



MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI KAR
NYERSANYAGELŐKÉSZÍTÉSI ÉS
KÖRNYEZETI ELJÁRÁSTECHNIKAI INTÉZET



A gázmosóban használt NaOH kiváltásának ipari kísérleti vizsgálata

TDK dolgozat

Készítette:

Pálinkás Richárd

Környezetmérnöki szak

Hulladékgazdálkodás/Környezettechnika specializáció

Konzulensek:

Dr. Bokányi Ljudmilla

egyetemi docens, a műszaki tudomány kandidátus

*Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti
Eljárástechnikai Intézet*

Gulyás Ferenc

üzemvezető, ÉMK Kft., Sajóbábony

Miskolc, 2022. 10. 24.

Tartalomjegyzék

1	BEVEZETÉS	4
2	TÉMAFELVETÉS.....	5
3	HULLADÉKKEZELÉS BEMUTATÁSA	6
3.1	A hulladékgazdálkodás alapvető szempontjai	7
3.2	A hulladékpiramis ismertetése	8
3.3	A veszélyes hulladékok fogalma és osztályozása	10
3.4	Hulladékártalmatlanítási módszerek	12
3.4.1	Termikus hulladékfeldolgozás	12
4	A GÁZHALMAZÁLLAPOTÚ LÉGSZENNYEZŐK LEVÁLASZTÁSÁRA SZOLGÁLÓ BERENDEZÉSEK.....	14
4.1.1	Nedves eljárások berendezései	15
4.1.1.1	A nedves eljárások előnyei	15
4.1.1.2	A nedves eljárások hátrányai	15
5	A MESZES FÜSTGÁZTISZTÍTÁS ISMERTETÉSE.....	16
5.1	A mész füstgázkezelésre való felhasználásának előnyei	17
6	MEGFIGYELÉSEK ÉS TAPASZTALATOK.....	18
6.1	A mésztej adagolás előzetes tapasztalatai az egészségügyi hulladék égetőben 2022.07.25.	18
6.2	A mésztej adagolás további tapasztalatai az egészségügyi hulladék égetőben 2022.08.12.	19
6.3	A mésztej adagolás első eredményei a veszélyes hulladék égetőműben 2022. 08. 17.	23
6.4	A lúg fogyasztás vizsgálata az egészségügyi égetőben 2022. 08. 30.....	24
6.5	A lúg fogyásának szemléltetése	25
6.6	A vizsgálatok lebonyolítására használt eszközök	27
6.7	A pH változásának bemutatása a statikus égető mosótornyában	28
6.8	A vizsgálatok kémiai háttere	29

6.8.1	A savas mosóban lévő H^+ anyagmennyisége pH = 1-nél NaOH esetén	29
6.8.1.1	NaOH.....	29
6.8.1.2	Ekvivalenciapont meghatározása	29
6.8.1.3	pH ábrázolása a hozzáadott nátronlúg függvényében	29
6.8.2	A savas mosóban lévő H^+ anyagmennyisége pH = 1-nél $Ca(OH)_2$ esetén.....	30
6.8.2.1	$Ca(OH)_2$	30
6.8.2.2	A tömegkoncentráció és a sűrűség alapján a tömegszázalék számolása	30
6.8.2.3	Sűrűség meghatározása.....	31
6.8.2.4	Ekvivalenciapont meghatározása	31
6.8.2.5	pH ábrázolása a hozzáadott mésztej függvényében	31
6.8.3	Tömegszázalék számítása a mintázott mésztejből	32
6.8.4	Az emisszió ellenőrzése	34
7	GAZDASÁGI BEMUTATÁS.....	38
8	KONKLÚZIÓK	39
9	IRODALOMJEGYZÉK	41

1 BEVEZETÉS

A folyamatosan fejlődő világunkban a hulladék keletkezése rohamosan növekvő tendenciát mutat mind az ipari, mind pedig a veszélyes hulladékok körében egyaránt. A mindennapi élet során feleslegessé vált, ezért ezektől megszabadulni kívánt anyagokat nevezzük hulladéknak. A nem kezelt hulladék, mint környezeti probléma nem olyan messzemenő időkből származik. A műanyagok felfedezésével és elterjedésével egyenes arányban nőtt a hulladékprobléma. Ennek az az oka, hogy ezeknek az anyagoknak a nagy része nehezen bomlik, égetésük pedig mérgező gázok, égetési maradék anyagok keletkezésével jár. A problémák bár a fejlett gazdaságú országokban kezdődtek, manapság már erősen jelentkeznek a harmadik világ országaiban is. Ez annak köszönhető, hogy az árucikkek egy részét, illetve a csomagolási kultúrát kezdik átvenni a fejlettebb országoktól, viszont a hulladékkezelés technológiája még nagyon gyerekcipőben jár. A hulladék akkor válik igazán fő globális problémává, amikor egy-egy ország nem tudja megfelelő körülmények között kezelni saját hulladékát, ezért azt illegális módon bejuttatja folyókba, tengerekbe, óceánokba vagy amikor az égetés során káros gázokat bocsát a légkörbe. A gazdagabb országok előszeretettel exportálják a saját nem kezelt hulladékukat szegényebb országokba. Sajnos a mai fogyasztási kultúrát kiszolgáló piac annyi hulladékot termel, hogy valószínűleg nincs a világnak olyan része, ahol ezek ne jelennének meg. Ilyen egy nagyon jó, mindenki számára ismert példa erre az óceánokon lebegő műanyag szigetek.

Napjainkban az olcsóbban előállítható anyagokra épül a termelés folyamata, ezáltal kiesnek a már meglévő kihasználatlan anyagok, melyeknél az újra felhasználásra kellene törekedni, ügyelve a meglévő nyersanyag készleteinkre, amik viszont folyamatosan csökkenő mennyiséget mutatnak. Ez ellen a legalkalmasabb módszer a körforgásos gazdaság termelési és fogyasztási modelljének alkalmazása lenne mely arra összpontosít, hogy az egyszeri fogyasztás helyett az adott termék élettartamát a lehető legjobban meghosszabbítsuk. Erre a legjobb megoldás véleményem szerint, hogy a már megvásárolt és elavult termékeknek adunk egy „új esélyt” azzal, hogy átalakítjuk, megjavítjuk vagy továbbadjuk őket valakinek. Amikor egy bizonyos termék eléri az életciklusa végét, akkor az alapanyagokat újra lehet hasznosítani, ennek következtében csökken a hulladék mennyisége, ráadásul az alapanyagok és késztermékek újbóli felhasználása gazdaságilag is értékteremtő.

Az előzőekben említett dolgokból eredően a jelenlévő egyik fő globális probléma a hulladék keletkezésének a kérdése. Erre a legmegfelelőbb módszer a megelőzés lehetne, azonban a termelési és fogyasztási folyamatok során több-kevesebb mennyiségben keletkezik

olyan maradékanyag, amely utógondozást igényel. Az így képződő hulladékok keletkezéséről továbbá ezeknek az ártalmatlanításáról vagy éppen lerakásáról gondoskodni kell. Többek között erre is irányul az úgynevezett környezettudatos gondolkodásmód, melynek az alapja olyan magatartásforma, amelyben az egyén felelős viselkedését határozza meg a környezet védelmével kapcsolatos feladatok megvalósításában, illetve a természeti értékek megőrzésében [1].

2 TÉMAFELVETÉS

A diploma megszerzéséhez szükséges szakmai gyakorlatomat a sajátbányai ÉMK, Észak-Magyarországi Környezetvédelmi Kft.-nél töltöttem. Azért esett a választásom az említett cégre, mert úgy gondoltam, hogy leendő környezetmérnökként a tanulmányaim kamatoztatása érdekében, továbbá a gyakorlati ismeretek elsajátítására ez a legmegfelelőbb helyszín. A területen több olyan technológiai folyamat megtalálható, amikkel találkoztam az elmúlt évek alatt az egyetemen folytatott tanulmányaim során.

A TDK dolgozatom témájának egy, a helyszínen előforduló aktuális problémát választottam, mely a veszélyes hulladék égetési folyamatában keletkező füstgáztisztításon alapszik. Az égetés során veszélyes gázok szabadulnak fel, amik a rendszerben haladva több helyen leválasztásra kerülnek. Az egyik főbb leválasztási hely az úgynevezett savas mosótorony, ahol is az alulról beáramló füstgáz és a felülről befecskendezett víz találkozik a közepén elhelyezkedő töltetágyon. A rendszer pH-nak szinten tartása érdekében jelenleg NaOH kerül beadagolásra. A jelenlegi piaci árak miatt ennek is olyan mértékben felment az ára, hogy a cég úgy döntött, hogy próbál más alternatív megoldáshoz folyamodni. A Cég NaOH felhasználása természetesen változik az ártalmatlanításra beadagolt hulladékok tulajdonságaitól is. Az elképzelés az volt, hogy a savas mosó tartályban szinten tartandó pH folyamatos biztosításhoz a nátronlúg helyett mésztej adagolás történne a gazdasági előnyöket tekintve.

A próbaüzem és a hatékonyság vizsgálatához az iparipark területén elhelyezkedő egészségügyi hulladék égetőben zajlottak az elsődleges tesztelési folyamatok. Az itt kapott előzetes eredmények következtében az a veszélyes hulladékégetőműben folytatódtak a kísérletek, üzemi tesztek, továbbá ezzel együtt a segédanyag változtatásával járó szükséges technológiai módosítások.

Feladatomban során az említett eljárásnak a kimenetelét vizsgáltam, megfigyelések során követtem a rendszerben lezajló folyamatokat, ezáltal következtetéseket vontam le, hogy milyen előnyök esetlegesen előforduló hátrányok lehetnek. Továbbá tesztekkel vizsgáltam a hatékonyságot, illetve, hogy maga a rendszer hogyan viszonyul a lebegő szemcsékhez, nem e

okoz valamilyen rendszer hibát, amely a termelési folyamatokat gátolná. Az eredmények elemzésre kerültek és ez által készült egy saját javaslat a cég számára mely segítségével a vezetőség könnyebben döntést hozhat az anyag leváltással szemben.

3 HULLADÉKKEZELÉS BEMUTATÁSA

A világon keletkező hulladék mennyiség körülbelül 2,1 milliárd tonnára becsülhető. A **hulladék fogalmának** meghatározása nem egy egyszerű dolog, mivel egy elég sok oldalú anyagról beszélünk. Mivel sokrétegű emberi tevékenységből eredeztethető a származása, továbbá az anyagi tulajdonsága is elég változatos képet mutat, valamint a gazdaságilag eltérő fejlettségi szinten lévő országokban a megítélés nem egyező szempontjai megnehezítik a fogalom minden szempontra kiterjedő meghatározását. A hulladék valójában nem egy környezetvédelmi, hanem jogi, továbbá gazdasági fogalom, amelynek azonban fontos környezeti vonatkozásai vannak. Abban az esetben, hogyha hétköznapi értelemben nézzük, hulladéknak tekinthető bármilyen halmazállapotú, önállóan vagy hordozó közeggel rendelkező anyag, továbbá energia, ami az ember mindennapi élete során a termelő, szolgáltató vagy fogyasztó tevékenységből ered. Ezeket az anyagokat adott műszaki, gazdasági, társadalmi feltételek között a tulajdonosa sem felhasználni, sem értékesíteni nem tud vagy akár nem is kíván sem kezelve, sem pedig kezeletlenül. Ennek okán átalakítással vagy anélkül történő, a környezetre ártalmatlan elhelyezéséről átmenetileg vagy véglegesen gondoskodni kell, annak érdekében, hogy mérsékeljék szennyezettség mértékét [2]. Jogszába ilag a **2012. évi CLXXXV. törvény** az úgynevezett Hulladéktörvény értelmezésében a következőképpen alakul a megfogalmazása: *Hulladéknak minősül bármely anyag vagy tárgy, amelyről birtokosa megválnak, megválni szándékozik vagy megválni köteles* [3].

Ahogy már az előzőekben is szó volt róla a hulladék kezelése nagyjából az emberiséggel egyidős probléma, ami a civilizáció előre haladtával folyamatosan vált rendszerszintűvé és a tömegtermelésnek köszönhetően igazán égetővé. Magának a **hulladékgazdálkodásnak** a fogalmát az emberiség történetében a hatalmas méreteket öltő szemétermelés hívta életre. A hulladék kezelésének módjára napjainkban egyre bonyolultabb logisztikája van, ebből eredően a hulladékhoz kapcsolódó tevékenységek azon rendszerét nevezhetjük meg hulladékgazdálkodásként, ami magába foglalja a hulladéktermelés megelőzését, kezelését, továbbá ellenőrzését, a kezelést és a szabályozást végző létesítmények működtetését, de a veszélyes hulladékokkal történő ártalmatlanítási folyamatok is ide tartoznak [5].

Az ártalmatlanítás az a folyamat, mikor a hulladékok okozta környezetterhelést csökkentik, a környezetet veszélyeztető, szennyező, károsító hatását megszüntetik, kizárják.

Ezt a környezet elemeitől való elszigeteléssel vagy a hulladékok anyagi minőségének megváltoztatásával érik el [9].

3.1 A hulladékgazdálkodás alapvető szempontjai

„A hulladékgazdálkodás során az alábbi alapelveket kell szem előtt tartani:

- A lehető legkisebb mértékűre kell szorítani a képződő hulladék mennyiségét és veszélyességét, ezáltal is csökkentve a környezetterhelést.
- Az elővigyázatosság elve kimondja, hogy a hulladék veszélyességének ismerete nélkül a legrosszabb eshetőségre kell készülni és aszerint cselekedni.
- A termékek gyártóját is felelősség terheli, köteles hulladékgazdálkodási szempontból kedvezőbb termékjellemzőket választani (alapanyagok, ellenállóképesség, élettartam, újrafelhasználhatóság).
- A megosztott felelősség elve kimondja, hogy minden, a termék életciklusa során érintett szereplőt felelősség terheli.
- A hulladék mindenkor birtokosa köteles mindent megtenni azért, hogy a hulladék minimálisan terhelje a környezetet.
- Törekedni kell a lehető legkevesebb környezetterhelő anyagok és technológiák alkalmazására.
- A hulladék termelője, a hulladékká váló termék gyártója viseli a tevékenységével okozott esetleges károk, illetve a szennyezéssel kapcsolatos költségeit” [5].
- A közelség elve alapján az egyik legfontosabb tényező lenne a hulladék hasznosítása, valamint ártalmatlanítása céljából, hogy a lehető legközelebbi, arra alkalmas létesítményben kerüljön sor. Azonban sajnálatos módon úgy gondolom, hogy nagyon sok hulladék kibocsátó cég ezt figyelmen kívül hagyja, és a kedvezőbb környezetre való odafigyelés háttérbe szorul a gazdasági előnyökkel szemben. Egyszerűbb megfogalmazásban nem minden esetben ahhoz a céghez kerül beszállításra a hulladék, ami közel van, hanem oda, ahol összességében kevesebbe kerül a hulladék ártalmatlanítása a hulladék kibocsátójának.

A hulladékgazdálkodás során rendkívül fontos, hogy milyen sorrendben zajlik a keletkező hulladék kezelése, deponálása. Ebben segít az úgynevezett hulladékpiramis.

3.2 A hulladékpiramis ismertetése

De mi is az a hulladékpiramis? A hulladékpiramis vagy szakmai nyelvben ismert hulladékhierarchia a hulladékok kezelésének módjait foglalja össze, ami a környezet szempontjából legkedvezőbb megoldásoktól halad a legártalmasabbakig. A hulladékkezelés tagolásának több szintje ismert, az Európai Unió a következő ábrán látható felosztást fogadta el és a tagállamoknak alkalmazniuk szükséges a környezetre gyakorolt káros hatások minimalizálásának elérése érdekében [10].



1. ábra: Hulladékgazdálkodási hierarchia [Saját szerkesztésű kép].

Magyarországon a hulladékgazdálkodási helyzet az Országos Hulladékgazdálkodási Terv kezdeti részében kettős képet mutatott. Az időszak elején a veszélyes hulladékok terén jelentkező problémák áthelyezésre kerültek az akkor még igen elmaradott, bár azóta már megfelelő szabályok közé szorított és jelentős fejlődést mutató települési hulladékgazdálkodási körökre, annak ellenére, hogy rendelkezésre állt a közösségi normáknak megfelelő szabályozás és hulladékkezelési gyakorlat. A folyamat során keletkező hulladékok legfőbb részét jelentő a gazdasági tevékenységekből származó nem-veszélyes hulladékok képződése jelentősen csökkent, annak ellenére, hogy a kezelési szerkezete azonban gyakorlatilag nem változott. Rövid időn belül világossá vált azonban, hogy a nem megfelelő biztonsággal kialakított és működtetett hulladékkezelő létesítmények nem csak helyi környezeti problémákat okoznak, hanem hozzájárulnak a globális környezeti folyamatok alakulásához is. A hulladékégetők légköri kibocsátása, a hulladéklerakók felszíni és felszín alatti víz szennyezési kockázata, a biológiailag lebomló szerves hulladékok lerakásának üvegház-gáz kibocsátási következményei, a „látszat-hasznosítás” célú nemzetközi hulladékszállítás következményei, a műanyag hulladékok óceánokban történő megjelenése rámutatott arra, hogy a

hulladékgazdálkodás kérdései is nemzetközi összefogást és globális intézkedéseket igényelnek [6].

A hulladékok eredet szerinti csoportosítása a hazai ismeretek és a gyakorlat alapján 3 fő csoportra bontható, melyek a következők:

- Kommunális vagy másnéven lakossági hulladék,
- Termelési vagy ipari hulladék,
- Különleges kezelést igénylő hulladék (veszélyes hulladék) [7].

Az említett csoportok mellett lehetnek még további alcsoportok ilyen például a halmazállapot, valamint a környezetre gyakorolt hatása alapján. Számomra a legjelentősebb a veszélyes hulladékok témaköre, ugyanis mind a gyakorlatom során ezekkel az anyagokkal foglalkoztam, mind pedig a téma választásom kiinduló alapja ez.

Magyarországon a keletkező hulladékok mennyiségét a központi statisztikai hivatal honlapján fellelhető információk alapján határozhatjuk meg. Az általam vizsgált terület a veszélyes hulladékok alakulása, melyet az 2. ábrán szemléltettem. Ezek a következőképpen alakultak az elmúlt 30 év során. Szemmel láthatóan csökkenő tendenciát mutat az összegük.

Év	Szilárd	Izapszerű	Folyékony	Gáznemű	Be nem sorolt	Összesen
1991	514	680	1 321	..	-	2 516
1992	618	752	1 296	..	-	2 666
1993	600	898	1 053	..	-	2 551
1994	603	749	992	..	-	2 344
1995	653	764	857	..	-	2 274
1996	1 132	532	260	..	0	1 925
1997	2 404	609	213	..	0	3 225
1998	2 263	545	300	..	0	3 108
1999	2 073	498	314	..	0	2 885
2000	1 728	512	314	..	0	2 554
2001	1 857	323	450	..	0	2 630
2002	596	982	197	..	-	1 775
2003	667	310	200	..	-	1 177
2004	486	290	193	0	-	969
2005	832	202	169	0	-	1 203
2006	1 012	150	204	0	-	1 366
2007	542	342	199	0	-	1 082
2008	411	97	207	0	-	714
2009	585	94	172	0	-	851
2010	298	89	182	0	-	569
2011	478	123	176	0	-	777
2012	430	157	190	0	-	776
2013	279	98	188	0	-	565
2014	360	103	190	0	-	653
2015	207	107	184	0	-	498
2016	226	120	206	0	-	551
2017	281	113	222	0	-	616
2018	300	109	249	0	-	658
2019	321	164	188	0	-	674
2020	303	132	233	0	-	668

2. ábra: A veszélyes hulladék mennyisége különböző halmazállapot szerint [16].

3.3 A veszélyes hulladékok fogalma és osztályozása

A veszélyes hulladék fogalmát egy régi **102/1996.(VII.12.) Kormány Rendelet** a következőképpen definiálja: *„Veszélyes hulladéknak minősül az a hulladék, amely vagy amelynek bármely összetevője, illetve átalakulásterméke a rendeletben meghatározott veszélyességi jellemzők valamelyikével rendelkezik és a veszélyes összetevő olyan koncentrációban van jelen, hogy ezáltal az élővilágra, az emberi életre és egészségre, a környezet bármely elemére veszélyt jelent, illetve nem megfelelő tárolása és kezelése esetében károsító hatást fejt ki”* [8]. Nyilvánvalóan figyelembe véve a fokozott veszélyeztetettséget, önmagában a definíció még nem elegendő az egyértelmű megítéléshez, szükség van a veszélyes hulladékok jegyzékbe foglalására is, amely dokumentumnak mindenkor nyitottnak kell lennie, az esetleges kiigazítások számára. Ennek az összeállításának gyakorlata országonként eltérőek, ugyanis vannak úgynevezett kizáró jegyzékek, amelyek a veszélyesnek nem minősülő hulladékokat tartalmazzák azzal, hogy minden egyéb hulladék veszélyes. Ezen listák előnye, hogy a veszélyes hulladékok köre nyitott, így abból semmi nem marad ki. Hátránya, hogy sok káros komponenst csak elhanyagolható mennyiségben tartalmazó hulladék szintén a veszélyes kategóriába kerülhet [2].

Azonban a jelenlegi helyzet szerint Magyarországon hatályban lévő 2012. évi hulladék törvény foglalja magába, melynek fogalma a következőképpen alakul: *a hulladékgazdálkodási törvény 2. számú mellékletében felsorolt tulajdonságok közül eggyel vagy többel rendelkező, illetve ilyen anyagokat vagy összetevőket tartalmazó, eredete, összetétele, koncentrációja miatt az egészségre, a környezetre kockázatot jelentő hulladék, illetve a hulladékjegyzékben szereplő veszélyes hulladék* [3].

Tehát azon hulladékok egyrésze, amely nagy mértékben károsíthatja nem csak a környezetet, hanem az emberi egészséget is egyaránt. A törvény egyik melléklete tartalmazza a 15 veszélyességi tényező listáját, melyek a következők:

- **„H1 Robbanásveszélyes:** *láng hatására robbanó anyagok, vagy ütésre, súrlódásra érzékenyebbek, mint a dinitrobenzol,*
- **H2 Oxidáló:** *más anyagokkal (különösen gyúlékony anyagokkal) érintkezve hőtermelő (exoterm) reakcióba lépő anyagok,*
- **H3A Tűzveszélyes:**
 - *folyadékok, amelyek lobbanáspontja 21 °C alatt van,*
 - *olyan anyagok és készítmények, amelyek levegővel érintkezve felforrósodhatnak és öngyulladásra képesek,*

- szilárd anyagok, melyek gyújtóforrással való érintkezést követően könnyen meggyulladnak, és a gyújtóforrás eltávolítását követően is tovább égnek,

- olyan gáz-halmazállapotú anyagok, amelyek a levegőn normál nyomáson gyúlékonyak,

- olyan anyagok, amelyeknek vízzel vagy vízgőzzel történő érintkezésekor tűzveszélyes gázok keletkeznek,

- **H3B Kevésbé tűzveszélyes:** olyan folyékony anyagok és készítmények, amelyek lobbanáspontja 21 °C és 55 °C közötti,
- **H4 Irritáló vagy izgató:** olyan (nem maró) hatású anyagok, amelyek a bőrrel, szemmel vagy a nyálkahártyával való érintkezésük esetén gyulladást okoznak,
- **H5 Ártalmas:** belélegzésük, lenyelésük vagy a bőrön át történő felszívódásuk esetén korlátozott egészségkárosodást okozó anyagok,
- **H6 Mérgező:** olyan anyagok, amelyek belélegezve, lenyelve vagy a bőrön keresztül felszívódva súlyos egészségkárosodást, akár halált is okozhatnak,
- **H7 Rákkeltő (karcinogén):** belélegezve, lenyelve vagy a bőrön keresztül felszívódva rákot okozó, vagy annak valószínűségét növelő hatású anyagok, készítmények,
- **H8 Maró:** olyan anyagok, amelyek az élő szövettel érintkezve elroncsolhatják azt,
- **H9 Fertőző:** életképes patogén mikroorganizmusokat vagy azok toxinjait tartalmazó anyagok, amelyek betegséget okozhatnak az emberben vagy más élő szervezetekben,
- **H10 Reprodukciót károsító:** olyan anyagok, amelyek belélegezve, lenyelve, vagy a bőrön felszívódva fejlődési rendellenességet okozhatnak, vagy azok valószínűségét növelhetik,
- **H11 Mutagén:** olyan anyagok és készítmények, amelyek bejutva a szervezetbe örökletes genetikai károsodást okozhatnak, vagy azok előfordulási esélyét növelhetik,
- **H12 Mérgező gáz fejlesztésére képes hulladék,** ami vízzel, levegővel vagy savval történő érintkezés hatására jön létre,
- **H13 Érzékenységet okozó:** az élő szervezetbe bekerülve hiperérzékenységi reakciót kiváltó anyagok, amelyek ismételt expozíció esetén jellegzetes káros hatásokat is okoznak,
- **H14 Környezetre veszélyes (ökotoxikus):** olyan hulladék, amely közvetlenül vagy közvetve veszélyt jelent egy vagy több környezeti elemre,
- **H15 Olyan hulladék,** amelynek ártalmatlanítása során az előbb felsorolt tulajdonságok bármelyikével rendelkező anyag keletkezhet” [3].

A hulladékok beazonosítása a kezelésük során a hozzárendelt kódszámok alapján zajlik, melynek a neve **HAK** (*Hulladék Azonosító Kód*), tehát a hulladék típusok 6 darab szám szerint lettek felosztva, csoportosítva. A hulladékok főcsoportját az első 2 számjegy, az alcsoportokat az első 4 számjegy jelöli ezek együttesen a hulladék típusát adják meg. A hulladék típusokra hivatkozható még a nemzetközileg elterjedt EWC-kóddal (European Waste Code). A csillaggal (*) jelölt kódok veszélyes hulladékokat jelölik. A hulladékok jegyzékét és az azonosító kódokat a **72/2013. (VIII.27.) VM** rendelet tartalmazza [4].

Csoportosításuk a környezetvédelmi szempontból biztonságos kezelésükhöz szükséges védelem mértéke alapján:

- különösen veszélyes (I),
- fokozottan veszélyes (II),
- mérsékelten veszélyes (III) [4].

3.4 Hulladéktálmatlanítási módszerek

Azok a hulladékok, amelyek keletkezését nem tudtuk megelőzni és hasznosításuk feltételei nem adóttak, ártalmatlanításra kerülnek.

Ez történhet:

- termikus ártalmatlanítással,
- kémiai, biológiai vagy fizikai eljárással,
- hulladéklerakóban történő lerakással [7].

3.4.1 Termikus hulladékfeldolgozás

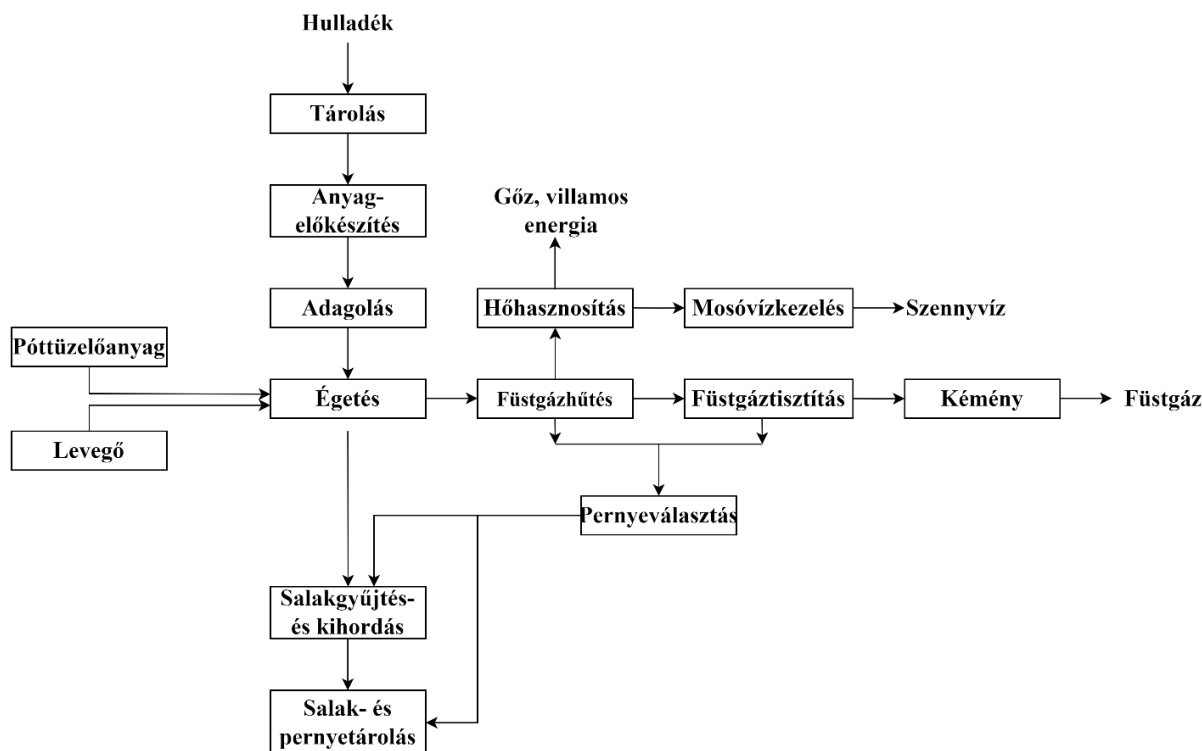
A **29/2014. (XI. 28.) FM** rendelet foglalja magába a hulladékégetés kérdéskörét és megfogalmazza, hogy hulladékégető műnek nevezhető minden olyan helyhez kötött vagy mobil műszaki létesítmény, továbbá a hozzátartozó felszerelés, amely a hulladékok, hulladékgázok égetésére létesült, vagy arra használják, és az égetéskor keletkező hő vagy hasznosításra kerül vagy nem [22]. Ide értendő a hulladék oxidációjával történő égetés, és az egyéb termikus kezelési eljárások, például a pirolízis, az elgázosítás vagy a plazmaeljárások, amennyiben a folyamat során keletkező anyagokat azt követően elégetik [12].

Mindhárom technológia abban egyezik meg a hagyományos égetéssel, hogy a főlösslegessé vált anyagokat szilárd és folyékony maradékanyagokká, valamint gázemissziókká alakítja és közben hőt fejleszt, ami villamos áram előállítására is megfelelő lehet. A legnagyobb különbség azonban, hogy az égetés során egy kamrában oxigén jelenlétében történik az égetés, az új technológiáknál azonban egy oxigénmentes vagy oxigénszegény kamrában hevítik fel a

hulladékot, majd egy másik kamrában elégetik az így keletkező gázokat. A pirolízis a termikus eljárások közé tartozik, mely során magas hőmérséklet alkalmazásával történik meg a hulladék lebontása, bár mégsem tekinthető teljesen azonosnak az égetéssel. Mint tudjuk, az égetéshez három fő dolog szükséges: éghető anyag, az égést biztosító közeg, valamint gyulladási hőmérséklet. A pirolízisnél is ugyancsak jelen van a hő és az éghető anyag. Ami a különbséget jelenti, az az oxigén hiánya. Igazság szerint valamennyi oxigén van az eljárásban, hiszen a hulladék maga is tartalmaz oxigént, ebből eredően lehet szén-monoxid, nitrogén-oxid, kén-oxid, továbbá dioxin-furán kibocsátás. A pirolízis abban is különbözik még a hagyományos égetési eljárástól, hogy míg az utóbbi exoterm folyamat, azaz hőt termel, addig a pirolízis endoterm folyamat, azaz hő bevitel szükséges a folyamat fenntartásához. A pirolízis során felmerülő különböző kémiai reakciók hatására számos vegyület jön létre, ezek sokszor tüzelőanyagként hasznosíthatóak [13].

Magyarországon a veszélyes hulladékok égetéssel történő ártalmatlanítását az 1960-as évek második felében a vegyipari és gyógyszeripari vállalatok honosították meg. Ezek az első ipari veszélyes hulladékégetők a legminimálisabb környezetvédelmi követelményeknek tettek eleget. A **2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról** definiálja a veszélyes-hulladékégető művet: *olyan hulladékkezelő létesítmény, amelyben a hulladékok égetésének műszaki követelményeiről, működési feltételeiről és a hulladékégetés technológiai kibocsátási határértékeiről szóló miniszteri rendeletben foglalt feltételek szerint veszélyes hulladékot égetnek* [3].

A veszélyes hulladék égetésének technológiája nagyrészt hasonlít a hulladékok égetésére, a technológiai előírások szigorúbbak és a füstgáz tisztítása több lépésből álló folyamat. Az égetés minősülhet ártalmatlanításnak, de hasznosításnak is. Elmondható, hogy a hulladékokból kinyert energiát hő formájában tudják hasznosítani, tehát a hulladékok ártalmatlanítása közben energiát termelnek. A legelterjedtebb ártalmatlanítási mód az égetés, a nem újrahasznosítható veszélyes hulladékok körében. Az égetés során a hulladék térfogata, tömege és veszélyessége jelentős mértékben csökken, fűtőértékük biztosítja az önfenntartó égést. Jellemzően olyan hulladékokat lehet ártalmatlanítani, valamint hasznosítani égetéssel, amelyek magas szerves anyag tartalommal bírnak és nagy a fűtőértékük. Az égetés korszerű füstgáztisztítási technológiával, zárt rendszerekben történik. Az égési folyamat végeredményeként a képződő égéstermékek az eredeti hulladéktól teljesen eltérő tulajdonságúak lesznek, kevésbé veszélyesek és könnyen kezelhetőek. Az égetés során keletkező füstgáz, a visszamaradó salak, pernye vagy iszapszerű anyag kezelése, ártalmatlanítása szigorú előírások alapján történik [14].



3. ábra: A hulladékégetés általános technológiai folyamata [11].

4 A GÁZHALMAZÁLLAPOTÚ LÉGSZENNYEZŐK LEVÁLASZTÁSÁRA SZOLGÁLÓ BERENDEZÉSEK

A gázhalmazállapotú légszennyező anyagok emissziójának megakadályozása két úton történhet:

1. A légszennyező technológiai eljárás vagy művelet oly módon történő módosításával, melynek következtében az emisszió megszűnik vagy az előírt normaérték alá csökken.
2. Zárt rendszerben végbemenő folyamatoknál, ahol a keletkező szennyezőanyagok szabályozott légforgalmi csatornám keresztül távoznak a rendszerből, a leválasztandó berendezés, illetve az eljárás alkalmazásával.

A levegőtisztaság-védelmi előírások meghatározzák a szükséges tisztítás mértékét, a tisztítási folyamat hatásfokát. A tisztító berendezés kiválasztásához ismerni kell a gáz áramlási sebességét, a gázhőmérsékletét, a gázáram összetételét és a szennyezőanyag koncentrációját.

Nem elegendő a megfelelő tisztítási módszer megválasztása, hanem figyelembe kell venni azt a részét is, hogy a tisztítási eljárás során a leválasztott komponensekkel mi történjen a további fázisok során. A megoldások a következő alternatívákat kínálják fel:

- a szennyező komponensek átalakítása ártalmatlan anyagokká,
- a szennyezőanyagok visszanyerése hasznosítható formában,

- az eljárás során keletkező szennyvíz, iszap vagy elhasznált abszorbens kezelése és elhelyezése.

A légszennyező gázok lekötésére az alábbi fő módszerek ismertek:

- abszorpciós,
- adszorpciós,
- elégetéses,
- kondenzációs.

Egy más fajta megközelítés szerint léteznek:

- nedves eljárások,
- száraz eljárások [17].

4.1.1 Nedves eljárások berendezései

Az abszorpciós elvén alapuló légtisztító berendezések a nedves légtisztítók csoportjába sorolhatók:

4.1.1.1 A nedves eljárások előnyei

- azonos szerkezeti kivétel mellett többféle igényhez lehet alkalmazkodni,
- az eljárás alkalmazhatósága független a hordozó közeg (levegő, gáz, füstgáz) vízgőztartalmától,
- a lekötő abszorbens folyadék hatásossága fizikai és kémiai úton fokozható, aktivitásának szintje folyamatosan fenntartható.

4.1.1.2 A nedves eljárások hátrányai

- kezelés technikai problémák jelentkezhetnek,
- nagyobb hőmérsékletű szennyezett gáz vagy levegő esetén fellép a lekötő oldat párolgása,
- a nedvesség állandó jelenléte (ez általában lúgos vagy savas vizes oldat) korrózió veszélyt jelent [17].

A különféle nedves gáztisztító berendezések gyártóinál két irányzat honosodott meg:

1. Felületbázisú légtisztítók: a tisztító térbe a folyadékvezetés öntözéssel vagy porlasztással történik terelő csatornák vagy nagy fajlagos felületű töltetek alkalmazásával, a tisztítandó gáz és az abszorbens folyadék érintkezési felületének növelése céljából.

2. Energiabázisú légtisztítók: viszonylag kisebb térben és felületen történik a tisztítandó gáz és abszorbens folyadék érintkezése, nagy energiatartalom mellett érintkezés intenzitásának fokozása céljából.

A gázok folyadékban való oldékonysága a folyadék és a megkövetendő gáz és anyagi sajátságait kifejező fajlagos abszorpciótól, a gáznak a gáztérben lévő parciális nyomásától és hőmérsékletétől függ. Az oldékonyság a gáz parciális nyomásának növekedésével nő, a hőmérséklet emelkedésével csökken. A víz ritkán alkalmas csak kellő hatékonyságú abszorpció végbemenetelére, ennek következtében valamilyen oldatot alkalmaznak a gáztisztítására, továbbá kémiai reakcióba is léphet a folyadék a gázzal, mely sokszor megnehezíti a tisztítás hatékonyságát.

A legegyszerűbb készülékek a mosótornyok, amelyekben a tisztítandó gázt ellenáramban vezetjük a bepermetezett mosófolyadékkal szembe. Üres és töltött mosótornyokat különböztetünk meg. Az üres mosótornyok kis nyomáseséssel és energiafelhasználással dolgoznak, a leválasztás hatásfoka rosszabb a töltetes tornyokéval szemben. Azonban elterjedtebbek a töltetes mosótornyok, mert ezekben a mosófolyadék érintkezési felülete és tartózkodási ideje változtatható a töltet mennyiségével. A folyadék vékony filmbevonatot képezve csurog le az erre a célra kialakított töltetágyon és találkozik a gázzal. Az imént elhangzott töltetes mosótornyral volt dolgom a kísérleteim során [17].

5 A MESZES FÜSTGÁZTISZTÍTÁS ISMERTETÉSE

A füstgáz keletkezése a hulladék ártalmatlanító telepekhez, valamint más kemencék hőkezelési folyamatához köthető jelenség. Ide tartozhat az egészségügyi hulladékégetés, a biomassza égetése és számos további ipari folyamat. A füstgáz leggyakrabban savas gázokat tartalmaz, ezek általában kén-dioxid, (SO_2), kén-trioxid (SO_3), hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF). Az imént említett savas szennyező anyagoknak a füstgázból történő eltávolítására alkalmazható meszes eljárás. Ennek fontossága a környezetirányítási rendszerek részeként, hogy minimálisra csökkentsék e tevékenységek a levegőminőségére gyakorolt hatását [15].

A mész felhasználása három kezelési folyamatban alkalmazható:

- száraz,
- félszáraz,
- nedves.

Kalcium-oxid (CaO - égetett mész) vagy kalcium-hidroxid (Ca(OH)₂ - hidratált mész) és kalcium-karbonát (CaCO₃ - mészkő) egyaránt használható a savas gázok semlegesítésére és a kén-dioxid eltávolítására a füstgázokból. Ez segítséget nyújt abban, hogy az üzemek megfeleljenek a helyi és nemzetközi környezetvédelmi jogszabályoknak a kibocsátásukra vonatkozóan. A mésztej széles körben alkalmazott folyadék, különösen a vízkezelés során. Gyakran erősen koptat és könnyen kirakódik a csőrendszerben, ami a magas viszkozitásával együtt kihívást jelent a szivattyúk kiválasztásakor. A speciális ártalmatlanító berendezések technológiáival együtt a mész a legköltséghatékonyabb, amely az ilyen kezelésekhez használható [15].

5.1 A mész füstgázkezelésre való felhasználásának előnyei

A mész rendkívül jótékony hatással van a füstgázkezelésre, mert:

- az alkalmazhatósága miatt egy hatékony és bevált technológia,
- széles hőmérsékleti tartományban használható, 50°C és 1.200°C között,
- a sokoldalúságának köszönhetően többféle kezelési fázisban alkalmazható termék,
- számos ágazatban alkalmazható,
- a savas szennyező anyagok széles köréhez biztosít megoldást a szennyezőanyag csökkentésére,
- a körforgásos gazdaság modelljét fenntartva egyes hulladékégetőművek gipszet állítanak elő, ilyen Magyarországon a Mátrai Erőmű Zrt., ahol a melléktermékként képződő gipszből gipszkarton lapokat készítenek,
- költséghatékonyabb, más alternatív reagensekkel szemben,
- kombinálható más ásványi porokkal, hogy több szennyezőanyagot, köztük nehézfémeket és mikroszennyező anyagokat csökkentsen.

A mésztej közvetlenül befecskendezésre kerül a kemencébe 850 °C feletti hőmérsékleten. Ennek eredményeképpen körülbelül 30 ezredmásodperc alatt lebomlik, mely során porózus és nagyon reakcióképes égetett mészformát hoz létre.

A reakció menete a következő: $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$

Az égetett mész oxigén jelenlétében 1.200 °C alatti hőmérsékleten kén-oxidokkal reagál, és kalcium-szulfátot képez. Összességében a magas hőmérsékletű száraz injekciós technika a kén-dioxid 50-65%-át képes eltávolítani. Ennek a technikának az a fő előnye, hogy viszonylag kis tökebefektetést igényel és könnyen beépíthető utólag is. Ez az eljárás csökkentheti a reagensfogyasztást, ha hagyományos, alacsonyabb hőmérsékletű lúgos mosási eljárásokkal

kombinálják. Az eltávolított reakciótermékeket és az égési folyamatból származó hamut vagy feldolgozzák adalékanyaggá az építőipar számára, vagy hulladéklerakókban helyezik el [15].

6 MEGFIGYELÉSEK ÉS TAPASZTALATOK

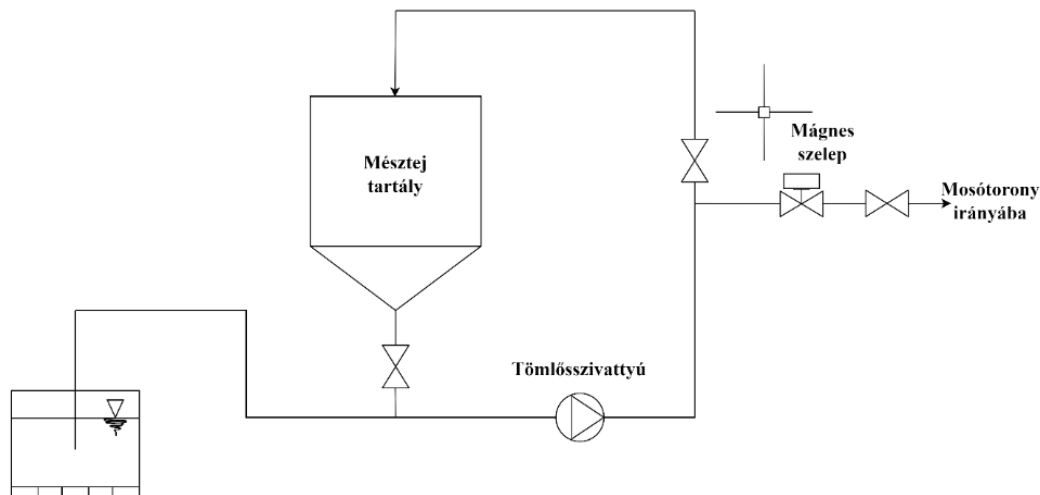
6.1 A mésztej adagolás előzetes tapasztalatai az egészségügyi hulladék égetőben 2022.07.25.

A próbaüzem és a hatékonyság vizsgálatához az iparpark területén elhelyezkedő egészségügyi hulladékégetőben zajlottak az első vizsgálatok 2022 márciusában. A helyszínen IBC tartályokból készült egy rendszer, amit egy Yamada NDP-P20BPTU típusú pneumatikus membránszivattyúval működtettek, mely a próba folyamatok során nem bizonyult a legmegfelelőbbnek, ugyanis a szakaszos üzemelés hatására a mésziszap lerakódott a belső szerkezetben. A tartályban elhelyezkedő mésztej is folyamatos keverést igényelt, mert szétválk a mésziszap és a mészvíz, ezt 2 db diffúzor segítségével oldották meg.

Az első kísérletek mindössze néhány napig tartottak, ugyanis a mésztej annyira sűrű és iszapos volt, hogy gyakran karbantartási munkálatokat idézett elő a pneumatikus szivattyúban. Helyszíni beszámolók alapján az ott előkészített mésztej ismeretlen töménységű volt, azonban a savas mosó pH-ját szépen levitte. Sajnálatos módon a finom szabályozás kiépítettség hiányában nehézkes volt, ami miatt a pH minden másodpercben változott. Golyóscsapokkal nem lehetett úgy beállítani a mésztej mennyiségét, hogy viszonylag stabil pH keletkezzen a tartályban. Pár nap elteltével a membránszivattyú meghibásodása miatt visszakellett állni a lúg adagolására, ugyanis a sűrű mésztej a szivattyúban lerakódott.

Ez után a tesztelések szüneteltetve voltak, majd 2022 júliusában kezdődött újra és több meghibásodást is tapasztaltak. A szivattyú csak rövid ideig bírta a mésztej szállítását, illetve az egyik diffúzor műanyag háza is szétesett (feltehetően a több hónapos mészben állás miatt). További negatív tapasztalatnak mondható el, hogy gyakran leesett a mésztej adagolás közben a préslevegő nyomása, ugyanis a kompresszor telep nem bírta egyszerre ellátni a két rendszert. A nem önfelszívós membránszivattyú leváltását tanácsolnám térfogatkiszorításos tömlőszivattyúra, ennek a karbantartása és a kezelhetősége is sokkal egyszerűbb, ugyanis ez frekvencia váltóval is szabályozható. A mésztej nagyon hamar elkezd leülepedni és az alkotóira (mészvíz + mésziszap) válik szét, emiatt intenzívebb kevergetésnek, mozgatásnak kellene alávetni. Erre a végleges megoldásnak a legalkalmasabb egy henger formájú, kúpos fenekű tartály lenne. Szükséges volna egy megfelelő keringtetést segítő szivattyúra egy bypass vezetékkel, hogy a mésztej folyamatos mozgásban legyen.

A mésztej pontosabb adagolását egy mágnes szeleppel lehetne legmegfelelőbben orvosolni a pH igénye szerint. Így a mésztej folyamatos forgása biztosítva lenne, ez által a holt terekben nem ülepedne le, így lehetséges, hogy keverő berendezésre sem lenne igény.

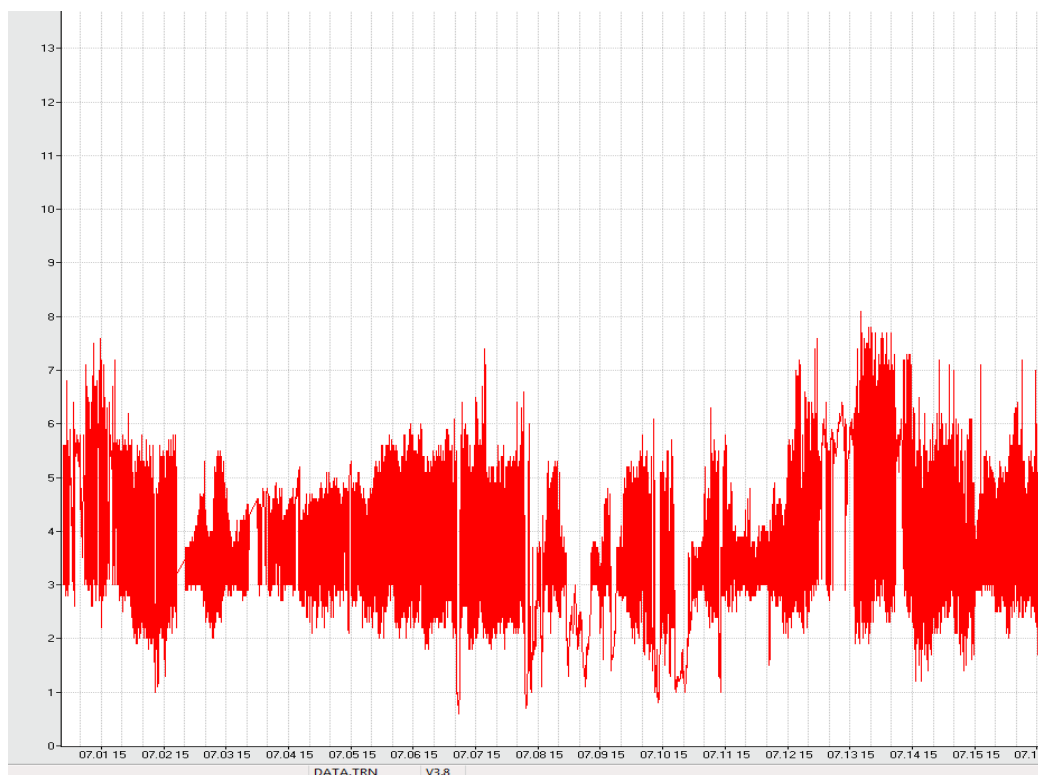


4. ábra: A mésztej adagolás elvi kapcsolási rajza [Saját szerkesztés].

6.2 A mésztej adagolás további tapasztalatai az egészségügyi hulladék égetőben 2022.08.12.

Az előzetes üzemelésből eredő tapasztalatok alapján az látszik, hogy a pneumatikus membrán szivattyú sokszor meghibásodott a töményiszap adagolás közben (ekkor visszaállás történt a nátronlúg adagolásra) és ebből következőleg szerelési munkákat igényelt. Hátrányának minősült, hogy nem bírt el a sűrűbb állagú szilárd mészsizappal és az azokban található szilárd szennyeződésekkel, éppen ezért felszerelésre került egy „durva szűrő” (a szívó ágon elhelyezett tömlőbe egy lefenekelt végű cső 3-as furattal ellátva, mely eredményes lett).

- A jelenleg használt szivattyú berendezés hátrányai:
 - nem alkalmas mészsizap szállítására, mert nagy a koptató hatása az iszapnak,
 - nem önfelszívós a szivattyú,
 - helyszíni problémából eredően, mivel a szivattyú préslevegővel működik ezáltal többlet használat van a helyszínen, amit nem feltétlenül bírna ellátni folyamatos üzemeltetés mellett a kompresszor telep.

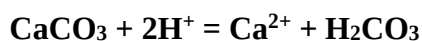
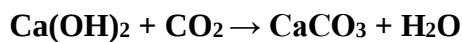


5. ábra: A pH változás trendje a híg állagú mésztejes adagolás során [Saját készítésű kép].

A korábbi tapasztalatok által javaslatra került egy térfogatkiszorításos szivattyú alkalmazása, ami beszerzésre is került és 2022. 08. 10. napján próbaüzembe helyezték a statikus égető savasmosó tornyánál. Ennek előnye, hogy teljesen önfelszívó, továbbá nem érzékeny a szárazon való futásra, így elkerülve az mésziszap koptató hatását, ezáltal kevesebb és olcsóbb karbantartási munkát igényel, valamint a sebessége is szabályozható frekvencia váltóval.

A folyamatos kísérletezés eredményének köszönhető, hogy sikerült kitapasztalni, hogy ha hígabb állagú mésztej kerül feladásra akkor sokkal finomabban szabályozható a pH adagolása. A diffúzor általi folyamatos idejű keverés megszüntetésre került (az átféjtés és a hígítás során alkalmazandó), mert nem bizonyult hatékonynak, valamint nagyobb levegő mennyiség esetén felhabzott. Ha eltaláltuk a megfelelő hígítási arányt akkor szinte semmi probléma nincsen, egyedül annyi, hogy a bypass rendszer alkalmazása közben ahogy visszanyomja a fölösleges anyagot minimális mértékben felkavarja a tartályban lévő mésztejet. Ennek tekintetében a pH szinten tartása tökéletes. 2022.08.09.-én feltárássra került a mosó torony a rendszer ellenőrzése miatt és azt tapasztalták, hogy a tölteteken a kalcium-hidroxidból eredő lerakódás nincs, a belőle CO₂ hatására megképződő kalcium-karbonát csapadék a savas mosóban lévő körülmények miatt feloldódik (a szénsavtól erősebb sav(ak) vannak jelen a rendszerben).

Az így kialakult kémiai lejátszódó folyamatok a következők lesznek:



A füstgáz savas tisztítása során kívánatos a nátrónlúg helyettesítése oltott mésszel. A savas mosóban megtörténik a füstgáz pH értékének durva beállítása, amely során a füstgázban esetleg visszamaradó fémes vegyületek oldatba kerülve kiválnak a füstgázból. Az első reakció egyenletet értelmezve az oltott mész a füstgázáramban lévő szén-dioxidot megkötí, majd átalakul kalcium-karbonáttá miközben víz szabadul fel. Tehát a végbemenő folyamat egy sav-bázis reakció. A sav-bázis reakció olyan reakció, amelyben a bázist a sav semlegesíti. Ebben esetben a hidroxidion bázis a kalcium-hidroxid molekulában van jelen, ami semlegesíti a szén-dioxidot. A második egyenlet során a rövidített ionegyenletből látható, hogy a kalcium-karbonát olyan anyaggal lép kölcsönhatásba, amely disszociáció hatására protonokat képez. Az ilyen anyag a szénsavnál erősebb sav. Az utolsó esetben a szénsav képződése látható, ami a szén-dioxid vízben történő feloldása során keletkező gyenge sav.

Az elsődleges, ellenőrzések során az egészségügyi égetőben lehetőségem nyílt megvizsgálni a mosótoronyban lévő tölteteket egy feltárás során, az tapasztalható, hogy semmilyen fajta lerakódás nem keletkezett a töltetek belsejében, ami megint csak egy pozitív megerősítés. Ahogy az 5. ábrán is látszik inkább csak a füstgázból származó szennyeződések lerakódása található meg a tölteteken.



6. ábra: A tölteteken való lerakódás ellenőrzése [Saját készítésű kép].

A lúgos mosótoronyból vett vízminta kiértékelése során az tapasztalható, hogy elhanyagolható mennyiségben észlelhető benne a mész tartalma, ebből eredően ez nem került feltárásra sem. A technológiai folyamatban elhelyezett üleptető tartályban szemmel látható mennyiségben jelen van a mész, így számítani is lehet nagyobb mennyiségű mésziszap lerakódására. (Ez előny is lehet, mivel kicsapítja a szennyvízben lévő lebegő szennyeződések,

ezáltal nagyobb szintű tisztaságot elérve.) Az így keletkező mésziszap a szennyvíziszappal együtt a veszélyes hulladéknak minősül, ezért az a lerakóba kerül elhelyezésre.

A kísérletek során elérni kívánt cél a nátronlúg felhasználás csökkentése lenne. Bár a mésztej adagolása néha elég szakaszosan üzemelt, a megfigyelések által körülbelül felére csökkent a felhasznált lúg mennyisége. Ez azonban kedvező eredményt mutat a gazdasági érdekeket figyelembe véve.



7. ábra: Az ülepítőből leválasztott iszap [Saját készítésű kép].

Felmerült egy javaslat is, hogy kémia vizsgálatok során meg kellene határozni, hogy hogyan lehetne előállítani egy olyan receptúrát, mely során meghatározott mennyiségű víz és méshidrárt keverésével érnénk el a pH szinten tartására szolgáló oldatot. Ez némi kutatás és számítások után megíúsult azon okból kifolyólag, hogy a méshidrárt vízben való oldhatósága elég kicsi. Mindössze 0,185 g oldódik fel 100 ml vízben, ez 1.000 liter vízhez viszonyítva 1,85 kg és a hatékonyságát tekintve nagyobb mennyiségben kellene ezt, az úgynevezett méshvizet adagolni, mint a híg állagú méshtejet. A gazdasági szempontokat figyelembe véve ez nem lenne túl kedvező a vízfogyasztás terén, mivel így is elég jelentős mennyiségű, ezáltal elvetésre került a dolog. A méshvizes alkalmazás beruházási költségeket igényelne, ugyanis szükség lenne egy nagyobb méretű puffer tartályra a felhasználás előtti tárolás érdekében. A tartályban lévő oldatot a homogenizálás érdekében valamilyen keverő berendezéssel kellene ellátni. Ennek az eljárásnak a másik hátránya még az, hogy az ülepedési ideje amíg megkapjuk a tiszta méshvizet az nagyon hosszú folyamat és az adagolási mennyiséget figyelembe véve nagy mennyiségekben kellene előállítani a folytonos ellátás érdekében.

A fentiekben elhangzottak alapján azt a következtetést vontam le, hogy a híg állagú méshtej adagolása lenne a legkedvezőbb megoldás a cég számára, ez a folyamatos tesztelésekből levonható konzekvencia. A következő cél a megfelelő hígítási arány eltalálása, ugyanis, ha túl sűrű anyagként történik meg a beadagolása akkor ez megnehezíti a finomszabályozást, ezáltal az felviheti nagyon a pH-t és tartósan savas közegben is tartja.

6.3 A mésztej adagolás első eredményei a veszélyes hulladék égetőműben 2022. 08. 17.

Ahogy a korábbiakban már említettem a statikus égető savas mosótornyánál 2022.08.10.-én próbaüzembe került egy Verderflex Dura 15 típusú térfogatkiszorításos szivattyú. Ennek hatékonysága sokkal jobbnak bizonyult, hiszen ez egy önfelszívós szivattyú, mely tökéletesen alkalmas akár iszapok szállítására is, továbbá nagymértékben ellenáll a mész koptató hatásának.



8. ábra: A Verderflex Dura15 modellje[Saját készítésű kép].



9. ábra: A veszélyes hulladék égetőmű mésztej adagolása [Saját készítésű kép].

Az első napokban manuális keverés mellett és folyamatos vízutánpótlással került magának a mésztejnek az adagolása a rendszerbe úgy, hogy mellette finomszabályozáshoz továbbra is használták a NaOH-t. A továbbiakban két halmazállapotban próbáltam elérni a

megfelelő pH-t, először csak a mésztej elválása során a felső mészvizet, majd a sűrű mésziszapot használtam a szinten tartására, valamint kizárásra került a NaOH. Elsőre úgy tűnt, hogy a mészvíz kevésnek minősül, ekkor próbáltam a sűrűbb állagú mésziszapot mindenféle hígítás és keverés nélkül a rendszerbe juttatni. Azonban a szivattyú nem bírta önmagába bejuttatni ezt a nagyon sűrű, pépes állagot, viszont utána a vizes résszel sikerült bedolgoznia. Sajnálatos módon az eredmények nem voltak túl kedvezőek, ugyanis az égetett anyag bliszter csomagolás jellegű hulladék volt, ami nagyon savas környezetben tartotta a képződő füstgázt, ennek következtében hiába dolgozott a maximális 410-es alapjellel a szivattyú, a pH értéke 1 alatt volt folyamatosan.

A vizsgálatok során szemmel látható, hogy mindenféleképpen szükséges lenne a folyamatos keverés a megfelelő töménység elérése érdekében, mivel a mészvíznek feltehetően nem volt akkora hatóanyagtartalma, hogy a pH-t megfelelő állapotba rendezze, a leülepedett mésziszap pedig a sűrűsége miatt okozott problémát a szállítás során, illetve a sűrű bevitt mennyiség felhalmozódott és folyamatosan fenntartotta pH szintjét.



10. ábra: A savas mosótorony pH szintje [Saját készítésű kép].

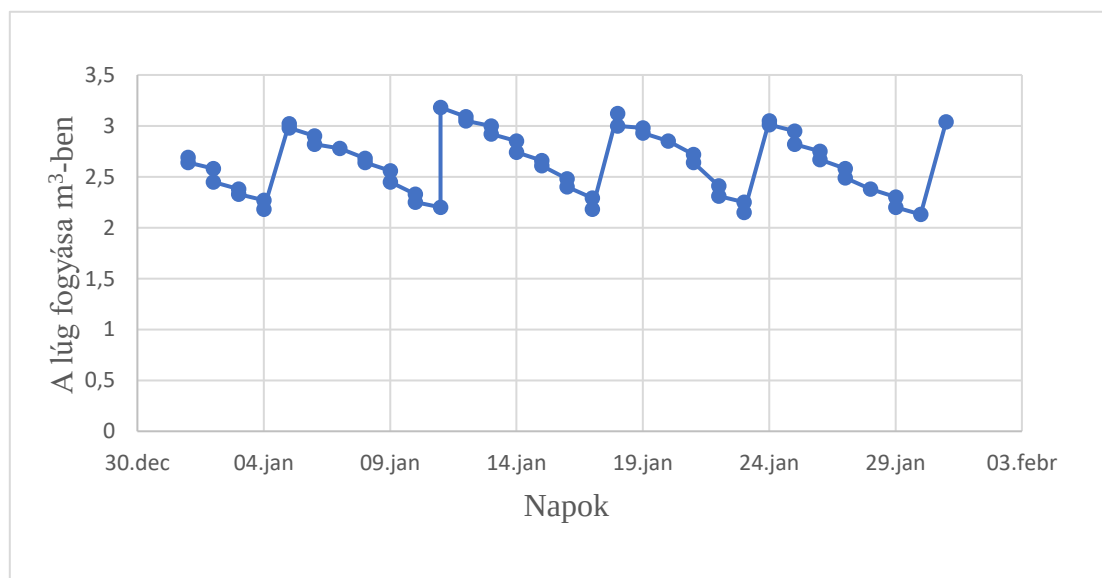
6.4 A lúg fogyasztás vizsgálata az egészségügyi égetőben 2022. 08. 30.

Mint már oly sokszor említésre került a tesztelési folyamatokhoz az egészségügyi égetőművet használták, ahol rögzítésre kerülnek műszakonként különböző adatok, többek

között a lúgtartály szintje is feljegyzésre kerül folyamatosan. Az említett adatokból kiválasztottam 3 hónapot, amik eltérőek voltak. Az első vizsgált hónap január volt, ahol a mosótoronyba NaOH került szabályozásra, a következő az a júliusi hónap volt, ahol a mosótoronyba a mésztejes adagolás mellett finom szabályozásra NaOH-t használtak, végül az utolsó esetben az augusztusi, ahol teljesmértékben csak mésztejet alkalmaztak a savas mosótoronyban a pH szabályozására, ebben az esetben a fogyott lúgmennyiség a lúgos mosótoronyba lett felhasználva. A következő diagramokon ábrázolásra kerültek az adott hónapokban rögzített lúgtartály szintjei, mivel ott az adott napi szint kerül feljegyzésre, az egyes kiugrások a frissen befejtett lúgot jelölik (legtöbb esetben 1 m^3 lúg kerül befejtésre a tartályba). Jól látható, hogy csökkenő tendenciát mutat a lúgfelhasználás mértéke, amely gazdasági szempontból előnyöket nyújt a cég számára. A vizsgálatok azt mutatják, hogy a mésztej megoldás lehet a pH szinten tartására és szabályozására is.

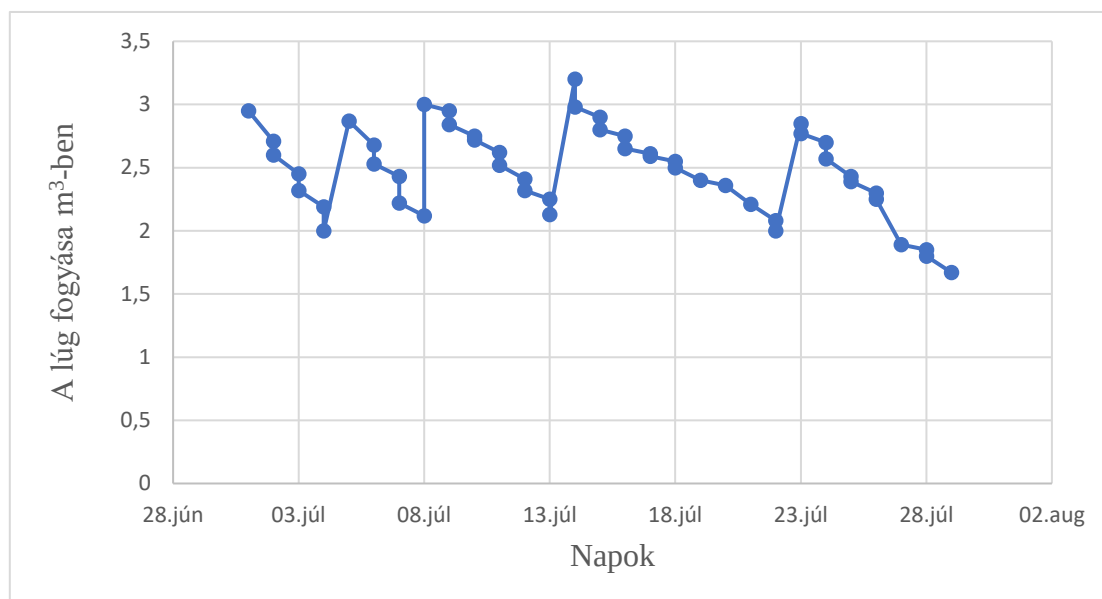
6.5 A lúg fogyásának szemléltetése

I. eset: Egyedül NaOH került felhasználásra a pH szinten tartásának érdekében



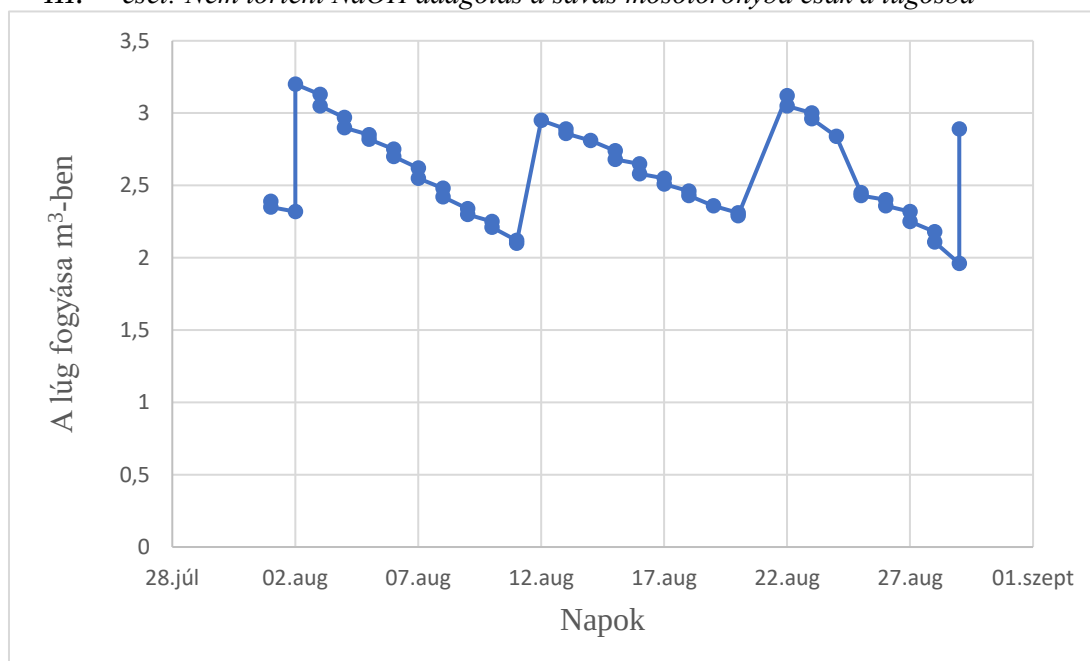
11. ábra: A januári NaOH fogyása [Saját szerkesztés].

II. eset: A mésztej adagolás mellett finom szabályozásra alkalmazták az NaOH-t



12. ábra: A júliusi NaOH fogyása [Saját szerkesztés].

III. eset: Nem történt NaOH adagolás a savas mosótoronyba csak a lúgosba



13. ábra: Az augusztusi NaOH fogyása [Saját szerkesztés].

Ahogy láthatjuk a vizsgált 3 hónap összehasonlításaképpen, a lúg fogyását próbáltam szemléltetni a 11-13. ábrán szereplő diagramok segítségével. Az adatsorok által az látható, hogy a mésztejes adagolás során a lúg befejtések száma kevesebb lett (az egyes kiugró értékek azt jelölik, hogy átfejtés történt a lúgos tartályba). Az 1. táblázatban a 11-13. ábrán látható hónapokban elégetett hulladékok halmazállapotra bontott adatai láthatóak, továbbá pirossal jelölve a havi üzemórakkal elosztva az óránként ártalmatlanításra kerülő hulladék mennyisége látható, valamint a füstgáztisztításhoz felhasznált nátronlúg mennyiség. Az egyes hónapokban jelölve van a savas mosótorony pH-nak fenntartásához használt anyag milyensége.

Hónap	Havi égetett szilárd hulladék	Havi égetett folyékony hulladék	Üzemórák száma	A savas mosó üzemeltetés	Havi NaOH felhasználás összesen	Mésztej alkalmazása története
Január	19.140 kg 160,13 kg/óra	26.230 kg 35,26 kg/óra	744 óra	NaOH	4,20 m ³ 0,0057 m ³ /óra	nem
Július	117.789 kg 161,36 kg/óra	15.495 kg 21,23 kg/óra	730 óra	NaOH + Ca(OH) ₂	4,95 m ³ 0,0068 m ³ /óra	igen
Augusztus	112.171 kg 160,24 kg/óra	10.417 kg 14,88 kg/óra	700 óra	Ca(OH) ₂	2,99 m ³ 0,0043 m ³ /óra	igen

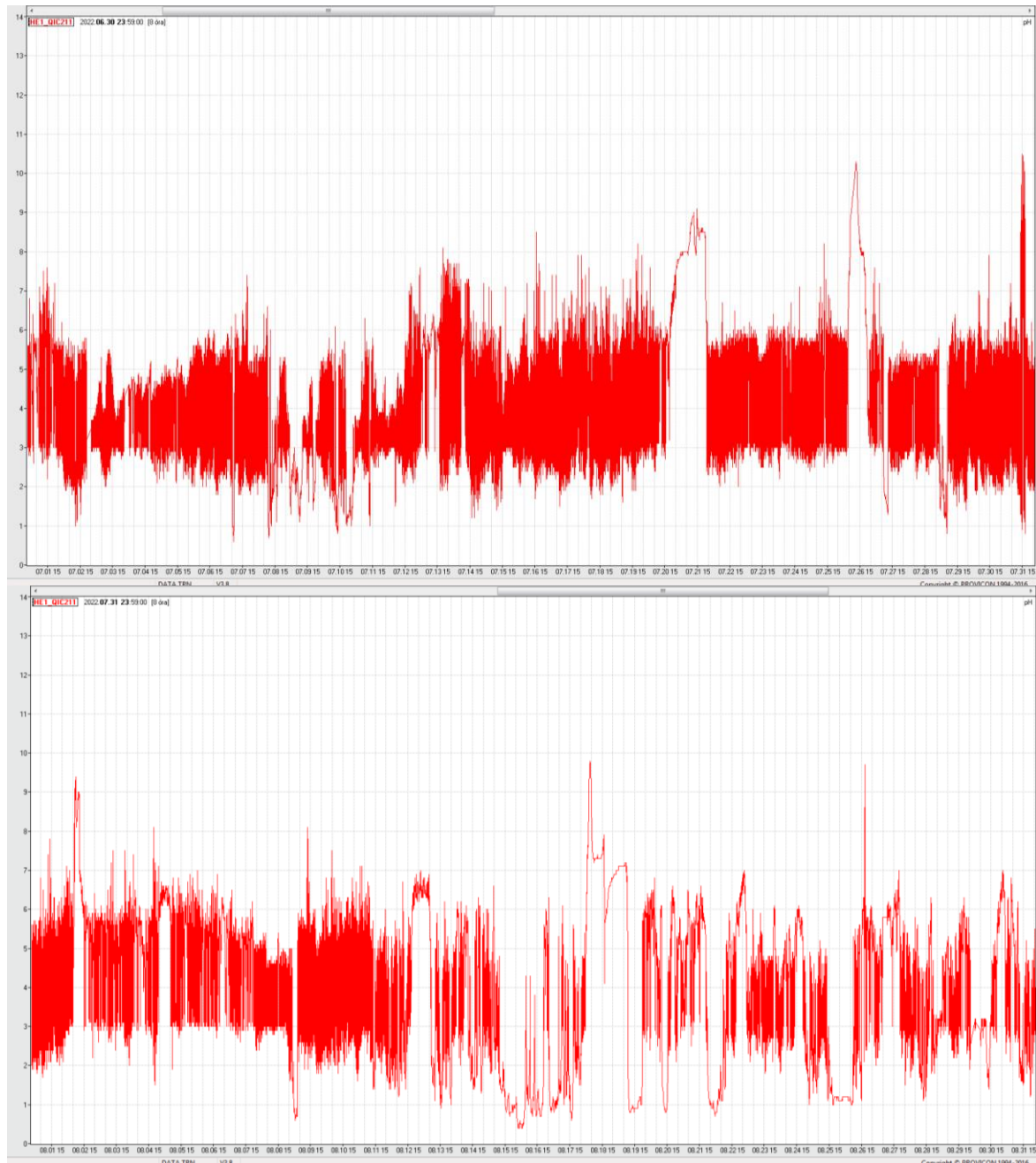
1. táblázat: A vizsgált hónapok adatai [Saját szerkesztés].

6.6 A vizsgálatok lebonyolítására használt eszközök

- Védőfelszerelések
- Szárítószekrény
- Mérleg
- pH mérő
- Mintavevő edény
- Minta tároló
- IBC tartály
- Diffúzor
- Szivattyúk

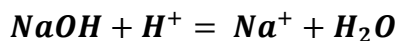
6.7 A pH változásának bemutatása a statikus égető mosótoronyában

Jelen esetben két hónap került a vizsgálat alá, amikor is az elektronikus rendszerbe rögzített trendek alapján olvastam le a rögzített pH értékeket. Látható, hogy az értékek elég változatosak voltak, néha akadtak kisebb-nagyobb kilengések, ez az augusztusi hónapban a sűrű mészszipa hirtelen nagy mennyiségű bevitelének az eredménye. Az első eset július, ahol nem volt csak nátronlúg adagolva a mosótoronyba, a második vizsgált hónap pedig az augusztusi mésztejes tesztüzemek a lebonyolítása során rögzített értékeket adja meg.



14. ábra: A Júliusi és Augusztusi pH változás trendje [Saját készítésű kép].

6.8 A vizsgálatok kémiai háttere



318,5 x g 630 mol (a moláris tömeggel elosztva, ami 40 g/mol)

7,9625 x mol $\rightarrow$ 7,9625 x mol, mivel 1:1 arányban reagál

6.8.1 A savas mosóban lévő H^+ anyagmennyisége pH = 1-nél NaOH esetén:

$V = 6,3 \text{ m}^3 = 6,3 \times 10^3 \text{ dm}^3 \rightarrow$ a tartály térfogata

$\text{pH} = 1 \rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$

$n_{\text{H}^+} = 6,3 \times 10^3 \times 10^{-1} \text{ mol/dm}^3 = 6,3 \times 10^2 \text{ mol} = 630 \text{ mol}$

6.8.1.1 NaOH:

$m/m\% = 25\%$

$V_o = x \times L = x \times \text{dm}^3 = 1.000x \text{ cm}^3$

$\rho = 1.274 \text{ kg/m}^3 = 1,274 \text{ g/cm}^3$

$m_o = 1.000x \text{ cm}^3 \times 1,274 \text{ g/cm}^3 = 1.274 x \text{ g}$

$m_{\text{NaOH}} = 1.274 x \text{ g} \times 0,25 = 318,5 x \text{ g}$

$n_{\text{NaOH}} = 1.274 x \text{ g} \times 0,25 \div 40 \text{ g/mol} = 7,9625 x \text{ g}$

n_{H^+} (egyenlet alapján fogyott) = 7,9625 x mol

6.8.1.2 Ekvivalenciapont meghatározása:

$$y = -\lg \left(\frac{630 - 1274 \times 0,25 \div 40 \times x}{6,3 \times 10^3} \right)$$

$$7 = -\lg \frac{630 - 7,9625x}{6,3 \times 10^3} \text{ /beszorozzuk -1-gyel és vesszük a 10-es alapú hatványát}$$

$$10^{-7} = 10^{\lg((630 - 7,9625x) / 6,3 \times 10^3)} = \frac{630 - 7,9625x}{6,3 \times 10^3}$$

$$x = \frac{630 - 6,3 \times 10^3}{7,9625} = 82,6228682$$

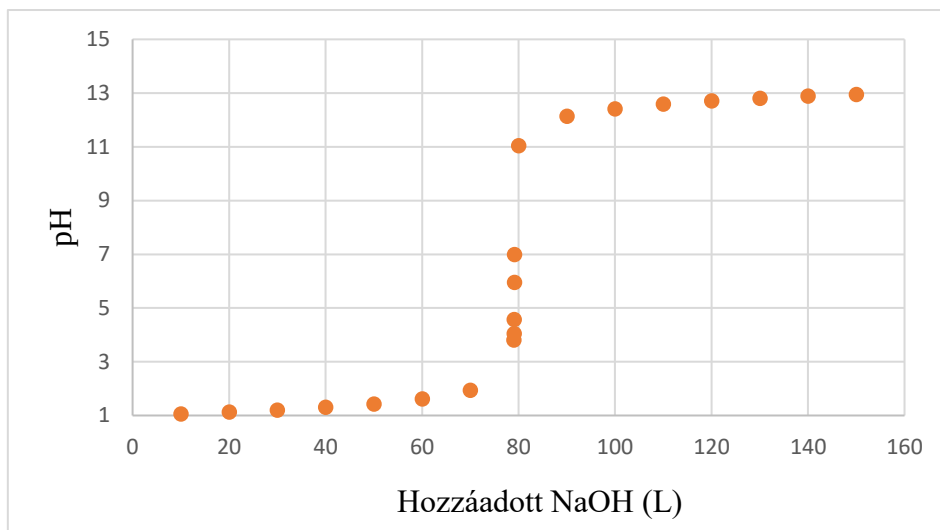
6.8.1.3 pH ábrázolása a hozzáadott nátronlúg függvényében:

Ekvivalenciapontig:

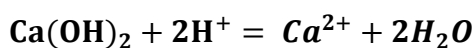
$$\text{pH} = -\lg \left(\frac{630 - 1274 \times 0,25 \div 40 \times x}{6,3 \times 10^3} \right)$$

Ekvivalenciapont felett:

$$\text{pH} = -\lg \left(\frac{1274 \times 0,25 \div 40 \times x - 630}{6,3 \times 10^3} \right), \quad \text{ahol } x \text{ a hozzáadott NaOH L-ben.}$$



15. ábra: A pH alakulása a hozzáadott NaOH függvényében [Saját szerkesztés].



6.8.2 A savas mosóban lévő H^+ anyagmennyisége $\text{pH} = 1$ -nél Ca(OH)_2 esetén:

$V = 6,3 \text{ m}^3 = 6,3 \times 10^3 \text{ dm}^3 \rightarrow$ a tartály térfogata

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = 1$$

$$10^{-1} = 10^{\lg[\text{H}^+]} = [\text{H}^+]$$

$$n_{\text{H}^+} = 6,3 \times 10^3 \times 10^{-1} \text{ mol/dm}^3 = 6,3 \times 10^2 \text{ mol} = 630 \text{ mol}$$

6.8.2.1 Ca(OH)_2

$$m/m\% = 25\%$$

$$V_0 = x \times L = x \times \text{dm}^3 = 1.000x \text{ cm}^3$$

$$\rho = 1.167 \text{ kg/m}^3 = 1,167 \text{ g/cm}^3$$

$$m_0 = 1.000x \text{ cm}^3 \times 1,167 \text{ g/cm}^3 = 1167 x \text{ g}$$

$$m_{\text{Ca(OH)}_2} = 1.167 x \text{ g} \times 0,25 = 291,75 x \text{ g}$$

$$n_{\text{Ca(OH)}_2} = 1.167 x \text{ g} \times 0,25 \div 74 \text{ g/mol} = 3,94 x \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}^+}(\text{egyenlet alapján fogyott}) = 7,88 x \text{ mol}$$

6.8.2.2 A tömegkoncentráció és a sűrűség alapján a tömegszázalék számolása:

$$V = 1 \text{ L} = 1.000 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 1.080 \text{ kg/m}^3 = 1,080 \text{ g/cm}^3$$

$$m_0 = 1.000 \text{ cm}^3 \times 1,080 \text{ g/cm}^3 = 1.080 \text{ g}$$

$$C_m = 140 \text{ g/L}$$

$$m_{\text{Ca(OH)}_2} = 140 \text{ g/L} \times 1 \text{ L} = 140 \text{ g}$$

$$m/m\% = \frac{140 \text{ g}}{1080 \text{ g}} \times 100 = 12,96\%$$

6.8.2.3 Sűrűség meghatározása:

A két kiválasztott pont: $y_1 = 70 \text{ g/L}$ $x_1 = 1.040 \text{ kg/m}^3$

$y_2 = 140 \text{ g/L}$ $x_2 = 1.080 \text{ kg/m}^3$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{140 - 70}{1.080 - 1.040} = \frac{70}{40} = 1,75$$

$$y = m \times x + b$$

$$0 = 1,75 \times 1.000 + b$$

$$b = -1.750$$

$$y = 1,75 \times x - 1.750$$

$$\begin{array}{l} \text{I. } y = 1,75 x - 1.750 \\ \text{II. } \frac{y}{x} = 0,25 \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{I. } y = 1,75 x - 1.750 \\ \text{II. } \frac{y}{x} = 0,25 \end{array}} \right\} y = 0,25 x$$

$$\text{I. } 0,25 x = 1,75 x - 1.750$$

$$1,5 x = 1.750$$

$x = 1.167 \text{ kg/m}^3$ a 25 m/m%-os Ca(OH)_2 oldat sűrűsége.

6.8.2.4 Ekvivalenciapont meghatározása:

$$y = -\lg\left(\frac{630 - 1.167 \times 0,25 \times \frac{2}{74} \times x}{6,3 \times 10^3}\right)$$

$$7 = -\lg\left(\frac{630 - 1.167 \times 0,25 \times \frac{2}{74} \times x}{6,3 \times 10^3}\right) \text{ /beszorozzuk -1-gyel és vesszük a 10-es alapú hatványát}$$

$$10^{-7} = 10^{\lg((630 - 1.167 \times 0,25 \times 2 \div 74 \times x) / (6,3 \times 10^3))} = \left(\frac{630 - 1.167 \times 0,25 \times \frac{2}{74} \times x}{6,3 \times 10^3}\right)$$

$$x = \frac{630 - 6.300 \times 10^{-7}}{1.167 \times 0,25 \times \frac{2}{74}}$$

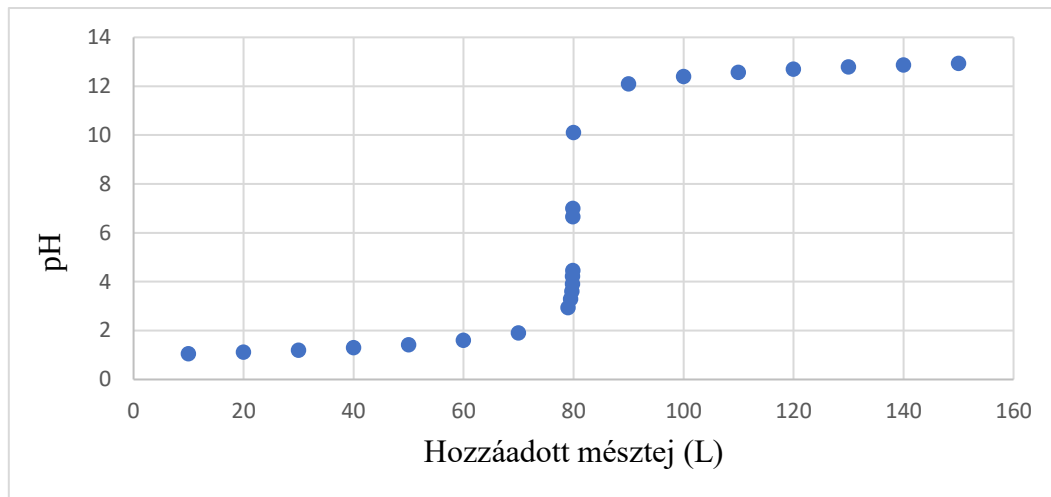
6.8.2.5 pH ábrázolása a hozzáadott mésztej függvényében:

Ekvivalenciapontig:

$$\text{pH} = -\lg\left(\frac{630 - 1.167 \times 0,25 \times \frac{2}{74} \times x}{6,3 \times 10^3}\right)$$

Ekvivalenciapont felett:

$$\text{pH} = -\lg\left(\frac{1.167 \times 0,25 \times \frac{2}{74} \times x - 630}{6,3 \times 10^3}\right), \quad \text{ahol } x \text{ a hozzáadott mésztej L-ben.}$$



16. ábra: A pH változása a hozzáadott mésztej függvényében [Saját szerkesztés].

6.8.3 Tömegszázalék számítása a mintázott mésztejéből:

száraz anyag: 291.800 mg/kg, ami 29,18 m/m%

$$V_{\text{összes}} = 950 \text{ l}$$

$$V_{\text{iszap}} = 700 \text{ l} = 700 \text{ dm}^3$$

$$m_{\text{iszap}} = 700 \text{ dm}^3 \times 1,200 \text{ kg/dm}^3 = 840 \text{ kg}$$

$$m_{\text{iszap}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 840 \text{ kg} \times 0,2918 = 245,112 \text{ kg}$$

$$V_{\text{mészvíz}} = 250 \text{ l} = 250 \text{ dm}^3$$

$$m_{\text{mészvíz}} = 250 \text{ dm}^3 \times 1 \text{ kg/dm}^3 = 250 \text{ kg}$$

$$m_{\text{mészvíz}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,4625 \text{ kg}$$

$$m_{\text{összes}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 245,112 \text{ kg} + 0,4625 \text{ kg} = 245,5745 \text{ kg}$$

$$m_{\text{összes}} = 840 \text{ kg} + 250 \text{ kg} = 1.090 \text{ kg}$$

$$m_{\text{összes}}(\text{Ca}(\text{OH})_2)/m_{\text{összes}} \times 100 = 22,53 \text{ m/m\%}$$

$$\rho = m_{\text{összes}}/V_{\text{összes}} = 1.090 \text{ kg}/950 \text{ dm}^3 = 1,147 \text{ kg/dm}^3 = 1.147 \text{ kg/m}^3$$

Ehhez a sűrűséghez tartozó tömegkoncentráció:

$$1,147 \times 1,75 - 1.750 = 257,25 \text{ g/L} = 257,25 \text{ kg/m}^3$$

E kettő alapján a m/m%:

$$257,25 \text{ kg/m}^3 / 1.147 \text{ kg/m}^3 \times 100 = 22,43 \text{ m/m\%}$$

A szárazanyag tartalom vizsgálatának elvégzésére a KISANALITIKA laboratóriumában került sor, melynek eredménye az 23. ábra a vizsgálati jegyzőkönyv. Szárazanyagnak nevezzük egy adott anyagból eltávolított nedvesség után kapott részt, ami szabványban meghatározott körülmények között történik leválasztásra. A tömegállandóságig való szárításra leggyakrabban általában 105 °C-on, szárítószekrényben történő szárítást alkalmazzák, ezt követően a száraz tömeget le kell mérni.

 KISANALITIKA Laboratóriumi Szolgáltató Kft. Laboratórium Székhely: H-3792 Sajóbábony, Gyártelep Telefon: +3646 549-231 Fax: +3646 549-231 Email: kisanalitika@kisanalitika.hu Web: www.kisanalitika.hu	Vizsgálati jegyzőkönyv (szennyvíziszap)	Jegyzőkönyvszám SZ-603/22
--	--	------------------------------

A NAH által **NAH-1-1613/2018** számon akkreditált vizsgálólaboratórium.

Megrendelő neve, címe:	ÉMK Észak-Magyarországi Környezetvédelmi Kft., 3792 Sajóbábony, Gyártelep	Beérkezés dátuma:	2022.08.26.
Mintavétel helye, címe:	ÉMK Észak-Magyarországi Környezetvédelmi Kft., 3792 Sajóbábony, Gyártelep	Vizsgálatok kezdete:	2022.08.26.
Mintavétel dátuma:	2022.08.26.	Vizsgálatok befejezése:	2022.08.30.
		Mintavevő:	ÉMK Észak-Magyarországi Környezetvédelmi Kft.
		Mintavétel módja:	akkreditált/nem akkreditált

Minta iktatószáma	4890/22
Minta megnevezése	Mésziszap (06)
Mintavételi módszer	átlagminta
Vizsgált paraméter	Vizsgálati eredmények
Szárazanyag tartalom MSZ 318-3:1979 4.1. szakasz	[mg/kg] 291 800

A vizsgálati eredmények kizárólag a megvizsgált mintákra vonatkoznak, a mintavétel felelőssége a Mintavevőt terheli.
 A vizsgálati jegyzőkönyv a vizsgálólaboratórium írásbeli engedélye nélkül csak teljes terjedelmében másolható.
 A megadott eredményekkel kapcsolatban a kézhezvételtől számított 8 napon belül észrevételt tehet.

Sajóbábony, 2022. augusztus 30.




 Szabó Szilvia
 laboratóriumvezető

6.8.4 Az emisszió ellenőrzése

A vizsgálatom során a kémény kibocsátása is ellenőrzésre került, hogy a mésztejes alkalmazás során látható-e valamilyen fajta eltérés a megtisztított füstgáz környezetbe való jutása során. Az 3-5. táblázatokban szemléltettem az eddig is felhasznált hónapokat és napi átlag látható minden esetben (az oszlopok tetején zárójelben a határértékek olvashatóak). Az értékek mg/m^3 11% oxigén tartalomra vonatkoztatva. A folyamatosan mérendő komponensek mérési adatai egy kiépített adatátviteli rendszeren keresztül jutnak el a környezetvédelmi hatósághoz.

A folyamatos emisszió mérés hatósági elérésének kiépítése és folyamatos üzemeltetése. Az emisszió mérés nagyobb üzembiztonsága érdekében egy redundáns mérőrendszer került kiépítésre. Ezzel, ha valamely mérőműszer meghibásodna a redundáns műszer azonnal a helyére lép és így mérés kiesés nélkül történhet a rendszer üzemeltetése

Az ÉMK Kft-nek a füstgáz SO_2 , HCl, HF paramétereinek folyamatos mérése alól felmentése van, tekintettel a füstgázmosók beépítésére és a korábban végzett hatósági mérések során mért nagyon alacsony kibocsátási értékek miatt. A mentességét követően minden évben két alkalommal végeztetett levegőtisztaság-védelmi mérést. A mentességet az ÉMK Kft. azért kapta meg, mert a HCl és HF kibocsátása 50%-kal alacsonyabban volt, mint a határérték. A mért értékek jelen esetben is nagyságrendekkel kisebbek, mint a határérték 50%-a. Ez azt mutatja, hogy az ÉMK Kft. nedves füstgáztisztító rendszere jelentősen felül méretezett a keletkező füstgázok HCl és HF kezelésére.

Szennyező anyag	Határérték [mg/m^3]
Szén-monoxid (CO)	50
Nitrogén oxidok (NOx)	200
Elégetlen szén-hidrogén (TOC)	10
Szilárd anyag (por)	10

2. táblázat: A szennyezőanyag koncentrációk hatósági határértékei [Saját szerkesztés].

Az a konzekvencia vonható le, hogy a mésztej az emissziós értékeket nem viszi el negatív irányba, sőt néhány esetben kedvezőbb eredményeket is mutat a kibocsátott értékek szempontját tekintve, amely a cég számára egy pozitívum, bár eddig is minden érték megfelelő volt. A korábban már említett kibocsátási határértékek figyelembevétele alapján a következő eredmények kerülnek bemutatásra az 3-5. táblázatok ismertetése során. Piros színnel jelölésre kerültek az esetleges határértéken felüli eredmények.

Januári emissziós adatok átlaga napokra bontva					
Dátum	CO (50)	NO _x (200)	TOC (10)	Por (10)	Megjegyzés:
1.	28,00	147,58	0,40	0,26	
2.	40,51	138,64	1,11	0,31	
3.	49,82	137,71	0,44	0,32	
4.	41,76	147,51	0,68	0,27	
5.	47,82	137,55	0,50	0,45	
6.	19,87	135,68	0,19	0,38	
7.	12,67	141,69	0,01	0,36	
8.	31,34	173,41	0,06	0,55	
9.	35,85	172,84	0,11	0,35	
10.	0,00	0,00	0,00	0,00	leállás történt
11.	42,59	173,73	0,47	0,23	
12.	0,00	0,00	0,00	0,00	leállás történt
13.	0,00	0,00	0,00	0,00	leállás történt
14.	46,68	175,72	0,02	0,60	
15.	45,16	151,84	0,02	0,57	
16.	43,64	136,25	0,03	0,38	
17.	39,75	137,16	0,12	0,32	
18.	26,09	124,09	0,07	0,28	
19.	28,86	80,49	0,19	0,19	
20.	47,21	59,88	0,60	0,28	
21.	49,78	74,45	0,25	0,28	
22.	34,71	75,10	0,30	0,29	
23.	43,28	76,89	0,95	0,25	
24.	17,70	65,80	0,35	0,35	
25.	19,90	81,03	0,27	0,36	
26.	15,01	88,84	0,41	0,35	
27.	23,08	84,81	0,70	0,32	
28.	21,33	104,30	0,47	0,29	
29.	31,83	137,40	0,26	0,30	
30.	30,65	128,97	0,25	0,32	
31.	14,61	141,79	0,21	0,34	

3. táblázat: Januári emissziós adatok átlaga napokra bontva [Saját szerkesztés].

- CO: havi átlag 29,98 mg/m³,
- NO_x: havi átlag 110,68 mg/m³,
- TOC: havi átlag 0,3 mg/m³,
- Por: havi átlag 0,31 mg/m³ a januári hónapban nem történt határértéken felüli kibocsájtás.

Júliusi emissziós adatok átlaga napokra bontva					
Dátum	CO (50)	NOx (200)	TOC (10)	Por (10)	Megjegyzés:
1.	0,00	0,00	0,00	0,00	Rendszertakarítás
2.	11,24	166,98	0,22	0,49	
3.	35,93	146,73	1,39	0,32	
4.	49,71	135,36	0,78	0,23	
5.	48,93	164,93	0,25	0,37	
6.	28,00	163,77	0,46	0,31	
7.	47,86	173,15	0,25	0,48	
8.	46,68	160,66	0,24	0,79	
9.	49,16	164,44	0,47	1,00	
10.	51,35	161,96	0,58	1,19	
11.	34,85	142,97	0,41	0,81	
12.	24,41	156,79	0,23	0,58	
13.	52,63	165,31	0,11	0,36	
14.	36,86	157,83	0,09	0,33	Rendszertakarítás
15.	0,00	0,00	0,00	0,00	Rendszertakarítás
16.	0,00	0,00	0,00	0,00	
17.	50,80	141,93	0,12	0,70	
18.	55,49	175,20	0,36	0,35	
19.	15,51	173,92	0,32	0,34	
20.	17,26	135,47	0,28	0,32	
21.	3,25	161,12	1,15	0,35	
22.	6,14	179,37	0,05	0,49	
23.	6,21	151,84	0,06	0,55	
24.	8,83	145,18	0,11	0,31	
25.	6,93	155,68	0,10	0,31	
26.	25,50	193,18	0,08	0,32	
27.	25,24	150,71	0,27	0,36	
28.	17,46	123,49	0,15	0,25	
29.	11,08	122,16	0,07	0,43	
30.	10,02	116,03	0,11	0,51	
31.	21,93	98,52	0,28	0,76	

4.

táblázat: Júliusi emissziós adatok átlaga napokra bontva [Saját szerkesztés].

- CO: havi átlag 25,78 mg/m³ → 4 esetben történt határértéket meghaladó kibocsájtás a júliusi hónapban,
- NOx: havi átlag 138,2 mg/m³,
- TOC: havi átlag 0,29 mg/m³,
- Por: havi átlag 0,44 mg/m³ a további értékek nem haladták meg az előírt határértékeket.

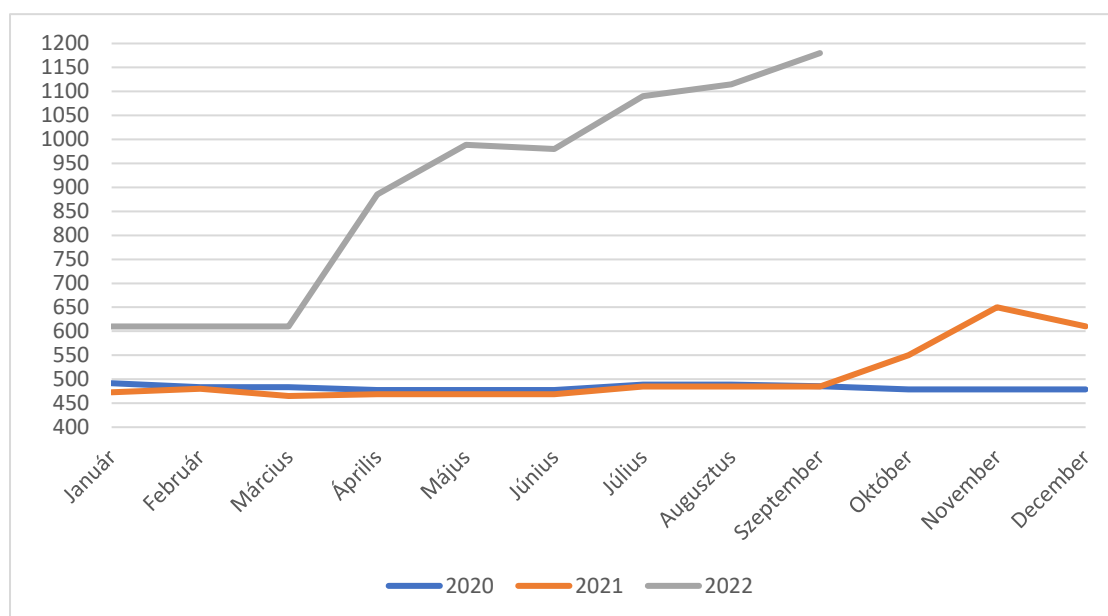
Augusztusi emissziós adatok átlaga napokra bontva					
Dátum	CO (50)	NOx (200)	TOC (10)	Por (10)	Megjegyzés:
1.	22,99	148,85	0,25	0,25	
2.	10,64	147,32	0,11	0,41	
3.	36,02	154,21	1,27	0,38	
4.	14,98	135,53	0,10	0,46	
5.	6,94	129,52	0,16	0,42	
6.	13,76	137,25	0,36	0,36	
7.	8,09	142,43	0,23	0,30	
8.	16,76	133,63	0,18	0,48	
9.	24,61	115,02	0,18	0,52	
10.	21,61	121,69	0,28	0,41	
11.	30,12	158,30	0,66	0,44	
12.	20,12	149,20	0,52	0,61	
13.	22,62	146,38	0,42	0,38	
14.	24,47	122,05	0,31	0,44	
15.	9,03	164,66	0,28	0,70	
16.	0,00	0,00	0,00	0,00	Rendszertakarítás
17.	0,00	0,00	0,00	0,00	Rendszertakarítás
18.	0,00	0,00	0,00	0,00	Rendszertakarítás
19.	33,29	175,58	1,04	1,52	
20.	10,45	117,40	0,47	1,59	
21.	21,76	133,85	0,97	1,58	
22.	17,71	141,62	0,26	1,57	
23.	8,84	142,17	0,48	1,58	
24.	12,73	148,16	0,47	1,50	
25.	31,95	162,96	1,86	1,48	
26.	22,21	170,11	1,13	1,51	
27.	17,92	167,54	1,41	1,49	
28.	22,50	157,53	0,96	1,61	
29.	26,98	162,95	1,49	1,59	
30.	48,64	140,02	1,49	1,58	
31.	18,03	78,29	0,30	1,69	

5. táblázat: Augusztusi emissziós adatok átlaga napokra bontva.

- CO: havi átlag 18,57 mg/m³,
- NOx: havi átlag 129,17 mg/m³,
- TOC: havi átlag 0,57 mg/m³,
- Por: havi átlag 0,87 mg/m³ ebben a hónapban nem történt határértéken felüli kibocsátás.

7 GAZDASÁGI BEMUTATÁS

A napjainkban is tartó háborús viszonyok eredményeként egy olyan gazdasági helyzet alakult ki, ami a vegyipari termékek beszerzési árainak növekedéséhez is vezetett. Többek között hatással van ez a füstgáztisztítás során alkalmazandó pH beállítására szolgáló nátronlúgra is. A termék beszerzési ára miatt történt a felvetés a szakdolgozati témámra is, ugyanis az elmúlt 1 év során nagyjából háromszorosára emelkedett. Ezt szeretném szemléltetni a 24. ábrán szereplő diagram segítségével, ahol a havi beszerzési mennyiségek árát átlagolva tüntettem fel. A 48-50%-os (ezt a cég saját körülmények között 25%-ra hígítja) töménységű nátronlúg beszerzési ára Eur/t-ban értendő, ezzel szemben 1 kg 23,5 %-os töménységű mésztej 43 Ft/kg-os áron szerezhető be.



18. ábra: A nátronlúg beszerzési árának változása az elmúlt 3 évben [Saját szerkesztés].

Egy kis számolás segítségével, ha az utolsó hónapot tekintjük, amikor is közel 1.200 Eur/t áron tudta a cég beszerezni a nátronlúgot, akkor a következő összehasonlítás látható. 1.200 Eur/t → a jelenlegi Euró árfolyamot tekintve 496.740 Ft-ba kerül 1 tonna nátronlúg, azonban ezt a helyszínen 50%-os oldatról 25%-os töménységű oldatra hígítják, ami azt jelenti, hogy így 2 tonna lesz, ha az árat tekintjük ez feleződik, ami 248.370 Ft (a hígításhoz használt víztől eltekintve). Ezzel szemben 1 kg 23,5%-os töménységű mésztej beszerzési ára 43 Ft/kg, ami 1 tonnára vonatkoztatva 43.000 Ft-ba kerül a cég számára. Azt gondolom, hogy szemmel látható különbségek vannak, melyek a cég számára megfelelőek lehetnének, még abban az esetben is, ha a mésztejes alkalmazás némi költséget is kíván a rendszer kialakítása során.

8 KONKLÚZIÓK

Mint az elején is elhangzott a témám célja az egy jelenlévő gazdasági probléma megoldása volt, ugyanis jelen viszonyok szerint közel háromszorosa lett a beszerzési ára a nátronlúgnak, ami a jelenlegi energia árak mellett nem túl előnyös.

A felvetés során megfogalmazódtak nehézségek, melyekre próbáltam választ találni a cég számára. Ilyen volt először is, hogy a mészszipap okozhat-e akármilyen havária jelenséget a technológia rendszerben, esetlegesen a töltetek belsejében lerakódva csökkenti annak szűrési hatásfokát. A megfigyelések során volt lehetőségem a tesztüzem végzésének a helyén jelen lenni, amikor is a mosótorony feltárára került és az volt tapasztalható, hogy semmilyen fajta lerakódás nem található a tölteteken. A rendszerben tovább haladva az ülepítő tartályok iszapjában lehetett találni némi mészkiválást, de véleményem szerint az a reakció során képződő melléktermék, mely nem más, mint a gipsz. Sajnálatos módon a teszt üzemek során történtek gépi meghibásodások, mely ötleteket adott folyamatosan arra, hogy milyen berendezésekre lesz szükség a jövőben a cég számára a megfelelő üzemelés érdekében.

Az eredeti koncepció szerint a mésvíz került volna beadagolásra a pH szinten tartása érdekében, azonban ez hamar elvetésre került, mert az ártalmatlanításra feladott hulladékok gyakran nagyon eltérőek voltak, ezáltal a savasságuk is elég sokszínű volt, így az nem volt megfelelő erre a célra.

Ezzel szemben a maga a sűrű mészszipap rész megfelelt volna a pH beállítására, azonban itt egyéb tényezők akadályozták a folyamatokat, ilyen a sűrűsége, amely megnehezítette a szállíthatóságát, továbbá, ha túl nagy mennyiségben került beadagolásra az később oldódott be a rendszerbe és nagyon felvitte a pH értékét. A leoptimalisabb a mézszej, mely nagyjából 25% töménységű, ha megfelelően megvan oldva homogenizálása és nem hagyjuk a fázisokat szétválni, akkor ez a legkiválóbb a célra. A finomszabályozást is figyelembe véve, ami nagyon fontos a folyamat során, ugyanis a beszámolómban bemutatom, hogy az elején mennyire nehéz megindítani a pH változását, azonban utána nagyon hirtelen kis mennyiségek bevitelével is nagyon sokat változik. Tehát a lényeg a megfelelő kevertetés megoldása, melyre én leginkább valamilyen keverőlapátos módszert ajánlottam, vagy esetleg egy olyan tartály kialakítása, amelyben folyamatosan körkörös mozgásban van az anyag, ezzel elősegítve a homogenizálást.

A gazdasági szempontokat is külön fejezetben tárgyaltam, hisz ez volt az egésznek a kiinduló alapja, egy olyan alternatív megoldás találása, mely a cég számára kedvező előnyökkel jár. Úgy gondolom, hogy ez az opció számukra is előnyös lenne ugyanis, ha a számokat tekintjük közel hatszor annyiba kerül egy tonna nátronlúg, mint egy tonna mézszej.

Véleményem szerint ezzel elég sok pénzt megtudnának takarítani, ugyanis ahol a tesztüzemek zajlottak, ott közel a felére csökkent a lúgfelhasználása ezeket a 17-19. ábrán szemléltetett diagramokon látható kiugrások támasztják alá, melyek egy-egy befejtést jelentenek (a jelenlegi felhasználás a lúgos mosó üzemelésének köszönhető).

Ezeknek a következtetéseknek köszönhetően én bátran ajánlom a cég számára a befeketést, ugyanis azzal hosszú távon nagyon sokat megtudnak spórolni és ez egyszer úgylis megtérül számukra.

A szakmai gyakorlatom során került sor a TDK dolgozatom megírására, mely során egy nagyszerű csapat tagja lehettem, amiért mai napig hálás vagyok, hisz nagyon sokat tanultam és fejlődtem, mind szakmailag, mind pedig emberileg.

9 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Láng I. (szerk.): Környezet és természetvédelmi lexikon (Akadémia Kiadó, Budapest, 2002)
- [2] Szabó I.: Hulladékelhelyezés (Miskolci Egyetemi kiadó, 1999) ISBN: 9636613133
- [3] 2012. évi CLXXXI. törvény a hulladékgazdálkodásról – Elérhetősége: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200185.tv> - Letöltés dátuma: 2020.08.12.
- [4] 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet a hulladékjegyzékről - Elérhetősége: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1300072.vm> – Letöltés dátuma: 2022.08.12.
- [5] Szerényi T.: Hulladékgazdálkodás: mik az alapok, merre mutat a jövő? - Elérhetősége: <https://xforest.hu/hulladekgazdalkodas/> - Letöltés dátuma: 2022.08.12.
- [6] Dr. Nagy G., Kovács B., Buruzs A, dr. Torma A., Vagdalt L. és Horváth L.: Hulladékgazdálkodás (Pannon Egyetem - Környezetmérnöki Intézet, 2011)
- [7] Szalayné Kovács E.: Hulladékok, hulladékok fajtái, gyűjtése (Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest, 2008)
- [8] 102/1996. (VII. 12.) Korm. rendelet a veszélyes hulladékokról - Elérhetősége: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99600102.KOR&txtreferer=99500053.TV> – Letöltés dátuma: 2022.08.18. *(Hatályon kívül helyezte: 120/2004. (IV. 29.) Korm. rendelet 7. § (2).)*
- [9] Az ÉMK Észak-Magyarországi Környezetvédelmi Kft. 29/2014. (XI. 28.) FM rendelet - Elérhetősége: http://www.emkkft.hu/doc/29_2014.pdf - Letöltés dátuma: 2022.08.12.
- [10] Kaszáné Dr. Kiss Magdolna: Hulladékgazdálkodás (Szegedi Egyetem, 2013)
- [11] Barótfi I. (szerk.): Környezettechnika (Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2000)
- [12] Szuhi A.: Új termikus technológiák és hagyományos hulladékégetők, 2009)
- [13] Jorge Emmanuel et al: Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies, Health Care without Harm (2001)
- [14] Kátai-Urbán L., Vass Gy.: Kátai-Urbán L. (szerk.): Veszélyes üzemek, tevékenységek és technológiák az iparban. (Nemzeti Közszerződési Egyetem -katasztrófavédelmi Intézet, Budapest, 2014) - ISBN978-615-5491-74-0, - ISBN 978-615-5491-75-7 (online)
- [15] British Lime Association: Flue gas treatment – Elérhetősége: https://britishlime.org/technical/flue_gas_treatment.php - Letöltés dátuma: 2022.09.12.

[16] Központi Statisztikai Hivatal adatbázisa – Elérhetősége:
https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0030.html - Letöltés dátuma: 2022.09.12.

[17] Szűcs I. – Woperáné Serédi Á.: Levegőtisztítás (Miskolci Egyetemi Kiadó, 2001)