

## **A biológiai szennyvíztisztítás módszerei és az eleveniszapos szennyvíztisztítás hatásfokának növelése természetes, valamint felületkezelt zeolitok felhasználásával**

**Princz Péter<sup>1</sup> - Oláh József<sup>2</sup>**

- 1 - ÉLŐ Bolygó Környezetvédelmi Kutató Kft., 2040 Budaörs, Szivárvány u. 10.  
E-mail: pprincz@living-planet.hu
- 2 - Fővárosi Csatornázási Művek Ft., 1095 Budapest, Soroksári út 31.  
E-mail: olahj@fcsm.hu

### **Kivonat**

A szerzők áttekintik a leggyakrabban alkalmazott biológiai szennyvíztisztítási módszereket és a zeolitok eleveniszapos szennyvíztisztításban való – alkalmazási lehetőségeit, kiemelve az azzal járó előnyöket és a korábban alkalmazott zeolitos eljárások hiányosságait.

Ismertetésre kerül a ‘NATO SfP-Zeolites’ projektje keretében kidolgozott új zeolit felületkezelési eljárás, és a felületkezelt zeolit (ZeoRap) felhasználásával működő eleveniszapos szennyvíztisztítási technológia.

Az új zeolit-kezelési eljárás azon alapszik, hogy a zeolitot kationaktív polimer (KAP) molekulákkal módosítva, azon - a meglévő kationcserélő tulajdonság mellett – anioncserére alkalmas helyeket alakítunk ki. A nagy fajlagos felületű, anionok és kationok megkötésére egyaránt alkalmas felületkezelt zeolit (ZeoRap) jelentősen meggyorsítja és hatékonyabbá teszi a szennyezőanyagok lebontását végző baktériumoknak zeoliton való immobilizációját, valamint lehetővé teszi az anionok ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) adszorpcióját.

A Szobi Szennyvíztisztító Telepen, a ZeoRappal végzett közel egyéves üzemi kísérletek eredményei igazolták, hogy a szennyvízbe adagolt ZeoRap megnöveli a telep szerves anyag, nitrogén, foszfor és lebegőanyag eltávolító kapacitását, csökkenti az utóülepítő medencében az iszapelúszást, következésképpen azonos műtárgy-térfogat mellett javítja az elfolyó, tisztított szennyvíz minőségét, a telep működését kiegyensúlyozottabbá teszi. Ez utóbbi azt jelenti, hogy csökkennek a tisztított szennyvíz minőségében – a rendkívüli szennyezések, toxikus lökések hatására - bekövetkező ingadozások. Az említett előnyös hatások - a ZeoRapnak a szennyvízbe történő adagolását követően - azonnal jelentkeznek.

Fenti előnyöket a ZeoRap eljárás, mint egyszerű technológiai beavatkozás biztosítja. Ez azt jelenti, hogy a szennyvíztisztító telepeken különösebb átalakításra, beruházásra nincs szükség, mindössze a ZeoRap zeolit levegőztető medencébe történő adagolását kell biztosítani.

**Kulcsszavak:** szennyvíztisztítás, szennyvíz, zeolit, ZeoRap, eleveniszap, kationaktív polimer

### **1. Előzmények**

Az Élő Bolygó Környezetvédelmi Kutató Kft., a Floridai Egyetemmel közösen 1997-ben kidolgozta egy új zeolit felület-kezelési eljárás elméleti alapjait és laboratóriumi kísérletekkel igazolta a felület-kezeléssel modifikált zeolit – szerves szennyezők biológiai bonthatóságára és az eleveniszap ülepíthetőségére gyakorolt – kedvező hatását. Az ipari méretű zeolit modifikációs eljárás, valamint a modifikált zeolit felhasználásával működő eleveniszapos szennyvíztisztítási technológia kidolgozására és próbauzemi vizsgálataira 1999- 2004. között a NATO „Science for Peace” programjának, az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottságnak és az Ipar Műszaki Fejlesztéséért Alapítványnak támogatásával került sor.

Jelen cikkünkben (1) röviden áttekintjük a biológiai szennyvíztisztítási technológiákat, (2) bemutatjuk a természetes és a modifikált zeolit alkalmazásával működő eljárásokat, különös tekintettel azok előnyös tulajdonságaira, (3) bemutatjuk és értékeljük a Szobi Szennyvíztisztító Telepen, a modifikált zeolit felhasználásával végzett próbaüzemi vizsgálatokat.

Itt említjük meg, hogy a modifikált zeolit előállítására szolgáló eljárás és a modifikált zeolitos szennyvíztisztítási technológia 2000. évben szabadalmaztatva és - ZeoRap néven – védjegyeztetve lett-. A ZeoRap szennyvíztisztítási technológiára az Országos Vízügyi Főigazgatóság 2003. évben alkalmazási engedélyt adott ki. A ZeoRap technológia 2002 – 2004. között 11 hazai szennyvíztisztító telepen került kipróbálásra, illetve bevezetésre.

## **2 Az eleveniszapos szennyvíztisztítás és továbbfejlesztési irányai**

Magyarországon és a világ legtöbb országában a kommunális és az ipari szennyvizet közös csatornarendszerbe vezetik és együttesen kezelik. A leggyakrabban alkalmazott tisztítási módszer az eleveniszapos biológiai szennyvíztisztítás. Az eljárás lényege, hogy a biológiailag bontható anyagokat tartalmazó szennyvizet kevert baktérium-kultúrával hozzák kapcsolatba, amely - oxigén jelenlétében - a szervesanyagok jelentős részét biokémiai folyamat révén lebontja. A folyamat eredményeként a tisztított szennyvíz, KOI-ban és BOI<sub>5</sub>-ben kifejezett szennyezőanyag koncentrációja jelentősen lecsökken (~ 90 %-os lebontási határfok) és az eltávolított KOI-val arányos mennyiségben biomassa (baktériumtömeg) képződik. Ipari eredetű szennyvizek kezelése során a nehezen bontható anyagok egy része, vagy azok bontástermékei az elfolyó, tisztított szennyvízzel együtt távoznak Ennek következtében az elfolyó víz minősége romlik.

Az alapeljárásnak tekinthető egy-lépcsős eleveniszapos szennyvíztisztítási eljárás hatásfokának növelése céljából, az elmúlt 70 évben számos technológiai fejlesztés és módosítás történt. Az alábbiakban elsőként az egy-lépcsős eleveniszapos szennyvíztisztítási technológiát, majd a fontosabb technológiai fejlesztéseket mutatjuk be [Daigger, G. T., Buttz, J.,1992; Eckenfelder, W. W., Grau, P., 1992].

Az egy-lépcsős eleveniszapos tisztítás elve, hogy az utótelepítőben kiülepedő baktériumok (főlős eleveniszap) egy részét a levegőztető medencébe visszavezetjük, és ezáltal a lebontáshoz szükséges megújult baktériumkultúrát biztosítjuk [Daigger, G. T., Buttz, J.,1992; Syed R. Qasim, 1994].

Az eleveniszapos szennyvíztisztítás továbbfejlesztésében Dold, Ekama és Marais (1980) elméleti munkássága döntő szerepet játszott. Az általuk kifejlesztett D.E.M. modell a szennyvíztisztítás folyamatát komplex módon tárgyalja. A komplex szemlélet lehetővé tette a tisztítási technológiák korszerűsítését és a tápanyag-eltávolítás (N, P) optimalizálását [Barnard, J. L.,1973; Dold, P. L., Ekama, G. A., Marais, G. V. R., 1982; Randall, C. W. és munkatársai, 1992]. A modell a könnyen és a nehezen lebontható szubsztrátok, az endogén sejtpusztulásból származó anyagcsere termékek lebontását, a nitrifikáció és a denitrifikáció, az eleveniszap felületén lejátszódó adszorpció és hidrolízis folyamatát írja le.

Az egy-lépcsős eleveniszapos tisztítási technológia továbbfejlesztésének eredményeképpen kidolgozott technológiai megoldások a következők:

### ***Teljes oxidációs rendszer***

A teljes oxidációs rendszernél hosszú levegőztetési időt ( $t > 15$  óra) és alacsony biológiai terhelést ( $T_b < 0,1$  kg BOI/kg<sub>iszap</sub>/nap) alkalmaznak. A megoldás előnye, hogy a nehezebben bontható szerves anyagok lebontása, a nitrifikáció és a főlősiszap aerob stabilizációja együttesen valósítható meg. További előny, hogy a képződött főlősiszap mennyisége is kisebb, mint a hagyományos nagyterhelésű szennyvíztisztító telepek esetében [Daigger, G. T., Buttz, J.,1992; Syed R. Qasim, 1994].

### ***Fél-folyamatos aerob rendszer***

A szennyvíz, eleveniszapos tisztítása és üleptése ugyanabban a levegőztető reaktorban történik. A szennyvíz betáplálása, a reaktor felöltése rövid idő alatt végbemegy. Ezt követi a 18-20 órás levegőztetés, majd az 1-2 órás üleptetés és a dekantálás (ürítés). A rendszer egyszerűsége miatt, a „tölt – ürít” fél-folyamatos eleveniszapos technológiát gyakran alkalmazzák a kisebb szennyvíztisztító telepeken [Syed R. Qasim, 1994].

### ***Szelektorok alkalmazása***

Az alkalmazott szelektorok aerob, anoxikus és anaerob kialakításúak lehetnek. Az aerob szelektorokat, előlevegőztetőként és adszorpciós fokozatként használják. Ezt a kialakítást nagy kolloid tartalmú ipari szennyvizek kezelésénél célszerű alkalmazni. Az anoxikus és anaerob szelektorokat denitrifikációnál és foszfát eltávolításnál használják. Az anoxikus szelektor alkalmazható még a fonalas szervezetek kialakulásának megakadályozására is [Eckenfelder, W. W., Grau, P., 1992].

### ***Tiszta oxigén alkalmazása***

Bizonyos esetekben - a zárt eleveniszapos levegőztető reaktoroknál - a biológia fenntartására, légbefúvatás helyett, tiszta oxigént alkalmaznak. A technológia jellemzője a megnövekedett lebontási sebesség és a kisebb fölösiszap mennyiség. A nagyobb lebontási sebesség különösen előnyös a magasabb szennyezőanyag tartalmú ipari szennyvizek kezelésénél. A módszer hátránya, hogy a reaktorok speciális kialakítása (nagyfokú automatika, zárt kivitel) és a helyszíni oxigén-előállítás igénye az eljárást költségessé teszi [Daigger, G. T., Buttz, J., 1992; Syed R. Qasim, 1994].

### ***Por-formájú aktív szén adagolása (PACT)***

A nagy szennyezőanyag koncentrációjú, vagy biológiailag nehezen bontható, toxikus ipari szennyvizek tisztításánál alkalmaznak aktív szén adagolást. Az por-alakú aktív szenet az előülepített szennyvízhez - a levegőztetőbe történő bevezetés előtt - vagy közvetlenül a levegőztető medencébe adagolják. Az aktív szén, adszorpció révén megkötö a bontható és a bonthatatlan szervesanyagok egy részét. Az eleveniszapos medencében a baktériumok az aktív szénhez kötődnek. A szén részecskéken megtelepedő baktériumok számára, a megkötött és a vizes fázisban található szerves anyagok szubsztrátként szolgálnak. Az aktív szén, mint adszorpciós kapacitással rendelkező hordozóanyag hatékony biológiai tisztítást tesz lehetővé. A szén szemcséken megkötődő baktériumtömeg jól ülepedő fölösiszapot képez [Daigger, G. T., Buttz, J., 1992; Freeman, H. M., 1990; Stéhlik, J., 1995].

### ***Egyéb por-alakú baktérium hordozó és adszorber anyagok adagolása***

Por-alakú zeolitok, bazalt, láva, homok, izzított agyag, mészkő, antracit, barnaszénkocsz, horzsakő, műanyagtestecskék (polietilén, polisztirol, poliamid) adagolása is ismert a szennyvíztisztítás területén. Az említett hordozóanyagokon egyrészt a baktériumok megtelepednek, másrészt - adszorpciós kapacitásuk következtében - a szennyvízben lévő biológiailag nehezen bontható anyagokat megkötik [Freeman, H. M., 1990; Rheinbraun Verkaufsgesellschaft MBH., 1995]. Zeolitok esetében, a tápanyagok megkötésében a kationcserélő kapacitás is jelentős szerepet játszik [Oláh és munkatársai, 1991]. Az adalékanyagok előnyös hatásai a következőkben foglalhatók össze: Nő az eleveniszap lebontási hatásfoka, csökken a fonalas baktériumok elszaporodásának esélye, javul az utóülepítés hatásfoka és az iszap-víztelenítés hatékonysága. Zeolit-adagolás esetében – a kationcserélő hatás következtében – fentiekén túlmenően, megnő a nitrifikáció és a szerves nitrogén-vegyületek lebontásának sebessége. (A zeolit-adagoláson alapuló eleveniszapos szennyvízkezelési technológiákat a 3. fejezetben ismertetjük.)

### ***Két-lépcsős eleveniszapos technológia (TSAS)***

A TSAS technológia tulajdonképpen két, sorba kötött eleveniszapos egység (I. lépcső: levegőztető + utóülepítő, II. lépcső: levegőztető + utóülepítő). Az első biológiai fokozatban - ahol a könnyen bontható anyagok biodegradációja megy végbe - nagy terhelést ( $T_b > 3,0$  kg BOI/kg<sub>iszap</sub>/nap) állítanak be. Ezt követi a hosszabb

tartózkodási idejű ( $t: 8 - 16$  óra), kisebb terhelésű ( $T_b < 0,2$  kg BOI/kg<sub>iszap</sub>nap) második egység. Kisebb terhelés mellett a nehezebben bontható anyagok biodegradációja is végbemegy. A két biológiai fokozat biocönózisában jelentős különbség mutatkozik. Nagy terhelésnél a rövid generációs idejű, kisebb terhelésnél pedig a hosszabb generációs idejű baktériumok szaporodnak el. Ez a technológia különösen alkalmas nehezen bontható, esetleg bioinhibíciót okozó ipari szennyvizek kezelésére [Daigger, G. T., Buttz, J., 1992; Eckenfelder, W. W., Grau, P., 1992].

### ***Intenzív, tápanyag (N, P) eltávolítási technológiák***

A befogadók eutrofizációs veszélyének csökkentése érdekében az elmúlt 15-20 évben - - előtérbe került a tápanyag-eltávolítás kérdése. A hatékonyabb nitrogén- és a foszfor-eltávolítás érdekében számos, egy- és többlépcsős technológiát fejlesztettek ki. A denitrifikációban és a foszfor eltávolításban különösen nagy jelentősége van az anoxikus és anaerob szelektoroknak

A teljesség igénye nélkül megemlítenénk néhány denitrifikációs és a foszfor eltávolítására kidolgozott technológiát. Denitrifikáció céljára fejlesztették ki a Ludzack-Ettinger, a módosított Ludzack-Ettinger, valamint a Wuhrmann és Bardenpho névvel jelzett technológiákat. A Phoredox, a módosított Phoredox, az UCT és a módosított UCT eljárások a nitrogén és a foszfor együttes eltávolítására szolgálnak. [Randall és munkatársai, 1992].

### ***Bioszűrős technológiák***

A bioszűrők olyan biológiai tisztító berendezések, amelyekben a kevert kultúrájú aerob baktériumokat különböző eredetű (égetett agyag, vulkáni tufa, szerves polimer stb.) szemcsés szerkezetű (2 – 6 mm) hordozóanyagra telepítik. A nagy fajlagos felületű hordozóanyag a baktériumok immobilizálására és a tölteten átáramló szennyvíz biológiai szűrésére szolgál. A bioszűrőn átvezetett szennyvíz biológiai tisztítását a hordozóanyag töltetre telepített heterotróf és autotróf baktériumközösség végzi [Öllös, G., Szilágyi, M., 1996].

A heterotróf, szénvegyületeket bontó baktériumok a biofilmben gyorsan - a nitrifikáló baktériumoknál lényegesen gyorsabban - szaporodnak. A baktériumok gyors szaporodása következtében a bioszűrő gyorsan eltömődhet. Az eltömődés folyamatát gyorsítja, hogy a porózus szűrőközeg felső része lebegőanyag-szűrőként is működik. A nem-kívánatos eltömődés elkerülése érdekében a bioszűrőt rendszeresen tisztítani, öblíteni kell. Fenti problémák elkerülése érdekében a bioszűrőt elsősorban második tisztító fokozatként, nitrifikáció és denitrifikáció céljára alkalmazzák. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a bioszűrő előtt a lebegőanyagot és a könnyebben bontható szerves vegyületeket a szennyvízből el kell távolítani. Erre a célra jól megfelel a hagyományos egy-lépcsős nagyterhelésű eleveniszapos rendszer. A nagyterhelésű eleveniszapos tisztítás és a bioszűrővel működő nitrifikációs - denitrifikációs rendszer összekapcsolása rendkívül hatékony tisztítási eljárás. Ezt a Fővárosi Csatornázási Művek Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepén kialakított két-lépcsős technológia (eleveniszap + bioszűrő) is egyértelműen bizonyítja [Öllös, G., Szilágyi, M., 1996; Sammut és munkatársai, 1994].

## **3 Zeolit-adagoláson alapuló eleveniszapos szennyvízkezelési technológiák**

Természetes zeolitoknak az eleveniszapos szennyvíztisztításban való alkalmazására először Magyarországon került sor. A Zeoflocc néven szabadalmaztatott eljárás során [Kiss és munkatársai, 1984, 1988] 35-100 mg/l koncentrációban, 10-180 µm szemcseméretű, klinoptilolitot tartalmú riolitufát adagoltak a szennyvízhez a biológiai reaktorban [Kalló és munkatársai, 1982; Oláh és munkatársai, 1991]. A szabadalom jelentős mértékben hozzájárult az eleveniszapos szennyvíztisztítás számos problémájának - foszfor és nitrogén tápanyag eltávolítás, iszapülepedés, elfolyó vízminőség javítása - gazdaságos megoldásához [VITUKI, 1986, 1987, 1988, 1992; Decasper, M., 1998; KA-Bretiebs-Info, 1998; Weinstock & Siebert Chemische Produkts, 1994, 1995, 1996]. Zeolit hatására a vizsgált hazai szennyvíztisztító telepeknél (Dunakeszi, Zánka, Balatonberény, Tapolca, Zalaegerszeg, Sármellék) az elfolyó szennyvíz minősége az összes vizsgált paraméter

(KOI, BOI, összes foszfor, ammónium, nitrát, lebegőanyag) esetében javult. A szennyvíziszap ülepedési sebességét jelző Sludge Volume Index értéke csökkent.

A Zeoflocc eljárást Németországban, Ausztriában, Svájcban és Ausztráliában is alkalmazták [Charuckyj, 1997, 1998]. A külföldi tapasztalatok is azt mutatják, hogy zeolit hatására a biológiai reaktorban javul a KOI, N és P eltávolítás hatásfoka, valamint az utóülepitőben a szennyvíziszap ülepíthetősége.

Oláh és munkatársai (1989/a) azt tapasztalták, hogy az eleveniszapos medencébe történő por- formájú zeolit-adagolás (50 – 100 mg/l) hatására az ammónium ion eltávolítás sebessége 3-5-szörösére növekszik a referenciához képest. A nitrifikáció növekedését a természetes és a vassal modifikált zeolitok esetében egyaránt tapasztalták. Megállapították, hogy zeolit-adagolással, a teljes nitrifikációs tisztító berendezéseknél (terhelés < 0,1 kgBOI/kg<sub>iszap</sub> nap) a levegőztető térfogatot kb. 25 - 30 %-kal lehet csökkenteni. A rész-nitrifikációs rendszereknél (0,1-0,2 kgBOI/kg<sub>iszap</sub> nap terhelés) még nagyobb reaktor-térfogat csökkentés (30 - 35 %) érhető el.

Oláh és munkatársai (1986, 1989/a, 1991) zeolitpor (szemcseméret: 10 – 180 µm) vizes szuszpenziójához vas (III) só oldatot adtak (35 - 80 mg zeolit /L + 10 - 26 mg Fe<sup>3+</sup>/L). Az ily módon készült szuszpenziót a nyers szennyvízhez adagolták. A zeolit + Fe<sup>3+</sup> rendszer segítségével hatékony foszfor-eltávolítást lehetett megvalósítani: 15 - 52 mgP/l befolyó koncentráció mellett az elfolyó vízben az összes foszfor koncentrációja 1,1 - 1,9 mg/l értékek között változott.

Oláh és munkatársai (1989/b) természetes zeolit őrleményt (szemcseátmérő: 10 - 180 µm) adagoltak több hazai szennyvíztisztító telepeken az eleveniszapos medencébe. A kémiai oxigénigény mérések eredményei azt mutatták, hogy az eleveniszap lebontási hatásfoka 15 - 25 %-kal javult a referenciához képest.

Sármellék (Magyarország) községi szennyvíztelep próbaüzemi mérései során 80 mg/l zeolitot + 16 mgFe<sup>3+</sup>/L adagoltak az eleveniszapos medencébe. A befolyó szennyvíz foszfor koncentrációja igen nagy (52,4 mgP/l) volt, ennek ellenére az elfolyó, tisztított szennyvízben < 1,7 mgP/l értékeket mértek. Megállapították, hogy a zeolitpor és a vas(III) ionok együttesen hatékony foszfor eltávolítást biztosítanak [Oláh J., 1994].

Mucsy (1992) a zalaegerszegi eleveniszapos szennyvíztisztító telepen bevezetett zeolit-adagoláson alapuló eljárás üzemi tapasztalatairól számol be. Az elfolyó, tisztított szennyvízben a foszfor koncentrációja 1 mg/l alatt volt. Az iszapülepedést jellemző Mohlmann index 200 ml/g értékről 100 ml/g értékre csökkent, azaz jelentősen javult az iszap ülepedése. A tisztított, elfolyó szennyvíz KOI értéke (50 - 60 mg/l) 20 %-os csökkenést mutatott.

A zeolit-adagoláson alapuló eleveniszapos szennyvízkezelési technológiák magyarországi tapasztalatait a VITUKI (1986, 1987, 1988, 1992/1 és 1992/2) tanulmányai mutatják be részletesen, az összefoglaló értékelés Kalló (1995) nevéhez fűződik.

A zeolit-adagolás iszap-ülepedést javító hatásáról számol be Charuckyj (1997) is. A Brisbane Water Authorities területén üzemelő Fairfield szennyvíztelepen zeolit adagolás hatására a 200 ml/g ülepedési index 100 ml/g érték alá csökkent. A szerző megállapítja, hogy a tisztított szennyvíz minőségének javulása alapvetően arra vezethető vissza, hogy a zeolit-részecskék iszap-pehelybe történő beépülésével javul az eleveniszap ülepedése és csökken az utóülepitőből elúszó iszap mennyisége.

Az eleveniszapos szennyvíztisztítás során előfordul, hogy a baktériumok ipari szennyvizek hatására és túllevégőztetés miatt nem képeznek stabil flokkokat (Öllös, 1994). A zeolit, mint flokkulációs mag-képző és baktérium-hordozó anyag jelentős mértékben javítja az eleveniszap ülepedési sajátságait [Oláh J. és munkatársai: 1986, 1989/b, 1991].

Kisterhelésű szennyvíztisztító telep esetében (0,12 – 0,15 kgBOI/kg<sub>iszap</sub>nap) a száraz szennyvíziszap zeolit-tartalma 8-13 % között mozgott, a terhelés növelésével kisebb, 4-7 %-os zeolit-tartalmak alakultak ki [VITUKI, 1992/2].

A zeolit-tartalmú szennyvíziszap mezőgazdasági elhelyezés szempontjából több előnyös tulajdonsággal rendelkeznek a hagyományos eleveniszaphoz képest. A zeolit javítja a talaj vízgazdálkodását, kedvezően befolyásolja a talajok kémhatását és hőgazdálkodását, javítja a gyökérlégzés feltételeit és csökkenti a műtrágyák kioldódását [Papp J., 1991].

Papp (1992) a zeolitok eleveniszapos rendszerben való alkalmazásának lehetőségeit, hatásait (tisztított szennyvíz minőségének javulása, iszap-ülepedés javulása, hatékony foszfor-eltávolítás) és a zeolitok hatásmechanizmusát foglalja össze.

#### **4 Modifikált zeolit-adagoláson alapuló eleveniszapos szennyvízkezelési technológiák**

A zeolitok szennyvíztisztításban való alkalmazása - mint láthattuk - számos előnnyel rendelkezik (növekszik a KOI-ban kifejezhető szervesanyag lebontás sebessége, megnő a nitrifikáció és a denitrifikáció sebessége, csökken az oxigén-beviteli igény, javulnak a szennyvíziszap ülepedési jellemzői). A biológiai aktivitásra gyakorolt kedvező hatás, azonban általában hosszabb idő elteltével (5-10 nap) mutatható ki. Ez az idő, amennyiben a szennyvíztisztító telepet toxikus lökések érik tovább nőhet (4-6 hét), és esetleg a kedvező hatás jelentkezése el is maradhat [Heinzel, 2000].

Heinzel (2000) annak érdekében, hogy meggyorsítsa a zeolit-adagolás előnyös hatásainak jelentkezését, a zeoliton előzetes mikrobiológiai és/vagy enzimatikus és és/vagy szubsztrát-dotálást alkalmaz. A szabadalmi leírás szerinti módszer, kísérleteink szerint csak kismértékben csökkenti az időigényt. Ennek oka abban keresendő, hogy a vizes szuszpenzióban vagy aeroszol formájában a zeolittal kontaktusba hozott baktériumok (nitrosomas, nitrobacter stb.) ugyan magas baktérium-koncentrációt biztosítanak a zeolit felületén, a baktériumok és a zeolit között, azonban nincs stabil kapcsolat. Ennek következtében vizes oldatban - a biológiai reaktorban fellépő mechanikai hatásokra - a baktériumok jelentős része leválik a zeolit felületéről. A gyorsító hatás elsősorban a reaktorba vitt többlet-mikroorganizmussal magyarázható, bár azoknak adaptálódniuk kell az adott szennyvízhez. Az enzimmel dotált zeolit enzimentartalma - az eleveniszapos szennyvíztisztítás körülményei között - szubsztrátként funkcionál, és hasonlóan a szubsztráttal kezelt zeolithoz elsősorban tápanyag-hiányos rendszerekben fejthet ki előnyös hatást. A gyorsító hatás ebben az esetben sem jelentős, ami azzal magyarázható, hogy a zeolit-adagolás előnyös hatásainak megjelenésénél, nem a zeolit-szubsztrát adszorpció időigénye, hanem a baktériumok zeolit felületén történő megkötődésének ideje a limitáló tényező.

#### **5. A ZeoRap eleveniszapos szennyvízkezelési technológia**

A ZeoRap szennyvízkezelési technológia speciális módon felületkezelt zeolit (ZeoRap) alkalmazásán alapszik. Mielőtt rátérnénk a ZeoRapnak és hatásainak bemutatására – a jobb érthetőség érdekében – először áttekintjük a természetes zeolitok fontosabb jellemzőit.

##### **5.1 Természetes zeolitok**

A zeolit név a kristályos, térrácsos alkáli és/vagy alkáliföldfém- alumíniumhidroszilikátok családjának összefoglaló elnevezése. Mintegy 40 féle természetben előforduló zeolitfajtát ismerünk, a szintetikus úton előállított variánsok száma pedig meghaladja a 150-et. A legismertebb négy zeolittípus a klinoptilolit, mordenit, "A" típusú zeolit és a faujazit [Smith, J. V., 1976]. A zeolitok a Földön található leggyakoribb kilenc elemből épülnek fel. Általános összegképletük:



ahol

Me:	főleg Na, K, Mg, Ca, (Fe)
n:	fenti elemek kationjainak töltése
x:	>2 zeolit típustól függően
y:	1-8 zeolit típustól függően

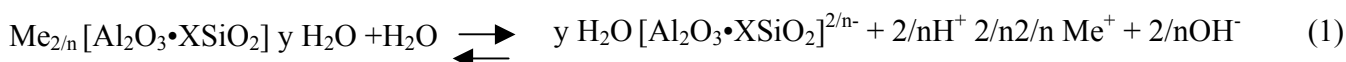
Az egyes zeolitfajták az  $\text{SiO}_{4/2}$  és az  $\text{Al}_{4/2}$  tetraéderek elrendeződése, kapcsolódása révén alakulnak ki. A kristályrács nem tömör poliéder, benne 0,3 - 1,0 nm méretű csatornák és üregek találhatóak [Gottardi, G., Galli, E., 1985]. A kristályrácsnak ebben a szabad térben foglalnak helyet a vízmolekulák és a rács negatív töltését kompenzáló kationok. A zeolitok specifikus sajátossága, hogy ez az ún. zeolitos víz és a kationok könnyen, reverzibilisen eltávolíthatók, a kationok, más kationokkal helyettesíthetők. Mindezekből következik, hogy a zeolitok kationcserélők és adszorbensek, de nemcsak a vizet képesek adszorbeálni, hanem mindazon anyagokat, molekulákat, amelyeknek kritikus átmérője nem nagyobb a zeolit pórusok, üregek méreténél [Kalló, D., 1992; Papp, J., 1992].

## 5.2 A ZeoRap előállítása, tulajdonságai és hatásai az eleveniszapos szennyvíztisztítás során

A 4. fejezetben már említettük, hogy a zeolit-adagoláson alapuló eleveniszapos szennyvízkezelési technológiák csak szűk körben terjedtek el. Ez elsősorban azzal magyarázható, hogy a szerves anyagok bontását végző baktériumok, zeoliton történő megtelepedése lassú folyamat, következésképpen a zeolit adalék előnyös hatásai is csak hosszabb idő után jelentkeznek.

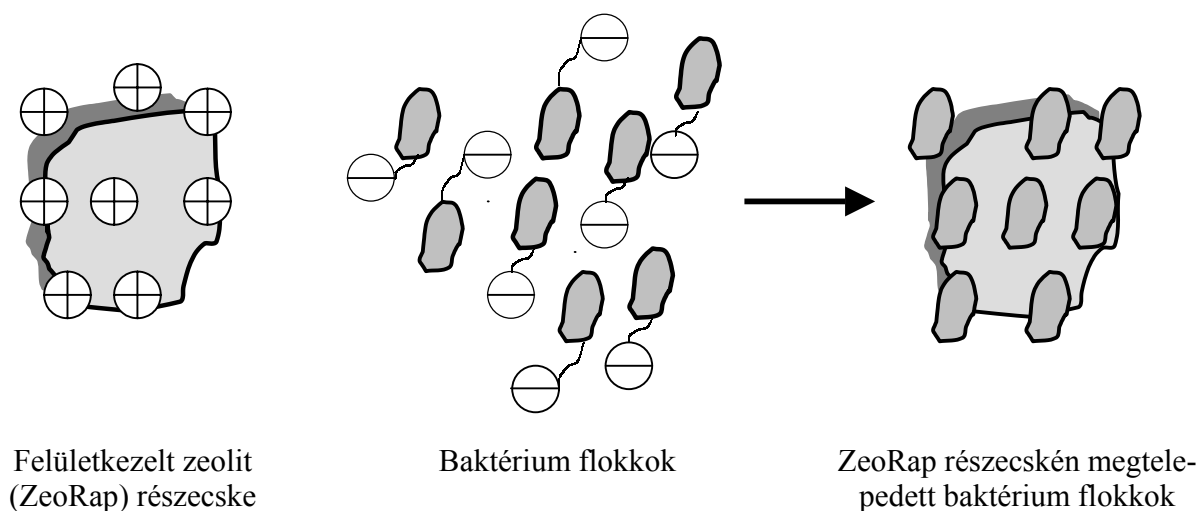
A baktériumok lassú immobilizációja a zeolit felületén a következőkkel magyarázható:

A természetes zeolitok - kationcserélő sajátásaik következtében - vizes közegben negatív felületi töltéssel disszociálnak (lásd 1. egyenlet).



Vizes fázisban a baktériumok felületi töltése szintén negatív. Közismert, hogy az azonos töltésű részecskék taszítják egymást, ezért a könnyű belátni, hogy a baktériumok zeolit felületén történő megtapadása nem lehet gyors folyamat. Az, hogy a zeolit-baktérium kapcsolat mégis létrejön, a baktériumok által termelt, extracelluláris polimereknek (ECP) köszönhető [Quarmby, J., 1999]. Az ECP molekulák ugyanis hidat képeznek a baktériumok és a zeolit felülete között. A biopolimer-képződés azonban lassú folyamat, melyet a toxikus hatások gátolhatnak.

Az új zeolit-kezelési eljárás azon alapszik, hogy a zeolit-baktérium kapcsolat létrehozását nem bizzuk a baktériumok lassú és bizonytalan biopolimer termelésére. A zeolitot kationaktív polimer (KAP) molekulákkal kezelve, stabil zeolit-KAP kötéseket hozunk létre [Princz, P. és munkatársai, 2003]. A baktériumok ezek után a KAP molekulák szabad pozitív töltéseinek keresztül néhány perc alatt immobilizálódnak a zeolit-részecskék felületén. A baktériumok, modifikált zeoliton való immobilizációját az 1. ábra szemlélteti.



**1. ábra A ZeoRap felületén lejátszódó baktérium megkötődés folyamata**

A ZeoRap nemcsak meggyorsítja a szerves szénvegyületeket bontó, a nitrifikáló és a denitrifikáló baktériumok zeolit részecskéken történő immobilizációját, hanem azt hatékonyabbá is teszi. A nagyobb hatékonyság azt jelenti, hogy nagyobb mennyiségű nitrifikáló és denitrifikáló baktérium vihető fel a zeolitra. Ennek következtében a fajlagos KOI, BOI<sub>5</sub>, ammónia és nitrát eltávolítás (kgKOI, kgBOI<sub>5</sub>, kgNH<sub>4</sub>-N, kgNO<sub>3</sub>/kg<sub>ZeoRap</sub>nap) is növekszik [Princz, P. és munkatársai, 2002]. A denitrifikációs hatásfokot tovább javítja, hogy a ZeoRap a nitrát ionokat is képes megkötni.

A nagyméretű KAP molekulák nem tudnak a zeolit belső üregeibe behatolni, ezért csak a külső felületi töltéseket változtatják negatívról pozitívrá. Ez azt jelenti, hogy a ZeoRap kation- és anioncserélő tulajdonságokkal egyaránt rendelkezik.

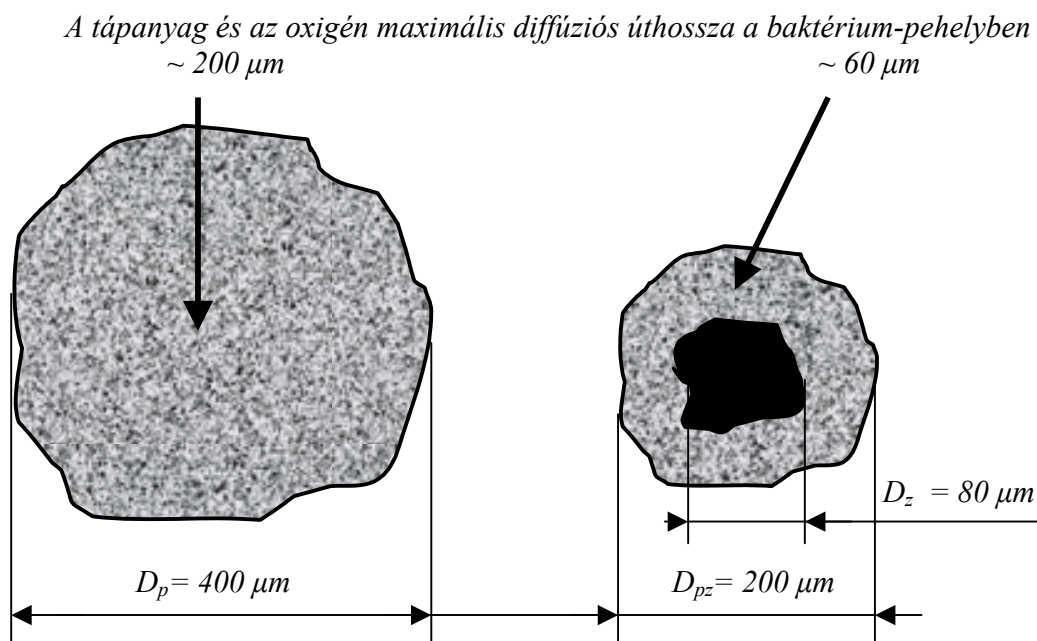
ZeoRap jelenlétében rövid idő alatt nagyszámú kisméretű ZeoRap-baktériumflokk képződik, melyek oxigén- és tápanyag-ellátottsága jobb, mint a hagyományos flokkoké. A ZeoRap-tartalmú és a hordozóanyag nélküli baktérium-flokkok jellemző méreteit a 2. ábrán mutatjuk be.

### 5.3 A ZeoRap technológia próbaüzemi vizsgálatai a Szobi szennyvíztisztító telepen

A ZeoRap) technológiát a Dunamenti Regionális Vízmű Vállalat (DMRV) Szobi Szennyvíztisztító Telepének (SZTT) próbáltuk ki elsőként üzemi méretekben. A kísérleteket 2001. márciusában 5 %-os ZeoRap-adagolás mellett kezdtük. A ZeoRap koncentrációt június 21-én 8 %-ra, majd október 1-én 10 %-ra növeltük. (A százalékos értékek  $\frac{g_{zeolit}}{g_{szárasiszap}} \times 100 \%$  egységekben értendők.) A kísérletek 2002. január 14-én fejeződtek be.

#### 5.3.1 A Szobi SZTT bemutatása

A Szobi SZTT Szob város déli oldalán, a Duna bal partján található. A telep hidraulikus kapacitása 1.000 m<sup>3</sup>/nap. A DMRV vezetősége - a ZeoRap technológia hatásainak egzakt kiértékelhetősége érdekében - a telepet két, egyenként 500 m<sup>3</sup>/nap kapacitású technológiai sorra választotta szét. Az egyik sor a hagyományos technológia szerint üzemelt (referencia tisztító sor), míg a másik a ZeoRap eljárást valósította meg.



$D_p$ : Átlagos pehely-átmérő,  $D_{pz}$ : ZeoRapos pehely átlagos átmérője,  $D_z$ : ZeoRap átlagos átmérője

**2. ábra**

### **A hordozóanyag nélküli és a ZeoRap részecske körül kialakuló baktérium pehely méretei**

A ZeoRap-adagoló berendezést a levegőztető medencénél helyeztük el, oly módon, hogy a ZeoRap a recirkuláltatott iszap és a nyers szennyvíz találkozási pontján kerüljön a levegőztető medencébe (lásd 3. ábra).

A telep elvi felépítését és a vízminta-, valamint az iszapminta-vételi helyeket a 3. ábrán mutatjuk be.

A telepre érkező háztartási és élelmiszeripari szennyvizek elsősorban a nyári és az őszi hónapokban, a gyümölcs feldolgozás idején okoznak víz- és iszapminőségi problémákat, ami általában a magas elfolyó KOI-ban (200 – 400 mg/l), lebegőanyag tartalonban (200 - 500 mg/l) és iszapfelúszásban nyilvánul meg.

A Szobi SZTT főbb műszaki jellemzőit az 1. táblázatban mutatjuk be.

### **5.3.2 Mintavétel, analitikai vizsgálatok**

Szennyvíz és szennyvíz-iszap mintavételre heti két alkalommal került sor. A telepre befolyó, nyers és az egyes technológiai sorok tisztított vizéből napi átlagmintákat gyűjtöttünk. Az iszapminták vétele mindkét technológiai sor levegőztető medencéjéből és recirkulációs rendszeréből történt.

A vízminta-vizsgálat paraméterei a következők voltak:      pH, KOI,  $KOI_{sz}$ ,  $BOI_5$ ,  $NH_4-N$ , Kjeldahl-N,  $NO_3$ , összes-P és lebegőanyag.

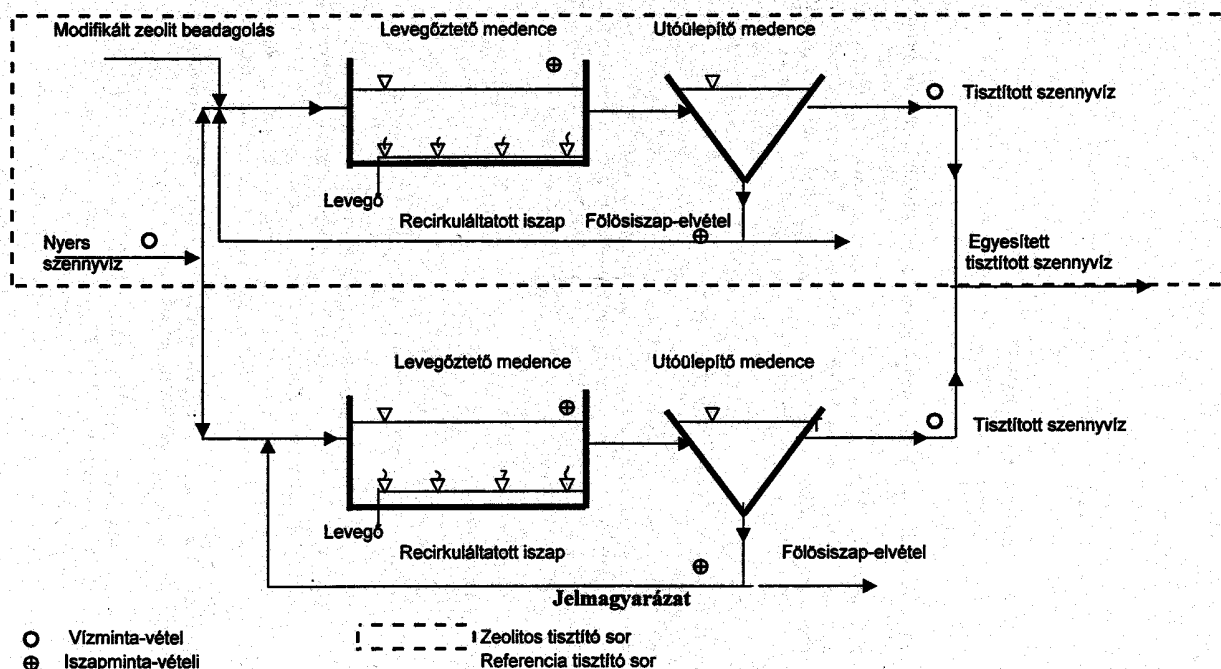
Az iszap-vizsgálat alábbi paraméterekre terjedt ki:

- Iszapkoncentráció és ülepedés a levegőztető medencében
- Iszapkoncentráció és ülepedés a recirkulációs rendszerben
- Fölösiszap napi mennyisége.

## 1. táblázat

## A Szobi SZTT műszaki paramétere

A telepre érkező nyers szennyvíz jellege:	Háztartási és élelmiszeripari (gyümölcs feldolgozóipar)
Teljes hidraulikus kapacitás (Q):	1.000 m <sup>3</sup> /nap
A ZeoRapos technológiai sor hidraulikai kapacitása (Q <sub>1</sub> ):	500 m <sup>3</sup> / nap
A hagyományos technológiai sor hidraulikai kapacitása (Q <sub>2</sub> ):	500 m <sup>3</sup> / nap
Az egyes technológiai sorok műszaki specifikációja:	
• Levegőztető medence térfogata (V <sub>1</sub> ):	470 m <sup>3</sup>
• Száraziszap-koncentráció a levegőztető medencében (S <sub>A</sub> ):	~ 4,3 kg/m <sup>3</sup>
• Száraziszap mennyisége a levegőztető medencében (G <sub>A</sub> ):	~ 2,021 kg
• Utóülepítő térfogata (V <sub>2</sub> ):	235 m <sup>3</sup>
• Száraziszap-koncentráció az utóülepítőben (G <sub>S</sub> ):	~10,6 kg/m <sup>3</sup>
• Száraziszap mennyisége az utóülepítőben (G <sub>S</sub> ):	2,491 kg



3. ábra

A két tisztító sorra osztott Szobi szennyvíztisztító telep elvi felépítése

### 5.3.3 Vizsgálati eredményei és a mérési adatok értékelése

A kísérleti időszak - a szennyvíztisztító telep terhelése és a beadagolt ZeoRap mennyisége alapján - három szakaszra bontható, melyek a következők:

- 2001. 03. 30 – 2001. 06. 18. között kisterhelés, 7 kg/nap (5 %) ZeoRap adagolás
- 2001. 06. 21 – 2001. 09. 26. között közepes terhelés, 11 kg/nap (8 %) ZeoRap adagolás
- 2001. 10. 01 – 2002. 01. 14. között nagyterhelés, 14 kg/nap (10 %) ZeoRap adagolás

Az egyes időszakok átlagos hidraulikus terhelés értékek az alábbiak voltak:

- kisterhelés időszaka: 496 m<sup>3</sup>/nap
- közepes terhelés időszaka: 712 m<sup>3</sup>/nap
- nagyterhelés időszaka: 836 m<sup>3</sup>/nap

Az egyes időszakokban a telepre befolyó és a két tisztító sorról elfolyó, kezelt szennyvizek minőségi jellemzőinek átlagértékeit a 2. táblázatban foglaltuk össze.

**2. táblázat A Szobi SZTT-n ZeoRap adagolás mellett végzett üzemi kísérletek átlagos vízminőségi és iszapülepedési adatai**

Vizsgálati időszak	Szennyvíz minta	KOI	KOI <sub>sz</sub>	TOC <sub>e</sub>	BOI <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> -N	Szerves-N	NO <sub>3</sub>	Összes-P	Lebegőanyag	SVI
											30 perces
											(mg/l)
											(ml/g)
2001. 03. 30. – 06. 18.	Befolyó	1.086	657	220	336	33,0	31,5	0,3	9,4	360	
	Elfolyó Z	45	29	11	13	1,1	1,4	4,3	3,3	35	85
	Elfolyó R	68	42	13	18	1,3	2,1	2,8	4,2	54	112
2001. 06. 21. – 09. 26.	Befolyó	1155	763	285	325	39,1	28,6	0,2	10,3	512	
	Elfolyó Z	47	27	18	9	0,3	0,6	2,9	3,0	33	72
	Elfolyó R	74	39	35	16	0,8	1,5	2,1	4,8	63	98
2001. 10. 01. - 2002. 01. 14.	Befolyó	2.462	819	321	394	26,8	18,2	0,2	11,9	455	
	Elfolyó Z	77	39	12	15	1,0	0,6	1,8	2,8	88	84
	Elfolyó R	147	60	28	26	3,1	2,5	0,8	4,0	146	120
Határérték		75	-	-	25	5,0	-	-	-	100	100*

Jelölések: Z – ZeoRap, R- referencia, KOI, TOC<sub>e</sub> – eredeti mintából mért KOI és TOC, KOI<sub>sz</sub> - szűrt mintából mért KOI, SVI – Sludge Volume Index, 30 perces iszapülepedés

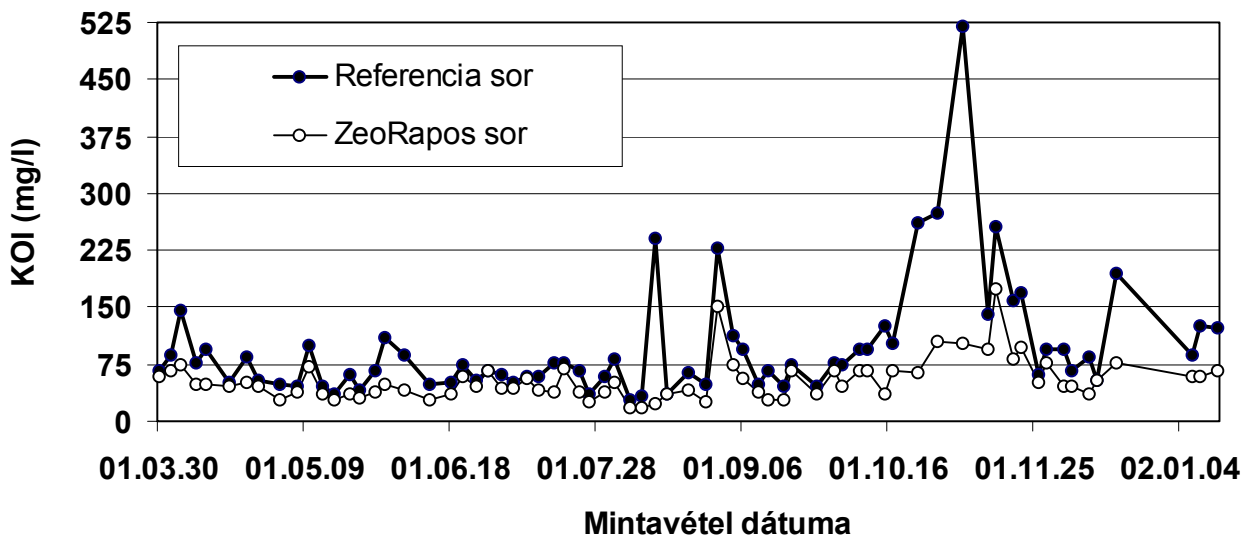
Megjegyzés: \*A jó ülepedéshez SVI értékét 100 ml/g alatt célszerű tartani  
Az összes-N-re (NH<sub>4</sub>-N + szerves-N + NO<sub>3</sub>) vonatkozó határérték: 30 mg/l  
A határértékek a Szobi SZTT-re vonatkoznak

Az átlagadatokból látható, hogy a telep a kisterhelésű időszakban - mindkét tisztító soron - általában megfelelően üzemelt, a tisztított víz minőségi paraméterei nem lépték túl a határértéket. A közepes terhelésű időszakában – a KOI és a lebegőanyag vonatkozásában már gyakoriak voltak a határérték-túllépések, míg a nagyterhelésű időszakban már havária jellegű vízminőség-romlás is bekövetkezett. A ZeoRap vízminőségre gyakorolt hatását jól szemléltetik az elfolyó víz KOI értékei. Az őszi, nagyterhelésű időszakban – amikor a Szobi Szörpüzemben az alma feldolgozása folyt - a kezelt szennyvíz KOI-ja a referencia soron az előző időszak 74 mg/l-es átlagértékéről 147 mg/l-re, a határérték (75 mg/l) kétszeresére emelkedett. A ZeoRapos soron nemcsak a KOI növekedés mértéke kisebb (47 mg/l-ről 77 mg/l-re), de a nagyterhelésű időszakhoz tartozó érték is alig lépte túl a határértéket. A ZeoRapos iszap ülepedését jellemző Sludge Volume Index (SVI) 24 – 30 %-kal volt alacsonyabb a referencia sorhoz tartozó értéknél.

Az átlagértékek elfedik a telepre befolyó és az onnan elfolyó, tisztított szennyvizek minőségében és az iszap ülepedésében, ZeoRap hatására bekövetkező napi és heti változásokat, ezért néhány jellemző komponens vonatkozásában – a 4 – 7 ábrán - részletesebben is bemutatjuk a mérési eredményeket, és a teljes próbüzemi időszakra megvizsgáljuk a két tisztítósorhoz tartozó víz- és iszapminőségi adatok kapcsolatát.

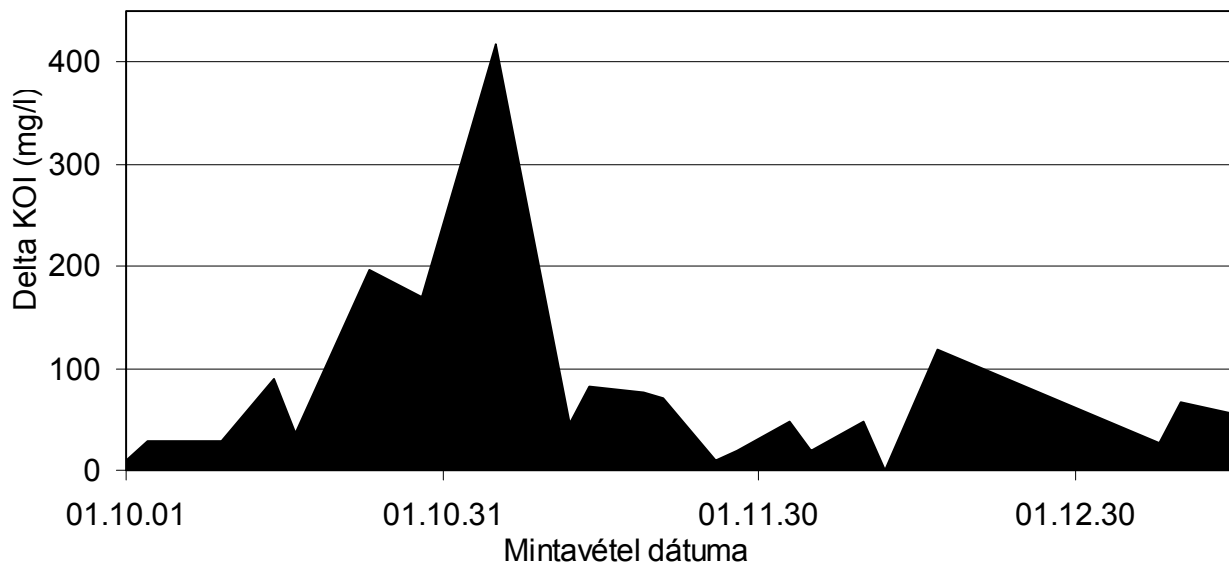
A 4. ábrán látható, hogy ZeoRap hatására eltűntek a kiugróan magas KOI csúcsok az elfolyó szennyvízben, azaz a telep működését kiegyenlítettebbé vált. A két tisztítósor KOI értékei közti különbségek a terhelés növekedésével egyre jelentősebbé váltak és a nagyterhelés időszakban – mint azt az 5. ábra mutatja – már több száz mg/l-t tettek ki. A tisztított szennyvíz BOI<sub>5</sub> és lebegőanyag értékeit a nagyterhelés időszakában a

6. és a 7. ábrán tüntettük fel. Látható, hogy mindkét paraméter értéke a ZeoRapos soron általában határérték alatt maradt, miközben a referencia soron jelentős határérték túllépések voltak tapasztalhatók.

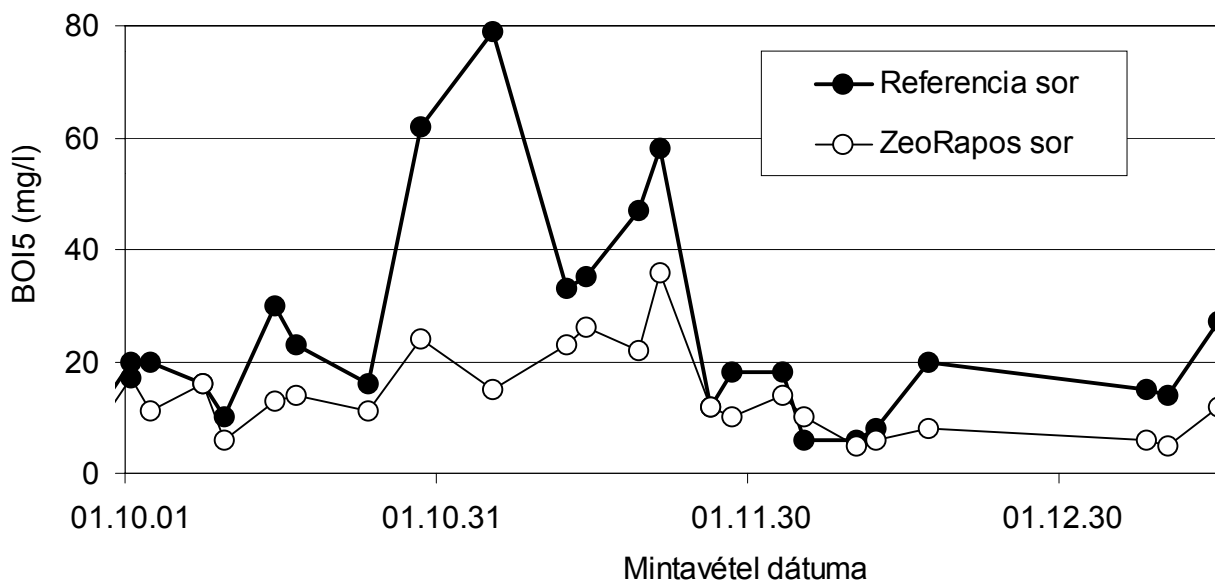


4. ábra  
A Szobi SZTT két tisztító soráról távozó kezelt szennyvizek KOI értékei

A két tisztító sor által szolgáltatott víz minősége közti összefüggések a 8 – 12. ábrákon láthatók. Az egyes ábrák a mérési pontokhoz legjobban illeszkedő görbét és annak paramétereit mutatják be. Kis koncentrációknál – minden paraméter esetében – a kapcsolat lineáris. Nagyobb koncentráció tartományt figyelembe véve – a KOI, BOI<sub>5</sub> és a lebegőanyag esetében – az összefüggések logaritmusba mennek át. Ezt azt jelenti, hogy a koncentráció növekedésével a ZeoRap vízminőségre gyakorolt kedvező hatásának mértéke növekszik.

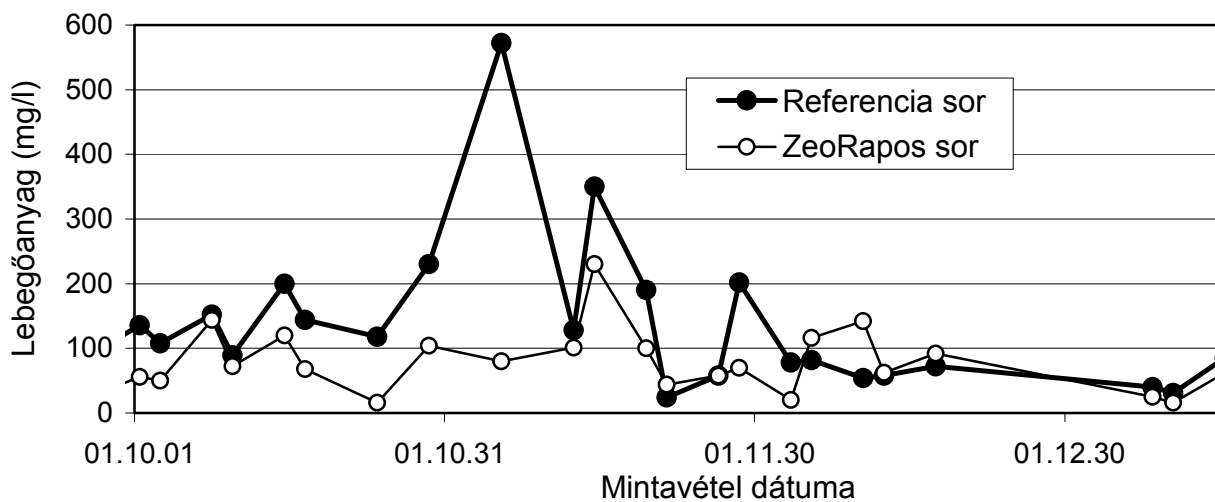


5. ábra  
A Szobi SZTT referencia és ZeoRapos tisztító soráról távozó kezelt szennyvizek KOI értékei közti különbsége a nagyterhelésű időszakban

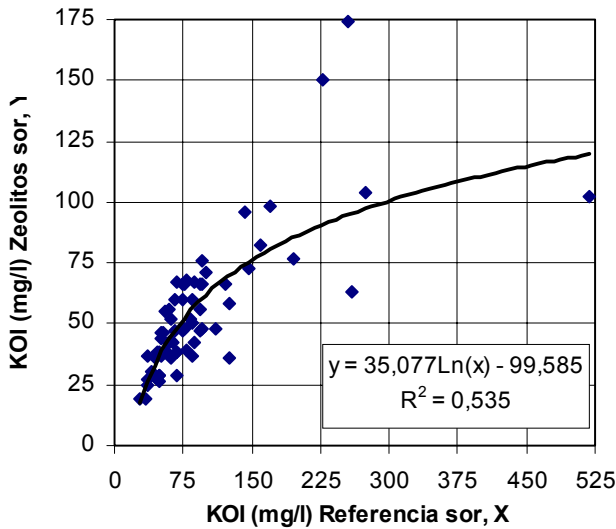


6. ábra

A Szobi SZTT két tisztító soráról távozó kezelt szennyvizek BOI<sub>5</sub> értékei a nagyterhelésű időszakban

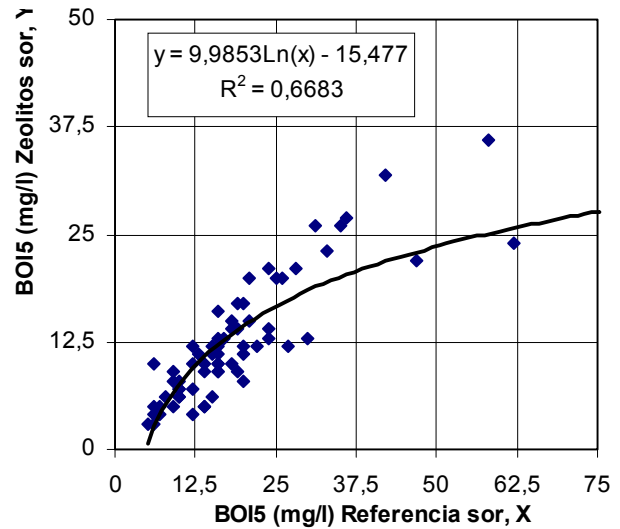


értéknek megfelelő - 100 mg/l-es koncentráció tartozik (10. ábra). Az összes foszfor értékek között lineáris összefüggés állapítható meg (11. ábra). ZeoRap adagolással az elfolyó víz foszfor tartalma 24 %-kal csökkenthető. (A Szobi SZTT-n az összes foszfortartalomra nincs határérték megállapítva.) Az elfolyó, kezelt víz NH<sub>4</sub>-N tartalma általában jóval a határérték (5 mg/l) mozogott, a 12. ábrán, azonban jól látható, hogy a két tisztítósor vízminősége között szoros lineáris kapcsolat állapítható meg, melynek alapján a ZeoRapos soron 27 %-kal alacsonyabb koncentrációk mérhetők.



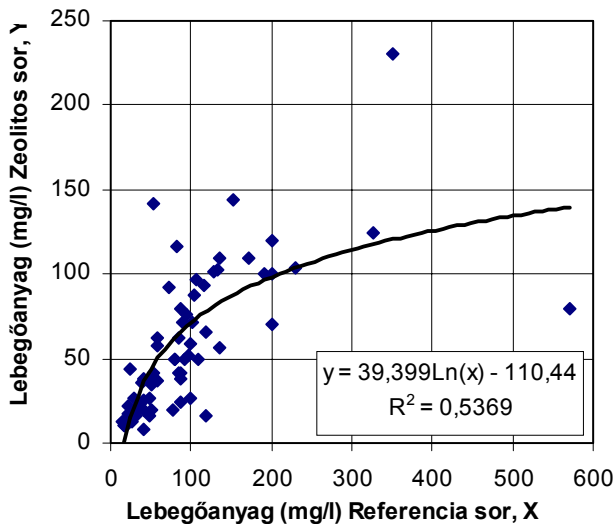
8. ábra

A Szobi SZTT referencia és ZeoRapos soráról elfolyó vízminták KOI-jának kapcsolata



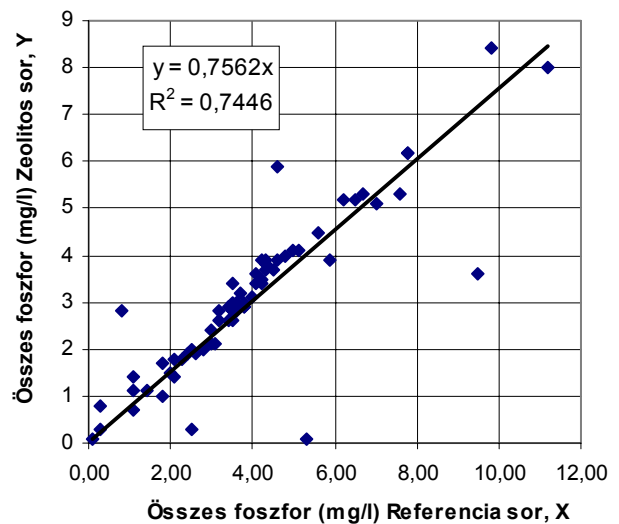
9. ábra

A Szobi SZTT referencia és ZeoRapos soráról elfolyó vízminták BOI<sub>5</sub> értékének kapcsolata



10. ábra

A Szobi SZTT referencia és ZeoRapos soráról elfolyó vízminták lebegőanyag tartalmának kapcsolata

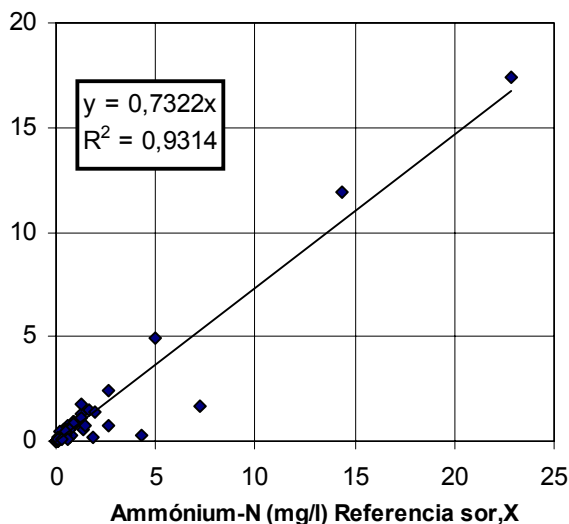


11. ábra

A Szobi SZTT referencia és ZeoRapos soráról elfolyó vízminták ö-P tartalmának kapcsolata

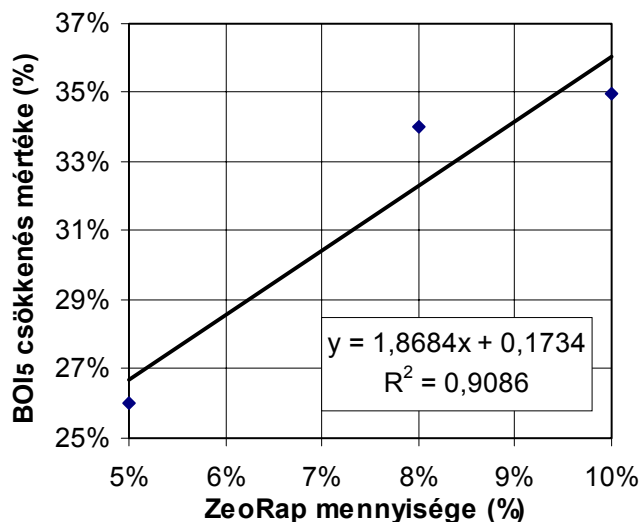
A modifikált zeolit mennyisége és a ZeoRap hatására bekövetkező vízminőség-javulás közti összefüggéseket a BOI<sub>5</sub> példáján, a 13. ábrán mutatjuk be. Az összefüggést leíró lineáris egyenletből látható, hogy a

ZeoRap koncentráció 1 %-os emelésével - a referencia sorhoz képest, további - 2 % körüli csökkenést lehet elérni a  $BOI_5$  értékekben. Az elfolyó, kezelt víz minősége a többi paraméter esetében is javul a ZeoRap koncentráció növelésével. Az ZeoRap koncentráció optimális értéke az egyes koncentrációkhoz tartozó üzemeltetési költségek, és az alkalmazással járó szennyvízbírság, valamint környezetterhelési díj megtakarítások alapján számítható.



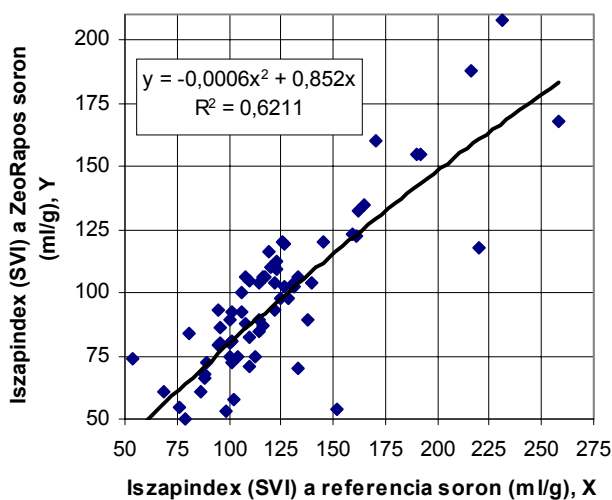
12. ábra

A Szobi SZTT referencia és ZeoRapos során vett kezelt vízminták  $NH_4-N$  tartalmának kapcsolata



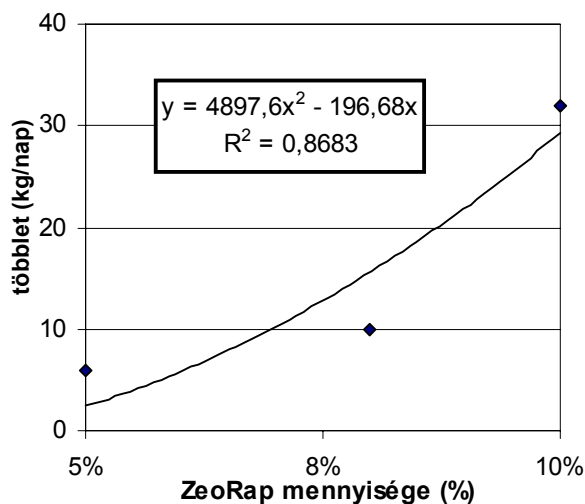
13. ábra

A Szobi SZTT ZeoRapos során lebontott  $BOI_5$  és a ZeoRap százalék függvényében



14. ábra

A Szobi SZTT referencia és ZeoRapos során vett iszapminták SVI értékének kapcsolata



15. ábra

A Szobi SZTT ZeoRapos és referencia során lebontott KOI-k különbsége a ZeoRap százalék függvényében

A ZeoRap iszapüledésre gyakorolt hatását a 14. ábra szemlélteti. A két tisztító sorról vett iszapminták ülepedési képessége közti legszorosabb kapcsolat polinomikus összefüggéssel írható le. Látható, hogy a

ZeoRapos soron a kritikus, 100 ml/g-os SVI érték akkor is biztosítható, amikor a hagyományos technológiával (referencia sor) már csak 125 ml/g iszapüledés érhető el.

A ZeoRap–adagolás szennyezőanyag eltávolításra (kg/nap) gyakorolt hatását a KOI példáján, a 15. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy a két tisztító sor által lebontott KOI napi mennyisége közti különbség a ZeoRap-tartalommal gyorsan emelkedik, értéke napi 14 kg ZeoRap (10 %) alkalmazása esetén már 32 kg. 1 kg ZeoRap tehát 2,3 kg-mal csökkenti a tisztított víz okozta KOI terhelést. A fajlagos - 1 kg ZeoRapra vonatkoztatott - szennyezőanyag lebontási, illetve visszatartási értékek 10 %-os ZeoRap-adagolás mellett, a nagyterhelésű időszakban a következők voltak:

• KOI:	2,3 kg <sub>KOI</sub> /kg <sub>ZeoRap</sub>
• KOI <sub>sz</sub> :	0,6 kg <sub>KOIsz</sub> /kg <sub>ZeoRap</sub>
• BOI <sub>5</sub> :	0,3 kg <sub>BOI5</sub> /kg <sub>ZeoRap</sub>
• NH <sub>4</sub> -N:	0,8 kg <sub>NH4-N</sub> /kg <sub>ZeoRap</sub>
• Szerves-N:	0,3 kg <sub>Szerves-N</sub> /kg <sub>ZeoRap</sub>
• Összes foszfor:	0,3 kg <sub>Összes-P</sub> /kg <sub>ZeoRap</sub>
• Lebegőanyag:	2,3 kg <sub>lebegőanyag</sub> /kg <sub>ZeoRap</sub>

## 6 Összefoglalás

Összefoglalva elmondhatjuk, hogy a ZeoRap szennyvízkezelési technológia bevezetésével az eleveniszapos szennyvíztisztító telepeken

- a szerves anyagban, nitrogénben, foszforban és lebegőanyagban kifejezett kapacitás növekszik,
- az utóülepítő medencében az iszapelúszási problémák megszűnnek, vagy jelentős csökkennek
- az elfolyó, tisztított szennyvíz minősége javul, anélkül, hogy a szennyvíztisztító telep műtárgyainak méretét növelnénk
- a működés kiegyenlítettebbé válik, ami azt jelenti, hogy csökkennek az elfolyó tisztított szennyvíz minőségében – a rendkívüli szennyezések, toxikus lökések hatására - bekövetkező ingadozások
- a zeolit-adagolás előnyös hatásai - a ZeoRapnak a szennyvízbe történő adagolását követően - azonnal jelentkeznek.
- Az iszap-elhelyezési problémák – tekintettel arra, hogy a ZeoRap-tartalmú iszapok a mezőgazdaságban jól hasznosíthatók – csökkennek.

Fenti előnyöket a ZeoRap eljárás, mint egyszerű technológiai beavatkozás biztosítja. Ez azt jelenti, hogy a szennyvíztisztító telepeken különösebb átalakításra, beruházásra nincs szükség, mindössze a ZeoRap levegőztető medencébe történő adagolását kell biztosítani.

A ZeoRap szennyvízkezelési technológia bevezetése elsősorban a már meglévő, de nem megfelelő elfolyó vízminőséget biztosító, valamint a jövőben megépülő, új szennyvíztisztító telepeknél indokolt.-

## Irodalom

Barnard, J. L. (1973): Biological denitrification. Water Pollut. Contr., 72, 6, 705 – 720.

Charuckyj, L. (1997, 1998): Brisbane Water Zeoflocc Performance Report. Zeoflocc Process

Selected by Queensland Government. Zeolite Australia Limited. Phone: 03 9699 4599. Fax: 03 9699 4522 (Internet information)

Daigger, G. T., Buttz, J. (1992): Water quality Management Library Volume 2. Upgrading Wastewater Treatment Plants. TECHNOMIC Publishing., Inc. Lancaster. Basel, 69 –130.

- Decasper, M. (1998): Anwendung von KLINO 80/100 Datenblätter: Zulauf. Ablauf. ARA CHUR Tel. 081 254 4765)
- Dold, P. L., Ekama, G. A., Marais, G v R.(1982):A general Model for the Activated Sludge Process. In Selected Papers on Activated Sludge Process research at the University of Cape Town. Research Supported by the Water Research Commission of South Africa, 47 –77.
- Eckenfelder, W. W., Grau, P. (1992): Water quality Management Library Volume 1. Activated Sludge Process Design and Control. Theory and Practice. TECHNOMIC Publishing., Inc. Lancaster. Basel, 217 –224
- Freeman, H. M. (1990): Physical / Chemical Processes. Volume 2. TECHNOMIC Publishing., Inc. Lancaster. Basel, 177 –193.
- Gazdag I. ( 2000): Európai elvárások a viziközmű szolgáltatás területén Vízmű Panoráma, VIII. éfv. 1. különszám 6-8. 2000.
- Gottardi, G., and Galli., E. (1985) Natural Zeolites. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Gyetzvai, Z. (2000): Figyelő Üzleti és Gazdasági Hetilap, 2000/9. szám, 2000. március 2-9.
- Heinzel, K., IPUS GmbH. (2000): Zeolite based bioactive product Osztrák szabadalmi bejelentés, Alapszám: P0000604 (2000. 20.10.)
- KA-Bretiebs-Info (1998): Einsatz von Mineralmehl auf der Kläranlage Königswiesen im Mühlviertel. KA –1998 (28) Nr.3.
- Kalló, D. (1992) Natürliche Zeolithe-Herkunft und Wirkungsmechanismen: Abwassertechnik 43 2, 40-43.
- Kalló, D. (1995) Wastewater purification in Hungary using natural zeolites: In Natural Zeolites '93 Occurrence, Properties, Use, eds.: D. W. Ming, F. A. Mumpton. Intern. Committee on Natural Zeolites, Brockport, New York, pp. 437-445.
- Kalló, D., Papp, J., and Valyon, J. (1982) Adsorption and catalytic properties of sedimentary clinoptilolite and mordenite from Tokaj Hill/Hungary: Zeolites 2, 13-16.
- Kiss, J., Hosszú, Á., Deák, B., Kalló, D., Papp, J., Mészárosné Kiss, Á., Mucsy, G., Oláh, J., Urbányi, G., Gál, T., Apró, I., Czepek, G., Töröcsik, F., and Lovas, A. (1984) Process and equipment for removal of suspended material, biogenetic nutrients and dissolved metal compounds from sewage contaminated with organic and/or inorganic substances: Hung. Patent 193-550, Europatent 0177-543; (1988) Process for preparing an agricultural fertiliser from sewage: US Patent 4,772,307.
- Mucsy, Gy, (1992) Grosstechnischer Einsatz von Zeolith auf Kläranlagen in Ungarn: Abwassertechnik 43 (2), 48-54.
- Oláh, J. (1986): Ammonia removal from sewage waters by ion exchange in Dunakeszi. VITUKI jelentés.7623/3/109.
- Oláh, J. (1994): Ammonium and Phosphorous removal using activated zeolites in Sármellék wastewater treatment plant. OZON Kft. Jelentése. 12/1994**
- Oláh, J., Papp, J., Mészáros - Kis, Á., Mucsy, Gy., Kalló, D. (1989/b): Removal of Suspended solids, Phosphate Ions from Communal Sewage Using Clinoptilolite Derivates. Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites. Editors: D. Kalló, H. S. Sherry, Akadémiai Press, Budapest, pp. 511-520.
- Oláh, J., Papp, J., Kalló, D. (1991): Upgrading the efficiency of biological sewage treatment with zeolites. Hidrológiai Közlöny 71(2), 70-76.
- Oláh, J., Papp, J., Mészáros-Kis, A., Mucsy, Gy., Kalló, D. (1989/a):Simultaneous Separation of Suspended Solids, Ammonium and Phosphate Ions from Waste by Modified Clinoptilolite. Zeolites as Catalysts, Sorbents and Detergent Builders, 46, 711-719 Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Öllös, G (1994): Szennyvíztisztító telepek üzemeltetése I. Akadémiai Kiadó. Budapest, 132- 141.

- Öllös, G., Szilágyi, M. (1996): Bioszűrés a szennyvíztisztításban. Csatornamű Információ, 1996/3, 4 – 12.
- Papp J., Illés G. (1991): A zeolitok alkalmazásának lehetőségei a környezetvédelemben *Biotechnológia és Környezetvédelem* 5. 54-56 (1991)
- Papp M. (1999): Víz- és csatornaszolgáltatás az Eu szolgáltatás előtt *Vízmű Panoráma*, VII. éfv. Különszám 10-11. 1999.
- Papp, J. (1991) A zeolitok alkalmazásának lehetőségei a környezetvédelemben *Biotechnológia és Környezetvédelem „Ma és Holnap”* 5, 54-56.
- Princz, P., Oláh, J., Smith, S. E., Kalló, D., Hatfield, K., Kucsák, M.(2002): Improvement of the Biological Degradability of Wastewaters Using Modified Zeolites. *Zeolite 02, 6<sup>th</sup> International Conference on the Occurrence Properties and Utilization of Natural Zeolites*, 2-7 June 2002, Aristotle University, Editor, Misaelide, P.: Book of Abstracts, 301-302
- Princz, P., Oláh, J., Smith, S. E., Hatfield, K., (2003): Complex Analytical Procedure for the Characterization of Modified Zeolite and for the Assessment its Effects on Biological Wastewater Treatment. *XVII IMEKO World Congress, Metrology in the 3rd Millennium*, June 22–27, 2003, Dubrovnik, Croatia, Proceedings
- Rustanov, S. M., Bashirova, Z. Z., Nasiri, F. M., Yagubov, A. I., Muradova, S.A. (1989): Use of Zeolites for Purification Wastewaters from Toxic Organic Chlorine Compounds. *Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites*.521 - 528.
- Sammut, F., Rogalla, F., Goncalves, R. F., Penillard,P. (1994): Practical Experiences with Removing Nitrogen and Phosphorus on Aerated Biofilters. In *Nutrient Removal from Wastewaters*. TECHNOMIC Publishing., Inc. Lancaster. Basel, 335 –347.
- Smith, J. V. (1976) Origin and structure of zeolites: In *Zeolite Chemistry and Catalysis*, ed.: J. A. Rabo, Am. Chem Soc., Washington D. C. pp. 1-79.
- Stéhlik, J. (1995) szerk. *Víz- és Csatornaművek országos Szakmai szövetsége: Szennyvíztelepek intenzifikálásának kérdései*, 67 – 76.
- Syed R. Qasim (1994): *Wastewater Treatment Plants Planning, Design, and Operation* TECHNOMIC Publishing., Inc. Lancaster. Basel, 303 –377.
- VITUKI, (1986): The use of natural zeolites in activated sludge systems. The report of Research Institut for Water Resources Development (VITUKI). 7623 /3/ 109, 1 - 17, (1986).
- VITUKI, (1987): Study of phosphorus removal in Zánka treatment plant. The report of Research Institut for Water Resources Development (VITUKI) 7623 /3/ 190, 1 - 10, (1987).
- VITUKI, (1988).Zeofloc process adoption for Tapolca treatment plant. The report of Research Institut for Water Resources Development (VITUKI). 7612/3/927, 1 - 24, (1988).
- VITUKI, (1992/1).The reduction of suspended solids and phosphorus in effluent at Balatonberény treatment plant. The report of Research Institut for Water Resources Development (VITUKI). 7623/3/298, 1 - 15, (1992).
- VITUKI, (1992/2): The intensification of phosphorus removal in Zalaegerszeg treatment plant. The report of Research Institut for Water Resources Development (VITUKI). 7623/3/298, 1 - 15, (1992).
- Weinstock & Siebert Chemische Produkts, (1994, 1995, 1996): The report of zeolite use in sewage treatment plant (Nürberg): R 16 (1994), R 25 (1995), R27 (1995), R 29 (1996).
- Quarmby, J. (1999): A new approach to a persistant problem *Sludge Treatment and Disposal* 32-33 February (1999)

## Biological Wastewater Treatment Technologies and Improvement of the Efficiency of Biological Wastewater Treatment Plants Using Natural and Surface-modified Zeolites

Princz Péter<sup>1</sup> - Oláh József<sup>2</sup>

1 – LIVING PLANET Environmental Research, Ltd., 2040 Budaörs, Szivárvány u. 10., Hungary

E-mail: pprincz@living-planet.hu

2 – Capitol Sewerage Works, Inc., 1095 Budapest, Soroksári út 31., Hungary

E-mail: olahj@fcsm.hu

The authors review the most commonly employed biological technologies for wastewater treatment and the application possibilities of zeolites to activated sludge systems.

The paper introduces a new method for surface-modification of natural zeolites and a wastewater treatment technology based on the application of surface-modified zeolite (ZeoRap), which have been developed under the NATO SfP- Project.

The ZeoRap, that is natural zeolite of powder size treated with cation active polyelectrolyte has a high specific surface and cation, as well as anion exchange properties, considerably accelerates and improves the bacteria-immobilization and the adsorption of anions ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) on the zeolite surface. These effects increase the sludge activity and improve the sludge settling properties.

Industrial-scale experiments accomplished at the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of Szob verified that the application of ZeoRap (1) increased the loadability of the WWTP expressed in organic compounds, nitrogen, phosphorous and suspended solids, (2) enhance the sludge settling, consequently (3) improved the quality of the effluent wastewater. The ZeoRap reduced the impact of industrial shock-loads on the effluent water quality and the advantageous effects of ZeoRap additive appeared promptly.

Introduction of the ZeoRap wastewater technology does not make necessary any investment cost at the WWTPs, only the modified zeolite should be added to the influent wastewater.

Keywords: wastewater treatment, wastewater, zeolite, ZeoRap, activated sludge, cation active polyelectrolyte

### A cikk szerzői:

Dr. Princz Péter - okl. vegyészmérnök. Egyetemi tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetemen (BME) 1968 – 73 között végezte. 1980-ban a BME-n műszaki doktori címet szerez, 1981-ben és 1993-ban tanulmányokat folytat a Michigani és a Floridai Egyetemen. 1973 – 95 között a VITUKI-ban dolgozik különböző kutatói beosztásokban. Fő kutatási területe a környezetvédelmi analitikai és technológiai módszerek fejlesztése. 1990 óta az Élő Bolygó Kft. ügyvezetője. 1999-től a zeolitok környezetvédelmi és egészségügyi alkalmazási lehetőségeivel foglalkozik. 1999 – 2004 között a NATO SfP- Zeolites projekt magyar igazgatója. 1994 óta a Magyar Kémikusok Egyesülete Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Társaságának elnöke, 1999-től a Nemzetközi Méréstechnikai Szövetség (IMEKO) Environmental Measurement nevű műszaki bizottságának tudományos titkára. 15 szabadalom kidolgozásában vett részt és 43 tudományos cikket publikált.

Dr. Oláh József - okl. vegyészmérnök. Egyetemi, tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetemen végezte (1962). 1976–an környezetvédelmi szakmérnöki, 1980–ban műszaki doktori, majd 1988–ban

műszaki tudomány kandidátusi fokozatot szerez. 1964 és 1992 között a VITUKI-ban szennyvíztisztítási és iszap-kezelési technológiák kidolgozásával és azok fejlesztésével foglalkozott. 1992-től a Fővárosi Csatornázási Művek Rt-nél dolgozik. Jelenleg a társaság szennyvíztelepeinek technológiai fejlesztésével foglalkozik.