



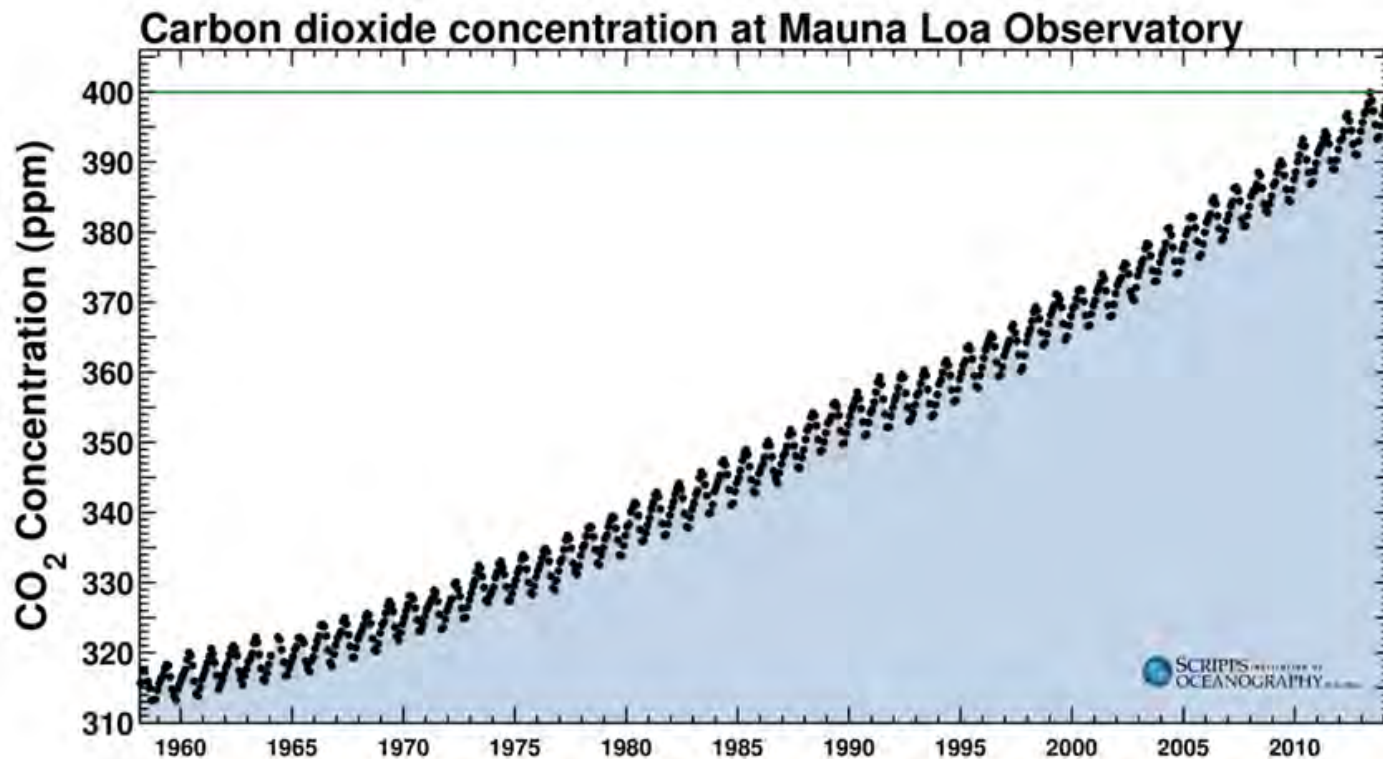
# Uporabnost recikliranih odpadkov v gradbeništvu

*Ana Mladenovič*

*ZAG, Laboratorij za betone, kamen in reciklirane  
materiale*

# Klimatske spremembe

V letu 2013 smo presegli mejo 400 vol. delcev CO<sub>2</sub> na milijon delcev zraka.



## Omejeni viri surovin

**V letni svetovni proizvodnji naravnih surovin je delež EU manj kot 5 %.**



## Odpadki in deponije

**V EU na prebivalca nastane na leto od 2 do 3 tone odpadkov (komunalni, gradbeni, industrijski).**

**Odloži se jih več kot 70 %!**





# Prehod v družbo recikliranja

## **Nujno:**

- **pripoznati omejitve planeta,**
- **zmanjšati količino odpadkov,**
- **ponovna uporaba,**
- **močno povečati stopnja recikliranja na vseh področjih.**



## Recikliranje v gospodinjstvu





# Recikliranje v gradbeništvu

**Enaka filozofija!**

**Z odpadkom enega sistema nahranimo drug sistem.**



# Prehod v družbo recikliranja

**Dva pomembna dokumenta:**

- 1. Direktiva o odpadkih 2008/98/ES**
- 2. Uredba o gradbenih proizvodih.**





# Direktiva o odpadkih 2008/98/ES





# Uredba o gradbenih proizvodih

**Direktivo o gradbenih proizvodih je s 1. 7. 2013 nadomestila Uredba o gradbenih proizvodih.**

- 1. Mehanska odpornost in stabilnost**
- 2. Varnost pri požaru**
- 3. Higiena, zdravje in okolje**
- 4. Varnost in dostopnost pri uporabi**
- 5. Zaščita pred hrupom**
- 6. Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote**
- 7. Trajnostna raba naravnih virov **NOVO****



## **NOVI PRISTOP!**

**Izvor/ime materiala ni pomembno!**

**Kar šteje, so lastnosti in rezultati!**





# Odpadek je vir za gradbene proizvode

**Porabi se velike količine odpadkov.  
Novi proizvodi so lahko boljši / cenejši od  
tradicionalnih.**

**Toksične snovi v odpadkih se fiksirajo.**

**Iščemo realistične in uravnotežene rešitve  
(ponudba in povpraševanje, cena recikliranja).  
Izvedljivost s tradicionalno gradbeniško  
tehnologijo.**

# Odpadki nadomeščajo:

- **naravni agregat**

*in/ali*



- **konvencionalna veziva: cement, apno, bitumen**





# Agregati

**Eden od osnovnih materialov v gradbeništvu.**

**Delež agregata:**

**80 % v betonu**

**90 % v asfaltu**

**100 % v nevezanih plasteh.**

**Svetovna poraba:**

**95 % naravnih in 5 % alternativnih agregatov.**



**Naravni agregat: agregat mineralnega izvora, ki je bil le mehansko predelan.**





# Alternativni agregati - terminologija

## Reciklirani agregat:

agregat, ki nastane s predelavo neorganskega materiala, ki je bil pred tem že vgrajen.

## Umetni agregat:

agregat mineralnega izvora, pripravljen v industrijskem procesu, pod vplivom toplotnih ali drugih sprememb.



# Reciklirani agregat = agregat iz gradbenih ruševin



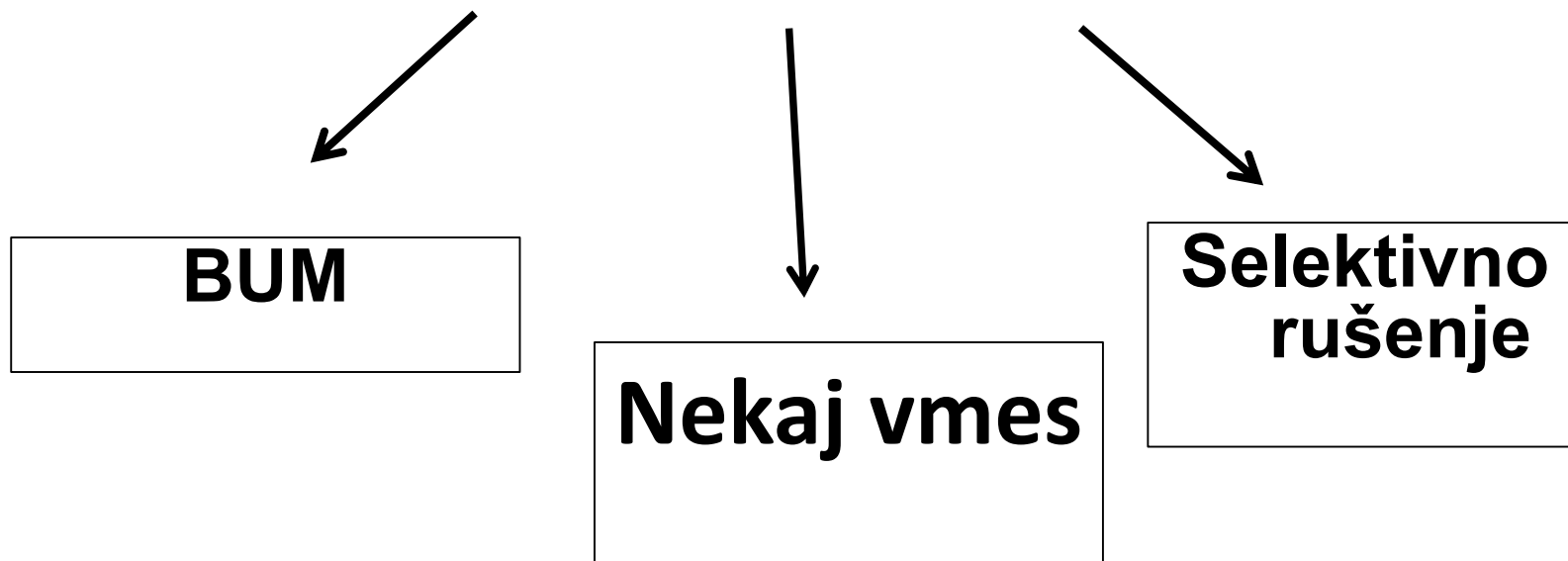


# Kakršne ruševine, takšen agregat?

# NE DRŽI!



## Več pristopov







# Kako ruši inšpekcija?



**BUM!**



# Selektivno rušenje





# Zakaj je selektivno rušenje nujno?

- **zaradi zdravja ljudi in okolja,**
- **zaradi boljše kakovosti materialov.**

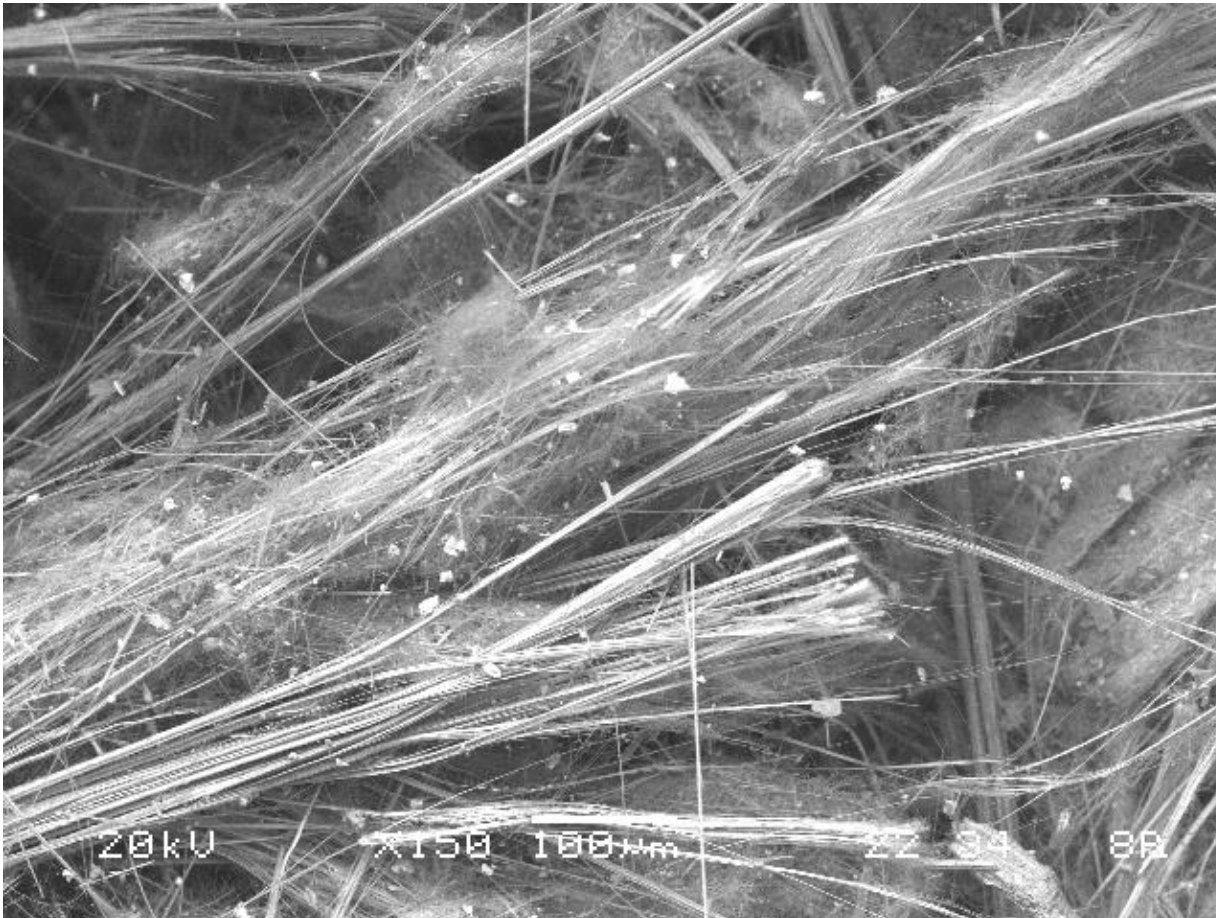


## **V stavbi so lahko nevarni materiali!**

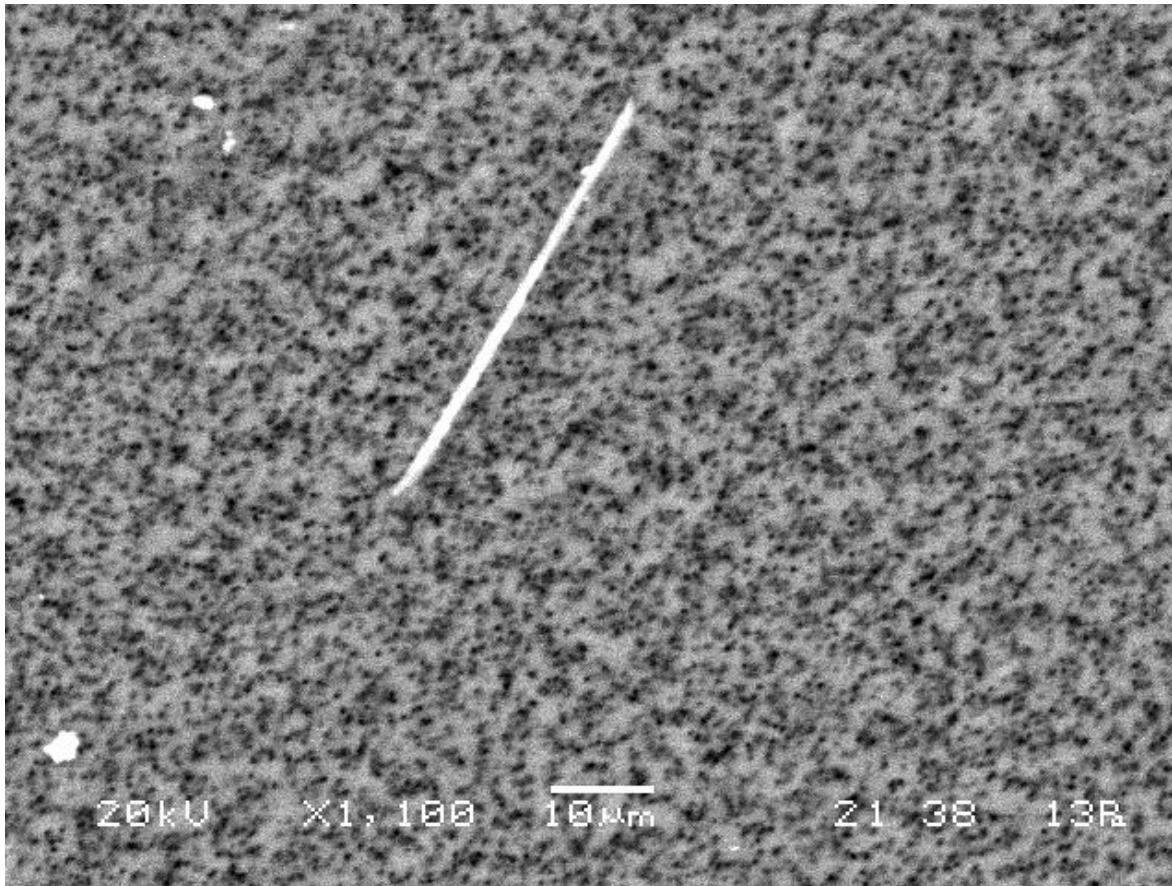
- **Azbest**
- **Policiklični aromatski ogljikovodiki, npr. katran**
- **Poliklorirani bifenili (PCB)**
- **Mineralna olja, svinčeve barve**
- **Onesnaženje zaradi preteklih aktivnosti.**



# Azbest – od magičnega do nevarnega materiala



# Zakaj je azbest nevaren?



## **Lucy Deane piše leta 1898:**

- **Škodljivi učinek azbesta je bil raziskan s pomočjo mikroskopa.**
- **Vidi se nazobčana, steklu podobna oblika vlaken, če so v zraku v kakršnikoli količini, je učinek škodljiv.**



# **Azbest - prepoved 107 let po prvem opozorilu!**

- **Direktiva 1999/77/ES prepoveduje uporabo azbesta od 1. 1. 2005.**

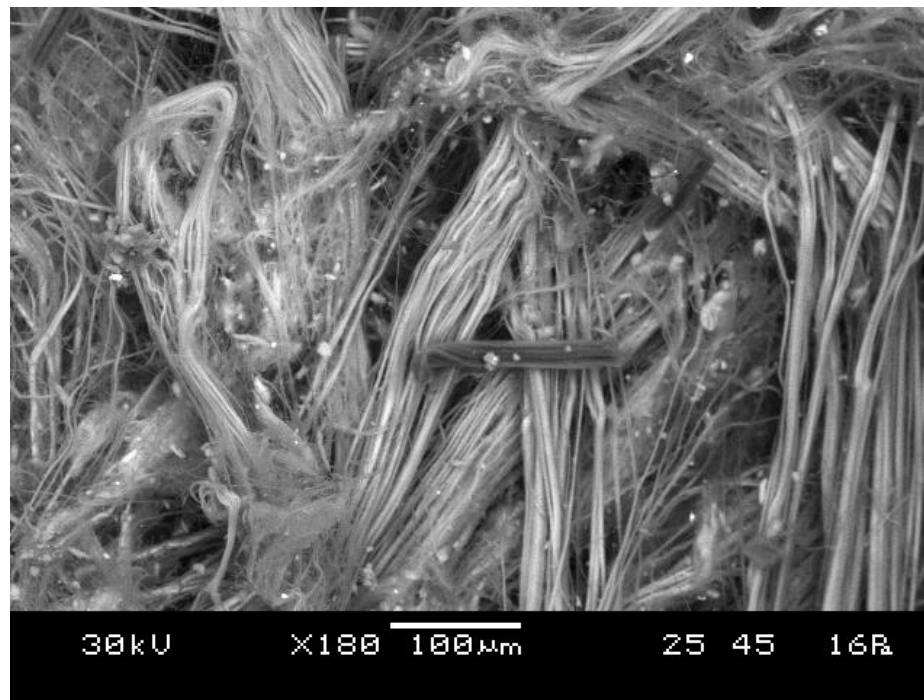


## Slovenija

- **Uredba (Ur. l. RS, št. 49/2001) ukinja proizvodnjo, promet in uporabo azbesta in azbestnih izdelkov z začetkom leta 2003.**
- **Uporaba izdelkov, ki so bili na dan uveljavitve Uredbe (28.06.2001) že v uporabi, ni prepovedana!**
- **Rok za odstranitev azbesta ni določen!**



# Šibko vezan azbest - izolacijska vrvica





## Reciklirani agregat

**Če je ob rušenju stavbe material pravilno selekcioniran in pravilno predelan v agregat, je ta enakovreden naravnemu agregatu.**





## Možna uporaba

- **Enostavni, dinamično neobremenjeni nasipi/zasipi, kjer so nizke zahteve za varnost**
- **Nevezane in hidravlično vezane plasti v cestogradnji**
- **Betoni**



## Umetni agregati

- **Izvor: različni industrijski procesi.**
- **Ne vračajo se nazaj v proizvodnjo zaradi tehničnih /ekonomskih razlogov.**
- **Najbolj znani: jeklarske žlindre.**



**Žlindra je skupno generično ime za  
ostanke iz pirometalurških  
procesov.**

**Beseda ne pove ničesar o lastnostih  
in uporabnosti.**



## **Nekaj zgodovine:**

### **Železarna Jesenice**

**Siemens-Martinove peči: po letu 1904, ko so nadomestile zastarele plavže.**

**Siemens-Martinova žindra: deponiranje in nekontrolirana uporaba (razmah sredi 80. let).**

**Posledica: velika materialna škoda na objektih.**

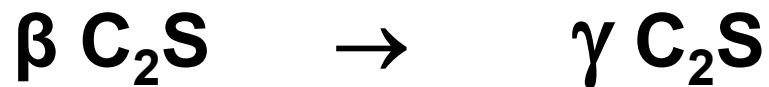


**Poškodbe objektov:**  
**trgovina Rožca na Hrušici,**  
**čistilna naprava Jesenice,**  
**trgovina na Blejski Dobravi**



## Vzrok?

+Δ 12 %



**Mineralna pretvorba.**

**Nova faza ima za 12 % večji volumen,  
kar povzroča nabrekanje zrn in  
poškodbe konstrukcije.**



## Nastanek žlinder

**Pri T nad 1500 °C.**

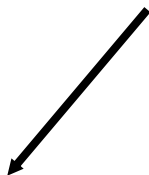
**Končne lastnosti so odvisne od sestave taline in predvsem od hitrosti ohlajanja.**

**Vse to vpliva na možnost recikliranja in ponovne uporabe!**

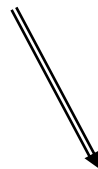


## Jeklarske žlindre

**Nastajajo pri proizvodnji in plemenitju jekel.**



**Črne žlindre**



**Bele žlindre**





## Črna žlindra v EU

- **150 kg žlindre na tono jekla.**
- **Okoli 12 M ton/letno.**
- **65 % se uporabi, pretežno v gradbeništvu (kot visokokakovosten agregat za obrabne asfaltne sloje –nadomešča magmatski agregat).**



## Stanje v Sloveniji

- **3 jeklarne,**
- **več kot 80 000 ton/leto,**
- **samo del se predela v agregat,**
- **uporaba: cestogradnja (obrabne plasti, nosilne plasti).**

# Pridobivanje jekla v elektroobločnih pečeh. Surovine: jekleni vložek, apno, ogljik, kisik.



**UMETNI  
AGREGAT**



## **ZAHTEVE**

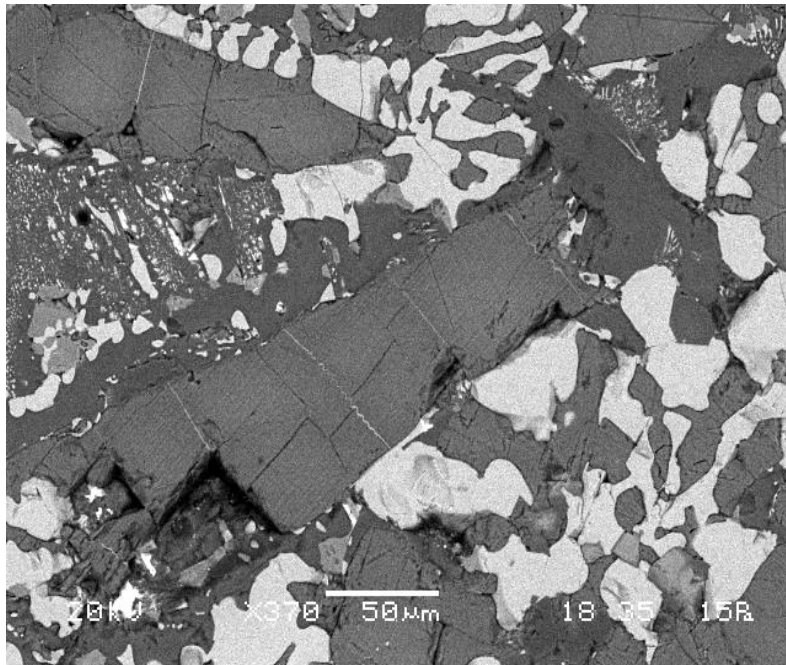
**(podobne kot za naravne agregate)**

- **stabilna petrografska sestava,**
- **odpornost proti zmrzovanju,**
- **nizko vpijanje vode,**
- **odpornost proti kristalizaciji soli,**
- **izometrična oblika zrn,**
- **primerna zrnnavost,**
- **odpornost proti drobljenju.**

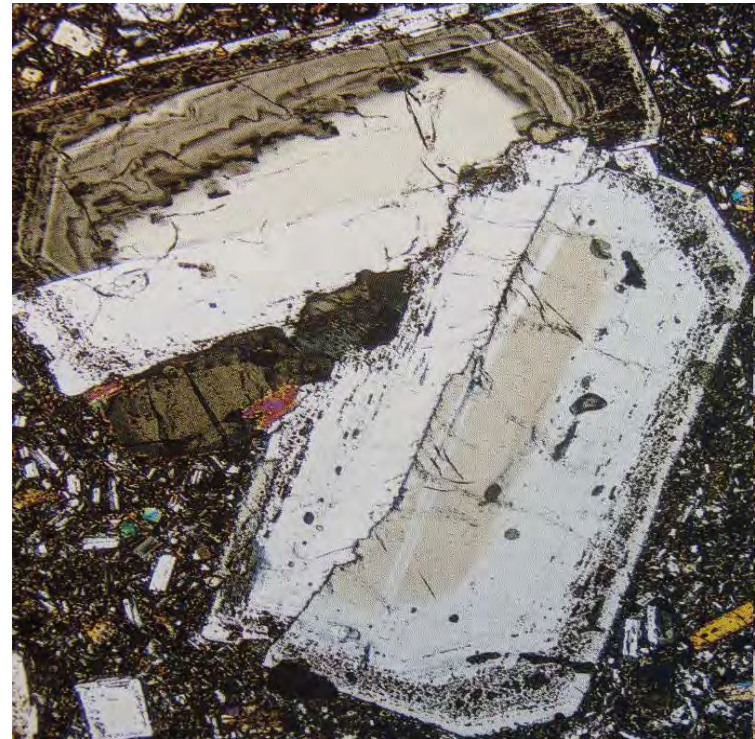


<b>Parameter</b>	<b>Agregat iz jeklarske žlindre</b>	<b>Agregat iz diabaza</b>
<b>Prostorninska masa s porami in votlinami</b>	<b>3,80 Mg/m<sup>3</sup></b>	<b>2,95 Mg/m<sup>3</sup></b>
<b>Vpijanje vode</b>	<b>2,5 mas %</b>	<b>&lt; 1 mas %</b>
<b>Odpornost proti drobljenju (LA)</b>	<b>16</b>	<b>18</b>
<b>Odpornost proti abraziji (MD)</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
<b>Odpornost proti zaglajevanju (PSV)</b>	<b>60</b>	<b>55</b>
<b>Odpornost proti zmrzovanju in tajanju (F)</b>	<b>izguba mase pod 1 mas %</b>	<b>izguba mase pod 1 mas %</b>
<b>Volumska stabilnost (%)</b>	<b>0,3</b>	<b>/</b>
<b>Vsebnost nevarnih snovi v izlužku</b>	<b>pod dovoljeno mejo</b>	<b>/</b>

**Struktura, podobna porfirski strukturi eruptivnih kamnin (porfir ali bazalt). Mikrokrystalna osnova, v njej večji kristali. Material ima visoko žilavost in trdnost, odpornost proti zaglajevanju.**



**Žindra**



**Porfir**



# Dodatni zahtevi za žlindro:

## 1. Inertnost izlužka

<b>Parameter</b>	<b>mg/kg s.s.</b>
<b>Arzen</b>	<b>0,5</b>
<b>Barij</b>	<b>20</b>
<b>Kadmij</b>	<b>0,04</b>
<b>Celotni krom</b>	<b>0,5</b>
<b>Baker</b>	<b>2</b>
<b>Živo srebro</b>	<b>0,01</b>
<b>Molibden</b>	<b>0,5</b>
<b>Nikelj</b>	<b>0,4</b>
<b>Svinec</b>	<b>0,5</b>
<b>Antimon</b>	<b>0,06</b>
<b>Selen</b>	<b>0,1</b>
<b>Cink</b>	<b>4</b>
<b>Kloridi</b>	<b>800</b>
<b>Fluoridi</b>	<b>10</b>
<b>Sulfati</b>	<b>1000</b>

# Dodatni zahtevi za žlindro:

## 2. volumska stabilnost

Mineral	Stehiometrična formula
Wustit	FeO
Belit	Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>
Alit	Ca <sub>3</sub> SiO <sub>5</sub>
Brownmillerit	Ca <sub>2</sub> (Fe,Al) <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Kromit	(Fe,Mg)Cr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Gehlenit	(Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> SiO <sub>7</sub> )
Mayenit	Ca <sub>12</sub> Al <sub>14</sub> O <sub>33</sub>
<b>Prosto apno in periklaz</b>	<b>CaO in MgO</b>





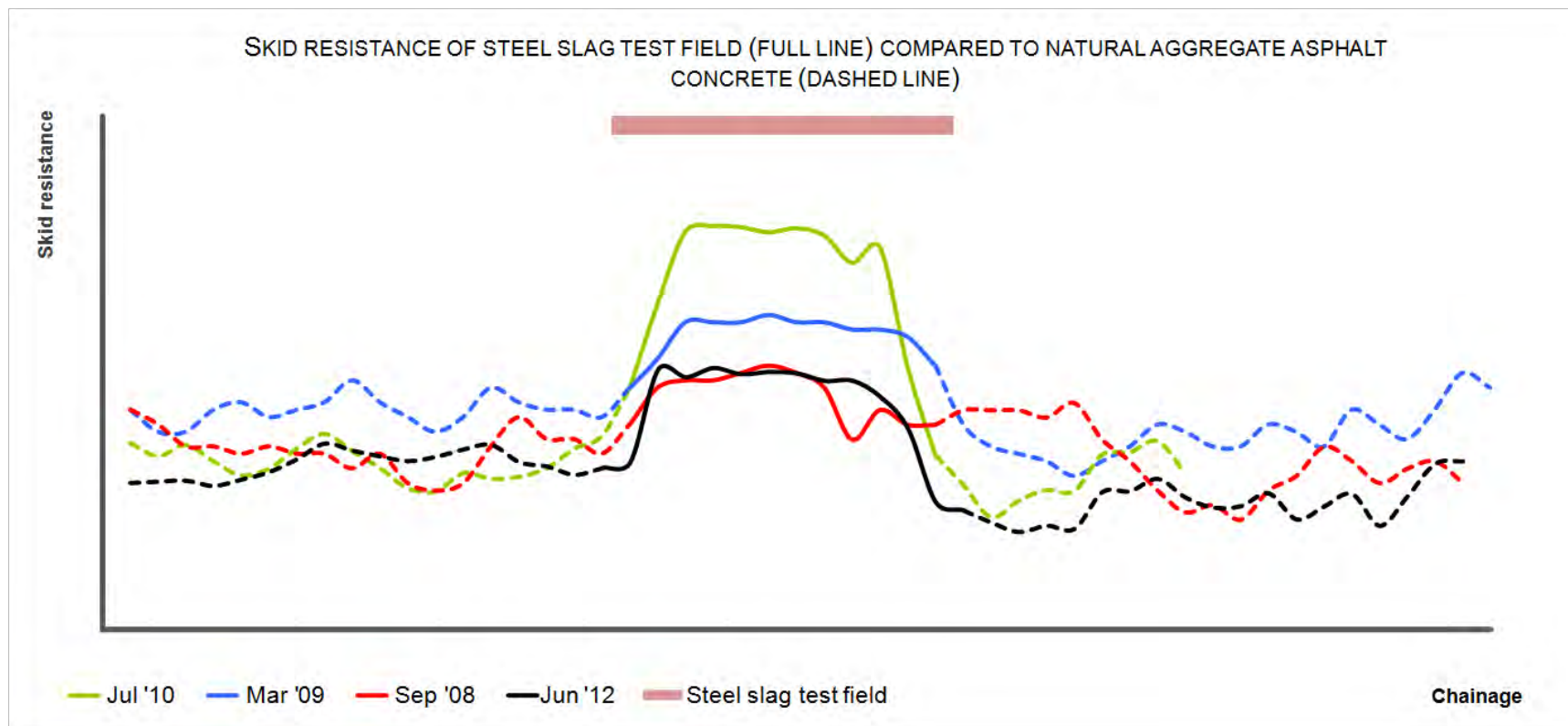


# Vozne lastnosti



# Vozne lastnosti





**Boljše kot na vozišču z naravnim agregatom!**



# Beton je najpomembnejši gradbeni material





# Panteon, Rim



<http://en.wikipedia.org/wiki/Concrete>



## Nekaj dejstev o betonu

- **Svetovna poraba - količinsko takoj za vodo.**
- **1 m<sup>3</sup> na prebivalca letno.**

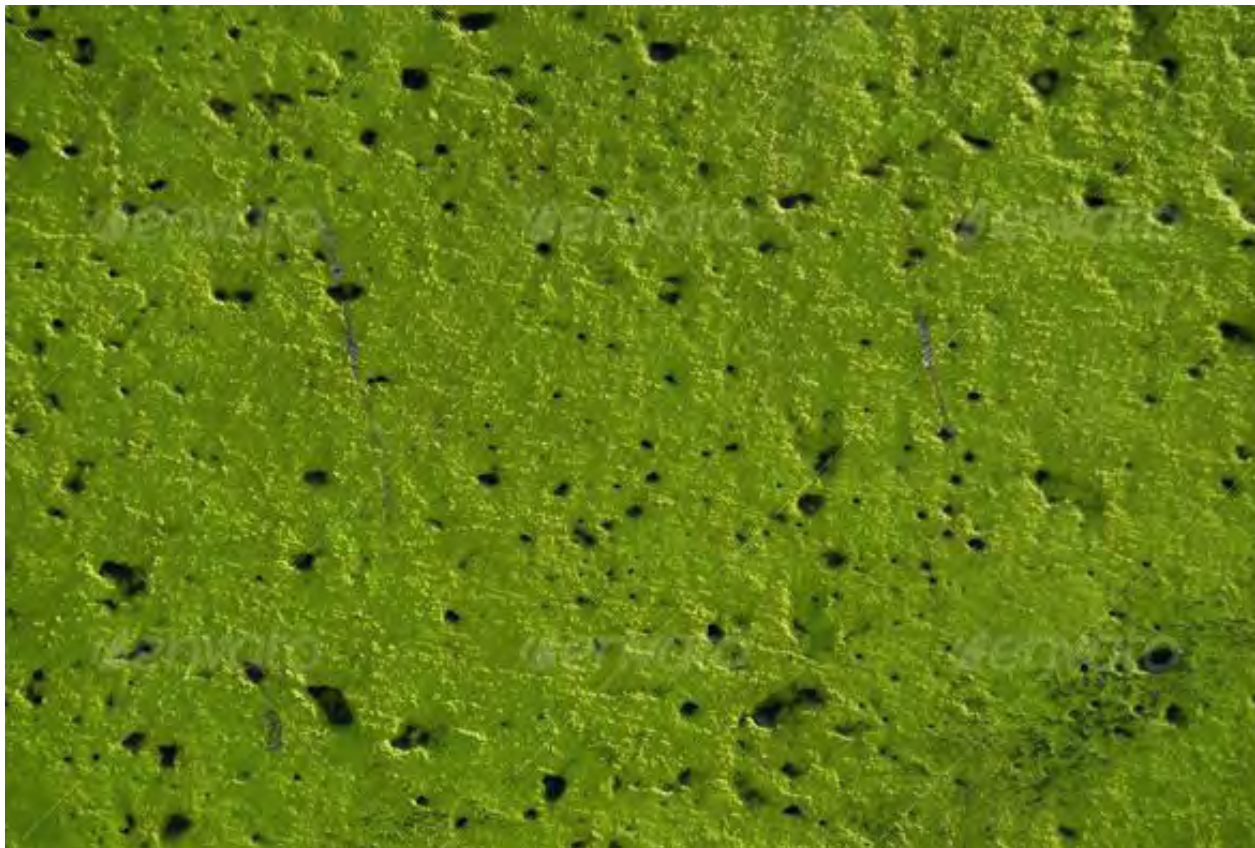
# Problem je cement



- **3.6 milijard ton na leto**
- **1 tona cementa generira 750 kg CO<sub>2</sub>**
- **7 % svetovnih emisij**



# Beton mora postati zelen!







*Vir: Stefano Boeri Architectta*



# Kaj so zeleni betoni?

**Alternativni agregati na osnovi odpadkov.**

**Veživa na osnovi odpadkov (pepeli, žlindre, mulji).**

**Zahteva: enaka funkcionalnost in trajnost kot konvencionalni (ali boljša).**



## Zeleni betoni

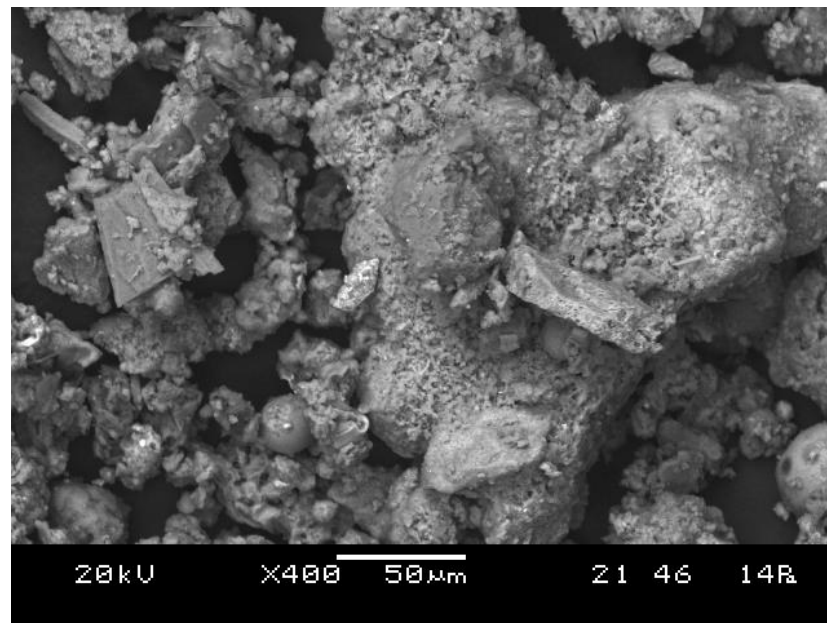
**Zahteva: enaka funkcionalnost in trajnost kot konvencionalni (ali boljša).**



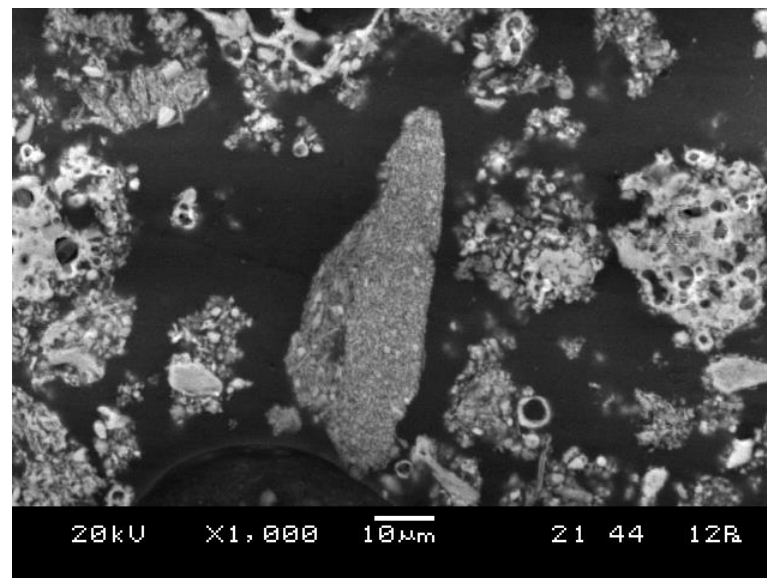
# V zelenem betonu pepeli nadomeščajo del cementsa.



## Lesni pepel



# Pepel papirniškega mulja





## Bele žindre



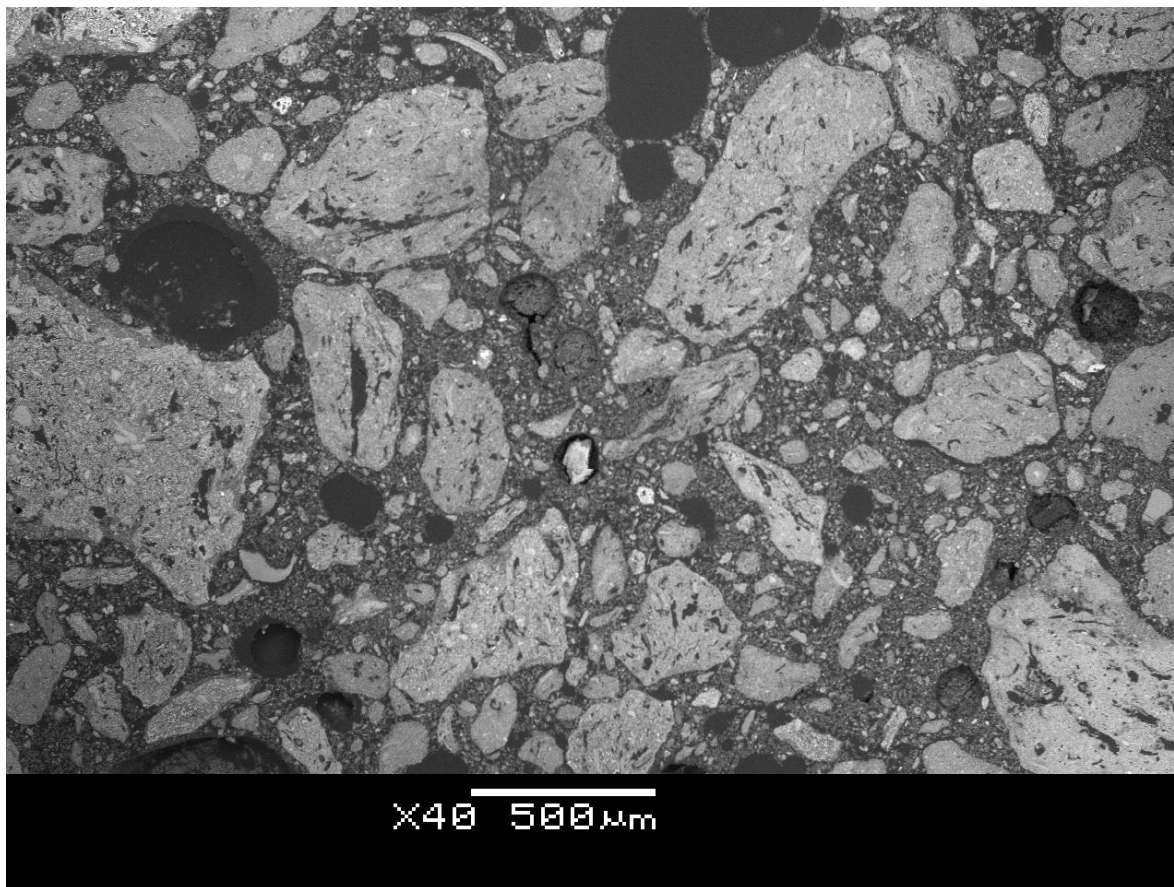
## Komunalni mulj iz čistilnih naprav

- Po končanem postopku higienizacije je surovina za gradbene kompozite.
- Uporabnost v nizkih gradnjah: tekoči zasipi, kompoziti s kontrolirano nizko trdnostjo.





# Kombinacija s pepelom, visok pH





G  
D

Zavod za gradbeništvo Slovenije  
 Slovenian National Building and Civil Engineering Institute  
 Dimičeva 12, 1  
 1000 Ljubljana, Slovenija  
 Tel.: +386 (0)1 280 44 72, 280 45 37  
 Fax: +386 (0)1 280 44 84  
 E-pošta: info.ta@zag.si  
 http://www.zag.si/ts

☒

ZAG Ljubljana



ozn.: S-912/10

www.gzdbk.si

## Slovensko tehnično soglasje → STS-10/0062

*Slovenian Technical Approval* → → → → → ¶

Podeljeno na podlagi določil Zakona o gradbenih proizvodih - ZGPro (Ur. list RS, št. 52/00 in št. 110/02 - ZGO-1) naslednjemu gradbenemu proizvodu: ☒

*On the basis of provisions of the Construction Products Act - ZGPro (OG-RS, nos. 52/00 and 110/02 - ZGO-1) granted to the following construction product: ¶*

¶	→	¶	
Komercialno ime proizvoda: ↵ <i>Trade name</i> ☒		"CERODIT" ¶	☒
=		=	=
Imetnik soglasja: ↵ <i>Holder of approval</i> ☒		CeROD d.o.o. ¶ Kettejev drevored 3 ¶ 8000 Novo mesto ☒	☒
=		=	=
Vrsta in predvidena uporaba proizvoda: ☒		Kompozit iz mulja in pepela -- za nasipni oziroma zasipni material pri izvedbi dnevni in zaključnih prekriv in urejanju brežin na deponijah komunalnih odpadkov ☒	☒
¶ <i>Generic type and use of the product</i> ☒		-----Composite of sludge and ash -- to be used as fill when creating top covering layers and stabilizing the slopes of communal waste dumps (landfills) ☒	☒
=		=	=
Veljavnost: ----- od (from) ¶ <i>Validity</i> → do (to) ☒		27. oktober 2010 ¶ 26. oktober 2015 ☒	☒
=		=	=
Proizvodni obrat: ¶ <i>Manufacturing plant</i> ☒		Odlagališče nenevarnih odpadkov Leskovec ¶ ☒	☒



# Luka Koper - nanosi sedimentov ovirajo plovbo





# Odstranjevanje je nujno





# Deponiranje







# Vzročevanje





# Ljubljana- Špica





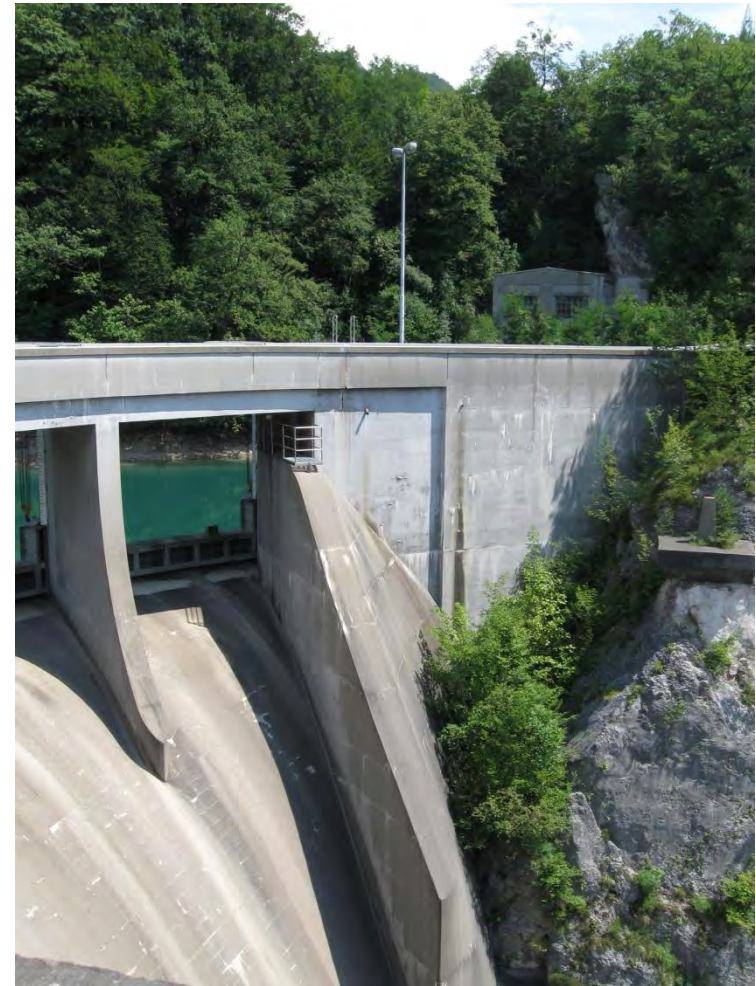


# Ljubljana- Špica





# HE MOSTE





# HE MOSTE





# Uporaba odpadkov v gradbeništvu

- **Benefiti:** odpadki enega sistema nahranijo drug sistem. Recikliranje postaja industrija, z generiranjem delovnih mest. Zmanjšuje se okoljski odtis.
- **Problemi:** strošek predelave, strošek testiranja in validacije, praktična izvedba in vgradnja. Ali se splača?
- **Zadržki:** kako se bo nek material dolgoročno obnašal? Ni kot kamen trdnih zagotovil. Potrebno je sprejeti določena tveganja, kot pri vseh drugih aktivnostih v življenju.



# EUROSLAG

7th European Slag Conference

“Don't waste your secondary resources”

9 – 11 October 2013  
Ijmuiden, The Netherlands.

# Projekt ReBirth

Promotion of the **Recycling** of  
Industrial Waste and **Building**  
Rubble for **the** Construction Industry

[www.re-birth.eu](http://www.re-birth.eu)