



Landfill mining –

- utopické vízie alebo budúcnosť EU baníctva ?

Ing. Marek Hrabčák, Geosofting, s.r.o., Prešov - Slovensko





**Ekonomická situácia
v dnešnej Európe
nám umožňuje
relatívne vysoký
blahobyt...**

AN INTEGRATED MATERIALS
VALORISATION SCHEME FOR
ENHANCED LANDFILL MINING

Van Geven, T., Geysen, B., Fonteles, Y., Cizer, O.,
Welters, G., Eiden, J., Van Paalen, K., Jones, P.D., Marpaat, B.

**Only 25 wt% of
what goes into
the pipe comes
out as goods
and services**

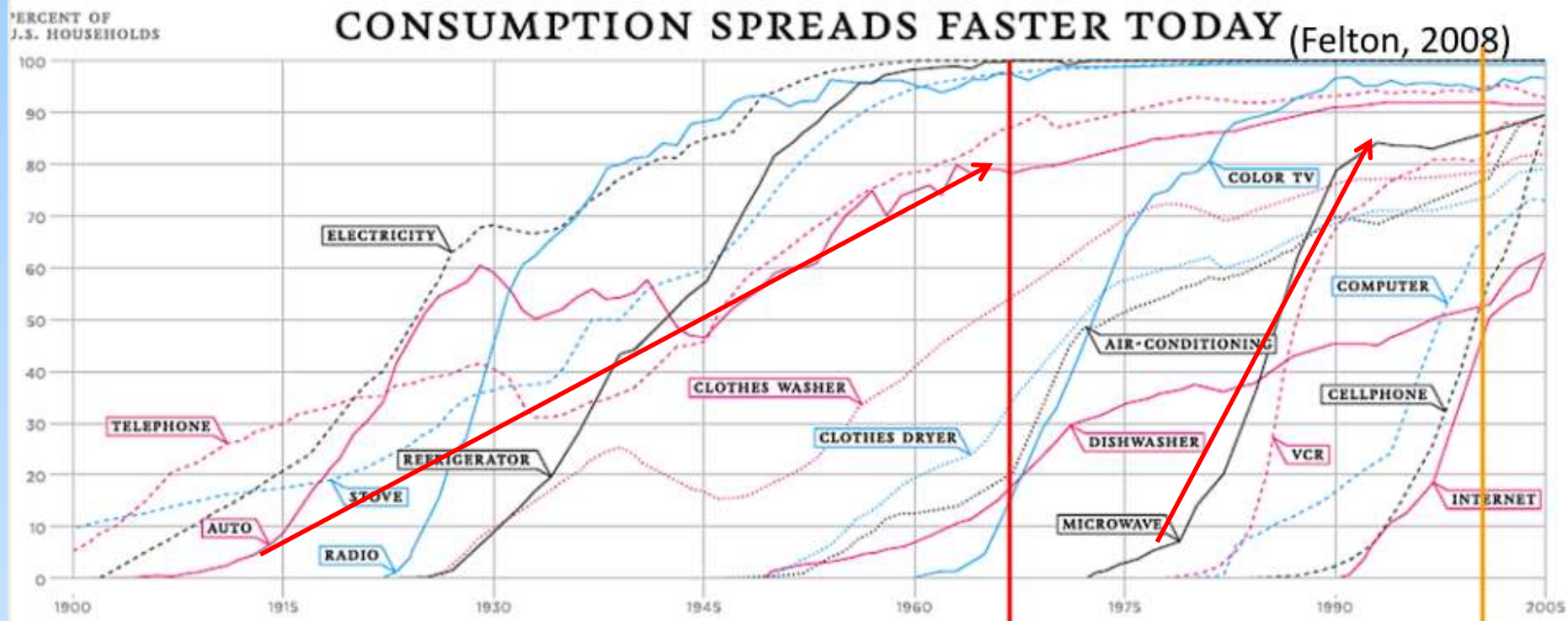
(Source: World Resource Institute)



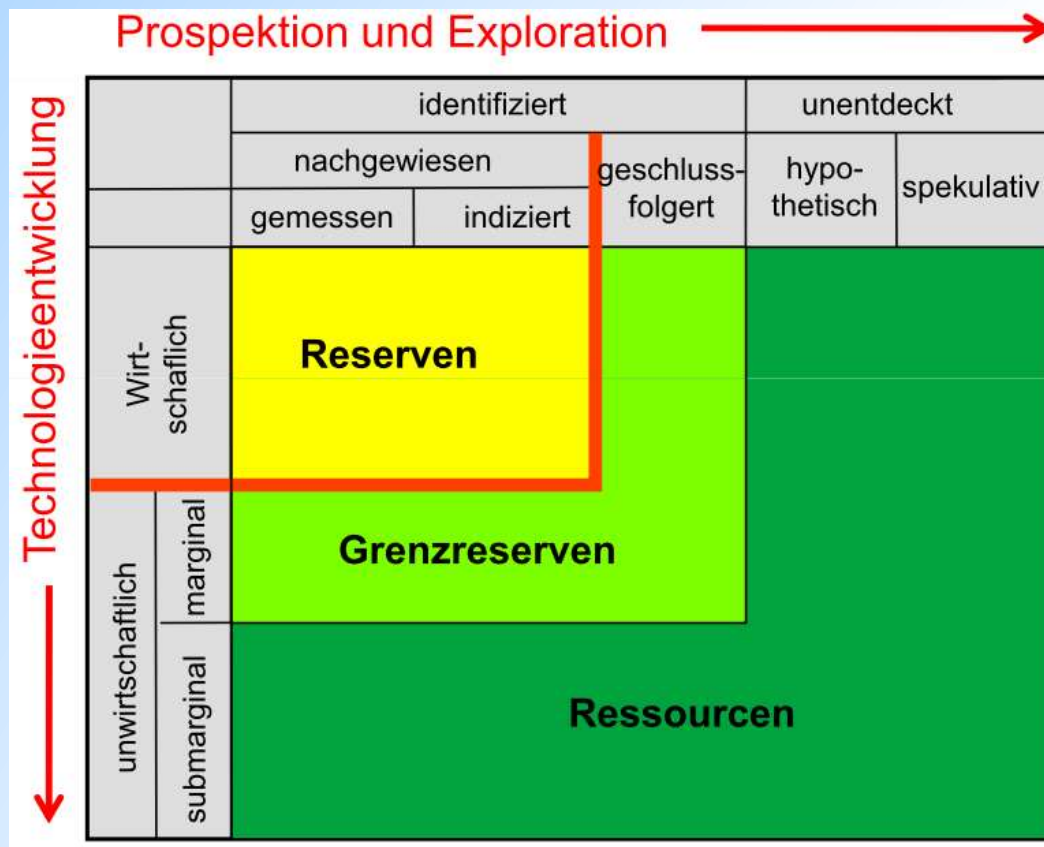
Can't we do something with the other 75 wt%?



The Great Acceleration = growth & adoption of technology and consumption unprecedented



Veľkosť overených zásob prírodných zdrojov je funkciou tržnej ceny tohto zdroja a prevládajúcej technológie na jeho získanie.



Paul H. BRUNNER
Institut für Wassergüte, Abfallwirtschaft
und Ressourcenmanagement

Doba kamenná neskončila pre nedostatok kameňa...
Ani stredovek pre nedostatok uhlia.

„Urban Mining“ – mehr als ein Modebegriff

Primär Produktion ≈ 5 g/t Au im Erz
Ähnlich für PGM



Recycling

≈ 200 g/t Au in PC Leiterplatten,
 ≈ 300 g/t Au in Mobiltelefonen (o. Batt.)
 ≈ 2000 g/t PGM in Autokat-Monolithen



Christian Hagelüken, ÖGUT Wien, 11.10.2010

6

Critical raw materials for the EU 2010.

Ako sa uvádza v štúdiu EK, jedna tona mobilov obsahuje zhruba 300 – 350 g zlata, 140 g platiny a paládia a asi 70 kg medi.

<http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/elektrina-z-obnovitelnych-zdroju-pry-muze-do-15-let-prekonat-uhli>

Elektrina z obnovitelných zdrojů prý může do 15 let překonat uhlí

16.6.2015 01:57 | LONDÝN (ČTK)



<http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/analiza-vetrne-energetiky-v-cr-vitr-muze-byt-sestkrat-levnejsi-nez-jadro>

Analýza větrné energetiky v ČR: vítr může být šestkrát levnější než jádro

31.3.2015 15:15 | PRAHA (Ekolist.cz)

Diskuse: 3



<http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/instalovany-vykon-nemeckych-vetrnych-elektren-na-mori-se-ztrojnasil>

Instalovaný výkon německých větrných elektráren na moři se ztrojnásobil

21.7.2015 09:39 | FRANKFURT (ČTK)

Vítr má potenciál pokrýt polovinu světové spotřeby energie v roce 2030



Energie větru by mohla uspokojit až polovinu světové poptávky po elektřině v roce 2030. Přitom na její pokrytí stačí instalace čtyř milionů turbín, které by měly výkon 7,5 TW. Tvrdí to společná studie amerických vědců z univerzit v Delaware a Stanfordu, která vypočetala celkový potenciál větrné energie v planetárním měřítku.

1,5 MW větrná turbína vyžaduje asi 350 kg prvků vzácných zemí (REE)

Na 7,5 TW potřebujeme cca 1 750 000 ton REE !

Súčasná celosvětová roční těžba je cca 124 000 ton
t.j. 14 rokov těžby...

Podle Archerové a Jacobsona by instalace čtyř milionů turbín měla mít výkon až 7,5 TW,



DIRECTORATE GENERAL FOR INTERNAL POLICIES
DIRECTORATE G: IMPACT ASSESSMENT
SCIENCE AND TECHNOLOGY OPTIONS ASSESSMENT

Future Metal Demand from Photovoltaic Cells and Wind Turbines

Investigating the Potential Risk of Disabling a Shift to
Renewable Energy Systems

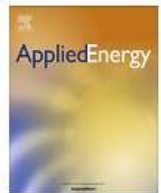


ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Applied Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apenergy



Critical and precious materials consumption and requirement in wind energy system in the EU 27



Junbeum Kim^{a,b}, Bertrand Guillaume^a, Jinwook Chung^{c,*}, Yongwoo Hwang^d

^aCREIDD Research Centre on Environmental Studies & Sustainability, Department of Humanity, Environment & Information Technology, University of Technology of Troyes, France

^bDepartment of Geoecology and Geochemistry, Institute of Natural Resources, Tomsk Polytechnic University, Russia

^cR&D Center, Samsung Engineering Co., Ltd., Suwon, South Korea

^dDepartment of Environmental Engineering, Inha University, Incheon, South Korea

Projekt obří solární elektrárny Desertec končí, opustila jej většina členů

15.10.2014 10:10 | BERLÍN (ČTK)

Švýcaři v referendu odmítli návrh ekologické daňové reformy

9.3.2015 07:46 | BERN (ČTK)



Britská vláda zruší subvence větrným elektrárnám na pevnině

18.6.2015 13:26 | LONDÝN (ČTK)

„Critical raw materials for the EU 2010.“

EK analyzovala 41 minerálov a kovov - 14 z nich je pre EU kritických:

antimon, berylium, fluorit, galium, germanium, grafit, indium, kobalt, Pt skupina, vzácné zeminý = REE, magnézium, niob, tantal a wolfrám

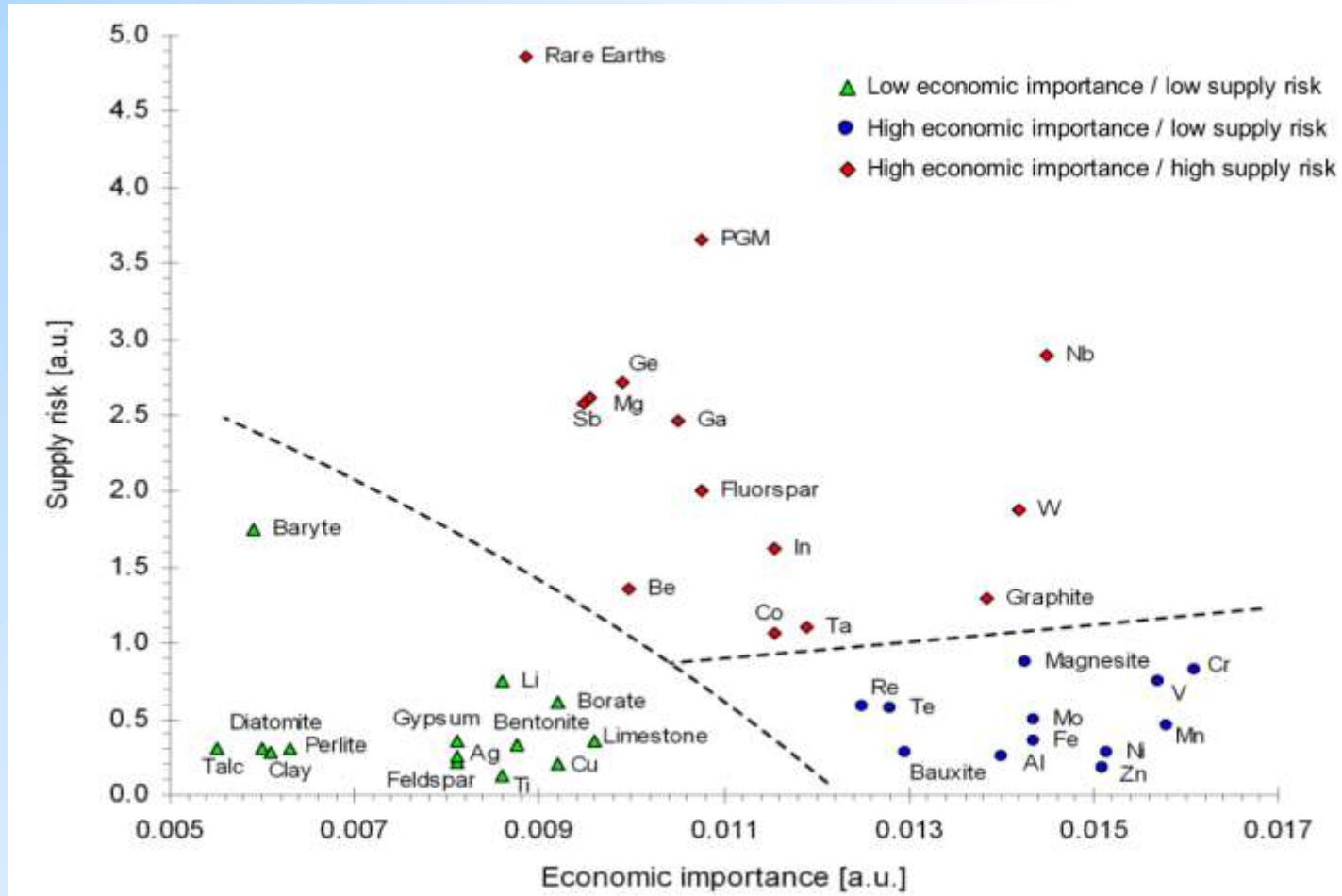


Figure 3: Economic importance and supply risk of 41 minerals and materials.

Element or element group	Symb ol	Risk	Leading producer	Element or element group	Symbol	Risk	Leading producer
antimony	Sb	8,5	China	cadmium	Cd	5,5	China
platinum group elements	PGE	8,5	South Africa	lithium	Li	5,5	Australia
mercury	Hg	8,5	China	calcium	Ca	5,5	China
tungsten	W	8,5	China	phosphorous	P	5,0	China
rare earth elements	REE	8,0	China	barium	Ba	5,0	China
niobium	Nb	8,0	Brazil	boron	B	4,5	Turkey
strontium	Sr	7,5	China	zirconium	Zr	4,5	Australia
bismuth	Bi	7,0	China	vanadium	V	4,5	Russia
thorium	Th	7,0	India	lead	Pb	4,5	China
bromine	Br	7,0	USA	potassium	K	4,5	Canada
carbon (graphite)	C	7,0	China	gallium	Ga	4,5	China
rhenium	REE	6,5	Chile	flourine	F	4,5	China
iodine	I	6,5	Chile	copper	Cu	4,5	Chile
indium	In	6,5	China	selenium	Se	4,5	Japan
germanium	Ge	6,5	China	carbon (coal)	C	4,5	China
beryllium	Be	6,5	USA	zinc	Zn	4,0	China
molybdenum	Mo	6,5	Mexico	uranium	U	4,0	Kazakhstan
helium	He	6,5	USA	nickel	Ni	4,0	Russia
tin	Sn	6,0	China	chlorine	Cl	4,0	China
arsenic	As	6,0	China	sodium	Na	4,0	China
silver	Ag	6,0	Peru	carb n (diamonds)	C	4,0	Russia
tantalum	Ta	6,0	Rwanda	sulphur	S	3,5	China
manganese	Mn	5,5	China	iron	Fe	3,5	China
magnesium	Mg	5,5	China	chromium	Cr	3,5	Canada
cobalt	Co	5,5	DRC	aluminium	Al	3,5	Australia
gold	Au	5,5	China	titanium	Ti	2,5	Australia

: Index rizika pre kovy a prvky z hľadiska ich strategického významu (zdroj Ohrlund, 2011)

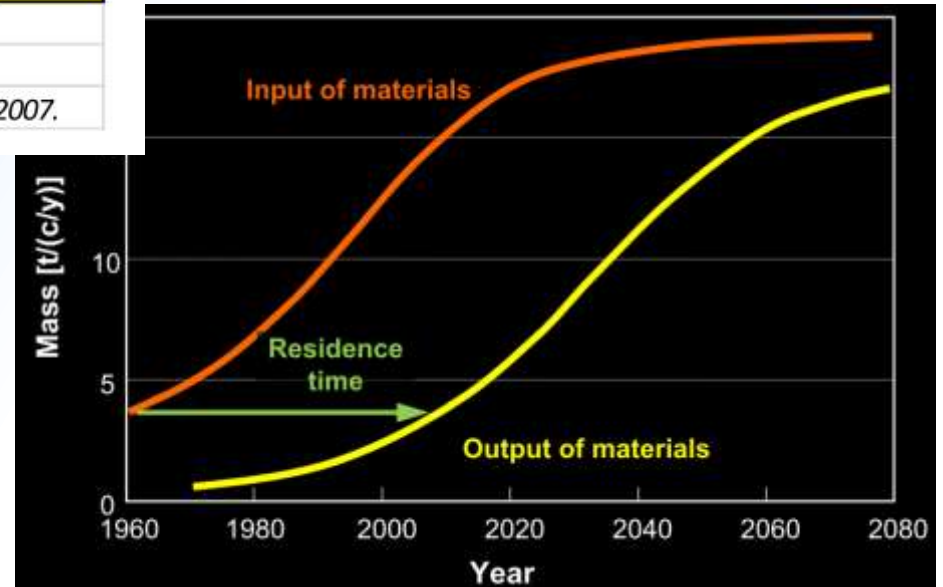
„Space suroviny“ v elektronike.

Metal		World Mine Production, 2007 (t/yr)	Demand from Electronics Sector (t/yr)	Electronics sector demand/mine production
Silver	Ag	20,000	6,000	30%
Gold	Au	2,500	250	10%
Palladium	Pd	215	32	15%
Platinum	Pt	220	13	6%
Ruthenium	Ru	30	6	20%
Copper	Cu	16,000,000	4,500,000	28%
Tin	Sn	275,000	90,000	33%
Antimony	Sb	130,000	65,000	50%
Cobalt	Co	58,000	11,000	19%
Bismuth	Bi	5,600	900	16%
Selenium	Se	1,400	240	17%
Indium	In	480	380	79%

Source: Christian Hageluen, Umicore Precious Metals Refining, presentation at the Basel Convention, Geneva Switzerland, 7 Sept. 2007.

Anthropogenic Metabolism and Environmental Legacies

Paul H Brunner and Helmut Rechberger



Future Metal Demand from Photovoltaic Cells and Wind Turbines

Investigating the Potential Risk of Disabling a Shift to
Renewable Energy Systems

FINAL REPORT

- Masové nasadenie fotovoltaických článkov a veterných turbín s permanentnými magnetmi bude mať vážny vplyv na dopyt po ôsmich významných prvkoch: - gálium, indium, selén, telúr, dysprosium, neodým, prazeodymu a terbium.
 - Súčasná miera recyklácie týchto 8 významných prvkov je **menšia ako 1 percento** !
 - Možnosti **substitučnej náhrady** inými prvkami sú pre tieto 8 významných prvkov **veľmi obmedzené**.
- **Recyklácia nebude schopná kompenzovať** žiadnu významnú časť dodávok týchto surovín potrebných pre masové nasadenie fotovoltaických článkov a veterných turbín až do roku 2030. Zvýšený dopyt po týchto prvkoch bude musieť byť splnený ťažbou primárnych surovín.
- Environmentálne riziká a vplyvy spojené s ťažbou týchto prvkov, ich spracovanie a rafinácie budú narastať. Rastúci dopyt po týchto prvkoch bude mať nevyhnutne environmentálne a sociálne dopady vrátane významného prispievania k ďalšej zmene klímy. Očakáva sa, že významné porastú ekologické riziká vzhľadom na to, že horúčkovité otváranie nových ložísk na uspokojenie dopytu bude najmä v rozvojových krajinách s nižšími ekologickými štandardmi

Critical and precious materials consumption and requirement in wind energy system in the EU 27

Junbeum Kim ^{a,b}, Bertrand Guillaume ^a, Jinwook Chung ^{c,*}, Yongwoo Hwang ^d

^aCREIDD Research Centre on Environmental Studies & Sustainability, Department of Humanity, Environment & Information Technology, University of Troyes, France
^bDepartment of Geology and Geochemistry, Institute of Natural Resources, Tomsk Polytechnic University, Russia
^cGRD Center, Samsung Engineering Co., Ltd., Suwon, South Korea
^dDepartment of Environmental Engineering, Inha University, Incheon, South Korea

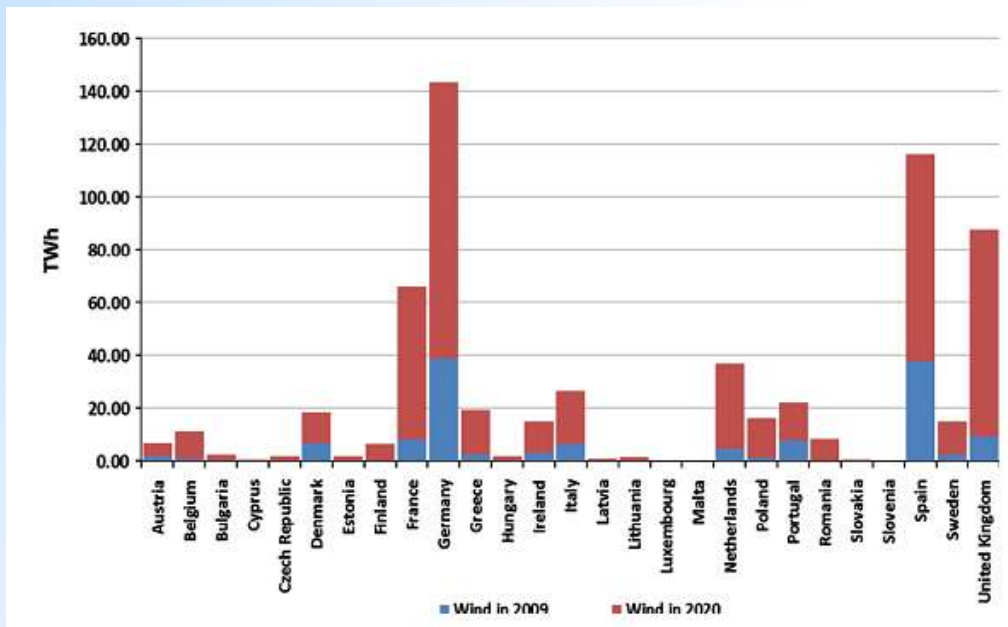


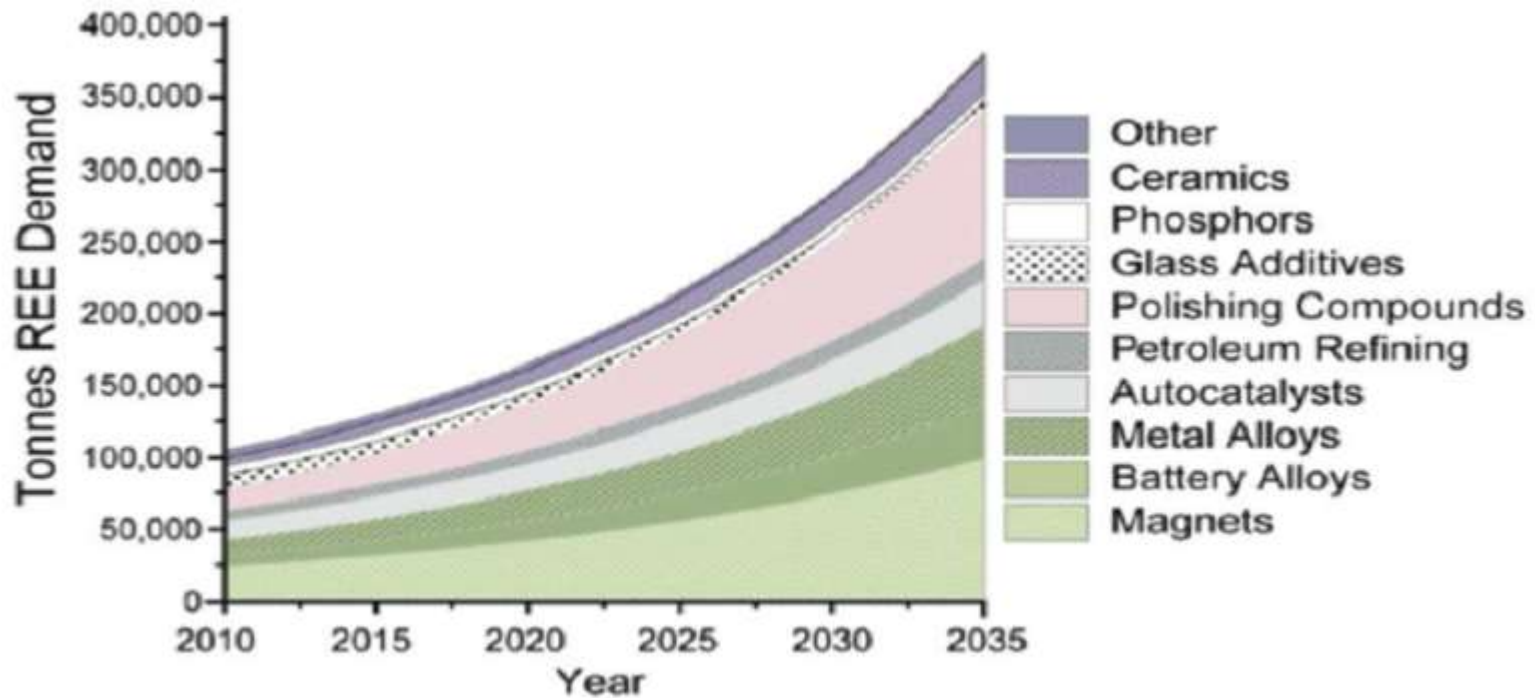
Table 5
 Other critical and valuable materials consumption in 2009 and future requirement by 2020 in the EU 27 wind energy systems.

Critical and valuable materials	2009 (ton)	2020 (ton)
Cobalt, in ground	34.0	115.5
Gallium, 0.014% in bauxite, in ground	0.1	0.3
Gold, in ore, in ground	88.0	281.0
Indium, 0.005% in sulfide, In 0.003%, Pb, Zn, Ag, Cd, in ground	200.4	540.7
Magnesium, 0.13% in water	255.1	762.6
Pd, in ore, in ground	12.7	40.6
Pt, in ore, in ground	1.4	4.2
Rh, in ore, in ground	0.4	1.3
Rhenium, in crude ore, in ground	0.1	0.3
Silver, in ore, in ground	256.7	699.3
Tantalum, 81.9% in tantalite, 1.6E-4% in crude ore, in ground	91.5	249.3
Tellurium, 0.5 ppm in sulfide, Te 0.2 ppm, Cu and Ag, in crude ore, in ground	12.6	34.4

Future Metal Demand from Photovoltaic Cells and Wind Turbines

Investigating the Potential Risk of Disabling a Shift to Renewable Energy Systems

FINAL REPORT



Zdroj :. Alonso et al, 2012

Future Metal Demand from Photovoltaic Cells and Wind Turbines

Investigating the Potential Risk of Disabling a Shift to
 Renewable Energy Systems

FINAL REPORT

prvok	značka	spotreba	ročná svetová ťažba ¹	sp/r.č.	súčasný svetový zásoby ¹	sp/s.z.
		(t)	(t)	(%)	(t)	(%)
Kobalt	Co	115	120 000	0,10%	7 200 000	0,002%
			110 000	0,10%	7 500 000	0,002%
Indium	In	540,7	770	70%		
			670	81%	12 400	4,4%
Paladium	Pd	40,6	211	19%	66 000	0,062%
			222	18%		
Tantal	Tn	249	590	42%	100 000	0,25%
			765	33%	150 000	0,17%
Telur	Te	34,4				
			80	43%	24 000	0,14%
Fluorit	CaF ₂	76 052	6 700 000	1,14%	240 000 000	0,03%
			6 850 000	1,11%	240 000 000	0,03%
REE	REE	23 237				
			110 000	21%	10 000 000	0,23%

Number of Old Landfills and Dumps

Landfills in the EU/UK–

Some Numbers:

150,000 Landfills in Europe
22,000 historical in England/Wales
2000+ EA/SEPA registered in UK
465 still 'Operational' by 2010

- Sweden: 6,000 (landfill= deponi)
- Baltic Sea Region: 75,000 - 100,000
- Europe: 350,000-500,000 (Sulfanet 150,000)
- The World: 10 000 000- 15 000 000???????

Mike SUMMERGILL
President 2013/14, CIWEM
The Chartered Institution of Water
and Environmental Management

William Hogland, Marika Hogland,
Marcia Marques

ENHANCED LANDFILL MINING:
MATERIAL RECOVERY, ENERGY
UTILISATION AND ECONOMICS IN
THE EU (DIRECTIVE)
PERSPECTIVE



Budúcnosť skládkovania ?

(podľa ECS Inc. 2006)



Geosynthetic

The sustainable landfill revisited

Geosynthetic | April 2012

By Donald E. Hullings and Hal S. Boudreau III

2. História a terminológia.

„Proces extrakcie materiálov alebo iných zložiek zo skládky, kde boli predtým uložené ako odpad.“ (Krook, 2012)

- dodatočné materiálové alebo energetické využitie odpadu
- zníženie alebo vylúčenie rizika znečistenia zo skládky
- využitie územia pre ďalšie účely

Landfill reclamation or Landfill Mining (LFM) is a less known solid waste management method. As its name suggests, LFM can be defined as *“the excavation and treatment of waste from an active or inactive landfill for one or more of the following purposes: conservation of landfill space, reduction in landfill area, elimination of a potential contamination source, mitigation of an existing contamination source,*

- Potential for recovery of energy (waste to energy concept - WtE) and materials; (waste to energy concept - WtE)
- Efficient land reclamation;
- Soil decontamination and proper removal of extraction waste;
- Parallel benefits related to rehabilitation (e.g. nuisance combating through efficient rehabilitation)



LANDFILL MINING – A CONTRIBUTION TO CONSERVATION OF NATURAL RESOURCES?

Sebastian Wanka, Klaus Fricke, Kai Münnich, Anton Zeiner



**Protection
of waters**



**Climate
protection**



**Lifetime
extension
of landfill**



**Recycling
of land area**



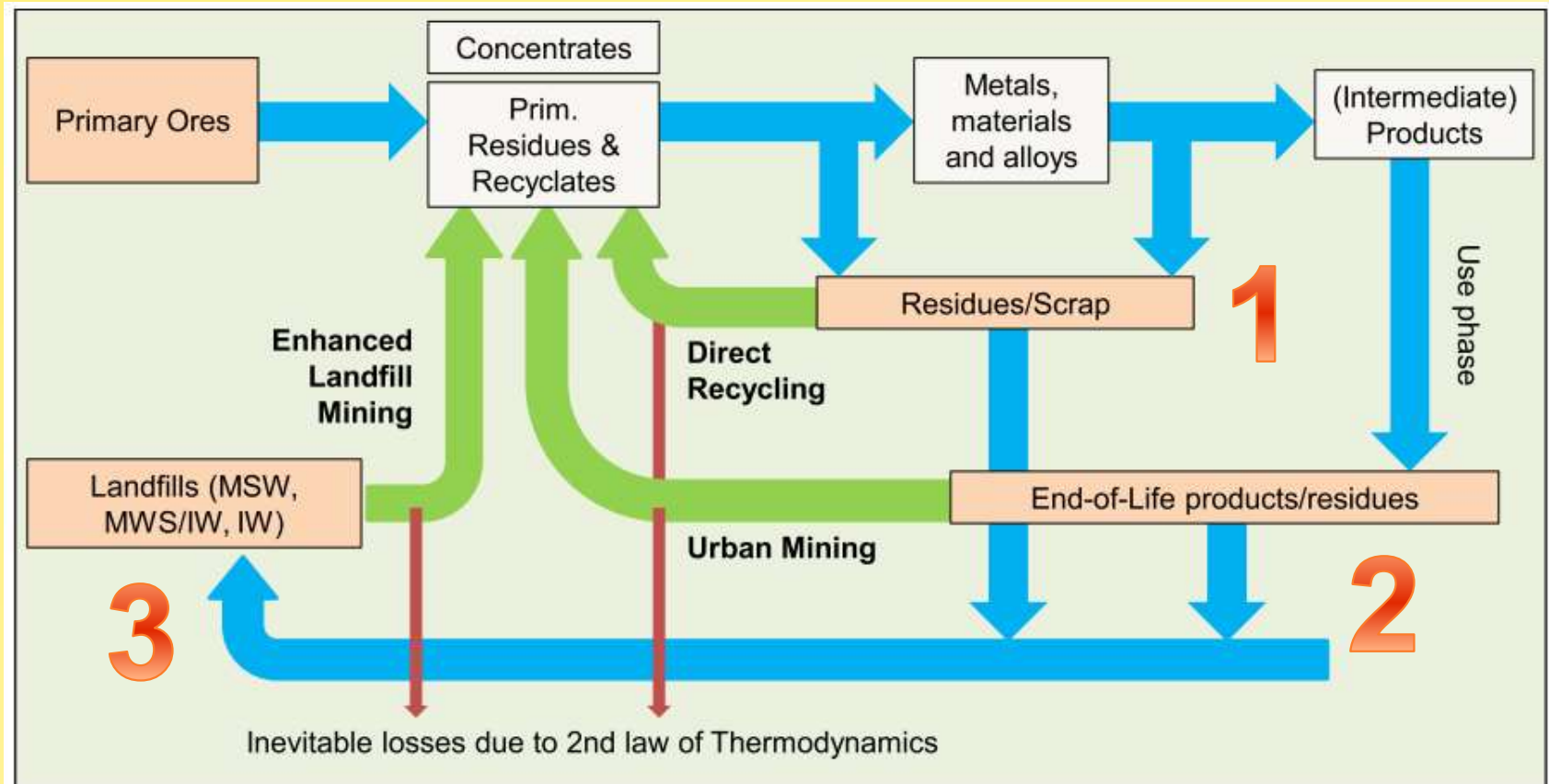
**Resource
extraction**



Review

Enhanced Landfill Mining in view of multiple resource recovery: a critical review

Peter Tom Jones^{a,b,*}, Daneel Geysen^{a,b}, Yves Tielemans^{b,c}, Steven Van Passel^{b,d}, Yiannis Pontikes^{a,b}, Bart Blanpain^e, Mieke Quaghebeur^{b,e}, Nanne Hoekstra^f

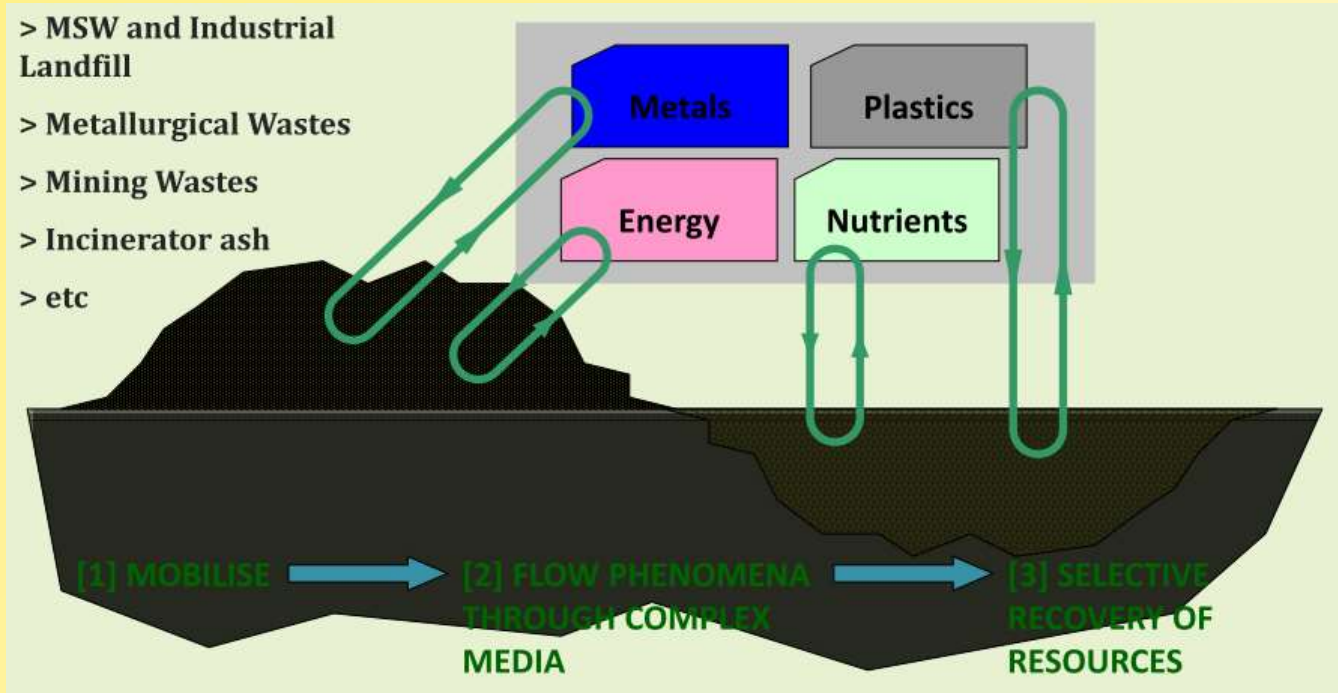


Rôzne cesty (1-2-3) „uzavretia slučky“ tzv. CIRCULAR ECONOMY.

In situ Recovery of Resources from Waste Repositories

Dr Devin Sapsford, Dr Peter Cleall, Dr Michael Harbottle, Dr Talib Mahdi, Prof Andy Weightman, Prof Katie Williams, Dr Danielle Sinnett, Prof Tim Bugg, Dr Andy Clarke, Dr Stefan Bon

NERC workshop, 24-07-14



Work Packages

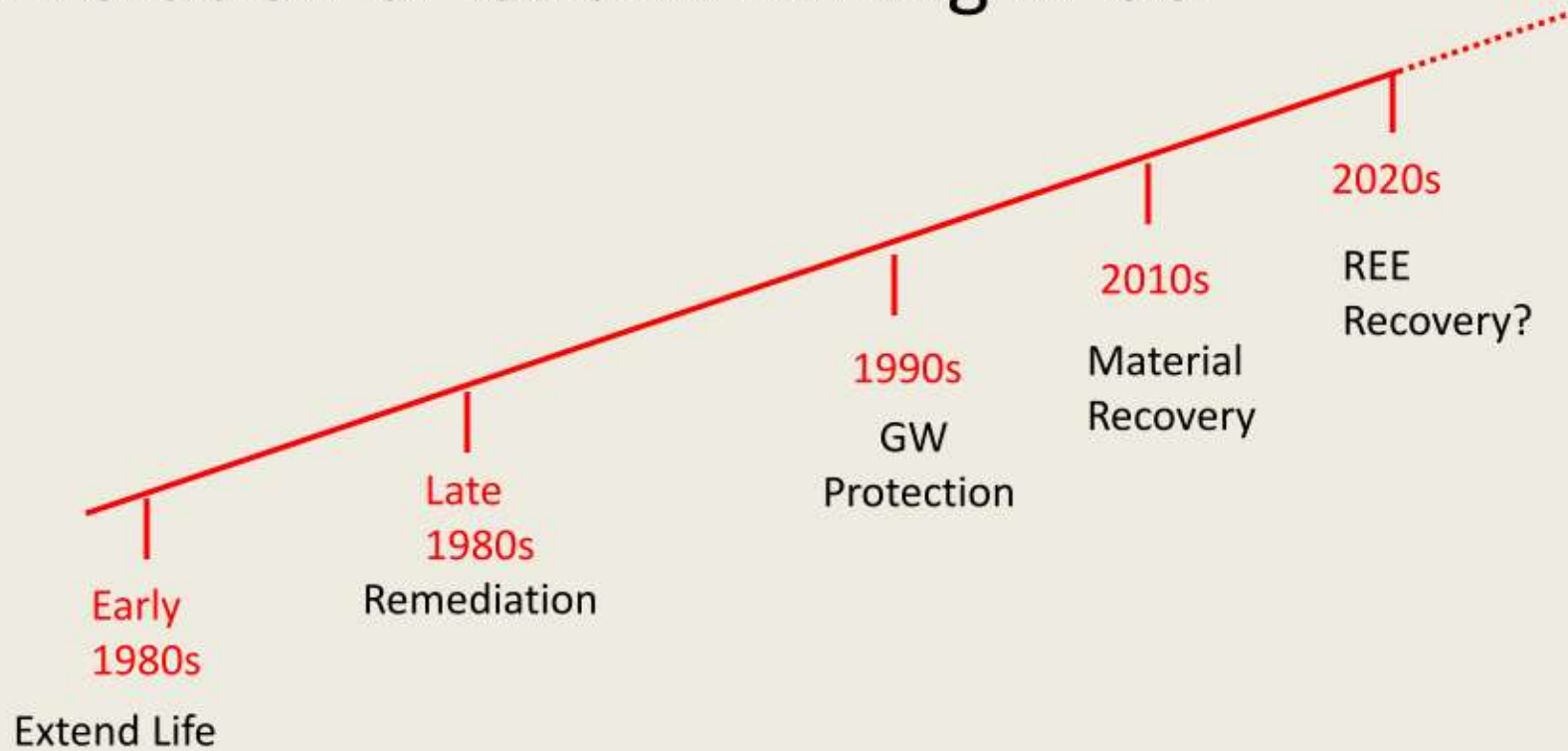
WP2 – Biotechnological enhancement of lignocellulose degradation for enhanced methane production and metals recovery (led by Warwick, supported by Cardiff)

WP4 – Techno-environmental comparison of environmental and societal impacts of repository and conventional mining methods (led by UWE, supported by Cardiff)

Successful Mining of a Maine Landfill

Travis Wagner, Ph.D.
Department of Environmental Science
University of Southern Maine

Evolution of landfill mining in US



3. Environmentálne - riziká



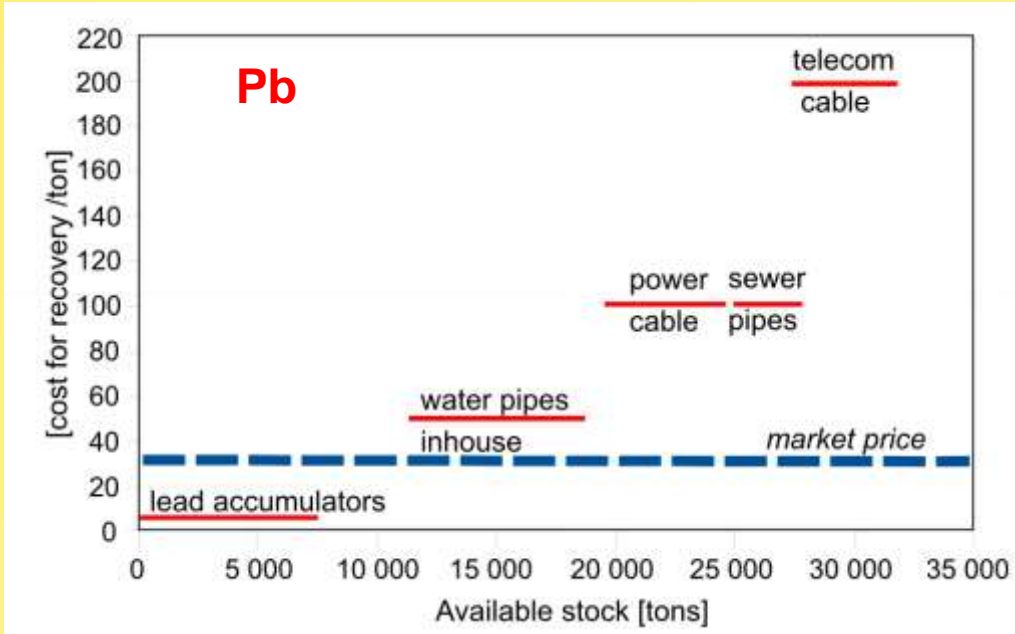
Landfill Mining and Reclamation in Michigan

Department of Environmental Quality,
Office of Waste Management and
Radiological Protection

Typické riziká z LM:

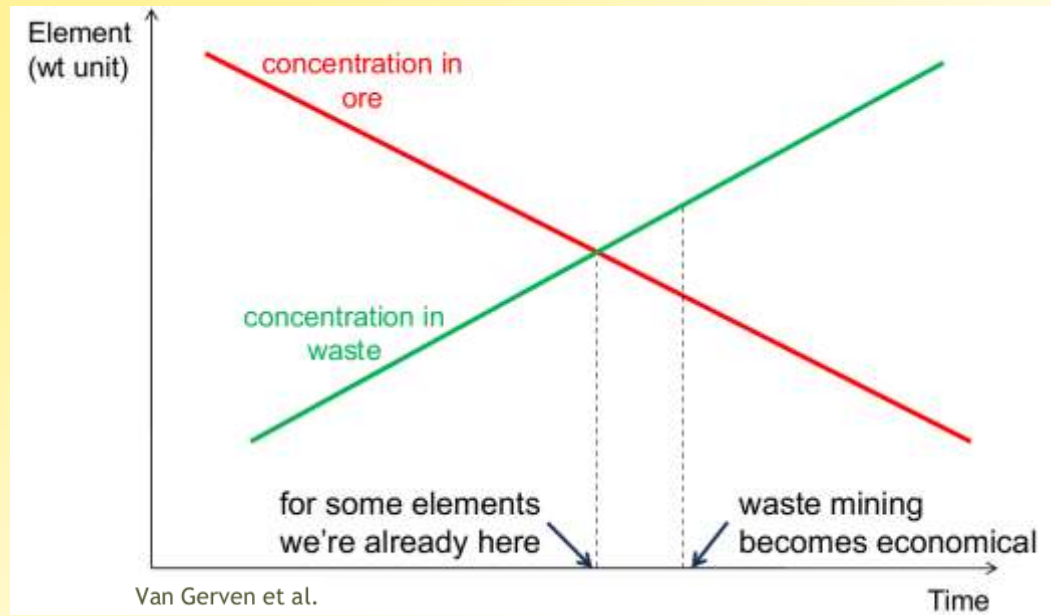
- Zápach pri otváraní a ťažbe odpadu
 - Úniky priesakovej kvapaliny
 - Neznáme nebezpečné odpady
- Požiar a výbuch skládkových plynov
 - Hygienické riziká
- Pracovné úrazy na strojoch a zariadeniach

5. Ekonomické súvislosti LM.



KONDICIE = výhodná trhova cena

Prof. Dr. Paul H. Brunner
 paul.h.brunner@tuwien.ac.at



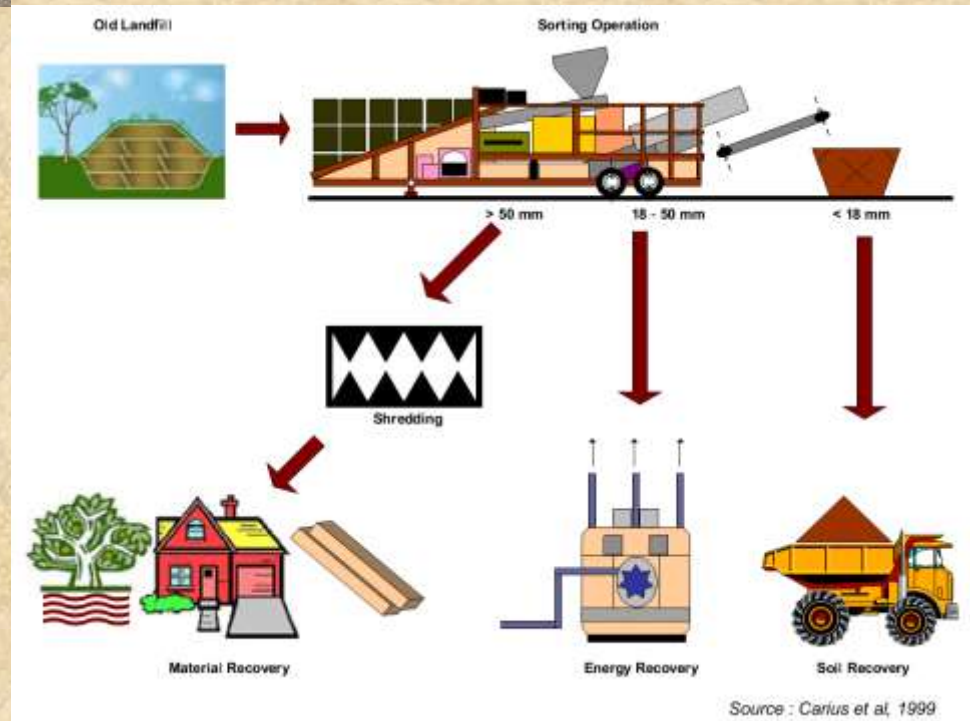
Van Gerven et al.

5. Ekonomické súvislosti LM.

- veľkosť skládky
- charakter a vlastnosti uloženého odpadu
- podiel nebezpečných alebo nevhodných odpadov
- cena a dopyt po recyklovaných odpadoch
- cena a dopyt po energií z odpadov
- prevádzkové náklady na ťažbu
- hodnota voľného objemu skládky po ťažbe
- náklady na rekultiváciu a následnú starostlivosť
- cena pozemkov a krajiny



6. Technologické možnosti.



Landfill Mining

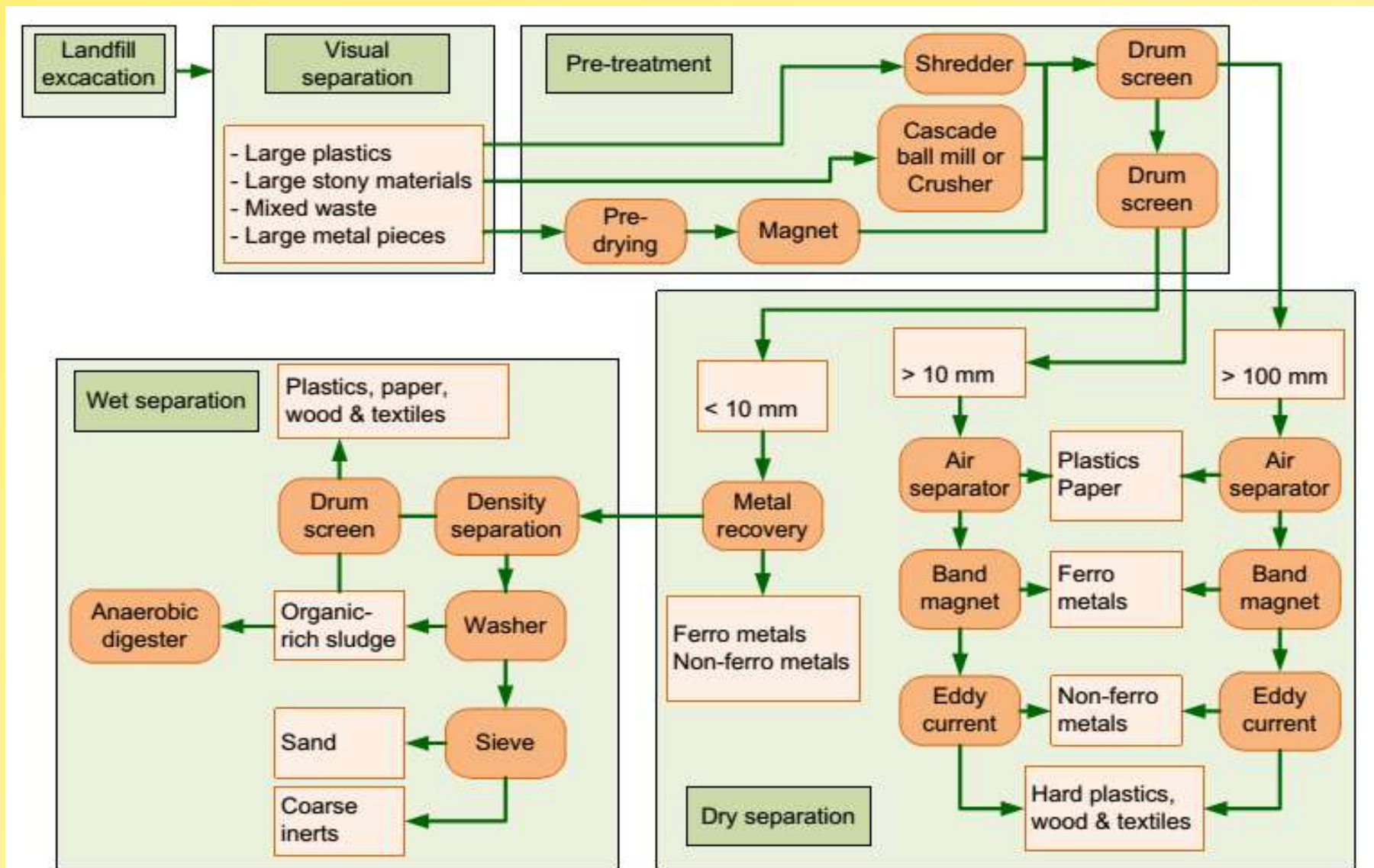
2013



Landfill mining – predstavy a skutočnosť.



Technologické možnosti LM





ŽÁDNÝ PĚNÍZE. ZASE PŘÍVEZLI JEN HOUNOU...

No money! Brought back just HOW KNOW...



Ďakujem za Vašu pozornosť



Ing. Marek Hrabčák,
Geosofting, s.r.o. Prešov