

Biológiai és fotokémiai eljárások kombinált alkalmazása a szennyvíztisztításban

PACZONA Boglárka¹, Szabóné dr. BÁRDOS Erzsébet¹, MOLNÁR Miklós¹
 Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, ¹Természettudományi Központ
 8200 Veszprém, Egyetem utca 10., e-mail: boglarkapaczona08@gmail.com

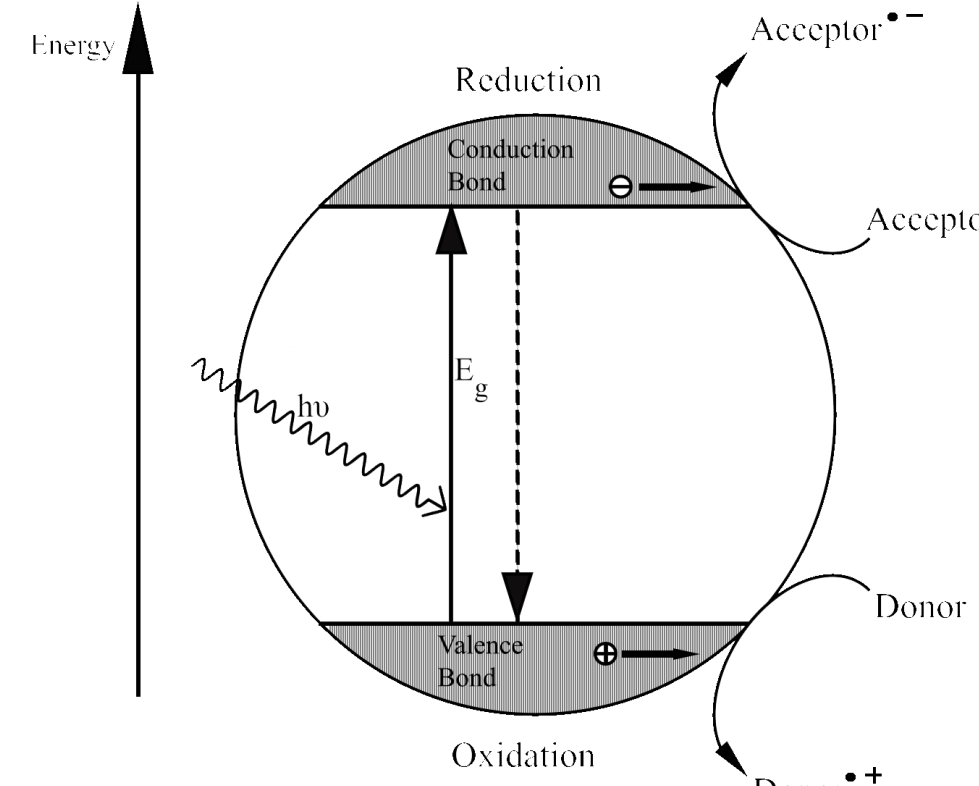
Bevezetés

Az élet nélkülözhetetlen alapfeltétele a víz, melynek tisztán tartása napjaink társadalmának legfontosabb feladata. A folyamatosan növekvő népesség egyre hatékonyabb ipari és mezőgazdasági termelést igényel, ezért fontos a szennyvizek minél hatékonyabb tisztítása, majd visszajuttatása a természetes körforgásba. A szennyvíztisztításban alkalmazott fizikai, illetve biológiai eljárásokkal hatékonyan távolítható el a szennyező anyagok nagy része. Azonban egyre jelentősebb mennyiségben kerülnek az élővizekbe olyan toxikus anyagok, amelyek lebontása nem megvalósítható a konvencionálisnak számító vízkezelési módszerekkel. Ezért a biológiai tisztítás után további lépésre, lépésekre van szükség. Megoldás lehet különböző adszorbensek vagy oxidációs folyamatok alkalmazása.

Hazánkban nagy mennyiségben fordul elő különleges összetételű olajpala, amelyet elsősorban talajjavításra használnak, de felmerült adszorbensként történő alkalmazása is a szennyvíztisztításban. Az olajpala lemezes, üledékes közet. Jellegzetes szerves anyag tartalommal rendelkezik, amelynek egy része szerves oldószerekkel kioldható (bitumen), a többi azonban nem, vagy alig extrahálható. Ennek ellenére tartalmazhat vízzel kioldható természetes szerves anyagokat, melyeket a felhasználás előtt vagy után el kell távolítani a vizes közegből. A Pannon Egyetem kutatói hatékony, korszerű és gazdaságos kémiai vízisztítási módszer megalkotását tűzték ki célul, melyben adszorbensként a környezetbarát alginit alkalmazták. Azonban az új technológia során az alginitből természetes szerves anyagok, esetleg lemosódott bomlástermékek kerülhetnek a vízbe, így szükséges egy oxidációs egység beépítése a folyamat végére, mellyel megakadályozható a nem kívánatos vegyületek kikerülése a rendszerből.

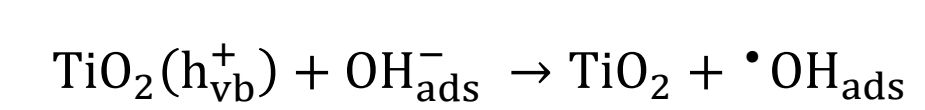
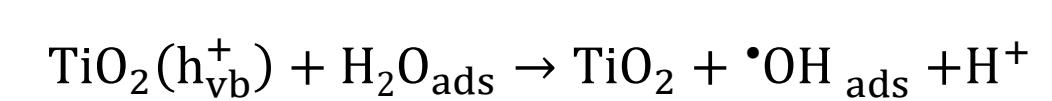
A nagyhatékonyságú oxidációs eljárások közé tartozó heterogén fotokatalízissel fény hatására nagy reakciókészségű gyökök állíthatók elő, melyek hatékonyan bontják a jelenlévő szennyeződések [1]. Fotokatalitikus módszerek alkalmazásával vizsgáltuk az alginitből kioldódó természetes szerves anyagok, illetve a modellvegyületeként alkalmazott szennyezőanyagok és bomlástermékek mineralizációját.

Heterogén fotokatalízis



A rekombinációval versengenek a felületi töltésvitelyi folyamatok:

Vizes közegben, oxigén jelenlétében lejátszódó reakciók:



Kísérleti körülmények

Katalizátor: Degussa P25 TiO₂

Katalizátor-koncentráció: 1 g/dm³

Levegőáram: 10 dm³/h

Fényforrás: UV-LED λ_{max} = 389 nm

Fotoreaktor: 100 cm³

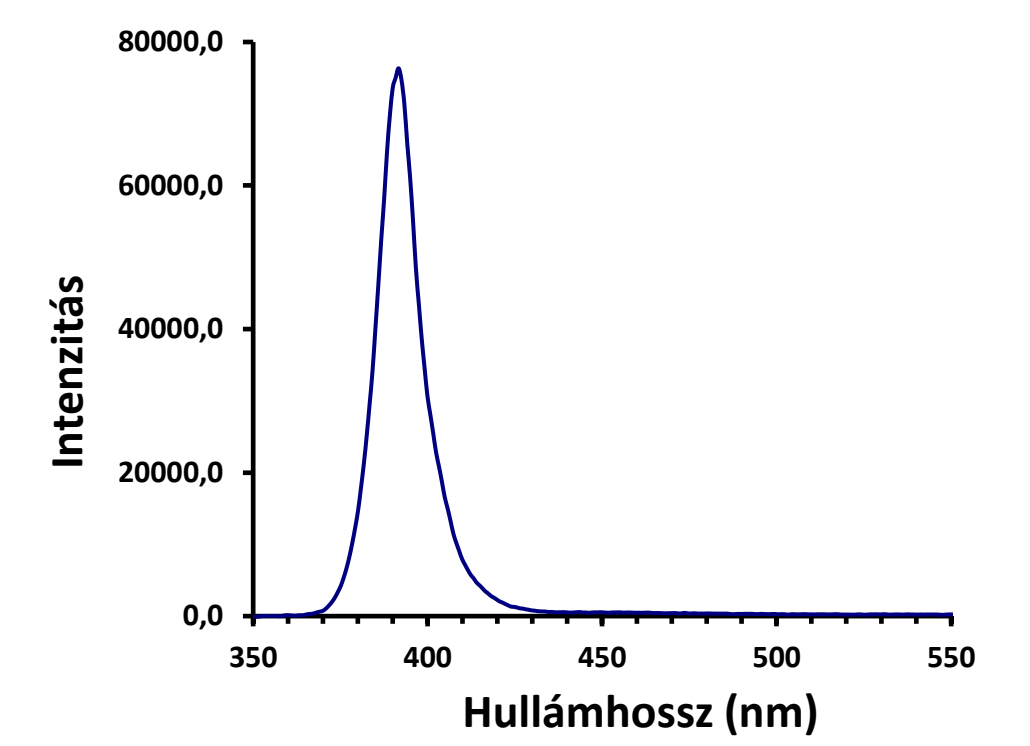
Fényforrástól való távolság: 6 cm

Modellvegyületek: Supragil WP, p-nitrofenol

Analízis: UV-Vis spektroszkópia, TOC, pH-mérés



Fotoreaktor



Az UV-LED kisugárzási szinképe

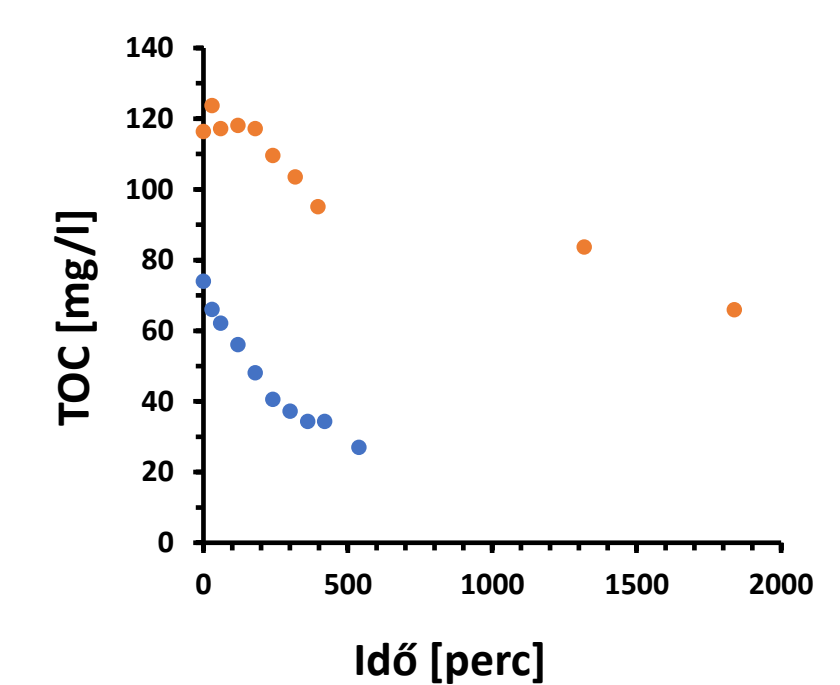
Az alginit és a belőle kioldott szervesanyag koncentrációjának tárolási problémái

Alginit szervesanyag tartalmának kioldása:

A vizsgálatokhoz szükséges oldatok előállításához 40 g alginit mintához 40 ml desztillált vizet adagoltunk, majd másnap a duzzasztott alginitre 400 ml desztillált vizet öntöttünk és ráztunk. 24 óra letele után a felülúszót az alginitből centrifugálással választottuk el. A folyadékfázist hűtőben, +4 °C-on tároltuk. A minták kiindulási paramétereit és a rajtuk végzett reakciókat táblázatban foglaltam.

Minta neve	Elvégzett kísérletek	Kezdeti pH	Kezdeti TOC [mg/l]	
AF1	1	TiO ₂ +UV	7,40	83,5
	2	TiO ₂ +UV	7,28	86,2
	3	TiO ₂ +UV	7,36	88,5
AF2	1	TiO ₂ +UV	7,39	98,5
	2	TiO ₂ +UV+H ₂ O ₂	7,31	92,3
	3	TiO ₂ +UV+O ₃	7,53	93,4
AF3	TiO ₂ +UV	7,50	106,9	
AF4	TiO ₂ +UV	7,59	129,4	

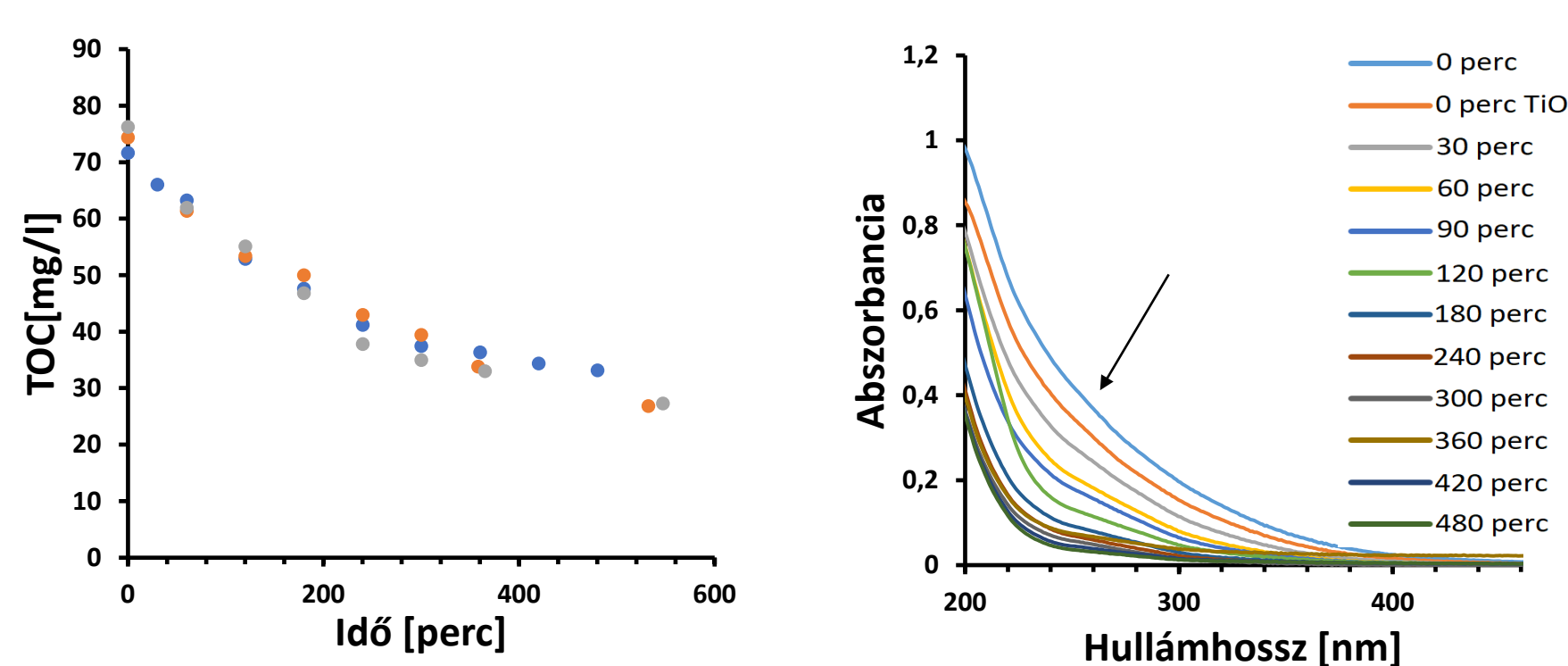
Bár a hűtőben tárolt minták (AF1 és AF2) TOC értékei növekvő tendenciát mutatnak, azonban az egyes eredmények eltérése csak 2-6 % közötti, ami körülbelül azonos a TOC mérés 4-6 %-os hibájával. A közel semleges oldat pH értékének változása is elhanyagolható. Mindezeket figyelembe véve megállapítottuk, hogy az oldatokat hűtőben tárolhatók. Feltételezhetően a levegővel érintkező alginitben a tárolás során olyan kémiai átalakulás ment végbe (mállás vagy oxidációs folyamat), mely során az alginitből vízzel kioldható természetes szerves anyag tartalom fokozatosan nőtt (AF1<AF2<AF3<AF4).



1. ábra: AF1 és AF4 minták TOC változása

Az alginit állása során összetettebb, heterogén fotokatalízissel nehezebben bontható vegyületek keletkeztek.

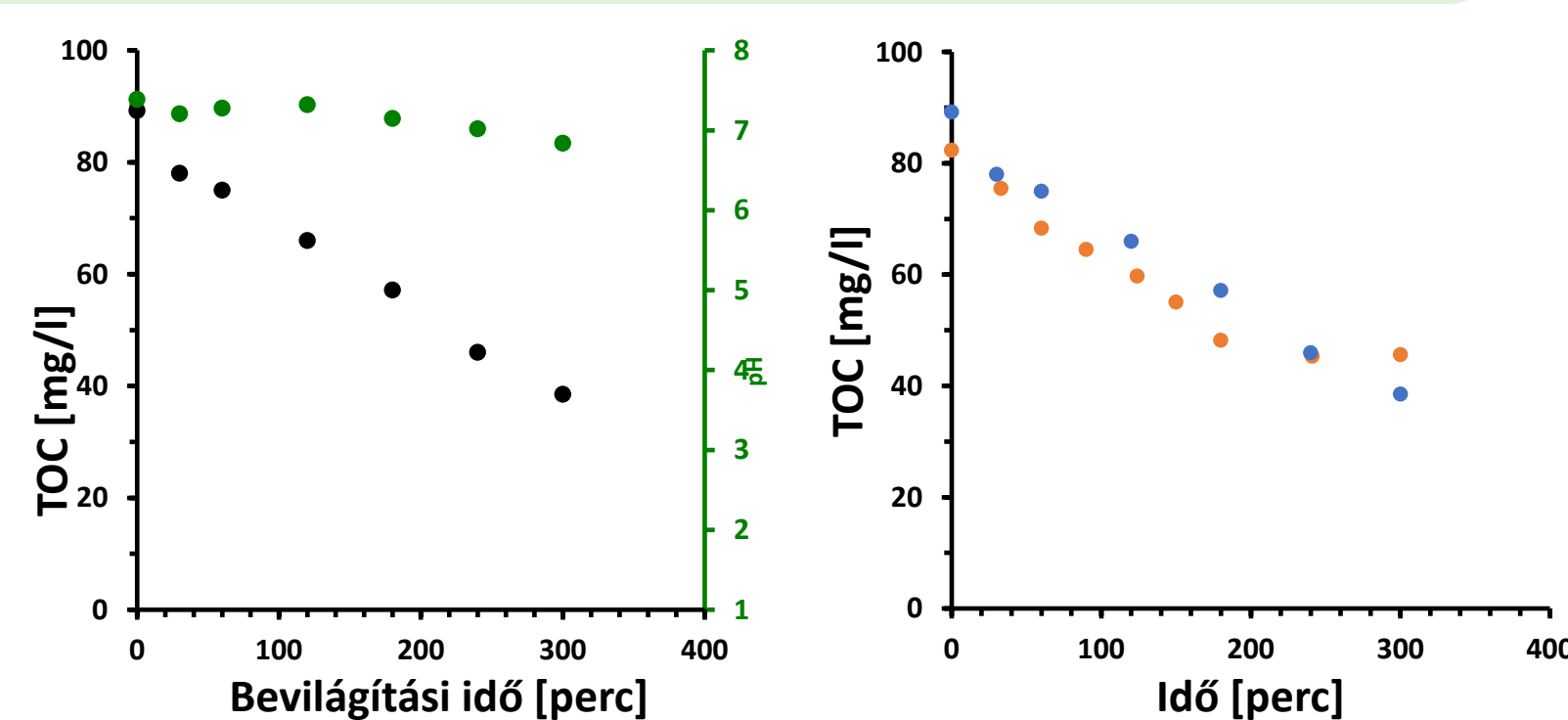
Az alginit felülúszó heterokatalitikus bontása



2. ábra: AF1 minták TOC változásai a bevilágítási idő függvényében, illetve az AF1.1 minta abszorbancia változása.

Heterogén fotokatalízissel az alginitből kioldódó természetes szerves anyagok mineralizálhatók. Az UV-tartományban fényelnyelést mutató anyagok koncentrációja fokozatosan csökken, s olyan termékké bomlanak, amelyek már nem mutatnak fényelnyelést.

Heterogén fotokatalízis hatékonyságának növelése

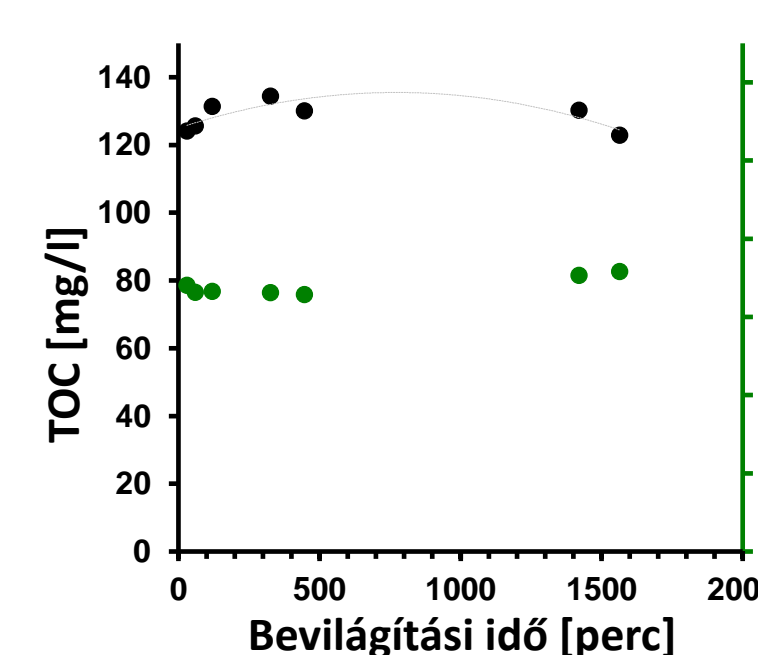


3. ábra: AF2. minták TOC és pH változása a bevilágítási idő függvényében.

Hidrogén-peroxid adagolásával, illetve ózonizálással történő kombinációval sem sikerült a heterogén fotokatalitikus mineralizáció sebességét növelni.

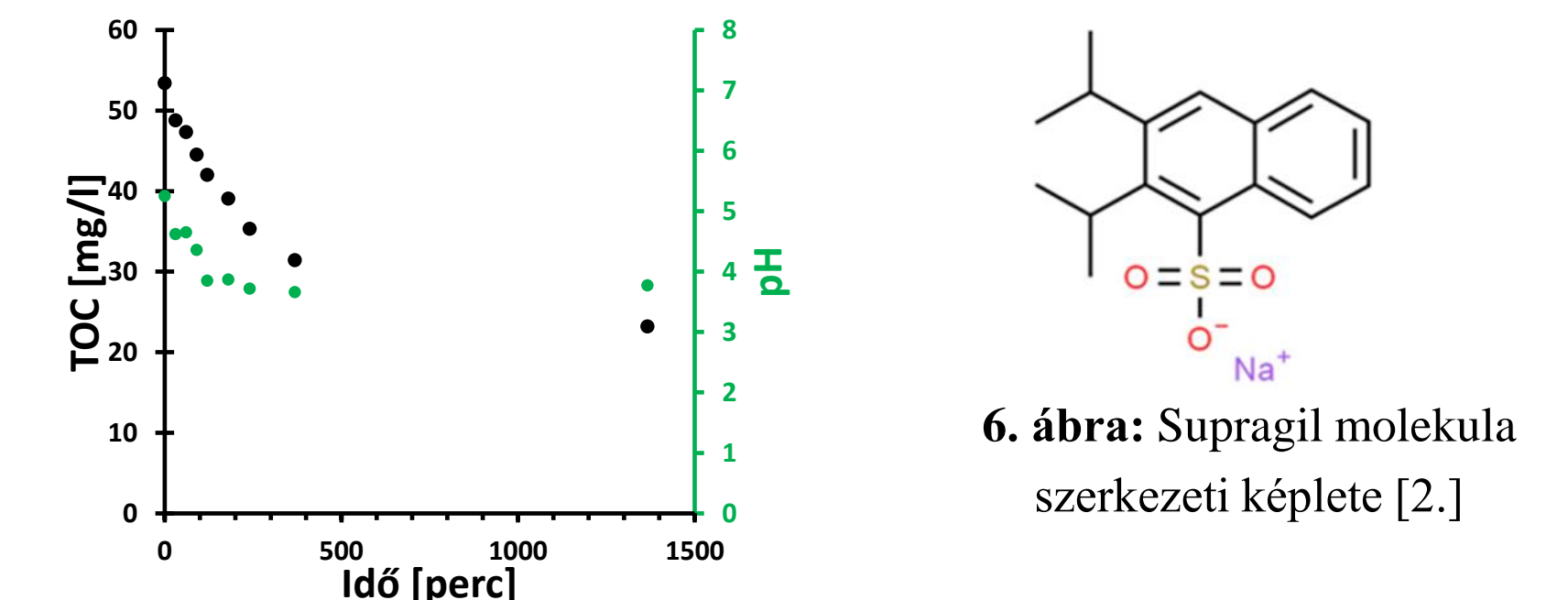
Eljárások kombinálása

Biológiai bontás után fotooxidáció: p-nitrofenol



4. ábra: A p-nitrofenol oldatának fotooxidációját kísérő változások a bevilágítási idő függvényében.

Fotooxidáció után biológiai bontás: Supragil



5. ábra: Supragil oldatának fotokatalitikus vizsgálatok kapott eredmények. A pH csökkenést okozó reakció: $\text{RSO}_3^- + \cdot\text{OH} \rightarrow \text{HSO}_4^- + \text{R}^{\cdot} \rightarrow \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{R}^{\cdot}$

A modellvegyületeként alkalmazott p-nitrofenol az alginittel történő érintkeztetés során bonthatóknak bizonyult. A biológiai kezelés után kapott oldat TOC értékének csökkentése érdekében fotokatalitikus oxidációt alkalmaztunk. Bár a szerves széntartalom alig változott, de a szerves anyagok további átalakulását figyeltük meg emissziós vizsgálatok során.

A Supragil a biológiai kezeléssel nem bontható. Ez esetben azzal a megoldással próbálkoztunk, hogy megfordítottuk a folyamatok sorrendjét: először fotooxidációval degradáltuk a modellvegyületet – különböző ideig világitottuk be a Supragil oldatot –, majd az így kapott, már a bomlástermékeket is tartalmazó oldatot érintkeztettük az alginittel. A fotokatalízist követően megváltozott kémiai környezet (alacsonyabb pH és Supragil-koncentráció, közti-termékek jelenléte) az olajpala élő mikroorganizmusok számára kedvezőbb volt, ennek következtében megvalósult a supragil biológiai úton történő eltávolítása.

Összefoglalás

Friss közetminta esetén az alginitből kioldódó természetes szerves anyagok degradációja kielégítő hatékonysággal megvalósítható heterogén fotokatalízis alkalmazásával. Fontos a minta megfelelő tárolása, hiszen ennek hiányában a közet olyan átalakulásokon megy keresztül, melyek következményeként a kioldható szervesanyag mennyisége jelentősen nő, ezzel párhuzamosan pedig fotokémiai bonthatósága nagy mértékben lecsökken.

Eredményeink alapján úgy véljük, hogy jelentős potenciál rejlik az alginit szerves hulladék mentesítés területén való eredményes alkalmazásában, bár hatásossága jelentősen függ a bontandó vegyület szerkezetétől. A módszer fontos kiegészítője lehet valamilyen kémiai eljárás, pl. a heterogén fotokatalízis.

Irodalomjegyzék