

Kemija za trajnostni razvoj

Doc. Dr. Lev Matoh

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

Laško, 16. in 17. april 2025

8. konferenca učiteljev/-ic
naravoslovnih predmetov –
NAK 2025



ZRSŠ
ZAVOD
REPUBLIKE SLOVENIJE
ZA ŠOLSTVO



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA VZGOJO IN IZOBRAŽEVANJE



Sofinancira
Evropska unija



Kaj je trajnostna kemija?

- Kemija z **manjšim vplivom na okolje**.
- **Varnejše snovi**, manj odpadkov, nižja poraba energije.
- Uporaba **obnovljivih virov** in zmanjšanje emisij CO₂.
- Pristop, ki upošteva **celoten življenjski cikel** kemikalij.
- Povezava med **znanostjo, tehnologijo in odgovornostjo do okolja**.



Ključni problemi:

- **Podnebne spremembe** – Emisije toplogrednih plinov in segrevanje ozračja.
- **Onesnaževanje** – Industrijski izpusti, plastika v oceanih, smog.
- **Izčrpavanje virov** – Netrajnostna uporaba vode, energije, surovin.
- **Biodiverziteta** – Izumiranje vrst zaradi človekovega vpliva.

Trajnostni razvoj pomeni zadovoljitev današnjih potreb brez ogrožanja možnosti prihodnjih generacij.

Zelena kemija – Preventivni pristop

- Razvita v 90. letih (Anastas & Warner)
- Kemijske procese načrtuje tako, da **onesnaževanje sploh ne nastane**.
- Uporablja varnejše kemikalije in učinkovitejše sinteze.
- Cilj je zmanjšanje odpadkov, porabe energije in surovin že v **zgodnji fazi** načrtovanja.
- Temelji na **12 načelih**, vključno z:
 - *atomska ekonomija,*
 - *varna sinteza in produkti ,*
 - *manj toksični topili,*
 - *manj odpadkov,*
 - *energijska učinkovitost.*



Trajnostna kemija – Celostni pristop

- Zajema širše strategije za **trajnostno upravljanje virov in odpadkov**.
- Vključuje recikliranje, zmanjševanje emisij in razvoj novih materialov.
- Pogosto se osredotoča tudi na **sanacijo onesnaženih območij** in čiščenje odpadkov.

Kemija in trajnostni materiali

- Kemija omogoča načrtovanje **materialov z nadzorovanimi lastnostmi**.
- Cilj: **manjša poraba surovin, lažja reciklaža, biološka razgradljivost, napredne aplikacije**.

Energijska učinkovitost

Materiali in procesi, ki zmanjšujejo toplotne izgube in energetske zahtevnosti.

Primeri: aerogeli za izolacijo, vakuumski paneli, LED fosforji, nizkotemperaturne sinteze.

Shranjevanje energije

Sistemi in materiali za hrambo električne in toplotne energije.

Primeri: Na-ion baterije, elektroliza vode, shranjevanje vodika, pretočne redoks baterije, fazno-spremenljivi materiali, termokemično shranjevanje.

Katalizatorji

Pospešujejo reakcije, povečujejo energetske učinkovitosti, zmanjšujejo porabo surovin.

Primeri: Ni/Fe za elektrolizo, zeoliti v rafinerijah, encimi v farmaciji, TiO_2 v fotokatalizi.

Trajnostna energija

Pridobivanje energije iz obnovljivih virov s pomočjo kemijskih pretvorb.

Primeri: redukcija CO_2 , vodikove gorivne celice, sončne celice, biogoriva.

Obnovljivi viri in trajnostni materiali

Nadomeščanje fosilnih surovin z biomaso, reciklati in regenerativnimi materiali.

Primeri: PLA iz koruznega škroba, PHA iz bakterij, celulozni filmi, reciklirani tekstili, samopopravljivi materiali.



Čistejša proizvodnja

Uporaba varnejših reagentov, zmanjšanje odpadkov, procesna optimizacija.

Primeri: sinteze v vodi, encimski postopki, mikroreaktorji, superkritični CO₂.

Gradbena industrija

Manj CO₂-intenzivni materiali in bioosnovane alternative v gradnji.

Primeri: CO₂-aktivirani betoni, geopolimeri, bioosnovane smole, kompoziti iz naravnih vlaken.



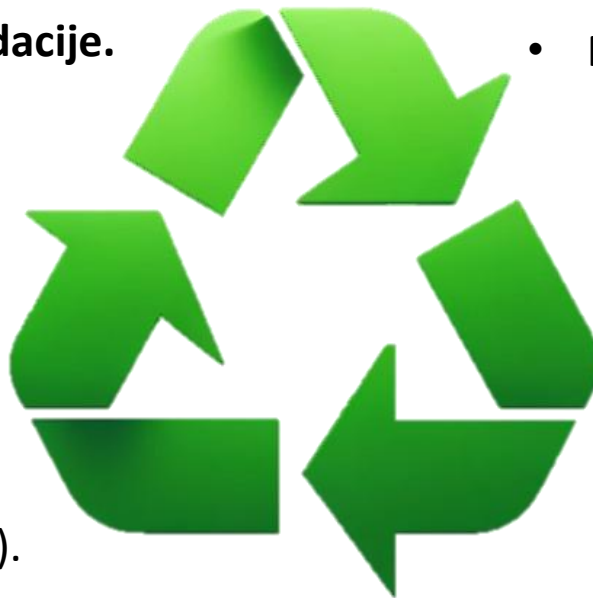
Čistejše vode

Odstranjevanje onesnaževal z naprednimi kemijskimi metodami.

Primeri: MOF-i, adsorpcijski materiali, membranske filtracije, napredni oksidacijski procesi, elektrokemijska oksidacija.

Recikliranje ≠ le mehanski postopek

- **Kemija omogoča pametno recikliranje** – razumevanje **strukture, reaktivnosti in lastnosti materialov.**
- Poudarek na **ohranitvi kakovosti, separaciji komponent in ponovni uporabi brez degradacije.**



Primeri zaprtih zank v kemiji (closed-loop):

- **Kemična reciklaža plastike** (PET, poliuretani).
- **Reciklaža topil** – npr. **destilacija acetona, etanola.**
- **Baterije:** ekstrakcija **Li, Co, Ni** (hidro- in pirometalurgija).
- **Reciklaža katalizatorjev** – plemenite kovine (Pt, Pd).

Vloga kemije pri recikliranju:

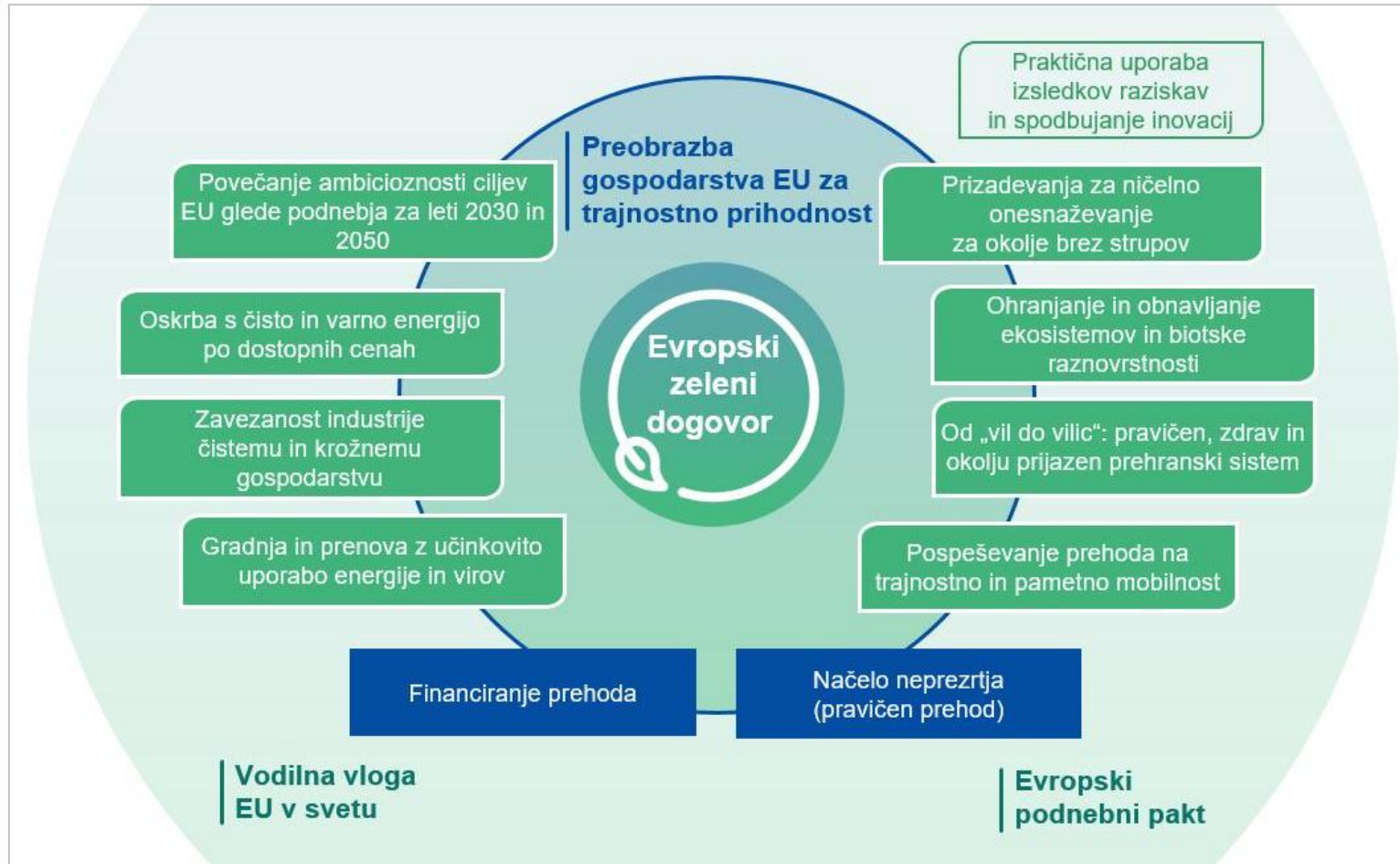
- **Identifikacija in ločevanje snovi** – barvila, aditivi, kovine.
- **Kemična pretvorba** v obnovljive surovine
- **Stabilizacija ali deaktivacija nevarnih component.**
- **Razvoj materialov, ki so že v osnovi reciklabilni.**

Trajnostni učinek:

- Manjši pritisk na naravne vire.
- Manj odpadkov in manj sežiganja.
- Nižji energetske vložki kot pri novi sintezi.
- Krepitev **krožnega gospodarstva.**

Zakonodaja kot usmerjevalec sprememb

- Spodbuja varno, odgovorno in inovativno kemijo.
- Povezuje **okoljske cilje** z **razvojem novih materialov in tehnologij**.
- Vpliva na **raziskave, proizvodnjo in trg**.



REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)

- Ocena nevarnosti in tveganj kemikalij.
- Spodbuda za **nadomeščanje nevarnih snovi** z varnejšimi alternativami.
- Zahteva celotno **življenjsko sled kemikalije**.
- Podpora **transparentnosti in odgovornosti industrije (Odgovornost nosi proizvajalec)**.

Ključne misli:

- **Kemija ima ključno vlogo** pri reševanju okoljskih izzivov.
- **Zelena kemija** postavlja temelje za **trajnostne procese in materiale**.
- **Inovacije v materialih, energiji in reciklaži** so že na voljo – in del industrije.
- **Zakonodaja** spodbuja varnejše, odgovorne prakse.
- **Kemiki postajajo načrtovalci** celotnega življenjskega cikla spojin.



Kaj sledi?

- Več **sodelovanja** med znanostjo, industrijo in izobraževanjem.
- Razvoj **novih trajnostnih tehnologij in materialov**.
- Vključevanje trajnostnih principov v **poučevanje**.
- **Ozaveščanje** javnosti o vplivu kemije na okolje in zdravje.