



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Tudományos Diákköri Konferencia dolgozat

2015.

## **Iszapvíztelenítő szalagprés intenzifikálási lehetőségeinek vizsgálata modellprés segítségével**

**Berecz Vivien**

környezetmérnöki BSc

Konzulensek:

Dr. Clement Adrienne egyetemi docens

Jászay Tamás szennyvíztechnológus

## **Köszönetnyilvánítás**

Szeretném megköszönni Jászay Tamás szennyvíztechnológusnak, a présmodell ötletgazdájának a sok segítséget, amit mérések elvégzésénél és a dolgozat megírásakor egyaránt kaptam. Nélküle ez a dolgozat nem született volna meg.

Köszönettel tartozom továbbá Dr. Clement Adrienne konzulensemnek, valamint az ACAT Kft. munkatársának, aki rendelkezésemre bocsátotta a polielektrolit mintákat, illetve minden kérdésemre készséggel válaszolt.

## Tartalomjegyzék

1	A solymári szennyvíztelep .....	4
1.1	A vízvonal.....	4
1.2	Az iszapvonal.....	5
1.2.1	Az iszapvíztelenítés .....	5
2	Célkitűzés.....	7
3	Elméleti háttér .....	8
3.1	Az iszapvíztelenítés .....	8
3.1.1	A szalagszűrőprésről .....	8
3.1.2	A polielektrolitokról .....	9
4	A szalagprés modellezése .....	11
4.1	A modell .....	11
4.1.1	A présmodell használata.....	11
5	A szárazanyag tartalom mérése.....	13
6	A préselés fizikai paramétereinek vizsgálata .....	14
6.1	A nyomóerő nagyságának hatása.....	14
6.2	A feladott iszapmennyiség befolyása.....	16
6.3	A szalagok sebessége.....	16
7	Vegyszerhasználatra vonatkozó mérések.....	18
7.1	A vegyszer mennyisége .....	18
7.1.1	Pehelyszerkezet a vegyszermennyiség vonatkozásában.....	18
7.1.2	Szárazanyag tartalom a vegyszermennyiség függvényében.....	20
7.2	Különböző polielektrolit típusok hatása a solymári iszapra .....	27
8	Összegzés .....	32
9	Források.....	34
10	Mellékletek .....	35

# 1 A solymári szennyvíztelep

Vizsgálatom tárgyát a nyári szakmai gyakorlatom helyszínéül szolgáló DAKÖV Kft. Solymári Üzemmérnökségén használt iszapvíztelenítő szalagprés képezi. Az eleveniszapos tisztítást végző telep Solymár és Pilisszentiván kommunális szennyvizét fogadja és tisztítja. A befolyó szennyvíz napi átlagos mennyisége  $1650 \text{ m}^3$ , mely tartalmazza a telepre szállított — átlag napi  $30 \text{ m}^3$  — szippantott szennyvizet is.

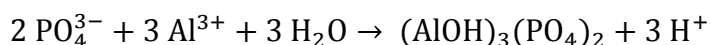
## 1.1 A vízvonal

A beérkező szennyvíz mechanikai tisztításának első pontja a rácsszűrés. A rács működése automatizált; ha a felhalmozódó rácsszemét miatt csökken az áteresztőképesség és a vízszint eléri az érzékelőt, a rács elfordul, a szennyvíz útjába tiszta rács kerül, a szűrési ellenállás és ezzel együtt a vízszint lecsökken, a kiemelt komponensek pedig a rácsszemét présre kerülnek. Ezt követően a kb. 40% szárazanyag tartalmú rácsszemét konténerben gyűlik össze és elszállításra kerül.

A szűrt szennyvíz az átemelő aknába kerül, itt keveredik a szintén szűrésen átesett szippantott szennyvízzel, majd 3 szivattyú segítségével halad tovább a homok- és zsírfogó felé.

A kombinált homok- és zsírfogóban a nagy fajsúlyú homok és kavicsok kiülepednek, a berendezés alján összegyűlnek, majd onnan egy csiga emeli ki azokat és fentről ejti a konténerbe, így megtörténik a szárítás is. A víznél kisebb sűrűségű zsírok és olajok habréteget képeznek a szennyvíz felszínén, ezek lefölezése és összegyűjtése is itt megy végbe. A leválasztott komponensek elszállításra kerülnek.

A homokfogó után, az elosztóban történik a kémiai foszforkicsapatást célzó vegyszeradagolás. Erre a célra polialumínium-kloridot használnak, mely a következő reakció alapján működik:



A keletkező komplex nagy mérete miatt ülepedésre képes, így a műtárgy alján összegyűlő nagy fajsúlyú összetevőkkel együtt eltávolítható. A vegyszer adagolása automatizáltan történik.

A tisztítás a fedett biológiai medencékben folytatódik. A szennyvíz útja a homokfogóból két, párhuzamosan működő bioreaktorba vezet, melyek 3 részből állnak. A biológiai szennyvíztisztítás első szakasza anaerob térben zajlik. Itt a nehezen bontható szerves anyagok fermentációja, valamint az oxigénmentes közeg okozta foszforleadás történik. Az anaerob térből a szennyvíz útja az anoxikus térbe vezet, ahol a denitrifikációt végző heterotróf fakultatív anaerob baktériumok élnek. A nitrát nitrogénné való alakításához szükséges tápanyagforrást a már fermentált, könnyen bontható szerves anyagok, az elektronakceptorként funkcionáló nitrátot pedig az aerob térből érkező recirkuláltatott iszap biztosítja. A biológiai tisztítás utolsó fázisa az aerob körülményeket biztosító levegőztető medencékben történik. Ebben a szakaszban alakul a befolyó szennyvíz ammónium tartalma a már említett nitráttá az autotróf Nitrosomonas és

Nitrobacter baktériumok által. Továbbá, a maradék nehezen bontható szerves anyag oxidálódik és átalakul baktériumtömeggé a többletfoszfor és nitrogén megkötés következtében. A tisztított szennyvíz és az iszap elválasztása Dorr-típusú utóülepítőben történik. Felhabzás esetén az ülepítő tetejéről összekotort hab a habcsapdában gyűlik össze, a vizet pedig visszavezetik a technológia elejére.

Az ülepítőből a tisztított szennyvíz befogadójába, az Aranyhegyi-patakba ömlik, vele folytatva útját a Duna felé. Amennyiben az ÁNTSZ utasítást ad rá, úgy a tisztított szennyvíz keresztülhalad a klórozó műtárgyon is, ahol megtörténik a vegyszeres fertőtlenítés.

## **1.2 Az iszapvonal**

Az utóülepítőből az iszap útja kétfelé ágazik. Egy része recirkuláltatott iszapként visszakerül a biológiai medencékbe az anaerob szakasznál. Ezen felül a levegőztető medence felől az anoxikus tér irányába is történik egy belső iszaprecirkuláltatás a denitrifikációhoz szükséges — az aerob nitrifikálók által előállított — nitrát biztosítása érdekében.

Az iszap másik része, a fölősiszap elvétele körülbelül óránként 10-30 m<sup>3</sup>-es adagokban történik. A fölősiszap a gravitációs sűrítőbe kerül. Itt a folyadékoszlop tetején kerül elvételre a dekantvíz, a sűrítő alján pedig előre beállított időpontban megtörténik a csapolás. A télen 1-2, nyáron 2-4 % körüli szárazanyag tartalmú sűrített iszap a keverővel ellátott sűrített iszap tározóba kerül. A csapolást követően néhány perc elteltével kezdődik az iszap víztelenítése szalagprés segítségével. A présről lejövő nyáron 15%, télen 16% körüli szárazanyag tartalmú szilárd iszaptermék 8 m<sup>3</sup>-es konténerekbe érkezik, ezekben kerül elszállításra.

### **1.2.1 Az iszapvíztelenítés**

A telepen a sűrített iszap víztelenítését 2005-ben beüzemelt DEWA N-PD L típusú szalagszűrőpréssel végzik. A gép indítása lehetséges manuálisan vagy PLC vezérléssel. A 60%-ban kationos, szilárd polielektrolit beoldása szakaszosan történik. Amikor vegyszertartályban a folyadékszint egy meghatározott értéket elér, megkezdődik a szilárd por beadagolása és annak keverés segítségével történő feloldása. A vegyszeradagoló 3 részből áll. Az első tartályban a beoldás, a másodikban a már célkoncentrációt — jelenleg 0,2% — elért vegyszer kevertetett tárolása, a harmadik tartályból pedig a prés keverőtartályába való feladás valósul meg.

A sűrítőből való iszapcsapolást követően elindul a fölősiszap tározó keverője, valamint annak iszappal való feltöltése. A csapolás időtartama általában 8 perc. A jelenlegi beállítások szerint a töltődéssel párhuzamosan, a csapolás után 4 perccel elindul a présszalagok mozgatása és azok nagy nyomású vízzel való mosatása. Az 5. percben működni kezd a vegyszerfeladó szivattyú, mely a vegyszert a keverőtartályba juttatja. A következő percben az iszapfeladó szivattyú lép működésbe, ezzel megkezdődik az iszap polielektrolittal történő pelyhesítése.

Ezt követően megindul a préselés, melynek átlagos időtartama 3 óra. Ez idő alatt nagyjából  $26 \text{ m}^3$  iszap víztelenítése történik meg. Az iszap- valamint a vegyszerfeladó szivattyú frekvenciája (térfogatárama) az irányító panelen állítható be, elméletileg 10 és 50 Hz közötti értékre. A feladás felső határa az üzemeltetési gyakorlatban valójában 45 Hz mindkét szivattyú esetén. Gyakorlatom kezdetén, júliusban ezek az értékek 44, illetve 19 Hz, valamint a feladott vegyszer koncentrációja 0,15% voltak. Július végén, a nyári iszapra való átálláskor a szennyvíztechnológus a vegyszer koncentrációját 0,2%-ra, a feladószivattyúk frekvenciáit 45 és 11,5 Hz-re módosította. Ez az iszap esetében  $8,5 \text{ m}^3/\text{h}$ , vegyszernél pedig  $0,96 \text{ m}^3/\text{h}$  térfogatáramú feladást jelent. Az iszapelszállítás általában heti két alkalommal történik  $24 \text{ m}^3$ -es adagokban.



**1. kép: Iszapvíztelenítő szalagprés a solymári telepen  
(készítette: Berecz Vivien, 2015. 09. 16.)**

## 2 Célkitűzés

A dolgozat olyan méréseket foglal össze, melyek célja a préselést befolyásoló fizikai és vegyszerhasználattal kapcsolatos paraméterek iszaptermék szárazanyag tartalmára gyakorolt hatásainak megfigyelése, továbbá ezen ismeretek birtokában olyan — a préselés paramétereire és a vegyszerhasználatra vonatkozó — javaslatok megfogalmazása, melyek a víztelenítés gazdaságos hatásfoknövelését elősegíthetik.

A szárazanyag tartalom csökkentése azért elsődleges szempont, mert az iszap elszállítása a víztelenítés legköltésesebb pontja, az üzemeltető számára az évente átlagosan 240 millió forint bevétel mellett 18 millió forint kiadást jelent, tehát célom, hogy az elszállításra kerülő iszap minél kevesebb vizet tartalmazzon.



**2. kép: A préselt iszaphoz annak saját súlya által kiperéselődő víz, mely jelzi a szárazanyag tartalom további növelhetőségét (készítette: Berecz Vivien, 2015. 07. 07.)**

Másik fontos lépés a vegyszerhasználat optimalizálása egyrészt a szárazanyag növelés céljából, másrészt az esetleges felesleges vegyszerhasználatból származó kiadások megszüntetése érdekében. Utóbbi azonban az elszállításból eredő költséghez képest nagyságrenddel kisebb, évente néhány százezer forint, így mindenképpen csak másodlagos költségcsökkentési szempontként veszem figyelembe. Gyakorlatom során a vegyszert beszállító ACAT Kft. jóvoltából lehetőségem nyílt különböző polielektrolitokkal való kísérletezésre, így vizsgálhattam, hogy esetleg egy másik típusú vegszerrel képesek vagyunk-e javulást elérni.

Szintén fontos, ám legkevésbé nyomatékos szempont volt az, hogy a javulást olyan módon érjük el, hogy a prés üzemelői, és ezzel együtt a felhasznált energia mennyisége, valamint a gép kopása minimalizálható legyen.

## 3 Elméleti háttér

### 3.1 Az iszapvíztelenítés

A víztelenítés lényege az iszap térfogatának minél nagyobb mértékű csökkentése. A víztelenítés során a folyékony iszap gyakorlatilag szilárd állapotúvá alakul. A víztelenítés hatékonyságát jól mutatja a szárazanyag tartalom csökkenése. A víztelenítés történhet alternatív vagy gépi eljárással. A nedvességtartalom csökkentése főleg a következő okokból előnyös:

- „A víztelenített iszapot általában könnyebb kezelni, mint a sűrített vagy folyékony iszapot.
- Egyes esetekben az iszap víztelenítése az iszap szagtalanná tételét, rothadó képességének megszűnését is célozza.
- A víztelenítés az iszap égetése előtt feltétlen igény, hiszen ez által az iszap energiataralmának viszonylagos növelése elérhető.
- A víztelenítés a komposztkészítés előtt is előnyös, hiszen az által az adalékanyagok mennyisége csökkenthető.
- Az iszap végső helyre szállításának költségei lényegesen alacsonyabbak lesznek.
- Az iszapvíztelenítés a feltöltésbe helyezés előtt, a feltöltésből való kilúgozódás (leachate) csökkentése érdekében követelmény.” (Öllös, 1995)

#### 3.1.1 A szalagszűrőpréről

A szalagszűrőprések alkalmazása az 1970-es évek végén kezdődött. Üzemelésük három fázisra osztható: Első lépesként a sűrített iszapot valamilyen vegyszerrel kondicionálni kell, a későbbi vízleadás megkönnyítése érdekében. Erre a célra két- és háromértékű fémek sóit vagy szerves polielektrolit oldatot használnak. Utóbbi elterjedtebb, mivel sokkal kisebb mennyiség is elegendő a pelyhesedés eléréséhez. (Koller, 2009)

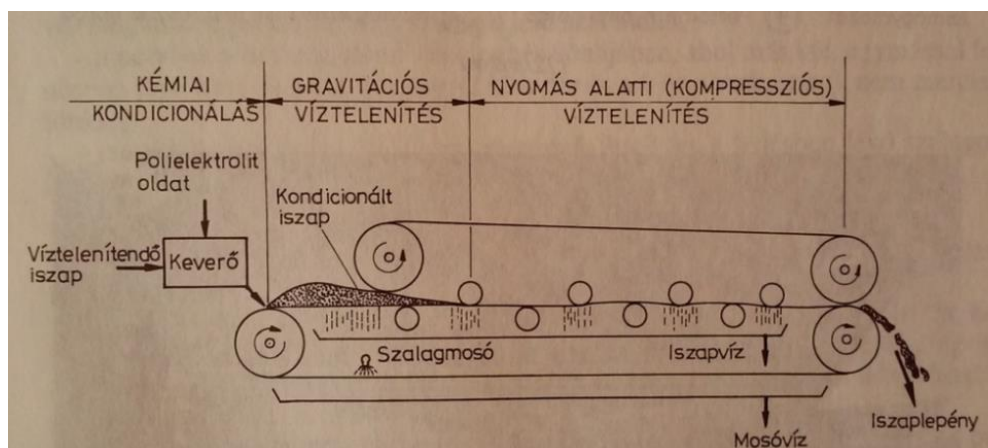
„A jó kémiai kondicionálás a sikeres szalagszűrőprézes iszapvíztelenítés kulcsa. A polimer a szuperflokkuláció-folyamatot idézi elő (ASCE, 1985). A szuperflokkuláció révén:

- nagy, erős, jelentős mennyiségű szabad, gravitációs vizet tartalmazó pelyhek képződnek,
- a szabad víz gravitációs víztelenítése nagyon eredményes,
- a pelyhek a nyomás alatti víztelenítés zónájában, ahol már két, egymással fedésben lévő szalag mozog, nem mennek tönkre,
- megvédi az iszapot attól, hogy a nyomás hatására a fedésben lévő szalagok közötti térből oldalirányban kicsússzon.” (Öllös, 1955)

A keverőtartályból a pelyhesített iszap a folyamatosan mozgó, szűrőszerű elővíztelenítő szalagra kerül. Ezen a ponton a gravitáció hatására (esetenként vákuumot is alkalmazva) alul távozik el a víz. Az elővíztelenítő szalagról az iszap sűrűbb szövésű alsó szállító, és



felső fedőszalag közé kerül, itt a gravitáción túl a szalagok közötti magas nyomás hatására préselődik ki a víz.



1. ábra: A szalagszűrés alapfolyamatai (Öllös, 1995)

A szalagszűrő folyamatos működésű berendezés. További előnye, hogy magas szárazanyag tartalmú iszaplepenyt produkál és alacsony energiaigényű. Hátrányai a következők: nagyon érzékeny a sűrített iszap jellemzőire, hidraulikai teljesítőképessége korlátozott. (Öllös, 1995)

A szalagszűrőprés által előállított iszaplepeny szárazanyag tartalma 15-23% lehet tiszta oxigénes 1-3% szárazanyag tartalmú utóülepített iszap préselése esetén. (Öllös, 1995) „A préselt iszap szárazanyagtartalma függ az iszap fajtájától és szerves anyag tartalmától. Az alacsonyabb értékek a friss fölösiszappal, illetve a még a rothadásban lévő iszappal adódnak. Egy „átlagos” iszap várható szárazanyagtartalma, 40% szervesetlen hányadot feltételezve a következő: fölösiszap: 16-18%, kevert iszap: 18-20%, rothasztott iszap: 20-25%.” (15)

### 3.1.2 A polielektrolitokról

A polielektrolitok olyan töltéssel rendelkező makromolekulák, melyek elektrolitosan disszociáló csoportokat tartalmaznak. Az iszapvíztelenítésben használt polielektrolitok szerves polimerek. Alapanyaguk kőolaj, víz, valamint az előállítandó polielektrolit típustól függő monomerek és felületaktív anyagok. Az alapanyagokból készült emulziót katalizátorral polimerizálják.

Töltés szempontjából az alábbi polielektrolitok léteznek:

- kationos
- anionos
- nemionos

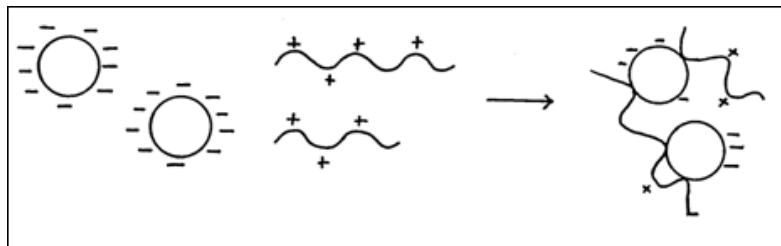
A kationos víztelenítésben használt polielektrolitok alapja általában poliakrilamid. A kommunális szennyvizek víztelenítésekor a kationos polielektrolitok használata jellemző.

Az ionerősség tekintetében a következő kategóriák léteznek:

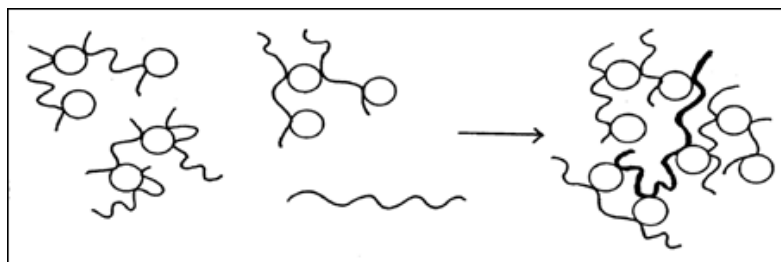
- alacsony (0,75-5%)
- közepes (10-25%)
- magas (30-50%)
- nagyon magas (55-100%)

A polielektrolitok víztelenítésben való alkalmazásának lényege, hogy a vegyszer a sűrített iszapot szétválasztja egy tiszta vízből, valamint egy flokkulált iszapból álló fázisra. A mechanizmus alapja, hogy a töltéssel rendelkező makromolekulák elektrosztatikusan vonzzák a kisebb méretű iszaprészecskéket, a hosszú szerkezet miatt pedig egymásba akadva kialakítják a pelyhet.

„A vízdoldható polimerek adagolásakor kialakuló pelyhek ún. hídképződéssel jönnek létre. A folyamat első lépése a polimerek szorpciója a szilárd részecskék felületén, mikropelyhek képződése (2. ábra). Ezt követi a mikropelyhek nagyméretű, jól ülepedő pelyhekké való összekapcsolódása. A makroméretű pelyheképződést a polimer szerkezete teszi lehetővé (3. ábra). A kolloid felületen a polimer molekula egy része szorbeálódik, a többi rész szabadon mozog az oldatban és újabb részecskékhez képes kötődni. Így a polimer mintegy hidat képezve a pelyhegységek között a mikropelyhek hálósodását, összekapcsolódását eredményezi.” (Simándi, 2011)



**2. ábra: Mikropelyhek képződése**



**3. ábra: Makropelyhek képződése**

Az optimális besűrítéshez szükséges vegyszerarány kb. 3-10 kg polielektrolit/t iszap szárazanyag (Koller, 2009). (Ehhez képest a solymári iszappal kimért optimum 26 kg vegyszer/t iszap szárazanyag. A meghatározás részleteit a 7. fejezetben taglalom.)

## 4 A szalagprés modellezése

### 4.1 A modell

A szalagprés határfokát számos paraméter befolyásolja. Modellezéséhez olyan eszközre volt szükség, amelyen az egyes paraméterek külön-külön változtathatóak, a mérések megismételhetőek, felépítése egyszerű, valamint könnyen és költséghatékonyan előállítható.

A technológus ötlete alapján egy 40 cm oldalhosszúságú, lábakon álló, négyzet alapú fémkeret készült, melyre ráhelyezhetőek a fából készített szűrőkeretekre rögzített szalagok. Ehhez a régi szalagok (elővíztelenítő és nyomószalag) kerültek felhasználásra (3. kép). Ha a keretekre megfelelő súlyt helyezünk, létrehozható a modellezendő prés 8 bar nyomásának megfelelő körülmény az alsó és felső szalagok között. Az alsó szalaghoz megfelelő alátámasztás készült, megelőzve ezzel annak terhelés hatására történő homorodását.



**3. kép: Készül a modellprés**  
(készítette: Berecz Vivien, 2015. 07. 01.)

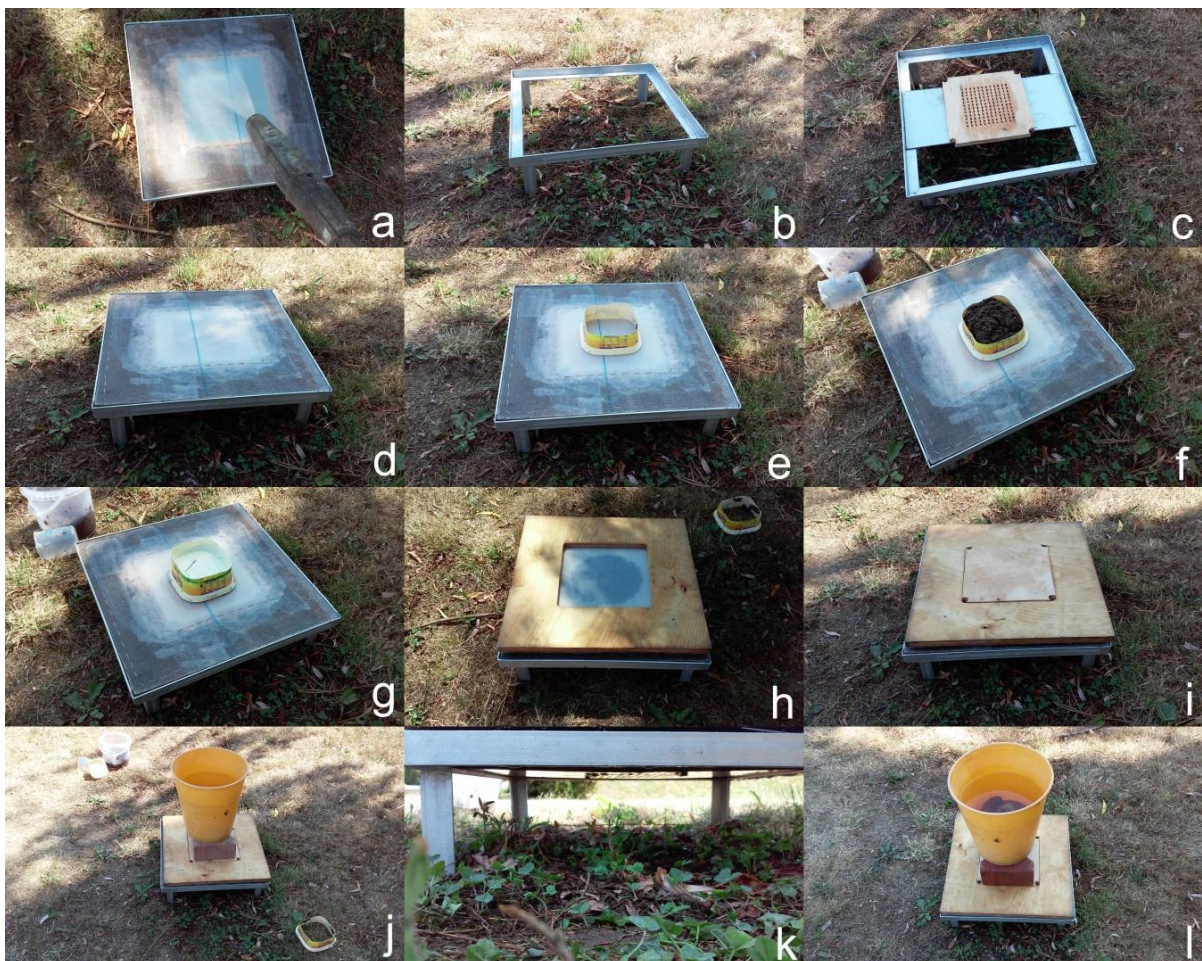
#### 4.1.1 A présmodell használata

1. A szűrővásznakot nagynyomású vízszugárral megtisztítottam (4. a kép).
2. A fémkeretre (4. b kép) ráhelyeztem a szalag feszülését biztosító alátámasztást (4. c kép), majd az alsó szalagot (4. d kép).
3. Az elővíztelenítő szalagról vett mintát az alsó szűrőszalagra helyezett műanyag formába öntöttem, melynek célja, hogy a víztelenítendő iszap mindig ugyanakkorra



felületet foglaljon el a présen, így a nyomás minden mérésnél azonos lesz (4. e és f kép).

4. Az iszapréteget elegyengettem úgy, hogy a réteg magassága kiegyenlítődjön a teljes felületen, ezt követően a műanyag formát eltávolítottam a szalagról (4. g kép).
5. A felső szűrőszalagot az iszapmintára tettem (4. h kép). A szűrőszalag keretére, azzal azonos vastagságú falapot helyeztem, a terhelés felületen való elosztatása céljából (4. i kép).
6. A választott tömeget a falapra helyeztem (4. j kép).
7. Megvártam, amíg az alsó részen a csöpögés megszűnik (4. k kép), ekkor a súlyok és a falap levételét követően függőleges irányban 180°-ban elforgattam a két szűrőkeretet, hogy azok alsó és felső helyzetükben kicserélődjenek (4. l kép). Így folytattam a préselést.
8. Szintén megvártam, amíg a csöpögés befejeződik. Erre azért van szükség, mert az eredeti présen a szalagok ferdén helyezkednek el, így a víz könnyebben elvezetődik, azonban a modellen, a vízszintes szalagon megálló vízcseppeket a súly levételekor a víztelenített iszapminta szivacsaként visszaszívja magába, meghamisítva ezzel a mérési eredményt.



4. kép: A modellel való préselés lépései (készítette: Berecz Vivien, 2015. 07. 20.)

## 5 A szárazanyag tartalom mérése

A préselt iszap minták szárazanyag tartalmának méréséhez Kern MLB50-3 típusú szárazanyag tartalom mérőt használtam, mely a következő elven működik; Az üres tálcát a mérés előtt 130 °C-ra melegíti, majd lehűti, biztosítva ezzel, hogy a tálcán lévő esetleges nedvesség elpárologjon. Tárázást követően a tálcára helyezett iszapminta tömegét méri, majd 130 °C-on elpárologtatja annak nedvességtartalmát. Eközben folyamatosan méri a tömegveszteséget. Amennyiben 3 egymást követő mérésnél nem történik tömegváltozás, a mérés leáll. A szárazanyag tartalmat a műszer a kezdeti és maradékanyag tömegének különbségéből számítja.



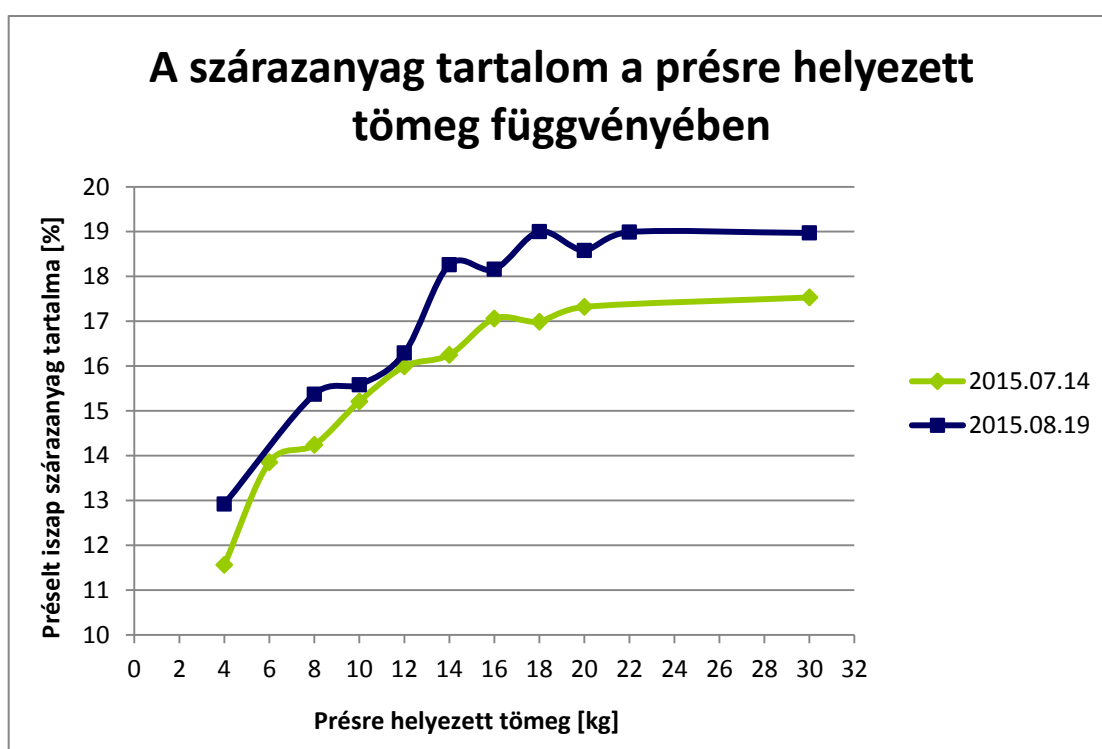
**5. kép: Kern MLB50-3 típusú szárazanyag tartalom mérő  
(készítette: Berecz Vivien, 2015. 08. 22.)**

## 6 A préselés fizikai paramétereinek vizsgálata

### 6.1 A nyomóerő nagyságának hatása

A présre helyezendő súly meghatározásához közelítő számolást végeztünk annak érdekében, hogy a modellen lévő, műanyag doboznyi területű víztelenített iszapot ugyanakkora nyomásnak tegyük ki, mint az eredeti prés szalagjainál beállított 8 bar esetén. A kapott — 16 kg körüli — értéket alulról és felülről közelítve mérősort készítettem. A víztelenített iszapmintából, melyet a modellezendő prés elővíztelenítő szalagjáról vettem, azonos mennyiségeket különböző tömeg általi terheléssel préseltem. A terhelés tartományát 4 és 30 kg közé választottam. A mérést két különböző napon, így különböző víztelenített iszappal végeztem el. A mérősorok részletes adatai az *1. mellékletben* található. Mindkét alkalommal azt tapasztaltam, hogy 16-18 kg feletti terhelésnél már nem érhető el jelentős javulás a préselt iszaptermék szárazanyag tartalmának tekintetében.

Az eredmények bizonyítják azt a feltevést, hogy a tömeg növelése együtt jár a szárazanyag tartalom növekedésével, logaritmikus függvényt követve. Tehát a préselő tömeg azonos léptékű emelése egyre kisebb javulást eredményez a szárazanyag tartalom szempontjából. Bizonyos mérték felett pedig egyáltalán nem okoz változást (*4. ábra*).



4. ábra: Iszaptermékek szárazanyag tartalma a préselő tömeg függvényében

A függvényeken belüli ingadozások oka lehet a mérőműszer pontatlansága, továbbá, hogy a homokfogó esetleges rossz hatékonyságából következően a szerves szárazanyagoknál nagyobb fajsúlyú szervesetlen anyagok (pl. homok) miatt a valósnál

magasabb szárazanyag tartalmat mutatnak a mérési eredmények. Az egyes mintákban egyenletlenül eloszlott homoktartalom a mérési sorban kiugrásokhoz vezet.

A júliusi mérés során az eredeti présről lejövő víztelenített iszaptermék szárazanyag tartalma 13,76% volt. Ugyanennek az iszapnak a modellel előállított préselt változata elérte a 17,53%-ot is. A mérési sorban a 6 kg-mal való terhelés eredményezett az eredeti préshez leginkább hasonló szárazanyag tartalmat.

Az augusztusi méréseknél az eredeti présről már 15,00%-os iszaptermék jött le. Ez az eltérés egyrészt a technológus által a sűrítőben végzett javítás, másrészt pedig a júliusban még 0,15%-os vegyszer koncentráció 0,2%-ra való átállításának eredménye. Ezzel a nagyobb szárazanyag tartalmú iszappal végzett préseléseim során a termék elérte 19,00%-os eredményt is. E mérési sor esetén az eredeti prés által előállított szárazanyag tartalmú iszapot a modell 8 kg terhelésnél már felülről közelítette.

Mindkét mérést figyelembe véve látható, hogy a prés hatásfoka a 6-8 kg közötti terhelésű modellével egyezik meg. Ez a tömeg jóval 18 kg alatti, tehát abba a tartományba esik, ahol a szalagok között lévő iszapra ható nyomás növelése nagymértékben javíthatja a termék szárazanyag tartalmát.

Jelenleg a prés 8 bar nyomáson üzemel, ez az érték gyakorlatilag a beszerelt kompresszor kapacitásának felső határa, ennél nagyobb nyomás csak új kompresszor beszerelésével érhető el, viszont a prés felső korlátja a gépkönyv szerint csak 10 bar. Másik megoldás csak a szalagprés lecserélése lehetne.

A tapasztalatok alapján úgy tűnik, hogy a présen lévő nyomást célszerű lehet akár kétszeresére is megnövelni, ekkor közelítőleg a modell 16 kg-os terhelési viszonyait érnénk el. Jóval 16 bar környéke fölé vinni a nyomást azonban nem érdemes, egyrészt mivel a szárazanyag tartalom már nem mutatna jelentős javulást, másrészt mert a 30 kg-os terhelésnél már azt tapasztaltam, hogy maga az iszap is belenyomódik a szalag nyílásaiba, így eltömítheti azokat.

Amennyiben a közeljövőben nem tervezik az iszapvíztelenítő prés lecserélését, érdemes lehet megfontolni a nyomásnövelést célzó beruházást, mivel annak néhány százezer forintot jelentő költsége a várható pozitív eredménynek, így a csökkenő szállítási költségeknek köszönhetően gyorsan megtérülne.

Tapasztalataim alapján a későbbi préselések standard terhelő tömegének a 18 kg-ot választottam a következő okokból:

- A 18 kg-mal érhető el a legjobb szárazanyag tartalom,
- ezzel együtt itt minimalizálható leginkább a vízcseppek szivacszerű visszaszívódása (amennyiben természetesen biztosítom azok összegyűléséhez és lecsöppenéséhez szükséges préselési időt).
- Így az iszaptermék minősége javul,
- továbbá a műszeres szárazanyag mérés mérési ideje csökken, pontossága pedig növekszik. (Minél több vizet kell ugyanis a műszernek elpárologtatnia, annál hosszabb időt vesz igénybe a mérés, és ez a hosszabb mérési sorok tervezésekor a választható mintaszámok fő korlátja. Másik pozitívum, hogy a nagyobb szárazanyag tartalmú minta pontosabb mérést eredményez.)

## 6.2 A feladott iszapmennyiség befolyása

Préseléskor célunk, hogy a présről minél vastagabb iszapszőnyeg jöjjön le. Egyrészt mivel a vastagabb iszapréteg kedvezőbb vízelvezetést biztosít, másrészt ugyanakkora mennyiségű iszap préseléséhez kevesebb idő szükséges, így csökkenthető az prés üzemóráinak száma. Túlzott iszapfeladás azonban az elővíztelenítő szalag túlterheléséhez, valamint a szalagok oldalán kifolyó iszaphoz vezethet.

Kíváncsi voltam, hogyan befolyásolja a préselt iszap szárazanyag tartalmát a szalagra helyezett iszapréteg vastagsága. Erre vonatkozóan a következő mérést végeztem; Ugyanazon bekevert iszaphól, a szalagra egyfajta öntőformaként ráhelyezett, egyenletes alapterületet biztosító műanyag dobozba három préselésnél 1, 2,5, valamint 4 cm-es réteget adagoltam. A mérési eredmények az 1. táblázatban láthatók. Legmagasabb szárazanyag tartalmat a 2,5 cm vastagságú bekevert iszappal értem el. Ebben az esetben a tömör, látszólag optimális állagú iszaplepeny alig lett nagyobb alapterületű a doboznál. Az 1 cm-es mérésnél rendkívül vékony, szakadozó, míg a 4 cm-esnél szinte a fakeretig terülő, vastag, de magas nedvességtartalmú, kézbevitelkor könnyen széteső iszaplepenyt kaptam. Amennyiben ez a szétterülés a modellezendő présen történik, a szalagok oldalán kifolyó iszapot eredményezett volna. Így a modellprésre felvitt optimális rétegmagasság 2,5 cm.

felvitt vastagság [cm]	sza. tart [%]
1	15,18
2,5	16,00
4	14,98

1. táblázat: Szárazanyag tartalom a szalagokra felvitt iszapréteg magasság függvényében

## 6.3 A szalagok sebessége

A préselés ideje a szalagok sebességének módosításával szabályozható. A présmodell nem alkalmas az idő paraméterrel kapcsolatos mérések végzésére, mivel a modellen a mérés akkor fejeződik be, amikor már nem látható csöpögés. Erre azért van szükség, mert az eredeti prés szalagjai nem vízszintesen állnak, így a préselt víz könnyebben elvezetődik. Ez a folyamat nem játszódik le a modellen, mivel annak szalagjai vízszintesek, a vízcsepp megáll rajtuk, és csak hosszabb idő eltelte után cseppen le. Amennyiben ezt nem várom meg a présen lévő súly levételével, az iszap szivacsként visszaszívja magába a már kipréselt vizet, és csökken a szárazanyag tartalma. Valószínűsíthető, hogy ha a préselt iszap szárazanyag tartalmát a préselési idő függvényében ábrázolnánk, logaritmikus függvényt kapnánk, mivel a súly ráhelyezését követően a csurgalékvíz szinte folyik, ez hamarosan csöpögésbe vált, melynek intenzitása egyre jobban csökken. Hosszabb idő eltelte után (általában több mint 15 perc) nagy időközökkel egy-egy nagyobb csepp hagyja el a szalagot. Ez akkor történik meg, ha a kisebb cseppeknek hagyok elég időt arra, hogy a szalagról leválni képes méretű vízcseppé álljanak össze.



Tapasztalataim szerint érdemes tehát a préselés idejét növelni. Ez a prészalagok sebességének csökkentésével érhető el. A telepen használt prés szalagjainak sebessége jelenleg a lehető leglassabb beállítás szerint üzemel, így ezek további lassításával való préselési idő növelésre a telepen nincs lehetőségünk. A hosszabb préselési idővel ugyan az üzemórák számát is növeljük, de elsődleges célunk az iszaptermék minőségének javítása, így ettől a hátránytól eltekinthetünk.

## 7 Vegyszerhasználatra vonatkozó mérések

### 7.1 A vegyszer mennyisége

#### 7.1.1 Pehelyszerkezet a vegyszermennyiség vonatkozásában

A vegyszer-iszap arányra vonatkozó mérések tervezésekor első lépésként kiszámoltam az iszap- és a vegyszerfeladó szivattyú térfogatáramát jelenlegi frekvencia beállítások mellett. A számítás részleteit a *2. mellékletben* tüntetem fel.

Iszapfeladás	Vegyszerfeladás
45 Hz	11,5 Hz
8,5 m <sup>3</sup> /h	0,96 m <sup>3</sup> /h

**2. táblázat: A feladó szivattyúk aktuális beállításai**

A vegyszer töménysége 0,2%. A hátracsapolt sűrített iszapot a tárolóból vettem, és megmértem a szárazanyag tartalmát. Ennek, továbbá a feladószivattyúk térfogatáramainak ismeretében már ki tudtam számolni a sűrített iszap egységnyi — a továbbiakban 1 g — szárazanyag tartalmára jutó vegyszer és víz tömegét, az adott keverési paraméterek mellett.

Az optimális vegyszerarány kimérése előtt készítettem egy olyan bemérési sorozatot, melynél megfigyelhettem, hogy a vegyszer adagolása során hogyan alakul ki a pehelyszerkezet. A valóshoz közelítő térfogatarányú oldatokat készítettem az iszapfeladás és a vegyszerfeladás frekvenciájának ismeretében. A legkevesebb vegyszert tartalmazó főzőpohárban 1 g sűrített iszap szárazanyag tartalomra 0,00013 g vegyszer és 42,93 g víz, míg a legtöbb polielektrolitot tartalmazóban 0,01228 g vegyszer, illetve 48,99 g víz jutott. A 6 oldatból álló mérési sor első 5 eleménél kialakult szerkezet a *6. képen* látható. A bemérési adatok a *3. mellékletben* találhatóak.



**6. kép: 250 ml 2,28% szárazanyag tartalmú sűrített iszap kialakult pehelyszerkezete 0,375; 0,75; 1,5; 3,5; 10 ml polielektrolit tartalom mellett (készítette: Berecz Vivien, 2015. 07. 17.)**

A kipelyhesedett iszapokat utólag kissé meghígítottam, a pehelyszerkezetek jobb megfigyelési lehetőségének céljából, bár megváltoztatva ezzel a jelenlévő vízarány mennyiségét. Ekkor azonban a pelyhek szerkeze kismértékben módosult.



**7. kép: Az előző mérési sor hígítás utáni állapota, a 35 ml vegyszert tartalmazó mintával együtt (készítette: Berecz Vivien, 2015. 07. 17.)**

A pelyhek préselhetőségének vizsgálata céljából újabb, hasonló, 4 elemből álló mérősort készítettem. 1 literes 2,28 % szárazanyag tartalmú sűrített iszap mintákhoz közelítőleg 5, 20, 40 és 140 ml 0,2% töménységű vegyszert adagoltam, és megfigyeltem a pehelyszerkezetet (8. kép). A mérési sor részletes adatait a 3. táblázatban tüntettem fel.

sorszám	sűr. iszap V [ml]	sűr. iszap sza. tart. [%]	jelenlévő sza. [g]	vegyszer mennyisége [ml]	vegyszeroldat koncentrációja [%]	vegyszer tömege [g]	sűrített iszaptól származó víz [g]	vegyszerből származó víz [g]	összes jelenlévő víz [g]	egységnyi szárazanyag tartalomra jutó víz tömege [g]	egységnyi szárazanyagra jutó vegyszer tömege [g]	préselt iszap szárazanyag tartalma [%]
1.	1000	2,28	22,8	5	0,2	0,01	977,2	4,99	982,19	43,08	0,00044	11,96
2.	1000	2,28	22,8	20	0,2	0,04	977,2	19,96	997,16	43,74	0,00175	13,94
3.	1000	2,28	22,8	40	0,2	0,08	977,2	39,92	1017,12	44,61	0,00351	14,96
4.	1000	2,28	22,8	140	0,2	0,28	977,2	139,72	1116,92	48,99	0,01228	15,61

**3. táblázat: A vegyszermennyiségre vonatkozó második mérési sor adatai és eredményei**



**8. kép: 1 l 2,28% szárazanyag tartalmú sűrített iszapban kialakult pehelyszerkezetek 5; 20; 40 és 140 ml 0,2%-os vegyszer hozzáadása után (készítette: Berecz Vivien, 2015. 07. 17.)**

Mindkét mérősornál megfigyelhető, hogy a vegyszer adagolása során az iszappelyhek térfogata kezdetben nő, majd tömörödnek, végül egyre több apró, felúszó pehely keletkezik. Utóbbi állapotnál túlvegyszerezést feltételeztem, azonban a későbbi mérősoroknál kiderült, hogy ekkor az oldat még mindig kevesebb vegyszert tartalmaz az optimálisnál. Ezt a préselés után kapott gyenge szárazanyag tartalom értékek (3. táblázat) is alátámasztják.

### **7.1.2 Szárazanyag tartalom a vegyszermennyiség függvényében**

A lehető legnagyobb szárazanyag tartalom eléréséhez kulcsfontosságú az adott vegyszer megfelelő arányban történő adagolása az iszaphoz. A polielektrolit mennyiségét az iszap- és a vegyszerfeladás frekvenciája valamint a szilárd polielektrolit beoldása során kiválasztott koncentráció határozza meg. Céлом volt megtalálni egy olyan vegyszer-iszap-víz arányt, amellyel a lehető legjobb minőségű iszaptermék állítható elő.

Érdekelt továbbá az, hogy a vegyszer túladagolása okoz-e szárazanyag tartalomban mérhető határfok csökkenést, és amennyiben igen, milyen szárazanyag-vegyszer arányhoz köthető.

A másik nem elhanyagolható befolyásoló tényező a jelenlévő víz mennyisége. Ez a víz az iszap, valamint a vegyszeroldat víztartalmából tevődik össze. Ezzel kapcsolatban szennyvíztechnológus a következő jelenséget tapasztalta: ha nagyon tömény, kb. 4% szárazanyag tartalmú iszapot kevert tömény, 0,5%-os vegyszerrel, hosszas keverés közben sem történt meg a kipelyhesezés. Azonban mikor az oldathoz vizet adott, azonnal megtörtént a reakció. Ilyen jellegű kísérlet elvégzésére sajnos a nyári sűrített iszap időszakos alacsony szárazanyag tartalma miatt nem nyílt lehetőségem.

Az üzemeltetés gyakorlata során megjelenő probléma az, hogy a hátracsapolt sűrített iszap szárazanyag tartalma a növekvő, illetve csökkenő hőmérséklet miatt állandóan változik, minden egyes préselés során más-más sűrűségű iszap kerül a présre. Ezzel

szemben az iszap- és a vegyszerfeladás frekvenciája, valamint a polielektrolit oldat koncentrációja állandó, tehát ezeket a paramétereket nem igazítják az iszap aktuális minőségéhez. Ennek eredményeképpen az iszapszőnyeg szárazanyag tartalma is változik.

A későbbiekben olyan mérősorokat állítottam össze, melyekben egyértelmű, hogy egy gramm szárazanyagra hány gramm vegyszer, illetve víz jut. Ezt olyan módon értem el, hogy minden mérősor mindegyik eleme ugyanannyi szárazanyagot tartalmazott, és mindig az ehhez hozzáadott vegyszer térfogatát változtattam.

Az öt mérési sor bemérési adatait és az egyes keverékek préselése után az iszaptermékek szárazanyag tartalmát a 4. táblázat tartalmazza. Sötét szürke színnel az egyes mérési sorok leghatékonyabb bekeveréseit emeltem ki.

mé- rési sor	bekeverés sorszama	mérés dátuma	sűrített iszap V [ml]	sűrített iszap szárazanya g tartalma [%]	vegyszer koncentráció [m/m%]	vegyszer V [ml]	préselt iszap szárazanyag tartalma [%]
1.	1.	2015.07.17	1000	2,28	0,2	5	11,96
	2.	2015.07.17	1000	2,28	0,2	18	13,94
	3.	2015.07.17	1000	2,28	0,2	40	14,96
	4.	2015.07.17	1000	2,28	0,2	137	15,61
2.	5.	2015.07.27	2260	1,05	0,2	85	15,47
	6.	2015.07.27	2260	1,05	0,2	225	16,37
3.	7.	2015.07.30	1930	1,18	0,2	300	16,68
	8.	2015.07.30	1930	1,18	0,2	500	15,70
	9.	2015.07.30	1930	1,18	0,2	800	15,73
	10.	2015.07.30	1930	1,18	0,2	1230	13,83
4.	11.	2015.07.31	2210	1,03	0,2	250	15,00
	12.	2015.07.31	2210	1,03	0,2	275	16,90
	13.	2015.07.31	2210	1,03	0,2	300	17,02
	14.	2015.07.31	2210	1,03	0,2	325	16,21
	15.	2015.07.31	2210	1,03	0,2	350	14,76
5.	16.	2015.08.03	2250	1,01	0,2	250	16,50
	17.	2015.08.03	2250	1,01	0,2	275	17,06
	18.	2015.08.03	2250	1,01	0,2	300	16,92
	19.	2015.08.03	2250	1,01	0,2	325	16,96
	20.	2015.08.03	2250	1,01	0,2	350	16,33

4. táblázat: A vegyszermennyiség hatására vonatkozó mérősorok adatai

Az első mérési sornál l-1 liter sűrített iszapot mértem ki 4 főzőpohárba. Mivel az iszap 2,28%-os volt, egy liter 22,8 g szárazanyagot tartalmazott. Ezekhez az iszapmintákhoz 5, 18, 40, és 137 ml polielektrolit oldatot kevertem. Az így kondicionált iszapokat a présmodellel lepréseltem, majd megmértem a szárazanyag tartalmukat. A mérési sorban a hozzáadott vegyszer mennyiségének növelésével a préselt iszaptermék szárazanyag

tartalma is javult. A legnagyobb szárazanyag tartalmat tehát a 137 ml vegyszert tartalmazó mintánál mértem. A préselések során a szalagon a 22,8 g szárazanyag tartalmú iszap által kialakított rétegmagasság optimálisnak bizonyult. (Utóbbit a fizikai paramétereknél már vizsgáltam.) Így a későbbi mérősoroknál is 22,8 g szárazanyagot tartalmazó iszapmintákhoz kevertem a különböző vegyszermennyiségeket.

A további mérések is azzal kezdődtek, hogy megmértem a frissen vett sűrített iszap szárazanyag tartalmát. Ez alapján kiszámoltam, hogy mekkora térfogatban van 22,8 g szárazanyag. Az adagolótartályból vett bekevert vegyszer hozzáadandó mennyiségét így egyszerűbb volt viszonyítani a későbbi mérősorok összeállításánál.

A második mérési sornál, melyet 10 nappal később, már csak 1,05%-os sűrített iszapot használva állítottam össze, egy 137 ml-nél kevesebb és egy több vegyszert tartalmazó mintát készítettem. Azért végeztem egy ismétlő mérést 137 ml-nél kisebb vegyszertartalommal, hogy ha esetleg az optimum az előző mérősor két legjobbnak tűnő vegyszermennyisége, azaz 137 és 40 ml között lenne, a túlادagolásból adódó hatásfokcsökkenést elkerüljem. A 137 ml-nél kisebb mennyiség 85 ml, a nagyobb 225 ml volt. Végül a 225 ml vegyszertartalmú minta préselése után nagyobb szárazanyag tartalmat kaptam az eddigiéknél (*4. táblázat, 5. és 6. bekeverés utolsó oszlopa*).

Látva, hogy a vegyszermennyiség növelésével eddig stabilan együtt járt az iszaptermék minőségi javulása (*4. táblázat, 1-6. bekeverések utolsó oszlopa*), a harmadik mérési sorozatnál jóval nagyobb polielektrolit térfogatokat adtam a 22,8 g szárazanyagot tartalmazó iszapmintákhoz, hogy egy tágabb intervallumon legyen tapasztalatom a vegyszermennyiség növelésének hatásáról. Célom volt meggyőződni arról, hogy valóban lehetséges-e túlادagolni a polielektrolitot, illetve ha igen, körülbelül mekkora mennyiség hozzáadásával. Ekkor 300, 500, 800 és 1230 ml vegyszert adagoltam a négy, 1,93 liter térfogatú, 1,03%-os, így 22,8 g szárazanyagot tartalmazó iszapmintába. A préselésüket követő szárazanyag mérések eredményéből, a 4. táblázat a 7-10. bekeverések utolsó oszlopában feltüntetett értékekből látszik, hogy valóban lehetséges túlادagolni a vegyszert, és ez nemcsak felesleges használatot, hanem látható minőségromlást is eredményez. A 300 ml polielektrolitot tartalmazó minta ugyanis még kismértékű javulást eredményezett az előző mérősorbeli 225 ml-t tartalmazóhoz képest, azonban az 500, 800 és 1230 ml vegyszert tartalmazó minták préselése már a 225 és 300 ml-hez képest rosszabb eredményhez vezetett. Az eddigi eredmények alapján valószínű, hogy a 22,8 g szárazanyaghoz adandó vegyszer mennyiségi optimuma 300 ml körül lehet, mivel eddig ez a vegyszermennyiség biztosította a legnagyobb szárazanyag tartalmú préselt iszapot.

A negyedik mérősornál a 300 ml-t szűkebb tartományon közelítettem több, illetve kevesebb polielektrolit hozzáadásával. 250, 275, 300, 325 és 350 ml vegyszert adtam az iszapmintákhoz. Az eredmények igazolták azt a feltevésem, hogy 22,8 g szárazanyagra 300 ml az optimális vegyszertérfogat, mivel szintén a 300 ml-es mintánál kaptam a legszárazabb préselt iszapot. Ehhez képest a 275 ml-t tartalmazó minta préselés utáni szárazanyag tartalma csak 0,12%-kal, a 325 ml pedig már 0,81%-kal kisebb lett

(4. táblázat, 11-15. bekeverések utolsó oszlopa). Valószínűsíthető tehát, hogy az optimum valamivel 300 ml alatt lehet.

Ellenőrzésképpen egy ötödik mérési sort is összeállítottam, újra 250, 275, 300, és 325 ml polielektrolitot adva 22,8 g szárazanyagot tartalmazó iszapmintákhoz. Ekkor szintén a 275-325 ml vegyszertérfogat tartományában mutatkozott legjobbnak az iszaptermék minősége. Eltérés volt azonban, hogy ennél a mérési sornál a 275 ml vegyszer tartalmazó minta préselése után mértem a legjobb eredményt (4. táblázat, 16-20. bekeverések utolsó oszlopa). A 300 ml-es bekeverés esetében a 275 ml-eshez képest csak 0,12%-kal kaptam gyengébb eredményt. Meglepő módon a 325 ml 0,04%-kal jobb eredményhez vezetett, mint a 300 ml, azonban ez az eltérés már betudható a műszer pontatlanságából adódó hibának.

Az eredmények alapján megállapítottam, hogy a 22,8 g szárazanyag tartalmú iszapmintákhoz adandó vegyszermennyiség optimuma 275 és 300 ml között van. Ez a megállapítás természetesen a 0,2%-os vegyszerre vonatkozik. Az optimális polielektrolit térfogat tartomány további szűkítését célzó méréseket a bemérés, illetve a műszeres mérés esetleges hibáira való tekintettel már nem tartottam érdemesnek elvégezni.

A másik szembevetendő jelenség, hogy azonos szárazanyag-vegyszer arány többször is előfordul, azonban a préselt iszap szárazanyag tartalma eltérő. Ezen példákat az 5. táblázatba gyűjtöttem össze.

	3. mérősornál	4. mérősornál	5. mérősornál
275 ml vegyszer		16,90 %	17,06
300 ml vegyszer	16,68 %	17,02 %	16,92 %
325 ml vegyszer		16,21 %	16,96 %

**5. táblázat: Ugyanazon vegyszer-szárazanyag arány mellett préselt iszaptermékek eltérő szárazanyag tartalma az előbbi 5 mérősorból**

Ezen eltérések oka lehet a sűrített iszap eltérő minősége, a bemérések vagy a mérőműszer esetleges pontatlansága, továbbá a jelenlévő víz mennyiségének befolyásoló hatása.

Az egyes méréseknél bekevert minták egységnyi szárazanyag tartalmára vetített vegyszer és víz arányokat a következő, 6. táblázatban foglaltam össze:

mérés sor	bekeverés sorszáma	g vegyszer	vegyszeroldatból származó víz [g]	iszapból származó víz [g]	összes jelenlévő víz [g]	g vegyszer/g szárazanyag	g víz/ g szárazanyag	préselt iszap szárazanyag tartalma [%]
1.	1.	0,0101	5,04	977,2	982,2399	0,00044	43,08070	11,96
	2.	0,03562	17,77	977,2	994,9744	0,00156	43,63923	13,94
	3.	0,08008	39,96	977,2	1017,1599	0,00351	44,61228	14,96
	4.	0,27272	136,09	977,2	1113,2873	0,01196	48,82839	15,61
2.	5.	0,17	84,83	2237,2	2322,0300	0,00746	101,84342	15,47
	6.	0,45	224,55	2237,2	2461,7500	0,01974	107,97149	16,37
3.	7.	0,6	299,40	1907,2	2206,6000	0,02632	96,78070	16,68
	8.	1	499,00	1907,2	2406,2000	0,04386	105,53509	15,70
	9.	1,6	798,40	1907,2	2705,6000	0,07018	118,66667	15,73
	10.	2,466	1230,53	1907,2	3137,7340	0,10816	137,61991	13,83
4.	11.	0,5	249,50	2187,2	2436,7000	0,02193	106,87281	15,00
	12.	0,55	274,45	2187,2	2461,6500	0,02412	107,96711	16,90
	13.	0,6	299,40	2187,2	2486,6000	0,02632	109,06140	17,02
	14.	0,65	324,35	2187,2	2511,5500	0,02851	110,15570	16,21
	15.	0,7	349,30	2187,2	2536,5000	0,03070	111,25000	14,76
5.	16.	0,5	249,50	2227,2	2476,7000	0,02193	108,62719	16,50
	17.	0,55	274,45	2227,2	2501,6500	0,02412	109,72149	17,06
	18.	0,6	299,40	2227,2	2526,6000	0,02632	110,81579	16,92
	19.	0,65	324,35	2227,2	2551,5500	0,02851	111,91009	16,96
	20.	0,7	349,30	2227,2	2576,5000	0,03070	113,00439	16,33

**6. táblázat: a vegyszermennyiségre vonatkozó mérési sor  
egységnyi szárazanyagra vonatkozó értékei**

A 6. táblázatban a legjobb iszapterméket adó 12., 13., 17., 18., 19., valamint az előzőekkel megegyező g vegyszer/g sűrített iszap szárazanyag arányú, de jóval alacsonyabb egységnyi szárazanyagra jutó vizet tartalmazó 7. bekeveréseket jelöltem be. Látható, hogy a vegyszer mennyiségét tekintve legnagyobb szárazanyag tartalom eléréséhez kb. 0,026 g/g sűrített iszapszárazanyag tartalom arányra érdemes beállítani.

A szükséges víz arányára vonatkozó megállapítást az eddigi mérésekből rendelkezésre álló adataim alapján arra tehetek, hogy lehetséges, hogy a víz g szárazanyagra jutó mennyiségének kb. 107 és 97 g közötti intervallumon kezdődő csökkentése negatívan befolyásolja a préselt iszaptermék szárazanyag tartalmát. Azonban az nem derül ki, hogy növelése esetén létezik-e olyan határ, amely felett ronthatja az eredményt.

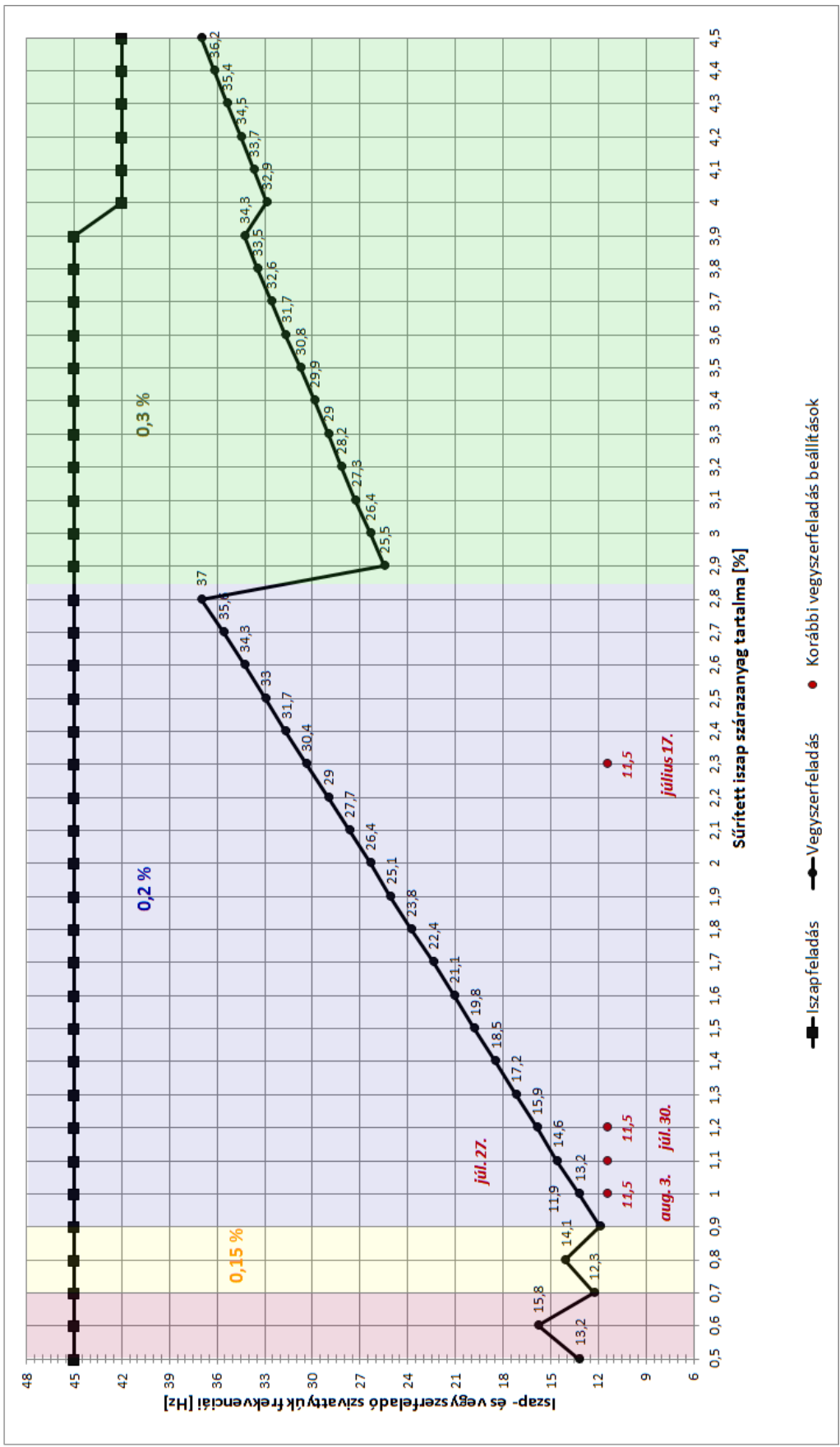
Az optimális vízmennyiségre vonatkozó feltételezés magyarázatot adhat a 7.1.1. fejezetben bemutatott mérési sorok eredményeire is. Az első mérősornál a már kipelyhesedett iszapmintákat (6. kép) tovább hígítottam, és ez a pehelyszerkezet módosulásához vezetett (7. kép), főleg a kevesebb vegyszert, így kevesebb vizet tartalmazó minták esetén. (Az iszapból származó víz minden mintánál megegyezik.) A hígítás előtti állapotban a mintákban lévő víz-szárazanyag arány jóval 97 g alatt van (3. melléklet).



A második mérősor adatait tekintve (3. táblázat) is 97 g alatti, 43-49 g közötti a jelenlévő víz g szárazanyagra jutó mennyisége, így feltételezhető lenne, hogy ez már jelentősen rontja az iszaptermék minőségét. Azonban az egyes préselt mintáknál kapott szárazanyag eredmények sokkal nagyobb mértékben eltérnek, mint a víztartalmuk, tehát látható, hogy a vegyszer mennyiségének befolyása ebben a tartományban is sokkal nagyobb a vízénél.

Az optimális vegyszer-iszap-víz arány ismeretében olyan diagramot készítettem, mely alapul szolgálhat a préselés előtt az iszap- és vegyszerfeladás, valamint a vegyszerkoncentráció megfelelő beállításához. A diagram gyakorlatban való alkalmazásához azonban szükséges lenne a sűrítőből hátracsapolt iszap szárazanyag tartalmának automatizált mérése. A megfelelő mérőműszer technológiába való beépítése után, a préselést végző dolgozó az aktuális szárazanyag tartalom ismeretében a diagramról könnyen leolvashatná a szóban forgó értékhez tartozó frekvencia és koncentráció beállításokat.

A diagram készítésekor különböző iszapfeladás és vegyszerkoncentráció kombinációkhoz számoltam ki a megfelelő arányt biztosító vegyszerfeladást 0,5-4,5%-os szárazanyag tartalom tartományra vonatkoztatva. Amennyiben egy szárazanyag értéknél több kombináció beállításával is elérhető az optimális arány, úgy a kiválasztás során a jelenlévő víz mennyiségét, a keletkező iszapszőnyeg vastagságát, illetve a feladószivattyúk energiafogyasztását mérlegeltem. A számítás részleteit a 4. mellékletben tüntettem fel. A diagramot bemutató 5. ábra a következő oldalon látható.



5. ábra: Diagram a megfelelő beállítások kiválasztásához a sűrített iszapszárazanyagtartalma függvényében

## 7.2 Különböző polielektrolit típusok hatása a solymári iszapra

Gyakorlatom ideje alatt a vegyszert beszállító ACAT Kft.-től különböző polielektrolit mintákat kaptam, így lehetőségem nyílt újabb kísérletek elvégzésére. Megvizsgáltam, hogy az iszapunk reagál-e az egyes vegyszerekkel, illetve amennyiben igen, milyen típusú pehelyszerkezet alakul ki. A vegyszerek között szilárd por valamint folyékony állagú emulzió egyaránt előfordult. Az emulziók koncentrációja 100%-osnak tekinthető.

A rendelkezésemre álló vegyszerek a következők voltak:

ionerősség	molekulasúly	halmazállapot
magas kationos	alacsony	szilárd
magas kationos	közepes	szilárd
magas kationos	közepes	emulzió
magas kationos	magas	szilárd
közepes kationos	alacsony	emulzió
közepes kationos	közepes	szilárd
anionos	közepes	szilárd
nagyon magas kationos	ismeretlen	emulzió

A telepen használt polielektrolit 60% — nagyon magas — kationosságú, szilárd halmazállapotú.

Első lépésként 0,2% töménységű oldatokat készítettem az egyes vegyszerekből. Kis mennyiségű iszapmintához fokozatosan adagoltam az egyes polielektrolit oldatokat egészen a reakció bekövetkeztéig. Az anionos vegyszer — mely aránytalanul nagy mennyiség hozzáadása után sem okozott változást — kivételével az összes oldat az iszap pelyhesedését okozta (9. és 10. kép).



9. kép: Magas kationos, alacsony molekulasúlyú; magas kationos, közepes molekulasúlyú (sz.); magas kationos közepes molekulasúlyú (e.); magas kationos, magas molekulasúlyú polielektrolit reakciója a solymári iszappal (készítette: Berecz Vivien, 2015. 08. 04.)



**10. kép: Közepes kationos, közepes molekulású; közepes kationos, alacsony molekulású; nagyon magas kationos és anionos vegyszer reakciója a solymári iszappal (készítette: Berecz Vivien, 2015. 08. 05.)**

Ezt követően 75 ml, 1,56% szárazanyag tartalmú sűrített iszap mintákhoz fokozatosan adagoltam a kationos vegyszereket és 3, 6, 9, 12, 15 valamint 15,4 ml polielektrolit tartalomnál dokumentáltam a kialakult szerkezetet. A saját vegszerrel kimért polielektrolit-szárazanyag arány 15,4 ml bekeverésekor érhető el. A kísérlet tapasztalatait a 7. táblázatban foglaltam össze. A bekeverés egyes fázisaiban kialakuló szerkezetről készült képek az 5. mellékletben találhatóak.

Minden polielektrolit típus esetén megfigyelt vegszermennyiség függvényében kialakuló pehelyszerkezet ismeretében 1,46 l, 1,56%-os, így 22,8 g szárazanyagot tartalmazó sűrített iszaphoz különböző mennyiséget — 175 és 300 ml között — kevertem az egyes vegszerekből. Célom a tapasztalataim alapján optimálisnak vélt pehelyszerkezet elérése volt. Az iszapmintákat lepréseltem. Látványos eltérést az elővíztelenítő szalagon való viselkedésnél figyeltem meg. A préselési tapasztalatokat, továbbá az így préselt iszapok mért szárazanyag tartalmát a 8. táblázatban tüntettem fel.

	Vegyszer típusa		Vegyszer mennyiség [ml]					15,4	
			3	6	9	12	15		
1.	saját (kationos)	nem ismert	szilárd	kezdetleges pelyhesedés	teljes térfogat pelyhesedik	stabil, kis méretű pelyhek	nagyobb pelyhméret	kisebb pelyhméret	pelyhméret csökken
2.	magas kationos	magas molekulásúly	szilárd	alig látható pelyhesedés	teljes térfogatban apró pelyhek	pelyhek mérete nő (kis méret)	nem nő tovább	nincs változás	pelyhméret csökkenni kezd
3.	magas kationos	közepes molekulásúly	szilárd	nincs látható változás	teljes térfogat pelyhesedik	stabil pelyhszerkezet	csökken a pelyhméret	stabil, kisebb méretű pelyhek	több apró pelyh jelenik meg
4.	magas kationos	közepes molekulásúly	emulzió	alig látható pelyhesedés	egymásba kapaszkodó pelyhek	egy pelyhlyé ugrik össze, nincsenek aprók	kevésbé tömör a pelyh	kisebb darabok válnak le	további leváló darabok
5.	magas kationos	alacsony molekulásúly	szilárd	nincs látható változás	kezdetleges, gyenge pelyhesedés	apró pelyhek	minimális növekedés (kis pelyhméret)	méret változatlan, rugalmasabbá válnak	nincs látható változás
6.	közepes kationos	közepes molekulásúly	szilárd	nincs látható változás	apró pelyhek a teljes térfogatban	nagyobb pelyhekké állnak össze	tömöröbbé válik, de mellette apró pelyhek jelennek meg	kevésbé összefüggő, több kisebb pelyh	nincs látható változás
7.	közepes kationos	alacsony molekulásúly	emulzió	kezdetleges pelyhesedés	teljes térfogatban apró pelyhek	egybefüggő pelyhszerkezet alakul ki	egy nagyméretű pelyh, rugalmas	mégjobban összehúzódik, tömörödik a pelyh	kevésbé rugalmas, néhány nagyobb darab leválik
8.	nagyon magas kationos	nem ismert	emulzió	apró pelyhek a teljes térfogatban	egy pelyhlyé ugranak össze	összefüggőbb, rugalmasabb a pelyh	még tömörebb, rugalmasabb	mégjobban összeugrik	lazul a pelyhszerkezet

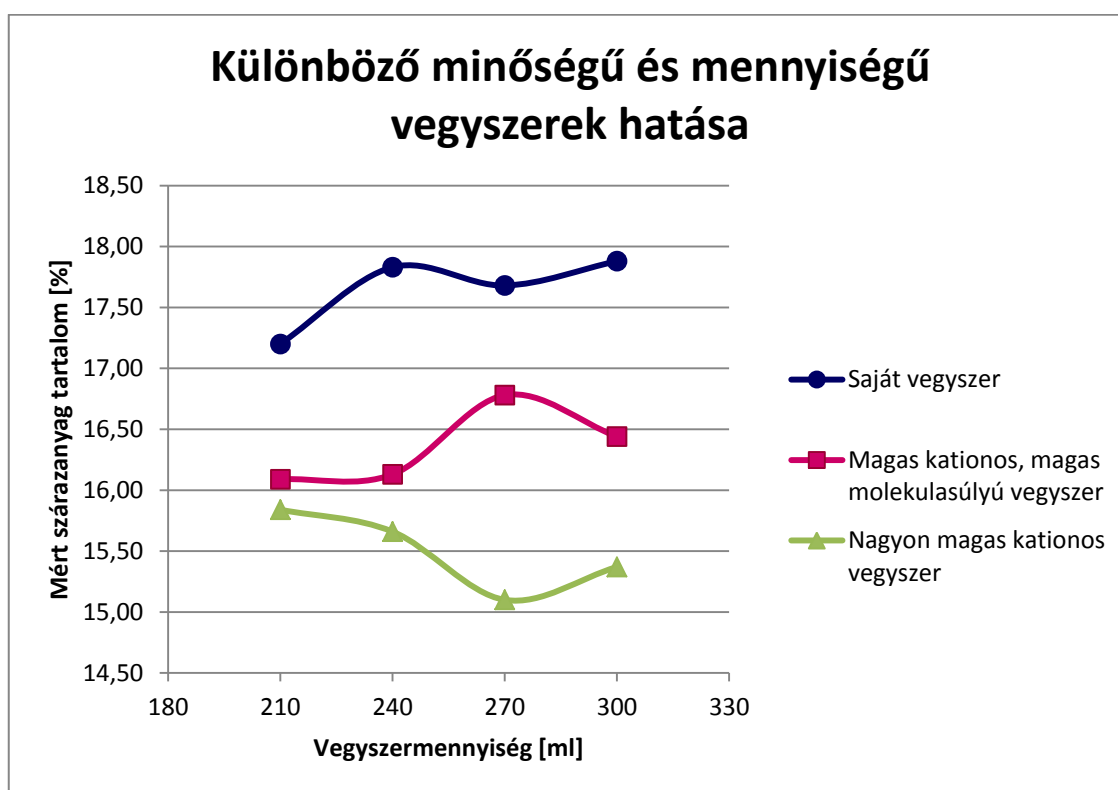
7. táblázat: Megfigyelések a különböző vegyszerek fokozatos adagolása során

	Vegyszer típusa			Vegyszer mennyisége [ml]	Megfigyelés a víztelenítés során	Préselt iszap szárazanyag tartalma
	saját (nagyon magas kationos)	nem ismert	kristályos			
1.	magas kationos	nem ismert	kristályos	300	elővíztelenítés csurgalékvizében apró pelyhek	17,14
2.	magas kationos	magas molekulásúly	kristályos	233	elővíztelenítés csurgalékvizében apró pelyhek	16,9
3.	magas kationos	közepes molekulásúly	kristályos	300	szinte tiszta csurgalék az elővíztelenítéskor	15,35
4.	magas kationos	közepes molekulásúly	oldat	175	stabil, vastag réteget képez az elővíztelenítőn, nincs elúszó pelyh	15,86
5.	magas kationos	alacsony molekulásúly	kristályos	300	az elővíztelenítéskor rengeteg pelyh úszik el, szétterül, valószínűleg lefolyna szalagok oldalán az eredeti présen	12,78
6.	közepes kationos	közepes molekulásúly	kristályos	233	elővíztelenítési csurgalékában alig van pelyh, stabil, vastag réteget képez a szalagon	15,11
7.	közepes kationos	alacsony molekulásúly	oldat	300	tiszta csurgalékvíz, szép, rugalmas réteg az elővíztelenítőn	16,34
8.	nagyon magas kationos	nem ismert	oldat	233	tiszta csurgalékvíz	17,05

8. táblázat: Különböző vegszerekkel megvalósított préselések adatai és eredményei

A magas kationos, magas molekulásúlyú, illetve az ismeretlen molekulásúlyú nagyon magas kationos tulajdonságú vegyszerrel bekevert iszap szárazanyag tartalma közelítette meg leginkább a saját polielektrolittal elért szárazanyag tartalmat. Mivel ezen vegyszerekből 233 ml, míg a sajátunkból 300 ml-t kevertem be, feltételeztem, hogy a mennyiségek növelésével esetleg jobb minőségű iszaptermék préselhető.

1,32 l, 1,73% szárazanyag tartalmú (így 22,8 g szárazanyagot tartalmazó) sűrített iszaphoz a saját; a magas kationos, magas molekulásúlyú valamint a nagyon magas kationos vegyszerből 210, 240, 270 illetve 300 ml-t adtam. Az egyes oldatokat préselve, és szárazanyag tartalmukat megmérve meggyőződtem arról, hogy valóban az általunk használt vegszerrel érhető el a legjobb minőségű iszaptermék. A mérés részletes eredményei a 6. mellékletben, valamint a 6. ábrán láthatók.



**6. ábra: A saját; a magas kationos, magas molekulásúlyú, illetve a nagyon magas kationos vegyszer összehasonlítása**



## 8 Összegzés

A solymári víztelenítés példájából látszik, hogy a telep üzemeltetése „szemre” történik, egyéni tapasztalatokra alapozott beállításokkal, rendszeres hatékonyságvizsgálat hiányában. Nagyon nagy a valószínűsége annak, hogy ez sajnos a többi kis- és közepes szennyvíztelepen sincs másképp. Dolgozatomban azokat a méréseimet foglaltam össze, amelyek által körvonalazódhatnak olyan optimális üzemeltetési paraméter beállítások, melyek elősegítik a hatékonyság növelését. Feladatomban nehezítette a víztelenítésben alkalmazott polielektrolitokról szóló részletes szakirodalom hiánya, továbbá, hogy hasonló jellegű dokumentált vizsgálatokra nem találtam példát.

Az elvégzett mérések alapján, a fizikai paraméterek közül jelentős szárazanyag tartalom növelés a présszalagok közötti nyomás 16 bar-ra való növelésével volna elérhető. A solymári telepen a jelenleg használt prés esetében erre nincs lehetőség, azonban ha egy nagyobb beruházásra kerülne sor, célszerű lenne a berendezést e szempont figyelembevételével kiválasztani. Érdekes továbbá a nyomószalagok sebességét a kontaktidő növelése érdekében a beállítható minimumhoz, míg az iszapfeladás térfogatáramát — az iszapréteg vastagságának növelése céljából — az adott prés gépkönyvében javasolt maximumhoz közelíteni.

A kondicionálásra használt vegyszert vizsgálva megállapítottam, hogy a rendelkezésemre álló alternatívák közül a jelenleg is használt polielektrolit a leghatékonyabb a solymári iszap vonatkozásában. Tapasztalataim szerint az apróbb pehelyszerkezetet kialakulása esetén nagyobb szárazanyag tartalom állítható elő. Észrevettem továbbá, hogy hasonló tulajdonságokkal rendelkező polielektrolit típusok közül a szilárd, általam beoldott vegyszer kis mértékben hatékonyabb az azzal megegyező koncentrációjú emulzióból készült oldatnál. Ezt a feltételezésem később az ACAT Kft. munkatársa is megerősítette. Elmondása alapján az emulziókból a szilárd vegyszereknél fajlagosan 20%-kal több szükséges ugyanakkora szárazanyag tartalomra vetítve. A saját, szilárd, nagyon magas kationos vegyszerünkhöz való viszonyítást célzó, utolsó mérésemnél a szintén nagyon magas kationos, emulzió formában kapott vegyszerből azonban 30%-kal nagyobb hozzáadott mennyiséget tartalmazó iszapminta eredménye sem közelítette meg a szilárd vegyszerből készülő oldatot tartalmazó iszapmintáét (6.ábra). E két vegyszer molekulásúlyára vonatkozóan nincs információnk, de feltételezhető, hogy ebben a tekintetben külön csoportba tartoznak, tehát nem rendelkeznek teljes mértékben hasonló tulajdonságokkal, ezért térnek el a fent leírt szabálytól.

A vegyszer mennyiségét tekintve méréseim szerint az optimális arány 0,026 g polielektrolit/1 g sűrített iszap szárazanyag. Biztos vagyok abban, hogy emellett a jelenlévő víz is befolyásoló hatással bír, azonban erre vonatkozó mérés hiányában pontos értéket nem tudok meghatározni, csupán azt tudtam megállapítani, hogy a kritikus mennyiség valószínűleg 97 g víz/g szárazanyag alatt van. Ezen ismeretek birtokában elkészítettem egy diagramot, mely segítségül szolgálhat a préselést végző személynek az optimális beállítás kiválasztásában.



Véleményem szerint fontos lenne a meglévő telepeken is hasonló önellenőrzést végezni. Célom volt egy olyan támpont elkészítése, mely kiindulási alapul szolgálhat hasonló berendezést használó telepek hatásfok javításához vagy új gépek beüzemelése során a beállítások kiválasztásához. Szerettem volna rávilágítani arra a tényre, hogy akár néhány százaléknyi javulás is milliós nagyságrendű kiadáscsökkenést jelenthet. Az említett javulás pedig sokszor nagyobb beruházás nélkül, minimális paramétermódosítással elérhető, a lehetőség minden üzemeltető kezében ott van.

## 9 Források

- 1) Öllős Géza: Szennyvíztisztító telepek üzemeltetése I., Akadémiai Kiadó, Budapest (1994)
- 2) Öllős Géza: Szennyvíztisztító telepek üzemeltetése II., Akadémiai Kiadó, Budapest (1995)
- 3) Jászay Tamás: Kis- és közepes szennyvíztisztító telepek költséghatékonyságának fejlesztése a Solymári Szennyvíztisztító Telep példáján (2013)
- 4) Koller Szilvia: A szennyvíztisztítás és iszaphasznosítás vizsgálata a Fejérvíz Zrt. Móri üzemében (2009)
- 5) Barta Diána: A Solymári Szennyvíztisztító Telep üzemeltetésének vizsgálata és optimalizálásának lehetőségei (2014)
- 6) <http://unichem.hu/pdf/alkalmazas/6hu.pdf> (letöltés ideje: 2015. június 30.)
- 7) <http://ttk.pte.hu/fizkem/kollo-gyak/polielektrolit.pdf>  
(letöltés ideje: 2015. június 30.)
- 8) <http://www.hydra2002.hu/images/KemenyitoZaro.pdf>  
(letöltés ideje: 2015. július 06.)
- 9) [http://vki.ejf.hu/letoltes/220/szabadon/SE\\_iszapviztelenites\\_elmelet\\_es\\_minta\\_jk.pdf](http://vki.ejf.hu/letoltes/220/szabadon/SE_iszapviztelenites_elmelet_es_minta_jk.pdf) (letöltés ideje: 2015. június 30.)
- 10) Solymári iszapvíztelenítő prés gépkönyve
- 11) Iszapfeladó szivattyú gépkönyve
- 12) Vegyszerfeladó szivattyú gépkönyve
- 13) Iszapelszállítás adatai
- 14) A solymári telep mérőműszereinek adatai
- 15) A sűrített iszap tározó alaprajza
- 16) Juhász E.: A települési szennyvíziszap kezelésének és elhelyezésének hazai feltételei és lehetőségei 2002-ben (MaSzeSz HÍRCSATORNA, 2002. március, áprilisi szám)
- 17) <http://www.limus.hu/szalagszurok.php>
- 18) [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019\\_Szennyvizisztitasi\\_tecnologiak\\_I/ch10.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Szennyvizisztitasi_tecnologiak_I/ch10.html)

## 10 Mellékletek

### 1. melléklet

Száranyag tartalom a présre helyezett tömeg függvényében (6.1. fejezet):

m [kg]	14.júl	19.aug
4	11,56	12,92
6	13,85	—
8	14,24	15,37
10	15,21	15,58
12	15,99	16,29
14	16,25	18,26
16	17,06	18,16
18	16,99	19,00
20	17,32	18,58
22	—	18,99
30	17,53	18,97

### 2. melléklet

Az iszap- és vegyszerfeladó szivattyú térfogatáramainak számítása (7.1. fejezet):

A sűrített iszap tároló	
oldalainak hossza [cm]	280
	425
alapterület [cm <sup>2</sup> ]	119000
iszapszint "üresen" [cm]	318
iszapszint tele [cm]	97
préslésre kerülő iszap folyadékoszlop magassága [cm]	221
préslésre kerülő iszap térfogata [cm <sup>3</sup> ]	26299000
préslésre kerülő iszap térfogata [l]	26299
Iszapfeladó szivattyú	
működési ideje	3 h 6 min
működési ideje [h]	3,1
számított térfogatáram [l/h]	8483,548
feladás frekvenciája [Hz]	45

Az iszapfeladó szivattyú frekvencia beállításaihoz tartozó térfogatáramok:

frekvencia [Hz]	térfogat-áram [m <sup>3</sup> /h]	frekvencia [Hz]	térfogat-áram [m <sup>3</sup> /h]	frekvencia [Hz]	térfogat-áram [m <sup>3</sup> /h]	frekvencia [Hz]	térfogat-áram [m <sup>3</sup> /h]
10,0	1,89	14,5	2,73	19,0	3,58	23,5	4,43
10,1	1,90	14,6	2,75	19,1	3,60	23,6	4,45
10,2	1,92	14,7	2,77	19,2	3,62	23,7	4,47
10,3	1,94	14,8	2,79	19,3	3,64	23,8	4,49
10,4	1,96	14,9	2,81	19,4	3,66	23,9	4,51
10,5	1,98	15,0	2,83	19,5	3,68	24,0	4,52
10,6	2,00	15,1	2,85	19,6	3,70	24,1	4,54
10,7	2,02	15,2	2,87	19,7	3,71	24,2	4,56
10,8	2,04	15,3	2,88	19,8	3,73	24,3	4,58
10,9	2,05	15,4	2,90	19,9	3,75	24,4	4,60
11,0	2,07	15,5	2,92	20,0	3,77	24,5	4,62
11,1	2,09	15,6	2,94	20,1	3,79	24,6	4,64
11,2	2,11	15,7	2,96	20,2	3,81	24,7	4,66
11,3	2,13	15,8	2,98	20,3	3,83	24,8	4,68
11,4	2,15	15,9	3,00	20,4	3,85	24,9	4,69
11,5	2,17	16,0	3,02	20,5	3,86	25,0	4,71
11,6	2,19	16,1	3,04	20,6	3,88	25,1	4,73
11,7	2,21	16,2	3,05	20,7	3,90	25,2	4,75
11,8	2,22	16,3	3,07	20,8	3,92	25,3	4,77
11,9	2,24	16,4	3,09	20,9	3,94	25,4	4,79
12,0	2,26	16,5	3,11	21,0	3,96	25,5	4,81
12,1	2,28	16,6	3,13	21,1	3,98	25,6	4,83
12,2	2,30	16,7	3,15	21,2	4,00	25,7	4,85
12,3	2,32	16,8	3,17	21,3	4,02	25,8	4,86
12,4	2,34	16,9	3,19	21,4	4,03	25,9	4,88
12,5	2,36	17,0	3,20	21,5	4,05	26,0	4,90
12,6	2,38	17,1	3,22	21,6	4,07	26,1	4,92
12,7	2,39	17,2	3,24	21,7	4,09	26,2	4,94
12,8	2,41	17,3	3,26	21,8	4,11	26,3	4,96
12,9	2,43	17,4	3,28	21,9	4,13	26,4	4,98
13,0	2,45	17,5	3,30	22,0	4,15	26,5	5,00
13,1	2,47	17,6	3,32	22,1	4,17	26,6	5,01
13,2	2,49	17,7	3,34	22,2	4,19	26,7	5,03
13,3	2,51	17,8	3,36	22,3	4,20	26,8	5,05
13,4	2,53	17,9	3,37	22,4	4,22	26,9	5,07
13,5	2,55	18,0	3,39	22,5	4,24	27,0	5,09
13,6	2,56	18,1	3,41	22,6	4,26	27,1	5,11
13,7	2,58	18,2	3,43	22,7	4,28	27,2	5,13
13,8	2,60	18,3	3,45	22,8	4,30	27,3	5,15
13,9	2,62	18,4	3,47	22,9	4,32	27,4	5,17
14,0	2,64	18,5	3,49	23,0	4,34	27,5	5,18
14,1	2,66	18,6	3,51	23,1	4,35	27,6	5,20
14,2	2,68	18,7	3,53	23,2	4,37	27,7	5,22
14,3	2,70	18,8	3,54	23,3	4,39	27,8	5,24
14,4	2,71	18,9	3,56	23,4	4,41	27,9	5,26

frekvencia [Hz]	térfogat- áram [m <sup>3</sup> /h]	frekvencia [Hz]	térfogat- áram [m <sup>3</sup> /h]	frekvencia [Hz]	térfogat- áram [m <sup>3</sup> /h]	frekvencia [Hz]	térfogat- áram [m <sup>3</sup> /h]
28,0	5,28	32,5	6,13	37,0	6,98	41,5	7,82
28,1	5,30	32,6	6,15	37,1	6,99	41,6	7,84
28,2	5,32	32,7	6,16	37,2	7,01	41,7	7,86
28,3	5,34	32,8	6,18	37,3	7,03	41,8	7,88
28,4	5,35	32,9	6,20	37,4	7,05	41,9	7,90
28,5	5,37	33,0	6,22	37,5	7,07	42,0	7,92
28,6	5,39	33,1	6,24	37,6	7,09	42,1	7,94
28,7	5,41	33,2	6,26	37,7	7,11	42,2	7,96
28,8	5,43	33,3	6,28	37,8	7,13	42,3	7,97
28,9	5,45	33,4	6,30	37,9	7,15	42,4	7,99
29,0	5,47	33,5	6,32	38,0	7,16	42,5	8,01
29,1	5,49	33,6	6,33	38,1	7,18	42,6	8,03
29,2	5,50	33,7	6,35	38,2	7,20	42,7	8,05
29,3	5,52	33,8	6,37	38,3	7,22	42,8	8,07
29,4	5,54	33,9	6,39	38,4	7,24	42,9	8,09
29,5	5,56	34,0	6,41	38,5	7,26	43,0	8,11
29,6	5,58	34,1	6,43	38,6	7,28	43,1	8,13
29,7	5,60	34,2	6,45	38,7	7,30	43,2	8,14
29,8	5,62	34,3	6,47	38,8	7,31	43,3	8,16
29,9	5,64	34,4	6,49	38,9	7,33	43,4	8,18
30,0	5,66	34,5	6,50	39,0	7,35	43,5	8,20
30,1	5,67	34,6	6,52	39,1	7,37	43,6	8,22
30,2	5,69	34,7	6,54	39,2	7,39	43,7	8,24
30,3	5,71	34,8	6,56	39,3	7,41	43,8	8,26
30,4	5,73	34,9	6,58	39,4	7,43	43,9	8,28
30,5	5,75	35,0	6,60	39,5	7,45	44,0	8,30
30,6	5,77	35,1	6,62	39,6	7,47	44,1	8,31
30,7	5,79	35,2	6,64	39,7	7,48	44,2	8,33
30,8	5,81	35,3	6,65	39,8	7,50	44,3	8,35
30,9	5,83	35,4	6,67	39,9	7,52	44,4	8,37
31,0	5,84	35,5	6,69	40,0	7,54	44,5	8,39
31,1	5,86	35,6	6,71	40,1	7,56	44,6	8,41
31,2	5,88	35,7	6,73	40,2	7,58	44,7	8,43
31,3	5,90	35,8	6,75	40,3	7,60	44,8	8,45
31,4	5,92	35,9	6,77	40,4	7,62	44,9	8,46
31,5	5,94	36,0	6,79	40,5	7,64	45,0	8,48
31,6	5,96	36,1	6,81	40,6	7,65		
31,7	5,98	36,2	6,82	40,7	7,67		
31,8	6,00	36,3	6,84	40,8	7,69		
31,9	6,01	36,4	6,86	40,9	7,71		
32,0	6,03	36,5	6,88	41,0	7,73		
32,1	6,05	36,6	6,90	41,1	7,75		
32,2	6,07	36,7	6,92	41,2	7,77		
32,3	6,09	36,8	6,94	41,3	7,79		
32,4	6,11	36,9	6,96	41,4	7,80		

A vegyszerfeladó szivattyú frekvencia beállításaihoz tartozó térfogatáramok:

frekvencia [Hz]	térfogat- áram [m <sup>3</sup> /h]	frekvencia [Hz]	térfogat- áram [m <sup>3</sup> /h]	frekvencia [Hz]	térfogat- áram [m <sup>3</sup> /h]	frekvencia [Hz]	térfogat- áram [m <sup>3</sup> /h]
10,0	0,835	14,5	1,210	19,0	1,586	23,5	1,962
10,1	0,843	14,6	1,219	19,1	1,594	23,6	1,970
10,2	0,851	14,7	1,227	19,2	1,603	23,7	1,978
10,3	0,860	14,8	1,235	19,3	1,611	23,8	1,987
10,4	0,868	14,9	1,244	19,4	1,619	23,9	1,995
10,5	0,877	15,0	1,252	19,5	1,628	24,0	2,003
10,6	0,885	15,1	1,261	19,6	1,636	24,1	2,012
10,7	0,893	15,2	1,269	19,7	1,645	24,2	2,020
10,8	0,902	15,3	1,277	19,8	1,653	24,3	2,029
10,9	0,910	15,4	1,286	19,9	1,661	24,4	2,037
11,0	0,918	15,5	1,294	20,0	1,670	24,5	2,045
11,1	0,927	15,6	1,302	20,1	1,678	24,6	2,054
11,2	0,935	15,7	1,311	20,2	1,686	24,7	2,062
11,3	0,943	15,8	1,319	20,3	1,695	24,8	2,070
11,4	0,952	15,9	1,327	20,4	1,703	24,9	2,079
11,5	0,960	16,0	1,336	20,5	1,711	25,0	2,087
11,6	0,968	16,1	1,344	20,6	1,720	25,1	2,095
11,7	0,977	16,2	1,352	20,7	1,728	25,2	2,104
11,8	0,985	16,3	1,361	20,8	1,736	25,3	2,112
11,9	0,993	16,4	1,369	20,9	1,745	25,4	2,120
12,0	1,002	16,5	1,377	21,0	1,753	25,5	2,129
12,1	1,010	16,6	1,386	21,1	1,761	25,6	2,137
12,2	1,018	16,7	1,394	21,2	1,770	25,7	2,145
12,3	1,027	16,8	1,402	21,3	1,778	25,8	2,154
12,4	1,035	16,9	1,411	21,4	1,786	25,9	2,162
12,5	1,043	17,0	1,419	21,5	1,795	26,0	2,170
12,6	1,052	17,1	1,427	21,6	1,803	26,1	2,179
12,7	1,060	17,2	1,436	21,7	1,811	26,2	2,187
12,8	1,069	17,3	1,444	21,8	1,820	26,3	2,195
12,9	1,077	17,4	1,453	21,9	1,828	26,4	2,204
13,0	1,085	17,5	1,461	22,0	1,837	26,5	2,212
13,1	1,094	17,6	1,469	22,1	1,845	26,6	2,221
13,2	1,102	17,7	1,478	22,2	1,853	26,7	2,229
13,3	1,110	17,8	1,486	22,3	1,862	26,8	2,237
13,4	1,119	17,9	1,494	22,4	1,870	26,9	2,246
13,5	1,127	18,0	1,503	22,5	1,878	27,0	2,254
13,6	1,135	18,1	1,511	22,6	1,887	27,1	2,262
13,7	1,144	18,2	1,519	22,7	1,895	27,2	2,271
13,8	1,152	18,3	1,528	22,8	1,903	27,3	2,279
13,9	1,160	18,4	1,536	22,9	1,912	27,4	2,287
14,0	1,169	18,5	1,544	23,0	1,920	27,5	2,296
14,1	1,177	18,6	1,553	23,1	1,928	27,6	2,304
14,2	1,185	18,7	1,561	23,2	1,937	27,7	2,312
14,3	1,194	18,8	1,569	23,3	1,945	27,8	2,321
14,4	1,202	18,9	1,578	23,4	1,953	27,9	2,329

frekvencia [Hz]	térfogat- áram [m <sup>3</sup> /h]	frekvencia [Hz]	térfogat- áram [m <sup>3</sup> /h]	frekvencia [Hz]	térfogat- áram [m <sup>3</sup> /h]	frekvencia [Hz]	térfogat- áram [m <sup>3</sup> /h]
28,0	2,337	32,5	2,713	37,0	3,089	41,5	3,464
28,1	2,346	32,6	2,721	37,1	3,097	41,6	3,473
28,2	2,354	32,7	2,730	37,2	3,105	41,7	3,481
28,3	2,362	32,8	2,738	37,3	3,114	41,8	3,489
28,4	2,371	32,9	2,746	37,4	3,122	41,9	3,498
28,5	2,379	33,0	2,755	37,5	3,130	42,0	3,506
28,6	2,387	33,1	2,763	37,6	3,139	42,1	3,514
28,7	2,396	33,2	2,771	37,7	3,147	42,2	3,523
28,8	2,404	33,3	2,780	37,8	3,155	42,3	3,531
28,9	2,413	33,4	2,788	37,9	3,164	42,4	3,539
29,0	2,421	33,5	2,797	38,0	3,172	42,5	3,548
29,1	2,429	33,6	2,805	38,1	3,181	42,6	3,556
29,2	2,438	33,7	2,813	38,2	3,189	42,7	3,565
29,3	2,446	33,8	2,822	38,3	3,197	42,8	3,573
29,4	2,454	33,9	2,830	38,4	3,206	42,9	3,581
29,5	2,463	34,0	2,838	38,5	3,214	43,0	3,590
29,6	2,471	34,1	2,847	38,6	3,222	43,1	3,598
29,7	2,479	34,2	2,855	38,7	3,231	43,2	3,606
29,8	2,488	34,3	2,863	38,8	3,239	43,3	3,615
29,9	2,496	34,4	2,872	38,9	3,247	43,4	3,623
30,0	2,504	34,5	2,880	39,0	3,256	43,5	3,631
30,1	2,513	34,6	2,888	39,1	3,264	43,6	3,640
30,2	2,521	34,7	2,897	39,2	3,272	43,7	3,648
30,3	2,529	34,8	2,905	39,3	3,281	43,8	3,656
30,4	2,538	34,9	2,913	39,4	3,289	43,9	3,665
30,5	2,546	35,0	2,922	39,5	3,297	44,0	3,673
30,6	2,554	35,1	2,930	39,6	3,306	44,1	3,681
30,7	2,563	35,2	2,938	39,7	3,314	44,2	3,690
30,8	2,571	35,3	2,947	39,8	3,322	44,3	3,698
30,9	2,579	35,4	2,955	39,9	3,331	44,4	3,706
31,0	2,588	35,5	2,963	40,0	3,339	44,5	3,715
31,1	2,596	35,6	2,972	40,1	3,347	44,6	3,723
31,2	2,605	35,7	2,980	40,2	3,356	44,7	3,731
31,3	2,613	35,8	2,989	40,3	3,364	44,8	3,740
31,4	2,621	35,9	2,997	40,4	3,373	44,9	3,748
31,5	2,630	36,0	3,005	40,5	3,381	45,0	3,757
31,6	2,638	36,1	3,014	40,6	3,389		
31,7	2,646	36,2	3,022	40,7	3,398		
31,8	2,655	36,3	3,030	40,8	3,406		
31,9	2,663	36,4	3,039	40,9	3,414		
32,0	2,671	36,5	3,047	41,0	3,423		
32,1	2,680	36,6	3,055	41,1	3,431		
32,2	2,688	36,7	3,064	41,2	3,439		
32,3	2,696	36,8	3,072	41,3	3,448		
32,4	2,705	36,9	3,080	41,4	3,456		

### 3. melléklet

Pehelyszerkezet vizsgálata a vegyszermennyiség függvényében,  
1. mérési sor (7.1.1. fejezet):

sorszám	sűr. iszap V [ml]	sűr. iszap sza. tart. [%]	jelenlévő sza. [g]	vegyszer mennyisége [ml]	vegyszeroldat koncentrációja [%]	vegyszer tömege [g]	sűrített iszaptól származó víz [g]	vegyszerből származó víz [g]	összes jelenlévő víz [g]	g víz/g sűrített iszap szárazanyag	egységnyi szárazanyagra jutó vegyszer tömege [g]
1.	250	2,28	5,7	0,375	0,2	0,00075	244,3	0,37	244,67	42,93	0,00013
2.	250	2,28	5,7	0,75	0,2	0,0015	244,3	0,75	245,05	42,99	0,00026
3.	250	2,28	5,7	1,5	0,2	0,003	244,3	1,50	245,80	43,12	0,00053
4.	250	2,28	5,7	3,5	0,2	0,007	244,3	3,49	247,79	43,47	0,00123
5.	250	2,28	5,7	10	0,2	0,02	244,3	9,98	254,28	44,61	0,00351
6.	250	2,28	5,7	35	0,2	0,07	244,3	34,93	279,23	48,99	0,01228

### 4. melléklet

A beállítási segédletként szolgáló diagram értékeinek kiszámítása (7.1.2. fejezet)

Az optimális arány eléréséhez szükséges vegyszerfeladás frekvenciájának meghatározása  
különböző vegyszertöménység-iszapfeladás kombinációkhoz:



1 m <sup>3</sup> iszapnál				1 m <sup>3</sup> iszap esetén					1 h alatt			
sűrített iszap szárazanyag [%]	1 m <sup>3</sup> ≈ 1000000 g iszapban lévő szárazanyag [g]	1 m <sup>3</sup> ≈ 1000000 g iszapban lévő víz [g]	az optimális arányhoz szükséges vegyszer tömege [g]	ennek a vegyszer mennyiségnek az oldattérfogata 0,2 % esetén [ml]	ennek a vegyszer mennyiségnek a térfogata 0,2 % esetén [m <sup>3</sup> ]	0,2 %-os vegyszernél a vegyszernél a származó víz [g]	0,2 %-os vegyszernél az összes jelenlévő víz [g]	g víz/g szá	45 Hz iszapfeladás mellett a szárazanyag tartalom [g]	45 Hz iszapfeladás mellett a szükséges vegyszeroldat mennyisége [g]	45 Hz iszapfeladás mellett a szükséges vegyszeroldat mennyisége [m <sup>3</sup> ]	ekkor a vegyszerfeladás frekvenciája [Hz]
0,5	5000	995000	130	65000	0,065	64870	1059870	<b>212</b>	42400	551200	0,551	nincs
0,6	6000	994000	156	78000	0,078	77844	1071844	<b>179</b>	50880	661440	0,661	nincs
0,7	7000	993000	182	91000	0,091	90818	1083818	<b>155</b>	59360	771680	0,772	nincs
0,8	8000	992000	208	104000	0,104	103792	1095792	<b>137</b>	67840	881920	0,882	10
0,9	9000	991000	234	117000	0,117	116766	1107766	<b>123</b>	76320	992160	0,992	11,9
1	10000	990000	260	130000	0,13	129740	1119740	<b>112</b>	84800	1102400	1,102	13,2
1,1	11000	989000	286	143000	0,143	142714	1131714	<b>103</b>	93280	1212640	1,213	14,6
1,2	12000	988000	312	156000	0,156	155688	1143688	<b>95</b>	101760	1322880	1,323	15,9
1,3	13000	987000	338	169000	0,169	168662	1155662	<b>89</b>	110240	1433120	1,433	17,2
1,4	14000	986000	364	182000	0,182	181636	1167636	<b>83</b>	118720	1543360	1,543	18,5
1,5	15000	985000	390	195000	0,195	194610	1179610	<b>79</b>	127200	1653600	1,654	19,8
1,6	16000	984000	416	208000	0,208	207584	1191584	<b>74</b>	135680	1763840	1,764	21,1
1,7	17000	983000	442	221000	0,221	220558	1203558	<b>71</b>	144160	1874080	1,874	22,4
1,8	18000	982000	468	234000	0,234	233532	1215532	<b>68</b>	152640	1984320	1,984	23,8
1,9	19000	981000	494	247000	0,247	246506	1227506	<b>65</b>	161120	2094560	2,095	25,1
2	20000	980000	520	260000	0,26	259480	1239480	<b>62</b>	169600	2204800	2,205	26,4
2,1	21000	979000	546	273000	0,273	272454	1251454	<b>60</b>	178080	2315040	2,315	27,7
2,2	22000	978000	572	286000	0,286	285428	1263428	<b>57</b>	186560	2425280	2,425	29
2,3	23000	977000	598	299000	0,299	298402	1275402	<b>55</b>	195040	2535520	2,536	30,4
2,4	24000	976000	624	312000	0,312	311376	1287376	<b>54</b>	203520	2645760	2,646	31,7
2,5	25000	975000	650	325000	0,325	324350	1299350	<b>52</b>	212000	2756000	2,756	33
2,6	26000	974000	676	338000	0,338	337324	1311324	<b>50</b>	220480	2866240	2,866	34,3
2,7	27000	973000	702	351000	0,351	350298	1323298	<b>49</b>	228960	2976480	2,976	35,6
2,8	28000	972000	728	364000	0,364	363272	1335272	<b>48</b>	237440	3086720	3,087	37
2,9	29000	971000	754	377000	0,377	376246	1347246	<b>46</b>	245920	3196960	3,197	38,3
3	30000	970000	780	390000	0,39	389220	1359220	<b>45</b>	254400	3307200	3,307	39,6
3,1	31000	969000	806	403000	0,403	402194	1371194	<b>44</b>	262880	3417440	3,417	40,9
3,2	32000	968000	832	416000	0,416	415168	1383168	<b>43</b>	271360	3527680	3,528	42,3
3,3	33000	967000	858	429000	0,429	428142	1395142	<b>42</b>	279840	3637920	3,638	43,6
3,4	34000	966000	884	442000	0,442	441116	1407116	<b>41</b>	288320	3748160	3,748	44,9
3,5	35000	965000	910	455000	0,455	454090	1419090	<b>41</b>	296800	3858400	3,858	nincs
3,6	36000	964000	936	468000	0,468	467064	1431064	<b>40</b>	305280	3968640	3,969	nincs
3,7	37000	963000	962	481000	0,481	480038	1443038	<b>39</b>	313760	4078880	4,079	nincs
3,8	38000	962000	988	494000	0,494	493012	1455012	<b>38</b>	322240	4189120	4,189	nincs
3,9	39000	961000	1014	507000	0,507	505986	1466986	<b>38</b>	330720	4299360	4,299	nincs
4	40000	960000	1040	520000	0,52	518960	1478960	<b>37</b>	339200	4409600	4,410	nincs
4,1	41000	959000	1066	533000	0,533	531934	1490934	<b>36</b>	347680	4519840	4,520	nincs
4,2	42000	958000	1092	546000	0,546	544908	1502908	<b>36</b>	356160	4630080	4,630	nincs
4,3	43000	957000	1118	559000	0,559	557882	1514882	<b>35</b>	364640	4740320	4,740	nincs
4,4	44000	956000	1144	572000	0,572	570856	1526856	<b>35</b>	373120	4850560	4,851	nincs
4,5	45000	955000	1170	585000	0,585	583830	1538830	<b>34</b>	381600	4960800	4,961	nincs

1 m <sup>3</sup> iszapnál				1 m <sup>3</sup> iszap esetén					1 h alatt			
sűrített iszap szárazanyag [%]	1 m <sup>3</sup> ≈ 1000000 g iszapban lévő szárazanyag [g]	1 m <sup>3</sup> ≈ 1000000 g iszapban lévő víz [g]	az optimális arányhoz szükséges vegyszer tömege [g]	ennek a vegyszer mennyiségnek az oldat térfogata 0,15 % esetén [ml]	ennek a vegyszer mennyiségnek a térfogata 0,15 % esetén [m <sup>3</sup> ]	0,15 %-os vegyszernél a vegyszerből származó víz [g]	0,15 %-os vegyszernél az összes jelenlévő víz [g]	g víz/g szá	45 Hz iszapfeldadás mellett a szárazanyag tartalom [g]	45 Hz iszapfeldadás mellett a szükséges vegyszeroldat mennyisége [g]	45 Hz iszapfeldadás mellett a szükséges vegyszeroldat mennyisége [m <sup>3</sup> ]	ekkor a vegyszerfeldadás frekvenciája [Hz]
0,5	5000	995000	130	86667	0,087	86537	1081537	216	42400	734933	0,735	nincs
0,6	6000	994000	156	104000	0,104	103844	1097844	183	50880	881920	0,882	nincs
0,7	7000	993000	182	121333	0,121	121151	1114151	159	59360	1028907	1,029	12,3
0,8	8000	992000	208	138667	0,139	138459	1130459	141	67840	1175893	1,176	14,1
0,9	9000	991000	234	156000	0,156	155766	1146766	127	76320	1322880	1,323	15,8
1	10000	990000	260	173333	0,173	173073	1163073	116	84800	1469867	1,470	17,6
1,1	11000	989000	286	190667	0,191	190381	1179381	107	93280	1616853	1,617	19,3
1,2	12000	988000	312	208000	0,208	207688	1195688	100	101760	1763840	1,764	21,1
1,3	13000	987000	338	225333	0,225	224995	1211995	93	110240	1910827	1,911	22,9
1,4	14000	986000	364	242667	0,243	242303	1228303	88	118720	2057813	2,058	24,6
1,5	15000	985000	390	260000	0,260	259610	1244610	83	127200	2204800	2,205	26,4
1,6	16000	984000	416	277333	0,277	276917	1260917	79	135680	2351787	2,352	28,2
1,7	17000	983000	442	294667	0,295	294225	1277225	75	144160	2498773	2,499	29,9
1,8	18000	982000	468	312000	0,312	311532	1293532	72	152640	2645760	2,646	31,7
1,9	19000	981000	494	329333	0,329	328839	1309839	69	161120	2792747	2,793	33,4
2	20000	980000	520	346667	0,347	346147	1326147	66	169600	2939733	2,940	35,2
2,1	21000	979000	546	364000	0,364	363454	1342454	64	178080	3086720	3,087	37
2,2	22000	978000	572	381333	0,381	380761	1358761	62	186560	3233707	3,234	38,7
2,3	23000	977000	598	398667	0,399	398069	1375069	60	195040	3380693	3,381	40,5
2,4	24000	976000	624	416000	0,416	415376	1391376	58	203520	3527680	3,528	42,3
2,5	25000	975000	650	433333	0,433	432683	1407683	56	212000	3674667	3,675	44
2,6	26000	974000	676	450667	0,451	449991	1423991	55	220480	3821653	3,822	nincs
2,7	27000	973000	702	468000	0,468	467298	1440298	53	228960	3968640	3,969	nincs
2,8	28000	972000	728	485333	0,485	484605	1456605	52	237440	4115627	4,116	nincs
2,9	29000	971000	754	502667	0,503	501913	1472913	51	245920	4262613	4,263	nincs
3	30000	970000	780	520000	0,520	519220	1489220	50	254400	4409600	4,410	nincs
3,1	31000	969000	806	537333	0,537	536527	1505527	49	262880	4556587	4,557	nincs
3,2	32000	968000	832	554667	0,555	553835	1521835	48	271360	4703573	4,704	nincs
3,3	33000	967000	858	572000	0,572	571142	1538142	47	279840	4850560	4,851	nincs
3,4	34000	966000	884	589333	0,589	588449	1554449	46	288320	4997547	4,998	nincs
3,5	35000	965000	910	606667	0,607	605757	1570757	45	296800	5144533	5,145	nincs
3,6	36000	964000	936	624000	0,624	623064	1587064	44	305280	5291520	5,292	nincs
3,7	37000	963000	962	641333	0,641	640371	1603371	43	313760	5438507	5,439	nincs
3,8	38000	962000	988	658667	0,659	657679	1619679	43	322240	5585493	5,585	nincs
3,9	39000	961000	1014	676000	0,676	674986	1635986	42	330720	5732480	5,732	nincs
4	40000	960000	1040	693333	0,693	692293	1652293	41	339200	5879467	5,879	nincs
4,1	41000	959000	1066	710667	0,711	709601	1668601	41	347680	6026453	6,026	nincs
4,2	42000	958000	1092	728000	0,728	726908	1684908	40	356160	6173440	6,173	nincs
4,3	43000	957000	1118	745333	0,745	744215	1701215	40	364640	6320427	6,320	nincs
4,4	44000	956000	1144	762667	0,763	761523	1717523	39	373120	6467413	6,467	nincs
4,5	45000	955000	1170	780000	0,780	778830	1733830	39	381600	6614400	6,614	nincs

1 m <sup>3</sup> iszapnál				1 m <sup>3</sup> iszap esetén					1 h alatt			
sűri- tett iszap szá- raz a- anyag [%]	1 m <sup>3</sup> ≈ 1000000 g iszapban lévő száraz- anyag [g]	1 m <sup>3</sup> ≈ 1000000 g iszapban lévő víz [g]	az optimá- lis arány- hoz- szük- séges veg- szer tömeg e [g]	ennek a vegyszer- mennyi- ségnek az oldat- térfogata 0,1 % esetén [ml]	ennek a vegyszer- mennyi- ségnek a térfogata 0,1 % esetén [m <sup>3</sup> ]	0,1 %-os vegyszernél a vegyszereből származó víz [g]	0,1 %-os vegyszer- nél az összes jelenlévő víz [g]	g víz/ g szá-	45 Hz iszap- feladás mellett a száraz- anyag tartalom [g]	45 Hz iszap- feladás mellett a szükséges vegyszer- oldat mennyi- sége [g]	45 Hz iszap- feladás mellett a szükséges vegyszer- oldat mennyi- sége [m <sup>3</sup> ]	ekkor a vegyszer- feladás frekven- ciája [Hz]
0,5	5000	995000	130	130000	0,13	129870	1124870	225	42400	1102400	1,102	13,2
0,6	6000	994000	156	156000	0,156	155844	1149844	192	50880	1322880	1,323	15,8
0,7	7000	993000	182	182000	0,182	181818	1174818	168	59360	1543360	1,543	18,5
0,8	8000	992000	208	208000	0,208	207792	1199792	150	67840	1763840	1,764	21,1
0,9	9000	991000	234	234000	0,234	233766	1224766	136	76320	1984320	1,984	22,6
1	10000	990000	260	260000	0,26	259740	1249740	125	84800	2204800	2,205	26,4
1,1	11000	989000	286	286000	0,286	285714	1274714	116	93280	2425280	2,425	29
1,2	12000	988000	312	312000	0,312	311688	1299688	108	101760	2645760	2,646	31,7
1,3	13000	987000	338	338000	0,338	337662	1324662	102	110240	2866240	2,866	34,3
1,4	14000	986000	364	364000	0,364	363636	1349636	96	118720	3086720	3,087	37
1,5	15000	985000	390	390000	0,39	389610	1374610	92	127200	3307200	3,307	39,6
1,6	16000	984000	416	416000	0,416	415584	1399584	87	135680	3527680	3,528	42,3
1,7	17000	983000	442	442000	0,442	441558	1424558	84	144160	3748160	3,748	44,9
1,8	18000	982000	468	468000	0,468	467532	1449532	81	152640	3968640	3,969	nincs
1,9	19000	981000	494	494000	0,494	493506	1474506	78	161120	4189120	4,189	nincs
2	20000	980000	520	520000	0,52	519480	1499480	75	169600	4409600	4,410	nincs
2,1	21000	979000	546	546000	0,546	545454	1524454	73	178080	4630080	4,630	nincs
2,2	22000	978000	572	572000	0,572	571428	1549428	70	186560	4850560	4,851	nincs
2,3	23000	977000	598	598000	0,598	597402	1574402	68	195040	5071040	5,071	nincs
2,4	24000	976000	624	624000	0,624	623376	1599376	67	203520	5291520	5,292	nincs
2,5	25000	975000	650	650000	0,65	649350	1624350	65	212000	5512000	5,512	nincs
2,6	26000	974000	676	676000	0,676	675324	1649324	63	220480	5732480	5,732	nincs
2,7	27000	973000	702	702000	0,702	701298	1674298	62	228960	5952960	5,953	nincs
2,8	28000	972000	728	728000	0,728	727272	1699272	61	237440	6173440	6,173	nincs
2,9	29000	971000	754	754000	0,754	753246	1724246	59	245920	6393920	6,394	nincs
3	30000	970000	780	780000	0,78	779220	1749220	58	254400	6614400	6,614	nincs
3,1	31000	969000	806	806000	0,806	805194	1774194	57	262880	6834880	6,835	nincs
3,2	32000	968000	832	832000	0,832	831168	1799168	56	271360	7055360	7,055	nincs
3,3	33000	967000	858	858000	0,858	857142	1824142	55	279840	7275840	7,276	nincs
3,4	34000	966000	884	884000	0,884	883116	1849116	54	288320	7496320	7,496	nincs
3,5	35000	965000	910	910000	0,91	909090	1874090	54	296800	7716800	7,717	nincs
3,6	36000	964000	936	936000	0,936	935064	1899064	53	305280	7937280	7,937	nincs
3,7	37000	963000	962	962000	0,962	961038	1924038	52	313760	8157760	8,158	nincs
3,8	38000	962000	988	988000	0,988	987012	1949012	51	322240	8378240	8,378	nincs
3,9	39000	961000	1014	1014000	1,014	1012986	1973986	51	330720	8598720	8,599	nincs
4	40000	960000	1040	1040000	1,04	1038960	1998960	50	339200	8819200	8,819	nincs
4,1	41000	959000	1066	1066000	1,066	1064934	2023934	49	347680	9039680	9,040	nincs
4,2	42000	958000	1092	1092000	1,092	1090908	2048908	49	356160	9260160	9,260	nincs
4,3	43000	957000	1118	1118000	1,118	1116882	2073882	48	364640	9480640	9,481	nincs
4,4	44000	956000	1144	1144000	1,144	1142856	2098856	48	373120	9701120	9,701	nincs
4,5	45000	955000	1170	1170000	1,17	1168830	2123830	47	381600	9921600	9,922	nincs

1 m <sup>3</sup> iszapnál				1 m <sup>3</sup> iszap esetén					1 h alatt			
sűri- tett iszap szá- raz a- anyag [%]	1 m <sup>3</sup> ≈ 1000000 g iszapban lévő száraz- anyag [g]	1 m <sup>3</sup> ≈ 1000000 g iszapban lévő víz [g]	az optimá- lis arány- hoz- szük- séges veg- szer tömeg e [g]	ennek a vegyszer- mennyi- ségnek az oldat- térfogata 0,3 % esetén [ml]	ennek a vegyszer- mennyi- ségnek a térfogata 0,3 % esetén [m <sup>3</sup> ]	0,3 %-os vegyszernél a vegyszereből származó víz [g]	0,3 %-os vegyszer- nél az összes jelenlévő víz [g]	g víz/ g sza	45 Hz iszap- feladás mellett a száraz- anyag tartalom [g]	45 Hz iszap- feladás mellett a szükséges vegyszer- oldat mennyi- sége [g]	45 Hz iszap- feladás mellett a szükséges vegyszer- oldat mennyi- sége [m <sup>3</sup> ]	ekkor a vegyszer- feladás frekvenciája [Hz]
0,5	5000	995000	130	43333	0,0433	43203	1038203	<b>208</b>	42400	367467	0,367	nincs
0,6	6000	994000	156	52000	0,052	51844	1045844	<b>174</b>	50880	440960	0,441	nincs
0,7	7000	993000	182	60667	0,0607	60485	1053485	<b>150</b>	59360	514453	0,514	nincs
0,8	8000	992000	208	69333	0,0693	69125	1061125	<b>133</b>	67840	587947	0,588	nincs
0,9	9000	991000	234	78000	0,078	77766	1068766	<b>119</b>	76320	661440	0,661	nincs
1	10000	990000	260	86667	0,0867	86407	1076407	<b>108</b>	84800	734933	0,735	nincs
1,1	11000	989000	286	95333	0,0953	95047	1084047	<b>99</b>	93280	808427	0,808	nincs
1,2	12000	988000	312	104000	0,104	103688	1091688	<b>91</b>	101760	881920	0,882	10,6
1,3	13000	987000	338	112667	0,1127	112329	1099329	<b>85</b>	110240	955413	0,955	11,4
1,4	14000	986000	364	121333	0,1213	120969	1106969	<b>79</b>	118720	1028907	1,029	12,3
1,5	15000	985000	390	130000	0,13	129610	1114610	<b>74</b>	127200	1102400	1,102	13,2
1,6	16000	984000	416	138667	0,1387	138251	1122251	<b>70</b>	135680	1175893	1,176	14,1
1,7	17000	983000	442	147333	0,1473	146891	1129891	<b>66</b>	144160	1249387	1,249	14,9
1,8	18000	982000	468	156000	0,156	155532	1137532	<b>63</b>	152640	1322880	1,323	15,9
1,9	19000	981000	494	164667	0,1647	164173	1145173	<b>60</b>	161120	1396373	1,396	16,7
2	20000	980000	520	173333	0,1733	172813	1152813	<b>58</b>	169600	1469867	1,470	17,6
2,1	21000	979000	546	182000	0,182	181454	1160454	<b>55</b>	178080	1543360	1,543	18,5
2,2	22000	978000	572	190667	0,1907	190095	1168095	<b>53</b>	186560	1616853	1,617	19,4
2,3	23000	977000	598	199333	0,1993	198735	1175735	<b>51</b>	195040	1690347	1,690	20,2
2,4	24000	976000	624	208000	0,208	207376	1183376	<b>49</b>	203520	1763840	1,764	21,1
2,5	25000	975000	650	216667	0,2167	216017	1191017	<b>48</b>	212000	1837333	1,837	22
2,6	26000	974000	676	225333	0,2253	224657	1198657	<b>46</b>	220480	1910827	1,911	22,9
2,7	27000	973000	702	234000	0,234	233298	1206298	<b>45</b>	228960	1984320	1,984	23,8
2,8	28000	972000	728	242667	0,2427	241939	1213939	<b>43</b>	237440	2057813	2,058	24,6
2,9	29000	971000	754	251333	0,2513	250579	1221579	<b>42</b>	245920	2131307	2,131	25,5
3	30000	970000	780	260000	0,26	259220	1229220	<b>41</b>	254400	2204800	2,205	26,4
3,1	31000	969000	806	268667	0,2687	267861	1236861	<b>40</b>	262880	2278293	2,278	27,3
3,2	32000	968000	832	277333	0,2773	276501	1244501	<b>39</b>	271360	2351787	2,352	28,2
3,3	33000	967000	858	286000	0,286	285142	1252142	<b>38</b>	279840	2425280	2,425	29
3,4	34000	966000	884	294667	0,2947	293783	1259783	<b>37</b>	288320	2498773	2,499	29,9
3,5	35000	965000	910	303333	0,3033	302423	1267423	<b>36</b>	296800	2572267	2,572	30,8
3,6	36000	964000	936	312000	0,312	311064	1275064	<b>35</b>	305280	2645760	2,646	31,7
3,7	37000	963000	962	320667	0,3207	319705	1282705	<b>35</b>	313760	2719253	2,719	32,6
3,8	38000	962000	988	329333	0,3293	328345	1290345	<b>34</b>	322240	2792747	2,793	33,5
3,9	39000	961000	1014	338000	0,338	336986	1297986	<b>33</b>	330720	2866240	2,866	34,3
4	40000	960000	1040	346667	0,3467	345627	1305627	<b>33</b>	339200	2939733	2,940	35,2
4,1	41000	959000	1066	355333	0,3553	354267	1313267	<b>32</b>	347680	3013227	3,013	36,1
4,2	42000	958000	1092	364000	0,364	362908	1320908	<b>31</b>	356160	3086720	3,087	37
4,3	43000	957000	1118	372667	0,3727	371549	1328549	<b>31</b>	364640	3160213	3,160	37,9
4,4	44000	956000	1144	381333	0,3813	380189	1336189	<b>30</b>	373120	3233707	3,234	38,7
4,5	45000	955000	1170	390000	0,39	388830	1343830	<b>30</b>	381600	3307200	3,307	39,6

1 m <sup>3</sup> iszapnál				1 m <sup>3</sup> iszap esetén					1 óra alatt			
sűrített iszap szárazanyag [%]	1 m <sup>3</sup> ≈ 1000000 g iszapban lévő szárazanyag [g]	1 m <sup>3</sup> ≈ 1000000 g iszapban lévő víz [g]	az optimális arányhoz szükséges vegyszer tömege [g]	a szükséges vegyszer mennyiségnek az oldattérfogata 0,2 % esetén [ml]	ennek a vegyszer mennyiségnek a térfogata 0,2 % esetén [m <sup>3</sup> ]	0,2 %-os vegyszernél a vegyszerekből származó víz [g]	0,2 %-os vegyszernél az összes jelenlévő víz [g]	g víz/g szá	42 Hz iszapfeladás mellett a szárazanyag tartalom [g]	42 Hz iszapfeladás mellett a szükséges vegyszeroldat mennyisége [g]	42 Hz iszapfeladás mellett a szükséges vegyszeroldat mennyisége [m <sup>3</sup> ]	ekkor a vegyszerfeladás frekvenciája [Hz]
0,5	5000	995000	130	65000	0,065	64870	1059870	212	39600	514800	0,515	nincs
0,6	6000	994000	156	78000	0,078	77844	1071844	179	47520	617760	0,618	nincs
0,7	7000	993000	182	91000	0,091	90818	1083818	155	55440	720720	0,721	nincs
0,8	8000	992000	208	104000	0,104	103792	1095792	137	63360	823680	0,824	nincs
0,9	9000	991000	234	117000	0,117	116766	1107766	123	71280	926640	0,927	10,1
1	10000	990000	260	130000	0,13	129740	1119740	112	79200	1029600	1,030	12,3
1,1	11000	989000	286	143000	0,143	142714	1131714	103	87120	1132560	1,133	13,6
1,2	12000	988000	312	156000	0,156	155688	1143688	95	95040	1235520	1,236	14,8
1,3	13000	987000	338	169000	0,169	168662	1155662	89	102960	1338480	1,338	16
1,4	14000	986000	364	182000	0,182	181636	1167636	83	110880	1441440	1,441	17,3
1,5	15000	985000	390	195000	0,195	194610	1179610	79	118800	1544400	1,544	18,5
1,6	16000	984000	416	208000	0,208	207584	1191584	74	126720	1647360	1,647	19,7
1,7	17000	983000	442	221000	0,221	220558	1203558	71	134640	1750320	1,750	21
1,8	18000	982000	468	234000	0,234	233532	1215532	68	142560	1853280	1,853	22,2
1,9	19000	981000	494	247000	0,247	246506	1227506	65	150480	1956240	1,956	23,4
2	20000	980000	520	260000	0,26	259480	1239480	62	158400	2059200	2,059	24,6
2,1	21000	979000	546	273000	0,273	272454	1251454	60	166320	2162160	2,162	25,9
2,2	22000	978000	572	286000	0,286	285428	1263428	57	174240	2265120	2,265	27,1
2,3	23000	977000	598	299000	0,299	298402	1275402	55	182160	2368080	2,368	28,4
2,4	24000	976000	624	312000	0,312	311376	1287376	54	190080	2471040	2,471	29,6
2,5	25000	975000	650	325000	0,325	324350	1299350	52	198000	2574000	2,574	30,8
2,6	26000	974000	676	338000	0,338	337324	1311324	50	205920	2676960	2,677	32,1
2,7	27000	973000	702	351000	0,351	350298	1323298	49	213840	2779920	2,780	33,5
2,8	28000	972000	728	364000	0,364	363272	1335272	48	221760	2882880	2,883	34,5
2,9	29000	971000	754	377000	0,377	376246	1347246	46	229680	2985840	2,986	35,8
3	30000	970000	780	390000	0,39	389220	1359220	45	237600	3088800	3,089	37
3,1	31000	969000	806	403000	0,403	402194	1371194	44	245520	3191760	3,192	38,2
3,2	32000	968000	832	416000	0,416	415168	1383168	43	253440	3294720	3,295	39,5
3,3	33000	967000	858	429000	0,429	428142	1395142	42	261360	3397680	3,398	40,7
3,4	34000	966000	884	442000	0,442	441116	1407116	41	269280	3500640	3,501	41,9
3,5	35000	965000	910	455000	0,455	454090	1419090	41	277200	3603600	3,604	43,2
3,6	36000	964000	936	468000	0,468	467064	1431064	40	285120	3706560	3,707	44,4
3,7	37000	963000	962	481000	0,481	480038	1443038	39	293040	3809520	3,810	nincs
3,8	38000	962000	988	494000	0,494	493012	1455012	38	300960	3912480	3,912	nincs
3,9	39000	961000	1014	507000	0,507	505986	1466986	38	308880	4015440	4,015	nincs
4	40000	960000	1040	520000	0,52	518960	1478960	37	316800	4118400	4,118	nincs
4,1	41000	959000	1066	533000	0,533	531934	1490934	36	324720	4221360	4,221	nincs
4,2	42000	958000	1092	546000	0,546	544908	1502908	36	332640	4324320	4,324	nincs
4,3	43000	957000	1118	559000	0,559	557882	1514882	35	340560	4427280	4,427	nincs
4,4	44000	956000	1144	572000	0,572	570856	1526856	35	348480	4530240	4,530	nincs
4,5	45000	955000	1170	585000	0,585	583830	1538830	34	356400	4633200	4,633	nincs

1 m <sup>3</sup> iszapnál				1 m <sup>3</sup> iszap esetén					1 óra alatt			
sűri- tett iszap szá- raz a- anyag [%]	1 m <sup>3</sup> ≈ 1000000 g iszapban lévő száraz- anyag [g]	1 m <sup>3</sup> ≈ 1000000 g iszapban lévő víz [g]	az optimá- lis arány- hoz- szük- séges veg- szer tömeg e [g]	ennek a vegyszer- mennyi- ségnek az oldat- térfogata 0,3 % esetén [ml]	ennek a vegyszer- mennyi- ségnek a térfogata 0,3% esetén [m <sup>3</sup> ]	0,3 %-os vegyszernél a vegyszereből származó víz [g]	0,3 %-os vegyszernél az összes jelenlévő víz [g]	g víz/g sza	42 Hz iszap- feladás mellett a száraz- anyag tartalom [g]	42 Hz iszap- feladás mellett a szükséges vegyszer- oldat mennyi- sége [g]	42 Hz iszap- feladás mellett a szükséges vegyszer- oldat mennyi- sége [m <sup>3</sup> ]	ekkor a vegyszer- feladás frekven- ciája [Hz]
0,5	5000	995000	130	43333	0,0433	43247	1038247	<b>208</b>	39600	343200	0,343	nincs
0,6	6000	994000	156	52000	0,052	51896	1045896	<b>174</b>	47520	411840	0,412	nincs
0,7	7000	993000	182	60667	0,0607	60545	1053545	<b>151</b>	55440	480480	0,480	nincs
0,8	8000	992000	208	69333	0,0693	69195	1061195	<b>133</b>	63360	549120	0,549	nincs
0,9	9000	991000	234	78000	0,078	77844	1068844	<b>119</b>	71280	617760	0,618	nincs
1	10000	990000	260	86667	0,0867	86493	1076493	<b>108</b>	79200	686400	0,686	nincs
1,1	11000	989000	286	95333	0,0953	95143	1084143	<b>99</b>	87120	755040	0,755	nincs
1,2	12000	988000	312	104000	0,104	103792	1091792	<b>91</b>	95040	823680	0,824	nincs
1,3	13000	987000	338	112667	0,1127	112441	1099441	<b>85</b>	102960	892320	0,892	10,7
1,4	14000	986000	364	121333	0,1213	121091	1107091	<b>79</b>	110880	960960	0,961	11,5
1,5	15000	985000	390	130000	0,13	129740	1114740	<b>74</b>	118800	1029600	1,030	12,3
1,6	16000	984000	416	138667	0,1387	138389	1122389	<b>70</b>	126720	1098240	1,098	13,1
1,7	17000	983000	442	147333	0,1473	147039	1130039	<b>66</b>	134640	1166880	1,167	14
1,8	18000	982000	468	156000	0,156	155688	1137688	<b>63</b>	142560	1235520	1,236	14,8
1,9	19000	981000	494	164667	0,1647	164337	1145337	<b>60</b>	150480	1304160	1,304	15,6
2	20000	980000	520	173333	0,1733	172987	1152987	<b>58</b>	158400	1372800	1,373	16,4
2,1	21000	979000	546	182000	0,182	181636	1160636	<b>55</b>	166320	1441440	1,441	17,3
2,2	22000	978000	572	190667	0,1907	190285	1168285	<b>53</b>	174240	1510080	1,510	18,1
2,3	23000	977000	598	199333	0,1993	198935	1175935	<b>51</b>	182160	1578720	1,579	18,9
2,4	24000	976000	624	208000	0,208	207584	1183584	<b>49</b>	190080	1647360	1,647	19,7
2,5	25000	975000	650	216667	0,2167	216233	1191233	<b>48</b>	198000	1716000	1,716	20,6
2,6	26000	974000	676	225333	0,2253	224883	1198883	<b>46</b>	205920	1784640	1,785	21,4
2,7	27000	973000	702	234000	0,234	233532	1206532	<b>45</b>	213840	1853280	1,853	22,2
2,8	28000	972000	728	242667	0,2427	242181	1214181	<b>43</b>	221760	1921920	1,922	23
2,9	29000	971000	754	251333	0,2513	250831	1221831	<b>42</b>	229680	1990560	1,991	23,8
3	30000	970000	780	260000	0,26	259480	1229480	<b>41</b>	237600	2059200	2,059	24,7
3,1	31000	969000	806	268667	0,2687	268129	1237129	<b>40</b>	245520	2127840	2,128	25,5
3,2	32000	968000	832	277333	0,2773	276779	1244779	<b>39</b>	253440	2196480	2,196	26,3
3,3	33000	967000	858	286000	0,286	285428	1252428	<b>38</b>	261360	2265120	2,265	27,1
3,4	34000	966000	884	294667	0,2947	294077	1260077	<b>37</b>	269280	2333760	2,334	28
3,5	35000	965000	910	303333	0,3033	302727	1267727	<b>36</b>	277200	2402400	2,402	28,8
3,6	36000	964000	936	312000	0,312	311376	1275376	<b>35</b>	285120	2471040	2,471	29,6
3,7	37000	963000	962	320667	0,3207	320025	1283025	<b>35</b>	293040	2539680	2,540	30,4
3,8	38000	962000	988	329333	0,3293	328675	1290675	<b>34</b>	300960	2608320	2,608	31,2
3,9	39000	961000	1014	338000	0,338	337324	1298324	<b>33</b>	308880	2676960	2,677	32,1
4	40000	960000	1040	346667	0,3467	345973	1305973	<b>33</b>	316800	2745600	2,746	32,9
4,1	41000	959000	1066	355333	0,3553	354623	1313623	<b>32</b>	324720	2814240	2,814	33,7
4,2	42000	958000	1092	364000	0,364	363272	1321272	<b>31</b>	332640	2882880	2,883	34,5
4,3	43000	957000	1118	372667	0,3727	371921	1328921	<b>31</b>	340560	2951520	2,952	35,4
4,4	44000	956000	1144	381333	0,3813	380571	1336571	<b>30</b>	348480	3020160	3,020	36,2
4,5	45000	955000	1170	390000	0,39	389220	1344220	<b>30</b>	356400	3088800	3,089	37

A legoptimálisabbnak vélt kombinációk:

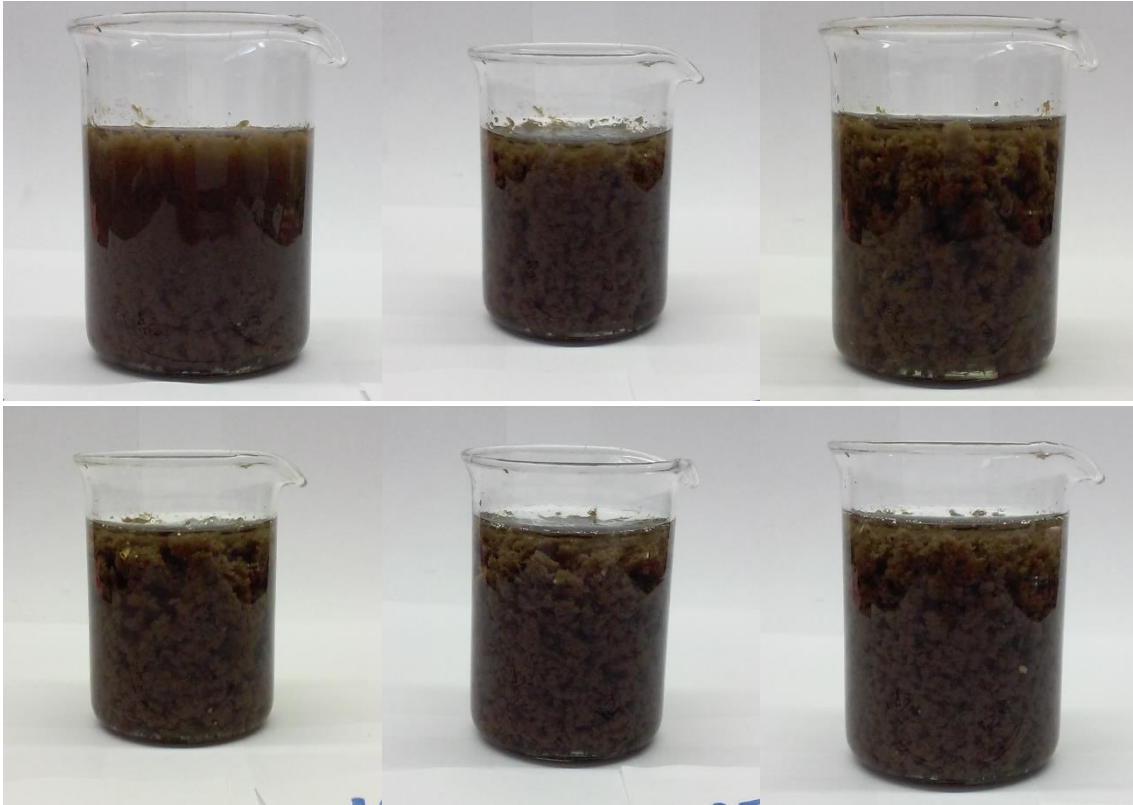
sűrített iszap szárazanyag [%]	iszapfeladás [Hz]	vegyszer- koncentráció [%]	vegyszer- feladás [Hz]
0,5	45	0,1	13,2
0,6	45	0,1	15,8
0,7	45	0,15	12,3
0,8	45	0,15	14,1
0,9	45	0,2	11,9
1	45	0,2	13,2
1,1	45	0,2	14,6
1,2	45	0,2	15,9
1,3	45	0,2	17,2
1,4	45	0,2	18,5
1,5	45	0,2	19,8
1,6	45	0,2	21,1
1,7	45	0,2	22,4
1,8	45	0,2	23,8
1,9	45	0,2	25,1
2	45	0,2	26,4
2,1	45	0,2	27,7
2,2	45	0,2	29
2,3	45	0,2	30,4
2,4	45	0,2	31,7
2,5	45	0,2	33
2,6	45	0,2	34,3
2,7	45	0,2	35,6
2,8	45	0,2	37
2,9	45	0,3	25,5
3	45	0,3	26,4
3,1	45	0,3	27,3
3,2	45	0,3	28,2
3,3	45	0,3	29
3,4	45	0,3	29,9
3,5	45	0,3	30,8
3,6	45	0,3	31,7
3,7	45	0,3	32,6
3,8	45	0,3	33,5
3,9	45	0,3	34,3
4	42	0,3	32,9
4,1	42	0,3	33,7
4,2	42	0,3	34,5
4,3	42	0,3	35,4
4,4	42	0,3	36,2
4,5	42	0,3	37



## 5. melléklet

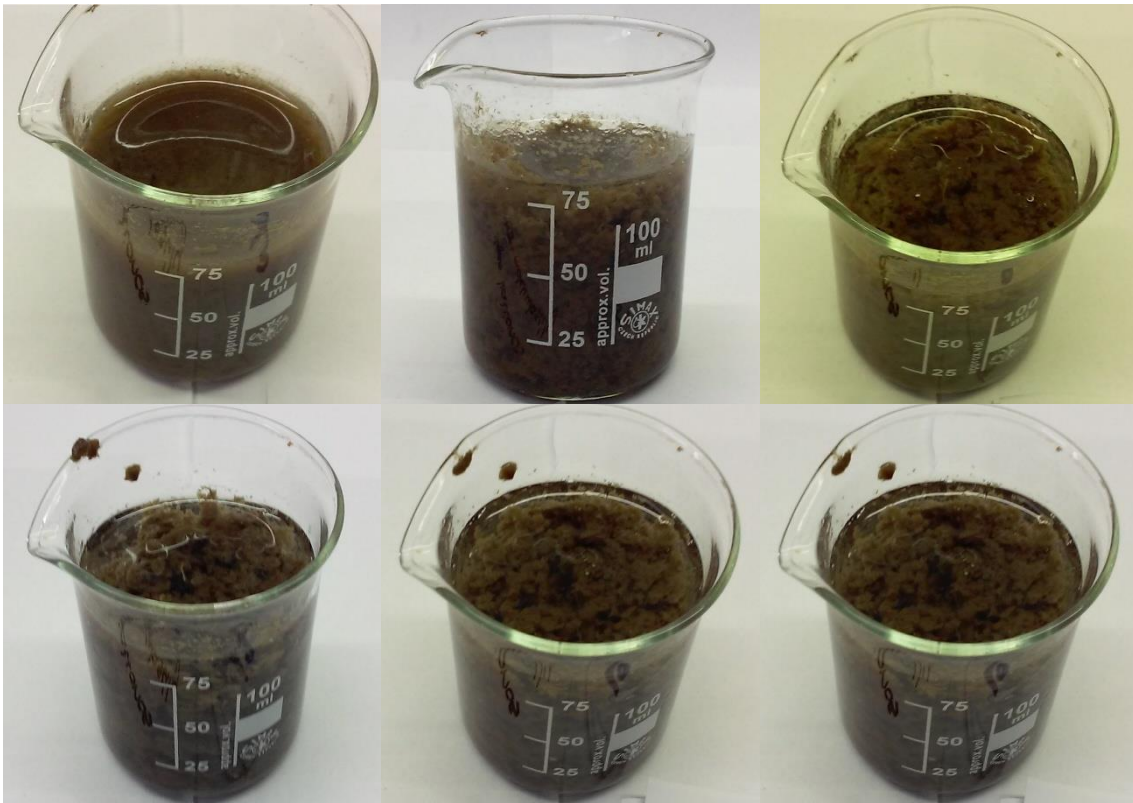
Különböző 0,2 %-os polielektrolitok 3; 6; 9; 12;15; és 15,4 ml-ének hozzáadása után kialakuló iszapszerkezet (7.2. fejezet):

A saját vegyszer esetén:

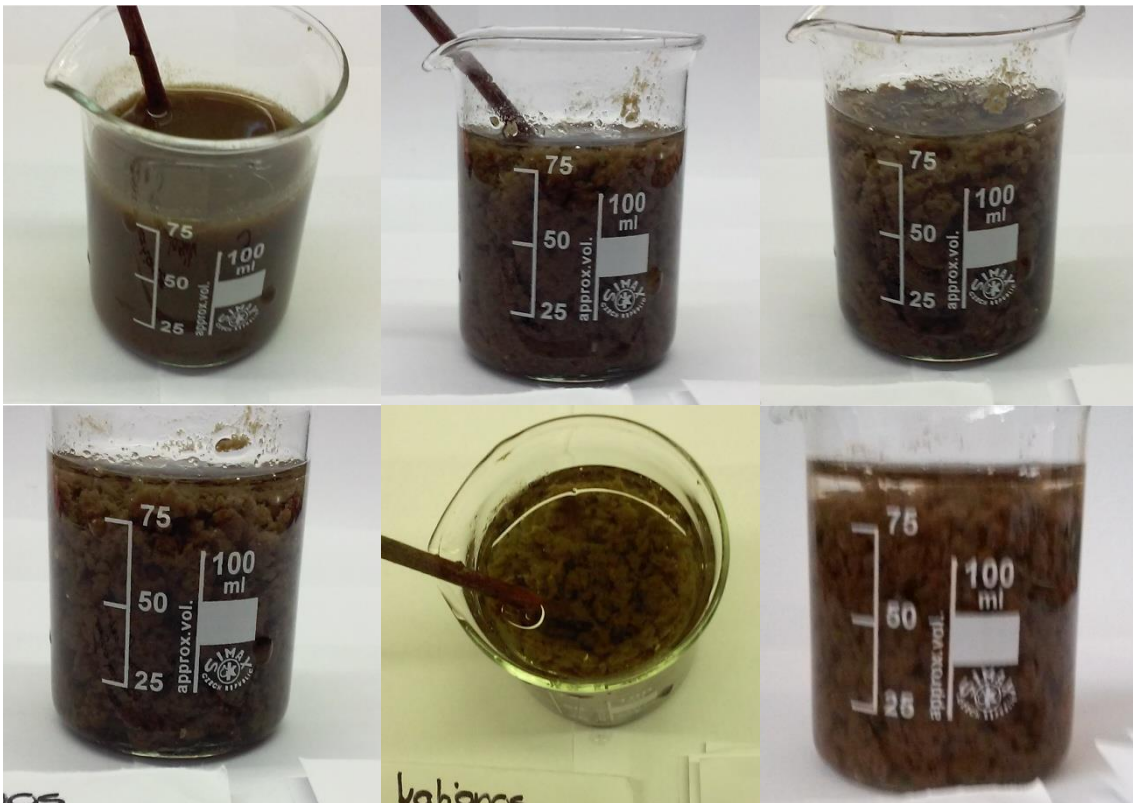




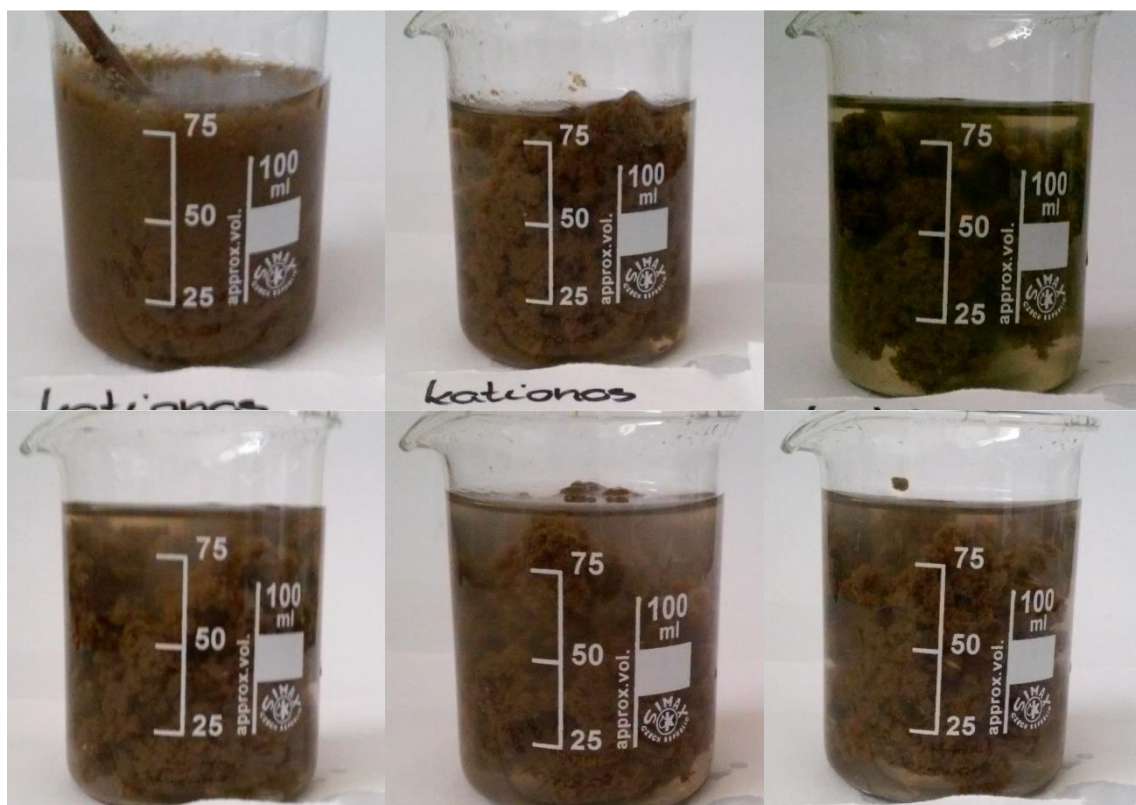
Magas kationos, magas molekulásúlyú (szilárd) vegyszer:



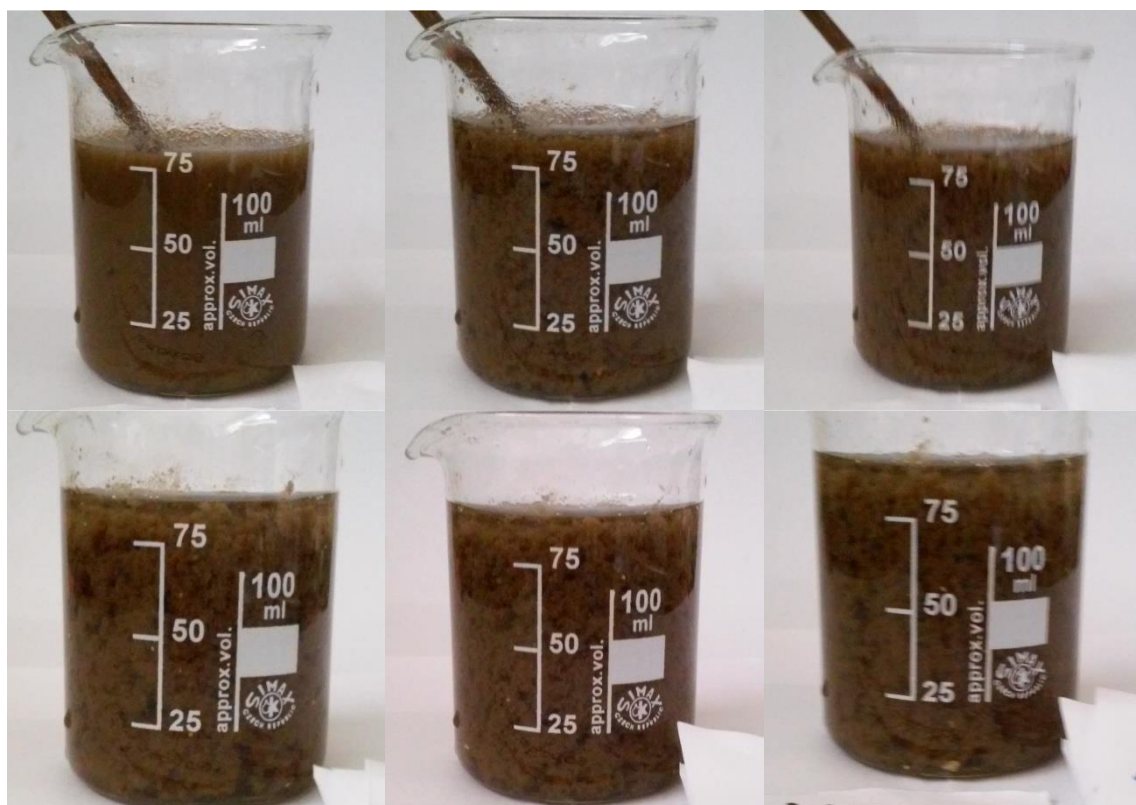
Magas kationos, közepes molekulásúlyú (szilárd):



Magas kationos, közepes molekulású (emulzió):

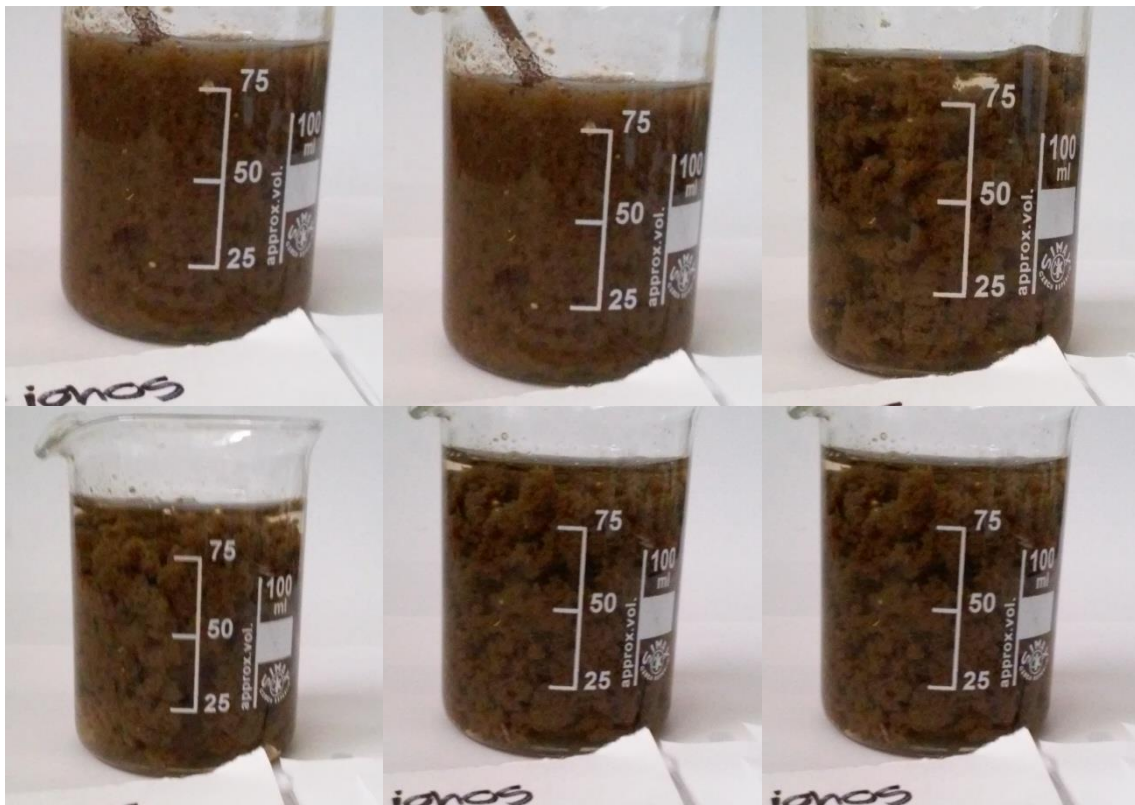


Magas kationos, alacsony molekulású (szilárd):

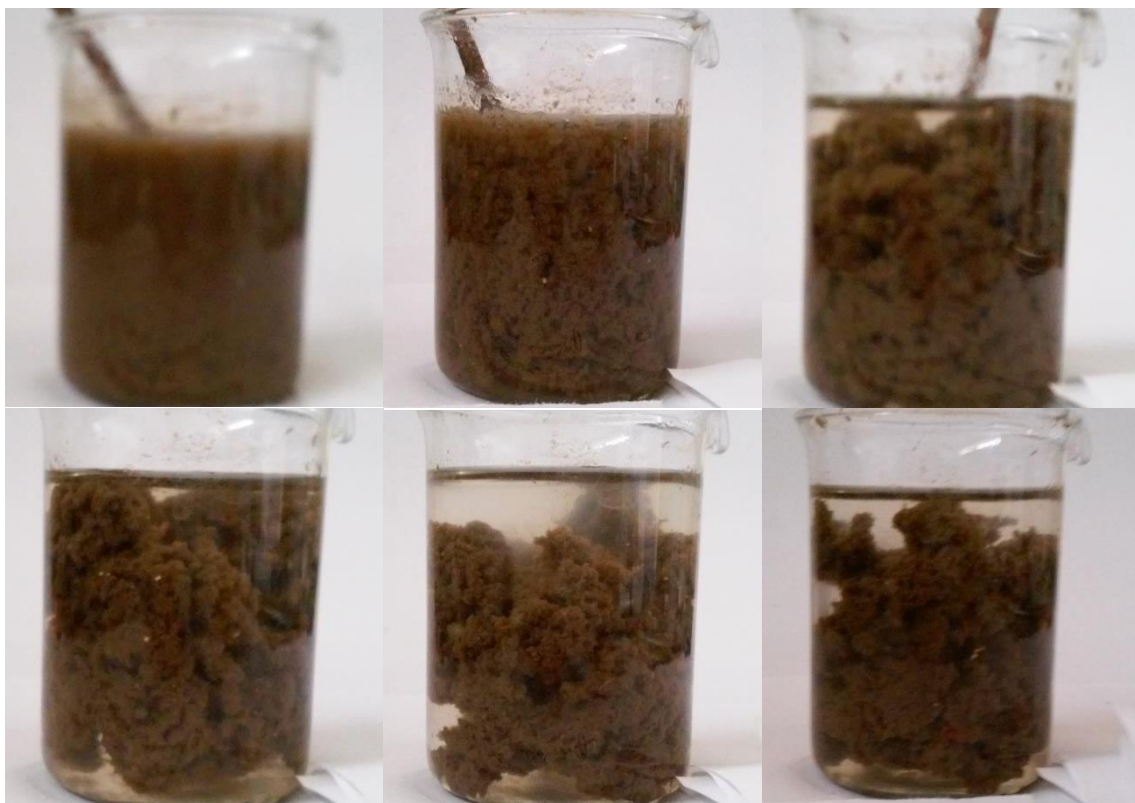




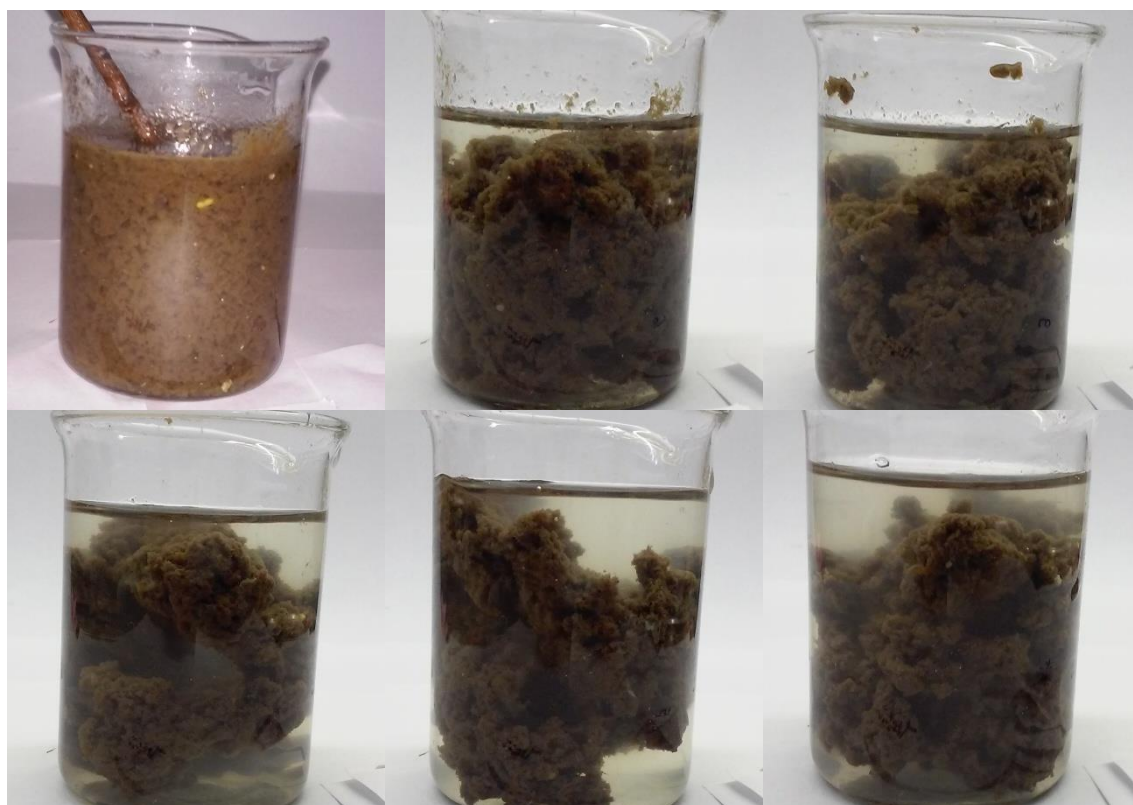
Közepes kationos, közepes molekulású (szilárd):



Közepes kationos, alacsony molekulású (emulzió):



Nagyon magas kationos (emulzió):



### 6. melléklet:

A saját (eredetileg szilárd); a magas kationos, magas molekulásúlyú (eredetileg szilárd); illetve a nagyon magas kationos (eredetileg emulzió) vegyszerrel préselt iszaptermékek szárazanyag tartalmának összehasonlítása (7.2. fejezet):

vegyszer típusa→ mennyisége↓	saját	magas kationos, magas molekulásúlyú	ismeretlen kationos
210	17,20	16,09	15,84
240	17,83	16,13	15,66
270	17,68	16,78	15,10
300	17,88	16,44	15,37