



A projekt általános ismertetése

1. Előzmények

Szerves vegyületekkel felületkezelt, zeolitokat az utóbbi 10 évben egyre nagyobb mennyiségben alkalmaznak felszíni és felszínalatti, valamint szennyvizek tisztítására. A felületkezelésre használt szerves vegyületek negyedrendű nitrogén atomot tartalmazó felületaktív monomerek, vagy kationaktív polimerek (CAP). A felületkezelés általában oly módon történik, hogy a por alakú vagy granulált zeolitot összekeverik a szerves vegyület vizes oldatával. Az alkalmazott kezelési módszerekről a következő szabadalmi leírások számolnak be: US 5071587A, US 6190561, US 6190561, GB-A-2 337 749, GB- A-97 AN 1994-175169 XPOO2197539, SU 1 803 176, JP 63 031538. 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 Egyetem Általános és Analitikai Kémia Tanszékének (BME ÁAK) közreműködésével – kidolgozott innovatív zeolit-modifikációs eljárás, amely stabil kötések hoz létre a zeolit részecskék és a szerves vegyületek között. Az eljárás a NATO Tudomány a Békéért Program keretében, az Oktatási Minisztérium és az Ipar Műszaki fejlesztéséért Alapítvány által is támogatott NATO SFP-972494 számú, „Improvement of the Biological Degradability of Wastewaters Using Activated Zeolites” című projekt keretében került kidolgozásra 1999-2003. között. (A NATO projekt webcíme a következő: www.living-planet.hu)

Az új, úgynevezett „száraz” eljárással előállított modifikált zeolitot és az azzal működő biológiai szennyvíztisztítási technológiát az Élő Bolygó Kft. ZeoRap néven védjegyeztette. A ZeoRap® szennyvíztisztítási technológiára az Országos Vízügyi Főigazgatóság, F-273 számon, 2003. évben alkalmazási engedélyt adott ki. Az eljárás hazai és nemzetközi szabadalmi bejelentéseinek alapszáma: P0004740, P0004740. A szellemi termék jogok 100 %-ban az Élő Bolygó Kft. tulajdonában vannak.

A NATO SFP-972494 sz. projekt keretében kidolgozott, „száraz” modifikációs eljárás lényege, hogy a megőrölt természetes, vagy hidrogén formába hozott zeolit porra rápermetezzük a szerves vegyület, előzetesen megsavanyított tömény vizes oldatát. A kezeléshez használt vizes oldat mennyisége a zeolithoz viszonyítva mindössze 5 – 6 %. Ennek következtében a kezelés során nem jön létre szuszpenzió, a modifikált zeolit – szárítás nélkül is - por formájú marad.

A „száraz” modifikációs eljárás alkalmazásával az Élő Bolygó Kft. a 2001. és a 2003. évek közti időszakban 80 tonna modifikált zeolitot gyártott és hozott forgalomba. A ZeoRap® szennyvíztisztítási technológia 10 hazai szennyvíztisztító telepen (Szob, Piliszentkereszt, Dunakeszi, Veresegyháza, Tét, Jánossomorja, Mosonmagyaróvár, Dorog, Mezőszilas, Dombóvár,) került kipróbálásra, illetve bevezetésre.

Jelen projektjavaslat 2003. szeptemberében már benyújtottuk az Oktatási Minisztérium Kutatás-fejlesztési Helyettes Államtitkárságához. A projektjavaslat – melynek bírálati dokumentumait a mellékeljük (lásd Melléklet) – az első helyezést érte el a támogatásra javasolt, de támogatásban nem részesült pályázatok között.

2. Megoldandó probléma

A „száraz” modifikációs 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, a rendkívül erős zeolit-szerves vegyület kapcsolatból származik. A zeolit felületkezelése során, a különböző molekulatömegű, negyedrendű nitrogénatomot tartalmazó, kationos szerves vegyületek olyan erősen kötődnek a zeolit részecskékhez, hogy a két anyag nem megfelelő első érintkezése esetén az egyes zeolit részecskékhez – a számítottéhoz képest - feleslegben kapcsolódott szerves molekulák a későbbiekben már nem remobilizálódnak, vagyis az egyes zeolit-szemcsék szerves anyag tartalma között különbségek tapasztalhatók. Intenzív keverés hatására a felületkezelt zeolit makroszkopikusan homogénné válik, a mikroszkopikus inhomogenitás azonban megmarad. Makroszkopikus homogenitás alatt azt értjük, hogy milligramm alatti szemcsetömeg esetén, a modifikált zeolit 50 - 100 mg tömegű mintáiból végzett analízisek - összes szerves szén (TOC) és $\text{NH}_4\text{-N}$ tartalma - azonos eredményt mutat. (a felületkezelt zeolit a szennyvíztisztításban 100 μm alatti szemcseméretben kerül alkalmazásra.) Hagyományos fénymikroszkóppal végzett szemcse-vizsgálataink azonban azt mutatták, hogy a gyakorlatban alkalmazott felületkezelési eljárások során (forgólapátos keverőben elhelyezett, folyamatosan mozgásban tartott zeolitra ráöntik, vagy rápermetezik a modifikálószer) a zeolit szemcsék mintegy 30 – 40 %- nem tartalmaz modifikáló szert. Ez azt jelenti, hogy a kezelt zeolit egy része gyakorlatilag modifikálatlan marad, a másik rész szervesanyag tartalma pedig túlságosan magas lesz. (Szükségesnek tartjuk megemlíteni, hogy a számított modifikálószer mennyiség a zeolit külső kationcserélő kapacitásának 60 – 70 %-a.)

Vizes szuszpenzióban, valamint a kezelendő zeolitot légfázisban tartva – rápermetezéssel alkalmazásával – több laboratóriumi modifikációs előkísérletet végeztünk. Fénymikroszkópos vizsgálatok eredményei alapján a szemcsék 85- 95 %-a tartalmazott modifikáló szert, azaz a kezelt zeolit mikroszkopikusan is homogénnek tekinthető. Zeolitos intenzifikálás mellett végzett laboratóriumi biológiai bonthatósági vizsgálataink azt mutatták, hogy a mikroszkopikusan is homogén modifikált zeolit 10 – 15 %-kal hatékonyabb az inhomogén termékénél. Ez azt jelenti, hogy hasonló hatás eléréséhez kevesebb modifikált zeolitra van szükség, vagy ugyanazon mennyiség felhasználása esetén, ugyanazon idő alatt a kezelt víz nagyobb mértékű tisztulása megy végbe.

3. A projekt alapvető tudományos és műszaki célkitűzései

Fentiek alapján - jelen alkalmazott K+F téma keretében – egy mikroszkopikusan is homogén modifikált zeolit előállítására alkalmas eljárás kidolgozását és az eljárást megvalósító berendezés prototípusának kifejlesztését tűztük ki célul.

Az eljárás kidolgozása alkalmazott kutatást, az eljárást megvalósító - különböző szintű berendezések („deszka”-modell, felüzemi modell, prototípus) – megépítése kísérleti fejlesztést igényel. Az új eljárással, illetve annak különböző szintű berendezéseivel előállított modifikált zeolit minőségellenőrzése két új analitikai módszer - alap kutatás szintű - kidolgozását teszi szükségessé. Az egyik, a zeolit-részecskék és a hozzájuk kapcsolt szerves vegyület közti kötéserő számszerű meghatározását, a másik pedig a modifikált zeolit homogenitásának kvantitatív jellemzését teszi lehetővé. A kötéserő és a homogenitás meghatározására, a BME ÁAK (tudásközpont) Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópiás (FTIRS), illetve Elektro-scanning mikroszkópos (ESM) módszer kidolgozását tervezi. A modifikáló eljárás kidolgozását és a különböző szintű be-

rendezések megépítését, valamint a prototípus próbaüzemi vizsgálatait a koordinátor, Élő Bolygó Kft, (Vállalkozás, tudás+technológiai központ) végzi.

4. A projekt társadalmi céljai, eredményeinek társadalmi hatásai

A projekt keretében kidolgozásra kerülő

- zeolit-modifikációs eljárás az eddigi eljárásokhoz képest hatékonyabb és olcsóbb zeolitos szennyvíztisztítást tesz lehetővé, ami nemcsak gazdasági, hanem környezetvédelmi szempontból is előnyös,
- az új analitikai módszerek az anyagvizsgálati tudományok egyéb területein is hasznosíthatók, és növelik az egyetemi oktatás tudásszintjét.

Tekintve, hogy a magyar zeolit lelőhelyek az ország egyik legszegényebb régiójában, Tokaj hegyalja térségében - Mád, Rátka, Bogrogykeresztúr községekben – található, ahol az országos átlagot lényegesen meghaladja a munkanélküliek és a roma lakosság aránya, a projekt eredményei nemcsak új munkalehetőségeket teremtenek, hanem javítják e hátrányos helyzetű kisebbség munkavállalásának esélyeit is.

Az Élő Bolygó Kft. a projekt kidolgozása során két új női munkaerő felvételét tervezi, akik a zeolit modifikáló berendezés kiviteli terveinek elkészítésében és az előállított zeolitos termék csomagolásában fognak közreműködni. A ZeoRap technológia térhódításával a női alkalmazottak száma természetesen tovább fog emelkedni.

A BME ÁAK felveszi tananyagába a projekt keretében kidolgozásra kerülő analitikai módszerek oktatását, vállalja továbbá, hogy legalább 1 végzős hallgató diploma munkáját a modifikált zeolitok minőségének vizsgálata témakörben készítteti el.

5. A projekt gazdasági célja és gazdasági hatásai

A projekt gazdasági célja kettős, (1) a szennyvíztisztítás, ezen belül a zeolitos szennyvíztisztítás költségeinek csökkentése (2) és a hatalmas magyar zeolit készlet (300 millió tonna) hasznosítása.

Fentieknek megfelelően a projekt közvetlen gazdasági hatásai két területen, a zeolit bányászat és a zeolit feldolgozóipar, valamint a szennyvíztisztítás területén fognak jelentkezni.

5.1 Modifikált zeolit

A ZeoRap® szennyvíztisztítási technológia széles körű elterjedése – mintegy 30 %-kal megnöveli a hazai zeolitbányászat jelenlegi, 20 ezer tonna/év volumenét. A hazánkkal szomszédos, valamint a 400 – 500 km-nél nem távolabb található országok esetében a modifikált zeolit exportja és a modifikációs eljárás értékesítése egyaránt szóba jöhet. A modifikációs eljárás hasznosítása minden zeolittal rendelkező országban reálisnak látszik.

A modifikációs eljárás és a ZeoRap® értékesítéséből származó gazdasági előnyök pontos számszerűsítése nehéz feladat. Tekintettel a hazai szennyvízkezelés jelenlegi állapotára, az uniós elvárásokra és a már kidolgozott zeolit-adagoláson alapuló eljárás terjedési ütemére – pesszimista becslés alapján - a projekt zárását követő 1. évben 400 tonna, a 2. évben 800 tonna, a 3. évben pedig 1.2000 tonna ZeoRap® értékesítése prognosztizálható, a mai árszinten 100.000 Ft/tonna, összesen (2.400 tonna * 100.000 Ft/tonna = 2,4 * 10⁸ Ft) 240 millió Ft árbevételrel. 20 %-os értékesítési nyereségtartalommal (48 millió Ft) számolva, a projekt kidolgozásához igényelt 16 millió Ft állami támogatás megtérülési rátája, három év után $48/16 = 3,0$. Az összes költségráfördítés megtérülési rátája $48/28 = 1,7$, ami szintén jó érték.

Fenti ZeoRap[®] mennyiségekhez rendelhető szennyvíz-mennyiség számításához, a ZeoRap[®] technológiáról a következőket kell tudni:

A ZeoRap[®] szennyvíztisztítási technológia ZeoRap[®] igénye két részből áll, melyek a következők:

- *A technológia indításakor jelentkező igény*
A biológiai rendszerbe, az eleveniszap – száraziszap egységekben kifejezett – mennyiségére vonatkoztatva a 10 % ZeoRap[®]-ot adagolunk.
- *A technológia fenntartásának ZeoRap igénye*
A telepről az iszapelvéttel és az iszapelúszással távozó ZeoRap[®] mennyiségét naponta pótoljuk. Amennyiben az iszapelvéttel és az iszapelúszással távozó ZeoRap[®] mennyisége nem állapítható meg, a biológiai rendszerbe - a telepre érkező szennyvíz mennyiségére vonatkoztatva – köbméterenként 30 g ZeoRap[®]-ot adagolunk.

A ZeoRap[®] technológiával szerzett hazai tapasztalataink alapján az indítási ZeoRap[®]-igény az éves ZeoRap[®]-igény 10 %-a. Ennek alapján a 400, 800 és az 1.200 tonna/év ZeoRap[®] mennyiségek 33.000, 66.000 és 99.000 m³/nap szennyvízmennyiség kezeléséhez elegendők. Ez azt jelenti, hogy a megtérülési ráták a zeolitos szennyvízkezelési technológia 1,5 - 4,5 %-os hazai elterjedése esetén már elérhetőek. Ennél valójában nagyobb, 4 - 8 % körüli elterjedés prognosztizálható

(A fentiekben megadott ZeoRap[®] mennyiségek a mikroszkópiusan homogén termékre vonatkoznak.)

5.2 ZeoRap[®] szennyvíz-kezelési technológia

A ZeoRap[®] eljárás alkalmazásával az eleveniszapos szennyvíztisztító telepeken

- a szervesanyag - KOI-ban kifejezett - lebontási sebessége, a biológiai tisztító kapacitás 20 - 40 %-kal növelhető,
- a nitrifikációs és denitrifikációs sebesség 50 – 100 %-kal növelhető,
- a szerves nitrogén-vegyületek biológiai lebontási sebessége 30 – 50 %-kal növelhető,
- a foszfor-eltávolításhoz szükséges vegyszerigény 20-30 %-kal csökkenthető,
- az iszap ülepedési sebességét jellemző Mohlmann index értéke 20 – 40 %-kal, az esetek döntő részében 100 ml/g alá csökkenthető,
- a biológiai tisztító rendszerből kikerülő szennyvíziszap víztelenítéséhez felhasználásra kerülő polielektrolit mennyisége 15-20 %-kal csökkenthető.

Elsőként egy meglehetősen durva számítással azt mutatjuk be, hogy a ZeoRap[®] technológia bevezetése milyen gazdasági eredményekkel jár, ha csak a biológiai tisztító kapacitás (BTK) növekedésével kapcsolatos előnyöket vesszük figyelembe.

A ZeoRap[®] eljárással a BTK legalább 20 %-os növelése érhető el, a jelenlegi árszerkezet mellett 5 %-os üzemeltetési költségnövekedés mellett (lásd később). A technológia beruházás igénye 15 ezer m³/nap kapacitásonként 1 db zeolit adagoló, melynek ára 500 ezer Ft. Ez azt jelenti, hogy a 15 ezer m³/napnál nagyobb kapacitású szennyvíztisztító telepeknél a beruházási költségigény 33 Ft/m³/nap.

Tekintve, hogy 1 m³/nap kommunális szennyvíztisztító kapacitás átlagos beruházási költségigénye 74 ezer Ft, a ZeoRap[®] technológia országos szintű bevezetésével 1.5 millió m³/nap x 20 % x 74 ezer Ft/m³/nap = 22.2 milliárd Ft értékű beruházási költség takarítható meg. (A ZeoRap[®] adago-

lók beszerzésével kapcsolatos beruházási költség 49 millió Ft, mely összeg a megtakarítás mellett elhanyagolható.)

Amennyiben a technológia a jelenleg tisztítatlan szennyvizek (1,5 millió m³/nap) tisztításánál is alkalmazásra kerül a beruházási költség-megtakarítás teljes összege: 1,5 millió m³/nap x 20 % x 74 ezer Ft/m³/nap + 22.2 milliárd Ft = 44,4 milliárd Ft.

Ha a ZeoRap[®] technológia csak a jelenleg túlterhelt szennyvíztisztító telepeken kerül bevezetésre - tekintve, hogy az ezek által kezelt szennyvíz napi mennyisége 400 ezer m³ - a beruházási költség-megtakarítás összege 400 ezer m³/nap x 20% x 74 ezer Ft/m³/nap = 5,9 milliárd Ft.

A technológia bevezetésével járó gazdasági előnyöket és az üzemeltetési költségek alakulását a Fővárosi Csatornázási Művek Észak-Pesti szennyvíztisztító telepének FCSM ÉP SZTT példáján is bemutatjuk. Az FCSM ÉP SZTT 50.000 m³/nap hidraulikus kapacitását 2001 – 2002 között 150.000 m³/nap értékre növelték.

Az FCSM ÉP SZTT éves üzemeltetési költsége bővítés előtt:	(50.000 m ³ /nap x 35 Ft/m ³ x 365nap)	639 MFt
A biológiai tisztító kapacitás 150.000 értékre történő növelésének beruházási költség-igénye a hagyományos technológiával:	(100.000 m ³ /nap x 74.000 Ft/m ³)	7.400 MFt
A 150.000 m ³ /nap kapacitású, hagyományos technológiával működő telep éves üzemeltetési költsége:	(150.000 m ³ /nap x 35 Ft/m ³ x 365nap)	1.916 MFt
A ZeoRap [®] technológia alkalmazásával – a 150.000 m ³ /nap hagyományos kapacitás eléréséhez – csak 75.000 m ³ /nap új BTK kiépítése lett volna szükséges, melynek költségigénye:	(75.000 m ³ /nap x 74.000 Ft/m ³)	5.550 MFt
A technológia bevezetéséhez 10 db zeolit adagoló szükséges, melynek költségvonzata:	(500.000Ft/db x 10)	5 MFt

A ZeoRap[®] technológia üzemeltetési költségekre gyakorolt hatását, oly módon mutatjuk be, hogy annak pozitív és negatív költségvonzataival a hagyományos technológia költségeit módosítjuk.

A 150.000 m ³ /nap kapacitású, hagyományos technológiával működő telep éves üzemeltetési költsége:		1.916 MFt
<u>Költségnövelő elemek</u>		
<i>Modifikált zeolit ára:</i>		
(0,03 kg _{zeorap} /m ³ x 150,000 m ³ /nap x 365 nap x 100 Ft/ kg _{zeorap})		+ 164 MFt
<i>Modifikált zeolit szállítása és tárolása:</i>		+ 1 MFt
<u>Költségcsökkentő elemek</u>		
<i>Elektromos energia megtakarítás a levegőztető medencében:</i>		
(0,60 Ft/m ³ x 150,000 m ³ /nap x 365nap)		- 33 MFt
<i>Iszapkezelés</i>		
(0,62Ft/m ³ x 150,000 m ³ /nap x 365nap)		- 34 MFt

Fentiek alapján a 150.000 m³/nap kapacitású, ZeoRap technológiával működő telep éves üzemeltetési költsége: 2.014 MFt

Látható, hogy az adott esetben a ZeoRap[®] technológia alkalmazásával az üzemeltetési költségek 98 MFt-tal (1.916 MFt-ról 2.014 MFt-ra) emelkednek, a beruházási költségekben viszont közel kétmilliárd Ft-os megtakarítást lehetett volna elérni (7.400 MFt - 5.550 MFt - 5 MFt = 1.845 MFt). Szükséges azonban megemlíteni, hogy a ZeoRap[®]-pal működő telepek a toxikus lökéseknek jobban ellenállnak, mint a hagyományos technológiával üzemelő, a ZeoRap[®]-tartalmú eleveniszap még havária esetekben is jól ülepszik, vagyis speciális ülepedés-javítók adagolására általában nincs szükség. Mindezek alapján általánosságban elmondható, hogy a szigorúbb vízminőségi határértékek (9/2002 (III.22.) KÖM-KÖVIM együttes rendelet szerinti) és bírságtételek fokozatos bevezetésével – a környezetvédelmi bírság megtakarítása révén – a ZeoRap[®] technológia bevezetésének költségei összességében nem növekednek a telepek üzemeltetési költségeit.

A ZeoRap[®] technológia külföldi értékesítéséből származó gazdasági előnyök számszerűsítésére nem vállalkozunk. A külföldi értékesítés lehetőségét azonban ígéretesnek látjuk. A NATO SFP projekt keretében kidolgozott – jelen pályázat keretében tovább fejlesztésre kerülő – zeolit modifikálási eljárás iránt széles körű nemzetközi érdeklődés tapasztalható. A ZeoRap[®] gyártási technológia értékesítésével kapcsolatban, az 1. táblázatban feltüntetett külföldi partnerekkel folytatunk tárgyalásokat.

1. táblázat A szabadalom értékesítésével kapcsolatos külföldi kapcsolatok

Ország	Társaság neve	Kapcsolattartó neve, e-mail címe	A tárgyalás területe
USA	Geoexplorer, Inc.	Dr. Jan Karlsten geoexp@eazy.net	Gyártási jog átadás, közös piaci fellépés Mexikóban
	Boulder Innovative Technologies, Inc.	Dr. Richard Andrews rich@zeoponix.com	Gyártási jog átadás, USA-beli próbaüzem
	New Mexico Technology	Dr. Robert Bowman bowman@nmt.edu	USA-beli próbaüzem
	Zeotech, Inc.	Mr. Steve Peterson zeoclean-service@t-online.de	Gyártási jog átadás
	CMH ₂ HILL, Inc.	Mr. Bill Dunn, Dr. Hirk Hatfield khatf@ce.ufl.edu	Gyártási jog átadás
Svédország	Royal Institute of Technology	Dr. Gunno Renman gunno@kth.se	ZeoRap [®] próbaüzemi vizsgálat
Németország	Uwatech GmbH.	Dr. Robert Kolheb tel: +49 5144-5533	Közös piaci fellépés az USA-ban
Ausztrália	Zeolite Australia, Ltd.	Lionel Trevor Baldock ltbaldock@bigpond.net.au	Gyártási jog átadás, ausztráliai próbaüzem
Ecuador	Zeolite Ecuador, Inc.	Dr. Jorge Chang jchang@nibis.com.ec	ZeoRap [®] gyártás