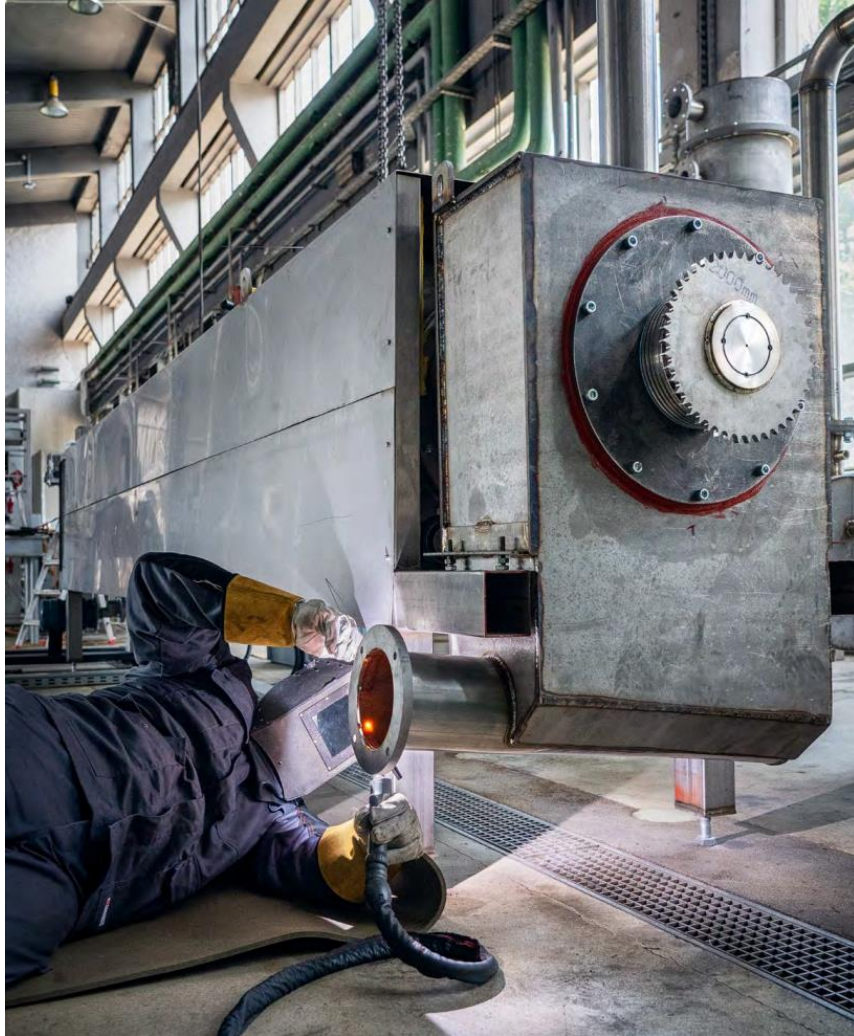


# Looper

Termokemijska proizvodnja sinteznog plina i građevinskog materijala iz organskog materijala

**Danica Maljković**



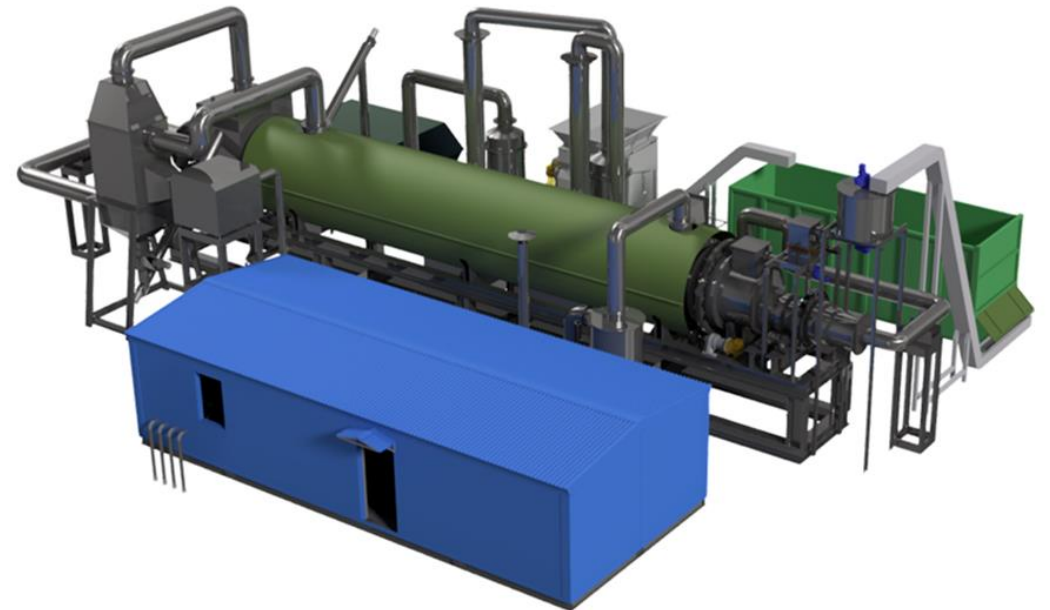
## INDELOOP

- **Indeloop**, članica Grupe **DOK-ING**, istraživanje, razvoj i proizvodnju postrojenja za preradu organskog otpada s ciljem proizvodnje sinteznog plina bogatog vodikom.
- Cilj tvrtke je omogućiti proizvođačima otpada, tvrtkama za reciklažu, industriji i svim zainteresiranim kupcima iz privatnog i javnog sektora, da svoj otpad zbrinjavaju na inovativan i ekološki prihvatljiv način te da ujedno postanu energetske neovisni. Ovi sustavi nude decentraliziran način obrade otpada i proizvodnje energije.
- Postrojenje za uplinjavanje pretvara kruti organski materijal u čisti sintezni plin i inertni kruti ostatak. Proces uplinjavanja odvija se u reaktoru, gdje sintezni plin doseže temperaturu do 850°C. Sintezni plin zatim odlazi u pregrijač, gdje se preostali ugljikovodici razgrađuju na temperaturama iznad 1.000°C, kako bi se dobio sintezni plin sa što većim udjelom vodika.

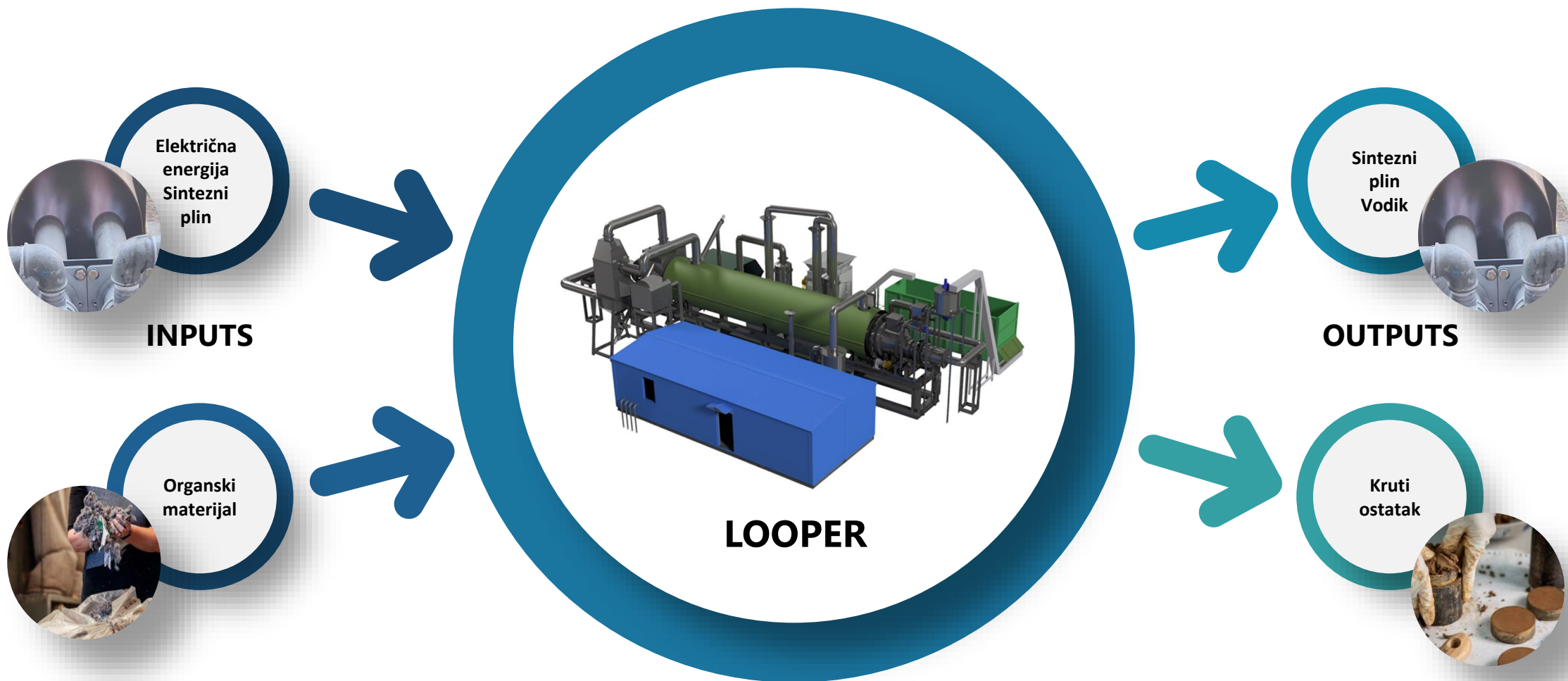
# Sustav uplinjavanja - Looper

---

- Pretvara kruti organski materijal u čisti sintezni plin i inertni kruti ostatak
- Smanjene emisije stakleničkih plinova kontroliranjem procesa uplinjavanja i održavanjem radnih parametara procesa
- Proizvedeni sintezni plin-koristi se za proizvodnju toplinske ili električne energije i proizvodnju vodika
- Kontinuiranom proizvodnjom energije korisnici postaju energetskeki samoodrživi
- Smanjenje troškova energije
- Napredna tehnologija koja istovremeno rješava različite probleme u gospodarenju otpadom i energetskom sektoru
- Inovativne karakteristike ovog sustava povećavaju energetskeku učinkovitost i smanjuju negativan utjecaj na okoliš koji se javlja tijekom korištenja drugih tehnologija



# Tehnologija



# Opis tehnologije

## Ulaz

### Električna energija/sintezni plin

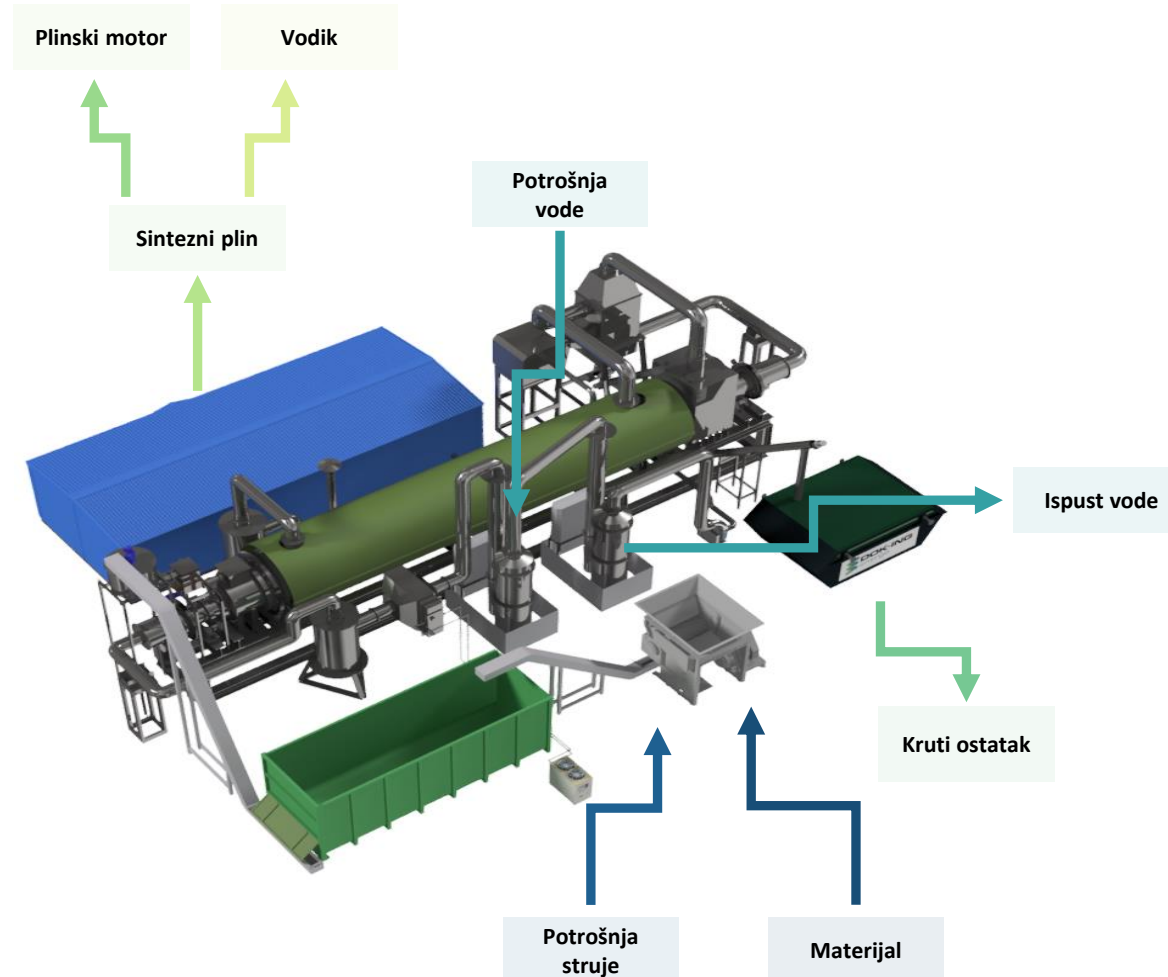
Looper se može grijati električnom energijom, proizvedenim sinteznim plinom ili kombinacijom. Izvor topline ovisi o potrebama i mogućnostima kupca, a svaki sustav je prilagođen, generirajući maksimalan energetski bogat sintezni plin.

### Organski materijal

Bilo koji organski materijal kao što je plastika koja se ne može reciklirati, mulj sa UPOV-a, biomasa, tekstilni otpad koji se ne može reciklirati i drugi materijali koriste se kao sirovina za ovu tehnologiju zbog njihovog potencijala za stvaranje sinteznog plina.

### Ulazna voda

Voda se koristi za pročišćavanje i sustav hlađenja kako bi se osiguralo da se sintezni plin dovoljno brzo ohladi i da se spriječi stvaranje štetnih plinova. Također, koristi se za uklanjanje preostalih onečišćenja prisutnih u sinteznom plinu.



## Izlaz

### Sintezni plin/vodik

Glavni produkt procesa je sintezni plin. Dio proizvedenog sinteznog plina može se koristiti za grijanje Loopera, a ostatak se može koristiti za bilo koje druge potrebe korisnika (proizvodnja vodik, upotreba u plinskim motorima i sl.)

### Krti ostatak

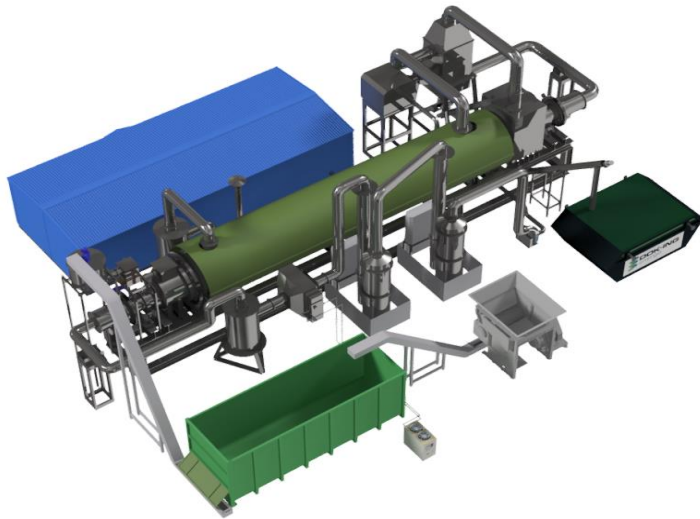
Krti ostatak sastoji se od pepela i čađe (čiji omjer ovisi o materijalu sirovine, nakon uplinjavanja npr. plastike veći je udio čađe u odnosu na pepeo). Čađa se može koristiti u građevinskoj industriji, dok se iz pepela mogu ekstrahirati rijetki metali ili fosfor.

### Izlazna voda

Voda koja se koristi za hlađenje i čišćenje proizvedenog sinteznog plina pročišćava se naprednim metodama i može se ponovo koristiti u sustavu hlađenja i čišćenja sinteznog plina.



# Pregled procesa i inovacija



## Priprema materijala

Ulazna sirovina (organski materijal), koja se koristi za proizvodnju sinteznog plina, mora se prije uplinjavanja pripremiti (usitniti i/ili osušiti). Ako je sirovina prerađena prije isporuke na lokaciju postrojenja, ona se može direktno transportirati u međuspremnik koji se nalazi ispred dozirnog sustava. Hoće li se ulazna sirovina prerađivati na lokaciji postrojenja ili na nekom drugom mjestu, ovisi o željama i potrebama krajnjeg kupca. Međuspremnik ima pomični dno tako da se sirovina može kontinuirano dovoditi u dozirni sustav.

## Reaktor

Dozirni sustav postrojenja sastoji se od dvije komore. U komore se upuhuje dušik kako bi se spriječio dotok kisika i istovremeno istisnuo postojeći kisik iz sustava. Glavni dio postrojenja je reaktor sa šupljim vretenom. U reaktoru se zbog visokih temperatura odvija niz kemijskih reakcija. Reaktor se sastoji od cijevi reaktora, unutar koje se nalazi vreteno koja se kontinuirano rotira kako bi se osigurao kontinuirani transport sirovine kroz reaktor. Potrebno je spriječiti ulazak kisika u reaktor (kroz otvore reaktora i sa sirovinom) kako bi se spriječilo stvaranje CO i CO<sub>2</sub> i time smanjio ugljični otisak. Za kontrolu količine kisika u sustavu, i kontrole samog procesa, na nekoliko točaka u reaktoru ugrađeni su senzori kisika. Svaka točka na kojoj bi sintezni plin mogao ući u reaktor dodatno je zapečaćena, čime se povećava sigurnost cijelog sustava. Reaktor i povezani dijelovi, sve do puhala na kraju postrojenja, drže se pod vakuumom kako bi se eliminirala mogućnost istjecanja sinteznog plina. Za povećanje sigurnosti, u sustav su ugrađena dva puhala (jedno radi, a drugo je u stand-by-u) kako bi se osigurao kontinuirani protok proizvedenog sinteznog plina kroz postrojenje. U slučaju prekida opskrbe električnom energijom, odmah se uključuje ugrađeno alternativno napajanje. U kemijskim reakcijama potaknutim visokim temperaturama, sirovina se pretvara u sintezni plin visoke ogrjevne vrijednosti (koji se sastoji uglavnom od H<sub>2</sub> po volumenu, ali i CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O i drugih ugljikovodika) i kruti ostatak (pepeo, čađa i anorganski materijal koji se zasebno skuplja, hladi i koristi u druge svrhe). Reakcije se u reaktoru odvijaju u djelomično oksidiranoj atmosferi pri visokim temperaturama preko 1.000°C.

## Pregrijač sinteznog plina

Nakon reaktora, sintezni plin prolazi kroz pregrijač gdje se zagrijava na približno 1.100°C. Zatim struji kroz šuplje vreteno koja se nalazi u središtu reaktora. Tamo se hladi dok zagrijava materijal sirovine. Reaktor se zagrijava iz svog središta i izvana, čime se povećava učinkovitost cijelog postrojenja. U pregrijaču se preostali metan i teži ugljikovodici pri visokim temperaturama (preko 1.100°C) razlažu u vodik i čađu. Toplina za grijanje pregrijača i reaktora dolazi iz plamenika koji se nalazi uz pregrijač.

## Suho čišćenje-ciklon

Čišćenje počinje u posebno dizajniranom ciklonu, koji je postavljen odmah nakon šupljeg vretena. U ciklonu se iz sinteznog plina (pri približno 500°C) odstranjuju krute čestice uslijed djelovanja centrifugalne sile ("ciklonski efekt"). Čestice koje se talože na dnu ciklona uklanjaju se iz sustava, dok pročišćeni sintezni plin, izlazi s vrha ciklona.

## Hladnjak sinteznog plina

Nakon ciklona, sintezni plin prolazi kroz izmjenjivač topline gdje se hladi prije nego ode na mokro čišćenje. Ovisno o projektu i zahtjevima kupca, za hlađenje sinteznog plina može se koristiti zrak, voda ili termalno ulje.

## Mokri skruber

Mokro pročišćavanje plinova odvija se u skruberima, gdje se krute čestice skupljaju spajanjem kontaminiranog plina s odgovarajućom kapljevinom (apsorbent).

## Skladištenje

Očišćeni i ohlađeni sintezni plin može se komprimirati kompresorom u spremnik za skladištenje ili, ovisno o primjeni, u međuspremnik.

## Motor na sintezni plin/PSA unit/...

Ovisno o zahtjevima kupca, proizvedeni sintezni plin može se koristiti za proizvodnju vodika. Sintezni plin može se koristiti u motorima, CHP jedinicama ili PSA jedinicama ako je cilj proizvodnja vodika.

## Kruti ostatak

Kruti ostatak (pepeo i čađa) izlaze iz sustava u reaktoru i dogrijaču). Ovisno o svojstvima čađa se može koristiti u građevinarstvu, dok se iz pepela mogu ekstrahirati fosfor ili vrijedni metali.

# Trenutni status

Indeloop je razvio 2 Looper sustava, oba koriste električne grijače. Jedan može preraditi 1 tonu organskog otpada dnevno, a drugi 2 tone organskog otpada. Oba sustava su u potpunosti funkcionalna i koriste se za testiranja. Treće postrojenje koje će se grijati pomoću električne energije i dimnih plinova proizvedenih iz sinteznog plina je trenutno u izgradnji (prerađivati će 1 tonu materijala dnevno).



Tablica 1. Prosječna svojstva sinteznog plina dobivenog u testiranjem sustava. Sastav proizvedenog plina može varirati ovisno o karakteristikama organskog materijala.

Komponenta	Postotak volumena (Vol. -% v <sub>dry</sub> )
H <sub>2</sub>	56,70
O <sub>2</sub>	4,64
N <sub>2</sub>	23,01
CO	1,53
CO <sub>2</sub>	4,60
CH <sub>4</sub>	9,91
H <sub>2</sub> S	0,33

U procesu:

- Razvijanje novih inovativnih tehnologija za pročišćavanje otpadne vode iz skrubera za pročišćavanje sinteznog plina.
- Istraživanje mogućnosti korištenja proizvedenog krutog ostatka u proizvodnji opeka

## MWMGS

### Mobile Waste Management Gasification Solution

Funded by



- Cilj projekta je razviti prvi Mobile Waste Management Gasification System (MWMGS) za tekstilni otpad, čime će se promijeniti paradigma obrade tekstilnog otpada, koja je danas isključivo spaljivanje i odlaganje na odlagalište.
- Primarni ciljevi projekta:
  1. **MWMGS prototip** za preradu 1 tone tekstila dnevno koji može stati u standardni transportni kontejner
  2. **Operativni softver reaktora** za daljinsko upravljanje i optimizaciju procesa uplinjavanja
  3. **Testiranje demonstracijskog postrojenja** za grijanje prostora socijalne zadruge Humana Nova u gradu Čakovcu



**INDY** | ENERGY INDEPENDENT  
ENERGY EFFICIENT  
DEPLOYABLE MILITARY CAMPS

Funded by European Defence Fund

- Glavni cilj projekta je procijeniti potencijal primjene obnovljivih izvora energije u budućim vojnim kampovima.
- DOK-ING, kao sudionik projekta, odgovoran je za procjenu primjene tehnologija za proizvodnju energije iz otpada u vojnim kampovima, kao i za procjenu upotrebe procesa uplinjavanja u vojnim kampovima i kakve dobrobiti ima primjena ove tehnologije.

**Mogućnost povećanja kapaciteta, mobilnost, kompaktan dizajn, proizvodnja čiste energije i odlično rješenje za gospodarenje otpadom ključne su prednosti od kojih će vojni kampovi u budućnosti imati korist od ovog rješenja za uplinjavanje.**

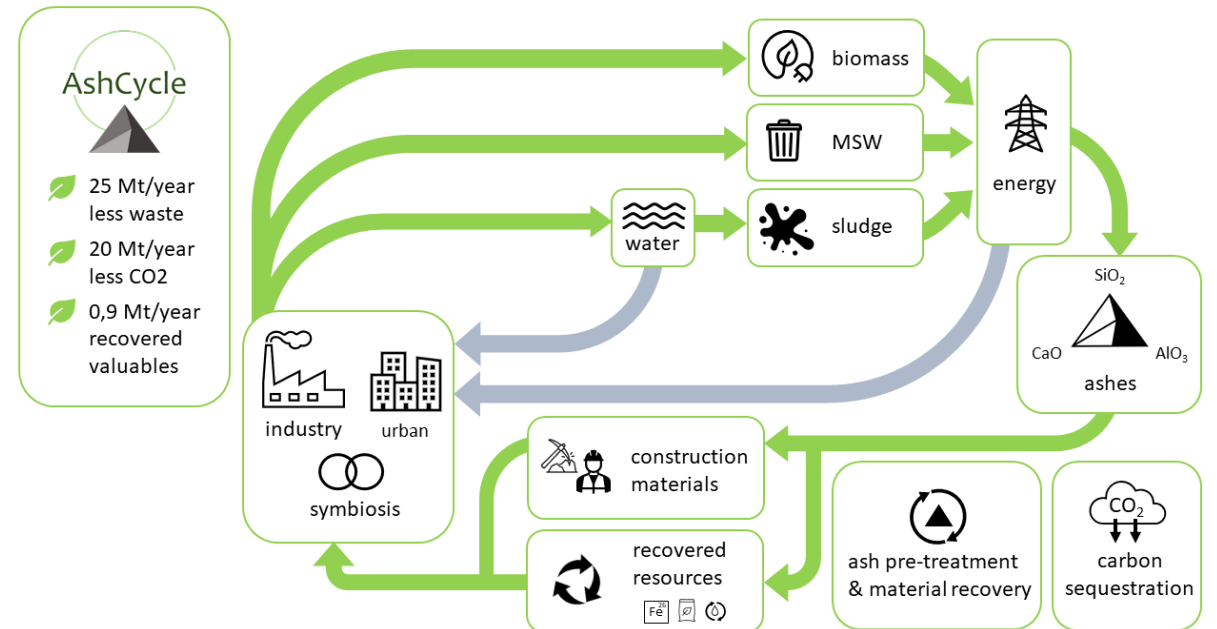
# Projekti



Funded by the  
European Union

## Integration of underutilized ashes into material cycles by industry - urban symbiosis

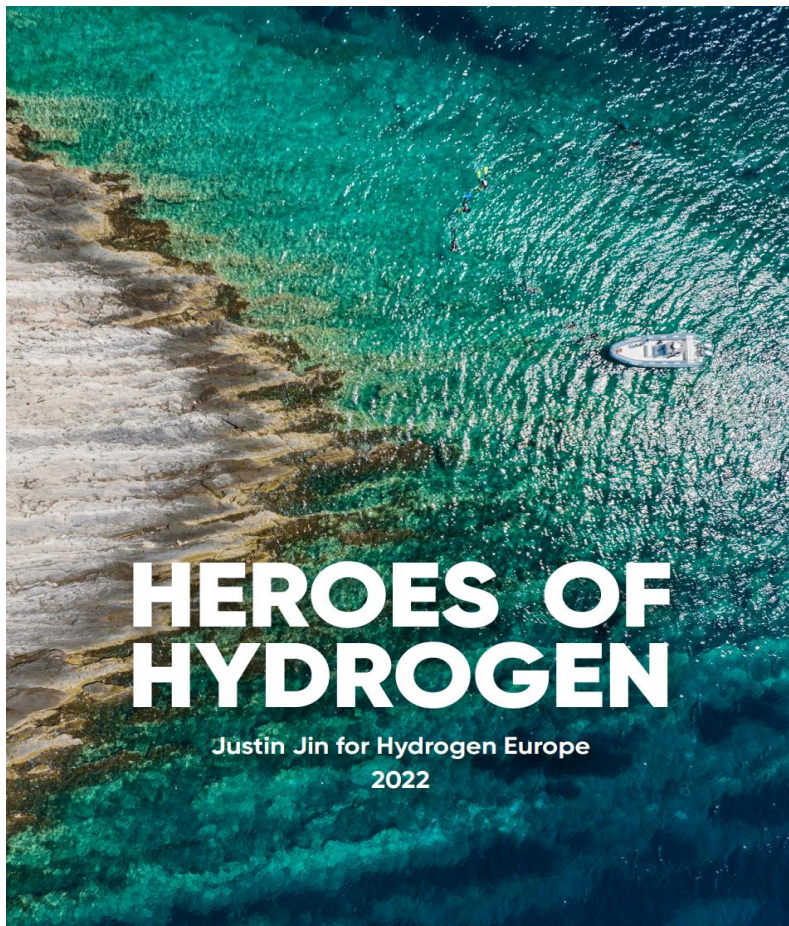
- Dio ovoga međunarodnog projekta su Građevinski fakultet Sveučilište u Zagrebu uz istaknuta sveučilišta zemalja EU te Švicarske i Južnoafričke Republike (JAR).
- Tvrtnka Indelooop d.o.o. također sudjeluje u ovom projektu kao partner iz industrije uz druge respektabilne domaće i strane tvrtke (Nexe d.d., Beton Lučko d.o.o. i dr.)



# Hero of Hydrogen



In 2022 Looper je predstavljen u prvom izdanju Heroes of Hydrogen by Hydrogen Europe. Looper je predstavljen među četiri priče, projekta, koji imaju veliki potencijal da značajno potaknu vodikovu ekonomiju u Europi i ostatku svijeta.





## PREDNOSTI INOVACIJE I TEHNOLOGIJE

- Uplinjavanje otpada je termokemijski proces proizvodnje sinteznog plina na visokim temperaturama bez prisutnosti kisika. Uz proizvodnju sinteznog plina, sve lakohlapljive tvari iz materijala se uplinjavaju. Daljnjim zagrijavanjem sinteznog plina, svi preostali ugljikovodici razlažu se na vodik i čađu.
- Svi neinertni materijali (npr. polimeri i biorazgradivi materijali) mogu se uplinjavati ovom tehnologijom.
- Inovativnosti ovog postrojenja su:
  - Pregrijavanje sinteznog plina u svrhu krekiranja ugljikovodika
  - Smanjeno toplinsko opterećenje reaktora izdvajanjem pregrijača
  - Zagrijavanja sirovine u reaktoru kroz šuplje vreteno (unutarnji povrat topline sinteznog plina).

Jedinična cijena 7 - 12 milijuna EUR

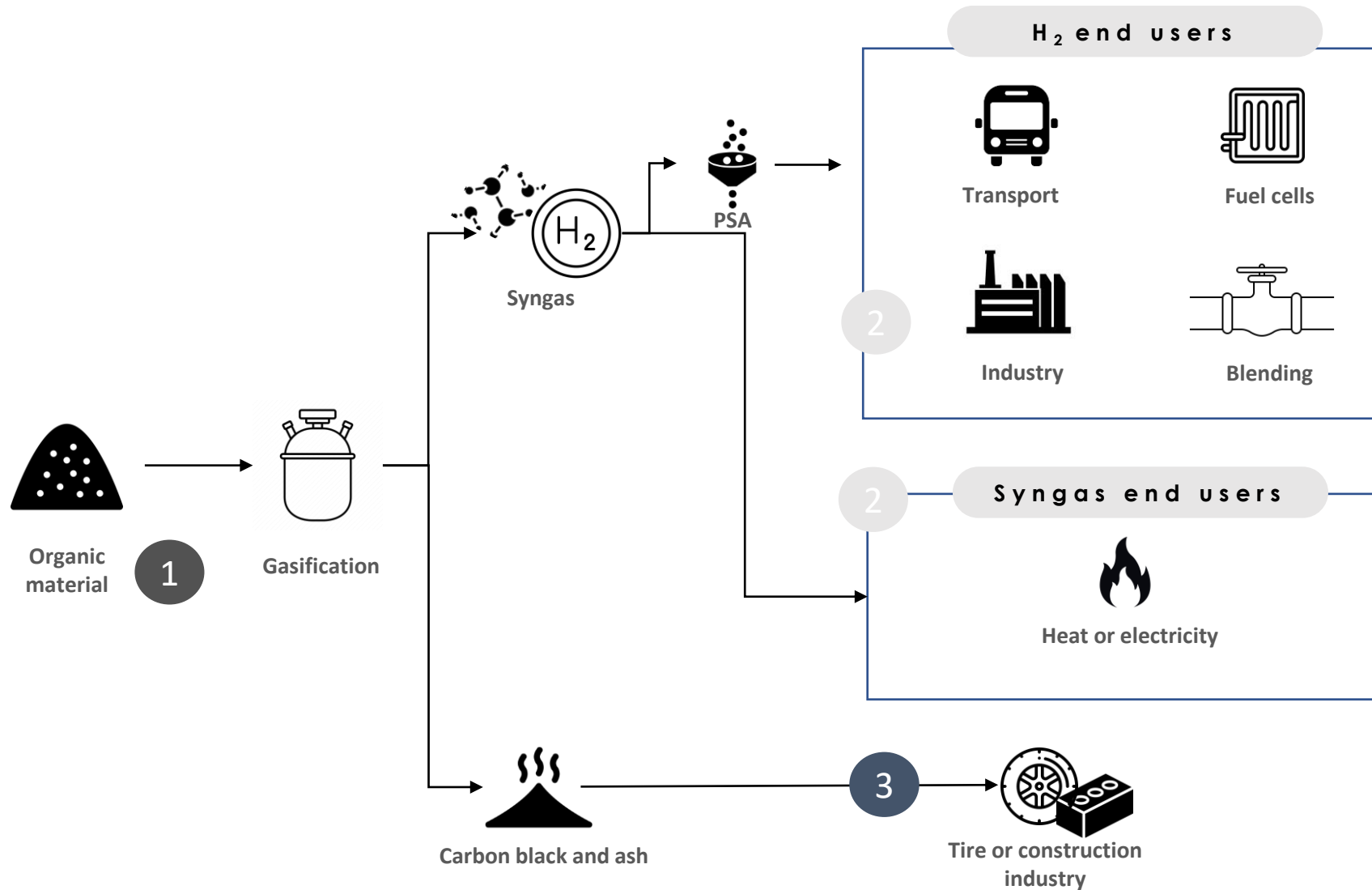
DO 11 tona krutog ostatka za upotrebu u građevinarskoj industriji

TRL 5 do 6 u tijeku prijelaz na TRL 8 i 9

Ekstrakcija do 1 tone H<sub>2</sub> dnevno (99,9% čistog vodika)

Sustavi koji mogu preraditi 1, 6 ili 25 tona organskog materijala dnevno

# Project case study



## Ključni podaci

3 glavna izvora prihoda:




- 1 Zbrinjavanje: krajnji korisnik nemora plaćati zbrinjavanje otpadnog materijala
- 2 Vodik/sintezni plin: vodik se može prodati dobavljačima ili koristiti u mreži prirodnog plina
- 3 Nusprodukt pepo i čađa: pepeo se može poridati proizvođačima guma ili građevinskog industriji

Postoje značajne razlike između različitih potrošača vodika u pogledu:

- Spremnosti na tržište
- Poslovni slučajevi



# Project case study

Izvor prihoda	Prihod (EUR/dan)*	Pretpostavka
 Ušteda u zbrinjavanju mulja (nije ga potrebno transportirati i deponirati)	<b>380</b>	80 EUR/tona za odlaganje mulja
 Prihod od prodaje vodika	<b>275-7.500</b>	Očekivana proizvodnja vodika je nešto manja od 500 kg/dan. Različiti krajnji korisnici postižu različite cijene, s najvišom za prijevoz i inudustriju, a najnižom za korištenje u mreži i izgaranje sinteznog plina u motoru.
 Prihod od pepela i čađe	<b>250</b>	Očekivana proizvodnja krutog ostatka je 500 kg/dan, uz cijenu 50 EUR/tona.

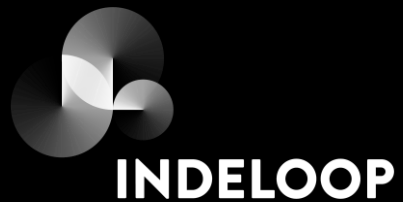
\*Calculations on 6 tonnes sludge processing unit

# Financing options

---

- The European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA) - experience with the application of such projects and has prepared a large part of the documentation
- Co-financing through the European Investment Bank (EIB)





# Hvala na pažnji

Web: [www.indeloop.hr](http://www.indeloop.hr)

E-mail: [info@indeloop.com](mailto:info@indeloop.com)