

**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

Készítette:

Farkas Erika, építőmérnök (BSc) hallgató

Konzulensek:

Leczovics Péter, mérnöktanár, ÉAI

Kiss Katalin, technológus mérnök, FCsM Zrt.

Budapest, 2016

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	4
2	Szennyvizek általános ismertetése	5
2.1	Szennyvizek gyűjtése, elvezetése röviden	5
2.2	A szennyvíz tisztítása	6
3	A nagykáti kommunális szennyvíztisztító telepi technológia ismertetése.....	7
3.1	A beérkező szennyvíz mechanikai tisztítása.....	7
3.2	A szippantott szennyvíz elhelyezése	10
3.3	Biológiai tisztítás	10
3.4	A tisztított szennyvíz elvezetése	13
4	Dreher Sörgyárak Zrt. szennyvíztisztító telep bemutatása	14
4.1	Mechanikai előtisztítás.....	14
4.2	Biológiai tisztítás	15
4.3	UASB reaktor	15
4.4	Utótisztítás	17
5	Vízépítési műtárgyak tervezése	18
5.1	A vízépítési műtárgyakkal szembeni követelmények	18
5.1.1	Vízzáróság.....	18
5.1.2	Repedésmentesség	20
5.1.3	Elmozdulás mentesség.....	21
6	A beton.....	21
6.1	A beton tervezése	21
6.2	A beton jelölése	22
7	Betonkorrózió.....	23
7.1	Cement összetétel.....	23
7.2	Hidratáció	24
7.3	Kémiai és fizikai korrózió.....	24
7.4	Biológiai korrózió.....	27
8	A szennyvízben tárolt betontestek vizsgálata.....	30
8.1	A próbatestek készítése	30
8.2	A beton próbatestek szilárdsági vizsgálata	32
8.2.1	Söripari szennyvíztisztító telep átemelő medencéjében mért eredmények	33
8.2.2	Söripari szennyvíztisztító telep kiegyenlítő medencéjében mért eredmények	35

8.2.3	Söripari szennyvíztisztító telep UASB reaktorában mért eredmények	36
8.2.4	Kommunális szennyvíztisztító telep homokfogó műtárgyában mért eredmények	39
8.2.5	Kommunális szennyvíztisztító telep C-TECH medence szelektor terében mért eredmények	41
8.2.6	Kommunális szennyvíztisztító telep C-TECH medencében mért eredmények	44
8.2.7	Beton próbatestek egymáshoz viszonyított szilárdsági értékei	46
9	Mikrobiológiai vizsgálatok	51
9.1	Söripari szennyvíztisztító telep átemelő medencéjében tárolt betonhasáb felületén kialakult biofilm vizsgálata	52
9.2	Söripari szennyvíztisztító telep kiegyenlítő medencéjében tárolt betonhasáb felületén kialakult biofilm vizsgálata	54
9.3	Kommunális szennyvíztisztító telep homokfogó műtárgyában tárolt betonhasáb felületén kialakult biofilm vizsgálata	57
9.4	Kommunális szennyvíztisztító telep C-TECH műtárgyában tárolt betonhasáb felületén kialakult biofilm vizsgálata	60
10	Azonosított mikroorganizmusok ismertetése	63
11	Összegzés, tapasztalok kiértékelése	65
12	Köszönetnyilvánítás	67
13	Irodalomjegyzék	68

1. Bevezetés

Napjaink egyik legfőbb feladata a környezetbe jutó káros anyagok mérséklése, illetve azok szükség szerinti 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 hidraulikai 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, 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. A tisztítás 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 (Dr. 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.) (továbbiakban: KvVM) a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól szóló Korm.rendelet határozza meg. A vizsgált telepekre más-más szabályok vonatkoznak. A KvVM attól függően, hogy hová vezetik a megtisztított szennyvizet külön határértékeket ír elő a kommunális és a söripari szennyvízre. Továbbá a 220/2004. (VII. 21.) a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól szóló Korm.rendelet tartalmazza azon szabályokat, amelyek betartása szükséges a befogadók védelme érdekében.

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 & Boroznaki, 2014.).

A telepen alkalmazott technológiai sorrendről készült áttekintést a *1. 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 rács

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, Szennyvíztisztító telepek üzemeltetése I., 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 & Boroznaki, 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 kicsapás a biológiai levegőztetett fázisban megy végbe. Az adagolás gépiesített, automata módon történik 2 darbadagoló szivattyú segítségével. A vassó adagoló szivattyúk vezérlése a tisztított szennyvíz foszfortartalmának és a nyers szennyvíz mennyiségének mérése alapján történik (Lorx & Boroznaki, 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 puffervedencét alakítottak ki. A tehergépjárművek tartályában érkező szennyvíz kézi rácsszűrés után a puffervedencébe kerül, ahol búvárkeverő biztosítja a káros leülepedések megakadályozását. Itt kerülnek elhelyezésre a csurgalékvizek is (Lorx & Boroznaki, 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 párhuzamos 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 üzemenben működnek. Minden ciklus tartalmaz töltési-levegőztetési, levegőztetési-anoxikus (szimultán, intermittáló denitrifikáció), ülepítési, dekantálási és fölősiszap elvételi ciklusokat (Lorx & Boroznaki, 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 & Boroznaki, 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 oxigénbevételét a mélybefúvós 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 & Boroznaki, 2014.).

A reaktorrészbe jutó szennyvíz befolyási pontjától a medence legtávolabbi részére telepítették a motorvezérelt, függesztett dekanter (5. kép). A dekanterek 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 bukóélei 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 & Boroznaki, 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 puffervedence 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 & Boroznaki, 2014.).

4. Dreher Sörgyárak Zrt. szennyvíztisztító telep bemutatása

A SABMiller cég leányvállalataként a Dreher Sörgyárak Zrt. nagy hangsúlyt 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 el tisztításuk 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 2. *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 része 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 estleges 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 NaOH-t 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 reaktorban állandósult szelekciós nyomásnak köszönhetően, amely a felszálló áramlási sebesség miatt alakul ki, a mikroorganizmusok egymáshoz tapadnak és szemcséket képeznek, amelyek azután jól ülepednek (Öllös, Oláh, & Palkó, Rothasztás, 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.

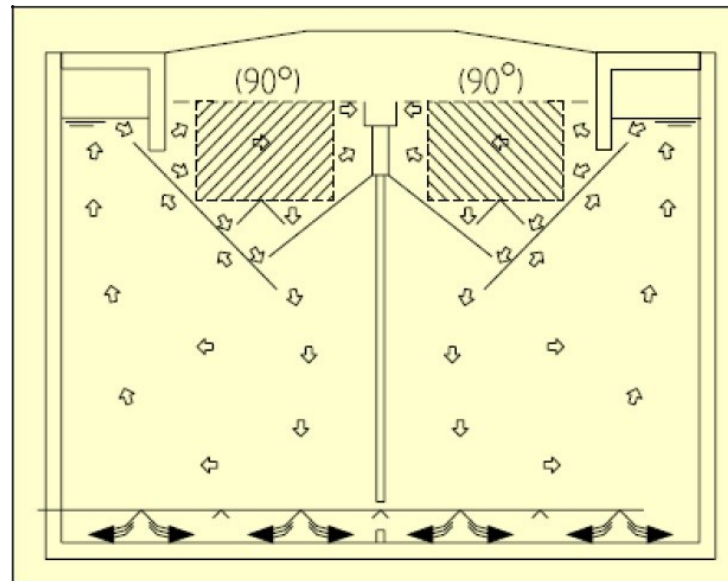
„A szemcséképződés (granulátum) a baktériumok inert anyagokhoz, szerves vagy szervesetlen csapadékokhoz való adhéziójával, és/vagy egymáshoz való tapadásával kezdődik, azután a granulátum növekedése, vagyis a szaporodás következik. A szemcse fokozatosan fejlődik ki. A lazán összeállt baktériumszemcse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

A bioszemcséket a megfelelő rétegeiben savtermelő, hidrogén-hasznosító baktériumok, hidrogéntermelők, ecetsavtermelők és hidrogén-fogyasztó metántermelők alkotják (Öllös, Oláh, & Palkó, Rothasztás, 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 szeparálása, a biogáz elkülönítése, az elválasztott iszap visszacsúsztatása az emésztőegységbe, az iszapágyazat kiterjedésének mérséklése a feladata (Pál, 2013.).



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

4.4 Utótisztítás

A tisztítás utolsó fázisában az utó-levegőztetőbe, majd a flotáló műtárgyba továbbítják a szennyvizet.

Az utó-levegőztetőben történik a szagok semlegesítése. A szagmentesítés során el kell távolítani azon maradék szaganyagokat is, amelyek nem oldódnak be a tisztított szennyvízbe. Az utó-levegőztető fölött elhelyezett biofilter segítségével eltávolítható a keletkezett teljes szaganyag.

Az oldott levegős flotáló műtárgyban szétválasztják az iszap pelyheket és a tisztított szennyvizet, továbbá a műtárgyban szükség esetén lehetőség van vas-klorid és polielektrolit adagolására. A tisztított szennyvizet ezt követően gravitációs csővezetéken keresztül a közcatornába vezetik (Pál, 2013.).

5. Vízépítési műtárgyak tervezése

A műtárgyak tervezése során kellően körültekintőnek kell lenni, hiszen a jövőbeli meghibásodások az adott település egészére és a környezetre is veszélyt jelenthetnek. A mérnöki feladatok összetett gondolkodást igényelnek.

A mérnöki tervezést megelőzően fel kell mérni az igényeket, majd ezt követően elemezni kell a gazdasági kockázatokat. A gazdasági analízis során ellenőrzik a létesítéshez, üzemeltetéshez és fenntartáshoz szükséges erőforrások megtérülésének hatékonyságát. Az előkészítő szakaszban ezen kívül még kockázat elemzést, környezeti hatástanulmányokat, illetve hidraulikai analízis is végeznek.

A tervezés fázisában a már felmért igények alapján kerül sor az alkalmazandó technológia meghatározására, a beérkező szennyvíz mennyisége és minősége, illetve a telepről kibocsátott tisztított szennyvíz előírt paramétereinek ismeretében.

A technológia ismeretében a következő fázisban a statikai, a gépészeti tervezés és az energetikai ellátás, valamint az úthálózatba való becsatlakozás biztosítása a feladat.

A vízépítési műtárgyak anyagára szigorú előírások vonatkoznak. A statikai tervezés része a megfelelő betonminőség meghatározása. A vízépítésben a legfőbb, legelterjedtebb építőanyag a beton, kellő szilárdságának, tömegének és tartósságának köszönhetően (Hegedűs, 2011.).

5.1 A vízépítési műtárgyakkal szembeni követelmények

A magas befektetési költségek miatt a vízépítési műtárgyak szerkezetére szigorúbb előírások vonatkoznak, mint a magasépítési létesítményekre. Az kész műtárgyakkal szemben támasztott legfőbb követelmények a vízzáróság, a repedésmentesség és az elmozdulás mentesség.

5.1.1 Vízzáróság

A vízellátás műtárgyai esetében fontos, hogy egészségügyi okok miatt megakadályozzuk a külső vizek bejutását a medencébe, vagyis az infiltrációt. A szennyvíztároló medencék esetében az exfiltráció elkerülése az elsődleges cél, a szennyvíz kiszivárgása a környezetbe.

A beton porózus, tehát képződő üregek és járatok találhatók a belsejében. A beton anyagszerkezete miatt a tökéletes vízzárás csak valamilyen más anyag felvitelével lehetséges.

A beton vízzáróságára vonatkozóan létrehoztak csoportokat, amelyet az alapján állapítottak meg, hogy a 24 órás vizsgálat során a külső felületet nem nedvesedik át, legfeljebb a beton egyharmada telítődik vízzel. Az így kapott csoportok a következők, melyeket az MSZ 4719 tartalmaz:

vz2	gyengén vízzáró	a próbatest 2 bar víznyomásnak áll ellen
vz4	mérsékelten vízzáró	a próbatest 4 bar víznyomásnak áll ellen
vz6	vízzáró	a próbatest 6 bar víznyomásnak áll ellen
vz8	különlegesen vízzáró	a próbatest 8 bar víznyomásnak áll ellen

Az EUROCODE ajánlása szerint a beton akkor vízzáró, ha 7 bar víznyomásnak 48 órán (korábban 5 bar víznyomásnak 72 órán) keresztül áll ellen, hasonlóan az előbb ismertetett vizsgálati módon.

A vízzáró beton jelölése (MSZ 4798-1:2004 szerint):

- vízzáró beton XV1(H), ha a vízbehatolás max. mélysége 60 mm
- fokozottan vízzáró beton XV2(H), 40 mm
- igen vízzáró beton XV3(H), 20 mm

Ezek a kritériumok közelítőleg az MSZ 4719 szabvány vz4, vz6 és vz8 kritériumainak felelnek meg (Mélyépítési vasbetonszerkezetek).

Mérsékelten vízzárónak tekintünk egy szerkezetet, ha az üzemi víznyomás esetén a szerkezet 1 m² felületen 24 óra alatt max. 0,4 l, vízzáró a szerkezet, ha max. 0,2 l, különlegesen vízzáró, ha max. 0,1 l víz szivárog át.

„Az MSz EN 1992-3:2011 fejezete foglalkozik a folyadéktárolók és tároló szerkezeteknek (kivéve az ivóvizet és élelmiszereket tároló szerkezeteknek) az alapszabványon túlmutató tervezési előírásaival” (Mélyépítési vasbetonszerkezetek).

A műtárgyak vízzáróságát biztosíthatjuk különféle vízzáró rétegek felvitelével és egyéb vízhatlan bevonatokkal. Bevonatra akkor lehet szükség, ha a beton önmagában nem

tudja kellőképp garantálni a vízzárást, például ha a szerkezet a vastagságából kifolyóan nem biztosítja a vízzárást. Amennyiben a kivitelezést követően valamely technológiai hiányosság miatt nem érhető el a vízzárás szintén alkalmazható alternatív megoldásként a bevonatok használata. A bevonatokat általában több mint 3 rétegben kell felhordani, melyek lehetnek cement-bázisú vakolatok, műanyag és műgyanta bevonatok.

A bevonatok korrózióvédelmi szempontból is alkalmazhatóak. Az agresszív talajvíz ellen védelmet nyújt a külső homlokfelület szigetelése, amely megakadályozza a szerkezet tönkremenetelét. Az 5000 mg/l szulfátkoncentráció feletti talajvíz esetén már a S54, S100-as szulfátálló cement használata sem elegendő, önmagában nem biztosít kellő védelmet (Mélyépítési vasbetonszerkezetek).

5.1.2 Repedésmentesség

A vízzáróság mellett biztosítani kell a szerkezet repedésmentességét. A megfelelő utókezeléssel a kialakuló repedések mérsékelhetőek oly módon, hogy a jövőben ne okozzanak problémát.

A repedések kialakulásának oka a zsugorodás, amely a beton szilárdulása során megy végbe. A zsugorodás során térfogat-csökkenés következik be, amely kialakulása összetett folyamat. A szilárdulás a cement ásványok hidratációja révén megy végbe. A hidratáció olyan kémiai reakció, amely során cementkő képződik. A folyamat során a kötésvíz fogyásával növekszik a betonban támadó feszültség, amely makro- és mikrorepedések kialakulásához vezet. A repedések kialakulásához vezető folyamat káros voltát még vizsgálják, hiszen a betonban a kötés során a kötésvíz csökkenésével létrejövő vízfilm alapvetően a szilárdság növekedéséhez, stabilizálásához járul hozzá. A vízfilm teljes elvonása a szilárdság csökkenéséhez vezet.

Amennyiben a repedések már kialakultak, függetlenül attól, hogy milyen okból keletkeztek, a felületre felhordott műanyag-bevonatok, amelyek repedés-áthordó képessége megoldást jelenthet a probléma orvoslására. (Mélyépítési vasbetonszerkezetek)

5.1.3 Elmozdulás mentesség

Az építmények kapcsán elvárt, hogy az elmozdulásuk meggátolt legyen, vagy olyan kismértékű, hogy az az építményre különösebb hatást ne fejtessen ki. A vízépítésben az elmozdulások nem engedhetők meg. A tervezés fázisában külön számításokat kell végezni a felúszás, a felborulás és az elcsúszás eshetőségeire. Az állékonyság vizsgálata a statikai tervezés részét képezi.

6. A beton

6.1 A beton tervezése

A beton szerkezetek készítéséhez használt beton időállóságát biztosítani kell, oly módon, hogy az üzemszerű használat során, valamint a megfelelő karbantartás mellett a tervezett élettartam során károsodás nélkül álljon ellen a környezeti hatásoknak és igénybevételeknek. A végleges jellegű építmények esetén az EN 1992-1-1:2005 (EUROCODE2) előírásai alapján 100 év (Dr.Kausay, 2011.).

A beton tartósságára vonatkozóan az EN 206-1:2014 szabvány környezeti osztályokat ír elő, melyek betartásával teljesíthető az előírt legalább 50 éves élettartam, vízépítési létesítmények esetén 100 év.

A környezeti osztályokat a *3 mellékletben* található MSZ EN 206:2014 és MSZ 4798:2015 alapján készült táblázat tartalmazza, melyek az MSZ 4798-1:2004 szabványhoz képeset újabb osztályokat tartalmaz, többek között kitér a szennyvíztelepeken alkalmazandó betonminőségekre is. Megkülönböztet ipari és kommunális szennyvízzel érintkező műtárgyakat.

A beton szükséges nyomószilárdsági osztályát erőteni számítással kell meghatározni. Az MSZ 4798:2015 betonszabványban előírt betonminőséget kell alkalmazni abban az esetben, ha a számított nyomószilárdsági érték kisebb, mint a szabványban meghatározott. A minimálisan alkalmazandó betonminőséget az *3. melléklet* tartalmazza.

6.2 A beton jelölése

A beton jelölése 2002 után megváltozott, az új jelölésben a megszilárdult beton testsűrűségére utaló betű áll, ami lehet HC (nehézbeton), C (beton), LC (könnyűbeton). Ezt követi a jellemző nyomószilárdság értéke, amely két számból áll, törtvonallal elválasztva. Az első érték a 150 mm átmérőjű és 300 mm magasságú próbahengeren, a második számjegy a 150 mm élhosszúságú kockán 28 napos korban mért szilárdsági érték. A környezeti osztály meghatározását a *5.1. fejezetben* ismerttettem. A környezeti osztály után az alkalmazott adalékanyag maximális szemnagyságát adják meg, majd ezt követi a beton konzisztenciájára vonatkozó jelölés (Bálint, 2005.).

Példa az előbb ismertetett jelölésekkel:

C 30/37-XD2-XV2(H)-24-S2-MSZ 4798-1:2015

Az új betonszabvány az MSZ-EN 206:2014, 2014 július 1.-től hatályba lépett, azonban a szerződő felek közös megegyezése alapján továbbra is alkalmazható a MSZ 4798-1:2004.

7. Betonkorrózió

7.1 Cement összetétel

„A cement **hidraulikus kötőerővel** rendelkező (víz alatt is kötő) szilárd halmazállapotú, porszerű anyag, vízzel pépszerűen keveredik, utána pedig megköt, 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 kötősszabályzás céljából adják a cementhez.

Az égetése során szilikátok, aluminátok 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 (SiO_2), az alumíniumoxid (Al_2O_3), és a vasoxid (Fe_2O_3). Legnagyobb arányú alkotója az alumíniumhidroszilikát. Ezen kívül tartalmaz még magnéziumoxidot (MgO) és gipszkövet ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) valamint egyéb szennyező anyagokat (Biczók, 1956.).

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

1. táblázat Cementásványok

Klinkerásvány megnevezés	Kémiai megnevezés	Kémiai vegyület jelölése	Szilikátkémiai jelölés
alit	trikalciumszilikát	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
belit	dikalciumszilikát	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
felit	trikalciumaluminát	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
celit	tetrakalciumaluminátferrit	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

C= CaO ; S= SiO_2 ; A= Al_2O_3 ; F= Fe_2O_3

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.).

7.2 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” állapot**tá koagulál, elveszti, statikus elektromos töltését ez által kocsonyásodik.
3. A kiszáradás folyamatoként „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.).

7.3 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.

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

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.” (Dr. Balázs, 2004.) A lágyvizek a hidrolízis során felszabaduló kalcium-hidroxidot kioldják, ezáltal csökken a beton pH-ja és a kalcium-szilikát-hidrátok és alumínát-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” (Dr. Balázs, 2004.).
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” (Dr. Balázs, 2004.).

	Lúgkorrozó	„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” (Dr. Balázs, 2004.).
C típus	Térfogat-növekedést okozó kémiai reakciók	Ezt a korrozó típust szulfátos korroziónak is nevezik, mivel a szulfátion és a cementkő reakciója során megy végbe. „A reakció folyamán kalcium-aluminát-szulfát-hidrát képződik. Ez a vegyület a cementbacilus” (Dr. Balázs, 2004.).
	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” (Dr. Balázs, 2004.).
D típus	Szerves vegyületek okozta korrozó	„A szerves vegyületek által okozott korrozó 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” (Dr. Balázs, 2004.). 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 korroziónak nevezik.

2. táblázat folytatása

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 szétrepeszti 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 (Dr. Balázs, 2004.).

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

A dolgozat nem vizsgálja a fellépő eróziós hatásokat, kizárólag a korrózióra szorítkozik.

7.4 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” (Dr. Boros, 2002.).

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

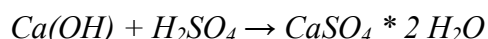
Az indukciós szakaszban az időbeni változás eltérő, még csak a kocsonyás, mikroszkopikus réteg kialakulása kezdődik el, amely lehetővé teszi a mikroorganizmusok megtelepedését, melynek során a réteg vastagsága annál gyorsabban növekszik minél vastagabb. Állandósult szakasznak azt az állapotot tekinthetjük, amikor már a képződés és a lebontás közti egyensúly beáll. E három fázis mellé figyelembe kell venni a medencékben, csatornáknál a szennyvíz áramlási sajátosságait, mely miatt a műtárgyak falán kialakuló biofilmréteg vastagsága és állapota változhat az ott kialakuló turbulencia miatt.

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*” (Dr. Boros, 2002.).

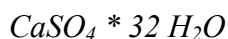
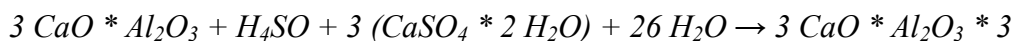
A beton csatornacsövek falára feltételezhetően elsőként a savtűrő mikroorganizmusok telepednek meg, amelyek a pH csökkenést segítik elő, ezzel ideális feltételeket teremtvén a Thiobacillusnak. Tehát az egyik legveszélyesebb mikroorganizmus a betonra nézve, mivel az általa termelt kénsav savkorrozóhoz 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 betonkorrozóhoz 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, ezért a szulfátredukálók gyakran káros jellege megfigyelhető az iparban. „*Szennyvíztisztítóknál tipikusan nagy a szulfáttartalom, így a biofilmekben a végső lebontás akár 50%-áért is a szulfátredukció a felelős.*” A fémek korróziója szempontjából a termelt „*toxikus hatású kén-hidrogén*” jelentős mértékű. „*A nagy nehézfém-tartalmú bányá- és szennyvizek megtisztításában ugyanakkor éppen szulfidtermelésük révén játszanak fontos szerepet*” (Makk, Borosdi, & és társai, 2013.).

A biológiai szennyvíztisztítás egyik fontos folyamata a nitrifikáció. „*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 szennyvizekben lévő nitrogén eltávolításával csökkenthető az élővizek terhelése, valamint csökkenthető a tápanyagfeldúsulás, az eutrofizáció folyamata. „*A nitrifikáló baktériumok szaporodási rátája azonban csekély, ráadásul rendkívül érzékenyek a környezet kémhatásának és hőmérsékletének változására csakúgy, mint a szennyvizekben lévő toxikus anyagok jelenlétére*” (Makk, Borosdi, & és társai, 2013.).

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

8. 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 betontestek kihelyezésénél további szempont volt, hogy a technológiai elemek ne sérüljenek, illetve a ne okozzanak áramlási zavarokat.

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

3. táblázat Kihelyezett próbatestek helye és száma

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

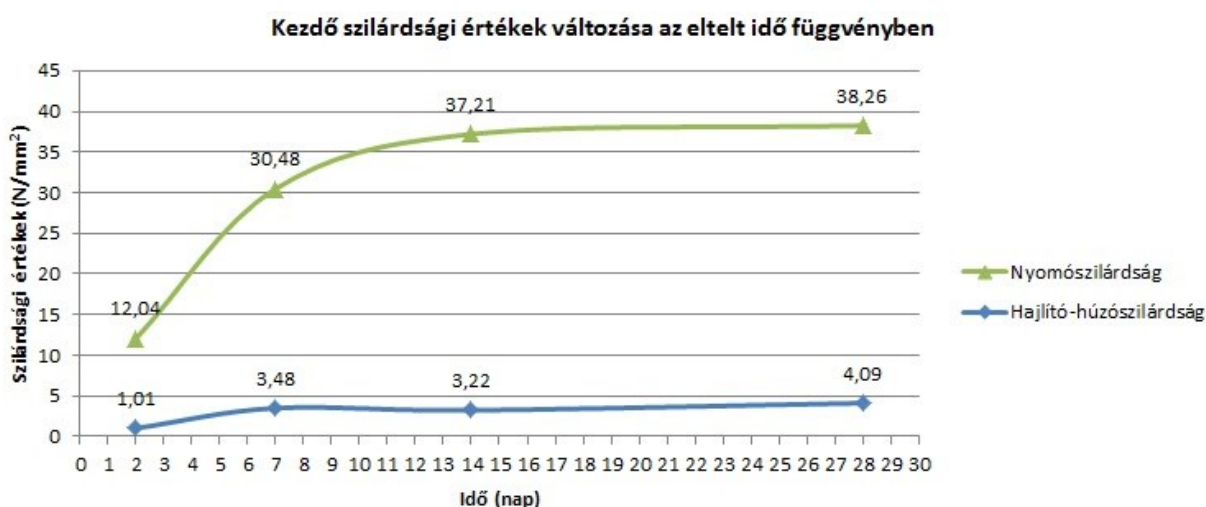
8.1 A próbatestek készítése

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 acélzaluzatokba töltöttünk és rázóasztalra helyeztük, melynek során 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 kötésidő elteltével – kiszalasztuk, és a szabvány előírásainak megfelelően utókezeltük, tároltuk.

A betontestek összehasonlítása húzó-hajlító és nyomószilárdsági vizsgálatok alapján történik. A vizsgálatot a Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Építéskivitelezési és Alaptárgyi Intézet Laboratóriumában, valamint egy részét a Budapesti Műszaki Egyetem Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék Czakó Adolf Laboratóriumában, amihez a használt ZWICK/ROELL Z150 típusú univerzális anyagvizsgáló gépet a TÁMOP 4.2.1/B-09/1/KMR 2010-0002 pályázat biztosította.

Meghatároztuk a 2; 7; 14; és 28 napos próbatestek szilárdsági értékeit és a szennyvíztisztító telepen kihelyezett hasábok vizsgálatából származó értékeket ezekhez viszonyítottuk (1. diagram). 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.



1. diagram Kezdő szilárdsági értékek változása



6. kép Húzó-hajlító szilárdsági vizsgálat menete



7. kép Nyomószilárdsági vizsgálat menete

Az eredmények jól mutatják, hogy a készített beton nyomószilárdsági értékei alapján C25/30 osztálynak felel meg. Az elkészült beton minősége a szilárdsági értékek kapcsán sem felel meg a szabványban előírtaknak, az alkalmazandó minimális betonszilárdsági osztály a C30/37 minőség lenne.

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 folyamat lett volna a vizsgált időintervallumon.

8.2 A beton próbatestek szilárdsági vizsgálata

A betonhasábok kihelyezésénél figyelembe vettem, a műtárgyak állapotát és a betont érő káros hatások mértékét. Ezen kritériumoknak megfelelően a sőripari szennyvíztisztító telepen elhelyezett betonhasábok más-más eredményeket kaptam. A továbbiakban az egyes medencékben tárolt mintadarabok nyomó- és hajlító-húzó szilárdsági értékeit mutatom be különválasztva az ipari és kommunális szennyvíztisztító

telepen mért eredményeket, majd ezt követően egy egyesített ábrán szemléltetem a betonhasábok egymáshoz viszonyított változásait.

8.2.1 Söripari szennyvíztisztító telep átemelő medencéjében mért eredmények

Az átemelő medencében, mint azt már a technológiai résznél ismertettem (4.1. fejezet), a mechanikai tisztítás fázisában a mintadarabok a nyers szennyvízzel érintkeztek. A tisztítatlan szennyvíz minősége eltérő, befolyásolhatja a gyártás. Az ipari szennyvíz minőség változása sztochasztikus, folyamatos mérésekkel a változás mértéke megállapítható.

Az egy éves vizsgálati intervallum alatt a beton felületén jól láthatóvá vált a korrózió okozta cementkioldódás. A felületen fokozatosan vált láthatóvá az adalékanyag, melyet a 8.-11. képek mutatnak be, illetve a beton színe is sötétebbé vált a kezdeti szürke színhez képest.



8. kép Az átemelő medencében 3 hónapig tárolt betonhasáb



9. kép Az átemelő medencében 6 hónapig tárolt betonhasáb



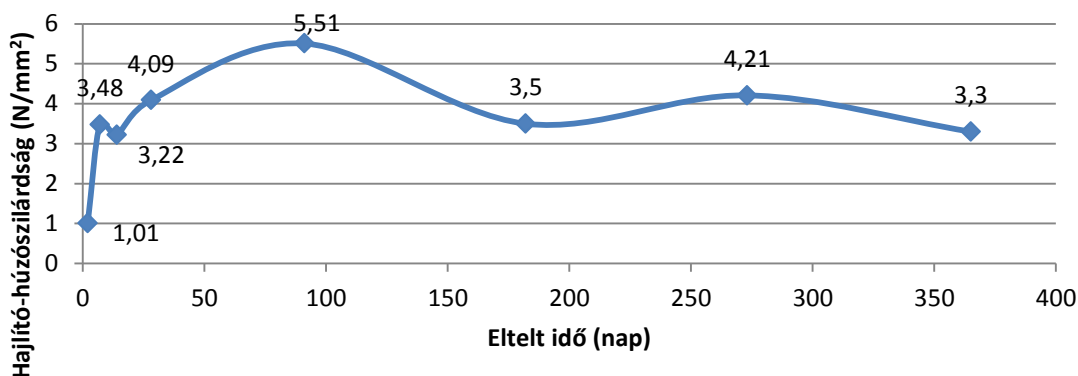
10. kép Az átemelő medencében 9 hónapig tárolt betonhasáb



11. kép Az átemelő medencében 12 hónapig tárolt betonhasáb

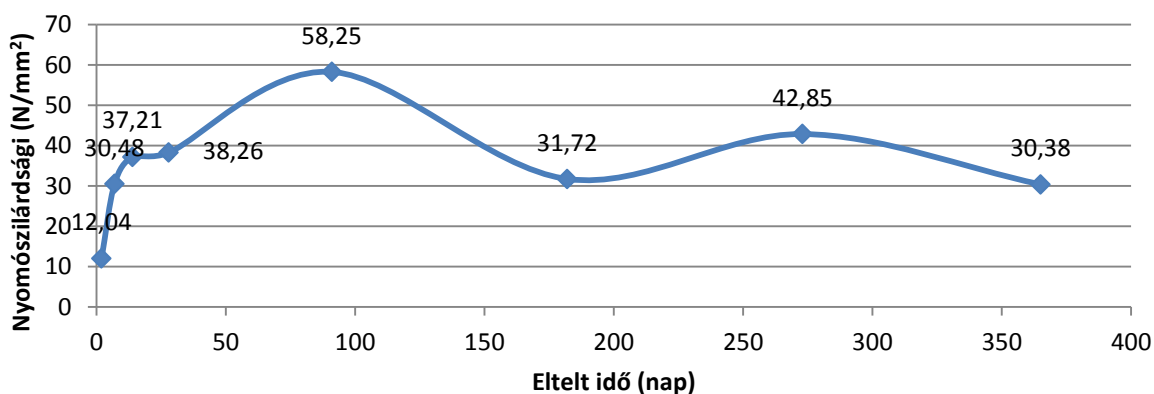
A vizsgálati idő előrehaladtával a szilárdsági értékek összességében csökkentek. A nyomó- és a hajlító-húzó szilárdsági értékek esetében is megfigyelhető, hogy a 3 hónapos betonhasáb felkeményedése következtében az értékek megnőttek, majd fokozatosan csökkenésnek indultak. A mért szilárdsági értékeket az 2. és 3. diagram mutatja be.

Átemelő medencében tárolt betonhasábok hajlító-húzószilárdsági értékeinek változása az eltelt idő függvényében (ipari szennyvíz esetén)



2. diagram Az átemelő medencében mért hajlító-húzószilárdsági értékek

Átemelő medencében tárolt betonhasábok nyomószilárdsági értékeinek változása az eltelt idő függvényében (ipari szennyvíz esetén)



3. diagram Az átemelő medencében mért nyomószilárdsági értékek

8.2.2 Sőripari szennyvíztisztító telep kiegyenlítő medencéjében mért eredmények

A biológiai tisztítás első műtárgyában, a kiegyenlítő medencében a betonhasábokat már egy jóval stabilizáltabb közeg érte. A pH kiegyenlítés során adagolt NaOH lúgkorrózió kialakulásához vezethet, azonban megfelelő hígítási arány mellett nem jelent veszélyt a betonra, a korrózió mértéke elhanyagolható. A felületi elváltozásokat a 12.-15. képeken látható, időrendi sorrendben.



12. kép A kiegyenlítő medencében 3 hónapig tárolt betonhasáb



13. kép A kiegyenlítő medencében 6 hónapig tárolt betonhasáb



14. kép A kiegyenlítő medencében 9 hónapig tárolt betonhasáb

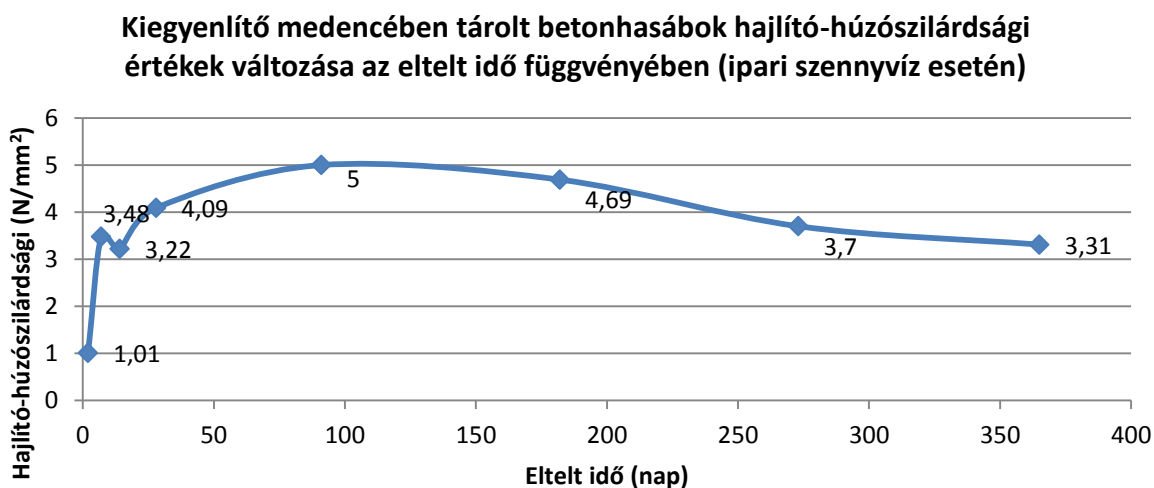


15. kép A kiegyenlítő medencében 12 hónapig tárolt betonhasáb

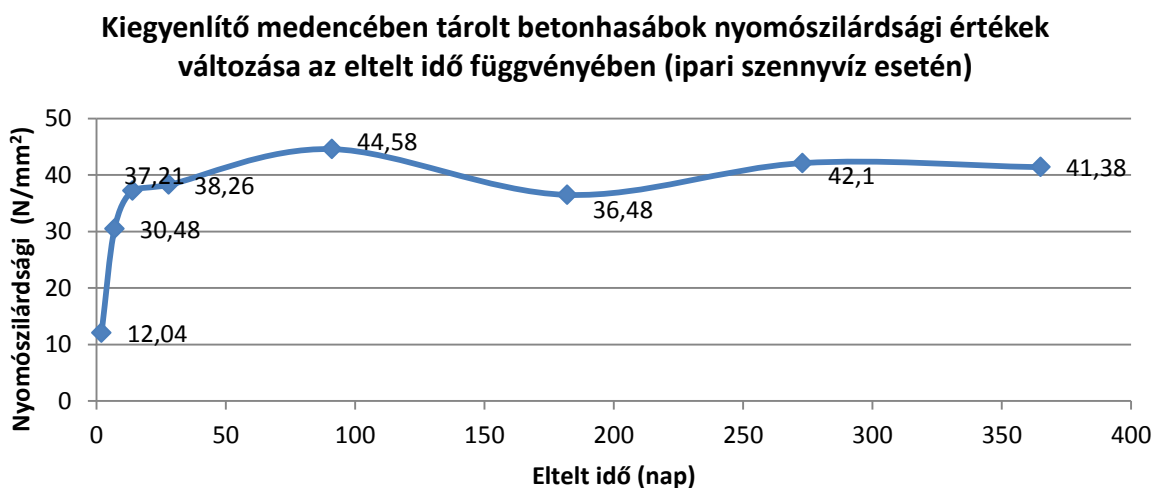
A vizsgálat során készült képeken jól látható, hogy a beton felületén a biofilm fokozatosan alakult ki. A biofilm, feltételezésem szerint egyfajta védőréteget alkotott, hiszen a kioldódott szemcséket a felületen tartotta, ezzel megakadályozva a korrózió

mélyebbre hatolását. A biofilm eltávolítása során, a beton felületén láthatóvá vált az adalékanyag, hasonlóképp az átemelő medencében tapasztaltakhoz. A korrózió mértéke kisebb volt a kiegyenlítő medencében, mint az átemelő medencében.

A kapott görbékre valószínűsíthetően hatással volt a pH szabályozás, a szabályozott közegben a kapott értékek is egyenletesebbek, melyek a 4. és 5. diagramon láthatóak.



4. diagram A kiegyenlítő medencében mért hajlító-húzószilárdsági értékek



5. diagram A kiegyenlítő medencében mért nyomószilárdsági értékek

8.2.3 Söripari szennyvíztisztító telep UASB reaktorában mért eredmények

A vizsgálat során az UASB reaktor gázterében mért értékek, illetve a felületen tapasztalt elváltozások a vártnál jóval nagyobb mértékűek voltak. A betonhasábon a

szulfátkorrózió jele látható, amelyet a 2. táblázatban ismertetett C- típusú korróziós formának felel meg.

A 3 hónapos mintánál megfigyelhető, hogy a beton még csak foltokban –főként az éleken- elkezdett felhólyagosodni és kristályosodni a felület (16. kép).



16. kép Az UASB reaktorban 3 hónapig tárolt betonhasáb felülete

A 6 hónapos minta esetében a szemrevételezést követően megállapítottam, hogy a felületen kialakult egy gél állagú réteg, amely könnyen eltávolítható volt (17. kép). A megtisztított felületen jól láthatóvá vált az agresszív kénes közeg okozta nagymértékű tönkremenetel (18. kép). Ennek következtében a szilárdsági vizsgálatok elvégzése nehézkes volt, mivel a keresztmetszet egyenetlensége befolyásolta a befogást.

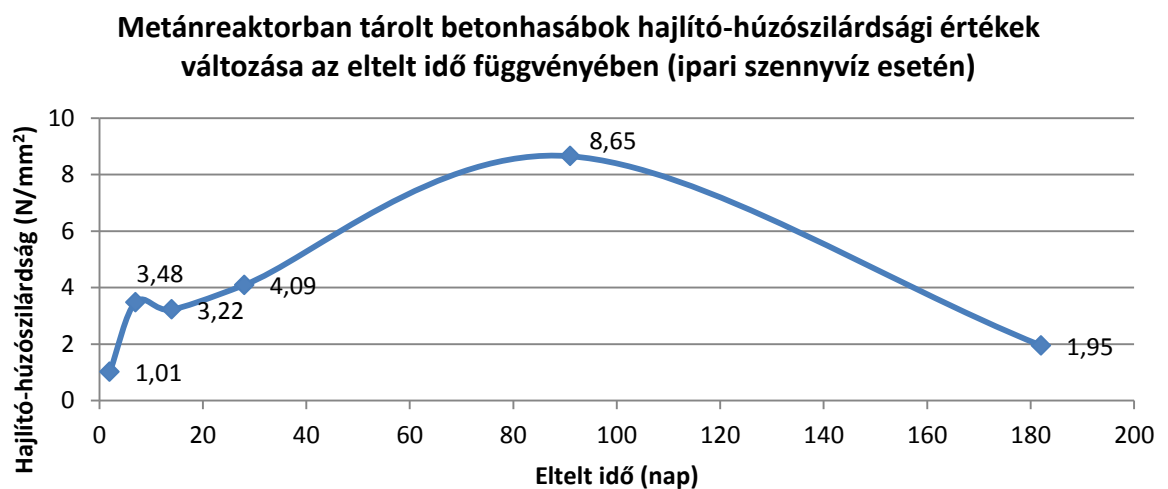


17. kép A UASB reaktorban 6 hónapig tárolt betonhasáb felületén kialakult gél állagú réteg

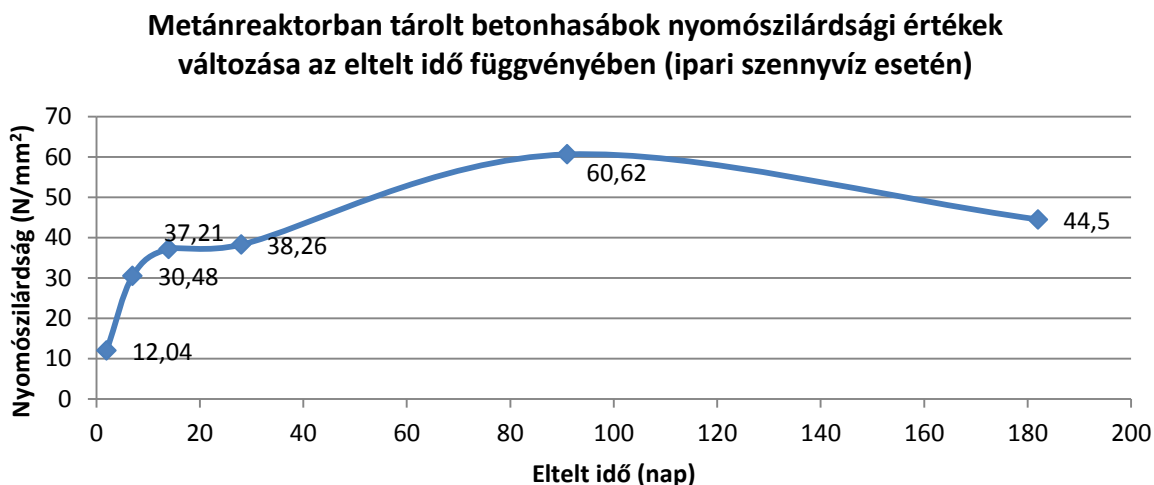


18. kép AZ UASB reaktorban 6 hónapig tárolt betonhasáb megtisztított felülete

A tervezett egy éves vizsgálati időintervallum a UASB reaktor esetében nem teljesült, mivel a többszöri kihelyezés ellenére is a minták megsemmisültek, beestek a reaktor folyadékterébe. A 9 és 12 hónapos eredmények hiányában csak az első két negyedév van ábrázolva az 6. és 7. diagramon.



6. diagram Az UASB reaktorban mért hajlító-húzószilárdsági értékek



7. diagram Az UASB reaktorban mért nyomószilárdsági értékek

8.2.4 Kommunális szennyvíztisztító telep homokfogó műtárgyában mért eredmények

A kommunális szennyvíztisztító telep homokfogó műtárgyában tárolt betonhasáb esetében a felületi elváltozások elhanyagolhatóak, a keletkezett sérülések az éleken figyelhetőek meg. A sérüléseket nagy valószínűséggel mechanikai hatások okozta, hiszen a levegőbefúvás következtében erőteljes áramlási viszonyok alakulnak ki. A homokfogó műtárgy technológiai ismertetése a *3.1. fejezetben* található.

Külső elváltozásként megfigyelhető, hogy a beton színe megváltozott, szürkéről feketére változott, ennek oka feltehetően az adagolt vas(III) szulfát-oldat. A betonhasáb fokozatos változását a *19.-22. képek* szemléltetik.



19. kép A homokfogó műtárgyban 3 hónapig tárolt betonhasáb



20. kép A homokfogó műtárgyban 6 hónapig tárolt betonhasáb

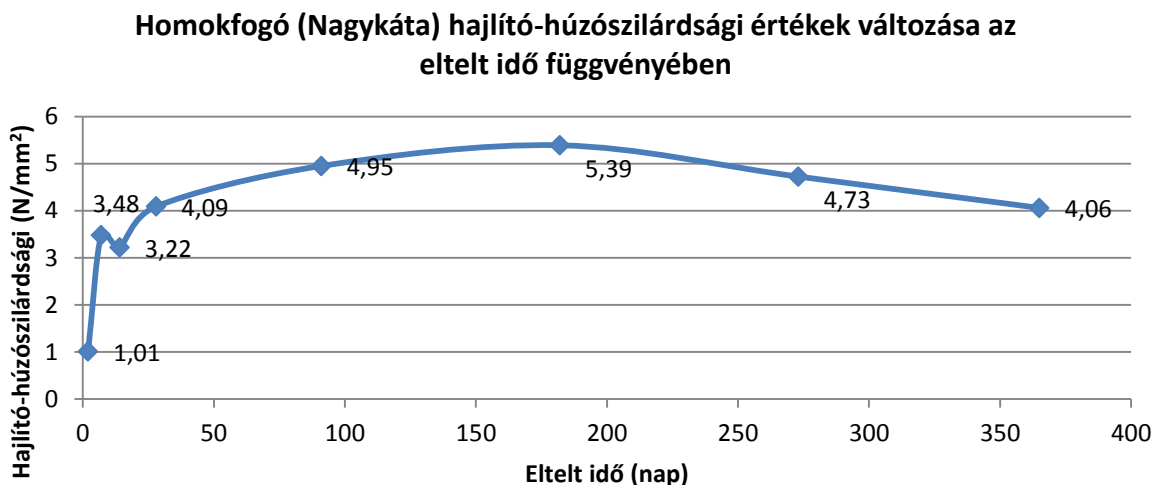


21. kép A homokfogó műtárgyban 9 hónapig tárolt betonhasáb

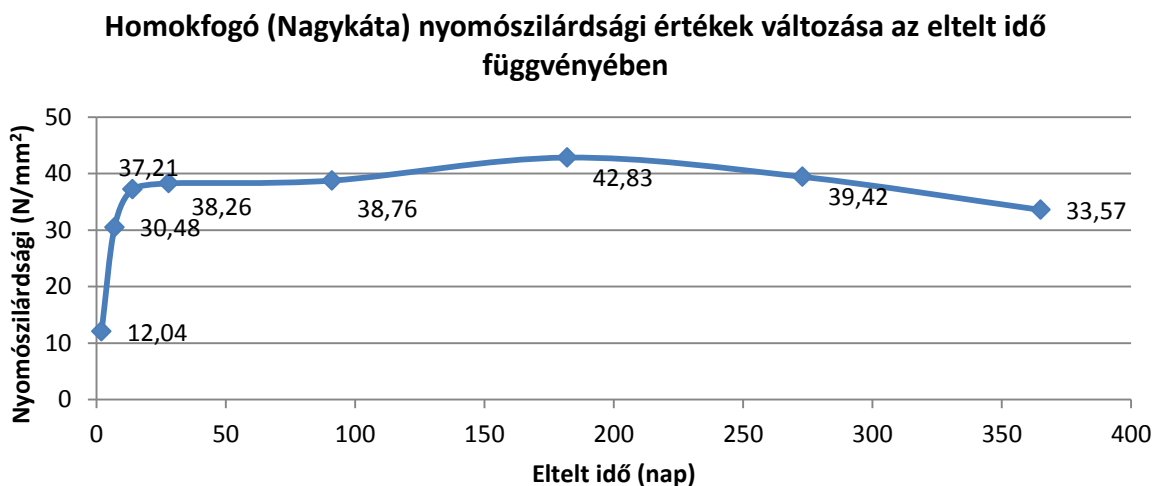


22. kép A homokfogó műtárgyban 12 hónapig tárolt betonhasáb

A szilárdsági vizsgálatok során mért eredmények a homokfogó műtárgy estében egyenletesen változtak. A beton minta 6 hónap után már csökkenő tendenciát mutatott a hajlító-húzó szilárdsági értékek vonatkozásában. Az egy éves időintervallumot követően a hajlító-húzószilárdság elérte a kiindulási, 28 napos korban mért értéket (8. *diagram*). A nyomószilárdság tekintetében az értékek fokozatos csökkenést mutatnak (9. *diagram*).



8. diagram A homokfogó műtárgyban mért hajlító-húzószilárdsági értékek



9. diagram A homokfogó műtárgyban mért nyomószilárdsági értékek

8.2.5 Kommunális szennyvíztisztító telep C-TECH medence szelektor terében mért eredmények

Az ülepítő medence, mint azt már a technológiai részben ismertettem (3.3. fejezet), szelektor térből és főreaktor térből áll. A főreaktor térben elhelyezett mintadarabok vizsgálatát külső körülmények megnehezítették, ezért a szelektortérben is helyeztem el betonhasábokat.

A mintadarabok felületén jelentkező korrózió mértéke nem számottevő az első 6 hónap esetében (23. kép, 24. kép). A következő negyedéves vizsgálat, azaz a 9 hónapos

vizsgálat során tapasztalható volt felületi elszíneződés, amely az eddigiekkel ellentétben nem fekete, hanem kék felületet eredményezett. Feltételezhetően a cement reakciója következtében (25. kép). Az egy éves betonhasáb már az eddig tapasztaltakhoz hasonlóan fekete színűvé változott, sárga foltokkal tarkítva azt (26. kép).



23. kép A C-TECH medence szelektorterében
3 hónapig tárolt betonhasáb



24. kép A C-TECH medence szelektorterében
6 hónapig tárolt betonhasáb



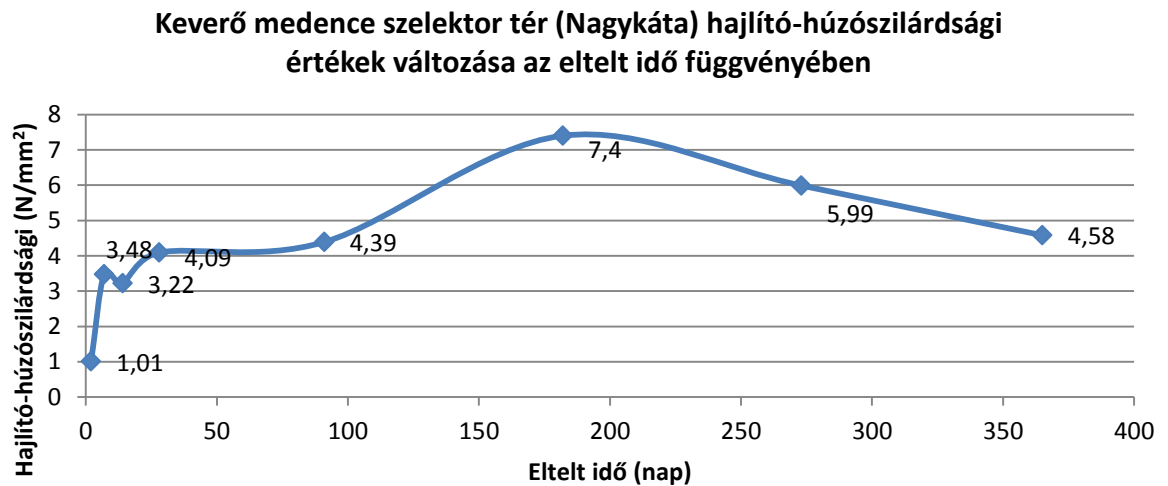
25. kép A C-TECH medence szelektorterében
9 hónapig tárolt betonhasáb



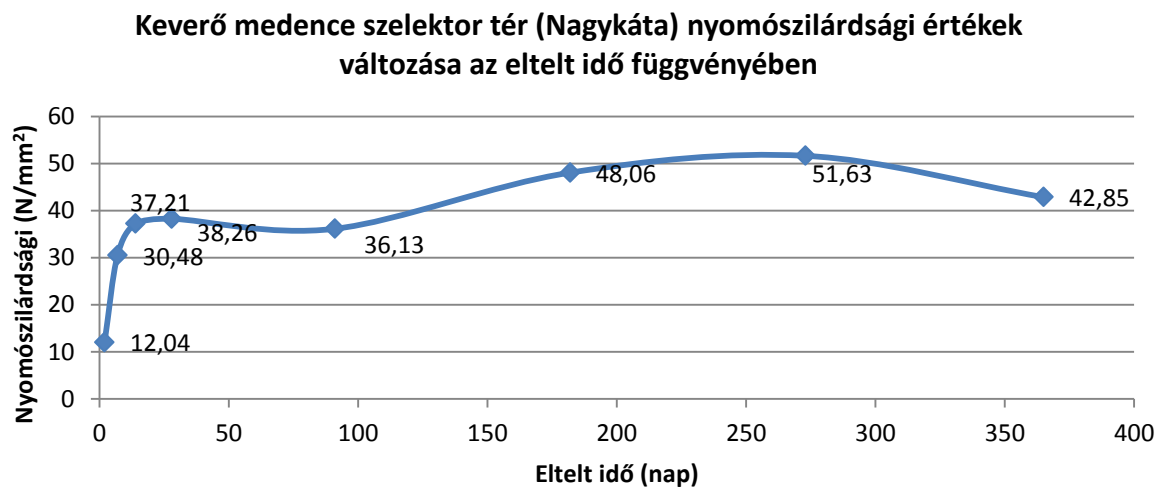
26. kép A C-TECH medence szelektorterében
12 hónapig tárolt betonhasáb

A szilárdsági értékek a homokfogó vonatkozásában mért értékekhez hasonlóan, az egy év leteltével közel a kiindulási, azaz a 28 napos szilárdsági értékhez közelítenek (10. és 11. diagram).

A kommunális szennyvíz kevésbé agresszív hatású, mint az ipari szennyvíz, ennek megfelelően a szilárdsági értékeknél sem mutatkoznak extrém magas vagy alacsony értékek.



10. diagram A C-TECH medence szelektorterében mért hajlító-húzószilárdsági értékek



11. diagram A C-TECH medence szelektorterében mért nyomószilárdsági értékek

8.2.6 Kommunális szennyvíztisztító telep C-TECH medencében mért eredmények

A betonhasábok kihelyezésénél fontos szempont volt, hogy a tisztítási folyamat minden fázisában modellezhető legyen a beton tönkremenetele. A kommunális szennyvíztisztító telepen a C-TECH medencébe helyeztem el elsőként a mintákat, azonban a negyedéves vizsgálati idő előtt a betonhasábok beestek a medencébe. A nem megfelelő rögzítési mód miatt a betonhasábok negyedéves vizsgálata meghiúsult (27. kép). A műtárgy tisztítása során a betonhasábok megkerültek, így folytattam a vizsgálatot. Mivel a betonhasábok a műtárgy aljára süllyedtek, így a további vizsgálat szempontjából fontosnak tartottam, hogy az iszapágyban tároljam továbbra is a mintákat. A vizsgálatot megnehezítette, hogy ismét beestek a próbatestek, melyeket a telepen dolgozók segítségével ismét megtaláltunk. A folyamatosan felmerülő problémák ellenére a fél és egy éves betontestek vizsgálatait el tudtam végezni.



27. kép Nem megfelelő rögzítés

A felületen jól látható, hogy a műtárgyban az iszapszemcsék kialakultak (28. kép).



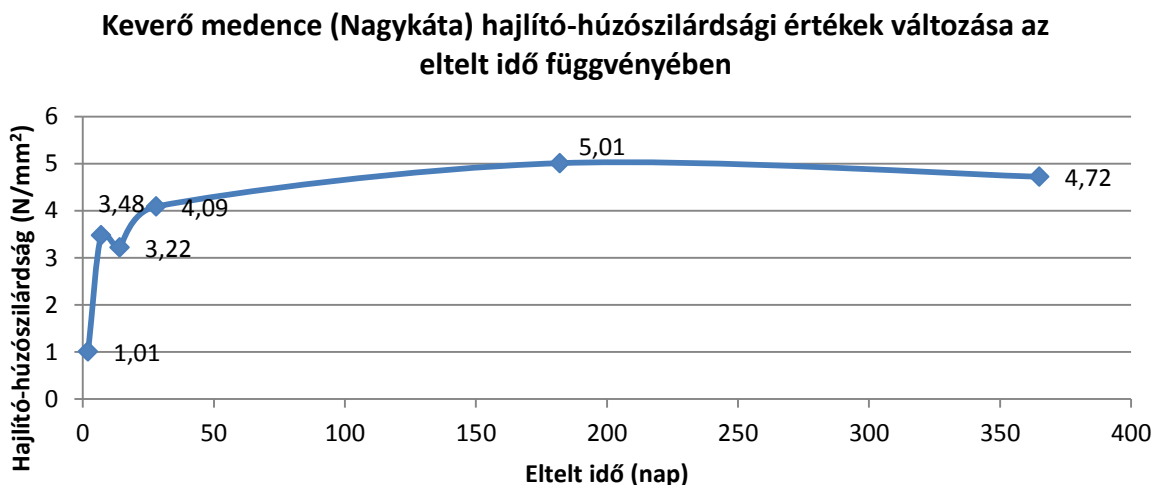
28. kép A C-TECH medence főreaktor terében 12 hónapig tárolt betontest felületén megtapadt iszapszemcsék

A megtisztított felületen jól látszik, hogy az iszap megvédte a betont. Az élek sem sérültek olyan mértékben, mint a már ismertetett hasábok estében, valamit színbeli eltérés sem látszik (29. kép).

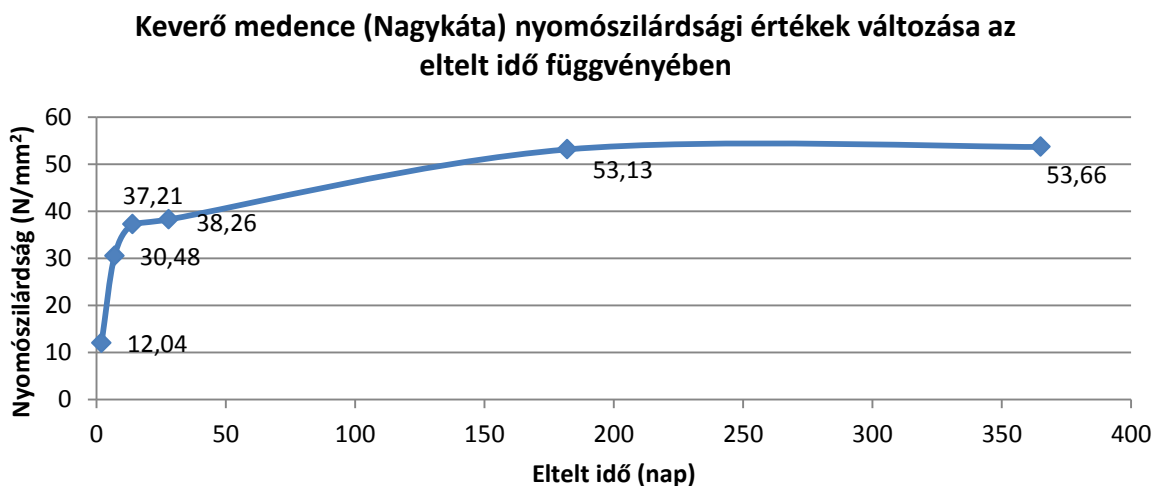


29. kép A C-TECH medence főreaktor terében 12 hónapig tárolt betonhasáb megtisztított felülete

A szilárdsági értékek ábrázolásánál, mivel a 3 és 9 hónapos mintavétel megghiúsult, ennek megfelelően csak a 6 hónapos és 12 hónapos értékeket tüntettem fel a 12. és 13. diagramon.



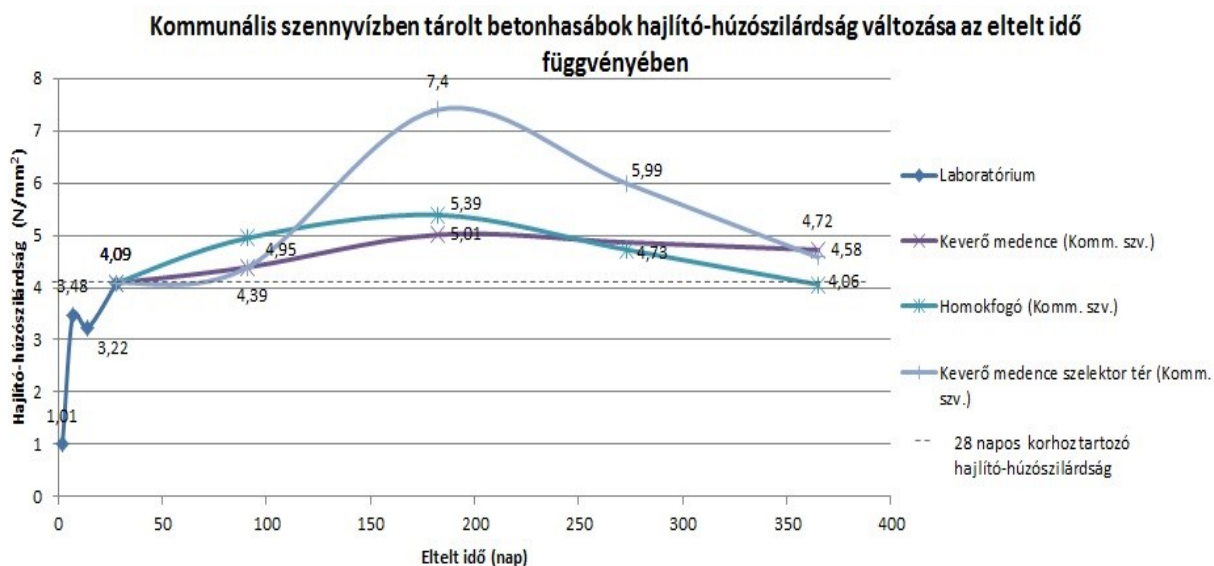
12. diagram A C-TECH medencében mért hajlító-húzószilárdsági értékek



13. diagram A C-TECH medencében mért nyomószilárdsági értékek

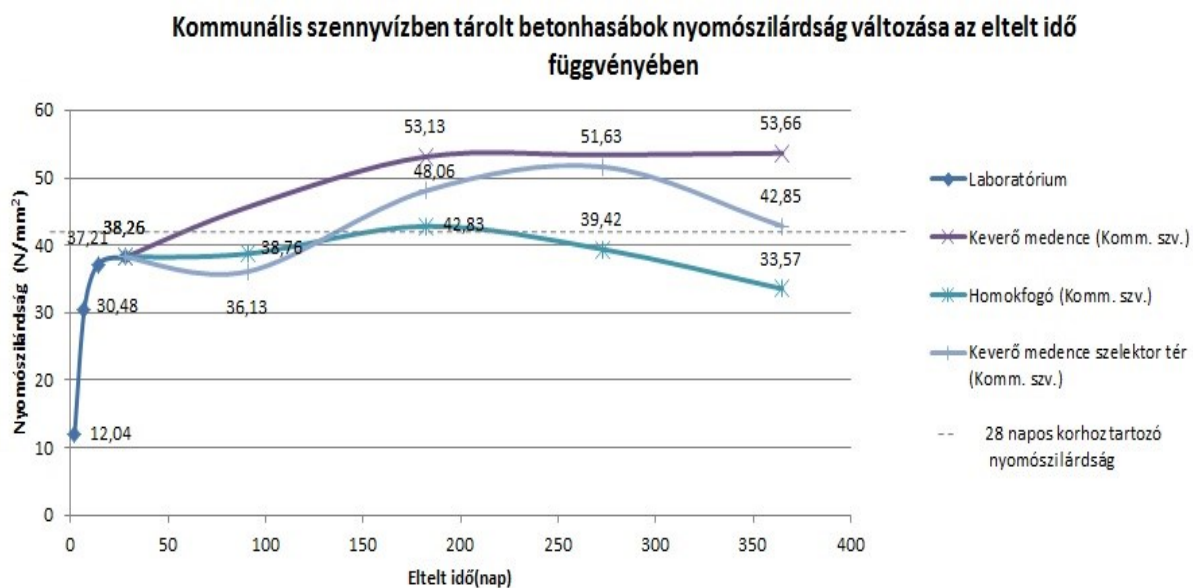
8.2.7 Beton próbatestek egymáshoz viszonyított szilárdsági értékei

Az egyes szilárdsági értékeket elsőként a különböző telepek bontásában értékeltem. A kommunális szennyvíz hatása kevésbé mondható korrodáló hatásúnak, mivel a mért adatok nem térnek el jelentős mértékben a 28 napos korban végzett vizsgálathoz képest. A szelektortérben kapott 6 hónapos hajlító-húzószilárdsági érték azonban jóval magasabb, mint a homokfogó és a keverő medence esetében. Az egy éves eredmények már szintén közel azonosnak tekinthetők (14. diagram).



14. diagram A kommunális szennyvíztisztító telep esetében mért hajlító-húzószilárdsági értékek

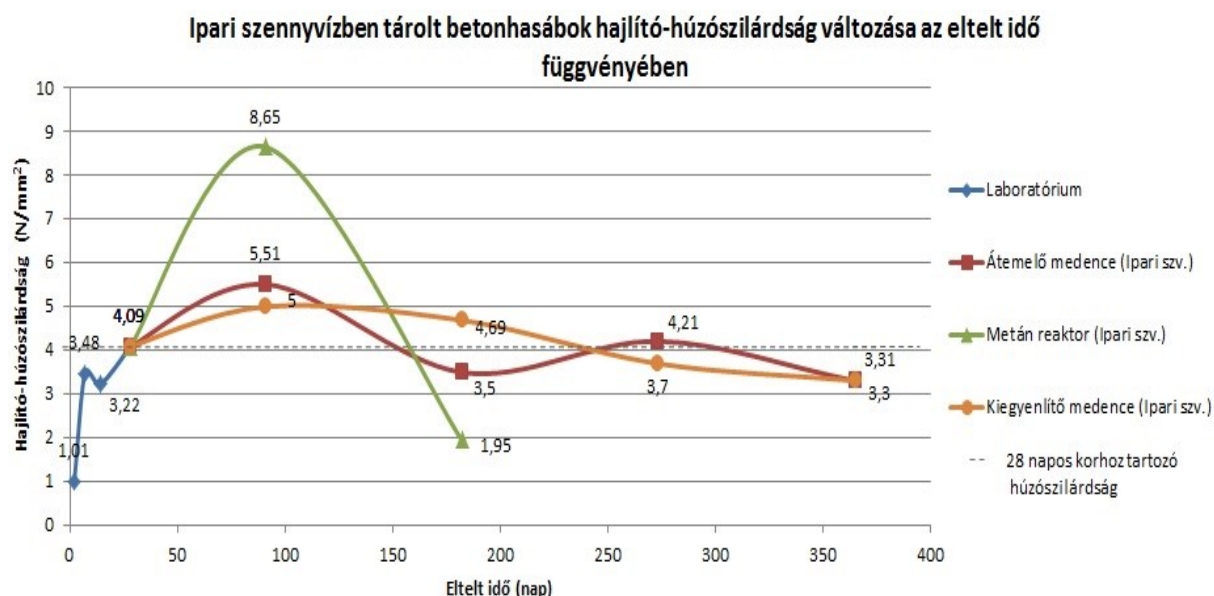
A nyomószilárdsági értékek egyenletes szilárdulási folyamatot mutatnak. Kivételt képeznek a keverő medence esetében mért értékek, mivel a 15. diagramon látható, hogy az értékek nem csökkentek, ezáltal a szilárdulási folyamat még nem záródott le.



15. diagram A kommunális szennyvíztisztító telep esetében mért nyomószilárdsági értékek

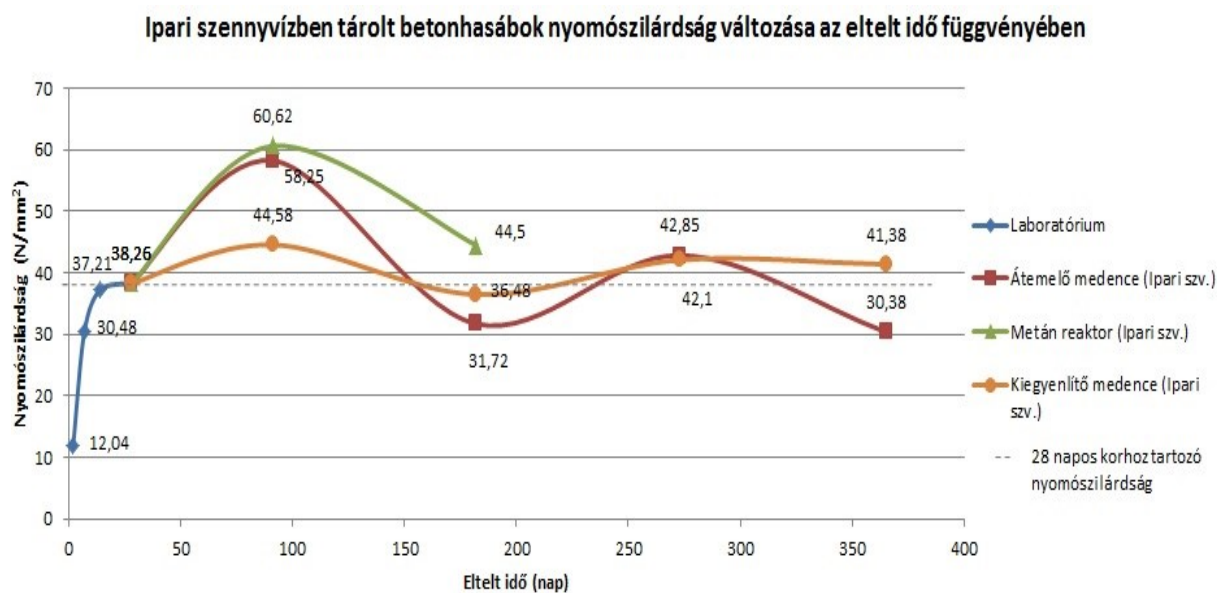
A söripari szennyvíz okozta szilárdsági értékek változása az egyes műtárgyak esetében eltérő. A görbék jellegükben sem hasonlítanak, hiszen az átemelőben lévő szennyvíz egy hullámszerű görbét eredményezett, míg a kiegyenlítő medence szilárdsági értékei egy csökkenő trendet mutatnak. A metánreaktorból kivett 3 hónapos korban mért

betonhasáb hajlítószilárdsági értéke szignifikáns növekedést látat, ezt követően hirtelen esésszerű csökkenés következett (16. diagram).



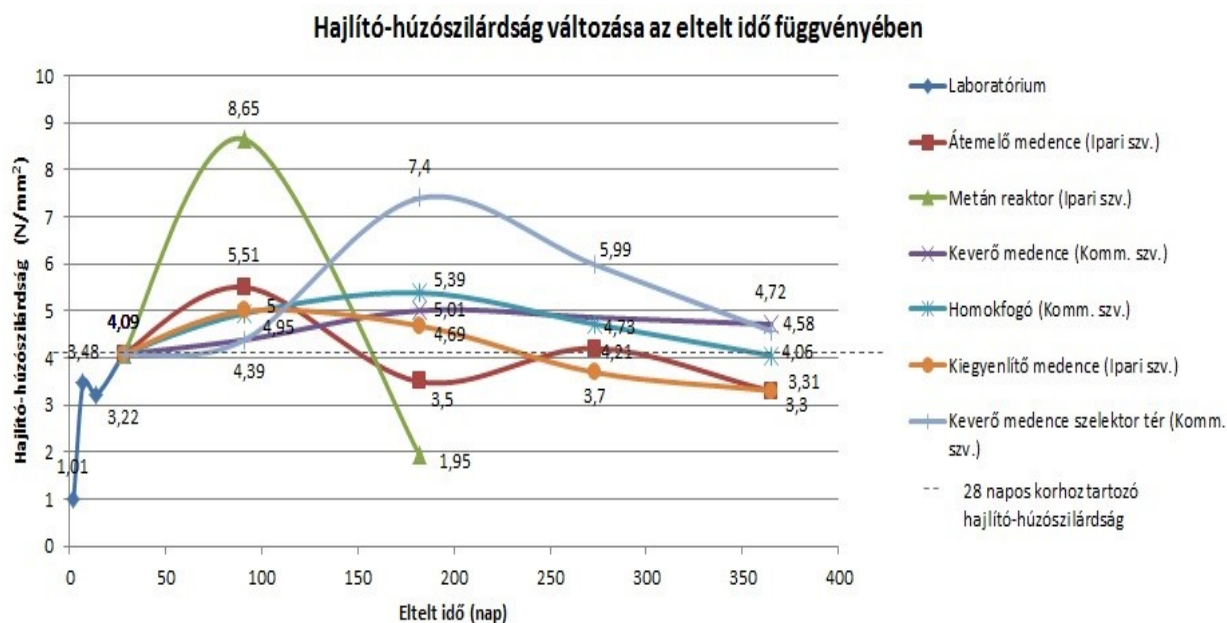
16. diagram Az ipari szennyvíztisztító telep esetében mért hajlító-húzószilárdsági értékek

A nyomószilárdsági értékek a hajlító-húzószilárdsági értékekhez hasonlóan alakultak. A metánreaktor görbéje nem mutat olyan nagyfokú eltérést, mint az előbbi esetben, de a felkeményedés folyamatának következtében szintén a legmagasabb eredményt kaptam a 3 hónapos próbatesten végzett törésteszt során. A kiegyenlítő medencében mért szilárdsági mutatók egyenletes szilárdulási folyamatra engednek következtetni (17. diagram).



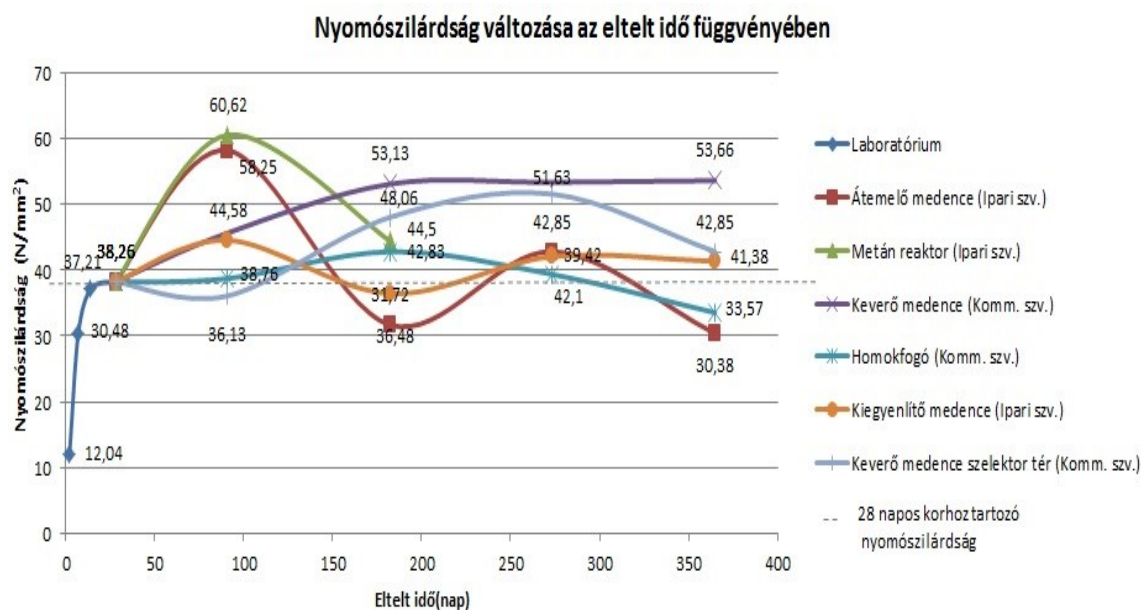
17. diagram Az ipari szennyvíztisztító telep esetében mért nyomószilárdsági értékek

Az ipari és kommunális telep szennyvize által kifejtett hatást a tisztítás egyes fázisaiban egy 3 és 6 N/mm² terjedelmű skálán lehet behatárolni. Ezen intervallumba tartozik az ipari telepen belül az átemelő medence, a kiegyenlítő medence, a kommunális telep műtárgyai közül a homokfogó és a keverő medence. A metánreaktor és a keverőmedence szelektor terében tapasztaltak kivételt képeznek, melyet a 18. diagram ismertet.



18. diagram A mért hajlító-húzószilárdsági értékek

A hajlító-húzó szilárdsági görbékkel ellentétben a nyomószilárdsági mutatók már szélesebb spektrumban mozognak. A műtárgyak szempontjából a nyomószilárdság változása jelent nagyobb veszélyt, hiszem a beton elsődleges szerepe nyomó igénybevételekkel szembeni ellenállás biztosítása. Az átemelő medence és kiegyenlítő medence esetében megfigyelhető, hogy a kezdeti 28 napos korban mért értéknél alacsonyabb értékek is szerepelnek. A beton szilárdulása évekig is eltarthat, ezért érdekes, hogy már a kezdeti egy évben is csökkenés tapasztalható (19. diagram).



19. diagram A mért nyomószilárdsági értékek

A felületi korrózió mértéke tehát befolyásolta a szilárdsági értékek változását. Az eredmények tükrében megállapítható, hogy a különböző minőségű szennyvizek, különböző hatást fejtenek ki a betonra. A műtárgy technológiai sorrendben betöltött szerepe, funkciója szintén befolyásolta a beton próbatestek vizsgálati eredményeit, valamint az adagolt vegyszerek minősége és mennyisége, illetve a kezeletlen nyers szennyvíz.

9. 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.



30. kép Tárgylemez

A beton felületéről eltávolított biofilmet a **mintalemezre** helyeztük és kevés desztillált vizet adtunk hozzá (30. kép).

A mikroszkópos vizsgálat során 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 kialakult biofilm vizsgálata nem valósult meg minden egyes próbatest esetén, kivételt képeztek az ipari szennyvíztisztító telep metánreaktorában és a kommunális szennyvíztisztító telep C-TECH medencéjében tárolt hasábok. Az említett mintadarabok felületén nem alakult ki biofilm vagy csak nagyon kis mértékben.

Terjedelmi okok miatt a dolgozatban csak a szemléltetésre legalkalmasabb felvételek szerepelnek, az egyes táblázatban név szerint szereplő organizmusokról részletesebb ismertetést a 10. fejezet tartalmaz.

9.1 Söripari szennyvíztisztító telep átemelő medencéjében tárolt betonhasáb felületén kialakult biofilm vizsgálata

A mikroszkopikus vizsgálatot minden esetben szemrevételezés előzte meg. Az átemelő medencében a biofilm szakaszosan alakult ki. Az átemelő medencében tapasztaltak alapján a biofilm vastagsága és kiterjedése nem mutatott egyenes arányú növekedést az idő előrehaladtával.

A beton, illetve a felületén megtapadt szennyeződések szagából egyértelműen lehetett következtetni az ipar jellegére, érzékelhető volt a szennyvíz sörös hatása.

Minden esetben a felületen a szűréshez használt kovaföld vagy perlit szemcsék nagyarányú jelenléte volt megfigyelhető, amely megnehezítette a minták vizsgálatát.

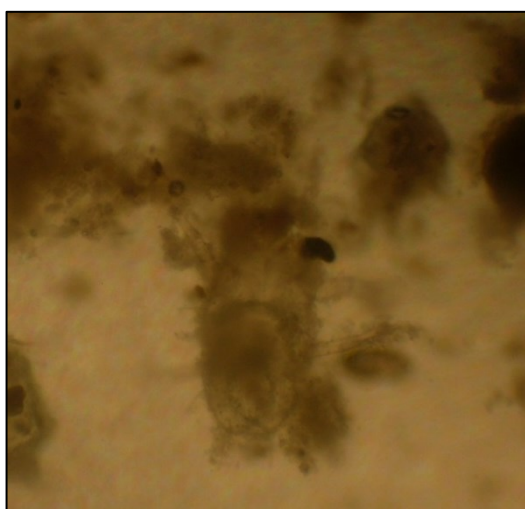
A részletes vizsgálati eredményeket a 4. táblázat tartalmazza, amely a szemrevételezés során érzékelt változásokat mutatja be, valamint az 5. táblázat ismerteti a biofilmben előfordult élőszervezeteket.

4. táblázat Átemelő medencében tárolt betonhasáb szemrevételezéses vizsgálata

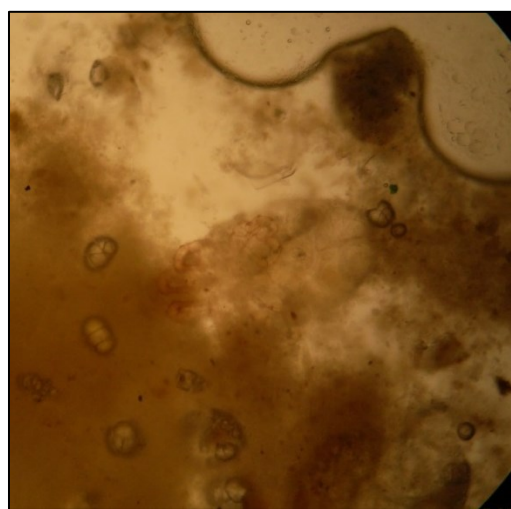
	3 hónap	6 hónap	9 hónap	12 hónap
Beton színe	Sötét, fekete	kissé sötétebb szürke, mint az etalonnak tekintett hasáb	Sötétszürke	Sötétszürke
Biofilm színe	Barnásszürke, sárgás foltokkal	Barnás fekete, sárga foltokkal	Fekete, szürke, helyenként sárga foltok	Sárgás-barna, világosbarna
vastagsága	1 mm	maximum 2 mm	maximum 0,5	nem megállapítható
Szag	Rothadó, komlós	Erjedt, sör jellegű	Erjedt, sörös	Sörös, erjedt
Állaga	Egyenetlen, homokos	Zselés, összefüggő	Foltokban alakult ki a biofilmréteg	Foltokban alakult ki, kis kiterjedésű
Egyéb	Nagyarányú lebegőanyag, perlit jelenléte	Nagyarányú lebegőanyag, perlit	Fehér perlitjelenléte	

5. táblázat Átemelő medencében tárolt betonhasáb mikroszkópos vizsgálata

Vizsgálati idő (hónap)				
3 hónap			6 hónap	
Egyed	Egyedszám	Megjegyzés	Egyedszám	Megjegyzés
Ostorosok	-		-	
Szabad mozgású csillósok	-		4	
Fonalférgek	-		5	Nematoda
Fonalasok	1 telep		-	
Egyéb		Buborékszerű csoportosulás, magas ásványi tartalom	Vízi atkához hasonló élőlény 3db	Nem beazonosított élőlény (31. kép)
Vizsgálati idő (hónap)				
9 hónap			12 hónap	
Egyed	Egyedszám	Megjegyzés	Egyedszám	Megjegyzés
Ostorosok	-		-	
Szabad mozgású csillósok	-		2	
Fonalférgek	-		2	Nematoda
Fonalasok	-		-	
Egyéb	Ásványi eredetű szemcsék	Főként a szűréshez használt perlit	Ásványi eredetű szemcsék, nem beazonosított élőlény	Nem beazonosított mikroorganizmus (32. kép)

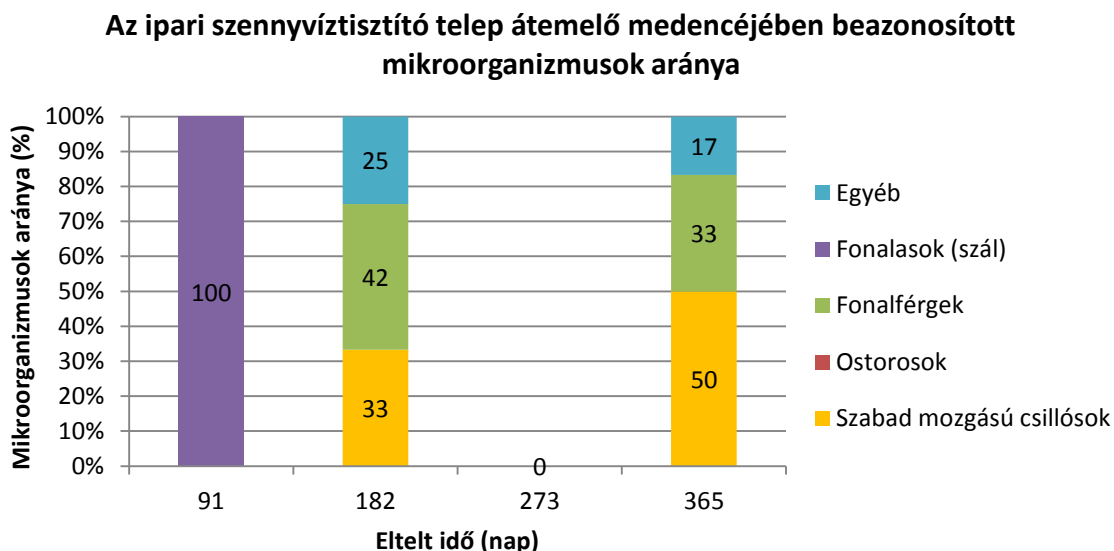


31. kép Nem beazonosított mikroorganizmus



32. kép Nem beazonosított mikroorganizmus

A mikroorganizmusok nagy részét a szabad mozgású csillósok képezik. Kezdetben csak növényi eredetű szálak voltak fellelhetők. Az azonosított mikroorganizmusok egymáshoz viszonyított százalékos ábrázolását szemlélteti a 20. diagram.



20. diagram Mikroorganizmusok aránya az átemelő medencében kialakult biofilmben

9.2 Söripari szennyvíztisztító telep kiegyenlítő medencéjében tárolt betonhasáb felületén kialakult biofilm vizsgálata

A szaghatások az átemelőhöz hasonlóan jól megkülönböztethetőek voltak a kommunális szennyvízétől, érezhető volt a sör jellegzetes szaga. A szemrevételezés során észlelt változásokat a 6. táblázat ismerteti.

A kiegyenlítő medencében a biofilm a vártnak megfelelően exponenciálisan növekedett, mind a kiterjedés, mind a biofilm vastagságának tekintetében. A 3 hónapig és a 12 hónapig tárolt betonhasáb felületén kialakult biofilm közötti különbség jól látható, melyet a 33. kép és a 34. kép mutat be. A részletes vizsgálati eredmények a 7. táblázat tartalmazza.



33. kép A kiegyenlítő medencében 3 hónapig tárolt betonhasáb felületén kialakult biofilm



34. kép A kiegyenlítő medencében 12 hónapig tárolt betonhasáb felületén kialakult biofilm

6. táblázat Kiegyenlítő medencében tárolt betonhasáb szemrevételezéses vizsgálata

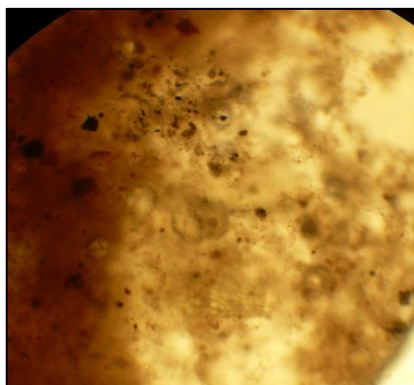
	3 hónap	6 hónap	9 hónap	12 hónap
Beton színe	Kissé sötétebb szürke, mint az etalonnak tekintett hasáb	Kissé sötétebb szürke, mint az etalonnak tekintett hasáb	Fekete, enyhén barnás árnyalatú	Szürke
Biofilm színe	Barnás-szürke	Barnás-sárgás	Barnás-sárga	Szürkés-barna
vastagsága	maximum 1 mm	maximum 3 mm	3 mm	3-4 mm
Szag	Erjedt, sör jellegű	Erjedt, sörös	Sörös jellegű	Enyhén sörös
Állaga	Foltokban kialakult, összefüggő	Homogén	Zselés, összefüggő	Zselés állagú, kiterjedt
Egyéb	A felületen csak foltokban alakult ki a biofilm	A felületen kialakult biofilmet nehéz volt eltávolítani	A felület sérült, cementkioldódás látható	

7. táblázat Kiegyenlítő medencében tárolt betonhasáb mikroszkópos vizsgálata

	Vizsgálati idő (hónap)			
	3 hónap		6 hónap	
Egyed	Egyedszám	Megjegyzés	Egyedszám	Megjegyzés
Ostorosok	-		-	
Szabad mozgású csillósok	4		-	
Fonalférgek	-		-	
Fonalsok	6 telep	Sphaerotilus natans	1 telep	Sphaerotilus natans
Egyéb		1 db állás egysejtű (35. kép)	Főként ásványi szemcsék	Nem beazonosított mikroorganizmusok

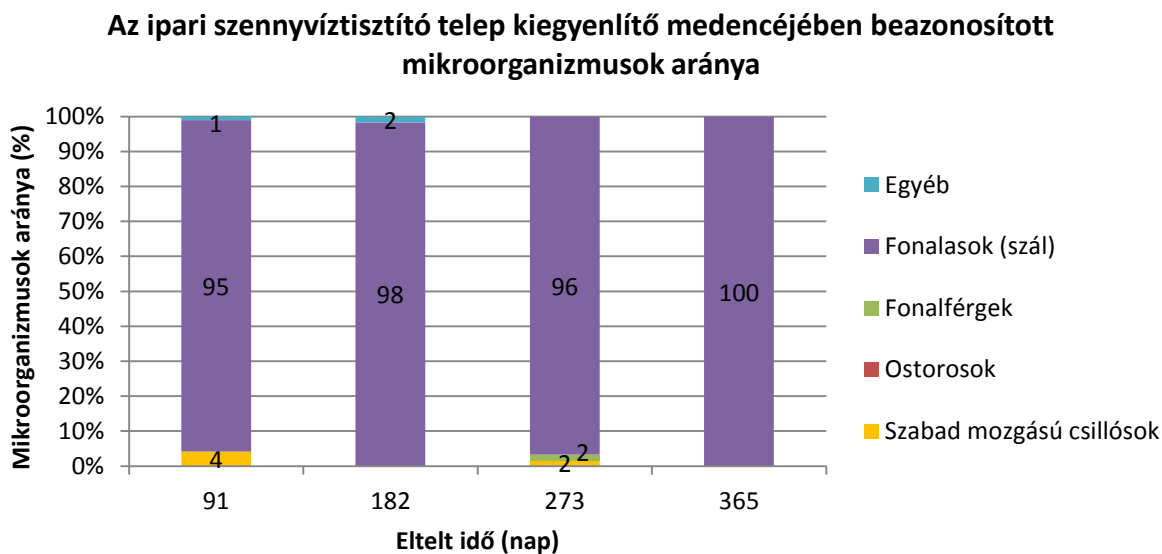
7. táblázat folytatása

Egyed	Vizsgálati idő (hónap)			
	9 hónap		12 hónap	
	Egyedszám	Megjegyzés	Egyedszám	Megjegyzés
Ostorosok	-		-	
Szabad mozgású csillósok	1 db		-	
Fonalférgek	1 db	Nematoda	-	
Fonalasok	Összefüggő telepek	Sphaerotilus natans	Összefüggő telepek	
Egyéb	Ásványi eredetű szemcsék		Ásványi eredetű szemcsék, nem beazonosított képződmény	



35. kép Állás egysejtű

Az identifikált organizmusok több mint 90 %-át a növényi eredetű szálakból alkotott telepek adják (21. diagram). Továbbra is jelentős mértékű ásványi szemcse volt tapasztalható.



21. diagram Mikroorganizmusok aránya a kiegyenlítő medencében kialakult biofilmben

9.3 Kommunális szennyvíztisztító telep homokfogó műtárgyában tárolt betonhasáb felületén kialakult biofilm vizsgálata

A kommunális szennyvíztisztító telep műtárgyaiban tárolt betonhasábok felülete kevésbé sérült, nem volt tapasztalható olyan mértékű cementkioldódás, mint a már előzőekben ismertetett mintadarabok esetében. A 36. képen a 3 hónapig tárolt betonhasáb, valamint a 37. képen a 12 hónapig tárolt betonhasáb esetében látható, hogy a felszín kisebb mértékben korrodálódott, mint az ipari szennyvíz kapcsán. Jelentős változás a beton színében következett be, szürkéről feketére változott. A szemrevételezés során tapasztaltakat a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat Homokfogó műtárgyban tárolt betonhasáb szemrevételezéses vizsgálata

	3 hónap	6 hónap	9 hónap	12 hónap
Beton színe	Fekete, szürkés-zöldes elszíneződések	Fekete, helyenként szürke foltok	Fekete	Fekete
Biofilm színe	Barnás fekete, sárga foltokkal	Sötétbarna, fekete	Fekete	Fekete
vastagsága	maximum 0,5 mm	-	maximum 0,2-0,3	0,1 mm
Szag	Enyhén szúrós	Nyers szennyvízszag	Rothadt, nyers szennyvízszag	Enyhe szennyvízszag
Allaga	Nem meghatározható	-	Egységes	Foltokban alakult ki, kis kiterjedésű
Egyéb				Növényi maradványok, kavics



36. kép A homokfogó műtárgyban 3 hónapig tárolt betonhasáb felülete

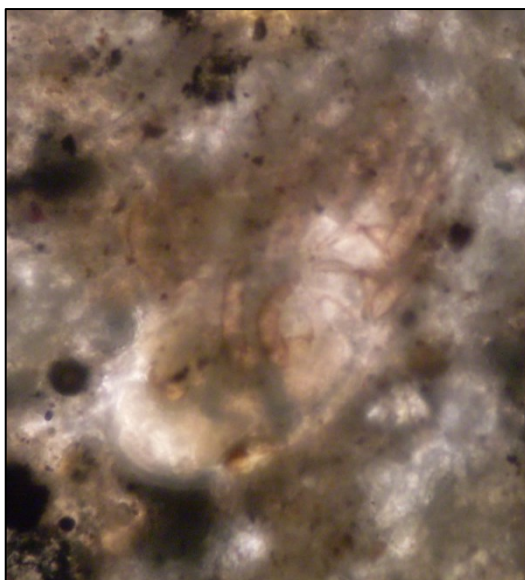


37. kép A homokfogó műtárgyban 12 hónapig tárolt betonhasáb felülete

A kommunális szennyvíz jellegéből adódóan az azonosított mikroorganizmusok aránya eltérő az ipari szennyvízben tapasztaltakhoz képest, melyet a 9. táblázat mutat be.

9. táblázat Homokfogó műtárgyban tárolt betonhasáb mikroszkópos vizsgálata

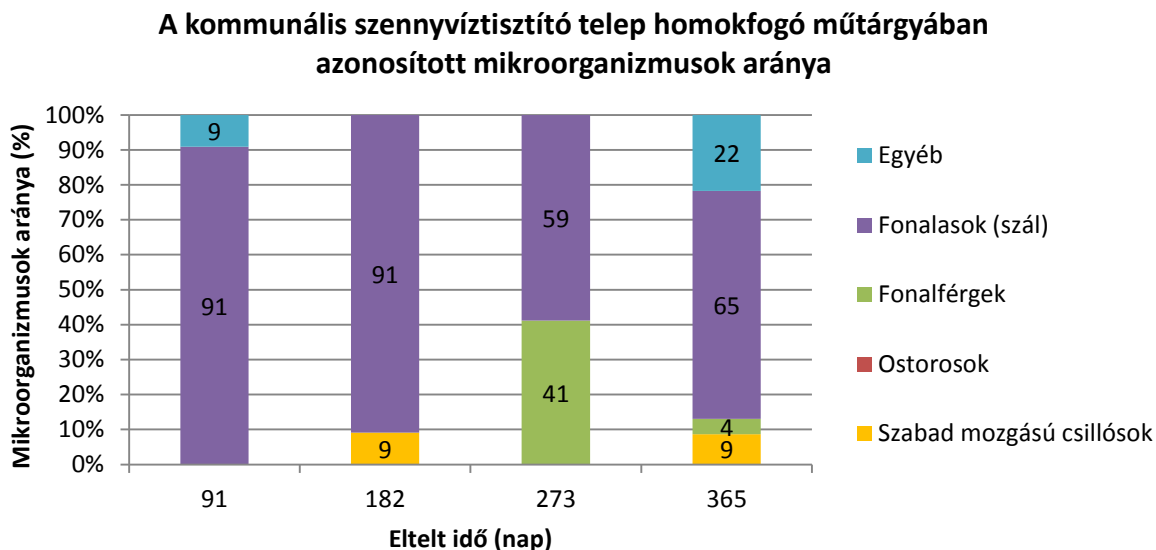
	Vizsgálati idő (hónap)			
	3 hónap		6 hónap	
Egyed	Egyedszám	Megjegyzés	Egyedszám	Megjegyzés
Ostorosok	-		-	
Szabad mozgású csillósok	-		1 db	
Fonalférgek	-		-	
Fonalasok	2 kisebb telep	Sphaerotilus natans	1 telep	Sphaerotilus natans
Egyéb	Kristályos ásványi anyagok	Nem beazonosított csoportosulás	Főként ásványi szemcsék	
	Vizsgálati idő (hónap)			
	9 hónap		12 hónap	
Egyed	Egyedszám	Megjegyzés	Egyedszám	Megjegyzés
Ostorosok	-		-	
Szabad mozgású csillósok	-		2 db	
Fonalférgek	7 db	Nematoda	1 db	Nematoda
Fonalasok	Kisebb telepek	Sphaerotilus natans	Összefüggő telepek	
Egyéb	Ásványi eredetű szemcsék		Ásványi eredetű szemcsék, nem beazonosított képződmény	Nem beazonosított mikroorganizmus (38. kép)



38. kép Nem beazonosított mikroorganizmus

A homokfogó műtárgyban is megállapítható, hogy a leggyakoribb mikroszervezet a növényi eredetű szálcs csoportosulás. A 9 hónapos biofilm vizsgálatnál szokatlanul sok fonalféreg volt fellelhető. A 12 hónapos biofilm vizsgálatnál már tapasztalható volt más,

nem beazonosított élőlények jelenléte. A műtárgy funkciójából is adódóan számos ásványi szemcse jelenléte volt érzékelhető. Az észlelt mikroorganizmusok arányát a 22. diagram ábrázolja.



22. diagram Mikroorganizmusok aránya a homokfogó műtárgyban kialakult biofilmben

9.4 Kommunális szennyvíztisztító telep C-TECH műtárgyában tárolt betonhasáb felületén kialakult biofilm vizsgálata

A C-TECH medence szelektor terében a betontestek színe szürkéről feketére változott, azonban a beton száradását követően a szín ismét szürke lett. Ez a jelenség volt megfigyelhető a homokfogó műtárgynál is. A bekövetkeztetett változásokat a 10. táblázat ismerteti.

10. táblázat C-TECH műtárgyban tárolt betonhasáb szemrevételezéses vizsgálata

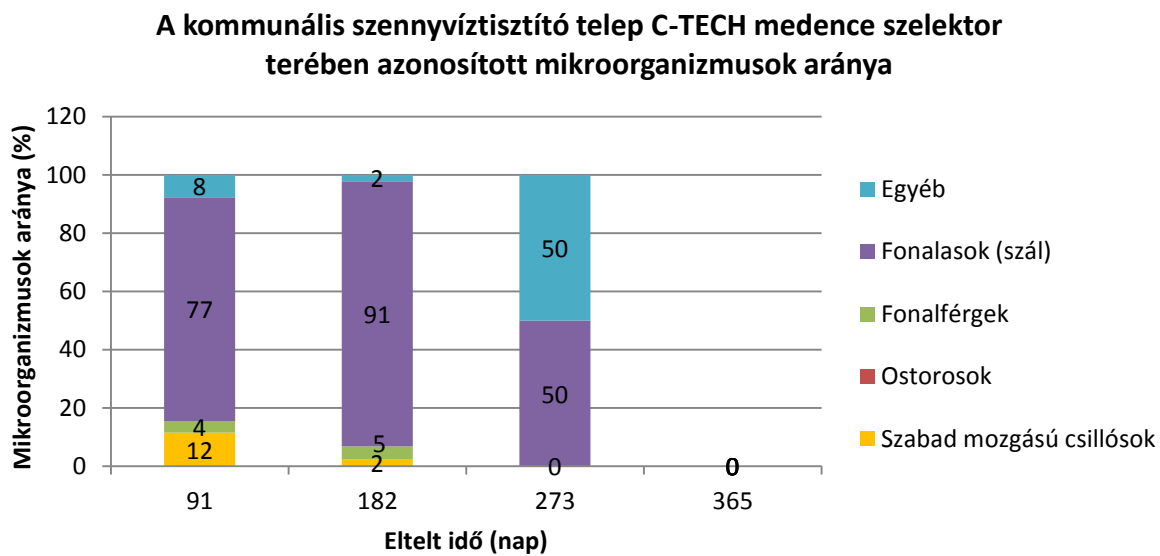
	3 hónap	6 hónap	9 hónap	12 hónap
Beton színe	Szürkés, sötét foltokkal	Sötétszürke	Sötétszürke	Fekete
Biofilm színe	Zöldes-barnás	Barnás-sárga	-	-
vastagsága	maximum 2 mm	maximum 0,1-0,2 mm	Nem megállapítható	Nem megállapítható
Szag	Enyhe, tipikus szennyvízszag	Enyhe szennyvízszag	Enyhe szennyvízszag	Enyhén dohos
Állaga	Foltonkénti biofilm	Foltokban alakult ki a biofilm	Nem alakult ki a biofilm	Nem alakult ki a biofilm
Egyéb				

A vizsgált műtárgy esetében szinte nem alakult ki a felületen a biofilmréteg, ennek ellenére a felületről vett mintákat megvizsgálva, tapasztalható volt a mikroorganizmusok jelenléte (11. táblázat).

11. táblázat C-TECH műtárgyban tárolt betonhasáb mikroszkópos vizsgálata

	Vizsgálati idő (hónap)			
	3 hónap		6 hónap	
Egyed	Egyedszám	Megjegyzés	Egyedszám	Megjegyzés
Ostorosok	-		-	
Szabad mozgású csillósok	3 db		1 db	
Fonalférgek	1 db	Nematoda	2 db	Nematoda
Fonalasok	2 telep, különálló szállak	Sphaerotilus natans	2 telep	
Egyéb	2 db	Tardigrada, egyéb maradványok	Vízi atkához hasonló élőlény 3db	Nem beazonosított élőlény
	Vizsgálati idő (hónap)			
	9 hónap		12 hónap	
Egyed	Egyedszám	Megjegyzés	Egyedszám	Megjegyzés
Ostorosok	-		-	
Szabad mozgású csillósok	-		-	
Fonalférgek	-		-	
Fonalasok	kb. 5 szál		-	
Egyéb	5 db	Ásványi eredetű szemcsék, egyéb nem beazonosított élőlények		

Jelen esetben is a növényi eredetű mikroorganizmusok dominálnak. A biofilmben előforduló élőlény csoportok arányát a 23. diagramon tekinthető meg.

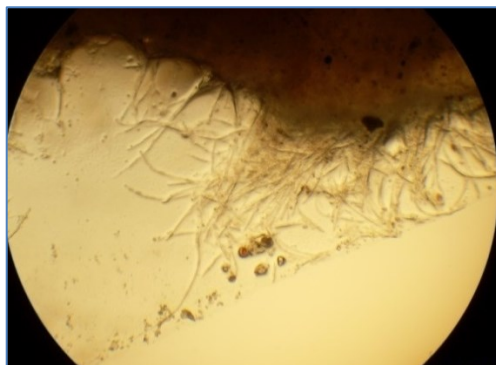


23. diagram Mikroorganizmusok aránya a C-TECH műtárgyban kialakult biofilmben

10. Azonosított mikroorganizmusok ismertetése

Sphaerotilus natans

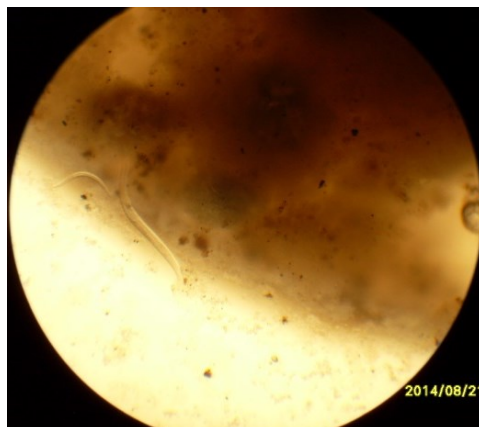
Aerob körülmények között szaporodó szennyvízgomba (39. kép). Fonalak alkotják, melyek bevonatot képeznek a megtapadt felületen. Pusztulása iszapképződéssel jár. Megfelelő mennyiségű oldott szervesanyag és oldott oxigén mellett gyorsan szaporodik, azonban nehezen pusztítható el (Öllös, Vízelleátás és csatornázás biológiája és kémiája, 1992.).



39. kép Sphaerotilus natans 100x nagyításnál

Nematoda

Fonalférgek törzsébe tartozik. Növényi és állati parazita (40. kép). A szabadon élő fajok szerves törmelékkal, algákkal, gombafonalakkal, növényi nedvekkal, 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” (Fonalférgek).



40. kép Nematoda 100x nagyításnál

Aspidisca

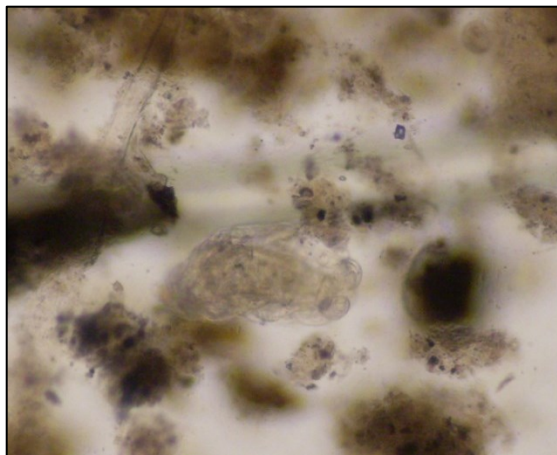
Csillós véglény (41. kép). Baktériumokkal, gombákkal és sejtörmelékkel táplálkoznak. Jelenléte a szennyvízben nitrátra utal. Főként a tisztított szennyvízben él (Öllös, Vízelleátás és csatornázás biológiája és kémiaja, 1992.).



41. kép Aspidisca (Wolfgang)

Tardigrada

Főként növényi nedvekkel táplálkoznak, de előfordulnak ragadozó, parazita fajok is (42. kép). Önmegtermékenyítéssel szaporodnak. Rendkívül szélsőséges körülmények között megélnek (Medveállatkák).



42. kép Tardigrada 100x nagyításnál

11. Összegzés, tapasztalok kiértékelése

Jelen dolgozat célja ismertetni a szennyvíztelepeken fellépő korróziós hatásokat az elvégzett vizsgálatok eredményeinek bemutatásával. A vízépítési műtárgyakat érő korrózió mérséklésével, pontos megismerésével biztosítható az előírt élettartam, csökkenthetőek az amortizációs költségek és nem utolsósorban, kellő mértékben biztosítható a környezet védelme.

Az üzemi körülmények között lefolytatott vizsgálatot az általam készített betonhasábokon végeztem, oly módon hogy egy éven keresztül negyedéves bontásokban meghatároztam a szilárdsági értékek változását. Mindezek mellett mikroszkóp segítségével folyamatosan figyeltem a biofilmréteg kialakulását.

A kiválasztott szennyvíztelepek eltérő technológiát alkalmaznak a szennyvíz megtisztítására, mivel maga a szennyvíz is eltérő minőségű az adott telepeken. Az eltérő minőség szolgál az összehasonlítás alapjául.

A vizsgálat első lépésében szemrevételezés útján hasonlítottam egymáshoz, illetve a kiinduló, etalonnak tekintett betonhasábhoz a már korrodált felületű próbatesteket. Láthatóvá vált, hogy az ipari szennyvíz –a kommunális szennyvízzel ellentétben- erősen rongálta a felszínt, cementkioldódást okozott a tisztítási folyamat fázisától függően. Megállapítható, hogy a szemrevételezés során tapasztaltak tekintetében a további vizsgálatok indokoltak voltak.

A szilárdsági értékek összegezve a vártak felelő módon alakultak. A kezdeti nagyfokú szilárdulást egy fokozatosan csökkenő tendencia követte. Az értékek közötti különbségeket a vegyes tárolási mód is befolyásolhatta. Általánosságban elmondható, hogy az egy év elteltével a mért értékek a kiindulási adatnak számító 28 napos korban mért szilárdsághoz közelítenek. A nagymértékű felkeményedés, majd az ezt követő hirtelen csökkenés, amely főként az ipari szennyvíztelep metánreaktorában volt jellemző, a beton szilárdságának kiszámíthatatlanságára enged következtetni, amely akár az idő múlásával veszélyes mértékű is lehet.

A biofilm képződés folyamata az egyes műtárgyak esetében eltérő volt. Nem minden betonhasáb felületén volt megfigyelhető exponenciális növekedés. A beazonosított mikroorganizmusok általánosságban fellelhetőek a szennyvízmintákban. A betonra gyakorolt hatásuk, vagyis a biológiai betonkorrózió mértéke nem állapítható meg

egyértelműen. Egyes fajok, mint indikátorok vannak jelen, tehát lehetséges, hogy a betonra nézve jóval agresszívabb vegyületeket kibocsátó mikroorganizmusok is részét képezik a biofilmnek. A tényszerű megállapításokhoz további részletesebb vizsgálatokra van szükség.

Az eredmények tükrében látható, hogy az ipari szennyvíz korrodálóbb hatású, mint a kommunális szennyvíz, mivel a lejátszódó folyamatok sebessége eltér, mind a tönkremenetel, mind a biofilm képződés tekintetében.

A szennyvíztisztító telepek tervezésénél a betonminőség meghatározásához a várható korróziós hatásokat ismerni szükséges, mivel ennek hiányában a beépített beton üzemi körülmények között már nem biztos, hogy az elvárásoknak megfelelően teljesít. A szabványok megkülönböztetnek ipari és kommunális szennyvíztisztító telepek betonminőségét előíró osztályokat, azonban az alkalmazott technológia vonatkozásában nem tesznek kikötéseket. A tervezés folyamán az alkalmazott kitéti osztályok mellett figyelmet kell fordítani a tervezett technológiára és annak jövőbeni hatásaira.

Példaként kiemelném az ipari szennyvíztisztító telep metánreaktorában végbement jelentős mértékű korróziós folyamatokat. A tönkremenetel olyan nagyfokú volt, hogy valószínűsíthetően a műtárgy vasalásán kialakított betonfedés a tervezett élettartami elvárásoknak nem fog eleget tenni, ezáltal a korrózió rövid időn belül elérheti a műtárgyban található acélbetéteket. A védekezés egyik módja lehet a különböző bevonatok, védőrétegek felvitele. Fontos, hogy a védelem érdekében alkalmazni kívánt réteg szükségességével tisztában legyünk már a tervezés folyamán.

További cél, a metánreaktorban és az ahhoz hasonló nagyfokú korrózióknak kitett műtárgyakban végbemenő folyamatok megismerése és modellezése a beton tekintetében. Úgy vélem, hogy tanulmány részét képezheti egy jövőbeli, átfogóbb vizsgálatnak.

12. Köszönetnyilvánítás

Ez úton is szeretném megköszönni Kiss Katalinnak és Leczovics Péternek, hogy lehetőséget biztosítottak a vizsgálatok eredményes elvégzéséhez és dolgozatom megírásához, valamint Juhász Károlynak a szilárdsági vizsgálatok során nyújtott segítségét.

Továbbá megköszönöm a szennyvíztisztító telepek munkatársainak a gyakorlatban nyújtott segítségét.

14. Irodalomjegyzék

- Bálint, J. (2005). *Építőanyagok I.* Budapest: SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar.
- Biczók, I. (1956). *Betonkorrózió, betonvédelem.* Budapest: Műszaki Könyvkiadó.
- Dr. Balázs, G. (2004). *Építőanyagok II.* HEFOP/2004/3.3.1/0001.01.
- Dr. Boros, T. (2002). *Jellegzetes Üzemfenntartás-technológiai eljárások, Különféle szerkezeti anyagok mikroorganizmusok okozta korrózió.* Letöltés dátuma: 2014. október, forrás: OMIKK: http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/uzem/2002/01/0109.pdf
- Dr. Dulovics, D. (2002). *Hírcsatorna.* Forrás: <https://drive.google.com/folderview?id=0B--0Noh7dL1JbkZ0cWJoUWs5RWM&usp=sharing&tid=0B--0Noh7dL1JSmROYjVYQ0h4c2s>
- Dr.Kausay, T. (2011). Betonok környezeti osztályai. *BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tsz.* Budapest.
- Ebing, A. (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: Global Water Engineering LTD.
- Farnady, F. (1995). Biológiai betonkorrózió. *Beton szakmai havilap III. évf. 12. szám,* 9-11.
- Fonálférgek.* (dátum nélk.). Letöltés dátuma: 2014. október, forrás: Wikipédia: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Fon%C3%A1lf%C3%A9rgek>
- Hegedűs, I. (2011). A vízépités műtárgyai. BME Vasbetonszerkezetek Tsz.
- Lorx, V., & Boroznaki, L. (2014). Nagykáta szennyvíztisztító telep, ideiglenes kezelési útmutató. Budapest.
- Makk, J., Borosdi, A., & és társai. (2013). *Bevezetés a prokarióták világába.* Letöltés dátuma: 2014. október, forrás: ELTE: <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/BevProkariotakVilagaba/book.pdf>
- Medveállatkák.* (dátum nélk.). Letöltés dátuma: 2014. október, forrás: Wikipédia: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Medve%C3%A1llatk%C3%A1k>
- Mélyépítési vasbetonszerkezetek. (dátum nélk.). *Vízzáró beton.* BME Hidak és Szerkezetek TSZ.

-
- Öllös, G. (1992). *Vízelleátás és csatornázás biológiája és kémiája*. Budapest: Tankönyvkiadó.
- Öllös, G. (1994). *Szennyvíztisztító telepek üzemeltetése I*. Akadémiai Kiadó: Budapest.
- Öllös, G., Oláh, J., & Palkó, G. (2010). *Rothasztás*. Budapest: Magyar Víziközmű Szövetség.
- Pál, Z. (2013). Sörgyári szennyvíz anaerob kezelése során fejlődő biogáz mennyiségére ható tényezők vizsgálata. *Diplomamunka*. Budapest.
- Wikipédia*. (dátum nélk.). Letöltés dátuma: 2014. szeptember, forrás:
<https://hu.wikipedia.org/wiki/Biog%C3%A1z>
- Wolfgang, B. (dátum nélk.). Letöltés dátuma: 2014. október, forrás: [www.protisten.de:
http://pinkava.asu.edu/starcentral/microscope/portal.php?pagetitle=assetfactsheet&imageid=27178](http://pinkava.asu.edu/starcentral/microscope/portal.php?pagetitle=assetfactsheet&imageid=27178)

ÁBRAJEGYZÉK

1. ÁBRA UASB REAKTOR 3 FÁZISÚ SZEPARÁTORA (PÁL, 2013).....	17
--	----

DIAGRAMJEGYZÉK

Megjegyzés: A diagramok készítője a szerző

1. DIAGRAM KEZDŐ SZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK VÁLTOZÁSA	31
2. DIAGRAM AZ ÁTEMELŐ MEDENCÉBEN MÉRT HAJLÍTÓ-HÚZÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	34
3. DIAGRAM AZ ÁTEMELŐ MEDENCÉBEN MÉRT NYOMÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK.....	34
4. DIAGRAM A KIEGYENLÍTŐ MEDENCÉBEN MÉRT HAJLÍTÓ-HÚZÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	36
5. DIAGRAM A KIEGYENLÍTŐ MEDENCÉBEN MÉRT NYOMÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	36
6. DIAGRAM AZ UASB REAKTORBAN MÉRT HAJLÍTÓ-HÚZÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	38
7. DIAGRAM AZ UASB REAKTORBAN MÉRT NYOMÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	39
8. DIAGRAM A HOMOKFOGÓ MŰTÁRGYBAN MÉRT HAJLÍTÓ-HÚZÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	41
9. DIAGRAM A HOMOKFOGÓ MŰTÁRGYBAN MÉRT NYOMÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	41
10. DIAGRAM A C-TECH MEDENCE SZELEKTORTERÉBEN MÉRT HAJLÍTÓ-HÚZÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	43
11. DIAGRAM A C-TECH MEDENCE SZELEKTORTERÉBEN MÉRT NYOMÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK.....	43
12. DIAGRAM A C-TECH MEDENCÉBEN MÉRT HAJLÍTÓ-HÚZÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	46
13. DIAGRAM A C-TECH MEDENCÉBEN MÉRT NYOMÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	46
14. DIAGRAM A KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP ESETÉBEN MÉRT HAJLÍTÓ-HÚZÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK.....	47
15. DIAGRAM A KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP ESETÉBEN MÉRT NYOMÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	47
16. DIAGRAM AZ IPARI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP ESETÉBEN MÉRT HAJLÍTÓ-HÚZÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	48
17. DIAGRAM AZ IPARI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP ESETÉBEN MÉRT NYOMÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK.....	49
18. DIAGRAM A MÉRT HAJLÍTÓ-HÚZÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK.....	49
19. DIAGRAM A MÉRT NYOMÓSZILÁRDSÁGI ÉRTÉKEK	50
20. DIAGRAM MIKROORGANIZMUSOK ARÁNYA AZ ÁTEMELŐ MEDENCÉBEN KIALAKULT BIOFILMBEN	54
21. DIAGRAM MIKROORGANIZMUSOK ARÁNYA A KIEGYENLÍTŐ MEDENCÉBEN KIALAKULT BIOFILMBEN ...	57
22. DIAGRAM MIKROORGANIZMUSOK ARÁNYA A HOMOKFOGÓ MŰTÁRGYBAN KIALAKULT BIOFILMBEN...	60
23. DIAGRAM MIKROORGANIZMUSOK ARÁNYA A C-TECH MŰTÁRGYBAN KIALAKULT BIOFILMBEN	62

Képjegyzék

1. KÉP KÉZI-GÉPI RÁCS	8
2. KÉP HOMOKFOGÓ MŰTÁRGY	9
3. KÉP C-TECH MEDENCE	10
4. KÉP SZELEKTORTÉR	12
5. KÉP DEKANTER	13
6. KÉP HÚZÓ-HAJLÍTÓ SZILÁRDSÁGI VIZSGÁLAT MENETE	32
7. KÉP NYOMÓSZILÁRDSÁGI VIZSGÁLAT MENETE	32
8. KÉP AZ ÁTEMELŐ MEDENCÉBEN 3 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	33
9. KÉP AZ ÁTEMELŐ MEDENCÉBEN 6 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	33
10. KÉP AZ ÁTEMELŐ MEDENCÉBEN 9 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	33
11. KÉP AZ ÁTEMELŐ MEDENCÉBEN 12 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	33
12. KÉP A KIEGYENLÍTŐ MEDENCÉBEN 3 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	35
13. KÉP A KIEGYENLÍTŐ MEDENCÉBEN 6 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	35
14. KÉP A KIEGYENLÍTŐ MEDENCÉBEN 9 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	35
15. KÉP A KIEGYENLÍTŐ MEDENCÉBEN 12 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	35
16. KÉP AZ UASB REAKTORBAN 3 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB FELÜLETE	37
17. KÉP A UASB REAKTORBAN 6 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB FELÜLETÉN KIALAKULT GÉL ÁLLAGÚ RÉTEG	37
18. KÉP AZ UASB REAKTORBAN 6 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB MEGTISZTÍTOTT FELÜLETE	38
19. KÉP A HOMOKFOGÓ MŰTÁRGYBAN 3 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	40
20. KÉP A HOMOKFOGÓ MŰTÁRGYBAN 6 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	40
21. KÉP A HOMOKFOGÓ MŰTÁRGYBAN 9 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	40
22. KÉP A HOMOKFOGÓ MŰTÁRGYBAN 12 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	40
23. KÉP A C-TECH MEDENCE SZELEKTORTERÉBEN 3 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	42
24. KÉP A C-TECH MEDENCE SZELEKTORTERÉBEN 6 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	42
25. KÉP A C-TECH MEDENCE SZELEKTORTERÉBEN 9 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	42
26. KÉP A C-TECH MEDENCE SZELEKTORTERÉBEN 12 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB	42
27. KÉP NEM MEGFELELŐ RÖGZÍTÉS	44
28. KÉP A C-TECH MEDENCE FŐREAKTOR TERÉBEN 12 HÓNAPIG TÁROLT BETONTEST FELÜLETÉN MEGTAPADT ISZAPSZEMCSÉK	45
29. KÉP A C-TECH MEDENCE FŐREAKTOR TERÉBEN 12 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB MEGTISZTÍTOTT FELÜLETE	45
30. KÉP TÁRGYLEMEZ	51
31. KÉP NEM BEAZONOSÍTOTT MIKROORGANIZMUS	53
32. KÉP NEM BEAZONOSÍTOTT MIKROORGANIZMUS	53
33. KÉP A KIEGYENLÍTŐ MEDENCÉBEN 3 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB FELÜLETÉN KIALAKULT BIOFILM	54
34. KÉP A KIEGYENLÍTŐ MEDENCÉBEN 12 HÓNAPIG TÁROLT BETONHASÁB FELÜLETÉN KIALAKULT BIOFILM	55
35. KÉP ÁLLÁBAS EGYSEJTŰ	56
36. KÉP A HOMOKFOGÓ MŰTÁRGYBAN 3 HÓNAPIG	58
37. KÉP A HOMOKFOGÓ MŰTÁRGYBAN 12 HÓNAPIG	58
38. KÉP NEM BEAZONOSÍTOTT MIKROORGANIZMUS	59
39. KÉP SPHAEROTILUS NATANS 100X NAGYÍTÁSNÁL	63
40. KÉP NEMATODA 100X NAGYÍTÁSNÁL	63
41. KÉP ASPIDISCA (WOLFGANG)	64
42. KÉP TARDIGRADA 100X NAGYÍTÁSNÁL	64

Táblázatjegyzék

1. TÁBLÁZAT CEMENTÁSVÁNYOK	23
2. TÁBLÁZAT KÉMIAI KORRÓZIÓ TÍPUSAI (DR. BALÁZS, 2004).....	25
3. TÁBLÁZAT KIHELYEZETT PRÓBATESTEK HELYE ÉS SZÁMA	30
4. TÁBLÁZAT ÁTEMELO MEDENCÉBEN TÁROLT BETONHASÁB SZEMREVÉTELEZÉSES VIZSGÁLATA.....	52
5. TÁBLÁZAT ÁTEMELO MEDENCÉBEN TÁROLT BETONHASÁB MIKROSKÓPOS VIZSGÁLATA	53
6. TÁBLÁZAT KIEGYENLÍTŐ MEDENCÉBEN TÁROLT BETONHASÁB SZEMREVÉTELEZÉSES VIZSGÁLATA	55
7. TÁBLÁZAT KIEGYENLÍTŐ MEDENCÉBEN TÁROLT BETONHASÁB MIKROSKÓPOS VIZSGÁLATA.....	55
8. TÁBLÁZAT HOMOKFOGÓ MŰTÁRGYBAN TÁROLT BETONHASÁB SZEMREVÉTELEZÉSES VIZSGÁLATA	58
9. TÁBLÁZAT HOMOKFOGÓ MŰTÁRGYBAN TÁROLT BETONHASÁB MIKROSKÓPOS VIZSGÁLATA	59
10. TÁBLÁZAT C-TECH MŰTÁRGYBAN TÁROLT BETONHASÁB SZEMREVÉTELEZÉSES VIZSGÁLATA	60
11. TÁBLÁZAT C-TECH MŰTÁRGYBAN TÁROLT BETONHASÁB MIKROSKÓPOS VIZSGÁLATA	61

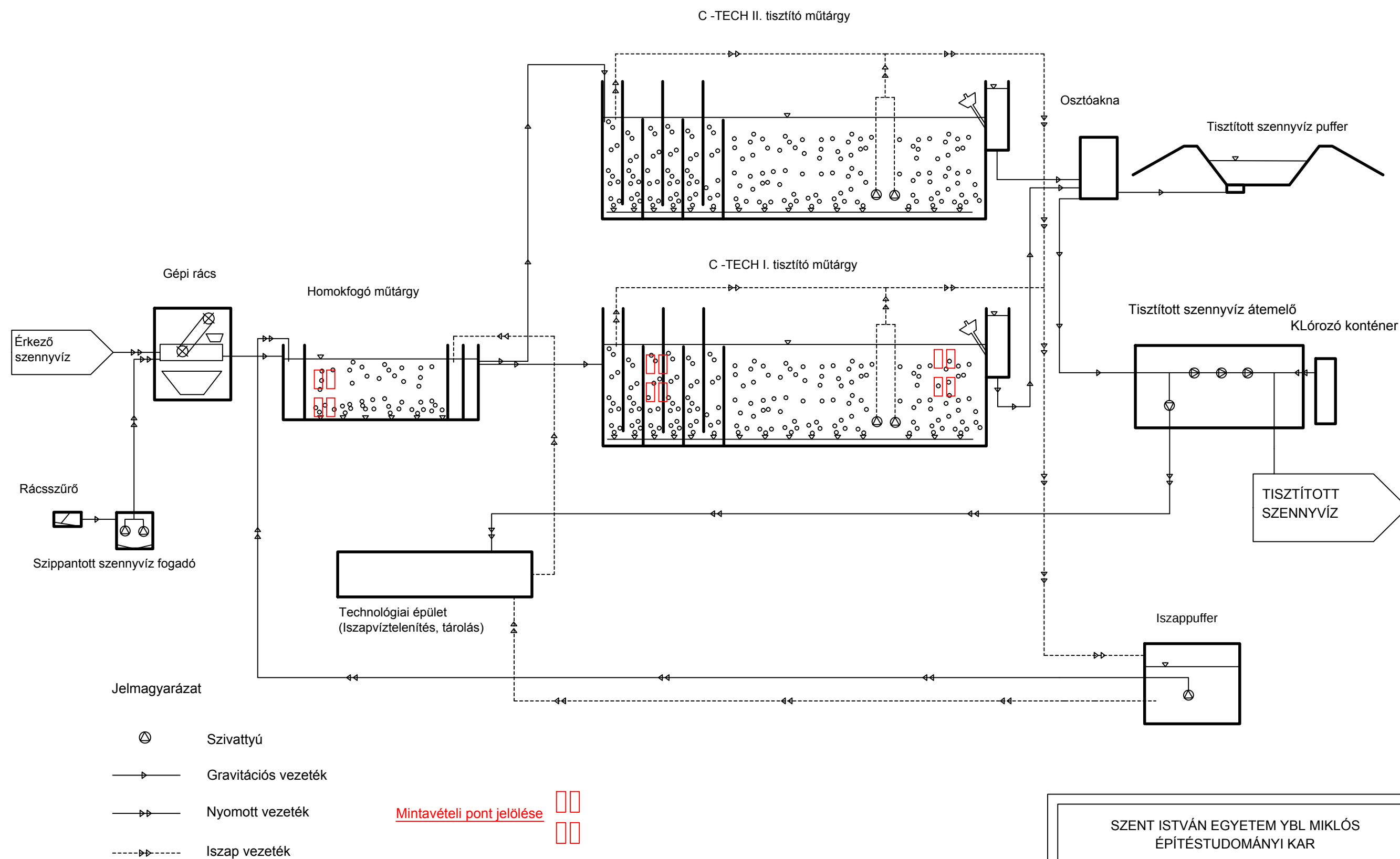
Mellékletek

1 melléklet A kommunális szennyvíztisztító telep technológiai ábrája

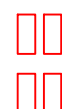
2. melléklet Az ipari szennyvíztisztító telep technológiai ábrája

3. melléklet Az MSZ 4798:2015 és MSZ EN 206:2014 szabvány alapján a beton környezeti osztályai (Betonopus. Letöltés dátuma: 2015.12. 29. Forrás: <http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/kornyezeti-osztalyok-tablazata-1-oldalas.pdf>)

1. MELLÉKLET



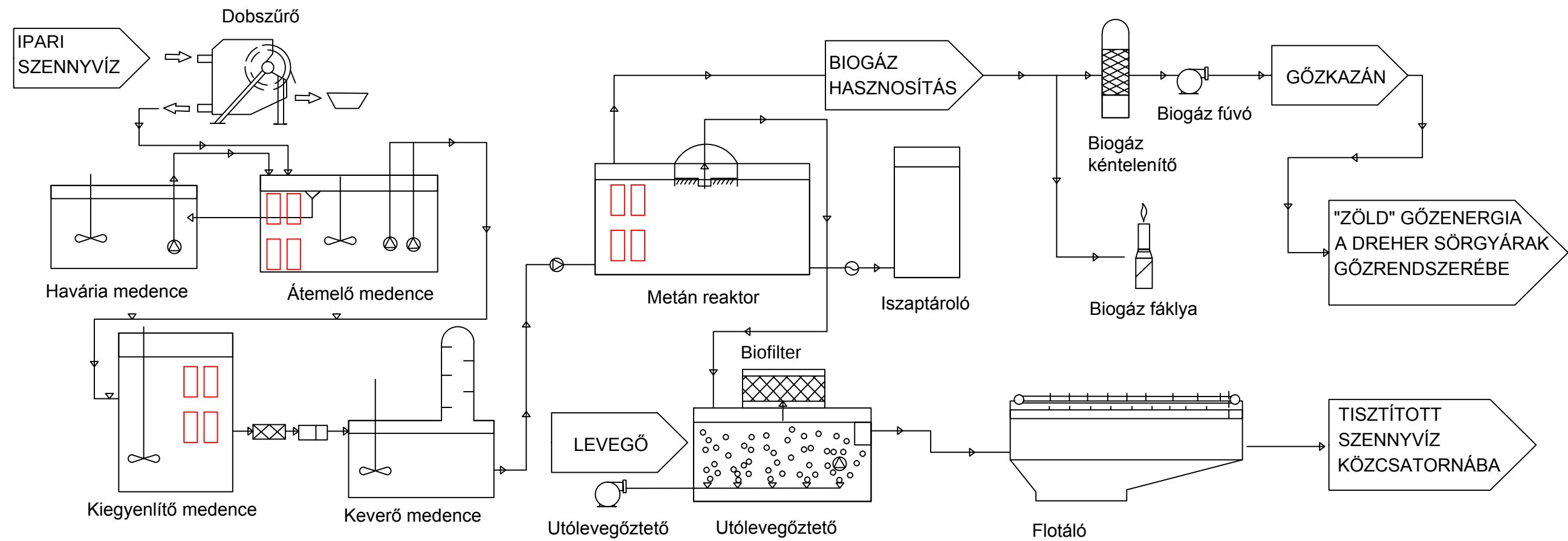
Mintavételi pont jelölése



SZENT ISTVÁN EGYETEM YBL MIKLÓS
ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR

NAGYKÁTA VÁROS SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPÉNEK TECHNOLÓGIAI SORRENDJE

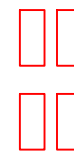
Készítette: FARKAS ERIKA	Konzulens: KISS KATALIN, LECZOVICS PÉTER	2014. OKT.
-----------------------------	---	---------------



Jelmagyarázat

- Gravitációs vezeték
- ⊂ Keverőlapát
- ⊙ Szivattyú

Mintavételi pont jelölése



SZENT ISTVÁN EGYETEM YBL MIKLÓS
ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR

DREHER SÖRGYÁRAK ZRT. SZENNYVÍZTISZTÍTÓ
TELEPÉNEK TECHNOLÓGIAI SORRENDJE

Készítette:
FARKAS ERIKA

Konzulens:
KISS KATALIN, LECZOVICS PÉTER

2014.
OKT.

BETON KÖRNYEZETI OSZTÁLYAI

az MSZ EN 206:2014 és MSZ 4798:2015 szabvány alapján ¹⁾

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább	Beton cement-tartalma ²⁾ , legalább, kg/m ³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma ³⁾ , térfogat%
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett beton szerkezetek					
Káros környezeti hatás nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton	XN(H)	C8/10	165	(0,90) ⁴⁾	(max. 5,0) ⁴⁾
	Például: Aljzatbeton, beton alapréteg, cement-stabilizáció				
Környezeti hatás (például nedvesség, karbonátosodás, kloridhatás, fagyhatás, kémiai korrózió, koprtás vagy víznyomás) nem éri a beton	X0b(H)	C12/15	230	(0,75) ⁴⁾	(max. 4,0) ⁴⁾
	Például: Vasalatlan alapbeton, kitöltő és kiegyenlítő beton, üreges födémbeájtást, üreges válaszfal, üreges zsaluzóelem, kétrétegű járdalap háttbetonja, kétrétegű útburkolóelem háttbetonja, üreges pince-falazóelem, belső föfali üreges föfalfalazóelem, belső föfali tömör föfalfalazóelem				
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett gyengén vasalt beton szerkezetek					
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, legfeljebb 35% relatív páratartalmú vagy levegőtől elzárt, száraz helyen lévő gyengén vasalt beton	X0v(H)	C16/20 *	250	(0,70) ⁴⁾	(max. 3,5) ⁴⁾
	* Megjegyzés: Az MSZ EN 206:2014 és MSZ 4798:2015 szabvány szerint C20/25 nyomószilárdsági osztályúnál gyengébb betonból vasbetont készíteni nem szabad. Például: Vasalt alapbeton				
Karbonátosodásnak ellenálló vasbeton és feszített vasbeton ⁵⁾ szerkezetek					
Száraz vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt	XC1	C20/25	260	0,65	max. 3,0
	Például: Belső pillér, belső födém				
Nedves, ritkán száraz helyen (épület alapok)	XC2	C25/30	280	0,60	max. 2,0
	Például: Épületalap, támfal, mélyalap, kiegyenlítő lemez				
Mérsékelt nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben vagy a szabadban, esőtől védett helyen	XC3	C30/37	280	0,55	max. 1,5
	Például: Fürdőépület szerkezete				
Váltakozva nedves és száraz, víznek kitett helyen	XC4	C30/37	300	0,50	max. 1,5
	Például: Szárnyfal, pincefal, fűtő cölöp, cölöp-fejgerenda				
Kloridoknak ellenálló vasbeton és feszített vasbeton ⁵⁾ szerkezetek ⁶⁾					
Mérsékelt nedves helyen, levegőből származó kloridoknak kitett, de jégolvasztó sóknak ki nem tett, korrózióálló beton	XD1	C30/37	300	0,55	max. 1,5
	Például: Közlekedési felületekről felfröccsenő permet közelében lévő szerkezetek, vegyipari üzemek környezetében, a szabadban lévő szerkezetek, ha fagyhatás nem éri				
Nedves, ritkán száraz helyen, vízben lévő kloridoknak kitett, de jégolvasztó sóknak ki nem tett, korrózióálló beton	XD2	C35/45	320	0,50	max. 1,0
	Például: Alépfütny, szárnyfal, sós ásvány- és gyógyvizekkel érintkező szerkezetek, ha fagyhatás nem éri. Klorid-tartalmú talajvízzel érintkező szerkezetek				
Váltakozva nedves és száraz helyen, jégolvasztó kloridok permének kitett korrózióálló beton	XD3	C35/45	320	0,45	max. 1,0
	Például: Parkolóházak és garázsok fagyhatásnak ki nem tett burkolata				

MEGJEGYZÉS:

¹⁾ E táblázat alkalmazása az MSZ 4798:2015 szabvány szerint kötelező.²⁾ A beton legkisebb cement-tartalma ajánlás, amelynek esetenként, és ha igazolják a beton – például a víz-cement tényező csökkentésével, amely folyósító adalékszer alkalmazásával is elérhető – kisebb cement-tartalommal is elkészíthető, de a többi – például a nyomószilárdsági osztályra, a friss beton levegő-tartamára, a konzisztenciára vonatkozó – követelmények teljesülnie kell.³⁾ A friss beton levegőtartalma feszített vasbeton esetén a táblázatban szereplő értékeknél 0,5 térfogat%-kal legyen kisebb. Ha a beton újrahasonosított adalékanyaggal készül, akkor a levegőtartalom a táblázatban szereplő értékeknél 0,5 térfogat%-kal nagyobb lehet.⁴⁾ Ajánlott értékek.⁵⁾ Előfeszített vasbeton szerkezetek készítéséhez az MSZ EN 13369 szabvány szerint legalább C30/37 nyomószilárdsági osztályú betont kell alkalmazni.⁶⁾ Magyarországon a fagy- és olvasztósó-álló betonokat az XF2, XF2(H), XF4, XF4(H) környezeti osztályok valamelyikébe kell sorolni.⁷⁾ A fagy- és olvasztósó-állósági követelmények az MSZ 4798:2015 sz. 5.5.5. szakasza szerintiek.⁸⁾ Az e-UT 07.02.11:2000 útügyi műszaki előírás 2.1.5.2. szakasza szerint légbuborékképző adalékszerkezetek hidak teherhordó szerkezeteiben nem megengedett.

BETON JELE	Nyomószilárdsági osztály	Környezeti osztály(ok)	Legnagyobb szemnagyság, mm	Konzisztencia	50 évtől eltérő tervezési élettartam	Szabvány száma
Példák:	C30/37	– XC4	– 32	– F3	– 100 év	– MSZ 4798:2015
	C35/45	– XC4 + XA3	– 24	– S2		– MSZ 4798:2015

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább	Beton cement-tartalma ²⁾ , legalább, kg/m ³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma ³⁾ , térfogat%
Függőleges felületű fagyálló beton, vasbeton és feszített vasbeton ⁵⁾ szerkezetek ⁷⁾					
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek és fagnak kitett, olvasztó sózás nélküli fagyálló beton	XF1	C30/37	300	0,55	max. 1,5
Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek					
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, fagnak és jégolvasztó sok permetének kitett fagyálló beton	XF2	C25/30	300	0,55	**
Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. ⁸⁾ ** Összes levegőtartalom (légpórus+légbuborék) a friss betonban, ha a D _{max} = 12 mm: 4,0 – 6,0 térfogat%, ha a D _{max} = 16 mm: 3,0 – 5,0 térfogat%, ha a D _{max} = 24 és 32 mm: 2,5 – 5,0 térfogat% legyen. Példa: Útépítési és nem teherhordó hidépítési szerkezetek					
Függőleges felületű, és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, fagnak és jégolvasztó sok permetének kitett fagyálló beton	XF2(H)	C35/45	320	0,50	max. 1,0
Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, hidak teherhordó szerkezetei Alkalmazási út- és repülőtéri burkolati elemek esetén tilos!					
Vízszintes felületű fagyálló beton, vasbeton és feszített vasbeton ⁵⁾ szerkezetek ⁷⁾					
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek és fagnak kitett, olvasztó sózás nélküli fagyálló beton	XF3	C30/37	320	0,50	**
Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. ⁸⁾ ** Összes levegőtartalom (légpórus+légbuborék) a friss betonban a D _{max} függvényében ugyanannyi legyen, mint az XF2 esetén. Példa: Útépítési és nem teherhordó hidépítési szerkezetek					
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek és fagnak kitett, olvasztó sózás nélküli fagyálló beton	XF3(H)	C40/50	340	0,45	max. 1,0
Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, hidak teherhordó szerkezetei Alkalmazási út-pályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén tilos!					
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, fagnak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett, fagyálló beton	XF4	C30/37	340	0,45	***
Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. ⁸⁾ *** Összes levegőtartalom (légpórus+légbuborék) a friss betonban, ha a D _{max} = 12 mm: 6,0 – 10,0 térfogat%, ha a D _{max} = 16 mm: 4,5 – 8,5 térfogat%, ha a D _{max} = 24 és 32 mm: 4,0 – 8,0 térfogat% legyen. Például: Útpályabetonok, repülőtéri burkolatok, nem teherhordó hidépítési szerkezetek					
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, fagnak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett, fagyálló beton	XF4(H)	C40/50	360	0,40	max. 1,0
Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Előregyártott szerkezetek, hidak teherhordó szerkezetei Alkalmazási út-pályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén tilos!					
Talaj és talajvíz kémiai korróziójának ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton ⁵⁾ szerkezetek					
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, enyhén korrózióálló beton	XA1	C30/37	300	0,55	max. 1,5
CEM I-SR 5 szulfátálló portlandcement (MSZ EN 197-1:2011), CEM II/A MSR és CEM II/B MSR mérsékelt szulfátálló összetett portlandcement (MSZ 4737-1:2013), CEM III/A MSR mérsékelt szulfátálló kohósalakcement (MSZ 4737-1:2013) alkalmazásával. Például: Fűtő cölöp, enyhén agresszív anyagok tárolótára					
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, mérsékelt korrózió- és szulfátálló beton	XA2	C30/37	320	0,50	max. 1,5
CEM I-SR 3 szulfátálló portlandcement (MSZ EN 197-1:2011), CEM III/B szulfátálló kohósalakcement (MSZ EN 197-1:2011) alkalmazásával. Például: Fűtő cölöp, mérsékelt agresszív anyagok tárolótára					
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, erősen korrózió- és szulfátálló beton	XA3	C35/45	360	0,45	max. 1,0
CEM I-SR 0 szulfátálló portlandcement (MSZ EN 197-1:2011), CEM III/C szulfátálló kohósalakcement (MSZ EN 197-1:2011) alkalmazásával. Például: Fűtő cölöp, erősen agresszív anyagok tárolótára					

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább	Beton cement-tartalma ²⁾ , legalább, kg/m ³	Beton víz-cement-tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma ³⁾ , térfogat%
Egyéb agresszív vizek és folyadékok kémiai korróziójának ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton ⁵⁾ szerkezetek					
Csapadékvízzel, kommunális szennyvízzel, ezek gőzével vagy permétével érintkező mérsékelten korrózió- és saválló beton	XA4(H)	C30/37	330	0,45 ****	max. 1,5
	**** Víz-kőanyag tényező CEM I-SR 5 (MSZ EN 197-1:2011) + metakaolin vagy szilikapor, CEM III/A-5 MSR (MSZ 4737-1:2013) + metakaolin vagy szilikapor, CEM III/A MSR (MSZ 4737-1:2013) cement alkalmazásával. Például: Esővíz elvezető és tároló műtárgyak, kommunális csatornázási elemek				
Ipari vagy mezőgazdasági szennyvízzel és egyéb hasonló agresszív folyadékkal, ezek gőzével vagy permétével érintkező közepesen korrózió- és saválló beton	XA5(H)	C35/45	330	0,42 ****	max. 1,0
	**** Víz-kőanyag tényező CEM I-SR 3 (MSZ EN 197-1:2011) + metakaolin vagy szilikapor, CEM III/B (MSZ EN 197-1:2011) cement alkalmazásával. A beton agresszív folyadékkal és gőzével érintkező felületét ajánlott védőréteggel bevonni! Például: Csatornázási elemek, szennyvíz ülepítő medencék, hulladéklerakók csurgalékok tároló medencéi, trágyalé tároló medencék, terménytárolók				
Nagyon agresszív ipari szennyvízzel vagy folyadékkal, ezek gőzével vagy permétével érintkező fokozottan korrózió- és szulfátálló beton	XA6(H)	C40/50	330	0,38 ****	max. 1,0
	**** Víz-kőanyag tényező CEM I-SR 0 (MSZ EN 197-1:2011) + metakaolin vagy szilikapor, CEM III/C (MSZ EN 197-1:2011) cement alkalmazásával. A beton agresszív folyadékkal és gőzével érintkező felületét védőréteggel kell bevonni! Például: Tisztítatlan szennyvizekkel és kemikáliákkal érintkező betonok, hűtőtornyok füstgáz elvezetéssel, állattető asztalok és vályúk				
Kopásálló beton, vasbeton és feszített vasbeton ⁵⁾ szerkezetek					
Mérsékelt kopásálló, k14/21 jelű kavics- vagy zúzottkőbeton	XK1(H)	C30/37	310	0,50	max. 1,5 – 2,0
	Például: Siló, bunker, tartály könnyű anyagok tárolására, garázspadozat, lépcső, járólap, kopásálló réteggel ellátott ipari padlóburkolat kopásálló réteg nélkül				
Kopásálló, k12/18 jelű zúzottkőbeton	XK2(H)	C35/45	330	0,45	max. 1,25
	Például: Nehéz anyagok tárolója, gördülő hordalékkal érintkező beton, egyrétegű járdalap és monolit járda, kétrétegű járdalap kopórétege, közönséges útszegélyelem, lépcső, vasbeton lépcső, aknafedlap				
Fokozottan kopásálló, k10/15 jelű zúzottkőbeton	XK3(H)	C40/50	350	0,40	max. 1,25
	Például: Egyrétegű útburkolóelem, kétrétegű útburkolóelem kopórétege, kopásálló útszegélyelem, vasalattal utópályaburkolat, repülőtéri fel(le)szállópályák és gördülő utak, konténer átrakó állomás térburkolata				
Igen kopásálló, k8/12 jelű zúzottkőbeton	XK4(H)	C45/55	370	0,38	max. 1,25
	Például: Ipari padlóburkolat, amelyre nem kerül kopóréteg				
Különlegesen kopásálló, k6/9 jelű zúzottkőbeton	XK5(H)	C50/60	390	0,35	max. 1,25
	Például: Vibrópréselt térburkolóelem				
Vízáró beton, vasbeton és feszített vasbeton ⁵⁾ szerkezetek					
Mérsékelt vízáró beton, amelybe a víz legfeljebb 50 mm mélyen hatol be	XV1(H)	C25/30	300	0,55	max. 2,0
	Például: Pincefal, csatornafal, mélyalap, áteresztő, folyóka, surrantóelem, mederlap, mederburkolóelem, rézsűburkolat, legfeljebb 1 m magas víztároló medence, záportározó, esővízgyűjtő akna				
Közepesen vízáró beton, amelybe a víz legfeljebb 35 mm mélyen hatol be	XV2(H)	C30/37	300	0,50	max. 1,5
	Például: Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, 1 m-nél magasabb víztároló medence, föld alatti garázs, aluljáró külön szigetelőréteggel, földalatti alapterek, kiegyenlítő lemezek				
Fokozottan vízáró beton, amelybe a víz legfeljebb 20 mm mélyen hatol be	XV3(H)	C30/37	300	0,45	max. 1,5
	Például: Mélygarázs, mélyrakár, alagút külső határoló szerkezete külön szigetelőréteggel nélkül				