

# UTJECAJ KEMIJSKOG SASTAVA POLIMERA NA NJEGOVA UPORABNA SVOJSTVA

---

**Strmečki, Tomislav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:368631>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

UTJECAJ KEMIJSKOG SASTAVA POLIMERA NA NJEGOVA UPORABNA SVOJSTVA

Tomislav Strmečki

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Zavod za primijenjenu kemiju

ZAVRŠNI RAD

UTJECAJ KEMIJSKOG SASTAVA POLIMERA NA NJEGOVA UPORABNA SVOJSTVA

Doc.dr.sc. Iva Rezić

Tomislav Strmečki, 9996

Zagreb, 2018.

Završni rad je izrađen na Tekstilno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, na zavodu za primijenjenu kemiju.

Rad sadrži:

Broj stranica: 21

Broj tablica: /

Broj slika: 6

Broj literaturnih izvora: 13

Mentor: doc.dr.sc. Iva Rezić

Članovi povjerenstva: doc.dr.sc. Maja Somogy Škoc, doc. Helena Schultheis Edgeler,  
doc. Karlo Lelas (zamjena)

Rad je pohranjen u knjižnici Tekstilno-tehnološkog fakulteta, Prilaz baruna Filipovića 28a.

## ZAHVALE

Zahvaljujem svojoj mentorici doc.dr.sc. Ivi Rezić na potpori, pomoći te znanju koje mi je prenijela kao profesor studentu.

Također zahvaljujem svojim roditeljima i prijateljima što su bili uz mene puni razumijevanja i potpore.

## SAŽETAK

U ovom radu istraživana je utjecaj kemijskog sastava polimera na njegova uporabna svojstva. Govori se o polimerima općenito, o njihovoj strukturi, načinu dobivanja te nomenklaturi. Predstavljena je podjela polimera, kriteriji po kojima se oni dijele te skupine u koje se dijele. Zatim govorimo o svojstvima polimera općenito te detaljnije o mehaničkim i nemehaničkim svojstvima. Rad također govori o određivanju kemijskog sastava polimera te o apsolutnim i komparativnim metodama ispitivanja. Kvantitativna analiza polimernih materijala detaljno je objašnjena korak po korak. Nadalje govori se o uporabnim svojstvima polimera, načinima kako ih poboljšati uz navođenje primjera iz prakse. Po završetku rad govori o utjecaju polimera na okoliš, njihovoj štetnosti za biljni i životinjski svijet, ali i čovjeka, pogotovo u situacijama kada su nepravilno odloženi u prirodi. Pri tome je dan osvrt na pojavu biorazgradivih polimera i njihova svojstva, a na kraju rada govori se o reciklaži i uporabi određenih polimernih materijala što je danas jedan od glavnih prioriteta mnogih zakonodavnih okvira.

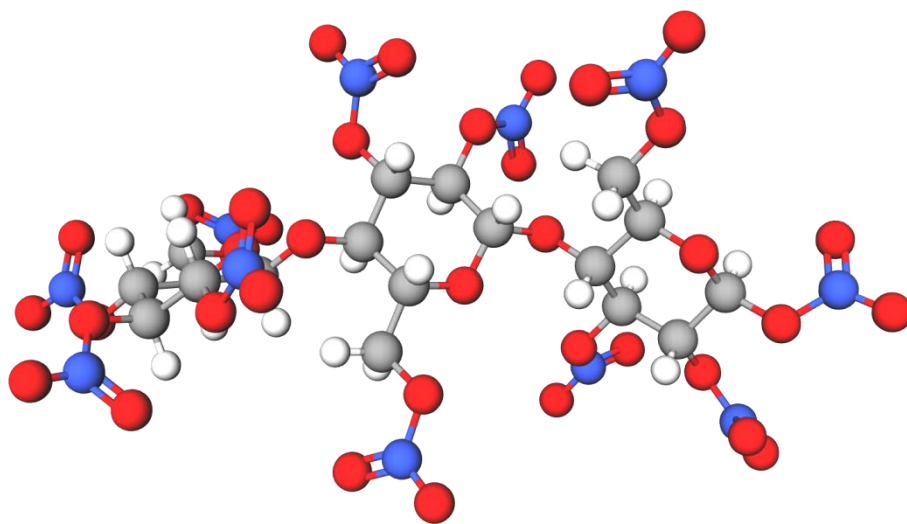
## SADRŽAJ

<b><u>1. POLIMERI</u></b> .....	Error! Bookmark not defined.	1
<u>1.1. O POLIMERIMA</u> .....		1
<u>1.2. PODJELA POLIMERA</u> .....		3
<u>1.3. SVOJSTVA POLIMERA</u> .....		5
<u>1.3.1. MEHANIČKA SVOJSTVA</u> .....		5
<u>1.2.1. NEMEHANIČKA SVOJSTVA</u> .....		7
<b><u>2. ODREĐIVANJE KEMIJSKOG SASTAVA POLIMERA</u></b> .....		9
<b><u>3. UPORABNA SVOJSTVA POLIMERA</u></b> .....		12
<b><u>4. UTJECAJ POLIMERA NA OKOLIŠ</u></b> .....		16
<u>4.1. BIORAZGRADIVI POLIMERI</u> .....		17
<u>4.2. OPORABA PET-a I RAZLIČITIH TIPOVA PE-a</u> .....		19
<u>4.3. OPORABA PVC-a</u> .....		19
<b><u>5. ZAKLJUČAK</u></b> .....		20
<b><u>6. LITERATURA</u></b> .....		21

# 1. POLIMERI

## 1.1. O POLIMERIMA

Polimeri su tvari koje mogu biti prirodne ili sintetske, a osnovni sastojak im je makromolekula, odnosno polimerna molekula. Makromolekula je molekula u kojoj je mnogo atoma organizirano tako da se duž makromolekule ponavljaju skupine atoma kao strukturne jedinice, tzv meri. Samo ime "polimer" dolazi iz kombinacije grčkih riječi *meros* (dio) te *polis* (mnogo). Polimeri po načinu dobivanja mogu biti prirodni, koji se još nazivaju biopolimeri te sintetski koji su umjetni. Po kemijskom sastavu polimeri mogu biti organski ili anorganski. Polimeri su pretežito organskog podrijetla te se sastoje uglavnom od ugljika, vodika, kisika i dušika te sadrže neke anorganske elemente poput bora, fosfora, sumpora i fluora koji su manje zastupljeni u sastavu. [1]



Sl.1. Razgranata struktura polimera[8]

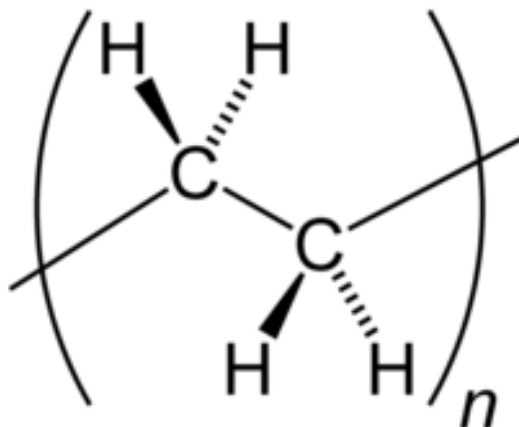
Makromolekule polimera mogu biti linearne, granate ili umrežene strukture, a oblik molekule uvjetovan je prostornim razmještajem atoma unutar molekule. Polimerne molekule imaju velik broj strukturnih prostornih oblika, što je određeno njihovom



makromolekulskom prirodom. Ovisno o nadmolekularnoj strukturi polimeri mogu biti amorfni, kristalni, kristalasti te kapljeviti kristalni. Amorfni polimeri nemaju nikakav pravilan poredak molekula, dok kristalni imaju veliku geometrijsku pravilnost. Kristalasti polimeri građeni su od kristalnih i amorfni područja što znaci da sadrže područja koja su geometrijski uređena te ona koja nemaju nikakvu uređenost. Kapljeviti kristalni polimeri su oni polimeri čije molekule orijentiranjem ne stvaraju kristalnu strukturu već stvaraju međufazu između uređenosti bliskog poretka kapljevina te trodimenzionalne uređenosti kristala. [1]

Polimeri se dobivaju sintetskim metodama procesa polimerizacije, a u nekim slučajevima mogu se dobivati i modifikacijama prirodnih makromolekula. Polimerizacija je kemijska reakcija u kojoj se monomeri povezuju kovalentnim vezama i tako stvaraju polimere. Bitno je razlikovati pojam "polimer" od pojma "polimerni materijal". Naime polimer je rezultat polimerizacije, ali on nije nužno i polimerni materijal zato što mu se svojstva mogu mijenjati tijekom preradbe fizikalnim i kemijskim postupcima pomoću dodavanja određenih dodataka (omekšavala, punila, ojačavala itd.). [4]

Nomenklatura polimera zasniva se na tri principa. Prvi princip je prema nazivu monomera i on se upotrebljava za polimere koji se sastoje od jednog monomera te mu se u naziv dodaje prefiks *poli* (npr. polietilen). Ostala dva principa imenovanja zasnivaju se prema ponavljajućim konstrukcijskim jedinicama i njihovim strukturama te se za takve polimere preporučuje IUPAC-ova nomenklatura makromolekula. Također se dozvoljava upotreba trivijalnih imena. [1]



**Sl.2.** Monomerna jedinica polietilena[9]

## 1.2. PODJELA POLIMERA

S obzirom na njihova svojstva i karakteristike polimeri se mogu podijeliti na više načina, a to su: podjela prema porijeklu, podjela prema obliku makromolekule, podjela prema vrsti ponavljajućih jedinica, prema termomehaničkom ponašanju, prema uređenosti makromolekularne strukture i podjela prema reakcijskom mehanizmu polimerizacije. [3]

### 1. Prema porijeklu:

prema porijeklu polimeri se dijele na prirodne i sintetske. Prirodne polimere možemo naći u prirodi gdje se pojavljuju kao sastavni dijelovi životinjskih tkiva te biljaka.

### 2. Prema obliku makromolekule:

prema obliku makromolekule polimeri mogu biti ravnolančani, razgranati, umreženi i trodimenzionalni. Ravnolančani polimeri imaju visok stupanj simetrije te zbog velikog broja ponavljajućih jedinica krajnje (terminalne) skupine nemaju značajan utjecaj na konačna svojstva polimera. Razgranati polimeri sastoje se od osnovnog linearnog lanca koji ima na sebe vezan određen broj bočnih skupina (lanaca). Veličina i raspored

vezivanja bočnih lanaca ovisi o vrsti polimera. Umreženi polimeri nastaju kada bočni lanci u sebi sadrže određen broj funkcionalnih skupina te njihovom interakcijom dolazi do nastajanja kovalentnih veza. Trodimenzionalni polimeri nastaju pri naknadnom povezivanju linearnih makromolekula kovalentnim vezama. Najpoznatiji proces za dobivanje takvih polimera je proces vulkanizacije.

3. Prema vrsti ponavljajućih jedinica:

prema vrsti ponavljajućih jedinica postoje homopolimeri i kopolimeri. Homopolimeri građeni su od samo jedne vrste mera (npr. polietilen, polipropilen), a kopolimeri su građeni od dvije ili više vrste mera (npr. poli(etilen-tereftalat)).

4. Prema termomehaničkom ponašanju:

prema termomehaničkom ponašanju polimeri se dijele na plastomere, elastomere i duromere. Plastomeri ili termoplasti su oni polimeri koji omekšavaju pri zagrijavanju, a po prestanku zagrijavanja i procesom hlađenja ponovo otvrdnjavaju. Elastomeri su oni polimeri koji imaju svojstvo elastične deformacije i pri sobnoj temperaturi su u gumastom stanju. Duromeri ili duroplasti su oni polimeri koji imaju sposobnost podnošenja visokih temperatura pa tako pri zagrijavanju ne omekšavaju.

5. Prema uređenosti makromolekularne strukture:

prema uređenosti makromolekularne strukture polimeri se dijele na amorfne i kristalaste. Amorfni polimeri imaju nepravilan raspored molekula i nemaju trodimenzionalnu kristalnu uređenost, a kristalasti polimeri imaju pravilan raspored molekula zbog djelomično kristalno uređenih područja.

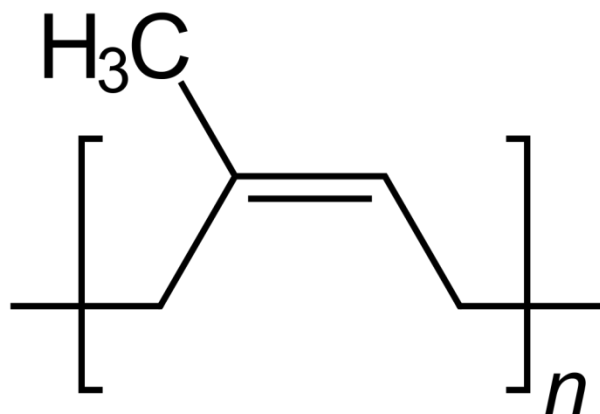
6. Prema reakcijskom mehanizmu polimerizacije:

prema reakcijskom mehanizmu polimerizacije postoje adicijski i kondenzacijski polimeri. Adicijski ili lančani polimeri nastaju polimerizacijom uz pucanje dvostrukih

veza. Kondenzacijski ili stupnjeviti polimeri dobivaju se reakcijom funkcionalnih skupina monomera uz nastajanje nusprodukta (voda, alkohol itd.). [5]

### 1.3. SVOJSTVA POLIMERA

Svojstva polimera definirana su standardnim metodama ispitivanja. Dijele se na mehanička i nemehanička svojstva. Pod mehanička svojstva spadaju ona svojstva koja su uvjetovana ponašanjem materijala pod utjecajem mehaničkih naprezanja, a to su: čvrstoća, žilavost i tvrdoća. Nemehanička svojstva su gustoća, toplinske i električne karakteristike, ponašanje pri djelovanju agresivnih medija te toksičnost. [5]



Sl.3. Monomerna jedinica poliizoprena[10]

#### 1.3.1. MEHANIČKA SVOJSTVA POLIMERA

Mehanička svojstva polimera govore nam kako se određeni polimer ponaša pri djelovanju neke vanjske sile te dolazi li prilikom tog djelovanja sile do deformacije

polimera. Postoje tri vrste deformacija, od kojih je prva elastična ili hookova deformacija koja je povratna te je karakteristična za mnoštvo čvrstih tijela. Plastična deformacija nije povratna što znači da se polimer ne vraća u stanje u kojem je bio prije djelovanja sile zbog koje je došlo do plastične deformacije. Viskoelastična deformacija definirana je kao kombinacija elastične i plastične deformacije te je karakteristična za elastična nekapljevita tijela. [6]

Čvrstoća je definirana kao maksimalno naprezanje koje vlakno može podnijeti bez prekida, a naprezanje se definira kao sila koja djeluje na jedinicu površine. Kod polimera razlikujemo krte i plastične lomove. Krsti lom definiran je kao iznenadni lom materijala uz relativno malu deformaciju (istezanje). Plastični lom definiran je kao lom pri kojem je pristupa značajna deformacija materijala prije trenutka u kojem dolazi do loma. Kako su krsti i plastični lom karakterizirani kao ekstremna ponašanja materijala mora se reći da je svaki rezultat loma polimernih materijala najčešće u određenom rasponu između ove dvije vrste loma. Prilikom ispitivanja najčešće se govori o vlačnoj čvrstoći materijala pomoću koje se opisuje otpor materijala prilikom istezanja. Osim vlačne, postoje još i tlačna te savojna čvrstoća i njihove su vrijednosti u pravilu bliske vlačnoj čvrstoći. Aparat za ispitivanje čvrstoće vlakna naziva se dinamometar te se na njemu ispituje uzorak materijala standardiziranih dimenzija.

Žilavost je sposobnost materijala da pruža otpor na krsti lom jer plastičnom deformacijom uspijeva razgraditi naprezanja. U ovom slučaju mjeru otpornosti na lom možemo definirati kao energiju koja je potrebna da dođe do razdvajanja čestica uzrokovanog oštrim zarezom pri čemu se određuje udarni rad loma. Ta energija ovisi o mnoštvu čimbenika kao što su vrsta materijala, vrsta opterećenja, temperatura, a u slučaju da dođe do nastajanja pukotine tada ovisi i o njenom smjeru i načinu širenja. Sposobnost materijala da se plastično deformira prije nego što dođe do loma naziva se duktilnost, a

svojstvo materijala da se lomi bez prethodne plastične deformacije naziva se krtost ili krhkost.

Tvrdoća je svojstvo koje predstavlja otpornost materijala prema prodiranju nekog drugog, tvrdog tijela, a još se može i izraziti kao otpornost materijala prema plastičnoj deformaciji. Mjerenje tvrdoće je jedan od najzastupljenijih postupaka ispitivanja mehaničkih svojstava jer je mjerenje brzo i jednostavno. Materijal s većom tvrdoćom otporniji je na trošenje. Jedan od najstarijih načina mjerenja tvrdoće je grebanje materijala jedan o drugi. Za ocjenu tvrdoće pri ovom postupku koristi se tzv. Mohsova skala tvrdoće. Ona ima vrijednosti od nula do deset, pri čemu je sa ocjenom nula talk najmekši materijal, a dijamant je sa ocjenom deset najčvršći. Danas se tvrdoća određuje tako da se mjeri sila koja je potrebna da se penetrator utisne u materijal koji ispitujemo te se mjeri površina otiska na temelju čega se izračunava tvrdoća kao omjer sile i površine. Danas se koriste metode poput one po Brinellu, po Vickersu i po Shoreu te one sve rade na opisanom principu. [1]

### **1.3.2. NEMEHANIČKA SVOJSTVA POLIMERA**

Gustoća je definirana kao omjer mase i volumena. Strukture makromolekula sastoje se najčešće od relativno lakih elemenata pa su gustoće polimernih materijala relativno male. Toksičnost je jedno od svojstava koje može predstavljati problem. Određeni monomeri i aditivi koji se koriste pri proizvodnji polimernih materijala mogu imati štetno djelovanje na ljude i okoliš. Najveći je problem za čovjekovo zdravlje isparavanje polimernog materijala do kojeg dolazi zbog nepotpune polimerizacije, odnosno nepotpunog očvršćivanja polimernog materijala. Srećom, ekološki zahtjevi za pojedine komponente materijala koje su otrovne sve su stroži pa te komponente sve više nestaju

sa tržišta. Neki od polimera koji su bili problem zbog toksičnosti su npr. polikarbonati, PVC. [1]

Toplinska svojstva mogu se poboljšati aditivima i pojačalima. Ona su su vrlo važna za praktičnu primjenu te su polimeri u pravilu svi dobri toplinski izolatori. Postoje tri različita deformacijska stanja u kojima se polimer može naći tijekom zagrijavanja i hlađenja. Prvo je staklasto stanje u kojem polimerne molekule i njihovi dijelovi nisu pokretni, već to stanje određuje uređenost strukture. Zagrijavanjem polimera do temperature staklišta on prelazi u visukoelastično ili gumasto stanje. Po nastavku zagrijavanja polimer prelazi u kapljasto stanje gdje je pokretljivost polimernih molekula jako velika i polimer počinje lagano teći.

Električna svojstva polimera ovise o njihovoj kemijskoj strukturi. Polimeri imaju dobra dielektrična svojstva pa se mogu koristiti kao električni izolatori. Neki polimeri koji su u potpunosti zasićeni ne sadrže dvostruku vezu te su oni karakteristični izolatori jer nemaju slobodnih elektrona koji bi prenosili električnu struju.[1] Zbog toga oni mogu zadržavati električni naboj te pri kontaktu s nekim vodičem ga čak mogu i otpustiti u obliku iskre. Zbog ovakvih slučajeva polimerima se dodaju antistatici kako bi se spriječilo otpuštanje naboja.

Otpornost na djelovanje agresivnih medija izuzetno je važno u praksi. Polimeri imaju vrlo dobru otpornost na djelovanje agresivnih medija. Razne organske otopine uspješno prodiru u strukturu polimera te tako uzrokuju bubrenje i otapanje polimera. Do toga dolazi zato što su mnoge organske otopine po strukturi slične polimerima. Bubrenje je proces povećanja volumena do kojeg dolazi kada neka čvrsta tvar ili gel apsorbira kapljevину ili plin. Otapanje polimera odvija se u dva stupnja. U prvom stupnju dolazi do prodiranja molekula otapala među makromolekule polimera i to uzrokuje nastajanje nabubrene, tj. gelaste mase. U drugom stupnju dolazi do potpunog otapanja te nastaje

polimerna otopina. Proces otapanja relativno je spor proces te se na njegovo ubrzavanje može utjecati povećanjem temperature i miješanjem, dok se bubrenje također može ubrzati povećanjem temperature.[1]

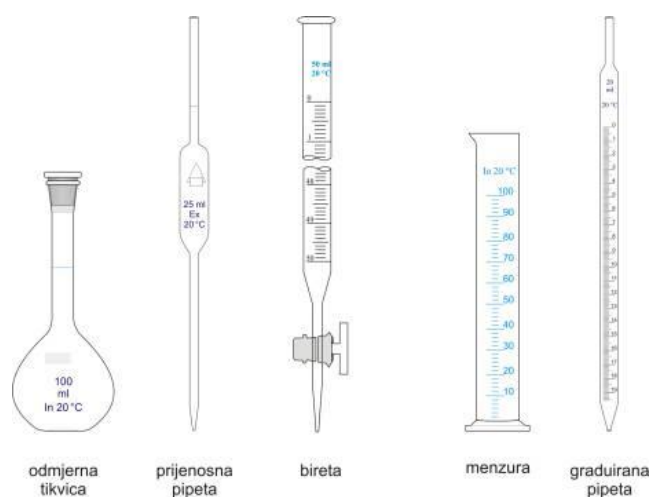
## **2. ODREĐIVANJE KEMIJSKOG SASTAVA POLIMERA**

Kemijski sastav tvari određuje se kemijskom analizom. Uzorak za kemijsku analizu mora se sastojati od analita i matrice. Analit je tvar koja se obrađuje, a matrica je tvar u kojoj se nalazi analit. Postoje dvoje vrste kemijske analize: kvalitativna i kvantitativna. Kvalitativnom analizom utvrđujemo od kojih je kemijskih elemenata građena neka tvar, tj. njen kemijski sastav. Kvantitativna analiza govori nam podatak o količini te međusobnom omjeru sustavnih dijelova tvari. Kvalitativna i kvantitativna analiza usko su povezane zato što se ne može napraviti kvantitativna analiza bez poznavanja kvalitativnog sastava tvari koju analiziramo. Kvantitativne metode dijelimo na apsolutne, koje se još nazivaju kemijske ili klasične te na usporedbene, koje se još nazivaju fizikalne ili instrumentalne. Tipična kvantitativna analiza daje rezultate iz dvije vrste mjerenja: 1. Mjerenjem mase ili volumena uzorka za analizu, 2. Mjerenjem nekog svojstva koje je razmjerno količini analita u tom uzorku. [5]

Apsolutne (kemijske ili klasične) metode su: gravimetrija, titrimetrija, volumetrija, elektrogravimetrija, termogravimetrija i kolumetrija. Analitičke metode svrstavaju se prema prirodi završnog mjerenja. Gravimetrijskim metodama određujemo masu spoja koji je u poznatom kemijskom odnosu s analitom. Volumetrijskim metodama određuje se volumen otopine reagensa koji je potreban za potpunu reakciju sa analitom. Elektroanalitičkim metodama mjere se svojstva poput potencijala, jakosti struje, količine elektriciteta i otpora. Apsolutne (kemijske ili klasične) metode temeljene su uglavnom na kemijskim reakcijama u vodenim otopinama. [5]



U posljednjih pola stoljeća razvijene su nove metode koje se nazivaju komparativne (fizikalne ili instrumentalne) metode. Takve metode jako su pogodne za brzo ispitivanje i to su metode u kojima se koncentracija analita u uzorku određuje usporedbom sa poznatim standardom. Pomoću takvih metoda instrumentalno se određuje neko fizikalno svojstvo analita u uzorku te se od takvog svojstva očekuje da se ono na poznat i ponovljiv način mijenja s promjenom koncentracije analita. Količina uzorka potrebna za analizu ovisi o odabranoj metodi ispitivanja. Neke od tehnika upotrebljavaju se isključivo na uzorku koji je u krutom stanju, npr. emisijska spektrometrija. Većina metoda ipak se provodi dok je uzorak u tekućem stanju, npr. gravimetrija, titrimetrija, spektrofotometrija, ionska kromatografija itd. [5]



**Sl.4. Volumetrijsko posuđe[11]**

Tipična kvantitativna analiza provodi se sljedećim redoslijedom: 1. Izbor metode, 2. Uzorkovanje, 3. Priprava laboratorijskog uzorka, 4. Uklanjanje interferencija, 5. Baždarenje (umjeravanje) i završno mjerenje, 6. Izračunavanje rezultata, 7. Procjena pouzdanosti rezultata. [5]

1. Izbor metode zahtjeva dobru prosudbu i znanje o ograničenjima i prednostima raspoloživih metoda, te je potrebno dobro poznavanje literature iz analitičke kemije. Nikako se ne može propisati način odabira metode zato što jednostavno ne postoji jedna najefikasnija i najisplativija metoda koja se može primjeniti za sve analize. Izbor metoda vrši se tako da se prvo definira problem, zatim se prouči literatura i tek tada dolazi do izbora metode te provjere te metode. Zbog toga je jako bitno dobro definirati što se određenom analizom želi postići.
2. Uzorkovanje je postupak kojim se dobiva reprezentativni dio tvari koju želimo ispitivati. Reprezentativni uzorak je onaj dio materijala koji je odabran tako da u svakom pogledu sadrži sve karakteristike cjeline. U slučaju da uzorak nije reprezentativan rezultat ispitivanja sadržavat će sustavnu pogrešku.
3. Priprava laboratorijskog uzorka odvija se sljedećim redoslijedom: mljevenje i drobljenje uzorka, vaganje, sušenje, otapanje i razgradnja. Potrebno je odabrati pogodno otapalo za uzorke čija se mjerenja vrše u otopinama. Takvo otapalo mora potpuno otopiti uzorak.
4. Uklanjanje interferencija važan je korak u većini analiza pri kojima uzorak sadrži komponentu koja na neki način utječe na signal analita te je takve komponente potrebno ukloniti.
5. Baždarenje se provodi samo na usporedbenim metodama i to je postupak usporedbe mjernog sustava sa standardnim sustavom. Baždarenjem se uklanja ili minimalizira pogreška mjernog sustava. Rezultat baždarnog postupka je baždarna krivulja ili pravac za jednokomponentne sustave ili baždarna površina za višekomponentne sustave. Baždarenje je postupak određivanja konstantne razmjerenosti i da bi se ono provelo potrebno je imati standardne referentne tvari. Referentne tvari su one čija su svojstva točno definirana i ona služe za kalibraciju (baždarenje). Ako se rezultat mjerenja ne

poklapa sa referentnim materijalom, došlo je do: loše izabrane metode ili krive provedbe, neispravnih standarda u postupku kalibracije ili osobne pogreške analitičara. Nemoguće je izvesti kemijsku analizu da rezultat bude u potpunosti točan, uvijek je prisutna barem minimalna pogreška. U cilju ispitivača je dakle da se pogreške drže na podnošljivoj razini te da se njihova veličina procijeni s prihvatljivom točnošću.

6. Izračunavanje rezultata vrši se uporabom računala te se takva računanja temelje na eksperimentalnim podacima skupljenim pri završnom mjerenju.

7. Procjena pouzdanosti rezultata vrši se s obzirom na pogreške pri izvršavanju ispitivanja. One mogu biti slučajne, sustavne ili grube. Slučajne pogreške utječu na mjernu preciznost, sustavne utječu na netočnost, a grube se javljaju povremeno zbog osobne greške analitičara. [5]

### **3. UPORABNA SVOJSTVA POLIMERA**

Polimerne tvari u malo se slučajeva koriste u izvornom obliku koji poprimju nastankom u procesu polimerizacije, već im se primješavaju mnogobroji dodatci (aditivi) koji im čak i u malim količinama poboljšavaju uporabna svojstva te ih tkako čine tehnički uporabljivima. Dodatkom omekšavala (plastifikatora) nekim se polimerima znatno poboljšavaju preradbena i uporabna svojstva. Miješanjem dvaju ili više polimera mogu se dobiti smjese polimera sa novim ili pak poboljšanim svojstvima. Materijali povećane čvrstoće mogu se dobiti ugradnjom ojačala, npr. ugljičnih ili staklenih vlakana direktno u polimernu osnovu nekih materijala. U novije doba došlo je do nastanka polimernih materijala koji imaju posebna svojstva, kao što su: nanokompoziti, inteligentni polimerni materijali, toplinski postojani polimerni materijali, polimerni svjetlovodni kabeli itd. [6]

Polimerni materijali u mnogim slučajevima i područjima primjene pokazuju bolja svojstva od uobičajenih materijala. Za polimerne materijale možemo reći da ne hrđaju

kao metali, prema vlazi su otpornije od npr. papira, nisu lako krhki i lomljivi kao staklo itd. Mnogi polimerni materijali našli su svoje mjesto u raznim industrijama te ih danas koristimo u svakodnevnom životu. Polimerni materijali imaju veliku važnost kao ambalaža (folije, boce, pakiranja raznih proizvoda), u građevinarstvu (vrata, prozori, krovovi), u automobilskoj industriji (odbojnici, tapeciranje), u elektroindustriji (izolacija kablova), za izradu namještaja te raznih kućanskih i uredskih aparata. [7]

Danas se proizvodi više od 50 temeljnih vrsta polimernih materijala, a glavninu od gotovo 80% čini njih pet najzastupljenijih i to su različite vrste polietilena (32%), polipropilen (20%), poli(vinil-klorid) (16,5%), polistiren i poli(etilen-tereftalat).

Uporabna svojstva polimera ovise o vrsti opterećenja, brzini opterećenja, načinu opterećenja, temperaturi, mediju (vlaga, kemikalije), mehaničkoj prošlosti te o toplinsko reološkoj prošlosti. [6]



**Sl.5.** Miješalica za kemikalije (PES) [12]



**Sl.6.** Stol za tržnicu (PES) [12]

## POLIETILEN

Žilav, visokog modula elastičnosti, potpuno neproziran, rastom gustoće raste mu i modul elastičnosti, jako krut i tvrd, smanjuje mu se udarna žilavost. Ima dobru kemijsku postojanost i potpuno je postojan na djelovanje vode te je osjetljiv na UV zračenje. [5]

## POLI (TETRAFLUORETILEN)

Polimer velike kristalnost, velike molekulne mase, visokog tališta (320-340 °C), kemijski potpuno postojan ( na njega djeluju samo rastaljeni alkalijski metali), potpuno nehigroskopian, ali i jako skup. [5]

## POLI(VINIL-KLORID)

Poznato oko 100 vrsta ovog polimera, svojstva se mijenjaju modificiranjem, postoje dvije temeljne vrste: kruti i savitljivi. Kruti je žilav, tvrd, teško preradiv, male gorivosti, proziran, postojan na utjecaje kemikalija i vlage. Savitljivi sadrži 20-30% omekšavala, slabijih je mehaničkih svojstava, manje postojan na toplinu, ali je zato i lakše preradiv. [5]

## POLISTIREN

Polimer koji je čvrst, tvrd, krhak, velike propusnosti za vidljivi dio spektra, visokog indeksa loma, ima izuzetna električka izolacijska svojstva, šteti mu UV zračenje. [5]

## POLIPROPILEN

Polimer male gustoće (oko 0.9 g/cm<sup>3</sup>), visokog tališta, dobar elektroizolator, postojan na sve medije osim jakih oksidansa, uporaba kao vlaknasti materijal i konstrukcijski plastomer. [5]

## POLIIZOPREN

Najsličniji prirodnom kaučuku, može se i koristiti umjesto njega. [5]

## POLIBUTADIEN

Polimer koji ima dobru otpornost na trošenje, upotrebljava se za pneumatike za automobile i ostala vozila te transportne trake. [5]

## POLIIZOBUTEN

Postoje dvije vrste ovog polimera, a to su: niskomolekulni poliizobuten koji služi za izradu ljepila, brtvila, aditiva za poboljšane viskoznosti motornih ulja te postoji i visokomolekulni poliizobuten koji služi za dobivanje elastomernih materijala, dobar je izolator te anikorozijsko zaštitno sredstvo ( podnosi raspon temperature od -50 do 100c), a za ovaj materijal je specifično da se oslobađa velika količina topline pri trenju. [5]

## POLISILOKSAN

Ovaj polimer ima veliku toplinsku i kemijsku postojanost, elastomerna svojstva, koristi se za izolaciju za žice te medicinsku opremu. [5]

## POLIESTER

Nezasićeni poliester koristi se kao konstrukcijski materijali u brodogradnji, kemijskoj industriji, strojarstvu, električnoj industriji, poljoprivredi te industriji vozila. Nezasićeni poliesteri su duromeri. Zasićeni poliesteri su plastomeri te se upotrebljavaju za filmove i folije. Karakterizira ga niže talište. [5]

## POLIIMIDI

Koriste se pri proizvodnji lakova, ljepila, konstrukcijskih materijala itd. Toplinska svojstva ovise im o kemijskoj strukturi, imaju dobra mehanička svojstva, smanjen stupanj gorivosti i dobra elektroizolacijska svojstva. [5]

## POLIURETANI

Polimeri koji imaju dobra svojstva zahvaljujući sekundarnim vodikovim vezama, talište im je na 185 °C, upotrebljavaju se za dobivanje vlakna, premaza, ljepila, plastičnih masa te pjenastih materijala. [5]

## EPOKSIDNI POLIMERI (epoksidna smola)

Postojana je na utjecaj vode i otapala, ima odlična toplinska i kemijska svojstva, dobra svojstva adhezivnosti te vrlo doba elektroizolacijska svojstva. Upotrebljava se za cjevovode u kemijskoj industriji, za zaštitu metalne ambalaže u prehrambenoj industriji, u automobilskoj industriji te za prevlačenje metala. [5]

## **4. UTJECAJ POLIMERA NA OKOLIŠ**

Većina polimera proizvedena u današnje vrijeme vrlo je dobrog postojanja i velike otpornosti na mnoge vanjske utjecaje, pa tako i na okolišne uvijete. Velika količina polimernih materijala odbacuje se u okoliš i tako postaje izvor onečišćenja. Odbačeni materijali predstavljaju veliki problem i veliku opasnost za životinjski i biljni svijet. Analiza životnog ciklusa jedna je od metoda kojom se definira i vrednuje utjecaj proizvoda na okoliš od početka proizvodnje sve do njegova uništenja. Neki od utjecajnih čimbenika su utrošak materijala, opterećenje vode, zraka i tla, utjecaj na klimu, oštećenje ozonskog omotača, utrošak energije, troškovi uporabe, uništenje proizvoda itd. Smatra se kako uporaba polimernih materijala nije opravdana niti bi trebala biti dozvoljena za proizvode kratkog životnog vijeka, posebice ako se pri proizvodnji troše neobnovljivi izvori energije te ako se razmišlja o otpadu koji se stvara i zagađenju okoliša do kojeg

dolazi. Iako problem polimernog otpada nije još toliko izražen u Hrvatskoj, on je svakako prisutan i u porastu. [6]



*Sl.7. Zagađenje polimernim materijalima*[13]

Kako bi očuvali zdravlje čovjeka i njegovog okoliša potrebno je znati pravilno gospodariti otpadom. Svakako bi čovjeku u cilju trebalo biti da spriječi nastanak te da smanji količinu otpada. Također bi trebalo paziti na uporabu otpada čija se svojstva mogu iskoristiti, a onaj čija su svojstva beskorisna treba zbrinjavati na ispravan način.

Oporaba otpada je svaki postupak ponovne obrade otpada radi njegova korištenja u materijalne i energijske svrhe. Recikliranje otpada smatra se postupkom kojim se materijal prerađuje samo radi njegovog ponovnog iskorištenja (bez uporabe u energijske svrhe). Uloga recikliranja je ekonomska i ekološka, a prednosti recikliranja su: 1. Čuvanje zaliha neobnovljivih izvora sirovina preradbom odbačenih materijala, 2. Ušteda energije pri dobivanju materijala iz sekundarnih sirovina, 3. Zaštita okoliša smanjivanjem količine deponiranog otpada u okolinu. [4]



## **4.1. BIORAZGRADIVI POLIMERI**

Biopolimer kao pojam ima više definicija, ali najčešće se prikazuje kao plastika koja se može kompostirati, biorazgradiva plastika te razgradiva plastika.

Kompostabilna plastika je ona koja se biološki razgrađuje tijekom kompostiranja (dva do tri mjeseca u kompostani) te se razgrađuje na ugljični dioksid, vodu, anorganske sastojke i biomasu. Važno je spomenuti da se tijekom tog procesa ne stvara nikakva otrovna emisija.

Biorazgradiva plastika je ona čija je razgradnja moguća tek uz pomoć prirodnih mikroorganizama tijekom određenog vremena (većina materijala tijekom 60 do 180 dana).

Razgradiva plastika je skupina materijala načinjenih na osnovi nafte koja sadrži određene dodatke koji posreduju razdvajanju strukture u male čestice. Do razgradnje dolazi samo ako se materijal nalazi u određenim uvjetima poput vlažnih i toplih područja koja su pod utjecajem ultraljubičastog zračenja. Preostaci nisu razgradivi niti kompostabilni. [6]

Bipolimeri se mogu dobivati proizvodnjom iz mnogih materijala, uzmimo za primjer škrob. Na osnovi škroba izrađuje se nekoliko vrsta biorazgradive plastike. Prva i druga generacija biorazgradive plastike dobivene iz škroba nisu u potpunosti biorazgradive jer u sebi sadrže dodatke sintetskih polimera koji nakon biorazgradnje zaostaju u obliku malih čestica. Treća generacija biorazgradive plastike u cijelosti je od škroba i u potpunosti je biorazgradiva. Bioplastika teoretski ima mogućnost u potpunosti zamijeniti

mnoge postojeće sintetske materijale, no ima i neke loše strane. Naime, ako će doći do razvoja poljoprivredne kulture namjenjene isključivo industrijskoj preradi, uzevši u obzir uporabu različitih zaštitnih sredstava, učinak može biti i te kako negativan. [4]

#### **4.2. OPORABA PET-a I RAZLIČITIH TIPOVA PE-a**

Oporabom boca napravljenih od PET-a dobivamo poliesterska vlakna za proizvodnju majica, prsluka i cipela (za dobivanje jedne majice potrebno je samo 35 takvih boca) te mu se tijekom procesa uporabe svojstva mogu poboljšati. [4]

Vrećice od PE-a odbačene u okoliš stvaraju više vizualni problem te više nanose štetu životinjama i biljkama nego ljudskom zdravlju. Kao i PET, PE također ima visoki stupanj energijske iskoristivosti pa možemo zaključiti kako je energijska uporaba jedan od najboljih rješenja što se tiče zbrinjavanja tog otpada. [4]

#### **4.3. OPORABA PVC-a**

Najveći postotak proizvedenog PVC-a rabi se u graditeljstvu gdje također ima i najdulji rok trajanja. Otpadni udio PVC-a jako je velik: iz graditeljstva dolazi jedan milijun tona otpada, približno 0.7 milijuna tona dolazi od stare ambalaže, a isto toliko od elektrotehničke i elektroničke opreme te iz autoindustrije. Dva najčešća načina zbrinjavanja PVC-a su odlaganje i spaljivanje. Postupkom odlaganja on se ne razgrađuje te iz njega mogu izaći omekšavala i stabilizatori. Njihove izmjerene koncentracije u prostorima i okružnju odlagaišta ispod su praga rizika. Spaljivanje PVC-a drugi je najčešći način zbrinjavanja takve vrste otpada. PVC je zapaljiv pri jako velikim temperaturama (330-400°C) te se spaljuje najčešće u spalionicama komunalnog i

medicinskog otpada. Važno je napomenuti da se svi plinovi moraju neutralizirati prije ispuštanja u atmosferu, a to se postiže određenim postupcima koji opet te plinove pretvaraju u otpad koji može biti krut ili tekuć te se on opet mora zbrinjavati. Prema ovim podacima možemo zaključiti da one spalionice otpada koje spaljuju PVC imaju znatno veće troškove pa je tako i veća cijena spaljivanja. [4]

## **5. ZAKLJUČAK**

U ovom radu pobliže smo rekli sve o polimerima. Što su, kako su građeni, kako nastaju, kako se imenuju i kako se označavaju. Detaljno je opisano je kako se dijele polimeri na šest različitih načina. Nadalje objašnjeno je koja su svojstva polimera, te što su i koja su mehanička i nemehanička svojstva. Utvrđeno je koje su metode određivanja kemijskog sastava polimera te je detaljno opisana kvantitativna analiza korak po korak kao jedan od najbitnijih postupaka određivanja kemijskog sastava. Uspoređene su određene vrste polimera na temelju svojih uporabnih svojstava. Možemo zaključiti da polimeri imaju mnoštvo jako dobrih i kvalitetnih svojstava, samo treba pronaći svrsishodan polimer. Također zaključujemo kako su svojstva polimera definirana tijekom procesa polimerizacije ili naknadno dodavanjem raznih dodataka koji ta svojstva pospješuju. Napravljen je i osvrt na polimere sa ekološkog aspekta te iako još ne postoji jedan određeni postupak kojim bi se uspješno zbrinjavali svi otpadni polimeri, zaključujemo da čovječanstvo mora napraviti korak naprijed po tom pitanju. Taj korak naprijed je nužan ne samo da većina odbačenih i nepravilno zbrinutih otpadnih polimera ne bi štetila biljnom i životinjskom svijetu te čovjeku, nego je reciklaža i uporaba polimera vrlo isplativ postupak. Gledajući na to tako da ćemo reciklirati kako bi dobili novi proizvod ili da ćemo postupkom uporabe uspjeti iskoristiti polimerni otpad u materijalne i energijske svrhe, može se sa sigurnošću reći kako bi čovjek već u skoroj budućnosti trebao biti spreman detaljno raditi na tome zbog vlastitog i općeg dobra.

## 6. LITERATURA

- [1] [http://bib.irb.hr/datoteka/901644.2015-09-11\\_Zavrni\\_rad\\_Doli\\_Ivona.pdf](http://bib.irb.hr/datoteka/901644.2015-09-11_Zavrni_rad_Doli_Ivona.pdf)
- [2] [https://www.fsb.unizg.hr/usb\\_frontend/files/1510747085-0-6.-10.predavanja.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/usb_frontend/files/1510747085-0-6.-10.predavanja.pdf)
- [3] R.Čunko, M.Andrassy, *Vlakna*, ZRINSKI d.d.
- [4] [http://repositorij.fsb.hr/524/1/23\\_02\\_2009\\_Tomislav\\_Jambrak.pdf](http://repositorij.fsb.hr/524/1/23_02_2009_Tomislav_Jambrak.pdf)
- [5] [http://repositorij.fsb.hr/638/1/29\\_06\\_2009\\_Rakvin\\_Marko.pdf](http://repositorij.fsb.hr/638/1/29_06_2009_Rakvin_Marko.pdf)
- [6] <https://zir.nsk.hr/islandora/object/fkit:126/preview>
- [7] <http://jonas1234.no-ip.org/2.%20Semestar/materijali%202/materijali%20ii%20k3/polimerni%20materijali.pdf>
- [8] <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/7b5e1fe5-86e2-4142-af6c-5197c4a08148/kemija-8/m04/j09/index.html>
- [9] <https://bs.wikipedia.org/wiki/Polietilen>
- [10] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Poliizopren>
- [11] [https://www.periodni.com/enig/volumetrijske\\_metode\\_analize.html](https://www.periodni.com/enig/volumetrijske_metode_analize.html)
- [12] <http://www.lepoglavec.hr/proizvodi-od-poliestera/>
- [13] <https://www.vecernji.ba/tag/zagadenje-vode-298519>