

# Principi održivosti tijekom projektiranja i izbora materijala – faza A

---

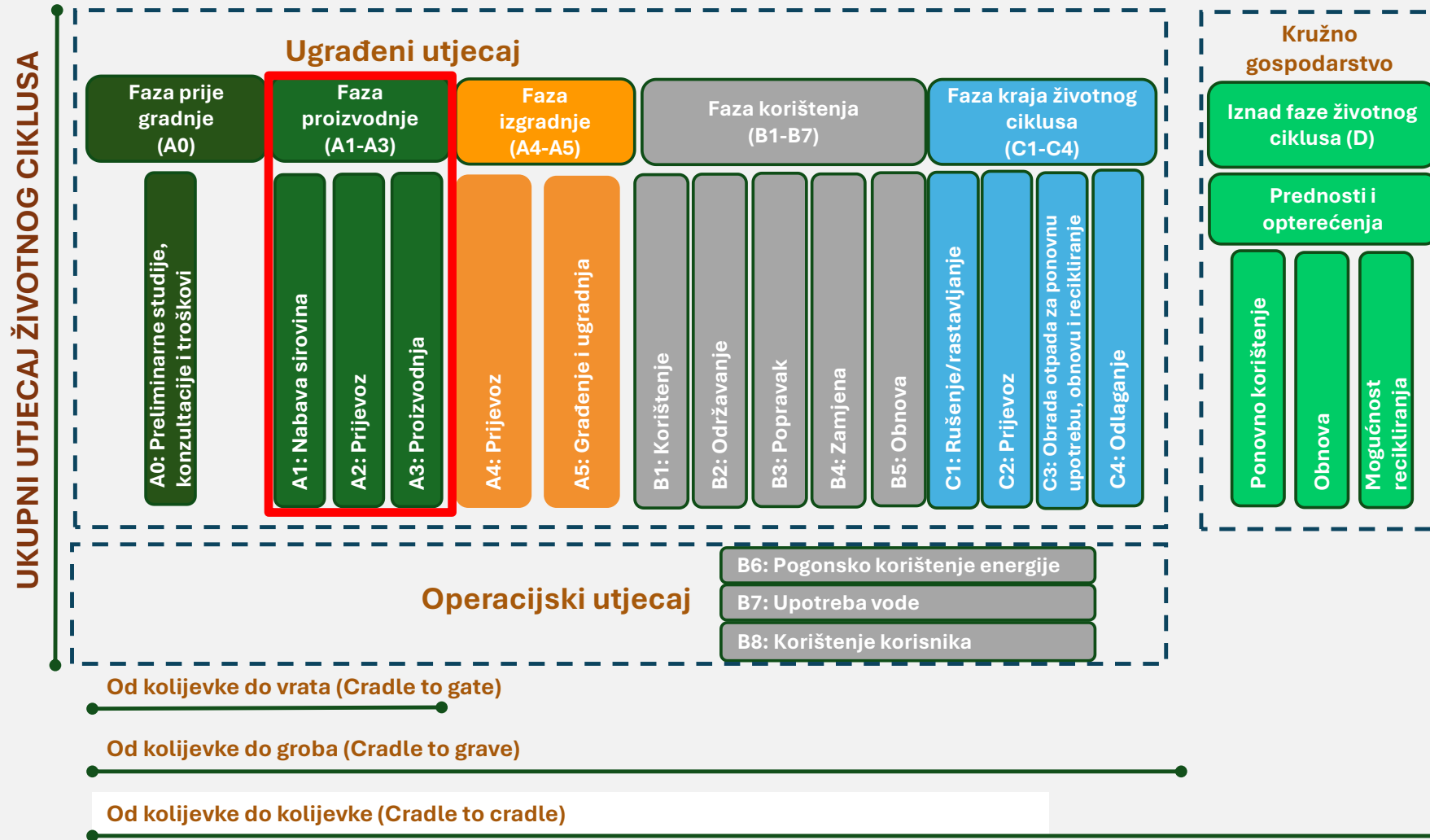
Marijana Serdar

Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet

Zavod za materijale



# Životni ciklus građevine



# Održiva uporaba prirodnih izvora

Građevine moraju biti projektirane, izgrađene i uklonjene tako da je uporaba prirodnih izvora održiva, a posebno moraju zajamčiti sljedeće:

- ponovnu uporabu ili mogućnost reciklaže građevine, njezinih materijala i dijelova nakon uklanjanja,
- trajnost građevine,
- uporabu okolišu prihvatljivih sirovina i sekundarnih materijala u građevinama.

**FAZA A**

Građevine i svi njihovi dijelovi moraju biti projektirani, izgrađeni, upotrijebljeni, održavani i rastavljeni ili uklonjeni tako da tijekom njihova životnog ciklusa upotreba prirodnih izvora bude održiva i osigurava sljedeće:

**FAZA A**

- što veće povećanje resursno učinkovite uporabe sirovina i sekundarnih materijala visoke okolišne održivosti;
- što veće smanjenje ukupne količine upotrijebljenih sirovina;
- što veće smanjenje ukupne količine ugrađene energije;
- što veće smanjenje nastalog otpada;
- što veće smanjenje ukupne uporabe pitke i sanitarne vode;
- što veće povećanje ponovne uporabe ili mogućnosti recikliranja građevine, djelomično ili u cijelosti, te njezinih materijala nakon rastavljanja ili uklanjanja;
- jednostavnost rastavljanja.

# Principi održivosti tijekom projektiranja i izbora materijala

- Odabir tehnologije gradnje:
  - Građevina u slojevima
  - Prilagodljiva gradnja
  - Modularna gradnja
  - Montažna gradnja
  - Projektiranje za rastavljanje (demontaža)
- Odabir materijala (sirovina):
  - Urbano rudarenje
  - Industrijska simbioza
  - Bio materijali



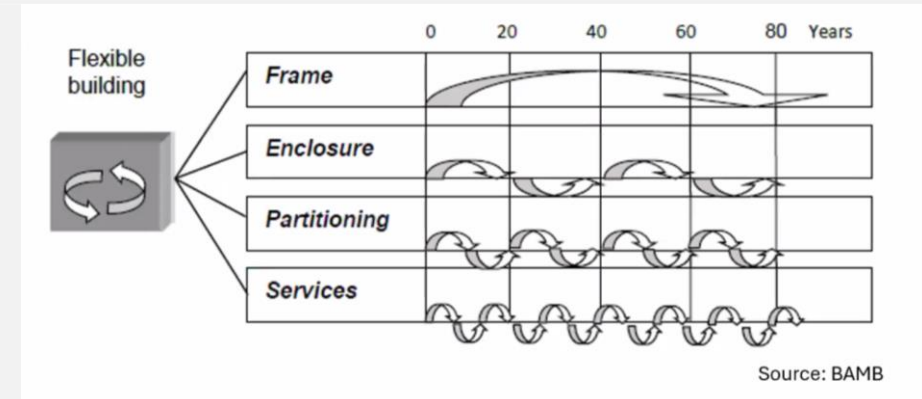
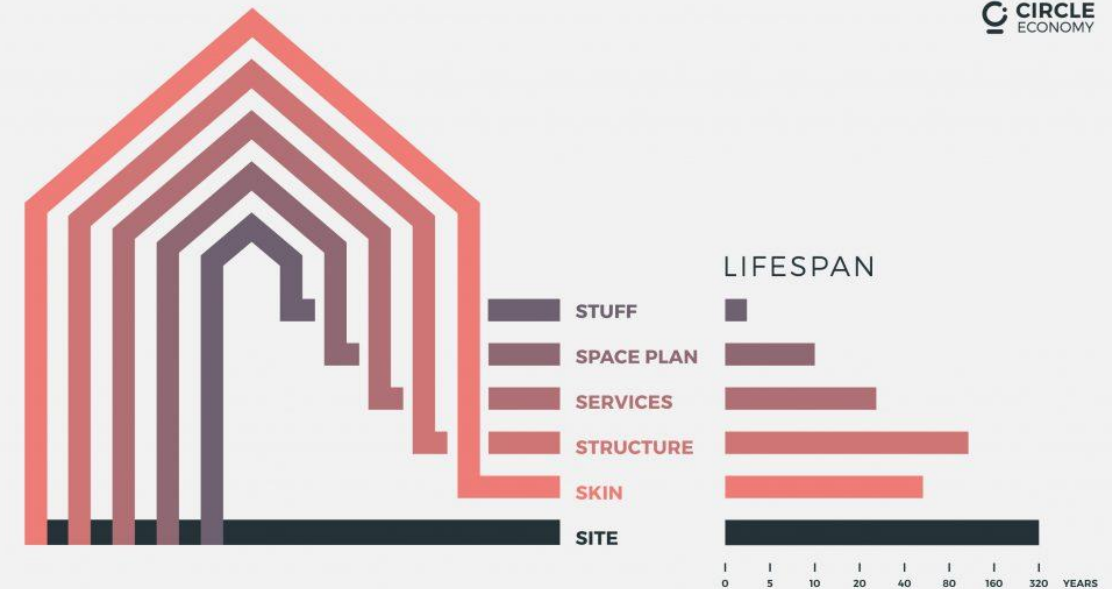
# Odabir tehnologije gradnje

---

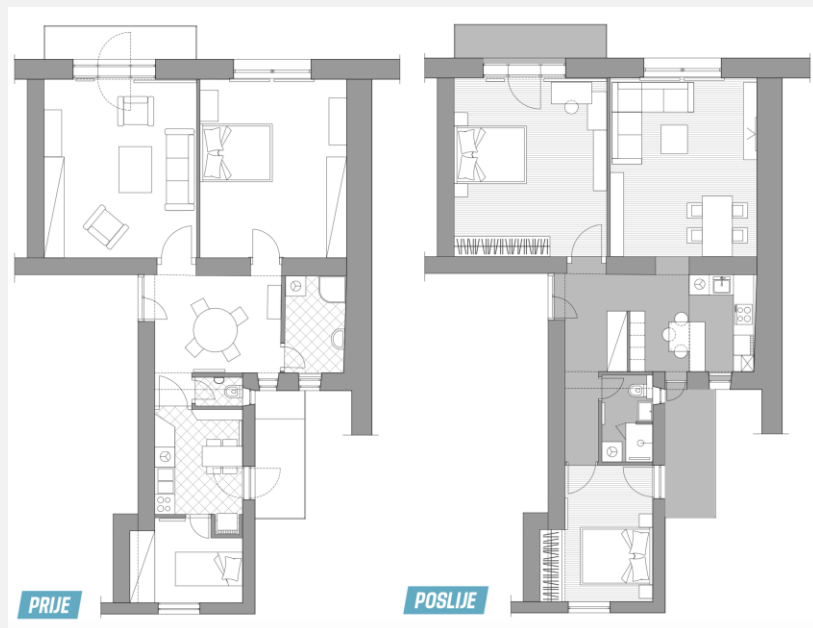


# Građevina u slojevima

- Građevina u slojevima:
  - Zemljište (site) bi se trebalo stalno koristiti
  - Konstrukcija (structure) bi trebala trajati što je duže moguće
  - Fasada (skin) i usluge (services) trebaju biti dostupni i zamjenjivi
  - Prostorni plan (space plan) treba biti fleksibilan i prilagodljiv
  - Stvari (stuff) bi trebale biti izdržljive i za višekratnu upotrebu



# Prilagodljiva gradnja



Prilagodljivost prostora



Prilagodljivost konstrukcije



Prilagodljivost  
elemenata/materijala

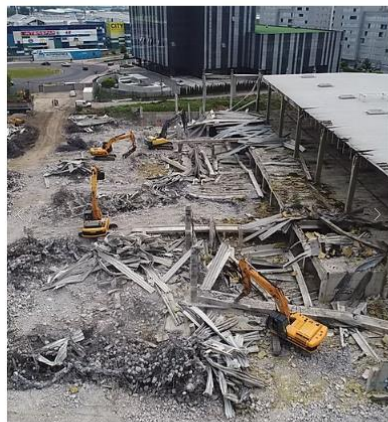
### TC LECLERC - RUŠENJE

U Zagrebu je izvršeno rušenje nikad dovršenog trgovačkog centra Leclerc u Španskom u svrhu gradnje novog trgovačkog centra.

Ovaj zapušteni objekt na Ljubljanskoj aveniji, osim što je narušavao izgled gradske četvrti, predstavljao je i problem stanarima u okolini.

Tvrtka Joning d.o.o. izvodila je radove rušenja i uklanjanja objekata i materijala na površini od oko 60 000 četvornih metara.

Gradnjom novog centra planira se revitalizirati cijela zona, gdje će, osim centra, biti još i samostojeci supermarket, drive-in restoran te trgovački park.



NOVOSTI

# King Cross je krenuo u sveobuhvatnu rekonstrukciju

Centar će biti otvoren tijekom izvođenja radova čiji je završetak planiran za jesen 2025.



2002. godine



2025. godine

# Modularna gradnja

- Korištenje modula / dijelova koji se tvornički proizvode te postavljaju na terenu

Izvor: <https://www.chapmantaylor.com/insights/what-is-modular-construction-and-why-has-chapman-taylor-embraced-it>



Izvor: <https://www.koma-modular.cz/en/modularity>

# Modularna gradnja

- Produkcija u kontroliranim uvjetima (temperatura, vlaga, automatizacija, digitalizacija) – utječe na kvalitetu
- Gradnja ne ovisi o vremenskim uvjetima - 60 do 90% gradnje se odvija izvan gradilišta
- Fiksna cijena (poznati svi ulazni i izlazni podatci)
- Brzina izrade (ponavljajući elementi) - 30% do 50% brže od tradicionalne gradnje
- Mogućnost rastavljanja na module te iskorištavanja modula na kraju uporabnog vijeka
- Fleksibilnost – mogućnost proširenja modula prema potrebi
- Ekološki prihvatljivije – smanjene emisije (prašina, buka, vibracije) tijekom gradnje



# Primjeri modularne gradnje

- DJEČJI VRTIĆ ZA OPĆINU FUŽINE
- Izolacija mineralnom vunom debljine:
  - 25 cm na zidovima i krovovima
  - 16 cm na podu
- Vanjska stolarija aluminijski profili plastificirani u boju, troslojno Low-e staklo koeficijent  $U_w=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- [DJEČJI VRTIĆ ZA OPĆINU FUŽINE | Modularna gradnja - vrtići, škole, hoteli, višestambeni objekti... \(euromodul.net\)](#)



# Montažna gradnja

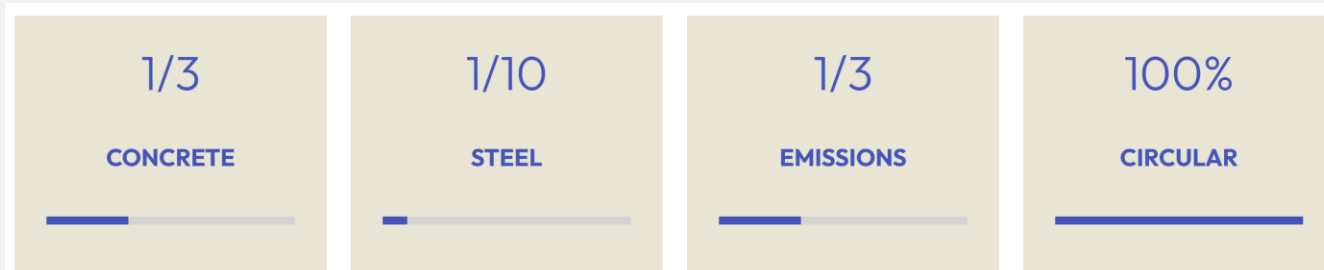
- Tvornička proizvodnja elemenata
- Uobičajeno kod AB građevina – hale, mostovi



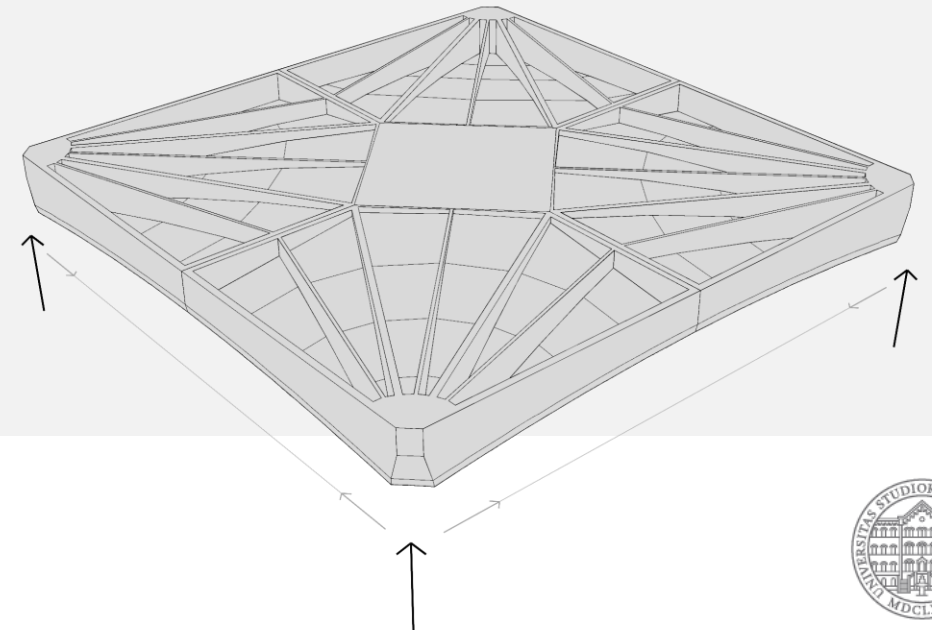
Izvor: [Zagorje-Tehnobeton - proizvodnja AB montažnih elemenata \(gpzaborje.hr\)](http://gpzaborje.hr)

Izvor: <http://www.leier.com.hr/mesterpanel-novo>

# Primjer montažne gradnje

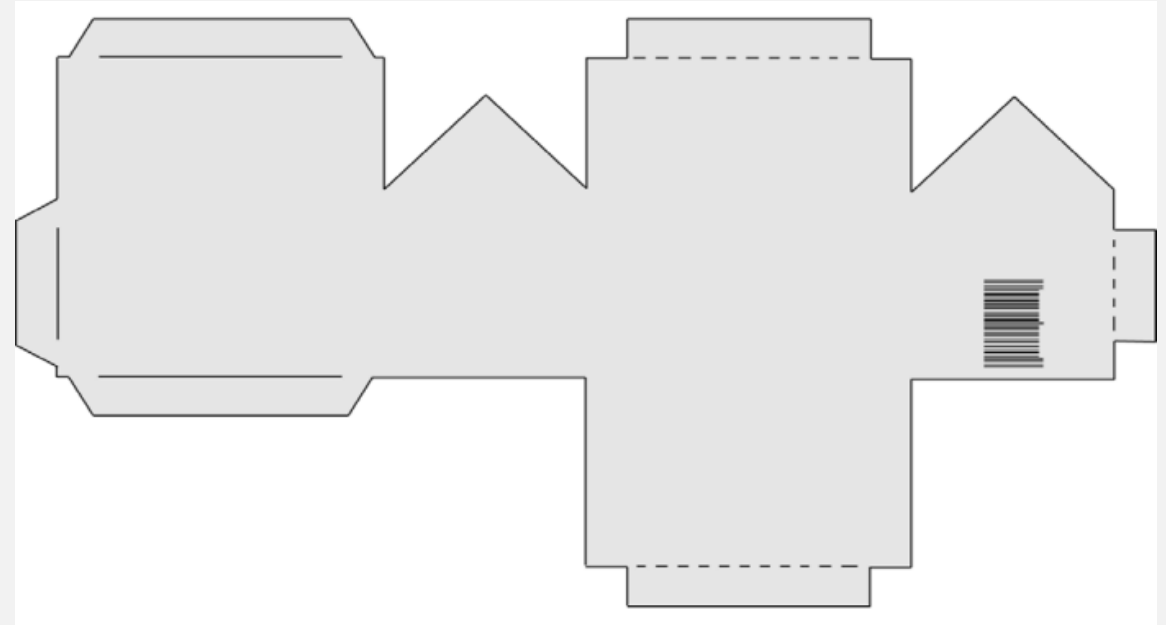


<https://www.vaulted-floors.com/>



# Pristup projektiranja za rastavljanje

- Projektiranje koje predviđa/olakšava buduće izmjene ili rastavljanje građevine (demontažu) na iskoristive sustave, komponente i materijale
- Uključuje korištenje materijale koji se mogu oporabiti, reciklirati, razgraditi



Source-

<https://i.ytimg.com/vi/WcyhM5QqJFQ/maxresdefault.jpg>

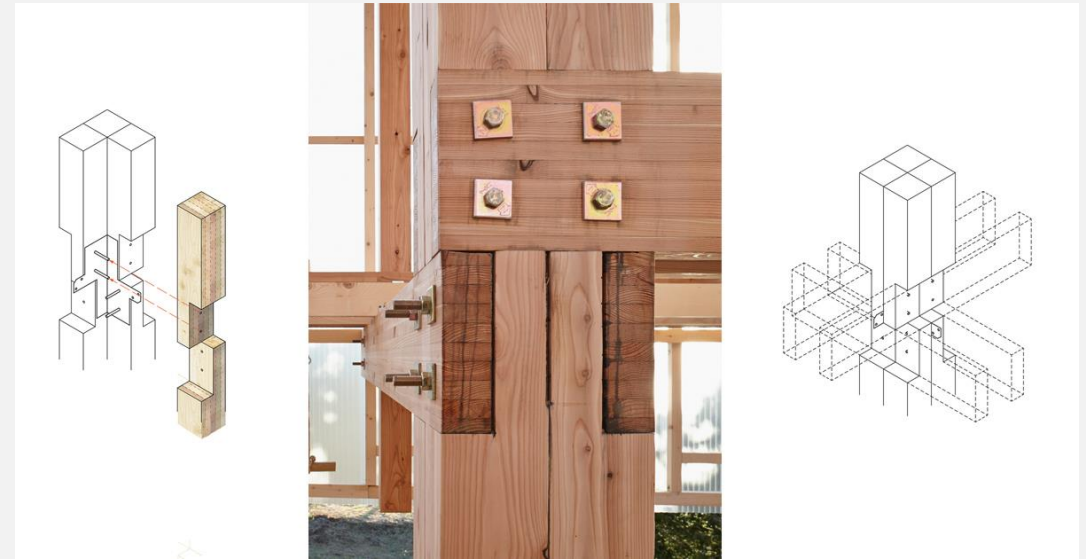
# Izazovi projektiranja za rastavljanje

- Korištenje kompleksnih kompozitnih materijala koji se teško recikliraju
- Cijena rada za rastavljanje, korištenje ljudskih, mehaničkih, toplinskih, optičkih, ultrazvučnih metoda odvajanja
- Spajanje koje onemogućuje rasklapanje, npr. ljepljenje
- Premazi, slojeviti materijali koji se ne mogu razdijeliti na originalne materijale
- Nejasna strategija upravljanja građevina (prenamjene, adaptacije, rušenje nisu planski i nisu u vlasništvu originalnog investitora)
- Predodžba krajnjih korisnika da je nešto što je projektirano da se može rastaviti nekvalitetno



# Osnovni principi rastavljanja

- Koristiti spojeve s vijcima i čavlima - korištenje standardnih i ograničenih paleta spojnih sredstava smanjit će potrebe za alatima, vrijeme i trud za prebacivanje između njih



Source-

<https://images.adsttc.com/media/images/5f06/aa99/b357/655d/4600/032b/slideshow/kfi.jpg?1594272401>

# Osnovni principi

- Odvojeni mehanički, električni i vodovodni (MEP) sustavi. Odvajanje MEP sustava od nosivih dijelova olakšava odvajanje komponenti i materijala za popravak, zamjenu, ponovnu upotrebu i recikliranje.

Photo by: Jan Nagalski / Flickr



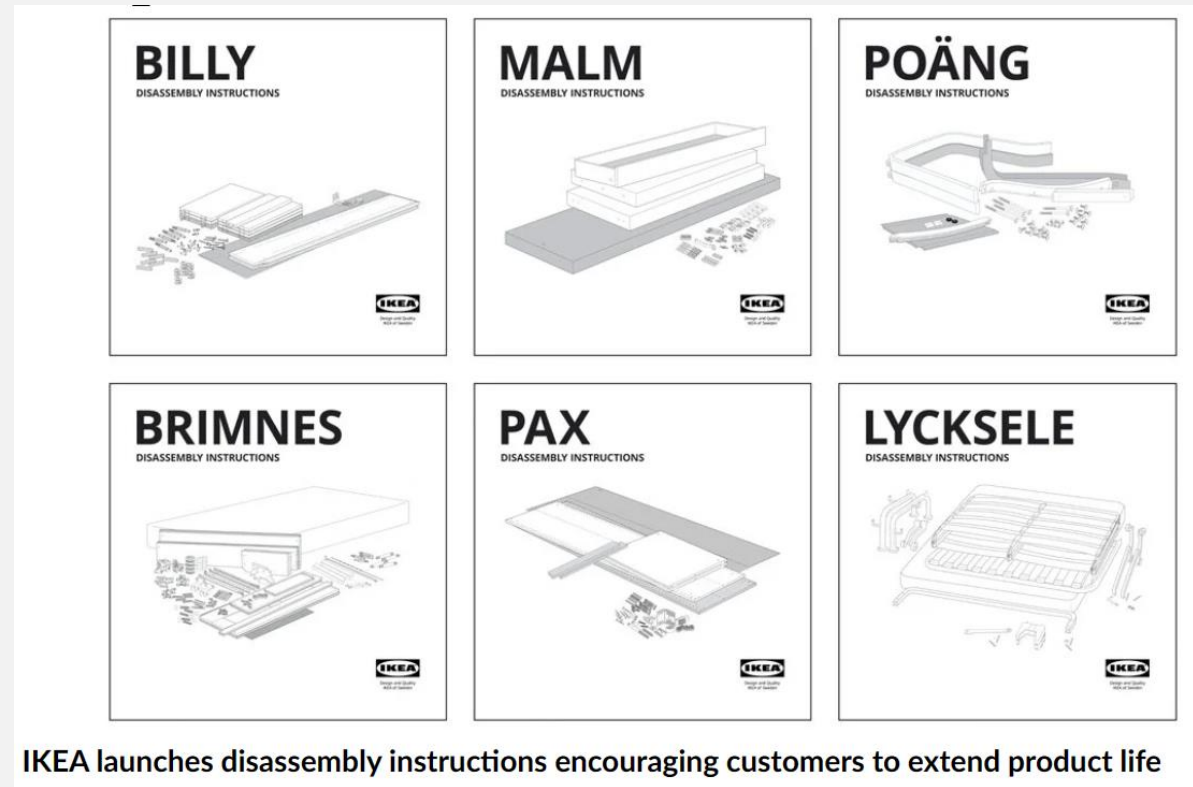
Georges Pompidou, Pariz,  
Renzo Piano and Richard  
Rogers, 1977



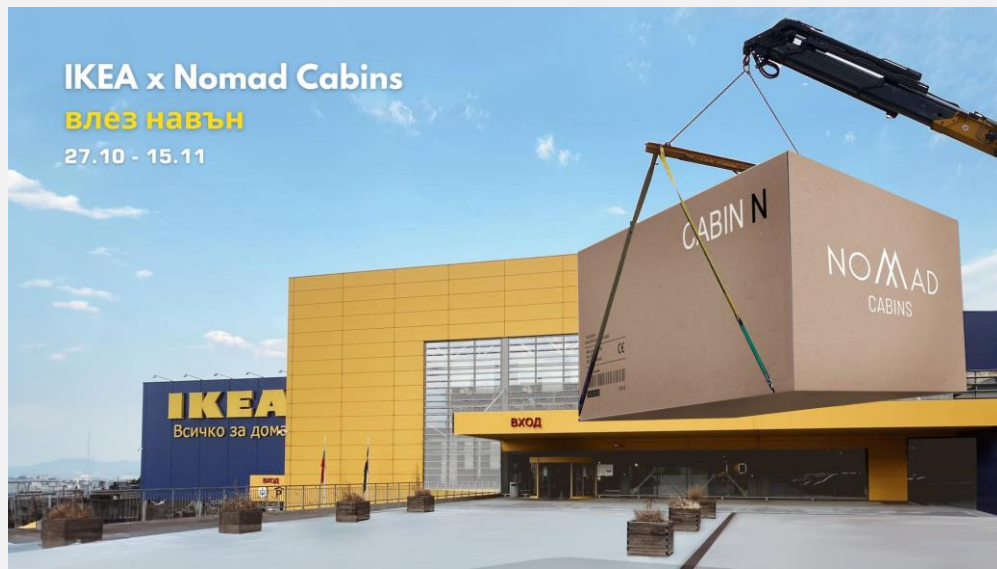
Lloyd Building, London, Richard Rogers  
& Partners 1978 - 1986

# IKEA

- <https://www.designboom.com/design/ikea-disassembly-instructions-extend-product-life-02-22-2021/>



# Slaganje/rastavljanje kuća



Cosmic Buildings - Moving housing to the self-sustainable age.



# Sastavljanje/rastavljanje tradicijske drvene gradnje



Kurija Modić Bedeković, svibanj 2022 foto Maja Ergović (arhiva Muzeja Turopolja)



Kapela sv. Barbare, foto Maja Ergovic (arhiva Muzeja Turopolja)

# Sastavljanje/rastavljanje tradicijske drvene gradnje

Mraclin, hrvaški vuglić



Mraclin, nemški vuglić



Oznake za preslagivanje



# Održivost prilikom odabira materijala

---

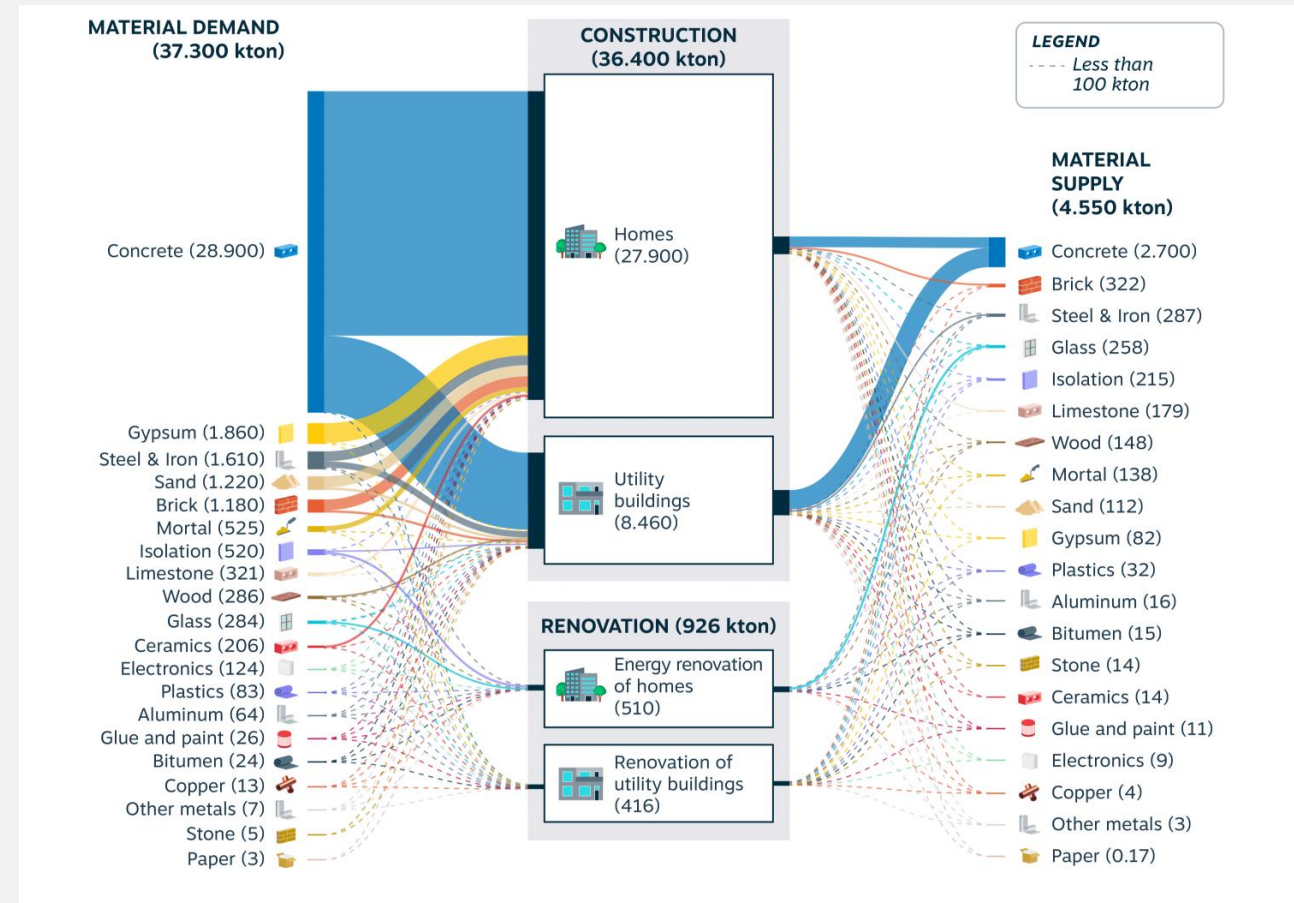


# Koncept urbanog rudarenja

- Urbano rudarenje - dobivanje sirovina iz otpadnih proizvoda poslanih na odlagalište
- Otpad koji stvaraju gradovi i urbana okruženja
- Antropogene zalihe, a ne geološke kako bi se zadovoljili zahtjevi proizvodnje

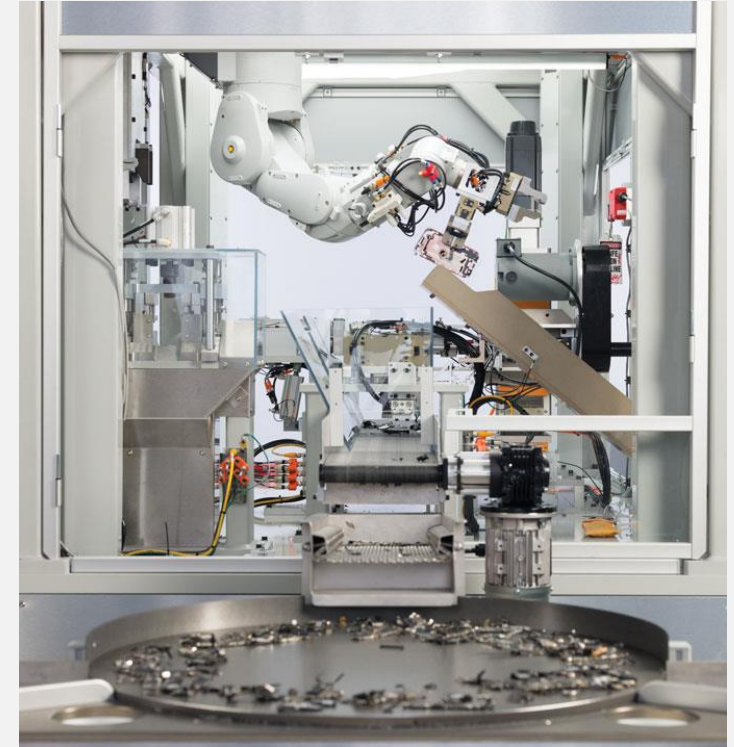
Metabolic Consulting

<https://www.metabolic.nl/publications/urban-mining-scan/>



# Koristi urbanog rudarenja u električnoj i elektroničkoj industriji

1. Doba jeftinih sirovina u izobilju je prošlo
2. Oporaba sirovina iz e-otpada može se učiniti sve isplativije
3. U gradovima diljem svijeta još uvijek postoje milijuni uređaja koji čekaju na povrat
4. Za neke rijetke metale urbano rudarenje postupno postaje jedini izvor
5. Urbanim rudarenjem izbjegava se znatna količina štetnih učinaka na ljudska bića i okoliš
6. Samo klasično rudarenje ne može zadovoljiti sve veću potražnju za električnim i elektroničkim uređajima



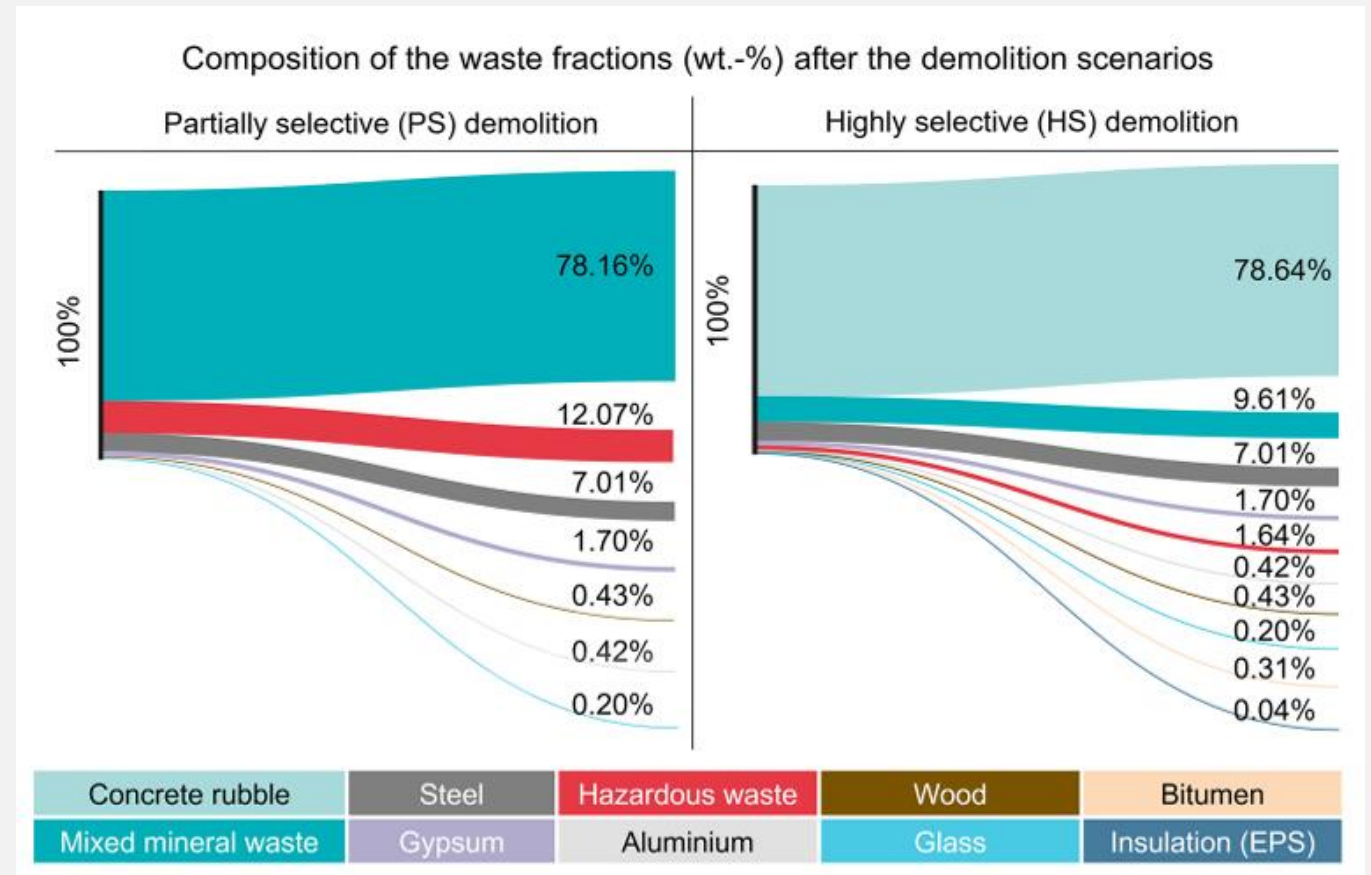
Daizy robot za rasklapanje iPhonea

[How science could make recycling rare earth elements easier \(sciencenews.org\)](https://www.sciencenews.org/article/how-science-could-make-recycling-rare-earth-elements-easier)

# Selektivno rušenje

- **Preduvjet za urbano rudarenje**

Berfin Bayram et al. Environmental and economic implications of selective demolition and advanced recycling of construction waste, Sustainable Production and Consumption 57 (2025) 61–79



# Zakonodavni okvir

*Pravilnik o ukidanju statusa otpada* (NN 55/2023) – obveze vezane za ukidanje statusa otpada – **upute kada otpad prestaje biti otpad i postaje nova sirovina**

- Koncept ukidanja statusa otpada **obuhvaća skup uvjeta** koje materijal koji potječe iz otpada mora ispuniti, a koji garantiraju kvalitetu budućeg materijala takvu da taj materijal neće biti odbačen niti da će imati negativan utjecaj na zdravlje ljudi i okoliš: **potrebno zadovoljiti tehničke i ekološke zahtjeve (reciklirani agregat i materijal za ispunu)**



Izvor: [https://isgo-portal.mingor.hr/sites/default/files/izvjesca/2024-11/Pregled%20podataka%20o%20ukidanju%20statusa%20i%20nusproizvodima%20za%202023.\\_FINAL.pdf](https://isgo-portal.mingor.hr/sites/default/files/izvjesca/2024-11/Pregled%20podataka%20o%20ukidanju%20statusa%20i%20nusproizvodima%20za%202023._FINAL.pdf)

# Urbano rudarenje

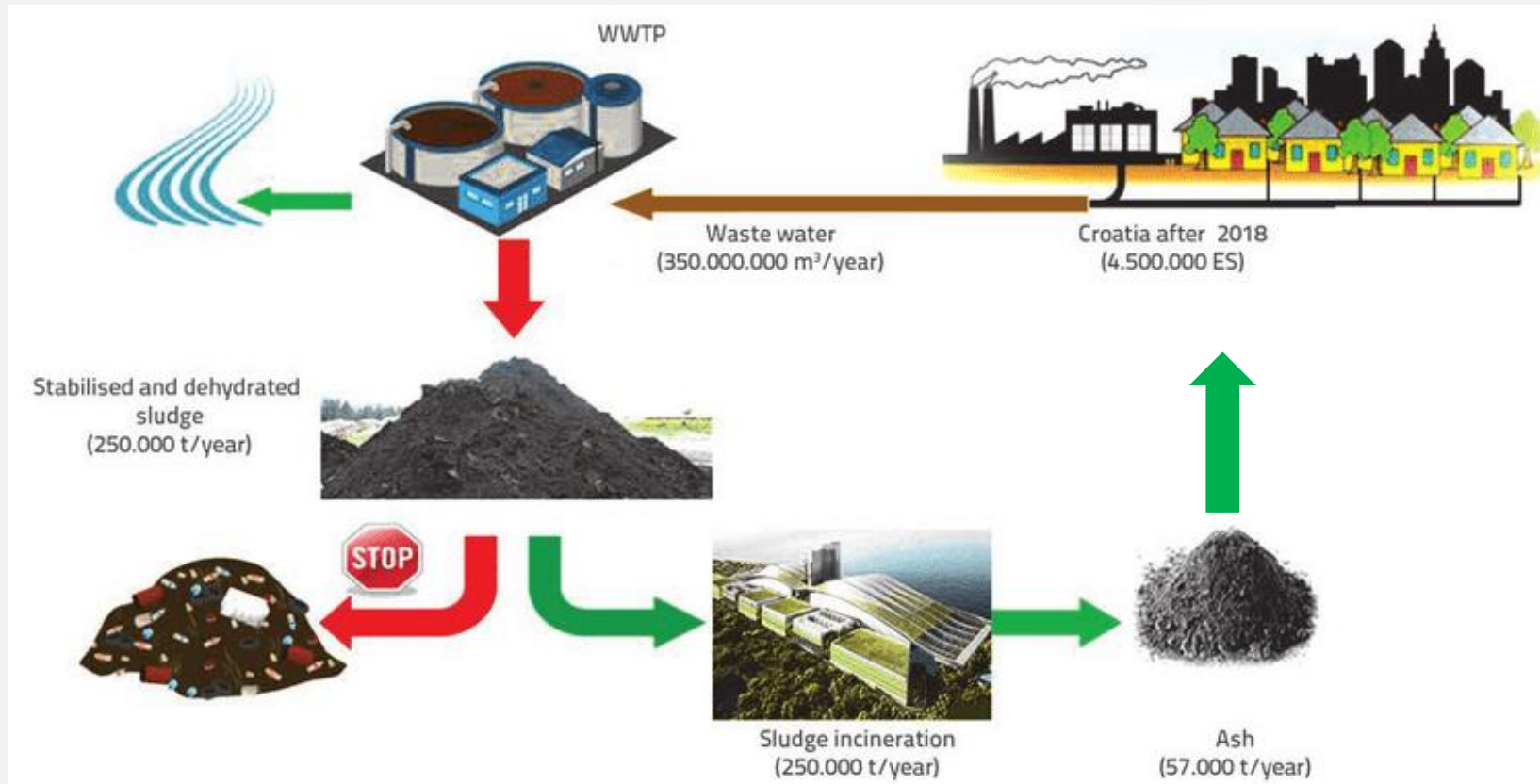
- Pravilnik o ukidanju statusa otpada NN 55/2023

Tablica 3.5. Granične vrijednosti parametra eluata/testa izluživanja recikliranog agregata i materijala za nasipavanje

Parametar	L/S = 10 l/kg
	mg/kg suhe tvari
As	0,5
Ba	20
Cd	0,04
Cr ukupno	0,5
Cu	2
Hg	0,01
Mo	0,5
Ni	0,4
Pb	0,5
Sb	0,06
Se	0,1
Zn	4
Klorid	800
Fluorid	10
Sulfat	1000
Fenolni indeks	1

Parametar	Vrijednost mg/kg
BTEX (benzen, toluen, etilbenzen i ksileni)	6
PCB (poliklorirani bifenili, 7 srodnih spojeva)	1
Mineralno ulje (C10 do C40)	500
PAU (policiklički aromatski ugljikovodici)	10

# Industrijska simbioza



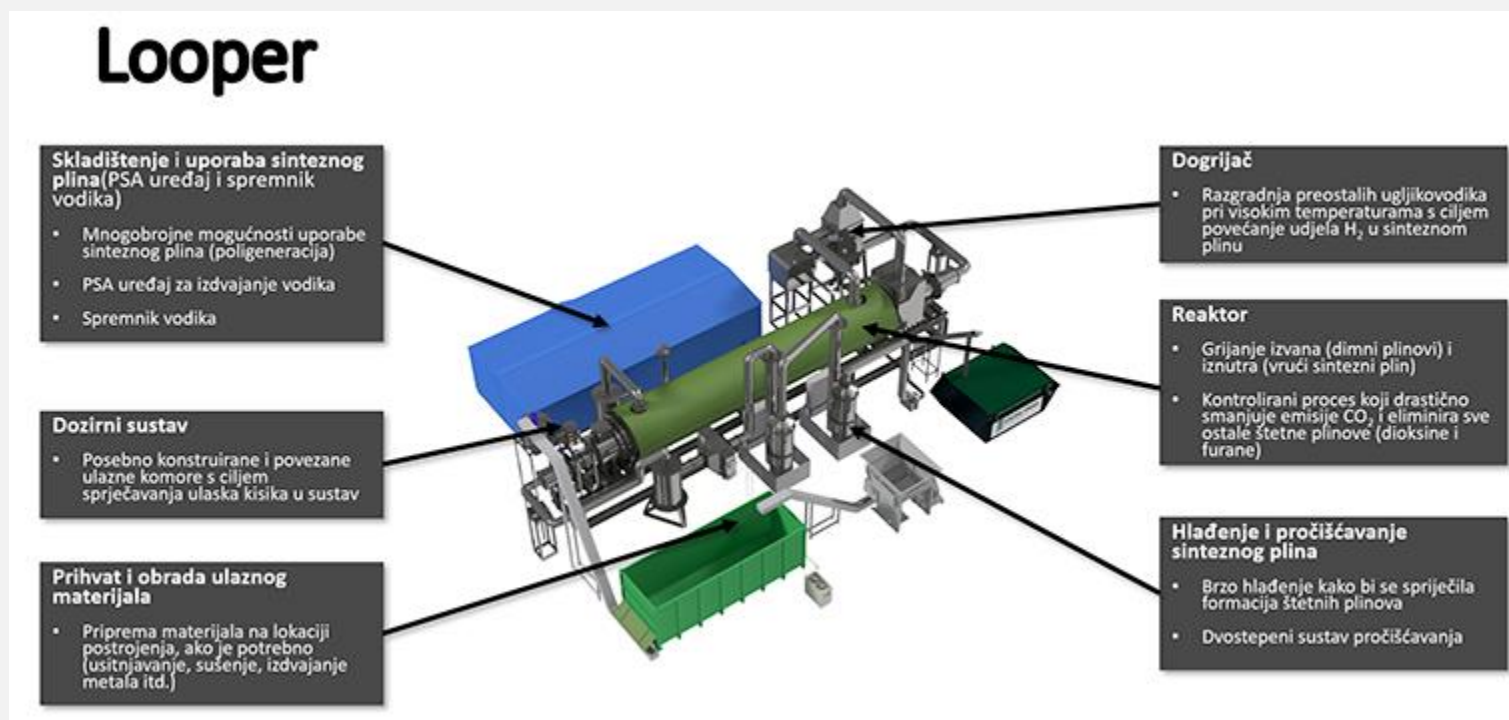
# Leteći pepeo – TE na ugljen



- Hungry Horse Dam, na rijeci Flathead u Montani
- Dovršena 1953. godine
- Izgrađena sa 120.000 tona letećeg pepela

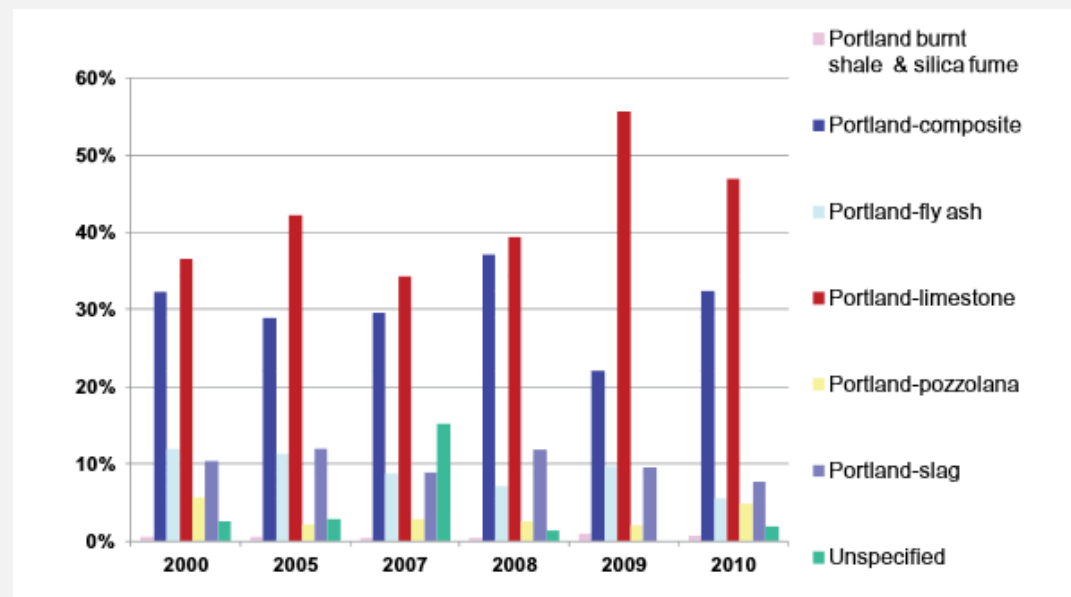


# Energetska uporaba otpada

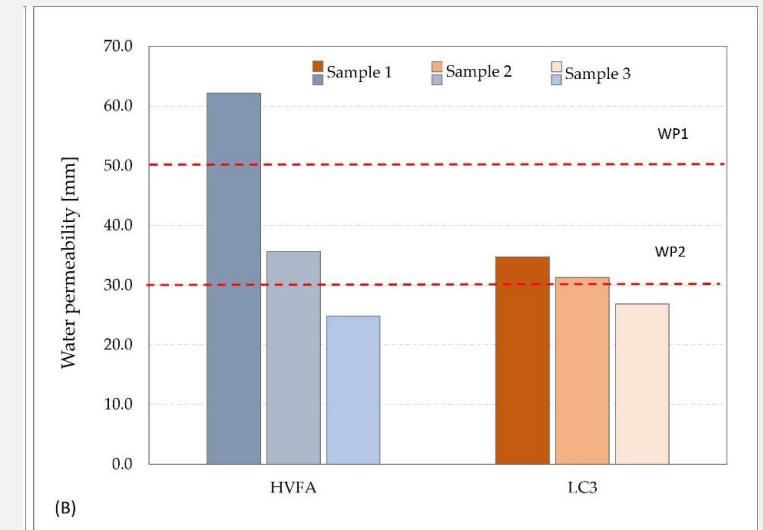
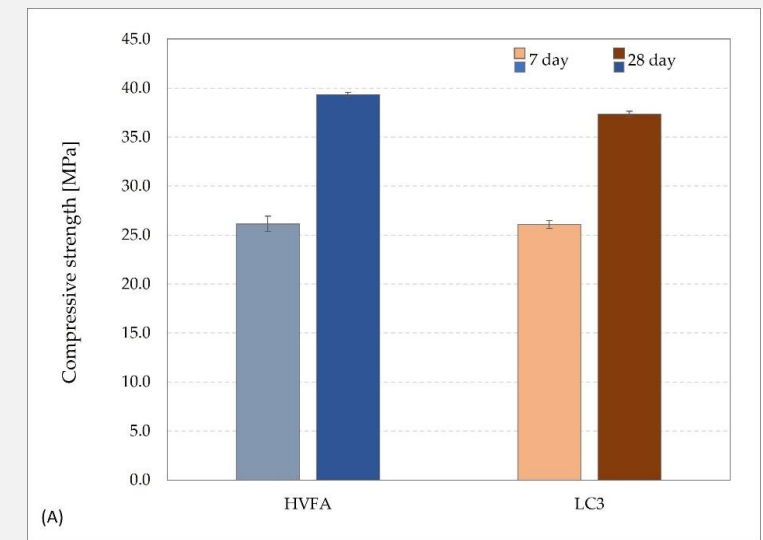
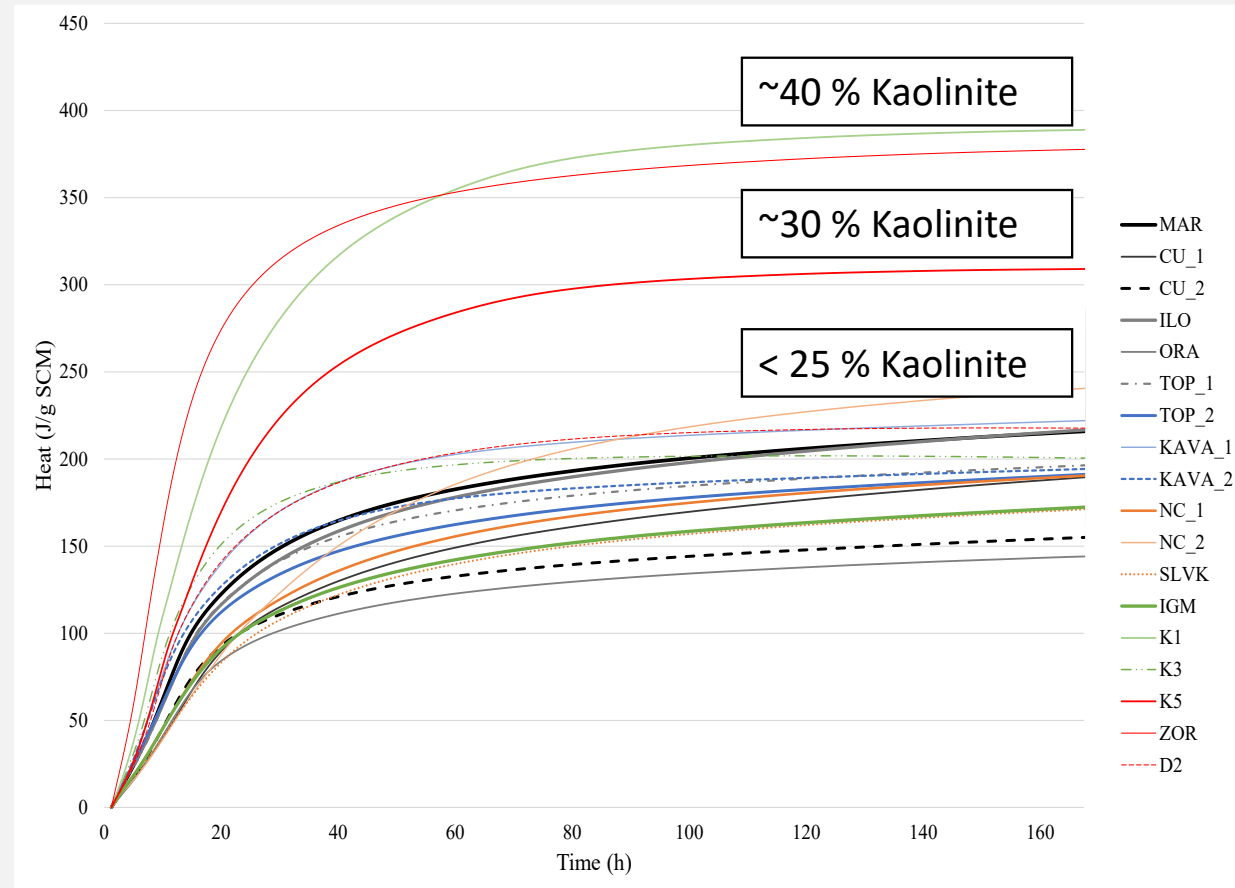


*Shema Looper postrojenja – Dok-ing*

# Vapnenac



# Glina



Flegar, M. et al. Advances in civil engineering materials, 12 (2023), 1; 237-250.  
doi:10.1520/ACEM20220138



# Kalcinirana glina / vapnenac (LC3)

- 2024 Paris Olympic Games, the city of Marseille, France renovated the Stade Nautique du Roucas Blanc marina to host the sailing events
- 7,500 m<sup>2</sup> of new or renovated buildings and storage areas as well as 17,000 m<sup>2</sup> of outdoor space
- Holcim supplied 7,000 m<sup>3</sup> of ECOPact concrete with a 40% lower CO<sub>2</sub> footprint made from calcined clay-based ECOPlanet cement





[Home](#) > [Who we are](#) > [Our stories](#) > [Scaling calcined clay for sustainable building](#)

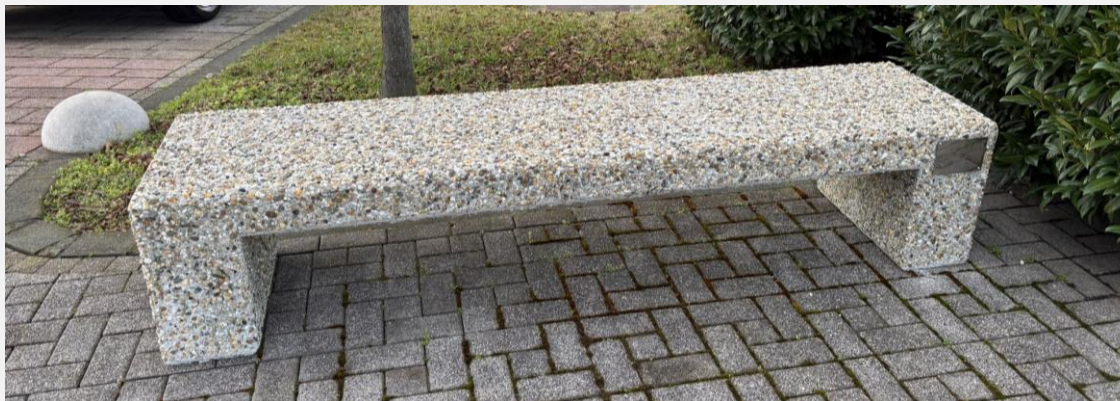
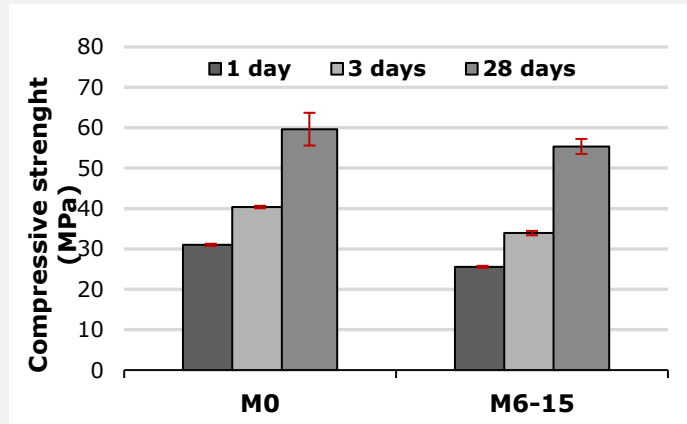
Story • 1 October 2025

## SCALING CALCINED CLAY FOR SUSTAINABLE BUILDING

Developers, architects and contractors don't need to reinvent the wheel to build sustainably. They just need to choose the next generation of cement, which Holcim is reinventing using low-emission raw materials such as calcined clay.

# Geopolimeri (alkalno-aktivirani materijali, bez-cementni betoni)

## Projekt Ashcycle



## Hoffmann Green delivers seven 0% clinker concrete wind turbines foundations

The company supplied clinker-free concrete for wind turbine bases at two French wind farms.

October 14, 2025

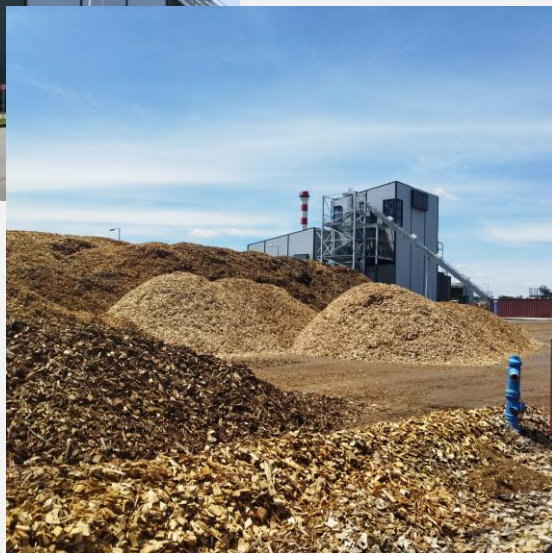
Share



The wind farm projects form part of Hoffmann Greens' ongoing efforts to reduce carbon emissions in construction. Credit: Hoffmann Green Cement Technologies.

# Pepeo biomase

Babina Greda



Žakanje



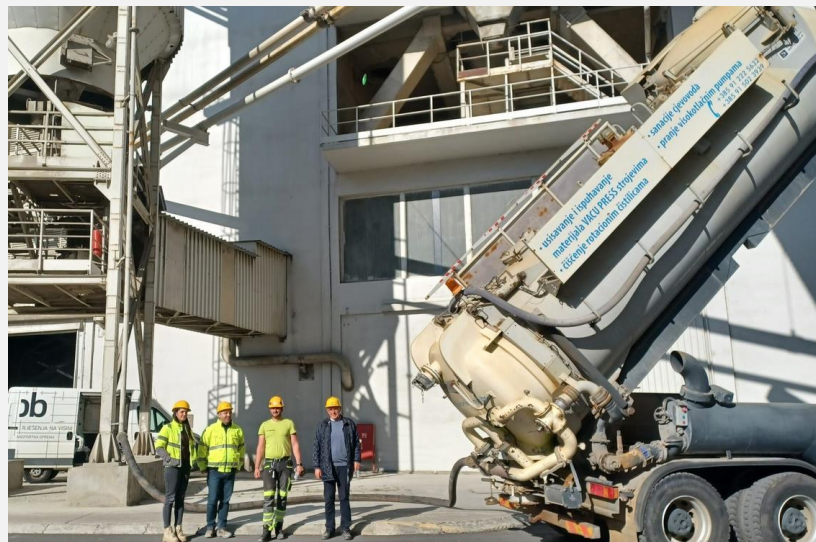
- Vrsta tehnologije, temperature izgaranja, količine, upravljanje otpadom, troškovi



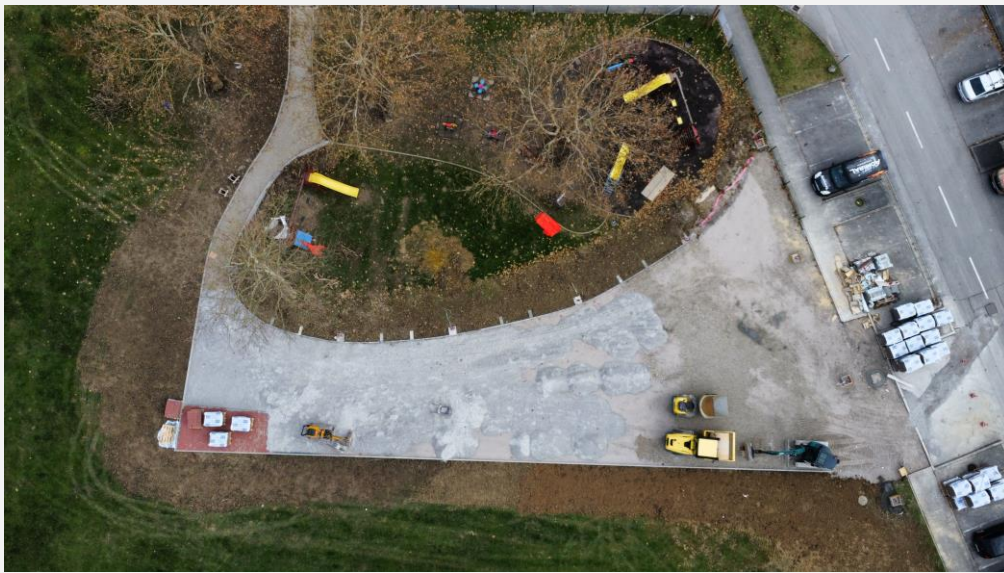
# Proizvodnja inovativnog cementa i građevnih proizvoda



NEXE



Beton-Lučko



Funded by the  
European Union



University of Zagreb  
Faculty of Civil Engineering



# Mulj papira



U EU 90 milijuna tona papira, 11 milijuna tona otpada i 4 milijuna tona mulja godišnje

Source: P. Bajpai, Management of Pulp and Paper Mill Waste, Springer International Publishing Switzerland 2015

# Biološki materijali

Materijali na biološkoj osnovi odnose se na proizvode koji se uglavnom sastoje od tvari dobivenih iz žive tvari (biomase) i pojavljuju se prirodno ili su sintetizirani, ili se mogu odnositi na proizvode izrađene procesima koji koriste biomasu.



*Izolacija od ovčje vune*

<https://www.biobasedconsultancy.com/en/database/alchimea-lana-sheep-wool-insulation1>

Source- [https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?Lab=NRMRL&dirEntryId=231873](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NRMRL&dirEntryId=231873)

# Biopolimeri i organski dodatci

Zamjena bitumena  
biopolimerima



Ekstrakti raznih biljaka ili vitamina kao inhibitori korozije u kiselim i lužnatim medijima – npr. askorbinska kiselina (vitamin C) i tanini iz biljaka (mimoza, hrast).



Wine Tannin  
Examples of Wine Tannins



grape seeds



tannin powder

grape skins



oak

WineFolly  
Learn by drinking

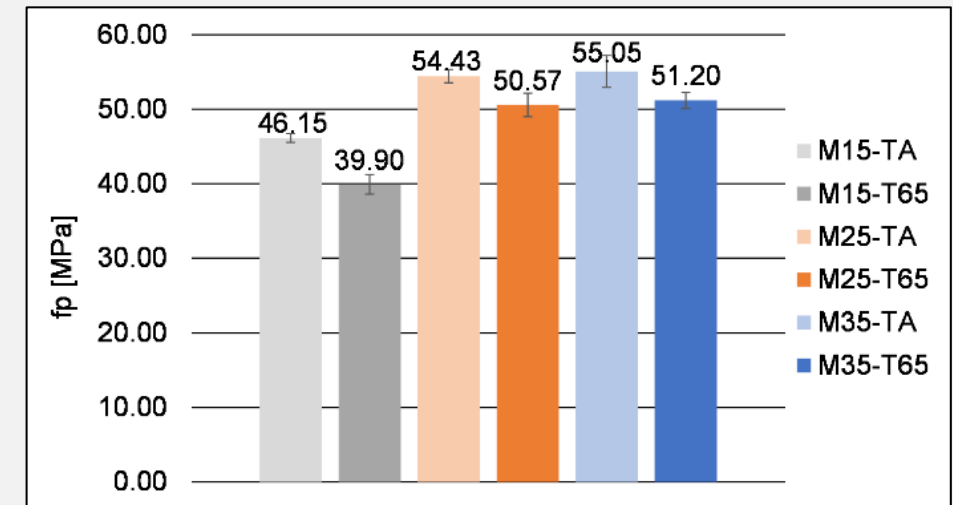
Izvor: <http://winefolly.com/review/what-are-tannins-in-wine/>

# Pepeo suncokreta

- Ukupna svjetska proizvodnja suncokreta u 2021. godini iznosila je približno 56 milijuna tona,
- Suncokretova ljuska je poljoprivredni otpad koji nastaje tijekom prerade sjemena suncokreta - niske prirodne vlažnosti (9%) i dobrih toplinskih svojstava - često se koristi kao izvor energije,
- Pepeo od suncokretove ljuske (SHA) dobiven izgaranjem suncokretove ljuske je otpadni materijal koji se obično odlaže na odlagalištima.



Tlačna čvrstoća nakon 28 dana – zgura aktivirana s pepelom suncokretovih ljuski (SHA) u različitim udjelima (15, 25, 35%) njegovani na ambijentalnoj (TA) i povišenoj (T65) temperaturi  
Bukvić, O. doktorska disertacija



# Čerpič

- Nepečena opeka sušena na suncu, načinjena od gline pomiješane sa slamom, pepelom i drugim primjesama



Certificirana slama  
Vitlovi – slama i zemlja  
Baranja Alternativa



<https://doulerehayfrance.com/en/bioconstruction-compressed-blocks-of-straw>



<https://www.marinazajec.com/koprivnica>



<https://claytec.de/en/product/clay-bricks-and-rammed-earth/>



<https://ecococon.eu/hr/the-panel-system>

# Konoplja

- Bio-kompozit napravljen od unutarnje drvenaste jezgre biljke konoplje pomiješane s vezivom na bazi vapna



**Renovation- Transformation of a warehouse - Mechelen**



<https://www.iso hemp.com/>

# Nabijena zemlja (rammed earth)

Ricola Krauterzentrum by Herzog & de Meuron



<https://www.herzogdemeuron.com/projects/369-ricola-krauterzentrum/>

# Gnezdo, Slovenija



<https://gnezdo.si/center-sonaravne-gradnje/trgovina/>



# Zahvala

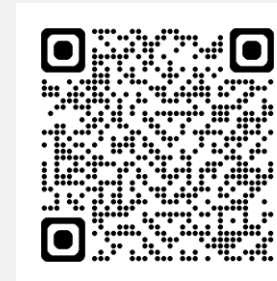
Erasmus+ projekt Education for GREEN transformation of CONstruction sector – GREENCO (šifra projekta: 101111694)

GREENCO



Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

Active storage of captured CO<sub>2</sub> in net zero construction products – ASCCENT (šifra projekta: 101159895)



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Research Executive Agency (REA). Neither the European Union nor REA can be held responsible for them.

# Građevinski fakultet Sveučilište u Zagreb

[www.grad.unizg.hr](http://www.grad.unizg.hr)



University of Zagreb  
Faculty of Civil Engineering

