

Biomérnöki technológia-tervezés

Egyéni tervezési feladat

## **Nitráttal, foszfáttal szennyezett felszín alatti víz kezelése bioszénnel**

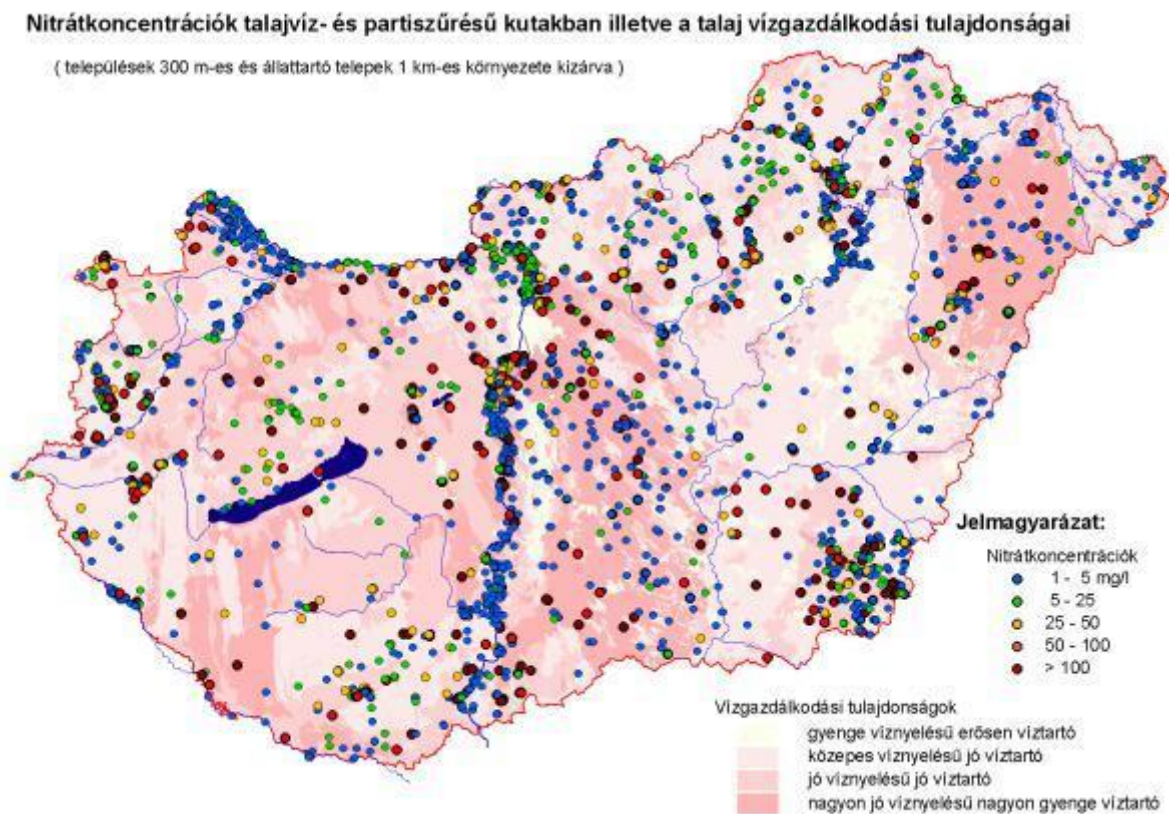
Készítette: Farkas Éva

A3E7OP

biomérnök MSc hallgató

## Szennyezett terület leírása

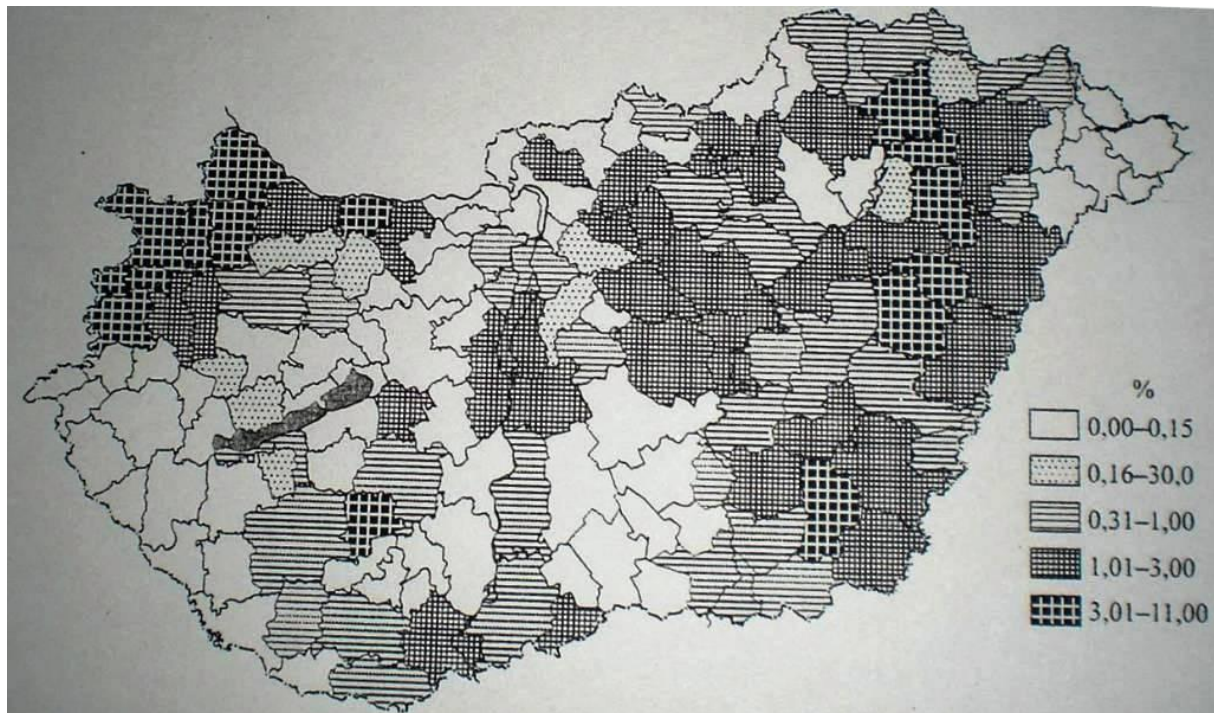
Az Alföld síksága könnyű megművelhetősége miatt kiemelkedő szerepet tölt be Magyarország mezőgazdasági tevékenységében. Azonban a megnövekedett mezőgazdasági elvárásoknak csak úgy tudunk megfelelni, ha a talajokat műtrágyázzuk. A foszfát és nitrát tartalmú műtrágyákat rendszerint nagy feleslegben alkalmazzák, vagy legalábbis a talajba juttatott műtrágyának csak egy töredékét tudják a haszonnövények felvenni, hasznosítani, a többi a talajban marad, illetve a csapadékkal lefelé mosódik. A talajban felhalmozódó anionok feldúsulhatnak az talajvízben és akár ivóvízbázisokat is elérhetnek, a talajvízzel tovább terjedve pedig felszíni vizek eutrofizációjához vezethetnek. Kelet-Magyarország nagy része mezőgazdasági termelés alatt áll, ezt támasztják alá az alábbi térképen látható információk is (1. ábra).



1. ábra: Magyarország talajvizeinek nitrát koncentrációja  
(körinfo.hu)

Jól látható, hogy gyakorlatilag az egész Alföldön legalább 1-5 ppm közötti nitrát koncentrációval kell számolni, de sok helyen, pl. a Körös mentén és az Északi középhegység lábánál ez az érték elérheti a 100 ppm-et is. A nitrát és foszfáttartalom csökkentésére jó alternatíva lehet a talajvízzel való öntözés, így az ionok „újrafelhasználása”, de sok esetben ez nem elérhető, vagy nem elég hatékony megoldás.

Az általam megtisztítani kívánt terület a Viharsarokban található, Orosháza és annak környéke. Az 1. ábrán jól látható, hogy ez a terület nagy mértékben szennyezett nitráttal (100 mg/l) és a nagyfokú mezőgazdasági talajhasználat miatt valószínűsíthetően foszfáttal is. A Délkeleti országrészben két nagy vízgyűjtőterülettel rendelkező folyó is található, a Tisza és a Körös: itt a foszfát szennyezettsége 1000 µg/l körül várható.



2. ábra: A cukorrépa %-os részesedése a szántóföldi vetésszerkezetből kistérségi bontásban, 2000. (KSH – Mezőgazdasági Statisztikai Évkönyv)

## Alkalmazni kívánt technológia

A nitráttal és foszfáttal szennyezett talajvíz kezelésénél hatalmas potenciál rejlik a bioszenek nagy abszorpciós készségének kihasználásában. Egy tanulmány szerint (Zhang *et al.*, 2012) cukorrépa aprítékból létre lehet hozni olyan magnézium-oxid nanopelyheket tartalmazó bioszenet, mely képes megkötni a vízből az ott lévő nitrát 5, míg a foszfát több mint 65%-át (50 ml 20 mg/l-es foszfát vagy nitrát tartalmú vízhez adtak 0,1 g bioszenet). Az

általuk elvégzett laboratóriumi kísérletet szeretném egy léptéknöveléssel egybekötve szabadföldön is alkalmazni, melynél a foszfát eltávolításra fókuszálok.

Mivel nagy mennyiségű talajvizet kell kezelni, ezért cserélhető töltetű reaktív résfalat (PRB) alkalmaznék, így az eltávolított töltet később, más területen talajjavítóként akár újra felhasználható a toxikus szennyezéseket kizáró analitikai vizsgálatok után.

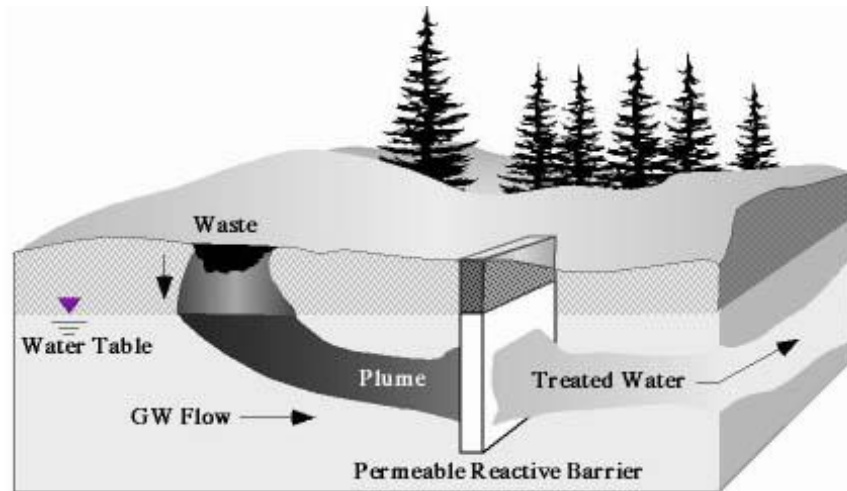
## **MgO-bioszén nanokompozit előállítás**

Magyarországnak ez a területe évtizedek óta hatalmas mennyiségű cukorrépát termel, főként export céljára, de a feldolgozás során visszamaradó nyesedék, hibás/sérült répák felhasználhatók biochar készítésre. Az alapanyag beszerzésére alternatíva a kaposvári cukorgyárból hulladék nyesedéket venni és vasúttal a pirolizáló üzembe szállítani.

Ahhoz, hogy létrejöjjön a pirolízis során a MgO-bioszén nanokompozit, a cukorrépa nyesedéket be kell áztatni  $MgCl_2$  oldatba két órára, majd  $80^\circ C$ -on el kell párologtatni a vizet róla. Ezután  $10^\circ C$ /perc sebességgel  $600^\circ C$ -ra hevítjük keveréket  $N_2$  atmoszférában és 1 órán át ezen a hőmérsékleten tartjuk. A kész szenet ezután lezárt tarolókbán tartjuk a további felhasználásig, PRB-be töltésig.

## **Technológia leírása és a reaktív résfal elhelyezése**

A kiválasztott, nitráttal és foszfáttal szennyezett területen legalább 10 (maximum 100) méter hosszú reaktív résfalakat létesítünk, lehetőleg egy pontszerű szennyező forrás mellé (pl. fólia-, üvegházak mellé) a talajvíz áramlási irányára merőlegesen úgy, hogy a teljes tisztítandó vízréteget mélységében átfogja a vízzáró rétegig (3. ábra). A tervezett talajvíz kezelés időtartama több évig is eltarthat (amennyiben a szennyező források nem szűnnek meg). Mivel a gyakorlatban ez nehezen kivitelezhető és költséges lenne egy-egy üvegháznál létesíteni résfalat, így más fajta elrendezést is megoldhatunk. Mivel a területen a szennyeződés már hosszú ideje diffúzan van jelen a talajban, sok pontszerű forrásból pedig folyamatosan „pótlódik”. Ilyen esetben érdemes egy befogadó (ér, tó, folyó, üvegháztelepek mellett elhelyezkedő hűtővíztároló tó) mellé telepíteni a résfalat, így a talajvizet az előtt szűri meg, mielőtt a befogadóba érne és egy összetettebb ökoszisztémát károsítana pl. eutrofizációt okozva.



3. ábra: a reaktív résfalak működése

([https://www.newcastle.edu.au/\\_\\_data/assets/image/0016/21616/cgmm\\_Georemediation\\_1.jpg](https://www.newcastle.edu.au/__data/assets/image/0016/21616/cgmm_Georemediation_1.jpg))

## Technológia monitoring

A reaktív résfal előtt (kezeletlen talajvíz) és utána (kezelt talajvíz) is monitorozni kell a víz állapotát. Erre minden egyes létesített résfal esetében 5-5 kutat kell fűrni a PRB 10 méteres környezetében. A kutakból vízmintákat veszünk, melyekből meghatározzuk a foszfát és nitrát tartalmakat, pH-t és vezetőképességet a résfal beépítését követően minden hónapban fél évig, ezt követően pedig 3 havonta. A PRB beépítését megelőzően több ponton is mintát veszünk a talajvízből, és széles körű analitikai vizsgálatnak vetjük alá: toxikus fémtartalmat, peszticideket, TPH-t, esetleg illékony szennyezőket is meghatározunk, és amennyiben határérték feletti a mennyiség, a későbbi monitoring során is figyelemmel kell kísérni mennyiségük alakulását. Érdeemes 3 trofikus szintet átölő környezettoxikológiai tesztyüttest is alkalmazni a monitorozás során abból a célból, hogy megállapítsuk, hogy a MgO-bioszén nanokompozit vagy akár a reaktív résfal alkalmazása milyen mértékben és irányban befolyásolja a helyi fauna összetételét, életét.

## Várható eredmények

Mivel az alkalmazott bioszén a laboratóriumi tesztek alatt min. 60%-ban eltávolította a foszfátot a vizsgált vizekből, így azt várható, hogy a foszfát mennyisége drasztikusan lecsökken a talajvízben a résfal alkalmazás hatására. Nitrát esetében a probléma összetettebb. Az eltávolítás laboratóriumban 5%-os volt, várhatóan a szabadföldi alkalmazásban is ilyen, vagy jobb hatásokkal fog működni a rendszer.

Amennyiben a résfalból kifolyó víz nitrát tartalma az eredeti érték 95%-nál nagyobb, a nitrát hasznosítására érdemes lenne a közelben nagy nitrát igényű haszonnövény-telepeket létesíteni (káposzta, retek) és a talajvízzel öntözni a további nitrát-kivonás érdekében. A káposztaföldet érdemes a felszivattyúzott talajvízzel locsolni (amennyiben nincs egyéb, emberre toxikus szennyező a vízben). Savanyú (pH=5,5-6,5) esetében megfontolandó lehet burgonya termesztése a területen, mivel magas a tápanyagigénye.

## Technológia verifikáció

### Technológiai hatékonyság (anyagmérleg)

Szennyezett terület foszfáttartalma: 1000 µg/l → 60%-os eltávolítás → 400 µg/l maradó szennyeződés:

Szennyezett terület nitráttartalma: 100 mg/l → (becsült) 10%-os eltávolítás → 90 mg/l maradó szennyeződés

Magyar határértékek:

- foszfát: 500 µg/l
- nitrát (talajvízre): **50 mg/l**

A foszfát esetében az alkalmazott technológiával sikerül a magyar határérték alá szorítani a talajvíz szennyezettségét, nitrát esetében viszont ez nem valósul meg, nagy kockázatot jelent továbbra is. Érdemes lenne megfontolni a résfalban kombinált töltet alkalmazását, vagy kiegészítő vízkezelést alkalmazni. A kezelés előtti és utáni koncentrációkból és az ide vonatkozó határértékekből kockázati tényezőt számoltam, melyek alakulását az 1. táblázat mutatja.

$$RQ = \frac{PEC}{PNEC}$$

1. táblázat: kockázati tényező értékei a kezelés előtt és utána

	RQ érték foszfátra	RQ értéke nitrátra
Technológia használata előtt	1000/500=2	100/50=2
Technológia használata után	400/500=0,8	90/50=1,8

Ha RQ= 1-10 → nagy kockázat

0,1-1 → enyhe környezeti veszély

Savas kémhatású talaj/ talajvíz esetén a pH értékének növekedése várható.

## Környezeti hatékonyság (környezeti kockázatok felmérése)

Az oldott foszfát és nitrát mennyiségének ilyen drasztikus csökkenése egyúttal a környezeti kockázatának a csökkenését is eredményezi. Ha a kezelt talajvizet további öntözésre is felhasználjuk, a kockázatot még inkább mérsékeljük.

A PRB alkalmazása a helyi ökoszisztémát megbolygatja, azonban a munkagépek elvonulásával az ökoszisztéma rendeződhet. Fontos a résfalat olyan anyagból készíteni, amely hosszú távon is a talajban maradhat anélkül, hogy toxikus anyagokat bocsátana a környezetbe, pl.: rozsdamentes acél keret. Rövidebb idejű kezelés esetén érdemes biológiai úton lebomló alapanyagokat is számításba venni.

## Gazdaságosság

### Biochar előállítás

A technológiai esetében a legnagyobb költséget a bioszén előállítása/megvásárlása jelenti.

Alapanyagként cukorrépa-hulladékot használunk fel, ezt alacsony áron be lehet szerezni, kb. a cukorrépa árának 1/10-éért. Egy vasúti vagonra számolok, 100 km-es vasúti útra és 10 km-es távolságra a vasúti megállótól a pirolizálóig.

Cukorrépa ára: kb 30 euró/tonna ~10.000 Ft/tonna

Nyessedék ára ebből: 1000 Ft/tonna →40 tonna=**40.000 Ft**

Alapanyag szállítása a pirolizálóba:

Vasúti szállítás: 150 Ft/km, egy vagonra kb. 40 tonna fér. →**15.000 Ft (ezt választom)**

Kisteherautóval: 250 Ft/km, egy kocsira 10 tonna fér. →25.000 Ft \*4 =100.000 Ft 40 tonna elszállítása

A sínektől a pirolizálóba szállítás költsége:

Átrakodás kisteherre: 40 tonna kb 1 óra alatt kivitelezhető markolóval, melynek **órabére 5000 Ft.**

Kisteherrel a pirolizáló üzemig: 250 Ft/km → **2500 Ft** a 10 km-es út

*Összesen: 40.000+15.000+5000+2500=62.500 Ft-ba kerül 40 tonna alapanyag beszerzése és elszállítása a pirolizáló üzemig.*

**Speciális bioszén kompozit előállítása**

1 tonna MgCl<sub>2</sub> átlagosan 150 \$ (1\$=289 Ft), ami 43350 Ft. Az oldat elkészítéséhez nagy mennyiségű desztillált vízre van szükség, amit saját desztillálóban állítunk elő. A biocharhoz szükséges cukorrépa-nyessedék árát már felszámoltam.

**PRB kiépítése**

A résfal elkészítéséhez meg kell hegeszteni a keretet, melynek alapanyagárát és munkadíját egy darab 10 m-es 5 m mély résfalra számolom melynek oldalai perforált rozsdamentes acéllemezből készülnek.

1 m x 2 m-es acéllemez ára kb. 12.000 Ft. Ebből kiindulva + távtartók ráhegesztésével kb. 15.000 Ft/m<sup>2</sup>.

15.000 \* 10 \* 5 =**750.000 Ft** egy résfal alapanyagköltsége.

Talajba helyezés és ásás:

Gödör kiásása: 1 munkagép 1 óra alatt ki tudja ásni: **5000 Ft**



PRB behelyezése: 1 munkagép + 2 ember, melyek óradíja 1000 Ft kb. 8 óra → $5000*8 + 2*1000*8=40.000+16.000=56.000$  Ft

Összesen  $750.000+5000+56.000=811.000$  Ft-ba kerül a résfal megépítése, melynek élettartama hozzávetőlegesen 15 év.

## Monitoring

### Kútfúrás:

1 résfalhoz 10 monitoring kutat kell fúrni (max. 10 m mélyre):  $10*20.000$  Ft= 200.000 Ft

A monitoringhoz szükséges méréseket az egyetem laborjában, vagy külsős analitikai céggel kell elvégeztetni, erre becsült adatok állnak rendelkezésre. A vízből érdemes átfogó vizsgálatot végezni, melynek árai hozzávetőlegesen a következők:

Vizsgálat	Ár (Ft)
pH	300
Fajlagos elektromos vezetőképesség	300
Kationok	3500
Anionok	1800
NH <sub>4</sub> -N	300
NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N	300
Elemtartalom (10 elem)	4000

Összesen 10500 Ft egy kútra → 10 db kútra 105000 Ft mintavételként.

## Társadalmi hasznok

Amellett, hogy a résfalak a környezetre jótékony hatást gyakorolnak, az üzembe helyezés során helyi vállalkozóknak biztosítanak munkát. Az idő előre haladtával pedig a környező tavak és folyók eutrofizációja visszaszorul, amely szabadidős tevékenységek és turizmus fellendülését is eredményezheti. A nitrát- és foszfátkoncentráció csökkenésével az ivóvízbázisok veszélyeztetettsége is csökken, ezáltal a technológia egészségügyileg is kedvező vonzatokkal rendelkezik.

## SWOT analízis

### Erősségek (S)

- jó hatásfokkal eltávolítható a foszfát szennyeződés
- innovatív és továbbfejleszthető a technológia
- környezetbarát, a PRB töltet alapanyaga hulladék
- az eddig használt és használható technológiákhoz képest jobb a foszfát eltávolítás hatásfoka
- a PRB megépítése után teljesen a tájba illeszkedik, a felszíni ökoszisztémát nem zavarja

### Gyengeségek (W)

- nagyon nagy a beruházási költség
- a két szennyezőanyag eltávolításának hatásfoka más nagyságrendű, a nitrát eltávolítása nem megfelelő hatásfokú
- egy résfallal kis terület kezelhető
- PRB kialakításának nagymértékű ökológiai hatása van

### Lehetőségek (O)

- alkalmas lehet más szennyezőanyagok eltávolítására is
- a PRB a szennyeződés megszűnése esetén új területen újrafelhasználható
- a PRB bioszén töltete a vízkezelést követően később talajjavításra felhasználható

### Veszélyek (T)

- nem megfelelő monitoring kutak esetén téves mérések jelentkezhetnek
- bioszén alkalmazás miatt a víz pH-ja lúgos tartományba tolódhat
- a kezelés hatására felborulhat az ökoszisztéma egyensúlya

## Remediáció ökológiai lábnyomának csökkentése

A technológia „zöldítéséhez” lépcsről-lépcsre végig kell venni a beruházás, a résfal kialakítása és az üzemeltetés lépéseit és megvizsgálni, hogy milyen környezetbarát technológiával váltható ki az adott lépés.

- nitrát eltávolítás hatásfokának növelése: extra vegyszerek és környezetre potenciálisan káros anyagok résfalba töltése helyett alkalmazzunk nagy nitrát igényű növényeket és a foszformentesített talajvízzel öntözzük őket (műtrágyázást kiválthatja).
- PRB kialakítás: érdemes lenne emberi munkaerőt alkalmazni gépek helyett amennyiben ez megoldható: az esetlegesen kifolyó üzemanyag sem terheli a talajt és a járművek sem bocsátanak ki szén-dioxidot.
- rövid idejű kezelésnél lehet perforált furnérlemezből és fából ácsolt PRB-t alkalmazni: kisebb a környezetterhelése, mint az acélnak és természetes úton le is bomlik.

- alapanyag szállítása a pirolizálóba és a szén szállítása a felhasználási területre: érdemes vasúti szállítást alkalmazni: kisebb az ökológiai lábnyoma: egy mozdony 30-40 vagonat is el tud húzni minimális energiabefektetés-növeléssel, míg ugyanez teherautókkal vagy kamionokkal 30-40-szeres környezetterhelést jelent: szén-dioxid kibocsátás, esetleges elfolyó üzemanyag, mérgező gázok, zajszennyezés stb.

## Felhasznált irodalom

Craig, I., Shiau, J., Erdei L. (2012) Contaminated soil/groundwater remediation using Permeable Reactive Barrier (PRB) techniques. Southern Region Engineering Conference, Poster/Paper

Komarek Levente (2006) Gondolatok a hazai cukorvertikum változásának alakulásáról – In: Földrajzi Értesítő. 55. 3-4. pp. 305-320.

Zhang, M., Gao, B., Yao Y., Xue, Y., Inyang, M. (2012) Synthesis of porous MgO-biochar nanocomposites for removal of phosphate and nitrate from aqueous solutions. *Chemical Engineering Journal* 210, 26–32

### Linkek:

[http://vasszinesfem.hu/vasarlas/rozsdamentes\\_acebok/rozsdamentes\\_lemezek](http://vasszinesfem.hu/vasarlas/rozsdamentes_acebok/rozsdamentes_lemezek)

<http://www.farmit.hu/partnerek-szakmai-cikkei/kerteszet/burgonya-tapanyag-ellatasa>

<https://novenyelettan.wordpress.com/2013/01/31/a-novenyek-asvanyi-taplalkozasa/>

<http://www.epito.bme.hu/vcst/oktatas/feltoltesek/BMEEOVKAKM2/vizminoseg.pdf>

[http://www.complex.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=A0900006.KVV](http://www.complex.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0900006.KVV)