

# A természetes és a felület-kezelt zeolitok alkalmazása az eleven-iszapos szennyvíztisztításban

Princz Dániel\*\*— Dr. Oláh József\* — Dr. Princz Péter\*

\* Élő Bolygó Kft. — \*\*BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, egyetemi hallgató

## 1. Bevezetés

A zeolitok alkáli és/vagy alkáli földfém-aluminium hidroszilikátok, melyek teraéderez kristályos elrendezésű ásványok. Zeolitok általános képlete:  $Me^{n+}_{2n}[Al_2O_3 \cdot xSiO_2] \cdot yH_2O$ , ahol Me: Na, K, Mg, Ca, x értéke: > 2 (a zeolit típusától függően), x jelentése: a zeolit rácsszerkezetében az egy Al atomra jutó egy Si atomok száma, y értéke: 1 – 8 (a zeolit típusától függően), y jelentése: az egy  $[Al_2O_3 \cdot xSiO_2]$  egységre jutó  $H_2O$  molekulák száma, n jelentése: az  $[Al_2O_3 \cdot xSiO_2]$  rács negatív töltéseinek száma. A kristály szerkezet nem tömör, hanem 0,3 – 1,0 nm méretű csatornák és üregek találhatóak benne. A zeolitok kation cserélő és adszorbens tulajdonságokkal rendelkeznek. A zeolit nagy fajlagos külső felülete (~ 450 m<sup>2</sup>/g) fontos szerepet játszik az adszorpciós tulajdonságok kialakulásában (10 – 80 mgC/g fenolra vonatkoztatva), a kémiai és a biológiai folyamatok felgyorsításában.

Vizes közegben – a disszociáció következtében – a zeolit kristály rácsok negatív töltésűek. Ez a tulajdonság lehetővé teszi, hogy pozitív töltésekkel rendelkező szerves vegyületeket kapcsoljunk a zeolit rácsokhoz, melynek következtében a zeolit részecskék pozitív felületi töltéssel fognak rendelkezni. Ez a célra-orientált felületkezelés lehetővé teszi, hogy a negatív felületi töltésű baktériumokat a zeolit részecskékhez kössük. Ez által a biokémiai reakciók felgyorsításában és az ülepedésben jelentős javulás érhető el [Kalló, D., 1992; Papp, J., 1992].

A NATO SFP 972494-es projekt keretében kidolgozott felületkezelési módszer szabadalmaztatva lett. A felületkezelte zeolit „ZeoRap<sup>®</sup>” néven lett védjegyzetve. A porszerű zeolit őrlemény fontosabb jellemzői: zeolit tartalom 61 %, szemcse méret < 110 μm, ioncserélő kapacitás 1,47 meq/g, az anyag fajlagos külső felülete 40 m<sup>2</sup>/g.

## 2. Természetes eredetű zeolit adagolása az eleveniszapos reaktorokba

A természetes eredetű zeolitok eleveniszapos szennyvíztisztításban való alkalmazására először Magyarországon került sor. A Zeoflocc néven szabadalmaztatott eljárás során 35–100 mg/L koncentrációban, 10 – 180 μm szemcseméretű, klinoptilolit tartalmú riolituffát adagoltak az eleveniszapos levegőztetőbe [Kalló és munkatársai, 1982; Oláh és munkatársai, 1991]. A Zeoflocc technológia jelentősmértékben hozzájárult az eleveniszapos szennyvíztisztítás számos problémájának a foszfor és nitrogén tápanyag eltávolítás, iszapülepedés, elfolyó vízminőség javításához. A klasszikus eljárást sikerrel alkalmazták Németországban, Ausztriában, Svájcban és Ausztráliában. A biológiai aktivitásra és az iszapülepedésre gyakorolt kedvező hatás, azonban általában csak hosszabb idő elteltével (5–10 nap) jelentkezett.

Zeolit hatására a vizsgált hazai szennyvíztisztító telepeknél (Dunakeszi, Zánka, Balatonberény, Tapolca, Zalaegerszeg, Sármellék) az elfolyó szennyvíz minősége az összes vizsgált paraméter (KOI, BOI<sub>5</sub>, összes foszfor, ammónium, nitrát, lebegőanyag) esetében javult. Az iszapülepedést jellemző Mohlmann index 200 ml/g értékről 100 ml/g értékre csökkent, azaz jelentősen javult az iszap ülepedése. Oláh és munkatársai (1989) azt tapasztalták, hogy az eleveniszapos medencébe történő por- formájú zeolit-adagolás (50 – 100 mg/L) hatására az ammóniumion eltávolítási sebessége 300 – 500%-kal növekedett a referenciához képest. A nitrifikáció növekedése a természetes és a vassal modifikált zeolitok esetében egyaránt megfigyelhető volt. Megállapították, hogy zeolit adagolással, a teljes

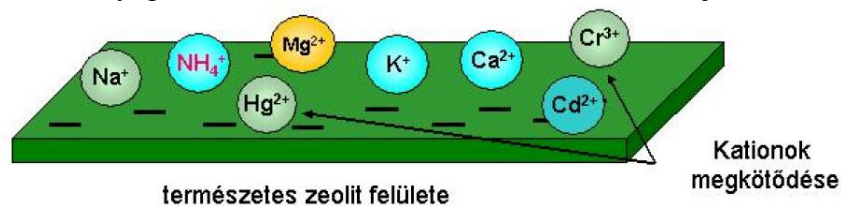
nitrifikációs tisztító berendezéseknél (terhelés  $<0,1 \text{ kg}_{\text{BOI5}}/\text{kg}_{\text{iszap}} \text{ nap}$ ) a levegőztető térfogatot kb. 25 – 30 %-kal lehet csökkenteni. A rész-nitrifikációs rendszereknél ( $0,1-0,2 \text{ kg}_{\text{BOI5}}/\text{kg}_{\text{iszap}} \text{ nap}$  terhelés) még nagyobb reaktortérfogat csökkentés (30 – 35 %) érhető el.

A vizsgálatok azt mutatták, hogy a tisztított szennyvíz minőségének javulása alapvetően arra vezethető vissza, hogy a zeolit részecskének az iszap-pehelybe való beépülésével javul az eleveniszap ülepedése és csökken az utóülepítőből elúszó iszap mennyisége. A zeolit, mint flokkulációs mag-képző és baktérium-hordozóanyag jelentős mértékben javítja az eleveniszap lebontási sebességét és ülepedési sajátságait [Oláh és munkatársai: 1991].

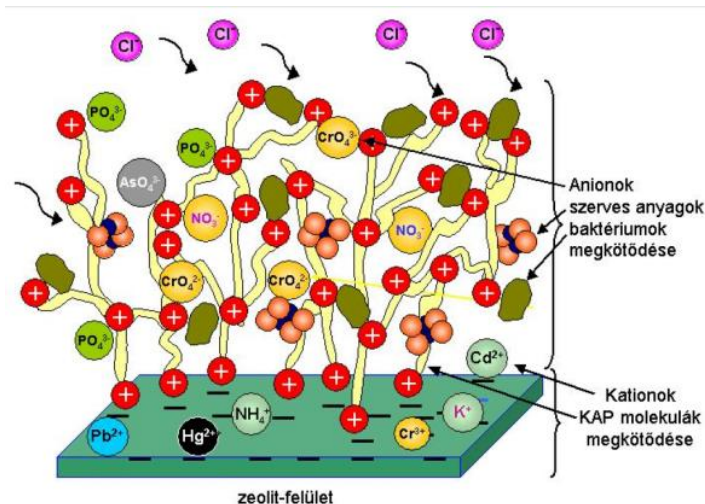
### 3. A felületkezelt zeolitok hatásmechanizmusa

A natúr zeoliton a szerves anyagok bontását végző baktériumok 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 sajátságaik következtében – vizes közegben negatív felületi töltéssel disszociálnak. Vizes fázisban a baktériumok felületi töltése szintén negatív. Közismert, hogy az azonos töltésű részecskék taszítják egymást, ezért 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.

NATO Sfp 972494-es projekt keretében [www.living-planet.hu] 1999-2002 között kidolgozott zeolit felületkezelési-kezelési eljárás azon alapszik, hogy a zeolit-baktérium kapcsolat létrehozását nem bízzák a baktériumok lassú és bizonytalan ECP-termelésére. A zeolitot az ECP-kel azonos tulajdonságú - kationaktív polimer (KAP) molekulákkal kezelve, stabil zeolit-KAP kötések hoznak létre [Princz, P. és munkatársai, 2003]. A baktériumok ezek után a KAP molekulák szabad pozitív töltésein keresztül néhány perc alatt immobilizálódnak a zeolit-részecskék felületén. A felület kezelés nemcsak meggyorsítja a szerves szénvegyületeket bontó, a nitrifikáló és a denitrifikáló baktériumoknak a zeolit részecskéken történő immobilizációját, hanem azt hatékonyabbá is teszi. A nagyobb hatékonyság azt jelenti, hogy a heterotróf és az autotróf baktériumok nagyobb mennyiségben kötődnek meg a zeolit felületén. Ennek következtében a fajlagos KOI, BOI<sub>5</sub>, ammónia és nitrát eltávolítás is növekszik [Princz, P. és munkatársai, 2002]. A denitrifikációs határfokot tovább javítja, hogy a felület kezelt zeolit (Zeo) kation- és anioncserélő tulajdonságokkal egyaránt rendelkezik, következésképpen a nitrát ionokat is képes adszorbeálni. A felületkezelési eljárás – mivel a felület kezelésre alkalmazott nagy méretű kation aktív polimer molekula nem tud behatolni a zeolit belső pórusaiba – csak a zeolit felületi töltéseit alakítja át pozitívvá. A természetes és a felületkezelt zeolit (FKZ) szerkezetét, valamint adszorpciós sajátságait az 1- 2. ábrán mutatjuk be. Jól látható, hogy a természetes zeolit csak a kationok gyors megkötésére képes, míg az FKZ gyakorlatilag a vizeket szennyező összes szerves és szervetlen anyagot, valamint a baktériumokat is adszorbeálja.



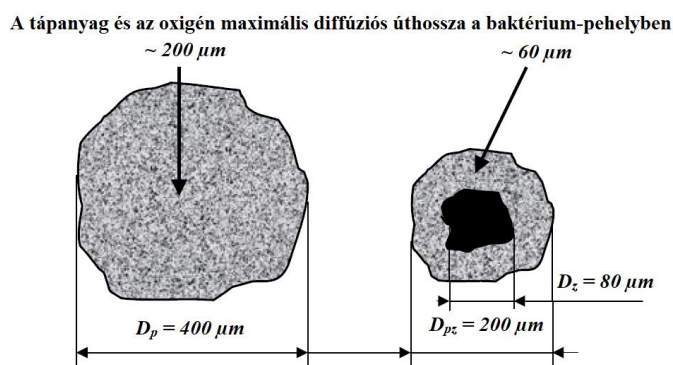
1. ábra A természetes zeolit felülete és adszorpciós tulajdonságai



### 2.ábra A kationaktív polimer molekulákkal kezelt zeolit felülete és adszorpciós tulajdonságai

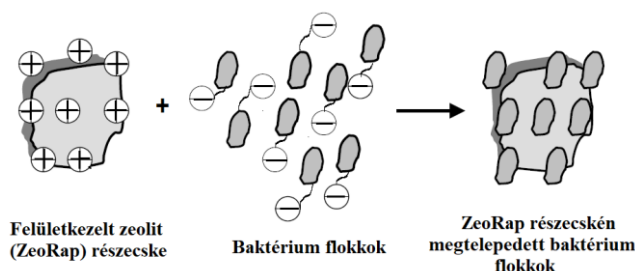
Ez azt jelenti, hogy – a ZeoRap néven véd-jegyeztetett – az FKZ kation- és anioncserélő tulajdonságokkal egyaránt rendelkezik. ZeoRap jelenlétében rövid idő alatt nagyszámú kisméretű ZeoRap-baktérium flokk képződik, melyek oxigén- és tápanyag-ellátottsága jobb, mint a hagyományos baktérium flokkoké.

Ez a felület-kezelési eljárás lehetővé teszi, hogy a negatív töltéssel bíró baktériumokat rövid időn belül a zeolit részecskékhez kössük és ez által a biokémiai reakciók (biológiai lebontási folyamat) felgyorsításában és az ülepedésben jelentős javulást, érjünk el. (A ZeoRap kizárólagos hazai gyártója és forgalmazója az Unichem Kft., H-6760 Kistelek, Tanya 491.) A 3.ábra (Princz, P. és Oláh, J., 2005) a ZeoRap nélküli és a ZeoRap részecske körül kialakuló baktérium pehely méreteit szemlélteti. A ZeoRap nélküli pehely nagy mérete (300 – 400  $\mu\text{m}$ ) esetén a pehely belsejében anoxikus viszonyok alakulhatnak ki és a biológiai lebontás nem teljes mértékű. A „ZeoRap” részecske körül kialakuló pehely kisebb méretű a tápanyag és az oxigén diffúzió hatékonyabb és a biológiai lebontás jobb, mint a ZeoRap nélküli baktériumpehely esetében.



3.ábra. A ZeoRap nélküli és a ZeoRap részecske körül kialakuló baktérium pehely méretei (Jelmagyarázat:  $D_p$  – átlagos pehely-átmérő;  $D_{pz}$  – ZeoRapos pehely átlagos átmérője;  $D_z$  – ZeoRap átlagos átmérője)

A 4. ábra (Princz, P. és Oláh, J., 2005) a ZeoRap felületén lejátszódó baktérium megkötődés folyamatát szemlélteti. A KAP-vel kezelt, azaz áttöltött részecske pozitív töltésekkel rendelkezik és a negatív töltéssel rendelkező baktériumok megkötődnek a hordozó anyag felületén.



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

A vizes szuszpenzióban vagy aeroszol formájában a zeolittal kontaktusba hozott baktériumok (nitrosonomas, 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 felületkezelésre használt szerves vegyületek tercier nitrogén atomot tartalmazó felületaktív monomerek, vagy kationaktív polimerek (KAP). A felületkezelés általában oly módon történik, hogy a por alakú vagy granulált zeolitot összekeverik a szerves vegyület vizes oldatával. A szabadalmaztatott eljárások közös hiányossága, hogy a zeolit részecskék és a hozzájuk kapcsolt szerves molekulák között nincs stabil kémiai kapcsolat, következésképpen a szerves molekulák vizes közegben könnyen remobilizálódnak a zeolit felületéről. Ez azt jelenti, hogy a modifikált zeolit vizes közegben, rövid idő alatt alkotó elemeire esik szét és megszűnnek a felületkezeléssel járó előnyös hatások. Ezt a hiányosságot küszöböli ki a Floridai Egyetem (USA) és az Élő Bolygó Kft. által – a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Általános és Analitikai Kémia Tanszékének (BME ÁAK) közreműködésével – kidolgozott innovatív zeolit-modifikációs eljárás, amely stabil kötéseket hoz létre a zeolit részecskék és a szerves vegyületek között.

Az új eljárás számos előnyös tulajdonsággal (nagyfokú stabilitás, könnyű alkalmazhatóság, kisebb előállítási költség, nagyobb hatékonyság) rendelkezik a korábbi eljárásokkal előállított termékekhez képest. Legnagyobb hátránya azonban, egyik legelőnyösebb tulajdonságából, az erős zeolit szerves-vegyület kapcsolatból származik. A zeolit felületkezelése során, a tercier nitrogénatomot tartalmazó, kationos szerves vegyületek olyan erősen kötődnek a zeolit részecskékhez, hogy a két anyag nem megfelelő első érintkeztetése esetén már nem biztosítható a felületkezelt zeolit mikroszkopikus homogenitása. Az inhomogenitás hátrányosan befolyásolja az FKZ biológiai szennyvíztisztításban való alkalmazásával járó előnyös hatások megjelenését, illetve azonos mértékű előnyös hatás eléréséhez nagyobb mennyiségű FKZ felhasználása szükséges, ami csökkenti az eljárás gazdaságosságát. Ezt a hátrányt küszöböli ki a légfázisban végzett "száraz" modifikálás, melynek lényege, hogy az előkezelt zeolitport légfázisba viszik, és a légfázisban elosztatott zeolitporra porlasztják a modifikálószer tömény vizes oldatát.

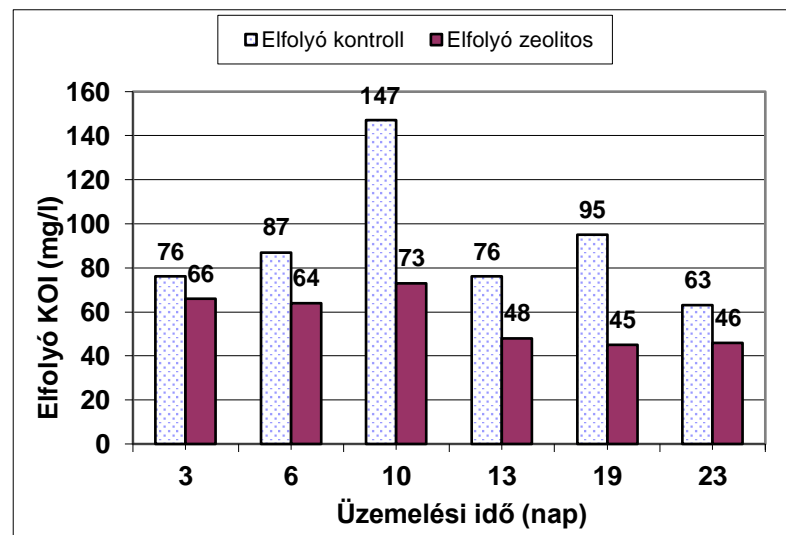
#### **4. Az FKZ és az eleveniszapos rendszer kapcsolata**

##### **4.1. ZeoRap technológia próbaüzemi vizsgálatai a Szobi szennyvíz-tisztító telepen**

A ZeoRap® technológia szobi szennyvíz-tisztító telepen végzett próbaüzemi vizsgálatait az alábbiakban ismertetjük. Az FKZ örlemény fontosabb jellemzői: klinoptilolit tartalom 61

%, szemcse méret <110 µm, ioncserélő kapacitás 1,47 meq/g, a zeolit fajlagos külső felülete 60 m<sup>2</sup>/g. Az FKZ-t az eleveniszap lebegőanyag koncentrációjára vonatkoztatva 5 %-os koncentrációban adagolták. Az adagolás közvetlenül a levegőztető medencébe történt. A szennyvíz-tisztító telep volumetrikus – másképpen tisztító - kapacitása 1 000 m<sup>3</sup>/nap. A telep két párhuzamos tisztító sorból állt, melyeknek tisztító kapacitása 500 - 500 m<sup>3</sup>/nap. Az egyik tisztító sorba FKZ-t adagoltak, a másik FKZ-nélküli tisztító sor a kontroll szerepét töltötte be. A telepre érkező kommunális és élelmiszeripari (gyümölcs feldolgozó, szörp) szennyvizek szennyező anyag koncentrációja magas (> 1000 mg KOI/L). Ennek következtében a nyári és az őszi hónapokban az elfolyó, tisztított szennyvíz KOI koncentrációja meghaladja a határértéket (75 mgKOI/L).

A szobi szennyvíz-tisztító telep FKZ és referencia (kontroll) tisztító soráról elfolyó, tisztított szennyvizek KOI értékeit a 5.ábrán (1.Internet) tüntettük fel. Az ábra alapján megállapítható, hogy az FKZ tisztító sor elfolyó szennyvizének minősége lényegesen jobb, mint a kontroll sor elfolyó, tisztított szennyvize.



**5.ábra. A szobi szennyvíz-tisztító telep FKZ és referencia (kontroll) tisztító soráról elfolyó, tisztított szennyvizek KOI értékei**

Az FKZ és a kontroll elfolyó, tisztított szennyvizek minőségét összehasonlítva megállapítható, hogy az FKZ sorról elfolyó szennyvíz minősége (KOI, BOI<sub>5</sub>, lebegőanyag) lényegesen jobb, mint a kontroll sor elfolyó vize. A próbaüzem ideje alatt az FKZ tisztító sorról elfolyó víz minősége a határérték alatt maradt. Az FKZ adagolás következtében nemcsak az elfolyó víz minősége javult, hanem az iszap-ülepedést jellemző iszapindex értéke is. Az FKZ soron az iszapindex 84 – 109 ml/g, a kontroll soron pedig 105 – 132 ml/g értékek között változott.

#### **4.2 ZeoRap szennyvíz-tisztítási technológia alkalmazása és alkalmazások lehetséges típusai egyéb szennyvíz-tisztító telepeken**

A ZeoRap szennyvíz-tisztítási technológia az elmúlt években nagyszámú települési szennyvíz-telepen került kipróbálásra, valamint tartós és – haváriák esetén – időszakos jelleggel történő bevezetésre (Adony, Ásotthalom, Baks, Bóly, Cserszegtomaj, Dunaszekcső, Elek, Fegyvernek, Kaposszegcső, Kilimán, Kisbér, Mágocs, Piliscsaba, Pilisszentkereszt, Pilisvörösvár, Pusztaszabolcs, Pusztataksony, Rácalmás, Szarvas, Székesfehérvár, Simontornya, Solymár, Szolnok, Veresegyháza, Vonyarcvashegy és Zilah).

Azon telepek esetében, amelyek normál körülmények között sem hidraulikailag sem

biológiai bonthatóság tekintetében – normál körülmények között – nem túlterheltek a ZeoRap technológia alkalmazása csak időszakos jelleggel indokolt, akkor amikor toxikus befolyó szennyvizek hatására az eleveniszap aktivitása lecsökken és a fölösiszap ülepszékesége romlik, azaz a telepről távozó szennyvíz minősége nem felel meg a szabványokban rögzített értékeknek. A ZeoRap technológia haváriát esetén történő időszakos alkalmazása azért rendkívül előnyös, mert – mint már említettük – a baktérium pelyheknek az FKZ részecskékhez történő gyors kapcsolódása révén a technológia előnyös hatásai igen rövid időn belül (kisebb szennyvíz telepek esetében) néhány percen belül jelentkeznek.

#### **4.3. Az FKZ adagoláson alapuló technológia hatásai és előnyös tulajdonságai a biológiai szennyvíz-tisztító telepeken**

A ZeoRap meggyorsítja és hatékonyabbá teszi a szerves szénvegyületeket bontó, a nitrifikáló és a denitrifikáló baktériumok zeolit részecskéken történő immobilizációját. 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 (kg<sub>KOI</sub>/kg<sub>FKZ</sub>/24 óra, kg<sub>BOI5</sub>/kg<sub>FKZ</sub>/24 óra, kg<sub>NH4-N</sub>/kg<sub>FKZ</sub>/24 óra, kg<sub>NO3</sub>/kg<sub>FKZ</sub>/24 óra) is növekszik [Princz, P. és munkatársai, 2002]. A denitrifikációs hatásfokot tovább javítja, hogy a ZeoRap a nitrát ionokat is képes megkötni.

A zeolit felület-kezelése elősegíti a baktériumoknak a zeolit szemcséken történő gyors immobilizációját, ennek következtében – tekintettel arra, hogy a ZeoRap fajtömege 1,15 g/cm<sup>3</sup> – rövid idő alatt jól ülepedő „flokkok” alakulnak ki. Az FKZ adagolás következtében a heterotróf (szénvegyületek lebontása, denitrifikálók) és az autotróf (nitrifikáló) baktériumok esetében növekszik a fajlagos szaporodási és ezzel arányosan a szubsztrát lebontási sebesség. A fenti folyamat eredménye képen a tisztított szennyvíz KOI értéke és ammónia, valamint szerves-N koncentrációja csökken, ami azt jelenti, hogy javul a szennyvíztisztító telepről elfolyó kezelt szennyvíz minősége.

A felületkezelt zeolit alkalmazásának fontosabb hatásai:

- FKZ hatására a szerves szénvegyületeknek 15 – 20%-kal nő a lebontási sebessége, míg a nitrifikáció sebessége 200 – 300%-kal is növekedhet.
- Az FKZ adagolás felgyorsítja a szétesett diszperz iszap pelyhek flokkulációját, ami önmagában is javítja az eleveniszap ülepszékeségét.
- A tisztított szennyvízzel az elfolyó lebegőanyag koncentrációja csökken és javul az elfolyó víz minősége.
- Az iszap víztelenítésnél kb. 10 – 15%-os polielektrolit megtakarítás érhető el.
- A szennyvíziszap mezőgazdasági elhelyezése során annak FKZ tartalma talaj-javító hatású, ami az iszapnak „környezet barát” jellegű kölcsönöz.
- A szennyvíz-tisztító telepről távozó fölösiszap anaerob kezelése esetén – az aerob szennyvíz-kezelés során a levegőztető medencébe adagolt – ZeoRap részecskék a rothasztóban az anaerob bontást végző baktériumokat is képesek immobilizálni. Ennek következtében a rothasztási folyamat felgyorsul és hatékonyabb is lesz.

A ZeoRap® eljárás jól illeszthető a hagyományos hazai eleveniszapos tisztító rendszerekhez. A ZeoRap technológiára történő átállás csak egy ZeoRap por adagoló berendezés telepítését teszi szükségessé a levegőztető medencénél. Az előnyös hatások biztosítása érdekében a

biológiai rendszerben található eleveniszap mennyiségére vonatkoztatva rendszerint 10%-ra kell beállítani a ZeoRap koncentrációját. Természetesen, a fölösiszappal a biológiai rendszerből távozó ZeoRap mennyiségét folyamatosan pótolni kell.

## Összefoglalás

Az eleveniszapos medencébe adagolt por-formájú (10 – 100 µm) természetes (natúr) zeoliton a baktériumok immobilizálódnak, és a rendszerben a zeolit részecskék biofilmként viselkednek. A baktériumok immobilizációját a baktériumok által termelt biopolimer (ECP) molekulák teszik lehetővé. A baktériumoknak a zeolit részecskékhez történő kötődését a zeolit részecskék felületének áttöltésével lehet felgyorsítani. A zeoliton az ECP-vel azonos tulajdonságú kationaktív polimer (KAP) molekulákkal kezelve, stabil zeolit-KAP kötéseket lehet létrehozni. A baktériumok ezek után a zeolit-részecskék felületén a KAP molekulák szabad pozitív töltéseinek keresztül néhány perc alatt immobilizálódnak.

Ez a célra-orientált felületkezelés lehetővé teszi, hogy a negatív töltéssel bíró baktériumok a zeolit felületén stabil kötések révén megkötődjenek, ami a biokémiai reakciók (biológiai lebontási folyamat) felgyorsítását és a szennyvíz-iszap ülepíthetőségének jelentős javulását eredményezi.

Az eleveniszapos medencébe adagolt felületkezelt zeolit (ZeoRap) 50 µm szemcseméretű részecskék felületén kialakuló biofilm rendszer a biológiai szennyvíztisztításban a következő hatásokat fejti ki:

- A felületkezelt zeolit (FKZ) hatására a szerves szénvegyületeknek 15 – 20%-kal nő a lebontási sebessége, míg a nitrifikáció sebessége 200 – 300%-kal is növekedhet.
- Az FKZ adagolás felgyorsítja a szétesett diszperz iszap pelyhek flokkulációját, ami önmagában is javítja az eleveniszap ülepíthetőségét.
- A tisztított szennyvízzel az elfolyó lebegőanyag koncentrációja csökken és javul az elfolyó víz minősége.
- Az iszap víztelenítésénél kb. 10 – 15%-os polielektrolit megtakarítás érhető el.
- A szennyvíz-tisztító telepről távozó fölös-iszap anaerob kezelése esetén a ZeoRap részecskék a rothasztóban baktérium hordozóként működnek és az anaerob lebontás hatásfokát növelik.

**Kulcsszavak:** felületkezelt zeolit; baktériumok immobilizációja; pelyhek flokkulációja; nitrifikáció sebessége; szénvegyületek lebontása.

## Summary

On the natural (natural) zeolite powder (10 -100 µm) added to the activated sludge basin, bacteria are immobilized and the zeolite particles in the system act as biofilms. Immobilization of bacteria is made possible by the biopolymer (ECP) molecules produced by the bacteria. Binding of bacteria to the zeolite particles can be accelerated by filling the surface of the zeolite particles. By treating the zeolite with cationic polymer (KAP) molecules having the same properties as ECP, stable zeolite-KAP bonds can be formed. The bacteria then immobilize on the surface of the zeolite particles via free positive charges of the KAP molecules within minutes. This targeted surface treatment allows the negatively charged bacteria to immobilize on the surface of the zeolite through stable bonds, resulting in an accelerated biochemical reaction (biodegradation process) and a significant improvement in the sedimentation of sewage sludge.

The biofilm system formed on the surface of 50 µm particles of surface treated zeolite (ZeoRap) added to the activated sludge basin has the following effects in biological wastewater treatment:

- Surface treated zeolite (FKZ) results in a 15-20% increase in the decomposition rate of organic carbon compounds and a 200-300% increase in nitrification rate.

- FKZ dosing accelerates the flocculation of disintegrated dispersed sludge floccs, which in itself improves the settleability of activated sludge.
- Organic suspended matter in the effluent decreases and thus the quality of the effluent improves
- For sludge dewatering, approx. 10 to 15% polyelectrolyte savings can be achieved.
- In the anaerobic treatment of excess sludge from a sewage treatment plant, the ZeoRap particles act as a bacterial carrier in the digester and increase the efficiency of anaerobic digestion.

## Irodalomjegyzék

*Kalló, D.* (1992): Natürliche Zeolithe - Herkunft und Wirkungsmechanismen. awt.abwassertechnik. Heft 2.,40 - 43.

*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.

*Oláh, J., Papp, J., Mészáros - Kis, A., Mucsy, Gy., Kalló, D.* (1989): Simultaneous Separation of Suspended Solids, Ammonium and Phosphate Ions from Waste by Modified Clinoptilolite. Zeolites as Catalysts, Sorbents and Detergent Builders. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.

*Oláh, J., Papp, J., Kalló, D.* (1991): A biológiai szennyvíztisztítás hatásfokának növelése zeolitok alkalmazásával. Hidrológiai Közlöny 71, No. 2., 70 - 76.

*Papp, J.* (1992): Einsatzmöglichkeiten von Zeolith in der Abwassertechnik. awt.abwassertechnik. Heft 2.,44 - 47.

*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

*Princz, P., Oláh, J.* (2005): A biológiai szennyvíztisztítás módszerei és az eleveniszapos szennyvíztisztítás hatásfokának növelése természetes, valamint felületkezelt zeolitok felhasználásával. *Hidrológiai Közlöny* (A Magyar Hidrológiai Társaság Tudományos lapja), 85. Évf. 2. szám, p. 21–31.

*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, 6th 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

*Quarumby, J.* (1999): A new approach to a persistant problem Sludge Treatment and Disposal 32-33February (1999)

### 1.Internet

*Oláh József – Princz Péter - Kucsák Mónika - Gyulavári Imre*  
Biofilm rendszerek alkalmazása a szennyvíztisztításban

<http://docplayer.hu/14856454-Biofilm-rendszerek-alkalmazasa-a-szennyvizisztitasban.html> (letöltés ideje: 2020.05.10.)