

The logo for ZAG, consisting of the letters 'ZAG' in a bold, blue, sans-serif font.

ZAVOD ZA
GRADBENIŠTVO
SLOVENIJE

SLOVENIAN
NATIONAL BUILDING
AND CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE

Remediacija onesnaženih zemljin

Ana Mladenovič, Primož Oprčkal
Zavod za gradbeništvo Slovenije

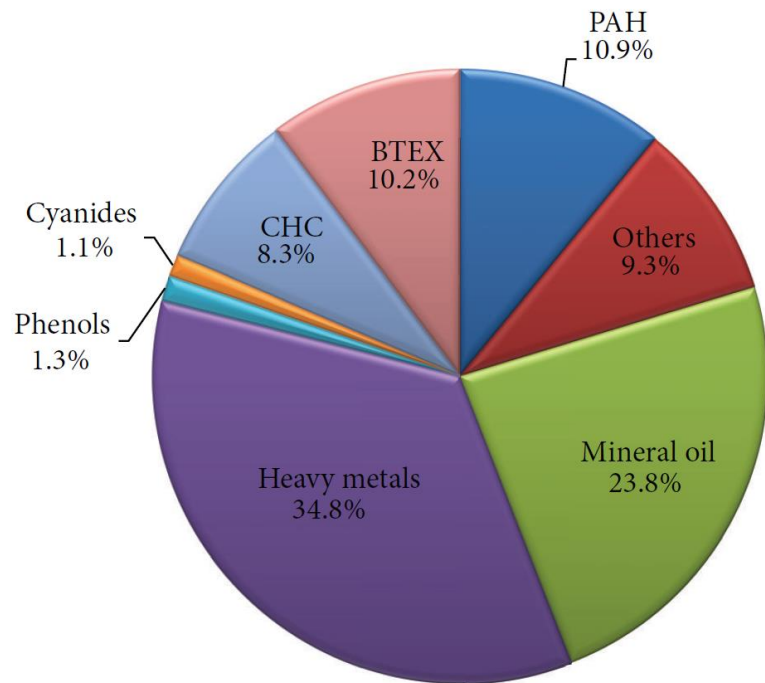
Ljubljana, 1. junij, 2017

Problem

- **V Sloveniji so številne lokacije, kjer so tla onesnažena in so potencialen vir emisij strupenih snovi v okolje.**
- **Posledica industrijskih aktivnosti in rudarjenja (ocena - 80 km² ozemlja).**
- **Največje: področje stare Cinkarne v Celju, kjer je približno 1,5 M ton onesnažene zemljine.**

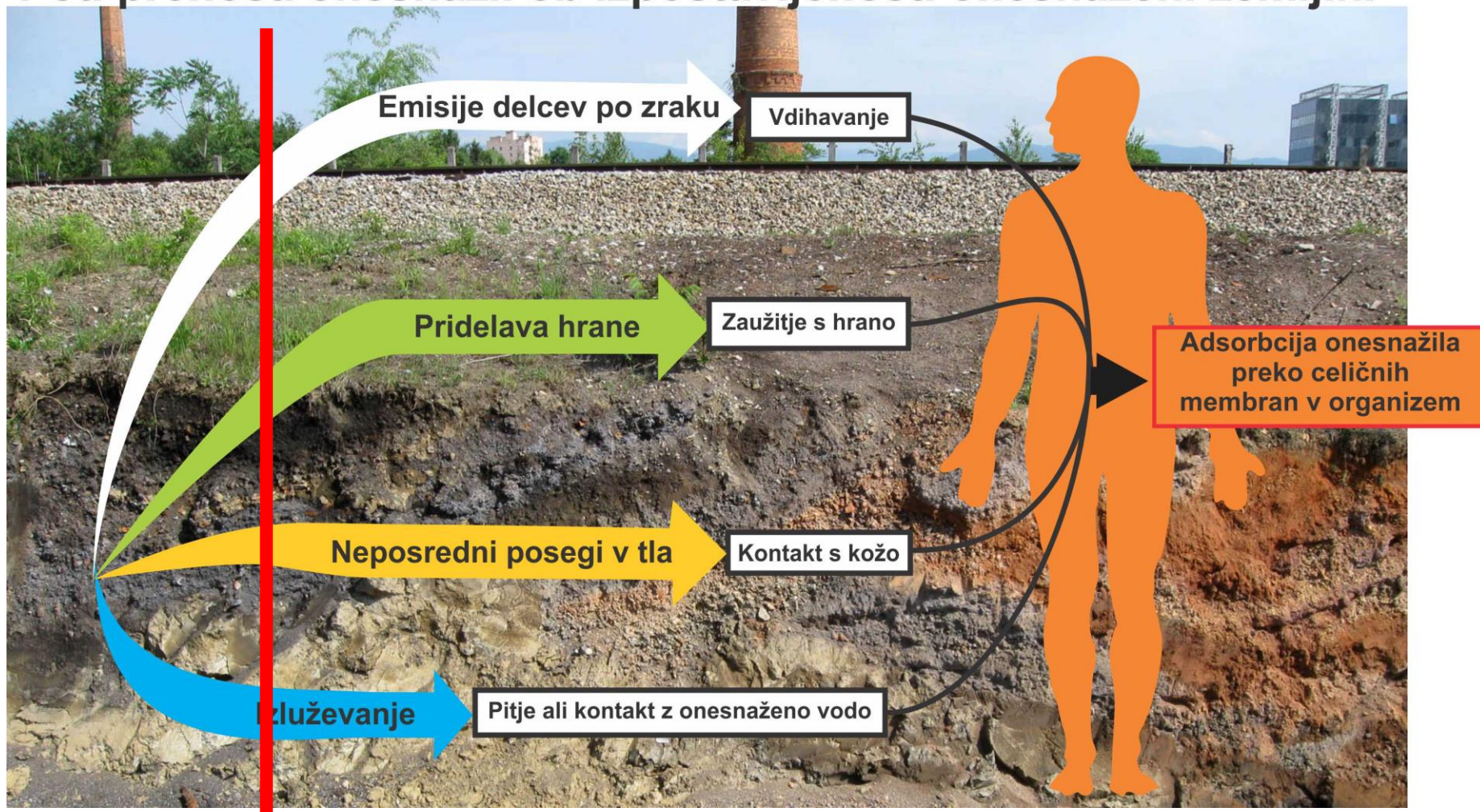
Najbolj pogosta onesnažila v tleh

- Težke kovine: Zn, Pb, Cd, Hg, As, Mo ...
- Organske spojine (mineralna olja, PAH, PCB,)



Vir: Evropska okoljska agencija

Poti prenosa onesnažil ob izpostavljenosti onesnaženi zemljini



Sodobni pristopi za remediacijo onesnaženih zemljin

Ameriška okoljska agencija (EPA):

- (a) izolacija,
- (b) ekstrakcija ali fizična separacija,
- (c) metode za zmanjšanje strupenosti,
- (d) imobilizacija (BAT za 25 % primerov).

Realne izvedbe so pogosto kombinacija več pristopov.

Kako izbrati primerno metodo remediacije?

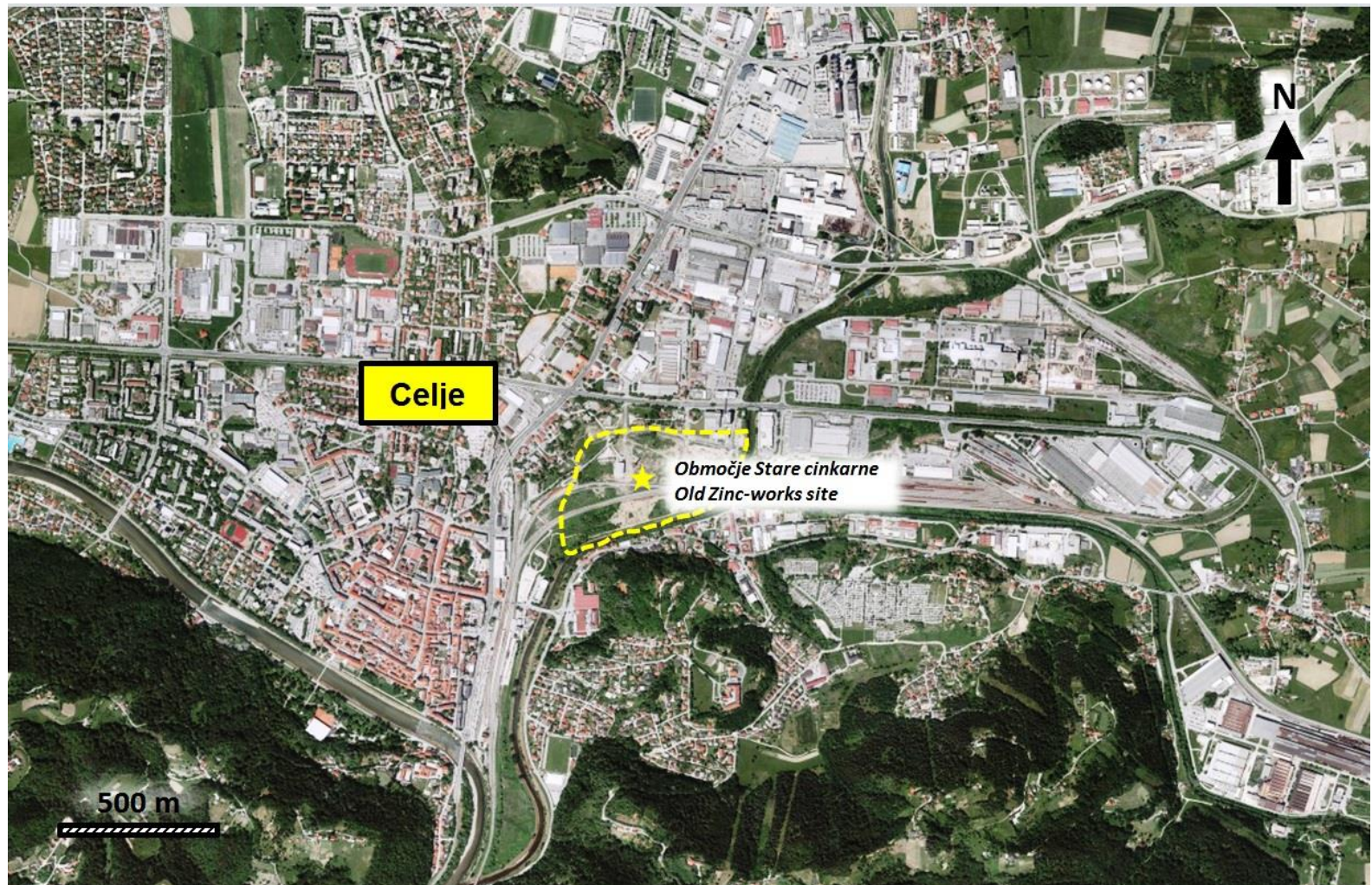
Kriteriji:

- ekonomičnost,
- trajnost izvedbe,
- dostopnost metode na določeni geografski lokaciji,
- zakonodajni okvir,
- učinkovitost (za visoke vsebnosti onesnažil ali za mešano onesnaženje)
- hitrost izvedbe.

Primer iz prakse: področje stare Cinkarne

- 17 ha veliko območje - 1.5 M m³ kontaminirane zemljine in industrijskih odpadkov (žlindre, pepeli, jalovina, odpadni ogljikovodiki, odpadne kemikalije...).
- 100 let industrijskih dejavnosti (praženje sulfidnih rud in procesiranje Zn in Pb, proizvodnja kemikalij, barvil in gnojil) in nizkih okoljskih standardov.

Primer iz prakse: področje stare Cinkarne





S katranom prepojena žindra nad
matično podlago



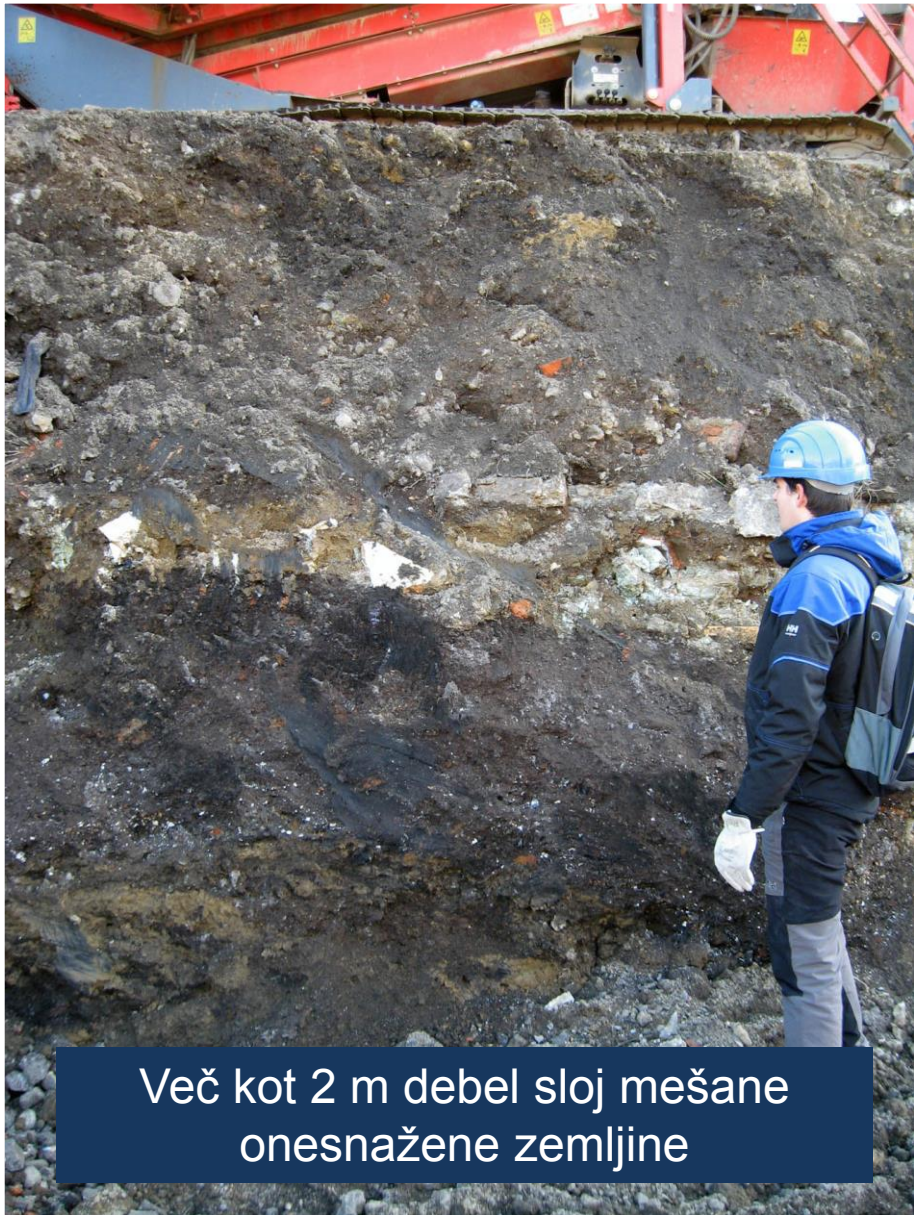
Kupi črne metalurške žindre



Zemljina ob izkopih



Izkopi na SV področju Stare Cinkarne



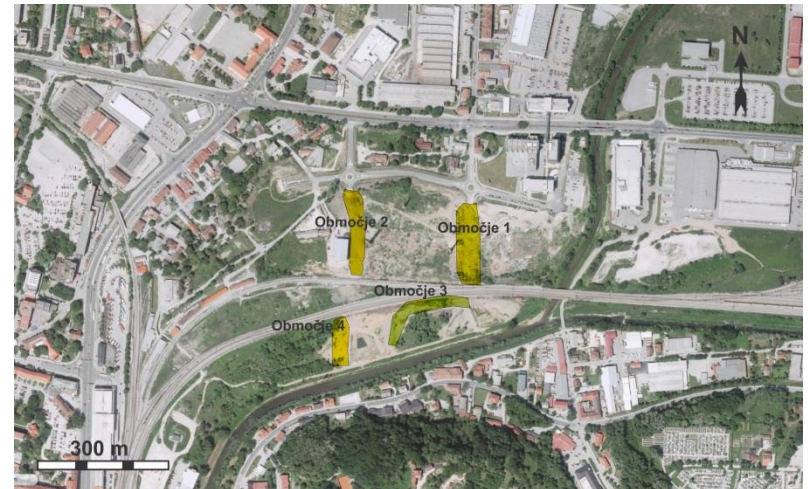
Več kot 2 m debel sloj mešane onesnažene zemljine



Katran mezi iz por onesnažene zemljine

Primer iz prakse: področje stare Cinkarne

- 2009: Mestna občina Celje zgradi kanalizacijsko infrastrukturo čez področje stare Cinkarne.
- Pri tem je bilo izkopano 13.500 m³ materiala.
- Ob izkopu je ta material postal nevaren odpadek (170503*).
- 2012: zaradi počasnega ravnanja z odpadkom je EU Sloveniji v letu izrekla opomin.
- 2014: tožba na Evropskem sodišču.
- Država in MOC Celje sta bili prisiljeni poiskati čim bolj optimalno rešitev, tako z okoljskega kot tudi s finančnega vidika.



Optimalna rešitev - imobilizacija

Predelava „in-situ“ v gradbeni proizvod, ki predstavlja urbana remediirana tla, v katerih so težke kovine trajno imobilizirane, in predana nazaj v uporabo lokalni skupnosti za nadaljnjo uporabo.

Prednosti:

- materiala se ne transportira,**
- ni onesnaževanja okolja in porabe energije,**
- zmanjša se odlaganje na deponijah,**
- ohranijo se naravne surovine, ki bi v primeru odvoza onesnažene zemljine morale to nadomestiti.**

Lastnosti onesnaženih tal

- Zelo heterogena sestava
- Nevaren odpadek,
- Visoka vsebnost Pb, Zn, Cd, PAH
- Izlužki

	Cd (mg/kg s.s.)	Pb (mg/kg s.s.)	Zn (mg/kg s.s.)
Zemljina	0,55	1,4	100
Žlindra	1,55	10,05	500



Primeren aditiv: papirniški pepel Vipap Videm



Imobilizacija -principi

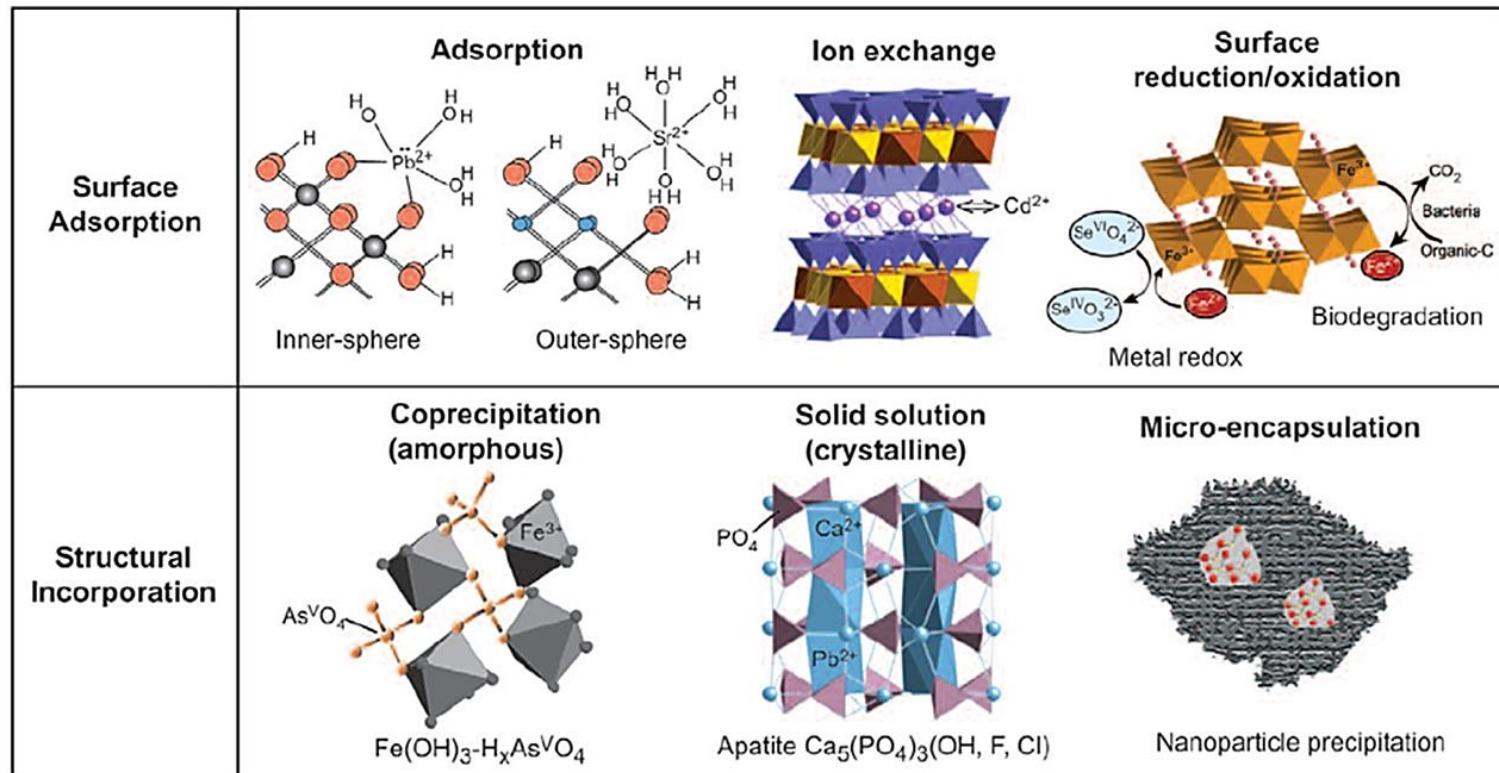
Fizikalni mehanizmi:

- stabilna in obstojna vezivna matrica,
- mikroenkapsulacija,
- vodonepropustnost.

Imobilizacija –principi

Kemijski mehanizmi:

- adsorbpcija,
- ionska izmenjava,
- redukcija/oksidacija,
- soobarjanje,
- vgrajevanje v nove mineralne faze.



Laboratorijski kompoziti



Postopek na lokaciji

Izvajalec: Stonex, geotehnologija, d.o.o.

1. Odstranjevanje odpadkov, ki ne sodijo v postopek remediacije



Postopek na lokaciji

2. Sejanje in drobljenje večjih zrn na velikost 16 mm



Postopek na lokaciji

3. Izgradnja začasne deponije po plasteh



Postopek na lokaciji

4. Homogenizacija zemljine



Postopek na lokaciji

5. Priprava kompozita v avtomatizirani zaprti mešalni napravi:

- avtomatsko doziranje aditiva,
- avtomatsko vlaženje do optimalne vsebnosti vlage.
- Zaloga aditiva v zaprtih silosih.
- Preprečevanje prašenja z vodnim aerosolom.



Doziranje zemljine v mešalno napravo



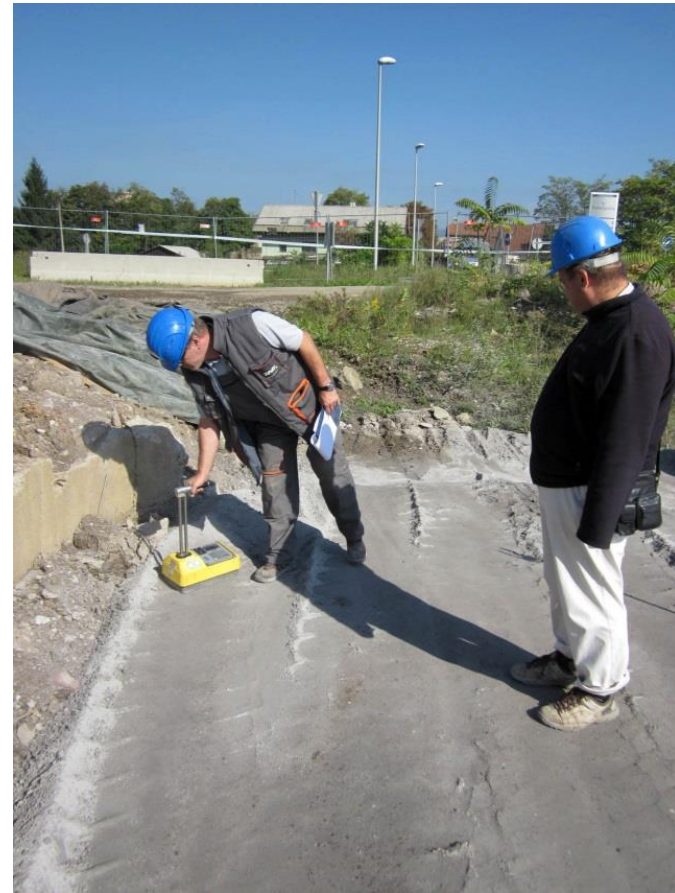
Svež kompozit pred vgradnjo

Postopek na lokaciji

- **Geotehnično vgrajevanje pripravljenega kompozita - komprimiranje v plasti kot zasip do maksimalne možne zgoščenosti**



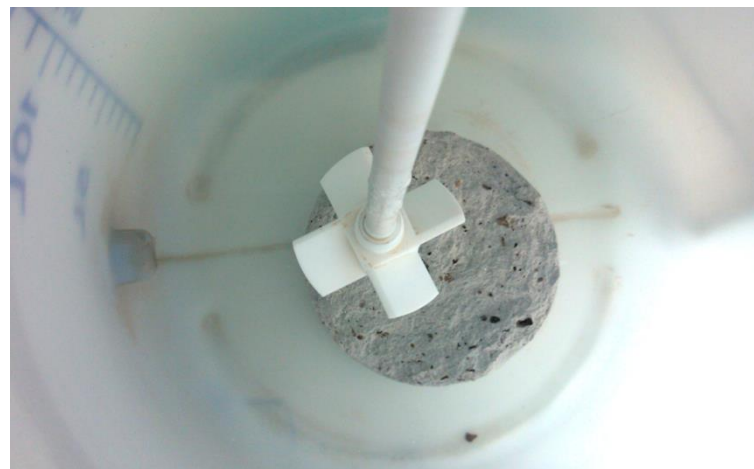
Nadzor vgradnje



Laboratorijsko preverjanje

Geomehanski parametri

- Suha gostota: 1,4 t/m³
- Enosna tlačna trdnost: več kot 4,5 MPa
- Vodoprepustnost: 2×10^{-8} m/s



	Sulfat (mg/kg Suha masa)	Zn (mg/kg Suha masa)	Cd (mg/kg Suha masa)	Pb (mg/kg Suha masa)
Izlužek prej	12.100	26,2	0,18	1,4
Izlužek po remediaciji	40	0,053	0,0001	0,1
Mejna vrednost	1.000	4	0,04	0,5

Zaključek

- **Vir surovin je lahko tudi nevaren odpadek, če ga znamo spremeniti v okoljsko inertnega.**
- **Na ta način se zapirajo snovne krožne zanke, brez potreb po naravnih surovinah.**