

# Karakterizacija mikroplastike iz sedimenata plaže Zaglav na otoku Visu

---

**Marić, Matej**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:167:676223>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-10**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**KARAKTERIZACIJA MIKROPLASTIKE IZ SEDIMENTA PLAŽE**  
**ZAGLAV NA OTOKU VISU**

**DIPLOMSKI RAD**

**MATEJ MARIĆ**  
**Matični broj: 247**

**Split, listopad 2021.**



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**DIPLOMSKI STUDIJ KEMIJSKE TEHNOLOGIJE**  
**SMJER MATERIJALI**

**KARAKTERIZACIJA MIKROPLASTIKE IZ SEDIMENTA PLAŽE**  
**ZAGLAV NA OTOKU VISU**

**DIPLOMSKI RAD**

**MATEJ MARIĆ**  
**Matični broj: 247**

**Split, listopad 2021.**

**UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY  
GRADUATE STUDY OF CHEMICAL TECHNOLOGY  
ORIENTATION MATERIALS**

**CHARACTERIZATION OF MICROPLASTICS FROM ZAGLAV  
BEACH ON ISLAND OF VIS**

**DIPLOMA THESIS**

**MATEJ MARIĆ  
Parent number: 247**

**Split, October 2021.**

Sveučilište u Splitu  
Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu  
Diplomski studij Kemijska tehnologija, smjer: Materijali

**Znanstveno područje:** tehničke znanosti

**Znanstveno polje:** kemijsko inženjerstvo

**Tema rada** je prihvaćena na 28. sjednici Fakultetskog vijeća Kemijsko tehnološkog fakulteta održanoj 25.9.2020.

**Mentor:** prof. dr. sc. Matko Erceg

**KARAKTERIZACIJA MIKROPLASTIKE IZ SEDIMENTA PLAŽE  
ZAGLAV NA OTOKU VISU**  
Matej Marić, broj indeksa 247

**Sažetak:**

U ovom radu provedena je karakterizacija i identifikacija mikroplastike pronađene u sedimentu plaže Zaglav na otoku Visu. Uzorkovanje i separaciju uzoraka proveo je Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu. Karakterizacija mikroplastike izvršena je na 865 uzoraka s plaže Zaglav na otoku Visu. Uzorci su vizualno analizirani i svrstani prema obliku definiranim prema DeFishGear protokolu: filamenti, filmovi, fragmenti, granule, peleti i pjene. Svakom pojedinačnom uzorku je vizualno određena prozirnost i boja, a masa vaganjem na analitičkoj vagi. Površina i maksimalna dimenzija svakog ispitka određeni su upotrebom Digimizer programskog paketa. Identifikacija vrste polimernog materijala o kojem je riječ provedeno je za 865 uzoraka uz pomoć FTIR spektroskopije i diferencijalne pretražne kalorimetrije, dok su sitniji uzorci ostavljeni za analizu naprednijim tehnikama. Ustanovljeno je da su fragmenti najzastupljenija kategorija, a uzorci su većinom neprozirni i bijele boje, čestice promjera manje od 5 mm što ih svrstava u kategoriju mikroplastike. Najzastupljenija vrsta polimernog materijala je polipropilen, nakon kojeg slijede polietilen visoke gustoće i polietilen niske gustoće. Rezultati koji su dobiveni ovim istraživanjem ukazuju da najveći broj uzoraka sedimenta plaže Zaglav na otoku Visu potječe od nepropisno odložene jednokratne ambalaže.

**Ključne riječi:** mikroplastika, polimerne tvari, infracrvena spektroskopija, diferencijalna pretražna kalorimetrija

**Rad sadrži:** 92 stranice, 43 slika, 8 tablica, 32 literaturne reference

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Sastav Povjerenstva za obranu:**

1. prof. dr. sc. Nataša Stipanelov Vrandečić	predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Damir Barbir	član
3. prof. dr. sc. Matko Erceg	član, mentor

**Datum obrane:** 27. listopada 2021.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen** u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu, Ruđera Boškovića 35.

**University of Split**  
**Faculty of Chemistry and Technology Split**  
**Graduate study of Chemical Technology: Materials**

**Scientific area:** Technical Science

**Scientific field:** Chemical engineering, orientation: Materials

**Thesis subject** was approved by Faculty Council of Faculty of Chemistry and Technology, session no 28. held on 25th September 2020

**Mentor:** Matko Erceg, PhD, full professor

**CHARACTERIZATION OF MICROPLASTICS FROM  
ZAGLAV BEACH ON ISLAND OF VIS**

Matej Marić, 247

**Abstract:**

This thesis shows characterization and identification of microplastic waste found in the Zaglav beach sediment on Vis island. Sampling and separation of samples was performed by the Institute of Oceanography and Fisheries in Split. Characterization of microplastic was performed on 865 specimens from the Zaglav beach on Vis island. Specimens were visually analysed and sorted into categories according to shape defined by DeFishGear protocol: filaments, films, fragments, granules, pellets and foams. Transparency and color of the individual specimens are visually determined and a mass was determined using an analytical balance. Area and maximum dimension were determined using software package Digimizer for image processing. Identification of the type of polymer material was performed by FTIR spectroscopy and differential scanning calorimetry, while other smaller specimens were left for the further analysis using more precisely methods. The most common category is fragments, specimens are mostly white in color and opaque, particles less than 5mm in diameter which sorts them in category of microplastics. The most common type of polymer material is polypropylene, followed by polyethylene high density and polyethylene low density. Results obtained by this research show that most specimens from Zaglav beach originate from improperly discarded disposable packaging.

**Keywords:** microplastics, polymers, infrared spectroscopy, differential scanning calorimetry

**Thesis contains:** 92 pages, 8 figures, 4 tables, 32 references

**Original in:** Croatian

**Defence committee:**

1. Nataša Stipanelov Vrandečić – PhD, full professor – chair person
2. Damir Barbir - PhD, associate professor - member
3. Matko Erceg, - PhD, full professor - supervisor

**Defence date:** 27th October 2021.

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited** in Library of Faculty of Chemistry and Technology in Split, Ruđera Boškovića 35.

*Diplomski rad je izrađen na Zavodu za organsku tehnologiju, Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu, pod mentorstvom prof. dr. sc. Matka Ercega u razdoblju od srpnja do rujna 2021. godine.*



*Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc Matku Ercegu na stručnim savjetima i pomoći pri izradi ovog diplomskog rada.*

*Hvala Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu na dostavljenim uzorcima i suradnju.*

*Najveća hvala mojoj obitelji i prijateljima na potpori tijekom studiranja.*

*Matej Marić*

## ZADATAK

- a) Koristeći kategorije definirane DeFishGear protokolom vizualnom analizom razvrstati uzorke prema obliku te im odrediti prozirnost/neprozirnost i boju.
- b) Izvagati pojedinačne ispitke koristeći analitičku vagu.
- c) Koristeći Digimizer program za obradu slika odrediti maksimalnu dimenziju i površinu svakog pojedinačnog uzorka.
- d) Identificirati vrstu polimernog materijala svakog pojedinog uzorka koristeći FTIR spektroskopiju i diferencijalnu pretražnu kalorimetriju
- e) Nakon provedbe karakterizacije izračunati udjele: pojedinih kategorija u masi, površini i ukupnom broju uzoraka, pojedinih boja te prozirnih/neprozirnih uzoraka, pojedine vrste prema veličini u ukupnom uzorku.
- f) Nakon provedbe identifikacije izračunati udjele pojedinih vrsta polimernih materijala u uzorcima.

## SAŽETAK

U ovom radu provedena je karakterizacija i identifikacija mikroplastike pronađene u sedimentu plaže Zaglav na otoku Visu. Uzorkovanje i separaciju uzoraka proveo je Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu. Karakterizacija mikroplastike izvršena je na 865 uzoraka s plaže Zaglav na otoku Visu. Uzorci su vizualno analizirani i svrstani prema obliku definiranim prema DeFishGear protokolu: filamenti, filmovi, fragmenti, granule, peleti i pjene. Svakom pojedinačnom uzorku je vizualno određena prozirnost i boja, a masa vaganjem na analitičkoj vagi. Površina i maksimalna dimenzija svakog ispitka određeni su upotrebom Digimizer programskog paketa. Identifikacija vrste polimernog materijala o kojem je riječ provedeno je za 865 uzoraka uz pomoć FTIR spektroskopije i diferencijalne pretražne kalorimetrije, dok su sitniji uzorci ostavljeni za analizu naprednijim tehnikama. Ustanovljeno je da su fragmenti najzastupljenija kategorija, a uzorci su većinom neprozirni i bijele boje, čestice promjera manje od 5 mm što ih svrstava u kategoriju mikroplastike. Najzastupljenija vrsta polimernog materijala je polipropilen, nakon kojeg slijede polietilen visoke gustoće i polietilen niske gustoće. Rezultati koji su dobiveni ovim istraživanjem ukazuju da najveći broj uzoraka sedimenta plaže Zaglav na otoku Visu potječe od nepropisno odložene jednokratne ambalaže.

**Ključne riječi:** mikroplastika, polimerni materijali, infracrvena spektroskopija, diferencijalna pretražna kalorimetrija

## **SUMMARY**

This thesis shows characterization and identification of microplastic waste found in the Zaglav beach sediment on Vis island. Sampling and separation of samples was performed by the Institute of Oceanography and Fisheries in Split. Characterization of microplastic was performed on 834 specimens from the Zaglav beach on Vis island. Specimens were visually analysed and sorted into categories according to shape defined by DeFishGear protocol: filaments, films, fragments, granules, pellets and foams. Transparency and color of the individual specimens are visually determined and a mass was determined using an analytical balance. Area and maximum dimension were determined using software package Digimizer for image processing. Identification of the type of polymer material was performed by FTIR spectroscopy and differential scanning calorimetry, while other smaller specimens were left for the further analysis using more precisely methods. The most common category is fragments, specimens are mostly white in color and opaque, particles less than 5mm in diameter which sorts them in category of microplastics. The most common type of polymer material is polypropylene, followed by polyethylene high density and polyethylene low density. Results obtained by this research show that most specimens from Zaglav beach originate from improperly discarded disposable packaging.

**Keywords:** microplastics, polymer materials, infrared spectroscopy, differential scanning calorimetry

# SADRŽAJ

UVOD .....	1
1. OPĆI DIO .....	3
1.1. Polimerni materijali.....	4
1.2. Plastika .....	7
1.3. Ambalaža.....	8
1.4. Povijesni razvoj polimernih materijala .....	9
1.5. Gospodarska važnost polimera .....	12
1.6. Polimeri i njihov utjecaj na okoliš .....	14
1.7. Mikroplastika .....	18
1.8. Plastika i pandemija COVID-19 .....	23
1.9. IR spektroskopija .....	24
1.10. Diferencijalna pretražna kalorimetrija (DSC).....	29
2. EKSPERIMENTALNI DIO .....	31
2.1. Materijali .....	32
2.2. Metoda rada i aparatura.....	33
2.2.1. Određivanje fizikalnih veličina i svojstava .....	33
2.2.2. Identifikacija polimernog materijala .....	34
3. REZULTATI .....	37
3.1. Rezultati karakterizacije uzoraka mikroplastike .....	38
3.2. Rezultati identifikacije uzoraka mikroplastike.....	66
4. RASPRAVA .....	82
4.1. Analiza karakterizacije uzoraka mikroplastike .....	83
4.2. Analiza identifikacije vrste uzoraka mikroplastike.....	86
5. ZAKLJUČAK .....	88
6. LITERATURA .....	90

## UVOD

Plastika je komercijalni naziv za sve plastomere i duromere, vrstu polimernih materijala širokoprimjenjivih u gotovo svim djelatnostima. Proizvodnja plastike započela je u 20. stoljeću, proizvodnjom sintetskih polimera, a tijekom drugog svjetskog rata dogodio se nagli porast potrebe za plastičnim materijalima. Industrija plastike jedna je od najunosnijih industrija u Europskoj uniji, ali i u svijetu, koja je zbog potrebe tržišta isprepletana sa svim ostalim industrijskim granama. Pogodnosti koje je plastika nudila kao materijal uz prihvatljive cijene uzrokovala je da produkcija ovog materijala dosegne enormne razmjere. Problem koji je nastao uslijed masovne produkcije bio je taj što je plastika ubrzo postala materijal koji se nakon kratkog korištenja, nepropisno i protuzakontito odbacuje. Većina nepropisno odbačene plastike uslijed kopnenih ili morskih aktivnosti završi direktno u morima ili oceanima. Jedan od današnjih alarmantnih ekoloških problema je mikroplastika, sitne čestice plastike radijusa promjera manjeg od 5 mm. Mikroplastika čini heterogeni skup sitnih čestica koje se mogu razlikovati prema veličini, obliku i boji. Prema porijeklu mikroplastika dijeli se na onu direktno proizvedenu za potrebe kemijske industrije ili primarnu mikroplastiku te onu koja je nastala degradacijom makroplastike poznatiju kao sekundarna mikroplastika. Mikroplastika ima iznimno loš utjecaj na biljni i životinji svijet. Tako male čestice mikroplastike kada uđu u hranidbeni lanac uzrokuju kemijsko trovanje uz direktno oštećenje organa i tkiva. Zagađenje plastičnim otpadom osim ekološkog utjecaja, svoj negativan utjecaj širi i na druge gospodarske grane poput turizma, medicine te prehrambene industrije. Stoga se u svijesti ljudi javila potreba da se linearni model gospodarenja otpadom sve više zamjenjuje kružnim. Životni ciklus plastike bi se njenom uporabom produljio, bilo bi manje zagađenja, a također manje iskorištavanja prirodnih resursa. Projekt De FischGear se u Jadransko-jonskoj makroregiji uhvatio u koštac s problemom rješavanja morskog otpada. Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu, jedan od partnera DeFishGear projekta, zaslužan je za skupljanje i dostavljanje uzoraka koji su karakterizirani i analizirani u ovom radu. Dostavljeni uzorci mikroplastike iz sedimenta plaže Zaglav na otoku Visu svrstani su u skupine prema obliku te im je određena masa, prozirnost, maksimalna dimenzija i površina. Kako bi se uzorcima odredilo od kojih su polimernih materijala korištene su instrumentalne tehnike infracrvena spektroskopija (*engl. IR spectroscopy*) i diferencijalna pretražna kalorimetrija. Cilj ovog rada je ukazati na

probleme koje plastični otpad može uzrokovati te potaknuti druge skupine na rad i djelovanje u tom polju.

## **1. OPĆI DIO**

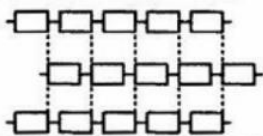
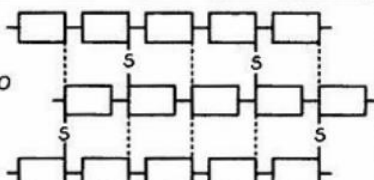
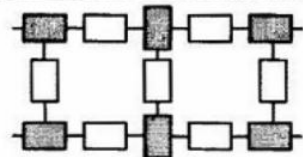


## 1.1. POLIMERNI MATERIJALI

Polimeri su prirodni ili sintetski materijali sastavljeni od makromolekula, a naziv je nastao spajanjem dviju grčkih riječi „poly“ što znači mnogo i „meros“ što znači jedinica ili dio.<sup>1</sup> Pretežito su organskog porijekla i sastoje se od ugljika te u manjem djelu od vodika, kisika i dušika, a anorganski polimeri ne sadrže ugljikove atome već su građeni od makromolekula koje sadrže anorganske bočne skupine i lance. Postoje i anorgansko-organski polimeri koji u lancima i bočnim skupinama imaju anorganske i organske elemente. Pod pojmom makromolekule podrazumijevaju se visokomolekularne spojeve nastale povezivanjem niskomolekularnih spojeva (monomera) kovalentnim kemijskim vezama. Makromolekule nastaju procesom polimerizacije monomera, a svaka makromolekula se sastoji od ponavljajućih jedinica mera. Meri su povezani kemijskim vezama unutar makromolekule, stoga mora doći barem do preraspodjele elektronskih gustoća, ako ne i do većih promjena unutar samog monomera.<sup>2</sup> Uvjet za odvijanje procesa polimerizacije je da monomer posjeduje barem jednu dvostruku vezu ili dvije funkcionalne skupine. Bitno je naglasiti da polimeri kao kondenzirani sustavi makromolekula postoje u čvrstom i kapljevitom agregatnom stanju, dok se u plinovitom stanju zbog visoke molekulske mase ne nalaze. S obzirom na mehanizam odvijanja polimerizacije i kinetiku prema Flory-u, razlikuju se postupne ili stupnjevite i lančane ili adicijske. Kod postupnih polimerizacija se reakcija odvija preko funkcionalnih skupina svih molekula monomera preko velikog broja stupnjeva, a kod lančanih se nezasićeni monomeri vežu jedan na drugi adicijom tvoreći dugačke lance, a preduvjet je aktivacija monomera nekom reaktivnom česticom (radikalom).<sup>3</sup> Produkt procesa polimerizacije je polimerizat, osnovni sastojak polimernog materijala koji je zbog svojih nedovoljno dobrih fizikalnih svojstava rijetko tehnički uporabljiv. Kako bi se poboljšala mehanička, odnosno fizikalna svojstva i radi lakše prerade, polimerizatu se dodaju razni dodaci (aditivi ili modifikatori) kao što su antioksidansi, svjetlosni stabilizatori, toplinski stabilizatori, antistatici, bojila, dodaci za preradu, usporavala gorenja, omekšavala, ojačala i punila. Dobivanje polimernog materijala željenih svojstava je moguće postići pripremom polimernih kompozita i nanokompozita. Kompoziti su materijali nastali kombiniranjem dvaju ili više materijala u svrhu dobivanja novog materijala boljih fizikalnih svojstava. S istim ciljem je moguće provesti kopolimerizaciju odnosno istovremenu polimerizaciju dvije ili više vrsta monomera u istoj reakcijskoj smjesi. Završetkom svakog od navedenih procesa dobiva se polimerni materijal od kojega se

prave polimerne tvorevine ili razni proizvodi. Polimeri se prema svom podrijetlu dijele na prirodne i sintetske. Prirodni polimeri su polimeri koji su nastali u prirodi, najčešće polimerizacijom u životinjskim ili biljnim organizmima, primjerice celuloza, škrob, lignin, kaučuk i brojne bjelančevine. Sintetski polimeri su oni koji su nastali kemijskim putem procesima polimerizacije ili eventualnim modificiranjem prirodnih polimera, a danas ih se proizvodi na stotine vrsta. Monomeri namijenjeni za polimerizaciju proizvode se iz petrokemikalija, koje nastaju preradom prirodnog plina i naftnih derivata, kao što je ukapljeni naftni plin. Danas se sve više istražuje i proizvodnja polimera iz obnovljivih izvora, tj. oleokemijskih sirovina kao što su biljna ulja. S obzirom na ponašanje pri povišenoj temperaturi i primjenska svojstva sintetski polimeri se dijele na plastomere i duromere (koji zajedno čine grupu poliplasta tj. plastika), elastomere (gume) i elastoplastomere.<sup>1-3</sup> Plastomeri su tvari koje zagrijavanjem do temperature taljenja ne mijenjaju kemijsku strukturu. Pri tim temperaturama mogu se oblikovati i hlađenjem zadržavaju taj oblik, a zbog takvog ponašanja poznati su i pod nazivom termoplasti. Proces zagrijavanja i hlađenja je moguće ponoviti bezbroj puta da ne dođe do promjene kemijske strukture, koja je kod makromolekula ovog tipa pretežno linearna s nekolicinom poprečnih veza. Najpoznatije vrste plastomera su polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), poli(vinil-klorid) (PVC), poli(etilen-tereftalat) (PET), poliamidi (PA).<sup>4</sup> Duromeri su netaljive i netopljive polimerne molekule trodimenzionalne, umrežene strukture koja nastaje tijekom prerade. Umrežena struktura duromera nastala je poprečnim povezivanjem lanaca kovalentnim vezama na mjestima funkcionalnih skupina dvaju lanaca. Pri većim temperaturama može doći do razgradnje primarnih kemijskih veza, odnosno do razgranavanja duromera. Veći broj poprečnih veza znači manju gibljivost makromolekula, odnosno bolja mehanička svojstva, a duromeri se zbog svoje visoke tvrdoće pretežno upotrebljavaju kao konstrukcijski materijali. Najpoznatiji duromeri su fenol-formaldehid (PF), urea-formaldehid (UF), melamin-formaldehid (MF), epoksidne smole (EP) te nezasićeni poliesteri (UP).<sup>5</sup> Elastomeri su amorfne polimerne tvari koje su pri sobnoj temperaturi u gumastom stanju, djelomično su umreženi, a pokazuju i svojstva elastične deformacije. Kako bi elastomerni materijal pokazao zadovoljavajuća uporabna svojstva, između makromolekula se uz fizičke veze ugrade i kemijske veze ili mostovi na reakcijski podložnim mjestima (slika 1.1.) Primjer takvog umreženja je vulkanizacija, gdje se elastomerne makromolekule umrežavaju sumporom u prisustvu inicijatora, reakcijom slobodnih radikala. Dobije se rastresita umrežena struktura koja se pri djelovanju mehaničke sile ponaša izrazito elastično, a povišenjem

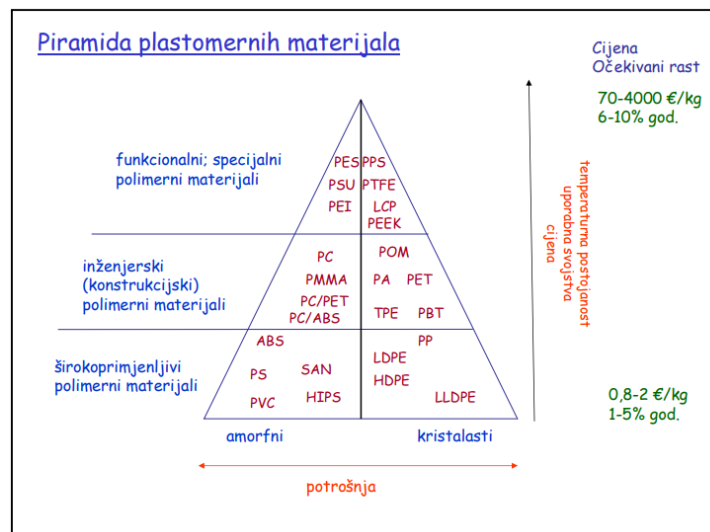
temperature dolazi do mekšanja zbog fizičkih veza, a zbog prisustva kemijskih ne mogu se taliti, odnosno naknadno oblikovati. Najpoznatiji su prirodna guma (NR), sintetski kaučuci (PBS), butadienski kaučuk (BR), etilen/propilen/dienski kaučuk (EPDM).<sup>6</sup> Elastoplastomeri su sintetski polimeri koji se pojavljuju odnosno sintetiziraju na dva načina: kao blok-kopolimeri ili cijepljeni u kojima je jedna skupina mera elastomernog, a druga plastomernog tipa ili kao ionomeri, kod kojih bočno vezane skupine nose ionske naboje i omogućuju poprečno povezivanje molekula jakim ionskim ili elektrostatskim vezama, što u suštini znači da polimer ima svojstva elastomera, a obrađuje se poput plastomera. Elastoplastomeri su amorfni, taljivi, topljivi materijali podložni bubrenju, a najpoznatije vrste su stirenski (TPS) – SBS, SEBS, poliuretanski i Surlyn - kopolimer etilena i metakrilne kiseline.<sup>2-3</sup>

VRSTA VEZA MEĐU MAKROMOLEKULAMA	STRUKTURA	PONAŠANJE PRI ZAGRIJAVANJU	GRUPA POLIMERA
FIZIKALNE (van der Waalsove, vodikove, Londonove privlačne sile)	LINEARNA 	MEKŠA, TALI SE	PLASTOMERI
FIZIKALNE I KEMIJSKE	DJELOMIČNO UMREŽENA 	MEKŠA, NE TALI SE	ELASTOMERI
KEMIJSKE (kovalentne)	POTPUNO UMREŽENA 	NE MEKŠA, NE TALI SE	DUROMERI

Slika 1.1. Vrsta veza među makromolekulama, struktura i ponašanje pri zagrijavanju određenih grupa polimera.<sup>3</sup>

## 1.2. PLASTIKA

Plastika je komercijalni naziv za poliplaste koji se u razvijenim zemljama iz dana u dan sve više upotrebljavaju u svakodnevnom životu. Uzrok velike produkcije plastike u svijetu leži u njenim dobrim mehaničkim svojstvima i povoljnim cijenama. Sirovine za proizvodnju plastike su nafta i njezini derivati, a na tržištu su dostupni po niskim cijenama. U odnosu na ostale materijale prednosti plastike su također jeftinija proizvodnja i prerada zbog manje potrošnje energije po masi. Za razliku od metala koji su zahtjevniji za održavanje zbog sklonosti koroziji i cjenovno manje prihvatljivi, plastika je otporna na koroziju. Također je i dugotrajno inertna, nema mirisa, ni otrovnih svojstava, a zbog svoje niske toplinske vodljivosti često se koristi kao izolator. Otpornija je na vodu i kemikalije od papira, izvrsnih je barijernih svojstava, a u odnosu na staklo manje je lomljiva pri djelovanju sile što je čini dobrim ambalažnim materijalom. Osim toga plastika se koristi kao nezaobilazan konstrukcijski materijal u građevinarstvu, poljoprivredi te prometnoj industriji. Primjenjuje se i u električnim uređajima i instalacijama, medicini, tekstilnoj, prehrambenoj i drugim industrijama. Odnos primjene polimernih materijala u odnosu na toplinska, uporabna svojstva te cijenu vrlo lako se može prikazati piramidom kao na slici 1.2. Širokoprimjenjivi polimerni materijali su nižih cijena, ali i lošijih uporabnih i temperaturnih svojstava nego inženjerski (konstrukcijski) materijali i funkcionalni (specijalni) materijali koji su znatno boljih svojstava i viših cijena, a samim time im je potražnja manja, jer se koriste u specijalne svrhe.



Slika 1.2. Piramida plastomernih materijala.<sup>1</sup>

Najčešće korišteni poliplasti su:

- poli(etilen-tereftalat), PET – najčešće korišten u proizvodnji namijenjenoj širokoj potrošnji, većina ambalaže za pića je izrađena od ovog materijala
- polietilen visoke gustoće, PE-HD – najčešće korišten kao ambalažni materijal (npr. posude, ambalaža za kozmetičke proizvode, deterdžente, preparate za njegu tijela...), koristi se i za izradu igračka, filmova i plastičnih vrećica
- poli(vinil-klorid), PVC – koristi se u izradi prozorskih okvira, podnih i zidnih obloga, cijevi i izolacija, eko-kože, stolnjaka, vrećica za krv, bazena na napuhavanje...
- polietilen niske gustoće, PE-LD – najčešće korišten materijal za izradu plastičnih vrećica i ambalažnih folija i filmova
- polipropilen, PP – koristi se za izradu ambalaže za pakiranje hrane (vrećica, čepova, posudica...) za izradu cijevi i tekstilnih vlakana
- polistiren, PS – koristi se za izradu razne ambalaže, plastičnih čaša, pribora za jelo, posuda, kopolimeri stirena koriste se i za izradu tipkovnica, izolacija (ekspandirani polistiren tzv. „stiropor“), igračaka, kućanske aparature...

### 1.3. AMBALAŽA

Polimerni materijali često se koriste kao ambalaža. Ambalaža je zaštitni omot ili posuda najčešće sačinjen od raznih materijala koji služi kako bi se proizvod zaštitio od vanjskih utjecaja tijekom pakiranja, proizvodnje, transporta, skladištenja i prodaje. Ambalaža se može podijeliti na različite načine zbog njene višestruke uloge. Podjela ambalaže se vrši s obzirom na osnovnu namjenu, korišten materijal te određena zajednička svojstva kao što su fizička svojstva, trajnost, mogućnost recikliranja itd. Uz zaštitnu i izolacijsku ulogu od vanjskih utjecaja, ambalaža nosi i marketinšku ulogu točnije prenosi svrhu proizvoda i utječe na potražnju istog. Polimerni materijali (plastične mase) u današnje vrijeme uvelike zamjenjuju druge ambalažne materijale kao što su metali, staklo i drvo. Zbog svojih izvrsnih svojstava i prihvatljive cijene sve se više koriste kao ambalažni materijal, odnosno u izradi čaša, vrećica, boca, tubi, kanti, sanduka i bačava prikazano na slici 1.3. Polimerni materijali u obliku filmova i folija se često koriste pri dobivanju višeslojnih ambalažnih materijala. Takvi kombinirani višeslojni materijali koji se izrađuju u dva ili više slojeva istovrsnih ili različitih materijala u svrhu nadoknade svih potrebnih svojstava

za neki proizvod koje klasični ambalažni materijali ne posjeduju. Najčešće nastaju kombiniranjem i međusobnim spajanjem različitih klasičnih materijala s polimerima u obliku folija, a takvi materijali na tržištu su poznati kao laminati. Oni se sastoje od slojeva polimera spojenih s papirom ili kartonom, aluminijskom folijom, metaliziranih i silikoniziranih polimernih filmova i folija. Ovisno o ukupnoj debljini, od tih se materijala proizvodi fleksibilna ili polučvrsta ambalaža različitih oblika.<sup>7,8</sup>



Slika 1.3. Primjeri svakodnevne plastične ambalaže.<sup>9</sup>

#### **1.4. POVIJESNI RAZVOJ POLIMERNIH MATERIJALA**

Primjena prirodnih polimera seže davno u prošlost, ali eksponencijalan razvoj polimernih materijala istaknuo se tek kroz proteklo stoljeće, kada su ljudi naučili kako proizvesti sintetičke i modificirane polimere koristeći prirodni materijal celulozu, a kasnije polimere iz petroleja i fosilnih goriva (tablica 1.1.) Davne 1284. godine datira pojava prirodnih plastika londonske kompanije „The horners“ koja se bavila preradom kornjačevine i rogova. Do 19. stoljeća je prirodna plastika korištena u razne svrhe, ali tek pojavom uređaja za preradu i oblikovanje polimernih materijala kao što su ekstruder i injektor počinje proizvodnja modificiranih prirodnih i sintetskih polimera. Charles Goodyear 1839. godine dolazi do otkrića proizvodnje gume procesom vulkanizacije. Friedrich

Schönbein 1845. godine sintetizira celulozni nitrat, celuloid, prvi modificirani polimer. Otkrićem prvog sintetskog polimera, fenol-formaldehidne smole odnosno bakelita, Leo Henrik Baekeland je 1907. godine potaknuo revoluciju primjene polimernih materijala u gotovo svim tipovima industrija. Uspjesi Hyatta i Baekelanda potaknuli su brojne kemijske tvrtke da ulažu u istraživanje i razvoj novih polimera. Tijekom drugog svjetskog rata dogodio se nagli porast potrebe za plastičnim materijalima u Sjedinjenim američkim državama. Potreba za plastičnim materijalima bila je usko povezana s pobjedom i vojnim uspjesima u ratu, a proizvodnja je porasla za 300% u tom periodu. Sintetski materijali su se tu prioritarno istaknuli kao alternativa prirodnim materijalima. Wallace Carothers je 1935. godine proizveo poliamid (nylon), koji se tokom rata koristio za padobrane, užad, borbene oklope, podstave za kacigu i drugo. Poli(metil-metakrilat) (pleksiglas) se istaknuo kao dostatna zamjena staklu u izgradnji zrakoplovnih prozora. Rast u proizvodnji i potrebi za plastikom nije jenjavao ni završetkom rata. Amerikanci su vrlo brzo počeli trošiti novce i većina proizvoda koje su kupovali bila je od plastike.

Tablica 1.1. Kronološki prikaz događaja koji su omogućili i unaprijedili proizvodnju sintetskih polimernih materijala.<sup>10</sup>

<b>Godina</b>	<b>Događaj</b>
Prije 1800.	Koriste se prirodni polimeri poput vune, kože, svile, pamuka, guma, lakova s vrlo malim modifikacijama
1839.	Charles Goodyear otkriva kemijsko-tehnološki proces vulkanizacije kojim se dobiva kemijski i mehanički otporna guma iz sirovine kaučuka
1868.	John Wesley Hyatt sintetizira celuloid – prvi plastični materijal iz sirovine celuloze
1877.	Friedrich August Kekule predlaže lančastu strukturu polimera
1893.	Emil Fischer i Hermann Leuchs predlažu lančastu strukturu celuloze i ekperimentalno je potvrđuju
1909.	Leo Baekeland otkriva fenolnu smolu, prvi polimer dobiven iz potpuno sintetskih materijala
1924.	Hermann Staudinger predlaže lančastu strukturu potpuno sintetskih polimera
1925.-1940.	Sinteza mehanizmom adicijske polimerizacije polimera PVC, PMMA, PS, PE, PVAC, PAN, SAN /PVC, PMMA, PS, PE, PVAC, PAN, SAN

1934.	Wallace Carotthes sintetizirao poliamid 6,6 poznatiji pod komercijalnim nazivom najlon ( <i>engl- nylon</i> ) mehanizmom kondenzacijske polimerizacije
1940.-1950.	Proizvedeni PET i nezasićeni poliesteri kondenzacijskom polimerizacijom
1955.-1970.	Proizvode se polimeri PC, silikoni, acetal, epoksi i poliuretanske smole te prvi kompozitni materijali iz sintetskih smola uz pomoć dodataka staklene vune i ugljičnih vlakana
1970.-1990.	Polimeri zbog unaprijeđenih postupaka dobivanja i poboljšanja mehaničkih svojstava sve češće zamjenjuju metal i drvo
1990.-2000.	Proizvede se sintetske smole vrlo sofisticiranih svojstava kao što su: visokotemperaturna otpornost, niska zapaljivost, osjetljivost na svjetlo, električna vodljivost, biorazgradljivost i biokompatibilnost. Poboljšana svojstva katalizatora koja su omogućila bolja i nova svojstva polimera
2000.-2010.	Primjena nanotehnologije u proizvodnji polimera i kompozita, proizvodnja metalocenski kataliziranih poliolefina, istraživanja usmjerena na vodljive polimere
2010.-2020.	Polimerni implatanti proizvedeni 3D printerima u medicini, solarne polimerne ćelije, polimeri sve boljih mehaničkih svojstava, usavršavanje tehnološkog procesa recikliranja

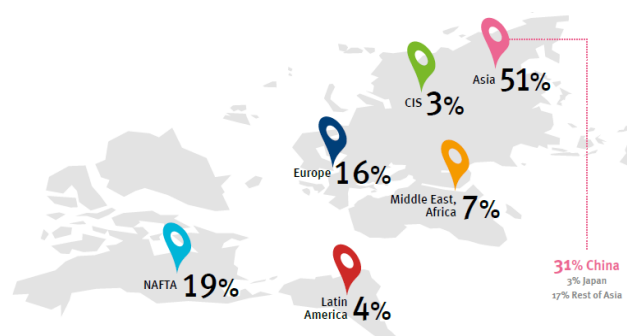
S obzirom na ubrzan rast proizvodnje plastike bilo je predvidivo da će se uskoro javiti problem njenog zbrinjavanja. Optimizam vezan uz pojavu plastike kao novog i nedvojbeno pozitivnog materijala ubrzo je okončan kada je 1960. plastični otpad uočen u oceanu, u isto vrijeme kada je svijet postajao vrlo svjestan problema vezanih uz onečišćenje okoliša. Kako je 1970.-tih i 80.-tih količina otpada masovno rasla, reputacija plastike kao materijala sve je više i više opadala. S obzirom na to da je većina proizvoda od plastike bilo za jednokratnu uporabu, veliki problem je predstavljala činjenica da se plastika zadržava u okolišu tisućama godina bez naznake početka razgradnje. Kao rješenje koje bi moglo smanjiti količinu plastičnog otpada industrija proizvodnje plastike ponudila je recikliranje. Međutim, recikliranje se nije pokazalo toliko dobro jer se još uvijek velika količina plastičnog otpada nalazila na odlagalištima otpada i u okolišu. Bez obzira na negativan kontekst koji se pojavio uz plastiku, svjedoci smo da je plastika



omogućila razvoj računala, mobitela, a korištenjem električnih uređaja učinila i medicinu naprednijom te s obzirom na neosporivo dobra svojstva uz povoljne tržišne cijene uvelike pomogla društvu da se razvije u gospodarskom smislu i učinila veliku količinu proizvoda prihvatljivim većini stanovništva. S obzirom na navedene probleme zbrinjavanja te istovremeno neosporivu važnost plastike kao širokoprimjenjivog materijala, mnogi znanstvenici pokušavaju plastiku učiniti sigurnijom i sukladnijom održivom razvoju. Neki znanstvenici svoj interes su pronašli u razvoju bioplastike koja se zasniva na korištenju biljnih kultura umjesto fosilnog goriva kao sirovine za proizvodnju. Nekolicina znanstvenika se odlučila na istraživanje i proizvodnju plastike koja je stvarno biorazgradiva u nelaboratorijskim uvjetima, dok se ostatak posvetio istraživanju kako recikliranje učiniti što efikasnijim. Bez obzira u kojem smjeru išao razvoj vezan za produkciju plastičnih materijala, znanstvenici su svjesni nesavršenosti plastike kao materijala, ali i njene neosporive potrebe u industrijskom svijetu kakav danas poznajemo.

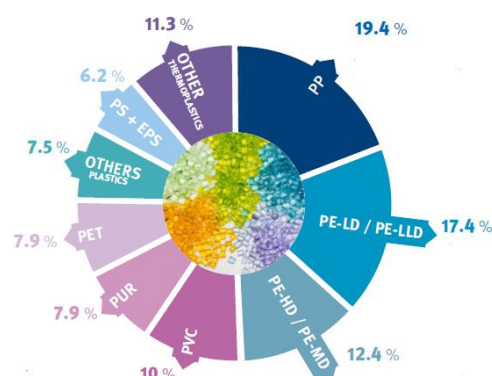
### 1.5. GOSPODARSKA VAŽNOST POLIMERA

Polimeri su jedni od najvažnijih industrijskih materijala današnjice. U svjetskoj proizvodnji polimera koja iznosi oko 350 milijuna tona godišnje prednjače Kina, države Europe i Sjeverne Amerike (slika 1.4). Ukoliko se sagledaju mehanička svojstva polimera u odnosu na klasične materijale te proizvodnja koja zahtijeva manja materijalna ulaganja zbog dostupne i relativno jeftine sirovine i nižih energetske procesnih troškova nije nimalo teško zaključiti zašto je polimerna industrija jedna od vodećih u svijetu. U skladu s hiperprodukcijom polimernih materijala, polimerni otpad je postao jedan od većih problema modernog doba.



Slika 1.4. Udio pojedinih dijelova svijeta u ukupnoj svjetskoj proizvodnji polimera 2020.

Polimerna industrija zapošljava oko 1,5 milijuna ljudi u Europi. Otprilike 55000 malih i srednjih poduzeća se bavi polimernom industrijom. S obzirom na široku rasprostranjenost polimerne industrije u Europi ne čudi podatak da je u 2019. godini europska industrija plastike imala prihod viši od 350 milijardi eura i razliku uvoza i izvoza u visini od 13 milijardi eura, uz proizvodnju od oko 61,8 milijuna tona plastike. Od proizvedene količine plastike u Europi najveći dio točnije 51,2 milijuna tona svodi se na poliuretane, termoplaste i ostale polimere koji su se preoblikovali u konkretne plastične proizvode. Njemačka, Italija, Francuska, Španjolska, Ujedinjeno kraljevstvo, Poljska te zemlje Beneluksa proizvode 80% plastike u Europi. Ambalažna industrija prednjači sa udjelom od 39,6% u sektorima gospodarstva koje koriste polimere, a prate je građevinska s 20,4% i automobilska industrija s 9,6 %. Uz farmaceutsku industriju koja uvelike doprinosi ukupnom BDP-u Europske unije, polimerna industrija se smjestila na 7. mjesto s obzirom na doprinos. U skladu sa načelima zaštite okoliša 2018. godina je značajna i po činjenici da je 9,4 milijuna tona otpadne plastike sakupljeno za recikliranje. Gledajući gospodarstveni doprinos polimerne industrije može se zaključiti da je ovakva vrsta industrije profitabilna i da donosi financijsku stabilnost brojnim razvijenim državama. Međutim godine masovne proizvodnje, neadekvatnog zbrinjavanja i gotovo nepostojećeg recikliranja doveli su ovu industriju u negativan kontekst s obzirom na utjecaj na okoliš. Ako se uzme u obzir da ambalažna, građevinska i automobilska industrija čine većinski dio produkcije plastike u Europi uz elektroniku i medicinu u nešto manjem obimu, jasno je da je po potrošnji prvi polipropilen (19,4 %), najviše korišten polimerni materijal za izradu ambalaže i automobilskih dijelova, slijede ga polietilen niske (17,5%) i visoke (12,4 %) gustoće, korišteni u ambalažnoj i građevinskoj industriji te poli(vinil-klorid) (10 %) korišten za izradu prozora i vrata, podova, izolacija, itd. Navedeno je detaljnije prikazano na slici 1.5.



Slika 1.5. Udjeli polimernih materijala u ukupnoj proizvodnji. <sup>11</sup>

## 1.6. POLIMERI I NJIHOV UTJECAJ NA OKOLIŠ

Plastika je nakon 2. svjetskog rata uvelike modernizirala svijet omogućivši medicini proizvodnju uređaja koji spašavaju ljudski život, zaštitna odjela i kacige, putovanje u svemir, smanjenje mase prijevoznih sredstava zamjenom metala plastikom. Takvo smanjenje mase u transportu imalo je pozitivan utjecaj na okoliš, jer prijevozna sredstva manje mase zahtijevaju manju količinu fosilnih goriva i ispuštaju manju količinu ispušnih plinova. Plastika je zbog svojih dobrih mehaničkih svojstava i trajnosti uvelike zamijenila drvo i metale i u drugim industrijskim granama kao što su građevinska industrija i ambalažna industrija. O tome govori činjenica da je polovina ikada proizvedene plastike proizvedena u posljednjih 15 godina. Proizvodnja plastike je 1950. godine iznosila 2,3 milijuna tona, dok je 2019. dosegla 368 milijuna tona, a pretpostavka je da će se taj broj udvostručiti do 2050. Pogodnosti koje je plastika nudila uz prihvatljive cijene uzrokovala je da ovaj materijal vrlo brzo nakon upotrebe u trajanju od nekoliko minuta ili sati, postaje otpadom koji se ne može razgraditi za nekoliko stotina godina. Zbog toga danas postoje odlagališta otpada krcata plastikom, a poznato je i da velik dio plastičnog otpada završi direktno u okolišu. Od propisno prikupljenog plastičnog otpada tek mali dio odlazi na recikliranje, a ostatak se zadržava jako dugo na odlagalištima otpada bez ikakve funkcije. Nepropisno odložen plastični otpad, odnosno onaj koji je direktno bačen u okoliš predstavlja problem za cijeli svijet. Posebice za mora i oceane u kojem godišnje završi oko 8 milijuna tona tako odbačene plastike, bilo da je iz kontinentalnog i priobalnog pojasa ili samih morskih izvora kao što su kruzeri, tankeri, brodovi namijenjeni za izlovljavanje i brodske olupine. Od ukupne količine plastičnog otpada koji pluta vodenim površinama Zemlje 3/4 je kopnenog porijekla.<sup>12</sup>

Enormna količina plastičnog otpada osim što je velik problem za okoliš, jako negativno utječe i na gospodarstvo. Mora i oceani su najveći proizvođači kisika, pružaju raznoliki biljni i životinjski svijet, omogućavaju najjeftiniji način transporta te vezano uz to bolju povezanost i organizaciju života na zemlji, a služe i za brojne rasonodne aktivnosti poput veslanja, jedrenja te nautički turizam.<sup>13</sup> Samim time jasno je da se onečišćenjem mora i oceana stvara višestruko opterećenje društva na raznim poljima. Zbog toga je u ovom slučaju vrlo bitno baviti se ovim problemom na lokalnoj i na globalnoj razini.

Plastični otpad podrazumijeva svaki plastični predmet koju posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Ukoliko se nakupine takvog plastičnog otpada nalaze u okolišu gdje direktno utječu na život i ponašanje divljih životinja ili ljudi govori se o

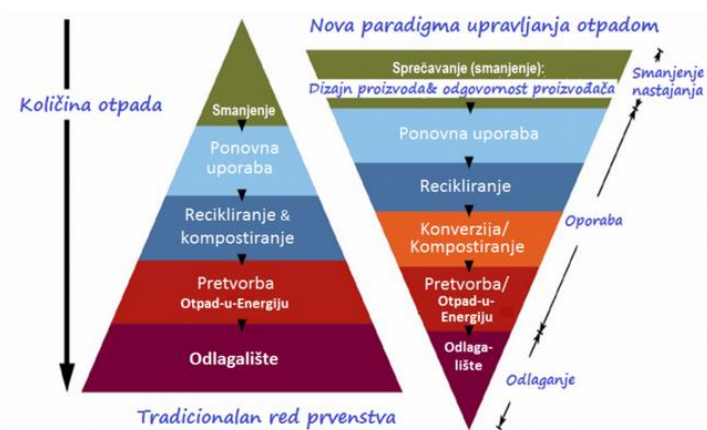
plastičnom zagađenju. Kako bi se spriječilo takvo zagađenje potrebno je promijeniti svijest o plastici kao materijalu te s tržišnog gledišta prijeći s linearnog na kružni model gospodarstva. Linearni model gospodarstva zasnovan je na principu uzmi-proizvedi-odbaci. Prirodne sirovine se iscrpljuju za proizvode koji imaju određenu namjenu, poslije koje postaju otpad. Sudeći da je prirodnih sirovina sve manje, a potrebe za proizvodnjom sve više potrebno se okrenuti prema kružnom modelu gospodarstva. Kružno gospodarstvo podrazumijeva model proizvodnje i potrošnje koji se zasniva na prenamjeni, ponovnom korištenju, recikliranju proizvoda s krajnjim ciljem smanjenja otpada i očuvanja vrijednih sirovina za buduće naraštaje. Industrijski proizvodni procesi crpe energiju i emitiraju stakleničke plinove koji su štetni za okoliš, posebice za klimatska pitanja.<sup>14</sup> Također i procesi recikliranja često zahtijevaju ogromne količine energije što govori da su i cjenovno skupi, a zbog brojnih dodataka koji se konkretno nalaze u samom plastičnom otpadu, često su vrlo komplicirani. Koncept nula otpada doskočio je tom problemu pomoću 5 jednostavnih principa pomoću 5R (*engl. refuse, reduce, reuse, recycle, rot*) prevedeno odbij (kupovinu nepotrebnih stvari), smanji (korištenje stvari), ponovno iskoristi (stvari koje već posjeduješ), recikliraj, truli (kompostiraj). Iako tvrdnja ovog modela da je moguće u svakom kućanstvu neproizvoditi otpad djeluje nestvarno s ovim konkretnim koracima bitno se može približiti tome. Najprije sprečavanjem ili smanjenjem količine otpada, potom ponovnom uporabom predmeta koje posjedujemo, recikliranjem onoga što se ne može ponovno iskoristi ni na koji način te kompostiranjem svega ostalog. U ovom konceptu recikliranje se gleda samo kao alternativa ukoliko se otpad ne može na drukčiji način upotrijebiti, jer svaki tehnološki proces crpi energiju i u određenoj mjeri djeluje na okoliš. Po zakonu definicija glasi: „Gospodarenje otpadom su djelatnosti sakupljanja, prijevoza, uporabe i zbrinjavanja i druge obrade otpada, uključujući nadzor nad tim postupcima te nadzor i mjere koje se provode na lokacijama nakon zbrinjavanja otpada te radnje koje poduzimaju trgovac otpadom ili posrednik”.<sup>15</sup>



Slika 1.6. Model kružnog gospodarstva.<sup>16</sup>

Hijerarhija gospodarenja otpadom sastoji se od sljedećih faza: sprječavanje nastanka otpada, priprema za ponovna (višekratnu) uporabu, recikliranje (materijalna oporaba), drugi postupci oporabe (npr. energetska oporaba) i zbrinjavanje otpada (npr. odlaganje) prikazano na slici 1.7. Prva faza temelji se na dizajniranju proizvoda koji se lako ponovno upotrebljavaju ili oporabljaju što je poznato pod nazivom ekološki dizajn (*engl.eco-design*) proizvoda. Ponovna uporaba je svaki postupak kojim se prethodno korišteni proizvod prenamijenjuje ili mu se omogućuje drukčiji način upotrebljavanja. Polimerni proizvodi se mogu ponovno upotrebljavati ograničen broj puta, nakon čega ih je potrebno podvrgnuti postupku oporabe. Oporaba je svaki postupak ponovne obrade otpada u svrhu njegovog materijalnog ili energetskog iskorištavanja. Materijalna oporaba podijeljena je na mehaničku, kemijsku i otopinsku oporabu. Mehanička oporaba, poznata je i pod nazivom recikliranje, a obuhvaća usitnjavanje plastičnih proizvoda i njihovo pretvaranje u polimerni materijal taljevinskim (ekstruzijskim) procesom. Postupcima prerade kao što su ekstrudiranje, prešanje ili puhanje može podvrgnuti oko 80% plastomera. Kemijskom oporabom se mijenja molekularna struktura polimera, a dijele se na postupke deopolimerizacije (hidroliza, glikoliza, alkoholiza, acidoliza, aminoliza) i postupke termolize (rasplinjavanje, piroliza i hidriranje). Ovim postupcima moguće je podvrgnuti plastomere, duromere i elastomere. Otopinska oporaba dijeli se na sumativno i selektivno otapanje. Sumativno otapanje heterogenog plastičnog otpada temelji se na različitoj topljivosti polimera u odgovarajućem otapalu pri različitim temperaturama, a selektivno otapanje na izdvajanju svake komponente zasebnim otapalom. Naposljetku plastični otpad koji je nemoguće ponovno upotrijebiti i materijalno oporabiti, potrebno je energetski oporabiti (slika 1.8.) Energetska oporaba temelji se na iskorištavanju toplinske

vrijednosti plastičnog otpada, a ona se procjenjuje na 35 MJ/kg. Takva toplinska energija se može upotrijebiti za druge industrijske procese što čini ovu metodu višestruko korisnom.<sup>17</sup> Bez obzira na razvoj tehnologija obrade otpada uvijek će postojati određeni dio koji će završavati na odlagalištima otpada. Za takav otpad potrebno je imati ispravna sanitarna odlagališta. Samo odlagalište otpada se nakon određenog razdoblja počinje ponašati kao bioreaktor, a plastični otpad se razgrađuje kemijskim, fizikalnim i biološkim procesima, odnosno dolazi do degradacije cijepanjem kemijskih veza u polimeru. Polimernom materijali mijenjaju se mehanička, optička i električna svojstva, a vizualno dolazi do promjene oblika, boje, napuklina i povećanja krutosti. Polimerni otpad bačen u mora ili oceane s vremenom će doživjeti degradaciju pod utjecajem ekoloških čimbenika i smanjenjem svojih dimenzija prijeći u mikroplastiku.



Slika 1.7. Model održivog gospodarenja otpadom.<sup>18</sup>



Slika 1.8. Životni ciklus plastike.<sup>17</sup>

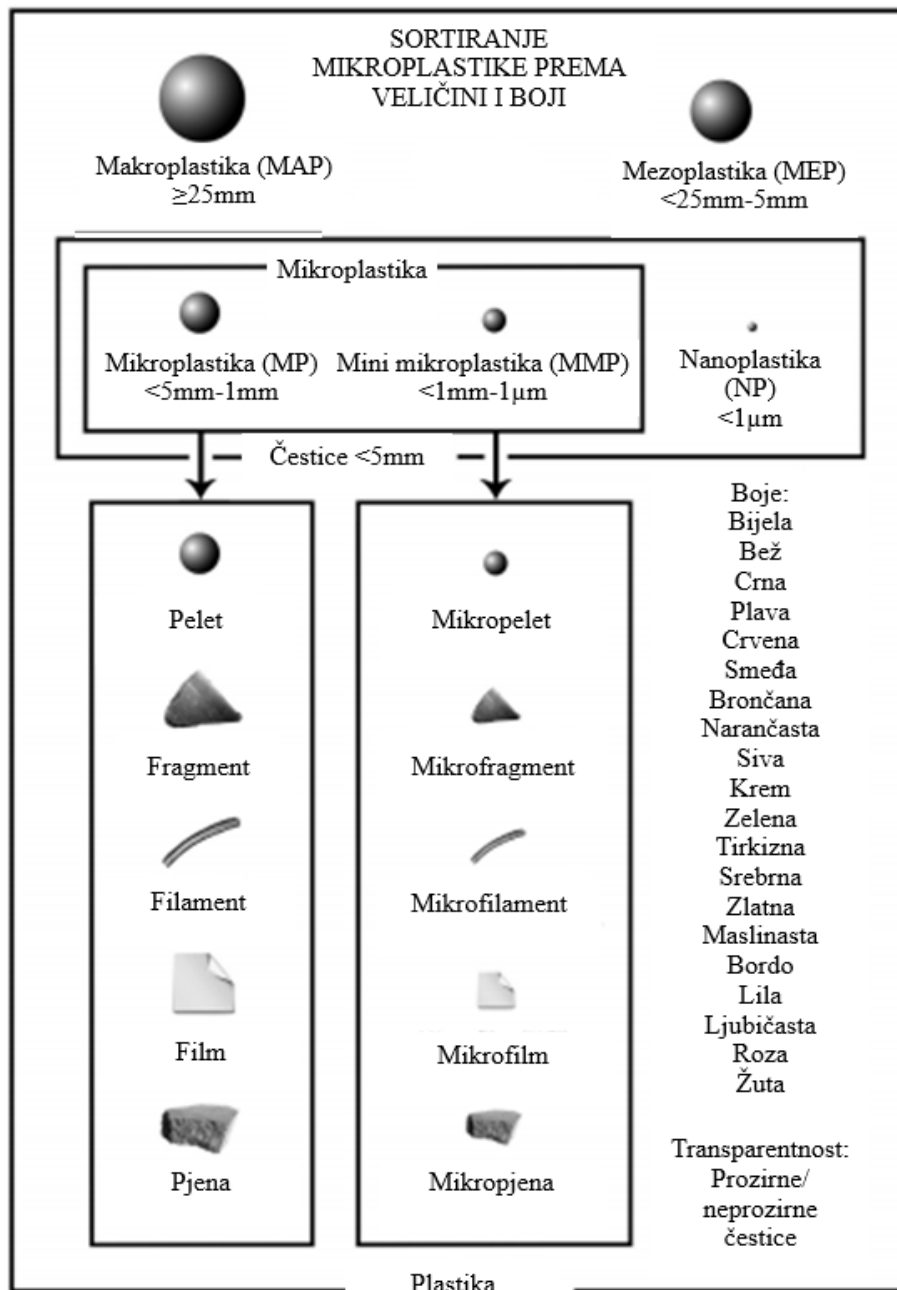
## 1.7. MIKROPLASTIKA

U znanstvenoj literaturi Carpentera i Smitha se već 1970. pojavljuju izvješća o malenim plutajućim fragmentima plastike u moru, dok su znanstvenici Harper i Fowler identificirali plastiku u utrobi priobalnih ptica 1960-tih. Pojam mikroplastike su prvi puta 1990. upotrijebili Ryan i Moloney koji su istraživali južnoafričke plaže. Nedugo nakon toga su se pojavila brojna izvješća od pomorskih znanstvenih udruženja koja su analizirala raspodjelu plastičnih fragmenata u morskoj vodi.<sup>19</sup> Mikroplastika predstavlja veliki problem, a nastaje kada plastični materijal more, sunce, vjetar i valovi razlome plastiku na manje komade. Plastika se prema veličini dijeli na makroplastiku, mezoplastiku i mikroplastiku. Mikroplastika se još dodatno dijeli na malu mikroplastiku (*engl. Small Microplastic, SMP*) i veliku mikroplastiku (*engl. Large Microplastic, LMP*), a pregled vrsta plastike prema veličini dat je u tablici 1.2.

Tablica 1.2. Podjela plastike prema veličini.

Kategorija	Kratica	Veličina	Definicija veličine
Makroplastika	MAP	$\geq 25$ mm	Svaki komad plastike jednak ili veći od 25 mm duž svoje najdulje dimenzije
Mezoplastika	MEP	$< 25\text{mm} - 5$ mm	Svaki komad plastike manji od 25mm do najviše 5mm u svojoj najduljoj dimenziji
Mikroplastika	MP	$< 5$ mm - 1 mm	Svaki komad plastike manji od 5mm do veličine od najmanje 1mm u svojoj najduljoj dimenziji
Mini mikroplastika	MMP	$< 1$ mm - 1 $\mu\text{m}$	Svaki komad plastike manji od 1mm do veličine od najmanje 1 $\mu\text{m}$ u svojoj najduljoj dimenziji
Nanoplastika	NP	$< 1$ $\mu\text{m}$	Svaki komad plastike manji od 1 $\mu\text{m}$ u svojoj najduljoj dimenziji

Čestice mikroplastike okarakterizirane su nejednakim, oštrim i iskrivljenim rubovima, jednolikom debljinom, prepoznatljivom bojom i nedostatkom stanične strukture.<sup>20</sup> Pod pojmom mikroplastike podrazumijevamo heterogenu skupinu plastičnih čestica koje se mogu razlikovati po veličini, obliku i boji, prikazano na slici 1.9.



Slika 1.9. Shematski prikaz sortiranja mikroplastike u kategorije prema veličini, obliku i boji.<sup>21</sup>



Mikroplastika se prema porijeklu dijeli na primarnu i sekundarnu. Primarna mikroplastika je polimerni materijal ciljano proizveden u malim veličinama, a može se pronaći u industrijskim sredstvima za čišćenje, kozmetici ili sirovinama za druge industrijske procese. Sekundarna mikroplastika nastaje trošenjem prilikom same upotrebe plastičnih predmeta te kemijskom i mehaničkom degradacijom većih komada plastike pod utjecajem okolišnih čimbenika.<sup>19,22</sup> Dominantan uzrok raspada plastike u okolišu su solarna UV radijacija, koja uzrokuje oksidacijsku fotorazgradnju polimera. Fotodegradacija polimernih materijala poput polietilena, polipropilena i polistirena su reakcije vođene mehanizmom slobodnih radikala. Ovakav autooksidacijski proces karakteriziran je da prisutni slobodni radikali imaju mogućnost vezanja vodika iz C-H grupe i tako proizvode radikalno mjesto u lancu koje može reagirati s kisikom koje potom reagira s novom C-H grupom unutar makromolekule.<sup>23</sup> Na taj način oslabljen polimerni materijal može dalje degradirati bilo koja mehanička sila, kao što su u ovom slučaju vjetar i valovi.

Mikroplastika se istaknula kao globalni problem jer ima prvenstveno loš utjecaj na biljni i životinjski svijet (slika 1.10.) Onečišćenje mikroplastikom proširilo se sve do dna morskog prehrambenog lanca, jer planktoni hranu zamijene za plastična mikrovlakna. Kada takvi sićušni komadići plastike uđu u hranidbeni lanac, oštećuju organe i tkiva, te uzrokuju u kemijsko trovanje potaknutno organskim zagađivačima (*engl. POPs, Persistent organic pollutants*) koji se apsorbiraju na površinu mikroplastike zahvaljujući njihovoj hidrofobnosti. Mikroplastika zbog svoje velike specifične površine apsorbira veliku količinu polutanata. Polimerni materijali su bioinertni, a unutar živih bića ne postoje enzimi koji mogu razgraditi te makromolekule, stoga plastika unesena u probavni sustav ne bi trebala uzrokovati trovanje. Problem toksičnog djelovanja se javlja zbog ostalih momonera, dodataka koji su pretežno toksični te intermedijera nastalih polovičnom degradacijom ili spojevima za koje je ona prijenosni medij, koji uzrokuju trovanje ukoliko se s mikroplastike otpuštaju u živi organizam.<sup>24</sup> Također osim navedenog mikroplastika na sebe može apsorbirati teške metale, koji su vrlo štetni ukoliko dospiju u živi organizam.

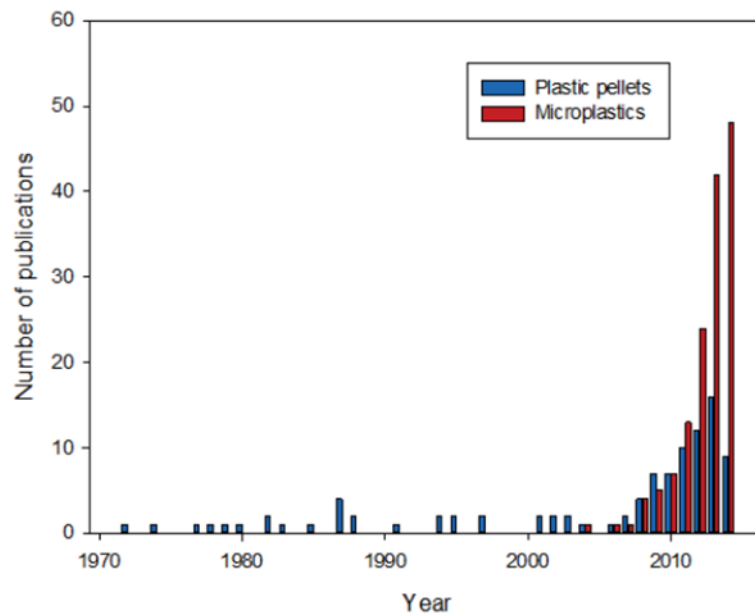
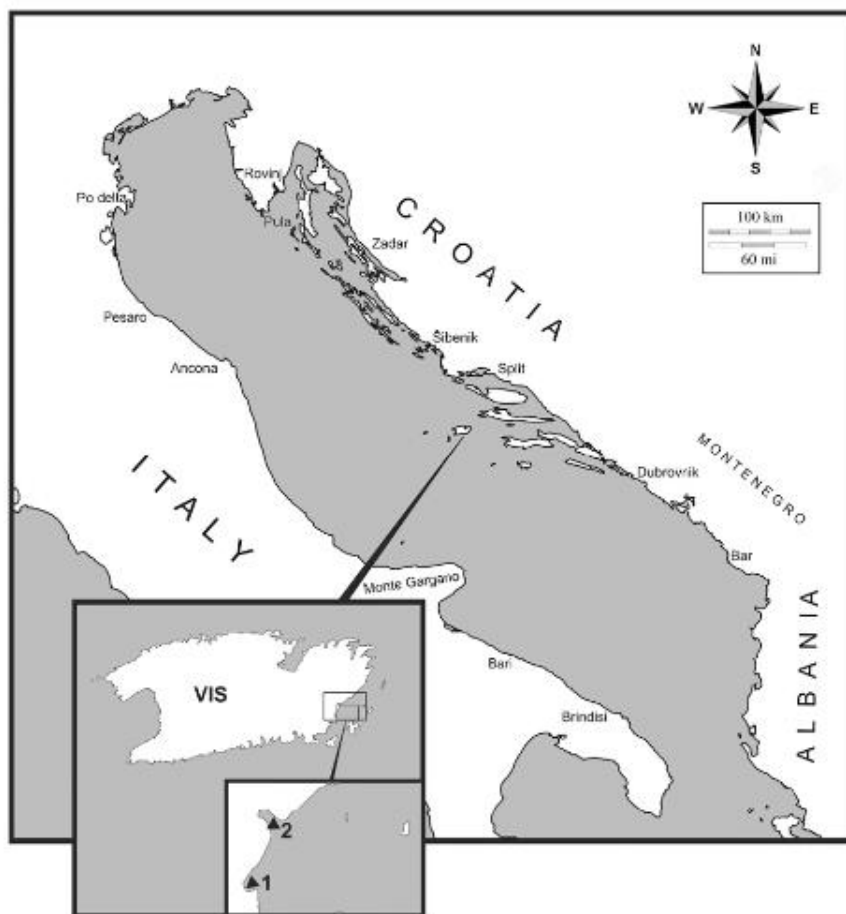


Figure 1.1 Publications by year, 1970 – July 2014, using the search terms 'plastic pellets' and 'microplastics' – compiled by Sarah Gall, Univ. Plymouth, UK.

Slika 1.10. Grafički prikaz rasta broja članaka na temu mikroplastike u periodu od 1970.-2010.

U Jadranskom moru su pokrenuta istraživanja o razini kontaminiranosti mikroplastikom koja je u više navrata sakupljana na jugoistočnom djelu otoka Visa 2016. godine na plažama Milna i Zaglav. Geografski položaj ovih dviju pješčanih plaža uzrokovao je vrlo sličan utjecaj vjetrova, valova i morskih struja na njihove obale, samim time obe plaže su bile pogodne za nakupljanje sedimenta koji je sadržavao mikroplastiku (slika 1.11.) Pješčana plaža Milna se prostire duž 30 m širinom od 3-4 m, a plaža Zaglav sadrži fini pijesak koji se prostire između većih stijena i sitnijih kamenja dužine je 60 m, a širine otprilike 7 m. Uzroci za velike količine plastičnog otpada u sedimentu plaže Zaglav leže u otvorenom položaju, utjecaju izlaznog toka rijeke Bune/Bojane u zimskim i proljetnim periodima, kružnog režima struja u Jadranu i jakih južnih vjetrova koji pušu kroz godinu. Plaža Zaglav je zbog te velike koncentracije plastičnog otpada prema CCI indeksu dobila titulu „iznimno prljave“ plaže. Analiza sedimenta na plaži Zaglav pokazala je da je razina kadmija, bakra i nikla na uzorcima mikroplastike za tri reda veća od razine u morskoj vodi. Nadalje razina željeza i mangana bila je 4-5 reda veća, a olova i cinka 2-3 reda veća u odnosu na razinu metala u morskoj vodi, što čini plažu Zaglav uvelike kontaminiranom teškim metalima. Zbog usmjerenosti prema otvorenom moru, visoke precipitacije u zimskim i proljetnim periodima, uz obale otoka Visa, obale Mljeta i Korčule, poluotoka

Pelješca i obale Dubrovnika su se pokazale iznimno nečistima i broje najveće koncentracije plastičnog otpada na obali i dnu priobalnog pojasa.<sup>25</sup>



Slika 1.11. Položaj plaže Zaglav(1) i Milne (2) na otoku Visu.<sup>26</sup>

## 1.8. PLASTIKA I PANDEMIJA COVID-19

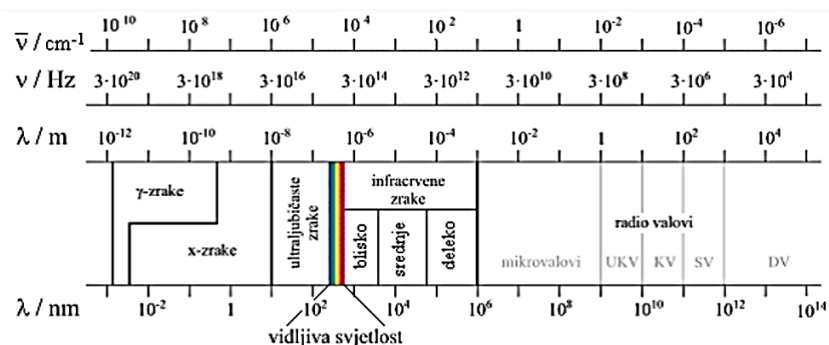
Plastični proizvodi za vrijeme COVID-19 pandemije imaju značajnu ulogu u zaštiti ljudskog zdravlja. Svakodnevno korištenje plastičnih maski, rukavica, naočala, posuda za dezinficijense i drugih zaštitnih proizvoda od plastike odražava se i na okoliš (slika 1.12). Odlaganje takvog otpada na kontinentalnim teritorijima uskoro će svoj utjecaj proširiti i na obale mora i oceana. Također primorski krajevi direktno već utječu na onečišćenje takvom vrstom plastičnog otpada, jer dio takvog otpada koji se neadekvatno zbrine završi u morima. Podaci o ukupnoj količini plastičnog otpada od izbijanja COVID-19 pandemije se procjenjuju na 1,6 tona po danu, dok se korištenje maski i drugih jednokratnih zaštitnih sredstava procjenjuje na 3,4 milijarde komada dnevno. Analiza ovih podataka upućuje na to da će pandemija COVID-19 iznijedriti veliki problem vezan za zbrinjavanje plastičnog otpada te brojne akcije udruga za zaštitu okoliša koje će se boriti protiv tog problema. Dok se globalno gospodarstvo bori da napravi preokret pružajući potpore brojnim institucijama kako bi nastavili svoj posao tijekom pandemije, otvara se mogućnost otvaranja novih industrija koje mogu svojim inovacijama pridonijeti razvoju novog pribora za osobnu zaštitu koji je višekratno iskoristiv ili nije od plastičnih materijala. Zdravstvene djelatnosti su u svakodnevnoj borbi protiv pandemije i stvaraju ogromne količine biomedicinskog otpada, koji se također treba zbrinjavati na pravi način. Svi ovi navedeni problemi trebali bi potaknuti svijest cijele populacije, kao i stručnjaka za razvijanje novih strategija kako bi se uspješno nosili s trenutnim i budućim zagađenjem vezanim za produkciju plastičnog otpada tijekom pandemije.<sup>27</sup>



Slika 1.12. Zagađenje plastičnim otpadom uzrokovano pandemijom COVID-19.<sup>28</sup>

## 1.9. IR SPEKTROSKOPIJA

Infracrvena spektroskopija (*engl. Infrared Spectroscopy*) je jedna od najvažnijih analitičkih instrumentalnih metoda koja se bazira na mjerenju količine elektromagnetskog zračenja koje je uzorak apsorbirao ili propustio u području infracrvenih valnih duljina zračenja.



Slika 1.13. Elektromagnetski spektar. <sup>29</sup>

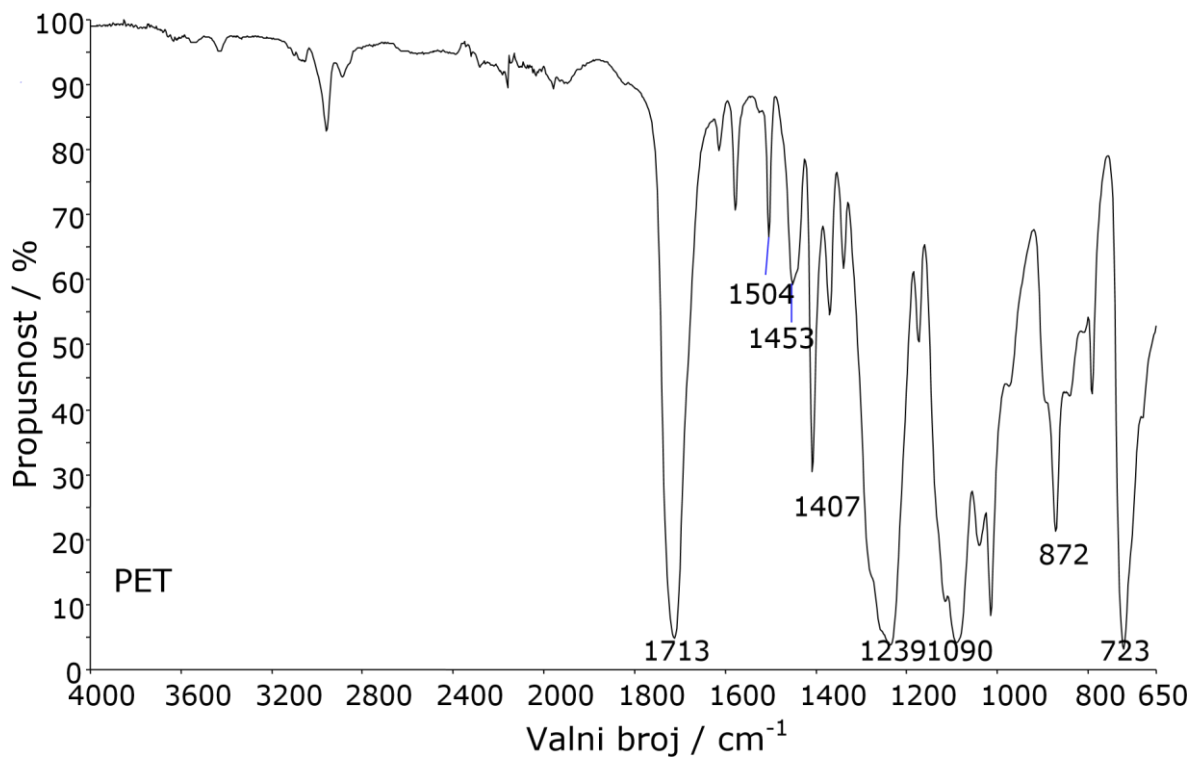
Elektromagnetno zračenje nosi energiju dostatnu za povećanje vibracije ili rotacije atoma te omogućuje prijelaz atoma u više energijsko stanje. Propuštanjem infracrvenog zračenja kroz uzorak moguće je dobiti IR spektar koji se zasniva na određivanju količine upadnog zračenja pri određenoj energiji. Molekula može apsorbirati elektromagnetsko zračenje pojedine frekvencije samo pod uvjetom da je frekvencija upadnog IR zračenja jednaka temeljnoj vibraciji molekule za koju se veže promjena dipolnog momenta. Apsorbiranjem zračenja unutar uzorka povećavaju se vibracije pojedinih atoma ili atomskih skupina u molekuli, odnosno veća je promjena dipolnog momenta. Što je promjena dipolnog momenta veća, veći je i intenzitet apsorpcijske vrste, a takav odziv je moguće uočiti u vidu pikova koji se pojavljuju na IR spektru. Zbog toga je IR spektar nositelj značajki kemijske strukture tvari i na taj način omogućava njenu identifikaciju. Elektromagnetsko infracrveno zračenje dijeli se na tri valna područja: blisko ( $12820\text{--}4000 \text{ cm}^{-1}$ ), srednje ( $4000\text{--}400 \text{ cm}^{-1}$ ) i daleko ( $400\text{--}10 \text{ cm}^{-1}$ ). Srednje valno područje je najznačajnije za IR spektroskopiju jer se u njemu zbog apsorpcije energije zračenja javljaju temeljne molekulske vibracije koje obuhvaćaju promjenu duljine veze, tj. istezanje veze (*engl. Stretching*) i promjenu kuta između veza tj. savijanje veze (*engl. Bending*). U IR spektroskopiji uspoređuje se količina zračenja propuštenog kroz uzorak s pozadinskom propusnošću IR spektrometra (*engl. Background*). Rezultat je IR spektar koji se prikazuje kao transmitancija ili propusnost  $T=I/I_0$  pri čemu je I intenzitet propuštenog zračenja, a

$I_0$  intenzitet zračenja koje pada na uzorak pri određenoj frekvenciji. Apsorbancija je povezana s transmitacijom preko izraza  $A = \log_{10} I_0 / I_2$ ,  $A = \log_{10} I_0 / I_2$ . Instrumenti s Fourierovom transformacijom koriste jedan snop zračenja kod kojeg sve potrebne frekvencije istovremeno prolaze kroz instrument. Instrument ne posjeduje disperzni element pa se sve valne duljine detektiraju i mjere istovremeno. Korištenjem matematičkog algoritma (Fourierove transformacije) nastaje infracrveni spektar te je moguće pristupiti interpretaciji rezultata. Spektrometar Perkin-Elmer Spectrum One je uređaj koji radi na principu IR spektroskopije u srednjem području rada, a koristi se za identifikaciju čvrstih, kapljevitih i plinovitih uzoraka uz odgovarajuće dodatke osnovnoj postavci uređaja (slika 1.14.) Za identifikaciju čvrstih uzoraka kao što je mikroplastika odnosno plastični otpad najprikladnije je koristiti tehniku vodoravne prigušene totalne refleksije (*engl. Horizontal Attenuated Total Reflectance, HATR.*)

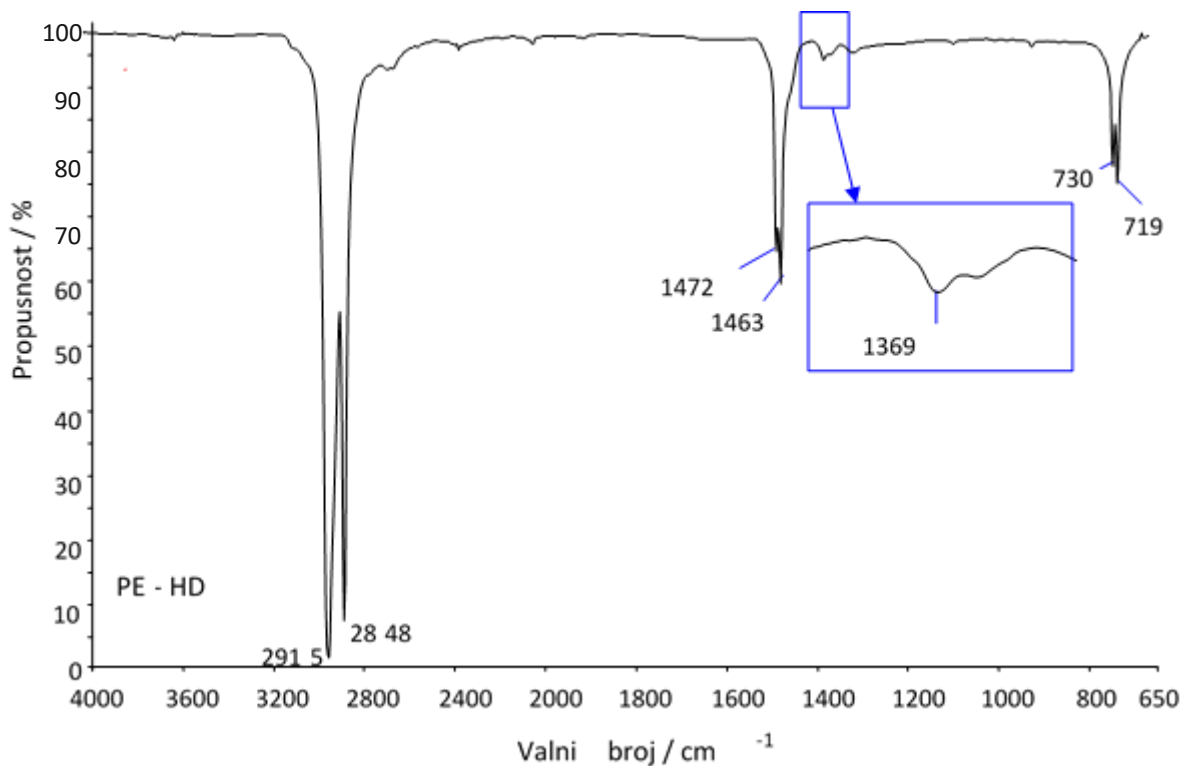


Slika 1.14. Spektrometar Perkin-Elmer Spectrum One s dodatkom za snimanje HATR tehnikom.<sup>30</sup>

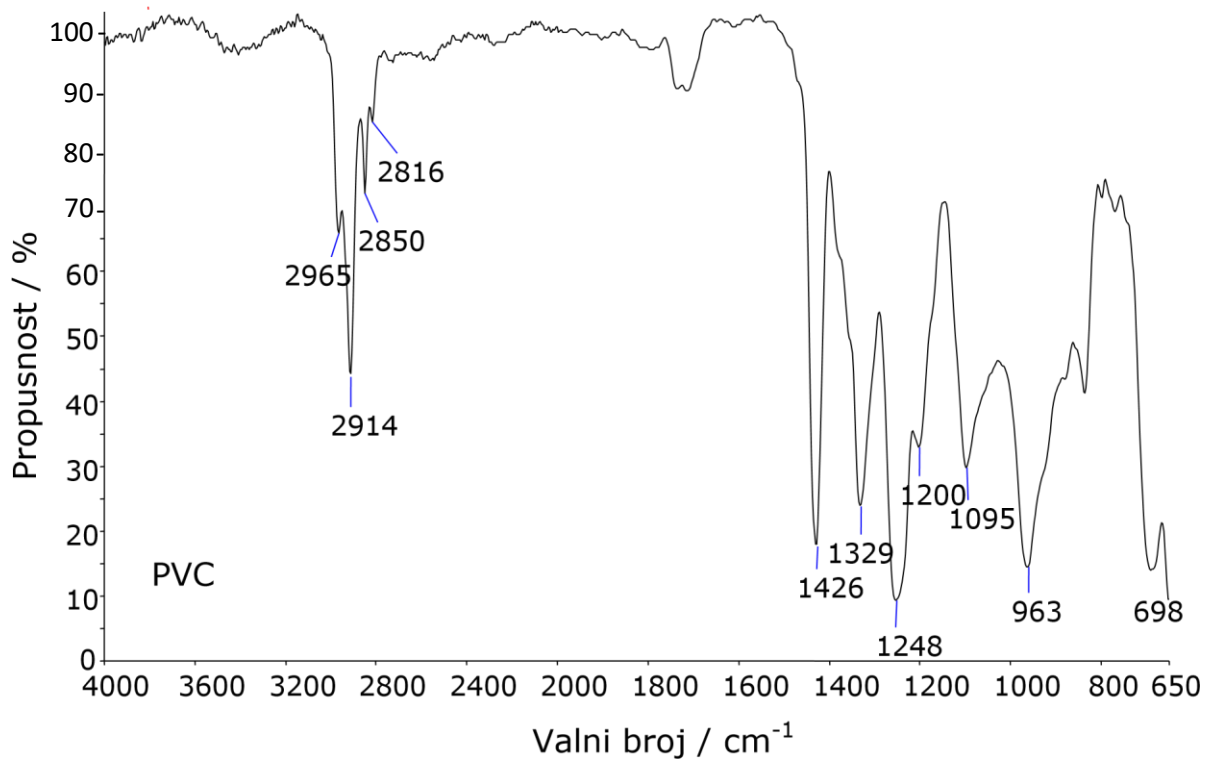
Tehnika vodoravne prigušene totalne refleksije se provodi na način da se uzorak stavi na kristal od ZnSe te se pomoću poluge za primjenu sile na uzorak pokuša ostvariti što bolji kontakt uzorka s kristalom. Zraka iz izvora infracrvenog zračenja prolazi kroz dodatak za snimanje HATR tehnikom višestruko se odbijajući uzduž kristala i natrag prema detektoru koji bilježi koliki je dio energije zračenja uzorak apsorbirao. Intenzitet apsorpcije koji registrira detektor može se očitati u obliku IR spektra s karakterističnim pikovima za pojedinu tvar. Koristeći IR atlase ili računalne baze moguće je zaključiti o kojoj vrsti materijala je riječ kod dobivenog spektrograma. Na slikama 1.15 - 1.20 prikazani su FT-IR spektri šest širokoprimjenjivih polimera s karakterističnim apsorpcijskim IR vrpčama.<sup>17</sup>



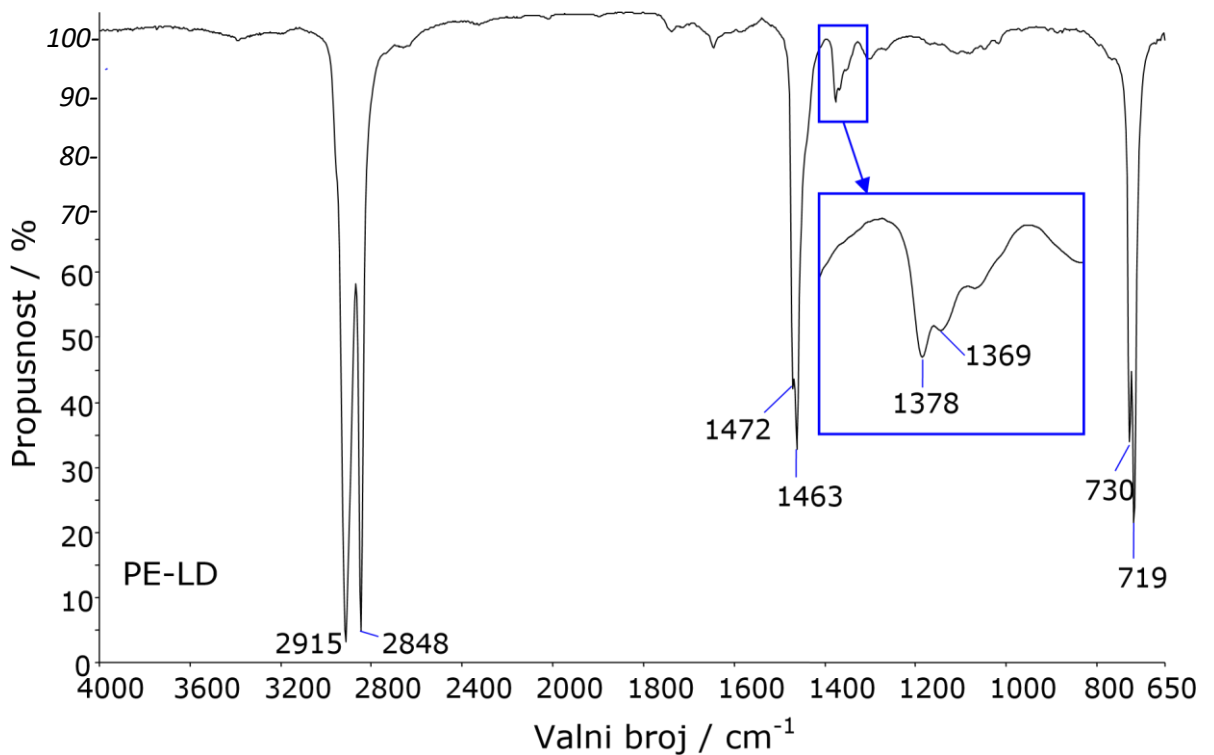
Slika 1.15 FT-IR spektar poli(etilen-tereftalata) (PET).



Slika 1.16. FT-IR spektar polietilena visoke gustoće (PE-HD) .

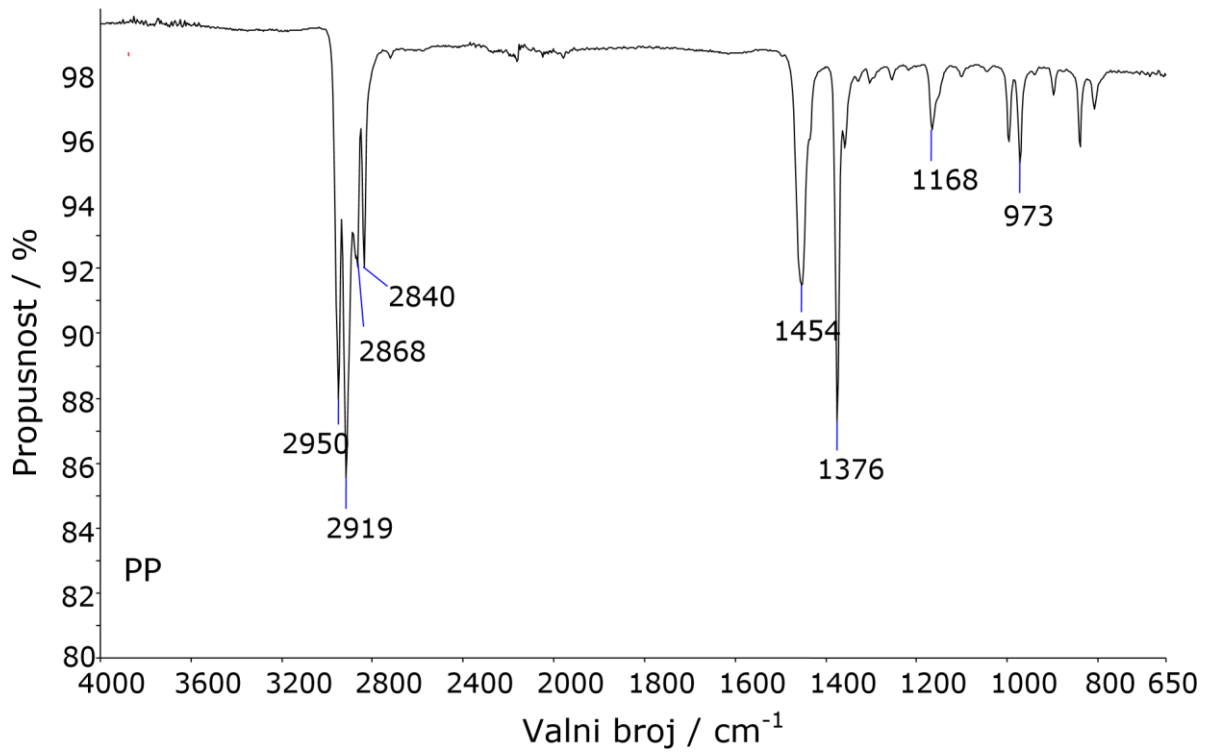


Slika 1.17. FT-IR spektar poli(vinil-klorida) (PVC).

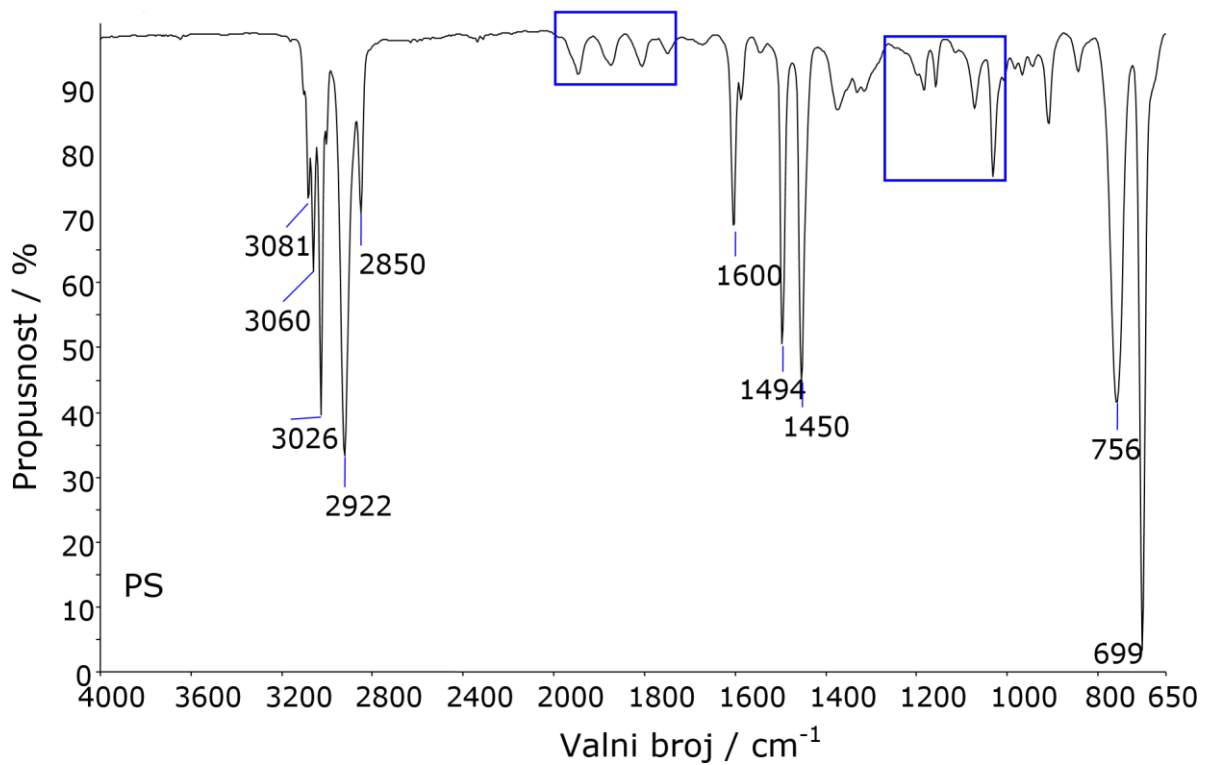


Slika 1.18. Slika polietilena niske gustoće (PE-LD).





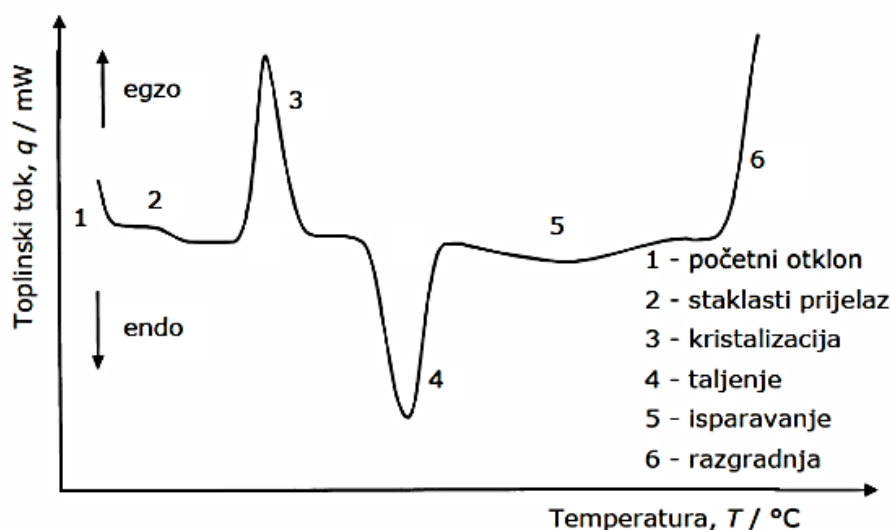
Slika 1.19. FT-IR spektar polipropilena (PP).



Slika 1.20. FT-IR spektar polistirena (PS).<sup>17</sup>

### 1.10. DIFERENCIJALNA PRETRAŽNA KALORIMETRIJA (DSC)

Diferencijalna pretražna kalorimetrija (DSC) je jedna od najvažnijih termoanalitičkih metoda koja se zasniva na mjerenju snage dovedene uzorku pri zagrijavanju ili hlađenju uzorka i referentnog materijala u ovisnosti o temperaturi ili vremenu. Uzorak se zagrijava ili hladi programiranom brzinom u termostatiranom bloku i inertnoj atmosferi, a toplinski tok je prikazan u ovisnosti o vremenu i temperaturi. Zagrijavanje ili hlađenje materijala karakteriziraju toplinski prijelazi (taljenje, isparavanje, kristalizacija i umrežavanje) koji mogu biti egzotermne ili endotermne prirode. Temperaturnu ćeliju u kojoj je uzorak je potrebno održavati na konstantnoj temperaturi, a količina toplinske energije potrebne za to registrira se kao odmak od bazne linije na DSC krivulji (slika 1.21.) Ovisnost ekvivalenta brzine apsorpcije ili oslobađanja energije u ispitku izražena u mW o temperaturi izraženoj u (°C) naziva se termogramom.



Slika 1.21. Opći DSC termogram.

DSC krivulja karakterizirana je endotermnim prijelazima i promjenama toplinskog kapaciteta koji su minimumi krivulje i egzotermni prijelazi koji su maksimumi krivulje. Ovakva krivulja može pružiti niz informacija kao što podaci o fizikalnim promjenama, kemijskim procesima i kinetici reakcije za ispitivani polimer. Temperatura tališta za kristalaste polimere i temperatura staklišta za amorfne polimere su osnovne karakteristike koje se određuju analizom DSC krivulja. Značajka kristalastih polimera je talište, fazni prijelaz prvog reda pri kojem se apsorbira toplina odnosno raste entalpija i mijenja se njihovo agregatno stanje. Kod amorfnih polimera događa se fazni prijelaz drugog reda, dolazi do promjene toplinskog kapaciteta i prijelaza iz staklastog u viskoelastično stanje,

ali ne i do promjene agregatnog stanja. U svrhu dobivanja traženih rezultata DSC krivulju je potrebno normalizirati po masi uzorka, integrirati površine ispod pikova i provesti ekstrapolaciju vrijednosti. Iz tako obrađene DSC krivulje moguće je dobiti podatke o temperaturama faznih prijelaza, toplinskom toku u uzorak pri zagrijavanju ili iz uzorka pri hlađenju ( $dH/dT$ ) te djelomičnoj ili ukupnoj entalpiji. Prednosti ove metode nad drugim termoanalitičkim metodama su brzina izvođenja analize i mala količina uzorka potrebna za analizu.

DSC823<sup>e</sup> (Mettler Toledo) je diferencijalni pretražni kalorimetar kojim je provedena obrada i snimanje podataka u ovom radu uz pomoć računalnog programa STAR<sup>e</sup>. Prethodno izvagani uzorak stavlja se u aluminijsku posudicu koja se zatvara uz pomoć hidrauličke prese. Mjerni sklop uređaja ima dvije usporedne pozicije, na lijevu se smješta posudica s uzorkom, a na desnu prazna aluminijska posudica koja služi kao referentni materijal. Mjerni instrument se poklapa staklenim poklopcem, propušta se inertni plin i započinje zagrijavanje unaprijed određenom brzinom u programu.<sup>31</sup>

## **2. EKSPERIMENTALNI DIO**

## 2.1. MATERIJALI

Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu uzorkovao je uzorke namijenjene za analizu. Uzorkovanje je provedeno 2014. godine na plaži Zaglav na otoku Visu. Uzorci su analizirani u obliku u kojem su primljeni. Uzorkovanje, odvajanje, pročišćavanje i razvrstavanje u kategorije prema obliku učinjeno je sukladno pravilima koje propisuje DeFishGear protokol na Institutu. Uzorci su sortirani u staklene epruvete s obzirom na pripadajuću kategoriju i dostavljeni su na Kemijsko-tehnološki fakultet u lipnju 2020.godine. Zaprimito je 14 epruveta s uzorcima s plaže Zaglav na otoku Visu (slika 2.1.) Uzorci su svrstani u kategoriju velike mikroplastike LMP, iako je naknadnom analizom ustanovljeno da svi uzorci ne pripadaju toj kategoriji mikroplastike. Zbog jednostavnosti imenovanja u ovom radu je za sve uzorke korišten objedinjujući naziv „mikroplastika“ za sve uzorke.

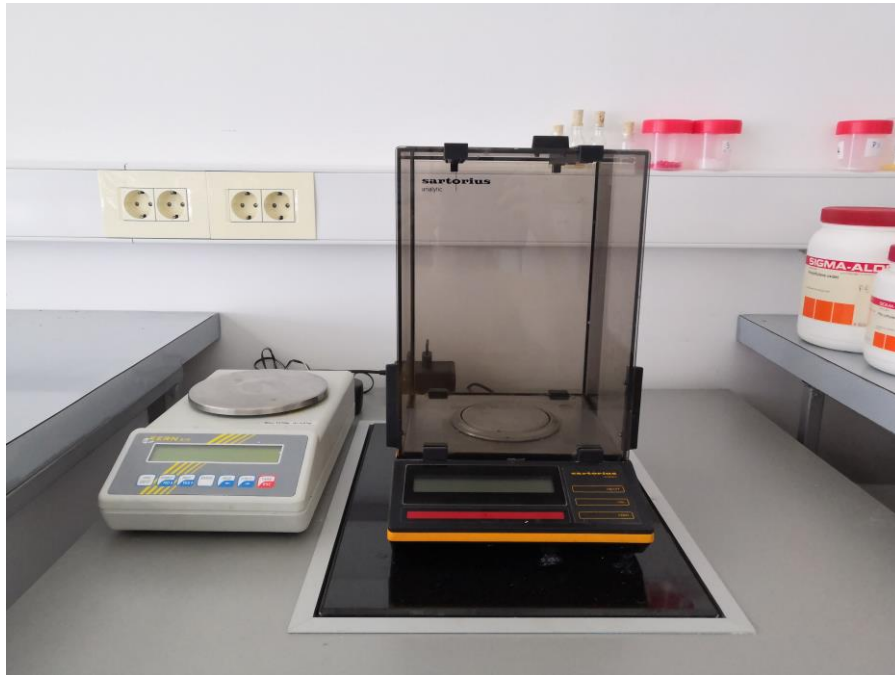


Slika 2.1. Originalni uzorci s plaže Zaglav na otoku Visu.

## 2.2. METODA RADA I APARATURA

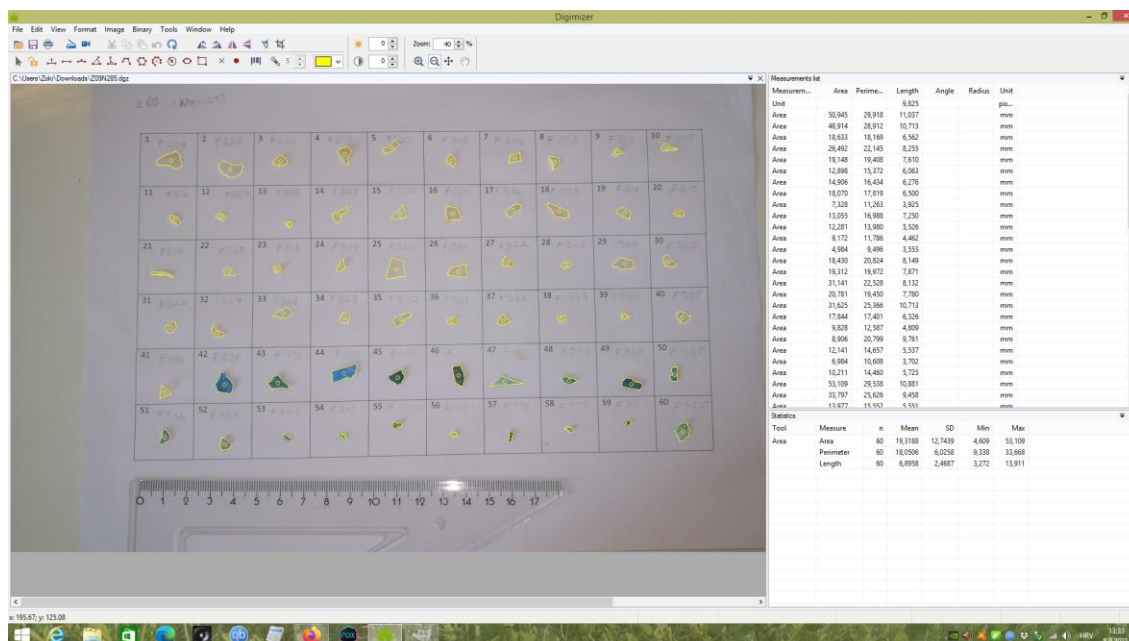
### 2.2.1. Određivanje fizikalnih veličina i svojstava

Uzorcima je prvo određena boja, oblik i prozirnost/neprozirnost vizualnom analizom. Svaki pojedinačni uzorak je izvagan pomoću analitičke vage Sartorius analytic (zemlja proizvodnje: Njemačka) prikazano na slici 2.2.



Slika 2.2. Analitička vaga Sartorius Analytic.

Za određivanje površine i maksimalne dimenzije pojedinačnih uzoraka korišten je Digimizer, računalni program koji je namijenjen za analizu slika (slika 2.3.) Pomoću ovog programskog paketa moguće je vrlo jednostavno i precizno izmjeriti veličine poput površine, dužine, širine, visine, radijusa itd. Analiza se provodi na način da se u program učita željena slika u jednom od nekoliko formata koje program podržava. Učitano sliku u programu je moguće okretati, ispraviti, podesiti joj svjetlinu, kontrast, postaviti željene filtere kako bi analiza bila što jednostavnija. S obzirom na veličine koje su nam od interesa za određivanje, potrebno je u program definirati referentnu vrijednost u milimetrima, kako bi i rezultati bili prikazani u istoj.<sup>32</sup>



Slika 2.3. Obrada uzoraka Z09\_N285 u računalnom programu Digimazer.

## 2.2.2. Identifikacija polimernog materijala

Postoje razne spektroskopske metode za identifikaciju vrste polimernog materijala kao što su nuklearna magnetska rezonancija (NMR), infracrvena spektrofotometrija (IR) te Fourier (FTIR Spektroskopija), koja je korištena u ovom radu, a daje informacije o kemijskom sastavu, strukturi i konformacijama. Uz FTIR spektrofotometriju u ovom radu je provedena i analiza na Diferencijalnom pretražnom kalorimetru. Spektroskopija je provedena na Perkin-Elmer Spectrum One (zemlja proizvodnje: SAD) spektrofotometru (slika 2.4.) korištenjem tehnike vodoravne prigušene totalne refleksije.

Prilikom identifikacije uzoraka je korišten računalni program Spectrum One namijenjen za FTIR spektroskopiju. U programu je podešeno snimanje u području valnih duljina od 4000 do 650  $\text{cm}^{-1}$ . Broj snimanja je podešen na deset puta uz spektralnu rezoluciju  $4\text{cm}^{-1}$ , a konačno dobiveni spektar je srednja vrijednost od deset snimljenih spektara. Nakon pokretanja programa najprije je izvršeno snimanje spektra pozadine odnosno samog kristala ZnSe, koji je prethodno očišćen acetonom i prebrisan krpicom od tkanine. Snimanje pozadine je bitan korak kako bi se uklonile moguće interferencije. Potom je u programu unesen naziv uzorka namijenjenog za identifikaciju i pohranu vlastitog spektra. Uzorak namijenjen za identifikaciju stavljen je pomoću pincete na sredinu stakla ZnSe, poklopljen poklopcem i pričvršćen pomoću poluge. Primijenjena sila praćena je u računalnom programu u svrhu ostvarivanja dobrog kontakta uzorka s podlogom, a ujedno

kako ne bi došlo do oštećivanja kristala ZnSe prelaskom vrijednosti od 150 jedinica. Nakon uspješno obavljenog snimanja uzorak, smanjena je sila, poklopac je skinut i uzorak je uklonjen. Svaki uzorak korišten u ovom radu je analiziran na isti način. Spektri od uzoraka uspoređeni su s IR atlasima i spektrima u bazi podataka kako bi se ustanovilo podudaranje, odnosno kako bi sama identifikacija bila što pouzdanija.



Slika 2.4. Perkin-Elmer IR spektrofotometar s HATR dodatkom.

Termoanaliza je vrsta proučavanja materijala praćenjem promjene fizikalnih svojstava s promjenom temperature. Uređaj kojim je provedena termoanaliza je diferencijalni pretražni kalorimetar Mettler-Toledo DSC 823<sup>e</sup> (zemlja proizvodnje: Švicarska) prikazan na slici 2.5. Komponente priključene na uređaj su računalo, hladnjak kojim je omogućen rad pri temperaturama do  $-80^{\circ}\text{C}$  i plinska boca s dušikom kako bi se osigurala inertna atmosfera za snimanje uzoraka. Potrebno je uključiti računalo, uređaj i hladnjak. Otvaranjem boce s dušikom i termostatiranjem uređaja uz konstantan protok plina od  $30\text{ mLmin}^{-1}$  osiguravaju se potrebni uvjeti za rad. Nakon stavljanja uređaja u stanje pripravnosti počinje se sa pripremom uzorka. Uzorci se važu i smještaju pincetom u aluminijske posudice koje se uz pomoć Mettler-Toledo preše za DSC posudice zatvore aluminijskim poklopčićem. Na aluminijskom poklopčiću je potrebno probušiti rupu iglom kako bi mogući nastali plinovi mogli izaći van, kao prevencija od razaranja posudice i oštećenja uređaja. Pri visokim temperaturama moguć je nastanak plinovitih produkata razgradnjom polimera ili hlapljenjem. U mjernoj ćeliji na lijevu poziciju se



postavlja tako pripremljen uzorak, dok je desna pozicija namijenjena za referentni materijal, što je u ovom slučaju prazna aluminijska posudica. Nakon ispravnog smještaja uzorka i referentne posudice, mjernu ćeliju je potrebno zatvoriti staklenim zvonom koji služi kao izolacija. U programu STAR<sup>e</sup> je prije snimanja potrebno podesiti brzinu zagrijavanja na 20 °C min<sup>-1</sup>, upisati masu uzorka i dodijeliti mu odgovarajući naziv. Zagrijavanje mjerne ćelije počinje pritiskom na start u izborniku. Nakon što je snimanje uzorka završeno, dobije se njegova DSC krivulja. DSC krivulju svakog analiziranog uzorka je potrebno obraditi u STAR<sup>e</sup> programu kako bi se dobili podaci poput temperature tališta ili staklišta. Dobiveni podaci se uspoređuju s poznatim vrijednostima iz literature, kako bi se utvrdilo o kojoj je vrsti polimera riječ. Zbog velikog broja uzoraka dostatne količine, trenutna se metoda pokazala adekvatnom, dok bi se kod manjih uzoraka koji su većinski klasificirani kao ostatak mogla primijeniti naprednija metoda IR mikroskopije.



Slika 2.5. Diferencijalni pretražni kalorimetar Mettler-Toledo DSC 823<sup>e</sup>.

### **3. REZULTATI**

### 3.1. REZULTATI KARAKTERIZACIJE UZORAKA MIKROPLASTIKE

U ovom radu obrađeno je 865 uzorka s plaže Zaglav na otoku Visu. Preostale ispitke zbog mikroskopske veličine nije bilo moguće obraditi s korištenom aparaturom, stoga su izdvojeni za naknadnu obradu IR mikroskopijom. U tablici 3.1 prikazani su rezultati razvrstavanja uzoraka u kategorije prema DeFishGear protokolu. Iz dijagrama je vidljivo da su fragmenti na lokaciji Zaglav najbrojniji i identificirano ih je 563 od 865 ispitaka (65,01%). Slijede peletni uzorci kojih je 281 (32,45%), slijede filamenti kojih je 13 (1,50%), pjene 8 (0,92%) i jedan film (0,12%)

Tablica 3.1. Broj svrstanih uzoraka u kategorije prema DeFishGear protokolu.

Kategorija	Filamenti	Filmovi	Fragmenti	Granule	Peleti	Pjene
Broj	13	1	563	0	281	8

Uzorcima je određena boja, prozirnost, masa, površina i maksimalna dimenzija. Rezultati su prikazani u tablicama 3.2 - 3.6.

Tablica 3.2. Podaci za pelete s plaže Zaglav na otoku Visu.

Oznaka	Vrsta	Boja	Prozirno/ Neprozirno	Masa/g	Površina/ mm <sup>2</sup>	Maksimalna dimenzija/mm
PE1	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0093	31,121	6,294
PE2	Pelet	Zelena	Neprozirno	0,0305	19,635	5,00
PE3	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0033	7,265	3,042
PE4	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0019	6,283	2,828
PE5	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0247	16,334	6,107
PE6	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0161	18,552	4,860
PE7	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0087	10,637	3,680
PE8	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0241	14,329	5,656
PE9	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0314	19,828	5,025
PE10	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0221	11,605	4,219
PE11	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0335	19,585	5,598
PE12	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0241	20,551	5,126
PE13	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0210	15,633	4,429
PE14	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0199	10,878	4,427
PE15	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0221	25,272	6,090

PE16	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0241	17,931	5,083
PE17	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0013	4,442	3,377
PE18	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0355	17,133	5,948
PE19	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0145	12,680	4,018
PE20	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0188	26,976	5,861
PE21	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0025	8,850	3,357
PE22	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0013	5,531	2,654
PE23	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0041	13,361	4,124
PE24	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0154	17,190	4,678
PE25	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0232	21,247	5,414
PE26	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0140	16,275	4,552
PE27	Pelet	Narančasta	Prozirno	0,0281	21,372	6,511
PE28	Pelet	Narančasta	Prozirno	0,0249	18,934	4,910
PE29	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0100	9,765	4,373
PE30	Pelet	Narančasta	Prozirno	0,0178	13,910	5,782
PE31	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0034	15,743	4,478
PE32	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0228	16,671	5,374
PE33	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0227	17,190	4,678
PE34	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0063	13,956	4,216
PE35	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0125	10,862	5,451
PE36	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0097	10,456	5,102
PE37	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0063	6,921	3,874
PE38	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0027	4,104	2,507
PE39	Pelet	Crna	Neprozirno	0,0051	15,319	4,798
PE40	Pelet	Crna	Neprozirno	0,0244	18,747	5,530
PE41	Pelet	Crna	Neprozirno	0,0030	8,552	3,308
PE42	Pelet	Siva	Neprozirno	0,0098	9,928	4,247
PE43	Pelet	Siva	Neprozirno	0,0187	16,754	4,620
PE44	Pelet	Plava	Neprozirno	0,0309	36,167	6,786
PE45	Pelet	Plava	Neprozirno	0,0102	24,679	5,606
PE46 (ostaci)	Pelet	Raznobojno	Neprozirno	0,0236	-	-
PE47	Pelet	Plava	Neprozirno	0,0052	34,891	6,666

PE48	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0309	18,128	5,145
PE49	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0199	17,045	5,540
PE50	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0344	19,691	5,169
PE51	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0367	18,282	5,169
PE52	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0376	25,307	5,676
PE53	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0216	15,657	4,955
PE54	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0133	9,078	3,848
PE55	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0200	13,090	4,549
PE56	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0164	25,133	5,656
PE57	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0033	4,276	2,334
PE58	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0314	15,250	4,994
PE59	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0069	5,847	3,436
PE60	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0092	7,942	3,350
PE61	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0128	8,852	3,760
PE62	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0216	21,380	5,218
PE63	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0165	12,347	4,610
PE64	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0018	3,578	2,134
PE65	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0106	7,667	3,837
PE66	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0119	9,861	3,544
PE67	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0110	9,333	4,140
PE68	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0150	13,003	4,068
PE69	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0164	14,835	4,346
PE70	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0074	7,433	3,598
PE71	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0194	19,024	4,992
PE72	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0113	9,250	4,167
PE73	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0073	8,126	3,375
PE74	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0294	21,817	5,270
PE75	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0237	21,893	5,206
PE76	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0039	8,661	3,468
PE77	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0196	12,889	5,798
PE78	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0084	7,306	3,801
PE79	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0113	10,127	3,670
PE80	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0230	10,127	7,34

PE81	Pelet	Plava	Neprozirno	0,0198	29,496	6,126
PE82	Pelet	Plava	Neprozirno	0,0020	9,392	7,310
PE83	Pelet	Plava	Neprozirno	0,0196	19,157	5,003
PE84	Pelet	Zelena	Neprozirno	0,0214	16,038	4,836
PE85	Pelet	Zelena	Neprozirno	0,0136	20,038	5,550
PE86	Pelet	Crna	Neprozirno	0,0207	21,157	5,540
PE87	Pelet	Crna	Neprozirno	0,0486	32,889	6,472
PE88	Pelet	Crna	Neprozirno	0,0134	12,639	5,185
PE89	Pelet	Siva	Neprozirno	0,0342	27,663	5,934
PE90	Pelet	Lila	Neprozirno	0,0061	17,453	4,714
PE91	Pelet	Zelena	Neprozirno	0,0211	11,625	5,523
PE92	Pelet	Žuta	Neprozirno	0,0054	8,719	3,504
PE93	Pelet	Žuta	Neprozirno	0,0019	3,927	2,236
PE94	Pelet	Žuta	Neprozirno	0,0008	8,852	3,3000
PE95 (ostaci)	Pelet	Raznobojno	Neprozirno	0,0008	-	-
PE96	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0210	11,773	4,430
PE97	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0232	13,008	4,717
PE98	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0255	12,789	5,062
PE99	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0104	6,742	3,414
PE100	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0252	14,453	5,376
PE101	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0360	19,180	5,131
PE102	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0343	16,185	4,705
PE103	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0369	23,611	5,482
PE104	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0271	17,475	4,716
PE105	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0238	10,205	4,317
PE106	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0188	19,340	4,962
PE107	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0119	11,977	3,906
PE108	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0083	13,008	4,070
PE109	Pelet	Plava	Neprozirno	0,0260	22,733	5,489
PE110	Pelet	Siva	Neprozirno	0,0203	15,364	4,422
PE111	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0382	19,340	4,962
PE112	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0162	9,844	3,691

PE113	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0178	11,982	4,316
PE114	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0144	9,916	3,554
PE115	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0259	13,481	4,516
PE116	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0039	6,932	3,366
PE117	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0114	9,916	3,664
PE118	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0157	9,266	3,953
PE119	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0177	9,000	4,434
PE120	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0222	15,364	4,422
PE121	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0160	16,690	4,610
PE122	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0162	14,235	4,258
PE123	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0118	7,219	4,169
PE124 (ostaci)	Pelet	Raznobojno	Neprozirno	0,0001	-	-
PE125	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0326	16,537	5,111
PE126	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0164	8,938	3,997
PE127	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0192	11,242	3,784
PE128	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0115	7,910	3,375
PE129	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0190	12,814	4,379
PE130	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0253	15,059	4,378
PE131	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0258	11,831	4,191
PE132	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0224	16,954	4,646
PE133	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0299	12,802	4,241
PE134	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0276	16,191	4,930
PE135	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0264	16,539	4,588
PE136	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0301	11,880	4,498
PE137	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0226	13,100	4,367
PE138	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0262	10,756	4,760
PE139	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0190	8,503	3,819
PE140	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0278	12,835	4,819
PE141	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0093	5,591	3,112
PE142	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0241	10,539	4,091
PE143	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0163	6,777	3,345
PE144	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0247	9,038	4,000

PE145	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0200	13,190	4,455
PE146	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0210	12,347	4,198
PE147	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0132	9,295	3,711
PE148	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0212	11,684	3,856
PE149	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0138	7,247	3,596
PE150	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0182	8,744	3,796
PE151	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0257	12,566	4,778
PE152	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0178	9,432	3,799
PE153	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0173	8,665	4,241
PE154	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0223	9,826	3,934
PE155	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0151	8,518	3,992
PE156	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0104	6,661	3,678
PE157	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0085	6,149	3,343
PE158	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0262	18,200	4,814
PE159	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0150	7,945	3,18
PE160	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0316	11,654	4,114
PE161	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0135	8,979	3,961
PE162	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0236	11,215	4,410
PE163	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0098	4,843	2,824
PE164	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0258	12,553	4,063
PE165	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0119	7,322	3,602
PE166	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0179	8,025	4,150
PE167	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0078	6,620	3,383
PE168	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0100	8,280	4,536
PE169	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0085	7,277	3,294
PE170	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0147	9,977	4,054
PE171	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0018	1,300	1,499
PE172	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0236	10,889	4,680
PE173	Pelet	Bijela	Prozirno	0,0098	6,880	9,298
PE174	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0214	9,092	3,602
PE175	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0153	6,872	3,481
PE176	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0117	13,190	4,673
PE177	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0342	11,213	4,071



PE178	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0240	5,661	3,103
PE179	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0092	6,366	4,910
PE180	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0182	9,831	4,238
PE181	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0113	5,466	3,187
PE182	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0329	15,469	4,920
PE183	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0222	11,925	4,091
PE184	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0064	6,357	3,091
PE185	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0134	10,194	4,786
PE186	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0098	8,360	4,163
PE187	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0246	18,516	5,388
PE188	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0097	9,841	3,893
PE189	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0114	9,430	3,925
PE190	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0103	12,271	4,375
PE191	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0122	11,879	3,890
PE192	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0118	8,826	3,746
PE193	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0067	8,870	3,802
PE194	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0180	14,836	5,033
PE195	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0063	5,527	3,125
PE196	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0110	12,750	5,251
PE197	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0104	8,788	3,915
PE198	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0194	10,967	4,191
PE199	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0104	11,422	4,889
PE200	Pelet	Bež	Neprozirno	0,0186	10,336	4,958
PE201	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0119	8,555	3,659
PE202	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0100	7,687	3,659
PE203	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0077	7,102	3,202
PE204	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0208	18,113	4,802
PE205	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0203	14,437	4,828
PE206	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0184	9,820	4,791
PE207	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0152	14,972	4,366
PE208	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0186	9,439	4,031
PE209	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0319	22,187	5,316
PE210	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0183	9,501	4,339

PE211	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0425	20,862	5,154
PE212	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0112	6,923	3,509
PE213	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0238	11,914	4,531
PE214	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0121	10,180	4,377
PE215	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0096	7,766	3,760
PE216	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0143	13,445	4,977
PE217	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0244	16,775	4,862
PE218	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0204	17,917	4,776
PE219	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0082	9,678	3,802
PE220	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0238	12,289	4,434
PE221	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0175	13,011	4,267
PE222	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0159	11,255	4,246
PE223	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0122	11,012	4,008
PE224	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0127	8,812	3,769
PE225	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0125	8,050	3,202
PE226	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0056	5,445	3,366
PE227	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0088	15,364	4,422
PE228	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0045	12,218	3,890
PE229	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0090	8,552	3,634
PE230	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0189	14,573	4,869
PE231	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0062	8,461	4,869
PE232	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0112	7,977	4,172
PE233	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0086	6,532	3,155
PE234	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0026	9,081	3,400
PE235	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0069	5,398	3,412
PE236	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0026	4,734	2,516
PE237	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0402	21,502	5,701
PE238	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0478	18,044	5,193
PE239	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0170	16,592	4,596
PE240	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0218	9,844	4,517
PE241	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0158	9,258	4,161
PE242	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0208	14,235	4,377
PE243	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0195	16,984	4,650

PE244	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0034	3,586	2,577
PE245	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0100	8,014	3,194
PE246	Pelet	Smeđa	Neprozirno	0,0067	5,770	2,710
PE247	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0071	5,706	2,696
PE248	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0064	3,388	2,684
PE249	Pelet	Narančasta	Neprozirno	0,0094	6,294	3,429
PE250	Pelet	Žuta	Neprozirno	0,0120	6,500	3,772
PE251	Pelet	Žuta	Neprozirno	0,0159	8,335	3,258
PE252	Pelet	Žuta	Neprozirno	0,0105	5,704	3,054
PE253	Pelet	Žuta	Neprozirno	0,0153	9,297	3,44
PE254	Pelet	Žuta	Neprozirno	0,0212	14,224	4,511
PE255	Pelet	Žuta	Neprozirno	0,0138	9,217	3,847
PE256	Pelet	Žuta	Neprozirno	0,0074	3,633	2,527
PE257	Pelet	Siva	Neprozirno	0,0180	12,374	3,97
PE258	Pelet	Siva	Neprozirno	0,0225	9,333	3,725
PE259	Pelet	Siva	Neprozirno	0,0407	24,399	6,002
PE260	Pelet	Siva	Neprozirno	0,0355	12,969	4,857
PE261	Pelet	Siva	Neprozirno	0,0168	7,822	3,156
PE262	Pelet	Siva	Neprozirno	0,0197	10,458	3,774
PE263	Pelet	Siva	Neprozirno	0,0139	6,128	3,335
PE264	Pelet	Krem	Neprozirno	0,0194	13,041	4,361
PE265	Pelet	Krem	Neprozirno	0,0234	24,122	6,641
PE266	Pelet	Krem	Neprozirno	0,0153	9,297	3,440
PE267	Pelet	Krem	Neprozirno	0,0160	15,644	4,462
PE268	Pelet	Krem	Neprozirno	0,0078	4,598	2,634
PE269	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0271	12,128	4,247
PE270	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0219	12,667	4,240
PE271	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0205	10,515	3,658
PE272	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0083	6,283	2,828
PE273	Pelet	Bijela	Neprozirno	0,0048	3,719	2,176
PE274	Pelet	Plava	Neprozirno	0,0254	14,169	4,248
PE275	Pelet	Plava	Neprozirno	0,0113	7,213	3,139
PE276	Pelet	Plava	Neprozirno	0,0133	8,800	3,662

PE277	Pelet	Plava	Neprozirno	0,0095	12,951	4,060
PE278	Pelet	Plava	Neprozirno	0,0050	10,066	3,580
PE279	Pelet	Crna	Neprozirno	0,0209	8,720	3,332
PE280	Pelet	Crna	Neprozirno	0,0306	16,029	4,518
PE281	Pelet	Crna	Neprozirno	0,0350	10,541	4,819
PE282	Pelet	Crna	Neprozirno	0,0203	5,131	2,893
PE283	Pelet	Crna	Neprozirno	0,0169	9,297	3,440
PE284 (ostaci)	Pelet	Raznobojno	Neprozirno	0,0001	-	-

Tablica 3.3 Podaci za fragmente s plaže Zaglav na otoku Visu.

Oznaka	Vrsta	Boja	Prozirno/ Neprozirno	Masa/g	Površina/ mm <sup>2</sup>	Maksimalna dimenzija/mm
F1	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0686	29,939	10,343
F2	Fragment	Plava	Neprozirno	0,1089	54,769	13,448
F3	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0345	38,974	9,443
F4	Fragment	Plava	Neprozirno	0,01282	17,673	6,507
F5	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0057	6,238	3,527
F6	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0201	16,932	6,395
F7	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0013	3,767	3,215
F8	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0026	4,068	3,154
F9	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0012	2,891	3,225
F10	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0014	2,891	3,352
F11 (4kom)	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0014	7,149	4,595
F12	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0249	19,083	6,535
F13	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0160	12,599	5,066
F14	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0095	10,650	5,636
F15	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0047	5,414	3,653
F16	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0112	16,861	7,492
F17	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0018	2,788	2,587
F18	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0012	3,137	3,022
F19	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0010	3,969	2,992
F20	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0262	35,140	9,005

F21	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0280	30,327	8,009
F22	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0166	15,795	7,565
F23	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0831	48,204	7,834
F24	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0235	20,596	7,038
F25	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0093	9,937	6,147
F26	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0042	5,898	4,210
F27	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0049	8,931	6,092
F28	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0625	36,062	8,813
F29	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0062	11,470	5,638
F30	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0036	7,628	4,552
F31	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0068	13,470	6,217
F32	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0030	4,507	3,521
F33	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0095	12,373	5,377
F34	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,005	2,773	1,990
F35	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,004	3,410	3,184
F36	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0044	12,706	7,275
F37	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0050	7,193	4,123
F38	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0276	12,452	4,198
F39	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0064	19,174	6,972
F40	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0154	9,026	4,577
F41	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0103	12,896	6,309
F42	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0166	10,734	5,129
F43	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0062	13,843	5,048
F44	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0061	9,209	6,136
F45	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0020	6,769	4,022
F46	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0032	5,581	4,577
F47	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0048	9,640	4,538
F48	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0039	5,526	3,506
F49	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0037	5,525	3,238
F50	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0011	4,856	3,038
F51	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0019	3,022	2,938
F52	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0023	4,713	3,588
F53	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0018	4,804	3,130

F54	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0015	4,800	4,347
F55	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0005	3,260	2,468
F56	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0011	2,471	2,866
F57	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0140	12,591	6,314
F58	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0114	15,696	7,834
F59	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0174	11,870	5,493
F60	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0115	10,227	4,619
F61	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0044	3,102	2,495
F62	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0073	8,828	4,516
F63	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0140	5,563	3,457
F64	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0036	2,883	2,577
F65	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0011	3,844	2,971
F66	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0019	3,633	2,550
F67	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0007	2,445	3,010
F68	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0379	13,641	6,034
F69	Fragment	Crvena	Neprozirno	0,0072	5,477	3,579
F70	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0044	5,898	4,419
F71	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0021	3,727	4,403
F72	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0059	10,039	5,257
F73	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0063	8,078	5,274
F74	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0048	4,984	4,161
F75	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0013	4,133	3,302
F76	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0066	11,266	5,693
F77	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0035	3,586	2,577
F78	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0017	3,914	3,194
F79	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0009	1,570	2,730
F80	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0085	2,578	5,003
F81	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0096	10,758	5,982
F82	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0096	6,055	3,810
F83	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0050	3,750	2,795
F84	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0040	4,852	3,302
F85	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0023	4,289	2,809
F86	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0047	7,234	5,660

F87	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0026	3,883	2,929
F88	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0032	3,516	2,775
F89	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0097	3,805	2,926
F90	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0061	3,727	3,052
F91 (5 kom)	Fragment	Krem	Neprozirno	0,0097	17,531	7,584
F92	Fragment	Crvena	Neprozirno	0,0061	7,773	4,802
F93	Fragment	Crvena	Neprozirno	0,0029	5,219	9,316
F94	Fragment	Crvena	Neprozirno	0,0009	2,695	2,550
F95	Fragment	Lila	Neprozirno	0,0007	3,375	3,105
F96	Fragment	Roza	Neprozirno	0,0026	4,984	3,640
F97	Fragment	Roza	Neprozirno	0,0049	4,187	3,250
F98	Fragment	Roza	Prozirno	0,0025	5,750	3,520
F99	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0026	1,430	1,682
F100	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0007	1,570	2,125
F101	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0009	3,537	3,696
F102	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0022	6,071	2,939
F103	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0009	2,783	2,849
F104	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0019	3,573	2,788
F105	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0017	1,984	2,412
F106	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0007	1,746	2,161
F107 (5kom)	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0062	6,257	4,794
F108 (4kom)	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0028	4,211	3,716
F109 (4kom)	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0048	8,421	5,591
F110 (2kom)	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0016	4,076	3,140
F111 (4kom)	Fragment	Raznobojno	Neprozirno	0,0026	5,692	3,754
F112 (3kom)	Fragment	Raznobojno	Prozirno	0,0015	3,420	4,020
F113 (2kom)	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0014	4,121	4,128
F114 (2kom)	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0003	1,769	2,278
F115 (2kom)	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0045	4,689	4,340

F116 (2kom)/	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0050	4,767	3,271
F117	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0007	1,347	1,798
F118	Fragment	Lila	Neprozirno	0,0060	4,641	3,328
F119	Fragment	Lila	Prozirno	0,0014	1,607	2,014
F120	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0032	1,436	2,788
F121	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0027	0,984	1,701
F122	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0018	1,828	2,114
F123	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0011	0,773	1,086
F124	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0026	1,959	2,227
F125	Fragment	Lila	Neprozirno	0,0041	2,086	2,236
F126	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0005	2,463	2,689
F127	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0004	1,320	1,701
F128	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0013	1,516	2,024
F129	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0010	1,156	1,741
F130	Fragment	Žuta	Prozirno	0,0007	0750	1,944
F131	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0013	2,016	3,271
F132	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0004	1,779	2,701
F133 (Ostaci)	Fragment	Raznobojno	Neprozirno	0,0123	-	-
F134	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0171	22,500	9,134
F135	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0197	26,272	9,700
F136	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0207	20,416	9,040
F137	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0119	20,294	7,755
F138	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0353	22,422	8,478
F139	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0126	22,901	8,214
F140	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0081	16,659	7,125
F141	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0114	15,484	8,029
F142	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0215	23,629	7,205
F143	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0061	16,659	8,230
F144	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0095	15,389	7,080
F145	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0018	7,284	3,936
F146	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0034	7,106	5,122
F147	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0114	12,072	5,271



F148	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0042	7,763	4,488
F149	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0130	8,701	4,559
F150	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0209	13,390	5,527
F151	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0296	25,083	10,543
F152	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0174	12,099	7,211
F153	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0349	19,095	7,389
F154	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0158	12,310	4,648
F155	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0125	9,820	5,515
F156	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0061	7,471	5,056
F157	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0143	14,930	8,389
F158	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0165	14,694	7,526
F159	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0064	9,854	4,637
F160	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0049	11,792	5,208
F161	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0341	14,219	5,168
F162	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0199	16,265	5,447
F163	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0211	17,909	7,256
F164	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0170	17,680	7,189
F165	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0131	20,900	8,259
F166	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0122	12,780	5,315
F167	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0066	11,449	6,964
F168	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0073	11,143	5,611
F169	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0064	13,745	5,934
F170	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0139	15,209	5,770
F171	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0108	26,603	9,146
F172	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0046	10,246	5,954
F173	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0097	6,031	3,556
F174	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0175	15,496	8,398
F175	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0256	17,451	6,596
F176	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0085	5,681	3,394
F177	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0059	6,676	3,941
F178	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0053	8,684	4,159
F179	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0031	11,109	7,060
F180	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0045	10,788	4,736

F181	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0085	10,623	4,522
F182	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0032	3,721	4,072
F183	Fragment	Ljubičasta	Neprozirno	0,0843	55,326	11,103
F184	Fragment	Crvena	Neprozirno	0,0327	30,192	11,010
F185	Fragment	Crvena	Neprozirno	0,0136	7,383	4,263
F186	Fragment	Crvena	Neprozirno	0,0072	4,606	3,088
F187	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0064	8,449	4,488
F188	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0094	13,208	5,218
F189	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0106	15,540	6,169
F190	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0076	16,527	7,205
F191	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0352	25,394	6,801
F192	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0237	19,463	7,361
F193	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0367	31,610	8,898
F194	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0433	15,385	6,880
F195	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0271	18,025	7,931
F196	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0220	16,990	6,989
F197	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0137	8,605	4,016
F198	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0072	5,805	3,606
F199	Fragment	Roza	Neprozirno	0,0200	23,100	8,006
F200	Fragment	Roza	Neprozirno	0,0025	3,530	2,955
F201	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0088	5,980	3,312
F202	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0154	7,370	4,011
F203	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0033	7,925	3,298
F204	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0098	9,760	5,694
F205	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0068	4,605	3,493
F206	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0039	6,125	4,704
F207	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0050	7,05	4,301
F208	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0057	6,050	3,650
F209	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0078	5,350	3,538
F210	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0016	3,575	2,648
F211	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0014	3,345	3,324
F212	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0033	3,385	3,996
F213	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0014	3,250	2,617

F214	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0030	2,885	2,524
F215	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0011	2,240	2,247
F216 (6kom)	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0018	5,950	4,924
F217	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0043	2,890	2,596
F218	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0069	6,530	3,677
F219	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0057	7,615	4,245
F220	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0013	3,205	2,973
F221	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0045	6,355	4,046
F222	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0042	4,445	3,214
F223	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0026	6,415	4,415
F224	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0092	7,495	3,895
F225	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0041	5,605	4,357
F226	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0041	5,420	4,589
F227	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0042	5,150	3,606
F228	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0021	3,680	3,324
F229	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0019	2,570	2,648
F230	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0020	4,520	4,123
F231	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0069	9,705	4,386
F232	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0055	3,490	2,907
F233	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0031	5,235	3,511
F234	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0035	1,960	3,493
F235	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0043	3,921	3,024
F236	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0018	2,087	2,893
F237	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0019	5,057	3,413
F238 (3kom)	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0035	6,917	5,434
F239	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0044	12,311	5,285
F240	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0131	13,112	4,898
F241	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0127	7,498	4,181
F242	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0040	3,550	2,535
F243 (3kom)	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0118	14,575	5,630
F244 (3kom)	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0098	15,667	6,370

F245	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0032	10,728	6,224
F246	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0032	9,024	4,852
F247	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0038	4,135	3,123
F248	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0064	6,236	4,282
F249	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0045	4,556	3,192
F250	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0028	6,047	2,837
F251 (3kom)	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0255	23,776	7,695
F252	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0068	4,612	3,254
F253	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0055	4,930	3,826
F254	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0033	3,255	2,532
F255	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0020	2,770	2,860
F256	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0035	5,335	4,327
F257	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0040	4,390	3,523
F258	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0010	4,735	3,501
F259	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0021	4,020	2,893
F260	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0038	5,300	4,219
F261	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,088	6,575	3,801
F262	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0070	10,520	5,235
F263	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0062	6,055	3,362
F264	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0065	7,510	3,500
F265	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0064	7,050	5,504
F266	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0056	7,360	4,501
F267	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0052	4,540	3,606
F268	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0027	4,790	3,453
F269	Fragment	Siva	Prozirno	0,0089	25,095	9,936
F270	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0035	7,075	4,561
F271	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0039	5,075	3,220
F272	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0029	2,520	2,840
F273	Fragment	Siva	Prozirno	0,0028	7,745	3,860
F274	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0036	6,480	4,144
F275	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0037	3,385	2,927
F276	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0024	4,665	9,529

F277	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0038	3,795	3,590
F278	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0019	2,665	2,193
F279	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0035	3,830	3,138
F280	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0025	4,520	3,106
F281	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0023	6,910	4,684
F282	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0025	5,830	3,280
F283	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0012	1,775	2,119
F284	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0050	5,565	3,536
F285	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0075	4,850	4,105
F286	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0029	2,755	2,102
F287	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0040	5,445	3,324
F288	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0033	5,565	3,384
F289	Fragment	Raznobojno	Neprozirno	0,0025	5,165	3,373
F290	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0019	4,855	4,123
F291	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0080	8,510	4,501
F292	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0007	4,695	3,396
F293	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0024	7,075	4,111
F294	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0009	6,735	5,544
F295 (Ostaci)	Fragment	Raznobojno	Neprozirno	0,0931	-	-
F296	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0543	50,945	11,037
F297	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0380	48,914	10,713
F298	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,00228	18,633	6,562
F299	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0488	26,492	8,255
F300	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0191	19,148	7,610
F301	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0135	12,898	6,063
F302	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0105	14,906	6,276
F303	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0181	18,070	6,500
F304	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0105	7,328	3,925
F305	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0061	13,055	7,250
F306	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0121	12,281	5,526
F307	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0048	9,172	4,462
F308	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0032	4,984	3,553

F309	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0073	18,340	8,149
F310	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0066	19,312	7,871
F311	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0180	13,141	8,132
F312	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0158	20,781	7,780
F313	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0063	31,625	10,713
F314	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0073	17,844	6,326
F315	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0016	9,828	4,809
F316	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0054	8,906	9,761
F317	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0041	12,141	5,537
F318	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0042	6,894	3,702
F319	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0098	10,211	5,725
F320	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0271	53,109	10,881
F321	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0227	33,797	9,458
F322	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0080	13,977	5,551
F323	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0014	8,891	5,039
F324	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0157	33,836	9,220
F325	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0017	17,938	6,496
F326	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0078	15,016	5,758
F327	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0130	13,477	6,467
F328	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0112	21,391	8,531
F329	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0063	14,875	5,154
F330	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0026	23,805	8,707
F331	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0062	9,5088	4,881
F332	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0074	13,227	5,569
F333	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0034	9,383	4,133
F334	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0020	7,531	3,752
F335	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0086	20,570	6,317
F336	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0033	13,961	5,940
F337	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0563	45,961	9,754
F338	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0381	32,492	9,371
F339	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0385	52,648	13,431
F340	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0457	27,445	7,267
F341	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0458	33,734	9,560

F342	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0248	27,383	13,911
F343	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0183	14,141	7,064
F344	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0500	31,094	9,146
F345	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0183	16,070	6,500
F346	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0187	19,25	6,973
F347	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0182	18,328	5,778
F348	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0043	5,719	4,230
F349	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0043	5,219	4,545
F350	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0083	7,297	4,517
F351	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0046	4,812	3,606
F352	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0051	5,188	4,667
F353	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0045	5,484	3,432
F354	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0033	4,609	3,272
F355	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0538	33,930	8,635
F356	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0436	24,403	7,433
F357	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0087	13,181	6,067
F358	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0101	11,737	4,693
F359	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0050	11,306	7,026
F360	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0061	19,903	7,261
F361	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0227	13,097	7,075
F362	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0121	13,583	5,220
F363	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0068	7,931	5,263
F364	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0031	11,083	6,300
F365	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0030	6,819	3,655
F366	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0082	11,236	4,346
F367	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0032	5,403	4,810
F368	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0210	27,903	8,276
F369	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0067	10,736	4,428
F370	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0070	18,389	6,169
F371	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0019	5,194	3,667
F372	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0423	23,847	6,886
F373	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0196	27,375	7,634
F374	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0127	15,611	6,593

F375	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0157	15,292	6,187
F376	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0075	5,597	4,403
F377	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0027	10,472	4,868
F378	Fragment	Roza	Neprozirno	0,0113	18,042	6,274
F379	Fragment	Roza	Neprozirno	0,0067	5,125	4,549
F380	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0157	25,542	7,530
F381	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0079	10,736	4,994
F382	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0058	11,583	5,217
F383	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0073	12,986	5,408
F384	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0060	10,278	7,500
F385	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0214	24,514	10,569
F386	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0037	5,042	3,801
F387	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0296	19,181	8,667
F388	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0424	20,917	7,705
F389	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0165	17,792	5,662
F390	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0118	13,222	5,459
F391	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0056	6,014	4,767
F392	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0072	7,861	5,523
F393	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0189	14,278	5,326
F394	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0152	14,083	7,081
F395	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0154	12,583	7,668
F396	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0119	15,833	6,309
F397	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0095	9,569	4,503
F398	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0166	14,861	6,403
F399	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0111	12,806	5,623
F400	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0048	6,139	4,994
F401	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0131	6,625	4,140
F402	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0029	5,069	5,014
F403	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0051	6,083	3,131
F404	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0044	8,341	5,696
F405	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0101	11,500	4,634
F406	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0035	7,208	4,905
F407	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0030	12,528	5,757



F408	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0011	7,167	3,640
F409	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0042	10,694	4,924
F410	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0021	10,667	5,520
F411	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0026	27,056	8,654
F412	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0020	17,764	6,872
F413	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0022	12,125	6,042
F414	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0037	4,472	3,727
F415	Fragment	Smeđa	Prozirno	0,0029	7,722	5,069
F416	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0132	13,000	4,588
F417	Fragment	Roza	Neprozirno	0,0072	8,898	10739
F418	Fragment	Plava	Neprozirno	0,2222	97,142	15,080
F419	Fragment	Plava	Neprozirno	0,1612	70,005	15,069
F420	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0591	34,446	8,453
F421	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0431	24,149	8,896
F422	Fragment	Plava	Neprozirno	0,253	14,909	6,032
F423	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0396	31,570	9,118
F424	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0389	29,578	10,668
F425	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0184	11,585	4,827
F426	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0119	14,919	6,184
F427	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0090	10,440	5,177
F428	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0046	7,243	4,831
F429	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0049	7,135	3,900
F430	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0015	7,963	4,793
F431	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0011	3,412	3,223
F432	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0467	50,039	12,614
F433	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0230	20,374	7,992
F434	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0440	33,848	10,832
F435	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0337	27,699	10,905
F436	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,1071	55,029	11,080
F437	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0928	44,635	10,369
F438	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0338	28,625	9,269
F439	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0290	26,795	8,793
F440	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0209	22,004	8,830

F441	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0195	18,658	7,318
F442	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0106	10,542	5,338
F443	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0262	21,309	7,640
F444	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0061	24,889	7,730
F445	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0086	17,345	5,967
F446	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0062	6,768	3,883
F447	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0118	13,178	6,102
F448	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0070	7,089	5,058
F449	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0046	8,857	4,508
F450	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0142	14,087	4,619
F451	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0075	13,382	6,018
F452	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0112	15,170	8,856
F453	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0098	6,692	4,457
F454	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0024	16,784	6,899
F455	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0079	11,186	5,563
F456	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0029	4,653	3,337
F457	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0094	10,889	4,567
F458	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0080	7,631	4,093
F459	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0035	7,881	5,867
F460	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0069	5,532	3,140
F461	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0080	7,987	3,842
F462	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0035	6,512	3,552
F463	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0069	7,631	4,256
F464	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0040	10,767	5,918
F465	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0043	6,364	3,810
F466	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0046	5,567	3,998
F467	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0107	11,344	5,402
F468	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0038	5,016	4,065
F469	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0147	24,409	9,818
F470	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0218	19,991	11,046
F471	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0076	14,608	5,866
F472	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0072	7,045	3,034
F473	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0077	12,779	6,914

F474	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0143	17,703	6,874
F475	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0045	16,880	7,779
F476	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0133	9,715	4,703
F477	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0047	10,762	6,206
F478	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0025	10,731	5,000
F479	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0035	10,631	5,824
F480	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0034	9,446	6,139
F481	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0044	5,423	3,493
F482	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0053	6,185	4,197
F483	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0042	10,315	6,536
F484	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0033	8,677	5,955
F485	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0071	6,508	3,422
F486	Fragment	Bijela	Prozirno	0,0028	10,808	5,309
F487	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0553	52,185	12,787
F488	Fragment	Bež	Neprozirno	0,1170	35,292	8,050
F489	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0791	43,662	8,820
F490	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0356	31,246	7,771
F491	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0083	14,715	6,149
F492	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0165	14,300	7,479
F493	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0057	16,185	6,656
F494	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0082	12,800	5,446
F495	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0087	15,288	5,246
F496	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0054	8,169	4,158
F497	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0071	15,985	6,079
F498	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0063	10,877	4,564
F499	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0053	8,769	5,508
F500	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0124	9,546	4,467
F501	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0033	9,146	6,168
F502	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0121	15,531	6,083
F503	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0099	9,585	3,853
F504	Fragment	Žuta	Neprozirno	0,0217	18,423	6,169
F505	Fragment	Crvena	Neprozirno	0,0585	36,762	9,493
F506	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0075	16,531	6,550

F507	Fragment	Narančasta	Neprozirno	0,0059	11,262	6,493
F508	Fragment	Roza	Neprozirno	0,0218	34,800	8,771
F509	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0204	44,231	11,425
F510	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0159	23,262	8,017
F511	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0111	9,277	4,472
F512	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0064	11,485	6,047
F513	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0268	12,715	5,936
F514	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0471	32,262	9,704
F515	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0199	12,908	4,907
F516	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0084	9,100	5,140
F517	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0075	7,983	3,693
F518	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0132	21,785	11,965
F519	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0026	14,654	7,302
F520	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0132	16,315	5,537
F521	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0038	6,762	4,427
F522	Fragment	Siva	Neprozirno	0,0101	8,331	4,160
F523	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0215	16,015	6,546
F524	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0196	1,923	5,609
F525	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0159	10,815	4,676
F526	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0252	11,107	4,160
F527	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0148	15,954	6,012
F528	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0094	10,323	4,467
F529	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0313	30,492	8,892
F530	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0121	22,77	7,508
F531	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0123	10,400	4,564
F532	Fragment	Zelena	Neprozirno	0,0100	9,585	4,772
F533 (ostaci)	Fragment	Raznobojno	Neprozirno	0,02834	-	-
F534	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0017	2,703	2,574
F535	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0008	1,280	1,625
F536 (ostaci)	Fragment	Raznobojno	Neprozirno	0,0005	0,359	7,538
F537	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0030	1,438	3,272
F538	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0054	3,623	3,413

F539	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0020	3,657	3,021
F540	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0016	2,492	3,328
F541 (Ostaci)	Fragment	Raznobojno	Neprozirno	0,0009	0,840	7,215
F542	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0169	25,0428	9,777
F543	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0181	15,8939	7,2263
F544	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0037	6,5539	3,3168
F545	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0022	13,4476	6,2323
F546	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0071	7,5520	3,1008
F547	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0136	11,5775	5,5521
F548	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0118	7,3884	3,3485
F549	Fragment	Bež	Neprozirno	0,0027	5,7751	2,6786
F550	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0046	10,5997	9,4451
F551	Fragment	Roza	Neprozirno	0,0060	6,3674	2,8194
F552	Fragment	Plava	Neprozirno	0,0023	9,4482	5,0760
F553	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0019	8,8257	4,9055
F554	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0018	8,4047	4,6889
F555	Fragment	Crna	Prozirno	0,0153	8,0302	4,7484
F556	Fragment	Crna	Prozirno	0,0278	9,2153	5,1655
F557 (Ostaci)	Fragment	Raznobojno	Neprozirno	0,0455	-	-
F558	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0057	13,5171	6,3070
F559	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0062	12,9853	6,1111
F560	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0025	12,5376	5,9519
F561	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0006	12,2070	5,9656
F562	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0027	11,8117	5,8329
F563	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0005	11,3257	5,7029
F564	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0018	10,9446	5,5566
F565	Fragment	Crna	Neprozirno	0,0012	10,5734	5,3957
F566	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0011	10,2250	5,2618
F567	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0032	9,9569	5,1761
F568	Fragment	Bijela	Neprozirno	0,0021	9,6534	5,0956
F569	Fragment	Smeđa	Neprozirno	0,0025	9,4040	5,0823
F570 (ostaci)	Fragment	Raznobojno	Neprozirno	0,0100	-	-

Tablica 3.3. Podaci za pjene s plaže Zaglav na otoku Visu.

Oznaka	Vrsta	Boja	Prozirno/ Neprozirno	Masa/g	Površina/ mm <sup>2</sup>	Maksimalna dimenzija/mm
P1	Pjena	Raznobojno	Neprozirno	0,0026	3,553	3,361
P2	Pjena	Bijela	Neprozirno	0,0019	9,401	5,014
P3	Pjena	Bijela	Neprozirno	0,0001	5,656	3,272
P4 (Z05) No=40	Pjena	Bijela	Neprozirno	0,0565	3,765	3,884
P5 (Z06) No=246	Pjena	Bijela	Neprozirno	0,1168	4,073	3,976
P6 (Z08) No=310	Pjena	Bijela	Neprozirno	0,1386	4,878	4,294
P7 (Z09) No=180	Pjena	Bijela	Neprozirno	0,0812	2,967	2,568
P8 (Z10) No=201	Pjena	Bijela	Neprozirno	0,0872	3,107	2,876

Tablica 3.4. Podaci za filmove s plaže Zaglav na otoku Visu.

Oznaka	Vrsta	Boja	Prozirno/ Neprozirno	Masa/g	Površina/ mm <sup>2</sup>	Maksimalna dimenzija/mm
FL1	Film	Bijela	Neprozirno	0,0199	13,2085	6,2097

Tablica 3.5. Podaci za filamente s plaže Zaglav na otoku Visu.

Oznaka	Vrsta	Boja	Prozirno/ Neprozirno	Masa/g	Površina/ mm <sup>2</sup>	Maksimalna dimenzija/mm
FI1	Filament	Plava	Neprozirno	0,0044	14,377	40,063
FI2	Filament	Bijela	Neprozirno	0,0042	8,352	43,438
FI3	Filament	Plava	Neprozirno	0,0015	2,459	4,956
FI4	Filament	Crna	Neprozirno	0,0019	11,020	26,135
FI5	Filament	Zelena	Neprozirno	0,0028	9,023	19,489

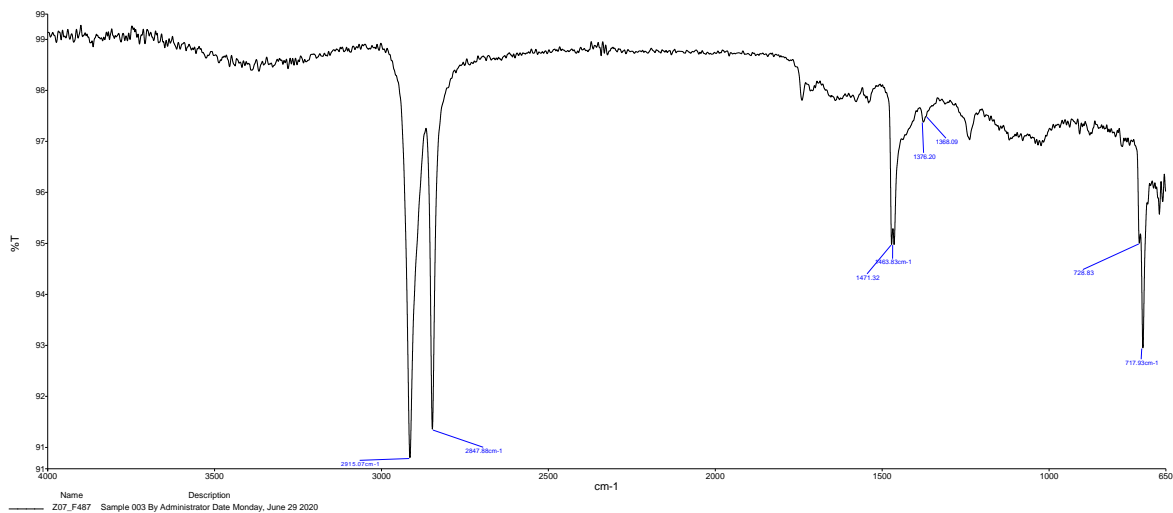
FI6	Filament	Plava	Neprozirno	0,0006	11,263	15,896
FI7	Filament	Bijela	Neprozirno	0,0048	4,411	15,271
FI8	Filament	Zelena	Neprozirno	0,0044	8,157	45,251
FI9	Filament	Bijela	Neprozirno	0,0623	60,144	62,300
FI10	Filament	Bijela	Neprozirno	0,0087	20,492	17,658
FI11	Filament	Bijela	Prozirno	0,0047	15,602	22,039
FI12	Filament	Bijela	Prozirno	0,0021	11,391	26,247
FI13	Filament	Bijela	Prozirno	0,0013	5,742	11,126

### **3.2. REZULTATI IDENTIFIKACIJE UZORAKA MIKROPLASTIKE**

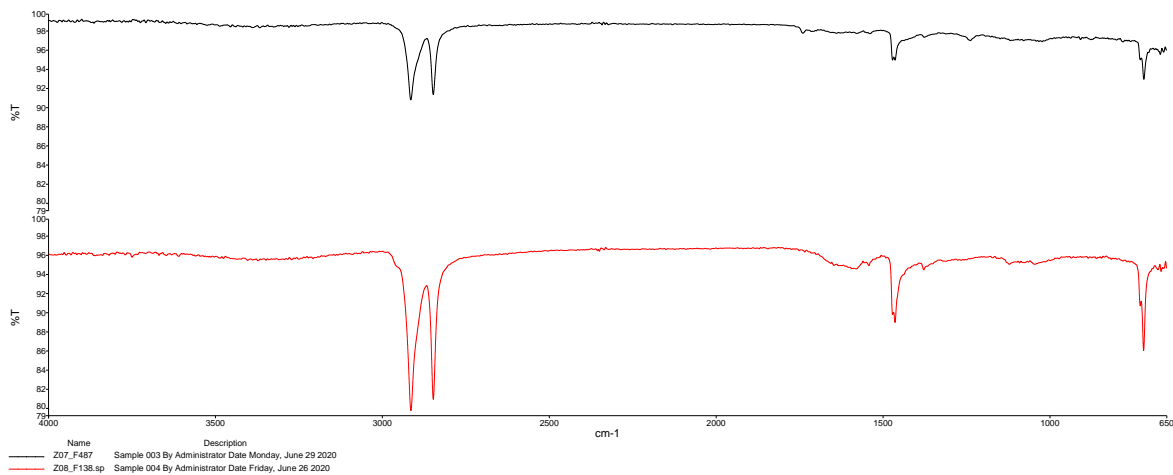
Ispitci koji su razvrstani po kategorijama i obrađeni u Digimizer programu u svrhu određivanja maksimalne dimenzije i površine podvrgnuti su identifikaciji IR spektroskopijom HATR tehnikom. Ukupno je 865 uzoraka podvrgnuto identifikaciji IR spektroskopijom, a 10 DSC-om. Dobiveni spektri prikazani su na slikama 3.1.-3.3.

Ukupan uzorak je prvo razvrstan po kategorijama prema DeFishGear protokolu nakon čega je vizualno određena boja i prozirnost/neprozirnost. Ispitcima je potom određena masa na analitičkoj vagi nakon čega im je određena površina i maksimalna dimenzija pomoću računalnog programa za obradu slika Digimizer. Analiza grupa podataka za obje lokacije je prikazana u udjelima kružnim dijagramima na slikama 4.1 - 4.6.

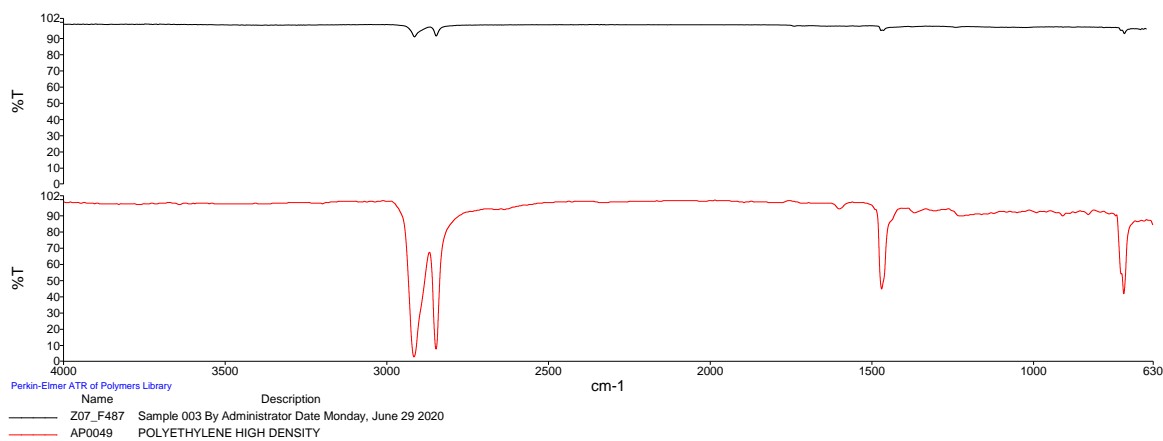
Nakon razvrstavanja ispitaka po kategorijama te obrade istih u Digimizer programu, slijedila je identifikacija IR spektroskopijom HATR tehnikom. Dobiveni spektri su prikazani na slikama 3.1 - 3.11.



Slika 3.1. IR spektr fragmenta Z07\_F487 s lokacije Zaglav, polietilen niske gustoće (PE-LD)

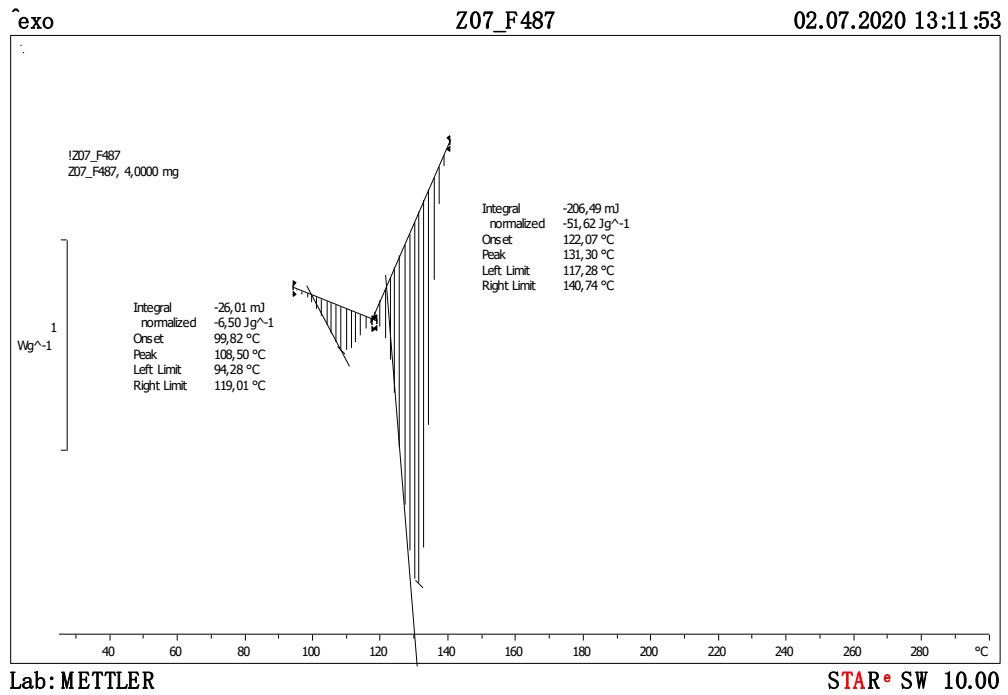


Slika 3.2. Podudaranje IR spektra fragmenta Z07\_F487 sa spektrom fragmenta Z08\_F138 u iznosu od 98,65%.

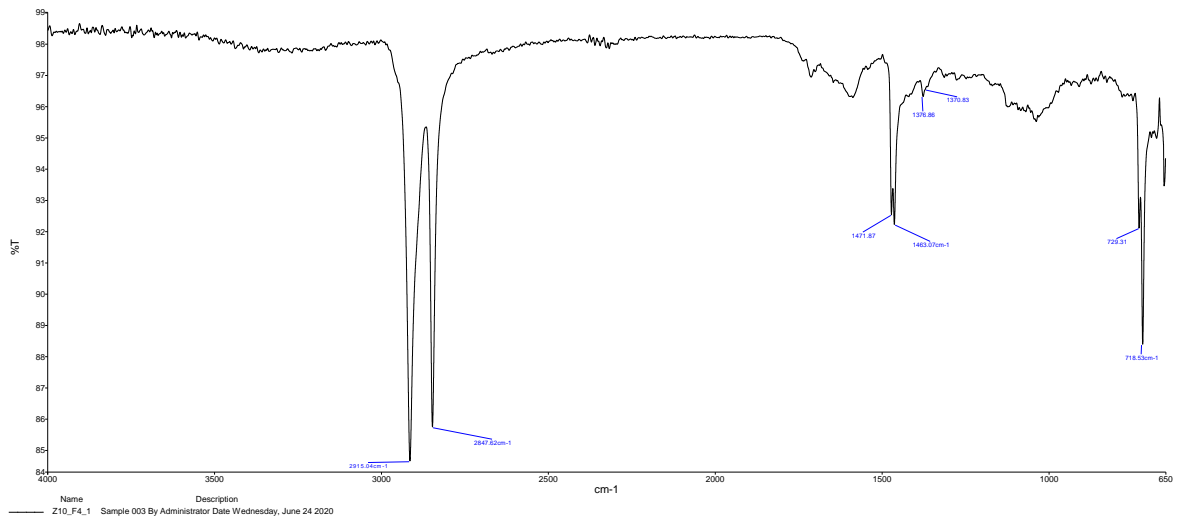




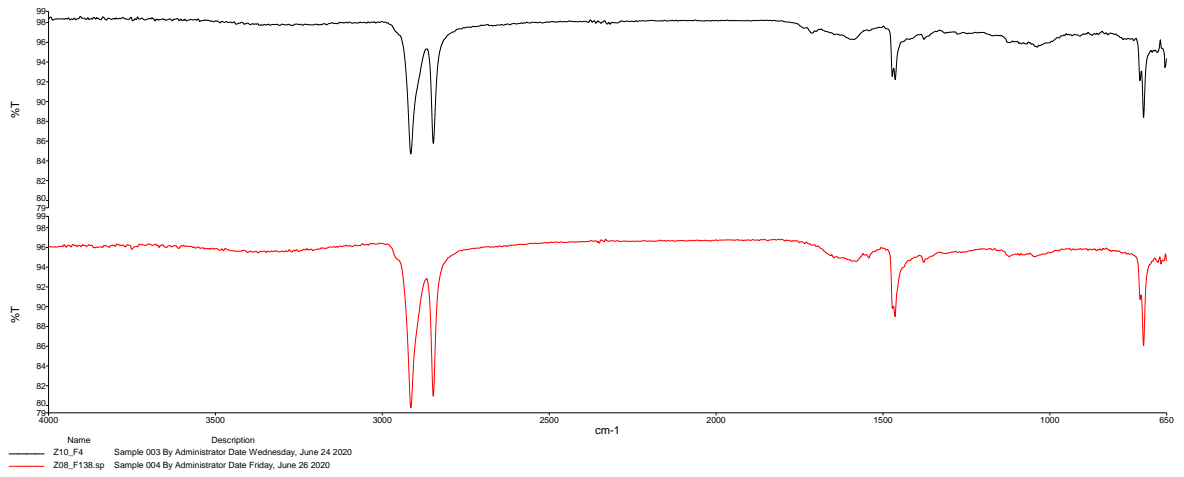
Slika 3.3. Podudaranje fragmenta Z07\_F487 s spektrom PE-HD iz baze u iznosu od 93,78%.



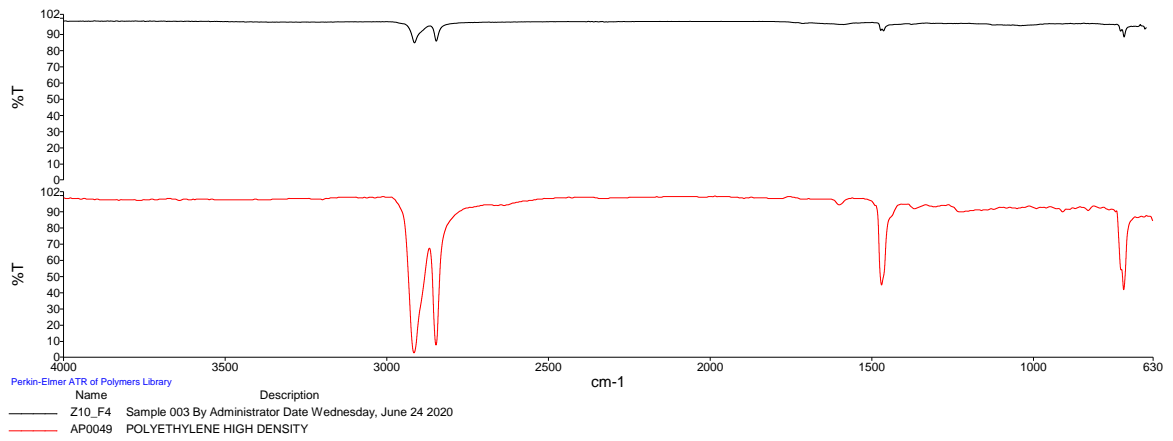
Slika 3.4. DSC krivulja za fragment Z07\_F487.



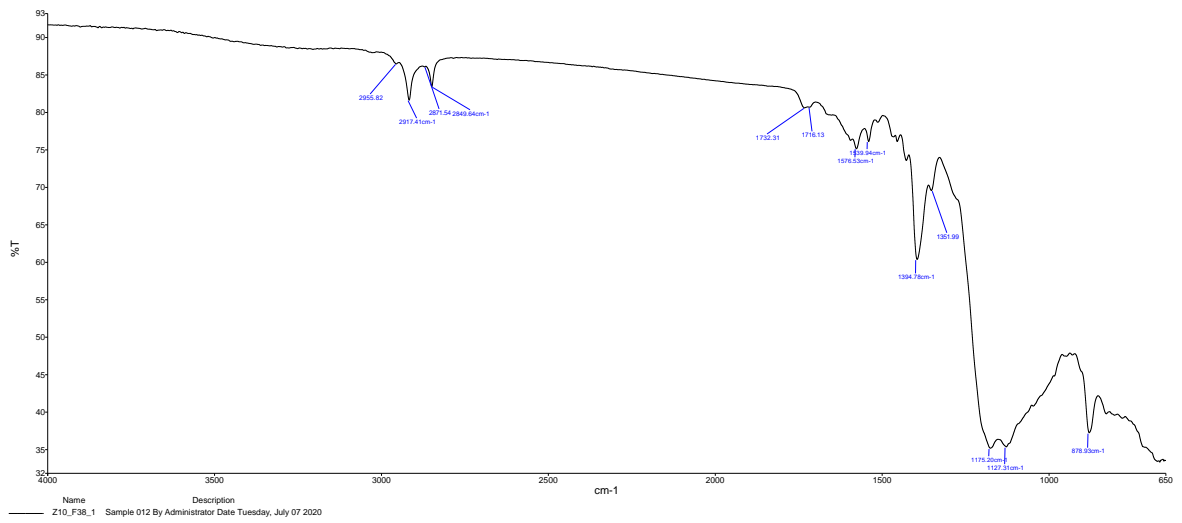
Slika 3.5. IR spektar za fragment Z10\_F4 .



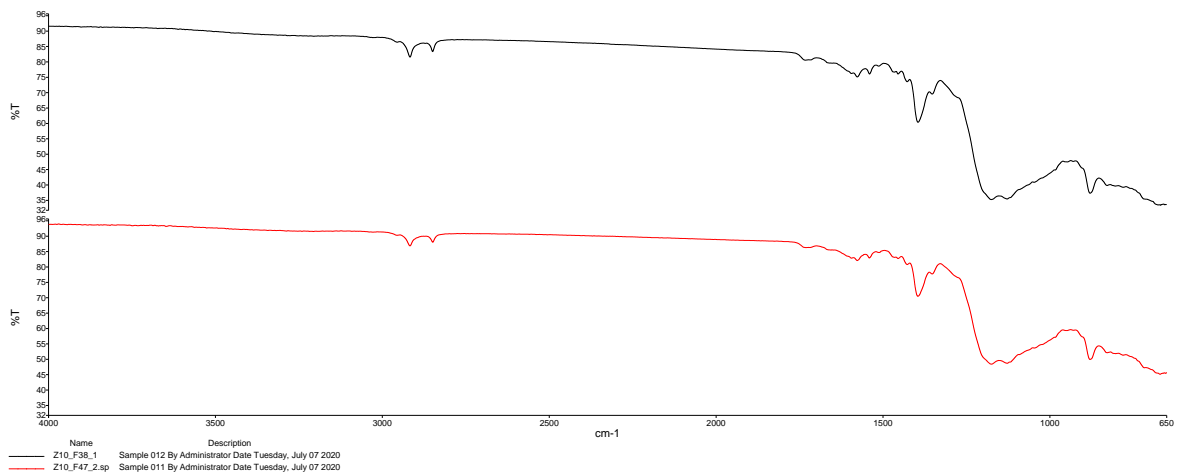
Slika 3.6. Podudaranje IR spektra fragment Z10\_F4 s Z08\_F128 u iznosu od 99,01%



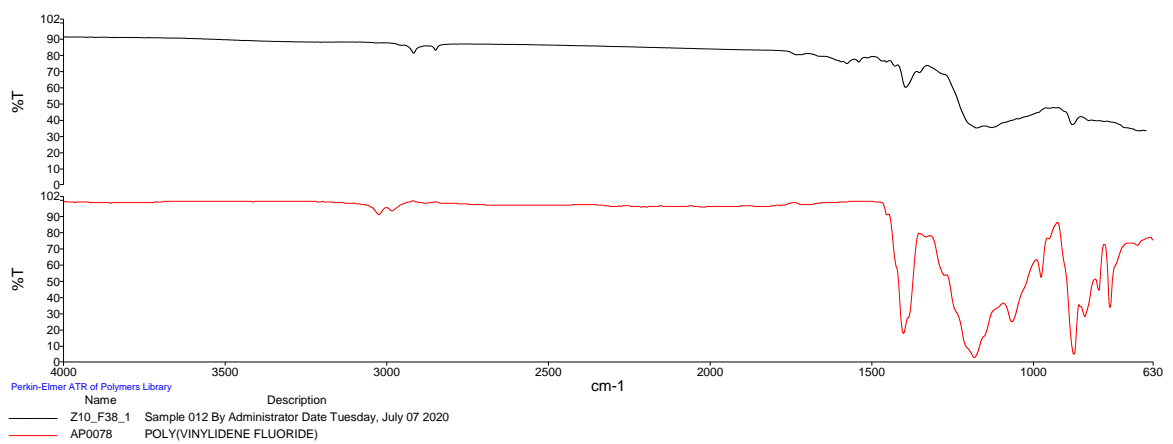
Slika 3.7. Podudaranje IRspektra Z10\_F4 s PE-HD iz baze u iznosu od 94,35%.



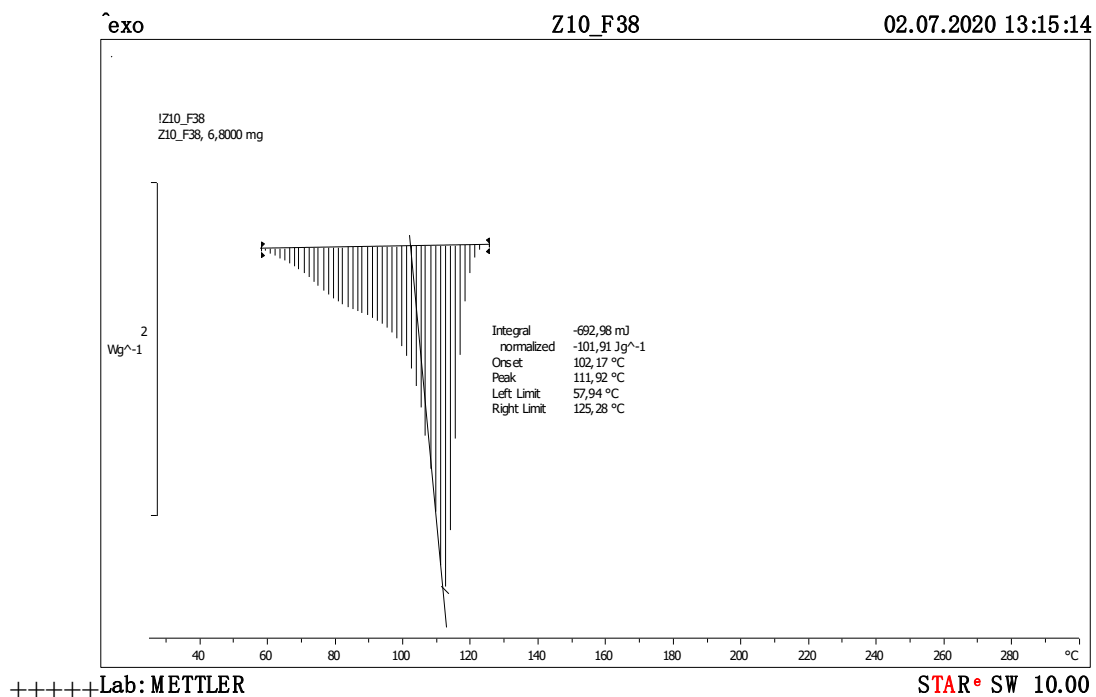
Slika 3.8. IR spektar fragmenta Z10\_F38



Slika 3.9. Podudaranje fragmenta Z10\_F38 s spektrom fragmenta Z10\_F47 u iznosu od 99,64%



Slika 3.10. Podudaranje fragmenta Z10\_F38 s spektrom poli(vinilden-fluorida) iz baze u iznosu od 64,70%.



Slika 3.11. DSC krivulja fragmenta Z10\_F38.

U Tablici 3.6. prikazani su rezultati identifikacije vrste mikroplastike za lokaciju Zaglav.

Tablica 3.6. Rezultati identifikacije vrste mikroplastike za lokaciju Zaglav

Oznaka	Vrsta	Oznaka	Vrsta	Oznaka	Vrsta
F1	PE-HD	F33	PP	F65	PP
F2	PE-HD	F34	PP	F66	PP
F3	PP	F35	PP	F67	PP
F4	PE-HD	F36	PP	F68	PP
F5	PP	F37	PP	F69	PP
F6	PE-HD	F38	PE-HD	F70	PP
F7	PE-HD	F39	PP	F71	PP
F8	PP	F40	PP	F72	PP
F9	PP	F41	PP	F73	PP
F10	PP	F42	PP	F74	PP
F11 (4kom)	PP	F43	PP	F75	PP
F12	PP	F44	PP	F76	PP
F13	PP	F45	PP	F77	PP
F14	PP	F46	PP	F78	PP
F15	PP	F47	PP	F79	PP
F16	PP	F48	PP	F80	PP
F17	PP	F49	PP	F81	PP
F18	PP	F50	PP	F82	PP
F19	PP	F51	PP	F83	PP
F20	PE-LD	F52	PP	F84	PP
F21	PP	F53	PP	F85	PP
F22	PE-LD	F54	PP	F86	PP
F23	PE-LD	F55	PP	F87	PP
F24	PE-HD	F56	PP	F88	PP
F25	PP	F57	PP	F89	PP
F26	PP	F58	PP	F90	PP
F27	PP	F59	PP	F91 (5 kom)	PP
F28	PP	F60	PP	F92	PP
F29	PP	F61	PP	F93	PP
F30	PP	F62	PP	F94	PP
F31	PP	F63	PP	F95	PP
F32	PP	F64	PP	F96	PP

Oznaka	Vrsta	Oznaka	Vrsta	Oznaka	Vrsta
F97	PP	F129	PP	F161	PP
F98	PP	F130	PP	F162	PE-HD
F99	PP	F131	PP	F163	PE-HD
F100	PP	F132	PP	F164	PP
F101	PP	F133 (Ostaci)	/	F165	PP
F102	PP	F134	PE-HD	F166	PP
F103	PP	F135	PP	F167	PP
F104	PP	F136	PE-HD	F168	PP
F105	PP	F137	PP	F169	PP
F106	PP	F138	PE-HD	F170	PE-HD
F107 (5kom)	PP	F139	PP	F171	PP
F108 (4kom)	PP	F140	PP	F172	PP
F109 (4kom)	PP	F141	PE-LD	F173	PP
F110 (2kom)	PP	F142	PE-HD	F174	PP
F111 (4kom)	PP	F143	PP	F175	PE-HD
F112 (3kom)	PP	F144	PE-HD	F176	PP
F113 (2kom)	PP	F145	PP	F177	PP
F114 (2kom)	PP	F146	PP	F178	PP
F115 (2kom)	PP	F147	PE-HD	F179	PP
F116 (2kom)	PP	F148	PP	F180	PP
F117	PP	F149	PE-HD	F181	PP
F118	PP	F150	PE-HD	F182	PP
F119	PP	F151	PE-HD	F183	PP
F120	PP	F152	PE-HD	F184	PE-LD
F121	PP	F153	PE-HD	F185	PP
F122	PP	F154	PE-HD	F186	PP
F123	PP	F155	PE-HD	F187	PP
F124	PP	F156	PP	F188	PP
F125	PP	F157	PE-HD	F189	PP
F126	PP	F158	PE-HD	F190	PP
F127	PP	F159	PP	F191	PP
F128	PP	F160	PP	F192	PP

Oznaka	Vrsta	Oznaka	Vrsta	Oznaka	Vrsta
F193	PP	F225	PP	F257	PP
F194	PP	F226	PP	F258	PP
F195	PE-HD	F227	PP	F259	PP
F196	PP	F228	PP	F260	PP
F197	PE-HD	F229	PP	F261	PP
F198	PP	F230	PP	F262	PP
F199	PP	F231	PP	F263	PP
F200	PP	F232	PP	F264	PP
F201	PP	F233	PP	F265	PP
F202	PP	F234	PP	F266	PP
F203	PP	F235	PP	F267	PP
F204	PP	F236	PP	F268	PP
F205	PP	F237	PP	F269	PP
F206	PP	F238 (3kom)	PP	F270	PP
F207	PP	F239	PP	F271	PP
F208	PP	F240	PE-HD	F272	PP
F209	PP	F241	PP	F273	PP
F210	PP	F242	PP	F274	PP
F211	PP	F243 (3kom)	PE-HD	F275	PP
F212	PP	F244 (3kom)	PP	F276	PP
F213	PP	F245	PP	F277	PP
F214	PP	F246	PP	F278	PP
F215	PP	F247	PP	F279	PP
F216 (6kom)	PP	F248	PP	F280	PP
F217	PP	F249	PP	F281	PP
F218	PP	F250	PP	F282	PP
F219	PP	F251 (3kom)	PP	F283	PP
F220	PP	F252	PP	F284	PP
F221	PP	F253	PP	F285	PP
F222	PP	F254	PP	F286	PP
F223	PP	F255	PP	F287	PP
F224	PP	F256	PP	F288	PP

Oznaka	Vrsta	Oznaka	Vrsta	Oznaka	Vrsta
F289	PP	F321	PE-HD	F353	PP
F290	PP	F322	PP	F354	PP
F291	PP	F323	PP	F355	PP
F292	PP	F324	PP	F356	PP
F293	PP	F325	PP	F357	PP
F294	PP	F326	PP	F358	PE-HD
F295 (Ostaci)	/	F327	PP	F359	PP
F296	PE-HD	F328	PP	F360	PP
F297	PE-HD	F329	PP	F361	PE-LD
F298	PP	F330	PP	F362	PE-LD
F299	PE-HD	F331	PP	F363	PP
F300	PE-HD	F332	PP	F364	PP
F301	PP	F333	PP	F365	PP
F302	PP	F334	PP	F366	PP
F303	PP	F335	PP	F367	PP
F304	PP	F336	PP	F368	PP
F305	PP	F337	PE-HD	F369	PP
F306	PP	F338	PP	F370	PP
F307	PP	F339	PP	F371	PP
F308	PP	F340	PP	F372	PP
F309	PP	F341	PP	F373	PP
F310	PP	F342	PP	F374	PP
F311	PE-LD	F343	PE-HD	F375	PP
F312	PP	F344	PP	F376	PP
F313	PP	F345	PP	F377	PP
F314	PP	F346	PE-LD	F378	PP
F315	PP	F347	PP	F379	PP
F316	PP	F348	PP	F380	PE-HD
F317	PP	F349	PP	F381	PP
F318	PP	F350	PP	F382	PP
F319	PP	F351	PP	F383	PP
F320	PE-LD	F352	PP	F384	PP



<b>Oznaka</b>	<b>Vrsta</b>	<b>Oznaka</b>	<b>Vrsta</b>	<b>Oznaka</b>	<b>Vrsta</b>
F385	PP	F417	PP	F449	PP
F386	PP	F418	PP	F450	PP
F387	PE-HD	F419	PE-HD	F451	PP
F388	PP	F420	PP	F452	PP
F389	PE-HD	F421	PE-LD	F453	PP
F390	PP	F422	PP	F454	PP
F391	PP	F423	PP	F455	PP
F392	PP	F424	PP	F456	PP
F393	PP	F425	PP	F457	PE-HD
F394	PP	F426	PP	F458	PP
F395	PE-HD	F427	PP	F459	PP
F396	PE-HD	F428	PP	F460	PP
F397	PP	F429	PP	F461	PP
F398	PP	F430	PP	F462	PP
F399	PE-HD	F431	PP	F463	PP
F400	PP	F432	PP	F464	PP
F401	PP	F433	PP	F465	PP
F402	PP	F434	PP	F466	PP
F403	PP	F435	PP	F467	PE-HD
F404	PP	F436	PP	F468	PP
F405	PP	F437	PP	F469	PP
F406	PP	F438	PP	F470	PP
F407	PP	F439	PP	F471	PP
F408	PP	F440	PP	F472	PP
F409	PP	F441	PP	F473	PE-HD
F410	PP	F442	PP	F474	PP
F411	PP	F443	PP	F475	PP
F412	PP	F444	PP	F476	PP
F413	PP	F445	PP	F477	PP
F414	PP	F446	PP	F478	PP
F415	PP	F447	PP	F479	PP
F416	PP	F448	PP	F480	PP

Oznaka	Vrsta	Oznaka	Vrsta	Oznaka	Vrsta
F481	PP	F513	PP	F545	PP
F482	PP	F514	PP	F546	PP
F483	PP	F515	PP	F547	PP
F484	PP	F516	PP	F548	PP
F485	PE-HD	F517	PP	F549	PP
F486	PP	F518	PP	F550	PP
F487	PE-LD	F519	PP	F551	PP
F488	PP	F520	PP	F552	PP
F489	PP	F521	PP	F553	PP
F490	PP	F522	PP	F554	PP
F491	PP	F523	PP	F555	PP
F492	PP	F524	PP	F556	PP
F493	PP	F525	PP	F557 (Ostaci)	/
F494	PP	F526	PP	F558	PP
F495	PP	F527	PP	F559	PP
F496	PP	F528	PP	F560	PP
F497	PP	F529	PP	F561	PP
F498	PP	F530	PP	F562	PP
F499	PP	F531	PP	F563	PP
F500	PP	F532	PP	F564	PP
F501	PP	F533 (ostaci)	/	F565	PP
F502	PE-LD	F534	PP	F566	PP
F503	PP	F535	PP	F567	PP
F504	PP	F536 (ostaci)	/	F568	PP
F505	PP	F537	PP	F569	PP
F506	PP	F538	PP	F570 (ostaci)	/
F507	PP	F539	PP		
F508	PP	F540	PP		
F509	PP	F541 (Ostaci)	/		
F510	PP	F542	PE-HD		
F511	PP	F543	PP		
F512	PP	F544	PP		

<b>Oznaka</b>	<b>Vrsta</b>	<b>Oznaka</b>	<b>Vrsta</b>	<b>Oznaka</b>	<b>Vrsta</b>
PE1	PP	PE33	PP	PE65	PP
PE2	PP	PE34	PP	PE66	PP
PE3	PP	PE35	PP	PE67	PP
PE4	PP	PE36	PE-HD	PE68	PP
PE5	PP	PE37	PP	PE69	PP
PE6	PP	PE38	PP	PE70	PP
PE7	PE-HD	PE39	PP	PE71	PP
PE8	PP	PE40	PE-HD	PE72	PP
PE9	PP	PE41	PP	PE73	PP
PE10	PP	PE42	PP	PE74	PP
PE11	PP	PE43	PP	PE75	PP
PE12	PP	PE44	PE-LD	PE76	PP
PE13	PE-HD	PE45	PP	PE77	PP
PE14	PP	PE46(ostaci)	/	PE78	PP
PE15	PP	PE47	PP	PE79	PP
PE16	PP	PE48	PP	PE80	PP
PE17	PP	PE49	PP	PE81	PP
PE18	PP	PE50	PP	PE82	PP
PE19	PE-HD	PE51	PP	PE83	PP
PE20	PE-HD	PE52	PP	PE84	PP
PE21	PP	PE53	PP	PE85	PE-HD
PE22	PP	PE54	PP	PE86	PE-HD
PE23	PP	PE55	PP	PE87	PP
PE24	PE-HD	PE56	PE-HD	PE88	PP
PE25	PP	PE57	PP	PE89	PE-HD
PE26	PE-HD	PE58	PP	PE90	PP
PE27	PP	PE59	PP	PE91	PP
PE28	PP	PE60	PP	PE92	PP
PE29	PP	PE61	PP	PE93	PP
PE30	PE-HD	PE62	PP	PE94	PP
PE31	PP	PE63	PP	PE95(ostaci)	/
PE32	PP	PE64	PP	PE96	PP

<b>Oznaka</b>	<b>Vrsta</b>	<b>Oznaka</b>	<b>Vrsta</b>	<b>Oznaka</b>	<b>Vrsta</b>
PE97	PP	PE129	PP	PE161	PP
PE98	PP	PE130	PP	PE162	PP
PE99	PP	PE131	PP	PE163	PP
PE100	PP	PE132	PP	PE164	PP
PE101	PP	PE133	PP	PE165	PP
PE102	PP	PE134	PP	PE166	PP
PE103	PP	PE135	PP	PE167	PP
PE104	PP	PE136	PP	PE168	PP
PE105	PP	PE137	PP	PE169	PP
PE106	PP	PE138	PP	PE170	PP
PE107	PP	PE139	PP	PE171	PP
PE108	PE-HD	PE140	PP	PE172	PP
PE109	PP	PE141	PP	PE173	PP
PE110	PP	PE142	PP	PE174	PP
PE111	PP	PE143	PP	PE175	PP
PE112	PP	PE144	PP	PE176	PP
PE113	PP	PE145	PP	PE177	PP
PE114	PP	PE146	PP	PE178	PP
PE115	PP	PE147	PP	PE179	PP
PE116	PP	PE148	PP	PE180	PP
PE117	PP	PE149	PP	PE181	PE-HD
PE118	PE-HD	PE150	PP	PE182	PP
PE119	PP	PE151	PP	PE183	PP
PE120	PE-HD	PE152	PP	PE184	PP
PE121	PP	PE153	PP	PE185	PP
PE122	PP	PE154	PP	PE186	PP
PE123	PP	PE155	PP	PE187	PP
PE124(ostaci)	/	PE156	PP	PE188	PP
PE125	PP	PE157	PP	PE189	PP
PE126	PP	PE158	PP	PE190	PP
PE127	PP	PE159	PP	PE191	PP
PE128	PP	PE160	PP	PE192	PP

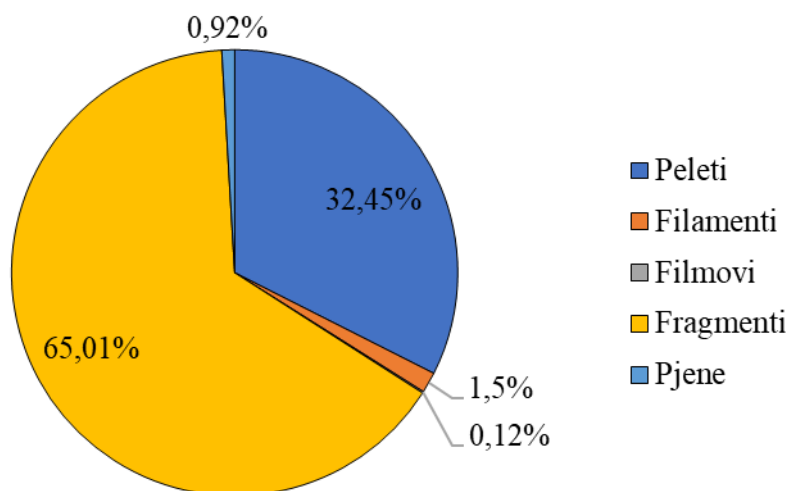
Oznaka	Vrsta	Oznaka	Vrsta	Oznaka	Vrsta
PE193	PP	PE225	PP	PE257	PP
PE194	PP	PE226	PP	PE258	PP
PE195	PP	PE227	PP	PE259	PP
PE196	PP	PE228	PP	PE260	PP
PE197	PP	PE229	PP	PE261	PP
PE198	PP	PE230	PP	PE262	PP
PE199	PP	PE231	PP	PE263	PP
PE200	PP	PE232	PP	PE264	PP
PE201	PP	PE233	PP	PE265	PP
PE202	PP	PE234	PP	PE266	PP
PE203	PE-HD	PE235	PP	PE267	PP
PE204	PP	PE236	PP	PE268	PP
PE205	PP	PE237	PP	PE269	PP
PE206	PP	PE238	PP	PE270	PP
PE207	PP	PE239	PP	PE271	PP
PE208	PP	PE240	PP	PE272	PP
PE209	PP	PE241	PP	PE273	PP
PE210	PP	PE242	PP	PE274	PP
PE211	PP	PE243	PP	PE275	PP
PE212	PP	PE244	PP	PE276	PP
PE213	PP	PE245	PP	PE277	PP
PE214	PP	PE246	PP	PE278	PP
PE215	PP	PE247	PP	PE279	PP
PE216	PP	PE248	PP	PE280	PP
PE217	PP	PE249	PP	PE281	PP
PE218	PP	PE250	PP	PE282	PP
PE219	PP	PE251	PP	PE283	PP
PE220	PP	PE252	PP	PE284(ostaci)	
PE221	PP	PE253	PP		
PE222	PP	PE254	PP		
PE223	PP	PE255	PP		

<b>Oznaka</b>	<b>Vrsta</b>	<b>Oznaka</b>	<b>Vrsta</b>	<b>Oznaka</b>	<b>Vrsta</b>
P1	PP	P8 (Z10)	PP	FI8	PP
P2	PP	FL1	PP	FI9	PP
P3	PP	FI1	PP	FI10	PP
P4 (Z05)	PP	FI2	PP	FI11	PP
P5 (Z06)	PP	FI3	PP	FI12	PP
P6 (Z08)	PP	FI4	PP	FI13	PP
P7 (Z09)	PP	FI5	PP		
P8 (Z10)	PP	FI6	PP		
FL1	PP	FI7	PP		

#### **4. RASPRAVA**

#### 4.1. ANALIZA KARAKTERIZACIJE UZORAKA MIKROPLASTIKE

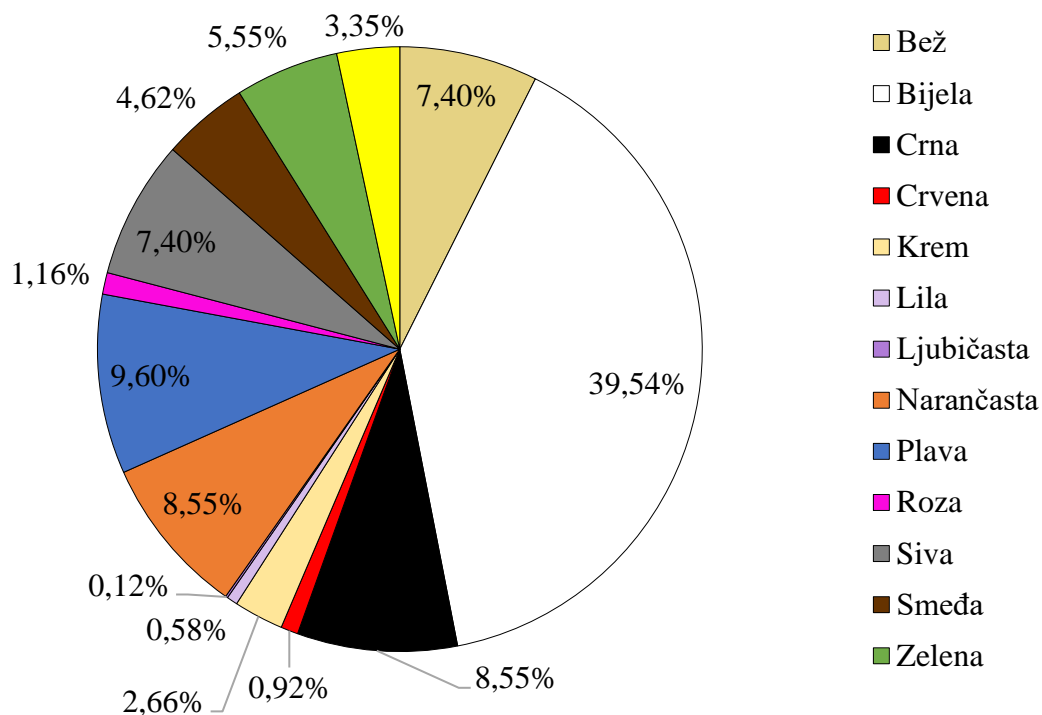
U ovom radu ukupno je analizirano 865 uzoraka mikroplastike od toga su svi ispiti s područja plaže Zaglav na otoku Visu. Uzorci su razvrstani u pripadajuće kategorije određene DeFishGear protokolom. Ispitima je vizualno određena prozirnost odnosno neprozirnost te boja. Analitičkom vagom ispitima je određena masa, a programski paket za obradu slika Digimizer poslužio je kako bi uzorcima bili određeni maksimalna dimenzija i površina. Analiza podataka za lokaciju Zaglav prikazana je u udjelima kružnim dijagramima.



Slika 4.1. Udio pojedine kategorije u ukupnom broju uzoraka .

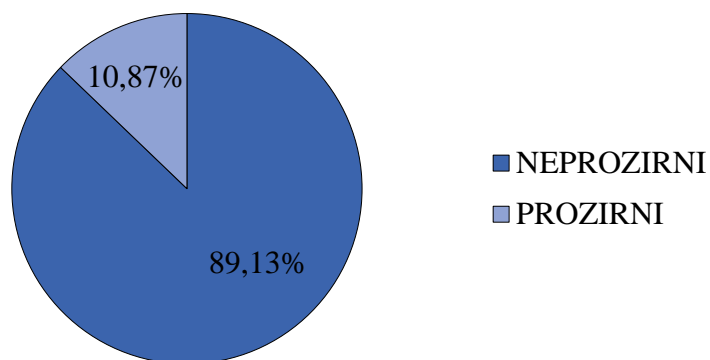
Iz dijagrama na slici 4.1 je vidljivo da su fragmenti na lokaciji Zaglav najbrojniji i identificirano ih je 563 od 865 ispita (65,01%). Slijede peletni uzorci kojih je 281 (32,45%), slijede filamenti kojih je 13 (1,50%), pjene 8 (0,92%) i jedan film (0,12%)





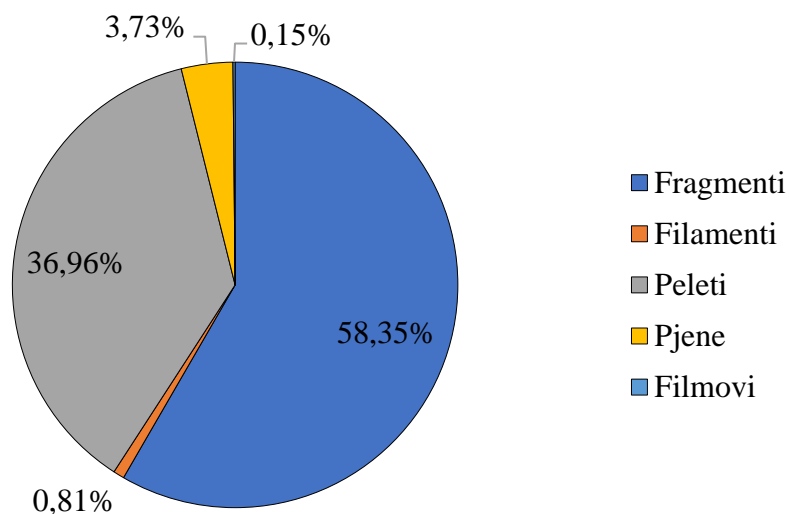
Slika 4.2. Udio pojedine boje u ukupnom broju uzoraka s plaže Zaglav.

Vizualnom analizom ispitaka (slika 4.2.) utvrđeno je da je najviše uzoraka bijele boje 342 (39,54%). Slijede ih plava s 83 uzorka (9,60%), narančasta koja broji 74 uzorka (8,55%), siva s 64 uzorka (7,40%), bež s 59 uzoraka (7,40%), te crna s 74 uzorka (8,55%). Ostale boje su zastupljene u manjem broju uzoraka kao što je zelena s 47 uzoraka (5,55%), smeđa s 40 uzoraka (4,62%), žuta s 29 uzoraka (3,35%), krem s 23 uzorka (2,66%), roza s 10 uzoraka (1,16%), crvena s 8 uzoraka (0,92%), lila s 5 uzoraka (0,58%), ljubičasta s 1 uzorkom (0,12%)



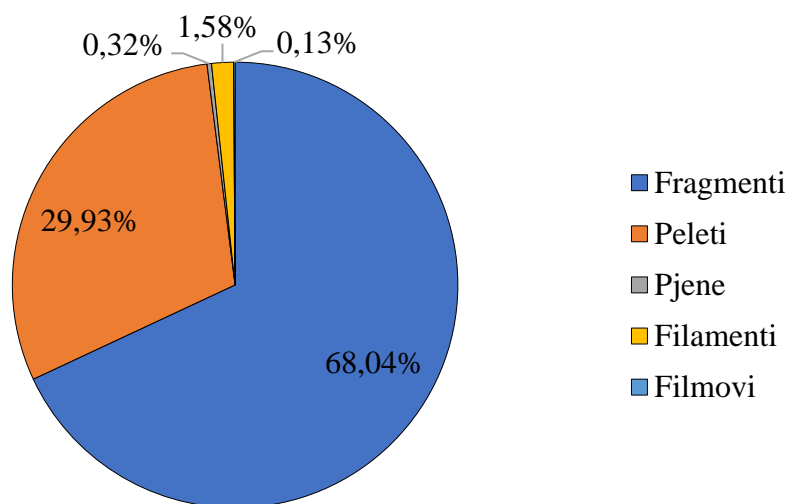
Slika 4.3. Udio prozirnih i neprozirnih ispitaka mikroplastike u ukupnom broju uzoraka

U ukupnom uzorku s lokacije Zaglav 771 je neprozirnih (89,13%), a 94 prozirnih (10,87%) prikazano na slici 4.3.



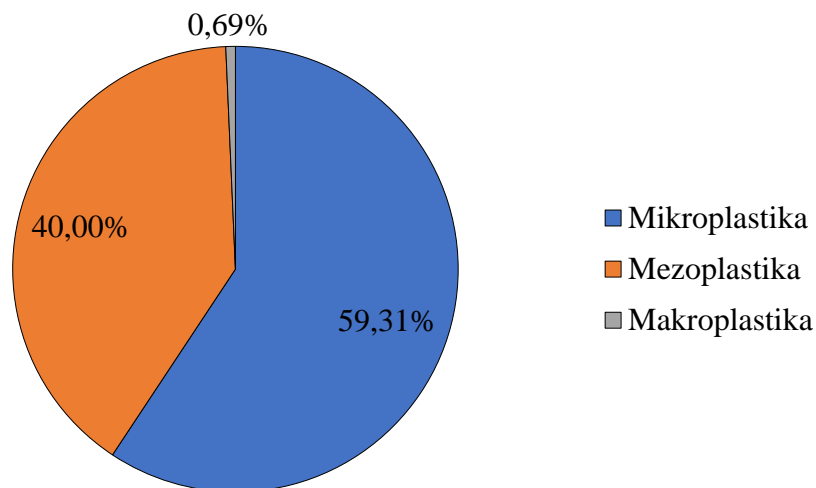
Slika 4.4 Udio pojedinih kategorija u ukupnoj masi uzoraka na lokaciji Zaglav

Od ukupne mase uzoraka koja iznosi 12,975 g najviše je fragmenata čija masa iznosi 7,5713 g (58,35%), slijede ih peleti s 4,7952g (36,96%), potom pjene sa 0,4849 g (3,73%), filamenti s 0,1037g (0,81%) te filmovi s 0,0199g (0,15%).



Slika 4.5. Udio pojedine kategorije u ukupnoj površini

Od ukupne površine koja iznosi 11549,76 mm<sup>2</sup>, fragmenti čine većinu s 7859,409 mm<sup>2</sup> (68,04%), slijede ih peleti s 3457,305 mm<sup>2</sup> (29,93%), potom filmovi s 182,433 mm<sup>2</sup> (1,58%), pjene sa 37,4 mm<sup>2</sup> (0,32%), 6,2097 mm<sup>2</sup> filmovi (0,13%) prikazano na slici 4.5.



Slika 4.6. Udio mikroplastike raspodijeljene prema veličini.

Od ukupnog broja uzoraka koji iznosi 865, 513 pripada mikroplastici (59,31%) dimenzija manjih od 5 mm, 346 mezoplastici (40,00%) dimenzija od 5mm do 25 mm te 6 makroplastici (0,69%) dimenzija većih od 5mm.

#### 4.2. ANALIZA IDENTIFIKACIJE VRSTE UZORAKA MIKROPLASTIKE

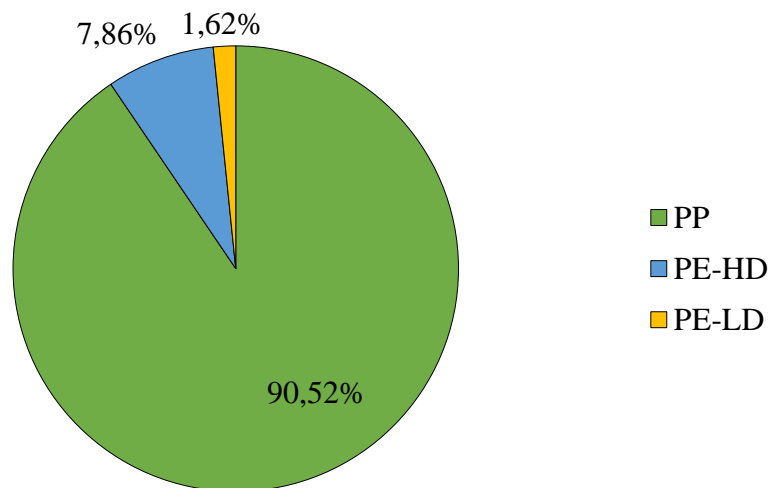
U ovom radu identificirano je pomoću IR spektroskopije i diferencijalne pretražne kalorimetrije ukupno 865 uzoraka mikroplastike.

Na slici 3.1 prikazan je spektar za PE-HD. Simetrično i asimetrično C-H istezanje vidljivo je pri  $2915,07\text{ cm}^{-1}$  i  $2847,88\text{ cm}^{-1}$ . Vibracija kristalne rešetke kod polietilena rezultira udvojenom vrpcom, odnosno dubletom pri  $1471,32\text{ cm}^{-1}$  i  $1463,83\text{ cm}^{-1}$  te  $\text{-CH}_2$  asimetričnom deformacijom što pokazuje dublet pri  $717,93\text{ cm}^{-1}$ . DSC krivulja prikazuje da je taljenje postignuto na temperaturi od  $140,74^\circ\text{C}$  što pripada intervalu taljenja za PE-HD koje se odvija na temperaturama između  $130^\circ\text{C}$  i  $140^\circ\text{C}$ .

Na slici 3.5 prikazan je FTIR spektar za PE-LD koji je identičan spektru PE-HD-a, osim što ga razlikuje dodatni dublet pri  $1375,86\text{ cm}^{-1}$  i  $1370,83\text{ cm}^{-1}$ . Vrpca pri  $1375,86\text{ cm}^{-1}$  rezultat je simetričnog savijanja u ravnini C-H iz terminirajućih  $\text{CH}_3$  skupina dugolančane i kratkolančane granatosti koja je odlika PE-LD-u, ali ne i PE-HD-u. DSC krivulja prikazuje da je točka taljenja postignuta pri  $111,92^\circ\text{C}$  što pripada intervalu taljenja za PE-LD koji se kreće od  $85^\circ\text{C}$ - $125^\circ\text{C}$

Na FTIR spektru prikazanom na slici 3.8 vidljive su karakteristične vrpce pri  $2949,76\text{ cm}^{-1}$  i  $2857,47\text{ cm}^{-1}$  koje su rezultat simetričnog i asimetričnog rastezanja C-H veze u  $\text{CH}_3$  skupini te vrpce pri  $2917,41\text{ cm}^{-1}$  i  $2838,16\text{ cm}^{-1}$  koje su rezultat simetričnog i asimetričnog rastezanja C-H veze u  $\text{CH}_2$  skupini u PP-u. Postoje još karakteristične vrpce pri  $1451,73\text{ cm}^{-1}$ , koja je posljedica simetrične deformacije (savijanja) u ravnini C-H veze iz  $\text{CH}_2$  skupina. Pri  $1375,51\text{ cm}^{-1}$  koja je rezultat simetričnog savijanja C-H veze iz  $\text{CH}_3$  skupine, pri  $1167,20\text{ cm}^{-1}$  zbog rastezanja C-C veze, pri  $972,37\text{ cm}^{-1}$ , zbog  $-\text{CH}_3$  njihajne deformacije. Temperatura tališta, iščitana iz DSC krivulje na slici 170,16°C, a literaturni podaci pokazuju da polipropilen ima temperaturu tališta u intervalu od 165-175°C.

Među ispocima koji su identificirani FTIR spektroskopijom HATR metodom pronađeno je 783 primjera polipropilena (90,52%), 68 polietilena visoke gustoće (7,86%) i 14 polietilena niske gustoće (1,62%).



Slika 4.7. Prikazani udjeli vrste polimernih materijala ispataka.

## **5. ZAKLJUČAK**

- Mikroplastika s lokacije Zaglav na otoku Visu svrstana je prema DeFishGear protokolu u kategorije: filamente, filmove, fragmente, granule, pelete i pjene. Pronađeno je 563 fragmenta (65,01 %), peleta 281 (32,45 %), filamenata 13 (1,50%), pjene 8 (0,92%) i 1 film (0,12 %).
- Svakom uzorku mikroplastike vizualno je određena prozirnost/neprozirnost te je utvrđeno da je 771 uzorak neproziran (89,13%), a 94 ih je prozirno (10,87%).
- Vizualnom analizom ispitaka utvrđeno je da je najviše uzoraka bijele boje 342 (39,54%). Slijede ih plava s 83 uzorka (9,60%), narančasta koja broji 74 uzorka (8,55%), siva s 64 uzorka (7,40%) ,bež s 59 uzoraka (7,40%), te crna s 74 uzorka (8,55%). Ostale boje su zastupljene u manjem broju uzoraka kao što je zelena s 47 uzoraka (5,55%), smeđa s 40 uzoraka (4,62%), žuta s 29 uzoraka (3,35%), krem s 23 uzorka (2,66 %), roza s 10 uzoraka (1,16%), crvena s 8 uzoraka (0,92%), lila s 5 uzoraka (0,58%), ljubičasta s 1 uzorkom (0,12%) Fragmenti čine 563 od 865 ispitka (65,01%). Slijede peletni uzorci kojih je 281 (32,45%), slijede filamenti kojih je 13 (1,50%), pjene 8 (0,92%) i jedan film (0,12%)
- Svim ispocima određena je masa na analitičkoj. Ustanovljeno je da fragmenti čine 58,35% ukupne mase, peleti 36,96%, pjene 3,73%, filamenti 0,81% te filmovi 0,15%.
- Korištenjem Digimizer programa za analizu slika svakom ispitku je određena površina u mm<sup>2</sup> i maksimalna dimenzija u mm. Ustanovljeno je da fragmenti čine većinu s 68,04% ukupne površine, peleti 29,93%, filmovi 1,58 %, pjene 0,32%, te film sa 0,13%. Od ukupnog broja uzoraka koji iznosi 513 pripada mikroplastici (59,31%), 346 mezoplastici (40,00%) te 6 makroplastici (0,69%).
- FTIR spektroskopijom i DSC-om identificirano je ukupno 865 uzorka 783 primjera polipropilena (90,52%), 68 polietilena visoke gustoće (7,86%) i 14 polietilena niske gustoće (1,62%). Uzorci nedostatne veličine za navedene metode ostavljeni su za daljnju analizu IR mikroskopijom.
- Mikroplastika analizirana u ovom radu, s obzirom na njen sastav potječe iz odbačene ambalaže roba široke potrošnje.

## 6. LITERATURA

1. *B. Andričić*, predavanje iz kolegija Polimerni materijali, nastavni materijalu obliku ppt prezentacije, KTF , Split, 2017.
2. *T. Kovačić.*, Struktura i svojstva polimera, Sveučilišni udžbenik, Split, 2010, 8-48.
3. *M. Erceg*, Polimerizacijski procesi, nastavni materijal u obliku PPT prezentacije, KTF, Split, 2018.
4. URL: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=48622> (10.7.2021.)
5. URL: <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=16694> (10.7.2021.)
6. URL: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=17532> (11.7.2021.)
7. *N. Stipanelov Vrandečić*, Ambalaža, Sveučilišna skripta, KTF, Split, 2021, 1-7.
8. *A. Matijević*, Trend razvoja ambalaže za kozmetičke proizvode , Završni rad, Tehničko-tehnološki fakultet, Zagreb, 2018, 3-9.
9. URL: <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2019/01/22/Consumer-push-back-against-plastic-will-spur-manufacturers-to-look-for-new-packaging-in-2019> (7.9.2021.)
10. *J. Bonato, Đ. Šabalja*, Tehnologijski razvoj i prve primjene polimernih materijala, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka **309** (2012), 307-313.
11. URL: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/4312-plastics-facts-2020> (11.7.2021.)
12. *L. Parker*, Plastic Pollution, National Geographic, National Geographic magazine, London United Kingdom (2019) 34-37.
13. *V. Martinac*, Mineralne sirovine iz mora, nastavni materijal u obliku PPT prezentacija, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2018.
14. URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20200618STO81513/zeleni-plan-kljuc-klimatski-neutralnog-i-odrzivog-eu-a> (11.7.2021.)
15. Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/2013, 73/2017, 14/2019).
16. URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/economy/20151201STO05603/kruzno-gospodarstvo-definicija-vrijednosti-i-korist> (11.7.2021.)

17. *M. Erceg*, Oporaba plastike ,skripta za vježbe, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2018, 39-50.
18. URL: <https://zeleni-val.com/koncept-zero-waste/> (11.7.2021.)
19. *GESAMP*, Sources, fate and effect of microplastic in the marine environment: A global assesment, International Maritime organization, London, 2015, 9-22.
20. *A. Palatinus, M. Kovač Viršek, E. Kaberi*, DeFishGear protocols for sea surface and beach sediment sampling and sample analysis, Ljubljana, 2015, 3-11.
21. *B. Quinn, C. B. Crawford*, Microplastic Pollutants, Elsevier Science, London United Kingdom, **1** (2016), 101-267.
22. *M. Kovač Viršek*, Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis, *Journal of Visualized Experiments*, **118** (2016), 1-9.
23. *D. L. Allara*, Aging of polymers, Environmental Health Perspectives, Durham United States (1975), 29-33.
24. *A. Abreu, M. L. Pedrotti*, Microplastics in the oceans: The solutions lie on land, Reinventing Plastics, Field Actions Science Reports, **19** (2019) 62-67.
25. *K. Bule*, Mikroplastika u morskom okolišu Jadrana, Kemija u Industriji, **69** (2020) 5-6.
26. *J. Maršić Lučić, J. Lušić P. Tutman*, Level of trace metals on microplastic particles in beach sediment of Island of Vis, Adriatic sea, Marine Pollution Bulletin, **137** (2018) 231-236.
27. *N. U. Benson, D. E. Basse, T. Palanisami*, COVID pollution: impact of COVID-19 pandemic on global plastic waste footprint, Heliyon, **7** (2020) 1-9.
28. URL: <https://www.unep.org/unepmap/news/news/pandemic-plastic-webinar-impact-covid-19-mediterranean> (16.7.2021.)
29. *N. Radić, L. K. Modun i F. Burčul*, Instrumentne metode analize, nastavni materijal u obliku ppt prezentacija, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2018.
30. *N. Stipanelov Vrandečić*, Premazi- Skripta za laboratorijske vježbe, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2019, 10-38.



31. *M. Erceg*, Struktura i svojstva polimera - sveučilišni priručnik za vježbe, Split, 2017., 42-57.

32.URL: <https://www.digimizer.com/> (16.7.2021.)