

**Óbudai Egyetem
RS Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Környezetmérnöki Intézet**



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

A VÍZTISZTÍTÁS SORÁN KELETKEZŐ ISZAP KEZELÉSE A BÁCSVÍZ ZRT.-NÉL



forrás: <http://www.martfu.hu/pics/martfu/hu/news/193034.jpg>

Szerző: **Balla Péter**
környezetmérnök BSc. szak, IV. évf.

Konzulensek: **Bodáné Dr. Kendrovics Rita**
egyetemi docens

Tóth Gergely
víztermelési üzemvezető

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS	4
2.	A BÁCSVÍZ ZRT. MEGALAKULÁSÁNAK TÖRTÉNETE	5
2.1.	A víziközmű szolgáltatás ivóvízellátási üzletágának története Kecskeméten.....	5
2.2.	A vállalat jelenlegi helyzete	7
3.	A VÍZTISZTÍTÁSI TECHNOLÓGIA BEMUTATÁSA	9
3.1.	Az nyersvíz kitermelése a BÁCSVÍZ ZRT. I. sz. telephelyén	9
3.2.	A kitermelt nyersvíz tisztításának folyamata.....	11
3.3.	A tisztítási folyamat során keletkező veszélyes hulladék kezelése	16
4.	ALTERNATÍV ISZAPSZÁRÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK	19
4.1.	Szennyvíziszapok szolár szárítása	21
5.	A JELENLEG ALKALMAZOTT SZÁRÍTÁSI TECHNOLÓGIA ÉS A SZOLÁR SZÁRÍTÁS SORÁN ELÉRHETŐ EREDMÉNYEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA	23
5.1.	A kísérleti szolár szárító elkészítése	23
5.2.	A kísérlet folyamata.....	25
5.3.	A kísérletet befolyásoló tényezők.....	28
5.4.	Mintavételezés és vizsgálat	29
5.5.	A mérési eredmények összehasonlítása.....	32
6.	ALTERNATÍV ISZAPKEZELÉSI TECHNOLÓGIÁK.....	35
6.1.	Az arzén eltávolítása az iszapból.....	35
6.2.	Az arzéntartalmú iszap kezelésének lehetőségei	36
6.2.1.	Az iszap elhelyezése veszélyes hulladék lerakóban.....	36
6.2.2.	Az iszap elhelyezése speciális (arzén tartalmú vas-hidroxid) lerakóban	36
6.2.3.	Az iszap betonhoz adása, bebetonozása	36
6.2.4.	Az iszap felhasználása a cementgyártásnál	37
6.2.5.	Az iszap téglába égetése.....	37
6.2.6.	Az iszap aszfalthoz adása	37

6.2.7.	Hasznosítás hőerőműben.....	37
6.2.8.	Felhasználás nagyolvasztóban.....	38
6.3.	A kezelési lehetőségek értékelése.....	38
7.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	40
8.	IRODALOM JEGYZÉK.....	42
9.	MELLÉKLETEK.....	43

1. BEVEZETÉS

Az ivóvízellátás során a vízművek feladata, hogy a kitermelt nyersvízből az ivóvíz szabványban megadott határértékek figyelembevételével kezeljék, majd szolgáltatassák az ivóvizet. A technológia kiválasztása a vízkezelés során a nyersvíz összetételének ismeretében kerül meghatározásra. Az ország területén nagyon különböző összetételű felszíni és felszín alatti vízbázisok biztosítják a hazai ivóvízellátáshoz szükséges vizet. A dolgozat konkrét példán – a kecskeméti BÁCSVÍZ ZRT. I. számú telephelye – mutatja be az ivóvíz kitermelését és tisztításának folyamatát.

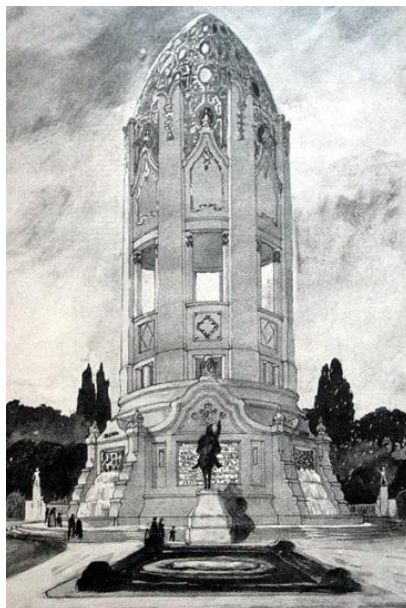
Mint minden tisztítási folyamat, így a víztisztítás során is keletkeznek olyan melléktermékek, hulladékok, amelyek további kezeléséről, esetleges hasznosításáról a kezelőnek gondoskodnia kell. Így a tisztítási technológia során keletkező iszap kezelése is a vízmű feladata, mely mindazokat a szennyezőanyagokat tartalmazza, melyeket az ivóvízellátás érdekében a nyersvízből el kell távolítani. Ezek a szennyezőanyagok az iszapban koncentrálnak, így ennek speciális kezelését teszik szükségessé. A dolgozat célkitűzése, hogy a kecskeméti vízmű tisztítási technológiája során keletkezett iszap kezelésére gazdasági és környezeti szempontból is megtalálja és bemutassa a legkedvezőbb megoldást.

2. A BÁCSVÍZ ZRT. MEGALAKULÁSÁNAK TÖRTÉNETE

2.1. A víziközmű szolgáltatás ivóvízellátási üzletágának története Kecskeméten

A XIX. század végéig Kecskeméten az ivóvíz ellátás bázisa döntőrészt az ásott kutakra épült. Ennek megfelelően a víz minőségét a talajvíz minősége, a mennyiséget elsősorban a talajvíz állás és a csapadék mennyisége határozta meg. A vízszennyezések hatására kialakult járványok megjelenése mutatott rá arra, hogy a városnak új megoldást kell keresnie az ivóvíz kitermelésére. Először artézi kutak létesítését javasolta a Városi Tanács, ezek létrehozása azonban elmaradt, helyettük 1872-ben megépült az első, 300 m talpmélységű mélyfúrású kút. Ezt követően további kutak létesültek, melyek ellátták a várost jó minőségű, egészséges ivóvízzel. Az 1800-as évek végére megkezdődött a kutak vegyvizsgálata is, mely során megjelölték a rossz illetve a jó minőségű ivóvizet termelő kutakat. [1]

1910-ben újabb 9 mélyfúrású kút létesítésére született határozat. Ezek átlagos talpmélysége 240 m, belső átmérője - vörösfenyő béléscsővel - pedig 300 mm volt. A kitermelt víz átmeneti tárolásának céljából szükségessé vált egy víztorony megépítése is. Az 50 m magas, 1.000 m³ térfogatú víztorony (1. kép) tervezésével Lechner Ödönt bízták meg. A szecessziós stílusú víztorony azonban nem épült meg.



1. kép: Kecskemétre tervezett víztorony 1910-ben
forrás: www.viztorony.hu/sosemvolt/01/01.jpg

Az I. Világháború hatására a közműfejlesztés leállt. Legközelebb 1937-ben fúrtak 11 új kutat a városban. A II. Világháború után az addig elkészült kutak és a víziközmű rendszer állami tulajdonba kerültek. Ezt követően, 1949-ben megkezdődött a város vízvezeték rendszerének kiépítése. Összesen 6.400 m vízvezeték épült, mely elsősorban a közintézmények ivóvízzel történő ellátását tette lehetővé. [1]

A megépült művek üzemeltetésére 1950-ben létrejött a Víz, Csatornamű és Fürdő Vállalat. Majd 5 évvel később megépítésre került egy 1.200 m³ térfogatú víztorony. Az ezt követő években a közműfejlődés jelentősen felgyorsult. 1965-ben a vízmű szolgáltatási területét megnövelve létrejött az Észak-Bács-Kiskun Megyei Vízmű Vállalat, melynek tevékenysége Kecskemét és Kiskunfélegyháza területeire terjedt ki. Létrejött a vállalat I. számú telephelye Kecskeméten, ahol korszerű vízműgépház és kiegészítő üzemek (szivattyújavító műhely, vízmérő hitelesítő, előregyártó üzem) kaptak helyet.

1975-re újabb 30 mélyfúrású kút valamint térszíni tároló létesült, és megépült a II. számú vízműtelep. A helyi vízmű maximális vízkitermelési kapacitása elérte a 20.000 m³/d mennyiséget, a vízellátó hálózat hossza pedig a 114 km-t. A víziközmű hálózat növekedésével egy új, nagyobb térfogatú víztorony megépítése vált szükségessé, így 1985-ben üzembe helyeztek egy 3.000 m³ térfogatú, kehely alakú (2. kép) víztornyot. Időközben a vállalat szolgáltatási területe is tovább nőtt, Kunszentmiklós és térsége is átkerült az ellátandó területhez.

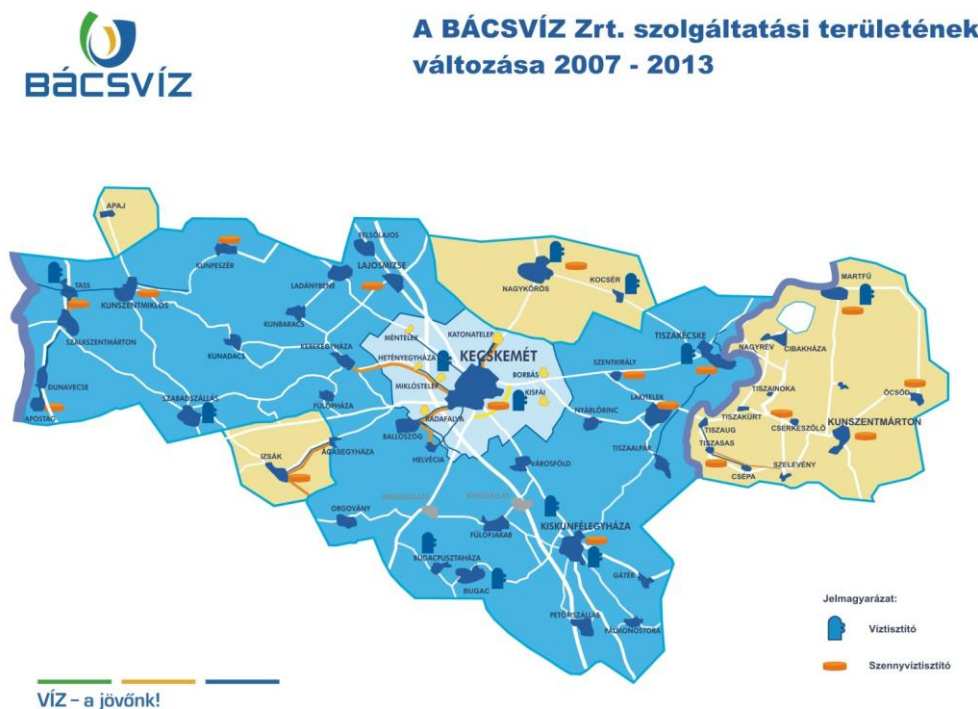


2. kép - Víztorony Kecskeméten
(2013. 07. 02.)

Az 1990-es évek elejére átadásra került a 15 mélyfúrású kútból álló, III. számú vízműtelep, (Nyárlőrinc határában) amely a város tartalék vízbázisát képezi. Ezzel a város különböző telephelyein már összesen 65 mélyfúrású kút üzemelt, valamint összességében 10.000 m³ térfogatú alacsony tároló kapacitás állt rendelkezésre. Ezek mellett pedig két telephelyen 50.000 m³-es kapacitású vas- és mangántalanítási technológia biztosította a tiszta ivóvizet. A térség önkormányzatainak alapításával, 1991. december 31-én a korábbi vízmű vállalat átalakulásával, annak jogutódjaként létrejött az ország első víziközmű részvénytársasága a BÁCSVÍZ RT. Ezt követően a vállalat megszerezte az ISO 9002 minőségirányítási, valamint az ISO 14001 környezetirányítási rendszerre vonatkozó tanúsítványokat. [1]

2.2. A vállalat jelenlegi helyzete

A BÁCSVÍZ ZRT. az észak Bács-Kiskun megyei régióban, Pest megye déli részén valamint a Csongrád megyei Tiszazugban végez víziközmű szolgáltatást. Ezeken felül tevékenysége kiterjed vízminőség-ellenőrzésre, vízmérő- és szivattyújavításra, vízhálózat-vizsgálatra, csatornahálózat-vizsgálatra, térinformatikai feladatok elvégzésére, műszaki tervezésre, mélyépítésre, szállításra, gépjármű-javításra és kertészeti munkálatokra is. A vállalat működési területe (1. ábra), az alapítástól kezdve folyamatosan bővül. Jelenleg Kecskemét, Nagykőrös, Kunszentmárton, Kunszentmiklós, Kiskunfélegyháza, Tiszakécske és az ezek vonzáskörzeteiben elhelyezkedő, közel 50 településre terjed ki.



1. ábra: BÁCSVÍZ Zrt szolgáltatási területei

forrás: http://www.bacsviz.hu/bviz/assets/images/bacsviz_terkep_2013.jpg

A vállalat üzemeltetésében lévő vízművek működtetése teljes mértékben automatizált. Ennek irányítását és felügyeletét a kecskeméti, és további 5 üzemmérnökségi központból végzik.

Kecskeméten a vízkitermelő és tisztító üzemeken kívül szennyvíztisztító telep és laboratórium is működik. Tevékenysége elsősorban a lakossági- és ipari szennyvíz gyűjtésére, szállítására, a telephelyen történő kezelésére, majd a tisztított szennyvíz kibocsátására terjed ki. A városban elválasztott rendszerű, gravitációs csapadékelvezető csatornarendszer is működik. A szennyvíz telepen I. és II. fokú (mechanikai és biológiai) tisztítás zajlik. A tisztítási technológia során keletkező szennyvíziszapot stabilizálják, majd rothasztják és az így keletkező biogázból villamos- és hőenergiát nyernek ki. A kirothasztott iszapot komposztálják, majd a kapott terméket értékesítik. [2]

3. A VÍZTISZTÍTÁSI TECHNOLÓGIA BEMUTATÁSA

3.1. Az nyersvíz kitermelése a BÁCSVÍZ ZRT. I. sz. telephelyén

A vízmű I. sz. telephelyén 24 darab mélyfúrású kút található, melyek két különböző mélységi rétegben elhelyezkedő vízbázisból nyerik az ivóvízellátáshoz szükséges vizet. A felső réteg 180 - 220 m, a második 250 - 300 m mélyen helyezkedik el. A kutakat párosával telepítették (3. kép) a védterület különböző pontjain. Két egymás melletti kútból az egyik a magasabban a másik pedig a mélyebben fekvő rétegekből nyeri a vizet. Ezzel a megoldással minimalizálható az infrastruktúra, helyigény és a szállító csővezetékek hossza. [3]



3. kép - Párokban elhelyezkedő mélyfúrású kutak az I. sz. telephelyen
(2014. 02. 03.)

A nyersvíz kitermelése – az *1. sz. mellékletben* található, 2/B. számú kút adatai alapján – a következő módon történik. A 190 m talpmélységű kút egy (a magasabban fekvő) vízbázisból, de azon belül 2 szűrőzött vízrétegből nyeri a vizet egyszerre. Ez úgy lehetséges, hogy az egyes vízbázisok nem egybefüggőek, előfordulnak közöttük különböző vastagságú vízzáró rétegek. A kinyerési vízrétegek száma minden kútnál eltérő, az I. számú telephelyen 2 és 5 között változik.

A megnyitott vízadó rétegekre telepített alákavicsolt „Johnson” szűrők 20-30 méteres hosszban biztosítják a kút vízadó képességét. Az ebben a mélységben jelenlévő rétegnyomás

hatására a felszín alatti rétegvíz a csőben egy bizonyos magasságig (kb. -15 méterrel a talajszint alá), feláramlik, ezt tekintik nyugalmi vízszintnek. Ebből a mélységből búvárszivattyúk segítségével jut el a technológia további részeire. Az adott kút üzemi vízhozama 1 160 l/min. Ekkora vízmennyiség folyamatos kitermelésének hatására a kútban a vízszint csökken. Ebben az esetben a kút üzemi vízszintje -19,4 m. Így a megfelelő üzemelés érdekében az örvényszivattyúkat az iránycsőben helyezik el közel az üzemi vízszinthez. Így a kitermelt víz könnyedén eljuttatható a 3 ágra szétosztott nyersvíz gyűjtő hálózaton keresztül a szűrőházba, ahol megkezdődik a többlépcsős tisztítása.

A kutak által kitermelt víz stabilizálódott minőségének adatait a 201/2001. (X.25.) Kor. rendelet határértékeivel összevetve az 1. táblázat mutatja, kiemelve benne azokat az összetevőket melyek koncentráció értékei meghaladják a rendeletben megadottakat. A táblázat a vízmű által havonta végrehajtott mérések átlagértékeit mutatja 2009 évre vonatkoztatva.

Anyag	Mennyiség	Határérték
<i>Vas:</i>	0,5 - 0,7 mg/l	0,2 mg/l
<i>Mangán:</i>	0,1 - 0,2 mg/l	0,05 mg/l
<i>Arzén:</i>	15-25 µg/l	10 µg/l
<i>Ammónium:</i>	0,3 - 0,5 mg/l	0,5 mg/l
<i>Nátrium:</i>	20 - 25 mg/l	200 mg/l
<i>*Kalcium:</i>	65 - 70 mg/l	-
<i>*Kálium:</i>	1,2 - 1,5 mg/l	-
<i>*Magnézium:</i>	24 - 30 mg/l	-
<i>Klorid:</i>	2,0 - 3,0 mg/l	250 mg/l
<i>*Hidrogén-karbonát:</i>	350 - 400 mg/l	-
<i>KOI_{ps}:</i>	0,6 - 1,2 mg/l O ₂	5,0 mg/l O ₂
<i>*Hőmérséklet:</i>	16 - 18 °C	-
<i>pH:</i>	7,5 - 7,7	6,5 - 9,5
<i>Fajlagos vezetőképesség:</i>	475 - 520 µS/cm	2500 µS/cm(20°C-on)
<i>Összes keménység:</i>	150 - 155 mg/l CaO	50 - 350 mg/l CaO
<i>*Izzítási maradék:</i>	220 - 300 mg/l	-
<i>*Bepárlási maradék:</i>	350 - 450 mg/l	-

1. táblázat: Az I. számú telepen kitermelt víz minőségi adatai [4]

*: a rendelet ezekre az összetevőkre nem tartalmaz előírást

A táblázat adatainak értékelésével megállapítható, hogy a kitermelt nyersvíz vas, mangán, arzén tartalma magasabb a kormányrendeletben előírt határértéknél, az ammónium tartalma pedig határérték közeli, így ezek tekintetében kezelésre szorul.

3.2. A kitermelt nyersvíz tisztításának folyamata

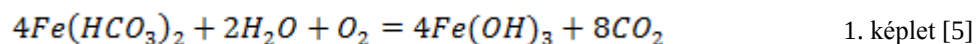
A tisztítás első lépéseként a nyersvíz vas tartalmának csökkentése történik meg oxidációs levegő beadagolásával. A levegőt olajkenesű csavarkompresszorok biztosítják, melyek szívóoldalán háromszoros szűrő található (EU-3 durvaszűrő, EU-8 táskás finomszűrő, HEPA bakteriológiai szűrő). A kompresszorból kilépő kb. 50°C hőmérsékletű levegőt először energiatörő centrifugál leválasztóba vezetik, majd hűtve szárító berendezéssel harmatpontra hűtik, hogy az esetleges gőzállapotú szennyeződések kicsapódhassanak. Ezt követően a levegő egy 5 m³ térfogatú, úgynevezett puffer tartályba érkezik, ahol a sebessége hirtelen lecsökken, a nyomása viszont változatlan marad. Ennek célja részben a folyamat szakaszos üzeművé tétele, továbbá az, hogy a levegő közvetlen a tartály falára vezetve érkezik, így további szennyeződések válnak ki, melyek a tartály aljára jutva eltávolításra kerülnek. A levegő nyersvízbe juttatása előtt – a nyomott oldalon – szintén egy háromszoros szűrésen megy át. Először egy durva szűrőn (5 µm), majd egy finom szűrőn (1 µm), és végül egy aktívszén-szűrőn, így védve a technológiai folyamatot az esetlegesen levegővel bejutó szennyezésektől. A levegőt többlet mennyiségben egy Venturi keverőidom szűkületébe vezetve (4. kép) juttatják be a vízbe. A Venturi jelenség kedvező szaturációt biztosít a vas oxidációjához. [3]



4. kép - Venturi keverőidom
(2014. 11. 06.)

A nyersvízben a vas oldott állapotban, vas-hidrogénkarbonát formában $[\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2]$ van jelen. Ebben a formában azonban nem távolítható el a vízből, viszont a beadagolt levegő

(oxigén) hatására lejátszódó oxidációs folyamatok révén vízben oldhatatlan csapadékká alakul (vas(III) - hidroxid pehely), ami aztán könnyen kiszűrhető (1.képlet).



A beadagolt oxigénnek csak kisebb hányada használdik fel a vas-hidroxid képződéséhez. A nagyobb hányad, oldott állapotban a vízben marad, ami a további folyamatok során jut fontos szerephez.

A levegő fölös mennyiségben történő bejuttatása kettős célt szolgál. Egyrészt, hogy megfelelő mennyiségű levegő (oxigén) álljon rendelkezésre a vas oxidálásához. Másrészt a felesleges levegő „kiűzi” a rétegnyomás megszűnésével felszabaduló oldott gázokat. Ez egy gáztalanító tartály (5. kép) segítségével valósul meg. A víz a tartály falára tangenciálisan vezetve, pergetve érkezik a tartályba így (a tartózkodási idő növelésével) a felesleges gáz kiválik. A tartály soha nincs teljesen tele, hogy a kiváló gázoknak legyen helye felemelkedni, majd a tartály tetején található nyíláson keresztül elvezetésre kerül, és a szabadba távozik. A kibocsájtott gáz nem jelent veszélyt a környezetre. Az esetlegesen vízben előforduló metán képes ugyan kioldódni, de ez olyan kismértékű, hogy az fölös levegővel hígulva már semmilyen robbanásveszélyt nem okoz.

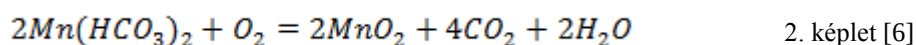


5. kép - Gáztalanító tartály
(2013. 07. 19.)

Ezt követően a vizet a szűrőházba vezetik, ahol 12 db egyenként 50 m³-es kétrétegű előszűrős gyorszűrő toronyban folytatódik a tisztítási technológia. Ezek álló, zárt, nyomás

alatti berendezések. Minden egyes szűrőtoronyban két szűrőréteg helyezkedik el, egy 1,8 m (felső) és egy 1,5 m (alsó) vastagságú. A szűrőrétegek különböző – a felső 2-3 mm, az alsó 1-2 mm – nagyságú kvarcsezemcsékből állnak. A rétegek szűrési felülete kb. 8 m², a jelenlegi szűrési sebesség pedig 4,5 m/h. A nyersvizet a szűrőtoronyok felső rétegének tetején található bukóélen átbuktatva vezetik be, amelynek szűrő rétegén a kivált vas-hidroxid pelyhek egy része fennakad. A fennmaradó rész eltávolítása a szűrőrétegen történő átszivárgás közben – a kvarcsezemcsékre tapadva – zajlik le. A felszabaduló széndioxid (1. képlet) megkötésére „fermágót” (zsugorodásig hevített magnezitet) kevernek a szűrőréteg kvarcsezemcséi közé, 5-10% közötti arányban. Ezzel a vastalanítás folyamata véget ér. [3]

A második lépés a nyersvíz mangántartalmának csökkentése. A kitermelt vízben a mangán ionos (Mn²⁺), és mangán-hidrogénkarbonát(bikarbonát) [Mn(HCO₃)₂] formában található meg. A többlet mennyiségben bejuttatott levegő hatására az oxidációs folyamatok révén egy vízben oldhatatlan csapadék, mangán-dioxid (MnO₂) keletkezik (2. képlet).

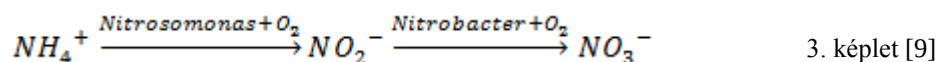


A keletkező csapadék a vashoz hasonlóan, könnyedén szűrhető. Ez az oxidáció azonban csak 9-9,5 és annál magasabb pH tartományban lenne elég hatékony. Normál pH értéken ez a folyamat meglehetősen lassú. Ahhoz, hogy a mangántalanítás a pH vagy a tartózkodási idő jelentős megváltoztatása nélkül is gyorsan le tudjon zajlani, egy spontán módon is létrejövő folyamatot használnak ki. A vízben a hidrolízis miatt kis mennyiségben mindig jelen van mangán(II)-hidroxid [Mn(OH)₂]. Ez, továbbá az oxidáció során kialakuló MnO₂ adszorpció révén megtapad a kvarcsezemcsék felületén, létrehozva rajtuk egy úgynevezett barnakő (mangán-dioxid) réteget, mely katalizálja a mangán oxidációját és a csapadék rögzülését. [7] A folyamat során a szilárd halmazállapotú barnakő réteg megköti az elektrolit oldatban (nyersvíz) található pozitív töltésű Mn²⁺ ionokat és azokkal egyenértékű, de már szilárd halmazállapotú ionokat juttat az oldatba. Az így keletkező szilárd mangán pedig megtapad a szűrőszemcsék felületén. [8] A mangán esetében tehát az oxidáció nagy része és a fázisátváltás szinte egyszerre, az első szűrőrétegben megy végbe.

Az oxidációs folyamat létrehozható mesterséges, mangán-kloridos (MnCl₂) és kálium-permanganátos (KMnO₄) kezeléssel is. A vegyszerező rendszer is ki van építve a kezelés végrehajtásához. Ezek az anyagok kedvező hatással vannak a szűrőn kialakított katalitikus réteg regenerálódására. A mangántalanítási folyamat az eredeti tervek szerint a második szűrőrétegen történne az előbb említett anyagok használata mellett, erre a kezelésre azonban

nincs szükség a telepen, mert az első szűrőrétegen, spontán kialakuló barnakő réteg az adott üzemi feltételek mellett folyamatosan megújul és megfelelő tisztítási hatásfokot biztosít.

A vas- és mangántalanítás mellett spontán tisztítási folyamatok is végbemennek. Ilyen egyrészt az ammónia biológiai (aerob) oxidációja. A felső szűrőrétegben a megfelelő hőmérséklet és a kellő mennyiségű oldott oxigénnek köszönhetően kemoautotróf baktériumok jelennek meg, melyek segítségével teljes biológiai nitrifikáció zajlik az 3. képletnek megfelelően.



A nyersvízben található ammóniát a Nitrosomonas baktériumok oxigén felhasználásával nitritté oxidálják. Ezt követően a Nitrobacter baktériumok a keletkező nitritet további oxigén felhasználása mellett nitráttá alakítják. [10] Ebben a folyamatban nagyon fontosak az arányok, ugyanis ha nincs a baktériumok számára megfelelő mennyiségű ammónium a szűrőrétegen átfolyó nyersvízben, akkor ezek a baktériumok az áramlással "elindulnak" táplálékot keresni és megjelennek a már szűrt vízben is. Ezért szükséges a megfelelő mennyiségű ammóniumot tartalmazó víz, hogy ne szennyeződjön el a szűrt víz. Ezt nevezik a szűrők alulterhelhetőségének, amely a telepen található szűrőtornyok esetében 25 m³/h. Nem kívánatos azonban a túlzott mennyiségű átfolyó víz sem, amely magával viheti a baktériumokat így szintén a szűrt vízben megjelenve. A felső értéket így 80-100 m³/h-ban határozták meg. A szűrőrétegen átfolyó víz mennyisége akkor ideális tehát a biológiai nitrifikáció szempontjából, ha e két érték között marad. [3]

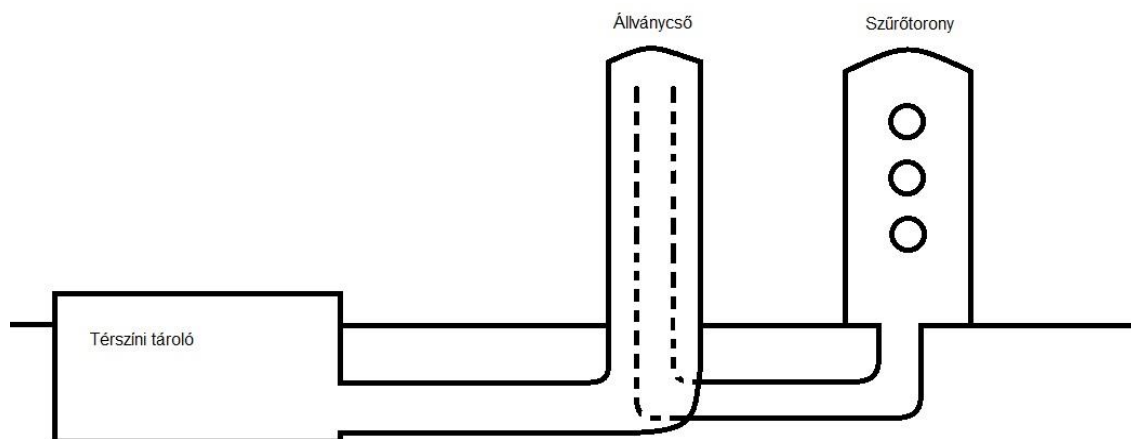
Ezek a baktériumok lassan reprodukálódnak, azonban túlzott elszaporodásuk is káros hatásokat (a fent leírt tápanyag hiányt) eredményez. A baktériumtörzsek populációjának szabályozását a megfelelő időközönként és eljárással történő öblítéssel tudják biztosítani. Ez az egyes tornyok esetében egy 1 órás öblítési fázist jelent, mely során víz és víz-levegő keverékét vezetnek rá a szűrőréteg aljára, a szűréssel ellentétes irányban. A keverék impulzusszerűen kerül beadagolásra, így az egyes löketek nyomása körülbelül 0,95 bar. Ennek a módszernek köszönhetően a szűrőréteg szemcséi eltávolodnak egymástól így még hatékonyabb az öblítés (fluidizálás). Ezzel a folyamattal biztosítják továbbá a szűrőréteg vas- és mangánszennyezőktől való megtisztítását, illetve a baktériumok egyed számának egyensúlyban tartását. Tapasztalatok alapján a szűrők 6-8 óránál hosszabb ideig tartó leállása

esetén már elkezdődik a baktériumok pusztulása ezért a szűrőtornyok folyamatos üzemét biztosítani kell. [3]

Az arzén a mélységi vizekben arzenit As(III), illetve As(V) arzenát formájában fordul elő. [11] Az arzéneltávolítási technológia első lépése az oxidáció. A technológia elején beadagolt oxigén hatására megkezdődik az As(III) $\rightarrow$ As(V) oxidációja. A folyamatot kis mértékben a szűrőrétegen kialakult mangándioxid bevonat is segíti. A következő lépés a keletkezett As(V) adszorpciós úton történő eltávolítása. Erre a legalkalmasabb a vízben időközben kialakuló vas(III)-hidroxid pehely, melynek felületén megtapadva az arzén a vassal együtt eltávolítható. Az adszorpcióban a szűrőrétegen kialakult barnakő réteg is szerepet játszik. Az arzén eltávolítása tehát a vas- és mangántalanítási folyamatok közben, spontán módon történik.

Ezzel az eljárással kb. 40%-os arzéneltávolítás érhető el, ami azt jelenti, hogy a tisztított víz arzéntartalma éppen a határértéken van. A telephelyen található 24 kútból, üzemeltetői adatok alapján 18 db kút vízminősége kifogásolt arzéntartalom szempontjából. [4] A kutakba épített búvárszivattyúk üzemeltetése számítógépes vezérléssel történik a vízigényeknek megfelelően. Mivel a kutaknak csak egy bizonyos hányada üzemel egyidejűleg, így a megfelelő párosítással kismértékben befolyásolható a nyersvíz arzéntartalma a határérték elérése érdekében. Azonban az eltávolítás hatásfoka attól is függ, hogy a víz mennyi idő alatt halad át a tisztítási technológián. Így csúcsfogyasztás esetén nem garantálható, hogy csak azok a kutak működjenek, amelyekkel tartható az előírt vízminőség. Emiatt a telepen 2015-ben egy vízminőségjavító program indul.

A tisztítási technológia végén a szűrőtornyokból a szűrt vizet egy állványcsőre vezetik. Az állványcső belső elemének magassága megegyezik a szűrőtornyok felső bukóélének magasságával (2. ábra). Ennek célja, hogy a vízkitermelés esetleges leállása esetén megakadályozza a szűrőtornyok leürülését.



2. ábra - Állványcső sematikus vázlata (saját készítésű ábra)

A szűrt víz ezt követően a telepen található 2 db egyenként 1500 m^3 térfogatú felszíni víztárolóba kerül, ahol, a hálózatban esetlegesen jelentkező fertőzések megakadályozására biztonsági fertőtlenítés (klórozás) történik. A víz körülbelül 2-3 óráig tartózkodik a tárolóban, ez alatt a beadagolt klór megfelelően elkeveredik benne. Ezt követően a víz a nyomásfokozó szivattyúk után a hálózatba kerül, ahol a megfelelő kimenő nyomást egy előre megírt, fogyasztási szokások figyelembevételével elkészített, 24 órás számítógépes algoritmus egy 3000 m^3 -es magas tároló segítségével optimalizálja. A város síkvidéki település egy nyomászónával és egy magas tárolóval.

Az ismertetett technológiai folyamat során biztosítható a korábban bemutatott (1. táblázat) rendelet szerinti vízminőség. A tisztítási folyamatban azonban több olyan melléktermék keletkezik, melyek további kezeléséről a vízműnek kell gondoskodnia. Ez sokszor nagyobb problémát és költségeket jelent a vízmű számára, mint maga a tisztítási technológia.

3.3. A tisztítási folyamat során keletkező veszélyes hulladék kezelése

A tisztítási folyamat során keletkező zagyvíz zárt csatornarendszeren keresztül a dekantáló medencében kerül. A medencében az iszap fázisszétválasztása ülepitéssel történik. A medence bevezetésénél egy, a beáramló víz útjába elhelyezett függőleges felsőbukó energiatörő csökkenti a mozgási energiát. Emellett a megfelelő tartózkodási idő (a medence hossza) biztosításával jó ülepitési hatásfok érhető el. Ennek elméleti alapját a Stokes – törvény (4. képlet) adja:

$$v = \frac{d^2 \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot g}{18 \cdot \eta_2} \left[\frac{m}{s} \right]$$

4. képlet [8]

Ahol:

d - szemcseátmérő [m]

 ρ_1 - lebegő anyag sűrűsége [kg/m³] ρ_2 - közeg sűrűsége [kg/m³]g - gravitációs gyorsulás [m/s²] η - dinamikai viszkozitás [Pa·s]

Az ülepedés hatékonyságát tovább javítja a medence alján található két különböző magasságú fenékküszöb (hátfal) is. A dekantáló medence túlfolyója egy ülepítő tóba kerül bevezetésre, ahol az esetleges maradékok még kiülepedhetnek. Az ülepítő tó vize a Csukás-ér élővizes csatornába kerül.

A dekantáló medence mellett található az átmeneti tárolómedence (6. kép), amelybe évente 2 alkalommal kerül átemelésre és elhelyezésre a keletkezett zagy. Ezt egy szippantó autóval végzik a szűrőtornyok 12 órás tisztítási fázisa utáni holtidőben. Az átemelést követően a zagy tetejére felúszó víz egy részét visszavezetik a dekantáló medence elejére.



6. kép – Dekantáló (jobb) és tárolómedence (bal)
(2014. 09. 19.)

Az átmeneti tárolóba átemelt zagy szárazanyag tartalma ezen a ponton kb. 4-6%. Ezt napenergia segítségével, spontán szikkasztással igyekeznek magasabb szárazanyag-tartalmúra növelni. Ez azonban erőteljesen függ az időjárási viszonyoktól így a hatásfoka igen változó. Az 1 éves szárítási ciklusok alatt kb. 15-25%-os szárazanyag tartalom érhető csak el. A tárolómedence ürítését évente egyszer, ősszel végzik el.

A vízmű tisztítási technológiája során keletkezett iszap egy rendkívül speciális, nehézfémekben gazdag iszap, amelynek a kezelése világszinten problémákat jelent. Veszélyes hulladékként való besorolása a 16/2001. (VII. 18.) KöM rendelet a hulladékok jegyzékéről alapján a 19 02 05* EWC kóddal történik. Ez a kód a fizikai-kémiai kezelésből származó, veszélyes anyagokat tartalmazó iszapokat jelöli. Veszélyes besorolásának alapja, hogy egyes nehézfémeket, főleg arzént, rendkívül nagy mennyiségben tartalmaz. Ezek a szervesetlen anyagok nem tudnak lebomlani, így akár a környezetbe, akár az élő szervezetekbe kerülve akkumulálódnak. Az iszap szárításának elsődleges célja, a tömegcsökkentés. A lerakásra kerülő iszapoknál a szárítás minél nagyobb hatásfokkal történő megvalósítása azért nagyon fontos szempont, mert ezáltal akadályozható meg a szivárgás.

A tárolómedencéből kitermelt iszapot ezért további kezelésre hulladékkezelő telepre szállítják. Az ott alkalmazott szárítási technológia célja a legalább 40% szárazanyag tartalom elérése, melyet a veszélyes hulladéklerakó telep feltételként állít a lerakáshoz. A szárítás után az iszap a veszélyes hulladéklerakóban kerül lerakásra, melynek költségeit szintén a vízmű fizeti. Ez jelentős energiát és környezeti veszélyt, valamint költséget jelent, így a szárazanyag-tartalom helyben történő növelése a vízmű érdeke is.

4. ALTERNATÍV ISZAPSZÁRÍTÁSI TECHNOLOGIÁK

A vízmű költséghatékonyság növelésének egyik lehetséges módja, hogy a keletkezett iszap elvárt 40%-os szárazanyag tartalmát a keletkezés helyén, a telephelyen megvalósított szárítási technológiával biztosítja, ezzel megszüntetve a szárítástól adódó költségeket. A további gazdasági cél a lehető legnagyobb szárazanyag tartalom elérése, így biztosítva a szállítási költségek további csökkenését és ezzel együtt a környezeti veszély minimalizálását.

A 2. táblázat a nyersvíz és a tisztítása során kapott szűrt víz összetételét – a határérték feletti komponensekre vonatkoztatva – mutatja a 2013-as év átlagában, feltüntetve az egyes komponensek esetében a kiszűrt és az összesített mennyiségeket is.

	<i>Nyers víz</i>	<i>Szűrt víz</i>	<i>Fogyás</i>
Vas	344 µg/l	20,9 µg/l	323,1 µg/l
Mangán	118 µg/l	<10 µg/l	108 µg/l
Arzén	10,3 µg/l	5,51 µg/l	4,79 µg/l
Ammónium	0,50 mg/l	0,03 mg/l	470 µg/l
			Σ 905,89 µg/l

2. táblázat: Tisztítási technológia során elért változások a víz összetételében [4]

A vízmű 2013. évi adatok alapján 3.489.482 m³ ivóvizet szolgáltatott. [4] E mennyiséget figyelembe véve a fenti táblázat adatainak felhasználásával kiszámítható, hogy ebben az évben összesen 3161 kg veszélyes hulladék keletkezett a 15-25%-os szárazanyag tartalom mellett, összesen 12-21 t veszélyes hulladék kezelésére kötelezve a céget. Ekkora mennyiség elszállítása és kezelése jelentős költséggel és környezeti veszéllyel jár. Ezért mind gazdasági mind környezetvédelmi szempontból előnyös lenne olyan alternatív iszapszárítási technológiát alkalmazni a telepen belül, ami lehetővé teszi a minél magasabb szárazanyag tartalom elérését.

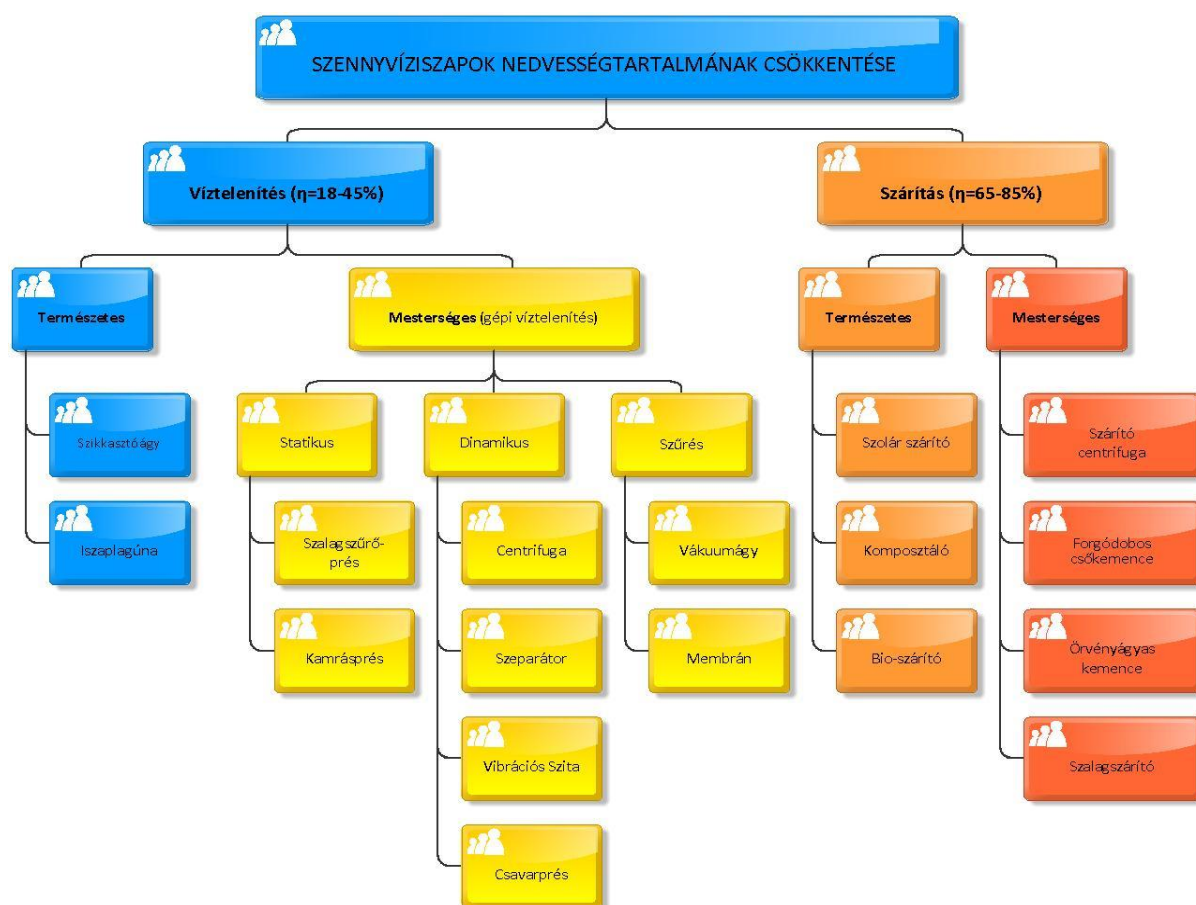
Kézenfekvő megoldásnak látszik, hogy a víztisztítás során keletkező „vasiszap”-ot a szennyvíztisztítás során keletkező iszap kezelésére kiépített iszapvíztelenítő technológiával víztelenítsék, ugyanis a BÁCSVÍZ ZRT. Szennyvíztisztító és Komposztáló üzemet is működtet Kecskeméten. Mivel azonban a kezelendő iszap a települési szennyvíziszaptól eltérő – más EWC kódú – anyag, ezért ehhez külön hulladékkezelési engedélyre lenne szükség. Ezek mellett egy teljesen elkülönített tároló és beadagoló rendszert kellene kiépíteni, ami hatalmas beruházási költségekkel járna. Továbbá a telepen működő víztelenítő centrifugák napi 11-12

órák működése utáni holtidőben lenne csak lehetőség a kezelésre és minden egyes váltás a műtárgyak teljes megtisztítását igényelné jelentős többletköltségekkel.

Másik megoldás lehetne, hogy a két különböző iszapot egymással keverve víztelenítsék, majd további kezelésüket – biogáz fejlesztés és azt követő kirothadt iszap komposztálása – is együtt valósítsák meg. Ennek az lenne az előnye, hogy a nagy mennyiségben bekerülő vas vegyületek megkötnék az anaerob rothasztás során felszabaduló kénvegyületeket, így jobb minőségű biogázt eredményezve. Ugyanakkor az iszapban lévő nagy mennyiségű arzén az előállított komposzt határértéken felüli értékét eredményezné.

Ezen tényezők figyelembevételével döntött úgy a vállalat vezetése, hogy minden szempontból egyszerűbb és gazdaságosabb, ha a kezelést egy másik cég végzi. A felmerülő költségek azonban további ösztönzést adnak a lehető legjobb megoldás megtalálására.

A 3. táblázat Juhász Endre Települési szennyvíziszapok kezelése c. könyvében a szennyvíziszapok nedvességtartalmának csökkentésére irányuló technológiai javaslatait foglalja össze, mintegy kiindulásként a probléma megoldására.



3. táblázat: Települési szennyvíziszapok kezelésének technológiai lehetőségei [12]

A szárazanyag tartalom függvényében a táblázatból látható, hogy két fő technológia különíthető el, a víztelenítés és a szárítás technológiája. A mi esetünkben a cél a minél nagyobb – de legalább 40%-os – szárazanyag tartalom elérése úgy, hogy ez a legkisebb beruházási költségekkel járjon. Ezért a táblázat adatai alapján a szárítás és azon belül a természetes technológia választása lenne a legkedvezőbb.

A vízműben keletkezett iszap, mivel főként nehézfémeket tartalmaz és a szervesanyag-tartalma elhanyagolható ezért komposztálása vagy bio-szárítása nem célszerű választás. Megoldásként így a szolár szárítás, mint iszapszárítási technológia javasolható, amennyiben a vizsgálatok alátámasztják e technológia alkalmazhatóságát.

4.1. Szennyvíziszapok szolár szárítása

A szennyvíziszapok szolár szárítási technológiája a szennyvíziszap-kezelés egyik leggazdaságosabb lehetősége, amely főleg megújuló – nap (szolár) – energia felhasználásával történik. A földet érő, hosszúhullámú napsugarak által hordozott energia vízszintes felületre vetített értéke átlagosan $1260 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$, ami $\approx 4550 \text{ MJ/a}$ energiamennyiségnek felel meg. Ezzel az energiamennyiséggel egy megfelelően kialakított szolár szárító évente $\approx 0,9\text{-}1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2$ vizet képes elpárologtatni. [12]

A kisebb szennyvíztisztító telepeken, ahol a keletkező iszapot csak víztelenítik vagy sűrítik, de nincs további célkitűzés a felhasználására, ott az iszapot egy egyszerű fóliasátorban elég elhelyezni, kihasználva az ingyenes napsugárzást. Így nem érik kedvezőtlen környezeti hatások, csökken a téli fagyveszély, továbbá a párolgás mesterséges eszközökkel elősegíthető az optimális éves üzemeléshez. A szakirodalom [12] erre az esetre használja a szolár víztelenítési technológia megnevezést. A szolár szárítás során az iszapot valamilyen gépi eljárással (centrifuga, szalagprés) elővíztelenítik, így a padozat alá már nem szükséges dréncszövezést kiépíteni. Viszont az elővíztelenített iszapot valamilyen eszköz segítségével folyamatosan keverik, lazítják. Fontos ezek mellett az intenzív levegőztetés, mely segítségével eltávolítható a napsugárzás hatására képződő pára.

A 4. táblázat a hagyományos és a szolár szárítás egyes paramétereit hasonlítja össze több szempontot – energiafelhasználás, beruházási költség, üzemeltetési költség, szárítási költség – figyelembe véve.

PARAMÉTEREK	HAGYOMÁNYOS SZÁRÍTÁS	SZOLÁR SZÁRÍTÁS	ARÁNYOK
<i>Energiafelhasználás:</i>			
<i>termikus</i>	90-130 l fűtőolaj / t víz	elmarad	≈5:1
<i>elektromos</i>	90-140 kWh / t víz	15-30 kWh / t víz	
<i>Beruházási költség</i>	≈370-560 millió Forint-tól	≈37 millió Forint-tól	≈10:1
<i>Üzemeltetési költség</i>	a beruházási költség évi 2-4%-a	a beruházási költség évi 0,5-1%-a	≈4:1
<i>Száritási költség</i>	28-38 ezer Forint / t víz	3-7 ezer Forint / t víz	≈9:1

4. táblázat: A hagyományos és a szolár szárítás paramétereinek összehasonlítása [12]

A szolár szárítási technológia fő előnyei a következőkben határozhatók meg figyelembe véve a táblázat adatait is [12]:

- Az iszap tömege és térfogata csökken,
- könnyebben tárolható, szállítható
- bármekkora szárazanyag-tartalmú iszap elhelyezhető,
- a kimenő iszap szárazanyag-tartalma szabályozható,
- a szemcseméret befolyásolható,
- nem vagy csak ritkán keletkeznek elfolyási pontok
- alacsony üzemeltetési költség,
- jelentős energiamegtakarítás a gépi szárítási technológiákhoz képest,
- automatika (PLC) segítségével a legtöbb paraméter szabályozható, optimalizálható,
- az egyes folyamatok irányíthatók.

A technológia alkalmazásának hátránya a nagyobb helyigény a gépi technológiához képest.

5. A JELENLEG ALKALMAZOTT SZÁRÍTÁSI TECHNOLÓGIA ÉS A SZOLÁR SZÁRÍTÁS SORÁN ELÉRHETŐ EREDMÉNYEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Jelenleg a vízmű a víztisztítás során keletkező magas vas, mangán és arzéntartalmú iszapot a dekantáló medence mellett található tárolómedencében helyezi el. Az átemelt zagy szárazanyag tartalma kb. 4-6%, amit szabadlevegőn végzett szikkasztással tudnak kb. 15-25%-os szárazanyag tartalomra emelni. Az előzőekben bemutatott szolár technológia irodalmi adatai alapján arra az elhatározásra jutottunk, hogy a napenergia jobb kiaknázására kísérletet végzünk. A kapott eredmények függvényében lehet majd dönteni arról, hogy a későbbiekben a vízmű a nagyobb hatékonyságú szárítás mellett elkötelezi-e magát és megteremti-e az ehhez szükséges feltételeket.

5.1. A kísérleti szolár szárító elkészítése

A vízmű engedélyével egy olyan kísérletet valósítottunk meg, melyben lehetőségem nyílt összehasonlítani a cég jelenlegi technológiáját a szolár szárítással a lehető legegyszerűbb módon, de figyelve arra, hogy a vizsgálat során kapott eredmények valósak legyenek.

A szolár szárító berendezések elemeit tekintve az első feladat a szilárd padozat, azaz egy tároló kialakítása. Ahhoz, hogy a mérések valósak legyenek két egyforma méretű tárolóra van szükség. Fontos szempont az is, hogy a tárolók megfelelően zártak legyenek, mert az iszap csurgalékvíze (nagyon magas nehézfém koncentrációjú) veszélyes anyag, amely kiszivároghatva komoly talajszennyezést okozhat. Ezek figyelembevételével készítettünk 2 darab 1x1x0,3 m méretű tartályt, (7. kép) oldallapjainak illesztéseit fogyóelektródás védőgázos ívhegesztéssel (MIG) alakítottuk ki, továbbá bevontuk egy speciális anyaggal (WEICON Flex 310 M), így megakadályozva a folyadék kiszivárgását.



7. kép: Az iszaptároló tartály
(2014. 08. 10.)

A tartályok elkészítését a napenergiát intenzívebben felhasználó szolár tartály védő és hőtároló sátorának kialakítása követte. Ennél az elemnél arra törekedtünk, hogy a leginkább környezetbarát és leggazdaságosabb megoldás jöjjön létre, ügyelve a körülményekhez viszonyított legjobb hatásfok elérésére. Így született az az ötlet, hogy egy egyszerű „sátortetőt” készítek, amelynek vázához 5x3 cm-es Bramac léceket használtam fel. A napsugárzás hőenergiáját átengedő speciális szigetelőanyagot PET palackokkal helyettesítettem, melyeket fa lécekre felfűzve a vázra erősítettem (8. kép).



8. kép: PET palackokból létrehozott váz-eleme az iszapszárítónak
(2014. 08.07.)

A tető két ferde elemét fóliával is bevontam, hogy a csapadék ne juthasson be a műanyag palackok közötti réseken. A két végét azonban levegőztetési szándékkal szabadon hagytam, hogy a réseken beáramló levegő a keletkező párákat kiszellőztesse a sátorból. Ezek után az iszap időszakonkénti mozgatását és lazítását kellett megoldanom. Ezt egész egyszerűen én magam végeztem el, egy keverő segítségével, hetente 1-2 alkalommal.

5.2. A kísérlet folyamata

A vizsgálat 2014. augusztus 11-én kezdődött el. Az általam készített tartályokat egy betonozott területen helyeztem el a dekantáló és tároló medencék mellett (9. kép). A medencében található iszapból egy Caterpillar forgórakodó segítségével vettük ki és helyeztük el az iszapot a két tartályban. Ezt követően az iszapot homogenizáltuk, mely során mind a két tartályban található anyagot alaposan elkevertük egy keverő segítségével, az azonos kiindulási állapot és a reprezentatív mintavételezés elérése érdekében. Majd mintát vettem belőlük, hogy megkaphassam a kiindulási szárazanyag- és szervesanyag-tartalmat. Az egyik tartály a jelenlegi technológiát volt hivatott mintázni, így azon semmilyen változtatást nem alkalmaztunk ezt követően. A másik tartályra azonban rátettem a készített tetőt és úgy helyeztem el, hogy a nyitott végei az uralkodó szélirányban legyenek. Az iszapot ebben a tartályban heti rendszerességgel átmozgattam. Mindkét tartályból ugyanabban az időben vettem mintát adatgyűjtés és összehasonlítás célzattal.



9. kép: A kísérlet 1. napja
(2014. 08. 11.)

Az első hét elteltével észrevettem, hogy a levegőztetés nem megfelelő. A sátor nyitottsága ellenére a pára egy része lecsapódott a tetején. A „hőcsapda” sem működött megfelelően, mert az iszapnak még a felső rétege is nedves volt egy hét eltelte után (10. kép). Ennek két feltételezett okát állapítottam meg:

1. Túl nagy volt a nyitott felület és a hőenergia nagy része kiáramlott a sátorból.
2. Az először alkalmazott fólia, egy a festéseknél használatos, úgynevezett takaró fólia volt, ami nem teljesen átlátszó, továbbá a hőszigetelő képessége is minimális. Ráadásul a ferde oldalakon kívül és belül is 2-2 rétegben helyeztem el, így a napsugárzás nagy része be sem jutott a sátorba.

Az első kézi átmozgatás során látszódott, hogy az iszap szinte egyáltalán nem száradt. Ezzel szemben a szabad levegőn hagyott iszap felső rétege láthatóan jobban kiszáradt (11. kép)



10. kép: Iszap felső rétege a szolár sátorban
(2014. 08. 18.)



11. kép: Iszap felső rétege szabadlevegőn
(2014. 08. 18.)

Ezt követően úgy döntöttem, hogy leszedelem a fóliaszigetelést a ferde oldalokról, hogy a pára könnyedén eltávozhasson (12. kép). Azonban azzal nem számoltam, hogy így a palackok egyfajta csapadék gyűjtőként fognak működni. Ugyanis az esővizet, az alakjuk miatt, bevezették a sátor belsejébe (13. kép). A napsugarak így már bejutottak ugyan a sátorba, de olyan sok volt a palackok közötti rés, hogy a keletkező hőenergia nagy része ebben az esetben is kiáramlott a sátorból.



12. kép – Szolár sátor fólia nélkül
(2014. 08. 25.)



13. kép – Szolár tartály vizesedése
(2014. 08. 25.)

Ezekből a kezdeti hibákból tanulva a harmadik héten egy kellően átlátszó és jó hőszigetelő képességű fóliával vontam be a sátor külső részét, egy rétegben, de a két végén alul, illetve a ferde oldalakon felül kihagytam egy kb. 5 cm széles sávot, és úgy helyeztem el a sátrat, hogy az alul nyitott része az uralkodó szélirány felé álljon. Így az áramló levegő közvetlen az iszap felszínéhez érkezik és a sátor tetején található résen keresztül áramlik ki, a keletkező párával együtt (14. kép). Így már jól tud érvényesülni, hogy a nap ultraibolya sugárzásának hatására a fóliasátorban az iszap és a levegő is felmelegszik. A melegebb iszapnak nagyobb lesz a párolgása és a melegebb levegő is több vízgőzt képes felvenni. A vízgőzzel telített levegőt a nyílásokon átáramló levegő elszállítja, bent maradása csökkenti a párolgási teljesítményt. Ez a megoldás működőképesnek bizonyult, ugyanis a kísérlet további szakaszaiban nem észleltem páralecsapódást. Csapadékos idő esetén a felső nyíláson minimális víz ugyan bejutott a sátorba, de az iszap rendszeres keverésének köszönhetően ez gyorsan elpárolgott. Ezek mellett pedig az „üvegházhatás” is megfelelően érvényesült, a réseken csekély mennyiségű hőenergia távozott csak, így a meghatározó része az iszap szárítására fordítódott.



14. kép – Szolár sátor végső kialakítása
(2014. 08. 25.)

5.3. A kísérletet befolyásoló tényezők

A cég által alkalmazott spontán szikkasztás, illetve a kísérletben alkalmazott szolár szárítás is nagymértékben függ az időjárástól. A legfontosabb tényezők a napsugárzás erőssége, a csapadékmennyiség és a szélerősség. A napsugárzás adta hőenergia a száradást gyorsítja, a szél pedig a természetes levegőztetést biztosítja. A legmeghatározóbb környezeti hatás azonban a csapadék. A „sátortető” előnye tehát kettős. Egyrészt megóvjá az iszapot az elvizesedéstől, ami jelentős előny, ha a cél a minél magasabb szárazanyag-tartalom elérése. Másrészt megfelelő szigetelést biztosítva a szárítási hatásfokot nagymértékben javítja. Ahhoz, hogy ezeknek a tényezőknek a hatását minél jobban meg tudjuk állapítani összesítettem a kísérlet időtartamára vonatkoztatva a meteorológiai adatokat (2. melléklet).

A mellékletben található táblázat mutatja, hogy a kísérlet időtartama alatt szeptember 14-15-én nagy mennyiségű, 22-30 mm csapadék hullott. A 15-16. képek jól mutatják e nagy mennyiségű csapadéknak az iszap száradását befolyásoló hatását, előtérbe helyezve a fedés fontosságát. A szabadon álló mintát szinte teljesen ellepte a víz, megsemmisítve az addigi száradás eredményét. Az iszapon álló víz az idő múlásával leszivárog egészen a tároló aljáig, ahonnan a mozgatás hiányában nem tud elpárologni, így az iszap nedvességtartalma egyre inkább növekszik. Ezzel szemben a szolár tető csak minimális nedvességet engedett be, ami a keverés hatására pár nap alatt el is párolgott és a minta láthatóan száradt.



15. kép – Szabad minta az esőzést követően
(2014. 09. 19.)



16. kép – Szolár sátras mintát az esőzés nem befolyásolta
(2014. 09. 19.)

5.4. Mintavételezés és vizsgálat

A szolár sátor szárítási hatásfokának meghatározására mintákat kellett venni. A 2 hónapig tartó kísérlet során 3 alkalommal végeztem mintavételt. Először a kísérlet első napján: 2014. 08. 11.-én, amikor az iszap a tárolókba került. Ezt követően a kísérlet felénél: 2014. 09. 12.-én, végül pedig az utolsó napon: 2014. 10. 16.-án.

A mintavétel során ügyeltem arra, hogy a minta reprezentatív legyen. Ezért nem csak a felső részből vettem mintát, hanem egy kör alapú műanyag csövet „szúrtam” az iszapba egészen a tároló aljáig és az így kivett mintát egy műanyag flakonba helyeztem át. Ezt a műveletet a tároló több különböző pontján is elvégeztem az iszap mintavételezési szabványnak megfelelően (MSZ EN ISO 5667-13:2012). A mintavétel után minden esetben homogenizáltam az iszapot.

A mintavételt követően a mintákat a BÁCSVÍZ ZRT. Kecskeméten működő, MSZ EN ISO/IEC 17025:2005 szabvány szerinti akkreditációval rendelkező laboratóriumába vittem és elvégeztük a szárazanyag-tartalom vizsgálatot. Elsőként a minta kapott egy azonosító számot, így bekerült a laboratórium számítógépes rendszerébe. A szárazanyag-tartalom vizsgálatot egy Smart System 5 nevű mikrohullámú, nedvesség/szilárdanyag elemző eszközzel végeztük (17. kép). Ez a berendezés gyakorlatilag egy analitikai mérleg és egy mikrohullámú szárító kombinációja. A vizsgálathoz egy speciális, magas cellulóztartalmú, üvegszálás papírt használtunk.



17. kép: Szárazanyag vizsgálat a laboratóriumban
(2014. 10. 16.)

A mérés első lépéseként kiválasztottuk az eszközön, hogy iszap mintát szeretnénk szárítani. Majd ezt követően behelyeztünk a mérlegre egy papírlapot és letáraztuk. Ekkor a gép kiszárítja a papírt, hogy ne maradjon benne nedvesség, majd leméri a tömegét és azt a memóriájába elmenti. Ezután kivettük a papírt a gépből és az iszapot egyenletesen elkentük rajta, majd visszaraktuk szárítani. A művelet során az eszköz automatikusan szabályozza a hőmérsékletet (maximum 105°C), az egyenletes száradás érdekében. A szárítás során a gép folyamatosan jelzi az iszap aktuális tömegét és azt, hogy a kiindulási anyag hány százaléka párolgott el. A szárítás befejeztével leméri a végleges tömeget és ezt is elmenti. Ezt követően kivettük a szárított iszapot a gépből és óvatosan összecsomagoltuk. A lényeg, hogy a szárított anyag egésze a papír belsejében maradjon. A következő lépésként egy másik

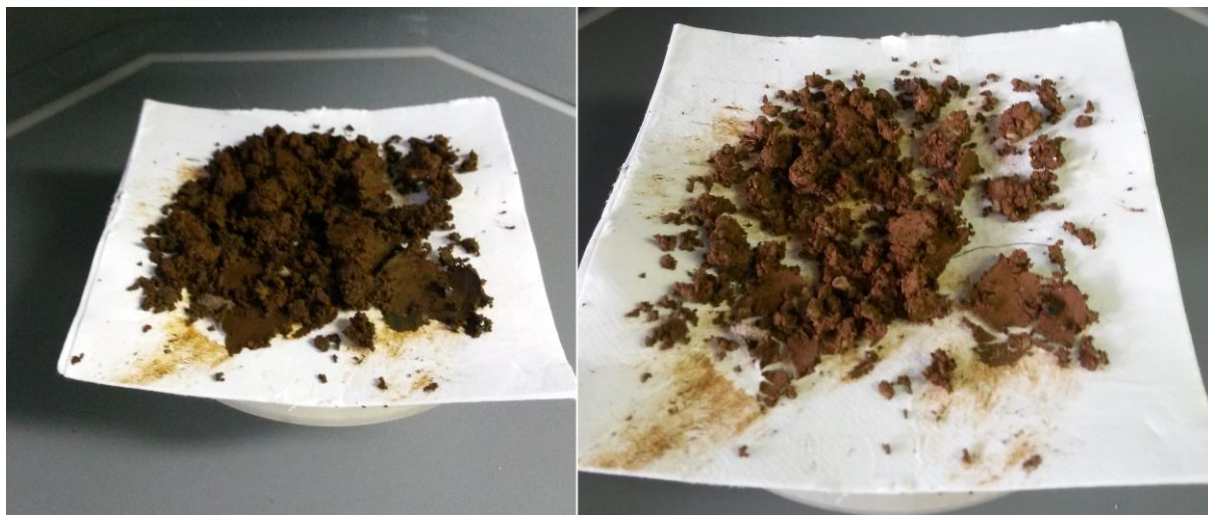
papír tartóra helyezve betettük az izzító gépbe (18. kép). Ennek során a mintát 500°C-on tartottuk egy órán keresztül. Így az esetlegesen benne található szerves anyag elég és csak a szervetlen anyag marad vissza.



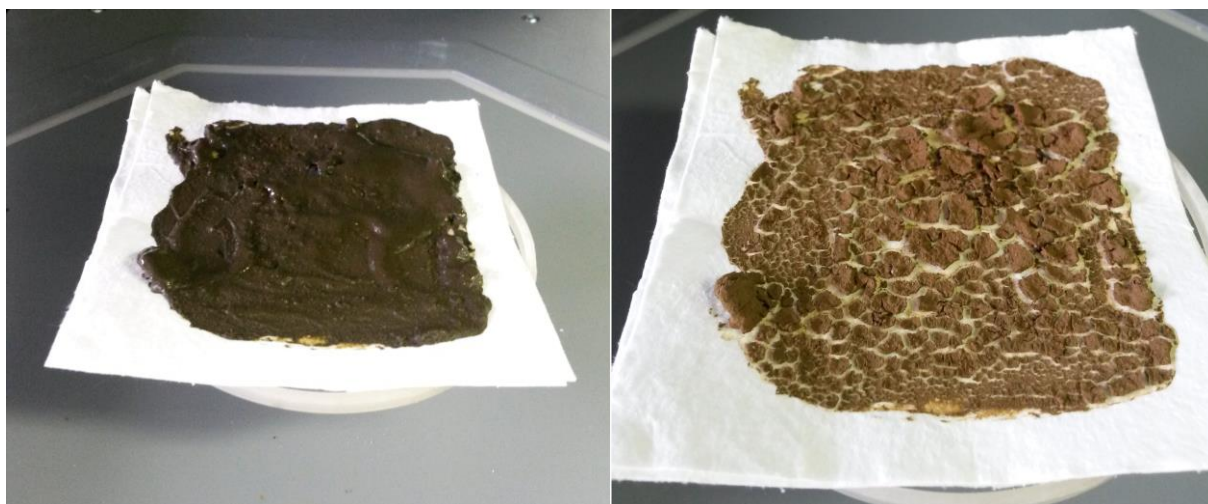
18. kép: Izzítás a szervesanyag-tartalom meghatározására
(2014. 10. 16.)

Az izzítás befejeztével az anyagot ismételten visszatettük az analitikai mérlegre, ami újból leméri az anyagot és így megkaptuk az izzítási maradékot. Ha a kapott értéket és a papír tömegét levonjuk a kiindulási tömegből, megkapjuk az izzítási veszteséget, ami az iszap szervesanyag-tartalmát jelenti. Végül a kapott értékek megadják a minta szárazanyag- és szervesanyag-tartalmát.

A kísérletet lezáró mérés már nagyon jól mutatta a minták száradását. A szolár sátor alatti minta már annyira darabos volt, hogy szinte fel sem lehetett kenni a papírra (19. kép). Ezzel szemben a szabadon álló minta állaga teljesen iszapszerű volt (20. kép).



19. kép – Szárítás előtti (bal) és utáni (jobb) állapot
(2014. 10. 16.)



20. kép - Szárítás előtti (bal) és utáni (jobb) állapot
(2014. 10. 16.)

5.5. A mérési eredmények összehasonlítása

Az első vizsgálat esetében egy mérést végeztem, mivel mindkét tartályban ugyanazt az iszapot helyeztük el, így egy mintavétellel határoztam meg a kiinduló adatokat, melynek eredményeit az 5. táblázat mutatja.

Komponens	Eredmény	Szabvány
<i>Szárazanyag-tartalom</i>	199 g/kg	MSZ 318-3:1979 4.1 szakasz
<i>Izzítási maradék</i>	135 g/kg	MSZ 318-3:1979 4.2 szakasz
<i>Izzítási veszteség</i>	63,8 g/kg	MSZ 318-3:1979 4.3 szakasz

5. táblázat: 1. mérési eredmény, a kísérlet kiinduló adatai

A kiindulási szárazanyag-tartalom 19,9%, a szervesanyag-tartalom pedig 6,38% volt. A következő mérést 1 hónappal később, 2014. 09. 12-én végeztem el, a kapott eredményeket a 6. táblázat tartalmazza.

Komponens	Eredmény	Szabvány
Szárazanyag-tartalom (szabad minta)	219 g/kg	MSZ 318-3:1979 4.1 szakasz
Szárazanyag-tartalom (szolár sátor)	304 g/kg	MSZ 318-3:1979 4.1 szakasz

6. táblázat: 2. mérési eredmény

A táblázat mutatja, hogy a szabadon álló minta szárazanyag tartalma a kiindulásihoz képest 2%-al növekedett. A szolár sátoros minta esetében ez a növekedés 10,5%, annak ellenére, hogy az első két hétben a sátor kialakítása, a korábban ismertetett problémák miatt nem volt megfelelő. A második mérés esetében nem vizsgáltunk szervesanyag-tartalmat, mert ilyen rövid idő alatt ebben jelentős változás nem várható. Ezt követően 1 hónap múlva, 2014. 10. 16.-án került sor az újabb mérésre, melynek mért eredményeit a 7. táblázat mutatja.

Komponens	Eredmény	Szabvány
Szárazanyag-tartalom (szabad minta)	193 g/kg	MSZ 318-3:1979 4.1 szakasz
Izzítási maradék (szabad minta)	129 g/kg	MSZ 318-3:1979 4.2 szakasz
Izzítási veszteség (szabad minta)	64,5 g/kg	MSZ 318-3:1979 4.3 szakasz
Szárazanyag-tartalom (szolár minta)	421 g/kg	MSZ 318-3:1979 4.1 szakasz
Izzítási maradék (szolár minta)	291 g/kg	MSZ 318-3:1979 4.2 szakasz
Izzítási veszteség (szolár minta)	130 g/kg	MSZ 318-3:1979 4.3 szakasz

7. táblázat: 3. mérés eredményei

A mérési eredmények azt mutatják, hogy a szabadon hagyott iszap-minta szárazanyag-tartalma (193 g/kg) a kiindulási érték (199 g/kg) alá csökkent a kísérlet végén. Ennek oka a közbenső jobb szárazanyag-tartalom eredményt figyelembe véve a szeptember 14-15-i napokon leesett nagy mennyiségű csapadék, mely a már szárazabb iszap víztartalmát megnövelte. Ezzel szemben a szolár sátor alatti minta szárazanyag tartalma a kiinduló (199 g/kg) értékhez képest 421 g/kg-ra növekedett, ami a kiindulási érték több mint duplája. A szárított iszap szárazanyag tartalma 42,1% lett, így meghaladta a két hónap alatt a veszélyes hulladéklerakó által előírt, minimális 40%-os szárazanyag-tartalmi határt.

A kísérlet eredményei azt mutatják, hogy a bemutatott kísérleti körülmények között megvalósított technológiával már a keletkezés helyén elérhető az iszap hulladéklerakó által előírt minimális szárazanyag-tartalma, anélkül, hogy nagyobb beruházást kellene végezni a telepen plusz energiaráfordítással. Amennyiben a megvalósítás szakszerűen, a megfelelő anyagok felhasználásával történik még jobb hatásfok érhető el a fenti eredményeket figyelembe véve. Ez a javasolt megoldás gazdaságossági és környezetvédelmi szempontból is kedvezőbb, mint a jelenlegi. Bevezetésével a vízmű számára már csak az iszap lerakóba való szállítása jelent költséget. Az iszap szárításának, illetve a szárítóba szállításának veszélyei és költségei így megszűnnek.

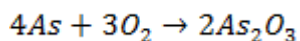
Az így elért magasabb szárazanyag tartalmú iszap egyéb kezelési, hasznosítási lehetőségeit is érdemes számba venni.

6. ALTERNATÍV ISZAPKEZELÉSI TECHNOLÓGIÁK

A tisztítási technológia során keletkező nehézfémekben koncentrált iszap kezelésének és hasznosíthatóságának nehézségét a magas arzéntartalom jelenti. Az arzén hatása nagymértékben függ a vegyület jellegétől, a dózistól illetve a hatásidőtől. Azonban statisztikai adatok igazolják, hogy már kis mennyiségben is jelentős egészségkárosító hatása van (rákkeltő, bőr- és érrendszeri elváltozások, öröklődési rendellenességek). A probléma megoldása az arzéntartalom jelentős csökkentését teszi szükségessé. Ugyanis, ha az arzén koncentrációja csökkenne, esetleg a teljes arzéntartalom kivonható lenne az iszaptól, akkor a fennmaradó – főleg vas-hidroxid tartalmú – iszap már nem számítana veszélyes hulladéknak és jóval könnyebben, gazdaságosabban és környezetvédelmi szempontból is biztonságosabban kezelhetővé válna. Az arzén pedig nyersanyagként hasznosítható lenne. [14]

6.1. Az arzén eltávolítása az iszaptól

A dán Aarhusi Egyetem Kémia Tanszéke által végzett kísérletek azt mutatták, hogy az iszap kb. 850°C-ra való hevítése során az abszorbeált arsenát (As(V)) arzén-trioxid gázzá alakulva elpárolg.



5. képlet [13]

Ennek a desztillációs folyamatnak a során az arzént elpárolgatták, majd ventillációs levegő segítségével lehűtik és így cseppfolyós állapotra kerülve eltávolítható. Fontos azonban, hogy az intenzív melegítés során az iszapban maradt víz is elpárolg, ezt mindenképpen elkülönítetten kell cseppfolyósítani. E probléma az iszap kezelés előtti nagy hatékonyságú szárításával oldható meg, amely során igyekezni kell a lehető legmagasabb szárazanyag-tartalom elérésére. A technológia alkalmazása során újabb problémát vet fel az arzéngáz környezetbe való kijutásának megakadályozása. A legjobb megoldást egy zárt rendszer kiépítése jelentheti, melyben az iszapot közvetve hevítik. A technológia elterjedésének azonban gátat szab a nagy beruházási költség. Az üzemeltető cégeknek csak nagyon sokára térülne meg egy ilyen beruházás és az elsődleges szempont mindig a gazdaságosság hiába lenne ez a legkedvezőbb megoldás környezeti szempontból. [14]

6.2. Az arzéntartalmú iszap kezelésének lehetőségei

Az előzőekben bemutatott kísérlet üzemi megvalósítása még nem történt meg, így annak hatékonyságáról, alkalmazhatóságáról nem állnak rendelkezésre adatok. Mivel a probléma azonban azoknál a vízműveknél, ahol a kitermelt nyersvíz magas arzéntartalmú megoldásra vár, a következő alternatív iszapkezelési, hasznosítási lehetőségeket lehet szem előtt tartani.

6.2.1. Az iszap elhelyezése veszélyes hulladék lerakóban

A BÁCSVÍZ ZRT. által is választott megoldás a keletkezett iszap elhelyezésére. Az iszapot az előírt 40%-os szárazanyag-tartalomra szárítást követően egyszerűen deponálják. Előnye, hogy a hulladék szakszerűen, az előírt szabályoknak, rendeleteknek megfelelően a környezet károsítása nélkül kerül elhelyezésre. Továbbá a nagy beérkező hulladékmennyiség miatt gazdaságos megoldás. Hátránya azonban, hogy a különböző hulladéktípusokat keverve rakják le, így az esetleges későbbi kinyerés lehetősége megszűnik. Ezek mellett a kevert hulladékok egymásra hatására is számítani kell, ami többletvédelmet („túlbiztosítás”) tesz szükségessé. [14]

6.2.2. Az iszap elhelyezése speciális (arzén tartalmú vas-hidroxid) lerakóban

Hasonló az előzőekben ismertetett megoldáshoz, csak ebben az esetben a magas arzéntartalmú iszapot egy elkülönített, kifejezetten arzén tartalmú vas-hidroxidos iszap lerakására kiépített telepen helyezik el. Előnye, hogy nem igényel túlbiztosítást és az anyag későbbi hasznosítás céljára visszanyerhető marad. Fontos szempont az arzén kimosódásának megakadályozása. Ennek érdekében az iszapot stabil állapotban kell tartani és egy vizet át nem eresztő „burokban” tárolni. A megoldás kémiai fixálással gazdaságosabbá tehető, de ez egyelőre csak ötlet szintjén merült fel. [14]

6.2.3. Az iszap betonhoz adása, bebetonozása

A nagy koncentrációban arzént tartalmazó iszapot betonkeverékhez lehet hozzáadni töltőanyagként, mely nem helyettesíti egyik alkotóelemet sem és a beton minőségét sem rontja. A másik megoldás, az arzén fixálása szempontjából végzett bebetonozás. Ezt követően az arzén tartalmú betontömb elhelyezhető hulladéklerakóban. Ezeknek a megoldásoknak az a hátránya, hogy a beton töredezése esetén az arzén kiszabadulhat a környezetre veszélyt

jelentve. Továbbá az iszapot így véglegesen elhelyezve az arzén a későbbiekben nem lesz visszanyerhető.[14]

6.2.4. Az iszap felhasználása a cementgyártásnál

Az iszapot a cementégetés során közvetlenül az égetési folyamatba vezetik, így az jobban beágyazódik, mint mikor a betonhoz keverik adalékanyagként. Az arzén egy része azonban elpárologva a füstgázban is megjelenik, ezért ez a megoldás csak megfelelően kiépített füstgáztisztító mellett alkalmazható. A cementgyártás nyersanyagában azonban eredendően is található arzén, ezért ez nem jelent többlet ráfordítást. [14]

6.2.5. Az iszap téglába égetése

Az eljárás során az iszap a téglaegetés adalékanyagaként kerül felhasználásra. Ennél a megoldásnál az arzén nagy része az előzőhöz hasonlóan a füstgázban jelenik meg. Ezért itt is elengedhetetlen a megfelelő füstgáztisztítás, hogy az arzén ne kerülhessen a levegőbe. Illetve kérdésként merül fel, hogy nem okoz-e egészségkárosodást a lakóknak az ilyen téglából épített környezet. [14]

6.2.6. Az iszap aszfalthoz adása

E technológia megvalósítása az előzőekhez képest alacsonyabb hőmérsékleten zajlik, ezért az adalékanyagként hozzáadott arzén az aszfaltban marad. Illetve az aszfalt kémiaiilag semleges, víztaszító kötőanyagának köszönhetően az esetleges széttöredezés esetén sem kerül ki a környezetbe. Továbbá kísérletekkel igazolták, hogy az aszfaltgyártásban dolgozókra nincs káros hatással. A fennmaradó kérdés az, hogy az aszfalt kopása során keletkező kiporzás tartalmaz-e arzént illetve, hogy az iszap adalékanyagként hogyan befolyásolja az aszfalt minőségét. Az 1990-es évek elején voltak próbálkozások a technológia megvalósítására, de mivel az aktuális technológia gazdaságosabb volt ezek félbeszakadtak. [14]

6.2.7. Hasznosítás hőerőműben

A széntüzelésű erőművekben a hőmérséklet igen magas (850°C-nál magasabb) ezért a körülmények adottak az arzén-trioxid kialakulásához. Ráadásul a felhasznált szén maga is tartalmaz arzént ezért az erőművekben kell, hogy legyen kiépített füstgáztisztító. Ezeknek a

korszerűsítésével illetve kibővítésével elérhető lenne, hogy az arzén ne kerülhessen a környezetbe a füstgázból és a szálló pernyéből. A módszert azonban nem próbálták még ki üzemi méretekben, továbbá környezeti szempontokat figyelembe véve a széntüzelés csökkentését is szem előtt kell tartani. [14]

6.2.8. Felhasználás nagyolvasztóban

Ez az eljárás az előzőhöz hasonlóan a kedvezően magas hőmérsékleten és a részlegesen kiépített füstgáztisztításon alapul annyi különbséggel, hogy ebben az esetben a vas-hidroxid is, mint nyersanyag felhasználható lenne a vasgyártás során. Azonban üzemi méretekben még ez a technológia sem kipróbált. [14]

6.3. A kezelési lehetőségek értékelése

A magas arzéntartalmú iszapok kezelésének lehetőségeit irodalmi szinten áttekintve és összefoglalva megállapítottam, hogy a keletkező iszap kezelése szempontjából mindenképpen, bármelyik eljárást is választjuk szükséges a szárítás, mégpedig a lehető legmagasabb szárazanyag-tartalom elérése mellett. Ez ugyanis minden szempontból pozitív hatással van az iszap további életciklusára.

A felsorolt kezelési eljárásokat és a gazdaságosság prioritását figyelembe véve elmondható, hogy jelenleg az iszapok veszélyes hulladéklerakóban való elhelyezése a legelterjedtebb megoldás. Azonban a folyamatosan szigorodó határértékek és az egyre növekvő igények a termelői iszap mennyiségének radikális növekedését eredményezik, ami a lerakott mennyiség növekedését vonja maga után. E tekintetben pedig szintén szigorítások várhatók, vagyis a jövőben ezekre a kezelési és hasznosítási technológiákra nagyobb hangsúlyt kell fektetni.

A probléma megoldhatóságát tovább bonyolítja az, hogy a keletkező iszap összetétele mindenhol eltérő és az esetlegesen megjelenő komponensek nagymértékben befolyásolják a kezelést. A BÁCSVÍZ Zrt. esetében például jelentős mennyiségű szerves anyag is található az iszapban, ami 500°C-felett elizzik, így a magas hőmérsékleten történő kezeléseknél ezzel is számolni kellene.

A fenti technológiákat és témában szerzett ismereteimet összevetve érdekes megoldásnak tartanám a vízkezelés során keletkező magas arzéntartalmú iszap kommunális szennyvízkezelés során keletkező szennyvíziszaphoz való keverését (ez adott lehetőség a

BÁCSVÍZ ZRT. esetében), majd azt követő rothasztását. Ugyanis így a „vasiszapban” található szerves anyag a rothasztás során hozzájárulna az energiatermeléshez, az iszapban található vas-hidroxid hozzájárulna a kén megkötéséhez, ami jobb minőségű biogáz előállítását eredményezné. Majd a stabilizálás és víztelenítés után fennmaradó iszaptól desztillációs módszerrel eltávolítható lenne az arzén és ezt követően kerülne a kirothasztott iszap komposztálásra. Természetesen ehhez jelentős beruházásra, technológiai átalakításra és tesztüzemi kísérletekre van szükség.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A vízmű elsődleges feladata a megfelelő minőségű ivóvíz előállítása, melynek során a nyersvízben található nem kívánatos anyagok a technológia végén az iszapban koncentráltan jelennek meg, ezzel meghatározva az iszap további kezelését, hasznosítását. A dolgozat a BÁCSVÍZ ZRT. példáján mutatja be a tisztítási folyamat lépéseit és mérési eredményekkel támasztja alá a tisztítási technológia hatékonyságát. A nyersvízben határértéket meghaladó mennyiségben lévő vas, mangán és arzén meghatározzák a tisztításból kikerülő iszap veszélyes hulladék besorolását és az ennek megfelelő további kezelését.

A vizsgált vízmű esetében az iszap, mint veszélyes hulladék kerül lerakásra, melynek feltétele a hulladéklerakó által előírt min. 40% szárazanyag-tartalom, egyrészt a tömeg, másrészt pedig a szivárgás csökkentése miatt. A vízmű ennek érdekében az iszapot egy tároló medencében helyezi el és ott a szabad levegő és a napenergia együttes hatását kihasználó szabadlevegős szikkasztással éves szinten a 15-25% szárazanyag tartalmat tud elérni, mely azonban nem felel meg a lerakó által támasztott feltételeknek. A szárazanyag tartalom további, előírt szintig történő növelésére az iszapot elszállítják, majd a kezelést követően tovább szállítják a veszélyes hulladéklerakóba, mely jelentős többletköltséget jelent a vízműnek.

A minél optimálisabb gazdasági üzemelést szem előtt tartva a dolgozat olyan alternatív megoldást keres és mutat be, mely az iszap helyben történő, kis beruházással megvalósítható szárítására ad lehetőséget, biztosítva a hulladéklerakó által előírt minimálisan 40% szárazanyagtartalmat.

A szolár szárítás hatékonyságát szakirodalmi adatok (és hazai példák pl.: BAKONYKARSZT Víz- és Csatornamű ZRT. Veszprém, Kiskunhalas Város Szennyvíztisztító telep, Makó), továbbá a dolgozat keretei között végzett kísérlet és annak eredményei támasztanak alá.

A vízmű kecskeméti telephelyén megvalósított összehasonlító kísérletben a szabadlevegős és a környezeti szempontokat figyelembe vevő fóliatető alatti szolár-szárítás hatékonysága közötti különbségre kívántunk adatokat gyűjteni. A kísérlethez két egyforma méretű szivárgásmentes iszaptároló tartályt, valamint az egyik tartály felett elhelyezett PET

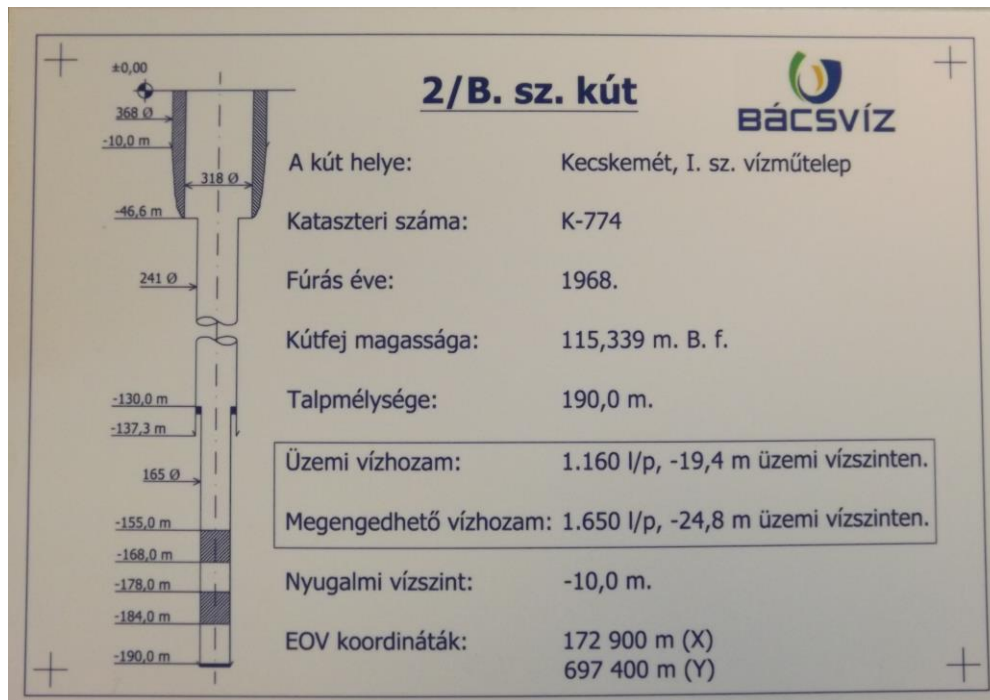
palackokból készített fóliával szigetelt sátoztetőt alkalmaztunk. A kísérlet három hónapig tartott, mely során három mintavételezés és szárazanyag-tartalom mérés történt, melynek eredményei bizonyítják, hogy a telepen helyben végzett szolár-szárítás eredményeként az iszap szárazanyag-tartalma a három hónap alatt elérte a 42,1%-ot. Mivel a kísérlet időtartama alatt a hőmérséklet 20-30°C között volt, ezért a jövőben a működés hatékonyságára a téli, hidegebb időszakokra is tervezünk méréseket végezni. Az egy éves időszakokra vetített átlageredmények alapján lehet majd a végső következtetést levonni. Eddigi kísérleteink eredménye azt támasztja alá, hogy a szolár szárítási technológia hatékonyabb a jelenlegi spontán szikkasztásnál, továbbá mind környezetvédelmi, mind gazdasági szempontból előnyösebb a jelenlegi technológiánál.

A minél hatékonyabb szárítás, a lehető legmagasabb szárazanyag-tartalom a magas arzéntartalmú iszapok további kezelésének, illetve hasznosításának is alapfeltételét képezik. A dolgozatban bemutatott hasznosítási lehetőségek – beton-, cement-, téglagyártás, hőerőműben, nagyolvasztóban történő felhasználás – mindegyikének előfeltétele a magas szárazanyag-tartalom. Tekintettel a folyamatosan szigorodó határértékekre és az egyre növekvő igényekre, a termelői iszap mennyiségének növekedésére lehet számítani, ami a lerakott mennyiség növekedését is maga után vonja. Ezt figyelembe véve a jövőben megteremtve az ahhoz szükséges feltételeket, a minél nagyobb mértékű újrahasznosítására kell törekedni.

8. IRODALOM JEGYZÉK

- [1] Cégtörténet – (<http://www.bacsviz.hu/index.php?id=30>)
- [2] Vízszolgáltatás, Csatornaszolgáltatás – (<http://www.bacsviz.hu/index.php?id=71>)
- [3] BÁCSVÍZ ZRT – Üzemeltetési utasítás 4. kiadás. (belső hivatalos dokumentáció)
- [4] BÁCSVÍZ ZRT - Műszaki Információs Rendszer (MIR) Üzemeltetési modul
- [5] Laurent Habbart: Treatment of cooling water – Iron Removal
Springer Science & Business Media, 2009.
- [6] A víz kémiája – (http://www.muszeroldal.hu/assistance/viz_kemiaja.pdf)
- [7] Dr. Öllös Géza: Vízellátás - Mangántalanítás
Franklin Nyomda Budapest, 1987. ISBN:963 602 397
- [8] Mohácsi Csilla, Molnár Ferenc, Lévai Tibor: Környezettechnika I.
Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium 2002.
- [9] AWWA Staff: Fundamentals and Control of Nitrification in Chloraminated Drinking
Water Distribution Systems (M56) – Ammonia-Oxidizing Bacteria
American Water Works Association, 2011.
- [10] Barótfi István: Környezettechnika
Mezőgazda Kiadó Budapest, 2000.
- [11] Vízisztítás jegyzet: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű És Környezetmérnöki Tanszék Budapest, 2007.
(http://www.epito.bme.hu/vcst/oktatas/feltoltesek/BMEEOVKASG3/vizisztitas_jegyzet.pdf)
- [12] Juhász Endre: Települési szennyvíziszapok kezelése
ENQUA Kft. Budapest, 2013 ISBN:978-963-88125-3-7
- [13] Waldemar Ternes: Biochemie der Elemente: Anorganische Chemie biologischer
Prozesse Springer-Verlag, 2013
- [14] Rung Attila: Arzenmentesítés során keletkező iszap elhelyezésének lehetőségei
(<http://www2.vizugy.hu/vir/vizugy.nsf/7efd30c51842ae20c1256a8900382968/fd1d2a066bbf6d8fc1256c920047d8de?OpenDocument>)

9. MELLÉKLETEK



1. sz. melléklet – 2/B. sz. kút adatlapja

Date	Temperature (°C)			Hr. Med (%)	Wind (km/h)			Vis (km)	Prec (mm)	Diary
	Max	Min	Mean		Gust	Max	Mean			
2014/08/11	31.0	18.7	25.3	64.3	----	18.0	10.7	10.0	0.0	
2014/08/12	28.5	18.8	23.0	57.7	----	18.0	10.9	15.4	0.0	
2014/08/13	32.0	18.0	24.8	63.7	----	14.4	8.5	14.4	0.0	
2014/08/14	23.4	14.0	18.4	74.8	46.9	35.9	14.8	12.2	6.1	☁☁☁
2014/08/15	25.0	12.5	18.9	64.7	----	18.0	6.9	11.5	0.0	
2014/08/16	23.2	14.0	18.3	59.4	39.6	25.2	17.0	14.4	0.0	
2014/08/17	24.2	12.0	17.7	56.2	----	21.7	11.7	23.0	0.0	
2014/08/18	25.5	10.0	18.7	53.8	----	14.4	6.7	----	0.0	
2014/08/19	27.3	12.8	20.9	56.4	----	21.7	8.3	----	0.0	
2014/08/20	26.0	16.0	20.5	68.0	----	18.0	7.6	13.1	0.0	☁☁☁
2014/08/21	22.0	11.0	16.9	74.0	57.6	28.7	12.2	11.7	10.9	☁☁☁
2014/08/22	23.5	9.2	16.5	66.4	----	14.4	5.4	9.6	0.0	
2014/08/23	24.5	12.0	19.3	65.5	----	18.0	5.2	13.1	----	☁☁
2014/08/24	22.7	11.0	18.2	59.1	57.6	39.6	23.9	13.1	0.0	☁☁
2014/08/25	21.5	7.9	14.8	55.0	----	14.4	7.4	----	0.0	
2014/08/26	25.0	9.3	17.9	61.5	----	21.7	10.4	----	0.0	
2014/08/27	24.8	11.0	18.5	69.1	46.9	32.4	15.4	13.3	0.0	☁☁
2014/08/28	23.2	8.0	15.8	55.9	----	18.0	7.8	----	1.0	
2014/08/29	24.6	8.0	16.8	55.3	----	10.7	2.8	----	0.0	
2014/08/30	27.0	9.3	18.9	55.9	----	10.7	4.4	----	0.0	
2014/08/31	27.5	15.0	21.3	56.3	----	14.4	8.3	14.4	----	☁☁
2014/09/01	25.0	16.0	19.4	74.1	----	21.7	12.4	11.1	0.3	☁☁☁
2014/09/02	26.0	16.0	20.9	68.3	32.4	21.7	14.4	10.6	0.5	
2014/09/03	30.0	18.6	22.7	54.2	57.6	28.7	17.8	11.5	0.0	☁☁
2014/09/04	27.3	18.0	22.3	54.5	----	25.2	14.4	----	0.0	
2014/09/05	24.0	13.8	19.4	63.9	----	14.4	8.7	----	0.0	☁☁
2014/09/06	23.4	16.0	19.2	69.9	----	10.7	7.0	14.1	0.0	☁☁
2014/09/07	23.4	16.0	19.3	71.0	----	14.4	7.8	----	1.0	☁☁
2014/09/08	27.0	13.5	19.9	63.3	----	14.4	6.9	8.0	0.0	
2014/09/09	27.5	12.9	20.2	61.4	----	14.4	5.6	8.7	0.0	
2014/09/10	19.0	14.0	17.1	88.3	----	18.0	5.9	8.0	6.1	☁☁
2014/09/11	23.1	16.0	19.1	83.6	----	18.0	9.3	7.0	13.7	☁☁
2014/09/12	21.5	15.6	18.2	83.2	----	21.7	12.0	8.7	2.8	☁☁
2014/09/13	20.1	15.5	17.6	85.0	----	21.7	15.2	8.9	8.9	☁☁☁
2014/09/14	22.0	14.8	17.7	85.0	35.9	21.7	13.3	9.4	22.1	☁☁☁
2014/09/15	20.0	14.6	16.3	87.3	----	18.0	7.4	8.5	30.5	☁☁
2014/09/16	22.4	12.5	17.2	74.6	----	21.7	5.0	8.9	9.9	☁☁☁
2014/09/17	22.0	12.0	16.6	73.6	----	7.2	2.6	9.3	8.4	
2014/09/18	23.2	9.6	16.5	65.9	32.4	18.0	7.4	4.8	0.0	☁☁
2014/09/19	23.3	12.6	17.6	65.2	----	18.0	10.7	----	0.0	
2014/09/20	24.4	16.0	19.8	72.9	----	14.4	7.0	9.4	0.0	
2014/09/21	25.2	16.4	20.2	69.1	----	25.2	10.0	7.6	0.0	
2014/09/22	19.9	10.9	15.8	65.5	64.8	43.2	19.4	16.1	0.0	☁☁
2014/09/23	17.5	7.0	12.2	61.3	57.6	39.6	24.6	15.4	0.0	
2014/09/24	17.7	3.0	10.3	60.9	----	10.7	4.6	----	0.0	
2014/09/25	18.8	3.7	11.9	68.8	----	18.0	7.6	10.2	0.3	☁☁
2014/09/26	18.9	8.7	13.1	76.4	35.9	21.7	12.2	10.2	1.3	☁☁
2014/09/27	20.0	5.3	14.0	76.5	----	18.0	8.5	9.4	0.3	
2014/09/28	20.8	8.7	14.0	74.3	----	14.4	4.1	8.1	0.0	
2014/09/29	23.0	6.8	14.2	71.3	----	10.7	3.9	7.4	0.0	
2014/09/30	24.0	4.7	14.3	72.7	----	7.2	1.9	10.0	0.0	
2014/10/01	23.2	8.9	16.6	70.5	----	14.4	6.1	9.3	0.0	
2014/10/02	19.2	14.0	16.1	85.7	----	14.4	6.1	10.0	1.8	☁☁
2014/10/03	17.0	12.8	14.4	89.4	----	14.4	6.9	6.3	0.3	☁☁
2014/10/04	15.0	12.0	13.1	97.1	----	14.4	3.0	4.4	7.9	☁☁☁
2014/10/05	17.5	11.0	13.7	79.7	----	14.4	6.5	7.8	3.8	
2014/10/06	19.0	6.4	12.9	73.5	----	18.0	8.1	5.4	0.0	☁☁
2014/10/07	18.9	10.0	14.1	79.7	----	21.7	11.9	10.4	0.0	☁☁
2014/10/08	19.2	9.5	14.2	85.8	----	22.2	13.5	10.2	0.0	
2014/10/09	23.6	10.9	16.2	80.3	----	18.3	14.1	10.0	0.0	
2014/10/10	26.0	11.0	17.7	75.2	----	18.3	12.4	8.0	0.0	
2014/10/11	24.3	11.8	17.7	76.0	----	18.3	10.7	7.0	0.0	
2014/10/12	25.0	11.4	16.8	82.8	----	11.1	4.8	5.2	0.0	☁☁☁
2014/10/13	26.4	10.2	17.7	77.1	31.7	18.3	8.7	3.3	0.0	☁☁☁
2014/10/14	26.0	11.0	18.2	74.5	46.5	29.4	8.7	7.0	0.0	☁☁☁
2014/10/15	17.1	11.0	14.8	96.8	----	22.2	8.0	8.0	0.5	☁☁☁
2014/10/16	20.0	12.6	15.7	87.6	----	11.1	6.7	5.9	20.6	☁☁☁

2. sz. melléklet– Meteorológiai adatok 2014.08.11.-2014. 10.11. forrás: <http://www.ogimet.com/gsocd.phtml.en>