

# **Mikroszennyező anyagok adszorpciós eltávolítása szennyvízből bioszénnel**

**Tervezési feladat, BME, 2015**

**Készítette: Balog Orsolya Csilla**

## **A mikroszennyező anyagok**

Mikroszennyezőknek azokat a vízben mikrogramm/liter koncentrációban található anyagokat nevezzük, amelyek az életfolyamatok feltételeit és a víznek az ember számára való felhasználhatóságát csökkentik, esetleg megszüntetik. A mikroszennyezők biológiailag nem, vagy nehezen bonthatók, tehát a szennyező forrástól a felszíni vizek közvetítésével gyakorlatilag változatlan formában jutnak el a későbbi vízhasználókhoz.

## **A mikroszennyezők csoportosítása**

A mikroszennyezők alapvetően két csoportba sorolhatók: a szerves és a szervesetlen mikroszennyezők közé. Tekintettel arra, hogy az ismert szerves és szervesetlen vegyületek száma között közel két nagyságrendnyi különbség van, a szervesetlen mikroszennyező anyagok száma is lényegesen kisebb, mint a szerveseké. A szervesetlen mikroszennyezők közé soroljuk a nehézfémeket, a báriumot, az arzént és a cianidokat. A nehézfémek közül is kiemelten kezeljük a higanyt, a kadmiumot, az ólmot, a krómot, a nikkelt, a rezet és a cinket. Az utóbbiak (réz és cink) megítélése azonban nem egyértelmű, hiszen mind a réz, mind a cink nagyon sok élőlény számára létfontosságú nyomelem, de a réz pl. a halak számára néhány  $\mu\text{g/L}$  koncentrációban már mérgezést okozhat.

Tekintettel arra, hogy a szerves mikroszennyező anyagok száma nagy, célszerű azokat különböző alcsoportokba sorolni. Nagyon sok komponenst tartalmaz a kőolaj és kőolaj-származékok csoportja. Ezek szétterülnek a felszíni vizek felszínén, megakadályozva az oxigén levegőből történő beoldódását a vízbe.

Rendkívül veszélyesek, és korlátozott vízoldhatóságuk miatt elsősorban felszíni vizek üledékében halmozódnak fel a többgyűrűs aromás szénhidrogének (PAH-vegyületek) és a poli-klórozott bifénilek (PCB-származékokat). a XX. század második felében használatuk és

ennek megfelelően előállításuk minimálisra csökkent, így a felszíni vizekben forrásuk elsősorban az üledékben korábban felhalmozódott – nem jelentéktelen - mennyiségekre korlátozódik.

A fenolok és származékaik vízben ugyan oldódnak, de nem jól. Ennek megfelelően a felszíni vizekbe kibocsátott fenolok elsősorban az üledékben jelentek meg. Az üledék felkeveredése során azonban a pórusvízből oldott állapotú fenolok jutnak a víztérbe, és ennek következtében koncentrációik helyenként néhány a  $\mu\text{g/L}$ -t is elérhetik.

A klasszikus növényvédőszer, melyek nagy része kontakt idegméreg (pl. DDT, HCH) nagyon stabil szerkezettel rendelkeznek, nem bomlanak le, ennek következtében több száz évig is változatlan formában megmaradhatnak a természetben. A növényvédőszer forrása nemcsak a mezőgazdasági területekről származó lefolyás lehet, hanem a gyártás és a helytelen tárolás is.

A detergensok (felületaktív anyagok) elsősorban közvetett veszélyt jelentenek az élővilágra, de nem hanyagolható el egyes ipari felhasználásra gyártott detergens hormon háztartást befolyásoló hatása sem. A detergensok veszélyessége elsősorban abban nyilvánul meg, hogy a hidrofób anyagokat látszólag hidrofíllé képesek változtatni, így könnyebben bejuthatnak az élő szervezetekbe. A detergensok egyértelműen pontszerű forrásokból juthatnak a vízterekbe, így kibocsátásuk megfelelő színvonalú szennyvíztisztítással ma már jól szabályozható.

Az oldószerként, illetve vegyipari alapanyagként alkalmazott rövid szénláncú klórozott szénhidrogének (diklór-metán, triklór-etilén, stb.) különböző ipari szennyvízkibocsátásokkal kerülhetnek a felszíni, illetve rendezetlen, illegális hulladék-elhelyezéssel a felszínalatti vizekbe.

A komplexképző szerves vegyületek élő szervezetekre kifejtett veszélyessége a detergensokhoz hasonlóan – közvetett. Az említett csoportba tartozó szerves vegyületek alkalmasak arra, hogy – többek között - a nehézfémekkel komplex vegyületeket alkossanak, és ebben a komplex vegyületben a nehézfémek eredeti tulajdonságai átmenetileg maszkírozásra kerülnek.

A THM (trihalo-metán) vegyületek elsősorban az ivóvíz klórozásakor képződnek, ennek megfelelően legfontosabb forrásuk a háztartási és intézményi szennyvizek kibocsátása. Tekintettel arra, hogy illékony szerves anyagok, a szennyvíztisztító telepek levegőztető rendszereiben koncentrációjuk nagymértékben csökken.

Bizonyos anyagok – elsősorban, de nem kizárólagosan azok, melyek maguk is hormonok – alkalmasak az élő szervezetek hormon háztartását megzavarni. Kis számban természetes eredetű anyagok is képesek az említett hatást kifejteni, de a hormonháztartást zavaró anyagok (EDS) döntő többsége mesterségesen előállított, tehát az emberi tevékenység következtében a környezetbe jutó anyag. A korábban említett szerves vegyület-csoportokkal ellentétben a hormon-háztartást zavaró anyagok a  $\mu\text{g/L}$  koncentráció tartománynál kisebb, már a  $\text{ng/L}$  intervallumban is jelentős zavart okozhatnak. Kibocsátásukra a háztartási, illetve ipari, elsősorban gyógyszeripari, illetve vegyipari szennyvizekkel kerülhet sor. Felszíni vizekben történő megjelenésük a  $\text{ng/L}$  koncentráció nagyságrendben már az emberi szervezetre is veszélyt jelenthet, elsősorban abban az esetben, ha befogadó alvizi szakaszain felszíni vízkivételre kerül sor ivóvíz-tisztítási céllal. A jelenleg alkalmazott ivóvíz-tisztítás technológiai lépések egyike sem biztosítja megfelelő mértékben az esetleg jelenlévő hormon-háztartást zavaró anyagok eltávolítását az ivóvízből. [1]

### **Mikroszennyezők eltávolítása szennyvízből**

Két különböző eljárás terjedt el a mikroszennyezők eltávolítására: az ózonozás és az aktívszénen való adszorpciós megkötés. A következőkben az utóbbi technológiát szeretném részletezni.

Az aktívszenes eljárást is két csoportra oszthatjuk aszerint, hogy az aktívszenet milyen formában használjuk fel. Az adszorpció történhet porított, illetve granulált aktívszén segítségével.

Általánosságban az aktívszénről elmondható, hogy nem szelektív adszorbens, tehát nagyon sokféle szervesanyag megkötésére alkalmas. Az aktívszén alapvetően apoláros tulajdonságokkal rendelkezik, tehát elsősorban apoláros szerves anyagokat adszorbeál. Az aktívszenek adszorpciós kapacitására jellemző fajlagos felületük. A jó minőségű aktívszenek fajlagos felülete eléri az  $1000 - 1200 \text{ m}^2/\text{g}$  értéket. Az aktívszenek oldott anyag megkötő képessége (kapacitása) korlátozott. Az adszorpciós helyek telítődését követően az aktívszén több oldott anyagot nem képes megkötni. Telítődés esetén két megoldás lehetséges: kidobás, regenerálás.

## **PAC eljárás**

Az úgynevezett PAC (Powered Activated Carbon) eljárás esetében az aktívszén porított formában van jelen, össze van keverve a szennyvízzel. A porítás miatt még nagyobb fajlagos felület biztosítható, ami nagyobb mennyiségű mikroszennyező eltávolítást jelent.

Mivel az előzőekben említett módon az aktívszén egy nem szelektív adszorber, a PAC-es eljárást a biológiai tisztítás után érdemes alkalmazni, az elfolyó szennyvízágba érdemes beépíteni egy plusz medencét, ahol a szennyvíz és a porított aktív szén keveredése biztosított. A mikroszennyezőktől tisztított szennyvíz és az elhasznált aktív szén eltávolítása után érdemes lehet az elfolyó szennyvizet visszavezetni a telep elejére, így kétszeres tisztítást biztosítva.

Többféle szeparációs technikát teszteltek: szedimentációs eljárás szövetből készült szűrővel, homokszűrő, membránszűrés. Ezek az eljárások mind a koaguláció elvén, vagy szil./foly. fázisszétválasztáson alapszanak.

Különböző irodalmak nem a külön medence beépítését ajánlják, hanem a szénport előtisztításkor, illetve a derítéskor való alkalmazását említik meg. A derítés előtt adagolt szénpor a derítőszer pelyhekkkel és a szennyeződéssel kiülepszik, azonban még rendelkezik adszorpciós hatással, ezért visszaforgatható és többször (4-5 alkalommal) is felhasználható.

A PAC eljárásban az aktívszén regenerációja nem megoldott. Az elhasznált aktív szenet a szennyvíz iszappal együtt érdemes a továbbiakban kezelni és leginkább elrohasztása, vagy elégetése a leggyakoribb.

Mérési eredmények szerint a legkörültekintőbb alkalmazás mellett is az aktívszén por adszorpciós kapacitásának csak 40 - 45 %-a kerül kihasználásra. Az aktívszén por technológiailag lehetséges alkalmazása nem teszi lehetővé az adszorpciós kapacitás nagyobb mértékű kihasználását. 12-15 g / m<sup>3</sup> szennyvíz felhasználás mellett több mint 80%-a a mikroszennyezőknek eltávolítható ezzel az eljárással. Általánosan azt mondhatjuk, hogy alkalmazásának szokásos koncentráció tartománya: 10–100 g/m<sup>3</sup>. [2,3]

## **GAC eljárás**

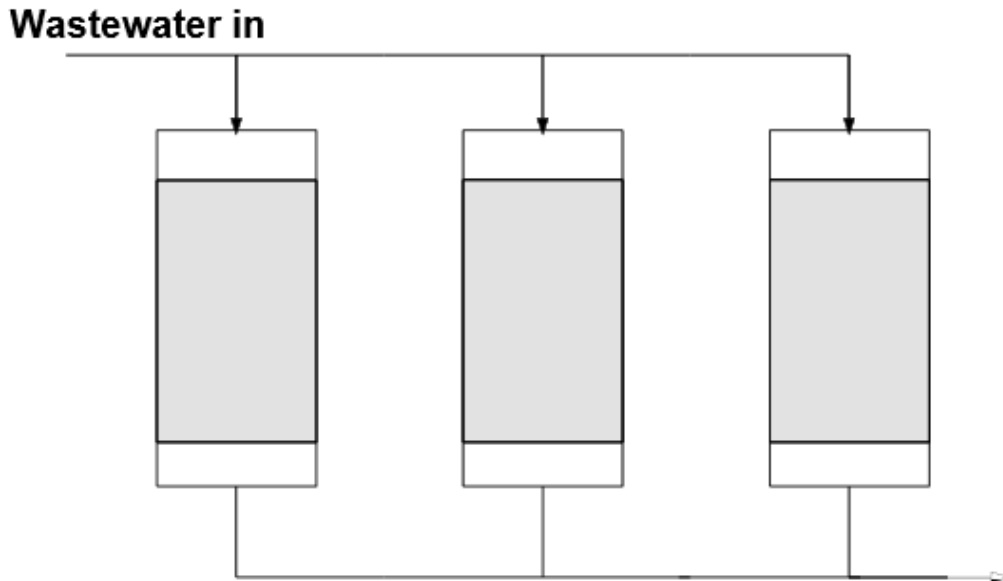
A granulált aktívszén (GAC) oszlopba töltve alkalmazható. A kezelésre kerülő vizet megfelelő sebességgel bocsátjuk át a töltött oszlopon, felülről lefelé. A vízben található oldott állapotú szerves anyagok a víz átbocsátása során kapcsolatba lépnek a granulált aktívszén felületével. Az eljárás hatékony, ha a tartózkodási idő az aktívszén adszorberben eléri a 15-35 percet.

A GAC eljárás előnye, hogy az aktív szén regenerálható. A regenerálás nagynyomású vízgőzzel oxigénmentes közegben történik. Általában ezt úgy oldják meg, hogy az oszlopokon lehetőség van visszamosásra. A regenerálási veszteség: 10 – 15 %.

A hatékonyság további feltétele, hogy az oszlop magasságának el kell érnie a 3 m-t, de esetenként a határértékek a 12-15 m magas oszlopokat is megkövetelik.

20-50 g / m<sup>3</sup> szennyvíz felhasználás mellett hatékonyon a GAC-es eljárás.

Egy GAC oszlop hatékony működésének elengedhetetlen feltétele, hogy a lebegő anyag koncentráció 20 mg/l alatt legyen. Ezért a PAC eljárással ellentétben, itt egyetlen pont van a szennyvíztisztítás során, ahova GAC oszlopokat be lehet építeni, ez pedig a teljes biológiai tisztítás és ülepítés után van, mielőtt a szennyvizet a befogadóba engednénk. Innen szintén lehetséges a tisztított szennyvíz újrakeringetése a rendszerben, ha a kapacitás ezt engedi, illetve a befogadóra vonatkozó határértékek ezt megkövetelik. [2,4,



**A legelterjedtebb Down-flow eljárás sémája**

### **Aktívszén helyett bioszén**

Környezettudatosság szempontjából érdemes lehet megfontolni, hogy mind a PAC, mind a GAC eljárás esetében az aktívszénre váltsuk. Tulajdonságaik nagyon hasonlóak, ám a bioszénnek az előnye, hogy növényi és/vagy állati eredetű biomasszából vagy szerves hulladékból állítják elő. További előny, hogy a bioszén a szennyvíztisztító telepen helyileg is előállítható helyi hulladékokból.

Az előző fejezetekben az aktívszénről ismertetett tulajdonságok mind igazak a bioszénre is. Nem szelektív adszorber, tehát rengeteg mikroszennyező megkötésére alkalmas. Apoláros tulajdonságokkal rendelkező anyag, tehát az apoláros szennyeződések tudja megkötni.

A mikroszennyező anyagok eltávolításának hatékonysága érdekében a bioszénnek mikroporózusnak kell lennie, és megfelelően nagy fajlagos felülettel kell rendelkeznie. Az aktívszén gyártása területén a 2 nm alatti mikropórusok befolyásolják a szén felszíni felületének adszorpcióját. Igaz, hogy a bioszeneknek gyakran jellegzetes pórusméret eloszlása van, de ez az eredeti növény struktúrájának köszönhető. Ahhoz, hogy ezt elérjük a nyersanyagot 650-950 °C-on kell pirrolizálnunk, hogy eltávolítsuk a biomasszából a kátrányos, olajos

részeket, míg egy a grafityszerű anyagot kapunk. A megfelelő bioszenet mind hagyományos kemencében, mind elgázosító kemencében elő tudunk állítani, ahhoz, hogy a szennyvízben a megfelelő szűrést végbemenjen. Ennek ellenére érdekesebb a hagyományos technikát kiváltani egy korszerűbb technikára, a folyamat környezetszennyező mivolta miatt. [6,7,8]

A pirolízis után az aktiválásra kerül sor. Ez ugyan úgy mint az aktív szén esetén egy víz-gáz reakcióban történik. Az aktív helyek számának céltudatos növelését érjük el így. Az aktiválás tehát fokozott adszorbeáló képességű szenek előállítását jelenti. A legegyszerűbb aktivizációs eljárás abból áll, hogy megfelelő módon előállított bioszenet 700–800 °C-os túlhevített vízgőz hatásának teszik ki. A vízgőz a bioszén felületével vízgáz-reakcióban reagál. A különben is zegzugos és porózus szerkezetű felület még fokozottabban felmaródik és ezzel párhuzamosan az aktív helyek száma is nő. [9]

A bioszén hasonlóan szűri ki a mikroszennyező anyagokat a szennyvízből, mint az aktív szén. A szennyezőanyagok bediffundálnak a bioszén pórusaiba, ahol adszorpcióval megkötődnek. Ugyan úgy, mint az aktív szén, a bioszén sem szelektív adszorber, tehát más apoláris anyagok megkötésére is alkalmas, nem csak a mikroszennyező anyagokéra. Ha más szennyező anyagokat is megköt a bioszén, akkor a mikroszennyező anyag megkötő képessége csökken. Ez a tény azért fontos, mert a tervezők e szerint tudják megtervezni, hogy hol érdemes helyileg a bioszenes adszorpciós mikroszennyező eltávolítás a szennyvíztisztító telepen.

A bioszenek fajlagos felület kisebb, mint az aktív széné, ami probléma lehet a helyettesítés szempontjából. Mandu Inyang et al, 2010 cukornád fajlagos felületét vizsgálta. Szerinte a fajlagos felület növelhető, ha pirolízis előtt a biomasszát rothasztják, ám így is 14m<sup>2</sup>/g-ról mindössze 18 m<sup>2</sup>/g-ra növekedett a fajlagos felület, ami jóval alulmarad az aktív szénhez képest. Azonban több tanulmány szerint, ha jól választjuk ki a pirolízis körülményeit, akkor az aktív szénhez hasonló fajlagos felület kaphatunk. Az aktív szén fajlagos felülete: 600-1700 m<sup>2</sup>/g, ennek az elérésére kell törekedni a pirolízis során. [6,7,8]

### **GAB – Granulated Activated Biochar**

A továbbiakban egy a GAC-eljárással ekvivalens technológiát szeretnék bemutatni a GAB-ot, mely annyiban különbözik a GAC-tól, hogy az aktív szén bioszénrel helyettesítjük.

A granulált bioszén oszlopba töltve alkalmazható. Az oszlopokat a biológia szennyvíztisztítás után, a befogadóba való kibocsátás előtt érdemes beépíteni. A kezelésre kerülő vizet megfelelő sebességgel bocsátjuk át a töltött oszlopon, felülről lefelé.

Előny, hogy ez esetben is lehetőség van a bioszén regenerálására, nagynyomású vízgőzzel oxigénmentes közegben. Általában ezt úgy oldják meg, hogy az oszlopokon lehetőség van visszamosásra.

Az oszlop magasságának ez esetben is el kell érnie a megfelelő magasságot. Ezt a szennyvíztisztító telep terhelésének figyelembe vételével tudják kalkulálni.

### A GAB eljárás SWOT elemzése

<p><b>Erősségek:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kis helyigény</li> <li>• Regenerálhatóság</li> <li>• Könnyű beépíteni egy már működő szennyvíztisztítóba</li> <li>• Egyszerű berendezés</li> </ul>	<p><b>Lehetőségek:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regenerálási veszteség csökkentése</li> <li>• Kapacitás növelése</li> <li>• Kisebb granulák fejlesztése</li> <li>• Nagyobb fajlagos felület biztosítása</li> </ul>
<p><b>Gyengeségek:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Van regenerálási veszteség</li> <li>• Plusz objektum beépítésére van szükség</li> <li>• Biofilm réteg nőhet a granulák felületén</li> <li>• Regeneráció költséges és levegőszennyező lehet</li> <li>• Kis lebegőanyag koncentráció szükséges</li> </ul>	<p><b>Veszélyek:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esőzésekkor, a kapacitás növekedésével nem biztosítható a megfelelő tartózkodási idő</li> <li>• A biofilm rétegben lévő mikrobaaktivitás miatt H<sub>2</sub>S keletkezhet, mely szag és korróziós problémákat eredményezhet</li> <li>• Regenerációkor az illékony környezetkárosító anyagok levegőt szennyezhetik</li> </ul>

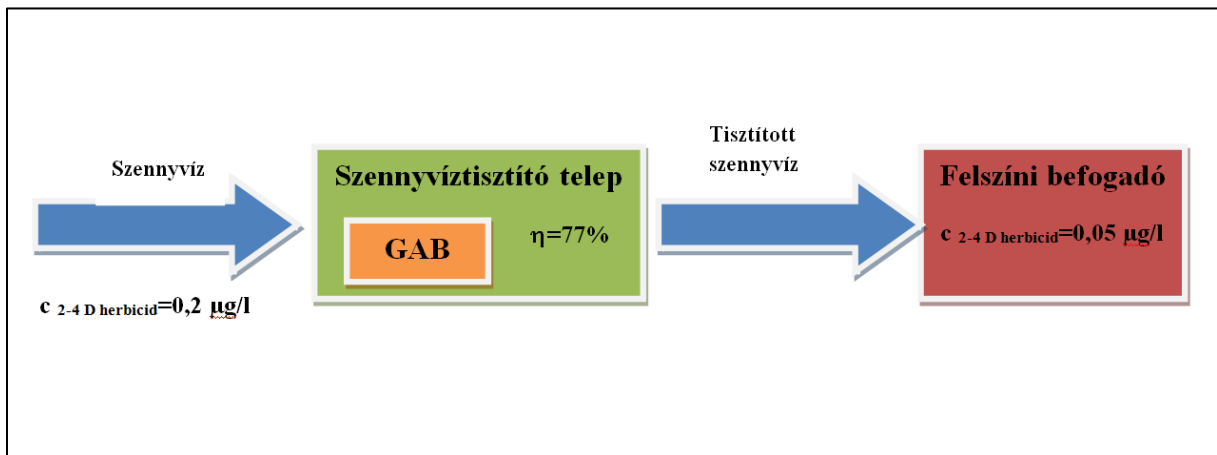


## Green remediation-GAB

<b>E felhasználás</b>	Jelentős a regenerálás miatt. Lehetséges zöld energia felhasználás ebben az esetben. A szennyvíziszap rothasztásakor keletkező biogáz segítségével villamos energia állítható elő. Az így kapott környezetbarát energiát lenne érdemes felhasználni a visszamosás során.
<b>Levegőszennyezés</b>	Lehetséges illékony szennyezők esetén a regenerálás alatt. Össze lehetne ezeket az illékony anyagokat gyűjteni, és egy adszorberen (pl. mulcs) megkötni. Így igaz veszélyes hulladék keletkezik, de ennek megfelelő elhelyezésével kisebb kárt okozunk a környezetben, mintha ezeket az illékony anyagokat a levegőbe engednénk közvetlenül.
<b>Vízfelhasználás</b>	Nincs, mivel a visszamosáshoz tisztított szennyvizet használnak.
<b>Tájba való beavatkozás</b>	Külön GAB oszlopot, gátat kell beépíteni, tehát van a tájban külön beavatkozás, de mivel ez a szennyvíztisztító területén történik, így nem jelentős.
<b>Hulladékképződés</b>	Van, a regenerálási veszteség, és sajnos ennek a csökkentésére a jelenlegi technológia mellett nincs lehetőség.

## Anyagmérleg

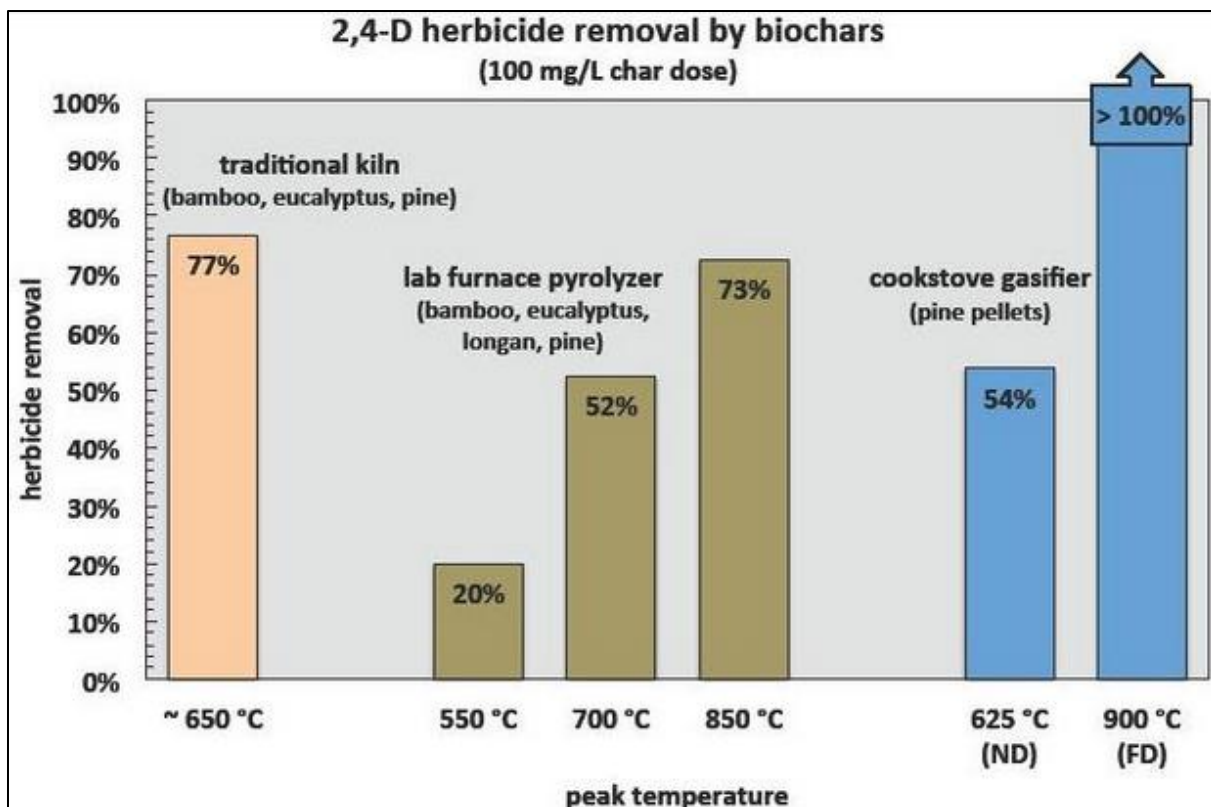
A következőkben a GAB eljárás mikroszennyező anyag eltávolítási hatékonyságát szeretném számszerűen bemutatni. Mivel rengeteg féle mikroszennyező anyag van a szennyvizekben, ezért egyet választottam ezek közül és ezt szeretném elemezni. Választásom a 2,4-D herbicidre esett.



## Anyagmérleg

Egy hagyományos technológiával, kb. 650 °C-on előállított bioszén a mikroszennyező anyagok esetében 77%-os eltávolítási hatásfokkal tud működni. A szennyvízzel beérkező 0,2 µg/l-es koncentráció a GAC eljárás segítségével, így 0,05 µg/l-re csökkenthető le.

Természetesen más pirolizációs eljárásokkal, illetve más hőmérsékleten előállított bioszenek adszorpciós képessége különböző. Ezt a következő diagram is szemlélteti:[8, 11]



### Bioszenek összehasonlítása

#### Környezeti kockázatbecslés

<p><b>Határérték teljesítése</b></p>	<p>A 2,4-D herbicid esetében a vízminőségi határérték, édesvízi életközösségek esetén 4 µg/l (Criteria setting, 1995). A befolyó szennyvízzel már határérték alatti 2,4-D herbicid koncentráció érkezik a telepre, de a GAB eljárás alkalmazásával még kisebb koncentrációs értékek érhetőek el.</p>
<p><b>A GAB eljárás kockázata</b></p>	<p>A biofilm rétegben lévő mikrobaaktivitás miatt H<sub>2</sub>S keletkezhet, mely szag és korróziós problémákat eredményezhet. Regenerációkor az illékony környezetkárosító anyagok a levegőt szennyezik.</p>

<b>A kockázat mértéke</b>	<p>PEC= előre jelezhető környezeti koncentráció</p> <p><b>PEC=0,2 µg/l</b></p> <p>PNEC= előrejelzés szerint károsan még nem ható környezeti koncentráció</p> <p><b>PNEC=4 µg/l</b></p> <p>RQ=PEC/PNEC</p> <p><b>RQ=0,05 →kis veszély</b></p>
---------------------------	--

### Költségbecslés

<b>Beruházási költség</b>	Munkaigény		500 000 Ft
	Eszközigény	Bioszén	1 000 000 Ft
		12 m-es oszlop	100 000 Ft
		Kompresszor	50 000 Ft
		Hőcserélő	100 000 Ft
	Szállítás		50 000 Ft
<b>Fenntartási költségek</b>	Munkaigény		100 000 Ft
	Eszközigény	Regenerálási veszteség pótlása	100 000 Ft
<b>Regenerálás</b>	Munkaigény		100 000 Ft
	Eszközigény	Szennyvíz	0 Ft
	Szállítás		100 000 Ft
<b>Összesen</b>			<b>2 200 000 Ft</b>

## Magyarázat:

1. <http://www.britishbiocharfoundation.org/wp-content/uploads/Biochar-climate-saving-soils-Newsletter-1.pdf>

Itt azt írják, hogy 1 m<sup>3</sup> bioszén 300 Euro. Ezzel számoltam és mivel azt írták, hogy kb. 12 m magasak ezek az oszlopok ezért egy 1 m\* 1m alapú, 12 m-es oszlopot képzeltem el, tehát 12 m<sup>3</sup> bioszén árát vettem, ami pontosan 1080000 Ft, ezt kerekítettem a forint ingadozása miatt.

2. A szállítási költséget megbecsültem, hogy összesen kb. a kompresszort, a hőcserélőt, egyéb szerkezeti anyagokat az oszlophoz a szennyvíztisztítóba odaszállítani kb. ennyi lehet.
3. Igen, a regenerálási veszteséggel a bioszén pótlom. Kb. 10% a regenerálási veszteség, ezzel számoltam.
4. A regenerálási költségek állnak: emberi munkaigény, visszamosás (ami nyilván tisztított szennyvízzel működik, ami 0 Ft-jába kerül a szennyvíztisztítóba), szállítás (a hulladékot, nyilván ez veszélyes hulladéknak minősül, tehát olyan helyre kell szállítani, ami messze lehet, ezért kalkuláltam magasabb költséggel.)

## Irodalom

[1] Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem – Építőmérnöki Kar – Vízisztítás jegyzet

[http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.epito.bme.hu%2Fvcst%2Foktatas%2Ffeltoltesek%2FBMEOVKIK06%2Fmikroszennyezo\\_anyagok.doc&ei=INiVcDFIYb4UJmUgtAG&usg=AFQjCNFUMx2e7oZ\\_iAiv2A3kBPJgmPuQA&sig2=SGgR2Jeyw3Cmxas75k8lrA&bvm=bv.89947451,d.d24](http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.epito.bme.hu%2Fvcst%2Foktatas%2Ffeltoltesek%2FBMEOVKIK06%2Fmikroszennyezo_anyagok.doc&ei=INiVcDFIYb4UJmUgtAG&usg=AFQjCNFUMx2e7oZ_iAiv2A3kBPJgmPuQA&sig2=SGgR2Jeyw3Cmxas75k8lrA&bvm=bv.89947451,d.d24)

[2] Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem - Laky Dóra - **ADSORPCIÓS TECHNOLOGIÁK ALKALMAZÁSA A VÍZTISZTÍTÁSBAN**

[3] **Micropollutants in municipal wastewater**

[http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CEEQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.bafu.admin.ch%2Fpublikationen%2Fpublikationen%2F01661%2F%3Flang%3Den%26download%3DNHzLpZig7t%2Clnp6l0NTU042l2Z6ln1ad1lZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGfH93fmym162dpYbUzd%2CCGpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2IdvoaCVZ%2Cs-.pdf&ei=NNAiVdqCFsT4Urrog\\_gP&usg=AFQjCNHgi1aOjHAqmUFafIO1jIG\\_ZwsuoQ&sig2=AmCVEKYFwxD1mc6teeTRaw&bvm=bv.89947451,d.d24](http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CEEQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.bafu.admin.ch%2Fpublikationen%2Fpublikationen%2F01661%2F%3Flang%3Den%26download%3DNHzLpZig7t%2Clnp6l0NTU042l2Z6ln1ad1lZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGfH93fmym162dpYbUzd%2CCGpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2IdvoaCVZ%2Cs-.pdf&ei=NNAiVdqCFsT4Urrog_gP&usg=AFQjCNHgi1aOjHAqmUFafIO1jIG_ZwsuoQ&sig2=AmCVEKYFwxD1mc6teeTRaw&bvm=bv.89947451,d.d24)

[4] United States Environmental Protection Agency – Granular Activated Carbon Adsorption and Regeneration

<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1001QTK.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EP A&Index=2000+Thru+2005&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&Toc Restrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A\zyfiles\Index%20Data\00thru05\Txt\00000016\P1001QTK.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h|-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=plf&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL#>

[5] <http://cpe.njit.edu/dlnotes/CHE685/Cls12-1.pdf>

[6]

<http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/A%20biosz%C3%A9n%20fizikai%20tulajdon%C3%A1gai.pdf>

[7]

<http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/K%C3%BCI%C3%B6nb%C3%B6zo%20alapanyagb%C3%B3l%20sz%C3%A1rmaz%C3%B3%20bioszenek.pdf>

[8] [http://www.biochar-international.org/profile/water\\_filtration](http://www.biochar-international.org/profile/water_filtration)

[9] <http://enfo.agt.bme.hu/drupal/node/12630>

[10] [http://www.carbon-terra.eu/en/biochar/application/Waste\\_water\\_treatment](http://www.carbon-terra.eu/en/biochar/application/Waste_water_treatment)

[11] <http://enfo.agt.bme.hu/drupal/node/1756>

[12] <http://www.britishbiocharfoundation.org/wp-content/uploads/Biochar-climate-saving-soils-Newsletter-1.pdf>