

Szent István Egyetem  
Ybl Miklós Építéstudományi Kar

# DIPLOMAMUNKA

Hanó Bálint

Konzulensek: Telekes Gábor  
Juhász Balázs

Budapest, 2015





**SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS**  
2015

Hanó Bálint

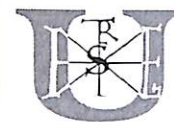
Nappali Építőmérnök szakos  
*hallgató részére*

|                  |                                         |
|------------------|-----------------------------------------|
| A feladat címe:  | Hulladéklerakó rekultivációja           |
| Belső konzulens: | Prof. Dr. Telekes Gábor főiskolai tanár |
| Külső konzulens: | Juhász Balázs főmérnök                  |

A szakdolgozat beadási határideje: 2015. január 16., péntek 12<sup>00</sup>

Budapest, 2015. január 12.

  
Dr. Dombay Gábor  
intézetigazgató



## Részletes feladatkiírás

### Hanó Bálint

Nappali Építőmérnök  
hallgató részére

Hulladéklerakó rekultivációja  
című szakdolgozatához

Készítsen tanulmányt a terepből kiemelkedő hulladéklerakók lezárására, rekultivációjára és vizsgálja meg a Békéscsabai Hulladéklerakó ajánlott rétegrend alapján történő lezárásának állékonyságát a szőnyegcsúszás elve alapján a kiemelt rétegek között.

Beadandó munkarészek:

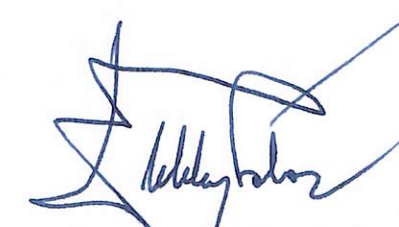
Tanulmány

Számítások

Helyszínrajz

Jellemző keresztmetszet

Budapest, 2015. január 13.



Prof. Dr. Telekes Gábor  
belső konzulens

**SZIE-YMÉK Építőmérnöki Intézet**

**Hanó Bálint**

Neptun kód: IV49NN

Nappali építőmérnök BSc / mélyépítési szakirány

## **Hulladék lerakó rekultivációja**

**Szakdolgozat**

**Konzulens:**

**Telekes Gábor**

**Juhász Balázs**

**Budapest, 2015**

*Hanó Bálint*



**Tartalomjegyzék**

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| SZIE-YMÉK Építőmérnöki Intézet .....                                | 0  |
| 1. BEVEZETÉS .....                                                  | 3  |
| 2. HULLADÉK LERAKÓ REKULTIVÁCIÓJA, LEZÁRÁSA.....                    | 4  |
| 2.1. Fogalom meghatározás és történelmi, jogi áttekintés .....      | 4  |
| 2.1.1. 2000. ÉVI XLIII. törvény a hulladékgazdálkodásról.....       | 4  |
| 2.1.2. EWC főcsoport kódjai (16/2001 (VII.18.) KöM. Rendelet) ..... | 6  |
| 2.1.3. Szilárd-hulladék lerakó felmérés - Phare program.....        | 8  |
| 2.1.4. 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet.....                         | 12 |
| 2.2. Főbb célok, tevékenységek .....                                | 13 |
| 2.3. Rekultivációra vonatkozó szabályozások.....                    | 14 |
| 2.3.1. A hulladéklerakó bezárása .....                              | 14 |
| 2.3.2. A hulladéklerakó utógondozása, rekultivációja .....          | 14 |
| 2.3.3. A hulladéklerakó felülvizsgálata .....                       | 16 |
| 2.4. A rekultivációhoz szükséges előzetes vizsgálatok .....         | 19 |
| 2.4.1. Süllyedés vizsgálat, konszolidáció .....                     | 19 |
| 2.4.2. A hulladék lebomlása - biodegradáció, gázképződés.....       | 26 |
| 2.4.3. Állékonyságvizsgálatok .....                                 | 39 |
| 2.5. Zárószigetelő rétegek bemutatása .....                         | 44 |
| 2.5.1. Ámeneti zárószigetelő rendszer .....                         | 44 |
| 2.5.2. Végleges zárószigetelő rendszer .....                        | 48 |
| 3. BÉKÉSCSABAI HULLADÉKLERAKÓ.....                                  | 62 |
| 3.1. Azonosító adatok.....                                          | 62 |
| 3.2. Elhelyezkedés, megközelíthetőség.....                          | 62 |
| 3.3. Földtani és talajtani adottságok .....                         | 63 |
| 3.4. Az I. ütem és a kapcsolódó műszaki létesítmények adatai .....  | 65 |
| 3.5. Csurgalékvíz gyűjtő és elvezető rendszer .....                 | 66 |



|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 3.6. Depóniagáz gyűjtő rendszer .....                        | 66 |
| 3.7. Csapadékvizek.....                                      | 67 |
| 3.8. A lerakott hulladék mennyisége.....                     | 67 |
| 3.9. Az I. ütem átmeneti rekultivációja .....                | 68 |
| 3.10 Az I. ütem végleges rekultivációs réteg tervezése ..... | 70 |
| 4. MELLÉKLETEK.....                                          | 81 |
| 5. HIVATKOZÁSOK .....                                        | 81 |

## 1. BEVEZETÉS

A folyamatosan fejlődő világunkban, figyelembe véve mind a gazdaságossági mind a környezettudatossági szempontokat a fontos cél a környezet védelme, óvása.

Az emberi tevékenység része a hulladék termelés, és így kezelését is csak emberi tevékenység által oldható meg. BONNYAI és szerzőtársai. (1981) szerint "általános értelemben véve hulladéknak tekintünk minden olyan, elsősorban az ember élete, termelő és fogyasztó tevékenysége során képződő anyagot (anyag együttest, terméket, maradványt, tárgyat), amely közvetlenül vagy közvetve veszélyezteti a környezet védelem alatt álló tárgyait, elemeit, és amelyek keletkeztetője az adott időpontban érvényes műszaki, gazdasági feltételek mellett nem képes felhasználni és/vagy értékesíteni, ezért azokat a további emberi tevékenység köréből való eltávolításra ítéli." (Dr. Szabó Imre) Itt fontos megjegyezni, hogy a levegő illetve a talaj nem hulladék meg akkor sem ha szennyezett, csak szállítói közegnek minősülnek a hulladék szempontjából.

Az emberi tevékenység által keletkező hulladékot újra felhasznosítják illetve hulladéklerakóba landol. A kialakult hulladéklerakók, nem minden esetben voltak megfelelő hatással környezetünkre. A hulladék rekultiváció tevékenysége során a hulladék a természetre való szennyezését 0-re, de legalább a lehető legminimálisabbra csökkentjük. A folyamat során a lerakót a környezetbe visszaillesszük és a tájseb "begyógyítása" a cél. A rekultivált lerakók egyéb felhasználása is lehetséges a depóniagáz termelésen kívül, például: napelemet telepítés.

Diplomám során a hulladék rekultivációt vizsgálom meg. A szakdolgozat két részből áll össze. Az első részben megvizsgálom a hulladék rekultivációhoz kapcsolódó jogi és történelmi részt, főbb célokat, tevékenységeket, szabályozást és a rekultivációhoz szükséges előzetes vizsgálatokat, illetve bemutatom a zárószigetelő rétegeket. A második részben egy leíró bemutatást készítek a Békéscsabai Regionális Hulladéklerakó Műről illetve a lerakó I. ütemének végleges rekultivációs rétegét tervezem és vizsgálom meg a szőnyegcsúszás elve alapján a kijelölt rétegeket.



## 2. HULLADÉK LERAKÓ REKULTIVÁCIÓJA, LEZÁRÁSA

### 2.1. Fogalom meghatározás és történelmi, jogi áttekintés

#### 2.1.1. 2000. ÉVI XLIII. törvény a hulladékgazdálkodásról

A hulladékgazdálkodásról szóló 2000. ÉVI XLIII. törvény nem a kezdeti jogalkotás volt a hulladékgazdálkodással kapcsolatban, de a megelőző jogszabályok és előírások idejét múltak, a hulladék gazdálkodás csak részét fedték le, a fogalom és követelményrendszerek nem voltak egységesek. Spontán kialakult hulladéklerakók üzemeltek településenként, de ezek nem rendelkeztek megfelelő műszaki védelemmel, valószínű, számbavehető szennyező bázist jelentettek a környező természeti elemekre. A 2000. ÉVI XLIII. törvény az első amely összefoglalja a hulladékgazdálkodás általános és szakterületi szabályait.

E törvény fogalma a hulladékról: "az 1. számú melléklet szerinti kategóriák valamelyikébe tartozó tárgy vagy anyag, amelytől birtokosa megválnak, megválni szándékozik, vagy megválni köteles".

A törvény szerinti kategóriák:

- Q1 A továbbiakban másként meg nem határozott termelési, szolgáltatási vagy fogyasztási maradékok
- Q2 Előírásoknak meg nem felelő, selejt termékek
- Q3 Lejárt felhasználhatóságú, szavatosságú termékek
- Q4 Kiömlött, veszendőbe ment, vagy egyéb kárt szenvedett anyagok, beleértve a baleset következtében szennyeződött anyagokat, eszközöket stb. is
- Q5 Tervezett tevékenység következtében szennyeződött anyagok (tisztítási műveletek maradékai, csomagolóanyagok, tartályok stb.)
- Q6 Használhatatlanná vált alkatrészek, tartozékok (elhasznált szárazelemek, kimerült katalizátorok stb.)
- Q7 A további használatra alkalmatlanná vált anyagok (szennyeződött savak, oldószerek, kimerült edző sók stb.)
- Q8 Ipari folyamatok maradék anyagai (salakok, üstmaradékok stb.)
- Q9 Szennyezés csökkentő eljárások maradékai (gázmosók iszapja, porleválasztók pora, elhasznált szűrők, szennyvíziszapok stb.)
- Q10 Gépi megmunkálás, felületkezelés maradék anyagai (esztergaforgács, reve stb.)
- Q11 Ásványi nyersanyagok kitermelésének és feldolgozásának maradékai (pl. ércbányászati meddő, olajkitermelés hulladékai stb.)

- Q12 Tiltott anyagokat tartalmazó termékek (PCB-tartalmú olajok stb.)
- Q13 Bármely anyag vagy termék, amelynek használatát jogszabály tiltja
- Q14 A birtokosa számára tovább nem használható anyagok (mezőgazdasági, háztartási, irodai, kereskedelmi és bolti hulladékok stb.)
- Q15 Talajtisztításból származó szennyezett anyagok
- Q16 Bármely más hulladékká vált anyag vagy termék, amely nem tartozik a fenti kategóriákba

A fenti példán is látható a "hulladék" kollektív név azokra az anyagokra amelyeket az ember el kíván távolítani környezetéből.

A hulladékokat a természetre és az emberre kifejtett hatása alapján osztályozhatjuk veszélyes és nem veszélyesként. A kategorizálás a szerint történik, hogy a szóban forgó hulladék rendelkezik-e nemzetközileg megállapított veszélyességi jellemzők valamelyikével vagy sem. Magyarországon a Hulladékgazdálkodási törvény 2. sz. melléklete sorolja fel ezen hulladékokat, amelyek:

- H1 "Robbanó": folyékony, képlékeny, kocsonyás vagy szilárd anyagok és készítmények
- H2 "Oxidáló": anyagok és készítmények,
- H3-A "Tűzveszélyes":
- H3-B "Kevésbé tűzveszélyes"
- H4 "Irritáló vagy izgató": nem maró anyagok és készítmények,
- H5 "Ártalmas": anyagok és készítmények,
- H6 "Mérgező": anyagok és készítmények
- H7 "Karcinogén": anyagok és készítmények,
- H8 "Maró" (korrozív): anyagok és készítmények,
- H9 "Fertőző": életképes mikroorganizmusokat vagy azok toxinjait tartalmazó anyagok,
- H10 "Reprodukciót és az utódok fejlődését károsító": anyagok és készítmények,
- H11 "Mutagén": anyagok és készítmények,
- H12 Anyagok és készítmények, amelyek vízzel, levegővel vagy savval érintkezve mérgező vagy nagyon mérgező gázokat fejlesztenek
- H13 Anyagok és készítmények, amelyek hajlamosak arra, hogy belőlük a lerakást követően valamely formában - pl. kimosódás - a felsorolt tulajdonságok bármelyikével rendelkező anyag keletkezzék

- H14 "Környezetre veszélyes": anyagok és készítmények, amelyek a környezetbe jutva a környezet egy vagy több elemét azonnal vagy meghatározott idő elteltével károsítják, illetve a környezet állapotát, természetes ökológiai egyensúlyát, biológiai sokféleségét megváltoztatják.

A termelési illetve a települési hulladékként is egyaránt keletkezik/keletkezhet veszélyes hulladékok illetve veszélyes komponensek. A települési hulladékokban a legsűrűbben felfedezhető veszélyes elemek általában az alábbi anyagok: szárazelemek, elektronikai hulladékok, lakk- és festékmaradékok, olajtartalmú hulladékok, növényvédőszer-maradékok, lejárt szavatosságú gyógyszerek továbbá egyéb betegápolási hulladékok stb. Az utóbbi időben az elemek akkumulátorok begyűjtése és újrafelhasználása növekszik, bár csak alacsony rátában. A növekedés főként a környezetvédelmi termékdíjról szóló 2011. évi LXXXV. törvény, valamint a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény (és a végrehajtásukra vonatkozó kormányrendeletek) adják. 18-20 ezer tonna a mennyisége az évente keletkező hulladék ólom-sav akkumulátoroknak hazánkban. Ez a mennyiség az alsó határa amire érdemes volna már feldolgozót létesíteni, illetve jelentős érték is. Jelenleg még nincs akkumulátor feldolgozó az országban, viszont van folyamatban beruházás.

A hulladékok további csoportosítása lehetséges kémiai összetételük szerint az egymáshoz való viszonyuk mintájára, amelyek lehetnek:

- o homogén,
- o heterogén,
- o diszperz;

illetve halmazállapotuk alapján:

- folyékony,
- szilárd,
- iszapszerű.

### 2.1.2. EWC főcsoport kódjai (16/2001 (VII.18.) KöM. Rendelet)

2002. január 1-je előtt a hulladéklisták szabályozása eltérő volt az Európai Unióban és hazánkban. Külön lista volt jelen az EU-ban 1994. óta a veszélyes és nem veszélyes hulladékokra. Az Európai Unióhoz történő csatlakozás következtében történő jogharmonizáció során a 102/1996. Kormány rendelet hulladéklistáját 2002. január 1-től a 16/2001. KöM rendelet váltotta felés van hatályban. Az Európai Unió egységes követelmény rendszert támaszt a tagállamoknak a hulladéklisták összefoglalásával. A Európai Hulladék

Katalógus (European Waste Catalogue, azaz EWC) a 2001/119/EK bizottsági és a 2001/573/EK tanácsi határozatokon alapszik. A 16/2001. (VII. 18.) KöM rendelet 1. sz. mellékletének A) pontja az úgynevezett alaplista, amely az Európai Hulladék Katalógus (EWC) kódszámait tartalmazza.

### EWC főcsoport kódjai (16/2001 (VII.18.) KöM. Rendelet) :

| EWC kód: | Megnevezés:                                                                                                                                                              |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01       | Ásványok kutatásából, bányászatból, kőfejtésből, fizikai és kémiai kezelésből származó hulladékok                                                                        |
| 02       | Mezőgazdasági, kertészeti, vízkultúrás termelésből, erdőgazdaságból, vadászatból, halászatból, élelmiszer előállításból és feldolgozásból származó hulladékok            |
| 03       | Fafeldolgozásból és falemez-, bútor-, cellulóz rost szuszpenzió-, papír- és kartongyártásból származó hulladékok                                                         |
| 04       | Bőr-, szőrme- és textilipari hulladékok                                                                                                                                  |
| 05       | Kőolaj finomításából, földgáz tisztításából és kőszén pirolitikus kezeléséből származó hulladékok                                                                        |
| 06       | Szervetlen kémiai folyamatokból származó hulladékok                                                                                                                      |
| 07       | Szerves kémiai folyamatokból származó hulladékok                                                                                                                         |
| 08       | Bevonatok (festékek, lakkok és zománcok), ragasztók, tömítőanyagok és nyomdafestékek termeléséből, kisereléséből, forgalmazásából és felhasználásból származó hulladékok |
| 09       | Fényképészeti ipar hulladékai                                                                                                                                            |
| 10       | Termikus gyártásfolyamatokból származó hulladékok                                                                                                                        |
| 11       | Fémek és egyéb anyagok kémiai felületkezelésből és bevonásból származó hulladékok; nemvas fémek hidrometallurgiai hulladékai                                             |
| 12       | Fémek, műanyagok alakításából, fizikai és mechanikai felületkezeléséből származó hulladékok                                                                              |
| 13       | Olajhulladékok és folyékony üzemanyagok hulladékai (kivéve az étolajokat, valamint a 05, 12 és 19 fejezetekben felsorolt hulladékokat)                                   |
| 14       | Szerves oldószer-, hűtőanyagok- és hajtógáz hulladékok (kivéve a 07 és 08)                                                                                               |
| 15       | Hulladékká vált csomagolóanyagok; közelebbről nem meghatározott abszorbensek, törlőkendők, szűranyagok és védőruházat                                                    |
| 16       | A jegyzékben közelebbről nem meghatározott hulladékok                                                                                                                    |



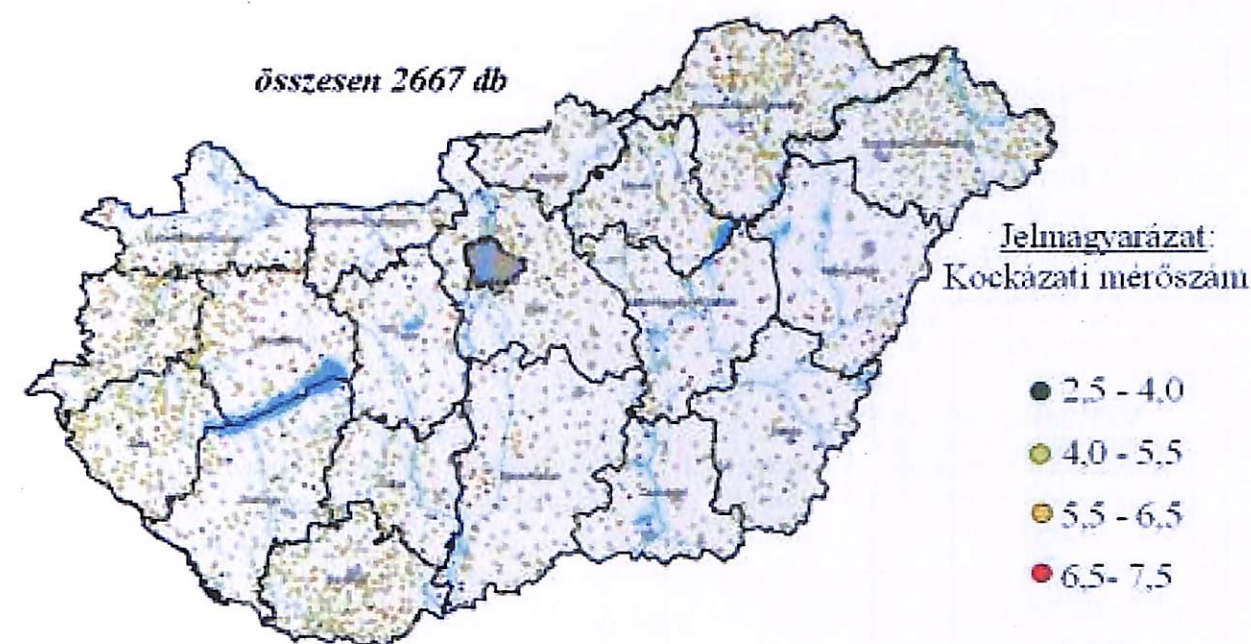
- 17 Építési és bontási hulladékok (beleértve a szennyezett területekről kitermelt földet is)
- 18 Emberek, illetve állatok egészségügyi ellátásból és/vagy az azzal kapcsolatos kutatásból származó hulladékok (kivéve azokat a konyhai és éttermi hulladékokat, amelyek nem közvetlenül az egészségügyi ellátásból származnak)
- 19 Hulladékkezelő létesítményekből, szennyvizet keletkezésük telephelyén kívül kezelő szennyvíztisztítókból, illetve az ivóvíz és iparivíz szolgáltatásból származó hulladékok
- 20 Települési hulladékok (háztartási hulladékok és az ezekhez hasonló, kereskedelmi, ipari és intézményi hulladékok), beleértve az elkülönítetten gyűjtött hulladékokat is

Ha az Európai Unió módosítja az EWC-t, akkor ez folyamatosan áttekintésre, átvezetésre, kerül a hazai hulladék listát magába foglaló jogszabályban lévő A) Alap listában is.

A jegyzékben a hulladékokat hat szám jegyű kód jellemzi és azonosítja be. A kódokban szereplő első két a keletkezés tevékenység szerinti főcsoportra, a második két számjegye a főcsoportokon belüli alcsoportokra utal. Megnevezés használata esetén a hulladék csak a keletkezési tevékenységnek megfelelő főcsoport és alcsoport megnevezésével együtt adható meg. A jogszabályi helyzet változásával, megszülettek azok az ágazati rendeletek, amelyek biztosítják az eredeti rendelet B) Kiegészítő listájában szereplő hulladékok megfelelő kezelésének szabályait, illetve a nyilvántartási és adat bejelentési kötelezettségeket a nem veszélyes hulladékokra is, ezért a B) kiegészítő lista fönntartása szakmai szempontból tovább már nem volt indokolt. A 16/2001. KöM rendelet módosítása a 22/2004. (XII. 11.) KvVM rendeletben jelent meg.

### 2.1.3. Szilárd-hulladék lerakó felmérés - Phare program

Országunkban 2002-ben 2667 lerakót térképeztek fel (2.1. ábra) a települési szilárd-hulladék lerakók felmérése folyamán, melyhez az Európai Unió nyújtott segítséget egy Phare program keretében (projektszám: HU9911 - 01). A szóban forgó lerakók műszaki kialakítása, területi aránya és regionális hulladék elhelyezőként történő üzemeltetése nem felelt meg az EU által támasztott elvárásoknak.



2.1. ábra

A HU 9911-01 Phare projektben felmért lerakók hálózata (Royal Haskoning – CANOR, 2003.)

Az összes felmért hulladéklerakót négy fő kockázati tényező alapján sorolták be, a szerint milyen veszélyeztetettségi kockázatot jelent a környezetre nézve, melyek a következők:

- a lerakóban keletkezett gáz kezelése,
- a felszíni vizek veszélyeztetettsége,
- a felszín alatti víz veszélyeztetettsége,
- a műszaki kialakítás, a védelmi rendszer színvonala.

2.1. táblázat Összegezi a lerakók szóban forgó műszaki védelme alapján történő csoportosítást. A 12-16 csoportba tartozó 72 lerakó tartalmaz geomembrán alsó szigetelőrendszert és emellett valamilyen felszíni vízelvezetést, illetve csurgalékvíz gyűjtő rendszerrel van ellátva. Ebből a kategóriából választották ki:

- a 2009. július után is megmaradó, folytonos hulladék elhelyezésre alkalmas lerakókat (EU kritériumoknak ideálisan korszakosítva);
- az ideiglenes hulladéklerakásra alkalmas, 2009. júliusáig üzemeltethető lerakókat (korszakosítás nélkül, üzemelés 2009. júliusáig).

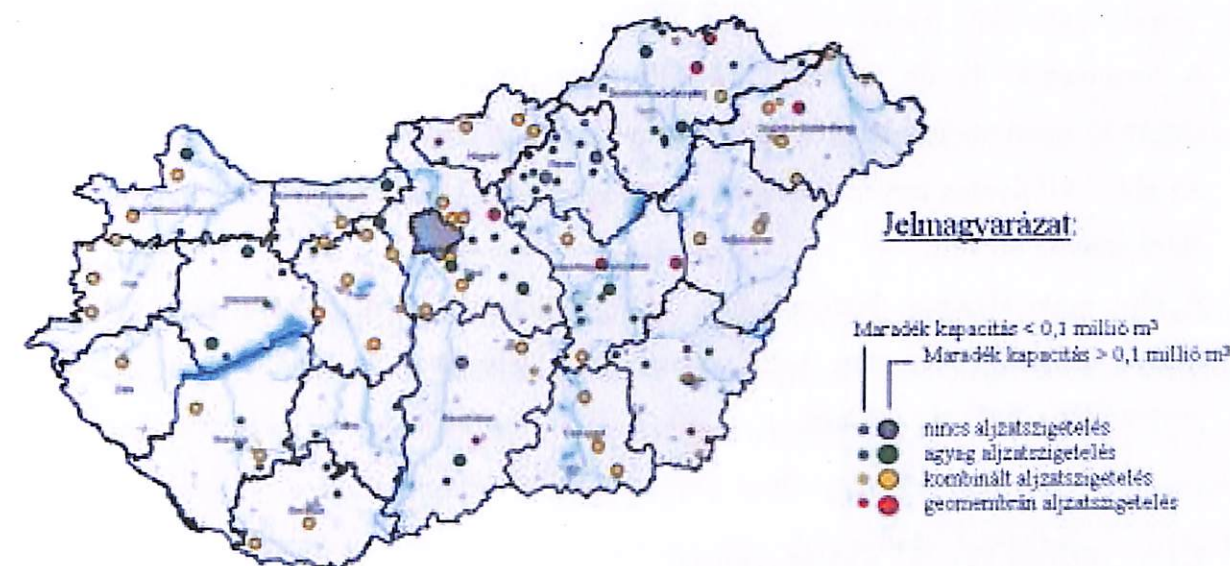
93 lerakó van ezen felül, amelynek aljzatszigetelés felépítése legalább természetes anyagú, és ezek közül egynéhány kielégítő minőségű csurgalékvíz gyűjtő rendszerrel rendelkezik. Ha 12-16 csoportban lévő hulladéklerakók kapacitása nem lett volna elégséges, abban az esetben a 6-11 csoportból kerültek volna ki a az ideiglenesen üzemeltethető hulladéklerakók.



## 2.1. táblázat

| A meglévő lerakók kialakítása, műszaki színvonala (Royal Haskoning – CANOR, 2003.) |      |                         |      |                                   |   |       |                                                 |          |    |               |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------|------|-----------------------------------|---|-------|-------------------------------------------------|----------|----|---------------|
| A figyelembe vett védelmi intézkedések (kombinációi) a felmért lerakóknál          |      |                         |      |                                   |   |       |                                                 |          |    |               |
| Védelmi intézkedések (kombinációi) leltári szintjei                                |      |                         |      |                                   |   |       |                                                 |          |    | Lerakók száma |
| Védelmi intézkedések                                                               | 0    | 1 2 3                   | 4 5  | 6 7 8                             | 9 | 10 11 | 12                                              | 13 14 15 | 16 |               |
|                                                                                    |      | Alsó szigetelés nélküli |      | Alsó szigetelés = kizárólag agyag |   |       | Alsó szigetelés = geomembrán/geomembrán + agyag |          |    |               |
| Alsó szigetelés: agyag                                                             |      |                         |      | X                                 | X | X     |                                                 |          |    | 93            |
| Alsó szigetelés: geomembrán                                                        |      |                         |      |                                   |   |       | X                                               | X        | X  | 15            |
| Alsó szigetelés geomembrán + agyag                                                 |      |                         |      |                                   |   |       | X                                               | X        | X  | 57            |
| Csapadékvíz elvezetés                                                              |      | X                       | X    | X                                 | X | X     |                                                 | X        | X  | 175           |
| Csapadékvíz elvezetés és kezelés                                                   |      | X                       | X    | X                                 | X | X     |                                                 | X        | X  |               |
| Csurgalékvíz gyűjtés                                                               |      | X                       | X    | X                                 |   | X     |                                                 | X        | X  | 128           |
| Csurgalékvíz gyűjtés és kezelés                                                    |      | X                       | X    | X                                 |   | X     |                                                 | X        | X  |               |
| Biogáz gyűjtő rendszer                                                             |      | X                       | X    |                                   | X | X     |                                                 |          | X  | 27            |
| Lerakók száma szintenként                                                          | 2405 | 57 13 6                 | 20 1 | 50 15 6                           | 1 | 20 1  | 4                                               | 1 8 41   | 18 |               |
| Lerakók száma fő kategóriánként                                                    | 2405 | 97                      |      | 93                                |   |       | 72                                              |          |    | 2667          |

A felmérés során 97 olyan (1-5 kategória), illetve 2405 (0 kategória) lerakó volt, amelyet be kellett zárni a műszaki védelem hiánya miatt.



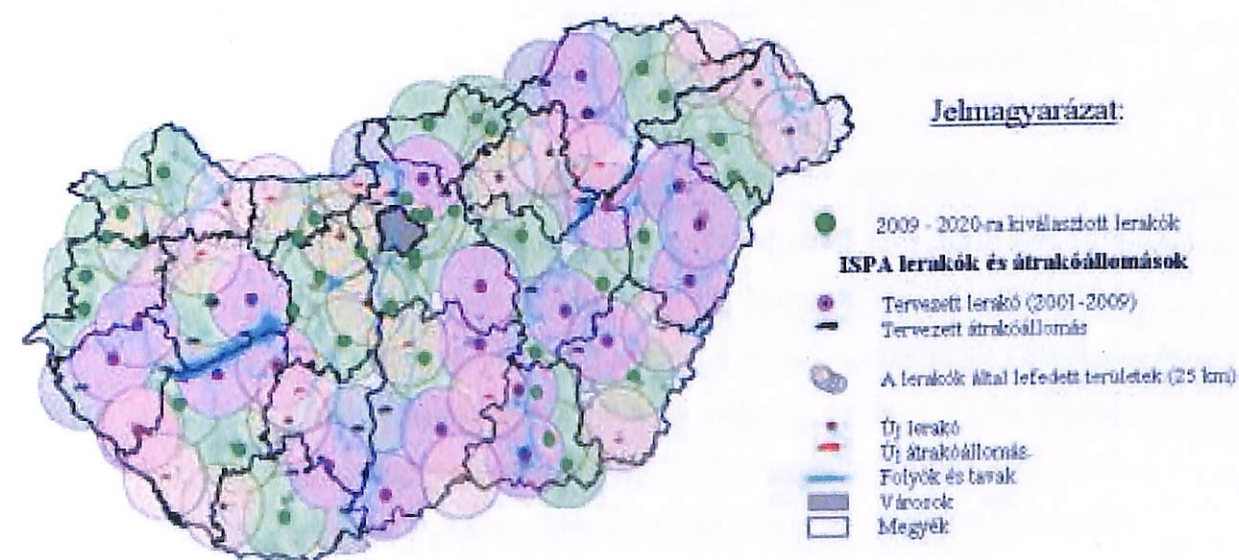
2.2. ábra

A 2005-2009 között üzemelő lerakók hálózata (216 db) (Royal Haskoning – CANOR, 2003.)

Arra való tekintettel, hogy 2009-től minden üzemelő lerakónak meg kellett felelnie az EU előírásoknak, a felmérés eredményeként az a döntés született, hogy:

- 2540 lerakót be kell zárni,
- 2009. júliusig átmenetileg még üzemeltethető 219, de utána be kell zárni 90 lerakót,
- korszerűsítendő és 2009. július után folyamatosan üzemeltethető: 42 lerakó.

A 2005-2009 közötti, illetőleg a végleges regionális lerakó hálózatot a 2.2.-2.3. ábrák szemléltetik.



2.3. ábra

A 2009 utáni végleges hulladéklerakó és átrakóállomás hálózat Magyarországon (Royal Haskoning – CANOR, 2003.)



A megmaradó 42 db, valamint az ISPA keretében épült/épülő további 22 lerakó nem elegendő, ezért további lerakók építésére illetve átrakóállomások bővítésére volt igény.

Az ebből kifolyólag tervezett lerakók száma 2009 után 74 db, míg az átrakóállomások száma 2009 után 33 db volt.

A régi, nem alkalmas biztonságú lerakók beszüntetése egyrészt az Országos Környezeti Kármentesítési Programon belül, másrészt a települési hulladéklerakók rekultivációs programján belül valósult meg.

**2.1.4. 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet**

A környezetvédelmi és vízügyi miniszter rendelete - 20/2006. (IV. 5.) KvVM - 2006 áprilisában jelent meg a hulladéklerakással és a hulladéklerakóval kapcsolatos szabályokról és feltételekről. A rendelet több új esetben tartalmaz a hulladéklerakók bezárásával és utógondozásával kapcsolatban a régi rendelethez képest. Ez a jogszabály együtt kezeli a üzemelő és a már lezárt lerakókra vonatkozó intézkedéseket, így együttes műszaki megoldásokat kínál.

A 20/2006. (IV. 5.) KvVM szerinti definíciók:

- alapjellemzés: a hulladék alapvető jellemzőinek meghatározása, azon adatok, információk összegyűjtése, amelyek a hulladék biztonságos lerakásához szükségesek
- bezárás: a hulladék-átvételi és -lerakási tevékenységek megszüntetése;
- csurgalékvíz: a lerakott hulladéktesten átszivárgó, illetve az ott keletkező minden olyan folyadék, amely a hulladéklerakóban marad, vagy amelyet a hulladéklerakó kibocsát;
- eluátum: a laboratóriumi kioldási vizsgálatok során keletkező oldat;
- föld alatti hulladéklerakó: olyan állandó hulladéktároló létesítmény, amely földtani közegben lévő üregben, különösen sóbányában vagy káliumbányában helyezkedik el;
- helyszíni ellenőrzés: a lerakó telepekre beszállításra kerülő hulladék szállítmányának a lerakás előtti a telep személyzete által történő ellenőrzése annak megállapítására, hogy az valóban megegyezik-e a beszállításra engedélyezett hulladékkal, amely szemrevételezéssel, és/vagy helyszíni vizsgálatokkal történik;
- hulladéklerakó: olyan hulladékártalmatlanító létesítmény, amely a hulladéknak a földtani közeg felszínén vagy a földtani közegben történő lerakására szolgál területet, valamint az azon lévő építmények összességét jelenti;

- hulladéklerakó-gáz: a lerakott hulladék biológiai, kémiai bomlása során a hulladéklerakóban képződő gázkeverék;
- lerakás: a hulladék ártalmatlanítása a földtani közeg felszínén vagy a földtani közegben kialakított hulladéklerakóban;
- lezárás: felső záró réteg rendszer megvalósítása;
- megfelelőségi vizsgálat: azonos termelési, hulladékkezelési technológiából származó, rendszeresen képződő hulladék ellenőrzése az alapjellemezésben meghatározott kritikus paraméterek mért értékeinek összevetésével és értékelésével;
- rekultiváció: a bezárt hulladéklerakó vagy a hulladéklerakó egy része környezeti veszélyességének csökkentése új területhasználat előkészítése érdekében lezárással, műszaki védelem és monitoring rendszer kiépítésével vagy a hulladék felszedésével, továbbá tájba illesztéssel, utógondozással;
- utógondozás: a hulladéklerakó teljes rekultivációját követő olyan összetett tevékenység, amely magában foglalja a monitoring rendszer üzemeltetését, a csurgalékvíz és a hulladéklerakó-gáz kezelést, valamint a szükségessé váló karbantartási munkákat;
- üzemeltető: az a természetes vagy jogi személy, illetve jogi személyiséggel nem rendelkező szervezet, aki (amely) a hulladéklerakó üzemeltetéséért, rekultivációjáért, utógondozásáért felelős;
- tájba illesztés: a létesítmény funkcionális és esztétikai szempontok szerinti környezetalakítása a táji adottságok figyelembevételével.

## 2.2. Főbb célok, tevékenységek

Fontos a rekultiváció értelmezése, mi szerint az emberi tevékenység által létrehozott szemét/szemétkerakó következményeként sérült terület újra használatba vétele, a környezet szennyezés lehető legkisebb vagy teljes mértékben való megszüntetése, tájseb megszüntetése a cél. A hulladéklerakó rekultivációja során roncsolt terület mezőgazdasági, erdőgazdasági használata nem vagy csak részlegesen valósítható meg; beépítsük is nehézségekkel jár. E területek rekultivációjának a céljai a következők:

- a terület vizuális visszaillesztése a környezetbe
- a műszaki tevékenységek után
- a környezetszennyezés gátlása minden szinten (talaj, víz, levegő)



- biológiailag, környezetileg a legkedvezőbb állapotra való törekvés, létrehozás (legjobb ökológia tér biztosítása)

A hulladéklerakók rekultivációja érdekében tett főbb tevékenységek:

- a hulladékértékbe a csapadék bejutásának meggátolása, illetve ezzel megakadályozva a további szivárgást a környező talajrétegekbe a szennyezés elkerülése érdekében
- a fedett lerakón szennyezetlen csapadék összegyűjtése és elvezetése
- a hulladék lebomlása során keletkező biogáz elvezetése és felhasználó rendszer kialakítása
- a lezárt depónia növényzettel való telepítése a terület tájba vissza illesztése érdekében
- egyéb terület kihasználás a lezárt lerakó területén, melyre a dolgozat későbbi részén lesz említés (például: a terület napelemmel való ellátása, befedése)

## 2.3. Rekultivációra vonatkozó szabályozások

### 2.3.1. A hulladéklerakó bezárása

A hulladék lerakáshoz és a hulladéklerakóhoz tartozó szabályokkal, hatáskörökkel, és feltételekkel a már említett 20/2006. (IV.5.) KvVM rendelet foglalkozik.

"14. § (1) Az üzemeltető a hulladéklerakó ideiglenes vagy végleges bezárására irányuló döntését a hulladék átvételi tevékenységének megszüntetését megelőző 30 nappal köteles bejelenteni a Felügyelőségnek.

(2) Az üzemeltető döntése alapján ideiglenesen bezárt hulladéklerakó üzemeltetője a tevékenységét akkor folytathatja tovább, ha a Felügyelőség - helyszíni ellenőrzést követően - a hulladéklerakó további működését jóváhagyta." (20/2006. (IV.5.) KvVM rendelet)

Az engedély nélkül működő vagy engedélytől eltérően működtetett hulladéklerakót a "a Felügyelőség az üzemeltetőt a hulladéklerakó bezárására kötelezi." (20/2006. (IV.5.) KvVM rendelet)

A bezárás az a tettek sorozata, amikor a hulladéklerakó már nem vesz át hulladékot, de még nem történtek meg a végleges elhatározások a lezárással kapcsolatban, miszerint le kell zárni véglegesen a hulladéklerakót a környezettől. [Szabó - Szabó (2007)]

### 2.3.2. A hulladéklerakó utógondozása, rekultivációja

"A hulladéklerakó rekultivációjára és utógondozására akkor kerülhet sor, ha a külön jogszabály szerinti beavatkozásra nincsen szükség. A hulladéklerakó egészének vagy egy

részének rekultivációját és utógondozását a Felügyelőség engedélyezi." (20/2006. (IV.5.) KvVM rendelet)

"Az engedély iránti kérelemnek tartalmaznia kell a 4. számú mellékletben meghatározott követelmények szerint elkészített rekultivációs tervet." (20/2006. (IV.5.) KvVM rendelet)

Az engedély főbb tartalmi pontjai:

- külön jogszabályban előírt teljes körű környezeti felülvizsgálati dokumentációt a tevékenység felhagyásával kapcsolatban,
- a felülvizsgálat alapján tettek sorozata a környezet védelme érdekében,
- a lezárásra és az utógondozásra vonatkozó tervdokumentációt.

"A rekultiváció és utógondozás a következő főbb részfolyamatokból tevődik össze:

- a) a rekultivációra és utógondozásra vonatkozó tervdokumentáció elkészítése és engedélyeztetése,
- b) a hulladéklerakó felső záró réteg rendszerének átmeneti és/vagy végleges kialakítása,
- c) a hulladéklerakó-gáz gyűjtési és kezelési rendszerének kialakítása és működtetése,
- d) a csurgalékvíz és csapadékvíz kezelési rendszerének kialakítása és működtetése,
- e) az utógondozási időszakban szükséges monitoring rendszer kialakítása és működtetése,
- f) a hulladéktest formálása, felszíni rétegeinek tömörítése, rézsűk kialakítása, tájba illesztés, a terület további használatának figyelembevételével,
- g) a további felhasználásra nem tervezett berendezések és építmények elbontása, az általuk elfoglalt terület tájba illesztése,
- h) a fenntartási és állagmegóvási munkák elvégzése az utógondozás teljes időszakában,
- i) az utógondozás befejezése,
- j) a jelentéskészítési kötelezettség teljesítése.

A fentieket értelemszerűen kell alkalmazni a lerakott hulladék összetételétől, a hulladéklerakó meglévő műszaki létesítményeinek kiépítettségétől, továbbá attól függően, hogy a rekultiváció és az utógondozás a hulladéklerakó egészére vagy annak egy részére vonatkozik.

A felső záró réteg rendszer kialakítása értelemszerűen tartalmazza a hulladéklerakó oldalirányú záró réteg rendszerét is, ahol az szükséges." (20/2006. (IV.5.) KvVM rendelet)

A hulladék szervesanyag-tartalomtól függően a hulladéklerakó lezárása 2 ütemben történhet.

#### 1. Átmeneti felső zár réteg rendszer alkalmazása:

Az első esetben átmeneti felső záró réteg alkalmazandó a hulladék szerves komponenseik biológiai lebomlásának sürgetése és a hulladéktest stabilizálódása érdekében. Az első ütem a biológiai stabilizálódásig, de legfeljebb 10 évig tart.



## 2. Végleges felső zár réteg rendszer alkalmazása:

A második esetben végleges felső záró réteget alkalmazunk, ha már a szerves összetevők bomlása illetve a stabilizálódás befejeződött.

A hulladéklerakó a környezetre való veszélyessége alapján utógondozási intervallumot határoz és jelöl ki a Felügyelőség. Az üzemeltető vagy a terület tulajdonosa felelős a lerakó üzemben és karbantartásáért, megfigyelésért, és ellenőrzéséért. Köteles a Felügyelőséget értesíteni az utógondozási időszakban észlelt bármilyen környezetszennyezésről a szennyezés észlelésétől számított 8 napon belül. A szabályozás idejében még működött olyan lerakó, amely nem felelt meg a műszaki követelményeknek és ennek következtében 2009. január 1-ig be kellett zárni. A Felügyelőség engedélye szükséges olyan lerakókra, amelyek nem voltak megfelelően rekultiválva a bezárást követően, illetve a használt területek felszámolására. A felszámolásra irányuló engedélynek felszámolási tervet kell magába foglalnia. [Szabó - Szabó (2007)]

### 2.3.3. A hulladéklerakó felülvizsgálata

A rekultivációs lépések meghatározásának megkezdése előtt szükség van a lerakó és a környező természet vizsgálatára és állapotának feltérképezésére. A 2009 júliusáig bezárt régi, műszaki védelemmel nem rendelkező hulladéklerakók szempontjából volt különösképp fontos a felülvizsgálati szakasz. A 20/2006 (IV.5.) KvVM rendelet meghatározza a létesítéshez kapcsolódó követelményrendszer figyelembe vételével a felülvizsgálati szempontokat. A lerakó környezetre való fenyegetettséget meghatározásához a következő információkra van szükség:

(Dr. habil. Szabó Imre, Szabó Attila, Németh Csaba Hulladéklerakók lezárása és tervezési segédlet - tervezési, műszaki segédlet -, 2007)

#### 1. Az üzemi viszonyokra vonatkozó adatok:

- az üzemeltetés kezdete,
- az üzemeltetés vége,
- a lerakott hulladék fajtája, összetétele,
- az éves lerakás mennyisége,
- a lerakó által használt terület,
- a lerakómedence mélysége (medencés lerakás esetén),
- a lerakó magassága,

- a lerakott hulladék átlagos vastagsága,
- műszaki kiépítettség, gépek,
- a tömörítés, beépítés módja,
- rendezettség.

#### 2. A műszaki kialakításra vonatkozó adatok:

- az aljzatszigetelő rendszer felépítése,
- lezárás, zárószigetelés kialakítása,
- ideiglenes, napi takarás,
- a csapadékvíz elvezetés,
- a csurgalékvízgyűjtő rendszer kialakítása,
- a csurgalékvíz kezelése,
- hulladéklerakó-gáz gyűjtés, hasznosítás.

#### 3. A természeti adottságokra vonatkozó adatok:

- talajrétegződés, földtani, hidrogeológiai viszonyok,
- az altalaj vízzárósága, szivárgási tényezője,
- talajvíz terepszint alatti mélysége,
- vízbázistól, potenciális vízbázistól, illetve annak kijelölt vagy kijelölés alatt álló védőidomától való távolság, az esetlegesen meglévő hidrogeológiai „A” illetve „B” védőterület távolsága/viszonya a lerakótól/lerakóhoz,
- legközelebbi felszíni víz távolsága,
- belvíz-, árvíz-veszélyeztetettség,
- a terület szennyeződéserzékenységi kategóriája,
- természetvédelmi területektől való távolság,
- lakóterülettől, beépített területtől való távolság.

A lerakó monitoring rendszer hiányában vizsgálni kell a talajra és talajvízre gyakorolt hatását. Talajmechanikai fúrásokkal vizsgáljuk, a feltáró fúrásoknak legalább 10-15 mélynek kell lennie, a talajvíz szintig feltétlenül le kell menni. A fúrások elhelyezése a lerakó körül történik, ha külön előírás nem írja elő az elhelyezésüket. Minimum 3 db fúrás szükséges és a fúrás helyénél figyelembe kell venni a talajvíz áramlási irányát is. A mintavétel a talajból és a fúrás helyénél figyelembe kell venni a lerakóhoz kapcsolódó adatok elemzése következtében talajvízből is történik. A mintákból a lerakóhoz kapcsolódó adatok elemzése következtében állapítható meg a környezetszennyezés jelenléte vagy sem.

A mintákból vett adatok és paraméterek számszerűsítésével érhető el a lerakó veszélyeztető potenciálja. A potenciál meghatározásának jelentősége nagyobb volt, a lerakók bezárási



sorrendje szempontjából 2009 júliusáig. A veszélyeztető potenciál meghatározására két módszer kerül megjegyzésre.

#### A ERM Hungária Kft – Greentech Kft (2003) által kidolgozott pontozásos rendszer:

A módszerhez szükséges adatok és paraméterek egyszerűen beszerezhetők (a HU 9911-01. számú Phare projektben található HIR (Linsy) adatbázisból (Royal Haskoning – CANOR, 2003).

A értékelési módszer főbb jellemzői a következők :

- adott lerakó környezetre gyakorolt hatását 15 adat felhasználásával határozták meg (6 adat lakó terület adottságaira, 9 a lerakó üzemeltetési körülményeire, műszaki kialakítására vonatkozik)
- az adatok esetén a környezetterhelésre való tekintettel 3 válaszlehetőséget határoztak meg
- adott lerakó esetén az adatokhoz kapcsolódó választ a HIR adatbázisból vagy felülvizsgálati dokumentációból határozták meg
- egy adat jellemzéséhez tartozó válaszokhoz 0-3 között pontértéket rendeltek , 0 pont esetén nincs, 1 pont esetén kicsi, 2 pont esetén közepes, 3 pont esetén nagy a környezetterhelés értéke
- a 15 adathoz 1-től 3-ig terjedő súlyszámmal párosították, melyek a környezetterhelésre vonatkozó különböző jelentőséget fogalmaz meg.

#### A SZABÓ A. (2004) által kidolgozott egyszerűsített kockázatelemzési módszer:

Ez a módszer jelentősen több paramétert osztályoz, ugyanakkor az adatok alapján becsülhető a lerakó környezetre gyakorolt hatása.

Az értékelő folyamat több főmodulból áll, amelyek további almodulokból épülnek fel.

Az értékelő folyamat főmoduljai a következők:

- ❖ A lerakó területének értékelése
- ❖ Az aljzatszigetelő rendszer hatékonysága
- ❖ A csurgakékvízgyűjtő rendszer hatékonysága
- ❖ A lerakott hulladék környezeti kockázata
- ❖ A monitoring rendszer eredményeinek értékelése
- ❖ A hulladéklerakó-gáz veszélyeztető potenciálja

## **2.4. A rekultivációhoz szükséges előzetes vizsgálatok**

### **2.4.1. Süllyedés vizsgálat, konszolidáció**

Fontos szempont a hulladék előrelátható konszolidációjának ismerete, mivel a depónia deformálódik a folyamat alatt és e figyelembe vételével tervezünk záró szigetelőrendszert illetve gázgyűjtő rendszert. A konszolidációs elmélet alapján közelítünk a folyamathoz, de fontos megjegyezni, hogy a hulladék inhomogén, különböző elemekből álló, változatosabb szerkezetű talajokhoz képest és a hulladék fizikai paraméterei is jelentősen nehezebb feladat.

A konszolidáció során fontos figyelembe venni, hogy a hulladék térfogata sok esetben csökken a kémiai-bomlás által, illetve a hulladék önsúly általi tömörödését.

Ezek szerint a süllyedés feltételezhető mértékére több faktor van hatással, amelyek a következők:

- a lerakott hulladék kezdeti tömörsége, hézagtenyezője, térfogatsűrűsége;
- a feltöltés magassága;
- a biológiailag lebomló, illetőleg nem-lebomló hulladékmennyiség aránya;
- a hulladék lerakás előtti és közbeni kezelése;
- a csurgalékvíz szintje, ingadozása;
- környezeti tényezők (nedvességtartalom, hőmérséklet, a biogáz-képződés folyamata, fázisa).

A konszolidáció már a lerakó feltöltése ideje alatt elindul. A süllyedés sebessége lassul az idő folyamán, a folyamat nagy része a felöltést követő egy évben végbemegy. Kezdetben az elsődleges konszolidáció játszódik le az önsúly hatására, melynek mértéke jórészt 5-30 %-a a felöltési vastagságnak. [Szabó - Szabó (2007)]

Több lerakónál mért süllyedések időbeni alakulását szemlélteti a **2.4. ábra**.

Az elsődleges konszolidáció után a másodlagos konszolidációs fázis követi. E szakasz időbeni terjedelme hosszan elnyúló és a hulladékban történő folyamatoktól lényegesen függ.

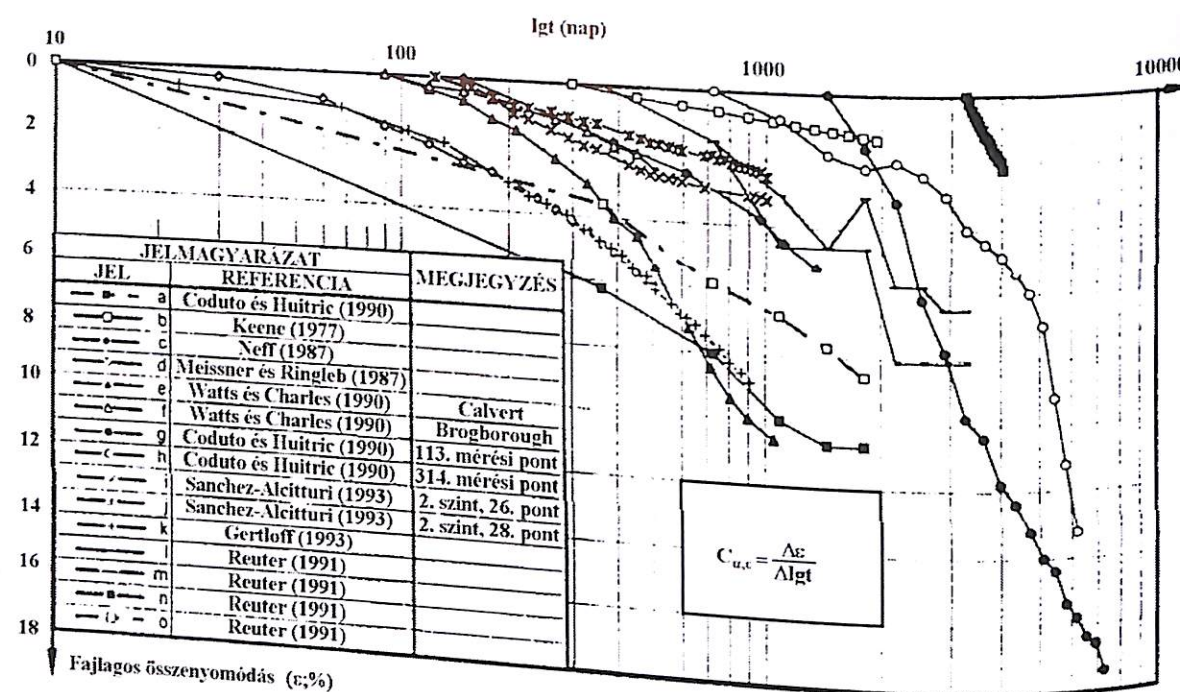
A hulladék valószínűsíthető süllyedés számításához több útmutatás is létezik, ezek többnyire egységesek abban a szempontban, hogy a végső süllyedéseket két részre tagolja:

- egy terhelésfüggő,
- egy időfüggő szakaszra.

Az eredményt e két fázisból kapjuk. Akármelyik módszer használatánál fontos szem előtt tartani, hogy a kapott végeredmények csak erős becslés és közelítés.

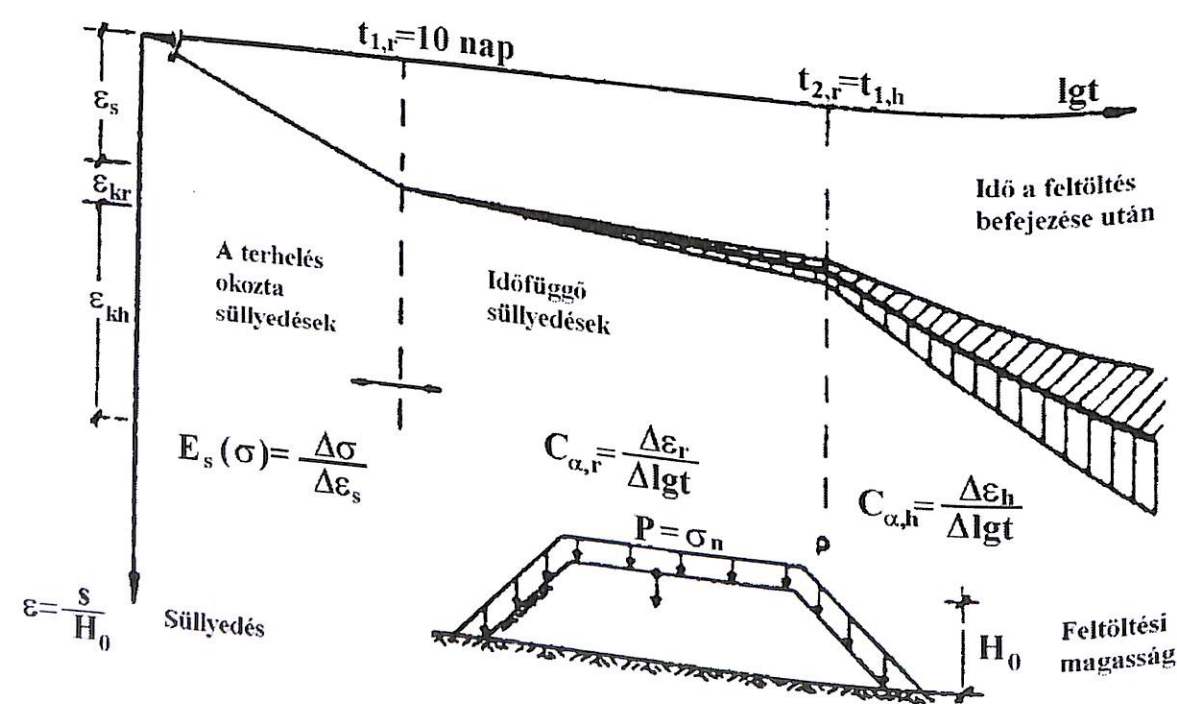
KÖNIG és munkatársai (1996.) működő és már bezárt lerakókon végzett vizsgálatai alapján, a **2.5. ábra** a települési szilárd hulladékok idealizált süllyedés-idő görbáját mutatja be.





2.4. ábra

Különböző lerakóknál mért felszínsüllyedések (KÖNIG et al., 1996.)



2.5. ábra

A települési szilárd hulladékok idealizált süllyedés-idő görbéje (KÖNIG et al., 1996.)

A terhelés következtében történő süllyedés számítása:

A hulladék önsúlyából fakadó terheléssel arányosak a süllyedések, melyek rövid időn belül végbemennek.

$$s_s = \sigma_h \int_0^{H_0} \frac{dz}{E_s(\sigma)}$$

- $\sigma_h$ : a hulladék önsúlyából adódó hatékony normálfeszültség,
- $E_s(\sigma)$ : a hulladékra jellemző, az előterheléstől függő összenyomódási modulus.

Az időarányos süllyedés számítása:

$$s_k = C_{\alpha,e} \cdot H_0 \cdot \lg \frac{t_1}{t_2}$$

- $C_{\alpha,e}$ : a hulladékra jellemző másodlagos konszolidációs együttható,
- $t_1$  és  $t_2$ : a vizsgált időintervallum,
- $H_0$ : a feltöltés magassága.

Arra való tekintettel, hogy a másodlagos konszolidációs szakasz jelentősen függ a hulladék lerakó bezárásától elmúlt időtől, KÖNIG és szerzőtársai a másodlagos konszolidáció szakaszát további két részre javasolják bontani:

1. rövid idejű másodlagos konszolidációs süllyedés, amelyet egy laposabb süllyedés- idő görbe jellemzi és a 2.6. ábrán megfigyelhetünk. A számítás összefüggése:

$$s_{k,r} = H_0 \cdot C_{\alpha,e}^r \cdot \lg \frac{t_{i,r}}{t_{1,r}}$$

- $t_{i,r}$ : a feltöltés befejezése után eltelt idő ( $10 \text{ nap} < t_{i,r} < t_{2,r}$ ),
- $t_{1,r}$ : a rövid idejű süllyedések kezdete ( $t_{1,r} \approx 10 \text{ nap}$ ),
- $t_{2,r}$ : a rövid idejű süllyedések vége,
- $C_{\alpha,e}^r$ : a friss hulladékokra jellemző másodlagos konszolidációs együttható.

2. hosszú idejű másodlagos konszolidációs süllyedés, amelyet egy meredekebb süllyedés-idő görbe jellemzi és meghatározása:



$$s_{k,h} = H_0 \cdot C_{\alpha,e}^h \cdot \lg \frac{t_{i,h}}{t_{1,h}}$$

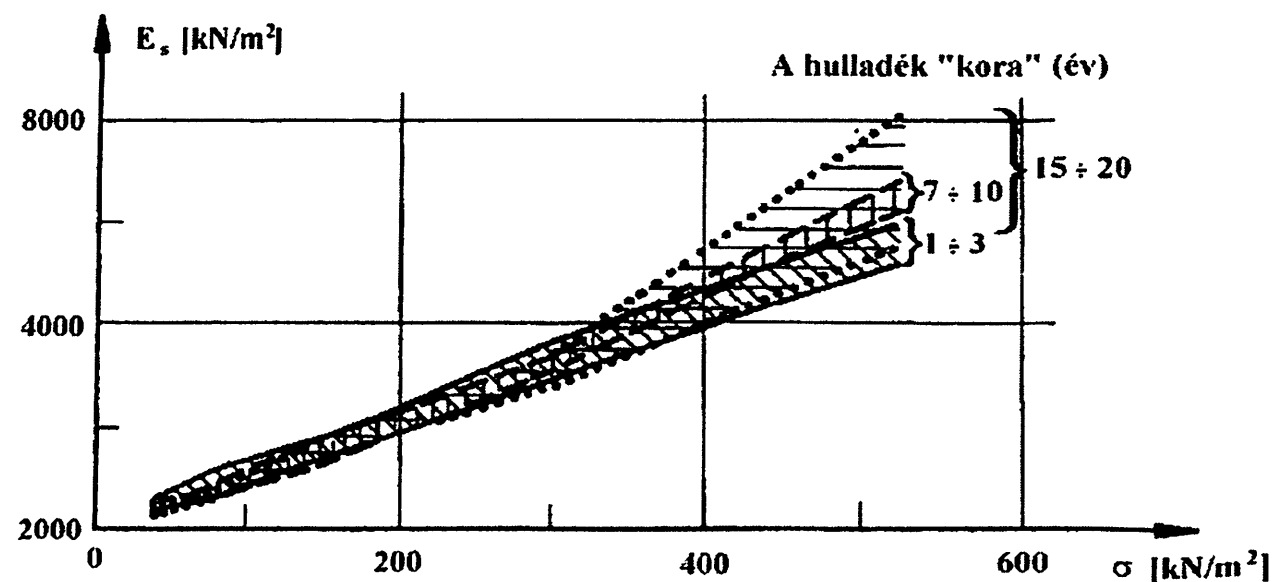
az ismert jelöléseken túl:

- $C_{\alpha,e}^h$ : az érett hulladékokra jellemző másodlagos konszolidációs együttható,
- a  $t_{i,h}$  idő múlva bekövetkező teljes (összegzett) süllyedés:

$$s_{\sigma} = s_s + s_{k,r} + s_{k,h}$$

A kapott süllyedési értékek pontossága elsősorban a hulladékokkal kapcsolatos fizikai paraméterek precizitásán alapul. Az adatokhoz megállapításhoz a vizsgálatok költségesek vagy hosszú időtartamot felölölő helyszíni mérés szükséges. A hulladék összenyomódási modulusára van szükségünk a süllyedés számításához, melyet többnyire kiterjedt laboratóriumi kompressziós kísérletek alapján kaphatunk (2.6. ábra). Kijelenthető, hogy az összenyomódási modulus ( $E_s$ ) értéke nagyban függ az alkalmazott normálfeszültség ( $\sigma_n$ ) értékétől, és általában a következő formában írható fel: [Szabó - Szabó (2007)]

$$E_s = a + b \cdot \sigma_n$$



2.6. ábra

Különböző korú hulladékokon nagyméretű kompressziós kísérlettel meghatározott összenyomódási modulus értékek (JESSBERGER-KOCKEL, 1993.)

KÖNIG (1996.) tanulmányozott 21 különböző németországi lerakót és az ott végzett vizsgálatait alapján azt kapta, hogy

$$E_{s,min} \text{ (MPa)} = -0.294 + 10.9 \cdot \sigma_n$$

$$E_{s,max} \text{ (MPa)} = -0.106 + 12.5 \cdot \sigma_n$$

A 2.2. táblázatban látható a KÖNIG (1996.) által mért és javasolt értékek, melyek a másodlagos konszolidáció alatt bekövetkező süllyedések becslésére szolgáló összefüggésekben szereplő másodlagos konszolidációs együttható, intervallumok.

2.2. táblázat

| A másodlagos konszolidáció együtthatójának és szakaszainak jellemző értékei helyszíni mérések alapján (KÖNIG, 1996.) |                         |                         |                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
|                                                                                                                      | $C_{\alpha,e}^r$<br>(-) | $C_{\alpha,e}^h$<br>(-) | $t_{2,r} = t_{1,h}$<br>(nap) |
| A mérések száma                                                                                                      | 16                      | 20                      | 20                           |
| Átlag                                                                                                                | 0.03                    | 0.102                   | 425                          |
| Szórás                                                                                                               | 0.017                   | 0.077                   | 472                          |
| A 95%-os konfidencia intervallumhoz tartozó felső érték                                                              | 0.039                   | 0.138                   | 645                          |
| A 95%-os konfidencia intervallumhoz tartozó alsó érték                                                               | 0.021                   | 0.066                   | 204                          |

2.3. táblázat

| Településhulladék lerakók esetén mért kompressziós index ( $C_c$ ) és kúszási index ( $C_{\alpha}$ ) értékek (OWEIS-KHERA, 1990.) |            |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|
| Lerakó                                                                                                                            | $C_c$      | $C_{\alpha}$ |
| 15 éves lerakó (Boston, Massachusetts)                                                                                            | $0.26 e_0$ | 0.24         |
| Laboratóriumi vizsgálat                                                                                                           |            | 0.30         |
| Régi lerakó, (NY-Virginia)                                                                                                        |            | 0.04         |
| Kis szervesanyag-tartalmú lerakó                                                                                                  | $0.15 e_0$ | 0.024        |
| Nagy szervesanyag-tartalmú lerakó                                                                                                 | $0.55 e_0$ | 0.072        |
| Településhulladék lerakó (Melbourne)                                                                                              | $0.1 e_0$  | 0.06         |
| 15-20 éves lerakó (Michigan)                                                                                                      |            | 0.02         |
| 10 éves lerakó (Elizabeth New-Jersey)                                                                                             |            | 0.02         |
| Harrison lerakó (New Jersey)                                                                                                      | $0.25 e_0$ |              |
| Újratömörített háztartási hulladék-talaj keverék                                                                                  |            | 0.14-0.034   |

$e_0$ : a lerakott hulladék kezdeti hézagtényezője



A 2.3. táblázatban lévő értékeket (OWEIS-KHERA, 1990.) is érdemes felhasználni az időarányos süllyedés számítás segítségével a másodlagos konszolidáció okozta süllyedéseket, de figyelembe kell venni a kúszási (másodlagos konszolidációs) index ( $C_{\alpha}$ ) és másodlagos konszolidációs együttható ( $C_{\alpha, \varepsilon}$ ) közötti következő összefüggést:

$$C_{\alpha, \varepsilon} = \frac{C_{\alpha}}{1 + e_0}$$

Az általuk levont tapasztalatokon a további értékek jellemzőek a települési hulladékokra:

Tapasztalataik alapján a következő átlagértékek jellemzőek a települési hulladékokra:

- konszolidációs együttható  $c_c = 0,015 - 0,5 \text{ m}^2/\text{d}$
- kompressziós index  $C_c = (0,15 \div 0,25) e_0$
- kúszási index (friss lerakó)  $C_{\alpha} = 0,13 - 0,32$
- kúszási index (10 év elteltével)  $C_{\alpha} = 0,01 - 0,02$

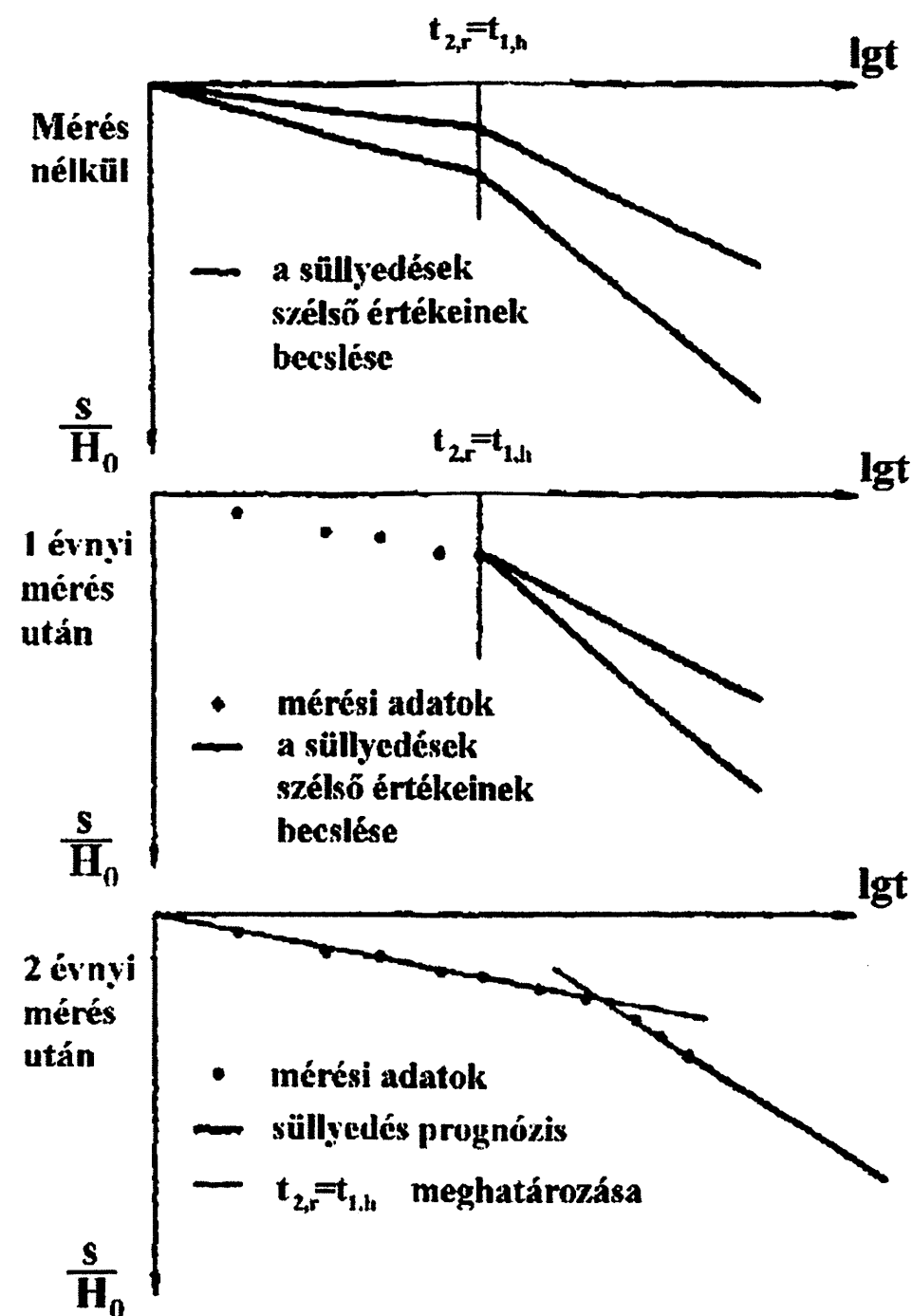
A süllyedés számítás eredményei pontosíthatók, ha felszín süllyedés mérést már a lerakó feltöltése után elkezdjük, és a az indulási mérések értékeire alapozva kaphatók meg a várható süllyedések. A becslés érték pontosabb lesz, minél hosszabb ideig végezzük a mérést. A süllyedés- előrejelzés menetét ebben az esetben az 2.7. ábra szemlélteti.

A zárószigetelések fajtájuktól és kialakításoktól függően különféle nagyságú süllyedést és a süllyedések különbségéből származó megnyúlást képesek elviselni ártalmas deformáció nélkül. A rendszerint használt zárószigetelések alkalmazásával megengedhető deformációkat a 2.8. ábra tünteti fel.

A megengedhető átlagos értékek a következők:

- Ásványi/természetes anyagú szigetelés:  $\varepsilon_{\max} = 0,1 - 3,0 \%$  és az értéke jelentősen függ az alkalmazott agyag minőségétől.
- Aszfalt hordozóréteg:  $\varepsilon_{\max} = 1,75 \%$ , értéke gyakorlatilag az egyirányú húzásnál a tönkremenetelhez tartozó deformációval egyezik meg.
- Aszfalt szigetelőréteg:  $\varepsilon_{\max} = 0,85 \%$ , értéke gyakorlatilag az egyirányú húzásnál a tönkremenetelhez tartozó deformációval egyezik meg.
- HDPE lemezek:  $\varepsilon_{\max} = 6 \%$ , értéke a  $25^\circ\text{C}$  mellett tartósan megengedett deformáció.
- Bentonitszőnyegek:  $\varepsilon_{\max} \approx 10 - 15 \%$ .

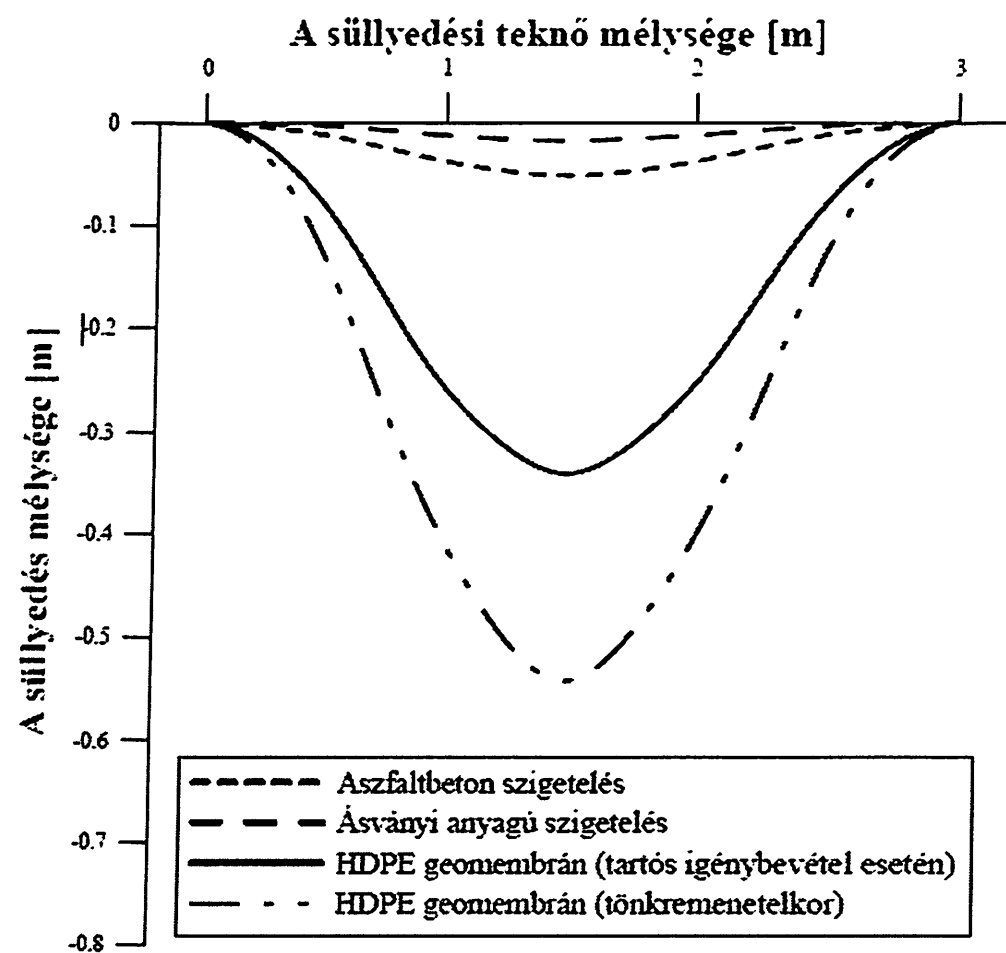
(Dr. habil. Szabó Imre, Szabó Attila, Németh Csaba Hulladéklerakók lezárása és tervezési segédlet - tervezési, műszaki segédlet -)



2.7. ábra

A várható süllyedések előrejelzése mérési adatokra támaszkodva (KÖNIG et al., 1996.)





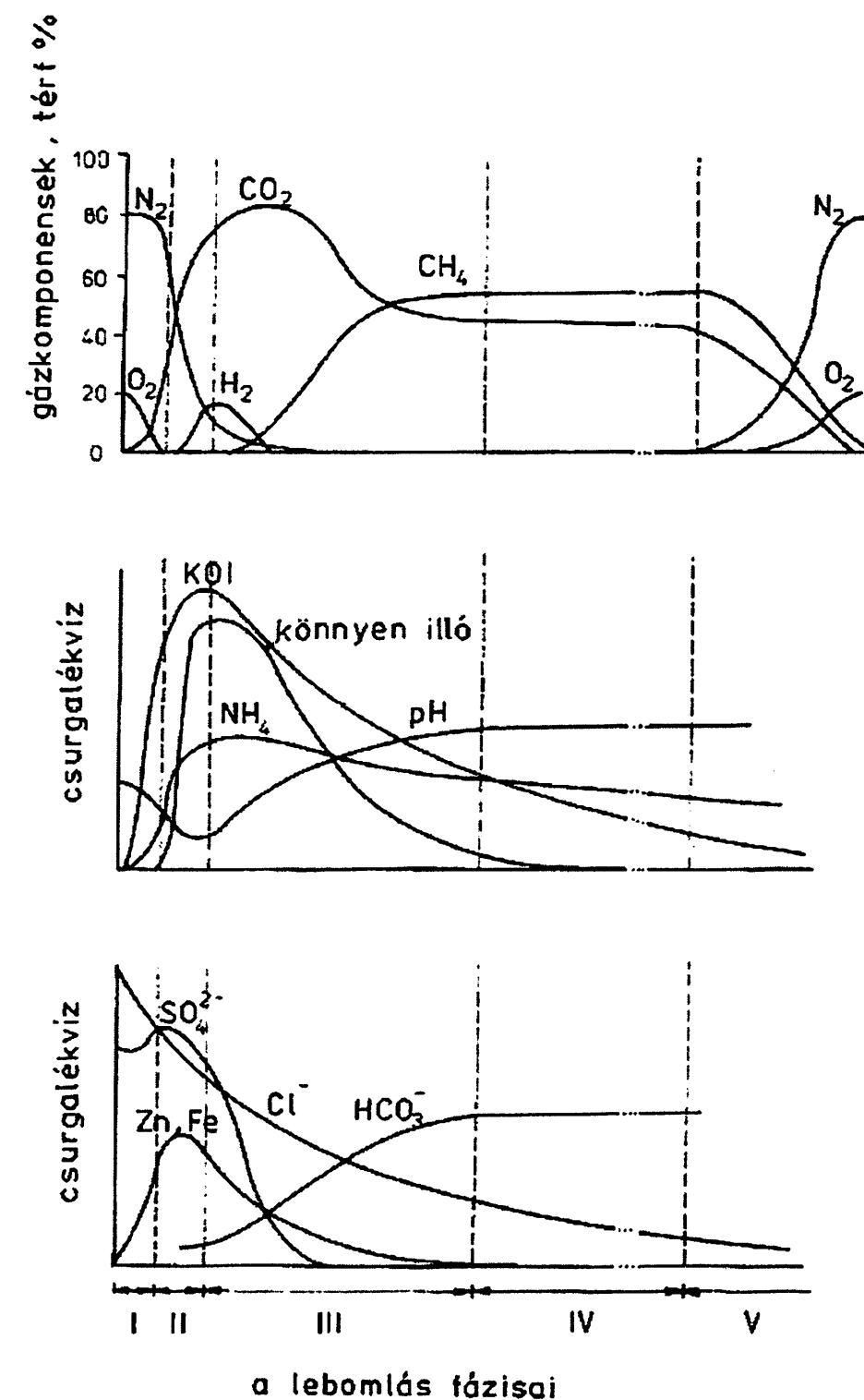
2.8. ábra

A különböző zárószigeteléseknél megengedhető deformációk (BAM, 2003.)

#### 2.4.2. A hulladék lebomlása - biodegradáció, gázképződés

A hulladék süllyedését az önsúly és a lebomlás (biodegradáció) okozza. A teljes süllyedés a töltés magasságának 25-50 %-át is kiteheti, ennek fele „másodlagos” hatásból származik (WallZeiss, 1995). A bomlás során hulladéklerakó-gáz és csurgalékvíz a végeredmény. A keletkezett gáz és csurgalékvíz kompozíciója szerint - városi hulladék stabilizálódása - a folyamat 5 részből áll.

A fázisokat és a komponensek alakulását a lebomlási folyamat során a Christensen - Kjeldsen (1989) és Farquhar - Rovers (1973), Ehrig (1983), Chian és társai (1985) Stegman-Spendlin (1985) tapasztalatai és laboratóriumi mérések alapján a 2.9. ábra tünteti fel.



2.9. ábra

A lebomlási fázis során a hulladéklerakó-gáz és csurgalékvíz komponenseinek változása.

/I.: aerob lebomlás; II-IV.: anaerob lebomlás/ (CHRISTENSEN - KJELDSSEN, 1989.)



Az első szakasz (I.), aerob bomlás:

A hulladék lerakását követően játszódó rövid szakasz, aerob bomlás. A folyamat a környezetből vagy a hulladékból résztvevő mikroorganizmusok és a hulladékban rekedt illetve a légkörben lévő oxigén hatására történik. A bomlás fontos összetevője a nedvesség, ami eredhet a hulladékból vagy a lerakóba bekerülő csapadékból. A bomláshoz legideálisabb nedvesség 60%-nál található. Exoterm folyamat és nem keletkezik metán, a lezárás után a hőmérséklet elérheti a 60-70°C-ot napokkal, illetve hetekkel. Eredményként szén-dioxid, ammónia és a víz - csurgalékvíz illetve egyéb alkotóelemek keletkeznek. [Szabó - Szabó (2007)]

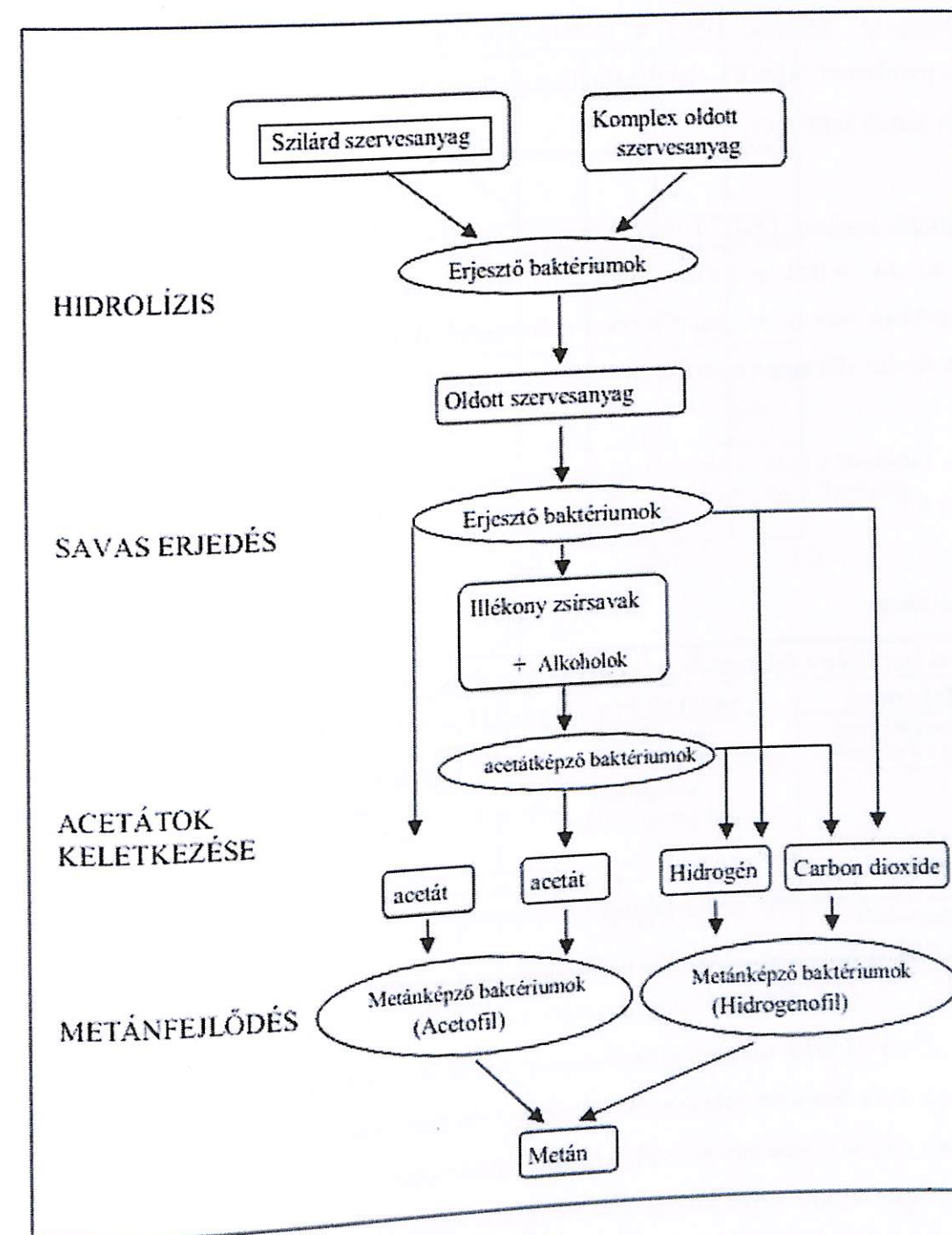
A másodiktól ötödik szakaszig (II.-V.), anaerob bomlás:

Ez a négy szakasz jellemző a szerves anyag oxigén mentes anaerob bomlására (2.10. ábra.), a biogáz képződés körülményeire.

- Hidrolízis: a szerves anyag aprózódik és oldhatóvá válik
- Savas erjedés: az oldott szerves anyag elsődlegesen illékony zsírsavakká erjed, ezenfelül keletkezik alkohol, hidrogén és széndioxid.
- Acetátok keletkezése: az alkohol és a hosszú láncú zsírsavak hidrogénné, acetátokká, és széndioxiddá alakulnak.
- Metánfejlődés: az acetátok széndioxiddá és metánná; széndioxid és hidrogén metánná alakul.

A 30-75°C hőmérsékleti sáv az optimális az anaerob lebomláshoz és a biogázképződés nézőpontjából a három leglényegesebb fő vegyületcsoport a szénhidrátok, fehérjék és a zsírok. [Szabó - Szabó (2007)]

A második szakaszt (II.) savproduktós szakasznak nevezzük, mivel a savas erjedés idézi elő az anaerob bomlást és acetát keletkezését. Ezen folyamatok során az acetogén és az erjesztő baktériumok hatására szén-dioxid, hidrogén és illékony zsírsavak képződnek. Az alacsony pH értékű savas csurgalékvízben magas koncentrációban vannak jelen az illékony zsírsavak, nehézfémek, vas, kalcium, ammónia. E savas közeg hatására a szervesetlen ionok kimosódnak. Csökken a nitrogén koncentrációja a hulladék-gázban és nő a hidrogén és szén-dioxid mennyisége. A szulfáttartalom csökken a redox potenciál csökkenésének hatására.



2.10. ábra

A szerves anyag bomlás fiziko-bio-kémiai folyamatai, baktériumok (Yuen, 1999)

A harmadik szakasz (III.) átmenet a metánképzési folyamatba, a metánképző baktériumok növekedésével a metántartalom is emelkedik. A metánkoncentráció növekedésével egy időben a hidrogén, zsírsavak és szén-dioxid koncentráció csökken. A redox potenciál időben a hidrogén, zsírsavak és szén-dioxid koncentráció csökken. A zsírsavak pH-ja növekszik, a folytatódik, így továbbra csökken a szulfátkoncentráció. A szulfátok nitrátok ammóniává és szulfidokká alakulnak. nehézfémek oldhatósága csökken, a szulfátok nitrátok ammóniává és szulfidokká alakulnak.



A negyedik szakasz (IV.) a metánképződési szakasz. A metánképződés folyamatos, gázképződésnél 50-60% stabilizálódik a metántartalom, a többi szén-dioxid. A csurgalékvíz pH-ja szinte semleges.

Az ötödik szakasz (V.) a metánképződés utáni szakasz, ahol a metántermelődés lényegesen mérséklődik. A légköri diffúzió miatt nitrogén tűnik fel a gázokban. Ebben a szakaszban a lerakott hulladékokban csak az ellenálló szerves szén marad. A felső rétegekben magas redox -potenciálú zónák fordul elő, ami a metánképződéshez túl magas.

A 2.4. táblázat a hulladéklerakóban végbemenő folyamatok következményeit és követelményeit tünteti fel.

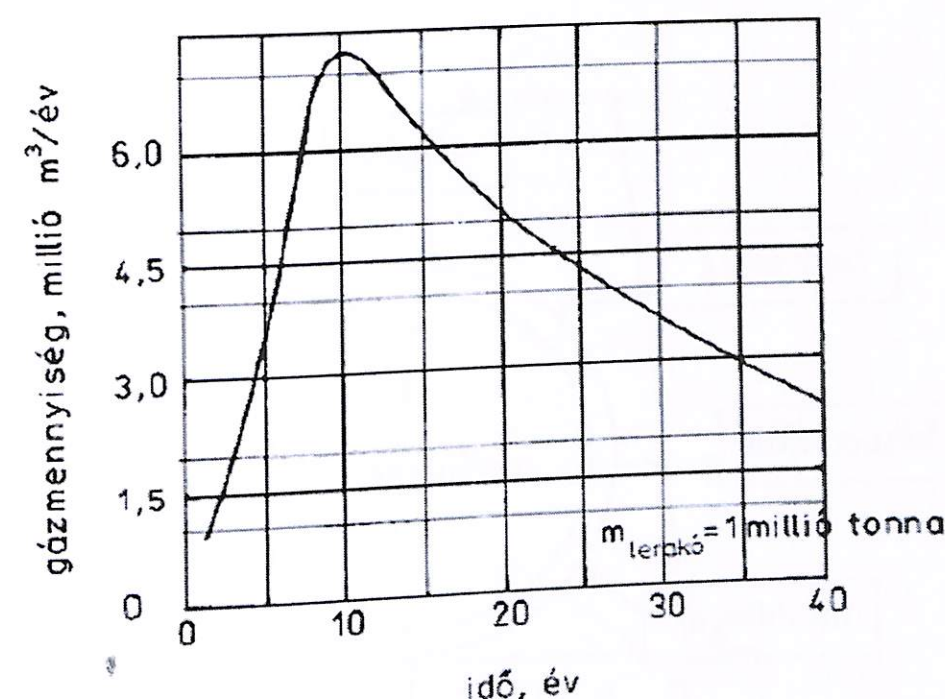
2.4. táblázat

| A lerakóban lejátszódó folyamatok követelményei és következményei (KISS, 1992.) |                                                            |                                                                       |                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| folyamat                                                                        | anaerob bomlás                                             | aerob bomlás                                                          | átmosódás                                                              |
| követelmények                                                                   | levegőhiány<br>a hulladék nedvességtartalma<br>szilárdulás | rendelkezésre álló oxigén<br>kevesebb nedvesség                       | a lerakót erő csapadék<br>permeábilis fedőréteg                        |
| következmények                                                                  | oldhatóság csökken                                         | szivacsos szerkezet<br>oldhatóság nő                                  | Aterestzőképesség nő<br>szahmitás, oldott anyag-<br>tartalom lefelé nő |
| termékek                                                                        | CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S       | CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O szerves<br>savak | (bemosódás)<br>csurgalékvíz                                            |

POHLAND (1975) megfigyelései alapján is kijelenthető, hogy a hulladék körülményei, állapota, és a bomlási folyamat változik az idő függvényében. Vizsgálatai szerint az olyan hulladék lerakó, ami még csak egy éve funkcionál a határozottan erős erjedés, magas nedvességtartalom, savas közeg, kis pH és a csurgalékvíz magas oldott anyagot, illóanyagot tartalmaz. A már négy éve működő lerakó pH-ja semleges, a kifolyó vizek lényegesen lúgosak és nem tartalmaznak illóanyagokat. A hulladék bomlása időigényes a lerakókban lévő anaerob viszonyok miatt, a biokémiai konszolidáció eltart akár évtizedekig.

A 2.11. ábrán látható a gáz mennyiség alakulása az idő függvényében a 1Mt tömegű szilárdhulladék-lerakónál.

A lerakott hulladék reakcióidejének becslése nehézkes, akár 150 év is lehet, mely az adott kondícióktól függ. Az idő teltével a rothadás menete a végéhez közeledve a hőmérséklet lecsökken és környezethez igazodik.



2.11. ábra

A gázképződés alakulása az idő függvényében egy 1 Mt tömegű szilárdhulladék-lerakónál (OWEIS - KHERA, 1990.)

A hulladéklerakó-gáz képződés az abiotikus tényezők hatásának függvényében:

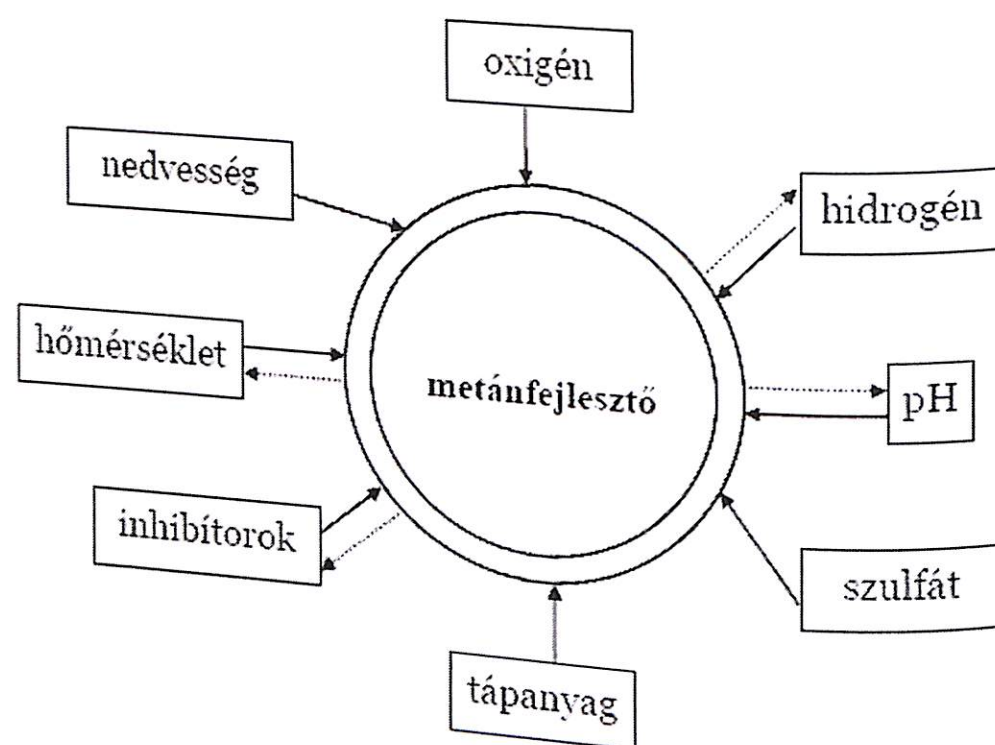
A biogáz keletkezés, hasznosítás megfelelő irányításához szükséges a folyamatban résztvevő mikroszervezetek életfeltételeit és az abiotikus tényezők hatását.

A 2.12. ábrán látható a metánképződésre hatással lévő tényezők és hatásaik a következők. BÁNHEGYI (1993.) által végzett munkálatok szerint a tényezők és hatásaik a következők: "Tápanyag: a mikroszervezetek számára felvehető, megbontható szerves anyag, amely az életfunkciókhoz szükséges energiamennyiséget biztosítani tudja."

A biogáz keletkezés perspektívájából fontos, hogy a tápanyaga folyamatos összetételű legyen, ezzel érhető el a megfelelő mikrobiológiai folyamat. A tápanyag ellátást beöltő szerepet sok szerves anyag tudja biztosítani

Fontos szempont a tápanyagnál, hogy szén-nitrogén arány megfelelő legyen. Abban az esetben, ha a nitrogéntartalom alacsony, akkor nem lehet feldolgozni a magas szénmennyiséget, ha viszont a nitrogéntartalom túl magas, akkor felhalmozódik az ammónia. Az ammónia felhalmozódás a jelentősebb akadály a metánképződésben. Az ideális szén-nitrogén arány ~ 3:1, és ez a eltérő hulladékok vegyítésével a legegyszerűbben megoldható.



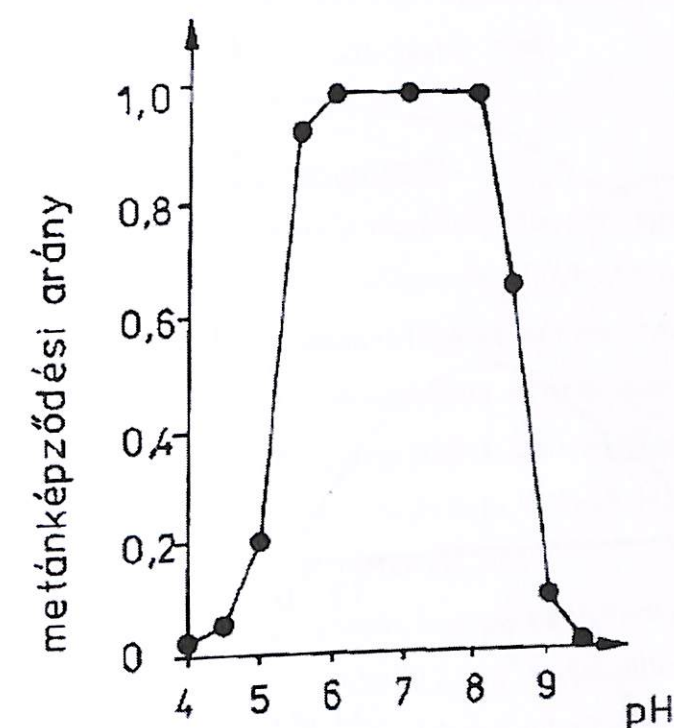


2.12. ábra

A metánképződés fő abiotikus tényezői (CHRISTENSEN - KJELDSEN, 1989.)

További fontos tényező a szén-fosfor arány, melyből az ideális a ~ 150:1. Az ezen felüli további táp anyag elemek mindig megtalálható a hulladékban, mint például: magnézium, cink, kén, kálium, stb.

A 2.13. ábrán látható a semleges 7 pH értékhez tartozó metánképződési tevékenység látható. Ez a pH érték a legkedvezőbb a metánképződéshez. Az anaerob degradációs folyamatok alatt a szabad savak miatt a pH érték a savas irányba mozog, a pH érték 4-5 közötti, emiatt a lelassulhatnak a mikrobiológiai tevékenységek és a metánképződés is csökken lényegesen. A metánképződés során elsavanyodás történhet, ha a metanogén mikrobák metán képzésénél gyorsabban alakítanak szerves savakat a sav képző szervezetek. A folyamat leállhat a pH érték túlzott csökkenése esetén. A mikrobák metánképződését gátolhatja a mérgező anyagok, illetve a mikrobák akár el is pusztulhatnak. Rövid ideig képesek elviselni a mérget, ezután képesek megint aktiválódni. Az oxigén is méregként jelentkezhet anaerob metagén szervezeteknél, de ezeket egyéb anaerob elhasználják. Mérgezőek lehetnek, csökkenthetik a metánképződést: alkáli- és alkáliföldfémek, nehézfémek ( bár csökkenthető szulfidokkal), klórozott szénhidrogének, szulfát- és cianidionok.



2.13. ábra

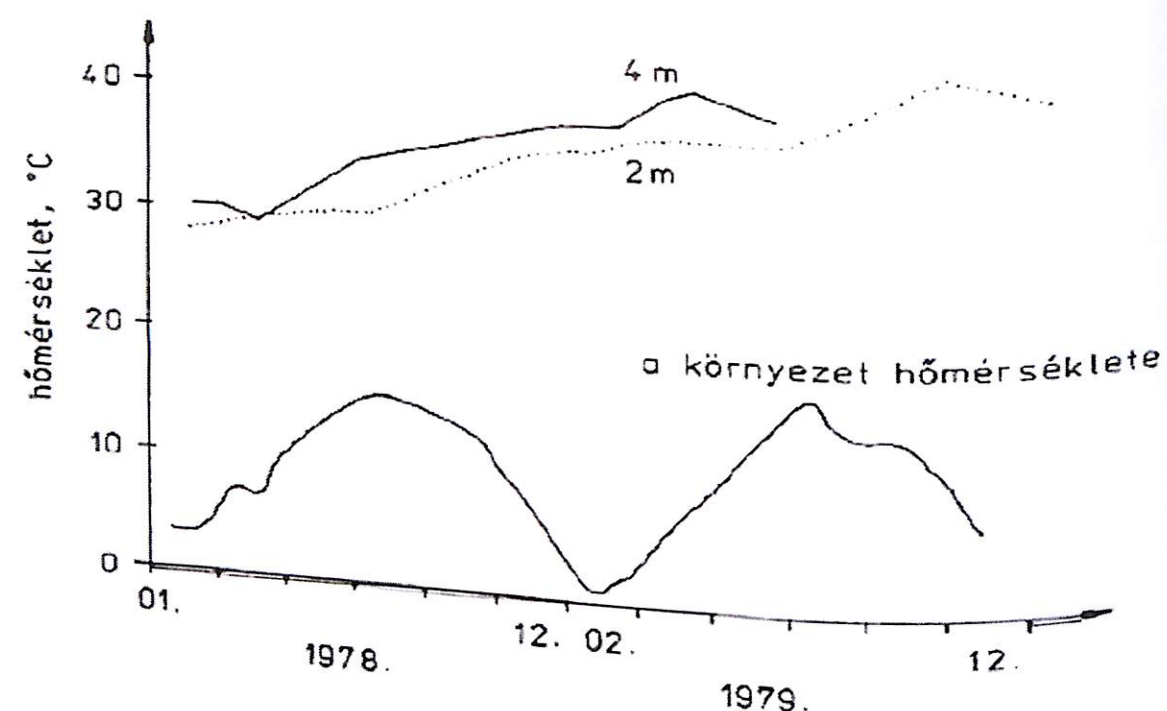
Az anaerob bomlási szakaszban a pH értékhez viszonyított metánképződési arány (ZEHNDER et al., 1982.)

A víz is igazán fontos a biokémiai folyamatokhoz, a mikroszervezetek anyagcseréjéhez. Ilyen szempontból a mikroszervezetek számára lévő tápanyag nedvességtartalma is. A szempontból a mikroszervezetek számára lévő korlátok között van. A felső határ a hulladék tevékenységhez megfelelő nedvesség nagy korlátok között van. A felső határ a hulladék lerakó telepeknél 60%-os szárazanyag tartalomnál, anaerob állapotokat biztosítva, tömörítéssel, biogáz állítható elő. Magyar és külföldi források szerint már 40-50% szárazanyag tartalomnál létrehozható a megfelelő anaerob környezet. Az alsó hatás a szennyvíztisztító telepeknél 0,1-1,0%-os szárazanyag tartalom mellett biogáz termelhető. [Olessák-Szabó, 1984].

A biogáz képződés további és a leglényegesebb faktor a hulladéklerakóban lévő hőmérséklet. A biogáz képződés további és a leglényegesebb faktor a hulladéklerakóban lévő hőmérséklet. A biogáz képződés további és a leglényegesebb faktor a hulladéklerakóban lévő hőmérséklet. A biogáz képződés további és a leglényegesebb faktor a hulladéklerakóban lévő hőmérséklet.

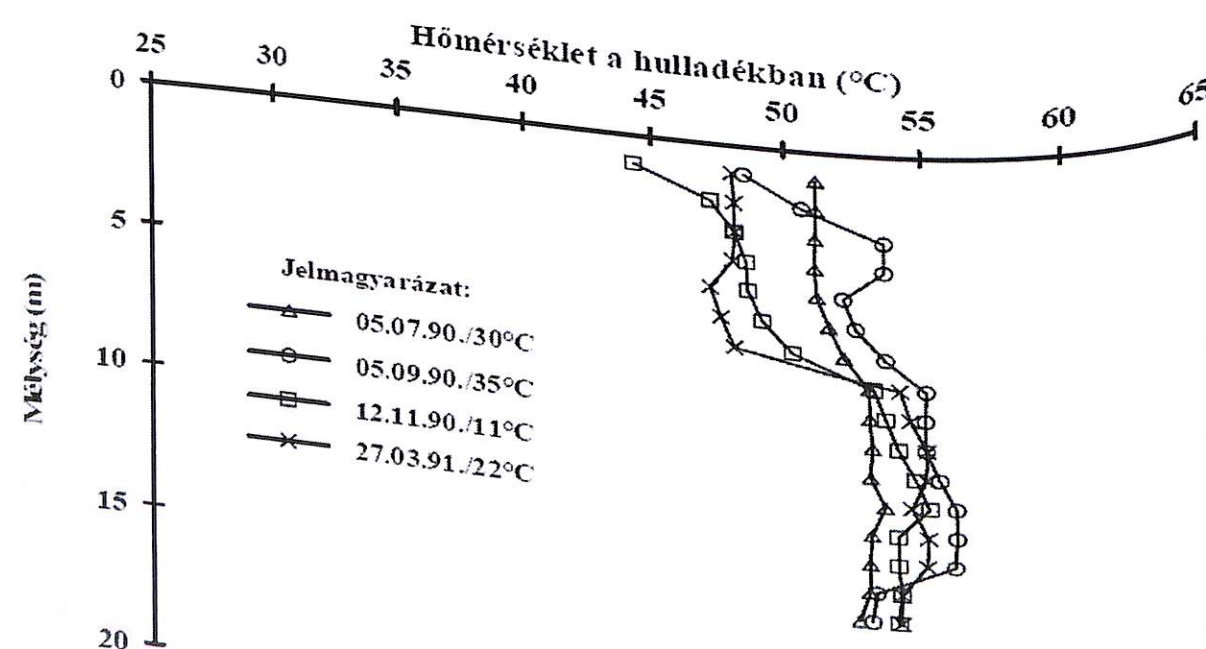
A 2.14. ábra feltünteti a hulladék lerakó belső hőmérsékletét a hulladék lerakó csak a tetejétől függvényében (2 év alatt). A külső hőmérséklet változása a hulladék lerakó csak a tetejétől függvényében (2 év alatt). A külső hőmérséklet változása a hulladék lerakó csak a tetejétől függvényében (2 év alatt). A külső hőmérséklet változása a hulladék lerakó csak a tetejétől függvényében (2 év alatt).





2.14. ábra

A hulladék lerakó belső hőmérséklete a környezeti hőmérséklet függvényében (2 év alatt)  
(REES, 1980.)



2.15. ábra

A hőmérséklet változása a mélységgel (Ano Liossia lerakó - Athén)  
(COUMOULOS et al., 1995.)

A degradálás menté során, csökken a hőmérséklet és a baktériumok tápanyaga, így a termofil baktériumok lebomlása is kezdetét veszi [Olessák-Szabó, 1984].

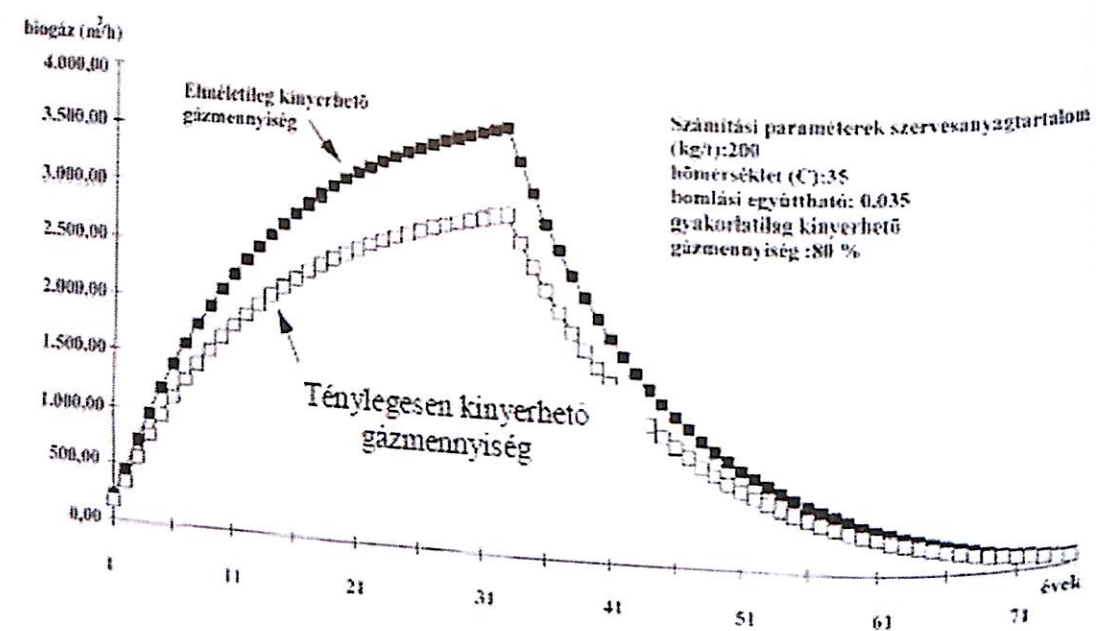
#### A hulladéklerakó-gáz összetétele, várható mennyisége:

A hulladék lerakóban képződő gáz mennyiség meghatározása nem egyszerű feladat. Ennek oka, hogy a lerakón képződő depónia gáz termelődése nem folytonos, nem szabályos, hanem a lerakó "életéhez", üzemeltetés adott stádiumához függően az évek, évtizedek alatt változik a lerakó termelődés intenzitással. A használatban lévő depóniára egymás után kerülnek a hulladék rétegek, így a gáz meghatározása nem oldható meg pontos, konkrét számítási módszerekkel. Ez a tény változik a már lezárt, ismert összetételű és korú hulladék lerakóknál. Itt már előre meghatározható a képződő gáz mennyiségét. [Szunyog, 2008].

A mennyiség előre meghatározást továbbá nehezíti, hogy az elhelyezett hulladék tömörödik. A mennyiség előre meghatározást továbbá nehezíti, hogy az elhelyezett hulladék tömörödik. Egy új hulladék lerakónál a hulladék tömörsége  $0,2 \text{ t/m}^3$ -re becsülhető, ehhez képest egy régebbi lerakónál, ami már működik esetleg évtizedek óta, ott a hulladék tömörsége  $1,5 \text{ t/m}^3$  is lehet. A gáz képződés menete növelhető a hulladék tömörítésével, ez a lerakó befogadó képességnek fokozását is jelenti. [Bai, 2005]. A várható keletkező depóniagáz megbecsülése (közelítéssel) pontosítható, ha tudjuk az adott ország lakóinak számát, a lakosokra eső hulladék mennyiségét személyekre bontva, szemétszállítás arányát és a hulladék szerves anyag tartalmát. [Barótfi, 1998].

Hazánkban évente egy lakosra kb.  $1,0\text{-}2,5 \text{ m}^3$  szilárd hulladék jut, lakossági és a kommunális létesítményeknél a szemétszállítás aránya 95%-ra tehető [Bai, 2007]. A hulladék összetétel változásának következtében az idők során mostanra Budapesten a hulladéksűrűség  $180 \text{ kg/m}^3$ , régebben a '60-as években a hulladéksűrűség  $300 \text{ kg/m}^3$  volt. 20-25% a szerves anyag tartalom becsülten Európa nyugati részén, közép és kelet európai részekén ez az érték 40% is lehet. 240-400  $\text{m}^3/\text{t}$  depóniagáz termelés előrelátható 1 tonna elhelyezett szerves anyagból. A 2.16. ábrán látható a lerakóban elhelyezett biogáz gáz termelődés becslésénél szem előtt okokból csak 120-250  $\text{m}^3/\text{t}$  termelhető reálisan. Az éves gáz termelődés becslésénél szem előtt kell tartani azt a tényt, hogy a hulladék bomlása időben változik, így a gáz termelés is, évekig tartó időszakos folyamat. [Bai, 2005]. Ez figyelhető meg a 2.5. táblázaton, ami a várható depóniagáz hozamot mutatja be egy adott lerakón. Megfigyelhető, hogy a kezdeti években  $10\text{-}12 \text{ m}^3/\text{t}$  keletkezik, ezt követően kb. 20 éves időszakban évente  $1\text{-}3 \text{ m}^3/\text{t}$ -ra csökken ez az érték és ennek fele szén-dioxid, másik fele metán.





2.16. ábra

A lerakóban keletkező biogáz mennyisége (ASA-1995)

2.5. táblázat

Várható depóniagáz-hozam egy adott hulladéklerakó telepen (Mogyorósi-Ányos, 2003)

| Évek | Gáztermelés [m³/t] | Évek | Gáztermelés [m³/t] | Évek | Gáztermelés [m³/t] | Évek | Gáztermelés [m³/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              |

A depónia gáz termelésnél fontos tudnunk a keletkező gáz összetételét és komponenseinek arányát, ezt a 2.6. táblázat mutatja be.

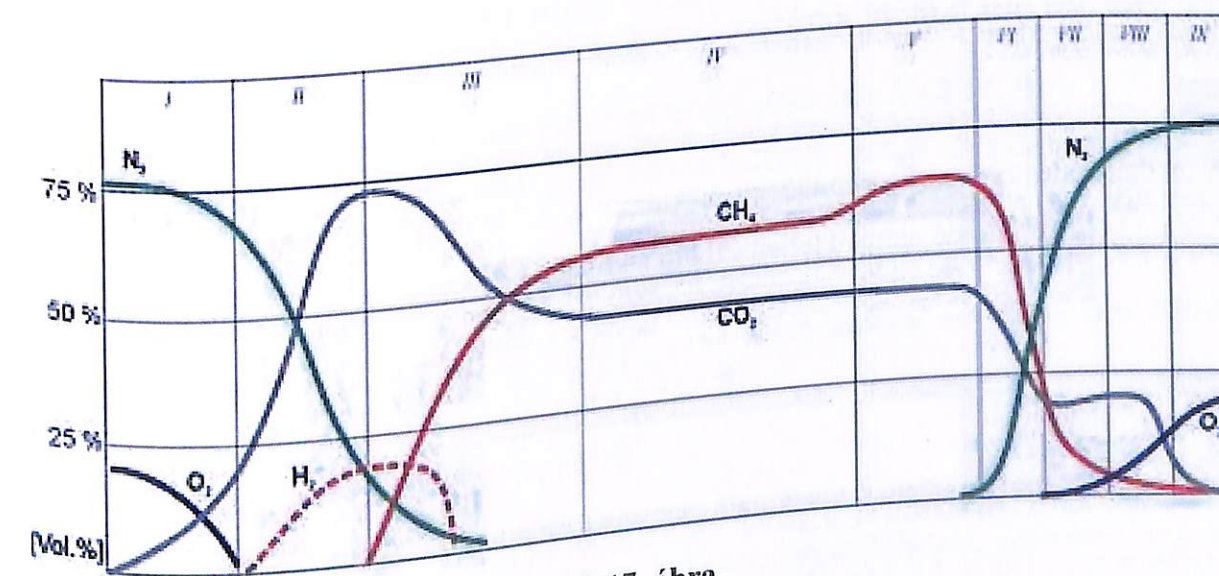
A 2.17. ábra bemutatja a lebomlás során a hulladéklerakó gáz elsődleges összetevőinek alakulását RETTENBERGER szerint (in HEYER, 2003). RETTENBERGER 10 fázisra bontotta a lerakó gáz gázháztartását:

1. Aerob fázis
2. Anaerob savas erjedés
3. Anaerob instabil metánpépződés
4. Anaerob stabil metánpépződés
5. Metánfázis
6. Tartós fázis
7. Levegőbejutás fázisa
8. Metán-oxidálódás fázisa
9. Széndioxid fázis
10. Levegő fázis

## 2.6. táblázat

A hulladéklerakó gáz összetétele és az egyes komponensek koncentrációjának jellemző értékei (BILITEWSKI et al., 1990.)

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



2.17. ábra

A hulladék lebomlása közben a hulladéklerakó gáz elsődleges összetevőinek alakulása (RITTENBERGER, 1992. in. K. U. HEYER, 2003)



Egy kg szerves szén teljes anaerob bomlásából normál feltételek mellett 1,868 m<sup>3</sup> gáz képződik, 100-200 kg TOC/t száraz (friss) hulladék (t/sz.a.) jellemző széntartalom mellett 187-375 m<sup>3</sup>/t/sz.a. gázpotenciál. [Szabó - Szabó (2007)]

A gázpotenciál értékére TABASARAN szerint:

$$GE = 1,868 \times TOC \times (0,014 \times T + 0,28)$$

ahol:

- GE : a gázképződési potenciál (az összes keletkező gáz mennyiség, m<sup>3</sup>/t/sz.a.)
- TOC: összes szerves széntartalom a hulladékban (kgC/t/sz.a.)
- T: a hőmérséklet (°C)

Ezen állítások alapján 25°C mellett, kb. 250 kg TOC/t/sz.a. széntartalomnál 300 m<sup>3</sup>/t/sz.a. gázmennyiség képződik. 160-240 m<sup>3</sup>/t/sz.a. gázpotenciál adódott félipari és laboratóriumi modellkísérletek alapján, a szélsőséges értékek 60-413 m<sup>3</sup>/t/sz.a. közöttiek voltak. [Szabó - Szabó (2007)]

A gázképződés időbeli alakulása a következő összefüggéssel közelíthető:

$$G_t = G_E (1 - e^{-k \cdot t})$$

- G<sub>t</sub> : a t időpontig képződött gázmennyiség (m<sup>3</sup>/t/sz.a.)
- G<sub>E</sub> : a gázpotenciál, azaz az összes képződő gázmennyiség (m<sup>3</sup>/t/sz.a.)
- k: lebomlási állandó (d<sup>-1</sup> ill. a<sup>-1</sup>)
- T: idő (d ill. a)

A gázképződés intenzitását és időbeli alakulását a „k” lebomlási állandóval lehet jellemezni. A k a T<sub>1/2</sub> felezési idő alapján jellemezhető a következőképpen.

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

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.

### 2.4.3. Állékonyságvizsgálatok

A rekultivációs tervezés fontos lépése az állékonyságvizsgálat. Meg kell bizonyosodni a hulladék test kellő stabilitásáról, mielőtt az ideiglenes vagy végleges zárószigetelés tervezésébe belekezdenénk. Az oldalfal rézsű szigetelésénél pedig a zárószigetelő-rendszer megcsúszás mentes beépítése a szempont. Az állékonyságvizsgálatnál néhány jól ismert módszert alkalmazhatunk: BISHOP, JANBU. A méretezéshez szükséges nyírószilárdsági paraméterek pontos definiálása nehézségekbe ütközhet. Az utólagos állékonyságvizsgálat és ellenőrzés először is a dombépítéssel kiépített és a lejtőnek támaszkodó lerakóknál alapvető. A lerakott hulladék következő tényezői szükségesek az állékonyságvizsgálathoz:

- térfogatsűrűség;                      – kohézió;                      – belső súrlódási szög.

A hulladék térfogatsűrűsége függ:

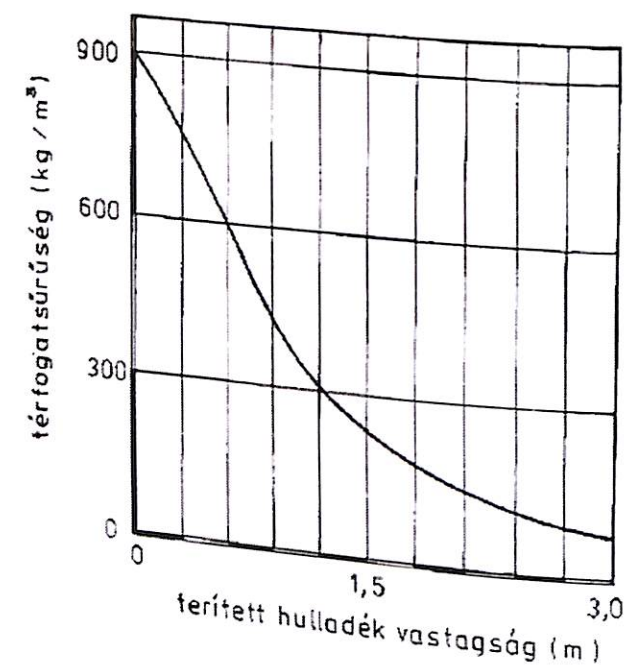
- hulladék összetételétől,
- hulladék nedvességtartalmától,
- a hulladék milyen arányban képes lebomlani,
- a lerakás módjától,
- alkalmazott tömörítéstől,
- a nap takarás vastagságától,
- hulladék korától,
- lerakó magasságától,
- az egyszerre lerakott hulladék terítési vastagságától, és a többi.

Ezen tényezők hatására a térfogatsűrűség értéke nagy skálán mozog. A az egyszerre lerakott hulladék terítési vastagságtól függően tünteti fel a térfogatsűrűséget a **2.18. ábra**.

Egy hulladék lerakó ahol az üzemelés megfelelő a hulladék terítési rétegvastagsága kb. 0,5-0,7 m, ez által 500-600 kg/m<sup>3</sup>-es térfogatsűrűség középérték érhető le tömörítéssel. A rétegvastagság növekedésével csökken a tömörség értéke. 150-350 kg/m<sup>3</sup> között van a nyers hulladék testsűrűsége és ez tömörítő géppel 1 MPa talpnyomásnál növelhető akár 350-550 kg/m<sup>3</sup>-es értékig. Kompaktorokkal 800-1000 kg/m<sup>3</sup>, 1000 kg/m<sup>3</sup>-nél nagyobb érték is elérhető speciális eljárásokkal. [Szabó - Szabó (2007)]

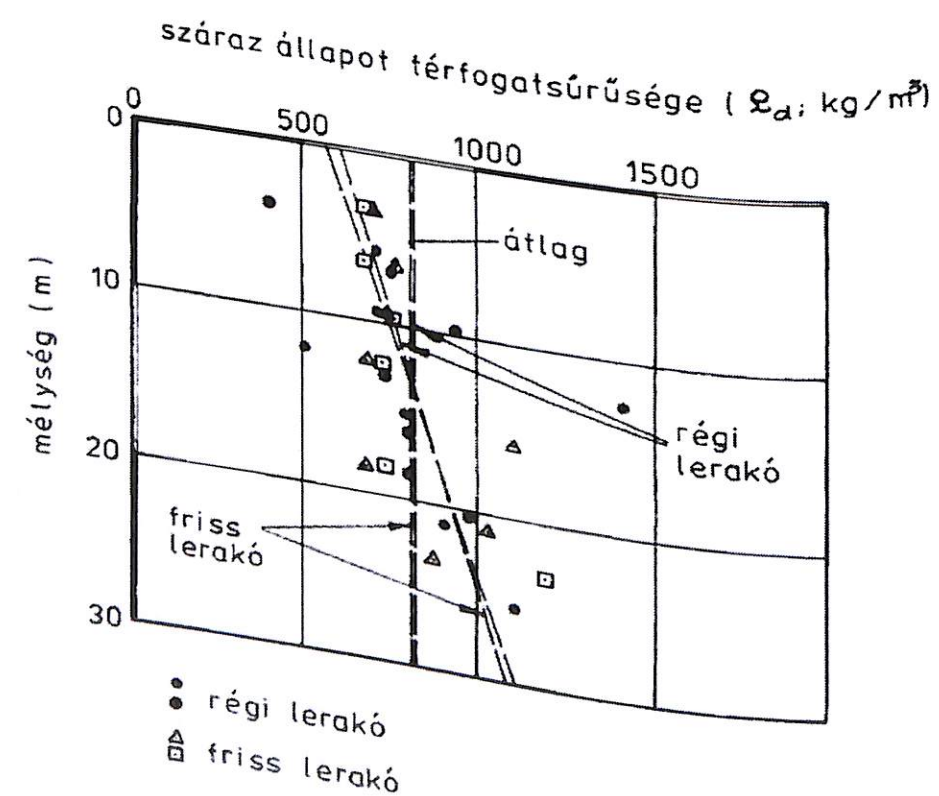
A mélységtől is függ a lerakott hulladék sűrűsége, még pedig a mélyebb rétegekben végezett vizsgálatokkal a testsűrűség is megnőtt. A hulladék konszolidáltabb mélyebb szinteken. Különböző korú hulladékokon elvégzett lokális vizsgálatokkal megállapított térfogatsűrűség látható a **2.19. ábrán**.





2.18. ábra

A tömörítéssel elért térfogatsűrűség alakulása az egyszerre leterített rétegvastagság függvényében (TCHOBANOGLOUS et al., 1977.)

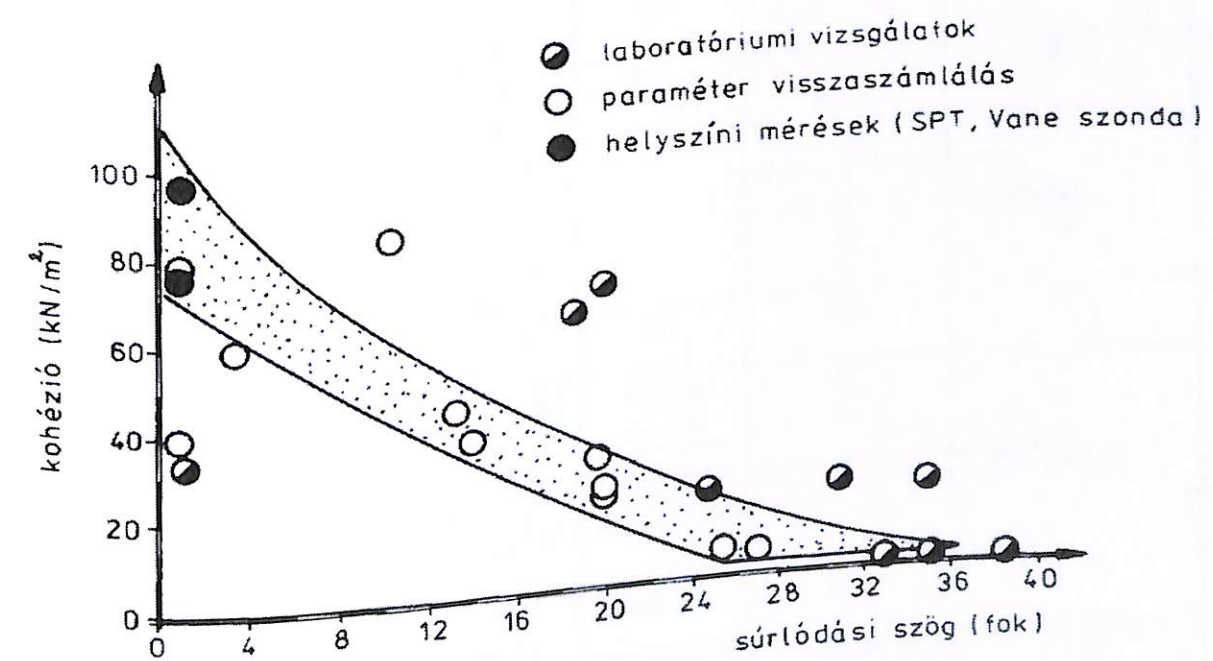


2.19. ábra

Lokális vizsgálatokkal megállapított térfogatsűrűség értékek különböző korú hulladékok esetében (OWEIS - KHERA, 1990.)

Az ábrán megfigyelhető, hogy az átlag érték 750-800 kg/m<sup>3</sup> körüli térfogatsűrűség, ez az érték 20-30 méter mélyen 1200-1300 kg/m<sup>3</sup>. A nyírószilárdsági paraméterek értéke tágabb határok között mozog, mint a térfogatsűrűség.

A 2.7. táblázaton és a 2.20. ábrán az eltérő származású és felépítésű hulladékok különféle metódusokkal meghatározott kohézió és belső súrlódási szög értékei látható. A méretezéshez, tervezéshez szükséges adatok levonása az ábrákból nehézkes, mivel az értékek előfordulása igen nagy és nehéz kiválasztani, hogy mely adatokkal dolgozzunk, mivel az értékeket igen csak befolyásolja a körülménye, a technológia, a lerakott hulladék kora stb. Kutatók által végzett tanulmányokra és vizsgálatokra hagyatkozva MANASSERO és szerzőtársai (1996) arra jutottak, hogy logikus a nyírószilárdsági paraméterek feldolgozását az átlagos normálfeszültség és a mobilizált nyírószilárdság figyelembevételével elvégezni, amelyeket helyszíni és laboratóriumi mérésekből és meglévő lerakók állékonyságvizsgálati adataiból nyertek vissza. [Szabó - Szabó (2007)]



2.20. ábra

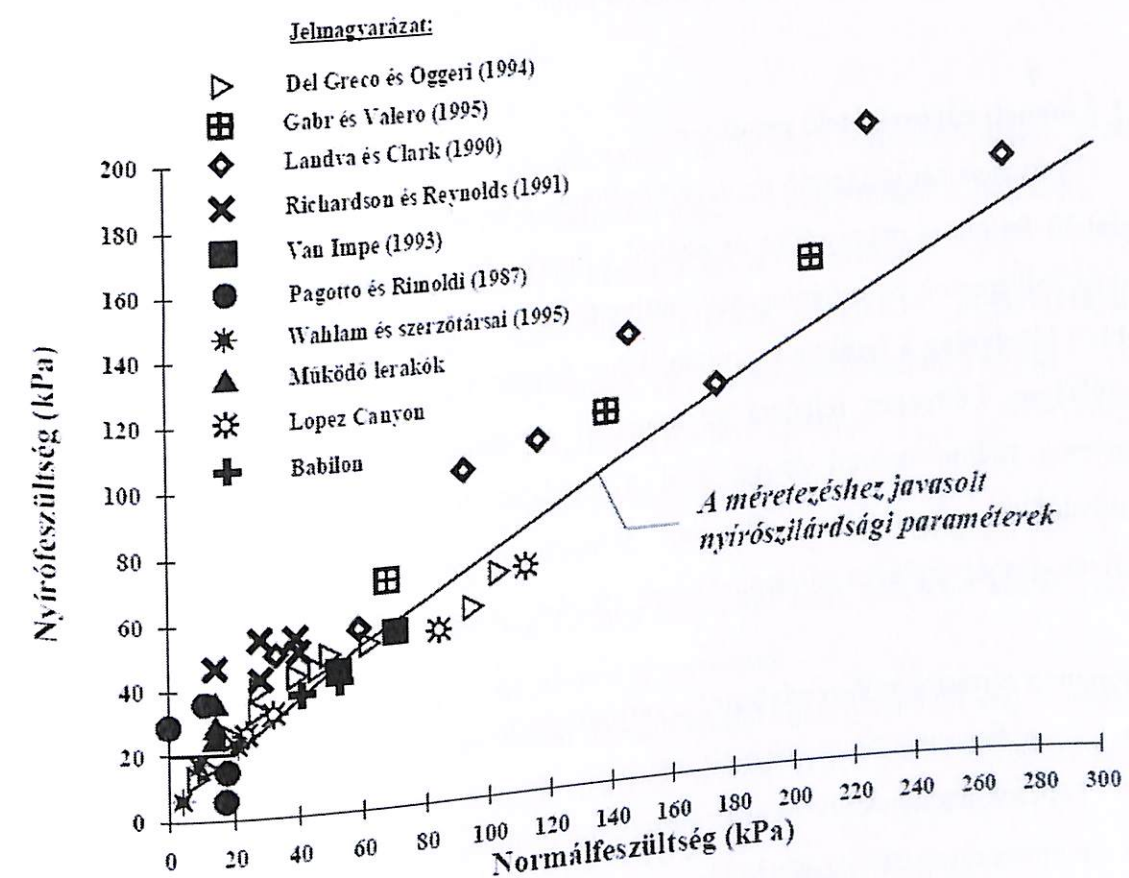
A hulladék nyírószilárdsági paramétereinek irodalmi adatok, laboratóriumi és helyszíni mérések alapján (SINGH - MURPHY, 1990.)



2.7. táblázat

| Különböző hulladékokra jellemző nyírószilárdsági paraméterek irodalmi adatok alapján (JESSBERGER, 1990) |                  |                                      |                                                                                                                       |                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Nyírószilárdsági paraméterek                                                                            |                  | Térfigat-sűrűség (t/m <sup>3</sup> ) | Peremfeltételek                                                                                                       | Szerző                      |
| Súrlódási szög (φ; fok)                                                                                 | Kohézió (c; kPa) |                                      |                                                                                                                       |                             |
| 30-40                                                                                                   | 0                | 0,8-1,2                              | Megbecsült összetétel: háztartási hulladék (beleértve salak, hamu, gumiabroncs stb.)                                  | Cassina (1979.)             |
| 30-35                                                                                                   | 10-20            | 0,3-0,7                              |                                                                                                                       | Gondolla et al. (1979.)     |
| 30                                                                                                      | -                | -                                    | kb. 30 éves hulladék meghatározás: direkt nyírás                                                                      | Rettenberger et al. (1980.) |
| 15-17                                                                                                   | 10               | 0,7-1,1                              | visszaszámolással meghatározott paraméterek                                                                           | Spillmann (1980.)           |
| 38                                                                                                      | 7                | 1,0-1,2                              | háztartási hulladék                                                                                                   | Gay et al. (1978.)          |
| 26,5<br>26<br>42                                                                                        | 28<br>28<br>7    | 0,8-1,1<br>0,9-1,2<br>0,9-1,2        | friss hulladék esurgalekvízzel<br>friss hulladék<br>szennyvíziszappal szemét-szennyvíziszap 9 hónappal a lerakás után | Gay et al. (1981.)          |
| 25-35                                                                                                   | 0<br>(1-20)      | 0,7-1,1                              | települési hulladékösszetétel (tapasztalatok alapján)                                                                 | Müller (1981.)              |
| 24<br>38<br>19                                                                                          | 23<br>16<br>24   | -<br>-<br>-                          | aprított települési hulladék (papír, műanyag) idős hulladék                                                           | Landva et al. (1984.)       |
| 17,5                                                                                                    | 7,5              | -                                    | kutató és irodalom alapján (konyhai hulladék)                                                                         |                             |
| 33<br>32                                                                                                | 30<br>20         | 1,0                                  | lerakó szennyvíziszappal                                                                                              | Salomo (1985.)              |
| 32-38                                                                                                   | 5-15             | 0,9-1,3<br>1,3-1,6                   | kb. 40 éves települési hulladék kommunális jellegű ipari hulladék                                                     | Henke (1985.)               |
| 30-35                                                                                                   | 0-10             | 1,2-1,6                              | terepi- és labormérések és rézsúállékonysági számítások alapján                                                       | Schuhmann (1989.)           |
| 38-40<br>17-23                                                                                          | 30-50<br>0-10    | 1,2-1,4                              | települési hulladék                                                                                                   |                             |
| 30<br>25<br>20-25                                                                                       | 0<br>20<br>0     | 0,4-1,0<br>0,8-1,2<br>1,0(1,3)       | települési és ipari hulladék                                                                                          | Tureczynski (1990.)         |
| 25<br>17,5                                                                                              | 0<br>5           | 1,5<br>1,5                           | friss háztartási hulladék<br>idősebb háztartási hulladék                                                              | Drescher (1990.)            |
| 30-40<br>25-32                                                                                          | 5<br>0-10        | 1,0<br>1,0                           | települési hulladék (friss)<br>idősebb települési hulladék<br>előkezelt települési hulladék                           | Pregl (1988.)               |
|                                                                                                         | -                | 1,0-1,6<br>1,5-1,8                   | települési és ipari hulladék<br>hulladék szennyvíziszappal<br>építési törmelék szennyezett talaj                      | Tureczynski (1990.)         |

2.21. ában nagy számú vizsgálat és tanulmány összefoglalása láthat 300 mm átmérőjű triaxiális vizsgálatok szerint. KÖNIG-JESSBERGER (1997) szerint a kommunális hulladékok javarészt nem jellemezhetők egyetlen c;f értékpárral, a nyírószilárdsági tényezők értéke jelentősen függ a deformáció mértékétől, azaz a nyírószilárdság mobilizációjától. Ezekből kijelenthető, hogy jelentősen becsült értékek a nyírószilárdsági paraméterek az állékonyságvizsgálatoknál, mivel lehetőség csak alkalom adtán adott konkrét vizsgálatok elvégzéséhez.



2.21. ábra

Települési hulladékok nyírószilárdsági vizsgálatának összefoglaló eredményei (MANASSERO et al., 1996.)



## 2.5. Zárószigetelő rétegek bemutatása

A hulladéklerakók rekultivációs folyamatok során azon körülményeket kell létrehozni, amelyek a hulladék elhelyezése alatt megrongálódott környezetet a lehető legjobb állapotban adjuk vissza természetnek, biztosítjuk a biológiai életteret. A leglényegesebb elem a rekultivációs rétegrend kialakítása során a zárószigetelő réteg, amely gátolja a külső beszivárgást. A többi eleme a rétegrendnek műszaki védelmet biztosít, illetve a humuszréteg és a növénytelepítés a tájba illesztés szempontját szolgálja.

A többször módosított 20/2006. (IV.5.) KvVM rendelet szabályozza egy hulladéklerakó kialakítását, üzemeltetését és rekultivációját. A hulladéklerakókon rekultiváció során használt rétegrendeknek meg kell felelniük az idézett rendeletnek.

### 2.5.1 Átmeneti zárószigetelő rendszer

Átmeneti zárószigetelő rendszert építenek a hulladék depóniára, amikor elérte a lerakó megfelelő feltöltési magasságot és ezáltal a lerakó lezárására kerül sor, de a depóniában a bomlási folyamatok nem véglegesek, süllyedésekre kerülnek sor mechanikai aprózódás által és ebből kifolyólag a lerakón számítani lehet felszínmozgásokra és számottevő csurgalékvíz mennyiségre. Lényeges feladata az átmeneti zárószigetelő rétegnek, hogy megfelelő víz mennyiség tudjon bejutni és ez által a biológiai folyamatok gyorsuljanak, a rendszer stabilizálódjon. A rendszer átmeneti rétegét le kell cserélni egy bizonyos szintű stabilizálódásnál végleges zárószigetelésre. [Szabó - Szabó - Faur (2013)]

Az átmeneti zárószigetelő-rendszertől elvárt követelmények:

- a rendszerben lévő használt anyagok lényegesebb hatékonyság csökkenés nélkül képesek legyenek elviselni az előrelátható süllyedéseket és a tönkremenetelt
- a kevés csurgalékvíz képződés segítése
- ,de ugyanakkor a szükségesnél nagyobb arányú csapadékvíz beszivárgás akadályozása
- a depóniagáz ellenőrzött kezelésének lehetővé tétele

Az átmeneti szigetelő-rendszer kialakítását sajátosan a tervező határozza meg és a Felügyelőség adhat rá engedélyt. Ennek oka, hogy hazánkban nincs előírt rendelet a rendszer kialakításában, nagy mozgástér van a tervezéskor.

Tényezők átmeneti zárószigetelő-rendszer anyagának kiválasztásánál:

- megkívánt mértékű vízzáróság
- időtartam

- széljárás
- fagyérzékenység
- erózióveszély
- a beépíthetőség (aljzat, rézsű)
- az újrafelhasználhatóság,
- a végleges zárószigetelő-rendszerbe való integrálhatóság
- a visszabonthatóság
- a költségek.

[Szabó - Szabó - Faur (2013)]

Az átmeneti felső záróréteg-rendszer részei:

- a kiegyenlítő réteg (0-50 cm):  
anyaga: salak, pernye, aprószemcsés hulladék, kőmentes talaj, stabilizált biohulladék, illetve külön jogszabályban meghatározott maradék hulladék
- a gázvezető réteg (ha szükséges a rekultivációs terv szerint):  
anyaga: egy meglévő esésviszony mellett megfelelő állékonyságú, kis mésztartalmú, jó gázvezető-képességű, egyenletes szemeloszlású anyag
- a szigetelőréteg (ha szükséges rekultivációs terv szerint):  
anyaga: ásványi anyagú szigetelés és/vagy geomembrán;
- a fedőréteg (legalább 40 cm):  
anyaga: stabilizált biohulladék és/vagy humuszos talaj, ami lehet szerves anyaggal kevert föld, a rézsűkön geotextíliával megerősítve.
- füvesítés: a csapadék és szél által okozott erózió ellen füvesíteni kell a fedőréteget.

[Szabó - Szabó - Faur (2013)] [4. számú melléklet a 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelethez]

Példák átmeneti zárószigetelő rendszerek alkalmazására az életben:

Sindelfingeni lerakó 2.22. ábra:

10 évre becsült takarási periódus, kb. 3 ha lezárt felület. 10 évre garantált UV álló, 0,75 mm HDPE fóliával történt takarás, nincs hegesztés a tekercseken.

Kis hajlásszögű felszínen kisvastagságú földtakarás a nagyobb dőlésszögű részeket használt autógumikkal leterhelt sodronyrács véd a szélfúvás ellen.



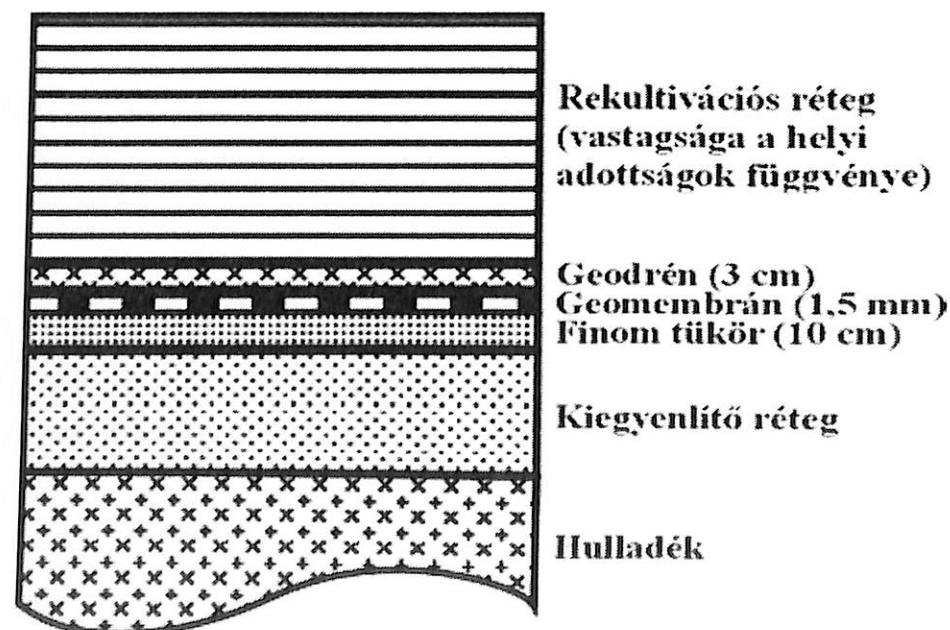


2.22. ábra

Sindelfingeni lerakó

A Sindelfingeni lerakóhoz hasonló módszer, a Heilbronn-i lerakó (3,5 ha) csak geomembránnal zárták be ideiglenesen.

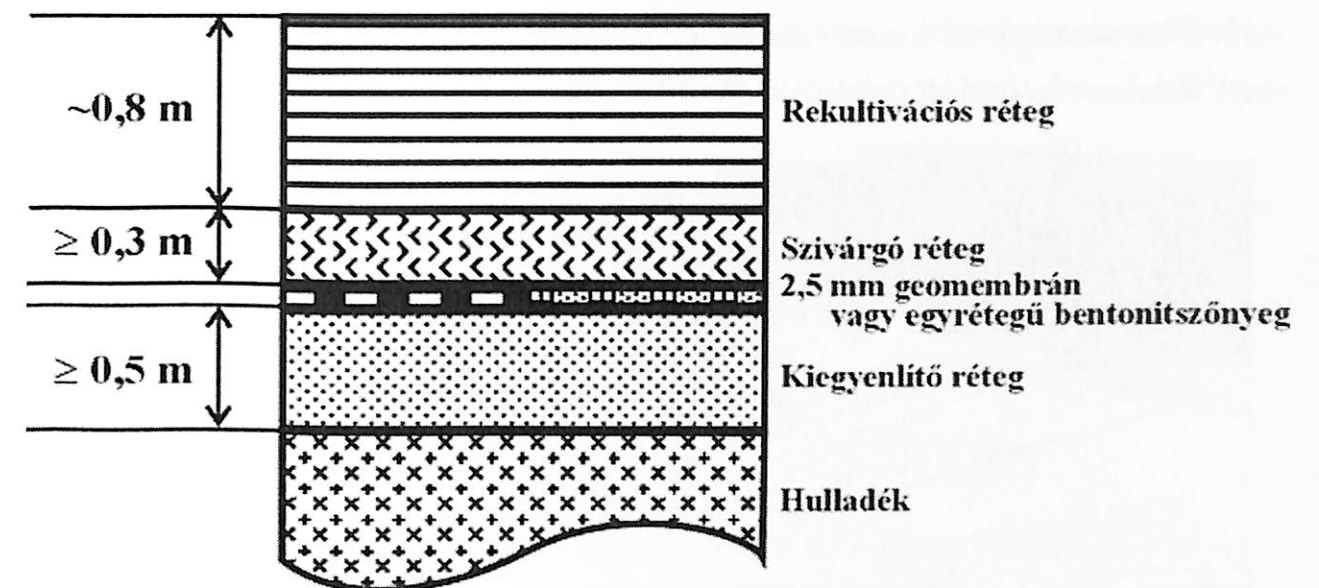
MEYER (2003) német lerakó rendeletnek megfelelő ideiglenes záró- szigetelés felépítése a 2.23. ábrán látható.



2.23. ábra

MEYER javaslata az ideiglenes záró-szigetelés felépítésére (MEYER, 2000.)

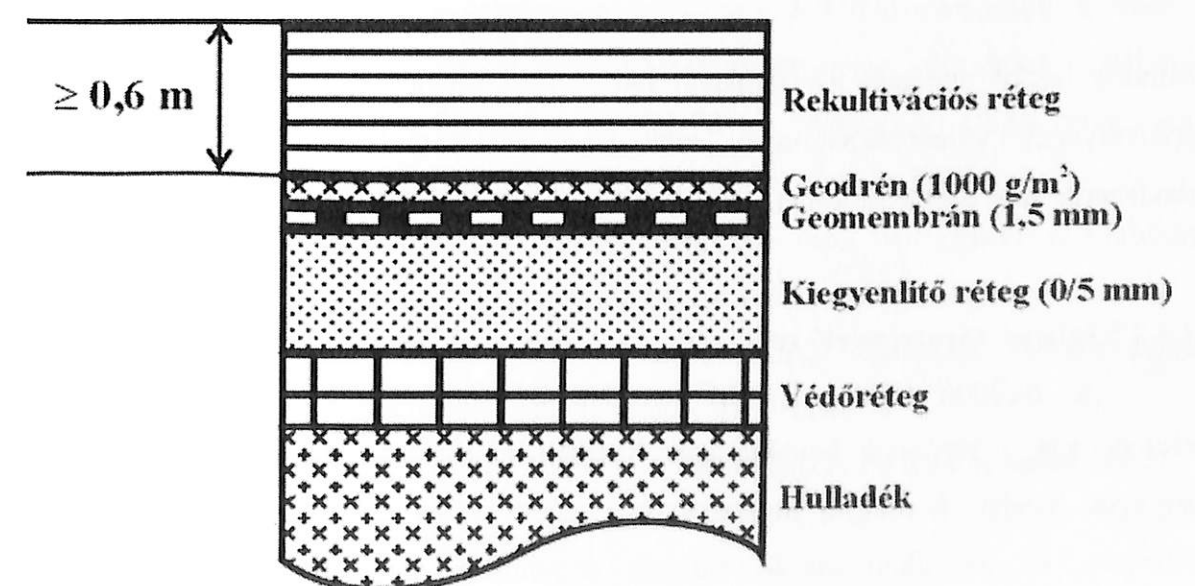
A Szászországi Környezetvédelmi és Földtani hivatal ajánlása ideiglenes zárószigetelő rendszer felépítésére a 2.24. ábra mutatja be



2.24. ábra

A Szászországi Környezetvédelmi és Földtani Hivatal ajánlása az átmeneti zárórég rendszer felépítésére

2.25. ábra szemlélteti (SCHICKETANZ, 2001.) a Nonnenwühli lerakó ideiglenes zárórég rendszerét.



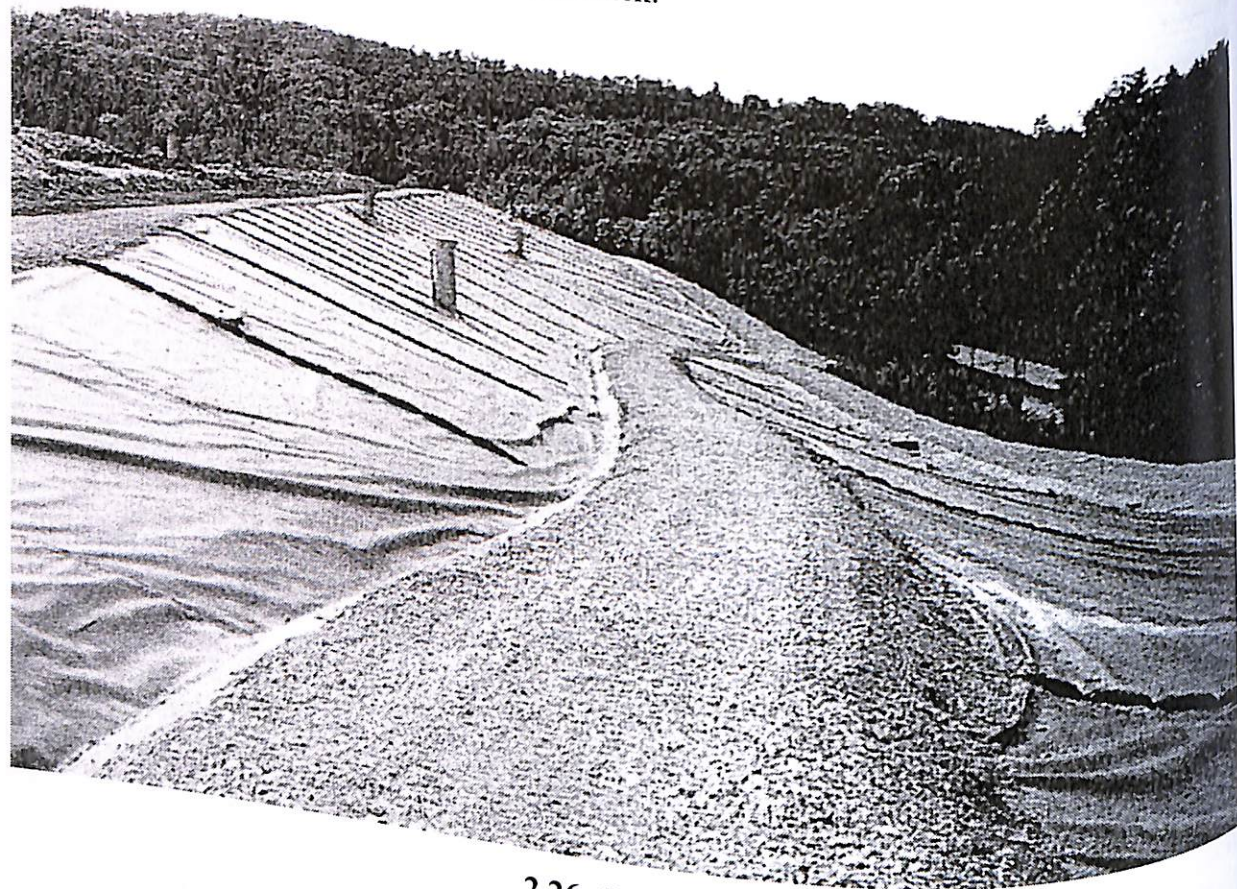
2.25. ábra

A Nonnenwühl-i lerakó ideiglenes zárószigetelése



## Hasenbühli lerakó 2.26. ábra

3 ha kb. a lezárt terület, 1:2,7 lejtésű rézsű. Toldásoknál hegesztett 1,0 mm vastag geomembrán van elhelyezve a kiegyenlítő rétegre. A geomembrán be van kötve a rézsűkoronán egy kicsúszás gátló árokba. Lineáris terheléssel védekeznek szélfűvás ellen. Az ideiglenes lezárási időszakot 5-10 évre tervezték.



2.26. ábra

Hasenbühli lerakó

Minden lerakó átmeneti zárószigetelő réteg kialakításánál szem előtt kell tartani a helyi építőanyagok felhasználhatóságát, ezen kívül a lehetőségét a végleges zárószigetelő rendszerbe való beépíthetőségét.

## 2.5.2 Végleges zárószigetelő rendszer

A 20/2006 (IV.5.) KvVM rendelet 4. számú melléklete részletekbe menően szabályozza a záróréteg kialakításánál használható műszaki megoldásokat, alkalmazható anyagok listáját. A magyar jogszabályozás módot ad az előírásoktól a szabályoktól való eltérésre, de az alkalmazandó műszaki megoldásra engedélyt kell adnia a jogosult Környezetvédelmi Felügyelőségnek, a rekultivációs terv alapján amit a szaktervező

Nagy hely igényű hulladék lerakóknál történő rekultiváció során számottevő mennyiségű anyagra van szükség. Az ehhez szükséges anyagok csak származási igazolással ellátott legális eredetű helyről származhatnak, pl.: bányákban fellelhető ásványi nyersanyagok. A tetemes anyagmennyiségi szükséglet, valamint a gazdaságosság szem előtt tartásával a költséges bányabeli nyersanyagok (agyag, kavics, homok) helyett a rekultivációs réteg kialakítása során újrahasznosított anyagokat is fel lehet használni (ameddig a jogszabály engedi). A kiformálódott fák és bokrok eltávolítása szükséges mielőtt a végleges záróréteg rendszer kialakítása megtörténik. [Szabó - Szabó - Faur (2013)]

## A végleges felső záróréteg-rendszer részei:

- kiegyenlítő réteg (0–50 cm). :  
anyaga: kis mésztartalmú, homogén, nem kötött talaj, kohósalak vagy hulladékégető salakja, B3 kategóriájú lerakó esetén jó gázvezető képességű talaj, kohósalak, hulladékégető salakja, aprószemcsés hulladék, külön jogszabályban meghatározott maradék hulladék vagy stabilizált biohulladék.
- szivárgó- és szűrőréteg:  
anyaga: mosott kavics, a rézsűkön osztályozatlan homokos kavics vagy kőzúzalék,  $k > 5 \times 10^{-3}$  m/s szivárgási tényezőjű aprított hulladék, amelyből vízzel nem oldódik ki kockázatos anyag (pl. szedezett gumihulladék, aprított inert hulladék), geodren, geokompozit, illetőleg geotextília, amely csak a szűrőréteg anyaga lehet.
- fedőréteg: a szivárgó- és szűrőréteggel érintkező (20–30 cm vastagságú) gyökérzáró réteg erősen kötött vagy erősen kötőmelékes tömör anyag, célszerűen osztályozott építési-bontási hulladék. Ezt követi az (50–70 cm vastagságú) altalaj réteg, amely készülhet kis humusztartalmú talajból vagy stabilizált biohulladékból.
- vegetációs réteg: a víznek az alsóbb rétegekbe való bejutásának akadályozása vízfelvétel és párologtatás révén, illetőleg az erózióval szembeni védelem.  
anyaga: nem mélygyökérzetű, kis tápanyag-igényű, szárazság- és forróságtűrő növények, amelyek megfelelnek az ökológiai környezetnek is.

[Szabó - Szabó - Faur (2013)] [4. számú melléklet a 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelethez]



Példák hagyományos és alternatív végleges zárószigetelő rendszerekre:

### Agyagszigetelés

Gyakori megoldás a rekultiváció alatt használt agyagból épített szigetelőrétegek beépítése. Általában nedvesítik a beépítéshez szükséges agyagot a megfelelő szigetelő-képesség elérése érdekében, de így a nedvesített agyag nehezíti a munkagépek mozgási körülményeit. A gyakorlatok azt mutatják, hogy a tömörítés nem elég hatékony a hosszú meredek rézsűkön a vízzáróság és megfelelő tömörség szempontjából. Ha nem megfelelő agyag minősége, újabb réteg beépítése is történhet, mint például újratömörítéssel. A szigetelőréteg tömörítését záró szigetelésnél, beépítését a Proctor görbe száraz oldali ágán ( $w < w_{opt}$ ) kell végezni,  $Trp > 95\%$  tömörítési feltétel mellett.

Előnyök:

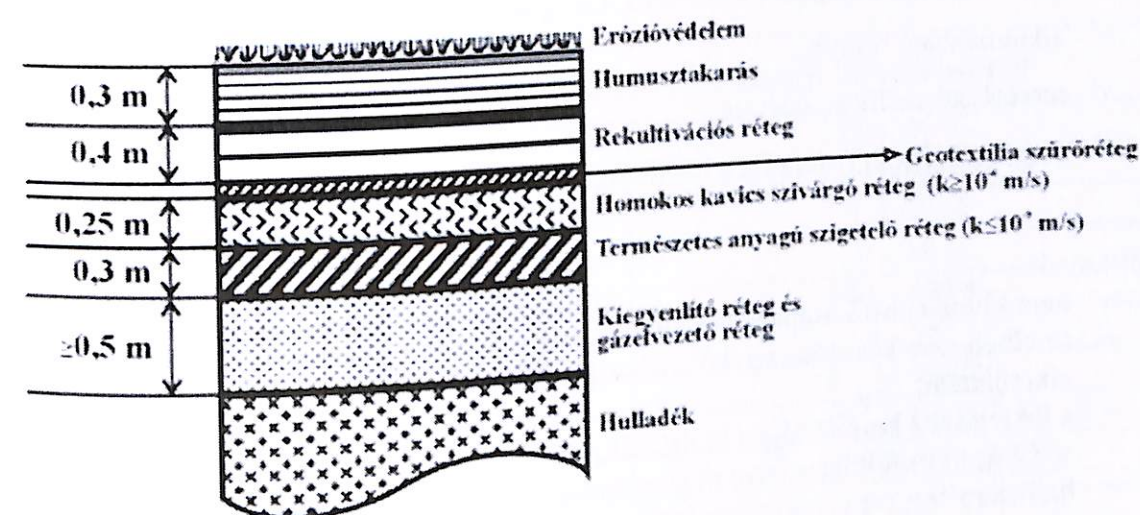
- ✓ többnyire kedvező ár,
- ✓ különösebb szaktudást nem igénylő kivitelezés,
- ✓ a tömörítés "szerény" gépparkkal is kivitelezhető a tömörítéshez megfelelő géplánccal.

Hátrányok:

- időjárástól függő kivitelezés (esős, csapadékos, havas időben nem végezhető),
- folyamatos minőségellenőrzést igényel,
- hosszú időt vesz igénybe a kivitelezés,
- változó minőség,
- költség növekedést jelenthet az agyagbányák messzi távolsága,
- ahhoz, hogy elkerülhető legyen az agyagszigetelésbe a szivárgó réteg anyagának,
- benyomódása célszerű geotextília védőréteget beépíteni.

[Dr. Baráti I. (2011)]

Természetes anyagú szigetelőréteg esetén a 2.27. ábra mutatja a rétegrend kialakítását.  
[Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Hulladékgazdálkodási és Technológiai Főosztály 2002]



2.27. ábra

Természetes anyagú szigetelő réteg alkalmazása esetén ajánlott zárószigetelő rétegrend

### Bentonitszőnyvegek

Felépítésileg két geotextília (szőtt, nem szőtt) rétegből és ezek között lévő ideális minőségű, bentonit granulátumból vagy bentonitporból állnak. Száltúzással rögzítik egymáshoz a rétegeket. A rendszer működése: a bentonit számottevően képes vizet felvenni és így megduzzadni, de a duzzadást megakadályozza az egymáshoz erősített geotextília és ebből kifolyólag nagyon kis vízáteresztő-képességű réteg alakul ki a két geotextília között. Bentonitszőnyvekre jellemző szivárgási tényező:  $1 \times 10^{-11} - 5 \times 10^{-11}$  m/s. Lerakóknál várható nagy felszínsüllyedés esetében érdemes alkalmazni. Ezen felül német ajánlások alapján használatuk érdemes végleges zárószigetelésként lerakóknál, ahol a veszélyességi potenciál elenyésző illetve átmeneti zárószigetelésként amíg a süllyedések nagy része lejár szódik. Két bentonitszőnyeg egymásra fektetésével ásványi anyagú szigetelőként is alkalmazható. Az egymásra helyezéssel megakadályozandó az alsó réteg kiszáradása. Georácscsal erősítve erősebb stabilitás érhető el és így meredekebb hajlásokon is használható.

Előnyök:

- ✓ állandóan ellenőrzött mennyiség
- ✓ nincs szükség helyszíni minőségellenőrzésre,
- ✓ kiváló ún. „öngyógyuló” képesség,
- ✓ gyors, pontos kivitelezés ( $> 5000 \text{ m}^2 / \text{nap}$ ),
- ✓ alacsony eszköz és munkaigény,



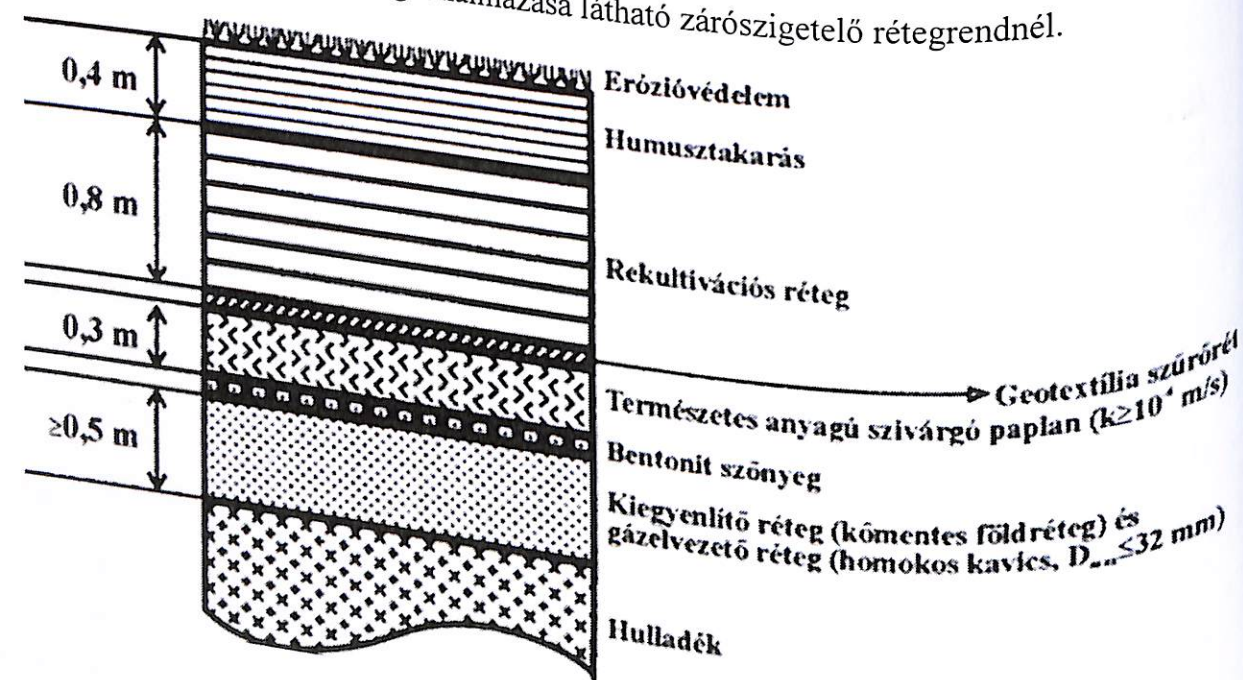
- ✓ kevésbé függ időjárástól a beépítés, hideg időjárásban is beépíthető,
- ✓ alkalmazható rézsún,
- ✓ tervezhető szállítás, beépítés,
- ✓ nem szükséges geotextília a bentonitszőnyegek felé a szivárgó rétegek beépítésekor.

Hátrányok:

- nem kivitelezhető csapadékos időben,
- az elhelyezés követően egyből szükséges takarás a bentonit ez utáni duzzadását elkerülendő,
- a fektetéshez korrekt aljzat kialakítás szükséges,
- sérülékeny, a felületen nem mozoghatnak a gépek,
- hajlításra érzékeny, hajlított pontokon megnő a szivárgási tényező.

[Dr. Baráti I. (2011)]

A 2.28. ábrán a bentonitszőnyeg alkalmazása látható zárószigetelő rétegrendnél.



2.28. ábra

Bentontitszőnyeg alkalmazása esetén ajánlott zárószigetelő rétegrend  
[Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Hulladékgazdálkodási és Technológiai  
Főosztály 2002]

A 2.8. táblázaton a bentonitok közetfizikai és mechanikai tulajdonságai látható.

## 2.8. táblázat

| Szigetelőkben alkalmazott bentonitok jellemző tulajdonságai |                                           |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Montmorillonit tartalom                                     | 60 – 90 %                                 |
| Vizabszorpciós kapacitás                                    | 200 – 700 tömeg %                         |
| Szabad duzzadás                                             | 7 – 30 ml                                 |
| PH – érték                                                  | 9 – 10.5                                  |
| Plasztikus index ( $I_p$ )                                  | 140 – 380 %                               |
| Belső sűrűdési szög ( $\phi$ )                              | 3 – 15°                                   |
| Kohézió (c)                                                 | 3 – 10 kN/m²                              |
| Permittivitás ( $\Psi$ )                                    | $5 \times 10^{-8} - 3 \times 10^{-9}$ 1/s |
| Kation cserélő kapacitás (CEC)                              | 60 – 90 mmol (eq)/100g                    |

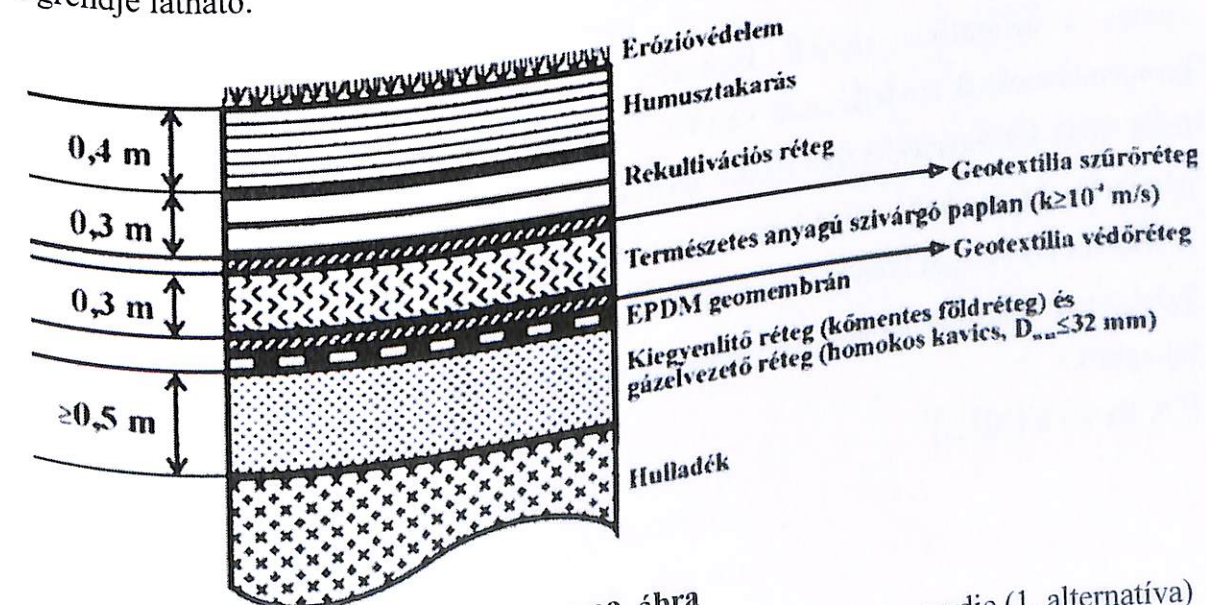
## Geomembránok

Több típusú geomembrán alkalmazása is szóba jöhet zárószigetelő rendszereknél:

- elsősorban a HDPE (nagysűrűségű polietilén),
- LDPE (kis sűrűségű polietilén),
- VLDPE (alacsony sűrűségű polietilén)
- EPDM (etilén propilén dién monomer) fóliák jöhetnek számításba.

Költség alapján HDPE fóliák kivitelezése a leggyakoribb. A geomembránokat minősítik előírt szabványok alapján. A gyártó biztosítja a geomembránok határértékeit. A 2.9. táblázat a geomembránok jellemző fizikai és mechanikai tulajdonságait tünteti fel. [Dr. Baráti I. (2011)]

A 2.29. , 2.30. , 2.31. ábrán a geomembránok felhasználásával javasolt zárószigetelő rendszer rétegrendje látható.



2.29. ábra

Geomembránok felhasználásával javasolt zárószigetelő rendszer rétegrendje (1. alternatíva)

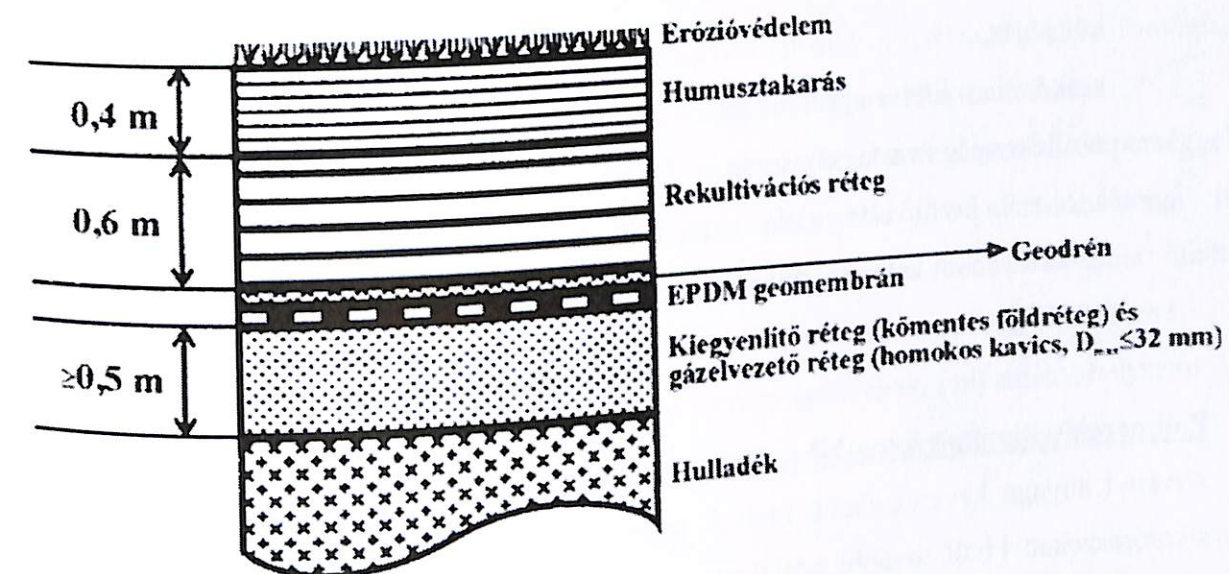


2.9. táblázat

| Geomembránok fizikai és mechanikai jellemzői<br>(KOERNER, 1986.) |                                                                  |                            |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Jellemző tulajdonság                                             |                                                                  | Érték                      |
| Fizikai                                                          | vastagság                                                        | 0,15-2,5 mm                |
|                                                                  | sűrűség                                                          | 0,90-1,5 g/cm <sup>3</sup> |
|                                                                  | súly                                                             | 600-3000 g/m <sup>2</sup>  |
|                                                                  | vízgőz átvezető képesség                                         | 1-10 g m <sup>-2</sup> d   |
| Mechanikai                                                       | Húzóerő (folyási határnál)<br>erősítés nélkül                    | 10-50 kN/cm                |
|                                                                  | erősített                                                        | 20-60 kN/cm                |
|                                                                  | Húzóerő (tönkremenetelkor)<br>erősítés nélkül                    | 10-50 kN/cm                |
|                                                                  | erősített                                                        | 20-60 kN/cm                |
|                                                                  | Nyúlás (folyási határnál)<br>erősítés nélkül                     | 20-100 %                   |
|                                                                  | erősített                                                        | 10-30 %                    |
|                                                                  | Nyúlás (tönkremenetelkor)<br>erősítés nélkül                     | 100 - 500 %                |
|                                                                  | erősített                                                        | 70 - 250 %                 |
|                                                                  | Rugalmasági modulus<br>erősítés nélkül                           | 3,5-20 MPa                 |
|                                                                  | erősített                                                        | 30-140 MPa                 |
|                                                                  | Szakítóerő<br>erősítés nélkül                                    | 20-150 kN                  |
|                                                                  | erősített                                                        | 100-500 kN                 |
|                                                                  | Útőrvél szemben ellenállás<br>erősítés nélkül                    | 0,05-2 kN/m                |
|                                                                  | erősített                                                        | 2-7 kN/m                   |
|                                                                  | Lényegesen szemben ellenállás<br>erősítés nélkül                 | 5-50 kN                    |
|                                                                  | erősített                                                        | 25-250 kN                  |
|                                                                  | Talaj-szigetelő közötti sűrűség (a talaj belső szög $\alpha$ -a) | 50-100 %                   |

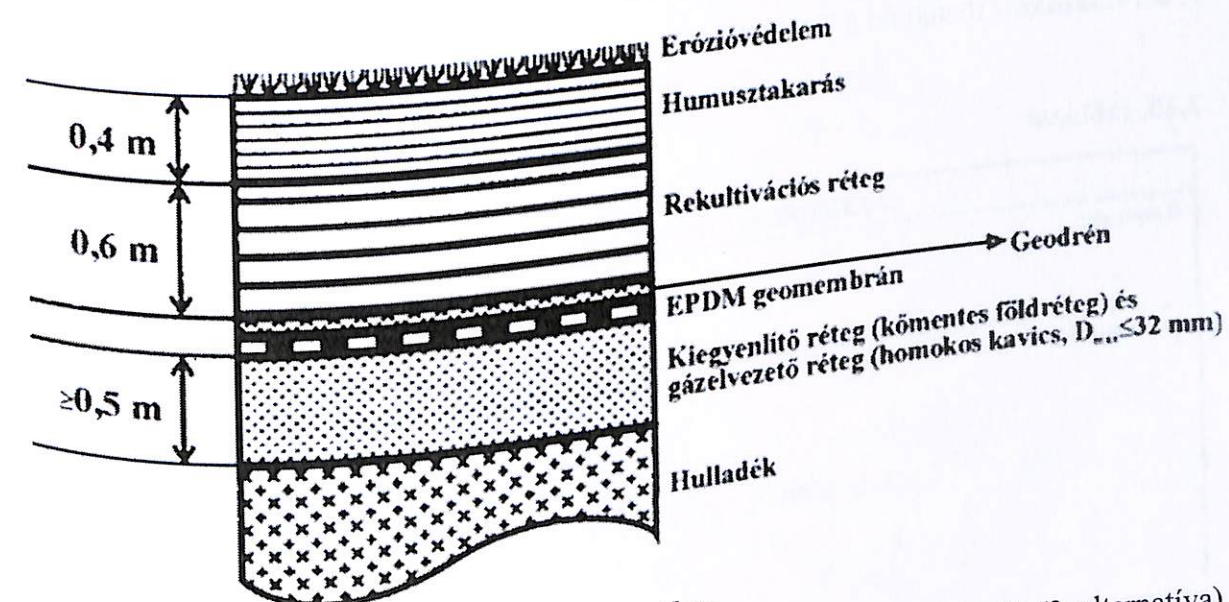
A 2.29. , 2.30. , 2.31. ábra forrása [Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Hulladékgazdálkodási és Technológiai Főosztály 2002].

Fontos a deformáció elviselő képesség a zárószigeteléseknél, nagy deformációnál a geomembránoknak rendelkezniük kell kedvezőbb alakváltozási képességekkel. Ezen kívül a hőmérséklet változással szembeni viselkedésük is jelentős tényező. Lényeges hőterhelés éri a membránokat lezárt szigetelés esetében is, ez kihat az öregedés folyamatára. A fektetés kori magas hőmérséklet kitágulást, az alacsony rideg viselkedést okozhat. 1,0-2,0 mm a geomembránok vastagsága típustól függően és élettartamuk akár a 100 évet is túllépheti.  
[Dr. Baráti I. (2011)]



2.30. ábra

Geomembránok felhasználásával javasolt zárószigetelő rendszer rétegrendje (2. alternatíva)



2.31. ábra

Geomembránok felhasználásával javasolt zárószigetelő rendszer rétegrendje (3. alternatíva)

Előnyök:

- ✓ állandó gyártó révén garantált minőség,
- ✓ hatékony beépíthetőség,
- ✓ remek vízzáróság,
- ✓ kis mértékben függ az időjárástól a kivitelezés
- ✓ kiváló ellenálló-képesség a gyökérszettel szemben.



## Hátrányok:

- költséges,
- szakértelem illetve speciális gépek szükségesek a kivitelezéshez,
- sérülékeny kis vastagság során,
- a fólia alá kerülő réteg előkészítése szükséges,
- a fóliát védeni kell a mechanikai sérülésektől, ezért geotextil védőréteg beépítése szükséges.

**Polimerekkel javított homok-bentonit keverék (TRISOPLAST):**

Ásványi anyagú keveréktalajok melyek polimer adalékanyagot tartalmaznak, a már ismert alkotórészekén kívül további adalékanyagként polimert adagolnak. A TRISOPLAST nevű szigetelőanyag a legismertebb ilyen polimer adalékú keveréktalaj. Németországban használatos és jó tapasztalatnak örvend, míg Magyarországon kevésbé alkalmazzák.

A 2.10. táblázat tünteti fel a TRISOPLAST szigetelőanyag műszaki adatait.

2.10. táblázat

| A TRISOPLAST szigetelő anyag jellemző paraméterei                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Összetétel:                                                         | $\leq 89,1\%$ ásványi alapanyag (pl. homok)<br>$\geq 10,7\%$ bentonit<br>$0,2\%$ polimer                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Az ásványi alapanyaggal szemben támasztott követelmény:             | $0,053 \text{ mm}$ -nél kisebb szemcseméret: $\leq 10,0 \text{ súly}\%$<br>$4,0 \text{ mm}$ -nél nagyobb szemcseméret: $\leq 0,5 \text{ súly}\%$<br>$5,6 \text{ mm}$ -nél nagyobb szemcseméret: $0,0 \text{ súly}\%$<br>Adagias szemcseméret (D50): $0,15-0,70 \text{ mm}$<br>Szervesanyag tartalom: $\leq 1,5 \text{ súly}\%$<br>Mész tartalom: $\leq 5,0 \text{ súly}\%$ |
| Beépítési térfogatsűrűség                                           | pH érték: $4,5-10,0$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Optimális tömörítési víztartalom                                    | vezetőképesség: $1000 \mu\text{S/cm}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| k <sub>1</sub> tényező (vízre)                                      | $1,62 - 1,76 \text{ g/cm}^3$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| k <sub>2</sub> tényező (csurgalékvízre)                             | $8 - 16\%$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| k <sub>3</sub> tényező (többszöri fagyatás-felengedési ciklus után) | $8,9 \times 10^{-11} - 1 \times 10^{-10} \text{ m/s}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Megengedett lehajlási görbületi sugar                               | $4,3 \times 10^{-11} - 2,5 \times 10^{-10} \text{ m/s}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Nyúzószilárdsági paraméterek                                        | $k_1 = 1,8 \times 10^{-11} \text{ m/s}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Geomembrán (erősített) és a TRISOPLAST réteg közötti                | $i = 6,0 \text{ m}$ $w_1 \leq 6\%$ víztartalommal<br>$i = 2,5 \text{ m}$ $w_1 \leq 10\%$ víztartalommal                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Drázzadás                                                           | Belső szög $(\Phi \geq 30^\circ)$ kőbező $c \geq 17 \text{ kPa}$<br>Súrlódási szög $\Phi^0 \geq 25^\circ$ adhézió $a = 3 - 4 \text{ kPa}$<br>$\sigma = 10 \text{ kPa}$ - nál $\epsilon_{\text{max}} = 8\%$<br>$\sigma = 130 \text{ kPa}$ - nál $\epsilon_{\text{max}} = 0\%$                                                                                               |

Kedvező szivárgási értéket mutat, mely  $6 \times 10^{-11}$  és  $10^{-12} \text{ m/s}$  között van. Vizsgálni kell még a polimer időállóságát, pontosan nem tudott mennyire időálló a TRISOPLAST. Biológiai hatásokkal szemben ellenálló, de szükségesek egyéb ismeretek ezzel kapcsolatban.

A hagyományos ásványi anyagú szigetelőrétegekkel egyezést mutató gázeresztő képességgel rendelkezik. Kedvezően reagál a deformációra (akár több %-i deformációnál is repedésmentes). Állékonyága gyengébb magas rézsűkön magas bentonittartalma miatt.

Recept alapján készítik a keveréket helyszínen és fontos a szüntelen minőségi ellenőrzése.

Mechanikai sérülésekre kevésbé érzékeny, mint a bentonitszőnyegek. Folyamatos helyszíni

minőség-ellenőrzés szükséges. A szükséges beépítési rétegvastagságot a megkívánt

vízzárási kritérium alapján határozhatjuk meg.

## Előnyök:

- ✓ gyors, hatékony kivitelezés,
- ✓ kevésbé függ az időjárástól a kivitelezés,
- ✓ állandó minőség,
- ✓ alkalmazható meredek rézsűkön
- ✓ folyamatos ellenőrzött előállítás
- ✓ könnyű beépíthetőség.

## Hátrányok:

- magas ár
- a szállítási távolságok jelentősek,
- magas pontossággal előkészített kiegyenlítő réteg szükséges,
- a kivitelezéshez speciális berendezés kell.

[A lerakó szigetelőrendszere - [www.kvvm.hu](http://www.kvvm.hu)]

A 2.32. ábrán TRISOPLAST alkalmazásának tipikus zárószigetelő rétegrendje látható.



Trisoplast® alkalmazása

2.32. ábrán

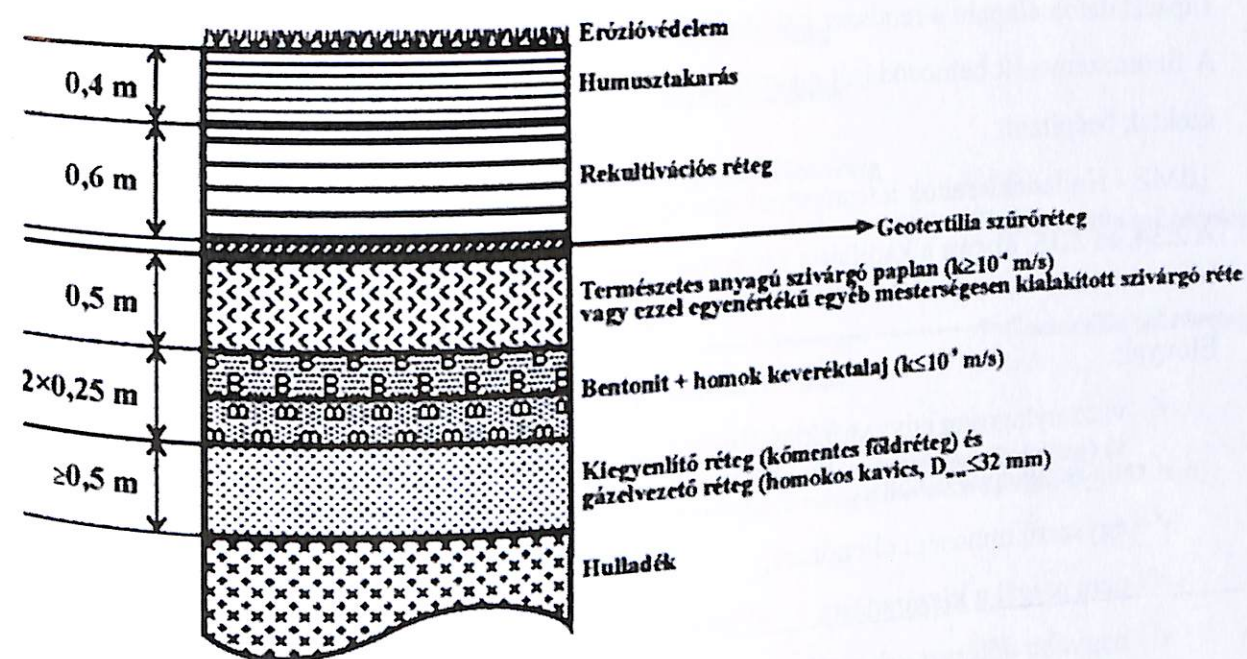
TRISOPLAST alkalmazásának tipikus zárószigetelő rétegrendje

Bentonit és ásványi anyagú keverék

Szemcsés talaj és bentonit ideális arányú keverékéből készítik. A keverék szemcseeloszlása megfelelő, ha megfelel a Fuller-görbe kívánalmainak. Előzetes vizsgálatok alapján határozzák meg a keverési arányt. A bentonit tartalom 6-12% között változik attól függően, milyen minőségű, az agyagásványos összetételtől és hogy milyen az őrlési finomsága. Zsugorodásra kevésbé alkalmas és használata meredekebb lejtőkön csak speciális technológiával ajánlott. Vízzáróság szempontjából az 1mm szemcsefrakciójú bentonit a leghatékonyabb. Hatékonyság szempontjából jelentős a beépítendő anyagok homogenizálásának mértéke.

Javasolt ipari keverőgéppel kialakítani a két anyag keverékét és ez gyakran a helyszínen történik. A beépítést az agyaghoz hasonlóan, ideális időjárási tényezők mellett célszerű végezni. [BME - Hulladéklerakók létesítésének szempontjai]

A 2.33. ábrán látható a Bentonit-homok keverékek alkalmazásának egyik lehetséges zárószigetelő rétegrendje.



2.33. ábra

Bentonit-homok keverékek alkalmazásának egyik lehetséges zárószigetelő rétegrendje

Előnyök:

- ✓ alkalmazható akár maximum 1:1,5 rézsűnél is,
- ✓ kevésbé fogékony zsugorodásra, ebből kifolyólag kisebb az esély a száradási repedések kialakulásának,
- ✓ alkalmas tapasztalatok rendelkezésre már kivitelezett záró-szigeteléseknél.

Hátrányok:

- a kivitelezéséhez nagyfokú pontosság, felkészültség és fegyelem szükséges,
- az elvárt vízzáróság csak kis fokú tartományban biztosítható, ezért a keverék elkészítéséhez speciális keverő-berendezés szükséges a helyszínen
- kivitelezés közbeni erózióérzékenység.

Kapilláris szigetelőrendszer

A kapilláris szigetelőrendszer két különböző szemcseméretű rétegből álló rendszer. Felül helyezkedik el egy finom-, közép-finom szemcséjű kapilláris réteg, míg alul egy durvább szemcseméretű kapilláris blokk. A kapilláris blokk 0,2-0,3 m vastag, általában kavics, homokos kavics anyagú. A kapilláris réteg vastagabb 0,4-0,6 m, mint a finomszemcséjű kapilláris rétegnek, mint a finomszemcséjű kapilláris rétegnek. A kapilláris szivása, mint a háromfázisú (talaj-levegő-víz) rendszerben a telítetlen állapotban és ez által a háromfázisú (talaj-levegő-víz) rendszerben a kapilláris réteg szivárgási tényezője lényegesen nagyobb, mint a kapilláris blokkban.



Tapasztalatok alapján a rendszer hatékony és könnyedén kivitelezhető 1:2,5 lejtőhajlásig. A finomszemcsék bemosódását elkerülése érdekében a két réteg közé geotextília szűrőréteget szoktak beépíteni.

[BME - Hulladéklerakók létesítésének szempontjai]

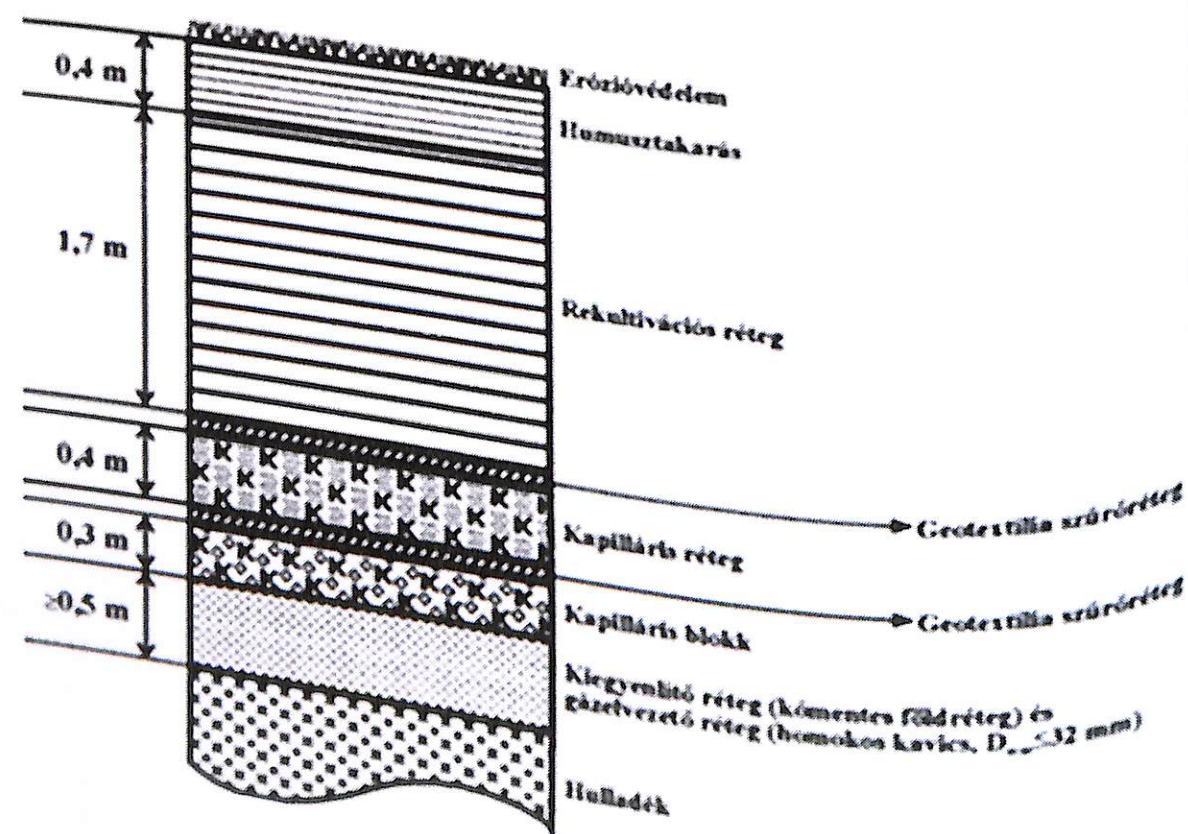
A 2.34. és 2.35. ábrán a kapilláris zárószigetelő rendszer felépítésére láthatunk példákat.

Előnyei:

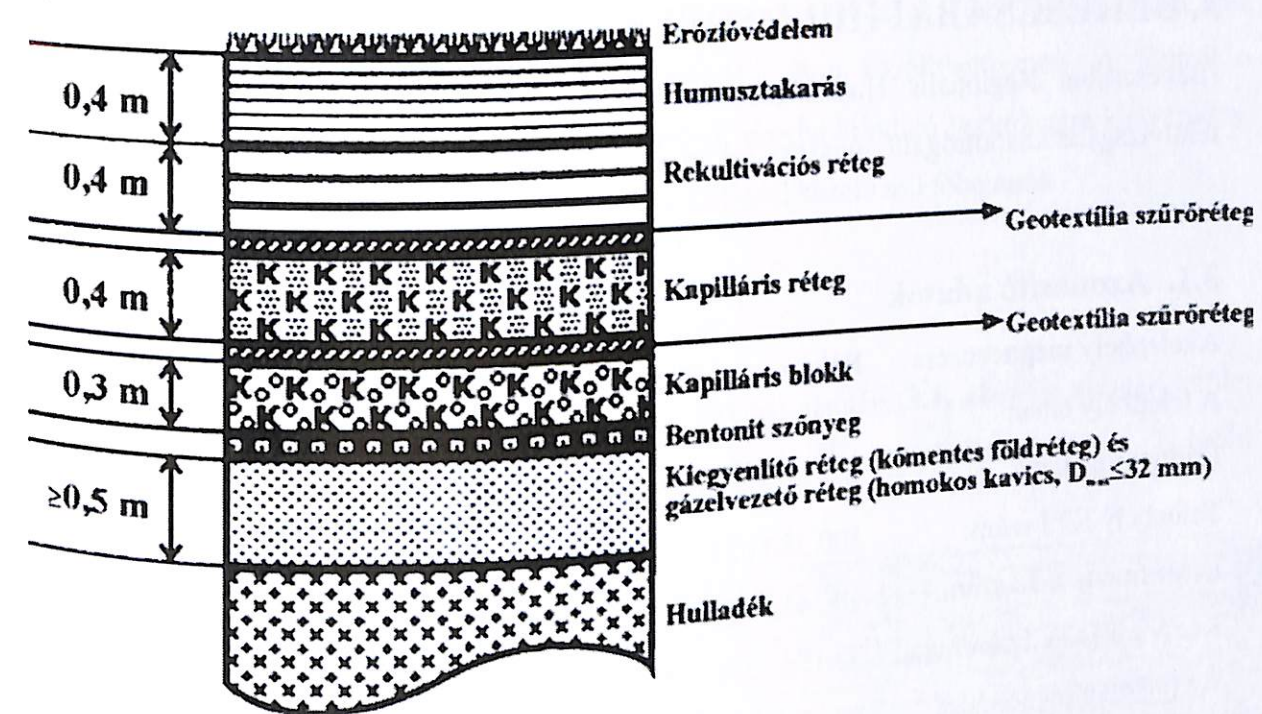
- ✓ viszonylagosan egyszerű kivitelezhetőség
- ✓ alacsony építési költség
- ✓ egyszerű minőségi ellenőrzés,
- ✓ nem reagál a kiszáradásra,
- ✓ nagyobb dőlésszögek melletti alkalmazhatóság.

Hátrányok:

- gázokkal szemben nem szigetel.



2.34. ábra  
Kapilláris zárószigetelő rendszer felépítése (1. alternatíva)



2.35. ábra  
Kapilláris zárószigetelő rendszer felépítése (2. alternatíva)



### 3. BÉKÉSCSABAI HULLADÉKLERAKÓ

[Békéscsabai Regionális Hulladékkezelő Mű, I. ütem átmeneti rekultivációja műszaki felülvizsgálat állapotörögzítő műszaki dokumentáció alapján]

#### 3.1. Azonosító adatok

A telephely megnevezése: Békéscsabai Regionális Hulladékkezelő Mű  
 A telephely címe: 5600 Békéscsaba, Felső-nyomás 231.  
 Érintett ingatlan: Békéscsaba, külterület, 0763/194 hrsz.  
 Telephely KTJ szám: 100 380 027  
 Létesítmény KTJ szám: 101 616 734  
 Központi EOVS koordináták: X: 154 134, Y: 801 888  
 Az ingatlan tulajdonosa: Békéscsaba Megyei Jogú Város Önkormányzata (5600 Békéscsaba, Szent István tér 7.)  
 A tárgyi Mű üzemeltetője: Békéscsabai Városüzemeltetési Kft.  
 (5600 Békéscsaba, Laktanya u. 3.)  
 A tárgyi ingatlan területe: 20,1485 ha  
 A korábbi engedélyek a tárgyi ingatlant Békéscsaba, 0763/27 helyrajzi számon azonosítják. Az időközben elvégzett ingatlan megosztások és telekalakítások miatt az I. ütem jelenleg a Békéscsaba, 0763/194 hrsz. ingatlan területén található.

#### 3.2. Elhelyezkedés, megközelíthetőség

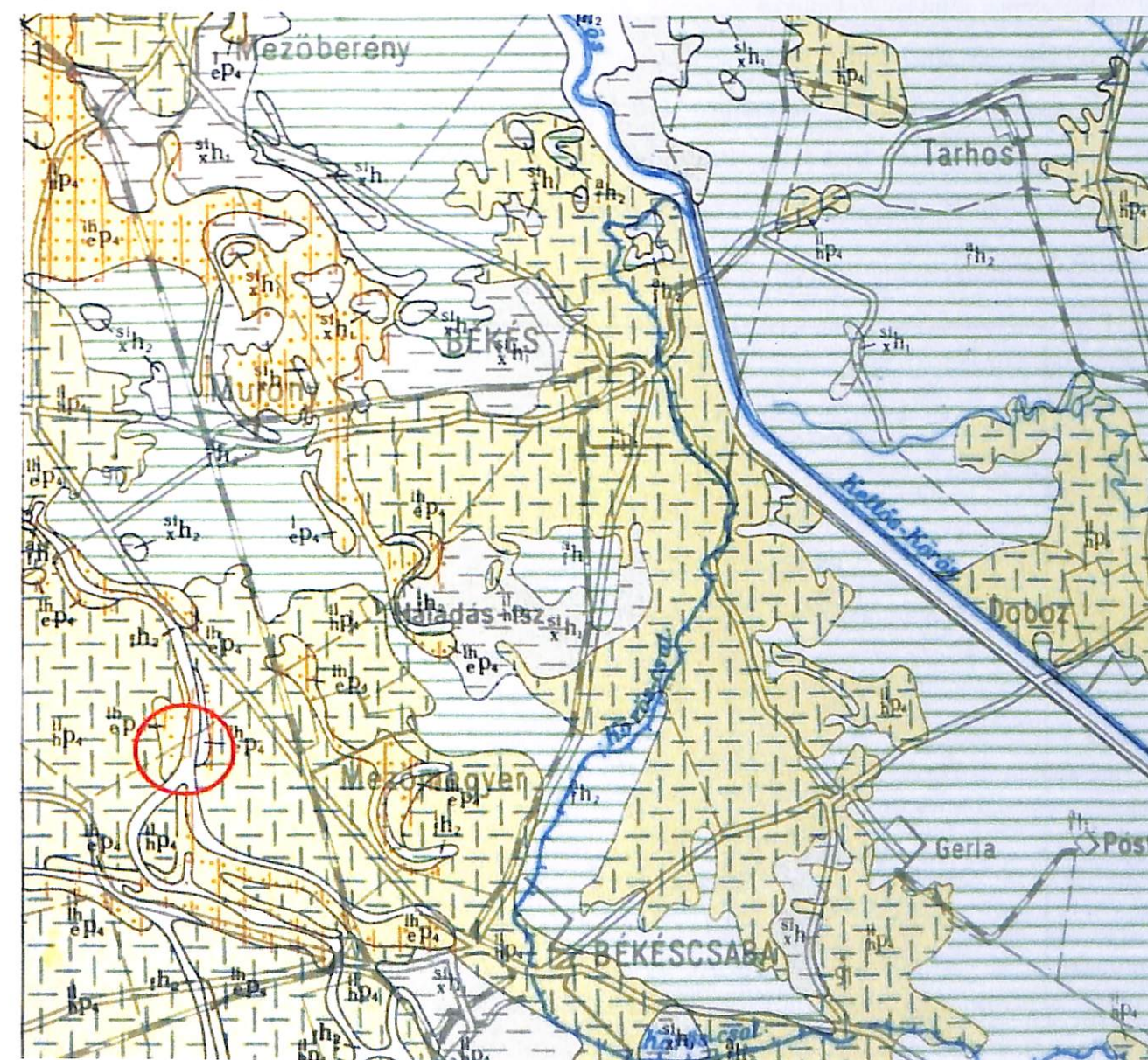
Békéscsaba elhelyezését tekintve a Tiszántúl déli részén, a Körös-Maros közén, 8 km-re délnyugatra fekszik a Kettős-Körös folyótól. Békés megye földrajzi középpontjában található. A város Gyulától 16 kilométerre, nyugatra, Orosházától 36 km-re északkeletre található. A várostól keletre 20 kilométerre a román határ fekszik. A városonál találkoznak a 44-es és 47-es főutak. A 120-as és 135-ös vasútvonalak metszik a települést. Átlagos tengerszint feletti magassága 85–90 méter. Alacsonyabb pontjai Jamina, az északnyugati városrész és a déli végek. Magasabb a belváros, a keleti részeken található „hát” elnevezésű részei (például Vandhát). Az Evangélikus Nagytemplom hátsó küszöbét tartják a város egyik legmagasabb pontjának, ez 88,75 méter tengerszint feletti magasságot jelent.

A Békéscsabai Regionális Hulladékkezelő Mű a Békéscsaba, külterület 0763/194 helyrajzi szám ingatlanon fekszik (5600 Békéscsaba, Felső-nyomás 231.). A Mű Békéscsabától ÉNy-

ra, a város szélétől mintegy 3 km távolságra található, a 44-es és 47-es főközlekedési utak közötti területen. A telep a 47-es főközlekedési úton közelíthető meg. A főútról a mezőmegyeri leágazástól ÉNy-ra található, DNy-i irányba kiinduló burkolt útra kanyarodva, majd azon mintegy 900 m-t megtéve érhető el a hulladékkezelő mű főbejárata.

#### 3.3. Földtani és talajtani adottságok

A MÁFI 1:200.000-es méretarányú földtani térképe alapján (3.1. ábra) a vizsgált terület környezetében felszíni, felszínközeli elterjedésben felső-pleisztocén és holocén képződmények települnek.



3.1. ábra

A vizsgált terület környezetének földtani térképe (MÁFI 1:200000-es földtani térképe nyomán) – a vizsgált terület elhelyezkedését a piros kör jelzi –

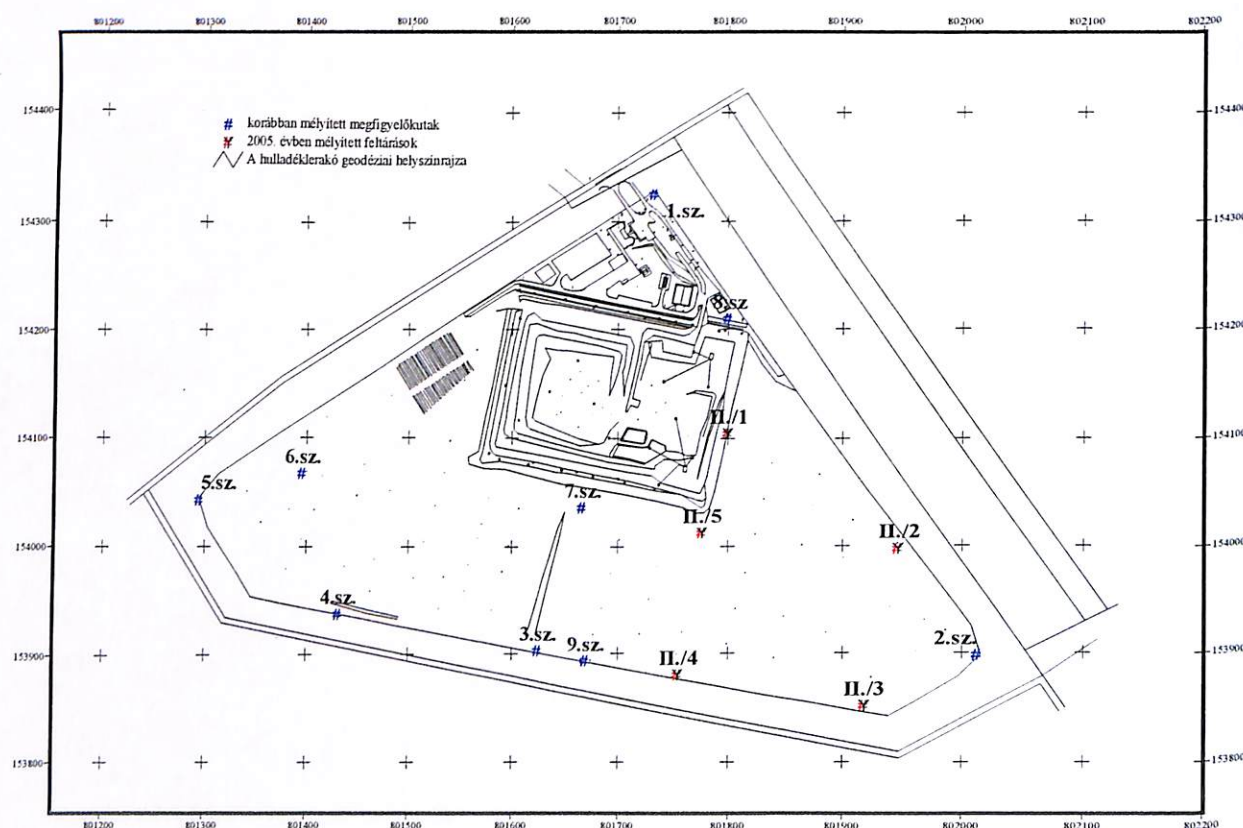


Jelmagyarázat

- Új-holocén: fh2 = friss öntés; afh2 = öntésagyag, réti agyag;  
lfh2 = öntésszap és közetliszt; sfxh2 = szikes iszap és lösziszap;
- ó-holocén: sixh1 = szikes iszap és lösziszap;
- felső-pleisztocén: lhp4 = löszös homok; ilhp4 = iszapos lösz.

A földtani közeg rétegszélvénve a telep területén és közvetlen környezetében

A békéscsabai városi kommunális szilárdhulladék lerakó telepen 2005. májusában 5 darab egyenként 6 méteres talpmélységű talaj és talajvíz feltáró fúrást mélyítettek. A fúrásokat ideiglenes mintavevő-kutakká képezték ki. A fent közölt MÁFI 1:200.000-es méretarányú földtani térképe alapján megállapítható, hogy a vizsgált hulladéklerakó területén mélyített fúrások a felszín közeli helyzetben lévő felső-pleisztocén löszös homok képződmény felső rétegeit, valamint a friss öntés részben módosult (az öntések gyakoriságának csökkenésével a konszolidáció, *kompakció* és szemcseáthalmazás útjára lépett) rétegeket harántolták. A *fúrások elhelyezkedését a 3.2. ábra mutatja.*



3.2. ábra

A békéscsabai kommunális szilárdhulladék lerakó telepen mélyített feltárások és figyelő kutak elhelyezkedése

**3.4. Az I. ütem és a kapcsolódó műszaki létesítmények adatai**

A békéscsabai kommunális hulladéklerakó üzembe helyezési eljárása 1997. március 10-én volt. Az I. ütem építéséről és üzemeltetéséről vonatkozó engedélyeket az előző fejezetben ismertettük. Az I. ütem besorolása: egységes környezethasználati engedéllyel rendelkező, műszaki védelemmel és gyűjtőrendszerekkel ellátott, dombépítésszerű típusú kommunális hulladéklerakó.

A depónia I. ütemben elhelyezett hulladékok összesített mennyisége (1997-2009):

- 515.672,48 tonna.

A depónia I. ütem szigetelt aljzatának területe:

- 3,1882 ha.

Kiszolgáló létesítmények:

- Irodaház, a hozzákapcsolódó szociális létesítményekkel (fekete-fehér öltöző, szociális helyiségek, irodák)
- Karbantartó konténer és gépkocsi mosó

Műszaki létesítmények

- Úthálózat
- Mérlegház, és hídmérleg, számítógépes hulladék-nyilvántartással
- Csapadékvíz elvezető rendszer, 450 m<sup>3</sup> hasznos térfogatú tárolóval
- Csurgalékvíz elvezető rendszer, 1.316 m<sup>3</sup> hasznos térfogatú tárolóval
- Szigetelt aljzatú, csurgalékvíz és depóniagáz gyűjtő rendszerrel
- Komposztáló telep
- Meteorológiai állomás
- Üzemanyag-töltő állomás
- 2 db talajvízsüllyesztő kút
- 7 db talajvízfigyelő kút
- Térvilágítás
- Drótfonatos kerítés
- Védőerdősáv
- Védőháló



Az I. ütem területén folytatott hulladéklerakás tevékenységet 2009. évben befejezték.

A depónia felületén 2009. december 31-ig megtörtént az átmeneti felső zárórteg rendszerének kialakítása, a 7451/17/2008. iktatási számú IPPC engedély 4.3.2.8.d) pontja szerinti előírások betartásával.

Ezt követően az I. ütem területén hulladéklerakási tevékenységet nem végeznek.

A hulladéklerakó II/A. depónia ütemének feltöltését 2009. november 26.-án kezdte meg az üzemeltető.

### 3.5. Csurgalékvíz gyűjtő és elvezető rendszer

7 db aljzatszigeteléssel ellátott zóna lett kialakítva az I. ütemben. A zónák lejtésileg hosszirányban 1-1,2 ill. 3-3,1%, míg keresztirányban a lejtés 3%. A csurgalék gyűjtő drének alatt található szigetelő rendszer mechanikai védelemként 800 g/m<sup>2</sup>-es, azokon kívül 400 g/m<sup>2</sup>-es geotextília réteg helyezkedik el. A geotextília rétegre 30 cm vastag kavics szivárgó került telepítésre. Anyaga OK-8/16-T. 250 g/m<sup>2</sup>-es geotextília réteg biztosítja a szivárgópaplan eltömődés elleni védelmét. A zónák mélyvonalában fekvő DN 200 PE-HD dréncsővek gyűjtik össze a csurgalékvizet és vezetik ki a depóniatérből.

A drének körül, annak mechanikai védelme érdekében 0,5 m magasságú, 0,6 m koronaszélességű OK-16/32-T kavicsból szivárgó prizma készült. Az I. ütemben összesen 7 db csurgalékvíz gyűjtő drén került telepítésre. A drének 10 db gáttestbe épített csurgalékvíz gyűjtő aknán keresztül csatlakozik a csurgalékvíz főgyűjtő csatornához. Beton anyagúak a NA 140/120 csurgalékvíz aknák, belső felületükön 1 réteg RESOLIT szigeteléssel. Az NA 140 aknarész helyszíni betonozással készült. Az NA 120 aknarész előregyártott aknagyűrűből épült fel. Az aknák zárható fed lapot kaptak.

A csurgalékvíz főgyűjtő csatorna DN 200 HDPE anyagú. A csurgalékvíz főgyűjtő kicsatlakozása történik a csurgalékvíz ikerműtárgy felé.

### 3.6. Depóniagáz gyűjtő rendszer

Az I. depóniában 24 db gázkút került kialakításra, amelyek alsó elszívásúak, így a telepítéskor kiépült az alsó elszívású csőrendszer.

### 3.7. Csapadékvizek

A tiszta csapadékvíz elkülönítve van összegyűjtve a lerakó felületén. A gyűjtő hálózat CS-1 gerincvezetékéből és CS-2 oldalágából áll ami az I. ütem övarkának a vizeit a csapadékvíz medencébe vezeti át. A gravitációs csapadékvíz gyűjtő hálózat anyaga DN 200 KG cső. Az alkalmazott lejtés 0,5-1,0% között változik. A DN 200 KG csőből 142,5 fm került megépítésre.

Az üzemi területen a csapadékvíz csatornára 6 db NA 80 monolit beton tisztító aknát telepítettek. Az aknák öntöttvas akna fed lapot kaptak. Víznyelő által jut a csapadék az elvezető. A csapadékvíz befogadó 450m<sup>3</sup> kapacitású medence.

Az I. ütem területén a csapadékvizek gyűjtése a depónia határoló töltésének külső oldalán futó csapadékvíz elvezető folyókéval történik. A folyóka 0,2% esésű, 0,6 m fenékszélességű, 0,4 m mélységű helyszínen gyártott betonelemekből készült. A csapadékvíz gyűjtő árokából a csapadékvíz egy víznyelő aknán keresztül jut a csapadékvíz gyűjtő medencébe.

### 3.8. A lerakott hulladék mennyisége

A telepre szállítható hulladékfajták a 16/2001. (VII.18.) KöM rendelet alapján megadott EWC kódszámok szerint:

#### Települési hulladékok:

|              |                                                                                                                                                    |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EWC 20 03 01 | Egyéb települési hulladékok, ide értve a kevert települési hulladékokat (a nyilvántartásban kommunális és termelési hulladékként megkülönböztetve) |
| EWC 20 02 01 | Komposztálható hulladékok                                                                                                                          |
| EWC 20 00 07 | Lom hulladékok                                                                                                                                     |

#### Építési és bontási hulladék:

|              |          |
|--------------|----------|
| EWC 17 01 07 | törmelék |
|--------------|----------|

#### Hulladékok mennyisége

A lerakó üzemeltetése során a beszállított hulladékok mennyiségét, az üzembe helyezés óta (1997) hídmérlegen történő mérést követően számítógépes nyilvántartásban rögzítik.

Az alábbi táblázatban 2009-el bezárólag ismertetjük a hulladéklerakó I. ütemének területére beszállított hulladék mennyiséget (tonnában), a lerakó megnyitása óta eltelt időszakban.



A 3.1. táblázatban ismertetjük a hulladéklerakó területére beszállított hulladék mennyiségét, a lerakó megnyitása óta eltelt időszakban.

3.1. táblázat

| Év              | Lerakott hulladék | Év                | Lerakott hulladék |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1997. év        | 25 716,80         | 2004. év          | 42 860,40         |
| 1998. év        | 25 713,90         | 2005. év          | 46 503,80         |
| 1999. év        | 26 742,60         | 2006. év          | 53 030,60         |
| 2000. év        | 26 860,80         | 2007. év          | 50 512,41         |
| 2001. év        | 27 434,80         | 2008. év          | 54 616,81         |
| 2002. év        | 31 523,10         | 2009. év          | 70 042,36         |
| 2003. év        | 34 114,10         |                   |                   |
| <b>Összesen</b> |                   | <b>515 672,48</b> |                   |

Az I. ütemű lerakó lezárásakor a depóniában lévő hulladék mennyisége – a felülvizsgálat anyagban dokumentáltak szerint - geodéziai felmérésen alapuló térfogatszámítás alapján 406 934 m<sup>3</sup>.

Az I. ütem kapacitása a Körös-vidéki Környezetvédelmi Felügyelőség 10296-022/2004.sz. egységes környezethasználati engedélye alapján 316.576,8 t.

[Békéscsabai Regionális Hulladékkezelő Mű, I. ütem átmeneti rekultivációja műszaki felülvizsgálat állapottrógróztó műszaki dokumentáció alapján]

### 3.9. Az I. ütem átmeneti rekultivációja

Az I. ütem felületén kialakítandó átmeneti záró rétegrendet a korábban érvényben lévő 7451/17/2008. iktatási számú IPPC engedély 4.3.2.8.d) pontja szabályozta.

Az előírás szerint az átmeneti felső-záró rendszer elemei:

- kiegyenlítő-gázelvezető réteg

- fedőréteg

- vegetációs réteg

Az alkalmazandó rétegrend a 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet 4. sz. melléklet, 2. pontjában ismertetetteknek megfelelően egy átmeneti és egy végleges zárórétegből áll.

A jelenlegi szabályozás értelmében ez a rétegrend kerül kiépítésre a lerakó teljes területén.

Átmeneti záróréteg a jelenlegi szabályozás szerint:

a) kiegyenlítő réteg (0-50 cm)

b) gázelvezető réteg (amennyiben szükséges)

c) szigetelőréteg (amennyiben szükséges)

d) fedőréteg (min 40 cm)

Az átmeneti záróréteggel lezárt hulladéklerakót legkésőbb 10 éven belül végleges záróréteggel kell ellátni. Ez az időtartam a hulladéktest biológailag lebomló szerves összetevőinek biológiai stabilizálódásához szükséges. A depónia I. ütem átmeneti felső záróréteg-rendszerének kialakítását 2009. december 31-ig elvégezték.

Az I. ütem engedélyezett betöltési maximuma: 21,5 m (110,9 mBf).

Az aktualizáló geodéziai felmérés alapján a kiépített átmeneti felső-záró szigetelés maximális szintje: 111,14 mBf.

A 2014.04.17.-i geodéziai felmérés alapján a 3,1882 ha kiterjedésű I. ütem részüinek magassága max. 25 m, a rézsűhajlás 22-36° között változik, amely a teljes oldalhosszon átlagosan 1:2 – 1:2,5 közöttinek adódik.

A hulladéklerakó az eredeti terveknek megfelelően IV. ütemben épült volna ki. Tekintettel az időközben a tervezett DAREH beruházás érdekében végrehajtott telekalakításra, a korábban 0763/27 hrsz-on nyilvántartott ingatlant megosztották 0763/192 és /194 hrsz. ingatlanokra. Ezzel együtt a hulladéklerakó eredeti IV. ütemének megépítésre nem kerül sor.



### 3.10 Az I. ütem végleges rekultivációs réteg tervezése

A 4. számú melléklet a 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet alapján a végleges felső zárórég rendszer felépítése és funkciója:

"A végleges felső zárórég rendszer részei:

a) kiegyenlítő réteg (0-50 cm)

Funkciója: a hulladéktest felső és oldalirányú kiegyenlítése, módosítása, beleértve az átmeneti felső zárórég rendszerrel történt lezárás során kialakult süllyedések megszüntetését is, valamint a hulladéktest alkalmassá tétele a következő rétegek elhelyezésére.

Anyaga: kis mésztartalmú, homogén, nem kötött talaj, kohósalak vagy hulladékégető salakja, B3 alkategóriájú lerakó esetén jó gázvezető képességű talaj, kohósalak, hulladékégető salakja, aprószemcsés hulladék, külön jogszabályban meghatározott maradék hulladék vagy stabilizált biohulladék.

b) gázvezető réteg (ha szükséges)

Funkciója: a hulladék egyes összetevőinek biológiai bomlása során keletkező hulladéklerakó-gáz gyűjtőrendszerbe történő elvezetése.

Anyaga: kis mésztartalmú, egyenletes szemcseeloszlású, jó gázvezető-képességű anyag, amely az adott esésviszonyok mellett kellő állékonyságú.

c) szigetelőréteg (A kategóriájú lerakónál nem kell)

Funkciója: a víz hulladéktestbe való bejutásának megakadályozása (hidraulikus gát).

A réteg többféle (ásványi és mesterséges anyagú) anyag egymás fölé rétegezésével készíthető. Az ásványi vagy természetes anyagú szigetelőrétegnél alkalmazott megoldásnak egyenértékűnek kell lennie az előírt 2x25 cm vastagságú, adott szivárgási tényezőjű (B1b és B3 kategóriájú lerakóknál  $k < 5 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ , C kategóriájú lerakóknál pedig  $k < 10^{-9} \text{ m/s}$ ) megoldással. Az egyenértékűség feltétele a hidraulikai egyenértékűség. A C kategóriájú lerakónál az ásványi anyagú szigetelőrétegen túl szigetelő lemez beépítése is szükséges.

d) szivárgó- és szűrőréteg

Funkciója: a fedőrétegen esetleg átszivárgó víz szigetelőréteg fölötti tartózkodási idejének csökkentése, illetve a zárórétegből való mielőbbi hatékony elvezetése.

Anyaga: mosott kavics, a rézsűkön osztályozatlan homokos kavics vagy kőzúzalék,  $k > 5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  szivárgási tényezőjű aprított hulladék, amelyből vízzel nem oldódik ki kockázatos anyag (pl. szederezett gumihulladék, aprított inert hulladék), geodrén, geokompozit, illetőleg geotextília, amely csak a szűrőréteg anyaga lehet.

e) fedőréteg

Funkciója: a csurgalékvíz minimalizálása, az alatta lévő rétegek védelme, a növényzet telepítéséhez szükséges, megfelelő környezet biztosítása.

A réteg többféle anyag egymás fölé rétegezésével készíthető. A szivárgó- és szűrőréteggel érintkező (20-30 cm vastagságú) gyökérzáró réteg erősen kötött vagy erősen kötőrmeléken tömör anyag, célszerűen osztályozott építési-bontási hulladék. Ezt követi az (50-70 cm vastagságú) altalaj réteg, amely készülhet kis humusztartalmú talajból vagy stabilizált biohulladékból. A fedőréteg legfelső része a (mintegy 30 cm vastagságú) szervesanyagban gazdag talajréteg, amely a növények táplálását szolgálja. A természetes anyagú szigetelőréteg felett a szivárgó-szűrő réteg és a fedőréteg összvastagsága legalább 1,0 m legyen.

f) vegetációs réteg

Funkciója: a víz alsóbb rétegekbe való bejutásának akadályozása, illetőleg az erózióval szembeni védelem.

Anyaga: nem mélygyökérzetű, kis tápanyagigényű, szárazság- és forróságtűrő növények, amelyek megfelelnek az ökológiai környezetnek is."

A tervezéshez a GEOSZABÓ Mérnöki Iroda Bt. által készített végleges rekultivációs modellt vettem alapul.

| Végleges lezárás                                                                      | modell                    | Anyag                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------|
|  | Növénytelepítés           | Fűvesítés                                                   |
|                                                                                       | Fedőréteg 70 cm           | Humuszos talaj 30 cm<br>Alacsony humusztartalmú talaj 40 cm |
|                                                                                       | Védő-réteg                | Geotextil 600 g/m <sup>2</sup>                              |
|                                                                                       | Szivárgó-réteg 30 cm      | Mosott kavics                                               |
|                                                                                       | Szigetelőréteg 2 x 25 cm  | Agyag                                                       |
|                                                                                       | Gázvezető réteg 25 cm     | Homok                                                       |
|                                                                                       | Kiegyenlítő réteg 0-50 cm | Talaj                                                       |
| Hulladéktest                                                                          |                           |                                                             |



a. kiegyenlítő réteg:

anyaga: homogén, nem kötött, jó-gázvezető képességű, kis mésztartalmú talaj.

vastagsága: 30cm

A hulladéktestre helyezett talaj, mely pórusmérete miatt alkalmas a nagy felületen kilépő depóniagáz gyűjtésre.

b. gázvezető réteg:

anyaga: egyenletes szemcseeloszlású, jó gázvezető-képességű homok.

vastagsága: 25cm

A megfelelően kialakított talajrészre fektetett homok rész. A gázvezető rétegbe be vannak tömődés mentesen építve a depónia kutak.

c. szigetelőréteg:

anyaga: agyag

vastagsága: 2x25cm

A gázvezető réteg felé kerül beépítésre. Hidraulikus gátként működve, a vizet megakadályozza a hulladéktestbe való bejutásban. Szivárgási tényezője megfelel a jogszabálynak előírtaknak ( $k < 5 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ ).

d. szivárgó réteg:

anyaga: mosott kavics

vastagsága: 30cm

Az agyagra 30 cm vastagságban fektetett mosott kavics csökkenti a csapadék érintkezését alatt lévő kis vízáteresztő képességű agyaggal. Elvezeti a hulladék felső rétegeibe beszivárgó csapadékot és a csapadék gyűjtő hálózat segítségével a csapadék gyűjtő medencébe vezeti.

e. védő réteg:

anyaga: geotextil  $600 \text{ g/m}^2$

Hazánkban kapható sokféle geotextil ( $600 \text{ g/m}^2$ ), mely mechanikai védelmet nyújt és nem engedi a szivárgó réteg és a fedő réteg összemosódását.

f. fedő réteg:

anyaga alul: alacsony humusz tartalmú talaj

vastagsága: 40cm

anyaga felül: humusz talaj

vastagsága: 30cm

A védőréteggel elválasztott szivárgó rétegre kerülő rész, amelyet elsőnek 40cm alacsony humusztartalmú talaj. A fedőréteg legfelső 30cm vastagságú humusztalaj, amely a növények táplálását fogja szolgálni és humuszból vagy komposztból készülhet.

g. vegetációs réteg:

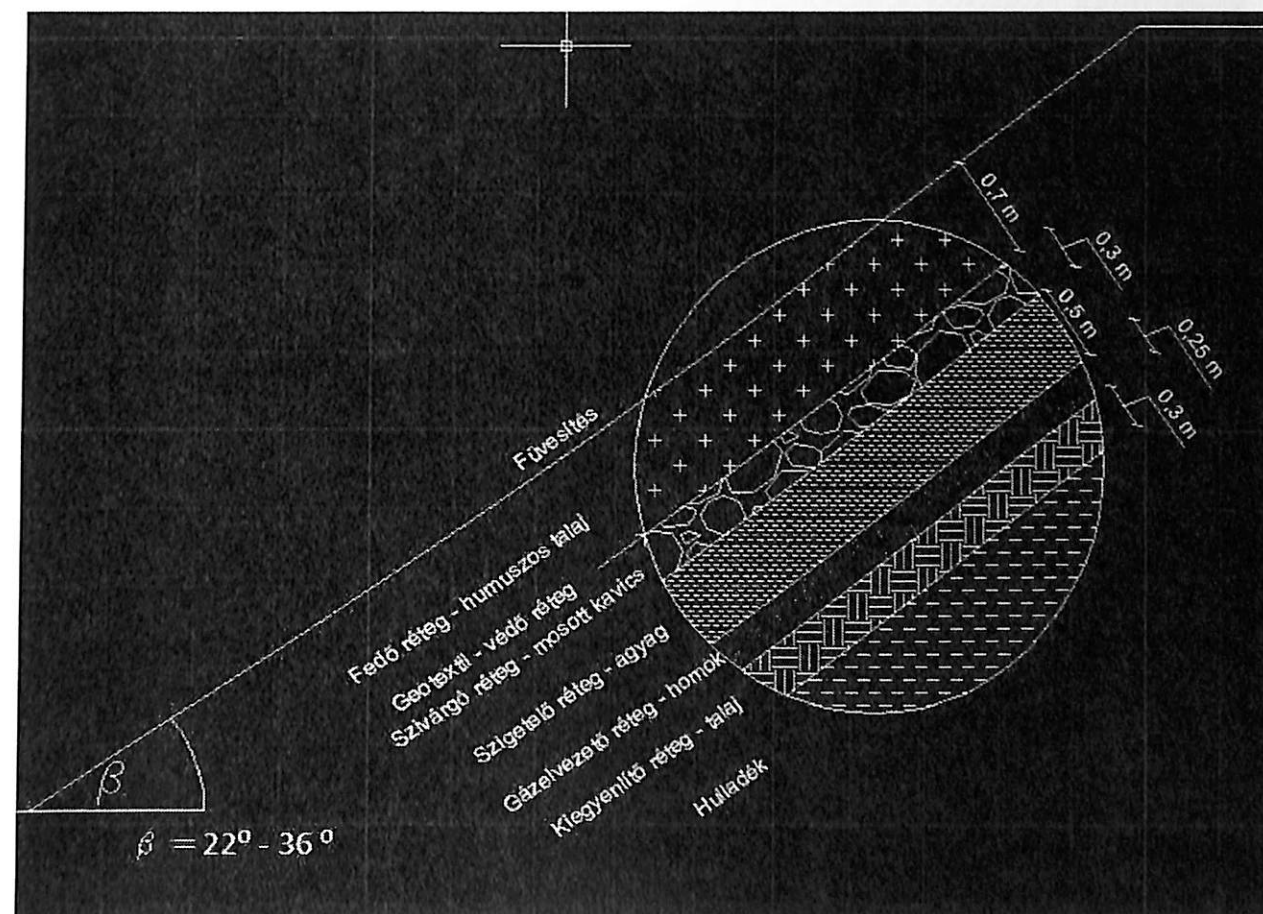
A földtakarás felső humuszos felszínét füvesíteni és esetleg cserje növényzettel kell ellátni a tájba illesztés és erózió elleni védelem biztosítása érdekében.

A végleges rekultációs rétegrend tervezett vastagsága: 2.05m.

E rétegrend választása gazdasági szempontból is és beszerezhetőség illetve megvalósíthatóság miatt történt. Az agyagszigeteléshez viszonylagosan kedvező ár tartozik illetve különösebb szaktudás nélkül kivitelezhető ez a fajta rétegrend.

A rekultivációs rétegrend számolása szőnyeg csúszás elve alapján:

Rekultivációs réteg:



$\beta=36^\circ$  a mértékadó legnagyobb rézsú hajlás szög, erre az értékre tervezünk. Az átlag  $22-36^\circ$  között van.



A tervezés során  $\Delta l = 5\text{m}$  szakaszt vizsgálunk.

A DA3 tervezés alapján a parciális értékek:

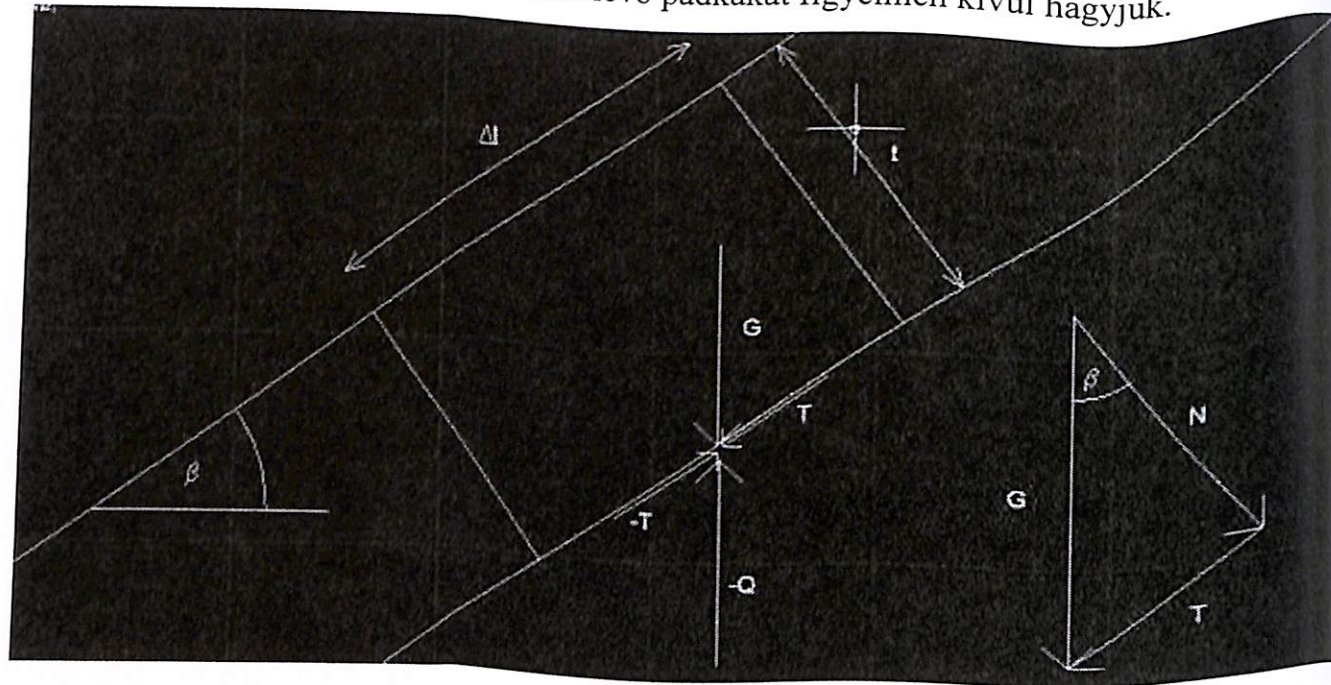
$\varphi$  parciális tényező = 1,35

$c$  parciális tényező = 1,35

$\gamma$  parciális tényező = 1,00

A rétegekhez tartozó  $\varphi$ ,  $c$  és  $\gamma$  a SZIE-YMÉK biztosította.

A tervezésnél biztonság javára a rézsűkön lévő padkákat figyelmen kívül hagyjuk.



Fedő réteg: 70cm humuszos talaj

$$\varphi = 12^\circ \quad \rightarrow \quad 12/1,35 = 8,88^\circ$$

$$c = 10 \text{ kN/m}^2 \quad \rightarrow \quad 10/1,35 = 7,47 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3 \quad \rightarrow \quad 18/1 = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$t = 0,7\text{m}$$

$$G = 1\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 0,7\text{m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3 = 12,6 \text{ kN/m}$$

$$N = \cos \beta \cdot G = \cos 36^\circ \cdot 12,6 \text{ kN/m} = 10,194 \text{ kN/m}$$

$$T = \sin \beta \cdot G = \sin 36^\circ \cdot 12,6 \text{ kN/m} = 7,406 \text{ kN/m}$$

$$T < N \cdot \tan \varphi + c \cdot l$$

$$7,406 \text{ kN/m} < 10,194 \text{ kN/m} \cdot \tan 8,88^\circ + 7,47 \text{ kN/m}^2 \cdot 5\text{m} = 38,94 \text{ kN/m} \text{ megfelel!}$$

Ezután geotextil védőréteg következik, de a biztonság javára elhanyagoljuk.

Szivárgó réteg: 30cm mosott kavics

$$\varphi = 38^\circ \quad \rightarrow \quad 38/1,35 = 28,148^\circ$$

$$c = 0 \text{ kN/m}^2 \quad \rightarrow \quad 0$$

$$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3 \quad \rightarrow \quad 21/1 = 21 \text{ kN/m}^3$$

$$t = 0,3\text{m}$$

$$G = 1\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 0,7\text{m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3 + 1\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 0,3\text{m} \cdot 21 \text{ kN/m}^3 = 18,9 \text{ kN/m}$$

$$N = \cos \beta \cdot G = \cos 36^\circ \cdot 18,9 \text{ kN/m} = 15,04 \text{ kN/m}$$

$$T = \sin \beta \cdot G = \sin 36^\circ \cdot 18,9 \text{ kN/m} = 11,109 \text{ kN/m}$$

$$T < N \cdot \tan \varphi + c \cdot l$$

$$11,109 \text{ kN/m} < 15,04 \text{ kN/m} \cdot \tan 28,148^\circ + 0 \text{ kN/m}^2 \cdot 5\text{m} = 8,07 \text{ kN/m} \text{ nem felel meg!}$$

Szigetelő réteg: 50cm agyag

$$\varphi = 10^\circ \quad \rightarrow \quad 10/1,35 = 7,47^\circ$$

$$c = 30 \text{ kN/m}^2 \quad \rightarrow \quad 30/1,35 = 22,22 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 \quad \rightarrow \quad 19/1 = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$t = 0,5\text{m}$$

$$G = 18,9 \text{ kN/m} + 1\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 0,5\text{m} \cdot 19 \text{ kN/m}^3 = 28,4 \text{ kN/m}$$

$$N = \cos \beta \cdot G = \cos 36^\circ \cdot 28,4 \text{ kN/m} = 22,97 \text{ kN/m}$$

$$T = \sin \beta \cdot G = \sin 36^\circ \cdot 28,4 \text{ kN/m} = 16,69 \text{ kN/m}$$

$$T < N \cdot \tan \varphi + c \cdot l$$

$$16,69 \text{ kN/m} < 22,97 \text{ kN/m} \cdot \tan 7,47^\circ + 22,22 \text{ kN/m}^2 \cdot 5\text{m} = 114,11 \text{ kN/m} \text{ megfelel!}$$

Gázvezető réteg: 25 cm homok

$$\varphi = 32^\circ \quad \rightarrow \quad 32/1,35 = 23,73^\circ$$

$$c = 0 \text{ kN/m}^2 \quad \rightarrow \quad 0$$

$$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3 \quad \rightarrow \quad 22/1 = 22 \text{ kN/m}^3$$

$$t = 0,25\text{m}$$



$$G=28,4 \text{ kN/m} + 1\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 0,25\text{m} \cdot 21 \text{ kN/m}^2 = 33,65 \text{ kN/m}$$

$$N=\cos \beta \cdot G=\cos 36^\circ \cdot 33,65 \text{ kN/m} = 27,22 \text{ kN/m}$$

$$T=\sin \beta \cdot G=\sin 36^\circ \cdot 33,65 \text{ kN/m} = 19,77 \text{ kN/m}$$

$$T < N \cdot \tan \varphi + c \cdot l$$

$$19,77 \text{ kN/m} < 27,22 \text{ kN/m} \cdot \tan 23,73^\circ + 0 \text{ kN/m}^2 \cdot 5\text{m} = 11,97 \text{ kN/m} \text{ nem felel meg!}$$

Kiegyenlítő réteg: 50cm talaj

$$\varphi = 11^\circ \quad \rightarrow \quad 11/1,35 = 8,15^\circ$$

$$c=8 \text{ kN/m}^2 \quad \rightarrow \quad 10/1,35=5,93 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma=16 \text{ kN/m}^3 \quad \rightarrow \quad 16/1=16 \text{ kN/m}^3$$

$$t = 0,5\text{m}$$

$$G=33,65 \text{ kN/m} + 1\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 0,5\text{m} \cdot 16 \text{ kN/m}^3 = 41,65 \text{ kN/m}$$

$$N=\cos \beta \cdot G=\cos 36^\circ \cdot 41,65 \text{ kN/m} = 33,69 \text{ kN/m}$$

$$T=\sin \beta \cdot G=\sin 36^\circ \cdot 41,65 \text{ kN/m} = 24,48 \text{ kN/m}$$

$$T < N \cdot \tan \varphi + c \cdot l$$

$$24,48 \text{ kN/m} < 33,69 \text{ kN/m} \cdot \tan 8,15^\circ + 5,93 \text{ kN/m}^2 \cdot 5\text{m} = 34,47 \text{ kN/m} \text{ megfelel!}$$

### Konklúzió:

A tervezett rétegrend két helyen a számolás alapján nem felelt meg, a mosott kavics és az agyag találkozásánál illetve a homok és a kiegyenlítő réteg talaj találkozásánál csúszik meg.

A tény, hogy a biztonság javára nem vettük figyelembe a padkákat a rézsún illetve a talaj  $\varphi$  és  $c$  tényezői parciális értékkel vannak csökkentve, lehetséges volna, hogy a gyakorlatban az adott rétegrend megállna.

Új rétegrend tervezése javasolt végleges rekultivációs réteggént.

### A tervezett réteg rekultivációs költségének meghatározása (közelítő becslő érték):

A számolás a Szabó Attila által készített - Hulladéklerakók rekultivációs költségének meghatározása tanulmányt vettem segítségül.

Az adott rétegrend költségének meghatározása, abban az esetben ha ezzel történne a rekultiváció.

A rétegrendhez kiválasztása és költség meghatározása, a költség meghatározási tanulmány által említett fontos szempont alapján történt:

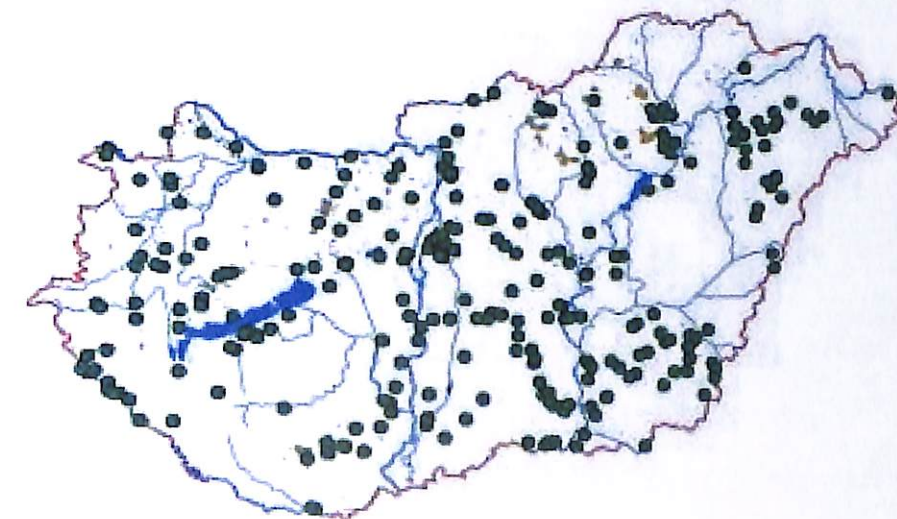
"Belátható azonban, hogy a rekultivációk költsége nagy mértékben függ a lezáró réteggént beépíteni kívánt anyagok előfordulásának és a rekultiválni kívánt lerakó (felszámolás esetében a felszámolandó lerakó és a hulladékot befogadó közötti) távolságától, ezért az egyes rekultivációs modellek kivitelezési költségeit különböző szállítási távolságokra határoztuk meg, melyek a következők:

- 20km
- 40km
- 60km
- 80km
- 100km"

(Szabó Attila - 2008 - Hulladéklerakók rekultivációs költségének meghatározása

A bányákból beszerezhető rétegrendhez szükséges anyagok helyileg Békéscsabától viszonylagosan 40km-re találhatóak.

Homok:



3.3. ábra

Homokbányák Magyarországon [Szabó Attila - (2008)]



Az ábrából jól látszik, hogy számos homokbánya **található** hazánkban, így a rekultivációhoz például kiegyenlítő, gázmentesítő réteggént felhasználni kívánt homok az ország legtöbb pontjáról elérhető.

Kavics:

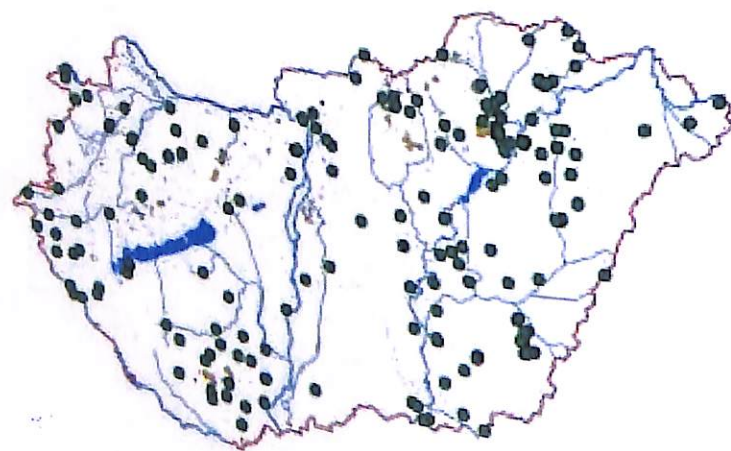


3.4. ábra

Kavicsbányák Magyarországon [Szabó Attila - (2008)]

Békéscsabához kavicsbányák 2 db körülbelül 40km-s rádiuszban, ilyen szempontból e beszerzése nehezekebb.

Agyag:



3.5. ábra

Agyagbányák Magyarországon [Szabó Attila - (2008)]  
Agyag beszerzés szempontjából jobb a helyzet, mivel a 40km rádiuszban több beszerzési pont is található.

A tervezett rekultivációs réteg számítása: szállítási távolság 40km



| Feladat                       | Egység         | Egységek | Egységár | 1 m <sup>2</sup> -re jutó költség |
|-------------------------------|----------------|----------|----------|-----------------------------------|
| Hulladék tömörítése           | m <sup>2</sup> | 1        | 130 Ft   | 130 Ft                            |
| Kiegyenlítő réteg anyagár     | m <sup>3</sup> | 0,5      | 650 Ft   | 325 Ft                            |
| Kiegyenlítő réteg szállítása  | t              | 0,775    | 800 Ft   | 620 Ft                            |
| Kiegyenlítő réteg terítése    | m <sup>2</sup> | 1        | 180 Ft   | 180 Ft                            |
| Gázmentesítő réteg anyagár    | m <sup>3</sup> | 0,25     | 1 200 Ft | 300 Ft                            |
| Gázmentesítő réteg szállítása | m <sup>3</sup> | 0,3875   | 800 Ft   | 310 Ft                            |
| Gázmentesítő réteg beépítés   | t              | 1        | 180 Ft   | 180 Ft                            |
| Szigetelő réteg anyagár       | m <sup>2</sup> | 0,5      | 1 000 Ft | 500 Ft                            |
| Szigetelő réteg szállítása    | m <sup>3</sup> | 0,8      | 800 Ft   | 640 Ft                            |
| Szigetelő réteg beépítése     | t              | 0,5      | 280 Ft   | 140 Ft                            |
| Szivárgó réteg anyagár        | m <sup>3</sup> | 0,3      | 1 200 Ft | 360 Ft                            |
| Szivárgó réteg szállítása     | m <sup>2</sup> | 0,48     | 800 Ft   | 384 Ft                            |
| Szivárgó réteg beépítése      | t              | 1        | 180 Ft   | 180 Ft                            |
| Védőréteg anyagár             | m <sup>2</sup> | 1        | 310 Ft   | 310 Ft                            |
| Védőréteg fektetés            | m <sup>2</sup> | 1        | 90 Ft    | 90 Ft                             |
| Fedőréteg 1. anyagár          | m <sup>2</sup> | 1        | 90 Ft    | 260 Ft                            |
| Fedőréteg 1. szállítás        | m <sup>2</sup> | 0,4      | 650 Ft   | 480 Ft                            |
| Fedőréteg 1. terítés          | m <sup>3</sup> | 0,6      | 800 Ft   | 180 Ft                            |
| Fedőréteg 2. agyagár          | t              | 1        | 180 Ft   | 300 Ft                            |
| Fedőréteg 2. szállítás        | m <sup>2</sup> | 0,3      | 1 000 Ft | 360 Ft                            |
| Fedőréteg 2. beépítés         | m <sup>3</sup> | 0,45     | 800 Ft   | 180 Ft                            |
| Füvesítés                     | m <sup>2</sup> | 1        | 90 Ft    | 90 Ft                             |
| <b>Összesen:</b>              |                |          |          | <b>6 499 Ft</b>                   |

[Szabó Attila - (2008)]

Számítási adatok:

Számítási alapadatok:

Kiegyenlítő réteg anyaga: talaj/meddő, ár: 650 Ft/m<sup>3</sup>

Kiegyenlítő réteg sűrűsége: 1,5 t/m<sup>3</sup>



Gázvezető réteg anyaga: homok, ár: 1200 Ft/m<sup>3</sup>

Gázvezető réteg sűrűsége: 1,55 t/m<sup>3</sup>

Szigetelő réteg anyaga: agyag, ár: 1.000 Ft/m<sup>3</sup>

Szigetelő réteg sűrűsége: 1,6 t/m<sup>3</sup>

Szivárgó réteg anyaga: mosott kavics, ár: 1200 Ft/m<sup>3</sup>

Szivárgó réteg sűrűsége: 1,6 t/m<sup>3</sup>

Fedőréteg anyaga 1., meddő, ár: 650 Ft/m<sup>3</sup>

Fedőréteg 1. sűrűsége: 1,5 t/m<sup>3</sup>

Fedőréteg anyaga 2. humusz, ár: 1.000 Ft/m<sup>3</sup>

Fedőréteg 2. sűrűsége: 1,5 t/m<sup>3</sup>

Mivel pontos m<sup>2</sup> adat nem állt rendelkezésre a tervezendő rétegrendhez, ezért a hulladék depóniát szabályos négyoldalú csonka gúla modellnek tekintetem.

Tudjuk, hogy a :

- depónia I. ütem szigetelt aljzatának területe 3,1882 ha. , illetve egyéb helyszínrajz és google térkép adataiból, ~180m alapél következik.
- 21,5 magas a hulladék töltés
- A rézsűhajlás a teljes oldalon 1:2 – 1:2,5 között változik
- A felmérés alapján az I. ütem véglegesnek tekinthető É-i és Ny-i oldalain 4 db padka került kialakításra. A padkák szélessége 2,0-4,0 m között változik, a szintkülönbség az egyes padkák között 4,5-5,0 m
- a 3,1882 ha kiterjedésű I. ütem rézsűinek magassága max. 25 m, a rézsűhajlás 22-36° között változik, amely a teljes oldalhosszon átlagosan 1:2 – 1:2,5 közöttinek adódik.

Ezen adatok alapján az I. ütem a 4 oldal és a fed lappal 26419 m<sup>2</sup> jön ki, ha csak az I. ütemet rekultiváljuk. ~26420 m<sup>2</sup>

Ezt az értéket beszorozva a rétegrend m<sup>2</sup> -hez tartozó 6499Ft-s költséggel = 171698381 Ft

Mivel a lerakó elhelyezése 4 ütemben történik, és azt számoljuk, hogy az egészet rekultiváljuk, akkor az I. ütemre jutó rekultivációs réteg költség (itt csak az É-i és Ny-i illetve a fed lapot számoljuk) 10309,32 m<sup>2</sup> -re = 67000270,68 Ft

#### 4. MELLÉKLETEK

R1 - Békéscsabai Regionális Hulladéklerakó Mű - Topográfiai térkép M=1:40000

R2 - Békéscsabai Regionális Hulladéklerakó Mű - Átnézeti helyszínrajz M=1:2000

R3 - Békéscsabai Regionális Hulladéklerakó Mű - Végleges rekultivációs rétegrend M=1:200

#### 5. HIVATKOZÁSOK

16/2001. (VII. 18.) KöM rendelet a hulladékok jegyzékéről (módosította a 22/2004. (XII. 11.) KvVM rendelet):

[http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladekgazd/jogszabalyok/16\\_2004\\_modositott.pdf](http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladekgazd/jogszabalyok/16_2004_modositott.pdf)

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

[http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=A0600020.KVV](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0600020.KVV)

2000. ÉVI XIII. törvény a hulladékgazdálkodásról:

<http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladekgazd/jogszabalyok/kv/0300100.htm>

2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról:

[http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=A1200185.TV](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1200185.TV)

A bio-degradációs hulladéktárolás

<http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/Biodegrad%C3%A1ci%C3%B3s%20Hullad%C3%A9k%20t%C3%A1rol%C3%A1s.pdf>

A lerakó szigetelőrendszere.

[http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladekgazd/tervezes\\_seged/veszhullos/04fej.htm](http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladekgazd/tervezes_seged/veszhullos/04fej.htm)

A.S.A., (1995) Hódmezővásárhely Köztisztasági Kft.: Maroslelei úti hulladékdeponáló és kezelő létesítmények üzemeltetési utasítása. Hódmezővásárhely.



Az „Önkormányzati szilárdhulladék-lerakók felmérése” című Phare-projekt:  
<http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladegazd/pharejav.htm>

BAI A.(2005): A biogáz előállítása - Jelen és jövő, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.

BAI, A.(2007): A biogáz; Száz Magyar Falu Könyvesháza Kht., Budapest.

BÁNHEGYI I. (1993):

Biológiai hulladékkezelés Hulladékgazdálkodás (szerk.: ÁRVAI J.)

BAM, (2003.):

Gutachtliche Stellungnahme zu den Eigenschaften einer Oberflächenabdichtungen aus PEHD-Dichtungsbahnen für Altdeponien, BAM-Gutachten, Berlin

BARÓTFI, I.(1998):

A biomassza energetikai hasznosítása. Energia Gazdálkodási Kézikönyv IX, Budapest

Békéscsabai Regionális Hulladékkezelő Mű, I. ütem átmeneti rekultivációja műszaki felülvizsgálat állapottrógróztó műszaki dokumentáció, rajzi melléklet - nem publikus dokumentáció

Békéscsabai Regionális Hulladékkezelő Mű - Hulladékgazdálkodás - nem publikus dokumentáció

Chian és társai (1985)

Dr. Baráti I. 2011: Magasépítéstan Msc, Energiatudatosság, környezettudatosság az építészetben előadás, Budapest

Dr. Szabó Imre - Hulladék lerakók tervezése, ütemezése I. Oktatási segédlet  
<http://hulladekonline.hu/files/81>

Dr. Szabó Imre - Hulladék lerakók lezárása és rekultivációja II. Oktatási segédlet  
<http://hulladekonline.hu/files/80>

Ehrig (1983)

Elem-akkumulátorral kapcsolatban:

<http://akkumulator-hasznosito.hu/akkumulator-ujrahasznositas>

Faur Krisztina Beáta - A lerakott hulladékok fizikai paraméterei hulladéklerakók állékonyságvizsgálatánál  
 Műszaki Földtudományi Közlemények, 83. kötet, 1. szám (2012), pp. 37–47.

Farquhar - Rovers (1973)

Hadabásné Szigethy Györgyi - Hulladéklerakók rekultiválása és utógondozása:  
[http://www.kepzesevolucioja.hu/dmdocuments/4ap/14\\_1217\\_012\\_101215.pdf](http://www.kepzesevolucioja.hu/dmdocuments/4ap/14_1217_012_101215.pdf)

Hulladéklerakók létesítésének szempontjai  
[http://www.gtt.bme.hu/gtt/oktatas/feltoltesek/BMEEOGTASC1/kornyezeti\\_geotechnika.pdf](http://www.gtt.bme.hu/gtt/oktatas/feltoltesek/BMEEOGTASC1/kornyezeti_geotechnika.pdf)

Hulladék online hulladékgazdálkodási részlege:  
<http://hulladekonline.hu/Hullad%C3%A9kgazd%C3%A1lkod%C3%A1s>

Imre Emőke - McDougall, John - Farkas József - Kovács Miklós - Czap Zoltán - V. E. D. Monteiro - Treng Phong: A bio-degradációs hulladéktárolás

KISS G. (1992):

Szilárd kommunális hulladékok felszíni elhelyezése  
 Miskolci Egyetem, Hidrogeológiai Mérnökgeológiai Tanszék, Diplomaterv.

Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Hulladékgazdálkodási és Technológiai Főosztály 2002: A hulladékgazdálkodás általános kérdései, alapelvei, Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek 1, Budapest



KÖNIG és szerzőtársai, (1996.):

Zur Beurteilung der Standsicherheit und zur Prognose von Mischabfalldeponien 12. Nürnberger Deponieseminar.

Kormányhivatal.hu a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvényről:

<http://www.kormanyhivatal.hu/download/d/6c/70000/%C3%9A%20jogszab%C3%A1lyok.pdf>

MOGYORÓSI, P.-ÁNYOS, J.(2003): Hulladéklerakóban keletkező biogáz. Debrecen

Molnár Tamás Géza: (2012)

Környezeti hatások a depóniagáz mennyiségi, illetve minőségi jellemzőire  
[https://szie.hu/file/tti/archivum/Molnar\\_Tamas\\_ertekezes.pdf](https://szie.hu/file/tti/archivum/Molnar_Tamas_ertekezes.pdf)

OLESSÁK, D. – SZABÓ, L.(1984):

Energia hulladékokból. Műszaki Könyvkiadó, Budapest

Oko-ferr.hu 2000. ÉVI XLIII. részlege:

[http://www.oko-ferr.hu/dokumentumok/2000\\_evi\\_43\\_torveny.pdf](http://www.oko-ferr.hu/dokumentumok/2000_evi_43_torveny.pdf)

OWEIS-KHERA, (1990.):

Geotechnology of Waste Management Butterworths,

Pataki Gyuláné - A veszélyes hulladékok veszélyességi osztályba sorolása - az uniós és a hazai gyakorlat (A 16/2001 (VII.18.) KöM. Rendeletéhez):  
<http://vedelem.hu/letoltes/tanulmany/tan103.pdf>

REES, J.F. (1980):

Optimization of methane production and refuse decomposition in landfills by temperature control, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 30. pp. 485-465.

RETTENBERGER, G. (1987): Gashaushalt von Deponie Deponie I, Ablagerung von Abfällen, EF Verlag,

Royal Haskoning – CANOR, (2003)

Szabó Attila - (2008):

Hulladéklerakók rekultivációs költségének meghatározása

SZABÓ, I (1999):

Hulladékelhelyezés, Miskolci Egyetemi Kiadó, Egyetemi tankönyv, p.400

Szabó - Szabó (2007)

Hulladéklerakók lezárása és tervezési segédlet - tervezési, műszaki segédlet -

Az itt közzétett anyag a GEOSZABÓ Mérnöki Iroda Bt., Dr. habil. Szabó Imre, Szabó Attila és a TERRAMED Bt. Németh Csaba által készített dokumentum szerkesztett változata.

[http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladegazd/tervezes\\_seged/rekultiv-tervezesi.pdf](http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladegazd/tervezes_seged/rekultiv-tervezesi.pdf)

Szabó - Szabó - Faur (2013)

Dr. Szabó Attila, Dr. Szabó Imre, Faur Krisztina Beáta - hulladék online 4. évfolyam 1. szám 2013 - ÚJRAHASZNOSÍTOTT ANYAGOK FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI A REKULTIVÁCIÓ SORÁN  
[http://folyoirat.hulladekonline.hu/files/216/Szab%C3%B3\\_%C3%9A%20jogszab%C3%A1lyok.pdf](http://folyoirat.hulladekonline.hu/files/216/Szab%C3%B3_%C3%9A%20jogszab%C3%A1lyok.pdf)

.pdf

Stegman-Spendlin (1985)

Research activities on enhancement of biochemical processes in sanitary landfills. Proc. of the Conf. New Directions and Research on Enhancement of Biochemical Processes in Sanitary Landfills. University of British Columbia, Vancouver, Canada, June 23-28.

SZUNYOG, I.:(2008) Elméleti biogáz potenciál – Egy európai uniós kutatási projekt részeredményei, Miskolci Egyetem Kőolaj és Földgáz Intézet Gázmérnöki Intézeti Tanszék.

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.

TCHOBANOGLIOUS et al., (1977.)

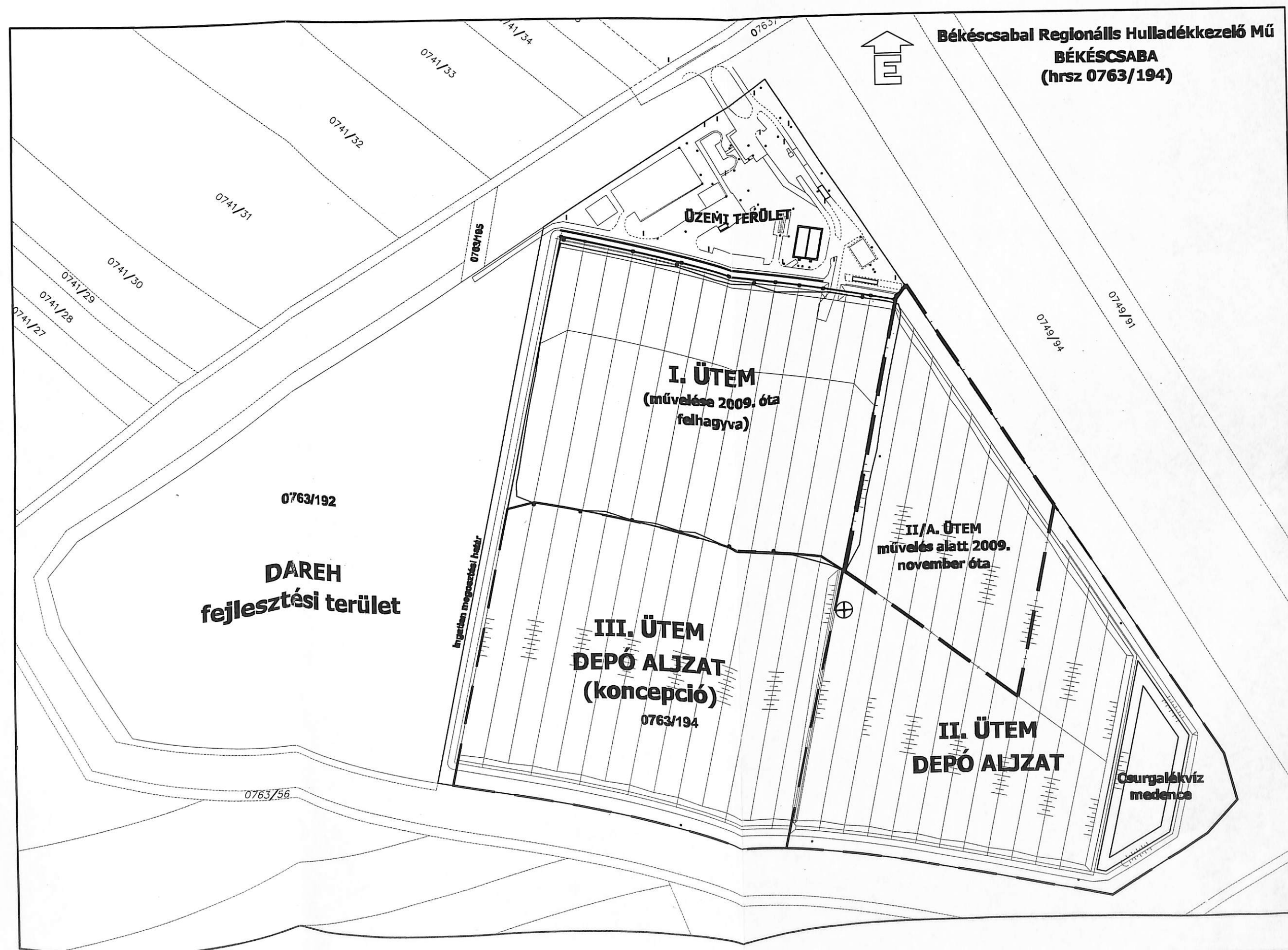


WallZeiss, (1995)

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

Yuen, (1999)

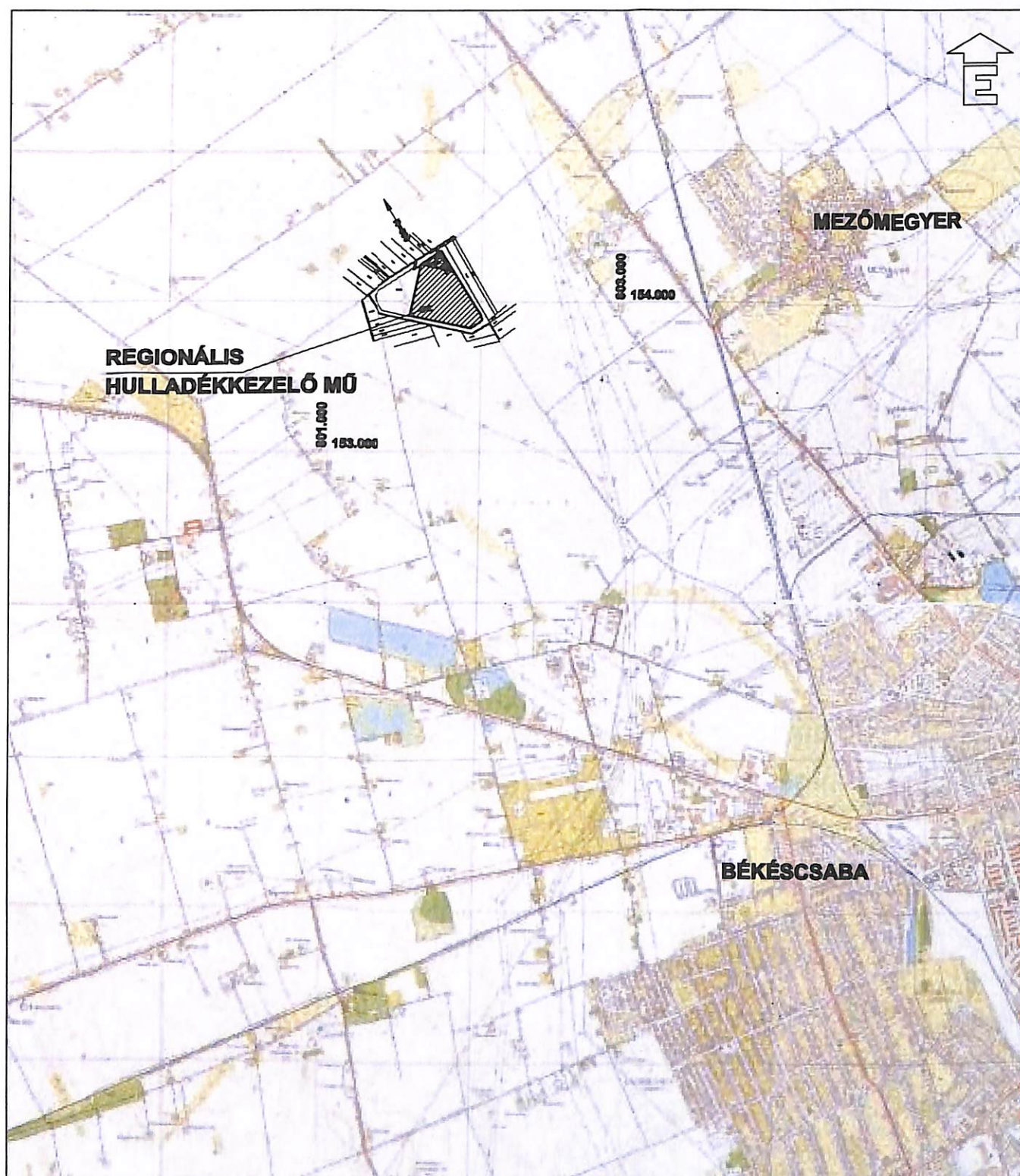




|                       |           |             |
|-----------------------|-----------|-------------|
| Hanó Bálint           | SZIE-YMÉK | 2015.01.06. |
| Átnézeti helyszínrajz | M=1:2000  | R2          |



**Békéscsabai Regionális Hulladékkezelő Mű**  
**BÉKÉSCSABA**  
**(hrsz 0763/194)**

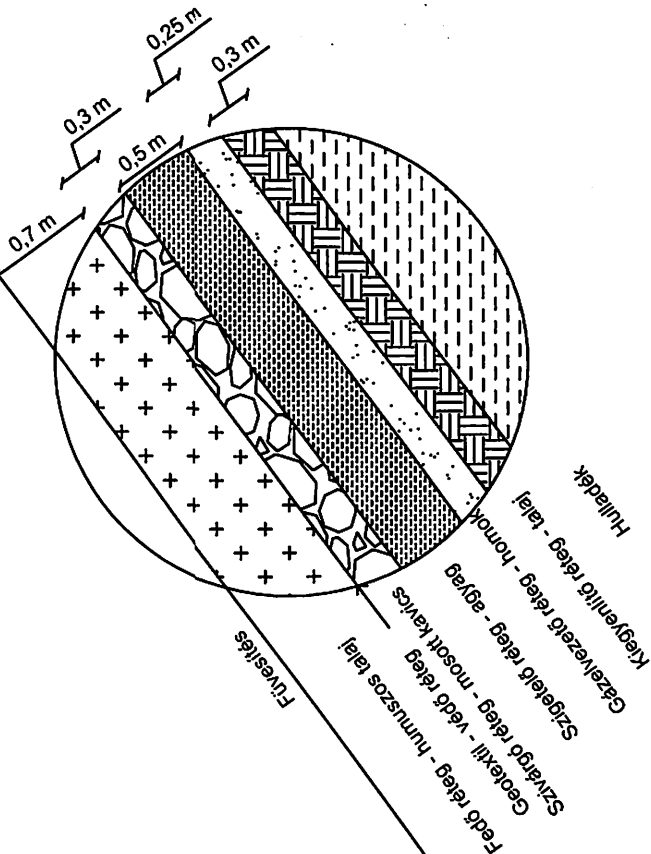


|                   |           |            |
|-------------------|-----------|------------|
| Hanó Bálint       | SZIE-YMEK | 2014.12.16 |
| Topográfai térkép | M=1:40000 | R1         |



8,00 - 13,00 m

4,50 - 5,00 m



2,00 - 4,00 m

$\beta$

$$\beta = 22^{\circ} - 36^{\circ}$$

A rézsű hajlás a teljes oldalon 1:2, és 1:2,5 között változik.

|                                   |             |            |
|-----------------------------------|-------------|------------|
| Hanó Bálint                       | SZIE - YMÉK | 2015.01.03 |
| Végleges rekultivációs rétegtrend |             | M = 1:200  |
|                                   |             | R 3        |