

I. Čatić^{a*} i A. Mihajlović^b^a Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Ivana Lučića 5, 10 002 Zagreb^b Društvo inženjera plastičara i gumara, 11 040 Beograd, Srbija

Proširenje sistematizacije tvari i materijala – od atomske razine do složenih sustava

Članak *Polymers and non-polymers – a new systematisation of substances and materials* (Polimeri i nepolimeri – nova sistematizacija tvari i materijala) objavljen je u časopisu "Rubber-Fibre-Plastics" 2014. Tijekom vremena ustanovljeno je da je moguće poboljšanje sistematizacije uvođenjem triju razina. To su razine: *R-3*: Elementarne tvari i elementi, *R-2*: Kemijski spojevi i *R-1*: Prirodni anorganski, organski i organometalni spojevi. Bitno je proširena razina *R+6*: Sintetske anorganske tvari i materijali i Sintetske organske i organometalne tvari i materijali. Pokazalo se nužno definirati niz pojmova od kojih se ističu polimeri i polimer te polimerizat. Moguće je i naziv teksta "Sistematizacija tvari i materijala 2.0".

1. Uvod

Broj tvari i materijala trajno i sve ubrzanije raste. Od kemijskih spojeva građenih od atoma do onih koji postoje samo kao proizvodi od tih materijala (npr. gumeni i keramički proizvodi). Sve je nužnija sistematizacija tvari i materijala i to već od razine atoma. Time bi se postigla dva cilja. Prvo, bolje bi se uočila njihova pripadnost pojedinim osnovnim skupinama. Pripadaju li anorganskim ili organskim polimerima ili anorganskim ili organskim nepolimerima. Druga je nužnost da se uoči razlikovnost između prirodnih i umjetnih tvari i materijala.

Polazište za proširenje sistematizacije tvari i materijala je članak iz 2014.,^{1,2} koji je u hrvatskoj verziji ponešto proširen u ref.³ Tablica 1 prikazuje proširenu dopunjenu tablicu iz radova.¹⁻³ Proširenje se odnosi na uvođenje razine elementarnih tvari i elemenata – čestica na razini atoma (10^{-10} m) (razina *R-3*) kao i na uvođenje razine prirodnih anorganskih, organskih i organometalnih spojeva, te tvari i materijala na osnovi tih spojeva (razina *R-1*). Proširene su podjele na razinama *R+2*, *R+4* i *R+5*. Bitno opširnije je opisana razina *R+6*. Proširena je podjela sintetskih anorganskih i organskih polimernih i nepolimernih tvari i materijala. Definirani su najvažniji pojmovi.

2. Definicije

2.1. Materija, tvar i kemijska tvar

Danas se općenito *materija* dijeli na *tvar* (materija u klasičnom smislu) i *energiju*, koje su međusobno povezane relacijama teorije relativnosti i kvantne mehanike. Tvar, kao materija u klasičnom smislu, karakterizirana je masom.⁴

Kemijska tvar se definira kao materija stalnog sastava koju najbolje karakteriziraju entiteti (molekule, atomi) od kojih se sastoji. Fizikalna svojstva poput gustoće, refrakcijskog indeksa, električne vodljivosti, tališta itd., karakteriziraju kemijsku tvar.⁵

Prema REACH-u (engl. *Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of CHemicals*), *tvar* je kemijski element i njegovi spojevi u prirodnom stanju ili dobiveni proizvodnim postupkom, uključujući i dodatke (aditive) koji su nužni za održavanje stabilnosti te nečistoće koje proizlaze iz primijenjenog postupka, ali isključujući otapala koja se mogu izdvojiti bez utjecaja na stabilnost tvari i promjene njezina sastava.⁶

Tvar koja se pojavljuje u prirodi je tvar koja se u prirodi pojavljuje kao takva, neprerađena ili prerađena samo ručno, mehanički ili gravitacijski, otapanjem u vodi, flotacijom, ekstrakcijom vodom, parnom destilacijom ili zagrijavanjem isključivo radi uklanjanja vode, ili koja je na bilo koji način izlučena iz zraka.⁶

Tvar koja nije kemijski promijenjena je tvar čija kemijska struktura ostaje nepromijenjena i nakon što je podvrgnuta kemijskom postupku ili obradi ili fizikalnoj mineraloškoj pretvorbi, primjerice radi uklanjanja nečistoća.⁶

2.2. Atomi, elementi i elementarne tvari

Atom je najmanja čestica koja još uvijek karakterizira kemijski element. Sastoji se od jezgre pozitivnog naboja (*Z* je protonski broj, a *e* elementarni naboj) koja nosi gotovo svu svoju masu (više od 99,9 %) i *Z* elektrona koji određuju njezinu veličinu.⁵

Pojam *elementa* ima dva značenja, elementarne (jednostavne) tvari i elementa u užem smislu, što nema samo praktično nego, još više, načelno, filozofsko značenje.⁷ *Elementarna tvar* je čista tvar homogenog sastava, dok pojam *elementa* ukazuje na mogućnost kemijskog spajanja.⁷

U tablici 2 detaljnije je prikazana razina *R+6*.

Prema IUPAC-u, *kemijski element* se definira kao: "1. Vrsta atoma; svi atomi s istim brojem protona u atomskoj jezgri. 2. Čista kemijska tvar sastavljena od atoma s istim brojem protona u atomskoj jezgri. Ponekad se ovaj koncept naziva elementarna tvar za razliku od kemijskog elementa definiranog pod točkom 1, no uglavnom se izraz kemijski element primjenjuje za oba pojma."⁵

Kemijski element definira se i kao skup svih istovrsnih *atoma* u prirodi (svemiru), koji u jezgri imaju isti broj protona. Kemijski elementi mogu imati više *izotopa*. Stoga je kemijski element skup atoma jednog ili više izotopa. Kemijski element ne može se kemijskim metodama rastaviti na jednostavnije atome.⁸

Kemijski elementi mogu biti: metali, metaloidi i nemetali.⁹ Javljaju se u sva tri agregatna stanja: čvrstom (svi metali osim žive), kapljevitom (npr. živa) i plinovitom (npr. kisik).

Do 2014. u periodni sustav uvršteno je 114 elemenata, od kojih su oni s atomskim brojevima 1 do 98 nađeni u prirodi, a oni atomskih brojeva 99 do 112 te 114 i 116 sintetizirani u laboratoriju i potvrđeni od IUPAC-a, dok je za elemente 113, 115, 117 i 118 objavljena sinteza, ali ih IUPAC nije potvrdio.¹⁰

Metali su kemijski elementi građeni od atoma koji lako prelaze u pozitivne ione. Metali su kemijski elementi pri sobnoj tempera-

* Autor za dopisivanje: Profesor emeritus Igor Čatić
e-pošta: igor.catic@fsb.hr

Tablica 1 – Od kvarkova do kompozitnih i hibridnih materijala te kompozitnih i hibridnih proizvoda

P	Kompozitni i hibridni materijali i proizvodi					R+7
T	PROIZVODNJA KOMPOZITNIH I HIBRIDNIH MATERIJALA I PROIZVODA					
P	Sintetske anorganske tvari i materijali		Sintetske organske i organometalne tvari i materijali			R+6
T	KONTROLIRANE ANORGANSKE REAKCIJE		KONTROLIRANE ORGANSKE REAKCIJE (NEŽIVOVA)	KONTROLIRANE ORGANSKE REAKCIJE TVARI IZ BIOLOŠKE OSNOVE, UKLJUČUJUĆI BIOSINTEZU		
T	UMJETNA TEHNIKA					
P	NEŽIVI ANORGANSKI PRIRODNI PROIZVODI – stijene: magmatske (granit, bazalt); sedimentne (vapnenac, pješčenjak); metamorfne (mramor) – stijenski minerali: kamena sol (halit), kalcit, gips – metalne mineralne sirovine, rude (npr. željezna ruda)		NEŽIVI ORGANSKI PRIRODNI PROIZVODI – fosilne sirovine: prirodni plin, nafta, ugljen – sedimentne stijene: uljni škriljevci	ŽIVI ORGANSKI PRIRODNI PROIZVODI – samoniklo drvo i drvenaste biljke (npr. bambus) – samoniklo bilje: brnista, kopriva, maslačak, ricinus		R+5
P	NEŽIVI ANORGANSKI PROIZVODI		NEŽIVI I ŽIVI ORGANSKI PROIZVODI			
P			FITOPOLIMERI – polisaharidi: škrob, celuloza, pektin, alginati, agar (biljke) – proteini: zein, gluten (biljke) – polifenolni: lignin (drvo) – izoprenski: lateksi prirodnog kaučuka itd. (tropsko drveće)		ŽIVOTINJSKI POLIMERI – proteini: kolagen, želatina, keratin (npr.: kosti, koža, rogovi) – polisaharidi: glikogen (npr. mišići); hitin	R+4
P	ORGANSKI POLIMERI IZ ŽIVIH ORGANIZAMA					
P	ŽIVI ORGANIZMI (SVI SADRŽE BIOPOLIMERE) (mikroorganizmi: praživotinje, gljive, bakterije i neke alge; virusi i makroorganizmi)					R+3
P	PRIRODNO: – silikati – polisulfati – aluminijevi oksidi	PRIRODNO: – poliborati (boraks) – polisilikati (npr. kvarc) – polisilikoni – polisilani – poli(alumosilikati) (npr.: kaolinit, zeoliti)	PRIRODNO: – jantar kao fosilna smola iz drveta – kopal kao fosilna smola iz drveta	PRIRODNO: – proteini (bjelančevine, tj. polipeptidi) – nukleinske kiseline – polisaharidi – lateksi: prirodni kaučuk, gutaperka, balata, agar	PRIRODNO: – lipidi: voskovi, masti i ulja biljnoga ili životinjskog podrijetla – polifenoli (npr. taninska kiselina ili tanin biljnoga podrijetla) – kolofonij (prirodna smola)	
P	PRIRODNI NEPOLIMERNI ANORGANSKI MAKROMOLEKULNI SPOJEVI (nopolimeri)	PRIRODNI ANORGANSKI POLIMERI	PRIRODNI ORGANSKI POLIMERI (FOSILNE SMOLE) (nežive prirodne od živih organizama)	PRIRODNI ORGANSKI POLIMERI (BIOPOLIMERI) (žive prirodne – živi organizmi)	PRIRODNI NEPOLIMERNI ORGANSKI MAKROMOLEKULNI SPOJEVI (žive prirodne – živi organizmi)	R+2
	A	B	C	D	E	
P	Prirodne anorganske makromolekulne tvari i materijali (nežive prirodne – minerali)		Prirodne organske makromolekulne tvari i materijali (nežive prirodne od živih organizama) (žive prirodne – živi organizmi)			R+1
T	Geološki procesi neživoga		Biosinteza (sinteza u živom organizmu)			
P	MAKROMOLEKULNI SPOJEVI (TVARI)					R-0
	Prirodne anorganske tvari i materijali (npr.: voda; zrak; kisik; ugljik; ugljikov dioksid; amonijak; stijene; stijenski minerali: kvarc, mica, kalcit; metalne rude; pijesak; prirodna veziva: glina, ilovača; natrijev klorid; prirodna soda; mineralni pigmenti: željezni oksidni, boksit; sumpor; elementarno zlato)		Prirodne organske tvari i materijali (npr.: ugljikovodici: metan, etilen; esencijalne aminokiseline; proteini; drvo; celuloza; fosilna goriva: nafta, prirodni plin, ugljen; uljni škriljevci; biljni pigmenti: klorofil; fuleren)		Prirodne organometalne tvari i materijali (npr. karbonilni kompleksi, na granici anorganskih i organskih tvari i materijala)	R-1
	Prirodni anorganski, organski i organometalni spojevi					
P	Kemijski spojevi					R-2
P	Metali		Metaloidi		Nemetali	
	Elementarne tvari i elementi Elementi: atomi (10^{-10} m), elementi u užem smislu					R-3
P	Kvarkovi (10^{-20} m)					R-x
P	Materija					
T	PRIRODNA TEHNIKA					
T	OPĆA TEHNIKA					
	T – tehnika, postupci, procesi, P – proizvodi, R – razine					R

Tablica 2 – Od kontroliranih reakcija do kompozitnih i hibridnih materijala te kompozitnih i hibridnih proizvoda

P	Kompozitni i hibridni materijali i proizvodi						R+7
T	Proizvodnja kompozitnih i hibridnih materijala i proizvoda						
P	ANORGANSKE NEPOLIMERNE TVARI I MATERIJALI (NEŽIVOGA) – čelici, Al-slitine – mineralna umjetna gnojiva – pesticidi – veziva (npr.: cementi, vapno) – mineralni pigmenti i boje (npr. ultramarin) – anorganske kemikalije (npr.: kiseline, lužine, soli)	ANORGANSKI SINTETSKI POLIMERI (NEŽIVOGA) <i>Geopolimeri</i> – poli(silokso) – poli(sialati) – polifosfati – sintetski zeoliti – polisiloksani <i>Ostali</i> – poli(fosforna kiselina) – poliarsenati – polimeri koji sadrže sumpor – polimeri koji sadrže selenij	ORGANSKI SINTETSKI POLIMERI (NEŽIVOGA) – fosilna plastika: plastomeri i duromeri – sintetski kaučuci – plastoelastomeri – smjese polimera – polimerne legure – boje i lakovi – ljepila – ionske smole – eksplozivni (npr. celulozni nitrat)	Organske nepolimerne tvari i materijali – ugljikovodici (lančasti i prstenasti) – amini – alkoholi – eteri – esteri – aldehidi – organske kiseline – pesticidi (npr. karbamati) – tenzidi (npr. alkilbenzen-sulfonati) – organske boje i pigmenti (npr. čađa) – antibiotici – vitamini	POLIMERI DOBIVENI OD BIOMASE, TJ. OD PRIRODNIH I UZGOJENIH PROIZVODA (ŽIVOGA ILI ŽIVOGA+NEŽIVOGA) ORGANSKI SINTETSKI POLIMERI (npr.: PLA, bio-PE, bio-PET) KEMIJSKI MODIFICIRANI BIOPOLIMERI (npr.: modificirani celulozni polimeri, plastomerni škrob)	ORGANSKE NEPOLIMERNE TVARI I MATERIJALI DOBIVENI OD BIOMASE – bio-etanol – bio-dizel iz biljnih ulja – kompost za gnojiva – bioplina	
P	Sintetske anorganske tvari i materijali		Sintetske organske i organometalne tvari i materijali				R+6
T	Kontrolirane anorganske reakcije	Kontrolirane organske reakcije (neživoga)			Kontrolirane organske reakcije i obrada tvari iz biološke osnove, uključujući biosintezu		

turi čvrstoga agregatnog stanja, osim žive, koja je kapljevit, karakterističnoga su sjaja, kovnosti i istezljivosti, a dobri su vodiči topline i električne struje.¹⁰

Nemetali su skupina elektronegativnih kemijskih elemenata kojima pripadaju: halogeni elementi, plemeniti plinovi te vodik, ugljik, dušik, kisik, fosfor i selenij. Nemetali su kemijski elementi niske gustoće i savitljivosti, izraženih ionizacijskih svojstava i velike elektronegativnosti, ne provode električnu struju (osim grafita), a dolaze u plinovite, kapljevite i čvrstome agregatnom stanju.¹⁰

Elementarna tvar je makroskopski uzorak neke tvari koja se sastoji od istovrsnih atoma, odnosno od atoma određenog elementa. Elementarne tvari istog elementa mogu se po svojim svojstvima međusobno bitno razlikovati, što je posljedica različitog povezivanja istovrsnih atoma.¹¹

Do danas je poznato 118 vrsta atoma kemijskih elemenata te preko 600 njihovih elementarnih tvari.⁸ Kemijski element ugljik ima više oblika elementarne tvari, od nekoliko **alotropskih modifikacija** najpoznatije su dvije: dijamant i grafit. Dijamant i grafit su elementarne tvari istog kemijskog elementa i one se mogu pretvarati jedna u drugu.

2.3. Kemijski spojevi

Kemijski spojevi su složene čiste tvari stalnoga sastava, građene od atoma različitih elemenata.¹² Po fizikalnim i kemijskim svojstvima kemijski spojevi bitno se razlikuju od elemenata od kojih se sastoje. Po podrijetlu kemijski spojevi su *prirodni* ili *sintetski*, po sastavu *anorganski*, *organski* ili *organometalni*.¹² Organometalni spojevi su spojevi koji imaju veze između jednog ili više atoma metala (bor, silicij, arsen, selenij) i jednoga ili više atoma ugljika iz organilne skupine.⁵

Kemijski spoj se definira i kao tvar koja nastaje kemijskom reakcijom dviju ili više tvari. Prema vrsti kemijske veze spojevi mogu biti

ionski (npr. natrijev klorid ili NaCl), kovalentni (npr. polimerni) i kompleksni (npr. metalni karbonili).¹⁰

Kemijska reakcija je proces u kojemu iz kemijskih tvari nastaje nova kemijska tvar ili više njih. Sinteza je proces nastajanja kompleksnoga produkta iz jednostavnih reaktanata.¹⁰

Danas je poznato više od 20 milijuna kemijskih spojeva, a svakim se danom sintetiziraju novi. Četiri petine Zemlje pokriveno je jednim od najjednostavnijih kemijskih spojeva – vodom, a većina čvrstih tvari u prirodi smjese su kemijskih spojeva (drvo, zemlja, stijene). Živi organizmi sastoje se od vode i drugih kemijskih spojeva, a glavni sastojci hrane organski su spojevi (bjelančevine, masti, ugljikohidrati). Međutim, samo oko 1 % od poznatoga broja spojeva ima za sada tržišnu primjenu, a nazivaju se *kemikalijama*.¹²

*Organski spojevi*¹³ su **kemijski spojevi** koji sadrže **ugljik** (uz određene iznimke), a svi ostali spojevi pripadaju **anorganskim spojevima**. Organski spojevi nisu samo spojevi koji se nalaze u živom svijetu već se mnogi od njih sintetiziraju i umjetno u **laboratoriju**, a ne nalaze se u živim **organizmima**.

Jedan od kriterija za podjelu mogu biti spojevi koji se nalaze u prirodi ili su dobiveni umjetnim putem.

Prirodni spojevi odnose se na one proizvedene u **biljkama** ili **životinjama**. Mnogi od njih i dalje se pridobivaju iz prirodnih izvora, jer bi bilo preskupo umjetno ih proizvoditi. Primjeri tih spojeva su: većina **šećera**, neki **alkaloidi** i **terpenoidi**, određene hranjive tvari poput **vitamina B12**. Ostali spojevi koji su važni u biokemiji su: **antigeni**, **ugljikohidrati**, **enzimi**, **hormoni**, **lipidi** i **masne kiseline**, **nukleinske kiseline**, **proteini**, **peptidi** i **aminokiseline**, **lektini**, **vitamini** i jestive **masti** i **ulja**.

Sintetski spojevi odnose se na spojeve dobivene u laboratoriju ili pogonskim uvjetima, reakcijom između ostalih spojeva. To mogu biti spojevi koji su već pronađeni u biljkama ili životinjama ili oni spojevi kojih nema u prirodi. Većina **polimera** (koji uključuju **plastiku** i **elastomere**) organski su spojevi.

2.4. Makromolekula (molekula polimera), makromolekulni, polimerni

Prema IUPAC-u, definicija pojma “makromolekula” sadrži i definiciju pojmova “makromolekulni” i “polimerni” koji se upotrebljavaju kao pridjevi.

“1. Makromolekula je molekula visoke relativne molekularne mase, čija se struktura bitno sastoji od višestruko ponavljajućih jedinica izvedenih, zapravo ili konceptualno, iz molekula niske relativne molekularne mase. U mnogim slučajevima, osobito za sintetske polimere, može se smatrati da molekula ima visoku relativnu molekularnu masu ako dodavanje ili uklanjanje jedne ili nekoliko jedinica ima zanemariv učinak na molekularna svojstva. Ova izjava ne vrijedi u slučaju određenih makromolekula za koje svojstva mogu kritički ovisiti o sitnim detaljima molekularne strukture.

2. Ako dio ili cijela molekula ima visoku relativnu molekularnu masu i bitno sadrži višestruko ponavljajuće jedinice izvedene, zapravo ili konceptualno, iz molekula niske relativne molekularne mase, to se može opisati kao makromolekulni ili polimerni (u značenju pridjeva).⁵

2.5. Polimeri

Navodi se nekoliko definicija polimera. Pri tome se naglašava da je riječ *polimeri* potrební naziv za najviši ili vršni pojam.

Smisleno je upotrijebiti naziv *polimeri* kao skupno ime za prirodne i sintetske tvari i materijale kojih je osnovni sastojak sustav makromolekula (polimerne molekule).¹⁴

*Polimeri** su kemijski spojevi ili smjese spojeva koji se sastoje od ponavljajućih strukturnih jedinica nastalih polimerizacijom.¹⁵

Polimeri su tvari sastavljene od makromolekula, vrlo velikih molekula čija je molna masa od nekoliko tisuća do čak milijuna grama/mol.¹⁶

U Uredbi REACH definicija polimera glasi: “Polimer je tvar sastavljena od molekula za koje je karakterističan niz jedne ili više vrsta monomernih jedinica.” Molekularne mase tih molekula moraju biti raspodijeljene unutar područja u kojemu se razlike u molekularnoj masi mogu prije svega pripisati razlikama u broju monomernih jedinica.

Polimer sadrži:

- (a) više od 50 % masenog udjela molekula s najmanje tri monomerné jedinice koje su kovalentnom vezom povezane s najmanje jednom drugom monomernom jedinicom ili drugim reaktantom;
- (b) manje od 50 % masenog udjela molekula iste molekularne mase.

U kontekstu te definicije “monomerna jedinica” je izreagirani oblik monomerné tvari u polimeru,⁶ a “molekula polimera” je molekula koja sadrži niz od najmanje tri monomerné jedinice koje su kovalentno vezane za barem jednu drugu monomernu jedinicu ili drugi reaktant.¹⁷

Prema postanku polimeri mogu biti *prirodni* ili *sintetski*, a prema kemijskom sastavu *organski* ili *anorganski*.

Od monomera, molekule koja može reagirati s drugim molekulama monomera tvoreći duži polimerni lanac ili trodimenzionalnu mrežu, postupkom polimerizacije dobiva se *polimer*.^{**}

* Riječ *polimeri* je muškog roda i upotrebljava se isključivo u množini, svi polimeri. Odgovarajući nazivi su: e. polymers, f. polymère, nj. Polymere.

** Riječ *polimer* upotrebljava se isključivo u jednini: e. polymer, f. polymère, nj. Polymer.

Ako proizvod polimerizacije ne sadrži dodatke (aditive), naziva se *polimerizat*.^{***}

Dvostrukost riječi polimer

Postoji dvostrukost riječi *polymer* u engleskom jeziku. Zato se predlaže da se riječ *polimeri* upotrebljava kao opći, najviši ili vršni pojam. U tom slučaju bilo bi primjereno upotrebljavati riječ *polimerizat* za proizvod polimerizacije sukladno navedenoj definiciji.

Nepreciznost iskaza

Vrlo često se susreće rečenica: “Polimeri su zajednički naziv za plastiku i gumu”. U određenom kontekstu, tekstovima koji se bave samo plastikom i gumom, rečenica je prihvatljiva. No samostalno je neprecizna. “Sva plastika i guma su polimeri, ali svi polimeri nisu samo plastika i guma.”

2.6. Biosinteza i biopolimeri⁵

Biosinteza je proizvodnja kemijskog spoja od strane živog organizma.

Biopolimeri su makromolekule (uključujući proteine, nukleinske kiseline i polisaharide) koje stvaraju živi organizmi.

2.7. Prirodni polimeri¹⁸

Prirodni polimeri smatraju se rezultatom procesa polimerizacije koji se odvio u prirodi, neovisno o procesu ekstrakcije putem kojega su ekstrahirani. To znači da prirodni polimeri nisu nužno “tvari koje se pojavljuju u prirodi” kad ih se procjenjuje prema kriterijima utvrđenima Uredbom REACH.

Uzimajući u obzir prethodno navedeno, pojmovi “prirodni polimer” i “tvar koja se pojavljuje u prirodi” različiti su pojmovi koje ne bi trebalo miješati. Ključna razlika odnosi se na dopuštene metode ekstrakcije. Područje primjene prirodnog polimera odnosi se na širu skupinu neovisnu o postupku primijenjenom za ekstrakciju tvari iz prirode.

Druga je ključna razlika u tome je li do postupka polimerizacije došlo u prirodi ili je ona rezultat industrijskog postupka koji uključuje žive organizme. Na temelju Uredbe REACH i povezanih Smjernica ECHA-e (engl. *European Chemicals Agency*) polimeri proizvedeni postupkom industrijske fermentacije ne smatraju se prirodnim polimerima jer do polimerizacije nije došlo u prirodi. Stoga se polimeri koji nastanu biosintezom u postupcima umjetnog uzgoja i fermentacije u industrijskom okruženju, npr. poli(hidroksi-alkanoati) – PHA, ne smatraju prirodnim polimerima, jer nisu rezultat postupka polimerizacije do kojeg je došlo u prirodi. Općenito govoreći, ako se polimer dobiva industrijskim postupkom, a ista vrsta polimera postoji u prirodi, proizvedeni polimer ne smatra se prirodnim polimerom.

2.8. Proizvodi na biološkoj osnovi

Termin “proizvodi od biomase” odnosi se na proizvode koji u cijelosti ili djelomično potječu od biomase, kao što su: biljke ili životinje. Biomasa se može podvrgnuti fizikalnoj, kemijskoj ili biološkoj obradi. Biomasa je materijal biološkog podrijetla, isključujući materijale koji se nalaze u geološkim formacijama i/ili kao fosili. Primjer je celuloza, ali i plastika poput PLA.¹⁹

Norma EN 17228: 2019 relevantna je za plastiku dobivenu iz biomase.²⁰

*** *Polimerizat* se naziva: e. polymerizat, polymerisat, f. polymèrisat, nj. Polymerisat.

2.9. Kompoziti i hibridni polimeri

Kompozit je višekomponentni materijal koji se sastoji od više različitih (neplinastih) faznih domena u kojima je barem jedna vrsta fazne domene kontinuirana faza. Pjenasta tvar, koja je višefazni materijal koji se sastoji od plina raspršenog u kapljevinu ili krutini, obično se ne smatra kompozitom.⁵

Hibridni polimer je polimer ili polimerna mreža koja se sastoji od anorganskih i organskih komponenti. Primjeri uključuju anorgansko-organske polimere i organsko-anorganske polimere.⁵

3. Zaključak

Podjela tvari i materijala na polimere i nepolimere, opisana u ref.^{1–3} proširena je za razinu elementarne tvari na razini atoma i razinu prirodnih anorganskih, organskih i organometalnih spojeva te tvari i materijala na osnovi tih spojeva. Proširene su podjele na razinama $R+2$, $R+4$ i $R+5$. Proširena je podjela sintetskih anorganskih i organskih polimernih i nepolimernih tvari i materijala. Dane su definicije najvažnijih pojmova važnih za razumijevanje tablica 1 i 2 koje nisu u tom obliku predstavljene u prethodnim radovima.^{1–3} Načinjena je razlikovnost između riječi *polimeri* i *polimer* te ukazano na mogućnost uporabe riječi *polimerizat*.

Literatura

1. I. Čatić, G. Barić, M. Rujnić-Sokele, Polymers and non-polymers – a new systematisation of substances and materials, Rubber-Fibre-Plastics **9** (1) (2014) 50–57.
2. I. Čatić, G. Barić, M. Rujnić-Sokele, Polymers and non-polymers – a new systematisation of substances and materials, Polimeri **36** (1-2) (2015) 15–22. (identično s¹).
3. I. Čatić, Proizvodnja materijala i proizvodnja tvorevina, Svet polimera **23** (1-2) (2020) 11–15.
4. *materija*, Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., url: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=39401> (pristupljeno 18. 8. 2021.).
5. IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd Ed. (the "Gold Book"), Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson, Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). Online version (2019-) created by S. J. Chalk. ISBN 0-9678550-9-8, doi: <https://doi.org/10.1351/goldbook>.
6. UREDBA (EZ) br. 1907/2006 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 18. prosinca 2006. o registraciji, evaluaciji, autorizaciji i ograničavanju kemikalija (REACH) i osnivanju Europske agencije za kemikalije te o izmjeni Direktive 1999/45/EZ i stavljanju izvan snage Uredbe Vijeća (EEZ) br. 793/93 i Uredbe Komisije (EZ) br. 1488/94 kao i Direktive Vijeća 76/769/EEZ i direktiva Komisije 91/155/EEZ, 93/67/EEZ, 93/105/EEZ i 2000/21/EZ.
7. N. Raos, Elementi i elementarne tvari, Kem. Ind. **68** (7-8) (2019) 317–322, doi: <https://doi.org/10.15255/KUI.2019.008>.
8. URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Kemijski_element (pristupljeno 14. 8. 2021.).
9. *periodni sustav elemenata*, Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., url: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=47629> (pristupljeno 18. 8. 2021.).
10. Kemija – Struna, Hrvatsko strukovno nazivlje, Institut za hrvatski jezik i jezikoslovlje, url: <http://struna.ihjj.hr/browse/?pid=12> (pristupljeno 18. 8. 2021.).
11. *elementarna tvar*, Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., url: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=17682> (pristupljeno 19. 8. 2021.).
12. *kemijski spojevi*, Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., url: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=31168> (pristupljeno 18. 8. 2021.).
13. URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Organski_spoj (pristupljeno 21. 8. 2021.).
14. I. Čatić, Proizvodnja polimernih tvorevina, Društvo za plastiku i gumu, Zagreb, 2006.
15. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:472:ed-4:v1:en> (pristupljeno 16. 8.2021.).
16. URL: <https://iupac.org/polymer-edu/what-are-polymers/> (pristupljeno 16. 8. 2021.).
17. European Chemicals Agency – ECHA: Guidance for monomers and polymers, April 2012, Version 2.0 Guidance for the implementation of REACH.
18. OBAVIJEST KOMISIJE – Smjernice Komisije o plastičnim proizvodima za jednokratnu uporabu u skladu s Direktivom (EU) 2019/904 Europskog parlamenta i Vijeća o smanjenju utjecaja određenih plastičnih proizvoda na okoliš (2021/C 216/01).
19. EN 16575:2014: Bio-based products – Vocabulary.
20. EN 17228:2019: Plastics – Bio-based polymers, plastics, and plastics products – Terminology, characteristics and communication.



OBAVIJEST

Upravni odbor Hrvatskoga društva kemijskih inženjera i tehnologa obavještava sve članove o održavanju

REDOVITE GODIŠNJE e-SKUPŠTINE

koja će se zbog nepovoljne epidemiološke situacije održati elektroničkim putem putem ZOOM aplikacije

u petak, 10. prosinca 2021. u 10.00 h.