

**SZENT ISTVÁN
EGYETEM**



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

A kommunális és az ipari (söripari) szennyvizek korrodáló hatása a szennyvíztisztító telepek beton műtárgyaira

The corrosion effect of the municipal and industrial (beer industry) wastewater on the
wastewater treatment plant structures

Farkas Erika, építőmérnök (BSc) hallgató

Konzulensek: Kiss Katalin, tanársegéd, ÉPI, Leczovics Péter, mérnöktanár, ÉAI

Budapest, 2014

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Szennyvizek általános ismertetése	4
2.1. Szennyvizek gyűjtése, elvezetése röviden.....	4
2.2. A szennyvíz tisztítása	5
3. A nagykáti kommunális szennyvíztisztító telepi technológia ismertetése	6
3.1. A beérkező szennyvíz mechanikai tisztítása	6
3.2. A szippantott szennyvíz elhelyezése	8
3.3. Biológiai tisztítás	8
3.4. A tisztított szennyvíz elvezetése.....	10
4. Dreher Sörgyárak Zrt. szennyvíztisztító telep bemutatása.....	11
4.1. Mechanikai előtisztítás	11
4.2. Biológiai tisztítás	11
4.3. UASB reaktor	12
4.4. Utótisztítás	13
5. Betonkorrózió.....	14
5.1. Cement összetétel	14
5.2. Hidratáció	14
5.3. Kémiai és fizikai korrózió	15
5.4. Biológiai korrózió.....	16
6. A szennyvízben tárolt betontestek vizsgálata.....	19
6.1. A próbatestek készítése	19
6.2. A beton próbatestek szilárdsági vizsgálata.....	20
6.3. A próbatestek felületi korróziója	22
6.4. Mikrobiológiai vizsgálatok	24
6.4.1. Azonosított mikroorganizmusok ismertetése.....	24
7. Összegzés, tapasztalok kiértékelése	27
Felhasznált irodalom	28
Ábrajegyzék	28
Mellékletek	

1. Bevezetés

Napjaink egyik legfőbb feladata a környezetbe jutó káros anyagok mérséklése, illetve azok esetleges megszüntetése. A talajba és a vizekbe jutó szennyező anyagok nem csak az állat- és növényvilág pusztulását okozhatják, de az emberre nézve is veszélyesek, ezért a káros anyagok kibocsátására vonatkozóan számos egyre szigorodó rendelet, előírás lép életbe. A minimális környezetszennyezés érdekében számos új technológia jelent meg, valamint előtérbe kerültek a megújuló energiaforrások használata.

A települések és az üzemek, gyárak által a folyókba, patakokba vezetett szennyvizek tisztítása meglehetősen fontos, hiszen a tiszta víz minden élőlény számára nélkülözhetetlen forrás. A szennyezett víz nem csak a közvetlen környezetét károsíthatja, hanem a talajba elszivároghva tovább szennyezi a talajt és a talajban lévő vizeket.

A szennyvizek minősége eltérő, ezért különféle tisztítási módokat igényelnek. A dolgozatban bemutatásra kerül egy kommunális szennyvíztisztító telep és egy ipari szennyvíztisztító telep technológiája. A két bemutatásra kerülő szennyvíztisztító telep szennyvíz minősége és a tisztítási technológiája ugyan különböző, mégis hasonlítanak abban, hogy a legtöbb létesített műtárgy anyaga a beton.

A beton az egyik legelterjedtebb építőanyag, amely nagy teherbírásáról és számos formában és összetételben való alkalmazhatóságáról ismert. A nagy hidraulikus terhelésű medencék alapanyagát képezi a szennyvíztisztításban, azonban a betont érő agresszív környezeti hatások miatt megváltozhatnak a kedvező tulajdonságai. A szennyvízzel érintkező felületeken, valamint az anaerob körülmények között lévő szennyvíz által termelt gázok különböző korróziós formák megjelenését okozhatják, amelyek üzemzavarhoz, tönkremenetelhez vezethetnek.

A dolgozat célja a korróziós hatások és azok mértékének feltárása, ismertetése a választott szennyvíztisztító telepeken. A vizsgálat részét képezi a különböző szempontok alapján kiválasztott műtárgyakban elhelyezett betonhasábok meghatározott időnkénti vizsgálata is.

2. Szennyvizek általános ismertetése

A szennyvíz, mint azt az elnevezése is jól mutatja, **szennyező anyagokat tartalmazó víz**, amely valamilyen **emberi használatból származó hulladékvíz**, illetőleg a településről elvezetendő egyéb szennyezett víz (pl. szennyezett csapadékvíz). A szennyvizek **környezetszennyező hatásuk** miatt komoly veszélyt jelentenek a természetre nézve, illetve az emberre, **egészségkárosító hatásuk** miatt.

A keletkező szennyvizeket eredetük szerint három főbb csoportba soroljuk. Megkülönböztetünk kommunális eredetű szennyvizeket, melyek mennyisége és minősége függ a terület fejlettségétől, a kialakult szokásoktól és a vízhálózat kiépítettségétől. Másik típusa az ipari eredetű szennyvizek, amelyek összetétel az iparág és a használt technológia függvénye. Valamint a harmadik típus a mezőgazdaságból, állattartásból származó szennyvizek.

2.1. Szennyvizek gyűjtése, elvezetése röviden

A keletkező szennyvizet a keletkezés helyétől a szennyvíztisztító telepre kell eljuttatni, ahol tisztítás után kerül a befogadóba. Tisztításának módja függ az összetételétől, mennyiségétől, melyeket a települési csatornahálózat kialakítása, típusa nagymértékben befolyásol.

A szennyvízelvezető rendszerek négy főbb típusát különböztetjük meg, az elválasztott, az egyesített és a kétféle vegyes rendszereket. **Az elválasztott rendszerben** külön csővezetékben vezetik el a szennyvizet és a csapadékvizet. A csapadékvíz tisztítatlanul kerül bevezetésre a befogadóba, míg a szennyvíz elsőként a tisztítótelepre érkezik és a tisztítási folyamat végén vezetik a befogadóba. A külterületről származó vizek, kutak és források vize, talajvízszint-süllyesztésből származó vizek szintén bevezethetők a csapadékcatornába.

Az **egyesített rendszer** egyazon vezetékben vezeti el a csapadékvizet és a szennyvizet a tisztítótelepre. Nagymennyiségű csapadékvíz esetén, elkerülve a telep túlterhelését záporkiömlőket építenek be, melyek megfelelő hígítási arány mellett tisztítatlanul vezetik be a csapadékvízzel hígított szennyvizet a befogadóba.

Ezen rendszerek továbbfejlesztése a javított vegyes (egyesített) és a javított elválasztott rendszerek. **A javított vegyes rendszerben** a tisztítást nem igénylő csapadékvizet és a külterületről származó vizeket (kutak és források vize, talajvízszint-süllyesztésből származó

vizek, stb.) hasznosítás, tárolás és beszivárgtatás után vezetik a befogadóba, míg a tisztítást igénylő vizeket csak a tisztítási folyamat után.

A **javított elválasztott rendszerben** a tisztítást igénylő csapadékvizet külön csapadék tisztítóműbe vezetik, míg a tisztítást nem igénylő vizeket hasznosítás, tárolás és beszivárgtatás után vezetik a befogadóba. A szennyvíz külön csatornán jut el a szennyvíztisztító telepre, így mentesítve azt a csapadékvizek nagy hidraulikai terhelésétől (Dulovics, 2002.).

2.2. A szennyvíz tisztítása

A szennyvíztisztító telepek feladata a beérkező szennyvizek megtisztítása az előírásoknak megfelelően, hogy azok a környezetre ártalmatlanok legyenek. A telepekre vonatkozó előírásokat a **28/2004. (XII. 25.)** a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól szóló **Korm.rendelet**, illetve a **220/2004. (VII. 21.)** a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól szóló **Korm.rendelet** tartalmazza.

A tisztítási technológiák ismertetése csak a vizsgált szennyvíztisztító telepekre specifikálódik. Az egyéb technológiák ismertetése nem képezi a dolgozat tárgyát.

3. A nagykátai kommunális szennyvíztisztító telepi technológia ismertetése

A szennyvíztisztító telep a 2013. március és 2014. április közötti időszakban létesült. Az Inwatech Kft. végezte a létesítmény tervezését és kivitelezését a kiadott vízjogi engedéllyel összhangban. A 2014 júliusáig tartott a 12 hónapos előírt próbaüzem.

A telep megépítésével párhuzamosan megkezdődött a település elválasztott csatornarendszerének kiépítése a még csatornázatlan területen.

A telepre kétféle módon érkezik a vízfogyasztók által kibocsátott szennyvíz. Egyik lehetséges módja a csatornahálózat, a másik a szennyvízszállító tartályos tehergépjárművek. A beérkező szennyvíz tervezett napi maximum szennyvízhozama $1830 \text{ m}^3/\text{d}$, órai kapacitása $160 \text{ m}^3/\text{h}$.

A kialakított technológia **alapvetően folyamatos és egyben szakaszos üzemű rendszer**. Folyamatos, mert a telepre beérkező szennyvizet folyamatosan fogadni és kezelni tudja, szakaszos, mert a biológiai tisztítás két egymással párhuzamosan működő vonalból áll, melyek szakaszosan, ciklusokban működnek. **Szennyvíztisztítás tekintetében minden ciklus három részből áll: levegőztetés, ülepítés, dekantálás.** A telep a beérkező szennyvíz mennyiségétől függetlenül képes mindig ugyanazt a tisztítási hatásfokot biztosítani (Lorx, 2014.).

A telepen alkalmazott technológiai sorrendről készült áttekintést a 10. melléklet tartalmazza, a mintavételi pontok megjelölésével.

3.1. A beérkező szennyvíz mechanikai tisztítása

A beérkező nyers szennyvíz **elsőként a mechanikai előtisztítás fázisain** megy keresztül. Elsőként a magas pozícióban elhelyezett **gép-kézi rács** távolítja el a nagyobb tisztítást nem igénylő szennyező anyagokat (1. kép). A gépi rács kapacitás $160 \text{ m}^3/\text{h}$.

A gépi rácson kívül beépítettek egy kézi tisztítású rácsot is, amely az esetleges túlterheléskor egy túlbukó segítségével biztosítja a nagyméretű szennyező anyagok eltávolítását.

A gépi dobrácson található **pH és hőmérsékletmérő szonda**, amely kijelzőn keresztül mutatja az aktuális mérési eredményeket. A rácsszűrő után a szennyvíz a homokfogó műtárgyba kerül.



1. kép. Kézi-gépi rác

A **homokfogó műtárgy** két eltérő funkciójú térből áll, a levegőztető és a leválasztó térből, amelyeket merülőfal választ el (2. kép). Feladata a „szennyvíztisztító-telepi homokanyagok” (gyűjtő-) fogalmába számos le nem bontható, a szerves anyagoknál lényegesen nagyobb sűrűségű, általában diszkrét eloszlású anyagok eltávolítása (Öllös, 1994.).



2. kép. Homokfogó műtárgy

A homokfogó üzemeltetésénél az áramlási sebesség lecsökkentése 0,3 m/s –ra szükséges, mivel ilyen sebesség mellett választható le a nehezebb sűrűségű homok a szennyvízből.

A levegőztetett térbe perforált csöveken bevezetett és szétosztott levegő hatására egy turbulens, körkörös áramlás jön létre, mely a szennyvízben lévő kiflotálható anyagokat a műtárgy másik, leválasztható terébe juttatja. A felúsztatott szennyeződések vízszintemeléssel és átúsztatással vagy nyeles merítő edénnyel átmerve a műtárgy elején kialakított uszadék silóba lehet juttatni (Lorx, 2014.).

A geometriai kialakításnak köszönhetően a silóba és a zsombban összegyűjtött anyagok szippantással könnyen eltávolíthatóak, továbbá a légbefúvás növeli a biológiai tisztítás hatásfokát.

Az uszadékfogó osztóműben kerül sor a vas (III) szulfát oldat (49 % töménységű) adagolásra. A vegyszeres adagolásra a többletfoszfor eltávolítás miatt van szükség. Az adagolás szimultán módon történik, a foszfor kicsapátás a biológiai levegőztetett fázisban megy végbe. Az adagolás gépiesített, automata módon történik 2 darabadagoló szivattyú segítségével. A vassó adagoló szivattyúk vezérlése a tisztított szennyvíz foszfortartalmának és a nyers szennyvíz mennyiségének mérése alapján történik (Lorx, 2014.).

A homokfogó elválasztó terében található a kihelyezett betonhasábok egy csoportja, amely a nyers szennyvíz hatását vizsgálja a betonra.

3.2. A szippantott szennyvíz elhelyezése

A szippantott szennyvíz fogadására egy földalatti puffermedencét alakítottak ki. A tehergépjárművek tartályában érkező szennyvíz kézi rácsszűrés után a puffermedencébe kerül, ahol búvárkeverő biztosítja a káros leülepedések megakadályozását. Itt kerülnek elhelyezésre a csurgalékvizek is (Lorx, 2014.).

3.3. Biológiai tisztítás

A biológiai tisztítási folyamat a C-TECH 1 és 2 medencékben történik (3. kép). Az osztóaknából pneumatikus működtetésű szelvények segítségével csővezetéken keresztül kerül a biológiai blokk egyikébe. A tisztítást végző medencék üzeme időben eltér egymástól.



3. kép. C-TECH medence

A biológiai tisztító fokozat két párhozamos tisztító sorból álló, szabadalmaztatott szelektorelvű, ciklikus aerob, eleveniszapos C-TECH technológia. A létesítmény a szénforrások lebontása mellett teljes körű nitrifikációt, maximálisan elérhető denitrifikációt és kiemelkedő hatékonyságú biológiai foszforeltávolítást is biztosít. A reaktorok általában napi 6 üzemben működnek. Minden ciklus tartalmaz töltési-levegőztetési, levegőztetési-anoxikus (szimultán, intermittáló denitrifikáció), ülepítési, dekantálási és fölősiszap elvételi ciklusokat (Lorx, 2014.).

A mechanikai tisztítást követően két automata, pneumatikus működtetésű zsilip vezeti át a szennyvizet a medencébe (normál ciklusban egyszerre egy műtárgyat tölt) amit automata vezérlőprogram irányít.

Háromféle ciklusrendet különböztetünk meg egy mástól. A **normál üzemrend** esetén a két medence azonos ciklusokból áll, azonban két órás időeltéréssel. A két órán át tartó töltés-levegőztetést egy óra ülepítés követ, végül egy óra dekantálás következik. Amíg az egyik medence töltés-levegőztetés ciklusideje tart, addig a másik medence ülepítési és dekantálási fázisa tart. Másik lehetséges üzemrend egyike a **karbantartási ciklusrend**. Ebben az esetben az egyik medence karbantartási ideje alatt csak a másik C-TECH medence üzemel, három órás ciklusokban. Az utolsó esetleges üzemrend a **puffer üzemmód**. A pufferként üzemelő medence a beérkező teljes szennyvízmennyiséget fogadja, míg a másik medence C-TECH üzemmódban üzemel. A töltés-levegőztetés során, a tározóként funkcionáló medence két

recirkulációs-fölősiszap szivattyú egyidejű működésével emeli át a másik medencébe a tározott a szennyvizet, mindezt a töltési-levegőztetési ciklusban. Ezen ciklusrendet csak folyamatosan 50 % alatti terhelés esetén szabad alkalmazni (Lorx, 2014.).

Reaktoronként **6 db előszelektor zóna** található vertikális labirint rendszerben kialakítva, így biztosítva a turbulens áramlást az optimális iszap szubsztrát kontaktushoz (4. kép). Az áramlást segítő **durvabuborékos keverőrendszer** van kiépítve a szelektor sorok alján. A szelektorterek és a reaktortér vízszintje azonos. A beérkező szennyvíz a terelőfalak hatására függőlegesen le-fel halad, majd az utolsó szelektortérből oldalirányba, 3,94 m magasan átbukva jut a reaktortérbe.



4. kép. Szelektortér

A főreaktorterek oxigénbevitelét a **mélybefúvásos finombuborékos levegőztetőrendszer** biztosítja. A C-TECH reaktorok belső elegy recirkulációval rendelkeznek. A fölősiszap időszakos elvételét az elegy recirkulációs rendszerről biztosítják, automatikus szerelvényekkel a ciklusok azon időszakaiban, amikor az elegy recirkuláció nem működik. A fölősiszap elvétel az első szelektorból történik automatikus vezérlésű pneumatikus késtolózáron keresztül (Lorx, 2014.).

A reaktorrészbe jutó szennyvíz befolyási pontjától a medence legtávolabbi részére telepítették a **motorvezérelt, függesztett dekanter** (5. kép). A dekantetrek elvezetési intenzitása szabályozható, a medence töltöttségi szintjét figyelembe véve. A levegőztetési fázisban a

dekanterek kiemelkednek a reaktortérből, ezzel is megóvva a szennyeződésektől. A berendezés 3,0 m hosszú. A dekanter bukóelei előtt található egy úszó szennyvízfogó, amely megakadályozza az esetleges uszadék bejutását a tisztított szennyvízbe. A dekantálás során a beérkező szennyvíz mennyiségétől függetlenül 3,94 m vízszintig az elvétel, kivéve, ha az előző fázisban a vízszint 4,29 m-t nem érte el (Lorx, 2014.).



5. kép. Dekanter

A nitrogén eltávolítása szimultán denitrifikációval történik. A kialakult eleveniszap a **külső szelektor zónákban nitrifikál, a belső reaktortérben denitrifikál.**

3.4. A tisztított szennyvíz elvezetése

A tisztított szennyvíz a reaktortérből elsőként a túlfolyó aknából az osztóaknába érkezik. A meglévő távvezeték kis kapacitása miatt egy **puffermedence** létesült. A medence egy földbe süllyesztett fóliával bélelt medence, ami egy vasbeton akna felé lejt. Végül egy fertőtlenítő végátemelő aknába kerül a tisztított szennyvíz, ahol **klórgázos fertőtlenítő berendezés** is található. A tisztított, fertőtlenített szennyvizet egy 7 km-es nyomócső szállítja végül a befogadóba (Lorx, 2014.).

4. Dreher Sörgyárak Zrt. szennyvíztisztító telep bemutatása

A SABMiller cég leányvállalataként a Dreher Sörgyárak Zrt. nagy hangsúly fektet a fenntarthatón fejlődésre és a környezetvédelemre. Ennek szellemében 2008 januárjában ünnepélyes keretek között átadták az új **szennyvíztisztító telepet és biogázfejlesztő üzemet**. Az ipari szennyvizek közcsatornába bocsátására szigorú előírások vonatkoznak, ezért az eltisztításuk kötelező, ezért a sör gyártása és csomagolása során a keletkezett szennyvizet a Dreher Sörgyárak Zrt. szennyvíztisztító telepén tisztítják meg és csak azt követően vezetik a közcsatornába.

A telepen alkalmazott anaerob technológia a biológiailag lebontható szennyvizek rothasztására alkalmas.

A technológiai sorrendről készült folyamatábrát a 11. melléklet tartalmazza, a mintavételi helyek megjelölésével.

4.1. Mechanikai előtisztítás

A főzőházból és a csomagoló üzemből érkező ipari nyers szennyvíz elsőként mechanikai tisztítás fázisán megy keresztül. A nagyobb, biológiailag nem lebontható anyagok eltávolítását gravitációs elven működő **dobszűrők** végzik. Összesen 3 dobszűrő működik, mivel a csomagoló üzemből érkező szennyvíz gyakorta eredményezett hidraulikus túlterhelést. A nagy mennyiségű érkező szennyvíz egy rész így túlfolyókon keresztül távozott, ezért indokolt volt a három szűrő beépítése (Ebing, 2007.).

A szűrt szennyvíz a 350 m³-es **átemelő medencébe** kerül és szintén 350 m³-es **havária medencébe**. A medencék nagy tárolókapacitása miatt csökken a kiegyenlítő medence hidraulikus terhelése. A beérkező szennyvíz három órát tartózkodik az átemelő és havária medencében (Pál, 2013.).

A pH, hőmérséklet és KOI (kémiai oxigénigény) mérő műszerek segítségével -az esetleges sörkiömlés miatt- folyamatosan ellenőrizni kell a beérkező szennyvíz minőséget. A meghatározott értékek túllépése esetén a havária medencébe kerül a szennyvíz. A havária medencében a tárolt szennyvíz magas pH tartománya miatt lassan adagolódik vissza az átemelő medencébe, így szabályozva a pH értéket, ezzel csökkentve a kiegyenlítő medencében a vegyszerhasználatot (Ebing, 2007.).

Az átemelő medence és a havária medence is rendelkezik beépített keverőkkel, ezzel elkerülve a lerakódásokat.

4.2. Biológiai tisztítás

Az átemelő medencéből érkező szennyvíz minőségét a **kiegyenlítő medencében** történő vegyszeradagolásával optimalizálják. A kiegyenlítő medencében hat órás tartózkodási idő után jut el a szennyvíz a keverő medencébe.

A kiegyenlítő medencében pH-t mérőműszer segítségével szabályozzák, ha szükséges HCl-ot adagolnak a szennyvízhez. Az optimális savasodási folyamat eléréséhez a pH értéket 5,9 és 6,1 között kell tartani.

A kiegyenlítő medence szintén keverővel van ellátva.

A **keverő medence** feladata az érkező szennyvíz megfelelő hőmérsékletének és pH-jának biztosítása, illetve rövid tartózkodási idő után a szennyvíz továbbítása az UASB (Upward Flow Anaerobic Sludge Blanket) reaktorba.

A reaktorból visszavezetett recirkuláltatott szennyvíz és az érkező szennyvíz keverése mellett a pH ismételt beállítás történik, mivel az UASB reaktorból visszaáramló szennyvíz kevésbé savas. A pH-t a tápvezetékében is mérik, hogy szükség esetén korrigálni tudják a minőséget.

A hőmérséklet optimalizálása érdekében gőzt vezetnek a medencébe, ezzel biztosítva a 36 fokos hőmérsékletet (Ebing, 2007).

4.3. UASB reaktor

Az anaerob szennyvíztisztítás egyik legelterjedtebb reaktortípusa, főként az ipari eredetű szennyvizek tisztítására alkalmazzák.

A felfelé áramló anaerob iszapfüggönyös technológiák (UASB) a bioszemcsék kialakulásának hatékonyságán alapszik. A felszálló áramlási sebesség állandósult szelekciós nyomást gyakorol a mikroorganizmusokra, miáltal azok egymáshoz tapadnak és szemcséket alkotnak, amelyek azután jól ülepednek (Öllös, 2010.).

A reaktor üzemeltetőjének fő feladata a mikroorganizmusok életfeltételeinek biztosítása, figyelve a bioszemcsék kialakulására. Ez a folyamat főként az újonnan létesült telepeknél jelent nagy kihívása, ezért a legmegfelelőbb megoldás más UASB reaktorból származó oltó iszap beszerzése.

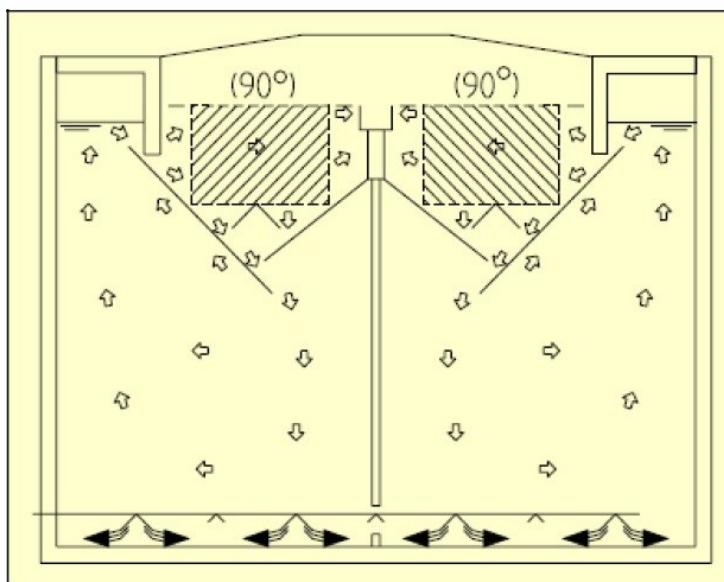
A szemcséképződés (granulátum) a baktériumok inert anyagokhoz, szerves vagy szervetlen csapadékokhoz való adhéziójával, és/vagy egymáshoz való tapadásával kezdődik, azután a granulátum növekedése, vagyis a szaporodás következik. A szemcse fokozatosan fejlődik ki. A lazán összeállt baktériumszemcse szerkezete erős kapcsolatban van a sejten kívüli polimerekkel. Ezek a szemcsék kedvező feltételek esetében nagyobbakká válnak, végül érett szemcsékké alakulnak (Öllös, 2010.).

A bioszemcséket a megfelelő rétegeiben savtermelő, hidrogén-hasznosító baktériumok, hidrogéntermelők, ecetsavtermelők és hidrogén-fogyasztó metántermelők alkotják (Öllös, 2010.).

A metántermelő baktériumoknak köszönhetően, az általuk előállított metángáz energiaforrásként szolgál a telep számára. A szennyvíztisztító telepen keletkező metángázt kazánban elégetve gőz formájában hasznosítják.

A **biogáz** a szerves anyagok mikroorganizmusok által anaerob körülmények között történő lebontása során képződő gázelegy. Körülbelül 45-70% metánt (CH_4), 30-55% szén-dioxidot (CO_2), nitrogént (N_2), hidrogént (H_2), kénhidrogént (H_2S), ammóniát és egyéb maradványgázokat tartalmaz (pl.: sziloxán, metil-merkaptánt (CH_3SH)) (Wikipédia).

A gáz leválasztását a háromfázisú szeparátora biztosítja (1. ábra). A diszpergált iszapszemcsék elválasztása, a biogáz leválasztása, az elválasztott iszap visszacsúsztatása az emésztőegységbe, az iszapágyazat kiterjedésének visszaszorítása a feladata (Pál, 2013.).



1. ábra. UASB reaktor 3 fázisú szeparátora (Pál, 2013.)

4.4. Utótisztítás

A szennyvíz az UASB reaktorról az utó-levegőztető medencébe kerül. Itt történik a szagsemlegesítés. A szagot okozó komponensek nagyobb részei beoldódnak a tisztított vízbe, de a szennyvíztelep teljes szagmentesítése érdekében az utó levegőztető fölötti biofilter biztosítja a maradék szaganyagok teljes eltávolítását. Az utó-levegőztetőből a szennyvíz az oldott levegős flotáló műtárgyra kerül (térfogata 8 m^3), ahol az iszap pelyhek és a tisztított víz szétválasztása történik. Az oldott levegős flotálóba lehetőség van vas-klorid és polielektrolit adagolásra. Az oldott levegős flotálóból kilépő tisztított szennyvíz gravitációsan a közcatornába kerül (Pál, 2013.).

5. Betonkorrózió

5.1. Cement összetétel

A cement **hidraulikus kötőerő**vel rendelkező (víz alatt is kötő) szilárd halmazállapotú, porszerű anyag, vízzel pépszerűen keveredik, utána pedig megkötí, azaz megdermed, és végül **kőkeménnyé** válik (Biczók, 1956.).

Gyártási nyersanyaga a mészkő és agyag (márga) amelyeket igen finom őrlés után kemencékben **kiégetnek**. Azt égetést követően a kapott klinkerhez gipszkövet, esetenként kiegészítendő anyagot adagolnak, és ismét finommá őrlik. A gipszkövet kötésszabályzás céljából adják a cementhez.

Az égetése során szilikátok, alumínátok és ferritek képződnek. A cement típusától függően az alkotórészek aránya eltér. A portlandcementben a szilikátok aránya magas, ennek megfelelően gyakorta nevezik szilikátcementnek. A vizsgálatok alapján a legtöbb használt cement alkotói a kalciumoxid (CaO), a szilíciumdioxid (SiO₂), az alumíniumoxid (Al₂O₃), és a vasoxid (Fe₂O₃). Legnagyobb arányú alkotója az alumíniumhidroszilikát. Ezen kívül tartalmaz még magnéziumoxidot (MgO) és gipszkövet (CaSO₄ * 2H₂O) valamint egyéb szennyező anyagokat (Biczók,1956.).

A portlandcement (szilikátcement) hidraulikus hatóanyagait az 1. táblázat tartalmazza.

alit	trikalciumszilikát	3CaO*SiO ₂	C ₃ S
belit	dikalciumszilikát	2CaO*SiO ₂	C ₂ S
felit	trikalciumaluminát	3CaO*Al ₂ O ₃	C ₃ A
celit	tetrakalciumaluminátferrit	4CaO*Al ₂ O ₃ *Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

1. táblázat. Cement ásványok

C= CaO ; S=SiO₂ ; A=Al₂O₃ ; F=Fe₂O₃

A cement tulajdonságait nagymértékben befolyásolják a cementásványok. A legnagyobb arányban megtalálható ásvány az **alit**, ami a beton kezdőszilárdságát adja, ezen felül jó hidraulikus tulajdonságokkal rendelkezik. A **belit** az utószilárdulás folyamatában játszik szerepet, valamint a **felit** a szulfátállóságot eredményezi. A belit továbbá a gyors kötésért

felelős, ezért szükséges a gipszkő hozzáadása. A **celit** a beton időállóságát növeli (Biczók,1956.).

5.2. Hidratáció

A klinker, illetve a cement felsorolt ásványvegyületei víz **hozzáadására csekély hőfejlődés közben vizet kötnek meg**, azaz hidratálódnak. Kezdetben a vízfelvétel nagy, később egyre lassabb és egyenlőtlenül halad a szemcse belseje felé.

A kötési folyamatban három állapotot különböztetünk meg:

1. „**Sol**” **állapot**, amely kolloid-diszperz eloszlású anyag keletkezése, víz hozzáadásával.
2. A sol állapot „**gél**” **állapottá** koagulál, elveszti, statikus elektromos töltését ez által kocsonyásodik.
3. A kiszáradás folyamataként „a gél” állapotot a **kristályosodás** folyamata követ.

A beton szilárdságát befolyásoló tényezők egyike a víz-cementtényező, amely a víz és cement tömegarányát jelenti (Biczók,1956.).

5.3. Kémiai és fizikai korrózió

A betont a használat helyétől és módjától függően romboló, korróziós hatások érik. A korrózió lehet **fizikai, kémiai, biológiai**, illetve **külső és belső tönkremenetel**.

A cementkövel reakcióba lépő vegyületek hatására kémiai korróziós folyamatok mennek végbe. Ezek főbb típusait az 2. táblázat foglalja össze.

A típus	Kilúgozási korrózió	A ható közeg agresszivitását a kation minősége és mennyisége, valamint a keletkező kalciumvegyület oldékonyságát befolyásoló anion minősége és mennyisége határozza meg. A kilúgozást okozó, gyakrabban előforduló kationok: a nátrium, a kálium, a kalcium (500 mg/l oldatkonzentrációig), valamint az ionmentes víz. (Balázs, 1994.) A lágyvizek a hidrolízis során felszabaduló kalcium-hidroxidot kioldják, ezáltal csökken a beton pH-ja és a kalcium-szilikát-hidrátok és aluminát-hidrátok lebontását okozzák, amely a szilárdság csökkenését eredményezi.
---------	---------------------	---

	Cserebomlási korrózió	Az agresszív vegyület kationja a cementkő vegyületeit kedvezőbb tulajdonságúvá alakítja vagy oldását okozza. Leggyakoribb kation az ammónium és a magnézium. A magnéziumion főleg a talajvizekben található magnézium-karbonát formájában. A magnéziumsók a kalciumsókkal cserebomlásba lépnek, amely a beton széteséséhez vezet. Az ammóniumion főleg az ipari szennyvizekben, trágyalében, műtrágyában fordul elő nagyobb mennyiségben. Az ammóniumsók veszélyesebbek a magnéziumsóknál. (Balázs, 1994.)
B típus	Savkorrózió	A savak feloldják, a beton felületén lévő karbonátos réteget ez által megkönnyítik a mész kilúgozását. A betonkorróziót okozó leggyakoribb szerves savak: szénsav, kénsav, sósav, salétromsav. Szerves savak közül: ecetsav, tejsav, hangyasav (Balázs, 1994.).
	Lúgkorrózió	A betonra csak az erős lúgoldat ártalmas, mint pl. a tömény NaOH-oldat, amely elsősorban a kalcium-aluminát-hidrátot oldja ki a betonból oldható nátrium-aluminát formájában (Balázs, 1994.).
C típus	Térfogat-növekedést okozó kémiai reakciók	Ezt a korrózió típust szulfátos korróziónak is nevezik, mivel a szulfácion és a cementkő reakciója során megy végbe. A reakció folyamán kalcium-aluminát-szulfát-hidrát képződik. Ez a vegyület a cementbacilus (Balázs, 1994.).
	Térfogat-növekedést okozó kristályosodás	A ható vegyület oldat formájában felszívódik a pórusokba, majd a betonban kikristályosodik és a beton szerkezetét roncsolja. Kristályosodás okozta tönkremenetelt fatelítő üzemek betonjában is észleltek (Balázs, 1994.).

D típus	Szerves vegyületek okozta korrózió	A szerves vegyületek által okozott korrózió mechanizmusa nem teljesen ismert. Eredetük, vegyi összetételük szerint különbözőképpen hatnak a betonra. A ricinusolaj, vaj, állati zsírok, vagyis az észtertípusú vegyületek károsan hatnak a betonra. A beton $\text{Ca}(\text{OH})_2$-jával elszappanosodnak, lágyulást okoznak (Balázs, 1994.). Az ásványi olajok és zsírok a porózus betonra károsan hatnak, ha hosszabb ideig áztatják bennük, mivel sóképződés alakul ki. A savmentes ásványi anyagok is rongálják a betont, viszont a hatásuk elhanyagolható, mivel a beton kiszáradását követően közel visszanyeri eredeti tulajdonságait. Ezt a folyamatot reverzibilis korrózióknak nevezik.
---------	------------------------------------	---

2. táblázat. Kémiai korrózió típusai (Balázs, 2004.)

A betont külső fizikai erőhatások és igénybevételek is érik. Az egyik leggyakoribb tönkremenetelt a fagy okozza, mivel a fagyás közben (a kristályosodás következtében) növekszik a szilárduló víz térfogata és szétrepesztí a betont.

A fagyáshoz kapcsolódóan egy másik korróziós forma is megjelenik, ez pedig a sózás okozta károk. A téli időszakban kiszórt olvasztósók bejutnak a jég okozta repedésekbe, illetve a sózás miatt a betonból elvont hő hatására a betont úgynevezett hősokk éri. A betonban keletkező hőmérsékletkülönbségek miatt létrejövő feszültségek repedések kialakulásához vezetnek (Balázs, 2004.).

A beton tönkremenetelét a nagymértékű fizikai igénybevételek is okozhatják, illetve a növényzet gyökereinek repesztő hatása.

5.4. Biológiai korrózió

A szennyvízzel érintkező felületeken minden esetben mikroorganizmusok telepednek meg és biofilmet alkotnak. A biofilm a mikroorganizmusokon kívül az általa sejten kívül kiválasztott polimer hidrogélből áll, amely a felületre tapasztja a biomasszát. A polimert 50-95% víz mellett túlnyomórészt poliszaccharidok, ezeken kívül fehérjék, glükoproteinek és

lipoproteinek alkotják a szárazanyag 60-90%-ában, a többi a mikroorganizmus táplálékát képező beágyazott részecske.

Ebben az immobilizált állapotban különféle mikroorganizmusok állandósult társulásai („mikrokonzorciumok”), szinergikusan együttműködve, egyébként nehezen lebontható anyagokat is hasznosíthatóvá tesznek (Boros, 2002.).

A biofilm kialakulást három fázisra lehet osztani: indukciós szakasz, logaritmus növekedés és az állandósult szakasz.

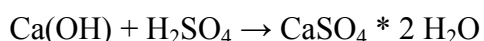
Az indukciós szakaszban az időbeni változás eltérő, még csak a kocsonyás, mikroszkopikus réteg kialakulása kezdődik el, amely lehetővé teszi a mikroorganizmusok megtelepedését, melynek során a réteg vastagsága annál gyorsabban növekszik minél vastagabb. Állandósult szakasznak azt az állapotot tekinthetjük, amikor már a képződés és a lebontás közti egyensúly beáll.

A mikroorganizmusok élete során kibocsátott anyagcseretermékei hatással vannak a megtelepedést biztosító felületre. Például a Thiobacillus-fajok anaerob körülmények között a kén redukált formáit, vagyis az elemi ként és a kén-hidrogént, energiaforrásként és elektrondonorként használva, kénsavvá oxidálják és erősen savas közegben (pH <1) is képesek szaporodni. A nitrifikáló baktériumok az ammóniumvegyületeket oxidálják salétromsavat termelve (Boros, 2002).

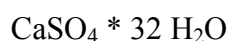
A beton csatornacsövek falára feltételezhetően elsőként a savtűrő mikroorganizmusok telepednek meg, amelyek a pH csökkenést segítik elő, ezzel ideális feltételeket teremtve a Thiobacillusnak. Tehát az egyik legveszélyesebb mikroorganizmus a betonra nézve, mivel az általa termelt kénsav savkorrózióhoz vezet.

A Thiobacillusok által előállított kénsav a cementkövön - gipszképződés révén – felületoldást okoz, valamint – kisebb mértékben – minerológiai modulussal alumíniumhidrátból ettringit keletkezik. Ezeknek az alapvető reakcióknak az ily módon történő végbemenetele biológiailag indukált betonkorrózióhoz vezet.

A gipsz képződése:



Az ettringit képződése:



Kénsav behatás esetén a cement-mátrix képezi a leggyengébb elemet a betonszerkezetben (különösen portlandcementek felhasználásánál), károsodhatnak azonban az adalékanyagok is (Farnady,1995.).

A szulfátredukáló baktériumok a szulfát-ion (SO_4^{2-}) és/vagy az elemi kén (S^0) redukciója során H_2S -t állítanak elő. Kén-hidrogén korrozív hatással van a betonra. Ipari alkalmazásokban szintén fontos, gyakran káros szerep jut a szulfátredukálóknak. Szennyvíztisztítóknak tipikusan nagy a szulfáttartalom, így a biofilmekben a végső lebontás akár 50%-áért is a szulfátredukció a felelős. Emellett viszont toxikus hatású kén-hidrogént termelnek, és elősegítik a fémek korrózióját is. A nagy nehézfém-tartalmú bányá- és szennyvizek megtisztításában ugyanakkor éppen szulfidtermelésük révén játszanak fontos szerepet (Makk, 2013.).

A nitrifikáció biotechnológiai szempontból fontos folyamat. Hasznosítására egyebek mellett a biológiai szennyvíztisztítási eljárásokban kerül sor. A szennyvizekben lévő ammónia oxidációját az aerob nitrifikáló baktériumok végzik, majd ezt követően az anaerob denitrifikáló baktériumok közreműködésével kerül sor a nitrifikáció során keletkező nitrátnak nitrogén gázzá történő redukciójára. A szennyvizeknek így történő nitrogén mentesítésével csökkenthető a természetes környezetek (pl. tavak) nitrogén terhelése, ami lassítja az eutrofizációs folyamatokat és megakadályozza a vízi élővilágra veszélyes oxigénhiányos állapotok kialakulását. A nitrifikáló baktériumok szaporodási rátája azonban csekély, ráadásul rendkívül érzékenyek a környezet kémhatásának és hőmérsékletének változására csakúgy, mint a szennyvizekben lévő toxikus anyagok jelenlétére (Borsodi, 2013.).

A nitrifikáló baktériumok egyes fajai képesek az anyacseréjük melléktermékeként salétromsavat termelni, ami biodeteriorációs folyamatokhoz vezet.

6. A szennyvízben tárolt betontestek vizsgálata

Az általam választott szennyvíztisztító telepek jó összehasonlítási alapot képezhetnek a beton tönkremenetele tekintetében, mivel az érkező szennyvíz minősége és a tisztítás során alkalmazott technológia eltér. A betonhasábok vizsgálati ideje egy éves intervallumon történik, mivel a beton utószilárdulása és a mikroorganizmusok fejlődése évekig is eltarthat. A vizsgálatokat a kihelyezéstől számítva negyedévente végezzük, ennek megfelelően az egyes mintavételi helyeken összesen négy darab hasáb lett elhelyezve.

A kihelyezett betonhasábok számát és a mintavétel helyét az 3. táblázat tartalmazza.

A mintavételi hely	Kihelyezett betonhasábok száma
Átemelő medence (Dreher)	4
Kiegyenlítő medence (Dreher)	4
UASB reaktor (Dreher)	8 (a beesett hasábok miatt újabb négy hasáb kihelyezése)
Homokfogó (Nagykátá)	4
C-TECH medence (Nagykátá)	8 (a beesett hasábok miatt újabb négy hasáb kihelyezése)

3. táblázat. Kihelyezett betonhasábok száma

6.1. A próbatestek készítése

A kísérlet első lépése a beton próbatestek elkészítése volt. A próbatestek CEM II /B-M 32,5 minőségű cement, víz és 8 mm-es szabványos szitán átszitált homokos kavics adalékanyag hozzáadásával készültek. A víz-cementtényező 0,54. A beton készítéséhez laboratóriumi keverőgépet használtunk, melyben először a száraz hozzávalókat kevertünk össze aztán következett a víz adagolása. A kész frissbetont 40x40x160 mm-es acélzsaluzatokba töltöttünk és rázóasztalra helyeztük. A tömörített beton szilárdsága megnő, a légbuborékok eltávolításával csökken a porózussága. A tömörítést csak a légbuborékok megjelenését követő felület kifényesedésig (cementpép megjelenéséig) kell végezni. Az elkészült próbatesteket 1 napos korukban – a kötési idő elteltével – kizsalasztuk, és a szabvány előírásainak megfelelően utókezeljük, tároltuk.

A betontestek összehasonlítása húzó-hajlító és nyomószilárdsági vizsgálatok alapján történik. Meghatároztuk a 2; 7; 14; és 28 napos próbatestek szilárdsági értékeit és a szennyvíztisztító telepen kihelyezett hasábok vizsgálatából származó értékeket ezekhez hasonlítottunk. A húzó-hajlítószilárdság vizsgálatánál 160x40 mm felületet koncentráltan terheltünk (6. kép). A nyomószilárdsági vizsgálatot a visszamaradt két darab fél hasábon végeztük (7. kép). A terhelt felület 40x40 mm. A kapott értékeket átlagolva kaptuk meg a végső eredményeket.



6. kép. Húzó-hajlító szilárdsági vizsgálat



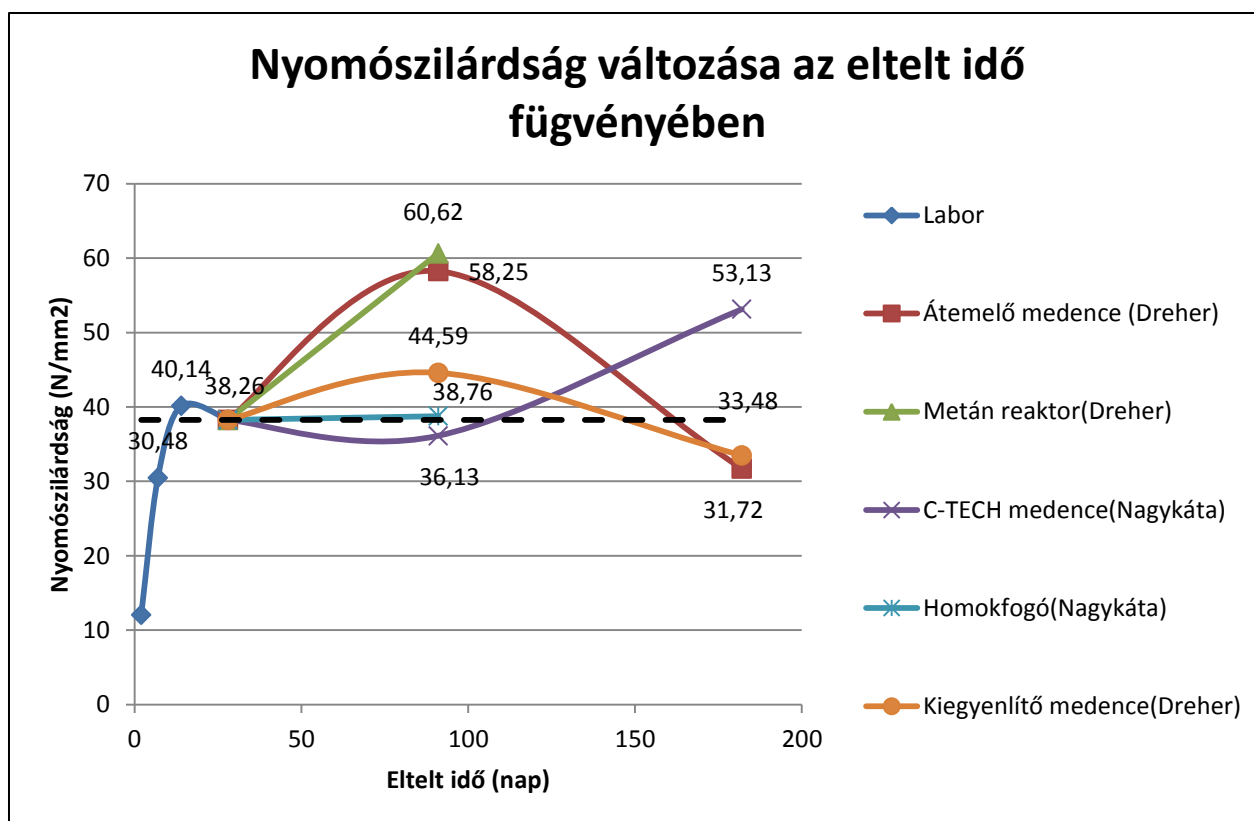
7. kép. Nyomószilárdsági vizsgálat

Az eredmények jól mutatják, hogy a készített beton nyomószilárdsági értékei alapján C25/30 osztálynak felel meg.

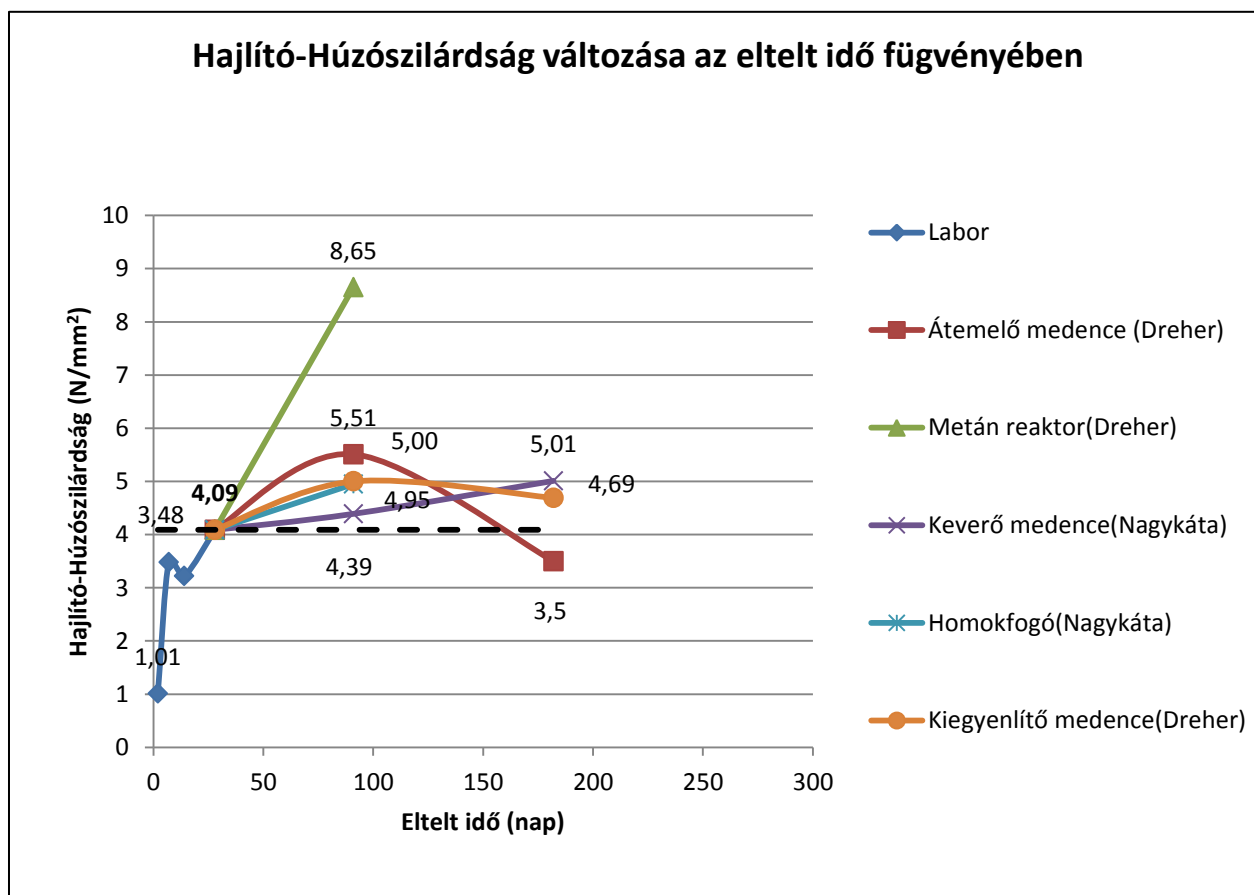
A készítés során nem alkalmaztunk adalékanyagokat, illetve a cement minősége is általánosnak mondható. Szempont volt egy általánosságban használt betonminőség készítése, mivel a szabványok által előírt szulfátálló cementet tartalmazó beton korróziója jóval lassabb, kevésbé látványos lett volna a vizsgált időintervallumon.

6.2. A beton próbatestek szilárdsági vizsgálata

A laborvizsgálati jegyzőkönyvek eredményeiből látszik, hogy a betontestek a várt szilárdsági értékek csökkenésével ellentétben növekedtek (6.4.1. diagram). Vélhetőleg a felkeményedés különféle kémiai reakciók eredménye. Továbbá a metánreaktor gázterében tárolt próbatest nyomószilárdságára vonatkozóan rendkívül nagy értékeket mértünk. A mérőberendezés által kifejtett maximális nyomóerő hatására sem ment tönkre a próbatest. A 6 hónapos eredmények már kismértékű gyengülést mutatnak. Ez az állapot figyelhető meg a hajlító-húzó szilárdsági értékeknél is (6.4.2. diagram). A szilárdságra vonatkozó mérési eredményeit a laboratóriumi jegyzőkönyvek 1. melléklete tartalmazza.



6.4.1. diagram. Nyomószilárdsági értékek változása



6.4.2. diagram. Húzó-hajlítószilárdsági érték változása

6.3. A próbatestek felületi korróziója

A beton felületén számos különféle elváltozás észlelhető annak megfelelően milyen tisztítási fázist végrehajtó medencébe volt kihelyezve. A kialakult **biofilm** eltávolítása után jól látszik, hogy a **felület sérült**, cementkioldódás jól kivehető, amely kémiai korrózióra utal (8. kép). A képen látható hasáb 3 hónapig ázott a Dreher átemelő medencéjében.



8. kép. Felületi korrózió

A technológiából, illetve a vegyszerhasználatból adódóan látszik, hogy a beérkező szennyvíz pH értéke **savas**, így jogosan feltételezett a **savkorrózió**. A betonra már az enyhe savak is veszélyt jelentenek. Ez a korróziós forma megfigyelhető továbbá a kiegyenlítő medencében is.

A korrózió egy másik típusa figyelhető meg a **metánreaktorból** kivett mintán. A biogáz kénhidrogén tartalma miatt **szulfát korrózió** figyelhető meg (9. kép). Megfigyelhető a felhólyagosodás, de főként csak a felületen, a szilárdsági értékeket a korrózió nem befolyásolta.

A betontest 3 hónapig volt a gáztérben.



9. kép. Metánreaktorban tárolt hasáb

A nagykátai szennyvíztisztító telepen áztatott hasábok felületén **nem történt eltérés** csak a betontestek színe változott. A homokfogóban 3 hónapig tárolt jóval sötétebb (11. kép), míg a C-TECH medencében 6 hónapig áztatotté csak enyhén színeződött el (10 kép).



10. kép. C-TECH medencében tárolt hasáb



11. kép. Homokfogóban tárolt hasáb

6.4. Mikrobiológiai vizsgálatok

A szennyvíz okozta fertőzések, betegségek megelőzése érdekében védőoltásokkal rendelkezni kell. A vizsgálatot gumikesztyűben végeztük. A vizsgálatok a SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar Hidrológiai és Vízkémia laboratóriumában zajlottak.



12. kép. Mintalemez

A beton felületéről eltávolított biofilmet a **mintalemezre** helyeztük és kevés vizet adtunk hozzá (12. kép).

Az egyes mintákról készült jegyzőkönyveket az 2.-10. mellékletek tartalmazzák.

A mikroszkópos vizsgálat során a leggyakrabban használt nagyítás: **10/0,25**. Ezen nagyítás mellett tudtuk felismerni az egyes mikroorganizmusokat. A tízes szám az objektív nagyítását adja meg, míg a 0.25 számérték a felbontás mértékét.

A vizsgálati eredményeket a 2-9. mellékletek tartalmazzák.

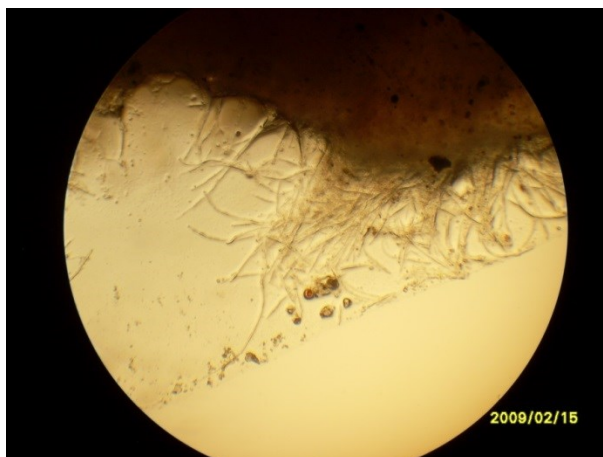
Az általam azonosított mikroorganizmusok rövid jellemzését az 5.4.1 fejezet tartalmazza.

Az mikroorganizmusok szaporodásával kapcsolatos becslések nem voltak helytállóak, hiszen nem mondható minden esetben, hogy a fejlődés exponenciálisan növekedett. A kevés adat hiányában még nem vonhatók le érdemleges következtetések a biofilm kialakulásával kapcsolatban.

6.4.1. Azonosított mikroorganizmusok ismertetése

Sphaerotilus natans

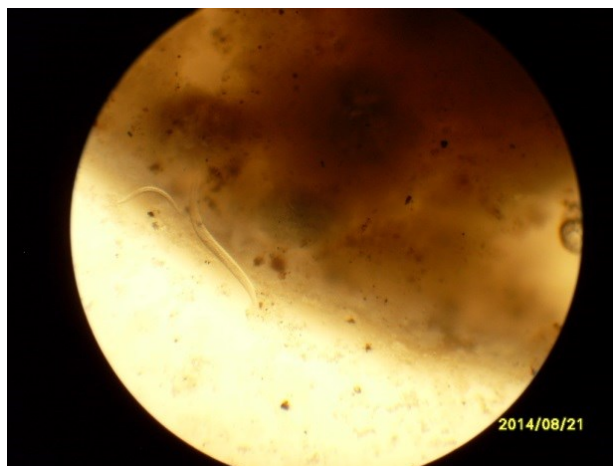
Aerob körülmények között szaporodó szennyvízgomba (13. kép). Fonalak alkotják, melyek bevonatot képeznek a megtapadt felületen. Pusztulása iszapképződéssel jár. Megfelelő mennyiségű oldott szervesanyag és oldott oxigén mellett gyorsan szaporodik, azonban nehezen pusztítható el (Öllös,1992.).



13. kép. *Sphaerotilus natans* 100x nagyításnál

Nematoda

Fonalférgek törzsébe tartozik. Növényi és állati parazita (14. kép). A szabadon élő fajok szerves törmelékkal, algákkal, gombafonalakkal, növényi nedvekkel, baktériumokkal táplálkoznak. A ragadozó fajok kisebb állatokat támadnak meg. Sok faj növényparazitává lett. Jelentős számban különböző állatfajok élősködői. Számos parazita faj köz- és állat-egészségügyi szempontból jelentős (Öllös, 1992.).



14. kép. Nematoda 100x nagyításnál

Aspidisca

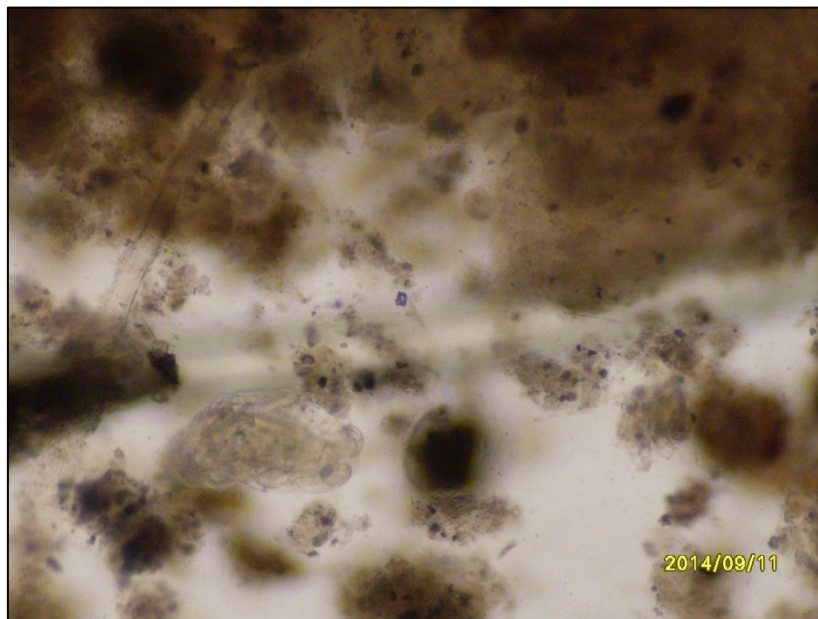
Csillós véglény (15. kép). Baktériumokkal, gombákkal és sejtörmelékkel táplálkoznak. Jelenléte a szennyvízben nitrátra utal. Főként a tisztított szennyvízben él (Öllös, 1992.).



15. kép. Aspidisca

Tardigrada

Főként növényi nedvekkel táplálkoznak, de előfordulnak ragadozó, parazita fajok is (16. kép). Önmegtermékenyítéssel szaporodnak. Rendkívül szélsőséges körülmények között megélnek (Öllös, 1992.).



16. kép. Tardigrada 100x nagyításnál

7. Összegzés, tapasztalok kiértékelése

A kiválasztott szennyvíztisztító telepek medencéiből már kivett betonhasábok mindegyikén látható a korrózió jele, azonban a mértéke eltérő. Az ipari szennyvíz a várakozásoknak megfelelően jóval agresszívabb a kommunális szennyvíztisztító telep szennyvizénél, ezáltal a vizsgálatok részben sikeresek voltak, mivel az eredmények jól mutatják a különbséget.

A kémiai korrózió ténye megállapítható. Várhatóan a következő betonhasábok kivételénél már jóval látványosabb lesz a tönkremenetel mértéke. Főként a Dreher Sörgyárak Zrt. UASB reaktor gázterében várható látványos korrózió.

A betonhasábok vizsgálatát nehezítette, hogy a kihelyezett betontestek némelyike beesett a medencébe, így újabb betonhasábok kihelyezésre volt szükség, ami miatt a vizsgálati idő hosszabb lesz a tervezettnél.

Az összes kihelyezett betonhasáb vizsgálata után remélhetőleg jól láthatóvá fog válni a korrózió típusa, melyből a helyes javítások, felületképzések, illetve a korróziós károktól védő bevonatok képezhetők.

További cél, hogy a biofilmet mikroszkópos vizsgálattal elemezzük, hogy megállapíthassuk milyen összefüggés tapasztalható a mikroorganizmusok megjelenése, biofilm vastagsága és a beton hasábok medencében eltöltött ideje között, valamint milyen tönkremeneteli folyamatok zajlanak le a betonhasábok felületén.

Felhasznált irodalom

- Dr. Dulovics Dezső, PhD (2002.): *Szennyvíztisztító rendszerek technológiai*, Hírcsatorna
- Öllös Géza (1994.): *Szennyvíztisztító telepek üzemeltetése I.*, Akadémia Kiadó, Budapest
- Lorx Viktor, Boroznaki Lajos (2014.): *Nagykátai szennyvíztisztító telep, ideiglenes kezelési útmutató*, Budapest
- Al Ebing, Global Water Engineering (2007.): *Process operation manual for the wastewater treatment & biogas plant with biogas reuse as fuel in a steam boiler of SAB DREHER BREWERIES LTD.*, Budapest
- Pál Zoltán (2013.): *Sörgyári szennyvíz anaerob kezelése során fejlődő biogáz mennyiségére ható tényezők vizsgálata*, diplomamunka
- Öllös Géza, Oláh József, Palkó György (2010.): *Rothasztás*, Magyar Víziközmű Szövetség
wikipedia.org/wiki/Biogáz
- Biczók Imre (1956.): *Betonkorrózió, betonvédelem*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Dr. Balázs L. György (2004.): *Építőanyagok II.*, HEFOP/2004/3.3.1/0001.01
- Makk Judit és társai (2013.): *Bevezetés a prokarióták világába*, ELTE, Budapest
- Borosdi Andrea és társai (2013.): *Bevezetés a prokarióták világába*, ELTE, Budapest
- Farnady Ferenc (1995.): *Biológiai betonkorrózió*, BETON szakmai havilap III. évf. 12. szám
- Öllös Géza (1992.): *Vízellátás és csatornázás kémiája és biológiája*, Tankönyvkiadó, Budapest

Ábrajegyzék

1.-15. kép. A szerző felvétele

15. kép. Aspidisca

<http://pinkava.asu.edu/starcentral/microscope/portal.php?pagetitle=assetfactsheet&imageid=27178>

16. kép. Tardigrada 100x nagyításnál

A szerző felvétele

1. ábra. UASB reaktor 3 fázisú szeparátora

Pál Zoltán (2013.): *Sörgyári szennyvíz anaerob kezelése során fejlődő biogáz mennyiségére ható tényezők vizsgálata*, diplomamunka

1. táblázat. Cement ásványok

Biczók Imre (1956.): *Betonkorrózió, betonvédelem*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

1. táblázat. Kémiai korrózió típusai

Dr. Balázs L. György (2004.): *Építőanyagok II.*, HEFOP/2004/3.3.1/0001.01

3. táblázat. Kihelyezett betonhasábok száma:

A szerző által készített táblázat

6.4.1. diagram. Nyomószilárdsági értékek változása

A szerző által készített diagram

6.4.2. diagram. Húzó-hajlítószilárdsági érték változása

A szerző által készített diagram