szigetelési rendszerek kialakításának előírásai az M4. mellékletben láthatóak, amit a 22/2001(X.10)KöM rendelet szabályoz, figyelembe veszi a 1993/31/EK irányelveket is [22/2001.(X.10.)Köm rendelet, 1-3.sz. függelék]. Az aljzatszigetelő rendszer terhelését a mechanikai igénybevételeken kívül a hulladéktesten átszivárgó csurgalékvíz kémiai és biológia terhelése okozza. Az épített szigetelő réteg minimális vastagsága 0,5m, ami több szigetelő réteg kombinációjával is előállítható. A hulladéklerakó szigetelő rendszerének legalacsonyabb pontja és a területre jellemző talajvízszint között a tervezéskor és kivitelezéskor 1m távolságot kell tartani. A hulladéklerakó szigetelőrendszerénél betartandók a 4. táblázat előírásai.

4. táblázat Csurgalékvíz gyűjtésre, szigetelésre vonatkozó előírások [22/2001.(X.10.)Köm rendelet]

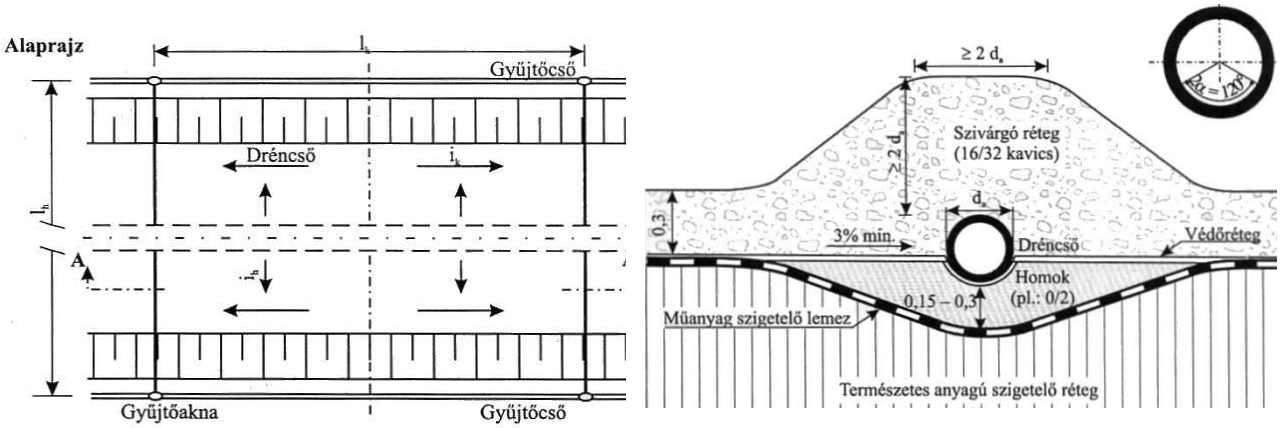
Hulladéklerakó kategória	**Inert**	**Nem veszélyes**	**Veszélyes**
Épített szigetelő réteg	Nem előírt	előírt	előírt
Szivárgó réteg	előírt (≥ 0,3 m)	előírt (≥ 0,5 m)	előírt (≥ 0,5 m)

A hulladéklerakónál elérve a végleges magasságot, gondoskodni kell felső lezáró szigetelőréteg kialakításáról, melynek a feladata az infiltráció megakadályozása és csökkentése. A gázemisszió kikerülésének megakadályozása, illetve a csapadékvizek érintkezése a hulladékkal. A továbbiakban megakadályozza a szennyeződés szél általi továbbszállítását illetve közvetlen kapcsolatát az állatokkal és az emberekkel. A depóniák lezárására természetes és mesterséges anyagú szigetelőrétegeket alkalmaznak. A szigetelőréteg fölötti szemcsés anyagú réteg a víztelenítést szolgálja, megakadályozza a talajon átjutó csurgalékvíznek a depóniába való bejutását [BAGCHI, 1989]. A hulladéklerakók lezárásánál már geoszintetikus anyagokat alkalmaznak (geomembrán, geotextília, geonet, georács, geokompozit, geoszintetikus szigetelőlemezek) [Szabó, 1999]. A 7. ábra csurgalékvíz gyűjtését mutatja, ami a hulladéklerakó telepek legfontosabb üzemletetési paraméterét jelenti, illetve az aljzatszigetelő rendszer részét képzi [Szabó, 1995].



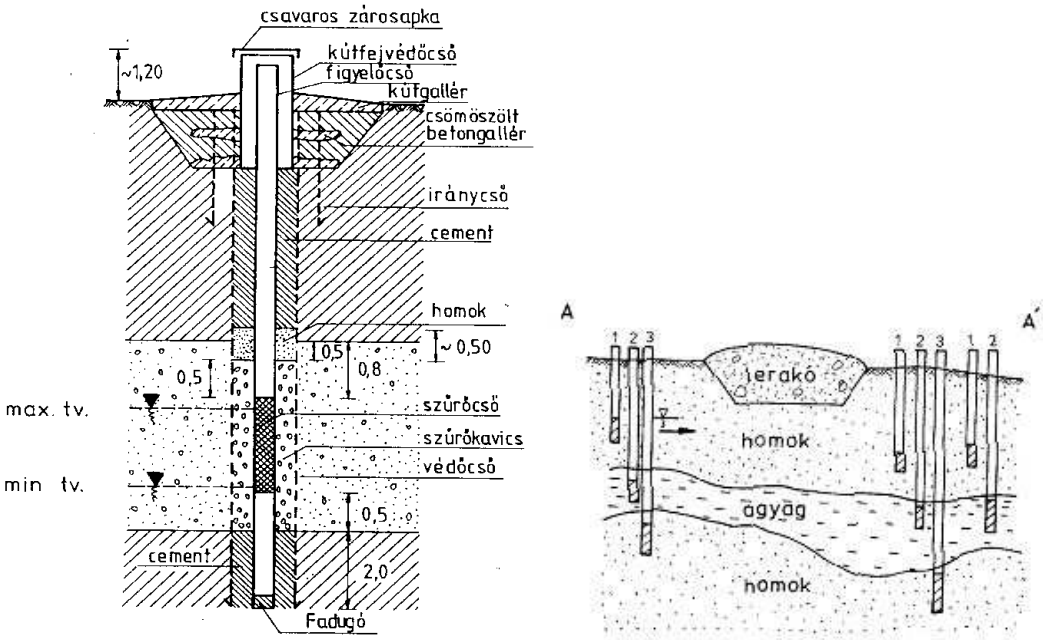
7. ábra Hulladéklerakó csurgalékvíz elvezető rendszer kialakítása [Barótfi, 2000]

A hulladéklerakó telep csurgalékvíz elvezető rendszere megakadályozza, hogy a hulladékon átszivárgott csapadékvíz, valamint a hulladék bomlásából keletkező vízszivárgó a talajvízbe jusson. Ezek alapján a csurgalékvízgyűjtő rendszer feladata (8. ábra) a csurgalékvizek gyűjtése, elvezetése és ellenőrzése [Barótfi, 2000]. A csurgalékvíz a depónia középvonalától megfelelő eséssel dréncsőbe jut be, a dréncsövek gyűjtőaknába csatlakoznak, a keletkező szivárgó-vizet aknákba, zsompokba gyűjtik [Szabó, 1994a]. A gyűjtőaknák elhelyezkedése a támasztó töltésen kívülre kerülhet dombépítéses technológia esetében, a medenceszerű hulladéklerakónál a lerakón belül helyezkedik el. A dréncső kialakítására és a szűrőréteg vastagságára a német szabványok vonatkoznak [DIN 19667, 1990].



8. ábra Csurgalékvízgyűjtő rendszer felépítése, és dréncső beépítése [Ramke, 1991, Szabó, 1999]

A hulladéklerakó telepek kibocsátásának ellenőrzésére és egy esetleges káresemény elkerülése céljából talajvíz megfigyelő rendszert (9. ábra) kell alkalmaznia az üzemeltetőnek. A figyelő kutak telepítése vízjogi engedély köteles, ezek elhelyezkedését és mennyiségét a környezeti hatásvizsgálat alapján határozzák meg. Ezekből heti rendszerességgel mintákat kell venni, amit labor körülmények között vizsgálnak, a határértékek betartását követni kell [Árvai, 1993].



9. ábra Talajvíz-figyelőkút kialakítása rétegzett altalaj esetén [Juhász, 1990, Bagchi, 1989.]

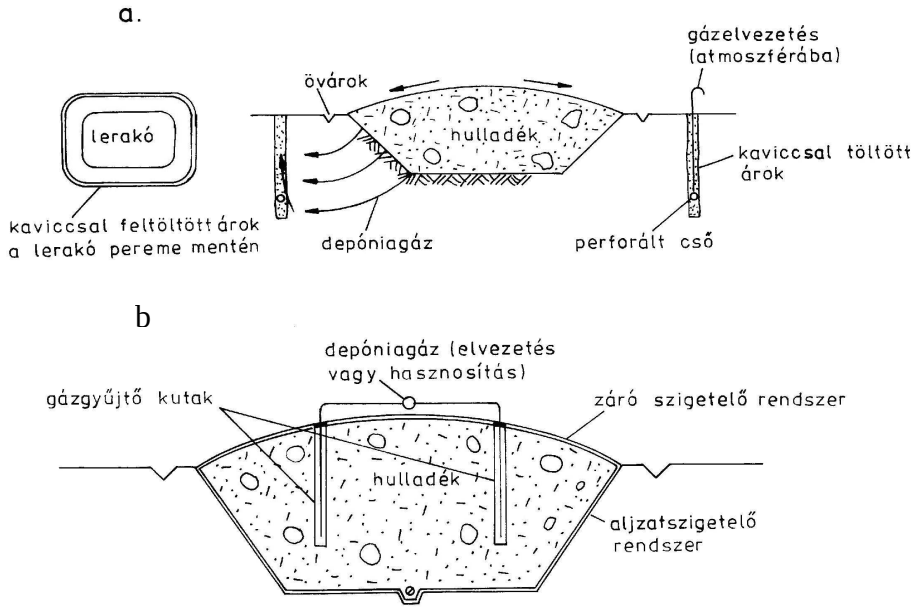
Az üzemeltetés során az időjárási paraméterek közül a lehullott csapadék mennyiségének változása komoly csurgalékvíz problémákat vethet fel. Ezért a hulladéklerakók kialakításánál a lejtési viszonyokat, illetve a csapadékvízgyűjtő rendszereket úgy kell megtervezni, hogy a csurgalékvíz mennyiségét tudjuk csökkenteni. A csapadékvíz elvezetésére belső és külső övárkot alakítanak ki, aminek a segítségével a csapadékvíz tározóba juthat [Molnár, 2001].

2.3.2. Hulladéklerakók gázmentesítő és gázellenőrző rendszerei

A hulladéklerakókba lerakott hulladék mennyiségétől, minőségétől (szerves anyag tartalmától), a lerakás módjától, technológiájától illetve a lebomláshoz szükséges környezeti viszonyok megléte mellett depóniagáz képződik. A 20/2006.(IV.5.) KvVM rendelet 1. sz. mellékletének 5.2. pontja szerint a képződött depóniagáznak az elvezetéséről és a hasznosításáról kell gondoskodni, amíg a keletkezett mennyiségek lehetővé teszik. A depóniagáz gyűjtésével és ellenőrzött körülmények között zárt rendszerben való kitermelésével csökkenhetők a gázkitörések a hulladéklerakókból (tűz és robbanásveszélyes). Megakadályozzuk a talajba való mozgását így a növényzet és élővilág veszélyeztetését, a környezetre gyakorolt szaghatását. Megújuló energiaforrásként alkalmazható, az energetikai hasznosítás a beruházás gyorsabb megtérülését eredményezheti.

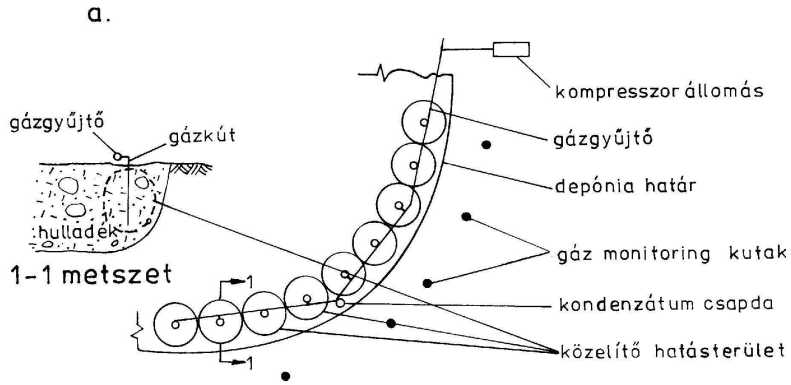
A depóniagáz mozgása hulladékban és a talajban rendkívül összetett. A depóniatestben uralkodó nyomás a lebomlási folyamatok miatt magasabb, mint a légköri nyomás, az így kialakult nyomáskülönbségekből adódóan kidiffundál a hulladéktestből. Ezért az alkalmazott elszívó rendszer kalibrálása és megfelelő szinten való üzemeltetése elengedhetetlenül fontos tényező. További tényezők is befolyásolhatják a hulladéktestben a gáz mozgását: ilyenek a nedves felszín és a fagyott borítás. Nem engedi a légkörbe szökni a gázt, ezért az a talajba áramlik, az aljzatszigetelésnek ezt meg kell akadályozni. Raschke, 1987 kutatásai szerint a növekvő nyomás hatására behatolhat építményekbe, migrációval több 100 m-es távolságra is eljuthat a depóniagáz.
A depóniagáz összetételét tekintve metán - ami energetikailag hasznosítható - és a szén-dioxid (inert gáz) keletkezik legnagyobb térfogatszázalékban. A migrációval távozó folyamatok a metánra jellemzőek, a széndioxid mozgása eltér a fizikai paramétereik különbségei miatt. Mivel a szén-dioxid sűrűsége 2,8-szorosa a metánénak, ezért összegyűlik a hulladéklerakó alján. A kitermelés hatékonyságát rontja, illetve a talajba kerülve a talajvízzel kölcsönhatásba lépve szénsavvá alakulhat, ami csökkenti a talajvizeink pH értékét, ezzel elsavanyítva azt. Ez a jelenség a gázkutak környékén is megjelenik, ezzel akadályozva a gáz kinyerését az üzemeltetés során.

A hulladéklerakó telepi depóniagáz kinyerési eljárások lehetnek passzív és aktív gázellenőrző és mentesítő rendszerek. A passzív rendszer (10. ábra) legnagyobb hátrányaként említhető, hogy a depóniagáz a gáznyomás hajtóerejével nyerhető ki a gázkutakból, ennek a termelékenysége elég alacsony. Olyan hulladéklerakóknál lehet alkalmazni, ahol a metán és szén-dioxid is nagy mennyiségben keletkezik. Ezáltal elmondható, hogy a passzív rendszer a depóniagáz légkörbe kerüléséhez nem nyújt kellő védelmet, ezért alkalmazása kevésbé ajánlott, illetve háttérbe szorul.



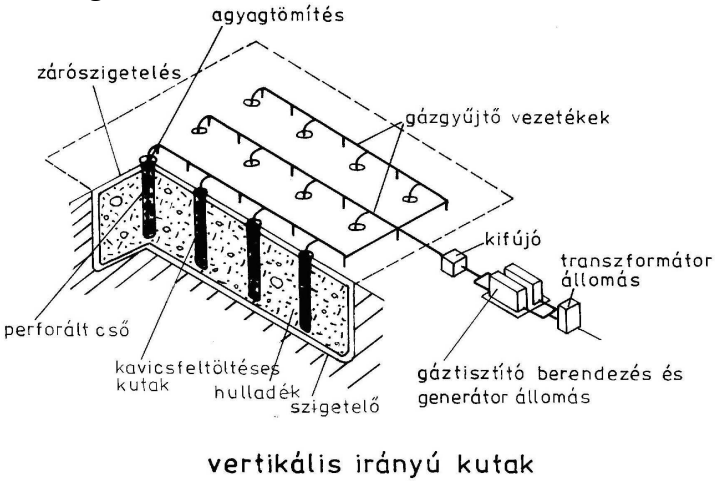
10. ábra A passzív gáz ellenőrző-mentesítő rendszer vázlata [Tchobanoglous et al., 1993]
a. kaviccsal töltött gyűjtőárok és perforált cső, *b*. gázgyűjtő kutak

Aktív rendszer használata során egy vákuum előállító rendszer segítségével (11. ábra) elszívás alá helyezem a hulladéklerakó-telep gázkútjait, amivel olyan nyomáskülönbség érhető el, amely képes eltávolítani a gázt a lerakó belsejéből. A módszer hatékonysága jóval kedvezőbb, mint a passzív rendszeré, még akkor is, ha a keletkezett gáz mennyisége kevesebb, és a gáz mozgásában csak az anyagáramlási jelenség - melynek hajtóereje a sűrűségkülönbség- vesz részt.



11. ábra Aktív gázgyűjtő ellenőrző rendszer [Tchobanoglous et al., 1993]
a. gázgyűjtő kutak, *b.* gázgyűjtő árkok

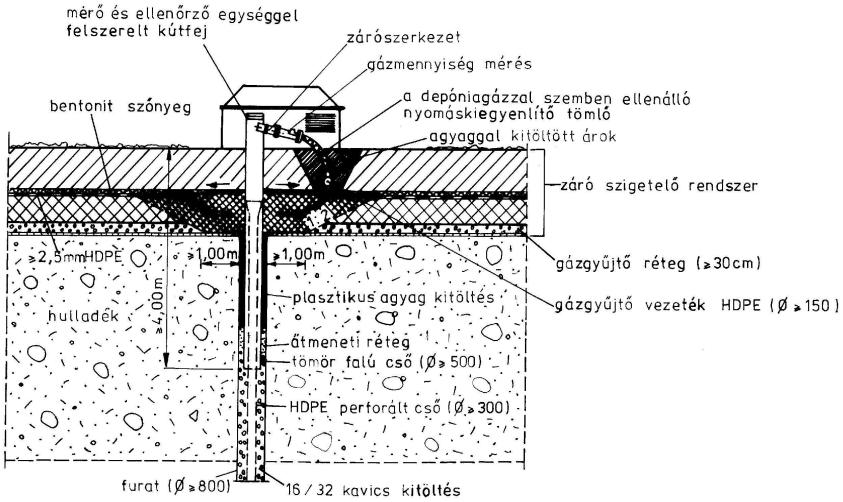
Amennyiben a gázellenőrzés a feladat, akkor a lerakó pereméhez kell elhelyeznie a gázkutakat. Ha a depóniagázt energiaforrásként akarják felhasználni, akkor nagyobb átmérőjű gázkutakat kell alkalmazni, amivel több gáz nyerhető [Szabó, 1999]. Az aktív gázgyűjtő egy hálózatosan elhelyezett csővezeték rendszerből épül fel, melyek lehetnek vízszintesek és függőlegesek és ezek kombinációja [Tchobanoglous et al., 1993].



12. ábra Aktív gázgyűjtő rendszer függőleges kutakkal [Tchobanoglous et al., 1993)

A csővezeték rendszerek egy közös elszívó csővezetékbe, gerinc vezetékbe kerülnek melynek a végén egy kondenzvíz leválasztó és egy telepített gázszabályzó konténer található. A csővezetékek kompresszorhoz kapcsolódnak, melyek biztosítják a teljes rendszerben a vákuumot. A gáz elvezetéséhez ajánlott áramlási sebesség <10m/s, efelett már turbulens mozgások is fellépnek, az alsó határ 5 m/s, az ajánlott nyomás legalább 30mbar a fővezetékben [Szabó, 1994]. Az aktív rendszer esetében a kútba behelyezett perforált HDPE műanyag cső átmérője >300mm, a gázkút furása 2m-re közelítheti meg az aljzatszigetelő rendszert a biztonságtechnikai előírások miatt. A gázkút alját 2m magasságig kaviccsal kell feltölteni melynek a paraméterei a következőek 16/32 mm szemcsenagyságú és 10 % alatt $CaCO_3$ tartalmú lehet [Olessák - Szabó, 1984]. A záró szigetelésen való kivezetés okozza a legnagyobb hibaforrást (13. ábra), ezért a depóniatest alá nyúló nem perforált cső védelme mellett kell kivezetni a gázgyűjtő vezetéket, a kialakult gyűrűs teret vízzáró agyaggal kell kitölteni a tömítetlenség elkerülése érdekében [Jessberger, 1994].

Az aktív gázmentesítő rendszerek függőleges gázkút alkalmazása esetében, a gázkutak hatásterülete minden irányba szétterjed, egy gázkút átlagos kitermelési hatósugara a szakirodalmi adatok alapján 8-20m. A gázkutaknak egymással fedésben kell lenniük, ezáltal a gázkitermelés a legoptimálisabb lehet. Gázkutaknál kialakulhat - a bomlási folyamatoktól függően- túlnyomásos állapot, ezt meg kell akadályozni az elszívó rendszer megfelelő szinten történő tartásával. A gázkutakból gázgyűjtő vezetékek a fővezetékhez csatlakoznak, majd a kompresszor állomáson keresztül tisztítva kerülhet energetikai hasznosításra [Déri et al., 2002].



13. ábra A gázgyűjtő kutak kialakítása, szigetelésen való átvezetése [Jessberger, 1994]

A vízszintes (horizontális) gázelvezető rendszer az M5. mellékletben látható, amit újonnan épült hulladéklerakó telepek, illetve rekultiválandó regionális hulladéklerakó-telepek esetében lehet alkalmazni [Jessberger, 1994]. Mivel a meglévő gázmentesítő rendszerek kialakításának változtatását csak nagy költséggel lehetne megoldani. Többszintű vízszintes gázelvezető rendszer esetében egy kialakított árokban helyezkednek el a nyitott perforált csövek, az árkot kaviccsal töltik fel és a perforált cső egyik nyitott végéhez kapcsolódik a főgyűjtővezeték. A helyi adottságok döntik el az árkok kialakítását, távolságát és a gáz-elevezető rendszer elhelyezkedését (csillag, legyező, párhuzamos) [Szabó, 1999]. A dréncsövet és az átvezető csövet 10%-os eséssel kell kialakítani a hulladéktestben, így a képződött kondenzvíz akadálymentesen visszajut a depóniatestbe, ezáltal megakadályozva az eltömődését és vízzáró dugó kialakulását [Tchobanoglous et al., 1993]. A fals levegő bekerülését meg kell akadályozni, a nem perforált csőnek 5m hosszúnak kell lennie, a kivezetési szakaszon a szigetelőréteget vastagítani kell [Eörsi, 2006].

A depóniagáz termelődés folyamatainak szabályzása nehéz feladat, mivel széles tartományban mozog a lerakott hulladék szerves anyag tartalma. Így nehezen határozható meg egy adott hulladéklerakóban a keletkezett depóniagáz mennyisége és minősége és ennek időbeli eloszlása. A depóniagáz mennyiségi és minőségi paramétereit így a hasznosítási lehetőségeket is nagymértékben befolyásolja egy adott régiónak a szerves anyag potenciálja, illetve a jellemző időjárási paraméterek. A szabályzás depóniagáz kitermelés szempontjából néhány paraméteren alapul, a többi változó a rendszerben. A szabályzási lehetőségek rendszerint a lerakási technológiája, a gázmentesítő rendszerek hatékonysága és kialakítása, tömörítés és az elszívó rendszer nyomásviszonyai [Barótfi, 1998]. A hulladék összetétel változásának az üzemeltető ki van téve, illetve törvényi előírások is szabályozzák a hulladéklerakó telepekre lerakható biológiailag lebomló szerves anyag mennyiséget, ami későbbiekben a depóniagáz mennyiségeket is nagymértékben befolyásolhatja. A folyamatok szabályzását, illetve a gázkutak szabályzását általában manuálisan végzik, van lehetőség számítógépes rendszerrel való távfelügyeletre is, ami viszont komoly beruházási költségeket jelent az üzemeltetőnek. A depóniagáz kinyerés és hasznosítás, mint gáztechnikai beruházás tűz- és robbanás veszélyes, ahol gázmentesítő rendszer elemeinek meg kell akadályozni, hogy a depóniagáz a rendszerből kijusson [Molnár, 2002].

2.4. Hulladéklerakó telepen képződő depóniagáz mennyiségi és minőségi jellemzői

A biogáz-előállítás és kezelés történelmi múltját tekintve 1669-ben találjuk az első feljegyzést a mocsárgázról Schirley-től. Volta 1776-ban fedezi fel a mocsárgázt, összefüggést talál az üledékekben rothadó növényzet és az éghető gáz között. 1806-ban H. Davy a trágyából kiáramló gázokra figyel fel. 1856-ban Bunsen korai közleményeiben az anaerob erjedés mikrobiológiai szempontjainak szisztematikus vizsgálatait tárgyalja. 1882-ben Tapppeiner már megkülönbözteti az aerob és anaerob erjesztést. 1884-ben Gayon istállótrágyát erjeszt, 1894-ben Omelianski trágyalé és papír keverékéből hidrogént és metángázt nyer. 1899-ben Deherien és Dupont elemzik a biogázt és azt találják, hogy az közel azonos mennyiségű metánból és széndioxidból áll [Olessák - Szabó, 1984]. 1930-ban Busvell az USA-ban cellulóz tartalmú trágyából és mezőgazdasági hulladékokból a szerves anyag 80%-os kigázosításával termelt biogázt. 1942-ben Ducellier és Ismann Algériában valósították meg mezőgazdasági hulladékkal üzemelő biogáz- és biotrágya- előállító berendezésüket. A céltudatos kutatás Európában a II. világháború után indul meg, hazánkban az 50-es, 60-as évek a kísérletezés időszakai voltak. A 80-as években kommunális hulladéklerakóból is nyertek ki biogázt, és állattartó telepen is beindult a hígtrágya "elgázosítása"[Kiss, 1983].

2.4.1. Anaerob degradáció során lezajló folyamatok

Biogáz-előállításra valamennyi szerves anyag, trágya, fekália, élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok, valamennyi zöld növényi rész, háztartási hulladékok, kommunális szennyvizek alkalmasak [Bai, 2005]. A biogáz képződés feltétele a szerves anyag, levegőtől és oxigéntől elzárt körülmények biztosítása, illetve a metanogén baktériumok jelenléte. A biogáz képződés körülményeit az anaerob lebomlás jellemzi, mezofil hőmérséklet-tartományban, illetve termofil mikroorganizmusokkal is végbemegy, gyorsabban, mint mezofil tenyészettel [Barótfi, 2000].
Természetesen minden hőmérsékleti tartományban a metanogén baktériumok más-más törzse tevékenykedik, a szokásos lebontási hőmérsékletek pszihofil zóna (környezeti hőmérséklet), mezofil zóna (28-36 °C), termofil zóna (48-53 °C) [Hajdú, 2009]. Anaerob bomlás nem exoterm, hanem endoterm folyamat, a kezelendő hulladék melegítésére van szükség, a termofil kezelés helyett, gazdasági szempontok miatt a mezofil lebontás az előnyösebb. A biogáz gyártáshoz állandó, és kiegyenlített hőmérséklet, folyamatos keveredés, kellően aprított szerves anyag, a metanogén és acetogén baktériumok különböző egymással szimbiózisban tevékenykedő törzsei is szükségesek [Kaltwasser, 1983]. Az anaerob hulladékkezelés célja az energianyerés, 1kg szerves anyagból pedig 0,4m^3 biogáz nyerhető. A biogáz átlagos fűtőértéke 6 kWh/m³ (21,6 MJ/m³), 1m³ biogáz, 0,6l fűtőolajat képes helyettesíteni, 1t hulladékból 6-35m^3 depóniagáz keletkezik, ami alternatív energiaforrásként felhasználható [Fogarassy, et al. 2007].

A maximálisan kinyerhető metángáz mennyisége a szerves hulladékok összetételétől függ, az energiaértékét a tiszta metán részaránya határozza meg [Kaltwasser, 1983, Schulz et al., 2005]. Az erjesztés során a szerves anyagok 40-85%-a bomlik le. A biogáz összetételében (5. táblázat), a felsorolt főbb komponenseken kívül nyomokban számos más gázformájú elem is megtalálható [Hajdú, 2009]. Az alapanyagok és helyettesíteni kívánt hagyományos energiahordozók jellemzői (M9. melléklet) a biogáz beruházások életképességét alapvetően meghatározzák [Bai, 2002].

5. táblázat Az átlagos biogáz összetétele [Hajdú, 2009]

Összetevő	Koncentráció
Metán (CH_4)	50-75 %
Széndioxid (CO_2)	25-45 %
Víz (H_2O)	2-4 % (20-40 °C-on)
Kénhidrogén	20-20000 ppm
Nitrogén (N_2)	< 2 %
Oxigén (O_2)	< 2 %
Hidrogén (H_2)	< 1

A hulladékok szerves anyaga főleg növényi anyag, cellulózszármazékok, összetett és egyszerű cukrok, amelyeket szénhidrátoknak nevezünk. A növényi eredetű anyagokban kisebb, az állati eredetű anyagokban nagyobb arányban vannak jelen a fehérjék és peptidek, továbbá a zsírok és olajok. Bonyolultabb összetételű vegyületek is jelen vannak a hulladékokban, ilyenek: a vitaminok, hormonok, enzimek és szerves vegyületek [Barótfi, 2000]. Általánosságban a biogáz-előállítást három fő vegyületcsoport határozza meg, melyek a 6. táblázatban láthatóak (szénhidrátok, fehérjék és zsírok). A teljes anaerob erjedési folyamat biokémiája és mikrobiológiája még nem teljesen tisztázott az egyszerűsített bomlási ciklusa következőképpen jellemezhető. A hidrolízis során a fermentáló baktériumok a polimer vegyületeket, szénhidrátokat, fehérjéket és zsírokat exoenzimek segítségével bontják le. A folyamatban mind az obligát, mind pedig a fakultatív anaerob szervezetek részt vesznek [Fenyvesi-Mátyás, 1997]. A keletkezett monomer vegyületekből a második savképződés szakaszban szerves savak, alkohol, hidrogén, széndioxid, ammónia és kénhidrogén keletkezik [Zehnder, 1988]. A további lebontási folyamatokban az egymással szimbiózisban élő acetogén és metanogén baktériumok vesznek részt [Zeikus, 1977]. A második szakasz köztes termékeiből a metánképző baktériumok csupán az ecetsavból, hidrogénből és széndioxidból tudnak közvetlenül metánt előállítani [Kaltwasser,1983].

6. táblázat Nyersanyagokból maximálisan kinyerhető gáz mennyisége [Fenyvesi-Mátyás, 1997]

Nyersanyag	**Gázhozam [dm^3/kg sz.a.]**	**Metántartalom [%]**	**Fűtőérték [MJ/Nm^3]**
Szénhidrát	900	50	17,8
Fehérje	700	70	24,9
Zsír	1200	67	23,7

A biogáz képződés teljes folyamata alapvetően két részre, négy szakaszra osztható (7. táblázat). Az első egy fermentációs biokémiai folyamat (savas erjedés), amely nagy molekulájú szerves anyagok lebontását jelenti. A lebontást savképző baktériumok és gombák (tejsav, propionsav és vajsavbaktériumok) végzik [Alexander, 1985]. A második részben további baktériumcsoportok az egyszerűbb molekulákat építik le. Így ezek a baktériumok a szerves anyagokat oldható zsírsavakra, alkoholokra, szén-dioxidra, hidrogénre, hidrogén-szulfidra bontják [Barótfi, 2000].

7. táblázat Az aerob és anaerob erjesztés során lejátszódó folyamatok [Barótfi, 2000]

.	**Folyamat**	**Baktériumok**	**Nyersanyagok**	**Termék**
1. szakasz	hidrolízis	fermentáló	fehérjék, szénhidrátok, zsírok	aminosavak, cukrok, zsírsavak
2. szakasz	savképződés	fermentáló	aminosavak, cukrok, zsírsavak,	szerves savak, alkoholok
3. szakasz	ecetsav-képződés	acetogén	aminosavak, cukrok, zsírsavak, szerves savak, alkoholok	ecetsav, hidrogén, széndioxid
4. szakasz	metánképződés	metanogén	ecetsav, hidrogén, széndioxid	metán

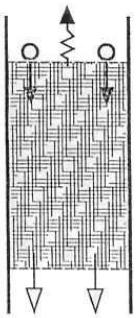
2.4.2. A hulladéklerakó depóniában végbemenő folyamatok

A települési szilárd hulladéklerakók esetében 6-7 hónap elteltével a gáztermelődés elindul, aminek a felfutását 6-7 év után éri el, a termelődés intenzitása utána rohamosan csökken, 15-20 év elteltével a kitermelése gazdaságtalanná válik. Magyarországi viszonylatban a kommunális hulladékok szerves anyag tartalma 40-50 % között változik (8. táblázat), amely a deponálás során, anaerob módon biológiailag lebomlik (14. ábra) és gáz fejlődik [Hajdú, 2009]. A települési hulladékok lerakása közben fizikai- kémiai- biológiai folyamatok zajlanak le (15. ábra). A deponált anyag a környezeti hatások és a hulladéktömeg konszolidációjának hatására változik, ezek lényegében megszabják a tervezés-üzemeltetés paramétereit. A heterogén összetételű hulladék, a homogenizálódási folyamatai során mechanikai és fizikai- kémiai értelemben is konszolidálódik. A konszolidáció során a deformációkat figyelembe kell venni a záró szigetelő rendszer, és a gázgyűjtő rendszer kialakítása miatt. Ezek alapján elmondható, hogy egy hulladéklerakó telep outputjai: a szivárgó víz és a keletkező gázfázisú anaerob bomlástermékek [Barótfi, 2000].

8. táblázat A szilárd települési hulladék összetétele [Boros, 2003]

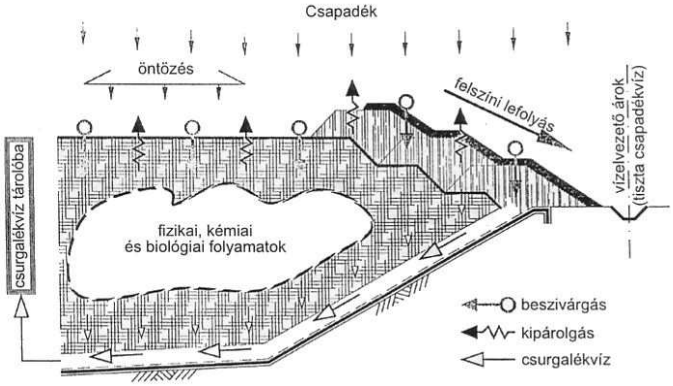
Alkotórész	Magyarország	Nyugat-Európa
papír	30-35%	40%
műanyag	9-10%	8%
fém	5-6%	11%
üveg	5-6%	6%
építési törmelék	n.a.	12%
textil	5-6%	n.a.
szerves anyag	40-50%	23%

A bomlási folyamatokat az oxigén jelenléte, hiánya, csapadék mennyisége, a hulladék nedvességtartalma, összetétele, homogenitása, a prizmák magassága, a depónia kialakítása és a mikroorganizmusok tevékenysége befolyásolja. A külső hőmérséklet - mivel a hulladéklerakó egy nagyméretű bioreaktornak is tekinthető - csak a felső rétegekre gyakorol hatást, mert a mélyebb rétegekben a biokémiai reakciók okozta hőmérséklet uralkodik [Szabó, 1999]. A csurgalékvíz mennyiségét nagymértékben befolyásolja a depónia kialakítása, lerakási technológia, tömörítés hatásfoka, lerakott hulladék jellege, összetétele és az adott területre jellemző csapadék és párolgási viszonyok alakulása [Déri et al., 2002].



	Aerob bomlás	Anaerob bomlás	Átmosódás
Követelmények	oxigén jelenléte, nedvesség	oxigén hiánya, magas víztartalom	csapadékvíz, vízáteresztő fedőréteg
Reakciók	oxidáció, nitrifikáció	redukció, denitrifikáció	kioldódás, ioncsere
Hőmérséklet	50–70 °C	35–50 °C	—
Következmények	ásványosodás, szivacsos szerkezet	konszolidáció, szilárdabb szerkezet	kioldódás, kimosódás, áteresztőképesség nő
Termékek	oxidációs termékek, CO_2, H_2O	szerves savak, CH_4, CO_2, NH_3, H_2S, csurgalékvíz	csurgalékvíz

14. ábra A hulladéktestben végbemenő folyamatok [Kiss, 1992]

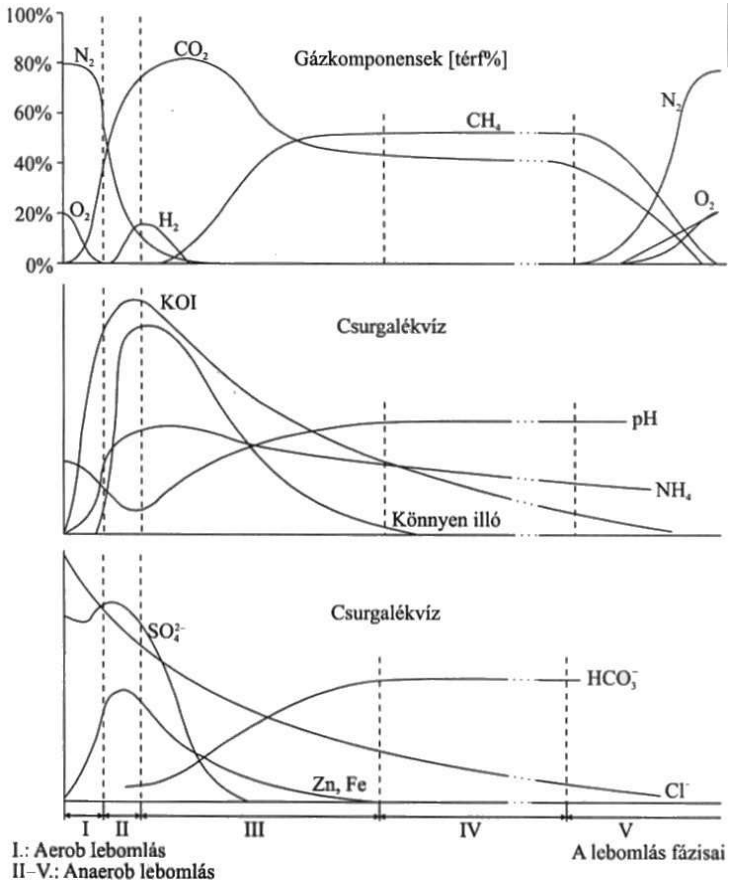


15. ábra A hulladéktestben végbemenő folyamatok [Barótfi,2000]]

A hazai párolgási és csapadékviszonyokat elemezve az átlagos csurgalékvíz hozam 150-300 m^3/ha/hónap (5-10 m^3/ha/nap) értéknek lehet tekinteni, ez komoly tároló kapacitást irányoz elő az üzemeltetőknek. (1 mm/nap beszivárgás, k=10,8 m/s szivárgási tényező mellett) [Barótfi, 2000]. Hulladéktesten átszivárgó csapadékvíz a depónia anyagát oldja és szerves és szervetlen bomlástermékekkel feldúsul, ezáltal befolyásolja a csurgalékvíz minőségét, a szennyezettségének mértéke napi ingadozásokat okoz. Szerves szennyezettségénél a 10000 mg/l KOI érték sem ritka, szervetlen szennyezőinek aránya (ammónia, klorid, vas és mangánvegyületek stb.) is lényegesen meghaladja az átlagos települési szennyvizekét, ezért települési szennyvíztisztítókba való kezelését nem lehet megoldani [Szabó, 1994a]. A csurgalékvíz mennyiség csökkentés lehetőségei a következő: a gázmotorok hulladék hőjével elpárologtatjuk, illetve csapadékszegény időjárási körülmények között vissza kell jutatni a csurgalékvizet a hulladéktestbe [ASA, 2000].

A hulladék lebomlásának folyamatai hulladéklerakó telepeken

A kommunális hulladékban megfelelő körülmények hatására megindul a depóniagáz képződése, a lerakó építésekor gondoskodni kell a depóniagáznak az elvezetéséről, ami lehet alsó elvezetésű, felső elvezetésű, vagy kombinált elvezetésű gázkutak alkalmazásával [Bai, 2005]. A depóniagáz és a csurgalékvíz összetevőinek alakulását és a lebomlási folyamatokat 16. ábra mutatja, ahol laboratóriumi vizsgálatok alapján [Stegman-Spendlin, 1985], és tapasztalati úton [Christensen-Kjeldsen, 1989] öt jellegzetes fázisra osztották.



16. ábra A depóniagáz és csurgalékvíz összetevőinek alakulása a lebomlási fázisban. [Christensen-Kjeldsen, 1989], [Stegman-Spendlin, 1985]

Az I. fázis rövid abiotikus szakasz, a hulladék lerakása után oxigén jelenléte mellett (csapdázott levegő, atmoszférából bejutó oxigén) a hulladékban levő mikroorganizmusok a szerves anyag aerob lebontását végzik. Az aerob fermentáció szén-dioxid, ammónia, víz, illetve az alkotórészek oxidációs termékeit eredményezi [Szabó, 1999]. A mikroorganizmusok 60% nedvességtartalom mellett tevékenykednek a legoptimálisabban, a nedvességtartalmat biztosítani lehet a hulladékból, illetve a hulladéklerakó felületére érkező csapadékból. Az aerob folyamat exoterm, hőt termel a szerves anyag tartalom lebontása során, a lezárás után a hőmérséklet elérheti a 60-70°C-ot is [Zehnder, 1988]. Az anaerob lebomlás fázisai (II-V), a lerakóban oxigénmentes viszonyok uralkodnak, lebomlást közepes (30-75°C) hőmérsékleti tartomány jellemzi. A depóniagáz termelődését és az anaerob erjedési folyamatot befolyásolja (M30, M31, M32 melléklet) a hulladék szerves anyag tartalma [Bánhegyi, 1993]. Az anaerob lebomlás II. fázisában illékony zsírsavak, szén-dioxid és hidrogén keletkezik. A gáz nitrogéntartalma csökken a szén-dioxid és hidrogénképződés következtében. A csurgalékvíz savas kémhatású (pH = 4-5), a fermentatív szervezetek működését befolyásolja, tartalmazhat zsírsavakat, kalciumot, vasat, nehézfémeket és ammóniát [Zehnder et al., 1982].

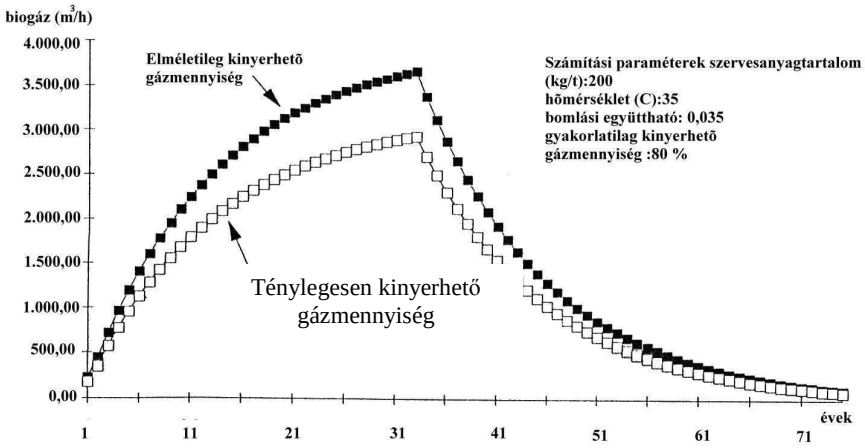
A III. anaerob fázis során a metanogén baktériumok szaporodásával a metánkoncentráció nő, a hidrogén, szén-dioxid és a zsírsavak koncentrációja csökken. A zsírsavak átalakulása miatt a pH emelkedik (lúgosság), ami a kalcium, vas, mangán és nehézfémek oldhatóságának a csökkenését eredményezi [Zeikus 1977, Reeve 1992]. A IV. stabil metánerjedési szakaszban depóniagáz 50-60 % metántartalomnál stabilizálódik, zsírsavak, hidrogén értékének csökkenését eredményezi [Shima et al., 2002). Az V. fázisban csak az ellenálló szerves szén marad meg a hulladékban, metántermelődés jelentősen visszaesik, koncentrációja olyan kicsi lesz, hogy nitrogén jelenik meg a gázokban a légköri diffúzió miatt [Barótfi, 1993].

2.4.3. A depóniagázok mennyisége, összetétele és modellek ismertetése

A hulladék lerakása után elszaporodnak az anaerob baktériumok, a hőmérséklet 60-65°C-ra emelkedik, ami ártalmatlanítja a patogén, kórokozó baktériumokat. A hőmérsékleti maximum elérése után a hőmérséklet fokozatosan csökken, a környezeti hőmérsékletnél magasabb szinten [Fenyvesi-Mátyás, 1997]. A kommunális hulladéklerakókban képződő depóniagáz mennyiségének meghatározása a legproblematikusabb, mivel a depóniagáz nem egyenletes ütemben termelődik, hanem hosszú évek, évtizedek alatt a lerakó életciklusának megfelelő intenzitással. A működő telepekre újabb és újabb rétegek kerülnek feltöltésre, a számítás így nem oldható meg egzakt módon. Egyedül csak a lezárt, ismert korú és összetételű térfogatú hulladéklerakóban lehet meghatározni a várható keletkező depóniagáz mennyiségeket [Szunyog, 2008]. A hulladéklerakóban lezajló bomlási folyamatok időben változnak, nagyobb részében anaerob körülmények uralkodnak, a hulladék reakcióidejét nehezen lehet meghatározni azt viszont tudjuk, hogy a hulladékok bomlási folyamatai évtizedekig is eltarthatnak [Pohland, 1975]. A bomlási folyamatok végét jelezheti a hulladéktest belsejében hőmérséklet és reakcióképesség csökkenése [Oweis - Khera, 1990].

A hulladéklerakókban lerakott hulladék tömörödik, ami további problémákat okozhat a termelődés meghatározásában, egy újonnan lerakott telepnél a hulladék tömörsége 0,2 t/m^3-re tehető, míg egy több évtizede működő lerakóban akár 1,5 t/m^3 is lehet, ebből adódik, hogy az egységnyi térfogatból kinyerhető biogáz mennyisége sem határozható meg pontosan [Bai, 2005]. A gázképződés sebessége a hulladék tömörítésével fokozható, ami telep befogadó képességét növelheti [Bai, 2005]. A jelenleg lerakott hulladékból és következő években lerakott hulladékból is keletkezik depóniagáz, ezek alapján kijelenhető, hogy megközelítőleg annyi depóniagáz keletkezik évente, mint amennyi felhalmozódik. A depóniagáz elméleti potenciálja jó közelítéssel becsülhető egy adott ország esetében, ha ismert a lakosainak száma, szemétszállítás aránya, az egy lakosra jutó éves hulladék mennyiség, és a hulladék szerves anyag tartalma [Barótfi, 1998].

Magyarországon egy lakosegyenértékre kb. 1,0-2,5m^3 szilárd hulladék jut évente, a szemétszállítás aránya a lakosság és a kommunális létesítmények esetében kb. 95% [Bai, 2007]. A '60-as években a hulladéksűrűség 300kg/m^3 volt, ami mára Budapesten 180kg/m^3-re csökkent a hulladék összetétel változása miatt. A hulladék öntömörödése és a kémiai változások okozta roskadás ebben az időtávlatban körülbelül 1t/m^3 sűrűséget eredményez. A szerves anyag tartalom (8. táblázat) Nyugat-Európában kb. 20-25%, míg a közép- kelet-európai országokban akár 40% is lehet. Egy tonna lerakott szerves anyagból 240-400m^3/t depóniagáz termelődése feltételezhető (17. ábra), valóságban ennek töredéke 120-250m^3/t termelhető ki gazdaságosan. Az anaerob bomlás éves gáz termelésének becslésénél figyelembe kell venni, hogy a hulladék lebomlása, és így a gáz termelése időben nem egyenletes, hanem változó, több évig tartó hosszadalmas folyamat (9. táblázat) [Bai, 2005]. Az első években mintegy 10-12 m^3/t termelődik, majd ezután kb. 20 éves periódusban évi mintegy 1-3 m^3/t- ra csökken a termelés, melynek mintegy a fele metán, másik fele szén-dioxid.



17. ábra A lerakóban keletkező biogáz mennyisége [ASA-1995]]

9. táblázat Várható depóniagáz-hozam egy adott hulladéklerakó telepen [Mogyorósi-Ányos, 2003]

Évek	Gáztermelés [m^3/t]	Évek	Gáztermelés [m^3/t]	Évek	Gáztermelés [m^3/t]	Évek	Gáztermelés [m^3/t]
1	12,3	7	8,1	13	5,3	19	3,5
2	11,5	8	7,6	14	5	30	1,6
3	10,7	9	7	15	4,7	40	0,8
4	10	10	6,6	16	4,4	60	0,2
5	9,3	11	6,1	17	4,1	75	0,07
6	8,7	12	5,7	18	3,8	100	0,001

Kommunális hulladékok biodegradációs folyamatainak leírása

A kommunális települési hulladékok szilárd ásványi, szerves anyag és víz elegyének tekinthetők, mely a degradációs folyamatain keresztül depóniagázt termel. A mennyiségek megállapításakor a szubsztrátum, a mikroorganizmusok és a metán és szén-dioxid közötti átalakulásokat kell figyelembe venni, a gáztermelés menete felírható a következő egyenlet segítségével [Bai, 2005]:

$$dC_{og} \cdot (C_{oe} - C_{og}) = k \cdot dt_2$$

ahol: C_{og}: a t_2 idő alatt elgázosított szénmennyiség, t_2: reakcióidő, k: reakcióállandó, C_{oe}: az elgázosított szén összes tömege [kg]

Az összefüggés kielégítő pontossággal leírható a következő egyenlettel:

$$C_{oe} = C_o \cdot (0{,}014 \cdot T + 0{,}28)$$

ahol: C_o: a hulladékban lévő szerves szén összes tömege [kg], T: a hőmérséklet [°C]

A hulladéklerakóban felhalmozódó gáz mennyisége G_e, a következő egyenlet segítségével az alábbi eredményt mutatja [Bai, 2005]:

$$G_e = 5{,}23 \cdot T + 104{,}61$$

ahol: G_e: a hulladékban felhalmozódó gáz [m^3/t], T : a hőmérséklet, [°C]

A hulladékok lerakása után hőmérséklete emelkedik, amelyet az anyagcsere aerob szakasza alatti hő fejlődés okoz, majd a hőmérséklet csökken átlagértéke 7-30°C-t érhet el az éghajlati, és helyi körülményektől függően. Átlagértéknek T=15°C közelítő értéket vehetünk figyelembe. Ebből következik, hogy:

$$G_e = 183\ m^3/t_{hulladék}$$

A számításoknál 15-20 éves stabil gáztermelést tételezünk fel, amely alatt a teljes gáztermelés 3/4 része végbe megy az 50-75 éves termelődést figyelembe véve:

$$G_t = 13{,}2 \cdot 10 - 0{,}03 \cdot t$$

ahol: G_t: a hulladékban termelődő gáz fajlagos mennyisége adott évben [m^3/t év], t : idő, [év]

Egy kg szerves szén teljes elgázosítása normál feltételek között és az ideális gáztörvény alapján 1,868m^3 gázt szolgáltat, amely főleg metánból és széndioxidból áll, 100-200kg TOC/t száraz (friss) hulladék (t/sz.a.) jellemző széntartalom mellett 187-375 m^3/t/sz.a. gázpotenciál a következő modellekkel írható le.

Tabasaran a gázképződési potenciál meghatározására a következő összefüggést találta:

$$G_E = 1{,}868 \cdot TOC \cdot (0{,}014 \cdot T + 0{,}28) \text{ [Tabasaran, 1980]}$$

ahol: G_E: a gázképződési potenciál, az összes keletkező gáz mennyisége [m^3/t/sz.a.], TOC: összes szerves széntartalom a hulladékban [kgC/t/sz.a.], T: a hőmérséklet [°C]

Tabasaran/Rettenberger a „t" idő alatt a hulladékban keletkező V_t [$m^3/t_{hulladék}$] fajlagos depóniagáz térfogat meghatározására az alábbi összefüggést alkalmazza:

$$V_t = 1{,}868 \cdot C_o \cdot (0{,}014 \cdot T + 0{,}28) \cdot (1 - 10^{-kt}) \text{ [Tabasaran/ Rettenberger, 1987]}$$

ahol: C_o: a hulladék szerves szén hányada [kg/$t_{hulladék}$], 1,868: a szerves anyagra vonatkoztatott gázképződés [m^3/kg], T: hulladéktest hőmérséklet [^oC], k [-]: lebomlási állandó, t : idő [év]

Jó használható tapasztalati értékek a következők:

C_o=200 kg/t T=35°C k=0,0035 [Stachowitz, 2004]

A gázképződés intenzitását és időbeli alakulását a „k" lebomlási állandóval lehet jellemezni. A „k" tényező a $T_{1/2}$ felezési idő alapján jellemezhető a következőképpen [Rettenberger, 1995]:

$$k = \frac{-\ln 2}{T_{1/2}}$$

A felezési idő tekintetében az irodalmi adatok eltéréseket mutattak: [Tabasaran, 1976]: 10év, [Rettenberger, 1987]: 6-12 év, [Hoeks 1983]: 7év, [Rovers, 1983]: 5-15év, [Stegmann, 1978]: 1,5-25év, [Moolenaar, 1981]: 5-25 év, [Bowermann,1976]: 0,6-2 év, [Ehrig, 1986]: 2-3,5 év, [Webber, 1990]: 6-10 év.

Webber-Doedens szerint a következő modellben a fajlagos depóniagáz termelődés Q_{at} [$m^3/t_{hulladék}$], az alábbi összefüggéssel határozható meg [Webber, 1990]:

$$Q_{at} = 1{,}868 \cdot TC \cdot f_{ao} \cdot f_a \cdot f_o \cdot f_s \cdot k \cdot e^{-k \cdot t}$$

ahol:

- 1,868 m^3/kg : a szerves anyagra vonatkoztatott gázképződés, TC : a hulladék szervesszén tartalma [kg/t]
- f_{ao} [0,8-0,95 (-)]: depóniagáz képződési időtényező, f_a [≈ 0,7 (-)]: lebomlási tényező szerves anyagra vonatkoztatva, f_o =0,7 [-]: optimalizálási tényező, f_s =0-1[-] : technológiai tényező, k [-] lebomlási állandó , t [év]: idő.

Ehrig szerint a fajlagos depóniagáz termelődésre vonatkozó összefüggés a következő modellel határozható meg [Ehrig, 1986]:

$$Q_t = G_t \cdot e^{-k(t_1 - t)}$$

ahol: Q_t [$m^3/t_{hulladék}$]: fajlagos depóniagáz termelődés, G_t: 100-180 m^3/t specifikus gázfejlődési tényező, k [-] lebomlási állandó ,t_1: adott időpontban a gáztermelődés, t: idő [év].

Schweizer a következő modellben a G_t [$m^3/t_{hulladék}$] fajlagos depóniagáz termelődést a vonatkozó összefüggéssel határozta meg [Ehrig,1986]:

$$G_t = A\cdot(1-e^{-[t/k_1]})\cdot e^{-[t/k_2]}$$

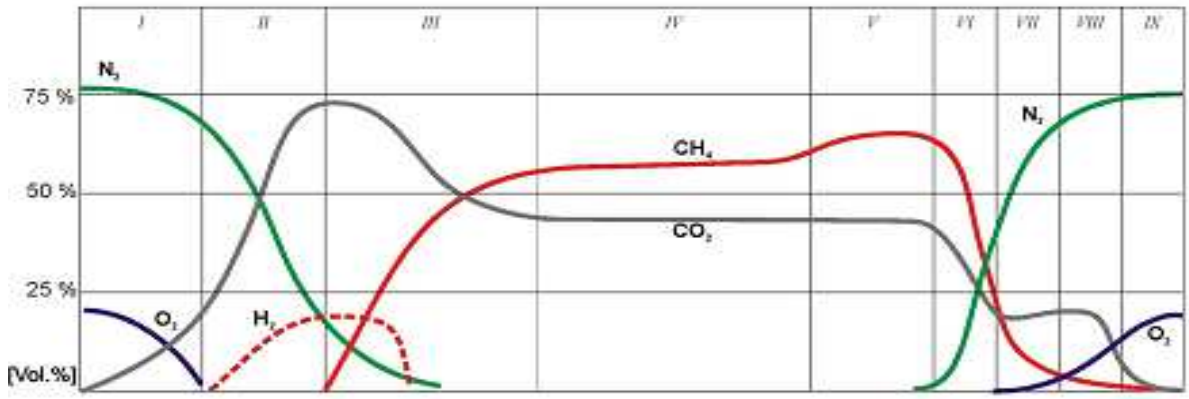
ahol: A: maximális gázképződési tényező 13,61m^3/t/év, k_1: idő konstans 1,1, k_2: idő konstans 15,72, t: idő [év].

Olyan anyagok esetében ahol annak kémiai összetétele ismert, a Buswell képlettel lehet meghatározni az előállítható metán mennyiségét. Kevert városi hulladék tapasztalati képletével kifejezve, $C_{30}H_{48}O_{19}N_{0,5}$, nitrogén elhanyagolva $C_{30}H_{48}O_{19}$, melyből:

$$C_{30}H_{48}O_{19} + 8{,}5H_2O \rightarrow 16{,}25CH_4 + 13{,}75CO_2$$ [Olessák - Szabó, 1984]

Vagyis 1kg szilárd hulladékból 511 lit. CH_4 és 432 lit. CO_2 keletkezik. Az erjesztés hatásfoka általában 45-65%, szokás szerint 50%-kal számolnak. Általában egy tonna kommunális hulladékból száraz szerves anyagot figyelembe véve 470m^3 depóniagáz keletkezik, melynek 45%-a CO_2 és 55%-a CH_4 [Olessák - Szabó, 1984].

A hulladéklerakó telepi depóniagáz összetevőinek alakulását a (18. ábra) mutatja be, a lerakó gázháztartását egy hulladéklerakó telepnek 10 fázisra osztotta [Rettenberger, 1982].



18. ábra 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 lerakodó hely esetében a metán kibocsátás:

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

ahol:

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

Regionális vagy országos szinten számított metán kibocsátás:

$$Q_{T,x} = k\cdot R_x\cdot L_o\cdot e^{[-k(T-x)]} \qquad Q_T = \Sigma\, Q_{T,x}$$ [IPCC, 2002]

ahol:

- T: futó év [év], $Q_{T,x}$: a t-ik évben keletkező metán az x-ik évben lerakott hulladékból (Mg)
- R_x: az x-ik évben lerakott hulladék mennyisége (Mg), k: bomlási állandó [k=0,005-0,4]

Egy T évben az összes kibocsátás az előző években lerakott hulladék anaerob bomlásából származik.

Országosra illesztett FOD modellel a CH_4 kibocsátás a t-ik évben:

$$Q_{T,x} = k \cdot MSW_T(x) \cdot MSW_F(x) \cdot L_o(x) \cdot e^{[-k(T-x)]} \quad \text{[IPCC, 2002]}$$

ahol:

- $Q_{T,x}$: a metán mennyisége a folyó évben, az x-ik évben lerakott szemétből [m^3/t·év]
- T: folyó év, k: metántermelődési arány, k=0,03-0,2 [1/év],
- k=0,2 gyors lebomlás, k=0,03 lassú lebomlás
- általában k=0,05 a javasolt, mely esetben a lebomlás ideje kb. 14 év.
- $MSW_T(x)$: az x-ik évben termelődött teljes kommunális hulladék mennyisége [t]
- $MSW_F(x)$: az x-ik évben lerakó helyeken elhelyezett kommunális hulladék aránya
- $L_o(x)$: a CH_4 termelődési potenciál=$MCF(x) \cdot DOC(x) \cdot DOC_F \cdot F \cdot 16/12$ [kt CH_4/kt hulladék]

ahol:

- MCF(x): a CH_4 korrekciós tényező az x-ik évben, ha 1, akkor hermetikusan zártnak, ha 0,4, akkor a fedő réteg kisebb, mint 5m, és ha 0,4 akkor a fedőréteg nagyobb, mint 5m.
- DOC(x): a biokémiai folyamatok során lebomló szerves karbon aránya az x-ik évben [kt C/ kt hulladék], [0,5-0,6]
- DOC_F: a hőfoktól függ, 10°C-ra 0,42 és 50°C-ra 0,98 értéket képvisel.
- F: a hulladéklerakóban keletkező CH_4 térfogat aránya
- 16/12: a karbonnak CH_4-é átalakulás aránya.

Ezek alapján a t-ik évben keletkező maximális CH_4 kibocsátás [kt/év] meghatározható a következő egyenlettel:

$$CH_4 \text{ kibocsátás} = [(MSW_T \cdot MSW_F \cdot L_o)-R] \cdot (1-O_X) \quad \text{[IPCC, 2002]}$$

ahol:

- CH_4 kibocsátás [kt/év], MSW_T: a teljes MSW [kt/év], MSW_F és MSW_T-nek a lerakó helyekre került aránya
- L_o: a CH_4 termelődési potenciál [kt CH_4/kt hull], R: visszanyert CH_4 a t-ik évben [t], O_X oxidációs tényező (hányad)

A hulladékban elbomló karbon (DOC) becslésére használható egyenlet:

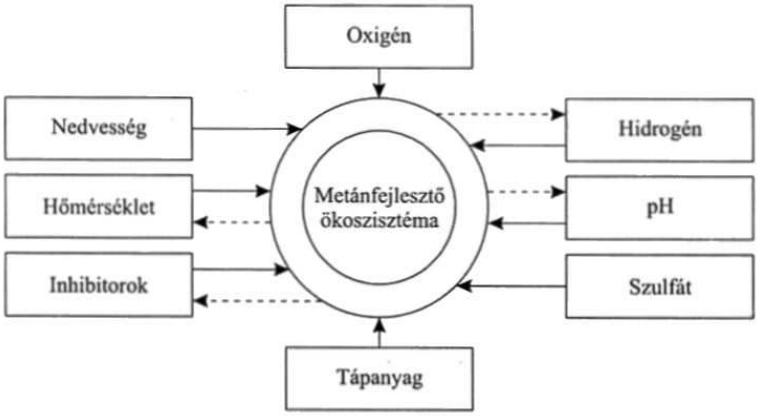
$$DOC= 0{,}4 \cdot A+0{,}17 \cdot B+0{,}15 \cdot C+0{,}3 \cdot D \quad \text{[IPCC, 2002]}$$

ahol

- A: kommunális hulladékban lévő papír és textil aránya, B: a kerti, parki és más nem, élelmiszerből származó szerves hulladék aránya,
- C: az élelmiszerből származó hulladék aránya, D: a fa és szalma hulladék aránya.

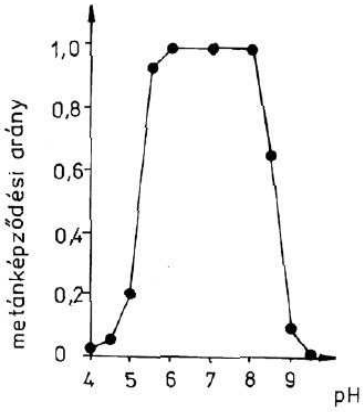
2.4.4. A depóniagáz keletkezésére ható tényezők

A depóniagáz termelődését és a metánképződést befolyásolják a lebomlási folyamatokban részt vevő mikroorganizmusok élettani feltételei és fő abiotikus tényezői (19. ábra). Melyek [Bánhegyi, 1993] szerint a következőek: tápanyagtartalom, hőmérséklet, nedvességtartalom, kémhatás, oxigén. Ezek alapján kijelenthető, hogy az anaerob biodegradációhoz kedvező feltételeket kell biztosítani. A mikroszervezetek számára az életfunkciók fenntartáshoz tápanyagra van szükségük, ami a sejt tevékenységükhöz szükséges energiatartalmat tudja biztosítani [Zehnder, 1988]. A tápanyag biztosítására a hulladékok szerves anyag tartalma gondoskodik, ilyenek lehetnek: növényi anyag vagy állati eredetű trágyafélék, élelmiszeripari melléktermékek és kommunális hulladékok, kommunális szennyvizek. A tápanyagok tekintetében kiemelt paraméterként említeném a szén-nitrogén arányát, mivel sejtfehérjék felépítéséhez nitrogénre van szükség, a legkedvezőbb arány a C/N= 3:1. A kedvező arány betartására szükség van, mivel vagy nem tudja feldolgozni a szénmennyiséget, vagy az ammónia mennyiségének emelkedését okozza és így a metánképződés folyamátát gátolja [Bánhegyi, 1993].



19. ábra A metán képződésére ható fő abiotikus tényezők [Christensen-Kjeldsen, 1989]

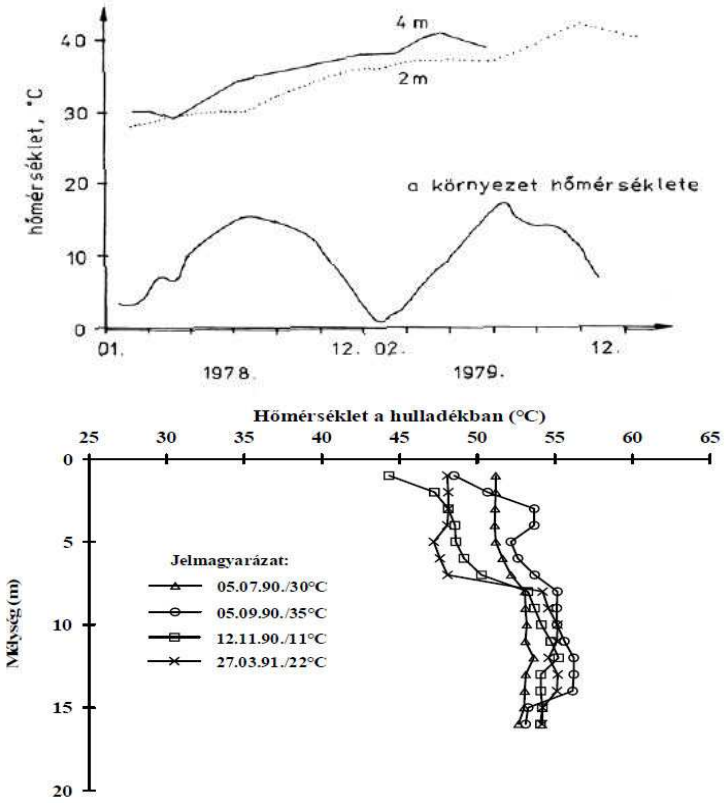
Az anaerob degradációs folyamatok egyik sarkalatos kérdése a kémhatás változása a metánképződés tevékenységére, a 20. ábra szerint a semleges, pH=7 körüli értéken a legkedvezőbb [Szabó, 1994a]. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a lebontási folyamatok során a szabad savak hatására a pH-érték savas irányba tolódik (pH=4-5), emiatt a mikrobiológia tevékenység lelassulhat és a metánképződési arány is jelentősen csökken [Zehnder et al., 1982]. A depóniagázok esetében a gázkutak környékén lévő anyagok kimosódása és összetétele miatt előfordulhat az elsavanyodás, ami üzemeltetési problémákat és a metántermelés csökkenését eredményezhet, a szerves savak képződése gyorsabb, mint ahogy a metanogén mikrobák átalakítják metánná, ebben az esetben a gázkutak termelése teljesen megszűnhet [ASA, 2000].



20. ábra A metánképződési arány változása a pH függvényében (Zehnder et al., 1982)

A tápanyag nedvességtartalma a mikroszervezetek szempontjából fontos tényező, a mikroszervezetek anyagcseréjéhez, és a biokémiai folyamatokhoz szükséges. A mikroorganizmusok tevékenységéhez szükséges nedvesség megítélése tág határok között mozog. Alsó határ szennyvíztisztító telepeknél 0,1-1,0%-os szárazanyag tartalmú anyagból állítottak elő biogázt. Felső határ a hulladéklerakó telepeknél 60%-os szárazanyag tartalom mellett, tömörítéssel anaerob körülmények biztosításával depóniagáz nyerhető. Hazai és nemzetközi irodalmak szerint a hulladéklerakó telepeknél 40-50% szárazanyag tartalom mellett biztosítható az anaerob környezet [Olessák-Szabó, 1984].

A depóniagázok kialakulásának egyik legfontosabb tényezője a hulladéktestben uralkodó hőmérséklet (21. ábra), tudjuk, hogy a külső hőmérséklet változása csak a hulladéklerakó felső néhány méterben érezteti hatását, de bizonyos késleltetéssel megjelenik hulladéktest belsejében, ahol a bomlási folyamatok hőt termelnek. Ezek alapján a mezofil (30-35°C) és a termofil (50-65°C) eljárásról tudunk beszélni, a szerves anyagok degradációja főleg a magasabb hőmérsékletű szakaszban következik be [Szabó, 1999]. Ahogy degradálódik a bevitt anyag, úgy csökken a baktériumok tápanyaga, valamit a hőmérséklet is, ezért elkezdődik a termofil baktériumok lebomlása is [Olessák-Szabó, 1984].



21. ábra A külső és belső hőmérséklet változása hulladékmélység függvényében [Rees, 1980] [Coumoulus et al., 1995]

A szerves hulladékok biológiai kezelésénél vannak olyan alapfeltételek, amelyek teljesülése nélkül bomlási és átalakulási folyamatok nem mennek végbe. Általánosságban elmondható, hogy biológiai kezelésre azok a szerves hulladékok alkalmasak, amelyek szervesanyag-tartalmának izzítási vesztesége meghaladja a 30%-ot. A szerves hulladékok közül erjesztéssel gyakorlatilag csak a lignin és a kitin nem bontható [Markóné, 1998]. Az egyes nyersanyagtípusok komposztálhatóságát, illetve anaerob kezelésre való alkalmasságát mutatja be a 10. táblázat. Az anaerob kezelésnél az említetteken túlmenően fontos, hogy a nyersanyagok jól keveredjenek vízzel, ne legyenek nagyon heterogén összetételűek, és ne legyen magas a lignintartalmuk.
Vegyes anyagok rothasztása esetében optimális üzemi körülmények között jobb eredmények érhetőek el, mint azonos forrásból származó anyagoknál. Néhány hulladékfajtából termelhető depóniagáz mennyiségét mutatja az M10. melléklet [Garai, 2002].

10. táblázat Nyersanyagok komposztálhatósága és erjeszthetősége [Loll, 2001]

Hulladék típusa	Szerkezet	Nedvesség-tartalom	Keverési arány komposztáláskor	Előkezelés komposztáláskor	Alkalmasság erjesztésre
Konyhai hulladék	rossz	nagyon magas	max. 50%	-	jó
Biohulladék	gyűjtő-területtől függ	gyűjtő-területtől függ	50 –100%	aprítás, homogenizálás	jó – közepes
Kerti- és zöldhulladék	jó	alacsony - közepes	akár 100%	aprítás, homogenizálás	közepes - rossz
fűnyesedék	rossz	igen magas	max. 50%	-	jó
Háztartási szemét	jó	közepes	akár 100%	aprítás, homog. válogatás	közepes – rossz
Szennyvíziszap	rossz	igen magas	max. 30%	-	jó
Istállótrágya	rossz	közepes	max. 60%	víztelenítés	közepes
Hígtrágya	rossz	nagyon magas	20 – 60 %	víztelenítés	jó
Lomb	közepes	közepes - alacsony	max. 80%	-	rossz

2.5. A depóniagáz felhasználás és hasznosítás lehetőségei

Magyarországon a növénytermesztésben, állattenyésztésben képződött biomassza illetve a kommunális szilárd, folyékony hulladék feldolgozása során feldolgozandó biomassza alapanyag jelenti a biogáz potenciál előállítására alkalmas biomassza mennyiséget [Kovács, 2007]. A teljes magyar biomassza potenciál felhasználásával előállítható nyers biogáz mennyiségét mutatja a (11. táblázat), 2006-os bázisévre vonatkozóan. Melyben átlagos értéken 223 PJ biogáz alapú energia potenciállal lehet számolni [Szunyog, 2008]. Ez a biomassza potenciál nyers biogáz egyenértékben, 8,9 milliárd m^3 (25 MJ/m^3 energiatartalmú) nyers biogáznak felel meg, amennyiben földgáz egyenértékben adjuk meg, akkor 5,7 milliárd m^3 földgáz egyenértékével egyenlő [Csete, 2007]. A depóniagáz tekintetében a kommunális szilárd hulladékban rejlő biomassza potenciál 42,25PJ, ami nyers biogázban kifejezve 1,69 milliárd m^3 (25 MJ/m^3 energiatartalmú) nyers biogáznak felel meg, illetve ha földgáz egyenértékben adjuk meg, akkor 1,08 milliárd m^3 földgáz egyenértékével egyenlő [Molnár, 2008].

11. táblázat Magyarország elméleti biogáz előállítására alkalmas biomassza potenciálja 2006-ban [Szunyog, 2008]

	A biomassza forrás típusa	**átlagosan**	
1.	Növénytermesztési melléktermékek	131,32	PJ
2.	Erdészeti melléktermékek	39,22	PJ
3.	Állattenyésztési melléktermékek	3,72	PJ
4.	Szennyvíziszap	5,91	PJ
5.	Szerves ipari hulladékok	0,42	PJ
6.	**Kommunális szilárd hulladékok**	**42,25**	**PJ**
	Összesen:	**222,84**	**PJ**
	25 MJ/m^3 felső hő értékű nyers biogázban	*8 914*	*millió m^3*
	39 MJ/m^3 felső hő értékű földgáz egyenértékben	*5 714*	*millió m^3*

Magyarország primerenergia igénye 2006-ban 1034 PJ, a biomassza potenciálban rejlő lehetőségek a magyar primerenergia igényeknek 21,5 %-át lenne képes fedezni (12. táblázat) és a hazai éves földgázigényt alapul véve azonban ez 47,1 %-ra adódik [Bai, 2007]. A teljes magyarországi biogáz potenciál a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium adatai szerint 25 PJ/év [www.gkm.gov.hu], Marosvölgyi Béla adatai szerint 40 PJ/év [Marosvölgyi et al.,1995], Bartha István adatai szerint 48 PJ/év értékre tehetők [Barta, 1995].

12. táblázat Az átlagos elméleti biogáz előállítására alkalmas biomassza potenciál aránya az egyes országok primerenergia mérlegéhez viszonyítva [Szunyog, 2008]

	Primer energia		**Biomassza potenciál**	
Ország	**[Mtoe]**	**[PJ]**	**[PJ]**	**[%]**
Csehország	43,5	1 821,3	171,6	9,4%
Németország	328,5	13 753,6	1 390,5	10,1%
Görögország	35,2	1 473,8	120,2	8,2%
Magyarország	**24,7**	**1 034,1**	**222,8**	**21,5%**
Litvánia	8,0	334,9	56,9	17,0%
Lengyelország	94,5	3 956,5	483,0	12,2%
Összesen:	**808,9**	**33 867,0**		

Az energiafelhasználás a technikai fejlődéssel rohamosan emelkedik, ennél fogva a kőolajszármazékokra épülő gazdaság nem fenntartható hosszú távon [Farkas, 2010]. Világmértékben növekszik az ipari és lakossági villamos energia és hőenergia-szükséglet, a fosszilis tüzelőanyagok eltüzelése következtében növekszik a légkör szén-dioxid tartalma és egyéb környezetre káros gázok koncentrációja is emelkedik [Vajda et al., 2008]. Két lehetőség adódik, az egyik csökkentjük a fosszilis energiahordozók felhasználásának növekedését, illetve új energiatermelési lehetőségeket keresünk [Molnár, 2008].

A biológiai úton előállított energiahordozók egyre jobban előtérbe kerülnek az ásványi eredetű energiahordozók, költségeinek és környezetszennyezésének szempontjából [Nagy, 2008].
Az Európai Unióban a biogáz előállítás dinamikusan növekvő szegmense a megújuló energia iparágnak. 2006-ban (13. táblázat) közel 5000 kilotonna olajegyenértéket (ktoe) képviselt az előállított biogáz mennyiség [Gémesi, 2009]. Magyarországon a depóniagáz részaránya 1,1ktoe olajegyenértéknek felel meg, az összes biogáz előállítás 12,2 ktoe részarányán belül 2006-ban mindösszesen 0.09% [EurObser'Er, 2008].

13. táblázat Biogáz-előállítás egyes EU-tagállamokban (ktoe -ben) [EurObser'Er, 2008]

Ország.	Depóniagáz [ktoe]	Sz.víziszap [ktoe]	Egyéb [ktoe]	**Összesen [ktoe]**
Németország	383,2	270,2	1011,7	**1665,3**
Egyesült Királyság	1318,5	180,0	-	**1498,5**
Olaszország	337,4	1,0	44,8	**383,2**
Spanyolország	251,3	48,6	19,8	**319,7**
Franciaország	150,5	144,0	3,6	**298,1**
Ausztria	11,2	3,5	103,4	**118,1**
Svédország	9,2	17,1	0,8	**27,2**
Magyarország	**1,1**	**8,0**	**3,1**	**12,2**
EU25	**2007,3**	**867,8**	**1330,8**	**4898,9**

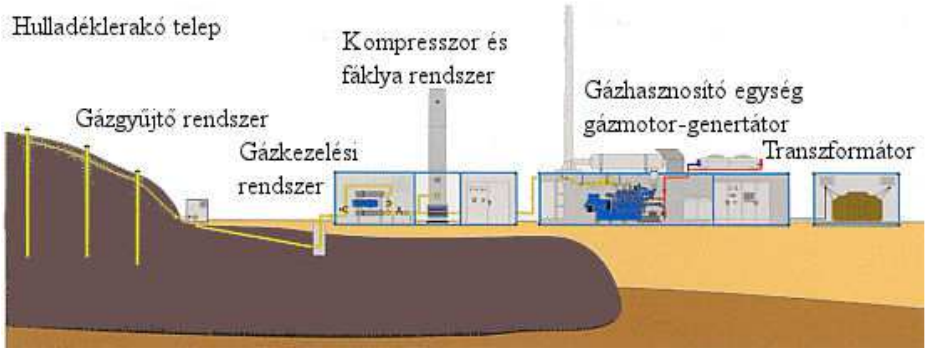
A biogáz a megújuló energiaforrások közül a felhasználás szempontjából az egyik legtöbb lehetőséget kínáló energiahordozó [Woperáné Serédi - Tanka, 2011]. A villamos-energia és hőenergia előállítás mellett egyre növekvő érdeklődés övezi a biogáz tisztításával előállítható biometánt [Gémesi, 2009]. A biotüzelőanyagok felhasználásával lehetővé válik az energiaellátás biztonságának növelése is. A depóniagáz értékes energiahordozó, jelentős arányban tartalmaz energetikailag hasznosítható metánt, hasznosítás tekintetében mindig a helyi adottságok döntenek [Olessák-Szabó, 1984]. Az energiatermelő egység kiválasztásánál követelmény, hogy a rendelkezésre álló depóniagáz hasznosítása jó energetikai hatásfokkal valósuljon meg. A depóniagáz a földgázhoz képest eltérő tüzeléstechnikai és összetételbeli sajátosságokkal rendelkezik (M9. melléklet), ezért a földgáztüzeléshez képest eltérő feltételrendszert kíván [Kapros, 2009]. A depóniagáz-jellemzői a további felhasználás, hasznosíthatóság szempontjából meghatározóak.

A depóniagáz fűtőértékét [Persson et al., 2006 in Gémesi, 2006] szerint a gázelegy metánkoncentrációja határozza meg. A felső fűtőérték az egy normál köbméter (Nm^3) biogáz elégetésekor felszabaduló energia a képződő vízgőz kondenzációja után. Az alsó fűtőérték a vízgőz kondenzációja nélkül felszabaduló energia. Ezek alapján megkülönböztetünk alsó és felső Wobbe-számot [Gémesi, 2009], [Kovács- Meggyes, 2009]. A relatív sűrűség a gáz és a levegő sűrűségének hányadosa. A metán szám a gáz belső égésű motorban történő elégetésekor a kopogásnak való ellenállást jelző paraméter [Nagy, 2008].

Tiszta metán esetén 100-as metán számról beszélünk, míg a H_2 metánszáma nulla. A CO_2 növeli a metánszámot, mivel az magas kopogási ellenállású inert gáz, a depóniagáz metánszáma>130 (Fogarassy, 2007). A depóniagáz hasznosítása előtt a szennyező részecskéktől és anyagoktól meg kell tisztítanunk, ezáltal a felhasználás pozíciói javulnak. A depóniagáz energiasűrűségének és fűtőértékének növelése előnyös a szállítás, a tárolás és a nem utolsó sorban a felhasználás szempontjából [Gémesi, 2009]. A minőség javításában a metánon kívüli az inert gázok eltávolítását is meg kell oldani, mert üzemeltetési problémákat és a felhasználása során korróziót okoz a depóniagázt hasznosító és kezelő rendszerekben [Barótfi, 2000]. A depóniagáz termelése során legnagyobb mennyiségben metán mellett CO_2 keletkezik [Bilitewski et al, 1990] szerint, a depóniagáz összetételének és az egyes komponensek koncentrációjának jellemző értékei az M11. mellékletben találhatóak.

Amennyiben a depóniagázt komprimálni akarjuk, vagy ha minőségileg a földgázhoz kívánjuk közelíteni, akkor elsődleges feladat a tisztítás [Fuchs, 2010]. A jelenleg használatos technológiák a következők: vizes mosás (kéntelenít, ammóniatartalmat eltávolítja), nyomásváltásos adszorpció (leválasztás alapja egy aktív szénszűrő, mely adszorpció során a szén-dioxidot előnyben részesíti a metánhoz képest), genoszorb mosás, vegyszeres abszorpció, membránszeparáció, kriogén eljárás [Gémesi, 2009]. A depóniagáz alaposabb tisztításával és a CO_2 eltávolításával metán dús gáz, biometán állítható elő [Barótfi, 2000]. A biometánt felhasználási területtől függően a földgázhálózatba betáplálva közvetlenül a fogyasztókhoz juttathatjuk el, mint tüzelőanyagot, vagy üzemanyagként CNG üzemű gépjárművekben is lehet alkalmazni [Vajda et al., 2008].

A depóniagáz hasznosításának lehetősége megegyezik a földgázfelhasználásával, korlátját csupán az jelenti, hogy a felhasználás alkalmazkodni tudjon a depóniagáz termelés ritmusához. A depóniagáz energetikai hasznosítását a depóniagáz metántartalma határozza meg, ezek alapján a semlegesítés és hasznosítás lehetőségei a következőek: gázmotoros hasznosítás CH_4>45%, gázfáklyás égetés CH_4>25%, biofilter CH_4<4%, nem katalitikus oxidáció 1,5%<CH_4<30% közötti tartományban, oxidáció 1,5 % alatt támasztó gáz hozzákeverése mellett [Hódi, 2006]. A depóniagáz hasznosításának általános lehetőségei működő hulladéklerakó telepeken a következőek: a termikus ártalmatlanítás fáklyában, hőtermelés kazánban (meleg víz, gőz), illetve kapcsolt energiatermelés (villamos és hőenergia együttes előállítása), trigeneráció (elektromos, hő- és hűtőenergia termelhető) [Hódi, 2008]. A depóniagáz közvetlen elégetéssel történő felhasználása történhet klasszikus kazánokban, azonban lényeges különbség az egyéb gáz halmazállapotú tüzelőanyagokhoz viszonyítottan, hogy a gáz összetétele és alacsony fűtőértéke miatt speciális égőfej kialakításra van szükség. A keletkező hőenergiát fűtésre - mezőgazdasági felhasználás, üvegházak, csarnokok - lehet használni [Barótfi, 2000].



22. ábra Depóniagáz kogenerációs erőműben történő hasznosítása [Mármarosi, 2009]

Depóniagáz energetikai hasznosításának fejlődési lehetőségei a következőek: gáztisztítás után a földgáz hálózatba való betáplálás 2005. évi LXIII.törvény (GET) 3.§.44.pontja ad erre lehetőséget, illetve micro-gázturbinában történő felhasználása, ahol megtermelt villamos teljesítmény max: 100 kW. A gáztisztítás során a szennyezőanyagok eltávolításával és a CO_2 kivonása után 85 millió m^3-t lehetne évente betáplálni a földgázhálózatba. További hasznosítási lehetőségek a következőek: gáztisztítás után járművekben tüzelőanyagként és tüzelőanyag-cellában történő felhasználás, illetve CO_2 értékesítés [Hódi, 2000]. Magyarországon az éves lerakott hulladékokból származó depóniagáz potenciál [Hódi, 2008] szerint 175 millió m^3/év, ami 20 000 m^3/h depóniagáz produktumnak felel meg. Amennyiben a depóniagáz fűtőértéke 5kWh/Nm^3 (18 MJ/Nm^3) akkor a depóniagáz energiatartalma: 876 GWh/év, illetve 100 MW. A megfelelő megoldásról mindig a helyi adottságok alapján kell dönteni a gazdaságosság figyelembevételével. [Hódi, 2009]. Kogenerációs erőműben történő hasznosítása során az elektromos energia 333 GWh/év, illetve 38 MW, hőenergia tekintetében 385GWh/év, illetve 44 MW. A gázmotor az 5,0 KWh/Nm^3 fűtőértékű depóniagázból 1,85 kW villamos energiát és 2,4 kW hőenergiát állít elő ahol az áramtermelési hatásfoka maximum 40% a hőtermelési hatásfoka maximum 42-48% értéket képvisel [Hódi, 2008].

2.5.1. Depóniagáz kapcsolt energiatermelésben történő felhasználása

Gázmotoros hasznosítás lehetséges, ha a depóniagáz képes kielégíteni a motorikus égés feltételeit, a minimum feltétel a depóniagáz metántartalma (CH_4>45%), de a gyakorlatban célszerű, hogy a metántartalom meghaladja a 60%-ot [Nagy - Meggyes, 2008]. Hasznosítás során két megoldás alkalmazható, a tüzelőanyag illesztése a motorhoz, vagy a motor illesztése a tüzelőanyaghoz [Nagy-Meggyes, 2007]. A gázmotor egy hagyományos négyütemű Otto-motor, amely gázhalmazállapotú tüzelőanyag felhasználására terveztek [Goldstein, 2006]. Az üzemeltetéshez szükséges tüzelőanyag és levegő keverékét egy membrános karburátor hozza létre. A motor teljesítményét a hengerekbe jutó keverék mennyiségével lehet szabályozni, egy fojtószelep segítségével [Kendi, 1999]. A gázmotor a technológia kritikus eleme, a megfelelő gázmotor kiválasztása gondos körültekintést igényel, amit [Olessák - Szabó, 1984], [Selmeci, 1986] kutatásai egyértelműen igazolnak és alátámasztanak. A gázmotoros egységek kiválasztásánál megfelelő gépnagyság meghatározásával kell kezdeni [Nagy, 2010]. A kiválasztás meghatározója a kinyert depóniagáz mennyisége és minősége, illetve a rendelkezésre állása az idők folyamán. Úgy kell kiválasztani a gépnagyságot, hogy az összes keletkező gáz felhasználásra kerüljön [Molnár, 2002].

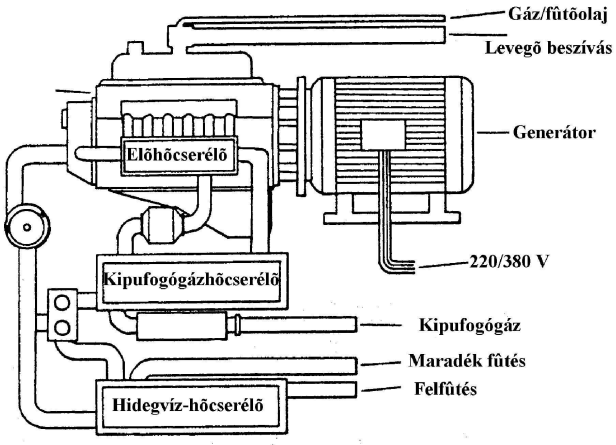
A depóniagáz minőségi és mennyiségi paraméterei a hulladék összetételétől, szerves anyag tartalmától, környezeti paraméterek változásától, a lerakás módjától, tömörítéstől és az elszívó rendszer üzemeletetésétől nagymértékben függenek [Hódi, 2008]. A gázmotor érzékeny a depóniagáz összetételének és a fűtőértékének változására, az átlagos fűtőérték 16-21 MJ/Nm^3 között várható, a rendelkezésre álló mennyiség a telephelytől függ. A metántartalom változása ± 7 %-nál nem lehet nagyobb az előírtakhoz képest, mivel a gyártók a depóniagáznak fűtőértékének megfelelően szállítják le a gázmotort. Amennyiben alacsonyabb a fűtőértéke a depóniagáznak, akkor földgáz hozzákeverésével javítható [ASA, 1995].

Az egyes gázmotor gyártók csak megfelelő paraméterek biztosítása mellett garantálják a berendezések üzemét (14. táblázat) [ASA, 2002]. További szempont a termelt villamos energia közvetlen hálózatba történő betáplálhatósága, a fogyasztók villamosenergia-igénye, annak napi, évi változása. A hőenergia hasznosíthatósága, a hőigények napi és évszakok szerinti változása szintén befolyásolja a gép kiválasztását [Nagy, 2010]. A gázmotor alkalmas szakaszos üzemvitelre, meleg állapotból igen rövid idő alatt, akár egy perc alatt is, névleges állapotra terhelhető, de célszerű a bekapcsolást követően több órás folyamatos üzemet biztosítani. A gázmotoros egység alapvető célja az, hogy a rendelkezésre álló depóniagáz jó energetikai hatásfokkal legyen hasznosítva, a névleges maximális üzemi teljesítményen való üzemet kell biztosítani, a mielőbbi megtérülése érdekében. A levegőszennyező anyag kibocsátásoknak a 32/1993 (XII.23.) sz. KTM rendelet előírásainak kell megfelelni [Molnár, 2002].

14. táblázat Gázmotorok jellemző üzemi adatai hasznosítás mellett [ASA, 2000]

hőmérséklet	max.	40 ^oC
relatív nedvességtartalom	max.	80%
kondenzvíz	max	0
portartalom	max.	50 mg/m^3
kénvegyület mennyisége [H_2S]	max.	2000 mg/m^3
halogéntartalom	max.	100 mg/m^3
szilícium tartalom	max.	20 mg/m^3
ammóniatartalom	max.	55 mg/m^3
olajtartalom	max.	5 mg/m^3
fűtőérték változásának sebessége	max.	0,5 %/30 sec

A kombinált ciklusú egység hőenergia termelést is végez, a motor több hőcserélővel van felszerelve. Motorblokk hőcserélő: a lezajló égési folyamat során a hengerek perselyének átadódott hőt, a súrlódás miatt keletkező hőt hasznosítja, füstgázhőcserélő: a füstgáz magas hőmérsékletét hasznosítja, kenőolaj hőcserélő: a súrlódás során a kenőolaj felmelegedése során keletkező hőt hasznosítja [Bereczky, 2006]. A motor kétkörös hűtőrendszerrel van szerelve (23. ábra), a motor hőcserélőiben, azaz a belső körben keringetett glikolos hűtőközeg által felvett hő elvitelére egy folyadék-víz hőcserélő áll rendelkezésre [Meggyes – Bereczky, 2007].

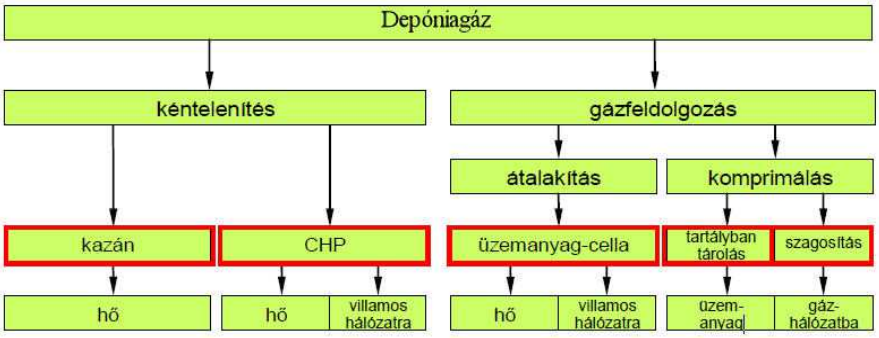


23. ábra A gázmotor hűtőrendszere [ASA, 1995]

A kapcsolt villamos energiatermelő beruházások a környezetkímélő, s egyben gazdaságos megoldások csoportjába tartoznak [Baas, 2003]. A villamos energia-termelésnél keletkező hulladék hőt egyidejűleg hasznosan lehet felhasználni. A teljes hatásfok 85%, vagy ennél is több lehet. Gázmotoros felhasználás esetén a depóniagáz elégetése során villamos energia (35-40%) mellett hőenergiát is (45-50%) nyerünk [Sembery – Tóth, 2004]. Az elektromos energia gazdaságosan nem tárolható, választani kell tehát, hogy csak annyi áramot termeljünk, amennyi saját célra felhasználható (szigetüzem), vagy annyit, amennyit csak lehet, és a felesleget bevezetjük az elektromos hálózatba (párhuzamos üzem) [Barótfi et al., 1998].

2.5.2. Depóniagáz hasznosításának jövője és feltételei

A depóniagáz energetikai hasznosításának jövőjét (24. ábra) és fejlődési viszonyait a környezetvédelmi igényeket kielégítő, depóniagáz kinyerő és hasznosító rendszerekkel ellátott hulladéklerakó telepek alkalmazása teremti meg [Barótfi et al., 1998]. Emellett még szükséges a depóniagáz hasznosítás feltételeinek megteremtése érdekében, a törvényi háttér és környezetvédelmi előírások és szabályok biztosítása [Hódi, 2000]. A depóniagáz hasznosítás műszaki megoldásainak kialakításánál foglalkozni kell azzal, hogy milyen módon biztosítható az energiahordozók szállítása, illetve hogy a fogyasztó telepítése milyen módon oldható meg a primer energiahordozó közelébe [Molnár, 2002].



24. ábra Depóniagáz hasznosítás jövőbeni lehetőségeinek összefoglalása [Szunyog, 2010]

2.6. A szakirodalomban fellelhető ellentmondások és értékelések

A depóniagázok keletkezésének és mennyiségének vizsgálata során fellépő eltérések elemzését, rendkívül fontosnak találom. A szakirodalmi kutatásom alkalmával különböző számítási módokkal találkoztam, a saját adataimmal átszámolva arra az ellentmondásra jutottam, hogy a keletkezett mennyiségi eltérések számottevőek. A hulladéklerakó telepek energetikai hasznosítása esetében ezek az értékek már nagymértékben befolyásolhatják a megtérülési és üzemeltetési paramétereket. A feldolgozás közben felmerült bennem, hogy a hulladéklerakó telepek nehezen általánosíthatóak, ennek a megoldása és kiküszöbölése jelentős feladat. Megoldását abban látom, hogy az adott területen keletkező hulladékok összetételét folyamatosan regisztrálniuk kell, és hulladék analízist kell végezni (MSZ 21420-28, MSZ 21420-29). Az így rendelkezésre álló szerves anyag potenciálból, -mint kiindulási alapadatból- a keletkező depóniagáz produktumra lehet következtetni. A depóniagáz telepek jövőjét meghatározza a hulladéklerakó telepekre beérkezett szerves hulladék mennyisége és ennek a biológiailag lebontható részaránya, amit törvényi előírások is szabályoznak. A hulladékok kezelése és szabályos lerakása mellett évek telnek el, míg egy-egy depóniagázkút teljesen kiapad, ezért meg kell akadályozni, hogy az üvegházhatást okozó gázok a légkörbe kerüljenek és ezzel a környezetünk terhelését növeljék.

A szakirodalomban a hulladéktestből való az alsó és felső elszívás technológia kialakítása mellett is sok ellen véleményt tapasztaltam. Spanyolországi és a hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telepen tapasztaltak alapján, kijelenthetem, hogy a felső elszívással történő kitermelés a legcélszerűbb. Mivel az alsó elszívásos rendszerek alkalmazása esetében a hulladéktest tömörödik, süllyed. A süllyedésből fellépő mozgások a kivitelezéskor beállított és kimért gázgyűjtő vezetékek értékekeit teljesen megváltoztatják, ami a kitermelés biztonságát és hatékonyságát zavarhatják, a kondenzvíz lecsapódásból származó elzáródások miatt. Az irodalmi forrásokból az derül ki számomra, hogy nagyobb mennyiségben foglakoznak az állati szerves hulladékokból és trágyából nyerhető biogázzal, kisebb hangsúlyt kap a hulladéklerakó telepeken keletkező depóniagáz területe. A hulladékok mennyisége azonban a gazdasági fejlődéssel évente 2-3%-kal nő, ezért a kommunális hulladékok növekvő tömege jelentős depóniagáz forrásként szolgálhat. Magyarországon az éves lerakott hulladékból származó depóniagáz potenciál 175 millió m^3/év depóniagáz produktumnak felel meg, ami jelentős energetikailag hasznosítható hányadot képvisel a teljes energia szektorban. A szakirodalom kutatása közben nem találtam választ arra a kérdésre, hogy meglevő hulladéklerakó telepek esetében milyen lehetőségek vannak a depóniagáz fokozására, illetve milyen összefüggések vannak a környezeti hatások változása (hőmérséklet, levegő relatív nedvességtartalma, légköri nyomás, csapadék mennyiség, szélsebesség) és a depóniagáz mennyiségi, illetve minőségi paraméterei között. Nem megoldott problémák közé tartozik az üzemeltetés közben alkalmazott elszívás mértékének a meghatározása, ami jelentős eltéréseket okozhat a kitermelt depóniagáz mennyiségi és minőségi paraméterei között. Ezért is kerestem az információkat, majd a hiányokat tapasztalva tűztem ki vizsgálataim szűkebb köreit, és tűztem ki célul, hogy az erre a területre vonatkozó ismeretanyagot kiszélesítsem, segítve a hatékonyabb megoldások elérését.

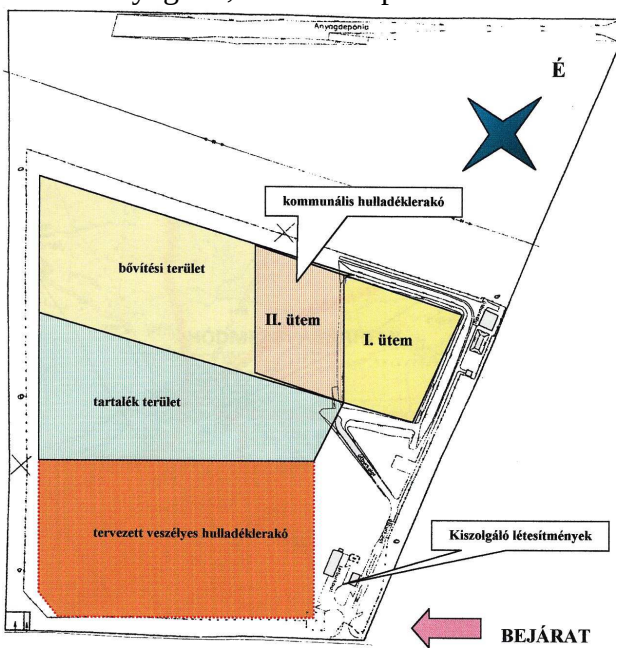
Jelentősége ennek a kutatási területnek az, hogy a hulladékok korszerű elhelyezésével környezetünk megóvás mellett, energetikailag hasznosítható alternatív energiaforrást tudunk alkalmazni hő és villamos energiatermelésre, illetve a már meglévő és újonnan tervezett hulladéklerakó telepek esetében fel tudják használni az általam meghatározott eredményeket.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A Hódmezővásárhelyi Vagyonkezelő és Szolgáltató Rt. (Hódmezővásárhely) és az A.S.A. International Holding Gmbh. (Bécs) 38,2-61,8%-os jegyzett tőke aránnyal, 1994-ben alapították az A.S.A. Hódmezővásárhely Köztisztasági Kft.-t. A települési szilárd hulladék gyűjtését és elhelyezését 1994. március 1-től az A.S.A. Köztisztasági Kft. végzi. Az A.S.A. csoport hazai érdekeltségei Gyál, Debrecen és Hódmezővásárhely városok és régióik hulladékkezelésének megvalósítása és működtetése. Szolgáltatásaik a települési szilárd (kommunális és ipari) hulladék begyűjtése, szállítása, ártalmatlanítása, újrahasznosítható anyagok gyűjtése, előkezelése, hulladéklerakó üzemeltetés, depóniagáz hasznosítás, komposzt előállítás. Az A.S.A. Köztisztasági Kft. saját tulajdonában lévő hulladéklerakó telepére közszolgáltatás keretében Hódmezővásárhely mellett további hat településről (Csanytelek, Mindszent, Mártély, Földeák, Békéssámson, Makó, Nagyér) szállít hulladékot. Tevékenységünket a Hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi XLIII. törvény, a törvényhez kapcsolódó jogszabályok, valamint a településekkel kötött közszolgáltatási szerződések alapján végzik. Hódmezővásárhelyen a nyilvántartott összes lakás száma 19.689db, a rendszeres hulladékgyűjtésbe bekapcsolt lakások száma 18.700db. A város területén a családi házas övezetben heti 1., a magas házas övezetben heti 2. alkalommal történik a hulladék begyűjtése. A rendszeres hulladékszállítás mellett az Önkormányzati egyeztetést követően évi 1-2 alkalommal tart lomtalanítást az A.S.A. Köztisztasági Kft. Városban 7 db szelektív hulladékgyűjtő sziget üzemel papír, műanyag és üveg frakcióval. A háztartásban keletkező zöldhulladékot házhoz menő gyűjtőjárattal a kommunális hulladéktól elkülönítetten gyűjtik be. A saját gyűjtési körzetünkön kívül hulladéklerakó telepünkre más közszolgáltatók is szállítanak be települési hulladékot ártalmatlanítás céljából. A hulladéklerakó ellátási körzete jelenleg közel 200 000 fő.

3.1. Hódmezővásárhely szilárd kommunális hulladékának rendezett lerakása

A hulladékdepó és kiszolgáló létesítményei (25. ábra) az 1994-ben készített hatástanulmány adatait alapul véve mintegy 20ha területen kerülnek kialakításra, a depóniák végső magassága 30m, kapacitása 3,9 millió m^3 tömör hulladék, amely közel 50 évig biztosítja a térség kommunális hulladékának ártalmatlanítását**.** Tehát összesen mintegy 2.500.000 tonna hulladék (kommunális és olajos) helyezhető el az üzemelés során. A beszállítani tervezett 40.000 tonna/év kommunális és 10.000 tonna/év olajos hulladék mennyiséget figyelembe véve a hulladéklerakás és az olajos hulladékok hasznosítása 50 évig folytatható. A hulladéklerakó Hódmezővásárhelytől délre 4414 sz. közúttól nyugatra, a városközponttól kb. 5-6 km-re helyezkedik el

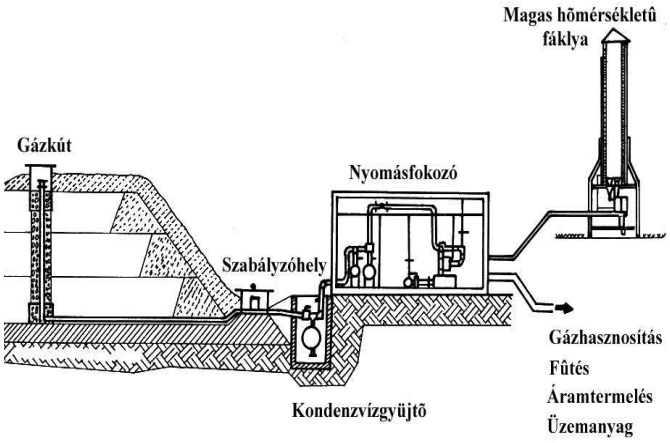


25. ábra Hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telep helyszínrajza és környezete

A hulladéklerakó telep osztrák normák alapján kivitelezett műszaki védelemmel, csurgalékvíz-gyűjtődrén és depóniagáz elvezető rendszerrel ellátott hulladéklerakó, a hozzá kapcsolódó kiszolgáló létesítményekkel. Művelése dombépítéses technológiával történik, végső rekultivált magassága 30m lesz. A beépítésre kerülő 20 hektárnyi terület a tervek szerint 20 ütemben fog megvalósulni. Az első ütemben 1,5 hektárnyi kombinált szigeteléssel ellátott lerakó felületet alakítottak ki, amely 1995. augusztus 31-e óta üzemszerűen működik. A további ütemek megépítése az elsőtől DNy-i irányba haladva történik majd. A lerakó tervezett szélességét elérve, a kialakítás már az addig szigetelt felülettől DK-i irányban folytatódik, így az utolsó ütem a legelsőhöz DK-i irányból fog csatlakozni. A beérkezett hulladékot hídmérlegen, számítógépes rendszerrel pontosan mérik, fajtáját, származási helyét, mennyiségét rögzítik. Ennek szükségességét indokolja a beszállítók felé a pontos számlázás, másrészt a beszállított mennyiség ismerete szükséges tömörítési adatok kiszámításához. A telepre beszállítható hulladékok az ATIKÖFE engedélye alapján a következők: háztartási hulladékok, nem veszélyes ipari hulladékok, biológiailag kezelt 25 %-os szárazanyag tartalmú szennyvíziszap, építési törmelék és föld. A bemeneti adatfelvétel után a szállítójárművek a lerakási helyre szállítják a hulladékot, ahol a telepi térmester az ürítésnél ismételten ellenőrzést végez és irányítja a lerakást a technológiai terv alapján. A hulladékok lerakása válogatás nélkül a szigetelt depóniára történik.

3.1.1. A depóniagáz termelés technológiája a hulladéklerakó telepen

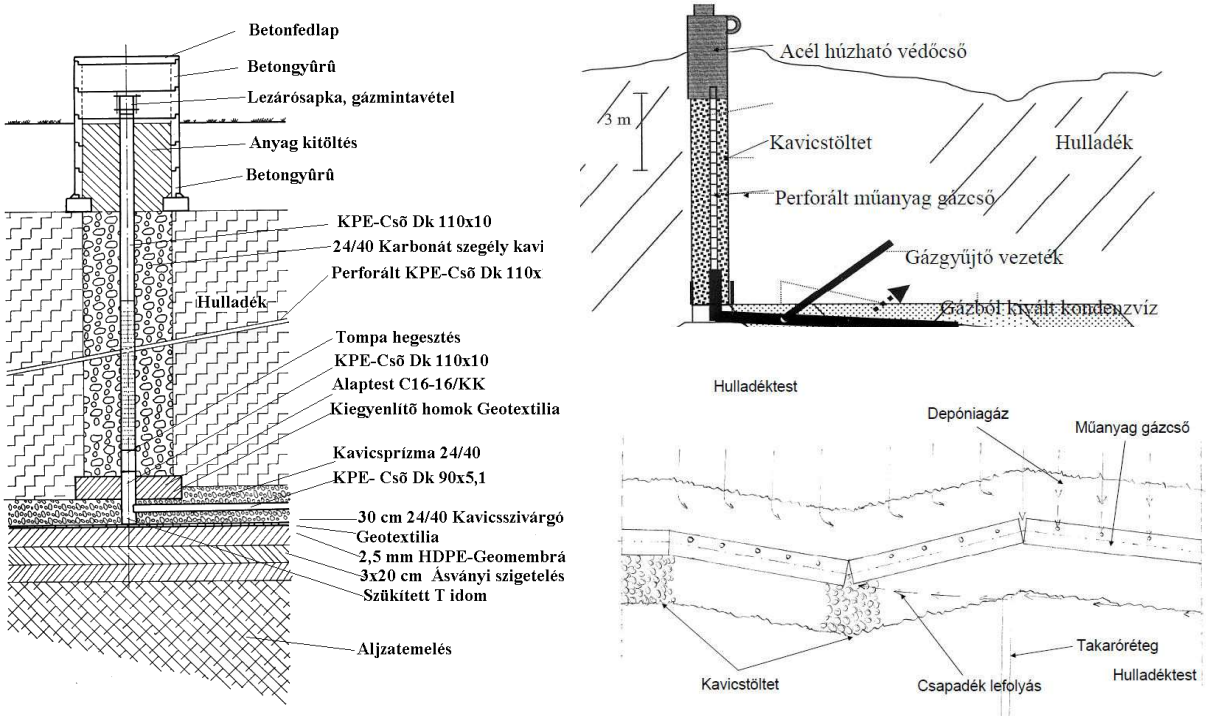
A depónia gázkinyerő rendszer elemei a következőek: gázkutak, gázgyűjtő vezetékek, gázszabályozó állomás, nyomásfokozó, fáklya, gázmotoros konténer, transzformátor állomás, meteorológiai állomás (26. ábra).



26. ábra Depóniagáz termelés létesítményei [Molnár, 2002]

Gázkutak kialakítása

A depóniagáz összegyűjtése gázkutak segítségével történik. A hulladéklerakó telepen a kezdeti időszakban alsó elszívású gázkutak voltak telepítve (27. ábra), azonban a süllyedésből és deformációból származó hibák nagymértékben akadályozták a gázkitermelés hatásfokát. Az alsó elvezetésű gázkutak problémája az elvizesedés és a süllyedésből származó deformáció. Mivel nincs rendes tömörítés a kút körül, ezáltal a gázkút elferdül és a hulladék takarására használt finom szemcséjű takaróföldet a csapadékvíz és a visszajutatott csurgalékvíz a kútba bemossa. A víz a kút fala mellett szabadon le tud folyni a kavicsrétegen át a gázcsőbe, onnan egészen a kút talpáig és annak környezetébe. A gázkút aljába befolyt kondenzvíz és csapadékvíz a kút alsó vízelvezető szivárgóját a finom frakciójú földszemcsékkel eldugította, emiatt a később érkező folyadék már a nem tud elfolyni, vízdugó alakul ki így akadályozza a gáz elszívását és elvezetését. Mészkiválás miatt a gázelvezető furatok először leszűkülnek, majd teljesen elzáródnak, illetve a biológiai gombatelepek betelepedése okozhat eltömődést.



27. ábra Alsó elvezetésű gázkút kialakítás és a süllyedésből származó elzáródás [Molnár, 2002]

A kutak egymástól 40–55m-re vannak telepítve, 0,9m átmérőjűek. Az iránycső és termelőcső között karbonát szegény ($CaCO_3$≤30%) 32/75-ös zúzott kővel vannak feltöltve. Az 5mm falvastagságú acél iránycső szolgál a kutak magasítására. Ha a hulladékfeltöltés megközelítette a 4,3m-t a termelőcsövet meghosszabbítjuk és az iránycsövet az emelő fülek és daru segítségével magasítjuk. Az emelőfülek a fedőlap karimájához és az 5mm vastagságú iránycsövekhez vannak hegesztve, illetve zárható gázzáró fedőlappal vannak ellátva. A végleges feltöltési magasság (30m) elérésével az iránycső visszanyerhető és a következő ütemekben tovább használható, az utolsó 3m zúzottkő helyett kötött talajjal van feltöltve és tömörítve.

Az alsó elvezetésű gázkutak hibaforrásai miatt áttértek a felső elvezetésű gázkút kialakításra (28. ábra). Felső elvezetésű gázkutak a lerakó feltöltése, vagy bizonyos magasság elérése után épülnek, az üzemeltetést nem hátráltatja. A kút és kavicsvédelme nem sérül meg, alul előfordulhat vizesedés, de a gáz felfelé kiszívható, tisztítást, javítást nem igényel. Jó minőségű gáz és kitermelési hozam érhető el. Hátrányként említhető, hogy csak a kút építése után kezdődik a gázelvétel.

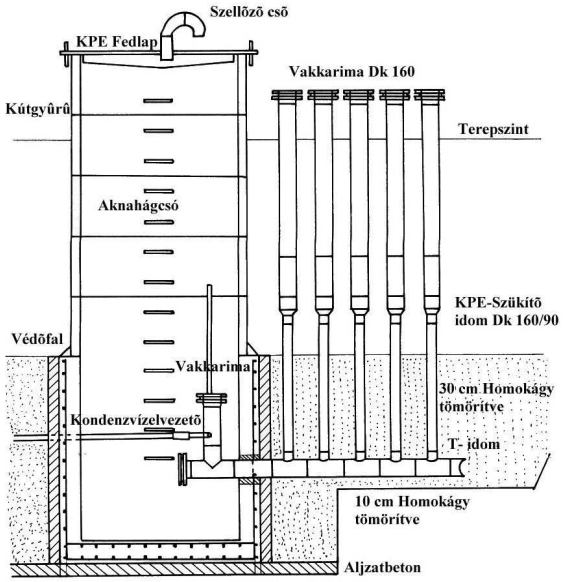
28. ábra Felső elvezetésű gázkút kialakítása és elhelyezkedése a hulladéklerakó telepen.

A hulladéklerakó telepen elhelyezkedő gázkutak elrendezése

A keletkező depóniagáz elvezetésére a teljes hulladékvertikumot és az üzemeltetési időt tekintve, a tervezett 60 db gázkút segítségével kerülne összegyűjtésre a depóniagáz. Mindegyik szívóvezeték külön-külön szabályozható (M12. melléklet). A maximális tervezett biogáz termelés 2950 m^3/nap. A szabályzó állomások méretei nagyobbak, vagy kisebbek lesznek a szabályzó egységek számának megfelelően. Jelenleg a hulladéklerakó telepen 15 db gázkút van bekötve a termelésbe, a többit a folyamatos feltöltéssel helyezik majd üzembe (M13. melléklet).

Gázszabályzó állomás és kondenzvíz-leválasztó akna elhelyezkedése és felépítése

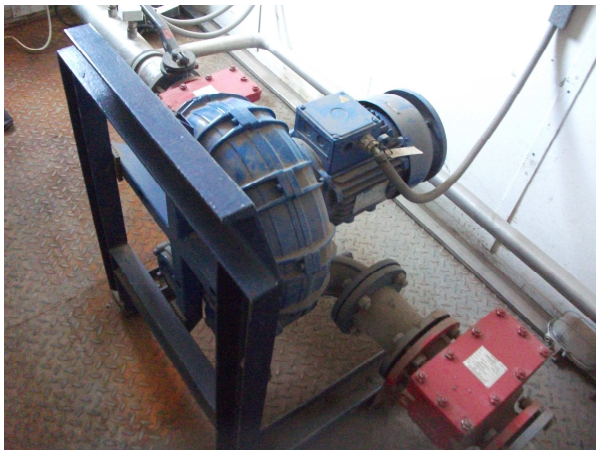
A gázszabályzó állomásban minden egyes gázkút gyűjtővezetéke egyenként szabályozható. A szabályzó állomásban (29. ábra) lehetőség van a biogázt két különböző minőségre osztani, mint hasznosítható, vagy fáklyázható. Ennek megfelelően az állomást két párhuzamos főgyűjtő hagyja el. A főgyűjtőbe csatlakozás előtt minden gyűjtővezetéken pillangó szelep és mintavevő található. A biogáz mintavevő golyósszeleppel nyitható, és lángzárral van ellátva. A mintavevő nyíláson lehetséges a nyomás-, hőmérséklet és áramlási sebesség mérése. A kimenő és bejövő vezetékek is pillangószeleppel vannak ellátva. A főgyűjtővezetékek eséssel vannak kialakítva a kondenzvíz-leválasztó aknák felé (29. ábra). Az akna szellőzőcsöve és kémlelő csöve úgy van kialakítva, hogy próbavételre és vízszint ellenőrzésre nem kell az aknába lemászni. A kondenzvíz egy PE-HD betonvédőlemezzel szigetelt medencében gyűlik szűkítőn keresztül. Az akna mélysége és a leválasztó hosszúsága a szívóhatás függvényében lesz kialakítva, úgy hogy a főgyűjtő ne kapjon vizet, és a vízállás rendszeresen ellenőrizhető legyen.



29. ábra Gázszabályzó állomás és kondenzvíz-leválasztó akna [Molnár, 2002]

Vákuum-szivattyúk kialakítása és elhelyezkedése

A vákuum-szivattyú a konténerben van elhelyezve (30. ábra), elegendő távolságra az irodaépülettől. A vákuumszivattyúk számát a depóniagáz-prognózis alapján határozták meg. A hulladéklerakó maximális gázmennyiségének leszívására 2 db 0–500 m^3/h és 2 db 0–1000 m^3/h szállítási kapacitású vákuumszivattyú szükséges, a számított 135 mbar nyomáskülönbség elérésére. A vákuumszivattyú úgy van tervezve, hogy lehetőség legyen a keletkező depóniagáz minőség és mennyiség alapján különböző teljesítményű szivattyúkra rákapcsolni. Az első telepítésre kerülő vákuumszivattyú 0–500 m^3/h teljesítményű.



30. ábra Vákuumszivattyú vezérléssel

Depóniagáz fáklya kialakítása és elhelyezkedése

A keletkező depóniagázok elfáklyázására egy magas hőmérsékletű fáklyára van szükség, ami a hulladéklerakó-telep keleti részének védőerdő sávjába helyezkedik el (M14. melléklet). Az első üzembe helyezett fáklya teljesítménye 50–200 m^3/h volt, mely rendelkezik: lángvisszacsapó szeleppel, áramhiány esetére önműködő gyorszárású szeleppel, gázhiány-jelzővel, UV-lángellenőrzővel és elektromos gyújtóval. A fáklya égési hőmérséklete 1.100 ^oC a tartózkodási idő 0,3 sec, a kilépő füstgáz hőmérséklete 250-300 °C között van. A gázfáklyára csak akkor van szükség, ha a gázmotoros egység karbantartását és időszakos ellenőrzését végzik. A hódmezővásárhelyi hulladéklerakó–telep esetében a gázfáklya kiválasztásánál alapelv az volt, hogy olyan égő legyen kiválasztva, amely sikeresen működik már több hazai lerakó esetében. Az égő speciálisan vezérelt, mágnes-szelepen keresztül kapja a gázt. Az égő automatikája a primer levegő mennyiségét a gázmennyiségtől függően szabályozza, így az égés megközelíti az optimálist, és a környezet terhelése minimális szinten tartható.

Vezérlő és szűrő berendezések

A vezérlő és szűrő berendezések a vákuumszivattyú konténerében találhatóak. A mintavétel mérővezetékeken történik, a következő paraméterek mérésére kerül sor. Minőségi paraméterek közül a CH_4 és O_2 tartalom mérése a gázkutaknál, az erre a célra kialakított mérési pontokon keresztül történik. Illetve közvetlenül a konténerbe való csatlakozás után, és az egyesítés után kerül mérésre. Az alkalmazott elszívás mértéke és a gázkutakban uralkodó nyomásviszonyok mérése a gázkutaknál az erre a célra kialakított mérési pontokon keresztül történik, a rendszer szabályzása céljából, illetve a vákuumszivattyú és a gyorszáró előtt, és a gáznyomás-szabályzó után. A kitermelt mennyiségek mérése a konténerbe csatlakozást követően, a nyomásszabályzók után történik.

Biztonságtechnikai előírások és szabályok

Egy metán-levegő keverék, melyben a metán 5–15 tf% és a levegő 11,6tf% van jelen, az robbanásképes. Ezért a gázkoncentráció ellenőrzése szükséges, a biztonságos üzemeltetés érdekében a rendszer 25tf% CH_4 és 6tf% O_2 mellett a kompresszort kikapcsolja. Ez a koncentráció csak a elszívás első fázisában állható elő, mikor még viszonylag vékony a hulladékréteg vastagsága. Az első magasításig az elszívást nem indítjuk be, mert a gázkút még nem funkcióképes. Az első magasítás után a hulladék vastagsága kb. 4 méter és az irányccső csak kb. 3 méterre lesz a hulladék lerakási szintje fölé magasítva, ekkor indítható a depóniagáz elszívása. A csővezetékek elektrosztatikus feltöltődése miatt a csővezetékeket elektromosságot vezető anyagokból tervezzük és földeléssel látjuk el. A vezérlő és biztonsági szelepeknek, záraknak gázra engedélyezetteknek kell lenniük, villámhárító berendezésre az Magyar Szabvány ide vonatkozó szabályai a mérvadóak.

3.1.2. A hulladéklerakó telepen keletkezett depóniagáz hasznosítási lehetőségei

A hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telepen keletkező depóniagáz mennyisége és minősége lehetőséget ad energetikai hasznosításra. Az energetikai hasznosítás egyik lehetősége a telephelyen megtalálható szociális épület fűtési rendszerének energetikai hasznosításában rejlik, amíg a depóniagáz metántartalma és mennyisége nem teszi lehetővé a villamos energiatermelést. Amennyiben a mennyiségi és minőségi paraméterek rendelkezésre állnak, akkor a depóniagáz gázmotorban történő elégetésével villamos és hőenergia állítható elő (31. ábra). A szigetüzem előnye, hogy függetlenek vagyunk az országos villamosenergia-rendszertől. Sem az áremelések, sem a minőségi megkötések az üzemeltetést nem befolyásolják. Párhuzamos üzem esetén annyi elektromos energiát fejlesztettünk, amennyit a rendelkezésre álló biomassza lehetővé tesz, és a felesleget, eladjuk energiaszolgáltatónak, a hazai energiapolitikai jogi szabályozás értelmében a EDF DÉMÁSZ Rt-nek egy külön szerződés alapján át (32. ábra).

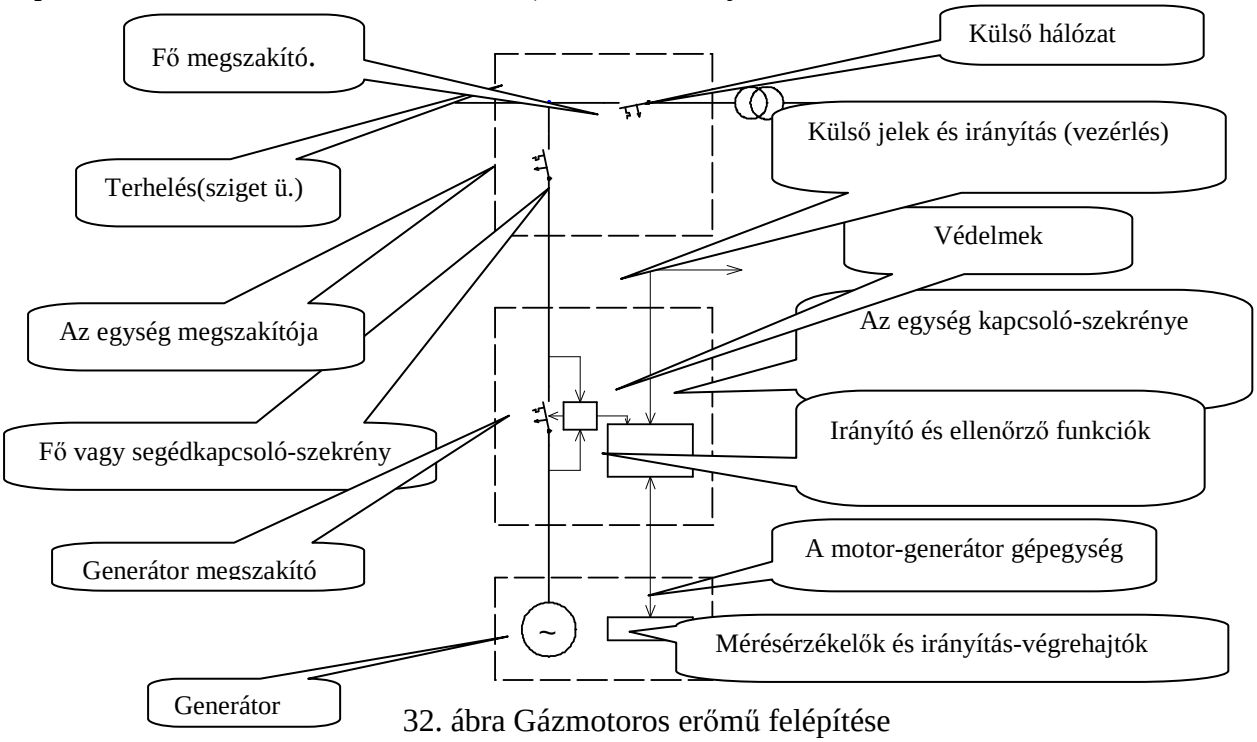
31. ábra Depóniagáz hasznosítás villamos energiatermelésre

A kiserőműben 3 db gázmotor-generátor blokk kerül két ütemben telepítésre. Az első ütem 2005.12.31-én, illetve a második ütem 2007.12. 31-én került kivitelezésre. A kiserőmű egész évben állandó teljesítményre szabályozott üzemre van tervezve (cosfí~0.98-1.00) (15. táblázat).

15. táblázat Gázmotor-generátor blokk adatai

Egy blokk névleges villamos teljesítménye			160 kW
Generátorok névleges feszültsége			400 V
Első ütemben megépülő blokkok száma:2 db			320 kW
Második ütemben megépülő blokkok száma 1db			160 kW
Teljes kiépítettség esetén a termelt villamos teljesítmény			480 kW [3 blokk]
A megtermelt villamos energiából elfogyasztásra kerül a segédüzem			max. 10 kW.
A kiadott villamos teljesítmény az első ütemben:			300 kW
A kiadott villamos teljesítmény a második ütem után:			450 kW
A blokkok állásakor vételezett önfogyasztás:			10 kW
Gázmotoros erőmű adatai			Évente
Gázfelhasználás	m^3/óra	45,5	
Összhatásfok	%	85	
Számított éves üzemeltetési időtartam	%	95	350nap
Számított napi üzemeltetési időtartam	óra	24	8400 óra
Gázfelhasználás	m^3/nap	165	57750 m3
Bruttó villamos energia	kWh/nap	3840	1.344000 kWh
Értékesíthető villamos energia	kWh/nap	3450	1.207500 kWh

A teljes villamos berendezés egyvonalas kapcsolási vázlatát a kiserőmű telepítési helyét a tulajdoni határok és a segédüzemi önfogyasztás csatlakozási pontjait a (M15. melléklet) tartalmazza. A tervrajzon feltüntetésre került a telephely sarkában lévő közcélú 20 kV-os oszlop-transzformátor állomás, mint lehetséges csatlakozási hely, valamint az oszlop-transzformátor állomástól induló, a kiserőműhez érkező 20 kV-os kitápláló földkábel nyomvonala is. A tulajdoni határ az áramszolgáltató által kijelölendő csatlakozási pont leágazási terheléskapcsolójának kiserőmű felőli oldala. A terheléskapcsolótól induló kiserőműi vonal készülékei (fogyasztásmérés, kábelezés, kapcsoló berendezés, transzformátor, stb.) a termelő tulajdona.



32. ábra Gázmotoros erőmű felépítése

A gázmotor-generátor egység közös alapkeretre szerelve érkezik, a 400 V-os rész tartalmazza a villamos kapcsoló szekrényt a szinkronozó megszakítóval, villamos védelmekkel és mérésekkel. Valamint a különálló vezérlő szekrényt, amely tartalmazza az irányító rendszert, ez biztosítja az egész rendszer működését, amibe bele tartozik a folyamatos ellenőrzés és a motor teljesítmény adatok betárolása a memóriába. A blokkok 0.4 kV-os generátorai egy közös 0.4 kV-os gyűjtősínre (főelosztóra) táplálnak. A megtermelt villamos energia önfogyasztással csökkentett mennyisége főtranszformátoron keresztül kerül kiadásra az áramszolgáltató 20 kV-os hálózatára. A gázmotor-generátor egységek a hálózattal párhuzamos üzemben fognak dolgozni, sem a külső hálózattal, sem a telephelyen belüli hálózattal szigetüzem nincs.

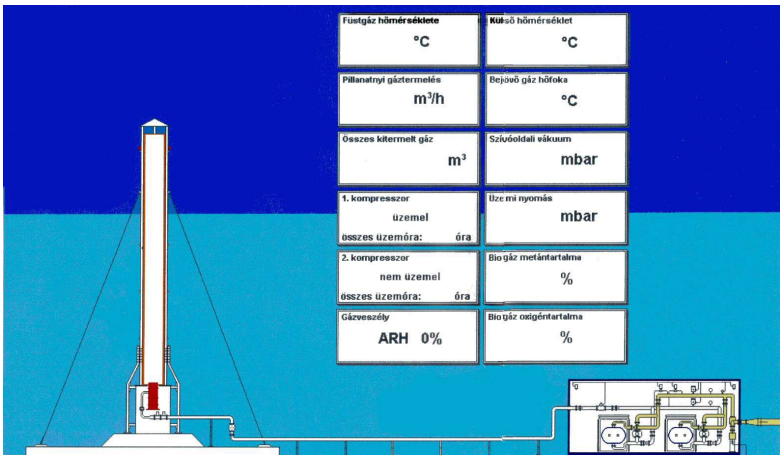
A transzformátor 20 kV-os oldalán leválasztó/megszakító készülékek kerülnek elhelyezésre, a földelési lehetőségek biztosításával. Az elszámolási fogyasztásmérés a 20 kV-os oldalon történik, az áramszolgáltató által kijelölt helyen. Az R-CENTO T150 SPE típusú gázmotorra szerelt öngerjesztésű, háromfázisú szinkron generátor került kiépítésre, a főbb adatai láthatóak az M16. mellékletben. A gázmotor-generátor egység teljesítményszabályozóval ellátott, mely a névleges teljesítmény közelébe van beállítva. A teljesítményszabályozó állandó értéken tartja a gázmotor teljesítményét. Az érték szerinti szabályozás (M18. melléklet), ezen a módon a telepített konverter méri a működő berendezések reális bemenő jeleit és a konverter 0-20 mA közötti kimenő jeleit. Ezután a vezérlő rendszer szabályozza a kogenerációs egység kimenő teljesítményét az áram jellel arányos mértékben. A"0" érték szerinti szabályozás (M19. melléklet), ezen a módon a konverter úgy van telepítve, hogy figyeli az elektromos energia rendszerbe menő bemenő jelet és a konvertertől jövő elméletileg -20-0-+20mA közötti kimeneti jelet. A villamos védelmek gondoskodnak arról, hogy a generátorban bekövetkező üzemzavari események esetén az üzemzavaros generátort leválassza a hálózatról (M.17 melléklet).

3.2. A vizsgálat megtervezése

A vizsgálatok megtervezésénél alapvető feladatom volt a hipotézisem felállítása. A hipotéziseim alapján a keletkező depóniagázok mennyisége és minősége feltételezhetően az időjárási paraméterektől (átlag hőmérséklet, csapadék mennyiség, szélsebesség, levegő relatív nedvességtartalom, légköri nyomás), illetve a hulladéklerakó telepen működő gázkinyerő rendszer műszaki paramétereitől (alkalmazott depresszió), és az adott régióra jellemző hulladék összetételtől (szerves anyagtartalom) függ.

3.2.1. Mérési rendszerek elhelyezkedése a hulladéklerakó telepen

Az A.S.A. Hódmezővásárhely Köztisztasági Kft. kommunális szilárd hulladéklerakója Hódmezővásárhely külterületén a 01957/1 hrsz-ú területen üzemel. A hulladéklerakó telepen a vizsgálatokhoz rendelkezésemre állt a biogáz mennyiségének és minőségének vizsgálatára egy számítógépes adatgyűjtő rendszer (33. ábra), egy konténeres mérőberendezés (34. ábra) és egy gázmotoros konténer. A vizsgálataim során a következő paramétereket tudtam mérni és rögzíteni. A szívóoldali vákuum [mbar], az üzemi nyomás [mbar], a biogáz metántartalma [%], a biogáz oxigéntartalma [%], a levegő külső hőmérsékletét [^{o}C], bejövő gáz hőmérsékletét [^{o}C], pillanatnyi gáztermelés [m^3/h], összes kitermelt gázmennyiség [m^3/h], füstgáz hőmérséklete [^{o}C], kompresszor [üzemóra], gázveszély visszajelző [%].



33. ábra Depóniagáz ellenőrző mérési rendszer általános felépítése

A mérési rendszer elemei a konténeres egységben találhatóak. A hulladéktestből érkező elszívó csővezetékek itt egyesülnek, egy kondenzvígyűjtő aknában lévő közösítő csőben, majd a mérési rendszeren keresztül haladva csatlakoznak a gázmotoros erőműhez, ahol a depóniagáz energetikai hasznosítása történik meg (38. ábra).

34. ábra Kompresszor ház kialakítás és felépítése

A mérési rendszer felépítésekor három mérési pontot alakítottam ki: az 1 mérési pont a gázkutaknál található két mérőcsonk, az egyiken tudom mérni az alkalmazott depressziót (35. ábra) a másik csonkon pedig a depóniagáz minőségi összetételét és a tolózárak nyitási szögét.

35. ábra Függőleges elszívású gázkutak kialakítása, 1. mérési pontokkal

Gázkutak mérési pontjai
p = depresszió [mbar]
α_{ki} = tolózár nyitási szög [^{o}]

Depóniagáz minőségi paraméterei:
CH_4 metán [%]
CO_2 szén-dioxid [%]
O_2 Oxigén [%]

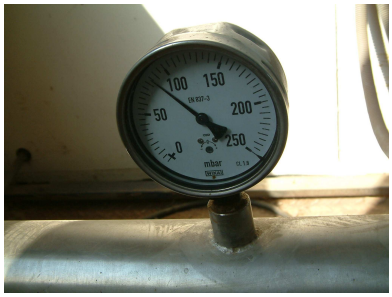
A 2. mérési pont a vákuumszivattyúnál található (36. ábra), a vákuumszivattyú előtt és mögött, két mérőcsonkra egy mérőműszert csatlakoztatok és le tudom olvasnia a nyomáskülönbséget. A nyomáskülönbségből ki tudom számítani a kinyert depóniagáz áramlási sebességét csősúrlódás nélkül, majd a cső keresztmetszet segítségével a kitermelt depóniagáz mennyiségét (37. ábra)

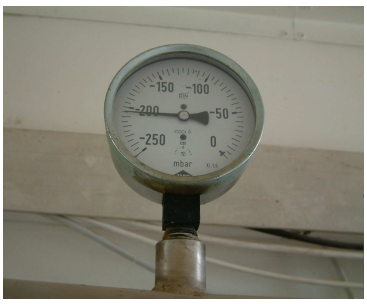
- v = depóniagáz áramlási sebessége [m/s]
- A = cső keresztmetszet [m^2]
- ΔP = nyomáskülönbség [Pa]
- V = kinyert depóniagáz mennyisége [m^3]
- ρ = depóniagáz sűrűsége [kg/m^3]

$$\Delta \mathbf{P} = \frac{\rho}{\mathbf{2}} \cdot v^2 \Rightarrow \mathbf{v} = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

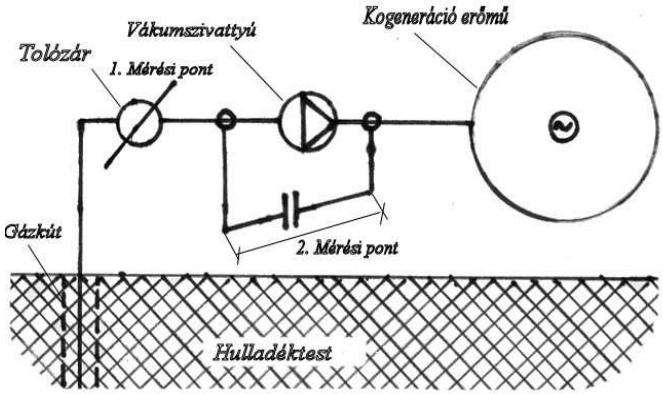
$$V = A \cdot v$$

36. ábra Mérési pontok a kompresszor házban





37. ábra Vákuumszivattyú előtti és utáni nyomásmérők és térfogat-áramméró elhelyezkedése



38. ábra Mérési rendszerek elhelyezkedése a hulladéklerakó telepen

A 3. mérési pont a hulladéklerakó telepen található meteorológia állomás (39. ábra) által mért időjárási paraméterek. A meteorológiai állomás által szolgáltatott időjárási adatok a következőek:

- t_k = t külső hőmérséklet [^oC]
- φ = Páratartalom [%]
- v_{sz} = Szélsebesség [m/s]
- h = csapadék mennyiség [mm/nap]

39. ábra Hulladéklerakó telepen található meteorológiai állomás

3.2.2. Vizsgálatok során alkalmazott mérőműszerek

A hulladéklerakóban (depóniatestben) lezajló degradációs folyamat diagnosztizálására GA2000 típusú (M20. melléklet) NDIR (Non Dispersive Infra Red) közepes infravörös tartományban működő gázelemző készüléket használtam. A gázelemző műszer használata a gázkitermelés optimalizálása és az energetikai hasznosítás számára elengedhetetlenül fontos. A hordozható depóniagáz-elemző műszer műszaki specifikációit a (M22. melléklet) mutatja. A hulladéklerakó telepen a tűz és robbanásveszély megelőzése érdekében kötelező a metánkoncentráció mérése, mivel a metán és levegő keveréke 5-15 térfogat % esetében robbanásveszélyes. Vizsgálandó jellemzők: gáznyomás, gázhőmérséklet, gázhozam, gázösszetétel (metán, szén-dioxid, oxigén, szén-monoxid, kén-hidrogén) a mintavételi ponton. A komponensek azonosítására alkalmas spektrumtartományok abszorpciójának mérésének elve az, hogy a különböző atomokból felépülő molekulák a sugárzást az infravörös hullámhossz tartományban (2,5µm és 12µm között) elnyelik. A sugárzáselnyelés csak élesen elhatárolt frekvenciánál jön létre (M21. melléklet). A nemesgázok és a kétatomos elemi gázok (N_2; O_2; H_2 stb.) kivételével tehát minden gáz egy rá jellemző speciális elnyelési tartománnyal bír. Elnyelés esetén hősugárzás gyengülés lép fel, így a sugárzásveszteség, mint hőveszteség jelentkezik. A műszerek az eredeti és a csökkent sugárzást hasonlítják össze.

3.2.3. Az adatfeldolgozás menete és az alkalmazott statisztikai módszerek

Az elemzéshez SPSS for Windows 11.0 programot használtam. Az adatokat varianciaanalízis módszerével dolgoztam fel. A homogenitást a Levene-teszttel állapítottam meg, a csoportpárok összehasonlításakor Tamhane-tesztet (heterogenitás esetén), és LSD tesztet (homogenitás esetén) alkalmaztam. A változók közötti összefüggéseket lineáris regresszió analízissel végeztem el. A vizsgálatok során kapott eredményeket táblázatok, és grafikonok formájában szemléltetem.
Vizsgálataimban [Sváb, 1981] szerint meghatározott módszerrel kiszámítottam a mintában szükséges adatok számát. Ahhoz, hogy a mintában szükséges adatok számát meghatározhassuk, ismernünk kell az adatok szórását (s), meg kell adnunk a megengedhető becslési hibát (h), meg kell adnunk a P% szignifikancia szintet, azaz a megengedett tévedési valószínűséget. Ha a szórást az alapadatok mértékegységében ismerjük és a megengedhető becslési hibát is az alapadatok mértékegységében adjuk meg, akkor a szükséges adatok száma a következőképpen határozható meg.

$$n = \frac{t_{P\%}^2 \cdot s^2}{h^2}$$

ahol: n: elemszám (db), $t_{p\%}$: t próba kritikus eleme, s: szórás, h: becslési hiba
Amennyiben a szórást százalékban (variációs koefficiens formájában) ismerjük és a megengedhető becslési hibát is százalékosan adjuk meg akkor a szükséges adatok számát a következő összefüggés segítségével határozhatjuk meg:

$$n = \frac{t_{P\%}^2 \cdot s\%^2}{h\%^2}$$

ahol: n: elemszám (db), $t_{p\%}$: t próba kritikus eleme, s%: szórás százalék (variációs koefficiens), h%: becslési hiba százalék

A számítást P=3% és P=5%-os valószínűségi szinten végeztem. Az eredményeim alapján h%=3%-os becslési hiba esetében a statisztikai feldolgozás elvégzéséhez és a következtetések levonásához szükséges minták száma n=363db, h%=5%-os becslési hiba esetében a szükséges minták száma n=131db minta szükségességét igazolták. Ezek alapján arra a megállapításra jutottam, hogy az általam felvett adatmennyiség (n=517db), elegendő számú a megfelelő statisztikai vizsgálatok és elemzések elvégzésére. Ezen számítás alátámasztotta, hogy az általam felvett mérési mennyiség elegendő adatbázis méretet nyújt a vizsgálatok szakszerű elvégzéséhez.
Annak ellenére, hogy elvégeztem a Levene-tesztet, melynek segítségével megállapítottam a csoportpárok összehasonlításakor melyik tesztet (Tamhane, LSD) kell alkalmaznom, szükségesnek találtam a CV% (variációs koefficiens) kiszámítását is, melyet a következő összefüggéssel határoztam meg:

$$s\% = CV = \frac{s}{\overline{X}} \cdot 100$$

ahol :CV: variációs koefficiens [%], s: szórás, x: adatsor átlaga

A variációs koefficiens (CV%) értéke 28,82% heterogenitást igazol a metántartalom esetében az összes gázkút értékeinek figyelembe vétele mellett. Ezt a heterogenitást tapasztaltam a gázkutankénti vizsgálatok többségében is ahol a CV% értéke 16,8-36,6% között változott, a relatív szórás értéke erősen változékony. Kivételt a 6. és 8. gázkút eredményeinél tapasztaltam CV%=8,4-10,2%-ot, ahol a relatív szórás értéke 10% alatti, ezért az adatsor állandó (homogén), tehát az adatok egymáshoz és a belőlük kiszámított átlaghoz közel állnak A variációs koefficiens elemzésével kívánom az egyes csoportokon belül bemutatni a szórás mértékét. Ez a mutató lehetőséget nyújt a homogenitás vizsgálat csoportok közötti összehasonlítására.

3.2.4. A vizsgálatok és az adatfeldolgozás során alkalmazott kiindulási alapadatok

Hódmezővásárhely térségében keletkező hulladék potenciál

A kommunális hulladékban lévő, biológiailag lebomló szerves anyag mennyiség meghatározása céljából elvégzett MSZ 21976 szabvány szerinti hulladékanalízis eredményeként megállapítható, hogy a kistérségbe begyűjtött összes 19322,24 tonna szilárd kommunális hulladék (16. táblázat) (EWC 200301) - melynek a 2007 adatok figyelembe vételével - 53 %-a azaz 10240,78tonna biológiailag lebonthatónak minősül tehát biomassza-potenciálnak tekinthető. A hódmezővásárhelyi kommunális szennyvíztisztító telepen keletkezett szennyvíziszap (EWC 190805) beszállítása folyamatos, a vizsgált időszakban 3396,94t került a hulladéklerakóba. A biológiailag lebomló mennyisége 21% a termelői nyilatkozatok alapján így 2007-ben lerakott szennyvíziszap biológiailag lebomló hányada 713,16t. Az iszap átvétel minőségi feltételeit és a hatóanyagokra, toxikus elemekre, szerves szennyezőkre vonatkozó előírásokat az (M6, M7, M8 melléklet) tartalmazza. Az olajos hulladékok beszállítására (EWC 130502) is van engedélye a hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telepnek, 2007-ben elhelyezett olajos hulladékok mennyisége 10481,13t, melyben a termelői nyilatkozatok alapján a biológiailag lebomló hányada 5%, mely 524t biomassza potenciált jelent. Az üzemeltető a depóniagáz intenzitásának fokozására, illetve minőségének javítására a 1936621 lajstromszámú szabadalom alapján a hulladéklerakó-telepen az olajos hulladékok és a kommunális hulladékok együttes kezelését végzi. A találmány szerinti eljárás lényege, hogy az alacsony szerves anyag tartalmú szilárd kommunális hulladékhoz keveréssel megfelelően beállított olajtartalmú hulladékot adagolva az anyag, a hulladék tárolásánál alkalmazott földtakarás mellett anaerob körülmények között depóniagázzá alakul. A Hódmezővásárhely és térségében képződő kommunális hulladékokból hasznosítható biomassza potenciált, és az elméleti depóniagáz hozamot mutatja a 17. táblázat 2007. évre vonatkozóan

16. táblázat Az A.S.A. mérlegelési adatai szerint a begyűjtött TSZH tömege [ASA, 2010]

Év	**Háztartási hulladék (t)**	**Ipari hulladék(t)**	**Törmelék (t)**	**Iszap (t)**	**Olajos hulladék(t)**	**Összesen (t)**
2005	31 071,33	13 516,56	11 414,32	3 209,93	11 970,97	71 183,11
2006	28 203,54	14 517,83	19 355,94	4 691,90	10 796,56	77 565,77
2007	**19 322,24**	**21 201,81**	**36 599,36**	**3 396,94**	**10 481,13**	**91 001,48**
2008	19 253,24	20 930,55	14 192,47	2 565,82	10 334,30	67 276,38
2009	20 974,66	17 403,90	12 479,42	2 984,42	6 888,89	60 731,29
2010	36 646,02	21 364,48	12 982,00	2 452,29	11 423,96	84 868,75

17. táblázat Keletkező kommunális hulladék területi eloszlása és energetikai hasznosítása

Települések	Biomassza potenciál [t]	Depóniagáz hozam [m^3/t]	Megtermelt depóniagáz [m^3]	Depóniagáz fűtőértéke [MJ/m^3]
Hmvhely	7574,94t	256	1.939.184	21
Mindszent	826,36t	256	211.456	21
Mártély	151,04t	256	38.666	21
Székkutas	188,34t	256	48.215	21
Zöldhulladékok	1500t	190	285.000	21
Szennyvíziszap	713,16t	310	221.079	21
Olajos hulladék	524t	190	99.560	21
Összesen	11477,94t		2.843.160	21

**települési szerves szemét biogáz hozama 256l/kg=256dm^3/kg=0.256 m^3/kg=256 m^3/t*
***Szennyvíziszap biogáz hozama 310l/kg=310dm^3/kg=0.310 m^3/kg=310 m^3/t*
****Olajos hulladék biogáz hozama 190/kg=190dm^3/kg=190 m^3/kg=190 m^3/t*

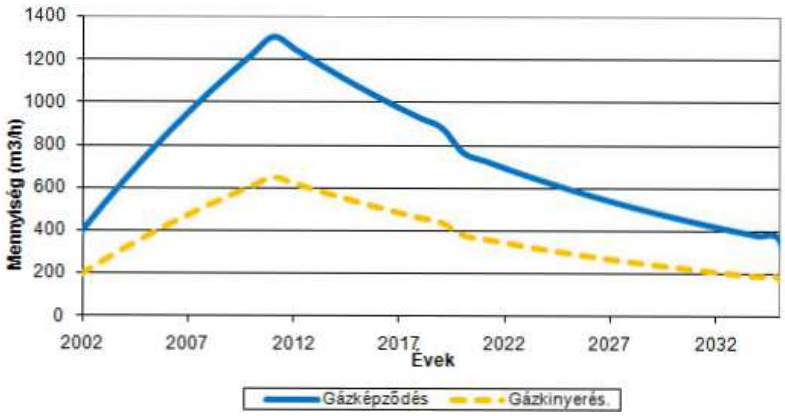
A kommunális hulladékból keletkező elméleti depóniagáz mennyisége 2.244.424m^3. A számításaim során a legkedvezőbb depóniagáz hozamot vettem figyelembe. A keletkezett depóniagáz mennyisége a hulladék összetétel függvényében [Tabasaran, 1981], [Stachowitz, 2004] szerint, 40-300 m^3/t (hulladék szerves anyag tartalomra vonatkoztatva). Az egyes hulladékok depóniagáz termelődési paraméterei a 18. táblázatban láthatóak. A gyakorlati tapasztalati értékek azt mutatják, hogy a ténylegesen kinyerhető gázmennyisége 2-3 m^3/t között változik éves szinten. Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a gázelvezető rendszertől, a lerakó üzemvitelétől függően, csak kb. 30–50% -a hasznosítható a teljes depóniagáz mennyiségnek [Molnár, 2010].

Az elméleti és gyakorlati értékek közötti nagy eltérések a környezeti paraméterek változása, hulladék szerves anyag tartalma, a lerakott hulladék jellege és összetétele, anyagi tulajdonságai, és a bomlási körülmények miatt figyelhető meg. Mivel a hulladéklerakó belsejében lezajló anaerob folyamatok nem zárt stabil körülmények között mennek végbe, hanem a külső időjárási paraméterek befolyásolják a depóniagáz képződését és termelődését. A hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telepen keletkező depóniagáz mennyiségének meghatározására a Tabasaran/Rettenberger összefüggést alkalmaztam. A 2007-es vizsgálati évben a képződött és a kitermelt mennyiségek eloszlását mutatom meg az 40. ábra segítségével.

$$V_t = 1.868 \times C_O \times (0{,}014 \times T + 0{,}28) \times (1 - 10^{-kt})$$ [Tabasaran/ Rettenberger, 1987]

18. táblázat Fajlagos biogáz-termelés [ASA, 2000]

Frakció	Fajlagos CH4 termelés [dm^3/kg]	Fajlagos depóniagáz-termelés [dm^3/kg]
Háztartási hulladék	97	172
Újságpapír	94	168
Papírkeverék	110	201
Fűrészpor	24	44
Kerti hulladék	60	95
Fű	216	386
Lomb	71	128
Konyhai hulladék	291	340



40. ábra A lerakóban keletkező depóniagáz várható mennyisége [ASA, 2010]

Hódmezővásárhely térségére jellemző környezeti viszonyok vizsgálata

A depóniagáz termelődés és összetétel alakulásának egyik legfontosabb eleme a hulladéklerakó telepre jellemző klimatikus paraméterek alakulása. Az időjárási paraméterek közül a elengedhetetlen a külső hőmérséklet és levegő relatív nedvességtartalom, légköri nyomás, csapadékviszonyok és az uralkodó szélviszonyok ismerete.

A következőkben a Hódmezővásárhely és térségére jellemző időjárási viszonyokat mutatom be, a hulladéklerakó telepen megtalálható meteorológia állomás segítségével. A hulladéklerakó telep tájföldrajzi szempontból az Alföld nagytáj Alsó Tiszavidéki középtáján Dél-Tiszavölgy nevezetű kistáján helyezkedik el. Meleg száraz éghajlati típus, az ország napfényben gazdag területeihez tartozik.
Hőmérsékleti viszonyok alakulása a következő: a legmelegebb hónap a július, a leghidegebb a január. Az abszolút hőmérséklet maximumok és minimumok átlaga 34,5-34,7°C, illetve –16,0°C és –16,5°C közé esik. Téli napok száma: 30 / maximum ≤0°C/, fagyos napok száma: 95 /minimum ≤0°C/. A csapadék viszony alakulása a hulladéklerakó telep környezetében a következő: az évi csapadék mennyiség nem éri el a 600 mm-t, a legcsapadékosabb hónap a június 71 mm-rel. A terület vízháztartását éves szinten mérsékelt vízfelesleg jellemzi. A csapadék éven belüli eloszlásra jellemző a kettős csúcs /június és novemberi/, valamint az egyenletes eloszlás. Az évi csapadék 42 %-a, 239mm a téli félévben /X-III. hó/, 58 %-a, 326mm a nyári félévben /IV-IX. hó/ hullik. A párolgási viszonyok a következőképpen alakulnak: a lehetséges párolgás sokévi átlaga 800mm, az évi területi párolgás sokéves átlaga 500mm. A területre hulló évi átlagos csapadék mennyisége 565mm, 65 mm-rel haladja meg a tényleges területi párolgást átlagos viszonyok között (19. táblázat). Az uralkodó szélirány a meteorológiai állomások mérései alapján É-i, D-i, és ÉNY-i. az átlagos szélsebesség 3,0 m/s körüli (19. táblázat). Hóviszonyok alakulása: az átlagosan az éves csapadékösszeg közel mintegy 10 %-a hullik le hó formájában. A hótakarós napok száma 33nap, a hótakaró átlagos vastagsága: 5cm, a hótakaró maximális vastagsága: 64cm. Az éves területi vízmérleg tehát vízfelesleget mutat.

19. táblázat Hódmezővásárhely térségének környezeti viszonyai

Megnevezés	**I.**	**II.**	**III.**	**IV.**	**V.**	**VI.**	**VII.**	**VIII.**	**IX**	**X.**	**XI.**	**XII.**	**Évi**
Hőmérséklet középérték [°C]	1,6	0,1	5,7	11,1	16,5	19,7	22,1	21,3	17,3	11,1	5,2	0,5	10,8
Csapadék középérték [mm/hó]	34	34	34	46	62	71	52	48	47	41	50	46	565
Párolgás középérték [mm]	5	10	22	48	81	88	85	65	49	27	11	6	500
Szélirányok gyakorisága [%]	**É**	**ÉK**	**K**	**DK**	**D**	**DNY**	**NY**	**ÉNY**	**Szélcsend**				
	15,2	12,9	4,4	6,9	15,5	16	9,4	12,8	6,9				

3.3. A hulladéklerakó telepen elvégzett vizsgálatok ismertetése

A vizsgálataimat 2007. 01. 01. – 2007. 12. 31. között végeztem 11db gázkút esetében 47 alkalommal. A statisztikai vizsgálatok elvégzéséhez és a szignifikáns különbségek megállapításához szükséges elemszámot meghatároztam, az általam elvégzett mérések száma n=517db. Ami kielégíti a statisztikai vizsgálatok szakszerű elvégzéséhez szükséges minimum elemszámot, az így levont következtetések helytállóak. A méréseket napi, illetve heti rendszerességgel végeztem, a mért eredményeket rögzítettem. A táblázatok azon részében melyek nem tartalmaznak adatokat, azoknál nem tudtam megmérni a depóniagáz minőségi paramétereit, mert technikai és biológiai problémák merültek fel (M34. melléklet). A vizsgálataimban az adott gázkútra jellemző hulladék összetételt nem vettem figyelembe, mivel ilyen jellegű adatok nem álltak rendelkezésemre. Az adatmennyiségek kezelhetősége érdekében csoportokat képeztem, aminek a segítségével a kutatás részterületeihez szükséges adatmennyiségeket tudtam rendszerezni. A statisztikai vizsgálatok segítségével a csoportpárok közötti szignifikáns különbségeket tudtam megállapítani az összes gázkút esetében, illetve gázkutanként. A csoportpárok kialakításánál alapvető szempont volt az alkalmazott elszívás mértéke, átlaghőmérsékleti intervallumok, levegő relatív nedvességtartalom, légköri nyomás, csapadék mennyiség, szélsebesség intervallumok összefüggéseinek felállítása a hulladéklerakó telepen keletkezett depóniagáz mennyiségi és minőségi paramétereire.

3.3.1. A hulladéklerakó telepre beszállított hulladékok összetételének vizsgálata

Az ASA Hódmezővásárhely Köztisztasági Kft. kommunális hulladéklerakójának jelenlegi művelés alatt álló, második és harmadik ütemén történt a vizsgálat, ahol az alábbiak szerint beszállított hulladékok analízisét végeztem el. A települési szilárd hulladék-összetétel vizsgálatába bevont területek kiválasztásánál figyelembe kell venni, hogy a hulladék hol keletkezik, kertes és vagy közterületi, illetve belvárosi pontokon. Ezek alapján a hulladékanalízisbe bevont területek a következőképpen alakulnak. Hódmezővásárhely- közterület (heti egyszeri beszállítás), Hódmezővásárhely- belváros (heti két alkalom hulladékszállítás), Hódmezővásárhely szelektív hulladékgyűjtéssel érintett családi házas övezet.

Ez a módszer reprezentálja a teljes depóniára lerakott hulladékvertikumot. A vizsgálatok során, a területeken az aznapi először érkező szállítmányokat vizsgáltam. A depóniára kerülő összes hulladék összetételére a teljes napi beszállítás alapján lehet következtetni, ennek megfelelően a napi beszállított hulladékok EWC kódok alapján kerülnek összesítésre. A beszállítás folyamatosan regisztrálásra kerül a mérlegházban lévő számítógépbe a beszállító jármű rendszámának, hulladék kódjának és tömegének automatikus regisztrálásával. A teljes napi hulladékbeszállítást a nap végén nyomtatott formában is archiválják.

2007 tél, tavasz, nyár, ősz időszakban elhelyezett hulladékok összetételének vizsgálata

Az ASA Hódmezővásárhelyi Köztisztasági Kft. az egységes környezethasználati engedélyekben előírt tél, tavasz, nyár, ősz hulladék-összetétel monitoringózását a Környezetvédelmi felügyelőség előzetes értesítése mellett végezte el (20. táblázat).

A 2007. téli hulladék-összetétel monitoringózást 2007. 12.18-án végeztem el, a hulladékokra jellemző területi eloszlás a következőképpen alakult: az 3. begyűjtő terület: Hódmezővásárhely-szelektív hulladékgyűjtéssel érintett családi házas övezetből származó hulladékok összetételét vizsgáltam. 2007. tavaszi hulladék-összetétel monitoringózását 2007. 04.06-án végeztem el, a hulladékokra jellemző területi eloszlás a 2. begyűjtő terület: Hódmezővásárhely-belváros övezetében képződött hulladékok összetételét vizsgáltam. 2007. nyári hulladék-összetétel monitoringózását 2007. 07.10-én végeztem el, a hulladékokra jellemző területi eloszlás a 3. begyűjtő terület: Hódmezővásárhely- szelektív hulladékgyűjtéssel érintett családi házas övezetből származó hulladékok analízisét végeztem el. 2007. őszi hulladék-összetétel monitoringózását 2007. 09.05-én végeztem el, a hulladékokra jellemző területi eloszlás az 1. begyűjtő terület: Hódmezővásárhely közterületről származó hulladékok összetételét vizsgáltam.

20. táblázat A hulladék-összetétel vizsgálatba bevont hulladékok mennyisége 2007-ben

		2007 tél	**2007 tavasz**	**2007 nyár**	**2007 ősz**
A	**Gyűjtő jármű bruttó tömege**	**11540 kg**	**28220 kg**	**11540 kg**	**28220 kg**
B	Nyers nettó tömege	1040 kg	11740 kg	1040 kg	11740 kg
C	Átlagminta tömege	504,7kg	499,57kg	501,5kg	503,5kg
D	Az elsődleges válogatásnál feladott hulladék tömege	504,7kg	499,5kg	501,5kg	503,5kg

A hulladék összetétel vizsgálatot a MSZ 21420-28 és az MSZ 21420-29 szabványok szerint készítettem el. A vizsgálatok során Hódmezővásárhely települési hulladékának 13 frakcióra és azok alfrakcióra bontását végeztem el, és ezekből határoztam meg a hulladéklerakó felületére lerakott biológiailag lebomló részarányokat. A depóniagáz termelődés szempontjából a szerves anyag tartalom kiemelkedően fontos rendező faktor, melynek eredményei a 21. táblázatban találhatóak

21. táblázat Az átlagminta hulladék összetétele 2007 évben

	2007 tél		2007 tavasz		2007 nyár		2007 ősz	
Hulladék neve	**Hulladék tömege [kg]**	**Δm [%]**	**Hulladék tömege [kg]**	**Δm [%]**	**Hulladék tömege [kg]**	**Δm [%]**	**Hulladék tömege [kg]**	**Δm [%]**
biológiai	191,6	38	74,76	15	165,57	33	186,3	37
papír	44,14	8,7	110,87	22,2	75,15	15	55,38	11
karton	6,69	1,3	18,65	3,7	13,03	2,6	7,56	1,5
kompakt	3,14	0,6	5,98	1,2	4,51	0,9	6,04	1,2
textil	6,81	1,3	6,67	1,3	6,51	1,3	6,04	1,2
higiéniai	5,59	1,1	11,74	2,3	7,02	1,4	5,55	1,1
műanyag	54,96	10,9	79,73	16	65,19	13	47,85	9,5
éghető	12,81	2,5	12,9	2,6	12,53	2,5	14,1	2,8
üveg	17,83	3,5	36,22	7,3	23,06	4,6	20,65	4,1
fém	13,24	2,6	25,94	5,2	15,54	3,1	14,1	2,8
éghetetlen	25,39	5	18,31	3,7	15,04	3	18,63	3,7
veszélyes	9,07	1,8	4,19	0,8	6,01	1,2	8,05	1,6
finom frakció	113,45	22,5	93,55	18,7	96,27	18,4	113,28	22,5
nedves átlagminta	504,7	100	499,5	100	501,5	100	503,5	100

3.3.2. Az elszívás mértéke és a depóniagáz minőségi paramétereinek változása

A mérési rendszer felépítése után folyamatos méréseket tudtam végezni az anyag és módszer fejezetben ismertetett mérőműszerek segítségével. A mérések során egy hordozható gázelemző mérőműszer segítségével mértem a depóniagáz összetételt (CH_4,CO_2,O_2) térfogat %-ban, és az elszívás mértékét (depresszió) mbar-ban. Vizsgálataimat az atmoszférikus nyomáshoz mérten, illetve a vizsgálati időpontokban a hulladéklerakó-telepre jellemző helyi légköri nyomásviszonyok figyelembevételével végeztem, melynek értékei az M35. mellékletben találhatóak. A mérési pontoknál tolózárak segítségével tudjuk szabályozhatóvá tenni a depóniagáz elvezető rendszert. A tolózárak nyitási szögének változtatásával a hulladéktestet ért depresszió mértéke csökken, illetve emelkedik, ezzel összefüggésben a depóniagáz paraméterei is változnak.

Ilyen jellegű gyakorlati méréseket és összefüggéseket a szakirodalom feldolgozás során nem találtam, annak ellenére sem, hogy az összes hulladéklerakó telepnél, ahol depóniagáz kinyerő és hasznosító rendszer működik, a legfontosabb üzemeltetési paraméterek közé tartozik az alkalmazott depresszió ismerete. A szívóoldalon alkalmazott depresszió különböző értékei és a depóniagáz termelt mennyiségi és minőségi paraméterei között összefüggések vannak. Az alkalmazott depresszió mértéke befolyásolja a depóniagáz mennyiségi, illetve minőségi jellemzőit, oly mértékben, hogy a vákuum érték csökkenésével a depóniagáz metántartalma nő, és a kitermelt mennyiségek csökkenek. Az elszívási érték növelésével a depóniagáz metántartalma csökken és kitermelt mennyiség nő. Ezért arra kell törekedni, hogy a hulladéklerakó telepen található gázkutaknak össztermelése mindig biztosítsa a gázmotorok biztonságos üzemeltetését (minimum 45-50% CH_4). Az üzemeltetés során a depóniagáz oxigéntartalmára nagymértékben oda kell figyelni, mivel a rendszer egy biztonsági érték felett leállítja a kompresszorokat és a gázmotorokat.

A vizsgálatok során mérési csoportokat alakítottam ki melyet a 22. táblázatban mutatok be. A nyomás csoportokat és a hozzájuk tartozó gázkút metántartalmi értékeket rendszereztem. A statisztikai feldolgozáshoz szükség volt az adatok rendszerezése, hogy kapcsolatot tudjak felállítani az egyes csoportokhoz tartozó metánértékek között. A statisztikai feldolgozás során megvizsgáltam az összes gázkút esetében milyen összefüggések tárhatóak fel az alkalmazott elszívás mértéke és a depóniagáz metántartalma között.

Továbbiakban megvizsgáltam az egyes gázkutakat és a rájuk jellemző depóniagáz metántartalmának változását az alkalmazott depresszió függvényében. Az adatok közötti összefüggéseket SPSS for Windows 11.0 program segítségével kerestem, ezt táblázatok és diagramok segítségével ábrázolom. Az egyes gázkutaknál mért változók közötti összefüggéseket, vizsgálatokat lineáris regresszió analízissel végeztem.

22. táblázat Csoportképzés definiálása és a hozzájuk tartozó üzemeltetési paraméterek

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

3.3.3. Átlaghőmérsékleti intervallumok hatása a depóniagáz minőségi, mennyiségi értékeire

A vizsgálatokat a hulladéklerakó-telepen megtalálható meteorológiai állomás által szolgáltatott napi hőmérsékleti értékek segítségével végeztem (M35. melléklet). Az adott vizsgálati napra vonatkozó 24 órás adatokat átlagoltam és hozzárendeltem a depóniagáz minőségi paramétereihez. A vizsgálatok során mérési csoportokat alakítottam ki (22. táblázat). Az átlaghőmérséklet intervallum csoportokat és a hozzájuk tartozó gázkút metántartalmakat rendszereztem, hogy statisztikailag kapcsolatot tudjak felállítani az egyes csoportokhoz tartozó metánértékek között. A statisztikai feldolgozás során megvizsgáltam az összes gázkút esetében milyen összefüggések tárhatóak fel átlaghőmérsékleti intervallumok változása és a depóniagáz metántartalma között. Továbbiakban megvizsgáltam az egyes gázkutakat, és a rájuk jellemző depóniagáz metántartalomi értékek változását az átlaghőmérsékleti értékektől. Az adatokat varianciaanalízis segítségével dolgoztam fel, az egyes gázkutaknál mért változók közötti összefüggés vizsgálatokat lineáris regresszió analízissel végeztem. A vizsgálatok során kapott eredményeket táblázatok, és grafikonok formájában szemléltetem.

3.3.4. A levegő relatív nedvességtartalmának hatása a depóniagáz minőségi paramétereire

A meteorológiai állomás által szolgáltatott levegő relatív nedvességtartalmi értékeket (M35. melléklet) és az általam mért depóniagáz minőségi paramétereket rendelem össze. A vizsgálatok során mérési csoportokat alakítottam ki, melyet a 22. táblázatban mutatok meg. A levegő relatív nedvességtartalmi csoportokat és a hozzájuk tartozó gázkút metántartalmakat rendszereztem. A statisztikai feldolgozás során kapcsolatot kerestem a levegő relatív nedvességtartalmi csoportokhoz tartozó metánértékek között. Az adatok elemzéséhez szükséges volt feldolgozni a vizsgált időszakban hogyan változik a területre jellemző hőmérséklet, harmatponti hőmérséklet, levegő relatív nedvességtartalmi értékek, melynek eredményeit a 22. diagramban mutattam be. A statisztikai feldolgozás során megvizsgáltam az összes gázkút esetében milyen összefüggések tárhatóak fel a levegő relatív nedvességtartalom változása és a depóniagáz metántartalma között. Továbbiakban az egyes gázkutakat és a rájuk jellemző depóniagáz metántartalmi értékek változását a levegő relatív nedvességtartalma függvényében. Az adatok közötti összefüggéseket SPSS for Windows 11.0 program segítségével kerestem, ezt táblázatok és diagramok segítségével ábrázolom.

3.3.5. A légköri nyomás hatása a depóniagáz minőségi paramétereire

A meteorológiai állomás által szolgáltatott légköri nyomás értékeket és az általam mért depóniagáz minőségi paramétereit rendelem össze. A vizsgálatok során mérési csoportokat alakítottam ki melyet a 22. táblázatban mutatok meg. A légköri nyomás csoportokat és a hozzájuk tartozó gázkút metántartalmakat rendszereztem, a statisztikai feldolgozás során megvizsgáltam az összes gázkút esetében milyen összefüggések tárhatóak fel légköri nyomás változás és a depóniagáz metántartalma között. Továbbiakban megvizsgáltam az egyes gázkutakra jellemző depóniagáz metántartalmának változását a légköri nyomás változás függvényében. Az adatok statisztikai feldolgozását az SPSS for Windows 11.0 program segítségével végeztem el. Az összes gázkút esetében az összefüggés vizsgálatokat lineáris regresszió analízissel végeztem el, az eredményeket táblázatok és diagramok segítségével ábrázolom.

3.3.6. A szélsebesség intervallumok hatása a depóniagáz minőségi paramétereire

A meteorológiai állomás által szolgáltatott napi átlagszélsebesség értékeket és a depóniagáz minőségi paramétereit rendelem össze a vizsgált időpontokban. A vizsgálatok során mérési csoportokat alakítottam ki, melyet a 22. táblázatban mutatok be. A szélsebesség csoportokat és a hozzájuk tartozó gázkút metántartalmakat rendszereztem, az adatokat varianciaanalízis módszerével dolgoztam fel. Csoportpárok közötti szignifikáns különbségeket határoztam meg az egyes csoportokhoz tartozó metánértékek alapján. Az összes gázkút esetében az összefüggés vizsgálatokat lineáris regresszió analízissel végeztem.

3.3.7. A csapadék mennyiségének hatása a depóniagáz minőségi és mennyiségi paramétereire

A meteorológiai állomás által szolgáltatott csapadék mennyiségi adatokat és a depóniagáz minőségi és mennyiségi paramétereit rendelem össze a vizsgált időpontokban. A vizsgálatok során mérési csoportokat alakítottam ki, melyet a 22. táblázatban mutatok be. A csapadékmennyiség csoportokat és a hozzájuk tartozó gázkút metántartalmakat rendszereztem, a statisztikai feldolgozáshoz szükség volt az adatok rendszerezése, hogy kapcsolatot tudjak felállítani az egyes csoportokhoz tartozó metánértékek között. Az adatok statisztikai feldolgozását az SPSS for Windows 11.0 program segítségével végeztem el. Az összes gázkút esetében az összefüggés vizsgálatokat lineáris regresszió analízissel végeztem.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A beszállított hulladékok szerves anyag tartalmának vizsgálati eredményei

2007 téli időszakban elhelyezett hulladék összetételének eredményei

Az elsődleges válogatásnál feladott hulladék tömege 504,7kg volt (23. táblázat), a felső szitán fennmaradt (D>100) fennmaradt hulladék tömege 146,2kg. Ennek is megvizsgáltam a hulladék összetételét, melynek az eredményeit a következő táblázatban és diagramban mutatok be (24. táblázat, M27. melléklet). A másodlagos válogatás során, feladott hulladék tömege 358,5kg volt, a másodlagos válogatásnál a középső szitán (20<D< 100) fennmaradt hulladék tömege 42,55kg, a mintakisebbítési arány 8,425.

23. táblázat Hulladék válogatás során vizsgált mennyiségek

A	**Gyűjtő jármű bruttó tömege**	**11540 kg**
B	Nyers nettó tömege	1040 kg
C	Átlagminta tömege	504,7kg
D	Az elsődleges válogatásnál feladott hulladék tömege	504,7kg
E	Az elsődleges válogatásnál a felső szitán (D>100) fennmaradt hulladék tömege	146,2 kg
F	A másodlagos válogatás során, feladott hulladék tömege	358,5 kg
G	A másodlagos válogatásnál a középső szitán (20<D< 100) fennmaradt hulladék tömege	42,55 kg
C	Mintakisebbítési arány	8,425

24. táblázat Felső szitán és a középső szitán fennmaradt hulladék összetétele

Elsődleges válogatás során feladott hulladék neve	**Hulladék tömege [kg]**	**Δm [%]**	**Másodlagos válogatás során feladott hulladék neve**	**Hulladék tömege [kg]**	**Δm [%]**
biológiai	5,4	3,7	biológiai	22,1	51,9
papír	31,5	21,5	papír	1,5	3,5
karton	5	3,4	karton	0,2	0,5
kompakt	1,45	1	kompakt	0,2	0,5
textil	2,6	1,8	textil	0,5	1,2
higiéniai	3,9	2,7	higiéniai	0,2	0,5
műanyag	38,95	26,6	műanyag	1,9	4,5
éghető	7,75	5,3	éghető	0,6	1,4
üveg	13,2	9	üveg	0,55	1,3
fém	6,5	4,4	fém	0,8	1,9
éghetetlen	12,75	8,7	éghetetlen	1,5	3,5
veszélyes	5,7	3,9	veszélyes	0,4	0,9
finom frakció	11,5	7,9	finom frakció	12,1	28,4
felső szitán fennmaradt (D>100) hull.	**146,2 kg**	**100%**	**középső szitán (20<D< 100) fennmaradt hull.**	**42,55 kg**	**100%**

Az ASA Hódmezővásárhely Köztisztásági Kft kommunális hulladéklerakójára 2007.12.18-án beszállított teljes hulladékmennyiség megoszlása EWC kódok alapján látható az M23. mellékletben, a hulladéktermelők megnevezésével. Súlyozott biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció 17,4%, a kommunális hulladékban lévő biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció 53% volt. A biológiailag lebomló szerves anyag tartalom meghatározója lakosságnál jelentkező hulladék, amely füvet és fanyesedéket tartalmazott nagy mennyiségben a zöldhulladékok mellett. A kommunális szennyvíztisztító iszapja 30% lassan lebomló szerves anyagot tartalmaz, ennek a hulladéknak a mennyisége csekély (3-4%) a kommunális hulladékhoz képest, ezért nem változtatja meg lényegesen a szerves anyag koncentrációt. Az olajtartalmú hulladékok sem változtatják meg a depónia szerves anyag koncentrációját, mivel a környezethasználati engedélyben megengedett olajkoncentráció mellett is csak megközelítőleg 1,5%-os koncentrációnövekedést okoz.

2007 tavaszi időszakban elhelyezett hulladék összetételének eredményei

Az elsődleges válogatásnál feladott hulladék tömege 499,5kg volt (25. táblázat), a felső szitán fennmaradt (D>100) fennmaradt hulladék tömege 196,35kg, a biológiailag lebomló hulladékok aránya 11,5%, a papírhulladékok 24,7%. Ennek is megvizsgáltam a hulladék összetételét, melynek eredményeit a következő táblázatban mutatom be (26. táblázat, M28. melléklet). A másodlagos válogatás során feladott hulladék tömege 303,5kg volt, a másodlagos válogatásnál a középső szitán (20<D< 100) fennmaradt hulladék tömege 40,1kg, a mintakisebbítési arány 7,56. A másodlagos válogatás során, a középső szitán fennmaradt hulladék biológiailag lebomló aránya 17,2%, a papír hulladék 20,6%.

25. táblázat Hulladék válogatás során vizsgált mennyiségek

A	**Gyűjtő jármű bruttó tömege**	**28220 kg**
B	Nyers nettó tömege	11740 kg
C	Átlagminta tömege	499,57kg
D	Az elsődleges válogatásnál feladott hulladék tömege	499,5kg
E	Az elsődleges válogatásnál a felső szitán (D>100) fennmaradt hulladék tömege	196,35 kg
F	A másodlagos válogatás során, feladott hulladék tömege	303,15kg
G	A másodlagos válogatásnál a középső szitán (20<D< 100) fennmaradt hulladék tömege	40,1kg
C	Mintakisebbítési arány	7,56

26. táblázat Felső szitán és középső szitán fennmaradt hulladék összetétele

Elsődleges válogatás során feladott Hulladék neve	**Hulladék tömege [kg]**	**Δm [%]**	**Másodlagos válogatás során feladott Hulladék neve**	**Hulladék tömege [kg]**	**Δm [%]**
biológiai	22,60	11,5	biológiai	6,9	17,2
papír	48,50	24,7	papír	8,25	20,6
karton	12,60	6,4	karton	0,8	2,0
kompakt	2,20	1,1	kompakt	0,5	1,2
textil	4,40	2,2	textil	0,3	0,70
higiéniai	7,20	3,7	higiéniai	0,6	1,5
műanyag	53,65	27,3	műanyag	3,45	8,6
éghető	6,10	3,1	éghető	0,9	2,2
üveg	9,00	4,6	üveg	3,6	9,0
fém	14,60	7,4	fém	1,5	3,7
éghetetlen	8,10	4,1	éghetetlen	1,35	3,4
veszélyes	2,30	1,2	veszélyes	0,25	0,6
finom frakció	5,10	2,6	finom frakció	11,7	29,2
felső szitán fennmaradt (D>100) hull.	**196,35 kg**	**100%**	**középső szitán (20<D< 100) fennmaradt hull**	**40,1kg**	**100 %**

Az ASA Hódmezővásárhely Köztisztásági Kft kommunális hulladéklerakójára 2007.04.06-án beszállított teljes hulladékmennyiség megoszlása látható az M24. mellékletben EWC kódok alapján. A súlyozott biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció 33%, a kommunális hulladékban lévő biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció 53%.

2007 nyári időszakban elhelyezett hulladék összetétele

Az elsődleges válogatásnál feladott hulladék tömege 501,5kg volt (27. táblázat), a felső szitán fennmaradt (D>100) fennmaradt hulladék tömege 160,5kg, a biológiailag lebomló hulladékok aránya 10,5%, a papírhulladékok 22,5%. Ennek is megvizsgáltam a hulladék összetételét melyet a következő táblázatban mutatok be (28. táblázat, M29. melléklet). A másodlagos válogatás során, feladott hulladék tömege 341kg volt, a másodlagos válogatásnál a középső szitán (20<D< 100) fennmaradt hulladék tömege 41,5kg, a mintakisebbítési arány 8,21. A másodlagos válogatás során, a középső szitán fennmaradt hulladék biológiailag lebomló aránya 28%, a papír hulladék 18%.

27. táblázat Hulladék válogatás során vizsgált mennyiségek

A	**Gyűjtő jármű bruttó tömege**	**11540 kg**
B	Nyers nettó tömege	1040 kg
C	Átlagminta tömege	501,5kg
D	Az elsődleges válogatásnál feladott hulladék tömege	501,5kg
E	Az elsődleges válogatásnál a felső szitán (D>100) fennmaradt hulladék tömege	160,5 kg
F	A másodlagos válogatás során, feladott hulladék tömege	341kg
G	A másodlagos válogatásnál a középső szitán (20<D< 100) fennmaradt hulladék tömege	41,5kg
C	Mintakisebbítési arány	8,21

28. táblázat Felső szitán és középső szitán fennmaradt hulladék összetétele

Elsődleges válogatás során feladott hulladék neve	**Hulladék tömege [kg]**	**Δm [%]**	**Másodlagos válogatás során feladott hulladék neve**	**Hulladék tömege [kg]**	**Δm [%]**
biológiai	16,85	10,5	biológiai	11,62	28,00
papír	36,11	22,5	papír	7,47	18,00
karton	7,70	4,8	karton	0,63	1,50
kompakt	0,96	0,6	kompakt	0,2	0,50
textil	5,13	3,2	textil	0,25	0,60
higiéniai	6,58	4,1	higiéniai	0,25	0,60
műanyag	41,80	26	műanyag	3,36	8,10
éghető	6,58	4,1	éghető	0,75	1,80
üveg	9,36	5,8	üveg	2,5	6,00
fém	9,46	5,9	fém	1,54	3,70
éghetetlen	10,45	6,5	éghetetlen	0,63	1,50
veszélyes	3,37	2,1	veszélyes	0,2	0,50
finom frakció	6,25	3,9	finom frakció	12,11	29,20
felső szitán fennmaradt (D>100) hulladék	**160,5kg**	**100%**	**középső szitán (20<D< 100) fennmaradt hull.**	**41,5kg**	**100%**

Az ASA Hódmezővásárhely Köztisztásági Kft kommunális hulladéklerakójára 2007.07.10-én beszállított teljes hulladékmennyiség megoszlását mutatom be az M25. mellékletben EWC kódok alapján. A súlyozott biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció 27,5%, a kommunális hulladékban lévő biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció 53%.

2007 őszi időszakban elhelyezett hulladék összetételének eredményei

Az elsődleges válogatásnál feladott hulladék tömege 503,5kg volt (29. táblázat), a felső szitán fennmaradt (D>100) fennmaradt hulladék tömege 186,5kg, a biológiailag lebomló hulladékok aránya 12,1%, a papírhulladékok 20,5%. Ennek is megvizsgáltam a hulladék összetételét melyet a következő táblázatban mutatok be (30. táblázat, M30. melléklet). A másodlagos válogatás során, feladott hulladék tömege 317kg volt, a másodlagos válogatásnál a középső szitán (20<D< 100) fennmaradt hulladék tömege 40,6kg, a mintakisebbítési arány 7,80. A másodlagos válogatás során, a középső szitán fennmaradt hulladék biológiailag lebomló aránya 48%, a papír hulladék 8,3%.

29. táblázat Hulladék válogatás során vizsgált mennyiségek

A	**Gyűjtő jármű bruttó tömege**	**28220 kg**
B	Nyers nettó tömege	11740 kg
C	Átlagminta tömege	503,5kg
D	Az elsődleges válogatásnál feladott hulladék tömege	503,5kg
E	Az elsődleges válogatásnál a felső szitán (D>100) fennmaradt hulladék tömege	186,5 kg
F	A másodlagos válogatás során, feladott hulladék tömege	317kg
G	A másodlagos válogatásnál a középső szitán (20<D< 100) fennmaradt hulladék tömege	40,6kg
C	Mintakisebbítési arány	7,80

30. táblázat Felső szitán és a középső szitán fennmaradt hulladék összetétele

Elsődleges válogatás során feladott Hulladék neve	**Hulladék tömege [kg]**	**Δm [%]**	**Másodlagos válogatás során feladott Hulladék neve**	**Hulladék tömege [kg]**	**Δm [%]**
biológiai	22,57	12,1	biológiai	19,49	48,00
papír	38,24	20,5	papír	3,37	8,30
karton	4,48	2,4	karton	0,37	0,90
kompakt	2,24	1,2	kompakt	0,37	0,90
textil	3,35	1,8	textil	0,45	1,10
higiéniai	5,04	2,7	higiéniai	0,48	1,20
műanyag	45,13	24,2	műanyag	2,28	5,60
éghető	7,84	4,2	éghető	0,73	1,80
üveg	13,98	7,5	üveg	1,7	4,20
fém	7,08	3,8	fém	1,05	2,60
éghetetlen	14,17	7,6	éghetetlen	0,85	2,10
veszélyes	7,27	3,9	veszélyes	0,28	0,70
finom frakció	15,10	8,1	finom frakció	9,18	22,60
felső szitán fennmaradt (D>100) hull.	**186,5kg**	**100%**	**középső szitán (20<D< 100) fennmaradt hull.**	**40,6kg**	**100%**

Az ASA Hódmezővásárhely Köztisztásági Kft kommunális hulladéklerakójára 2007.09.05-én. beszállított teljes hulladékmennyiség megoszlását az M26. melléklet tartalmazza EWC kódok alapján. A súlyozott biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció 30%, a kommunális hulladékban lévő biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció 53%.

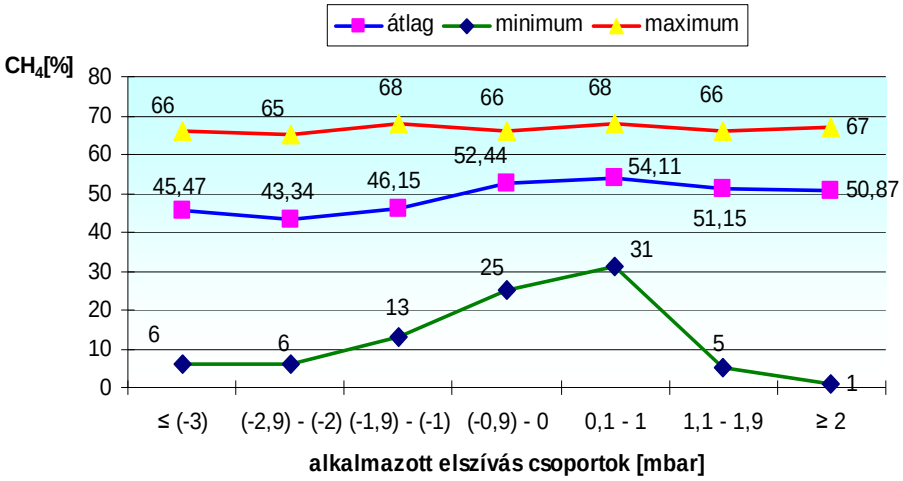
4.2. Depóniagáz minőségi paraméterei változása az alkalmazott depresszió függvényében

Vizsgálataim első részében összefüggéseket kerestem az alkalmazott depresszió és a hulladéklerakóból kinyert depóniagáz metántartalma között (M34. melléklet). Az eredményeimet a 31. táblázat szemlélteti. A vizsgálataimat az atmoszférikus nyomáshoz mérten végeztem el, GA2000 depóniagáz-elemző készülékkel a környezeti nyomásviszonyok figyelembevételével, melynek értékei az M35. mellékletben találhatóak meg. A minimum és a maximum adatok a 1-68% CH_4 tartalom között változtak. Átlagosan a legnagyobb elemszámnál tapasztaltam a 4. csoportnál ((-0,9)-0) az 52,44%-os metántartalmat. A legkedvezőtlenebb értéket 43,34%-os metántartalmat 2. csoportnál ((-2,9)- (-2)) tapasztaltam, a 1. csoportnál (≤ (-3)) 45db mérés esetében 45,47%-os átlagos metántartalmat mutatott. Az eredményekből látszik, hogy 4,5,6 csoportnál az alkalmazott depresszió miatt az átlagos metántartalom értéke 51,15-54,11% között változik. Ebben az esetben az alkalmazott depresszió mértéke (-0,9)-1,9 mbar között található.

31. táblázat Az elszívás mértéke és a metántartalom közötti összefüggések eredményei

Nyomás csoport	Alkalmazott elszívás [mbar]	n [db]	CH_4 átlag [%]	Variációs koefficiens CV% [%]	szórás [%]	95%Konfidancia 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	14,319	48,44	50,94	1	68

Tehát azoknál a gázkutaknál ahol az elszívás mértéke meghaladja a -0,9 mbar-nál nagyobb depressziót, ott a metántartalom csökken, ezáltal az üzemeltetőnek mindig folyamatos kontroll alatt kell tartania az elszívó rendszer elemeit (41. ábra). A szórás értéke a teljes vizsgálati tartományban s=14,319% volt, a variációs koefficiens értéke CV%=28,82% változékony értéket mutat. A 4. csoport legnagyobb elemszámú ((-0,9)-0mbar) mérési tartományában a CV%=21,58%, közepesen változékony értéket mutatott 52,44% átlag metántartalom mellett. Az 5. csoport esetében 0,1-1 mbar tartományban a CV%=15,97%, mivel a szórás értéke s=8,64% és a minimum és maximum értékek változása 31-68% metántartalmi értéket mutat.



41. ábra Az elszívás csoportok és a metántartalom közötti összefüggések eredményei

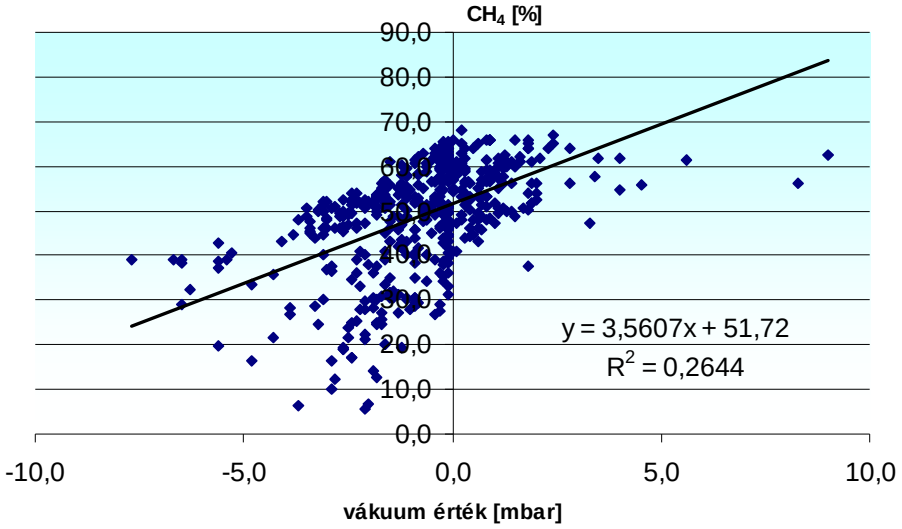
A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, a minták heterogenitást mutattak ezért a Tamhane tesztet használom. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek az eredményei a 32. táblázatban láthatóak. A legnagyobb különbséget az 5. csoport (0,1 – 1) és a 2. csoport ((-2,9) - (-2)) között mértem, az eltérés 10,77% metántartalom volt. Ugyancsak jelentős eltérést mutat a 4. csoport ((-0,9) – 0) és a 2. csoport (-2,9) - (-2) között, ekkor 9,11%-os metántartalom különbség látszik.
A táblázat adataiból látszik, hogy a legkisebb eltérés 0,29% metántartalom a 6. csoport (1,1- 1,9) és a 7. csoport (≥ 2) elemei között találhatóak. Szignifikáns különbségek 4. és a 2. csoport között P<5% értéket mutat, a 4. és 3. csoport között pedig P<1% szignifikáns eltérések láthatóak. Az 5. és 1. csoport között P<5% eltérést, az 5. és 2. 3. csoport között pedig P<1% eltérések látszanak. Az adatok feldolgozásából nyert összefüggések alapján elmondható, hogy a -0,9 mbar alatti nyomás értékeknél nincs jelentős eltérés, ami alapján összegeztető, hogy ennél nagyobb elszívás esetében a metántartalmi értékek romlanak.

32. táblázat A vizsgált csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

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%

Az összes gázkút esetében a metántartalmi és az alkalmazott elszívás adatait összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményei az 1. diagramban találhatóak. A metántartalom változása az alkalmazott depresszió függvényében a következő egyenlettel írható le: y=3,5607x+51,72 az R^2=0,2644. A korrelációs együttható értéke r=0,52, az összefüggések szorossága közepes korrelációt mutat.



1. diagram Az összes gázkútban a metántartalmi értékek változása az elszívás függvényében

4.2.1 A gázkutankénti vizsgálatok eredményei

Vizsgálataim további részében összefüggéseket kerestem az egyes gázkutakra jellemző depressziós értékek hogyan befolyásolják a metántartalmat (M36. melléklet). Ezért mind a 11 db gázkút metántartalmi értékét és a hozzá tartozó elszívás értékeit összerendeltem és 1-7. csoportokat képeztem, melynek eredményeit a 33. táblázatban láthatóak. Az adatok feldolgozása során a 3, 4, 8, 10. gázkút nyomásértékek alapján képzett csoportoknál, a statisztikai program az alacsony elemszám miatt nem tudott statisztikai összefüggést feltárni ezeknél a gázkutaknál. Homogenitás vizsgálat során kiderült , hogy a gázkutak homogének vagy heterogének a Levenne teszt segítségével. Melynek az eredményei a következőek: 1.gázkút (sig=0,027), 2.gázkút (sig=0,051), 3.gázkút (sig=0,195), 4.gázkút (sig=0,096), 5.gázkút (sig=0,398), 6.gázkút (sig=0,145), 7.gázkút (sig=0,001), 8.gázkút (sig=0,006), 9.gázkút (sig=0,000), 10.gázkút (sig=0,071), 11.gázkút (sig=0,008).
Az 1. gázkútban alkalmazott elszívási értékek és a hozzá tartozó metántartalmuk alapján képzett csoportok eredményei a következőek. A minimum és maximum értékei 25-66%-os metántartalom között változtak. Átlagosan a legnagyobb elemszám esetében az 5. csoportnál (0,1 – 1) 56,55%-os metántartalmat tapasztaltam, a gázkút biológiai háttere tehát rendben van (M36. melléklet).

33. táblázat Az egyes gázkutak átlag metántartalmi értékei az alkalmazott elszívás függvényében

Nyomás csoport	**1. gázkút** CH_4 [%]	**2. gázkút** CH_4 [%]	**3. gázkút** CH_4 [%]	**4. gázkút** CH_4 [%]	**5. gázkút** CH_4 [%]	**6. gázkút** CH_4 [%]	**7. gázkút** CH_4 [%]	**8. gázkút** CH_4 [%]	**9. gázkút** CH_4 [%]	**10. gázkút** CH_4 [%]	**11. gázkút** CH_4 [%]
1. csoport	36,21	49,33	48,80	43,50	43,63	49,60	43,85	54,50	41,12	19,80	38,97
2. csoport	39,07	30,82	36,50	34,50	55,60	60,69	47,60	56,80	40,78	42,75	30,50
3. csoport	32,23	34,65	37,55	49,12	44,70	55,80	41,30	58,52	43,93	56,84	29,58
4. csoport	43,02	38,75	38,27	54,35	52,38	61,03	54,56	61,04	42,90	52,89	55,07
5. csoport	56,55	55,00	48,24	60,25	65,23	63,90	60,60	54,60	50,20	55,78	49,43
6. csoport	60,95	22,14	-	39,60	50,63	62,93	-	64,00	59,48	59,10	59,91
7. csoport	57,12	10,10	56,20	-	-	63,73	-	65,00	59,03	56,00	55,70
Összesen	47,1	32,53	42,47	53,03	51,67	61,12	52,50	58,99	46,63	54,15	45,16

A 4. csoportnál ((-0,9)-0) tapasztaltam a következő legnagyobb elemszámot, ahol az átlagos metántartalmi érték 43,02% volt. A legkedvezőtlenebb átlag metántartalmi értéket 36,21%-t az 1. csoportnál (≤ (-3)) állapítottam meg. Ezek alapján elmondható, hogy 4. csoport esetében mért metántartalmi értékek az üzemeltetéshez szükséges perem feltételeket kielégíti, tehát ha az elszívás mértéke meghaladja a -0,9mbar értéket, akkor a metántartalom csökken, ezáltal a gázkutaknál megtalálható tolózárak szabályzása elengedhetetlen feladattá válik.

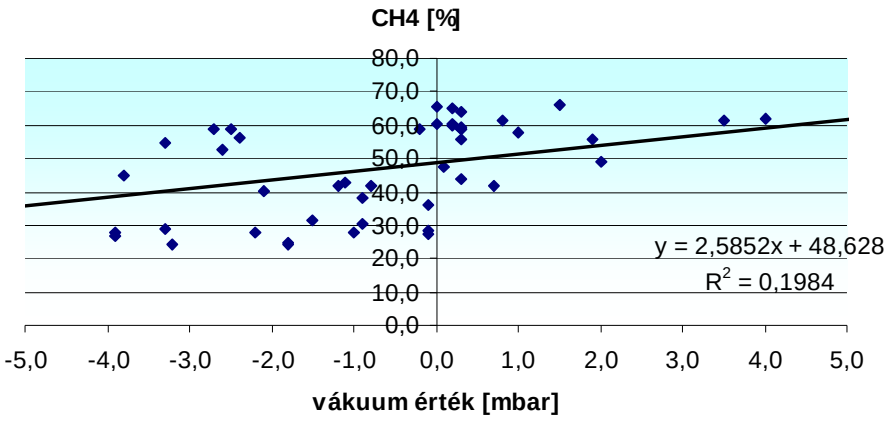
A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, a minta heterogén a Tamhane tesztet használom. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek az eredményei az 34. táblázatban láthatóak. A legnagyobb különbséget a 7. csoport (≥ 2) és a 3. csoport ((-1,9)-(-1)) között mértem, az eltérés ekkor 24,867 % metántartalom volt, további csoportoknál is jelentős eltérést tapasztaltam. Az 5. csoport (0,1–1) és a 3. csoport ((-1,9)-(-1)) között 24,313% metántartalom különbséget mértem. A táblázatban feldolgozott adatokból látszik, hogy a legkisebb eltérés 0,554% metántartalom a 7. csoport (≥ 2) és az 5. csoport (0,1–1) elemei között találhatóak. Szignifikáns különbségek a 3. csoport ((-1,9)-(-1)) és az 5. csoport (0,1–1) között P<1% értéket mutat, a 3. csoport ((-1,9)-(-1)) és a 7. csoport (≥ 2) elemei között P<5% szignifikáns eltérések tapasztalhatóak.

34. táblázat Az 1. gázkútban vizsgált csoportok metántartalmának különbsége és eredményei

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	ns
2. csoport	(-2,9) - (-2)	12,852	-	ns	ns	ns	ns	ns
3. csoport	(-1,9) - (-1)	3,981	16,833	-	ns	**	ns	*
4. csoport	(-0,9) - 0	6,808	6,044	10,789	-	ns	ns	ns
5. csoport	0,1 - 1	20,332	7,479	24,313	13,524	-	ns	ns
6. csoport	1,1 - 1,9	24,736	11,883	28,717	17,928	4,404	-	ns
7. csoport	≥ 2	20,886	8,033	24,867	14,078	0,554	3,85	-

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

Az 1. gázkút metántartalom és az alkalmazott elszívás adatait összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményei az 2. diagramban találhatóak. A metántartalom változása az alkalmazott depresszió függvényében a következő egyenlettel írható le: y=2,5852x + 48,628 az R^2=0,1984. A korrelációs együttható értéke r=0,4454, az összefüggések szorossága közepes korrelációt mutat.



2. diagram 1. Gázkútban depóniagáz metántartalmának változása a depresszió függvényében

Az 2. gázkútban a minimum és maximum értékek 1-65% metántartalom mellett változtak. Az átlagos legnagyobb elemszámnál a 2. csoportnál ((-2,9)-(-2)) tapasztaltam, hogy az átlag metántartalom a többi csoporthoz képest itt a legkedvezőtlenebb 30,82%. Az üzemeltetés számára fontos nyomásértéken való elszívás során a 3. 4. csoport ((-1,9)- 0) elemeinél az átlagos metántartalom 34,65-38,75% között változott. Az 1. csoportnál (≤ (-3)) 4db elemszám mellett mértem 49,33% metántartalmat. Amennyiben nem vesszük figyelembe az 1. csoportot az elemzés során az alacsony elemszáma miatt. Akkor a 4 csoportnál ((-0,9)-0) alatti nyomásértékeknél az előzőekben megállapított összefüggések alapján kijelenthető, hogy csökken a metántartalom (33. táblázat, M36. melléklet).

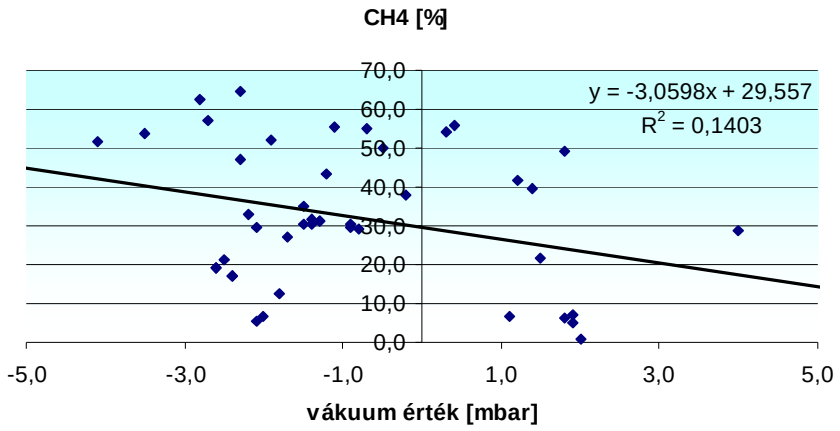
A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt. A homogenitás vizsgálat alapján, a minta homogén az LSD tesztet használom. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést, melynek eredményei az 35. táblázatban láthatóak. A legnagyobb különbségeket a 7. csoport (≥ 2) és az 5. csoport (0,1-1) elemei között tapasztaltam, 44,90%-os metántartalom mellett, szignifikáns különbségek a csoportok között (sig=0,004) P<1% különbséget mutat. A legkisebb metántartalmi különbséget a 7. csoport (≥ 2) és a 3. csoport ((-1,9)-(-1))elemei között tapasztaltam, 24,55%-os metántartalom mellett, szignifikáns különbségek a csoportok között megtalálható (sig=0,0025) P<5% szignifikáns eltérés látható. Szignifikáns különbségeket állapítottam meg a 6. csoport és az 1. csoport között, itt a szignifikáns eltérés (sig= 0,009) P<1%, illetve a 6. csoport és az 5. csoport között (sig=0,014) P<5%-os szignifikáns eltérések adódtak. A 7. csoport és az 1, 4. csoport közötti szignifikáns eltérések (sig=0,003) P<1%, és (sig=0,017) P<5% eltérések láthatóak.

35. táblázat A 2. gázkútban vizsgált csoportok metántartalmának különbsége és eredményei

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	**	**
2. csoport	(-2,9) - (-2)	18,510	-	ns	ns	ns	ns	ns
3. csoport	(-1,9) - (-1)	14,670	3,839	-	ns	ns	ns	*
4. csoport	(-0,9) - 0	10,575	7,935	4,095	-	ns	ns	*
5. csoport	0,1 - 1	5,675	24,185	20,345	16,250	-	*	**
6. csoport	1,1 - 1,9	27,188	8,678	12,517	16,613	32,863	-	ns
7. csoport	≥ 2	39,225	20,715	24,555	28,650	44,900	12,038	-

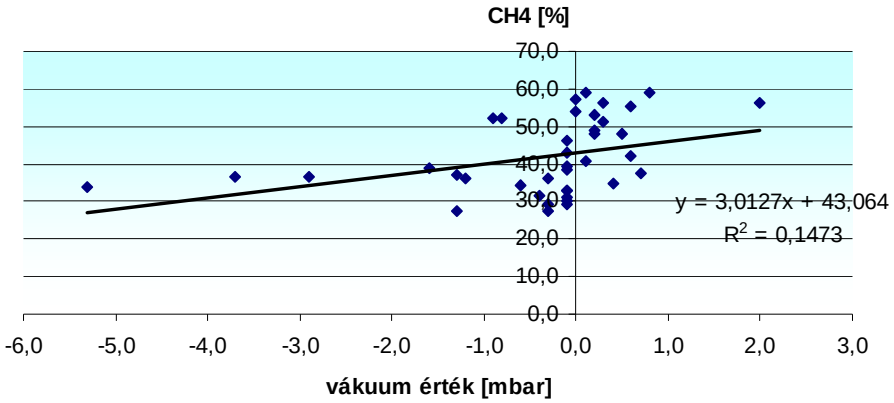
ns = nem szignifikáns, * = P<5%, ** = P< 1%

A 2. gázkút metántartalmi és az alkalmazott elszívás adatait összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem (3. diagram), melyben a következő egyenlettel írható le a gázkútban alkalmazott depresszió mértéke és a metántartalom alakulása: y=-3,0598x+29,557 az R^2=0,1403. A korrelációs együttható értéke r=0,3745, az összefüggések szorossága laza.



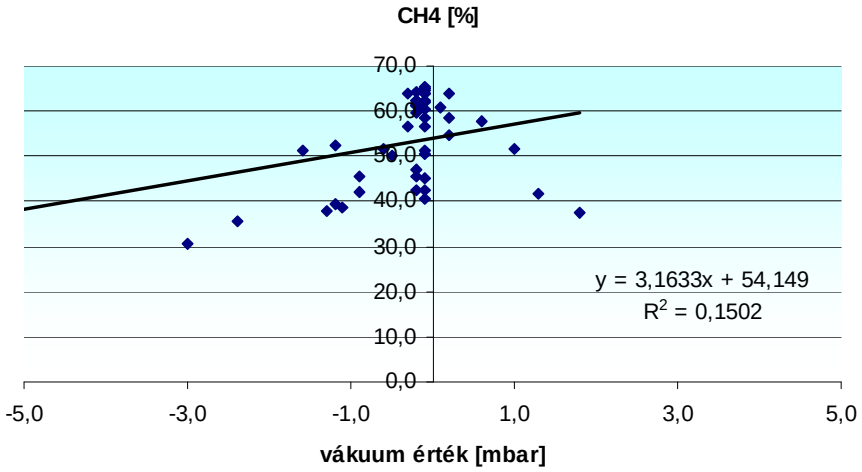
3. diagram 2. Gázkútban depóniagáz metántartalmának változása a depresszió függvényében

A 3. gázkútban a minimum és maximum értékek 26-59% metántartalom mellett változtak A legnagyobb elemszámnál a 4. csoportnál ((-0,9)-0) az átlag metántartalom 38,27%, az 5. csoportnál (0,1-1) az átlag metántartalom értéke 48,24% (33. táblázat, M36. melléklet). Ebben az esetben túlnyomásos gázkútról van szó, amit a gázkútra jellemző paraméterek és biológia háttér biztosít. A csoportpárok közötti szignifikancia vizsgálatot az SPSS for Windows 11.0 program nem tudta elvégezni, mivel ebben a csoportban az elemszámok hiánya és mérési hibák léptek fel. A 3. gázkút metántartalmi és az alkalmazott elszívás adatait összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, eredményei a 4. diagramban láthatóak. Ahol a következő egyenlettel írható le a gázkútban alkalmazott depresszió mértéke és a metántartalom alakulása: y=-3,0127x+43,064 az R^2=0,1473. A korrelációs együttható értéke r=0,3837, az összefüggések szorossága laza.



4. diagram 3. Gázkútban depóniagáz metántartalmának változása a depresszió függvényében

A 4. gázkútban a minimum és maximum értékek 30-68%-os metántartalom mellett változtak. A legnagyobb elemszám a 4. csoportnál ((-0,9)-0) adódott, itt mértem a legkedvezőbb 54,35%-os metántartalmi értéket. Az 5. csoportnál (0,1-1) 6db-os elemszám mellett 60,25%-os metántartalmat mértem, de az alacsony elemszám miatt nem tekinthető egzakt értéknek. A legkedvezőtlenebb metántartalmi értéket a 2. csoportnál ((-2,9)-(-2)) állapítottam meg 34,50% metántartalom mellett (M36. melléklet). A csoportpárok közötti szignifikancia vizsgálatot az SPSS for Windows 11.0 program nem tudta elvégezni, az elemszámok hiánya miatt. A 4. gázkút metántartalmi és az alkalmazott elszívás adatait összerendelve regresszió vizsgálatot végeztem, eredményei a 5. diagramban látható. A következő egyenlettel írható le a gázkútban alkalmazott depresszió mértéke és a metántartalom alakulása: y=3,1633x+54,149 az R^2=0,1502. A korrelációs együttható értéke r=0,3875, az összefüggések szorossága laza kapcsolatot mutat.



5. diagram 4. Gázkútban depóniagáz metántartalmának változása a depresszió függvényében

Az 5. gázkútban a minimum és maximum adatok 25-66% metántartalom között változtak. A legnagyobb elemszámnál tapasztaltam a 4. csoport ((-0,9)-0) esetében 52,38%-os átlag metántartalmat. A legkedvezőtlenebb érték az 1. csoport (≤ (-3)) estében mértem 43,63%-os metántartalmat. Az 5, 6. csoport esetében 3-3 alkalommal mértem nagyobb metántartalmi értéket, mint a 4 csoport nyomástartománya esetében. Mivel ezek a gázkutak túlnyomásos állapotban vannak, az így mért eredmények 50,63-65,23% metántartalmat mutattak (33. táblázat, M36. melléklet). Ennél a gázkútnál is elmondható, amennyiben nem vesszük figyelembe az 1. és 2. csoportot az elemzés során az alacsony elemszám miatt, akkor a 4. csoport ((-0,9)-0) nyomásértékeknél alacsonyabb elszívás esetében a depóniagáz metántartalma csökkenhet.

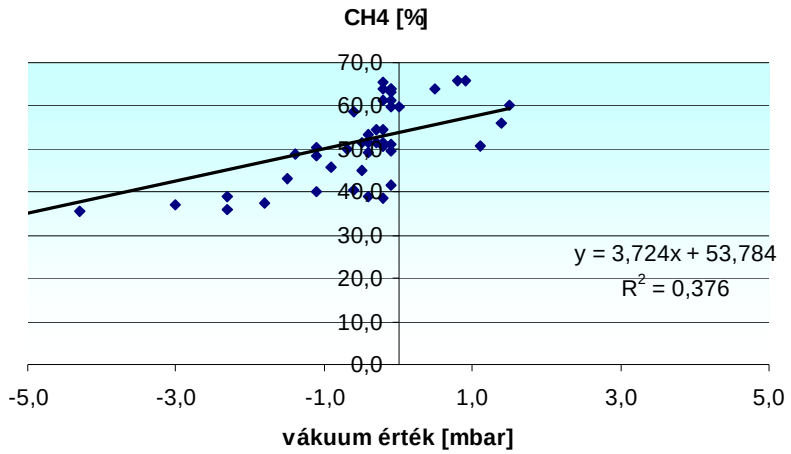
A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, a homogenitás vizsgálat alapján, a minta homogén. Az LSD tesztet használtam és elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést, melynek az eredményei az 36. táblázatban láthatóak. A legnagyobb különbségeket az 5. csoport (0,1-1) és a 3. csoport (-1,9)-(-1) elemei között állapítottam meg 20,53% metántartalom mellett. Szignifikáns különbségek a csoportok között (sig=0,002) P<1% különbséget mutat. A legkisebb különbségek az 5. csoport (0,1-1) és a 4. csoport ((-0,9)-0) elemei között tapasztaltam, 12,854%-t. Szignifikáns különbségek a csoportok között (sig=0,024) P<5% szignifikáns különbségeket mutat. Az 5. csoport (0,1-1)és az 1. csoport (≤ (-3)) elemei között, 19,60% metántartalmi különbségek tapasztalhatóak, szignifikáns különbségek a csoportok között (sig= 007) P<1% szignifikáns eltérést mutat. A 7. csoportnál nem tudtam elvégezni a statisztikai feldolgozást, mivel a vizsgált időszakban a gázkútban nem mértem ebben a tartományban.

36. táblázat Az 5. gázkútban vizsgált csoportok metántartalmának különbsége és eredményei

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	-
2. csoport	(-2,9) - (-2)	9,975	-	ns	ns	ns	ns	-
3. csoport	(-1,9) - (-1)	0,925	10,900	-	ns	**	ns	-
4. csoport	(-0,9) - 0	6,754	3,221	7,679	-	*	ns	-
5. csoport	0,1 - 1	19,608	9,633	20,533	12,854	-	ns	-
6. csoport	1,1 - 1,9	5,008	4,967	5,933	1,746	14,600	-	-
7. csoport	≥ 2	-	-	-	-	-	-	-

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

A továbbiakban az 5. gázkút metántartalmi és az alkalmazott elszívás adatait összerendelve regresszió vizsgálatot végeztem, 6. diagramban a következő egyenlettel írható le a gázkútban alkalmazott depresszió mértéke és a metántartalom alakulása: y=3,724x+53,784 az R^2=0,376, a korrelációs együttható értéke r=0,61, az összefüggések szorossága közepes korrelációt mutat.



6. diagram 5. Gázkútban depóniagáz metántartalmának változása a depresszió függvényében

A 6. gázkútban a minimum és maximum értékek 33-67% metántartalom között változtak. Az átlagos legnagyobb elemszámnál tapasztaltam a 4. csoport ((-0,9)-0) esetében 61,03%-os metántartalmat. A kedvezőtlenebb metántartalmi értékeket az 1.,2.,3. csoportokban mértem 49,60-60,69% közötti tartományban. Az 5.,6.,7. csoport esetében 2-4-3 alkalommal mértem nagyobb metántartalmi értéket, mint a 4. csoport nyomástartományában. Mivel túlnyomásról beszélhetünk a gázkutaknál, így mért értékek 63,73-63,90%-os metántartalom között változtak (M36. melléklet).

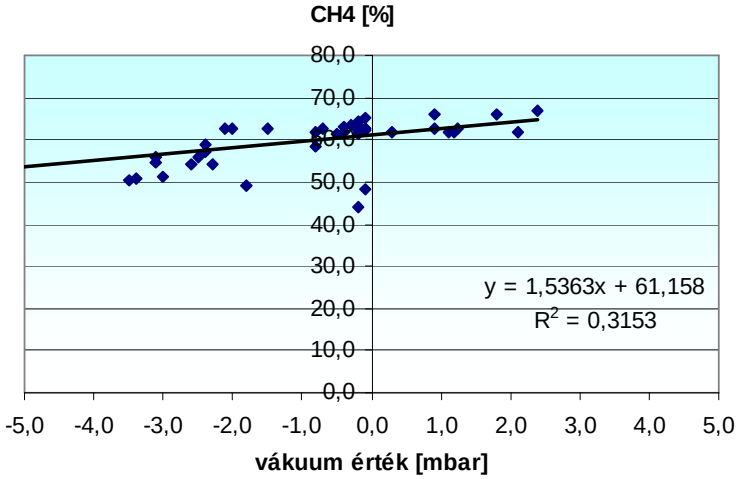
A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, a minta homogén, az LSD tesztet használom. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek az eredményei a 37. táblázatban láthatóak. Jelentős szignifikáns eltéréseket az SPSS for Windows 11.0 program a csoportok között nem talált.

37. táblázat A 6. gázkútban vizsgált csoportok metántartalmának különbsége és eredményei

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	ns
2. csoport	(-2,9) - (-2)	2,086	-	ns	ns	ns	ns	ns
3. csoport	(-1,9) - (-1)	3,800	5,886	-	ns	ns	ns	ns
4. csoport	(-0,9) - 0	1,429	0,657	5,229	-	ns	ns	ns
5. csoport	0,1 - 1	4,300	2,214	8,100	2,871	-	ns	ns
6. csoport	1,1 - 1,9	3,325	1,239	7,125	1,896	0,975	-	ns
7. csoport	≥ 2	4,133	2,048	7,933	2,705	0,167	0,808	-

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

A 6. gázkút metántartalmi és az alkalmazott elszívás adatait összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem melynek eredményei a 7. diagramban láthatóak. A következő egyenlettel írható le a gázkútban az alkalmazott depresszió mértéke és a metántartalom alakulása: y=1,5363x+61,158, az R^2=0,3153. A korrelációs együttható értéke r=0,5615, az összefüggések szorossága közepes korreláció mutat.



7. diagram 6. Gázkútban depóniagáz metántartalmának változása a depresszió függvényében

Az 7. gázkútban a minimum és maximum értékek 25-63% metántartalom között változtak. A legnagyobb elemszám, mint ahogy a többi gázkútnál is a 4. csoport nyomásviszonyai mellett alakultak. Az átlagos metántartalom, 52,35% volt. Az üzemeltetés során alapvető cél, hogy a gázkutak átlagos metántartalmi értéke 45% legyen, mivel ennél kisebb metántartalom mellett a gázmotorok működtetése nem megoldott (M36. melléklet).

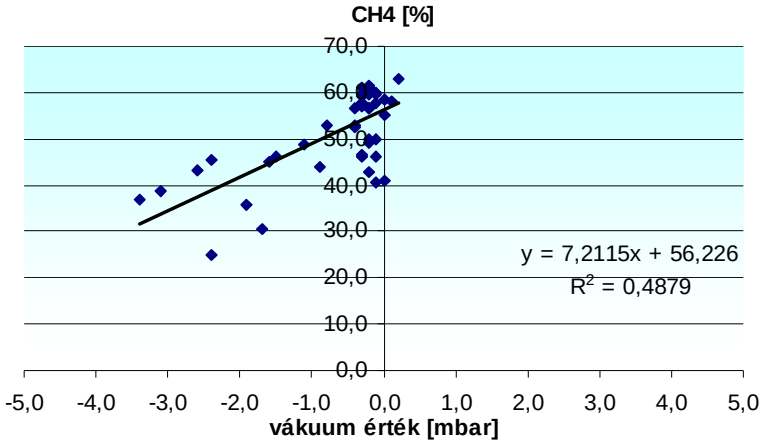
A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, minta heterogén és a Tamhane tesztet használtam. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek az eredményei a 38. táblázatban láthatóak.

38. táblázat A 7. gázkútban vizsgált csoportok metántartalmának különbsége és eredményei

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	-	-
2. csoport	(-2,9) - (-2)	3,750	-	ns	ns	ns	-	-
3. csoport	(-1,9) - (-1)	2,550	6,300	-	ns	ns	-	-
4. csoport	(-0,9) - 0	10,707	6,957	13,257	-	ns	-	-
5. csoport	0,1 - 1	16,750	13,000	19,300	6,043	-	-	-
6. csoport	1,1 - 1,9	-	-	-	-	-	-	-
7. csoport	≥ 2	-	-	-	-	-	-	-

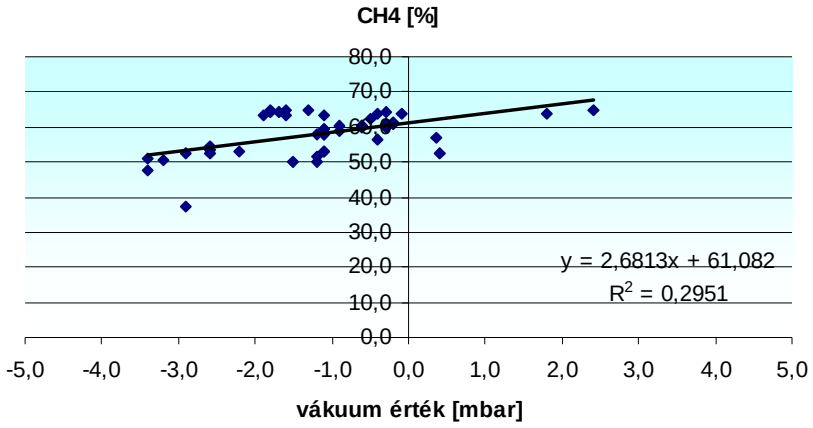
ns = nem szignifikáns, * = P<5%, ** = P< 1%

A továbbiakban a 7. gázkút metántartalmi és az alkalmazott elszívás adatait összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményei a 8. diagramban találhatóak. A következő egyenlettel írható le a gázkútban alkalmazott depresszió mértéke és a metántartalom alakulása: y=7,2115x+56,226 az R^2=0,4879, a korrelációs együttható értéke r=0,69, az összefüggések szorossága szoros korrelációt mutat.



8. diagram 7. Gázkútban depóniagáz metántartalmának változása a depresszió függvényében

Az 8. gázkútban a minimum és maximum értékek 37-67% metántartalom mellett változtak. A legnagyobb elemszám a 3. csoportnál volt megtalálható, 18db mérésből az átlag metántartalom értéke 58,52%. Azonban látható, hogy a 4. csoportnál 16db mérésből átlagos metántartalom értéke 61,04%, tehát ennél a gázkútnál is bebizonyosodott, hogy a 4. csoport alatti nyomásértékeknél a depóniagáz metántartalma csökken (33. táblázat, M36. melléklet). A csoportpárok közötti összehasonlítást, szignifikancia vizsgálatot az SPSS for Windows 11.0 program nem tudta elvégezni, elemszámok hiánya miatt. A 6.,7. csoportok esetében 1-1 alkalommal tudtam mérni 64-65%-os metántartalmat, azonban ez nem volt elegendő a statisztikai program lefuttatásához.
A 8. gázkút metántartalmi és az alkalmazott elszívás adatait összerendelve regresszió vizsgálatot végeztem, melyben (9. diagram) a következő egyenlettel írható le a gázkútban alkalmazott depresszió mértéke és a metántartalom alakulása: y =2,6813x +61,082 az R^2=0,2951. A korrelációs együttható értéke r=0,5432, az összefüggések szorossága közepes korrelációt mutat.



9. diagram 8. Gázkútban depóniagáz metántartalmának változása a depresszió függvényében

A 9. gázkútban a minimum és maximum értékek 6-66%-os metántartalom között változtak. A legnagyobb elemszám esetében a 3 csoportnál tapasztaltam 43,93%-os metántartalmat mértem. Az 5, 6 csoport esetében 6-6 alkalommal mértem átlag 50,20-59,03% metántartalmat. A 9. gázkútban a biológia háttér miatt túlnyomásos állapotba került ezért tapasztaltam ezt a jelenséget. A legkedvezőtlenebb állapotot az 1. csoport alatti nyomásviszonyok esetében állapítottam meg. A gázkutakban az alkalmazott ≤(-3) mbar-nál nagyobb elszívás miatt a metántartalom csökken és az oxigén tartalom emelkedik. A 7. csoport esetében 3 alkalommal mértem ennél nagyobb értéket, itt az átlagos metántartalmi érték 59,03% volt. Az összes átlagos metántartalom 46,63%, megfelel a gázmotor kívánalmainak (33. táblázat, M36. melléklet).

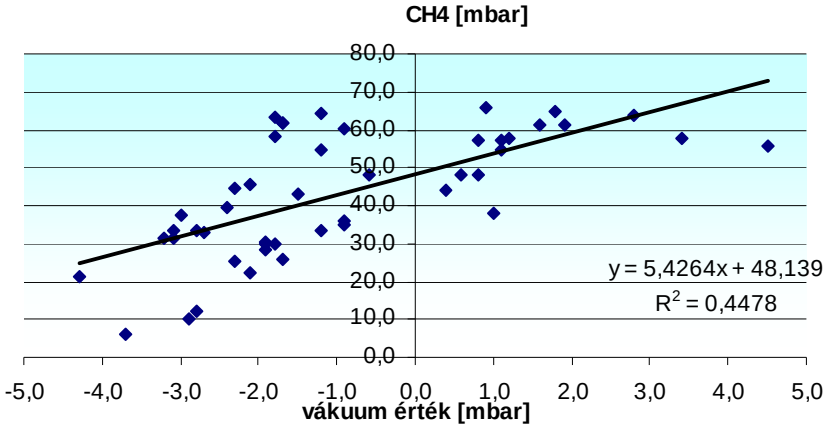
A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, a minta homogén, ezért az LSD tesztet használom. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek az eredményei a 39. táblázatban láthatóak. A legnagyobb különbséget a 6. csoport (1,1-1,9)és a 2. csoport ((-2,9)-(-2)) között mértem ekkor az eltérés 18,706% metántartalom volt. Szignifikáns különbségek a 6. csoport és az 2. csoport között volt megtalálható (sig=0,041), P<5% szignifikáns eltérések láthatóak.

39. táblázat A 9. gázkútban vizsgált csoportok metántartalmának különbsége és eredményei

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	ns
2. csoport	(-2,9) - (-2)	0,339	-	ns	ns	ns	*	ns
3. csoport	(-1,9) - (-1)	2,814	3,153	-	ns	ns	ns	ns
4. csoport	(-0,9) - 0	1,783	2,122	1,031	-	ns	ns	ns
5. csoport	0,1 - 1	9,083	9,422	6,269	7,300	-	ns	ns
6. csoport	1,1 - 1,9	18,367	18,706	15,553	16,583	9,283	-	ns
7. csoport	≥ 2	17,917	18,256	15,103	16,133	8,833	0,450	-

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

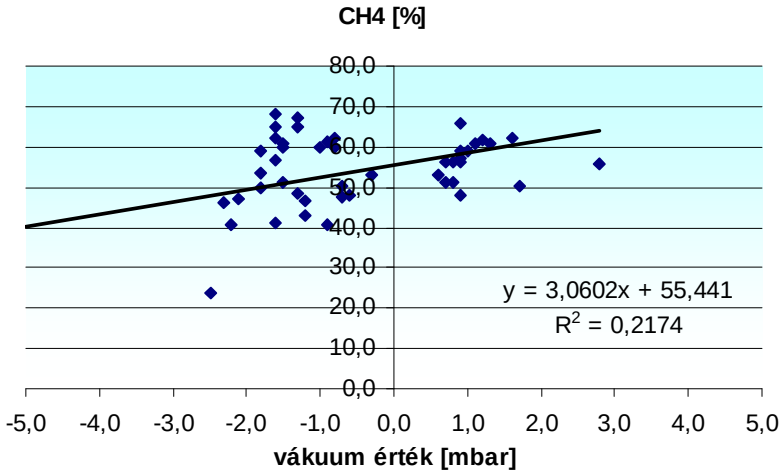
Továbbiakban a 9. gázkút metántartalmi és az alkalmazott elszívás adatait összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményei a 10. diagramban található. Ahol a következő egyenlettel írható le a gázkútban alkalmazott depresszió mértéke és a metántartalom alakulása: y=5,4234x+48,139 az R^2=0,4478. A korrelációs együttható értéke r=0,67, az összefüggések szorossága szoros korrelációt mutat.



10. diagram 9. Gázkútban depóniagáz metántartalmának változása a depresszió függvényében

Az 10. gázkútban a minimum és maximum értékek a 20-60% metántartalom között változtak. A legnagyobb elemszámú csoport a 3. csoport ((-1,9)-(-1)), 17db elemszám esetében mértem 56,84% átlag metántartalmat. Az 5,6. csoportban (0,1-1,9) nyomásértékig az általam mért metántartalmak átlaga 55,78-59,10% között változtak, ami azt jelenti, hogy a 10. gázkút környezetében a túlnyomás uralkodott. A 7. csoport nyomásértékei feletti mérés egy esetben fordult elő. A teljes gázkútra jellemző átlag metántartalom értéke 54,15%, ami a gázmotor üzemeltetést kielégíti (33. táblázat, M36. melléklet). A csoportpárok közötti összehasonlítást és szignifikancia vizsgálatot az SPSS for Windows 11.0 program nem tudta elvégezni az 1., 7. csoport alacsony elemszáma miatt.

A 10. gázkút metántartalmi és az alkalmazott elszívás adatait összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményei a 11. diagramban láthatóak. A következő egyenlettel írható le a gázkútban alkalmazott depresszió mértéke és a metántartalom alakulása: y=3,0602x + 55,441 az R^2= 0,2174, a korrelációs együttható értéke r=0,4662 közepes összefüggést mutat.



11. diagram 10. Gázkútban depóniagáz metántartalmának változása a depresszió függvényében

A 11. gázkútban minimum és maximum értékek 14-64% metántartalom között változtak. A legnagyobb elemszámú csoport az 5. csoport (0,1–1), ebben az esetben 12db elemszám mellett az átlag metántartalom 49,43% volt. Az 5,6. csoportban (0,1-1,9) nyomásértékig az általam mért metántartalmak átlaga 49,43-59,91% között változott, ami azt jelenti, hogy a gázkút környezetében a túlnyomás uralkodott. A 7. csoport nyomásértéke feletti tartományában, két elemszám esetében az átlag metántartalom 55,70% volt. A teljes gázkútra jellemző átlag metántartalom 45,16%, ami a gázmotor üzemeltetést kielégíti.

A 4. csoport alatti nyomás csoportok esetében tapasztaltam, hogy a metántartalom csökken, a legkedvezőtlenebb metántartalmi átlagértéket a 3. csoport elemei között tapasztaltam, 29,58%-ot (33. táblázat, M36. melléklet).

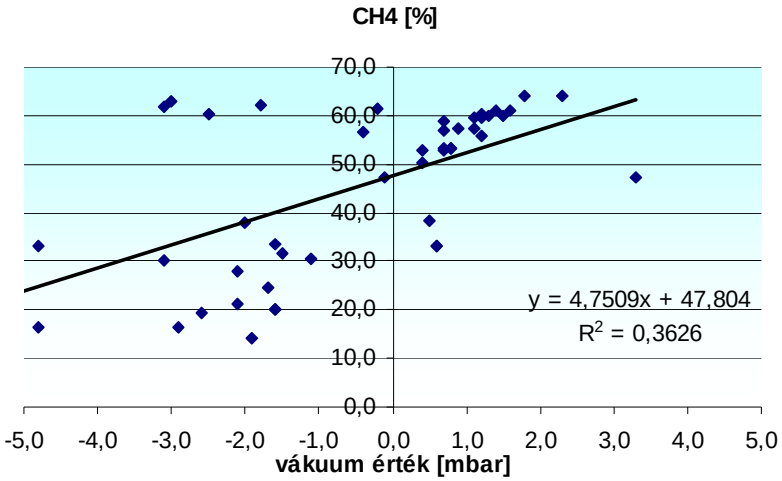
A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, mivel a szignifikancia szint 0,008, tehát kisebb, mint 0,05 ezért a minta heterogén a Tamhane tesztet használom. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek eredményei a 40. táblázatban láthatóak. A táblázatban a vizsgált csoportok metántartalmának különbsége az átló alatt és az átló felett a csoportpárok eredményei közötti szignifikancia eredmények láthatóak.

40. táblázat A 11. gázkútban vizsgált csoportok metántartalmának különbsége és eredményei

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	ns
2. csoport	(-2,9) - (-2)	8,467	-	ns	ns	ns	ns	ns
3. csoport	(-1,9) - (-1)	9,392	0,925	-	ns	ns	*	ns
4. csoport	(-0,9) - 0	16,100	24,567	25,492	-	ns	ns	ns
5. csoport	0,1 - 1	10,467	18,933	19,858	5,633	-	*	ns
6. csoport	1,1 - 1,9	20,943	29,410	30,335	4,843	10,477	-	ns
7. csoport	≥ 2	16,733	25,200	26,125	0,633	6,267	4,210	-

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

A legnagyobb különbséget a 6. csoport (1,1-1,9) és a 3. csoport ((-1,9)-(-1)) között mértem, az eltérés ekkor 30,33% metántartalom volt. Jelentős eltérést tapasztaltam a 6. csoport (1,1-1,9) és az 5. csoport (0,1–1) elemei között, 10,47% metántartalmi különbség mellett. A táblázatban feldolgozott adatokból látszik, hogy a legkisebb eltérés a 7. csoport (≥ 2) és a 4. csoport ((-0,9)-0) elemei között található, 0,663% metántartalom mellett. Szignifikáns különbségek a 6. csoport (1,1-1,9)és a 3. csoport ((-1,9)-(-1)) között (sig=0,013), P<5% értéket mutat. A 6. csoport (1,1-1,9) és az 5. csoport (0,1-1) között (sig=0,048), P<5% szignifikáns eltérés tapasztalható. A 11. gázkút metántartalmi és az alkalmazott elszívás adatait összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem. Melyben (12. diagram) a következő egyenlettel írható le a gázkútban alkalmazott depresszió mértéke és a metántartalom alakulása: y=4,7509x+47,804 az R^2=0,3626, a korrelációs együttható értéke r=0,6 közepes összefüggést mutat.



12. diagram 11. Gázkútban depóniagáz metántartalmának változása a depresszió függvényében

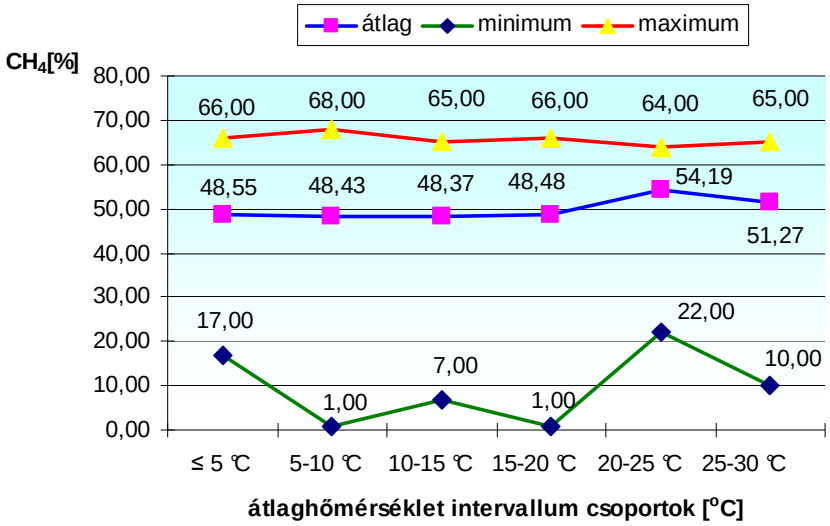
4.3. Depóniagáz minőségének és mennyiségének változása a környezeti viszonyoktól

4.3.1. Depóniagáz minőségének, mennyiségének változása az átlaghőmérséklet függvényében

Vizsgálataim első részében az összes gázkút esetében kerestem összefüggéseket az átlaghőmérséklet és a hulladéklerakóból kinyert depóniagáz metántartalma között (M35. melléklet), (42. ábra). Mivel a hulladéklerakó egy nagyméretű bioreaktornak fogható fel ezért, nem közvetlenül befolyásolja az átlaghőmérséklet változása a depóniagáz metántartalmát. Azonban a mikrobiológiai feltételek közül az egyik legfontosabb paraméter. Az eredményeimet a 41. táblázat szemlélteti. A minimum és a maximum adatok a 1-68% CH_4 tartalom között változtak. A legnagyobb elemszámnál a 2. csoport (5-10°C) intervallumban mértem átlag 48,43%-os metántartalmat. A legkedvezőtlenebb értéket 48,37%-os metántartalmat 3. csoportnál (10-15°C) átlaghőmérsékleti intervallumban tapasztaltam. A legkedvezőbb értéket 99db elemszám esetében az 5. csoportnál (20-25°C) 54,19%-os metántartalmi értéket mértem. A eredményekből látszik, hogy az 1,2,3,4. csoport esetében ≤5°C és 25°C átlaghőmérsékleti intervallum között jelentős metántartalmi eltérések nem tapasztalhatóak. Az átlagos metántartalom megfelelő szabályzás esetében 49,67%-os értéket mutatott, ez az érték az energetikai hasznosítás minimum feltételeit teljesíti. A szórás értéke a teljes vizsgálati tartományban s=14,319% volt, a variációs koefficiens értéke CV%=28,82% változékony értéket mutat. Mivel a 2. és 4. csoport esetében 1% -os metántartalmi értéket is mértem a vizsgálati időszakban. A jelenséget üzemeltetési és a hulladéktestben lezajló mikrobiológia folyamatok okozhatják, ami viszont ezáltal jellemzi egy adott hulladéklerakó-telep biológiai folyamatait.

41. táblázat Az átlaghőmérsékleti intervallum és a metántartalom közötti összefüggések eredményei

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet intervallum [°C]	n [db]	CH_4 átlag [%]	Variációs koefficiens CV% [%]	szórás [%]	95% Konfidancia 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



42. ábra Az átlaghőmérséklet és a metántartalom közötti összefüggések eredményei

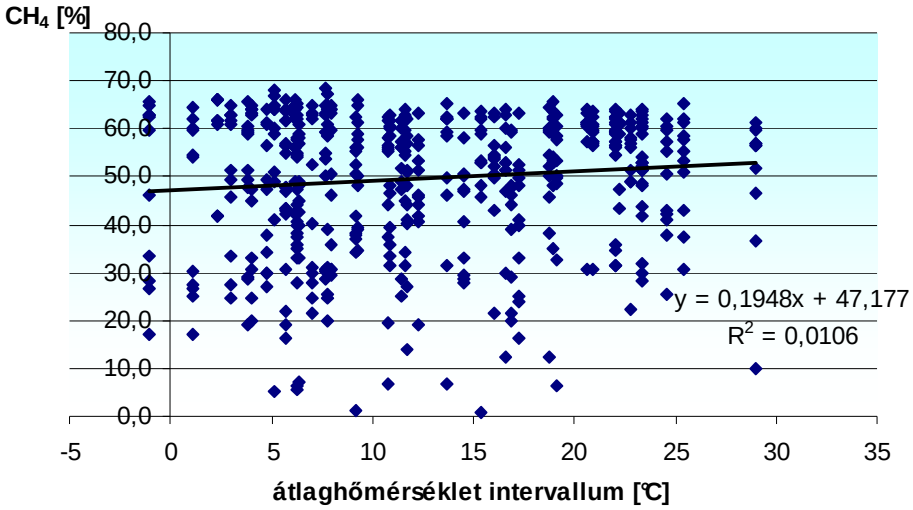
Összességében elmondható, hogy a hulladéklerakó-telepen a rétegekben elhelyezett hulladéknak a szigetelő hatása miatt, közvetlenül a külső hőmérsékleti viszonyok nem befolyásolják a depóniagáz metántartalmi értékeit. Azonban bizonyos csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, mivel a szignifikancia szint 0,000, tehát kisebb, mint 0,05 ezért a minta heterogén a Tamhane tesztet használom. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek az eredményei a 42. táblázatban láthatóak. A táblázatban a vizsgált csoportok metántartalmának különbsége az átló alatt és az átló felett a csoportpárok eredményei közötti szignifikancia eredmények láthatóak.

42. táblázat A vizsgált csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet 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%

A legnagyobb különbséget az 5. csoport (20-25°C) és a 3. csoport (10-15°C) közötti intervallumban mértem, az eltérés ekkor 5,820% metántartalom volt. Ugyanígy jelentős eltérést tapasztaltam, az 5. csoport (20-25°C) és a 2. csoport (5-10°C), illetve a 4. csoport (15-20°C) elemei között, 5,759% és 5,709% metántartalom különbség adódott. A táblázatban feldolgozott adatokból látszik, hogy a legkisebb eltérés 0,051% metántartalom a 4. csoport és a 2. csoport elemi között találhatóak. Szignifikáns különbségek a 5. csoport (20-25°C)és a 3. csoport (10-15°C) elemei között (sig=0,024) P<5% szignifikáns értéket mutat. Az 5. csoport (20-25°C) és az 2. csoport (5-10°C) elemei között (sig=0,010) P<5% szignifikáns eltérések láthatóak. A továbbiakban az 5. csoport (20-25°C)és a 4. csoport (15-20°C) (sig=0,037) P<5% szignifikáns eltérések tapasztalhatóak. A hőmérséklet egy adott mikroorganizmus élettevékenységéhez szükséges abiotikus környezeti tényező, a depóniagáz előállítása szempontjából pedig a legfontosabb rendezőfaktor. Ezért az összes gázkút esetében a jellemző metántartalmi értékeket és az átlaghőmérsékleti értékeket összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem (13. diagram).



13. diagram Az összes gázkút metántartalom változása az átlaghőmérséklet függvényében

A következő egyenlettel írható le a gázkútra jellemző metántartalom és az átlaghőmérséklet közti kapcsolat: y=0,1948x+47,177 az R^2=0,0106. A korrelációs együttható értéke r=0,1029, vagyis az átlaghőmérsékleti intervallumok változása nem befolyásolja a hulladéklerakóban a képződött depóniagáz metántartalmát. Azonban tendenciák látszanak az átlaghőmérséklet emelkedése és a metántartalmi értékek között, mivel a korreláció pozitív. Az adatok feldolgozásából nyert összefüggések alapján elmondható, hogy a külső hőmérséklet ingadozása csak a depónia felső néhány méterében érezteti hatását, ezáltal nem befolyásolja a depónia belső hőmérsékletének alakulását, így a depóniagáz metántartalmának változását sem.

Az átlaghőmérsékleti intervallumok hatása gázkutankénti metántartalomra

Vizsgálataim további részében összefüggéseket kerestem az egyes gázkutakra jellemző metántartalmi értékek és az átlaghőmérsékleti intervallumok között. Ezért mind a 11 db gázkút metántartalmi értékét és a hozzá tartozó átlaghőmérsékleti intervallum csoportokat összerendeltem és táblázatok, diagramok segítségével ábrázolom. Homogenitás vizsgálatot végeztem Levene-teszt segítségével mely során megállapítottam, hogy mely gázkutak homogének és heterogének. Az eredményei a következőek: 1. gázkút (sig=0,002), 2. gázkút (sig=0,196), 3. gázkút (sig=0,195), 4. gázkút (sig=0,000), 5. gázkút (sig=0,006), 6. gázkút (sig=0,103), 7. gázkút (sig=0,218), 8. gázkút (sig=0,004), 9. gázkút (sig=0,015), 10. gázkút (sig=0,015), 11. gázkút (sig=0,000).

Az 1. gázkútban keletkezett depóniagáz metántartalma és az átlaghőmérsékleti intervallumok alapján csoportokat képeztem (1.-6. csoport), melynek az eredményeit a 43. táblázat szemlélteti. A minimum és maximum értékek 25-66%-os metántartalom érték között változtak. A legnagyobb elemszám esetében az átlag metántartalom 46,35% között változott. Az eredményekből látszik, hogy a 2. csoport és az 5. csoport közötti tartományban volt a legkedvezőbb, ebben az esetben 46,35-54,27% metántartalomi értéket mértem.

43. táblázat 1. gázkútban a metántartalom és az átlaghőmérséklet közötti összefüggések eredményei

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet intervallum [°C]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	≤5 °C	7	28,83	5,935	23,34	34,32	25	42
2. csoport	5-10 °C	13	46,35	15,207	37,16	55,54	25	66
3. csoport	10-15 °C	8	46,01	13,360	34,84	57,18	28	62
4. csoport	15-20 °C	8	53,94	8,536	46,80	61,07	38	66
5. csoport	20-25 °C	9	54,27	7,885	48,21	60,33	42	61
6. csoport	25-30 °C	2	60,80	6,081	6,16	115,44	57	65
	Összesen	47	47,10	13,867	43,03	51,18	25	66

A legkedvezőtlenebb értékeket az 1. csoport (≤5°C) alatti hőmérséklet tartományban tapasztaltam, ami azzal magyarázható, hogy az aneorob bomláshoz szükséges hőmérsékleti viszonyok nem állnak rendelkezésre, ezáltal a depóniagáz termelődése és minőségi paraméterei romlanak. Az eredményekből látszik, hogy a 6. csoportnál az átlagos metántartalmi értéknél magasabb metántartalom adódott, 60,80%. Ez azzal magyarázható, hogy a gázkutak elhelyezkedése és tájolása befolyásolja a termelődött depóniagáz metántartalmát.

Azonban szükség volt statisztikai vizsgálatot is lefuttatni, hogy az elempárok között összefüggéseket lehessen felállítani. A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, mivel a szignifikancia szint 0,002, tehát kisebb, mint 0,05, ezért a minta heterogén és a Tamhane tesztet használom. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek eredményei a 44. táblázatban láthatóak.

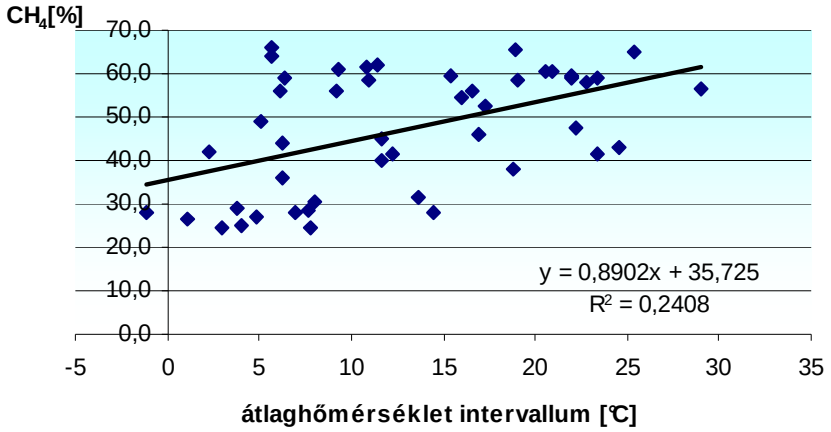
44. táblázat 1. gázkútban csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet 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
2. csoport	5-10 °C	17,518	-	ns	ns	ns	ns
3. csoport	10-15 °C	17,184	0,334	-	ns	ns	ns
4. csoport	15-20 °C	25,109	7,591	7,925	-	ns	ns
5. csoport	20-25 °C	25,438	7,921	8,254	0,329	-	ns
6. csoport	25-30 °C	31,971	14,454	14,788	6,863	6,533	-

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

A legnagyobb különbséget az 5. csoport (20-25°C)és a 1. csoport (≤5°C) átlaghőmérséklet intervallum között mértem, az eltérés ekkor 25,43% metántartalom volt. Ugyanígy jelentős eltérést tapasztaltam, a 4. csoport (15-20°C)és a 1. csoport (≤5°C)között itt 25,10%, illetve a 2. csoport (5-10°C) elemei és az 1. csoport (≤5°C) között 17,51% metántartalom különbség adódott. A táblázatban feldolgozott adatokból látszik, hogy a legkisebb eltérés 0,329% metántartalom a 5.csoport és a 4. csoport átlaghőmérsékleti intervallumban adódott. Szignifikáns különbségek az 5. csoport (20-25°C) és az 1. csoport (≤5°C) elemei között tapasztaltam (sig=0,000), P<1% szignifikáns érték mellett. A 4. csoport (15-20°C)és a 1. csoport (≤5°C) között (sig=0,000) pedig P<1% szignifikáns eltérések láthatóak. A továbbiakban az 2. csoport (5-10°C) és az 1. csoport (≤5°C) elemi között (sig=0,028) P<5% szignifikáns eltérések tapasztalhatóak.

Az 1. gázkút metántartalom változását és az átlaghőmérsékleti intervallum értékeket összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményei a 14. diagramban láthatóak. A gázkútra jellemző metántartalom és az átlaghőmérséklet kapcsolata a következő egyenlettel írható le: y=0,8902x+35,725 az R^2=0,2408. A korrelációs együttható értéke r=0,49, az összefüggések szorossága közepes.
Az adatok feldolgozásából nyert összefüggések alapján elmondható, hogy az 1. gázkútra jellemző elhelyezkedés és a gázkút környékén található szerves anyag összetétel miatt, az átlaghőmérséklet változás és a depóniagáz metántartalma között pozitív korrelációs kapcsolat található. Az előzőekben ismertetett az összes gázkútra jellemző regressziós vizsgálat alapján elmondható, hogy nincs, vagy csak nagyon csekély kapcsolat a gázkutak metántartalma és az átlaghőmérséklet között, lényegében a teljes depóniagáz produktum metántartalmát nem befolyásolja.



14. diagram 1. Gázkútban a metántartalom változása az átlaghőmérséklet függvényében

A 2. gázkútban a depóniagáz metántartalma és az átlaghőmérsékleti intervallumok alapján csoportokat képeztem (1.-6. csoport), melynek az eredményeit a 45. táblázat szemlélteti. A minimum és maximum értékek 1-66%-os metántartalom érték között változtak. A legnagyobb elemszám esetében az átlag metántartalom 25,75% volt. Az eredményekből látszik, hogy a gázkútra jellemző átlag metántartalom 32,53%, az üzemeltetés minimum feltételeit nem elégíti ki. A 2. csoport és az 5. csoport közötti tartományban volt a legkedvezőbb metántartalmi értékek, ebben az esetben 25,75-38,56% metántartalom változás volt megfigyelhető.

45. táblázat 2. gázkútban a metántartalom és az átlaghőmérséklet közötti összefüggések

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet intervallum [°C]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	≤5 °C	7	31,96	14,816	18,25	45,66	17	52
2. csoport	5-10 °C	13	25,75	20,955	13,09	38,42	1	65
3. csoport	10-15 °C	8	29,44	20,486	12,31	46,56	7	63
4. csoport	15-20 °C	8	34,46	20,057	17,69	51,23	1	60
5. csoport	20-25 °C	9	38,56	10,274	30,66	46,45	31	56
6. csoport	25-30 °C	2	56,15	1,344	44,08	68,22	55	57
	Összesen	47	32,53	18,258	27,17	37,89	1	65

A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, mivel a szignifikancia szint 0,196, a minta homogén és az LSD tesztet használom. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek az eredményei a 46. táblázatban láthatóak. A táblázatban a vizsgált csoportok metántartalmának különbsége az átló alatt és az átló felett a csoportpárok eredményei közötti szignifikancia eredmények találhatóak.

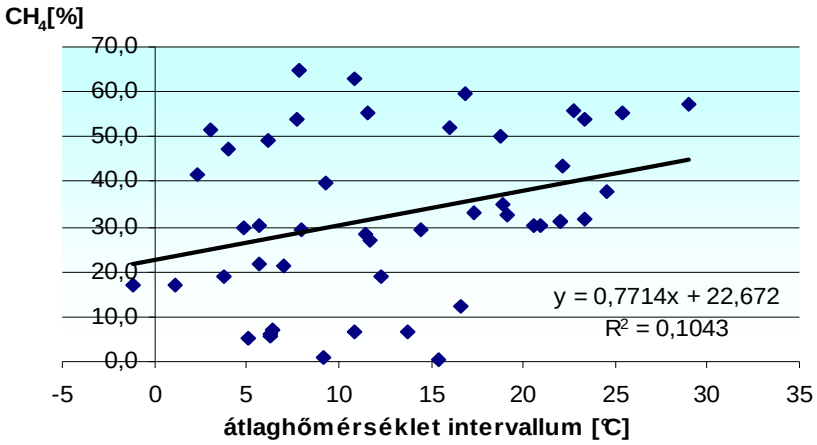
46. táblázat 2. gázkútban csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet 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	6,203	-	ns	ns	ns	**
3. csoport	10-15 °C	2,520	3,684	-	ns	ns	ns
4. csoport	15-20 °C	2,505	8,709	5,025	-	ns	ns
5. csoport	20-25 °C	6,598	12,802	9,118	4,093	-	ns
6. csoport	25-30 °C	24,193	30,396	26,713	21,688	17,594	-

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

A legnagyobb különbséget a 6. csoport (25-30°C) és a 2. csoport (5-10°C) átlaghőmérsékleti intervallumban mértem, az eltérés 30,39% metántartalom volt. Szignifikáns különbségek a csoportpárok között (sig=0,000) megtalálható P<1% szignifikáns eltérés mellett. A többi csoportpár esetében szignifikáns különbségeket nem állapítottam meg.

A 2. gázkút metántartalmi és az átlaghőmérsékleti intervallum értékeket összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményei a 15. diagramban találhatóak. Ahol a következő egyenlettel írható le a gázkútra jellemző metántartalom változása és az átlaghőmérséklet alakulása: $y=0,7714x+22,672$. Az $R^2=0,1043$, a korrelációs együttható értéke r=0,32, a kapcsolatok szorossága laza, ebben az esetben is elmondható, hogy az átlaghőmérséklet emelkedése a depóniagáz metántartalmának emelkedését idézheti elő a vizsgálati tartományban.



15. diagram 2. Gázkútban a metántartalom változása az átlaghőmérséklet függvényében

Az 3. gázkútban keletkezett depóniagáz metántartalma és az átlaghőmérsékleti intervallumok alapján csoportokat képeztem (1.-6. csoport), melynek eredményeit a 47. táblázat szemlélteti. A minimum és maximum értékek 26-59%-os metántartalom között változtak. A legnagyobb elemszám esetében az átlag metántartalom 40,15% között változott. Az eredményekből látszik, hogy a 2. csoport és az 5. csoport közötti tartományban volt a legkedvezőbb metántartalmi értékek, ebben az esetben 40,15-53,00% metántartalmat állapítottam meg. Az átlag metántartalom értéke 43,45% volt a teljes vizsgálati időtartamban.

A legkedvezőtlenebb értékeket az 1. csoportnál (≤5°C) alacsonyabb hőmérsékleti tartományokban tapasztaltam, 30,80% metántartalmat mértem. Az eredményekből látszik, hogy az 5. csoportnál mért 53,00%-os metántartalom a növekvő átlaghőmérsékleti értékek és csapadékszegény állapot miatt, a 6. csoport esetében már csak 44,85%-os metántartalmat eredményez. Azzal magyarázható, hogy a gázkutak elhelyezkedése és tájolása is befolyással bír a hulladéklerakóban képződött depóniagáz metántartalmára.

47. táblázat 3. gázkútban a metántartalom és az átlaghőmérséklet közötti összefüggések

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet intervallum [°C]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	≤5 °C	7	30,80	5,289	25,91	35,69	27	42
2. csoport	5-10 °C	13	40,15	9,363	34,50	45,81	26	59
3. csoport	10-15 °C	8	44,10	8,813	36,73	51,47	33	56
4. csoport	15-20 °C	8	48,11	4,644	44,23	51,99	41	54
5. csoport	20-25 °C	9	53,00	5,625	48,68	57,32	42	59
6. csoport	25-30 °C	2	44,85	11,809	32,68	50,29	37	53
	Összesen	47	43,45	9,968	40,52	46,37	26	59

A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, mivel a szignifikancia szint 0,195, tehát nagyobb, mint 0,05 ezért a minta homogén és az LSD tesztet használom. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek az eredményeit a 48. táblázat szemlélteti. A táblázatban látható a vizsgált csoportok metántartalmának különbsége az átló alatt és az átló felett a csoportpárok eredményei közötti szignifikancia eredmények.

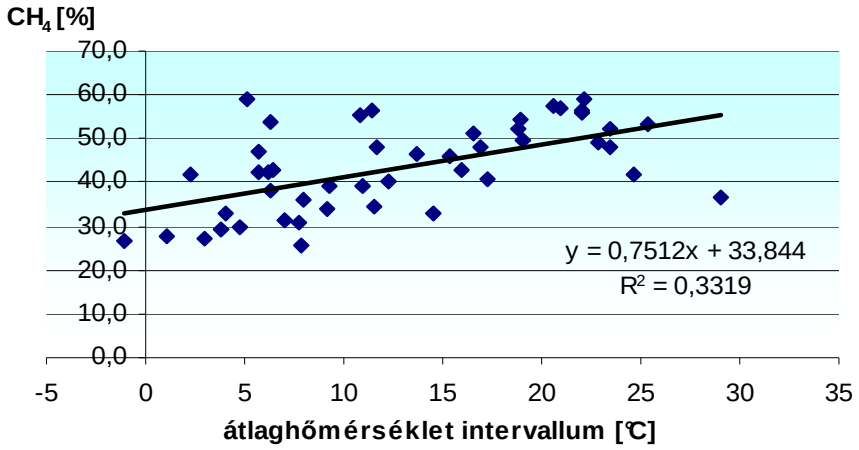
48. táblázat 3. gázkútban csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet 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	-	*	**	**	**	*
2. csoport	5-10 °C	9,354	-	ns	*	**	ns
3. csoport	10-15 °C	13,300	3,946	-	ns	*	ns
4. csoport	15-20 °C	17,313	7,959	4,013	-	ns	ns
5. csoport	20-25 °C	22,200	12,846	8,900	4,888	-	ns
6. csoport	25-30 °C	14,050	4,696	0,750	3,263	8,150	-

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

A legnagyobb különbséget az 5. csoport (20-25°C) és az 1. csoport (≤5°C) átlaghőmérsékleti intervallumában mértem, az eltérés 22,20% metántartalom volt. Ugyanígy jelentős metántartalmi eltérést 17,31%-t tapasztaltam a 4. csoport (15-20°C) és az 1. csoport (≤5°C) elemei között. A 3. csoport (10-15°C) és az 1. csoport (≤5°C) között 13,30% metántartalmi különbség adódott. A táblázatban feldolgozott adatokból látszik, hogy a legkisebb eltérés 0,75% metántartalom a 3. csoport és a 6. csoport elemi között található. Szignifikáns különbségek az 5. csoport (20-25°C) és az 1. csoport (≤5°C) elemei között (sig=0,000) P<1% szignifikáns eltérést mutat. Az 5. csoport (20-25°C) és a 2. csoport (5-10°C) között (sig=0,000) pedig P<1% szignifikáns eltérések látszanak. A 4 csoport (15-20°C) és az 1. csoport (≤5°C) elemei között (sig=0,000) P<1% szignifikáns eltérések láthatóak. A 3. csoport (10-15°C) és az 1. csoport (≤5°C) elemei között (sig=0,001) pedig P<1% szignifikáns eltérések látszanak. Továbbiakban a 2.-1. csoport elemei között (sig=0,011) P<5%, illetve a 6.-1. csoport között (sig=0,024) P<5%, 4.-2. csoport között (sig=0,023) P<5% szignifikáns eltérések tapasztalhatóak.

A 3. gázkút metántartalom változását és az átlaghőmérsékleti értékeket összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melyben (16. diagram) a következő egyenlettel írható le a gázkútra jellemző metántartalom és az átlaghőmérséklet alakulása: y=0,7512x+33,844 az R^2=0,3319. A korrelációs együttható értéke r=0,5761, az összefüggések szorossága közepes korrelációt mutat, azonban a teljes depóniagáz produktumot tekintve elhanyagolható.



16. diagram 3. Gázkútban a metántartalom változása az átlaghőmérséklet függvényében

Az 4,5,6,7,8. gázkútban keletkezett depóniagáz metántartalmi értékek és az átlaghőmérséklet intervallumok alapján csoportokat képeztem (1.-6. csoport), melynek az eredményeit a M37. melléklet szemlélteti. A vizsgált gázkutakban mért átlag metántartalom értéke 51,67-61,12% között változott. Megfigyelhető volt a vizsgált gázkutak esetében, hogy mindig a 2. csoport és az 5. csoport közötti tartományban adódtak a legkedvezőbb metántartalmi értékek.

A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. Homogenitás vizsgálatot végeztem Levene- teszt segítségével melynek eredményei a következőek: a 4.gázkút (sig=0,000), heterogén (Tamhane teszt), az 5.gázkút (sig=0,006), heterogén (Tamhane teszt), a 6.gázkút (sig=0,103), homogén (LSD teszt), a 7.gázkút (sig=0,218), homogén (LSD teszt), a 8.gázkút (sig=0,004), heterogén (Tamhane teszt). Mindegyik kútnál elvégezetem az egyes csoportok közötti elemzést is, mely során megállapítottam, hogy a csoportpárok között nem voltak szignifikáns eltérések. Az 4,5,6,7,8. gázkút metántartalom változását és az átlaghőmérsékleti értékeket összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményeit a 49. táblázatban tüntettem fel.
A táblázat adataiból látszik, hogy a vizsgált gázkutakban az átlaghőmérsékleti intervallumok változása és a termelődött depóniagáz metántartalma között a 4. gázkútnál r=0,31, 5. gázkútnál r=0,27, 6. gázkútnál r=0,18, 7. gázkútnál r=0,07, 8. gázkútnál r=0,04 a korrelációs együttható értéke. A 4. és az 5. gázkút esetében van laza kapcsolat a depóniagáz metántartalma és az átlaghőmérsékleti intervallumok változása között, a 6., 7., 8. gázkút esetében nincs összefüggés.

49. táblázat 4-8. gázkútban az átlaghőmérséklet és a metántartalmi összefüggések eredményei

	Lineáris egyenlet	**R^2**	**r**
4. gázkút	y =0,489x +46,783	0,1006	0,3174
5. gázkút	y =0,3479 x 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

A 9. gázkútban keletkezett depóniagáz metántartalma és az átlaghőmérsékleti intervallumok alapján csoportokat képeztem (1.-6. csoport), melynek az eredményeit az 50. táblázat szemlélteti. A minimum és maximum értékek 6-66%-os metántartalom mellett változtak. A legnagyobb elemszám a 2. csoport (5-10°C) esetében tapasztaltam, az átlag metántartalom értéke ekkor 52,22% volt. Az eredményekből látszik, hogy a 2. csoport és az 5. csoport közötti tartományban a metántartalmi értékek 31,69-52,51% között változtak. A legkedvezőtlenebb értékeket a 6. csoport (25-30°C) hőmérséklet tartományában tapasztaltam, 20,3% metántartalom volt. A legkedvezőbb metántartalmi értékeket az 1. csoport (≤5 °C) hőmérsékleti tartományában mértem, az átlagos metántartalom ebben az esetben 60,1% volt.

50. táblázat 9. gázkútban a metántartalom és az átlaghőmérséklet közötti összefüggések

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet intervallum [°C]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	≤5 °C	7	60,10	5,219	55,27	64,93	51	66
2. csoport	5-10 °C	13	52,22	12,971	44,38	60,06	19	65
3. csoport	10-15 °C	8	52,51	10,992	43,32	61,70	29	62
4. csoport	15-20 °C	8	31,69	19,429	15,44	47,93	6	62
5. csoport	20-25 °C	9	41,98	16,679	29,16	54,80	22	61
6. csoport	25-30 °C	2	20,30	14,566	-	-	10	31
	Összesen	47	46,63	17,086	41,61	51,65	6	66

A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, mivel a szignifikancia szint 0,015, a minta homogén az LSD tesztet használtam. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek az eredményei az 51. táblázatban láthatóak. A táblázatban a vizsgált csoportok metántartalmának különbsége az átló alatt és az átló felett a csoportpárok eredményei közti szignifikancia eredmények láthatóak.

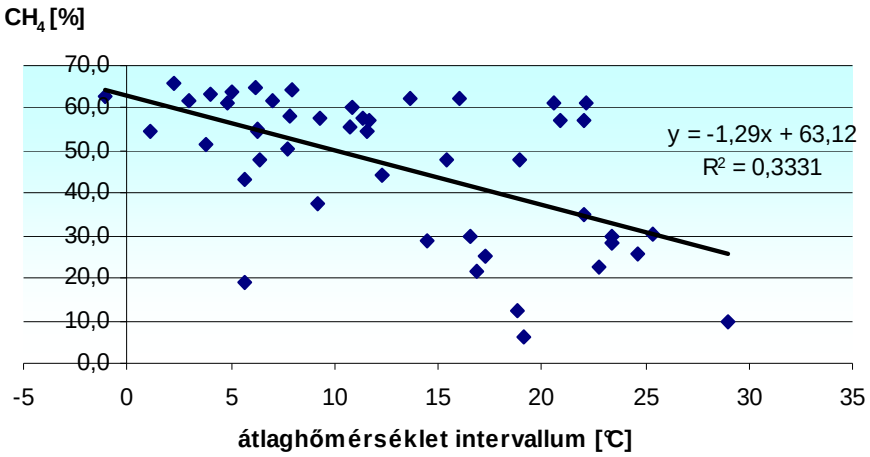
51. táblázat 9. gázkútban csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet 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	**	*	**
2. csoport	5-10 °C	7,877	-	ns	**	ns	**
3. csoport	10-15 °C	7,588	0,289	-	**	ns	**
4. csoport	15-20 °C	28,413	20,536	20,825	-	ns	ns
5. csoport	20-25 °C	18,122	10,245	10,535	10,290	-	ns
6. csoport	25-30 °C	39,800	31,923	32,213	11,388	21,678	-

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

A legnagyobb különbséget a 6. csoport (25-30°C) és az 1. csoport (≤5 °C) átlaghőmérsékleti intervallumában mértem, az eltérés 39,80% metántartalom volt. Ugyanígy jelentős eltérést tapasztaltam a 6. csoport és a 2, 3. csoport között, ebben az esetben 31,92-32,21% metántartalmi különbségek adottak. További jelentős különbségek a következőképpen alakultak az 5.-1. csoport között 18,12%, a 4. csoport és a 1,2,3. csoportok között, 28,41-20,53-20,82% metántartalmi különbségeket állapítottam meg. A többi csoportpár vizsgálata során szignifikáns eltérések nem tapasztaltam. A táblázatban feldolgozott adatokból látszik, hogy a legkisebb eltérés 0,289% metántartalom a 2. csoport és a 3. csoport elemi között láthatóak. Szignifikáns különbségek a 6. csoport és az 1, 2, 3. csoportpárok között a következőképpen alakult: 6.-1. csoport között (sig=0,001) P<1%, a 6.-2. csoport között (sig=0,005) P<1%, és a 6.-3. csoport között (sig=0,006) P<1% szignifikáns eltérések láthatóak. További szignifikáns különbségek a következők: a 4.-1. csoport között (sig=0,000) P<1%, a 4.-2. csoport között (sig=0,002) P<1%, 4.-3. csoport között (sig=0,005) P<1% szignifikáns eltérések tártam fel az SPSS for Windows 11.0 program segítségével.

A 9. gázkút metántartalom változását és az átlaghőmérsékleti értékeket összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melyben (17. diagram) a következő egyenlettel írható le a gázkútra jellemző metántartalom és az átlaghőmérséklet alakulása: y=-1,29x+63,12 az R^2=0,3331. A korrelációs együttható értéke r=0,5751. Ennél a gázkútnál az átlaghőmérséklet növekedésével az átlag metántartalom csökken, a negatív korrelációs kapcsolat miatt, ez a gázkútra jellemző biológiai háttér és a gázkút tájolásából adódik.



17. diagram 9. Gázkútban a metántartalom változása az átlaghőmérséklet függvényében

A 10. gázkútban keletkezett depóniagáz metántartalmi és az átlaghőmérsékleti intervallumok alapján csoportokat képeztem (1.-6. csoport), melynek eredményeit a 52. táblázat szemlélteti. A minimum és maximum értékek 20-68%-os metántartalmi értékek között változtak, az átlag metántartalom értéke 54,15%. A legnagyobb elemszám esetében az átlag metántartalom 56,67% között változott. Az eredményekből látszik, hogy a 2. csoport és az 5. csoport közötti tartományban a metántartalmi értékek 47,13-56,67% között változtak. A legkedvezőtlenebb értékeket a 6. csoport (25-30°C) átlaghőmérsékleti intervallumában tapasztaltam, 44,75% metántartalom mellett. Az 1. csoport (≤5°C) átlaghőmérsékleti intervallumában az átlagos metántartalom értéke 60,01% volt.

52. táblázat 10. gázkútban a metántartalom és az átlaghőmérséklet közötti összefüggések

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet intervallum [°C]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	≤5 °C	7	60,01	6,157	54,32	65,71	47	66
2. csoport	5-10 °C	13	56,67	8,463	51,55	61,78	41	68
3. csoport	10-15 °C	8	53,06	6,785	47,39	58,74	41	62
4. csoport	15-20 °C	8	47,13	16,127	33,64	60,61	20	60
5. csoport	20-25 °C	9	55,27	6,368	50,37	60,16	41	61
6. csoport	25-30 °C	2	44,75	2,758	19,97	69,53	43	47
	Összesen	47	54,15	9,866	51,26	57,05	20	68

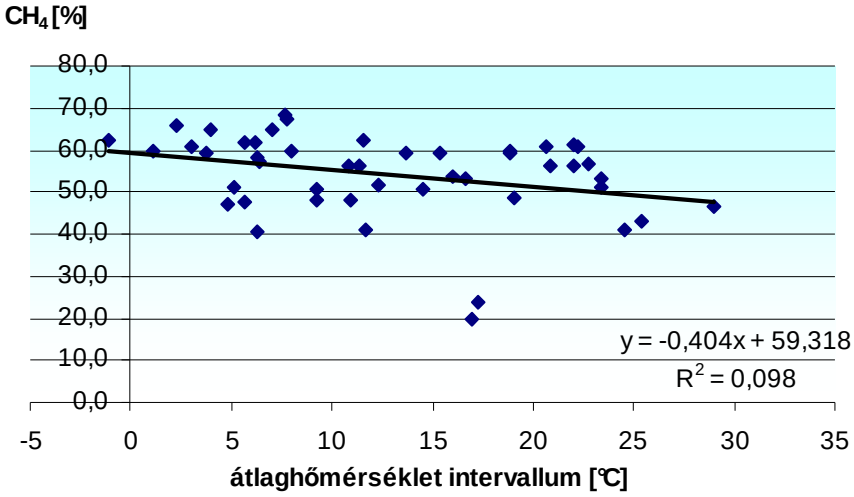
A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, mivel a szignifikancia szint 0,015, ezért a minta homogén és az LSD tesztet használtam. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek az eredményeit a 53. táblázat szemlélteti. A legnagyobb különbséget a 6. csoport (25-30°C) és az 1. csoport (≤5°C) átlaghőmérsékleti intervallumában mértem, az eltérés 15,26% metántartalom volt. További metántartalmi különbségek a következőek: a 4.-1. csoport között 12,88%, a 4.-2. csoport között 9,54% metántartalmi különbségeket állapítottam meg. A táblázatban feldolgozott adatokból látszik, hogy a legkisebb eltérés a 2.-5. csoport elemei között található, 1,403% metántartalomi különbség mellett. Szignifikáns különbségek a 6.-1. csoport között (sig=0,048) P<5% szignifikáns különbséget mutat. Szignifikáns eltéréseket a következő csoportokban találtam: a 4.-1. csoport között (sig=0,011) P<5%, és a 4.-2. csoport között (sig=0,028) P<5% szignifikáns különbségek adódtak.

53. táblázat 10 gázkútban csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet 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	*
2. csoport	5-10 °C	3,345	-	ns	*	ns	ns
3. csoport	10-15 °C	6,952	3,607	-	ns	ns	ns
4. csoport	15-20 °C	12,889	9,544	5,937	-	ns	ns
5. csoport	20-25 °C	4,748	1,403	2,204	8,142	-	ns
6. csoport	25-30 °C	15,264	11,919	8,313	2,375	10,517	-

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

A 10. gázkút metántartalom változását és az átlaghőmérsékleti értékeket összerendelve regresszió vizsgálatot végeztem, melyben (18. diagram) a következő egyenlettel írható le a gázkútra jellemző metántartalom és az átlaghőmérséklet alakulása: $y=-0,404x+59,318$ az $R^2=0,098$, a korrelációs együttható értéke r=0,31. Negatív korrelációs kapcsolat található, ami a gázkútra jellemző biológiai háttér és a gázkút tájolásából adódik.



18. diagram 10. Gázkútban a metántartalom változása az átlaghőmérséklet függvényében

Az 11. gázkútban keletkezett depóniagáz metántartalmi értékek és az átlaghőmérsékleti intervallumok alapján csoportokat képeztem (1.-6. csoport), melynek az eredményeit a 54. táblázat szemlélteti. A minimum és maximum értékek 14-64%-os metántartalom érték között változtak, az átlag metántartalom értéke 45,16%. A legnagyobb elemszám esetében az átlag metántartalom 38,06% között változott, a vizsgált csoportok között ez képviseli a legkedvezőtlenebb értéket.

54. táblázat 11. gázkútban a metántartalom és az átlaghőmérséklet közötti összefüggések

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet intervallum [C°]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	≤5 °C	7	48,26	17,529	32,05	64,47	20	63
2. csoport	5-10 °C	13	38,06	16,451	28,12	48,00	17	64
3. csoport	10-15 °C	8	38,56	16,741	24,57	52,56	14	62
4. csoport	15-20 °C	8	42,01	16,985	27,81	56,21	16	60
5. csoport	20-25 °C	9	58,84	2,549	56,89	60,80	53	61
6. csoport	25-30 °C	2	57,75	1,344	45,68	69,82	57	59
	Összesen	47	45,16	16,338	40,36	49,95	14	64

A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<1% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, mivel a szignifikancia szint 0,000, a minta heterogén és az LSD tesztet használtam. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek az eredményei az 55. táblázatban láthatóak. A legnagyobb különbséget az 5. csoport (20-25°C) és a 2. csoport (5-10°C) átlaghőmérsékleti intervallumában mértem, az eltérés 10,58% metántartalom volt.

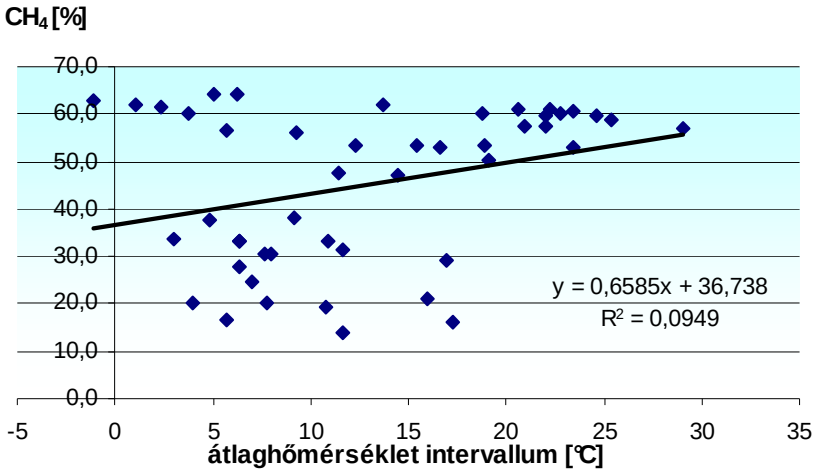
55. táblázat 11 gázkútban csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

Hőmérséklet csoport	Átlag hőmérséklet 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	10,196	-	ns	ns	*	*
3. csoport	10-15 °C	9,695	0,501	-	ns	ns	ns
4. csoport	15-20 °C	6,245	3,951	3,450	-	ns	ns
5. csoport	20-25 °C	10,587	20,783	20,282	16,832	-	ns
6. csoport	25-30 °C	9,493	19,688	19,188	15,738	1,094	-

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

További metántartalmi különbséget megállapítottam a 6.-2. csoport között, melynek értéke 9,49% volt. A táblázatban feldolgozott adatokból látszik, hogy a legkisebb eltérés 0,501% metántartalom, a 2. csoport és a 3. csoport elemei között volt megtalálható. Szignifikáns különbségek a 5.-2. csoport között (sig=0,010) P<5%, a 6.-2. csoport között (sig=0,015) P<5% szignifikáns eltérések láthatóak.

A 11. gázkút metántartalom változását és az átlaghőmérsékleti értékeket összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melyben (19. diagram) a következő egyenlettel írható le a gázkútra jellemző metántartalom és az átlaghőmérséklet alakulása: y=0,6585x+36,738 az R^2=0,0949. A korrelációs együttható értéke r=0,30, az összefüggések szorossága laza korrelációt mutat az átlaghőmérsékleti intervallumok változása és a gázkútban termelődött depóniagáz metántartalma között.



19. diagram 11. Gázkútban a metántartalom változása az átlaghőmérséklet függvényében

Depóniagázok mennyiségének változása az átlaghőmérsékleti intervallumok függvényében

Vizsgálataim során a hulladéklerakóban keletkezett depóniagáz mennyiségének és minőségének változását figyeltem meg az átlaghőmérsékleti intervallumok változása során (M35. melléklet). A vizsgálati időszak minden hónapjában képződött depóniagáz metántartalmának átlagát és a kitermelt depóniagáz mennyiségi értékeinek havi, illetve óránkénti eloszlását mutatom be a havi átlaghőmérsékleti paraméterek függvényében az 56. táblázatban. A táblázat adataiból kitűnik, hogy az eltérések jelentős különbséget mutatnak. A vizsgálati időszakban 2007. évre vonatkozóan a depóniagáz átlag metántartalma 49,67%, ami a gázmotor üzemeltetéshez szükséges minimum feltételeket teljesíti, a kitermelt depóniagáz teljes mennyisége 269.991m^3. Az irodalmi adatokkal ellentétesen a várt 20-300m^3/t depóniagáz termelődéshez képest mindösszesen a lerakott hulladékból - összetételétől függően - 2-3m^3/t depóniagáz kitermeléssel lehet számolni, ennek oka a hulladéklerakó telepre jellemző környezeti viszonyok alakulása, és az adott régióra jellemző szerves anyag potenciál.
Az eredmények fejezetben ismertettem, hogy az elszívás hatással van a kitermelt depóniagáz metántartalmára, ezért a rendszer szabályozhatósága és a működési feltételek biztosítása elengedhetetlenül fontos feladat. A gázkinyerő rendszer hatékonyságát havi, illetve teljes vizsgálati időszakra megvizsgáltam. Az eredményei a következőek: az összes csúcskihasználási óraszám 3913,83h, amit ha a termelődött depóniagázzal összefüggésbe hozzunk, akkor 69,32 m^3/h depóniagáz termelődést kapunk. Ennek az értéknek a változását a hulladéklerakó-telep környezeti viszonyai, illetve az elhelyezett szerves anyag potenciál befolyásolja. A depóniagáz mennyiségének és metántartalmának változását az adott vizsgálati időszakban a 20. diagramban mutatom be. Januárban az alacsony átlaghőmérsékleti értékek miatt (22. diagram) a kitermelt depóniagázok mennyisége 18.150,41 m^3/hó volt, ebben az esetben a depóniában lezajló folyamatok lelassulnak ezzel egyenes arányban a depóniagáz termelődése is.

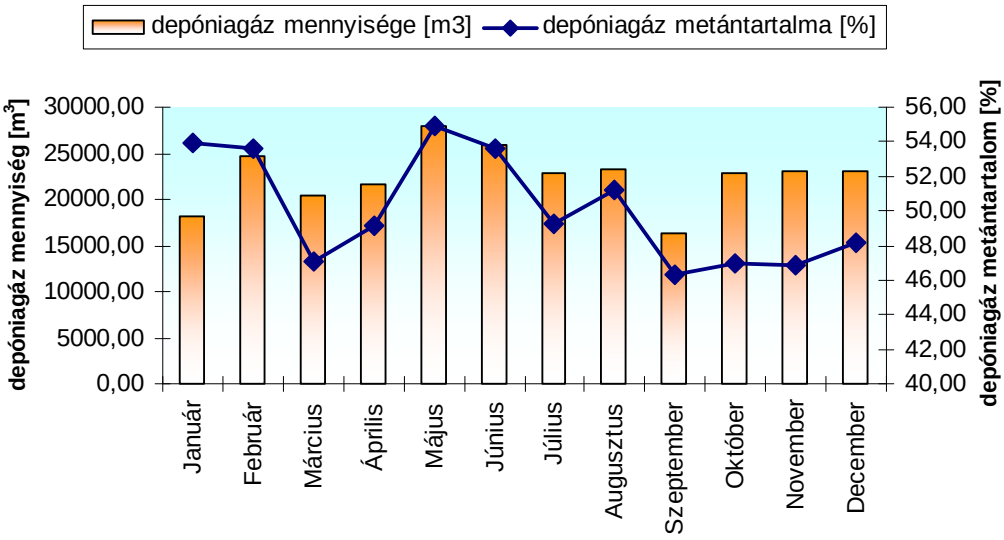
Az elszívó rendszer vissza szabályzása miatt kevesebb depóniagáz termelődik, így az átlag metántartalom értéke 53,91%. A februári átlaghőmérséklet értéke 5,83°C, a kedvező csapadék mennyiségi paraméterek hatására a depóniagáz termelődés 24.764,41 m^3/hó kitermelést mutat, 53,60%-os metántartalmi értékek mellett.

56. táblázat Hulladéklerakó telepen kinyert depóniagáz mennyisége és minősége 2007-ben

Hónap	**Depóniagáz CH_4 [%]**	**Depóniagáz mennyisége [m^3/hó]**	**Csúcs óraszám [h]**	**Csapadék mennyiség [mm/hó]**	**Átlag hőm. [°C]**	**Depóniagáz [m^3/h]**
Január	53,91	18150,41	292,50	26,5	5,65	62,05
Február	53,60	24764,41	335,25	35,20	5,83	73,75
Március	47,05	20416,65	325,75	48,80	9,46	62,67
Április	49,12	21562,23	332,25	10,30	13,41	66,91
Május	54,92	27859,25	358,25	98,30	18,35	77,76
Június	53,65	25998,36	339,25	111,00	22,17	76,63
Július	49,24	22771,35	396,81	32,80	23,58	57,38
Augusztus	51,19	23175,18	290,54	52,50	23,09	79,76
Szeptember	46,30	16407,71	233,84	68,80	15,14	70,16
Október	46,98	22846,56	326,82	51,60	11,38	69,90
November	46,89	22998,25	353,62	66,90	5,11	65,04
December	48,14	22966,35	328,95	23,50	0,82	69,81
Összesen	49,67	269916,71	3913,8	52,2		69,32

Depóniagáz fűtőértéke *17 MJ/Nm*^{3}=4,675 kWh/Nm^3=13,06 MJ/kg

Március és április hónapokban közel azonos szintű termelődésről beszélhetünk (20.416-21.562 m^3/hó), ami a kedvező környezeti viszonyok alakulásában látszik megnyilvánulni. Az átlaghőmérsékleti értékek 9,46-13,41°C között változnak, ezzel megegyezően a depóniagázok metántartalma 47,05-49,12% között mozogtak. A depóniagáz kinyerő rendszer csúcskihasználási tényezője 325,25-332,25h adódott, így megállapítható, hogy az időegységre vetített gáztermelődés 62,67-66,91 m^3/h. Május és június hónap a depóniagáz termelődés szempontjából a legkedvezőbb üzemeltetési időszak. Az átlaghőmérsékleti értékek 18,35-22,17°C-ra növekednek, így elősegítik a depóniagáz termelődését, ami a mért adatokból is látszik 25.998-27.859 m^3/hó. A csúcskihasználási tényezők és a kedvező feltételek miatt a kitermelt óránkénti depóniagáz mennyisége eléri a 76,63-77,76 m^3/h-t. Az átlaghőmérséklet hatása a hulladéklerakóban lezajló mikrobiológiai folyamatokra és így keletkezett depóniagázra egy lassú folyamat, mivel a nagy térfogat felmelegedéséhez idő szükséges.



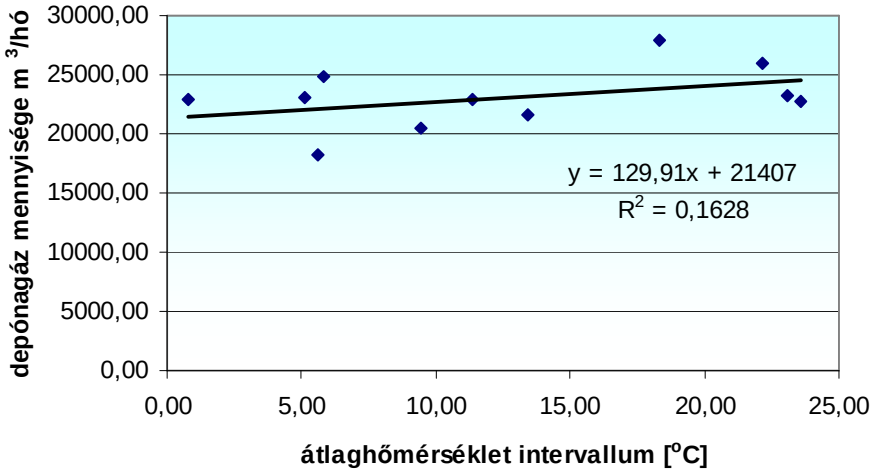
20. diagram Depóniagáz mennyiségének és metántartalmának változása a vizsgált időszakban

Július és augusztus hónapban a magas átlaghőmérsékleti (22,17-23,58 C°) értékek miatt, illetve csapadékszegény időjárási viszonyok között a depóniagáz termelődése lecsökkent az előző hónapokhoz képest 22.771-23.175 m^3/hó-ra. Ezt mérsékelni az elszívó kompresszorok szabályzásával lehet, csökkenteni kell az elszívás mértékét a metántartalom stabilitása miatt, illetve a csurgalékvíz visszaöntözésével a kedvező mikrobiológiai feltételeket kell megteremteni. A metántartalmi értékek alakulása 49,24-51,19% értéket mutat, jellemzően a nyári időszakban kedvezőbb, mivel a beérkezett hulladékok szerves anyag tartalma magasabb a többi hónaphoz képest.

A legkedvezőbb depóniagáz termelődéssel az augusztusi hónapban találkoztam 79,76 m^3/h mellett 51,19% átlagos metántartalmat mértem. A tavaszi és nyár hónapokban képződött csurgalékvíz visszaöntözésével kedvező mikroklímát tudok biztosítani a baktériumok számára, illetve az öngyulladásból származó tűzesetek számát tudom csökkenteni.

Szeptemberben mértem a legkedvezőtlenebb átlag metántartalmi értékeket 46,30%-t, a kitermelt depóniagáz mennyisége 16.407 m^3/hó volt. Az átlaghőmérsékleti érték 15,14C° környékén változott, ez még viszonylag kedvező értéknek mondható, de a gáz kinyerő rendszer meghibásodása és a karbantartása miatt a legkisebb csúcskihasználási tényező adódott 233,84h. Ami azt jelenti, hogy átlagosan 70,16 m^3/h volt a depóniagáz kitermelés.
Október- november- december hónapokban az átlaghőmérséklet rohamosan csökkent 11,38-5,11-0,82 °C- ra. A gázkinyerő rendszer folyamatos üzeme mellett viszonylag stabil metán összetételt 46,89-48,14%-t, illetve a gázmotorok folyamatos működéséhez szükséges depóniagáz mennyiséget 22846-22998 m^3/hó-t tudtam mérni.

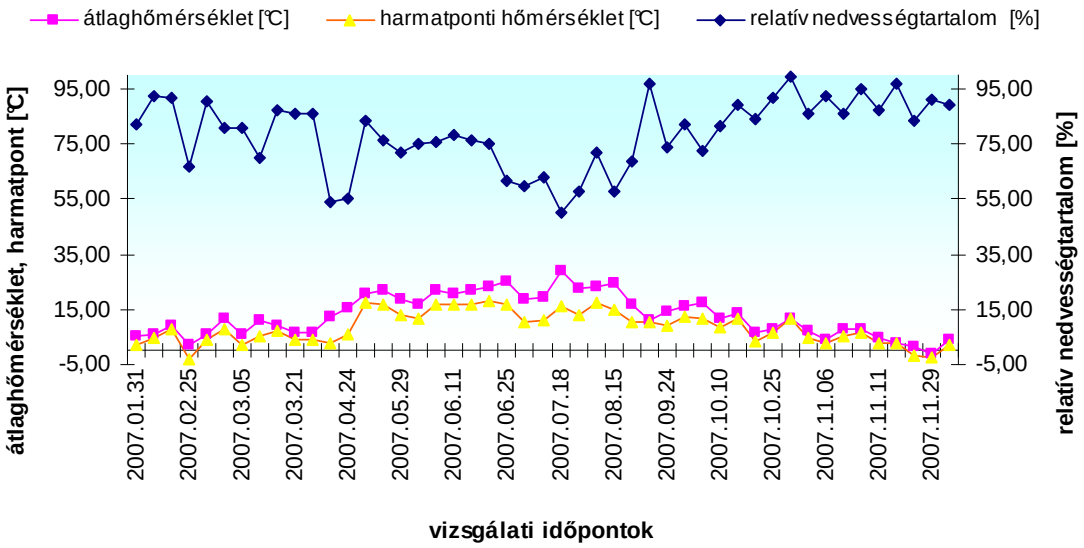
A depóniagáz mennyiségét és az átlaghőmérsékleti intervallumok változását összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményei a 21. diagramban láthatóak. Melyben a következő egyenlettel írható le a depóniagáz mennyiségének változása az átlaghőmérsékleti intervallumok függvényében: y=129,91x+21407 az R^2=0,1628. A korrelációs együttható értéke r=0,42, az összefüggések szorossága közepes értéket mutat. Ami alapján kijelenhető, hogy éves szinten az átlaghőmérsékleti intervallumok emelkedése a depóniagáz mennyiségének emelkedését idézi elő.



21. diagram Depóniagáz mennyisége és az átlaghőmérséklet változása közötti összefüggések

4.3.2. Depóniagáz metántartalmának változása a relatív nedvességtartalom függvényében

Vizsgálataim első részében az összes gázkút esetében kerestem összefüggéseket a meteorológiai állomás által szolgáltatott levegő relatív nedvességtartalmi adatok és a hulladéklerakóból kinyert depóniagáz metántartalma között. Az eredmények feldolgozása során fontos szempont elemezni a vizsgálati időszakban hogyan alakultak a hőmérsékleti, harmatponti és levegő relatív nedvességtartalmi értékek, ezeknek a grafikus ábrázolását végeztem el a 22. diagramban. A előzőekben ismertettet összefüggések alapján elmondható, hogy a levegő relatív nedvességtartalom változása és a depóniagáz metántartalma közötti kapcsolat nem szoros, mivel a depóniatest egy nagyméretű bioreaktornak fogható fel, ezáltal a környezeti hatások bizonyos késleltetéssel jelennek meg.



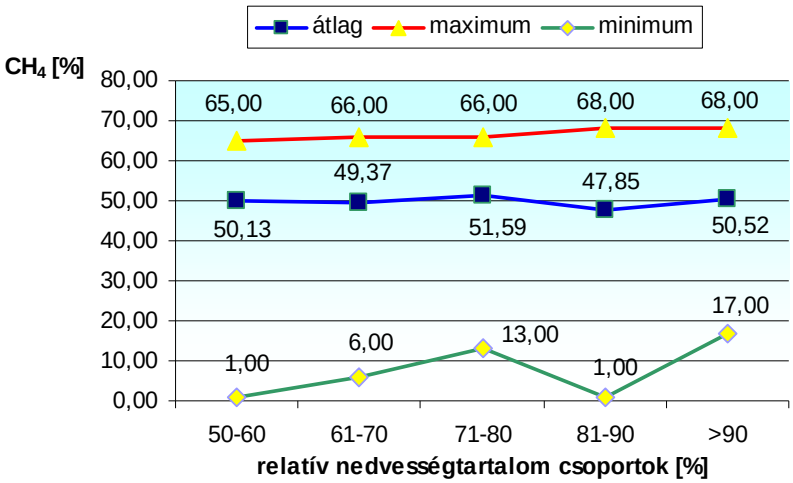
22. diagram Vizsgálati időpontokban átlaghőmérséklet, levegő relatív nedvesség értékek alakulása

Az eredményeimet az 57. táblázat szemlélteti, melyben a minimum és a maximum adatok a 1-68% CH_4 tartalom között változtak. Átlagosan a legnagyobb elemszámnál tapasztaltam a 4. csoportnál (81-90%) 47,85%-os metántartalmat. A legkedvezőtlenebb értéket 49,37%-os metántartalmat 2. csoportnál 61-70%-os levegő relatív nedvességtartalom mellett tapasztaltam. A legkedvezőbb értéket 110db elemszámú 3. csoportnál (71-80%) tapasztaltam, 51,59%-os metántartalom mellett.

57. táblázat A relatív nedvességtartalom és a metántartalom közötti összefüggések eredményei

Nedvesség tartalom csoport	Relatív nedvességtartalom [%]	n [db]	CH_4 átlag [%]	Variációs koefficiens CV% [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intevallum		Minimum [%]	Maximum [%]
						Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	50-60%	66	50,13	26,92	13,512	46,82	53,45	1	65
2. csoport	61-70%	55	49,37	29,72	14,677	45,4	53,33	6	66
3. csoport	71-80%	110	51,59	23,59	12,172	49,29	53,89	13	66
4. csoport	81-90%	176	47,85	32,47	15,541	45,54	50,16	1	68
5. csoport	>90%	110	50,52	28,64	14,469	47,79	53,26	17	68
	Összesen	517	49,67	28,82	14,319	48,43	50,9	1	68

Az összes gázkútban az átlagos metántartalom értéke megfelelő szabályzás mellett 49,67%-os értéket mutatott, ami az előző vizsgálataim eredményeiből is látható volt. Ez az érték az energetikai hasznosítás minimum feltételeit teljesíti. A 23. diagramban az eredmények grafikus ábrázolásából is látszik, hogy az összes vizsgált csoport esetében a levegő relatív nedvességtartalmának változása nem eredményez jelentős depóniagáz metántartalmi eltérést.



23. diagram A levegő relatív nedvességtartalom és a metántartalom közötti összefüggések

A variációs koefficiens értéke a 3. csoport esetében CV%=23,59%-t mutatott mivel szórás értéke s=12,172% és a minimum és maximum értékek 13-66% metántartalmi érték között ingadoztak. A 3. csoportnál legkedvezőbb metántartalmi értékek okozhatják ezt a jelenséget, mivel az 5. csoport esetében is a minimum és maximum értékek változása kedvező, azonban a szórás értékének emelkedése és az átlag metántartalomi érték csökkenése a variációs koefficiens értékét CV%=28,64%-ra módosítja. Az 1. és 4. csoport esetében 1% -os metántartalmi értéket is mértem a vizsgálati időszakban, ami miatt a teljes vizsgálati tartományban a variációs koefficiens értéke CV%=28,82% változékony értéket mutat s=14,319% szórás mellett.

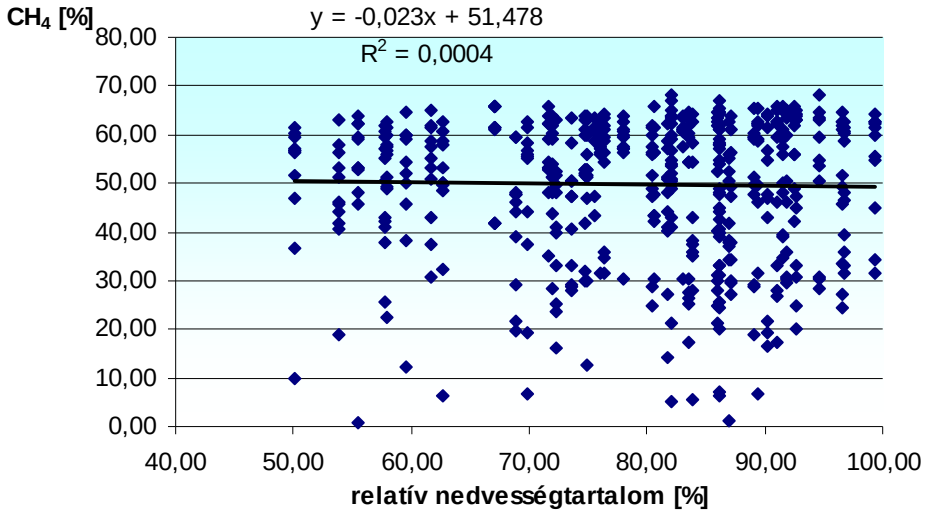
Elvégeztem a csoportpárok között a varianciaanalízist, ami szignifikáns eredményeket igazolt. A szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján, mivel a szignifikancia szint 0,259, a minta homogén és az LSD tesztet használtam. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek eredményei a 58. táblázatban látható. Az eredmények statisztikai feldolgozása során a legnagyobb metántartalmi különbséget a 4. csoport (81-90%) és a 3. csoport (71-80%) között mértem, a metántartalmi eltérés 3,735% volt. Szignifikáns eltérések a 4.-3. csoport között (sig=0,010) P<5% szignifikáns különbséget mutat.

58. táblázat A vizsgált csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

Nedvesség tartalom csoport	Relatív nedvesség tartalom [%]	**1. csoport** 50-60%	**2. csoport** 61-70%	**3. csoport** 71-80%	**4. csoport** 81-90%	**5. csoport** >90%
1. csoport	50-60%	-	ns	ns	ns	ns
2. csoport	61-70%	0,768	-	ns	ns	ns
3. csoport	71-80%	1,452	2,219	-	*	ns
4. csoport	81-90%	2,284	1,516	3,735	-	ns
5. csoport	>90%	0,388	1,155	1,064	2,671	-

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

Az összes gázkút metántartalmi értékeinek változását és a levegő relatív nedvességtartalmi értékeit összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem. Melynek eredményei a 24. diagramban láthatóak, ahol a következő egyenlettel írható le a gázkútra jellemző metántartalom és a relatív nedvességtartalom alakulása: y=-0,023x+51,478 az R^2=0,0004. A lineáris regressziós vizsgálat eredményei alapján elmondható, hogy a levegő relatív nedvességtartalmának változása egy adott hulladéklerakó telepen képződött depóniagáz minőségi paramétereinek változását nem befolyásolja, mivel a korrelációs együttható értéke r=0,002.



24. diagram Metántartalom változása a levegő relatív nedvességtartalma függvényében

A levegő relatív nedvességtartalmának hatása a gázkutankénti metántartalomra

Vizsgálataim további részében összefüggéseket kerestem az egyes gázkutakra jellemző metánértékek és a levegő relatív nedvességtartalmi értékei között. Ezért mind a 11 db gázkút metántartalmi értékét és a hozzá tartozó relatív nedvességtartalmi csoportokat összerendeltem és táblázatok segítségével ábrázolom (M38. melléklet). A 11 db gázkút esetében (59. táblázat) az átlag metántartalmi értékek 32,53%-61,12% között változtak. A 2. gázkút esetében tapasztaltam 32,53%-ot, ami legkedvezőtlenebb értéket volt. A többi gázkút esetében az átlag metántartalom értékei a energetikai hasznosítás feltételit kielégítik.

59. táblázat Gázkutak metántartalmi értékei a relatív nedvességtartalmi csoportok függvényében.

Nedvesség tartalom csoport	n [db]	**1. gázkút** CH_4 [%]	**2. gázkút** CH_4 [%]	**3. gázkút** CH_4 [%]	**4. gázkút** CH_4 [%]	**5. gázkút** CH_4 [%]	**6. gázkút** CH_4 [%]	**7. gázkút** CH_4 [%]	**8. gázkút** CH_4 [%]	**9. gázkút** CH_4 [%]	**10. gázkút** CH_4 [%]	**11. gázkút** CH_4 [%]
1. csoport	6	49,52	36,83	44,32	57,97	54,07	60,77	53,15	58,13	27,08	52,48	57,17
2. csoport	5	54,66	39,16	49,56	49,84	51,62	60,16	56,58	55,1	35,98	46,62	43,76
3. csoport	10	52,89	33,25	50,78	58,22	55,07	60,89	51,32	60,59	40,06	52,52	51,86
4. csoport	16	43,34	22,01	41,54	47,6	48,17	60,23	51,97	58,96	55,62	55,47	41,46
5. csoport	10	42,12	42,75	35,58	55,19	52,46	63,45	52,12	59,9	55,87	58,45	37,86
Összesen	47	47,1	32,53	43,45	53,03	51,67	61,12	52,5	58,99	46,63	54,15	45,16

Homogenitás vizsgálatot végeztem a Levene-teszt segítségével, melynek az eredményei a következőek: 1.gázkút (sig=0,041), 2.gázkút (sig=0,196), 3.gázkút (sig=0,065), 4.gázkút (sig=0,035), 5.gázkút (sig=0,088), 6.gázkút (sig=0,151), 7.gázkút (sig=0,132), 8.gázkút (sig=0,219), 9.gázkút (sig=0,055), 10.gázkút (sig=0,369), 11.gázkút (sig=0,009). A statisztikai vizsgálat során az egyes gázkutakra jellemző levegő relatív nedvességtartalmi csoportpárok között összefüggéseket állapított meg, ezek eredményei a következőképpen alakultak.

Az 1. gázkútnál a homogenitás vizsgálat kimutatta, hogy a csoportok adatai heterogének ezért a Tamhane tesztet használtam. Ebben az esetben a csoportpárok közötti varianciaanalízis nem igazolt szignifikáns különbséget, ami alapján kijelenthető, hogy az 1. gázkútra jellemző biológiai háttér és a hulladéklerakón való elhelyezkedése alapján a levegő nedvességtartalmának változása nem befolyásolja a depóniagáz metántartalmi értékét. A 2. gázkút esetében a homogenitás vizsgálat szerint a minták homogének, ezért az LSD tesztet használtam A legnagyobb különbséget az 5. csoport (>90%) és a 4. csoport (81-90%) között tapasztaltam, 20,738% metántartalom volt. A csoportpárok között varianciaanalízis egy esetben mutatott szignifikáns különbséget az 5. csoport (>90%) és a 4. csoport (81-90%) között (sig= 0,004) P<1%-os szignifikáns eltérés mellett.

A 3. gázkút homogenitás vizsgálata alapján a minták homogének, ezért az LSD tesztet használtam. Elvégeztem az egyes csoportok közötti statisztikai feldolgozást, melynek eredményei a 60. táblázatban láthatóak. A legnagyobb különbséget az 5.-3. csoport között tapasztaltam 15,20% metántartalom mellett. Jelentős eltérés tapasztaltam az 5.-2. csoportpárok és a 4.-3. csoportok között, 13,98% illetve 9,23% metántartalom különbség adódott. Ezek alapján elmondható, hogy a csoportpárok között varianciaanalízis három esetben mutatott szignifikáns különbséget az 5.-3. csoportok között (sig=0,000) P<1%, a 5.-2. csoportok között (sig=0,005) P<5% és a 4.-3. csoportpárok között (sig= 0,012) P<5% szignifikáns eltérések láthatóak.

60. táblázat 3. gázkútban a csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

Nedvesség tartalom csoport	Relatív nedvesség tartalom [%]	**1. csoport** 50-60%	**2. csoport** 61-70%	**3. csoport** 71-80%	**4. csoport** 81-90%	**5. csoport** >90%°
1. csoport	50-60%	-	ns	ns	ns	ns
2. csoport	61-70%	5,243	-	ns	ns	**
3. csoport	71-80%	6,463	1,220	-	*	**
4. csoport	81-90%	2,773	8,016	9,236	-	ns
5. csoport	>90%	8,737	13,980	15,200	5,964	-

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

A 4. gázkút homogenitás vizsgálat eredményei alapján a minták heterogének, ezért az Tamhane tesztet használtam. A legnagyobb különbséget a 4. csoport (81-90%) és a 3. csoport (71-80%) elemei között tapasztaltam, 10,625% metántartalmi különbség adódott. A csoportpárok között varianciaanalízis egy esetben mutatott szignifikáns különbséget, a 4.-3. csoport között (sig= 0,025) P<5% szignifikáns eltérés tapasztalható. Az 5,6,7,8. gázkutak homogenitás vizsgálata során a minták homogének, ezért az LSD tesztet használtam a statisztikai feldolgozás során. A csoportpárok közötti varianciaanalízis egy esetben sem mutatott ki szignifikáns különbséget. Ezeknél a gázkutaknál megállapítható, hogy a levegő nedvességtartalmának változása és a depóniagáz metántartalma között nincs összefüggés.

A 9. gázkút homogenitás vizsgálata során megállapítottam, hogy a minták homogének, ezért az LSD tesztet használtam. A statisztikai feldolgozás során bizonyos csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, ezért elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is. A 61. táblázatban a vizsgált csoportok metántartalmának különbsége az átló alatt és az átló felett a csoportpárok eredményei közötti szignifikancia eredmények a láthatóak. A legnagyobb különbséget az 5.-1. csoport, illetve a 4.-1. csoportpárok között tapasztaltam, a metántartalmi különbség 28,78%, illetve 28,53% volt. Az eredményekből látszik, hogy a 9. gázkútnál az átlag levegő nedvességtartalmi csoportpárok között további különbségek adódtak. Az 5.-2. és az 5.-3. csoportpárok között 19,89%, illetve 15,81% metántartalom különbségeket állapítottam meg. A 4.-2. illetve a 4.-3. csoportpárok között is találtam jelentős metántartalmi különbségeket, 19,63-15,59%-ot állapítottam meg.

61. táblázat 9. gázkútban a csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

Nedvesség tartalom csoport	Relatív nedvesség tartalom [%]	**1. csoport** 50-60%	**2. csoport** 61-70%	**3. csoport** 71-80%	**4. csoport** 81-90%	**5. csoport** >90%°
1. csoport	50-60%	-	ns	ns	**	**
2. csoport	61-70%	8,897	-	ns	**	*
3. csoport	71-80%	12,977	4,080	-	**	*
4. csoport	81-90%	28,535	19,639	15,559	-	ns
5. csoport	>90%	28,787	19,890	15,810	0,251	-

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

Ezek alapján kijelenhető, hogy a csoportpárok között varianciaanalízis hat esetben mutatott szignifikáns különbséget. Az 5.-1. csoportok között (sig=0,000) P<1%, az 5.-2. csoportok között (sig=0,012) P<5%, 5.-3. csoportpárok között (sig= 0,014) P<5% szignifikáns eltérések találhatóak. A 4.-1. csoportpárok között (sig=0,000) P<1%, a 4.-2. csoportpárok között (sig=0,008) P<1%, illetve a 4.-3. csoportpárok esetében (sig=0,008) P<1% szignifikáns eltérések állapíthatóak meg.

A 10. gázkút homogenitás vizsgálat eredményei alapján a minták homogének, ezért az LSD tesztet használtam. A legnagyobb különbséget az 5.-2. csoportpárok között tapasztaltam 11,83% metántartalmi különbség mellett. A csoportpárok között varianciaanalízis egy esetben mutatott szignifikáns különbséget az 5.-2. csoport között (sig= 0,031) P<5% szignifikáns eltérés mellett.

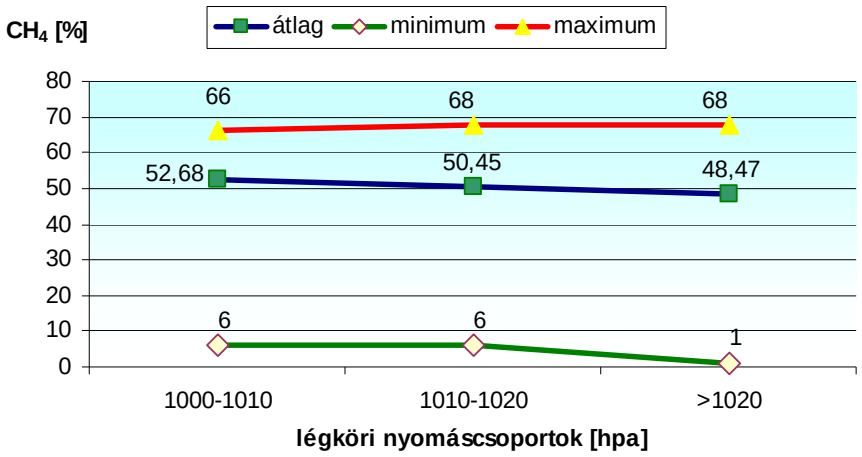
A 11. gázkút homogenitás vizsgálat eredményei alapján a minták heterogén értékeket mutatott ezért, a statisztikai feldolgozás során a Tamhane tesztet használtam. A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, egy esetben az 5.-2. csoportpárok között (sig=0,031) P<5% szignifikancia szinten.

4.3.3. Depóniagáz metántartalmának változása a légköri nyomás függvényében

Vizsgálataim első részében az összes gázkút esetében kerestem összefüggéseket a meteorológiai állomás által szolgáltatott napi átlag légköri nyomás és a hulladéklerakóból kinyert depóniagáz metántartalmi adatai között (M35. melléklet). Az eredményeket a 62. táblázatban szemléltetem. A minimum és a maximum adatok a 1-68% CH_4 tartalom között változtak. A legkedvezőbb értéket a 1. csoportnál 1000-1010hpa közötti tartományban mértem, 52,68%-os metántartalom adódott. A legnagyobb elemszámnál a 2. csoport esetében 1010-1020hpa között tartományban 50,45% metántartalmat állapítottam meg. A legkedvezőtlenebb értéket 48,47%-os metántartalmat 3. csoportnál 1020hpa feletti tartományban mértem.

62. táblázat A légköri nyomás és a metántartalom közötti összefüggések eredményei

Légköri nyomás csoport	Légköri nyomás [hpa]	n [db]	CH_4 átlag [%]	Variációs koefficiens CV% [%]	szórás [%]	95% Konfidancia 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



25. diagram A légköri nyomás és a metántartalom közötti összefüggések eredményei

Az eredmények grafikus ábrázolása során megállapítható a 25. diagramban, hogy az átlag légköri nyomás változása és a metántartalmi értékek között nem tapasztalható jelentős különbség. Közvetlenül nem befolyásolja a légköri nyomás változása a hulladéklerakóban keletkező depóniagáz metántartalmát mivel a hulladéklerakó külső felületét borító földréteg szigetelő hatása miatt a környezeti hatások bizonyos késleltetéssel jelennek meg.

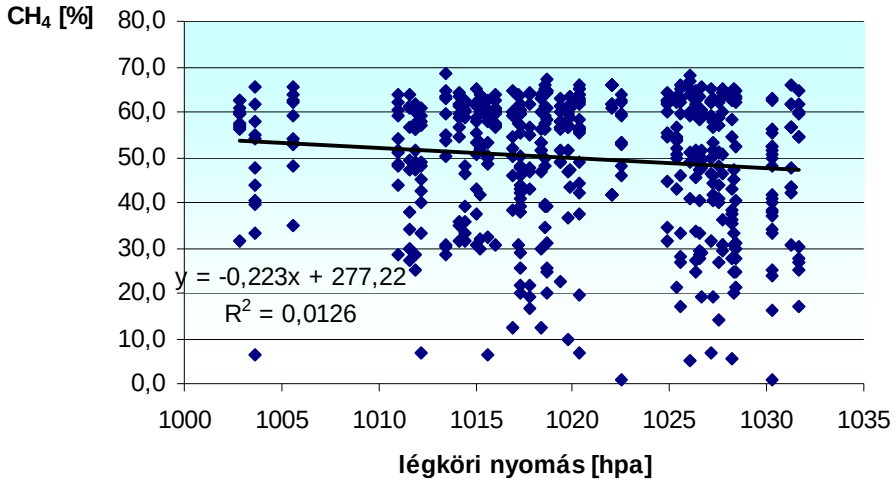
A variációs koefficiens értéke a 1. csoport esetében CV%=23,74%-t mutatott mivel szórás értéke s=12,509% és a minimum és maximum értékek 6-66% metántartalmi érték között ingadoztak. A 3. csoport esetében 1% -os metántartalmi értéket is mértem a vizsgálati időszakban, ami miatt a variációs koefficiens értéke CV%=31,72% változékony értéket mutat. A csoportpárok homogenitás vizsgálata során a minták heterogén eredményeket mutattak ezért, a statisztikai feldolgozás során a Tamhane tesztet használtam. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek eredményei a 63. táblázatban láthatóak. A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket nem igazolt. Nem találtam szignifikáns eltéréseket a légköri nyomás csoportjainak a módosítása során képzett csoportok esetében sem a depóniagáz metántartalmára.

63. táblázat A vizsgált csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

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%

Az összes gázkútra jellemző metántartalmi értékeket és az átlag légköri nyomás értékeket összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményei a 26. diagramban láthatóak. Ahol a következő egyenlettel írható le a gázkútra jellemző metántartalom változása és a légköri nyomás alakulása: y=-0,223x+277,22 az R^2=0,0126. A korrelációs együttható r=0,11 értéket mutat, ami alapján elmondható, hogy közvetlenül a légköri nyomás változása adott vizsgálati körülmények mellett keletkezett depóniagáz minőségi paramétereinek változását nem befolyásolja. Azonban a grafikus ábrázolásból tendencia látható ahol a légköri nyomás emelkedése a gázkutakban képződött depóniagáz metántartalmát csökkentheti. Azzal magyarázható, hogy a légnyomás emelkedésével a hulladéktestbe bediffundáló levegő hatására, a képződött depóniagáz oxigén tartalma nő ezáltal a metántartalma pedig csökken. A teljes depóniagáz produktumot nézve ennek az értéke azonban elhanyagolható.



26. diagram A depóniagáz metántartalmának változása a légköri nyomás függvényében

Az átlag légköri nyomás változás hatása a gázkutankénti metántartalomra

Vizsgálataim további részében összefüggéseket kerestem az egyes gázkutakra jellemző metántartalmi értékek és a vizsgálati időszakban az átlag légköri nyomás értékek között. Ezért mind a 11 db gázkút metántartalmi értékét és a hozzá tartozó légköri nyomás csoportokat összerendeltem és táblázatok segítségével ábrázolom (M39. melléklet). Az 1. csoport legkedvezőtlenebb értéket a 2. gázkútnál tapasztaltam, itt 24,27% metántartalom volt, a legkedvezőbb metántartalmi értéket pedig az 5. gázkút esetében állapítottam meg 63,03% metántartalom mellett (64. táblázat). Azonban elmondható, hogy ebben a csoportban összesen három alkalommal volt a légköri nyomás átlagértéke 1000-1010hpa között. A 2. csoporthoz tartozó légköri nyomásértékek mintaszáma 22db volt, ez már megfelelő a következtetések levonásához. Ebben a csoportban a minimum és maximum értéke változása 38,34-60,66% között voltak, a legkedvezőtlenebb a 9. gázkút, a legkedvezőbb érték a 6. gázkút esetében adódott. A 3. csoportban a minták száma 22db volt, a legkedvezőbb metántartalmi értéket a 61,41%-ot a 6. gázkútnál mértem, a legkedvezőtlenebb érték a 2. gázkútnál adódott 25,73% metántartalom mellett.

64. táblázat Az egyes gázkutak metántartalmi értékei a légköri nyomás csoportok függvényében.

Légköri nyomás csoportok	n [db]	**1. gázkút** CH_4 [%]	**2. gázkút** CH_4 [%]	**3. gázkút** CH_4 [%]	**4. gázkút** CH_4 [%]	**5. gázkút** CH_4 [%]	**6. gázkút** CH_4 [%]	**7. gázkút** CH_4 [%]	**8. gázkút** CH_4 [%]	**9. gázkút** CH_4 [%]	**10. gázkút** CH_4 [%]	**11. gázkút** CH_4 [%]
1. csoport	3	56,40	24,27	54,73	54,77	63,03	62,30	56,73	53,83	53,37	52,03	47,97
2. csoport	22	51,57	40,46	46,47	53,01	53,28	60,66	52,60	58,29	38,34	52,34	47,91
3. csoport	22	41,37	25,73	38,89	52,82	48,51	61,41	51,83	60,40	54,00	56,25	42,02
Összesen	47	47,10	32,53	43,45	53,03	51,67	61,12	52,50	58,99	46,63	54,15	45,16

Homogenitás vizsgálatot Levene-teszt segítségével végeztem, megállapítottam a gázkutak homogének vagy heterogének. Az eredményei a következőek. 1.gázkút (sig=0,635), 2.gázkút (sig=0,829), 3.gázkút (sig=0,090), 4.gázkút (sig=0,999), 5.gázkút (sig=0,268), 6.gázkút (sig=0,328), 7.gázkút (sig=0,248), 8.gázkút (sig=0,953), 9.gázkút (sig=0,000), 10.gázkút (sig=0,896), 11.gázkút (sig=0,059). Az összes gázkút esetében a LSD tesztet használom, a 9. gázkút esetében viszont a minta heterogén állapota miatt Tamhane tesztet végeztem el.

A statisztikai vizsgálat során az egyes gázkutakra jellemző légköri nyomáscsoportok közötti összefüggéseket állapítottam meg, ezek eredményei a következőek voltak. Az 1. gázkútnál a 3.-2. csoport között 10,19% metántartalom különbség adódott. A csoportpárok közötti varianciaanalízis 3.-2. csoportpárok között talált (sig=0,013) P<5% szignifikáns különbséget. A 2. gázkút esetében a legnagyobb különbséget a 3.-2. csoportpárok között tapasztaltam, ebben az esetben a különbség 14,73% volt. A csoportpárok közötti varianciaanalízis, a 3.-2. csoportpárok között talált (sig=0,006) P<5% szignifikáns különbséget. A 3. gázkút esetében a legnagyobb különbséget szintén a 3.-1. és a 3.-2. csoportpárok között tapasztaltam, 15,84-7,58% volt. A csoportpárok közötti varianciaanalízis két esetben, a 3.-2. csoport között (sig=0,007) P<5% és a 3.-1. csoportpárok között (sig=0,006), P<1% észlelt szignifikáns különbséget. Az 5. gázkút esetében a legnagyobb különbséget szintén a 3.-1. csoportpárok között tapasztaltam, 14,52% volt. A csoportpárok közötti varianciaanalízis, egy esetben talált szignifikáns különbséget a 3.-1. csoport között (sig=0,014) P<5% szinten. A 9. gázkút esetében a legnagyobb különbséget a 3.-1. illetve 2.-1. csoportpárok között tapasztaltam, 15,65-15,02% volt. A csoportpárok közötti varianciaanalízis, két alkalommal talált szignifikáns különbséget mindkét esetben a szignifikáns eltérések P<5% szinten találhatóak.

A 4,6,7,8,10,11 gázkutaknál a csoportpárok közötti varianciaanalízis egy esetben sem mutatott ki szignifikáns különbséget. Ez alapján elmondható, hogy ezeknél a gázkutaknál a légköri nyomás változása és a termelődött depóniagáz metántartalma között nincs összefüggés.

A 11db gázkút esetében a metántartalom változását és az átlag légköri nyomás értékeket összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményei a 65. táblázatban találhatóak. A következő egyenletekkel írható le a gázkútra jellemző metántartalom változás és a légköri nyomás alakulása.

65. táblázat Lineáris regresszió vizsgálat eredményei

	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

Az adatok feldolgozásából látszik, hogy a légköri nyomás változása a metántartalomra csak a 1,3,5. gázkút esetében az összefüggés szorossága közepes korrelációt mutat. Ezeknél a gázkutaknál a lineáris regresszió vizsgálat eredménye negatív korrelációt állapított meg, melynek értékei a következőképpen alakultak: 1.gázkút r=0,4, 3.gázkút r=0,49, 5.gázkút r=0,44. Ezekről a gázkutakról kijelenthető, hogy a légkör nyomás emelkedése a metántartalmi értékek csökkenését eredményezik. Azonban 11db gázkútból a 2,4,8,9,10,11 gázkút eredményei alapján elmondható, hogy a korreláció laza kapcsolat mutat a légköri nyomás változása és a metántartalom értékei között. Ezek alapján tendencia látszik adott hulladéklerakó telepen keletkezett depóniagáz metántartalma és a légköri nyomás változása között. A légköri nyomás emelkedésével a képződött depóniagáz metántartalma csökkenhet, ami azzal magyarázható, hogy a légnyomás változása hatással van a hulladéktestben lezajlódó folyamatokra, ezáltal depóniagáz oxigéntartalma emelkedik, metántartalom csökken.

4.3.4. Depóniagáz metántartalmának változása a különböző szélsebesség intervallumokban

A vizsgálatok során az összes gázkút esetében kerestem összefüggéseket a különböző szélsebesség intervallumok és a hulladéklerakóból kinyert depóniagáz metántartalma között (M.40. melléklet). A hulladéklerakó építése során a prizmák magassága elérheti a 15-30 métert is. Ebben a magasságban feltételezhető, hogy az uralkodó szélviszonyok és szélsebességek hatására a hulladéklerakó telep felső szintjeiben az elszívás ellenére a metán a szabadba távozhat. Ez a jelenség a hulladéklerakó betöltése folyamán akkor jelentkezik nagyobb mértékben, amikor a prizmák külső oldalán épített 3m széles és 2m magas földsáncok magassága nagyobb lesz, mint a hulladéklerakóban a hulladék magassága. Ezáltal a gázkutakból kitermelt depóniagáz metántartalma jelentősen lecsökkenhet és oxigénben dúsulhat. Ez az állapot egy hulladéklerakó telepi depóniagáz hasznosítás esetében akár üzemeltetési és biztonságtechnikai kockázatokat jelenhet.

Az eredményeimet a 66. táblázatban szemléltetem, ahol a minimum és a maximum értékek a 1-68% CH_4 tartalom között változtak. A legkedvezőbb értéket 51,87%-os metántartalmat a 2. csoportnál, $0,6m/s>v_{sz}\leq1m/s$ intervallumban mértem, n=99db elemszám mellett. A legkedvezőtlenebb értékeket - a feltételezéseimmel ellentétesen - az 1. csoportnál tapasztaltam, ahol a szélsebesség $v_{sz}\leq0,6$ közötti intervallumban található, illetve a 6. csoportnál $v_{sz}>2,4m/s$ szélsebesség intervallumban. Ezekben az esetekben a metántartalmi értékek következőképpen alakultak (47,30% és 49,53%). A eredményekből látszik, hogy az 3,4,5,6. csoport esetében a szélsebesség változása kismértékű metántartalmi eltéréseket mutat. Ezért elengedhetetlen feladat az elszívás mértékének és az uralkodó szélsebesség közti kapcsolatok összefüggéseit vizsgálni.

66. táblázat A szélsebesség intervallumok és a metántartalom közötti összefüggések eredményei

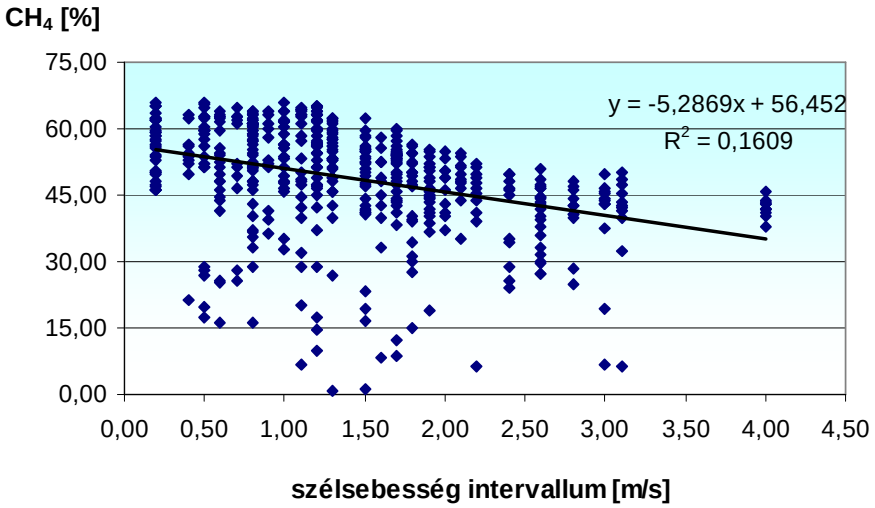
Szélsebesség csoportok	Szélsebesség intervallum [m/s]	n [db]	CH_4 átlag [%]	Variációs koefficiens CV% [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
						Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	88	47,30	31,22	14,771	44,17	50,43	7	66
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	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

A variációs koefficiens értéke CV%=22,81% a 2. csoport ($0,6>v_{sz}\leq 1$) szélsebesség intervallumában tapasztaltam. Ebben az esetben mértem a legkedvezőbb metántartalmi értéket, illetve a minimum és maximum értékek 14-66% metántartalom között változtak. A csoportpárok homogenitás vizsgálata alapján a minták homogén eredményt mutattak, ezért a statisztikai feldolgozás során az LSD tesztet használtam, a csoportok közötti elemzés eredményei a 67. táblázatban láthatóak. A legnagyobb különbséget az 2.-1. csoportpárok között állapítottam meg, 4,57% metántartalom mellett. A csoportpárok között varianciaanalízis egy esetben mutatott a 2.-1. csoport között, ahol (sig= 0,030) P<5%-os szignifikáns különbséget. Az összes gázkút metántartalmi értékének változását és a szélsebesség intervallum adatait összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredménye a 27. diagramban látható.

67. táblázat A szélsebesség intervallum csoportpárok eredményei és metántartalmi különbségek

Szélsebesség csoportok	Szélsebesség 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 = nem szignifikáns, * = P<5%, ** = P< 1%



27. diagram A depóniagáz metántartalmának változása különböző szélsebesség intervallumokban

Ahol a következő egyenlettel írható le a gázkútra jellemző metántartalom változás és a szélsebesség intervallumok közti kapcsolat: y=-5,2869x+56,452 az R^2=0,1699. A korrelációs együttható értéke r=0,48, vagyis a kapcsolatok szorossága az összes gázkútban képződött depóniagáz metántartalma és a hulladéklerakó telepre jellemző szélsebesség intervallumok változása között közepes. A lineáris regresszió vizsgálat alapján kijelenhető, hogy a szélsebesség intervallum változása a depóniagáz metántartalmát csökkentheti.

A szélsebesség intervallumokhoz tartózó metántartalmi értékek változása gázkutanként

Vizsgálataim további részében összefüggéseket kerestem az egyes gázkutakra jellemző metántartalmi értékek változása és a hulladéklerakóra jellemző szélsebesség intervallumok között (M40. melléklet). Ezért mind a 11 db gázkút metántartalmi értékét és a hozzá tartozó szélsebesség intervallum értékeket összerendeltem, melynek eredményeit a 68. táblázatban mutatom be. Az eredmények feldolgozásából látszik, hogy a 2. gázkút esetében az 1.-6. szélsebesség intervallumokhoz tartózó csoportokban tapasztaltam a legkedvezőtlenebb metántartalmi értékeket (23,63-37,57%), az átlag metántartalom értéke 32,53% volt. A legkedvezőbb metántartalmi értékeket a 6. gázkútnál tapasztaltam az 1.-6. szélsebesség intervallumhoz tatozó szélsebességi értékek mellett (58,06-63,85%), az átlag metántartalom 61,12% mellett alakult.

68. táblázat Az egyes gázkutak átlag metántartalmi értékei a szélsebesség csoportok függvényében

Szélsebesség intervallum csoportok	n [db]	**1. gázkút** CH_4 [%]	**2. gázkút** CH_4 [%]	**3. gázkút** CH_4 [%]	**4. gázkút** CH_4 [%]	**5. gázkút** CH_4 [%]	**6. gázkút** CH_4 [%]	**7. gázkút** CH_4 [%]	**8. gázkút** CH_4 [%]	**9. gázkút** CH_4 [%]	**10. gázkút** CH_4 [%]	**11. gázkút** CH_4 [%]
1. csoport	8	39,28	34,06	37,68	55,11	49,59	58,06	49,99	60,34	46,08	48,81	41,33
2. csoport	9	49,00	37,57	48,04	57,63	53,06	59,32	55,01	60,61	44,79	54,59	50,97
3. csoport	9	48,74	33,39	41,90	54,07	48,07	63,10	52,52	57,62	42,01	55,92	50,60
4. csoport	9	52,94	23,63	45,71	48,18	54,54	61,37	54,31	55,24	44,10	53,78	41,37
5. csoport	6	38,95	33,87	41,27	57,82	53,13	63,85	52,20	61,38	56,38	59,00	42,62
6. csoport	6	51,63	33,67	45,35	44,32	52,00	61,80	49,67	60,05	51,10	53,68	41,60
Összesen	47	47,10	32,53	43,45	53,03	51,67	61,12	52,50	58,99	46,63	54,15	45,16

A statisztikai vizsgálat során az egyes gázkutakra jellemző metántartalmi értékek és a jellemző szélsebesség intervallum csoportok között összefüggéseket állapítottam meg. Homogenitás vizsgálatot Levene- teszttel végeztem, mely során megállapítottam a minták homogének vagy heterogének. Az összes gázkút esetében a LSD tesztet használom mivel a minták homogének voltak. Az 1. gázkútnál a 3.-1. csoport között 13,66% metántartalom különbség állapítottam meg. A csoportpárok közötti varianciaanalízis vizsgálat során a 3.-1. csoportpárok között (sig=0,043) P<5%-os szignifikáns különbséget tapasztaltam. A 3. gázkút esetében a legnagyobb különbséget a 2.-1. csoportpárok között tapasztaltam, 10,36% volt. A csoportpárok közötti varianciaanalízis a 2.-1. csoport között (sig=0,037) P<5% szignifikáns eltérést mutat.

A 4. gázkút esetében a 6.-2. és a 6.-5. csoportpárok között tapasztaltam, 13,31-13,49%-os metántartalmi különbséget. A csoportpárok közötti varianciaanalízis, két esetben talált szignifikáns különbséget a 6.-2. csoport között (sig=0,033) P<5% és a 6.-5. csoportpárok között (sig=0,047) P<5% szignifikáns eltérések látszanak. A 6. gázkút esetében a legnagyobb metántartalmi különbséget a 3.-1. illetve 5.-1. csoportpárok között tapasztaltam, 5,03-5,78% volt. A csoportpárok közötti varianciaanalízis két esetben talált szignifikáns különbséget mindkét esetben a szignifikáns eltérések P<5%-os szinten találhatóak. A 2,5,7,8,9,10,11 gázkutaknál a csoportpárok közötti varianciaanalízis egy esetben sem mutatott ki szignifikáns különbséget.

A 11db gázkút esetében a metántartalmi értékeket és a szélsebesség intervallumokhoz tartozó szélsebesség értékeket összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményei a 69. táblázatban találhatóak. Amiben a következő egyenletekkel írható le a gázkútra jellemző metántartalom változás és a szélsebesség intervallumok közti kapcsolat. Az adatok feldolgozásából látszik, hogy a szélsebesség intervallumok változása a metántartalomra csak a 4,5,7,10. gázkút esetében mutat közepes korrelációt. Ezeknél a gázkutaknál a lineáris regresszió vizsgálat alapján a korrelációs együttható értéke r=0,57-0,66 között változott. Az 1,2,3,9,11. gázkutak esetében laza korrelációs összefüggések tárhatóak fel, ahol a korrelációs együttható értéke r=0,12-0,33 között változik. A 6.,8. gázkutak esetében viszont az összefüggések között szoros korrelációt állapítottam meg, ahol a korrelációs együtthatók értéke r=0,74-0,76. Összességében elmondható, hogy egy adott hulladéklerakó telepre jellemző szélsebesség intervallumok változása hatással van a képződött depóniagáz metántartalmára, mivel egyszerűen a hulladékdomb oldalán felfelé áramló levegő a hulladéktest tetején vákuumot eredményez és kihúzza az értékes depóniagázt a hulladéktestből, így a depóniagáz metántartalma lecsökkenhet.

69. táblázat Lineáris regresszió vizsgálat eredményei

	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

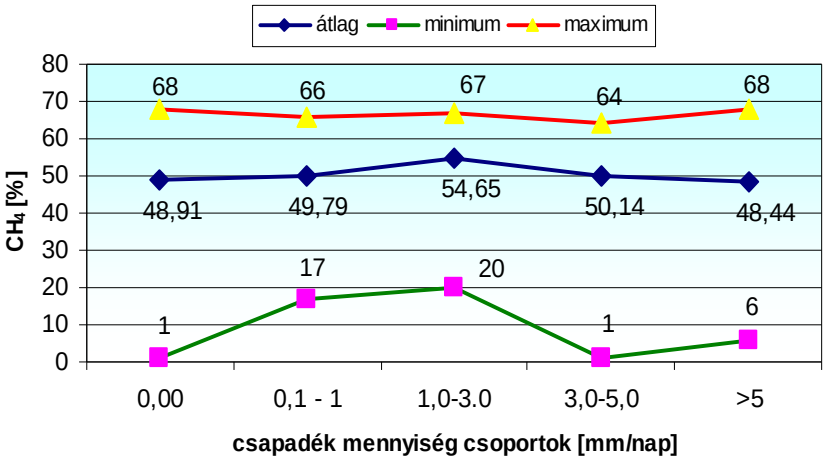
4.3.5. Depóniagáz minőségének és mennyiségének változása a csapadék mennyiségétől

Ebben a vizsgálati szakaszban az összes gázkút esetében kerestem összefüggéseket a meteorológiai állomás által szolgáltatott napi csapadék mennyiségi adatok és a hulladéklerakóból kinyert depóniagáz metántartalma között. Mivel jelentős eltérések lehetnek a száraz és nedves depóniatest gáztermelődése és metántartalmi értékei között, ezért ennek a területnek a vizsgálata a jelentős a teljes depóniagáz vertikumot nézve. Az eredményeit a 70. táblázatban szemléltetem, ahol a minimum és a maximum értékek 1-68% metántartalom között változtak. A legkedvezőbb értéket a 3.- 4. csoportoknál tapasztaltam 1-5 mm/nap csapadék intenzitás mellett 54,65-50,14%-os metántartalmat. A legnagyobb elemszámnál tapasztaltam a 1. csoport esetében 0 mm/nap csapadék mennyiség mellett 48,91% metántartalmat, a legkedvezőtlenebb értéket 48,44%-os metántartalmat 5. csoportnál 5 mm/nap csapadék mennyiség feletti tartományban mértem.

70. táblázat A csapadék mennyisége és a metántartalom közötti összefüggések eredményei

Csapadék mennyiség csoport	Csapadék mennyiség [mm/nap]	n [db]	CH_4 átlag [%]	Variációs koefficiens CV% [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
						Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	0	286	48,91	29,91	14,633	47,21	50,61	1	68
2. csoport	0,1 - 1	77	49,78	27,43	13,657	46,68	52,88	17	66
3. csoport	1 - 3	55	54,65	22,33	12,207	51,35	57,95	20	67
4. csoport	3-5	33	50,14	30,21	15,152	44,77	55,51	1	64
5. csoport	>5	66	48,44	29,83	14,450	44,89	51,99	6	68
	Összesen	517	49,67	28,79	14,319	48,43	50,90	1	68

A előzőekben ismertettet összefüggések alapján elmondható, hogy a 3., 4. csapadék mennyiség csoportok esetében mutatható ki kapcsolat a depóniagáz metántartalma és az adott hulladéklerakó telepre lehullott csapadék mennyisége között, melynek eredményei 28. diagramban láthatóak. Az 1, 2. csoportok esetében (0-1mm/nap) csapadék mennyiség tartományban az átlag metántartalmi értékek jelentősen romlottak (48,91-49,78%), mivel az anaerob lebomláshoz szükséges nedvességtartalom értéke csökkent. Azonban megfigyelhető volt az 5. csoport esetében amennyiben csapadék mennyisége elérte, illetve meghaladta az 5 mm/nap értéket, akkor a biológiai feltételek romlottak, a gázkutak környéke elvizesedett, ezáltal a termelékenysége és metántartalma jelentősen lecsökkent. Ebben a tartományban a csurgalékvíz visszajuttatását meg kell szüntetni a depóniagáz kitermelés fenntartása érdekében.



28. diagram A csapadék mennyiség és metántartalom közötti összefüggések eredményei

A variációs koefficiens értéke CV%=22,33%, szórás mértéke s=12,207, minták száma n=55db a 3. csoport (3-5mm/nap) csapadék mennyiség tartományában. Ebben az esetben mértem a legkedvezőbb metántartalmi értéket (CH_4=54,65%), illetve a minimum és maximum értékek 17-66% metántartalom között változtak. A csoportpárok között a varianciaanalízis szignifikáns eredményeket igazolt, mivel a szignifikancia szint P<5% a vizsgált paraméterek alakulásában. A homogenitás vizsgálat alapján a minta homogén, ezért az LSD tesztet használom. Elvégeztem az egyes csoportok közötti elemzést is, melynek eredményeit a 71. táblázatban tüntetem fel. Az statisztikai feldolgozása során az eredmények a következőképpen alakultak: a 3.-1. csoport, illetve a 5.-3. csoportpárok között 5,736% és 6,208%metántartalmi különbséget állapítottam meg. Szignifikáns eltérések is ezekben a csoportokban voltak megfigyelhetőek. A 3.-1. csoportpárok szignifikancia szintje (sig=0,007), P<5% eltérést mutat, az 5.-3. csoport között (sig=0,018) P<5% szignifikáns eltérést mutat.

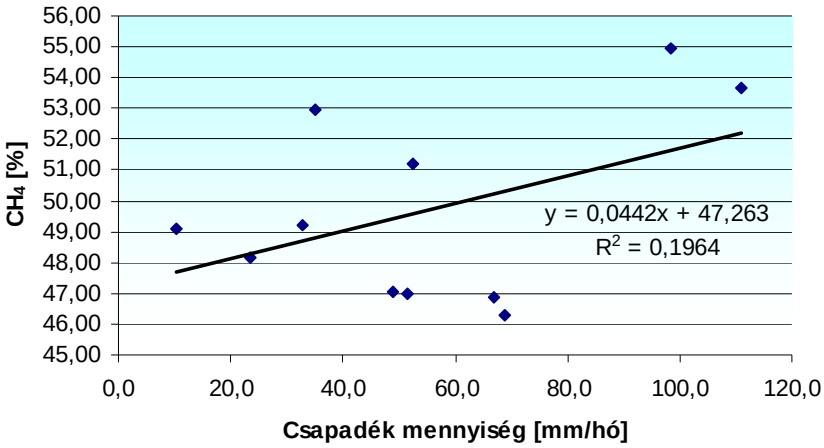
71. táblázat A vizsgált csoportok metántartalmának különbsége és a csoportpárok eredményei

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	-

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

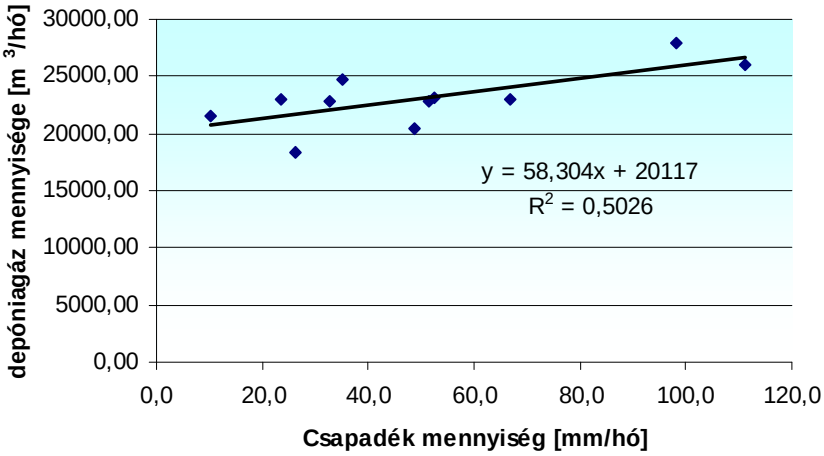
A meteorológiai állomás által szolgáltatott havi csapadék mennyiségeket és az összes gázkútra vonatkozó havi átlag depóniagáz metántartalmi értékeket, illetve mennyiségeket összerendeltem és ezeket az 56. táblázatban mutatom be.

A depóniagáz metántartalmának és mennyiségi értékeinek változását egy adott hónapban a lehullott csapadék mennyisége jelentősen befolyásolja. Az adatok feldolgozása során, arra a megállapításra jutottam, hogy a május- június hónapok a depóniagáz mennyiségi és metántartalmi értékek alakulása szempontjából a legkedvezőbb időszak. Mivel az átlaghőmérsékleti értékek magasabbak, illetve a csapadék mennyiségének emelkedés is kedvez a hulladéktestben lezajló biológiai folyamatoknak. Azonban szükséges volt statisztikailag elemezni, ezért az összes gázkút havi átlag metántartalmi értékeinek változását [CH_4 %] és a csapadék mennyiségi adatait [mm/hó] összerendelve lineáris regresszió vizsgálatot végeztem, melynek eredményei a 29. diagramban találhatóak. Az összes gázkút metántartalmi értéke és a hulladéklerakó-telepre lehullott csapadék mennyisége közti kapcsolat a következő egyenlettel írható le y=0,0442x+47,263 az R^2=0,1964. Az összefüggések szorossága közepes korrelációt mutat, mivel a korrelációs együttható értéke r=0,44. Pozitív korreláció esetében a csapadék mennyiségének emelkedésével emelkedhet a depóniagáz metántartalma. Ezek alapján kijelenthető, hogy a csapadék mennyiségének emelkedése befolyásolja a képződött depóniagáz metántartalmát.



29. diagram Csapadék mennyiségi paramétereinek változása a depóniagáz metántartalmára

A további lineáris regresszió vizsgálatot végeztem a depóniagáz havi mennyiségének [m^3/hó] változása és a lehullott csapadék mennyisége [mm/hó] közti kapcsolatot keresve. Eredményeimet a 30. diagramban mutatom be. A depóniagáz mennyiségének változása és a hulladéklerakó telepre lehullott csapadék mennyiségének kapcsolata a következő egyenlettel írható le y=58,304x+20117 az R^2=0,5026. A korrelációs együttható értéke r=0,71, az összefüggések szoros korrelációt mutatnak, így a csapadék mennyiség emelkedése a depóniagáz mennyiségi paramétereinek a növekedését eredményezi.



30. diagram Csapadék mennyiségi paramétereinek változása a depóniagáz mennyiségére

4.4. Az eredmények értékelése

Vizsgálataim megkezdése előtt elkészítettem a statisztikai feldolgozás elvégzéséhez szükséges minták számának a meghatározását. Meghatároztam az adott részterületekhez tartozó szórás és átlag metántartalmi értékeket, illetve meg kellett adom a becslési hiba mértékét és a valószínűségi szintet, amelyen a vizsgálatokat végzem. A vizsgálatokat P=3% és P=5% valószínűségi szinten végeztem el. Az eredményeim alapján h=3%-os becslési hiba esetén a szükséges minták száma n=363db, illetve h=5% becslési hiba esetében n=131db minta szükséges mintát igazoltak az összes gázkút és részterületekhez tartozó vizsgálatok esetében. Ezek alapján az általam felvett n=517db minta száma az összes gázkútra vonatkozó vizsgálatokhoz elegendő számú egy szakszerű statisztikai feldolgozáshoz és a következtetések levonásához. A csoportpárok kialakításánál (22. táblázat) alapvető szempont volt az alkalmazott elszívás mértéke, átlaghőmérsékleti intervallumok, levegő relatív nedvességtartalom, légköri nyomás, csapadék mennyiség, szélsebesség intervallumok összefüggéseinek felállítása a hulladéklerakó telepen keletkezett depóniagáz mennyiségi és minőségi paramétereire.

A statisztikai feldolgozást varianciaanalízis módszerével végeztem SPSS for Windows 11.0 program segítségével, ahol az általam felvett csoportpárok közötti összefüggések szignifikáns különbségeket igazoltak. A homogenitás vizsgálatot Levenne teszttel végeztem, a csoportpárok összehasonlítására Tamhane és LSD tesztet alkalmaztam. Azonban szükségesnek találtam a variációs koefficiens értékének meghatározását is az összes gázkút vizsgálatai során. A variációs koefficiens elemzésével kívántam az egyes csoportokon belül bemutatni a szórás értékeket. Ez a mutató lehetőséget nyújt a homogenitás vizsgálat csoportok közötti összehasonlítására. A variációs koefficiens értéke CV%=28,82% heterogenitást igazolt a vizsgált paraméterek alakulásában. Ezt a heterogenitást tapasztaltam a gázkutankénti vizsgálatok alkalmával ahol a CV%=16,8-36.6% között erősen változékony értéket mutatott.

4.4.1 Depóniagáz minőségi paramétereinek változása az alkalmazott depresszió függvényében.

Megállapítottam, hogy a hulladéklerakó telepen alkalmazott gázkinyerő rendszer üzemeltetési paraméterei hatással vannak a keletkezett depóniagáz metántartalmának változására. Az alkalmazott elszívási értékeket az atmoszférikus nyomáshoz képest határoztam meg, a vizsgálati időszakban a környezeti nyomásviszonyok figyelembevételével (M35. melléklet). Amennyiben az alkalmazott depresszió értéke gázkutanként meghaladja a -0.9mbar-nál nagyobb értéket, akkor a depóniagáz metántartalmi értékei jelentősen lecsökkennek.
A statisztikai feldolgozás során, jelentős szignifikáns eltérések 4. és a 2. csoport között P<5% értéket mutattak, a 4. és 3. csoport között, pedig P<1% szignifikáns eltérések láthatóak. Az 5. és 1. csoport között P<5% eltérés, az 5.-2. és 5.- 3. csoport között pedig P<1% eltérések látszanak. Az adatok feldolgozásából nyert összefüggések alapján elmondható, hogy a -0,9 mbar/gázkút alatti nyomás értékeknél nincs jelentős szignifikáns eltérés. Ezek alapján megállapítható, hogy a depóniagázok ennél nagyobb elszívással történő üzemeltetése során a metántartalmi értékek romlanak, ami az üzemeltető számára a gázhasznosítási paraméterek csökkenését okozhatja.

Az alkalmazott depressziós értékek és a depóniagáz metántartalma közötti összefüggés *r=0,52 korrelációs együtthatót* mutat, ami kapcsolatok közötti közepes szorosságnak felel meg az összes gázkút esetében. Megvizsgáltam és statisztikailag elemeztem az egyes gázkutaknál tapasztalható eltéréseket is. Megállapítható volt, hogy a gázkutak között is jelentős eltérések adódnak, mivel a gázkutakra jellemző szerves biológiai részarány, illetve a gázkutak tájolása között jelentős különbségek vannak. A gázkutankénti eredmények a 72. táblázatban láthatóak, az alkalmazott elszívás mértéke és a kitermelt depóniagáz minőségi paraméterei között laza, közepes korrelációs kapcsolatokat állapítottam meg, melyek a következő egyenletekkel írhatóak fel.

72. táblázat Korrelációs együtthatók gázkutankénti változása a metántartalom és az alkalmazott elszívás függvényében

	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

4.4.2 Depóniagáz minőségi és mennyiségi paramétereinek változása adott hulladéklerakó-telepre jellemző átlaghőmérsékleti intervallumok függvényében.

Megállapítottam egy adott hulladéklerakó telepre jellemző időjárási paraméterek alapján, hogyan befolyásolja a vizsgálati napokra jellemző átlaghőmérsékleti intervallumok változása a kitermelt depóniagáz metántartalmát. Az adatok feldolgozásából adódik, hogy a depóniagáz metántartalmát a külső időjárási paraméterek közül az átlaghőmérsékleti intervallumok változása nem befolyásolja. Az átlaghőmérsékleti intervallumok változása és a depóniagáz metántartalmának alakulása a következő egyenlettel írható le: *$y=0,1948x+47,177$ az $R^2=0,0106$, ahol a korrelációs együttható értéke $r=0.1029$.* Ebben az esetben pozitív korrelációról beszélhetünk, ami alapján viszont olyan tendenciák látszanak, hogy az átlaghőmérséklet emelkedése a depóniagáz metántartalmát növelheti. Mivel a hulladéklerakó egy nagyméretű bioreaktornak fogható fel, a külső hőmérséklet ingadozása csak a hulladéktest felső néhány méterén érezteti hatását, ezáltal kismértékben befolyásolja a depóniatest belső hőmérsékletének alakulását, így a képződött depóniagáz metántartalmát is.

A statisztikai feldolgozás során jelentős szignifikáns eltéréseket tapasztaltam az 5.-3. csoport esetében P<5%, az 5.-2. csoport között P<5% különbségek adódtak, illetve az 5.-4. csoport között P<5% szignifikáns eltéréseket tapasztaltam. Ami alapján kijelenthető, hogy az általam mért és vizsgált hulladéklerakó telep esetében a legkedvezőbb metántartalmi értékek 20-30°C közötti tartományban adódtak. A hőmérséklet egy adott mikroorganizmus élettevékenységéhez szükséges abiotikus környezeti tényező, a depóniagáz előállítás egyik legfontosabb rendezőfaktora. Statisztikai feldolgozás során az egyes gázkutak közti jelentős különbségek adódtak, melynek eredményeit a 73. táblázatban mutatom be. Mivel a gázkutak tájolása és a szerves anyag összetétele gázkutanként eltérő, ezért az átlaghőmérséklet változás egyes gázkutaknál mutat összefüggést.

73. táblázat Korrelációs együtthatók gázkutankénti változása a metántartalom és átlaghőmérsékleti intervallumok függvényében

	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 továbbiakban megállapítottam, hogy a hulladéklerakó telepen egy adott vizsgálati tartományban a jellemző átlaghőmérsékleti intervallumok változása hatással van a képződött depóniagáz mennyiségére. Az átlaghőmérsékleti intervallumok változása a depóniagáz mennyiségére a következő egyenlettel írható le: *$y=129,91x+21406$ az $R^2=0,1627$ ahol a korrelációs együttható értéke $r=0,42$.* Pozitív korreláció esetében az átlaghőmérsékleti intervallumok emelkedése a depóniagáz mennyiségi paraméterének emelkedését okozhatja.

4.4.3 Depóniagáz metántartalmának változása a levegő relatív nedvességtartalom függvényében

A eredmények feldolgozása során arra a megállapításra jutottam, hogy az adott hulladéklerakó telepen a gázkutakból kinyert depóniagáz metántartalmának változása a környezetre jellemző levegő relatív nedvességtartalomtól nem függ. A legkedvezőbb metántartalmi értéket a 71-80%-os levegő relatív nedvességtartalom mellett tapasztaltam. Jelentős szignifikáns eltérést az összes gázkútnál csak egy esetben tapasztaltam, a 4.-3. csoport között, ahol $P<5\%$ szignifikáns különbség adódott.

A levegő relatív nedvességtartalom változás és a depóniagáz metántartalmának változása a következő egyenlettel írható le: *$y=-0,023x+51,478$ az $R^2=0,0004$, ahol a korrelációs együttható értéke $r=0,02$.* Ezek alapján elmondható, hogy a depóniagáz metántartalmát a levegő relatív nedvességtartalmának változása nem befolyásolja. Az átlagos levegő relatív nedvességtartalom változás gázkutakként már mutat szignifikáns különbségeket. Gázkutankénti eloszlása elég változó, de az 5.-4., 5.-3, illetve az 5.-2. csoportpárok között adódtak jelentősebb szignifikáns különbségek. Ezek hatása azonban összes gázkútra vonatkoztatva elenyésző, így a teljes depóniagáz hozam metántartalmát nem tudják jelentős mértékben megváltoztatni.

4.4.4 Depóniagáz metántartalmának változása a légköri nyomás függvényében

Az eredmények feldolgozása során arra a következtetésre jutottam, hogy a hulladéklerakó-telep környezetére jellemző légköri nyomásváltozások nem befolyásolják a hulladéktestben lezajló mikrobiológiai folyamatokat, így az energetikailag hasznosítható depóniagáz metántartalmát sem. A légköri nyomás változása és a termelődött depóniagáz metántartalmának kapcsolata a következő egyenlettel írható le: *$y=-0,223x+277,22$ az $R^2=0,0126$, ahol a korrelációs együttható értéke $r=0,11$.* Korrelációs együttható értéke alapján kijelenthető, hogy egy adott hulladéklerakó telepre jellemző környezeti tényezők közül a légköri nyomás változása nincsen hatással a keletkezett depóniagáz minőségi paramétereire. A gázkutak esetében már tapasztalható volt szignifikáns különbség a légköri nyomás csoportok és a hozzájuk tartozó metántartalmak között.

Azonban a gázkutankénti grafikus ábrázolás tendenciájából, illetve a lineáris regresszió vizsgálatok eredményeiből (65. táblázat) arra lehet következtetni, hogy bizonyos gázkutaknál az elhelyezkedésből adódóan van kapcsolat a légköri nyomás változás és a keletkezet depóniagáz metántartalma között. A lineáris regresszió vizsgálat adataiból arra a megállapításra jutottam, hogy a gázkutaknál a légköri nyomás emelkedésével a hulladéktestbe bejutó oxigén hatással van a depóniagáz metántartalmára. A depóniagáz metántartalma csökken a légköri nyomás emelkedésével, azonban ennek a mértéke az összes gázkútból kitermelt depóniagázra nincs hatással.

4.4.5 Depóniagáz metántartalmának változása adott hulladéklerakó-telepre jellemző szélsebesség intervallumok függvényében

Megállapítottam egy adott hulladéklerakó-telep esetében különböző szélsebesség intervallumok hogyan befolyásolják a keletkezett depóniagáz metántartalmát. A szélsebesség intervallumok hatása a depóniagáz metántartalmára a következő egyenlet segítségével írható le: *$y=-5,2869x+56,452$ az $R^2=0,1699$ ahol a korrelációs együttható értéke $r=0,48$.* Korrelációs együttható alapján kijelenthető, hogy adott hulladéklerakó telepen különböző szélsebesség intervallumok hatással vannak a keletkezett depóniagáz minőségi paramétereire. A változók között negatív korreláció van, ami azt jelenti, hogy a szélsebesség értékének emelkedésével a metántartalmi értékek csökkennek. Ez a jelenség tovább fokozódhat a hulladéklerakó-telep feltöltése során, amikor a prizmák külső oldalán épített 3m széles és 2m magas földsáncok magassága nagyobb lesz, mint a hulladéklerakóban a hulladék magassága. Ezáltal a gázkutakból kitermelt depóniagáz metántartalma jelentősen lecsökkenhet és oxigénben dúsulhat. A csoportpárok között varianciaanalízis a 2.-1. csoport között mutatott $P<5\%$ szignifikáns különbséget. A 2. csoport ($0,6>v_{sz}\leq 1$) közötti tartományában tapasztaltam a legkedvezőbb depóniagáz metántartalmi értékeket. Amennyiben a szélsebesség értéke ezt meghaladja, akkor a gázkutakra jellemző depóniagáz metántartalmi értékek is csökkennek.
A gázkutankénti lineáris regresszió vizsgálat eredményeit a 69. táblázatban mutattam be, ahol a 4,5,6,7,8. gázkút esetében közepes negatív korrelációt állapítottam meg. A többi gázkút esetében laza negatív korrelációs együtthatók találhatóak. Összességében elmondható, hogy a hulladéklerakó-telepre jellemző szélsebesség intervallumok hatással vannak a depóniagáz metántartalmára, az egyes gázkutak elhelyezéséből adódóan a hulladékdomb oldalán felfelé áramló levegő a hulladéktest tetején vákuumot eredményez, és szinte kihúzza az értékes depóniagázt a hulladéktestből, így a metántartalmi értékek csökkenek, ami üzemeltetési problémákat okoz.

4.4.6 Depóniagáz minőségi, mennyiségi paramétereinek változása a hulladéklerakó-telep felületére lehullott csapadék mennyiségének függvényében

Megállapítottam, hogy a hulladéklerakó-telepen keletkezett depóniagáz mennyiségét és minőségi paramétereit befolyásolja a területre lehullott csapadék mennyisége. A csapadék mennyiségének emelkedésével a depóniagáz metántartalma emelkedik, ami a következő egyenlettel írható le: *$y=0,0442x+47,263$ az $R^2=0,1964$ ahol a korrelációs együttható értéke $r=0,4429$.* A kapcsolatok közti szorosság közepes értékű, a korreláció pozitív, vagyis a csapadék mennyiségének emelkedése a depóniagáz metántartalmának emelkedését idézi elő.
Az eredmények statisztikai feldolgozása során a 3.-1. csoportpárok között $P<5\%$, az 5.-3. csoport között $P<5\%$ szignifikáns különbségeket tapasztaltam. Az üzemeltetés számára legkedvezőbb metántartalmi értékek a 3. csoport (1-3mm/nap) csapadék mennyiség tartományában tapasztaltam. Amennyiben csapadékszegény időjárási viszonyok jelentkeznek akkor a hulladéklerakó-telepen összegyűjtött csurgalékvizet vissza kell juttatni a hulladéktestbe, ezáltal fokozni tudjuk a gáztermelődést illetve a metántartalmat. Továbbiakban megállapítottam, hogy a csapadék mennyiségének emelkedésével a hulladéklerakóban termelődött, illetve kinyert depóniagáz mennyiségét befolyásolja, mivel a nedvességtartalom az aneorob fermentációs folyamatokhoz szükséges.. A csapadék mennyiségének változása és a depóniagáz mennyisége közti kapcsolat a következő egyenlettel írható le: *$y=58,304x+20117$ az $R^2=0,5026$ ahol a korrelációs együttható értéke $r=0,71$.* Az összefüggések közti kapcsolat szoros, a korreláció pozitív a csapadék mennyiségének emelkedése depóniagáz mennyiségének emelkedését okozzák.

4.5. Új tudományos eredmények

A doktori kutatási témámban az új tudományos eredmények az alábbiakban foglalhatóak össze

1. Üzemi körülmények között egy adott hulladéklerakó telepen működő gázkinyerő rendszer esetében meghatároztam, hogy az alkalmazott üzemi nyomás értékei összefüggésben vannak a kitermelt depóniagáz metántartalmával. Megállapítottam, hogy az üzemi körülmények között működő gázkinyerő rendszer esetében alkalmazott elszívás értékei befolyásolják a kitermelt depóniagáz metántartalmát és ezáltal a kitermelhető mennyiségeket is, ami a következő egyenlettel írható le: *$y=3,5607x+51,72$ az $R^2=02644$, ahol a korrelációs együttható értéke $r=0,52$* Az alkalmazott elszívás mértékének növelésével a kitermelt depóniagáz metántartalma jelentősen csökken.

2. Statisztikai módszerek segítségével megállapítottam egy adott régióra jellemző időjárási paramétereken belül az átlaghőmérsékleti intervallumok változása nem befolyásolják a hulladéklerakóban képződött depóniagáz metántartamát. Az átlaghőmérséklet intervallumok és a depóniagáz metántartalmának alakulása a következő egyenlettel írható le: *$y=0,1948x+47,177$ az $R^2=0,0106$, ahol a korrelációs együttható értéke $r=0.1029$.* Viszont tendenciák látszottak az átlaghőmérséklet emelkedése a depóniagáz metántartalma között, ebben az esetben a gázkutak tájolása jelentős szereppel bírt. A továbbiakban adott üzemi körülmények között végzett vizsgálatok alapján, megállapítottam, hogy az átlaghőmérséklet intervallumok változása befolyásolja a termelődött depóniagáz mennyiségét. Az átlaghőmérsékleti intervallumok változása a depóniagáz mennyiségére a következő egyenlettel írható le: *$y=129,91x+21407$ az $R^2=0,1628$ ahol a korrelációs együttható értéke $r=0,42$.* Pozitív korreláció van ebben az esetben, ami megmutatja, hogy éves szinten az átlaghőmérséklet emelkedésével a depóniagáz mennyisége emelkedik.

3. A kísérletek eredményeinek feldolgozása során megállapítottam, hogy az adott hulladéklerakó telep környezetében uralkodó levegő relatív nedvességtartalom változása nem befolyásolja a depóniatestben lezajló mikrobiológiai folyamatokat, így a termelődött depóniagáz metántartalmát sem. A levegő relatív nedvességtartalom változása és a depóniagáz metántartalmának változása a következő egyenlettel írható le: *$y =-0,023x + 51,478$ az $R^2=0,0004$, ahol a korrelációs együttható értéke $r=0,02$.* Az eredmények feldolgozása során arra a megállapításra jutottam, hogy egy adott hulladéklerakó telepre jellemző - környezetei paraméterek közül- légköri nyomás változásának hatása a képződött depóniagáz metántartalmát nem befolyásolja. A légköri nyomás változása és a termelődött depóniagáz metántartalmának változása a következő egyenlettel írható le *$y=-0,223x+277,22$ az $R^2=0,0126$, ahol a korrelációs együttható értéke $r=0,11$.* Azonban tendenciák látszanak egyes gázkutak esetében az uralkodó légköri nyomás emelkedése és a depóniagáz metántartalma között, ezek a változások az éves depóniagáz minőségében nem mutatnak kiemelkedő különbségeket.

4. Az általam elvégzett szélsebesség intervallum vizsgálatok statisztikai feldolgozása alapján megállapítottam, hogy a hulladéklerakó-telepre jellemző szélsebesség intervallumok változása a kitermelhető depóniagáz metántartalmát befolyásolják. A szélsebesség intervallumok változása a depóniagáz metántartalmára a következő egyenlet segítségével írható le: *$y=-5,2869x+56,452$ az $R^2=0,1699$ ahol a korrelációs együttható értéke $r=0,48$.* A változók között negatív korreláció van, a szélsebesség emelkedésével a metánártalmi értékek csökkennek. A szélsebesség változás és a depóniagáz metántartalma közötti kapcsolatok szorossága közepes.

5. A hulladéklerakóban lezajló folyamokat, így a termelődött depóniagáz mennyiségét és minőségét befolyásolja az adott területre lehullott csapadék mennyiségének mértéke. A statisztikai adatok feldolgozásából arra a megállapításra jutottam, hogy a csapadék mennyiségének változása a képződött depóniagáz mennyiségét jelentősen befolyásolja, a változók között szoros összefüggések tárhatóak fel. A csapadék mennyiségének emelkedése és a depóniagáz mennyisége közti kapcsolat a következő egyenlettel írható le: *$y=58,304x+20117$ az $R^2=0,5026$, a korrelációs együttható értéke $r=0,71$*. Az összefüggések között a korreláció pozitív, a csapadék mennyiségének emelkedésével depóniagázok mennyisége emelkedik. A továbbiakban megállapítottam, hogy a csapadék mennyiségének emelkedése a depóniagáz metántartalmát befolyásolja, változók között statisztikailag közepes összefüggést állapítottam meg. A csapadék mennyiségének emelkedésével a depóniagáz metántartalma emelkedik, ami a következő egyenlettel írható le: *$y=0,0442x+47,263$ az $R^2=0,1964$, ahol a korrelációs együttható értéke $r=0,4429$.*

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Kutatásom célja, hogy adott régióra jellemző szerves anyag potenciálból, időjárási paraméterekből és az alkalmazott kinyerési technológiából származó depóniagáz mennyiségét és a metántartalmát vizsgáljam, így az üzemelő és tervezett hulladéklerakó telepek számára hasznosítható összefüggéseket állapítsak meg. Az eredményeket üzemi méretekben határoztam meg, ahol a depóniagáz mennyiségét és minőségét az elszívási rendszerek hatásfoka, környezeti viszonyok, hulladék összetétele, és a lerakás technológiája határozza meg

Doktori kutatásom részterülete rávilágította arra a figyelmet, hogy a hulladéklerakó telepen az alkalmazott elszívás mértéke a kitermelt depóniagáz metántartalmát befolyásolja. Javasolom, hogy a gázkutak esetében a tolózárakkal történt időközönkénti szabályzás helyett, egy folyamatos kontrollal rendelkező telemetriás rendszerre való áttérést. Ami azt jelenti, hogy a gázkutaknál kialakított gázmérési pontok által szolgáltatott depóniagáz minőségét jellemző paraméterek egy központi számítógépbe kerülnek. A bejövő információk alapján egy tervezett program segítségével meghatározandó, hogy milyen tolózár nyitásszöget kell alkalmazni. A tolózárak működtetését villanymotorral oldjuk meg, így a számítógép által meghatározott nyitási értéket mechanikai beavatkozás nélkül akár az üzemeltető központi irodájából is tudja működtetni. A telemetriás rendszer figyelné a meteorológiai állomás által küldött információkat is, és ezek alapján határozná meg a gázkutaknál alkalmazott elszívás mértékét. Használatával a legoptimálisabb depóniagáz mennyiségi és minőségi paraméterek biztosíthatóak.

A depóniagáz metántartalmának és mennyiségének változása az átlaghőmérsékleti intervallumok függvényében doktori kutatási részterület során levont következetések alapján a javaslataim a következőek. A kedvezőtlen időjárási paraméterek, alacsony átlaghőmérséklet esetében célszerű a hulladéklerakó telepen képződött csurgalékvizet visszajuttatni a hulladéktestbe a kedvező mikrobiológia feltételek megteremtése céljából. Az alkalmazott elszívás mértékét a kedvezőtlen átlaghőmérsékleti tartományokban csökkenteni kell, így a külső átlaghőmérséklet miatti alacsony termelésű és metántartalmú gázkutak egy optimális elszívási érték mellett tudnak termelni.
A levegő relatív nedvességtartalma és a légköri nyomás viszonyok változása nem befolyásolja a hulladéktestben lezajló folyamatokat, mivel azok bizonyos késleltetéssel jelennek meg. Azonban megfigyelhető volt a légköri nyomás változása és a metántartalom közötti tendencia, ami alapján javaslataim a következőek: az időjárási paraméterek feldolgozásával, prognosztizálásával és az alkalmazott elszívás értékeivel a legoptimálisabb gázkitermelést és metántartalmat lehet biztosítani.
A depóniagáz metántartalmát befolyásolja a hulladéklerakó környezetére jellemző szélsebesség intervallumok, illetve a szélirányok változása. Javaslataim a következőek: a gázkutak környékén a nedvességtartalom fenntartása mellett vissza kell juttatni a képződött csurgalékvizet, illetve a gázkutak hatósugarában földtakarást és zárást kell biztosítani, hogy ne kerüljön ki a légkörbe depóniagáz. A szélsebesség növekedésével az elszívási rendszer elemeit össze kell hangolni úgy, hogy az alkalmazott depresszió mértékét addig kell növelni, amíg hulladéktest tetején kialakult vákuum jelenséggel ki nem egyenlítődik. Az adott területre lehullott csapadék mennyiségének változása hatással van a képződött depóniagáz metántartalmi és mennyiségi értékeire. Javaslataim a következőek: a csapadékban szegény időszakban a csurgalékvíz tározókból öntöző rendszerek segítségével jutassák ki a hulladéktest tetejére a csurgalékvizet, a nedvességtartalom fenntartható, a szállópor koncentráció csökkenthető. Csapadékban gazdag időszakban a csurgalékvizet a gázmotorok hulladék hőjével párologtassák el, így a gázkutak hatósugarának elvizesedését, elsavanyodását és a gáztermelődési, metántartalmi értékek csökkenéseket el tudják kerülni.

Az üzemeltető számára az alkalmazott elszívás értékét és a telepre jellemző időjárási paramétereket - átlaghőmérséklet, relatív nedvességtartalom, légköri nyomás, csapadék mennyiség, szélsebesség- figyelembe kell venni ahhoz, hogy egy adott évre a legkedvezőbb depóniagáz termelődéssel és metántartalommal tudjon tervezni.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

KÖRNYEZETI HATÁSOK A DEPÓNIAGÁZ MENNYISÉGI, ILLETVE MINŐSÉGI JELLEMZŐIRE

Hazánkban, illetve világviszonylatban is a gazdaság fejlődésével a hulladékok mennyisége rohamosan nő, igaz, hogy a szelektív hulladékgyűjtés által gyűjtött és másodnyersanyagként hasznosított anyagok mennyisége is emelkedik - ezáltal visszakerülhet a gyártási folyamatokba - de a hulladékok korszerű és környezetbarát elhelyezése mindenki számára igen fontos feladat. A téma elméleti és gyakorlati jelenségét alátámasztja, hogy a képződött hulladék korszerű és az Európai Unió előírásainak megfelelő technológia rendszerek alkalmazásával energetikailag hasznosítható és a fosszilis energiát kiváltó alternatív energiaforrást tudunk használni villamos energia és hőenergia termelés céljára. A másik szempont, hogy a környezetünk védelme érdekében olyan intézkedéseket, és technológiákat kell alkalmazni, ami szem előtt tartja a hulladék elhelyezés és ártalmatlanítás során képződött környezeti problémák minimalizálásának lehetőségeit. A települési hulladékok anaerob bomlásából származó depóniagázzal attól kezdve foglalkoznak, mióta kimutatható, hogy a természetes és antropogén metán, szén-dioxid kibocsátás hozzájárul az üvegházhatás jelenség kialakulásához. Kutatómunkám célja, hogy egy adott régióra jellemző hulladéklerakó telep esetében megvizsgáljam és felmérjem a depóniagázok termelődését befolyásoló tényezők alakulását. A depóniagáz kinyerését üzemi körülmények között vizsgáltam meg és megállapítottam, hogy milyen paraméterek változása okozza az energetikailag hasznosítható depóniagáz mennyiségi és minőségi jellemzőinek változását.

Az eredmények fejezetben bemutattam az egyes területekre jellemző új tudományos eredményeket, melyek a következőek voltak. Megállapítottam, hogy az üzemi körülmények között működő gázkinyerő rendszer esetében alkalmazott elszívás értékei befolyásolják a kitermelt depóniagáz metántartalmát *(korrelációs együttható r=0,52*) és így a kitermelhető mennyiségeket is. Meghatároztam, hogy egy adott régióra jellemző időjárási paramétereken belül az átlaghőmérsékleti intervallumok változása nem befolyásolja a hulladéklerakóban képződött depóniagáz metántartamát (*korrelációs együttható r=0.10).* Összefüggéseket állapítottam meg az átlaghőmérséklet változása és a termelődött depóniagáz mennyisége között (*korrelációs együttható r=0,42*). A kísérletek eredményeinek feldolgozása során megállapítottam, hogy a levegő relatív nedvességtartalmának változása nem befolyásolja a depóniatestben lezajló mikrobiológiai folyamatokat, így a termelődött depóniagáz energetikailag hasznosítható metántartalmát sem *(korrelációs együttható r=0,02).* Megállapítottam, hogy a légköri nyomás változása a depóniagáz metántartalmát nem befolyásolja (*korrelációs együttható értéke r=0,11).* A hulladéklerakó telepre jellemző szélsebesség változása a kitermelhető depóniagáz metántartalmát befolyásolja (*korrelációs együttható értéke r=0,48).* Megállapítottam, hogy a hulladéklerakóban lezajló folyamatokat, így a termelődött depóniagáz mennyiségét és metántartalmát befolyásolja az adott területre lehullott csapadék mennyisége. A metántartalom és csapadék mennyisége közti kapcsolat az *y=0,0442x+47,263* egyenlettel írható le *az* R^2*=0,1964 és a korrelációs együttható értéke r=0,*44. A csapadék mennyisége és a depóniagáz mennyisége közti kapcsolat az *y=58,304x+20117* egyenlettel írható le *az* R^2*=0,5026 és a korrelációs együttható értéke r=0,71*.

Összességében elmondható, hogy egy adott hulladéklerakó telep esetében az időjárási paraméterek mindig változnak, a szerves anyag bevitel az adott régióra jellemző paraméterekkel bír, ezért csak az elszívás mértékének szabályzásával tudom a kinyerés hatékonyságát változtatni. Ezért van nagy jelentősége ennek a kutatási területnek, ami megmutatja, hogy adott időjárási paraméterek és szerves anyag bevitel mellett milyen depóniagáz paraméterek keletkeznek. A doktori kutatásom során megállapított összefüggéseket a már meglévő és a tervezett hulladéklerakó telepek egyaránt fel tudják használni a legkedvezőbb depóniagáz kitermelésre és metántartalomra.

7. SUMMARY

ENVIRONMENTAL EFFECTS ON THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE FEATURES OF THE BIOGAS ORIGINATED FROM MUNICIPAL SOLID WASTE.

In our country and world-wide the amount of waste is growing rapidly due to economic development. It is true that the amount of selectively collected waste is also increasing and also the quantities of secondary materials as recycled materials quantities - so they can get back into the manufacturing process – however it is an important task to dispose of the waste at an up-to-date and environmentally friendly location. The theoretical and practical phenomenon confirms that processing the generated waste by modern European Union-compliant technology systems can be used as alternative energy instead of fossil energy sources to produce electricity and heat. The other aspect is to protect the environment, and therefore use measures and technologies, which provide possibility for minimizing the potential environmental problems during the placement and disposal of waste. The issue of landfill gases from the anaerobic decomposition of municipal waste has been dealt with since it was demonstrated that natural and anthropogenic methane, carbon dioxide emissions contribute to the development of the greenhouse effect phenomenon. The objective of my research is to examine and assess the factors influencing the development of landfill gas production at a waste disposal site that is characteristic of a given region. The landfill gas extraction was examined under operating conditions and it was found out which changes in the parameters caused the change of quantity and quality characteristics of the energetically utilized landfill gas.

In the results section I presented in detail the new scientific findings specific to each location, which were the following. I found that the gas recovery values of the extraction used in the operating system under operating conditions influence the methane content of the landfill gas *(correlation coefficient r=0.52)* and thus the exploitable quantities. I determined the average weather temperature changes within the parameters characteristic of a particular region do not affect the methane content of the landfill gas formed at the landfill site *(correlation coefficient r=0.10).* Relationships have been established between the average temperature changes and the quantity of landfill gas produced *(correlation coefficient r=0.42).*When processing the results of the experiments it was found that the changes of relative humidity neither affect the microbiological processes taking place in the landfill, nor the methane content of the landfill gas that can be energetically utilized *(correlation coefficient r=0.02).* I found that the atmospheric pressure changes will not affect the methane content in the landfill gas *(correlation coefficient r=0.11).* The wind speed changes specific for the landfill site affect the methane content of the landfill gas *(correlation coefficient r=0.48).* I found that the rainfall intensity rates influence the processes taking place in a landfill, so the amount of landfill gas and its methane content. The relationship between methane content and rainfall intensity can be described with the equation $y=0,0442x+47,263$ where $R^2=0.1964$ *and the correlation coefficient is* $r=0,44$. The relationship between rainfall intensity and the quantity of landfill gas can be described with the equation $y=58,304x+20117$ where $R^2=0.5026$ *and the correlation coefficient is* $r=0.71$.

Overall, in a particular landfill, the meteorological parameters are always changing; the organic matter input parameters are characteristic of the region therefore the extraction efficiency can only be changed by the control of the exhaust capacity. Therefore, research has great importance in this area of research to show which landfill gas parameters are generated with the climatic parameters and organic matter intake. Both the existing and proposed landfill sites might use the results of my doctoral research for the best available landfill gas extraction and methane content.

8. MELLÉKLETEK

M1 : Irodalomjegyzék

1. A.S.A, (1995) Hódmezővásárhely Köztisztasági Kft.: Maroslelei úti hulladékdeponáló és kezelő létesítmények üzemeltetési utasítása. Hódmezővásárhely.
2. A.S.A, (2000): Hódmezővásárhely Köztisztasági Kft.: A hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telep környezeti hatástanulmánya. Hódmezővásárhely.
3. ALEXANDER, M. (1985): Biodegradation of organic chemicals. Env Sci Technol, 19/106-111.
4. ÁRVAI, J.(1993): Hulladékgazdálkodási kézikönyv. Műszaki Kiadó, Budapest.
5. BAGCHI, A. (1989): Design, construction and monitoring of sanitary landfill John Wiley and Sons, p. 285
6. BAKOS, B.(1996): Hulladékgazdálkodás. In: Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Mezőgazda kiadó, Budapest.
7. BARÓTFI, I.(2000): Környezettechnika kézikönyv. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
8. BARÓTFI, I.(1993): Energia Felhasználói Kézikönyv. Környezettechnikai Szolgáltató Kft., Budapest.
9. BARÓTFI, I.(1998): A biomassza energetikai hasznosítása. Energia Gazdálkodási Kézikönyv IX, Budapest.
10. BARÓTFI, I.-FENYVESI, L.-KOCSIS, K- MAROSVÖLGYI, B (1998): Biomassza energetikai hasznosítása, Energiagazdálkodási kézikönyv Phare. 9., p. 51-63, Budapest.
11. BARTA, I. (1995): Az összes szerves települési hulladék és melléktermék komplex, a biogáz és biotrágya hasznosításával együttes kezelése, Hidrológiai Közlöny.
12. BAI A.(2005): A biogáz előállítása - Jelen és jövő, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
13. BAI, A.(2007): A biogáz; Száz Magyar Falu Könyvesháza Kht., Budapest.
14. BAI, A. – LAKNER, Z. – MAROSVÖLGYI, B. – NÁBRÁNDI, A. (2002) A biomassza felhasználása. Agroinform Kiadó, Budapest.
15. BAAS, H.:(2003) Biogas utilization and operating experience with modern gas engines;VIth International Scientific Conference Gas Engines, Poland.
16. BÁNHEGYI, I. (1993): Biológiai hulladékkezelés. Hulladékgazdálkodás (szerk. Árvai J.), Műszaki Könyvkiadó, pp.39-423
17. BERECZ, E.(1996): Hulladékdepóniák megújítása. Környezetvédelmi füzetek. Országos Műszaki Információs Központ és könyvtár, Budapest.
18. BERECZ E. (1991):Biztonságos hulladéklerakók. Természetes és mesterséges szigetelőanyagok kiválasztása a hulladékkal való kompatibilitás függvényében Környezetvédelmi füzetek, 9. sz.
19. BERECZKY, Á. (2006): Gázmotor mérési segédlet, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, Budapest.
20. BIACS, P.-CSUTORA, M.-HORNYÁK, M.- HORVÁTH, A.-ILLÉS, Z.-LÁBODY, J.-PRÉM, K.-RÉDEY, Á.- SZABÓ, I.- SZEKÉR, K.-TAMASKA, L.-TÓTH, G-ZIMLER, T..:Hulladékgazdálkodás alaptankönyv, Tertia Kiadó Budapest, ISBN 9639387118, 2003
21. BILITEWSKI, B.-HÄRDTLE, G.-MAREK, K. (1990):Abfallwirtschaft, Springer Verlag
22. BONYAI, Z. – HORVÁTH, L. – OLESSÁK, D.(1981): Települési hulladékok kezelése. Építésügyi Központ, Budapest.
23. BONYAI, Z. – OLESSÁK, D.(1990): Hulladékgazdálkodás (Tanfolyami jegyzet, Vízgazdálkodási Intézet.
24. BOROS, T. (2002): Szilárd települési hulladék kezelésének életciklus-elemzésen alapuló rendszerei - optimálás program és modellszámítás segítségével. - In: Műszaki információ. Hulladékok és másodnyersanyagok hasznosítása, ISSN 0209-729X , 12. sz., 3-18. p
25. BRANDL, H. (1989.):Geotechnische und bauliche Aspekte bei der Neuanlage von Abfalldeponien Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 134. Jg. H.3. pp. 123-163

26. CHRISTENSEN, TH.H -KJELDSEN, P. (1989):Basic biochemical process in landfills Sanitary Landfilling (ed.: CHRISTENSEN, TH.H.-COSSU, R.-STEGMANN, R.) Academic Press, pp. 29-48.)
27. CSETE, J.(2007): REDUBAR egy európai uniós project a biogáz érdekében; Gázberendezések, gázfelhasználás 2007/2008, Info-Prod Kiadó és Kereskedő Kft.
28. DANIEL (1987): Earthen liners for land disposal facilities Geotechnical Practice for Waste Disposal '87, Geotechnical Special Publication, No. 13. ASCE. pp. 21-39.
29. DÉRI, L. – HUDÁK, I. – REITH, I. – SZABÓ, I. – NAGY, GY.(2002): A települési szilárd hulladéklerakók beruházásához, üzemeltetéséhez, és bezárásához, Köztisztasági Egyesülés Tervezési segédlet, Budapest.
30. EHRIG, H.-J. (1980): Beitrag zum quantitativen und qualitativen Wasserhaushalt von Mülldeponien Veröffentlichungen des Institutes für Stadtbauwesen, H. 26. TU-Braunschweig
31. EHRIG, H.-J. (1989): Sickerwasser aus Hausmülldeponien. Menge und Zusammensetzung Müll-Handbuch, Loseblattsammlung, Lieferung I/89. Erich Schmidt Verlag
32. EHRIG, H.-J. 1994 Gasprognosemodelle bei unterschiedlichen Deponietypen, Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 6, Econimica Verlag, 1994
33. EÖRSI, T. G. (2006): A hulladéklerakókból kidiffundálódó depóniagáz szerepe az üvegházhatásban, MVM ERBE Zrt., Budapest.
34. ELANGO, D.- PULIKESI, M.- BASKARALINGAM, P.- RAMAMURTHI, V.- SIVANESAN, S. (2006): Production of biogas from municipal solid waste with domestic sewage, Department of Civil Engineering, Hindustan College of Engineering, Padur 603 103, India b Department of Chemical Engineering, Anna University, Chennai 600 025, India Received 25 March 2006; received in revised form 3 July 2006; accepted 4 July 2006
35. EPA (1988): Waste minimization opportunity assessment manual. United States Environmental Protection Agency (EPA/625/7-88/003) Cincinnati, Ohio.
36. FARKAS F.(2011): Biohajtóanyagok felhasználásának lehetőségei és korlátai. Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban konferencia. Miskolc-Egyetemváros, 2011. május 18. p. 205-214.
37. FARKAS F.(2010): Climate change – biofuels. „Natural and artificial ecosystems in Somes-Cris-Mures-Tisa rives basins”. Nemzetközi konferencia, Arad, 2010. május 7-8. p. 172.
38. FEHÉR L. (1984):Veszélyes hulladékok, Műszaki Könyvkiadó, Bp
39. FENYVESI, L.-MÁTYÁS, L.(1997)::Új megoldások kutatása a megújuló energiaforrások hasznosítása területén. Biogáztermelés és hasznosítás. Jelentés, FMMI, Gödöllő.
40. FOGARASSY, C. – TÓTH, L. – SCHREMPF, N. – TÓTH, N. (2008) Biogáz termelés és felhasználás műszaki – gazdaságossági kérdései (előadás). MTA AMB 2008. XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő.
41. FRANZIUS, V. (1987): Bedeutung von Oberflächenabdichtungen für Gas-und Wasserhaushalt von Deponien Fortschritte der Deponietechnik. Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis pp. 167-173. Erich Schmidt Verlag
42. FUCHSZ, M. –LENGYEL, A – SOMOSNÉ, N. A. – SZÁRSZÓ, T. – SZOLNOKY, T. (2010): A biogáz szerepe a vidékgazdaságban, P.29-31, Budapest.
43. GARAI, T.(2002): Biogázok előállítása szennyvíziszapból és más hulladékból, BME Kiadvány Hulladékok energetikai és biológia hasznosítása, Budapest.
44. GÁCS, I. (2003): Cogeneration in gas engines, OGÉT 2003, XI. Nemzetközi Gépész Találkozó, 11th International Conference in Mechanical Engineering, p. 84, 2003május 8-11 Kolozsvár
45. GÁCS, I.(1991): Fűtőerőművek környezetvédelmi vonatkozásai. Előadás a "Szombathely város egységes hőellátása és a kapcsolt villamosenergia-termelés lehetősége" c. szemináriumon. Szombathely, 1991. december 3.-4.
46. GÉMESI, ZS.(2009): Anaerob fermentációval előállított biogáz megtisztítása-metán leválasztása és gázellátó vezetékhálózatba való betáplálás, vagy motorhajtóanyagként való felhasználása OBEEK Tudományos szakmai kiadványok (4/12), ISBN 978-963-269-150-3, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő.

47. GÖNCZ, I. (2005): Depóniagázzal működő gázmotoros kiserőmű kivitelezése az A.S.A. Hódmezővásárhely Köztisztasági Kft. szilárdhulladék lerakó területén. Hatástanulmány, Kecskemét, 2005
48. HAJDÚ, J. (2009): Biogázüzemek működése és biogáz üzemi technológiák, OBEEK Tudományos szakmai kiadványok (11/12), ISBN 978-963-269-157-2, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő.
49. HAJDÚ. J. (2009) Alternatív energiatermelés a gyakorlatban. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, p. 20-21.
50. HÓDI, J. (2006):Biogáz tisztítás és hasznosítás. II. Magyar Biogáz Konferencia, Gödöllő.
51. HÓDI, J. (2000): Debreceni depóniagáz és hő hasznosítás, Megvalósíthatósági tanulmány, Budapest.
52. HÓDI, J. (2006): Biogáz tisztitás-energetikai hasznosítás. IV. Nemzetközi Energetikai Konferencia, Debrecen.
53. HÓDI, J. (2008):Depóniagáz, mint hasznosítható energia XVIII. Nemzetközi Köztisztasági Szakmai Fórum Szombathely, 2008. április 22-24.
54. HÓDI, J. (2009): Depóniagáz kutak problémái, megoldási lehetőségek XIX. Nemzetközi Köztisztasági Szakmai Fórum, Szombathely, 2009. április 21-23.
55. HEYER, K.U. (2003): Emissionsreduzierung in der Deponienachsorge, Hamburger Berichte 21, Abfallwirtschaft,Technische Universität Hamburg-Harburg
56. IPPC, (2002): Goodd practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories emmission from waste incineration, intergovernmental panel on climate change, Montreal.
57. JESSBERGER, H.L. (1994):Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponien und Altlasten" der Deutschen Gesellschaft für Erd-und Grundbau e.V. Bautechnik, 1994. H.9. pp. 527-552
58. JUHÁSZ J. (1990): Vízkutatás, vízbeszerzés, vízgazdálkodás I. kötet. Tankönyvkiadó Bp., Egyetemi jegyzet.
59. KACZ, K.-NEMÉNYI, M.(1998): Megújuló energiaforrások. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
60. KALTWASSER, B.J. (1983): Biogáz- előállítás és hasznosítás. Műszaki Könyvkiadó, ISBN 963-10-4990-6 Budapest, p.145.
61. KAJNER P.(2000): Magán- és közszféra együttműködése a települési hulladékgazdálkodásban Magyarországon X. Országos Köztisztasági Szakmai Fórum és Kiállítás, Szombathely 2000. április 18-20. pp. 83-89.
62. KAPROS, T. (20008): Biogáztüzelés az ipari berendezésekben, TÜKI Tüzeléstechnikai Kutató és Fejlesztő Zrt. Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület (ETE), Budapest.
63. KENDI, P. (1999): Kettős üzemű gázautók; Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1999
64. KERÉNYI, E.(1995): Általános környezetvédelem. Globális gondok lehetséges megoldások. Mozaik Oktatási Stúdió, Budapest.
65. KERÉNYI, E.(1990): Környezetvédelem Műszaki Értelmező Szótár. Akadémiai Kiadó, Budapest.
66. KERÉNYI, E.(1998): Környezetvédelem, környezetgazdálkodás és környezettudomány Akadémia Kiadó, Budapest.
67. KERTÉSZ, GY. – MANN, T.(1991): A hulladék végső elhelyezése. In: Hulladékgazdálkodási kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
68. KISSNÉ QUALICH, E.(1983): A biogáz. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
69. KISS G. (1992):Szilárd kommunális hulladékok felszíni elhelyezése, Miskolci Egyetem, Hidrogeológiai Mérnökgeológiai Tanszék, Diplomaterv
70. KOVÁCS, K. (2007): A biogáz ipar helyzete és perspektívái Magyarországon, Magyar Biogáz Egyesület; III. Magyar Biogáz Konferencia; Budapest, 2007. december 4.
71. KOVÁCS, V. – MEGGYES, A.(2009): Biogázok energetikai hasznosíthatóságának vizsgálata belsőégésű motorban; OGÉT .

72. LOLL, U.(2001): Biogaspotenziale im Klärschlamm und anderen biogenen Abfällen, KA Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 48. k. 10. sz. 2001. p. 1424-1429.
73. LU, A.(2005): Environmental and economic analyses of waste disposal options for traditional markets in Indonesia, Widjaya International Technologies Centre, Australia Accepted 15 September 2005 Available online 8 November 2005
74. MOLNÁR, T. (2001):Tervezze meg egy városi hulladéklerakó telep technológiai megoldásait különös tekintettel a szivárgó víz kezelésére, évfolyamdolgozat, Szent István Egyetem, Gödöllő, Gépészmérnöki Kar, Környezettechnika Tanszék, Hódmezővásárhely.
75. MOLNÁR, T. (2002): Biogáz kinyerés és hasznosítás a hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telepen, SZIE- Gépészmérnöki Kar, Környezettechnika és Épületgépészeti Tanszék Diplomamunka, Gödöllő.
76. MOLNÁR T., SALLAI L., BARNA V., KISS K. (2007): Energetikai célú biomassza-potenciál vizsgálata a Hódmezővásárhelyi kistérségben. SZTE-MGK Hódmezővásárhely.
77. MARKÓNÉ MONOSTORY, B.(1998): Kommunális és ipari hulladékok biológiai kezelése. Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár, Budapest.
78. MAROSVÖLYI, B.(1995): A megújuló energiaforrások mezőgazdasági termelését és hasznosítását előkészítő elemzés az externális költségek feltárásával. Gate Gödöllő.
79. MÁRMAROSI, I. (2009): Biogáz-, avagy hogyan teremthetünk forrást a hulladéklerakók rekultivációjához, ENER•G Energia Technológia Zrt „Az önellátó energiagazdálkodás – Feladat vagy lehetőség?" Önkormányzati Konferencia, Budapest
80. MEGGYES, A.– BERECZKY, Á. (2007): Kapcsolt gázmotorok energetikai vizsgálata. X. Kapcsolt hő- és villamosenergia-termelési Konferencia, Visegrád.
81. MOGYORÓSI, P.-ÁNYOS, J.(2003): Hulladéklerakóban keletkező biogáz. Debrecen
82. McDONALD S. – BISHOP A. G. – PRENZLER P. D. – ROBANDS K. (2004):Analytical chemistry of freshwater humic substances. Review. *Analytica Chimica Acta*, 527: 105-124. p.
83. MURHY, J.D.- McKEOGH, E. (2003):Technical, economic and environmental analysis of energy production from municipal solid waste, Department of Building and Civil Engineering, Cork Institute of Technology, University College Cork, Ireland Received 8 September 2003; accepted 3 December 2003
84. NAGY I.- RÁKOSI J.: (1999): Települési szilárdhulladék-gazdálkodás céljai és finanszírozási rendszere, ÖKO, 1999. X. évf. 1-2. szám, pp. 1-22.
85. NAGY, V. (2010): A biogáz előállítási eljárások hatása a gázmotor üzemére, különös tekintettel a károsanyag kibocsátásra. Doktori disszertáció Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Pattantyús-Ábrahám Géza Doktori Iskola, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, Budapest, p.19-29
86. NAGY, V.– MEGGYES, A. (2008): Biogázok alkalmazása belsőégésű motorok üzemeltetésére. Poszter, MTA AMB XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő 2008. január 22., CD kiadvány, 6 p
87. NAGY, V.– MEGGYES, A. (2007): Utilization of biogas in gas engines. Előadás, 8th International Conference on Heat Engines and Environmental Protection (Hőerőgépek és Környezetvédelem Nemzetközi Konferencia); Balatonfüred 28-30 May, 2007.,Proceedings p 95-100
88. OLESSÁK, D. – SZABÓ, L.(1984): Energia hulladékokból. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
89. OLESSÁK, D.(1998): Hulladék hasznosításának és ártalmatlanításának korszerű módszerei(Tanulmány), Vízgazdálkodási Intézet, Budapest.
90. OECD (1996): Waste Prevention and Minimisation. Berlin
91. EUROBSERV'ER (2008) Biogas Barometer, July 2008
92. OWEIS, I.S. - KHERA, R.P. (1990): Geotechnology of Waste Management Butterworths, p. 273
93. PERSSON, M., Ö. JÖNSSON, A. WELLINGER (2006) Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection. IEA Bioenergy Task 37.

94. RAMKE, H.G. (1991): Hydraulische Beurteilung und Dimensionierung der Basisentwässerung von Deponien fester Siedlungsabfälle, Leichtweiss-Institut für Wasserbau der TU Braunschweig, Mitteilungen, H. 114. p. 326.
95. RASCHKE, C., 1987. Bodenverunreinigung durch Gasmigration. Stuttgarter Berichte zur bfallwirtschaft, eitgemäße Deponietechnik, II, 97-105 pp
96. REEVE, J.N. (1992):Molecular biology of methanogens. Annu Rev Microbiol, 1992/46.
97. RETTENBERGER, G.-SASSE, T.-URBAN, S. (1988): Konzeption der Oberflächenabdichtung an der SAD Gerolsheim Zeitgemäße Deponietechnik II. Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 29., pp. 39-61. Erich Schmidt Verlag
98. RETTENBERGER,G., (1982):Beeinflussung des Gashaushaltes durch externe Vorgänge. Veröffentlichungen des Instituts für Stadtbauwesen der TU Braunschweig, 377 - 392 pp.
99. RETTENBERGER, G. (1987): Gashaushalt von Deponie Deponie I, Ablagerung von Abfällen, EF Verlag,
100. RETTENBERGER, G. (1995): Betriebshandbuch Deponiegas Hrsg. RUK Ingenieurgruppe, Stuttgart
101. RYDING, S. O. (1994): Environmental management handbook. IOS Press, US;New Ed edition. 798. p
102. SEMBERY, P – TÓTH, L. (2004): Hagyományos és megújuló energiák, Szaktudás Kiadó, Budapest, p. 274-279.
103. SVÁB, J. (1981): Biometriai módszerek a kutatásban, Mezőgazdasági Kiadó, ISBN 9632310136, p.50-51., Budapest
104. SZABÓ, L. – OLESSÁK, D.(1983): Hulladékhasznosítás – szilárd hulladékok feldolgozása. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
105. SZABÓ, I.(1994.a):A hulladéklerakók aljzatszigetelő rendszerének kialakítása,Műszaki irányelv tervezet. Kézirat
106. SZABÓ, I.(1994.b):A hódmezővásárhelyi kommunális hulladék-lerakóhely talajmechanikai szakvéleménye, ME. Hidrogeológiai-mérnökgeológiai Tanszék. Kézirat.
107. SZABÓ, I.(1995): Hulladékelhelyezés I-IV, „Ipar a környezetért” Alapívány, Budapest
108. SZABÓ, I (1999): Hulladékelhelyezés, Miskolci Egyetemi Kiadó, Egyetemi tankönyv, p.400
109. SZUNYOG, I.:(2008) Elméleti biogáz potenciál – Egy európai uniós kutatási projekt részeredményei, Miskolci Egyetem Kőolaj és Földgáz Intézet Gázmérnöki Intézeti Tanszék.
110. SZUNYOG, I. (2009): Az egyes biogáz típusok magyar földgázrendszerbe történő betáplálásának minőségi korlátai. In: Energiagazdálkodás. 50. évfolyam, 3. szám, 2009. p. 20-25.
111. SZUNYOG, I. (2010): A biogáz hasznosítása villamos energiatermelés, földgázhálózati betáplálás és hajtóanyag célú hasznosítás FARMAGAS Szakmai Továbbképzési Konferencia Kecskemét, 2010. szeptember 23.
112. SCHENKEL, W. (1974):Die geordnete Deponie von festen Abfallstoffen. Theoretische Grundlagen und praktische Durchführung Beihefte zu Müll und Abfall, H.9. Erich Schmidt Verlag
113. SELMECI, J.(1998): Inert tartalmú gázok eltüzelésével kapcsolatos kísérleti tevékenység, XXXIV. Ipari Szeminárium, Miskolc.
114. STIEF, K. (1985) Anforderungen an die Wirksamkeit von Deponiebasisabdichtungen Deponiebasisabdichtung mit Kunstoffdichtungsbahnen, Beihefte zu Müll und Abfall, H.22. pp. 9-13.
115. STEGMANN, R. – SPENDLIN, H.-H., (1987.): Vorgänge in kommunalen Abfalldeponien Grundlagen der chemisch-physikalischen und biochemischen Prozesse. Deponie. Ablagerung von Abfällen. EF-Verlag, Berlin
116. STACHOWITZ, W. H. (2004): „Berechnung“ oder Abschätzungen von Gasproduktionsmengen Gasprognose

117. STACHOWITZ, W. H (2005): Grundlagen der Fassung und Entsorgung von Deponiegas, DAS – IB GmbH Stand: Juli 2005

118. SHIMA, S. E.WARKENTIN, R.K. THAUER, és U. ERMLER, (2002): Structure and function of enzymes involved in the methanogenic pathway utilizing carbon dioxide and molecular hydrogen. J Biosc Bioeng, 93:519-530

119. SCHULZ, H. – EDER, B. (2005) „Biogázgyártás"; CSER Kiadó, Budapest

120. TABASARAN, O.(1980):Uberlegungen zum promlém deponiegas, müll und abfall, 8.sz.1980.p.204-210.

121. TABASARAN, O.- RETTENBERGER, G (1987) Grundlagen zur planung von entgasungsanlagen handbuch müll und abfall, Kennz. 4547, Lieferung 1/87, E. Schmidt Verlag

122. TABASARAN, O. (1981):Gas production from landfill. In: Bridgewater AV, Lidgren K, editors. Household waste management in Europe, economics and techniques. New York: Van Nostrand Reinhold Co.; 1981. p. 159–75.

123. TCHOBANOGLOUS, G.-THEISEN, H.-VIGIL, S. (1993):Integrated solid waste management Mc Graw-Hill Inc., p. 913.

124. THYLL, SZ.(1996): Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

125. THOME-KOZMIENSKY, K.J. (1987):Deponie. Ablagerung von Abfällen EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH

126. VAJDA, B.- NEMESTÓTHY, N.-GUBICZA, L.-BÉLAFINÉ,B. K. (2008): Biometán előállítása membránok segítségével, Pannon Egyetem, Műszaki Kémiai Kutató Intézet

127. VERMES, L.(1998): Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

128. WEBER, B. (1990): Minimierung von Emissionen der Deponie, Veröff. des ISAH, Univ. Hannover, Heft 74.

129. WEBER, B. (1993) Gas- und Wasserhaushalt von Deponien, Abfallwirtschaftsjournal, Jg. 5, Heft

130. WILSON, E. J.(2002): Life cycle inventory for municipal solid waste management. = Waste Management & Research, 20. k. 1. sz. 2002. febr. p. 16-22.

131. WILSON, E. J.(2002): Life cycle inventory for municipal solid waste management. Part 2: MSW management scenarios and modeling. Waste Management & Research, 20. k. 1. sz. 2002. febr. p. 23-36.

132. WOPERÁNÉ SERÉDI, Á – TANKA, S.(2011): Hulladéklerakóban keletkező biogáz hasznosítása, Miskolci Egyetem, Tüzeléstani és Hőenergia Intézeti Tanszék, Anyagmérnöki Tudományok, Miskolc, 36/1. kötet. pp. 79–90

133. WULF S.- JAGER, P.- DOHLER, H. (2005): Balancing of greenhouse gas emissions and economic efficiency for biogas-production through anaerobic co fermentation of slurry with organic waste, Institute of Plant Nutrition (IPE), University of Bonn, Karlrobert-Kreiten Str. 13, D-53115 Bonn, Germany b Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL), Bartningstr. 49, D-64289 Darmstadt, Germany Available online 26 October 2005

134. ZEHNDER, ABJ.(1998): Biology of Anaerobic Microorganisms. New York: John Wiley and Sons, 1988.

135. ZEHNDER, A.J.B. - INGVORSEN, K. - MARTI, T. (1982): Microbiology of methane bacteria Anaerobic Digestion (ed: HLIGHES et al.), pp. 45-68.) Proc. of the Second Int. Symp. of Anaerobic Digestion, Travemünde, 6-11 Sept. 1981. Elsevier

136. 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről

137. 242/2000. (XII. 23.) Korm. rendelet a települési hulladékkezelési közszolgáltatási díj megállapításának részletes szakmai szabályairól

138. 22/2001. (X. 10.) Köm rendelet a hulladéklerakás, valamint a hulladéklerakók lezárásának és utógondozásának szabályairól és egyes feltételeiről

M2 : Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Lektorált cikk világnyelven

1. Molnár T. (2007): Quantitative and qualitive analysis of the biogas production from the municipal solid waste, Hungarian Agricultural Engineering N^0 20/2007, pp. 20-22, HU ISSN 0864-7410.
2. Molnár T. (2009) The impact of the weather conditions for the parameter of the production of landfillgas, Hungarian Agricultural Engineering N^0 22/2009, pp. 91-94, HU ISSN 0864-7410.
3. Sallai L., **Molnár T.** (2005). Use of Biogas in Energetics in the Case of Renewable Energy Project, Lucrari Ştiintifice Seria I., Vol. VII. (2), pp. 97-104, ISSN 1221-5279.
4. **Molnár T.,** Sallai L. (2006). Exonomic examination of biogas gained from municipal waste, Lucrari Ştiintifice Facultatea Agricultura XXXVIII., pp. 139-144, ISSN 1221-5279.
5. Sallai L., **Molnár T.** (2006). Estimated potential of energy production from biogas produced int he base on agricultural and food-industrial biomass int he pilot farm of SZTE-MFK, Lucrari Ştiintifice Facultatea Agricultura XXXVIII, pp. 145-150, ISSN 1221-5279.
6. **Molnár T.,** Sallai L. (2007): The impact of biogas from deponia for exonomical properties af elektritical production, Lucrari Ştiintifice, Seria I. Vol. IX (2), pp. 323-330, ISSN 1453-1410.
7. Molnár T. (2012): Landfill gas quality and quantity parameter changes depending on precipitation intensity, Mechanical Engineering Letters, HU ISSN 2060 3789, (*megjelenés alatt).*

Lektorált cikk magyar nyelven

1. Molnár T**.** (2007): Kommunális hulladéklerakó telepen keletkező depóniagáz hasznosítása**,** Agrár és Vidékfejlesztési Szemle, SZTE-MGK Tudományos folyóirat 2. évf., 195-199. o., ISSN 1788-5345.
2. Molnár T. (2009): Kommunális hulladéklerakó telepen keletkező depóniagáz minőségi paramétereinek változása, Agrár és Vidékfejlesztési Szemle, SZTE-MGK Tudományos folyóirat 2. évfolyam, 175-179. o., ISSN 1788-5345.
3. Molnár T. (2009): Az időjárási paraméterek és a depóniagáz keletkezése közti összefüggések vizsgálata a Hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telepen, GÉP, LX. évf., 8. sz, 49-52. o, ISSN 0016-8572.
4. Molnár T. (2012): Adott hulladéklerakó telepen keletkezett depóniagáz minőségi paramétereinek változása a környezeti viszonyok függvényében, Mezőgazdasági Technika, HU ISSN 0026 1890, (*megjelenés alatt).*
5. Sallai L., **Molnár T.** (2006): Biogáz adott feltételek között történő energetikai célú termelése és felhasználása, Agrártudományi Közlemények, 2006/22, 41-46. o., HU-ISSN 1587-1282.
6. Sallai L., **Molnár T.** (2006) Mezőgazdasági és élelmiszeripari eredetű biomasszából, biogáz előállítás során nyerhető energia felmérése az SZTE-MGK Tanüzemében, Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle SZTE-MGK Tudományos folyóirat 1. évf., 63-67. o., ISSN 1788-5345.
7. Sallai L., **Molnár T.** (2007): Biogáz előállítása során keletkező energia felmérése az SZTE MFK tanüzemében különös tekintettel a mezőgazdasági és élelmiszeripari eredetű biomasszára, Agrártudományi Közlemények, 2007/26, 137-140. o., HU-ISSN 1587-1282.

Nemzetközi konferencia kiadvány

1. Molnár T. (2008): Investigation of the coherence between the climate parameteres and the release of landfillgas the refuse damp in Hódmezővásárhely, SZTE-MGK Multipurpose Agriculture International Conference, Hódmezővásárhely, 2008. april 24., CD-ROM, pp. 398-402, ISSN 1788-5345.
2. Molnár T. (2009): The impact of the weather conditions for the parameter of the production of landfillgas, „Agriculture and country int he changing world" c., VIII. Wellmann Oszkár International Conference, Hódmezővásárhely, 2009. april 23, CD-ROM, pp. 278-282, ISSN 1788-5345.
3. Szűcsné P. J., **Molnár T**., Süli Á., Sallai L. (2009): Natural waste water purfication in constructed wetland system, Lucrari Ştiintifice Seria I., Vol. IX (2), Timisoara, pp. 73-85., ISSN 1221-5279.
4. Szűcsné P. J., Sallai L., **Molnár T.,** Palotás J., Mya V. D., Rob V. D. (2009): Environment friendly wastewater treatment in constructed wetlands, Proceding of 2nd International Conference of Science and Education of the new revival epoch in the global science and education system, Turkmenistan, 2009. september 9-11, pp.224-226.
5. Molnár T. (2010): Quality parameter changes of landfill gas obtained from communical waste, „Agriculture and country in the squeeze of the climate change and the crisis" c. IX. Wellmann Oszkár International Conference, Hódmezővásárhely, 2010. april 22., CD-ROM, ISSN 1788-5345, pp.368-372.
6. Molnár T. (2010) Municipal and regional renewable energy production, International Conference on Science and Technique in the Agri-Food Business, 2010 november 3-4, , ISSN 1788-5345, pp. 43-47.

Magyar nyelvű konferencia kiadvány

1. Molnár T. (2003): A hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telep biogáz kinyerése, II. Erdei Ferenc Tudományos konferencia, Kecskemét, 2003. augusztus 28-29, 1. kötet , 502-509. o., ISBN 963 7294 48 1.
2. Molnár T. (2006)**:** Kommunális hulladéklerakó telepen keletkező biogáz mennyiségi, ill. minőségi jellemzői és ezek hatása a villamos energiatermelés műszaki paramétereire, Vásárhelyi Őszi Hetek, „Fiatal Kutatók az Agráriumban „Tudományos Konferencia, Európai Uniós Kutatási és Oktatási Projektek Napja, Hódmezővásárhely 2006. október 6., CD melléklet, 156-160. o., ISBN: 963-06-1269-0.
3. Molnár T. (2007): Kommunális hulladéklerakó telepen keletkező biogáz mennyiségi, illetve minőségi jellemzőinek vizsgálata, I. Nemzetközi Környezettudományi és Vízgazdálkodási Konferencia, Tessedik Sámuel Főiskola, Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar, Szarvas 2007. október. 18, TSF- Közlemények,2007.Tom.7.No.1.1. kötet, 211-216. o., ISSN 1587-6179.
4. Molnár T. (2007): Kommunális hulladéklerakó telepen keletkező depóniagáz hasznosítás jelentősége**,** SZTE-MK IV. Európai Kihívások Nemzetközi Tudományos Konferencia, Szeged, 2007.október. 12, CD melléklet, 712-716. o. ISBN 978-963-482-857-0.
5. Molnár T. (2008): Depóniagázok mennyiségi és minőségi jellemzőinek vizsgálata a hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telepen, XXXII. MTA Agrár-Műszaki Bizottság, Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, 2008. január 22., 3. kötet, 104-108. o., ISBN 978-963-611-449-7.
6. Molnár T. (2008): Depóniagázok mennyiségi illetve minőségi jellemzői és ezek hatása a villamos energiatermelés műszaki paramétereire, SZIE-MTDI Kutatási Beszámolók, PhD konferencia, Gödöllő, 2008. május 10, 56-62. o.

7. Molnár T. (2010): Kommunális hulladéklerakó telepen keletkező depóniagáz minőségi paramétereinek változása, XXXIV MTA Agrár- Műszaki Bizottság, Kutatási és fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, 2010. február 2., 8-12. o., ISBN 978-963-611-449-7.
8. **Molnár T.,** Fodor D., Sallai L. (2004): A hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telep biogáz kinyerése és hasznosítása, XXVIII MTA Agrár- Műszaki Bizottság, Kutatás és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, 2004. január 20-21., 4. kötet, 346-350. o., ISBN-963-611-406-4.
9. **Molnár T.,** Sallai L., Fodor D. (2004): Biogáz energetikai felhasználása egy megvalósult üzem esetében, IV Wellmann Oszkár Nemzetközi Konferencia, Hódmezővásárhely, 2004. április 24, CD melléklet, 168-172. o., ISSN 1788-5345.
10. Fodor D., Sallai L., **Molnár T.** (2004): Biogáz energetikai hasznosítása, IV Wellmann Oszkár Nemzetközi Konferencia, Hódmezővásárhely, 2004. április 24, CD melléklet, 176-180. o., ISSN 1788-5345.
11. **Molnár T.,** Sallai L., Fodor D. (2004): Biogáz hasznosítás kommunális hulladéklerakó telepen, IV. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok Mezőtúr,2004. október 21-22., 149-162. o., ISBN 963-217-059-8.
12. **Molnár T.,** Fodor D., Sallai L. (2004): Biogáz energetikai célú hasznosítása, VI. Nemzetközi Élelmiszertudományi Konferencia, Szeged, 2004. május 20-21, 233-235. o, ISBN 963-482-676-8.
13. **Molnár,T.** –Sallai, L.- Fodor, D. (2005): Megújuló energia kommunális hulladékból, XXIX. MTA Agrár- Műszaki Bizottság Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő 2005. január 18-19., 2005. 3. kötet, 160-165. o., ISBN 963-611-423-4.
14. **Molnár T.,** Sallai L., Fodor D. (2005): Megújuló energia kommunális hulladékból**,** V. Wellmann Oszkár Nemzetközi Konferencia, Hódmezővásárhely, 2005. április 23, CD melléklet, 204-209. o., ISSN 1788-5345.
15. **Molnár T.,** Sallai L., Fodor D. (2005): Kommunális hulladékból nyert biogáz hasznosítása a régióban, Vásárhelyi Őszi Hetek, Fiatal Kutatók az Agráriumban Tudományos Tanácskozás, Hódmezővásárhely, 2005. október 1-2., CD melléklet, 184-189. o., ISBN 963-06-1269-0.
16. Sallai L., **Molnár T.,** Fodor D. (2005): Biogáz energetikai felhasználása egy tervezett beruházás esetében, Vásárhelyi Őszi Hetek, Fiatal Kutatók az Agráriumban Tudományos Tanácskozás, Hódmezővásárhely, 2005. október 1-2., CD melléklet, 190-195. o., ISBN 963-06-1269-0.
17. Sallai L., **Molnár T.,** Fodor D. (2006): Egy adott gazdasági szerkezetű kisebb régió szerves hulladékaira alapozott biogáz potenciál felmérése, XII. Ifjúsági Tudományos Fórum Pannon, Keszthely, 2006. április 20.,CD-melléklet, 312-316. o., ISBN 978-963-9639-31-7.
18. Sallai L., **Molnár T.,** Fodor D. (2006): Biogáz előállítása és felhasználása állattartó telepeken, Vásárhelyi Őszi Hetek, „Mezőgazdaság új utakon Alternatív és megújuló energiahasznosítás" Tudományos konferencia, Hódmezővásárhely, 2006. október 18., CD melléklet, 156-160. o., ISBN: 963-06-1269-0.
19. Sallai L., **Molnár T.,** Fodor D. (2006): Mezőgazdasági és élelmiszeripari eredetű biomasszából, biogáz előállítás során nyerhető energia felmérés az SZTE-MGK tanüzemében, „A jövő tudósai, a vidék jövője" PhD Konferencia, Debrecen, 2006. november 23., CD melléklet, 298-304. o.
20. **Molnár T.,** Sallai L., Fodor D. (2006): Megújuló energia a növénytermesztés melléktermékeiből, V. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok, Mezőtúr, 2006. október 26-27., 154-160. o., ISBN 963-06-0817-0.
21. **Molnár T.,** Sallai L., Fodor D. (2007): Kommunális hulladéklerakó telepen keletkező biogáz mennyiségi, ill. minőségi jellemzői és ezek hatása a villamos energiatermelés műszaki paramétereire**,** XXXI MTA Agrár- Műszaki Bizottság. Kutatási és fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, 2007 január 23., 1. kötet, 92-96. o., ISBN 978-963-611-443-5.
22. Szűcsné P. J., Palotás J., Fodor D., Sallai L., **Molnár T.**: (2008): Természetközeli szennyvíztisztítás gyökérzónás víztisztító rendszerrel, VI. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok, Mezőtúr 2008. október 16-17., 39-42. o., ISBN 963-06-0817-0.

23. Sallai L., **Molnár T.,** Fodor D. (2008): Biogáz laboratórium kialakítása, fejőházi szennyvíz és szarvasmarha almos trágya kofermentációja,. XXXII. MTA Agrár- Műszaki Bizottság, Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, 2008. január 22., 3.kötet, 234-238. o., ISBN 978-963-611-449-7.

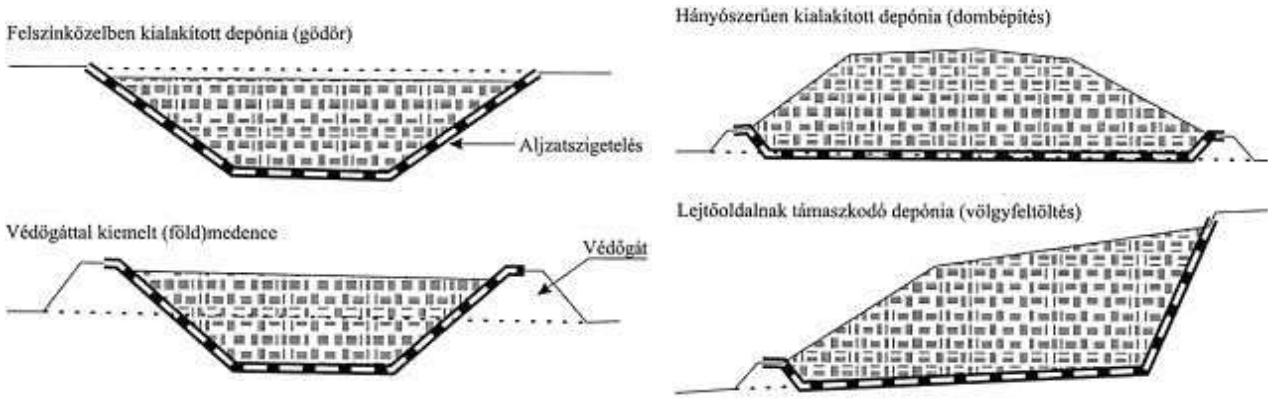
Nemzetközi konferencia abstract

1. Fodor D., **Molnár T.,** Sallai L. (2005): The Situation and Possibilities of Renewable Energy Use in Szeged Region, Conference on Renewable Energy, Germany, 2005. november 27-30, p. 108.
2. Molnár T. (2008): Landfillgas composition analysis, 50.th JubileeGeorgikon Scientific Conference, Keszthely 2008. szeptember 25-26, p. 165, ISBN 978-963-9639-31-7.
3. Molnár T. (2008): Landfillgas production at a municipal solid waste dump, SZTE-MK Science and technique the agriculture and in a food economy, Icostaf 2008 International Scientific Conference, Szeged, 2008. november 5-6., p. 275., ISBN 963-482-676-8. Science and technique the agriculture and in a food economy

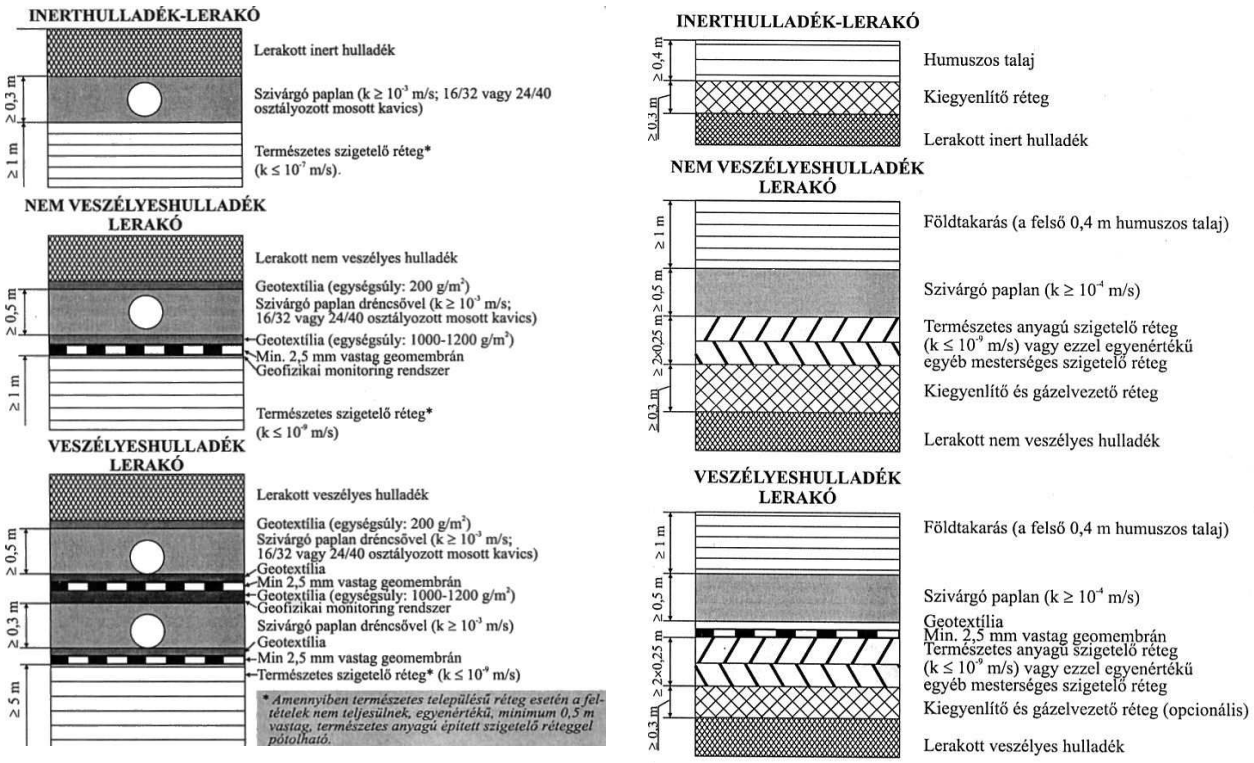
Magyar nyelvű konferencia abstract

1. **Molnár T.,** Sallai L., Fodor D., Hódiné Sz. M. (2005): Megújuló energia a növénytermesztés melléktermékeiből**,** V. Wellmann Oszkár Nemzetközi Konferencia, Hódmezővásárhely, 2005. április 29, CD melléklet, 204. o., ISSN 1788-5345.
2. Sallai L., **Molnár T.,** Fodor D., Hódiné Sz. M. (2005): Korszerű, családi méretű állattartó mintagazdaságokkal kapcsolatos üzemeltetési tapasztalatok, V. Wellmann Oszkár Nemzetközi Konferencia, Hódmezővásárhely, 2005. április 29, CD melléklet**,** 205.o., ISSN 1788-5345.
3. **Molnár T.,** Sallai L., Fodor D. (2006)**:** A szalma mezőgazdasági melléktermék energetikai hasznosítása, XII. Ifjúsági Tudományos Fórum Pannon, Keszthely, 2006. április 20.,CD-melléklet, 312.o., ISBN 978-963-9639-31-7.
4. **Molnár T.,** Sallai L., Fodor D. (2006): Mezőgazdasági melléktermék energetikai hasznosítása, Vásárhelyi Őszi Hetek, „Mezőgazdaság új utakon Alternatív és megújuló energiahasznosítás" Tudományos konferencia, Hódmezővásárhely, 2006. október 18., CD melléklet, 156. o., ISBN: 963-06-1269-0.
5. Molnár T.(2007): Kommunális hulladéklerakó telepen keletkező biogáz mennyiségi, illetve minőségi jellemzőinek vizsgálata, Magyar Biológiai Társaság Szegedi Csoportja, 397. ülés, Hódmezővásárhely, 2007. október 26, 139. o.
6. **Molnár T.,** Sallai L., Fodor D. (2007): Mezőgazdaságban keletkezett másodnyersanyagok energetikai hasznosítása, BIOEDITH – Bioneregia, Dél-Alföldi Integrált Technológia Fejlesztési Hálózat."konferencia, Hódmezővásárhely, 2007. április 17, CD melléklet, 168. o.
7. Sallai L., Fodor D., **Molnár T**. (2007): Biomasszából történő megújuló energia előállítás fermentációval, „BIOEDITH – Bioneregia, Dél-Alföldi Integrált Technológia Fejlesztési Hálózat."konferencia, Hódmezővásárhely, 2007. április 17, CD melléklet, 170. o.
8. Molnár T.:(2009): Környezeti viszonyok és a depóniagáz keletkezése közti összefüggések vizsgálata, Magyar Biológiai Társaság Szegedi Csoportja, 410. ülés, Hódmezővásárhely, 2009. október 30, CD melléklet, 149.o.
9. Molnár T. (2010):Depóniagázok összetételének vizsgálata hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telepen, Magyar Biológiai Társaság Szegedi Csoportja, 417. üllés, Hódmezővásárhely, 2010.október 28, CD melléklet, 159.o.
10. Molnár T. (2011):Hulladéklerakó telepen keletkező depóniagáz termelődésére jellemző összefüggések vizsgálata, Magyar Biológiai Társaság, Szegedi Csoportja, 421. üllés, Hódmezővásárhely, 2011. november 4, CD melléklet, 139. o.

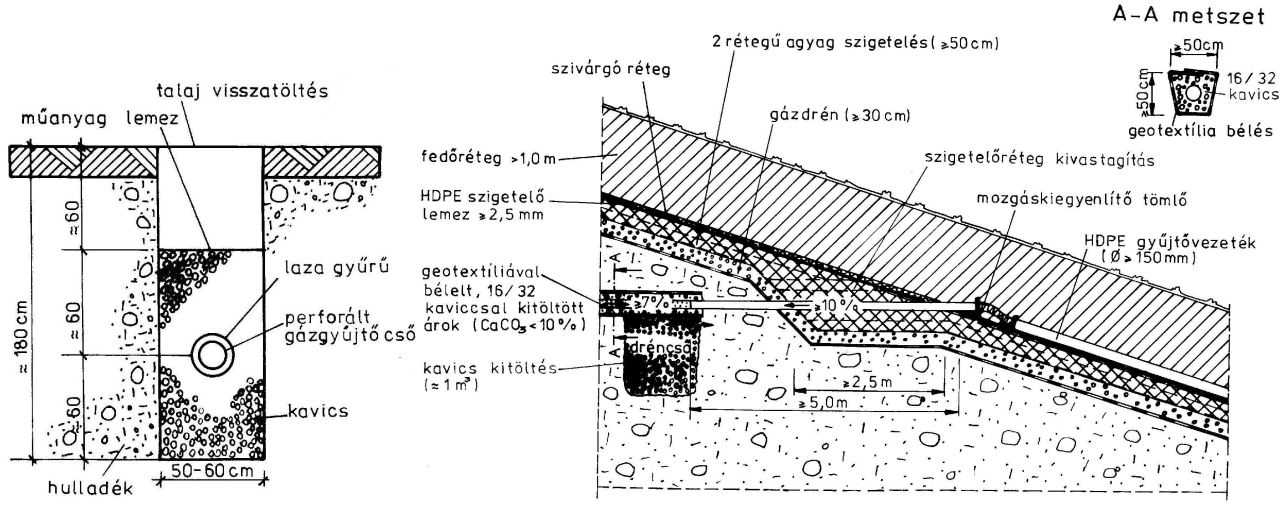
M3 : Hulladéklerakó típusok terepadottságok szerint



M4 : A hulladéklerakók aljzat és felső lezáró szigetelési rendszerének felépítése



M5 : A horizontális gázgyűjtő árok és gázgyűjtő cső kivezetés kialakítás



M6 : Beszállított szennyvíziszap vonatkozó előírások

Hatóanyagok	Paraméterek
pH (10%-os vizes szuszpenzióban)	6,5–8,5
szárazanyag-tartalom	20 (m/m%)
N-tartalom	1 (m/m%) sz.a.
P_2O_5-tartalom	0,5 (m/m%) sz.a.
K_2O-tartalom	0,5 (m/m%) sz.a.
Ca-tartalom	1,2 (m/m%) sz.a.
Mg-tartalom	0,5 (m/m%) sz.a.
Iszap izzítási veszteség	60 (m/m%) sz.a.

M7 : Szerves szennyezőkre vonatkozó előírások

Szerves szennyezők	Paraméterek
összes PAH tartalom (19 vegyület)	< 10,0 mg/kg sz.a.
ásványiolaj-tartalom (TPH C5-C40)	< 4000,0 mg/kg sz.a.

M8 : A toxikus elemekre vonatkozó előírások

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se
	tartalom legfeljebb mg/kg szárazanyag								
Szennyvíziszap	25	5	50	350	750	5	100	400	50

M9 : Depóniagáz és földgáz paramétereinek összehasonlítása

		Depóniagáz	Biogáz	Északi tengeri földgáz	MSZ 1648
Alsó fűtőérték	MJ/Nm^3	16	23	40	34
	kWh/Nm^3	4,4	6,5	11	
	MJ/kg	12,3	20,2	47	
Sűrűség	kg/Nm^3	1,3	1,2	0,48	
Felső Wobbe szám	MJ/Nm^3	18	27	55	
Metán szám		> 130	> 135	70	
Metán	V%	45	63	87	
Metán szórás	V%	35-65	53-70	-	
Egyéb szénhidrogének	V%	0	0	12	
Hidrogén	V%	0-3	0	0	
CO_2	V%	40	47	1,2	
CO_2 szórás	V%	15-50	30-47	-	
N_2	V%	15	0,2	0,3	
H_2S	ppm	< 100	< 1000	1,5	
H_2S szórás	ppm	0-100	0-1000	1-2	
NH_3	ppm	5	< 100	0	
Cl^-	mg/Nm^3	20-200	0-5	0	

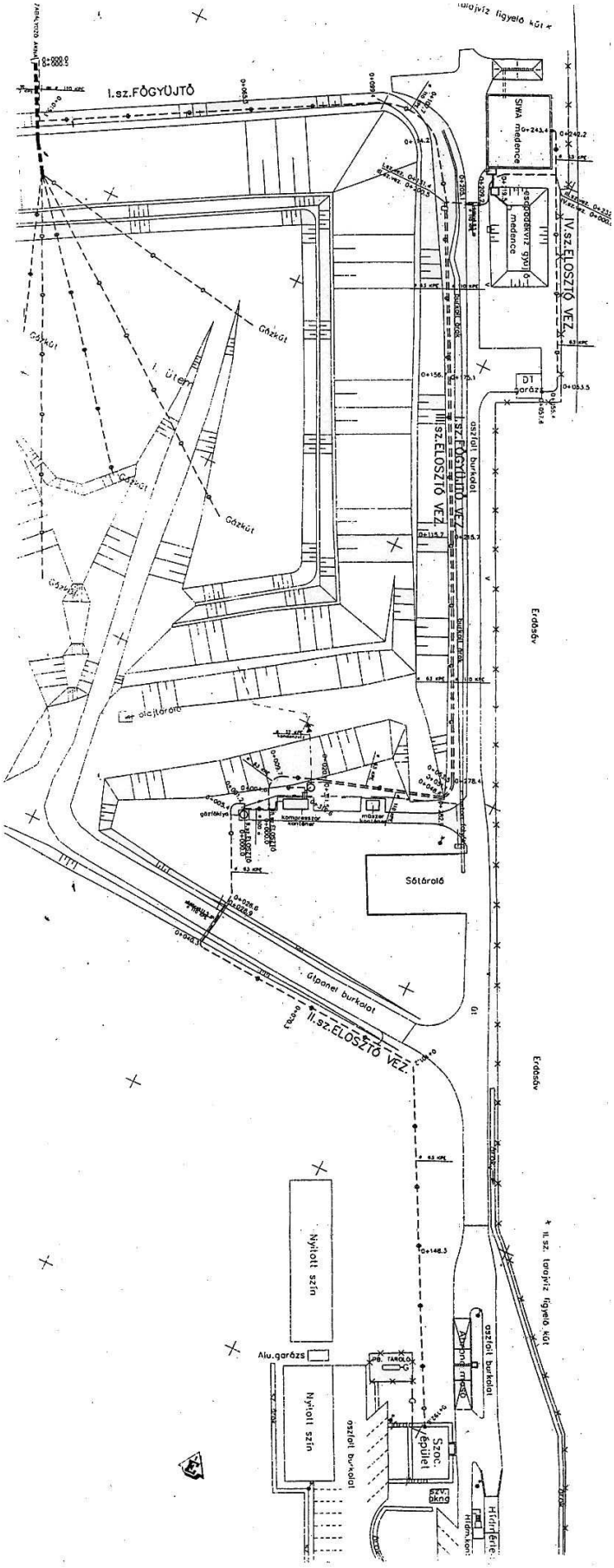
M10 Depóniagáz kihozatal különféle hulladékokból

Hulladékfajta	Biogáz termelés [dm^3/kg sz.a]	CH_4 [%]
Zöldnövények	500-600	55-60
Piaci hulladék	550-600	55-65
Zsírleválasztó	600-1000	70-75
Burgonyacefre	400-700	60-65
Repcezúzalék	400-900	65-70
Étkezési maradék	800-1000	60-65

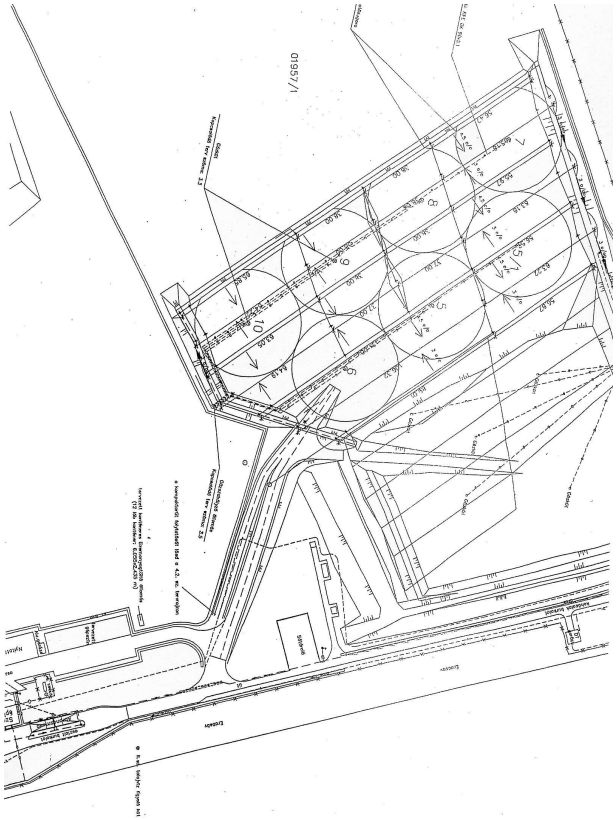
M11 : Depóniagázok összetétele és a komponensek koncentrációjának jellemző értékei

Komponens	Koncentrációtartomány
metán	0-80 térf. %
szén-dioxid	0-80 térf. %
szén-monoxid	0-3 térf. %
hidrogén	0-3 térf. %
oxigén	0-21 térf. %
nitrogén	0-78 ppm (térf.)
etilén	0-65 ppm (térf.)
etán	0-30 ppm (térf.)
acetaldehid	0-150 ppm (térf.)
aceton	0-100 ppm (térf.)
szénhidrogének (aromások nélkül)	0-50 ppm (vegyületenként)
hidrogén-szulfid	0-100 ppm (vegyületenként)
etilmerkaptán	0-120 ppm (vegyületenként)
benzol	0-15 ppm (vegyületenként)
toluol	0-15 ppm (vegyületenként)
xylol	0-15 ppm (vegyületenként)
etil-benzol	0-10 ppm (vegyületenként)
vinil-klorid	0-10 ppm (vegyületenként)
halogénvegyületek (1,1-diklór-etán, metilén-klorid, tetraklór-metán, 1,1,2-triklór-etilén)	0-100 ppm (vegyületenként)

M12 : A hulladéklerakó telepen elhelyezkedő gázkutak elrendezése az 1. ütemben



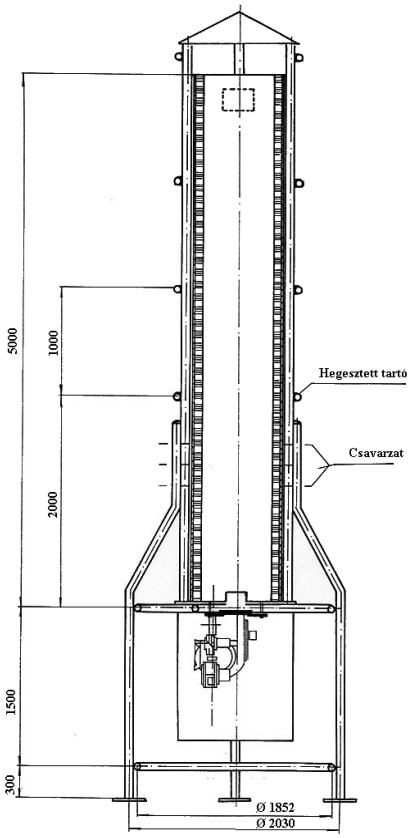
M13 : A hulladéklerakó telepen elhelyezkedő gázkutak elrendezése az 2. ütemben



A szabályozó állomáshoz tartozó gázkutak: [2]

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

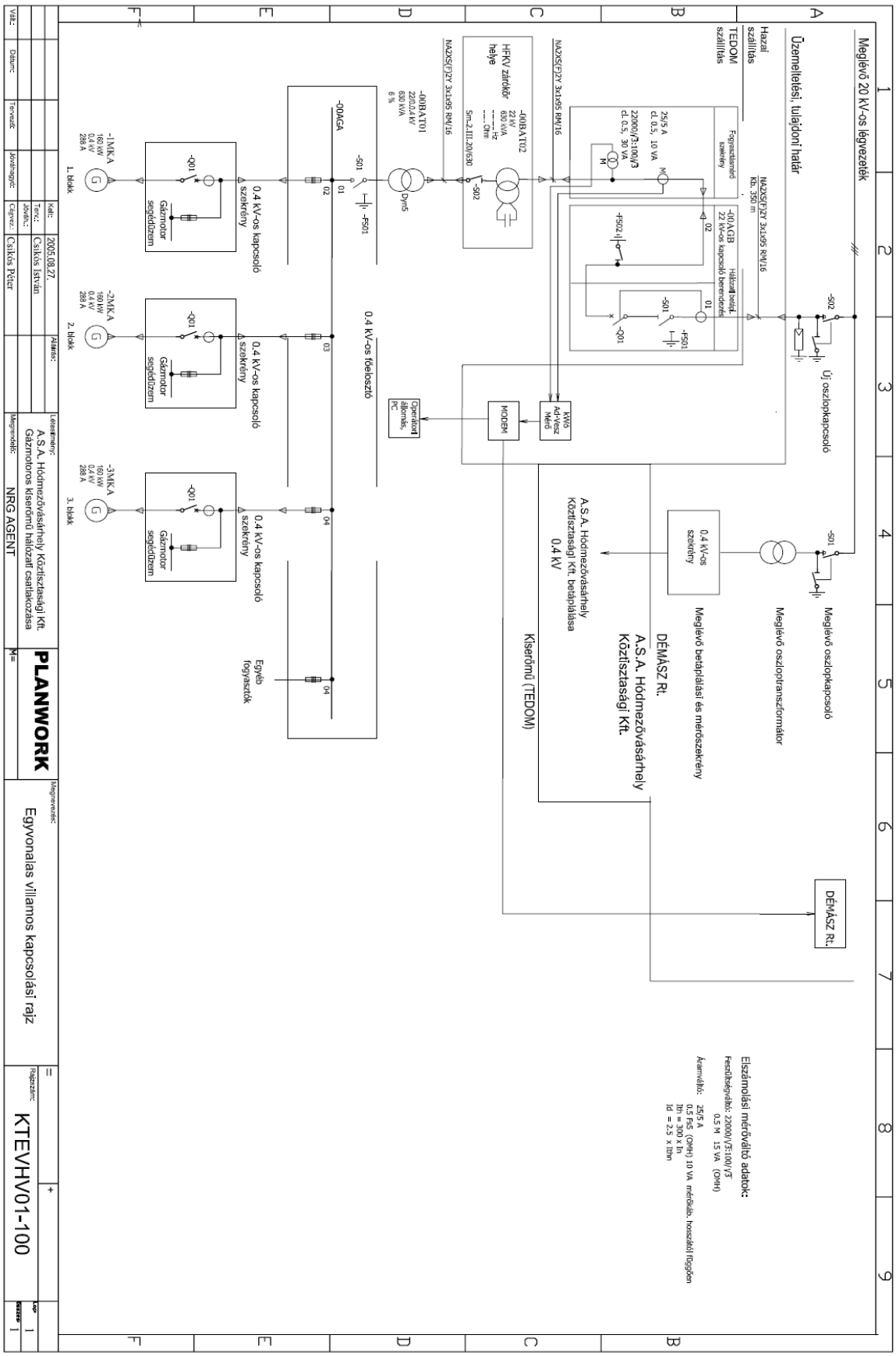
M14 : Az alkalmazott gázfáklya kialakítása és műszaki paraméterei



Főbb adatok:

- Az égő típusa:SGB-200
- Gyártó:GB-GANZ
- Teljesítménye:40-400 m3/h
- Csatlakozó nyomás:70-100 mbar
- A tüzelőanyag fűtőértéke:15-35 MJ/m3
- Teljesítményszabályozás:folyamatos
- Névleges teljesítmény:200- 2000 kW
- A tűztér hossza 5000 mm, belső átmérője700 mm, magassága 6000 mm

M15 : ASA Hódmezővásárhely Köztisztasági Kft kiserőmű hálózati csatlakozása



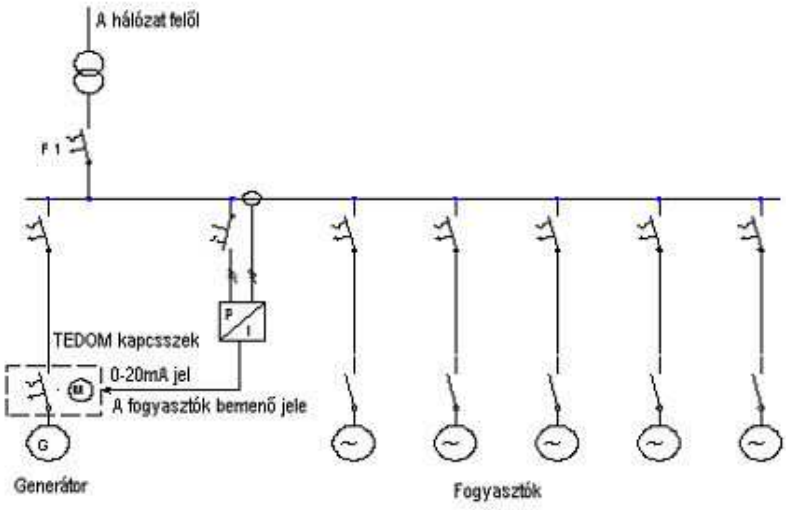
M16 : Generátor és transzformátor adatok

Megnevezés	Generátor adatai		Megnevezés	Transzformátor adatai	
Névleges feszültség:	400	V	Névleges feszültség	22/0.4 ±2x2.5 %	kV
Névleges frekvencia:	50	Hz	Névleges frekvencia:	50	Hz
Névleges teljesítmény	200	kVA	Névleges teljesítmény:	630	kVA
Névleges teljesítmény	160	KW	Névleges primer áram	16,5	A
Teljesítménytényező:	0.8-1.0		Névleges szekunder áram	909	A
Xd:	302	%	Rövidz. tényező	6	%
X'd:	41135	%	Kapcsolási csoport	Dyn5	
X"d:	8,9	%	Üresjárási veszteség	1650	W
T'do	2040	msec	Rövidz. veszt. 75 ºC-nál	6400	W
T'd	105	msec	Rövidz. veszt. 120 ºC-nál	7400	W
T"d	10	msec	Rövidz. teljesítménye	10,5	MVA
Teljes harm. t.	< 4	%			

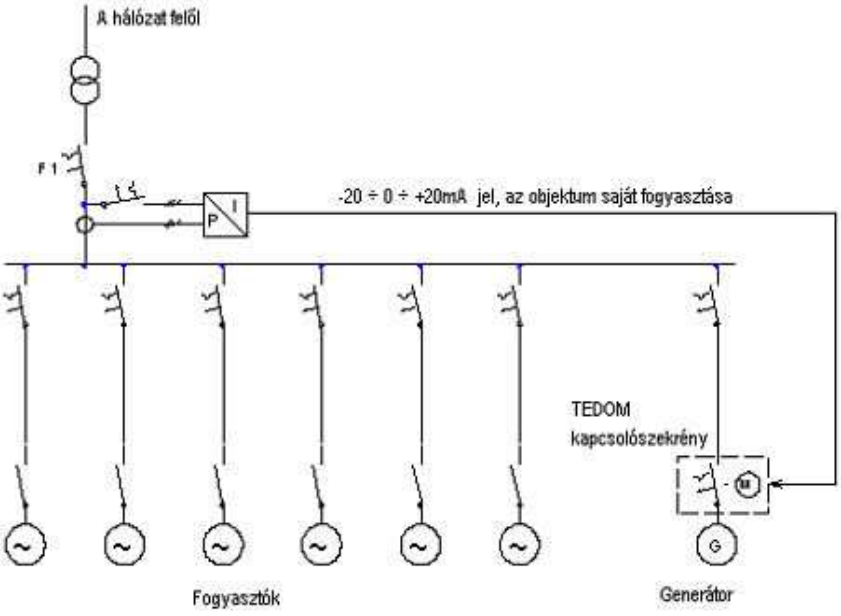
M17 : Gázmotor-generátor egységbe beépített védelmek

Termikus túlterhelés védelem:	In szerint beállítva
Rövidzárlatvédelem mágneses kioldással:	5 x In szerint beállítva, időfüggetlen
Feszültség-védelem, elektronikus – NPU:	110 % 0.1 sec késleltetéssel
	90 % 0.1 sec késleltetéssel
Frekvenciavédelem – NPU	±2 %, 0.1 sec késleltetéssel
Vektorugrásvédelem – NPU	8º
Feszültség aszimmetria védelem	6 % Un, 0.1 sec késleltetéssel
Elektronikus vissz-watt védelem	-1500 W, 5-10 sec késleltetéssel
Elektronikus túlfordulat védelem	1600 1/perc határ fölött
Elektronikus fordulatszám csökk. védelem	1400 1/perc határ alatt

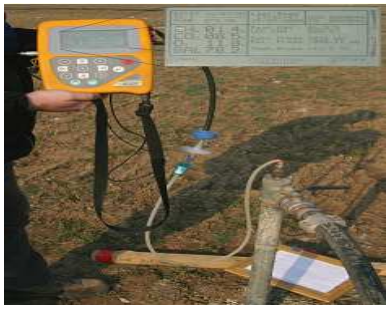
M18 : Gázmotor generátor teljesítmény érték szerinti szabályozása



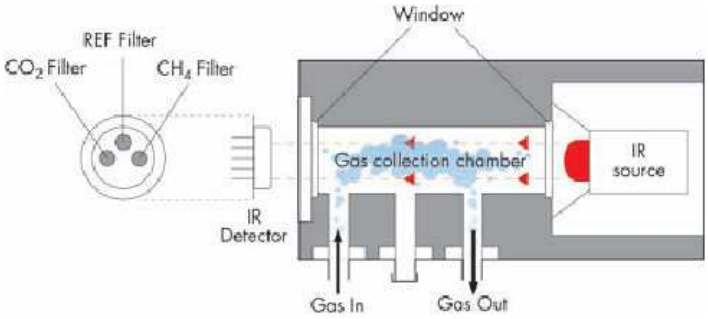
M19 : Gázmotor generátor teljesítmény „0”érték szerinti szabályozása



M20 : GA 2000 hordozható depóniagáz-elemző felépítése



M21 : NDIR közepes infravörös tartományban működő gázelemző készülék



M22 : GA 2000 hordozható depóniagáz-elemző műszaki specifikációi

	CO_2 és CH_4	kettős hullámhosszú infravörös cella referencia csatornával			
	O_2	belső elektrokémiai cella			
Mérhető gázok	CO	belső elektrokémiai cella			
	H_2S 0-500ppm	belső elektrokémiai cella			
	CH_4	0-70 térf.% a specifikáció szerint; 0-100% mérhető			
	CO_2	0-60 térf.% a specifikáció szerint; 0-100% mérhető			
	O_2	0-25 térf.%			
Méréstartomány	CO	0-500 ppm			
	H_2S	0-500 ppm belső			
	Gáz	0-5 térf.%	5-15 térf.%	15 térf.%-FS*	FS*
	CH_4	±0.5 térf.%	±1.0 térf.%	±3.0 térf.%	70 térf.%
	CO_2	±0.5 térf.%	±1.0 térf.%	±3.0 térf.%	60 térf.%
Tipikus pontosság	O_2	±1.0 térf.%	±1.0 térf.%	±1.0 térf.%	25 térf.%
	Gáz	Tartomány		0-FS*	
	CO	0-500 ppm		±10.0% FS*	
	H_2S	0-500 ppm		±10.0% FS*	
	CH_4	≤20 másodper			
	CO_2	≤20 másodper			
Válaszidő, T90	O_2	≤20 másodper			
	CO	≤60 másodperc			
	H_2S	≤60 másodperc			
Oxigén cella élettartama	kb. 3 év levegőben				

M23 : 2007-12-18-án beszállított hulladék megoszlása EWC kódok szerint

EWC kód	Hulladéktermelő	Hulladék megnevezése	Lerakott hulladék (kg)	Biológiailag lebomló szerves anyag tart. (kg)	Biológiailag lebomló szerves anyag konc. (%))
010505	Mol Rt. Puszatföldvár	furóiszap	178140	713	0,40
010508	TXM Makó	fúróiszap	77520	8	0,01
040108	Majsai Cipőipari Sz.	Cserzett bőrhull.	2600	780	30,00
101206	Villeroy&Boch Rt	öntőformák	30640	3	0,01
150101	Lidl Szentes	Papír és karton csomagolási hull.	25580	12790	50,00
150102	Conveyor B. System Phoenix Gumiipari Kft	Műanyag csomagolási hull.	1320	1	0,10
170107	Építészmester Kft	beton, tégla és kerámia keveréke	11240	0	0,00
170504	ASA Köztiszatási Kft	Föld és kövek	980	0	0,00
190305	Hajdukomm Kft.	Stabilizált hull.	37080	3708	10,00
190802	*Zsigmondy Béla Zrt.*	Homokfogóból származó hull.	*12640*	*3792*	*30,00*
191204	Gumiművek Phoenix kft.	Műanyag és gumi	2460	49	2,00
200301	*Hmvhely lakosság*	Egyéb telep. hull.	*124160*	*65805*	*53,00*
Összesen			**504360**	**87649**	
Súlyozott biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció [%]				**17,4%**	
A kommunális hulladékban lévő biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció [%]				**53%**	

M24 : 2007. 04.06-án beszállított hulladék megoszlása EWC kódok szerint

EWC kód	Hulladék termelő	Hulladék megnevezése	Lerakott hulladék kg)	újra hasznosított hulladék (kg)	Biológiailag lebomló szerves (kg)	Biológiailag lebomló szerves (%))	Összes hulladék mennyiség e
020204	Unilever kft.	szennyvíziszap	1700	-	510	30,00	
020601	Desing Kft.	fogy.alk.anyag	440	-	44	10,00	
070213	Hajdukomm Kft.	desztilációs hull	32	-	2	5,00	
090107	Hajdukomm. Kft	fotofilm	85	-	4	5,00	
101206	Hmvhely	törmelék	50020	-	250	0,50	
130501	Hajdukomm. Kft	olajos hull.	1037	-	52	5,00	
130502	Hajdukomm. Kft	olaj iszap	1556	-	78	5,00	
150101	Lidl Szeged	csom. hull.	-	12540	-	-	
150102	Hmvhely szelekt.	műa csom. hull	-	1420	-	-	
150106	Conveyor Kft.	papír hulladék	1420	-	28	2,00	
150107	Hmvhely szelekt.	üveg hulladék	-	6960	-	-	
150110	Hal Eco Kft	szenny. cs. hull	4122	-	206	5,00	
150202	Hajdukomm. Kft	szenny. absz.	20840	-	1042	5,00	
160107	Hajdukomm. Kft	olajszűrők	393	-	20	5,00	
160112	Hajdukomm. Kft	súrlódóbetét	294	-	3	1,00	
160304	Hajdukomm. Kft	szerevetlen hull	261	-	0	0,00	
160708	Hajdukomm. Kft	olajtart. hull.	1667	-	83	5,00	
170107	Imerys Zrt.	törmelék	21520	-	22	0,10	
191204	Phoenix Kft	gumi hulladék	2440	-	49	2,00	
200301	Txm Magyarcs.	komm. hull.	185760	-	98453	53,00	
200303	Hmvhely	hulladék	1300	-	65	5,00	
Összesen			**309937**	**20920**	**103216**	33,00	**330857**
Súlyozott biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció [%]						**33%**	
A kommunális hulladékban lévő biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció [%]						**53%**	

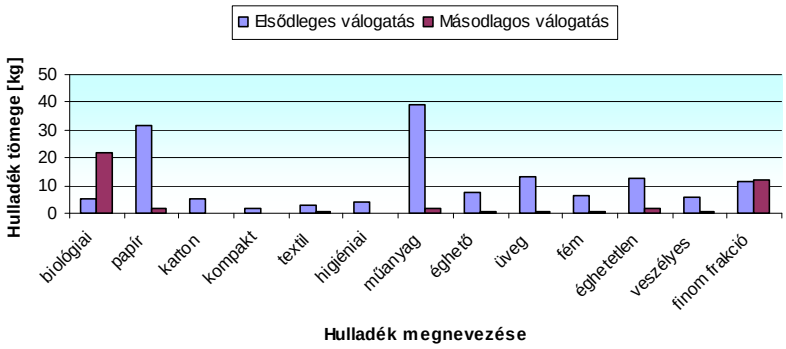
M25 : 2007-07-10-én beszállított hulladék megoszlása EWC kódok szerint

EWC kód	Hulladék megnevezése	Lerakott hulladék (kg)	Újra hasznosított (kg)	Biológiailag lebomló szerves (kg)	Biológiailag lebomló szerves (%))	Összes hulladék mennyisége (kg)
10508	Klorid tart. Fúróiszap	27020	-	54	0,20	
20203	Fogyasztásra alk. anyagok	1760	-	176	10,00	
101206	törmelék	14400	-	144	1,00	
130502	olaj,víz szárm. iszap	2230	-	112	5,00	
150101	papír karton, csom. hull	-	20800	-	-	
150102	Műanyag csom. Hull.	-	1820	-	-	
150202	Műanyag csom. Hull.	780		4	0,50	
150202	Műanyag csom. Hull.		12020	-	-	
150102	Műanyag csom. Hull.	10380	-	52	0,50	
150106	Szilikonpapír hull.	2600	-	130	5,00	
150110	Olajos műanyag hull.	810	12020	122	15,00	
150202	Olajos felitató anyag	10790	-	540	5,00	
160122	Közelebbről nem meghat.	70	-	1	1,00	
160306	Szerves hulladékok	35920	-	12572	35,00	
170107	Törmelék	6780	-	34	0,50	
170107	Törmelék	5260	-	26	0,50	
170107	Törmelék	4060	-	20	0,50	
170107	Törmelék	2700	-	14	0,50	
170107	Törmelék	5580	-	28	0,50	
170107	Törmelék	4940	-	25	0,50	
170107	Törmelék	3640	-	18	5,00	
170302	Bitumen keverék	7900	-	395	0,20	
170504	lakossági törmelék	1540	-	3	15,0	
190802	homokfogóból szárm hull.	2340	-	351	25,0	
190805	települési szennyvíziszap	14320	-	3580	25,0	
190805	szennyvíziszap	1960	-	490	1,0	
191204	műanyag, gumi	1520	-	15	0,50	
191204	üzemi, termelési hulladék	8100	-	41	53,0	
200101	ASA Kft. papír bálázás	-	25720	-	-	
200301	kommunális hulladék	560	--	297	53,0	
200301	kommunális hulladék	1020	-	541	53,0	
200301	kommunális hulladék	260	-	138	53,0	
200301	kommunális hulladék	400	-	212	53,0	
200301	kommunális hulladék	1720	-	912	53,0	
200301	kommunális hulladék	68500	-	38360	56,0	
200301	ASA Kft. papír bálázás	-	800	-	-	
200301	kommunális hulladék	2180	-	1155	53,0	
200301	kommunális hulladék	21680	-	11490	53,0	
200301	kommunális hulladék	6820	-	3615	53,0	
200301	kommunális hulladék	520	-	276	53,0	
200301	kommunális hulladék	1280	-	678	53,0	
200301	kommunális hulladék	2080	-	1102	53,0	
200301	kommunális hulladék	2520	-	1336	53,0	
Összesen		**286980**	**61160**	**79056**	27,5	**348140**
Súlyozott biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció [%]					**27,5%**	
A kommunális hulladékban lévő biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció					**53%**	

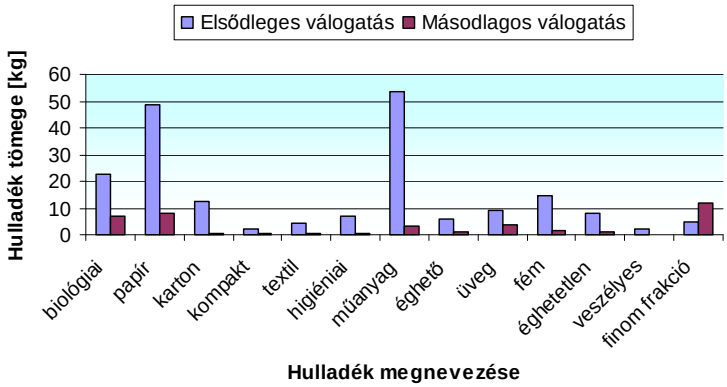
M26 : 2007. 09.05-én. beszállított hulladék megoszlása EWC kódok szerint

EWC kód	Hulladék termelő	Hulladék megnevezése	Lerakott hulladék kg)	újra hasznosított hulladék (kg)	Biológiailag lebomló szerves (kg)	Biológiailag lebomló szerves (%))	Összes hulladék mennyiség e (kg)
101206	Villeroy&Boch RT.	törmelék	61660	-	308	0,50	-
150101	Contitech Rubber Kft.	Papír és karton csom. hull		8660	-	-	-
150102	Contitech Rubber Kft.	Műanyag csom. hull.	2155	-	43	2,00	-
170107	Építészmester Kft.	törmelék	11920	-	12	0,10	-
170504	Hódmezővásárhely	lakossági törmelék	580	-	1	0,20	-
190805	Hódmezővásárhely	települési szennyvíziszap	24940	-	5237	21,00	-
191204	Gumiművek Phonenix Kft	gumi hulladék	5120	-	10	0,20	-
200101	Hódmezővásárhely szelektív	papír hulladék		9700	-	-	-
200301	Hódmezővásárhely lakossági	kommunális hulladék	118005	-	62543	53	-
Összesen			**224380**	**18360**	**68154**	**30**	**242740**
Súlyozott biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció [%]						**30%**	
A kommunális hulladékban lévő biológiailag lebomló szerves anyag koncentráció [%]						**53%**	

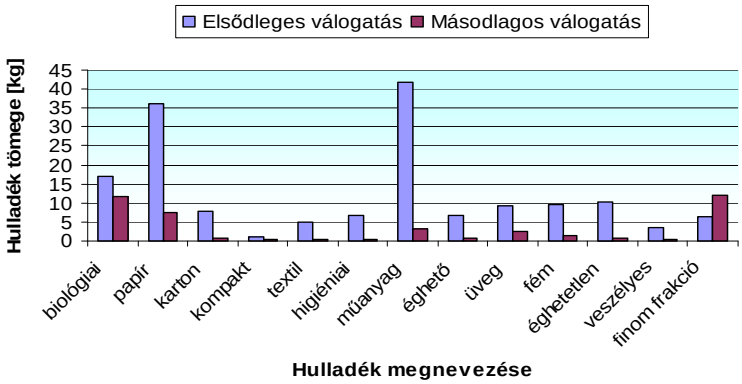
M27 : 2007 téli időszakban elhelyezett hulladékok összetételeinek eredményei



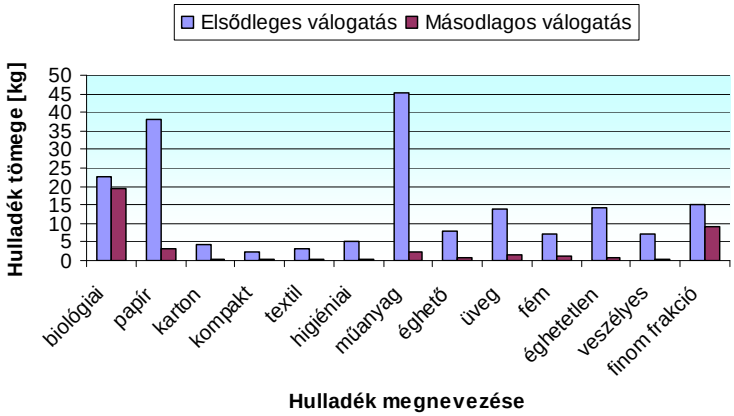
M28 : 2007 tavaszi időszakban elhelyezett hulladékok összetételeinek eredményei



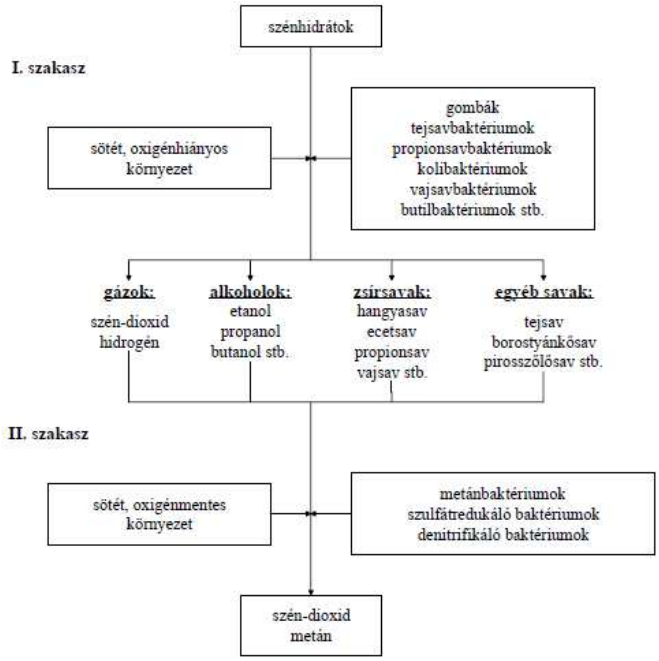
M29 : 2007 nyári időszakban elhelyezett hulladékok összetételeinek eredményei



M30 : 2007 őszi időszakban elhelyezett hulladékok összetételeinek eredményei



M31 : A szénhidrátok anaerob lebontásának vázlata és kémiai képlete



$$3C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4CH_3CH_2COO^- + 2CH_3COO^- + 2HCO_3 + 8H^+$$

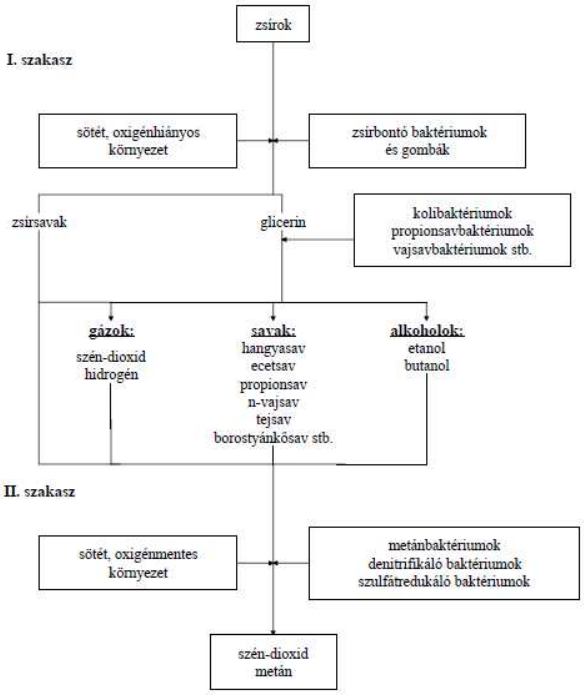
glükóz propionsav ecetsav

$$4CH_3CH_2COO^- + 3H_2O \rightarrow 4CH_3COO^- + HCO_3^- + H^+ + 3CH_4$$

$$6CH_3COO^- + 6H_2O \rightarrow 6HCO_3^- + 6CH_4$$

$$6CH_3CH_2COO^- + 2CH_3COO^- + 2HCO_3^- + 8H^+ \rightarrow 9CH_4 + 9CO_2$$

M32 : A zsírok anaerob lebontásának vázlata és kémiai képlete



$$\underset{\text{trisztearin}}{C_3H_5(C_{12}H_{35}COO)_3} + 3H_2O \ldots\ldots \underset{\text{glicerin}}{C_3H_5(OH)_3} + \underset{\text{sztearinsav}}{3C_{17}H_{35}COOH}$$

$$CH_3(CH_2)_{16}COOH + 8H_2O + 13CH_4 + 5CO_2$$

$$\underset{\text{vajsav}}{CH_3CH_2CH_2COOH} + 2H_2O + 5CH_4 + 3CO_2$$

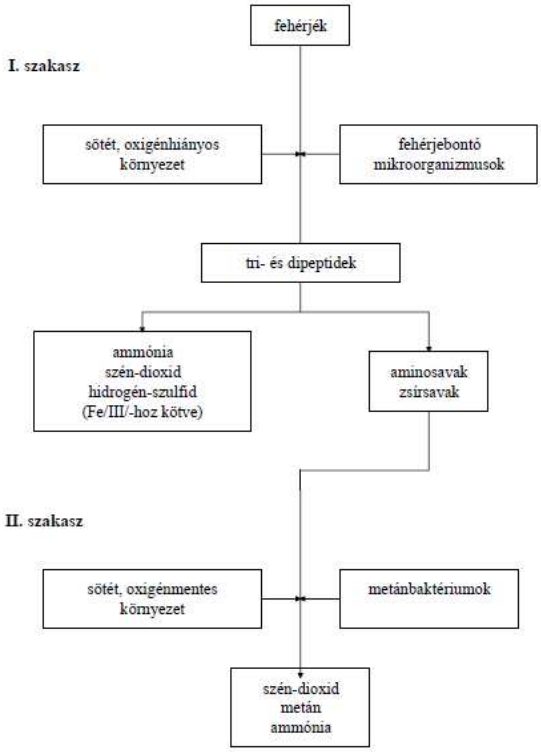
$$4C_3H_5(OH)_3 + 2H_2O + 5CH_4 + 3CO_2$$

$$\text{--------}$$

$$25CH_4 + 13CO_2$$

$$2:1$$

M33 : A fehérjék anaerob lebontásának vázlata és kémiai képlete



fehérje aminosavak + zsírsavak

$$\underset{\text{glicin}}{4CH_2NH_2COOH} + 2H_2O \rightarrow 3CH_4 + CO_2 + (4CO_2 + 4NH_3)$$

$$\underset{\text{alanin}}{2CH_3CHNH_2COOH} + 2H_2O \rightarrow 3CH_4 + CO_2 + (2CO_2 + 2NH_3)$$

$$\text{-------}$$

$$6CH_4 + 2CO_2$$

$$3:1$$

M34 : A depóniagáz összetételének változása a vizsgálati időszakban

Dátum	Mérés	1. Gázkút					2. Gázkút					3. Gázkút					4. Gázkút					5. Gázkút				
		CH_4	CO_2	O_2	mbar	nyitás	CH_4	CO_2	O_2	mbar	nyitás	CH_4	CO_2	O_2	mbar	nyitás	CH_4	CO_2	O_2	mbar	nyitás	CH_4	CO_2	O_2	mbar	nyitás
2007.01.31	1	49,0	28,0	5,9	2,0		5,0	5,0	19,0	1,9		59,0	32,0	0,6	0,8	45,0	68,0	30,0	0,4	+0,2	45,0	60,0	35,0	0,1	1,5	10,0
2007.02.15	1	56,0	28,0	4,2	1,9	45,0	49,0	26,0	5,8	1,8	45,0	42,2	23,5	5,3	0,6	40,0	65,0	36,0	0,2	0,6	40,0	56,0	31,0	0,2	1,4	40,0
2007.02.22	1	61,2	38,0	0,3	0,8		39,5	27,7	4,2	1,4		39,1	20,9	7,5	-1,6		34,5	26,6	4,0	-2,4		66,0	35,0	0,2	0,8	
2007.02.25	1	41,8	26,4	5,6	-1,2		41,8	26,4	5,6	1,2		41,8	26,4	5,6	-1,2		61,0	37,4	0,3	0,2		65,9	35,3	0,3	0,9	
2007.02.27	1	64,1	33,0	0,3	0,3		21,8	14,3	12,5	1,5		47,0	35,2	0,3			54,8	35,8	0,7	0,2		63,8	36,1	0,1	0,5	
2007.03.01	1	61,8	37,6	0,3	4,0		28,6	19,3	9,8	4,0		56,2	39,3	0,2	2,0		51,7	34,6	1,1	1,0		48,8	33,5	0,2	-1,4	
2007.03.05	1	65,9	33,2	0,3	1,5	45,0	30,5	21,1	7,3	-0,9		42,2	24,4	7,9		20,0	47,8	33,6	2,1	-3,0	45,0	43,2	31,9	0,4	-1,5	90,0
2007.03.07	1	61,6	32,4	1,3	3,5	45,0	6,7	4,5	18,2	1,1	5,0	55,2	37,5	0,3	0,6	30,0	37,4	26,5	4,8	1,8	30,0	44,1	32,0	0,3	-4,3	85,0
2007.03.10	1	56,0	34,5	0,4	8,3	45,0	1,0	1,1	20,0	2,0	0,0	34,2	25,0	5,6	0,7	10,0	41,8	29,8	2,9	1,3	30,0	37,2	29,7	1,4	-5,6	45,0
2007.03.21	1	44,0	29,8	4,5	0,3	40,0	6,3	7,0	17,8	1,8	0,0	54,0	39,5	0,2		30,0	39,7	27,8	4,4	-0,9	15,0	65,4	37,1	0,1	-0,2	45,0
2007.03.22	1	59,0	39,0	0,5	0,3	40,0	7,0	6,0	17,0	1,9	0,0	42,7	18,0	5,6		10,0	61,0	39,0	0,7	0,1	30,0	40,0	33,0	0,5	-1,1	40,0
2007.04.16	1	41,7	28,6	4,2	0,7	40,0	19,1	11,7	12,8	-2,6	10,0	40,4	27,2	5,5		10,0	56,5	34,9	1,0	-0,1	45,0	45,9	33,0	0,2	-0,9	45,0
2007.04.24	1	59,7	39,0	0,4	0,2		0,7	2,1	19,6	5,6		45,8	33,9	2,8			62,2	38,1	0,3	-0,1	10,0	63,8	37,0	0,2	-0,1	10,0
2005.05.25	1	60,5	41,9	0,1	0,2		30,5	30,0	2,2	-1,4	10,0	57,5	41,1	0,1			64,0	39,1	0,1	-0,1	10,0	61,3	41,0	0,1	-0,1	5,0
2005.05.28	1	59,5	40,0	0,0	0,3		31,4	29,0	1,7	-1,3	10,0	56,0	40,0	0,0			62,4	37,5	0,1	-0,2		59,9	39,3	0,0	0,0	
2007.05.29	1	65,7	39,1	0,1	0,0	30,0	35,1	26,2	3,2	-1,5	0,0	54,2	39,1	0,1	0,0	30,0	62,2	38,1	0,3	-0,2	10,0	63,8	37,0	0,2	-0,1	10,0
2007.05.31	1	56,0	43,0	0,1	0,3	20,0	12,5	10,9	12,0	-1,8	10,0	51,4	43,0	0,1	0,3	20,0	47,0	33,5	1,0	-1,2	30,0	51,5	39,4	0,1	-0,5	45,0
2007.06.07	1	47,4	36,0	0,2	0,1	15,0	43,4	31,9	0,4	-1,2	10,0	58,8	36,0	0,2	0,1	15,0	61,3	38,2	0,3	-0,2	30,0	61,3	41,0	0,1	-0,2	5,0
2007.06.11	1	60,5	41,5	0,1	0,0	20,0	30,5	30,0	2,2	-1,5	10,0	57,0	41,5	0,1	0,0	20,0	63,8	39,2	0,1	-0,3	30,0	59,9	39,3	0,0	-0,1	
2007.06.12	1	58,9	40,4	0,1	0,3	20,0	31,4	29,0	1,7	-1,3	10,0	56,5	40,4	0,1	0,3	20,0	61,9	38,5	0,0	-0,1	30,0	54,5	39,4	0,1	-0,3	35,0
2007.06.14	1	41,6	35,4	0,3	-0,8	15,0	31,8	27,8	2,0	-1,4	10,0	52,1	35,4	0,3	-0,8	15,0	61,2	38,1	0,1	-0,2	35,0	51,5	39,4	0,1	-0,3	45,0
2007.06.25	1	65,1	38,9	0,2	0,2	20,0	55,2	40,6	0,0	-0,7	15,0	53,2	38,9	0,2	0,2	20,0	61,4	40,0	0,3	-0,2	40,0	50,8	35,7	0,3	-0,2	40,0
2007.06.28	1	38,2	33,8	0,1	-0,9	15,0	50,1	37,2	0,1	-0,5	15,0	52,1	33,8	0,1	-0,9	15,0	45,8	33,2	1,5	-1,3	30,0	54,5	39,4	0,1	-0,2	35,0
2007.07.06	*1*	*58,7*	*40,1*	*0,3*	*-2,5*	*20,0*	*32,5*	*28,4*	*2,0*	*-6,3*	*10,0*	*49,6*	*28,4*	*2,0*	*-5,3*		50,2	34,4	1,4	-0,5	25,0	53,3	38,5	0,0	-0,4	35,0
2007.07.18	*1*	*56,5*	*39,4*	*0,1*	*-2,4*	*20,0*	*57,1*	*39,2*	*0,1*	*-2,7*	*15,0*	*36,5*	*39,2*	*0,1*	*-2,9*		60,1	38,0	0,0	-1,2	30,0	51,6	37,4	0,3	-0,4	25,0
2007.08.03	*1*	*58,0*	*38,0*	*0,0*	*1,0*		*56,0*	*39,0*	*0,0*	*0,4*		*49,1*	*40,0*	*0,0*	*0,2*		61,3	38,2	0,3	-0,2	30,0	51,4	35,8	0,1	-0,2	30,0
2007.08.10	*1*	*59,0*	*41,0*	*0,0*	*-0,2*		*54,0*	*39,0*	*0,0*	*0,3*		*48,0*	*40,0*	*0,0*	*0,5*		63,8	39,2	0,1	-0,3	30,0	48,4	34,8	0,3	-1,1	25,0
2007.08.15	*1*	*43,0*	*36,0*	*0,0*	*-1,1*		*38,0*	*32,0*	*1,4*	*-0,2*		*42,0*	*30,0*	*2,8*	*-1,3*		61,9	38,5	0,0	-0,1	30,0	57,2	36,5	0,0	-3,0	30,0
2007.09.03	*1*	*46,1*	*38,2*	*0,0*	*-6,5*	*40,0*	*59,6*	*39,7*	*0,1*	*-5,6*	*20,0*	*48,0*	*41,1*	*0,0*	*-3,7*	*25,0*	39,2	32,0	0,3	-6,7	70,0	44,0	34,5	0,0	-6,5	45,0
2007.09.05	*1*	*58,7*	*40,4*	*0,3*	*-2,7*	*60,0*	*62,7*	*40,1*	*0,1*	*-2,8*	*45,0*	*39,3*	*36,3*	*0,0*	*-0,1*	*10,0*	31,4	28,8	1,1	-0,1	15,0	35,9	30,7	0,9	1,1	20,0
2007.09.24	*1*	*27,8*	*19,7*	*7,4*	*-1,0*	*15,0*	*29,3*	*21,2*	*7,0*	*-0,8*	*10,0*	*33,0*	*32,2*	*0,2*	*-0,1*	*40,0*	47,1	33,1	0,3	-0,2	45,0	50,3	33,5	0,2	-1,1	45,0
2007.09.29	*1*	*54,6*	*34,6*	*0,3*	*-3,3*	*40,0*	*52,1*	*31,5*	*2,8*	*-1,9*	*15,0*	*43,0*	*32,7*	*0,3*	*-0,1*	*30,0*	50,5	34,3	0,4	-0,1	45,0	49,8	33,9	0,3	-0,7	40,0

2007.10.01	*1*	*52,5*	*22,8*	*1,1*	*-2,6*	*40,0*	*33,1*	*11,7*	*7,3*	*-2,2*	*10,0*	*40,8*	*14,7*	*0,2*	*0,1*	*25,0*	51,5	34,9	0,1	-0,6	45,0	49,6	33,5	0,2	-2,3	40,0
2007.10.10	*1*	*40,2*	*29,9*	*4,4*	*-2,1*	*30,0*	*27,0*	*17,2*	*8,8*	*-1,7*	*10,0*	*48,0*	*36,9*	*0,2*	*0,2*	*25,0*	51,2	34,1	0,3	-0,1	45,0	50,9	34,6	0,3	-0,1	40,0
2007.10.11	1	31,5	21,2	7,3	-1,5	10,0	6,6	3,6	16,4	-2,0	10,0	46,3	34,2	0,3	-0,1	30,0	65,3	36,5	0,2	-0,1	30,0	58,6	36,0	0,2	-0,6	45,0
2007.10.20	1	36,0	25,7	3,4	-0,1	10,0	5,6	3,7	16,4	-2,1	10,0	38,3	28,5	0,3	-0,1	10,0	35,2	28,2	0,5	-0,2	10,0	37,5	27,8	1,3	-1,8	25,0
2007.10.25	1	30,5	21,1	7,3	-0,9	10,0	29,4	18,4	9,0	-0,9	10,0	36,0	36,6	0,1	-0,3	30,0	64,2	37,0	0,3	-0,2	30,0	50,6	32,7	0,3	-0,2	45,0
2007.10.29	1	44,8	33,4	0,3	-3,8	45,0	55,5	32,0	2,2	-1,1	30,0	34,4	31,6	1,8	-0,6	25,0	62,7	36,8	0,3	-1,6	65,0	61,6	37,2	0,2	-2,3	60,0
2007.11.05	1	27,8	20,9	6,2	-2,2	20,0	21,4	15,0	10,3	-2,5	25,0	31,1	26,7	1,1	-0,1	25,0	30,0	26,1	1,1	-1,1	40,0	40,3	29,3	0,8	-0,6	40,0
2007.11.06	1	24,8	17,2	9,2	-1,8	5,0	47,2	27,2	3,9	-2,3	40,0	33,0	31,5	0,1	-0,1	40,0	64,0	36,7	0,2	-0,1	40,0	44,9	31,2	0,3	-0,5	45,0
2007.11.08	1	24,5	17,1	9,1	-1,8	5,0	64,6	35,4	0,4	-2,3	40,0	25,5	23,1	2,5	-0,1	10,0	31,0	26,6	0,9	-0,1	20,0	39,1	29,4	0,7	-0,4	25,0
2007.11.09	1	28,5	25,3	6,6	-0,1	5,0	53,7	32,0	2,4	-3,5	50,0	30,7	39,1	0,1	0,4	50,0	64,8	37,3	0,0	-0,1	45,0	63,3	38,1	0,0	-0,1	45,0
2007.11.11	1	27,2	24,9	6,6	-0,1	5,0	29,7	19,0	8,6	-2,1	20,0	30,0	34,0	0,5	-0,1	40,0	34,2	25,0	4,0	-0,2	20,0	64,0	36,8	0,0	-0,2	45,0
2007.11.16	1	24,5	26,4	6,3	-3,2	5,0	51,5	31,1	3,2	-4,1	20,0	27,3	29,6	5,0	-1,3	30,0	45,6	32,7	0,2	-0,9	40,0	49,2	33,0	0,3	-0,4	45,0
2007.11.28	1	26,6	31,4	2,4	-3,9	5,0	17,2	13,4	10,6	-2,4	10,0	27,6	28,4	0,8	-0,3	30,0	30,4	32,9	4,9	-0,1	20,0	25,1	23,3	2,4	-0,1	20,0
2007.11.29	1	28,1	31,2	2,2	-3,9	5,0	17,2	13,3	10,7	-2,4	10,0	26,8	31,2	0,7	-0,4	30,0	64,9	35,7	0,2	-0,1	25,0	33,3	27,5	0,3	-0,2	20,0
2007.12.06	1	28,8	28,2	3,8	-3,3	5,0	19,1	11,7	12,8	-2,6	10,0	29,1	25,8	1,9	-0,3	25,0	59,7	35,8	0,2	-0,1	30,0	49,5	34,5	0,1	-0,1	20,0
Dátum	Mérés	**7. Gázkút**					**8. Gázkút**					**9. Gázkút**					**10. Gázkút**					**11. Gázkút**				
		CH_4	CO_2	O_2	mbar	nyitás	CH_4	CO_2	O_2	mbar	nyitás	CH_4	CO_2	O_2	mbar	nyitás	CH_4	CO_2	O_2	mbar	nyitás	CH_4	CO_2	O_2	mbar	nyitás
2007.01.31	1	41,0	27,0	4,8	0,0	60,0	65,0	33,0	1,8	2,4	35,0	64,0	30,0	1,4	2,8	35,0	51,0	31,0	2,2	0,8	35,0	64,0	33,0	0,4	2,3	45,0
2007.02.15	1	63,0	36,0	0,1	0,2	45,0	64,0	32,0	0.9	1,8	35,0	65,0	33,0	1,1	1,8	40,0	62,0	33,0	0,5	1,6	40,0	64,0	35,0	0,4	1,8	35,0
2007.02.22	1	50,0	38,7	0,9	-0,2		59,0	36,7	0,8	-0,9		57,6	38,5	0,7	1,2		48,0	35,2	1,3	-0,6		56,0	39,3	0,6	1,2	
2007.02.25	1	61,5	37,8	0,5	-0,2		61,5	37,8	0,5	-0,2		65,9	35,3	0,3	0,9		65,9	35,3	0,3	0,9		61,5	37,8	0,5	-0,2	
2007.02.27	1	56,8	40,3	0,3	-0,3		42,8	30,2	1,4	-1,2		19,2	15,5	10,4	-1,2		47,7	34,2	1,2	-0,7		16,5	13,3	12,7	-4,8	
2007.03.01	1	24,9	19,1	10,5	-2,4		60,0	36,3	0,7	-0,3	30,0	57,5	39,2	1,2	3,4	30,0	56,1	39,3	0,6	0,7	30,0	47,4	36,1	1,9	3,3	30,0
2007.03.05	1	56,5	40,0	0,6	-0,4	10,0	56,5	40,0	0,6	-0,4	10,0	43,2	31,9	0,4	-1,5	90,0	61,6	39,4	0,4	1,2	80,0	56,5	40,0	0,6	-0,4	10,0
2007.03.07	1	58,2	40,3	0,1	0,1	15,0	56,7	36,2	0,3	0,4	30,0	55,6	38,1	0,8	4,5	30,0	56,0	38,5	0,4	2,8	30,0	19,5	15,3	11,7	-2,6	20,0
2007.03.10	1	55,2	40,4	0,3	0,0	15,0	52,5	34,0	0,2	0,4	30,0	37,8	29,5	3,4	1,0	20,0	50,5	35,4	1,0	1,7	30,0	38,2	28,8	4,5	0,5	20,0
2007.03.21	1	57,8	41,7	0,2	-0,1	45,0	47,5	34,6	0,3	-1,5	30,0	54,9	37,3	1,4	1,1	20,0	40,6	31,0	3,4	-0,9	20,0	33,2	26,1	6,2	0,6	10,0
2007.03.22	1	45,0	37,0	6,0	-1,6	10,0	58,0	36,0	0,5	-1,1	30,0	48,0	32,0	2,8	0,8	20,0	57,0	37,0	0,6	0,9	30,0	33,0	26,0	5,8	0,6	0,0
2007.04.16	1	46,1	34,6	2,3	-1,5	40,0	57,9	36,6	0,3	-1,2	45,0	44,3	30,8	4,2	0,4	10,0	51,4	36,5	0,7	0,7	45,0	53,3	38,5	9,0	0,7	10,0
2007.04.24	1	52,9	37,4	1,0	-0,4		53,1	34,7	0,7	-1,1		48,0	34,3	3,4	0,6		59,1	40,4	0,3	0,9		53,2	39,1	1,1	0,8	
2005.05.25	1	61,2	39,2	0,7	-0,2	5,0	61,0	39,8	0,2	-0,2		61,1	39,8	0,2	1,6	10,0	60,7	39,8	0,3	1,1	5,0	61,0	40,4	0,3	1,6	10,0
2005.05.28	1	59,5	37,3	0,7	-0,2		60,9	38,6	0,1	-0,3		57,2	40,6	0,3	0,8		56,4	40,1	0,6	0,8		57,5	40,5	0,1	0,9	
2007.05.29	1	52,9	37,4	1,0	-0,8		53,1	34,7	0,7	-1,1		48,0	34,3	3,4	-0,6		59,1	40,4	0,3	1,0		53,2	39,1	1,1	0,8	
2007.05.31	1	60,0	30,2	0,1	-0,2	30,0	64,0	39,2	0,1	-0,1	70,0	30,0	25,2	8,1	-1,8	20,0	53,0	41,2	0,1	0,6	35,0	53,0	41,6	0,1	0,7	35,0
2007.06.07	1	61,2	39,2	0,7	-0,2	5,0	61,0	39,8	0,2	-0,2		61,1	39,8	0,2	1,9	10,0	60,7	39,8	0,3	1,3	5,0	61,0	40,4	0,3	1,4	10,0

2007.06.11	1	59,5	37,3	0,7	-0,3		60,9	38,6	0,1	-0,3		57,2	40,6	0,3	1,1		56,4	40,1	0,6	0,9		57,5	40,5	0,1	1,1	
2007.06.12	1	35,9	29,8	3,9	-1,9	45,0	64,1	40,5	0,2	-0,3	45,0	34,8	25,2	7,5	-0,9	20,0	61,2	41,2	0,2	-0,9	35,0	59,5	41,6	0,3	1,2	45,0
2007.06.14	1	60,0	30,2	0,1	-0,2	30,0	64,0	39,2	0,1	-0,4	70,0	30,0	25,2	8,1	-1,9	20,0	53,0	41,2	0,1	-0,3	35,0	53,0	41,6	0,1	0,4	35,0
2007.06.25	1	57,7	40,4	0,3	-0,3	30,0	37,4	32,6	0,3	-2,9	35,0	30,6	22,5	8,1	-1,9	5,0	42,8	34,1	0,3	-1,2	20,0	58,7	40,6	0,3	0,7	35,0
2007.06.28	1	59,2	42,7	0,1	-0,3	30,0	60,0	39,0	0,3	-0,6	35,0	12,2	0,8	14,7	-2,8	0,0	59,9	40,5	0,3	-0,8	25,0	60,0	41,3	0,2	1,5	35,0
2007.07.06	*1*	57,8	41,2	0,1	-0,3	30,0	60,5	39,0	0,0	-0,6	35,0	6,3	4,1	15,5	-3,7	0,0	48,6	37,1	0,0	-1,3	25,0	50,1	36,0	2,4	0,4	35,0
2007.07.18	*1*	56,7	42,2	0,3	-0,2	30,0	59,6	38,9	0,3	-1,1	40,0	10,0	7,2	14,9	-2,9	0,0	46,7	35,9	0,8	-1,2	15,0	56,8	41,2	0,2	0,7	35,0
2007.08.03	*1*	48,8	38,0	0,5	-1,1	40,0	57,7	38,3	0,2	-1,1	40,0	22,4	17,6	10,5	-2,1	0,0	56,8	39,5	0,3	-1,6	20,0	60,0	43,1	0,2	1,3	40,0
2007.08.10	*1*	43,8	33,5	2,5	-0,9	30,0	51,4	37,3	0,3	-1,2	35,0	28,4	21,5	8,1	-1,9	0,0	51,2	38,1	0,7	-1,5	20,0	60,4	42,3	0,1	1,2	40,0
2007.08.15	*1*	55,2	40,3	0,2	-2,4	40,0	60,5	39,7	0,2	-0,6	40,0	25,6	20,2	8,8	-1,7	0,0	41,0	32,8	2,4	-1,6	15,0	59,7	41,6	0,2	1,1	40,0
2007.09.03	*1*	47,7	41,1	0,2	-3,4	50,0	59,4	40,4	0,3	-1,1	40,0	21,5	19,5	3,0	-4,3	20,0	19,8	24,6	2,5	-5,6	0,0	29,0	29,4	2,4	-6,5	0,0
2007.09.05	*1*	46,4	40,7	0,3	-0,3	30,0	60,6	41,1	0,3	-0,9	60,0	60,1	41,3	0,2	-0,9	45,0	48,2	39,2	0,1	0,9	15,0	33,3	29,5	5,5	-4,8	0,0
2007.09.24	*1*	40,4	33,9	0,2	-0,1	30,0	63,4	36,1	0,4	-1,1	90,0	28,7	14,0	0,8	-0,9	15,0	50,4	6,1	8,2	-0,7	20,0	47,2	14,8	6,7	-0,1	15,0
2007.09.29	*1*	56,6	39,0	0,3	-0,2	30,0	63,3	37,1	0,3	-1,9	90,0	62,3	37,3	0,3	-2,3	45,0	53,7	36,8	0,3	-1,8	30,0	21,3	15,0	11,1	-2,1	10,0
2007.10.01	*1*	40,0	16,6	4,2	-3,1	25,0	63,1	36,5	0,3	-2,6	90,0	25,2	22,3	0,3	-2,3	30,0	23,8	18,0	1,7	-2,5	25,0	16,3	11,4	9,9	-2,9	10,0
2007.10.10	*1*	58,6	37,9	0,3	0,0	25,0	62,2	36,2	0,2	-0,5	90,0	57,1	37,0	0,3	-2,1	30,0	40,9	30,5	2,4	-2,2	25,0	14,1	11,3	12,5	-1,9	0,0
2007.10.11	1	49,8	35,7	0,5	-0,1	30,0	62,0	35,8	0,2	-2,2	90,0	62,2	37,2	0,2	-2,4	50,0	59,2	38,6	0,2	-1,8	45,0	62,1	38,7	0,3	-1,8	20,0
2007.10.20	1	42,8	31,4	2,0	-0,2	30,0	64,3	36,3	0,3	-2,9	90,0	54,4	31,5	2,8	-2,7	30,0	58,3	35,2	0,2	-1,8	45,0	27,8	20,4	9,5	-2,1	0,0
2007.10.25	1	46,3	38,1	0,1	-0,1	20,0	65,0	36,3	0,3	-1,3	90,0	64,1	37,4	0,3	-1,2	60,0	59,8	39,5	0,2	-1,0	60,0	30,6	22,9	8,1	-1,1	10,0
2007.10.29	1	59,8	38,1	0,1	-0,1	30,0	64,1	36,3	0,2	-1,8	90,0	54,6	35,0	0,7	-1,2	75,0	62,3	39,2	0,1	-0,8	80,0	31,6	21,5	8,5	-1,5	10,0
2007.11.05	1	52,4	36,1	0,4	-0,4	45,0	63,4	35,9	0,3	-1,6	90,0	62,0	38,2	0,3	-1,7	80,0	64,8	36,6	0,3	-1,6	90,0	24,7	16,2	11,0	-1,7	10,0
2007.11.06	1	30,7	26,6	3,6	-1,7	25,0	64,2	35,3	0,4	-1,7	90,0	63,2	37,8	0,3	-1,8	80,0	64,9	34,7	0,7	-1,3	90,0	20,0	13,3	12,0	-1,6	5,0
2007.11.08	1	60,9	38,9	0,1	-0,3	30,0	64,7	36,2	0,3	-1,8	90,0	58,4	36,5	0,8	-1,8	80,0	67,1	35,1	0,3	-1,3	90,0	20,0	13,3	12,0	-1,6	5,0
2007.11.09	1	59,4	39,3	0,2	-0,3	45,0	54,8	34,9	0,3	-3,4	90,0	50,3	33,7	2,0	-3,2	70,0	68,3	35,4	0,2	-1,6	90,0	30,3	21,5	8,2	-3,1	5,0
2007.11.11	1	49,2	35,7	0,8	-0,2	35,0	61,0	35,3	0,2	-3,2	90,0	61,2	37,7	0,1	-2,8	70,0	47,3	28,6	1,4	-2,1	45,0	37,8	26,3	6,1	-2,0	5,0
2007.11.16	1	62,7	36,8	0,2	-2,6		64,8	35,2	0,3	-1,6	90,0	61,8	35,1	1,0	-1,7	75,0	61,0	39,6	1,2	-1,5	50,0	33,5	23,5	7,9	-1,6	5,0
2007.11.28	1	60,1	39,3	0,2	-0,2	45,0	54,3	33,8	0,3	-2,6	90,0	54,5	36,3	0,1	-3,1	80,0	59,7	39,0	0,3	-1,5	60,0	61,9	39,8	0,2	-3,1	15,0
2007.11.29	1	46,1	34,2	0,7	-0,3	45,0	59,7	34,1	0,2	-2,6	90,0	62,8	38,1	0,2	-3,0	80,0	62,3	39,5	0,1	-1,6	60,0	62,8	39,5	0,2	-3,0	15,0
2007.12.06	1	59,5	38,6	0,3	-0,1	50,0	47,7	32,1	0,4	-3,4	90,0	51,3	32,6	2,4	-3,1	75,0	59,0	38,5	0,3	-2,3	60,0	60,3	38,5	0,5	-2,5	25,0

M35 : A vizsgálati időszakban mért időjárási paraméterek

Dátum	Hőmérséklet [°C]			Relatív nedvesség tartalom [%]			Harmatpont [°C]			Légköri nyomás [hpa]			Szélsebesség [m/s]			Csapadék intenzitás [mm/nap]
	Min.	Átlag	Max.	Min.	Átlag	Max.	Min.	Átlag	Max.	Min.	Átlag	Max.	Min.	Átlag	Max.	
2007.01.31	-0,4	5,1	11,1	53	82,1	99,7	-1,1	2	4,4	1022	1026,1	1028,9	0	2,2	5	0
2007.02.15	1	6,2	11,9	71	92,5	100	0,6	4,9	7,9	1019	1020,4	1023	0	1,2	3,8	1,6
2007.02.22	5,7	9,3	16,9	68	91,6	100	5,1	7,8	10,8	1016	1018,6	1021,9	0	1,8	5,2	0
2007.02.25	-1,9	2,3	7,4	56	67	78,9	-6,9	-3,3	-0,1	1019	1022	1024,8	0,6	4	6,6	0
2007.02.27	2,7	5,7	10,7	72	90,2	100	1,6	4,1	7,8	1016	1017,8	1019,2	0	1,5	4,2	0,3
2007.03.01	5,7	11	16,8	62	80,5	97,5	4,8	8	9,8	1009	1011,9	1014,6	0,2	2,8	5,6	0
2007.03.05	-1	5,7	12,5	50	80,6	100	-1,1	2,1	5,9	1030	1031,3	1032,7	0	1	3	0,1
2007.03.07	5,3	11	18,1	47	69,9	90,4	3,4	5,1	7,4	1017	1020,4	1025,3	0,4	3	6	0
2007.03.10	7,1	9,2	11,1	76	87	95,5	6	7,1	8,4	1027	1030,3	1034,1	0	1,5	2,6	0
2007.03.21	2,5	6,3	10,3	63	86,2	100	1,5	3,9	5,8	997,4	1003,6	1010,9	0	1,7	2,8	6,2
2007.03.22	0,5	6,4	12,6	60	86,1	99,9	-0,2	3,9	7,5	1010	1012,2	1013,7	0	1,6	2,8	3,2
2007.04.16	4,7	12	19,4	32	53,8	81,5	0,8	2,4	5,6	1026	1027,2	1028,5	0	1,9	4	0
2007.04.24	4,9	15	24,5	32	55,5	81,9	0	5,8	11,5	1020	1022,5	1025,5	0	1,3	3,8	3,8
2005.05.25	16,7	21	25,9	65	83,1	98,5	16,1	17,5	19,4	1015	1017,2	1018,6	0	0,8	2,6	0
2005.05.28	16,6	22	28,7	45	76,1	100	15,4	16,9	18,9	999,5	1002,9	1007	0	2,1	4,4	3
2007.05.29	14,6	19	25,4	41	71,6	97	10,2	12,9	16,5	1001	1005,6	1010,2	0	1,7	5	0,1
2007.05.31	9,8	17	22,5	49	74,9	100	9,6	11,7	13,4	1017	1018,4	1019,6	0	1,2	3	0
2007.06.07	15,3	22	29	40	75,5	100	13,7	17	19,4	1018	1019,9	1020,9	0	0,8	2,8	0
2007.06.11	16,4	21	28,1	48	78	97,4	14,7	16,6	18,8	1014	1016	1018,6	0,2	1,5	3,6	1,5
2007.06.12	15,3	22	29,1	38	76,3	100	13,4	16,8	19	1012	1014,2	1015,6	0	0,8	2,4	0,1
2007.06.14	15,9	23	30,4	46	74,8	100	15,8	18,1	19,7	1014	1015,2	1016,7	0	0,9	2,8	0
2007.06.25	16,4	25	33	35	61,7	94,8	14,9	16,5	19,2	1008	1015	1019,8	0	1,3	3,6	0
2007.06.28	13,8	19	24,7	28	59,5	90,5	4,1	10,1	14,4	1013	1016,9	1019,9	0	1,7	4,2	0
2007.07.06	12,4	19	26	39	62,6	90,7	9,5	11,3	13,6	1014	1015,6	1017,1	0	3,1	6,4	0
2007.07.18	19,4	29	38	23	50,1	85,1	12,6	16,1	18,5	1018	1019,8	1021,1	0	1,2	3	5,6
2007.08.03	13,2	23	31,5	30	58	93,7	10,6	12,9	16,8	1018	1019,4	1022,1	0	1,3	6	1,8
2007.08.10	18,1	23	30,4	44	71,9	96	15,5	17,4	19,5	1010	1011	1012,6	0	1	3,6	8,3
2007.08.15	16,2	25	32,6	32	57,8	89,6	13	14,8	17,2	1016	1017,3	1018,8	0	0,8	2,4	0
2007.09.03	11	17	24,8	38	68,8	92,8	8,1	10,4	12,6	1015	1017,3	1020,7	0	0,2	1	0
2007.09.05	9,6	11	12,6	86	96,7	100	9,1	10,3	11,8	1013	1014,5	1015,8	0,6	2,6	5,2	7,2
2007.09.24	5,9	15	23,2	39	73,6	100	5,7	9	12,6	1023	1026,5	1029,6	0	0,2	1,2	0
2007.09.29	9,4	16	24,5	44	82,1	100	9,3	12,1	19,3	1022	1025,4	1027,5	0	0,4	2	0,3
2007.10.01	11,3	17	25	40	72,3	95,2	10	11,6	13,7	1029	1030,3	1031,8	0	0,6	2	0
2007.10.10	8,4	12	14,4	69	81,7	90,9	6,3	8,6	11,2	1026	1027,5	1029	0	0,8	2	0
2007.10.11	11,8	14	16,3	77	89,4	99,1	10,8	11,9	14,4	1026	1027,1	1028,4	0	0,2	0,8	0
2007.10.20	2,9	6,3	10,4	63	83,9	96,7	1,1	3,6	5,1	1026	1028,2	1029,5	0	1,1	2,4	13,3
2007.10.25	7,4	8	8,9	86	91,8	96,2	5,9	6,7	7,4	1024	1027,7	1032,2	0	2	3,8	0
2007.10.29	10,4	12	13,1	93	99,3	100	9,9	11,4	13,1	1024	1024,9	1025,9	0	0,6	1,4	4,6
2007.11.05	1,3	7	11,9	70	86	95,8	0,4	4,7	7,9	1024	1028,4	1031,9	0,4	1,8	2,6	0
2007.11.06	-1,6	4	8,5	78	92,6	99,8	-1,8	2,8	6,1	1025	1028,3	1032,3	0	1,1	2,4	0,6
2007.11.08	3,9	7,8	12	66	86,2	99,9	3,6	5,4	6,8	1017	1018,7	1021,1	0,2	2,4	5,6	2,3
2007.11.09	5,5	7,7	10,7	83	94,7	100	4,6	6,8	8,7	1009	1013,5	1020,2	0	1,9	4,2	13,2
2007.11.11	1,9	4,8	8,2	65	87,1	97,7	0,1	2,7	6,4	1005	1011,6	1016,1	0,8	2,6	5,2	0,9
2007.11.16	2,5	3	4	87	96,5	100	0,9	2,4	3,2	1020	1026,3	1030,1	0	0,7	2	0
2007.11.28	-3,2	1,1	6,4	57	83,5	98	-3,5	-1,5	-0,1	1030	1031,7	1033	0	1,2	3,2	0
2007.11.29	-5	-1	5,1	66	91,1	99,1	-5,7	-2,4	0,9	1020	1025,6	1031,7	0	0,5	1,2	0
2007.12.06	-2,1	3,8	9,3	74	89,1	99,4	-2,7	2	5	1025	1026,6	1028,6	0	0,5	1,6	0

M36 : A gázkutankénti metántartalom változása az alkalmazott elszívás függvényében

Nyomás csoport	Alkalmazott elszívás [mbar]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. gázkút								
1. csoport	≤ (-3)	7	36,21	11,972	25,14	47,29	25	55
2. csoport	(-2,9) - (-2)	6	39,07	12,518	35,93	62,2	28	59
3. csoport	(-1,9) - (-1)	6	32,23	8,279	23,55	40,92	25	43
4. csoport	(-0,9) - 0	9	43,02	14,865	31,6	54,45	27	66
5. csoport	0,1 - 1	13	56,55	7,425	52,06	61,03	42	65
6. csoport	1,1 - 1,9	2	60,95	7,256	52,62	66,89	56	66
7. csoport	≥ 2	4	57,12	6,032	47,5	66,7	49	62
	összesen	47	47,1	13,867	43,03	51,18	25	66
2. gázkút								
1. csoport	≤ (-3)	4	49,33	11,726	30,67	67,98	33	60
2. csoport	(-2,9) - (-2)	13	30,82	20,575	18,38	43,25	6	65
3. csoport	(-1,9) - (-1)	11	34,65	11,953	26,62	42,68	13	56
4. csoport	(-0,9) - 0	6	38,75	11,356	26,83	50,67	29	55
5. csoport	0,1 - 1	2	55,00	1,414	42,29	67,71	54	56
6. csoport	1,1 - 1,9	8	22,14	18,600	6,59	37,69	5	49
7. csoport	≥ 2	3	10,10	16,022	-29,70	49,90	1	29
	összesen	47	32,53	18,258	27,17	37,89	1	65
3. gázkút								
1. csoport	≤ (-3)	2	48,80	1,131	38,64	58,96	48	50
2. csoport	(-2,9) - (-2)	1	36,50	.	.	.	37	37
3. csoport	(-1,9) - (-1)	4	37,55	6,960	26,47	48,63	27	42
4. csoport	(-0,9) - 0	18	38,27	10,184	33,20	43,33	26	57
5. csoport	0,1 - 1	13	48,24	9,019	42,79	53,69	31	59
6. csoport	1,1 - 1,9	-	-	-	-	-	-	-
7. csoport	≥ 2	1	56,20	.	.	.	56	56
	összesen	39	42,47	10,308	39,13	45,81	26	59
4. gázkút								
1. csoport	≤ (-3)	2	43,50	6,081	-11,14	98,14	39	48
2. csoport	(-2,9) - (-2)	1	34,50	.	-	-	35	35
3. csoport	(-1,9) - (-1)	5	49,12	13,096	32,86	65,38	30	63
4. csoport	(-0,9) - 0	31	54,35	11,750	50,04	58,66	30	65
5. csoport	0,1 - 1	6	60,25	6,108	53,84	66,66	52	68
6. csoport	1,1 - 1,9	2	39,60	3,111	11,65	67,55	37	42
7. csoport	≥ 2	-	-	-	-	-	-	-
	összesen	47	53,03	11,786	49,57	56,50	30	68
5. gázkút								
1. csoport	≤ (-3)	4	43,63	8,365	32,31	58,94	37	57
2. csoport	(-2,9) - (-2)	2	55,60	8,485	-20,64	131,84	50	62
3. csoport	(-1,9) - (-1)	6	44,70	5,254	39,19	50,21	38	50
4. csoport	(-0,9) - 0	29	52,38	9,580	48,74	56,02	25	65
5. csoport	0,1 - 1	3	65,23	1,242	62,15	68,32	64	66
6. csoport	1,1 - 1,9	3	50,63	12,915	18,55	82,72	36	60
7. csoport	≥ 2	-	-	-	-	-	-	-
	összesen	47	51,67	9,741	48,81	54,53	25	66

6. gázkút								
1. csoport	≤ (-3)	8	49,60	7,165	38,61	65,59	33	66
2. csoport	(-2,9) - (-2)	7	60,69	3,430	58,51	64,86	54	64
3. csoport	(-1,9) - (-1)	2	55,80	9,617			49	63
4. csoport	(-0,9) - 0	21	61,03	5,188	58,67	63,39	44	65
5. csoport	0,1 - 1	2	63,90	2,828	38,49	89,31	62	66
6. csoport	1,1 - 1,9	4	62,93	2,093	59,59	66,26	62	66
7. csoport	≥ 2	3	63,73	2,873	56,60	70,87	62	67
	összesen	47	61,12	5,160	59,60	62,63	33	67
7. gázkút								
1. csoport	≤ (-3)	2	43,85	5,445	-	-	40	48
2. csoport	(-2,9) - (-2)	3	47,60	20,013	-	-	25	63
3. csoport	(-1,9) - (-1)	5	41,30	7,657	31,79	50,81	31	49
4. csoport	(-0,9) - 0	35	54,56	6,427	52,35	56,76	40	62
5. csoport	0,1 - 1	2	60,60	3,394	30,11	91,09	58	63
6. csoport	1,1 - 1,9	-	-	-	-	-	-	-
7. csoport	≥ 2	-	-	-	-	-	-	-
	összesen	47	52,50	8,858	49,90	55,11	25	63
8. gázkút								
1. csoport	≤ (-3)	3	54,50	6,655	37,97	71,03	48	61
2. csoport	(-2,9) - (-2)	6	56,80	10,139	46,16	67,44	37	64
3. csoport	(-1,9) - (-1)	18	58,52	6,574	55,25	61,79	43	65
4. csoport	(-0,9) - 0	16	61,04	1,936	60,01	62,08	57	64
5. csoport	0,1 - 1	2	54,60	2,970	27,92	81,28	53	57
6. csoport	1,1 - 1,9	1	64,00	-	-	-	64	64
7. csoport	≥ 2	1	65,00	-	-	-	65	65
	összesen	47	58,99	6,012	57,23	60,76	37	65
9. gázkút								
1. csoport	≤ (-3)	6	41,12	22,065	17,96	64,27	6	63
2. csoport	(-2,9) - (-2)	9	40,78	22,736	23,30	58,25	10	62
3. csoport	(-1,9) - (-1)	13	43,93	17,084	33,61	54,25	19	64
4. csoport	(-0,9) - 0	4	42,90	14,013	20,60	65,20	29	60
5. csoport	0,1 - 1	6	50,20	9,937	39,77	60,63	38	66
6. csoport	1,1 - 1,9	6	59,48	3,617	55,69	63,28	55	65
7. csoport	≥ 2	3	59,03	4,405	48,09	69,98	56	64
	összesen	47	46,63	17,086	41,61	51,65	6	66
10.gázkút								
1. csoport	≤ (-3)	1	19,80	-	-	-	20	20
2. csoport	(-2,9) - (-2)	4	42,75	14,689	19,38	66,12	24	59
3. csoport	(-1,9) - (-1)	17	56,84	8,281	52,58	61,09	41	68
4. csoport	(-0,9) - 0	8	52,89	7,698	46,45	59,32	41	62
5. csoport	0,1 - 1	11	55,78	4,838	52,53	59,03	48	66
6. csoport	1,1 - 1,9	5	59,10	4,841	53,09	65,11	51	62
7. csoport	≥ 2	1	56,00	-	-	-	56	56
	összesen	47	54,15	9,866	51,26	57,05	20	68
11.gázkút								
1. csoport	≤ (-3)	6	38,97	19,001	19,03	58,91	17	63
2. csoport	(-2,9) - (-2)	6	30,50	16,468	13,22	47,78	16	60
3. csoport	(-1,9) - (-1)	8	29,58	14,760	17,24	41,91	14	62
4. csoport	(-0,9) - 0	3	55,07	7,257	37,04	73,09	47	62
5. csoport	0,1 - 1	12	49,43	9,216	43,58	55,29	33	59
6. csoport	1,1 - 1,9	10	59,91	2,126	58,39	61,43	56	64
7. csoport	≥ 2	2	55,70	11,738	-49,76	161,16	47	64
	összesen	47	45,16	16,338	40,36	49,95	14	64

M37 : A gázkutankénti metántartalom az átlaghőmérséklet intervallum függvényében

Hőmérséklet csoport **4. gázkút**	Átlag hőmérséklet intervallum [°C]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	≤5 °C	7	51,40	14,559	37,94	64,87	30	65
2. csoport	5-10 °C	13	49,06	14,436	40,34	57,79	30	68
3. csoport	10-15 °C	8	50,41	11,672	40,65	60,17	31	65
4. csoport	15-20 °C	8	51,08	7,876	44,49	57,66	39	62
5. csoport	20-25 °C	9	62,40	1,164	61,51	63,29	61	64
6. csoport	25-30 °C	2	60,75	0,919	52,49	69,01	60	61
	összesen	47	53,03	11,786	49,57	56,50	30	68

Hőmérséklet csoport **5. gázkút**	Átlag hőmérséklet intervallum [°C]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	≤5 °C	7	47,41	14,876	33,66	61,17	25	66
2. csoport	5-10 °C	13	50,95	11,777	43,84	58,07	37	66
3. csoport	10-15 °C	8	49,51	8,101	42,74	56,29	36	62
4. csoport	15-20 °C	8	53,79	6,925	48,00	59,58	44	64
5. csoport	20-25 °C	9	56,16	4,864	52,42	59,89	48	61
6. csoport	25-30 °C	2	51,20	0,566	46,12	56,28	51	52
	összesen	47	51,67	9,741	48,81	54,53	25	66

Hőmérséklet csoport **6. gázkút**	Átlag hőmérséklet intervallum [°C]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	≤5 °C	7	63,43	3,319	60,36	66,50	57	66
2. csoport	5-10 °C	13	62,35	4,344	59,72	64,97	49	67
3. csoport	10-15 °C	8	59,53	6,448	54,13	64,92	44	63
4. csoport	15-20 °C	8	58,10	7,052	52,20	64,00	48	65
5. csoport	20-25 °C	9	61,51	4,194	58,29	64,73	50	64
6. csoport	25-30 °C	2	61,70	0,424	57,89	65,51	61	62
	összesen	47	61,12	5,160	59,60	62,63	44	67

Hőmérséklet csoport **7. gázkút**	Átlag hőmérséklet intervallum [°C]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	≤5 °C	7	52,83	11,677	42,03	63,63	31	63
2. csoport	5-10 °C	13	52,85	7,211	48,50	57,21	41	63
3. csoport	10-15 °C	8	48,03	11,689	38,25	57,80	25	60
4. csoport	15-20 °C	8	53,39	6,754	47,74	59,03	40	60
5. csoport	20-25 °C	9	53,90	9,084	46,92	60,88	36	61
6. csoport	25-30 °C	2	57,20	0,707	50,85	63,55	57	58
	összesen	47	52,50	8,858	49,90	55,11	25	63

Hőmérséklet csoport **8. gázkút**	Átlag hőmérséklet intervallum [°C]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	≤5 °C	7	59,03	6,072	53,41	64,64	48	65
2. csoport	5-10 °C	13	58,27	7,256	53,88	62,65	43	65
3. csoport	10-15 °C	8	60,86	2,589	58,70	63,03	57	64
4. csoport	15-20 °C	8	59,56	4,323	55,95	63,18	53	64
5. csoport	20-25 °C	9	60,17	3,803	57,24	63,09	51	64
6. csoport	25-30 °C	2	48,50	15,698	47,65	59,03	37	60
	összesen	47	58,99	6,012	57,23	60,76	37	65

M38 : A levegő relatív nedvességtartalom változása a gázkutankénti metántartalomra

Nedvesség tartalom csoport **1. gázkút**	Relatív nedvesség tartalom [%]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	50-60%	6	49,52	9,551	39,49	59,54	38	60
2. csoport	61-70%	5	54,66	10,151	42,06	67,26	42	65
3. csoport	71-80%	10	52,89	11,235	44,85	60,93	28	66
4. csoport	81-90%	16	43,34	14,746	35,48	51,19	25	66
5. csoport	>90%	10	42,12	16,497	30,32	53,92	25	64
	összesen	47	47,10	13,867	43,03	51,18	25	66
2. gázkút								
1. csoport	50-60%	6	36,83	22,696	13,02	60,65	1	57
2. csoport	61-70%	5	39,16	21,095	12,97	65,35	7	60
3. csoport	71-80%	10	33,25	10,539	25,71	40,79	13	54
4. csoport	81-90%	16	22,01	17,762	12,55	31,48	1	65
5. csoport	>90%	10	42,75	15,262	31,83	53,67	17	63
	összesen	47	32,53	18,258	27,17	37,89	1	65
3. gázkút								
1. csoport	50-60%	6	44,32	5,787	38,24	50,39	37	52
2. csoport	61-70%	5	49,56	5,189	43,12	56,00	42	55
3. csoport	71-80%	10	50,78	8,167	44,94	56,62	33	59
4. csoport	81-90%	16	41,54	11,287	35,53	47,56	26	59
5. csoport	>90%	10	35,58	6,482	30,94	40,22	27	47
	összesen	47	43,45	9,968	40,52	46,37	26	59
4. gázkút								
1. csoport	50-60%	6	57,97	6,312	51,34	64,59	46	62
2. csoport	61-70%	5	49,84	11,470	35,60	64,08	37	61
3. csoport	71-80%	10	58,22	6,849	53,32	63,12	47	64
4. csoport	81-90%	16	47,60	13,348	40,48	54,71	30	68
5. csoport	>90%	10	55,19	13,267	45,70	64,68	31	65
	összesen	47	53,03	11,786	49,57	56,50	30	68
5. gázkút								
1. csoport	50-60%	6	54,07	6,077	47,69	60,44	46	64
2. csoport	61-70%	5	51,62	8,973	40,48	62,76	44	66
3. csoport	71-80%	10	55,07	5,624	51,05	59,09	48	64
4. csoport	81-90%	16	48,17	11,498	42,04	54,30	25	65
5. csoport	>90%	10	52,46	11,729	44,07	60,85	33	66
	összesen	47	51,67	9,741	48,81	54,53	25	66
6. gázkút								
1. csoport	50-60%	6	60,77	5,178	55,33	66,20	50	65
2. csoport	61-70%	5	60,16	7,133	51,30	69,02	48	66
3. csoport	71-80%	10	60,89	4,734	57,50	64,28	48	64
4. csoport	81-90%	16	60,23	6,268	56,89	63,57	44	67
5. csoport	>90%	10	63,45	1,611	62,30	64,60	62	66
	összesen	47	61,12	5,160	59,60	62,63	44	67
7. gázkút								
1. csoport	50-60%	6	53,15	4,942	47,96	58,34	46	59
2. csoport	61-70%	5	56,58	5,206	50,12	63,04	48	62
3. csoport	71-80%	10	51,32	10,145	44,06	58,58	36	61
4. csoport	81-90%	16	51,97	9,717	46,79	57,15	25	61
5. csoport	>90%	10	52,12	10,167	44,85	59,39	31	63
	összesen	47	52,50	8,858	49,90	55,11	25	63

Nedvesség tartalom csoport **8. gázkút**	Relatív nedvesség tartalom [%]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	50-60%	6	58,13	2,713	55,29	60,98	53	61
2. csoport	61-70%	5	55,10	10,056	42,61	67,59	37	62
3. csoport	71-80%	10	60,59	4,603	57,30	63,88	51	64
4. csoport	81-90%	16	58,96	5,740	55,90	62,02	48	65
5. csoport	>90%	10	59,90	6,853	55,00	64,80	43	65
	összesen	47	58,99	6,012	57,23	60,76	37	65
9. gázkút								
1. csoport	50-60%	6	27,08	15,946	10,35	43,82	10	48
2. csoport	61-70%	5	35,98	24,493	5,57	66,39	6	66
3. csoport	71-80%	10	40,06	14,178	29,92	50,20	25	61
4. csoport	81-90%	16	55,62	7,417	51,67	59,57	38	64
5. csoport	>90%	10	55,87	13,688	46,08	65,66	19	65
	összesen	47	46,63	17,086	41,61	51,65	6	66
10. gázkút								
1. csoport	50-60%	6	52,48	7,535	44,58	60,39	41	60
2. csoport	61-70%	5	46,62	17,303	25,14	68,10	20	66
3. csoport	71-80%	10	52,52	10,787	44,80	60,24	24	61
4. csoport	81-90%	16	55,47	7,704	51,36	59,57	41	67
5. csoport	>90%	10	58,45	7,594	53,02	63,88	48	68
	összesen	47	54,15	9,866	51,26	57,05	20	68
11. gázkút								
1. csoport	50-60%	6	57,17	3,265	53,74	60,59	53	60
2. csoport	61-70%	5	43,76	18,605	20,66	66,86	20	62
3. csoport	71-80%	10	51,86	13,204	42,41	61,31	16	61
4. csoport	81-90%	16	41,46	17,506	32,13	50,78	14	64
5. csoport	>90%	10	37,86	16,992	25,70	50,02	17	64
	összesen	47	45,16	16,338	40,36	49,95	14	64

M39 : A légköri nyomásváltozása a metántartalomra gázkutanként

Légköri nyomás csoportok **1. gázkút**	Légköri nyomás [hpa]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	1000-1010	3	56,40	11,177	28,63	84,17	44	66
2. csoport	1010-1020	22	51,57	12,547	46,01	57,13	25	65
3. csoport	>1020	22	41,37	13,575	35,35	47,39	25	66
	összesen	47	47,10	13,867	43,03	51,18	25	66
2. gázkút								
1. csoport	1000-1010	3	24,27	15,669	14,66	63,19	6	35
2. csoport	1010-1020	22	40,46	16,288	33,24	47,69	7	65
3. csoport	>1020	22	25,73	17,815	17,83	33,63	1	56
	összesen	47	32,53	18,258	27,17	37,89	1	65
3. gázkút								
1. csoport	1000-1010	3	54,73	1,102	52,00	57,47	54	56
2. csoport	1010-1020	22	46,47	9,595	42,21	50,72	26	59
3. csoport	>1020	22	38,89	8,712	35,02	42,75	27	59
	összesen	47	43,45	9,968	40,52	46,37	26	59

4. gázkút								
1. csoport	1000-1010	3	54,77	13,048	22,35	87,18	40	62
2. csoport	1010-1020	22	53,01	11,909	47,73	58,29	31	65
3. csoport	>1020	22	52,82	12,074	47,47	58,17	30	68
	összesen	47	53,03	11,786	49,57	56,50	30	68
5. gázkút								
1. csoport	1000-1010	3	63,03	2,829	56,01	70,06	60	65
2. csoport	1010-1020	22	53,28	8,471	49,52	57,03	36	66
3. csoport	>1020	22	48,51	10,185	44,00	53,03	25	66
	összesen	47	51,67	9,741	48,81	54,53	25	66
6. gázkút								
1. csoport	1000-1010	3	62,30	0,361	61,40	63,20	62	63
2. csoport	1010-1020	22	60,66	5,024	58,44	62,89	48	65
3. csoport	>1020	22	61,41	5,707	58,88	63,94	44	67
	összesen	47	61,12	5,160	59,60	62,63	44	67
7. gázkút								
1. csoport	1000-1010	3	56,73	3,427	48,22	65,25	53	60
2. csoport	1010-1020	22	52,60	9,347	48,46	56,75	25	61
3. csoport	>1020	22	51,83	8,964	47,85	55,80	31	63
	összesen	47	52,50	8,858	49,90	55,11	25	63
8. gázkút								
1. csoport	1000-1010	3	53,83	6,730	37,12	70,55	48	61
2. csoport	1010-1020	22	58,29	6,654	55,34	61,24	37	65
3. csoport	>1020	22	60,40	4,921	58,21	62,58	48	65
	összesen	47	58,99	6,012	57,23	60,76	37	65
9. gázkút								
1. csoport	1000-1010	3	53,37	4,788	41,47	65,26	48	57
2. csoport	1010-1020	22	38,34	19,092	29,88	46,81	6	61
3. csoport	>1020	22	54,00	11,724	48,80	59,20	25	66
	összesen	47	46,63	17,086	41,61	51,65	6	66
10. gázkút								
1. csoport	1000-1010	3	52,03	9,993	27,21	76,86	41	59
2. csoport	1010-1020	22	52,34	10,304	47,77	56,91	20	68
3. csoport	>1020	22	56,25	9,424	52,08	60,43	24	66
	összesen	47	54,15	9,866	51,26	57,05	20	68
11. gázkút								
1. csoport	1000-1010	3	47,97	12,968	15,75	80,18	33	58
2. csoport	1010-1020	22	47,91	14,549	41,46	54,36	17	61
3. csoport	>1020	22	42,02	18,374	33,87	50,16	14	64
	összesen	47	45,16	16,338	40,36	49,95	14	64

M40 : A szélsebesség intervallumokhoz tartozó metántartalmi értékek gázkutanként

Szélsebesség csoportok **1. gázkút**	Szélsebesség intervallum [m/s]	n [db]	CH_4 átlag [%]	szórás [%]	95% Konfidancia intervallum		Minimum [%]	Maximum [%]
					Alsó érték	Felső érték		
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	8	39,28	11,424	29,72	48,83	28	55
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	9	49,00	13,167	38,88	59,12	25	66
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	9	48,74	15,267	37,01	60,48	25	65
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	9	52,94	13,172	42,82	63,07	28	66
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	6	38,95	13,567	24,71	53,19	25	60
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	6	51,63	14,116	36,82	66,45	27	62
	összesen	47	47,10	13,867	43,03	51,18	25	66

2. gázkút								
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	8	34,06	19,723	17,57	50,55	7	60
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	9	37,57	9,882	29,97	45,16	27	54
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	9	33,39	23,777	15,11	51,67	1	57
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	9	23,63	16,691	10,80	36,46	1	50
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	6	33,87	21,979	10,80	56,93	5	65
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	6	33,67	18,325	14,44	52,90	7	63
	összesen	47	32,53	18,258	27,17	37,89	1	65
3. gázkút								
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	8	37,68	7,960	31,02	44,33	27	48
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	9	48,04	9,963	40,39	55,70	27	59
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	9	41,90	8,739	35,18	48,62	28	53
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	9	45,71	9,417	38,47	52,95	31	57
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	6	41,27	13,567	27,03	55,50	26	59
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	6	45,35	10,175	34,67	56,03	30	56
	összesen	47	43,45	9,968	40,52	46,37	26	59
4. gázkút								
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	8	55,11	9,486	47,18	63,04	39	65
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	9	57,63	7,280	52,04	63,23	46	64
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	9	54,07	13,195	43,92	64,21	30	65
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	9	48,18	12,672	38,44	57,92	30	64
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	6	57,82	13,675	43,47	72,17	31	68
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	6	44,32	11,697	32,04	56,60	31	61
	összesen	47	53,03	11,786	49,57	56,50	30	68
5. gázkút								
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	8	49,59	8,640	42,36	56,81	33	62
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	9	53,06	6,082	48,38	57,73	43	61
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	9	48,07	11,194	39,46	56,67	25	64
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	9	54,54	12,064	45,27	63,82	37	66
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	6	53,13	9,508	43,16	63,11	39	63
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	6	52,00	11,582	39,85	64,15	36	66
	összesen	47	51,67	9,741	48,81	54,53	25	66
6. gázkút								
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	8	58,06	7,355	51,91	64,21	48	66
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	9	59,32	7,085	53,88	64,77	44	64
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	9	63,10	1,393	62,03	64,17	61	66
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	9	61,37	4,775	57,70	65,04	49	65
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	6	63,85	1,621	62,15	65,55	63	67
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	6	61,80	3,042	58,61	64,99	57	66
	összesen	47	61,12	5,160	59,60	62,63	44	67
7. gázkút								
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	8	49,99	7,951	43,34	56,63	40	60
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	9	55,01	9,129	47,99	62,03	36	63
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	9	52,52	10,321	44,59	60,46	31	63
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	9	54,31	4,755	50,66	57,97	45	60
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	6	52,20	8,698	43,07	61,33	41	61
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	6	49,67	13,441	35,56	63,77	25	62
	összesen	47	52,50	8,858	49,90	55,11	25	63

8. gázkút								
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	8	60,34	5,394	55,83	64,85	48	64
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	9	60,61	4,269	57,33	63,89	51	65
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	9	57,62	8,758	50,89	64,35	37	64
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	9	55,24	6,799	50,02	60,47	43	63
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	6	61,38	4,310	56,86	65,91	55	65
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	6	60,05	1,717	58,25	61,85	57	62
	összesen	47	58,99	6,012	57,23	60,76	37	65
9. gázkút								
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	8	46,08	17,907	31,10	61,05	22	63
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	9	44,79	15,536	32,85	56,73	26	62
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	9	42,01	19,386	27,11	56,91	10	65
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	9	44,10	17,673	30,52	57,68	12	62
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	6	56,38	7,814	48,18	64,58	44	64
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	6	51,10	22,227	27,77	74,43	6	66
	összesen	47	46,63	17,086	41,61	51,65	6	66
10. gázkút								
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	8	48,81	17,193	34,44	63,19	20	62
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	9	54,59	8,622	47,96	61,22	41	62
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	9	55,92	7,195	50,39	61,45	43	65
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	9	53,78	7,577	47,95	59,60	41	65
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	6	59,00	7,500	51,13	66,87	51	68
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	6	53,68	7,171	46,16	61,21	47	66
	összesen	47	54,15	9,866	51,26	57,05	20	68
11. gázkút								
1. csoport	$v_{sz} \leq 0,6$	8	41,33	19,128	25,33	57,32	16	63
2. csoport	$0,6 > v_{sz} \leq 1$	9	50,97	16,349	38,40	63,53	14	61
3. csoport	$1 > v_{sz} \leq 1,3$	9	50,60	15,686	38,54	62,66	20	64
4. csoport	$1,3 > v_{sz} \leq 1,8$	9	41,37	15,829	29,20	53,53	17	60
5. csoport	$1,8 > v_{sz} \leq 2,4$	6	42,62	17,891	23,84	61,39	20	64
6. csoport	$v_{sz} > 2,4$	6	41,60	14,654	26,22	56,98	20	62
	összesen	47	45,16	16,338	40,36	49,95	14	64

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt köszönetemet fejezem ki témavezetőmnek Dr. Barótfi István tanszékvezető egyetemi tanár úrnak irányító munkájáért és hasznos tanácsaiért, a sokéves szakmai támogatásáért, és nem utolsó sorban lelki támaszért, bizalomért, amit dolgozatom elkészítése során nyújtott.

Köszönettel tartozom Reith Imre igazgató úrnak az ASA Köztisztasági Kft. hódmezővásárhelyi telephelyének vezetőjének, aki a szakképzési hozzájárulások megteremtésével hozzájárult az infrastruktúra fejlesztési lehetőségeihez illetve a vizsgálatok lebonyolításához szakmai és a technikai lehetőséget biztosította.

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni az NRG AGENT Kft. vezetőjének Gönczi Imre úrnak és kollegáinak a szakmai és gyakorlati segédségükért.

Köszönettel tartozom a Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar vezetőségének és valamennyi dolgozójának a doktori munkám zökkenőmentes lebonyolításához szükséges feltételek megteremtésében.

Köszönettel tartozom a Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar volt Takarmányozástani és Műszaki Intézetének vezetőjének Dr. Szűcsné Péter Judit intézetvezető asszonynak a támogatásáért és a publikációs lehetőség finanszírozásának megteremtéséért.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm családomnak, hogy végtelen türelemmel segítettek ennek a munkának az elkészültét, és mindazoknak a támogatását, akik a dolgozat megszületéséhez kisebb-nagyobb mértékben hozzájárultak

Hódmezővásárhely, 2012-09-27

Molnár Tamás Géza