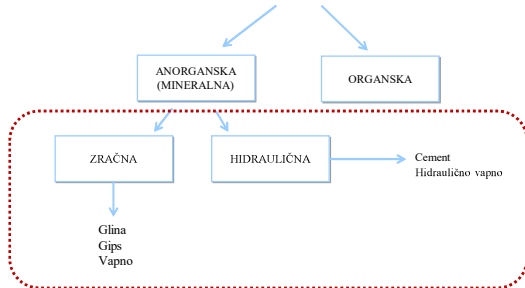


VEZIVA



- Vezivo pripremljeno iz prirodnog oblika sirovine bez termičke obrade
 - Nastaje fizičkim i kemijskim trošenjem magmatskih, silikatnih metamorfnih i starijih sedimentnih stijena
 - Glavni minerali gлина: kaolinit, smektit, ilit, haloazit
- Uvjeti koje sediment mora zadovoljiti da bi bio gлина:
- ✓ 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

Porculanska gлина

- Najčišća gлина
- Smjesa minerala kaolina s nešto kremenca, svijetloga tinja i ostacima neistrošenih glineca
- Predmeti od keramike



Lončarska gлина

- Bijele, sive, žute ili crvenkaste boje
- Dodatak primjesa, manje čistoće od porculanske gline



Opekarska gлина

- Crvene boje
- Sadrži malo kaolina
- Služi za izradu opeka i crjepova

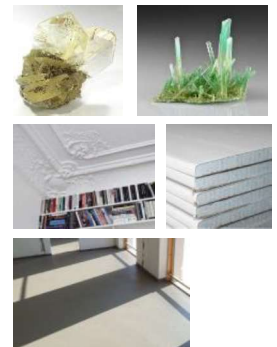


GIPS

- Vezivo pripremljeno termičkom obradom prirodnog kamena sadrenca ili sadre do temperature dehidracije

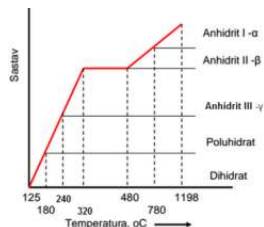
- Kalcij-sulfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- Bezvodni gips (CaSO_4)
- Poluhidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$)

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



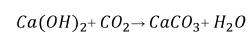
GIPS

- Zagrijavanjem dihidrata ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) do 60 °C dolazi do gubitka higroskopske vlage
- 107 – 190 °C, nastaje poluhidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$)
- 190 – 200 °C, nastaje topljivi anhidrit III, odnosno γ - anhidrit (CaSO_4)
- 200 – 500 °C, topljivi anhidrit III prelazi u anhidrit II, odnosno β - anhidrit
- 650 – 1200 °C, nastaje smjesa anhidrida I odnosno α - anhidrida (CaSO_4) i CaO



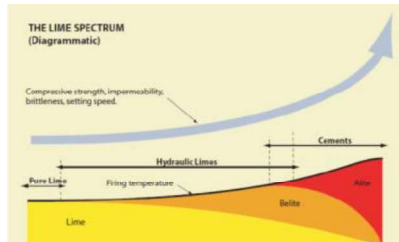
HIDRAULIČNO VAPNO

- 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 karbonatizacijom hidroksida



- Proizvodnja vapnenog morta, restauracije, vapnene opeke, vodostaj



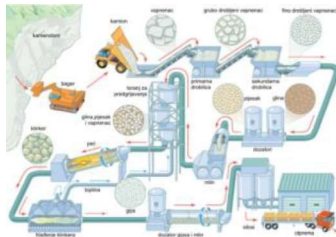


CEMENT

- 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 CaO , Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3
- Mljevenje sirovina
- Pečenje u rotacijskim ili vertikalnim pecima na 1450°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 CaO , a glinena komponenta osigurava Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_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 ^a	Zapis u kemiji cementa ^b	Udio u portland klinkeru [%]
Alit	Ca_3SiO_5 trikalcijev silikat	$3\text{CaO} \times \text{SiO}_2$	C_3S	45 - 75
Belit	Ca_2SiO_4 dikalcijev silikat	$2\text{CaO} \times \text{SiO}_2$	C_2S	7 - 32
Aluminat	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ trikalcijev aluminat	$3\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	0 - 13
Ferit	$2\text{Ca}_3\text{AlFeO}_6$ tetra-kalcijev aluminat-ferit	$4\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	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: CaO , Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3
- Ostale komponente: MgO , K_2O , SO_3 , P_2O_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:

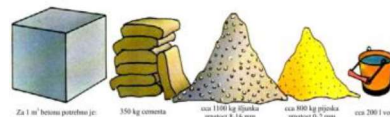
Brzo stvrdnjavanje, 2-4 h
Brzo postizanje čvrstoće, unutar 24 h
Dobra vatrostalna svojstva
Velika otpornost na sulfate
Otpornost na kiseline
Otpornost na abraziju
Niske temperature primjene do -10 °C

Primjena:

Gradevinarstvo - kada postoje zahtjevi za brzim postizanjem čvrstoće
Proizvodnja vatrostalnih betona i blokova
Samonivelirajući podovi
Aditivi u drugim materijalima i cementima
Obloge otporne na sulfate, kiselina, 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?

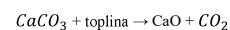
1. Dobra prionjivost dvaju materijala — beton ima veliku prionjivost za čelik i na taj način je omogućeno sprezanje.
2. Jednaki temperaturni koeficijenti oba materijala - pri promjeni temperature kao vanjskom okolišu oni se jednako istežu i skupljaju, tj. kompatibilni su.
3. Dobra zaštita čelika od strane 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

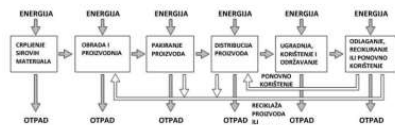
Utjecaj cementne industrije na okoliš

- 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, kaolinke 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 – uklanjanje 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 „Calucem“



UVOD

• SVOJSTVA METALA

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

• PLEMENITI METALI

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

• RIJETKI METALI

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

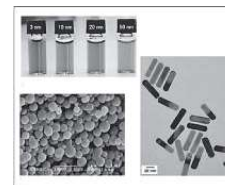


ZLATO – Au

- POJAVA
 - Elementaran – vulkanske kremenite žile ili pješčane rijeke
- PRERADA
 - Ekstrakcija cijanidnim postupkom

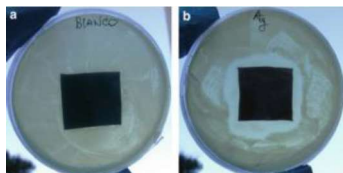
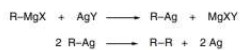
$$4Au_{(s)} + 8CN^- + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Au(CN)_2^- + 4OH^-$$

$$2Au(CN)_2^- + Zn_{(s)} + 3OH^- \rightarrow 2Au_{(s)} + 4CN^- + Zn(OH)_4^{2-}$$
- 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 (Ag_2S)
- PRERADA
 - Cijanidni postupak
- UPORABA
 - KATALIZATOR
 - NANOTEHNOLOGIJA
 - ELEKTRIČNA 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

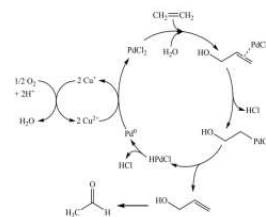
PLATINA – Pt

- POJAVA
 - Svi platinski metali dolaze zajedno
- PRERADA
 - 1) Otapanje platine sa zlatotopkom u kompleks - 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



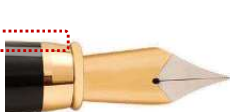
PALADIJ – Pd

- POJAVA
 - Svi platinski metali dolaze zajedno
- PRERADA
 - 1) Otapanje platine sa zlatotopkom u kompleks - PdCl_2^{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 KOLIČINE 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

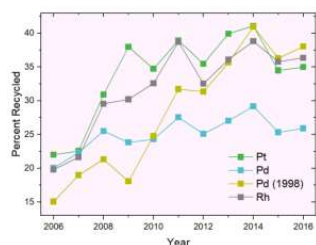


RODIJ I RUTENIJ – Rh i Ru

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



EKOLOŠKI ASPEKT – PLATINSKI METALI



CIJENA?

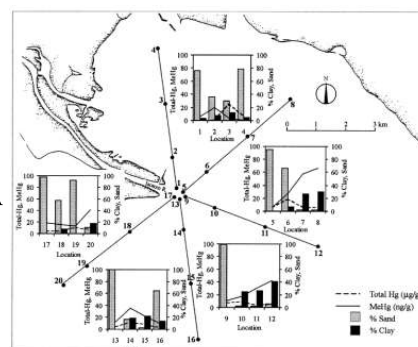
World Spot Price							
EUR KILO							
Metals	Date	Time (EST)	Bid	Ask	Change	Low	High
A GOLD	Mar 15, 2024	11:51	63,738.55	63,768.13	-80.74 -0.14%	63,655.92	64,166.80
A SILVER	Mar 15, 2024	11:51	745.91	746.80	14.79 2.04%	735.94	751.98
A PLATINUM	Mar 15, 2024	11:51	27,726.59	28,021.73	413.46 1.51%	27,313.12	28,405.62
A PALLADIUM	Mar 15, 2024	11:51	31,535.54	32,716.78	531.46 1.71%	31,004.08	33,484.55
A RHODIUM	Mar 15, 2024	09:20	135,827.41	159,449.67	2,952.77 2.22%	135,827.41	159,449.57

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 (CoS_2)
- PRERADA
 - Nprestana elektroliza rude sa FeSO_4 i H_2SO_4
- UPORABA
 - Legure protiv korozije
 - Legure za magnete
 - Katalizatori
 - PIGMENTI
 - BATERIJE

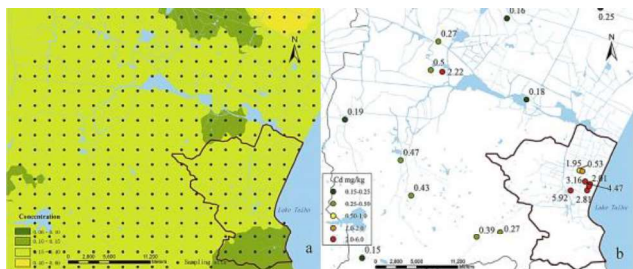


KADMIJ – Cd

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



EKOLOŠKI ASPEKT – KADMIJ



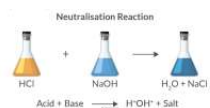
OSTALI RIJETKI METALI

- 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

- ✓ $H_2SO_4 + CuCO_3 \rightarrow CuSO_4 + H_2O + CO_2$





Natrijev klorid

- Kuhinjska sol (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 prerade hrane
- U umjerenim količinama relativno siguran za okoliš

Kalijev klorid

- 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

- 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 (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

- KI
- Bijeli kristalni prah ili kristali bez boje
- Industrijski se proizvodi tretiranjem 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 gljivičnih 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
 - ✓ Izrazito energetski učinkovito
 - ✓ Ograničena sposobnost kontrole kvalitete

- Proces vakuumske lonca i Albergerov proces
 - ✓ Uzimaju prirodno ili umjetni proizvedene otopine te koncentriraju sol prisilnim isparavanjem vode
 - ✓ Sol visoke čistoće

TEHNOLOGIJA RASTALJENE SOLI

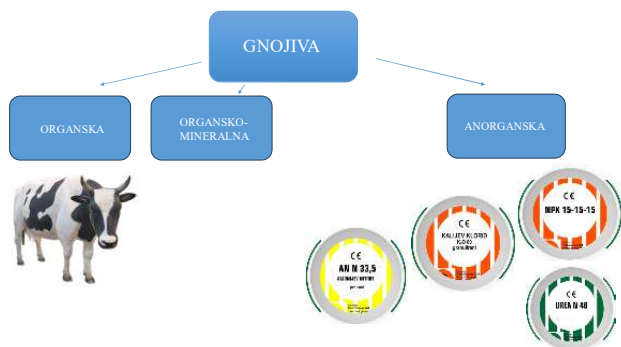
- Proizvodnja električne energije pomoću solarnih elektrana
- Tekuća sol se čuva u izoliranom spremniku
- Toplinska energija soli može se skladištiti i do tjedan dana te se pretvara u električnu energiju kada je potrebno
- Niski troškovi, netoksičnost, nezapaljivost i visoka toplinska stabilnost



Sadržaj

- Podjela gnojiva
- Priprava
- Utjecaj gnojiva na teške metale
- Utjecaj gnojiva na emisiju stakleničkih plinova
- Nitratna 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

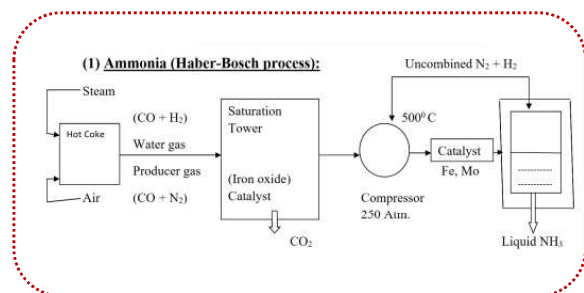
UREA



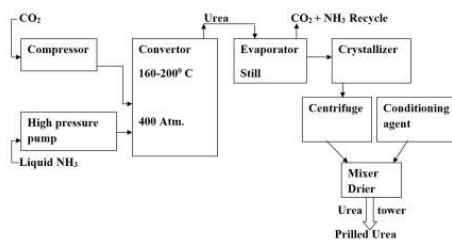
- Diamid ugljične kiseline
- Visoko koncentrirano dušično gnojivo
- Prva industrijska proizvodnja – 1920. g.
- Sadrži 46% dušika
- Biurett
- Sporije razlaganje u tlu – biljke postepeno usvajaju dušik – ne ispire se iz tla

Organsko-mineralna gnojiva

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



(3) Urea:



Utjecaj gnojiva na emisiju stakleničkih plinova

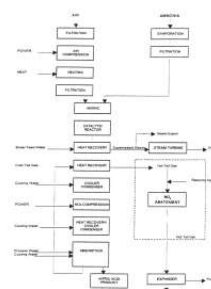
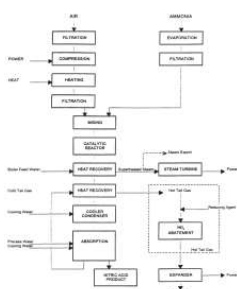
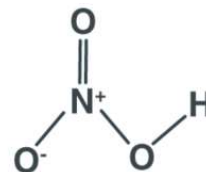
- Istraživanje provedeno u Kini
- Zamjena anorganskih gnojiva organskim
- Smanjena emisija N₂O



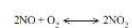
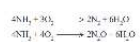
Mitigating greenhouse gas emissions by replacing inorganic fertilizer with organic fertilizer in wheat-maize rotation systems in China

NITRATNA KISELINA

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



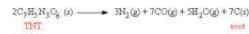
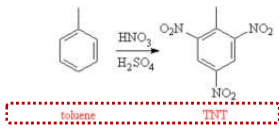
- Amonijak reagira sa zrakom
- Nastajanje dušikovog (I) oksida, dušika i vode
- Nastajanje nitratne kiseline



Industrijska primjena

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





TNT



- Nitro skupine – nestabilne
- Sadrži elemente dušika, kisika i ugljika

Sadržaj

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

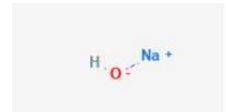


Lužine(baze)

- Kemijske 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
 - $\text{NaOH(aq)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- Slabe: NH_3
 - Djelomična disocijacija u vodi
 - $\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- Dobivanje:
 - Otapanje hidroksida u vodi
 - Elektroliza vodene otopine soli

Zašto NaOH, a ne KOH?

- Natrijeva lužina je najčešća 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



Slika 1. Kemijska struktura NaOH

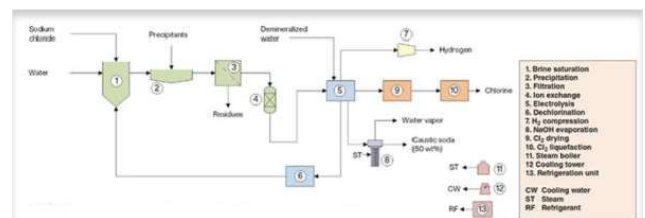
NaOH

- 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



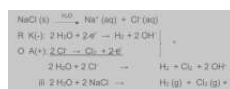
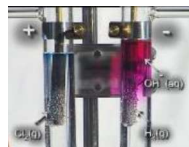
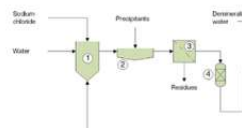
Industrijska proizvodnja NaOH

1. Pročišćavanje slane otopine
2. Elektroliza
3. Oporavak proizvoda



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

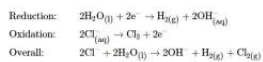
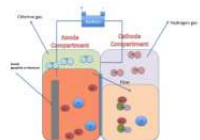
➤ Tehnologija dijafragmatske ćelije

➤ Tehnologija živine ćelije

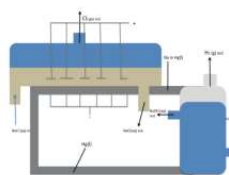
➤ Tehnologija membranske ćelije

Tehnologija dijafragmatske ćelije

- Dijafragma razdvaja anodnu i katodnu komoru
- Natrijevi ioni migriraju kroz dijafragmu 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



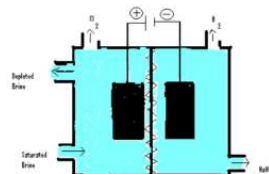
Tehnologija živine ćelije



- 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
- $2\text{Na(inHg)} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- + \text{H}_2(\text{g}) + \text{Hg(l)}$
- 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 klora
 - Vrlo reaktivan plin
 - Štetan za okoliš i ljudsko zdravlje
- Intenzivna eksploatacija resursa(NaCl i vode) može imati negativne učinke na okoliš - iscrpljivanje vodnih resursa
 - Minimiziranje potrošnje sirovina i maksimiziranje 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 kiselim tvarima
- Sigurnosno odlaganje – kontrolirano ispuštanje u kanalizacijski sustav ili označene objekte za opasni otpad
- Mehanizmi za recikliranje kaustične sode, smanjujući količinu otpada

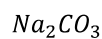
Primjena NaOH/lužina

- Proizvodnja papira – izdvajanje lignina iz celuloze
- Proizvodnja tekstila – čišćenje i obrada tekstilnih vlakana
- Proizvodnja sapuna i deterdženta – 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
- Metallurgija
 - Uklanjanje oksida i nečistoća s metalnih površina
 - Proizvodnja aluminija
 - Bayerov proces – ekstrakcija aluminija (aluminijev oksid) iz boksitne rude uz 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 CaCl_2
- Manja potrošnja energije jer ne zahtijeva visoke temperature
- Ekonomičniji i ekološki prihvatljiviji



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

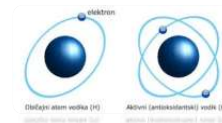
Natrijev amid

- 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, alkina, alkohola, estera, ketona
 - Dehidrohalogenaciju
 - Formiranje C-H veza
- U čvrsto zatvorenom spremniku, suho okruženje



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



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 hydrogene ("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_2



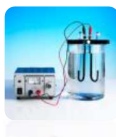
Proizvodnja vodika

- 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 - serpentacija



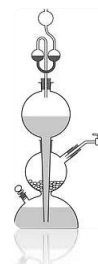
Laboratorijsko dobivanje vodika

- Reakcijom cinka i klorovodične kiseline:

$$Zn_{(s)} + 2 H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_{2(g)}$$
- Reakcijom vode i čvrstog hidrida (najčešće CaH_2):

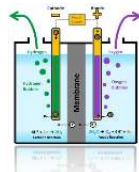
$$2 H_2O + CaH_{2(s)} \rightarrow 2 H_{2(g)} + Ca^{2+} + 2 OH^-$$
- reakcijom metala s lužinama:

$$2 Al_{(s)} + 6 H_2O + 2 OH^- \rightarrow 2 Al(OH)_4^- + 3 H_{2(g)}$$

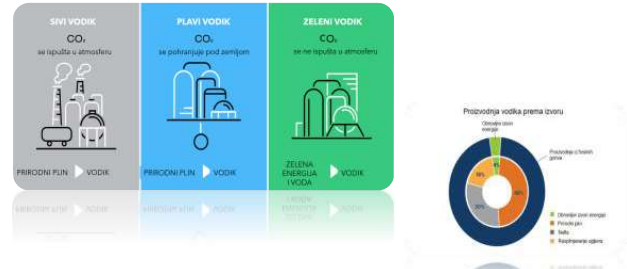


Industrijsko dobivanje vodika

- Pirolizom (kreiranje) ugljikovodika (pr. etana): $C_2H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{4(g)} + H_{2(g)}$
- 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



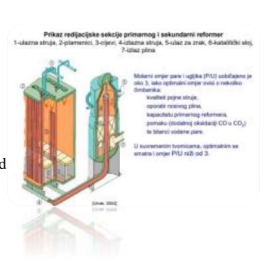
Sivi vodik



- Proizvodi se iz prirodnog plina (metan) kroz proces poznat kao parcijalna oksidacija ili parna reformacija
- Emitira značajnu količinu CO₂, 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 5 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 CO₂
- Ideja je smanjiti ekološki otisak proizvodnje vodika, čineći je manje štetnom po okoliš



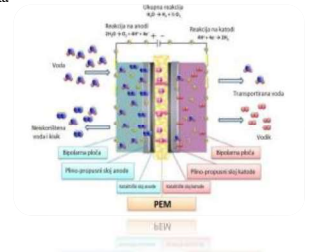
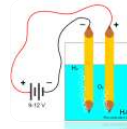
Zeleni vodik



- 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

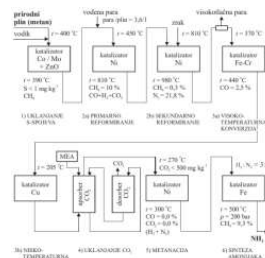
- Elektrochemijski proces u kojem uslijed prolaska istosmjernje električne struje kroz elektrolit dolazi do raspada molekule vode na elektrodama na plinove kisika i vodika
- Vrste elektrolizatora: Alkalni elektrolizator, PEM elektrolizator, AEM elektrolizator, Visoko-temperaturni keramički elektrolizator



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

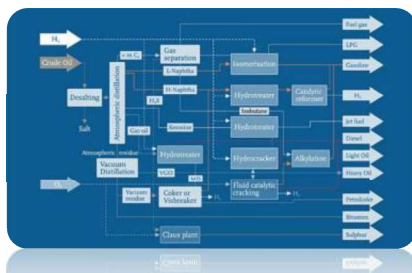
Proizvodnja amonijaka



- Proces proizvodnje amonijaka sastoji se od šest međusobno povezanih stupnjeva
- $$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$$
- $$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$$
- $$\text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow \text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$$
- Niskotlačno, srednjetačno i visokotlačno
- Parnim reformiranjem i parcijalnom oksidacijom
- Amonijak se najviše upotrebljava za proizvodnju uree, dušičnih mineralnih gnojiva (80 %), a zatim dušične kiseline i akrilonitrila

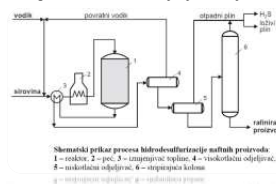
Sirovina u rafinerijama

- Hidrodesulfurizacija
- Hidroizomerizacija
- Dearomatizacija
- Hidrokreiranje



Sirovina u rafinerijama

- Hidrodesulfurizacija:
 - 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





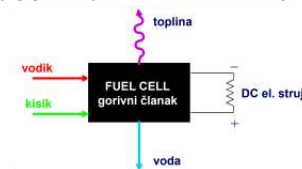
Sirovina u rafinerijama

- 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
- Hidrokreiranje:
 - 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 nusprodukti su toplina i voda
- PEMFC, AFC, DMFC, PAFC
- Gorivni članak je poput baterije ali s konstantnim dotokom goriva i oksidanta



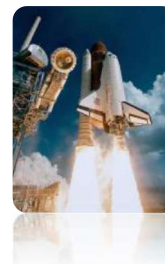
Transport i elektrogorivo

- 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



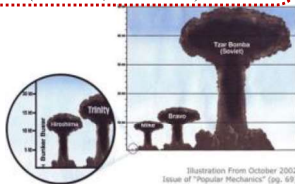
Transport i elektrogorivo

- 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)



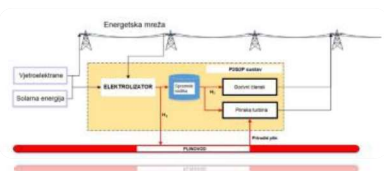
Skladištenje vodika

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

Skladištenje vodika

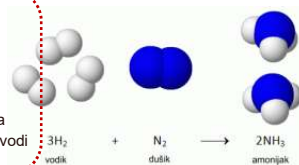


- Mogućnost integracije vodika u energetske sustave:
 - P2G2P sustavi (engl. Power-to-Gas-to-Power)
 - Potencijalnim načinom skladištenja obnovljive energije
 - Električna energija se pretvara u plinovito gorivo, odnosno vodik, koji se zatim pohranjuje ili transportira za proizvodnju električne energije



Amonijak

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



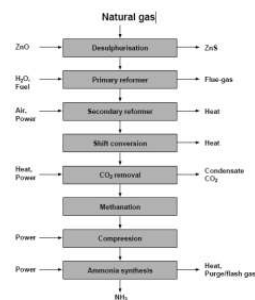
cinka

- 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 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 NH₃ 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

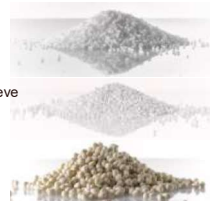
Postrojenje za izdvajanje amonijaka i vodika iz ispušnih plinova



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 vapnenačka 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 "eksplozivno", 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 1 bar abs.	Liquid flow dm³/s	Compr. gas flow dm³/s	COP	ODP	GWP
Ammonia	R 717, NH ₃	-33,3	1369	0.0015	0.463	4.84	0	0
Propane	R 290, C ₃ H ₈	-42,3	426	0.0074	0.551	4.74	0	3
Carbon dioxide	R 744, CO ₂	-56,6	350	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 vjeta, klima

Rashladno sredstvo

- Pare amonijaka raspršit će se prema gore
- Tekući NH₃- aerosol s vlagom, bijeli oblak
- U toplijim klimama brže širenje
- Visina puštanja: viši položaj, niža koncentracija plina



Primjena amonijaka

Eksplozivi

- Amonijev nitrat, NH₄NO₃
 - 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 eksplodira
- Sredstvo za gašenje zapaljenog NH₄NO₃- voda



EUTROFIKACIJA

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



OTPADNE VODE

- Dušik iz izlučevina, deterdženata i gnojiva
- 60-70% dušika iz amonijaka, 30-40% organski dušik
- Povećana koncentracija NH_3 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

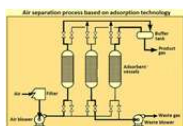
Komponenta zraka (hemijska formula)	Volumni udio u zraku/%	Vrelište /K (°C)	Molekulska masa/ g.mol ⁻¹
dušik (N_2)	78,08	77,4 (-195,8)	28,02
kisik (O_2)	20,95	90,2 (-183)	32,00
argon (Ar)	0,93	84,2 (-186)	39,94
ugljičkov dioksid (CO_2)	0,040	194,7 (-78,5)	44,01
neon (Ne)	0,0018	27,2 (-246)	20,18
helij (He)	0,0005	4,2 (-269)	4,00
kripton (Kr)	0,0001	119,8 (-153,4)	83,8
vodik (H_2)	0,00005	20,3 (-252,9)	20,02
kсенon (Xe)	$8,7 \cdot 10^{-6}$	165,1 (-108,1)	131,29



Nekriogena separacija zraka

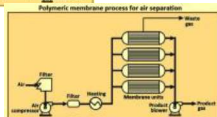
1. Adsorpcija

- zeoliti- razlike u strukturi električnog polja unutar praznog prostora- adsorpcija N_2
- regeneracija- zagrijavanje ili smanjenje tlaka u sloju



2. Membranski sustavi

- temelji se na razlici kojima O_2 i N_2 difundiraju kroz polimernu ili keramičku membranu
- protok i selektivnost određuju ekonomičnost procesa



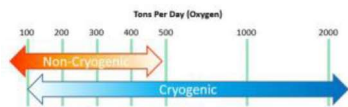
Kriogena separacija

- najjednostavnija i najučinkovitija tehnologija za proizvodnju velikih količina O_2 , N_2 , 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 kapljivitih proizvoda te kada su potrebne količine proizvoda relativno male



Sintezni plin

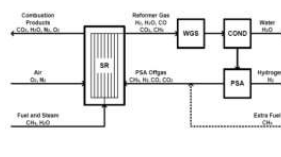
- Smjesa ugljikova monoksida i vodika u raznim omjerima; izravno najviše služi za dobivanje metanola
- Procesi dobivanja:
 - Parno reformiranje
 - Djelomična oksidacija ("teške" sirovine, bez katalizatora)
 - Uplinjavanje ugljena (vodeni plin)



Parno reformiranje



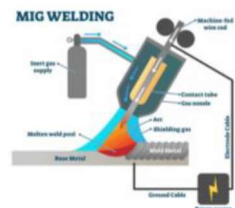
- Industrijski, katalitički proces kojim se lako ugljikovodično gorivo (najčešće metan) prevodi u sintezni plin (H_2 i CO)
- sintezni plin se koristi za proizvodnju amonijaka, metanola, sintetičkih goriva kao i za čisti H_2
- proces se sastoji od dvije cjeline:
 - uklanjanje sumporovih spojeva iz sirovine
 - 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



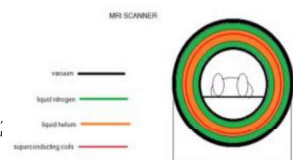
- Inertan plin bez boje i mirisa, može se umjetno proizvesti
- Otkrili su ga W. Ramsay i M. W. Travers 1898. kao hlapljivu komponentu u tekućem zraku
- Dobivanje: kao nusproizvod frakcijske destilacije tekućeg zraka pri dobivanju kisika i dušika
- Primjena: punjenje svijetlećih reklama, lasera, kao rashladno 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





Kisik



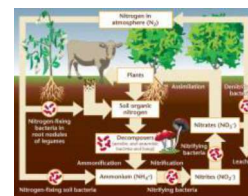
- Najrasprostranjeniji element na Zemlji
- Izuzetno reaktivan (osim s plemenitim plinovima)
- Industrijsko dobivanje kisika: elektroliza vode (1% ukupne proizvodnje kisika) i frakcijska destilacija tekućeg zraka (99% ukupne proizvodnje)
- Primjena: oksidans raketnih goriva, zavarivanje i rezanje metala, 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 = inerten
- 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 eksplodira 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 - jedini tehnički plin koji već na blago povišenim tlakovima izaziva lančanu reakciju (eksploziju); primjena: lemljenje, rezanje,...
- ugljikov dioksid (CO₂) - 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; plovidba 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 okoliša: povećane emisije CO₂ u okoliš, prisutnost fluoriranih plinova, SO₂, NO₂
- 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

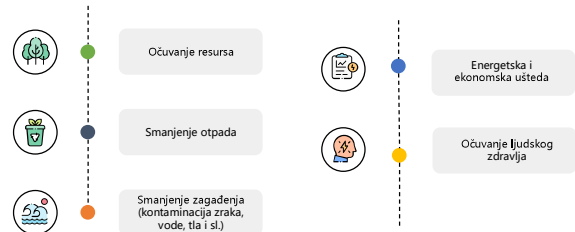


Uvod u recikliranje

- 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 prerađivanja 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

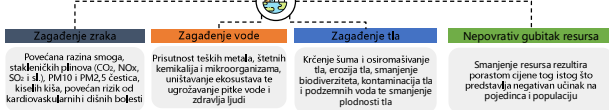


Značaj i benefiti procesa recikliranja

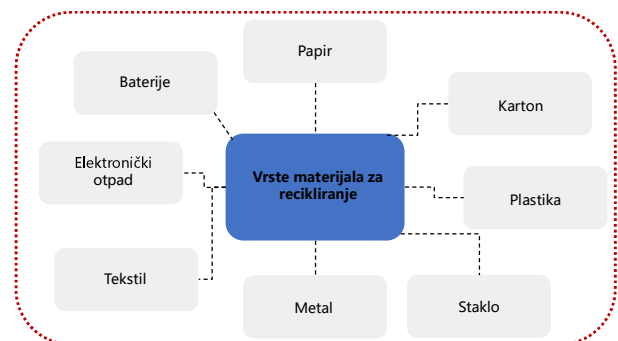


Ekološki aspekti

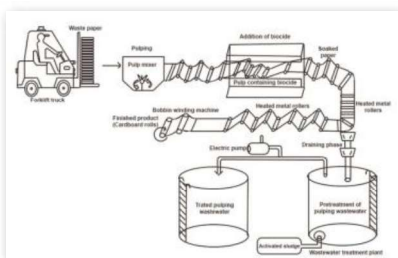
- Proces recikliranja smanjuje proizvodnju otpada i zagađenje ekosustava te povećava očuvanje ljudskog zdravlja
- Međutim, mnoge države nemaju u potpunosti regulirane zakone koji se odnose na postupak recikliranja
- Samo neki od rizika ne provođenja procesa recikliranja su:



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

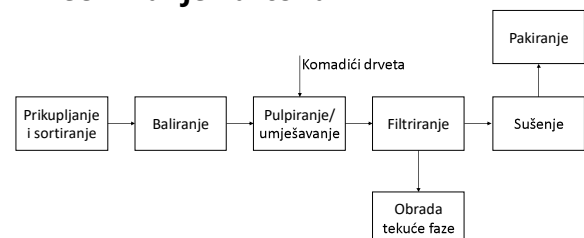


Recikliranje papira

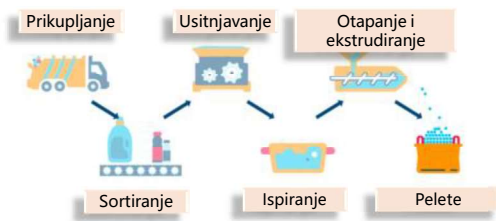


- Recikliranje 1 t papira čuva 17 stabala
- Pulpa (engl. *slurry*) – dodatak velikih količina vode i kemikalija poput vodikovog peroksida i natrijevog hidroksida
- Udio vode u pulpi oko 90,0 %
- Uklanjanje vode pomoću preše uz utrošak topline

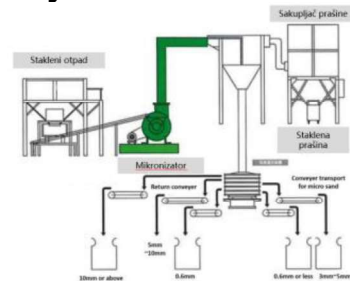
Recikliranje kartona



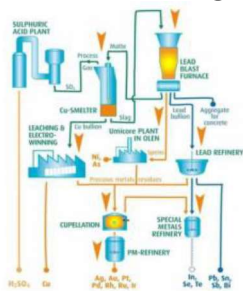
Recikliranje plastike



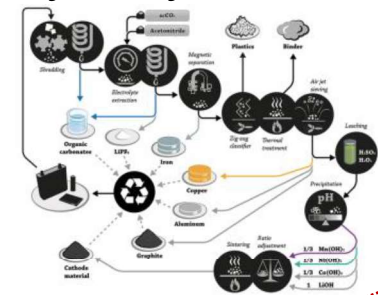
Recikliranje stakla



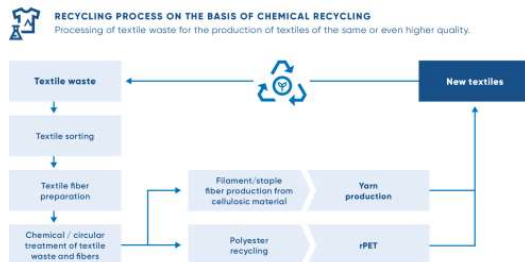
Recikliranje elektroničkog otpada



Recikliranje baterija



Recikliranje tekstila



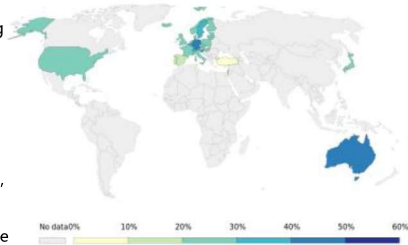
Recikliranje u industriji

- Industrije stvaraju velike količine otpada, uključujući metalni, papirnat, 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, Švedska, 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



SADRŽAJ

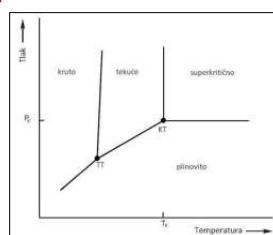
- Što su superkritični fluidi?
 - Svojstva SCF
 - Primjena SCF
 - Gdje se SCF pojavljuju u prirodi?

Što su superkritični fluidi (SCF)?

- Tvari podvrgnute temperaturi i tlaku koji su iznad njihove kritične točke
- Samo jedna faza
- Svojstva između svojstava plina i tekućine

State of the fluid	Density (g/cm ³)	Diffusivity (cm ² /s)	Viscosity (g/cm·s)
Gas $p \approx 1 \text{ atm}$, $T = 15\text{-}30^\circ\text{C}$	$(0.6\text{-}2.0) \times 10^{-3}$	0.1-0.4	$(0.6\text{-}2.0) \times 10^{-4}$
Liquid $p \approx 1 \text{ atm}$, $T = 15\text{-}30^\circ\text{C}$	0.6-1.6	$(0.2\text{-}2.0) \times 10^{-5}$	$(0.2\text{-}3.0) \times 10^{-2}$
Supercritical fluid $p \approx p_c$, $T \approx T_c$ $p \approx 4p_c$, $T \approx T_c$	0.2-0.8 0.4-0.9	0.7×10^{-3} 0.2×10^{-3}	$(1\text{-}3) \times 10^{-4}$ $(3\text{-}8) \times 10^{-4}$

Što su superkritični fluidi (SCF)?



SCF	T_c [K]	P_c [bar]	Gustoća [g·cm ⁻³]
Etan	305	48,1	0,202
Etilen	282	50,3	0,218
Uglikov dioksid	304	73,8	0,468
Heksan	507	30,5	0,230
Aceton	508	47,0	0,287
Metanol	513	80,9	0,272
Voda	647	221,0	0,322

Primjena superkričnih fluida

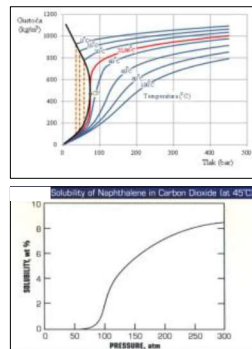
Superkrična fluidna ekstrakcija (SFE)

- Ekstrakcija u kojoj je otapalo superkrični fluid
- PREDNOSTI:
 - Selektivnost → čisti ekstrakti
 - Blagi uvjeti → pogodno za temperaturno osjetljive spojeve, očuvanje aromatskih spojeva u ekstraktu
 - Ekološki prihvatljivija otapala → nema organskog otpada, manje količine otapala
 - Energetska učinkovitost → recikliranje otapala
 - Brzina



Superkrična fluidna ekstrakcija (SFE)

- Otapalo superkrični CO_2 u preko 90 % slučajeva
- Ekstrakcija pri visokom tlaku
- Odvajanje ekstrahiranih komponenata iz fluida pri nižem tlaku
- Uporaba kootapala za polarne tvari
- Relativno jeftin, lako dostupan, netoksičan, nije štetan za okoliš

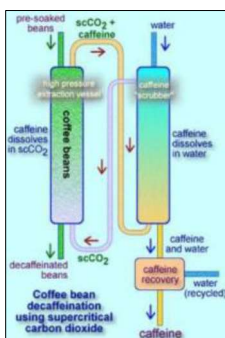


Superkrična fluidna ekstrakcija (SFE)



Dekofeinacija kave

- Precizna kontrola tlaka → selektivno otapanje kofeina
- Recikliranje superkričnog CO_2
- Uklanjanje 97 – 99 % kofeina

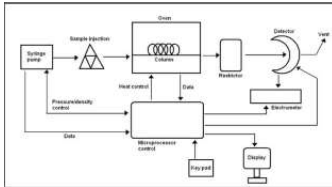


Superkrična fluidna kromatografija (SFC)

- Hibridna tehnika plinske i tekućinske kromatografije
- Određivanje spojeva osjetljivih na povišenu temperaturu za koje nije pogodna plinska kromatografija
- Određivanje spojeva koji nemaju funkcionalne grupe koje se mogu odrediti tekućinskom kromatografijom
- Određivanje droge, hrane, pesticida, herbicida, goriva, eksploziva



Superkritična fluidna kromatografija (SFC)



- SFC sa HPLC opremom uz spremnik i regenerator CO₂ te regulator tlaka
- Mobilna faza je superkritični fluid (+modifikatori)
- Čist produkt, nije potrebna naknadna obrada

Supercritical fluid deposition

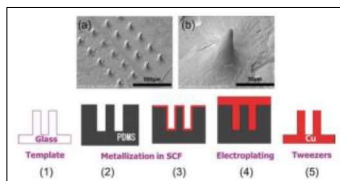
= nanošenje/taloženje materijala na podlogu

- Kemijska taložna depozicija (CVD), fizikalna taložna depozicija (PVD), elektrokemijska depozicija (ECD), dip-coating, ...
- Proizvodnja tankih filmova ili nanostrukturnih materijala
- Superkritični fluidi služe kao nosači za otopljene prekursore materijala



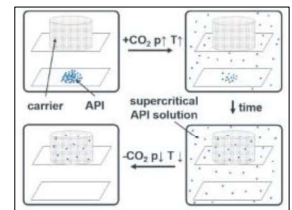
Mikroelektromehanički sustav (MEMS)

- Proizvodnja iglica za električne bio-pincete (manipulacija mikroskopskim česticama ili biološkim uzorcima)
- Problem: metalizacija bakrom, uz zadržavanje oštrog vrha iglice



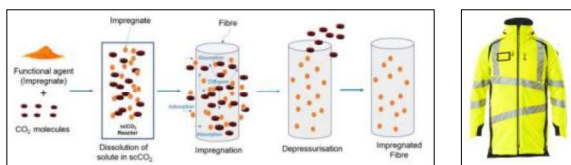
Proizvodnja lijekova

- 3D ispis + SCFD → kontrolirano oslobađanje lijeka
- Otapanje lijeka u superkritičnom fluidu pri visokoj temperaturi i tlaku
- Ubrizgavanje u porozni nosač lijeka
- Taloženje naglim smanjenjem tlaka
- Brzina otapanja lijeka smanjuje se smanjenjem veličine pora nosača

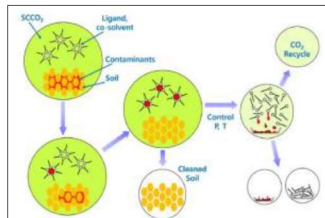


Impregnacija

- Bojenje tekstila, impregnacija drva, obrada kože...
- Nanošenje aktivne komponente na inertnu površinu
- Proizvodnja zaštitne odjeće: fluorescentne funkcionalne boje → bolja fotostabilnost i postojanost



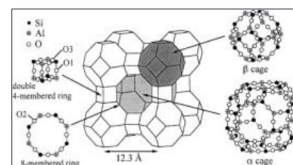
Uklanjanje nuklearnog otpada iz tla



- Cs, Sr, U – tlo u blizini nuklearnih elektrana
- Supercritični CO₂ + kootapalo i ligand
- Preliminarno ispitivanje – morski pijesak
- Učinkovitost dekontaminacije veća od 90 %
- Stvarne čestice tla – učinkovitost opada sa smanjenjem čestica tla
- 80-90 % za Cs i Sr, 90-98 % za U

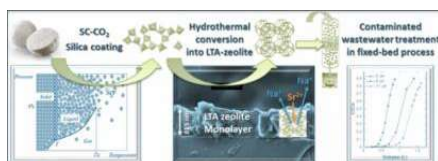
Uklanjanje nuklearnog otpada iz vode

- Uklanjanje kationa Sr²⁺ i Cs²⁺ iz otpadne vode
- Sr²⁺ se nakuplja u kostima vodenih organizama zbog sličnosti s kalcijem
- Oštećenje DNA, mutacije



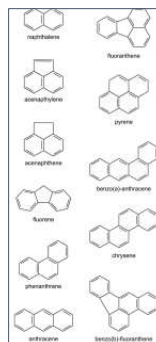
Uklanjanje nuklearnog otpada iz vode

- Supercritični CO₂ je otapalo za silikatni prekursor
- Homogeno raspoređivanje unutar pora
- Hidrotermalna obrada → kristalna struktura LTA zeolita

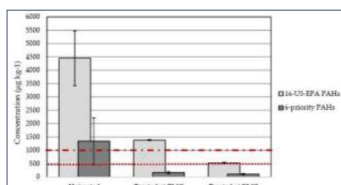


Dekontaminacija plastike

- Kontaminacija plastike ograničava reciklažne postupke
- Kontaminacija u svim fazama: proizvodnja (dodatci, naljepnice, tinte), korištenje (nepolimerne nečistoće, produkti degradacije), sortiranje (međupolimerne kontaminacije)
- PAH = trajni, bioakumulativni i toksični spojevi, kancerogena, mutagena svojstva
- Predmeti od plastike koji dolaze u kontakt s kožom ili ustima do 1000 µg/kg PAH spojeva
- Dječji predmeti do 500 µg/kg PAH spojeva



Dekontaminacija plastike

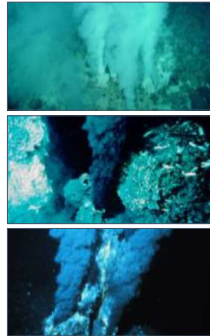


- Spremnici za ulje od HD-PE
- SFE na 300 bara i 70/80/90 °C
- Smanjenje ukupnog sadržaja PAH-ova
 - za 87 % na 70 °C
 - za 92 % na 80 °C



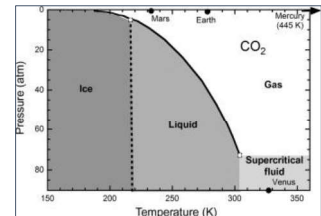
Hidrotermalna cirkulacija

- Unutar Zemljine kore gdje se tekućina zagrije
- Na dnu mora: pojava hidrotermalnih izvora („crni i bijeli dimnjaci“)
- Fluid izgleda kao gusti oblak dima
- Boja potječe od minerala koje fluid nosi (S, Ba, Ca, Si)



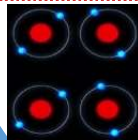
Atmospere planeta Sunčevog sustava

- Atmosfera Venere:
96,5 % CO₂ i 3,5 % N₂ na 93 bara i 735 K
→ uvjeti iznad kritičnih točaka
- Atmosfera divovskih planeta od H₂ i He na temperaturama iznad kritičnih



Što je plazma?

- Djelomično ili potpuno ionizirana tvar koja nastaje pri visokim temperaturama
- Smatra se posebnim agregatnim stanjem tvari
- Električki neutralno stanje materijala s jednakim brojem negativnih i pozitivnih električki nabijenih čestica - kvazineutralan plin
- Čestice nevezane, ali ne i slobodne
- Dobar vodič električne struje i snažno reagira na električno i magnetsko polje



Tri mjerila plazme

Uskladenost plazme

Električki nabijene čestice trebaju biti dovoljno blizu da bi mogle međusobno djelovati - Debyeova duljina

Kolektivna svojstva

Debyeova duljina je puno manja od fizičke veličine plazme

Titranje plazme

Langmuir-ovivalovi trebaju biti puno veći od učestalosti sudaranja čestica

Parametri plazme

01 Stupanj ionizacije

Broj atoma koji su izgubili elektrone, a obično ovisi o temperaturi

$$\alpha = \frac{n_i}{n_i + n_a}$$

02 Temperatura

Temperatura plazme se mjeri u Kelvinima ili elektronvoltima
Obično je mjera kinetičke energije čestica
Veoma visoke temperature su neophodne da se održi ionizacija, što je glavni uvjet za postanak plazme

03 Električni potencijal

Velicina električnog potencijala može se odrediti u ovisnosti od gustoće električnog naboja, s Boltzmannovim odnosom

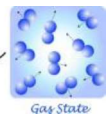
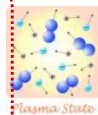
04 Magnetizacija

Plazma u kojoj je magnetsko polje dovoljno jako, da utječe na kretanje električno nabijenih čestica, se naziva magnetizirana plazma

Usporedba plazme i plina

Iako je plazma slična plinu, ima i dosta razlika, kao što su

Svojstva	Plin/Plazma
Električna provodljivost	Jako mala Obično vrlo visoka
Vrsta čestica	Jedna Dvije ili tri
Raspored brzina	Maxwell-Boltzmannova raspodjela Često ne Maxwell-Boltzmannova raspodjela
Međudjelovanja	Dvojno Kolektivno





Stvaranje plazme

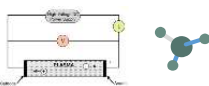
Prirodno stvorena plazma

- Pražnjenje atmosferskog električnog naboja koncentriranog u olujnim, grmljavinjskim oblacima
- električni potencijal naraste i do 3 milijuna volti, pa zrak više nije dostatan izolator i nastaje izbijanje električnog naboja
- Grom nastaje zbog eksplozivnog širenja zraka zagrijanog munjom na visoku temperaturu



Umjetno stvorena plazma

- Plazma se stvara primjenom električne struje duž dielektričnog plina ili fluida
- Ako je jačina struje i ionizacija dovoljna, stvara se žareći električni luk između elektroda
- Električni otpor uzduž električnog luka stvara toplinu, koja ionizira preostale plinske molekule, pa plin postaje plazma



Plazma oko nas

- ✓ Plazma je najrasprostranjeniji oblik vidljive materije u svemiru
- ✓ Na Zemlji ima vrlo malo plazme, ali je zato 99% tvari u svemiru plazma



Umjetno dobivena plazma

- Plazma TV
- Neonska cijev
- Plazma kugla
- Električni luk
- Magnetski inducirana plazma



Plazma na Zemlji

- Munja
- Kuglasta munja
- Vatra svetog ilije
- Crveni vilenjak, plavi mlaz i patuljak



Plazma u Svemiru

- Sunce i ostale zvijezde
- Sunčev vjetar
- Međuplanetarni materijal
- Međuzvjezdani materijal
- Međugalaktički materijal
- Međuzvjezdane maglice



Značaj plazme

Energetika

Ključna za istraživanje i razvoj fuzijskih reaktora koji imitiraju procese koji se dešavaju u Sunčevom jezgri



Medicina

Za sterilizaciju medicinskih instrumenata, kao i za tretman rana i ožiljaka



Industrija

Koristi se u raznim industrijskim procesima, uključujući plazma rezanje, plazma oblaganje, plazma pročišćavanje plina



Astronomija

Prisutna u mnogim astronomskim objektima, uključujući zvijezde, galaksije, maglice i druge kozmičke strukture



Informacijske tehnologije

Koristi se u proizvodnji tehnoloških uređaja poput plazma televizora



Komunikacija i satelitska tehnologija

Ključna za razvoj satelitskih komunikacijskih sustava



Ekološki aspekt plazme

Plazma

- Fuzija kao čista energetska alternativa
- Plazma obrada otpada
- Sterilizacija i dekontaminacija
- Plazma za uklanjanje zagađenja



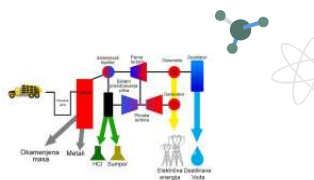
- ✓ Fuzija je proces koji proizvodi energiju spajanjem lakih jezgara atoma
- ✓ Mala količina radioaktivnog otpada i minimalna emisija plinova koji doprinose efektu staklenika
- ✓ Alternativa fosilnim gorivima, te smanjenje emisije štetnih plinova i utjecaj na životnu sredinu



Ekološki aspekt plazme

Plazma

- Fuzija kao čista energetska alternativa
- Plazma obrada otpada
- Sterilizacija i dekontaminacija
- Plazma za uklanjanje zagađenja



- ✓ Smanjuje se količina i opasnost otpada
- ✓ Plazma termalna konverzija može pretvoriti otpad u korisne materijale
- ✓ Smanjuje se potreba za odlaganjem na deponije i smanjuju se potencijalni negativni ekološki efekti



Ekološki aspekt plazme

Plazma

- Fuzija kao čista energetska alternativa
- Plazma obrada otpada
- Sterilizacija i dekontaminacija
- Plazma za uklanjanje zagađenja



- ✓ Sterilizacija medicinskih instrumenata, pakiranje hrane i drugih predmeta
- ✓ Ekološki prihvatljivije od tradicionalnih metoda sterilizacije koje koriste kemikalije ili visoke temperature
- ✓ zahtjeva manje energije i proizvodi manje otpada

Ekološki aspekt plazme

Plazma

- Fuzija kao čista energetska alternativa
- Plazma obrada otpada
- Sterilizacija i dekontaminacija
- Plazma za uklanjanje zagađenja



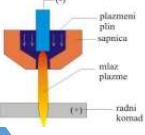
- ✓ Uklanjanje zagađenja iz zraka, vode i zemlje
- ✓ Plazma reaktori mogu razgraditi štetne organske supstance ili neutralizirati opasne kemikalije

Fuzijski nuklearni reaktor



- Uređaj u kojem se kontinuirano zbiva kontrolirana nuklearna reakcija fuzije
- Spajanje dviju lakih jezgara - potrebno je savladati njihovu odbojnu električnu silu - dolazi do oslobađanja energije
- Medij u kojem lake jezgre mogu postići veliku brzinu odnosno energiju je plazma
- Da bi se fuzijska reakcija mogla koristiti kao energetska izvor potrebno je stvoriti uvjete u kojima će se ta reakcija događati kontinuirano - jezgre deuterija i tricija
- Ograničenje plazme kod fuzijske reakcije u zemaljskim uvjetima može se ostvariti magnetskim ograničenjem plazme ili inercijskim ograničenjem plazme

Plazma rezanje

- Tehnološki proces koji se koristi za rezanje čelika i ostalih metala koristeći plazma plamenik
- Inertni plin potiskuje se velikom brzinom kroz mlaznicu, dok u isto vrijeme se uspostavlja električni luk kroz plin od radnog komada, pretvarajući jedan dio plina u plazmu
- Plazma je dovoljno topla da se metal poreže i da se otopljeni metal otpuše i reza
- Gotovo nezamjenjivo u rezanju nehrđajućih čelika, aluminija i aluminijevskih legura, bakra i bakrenih legura odnosno svih električki vodljivih materijala

Polarna svjetlost

Kako nastaje

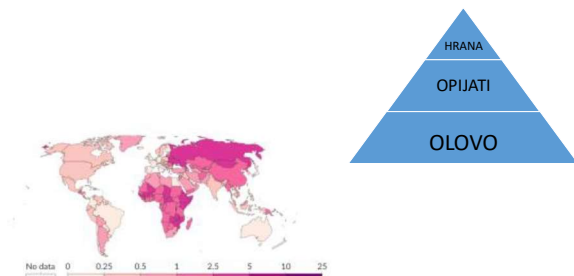


- Polarna svjetlost uzrokuje Sunčev vjetar
- Struja vruće plazme koju Sunce izbacuje u svim smjerovima
- Dio Sunčevog vjeta nailazi na Zemljinu magnetosferu - područje svemira kojim dominira Zemljino magnetsko polje
- Silnice Zemljine magnetosfere zakreću dio Sunčevog vjeta prema Zemljinim magnetskim polovima



- Polarna svjetlost nastaje kad se elektroni Sunčevog vjeta na visini od 80 do 150 km sudaraju s atomima gornjih slojeva atmosfere
- Prevladavaju emisije atoma kisika zatim molekularnog dušika i drugog

STATISTIKA



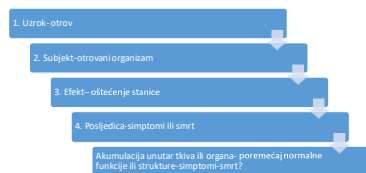
DEFINICIJA



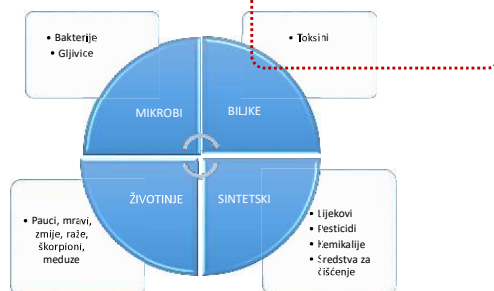

Prirodna ili sintetička tvar koja uzrokuje oštećenje tkiva te ima štetan ili smrtonosan učinak na tijelo, bilo da se proguta, udiše, apsorbira ili ubrizga kroz kožu

DOZA - količina dovoljna da izazove nekakav učinak

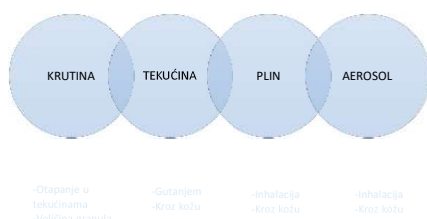
ELEMENTI



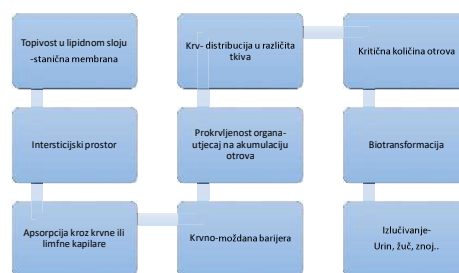
PREMA PORIJEKLU



PREMA FIZIČKOM OBLIKU



PROCES



DOZA I IZLOŽENOST

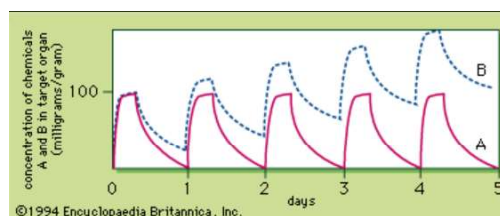


Paul Harris, trovanje arsenom



Minamata children, trovanje živcem

DOZA I IZLOŽENOST



TOKSIČNOST OTROVA



BOJNI OTROVI

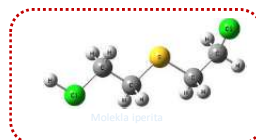
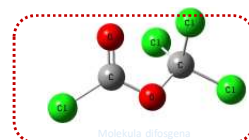


- Toksične kemikalije stvorene s ciljem da usmrte, rane ili nanesu dugoročne posljedice pojedincu
- Perzija: 150 g SO₂
- Prvi svjetski rat: 1.6.1. beladona alkaloidi. Prvi mirovni sporazum protiv uporabe „perfidnog i mrskog“ oružja
- Prvi svjetski rat: masovnog uništenja
- Prvi svjetski rat: prva uporaba modernih bojnih otrova

Kada kemikalija postaje bojni otrov?



Prvi svjetski rat



Konvencija o
kemijskom oružju eng
CWC

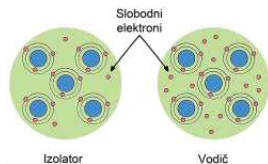


SADRŽAJ

- Uvod
- Teorijski dio
 - Poluvodiči općenito
 - Električna provodnost poluvodiča
 - Intrinzični i ekstrinzični poluvodiči
 - Teorija molekularnih orbitala i elektronskih vrpca
 - Poluvodiči P-tipa i N-tipa
- Tehnologija proizvodnje
- Značaj
 - Kristalni poluvodiči
 - Materijali za fotonaponske tehnologije
- Izabrane specifičnosti i razvoj
- Recikliranje i zanimljivosti
- Literatura

UVOD

- Tri skupine tvari i elemenata sa vodljivim svojstvima:
 - vodiči** (tvari koje provode električnu struju uz pružanje neznatnog otpora)
 - poluvodiči** (tvari koje ovisno o uvjetima mogu, ali ne moraju provoditi struju)
 - izolatori** (tvari koje pokazuju izuzetan otpor prolasku električne struje)



2

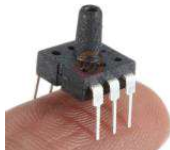
Poluvodiči općenito

- Poluvodiči mogu biti čisti ili onečišćeni kristali, a mogu se podijeliti na:
 - prirodne elemente**
 - prirodne kemijske spojeve (i legure)** – oksidi, sulfidi, selenidi, teluridi, karbidi, fosfidi, legure
 - umjetno načinjene spojeve (keramika)** – karbidi Si, B i C pomiješani sa keramičkom izolacijskom masom
- Dug vijek trajanja, malen volumen i težina, velika mehanička čvrstoća, ekonomična izrada, snaga napajanja neznatna
- Najpoznatiji poluvodiči su **silicij (Si)** i **germanij (Ge)** koji su četverovalentni, a njihovi su atomi u kristalu vezani kovalentnim vezama



3

- Poluvodički materijali su omogućili vrtoglav razvoj elektronike pa možemo reći da su ti materijali oblikovali suvremeni svijet kakav znamo
- To je velika i vrlo raznolika skupina materijala čija se svojstva mogu precizno ugađati prema potrebama
- Osim u elektronici, poluvodički materijali također se primjenjuju u drugim područjima kao što su solarna energija, optoelektronika, medicinska dijagnostika itd.



4

Električna provodnost

$$\sigma = \frac{GI}{P}$$

- Mjerna jedinica električne provodnosti je S/m
- Najvažniji čimbenici električne provodnosti su vrsta tvari, struktura tvari, moguće primjese i temperatura
- Električna provodnost raste ovim redoslijedom:



5

EL. PROVODNOST POLUVODIČA

$$\sigma = ne\mu_e + pe\mu_p$$

n i p - koncentracije e^- i šupljina
 μ_e i μ_p - njihove pokretnosti
 e^- - naboj elektrona

Sadržaj

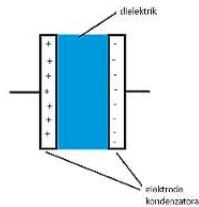
- Uvod
- Teorijski dio
 - Kondenzatori
 - Superkondenzatori
 - Pseudo-superkondenzatori općenito
- Tehnologija proizvodnje
- Značaj
- Izabrane specifičnosti i razvoj
- Recikliranje
- Zanimljivosti
- Literatura

1. Uvod

- Posljednjih nekoliko desetljeća - rapidan razvoj tehnologije skladištenja energije
- Ključan za poticanje napretka u područjima poput električnih vozila, obnovljivih izvora energije i pametnih mreža
- Pojava pseudo-superkondenzatora predstavlja značajan korak naprijed u evoluciji energetskih skladišnih sustava
- Pseudo-superkondenzatori, kao napredna vrsta elektrokemijskih kondenzatora, kombiniraju najbolje karakteristike elektrokemijskih superkondenzatora i baterija
- Pogodni za širok spektar primjena

2.1. Kondenzatori

- Električni kondenzatori su pasivne komponente koje pohranjuju energiju između dvije elektrode odvojene dielektrikom
- Kada se kondenzator poveže na izvor napona, pozitivni naboji se akumuliraju na jednoj elektrodi, a negativni na drugoj, stvarajući električno polje u dielektriku gdje se pohranjuje energija



- Kapacitet kondenzatora se računa prema formuli:

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d} = \frac{Q}{U}$$

gdje je:

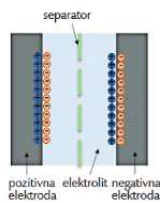
C – el. kapacitet kondenzatora [F]
 ϵ_0 – dielektričnost vakuma [F/m]
 ϵ_r – relativna dielektričnost materijala
 S – površina elektroda [m²]
 d – razmak između elektroda [m]
 Q – naboj na kondenzatoru [C]
 U – napon na kondenzatoru [V]

- Kondenzatori se prema načinu izrade i primjene dijele na:
 - elektrostatske
 - elektrolitske
 - elektrokemijske (superkondenzatori)

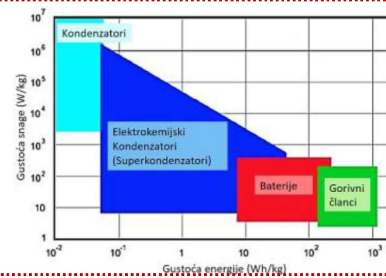


2.2. Superkondenzatori

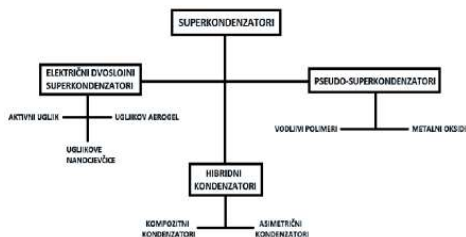
- Sastoje se od dvije elektrode, elektrolita i separatora
- Za razliku od klasičnih kondenzatora imaju jako veliki kapacitet i veliku specifičnu snagu
- Rade na principu običnih kondenzatora, ali imaju veću efektivnu površinu i tanji dielektrik što dovodi do velikog povećanja kapaciteta i energije
- Ne dolazi do kemijskih niti do faznih promjena aktivnog materijala, a elektrode ne sadrže teške metale poput nikla
- Na svakoj od elektroda se formira elektrokemijski dvosloj unutar kojeg dolazi do razdvajanja naboja
- Visoka efikasnost i dugi životni vijek – široka primjena



- Usporedba različitih elektrokemijskih izvora električne energije prema specifičnoj gustoći snage i specifičnoj gustoći energije



- Podjela superkondenzatora



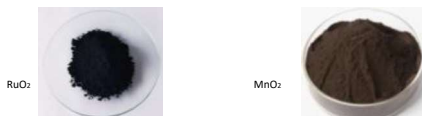
2.3. Pseudo-superkondenzatori općenito

- Idealni elektrokemijski dvoslojni kondenzator
- Elektricitet se prenosi u dvosloju i nema reakcije između čvrstog materijala i elektrolita na efektivnoj površini elektrode
- Kapacitet ovisi o površini elektrode i o poroznosti elektrolita (ne skladište ga elektrostatski)
- Skladište energiju putem elektrokemijskih reakcija na elektrodama

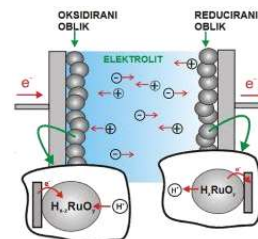


- Pseudokapacitet je povezan sa prijenosom naboja između elektrolita i elektrode
- Za razvoj superkondenzatora pomoću pseudokapacitivnosti korištene su tri vrste elektrokemijskih procesa:
 1. površinska adsorpcija iona iz elektrolita na površinu elektroda
 2. redoks reakcije koje uključuju ione iz elektrolita
 3. dopiranje i odvajanje aktivnog provodnog materijala u elektrodi
- Adsorbirani ioni kemijski ne reagiraju sa atomima elektrode jer se odvija jedino prijenos naboja
- Ne dolazi do promjene faze elektrodnog materijala
- Kao elektrodni materijali koriste se: - vodljivi polimeri (polianilin)

- mnogi oksidi prijelaznih metala poput RuO_2 , IrO_2 , Fe_2O_3 , MnO_2 ili sulfidi kao TiS_2



- Shema kondenzatora koji uključuju redoks reakciju



3. Tehnologija proizvodnje

- Metode proizvodnje pseudo-superkondenzatora uključuju:

1. Kemijsku sintezu:
 - Elektrodepozicija
 - Sol-gel proces
2. Mehaničke metode:
 - Brušenje i miješanje
 - Nanošenje slojeva
3. Elektrokemijske metode:
 - Anodna oksidacija
 - Elektrokemijska sinteza
4. Termičke metode:
 - Termička piroliza
 - Kalcinacija
5. Fizičke metode:
 - Pulsno lasersko taloženje (PLD)
 - Magnetron sputtering



4. Značaj

- Koriste se za:
 - energetska pohrana
 - elektroniku
 - medicinske uređaje
 - električna vozila
 - u aplikacijama gdje su potrebne velike količine električne energije u kratkom vremenskom periodu



5. Izabrane specifičnosti i razvoj

- Pseudosuperkondenzatori nude niz prednosti u odnosu na tradicionalne kondenzatore i baterije:
 - visoka gustoća snage
 - dug životni vijek
 - brzo punjenje
 - sigurnost
 - širok raspon radnih temperatura



6. Recikliranje

- Recikliranje pseudo-superkondenzatora može uštedjeti resurse i smanjiti zagađenje okoliša

Može biti izazovno zbog:

- različitih materijala (Cu, Al, Co)
- opasnih tvari (Pb, Cd)
- nedostatka infrastrukture

- Metode recikliranja:
 - mehaničko recikliranje
 - hidrometalurško recikliranje
 - pirometalurško recikliranje



- Načini za smanjenje utjecaja pseudo-superkondenzatora na okoliš:
 - korištenje pseudo-superkondenzatora s dugim životnim vijekom
 - razvoj održivih materijala
 - podizanje svijesti javnosti



7. Zanimljivosti

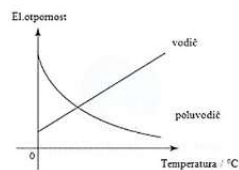
- Hrvatska i Bugarska jedine su zemlje koje će vjerojatno ispuniti nove, ambicioznije ciljeve uvedene za e-otpad
- Pseudo-superkondenzatori se koriste u svemirskim tehnologijama i misijama
- Najveći pseudo-superkondenzator na svijetu se nalazi u Kini i ima kapacitet od 100 MF
- Boeing 787 Dreamliner koristi pseudo-superkondenzatore za pohranu energije iz kočenja
- Superkondenzatori se kreću u smjeru zamjene baterija jer u usporedbi s litij-ionskim i drugim tehnologijama baterija mogu pružiti sigurnost, brzo punjenje i prednosti im je u veličini



- Superkondenzatori proizvedeni od grafena se pune i do 1000 puta brže od baterija.

Provodnost poluvodiča

- Elektroni i šupljine su nositelji naboja u anorganskim poluvodičkim materijalima
- Tipičan interval njihove provodnosti je između 10^6 S/cm i 10^9 S/cm
- Visok stupanj osjetljivosti na vanjske uvjete



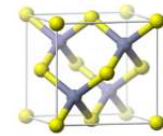
- Pri vrlo niskim T postaju izolatori, a pri sobnoj T postaju vodiči, ali ipak ne provode električnu struju toliko dobro kao oni
- Posjeduju negativni temperaturni koeficijent otpora

Intrinzični i ekstrinzični poluvodiči

- Dodavanje nečistoća većinom smanjuje provodnost vodiča, ali povećava provodnost poluvodiča
- Poluvodič može biti **intrinzičan/unutarnji** odnosno čist (bez primjesa) i **ekstrinzičan/vanjski** (sa primjesama)



SILICIJ



GALIJEV ARSENIID

Teorija MO i elektronskih vrpca

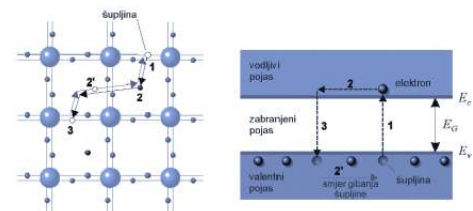
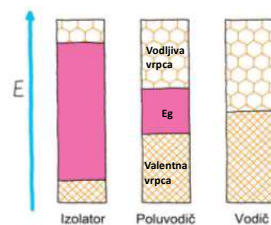
- Teoriji elektronskih vrpca prethodi teorija molekularskih orbitala koje nastaju preklapanjem **atomskih orbitala**

Elektronske vrpce dijele se **zabranjenom zonom**, a energija te zone sprječava slobodan prijelaz elektrona iz energijski niže u višu vrpcu

Ta minimalna energija koja odgovara razlici energije valentne i vodljive vrpce naziva se zabranjenom zonom, E_g

Valentna vrpca je u potpunosti ili djelomično popunjena valentnim elektronima

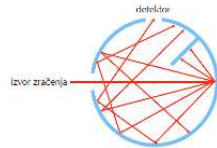
Prazna vrpca naziva se **vodljivom vrpcom**



- **Toplinsko pobuđivanje** i **rekombinacija** para elektron-šupljina
- Dolazi do pražnjenja energetskih nivoa u valentnoj vrpci jer e- prelaze u vodljivu vrpcu
- Pobuđeni elektroni u vodljivoj vrpci i preostale šupljine u valentnoj vrpci daju konačnu vodljivost tako da elektron "seta" od jedne do druge vodljive šupljine
- Smjer elektrona (N-vodljivost) i smjer šupljina (P-vodljivost) je suprotan
- Prijelaz je moguće postići pomoću fotona, a u tom slučaju se električna vodljivost naziva **fotovodljivost**

Mjerenje zabranjene zone

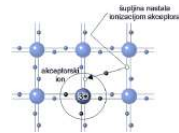
- Može se mjeriti **optički** ili **termički**
- Optička metoda mjerenja zabranjene zone poluvodiča primjenom difuzne refleksijske spektroskopije
- Mjerenje se provodi uz pomoć integrirajuće sfere koja se može nabaviti kao dodatak nekim modelima standardnih UV-Vis spektrometara



10

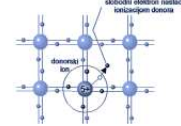
Poluvodič P-tipa

- Nastaje kad se poluvodič onečisti ili dopira trovalentnim nečistoćama kao što su B, Al, Ga i In
- Nečistoće popunjavaju valentne veze primajući elektrone iz valentnog pojasa, pa se zato nazivaju **akceptorske nečistoće**
- Positive šupljine su većinski nosioci naboja

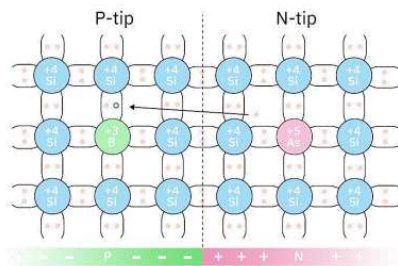


Poluvodič N-tipa

- Nastaje kad se poluvodič onečisti ili dopira s peterovalentnim nečistoćama kao što su N, P, As i Sb
- Nečistoće daju elektrone u vodljivi pojas, pa se zbog toga nazivaju **donorske nečistoće**
- Većinski nosioci naboja su elektroni, a šupljine su manjinski nosioci jer ih je manje
- Poluvodič s ekstremno visokom koncentracijom donorskih nečistoća ponaša se slično metalu i naziva **degenerirani poluvodič**



11



- Spojimo li ta dva poluvodiča, elektroni će prelaziti iz N-tipa u P-tip
- Glavno svojstvo poluvodičke PN-diode je da pod utjecajem vanjskog napona u jednom smjeru vodi struju, a u drugom ne

12

TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE

- Postoje brojne metode za proizvodnju poluvodičkih materijala, ali najčešće korištene tehnike uključuju ove:
 - Rast kristala
 - Epitaksijska depozicija iz pare (EPD)
 - Difuzija
 - Ionska implantacija



13

- Poluvodički materijali ključni su za proizvodnju čipova
- Proces proizvodnje čipova, poznat kao proces **litografije**, omogućava da se na veoma malom prostoru postavi na milijarde tranzistora
- Razni dijelovi svijeta sudjeluju u proizvodnji čipova koja se sastoji od softverskog dizajna čipa i proizvodnog procesa te od dijela za isporuku ključnih komponenti i za drugi dio proizvodnje
- Danas su u svijetu za visokosofisticiranu proizvodnju sposobne samo tri tvrtke: TSMC (Tajvan), Intel (SAD) i Samsung (Južna Koreja)



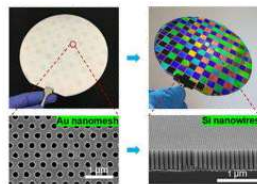
14

- Proizvodnja pločica i njihova obrada
- Silicij** - čipovi malih dimenzija
- Germanij** - optički elementi, svjetlosnih kablova, termodinamičkih generatora, uređaji za noćno gledanje (vojaska), senzori za satelitske snimke
- Gallij** - za izradu radara, satelita, radija
- Germanij, silicij i galijev arsenid** - tranzistori



Nano transfer

- Popularan zbog jednostavnosti i velike propusnosti
- Podloge se proizvode se na silikonskim pločicama i izrezuju na male čipove
- Tehnologija koristi kemijski ljepljiv sloj koji uzrokuje negativne učinke, a i opasan je za ljudsko zdravlje



Bez kemikalija

- Znanstvenici su razvili tehniku izrade čipova kemijskim jetkanjem bez kemikalija za dobivanje poluvodičkih pločica s nanoticama
- Slojevi se nanose na silicijsku podlogu na niskoj temperaturi od 160°C
- Ovi su poluvodiči ujedno pokazali bolje performanse u usporedbi s trenutnim čipovima na tržištu

16

Značaj

- Poluvodički materijali ključni su za modernu (poluvodičku) elektroniku. Koriste se u širokom rasponu uređaja, uključujući:
 - Računala
 - Komunikacijski uređaji
 - Potrošačka elektronika
 - Automobilska industrija
 - Medicinska oprema



17

- Od naručivanja određene serije visokosofisticiranih čipova najnovije generacije do proizvodnje i isporuke put je dug
- Cjelokupna autoindustrija zajedno troši samo oko 3 % ukupne svjetske proizvodnje čipova
- U jedan prosječan automobil danas su tako ugrađeni čipovi vrijednosti od oko 500 eura
- Aktualna proizvodnja bazirana je na 5 nm tehnologiji i kreće se prema 2 nm
- Europska znanstvena, industrijska i tehnološka zajednica osvješćuje se i razmatra mogućnosti ponovnog pokretanja razvoja i proizvodnje vlastitih čipova

Semiconductor Applications by Market (2019)	Market Size
Smartphone	25.3%
Personal Computing	20.5%
Servers, Data Centers, Storage	14.6%
Industrial Electronics	11.7%
Consumer Electronics	10.0%
Automotive	9.8%
Wired/wireless Infrastructure	8.1%

18

Kristalni poluvodiči

- Diode od kristalnih poluvodiča su ključne komponente u mnogim elektronskim uređajima i sistemima, omogućavajući preciznu kontrolu električne struje i napona
- Postoje ispravljačke, svijetleće, foto diode, Zenerove diode, Schottkyjeve diode, tunel diode i mnoge druge
- Kristalne (poluvodičke) diode služe da izmjeničnu struju pretvaraju u istosmjernu, a upotrebljavaju se i za zaštitu od prenapona itd.
- Koriste se i u optoelektronici



19

Materijali za fotonaponske tehnologije

- Što se tiče pretvorbe (konverzije) energije, ograničit ćemo se na fotonaponske ("solarne") tehnologije
- Među materijalima tu danas prednjači silicij, ali i noviji tipovi materijala kao što su nanokompoziti na temelju TiO₂ ili ZnO, tankoslojni materijali, perovskiti, organski spojevi osjetljivi na boje itd.
- TiO₂ ili ZnO pojačavaju osjetljivost na svjetlost



20

Recikliranje

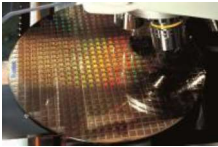
- Recikliranje poluvodičkih materijala je važno zbog njihove široke upotrebe i sve većeg obujma proizvodnje
- Veoma je izazovan proces
- Otpadni materijali trebaju biti obrađeni na odgovarajući način kako bi se iz njih izdvojili korisni elementi i smanjio ekološki otisak
- Recikliranje također može pomoći u smanjenju potrebe za ekstrakcijom novih sirovina, čime se štede resursi i energija



21

Zanimljivosti

- U TSMC je počinje masovna proizvodnja 3-nanometarskih poluvodičkih čipova
- Tako će nuditi 1,6 puta višu gustoću logičkih sklopova te smanjenje potrošnje energije za 30-35%, za istu računalnu snagu



- **Tranzistor** - prijenosni otpornik je aktivni poluvodički element s trima elektrodama
- Razlikuju se bipolarni i unipolarni tranzistori
- Kopija prvog tranzistora otkrivenog u tvrtci Bell Labs 23. prosinca 1947.



22

Silicijska dolina

- Poznata kao epicentar tehnološke inovacije, Silicijska dolina u Kaliforniji dobila je ime upravo zbog dominacije silicija kao osnovnog materijala za proizvodnju čipova



- Proizvodnja poluvodiča zahtijeva ogromne količine vode kako bi se oprema hladila
 - TSMC tvrtka na Tajvanu 2021. godine doživljava veliku sušu
 - Tajvanski poljoprivrednici nisu prioritet
 - Klimatske promjene i nestašica vode stvaraju rizike za daljnju proizvodnju poluvodiča, pa zato mogu poskupiti u budućnosti
- Zbog proizvodnje poluvodiča dolazi do međudržavnih rivalstava, a najčešće između Kine i SAD-a



24

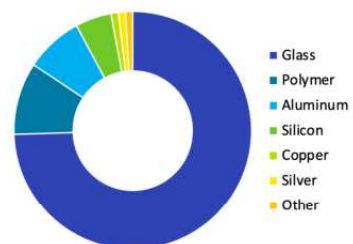
SAŽETAK

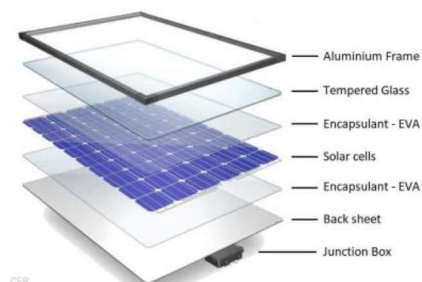
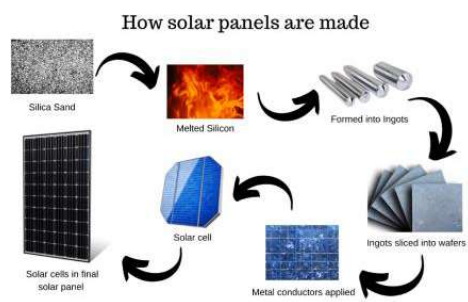
- POVIJESNI PREGLED
- OD ČEGA JE SOLARNI PANEL NAPRAVLJEN
- PODJELA SOLARNIH PANELA
- KAKO SOLARNI PANEL RADI
- SOLARNI PANELI U SVIJETU
- CRNA STRANA ZELENE ENERGJE
- ZAKLJUČAK

POVIJESNI PREGLED

- 1839. - A. E. Becquerel: fotoelektrični efekt
- 1883. - Charles Fritts: prva solarna ćelija, poluvodič selen
- pokrivenu izrazito tankim slojem zlata da stvori spojnice. Efikasnost uređaja - oko 1%.
- 1888. - Aleksandr Stoletov: prva fotoelektrična ćelija
- 1905. - Albert Einstein je objasnio fotoelektrični efekt zbog čega je dobio i Nobelovu nagradu iz fizike 1921.
- 1941. - Russell Ohl je patentirao modernu poluvodičku solarnu ćeliju koja je otkrivena tijekom rada na unapređenjima u izradi tranzistora
- 1954. - Bellov laboratoriji: prva moderna fotonaponska ćelija, p-n spoj difundiranog silicija. Efikasnost uređaja - oko 6%.
- 1960. - Elliot Berman: nova metoda za proizvodnju silicijske sirovine u vrpčanom procesu (eng. ribbon process)

OD ČEGA JE SOLARNI PANEL NAPRAVLJEN



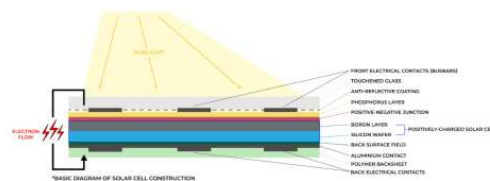


Kristalinična tehnologija predstavlja najveći dio tržišta panela danas, a dijeli se na mono i polikristalne panele. Mono ćelije: odrezani rubove (zbog specifičnosti procesa proizvodnje), crne boje. Poli ćelije: pravilan četvrtasti oblik, plave. Razlika u mono-poli panelu svodi se na snagu, učinkovitost te primjenjivost u pojedinim slučajevima. Mono je skuplji pa ga upotrebljavamo kada želimo maksimizirati količinu energije zbog ograničene površine krova. U teoriji, mono panel bolje proizvodi u uvjetima difuznog svjetla dok poli panel ima bolji temperaturni koeficijent, što znači da bi u uvjetima toplijeg podneblja proizvodio bolje.

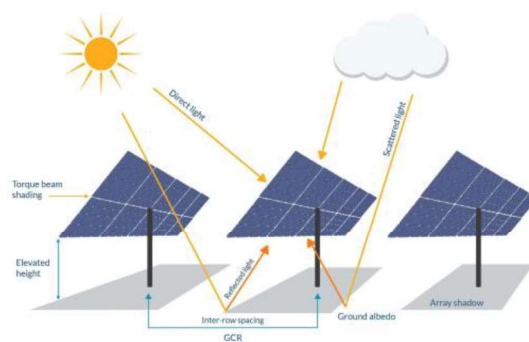
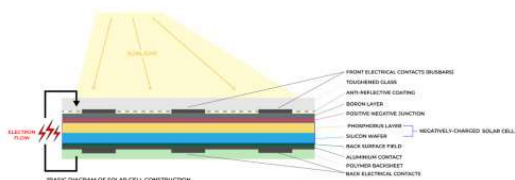
MONOCRYSTALLINE	POLYCRYSTALLINE	THIN FILM
17% - 20%	15% - 18%	6% - 10%
-20°C - -10°C	-20°C - -10°C	-20°C - -80°C
10% - 20%	5% - 10%	10% - 15%
5000 Pa - 10000 Pa	1000 Pa - 1400 Pa	50

PODJELA SOLARNIH PANELA

P-TYPE SOLAR CELLS

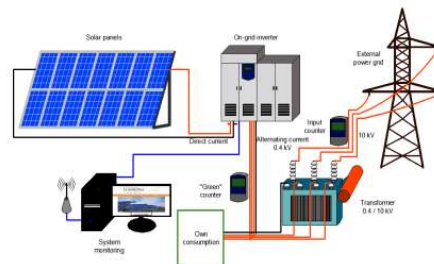


N-TYPE SOLAR CELLS



OBZIROM NA IZVEDBU:

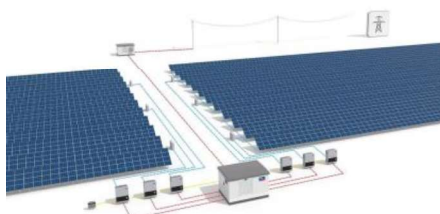
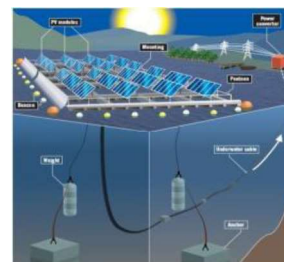
1) INTEGRIRANA



2) NEINTEGRIRANA (na zemlji)



(na vodi)



PREMA NAČINU RADA:

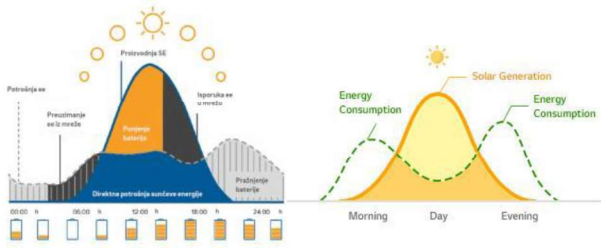
- 1) MREŽNI FOTONAPONSKI SUSTAV
izravno se energija isporučuje u postojeću elektrodistributivnu mrežu
- 2) OTOČNI FOTONAPONSKI SUSTAV
sadrži bateriju koja se puni te koristi po potrebi

MONTAŽA

Istok-Zapad



Jug



Sunčane elektrane u svijetu

Država	Elektrana	Snaga	Površina
Indija	Bhamburda Solar Park	2,25 GW	57 km ²
Kina	Huangshi Hydropower Hainan Solar Park	2,2 GW	
Indija	Pavagada Solar Park	2 GW	53 km ²
Egipat	Benban Solar Park	1,45 GW	37 km ²
Kina	Tengger Desert Solar Park	1,35 GW	43 km ²
UAE	Noor Abu Dhabi	1,177 GW	6 km ²
Kina	Yanchi Mingta Solar Park	1 GW	km ²
Kina	Dujiang Solar Power Trip Reservoir Base	1,070 GW + 2 GW	km ²
Indija	Karnataka Ultra Mega Solar Park	1 GW	23 km ²
Indija	Karnataka	0,9+0,6 GW	
Kina	Longsheng Solar Park	850 MW	27 km ²
Meksiko	Enel Villavieja PV Plant	620 MW	24 km ²
USA	Solar Star Projects	747 MW	23 km ²
Indija	Karnataka Solar Power Station	648 MW	20 km ²
USA	Topaz Solar Farm / Desert Sunlight Solar Farm	550 MW	20 km ²



The heart of New Caledonia



Kina

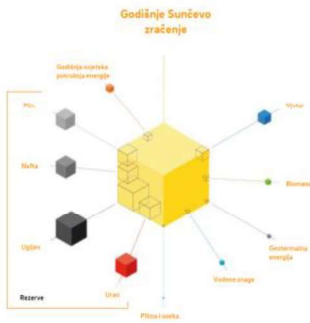


Vatikan



Španjolska

• [Renewable Energy - Our World in Data](#)



Senzor

- pretvornik ili mjerno osjetilo
- „sensus“- „osjet“ ili „osjećanje“
- predstavlja dio mjernog sustava, a dovodi se u vezu sa mjerenom veličinom i pruža izlazni signal
- mjerena veličina je fizikalna veličina iz prirode npr. temperatura, vlažnost zraka ili tlak
- izlazni signal-električni signal

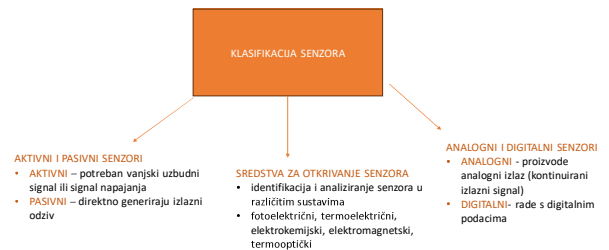


Specifikacije senzora

1. OSJETLJIVOST
2. RASPON MJERENJA
3. PRECIZNOST
4. TOČNOST
5. REZOLUCIJA
6. BRZINA ODZIVA
7. LINEARNOST
8. HISTEREZA
9. TEMPERATURNJA STABILNOST
10. ROBUSTNOST
11. POTROŠNJA BATERIJE
12. VELIČINA I TEŽINA

Značaj senzora

- ključna uloga u modernoj tehnologiji i imaju značajan utjecaj na različite aspekte života i industrije
1. **ZDRAVSTVO** – praćenje pacijenata, nosivi uređaji, implantanti
 2. **INDUSTRIJA** – automatizacija, prediktivno održavanje, kontrola kvalitete
 3. **SIGURNOST** – sigurnosni sustavi, sustavi za prevenciju nesreća
 4. **OKOLIŠ** – praćenje kvalitete zraka i vode, meteorološki senzori
 5. **TRANSPORT** – pametni transportni sustavi
 6. **DNEVNI ŽIVOT** – pametni domovi, potrošačka elektronika
 7. **INTERNET OF THINGS TEHNOLOGIJA (IoT)** – povezanost uređaja



Podjela senzora

1. VRSTA MJERNE VELIČINE

- **FIZIČKI SENZORI** – temperaturni senzori, senzori za tlak, senzori za vlagu, senzori za brzinu, senzori za svjetlost
- **KEMIJSKI SENZORI** – pH senzori, senzori za plinove
- **BIOLOŠKI SENZORI** – biosenzori, senzori za vitalne znakove

2. PREMA PRINCIPU RADA

- OPTIČKI SENZORI
- ELEKTRIČNI SENZORI
- PIEZOELEKTRIČNI SENZORI
- KAPACITIVNI SENZORI
- INDUKTIVNI SENZORI
- TERMOELEKTRIČNI SENZORI

Tehnologija proizvodnje senzora

- niz naprednih tehnika i pristupa koje omogućavaju stvaranje naprednih i pouzdanih senzora

1. Odabir materijala
2. Fotolitografija
3. Kemijsko graviranje
4. Depozicija tankog filma
5. 3D tiskanje
6. Nanofabrikacija
7. MEMS tehnologija
8. Pakiranje i enkapsulacija
9. Kalibracija i testiranje
10. Bežična komunikacija

- kombinacijom ovih tehnologija razvijaju se napredni senzori koji su minijaturni, energetski učinkoviti

Razvoj senzora

- dubok utjecaj na različite znanstvene i industrijske discipline
- ključni trenutci u razvoju su otkrića u fizici, kemiji te tehnološki napredak

POVIJESNI TRENTUTCI U RAZVOJU SENZORA:

1. Termometar (17. st.)
2. Barometar (17. st.)
3. Galvanometar (19. st.)
4. Fotometar (19. st.)
5. Seizmograf (19. st.)
6. Kvarcni kristalni oscilator (20. st.)
7. Mjerilo deformacija (20. st.)
8. Poluvodički senzori (20. st.)
9. Senzori za plin (20. st.)

- izumom ovih senzora postavljeni su temelji za razvoj suvremene tehnologije senzora

Suvremeni senzori

- dinamičko i interdisciplinirano područje koje kombinira napredne tehnologije i materijale za stvaranje visoko učinkovitih senzora

- napredak u mnogim industrijama i u svakodnevnom životu

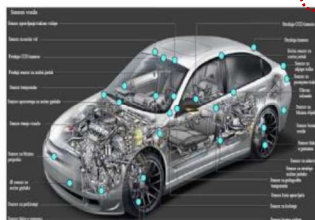
1. SENZORI ZA Internet of Things tehnologiju (IoT) – INDUSTRIJA 4.0
2. AUTOMOBILSKI SENZORI
3. PAMETNI SENZORI
4. MEDICINSKI SENZORI
5. OPTIČKI SENZORI
6. KEMIJSKI SENZORI
7. SENZORI ZA OKOLIŠ
8. FLEKSIBILNI SENZORI

Suvremeni senzori

- prvi suvremeni senzor – senzor koji se koristio kao protuprovalni alarm sredinom 20. st. (Samuel Bagno)
- senzor za pokret – koristio se za vrijeme Drugog svjetskog rata, a kasnije u svrhu zabave (Nintendo Wii – kombinacija daljinskog i joystick upravljača – senzori ubrzanja i senzor za infracrveno orijentiranje)



Razvoj senzora u automobilske industriji



- lamda sonda - senzor čiji je zadatak praćenje koncentracije kisika u ispušnim plinovima automobila

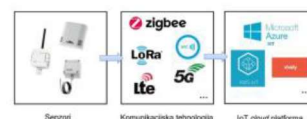
- prve lamda sonde – Robert Bosch, 1970. za primjenu na Volvu- pri zagrijavanju lamda sonde na radnu temperaturu računalo automobila ne bi imalo povratne informacije – to je bio problem

- rješenje problema- ugrađivanje keramičkog grijača u centar lamda sonde

- danas - preko 20 senzora kao što su senzori brzine vožnje, senzori detekcije tlaka u gumama, senzor parkiranja, senzor za zračne jastuke

Internet of Things tehnologija (IoT)

- omogućuje stvaranje pametnih sustava i infrastrukture koja poboljšava učinkovitost, produktivnost i udobnost u različitim područjima
- senzori detektiraju događaj od interesa te se podatak o detektiranom događaju šalje u mrežni poslužitelj
- važno je odabrati komunikacijsku tehnologiju (Zigbee, LoRa, NFC, Lte)



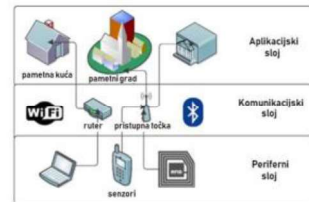


- ovaj koncept omogućuje upravljanje na daljinu s ciljem povezivanja svakodnevnih fizičkih uređaja na Internet čime se omogućuje razmjena podataka u bilo kojem trenutku
- rad osnovan na konceptu umreženosti
- IoT se koristi u industriji, kućnoj automatizaciji, medicini, trgovini, transportu



Internet of Things tehnologija (IoT)

- sastoji se od 3 glavna tehnološka sloja
- 1. sloj percepcije (hardverski sloj)-čipovi, senzori
- 2. komunikacijski sloj – bežične mreže, žičane mreže, Internet
- 3. aplikacijski sloj (softverski sloj)



PREDNOSTI IoT

- učinkovito raspolaganje resursima
- smanjen ljudski napor
- štednja vremena
- automatsko prikupljanje podataka
- poboljšanje međusobne komunikacije fizičkih uređaja



NEDOSTACI IoT

- smanjena sigurnost
- velik broj izloženih osobnih podataka
- složenost i trošak izgradnje

Industrijski IoT / Industrija 4.0

- industrijska revolucija u kojoj se koriste umreženi uređaji u razne svrhe
- inteligentno umrežavanje uređaja naprednim informacijsko-komunikacijskim tehnologijama i naprednim senzorima
- poboljšanje proizvodnje, smanjenje trajanja proizvodnje, poboljšanje kvalitete proizvoda



Primjeri 4.0 tehnologije

- Amazon koristi robote u skladištu čime se smanjuju troškovi, a omogućuje se bolje korištenje prostora
- Kuka, europski proizvođač opreme nudi autonomne robote koji mogu međusobno komunicirati
- ABB koristi robote koji su posebno dizajnirani da sklapaju proizvode
- Phillips u svojoj tvornici ima 128 robota za proizvodnju električnih brijača i samo 9 ljudi za osiguravanje kvalitete
- zrakoplovne tvrtke koriste aditivnu proizvodnju za primjenu novog dizajna koji smanjuje težinu aviona i time smanjuje troškove skupih sirovina (titan)
- medicinski implantati po mjeri – pomoću aditivne tehnologije se izrađuju individualne proteze
- američki nogomet – nakon 3D scana radi se kaciga koja odgovara individualnim mjerama

Primjeri 4.0 tehnologije

- Siemens je razvio virtualni modul za obuku operatera postrojenja koji rade u Cosmos sustavu
- John Deere, proizvođač traktora, koristi virtualnu stvarnost čime smanjuje ciklus dizajna i troškove dizajna
- Siemens i njemački dobavljač alata razvili su virtualni stroj koji simulira obradu određenih proizvodnih dijelova
- Deutsche Bahn AG je u svoju mrežu željeznica ugradio niz senzora koji prikupljaju informacije o narudžbi i kupnji kupaca, podatke o prometu i kapacitetu vlakova
- Uber koristi podatke svojih vozača i korisnika za razvijanje algoritma na temelju kojeg se dinamički računaju cijene npr. porast cijene u slučaju velike potražnje

Automobilska industrija

- automatizirani roboti s integriranim naprednim senzorima i komunikacijskom tehnologijom s ciljem sastavljanja automobila



PREDNOSTI INDUSTRIJE 4.0

- moguća obrada individualnih zahtjeva kupaca – kako bi se povećalo zadovoljstvo korisnika
- smanjen pritisak na radnike – poboljšana kvaliteta rada
- umreženost uređaja povećava konkurentnost, produktivnost i efikasnost industrijskih grana
- smanjeni troškovi proizvodnje
- virtualizacija – odskakanje 4.0 od ostalih industrija

MANE INDUSTRIJE 4.0

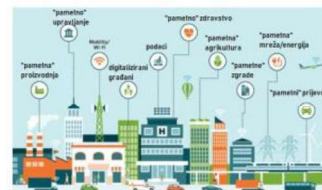
- manjak zaštite podataka
- povezanost na Internet
- nabavka po potrebi- zastoj u vremenu nabavke
- izazov zaposlenicima
- skupo održavanje procesa, dok implementacija infrastrukture nije toliko skupa



Pametni senzori

- pametna kuća
- nosive stvari
- pametni gradovi
- pametne mreže
- pametni automobili
- pametno zdravstvo

Pametni grad



- glavnu ulogu imaju pametni senzori i komunikacijske tehnologije
- oslonac su senzori koji mogu osjetiti parametre iz okoliša, pratiti javnu infrastrukturu, zgrade, ceste, mostove
- napredni grad mora imati milijune senzora i senzorskih čvorova koji moraju biti raspoređeni po teritoriju kako bi mogli prikupljene podatke poslati u središnji informacijski sustav
- milijuni senzora i čvorova međusobno su povezani WSN mrežama
- svaki uređaj mora imati IP kako bi se povezao na WSN mrežu

Recikliranje senzora

- ključna komponenta održivog upravljanja otpadom
 - smanjenje ekološkog otiska, očuvanje resursa, zaštita okoliša
1. **PRIKUPLJANJE I RAZVRSTAVANJE** – prema vrsti i materijalu jer različite vrste senzora zahtijevaju različite postupke recikliranja
 2. **DEKONTAMINACIJA** - uklanjanje bioloških, kemijskih i radioaktivnih kontaminanata
 3. **DEMONTAŽA** – razdvajanje senzora na metalne dijelove, plastična kućišta, staklene elemente i elektroničke komponente
 4. **OBRAĐA MATERIJALA** – metalni dijelovi (bakar, aluminij, čelik) se mogu ponovno upotrijebiti; plastični dijelovi se usitnjavaju i obrađuju kako bi se mogli koristiti kao sirovina za proizvodnju novih plastičnih proizvoda; stakleni dijelovi se koriste ponovno u proizvodnji staklenih proizvoda
 5. **OBRAĐA ELEKTRONIČKIH KOMPONENTI** – ekstrakcija dragocijenih metala; obrada silicija;

Tehnologije za recikliranje senzora

1. **MEHANIČKA RECIKLAŽA** – fizičko odvajanje komponenti (mljevenje, drobljenje i sortiranje)
2. **KEMIJSKA RECIKLAŽA** - korištenje kiselina i lužina za otapanje metala
3. **TERMALNA RECIKLAŽA** - upotreba visoke temperature za spaljivanje organskih spojeva i topljenje metala

PROBLEMI : mali dijelovi, opasni materijali, složeni materijali

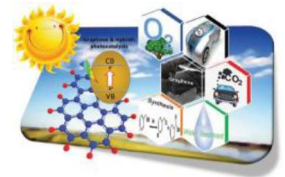


Zaključak

- koriste se u svim aspektima života
- s vremenom osjetljivost senzora se povećava, dimenzije se smanjuju, selektivnost je bolja, cijene su manje
- sadašnji trend senzorskih tehnologija ide u smjeru nano elektromehaničkih sustava (engl. Nano *electromechanical systems*, NEMS)
- koncepti IoT, industrijski IoT i pametni senzori predstavljaju tehnološku budućnost iako postoje izazovi vezani sa sigurnosti i privatnosti podataka te izazovi s upravljanjem i analizom podataka

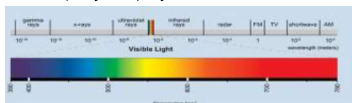
FOTOKATALIZA

- Fotokataliza -> foto (grč. phos: svijetlo) i kataliza (grč. katalyo: rastaviti)
- = proces u kojim se koristi svijetlost kako bi se aktivirao fotokatalizator koji mijenja brzinu kemijske reakcije bez da sudjeluje u njoj
- = kombinacija kemijskih i katalitičkih reakcija u prisustvu svjetla
- 1960. znanstvenik Fujishima



FOTOKATALITIČKO DJELOVANJE

- korištenjem UV ili VIS (vidljivom) svjetlost



UV SVJETLOST

- dio elektromagnetskog spektra
- 100-400 nm
- Visoka energija
- 10% prirodnog sunčevog svjetla

VIS SVJETLOST

- 400-700 nm
- veći dio sunčevog spektra
- iskorištavanje solarne energije za fotokatalitičke procese

PODJELA FOTOKATALITIČKIH REAKCIJA

- Homogena fotokataliza -> fotokatalizatori i reaktanti u istoj fazi
primjer: reakcije hidrolize u prisutnosti kiselina ili baza koje su katalizatori
- Heterogena fotokataliza -> fotokatalizatori u jednoj, a reaktanti u drugoj fazi
primjer: plinovite reakcije na čvrstim metalnim i drugim površinama

FOTOKATALIZATOR

- Kemijski spoj koji ubrzava kemijsku reakciju kad je izložen svjetlu
- Razgradnja organskih tvari koji se nalaze na njegovoj površini jer uzrokuje oksidativnu razgradnju
- Inhibicija rasta mikroba
- Djelovanje proporcionalno količini svjetlosti i površini koja je izložena svjetlosti

TEMELJNA RAZLIKA	
OBIČAN KATALIZATOR	FOTOKATALIZATOR
o Aktivacija toplinom	o Apsorpcija fotona odgovarajuće energije

FOTOKATALIZATOR

- Primjena ovisi o: veličini čestica fotokatalizatora, energiji zabranjene zone, aktivnoj površini te njegovim fizikalnim i kemijskim značajkama

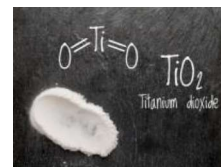
- Poželjna svojstva:
 - 1) Fotoaktivnost
 - 2) Biološka i kemijska inertnost
 - 3) Stabilnost
 - 4) Senzitivitet na vidljivi i UV dio spektra
 - 5) Netoksičnost
 - 6) Prihvatljivost za okoliš
 - 7) Niska cijena

FOTOKATALIZATOR

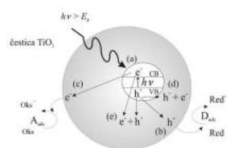
- Po prirodi su poluvodiči
 - Njihovu elektronsku strukturu čine:
 - a) Najviše popunjena valentna vrpca (VB) } -odvojene energetske nivoima
 - b) Najniža prazna vodljiva vrpca (CB) } -njihova razlika u energiji: **energija zabranjene zone (Eg)**
- Energija fotona ($h \cdot \nu$) $\geq$ energija zabranjene zone = pobuđivanje elektrona (e_{CB}^-) iz valentne u vodljivu vrpcu
 → Nastaje par elektron-šupljina (e_{CB}^- , h^+_{VB})

TiO₂ KAO FOTOKATALIZATOR

- Najčešće korišteni fotokatalizator
- U mraku stabilan
- Aktivan postaje pri izloženosti UV zračenju $\lambda > 390$ nm
- Ne adsorbira u vidljivom dijelu spektra
- Kemijski i biološki stabilan
- Niska toksičnost i cijena



TiO₂ KAO FOTOKATALIZATOR



- Glavni procesi u čestici poluvodiča TiO₂:
- (a) nastajanje para elektron-šupljina
 - (b) oksidacija adsorbirane molekule D
 - (c) redukcija adsorbirane molekule A
 - (d) rekombinacija na površini čestice
 - (e) rekombinacija u unutrašnjosti čestice

OSTALE VRSTE KATALIZATORA

FOTOKATALIZATOR	NEDOSTATAK
ZnO	Nestabilan u mnogim okolišnim uvjetima
WO ₃	Niska fotokatalitička aktivnost
CdS	Nestabilan, otrovan
PbS	Nestabilan, otrovan
Plemeniti metali	Podložni deaktivaciji
Fe ₂ O ₃	Nepouzdana učinkovitost

IZVEDBA FOTOKATALIZATORA

- U suspenziji, imobiliziran na čvrstim nosačima ili kao fluidiziran sloj

- | U SUSPENZIJI | NA NOSAČIMA |
|-------------------------------------|---|
| -napredni oksidacijski procesi | -imobilizira se u tankim slojevima |
| -velika površina | -nosači: SiO ₂ , staklo, polimeri, keramika, vlakna, aktivni ugljen itd. |
| -nedostatak: potreba za filtracijom | |

PROIZVODNJA FOTOKATALIZATORA

- Sinteza fotokatalizatora
- Modifikacija fotokatalizatora
- Karakterizacija fotokatalizatora

SINTEZA
FOTOKATALIZATORA

SOL-GEL METODA

1. Hidroliza prekursora -> koloidna suspenzija
2. Formiranje gela (kondenzacija)
3. Sušenje gela
4. Kalcinacija gela (visoke temp.)

-> dobivanje kristalnog fotokatalizatora

PREDNOSTI	NEDOSTACI
➤ Mogućnost kontrole veličine čestica i morfologije	➤ Dugotrajan proces
➤ Visoka homogenost proizvoda	➤ Potreba za visokim temperaturama

SINTEZA
FOTOKATALIZATORA

SOLVOTERMALNA SINTEZA

➤ Slična hidrotermalnoj osim što se umjesto vode koriste organska otapala

MEHANOKEMIJSKA SINTEZA

➤ Uključuje mljevenje i miješanje čvrstih reaktanata u kugličnim mlينovima ili drugim uređajima za mehaničku aktivaciju

PREDNOSTI	NEDOSTACI
➤ Brz i jednostavan postupak	➤ Ograničena kontrola nad veličinom i oblikom čestica
➤ Niska energetska potrošnja	➤ Potreba za daljnjom obradom za poboljšanje svojstava materijala

MODIFIKACIJA
FOTOKATALIZATORA

DOPIRANJE

➤ uvođenje stranih atoma u kristalnu rešetku fotokatalizatora radi poboljšanja njegovih fotokatalitičkih svojstava

➤ Primjeri:

N-dopiranje TiO_2 : uvođenje dušika u kristalnu rešetku TiO_2 -> povećanje apsorpcije svjetlosti u vidljivom području te poboljšanje fotokatalitičke aktivnosti

M-dopiranje ZnO : dodavanje metalnih iona (npr. Fe, Mn) u kristalnu rešetku ZnO -> utjecaj na energijski nivo valentne trake te poboljšanje apsorpcije svjetlosti i fotokatalitičke aktivnosti

SINTEZA
FOTOKATALIZATORA

HIDROTERMALNA SINTEZA

➤ uključuje kemijske reakcije u vodenoj otopini pod visokim tlakom i temperaturom u zatvorenim posudama (autoklavima).

1. Priprema otopine: Prekursori se otapaju u vodi
2. Reakcija pod visokim tlakom: Otopina se prenosi u autoklav i zagrijava na visoke temperature pod visokim tlakom
3. Hlađenje i skupljanje: autoklav se hladi, a nastali fotokatalizator se prikuplja, pere i suši

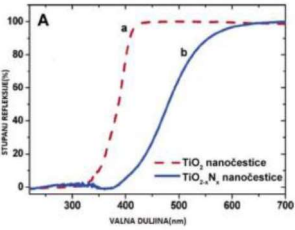
PREDNOSTI	NEDOSTACI
➤ sinteza nanokristala s kontroliranom veličinom i morfologijom	➤ Potreba za specijaliziranom opremom (autoklav)
➤ Relativno jednostavna metoda	➤ Ograničena veličina proizvodne serije

MODIFIKACIJA
FOTOKATALIZATORA

➤ S ciljem poboljšanja: fotokatalitičke aktivnosti, selektivnosti, stabilnosti i reaktivnosti

1. Dopiranje
2. Impregnacija
3. Kombiniranje s drugim materijalima
4. Nanostrukturiranje

MODIFIKACIJA
FOTOKATALIZATORA



Početak apsorpcije pomaknut je sa 380 nm (čisti TiO_2) na 600 nm (dopirani TiO_2), odnosno iz UV- dijela spektra na vidljivi dio

MODIFIKACIJA
FOTOKATALIZATORA

IMPREGNACIJA

- Premazivanje površinskih funkcionalnih skupina na površini fotokatalizatora
- Pобоljшanje: selektivnosti, adheziju zagađivača i reakcijske brzine
- Primjeri:

s metalnim katalizatorima: npr. platina ili paladij -> bolja učinkovitost fotokatalitičkih reakcija

s organskim molekulama: npr. cijanovodična kiselina ili oksalne kiseline -> promjena kemijske i elektronske karakteristike fotokatalizatora= bolja adsorpcija i reaktivnost.

MODIFIKACIJA
FOTOKATALIZATORA

KOMBINIRANJE S DRUGIM MATERIALIMA

- stvaranje kompozitnih fotokatalizatora s poboljšanim svojstvima
- Primjeri:
 - Kombiniranje TiO_2 s drugim metalnim oksidima poput SnO_2 -> bolja apsorpcija svjetlosti u vidljivom spektru, smanjenje rekombinacije nositelja naboja= bolja fotokatalitička aktivnost
 - Kombiniranje ZnO s poluvodljivim materijalima poput CdS može proširiti raspon apsorpcije svjetlosti i povećati efikasnost fotokatalitičkih reakcija.

MODIFIKACIJA
FOTOKATALIZATORA

NANOSTRUKTURIRANJE

- povećanje površine reakcije i smanjenje udaljenosti prijenosa nositelja naboja
- poboljšana fotokatalitička aktivnost
- sinteza fotokatalizatora u obliku nanokristala ili nanocijevi

KARAKTERIZACIJA
FOTOKATALIZATORA

- Određivanje strukture, morfologije, veličine čestica i fotokatalitičke aktivnosti
 - a) rendgenska difrakcija: određivanje kristalne strukture
 - b) skenirajuća i transmisivna elektronska mikroskopija: analiza morfologije i veličine čestica
 - c) UV-Vis spektroskopija: određivanje apsorpcijskih svojstava i energetske širine zabranjenog zone
 - d) FTIR : identifikacija kemijskih funkcionalnih skupina na površini fotokatalizatora.

PRIMJENA
FOTOKATA

NAMIJENA FOTOKATALIZE	KATEGORIJA	PRIMJENA
OBRADA ONEČIŠĆENOG ZRAKA	ZATVORENI PROSTOR	pročišćivači za sobe, pročišćivači za tvornice, klimatski uređaji sa ugrađenim fotokatalitičkim sustavima
	OTVORENI PROSTOR	vanjski pročišćivači za ceste, tunele, zidove i grade
OBRADA VODE	VODA ZA PIĆE	priprema vode za piće iz rijeka, podzemnih voda, jezera i spremnika vode
	OSTALO	obrada spremnika za ribu, industrijske vode i drenažne vode
SAMO-ČIŠĆENJE	MATERIJALI ZA UREDE	plastične površine, papirne zavjese, kuhinjski i kupaoonski namještaj
	UNUTARNJE I VANJSKE LAMPE	prozirni papir za lampe, staklo za vanjske lampe, prevlake na fluorescentnim lampama
	PROMET	tunelski zidovi, zvukobran, prometni znakovi i reflektori
	OSTALO	uniforme i bolničke odore, sprejevi za auto
STERILIZACIJA	BOLNICA	podovi i zidovi operacijskih sala, bolničke odore, pribor za operacije
	OSTALO	javni toalet, kupaoonice i sobe za uzgajanje štakora
ANTITUMORSKA AKTIVNOST	TERAPIJA ZA RAK	endoskopski instrumenti

PRIMJENA
FOTOKATALIZATORA



- Zvukobran u Osaki, 1999.
- Presvučen tankim slojem TiO_2 fotokatalizatora
- Razgradnja štetnih NO_x spojeva

PRIMJENA FOTOKATALIZATORA

SOLARNA FOTOKATALITIČKA DEZINFEKCIJA VODE

- deaktivacijsko djelovanje različitih štetnih mikroorganizama

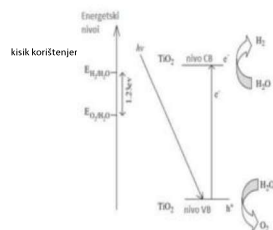
PRIMJENA FOTOKATALIZATORA

MIKROORGANIZAM	VRSTA
BAKTERIJE	<i>Campylobacter jejuni</i>
	<i>Enterococcus</i> sp.
	<i>Escherichia coli</i> K-12
	<i>Mycobacterium avium</i>
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	<i>Salmonella typhi</i>
	<i>Shigella flexneri</i>
	<i>Streptococcus faecalis</i>
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
	<i>Bacteriophage f2</i>
VIRUSI	<i>Encephalomyocarditis virus</i>
	<i>Polio virus</i>
	<i>Rotavirus</i>
	<i>Coxsackie virus A/B</i>
	<i>Hepatitis A</i>
	<i>Acanthamoeba polyphaga</i>
PROTOZOE	<i>Cryptosporidium parvum</i>
	<i>Entamoeba</i> sp.
	<i>Giardia</i> sp.
	<i>Naegleria</i> sp.

PRIMJENA FOTOKATALIZATORA

ZA PROIZVODNJU ENERGIJE-vodika

- fotokatalitičkim razdvajanjem vode u foto-elektroćeliji
 - » proces umjetne fotosinteze za disocijaciju vode na vodik i prirodni ili umjetnog svjetla
- prednost ove tehnologije je jednostavnost njene izvedbe
- TiO_2 je najčešće korišteni poluvodič



RECIKLIRANJE FOTOKATALIZATORA

REGENERACIJA

- **Kemijska regeneracija**-tretiranje kemijskim tretmanima

Npr. ispiranje s otapalima, tretiranje s kiselinama ili bazama

- **Termalna regeneracija**-zagrijavanje na visoke temperature

-> uklanjanje adsorbiranih tvari i obnova površinske aktivnosti

RECIKLIRANJE FOTOKATALIZATORA

REKRISTALIZACIJA

- Obnavljanje kristalne strukture i poboljšanje učinkovitosti

MEHANIČKA OBRADA

- Brušenje i mljevenje
- Uklanjanje površinske nečistoće i stvaranje nove aktivne površine

ZAMJENA I RECIKLAŽA KOMPONENTI

- Fotokatalizatori koji sadrže rijetke ili skupe metale
- Izdvajanje i recikliranje metala za ponovnu upotrebu

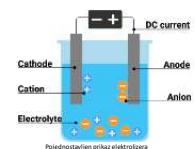


Elektroliza

- Elektrokemijska reakcija primjene istosmjernje električne struje za pokretanje nespontanih kemijskih reakcija – pretvaranje električne u kemijsku energiju
- Potencijal raspadanja – minimalan potencijal potreban za odvijanje elektrolize.

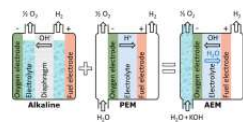
Za odvijanje elektrolize potrebne su tri ključne komponente:

- elektrolit,
- elektrode i
- vanjski izvor struje,
- + razne pregrade.
- Ionske vrste kreću se prema obrnuto nabijenoj elektrodi:
- kationi prema negativnoj katodi (redukcija) i
- anioni prema pozitivnoj anodi (oksidacija).



Anionski izmjenjivački membranski elektrolizeri (AEM)

- Tehnologija kombinira prednosti tradicionalnih alkalnih elektrolizera i polimernih membranskih (PEM) elektrolizera.
- Nosilac naboja: OH⁻**
- Elektrolit je otopina NaOH (w = 1%).
- Elektrode su od Ni—manji trošak
- Korišteni polimer je često polietilenskim (PEO)
- Visoka efikasnost



Za što se koristi zeleni H₂

- "**zeleni**" naziv vodik dobiva zbog toga što se proizvodi pomoću obnovljivih izvora energije ili procesa koji ne emitiraju CO₂.
- Zeleni vodik se koristi kao čista i održiva alternativa u različitim sektorima industrije kao zamjena za vodik dobiven iz fosilnih goriva.

Primjena:

Gorivne ćelije: može se koristiti kao gorivo za proizvodnju električne energije—proces je čist i učinkovit, a nusprodukt je H₂O.

Transport: može se koristiti kao gorivo u vodikovim vozilima kao alternativa fosilnim gorivima.

Industrija: može biti sirovina u kemijskoj industriji za proizvodnju amonijaka, metanola i drugih kemijskih spojeva.

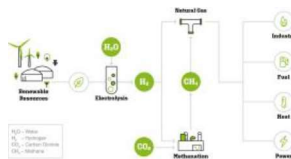
Skladištenje energije: može se koristiti za pohranu viška električne energije iz obnovljivih izvora poput solarnih i vjetroelektrana.

Elektroliza za proizvodnju vodika može se koristiti kada postoji višak električne energije.

XXX

Power-to-Gas

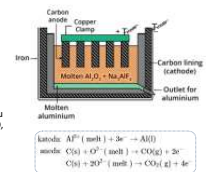
- Pojam podrazumijeva niz koraka koji povezuju obnovljive izvore energije te proizvodnju i korištavanje plinskog goriva, koja se inače dobivaju iz neobnovljivih izvora energije.
- 1. korak:** iskorištenje obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne energije—električna energija se koristi za elektrolizu H₂O—proizvodi se H₂.
- 2. korak:** dobiveni H₂ miješa se sa CO₂ te se procesom metanacije prevodi u CH₄.



Proizvodnja Al

Hall–Héroultov proces

- Omogućava masovnu proizvodnju elementarnog Al—prije se Al smatrao rijetkim metalom (pronalazak u obliku rude).
- Danas i dalje glavni način proizvodnje
- Katoda:** izrađena od grafitnog ugljika.
- Anoda:** izrađena od debelih šipki ugljika—kako bi se spriječilo izgaranje obložene su slojem ugljena što također sprečava gubitak topline iz elektrolita.
- Sirovina:** glinica (Al₂O₃) dobivena iz boksita Bayerovim postupkom.
- Elektrolit:** kriolit (Na₃AlF₆)—smanjuje talište Al₂O₃ (>2000→960°-990°C).
- Na katodi dolazi do redukcije Al₂O₃ u elementarni Al, koji se skuplja na dnu ćelije. Ugljične anode stvaraju nascentni kisik tijekom procesa i nastaje CO, koji daljnjom oksidacijom prelazi u CO₂ kao nusprodukt.



Proizvodnja Cl₂ i NaOH

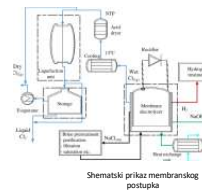
Klor-alkalni postupak

- Proces proizvodnje Cl₂ (primarni produkt), NaOH i H₂ visoke čistoće elektrolizom otopine NaCl.

Dvije su osnovne tehnologije proizvodnje:

- Membranske (62 %) i
- Dijafrazmatske (28%).

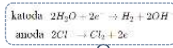
+živin/amalgamski proces kao alternativni (<8 %)-koristi živinu katodu -tijekom procesa se stvara Na-amalgam, koji se reakcijom s H₂O raspada na NaOH i H₂, dok na anodi nastaje Cl₂



Shematski prikaz membranskog postupka

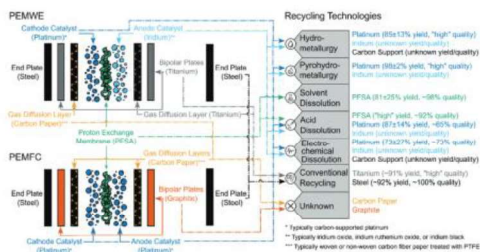
Dijafragmske tehnologije

- Ion-selektivna membrana, koja razdvaja anodni i katodni prostor, propušta samo katione (Na^+ ione) dok sprječava prolaz aniona i miješanje proizvoda elektrolize.
- Proizvedeni NaOH visoke je čistoće.
- Složen je sustav, ali je ekološki prihvatljiviji.
- Koristi poroznu dijafragmu koja djelomično razdvaja anodnu i katodnu komoru, omogućavajući prolaz iona, ali sprječava potpuno miješanje elektrolita.
- Proizvedeni NaOH niže je čistoće.
- Ekološki manje prihvatljiv, jednostavnija izvedba, manji operativni troškovi.



Recikliranje

- Cirkularna ekonomija implementira se u nekim od obnovljivih izvora energije kao što su fotonaponske ćelije, vjetrenjače, litij-ionске baterije—recikliranje elektrolizerskih članaka je izrazito složeno zbog kompleksne strukture.
- *Pi*. Polimerni membranski elektrolizeri—sadrže tanke slojeve plemenitih i rijetkih metala na površini elektrode pa se stoga najviše fokusira na njihovo recikliranje.
- **Strategije recikliranja koje su razvijene uključuju:**
 - hidrometalurgiju—izdvajanje vrijednih metala korištenjem otopala,
 - pirometalurgiju—izdvajanje vrijednih metala korištenjem visokih temperatura.
- Ostale strategije uključuju elektrokemijske i kiselinske postupke te korištenje otopala, ali nisu toliko razvijene.



SAŽETAK

1. FIZIKALNA I KEMIJSKA SVOJSTVA
2. UTJECAJ NA LjudSKI ORGANIZAM
3. CO₂ U ATMOSFERI
4. CO₂ U OCEANIMA
5. INDUSTRIJSKA PROIZVODNJA CO₂
6. IZDVAJANJE I SKLADIŠTENJE CO₂
7. PRIMJENA CO₂

FIZIKALNA I KEMIJSKA SVOJSTVA

- Ugljikov (IV) oksid (ugljkov dioksid, CO₂) kemijski je spoj koji se pri standardnim uvjetima nalazi u plinovitom stanju.
- U plinovitom stanju je bezbojan, pri manjim koncentracijama i bez mirisa. Pri većim koncentracijama ima oštar, kiselkast miris.
- Oko 1,5 puta je gušći od zraka.
- Pri nižim temperaturama postoji u krutom stanju, neutralnog mirisa i bez okusa, poznat i pod nazivom suhi led.

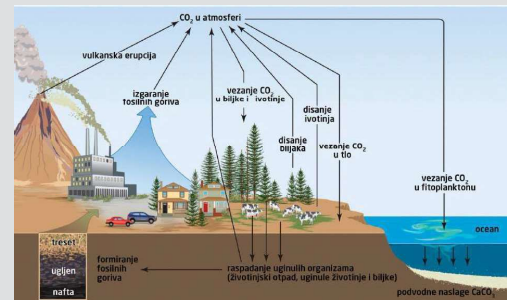


UTJECAJ NA LjudSKI ORGANIZAM

- Izloženost većim koncentracijama CO₂ djeluje toksično na ljudski organizam.
- Pri 1000 ppm-a obično se javljaju prvi znakovi trovanja poput pospanosti i vrtoglavice.
- Ozbiljnije posljedice poput kome i smrti nastupaju pri puno većoj koncentraciji od oko 10% tj. 100000 ppm-a.

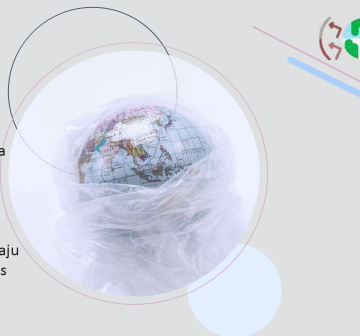
UGLJIKOV DIOKSID U ATMOSFERI

- Atmosferski CO₂ glavni je izvor ugljika u ugljikovom ciklusu na Zemlji.
- Ugljikov ciklus predstavlja kruženje ugljika, a time i ugljikovog dioksida u prirodi.



Efekt staklenika

- Ugljikov dioksid u Zemljinoj atmosferi služi kao jedan od stakleničkih plinova.
- Efekt staklenika naziv je za fenomen kojim Zemlja pomoću plinova u svojoj atmosferi zadržava reflektiranu sunčevu radijaciju i zagrijava se.
- Staklenički plinovi u atmosferi propuštaju vidljivi spektar zračenja koji dolazi od Sunca ali apsorbiraju infracrveno zračenje duljih valnih duljina koje se s Zemljine površine odbija natrag prema Suncu.
- Zahvaljujući tom efektu Zemlja ima prosječnu temperaturu od 15 °C (inače bi imala oko -18°C).



UGLJIKOV DIOKSID U OCEANIMA

- U oceanima se nakuplja oko trećina ugljikovog dioksida nastalog ljudskom aktivnošću, u obliku ugljične kiseline, karbonatnih iona i samog CO₂.
- Jedan dio troše mikroorganizmi s fotosintezom, a jedan dio se taloži na dnu.
- Povećanje CO₂ u atmosferi dovodi do povećanja kiselosti oceana, što bi moglo imati nepovoljan utjecaj na organizme u morskoj vodi.



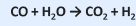
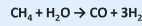
INDUSTRIJSKA PROIZVODNJA CO₂

- CO₂ se uglavnom dobije izdvajanjem iz otpadnih struja različitih energetskih i industrijskih procesa u kojima nastaje kao nusprodukt.

- Iz kakvog će se izvora dobivati većina komercijalno korištenog CO₂ ovisi o regiji i dominantnim industrijama u toj regiji.

Proizvodnja amonijaka

- CO₂ nastaje kao nusprodukt u proizvodnji amonijaka. Za proizvodnju amonijaka Haber-Boschovim procesom vodik se dobiva postupkom parnog reformiranja, a u WGS reakciji nastaje i CO₂:

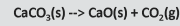


- Ovaj proces je jedan od glavnih izvora CO₂ za prehrambenu industriju, tj. proizvodnju gaziranih pića i piva.

INDUSTRIJSKA PROIZVODNJA CO₂

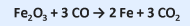
Obrada vapnenca

- Vapnenac je važna industrijska sirovina s velikom primjenom u građevinarstvu.
- Termičkom razgradnjom na temperaturi oko 1000 °C nastaje živo vapno uz oslobađanje ugljikova dioksida:



Proizvodnja željeza i čelika

- Za 7-9 % emisije CO₂ u cijelom svijetu odgovorna je industrija proizvodnje željeza i čelika. Ona se zasniva na redukciji željeznih ruda koksom u visokim pećima. Kao produkti nastaju pužvašto željezo i ugljični dioksid:

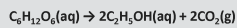


- Za proizvedenih 1000 tona čelika, proizvede se oko 1850 tona CO₂.

INDUSTRIJSKA PROIZVODNJA CO₂

Fermentacija

- Prilikom proizvodnje piva i vina kvasci fermentiraju šećer u alkohol i ugljični dioksid.
- Npr. fermentacijom glukoze nastaju etanol i ugljikov dioksid:

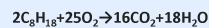


Sagorijevanje fosilnih goriva

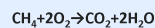
- U značajnim se količinama odvija u industriji proizvodnje električne energije i transportu vozilima s motorima s unutrašnjim izgaranjem.
- Sagorijevanje ugljena:



- Sagorijevanje nafte, tj. njenih derivata oktana, komponente benzina:



- Sagorijevanje metana, glavne komponente prirodnog plina:



IZDVAJANJE I SKLADIŠTENJE CO₂

- Prikupljanje ugljikovog dioksida dijeli se na CC(U)S tj. Carbon Capture (Utilisation) and Storage procese i sekvstraciju.
- CCUS procesi odnose se na zbrinjavanje i/ili upotrebu ugljičnog dioksida u raznim industrijskim postrojenjima u kojima on nastaje kao nusprodukt.
- Sekvestracija podrazumijeva dugoročnu izolaciju CO₂ iz atmosfere putem fizičkih, kemijskih, bioloških ili inženjerskih procesa te njegovo skladištenje.



CC(U)S



- CCS (Carbon Capture and Storage) tehnologije hvataju CO₂ iz industrijskih dimnih plinova i transportiraju ga na drugo mjesto na dugoročno skladištenje- najčešće duboke geološke strukture.
- CCU (Carbon Capture and Utilisation) tehnologije uhvaćeni CO₂ pretvaraju u širok raspon komercijalnih proizvoda.
- CCU tehnologije privlačnije su velikim industrijskim emiterima CO₂, posebno u područjima gdje nije moguće geološki pohraniti CO₂ putem CCS-a.
- U obzir se uzima i transport koji ima ključnu ulogu u CCUS tehnologiji- primarni način transporta CO₂ je cjevovod.

CC(U)S

- Definirana su tri glavna oblika skladištenja CO₂:



Utiskivanjem u prirodne geološke formacije

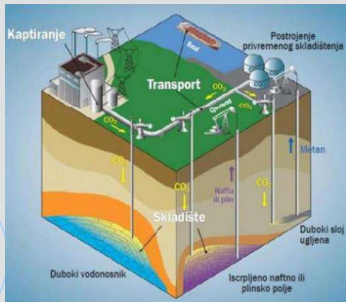


Otapanjem u oceanima na dubinama većim od 3500 m



Stvaranjem karbonatnih minerala na površini

CC(U)S



- Kao najvažnija strategija nameće se skladištenje u prirodne geološke formacije.
- Obuhvaća hvatanje, ukapljivanje, transport te ubrizgavanje industrijskog CO₂ u slojeve Zemljine kore.
- Odvija se u ležištima ugljikovodika, starim naftnim bušotinama, slojevima stijena i ugljena te dubokim slanim vodonosnicima.

Primjena CC(U)S tehnologije u Hrvatskoj



- 2023. godine pokrenuta je prijava za projekt CO₂NTESSA kojim će se omogućiti hvatanje više od 700 tisuća tona CO₂ godišnje u tvornici cementa NEXE u Našicama.
- Projekt uključuje modifikaciju već postojećeg postrojenja: obnovu cjevovoda koji je izvan funkcije za transport uhvaćenog CO₂ iz tvornice te izgradnju infrastrukture za skladištenje CO₂.
- Slani akvifer u Bokovcima čini geološki povoljnu lokaciju za skladištenje CO₂ nedaleko od samog postrojenja.



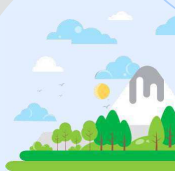
SEKVESTRACIJA

Sekvestracija ugljikovog dioksida podrazumijeva:

- sekvestraciju putem pošumljavanja
- sekvestraciju u tlu
- izravno ubrizgavanje CO₂ u oceanske dubine
- prevođenje CO₂ u karbonatne minerale
- geološku sekvestraciju koja je ujedno i najznačajnija

Cilj je prikupiti CO₂, ukloniti ga iz atmosfere te ga transportirati u sigurno skladište.

Sekvestracija može biti i prirodni i antropogeni proces, te ju možemo podijeliti na biotičku i abiotičku.



SEKVESTRACIJA

BIOTIČKA SEKVESTRACIJA



- Podrazumijeva uklanjanje CO₂ iz atmosfere uz pomoć viših biljaka i mikroorganizama.
- Najvažniji proces za biotičku sekvestraciju je fotosinteza.

ABIOTIČKA SEKVESTRACIJA



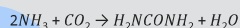
- Temelji se na fizičkim i kemijskim reakcijama i inženjerskim tehnikama bez intervencije živih organizama.
- Kao i kod CC(U)S-a metode skladištenja su podrazumijevaju oceansko injektiranje, geološku sekvestraciju i stvaranje mineralnih karbonata.
- Većina tehnika još je u fazi razvoja.
- Primjer su umjetna drveća koja se zasnivaju na DAC metodi, tj. metodi izravnog hvatanja zraka.
- Ključni materijal za njihovo djelovanje je sorbens (smola), ciljano osmišljen za prikupljanje CO₂ iz zraka.

PRIMJENA CO₂

- CO₂ se može koristiti izravno ili kao sirovina za kemijsku pretvorbu i proizvodnju drugih proizvoda.

Urea

- Amonijak dobiven iz prirodnog plina i zraka zajedno s ugljikovim dioksidom služi za proizvodnju uree.
- CO₂ koji nastaje kao nusprodukt proizvodnje NH₃ odvodi se u apsorpcijsku kolonu gdje se apsorbira u prikladnom otapalu, najčešće otopini amina te zatim ponovo desorbira i odvodi u sljedeću procesnu jedinicu u kojoj će služiti za reakciju s dobivenim amonijakom:



Oporavak bušotina

- Ugljikov dioksid može se koristiti u svrhu povećanja količine izvađene nafte iz naftnih bušotina, tako da se izbuši dodatni otvor i kroz njega utiskuje CO₂.
- Osim što vrši dodatni tlak na naftni izvor, ugljikov dioksid smanjuje i viskoznost nafte, čime ona lakše izlazi na površinu.



PRIMJENA CO₂

Rashladno sredstvo

- Tekući i kruti ugljikov dioksid je važno rashladno sredstvo, posebno u prehrambenoj industriji.
- Suhi led može se koristiti za transport, gdje su veliki rashladni uređaji nepraktični.
- Suhi je led kod standardnog tlaka uvijek ispod -78 °C.

Prehrambena industrija

- CO₂ koristi se za dobivanje gaziranih pića u kojima se on nalazi otopljen u obliku ugljične kiseline.
- Ugljikov dioksid u obliku suhog leda koristi se u proizvodnji vina za hlađenje grožđa nakon berbe, kako ne bi došlo do neželjenog brzog vrenja.
- Glavna prednost u odnosu na vodeni led - suhi led odmah isparava, tako da ne dolazi do miješanja otopljene tekućine s vinskim moštom.

PRIMJENA CO₂

Medicina i farmacija

- U proizvodnji lijekova tekući ugljikov dioksid služi kao dobro otapalo za mnoge organske tvari, za otapanje masti, ulja, lipida, heksana ili toulena.
- U medicini se kisiku dodaje CO₂, za stimulaciju disanja kod oživljavanja, kako bi se ostvarila O₂/CO₂ ravnoteža u krvi.

Aparati za gašenje požara

- Vatrogasni aparati punjeni ugljikovim dioksidom koriste se za gašenje električnih uređaja pod naponom, razvodnih ormara i električnih instalacija.
- Namjenjeni su također i za gašenje požara tekućina ili rastaljenih krutina (poput benzina, ulja, masti, lakova, katrana)

PRIMJENA CO₂



Plin pod tlakom

-jer je jeftin i nije zapaljiv



Polimeri

-može služiti kao sirovina za proizvodnju polimera, karbonskih vlakana



Laser

-plinski laser koji kao aktivni medij koristi molekule ugljikovog dioksida.

Unatoč velikom broju primjena koje trenutno postoje iskorištenje CO₂ je u usporedbi s globalnom proizvodnjom (37 000 Mt/god) i dalje nedovoljno. Procjene iskorištenja CO₂ variraju u literaturi, u rasponu između 200 Mt/god do gotovo 500 Mt/god.

Sadržaj

Uvod

Tehnologija proizvodnje

Značaj

Izabrane specifičnosti

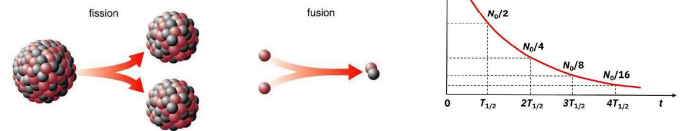
Razvoj

Recikliranje

Uvod – nuklearna energija



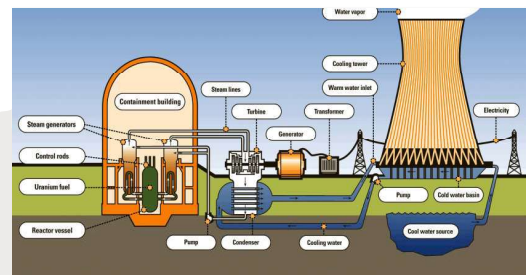
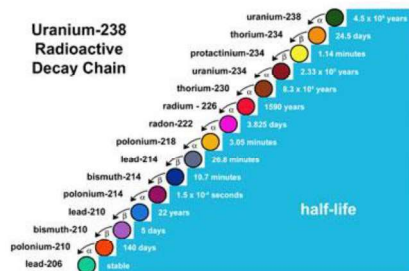
- Energija pohranjena u jezgri atoma
- Radioaktivnost – spontano emitiranje α i β čestica te γ zračenja
- Fisija
- Zakon očuvanja energije
- Vrijeme poluraspada



Uvod – radioaktivni materijali

- Nestabilni, imaju previše energije

- U-238
- U-235
- Pu-239
- I-131
- Po-210



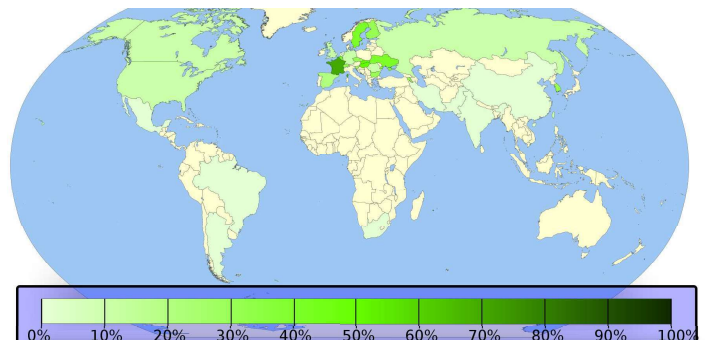
Tehnologija proizvodnje

Nuklearna elektrana



Tehnologija proizvodnje

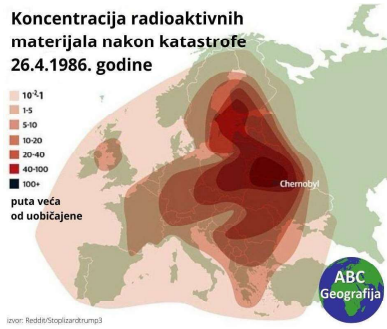
- NE Krško – 5,7 TW h prosječno proizvedene električne energije godišnje, pokriva 20% potrošnje električne energije u Sloveniji i 16% u Hrvatskoj



Tehnologija proizvodnje

Tehnologija proizvodnje - sigurnost

- Sustav za brzu zaustavu reaktora
- Sustav za hlađenje jezgre u nuždi
- Sustav zaštitne zgrade
- Pomoćni sustav napojne vode
- Sustavi za osiguravanje boravka u komandnoj sobi
- Električno napajanje sustava

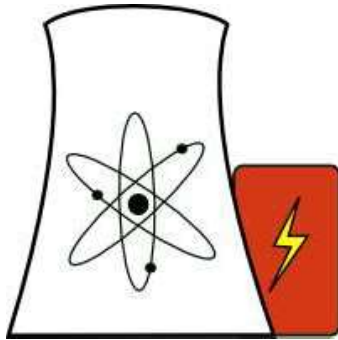


Značaj

- Gorivo za nuklearne reaktore
- Proizvodnja električne energije
- Niski emisijski izvor energije
- Stabilnost elektroenergetskog sustava
- Kontrola reakcije
- Primjena u medicini
- Različita istraživanja

Izabrane specifičnosti

- Visoka energetska gustoća
- Potencijal za nuklearnu proliferaciju



Material	Energy released per fission (MeV) [1]	Atomic weight (g/mol) [2]	Energy density (MJ/kg)
U-235	193.4	235.04	79,390,000
U-238/Pu-239	198.9	238.05	80,620,000
Th-232/U-233	191.0	232.04	79,420,000

Visoka energetska gustoća

- Svojstvo materijala koje označava količinu energije koja se može osloboditi ili pohraniti u određenoj masi tog materijala
- Izvanredan potencijal za generiranje ogromnih količina energije iz relativno malih količina goriva
- Energija se oslobađa tijekom fisije

Visoka energetska gustoća

- Jedna peleta uranijevog oksida od 10g (8,8g uranija) sadrži 35 000 MJ do 700 000 MJ energije



Potencijal za nuklearnu proliferaciju

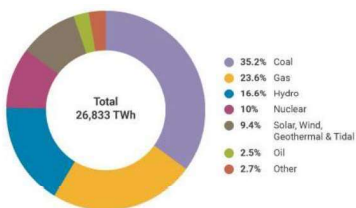
- 6. kolovoza 1945. Hirošima, 9. kolovoza 1945. Nagasaki
- 1967. Sporazum o neširenju nuklearnog naoružanja (NPT) – 191 zemlja
- Posjedovanje (nuklearne sile): SAD, Velika Britanija, Rusija, Francuska, Kina, Indija, Pakistan, Izrael, Sjeverna Koreja

Material	Energy Density (MJ/kg)	Equivalent to fuel pellet in LWR	Equivalent to fuel pellet in breeder
Coal	30	1.3 tons	22 tons
Oil	42	250 gallons	4350 gallons
Natural Gas	53.5	34,000 cubic ft	590,000 cubic ft
Lithium	43	0.9 tons	16 tons

Razvoj

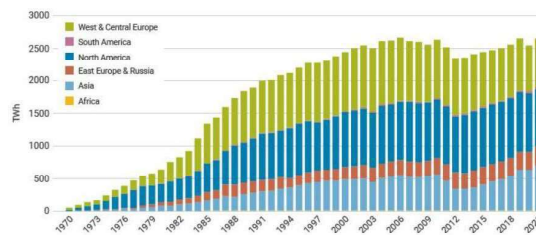
- Engleska 1956. - prva komercijalna nuklearna stanica

- Danas otprilike 10% svjetske električne energije iz otprilike 440 nuklearnih reaktora



Razvoj

Danas je nuklearna industrija karakterizirana međunarodnom trgovinom



Razvoj – priprema novog programa u industrijskoj zemlji; istraživanje lanca opskrbe

- Italija je 2009. ponovno počela razmatrati nuklearnu energiju
- 50/50 zajednički pogon s Francuskom
- Cilj je bio uključivanje talijanske industrije u razvoj programa
- Istraživanje tržišta tražeći kvalifikacije opskrbnog lanca
- Nažalost, inicijativa je bila zatvorena nakon Fukushima katastrofe 2011. g.
- Rezultati istraživanja su bili vrlo zadovoljavajući

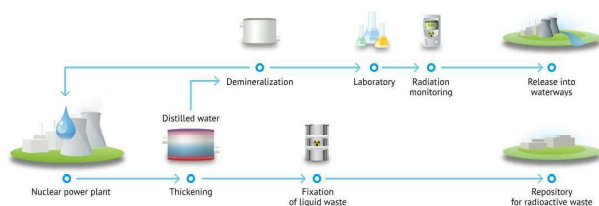
Recikliranje

- Iskorišteno nuklearno gorivo je otpad visoke razine radioaktivnosti
- Nuklearni otpad – opasnost opada s vremenom
- U zemljama s nuklearnim elektranama radioaktivni otpad predstavlja manje od 1% ukupno toksičnog otpada
- Najviše se proizvode otpada u medicini



Recikliranje

- Tekući otpad – isparavanje, filtracija, izmjena iona, taloženje, flokulacija



Recikliranje

- Plinoviti otpad – zadržavanje plinova u spremniku tijekom deset poluživota i puštanje u atmosferu, filtracija aerosola



Recikliranje



- Kruti otpad – prešanje, spaljivanje, fiksiranje u cementu

