

## ECOLOGICAL RESTORATION OF FORMER INDUSTRIAL SITES FROM ENTREPRENEURIAL PERSPECTIVE

### RECONSTRUCȚIA ECOLOGICĂ A ZONELOR INDUSTRIALE DEZAFECTATE DIN PERSPECTIVA ANTREPRENORIALĂ

Melania-Nicoleta BOROȘ\*, Valer MICLE, George-Călin ROGOZAN

*Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Materials and Environmental Engineering, Department Environmental Engineering and Sustainable Development Entrepreneurship, 103-105 Muncii Avenue, Cluj-Napoca, Romania*

**Abstract:** Former industrial areas can be reintegrated for the benefit of the local community through ecological restoration. This can be achieved by the means of a "green" technology that uses plants for soil and groundwater remediation called phytoremediation. Due to limitations provided by this solution related to the long time needed for remediation and the need for customization of each analyzed site, it is a method that has not been frequently chosen to treat various contaminants. More numerous recent research have led to an expansion of knowledge in this area and have caused an increased interest in applying phytoremediation widely. Thus, different companies appeared and offer their services, providing both advice and implementation of ecological restoration projects using phytoremediation technology.

**Keywords:** phytoremediation, entrepreneurial perspective, contaminated industrial areas, ecological restoration

**Rezumat:** Zonele industriale dezafectate pot fi reintegrate pentru beneficiul comunității locale printr-o reconstrucție ecologică. Aceasta poate fi realizată printr-o tehnologie "verde" care utilizează plantele pentru decontaminarea solului și a apelor subterane, fitoremedierea. Din cauza limitărilor legate de timpul îndelungat de remediere oferit de această soluție, precum și de necesitatea particularizării fiecărui sit analizat, este o metodă care nu a fost aleasă în mod frecvent pentru tratarea diferiților contaminanți. Cercetările recente tot mai numeroase au dus la o expansiune a cunoștințelor în acest domeniu și au stârnit un interes crescut în aplicarea fitoremedierii la scară largă. Astfel, au apărut diverse companii care își oferă serviciile, oferind atât consultanță, cât și implementarea proiectelor de reconstrucție ecologică utilizând tehnologia fitoremedierii.

**Cuvinte cheie:** fitoremediere, perspectivă antreprenorială, zone industriale contaminate, reconstrucție ecologică

#### 1. Introduction

Industrial zones have been subjected to changes over time. One of the main reasons for this is technological development. Another reason that caused the transfer of manufacturing to services is changing market requirements. These things have led in many cases to the abandonment of industrial areas which are characterized by large spaces with a profile of local identity that is lost.

In the process of urban development which aims to create superior living conditions can also be found the reorganization and ecological restoration of polluted and abandoned sites. Decontamination of soil and water by using an environmentally friendly technology can be achieved by using phytoremediation and its techniques.

#### 1. Introducere

Zonele industriale au fost supuse unor schimbări de-a lungului timpului. Unul din principalele motive este evoluția tehnologică. Un alt motiv care a cauzat transferul de la producție la servicii este modificarea cerințelor pieței. Aceste lucruri au dus în multe cazuri la abandonarea zonelor industriale care sunt caracterizate de spații întinse cu un profil de identitate locală pierdut.

În cadrul procesului de dezvoltare urbană care are ca obiectiv crearea unor condiții superioare de trai se regăsește și reorganizarea și reconstrucția ecologică a siturilor poluate și abandonate. Decontaminarea solurilor și apelor cu ajutorul unei tehnologii prietenoase cu mediul înconjurător se poate realiza utilizând fitoremedierea cu tehnicile sale.

Private companies can bring more value by developing projects for ecological restoration of former industrial sites that can directly contribute to increasing social and urban quality.

This paper approaches the issue of rehabilitation and reintegration of former industrial areas with the help of phytoremediation from an entrepreneurial perspective.

## **2. Domain evolution**

The idea that plants can be used for environmental cleanup is old. However, it was only in 1948 when Italian researchers Margazzi and Vergano were the first that have reported about the accumulation of Ni of up to 0.79% in the *Alyssum bertolonii* plant from the soil containing 0.42% nickel [1]. This research was not considered a significant discovery until 1977 when scientist Robert Brooks from Massey University of New Zealand made similar observations. The concept has developed and investigations took amplitude in Russia at the beginning of the nuclear age [2].

In the early 1990s, rapid progress have been made due to previous findings that proved the phytoremediation potential materialized by filing a patent by the Japanese Utsunomiya for the use of plants to extract Cd [3].

Ilya Raskin and his colleagues founded in 1993, "Phytotech" a remediation company from New Jersey, which obtained two patents, one for phytoextraction and another for rhizofiltration [2]; [4]; [5].

Phytoremediation has been successfully implemented by the US Air Force to depollute trichlorethylene from groundwater using poplars and by the US military to depollute contaminated areas with 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) [2].

In the last 20 years, phytoremediation has become increasingly popular and was used at sites with contaminated soil. Projects where phytoremediation is applied are usually funded by state agencies. Due to the expansion of the field and an increased interest for this technology, dozens of jobs in the laboratories from academia and industry are being established.

There are over 65 international companies that have applications in the phytoremediation domain [6].

Comaniile private pot aduce un plus de valoare prin dezvoltarea de proiecte de reconstrucție ecologică a zonelor industriale dezafectate care pot contribui în mod direct la creșterea calității sociale și urbane.

Această lucrare abordează problematica reabilitării și reintegrării fostelor zone industriale cu ajutorul aplicațiilor fitoremedierii din perspectiva antreprenorială.

## **2. Evoluția domeniului**

Idea că plantele pot fi utilizate pentru reabilitarea mediului este veche. Cu toate acestea, cercetătorii italieni Margazzi și Vergano au raportat primii despre acumularea de Ni de până la 0,79% a plantei *Alyssum bertolonii* dintr-un sol care conținea 0,42% Ni abia în 1948 [1]. Această cercetare nu a fost considerată o descoperire importantă până în 1977 când cercetătorul Robert Brooks de la Universitatea Massey din Noua Zeelandă a făcut observații similare. Conceptul s-a dezvoltat și cercetări au luat amploare în Rusia la începutul erei nucleare [2].

La începutul anilor 1990, s-au făcut progrese rapide datorită descoperirilor anterioare prin care s-a realizat potențialul de fitoremediere concretizate prin depunerea de către Utsunomiya a unui brevet japonez pentru utilizarea de plante pentru a extrage Cd [3].

Ilya Raskin și colegii săi au fondat în 1993, "Phytotech", o companie de remediere din New Jersey, care a obținut două brevete de invenție, unul pentru fitoextracție și un altul pentru rizofiltrare [2]; [4]; [5].

Fitoremedierea a fost implementată cu succes de către Forțele Aeriene ale SUA pentru a depolua, prin utilizarea plopilor, tricloretilena din apa freatică și de armata SUA pentru a depolua zonele contaminate cu 2,4,6-trinitrotoluen (TNT) [2].

În ultimii 20 de ani, fitoremedierea a devenit din ce în ce mai populară și a fost utilizată la situri cu soluri contaminate. Proiectele în care este aplicată fitoremedierea sunt finanțate de obicei de agențiile statelor. Din cauza expansiunii domeniului și a interesului crescut pentru această tehnologie, se înființează zeci de locuri de muncă în laboratoarele din mediul universitar și din industrie.

Există peste 65 de companii la nivel internațional care au aplicații în domeniul fitoremedierii [6].

### 3. Domains of interest and applications

Ecological restoration of the former industrial sites contributes to improving the environment and biodiversity, but also to energy production through biomass recovery with applications in the following areas:

- Soil decontamination;
- Treatment of polluted waters;
- Biomass production and development of energy crops;

• Sustainable Development;

• Energy;

• Functional reconversion;

• Landscape Architecture.

Phytoremediation applications include:

- In situ decontamination

- Selection of plant species (Toxicity can determine the choice: seeds or mature plants of chosen species)

- Absorption/accumulation of contaminants from soil and/or groundwater in plants (Studies on the accumulation and translocation from roots to shoots)

- Harvesting plants to remove heavy metals accumulated from the site (Including recovery using "phytomining" method)

- Ex situ decontamination

- Hydroponic cultures where plants are grown in contaminated water [6].

### 4. Interdisciplinary

For the phytoremediation success, a multidisciplinary approach is necessary. The professionals who can take part in the phytoremediation process are in a large number (Table 1) [7].

Table 1. Experts from different fields who contribute to the success of phytoremediation applications[7]

Agronomists	Microbiologists	Landscape architects	Specialists in vegetable crops
Botanists	Foresters	Specialists in land reclamation	Environmental engineers
Ecologists	Hydrogeologists	Nurseries and seed producers	Agriculture agencies
Pedologists	Fruit growers	Scientists in food production	University departments

The methods used can be transferred from one discipline to another. The presented scientific field represents an opportunity for cooperation and knowledge exchange at global scale. Within ecological restoration, four systems interrelate: environmental, social, technological and economic [8].

### 3. Domenii de interes și aplicații

Reconstrucția ecologică a zonelor industriale dezafectate contribuie la îmbunătățirea mediului și a biodiversității, dar și la producerea de energie prin recuperarea biomasei, utilizându-se în următoarele domenii:

- Decontaminarea solului;

- Tratamentul apelor poluate;

- Producția de biomasă și dezvoltarea culturilor energetice;

- Dezvoltare durabilă;

- Energie;

- Reversie funcțională;

- Arhitectură peisajeră.

Aplicațiile fitoremedierii includ:

- Decontaminare in situ

- Selectarea speciilor de plante (Toxicitatea poate determina alegerea: semințe sau plante mature ale speciilor alese)

- Adsorbția/Acumularea poluanților din sol și/sau ape subterane în plante (Studii privind acumularea și translocarea din rădăcini către tulpini)

- Recoltarea plantelor pentru a elimina metalele grele acumulate de pe sit (Inclusiv valorificarea prin metoda "phytomining")

- Decontaminare ex situ

- Culturile hidroponice unde plantele sunt cultivate în apă contaminată [6].

### 4. Interdisciplinaritate

Pentru succesul fitoremedierii, este necesară o abordare multidisciplinară. Profesioniștii care pot lua parte în procesul fitoremedierii sunt în număr mare (Tabelul 1) [7].

Metodele utilizate se pot transfera de la o disciplină la alta. Domeniul științific prezentat reprezintă o oportunitate de cooperare și a unui schimb de cunoștințe la nivel global. În cadrul reconstrucției ecologice interrelaționează patru sisteme: ecologic, social, tehnologic și economic [8].

Phytotechnology is a more general term which includes phytoremediation. Using the word "technology" focuses on the application of sciences and environmental engineering to examine the problems and offer solutions that use plants providing a multidisciplinary approach. This has been identified as being particularly important to the successful implementation of phytoremediation [9]; [10]; [11]; [12]; [13].

Sustainable solutions (Fig. 1) can only be realized if environmental objectives are achieved while the needs of stakeholders are satisfied. Scientific knowledge obtained in research centers can be used to provide ecological solutions to problems that can be widely applied in commerce.

Fitotehnologia este o noțiune mai generală care cuprinde și fitoremedierea. Utilizarea cuvântului "tehnologie" pune accent pe aplicarea științelor și ingineriei ecologice pentru a examina problemele și a oferi soluții care folosesc plantele oferind o abordare multidisciplinară. Aceasta a fost identificată ca fiind deosebit de importantă pentru aplicarea cu succes a fitoremedierii [9]; [10]; [11]; [12]; [13].

Soluțiile durabile (Fig. 1) pot fi realizate numai în cazul în care obiectivele de mediu sunt atinse în timp ce sunt îndeplinite nevoile părților interesate. Cunoștințele științifice obținute în centrele de cercetare pot fi utilizate pentru a oferi soluții ecologice la problemele care pot fi aplicate pe scară largă în comerț.

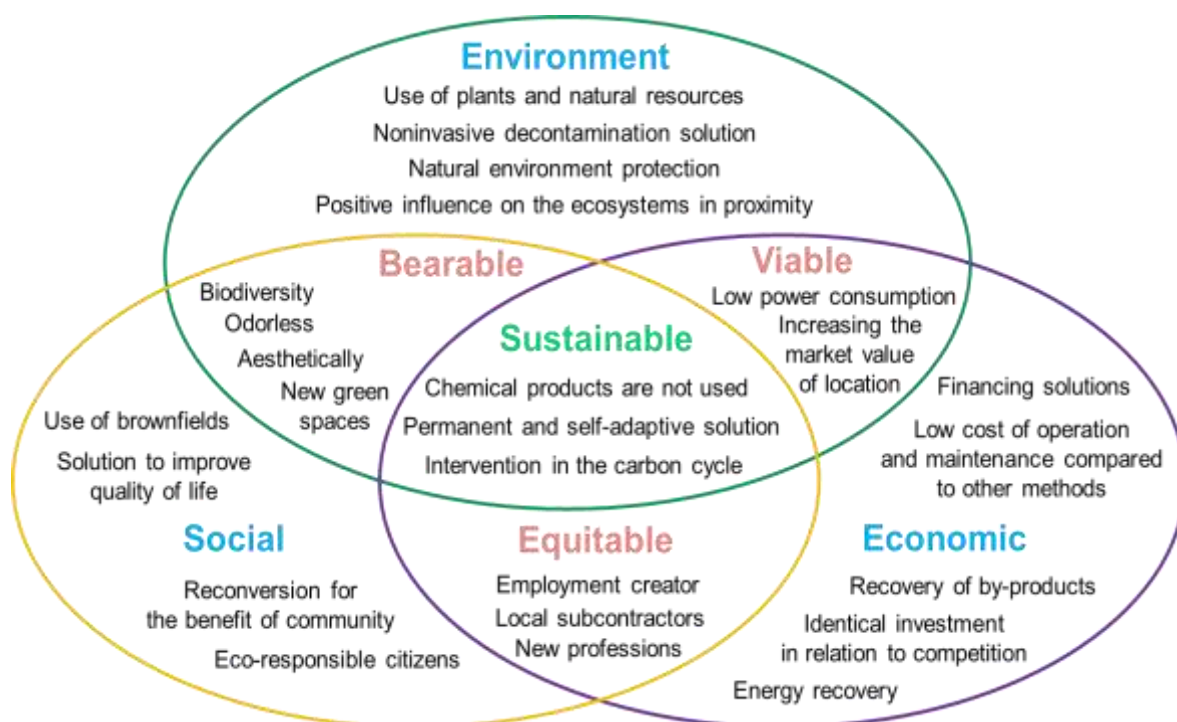


Figure 1. Diagram of objectives regarding sustainable development at environmental, social and economic levels [14], [15]

## 5. Entrepreneurial opportunities

Companies in the phytoremediation domain bring together teams of engineers and technicians that capitalizes knowledge and multidisciplinary expertise to provide engineering consultancy services, research and development as well as sales and consulting services in financing projects. These companies must work in close collaboration with institutional partners from different sectors (Table 2) [16].

Companies provide complete services, from diagnosis and detailed engineering study to the monitoring and functioning of implemented elements of ecological reconstruction [17].

## 5. Oportunități antreprenoriale

Comaniile din domeniul fitoremedierii reunesc echipe de ingineri și tehnicieni care valorifică cunoștințele și expertiza multidisciplinară pentru a oferi servicii de consultanță în inginerie, cercetare și dezvoltare, precum și servicii de vânzare și consultanță privind finanțarea proiectelor. Aceste companii trebuie să lucreze în strânsă colaborare cu organismele instituționale și parteneri din diferite sectoare (Tabelul 2) [16].

Comaniile asigură servicii complete, de la diagnostic și studiu de inginerie detaliat până la monitorizarea și funcționarea elementelor de reconstrucție ecologică implementate [17].

Table 2. Types of services offered by companies in the phytoremediation domain

Diagnosis	Project	Operation
Pollution analysis	Design	Monitoring
Selection of plant species adapted to the pollution to be treated, the climate and the soil type	Implementation	Biomass recovery
Soil analysis	Operational management	Continuous improvement
Selection of suitable amendments	Purchases from suppliers	Adaptation

The target group to which companies which have applications in phytoremediation field can provide expertise includes:

- Clusters and SMEs in the agro-food, wine, cosmetics, pharmaceuticals and others;
- Collective and semi-collective infrastructures: villages, hotels, retirement homes, campsites etc;
- Local government: municipalities and county councils, waste collection centers, composting areas, landfills etc;
- Owners of zoological and natural parks [18].

## 6. Conclusions

Former industrial sites can not be left in their current state and something must be done for their remediation using innovative solutions for ecological restoration. For this, the use of phytoremediation and its applications can be successfully implemented both in situ and ex situ by specialized companies.

These companies can provide the best solutions through a multidisciplinary approach offered by experts who collaborate with research centers, environmental agencies and other institutions. The entrepreneurial perspective is necessary for the application of the research obtained at laboratory scale in particular situations at commercial level and value it by large-scale results.

## 7. Acknowledgements

This work was partially supported by the strategic grant POSDRU/159/1.5/S/137070 (2014) of the Ministry of National Education, Romania, cofinanced by the European Social Fund – Investing in People, within the Sectoral Operational Programme Human Resources Development 2007-2013.

This work was supported by a grant of the Romanian National Authority for Scientific Research, CNCS – UEFISCDI, project number PN-II-PT-PCCA-2013-4-1717.

Din grupul țintă căruia companiile care au aplicații în domeniul fitoremedierii pot să își ofere expertiza fac parte:

- Grupurile industriale și IMM-urile din sectorul agro-alimentar, vin, cosmetice, industria farmaceutică și altele;
- Administrațiile locale: consilii județene și primării, centre de colectare a deșeurilor, zone de compostare, depozite de deșeuri etc;
- Infrastructurile colective și semi-colective: sate, hoteluri, azile de bătrâni, locuri de campare etc;
- Proprietarii de parcuri naturale și zoologice [18].

## 6. Concluzii

Zonele industriale dezafectate nu pot fi lăsate în starea lor actuală, ci trebuie intervenit pentru remedierea lor prin aplicarea de soluții inovative de reconstrucție ecologică. În acest sens, utilizarea fitoremedierii cu aplicațiile sale poate fi implementată cu succes atât in situ cât și ex situ de către companiile de profil.

Aceste companii pot oferi soluțiile cele mai bune printr-o abordare multidisciplinară oferită de specialiștii care colaborează cu centre de cercetare, agenții de mediu și alte instituții. Perspectiva antreprenorială este necesară pentru aplicarea cercetărilor obținute la nivel de laborator în situații particulare la nivel comercial și valorificarea lor prin rezultatele obținute la scară largă.

## 7. Mulțumiri

Această lucrare a fost parțial finanțată în cadrul proiectului strategic POSDRU/159/1.5/S/137070 (2014) a Ministerului Educației Naționale, România, co-finanțat din Fondul Social European – Investește în oameni, prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.

Această lucrare a fost finanțată de grant al Autorității Naționale pentru Cercetare Științifică, CNCS - UEFISCDI, număr proiect PN-II-PT-PCCA-2013-4-1717.

## References

- [1] Margazzi, O. and Vergano, O., 1948, Il contenuto di nichel nelle ceneri di *Alyssum bertolonii* Desv, *Atti della Societa Toscana de Scienze Natruale*, 55, 49.
- [2] Rai U.N. and Pal A., 1999, Toxic Metals and Phytoremediation, *EnviroNews*, Vol. 5, No. 4.
- [3] McCutcheon, C. S. and Rock, A. S., 2001, Phytoremediation: state of the science conference and other developments, *International Journal of Phytoremediation*, 3, 1–11.
- [4] Pilon-Smits E., 2005, Phytoremediation, *Annual Review of Plant Biology*, Vol. 56: 15-39.
- [5] Trueman, S., 2015, Phytoremediation: Cleaning The Soil With Flowers?, *Plants And The Environment*, available online at: <http://botany.about.com/od/PlantsAndTheEnvironment/a/Phytoremediation.htm>, accessed at 22 november 2015.
- [6] \*\*\*<http://www.colorado.edu/engineering/civil/CVEN4474/resources/HAZLphyto.pdf>.
- [7] EPA, 2000, Introduction to Phytoremediation (EPA/600/R-99/107). National Risk Management Research Laboratory, US.
- [8] Avram N., 2012, Interdisciplinarity – method of study in the development of converging fields, *Environmental Engineering and Sustainable Development Entrepreneurship – Vol. 1, No. 2: 55 – 64*.
- [9] ITRC, 2001, Phytotechnology Technical and Regulatory Guidance Document, Interstate Technology and Regulatory Cooperation, Costa Rica, available online at: [www.itrcweb.org](http://www.itrcweb.org).
- [10] Schwitzguébel, J. P., 2001, Hype or hope: the potential of phytoremediation as an emerging green technology, *Remediation Journal*, 11, 63–78.
- [11] United Nations Environment Programme (UNEP), 2003, IETC Freshwater Management Series 7, United Nations Environment Programme, available online at: <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Freshwater/FMS7/copyright.asp>.
- [12] Marmiroli, N., Marmiroli, M. and Maestri, E., 2006, Phytoremediation and phytotechnologies: a review for the present and the future, in: I. Twardowska, H. E. Allen, M. H. Häggblom and S. Stefaniak, eds., *Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation Proceedings of NATO Advanced Workshop*, Springer-Verlag, Dordrecht, The Netherlands, pp. 403–416.
- [13] Stephenson C. and Black C.R., 2014, One step forward, two steps back: the evolution of phytoremediation into commercial technologies, *Bioscience Horizons*, Volume 7: 1 - 15.
- [14] \*\*\*[https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9veloppement\\_durable](https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9veloppement_durable).
- [15] \*\*\*[http://www.phytorem.com/var/website/storage/images/media/images/schema-developpement-durable/1384-1-fre-FR/schema-developpement-durable\\_page.jpg](http://www.phytorem.com/var/website/storage/images/media/images/schema-developpement-durable/1384-1-fre-FR/schema-developpement-durable_page.jpg).
- [16] \*\*\*<http://en.phytorem.com/About-us/Our-expertise>.
- [17] \*\*\*<http://en.phytorem.com/Qui-sommes-nous/Le-Bambou-Assainissement-R>.
- [18] \*\*\*<http://en.phytorem.com/Our-clients>.