

Barnamezős területek értékelése, revitalizációja és ipari ökológiai megoldások

Tóthné Szita Klára, Roncz Judit*
Miskolci Egyetem, Gazdaságtudományi Kar

KIVONAT

A közlemény röviden összefoglalja a barnamezők értékelésére vonatkozó lehetőségeket és azokat a fejlesztéseket, amelyek ipari ökológiai megoldásnak tekinthetők. Az értékelési módszerek közül nagyobb figyelmet fordít a metaanalízisre, az utóbbi években megjelent szintetizáló módszerre, amely korábbi kutatási eredmények vizsgálatára, értékelésére fókuszál és abból von le hasznosítható következtetéseket. A barnamezős területek újraélesztésére többféle lehetőség is kínálkozik, de itt csak azokkal foglalkozunk, amelyek az ipari ökológia szempontjainak is megfelelnek. Ezek közül is kiemelkedő jelentőséggel bírnak a bányászati, kohászati hulladékok, mint potenciális nyersanyagok. A közleményben néhány példával illusztráljuk ezeket a barnamezős fejlesztéseket.

Kulcsszavak: barnamezők értékelése, bányászati és kohászati barnamezők, ipari ökológia

ABSTRACT

Klára Szita Tóthné, Judit Roncz: Evaluation of brownfield sites, revitalisation and industrial ecology

This paper gives a summary about possibilities of evaluation of brownfield sites and about those developments which close related to industrial ecology. It focuses mainly to the meta-analysis as a method of synthesis. The meta-analysis investigates earlier research papers and results, then it evaluates those, after it gives usable conclusion. There

* Levelezés: regiszta@uni-miskolc.hu, judit.roncz@gmail.com

is more ways to revitalise the brownfield, but we analyse only those sites, what meet the requirements of industrial ecology. The wastes of mining, metal industry and energy sector are especially important, as potential raw materials. We illustrate these developments of brownfield site through a set of some cases.

Keywords: evaluation of brownfield sites, mining and metallurgical brownfields, industrial ecology

BEVEZETÉS

A barnamezős területek – városi beékelődésük alapján az elhagyott ipari területeket gyakran rozsdáövezetek néven is említik – revitalizációs folyamata szerte a világon az érdeklődés középpontjába került. Ez több okra is visszavezethető: egyrészt a barnamezők területei a gazdasági struktúraváltozással jelentősen megnöttek (felhagyott ipari területek, bányák, katonai objektumok, közlekedési infrastruktúrához kapcsolódó területek stb.), és egyben ezek szennyezettsége, lepusztult állapota városképi szempontból kedvezőtlené, sőt kockázatosná vált, másrészt a beruházások számára kínált zöldmezős területek szűkösek. Ezért a figyelem a viszonylag olcsón hozzáférhető, használaton kívüli rozsdáövezetekre kezdett irányulni. A barnamező, mint fogalom először Amerikában és Angliában jelent meg, ahol a dezindusztriális folyamatok már a 80-as években végbementek, és az ilyen területek hasznosítására vonatkozó korai tapasztalatok is ide köthetők. Hazánkban a rendszerváltás utánra tehető a barnamezők tömeges megjelenése, a nehézipar és a bányászat válságának következményeként. A folyamat viszont a fejlett országokéhoz hasonló volt (Barta, Gy 2007).

A barnamezők rehabilitációjával számos tanulmány foglalkozik, és több esetben a volt nehézipari terület helyén megvalósult fejlesztéseket, mint a legjobb gyakorlatot (best practice) népszerűsítik. A barnamezők meghatározására több definíció is létezik. Ezek a területek többnyire használaton kívül került, vagy alulhasznosított, általában leromlott fizikai állapotban és/vagy környezetszennyezéssel terhelt egykori iparterületet, gazdasági területet, illetve elhagyott, használaton kívüli lakta-nyaterületet takarnak (VÁTI 2003).

Ahogy bővült a területekre vonatkozó ismeretanyag, úgy bővült illetve változott a fogalom tartalma is, illetve bizonyos fejlesztésekkel összefüggésben viszont éppen a fogalom szűkítéséről van szó, mint a ROP (regionális operatív program) projektek városi barnamezős fejlesztésére történő forráshoz jutás esetében (H. Kovács, J 2012).

Ha a barnamezős területek revitalizációja, vagy rehabilitációja szóba kerül, sok esetben a pénzügyi mutatók elsődleges szerepe dönti el, hogy a befektetői szándék realizálódik-e vagy sem.

A barnamezős területek korábbi funkciója, területi elhelyezkedése, állapota, tulajdonviszonya nagymértékben meghatározza a területfejlesztési lehetőségeit. Tapasztalati tény, hogy a barnamezős revitalizáció akkor lehet sikeres, ha előnyös a terület fekvése, jól megközelíthető, van megfelelő és elérhető infrastruktúrája, és mindez elősegítheti a fenntartható regionális fejlődést azzal, hogy hozzájárul a szennyezés csökkentéséhez és a városok terjeszkedéséhez (Bardos, P & Morgan, P & Swannell, RPJ 2000; Nuissl, H & Schröter-Schlaack, C 2009). A nagy kiterjedésű területek rengeteg ötletet adnak a fejlesztőknek a jövőbeli földfelhasználásra, akár a használat típusának, funkciójának és elosztásának tekintetében. Az érintett földterület értékének meghatározása viszont nem egyszerű, ott sokszor az optimális kompromisszumra kell törekedni, mind a föld értékének maximalizálásában (azaz az értékes földhasználat típusának megvalósításában), mind a kármentesítés költségeinek minimalizálásában. Ezzel együtt e nagy kiterjedésű barnamezős területek újjáélesztése, zöldítése fontos része a fenntartható városi és regionális fejlődéshez való hozzájárulásnak (De Sousa, C 2003 és 2006).

Azonban a többféle szennyezőanyaggal borított és/vagy nagy érdekeltségi hálózattal rendelkező barnamezős területek felélesztési folyamata meglehetősen bonyolult. Egyrészt a drága befektetések, másrészt az érintettek potenciálisan eltérő érdekei miatt a tárgyalások elhúzódnak, és a bizonytalanságok is nagyok, illetve terület megtisztításának időigénye és költségei miatt a piaci érdekeltségek elvesztéséhez is vezethet (Nathanail, CP & Bardos, RP 2004; Agostini, P et al. 2007). Ennek a következménye, hogy sok ilyen barnamezős terület beépítetlenül maradt Kanadában is (NRTEE, 2003).

A BARNAMEZŐS TERÜLETEK ÉRTÉKELÉSI MÓDSZERE

A barnamezős területek rehabilitációjának elengedhetetlen feltétele a terület értékelésének elvégzése, amely az alábbi eszközök egyéni, vagy kombinált alkalmazásával valósítható meg:

- SWOT elemzés,
- konfliktus analízis,
- a terület fejlesztésével összefüggő költségek becslése
 - ◇ talajvíz megtisztítás költsége szerint,
 - ◇ talajszennyezés csökkentés költsége alapján,
 - ◇ épület bontási költségeinek becslése útján,

- piaci értékbecslés és értékcsökkenés alapján (MVR - market value reduction),
- fenntarthatósági elemzéssel, és
- metaanalízis alapján.

A barnamezős fejlesztések több lépésben valósíthatók meg, ezek:

- a terület azonosítása, behatárolása,
- a szennyezettségi szint meghatározása,
- a fejlesztési opciók felvázolása,
- kármentesítési technológiák alkalmazása,
- a fejlesztési opciók hatásértékelése,
- döntés, és
- a megvalósítás.

Tam, EKL & Byer, PH 2002 szerint a barnamezős területek rehabilitációnál minden olyan tényezőt meg kell megvizsgálni, amelyek nagymértékben befolyásolják a rehabilitációval létrejött terület értéknövekedését. Ezek között szerepelnek:

- alternatív tisztítási célok,
- alternatív földhasználati lehetőségek,
- földhasználati lehetőségek a társadalmi, gazdasági és ökológiai fenntarthatóság szempontjából
 - a gazdasági következmények, a költségek becslése, beleértve a terület kitarításának költségeit, a kötelezettségeket és a hasznokat, továbbá
 - a bizonytalanságok.

Fontos elvárás, hogy az érdekeltek számára a számítások megvalósíthatóak és elérhetőek legyenek, és olyan eredmények szülessenek, melyek érthetőek minden érdekelt számára (nem csak azok számára, akik jártasak a saját földjeik ügyeiben).

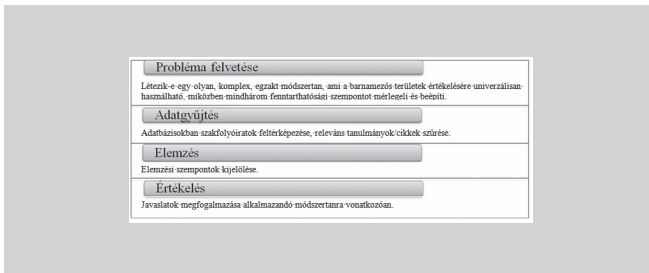
E fenti kulcstényezők figyelembevétele elősegíti a terület fizikai adottságainak optimális hasznosítását, ami lehetővé teszi a sikeres újrahasznosítást.

A barnamezős fejlesztéseket befolyásolja:

- *az általános gazdasági helyzet,*
- *a barnamezős politika,*
- *a tisztítási határérték, valamint*
- *a szennyeződés felmérésére rendelkezésre álló pénzügyi keret.*

Barnamezős területek értékelése metaanalízissel

A metaanalízis napjaink egyik olyan preferált kutatási módszere, amely képes lerövidíteni a primer kutatások időszükségletét, a már korábban tanulmányozott, vizsgált területek eredményeinek strukturált újragondolásával. Bár a metaanalízist 30 évvel ezelőtt vezették be, napjaink új típusú kérdésfelvetése a kutatások új variációját, módszerét hívta életre (Schulze, R 2007). Célja, hogy szintetizálja és értékelje az adott tudományterületre vonatkozó tudást, a megszerzett kvantitatív kutatások eredményeit. A metaanalitikus szintézis technikái eltérőek, ezek közül mi a problémafelvetés, adatgyűjtés, adatelemzés és -értékelés folyamatát követtük (1. ábra).



1. ábra. A metaanalízis lépései (saját szerkesztés)

A metaanalízis keretén belül részletesen megvizsgáltuk a barnamezős területek újrahaznosítására alkalmazott elemzési módszereket és azok megközelítéseit. Ebben Pediaditi, K & Doick, KJ & Moffat, AJ 2010 közleményére nagymértékben támaszkodunk, ami a 2010-es évig bezárólag alapos metaanalízist mutat be a barnamezőkhöz kapcsolódó vizsgálatok értékelésére. Ezt a későbbi években megjelent tanulmányokkal egészítjük ki, kiemelve az értékelésünk szempontjából releváns eredményeket.

A vizsgálat szempontrendszerét a következők szerint azonosítottuk:

- a módszertan célja,
- a közvetített célok illeszthetősége a fenntarthatósági szempontokhoz (pillérek figyelembevétele),
- alkalmazott statisztikai-analitikai eszközök.

A barnamezős beruházások újrahaznosításának értékeléséhez az 1. táblázatban felsorolt módszerek szolgáltak kiindulópontként.

Módszer neve	Alkalmazók / fejlesztők	Eredeti cél /alkalmazási lehetőség	Potenciális alkalmazhatóság barnamezős területek zöldítésére
Projekttek/telephelyek ex-ante fenntarthatósági értékelése	RESCUE ¹ , Arup/Environmental ² , SEEDA & BRE ³ , Kidd and Fisher 2007 ⁴	Barnamezős regenerációs projekttek/termékek/ szervezetek fenntarthatósági értékelése befektetői döntések/regionális tervek, politikák, stratégiák megalkotásához	Átfogó értékelések, több értékelési eszköz integráltnak. Eltérő benchmark-és kritériumrendszerben gondolkodnak. Stakeholderekre is építenek. A piaci értékelés jelentős szerepet kap benne
Fenntarthatósági elemzési eszköztár	The Wildlife Trust ⁵ , Greenspace Scotland ⁶ , Groundwork UK, NEF ⁷ , Schädler, S et al. 2011	Zöldprojekttek hatáselemzése, inkább a helyi közösségek szempontrendszerével	Felhasználóbarát, átfogó megközelítést nyújt helyi, specifikus projekttek, értékelések kivitelezéséhez
Elérhető hasznok elemzése	BUGS consortium ⁷ , ESRI ⁸	Városi zöldterületek környezeti minőségére gyakorolt hatása, ezek dollárban kifejezett hasznosulásának mérése (GIS – geographic information system – szoftver segítségével)	Nagyfokú tudományossággal kidolgozott komplex modellek, környezeti benchmarkok kialakítása. Szamitógépes modellezés. GIS alapú
Településtervezési alkalmazások	Federal Highway Administration ¹⁰ , Greenspace EU consortium ¹¹ , Californian Energy Commission ¹²	Területi tervezés megalapozása, gazdasági, társadalmi, környezeti, elérhetőségi tényezők eltérő hangsúlyú figyelembevétele. Különböző tájhasználati alternatívák elemzése, standardok kidolgozása	Szcenárióelemzés. GIS alapú, index/kompozit indikátorelemzés. Szennyezési indikátorok kevésbé jelennek meg, de az alkalmazott indikátorkészlet alapot képezhet az új módszertanhoz. A stakeholder-orientáltság jobban megjelenik

Anyagáram és LCA elemzések	Lesage, P et al. 2007; Cappuyns, V & Kessen, B 2012; Brecheisen, T & Theis, T 2013; Morais, SA & Delerue-Matos, C 2010	Kármentésítés és off-site és in situ tisztítások környezeti hatásának vizsgálata, fejlesztési opciók stakeholder szempontú összehasonlítása, valamint környezeti kockázatok elemzése	Az életciklus szemlélet adaptálásával a szennyezettségi szint, az újrahasznosítási irányok és a tisztítási megoldások optimalizálhatók, döntéstámogatás
Természtvédelmi területekhez kapcsolódó értékelési módszerek	WWF and World Bank, UNESCO/IUCN	Adott tájvédelmi területek igazgatásához kapcsolódó hatékonysági értékelés, monitoring és jelentési rendszer kiépítése	A fókusz az érintetlen területeken van, de a strukturált szempontrendszer alkalmazható a barnamezős területekre adaptálva

1. táblázat. Barnamezős területek értékeléséhez és monitoringhoz kapcsolódó elemzési módszerek (Pediaditi, K & Doick, KJ & Moffat, AJ 2010 felhasználásával és bővítésével, saját szerkesztésben)

- 1 RESCUE (Regeneration of European Sites in Cities and Urban Environments): kutatási projekt (5. Kutatási keretprogram). Holisztikus és interdiszciplináris alapokon ajánlást ad fenntartható barnamezős revitalizációs eljárások alkalmazására, megtekintve: 2013.03.30. www.rgec.ru/downloads/RESCUE_Manual.pdf.
- 2 Megtekintve: 2013.03.30. <<http://www.arup.com/Projects/5PeAR.aspx>>.
- 3 South East Development Agency & Building Research Establishment, megtekintve: 2013.03.30. <<http://www.wealden.gov.uk/nmsruntime/saveasdialog.aspx?IID=4787&slD=1665>>.
- 4 Integrált értékelési módszer, amelyben jelentős hangsúlyt kap a jó kormányzás és a környezeti fenntarthatóság konfliktusa és lehetséges kompromisszumai. Megtekintve: 2013.03.30. <<http://www.enplan.com/abstract.cgi?id=c57m>>
- 5 Megtekintve: 2013.03.30. <<http://www.naturalyactive.org/Asset%20Library/External%20resources/Urban%20Greenspace%20Toolkit.pdf>>.
- 6 Megtekintve: 2013.03.30. <<http://www.greenspacescotland.org.uk/leap.aspx>>.
- 7 Network Economics Forum, Groundwork UK és Barclays PLC együttműködése, amelynek keretében a közösségi regenerációs projektekt hatásainak mérésére dolgoztak ki módszertant, jellemzően a helyi lakosság életminőségében bekövetkező változásokra koncentrálván. Megtekintve: 2013.03.30. <<http://www.proveandimprove.org/tools/proveit.php>>.
- 8 Benefits of Urban Green Space (BUGS): kutatási projekt (5. Kutatási Keretprogram), iránymutatókat ad a településnek és városstervezésnek zöld területek integrálására, vizsgálva ezeknek a káros hatások enyhítésében való szerepét. Megtekintve: 2013.03.30. <<http://www.ruhr-uni-bochum.de/bugs/>>.
- 9 Economic and Social Research Institute. Megtekintve: 2013.03.29. <<http://www.esri.com/products>>.
- 10 Az alternatív földhasznosítási szcenáriók társadalmi költségeiről. Megtekintve: 2013.03.29. <<http://www.fhwa.dot.gov/scalds/scalds.html>>.
- 11 Kutatási projekt (5. Kutatási Keretprogram), Urbanizációs területeken meglévő zöldterületek értékelése és hatásainak vizsgálatára. Megtekintve: 2013.03.29. <<http://www.ucrd.ie/greensp/index.html>>.
- 12 Megtekintve: 2013.03.29. <<http://www.smartcommunities.ncat.org/pdf/places.pdf>>.

Elemzésünk eredményeként megállapítottuk, hogy a barnamezős területek több szempontú értékelését több szerző is szükségesnek tartja¹³. Kiemelve az öko-hatékony fenntartható megoldások szükségességét (Inoue, Y & Katayama, A 2011; Padiaditi, K & Doick, KJ & Moffat, AJ 2010; Kielennivaa, N & Antikainen, R & Sorvarib, J 2012). A fenntarthatósági fejlesztési célok az elmúlt években területfejlesztési és uniós irányelvekben is megfogalmazódtak (pl. Országos Kármentesítési Program, Urban II program, Belaggio szabályok). Ezeket a fenntarthatósági szempontokat foglaltuk össze a 2. táblázatban.

Gazdasági	Társadalmi	Környezeti
Gazdaságilag hatékony, önfenntartó	Erősíti a szociális integrációt és kohéziót	Minimalizálja a nem újrahasznosítható erőforrások kiaknázását
Foglalkoztatási potenciállal bír	Hozzájárul az egészséghez és jóléthez	Hozzájárul a föld, víz és levegő minőség javulásához
Hozzájárul a helyi és regionális gazdasági regenerációhoz	Biztosítja a hozzáférést a zöldterületekhez és helyi létesítményekhez	Támogatja a biodiverzitást és a természeti környezetet
Illeszkedik az attraktív, funkcionális tájkép kialakításához	Elősegíti az oktatást	Konzerválja a természeti és kulturális örökséget
Hozzájárul a társadalmi jóléthez és a közösségek fejlődéséhez	Csökkenti a bűnözést és az antiszociális viselkedést	Illeszkedik a globális felmelegedéshez kapcsolódó követelményekhez

2. táblázat. A barnamezős beruházások fenntarthatósági vetületei (Padiaditi, K & Doick, KJ & Moffat, AJ 2010 alapján saját szerkesztés)

A metananalízisbe bevont tanulmányok többsége interdiszciplináris megközelítést követ. Azokban biológiai, kémiai, társadalomföldrajzi, gazdaságföldrajzi, térinformatikai, urbanisztikai, területfejlesztési, (regionális) gazdasági és statisztikai elemek is megjelennek – tanulmányonként eltérő arányban.

¹³ Általában a kétdimenziós/tényezős elemzések kerültek előtérbe (gazdasági – környezeti, környezeti – társadalmi)

Az alkalmazott módszertanok karakterisztikus faktorai az alábbiakban foglalhatók össze:

- **Projektek/telephelyek ex-ante fenntarthatósági értékelése.** Széles körben, kormányzati és privát szektor által is már többször alkalmazott módszer. Így alkalmazhatósága a döntéshozatalban megalapozottabb. Adatigénye inkább közepes, hosszú távon értékel és egyszerűbb módszertani modellekkel dolgozik.
- **Fenntarthatósági értékelés.** Széles körben, leginkább önkormányzatok által, esettanulmányyszerűen alkalmazott módszer. Adatigénye jelentős, hosszú távon értékel és egyszerűbb módszertani elemekkel dolgozik.
- **Elérhető hasznok elemzése.** Jelentős, kiterjedt adatigényű elemzés, tudományos megalapozottsága kiugró. Alapját matematikai/számítógépes modellezés képezi, így mindenképpen külső szakértő bevonása szükséges. Hosszú távú értékelést tesz lehetővé. Eddig az USA-ban nyert teret.
- **Településtervezési alkalmazások.** Jelentős, kiterjedt adatigényű elemzések, gyakran GIS alapú modellezést alkalmaznak, a hosszú távú tervezést kevésbé integrálják. Kialakított indikátorrendszerük jól illeszthető az egyes területi elemzések specifikumainak figyelembe vételéhez.
- **Anyagáram és LCA elemzések.** Az életciklus-elemzések egyre fontosabbá válnak, mint döntéstámogató eszközök a barnamezők szennyezőanyag eltávolításához kiválasztandó kritikus döntések és tisztítás technológiák tekintetében. A barnamezők életciklusának egyes fázisaira, a környezeti hatások jellegétől függően eltérő LCA módszereket alkalmaznak. A környezeti hatások Lesage, P et al. 2007 szerint lehetnek: a korábbi tevékenységből eredendő (primer) hatások, a kármentesítés folyamataihoz tartozó szekunder hatások, és a tisztítás utáni fejlesztési opciókhoz rendelhető harmadrendű hatások. A primer hatásoknál elsősorban az attributív (ALCA), míg az utóbbi kettő esetében a hosszabb távú következményeket alakító fő környezeti hatótényezőket vizsgálják, ezért a konzekvens életciklus elemzést (CLCA) alkalmazzák. Az elemzésre vonatkozó komplex módszertan terület specifikusan egyéni mérési adatokra támaszkodik, és nagy az adatigénye (Morais, SA & Delerue-Matos, C 2010).

A BARNAMEZŐS TERÜLETEK FEJLESZTÉSE IPARI ÖKOLÓGIAI MEGOLDÁSOKKAL

Azok a barnamezős területek, amelyek bányászati meddők, zagytározók, vagy erőművi, kohászati salak vagy pernye lerakására voltak használva, potenciális lehetőséget jelentenek az ipari ökológiai megoldások számára.

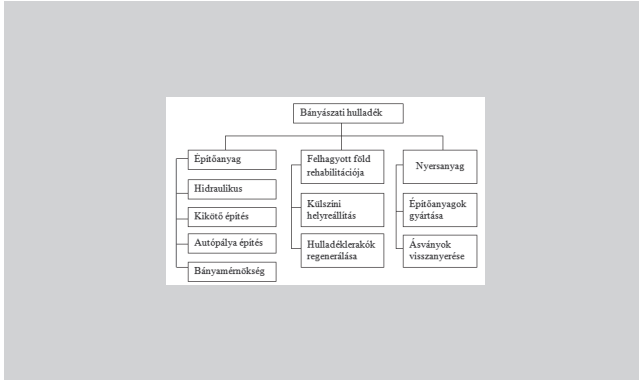
A bányászat és ásványianyag-feldolgozás hulladékai jelentik ma a világ legnagyobb krónikus hulladék problémáját. A fenntartható fejlesztési terveknek tartalmazni kell ezek újra-használatát, de a potenciális hatásokat alaposan meg kell vizsgálni. Kémiai összetételük, geotechnikai tulajdonságaik alapján eldönthető, hogy milyen hasznosítás a legmegfelelőbb, és az is lényeges, hogy az újrahasznosítás gazdaságilag megvalósítható-e. Megfelelő értékelés után a bányászati hulladékból újra ki lehet extrahálni az ásványokat, vagy építési anyagként, felszíni és felszín alatti földterület helyreállítására használhatóak, és az ilyen használatokkal a bányászati tevékenységek közvetlenül átalakíthatóak, ipari szimbiózisok alakíthatók ki (Bian et al. 2012).

A bányászati hulladékok újrahasznosítási igényét alátámasztja az a tény, hogy ma világ legjelentősebb bányászati tevékenységek anyagáramában a kitermelt ásvány mellett a hulladékok aránya ötven százalék (3. táblázat).

Kitermelt ásvány/ érc	Bruttó kitermelés, MMt	Nettó kiter- melés, MMt	Hulladék, %
Szén	18 444	3787	79,5
Építőanyagok	14 186	10 430	26,5
Barnaszén és lignit	9 024	930	89,7
Réz	4 190	9,3	99,8
Petróleum	3 489	3 065	12,2
Vas	3 138	604	80,8
Arany	2 138	0,002	~100
Foszfát	477	119	75,1
Nikkel	430	0,72	99,8
Bauxit	302	101	66,6
Agyag	231	154	33,3
Cink	222	6,9	96,9

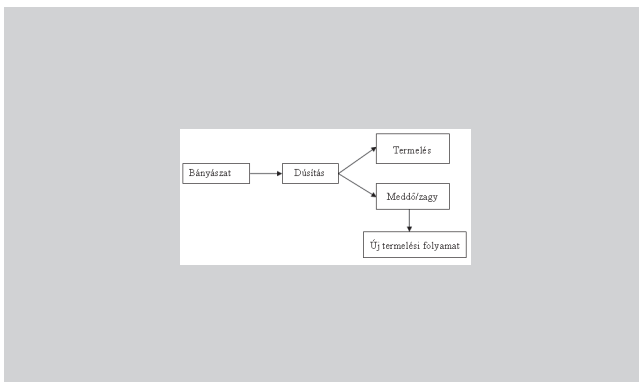
3. táblázat. A legnagyobb anyagáramok a világ ásványi anyag termelésében (Forrás: Douglas, I & Lawson, N 2001, p. 354.)

A bányászati kvázi hulladékokból gyárthatók geopolimerek, amelyek alkalmasak falazó és szigetelő téglák, önthető út- és járdarétegek, víz-záró rétegek, járólapok, geopolimer cement, tetőfedésre alkalmas üveg-szálás kompozit anyagok, tűz- és hőálló bevonatok, csövek, idomok, csempék, homlokzati díszek, napkollektorban felhasználható szerkezeti anyagok készítésére (Csóke, B & Mucsi, G 2011). Ezek a fejlesztések előremutató ipari ökológiai megoldásoknak tekinthetők. A gyakorlati hasznosítás azonban még elenyésző hazánkban.



2. ábra. A bányászati hulladékok lehetséges hasznosítása (Skarżyńska, KM 1995).

Az ilyen ipari-ökológiai megoldásokkal a korábbi nyílt folyamatok zárhatókká válnak, bár a korábban felhagyott barnamezők esetén a tevékenység felhagyása és az újrahhasznosítás között időbeni eltérés van, amit a 3. ábrán tudunk szemléltetni.



3. ábra. A folyamatok zárása (saját szerkesztés)

A bányameddők és zagytározók, mint a bányászat melléktermékei komoly potenciális nyersanyagforrást jelentenek, újrahasznosításuk ásványi anyag megtakarítást eredményezhet.

A Nemzeti Környezetvédelmi Program (a 96/2009. (XII.9.) OGY határozat)¹⁴ felkérte a kormányt a másodlagos nyersanyag hasznosításra, és a bányászattal érintett területek teljes és komplex hasznosítására a bányászati tevékenység befejezése után. Elvárás a legjobb gyakorlat alkalmazása, és a bányaterületek rekultivációja. A barnamezők jelentős részét a bezárt felhagyott bányaterületek képezik. A Csöke, B & Mucsi, G 2011 tanulmányban részletes kimutatás található ezek területi elhelyezkedésére, és tevékenységi körére vonatkozóan. Szerepel közöttük ércbánya, ásvány és szénbánya is. A bányák és ércdúsítók meddőhányói, az ülepítő tavak üledékei sok anyagot tartalmaznak, de a környezetre és az emberre egyaránt ártalmasak lehetnek, különösen, ha vízbázisokat is érintenek.

Szénbányászat és erőművi salak - a rekultiváció egyik követendő példája

A szakirodalomban, de már a hazai gyakorlatban is számos projektjavaslattal lehet találkozni a barnamezős területek rehabilitációjára, illetve az ott felgyülemlett anyagok újrahasznosítására.

A Mátrai Erőműhöz tartozó Nyugati-bányában a bányaművelés 1990-ben befejeződött. Azt követően az újrahasznosítást megterveztették, amelyre számos vizsgálat történt, mivel előtte ilyen nagyságrendű külszíni bányászattal kapcsolatos rekultivációs feladatra Magyarországon még nem volt példa. A belső hányó területeinek mezőgazdasági újrahasznosítását még a bánya művelésével egyidejűleg megkezdték. „Az abasári és visontai szövetkezetek vírusmentes szőlőszaporító-telepet létesítettek”. Ennek köszönhetően a hányó területén található Magyarország legnagyobb bor és csemegeszőlő fajtaválasztéka, több mint 150 fajta¹⁵.

A lignit elégetéséből származó pernye, mint hulladék jelenik meg, jelentős tárolókapacitást igényelve, ha ezt nem hasznosítanák. Mivel a kémia vizsgálatok egyértelműen igazolták, hogy veszélyes toxikus anyagot nem tartalmaznak, makro- és mikroelem tartalmánál és puzzolán¹⁶ aktivitásánál fogva viszont talajjavítóként is alkalmazható, a pernye jelentős ré-

¹⁴ a 2009-2014 közötti Nemzeti Környezetvédelmi Programról

¹⁵ www.mert.hu, megtekintve 2013.03.29

¹⁶ A puzzolán aktivitás arra utal, hogy a pernye aktív anyaga (elsősorban az SiO₂) és a Ca(OH)₂ közötti reakció könnyen végbemegy, melynek során a pernye megszilárdul, ennélfogva széleskörű építőipari alkalmazására is lehetőség van

szét értékesítik. Az eróműben 3 különböző szemcseméretű pernye képződik, amely később a keveredik a sűrűzagos-pernyetárolás során. A pernyék kötőanyagként történő alkalmazásra Csőke, B és társai kiterjedt kísérleteket végeztek (Csőke, B & Mucsi, G & Sik, Cs 2008).

A pernye legfőbb felvevőpiaca a cementipar, ahol beton vagy cement adalékanyagként hasznosítják, ezen felül használható még útépitéseknél és feltöltések, gátak kialakításánál, jó szilárdulási tulajdonságai miatt bánya-tömedékelésre, illetve veszélyes hulladékok ártalmatlanítására is alkalmas¹⁷.

Az ásványkincs kinyerésének elengedhetetlen velejárója a feltárás, illetve dúsítás. Ekkor az ásványi nyersanyagot rejtő fedőrétegeket eltávolítják, amely nem tartalmaz a bányászok számára hasznos anyagot. Ebben a meddőben azonban nagyon értékes anyagok lehetnek. A leggyakoribb érték maga az élő talaj. A külszíni fejtés előtt a területen értékes vegetáció, állatvilág létezett, vagy éppen mezőgazdasági termelés folyhatott.

A külszíni fejtésnek a legszembetűnőbb környezeti hatása a tájképrombolás. A tájképben okozott változásokhoz képest mégis fontosabbnak tartjuk az ökológiai és egyéb környezeti hatásokat. Egy ökológiai rendszer megbontása vagy elpusztítása után soha nem állítható vissza a beavatkozás előtti állapotába.

Ércbányászat

Az ércek dúsításának célja, hogy a meddő minél nagyobb hányadát eltávolítsák. Ez több lépésben végrehajtott folyamat. Megfelelő előkészítés után a szulfidos ércekre gyakran flotációs eljárást alkalmaznak, amely után visszamarad a zagy. A Gyöngyösoroszi mellett, a Toka patak völgyében levő ólom- és cinkbányából mintegy 4 millió tonna ércet bányásztak és dolgoztak fel, de a bányászat abbahagyását követően nem zárták be a bányát és nem rehabilitálták, nem remediálták a területet, így a bányászati hulladékok egyre jobban szétszóródva szennyezték a környék vizeit és talajait, veszélyeztetve az élővilágot és az embert. A terület rehabilitációját 2005-ben kezdték meg (Gruiz, K 2005)¹⁸. Tehát tipikusan barnamezős területtel állunk szemben.

¹⁷ Az adatok forrása: Újaczki Éva, BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, megtekintve 2013.03.29, <http://mokka.hu/db1/rec_list.php?db_type=mysql&lang=hun&sheet_type=36&datasheet_id=1401&sorszam=1401&order=sorszam&sheet_type_filter=0&sheet_lang_filter=HU&alluser_filter=>>.

¹⁸ <<http://enfo.agt.bme.hu/drupal/kep/1345>>, megtekintve 2013.03.29.

Bár bányáink bezártak, de a földtani vagyon (amely kitermelhető vagyon) megmaradt (4. táblázat). Az elmúlt évtizedekben új ércfeldolgozási technológiák születtek, a fémek világpiacon árára nőtt, így a termelés újra gazdaságos lehet. Különösen igaz ez a recski előfordulásra, amelynek mélyszinti kutatási vágatait 2000-ben vízzel árasztották el. A réz világpiacon árára több mint négyszeresére nőtt. A jelenlegi áraknak megfelelően a recski előfordulás 13 ezer milliárd forint vagyont rejt (a magyar államadósság 20 ezer milliárd forint). Az egyéb mátrai ércelőfordulások vagy a rudabányai terület újrakutatása szintén pozitív eredményeket hozhat. E megfontolások alapján hazánk ásványi nyersanyagokkal közepesen ellátott ország (Hartai, É 2011).

Nyersanyag	Földtani vagyon	Kitermelhető vagyon	2010-es kitermelés
	millió t		
Vasérc	43,1	43,6*	-
Bauxit	126	81,2	0,3
Ólom-cinkérc	90,8	100,2*	-
Rézérc	781,2	726,5	-
Nemesfémércek	36,6	36,5	-
Mangánérc	79,6	52,6	0,055

4. táblázat. Magyarország ércvagyona a 2010. január 1-i állapot szerint (saját szerkesztés www.mbfh.hu alapján, megtekintve 2013.03.30). (* = a hígulás nagyobb, mint a veszteség.)

Különböző számítások szerint csak ott érdemes aranybányát nyitni, ahol legalább 50 tonnányi, azaz másfél millió uncia aranyat rejt a föld. Az itthoni kutatások szerint ekkora mennyiségben Recskén, a régi rézbányában és környékén fordul elő arany. Az 1990-es évek elején valószínűsíthető aranyláz tört ki Magyarországon, hiszen több, nemzetközileg is ismert, nemesfémbányászattal foglalkozó cég is elkezdett kutatni a Mecsek vidékén és az Északi-középhegységben (Zemplén, Mátra, Börzsöny) az egykoron legdrágábbnak tartott fém után.

Recskén egy ausztrál cég hárommillió dollárt fektetett be az aranykutatásba. A cég hazai leányvállalata az Enargit Kft. 1994 és 1998 között összesen 71 db fúrólukkal 10 312 m magfúrást végzett, és megvizsgálták a mintákat, mivel feltételezték, hogy legalább 60 tonnányi aranyat rejt a recski Lahóca-hegy. A kutatások bebizonyították, hogy 54 tonnányi arany kibányászható. A felderített ásványvagyon mennyiségét és minőségét az 5. táblázat mutatja be. Európai viszonylatban Lahóca aranyfém vagyonát tekintve a hasonló ércelőfordulások között közepes

nagyságúnak mondható (l. 6. táblázat). Szakemberek állítják, itt érdemes kitermelni. Hogy ennek ellenére az ausztrál cég, illetve itthoni leányvállalata négy év kutatás után mégsem nyitott bányát, annak leginkább az volt az oka, hogy a világpiacon lezuhant az arany ára¹⁹. Vagyis, amíg a világpiaci ár nem megy fölfelé, addig nem éri meg kitermelni az aranyat Recsken, hiszen nagyon költséges az a technológiai eljárás, amely révén a vas-szulfidtól elválasztható a nemesfém. Emellett problémát jelent az arany kinyerésével járó nagymennyiségű veszélyes hulladék keletkezése. Mindaddig, amíg olyan ipari ökológiai megoldás nem születik meg, amely a hulladékokat is felhasználja, az aranykitermelés nem indul meg. A higanyos technológiát betiltották, és ismerjük a cianidos feltárással járó zagy elmúlt években okozott környezetromboló hatását is.

Évek	Érc- mennyiség (kt)	Átlagminőség (Au, g/t)	Fémtartalom (t)	Fémtartalom (uncia)
1994	24 500	1,40	34,30	1 100 000
1995	32 500	1,40	47,50	1 430 000
1996	35 500	1,35	47,93	1 540 000
1997	36 500	1,47	53,66	1 600 000

5. táblázat. A lahócai aranyércvagygon becsült mennyiségének változása a kutatás során. Megjegyzés: a minimális fémerc koncentráció, amelynél a lehatárolt érckészlet még gazdaságosan kitermelhető (cut off) - 0,5 g/t Au (Földessy, J 2000, p. 111.)

¹⁹ Az Enargit Kft.-t 2011-ben törölték a cégjegyzékből, a bányászati jogra kiírt újabb pályázat viszont eredménytelen volt. A területen tájrendezési kötelezettség áll fenn MBFH, 2011.

Lelőhely	Ország	Típus	Ércvagyon (kt)	M i n ő s é g , (Au g/t)	Egyéb hasznos komponensek	Arany fémva- gyon (t)
Chelopech	BG	HS	52 100	3,30	1,4% Cu	171,93
Kassandra	GR	HS, LS	25 000	6,50	6,5% Pb ⁺ 6,5% Zn ⁺ 150 g/t Ag	162,50
Furtei	I	HS, LS	57 000	1,99		113,43
Skouries	GR	HS	60 000	1,50	0,8% Cu	90,00
Lahóca	H	HS	36 500	1,47		53,66
Sturec	SK	LS	22 500	1,54	12,5 g/t Ag	34,65
Ovacik	TR	LS	2 980	9,00		26,82
El Valle	ES	HS	4 244	5,28	0,30% Cu + 7,71 g/t Ag	22,41
S a p p e s / Viper	GR	HS, LS	1 800	8,20		14,76

6. táblázat. Hasonló típusú aranyérc-előfordulások Európában (Földessy, J 2000, p. 110). (HS – nagy kéntartalmú, LS – kis kéntartalmú.)

A bauxitbányászat hulladékai

A vörösiszap az alumíniumgyártás során, a bauxit magas hőmérsékleten és nyomáson történő lúgos – általában nátrium-hidroxidos – fel-tárása után visszamaradó hulladék. Összetételét a kibányászott bauxit tulajdonságai és a kezelés során keletkező, illetve hozzáadott és visszamaradó anyagok határozzák meg. A vörösiszap a lúgosságától függően lehet veszélyes vagy nem. Az elmúlt évtizedek alatt több tíz millió tonna vörösiszap halmozódott fel a zagytározókban szerte az országban; ez a Magyarországon a legnagyobb tömegben előforduló veszélyes hulladék. 2002 után a technológia függvényében minősíthető volt nem veszélyes hulladéknak is. A legtöbb vörösiszap tartalmaz valamennyi fémszeny-nyezőt (l. 7. táblázat), de ez elmarad a veszélyességi jellemzőktől. Szem-csemérete miatt veszélyes, kiporzást okozhat, emiatt nedvesen vagy ta-karóréteg alatt kell tárolni.

Komponensek	Tipikus előfordulás, %*	Hazai jellemzők, %**
Fe ₂ O ₃	5-60	30-40
Al ₂ O ₃	5-30	10-20
TiO ₂	0,3-15	0,5-2
CaO	2-14	2-8
SiO ₂	3-50	3-50
Na ₂ O	1-10	2-10

7. táblázat. A vörösiszap jellemző összetétele (források: *EAA 2011; **BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság 2013)

A magyar bauxit esetében – összetétele miatt – csak a vas és az alumínium kinyerésének van gazdasági prioritása. A kis mennyiségben jelenlévő elemek kinyerésének önálló realitása nincs, csak a fő komponensek kinyerésével együtt lehet gazdaságos (Lengyel, A & Lakatos, J 2011).

Az Európai Alumínium Szövetség is intenzíven foglalkozik a vörösiszap hasznosításának kérdésével. A portlandcementhez 75 éve használnak vörösiszapot, bár a benne levő nátriumion-tartalom problémát okozhat. A víztelenített vörösiszap pernyével keverve utépítésben, építőiparban, téglagyártásban használható, amire vannak példák Franciaországban, Jamaikában, Indiában (EAA 2011), de ásványi gyapothoz történő felhasználása is hatékony hulladékcsökkentésnek bizonyult (Balomenos et al. 2011). Az ipari szimbiózis jó példáinak tekinthető az ausztráliai Queenslandben levő alumínium-feldolgozó, szénerőmű és városi hulladékkezelés együttműködése. De Oroszországban (Salmi, O 2006) és az Egyesült Királyságban és Kínában (Zhang, X-t 2009) is születtek ipari szimbiózisra példák az alumínium-feldolgozás mellett.

A kohászati hulladékok hasznosítása

A bányászat mellett a második legnagyobb hulladéktermelő iparág a kohászat. A fémhulladékok újrahasznosítása rutinszerűen megvalósul az alumínium- és vaskohászatban. A vaskohászati halna (meddőhányó) vastartalmának újrahasznosítása mágneses szeparálás után visszakerül a vaskohászatba. A veszélyes hulladékként megjelenő salakot többnyire égetéssel ártalmatlanítják, vagy deponálják. A hulladékgazdálkodásra vonatkozó törvények szorgalmazzák az elhasznált tartós fogyasztási cikkekből való anyagkinyerést, ugyanúgy, mint az elektronikai termékek, vagy a roncsautók esetében.

Az egyik legnagyobb hazai kohászati üzem, a Diósgyőri Acélművek (DAM) több mint 100 éves működése során több ezer tonna salak halmozódott fel, amely az üzem leállása után tipikus barnamezős területet jelentett. Ennek a területnek a revitalizációját és rehabilitációját az Eurofém Halna Salakfeldolgozó Kft. valósította meg. A keletkezett kohászati salak halna még értékesíthető fémtartalmának kinyerése után a salakot útalapba történő hasznosításra értékesítették, majd a terület rekultivációja után logisztikai központot alakítottak ki. A vastartalmú salakból mágneses szeparálással kinyerték a vasat, amit méret és vastartalom szerinti osztályozás után acélgyártási alapanyagként értékesítettek, illetve különböző szemcseméretű útépitéshez használható salakot állítottak elő. A salakban levő vashulladékot töréssel alakították adagolhatóvá. Minden felhasználható anyagot értékesítették, az ipari felhasználásra alkalmatlan salakot elkülönülten deponálták, majd cementált szeparált salakkal lefedték. A deponált konverter iszap teljes mennyiségét értékesítették. Ezzel a telephelyről eredő szálló por mennyiséget jelentősen lecsökkentették²⁰. Tereprendezés, parkosítás után új funkciót kapott a terület.

A legnagyobb magyarországi vas- és acélmű, a Dunaferr Rt. működése során évente közel 30 000 tonna por képződik, amely 19 500 tonna vasat, 1 300 tonna cinket, és 100 tonna ólmot tartalmaz. Cink- és ólomtartalma miatt ez az anyag az acélművekben nem hasznosítható, ezért ezt veszélyes hulladékként kell elhelyezni. Jelentős mennyiségű cinket tartalmazó egyéb kohászati hulladék képződik az üzem galvanizáló-jában is, ennek mennyisége közel 300 tonna/év (Szépvölgyi, J 2004). A fémhulladékok újrahasznosítása a fémiparban jelentős energia-megtakarítást és környezetterhelés-csökkenést eredményez. Az acélgyártásból származó pernye plazmaégetéssel ártalmatlanítható.

²⁰ Tájékoztató Miskolc város környezeti állapotáról (Polgármesteri Hivatal, 2009)

KONKLÚZIÓK

A barnamezős területek értékelésére számos módszer áll rendelkezésre, de egységesen alkalmazható eljárás nincs. A metaanalízis alapján is látható, hogy a különböző adottságú területek elemzésére más és más módszert alkalmaztak, több esetben az értékelő módszerek kombinációjára is sor került. A barnamezős területek újrahasznosítása, különösen az ott megjelenő hulladékok felszámolása, értékes anyagainak hasznosítása ideális esetben azonos szektoron belül valósul meg, de ott felhalmozódó hulladék keletkezése és felhasználása között több évtized is eltelhet. A hulladékok gyakran más szektor alapanyagaiként jelennek meg, ahol a folyamatok tervezését életciklus szemlélet alapján végzik, biztosítva ezzel a fenntartható termelési rendszerek kialakítását, ökohatékony ipari ökológiai megoldásokat keresve. Az életciklus szemlélet adaptálásával a szennyezettségi szint, az újrahasznosítási irányok és a tisztítási megoldások optimalizálhatók, és megvalósulhat a döntéstámogatás. A cél az, hogy a *barnamezős* területek megújítását célzó *fejlesztések* ökológiai szempontból hosszú távon biztosítsák az életminőség javítását és a sokféleség megőrzését és ipari szimbiózisok létrehozásával minimálisra csökkentsék a környezetterhelést, támogassák az erőforrás megtakarítást.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A közlemény a TÁMOP 4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt támogatásával készült az 1. Kiválósági Központ 1. Tudományos Műhelyében. A szerzők köszönetüket fejezik ki.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Agostini, P & Carlon, C & Critto, A & Marcomini, A 2007, 'A step toward contaminated megasites management: six European experiences at comparison', in Velinni, AA (ed), *Landfill Research Trends*, Nova Science Publishers Inc, New York, pp. 47-75.
- Balomenos, E & Gianopoulou, I & Panias, D & Paspaliaris, I & Boufounos, D & Perry, K 2011, *Efficient and Complete Exploitation of the Bauxite Residue (Red Mud) Produced in the Bayer Process*, megtekintve 2013.03.30, <www.labmet.ntua.gr/ENEXAL/news/03_03_Panias.pdf>.
- Bardos, P & Morgan, P & Swannell, RPJ 2000, 'Application of in situ Remediation Technologies – 1 Contextual Framework', *Land Contamination and Reclamation*, vol. 8, no. 4, pp. 1-22.
- Barta, Gy 2007, *Regionális Fejlesztés Operatív Program: A városi területek rehabilitációját célzó intézkedések értékelése*, MTA RKK KÉTI, Budapest.
- Bian, Z & Miao, X & Lei, S & Chen, S & Wang, W & Struthers, S 2012, 'The Challenges of Reusing Mining and Mineral-Processing Wastes', *Science 10*, vol. 337, no. 6095, pp. 702-703.
- BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság 2013, *Kolontári Vegyi Katasztrófa - Mit kell tudni a vörösiszapról?*, megtekintve: 2013.03.29, <http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=lakossag_kolontar_vorosiszap>.
- Brecheisen, T & Theis, T 2013, 'The Chicago Center for Green Technology: life-cycle assessment of a brownfield redevelopment project', *Environmental Research Letter*, vol. 8, no. 1.
- Cappuyns, V & Kessen, B 2012, 'Evaluation of the environmental impact of Brownfield remediation options: comparison of two life cycle assessment-based evaluation tools', *Environmental Technology*, vol. 33, issue 21, pp. 2447-2459.
- Csóke, B & Mucsi, G 2011, *Erőműi pernyék és szénbányászati meddők hasznosítási lehetőségei*, megtekintve 2013.03.30, <<http://hulladekonline.hu/files/165/>>.
- Csóke, B & Mucsi, G & Sik, Cs 2008, *Erőműi pernye mechanikai aktíválása és önálló kötőanyagként történő alkalmazása*, megtekintve 2013.03.30, <<http://hulladekonline.hu/ipari-hulladekok>>.
- Douglas, I & Lawson, N 2001, 'Material flows due to mining and urbanisation', in Ayres, RU & Ayres, LW, *A handbook*

- of Industrial Ecology*, Edward Elgar, Cheltenham, UK & Northampton MA, USA, pp. 355-364.
- De Sousa, C 2003, 'Turning Brownfields into Green Space in the City of Toronto', *Landscape and Urban Planning*, vol. 62, pp. 181-198.
- De Sousa, C 2006, 'Unearthing the Benefits of Brownfield to Green Space Projects: An Examination of Project Use and Quality of Life Impacts', *Local Environment*, vol. 11, no. 5, pp. 577-600.
- EAA 2011, *Bauxit residue management*, European Aluminium Association, megtekintve 2013.03.30, <<http://www.alueurope.eu/wp-content/uploads/2011/08/Bauxite-Residue-Management-v.6.pdf>>.
- Földessy, J 2000, 'A recski nemesfém ércesedések megismerése, kutatása és gazdasági jelentősége', *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat*, vol. 133, no. 1, pp. 108-114.
- Gruiz, K 2005, 'Biological tools for soil ecotoxicity evaluation', INCA (Interuniversity Consortium, Chemistry for the Environment), *Soil Remediation Series* no. 6, INCA, Velence, pp 44-70.
- Hartai, É 2011, 'Meddig ér a takarónk?', *Mindentudás Egyeteme előadás*, Miskolci Egyetem, 02.01.
- H. Kovács, J 2012, 'Brownfield rehabilitation financial sources', A Barnamezős revitalizáció és a fenntartható városi fejlődés lehetőségei - Nemzetközi Konferencia, Miskolc, november 14.
- Inoue, Y & Katayama, A 2011, 'Two-scale evaluation of remediation technologies for a contaminated site by applying economic input-output life cycle assessment: Risk-cost, risk-energy consumption and risk-CO2 emission', *Journal of Hazardous Materials*, vol. 192, no. 3, pp. 1234-1242.
- Kidd, S & Fischer, TB 2007, 'Towards sustainability: is integrated appraisal a step in the right direction?' *Environment and Planning C: Government and Policy*, vol. 25, no. 2, pp. 233-249.
- Kielennivaa, N & Antikainen, R & Sorvarib, J 2012, 'Measuring eco-efficiency of contaminated soil management at the regional level', *Journal of Environmental Management*, vol. 109, pp. 179-188.
- Lengyel, A & Lakatos, J 2011, 'Vörösiszap hasznosításának lehetőségei' *Anyagmérnöki Tudományok*, Miskolc, vol. 36/1, pp. 35-48.
- Lesage, P & Ekvall, T & Deschênes, L & Samson, R 2007, 'Environmental

- assessment of brownfield rehabilitation using two different life cycle inventory models. Part I - Methodological approach', *International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 12, no. 6, pp. 391-398.
- Morais, SA & Delerue-Matos, C 2010, 'A perspective on Lca application in site remediation services: Critical review of challenges', *Journal of Hazardous Materials*, vol. 175, no. 1-3, pp. 12-22.
- Nathanail, CP & Bardos, RP 2004, *Reclamation of Contaminated Land*, Wiley and Sons, megtekintve 2013.02.25, <<http://www.wileyurope.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471985619.html>>.
- Nemzeti Környezetvédelmi Program (96/2009. (XII.9.) OGY határozat NRTEE 2003, *Cleaning up the Past, Building the Future – A National Brownfields Redevelopment Strategy for Canada*, NRTEE, megtekintve 2013.03.29, <<http://www.nrtee-trnee.ca>>.
- Nuissl, H & Schröter-Schlaack, C 2009, 'On the economic approach to the containment of land consumption', *Environmental Science & Policy*, vol. 12, no. 3, pp. 270-280.
- Pediaditi, K & Doick, KJ & Moffat, AJ 2010, 'Monitoring and evaluation practice for brownfield, regeneration to greenspace initiatives', *Landscape and Urban Planning*, vol. 97, no. 1, pp. 22-36.
- Salmi, O 2006, 'Eco-efficiency and industrial symbiosis – a counterfactual analysis of a mining community', *Journal of Cleaner Production*, vol 15, no. 17, pp.1696-1705.
- Schädler, S & Morio, M & Bartke, S & Rohr-Zänker, R & Finkel, M 2011, 'Designing sustainable and economically attractive brownfield revitalization options using an integrated assessment model', *Journal of Environmental Management*, vol. 92, no. 3, pp. 827-837.
- Schulze, R 2007, 'The state and the art of meta-analysis', *Zeitschrift für Psychologie/Journal of Psychology*, vol. 215, no. 2, pp. 87-89.
- Skarżyńska, KM 1995, 'Reuse of coal mining wastes in civil engineering - Part 1: Properties of minestone', *Waste management*, vol. 15, no. 1, pp. 3-42.
- Szépölgyi, J 2004, *Ipari ökológia és hulladékfeldolgozás*, MTA-KTK, Budapest, megtekintve 2013.03.29, <http://www.ktk-ces.hu/szepvol.pdf>.

-
- Tam, EKL & Byer, PH 2002, 'Remediation of Contaminated Lands: A Decision Methodology for Site Owners', *Journal of Environmental Management*, vol. 64, no. 4, pp. 387-400.
- VÁTI 2003, *Az EU Strukturális Alapok keretében barnamezős rehabilitációra kiírandó pályázatok szakmai megalapozása (előkészítő tanulmány)*, Településtervezési és Tájtervezési Iroda, Budapest.
- Zhang, X-t 2009, Study on optimal mode and realization way of industrial symbiosis in mining area, *China Mining Magazine*, megtekintve 2013.03.28, <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ZGKA200908008.htm>.