

Iszapvíztelenítő centrifugák optimalizálása az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep energia- és vegyszerfelhasználásának csökkentése érdekében

Tóth Dániel

üzemeltetési csoportvezető, Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. Észak-pesti Szennyvíztisztító Osztály

Kivonat

Az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep 200 ezer m³/nap-os kapacitással Magyarország második legnagyobb szennyvíztisztító telepe. A biológiai tisztítás során keletkező szennyvíziszap kezelésére kiépített technológia első lépése az iszap sűrítése. Ezt követően anaerob mezofil rothasztók segítségével végbemegy az iszap stabilizálása, végül, a kezelés utolsó fázisaként a víztelenítés következik, amely centrifugák segítségével történik.

Az iszapkezelés valamennyi fázisából napi szinten történik mintavétel, annak érdekében, hogy laborvizsgálatok segítségével átfogó képet kapjunk a folyamatok alakulásáról. A folyamat monitorozásával és az eredmények kiértékelésével elvégezhetjük az iszapvíztelenítés optimalizálandó fázisainak kijelölését.

A centrifugák finomhangolásának célja az iszapvíztelenítés hatásfokának javítása, annak érdekében, hogy a víztelenített iszap szárazanyag-tartalmát a kívánt értéken tartsuk és a keletkező csurgalékvíz minőségét javítsuk. A telepen keletkező nagy mennyiségű iszap mozgatásának jelentős az energiaigénye, emiatt kiemelt figyelmet kell fordítani a centrifugák megfelelő működésére. A víztelenített iszap szárazanyag-tartalmának beállítása és fenntartása fontos lépés a berendezések jó állapotban tartása és az energiafelhasználás csökkentése érdekében. Törekedni kell az iszapmozgatás és –elszállítás gazdaságossá tételére, ezáltal csökkenthetők az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep üzemeltetési költségei.

Kulcsszavak: Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep; iszapvíztelenítés; víztelenítő centrifuga

BEVEZETÉS

A kis- és nagyvárosi szennyvíztisztító telepek nagyságrendi eltéréseiből adódóan változatos iszapkezelési technológiákat alkalmaznak. A nagyobb telepek esetében az iszapsűrítés magas hőmérsékleti tartományon lejátszódó, anaerob rothasztással párosul (*Patziger, 2018*). Az anaerob fermentáció olyan technológia, amelyben mikroorganizmus csoportok végzik a szerves anyag célirányos lebontását. A folyamat eredményeképpen az iszap stabilizálódik és könnyebben vízteleníthetővé alakul, miközben biogázt termel. Végső soron a rothasztott iszapot víztelenítik, amelyre napjainkban egyre inkább a folyamatosan korszerűsödő centrifugákat alkalmaznak (*Kárpáti et. al, 2011, Kárpáti et. al, 2014*).

Az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep iszapkezelési technológiája az ezredfordulót követően jelentős fejlődésen esett át. 2001-ben beüzemelésre került 3 db iszapsűrítő centrifuga, valamint 1 db iszapvíztelenítő kamrás szűrőprés, amely megduplázta a telep akkori víztelenítő kapacitását. Az iszapkezelés további korszerűsítése érdekében 2008-ban megvalósult egy nagyobb beruházás, amelynek keretében megépült 2 db, egyenként 12 000 m³ névleges térfogattal rendelkező anaerob mezofil rothasztó torony. A jelentős fejlesztés hatására az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep képessé vált a keletkező szennyvíziszap fermentációs kondicionálására és a folyamat során keletkező biogáz hasznosítására. Az elővíztelenítési hatékonyság növelése érdekében 2009-ben, 2012-ben, és 2016-ban összesen 3 db szalagos iszapsűrítő asztallal bővült a technológia. Az első sűrítőasztal érkezésével egyidőben megtörtént a sűrítő centrifugák üzemén kívül helyezése. 2011-ben egy iszapvíztelenítő prészalagszűrő váltotta le az egyik még üzemben lévő kamrás szűrőprést, majd 2015-ben megkezdődött a teljes víztelenítési fokozat fejlesztése. Elsőként a 3 db üzemén kívüli iszapsűrítő centrifuga közül 2 db felújítással egybekötött átalakítása valósult meg. 2020 és 2021 között 3 db iszapvíztelenítő centrifuga telepítésével megtörtént az utolsó üzemben lévő

prés kiváltása. A fejlesztéseknek köszönhetően jelenleg 3 db szalagos iszapsűrítő asztal, illetve 5 db iszapvíztelenítő centrifuga látja el a telepen keletkező iszapok gépi kezelését.

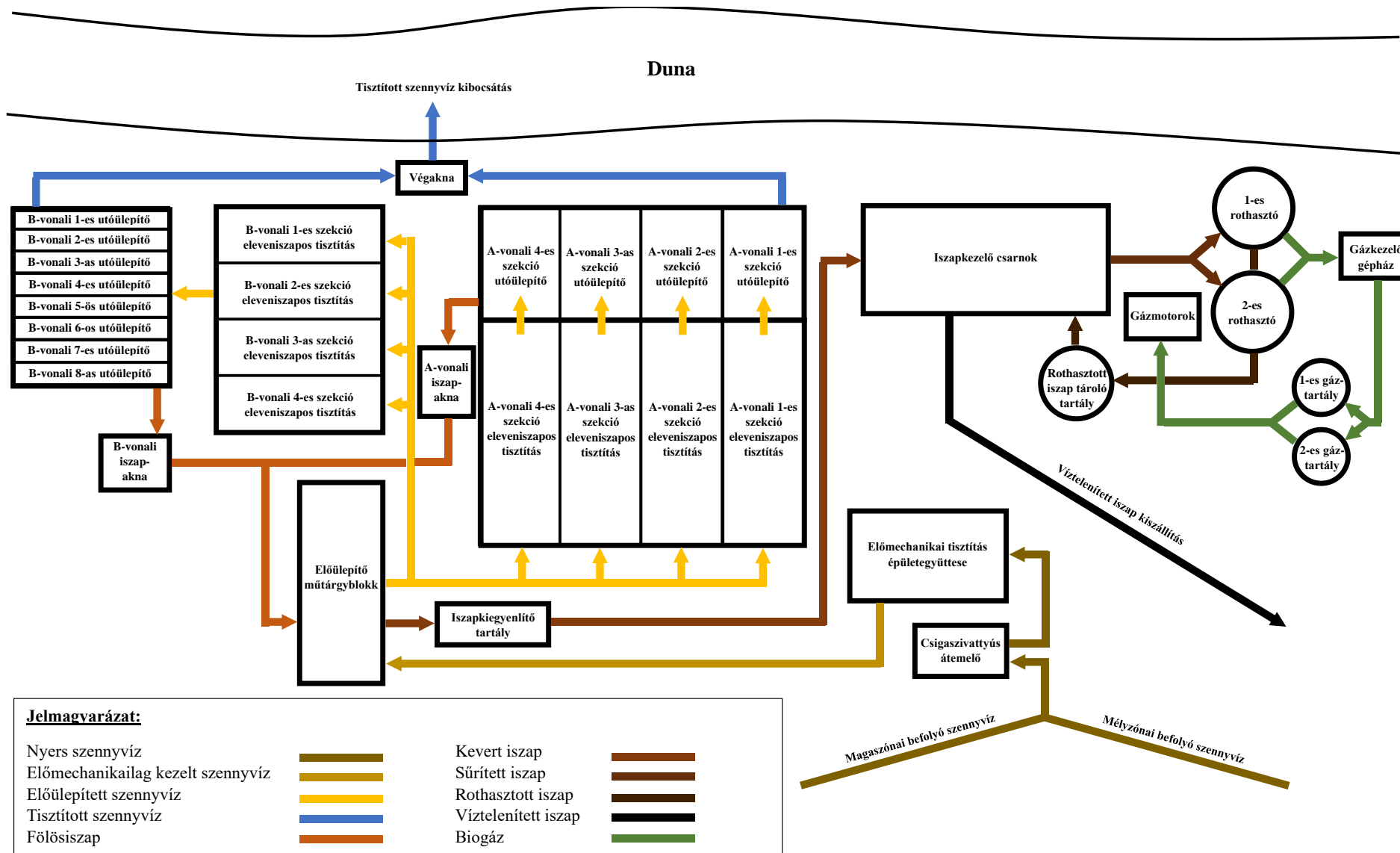
Az iszapkezelési technológia egyes berendezéseinek, köztük a víztelenítő centrifugák optimális működésének érdekében nélkülözhetetlen az üzemeltetési paraméterek és állapotok átfogó ismerete. Ennek birtokában lehet csak elvégezni a berendezések finomhangolását. A beállított paraméterek hatására bekövetkezett változások nyomán követése lehetőséget biztosít az üzemeltetési kívánalmak kielégítésére. A víztelenítés során előállított iszap szárazanyag-tartalma, illetve a csurgalékvíz minősége, a vegyszer-, valamint a villamosenergia felhasználás az üzemi tapasztalatokat felhasználva optimalizálható.

SZENNYVÍZISZAP KEZELÉS AZ ÉSZAK-PESTI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEN

Az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep (1. ábra) biológiai tisztítási fokozatáról eltávolított kevert iszap mennyisége éves szinten 380 000 m³. A keletkezett kevert iszapnak kezdetben mindössze 2-3% közötti a szárazanyag-tartalma, amely jelentős, 67%-os szervesanyag-tartalommal rendelkezik. Az iszap átmeneti tárolása a 250 m³-es iszapkiegyenlítő tartályban történik, ahonnan ezt követően a 115 m³-es kevert iszap tartályba kerül. A szennyvíziszap víztartalmának csökkentése érdekében az iszapkezelés első lépcsőfoka a gépi elősűrítés. Ehhez a folyamathoz a telepen 3 db szalagos iszapsűrítő asztal áll rendelkezésre, amelyek a magas víztartalmú iszapot polielektrolit oldat adagolása mellett 5-6% szárazanyag-tartalmúra sűrítik. A sűrített iszap tárolását egy 25 m³ térfogatú tartály látja el. Az átmeneti tárolást követően a sűrített iszapot a 2 db 12 000 m³-es rothasztó tornyokba tápláljuk, ahol hozzávetőlegesen 20 napos tartózkodási idő mellett megtörténik az iszap stabilizációja.

Az iszap szervesanyag-tartalmának közel 50%-a kirothat, amellyel egyidőben csökken a fertőzőképessége és a szaghatása. A rothasztóban megtalálható baktérium populációk a kétlépcsős hidrolitikus és metántermelő folyamat hatására biogázt állítanak elő (Öllös *et al.* 2010). A keletkezett biogáz kezelését egy biogázkezelő technológiai vonal látja el. A kezelt biogáz üzemanyagként szolgál 3 db kogenerációs kiserőműnek és 2 db gázkazánnak, amelyek segítségével villamos- és hőenergiát állítunk elő. A megtermelt energia részben elegendő a telepi energiaszükséglet kielégítésére, 2022-ben a villamosenergia 77,9%-át, míg a hőenergia 100%-át képes volt fedezni.

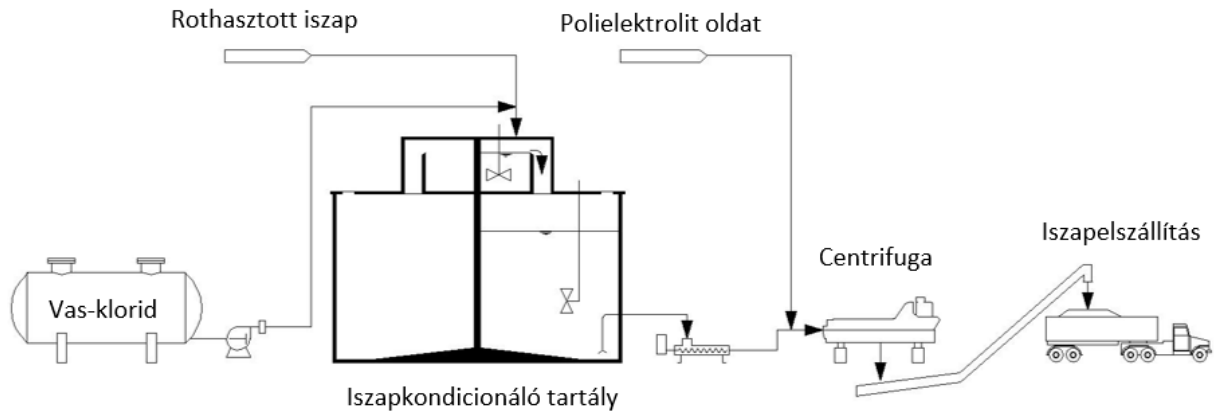
A stabilizált, rothasztott iszap ideiglenes tárolása az 1 500 m³-es rothasztott iszap tároló tartályban történik. Ezt követően a rothasztott iszap tartályból az iszap átkerül az iker kialakítású, 230 m³-es kondicionáló tartályba. A kondicionáló tartályok tetején helyezkedik el a szintén iker kialakítású, egyenként 8 m³-es vegyszerbekeverő tartály, ahol lehetőség van a rothasztott iszap vas-kloriddal történő kondicionálására. A technológiától függően vegyszerrel bekevert iszap egy túlfolyó csővezetéken keresztül jut az alsó tartályokba, ahol a folyamatos keverés hatására tud lezajlani a kondicionálás. Ez a folyamat jelenleg a vas-klorid adagolás hiányából adódóan nem játszódik le. Végül az iszap víztelenítését 5 db centrifuga látja el, amelyet polielektrolit oldat adagolásával kondicionálunk. Az iszapvíztelenítés hatására a végtermék 23-24%-os szárazanyag-tartalommal rendelkezik, amely éves szinten csaknem 46 000 tonna iszapot eredményez. A teljes folyamat utolsó fázisa a víztelenített iszap elszállítása a telepről.



1. ábra: Az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep blokséma ábrája

SZENNYVÍZISZAP VÍZTELENÍTŐ CENTRIFUGA ÉS KISZOLGÁLÓ BERENDEZÉSEI

A kondicionált szennyvíziszap gépi víztelenítése előtt biztosítani kell a hatékony víztelenítés minden feltételét. A szennyvíziszap ebben a fázisban még tartalmazhat darabos, szálás szennyeződések, amelyek a szivattyúkban és egyéb gépészeti elemekben kárt tehetnek. A kondicionált iszapot elsőként egy daráló, valamint egy aprító berendezésbe juttatjuk. A megfelelő homogenizálást követően a centrifugára feladó szivattyú megkezdheti az iszap betáplálását a víztelenítő centrifugába (2. ábra).



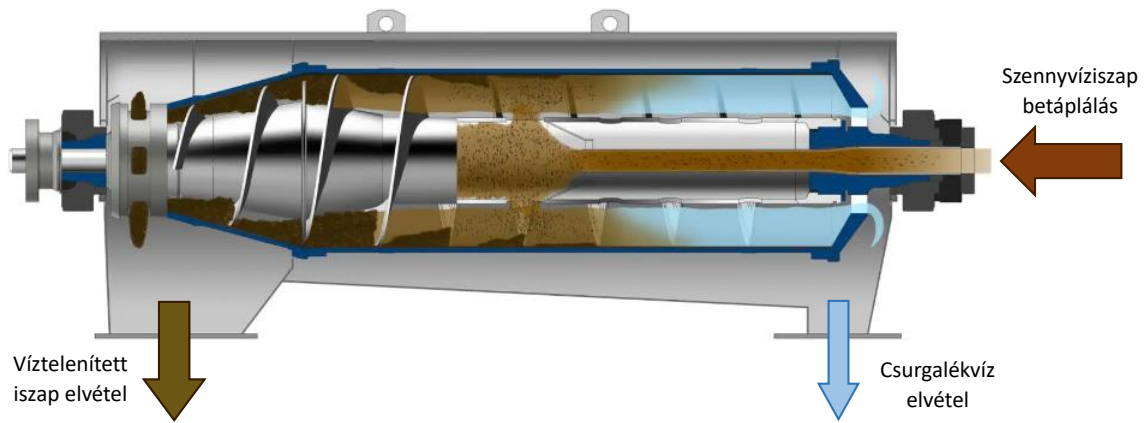
2. ábra: Iszapvíztelenítés folyamatábrája

A kísérlethez kiválasztott berendezés az egyik 2021-ben telepített ANDRITZ D5LX típusú víztelenítő centrifuga, amelynek főbb műszaki paraméterei a következők (1. táblázat).

Kapacitás	20-40 m ³ /h
Tömeg	4811 kg
Dob átmérő	520 mm
Dob hossza	2288 mm
Centrifuga teljes hossza	4105 mm
Maximális sebesség	3220 fordulat/perc

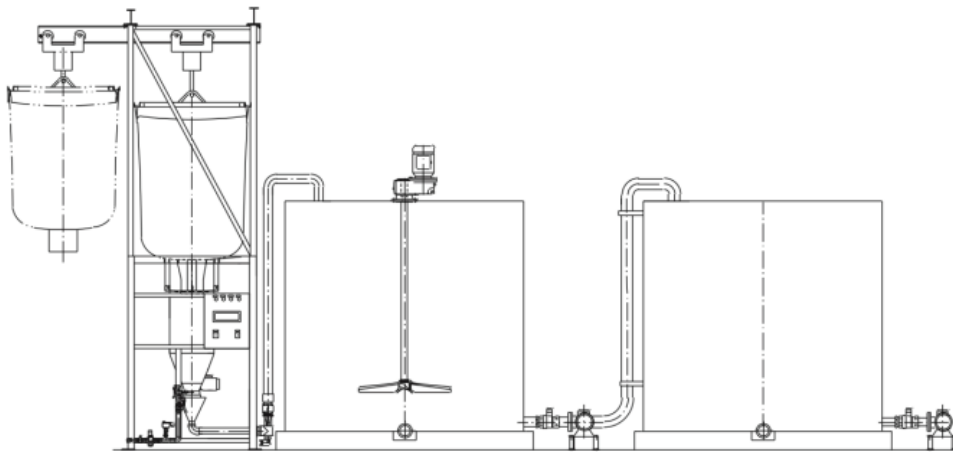
1. táblázat: A vizsgált centrifuga főbb paraméterei

Az iszapcentrifugálás dinamikus elven működő, gépi víztelenítés. Az eljárás lényege, hogy a dob forgásának hatására fellépő centrifugális erőt kihasználva a szuszpendált szilárd anyag elválasztásra kerül a folyadékfázistól. A forgás következtében a nagyobb sűrűségű szilárd részecskék a dob falához préselődnek, ezáltal megtörténik a fázisszétválasztás, míg a kevésbé sűrű folyadékfázis koncentrikus belső réteget alkot a dobben. A dobtól eltérő sebességgel forgó csiga folyamatosan távolítja el az elválasztott szilárd anyagokat a dob falától, és fokozatosan juttatja a dob szűkülő részébe. Az így elválasztott száraz szilárd anyag végül a dob alsó részén távozik a berendezésből (3. ábra).



3. ábra: A víztelenítő centrifuga működési elve
forrás: www.flottweg.com alapján saját szerkesztés

A kívánt víztelenítési hatások elérése érdekében az iszaphoz polielektrolit oldatot adagolunk. Az oldat előkészítését és a rendszerbe történő betáplálását egy Tomal PolyRex 11 típusú berendezéssel végezzük (4. ábra). A por formájú polielektrolit beoldását egy beoldó tölcser látja el, amelybe vizet juttatunk. Ezt követően a keverék az 5,5 m³-es bekeverő és érlelő tartályba kerül, ahol folyamatos keverés mellett megtörténik az oldat homogenizálása és érlelése. A 30 perces érlelési idő lejárta után megkezdődik az adagolásra kész oldat átfejtése a szintén 5,5 m³-es tároló és adagoló tartályba. Innen a polielektrolit oldatot szivattyú segítségével közvetlenül a centrifuga betápláló csövébe juttatjuk, ahol megtörténik az iszappal való elkeveredése.



4. ábra: A PolyRex 11 polielektrolit bekeverő és adagoló rendszer sémaábrája
forrás: www.prominent.us

MINTAVÉTEL ISMERTETÉSE

A mérési terv kidolgozásának első lépése a víztelenítő berendezés átfogó ismeretének megszerzése volt. A berendezés optimalizálásához az alábbi üzemeltetési paramétereket vizsgáltam.

- Centrifuga szállítónyomaték
- Centrifugára feladott iszap mennyisége
- Polielektrolit adagolás

A centrifuga teljesítmény-optimalizálás elve alapján törekedtem az üzemi paraméterek konstans értéken tartására és egyszerre minden esetben csak egy parameter módosítását végeztem el. Első lépésben a vizsgált paramétert a kívánt értékre állítottam és 30 perc üzemelést követően, miután minden érték normalizálódott, elvégeztem a mintavételt. Minden alkalommal mintát vettem a víztelenített iszaphól, illetve a csurgalékvízből is, valamint leolvastam a berendezés által felvett pillanatnyi elektromos áramerősséget. A vizsgált paramétereket adott tartományban felosztottam és mindegyikből 6 különböző értéket vizsgáltam meg (2. táblázat).

	Ssz.	Nyomaték [%]	Feladott iszap [m ³ /h]	Polimer-iszap arány [kg/t iszap sz.a.]
1. kísérlet	1/1	60	25	9,00
	1/2	64		
	1/3	68		
	1/4	72		
	1/5	76		
	1/6	80		
2. kísérlet	2/1	64	20	9,00
	2/2		24	
	2/3		28	
	2/4		32	
	2/5		36	
	2/6		40	
3. kísérlet	3/1	64	25	9,00
	3/2			8,75
	3/3			8,50
	3/4			8,00
	3/5			7,50
	3/6			7,00

2. táblázat: A kísérletek során alkalmazott üzemi beállítások

A megvett víztelenített iszapmintákat zárható műanyagedénybe helyeztem és egy KERN MLB 50-3N típusú szárazanyag gyorsmérő készülék segítségével a helyszínen meghatároztam a szárazanyag-tartalmát. A csurgalékvíz mintákat egy 1000 ml-es Imhoff-kehelybe töltöttem és 30 perces ülepedést követően leolvastam a kiülepedett iszaprézsf térfogatát (5. ábra). A mintavételek megkezdése előtt minden alkalommal leolvastam a berendezés frekvenciaváltójának aktuálisan felvett áramerősségét.



5. ábra: A mintavételek és mérések helyszíne

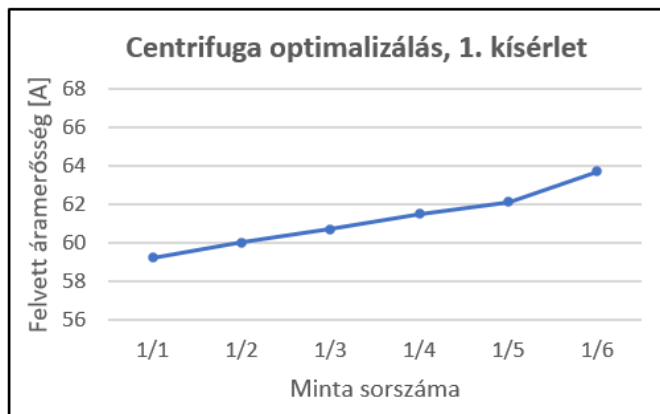
EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A mérések során kapott eredményeket összegeztem és táblázat, valamint diagram formájában ábrázoltam.

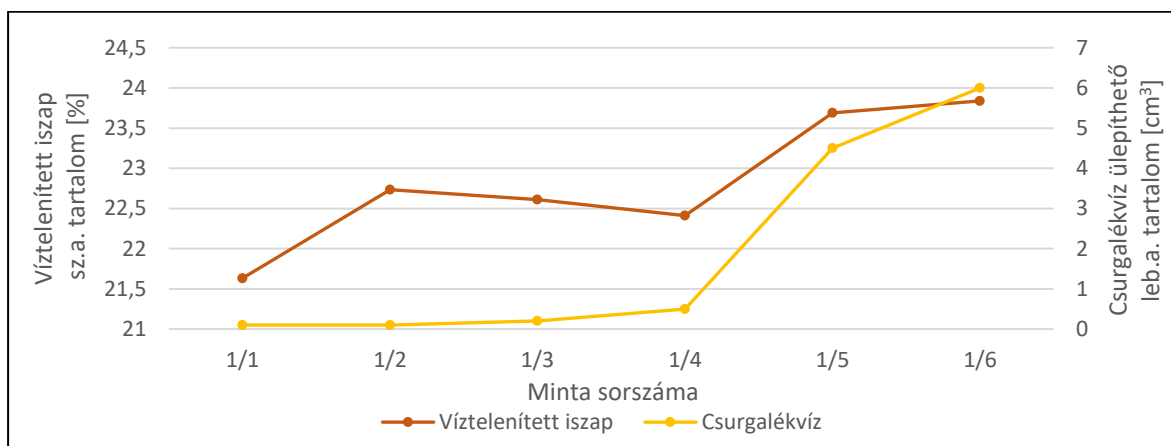
Centrifuga szállítónyomaték

A víztelenítő centrifuga nyomaték értékének módosításával sikerült elérni a víztelenített iszap szárazanyag-tartalmának legnagyobb mértékű változását (6. ábra). A nyomaték növelésével emelkedett a végtermék szárazanyag-tartalma, valamint a csurgalékvíz lebegőanyag-tartalmának ülepíthető és nem ülepíthető része is. Ez utóbbi kezdetben kisebb mértékben változott, majd egy hirtelen ugrást követően gyorsan leromlott a minősége (7. ábra). A kísérlet alapján megállapítható, hogy a víztelenített iszap szárazanyag-tartalom tekintetében erre a paraméterre a legérzékenyebb. Az optimális nyomatékérték feltételezhetően a 64% és 72% közötti tartományban található, amelynek pontosabb meghatározása érdekében további vizsgálatokat kell végezni.

1. kísérlet			
Vizsgált paraméter: szállítónyomaték			
Sz.	Iszap sz.a. [%]	Csurgalékvíz lebegőanyag [cm ³ /dm ³]	Áramerősség [A]
1/1	21,633	0,1	59,2
1/2	22,734	0,1	60,01
1/3	22,609	0,2	60,7
1/4	22,41	0,5	61,5
1/5	23,689	4,5	62,1
1/6	23,839	6	63,7



6. ábra: Az 1. kísérlet eredményei és az áramerősség változása

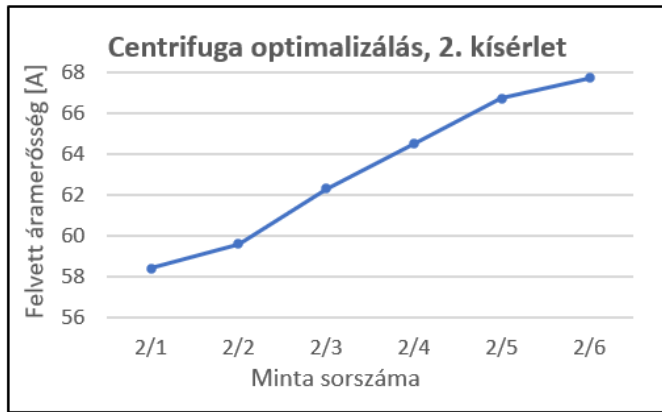


7. ábra: Az 1. kísérlet során mért iszap és csurgalékvíz változás

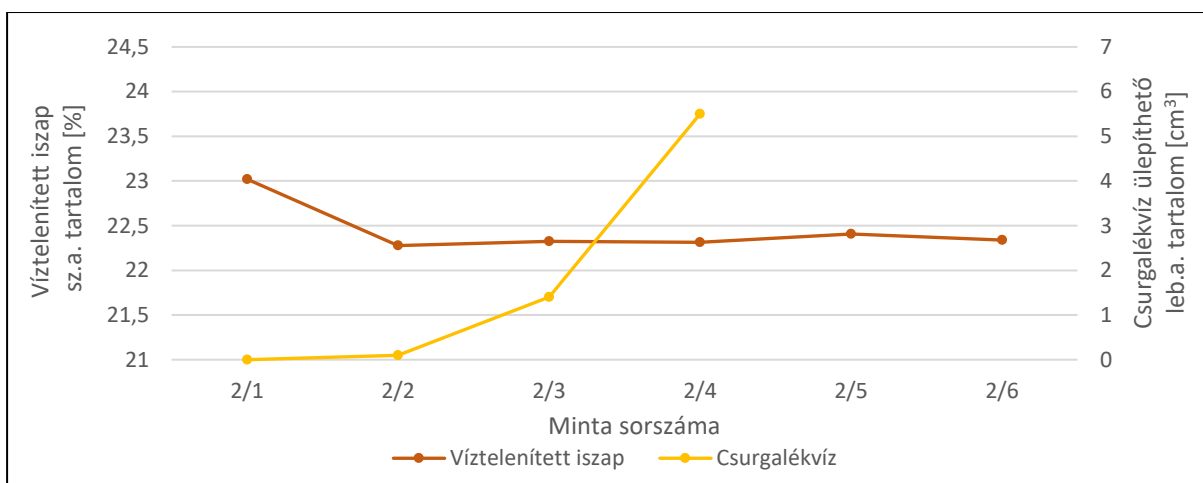
Centrifugára feladott iszapmennyiség

A centrifugára feladott iszapmennyiség növelésével először jelentős mértékben csökkent a víztelenített iszap szárazanyag-tartalma, majd közel állandó értéken maradt (9. ábra). A csurgalékvíz esetében ez a változtatás ellenkezőképpen hatott. A csurgalékvíz lebegőanyag-tartalma hirtelen, nagymértékben kezdett emelkedni. 36 m³/h-ás iszapfeladás mellett olyan nagy mennyiségben keletkezett csurgalékvíz, hogy a mintavételi csonkon keresztül lehetetlenné vált a mintavétel (8. ábra). Az elvezetőcsőben kialakult vákuum miatt nem lehetett mintázni a csurgalékvizet. A berendezésbe betáplált ideális iszapmennyiség az iszap és csurgalékvíz minőség tekintetében 20 és 24 m³/h között helyezkedik el. Ennek további vizsgálata esetén fontos szempont, hogy alacsonyabb feladott iszapmennyiség esetén is képes-e a berendezés a szükséges víztelenítendő iszap mennyiséget kezelni.

2. kísérlet			
Vizsgált paraméter: feladott iszap			
Ssz.	Iszap sz.a. [%]	Csurgalékvíz lebegőanyag [cm ³ /dm ³]	Áramerősség [A]
2/1	23,02	0	58,4
2/2	22,277	0,1	59,6
2/3	22,324	1,4	62,3
2/4	22,313	5,5	64,5
2/5	22,405		66,7
2/6	22,337		67,7



8. ábra: A 2. kísérlet eredményei és az áramerősség változása

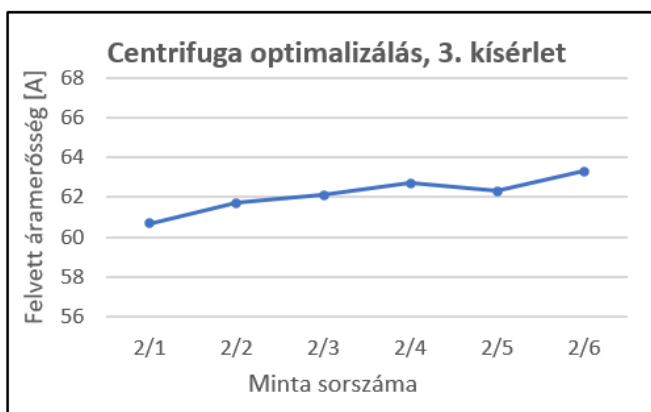


9. ábra: A 2. kísérlet során mért iszap és csurgalékvíz változás

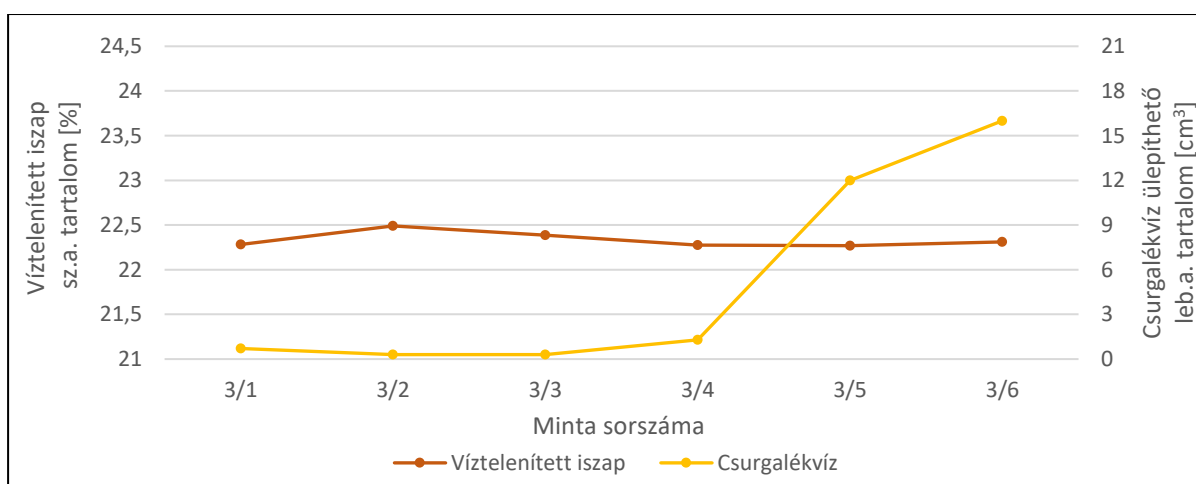
Polimer-iszap arány

A víztelenítéshez adagolt polielektrolit oldat mennyiségi kérdése komoly üzemeltetői döntés. A vegyszerárak emelkedése miatt törekedni kell a felhasznált polimer mennyiségének csökkentésére. A túlzott csökkentés azonban a víztelenített iszap és a csurgalékvíz minőségi romlását eredményezheti, ezért ennek a paraméternek a megfelelő beállítása nagyon részletes vizsgálatot követel. A kísérlet során a bekevert polielektrolit oldat koncentrációja 2 g/l volt. Az iszaphoz adagolt polimer mennyiségét az iszap szárazanyag-tartalom tonnánkénti 9 kg polielektrolit értékről kezdtem csökkenteni egészen 7 kg/t_{iszap szárazanyag} értékig. A víztelenített iszap szárazanyag-tartalmának változásával a vizsgált tartományban csupán kismértékű változás volt megfigyelhető (10. ábra). Ezzel ellentétben 7 kg/t_{iszap szárazanyag} alatt már jelentősen elkezdett leromlani a csurgalékvíz minősége (11. ábra). A további, részletesebb vizsgálatokat 8 és 7 kg/t_{iszap szárazanyag} közötti tartományban kell elvégezni.

3. kísérlet			
Vizsgált paraméter: polimer-iszap arány			
Ssz.	Iszap sz.a. [%]	Csurgalékvíz lebegőanyag [cm ³ /dm ³]	Áramerősség [A]
3/1	22,282	0,7	60,7
3/2	22,49	0,3	61,7
3/3	22,386	0,3	62,1
3/4	22,274	1,3	62,7
3/5	22,269	12	62,3
3/6	22,31	16	63,3



10. ábra: A 3. kísérlet eredményei és az áramerősség változása



11. ábra: A 3. kísérlet során mért iszap és csurgalékvíz változás

ÖSSZEFOGLALÁS ÉS TOVÁBBI HATÉKONYSÁGFOKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

A kísérletsorozat összegzett eredménye szerint kijelenthetjük, hogy a fent vizsgált paraméterek változtatására a keletkező csurgalékvíz minősége kiemelten érzékeny, míg a víztelenített iszap szárazanyag-tartalma csak néhány esetben mutatott értékelhető változást. A berendezés által felvett áramerősség változását is érdemes megemlíteni. A nyomaték módosítása esetében a felvett áramerősség és a víztelenített iszap szárazanyag-tartalma között párhuzamot lehet vonni. Nagyobb nyomaték mellett a centrifuga által felvett Amper mennyisége is nagyobb volt. Ez az érték a 2. és 3. kísérlet során ellenkezőképpen alakult. A betáplált iszap mennyiségének növelése, vagy a polimer mennyiségének csökkentése egyaránt növekedést okozott az áramerősségben.

A vizsgálatok során megállapított optimális tartományok további finomhangolásával növelhető a hatékonyság és szélesebb körű ismeretekre tehetünk szert. A bemutatott mérési módszert a jövőben laboratóriumi mérésekkel is ki lehet egészíteni, ezáltal szélesebb perspektívát kapunk a végtermékek minőségi változásáról. A kísérlet folytatásaként több üzemi paraméter vizsgálatát is célul tűztem ki. Egyrészt a centrifuga dob sebességének módosítását, másrészt a szintbeállító lemezek pozíciójának változtatását fogom megvizsgálni. A téma további bővítésére lehetőséget biztosít a telepen működő SOLITAX mérőműszer bevonása is. Az eddigi kísérletek során a rothasztott iszap változását, valamint annak hatását

a víztelenítési folyamatra nem vizsgáltam. A beadagolt vegyszermennyiség szabályozható úgynevezett SD-RTC-vel is, amit a rothasztott iszap szárazanyag-tartalma határoz meg. Az iszapkondicionáló tartályba behelyezett SOLITAX mérőműszer folyamatos szárazanyag-tartalom mérése alapján kerülhet meghatározásra a rendszerbe beadagolandó vegyszermennyiség.

Az iszapkondicionáló tartály vegyszeradagoló rendszerének beüzemelésével újból lehetőség adódik a vas-kloriddal történő vegyszeres kondicionálásra, amely tovább növeli a hatékonyságvizsgálati lehetőségeket. A jövőbeli kísérletsorozatot a vegyszeradagolás rothasztott iszpra és a víztelenítésre gyakorolt hatásvizsgálatával szeretném tovább szélesíteni.

Az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep méretéből adódóan a víztelenítési folyamat során keletkező iszap, vagy csurgalékvíz minőségének kismértékű, akár néhány százalékos változtatása is lényeges különbséget okozhat az üzemeltetési költségekben. Éppen ezért, a legoptimálisabb üzemeltetés elérése érdekében a jövőbeli feladatok között szerepel a további vizsgálatok elvégzése és a téma kibővítése.

IRODALOMJEGYZÉK

Patziger, M. (2018): Közepes és kis szennyvíztisztító telepek hatékony üzemeltetése *c. könyv.* MAVÍZ, Budapest

Öllös, G., Oláh, J., és Palkó, Gy. (2010): Rothasztás *c. könyv.* MAVÍZ, Budapest

Kárpáti, Á., Vermes, L. (2011): Vízgazdálkodás - szennyvíztisztítás. *3. bővített szerk.* Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézet, Veszprém

Kárpáti, Á., Fazekas, B., és Kovács, Z. (2014): Szennyvíztisztítás korszerű módszerei. Pannon Egyetem, Környezetmérnöki Intézet, Veszprém

www.flottweg.com

www.prominent.us