FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE

Zavod za polimerno inženjerstvo i organsku kemijsku tehnologiju

Recikliranje i zbrinjavanje otpada

Izv. prof. dr. sc. Zvonimir Katančić

RECIKLIRANJE METALNOG OTPADA

Proizvodnja primarnog čelika (*virgin steel*)

- **Glavne metode** za proizvodnju željeza i čelika su korištenje **visoke peći** (eng. *Blast furnace, BF*), **osnovne peći na kisik** (eng. *Basic oxygen furnace, BOF*) ili **elektrolučne peći (**eng. *Electric arc furnace, EAF*)
- Budući da se željezo pojavljuje kao željezni oksid u Zemljinoj kori, rude se moraju "koncentrirati" kako bi se dobilo željezo kroz mnogobrojne procese obrade rude
- Željezna ruda se ekstrahira iz 90 % rudarenih metalnih ruda u obliku **hematita** (Fe_2O_3) i **magnetita** (Fe_3O_4)
- Veza kisika i željeza je snažna, a da bi se ta raskinula tj. da bi se željezo odvojilo od kisika, jača veza mora doći na mjesto za spajanje na element kisika
- **Najbolji kandidat za ovaj proces je ugljik (ugljen/koks)** jer je snaga veze ugljik-kisik puno je veća od veze željezo-kisik, posebno na visokim temperaturama pa se zato **reakcija odvija u visokim pećima na 2000 °C**
- Željezna ruda, ugljik (iz ugljena i koksa) i vapnenac se ubacuju na vrh peći. Ugljen se koristi kao gorivo za dobivanje topline izgaranjem, a koks se koristi kao reducens željezne rude

Recikliranje metalnog otpada

Proizvodnja primarnog čelika (*virgin steel*)

- Koks reagira s kisikom iz zraka

$$2C + O_2 \rightarrow 2CO$$

- CO reducira željeznu rudu u obliku hematita u tekuće željezo uz nastajanje CO_2

$$Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$$

- Na dnu peći rastaljeni hematit reagira direktno s ugljikom u obliku koksa i nastaje željezo i CO_2

$$2Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 4Fe + 3CO_2$$

- **Kako bi se uklonile nečistoće iz rude** (SiO_2 i ostali silikati)**, dodaje se vapnenac (i/ili glinenac/dolomit)**
- Vapnenac se raspada na CaO i reagira sa SiO_2 pri čemu nastaju nusprodukti u obliku troske i prašine

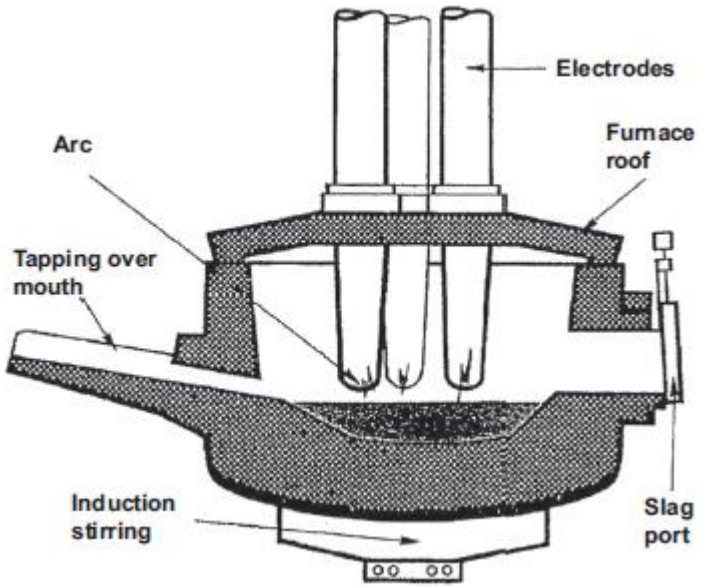
$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 \qquad CaO + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3$$

- U prosjeku **na svaku tonu proizvedenog čelika nastaje 200 kg (EAF) do 400 kg (BF, BOF) nusprodukata**

Recikliranje metalnog otpada

Proizvodnja recikliranog čelika

- Nakon prikupljanja i odvajanja, željezni materijali se tale u industrijskoj peći u pripremi za njihovu ponovnu ugradnju u nove proizvode
- **Elektrolučna peć (EAF) može iskoristiti do 100 % čeličnog otpada te je proces koji se koristi za recikliranje velike većine čeličnog otpada**
- U peći se postiže temperatura do 1800 °C
- Otpadni usitnjeni metal se ubacuje u otvorenu peć (u kojoj se nalazi od prije rastaljeni čelik) zajedno s tvarima za stvaranje troske („fluks”)
- Elektrode se spuštaju na otpad, električni luk se pali niskim naponom te počinje rasti temperatura
- Nakon što elektrode dosegnu teške slojeve taline u dnu peći, elektrode se lagano podižu dok se napon povećava kako bi se pojačala brzina taljenja
- Nakon što se metalni otpad potpuno rastali, uvodi se još tvari za stvaranje troske
- Nakon što su temperatura i kemijski sastav ispravni, čelik/željezo se izlijeva i hladi



Recikliranje metalnog otpada

- Recikliranjem jedne tone čelika štedi se 1,1 tona željezne rude, 630 kg ugljena i 55 kg vapnenca
- Npr. za proizvodnju jedne tone čelika u **elektrolučnoj peći** (EAF) potrebno je oko 640 kWh energije, što je jednako **6,4 milijuna BTU/toni**, **visoka peć** (BF) troši do **19 milijuna BTU/toni**
- Da bi se proizvela tona sirovog čelika, visoka peć u procesu koristi **1400 kg željezne rude**, **770 kg ugljena, 150 kg vapnenca**
- U istom procesu elektrolučna peć koristi **880 kg recikliranog čelika, 150 kg ugljena i 43 kg vapnenca**
- EAF je energetski i ekonomski učinkovitija
- U prosjeku svaka tona **primarno proizvedenog čelika** emitira od **1580 do 2760 kg CO_2**
- U prosjeku svaka tona **recikliranog čelika** emitira od **400 kg do 1020 kg CO_2**
- Smanjenje od 0,6 - 2,4 tone CO_2 koji se emitira u zrak po toni čelika

- BTU = British Thermal Unit (Britanska termalna jedinica). 1 BTU je količina topline potrebna da se temperatura jedne funte vode poveća za 1°F ~ 1055 J

Recikliranje metalnog otpada

Nečistoće

- **Čelik** je željezna legura s **0,2 - 2,1 % ugljika** s dodatkom drugih elemenata (Cr, Ni, Co, V, Mn, W)
- Porast udjela ugljika povećava tvrdoću u čvrstoću čelika, ali ga čini manje istezljivim
- **Elementi poboljšavaju mikrostrukturu, tvrdoću, istezljivost, rastezna i tlačnu čvrstoću, trajnost, otpornost na koroziju i zavarivost**
- **Lijevano željezo** je legura koja ima **više od 2,1 % ugljika**, ima niže talište i dobru mogućnost lijevanja
- **Kovano željezo** ima **manje od 0,2 % ugljika**, žilavo, savitljivo i istezljivo, teško se zavaruje

- **„Tramp" elementi** - elementi koji se nalaze u čeliku, nenamjerno dodani, teško ih je ukloniti
- Za njih ne postoji komercijalno provediv proces pročišćavanja

I A	II A											III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															

Tramp element | Stvara legure | Otopljen u čeliku | Otopljen u čeliku,može se kontrolirati

Stvara legure, istovremeno i tramp element, ovisno o vrsti čelika

- Više od 0,15 % bakra izaziva površinske pukotine tijekom vrućeg valjanja ako se provodi u oksidirajućoj atmosferi
- Prisutni Sn ima isti učinak iznad 0,05 % a kombinacija Cu i Sn pojačava učinak
- Prisutnost ovih elemenata također je odgovorna za povećanu vjerojatnost za poprečne pukotine tijekom kontinuiranog lijevanja

Recikliranje metalnog otpada

Nečistoće

- Razvrstavanje otpada postalo je učinkovitije, pa se npr. sadržaj bakra u metalnom otpadu smanjuje
- Nekad je potrebno u čelični otpad dodati primarno željezo iz ruda ako se proizvodi čelik s vrlo niskom tolerancijom na „tramp" elemente

Pročišćavanje metalnog otpada

- Koriste se dva glavna principa za uklanjanje, **ispiranje** i **toplinska obrada**

a) Ispiranje se provodi u kiselom (HCl, H_2NO_3, H_2SO_4) i u lužnatom (NaOH) mediju za uklanjanje Zn

- Pri niskom pH Zn se izlučuje u obliku soli, $Zn(NO_3)_2$, $ZnSO_4$ ili $ZnCl_2$
- Pri visokom pH u obliku cinkata (Na_2ZnO_2 ili $NaHZnO_2$)
- Obje reakcije su površinske te je zbog toga potrebno imati što sitniji otpad kako bi površina bila što veća

b) toplinska obrada se provodi najčešće u mješavini $CO/CO_2/N_2$ mješavini iznad 800 °C

- pri tome dolazi do isparavanja Zn, Ni, Cr, Sn

Recikliranje metalnog otpada

Obojeni metali

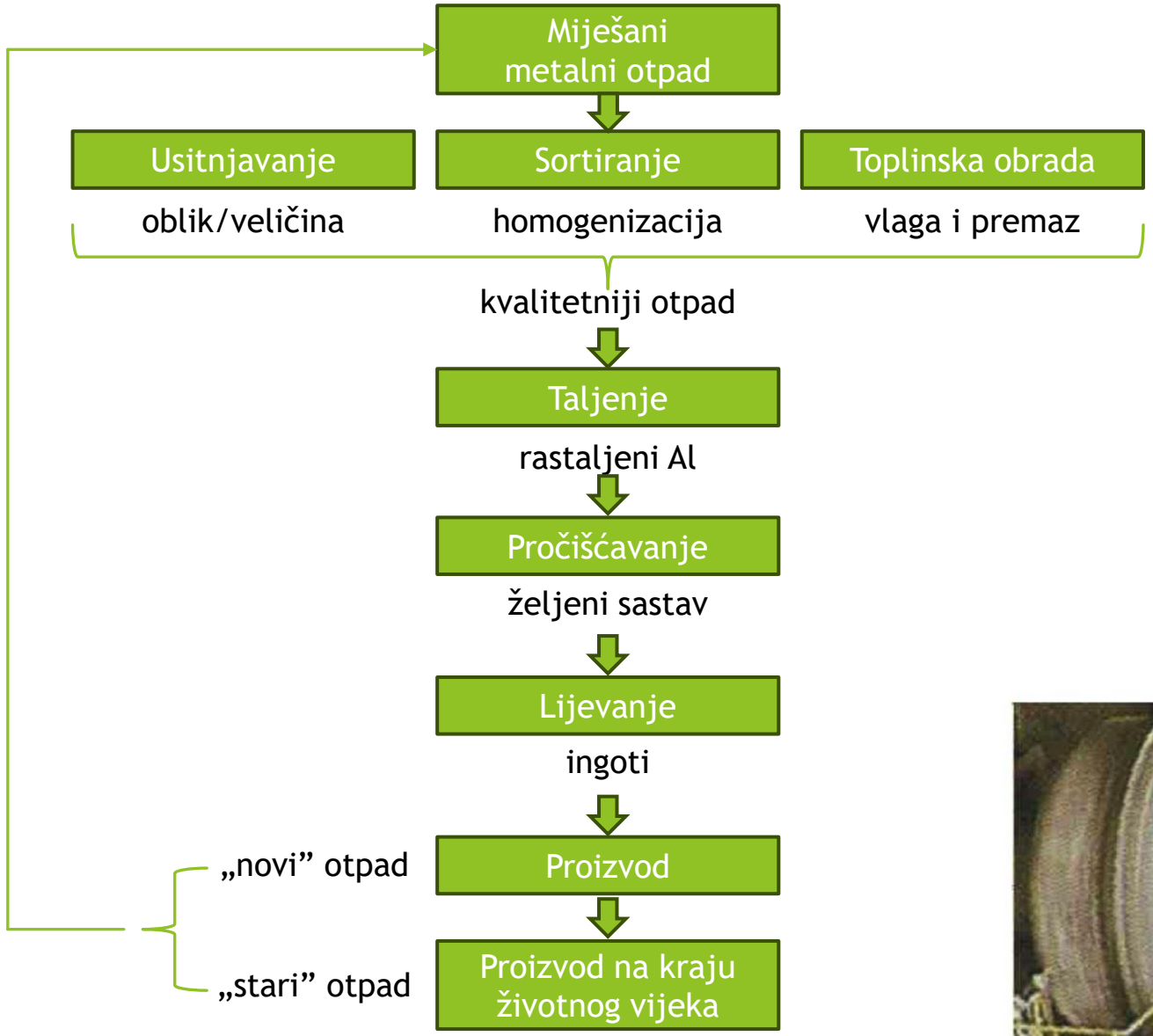
- Proizvodnja primarnog **aluminija** sastoji se od vađenja boksitne rude, konverzija Bayern procesom u Al-oksid i zatim konverzija u aluminij Hall procesom

boksit → Al_2O_3 $\qquad$ $2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2$

- Reciklirani aluminij se dobiva izdvajanjem iz metalnog otpada, rafinacijom i izlijevanjem u ingote, nema energetski intenzivnih Bayer i Hall procesa
- Energija potrebna za dobivanje primarnog Al iznosi 47 MJ/kg, za reciklirani je potrebno 2,4 MJ/kg → ušteda 94 % energije i 95 % manje stakleničkih plinova
- Jedna tona recikliranog Al štedi 8 tona boksita, 14.000 kWh energije, 6400 litara nafte i 350 kg CO_2

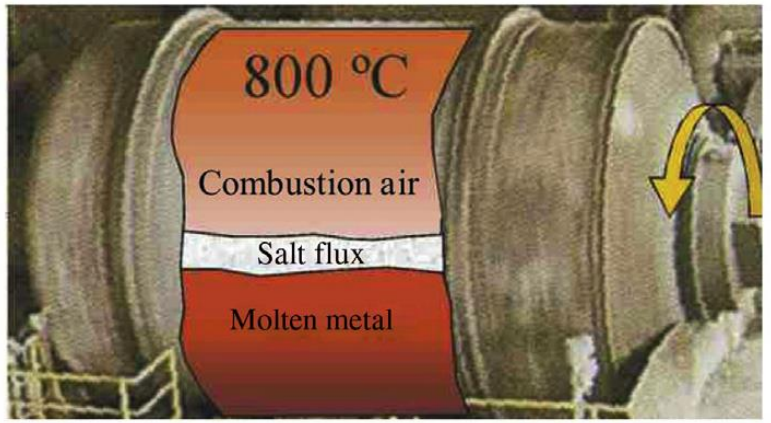
- **Bakar** se proizvodi pirometalurškim procesom iz rude, a zatim se elektrolitski pročišćava
- Primarna proizvodnja ima utrošak od 16,9 MJ/kg, za recikliranje Cu utrošak je 6,5 MJ/kg → ušteda 40 %
- Reciklirani **cink** štedi 25 %, a reciklirani **kositar** i **olovo** 99 % energije

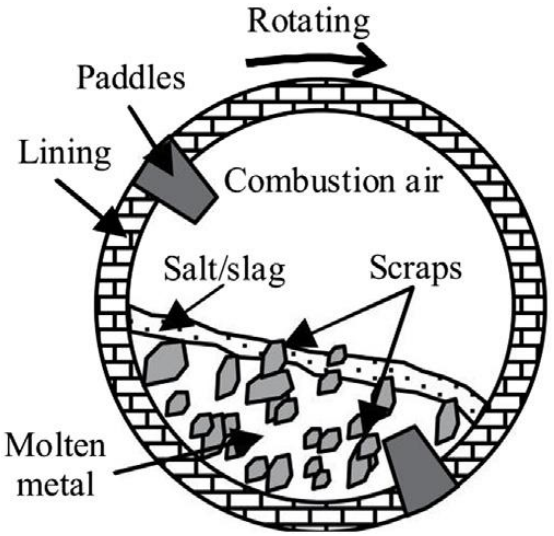
Recikliranje metalnog otpada



dijagram toka recikliranja Al

- usitnjavanje kako bi se dobila što manja frakcija koje se brže tali
- toplinska obrada uklanja vlagu iz otpada i premaze koji se mogu nalaziti na površini (boja, adhezivi, tinta, ulja,..)
- taljenje uz prisutnost soli (fluks) KCl-NaCl, KCl-$MgCl_2$ koje pomažu u uklanjanju Li, Ca
- ponekad se provodi i dodatno pročišćavanje isplinjavanjem da se ukloni otopljeni vodik
- aluminij željene čistoće se izlijeva u ingote koji se dalje prerađuju u konačne proizvode





RECIKLIRANJE ELEKTRIČNOG I ELEKTRONIČKOG (EE) OTPADA

- Uslijed brzog napretka tehnologije novi elektronski uređaji sve su pristupačniji, pa se u svijetu stvara nekoliko **milijuna tona** elektronskog otpada, godišnje
- Osim što se nagomilava u golemim količinama, ova vrsta otpada je **vrlo opasna** za prirodu i za zdravlje
- Razlikujemo 10 vrsta EE otpada
  - veliki kućanski uređaji: štednjaci, strojevi za pranje rublja, hladnjaci
  - mali kućanski uređaji: usisavači, glačala, tosteri, fenovi
  - informatička oprema (IT) i oprema za telekomunikacije: računala, pisači, kopirke, kalkulatori, telefoni, mobiteli
  - oprema široke potrošnje za razonodu: radio i TV, videokamere, hi-fi uređaji, glazbeni instrumenti
  - rasvjetna oprema
  - električni alati: bušilice, pile, šivaći strojevi
  - igračke, sportska oprema: videoigre, računala za biciklizam, trčanje,…
  - medicinski uređaji: uređaji za dijalizu, kardiološki uređaji, radioterapijska oprema
  - instrumenti za nadzor i upravljanje: detektori dima, termostati, instrumenti za nadzor
  - samoposlužni aparati: uređaji za izdavanje toplih napitaka, bankomati

Recikliranje električnog i elektroničkog otpada

- **EE otpad** klasificiran je kao **opasni otpad** i ne smije završiti u komunalnom otpadu, te se **mora skupljati odvojeno** od ostalog otpada, spada u **posebne kategorije otpada**, za koje je uspostavljen sustav **proširene odgovornosti proizvođača**
- Zbog opasnih tvari koje su sadržane u električnim i elektroničkim uređajima:
  - toksični metali, npr. berilij, kadmij, olovo, živa, šesterovalenti krom
  - bromirani usporivači gorenja (BFRs), npr. polibromirani bifenili (PBB), polibromirani difenil eteri (PBDE)

- Plastika - 3-4 kilograma prosječnog računala. Pri spaljivanju, u određenom temperaturnom intervalu mogu nastati otrovni plinovi PBDE, kao i mnogi organski halogenati. U računalu se nalaze različite vrste plastike (za tiskane pločice, za kućišta, omoti kabela), stoga ih je ponekad vrlo teško identificirati i reciklirati
- Teški metali u EE otpadu
  - **Cd** - sadrže ga otpornici, infracrveni čitači, poluvodiči
  - **Hg** - sadrže je svjetlosne žarulje u ravnim ekranima, sklopke, sva ožičenja u tiskanim pločama
  - **Be** - nalazi se na matičnim pločama i konektorima
  - **Pb** - koristilo se u katodnim cijevima (CRT), većina spojeva na pločama je zaštićena olovom
  - **Cr(VI)** - koristi se za zaštitu od korozije kod galvaniziranih čeličnih pločica i konektora
  - **P** - koristi se kao premaz unutarnje strane monitora

Recikliranje električnog i elektroničkog otpada

- U **Hrvatskoj** se godišnje kupi preko 100 tisuća računala
- Ta računala nakon svega 5-6 godine postaju dio EE–otpada
- Prosječan građanin EU tijekom života odbaci oko 1 tone EE-otpada
- EE-otpad važan je izvor sekundarnih sirovina, pa se u mnogim zemljama prikuplja i ponovno koristi ili reciklira
- EE-otpad javlja se i u komunalnom i u industrijskom otpadu, a troškovi njegova oporavka iznimno su visoki
- Znatno je lakše i ekonomski isplativije reciklirati veliki bijelu tehniku iz kućanstava (80-90 %) od računala
- Države EU proizvode od 4 do 15 kg (prosjek 11 kg) EE-otpada/god/ stanovniku, u HR 2024. g, oko 10 kg/god./stanovniku, količine rastu oko 10-15 % svake godine
- Stopa odvojenog skupljanja električnog i elektroničkog otpada za 2024. iznosila je 50 % što je 6 % više od 2023.
- Cilj je iznosio 65 % računato kao kvocjent mase električnog i elektroničkog otpada sakupljenog u promatranoj godini i prosječne mase električne i elektroničke opreme stavljene na tržište u prethodne tri godine (razdoblje od 2021. do 2023. godine)

Recikliranje električnog i elektroničkog otpada

- U Europi za E-otpad od početka 2003. g. objavljene su smjernice u Direktivi Europske unije – Direktiva iz 2008/98/EZ o otpadu i 2012/19/EU o otpadnoj električnoj i elektroničkoj opremi (**WEEE**) (Waste Electrical and Electronic Equipment) koja regulira prikupljanje i reciklažu E-otpada, u svim njegovim fazama
- U stvaranju direktiva sudjelovale su vodeće svjetske kompanije i brendovi, IT i foto industrije poput HP-a, Canona…
- Svaki proizvođač odgovoran je za svoje proizvode isporučene nakon kolovoza 2005. godine
- U skladu s lokalnim propisima, IBM (Lenovo) osigurava skupljanje i obradu proizvoda koje je stavio na tržište nakon 13. kolovoza 2005.

- Prepoznatljivi su po logou kante za smeće, koji se stavlja izravno na opremu, i također za proizvode stavljene na tržište prije 13. kolovoza 2005., kada se isti zamjenjuju s ekvivalentnim proizvodom ili proizvodom s istim funkcijama
- Lenovo nudi kupcima vraćanje i recikliranje otpadne električne i elektroničke opreme **iz domaćinstava i gospodarskih poduzeća** u Hrvatskoj (kućna i uredska računala)
- Vraćanje i moguće obnavljanje i **oporaba stručne električne i elektroničke opreme** (Asset Recovery Services) (serveri, radne stanice)

Primjer postupanja EE-otpadom:
oporaba tvrtke CE-ZA-R, Spectra media, Metis

- Sakupljač sav sakupljeni E otpad odvozi do svog područnog skladišta. Skladišta E otpada moraju udovoljavati propisima iz područja sigurnosti za opasan otpad:
- nadstrešnice za kontejnere, nepropusne podne površine, protupožarne uređaje i sve ostale uređaje propisane zakonom

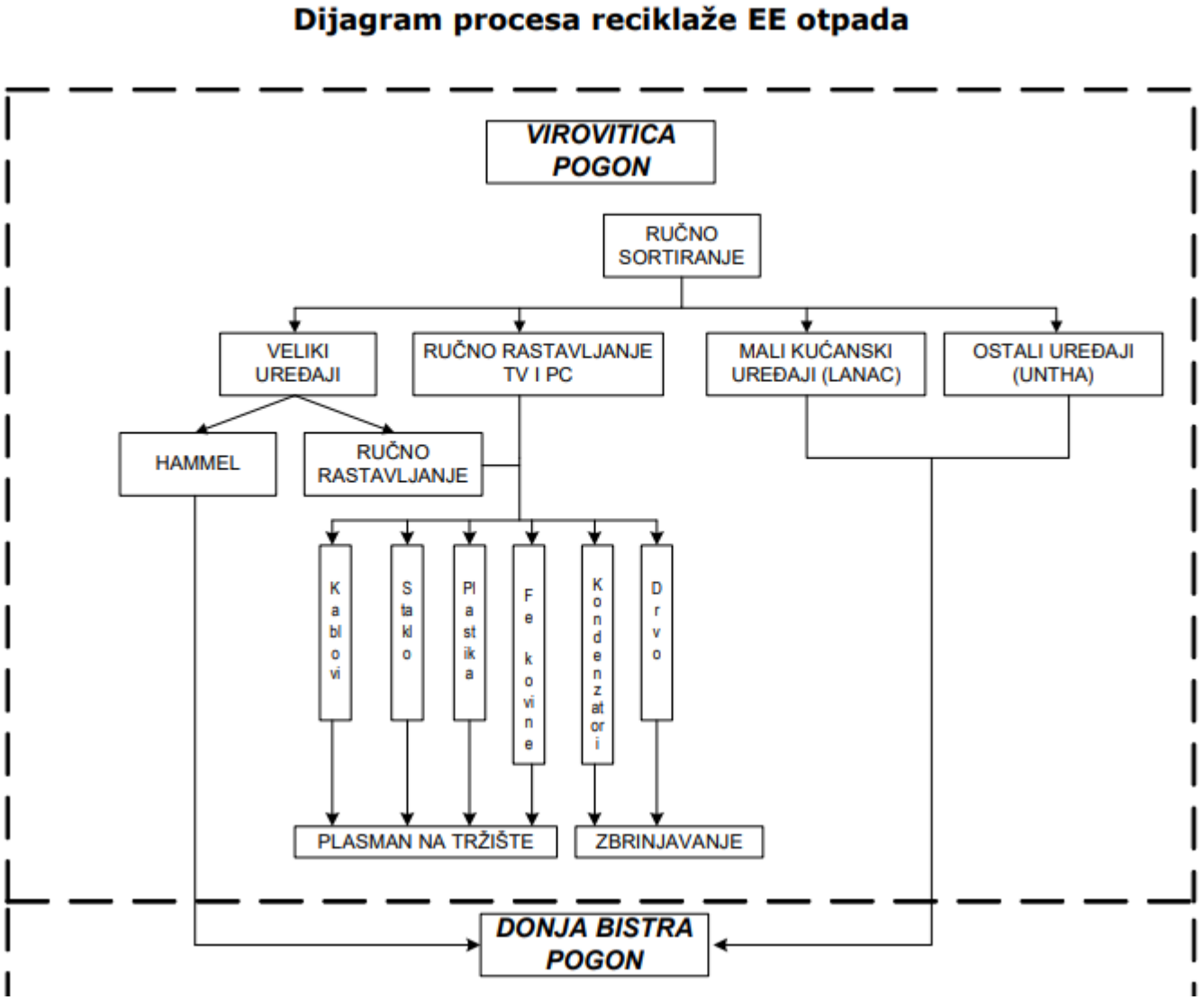
- Svaki područni sakupljač ima drobilicu žarulja, prijevoz drobljenih žarulja u bačvama je puno sigurniji jer fluorescentne i štedne žarulje sadrže Hg

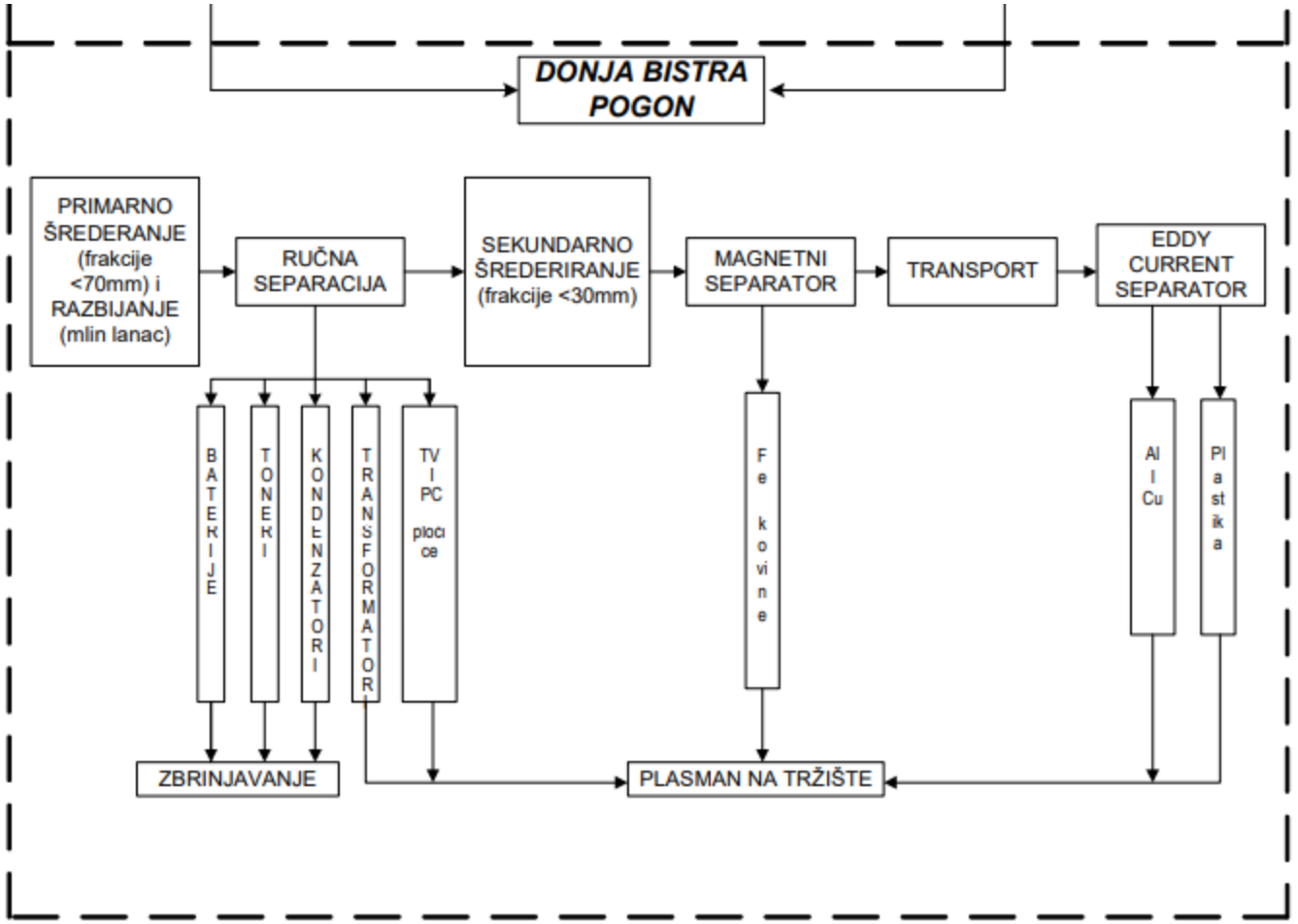
E-otpad podijeljen je u 10 kategorija:

- veliki kućanski uređaji → - CE-ZA-R
- mali kućanski uređaji → - METIS (Ist, Prim-Gor, Lič-Senj Ž.)
- oprema informatičke tehnike (IT) i oprema za telekomunikacije
- oprema široke potrošnje za razonodu
- rasvjetna oprema
- električni i elektronički alati
- igračke, oprema za razonodu i sportska oprema medicinski uređaji
- instrumenti za nadzor i upravljanje
- samoposlužni aparati

→ Spectra media

Primjer postupanja EE-otpadom:
oporaba tvrtke Spectra media





U oporabi EE otpada se primjenjuje mehaničko usitnjavanje i odvajanje. U Hrvatskoj se za sada ne rade složeniji procesi oporabe kao npr. izdvajanje plemenitih metala iz tiskanih ploča, dodatna oporaba bromirane plastike ili spaljivanje na visokim temperaturama

Recikliranje električnog i elektroničkog otpada

Bijela rashladna tehnika

- Tri glavna materijala u otpadnoj bijeloj tehnici su **metal, staklo i plastika**
- Željezni metali više od 50 %, obojeni do 10 %, 20-25 % plastike, ostatak ulja i rashladni medij
- **Prvi korak je uklanjanje ulja i rashladnog medija**
- **Prije** su se kao **rashladni medij** koristili **fluoroklorougljici** (CFC, HCFC) koji **oštećuju ozonski omotač**
- Danas su zabranjeni (ciklopentan kao rashladno sredstvo), ali se i dalje nalaze u starim uređajima (procjena da postoji u EU preko 100 milijuna takvih uređaja)
- Nakon sigurnog uklanjanja rashladnog sredstva i ulja ručno se uklanja prazni kompresor
- Ulje se odvaja od rashladnog plina i pročišćava, **odvojeni plin se komprimira** za ponovno korištenje
- Ručno se uklanjaju staklo, kablovi, prekidači koji sadrže Hg i kondenzatori i odvojeno se zbrinjavaju
- Ostatak je metal i plastika (ABS od kojeg se izrađuje kućište, poliuretani koji se koriste kao toplinska izolacija), odlaze na usitnjavanje
- Dalje se za razdvajanje koriste ranije prikazane metode (**magnet, vrtložne struje, cikloni**)
- **Usitnjavanje se provodi u inertnoj atmosferi** (N_2) jer je **ciklopentan** koji se koristi i kao sredstvo za napuhavanje PU spužvi **eksplozivan**

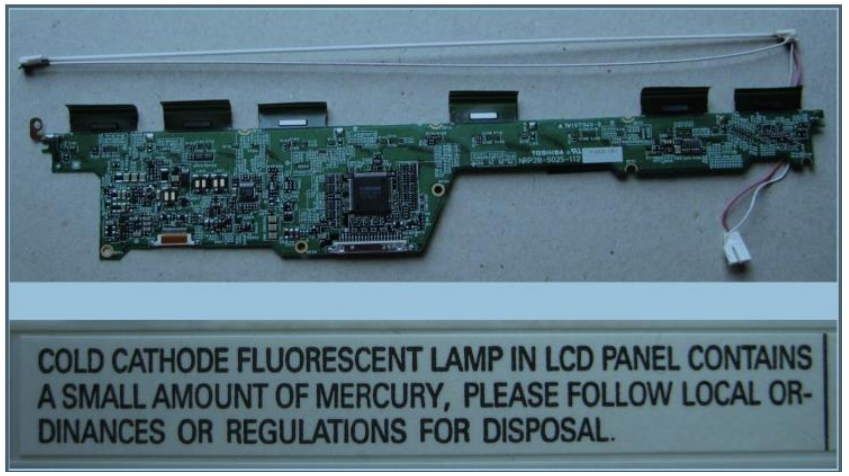
Recikliranje električnog i elektroničkog otpada

Bijela rashladna tehnika

https://www.youtube.com/watch?v=6o5VJiQVwyg

Recikliranje električnog i elektroničkog otpada

LCD/LED monitori



- **Prve generacije LCD monitora** su imale **pozadinsko osvjetljenje bazirano na živi → opasni otpad**
- Današnji LED monitori ne sadrže živu, ali još uvijek je veliki broj monitora starije generacije u upotrebi i godinama će završavati na otpadu
- LED monitori sadrže As, Ga ili CdS u slučaju LED monitora baziranih na kvantnim točkama (npr. Samsung QLED)
- Zbog sadržaja žive u LCD panelima nije ih moguće direktno drobiti već je potrebno **ručno rastavljanje**
- U skladu sa zahtjevima EU **monitori se moraju dizajnirati tako da se lako mogu rastaviti** – „*design for disassembly*” (DfD)
- Uklanjanje žive se odvija u kontroliranim, ventiliranim uvjetima kako bi se koncentracija držala ispod granične vrijednosti od 20 g/m^3
- Rastavljanjem se mogu dobiti frakcije: pocinčani čelik, aluminij, reciklabilna plastika (ABS, HIPS, polikarbonat), bakar iz kablova, indij iz ekrana, **tiskane elektroničke pločice (PCB)**

Recikliranje električnog i elektroničkog otpada

Tiskane elektroničke pločice (*printed circuit bord*, PCB)

- Mehanički i električki povezuje elektroničke komponente, sastoji se od **podloge od izolatorskog materijala** na kojoj se različitim postupcima oblikuje **vodljiva struktura**
- Podloga se tipično izrađuje od celuloznih vlakna impregniranih fenolnom smolom ili staklenih vlakana impregniranih epoksidnom smolom, koriste se i drugi materijali kao što su fluoropolimeri i keramika
- Sadrži brojne vrijedne i plemenite metale, Au, Ag, Pd, Sn, Ni, Cu, Al

Metal	Sadržaj (%)	Cijena ($/kg)	Vrijednost* ($)
Cu	9,7	3,6	349,2
Al	5,8	1,7	98,6
Ni	0,69	10,5	72,5
Sn	2,15	13	279,5
Ag	0,06	315	189
Au	0,023	24.434	5.620
Pd	0,01	6.100	610

* za tonu PCB-a

- profitabilnija ekstrakcija metala iz PCB-a nego iz rude
- najveća ekonomska vrijednost za Cu, Sn, Ag, Au i Pd

Recikliranje električnog i elektroničkog otpada

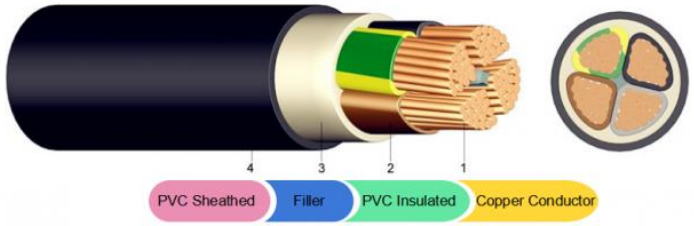
Tiskane elektroničke pločice (*printed circuit bord*, PCB)

- Prvi je korak ručno rastavljanje na komponente: baterije, kondenzatori, transformatori
- Slijedi drobljenje i usitnjavanje, razdvajanje pomoću magneta i vrtložnih struja
- Za izdvajanje željenih metala koriste se **pirometalurški** ili **hidrometalurški** proces
- **Pirometalurgija** uključuje spaljivanje u visokoj peći (*blast furnace*, BF) ili plazma peći, taljenje i sinteriranje i reakcije u plinskoj fazi na visokoj temperaturi
- **Hidrometalurgija** se sastoji od serije kiselinskog ispiranja ili jetkanja (halidi, tiourea, tiosulfat), nakon čega slijedi proces odvajanja i pročišćavanja adsorpcijom, ionskom izmjenom, redukcijom i kristalizacijom da bi se dobili željeni metali
- **Staklena vlakna** se izdvajaju iz drobljenih pločica **ciklonima**, dok se **polimerne smole spaljuje na visokim temperaturama** jer vrlo često sadrži bromirane usporivače gorenja

Recikliranje električnog i elektroničkog otpada

Recikliranje električnih i komunikacijskih kablova

- Vodiči – Al, Cu
- Izolacija – polimeri (PE, PVC, poliesteri)

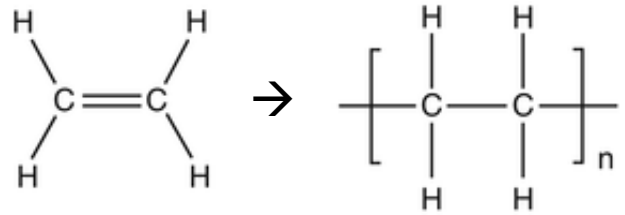


- moguće na tržište staviti kabel s izolacijom – najniža cijena
- razdvojene frakcije postižu najvišu cijenu

POLIMERNI/PLASTIČNI OTPAD

Polimeri

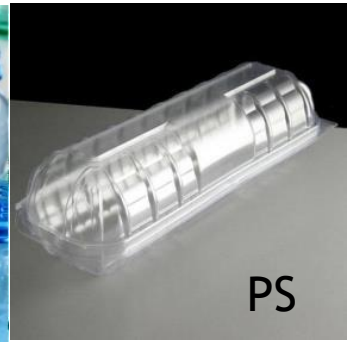
- Polimeri su (većinom) organski materijali, tj. molekule velike molekulske mase (makromolekule), koje nastaju sintezom molekula male molekulske mase (monomera) procesima polimerizacije gdje dolazi do kemijskog povezivanja monomera u makromolekulu
- Najjednostavniji polimer je polietilen, nastaje polimerizacijom etena (etilena)



$$n\ H_2C{=}CH_2 \rightarrow \text{-}[H_2C{-}CH_2]\text{-}$$

- Otkriveni su krajem 19. i početkom 20. stoljeća, masovna upotreba od 1930.-ih
- Molarne mase preko 50.000 g/mol pa sve do 6.000.000 g/mol
- **Većina se dobiva od nafte** (4 % godišnje proizvodnje nafte), mali udio je biljnog porijekla (celuloza, kitozan, prirodna guma)
- **Uglavnom nisu biorazgradljivi**

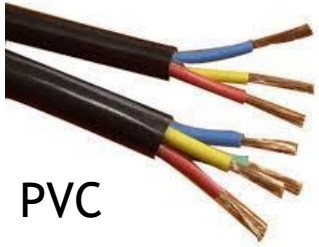
Polimerni/plastični otpad

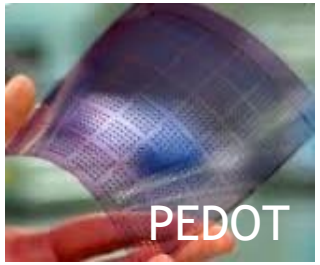


Ambalaža

stiren-butadien

Transport





Elektronika

Građevina

poliester

Odjeća

PE

Medicina

- lako se prerađuju
- jeftini
- lagani
- žilavi
- savitljivi
- široki raspon svojstava

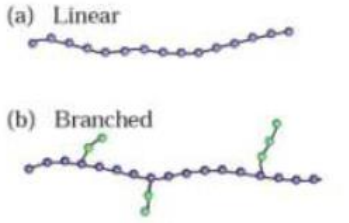
SAN

ABS

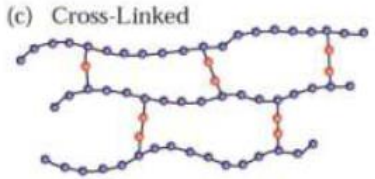
Kućanski uređaji

Polimerni/plastični otpad

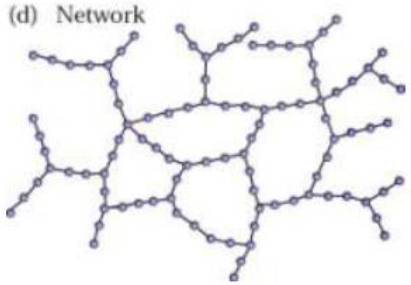
Vrste polimera



- **Termoplasti** – neumreženi, mogu biti linearni ili razgranati lanci
- **Mogu se višestruko taliti** bez gubitka svojstava
- Polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS),…



- **Elastomeri** – umreženi, kemijski povezani lanci
- Gumeni materijali, visoka istezljivost
- **Ne mogu se pretaljivati**

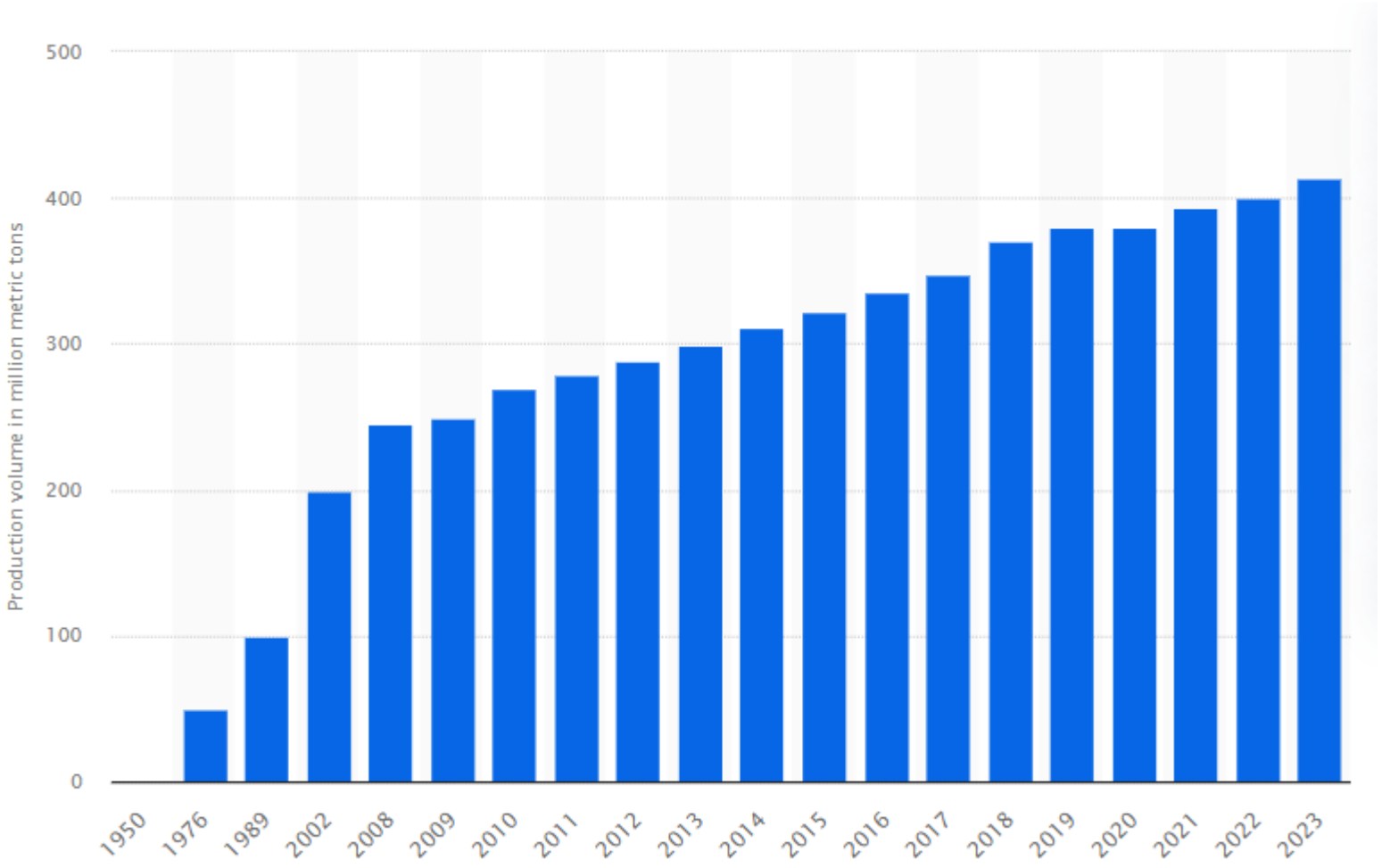


- **Termoseti** – gusto umreženi, kemijski povezani lanci
- Tvrdi i snažni materijali
- **Ne mogu se pretaljivati**
- Epoksidne, polisterske, alkidne smole,…

- **Termoplasti i termoseti** pripadaju u **plastiku** – karakteristična plastična deformacija

Polimerni/plastični otpad

Svjetska godišnja proizvodnja plastike



u milijunima tona

Polimerni/plastični otpad

Upotreba plastike po sektorima

- 40 % - ambalaža
- 20 % - građevina
- 10 % - auto industrija
- 6 % - elektronika
- 4 % - zabava i sport
- 3 % - agrikultura
- 17 % - ostalo

	% upotrebe	% u otpadu nakon 1. godine
Ambalaža	40	82
Elektronika	6	48
Auto industrija	10	31
Građevina	20	13
Ostalo	24	45

Polimerni/plastični otpad

- Neodgovorno odbačena plastika vidljivo i dugotrajno onečišćuje okoliš, ne uklapa se u prirodne kružne tokove – **nije biorazgradljiva**
- 75.000 do 300.000 t/god završi u morima u EU

Polimerni/plastični otpad

Zašto plastična ambalaža?

- Od sredine dvadesetog stoljeća dolazi do **značajnih promjena u načinu života** u razvijenim zemljama
- One su imale **veliki utjecaj na način pakiranja robe**, to se posebno odnosi na hranu i piće, ali i na svu ostalu robu široke potrošnje
- Smanjenje veličine obitelji jedinice, zbog smanjenog nataliteta. To je povećalo broj obitelji s jednim djetetom i povećalo broj jednočlanih i dvočlanih kućanstava nego ranije. To znači **zahtjev za manjim pakiranjima, tj. više pakiranja po kg hrane**
- Porast broja kućanstava u kojima su svi odrasli, rade izvan kuće. To znači manje formalnih obroka gdje su svi zajedno. Obroci su potrebni u različito vrijeme i s minimalnim pripremama
- Ovo donosi veću potražnju za praktičnošću u smislu veličine porcije i hrane koja se može pripremiti za jelo u kratkom roku
- Potreba za gotovim jelima i različitim formatima pakiranja

Polimerni/plastični otpad

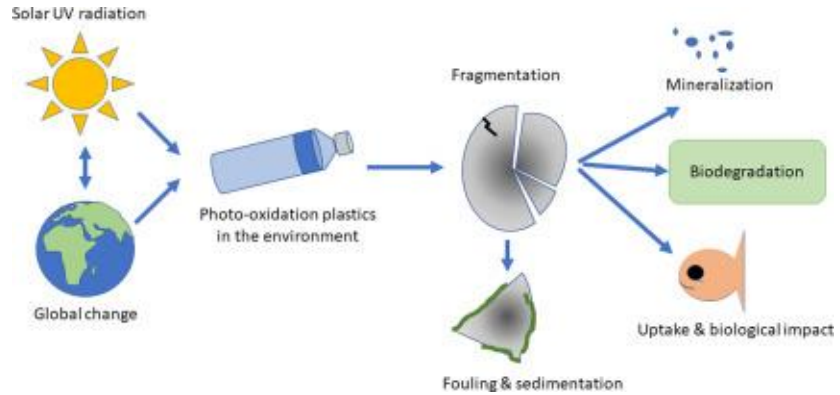
Zašto plastična ambalaža?

- **Oko 70 % ambalaže koristi se za hranu i piće**, ostali sektori su zdravstvena njega, kozmetički proizvodi, kemikalije, odjeća, električna i elektronička oprema → svi trebaju pakiranje kako bi se osiguralo da roba potrošaču ostane u prihvatljivom stanju
- Današnja globalna industrija pakiranja procijenjena je na više od 400 milijardi USD, grubo podijeljeno na 36 % papira i kartona, 34 % plastike, 17 % metala (čelik i aluminij) i 10 % stakla, ostatak se sastoji od materijala kao što su drvo i tekstil
- Prvi plastični materijali otkriveni u 19. stoljeću (PS, PVC), široka upotreba kao ambalažni materijal od 1940.-ih
- **Plastika je zamijenila tradicionalnije materijale (staklo, metal)**
  - Ambalaža za vodu i gazirana pića od PET-a umjesto stakla
  - Boce od HDPE za mlijeko umjesto stakla
  - Savitljive plastične vrećice za juhe, umake, hranu za kućne ljubimce
- Plastika je donijela **veću otpornost na lom od stakla**, omogućila **manju masu** pakiranja, što se odrazilo na ukupne manje troškove pakiranja i troškove prijevoza
- Npr. staklena boca od 500 mL ima oko 400 g, PET boca od 500 mL ima masu oko 10 g

Polimerni/plastični otpad

- Vizualno onečišćenje okoliša

- Razgradnja uslijed utjecaja okoliša (temperatura, UV zračenje, mehaničko naprezanja,…) vodi fragmentaciji plastike i nastanku **mikroplastike**



- Polimerne makromolekule su inertne i neopasne, **problem** predstavljaju niskomolekularni spojevi – **aditivi** koji se dodaju u plastiku

- antioksidansi, UV stabilizatori, usporivači gorenja, omekšavala (npr. ftalati u PVC-u) se mogu ispirati (*leaching*) u zemlju i vode

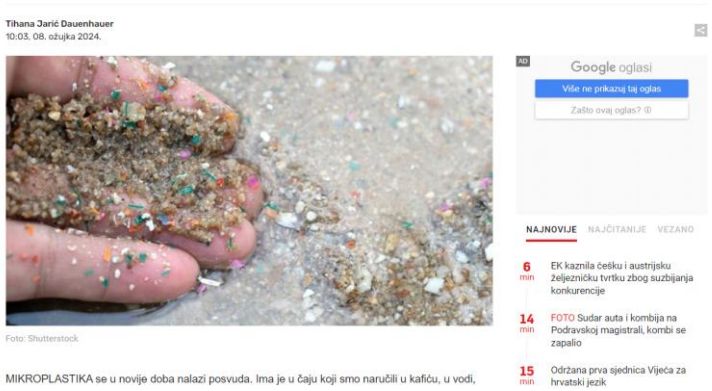
Polimerni/plastični otpad

- **Plastični otpad može biti i opasni otpad**
- ambalaža sredstava za čišćenje sadrži lužine i klorirane spojeve
- sredstva za zaštitu biljaka i uništavanja nametnika
- ostaci motornih ulja
- medicinski otpad – šprice, kateteri, sistemi za infuziju
- ostaci ljepila, boja i lakova – sadrže visoke udjele organskih otapala, pigmente na bazi teških metala

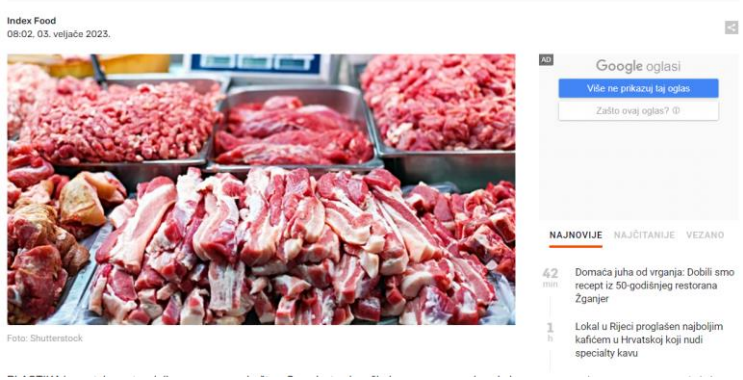
Polimerni/plastični otpad

Mikroplastika

Mikroplastika je posvuda. No, postoji način da je uklonite iz vode koju pijete



Koliko mikroplastike unosimo u tijelo? Nalazi se u mesu, mlijeku, ribi, vodi, zraku



Alarmantni rezultati studije: 'Pronašli smo mikroplastiku u baš svakoj posteljici koju smo testirali'

Mikroplastika je pronađena i u arterijama, krvi i majčinom mlijeku

NE MELJITE PLASTIKU Iz trgovina se masovno povlače mlinci za krupnu sol

Znanstvenici upozoravaju: Otkrivamo sve više mikroplastiku u ljudskim organima

ZABRINJAVAJUĆE SPOZNAJE

Ljudski mozak sadrži sve više plastike: Za 8 godina njen udio u mozgu porastao za 50 posto

Piše Marijana Matković, ponedjeljak, 26.8.2024. u 11:30

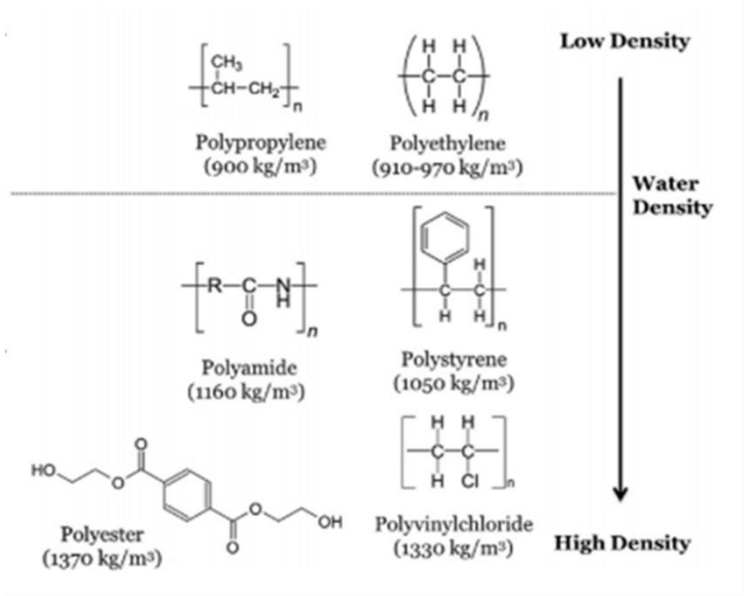
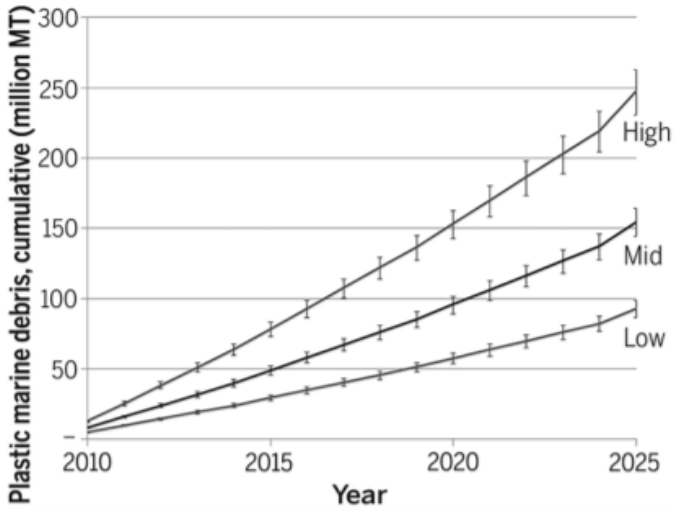
Polimerni/plastični otpad

Mikroplastika

- Mikroplastika (MP) su vrlo male, krute čestice sintetskih polimera
- Općenito, pojam "**mikroplastika**" se odnosi na **čestice manje od 5 mm**, prihvaćeno jer je to granična veličina koju može progutati većina organizama
- Novije definicije uključuju
- mezoplastika 1-5 mm
- mikroplastika 0,1-1 mm
- nanoplastika <0,1 mm

- Primarna MP je **proizvedena kao male čestice** i koristi se u specifičnim proizvodima, abrazivna **kozmetika i proizvodi za osobnu njegu** (*peeling* kreme), kao i za abrazivna sredstva za čišćenje
- može dospjeti u vodu putem postrojenja za obradu komunalnih voda
- Sekundarna MP nastaje **fragmentacijom polimernih materijala tijekom upotrebe**, **trošenje guma, pranje tekstilne odjeće**, i **raspadom većih plastičnih proizvoda**

Polimerni/plastični otpad

Mikroplastika

- Čestice MP **stvaraju biofilm** u morima i oceanima – smanjuju prodor svjetla važnog za vodene organizme
- Različiti tipovi MP na različitim dubinama
- Zbog fizikalno-kemijskih svojstava MP i visokog omjera površina/volumen, **različita vodena onečišćenja se mogu adsorbirati na površinu MP**, pa može djelovati kao **vektor za transport onečišćenja na velike udaljenosti**
- EU ograničila/zabranila korištenje MP u kozmetičkim proizvodima