

- Vezivo pripremljeno iz prirodnog oblika sirovine bez termičke obrade
- Nastaje fizičkim i kemijskim trošenjem magmatskih, silikatnih metamorfnih i starijih sedimentnih stijena
- Glavni minerali gline: kaolin, smektit, ilit, haloazit

Uvjeti koje sediment mora zadovoljiti da bi bio gline:

- ✓ Veličina čestica manja od 0,01 mm, ali da je više od 25% čestica manje od 0,001 mm
- ✓ Barem jedan ili dva glavna minerala moraju činiti bitnu komponentu sedimenta
- ✓ Sediment vlaženjem postaje plastičan

### GLINA

Porcelanska gлина	Lončarska gлина	Opekarska gлина
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Najčišća gлина</li> <li>• Smjesa minerala kaolina s nešto kremenom, svijetloga tinte i ostacima neistrušenih glineca</li> <li>• Predmeti od keramike</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bijele, sive, žute ili crvenkaste boje</li> <li>• Dodatak primjesa, manje čistoće od porcelanske gline</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crvene boje</li> <li>• Sadrži malo kaolina</li> <li>• Služi za izradu opeka i crjepova</li> </ul>

### GIPS

- Vezivo pripremljeno termičkom obradom prirodnog kamena sadreca ili sadre do temperature dehidracije
- Kalcij-sulfat dihidrat ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ )
- Bezvodni gips ( $CaSO_4$ )
- Poluhidrat ( $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$ )

- Poluhidrat se još naziva i građevinski ili štukaturni gips
- Estrih gips je smjesa anhidrida i vapna

### GIPS

- Zagrijavanjem dihidrata ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) do 60 °C dolazi do gubitka higroskopske vlage
- 107 – 190 °C, nastaje poluhidrat ( $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$ )
- 190 – 200 °C, nastaje topljivi anhidrit III, odnosno  $\gamma$  - anhidrit ( $CaSO_4$ )
- 200 – 500 °C, topljivi anhidrit III prelazi u anhidrit II, odnosno  $\beta$  - anhidrit
- 650 – 1200 °C, nastaje smjesa anhidrida I odnosno  $\alpha$  - anhidrida ( $CaSO_4$ ) i CaO

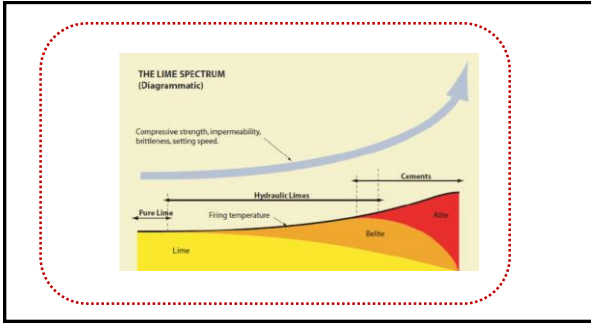
Temperature Range (°C)	Stage / Product
125 - 180	Dihidrat
107 - 190	Poluhidrat
190 - 200	Anhidrit III - $\gamma$
200 - 500	Anhidrit II - $\beta$
650 - 1200	Anhidrit I - $\alpha$

### HIDRAULIČNO VAPNO

- Vezivo pripremljeno iz vapnenca termičkom obradom ili pečenjem do temperature kalcinacije
- Proizvodi se kalcinacijom vapnenca (900-1000 °C) koji u sebi sadrži aluminata
- Kalcinacijom dolazi do stvaranja minerala alita i belita
- Svojstva slična cementu
- Veže se hidratacijom alita i belita, ali i karbonatacijom hidroksida

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

- Proizvodnja vapnenog morta, restauracije, vapnene opeke, vodonepropusni



## CEMENT

- Zajednički naziv za sva veziva s izrazito hidrauličkim svojstvima
- Silikatni cementi su veziva pripremljena iz prirodnih sirovina termičkom obradom do temperature sinteriranja
- Aluminatni cementi su veziva pripremljena iz prirodnih sirovina termičkom obradom ili pečenjem do temperature taljenja
- Proizvodnja betona, morta i žbuke

## Proizvodnja cementa

- Dvije osnovne sirovine su glina i vapnenac
- Cementni klinker sadrži  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- Mljevenje sirovina
- Pečenje u rotacijskim ili vertikalnim pećima na  $1450\text{ }^\circ\text{C}$
- Mljevenje klinkera na dimenzije cementa
- Dodavanje gipsa zbog regulacije vremena vezivanja

## Sirovine

- Primarne mineralne sirovine su vapnenac i glina
- Lapori prirodno sadrže optimalan omjer kalcita i ostalih minerala
- Gips, pucolani (industrijski – leteći pepeo i silicijska prašina, prirodni – tufovi), talionička troska (zgura) i vapnenac
- Karbonatna komponenta osigurava  $\text{CaO}$ , a glinena komponenta osigurava  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- Ovi oksidi u klinkeru ne postoje kao slobodni oksidi, već međusobnim spajanjem tvore minerale

## Minerali u Portland cementu

- Osnovne komponente klinkera formiraju četiri glavna minerala

Naziv minerala	Približna kemijska formula	Zapis u obliku oksida <sup>3</sup>	Zapis u kemiji cementa <sup>4</sup>	Udio u portland klinkeru [%]
Alit	$\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ trikalcijev silikat	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	45 - 75
Belit	$\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ dikalcijev silikat	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	7 - 32
Aluminat	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ trikalcijev aluminat	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	0 - 13
Ferit	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ tetra-kalcijev aluminat-ferit	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	0 - 18

## Portland cement

- Najvažnija vrsta cementa, osnovni sastojak betona i žbuke
- Ima visoku čvrstoću, brzo stvrdnjava i omogućava brz razvoj početne čvrstoće
- Omjer kalcijeva karbonata i gline je 3:1
- Glavne komponente:  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- Ostale komponente:  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$
- 2-4% gipsa
- Čisti portland cement, portland cement s dodacima, metalurški cement, pucolanski cement, miješani cement i bijeli cement

## Aluminatni cement

- Specijalni cement
- Proizvodi se mljevenjem aluminatnog cementnog klinkera (60% vapnenca i 40% boksita)

### Svojstva:

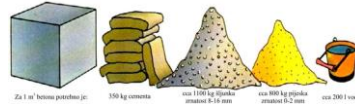
Brzo stvrdnjavanje, 2-4 h  
 Brzo postizanje čvrstoće, unutar 24 h  
 Dobra vatrostalna svojstva  
 Velika otpornost na sulfate  
 Otpornost na kiseline  
 Otpornost na abraziju  
 Niske temperature primjene do -10 °C

### Primjena:

Građevinarstvo - kada postoje zahtjevi za brzim postizanjem čvrstoće  
 Proizvodnja vatrostalnih betona i blokova  
 Samonivelirajući podovi  
 Aditivi u drugim materijalima i cementima  
 Obloge otporne na sulfate, kiseline, koroziju i abraziju

## BETON

- Mješavina cementa, agregata (šljunka i pijeska), vode i dodataka
- Svojstva: tlačna i vlačna čvrstoća, veoma mala propusnost vode, kemijska i volumenska stabilnost
- *Umjetni kamen*



## Prednosti betona

1. Ekonomičnost - za proizvodnju se upotrebljavaju prirodne, jeftine i svugdje dostupne sastavnice
2. Mali utrošak energije prilikom izrade
3. Trajnost
4. Mogućnost izrade raznih oblika - beton se lijeva u kalupe
5. Monolitni karakter konstrukcija - nema montažnih nastavaka
6. Dobro prigušenje prostorne buke i vibracija
7. Visoka požarna otpornost
8. Dobri higijenski uvjeti
9. Pogodne za građenje u potresnom području

## Zašto si čelik i beton dobro odgovaraju?

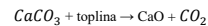
1. Dobra prionjivost dvaju materijala – beton ima veliku prionjivost za čelik i na taj način je omogućeno sprezanje.
2. Jednaki temperaturni koeficijenti oba materijala - pri promjeni temperature kao vanjskom okolišu oni se jednako istežu i skupljaju, tj. kompatibilni su.
3. Dobra zaštita čelika od strane betona - beton tvori alkalnu sredinu i na taj način štiti čeličnu armaturu od korozije. Osim toga štiti i čelik od direktne izloženosti visokim temperaturama te omogućuje visoku požarnu otpornost.

## Prednapinjanje betona

- Može se postići da su u svim situacijama (prije i nakon opterećenja) vlačna naprezanja u betonu manja od vlačne čvrstoće ili čak da se uvijek radi isključivo o tlačnim naprezanjima.
- Može se umanjiti prisutnost pukotina, a nekad i potpuno izbjeći
- Koristi se za sve građevine od betona koje su većih raspona

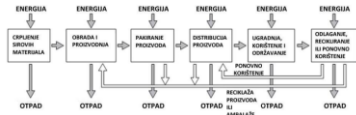
## Utjecaj cementne industrije na okoliš

- Cementna industrija je odgovorna za 7% ukupne svjetske emisije  $CO_2$
- Pri proizvodnji 1 tone klinkera portlandskog cementa emitira se oko 850 kg  $CO_2$
- Primarni mineral potreban za proizvodnju klinkera je kalcijev karbonat
- Kalcinacija  $CaCO_3$  se provodi u peći na temperaturi višoj od 900 °C



- Proizvodnja betona koristi 10-11 milijardi tona agregata
- Betonska industrija koristi 1 milijardu tona svježe vode godišnje
- Za proizvodnju 1 tone cementa potrebna je 1.5 tona vapnenca

## Životni ciklus materijala



- Većina materijala ima linearni životni ciklus, što znači da se materijali kreću kroz ciklus samo jednom, od crpljenja do odlaganja
- Neki su djelomično kružni u pogledu ponovnog korištenja proizvoda, ponovne proizvodnje pojedinih komponenti ili reciklaže materijala

## Kako smanjiti utjecaj cementne industrije na okoliš?

- Korištenje miješanih cementa ili potpuna zamjena cementa s drugim materijalima u proizvodnji betona
- Zamjene za cement: leteći pepeo, zgura, silikatna prašina, metakaolin, kaolinse gline
- Zamjena prirodnih agregata recikliranim
- Reciklirani agregati: opeka, beton, zgura, staklo, granulirana plastika itd.
- „Zarobljavanje“  $CO_2$  u materijalima na bazi cementa poput betona

## Utjecaj proizvodnje agregata na okoliš

1. Promjena krajolika – uklanjanje vegetacije i zemlje, izgradnja postrojenja
2. Buka i prašina – vozila, proizvodni pogon i miniranje
3. Vibracije od miniranja
4. Utjecaj na podzemne vode – u suhoj klimi se zbog evaporacije vode može smanjiti razina, a u vlažnoj klimi povećati zbog dotjecanja oborina u kamenolom
5. Utjecaj na površinske vode – uklanja se vegetacija, što može povećati otjecanje, smanjenje kvalitete vode
6. Utjecaj prometa

## Cementna industrija u Hrvatskoj

- Silikatni cement proizvode „Holcim“, „CEMEX“ i „NEXE“
- Aluminatne cemente proizvodi „Calucec“



## UVOD

### • SVOJSTVA METALA

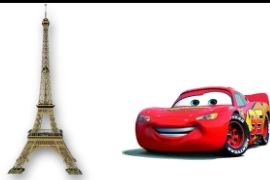
- Kovnost
- Tvrdoa
- Dobri vodiči električne struje i topline
- KOROZIVNOST

### • PLEMENTI METALI

- Au, Ag, Pt, Pd, Ir, Os, Rh, Ru

### • RIJETKI METALI

- Hg, Co, Cd, skupina La i Ac, Bi, In, Ga, Gd, Sc, Fr



## ZLATO – Au

### • POJAVA

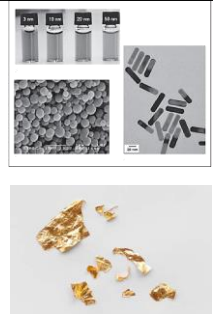
- Elementaran – vulkanske kremenite žile ili pjesčane rijeke

### • PRERADA

- Ekstrakcija cijanidnim postupkom
- $4Au_{(s)} + 8CN^- + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Au(CN)_2^- + 4OH^-$
- $2Au(CN)_2^- + Zn_{(s)} + 3OH^- \rightarrow 2Au_{(s)} + 4CN^- + Zn(OH)_2$

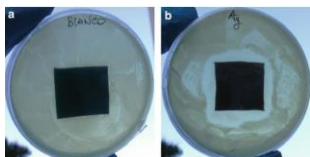
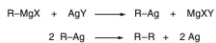
### • UPORABA

- NEREAKTIVAN – OSIM ZLATOTOPKE ( $HNO_3:HCl = 3:1$ ) I CIJANIDI
- Nakit i ukrasi
- Legure
- Elektronski uređaji
- NANOTEHNOLOGIJA



## SREBRO – Ag

- **POJAVA**
  - Elementaran ili kao argentit ( $\text{Ag}_2\text{S}$ )
- **PRERADA**
  - Cijanidni postupak
- **UPORABA**
  - KATALIZATOR
  - NANOTEHNOLOGIJA
  - ELEKTRICNA STRUJA
  - Legure
  - Ogledala



## EKOLOŠKI ASPEKT – ZLATO I SREBRO

- **CIJANIDI**
  - Otpadne vode
    - Propisana mjera **0,05 mg/L**
    - Realna mjera **10-30 g/L**
- Načini uklanjanja
  - Fenton proces
  - Mikroorganizmi
  - Membrane
- **TEŠKI METALI**

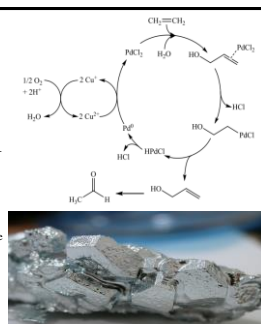
## PLATINA – Pt

- **POJAVA**
  - Svi platinski metali dolaze zajedno
- **PRERADA**
  - 1) Otapanje platine sa zlatotopkom u kompleks -  $\text{PtCl}_6^{2-}$
  - 2) Kompleksiranje sa amonijakom -  $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$
  - 3) Raspad kompleksa na čistu platinu – **Pt**
- **UPORABA**
  - NEREAKTIVAN – visoka otpornost koroziji
  - IZRADA LABORATORIJSKE OPREME
  - Nakit i ukrasi
  - Elektronski uređaji
  - KATALIZATOR –  $\frac{1}{4}$  proizvodnje uz njega
  - NANOTEHNOLOGIJA
  - MEDICINA – Pacemaker, stent



## PALADIJ – Pd

- **POJAVA**
  - Svi platinski metali dolaze zajedno
- **PRERADA**
  - 1) Otapanje platine sa zlatotopkom u kompleks -  $\text{PdCl}_6^{2-}$
  - 2) Kompleksiranje sa amonijakom -  $(\text{NH}_4)_2[\text{PdCl}_6]$
  - 3) Raspad kompleksa na čistu platinu – **Pd**
- **UPORABA**
  - Teško reaktivan
  - KATALIZATOR – posebno pogodan za hidrogeniranje
  - APSORPCIJA VISOKE KOLICINE VODIKA
  - ELEKTRONSKI UREĐAJI – 50% proizvodnje
  - WACKEROVA OKSIDACIJA



## IRIDIJ I OSMIJ – Ir i Os

- **UPORABA**
  - **IRIDIJ**
    - Materijal najveće otpornosti na koroziju
    - Kablovi visoke kvalitete – duži život
    - Elektronski uređaji
    - MEDICINA – pacemaker i defibrilator
  - **OSMIJ**
    - Gustoća
    - Legure visoke tvrdoće
    - Elektronski kontakti

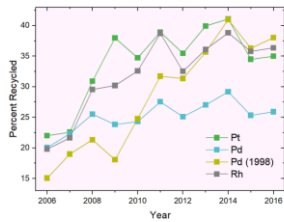


## RODIJ I RUTENIJ – Rh i Ru

- **UPORABA**
  - **RODIJ**
    - STAKLO – optička vlakna i ogledala
    - TERMOPAROVI
  - **RUTENIJ**
    - OTPORNICI
    - Elektronski uređaji – kontakti
    - Katalizator



## EKOLOŠKI ASPEKT – PLATINSKI METALI



## CIJENA?

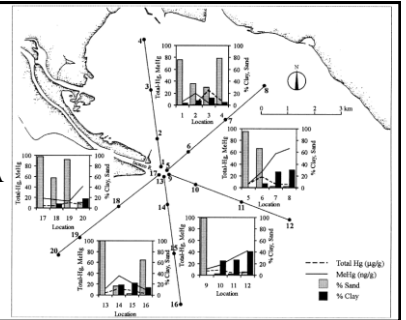
World Spot Price							
EUR - KILO							
Metals	Date	Time (EST)	Bid	Ask	Change	Low	High
▲ GOLD	Mar 15, 2024	11:51	63,738.55	63,768.13	-86.74 -0.14%	63,655.92	64,166.80
▲ SILVER	Mar 15, 2024	11:51	745.91	748.80	14.79 2.04%	735.94	752.98
▲ PLATINUM	Mar 15, 2024	11:51	27,726.59	28,021.73	413.46 1.51%	27,313.12	28,405.62
▲ PALLADIUM	Mar 15, 2024	11:51	31,535.54	32,716.78	531.46 1.71%	31,004.08	33,484.55
▲ RHODIUM	Mar 15, 2024	09:20	135,827.41	159,448.57	2,952.77 2.22%	135,827.41	159,448.57

## ŽIVA – Hg

- POJAVA
  - CINABARIT (HgS)
  - Rijetko elementarna u stijenama
- PRERADA
  - Oksidacija cinabarita  
 $\text{HgS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hg} + \text{SO}_2$
- UPORABA
  - KALOMEL ELEKTRODA
  - AMALGAMI
  - BATERIJE
  - Kvarcne lampe, žarulje za rasvjetu i analitičke uređaje
  - Izrada mjernog posuda – termometri i barometri
  - Bojila



## EKOLOŠKI ASPEKT - ŽIVA



## KOBALT – Co

- POJAVA
  - Kobalnit ( $\text{CoAs}_2 + \text{CoS}_2$ ) ili smaltit ( $\text{CoS}_2$ )
- PRERADA
  - Neprestana elektroliza rude sa  $\text{FeSO}_4$  i  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- UPORABA
  - Legure protiv korozije
  - Legure za magnetne
  - Katalizatori
  - PIGMENTI
  - BATERIJE

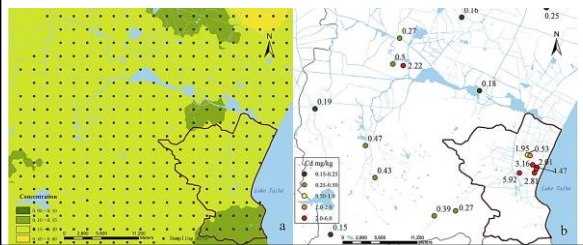


## KADMIJ – Cd

- POJAVA
  - Oksidi ili sulfati
- PRERADA
  - Elektroliza iz otopine kadmijeva sulfata
- UPORABA
  - Prevlake za čelik
  - Legure i akumulatori
  - NUKLEARNE ELEKTRANE – APSORPCIJA NEUTRONA



## EKOLOŠKI ASPEKT – KADMIJ



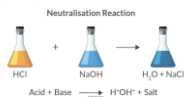
## OSTALI RIJETKI METALI

- LANTANIDI
- AKTINIDI
- BIZMUT
- INDIJ
- GALIJ
- GADOLINIJ
- SKANDIJ
- FRANCIJ



## OPĆENITO

- Kemijski spojevi sastavljeni od pozitivno i negativno nabijenih iona
- Nastajanje soli → NEUTRALIZACIJA – reakcija između kiseline i baze
- U prirodi su prisutne u različitim oblicima → kristali, mineralne naslage i otopine u vodi
- Koriste se u raznim područjima, uključujući prehrambenu industriju, poljoprivredu, medicinu, industriju, kemijske procese i mnogim drugim



## SVOJSTVA SOLI

- Okus
- Boja
- Miris
- Topljivost
- Provodnost
- Talište



## PRIMJENA SOLI

- Primarno u prehrambenoj industriji
- Sirovine za proizvodnju raznih kemijskih spojeva
- Metalurgija za smanjenje točke tališta
- Pročišćavanje i obrada voda
- Gnojiva i dodaci tlu u poljoprivredi
- Tehničke primjene (elektroliti u baterijama, toplinske soli za pohranu toplinske energije, tekući prijelazi za termalne pumpe)

## DOBIVANJE SOLI

- Izbor reakcije ovisi o željenoj vrsti soli i dostupnim reagensima

### Neutralizacija

- Reakcija metala i kiseline

### Taloženje soli iz otopine

- ✓ Taloženje kristala NaCl isparavanjem vode

### Reakcija kiseline s metalnim karbonatom

- ✓  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CuCO}_3 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$







## Natrijev klorid

- Kuhinjska sol ( $\text{NaCl}$ )
- Bijela, kristalna tvar topiva u vodi
- Dobiva se iz slanih voda (morska voda ili slane naslage u kopnenim stijenama)
- Široka primjena u prehrambenoj industriji, medicini, kemijskoj tehnologiji, tehnologiji prerađene hrane
- U umjerenim količinama relativno siguran za okoliš

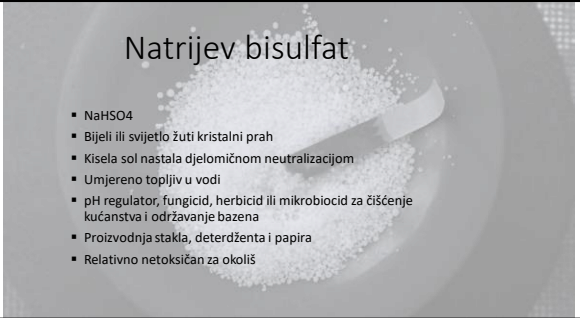
## Kalijev klorid

- $\text{KCl}$
- Bijeli bezbojni kubični kristali bez mirisa
- Krutina se lako otapa u vodi, a njezine otopine imaju okus poput kuhinjske soli
- Primjena u poljoprivredi (gnojivo), industriji (proizvodnja stakla, metalurški procesi, proizvodnja kalijevih sapuna), medicinska primjena (hipokalemija)
- Prekomjerna upotreba → akumulacija kalija u tlu



## Natrijev bisulfat

- $\text{NaHSO}_4$
- Bijeli ili svijetlo žuti kristalni prah
- Kisela sol nastala djelomičnom neutralizacijom
- Umjereno topljiv u vodi
- pH regulator, fungicid, herbicid ili mikrobiocid za čišćenje kućanstva i održavanje bazena
- Proizvodnja stakla, deterdženta i papira
- Relativno netoksičan za okoliš



## Bakrov sulfat pentahidrat

- Plavi vitriol ili modra galica ( $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ )
- Kristali oblikovani kao heksagonalne pločice ili prizme
- Topljiv u vodi, metanolu, i glicerolu
- Primjena u poljoprivredi (fungicid), laboratoriju (reagens za detekciju prisutnosti vode i katalizator) i industriji (pigment u bojama i premazima)




## Magnezijev sulfat

- Epsom sol ( $\text{MgSO}_4$ )
- Bezbojni ili bijeli kristali ili u obliku praška
- Izgledom sličan kuhinjskoj soli, ali gorkog i neukusnog okusa
- Topljiv u vodi → sol za kupanje
- Pruža biljkama korisne hranjive tvari za zdrav rast

## Kalijev jodid

- $\text{KI}$
- Bijeli kristalni prah ili kristali bez boje
- Industrijski se proizvodi tretiranjem  $\text{KOH}$  jodom
- Visoka topljivost u vodi → primjena u medicini
- Priprema farmaceutskih proizvoda, uključujući antiseptike i ljekovite otopine
- Relativno siguran u preporučenim količinama







## Kalijev permanganat

- $KMnO_4$
- Ljubičasta kristalna krutina
- Nezapaljiv, ali podržava gorenje
- Topljiv u vodi → reagens u kemijskim laboratorijima i medicini
- Primjena u medicini: liječenje glijivičnih infekcija kože te antiseptik za dezinfekciju rana i opekotina
- Toksičan u velikim količinama

## UTJECAJ NA OKOLIŠ

- Zagađenje tla
- Utjecaj na slatkovodne i morske ekosustave
- Kiselost tla
- Otpadne vode
- Toksičnost za ljude i životinje



## UGLJIČNI OTISAK

- Razvoj soli u kontekstu ugljičnog otiska obuhvaća napore usmjerene na smanjenje emisija ugljičnog dioksida ( $CO_2$ ) tijekom cijelog životnog ciklusa soli
- Smanjenje ugljičnog otiska:
  - ✓ Održiva proizvodnja
  - ✓ Efikasna prerada i distribucija
  - ✓ Alternativne metode za kontrolu leda
  - ✓ Recikliranje i ponovna upotreba
  - ✓ Edukacija i svjesnost

## ENERGETSKA UČINKOVITOST

- Ovisi o zahtjevima krajnje uporabe
- Sredstva za odleđivanje cesta
  - ✓ Ne zahtijeva visokokvalitetan NaCl
  - ✓ Učinkovitost ovisi o metodi rudarenja, utovaru i istovaru, drobljenju, prosijavanju i skladištenju te zahtjevu za distribuciju
- Proizvodnja i prikupljanje soli iz prirodnih solarnih isparavanja
  - ✓ Najstariji način prikupljanja soli
  - ✓ Iznasno energetski učinkovito
  - ✓ Ograničena sposobnost kontrole kvalitete
- Proces vakuumnog lonca i Albergerov proces
  - ✓ Uzimaju prirodno ili umjetni proizvedene otopine te koncentriraju sol prisilnim isparavanjem vode
  - ✓ Sol visoke čistoće

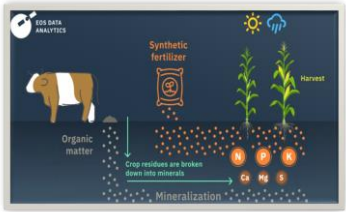
## TEHNOLOGIJA RASTALIENE SOLI

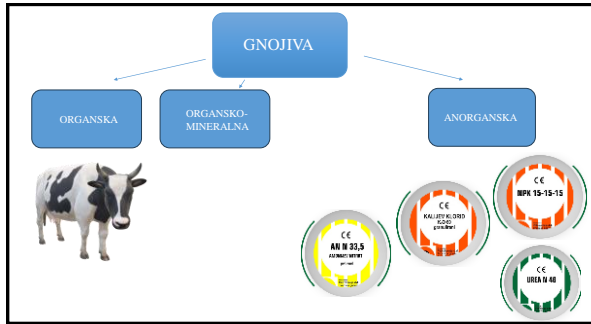


- Proizvodnja električne energije pomoću solarnih elektrana
- Tekuća sol se čuva u izoliranom spremniku
- Toplinska energija soli može se skladištiti i do tjedan dana te se pretvara u električnu energiju kada je potrebno
- Niski troškovi, netoksičnost, nezapaljivost i visoka toplinska stabilnost

## Sadržaj

- Podjela gnojiva
- Priprava
- Utjecaj gnojiva na teške metale
- Utjecaj gnojiva na emisiju stakleničkih plinova
- Nitrarna kiselina






### Anorganska gnojiva - podjela

- Dušična- srednje faze životnog ciklusa biljke
  - amonijev nitrat
- Fosforna- jačanje korijena i stabljike
  - superfosfat
- Kalijeva- fotosinteza
  - KCl
- NPK – određeni tip tla

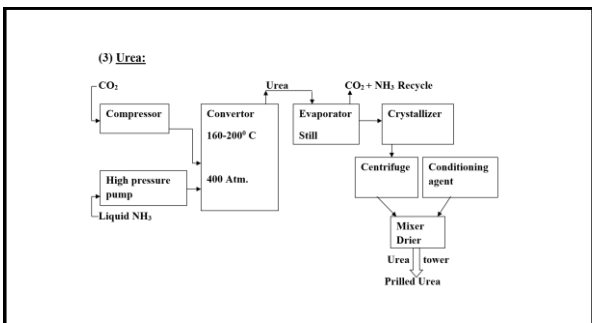
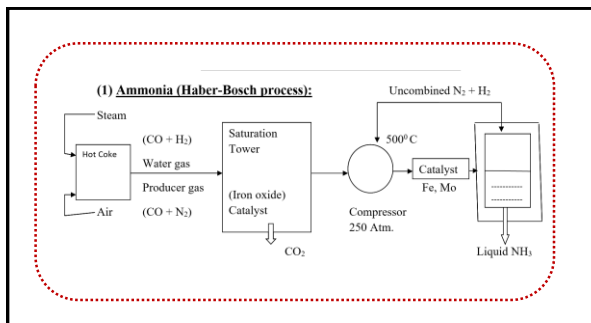
### UREA



- Diamid ugljične kiseline
- Visoko koncentrirano dušično gnojivo
- Prva industrijska proizvodnja – 1920. g.
- Sadrži 46% dušika
- Biuret
- Sporije razlaganje u tlu – biljke postepeno usvajaju dušik – ne ispire se iz tla

### Organsko-mineralna gnojiva

- Organska tvar i mineralno gnojivo ( sirovi fosfati ili neki drugi oblik fosfornog gnojiva)
- Bolja iskoristivost fosfora
- Visoka fiziološka važnost za biljke
- Dobra primjena- učinkovito i ekonomski isplativo



## Utjecaj gnojiva na emisiju stakleničkih plinova

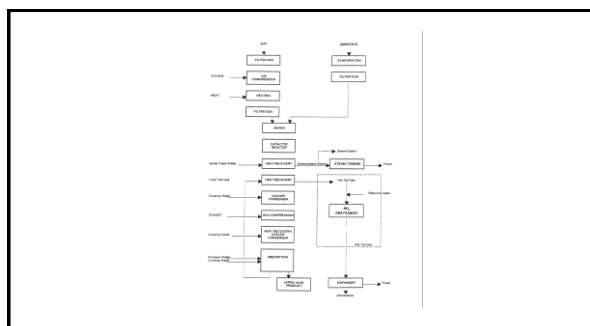
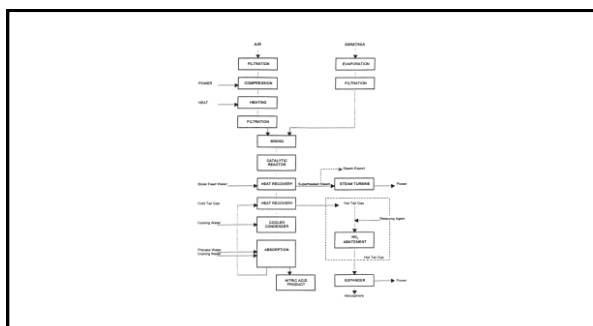
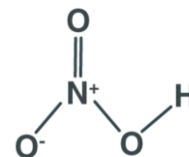
- Istraživanje provedeno u Kini
- Zamjena anorganskih gnojiva organskim
- Smanjena emisija N<sub>2</sub>O



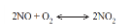
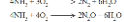
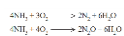
Mitigating greenhouse gas emissions by replacing inorganic fertilizer with organic fertilizer in wheat-maize rotation systems in China

## NITRATNA KISELINA

- Oksidacija amonijaka zrakom – dobivanje dušikovog oksida
- Oksidacija dušikovog oksida u dušikov dioksid i apsorpcija u vodi kako bi se dobila nitratna kiselina



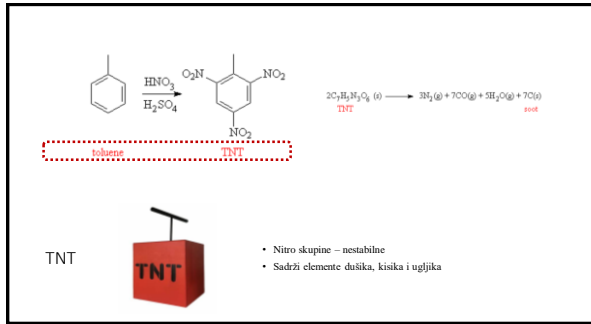
- Amonijak reagira sa zrakom
- Nastajanje dušikovog (I) oksida, dušika i vode
- Nastajanje nitratne kiseline



## Industrijska primjena

- Proizvodnja mnogih drugih kemijskih spojeva
- Industrija gnojiva
- Polimeri- primjer: poliuretan
- Raketna goriva
- Najlon
- Eksplozivi





### Sadržaj

- Općenito o lužinama
- Natrijeva lužina
- Proizvodnja NaOH
  - elektroliza solne otopine
- Ekološki aspekt
- Primjena lužina
- Leblancov proces
- Solvayev proces

### Lužine(baze)

- Kemije tvari koje povećavaju pH vrijednost otopine
- Baze, reagiraju s kiselinama i neutraliziraju ih
- Arrhenius: baza- spoj koji povećava koncentraciju OH-iona
- Jake: NaOH, KOH
  - Potpuna disocijacija u vodi
  - $NaOH(aq) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$
- Slabe:  $NH_3$ 
  - Djelomična disocijacija u vodi
  - $NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$
- Dobivanje:
  - Otapanje hidroksida u vodi
  - Elektroliza vodene otopine soli

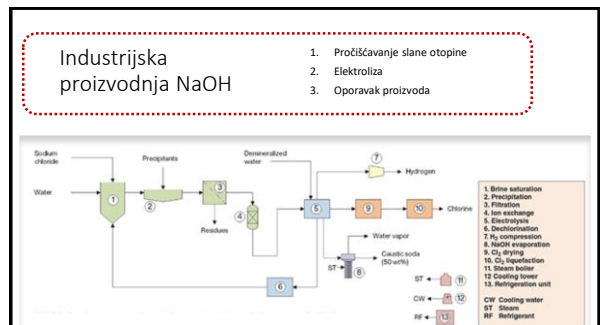
### Zašto NaOH, a ne KOH?

Slika 1. Kemijska struktura NaOH

- Natrijeva lužina je najjeftina lužina koja se koristi u industriji i svakodnevnom životu
- Kemijski najsigurniji jer njihovi hidroksidi nastaju vezanjem alkalijskog metala za hidroksilnu skupinu
- Koriste se za iste primjene
- PROIZVODNI TROŠKOVI
  - Za NaOH potreban NaCl(kuhinjska sol)
    - jeftiniji
  - Za KOH potreban kalijev klorid
    - Puno skuplja smjesa

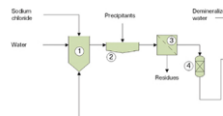
### NaOH

- Natrijev hidroksid
- Bijela kristalna kruta tvar
- Otapanjem u vodi daje lužinu – egzotermna reakcija
- pH vrijednost ~ 12-14
- Kaustična soda
- Korozivno djelovanje
  - Razgrađuje proteine pri sobnoj temperaturi
  - Uzrokuje opekotine na koži, iritira oči i sluznicu

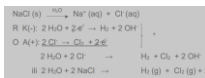
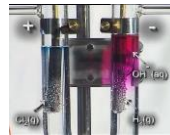


## 1. Pročišćavanje slane otopine

- Slanu otopinu dobivamo iz morske vode ili iz prirodnih solnih naslaga
- Ekstrakcija soli iz morske vode ili solnih naslaga
  - isparavanje vode, filtriranje, kristalizacije -> koncentrirana otopina NaCl(morska sol)
- Reciklirana iscrpljena slana otopina miješa se s vodom i ponovno zasićuje NaCl-om
- Teški metalni ioni štetni za membrane
- Metalni ioni se talože i uklanjaju
- Pročišćena otopina se filtrira te pročišćava ionskim izmjenjivačkim smolama



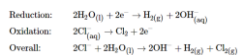
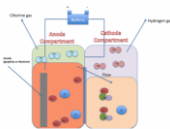
## 2. Elektroliza



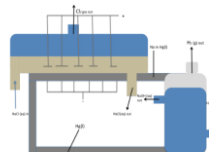
- NaOH se industrijski proizvodi elektrolizom vodene otopine NaCl
- Elektroliza- rastavljanje tvari djelovanjem električne struje
- Produkti
  - Plinoviti vodik(katoda) i klor(anoda) te natrijeva lužina
- Tehnologija dijafrazmatske ćelije
- Tehnologija živine ćelije
- Tehnologija membranske ćelije

## Tehnologija dijafrazmatske ćelije

- Dijafrazma razdvaja anodnu i katodnu komoru
- Natrijevi ioni migriraju kroz dijafrazmu u katodnu komoru gdje reagiraju s hidroksidnim ionima formirajući NaOH
- Koristi se azbest
  - Otporan na kemikalije i visoke temperature
  - Zamjene za azbest: polimeri, keramika, staklena vlakna, membranske tehnologije



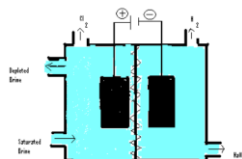
## Tehnologija živine ćelije



- Veća čistoća NaOH
- Katoda: Hg(l)
- Amalgam natrija i žive nastaje kada natrij reagira s tekućom živom
- Amalgam se uklanja reakcijom s vodom i el.strujom – nastaje natrijeva lužina
- $2 \text{Na}(\text{inHg}) + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Na}^+ + 2 \text{OH}^- + \text{H}_2 (\text{g}) + \text{Hg} (\text{l})$
- Hg(l) se reciklira

## Tehnologija membranske ćelije

- Selektivna membrana koja omogućava migraciju iona natrija preko membrane dok zadržava plinoviti klor i otopinu soli s druge strane
- Najmanje električne energije
- Najkvalitetniji NaOH
- Ekološki prihvatljiviji



## Ekološki aspekt

- Potrošnja energije
  - Elektroliza zahtijeva značajne količine energije
  - Emisija stakleničkih plinova
  - Integracija obnovljivih izvora energije radi smanjenja potrošnje energije
- Emisije CO<sub>2</sub>
  - Vredno reaktivni plin
  - Štetan za ekološki ljudsko zdravlje
- Integracija i eksploatacija resursa (NaCl i vode) može imati negativne utjecaje na ekološko upravljanje vodnih resursa
  - Minimiziranje potrošnje sirovina i maksimiranje učinkovitosti procesa
- Transport i skladištenje
- Onečišćenje tla

### Kako se može smanjiti negativan utjecaj otpadnih voda?

- Otpadne vode iz postrojenja za proizvodnju lužine koje sadrže različite kemijske spojeve trebaju se tretirati prije ispuštanja u okoliš
- Otpadne vode s visokom koncentracijom natrijeve lužine štetne za vodene ekosustave
- Neutralizacija otpadne kaustične sode kiselinama
- Sigurno odlaganje – kontrolirano ispuštanje u kanalizacijski sustav ili oznacene objekte za opasni otpad
- Mehanički za recikliranje kaustične sode, smanjujući količinu otpada

### Primjena NaOH/lužina

- Proizvodnja papira – izdvajanje lignina iz celuloze
- Proizvodnja tekstila – čišćenje i obrada tekstilnih vlakana
- Proizvodnja sapuna i deterdenta – proces saponifikacije: reagira s masnoćama i uljima kako bi proizvela sapun i glicerol
- Proizvodnja stakla – smanjuje temperaturu potrebnu za taljenje silikata
- Kućanstvo – NaOH kao sredstvo za čišćenje i uklanjanje masnih mrlja
- Pročišćavanje otpadnih voda – neutralizacija kiselih otpadnih voda i reguliranje pH
- Metalurgija
  - Uklanjanje oksida i nečistoća s metalnih površina
  - Proizvodnja aluminija
    - Bayerov proces – elektroliza aluminijskialuminijevog oksida iz boksnite soli sa pomoć kaustične sode
- Proizvodnja biodizela
  - NaOH katalizator



### Solvayev proces

- Postupak proizvodnje natrijevog karbonata
- 1861. godine
- $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$
- $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- Amonijak se regenerira iz amonijevog klorida
- $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaO} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$
- Jedini nusproizvod  $\text{CaCl}_2$
- Manja potrošnja energije jer ne zahtijeva visoke temperature
- Ekonomičniji i ekološki prihvatljiviji



### $\text{Na}_2\text{CO}_3$

- Soda za pranje
- Izvor: pepeo spaljenih biljaka – soda za luženje
- Visoka lužnatost
- Otapalo u uklanjanju mrlja
- Uklanjanje masnih naslaga s posuda

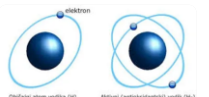
### Natrijev amid

- Snažna baza
- $2\text{Na} + 2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{NaNH}_2 + \text{H}_2$
- Deprotonirajuće sredstvo
- U organskoj kemiji
  - Deprotonacija slabih kiselina, alkohola, estera, ketona
  - Dehidrohalogenaciju
  - Formiranje C-H veza
- U čvrstom zatvorenom spremniku, suho okruženje

$$\text{Na}-\text{NH}_2$$

### Osnovna svojstva

- Najlakši i najjednostavniji element u svemiru
- Neotrovan plin bez boje, mirisa i okusa
- Slabo je topljiv u polarnim, a dobro u nepolarnim otapalima
- Nije previše reaktivan, no pri višim temperaturama ulazi u niz reakcija
- Vodik stvara kemijske veze s najviše elemenata



Oslobođeni atom vodika (H)      Aktivni (vanjskoelektroni) valni (Li)

## Osnovna svojstva



- Čini 75% vidljive mase svemira
- Industrijski se najviše dobiva iz zemnog plina, a rjeđe elektrolizom vode
- Najviše se koristi u proizvodnji fosilnih goriva i za dobivanje amonijaka



## Povijest vodika



- Prvi proizveo Paracelsus u 16.st reakcijom metala i jake kiseline
- definirao ga je Britanac Henry Cavendish 1766. ("zapaljivim zrakom,")
- Antonie Lavoisier ga 1783. g naziva hidrogene ("onaj koji stvara vodu"); hrvatski naziv uveo je Bogoslov Šulek
- Tekući vodik je dobio prvi put 1898. James Dewar
- Deuterij je dobio 1931. Harold Urey
- 1934. Ernest Rutherford i njegov tim su proizveli tricij



## Rasprostranjenost



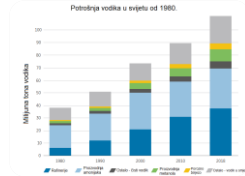
- Na Zemlji vrlo rasprostranjen, ali u malim količinama; prisutan je u atmosferi, zemnom plinu, vulkanskim plinovima, itd.
- U obliku spojeva prisutan je u velikim količinama (voda)
- Čini 75% mase svemira (ishodišna tvar iz koje su nuklearnom fuzijom nastali ostali elementi)
- Na Zemlji, vodik se uglavnom nalazi kao plinovita molekula H<sub>2</sub>



## Proizvodnja vodika



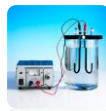
- Danas se u svijetu proizvodi oko 120 milijuna tona vodika godišnje
- Dvije trećine čini čisti vodik, a ostalu trećinu čini mješavina s drugim plinovima
- Porast potražnje za vodikom kao rezultat strože zakonske regulative u zaštiti okoliša



## Tehnologija proizvodnje



- Laboratorijsko dobivanje vodika
- Industrijsko dobivanje vodika
- Termokemijski procesi
- Anaerobna korozija
- Geološko stvaranje - serpentinacija



## Laboratorijsko dobivanje vodika

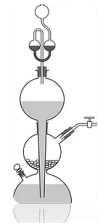


- Reakcijom cinka i klorovodične kiseline:  

$$\text{Zn}_{(s)} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_{2(g)}$$
- Reakcijom vode i čvrstog hidrida (najčešće CaH<sub>2</sub>):  

$$2 \text{H}_2\text{O} + \text{CaH}_{2(s)} \rightarrow 2 \text{H}_{2(g)} + \text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^-$$
- reakcijom metala s lužinama:  

$$2 \text{Al}_{(s)} + 6 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_4^- + 3 \text{H}_{2(g)}$$

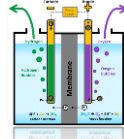




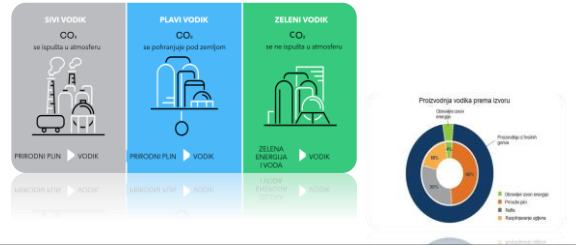
## Industrijsko dobivanje vodika



- Pirolizom (krekiranjem) ugljikovodika (pr. etana):  $C_2H_6(g) \rightarrow C_2H_4(g) + H_2(g)$
- Redukcijom vodene pare ugljikom (ugljenom):  $C(s) + H_2O \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$
- Reakcijom metana s vodenom parom:  $CH_4(g) + H_2O \rightleftharpoons CO(g) + 3 H_2(g)$
- Elektrolizom vode



## Industrijsko dobivanje vodika



## Sivi vodik

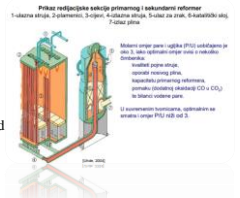


- Proizvodi se iz prirodnog plina (metan) kroz proces poznat kao parcijalna oksidacija ili parna reformacija
- Emitira značajnu količinu CO<sub>2</sub>, što ga čini manje ekološki prihvatljivim
- Ovaj proces je trenutno najčešći i ekonomski najisplativiji način proizvodnje vodika

## Parna reformacija



- Proces u kojem se koristi visokotemperaturna para za reakciju s metanom (lake sirovine) pod tlakom između 3 i 25 bara u prisutnosti katalizatora
- Nastaje sintetski plin koji predstavlja mješavinu vodika, ugljikovog monoksida i manje količine ugljikovog dioksida
- Zatim u reakciji dodatno reagiraju ugljikov monoksid i vodena para (uz prisutnost katalizatora) kako bi se proizveo ugljikov dioksid i dodatna količina vodika (WGSR)
- uklanjanje preostalog ugljikovog dioksida i drugih nečistoća iz struje plina



## Parcijalna oksidacija

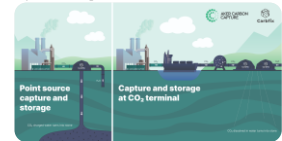


- Metan i drugi ugljikovodici (teže sirovine) u prirodnom plinu reagiraju s ograničenom količinom kisika (obično iz zraka)
- Produkti reakcije sadrže većinom vodik, ugljikov monoksid i manju količinu ugljikovog dioksida
- Mnogo brži od parnog reformiranja i zahtijeva manji prostor reaktora, ali ovaj proces proizvodi manje vodika po jedinici goriva

## Plavi vodik



- Također se proizvodi iz prirodnog plina, ali koristi se tehnologija za prikupljanje i skladištenje ugljikovog dioksida (CCS) kako bi se smanjile emisije CO<sub>2</sub>
- Ideja je smanjiti ekološki otisak proizvodnje vodika, čineći je manje štetnom po okoliš



## Zeleni vodik

- Proizvodi se elektrolizom vode pomoću obnovljive energije (npr. solarna ili vjetropark energija)
- Smatra se najčišćim oblikom vodika
- Oslanja se na obnovljive izvore energije, što znači da može doprinijeti smanjenju ukupnih emisija stakleničkih plinova

## Elektroliza vode

- Elektrokemijski proces u kojem uslijed prolaska istosmjerne električne struje kroz elektrolit dolazi do raspada molekule vode na elektrodama na plinove kisika i vodika
- Vrste elektrolizatora: Alkalni elektrolizator, PEM elektrolizator, AEM elektrolizator, Visoko-temperaturni keramički elektrolizator

## Potrošnja vodika

- Većina vodika se proizvodi i koristi u industriji na mjestu proizvodnje
- Dvije trećine potrošnje vodika čine proizvodnja amonijaka i primjena u naftnim rafinerijama
- intenzivna primjena u industriji željeza i čelika te za hidrogenaciju masti, proizvodnju stakla, pogonsko gorivo i hlađenje generatora
- Gorivi članci
- Transport i elektrogoriva

## Proizvodnja amonijaka

- Proces proizvodnje amonijaka sastoji se od šest međusobno povezanih stupnjeva
- $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2 \rightarrow CO + H_2 + N_2 + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 + N_2 \rightarrow H_2 + N_2 \rightarrow NH_3$
- Niskotlačno, srednjetačni i visokotlačni
- Parcijalnom reformiranjem i parcijalnom oksidacijom
- Amonijak se najviše upotrebljava za proizvodnju uree, dušičnih mineralnih gnojiva (80%), a zatim dušične kiseline i akrilonitrila

## Sirovina u rafinerijama

- Hidrosulfurizacija
- Hidroizomerizacija
- Dearomatizacija
- Hidrorekiranje

## Sirovina u rafinerijama

- Hidrosulfurizacija:
  - Katalitički kemijski proces za uklanjanje sumpora iz prirodnog plina i naftnih produkata kao što su benzin, dizel, avionsko gorivo i loživa ulja
  - Stvaranje sumporovodika, koji se koristi u Clausovom procesu ili za dobivanje sumporne kiseline; smanjenje emisija sumporovog dioksida u atmosferu

## Sirovina u rafinerijama



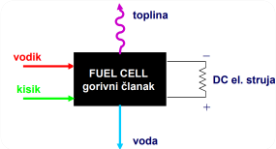
- Hidroizomerizacija:
  - ravnolančani parafini prevode se u izo-parafine kako bi se poboljšala svojstva proizvoda (oktanski broj)
- Dearomatizacija:
  - aromati se hidrogenacijom prevode u cikloparafine ili alkene
- Hidrorekiranje:
  - dugolančani ugljikovodici se kreiraju (cijepaju) u kraće ugljikovodike koji se nalaze u području benzinske / dizelske frakcije



## Gorivi članci



- elektrokemijski članak u kojemu se odvija elektrokemijsko izgaranje vodika (iz spremnika) i kisika (iz zraka ili iz spremnika) pri čemu je glavni produkt električna energija, a jedini nusprodukt su toplina i voda
- PEMFC, AFC, DMFC, PAFC
- Gorivni članak je poput baterije ali s konstantnim dotokom goriva i oksidanta



## Transport i elektrogorivo



- Električna vozila pogonjena gorivnim člankom
- dekarbonizacija ključnih segmenata transportnoga sektora, uglavnom teški cestovni prijevoz na velike udaljenosti, te sektora brodogradnje i zrakoplovstva
- Svemirski program i podmornice



## Transport i elektrogorivo



- Tekuća goriva proizvedena iz obnovljive energije imaju mogućnost zamijeniti fosilna goriva bez potrebe za promjenom tehnologije konačnih oblika trošila
- e-dizel ili e-kerozin
- određenoj mjeri mogu miješati s postojećim gorivima u motorima s unutarnjim izgaranjem



## Hidrogenska bomba



- Termonuklearna bomba
- Nastaje fuzija, spajanje lakih atomskih jezgara vodika i njegovih izotopa te litija
- Više od tisuću puta jača od atomske bombe (Car bomba, 50 Mt TNT-a)

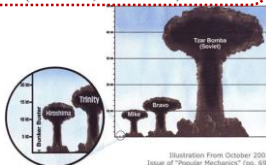


Illustration From October 2002 Issue of "Popular Mechanics" (pp. 69)

## Skladištenje vodika

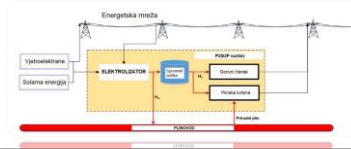


- Problem skladištenja
- Podzemne geološke formacije (skladišta):
  - čistog vodika (solne kaverne)
  - vodika u smjesi plinova
  - vodika za proces metanacije

## Skladištenje vodika

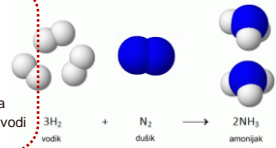


- Mogućnost integracije vodika u energetske sustave:
  - P2G2P sustavi (engl. Power-to-Gas-to-Power)
  - Potencijalnim načinom skladištenja obnovljive energije
  - Električna energija se pretvara u plinovito gorivo, odnosno vodik, koji se zatim pohranjuje ili transportira za proizvodnju električne energije



## Amonijak

- Karakteristike:
  - bezbojan
  - oštar miris
  - lakši od zraka
  - lako topljiv u vodi
  - otrovan
  - korozivan prema legurama bakra i



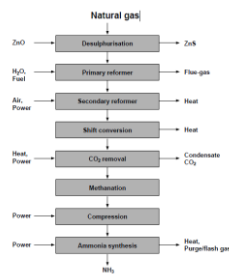
cinka

- Bezvodni amonijak
- Atmosfera
- Gori/ ne gori
- Haber- Boschov postupak



## Proizvodnja

- Dvije glavne vrste procesa:
  1. Parno reformiranje prirodnog plina
  2. Djelomična oksidacija loživog ulja
- 85% svjetske proizvodnje amonijaka temelji se na konceptima parnog reformiranja



- Jedina tvornica u Hrvatskoj- Petrokemija d.d.
- jedna od najvećih tvornica gnojiva u jugoistočnoj Europi



-450000 t god

## Toksičnost amonijaka za ljudsko tijelo



- Hiperamonemija- genetske mutacije u genima za enzime koji sudjeluju u ciklusu ureje
  - oštećenje tkiva (stanica) bitnih za metabolizam, npr. jetre
  - jetrena encefalopatija
- Iritacija dišnih puteva, kašalj, iritacija kože, opekline, oštećenje očiju, trovanje (mučnina, povraćanje, proljev, bolovi u trbuhu)

- Smrtonosna količina vodene otopine: - 25-50 mL 10%-tne otopine
- 15 mL 25%-tne otopine
- Max. dopuštena koncentracija plinova NH<sub>3</sub> u sobi ne smije biti veća od 0,02 mg/L

Učinak izloženosti amonijaku na zdravlje ljudi u ovisnosti o koncentraciji amonijaka u zraku

Učinak	Koncentracija amonijaka u zraku (ppm)
Osjetljiv njuhom	20-50
Nije štetan pri duljem izlaganju	50-100
Izaziva jaku iritaciju oči, uši, nosa i grla, ali bez dugotrajnih posljedica pri kratkom izlaganju	400-700
Pri izlaganju duljem od pola sata može biti smrtonosan	2000-3000
Uzrokuje gušenje te dovodi do brze smrti	5000-10000

## Primjena amonijaka

### Gnojiva

- Mikrobi i bakterije u tlu- pretvorba atmosferskog dušika u amonijske i nitratne ione
- Mineralna gnojiva- prirodne mineralne sirovine
- 3 glavna biogena elementa: N, P, K (+Ca, S, Mg, B, Mn, Fe, Zn, Cu)
- Amonijak, urea, dušična kiselina, sumporna kiselina
- Dušična mineralna gnojiva: KAN- mješavina amonijeva nitrata i vapnenca ili dolomita

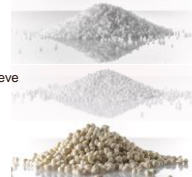


Postrojenje za izdvajanje amonijaka i vodika iz ispušnih plinova

## Primjena amonijaka

### Gnojiva

- Sirovina za razne vrste dušičnih gnojiva- UREA, KAN, UAN, AN, NPK
- UREA 46 N:- 46% dušika
  - tla bogata glinom
  - kukuruz, korjenasto povrće
- AN 34,4 N:- brzo djelovanje, pogodno za sve usjeve
  - neutralna ili vapnenacka tla
  - povećanje kiselosti tla
- KAN 27 N:- na svim površinama, svi biljni usjevi
  - najmanja razina kiselosti tla



## Primjena amonijaka

### Rashladno sredstvo

- Izvrsna termodinamička svojstva
- "otrovan" i "eksplozivni", miris- prednost
- Učinkovito i isplativo
- 500 000 t/ god koristi se kao rashladno sredstvo
- Prva korištenja- proces kompresije, David Boyle, 1872., SAD
  - Carl von Linde, 1876., Trst
- Toplina isparavanja visoka, nizak protok tekućine

Refrigerant	Composition Formula	Boiling point °C	Vaporization heat kJ/kg @ bar abs.	Liquid flow dm <sup>3</sup> /s	Compr. gas flow dm <sup>3</sup> /s	COP	ODP	GWP
Ammonia	R 717, NH <sub>3</sub>	-33,3	1369	0.0015	0.463	4.84	0	0
Propane	R 290, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-42,1	426	0.0074	0.551	4.74	0	3
Carbon dioxide	R 744, CO <sub>2</sub>	-56,6	230	0.0123	0.065	2.96	1	1

### Rashladno sredstvo



- Nesreće- u industriji na mjestu puštanja
- Zaštitna odjeća
- Udaljenost:- 200 m- karakterističan miris je očit
  - 1500 m- sigurna udaljenost za velika industrijska

### ispuštanja

- Vremenski uvjeti- temperatura, brzina vjetrova, klima

### Rashladno sredstvo

- Pare amonijaka raspršit će se prema gore
- Tekući NH<sub>3</sub>- aerosol s vlagom, bijeli oblak
- U toplijim klimama brže širenje
- Visina puštanja: viši položaj, niža koncentracija plina



## Primjena amonijaka

### Eksplozivi

- Amonijev nitrat, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>
- U kombinaciji s loživim uljima
- Detonacijska brzina 5000 m/s (crni barut 400 m/s, TNT 6700 m/s)
- Potrebna vrlo velika toplina
- U smjesi s amonijevim sulfatom ne eksplozira
- Sredstvo za gašenje zapaljenog NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>- voda



## EUTROFIKACIJA

- Izvori voda
- Masovni rast algi i drugih organizama- zagađenje vodotoka
- Smrtnost životinja koje obitavaju u tim vodama



## OTPADNE VODE

- Dušik iz izlučevina, deterženata i gnojiva
- 60-70% dušika iz amonijaka, 30-40% organski dušik
- Povećana koncentracija NH<sub>3</sub> može uzrokovati akutnu i kroničnu toksičnost
- Nitrifikacija i denitrifikacija



## Što su i za što se koriste?



- Medicinske svrhe
- Zavarivanje
- Plinovi za rashladne uređaje
- Zračni baloni
- Pročišćavanje vode
- Zaštitni plinovi
- ...

## Tehnologija proizvodnje

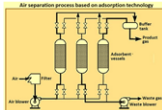
Komponenta zraka (hemijska formula)	Volumni udio u zraku / %	Vrelište / K (°C)	Molekulska masa / g mol <sup>-1</sup>
dušik (N <sub>2</sub> )	78,08	-77,4 (-195,8)	28,02
izak (O <sub>2</sub> )	20,95	90,2 (-183)	32,00
argon (Ar)	0,93	84,2 (-186)	39,94
ugjikov dioksid (CO <sub>2</sub> )	0,040	194,7 (-78,5)	44,01
neon (Ne)	0,0018	27,2 (-246)	20,18
helij (He)	0,0005	4,2 (-269)	4,00
Kripton (Kr)	0,0001	119,8 (-153,4)	83,8
vodik (H <sub>2</sub> )	0,00005	20,3 (-252,9)	20,02
kislorod (Xe)	8,7 · 10 <sup>-6</sup>	165,1 (-108,1)	131,29



## Nekriogena separacija zraka

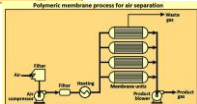
### 1. Adsorpcija

- zeoliti- razlike u strukturi električnog polja unutar praznog prostora- adsorpcija N<sub>2</sub>
- regeneracija- zagrijavanje ili smanjenje tlaka u sloju



### 2. Membranski sustavi

- temelji se na razlici kojima O<sub>2</sub> i N<sub>2</sub> difundiraju kroz polimernu ili keramičku membranu
- protok i selektivnost određuju ekonomičnost procesa



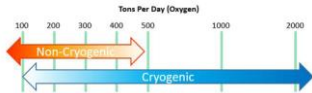
## Kriogena separacija

- najdjelotvornija i najučinkovitija tehnologija za proizvodnju velikih količina O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Ar
- destilacijske kolone i vrlo niska temperatura (razlika u vrelištima)
- ključni koraci su kompresija zraka, hlađenje i pročišćavanje zraka, izmjena topline, hlađenje i kompresija internih produkata te kriogena protustrujna rektifikacija zraka i Ar
- sustav s dvije kolone i susjednom jedinicom za izdvajanje Ar



## Nekriogena vs kriogena separacija

- Razlike su u molekularnoj strukturi, veličini i masi komponenata zraka
- Argon se može proizvesti samo kriogenim razdvajanjem
- Kisik i dušik proizvedeni kriogenim razdvajanjem su čišći (kisik do 99,5%, a dušik do 99,99%)
- Nekriogeni procesi se izvode na temperaturi bliskoj temperaturi okoline i provode se kada se ne zahtijevaju visoke čistoće plinovitih i kapljevitih proizvoda te kada su potrebne količine proizvoda relativno male

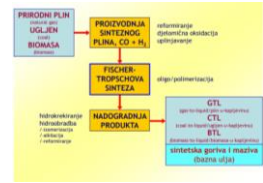


## Sintezni plin

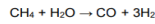
- Smjesa ugljikova monoksida i vodika u raznim omjerima; izravno najviše služi za dobivanje metanola

Procesi dobivanja:

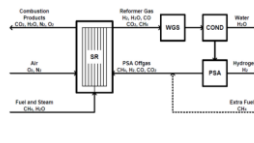
- Parno reformiranje
- Djelomična oksidacija ("teške" sirovine, bez katalizatora)
- Uplinjavanje ugljena (vodeni plin)



## Parno reformiranje



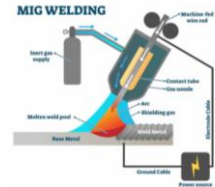
- Industrijski, katalitički proces kojim se jako ugljikovodično gorivo (najčešće metan) prevodi u sintezni plin ( $\text{H}_2$  i CO)
- sintezni plin se koristi za proizvodnju amonijaka, metanola, sintetičkih goriva kao i za čisti  $\text{H}_2$
- proces se sastoji od dvije cjeline:
  - uklanjanje sumporovih spojeva iz sirovine
  - pretvorba u sintezni plin



## Argon



- Treći najzastupljeniji element u zraku
- Najvažnije kemijsko svojstvo- inertnost
- Zaštitni plin
- Dobivanje: frakcijska destilacija tekućeg zraka
- Primjena: inert kod zavarivanja, proizvodnje čelika, toplinske obrade, proizvodnja elektronike, u žaruljama se dodaje u smjesu s dušikom



## Neon



- inertan plin bez boje i mirisa, može se umjetno proizvesti
- otkrili su ga W. Ramsay i M. W. Travers 1898. kao lapijivu komponentu u tekućem zraku
- dobivanje: kao nusproizvod frakcijske destilacije tekućeg zraka pri dobivanju kisika i dušika
- primjena: punjenje svijetlećih reklama, lasera, kao rashladno sredstvo, stvaranje inertne atmosfere u proizvodnji poluvodiča



## Helij




- Prvi u skupini plemenitih plinova
- Praktički ne postoji u Zemljinoj atmosferi (potražnja se zadovoljava iz izvora zemnog plina i minerala urana)
- Primjena: plinska kromatografija, punjenje zračnih balona, zavarivanje metala, za razrjeđivanje zapaljivih anestetika u medicini, punjenje boca za ronjenje...
- Dobivanje: najviše iz zemnog plina, nešto manje ukapljivanjem i frakcijskom destilacijom tekućeg zraka te iz minerala
- Novija upotreba: magnetska rezonanca

MRI SCANNER







## Kisik



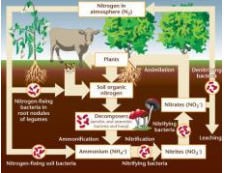
- Najrasprostranjeniji element na Zemlji
- Izuzetno reaktivan (osim s plemenitim plinovima)
- Industrijsko dobivanje kisika: elektroliza vode (1% ukupne proizvodnje kisika) / frakcijska destilacija tekućeg zraka (99% ukupne proizvodnje)
- Primjena: oksidans raketnih goriva, zavarivanje i rezanje metala, aparati za disanje, pročišćavanje otpadnih voda,...



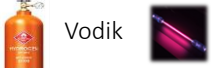
## Dušik



- U prirodi se pojavljuje u elementarnom stanju (99%), kao dio zraka, u mineralnim vodama, u organskim spojevima
- Jaka trostruka veza = stabilan i inertan
- Teško se spaja s ostalim spojevima (pri visokim temperaturama postaje reaktivniji); ne gori i ne podržava gorenje
- Dobivanje: frakcijska destilacija tekućeg zraka
- Primjena: za dobivanje umjetnih gnojiva, zaštitni plin u procesima sa zapaljivim plinovima, kao razrjeđivač,...



## Vodik



- Slobodan je vrlo raširen u prirodi
- Lako zapaljiv i reaktivan (plin praskavac, klorni praskavac, sa fluorom eksplozivna u mraku)
- Industrijsko dobivanje: elektroliza vode, parno reformiranje (iz prirodnog plina), iz fosilnih goriva
- Primjena: punjenje balona i plinom punjenih lebdjelica, rezanje i zavarivanje metala, proizvodnja metanola i amonijaka
- Zeleni vodik



## Ostali tehnički plinovi

- od plemenitih plinova u zraku: kripton i ksenon - otkriveni isto kad i neon iz gotovo isparene frakcije pri destilaciji; kripton - visoka cijena, punjenje žarulja;
- ukapljeni naftni plin (LPG ili UNP, propan-butan)-mješavina ukapljenih ugljikovodika - proizvode se iz prirodnog plina; primjena: kao goriva za vozila i grijanje za peći
- aceten-jadni tehnički plin koji već na blago povišenim tlakovima izaziva lančanu reakciju (eksplozija); primjena: lemljenje, rezanje,...
- ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) - nusprodukt brojnih industrijskih procesa; primjena: rashladno sredstvo, proizvodnja gaziranih pića,...
- klor, fluor, metan,...



## Transport plinova

- prijevoz komprimiranih plinova u posudama vrši se pod tlakom većim od atmosferskog (do 200 bar)
- posude moraju imati ispravan ventil za zatvaranje
- brodovi za prijevoz ukapljenih plinova (imaju ugrađeno postrojenje za ukapljivanje; plovila izrazito visoke opasnosti)
- plinovod - osim cjevovoda, sadrži sabirne, centralne, kompresorske i druge stanice
- izbor materijala ovisi o razini tlaka, vrsti plina i sadržaju primjesa u plinu (čelik do 100 bara, polietilen do 10 bara ili bakar-kućne instalacije)



## Ekološki aspekt

- onečišćenje okliša: povećane emisije CO<sub>2</sub> u okoliš, prisutnost fluoriranih plinova, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>
- industrijski plinovi utječu na kvalitetu zraka, oštećenje ozonskog sloja i pojavu kiselih kiša
- kao potencijalna rješenja nude se:
  - korištenje obnovljivih izvora energije
  - ulaganje u energetske učinkovite tehnologije
  - provedba strogih standarda emisije industrijskih plinova u okoliš
  - usvajanje tehnika za akumulaciju i skladištenje ugljika
  - zelena kemija

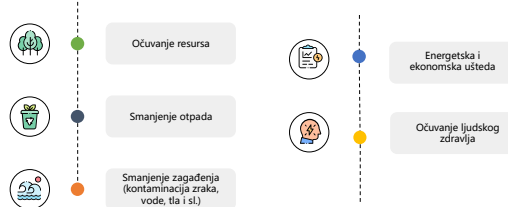


## Uvod u recikliranje

- Proces pretvaranja otpadnih materijala u nove proizvode s ciljem smanjenja potrošnje sirovina, energije i resursa potrebnih za proizvodnju novih proizvoda
- Drugi naziv – **oporaba**; postupak izdvajanja materijala iz otpada i njegovo ponovno upotrebljavanje
- Uključuje postupke **sakupljanja, sortiranja, čišćenja i preradu materijala** koji bi inače završili na odlagalištima otpada
- Prije samog recikliranja (obrade otpada), otpad se razdvaja prema vrsti otpadaka u postrojenjima za razvrstavanje otpada
- **Reciklažni centri** – postrojenja u kojima se otpad obrađuje za ponovnu uporabu

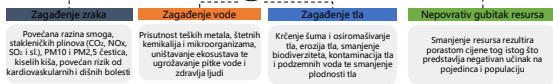


## Značaj i benefiti procesa recikliranja



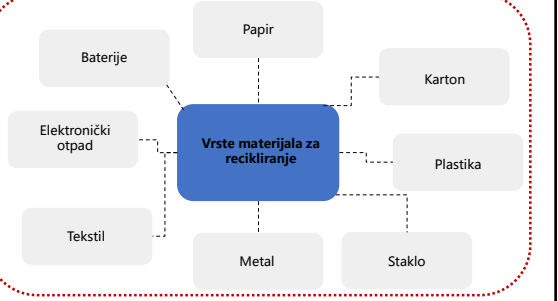
## Ekološki aspekti

- Proces recikliranja smanjuje proizvodnju otpada i zagađenje ekosustava te povećava očuvanje ljudskog zdravlja
- Međutim, mnoge države nemaju u potpunosti regulirane zakone koji se odnose na postupak recikliranja
- Samo neki od rizika ne provođenja procesa recikliranja su:

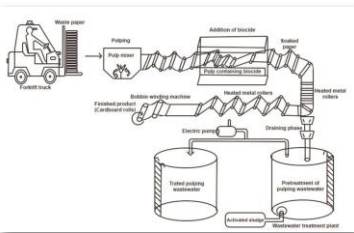


- Za naglasiti je kako ovi rizici mogu biti **direktni** i **indirektni** uzroci recikliranja

## Vrste materijala za recikliranje

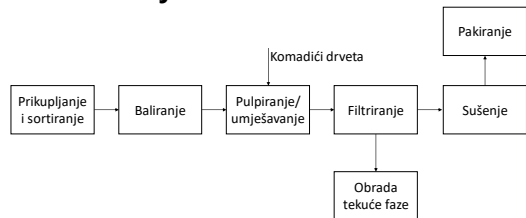


## Recikliranje papira

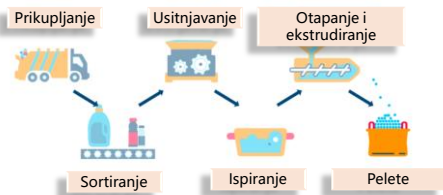


- Recikliranje 1 t papira čuva 17 stabala
- Pulpa (engl. *slurry*) – dodatak velikih količina vode i kemikalija poput vodikovog peroksida i natrijevog hidroksida
- Udio vode u pulpi oko 90,0 %
- Uklanjanje vode pomoću preše uz utrošak topline

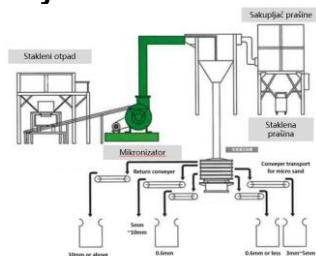
## Recikliranje kartona



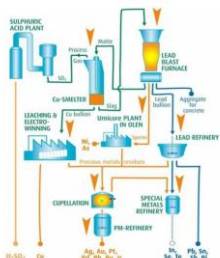
## Recikliranje plastike



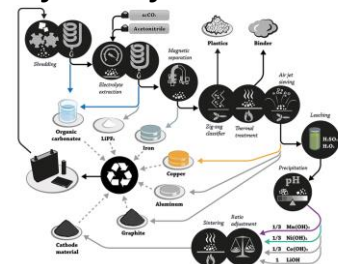
## Recikliranje stakla



## Recikliranje elektroničkog otpada

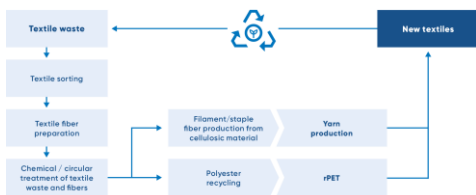


## Recikliranje baterija



## Recikliranje tekstila

**RECYCLING PROCESS ON THE BASIS OF CHEMICAL RECYCLING**  
Processing of textile waste for the production of textiles of the same or even higher quality.



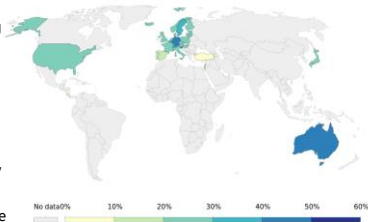
## Recikliranje u industriji

- Industrije stvaraju velike količine otpada, uključujući metalni, papirni, plastični, stakleni, procesni i opasni otpad
- Umjesto spaljivanja i odlaganja potrebno je reciklirati otpad
- Model kružne ekonomije – minimalna količina otpada; otpad iz jednog industrijskog procesa služi kao sirovina drugom industrijskom procesu
- Stvara se zatvoreni ciklus sirovina



## Recikliranje u svijetu

- Podaci iz 2015. god.
- Omjer recikliranog i proizvedenog otpada
- Među najistaknutijim državama su Australija, Njemačka, Slovenija, Švicarska, Japan, Sjedinjene Američke Države te Italija



- **Reciklažna dvorišta** - zaprimaju isključivo otpad koji je nastao kod korisnika usluge iz kategorije korisnika „kućanstvo“
- Projekti odvojenog skupljanja otpada koji se može reciklirati te izdvajanje štetnog i opasnog otpada
- 11 reciklažnih dvorišta i 9 mobilnih reciklažnih dvorišta na području županije Grada Zagreba

