

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Benčina, A., 2016. Možnost uporabe in omejitve gradbenih plošč iz odpadne embalaže. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Bokan Bosiljkov, V., somentor Antolinc, D.): 108 str.

Datum arhiviranja: 12-10-2016

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Benčina, A., 2016. Možnost uporabe in omejitve gradbenih plošč iz odpadne embalaže. M.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Bokan Bosiljkov, V., co-supervisor Antolinc, D.): 108 pp.

Archiving Date: 12-10-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM DRUGE STOPNJE  
VODARSTVO IN OKOLJSKO  
INŽENIRSTVO**

Kandidatka:

**ANA BENČINA**

**MOŽNOST UPORABE IN OMEJITVE GRADBENIH  
PLOŠČ IZ ODPADNE EMBALAŽE**

Magistrsko delo št.: 13/II.VOI

**POSSIBILITIES OF USE AND LIMITATIONS OF  
BOARDS MADE OF PACKAGING WASTE**

Graduation – Master Thesis No.: 13/II.VOI

**Mentorica:**

prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov

**Somentor:**

asist. dr. David Antolinc

Ljubljana, 04. 10. 2016

**STRAN ZA POPRAVKE**

<b>Stran z napako</b>	<b>Vrstica z napako</b>	<b>Namesto</b>	<b>Naj bo</b>

## IZJAVE

Spodaj podpisana študentka Ana Benčina, vpisna številka 26450015, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Možnost uporabe in omejitve gradbenih plošč iz odpadne embalaže,

## IZJAVLJAM

1. Obkrožite eno od variant a) ali b)

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;  
 b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija, ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobila vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označila;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnala v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobila soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V: Ljubljana

Datum: 28. 09. 2016

Podpis študentke:

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 624.072.1:69.059.6:771.38(497.4)(043)  
**Avtor:** Ana Benčina  
**Mentorica:** prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov  
**Somentor:** asist. dr. David Antolinc  
**Naslov:** Možnost uporabe in omejitve gradbenih plošč iz odpadne embalaže  
**Tip dokumenta:** magistrsko delo - univerzitetni študij  
**Obseg in oprema:** 108 str., 68 pregl., 52 sl., 49 graf., 5 en.  
**Ključne besede:** odpadna embalaža, gradbene plošče iz odpadne embalaže, polimerni material, termoplast, družbe za ravnanje z odpadno embalažo

### **Izvleček**

V teoretičnem delu magistrske naloge smo najprej povzeli zakonodajo s področja ravnanja z odpadki s poudarkom na ravnanju z odpadno embalažo. Sledijo analize podatkov ravnanja z odpadno embalažo za Slovenijo in Evropsko Unijo. V nadaljevanju smo predstavili splošne lastnosti polimernih materialov, njihovo delitev glede na izvor, način predelave (termoplasti in duroplasti) ter namen. Zadnji sklop teoretičnega dela je namenjen splošnemu definiranju odpadne embalaže in njeni delitvi glede na vrsto, funkcijo ter mesto nastanka. Teoretični del smo zaključili s povzetki letnih poročil za leti 2013 in 2014 šestih registriranih družb za ravnanje z odpadno embalažo v Sloveniji.

V eksperimentalnem delu magistrske naloge smo se osredotočili na tri, po sestavi različne gradbene plošče iz odpadne embalaže. Najprej smo opisali postopek proizvodnje gradbenih plošč ter podrobno opisali sestavo treh skupin plošč. Podatke o preizkušancih za nadaljnje preiskave smo tabelarično predstavili. Sledi opis praktičnega dela magistrske naloge. Preiskave gradbenih plošč iz odpadne embalaže so potekale v Konstrukcijsko-prometnem laboratoriju Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Na gradbenih ploščah iz odpadne embalaže smo opravili tlačni ter upogibni in strižni test, poleg tega pa še tlačni test na preizkušancu iz več plošč. Sledil je preizkus obnašanja gradbenih plošč pri potopitvi v vodo ter pri potopitvi v eno molarno raztopino natrijevega klorida in kalijevega hidroksida. Na koncu smo ugotavljali še obnašanje gradbenih plošč pri preiskavi lezenja, toplotno prevodnost gradbenih plošč ter difuzijsko upornost prehoda vodne pare skozi material.

Na podlagi opravljenih analiz rezultatov preiskav smo na koncu podali priporočila, kje oziroma za kakšne namene bi se gradbene plošče iz odpadne embalaže lahko uporabljale in pri tem ne bi obremenjevale okolja.

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 624.072.1:69.059.6:771.38(497.4)(043)  
**Author:** Ana Benčina  
**Supervisor:** Prof. Violeta Bokan Bosiljkov, Ph. D.  
**Cosupervisor:** Asist. David Antolinc, Ph. D.  
**Title:** Possibilities of use and limitations of boards made of packaging waste  
**Document type:** Master Thesis – University study  
**Scope and tools:** 108 p., 68 tab., 52 fig., 49 graph., 5 eq.  
**Keywords:** packaging waste, boards made of packaging waste, polymer materials, thermoplast, thermoset, packaging waste management companies

### **Abstract**

The theoretical part of this master's thesis is divided into several parts. The first part summarizes the legislation on waste management in Slovenia and the EU, focusing on management of packaging waste. Next, general characteristics of polymer materials are presented, the division of polymer materials in terms of their origin, various waste recovery processes (thermoplast and thermoset), and their purpose. The last theoretical part deals with general definition of packaging waste and its breakdown by type, function and place of origin. The theoretical part ends with 2013 and 2014 annual reports' summaries of six registered packaging waste management companies in Slovenia.

The experimental part of the master's thesis focuses on three boards made of packaging waste, which are different by structure. Firstly, the process of board production and the detailed composition description of three groups of boards are described. Secondly, the data on test items for further research are presented in tables. Then there follows the description of the empirical part of the master's thesis. Testings of boards made of packaging waste were conducted in the Laboratory of Structural and Traffic Engineering at the Faculty of Civil and Geodetic Engineering, University of Ljubljana, Slovenia. Pressure, bending and shear tests were performed on individual boards made of packaging waste, as well as pressure test on test item made of several boards made of packaging waste. This was followed by the reaction test of immersing the boards into water and into 1.0 molar solutions of sodium chloride and of potassium hydroxide. Finally, the reaction of boards made of packaging waste when tested for creep, thermal conductivity and water vapour resistance factor was researched.

Based on the analysis of the test results recommendations are made, suggesting where and for what purposes such boards made of packaging waste could be used, by preventing at the same time burden to the environment.

## **ZAHVALA**

Iskreno se zahvaljujem mentorici prof. dr. Violeti Bokan Bosiljkov za strokovno podporo, usmeritve in nasvete. Posebna zahvala gre somentorju dr. Davidu Antolincu za usmerjanje in svetovanje pri izdelavi magistrske naloge.

Zahvala podjetju CEP d.o.o., ki mi je posredovalo gradbene plošče iz odpadne embalaže, katere sem analizirala. Prav tako gre zahvala tudi gospodu Franciju Čeponu za pomoč pri laboratorijskem delu in posredovanju podatkov za magistrsko delo ter gospe Andreji Padovnik, ki mi je prav tako pomagala pri laboratorijski analizi.

Še posebej pa se moram zahvaliti družini, mami Ireni, očiju Miroslavu, babici Ireni, teti Milici in Mitji, ki so mi ves čas študija stali ob strani, mi pomagali premagati težke trenutke in me ves čas spodbujali in bodrili. Brez njih mi študija vsekakor nebi uspelo dokončati.

**KAZALO VSEBINE**

Izjave .....	II
Bibliografsko-dokumentacijska stran in izvleček.....	III
Bibliographic-documentalistic information and abstract.....	IV
Zahvala .....	V
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 Splošno.....	1
1.2 Namen, vsebina in cilj naloge .....	1
<b>2 TEORETIČNI DEL .....</b>	<b>3</b>
2.1 Zakonodaja na področju ravnanja z odpadki.....	3
2.1.1 Zakon o varstvu okolja ZVO-1 .....	3
2.1.2 Uredba o odpadkih.....	3
2.2 Zakonodaja na področju ravnanja z odpadno embalažo .....	6
2.2.1 Direktiva EU 94/62/EC o embalaži in odpadni embalaži .....	6
2.2.1.1 Predelana odpadna embalaža v članicah EU po uvedbi direktive 94/62/EU .....	6
2.2.2 Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo .....	8
2.2.3 Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi nastajanja odpadne embalaže .....	9
2.3 Analiza podatkov ravnanja z odpadno embalažo za Slovenijo in Evropsko Unijo .....	10
2.3.1 Stanje ravnanja z odpadno embalažo v članicah EU .....	10
2.3.1.1 Nastajanje odpadne embalaže in BDP .....	10
2.3.1.2 Količina nastale odpadne embalaže na prebivalca v državah EU v letu 2012 .....	11
2.3.1.3 Delež predelave celotne odpadne embalaže v letu 2012.....	11
2.3.1.4 Delež reciklirane odpadne embalaže od leta 2010 do leta 2013 .....	12
2.3.1.5 Delež reciklirane odpadne steklene embalaže v letih od 2010 in 2013.....	13
2.3.1.6 Delež reciklirane odpadne plastične embalaže v letih od 2010 in 2013 .....	13
2.3.1.7 Delež reciklirane odpadne papirne in kartonske embalaže v letih od 2010 in 2013 .....	14
2.3.1.8 Delež reciklirane odpadne kovinske embalaže v letih od 2010 in 2013 .....	15
2.3.1.9 Delež reciklirane odpadne lesene embalaže v letih od 2010 in 2013.....	15
2.3.2 Stanje ravnanja z odpadno embalažo v Sloveniji .....	16
2.3.2.1 Analiza stanja na področju ravnanja in predelave odpadne embalaže v Sloveniji..	16
2.3.2.2 Količina nastale odpadne embalaže na prebivalca v Sloveniji .....	16
2.3.2.3 Količina nastale in reciklirane odpadne embalaže glede na vrsto materiala .....	17
2.3.2.4 Delež predelane odpadne embalaže .....	18
2.3.2.5 Delež reciklirane odpadne embalaže in ciljni delež .....	19
2.4 Polimerni materiali.....	20
2.4.1 Splošne lastnosti polimernih materialov .....	20
2.4.2 Razdelitev polimernih materialov .....	20
2.4.2.1 Generalna razdelitev .....	20
2.4.2.2 Glede na izvor .....	21
2.4.2.3 Glede na način predelave .....	21
2.4.2.4 Glede na kemijske reakcije pri pridobivanju.....	21
2.4.2.5 Komericalna delitev glede na namen .....	21
2.4.3 Vrste polimernih materialov glede na način predelave.....	23
2.4.3.1 Termoplasti .....	24
2.4.3.1.1 Standardni termoplasti.....	24
2.4.3.1.2 Tehnični termoplasti .....	25
2.4.3.1.3 Kompoziti .....	25
2.4.3.1.4 Visokoodporni termoplasti – HT .....	26
2.4.3.2 Duroplasti.....	27
2.4.4 Kemijska sestava najpomembnejših polimernih materialov za embaliranje živil in njihove lastnosti.....	28
2.5 Odpadna embalaža .....	29



2.5.1	Splošno .....	29
2.5.2	Definicija embalaže .....	29
2.5.3	Delitev glede na vrsto embalaže .....	30
2.5.4	Delitev glede na funkcijo embalaže .....	30
2.5.5	Delitev embalaže glede na mesto nastanka .....	31
2.5.6	Zavezanci za ravnanje z embalažo .....	31
2.5.6.1	Embaler .....	32
2.5.6.2	Pridobitelj embaliranega blaga .....	32
2.5.6.3	Proizvajalec embalaže .....	32
2.5.6.4	Pridobitelj embalaže .....	32
2.5.7	Pravila ravnanja z odpadno embalažo .....	32
2.5.7.1	Vloga družbe za ravnanje z odpadno embalažo (DROE) .....	32
2.5.8	Družbe za ravnanje z odpadno embalažo v Sloveniji .....	33
2.5.8.1	Gorenje Surovina d.o.o. ....	33
2.5.8.2	Interseroh d. o. o. ....	38
2.5.8.3	Recikel d.o.o. ....	40
2.5.8.4	Unirec d.o.o. ....	42
2.5.8.5	Slopak d.o.o. ....	44
2.5.8.6	Embakom d.o.o. ....	46
2.5.8.7	Povzetek .....	49
<b>3</b>	<b>EKSPERIMENTALNI DEL .....</b>	<b>50</b>
3.1	Materiali in metode .....	50
3.1.1	Material – gradbene plošče iz odpadne embalaže .....	50
3.1.1.1	Postopek izdelave plošč .....	50
3.1.1.2	Sestava gradbenih plošč .....	51
3.1.1.3	Podatki o preizkušancih .....	58
3.1.1.3.1	Plošča P5 .....	59
3.1.1.3.2	Plošča P6 .....	61
3.1.1.3.3	Plošča P10 .....	63
3.1.2	Ekspperimentalne preiskave .....	65
3.1.2.1	Določanje obnašanja plošč pri tlačni obremenitvi .....	65
3.1.2.2	Tlačni test preizkušanca iz več plasti .....	66
3.1.2.3	Določanje obnašanja plošč pri upogibu .....	67
3.1.2.4	Določanje obnašanja plošč pri strižni obremenitvi .....	68
3.1.2.5	Preiskave lezenja gradbenih plošč .....	70
3.1.2.6	Obnašanje gradbenih plošč iz odpadne embalaže pri potopitvi v vodo .....	71
3.1.2.7	Obnašanje gradbenih plošč iz odpadne embalaže pri potopitvi v raztopini NaCl in KOH .....	72
3.1.2.8	Ugotavljanje toplotne prevodnosti gradbene plošče .....	73
3.1.2.9	Ugotavljanje difuzijske upornosti prehoda vodne pare skozi material .....	74
3.2	Rezultati in diskusija .....	76
3.2.1	Določanje obnašanja plošč pri tlačni obremenitvi .....	76
3.2.1.1	Plošča P5 .....	76
3.2.1.2	Plošča P6 .....	77
3.2.1.3	Plošča P10 .....	78
3.2.1.4	Primerjava vseh treh plošč .....	79
3.2.2	Tlačni test preizkušanca iz več plasti .....	80
3.2.3	Določanje obnašanja plošč pri upogibu .....	81
3.2.3.1	Plošča P5 .....	81
3.2.3.2	Plošča P6 .....	82
3.2.3.3	Plošča P10 .....	83
3.2.3.4	Primerjava vseh treh plošč .....	84
3.2.4	Določanje obnašanja plošč pri strižni obremenitvi .....	85
3.2.4.1	Plošča P5 .....	85

3.2.4.2	Plošča P6.....	85
3.2.4.3	Plošča P10.....	86
3.2.4.4	Primerjava strižnih preiskav za vse tri variante preizkušancev.....	87
3.2.5	Preiskave lezenja gradbenih plošč iz odpadne embalaže.....	88
3.2.6	Obnašanje gradbenih plošč iz odpadne embalaže pri potopitvi v vodo.....	89
3.2.6.1	Plošča P5.....	89
3.2.6.2	Plošča P6.....	90
3.2.6.3	Plošča P10.....	91
3.2.6.4	Primerjava vseh treh plošč.....	92
3.2.7	Obnašanje gradbenih plošč iz odpadkov pri potopitvi v eno molarni raztopini NaCl.....	93
3.2.7.1	Plošča P5.....	93
3.2.7.2	Plošča P6.....	94
3.2.7.3	Plošča P10.....	95
3.2.7.4	Primerjava vseh treh plošč.....	96
3.2.8	Obnašanje gradbenih plošč iz odpadkov pri potopitvi v eno molarni raztopini KOH.....	96
3.2.8.1	Plošča P5.....	96
3.2.8.2	Plošča P6.....	97
3.2.8.3	Plošča P10.....	98
3.2.8.4	Primerjava vseh treh plošč.....	99
3.2.9	Ugotavljanje toplotne prevodnosti gradbene plošče.....	100
3.2.10	Ugotavljanje difuzijske upornosti prehoda vodne pare skozi material.....	101
3.2.10.1	Plošča P5.....	101
3.2.10.2	Plošča P6.....	101
3.2.10.3	Plošča P10.....	102
<b>4</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>104</b>
	<b>VIRI.....</b>	<b>105</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Področja uporabe najbolj razširjenih termoplastičnih materialov .....	26
Preglednica 2: Temperaturne lastnosti nekaterih polimernih materialov .....	29
Preglednica 3: Podatki o količinah in vrstah embalažnega materiala v embalaži, ki so jo zavezanci družbe dali v promet v letih 2013 in 2014 v družbi Gorenje Surovina d.o.o. ....	34
Preglednica 4: Podatki o celotni količini in vrstah odpadne embalaže, ki je komunalni odpadek in je prevzeta v zbirnih centrih izvajalcev javne službe v družbi Gorenje Surovina d.o.o.....	35
Preglednica 5: Podatki o celotni količini in vrstah odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadek in je prevzeta ali zbrana pri distributerjih in končnih uporabnikih v družbi Gorenje Surovina d.o.o. ....	35
Preglednica 6: Podatki o količini in masnih deležih embalažnega materiala iz drugega odstavka 4. člena UREOE, ki je bil recikliran v material za izdelavo nove embalaže ali druge namene, ki je bil organsko recikliran in energetsko predelan v letu 2013 v družbi Gorenje Surovina d.o.o. ....	36
Preglednica 7: Podatki o količini in masnih deležih embalažnega materiala iz drugega odstavka 4. člena UREOE, ki je bil recikliran v material za izdelavo nove embalaže ali druge namene, ki je bil organsko recikliran in energetsko predelan v letu 2014 v družbi Gorenje Surovina d.o.o. ....	36
Preglednica 8: Količina embalaže, ki ni komunalni odpadek, ki so jo podjetja dala na trg Republike Slovenije v letu 2013 v družbi Recikel d.o.o. ....	40
Preglednica 9: Poročanje vseh zavezancev družbe Recikel d.o.o. v letu 2014 po embalažnih materialih .....	40
Preglednica 10: Prevzeta odpadna embalaža, ki ni komunalni odpadek v letih 2013 in 2014 ter njena predelava v družbi Recikel d.o.o.....	41
Preglednica 11: Prevzeta odpadna embalaža, ki je komunalni odpadek in njena obdelava v letu 2014 v družbi Recikel d.o.o. ....	42
Preglednica 12: Podatki o količinah in vrstah embalažnega materiala v embalaži, ki so jo zavezanci družbe Unirec d.o.o. dali v promet v letu 2013 in 2014.....	43
Preglednica 13: Skupna količina embalaže, ki so jo dali na trg zavezanci vključeni v sistem družbe Slopak d.o.o. v letih 2013 in 2014.....	45
Preglednica 14: Količina in vrste embalažnega materiala v prevzeti in zbrani odpadni embalaži ter ..	45
Preglednica 15: Količine energetsko predelane in materialno reciklirane odpadne embalaže za leti 2013 in 2014 za družbo Slopak d.o.o. ....	46
Preglednica 16: Količine in vrste embalažnega materiala v embalaži, ki so jo dali zavezanci podjetja Embakom d.o.o. v promet leta 2013 in leta 2014.....	47
Preglednica 17: Količine prevzete oziroma zbrane odpadne embalaže od IJS v letu 2013 in 2014, po posameznih vrstah materialov za družbo Embakom d.o.o. ....	47

Preglednica 18: Količine in masni deleži embalažnega materiala, ki je bil recikliran v material za izdelavo nove embalaže ali druge namene, organsko recikliran in energetsko predelan material, za družbo Embakom d.o.o.....	48
Preglednica 19: Količine in masni deleži embalažnega materiala, ki je bil recikliran v material za izdelavo nove embalaže ali druge namene, organsko recikliran in energetsko predelan, za družbo Embakom d.o.o.....	48
Preglednica 20: Povzetek DROE.....	49
Preglednica 21: Tabelarni prikaz sestave gradbenih plošč iz odpadne embalaže.....	52
Preglednica 22: Dimenzije standardnih preizkušancev .....	58
Preglednica 23: Dimenzije preizkušancev in njihova masa .....	59
Preglednica 24: Dimenzije preizkušancev in njihova masa .....	61
Preglednica 25: Dimenzije preizkušancev in njihova masa .....	63
Preglednica 26: Fizikalna lastnost nekaterih materialov .....	75
Preglednica 27: Rezultati tlačne preiskave .....	76
Preglednica 28: Rezultati tlačne preiskave .....	77
Preglednica 29: Rezultati tlačnih preiskav .....	78
Preglednica 30: Rezultati tlačnega testa preizkušanca iz več plasti .....	80
Preglednica 31: Rezultati upogibnih preiskav .....	81
Preglednica 32: Rezultati upogibnih preiskav .....	82
Preglednica 33: Rezultati upogibnih preiskav .....	83
Preglednica 34: Rezultati strižnih preiskav plošče P5.....	85
Preglednica 35: Rezultati strižnih preiskav plošče P6.....	85
Preglednica 36: Rezultati strižnih preiskav plošče P10.....	86
Preglednica 37: Rezultati preiskav lezenja .....	88
Preglednica 38: Rezultati preiskav obnašanja plošče P5 pred potopitvijo v vodo .....	89
Preglednica 39: Rezultati preiskav obnašanja plošče P5 po potopitvi v vodo.....	89
Preglednica 40: Sprememba volumna $\Delta V$ , površine $\Delta S$ in vodovpojnosti preizkušancev plošče P5 po potopitvi v vodo.....	89
Preglednica 41: Rezultati preiskav obnašanja plošče P6 pred potopitvijo v vodo .....	90
Preglednica 42: Rezultati preiskav obnašanja plošče P6 po potopitvi v vodo.....	90
Preglednica 43: Sprememba volumna $\Delta V$ , površine $\Delta S$ in vodovpojnosti preizkušancev plošče P6 po potopitvi v vodo.....	90
Preglednica 44: Rezultati preiskav obnašanja plošče P10 pred potopitvijo v vodo .....	91
Preglednica 45: Rezultati preiskav obnašanja plošče P10 po potopitvi v vodo.....	91
Preglednica 46: Sprememba volumna $\Delta V$ , površine $\Delta S$ in vodovpojnosti preizkušancev plošče P6 po potopitvi v vodo.....	91

Preglednica 47: Rezultati preiskav obnašanja plošče P5 pred potopitvijo v eno molarno raztopino NaCl	93
Preglednica 48: Rezultati preiskav obnašanja plošče P5 po potopitvi v eno molarno raztopino NaCl.	93
Preglednica 49: Končni rezultati preiskav obnašanja plošče P5 pri potopitvi v eno molarno raztopino NaCl	93
Preglednica 50: Rezultati preiskav obnašanja plošče P6 pred potopitvijo v eno molarno raztopino NaCl	94
Preglednica 51: Rezultati preiskav obnašanja plošče P6 po potopitvi v eno molarno raztopino NaCl.	94
Preglednica 52: Končni rezultati preiskav obnašanja plošče P6 pri potopitvi v eno molarno raztopino NaCl	94
Preglednica 53: Rezultati preiskav obnašanja plošče P10 pred potopitvijo v eno molarno raztopino NaCl	95
Preglednica 54: Rezultati preiskav obnašanja plošče P10 po potopitvi v eno molarno raztopino NaCl	95
Preglednica 55: Končni rezultati preiskav obnašanja plošče P10 pri potopitvi v eno molarno raztopino NaCl	95
Preglednica 56: Rezultati preiskav obnašanja plošče P5 pred potopitvijo v eno molarno raztopino KOH	96
Preglednica 57: Rezultati preiskav obnašanja plošče P5 po potopitvi v eno molarno raztopino KOH.	97
Preglednica 58: Končni rezultati preiskav obnašanja plošče P5 pri potopitvi v eno molarno raztopino KOH	97
Preglednica 59: Rezultati preiskav obnašanja plošče P6 pred potopitvijo v eno molarno raztopino KOH	97
Preglednica 60: Rezultati preiskav obnašanja plošče P6 po potopitvi v eno molarno raztopino KOH.	98
Preglednica 61: Končni rezultati preiskav obnašanja plošče P6 pri potopitvi v eno molarno raztopino KOH	98
Preglednica 62: Rezultati preiskav obnašanja plošče P10 pred potopitvijo v eno molarno raztopino KOH	98
Preglednica 63: Rezultati preiskav obnašanja plošče P10 po potopitvi v eno molarno raztopino KOH	99
Preglednica 64: Končni rezultati preiskav obnašanja plošče P10 pri potopitvi v eno molarno raztopino KOH	99
Preglednica 65: Rezultati preiskav ugotavljanja toplotne prevodnosti gradbenih plošč	100
Preglednica 66: Rezultati preiskav ugotavljanja difuzijske upornosti prehoda vodne pare skozi material	101
Preglednica 67: Rezultati preiskav ugotavljanja difuzijske upornosti prehoda vodne pare skozi material	102
Preglednica 68: Rezultati preiskav ugotavljanja difuzijske upornosti prehoda vodne pare skozi material	102

**KAZALO GRAFIKONOV**

Grafikon 1: Odpadna embalaža, Slovenija .....	5
Grafikon 2: Delež reciklirane skupne odpadne embalaže v EU27 v letih 2008 in 2010 .....	7
Grafikon 3: Delež reciklirane skupne odpadne embalaže v EU27 leta 2012 .....	7
Grafikon 4: Gibanje rasti in padca BDP in nastale odpadne embalaže v Sloveniji od leta 2001 do leta 2011 .....	10
Grafikon 5: Količina nastale in reciklirane odpadne embalaže na prebivalca (kg) v EU, leto 2012.....	11
Grafikon 6: Delež predelave skupne odpadne embalaže leta 2012 .....	12
Grafikon 7: Deleži reciklirane odpadne embalaže od leta 2010 do leta 2013 .....	12
Grafikon 8: Delež predelave odpadne steklene embalaže v letih od 2010 in 2013 .....	13
Grafikon 9: Delež predelave odpadne plastične embalaže v letih od 2010 in 2013 .....	14
Grafikon 10: Delež predelave odpadne papirne in kartonske embalaže v letih od 2010 in 2013 .....	14
Grafikon 11: Delež predelave odpadne kovinske embalaže v letih od 2010 in 2013.....	15
Grafikon 12: Delež predelave odpadne lesene embalaže v letih od 2010 in 2013 .....	16
Grafikon 13: Količina nastale odpadne embalaže (OE) na prebivalca v Sloveniji v obdobju od leta 2001 do 2011 .....	17
Grafikon 14: Količina nastale in reciklirane odpadne embalaže glede na vrsto materiala v Sloveniji od leta 2004 do leta 2011.....	18
Grafikon 15: Delež predelane odpadne embalaže od leta 2004 do leta 2011 v Sloveniji .....	19
Grafikon 16: Delež reciklirane odpadne embalaže in ciljni delež.....	19
Grafikon 17: Grafični prikaz količin zbrane odpadne embalaže v letih 2013 (modro) in 2014 (rdeče) v družbi Gorenje Surovina d.o.o.....	34
Grafikon 18: Grafični prikaz količine zbrane odpadne embalaže, ki je komunalni odpadek in ki ni komunalni odpadek, količine embalaže, ki je reciklirana v nove materiale in količine energetsko predelane embalaže v letih 2013 (modro) in 2014 (rdeče) v družbi Gorenje Surovina d.o.o.....	37
Grafikon 19: Zbrane količine komunalne in nekomunalne odpadne embalaže med leti 2009 in 2014 v družbi Interseroh d.o.o.....	38
Grafikon 20: Grafični prikaz deležev celokupne predelave odpadne embalaže v letih 2013 (modro) in 2014 (rdeče) v družbi Interseroh d.o.o. ....	39
Grafikon 21: Graf poročanja vseh zavezancev družbe Recikel d.o.o. v letu 2014 po embalažnih materialih.....	41
Grafikon 22: Grafični prikaz deležev predelave v letih 2013 in 2014 za družbo Unirec d.o.o. ....	44
Grafikon 23: Sestava gradbene plošče P5 .....	52
Grafikon 24: Sestava gradbene plošče P6 .....	53
Grafikon 25: Sestava gradbene plošče P10 .....	53
Grafikon 26: Grafični prikaz sestave gradbenih plošč iz odpadne embalaže .....	53

Grafikon 27: Grafični prikaz tlačnih preiskav petih preizkušancev plošče P5 .....	76
Grafikon 28: Grafični prikaz tlačnih preiskav petih preizkušancev plošče P6 .....	77
Grafikon 29: Grafični prikaz tlačnih preiskav petih preizkušancev plošče P10.....	78
Grafikon 30: Grafični prikaz tlačnih preiskav plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena).....	79
Grafikon 31: Primerjava gostot vseh treh plošč iz odpadne embalaže.....	79
Grafikon 32: Grafični prikaz preiskav »posebnega tlačnega testa« plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena).....	80
Grafikon 33: Grafični prikaz upogibnih preiskav petih preizkušancev plošče P5 .....	81
Grafikon 34: Grafični prikaz upogibnih preiskav petih preizkušancev plošče P6 .....	82
Grafikon 35: Grafični prikaz upogibnih preiskav petih preizkušancev plošče P10 .....	83
Grafikon 36: Grafični prikaz upogibnih preiskav plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena) .....	84
Grafikon 37: Grafični prikaz modulov elastičnosti posameznih vzorcev plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena).....	84
Grafikon 38: Grafični prikaz poteka strižne preiskave na plošči P5 .....	85
Grafikon 39: Grafični prikaz poteka strižne preiskave na plošči P6 .....	86
Grafikon 40: Grafični prikaz poteka strižne preiskave na plošči P6 .....	86
Grafikon 41: Grafični prikaz strižnih preiskav plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena) .....	87
Grafikon 42: Grafični prikaz preiskave lezenja plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena) .....	88
Grafikon 43: Grafični prikaz mase vode v preizkušancih plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena) po preiskavi .....	92
Grafikon 44: Grafični prikaz mase vode v preizkušancih plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena) po preiskavi .....	96
Grafikon 45: Grafični prikaz mase vode v preizkušancih plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena) po preiskavi .....	99
Grafikon 46: Grafični prikaz preiskav ugotavljanja toplotne prevodnosti plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena).....	100
Grafikon 47: Grafični prikaz preiskav ugotavljanja difuzijske upornosti prehoda vodne pare skozi vzorčke plošče P5.....	101
Grafikon 48: Grafični prikaz preiskav ugotavljanja difuzijske upornosti prehoda vodne pare skozi vzorčke plošče P6.....	102
Grafikon 49: Grafični prikaz preiskav ugotavljanja difuzijske upornosti prehoda vodne pare skozi vzorčke plošče P10.....	103

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Hierarhija ravnanja z odpadki .....	4
Slika 2: Osnovna delitev polimernih materialov glede na izvor.....	21
Slika 3: Delitev modificiranih naravnih materialov .....	21
Slika 4: Podrobna delitev sintetičnih termoplastov .....	22
Slika 5: Podrobna delitev sintetičnih duroplastov in elastomerov.....	22
Slika 6: Zgradba termoplastov (a), duroplastov (b) in elastomerov (c).....	23
Slika 7: Najbolj razširjeni termoplastični materiali .....	27
Slika 8: Kemijska sestava nekaterih najpomembnejših termoplastov .....	28
Slika 9: Naprava za mletje odpadne embalaže (šreder).....	50
Slika 10: Prikaz debeline nasutja pred stiskanjem.....	50
Slika 11: Naprava za stiskanje plošč .....	51
Slika 12: Preša za hlajenje .....	51
Slika 13: Lahka frakcija Eko sistemi Novo mesto.....	51
Slika 14: Mleta embalažna folija .....	51
Slika 15: Mlet tetrapak z aluminijevo folijo .....	52
Slika 16: Mlet tetrapak brez aluminijeve folije .....	52
Slika 17: Plošča P5 – nerazrezana .....	54
Slika 18: Plošča P6 – nerazrezana .....	54
Slika 19: Plošča P10 – nerazrezana .....	54
Slika 20: Sestava plošče P5 - spektri posneti v ATR tehniki .....	55
Slika 21: Sestava plošče P6 - spektri posneti v ATR tehniki .....	56
Slika 22: Sestava plošče P10 - spektri posneti v ATR tehniki .....	57
Slika 27: Prikaz izrezanih in označenih standardnih preizkušancev plošče P5 .....	60
Slika 28: Prikaz izrezanih in označenih standardnih preizkušancev plošče P6 .....	62
Slika 29: Prikaz izrezanih in označenih standardnih preizkušancev plošče P10 .....	64
Slika 26: Detajl izvedbe tlačnega testa .....	66
Slika 31: Oblika preizkušancev in postavitve v hidravlično stiskalnico kapacitete 5.000 kN .....	66
Slika 28: Skica in dimenzije tritočkovnega testa po standardu SIST EN ISO 178:2011 .....	67
Slika 29: Servo-hidravlični stroj Roell-Amsler kapacitete 100 kN in prikaz oblike preizkušanca pred preiskavo.....	67
Slika 30: Oblika preizkušancev za strižne preiskave po standardu SIST EN 12090:2013.....	69
Slika 31: Priprava vzorcev za strižni test.....	69
Slika 32: Pripravljeni vzorci za strižni test – po dve plošči sta prilepljeni na sistem treh vzporednih togih jeklenih plošč.....	69
Slika 33: Izvedba strižnega testa po standardu SIST EN 12090:2013 v servo-hidravličnem stroju .....	69



Slika 34: Vpet vzorec, pripravljen za strižni test z oznakami delovanja sil .....	70
Slika 35: Strig po plasti .....	70
Slika 36: Stojalo, na katerega smo namestili preizkušance v obliki trakov .....	70
Slika 37: Referenčen jeklen profil, glede na katerega smo merili povos preizkušancev v določenem času od trenutka nanosa obtežbe .....	71
Slika 38: Konstantna obtežba na sredini preizkušanca .....	71
Slika 39: Vzorci pred potopitvijo v vodo .....	72
Slika 40: Nabrekli vzorci po petih dnevih v vodi.....	72
Slika 41: Priprava vzorca eno molarne raztopine KOH .....	72
Slika 42: Vzorci po odležavanju v raztopini KOH po 24 urah.....	72
Slika 43: Priprava vzorca eno molarne raztopine NaCl .....	73
Slika 44: Vzorci po odležavanju v raztopini NaCl po 24 urah.....	73
Slika 45: Preiskava ugotavljanja toplotne prevodnosti gradbenih plošč iz odpadne embalaže.....	74
Slika 46: Oblika preizkušancev (diski) za preiskavo prepustnosti za vodno paro .....	75
Slika 47: Priprava vzorcev za preiskavo .....	75
Slika 48: Zatesnjeni vzorci nad posebno oblikovano čašo, pripravljeni za analizo .....	75
Slika 49: Porušna oblika preizkušanca plošče P5 .....	80
Slika 50: Porušna oblika preizkušanca plošče P10 .....	80
Slika 51: Strig po plasti – vzorec P6 po preiskavi.....	87
Slika 52: Strig po plasti – vzorec P10 po preiskavi.....	87

## **KAZALO PRILOG**

Benčina, A. 2016. Možnost uporabe in omejitve gradbenih plošč iz odpadne embalaže.  
Mag. d. Ljubljana, UL FGG, Odd. za okoljsko gradbeništvo, Magistrski študijski program Vodarstvo in okoljsko inženirstvo.

---

## **OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

»Ta stran je namenoma prazna.«

## 1 UVOD

### 1.1 Splošno

Ravnanje z odpadno embalažo zavzema posebno mesto pri ravnanju z odpadki. Ne toliko zaradi nastalih količin in nevarnostnega potenciala, temveč predvsem zaradi velikega volumna tovrstnih odpadkov in izredne razširjenosti nastajanja odpadne embalaže v vsakdanjem življenju ljudi.

Na količino nastale odpadne embalaže vplivajo poleg potrošniških navad tudi načini proizvodnje ter distribucije dobrin. Odpadna embalaža nastaja v gospodinjstvih, proizvodnih in storitvenih dejavnostih,...

V letu 2015 je ravnanje z odpadno embalažo v Sloveniji aktivno zagotavljalo šest družb: Gorenje Surovina, Interseroh, Recikel, Unirec, Slopak ter Embakom. Družbe za ravnanje z odpadno embalažo morajo v posameznem letu zagotavljati redno prevzemanje odpadne embalaže, ki je komunalni odpadki v zbirnih centrih ali v centrih za obdelavo komunalnih odpadkov izvajalcev javne službe. Prevzemati jo morajo brezplačno in po deležih, ki jih določi Ministrstvo za okolje in prostor. Omenjene družbe zagotavljajo tudi ravnanje z nekomunalno odpadno embalažo, ki jo prevzamejo od podjetij oziroma pravnih oseb, ki so vključene v njihov sistem zbiranja in ravnanja z odpadno embalažo.

Količina nastale odpadne embalaže se je v Sloveniji, po podatkih Agencije republike Slovenije za okolje, v zadnjih letih ustalila pri okoli 100 kg na prebivalca. Po podatkih portala Eurostat je leta 2013 v Sloveniji nastalo 97 kg odpadne embalaže na prebivalca. Do leta 2008 je bila količina nastale odpadne embalaže v porastu. V letu 2009 pa je padla, tudi zaradi finančne in gospodarske krize. V letih po 2008 je, glede na predhodna leta, padel tudi bruto družbeni proizvod (BDP). Na enoto BDP pa je leta 2013 nastalo 3,7 % več odpadne embalaže kot v letu 2001.

Količina nastale odpadne embalaže na prebivalca se je po podatkih portala Eurostat v Evropski uniji ustalila pri približno 160 kg na prebivalca, med posameznimi državami članicami pa so opazne velike razlike. V letu 2010 je na primer v Nemčiji nastalo 196 kg odpadne embalaže na prebivalca, v Luksemburgu celo 202 kg na prebivalca, medtem ko je v Bolgariji nastalo le 43 kg odpadne embalaže na prebivalca. Slovenija je po količini nastale embalaže na prebivalca pod evropskim povprečjem.

Za doseg ciljev direktive o odpadni embalaži je večina držav članic vpeljala načelo proizvajalčeve odgovornosti ter vzpostavila posebne sisteme zbiranja odpadne embalaže ter zagotavljanja nadaljnjega ravnanja. Nekateri države so poleg tega vpeljale tudi ekonomske instrumente (takse, dajatve, ...) ter izboljšale infrastrukturo za zbiranje ter obdelavo odpadne embalaže.

### 1.2 Namen, vsebina in cilj naloge

Namen magistrske naloge je bil analizirati tri, po sestavi različne skupine gradbenih plošč iz odpadne embalaže, ki jih razvijajo v podjetju Cep d.o.o., ter ugotoviti možnosti njihove uporabe.

V teoretičnem delu smo pregledali zakonodajo na področju ravnanja z odpadki in zakonodajo na področju ravnanja z odpadno embalažo ter analizirali podatke o ravnanju z odpadno embalažo v Sloveniji in Evropski Uniji. Predstavili smo tudi nekaj osnov o polimernih materialih. V nadaljevanju podajamo tudi analize letnih poročil družb za ravnanje z odpadno embalažo, segment odpadna embalaža. Sledi eksperimentalni del.

Potek eksperimentalnega dela je bil sledeč. Najprej smo plošče iz odpadne embalaže (P5, P6 in P10) razrezali na standardne velikosti preizkušancev, jih natančno izmerili in stehali. Sledile so:

- tlačna preiskava,

- upogibna preiskava,
- strižna preiskava,
- preiskava lezenja,
- določitev obnašanja vzorcev pri potopitvi v vodo,
- določitev obnašanja vzorcev pri potopitvi v eno molarno raztopino NaCl in KOH,
- preiskava toplotne prevodnosti in
- preiskava difuzijske upornosti prehoda vodne pare.

Cilj naloge je bil na podlagi pridobljenih rezultatov preiskav ugotoviti, kje oziroma za kakšne namene bi se gradbene plošče iz odpadne embalaže lahko uporabljale in pri tem ne bi obremenjevale okolja.

## 2 TEORETIČNI DEL

### 2.1 Zakonodaja na področju ravnanja z odpadki

#### 2.1.1 Zakon o varstvu okolja ZVO-1

Zakon o varstvu okolja [1] je krovni zakon s področja, ki ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem kot temeljni pogoj za trajnostni razvoj. Zakon določa temeljna načela varstva okolja, ukrepe varstva okolja, spremljanje stanja okolja in informacije o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in druga z varstvom okolja povezana vprašanja.

Namen varstva okolja je spodbujanje in usmerjanje takšnega družbenega razvoja, ki omogoča dolgoročne pogoje za človekovo zdravje, počutje in kakovost njegovega življenja ter ohranjanje biotske raznovrstnosti.

Cilji varstva okolja so [1]:

1. preprečitev in zmanjšanje obremenjevanja okolja,
2. ohranjanje in izboljševanje kakovosti okolja,
3. trajnostna raba naravnih virov,
4. zmanjšanje rabe energije in večja uporaba obnovljivih virov energije,
5. odpravljanje posledic obremenjevanja okolja, izboljšanje porušenega naravnega ravnovesja in ponovno vzpostavljanje njegovih regeneracijskih sposobnosti,
6. povečevanje snovne učinkovitosti proizvodnje in potrošnje ter
7. opuščanje in nadomeščanje uporabe nevarnih snovi.

Za doseganje ciljev iz prejšnjega odstavka [1] se:

1. spodbuja proizvodnjo in potrošnjo, ki prispeva k zmanjšanju obremenjevanja okolja,
2. spodbuja razvoj in uporabo tehnologij, ki preprečujejo, odpravljajo ali zmanjšujejo obremenjevanje okolja in
3. plačuje onesnaževanje in raba naravnih virov.

#### 2.1.2 Uredba o odpadkih

Uredba o odpadkih [2], z namenom varstva okolja in varovanja človekovega zdravja, določa pravila ravnanja in druge pogoje za preprečevanje ali zmanjševanje škodljivih vplivov nastajanja odpadkov in ravnanja z njimi ter zmanjševanje celotnega vpliva uporabe naravnih virov in izboljšanje učinkovitosti uporabe naravnih virov.

Hierarhija ravnanja z odpadki - 9. člen [2]:

Pri nastajanju odpadkov in ravnanju z njimi se kot prednostni vrstni red upošteva naslednja hierarhija ravnanja, ki je prikazana tudi na sliki 1:

1. preprečevanje odpadkov,
2. priprava za ponovno uporabo,
3. recikliranje,
4. drugi postopki predelave (npr. energetska predelava) in
5. odstranjevanje.



Slika 1: Hierarhija ravnanja z odpadki [3]

Pri pojasnjevanju hierarhije pravilnega ravnanja glede na Uredbo o odpadkih moramo biti pozorni na pomen sledečih pojmov - predelava, recikliranje in odstranjevanje.

Uredba o odpadkih navaja, da *predelava* [2] pomeni postopek, katerega glavni rezultat je, da se odpadki koristno uporabijo v obratu, v katerem so bili predelani, ali v drugih gospodarskih dejavnostih, tako da nadomestijo druge materiale, ki bi se sicer uporabili za izpolnitev določene funkcije, ali so pripravljeni za izpolnitev te funkcije.

Uredba o odpadkih navaja, da *recikliranje* [2] pomeni postopek predelave, v katerem se odpadne snovi ponovno predelajo v proizvode, materiale ali snovi za prvotni ali drug namen. Recikliranje vključuje tudi ponovno predelavo organskih snovi. Energetska predelava ali ponovna predelava v materiale, ki se bodo uporabili kot gorivo ali za zasipanje se ne šteje kot recikliranje.

*Odstranjevanje* [4] je postopek, ki ni predelava, tudi če je sekundarna posledica postopka pridobivanja snovi ali energije.

#### Prenehanje statusa odpadka - 8. člen [2]:

Uredba o odpadkih pravi, da odpadki prenehajo biti odpadki šele po izvedeni predelavi v proizvode, materiale ali snovi za uporabo v prvotni ali drug namen ali za pridobivanje energije.

Določeni odpadki, ki so bili vključeni v enega od postopkov predelave, vključno z recikliranjem, lahko prenehajo biti odpadki, če so v tem postopku predelave in ob njihovi predaji drugemu imetniku izpolnjena merila za prenehanje statusa odpadka, določena za tovrstne materiale s posebnim predpisom EU.

Če gre za odpadke iz prejšnjega odstavka, za katere so s posebnimi predpisi, ki urejajo ravnanje z odpadno embalažo, izrabljenimi vozili, odpadno električno in elektronsko opremo ter odpadnimi baterijami in akumulatorji, določeni okoljski cilji recikliranja in predelave, se količina teh materialov, ki so z recikliranjem in predelavo prenehali biti odpadki, prišteva h količini recikliranih in predelanih odpadkov.

#### Varstvo okolja in varovanje človekovega zdravja - 10. člen [2]:

Z odpadki je treba ravnati tako, da ni ogroženo človekovo zdravje in da ravnanje ne povzroča oziroma ne predstavlja škodljivih vplivov na okolje, zlasti:

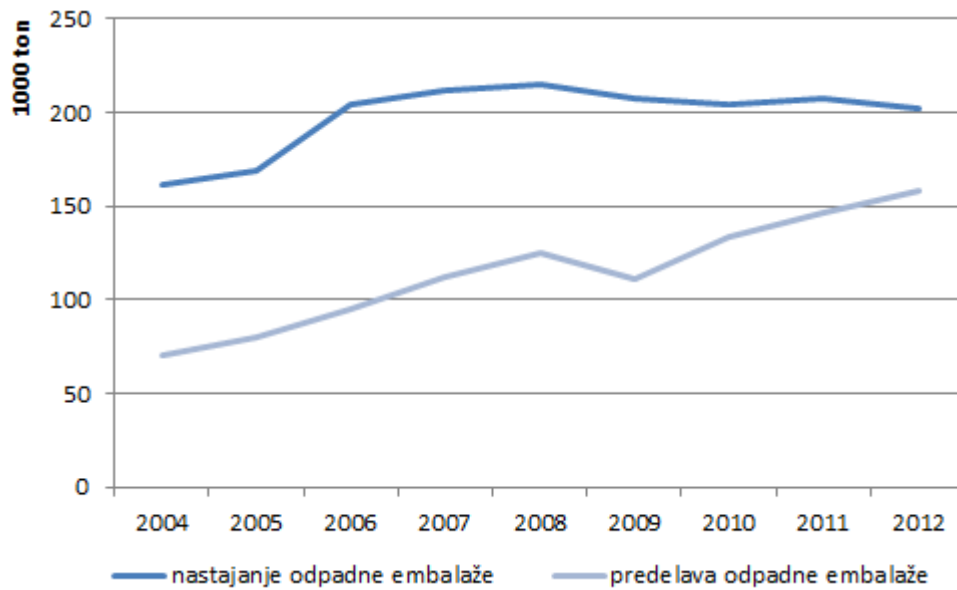
1. tveganja za vode, zrak, tla, rastline in živali,
2. čezmernega obremenjevanja s hrupom in neprijetnimi vonjavami,



3. škodljivih vplivov na območja, na katerih je predpisan poseben pravni režim v skladu s predpisi, ki urejajo ohranjanje narave,
4. škodljivih vplivov na krajino ali območja, zavarovana v skladu s predpisi, ki urejajo kulturno dediščino.

Pomembno je zavedanje vseh deležnikov, da morajo biti načrtovanje, proizvodnja, distribucija, potrošnja in uporaba izdelkov taki, da pripomorejo k preprečevanju nastajanja odpadkov.

Podatki Statističnega urada Republike Slovenije [5] za leto 2012 pa kažejo, da je tega leta nastalo 202.000 tone odpadne embalaže (grafikon 1), od tega največ 39 % iz papirja in kartona, plastične embalaže je bilo 22 % in steklene 16 %. Kar 78 % vse nastale odpadne embalaže se je predelalo. Najvišji odstotek, kar 96 % je imela predelana plastična embalaža.



Grafikon 1: Odpadna embalaža, Slovenija [5]

## 2.2 Zakonodaja na področju ravnanja z odpadno embalažo

### 2.2.1 Direktiva EU 94/62/EC o embalaži in odpadni embalaži

Prvi zakonski ukrepi pri ravnanju z odpadno embalažo v Evropski uniji segajo v zgodnja osemdeseta leta dvajsetega stoletja. Prva direktiva 85/339/EEC je podala navodila za izdelavo, uporabo, reciklažo in ponovno uporabo odpadne embalaže. Prek te direktive so države članice začele z vzpostavljanjem lastnih okoljevarstvenih sistemov. Ker so bili sistemi prek te direktive preveč raznoliki, je situacija zahtevala harmonizacijo in konkretizacijo na evropski ravni, zato je bila sprejeta nova direktiva in sicer direktiva EU 94/62/EC [6].

Direktivo 94/62/EC je mogoče najti in brezplačno prebrati v vseh uradnih jezikih Evropske unije na spletni strani Evropske unije, imenovani EUR-Lex. Ta spletna stran ponuja dostop do vseh zakonodajnih aktov, ki so v veljavi v Evropski uniji.

Direktiva 94/62/EC je bila sprejeta 20. decembra 1994 in velja za vse članice EU, saj je eden od njenih namenov ta, da se vzpostavi enoten sistem skrbi za okolje in omogoča enoten gospodarski prostor znotraj EU.

Osnovni namen direktive je uskladitev nacionalnih ukrepov za ravnanje z embalažo in odpadno embalažo, s čimer naj bi se v Evropski uniji dosegla visoka stopnja skrbi za okolje in s tem trajnostni razvoj [6].

Cilji direktive so omejevanje nastajanja odpadne embalaže ter njena ponovna uporaba in recikliranje, zato je zahtevano, da države članice vzpostavijo sisteme vračanja, zbiranja in predelave odpadne embalaže [6].

Evropska unija je državam članicam prek te direktive zadala tudi časovni okvir (mejnike), do kdaj se morajo doseči cilji, z namenom, da bi se zahteve glede ravnanja in predelave odpadne embalaže po vsakem časovnem mejniku stopnjevale. Drugačna časovna merila so veljala za nove države članice, ki so direktivo prenesle v nacionalno zakonodajo pozneje, med njimi tudi za Slovenijo. Prve cilje je morala Slovenija doseči do leta 2007, stare države članice pa že do leta 2001. Naslednji časovni mejnik je bilo leto 2012, do katerega bi morala Slovenija reciklirati najmanj 55 % celotne mase odpadne embalaže (za stare članice je bil ta mejnik leto 2008) [6].

Direktiva zahteva od članic EU tudi vzpostavitev informacijskih sistemov, ki ponujajo usklajene podatkovne zbirke o embalaži in odpadni embalaži, saj se le tako lahko spremljajo cilji, zastavljeni v direktivi. Podatke so članice dolžne predložiti Evropski komisiji v obliki preglednic in poročila [6].

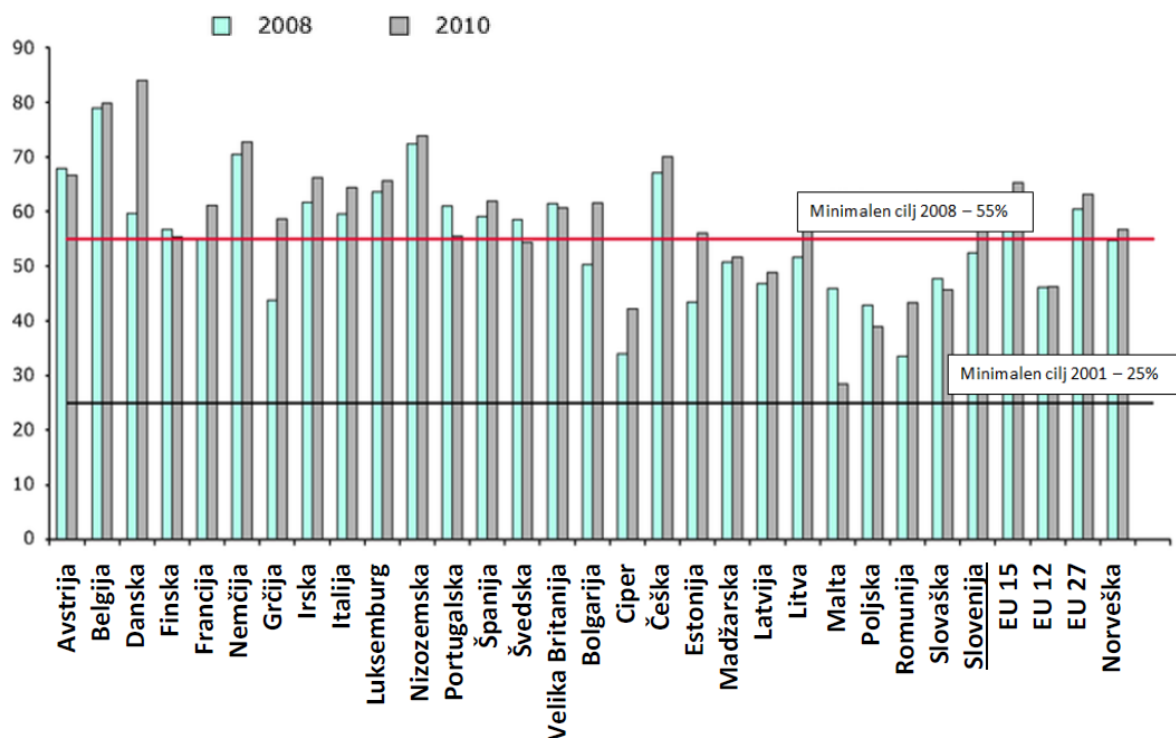
Poudarek v direktivi je tudi na obveščanju in ozaveščanju potrošnikov, saj igrajo zelo pomembno vlogo pri nastajanju in ravnanju z odpadno embalažo, zato morajo biti primerno obveščeni, da lahko prilagodijo svoje vedenje in odnos do embalaže [6].

#### 2.2.1.1 Predelana odpadna embalaža v članicah EU po uvedbi direktive 94/62/EU

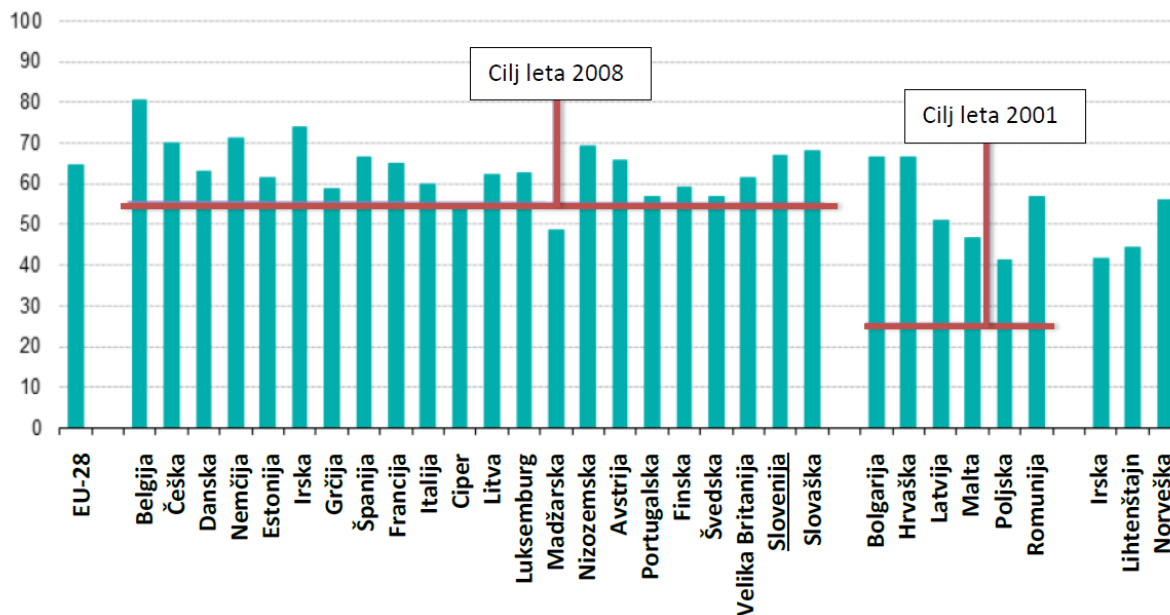
Če pogledamo podatke za leto 2010 (grafikon 2), so vse države članice izpolnjevale zahteve Direktive 94/62/EU. Zaskrbljujoče pa je dejstvo, da je prihajalo do velikih razlik med deležem reciklirane odpadne embalaže med članicami EU. Na primer Danska je v letu 2010 reciklirala že 84 % vse nastale odpadne embalaže, na drugi strani pa je Malta v istem letu, reciklirala le 29 % [6].

Ko pogledamo podatke za leto 2012 (grafikon 3) pa postane jasno, da je bilo izpolnjevanje zahtev za nove članice EU v letu 2010 posledica časovnih zamikov pri izpolnjevanju zahtev. Tako Madžarska leta 2012 zahteve ni več izpolnjevala, Ciper pa jo je le s težavo izpolnil. Kot ne dovolj učinkovite

države EU pri izpolnjevanju zahtev glede recikliranja odpadne embalaže lahko izpostavimo še Poljsko, Latvijo in Malto, za katere so leta 2012 še vedno veljale ciljne vrednosti za leto 2001, njun delež recikliranja je bil še vedno daleč pod 55 % (grafikon 2) [6].



Grafikon 2: Delež reciklirane skupne odpadne embalaže v EU27 v letih 2008 in 2010 [7]



Grafikon 3: Delež reciklirane skupne odpadne embalaže v EU27 leta 2012 [8]

### 2.2.2 Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo

Slovenska zakonodaja je glede ravnanja z odpadno embalažo v celoti opisana v Uredbi o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo. Uredba predstavlja prenos Direktive EU 94/62/ES, njenih sprememb ter odločb Evropske komisije v slovensko zakonodajo.

Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo (v nadaljevanju UREOE) z namenom zagotavljanja visoke ravni varstva okolja in delovanja notranjega trga določa pravila ravnanja z embalažo in odpadno embalažo v proizvodnji ter pri dajanju v promet in pri njeni uporabi. Določa tudi pravila ravnanja in druge pogoje za zbiranje, ponovno uporabo, predelavo in odstranjevanje odpadne embalaže za preprečevanje in zmanjševanje kakršnega koli vpliva embalaže in odpadne embalaže na okolje [9].

Za vprašanja v zvezi s predelavo in odstranjevanjem odpadne embalaže ter splošnimi pogoji ravnanja z odpadno embalažo, ki niso posebej urejena z UREOE, se uporabljata predpis, ki ureja ravnanje z odpadki in predpis, ki ureja ravnanje z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju lokalne javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki [9].

Določila UREOE se uporabljajo za vso embalažo, ki se daje v promet in vso odpadno embalažo, ki nastane v industriji, obrti, trgovini, storitvenih in drugih dejavnostih ter v gospodinjstvih ali drugod, ne glede na uporabljeni embalažni material. Uporabljamo jo, če za posamezno vrsto embalaže, odpadne embalaže ali posamezno ravnanje z odpadno embalažo poseben predpis ne določa drugače [9].

#### Okoljski cilji, določeni za uporabo embalaže in ravnanje z odpadno embalažo – 4. člen [9]:

Pri proizvodnji in dajanju embalaže v promet ter pri ravnanju z odpadno embalažo je treba upoštevati okoljske cilje iz 22. člena te UREOE v zvezi z:

- deležem celotne mase odpadne embalaže, ki jo je treba predelati,
- deležem celotne mase odpadne embalaže, ki jo je treba reciklirati in
- deležem mase posameznega embalažnega materiala v celotni masi odpadne embalaže, ki ga je treba reciklirati.

Embalažni material v odpadni embalaži je podrobneje določen v preglednicah iz Odločbe 2005/270/ES in je naslednji material:

- papir in karton,
- plastika,
- les,
- kovine,
- steklo in
- drugo (npr. keramika, tekstil ali material biološkega izvora).

V četrtem delu UREOE so opisana pravila ravnanja pri zbiranju odpadne embalaže. Nanašajo se na obveznosti končnega uporabnika (ravnanje z odpadno embalažo, ki je komunalni odpadek in ki ni komunalni odpadek ter ravnanje z odpadno embalažo, ki je nevarni odpadek) in obveznosti izvajalca javne službe (prevzem in oddaja ločeno zbrane odpadne embalaže ter plačila za oddajo oziroma prevzem) [9].

Peto poglavje UREOE pa določa pravila ravnanja pri prevzemanju, zbiranju, ponovni uporabi, predelavi in odstranjevanju odpadne embalaže. Najpomembnejši je 22. člen, ki določa okoljske cilje pri proizvodnji in dajanju embalaže v promet ter pri ravnanju z odpadno embalažo [9].

#### Okoljski cilji – 22. člen [9]:

Pri ravnanju z odpadno embalažo, ki nastane z dajanjem embalaže ali embaliranega blaga v promet, morajo biti zagotovljeni naslednji okoljski cilji:

- zagotoviti je treba predelavo odpadne embalaže, vključno z energetsko predelavo za najmanj 60 % celotne mase odpadne embalaže,
- reciklirati je treba med najmanj 55 % in največ 80 % celotne mase odpadne embalaže,
- za posamezno vrsto embalažnega materiala, vsebovanega v celotni masi odpadne embalaže, je potrebno zagotoviti najmanj naslednje deleže recikliranja:
  - o 60 % mase za steklo,
  - o 60 % mase za papir in karton,
  - o 50 % mase za kovine,
  - o 22,5 % mase za plastiko, pri čemer se upošteva le material, ki se ponovno reciklira v plastiko in
  - o 15 % mase za les.

Družbe za ravnanje z odpadno embalažo (v nadaljevanju DROE) morajo upoštevati predvsem 25. in 34. člen UREOE. 25. člen govori o obveznostih ravnanja z odpadno embalažo, 34. člen pa o obveznostih končnega uporabnika, ki nima predhodnega dobavitelja.

34. člen UREOE pa pravi, da pridobitelj blaga ali pridobitelj embalaže, ki zaradi izvajanja svoje dejavnosti embalažo ali embalirano blago, pridobljeno v EU ali uvoženo iz tretjih držav, uporabi sam kot končni uporabnik in zato nima predhodnega dobavitelja, mora za takšno odpadno embalažo, ki ni komunalni odpadke [9]:

- skleniti pogodbo o zagotavljanju obveznosti iz 25. člena te uredbe z družbo za ravnanje z odpadno embalažo ali
- sam zagotoviti ponovno uporabo, predelavo ali odstranjevanje takšne odpadne embalaže.

DROE mora pristojnemu ministrstvu najpozneje do 31. marca tekočega leta predložiti poročilo o ravnanju z odpadno embalažo za preteklo koledarsko leto v pisni ali elektronski obliki. UREOE v svojem 46. členu tudi določa, kaj vse mora poročilo vsebovati. Analizo poročila objavi ministrstvo na svojih spletnih straneh [9].

### 2.2.3 Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi nastajanja odpadne embalaže

Uredba določa obveznost plačevanja okoljske dajatve za onesnaževanje okolja (v nadaljevanju okoljska dajatev), ki je posledica nastajanja odpadne embalaže, osnovo za obračun okoljske dajatve, njeno višino, zavezanca za plačilo okoljske dajatve, plačnike okoljske dajatve, način njenega obračunavanja, odmere in plačevanja. Ta uredba določa tudi merila in pogoje za vračilo plačane okoljske dajatve [10].

2. člen [10] navaja, da se okoljska dajatev plačuje zaradi onesnaževanja okolja zaradi uporabe embalaže in embaliranega blaga ter posledično nastajanja odpadne embalaže in je prihodek proračuna Republike Slovenije.

5. člen [10] pravi, da je zavezanec za plačilo okoljske dajatve pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik s sedežem v RS, ki daje embalažo oziroma embalirano blago prvič v promet v RS in je:

- embaler,
- pridobitelj embaliranega blaga,
- proizvajalec embalaže, ki ni namenjena za embaliranje blaga ali
- pridobitelj embalaže, ki ni namenjena za embaliranje blaga.

Osnova za obračunavanje okoljske dajatve (določena v 6. členu) sta letno nadomestilo zaradi vodenja evidenc zavezancev za plačilo okoljske dajatve in enota obremenitve okolja zaradi nastajanja odpadne embalaže, pri čemer je enota obremenitve okolja sorazmerna obremenitvi okolja, ki jo povzroča 1 kg embalaže iz naravnega neobdelanega lesa po njeni uporabi [10].

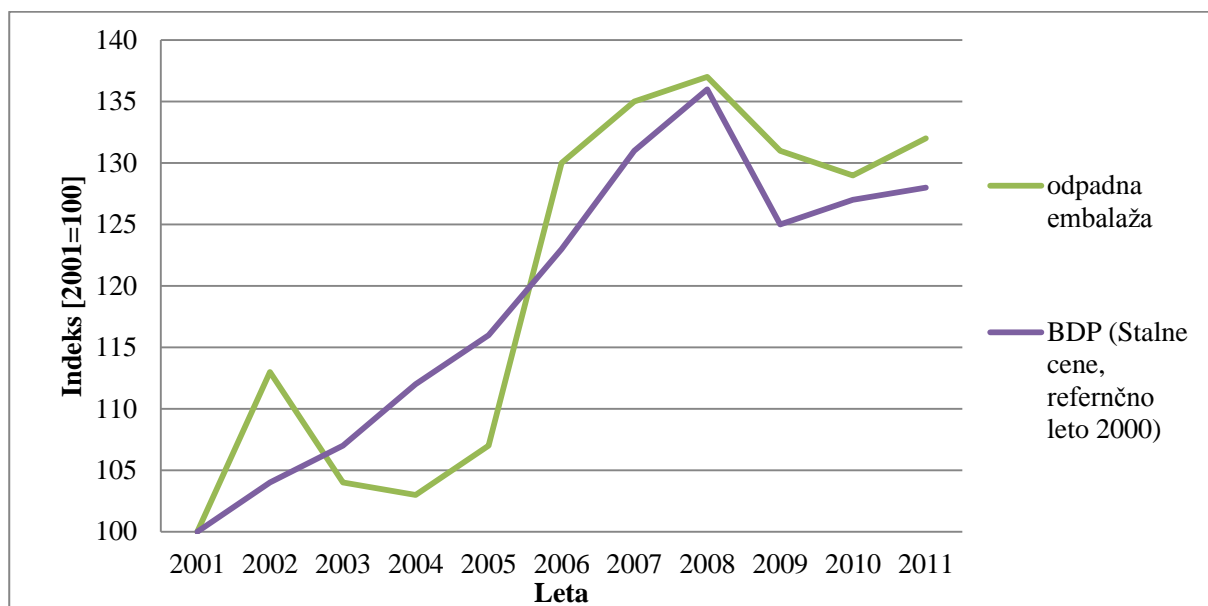
Nadomestilo plačujejo vsi zavezanci v štirih obrokih letno na koncu vsakega trimesečnega obdobja obračuna okoljske dajatve. Višino zneska okoljske dajatve za nadomestilo in za enoto obremenitve določi Vlada Republike Slovenije s sklepom, ki se objavi v Uradnem listu Republike Slovenije [10].

## 2.3 Analiza podatkov ravnanja z odpadno embalažo za Slovenijo in Evropsko Unijo

### 2.3.1 Stanje ravnanja z odpadno embalažo v članicah EU

#### 2.3.1.1 Nastajanje odpadne embalaže in BDP

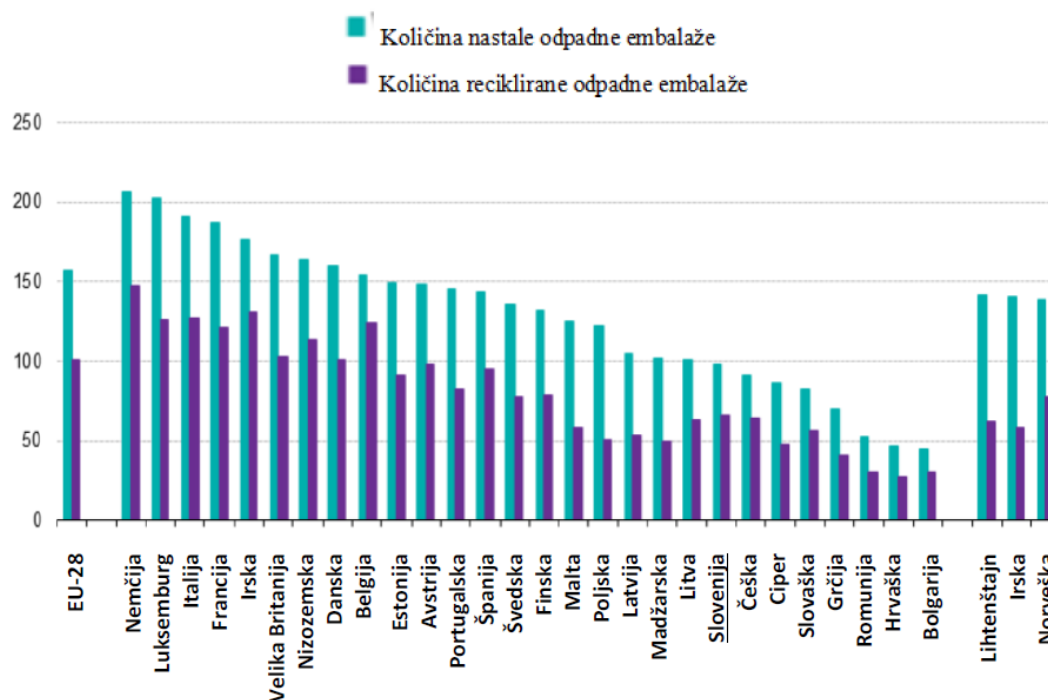
Zelo pomembno je dejstvo, da sta količina nastale in predelane odpadne embalaže močno povezani z bruto družbenim proizvodom (BDP) države članice. Večji kot je BDP države, večja je količina skupne nastale embalaže, saj je v državah z višjim BDP potrošnja embalaže in s tem količina nastale odpadne embalaže večja. To pa je preprosto zaradi tega, ker produkt ne more biti odposlan od proizvajalca do prodajalca in na koncu do kupca brez primerne embalaže. Embalaža mora biti iz primerne materiala in pravih oblik. Zaradi tega je razumljivo, da je celotna prodaja embalaže v določeni državi eden izmed indikatorjev, kako močna je ekonomija te države. Na grafikonu 4 je prikazano, kako je povezan trend naraščanja / upadanja BDP in skupne količine odpadne embalaže, na primeru Slovenije. Večja odstopanja do leta 2006 so najverjetneje posledica začetnih težav pri vzpostavitvi sistema poročanja o ravnanju z odpadno embalažo po vstopu Slovenije v EU [6].



Grafikon 4: Gibanje rasti in padca BDP in nastale odpadne embalaže v Sloveniji od leta 2001 do leta 2011 [11]

### 2.3.1.2 Količina nastale odpadne embalaže na prebivalca v državah EU v letu 2012

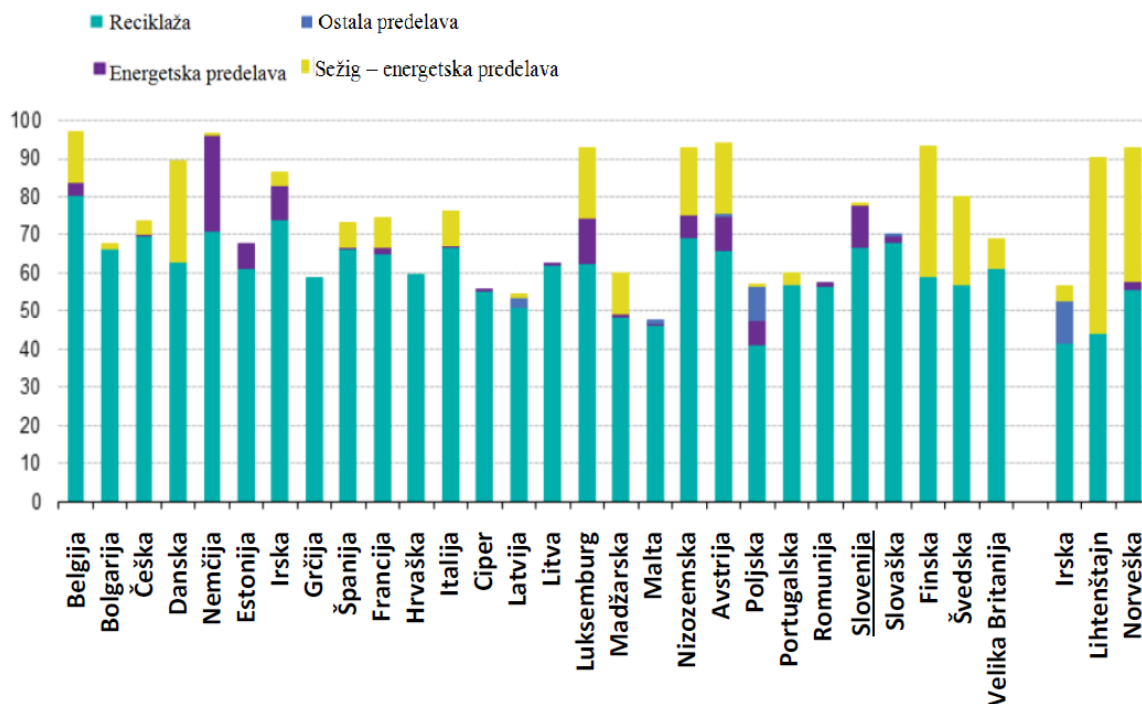
Evropsko povprečje nastale odpadne embalaže v letu 2012 je na prebivalca znašalo 156,8 kg. Ker je količina nastale embalaže v posamezni državi, kot je že navedeno v poglavju 2.3.1.1. povezana z BDP-jem te države, prihaja med članicami EU do zelo velikih razlik. Tako je bilo npr. v letu 2010 v Nemčiji proizvedeno 206,2 kg odpadne embalaže na prebivalca, v Bolgariji pa le 45 kg. Tudi Slovenija je s 100 kg/prebivalca pod evropskim povprečjem, kar je prikazano na grafikonu 5.



Grafikon 5: Količina nastale in reciklirane odpadne embalaže na prebivalca (kg) v EU, leto 2012 [12]

### 2.3.1.3 Delež predelave celotne odpadne embalaže v letu 2012

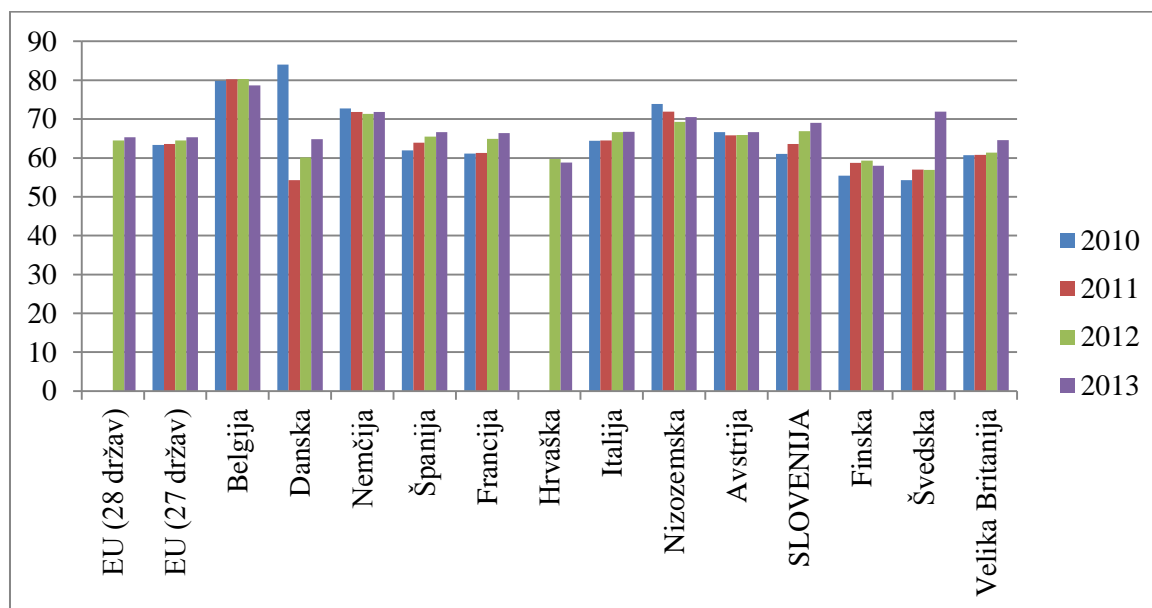
Grafikon 6 prikazuje deleže predelave celotne odpadne embalaže v letu 2012 za države članice Evropske Unije. V vseh državah EU največji delež predstavlja reciklaža. Po odstotku izstopa Belgija (nekaj več kot 80 %), najmanjši delež pa ima Irska (okoli 40 %). V Sloveniji se reciklira okoli 65 % celotne odpadne embalaže. Največji delež energetske predelave se izvrši v Nemčiji, največ energetske predelave v obliki sežiga pa v Lihtenštajnu. V Sloveniji sežiga skoraj da ni, slabih 10 % odpadne embalaže pa se energetske predela.



Grafikon 6: Delež predelave skupne odpadne embalaže leta 2012 [13]

### 2.3.1.4 Delež reciklirane odpadne embalaže od leta 2010 do leta 2013

Grafikon 7 prikazuje deleže reciklirane odpadne embalaže od leta 2010 do 2013 za nekatere države članice Evropske Unije. Z grafikona najbolj izstopa Danska leta 2010. V omenjenem letu je reciklirala kar 84 % odpadne embalaže. V povprečju (vsa 4 leta) pa izstopa Belgija. Vsa štiri leta se procent reciklaže giblje okoli 80 %. V povprečju najmanjši delež reciklaže pa ima Finska (vsa štiri leta se procent giblje med 55 in 60 %). V Sloveniji se reciklaža odpadne embalaže z leta v leto povečuje. V letu 2010 se je recikliralo 61 % odpadne embalaže, v letu 2011 slabih 64 %, v letu 2012 nekaj manj kot 67 % in v letu 2013 pa že 69 % odpadne embalaže.

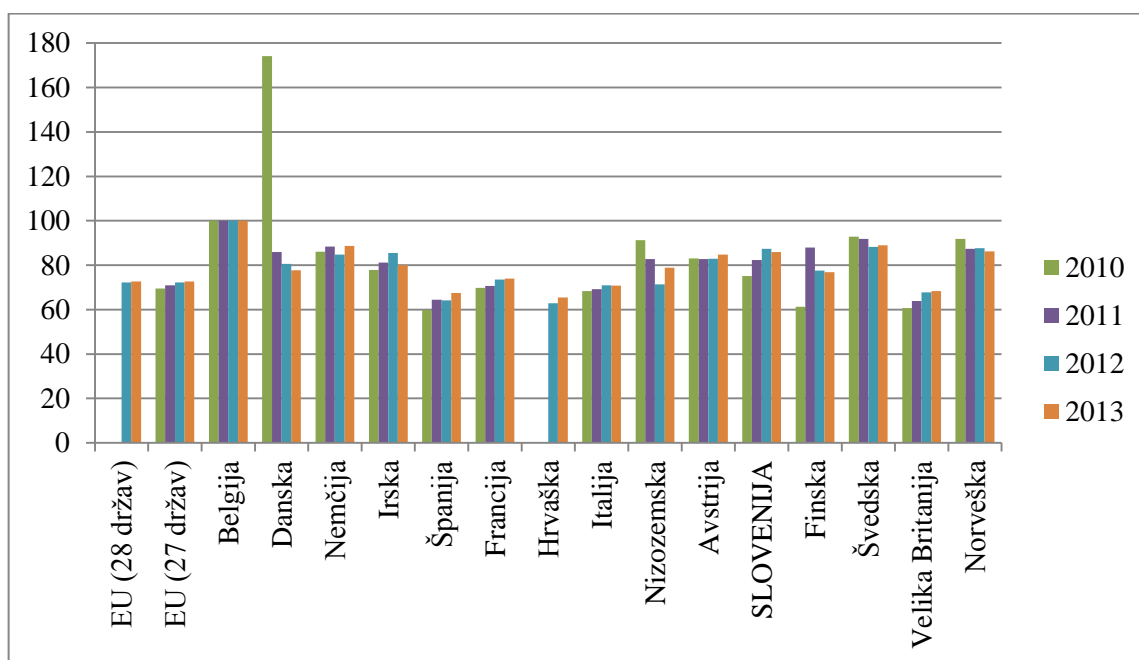


Grafikon 7: Deleži reciklirane odpadne embalaže od leta 2010 do leta 2013 [14]



### 2.3.1.5 Delež reciklirane odpadne steklene embalaže v letih od 2010 in 2013

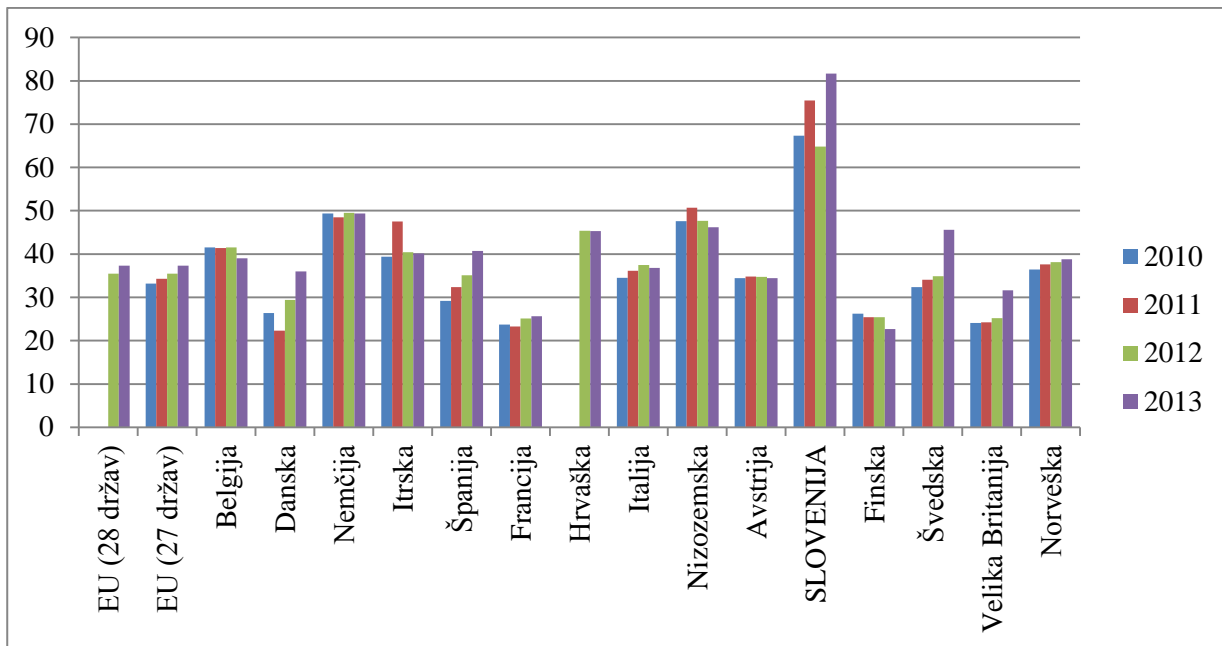
Grafikon 8 prikazuje deleže reciklirane odpadne steklene embalaže od leta 2010 do 2013 za nekatere države članice Evropske Unije. Z grafikona najbolj izstopa Danska. V letu 2010 je bilo ocenjeno, da je reciklirala kar 174 % odpadne steklene embalaže. Podatka o tem, kaj je razlog za tako velik delež recikliranja (ali so reciklirali stekleno embalažo zbrano v prejšnjih letih, ali so stekleno embalažo uvozili) ni. V povprečju pa izstopa Belgija (vsa štiri leta je procent reciklaže steklene embalaže 100 %), v povprečju najmanjši delež reciklirane steklene embalaže pa ima Velika Britanija (v povprečju reciklirajo 65 % odpadne steklene embalaže). V Sloveniji je reciklaža odpadne steklene embalaže nekje v povečuje EU. V letu 2010 se je recikliralo 75 % odpadne steklene embalaže, v letu 2011 dobrih 82 % in v letu 2012 dobrih 87 %. Leta 2013 je procent reciklaže odpadne steklene embalaže rahlo padel, na 85,9 %.



Grafikon 8: Delež predelave odpadne steklene embalaže v letih od 2010 in 2013 [14]

### 2.3.1.6 Delež reciklirane odpadne plastične embalaže v letih od 2010 in 2013

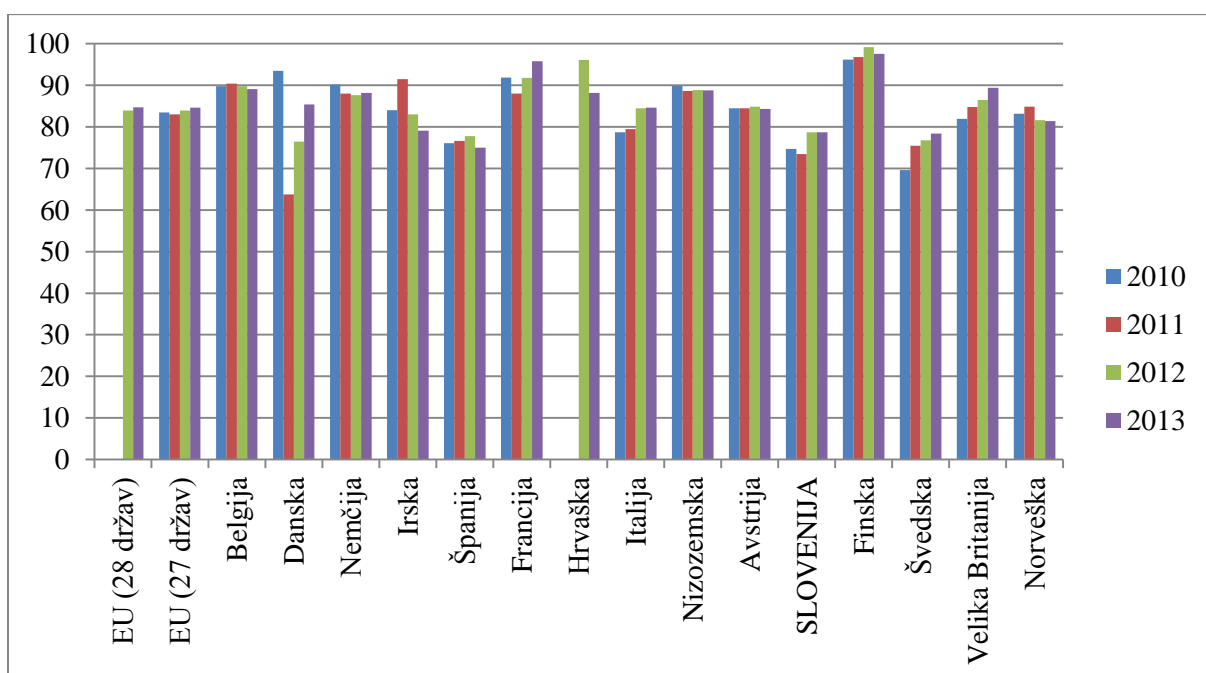
Grafikon 9 prikazuje deleže reciklirane odpadne plastične embalaže od leta 2010 do 2013 za nekatere države članice Evropske Unije. Z grafikona najbolj izstopa Slovenija. V letu 2010 se je recikliralo dobrih 67 % odpadne plastične embalaže, v letu 2011 kar 75,5 %, v letu 2012 slabih 65 % in leta 2013, ko je procent znatno zrasel, že 81,7 % plastične embalaže. Na tem mestu bi poudarili, da ni jasnih podatkov, kakšni so načini recikliranja – kdo odpadno embalažo prevzema in kaj se potem z njo zgodi. Glede na prikazane rezultate v grafikonu, smo podvomili tudi o resničnost statističnih podatkov. V povprečju najbližja Sloveniji je Nemčija (vsa štiri leta je procent reciklaže plastične embalaže nekaj manj kot 50 %), v povprečju najmanjši delež reciklirane plastične embalaže pa ima Francija (v povprečju reciklirajo le 24,4 % odpadne plastične embalaže). Z grafikona je razvidno, da nobena obravnavana država ne presega 50 % reciklaže odpadne plastične embalaže na letni ravni (izjema je bila le Nizozemska v letu 2011).



Grafikon 9: Delež predelave odpadne plastične embalaže v letih od 2010 in 2013 [14]

### 2.3.1.7 Delež reciklirane odpadne papirne in kartonske embalaže v letih od 2010 in 2013

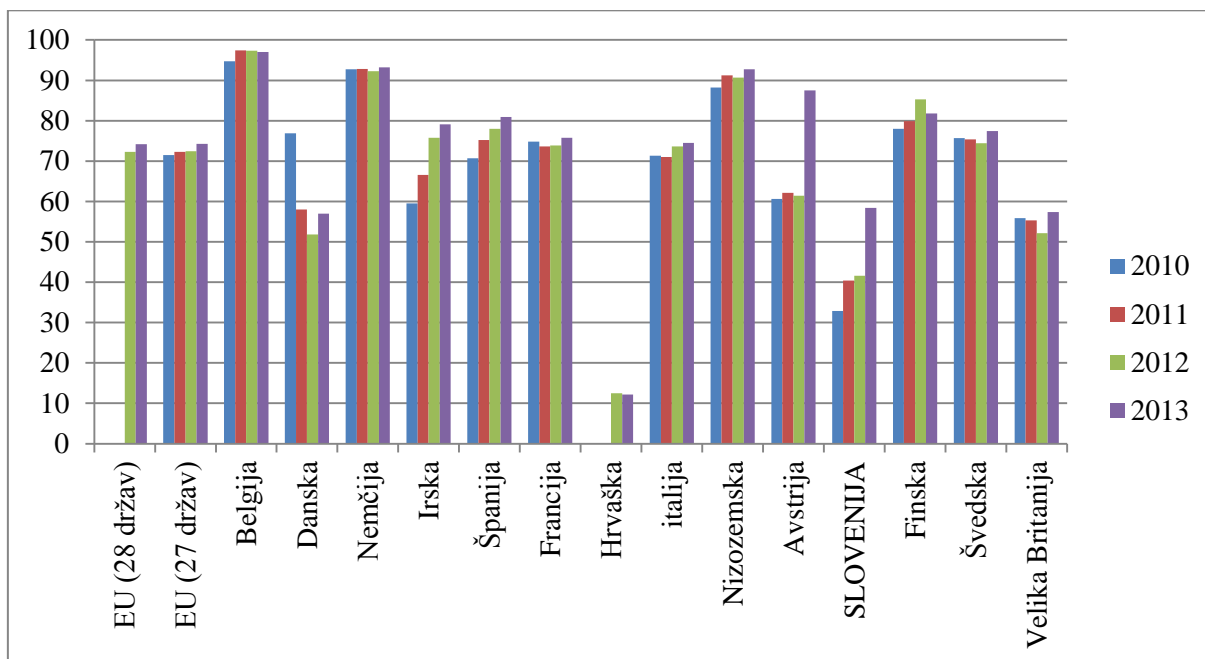
Grafikon 10 prikazuje deleže reciklirane odpadne papirne in kartonske embalaže od leta 2010 do 2013 za nekatere države članice Evropske Unije. Z grafikona najbolj izstopa Finska (v povprečju reciklirajo 97,5 % odpadne papirne in kartonske embalaže), v povprečju najmanjši delež reciklirane papirne in kartonske embalaže pa ima Švedska (v povprečju reciklirajo 75 % odpadne papirne in kartonske embalaže). Z grafikona je razvidno, da vse obravnavane države presegajo 60 % reciklaže odpadne papirne in kartonske embalaže na letni ravni. V Sloveniji je stanje sledeče. V letu 2010 se je recikliralo slabih 75 % odpadne papirne in kartonske embalaže, v letu 2011 je bil delež 73,5 %, v letu 2012 in 2013 pa se je procent reciklaže papirne in kartonske embalaže ustabil pri 78,7 %.



Grafikon 10: Delež predelave odpadne papirne in kartonske embalaže v letih od 2010 in 2013 [14]

### 2.3.1.8 Delež reciklirane odpadne kovinske embalaže v letih od 2010 in 2013

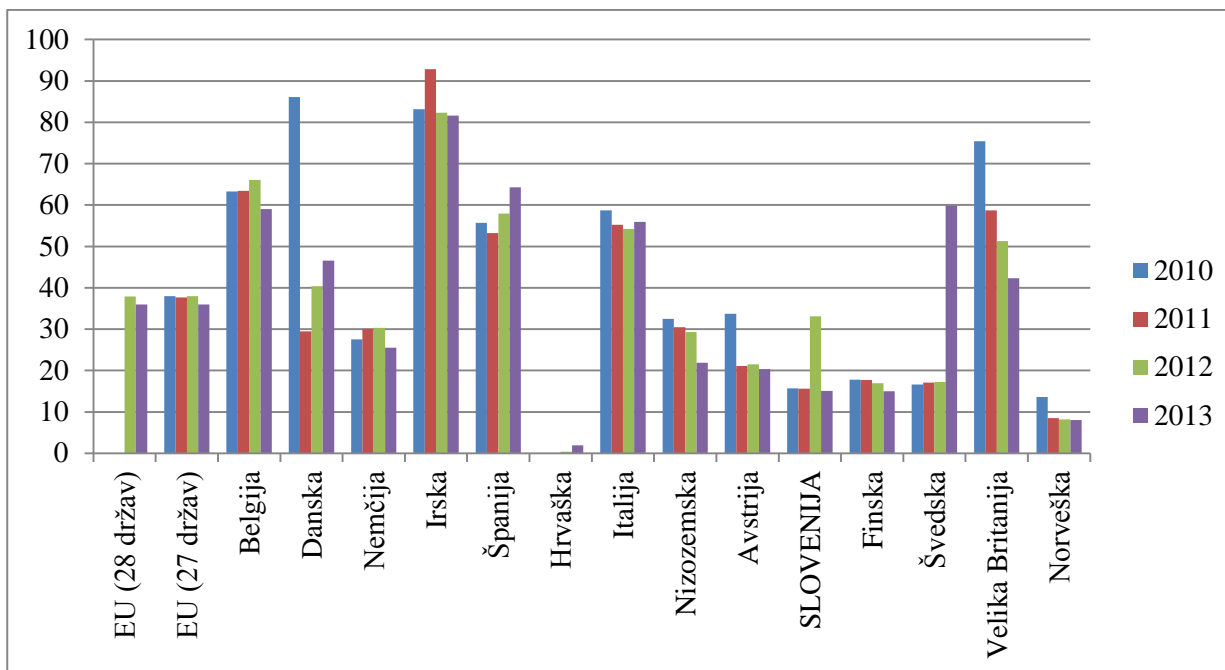
Grafikon 11 prikazuje deleže reciklirane odpadne kovinske embalaže od leta 2010 do 2013 za nekatere države članice Evropske Unije. Z grafikona najbolj izstopa Belgija (v povprečju reciklirajo 96,6 % odpadne kovinske embalaže), v povprečju najmanjši delež reciklirane odpadne kovinske embalaže pa ima naša sosedna Hrvaška, za katero so na voljo podatki le za leti 2012 in 2013. V povprečju reciklirajo 12,35 % odpadne kovinske embalaže. V Sloveniji pa je stanje sledeče. V letu 2010 se je recikliralo slabih 33 % odpadne kovinske embalaže, v letu 2011 se je recikliralo 40,5 % in v letu 2012 okoli 41,5 %. Leta 2013 pa je procent reciklaže odpadne kovinske embalaže znašal že 58,4 %.



Grafikon 11: Delež predelave odpadne kovinske embalaže v letih od 2010 in 2013 [14]

### 2.3.1.9 Delež reciklirane odpadne lesene embalaže v letih od 2010 in 2013

Grafikon 12 prikazuje deleže reciklirane odpadne lesene embalaže od leta 2010 do 2013 za nekatere države članice Evropske Unije. Z grafikona najbolj izstopa Irska (v povprečju reciklirajo 85 % odpadne lesene embalaže), v povprečju najmanjši delež reciklirane odpadne lesene embalaže pa ima Hrvaška, za katero so na voljo podatki le za leti 2012 in 2013. V letu 2012 so reciklirali le 0,4 % odpadne lesene embalaže, v letu 2013 pa 1,9 %, kar je zelo zaskrbljujoč podatek. V Sloveniji je stanje sledeče. V letu 2010 in 2011 se je recikliralo dobrih 15,5 % odpadne lesene embalaže, v letu 2012 je procent reciklaže odpadne lesene embalaže zrasel na 33 %, nato pa leta 2013 spet padel na dobrih 15 %.



Grafikon 12: Delež predelave odpadne lesene embalaže v letih od 2010 in 2013 [14]

### 2.3.2 Stanje ravnanja z odpadno embalažo v Sloveniji

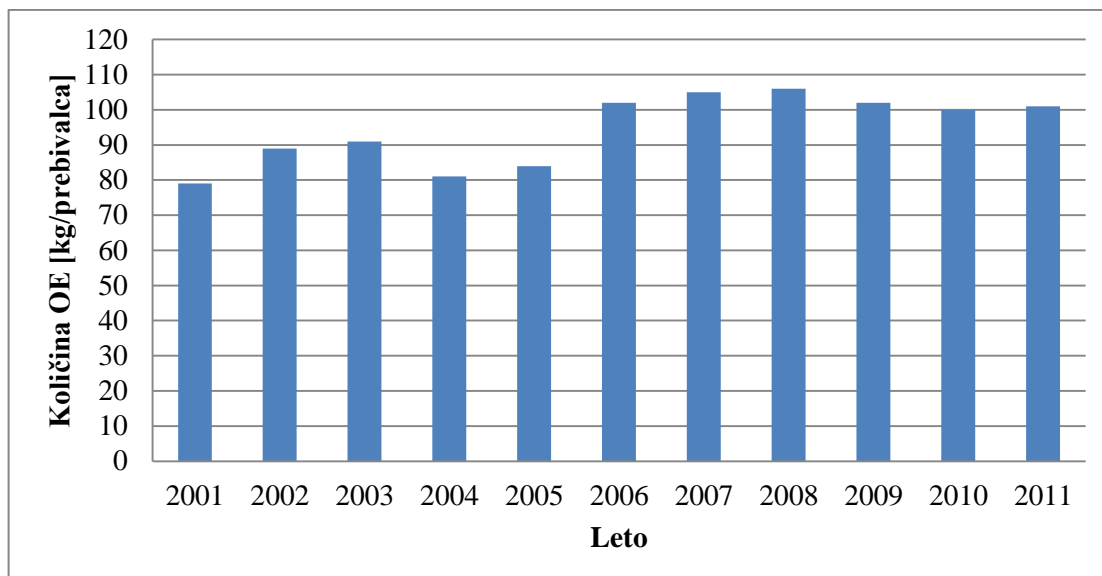
#### 2.3.2.1 Analiza stanja na področju ravnanja in predelave odpadne embalaže v Sloveniji

Od sprejetja Uredbe o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo leta 2006, predelava in reciklaža odpadne embalaže v Sloveniji naraščata. Predelava odpadne embalaže je v letu 2011 znašala 70%, reciklaža odpadne embalaže pa je dosegla 63% [11].

S tem je Slovenija že v letu 2011 dosegla cilj EU za leto 2012 – do konca leta 2012 vsaj 55% recikliranje celotne mase odpadne embalaže. Za poročanje Evropski komisiji skrbi v Sloveniji Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). Zadnji razpoložljivi podatki ARSO so na voljo za leto 2011 in so zbrani v letnem poročilu Slovenije Evropski komisiji iz leta 2012 [11].

#### 2.3.2.2 Količina nastale odpadne embalaže na prebivalca v Sloveniji

Po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje je povprečna letna količina nastale odpadne embalaže na prebivalca od leta 2001 sprva rasla iz 79 kg/prebivalca na 91 kg/prebivalca leta 2003. Leta 2004 in 2005 se je količina ustavila pri 80 kg/prebivalca. Od leta 2005 pa do leta 2008 je bila količina nastale odpadne embalaže v porastu. Vrhunec je bil dosežen leta 2008, ko je količina odpadne embalaže znašala 106 kg/prebivalca. V letu 2009 pa je količina padla tudi zaradi finančne in gospodarske krize. V letu 2009 je glede na predhodna leta padel tudi bruto družbeni proizvod (BDP), ki pa je nato do leta 2011 zopet zrasel za 2 odstotni točki, količina odpadne embalaže pa za 0,2 odstotni točki. Vse od leta 2008 pa do leta 2011 se količina nastale odpadne embalaže giblje okoli 100 kg/prebivalca [11]. Količina nastale odpadne embalaže v Sloveniji na prebivalca je za obdobje od leta 2001 do 2011 prikazana v grafikonu 13.



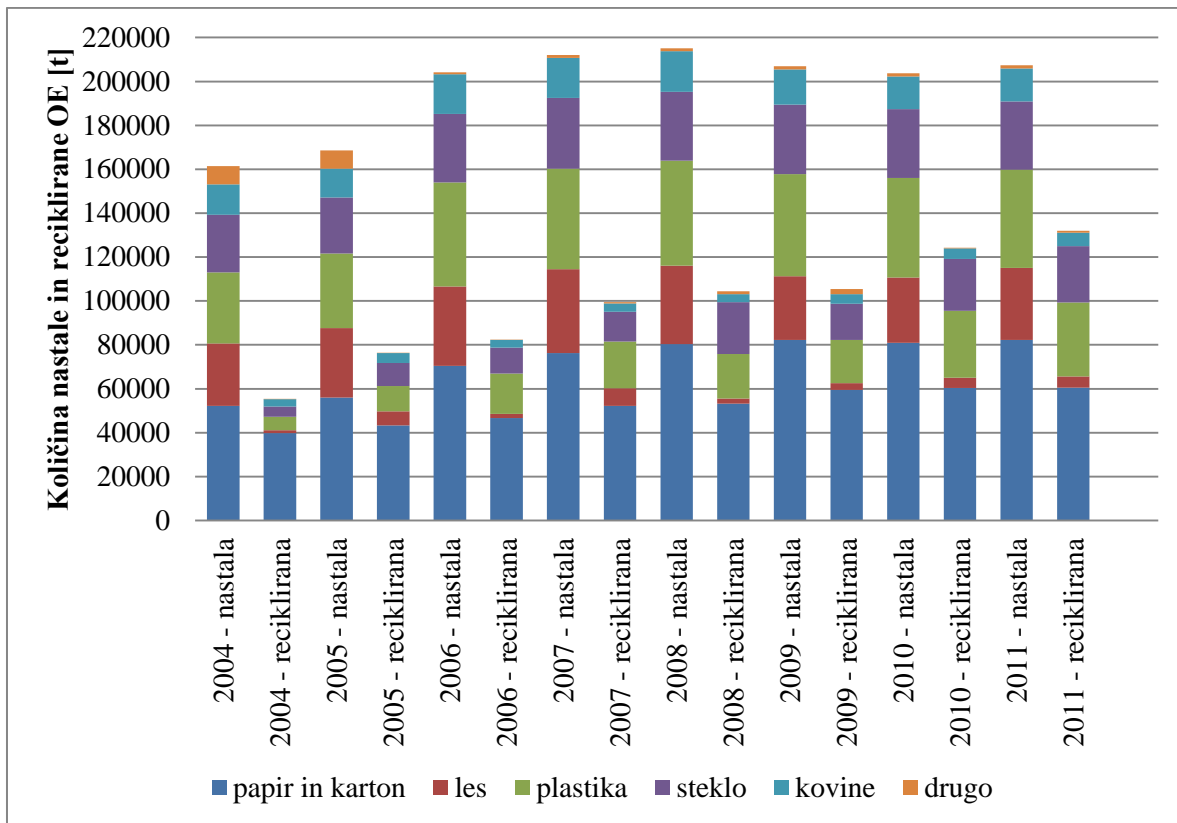
Grafikon 13: Količina nastale odpadne embalaže (OE) na prebivalca v Sloveniji v obdobju od leta 2001 do 2011 [11]

### 2.3.2.3 Količina nastale in reciklirane odpadne embalaže glede na vrsto materiala

Kot je razvidno z grafikona 14 je v Sloveniji od leta 2004 do leta 2011 nastalo največ papirne in kartonske odpadne embalaže (v povprečju 72.600 ton na leto). Na drugem mestu, glede na nastanek odpadne embalaže, je plastika. V povprečju letno nastane okoli 43.000 ton odpadne plastike. Sledijo ji les (32.700 ton letno), steklo (30.000 ton letno) in kovine (16.000 ton letno). Količine nastale in reciklirane odpadne embalaže v Sloveniji so glede na vrsto materiala od leta 2004 do leta 2011 prikazane v grafikonu 14 [11].

Leta 2011 je nastalo 101 kg odpadne embalaže na prebivalca ali 207.396 ton. Od tega je bilo po embalažnih materialih: 40 % (82.226 ton) papirja in kartona, 22 % (44.729 ton) plastike, 16 % (32.843 ton) lesa, 15 % (31.146 ton) stekla, 7 % (15.043 ton) kovin ter 1 % (1.409 ton) ostale odpadne embalaže [11].

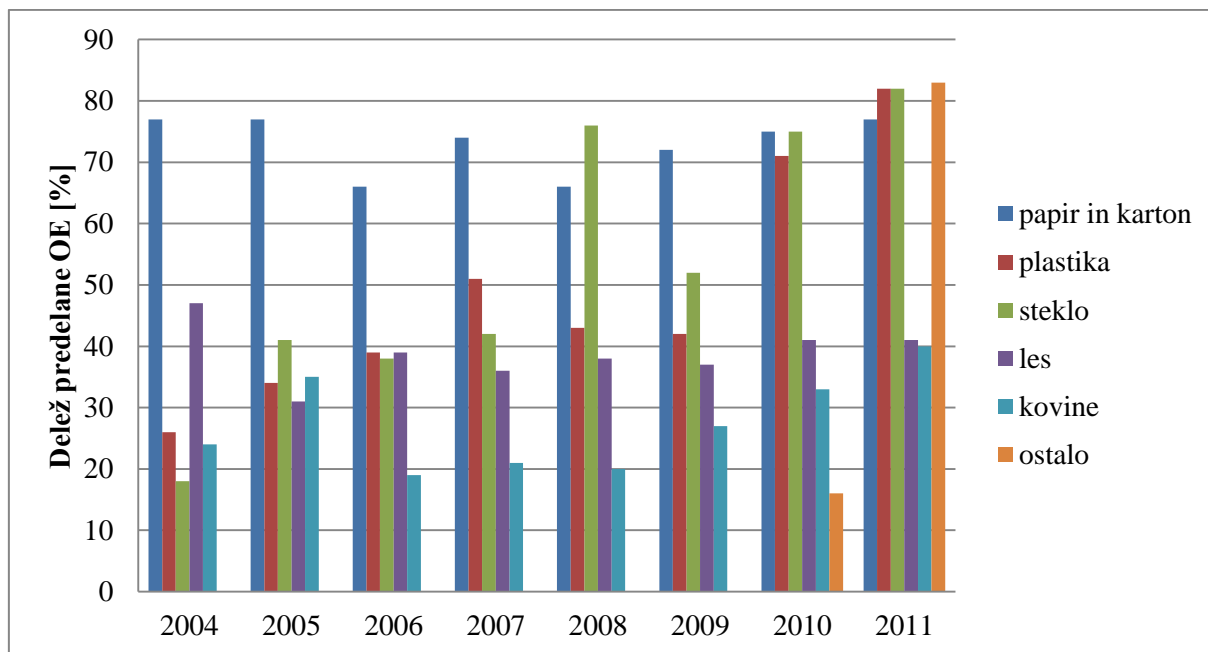
V letu 2011 je bilo v Sloveniji predelane 70 % skupne mase odpadne embalaže (cilj za leto 2012 je bil dosežen - 60 %). Največ je bilo predelane plastične in steklene odpadne embalaže (vsake po 82 %), sledijo jima papirna in kartonska odpadna embalaža (77 %) ter kovinska in lesena odpadna embalaža (vsaka po 40 %). V letu 2011 je bilo reciklirane 64 % celotne mase odpadne embalaže in tudi pri reciklaži je bil cilj za leto 2012 že dosežen (55-80 %). Največ je bilo reciklirane steklene odpadne embalaže (82 %), sledijo ji plastična (76 %), papirna in kartonska (73 %), kovinska (40 %) ter lesena (15 %) odpadna embalaža. Cilji recikliranja so bili pri posameznih embalažnih materialih v večini doseženi in preseženi, razen za kovine (cilj 2012: 50 %) [11].



Grafikon 14: Količina nastale in reciklirane odpadne embalaže glede na vrsto materiala v Sloveniji od leta 2004 do leta 2011 [11]

#### 2.3.2.4 Delež predelane odpadne embalaže

Glede na določila Uredbe o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo je potrebno zagotoviti predelavo odpadne embalaže, vključno z energetsko predelavo za najmanj 60 % celotne mase odpadne embalaže. Z grafikona 15 lahko vidimo, da je bil leta 2011 delež predelane odpadne embalaže za les in kovine nekaj več kot 40 %, predelava papirja in kartona je bila okoli 75 %, plastična, steklena in ostala embalaža pa so presegle 80 % delež predelave. V letu 2011 je bil tako izpolnjen cilj predelave odpadne embalaže, ki je znašal 70 % celotne mase odpadne embalaže [11].

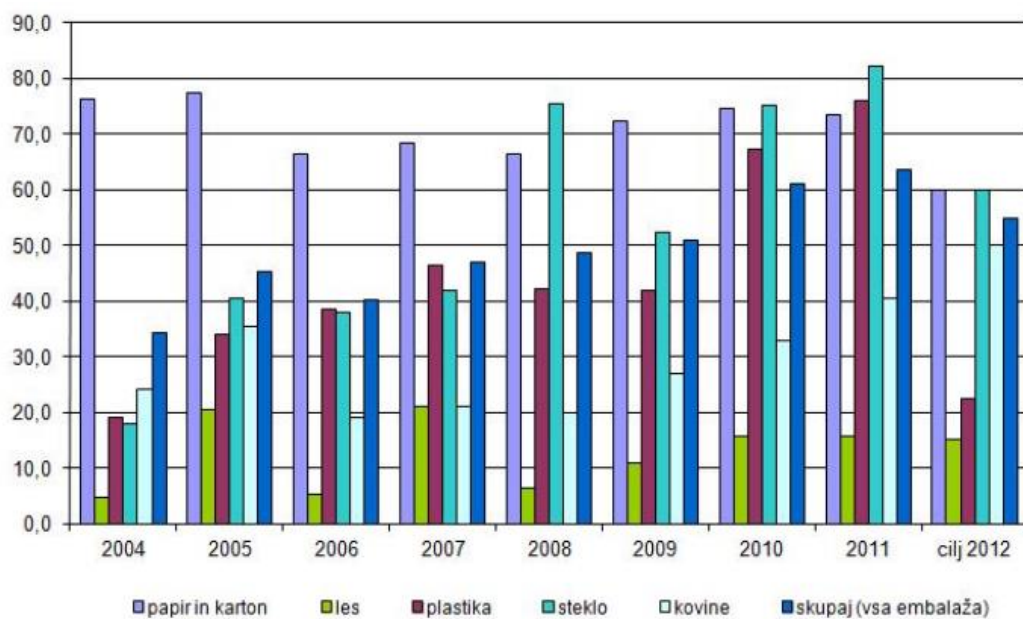


Grafikon 15: Delež predelane odpadne embalaže od leta 2004 do leta 2011 v Sloveniji [11]

### 2.3.2.5 Delež reciklirane odpadne embalaže in ciljni delež

Po 22. členu Uredbe o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo morajo biti zagotovljeni okoljski cilji, ki so opisani v poglavju 2.2.2.

Z grafikona 16 je razvidno, da je bil že leta 2011 dosežen ciljni delež recikliranja odpadne embalaže. Več kot 80 % je bilo reciklirane steklene embalaže, preko 70 % pa papirne in kartonske ter plastične embalaže.



Grafikon 16: Delež reciklirane odpadne embalaže in ciljni delež [11]

## 2.4 Polimerni materiali

Med najbolj uporabljanimi sintetičnimi polimeri so tisti, ki so sestavljeni iz ogljikovih atomov. Polimerne materiale lahko razdelimo v tri velike skupine, to je na termoplaste, duroplaste in elastomere. Splošna lastnost polimerov je, da jih tvorijo nitaste molekule, v katerih so atomi povezani z močnimi kovalentnimi vezmi [15].

Pri termoplastih so nitaste molekule šibko povezane z Van der Waalsovimi vezmi ali pa sploh niso povezane. Bistvena lastnost za gradbene plošče iz odpadne embalaže, ki jih obravnavamo v nadaljevanju je, da je potrebno razmeroma majhno zvišanje toplotne energije za mehčanje termoplastov, ki se po ohladitvi ponovno strdijo. Ta proces se lahko ponavlja velikokrat brez bistvenega vpliva na ostale lastnosti termoplasta. Nekatere vrste termoplastov lahko tudi kristalizirajo [15].

Pri duroplastih pa so nitaste molekule navzkrižno povezane z močnimi kovalentnimi vezmi. Zaradi tega se že oblikovani duroplasti ne morejo toplotno preoblikovati, ne da bi se s tem spremenile ostale njihove lastnosti. Duroplasti se medsebojno razlikujejo po zamreženosti [15].

Polimerni materiali so lahko čisti ali pa kompozitni materiali. Lahko so v trdi, pastozni ali tekoči obliki. Pastozni materiali so razne barve, ometi, maziva, tesnili materiali, lepila,... Tekoči materiali so največkrat barve in laki. Tudi mehčala so lahko polimerna. Podobno velja tudi za olja (polisiloksanska olja, parafinska olja, itd.).

Polimerni odpadki so tudi odpadki, ki nastajajo v gospodinjstvu (odpadna embalaža, tekstilni odpadki,...), gradbeni odpadki (PVC okna, PS izolacija, PE hidroizolacijska folija, PVC topli pod,...), odpadki iz kmetijske dejavnosti (odpadne folije, odpadne vreče, odpadna embalaža,...), industrijski odpadki (ostanki od proizvodnje in predelave plastike,...), odpadki iz obrtne dejavnosti,...

### 2.4.1 Splošne lastnosti polimernih materialov

V nadaljevanju so predstavljene splošne, bistvene lastnosti polimernih materialov. Lastnosti so [16]:

- dobra oblikovanost in lahka predelava,
- majhna specifična teža,
- ne korodirajo,
- velika transparentnost,
- odlične izolacijske karakteristike,
- velika elastičnost in odpornost proti utrujanju – elastomeri in
- velika togost in temperaturna odpornost – duroplasti.

### 2.4.2 Razdelitev polimernih materialov [16]

Polimerne materiale lahko generalno razdelimo na plastične materiale in gume. Delimo jih lahko tudi glede na izvor, način predelave in glede na kemijske reakcije pri pridobivanju. Sledi še komercialna delitev. Različne delitve so predstavljene v nadaljevanju.

#### 2.4.2.1 Generalna razdelitev

- Plastični materiali
  - Termoplasti
  - Duroplasti: zalivne smole, mase za stiskanje
- Gume



#### 2.4.2.2 Glede na izvor

- Naravni polimeri
- Modificirani naravni polimeri
- Sintetični polimeri

#### 2.4.2.3 Glede na način predelave

- Termoplasti
- Duroplasti
- Elastomeri

#### 2.4.2.4 Glede na kemijske reakcije pri pridobivanju

- Polimerizati AVP
- Polikondenzati KP
- Poliadukti ASP

#### 2.4.2.5 Komercialna delitev glede na namen

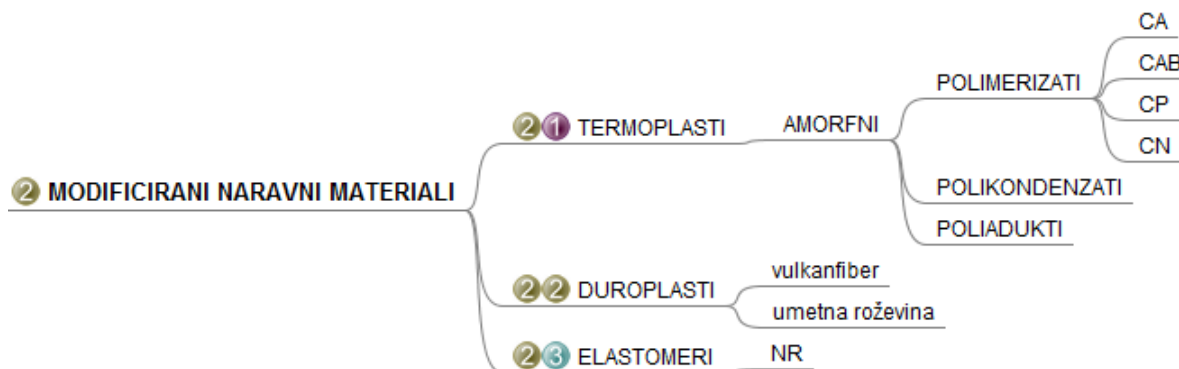
- Plastični granulati
- Sintetična vlakna
- Smole, kiti, laki, lepila
- Guma

V splošnem glede na izvor polimerne materiale razdelimo na naravne materiale, modificirane naravne materiale in sintetične materiale, kot je prikazano na sliki 2.



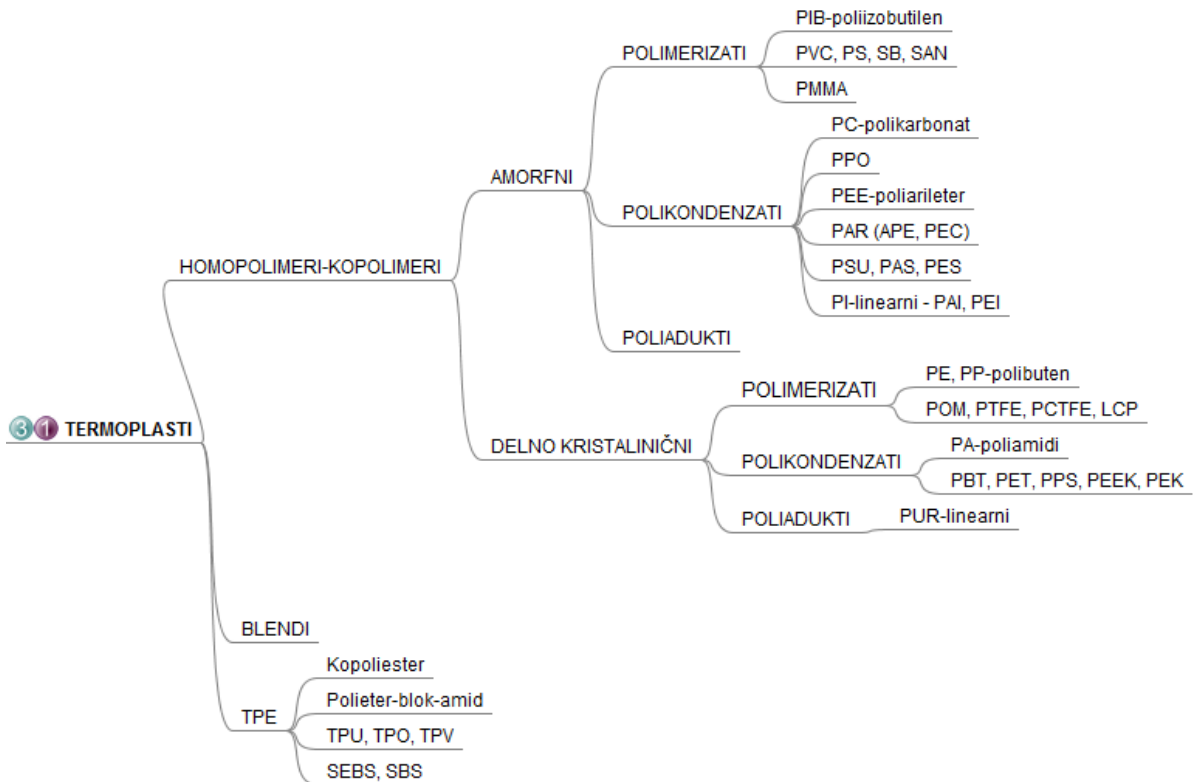
Slika 2: Osnovna delitev polimernih materialov glede na izvor

Naravni materiali se delijo na celulozo, naravno svilo, volno, kazein, beljakovine, škrob, naravni kavčuk in naravne smole. Modificirani naravni in sintetični materiali pa se v splošnem delijo na termoplaste, duroplaste in elastomere. Podrobna delitev modificiranih naravnih materialov je prikazana na sliki 3.

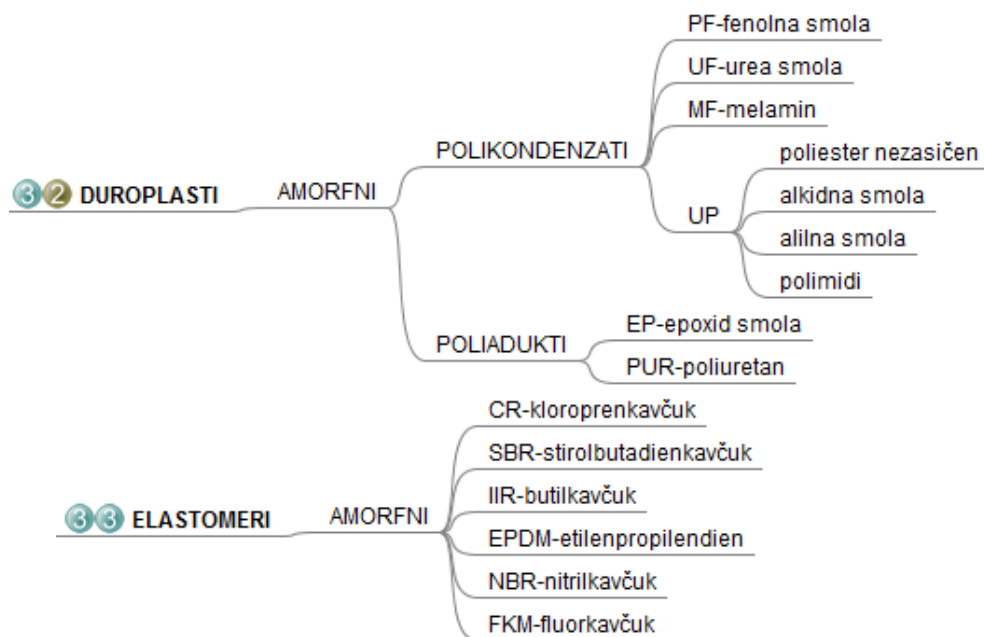


Slika 3: Delitev modificiranih naravnih materialov

V nadaljevanju je grafično prikazana delitev sintetičnih materialov. Slika 4 prikazuje delitev sintetičnih termoplastov, slika 5 pa sintetičnih duroplastov in elastomerov.



Slika 4: Podrobna delitev sintetičnih termoplastov



Slika 5: Podrobna delitev sintetičnih duroplastov in elastomerov

Ko obravnavamo polimerne snovi, pridemo na mejna področja pri katerih ni možne ostre razdelitve kdaj gre za polimerne snovi ali ne. Na podlagi dosedanje prakse se je naravne polimerne materiale vedno odstranilo iz skupine »polimerni materiali« kamor po tej razdelitvi spadajo umetni polimerni materiali. Pri umetnih polimernih materialih se prav tako srečujemo z mejnimi snovmi. Takšne snovi so na primer produkti na bazi nafte, premoga, lesa, kože in podobnih snovi (bitumenski premazi, bitumenske folije, vlakna, izolacijske plošče, usnje, itd.) ter umetne snovi na osnovi škroba, celuloze in kostnega kleja (lepila, itd.). V današnjem času ni ostre meje med posameznimi materiali. Na primer skoraj noben kos pohištva ni narejen le iz lesa. Skoraj vedno ima sloj polimernega zaščitnega laka ali barve. Če pa podrobno pogledamo sestavo posamezne deske, lahko vidimo, da je sestavljena iz iverke, ki je kompozitni material. Lesni koščki so povezani s polimernim vezivom (največkrat fenol formaldehidna smola). Pogosto je na gornjem sloju iverne plošče laminirana polimerna folija (PVC, PUR, itd.). Če pa ni folije, pa je vsaj polimerni premaz (alkidne smole, PUR, itd.).

### 2.4.3 Vrste polimernih materialov glede na način predelave

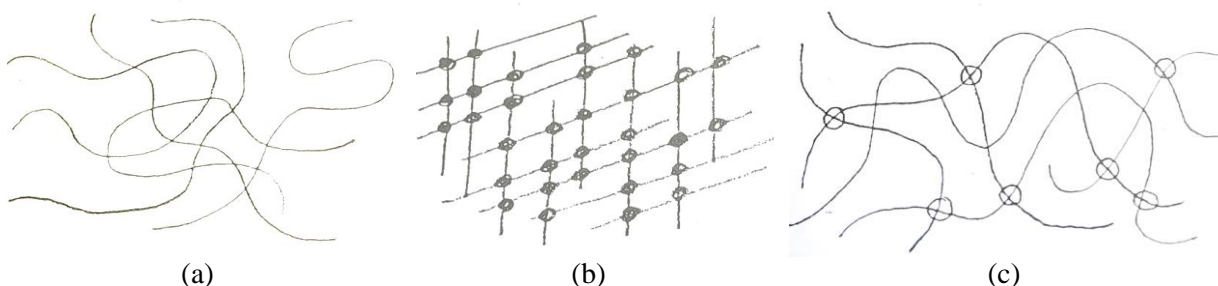
Kot smo omenili v prejšnjem poglavju, so polimerni materiali lahko termoplasti, duroplasti ali elastomeri. Te lastnosti so povezane z zgradbo polimernih materialov. Polnila in ojačitveni materiali te lastnosti bistveno spremenijo.

Pri termoplastičnih materialih gre za verige, med katerimi ni kemijskih vezi. S segrevanjem se fizikalne vezi med verigami postopno zmanjšujejo, dokler ne postanejo pri določeni temperaturi tako slabotne, da se lahko verige prosto gibljejo v prostoru v mejah določenega volumna. Polimer postane pri določeni temperaturi in pritisku tekoč. Pomembna ter bistvena lastnost termoplastov je tudi, da se lahko pri ponovnem segrevanju oblikujejo v nov izdelek, medtem ko duroplastov ne moremo ponovno oblikovati, saj niso reverzibilni.

Pri duroplastih so verige med seboj trdno kemijsko povezane. So visoko zamreženi polimeri in zato netaljivi, trdni tudi pri visokih temperaturah in večinoma težko gorljivi. Zaradi višjih cen na trgu in težje predelave jih delno izpodrivajo termoplasti [17].

Elastomeri imajo takšno zgradbo, da se lahko oblika spreminja s pritiskom ali nategom. V večini primerov so elastomeri tudi duroplastični, vendar pa z bistveno manj togo strukturo.

Nekakšno hibridno stanje med termoplastičnimi in duroplastičnimi polimeri pa so mehčani termoplasti. Najbolj značilen predstavnik teh materialov je mehčani PVC (PVC topli pod, PVC tapete, PVC igračke, PVC umetno usnje, itd.). Končni izdelek dobi svojo obliko in lastnosti s postopkom želiranja. S segrevanjem prodrejo polarne molekule mehčal med polimerne verige in jih fizikalno utrdijo.



Slika 6: Zgradba termoplastov (a), duroplastov (b) in elastomerov (c) [16]

### 2.4.3.1 Termoplasti

Termoplasti so tako po številu in količini kot po različnosti večja skupina od duroplastov. Večinoma se uporabljajo v obliki, ki je direktno primerna za strojno oblikovanje. Med termoplasti so polialkeni najbolj uporabljana skupina. Najbolj znana sta polietilen (PE) in polipropilen (PP). Poznamo polietilene nizke, srednje in visoke gostote. Pomembno je tudi, da se termoplasti ob segrevanju stopijo in lahko delujejo kot vezivno sredstvo, ko jih ponovno ohladimo [15]. To dejstvo je zelo pomembno oziroma je bistveno za izdelavo gradbenih plošč iz odpadne embalaže. V kolikor nimamo dovolj velikega procenta termoplastov v surovinski sestavi plošče, bo ta razpadla, saj ne bo dovolj veziva.

V nadaljevanju so predstavljeni najpogostejši predstavniki standardnih termoplastov, tehničnih termoplastov, kompozitov in visokoodpornih termoplastov

#### 2.4.3.1.1 Standardni termoplasti

- PE – polietilen [17]

Ločimo PE-LD z nizko gostoto ( $0,91\text{g/cm}^3$ ), PE-LLD (linearni PE z nizko gostoto, vendar višjo trdnostjo kot PE-LD), PE-HD z visoko gostoto ( $0,94\text{g/cm}^3$ ), glede na dolžino molekul pa še ultramolekularni UHMW-PE ter kristalizirana supervlakna. So nepolarni, neprepustni za vodo, prepustni za pline, so dimenzijsko nestabilni, plastično tečejo, uporabnost do  $60\text{ }^\circ\text{C}$  oziroma do  $90\text{ }^\circ\text{C}$  za HD-PE, neobstojni na UV in oksidante, težko se lepijo in tiskajo. PE embalaža je med vsemi materiali zaradi najmanjšega energetskega vložka ekološko najprimernejša. Ima neomejene možnosti recikliranja, pri izgorevanju pa nastaja  $\text{CO}_2$  in voda.

- PP – polipropilen [17]

Lastnosti: je najlažji, nepolaren, sijajen, bolj tog in trden, a manj žilav od PE. Pogosto ga polnimo z vlakni ali polnili. Uporaben je do  $110\text{ }^\circ\text{C}$ , neobstojen v oksidantih, nabrekne v aromatih in halogenovodikih. Kljub izpodrivanju kovin, stekla in papirja, se PP širi največ na račun ostalih termoplastov, predvsem ABS, PS in PVC.

- PVC – polivinilklorid [17]

Glede na postopke pridobivanja ločimo emulzijski, suspenzijski in masni PVC. Prednost PVC je predvsem lastna negorljivost in UV stabilnost ob nizki ceni, za trdi PVC tudi stabilnost mer in kemijska odpornost.

- PS – polistiren in kopolimeri SAN, ABS, ASA [17]

Lastnosti PS: ciklični monomer daje PS togost, amorfno in zahteva zelo nizek ostanek monomera. Je visokoprozoren, zelo udarno in zarezno občutljiv. Zlahka se predeluje in drži mere. Uporaben je do  $70\text{ }^\circ\text{C}$ , neobstojen v topilih, UV sevanju in tvori napetostne razpoke. V to skupino spadajo še:

- \* ESP – penjen polistiren »stiropor«: najlažja trdna pena se največ uporablja v gradbeništvo (za izolacije streh in tal), za embalažo (v beli tehniki), za talno gretje, za kolesarske čelade,...
- \* SB – je udarno odporen, moten, žilav, ni zarezno občutljiv, uporaben je do  $75\text{ }^\circ\text{C}$ , kemijsko je manj obstojen kot PS,
- \* SAN – je prozoren, sijajen, tog, žilav manj kot SB. Uporablja se za gospodinjske izdelke (posode, pribor), za električne gospodinjske aparate, za RTV tehniko, kozmetično embalažo,...

- COC – cikloolefinski kopolimer

- PO – poliolefin [18]

Poliolefini so izdelani iz nafte ali zemeljskega plina s procesom polimerizacije. Poliolefini so trdni termoplasti, ki jih lahko predelamo na dva načina - z iztiskanjem folije ali taljenjem. Proces taljenja vključuje segrevanje in stiskanje polimera v ekstrudorju, nato pa ga stisnejo v model (kalup), kjer se strdi v želeno obliko. Zaradi svoje vsestranskosti so poliolefini ena izmed najbolj priljubljenih skupin plastik v današnji v uporabi.

#### 2.4.3.1.2 Tehnični termoplasti

Skupna lastnost tehničnih termoplastov je povišana trdnost, stabilnost mer in temperaturna obstojnost precej nad 100 °C, zato se uporabljajo predvsem za tehnične namene.

- PA – poliamidi [17]

Med vsemi polimeri so poliamidi najbolj raznoliki glede sestave. Številke ob oznaki PA pomenijo število C atomov v verigi amina oziroma kisline, ki se vežeta z nastankom amidne skupine v poliamid. Če sta skupini NH in CO na istem monomeru, imamo le eno številko. Lastnosti poliamidov so: trdnost, togost, žilavost, temperaturna in kemijska obstojnost, odporni so proti obrabi, imajo dobre drsne lastnosti, uporabni so od 80 do 120 °C, neobstojni pa so v močnih kislinah in bazah.

- PC – polikarbonat [17]

Je amorfen termoplast, zelo malo vpija vodo, visoko transparenten, sijajen, ima visoko trdnost in obstojnost do 130 °C in je elektroizolator tudi za visoke frekvence. Lomljiv je šele pri -150 °C, neobstojen je v bazah, acetonu in aromatih, UV pa je obstojen. Izjemna žilavost, visok mejni raztezek in transparentnost so lastnosti, ki določajo PC za uporabo za zaščitna sredstva in neprebojne šipe.

- POM – polioksimetilen [17]

Je težak, ne vpija vode in ima visok sijaj. Pomembne lastnosti so še trdota, togost, žilavost, nizek koeficient trenja; ojačan s steklom ima zelo visok E-modul.

- PPE – polifenileneter [17]

Odlike PPE zlitin so toplotna stabilnost, žilavost tudi pri nizkih temperaturah in negorljivost. Ojačan s steklenimi vlakni ima zelo velik E-modul. Uporaben je do 120 °C in je samo ugasljiv.

- PET – polietilentereftalat [17]

PET se uporablja za proizvodnjo embalaže za različne vrste pijač, pa tudi za izdelavo druge embalaže npr. za kozmetično ter za farmacevtsko industrijo. PET je čist, lahek in vzdržljiv material, ki ga lahko 100% recikliramo. PET platenka se ne razbije in je zaradi tega najbolj primeren in varen embalažni material za različne priložnosti. PET je občutljiv na vlago pri visokih temperaturah - hidrolizo. Priporočeno je predhodno sušenje najmanj 4 ure.

- PBT – polibutilentereftalat
- PEN – polietilennaftalat in PBN – polibutilennaftalat
- PMMA – polimetilmetakrilat
- Fluoroplasti – PTFE, FEP, PFA,...

#### 2.4.3.1.3 Kompoziti

Danes se v svetu uporablja vse manj čistih polimerov. Boljše in raznovrstnejše lastnosti dobimo pri mešanih materialih. Kopolimere dobimo s polimerizacijo različnih gradnikov (monomerov). Z ustrezno kemijsko obdelavo lahko zlivamo tudi polimere, četudi so si na videz povsem odbojni. Zlitine (blendi) imajo kot pri kovinah povsem nove lastnosti. Polimerom vmešavamo tudi vse večji delež dodatkov, npr. mletih mineralov v vlogi polnila (kompaundi), ali steklenih in drugih vlaken v vlogi armature (kompoziti).

- Kompaundi [17]

Kompaundiranje je predelava osnovnih surovin, tj. termoplastov, duroplastov in elastomerov v uporabne oblike. Dodajamo lahko aditive (stabilizatorji, maziva, pigmenti, polnila,...),...

- Kompoziti [17]

Plastične mase imajo v primerjavi z jekli in nekaterimi zlitinami občutno manjši E-modul, trdoto, trdnost in temperaturno obstojnost. Te lastnosti močno izboljšamo s kompoziti, predvsem z veznimi sistemi vlakna/smola (FK), pri katerih vlakna visokih trdnosti služijo kot armatura za doseganje trdnosti, smole pa kot vezivo. Kot smole se uporabljajo vlivne smole UP, EP,..., kot vlakna pa steklena vlakna (GF), ogljikova vlakna (CF), aramidna vlakna,...

- Blendi [17]

Podobno kot je npr. nezanimivo železo, njegove zlitine pa imajo vrhunske lastnosti, se lahko izboljšujejo lastnosti cenenim termoplastom z zlivanjem, bodisi že v reaktorju ali v kompaunderju.

## 2.4.3.1.4 Visokoodporni termoplasti – HT

Visoka trdnost, dimenzijska stabilnost, temperaturna obstojnost ter druge zahteve visoke tehnologije so narekovale razvoj novih visokoodpornih polimerov. Ti polimeri so uporabni od -240 °C, do +240 °C, krajši čas tudi do 400 °C. Imajo višjo mehansko trdnost, skoraj neomejeno kemijsko odpornost in boljše električne lastnosti, kot drugi termoplasti [17].

- PSU – polisulfon in PES – polietersulfon
- PPS – polifenilensulfid
- PEK – polieterketon in PEEK – polietereterketon
- PI – poliarilimid, PEI – polieterimid in PAI – poliamidimid

Preglednica 1 in slika 7 nazorno ponazarjata področja uporabe najbolj razširjenih termoplastičnih materialov.

Preglednica 1: Področja uporabe najbolj razširjenih termoplastičnih materialov [17]

Polimer	Področje uporabe
PVC - Polivinilklorid	PVC cevi, okenski profili, kompaktne ali penjene plošče za gradbeništvo, kabli, talne obloge, kopalniške zavese, napihljivi izdelki (igračice, blazine), folije za izolacijo ravnih streh, ...
PE - Polietilen	embalaža (vrečke, posode,...), kante za smeti, folije za deponije, zaboji, zaporke za plastenke, ...
PP - Polipropilen	folije za termoformiranje, OPP folije, netkani tekstil (filc), vlakna in trakovi, v avtomobilski industriji za notranje dele, odbijače in karoserijske dele (kombiniran z drugimi materiali), v beli tehniki za dele pralnih strojev, za vrtno pohištvo, odtočne cevi, cevi za talno gretje, ...
PS - Polistiren	deli gospodinjskih aparatov, trdna embalaža iz OPS folije (orientirana folija z visoko trdnostjo in togostjo), deli televizorjev, ...
PA - Poliamid	75% se uporablja za brizgane dele v elektroindustriji, avto industriji, strojogradnji, ostalo za ekstrudiranje folij in profilov. Dobri 2/3 poliamida se uporablja ojačenega s steklenimi vlakni.
PO - Poliolefin	uporabljajo se za nosilne vrečke, površinska zaščita embalaž za mleko, premaz električnih kablov, zaboji in škatle, steklenice (za živila, detergenti, kozmetika), posode za živila, igrače, folije, embalaža v kateri so živila (vključno z jogurtom), embalaža margarine, ovitki sladkarij,... [18]
PC - polikarbonat	zaščitna sredstva in neprebojne šipe, zaradi atraktivnih električnih lastnosti ob visoki temperaturni stabilnosti se ga največ porabi v elektro-sektorju (CD), za transparentne plošče (za zasteklitev, predelne stene, reklamne table, rastlinjake,...)
POM - polioksimetilen	zobniki in drugi drobni izdelki v avto-, elektro- in strojni industriji. POM je idealen material za zaskočne spoje veznih elementov.
PPE - polifenileneter	uporaba v avtomobilski industriji za dele motorja, v strojni industriji za dele črpalk, toplotne izmenjevalce, ...

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 1

PEN - polietilennaftalat in PBN - polibutilennaftalat	uporaba za platenke za vroče polnjenje, npr. za sokove in pivo.
PMMA - polimetilmetakrilat	uporaba za zastekljevanje v gradbeništvu, avtomobilske dele (luči, notranje zasteklitve), v optičnih aparatih, ...
PET - polietilentereftalat in PBT - polibutilentereftalat	največ se uporablja za platenke, v katere se embalirajo voda, brezalkoholne pijače, olja, ...



Slika 7: Najbolj razširjeni termoplastični materiali

### 2.4.3.2 Duroplasti

Duroplasti so visoko zamreženi polimeri. Se ne dajo taliti, so trdni tudi pri visokih temperaturah in večinoma težko gorljivi. Na trgu so bodisi kot trdne mase za prešanje ali brizganje, ki se zamrežijo s povišano temperaturo, ali pa kot smole – veziva za nepolimerne materiale, npr. steklena in druga armaturna vlakna v kompozitih, pesek v polimernem betonu ali pri livarskih kalupih [17]. Delimo jih na:

- Fenoplasti

Uporabljajo se v glavnem za laminat, predvsem zaradi negorljivosti in malo dimnih plinov ter visoke temperaturne obstojnosti, za lepila za les in stekleno volno in v obliki praškastih smol, za obloge zavor in sklopov ter za brusna telesa. Fenolni laki se uporabljajo za živilsko industrijo za notranjost konzerv. Plošče iz tekstilnega flisa s 30 % praškaste fenolne mase se uporabljajo kot toplotna in zvočna izolacija v avtomobilih, npr. za motor, armaturne plošče, strop ter za gospodinjske aparate, npr. pomivalne stroje. Fenolne smole se uporabljajo za čelade, vojaško in zračno tehniko, predvsem zaradi temperaturne odpornosti, negorljivosti in ker ne tvorijo dimnih plinov.

- Aminoplasti

So najpomembnejši duroplasti v pohištveni industriji, kjer se uporabljajo kot lepila ali površinski material.

- Urea smole

So zaradi nizkega dodajanja formaldehida najustreznejše lepilo za iverne in vezane plošče.

- Melaminske smole

Zaradi velike trdote in odpornosti na obrabo in praske, dobre kemijske stabilnosti in sposobnosti barvanja se uporabljajo predvsem za površinsko zaščito.

- UP – nenasičen poliester

Je lahko tekoča smola s širokimi možnostmi prilagajanja načina in časa utrjevanja, zato zavzema kar 75% del med kompozitnimi vezivi.

- SMC in BMC

So testaste kompozitne zmesi steklenih vlaken, smole, UP in polnil (MgO), ki v hladnem mase zgostijo, v vročem orodju pa mase stečejo, nato pa se utrdijo z zamreževanjem. Oblikujemo jih s prešanjem ali brizganjem v jeklenih orodjih in pri pritisku 100 barov.

- Duroplastične pene

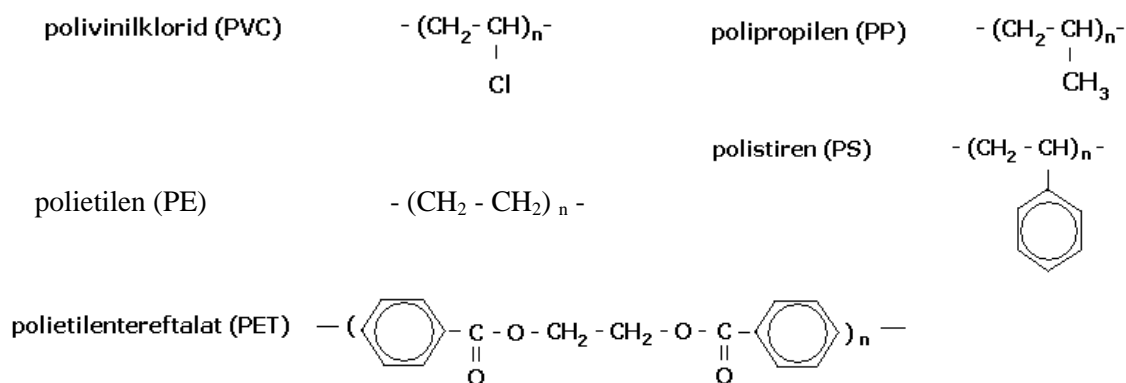
Uporabne so zaradi visoke temperaturne obstojnosti. Negorljive elastične melaminske pene se uporabljajo kot zvočne izolacije v avtomobilih, ker ne odcepljajo formaldehida.

- Epoksidne smole

Zaradi kemijske stabilnosti in trdnosti se uporabljajo v gradbeništvu, predvsem kot lepilne smole za obloge streh in tal, kot lepilne smole za sanacijo zidov ter kot veziva za polimerni beton. Nekateri tipi se vežejo tudi na vlažno podlago. Kemijski obrati in skladišča imajo pogosto EP tlake. Visoka kemijska stabilnost in elektroprevodni tipi omogočajo uporabo za rezervoarje za gorivo [17].

#### 2.4.4 Kemijska sestava najpomembnejših polimernih materialov za embaliranje živil in njihove lastnosti

Polimerni materiali, ki se uporabljajo tudi za embaliranje živil, so najpomembnejša sestavina odpadne plastike. Zato je pomembno, da poznamo njihovo sestavo (slika 8) in lastnosti. To je pomembno zaradi izbire tehnoloških postopkov reciklaže ali načina toplotne izrabe [16].



Slika 8: Kemijska sestava nekaterih najpomembnejših termoplastov

Pri izbiri plastike za embaliranje živil se ne upoštevajo samo tehnološke lastnosti plastike, ampak tudi cena embalaže in pakiranja. Zaradi enostavne in cenene predelave ter možnosti varjenja pakiranih proizvodov, so najprimernejši termoplastični polimeri za tovrstno uporabo. Termoplastičnost je zelo pomembna tudi zaradi možnosti regeneracije odpadne embalaže.

Med polimerne materiale za embaliranje živil moramo prišteti še različne vrste tesnil, zamaškov, itd. Tovrstni materiali so običajno izdelani iz zmesi sintetičnih in naravnih gum, v novejšem času pa se pogosto uporabljajo tudi termoplastični materiali (PVC, PE, PP,...).



Posamezni plastični materiali imajo lahko enako osnovno kemijsko sestavo, vendar se med sabo bistveno razlikujejo. Postopki polimerizacije imajo odločilen vpliv na lastnosti polimerov.

S postopki polimerizacije se doseže dolžina verig (molekulska masa), razvejanost verig, oblika delcev, itd. Pri postopkih polimerizacije se uporabljajo različni dodatki (iniciatorji, regulatorji, zaščitni koloidi, emulgatorji, itd.), ki lahko v majhnih količinah ostanejo v polimerih.

Poleg lastnosti, ki izhajajo iz postopkov polimerizacije, imajo velik vpliv na lastnosti polimernega materiala razni aditivi. Ti se dodajajo polimerom za doseganje ustreznih predelovalnih in končnih lastnosti (termo stabilizatorji, UV stabilizatorji, mehčala, drsna sredstva, barvila, polnila, itd.).

Preglednica 2 prikazuje temperaturne lastnosti (maksimalno temperaturo uporabe in temperaturo taljenja) nekaterih polimernih materialov.

Preglednica 2: Temperaturne lastnosti nekaterih polimernih materialov

Lastnost	PE nizke gostote [19]	PE visoke gostote [20]	PP [21]	PVC [22]	PS [23]	PO [24]	PET [25]
Maksimalna temperatura uporabe (°C)	20-70	20-95	20-80	20-70	odvisno od sestave 20-70	55-110	80-120
Temperatura taljenja (°C)	180-280	180-280	220-280	160-220	180-280	220-270	265-290

## 2.5 Odpadna embalaža

V tem poglavju želimo predstaviti nekaj osnovnih dejstev in informacij o odpadni embalaži, ki so informativnega značaja za eksperimentalni del magistrske naloge. V uvodu bomo predstavili nekaj splošnih informacij o odpadni embalaži ter samo definicijo, sledijo delitve odpadne embalaže glede na vrsto, funkcijo in mesto nastanka. V nadaljevanju povemo, kdo vse so zavezanci za ravnanje z odpadno embalažo v Sloveniji ter kakšne so njihove obveznosti in pravila za ravnanje z odpadno embalažo. Glede na to, da je naš končni produkt gradbena plošča iz odpadne embalaže je pomembno tudi to, kolikšne so nastale količine odpadne embalaže v Sloveniji. Zato smo pripravili krajše povzetke letnih poročil družb za ravnanje z odpadno embalažo v Sloveniji za leti 2013 in 2014.

### 2.5.1 Splošno

*Odpadna embalaža* predstavlja pomemben delež v celotni količini komunalnih odpadkov, ki jih proizvedemo v Sloveniji, saj v povprečju nastane več kot 100 kg odpadne embalaže na prebivalca na leto. Še večje količine odpadne embalaže pa nastanejo v industriji. Odpadna embalaža nastane takrat, ko končni uporabnik embalažo odstrani z blaga ali jo izprazni [26].

Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo pa definira, da je odpadna embalaža embalaža, ki je odpadek v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki. Ostanke materiala, ki nastajajo pri izdelavi embalaže, se ne štejejo za odpadno embalažo [9].

### 2.5.2 Definicija embalaže

3. člen Uredbe o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo pravi, da so *embalaža* vsi izdelki iz katerega koli materiala namenjeni temu, da blago ne glede na to, ali gre za surovine ali izdelke,

obdajajo ali držijo skupaj zaradi hranjenja ali varovanja, rokovanja z njim, njegove dostave ali predstavitve na poti od embalerja do končnega uporabnika [9].

Embalaža so tudi izdelki, ki so namenjeni za polnjenje na prodajnem mestu. To so [27]:

- lončki,
- papir,
- plastične posode,
- kartonske škatle in
- drugi podobni izdelki,

vendar le, če so namenjeni zgolj za polnjenje na prodajnem mestu.

### 2.5.3 Delitev glede na vrsto embalaže

Glede na vrsto embalažo razdelimo v sedem skupin [27]. To je:

- papirno in kartonsko embalažo,
- plastično embalažo,
- stekleno embalažo,
- leseno embalažo,
- kovinsko embalažo,
- sestavljeno (kompozitno) embalažo in
- embalaža nevarnega blaga.

### 2.5.4 Delitev glede na funkcijo embalaže

Glede na funkcijo embalažo delimo na:

#### a) Prodajna ali primarna embalaža

Je embalaža, ki obdaja eno osnovno enoto, namenjeno prodaji ali zaščiti enega izdelka in je namenjena končnemu uporabniku na prodajnem mestu. Poleg tega pa varuje blago pred poškodbami in onesnaženjem [27].

V Uredbi o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo pa definirajo, da so prodajna embalaža kozarci, vrečke, konzerve, steklenice, plastenke, škatle, sklede, tube ali druga podobna embalaža s sestavnimi deli, ki obdaja ali vsebuje osnovno prodajno enoto blaga [9].

Za izdelavo gradbenih plošč iz odpadne embalaže je ključnega pomena, saj ravno tovrstna embalaža vsebuje veliko termoplastov, ki kot smo rekli, delujejo kot vezivo.

#### b) Skupinska ali sekundarna embalaža

Je embalaža, ki obdaja ali drži skupaj več osnovnih prodajnih enot istovrstnega ali raznovrstnega blaga, ne glede na to, ali je skupaj z blagom prodana končnemu uporabniku ali je odstranjena na prodajnem mestu. Namenjena je razpošiljanju, skladiščenju, prevozu in odpremi blaga ali prodaji končnemu uporabniku in se lahko odstrani z blaga, ki ga obdaja, ne da bi to spremenilo njegove lastnosti [27].

V Uredbi o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo pa definirajo, da so skupinska embalaža folije, škatle ali podobni ovoji ali druga embalaža s sestavnimi deli, ki obdajajo ali držijo skupaj več osnovnih prodajnih enot istovrstnega ali raznovrstnega blaga, ne glede na to, ali je skupaj z blagom prodana končnemu uporabniku ali je odstranjena na prodajnem mestu [9].

#### c) Transportna ali terciarna embalaža

Je embalaža, ki obdaja ali drži skupaj več osnovnih prodajnih enot blaga v prodajni ali skupinski embalaži, olajša ravnanje z blagom in njegov prevoz ter ga varuje pred poškodbami na poti od embalerja oziroma pridobitelja embaliranega blaga do distributerja oziroma trgovca ali od distributerja oziroma trgovca do končnega uporabnika. Zabojsnikov, ki se jih za prevoz blaga uporablja v cestnem, železniškem, ladijskem ali zračnem prometu, se ne šteje za transportno embalažo [27].

V Uredbi o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo pa definirajo, da so transportna embalaža sodi, zaboji, ročke, vreče, palete, škatle ali druga embalaža s sestavnimi deli, ki obdajajo ali držijo skupaj več osnovnih prodajnih enot blaga v prodajni ali skupinski embalaži [9].

### 2.5.5 Delitev embalaže glede na mesto nastanka

Glede na mesto nastanka odpadno embalažo delimo na [26]:

- odpadno embalažo, ki je komunalni odpadek in
- odpadno embalažo, ki ni komunalni odpadek.

Tovrstna klasifikacija je zelo pomembna, saj selektivno sortiramo embalažo in lahko v večji meri sklepamo, kje je tovrstna embalaža nastala. V kolikor odpadna embalaža vsebuje ostanke organskih snovi, bo po obdelavi oddajala neprijeten vonj.

#### a) Opadna embalaža, ki je komunalni odpadek

To je odpadna prodajna ali skupinska embalaža, ki nastaja kot ločeno zbrana frakcija v gospodinjstvih in kot tem odpadkom podoben odpadek iz trgovine, industrije, obrti, storitvenih dejavnosti in javnega sektorja [27].

V skladu z Uredbo o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo mora družba za ravnanje z odpadno embalažo prevzeti odpadno embalažo, ki je komunalni odpadek od izvajalcev javnih služb ravnanja s komunalnimi odpadki v deležu, ki ga določi minister, pristojen za okolje na spletnih straneh ministrstva. Osnova za določanje deležev družb je obračun okoljske dajatve za onesnaževanje okolja zaradi nastajanja odpadne embalaže, ki ga poročajo zavezanci za obračun okoljske dajatve za onesnaževanje okolja zaradi nastajanja odpadne embalaže in sicer v prvem trimesečju tekočega leta. Zavezanci na poročilu navedejo, s katero družbo imajo sklenjeno pogodbo o prenosu obveznosti ravnanja z odpadno embalažo v skladu s 26. in 34. členom UREOE [28].

#### b) Opadna embalaža, ki ni komunalni odpadek

Opadna embalaža, ki ni komunalni odpadek je prodajna, skupinska ali transportna odpadna embalaža, ki nastaja kot odpadek v proizvodnih, storitvenih ali drugih dejavnostih zaradi opravljanja dejavnosti. Tovrstno odpadno embalažo je prepovedano prepuščati izvajalcem javne službe kot mešani komunalni odpadek. [28].

Za tovrstno embalažo je treba zagotoviti ločeno zbiranje tako, da se ne meša z drugimi snovmi in da je možno zagotoviti nadaljnjo obdelavo in predelavo. Oddati jo je treba prevzemniku, ki ima ustrezno dovoljenje kot zbiralec odpadne embalaže ali predelovalec (obdelovalec) odpadne embalaže, in sicer preko Družbe za ravnanje z odpadno embalažo (DROE). Družba za ravnanje z odpadno embalažo nato zagotavlja ustrezno predelavo odpadne embalaže in za Agencijo RS za okolje pripravi letno poročilo o zagotavljanju ustreznega ravnanja z odpadno embalažo [27].

### 2.5.6 Zavezanci za ravnanje z embalažo

V tem poglavju bom predstavila zavezance ravnanja z embalažo v Sloveniji. Njihova osnovna funkcija je ravnanje z embalažo z okoljsko sprejemljivimi načini. Krog sestavljajo embaler, pridobitelj embaliranega blaga, proizvajalec embalaže ter pridobitelj embalaže.

### **2.5.6.1 Embaler**

Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo definira, da je embaler oseba, ki v skladu s predpisi kot dejavnost embalira ali pakira blago pod svojo blagovno znamko ali ga polni v embalažo, na kateri je oznaka njene blagovne znamke zaradi dajanja v promet ali za lastno uporabo. Če oseba embalira ali pakira blago z blagovno znamko druge osebe ali ga polni v embalažo, na kateri je oznaka blagovne znamke druge osebe, se za embalerja šteje imetnik blagovne znamke [9].

### **2.5.6.2 Pridobitelj embaliranega blaga**

Pridobitelj embaliranega blaga je pravna oseba, ki embalirano blago uvaža iz tretjih držav ali pridobi iz drugih držav EU z namenom dajanja na trg v Republiki Sloveniji ali zaradi lastne uporabe s tem, da nima predhodnega slovenskega dobavitelja [27].

### **2.5.6.3 Proizvajalec embalaže**

Proizvajalec embalaže je pravna oseba, ki izdeluje embalažo, namenjeno za polnjenje na prodajnem mestu (t.i. servisno embalažo), z namenom dajanja na trg v Republiki Sloveniji [27].

### **2.5.6.4 Pridobitelj embalaže**

Pridobitelj embalaže je pravna oseba, ki uvaža iz tretjih držav ali pridobi iz drugih držav EU embalažo, namenjeno za polnjenje na prodajnem mestu (t.i. servisna embalaža), z namenom dajanja na trg v Republiki Sloveniji [27].

## **2.5.7 Pravila ravnanja z odpadno embalažo**

Zbiranje odpadne embalaže iz gospodinjstev je pristojnost lokalnih skupnosti. Odpadno embalažo iz gospodinjstva zbirajo izvajalci lokalne javne službe, ki morajo odpadno embalažo predati družbam za ravnanje z odpadno embalažo brez zahtevka za plačilo [29].

Z industrijsko odpadno embalažo pa se lahko ravna [29]:

- preko družbe za ravnanje z odpadno embalažo ali
- individualno - embaler, ki je proizvajalec ali uvoznik, sam zagotavlja ravnanje z odpadno embalažo.

### **2.5.7.1 Vloga družbe za ravnanje z odpadno embalažo (DROE)**

Za zavezance, ki se vključijo v sistem ravnanja z embalažo DROE, zagotavlja ustrezno ravnanje na celotnem območju RS, kar pomeni [27]:

- prevzema odpadno embalažo, ki je komunalni odpadek od izvajalcev javnih služb ravnanja s komunalnimi odpadki za zavezance, ki so vključeni v sistem ravnanja z embalažo DROE, v skladu z novo metodo določevanja deležev DROE po embalažnih materialih (ločeno za papirno in kartonsko embalažo, stekleno embalažo, leseno embalažo in mešano embalažo),
- zagotavlja nadaljnjo ravnanje z odpadno embalažo, ki je komunalni odpadek, vključno z zagotavljanjem predelave odpadne embalaže v skladu s hierarhijo ravnanja z odpadki in okoljskimi cilji,
- prevzema odpadno embalažo, ki ni komunalni odpadek od končnih uporabnikov, ki embalirano blago porabijo, embalažo pa zavržejo tako, da nastaja odpadna embalaža,
- zagotavlja nadaljnje ravnanje z odpadno embalažo, ki ni komunalni odpadek, vključno z zagotavljanjem predelave odpadne embalaže v skladu s hierarhijo ravnanja z odpadki in okoljskimi cilji,

- osvešča končne uporabnike o smotnosti ločenega zbiranja odpadne embalaže in o ustrezni oddaji odpadne embalaže in
- izdela letno poročilo.

## 2.5.8 Družbe za ravnanje z odpadno embalažo v Sloveniji

V Sloveniji je registriranih šest podjetij, ki zagotavljajo ravnanje z odpadno embalažo. To so:

- GORENJE SUROVINA družba za predelavo odpadkov d.o.o.,
- INTERSEROH zbiranje in predelava odpadnih surovin d. o. o.,
- RECIKEL, družba za ravnanje z odpadno embalažo, d.o.o.,
- UNIREC, družba za gospodarjenje z odpadnimi materiali in snovmi, d.o.o.,
- SLOPAK d.o.o. in
- EMBAKOM d.o.o.

Družbe morajo od pristojnega ministrstva pridobiti dovoljenje za ravnanje z odpadno embalažo. Izpolnjevati morajo cilje varovanja okolja. Organizirane morajo imeti zbirne centre za zbiranje, razvrščanje in začasno skladiščenje zbrane odpadne embalaže. Njihova dolžnost je tudi obveščanje javnosti in končnih uporabnikov o namenu in ciljih zbiranja odpadne embalaže. Enkrat letno pa morajo družbe poslati poročilo o delovanju družbe Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO), ki jih objavi na svoji spletni strani.

V nadaljevanju so predstavljene zbrane količine odpadne embalaže v posameznih družbah za ravnanje z odpadno embalažo, s poudarkom na plastiki, ki jo potrebujemo za izdelavo gradbenih plošč iz odpadne embalaže.

### 2.5.8.1 Gorenje Surovina d.o.o.

Podjetje Gorenje Surovina d.o.o. se ukvarja s pridobivanjem sekundarnih surovin iz ostankov odpadkov. Globalnost problema odpadkov pelje svet v obdobje, kjer dobiva snovna izraba odpadkov prednost pred njihovo toplotno obdelavo ali odlaganjem. Njihova osnovna strategija in zavezanost težita k reciklaži in ponovni uporabi odpadkov [30].

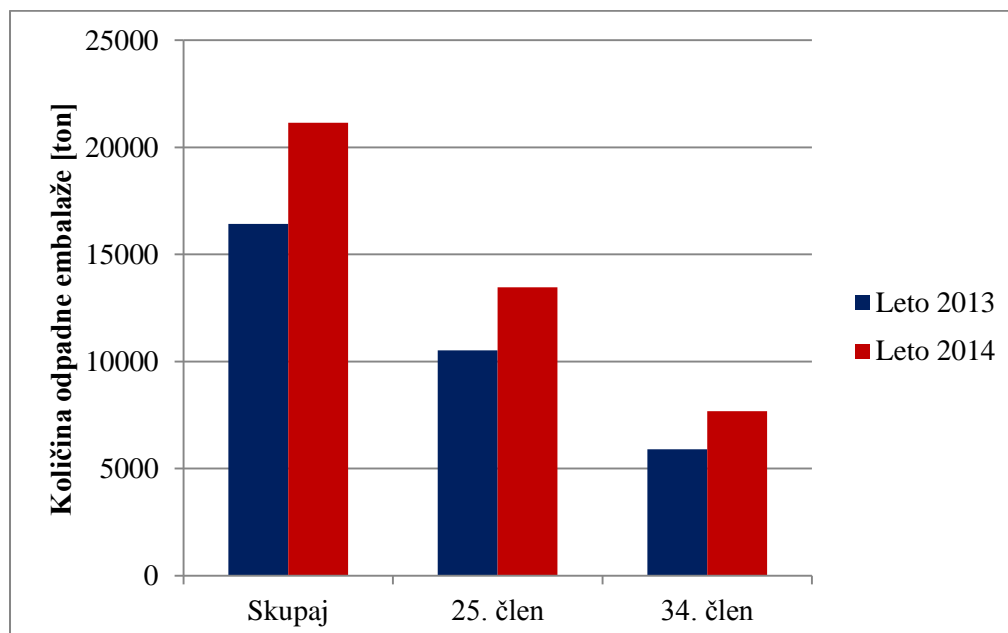
Pridobivati koristno in dragoceno sekundarno surovino, kar je osnovni člen v sistemu sonaravnega ravnanja z odpadki, ostaja njihova temeljna dejavnost tudi v prihodnje. Tudi v bodoče se bodo prizadevali za osvajanje novih področjih in materialov za reciklažo ter se trudili za nenehno širitev obsega delovanja tudi izven meja Slovenije [30].

Iz njihovega letnega poročila za leto 2013 [31] in 2014 [32] je razvidno, da sta bila v letu 2013 v sistem družbe Gorenje Surovina d.o.o. vključena 102, v letu 2014 pa 111 zavezancev, embalerjev, pridobiteljev blaga, proizvajalcev embalaže ali pridobiteljev embalaže po 25. členu UREOE ter končnih uporabnikov iz 34. člena UREOE.

V preglednici 3 so prikazani podatki o količinah in vrstah embalažnega materiala v embalaži, ki so jo zavezanci družbe dali v promet v letih 2013 in 2014. Skupaj je družba v letu 2013 dala v promet 16.423,67 ton odpadne embalaže, v letu 2014 pa 21.146,95 ton odpadne embalaže. Družba Gorenje Surovina d.o.o. je v letu 2013 dala v promet 10.516,94 ton embalaže po 25. členu UREOE in 5.906,73 ton embalaže po 34. členu UREOE, v letu 2014 pa je dala v promet 13.461,93 ton embalaže po 25. členu UREOE in 7.685,02 tone embalaže po 34. členu UREOE, kar je grafično prikazano na grafikonu 17.

Preglednica 3: Podatki o količinah in vrstah embalažnega materiala v embalaži, ki so jo zavezanci družbe dali v promet v letih 2013 in 2014 v družbi Gorenje Surovina d.o.o.

Embalažni material	Opis	Skupaj 2013 (ton)	Skupaj 2014 (ton)
Papir in karton	Vsa papirna embalaža (papir, lepenka, karton itd.) kot transportna ali prodajna embalaža, vključno z embalažo iz sestavljenih materialov, kjer prevladuje papir.	7.472,17	10.291,43
Plastika	Vsa plastična embalaža (PET, LD-PE, HD-PE, PP itd.) kot transportna ali prodajna embalaža, vključno z embalažo iz sestavljenih materialov, kjer prevladuje plastika.	2.874,74	4.394,48
Les	Vsa transportna in prodajna embalaža iz lesa in sestavljenih materialov, kjer prevladuje les (sodi, škatle, palete, zaboji itd.)	4.078,37	3.930,68
Kovine	Vsa kovinska embalaža (sodi, ročke, pločevinke, konzerve) kot transportna ali prodajna embalaža, vključno z embalažo iz sestavljenih materialov, kjer prevladujejo kovine.	792,85	1.555,24
Steklo	Vsa steklena embalaža in sestavljena embalaža, kjer prevladuje steklo.	1.190,96	960,45
Drugi materiali	Keramika, tekstil ali material biološkega izvora.	8,94	8,22
Embalaža onesnažena z nevarnimi snovmi	Embalaža onesnažena z nevarnimi snovmi	5,61	6,45
<b>Skupaj</b>		<b>16.423,67</b>	<b>21.146,95</b>



Grafikon 17: Grafični prikaz količin zbrane odpadne embalaže v letih 2013 (modro) in 2014 (rdeče) v družbi Gorenje Surovina d.o.o.

V preglednici 4 so prikazani podatki o celotni količini in vrstah odpadne embalaže, ki je komunalni odpadki in je prevzeta v zbirnih centrih izvajalcev javne službe. Družba Gorenje Surovina d.o.o. je tako v letu 2013 zbrala 12.790,15 ton odpadne embalaže, ki je komunalni odpadki, v letu 2014 pa 13.847,63 tone. V letu 2013 največji delež odpadne embalaže, ki je komunalni odpadki predstavlja

mešana embalaža, to je dobrih 56 %, prav tako tudi v letu 2014 največji delež predstavlja mešana embalaža, to je 55,5 %. Procent zbrane plastične embalaže, ki je komunalni odpadki je tako v letu 2013, kot v letu 2014 okoli 5 %.

Preglednica 4: Podatki o celotni količini in vrstah odpadne embalaže, ki je komunalni odpadki in je prevzeta v zbirnih centrih izvajalcev javne službe v družbi Gorenje Surovina d.o.o.

Vrsta odpadne embalaže	Skupaj prevzeto 2013 (ton)	Skupaj prevzeto 2014 (ton)
Papirna in kartonska embalaža	2.029,17	1.904,95
Plastična embalaža	646,37	571,50
Lesena embalaža	72,76	48,34
Kovinska embalaža	217,38	185,90
Sestavljena (kompozitna) embalaža	0	1,28
Mešana embalaža	7.198,95	7.689,12
Steklena embalaža	2.625,53	3.446,55
<b>Skupaj prevzeto:</b>	<b>12.790,15</b>	<b>13.847,63</b>

V preglednici 5 so prikazani podatki o celotni količini in vrstah odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadki in je prevzeta ali zbrana pri distributerjih in končnih uporabnikih. Družba Gorenje Surovina d.o.o. je tako leta 2013 zbrala 10.011,56 ton odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadki, leta 2014 pa 12.100,26 tone. Največji delež odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadki v letu 2013 predstavlja papirna in kartonska embalaža, to je slabih 57 %. Prav tako je bilo v letu 2014 zbrane največ papirne in kartonske embalaže, ki ni komunalni odpadki, to je slabih 47 %. Procent zbrane plastične embalaže, ki ni komunalni odpadki je tako v letu 2013, kot v letu 2014 okoli 15 %.

Preglednica 5: Podatki o celotni količini in vrstah odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadki in je prevzeta ali zbrana pri distributerjih in končnih uporabnikih v družbi Gorenje Surovina d.o.o.

Vrsta odpadne embalaže	Skupaj prevzeto (ton)	Skupaj prevzeto (ton)
Papirna in kartonska embalaža	5.688,09	5.680,20
Plastična embalaža	1.624,39	1.695,02
Lesena embalaža	1.824,89	2.271,76
Kovinska embalaža	763,54	1.069,09
Sestavljena (kompozitna) embalaža	0	591,04
Mešana embalaža	52,29	748,98
Steklena embalaža	58,37	43,82
Embalaža, ki vsebuje ostanke nevarnih snovi ali je onesnažena z nevarnimi snovmi	0	360
<b>Skupaj prevzeto:</b>	<b>10.011,56</b>	<b>12.100,26</b>

V preglednici 6 so prikazani podatki o količini in masnih deležih embalažnega materiala iz drugega odstavka 4. člena uredbe, ki je bil recikliran v material za izdelavo nove embalaže ali druge namene, ki je bil organsko recikliran in energetsko predelan v letu 2013. S preglednice je razvidno, da je bilo v letu 2013 reciklirane v nove materiale 14.079,20 ton embalaže. Največ se je recikliralo v nove materiale papirne in kartonske embalaže, kar predstavlja 54,3 % celotne količine reciklirane embalaže. Plastike reciklirane v nove materiale je bilo slabih 10 %. Iz preglednice 6 je tudi razvidno, da v letu 2013 niso organsko reciklirali odpadne embalaže. Iz preglednice 6 tudi vidimo, da je bilo v letu 2013 energetsko predelane 8.516,12 ton odpadne embalaže. Največ se je energetsko predelalo ostanka po sortiranju, kar predstavlja 53,4 % celotne količine energetsko predelane embalaže, sledi ji plastična embalaža z 27,6 % celotne količine energetsko predelane embalaže.

Preglednica 6: Podatki o količini in masnih deležih embalažnega materiala iz drugega odstavka 4. člena UREOE, ki je bil recikliran v material za izdelavo nove embalaže ali druge namene, ki je bil organsko recikliran in energetsko predelan v letu 2013 v družbi Gorenje Surovina d.o.o.

Embalaž. material	Dano na trg (celota) (ton)	Zbrano in prevzeto (brez mešane embalaže) (ton)	Količina materiala izsortir. iz mešane embalaže (ton)	Zbrano in prevzeto + frakcije iz mešane embalaže (ton)	Reciklir. v nove materiale (ton)	Reciklir. organsko (ton)	Energetska predelava (ton)
Papir in karton	7.472,21	7.717,26	460,07	8.123,33	7.654,21	0	469,11
Plastika	2.874,74	2.270,75	1.464,75	3.735,50	1.381,13	0	2.354,38
Les	4.078,37	1.897,65	0	1.897,65	756,05	0	1.141,60
Kovine	792,85	980,92	826,64	1.807,56	1.807,56	0	0
Steklo	1.190,96	2.683,90	0	2.683,90	2.477,51	0	0
Drugi materiali	8,94	0	7,98	7,98	2,75	0	5,23
Embalaž. onesnaž. z nevar. snovmi	5,61	0	0	0	0	0	0
Ostaneček po sortir.	/	/	4.545,80	4.545,80	0	0	4.545,80
<b>Skupaj:</b>	<b>16.423,67</b>	<b>15.550,47</b>	<b>7.251,24</b>	<b>22.801,71</b>	<b>14.079,20</b>	/	<b>8.516,12</b>

V preglednici 7 so prikazani podatki o količini in masnih deležih embalažnega materiala iz drugega odstavka 4. člena uredbe, ki je bil recikliran v material za izdelavo nove embalaže ali druge namene, ki je bil organsko recikliran in energetsko predelan v letu 2014. S preglednice je razvidno, da je bilo v letu 2014 reciklirane v nove materiale 15.897,89 ton embalaže. Največ se je recikliralo v nove materiale papirne in kartonske embalaže, kar predstavlja 50,2 % celotne količine reciklirane embalaže. Plastike, reciklirane v nove materiale je bilo slabih 13 %. Iz preglednice 7 je tudi razvidno, da v letu 2014 niso organsko reciklirali odpadne embalaže. Iz preglednice 7 tudi vidimo, da je bilo v letu 2014 energetsko predelane 10.049,64 ton odpadne embalaže. Največ se je energetsko predelalo ostanka po sortiranju, kar predstavlja 48,2 % celotne količine energetsko predelane embalaže, sledi ji plastična embalaža s 27,4 % celotne količine energetsko predelane embalaže.

Preglednica 7: Podatki o količini in masnih deležih embalažnega materiala iz drugega odstavka 4. člena UREOE, ki je bil recikliran v material za izdelavo nove embalaže ali druge namene, ki je bil organsko recikliran in energetsko predelan v letu 2014 v družbi Gorenje Surovina d.o.o.

Embalaž. material	Dano na trg (celota) (ton)	Zbrano in prevzeto (brez mešane embalaže) (ton)	Količina materiala izsortir. iz mešane embalaže (ton)	Zbrano in prevzeto + frakcije iz mešane embalaže (ton)	Reciklir. v nove materiale (ton)	Reciklir. organsko (ton)	Energetska predelava (ton)
Papir in karton	10.291,43	7.881,30	573,79	8.455,09	7.978,68	0	476,41
Plastika	4.349,48	2.562,67	2.236,10	4.798,77	2.044,27	0	2.754,50
Les	3.930,68	2.320,10	0	2.320,10	636,76	0	1.683,34
Kovine	1.555,24	1.254,99	784,74	2.039,73	2.039,73	0	0
Steklo	960,45	3.490,37	0	3.490,37	3.198,45	0	291,92

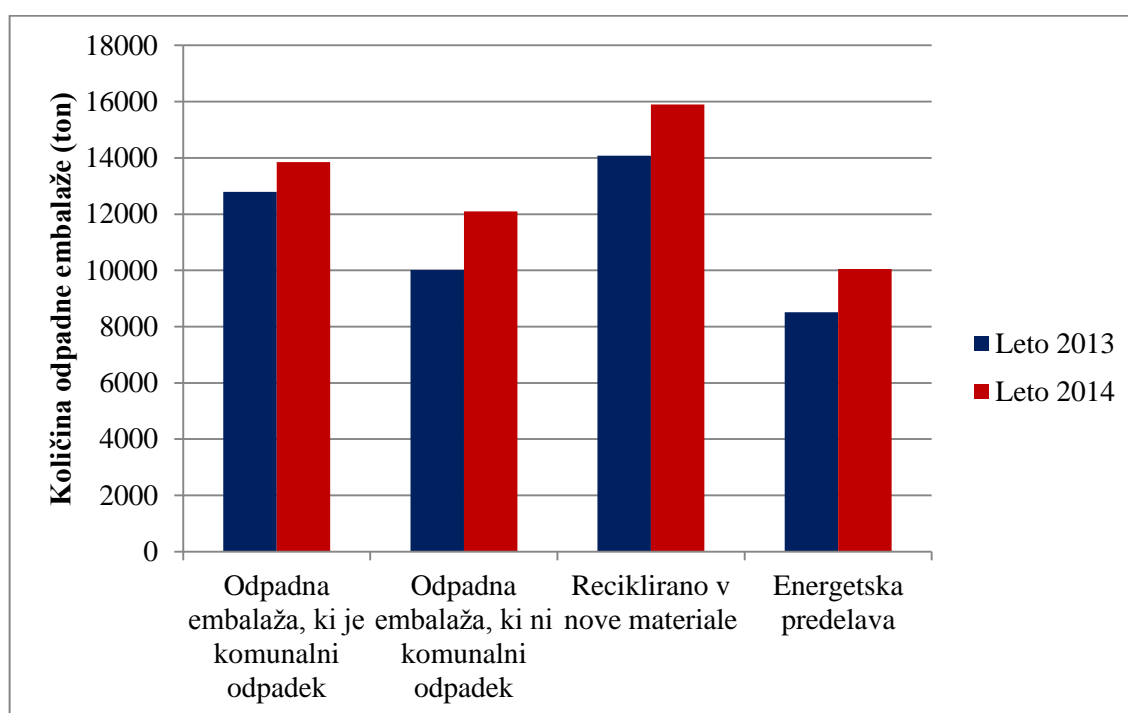
se nadaljuje...



... nadaljevanje Preglednice 7

Drugi materiali	8,22	0	0	0	0	0	0
Embalaž. onesnaž. z nevar. snovmi	6,45	360	0	360	0	0	0
Ostaneček po sortir.	/	/	4.843,47	4.843,47	0	0	4.843,47
<b>Skupaj:</b>	<b>21.146,95</b>	<b>17.509,79</b>	<b>8.438,099</b>	<b>25.947,89</b>	<b>15.897,89</b>	/	<b>10.049,64</b>

Grafikon 18 prikazuje količine zbrane odpadne embalaže v letih 2013 in 2014, ki je komunalni odpadki in količine prevzete odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadki. Prikazuje tudi količino reciklirane odpadne embalaže v nove materiale in količine energetske predelane odpadne embalaže.



Grafikon 18: Grafični prikaz količine zbrane odpadne embalaže, ki je komunalni odpadki in ki ni komunalni odpadki, količine embalaže, ki je reciklirana v nove materiale in količine energetske predelane embalaže v letih 2013 (modro) in 2014 (rdeče) v družbi Gorenje Surovina d.o.o.

V letu 2013 je družba Gorenje Surovina d.o.o. poslala v druge države članice ali izvozila v tretje države za predelavo ali sežig v sežigalnicah z energetske izrabo 2.477,51 ton odpadne embalaže – stekla, v letu 2014 pa le 291.920 kilogramov odpadne embalaže – stekla.

Družba za ravnanje z odpadno embalažo Gorenje Surovina d.o.o. je tako v letu 2013 in 2014 preseгла vse zahtevane cilje predelave odpadne embalaže, vključno z energetske predelavo in reciklažo, skladno z 22. členom UREOE. Svojo obveznost ravnanja z embalažo in odpadno embalažo je izvajala skladno z UREOE ter Načrtom ravnanja z embalažo in odpadno embalažo DROE Gorenje Surovina d.o.o.

### 2.5.8.2 Interseroh d. o. o.

V družbi Interseroh d.o.o. sledijo strateškemu cilju, da se čim več odpadnih produktov predela in kot vir surovin ponovno uporabi za izdelavo novih izdelkov. Odpadne produkte vračajo v življenje in v nove oblike. S tem zmanjšujejo vpliv delovanja svojih zavezancev na okolje [33].

Interseroh, družba za ravnanje z odpadnimi surovinami, d.o.o., zavezancem ponuja sistemske rešitve pri ravnanju z naslednjimi odpadnimi produkti:

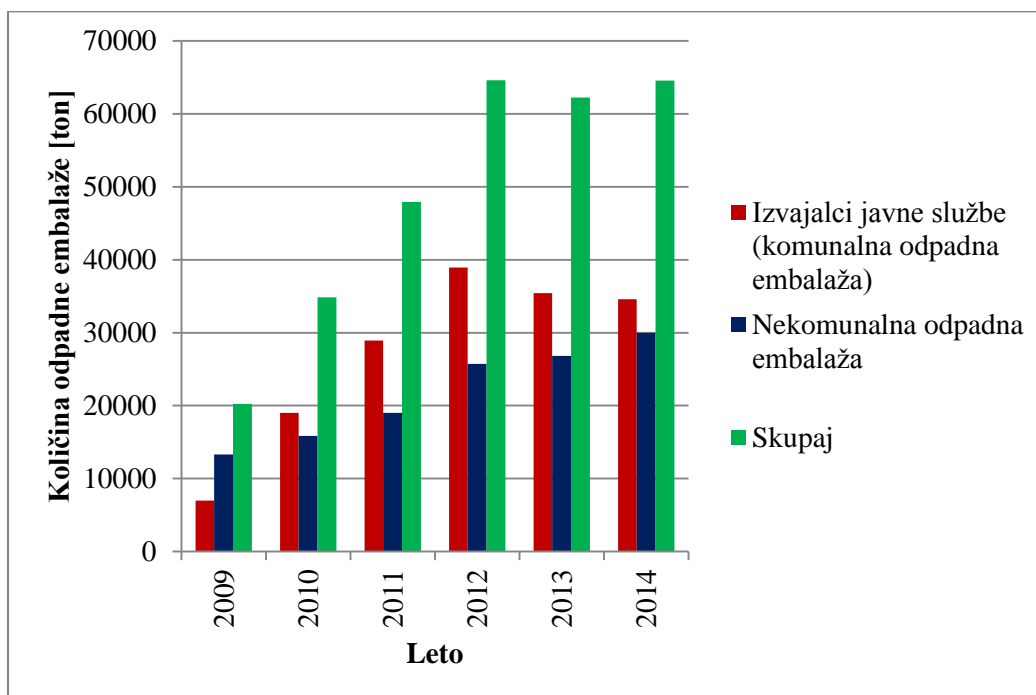
- odpadna embalaža,
- odpadna električna in elektronska oprema,
- odpadne baterije in akumulatorji,
- odpadne nagrobne sveče,
- zelene storitve in
- druge storitve.

Iz njihovega letnega poročila za leto 2013 [34] in 2014 [35] je razvidno, da je bilo v letu 2013 v sistem družbe Interseroh d.o.o. vključenih 530, v letu 2014 pa 439 zavezancev, embalerjev, pridobiteljev blaga, proizvajalcev embalaže ali pridobiteljev embalaže po 25. členu UREOE ter končnih uporabnikov iz 34. člena UREOE.

V družbi Interseroh d.o.o. so v letu 2013 zbrali 35.410 ton komunalne odpadne embalaže in 26.836 ton nekomunalne odpadne embalaže, kar skupaj znaša 62.246 ton odpadne embalaže (grafikon 19) in predstavlja 87% vse embalaže, dane na trg v sistemu Interseroh d.o.o.

Kljub nedorečenim pravilom prevzemanja odpadne embalaže, ki je komunalni odpadke, so tudi v letu 2014 pri izvajalcih javne službe prevzeli 34.602 ton odpadne embalaže, ki je komunalni odpadke in 29.978 ton odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadke. Družba Interseroh d.o.o. je do konca leta 2014 zbrala 64.580 ton odpadne embalaže (grafikon 19).

S slike 10 tudi vidimo, da je skupna količina prevzete odpadne embalaže od leta 2009 do leta 2012 strmo rasla. Med leti 2012 in 2014 se je skupna količina ustalila pri okoli 64.000 tonah.



Grafikon 19: Zbrane količine komunalne in nekomunalne odpadne embalaže med leti 2009 in 2014 v družbi Interseroh d.o.o.

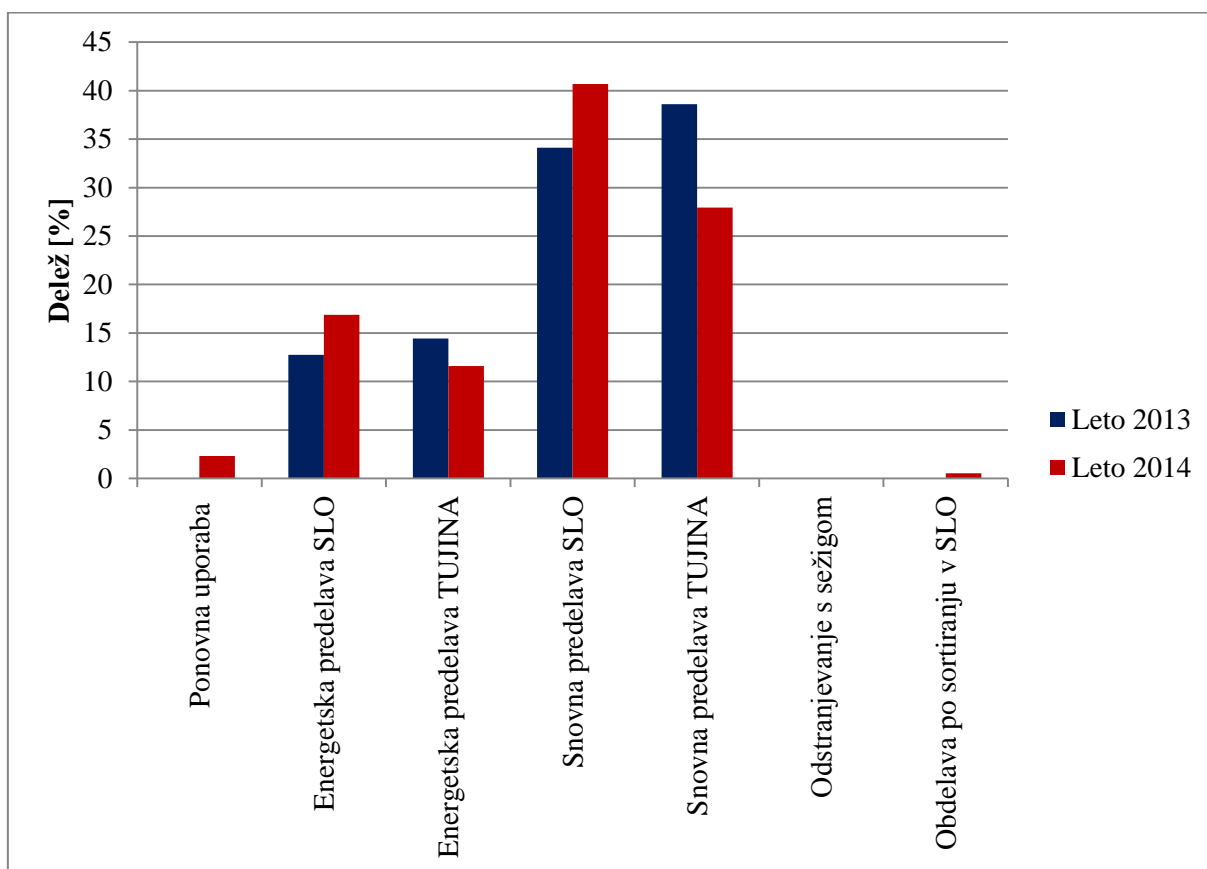
V letu 2013 so v družbi Interseroh d.o.o. zagotovili celokupno predelavo v skupni količini 62.459 ton, kar ustreza 87 % vseh količin, danih na trg v okviru družbe Interseroh d.o.o.. Od 62.459 ton so zagotovili 46,9% predelave v Sloveniji in 53,1 % predelave v tujini in sicer:

- 19,26 ton ponovne uporabe,
- 16.972 ton energetske predelave zaradi pridobivanja energije in
- 45.414 ton snovne predelave,
- 28.630 kilogramov odpadne embalaže so odstranili s sežigom in
- 24.480 kilogramov odpadne embalaže iz ostanka po sortiranju pa je bilo obdelanih v Sloveniji pri pooblaščenih izvajalcih.

Tudi v letu 2014 so zagotovili celokupno predelavo v skupni količini 61.248 ton, kar ustreza kar 95 % vseh količin, danih na trg v okviru sistema Interseroh d.o.o. Od 61.248 ton so zagotovili 59,30 % predelave v Sloveniji in 40,70 % v tujini, in sicer:

- 1.420 ton ponovne uporabe,
- 17.450 ton energetske predelave z namenom pridobivanja energije in
- 42.024 ton snovne predelave,
- 20.190 kilogramov odpadne embalaže so odstranili s sežigom,
- 333 ton odpadne embalaže iz ostanka po sortiranju pa je bilo obdelane v Sloveniji pri naših pooblaščenih izvajalcih.

Z grafikona 20 je najbolj opazna razlika snovne predelave odpadne embalaže v Sloveniji in tujini. V letu 2013 se je za slabih 5 % manj odpadne embalaže snovno predelalo v Sloveniji glede na tujino. Popolnoma obratna situacija pa se je zgodila leta 2014, ko se je za slabih 13 % povečala snovna predelava odpadne embalaže v Sloveniji glede na snovno predelavo v tujini.



Grafikon 20: Grafični prikaz deležev celokupne predelave odpadne embalaže v letih 2013 (modro) in 2014 (rdeče) v družbi Interseroh d.o.o.

### 2.5.8.3 Recikel d.o.o.

Družba Recikel d.o.o. je bila ustanovljena zaradi ugotovitve, da živimo in delujemo v prostoru, katerega je svetovna kriza dodobra načela in prisilila v iskanje notranjih rezerv na vseh področjih, tako tudi na področju ravnanja z odpadno embalažo. Potreba po čim manj udeležencev v zagotavljanju ustreznega ravnanja z odpadno embalažo jim daje prostor, da s svojim partnerjem in podizvajalcem, ob upoštevanju vseh sinergij, trgu in zavezancem ponudijo uslugo na osnovi največjih optimizacij. Delo z minimalnimi stroški, visoko optimizirano in prilagojeno posameznemu zavezancu in IJS, jim omogoča ravnanje z odpadno embalažo pod minimalnimi pogoji [36].

Iz njihovega letnega poročila za leto 2013 [28] je razvidno, da v prvem trimesečju 2013 ni bilo možno skleniti novih pogodb z zavezanci, saj je prekinitev pogodbe z obstoječimi družbami možna le ob koncu tekočega leta. V podjetju Recikel d.o.o. so pogodbe za leto 2013 lahko sklenili le s štirimi podjetji, ki so lahko prekinila pogodbo z obstoječo družbo oziroma še niso imela podpisane pogodbe z obstoječimi družbami. Navedena dejstva so tudi vzrok, da družba Recikel d.o.o. ni mogla skleniti pogodb z Izvajalci javnih služb (IJS), niti ni smela prevzeti odpadne embalaže, ki je komunalni odpadek od IJS.

Iz njihovega letnega poročila za leto 2014 [37] je razvidno, da so v družbi Recikel d.o.o. s 1. 1. 2014 pogodbeno prevzeli obveznosti 108 podjetij, ki so zavezanci za ravnanje z embalažo in odpadno embalažo.

Družba je v letu 2013 zagotavljala predvsem zbiranje odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadek, saj jim je bilo zbiranje odpadne embalaže, ki je komunalni odpadek onemogočeno. Količina embalaže, ki so jo podjetja dala na trg Republike Slovenije skupaj z blagom in so s pogodbo prenesla svoje obveznosti na družbo Recikel d.o.o. znaša 478,95 ton, od tega kar 26 % plastične embalaže. Glede na vrsto odpadne embalaže je prikazano v preglednici 8.

Preglednica 8: Količina embalaže, ki ni komunalni odpadek, ki so jo podjetja dala na trg Republike Slovenije v letu 2013 v družbi Recikel d.o.o.

Vrsta embalaže	Količina (ton)	Odstotek (%)
Papirna in kartonska embalaža	233,66	48,79
Plastična embalaža	124,15	25,92
Kovinska embalaža	12,76	2,66
Steklena embalaža	96,21	20,09
Sestavljena embalaža I.	11,56	2,41
Sestavljena embalaža II.	0,61	0,13
Nevarna embalaža	0	0
<b>Skupaj:</b>	<b>478,95</b>	<b>100 %</b>

Družba Recikel d.o.o. je v letu 2014 prevzela obveznosti v skupni količini 31.702,92 ton embalaže dane na trg Republike Slovenije in sicer ločeno 31.348,35 ton embalaže zavezancev, ki so svoje obveznosti skladno s 25. členom UREOE prenesli na družbo Recikel d.o.o. in v količini 354,57 ton embalaže zavezancev, ki so svoje obveznosti skladno s 34. členom UREOE prenesli na družbo Recikel d.o.o. Glede na embalažni material so količine odpadne embalaže, ki je komunalni odpadek prikazane v preglednici 9, grafično pa na grafikonu 21.

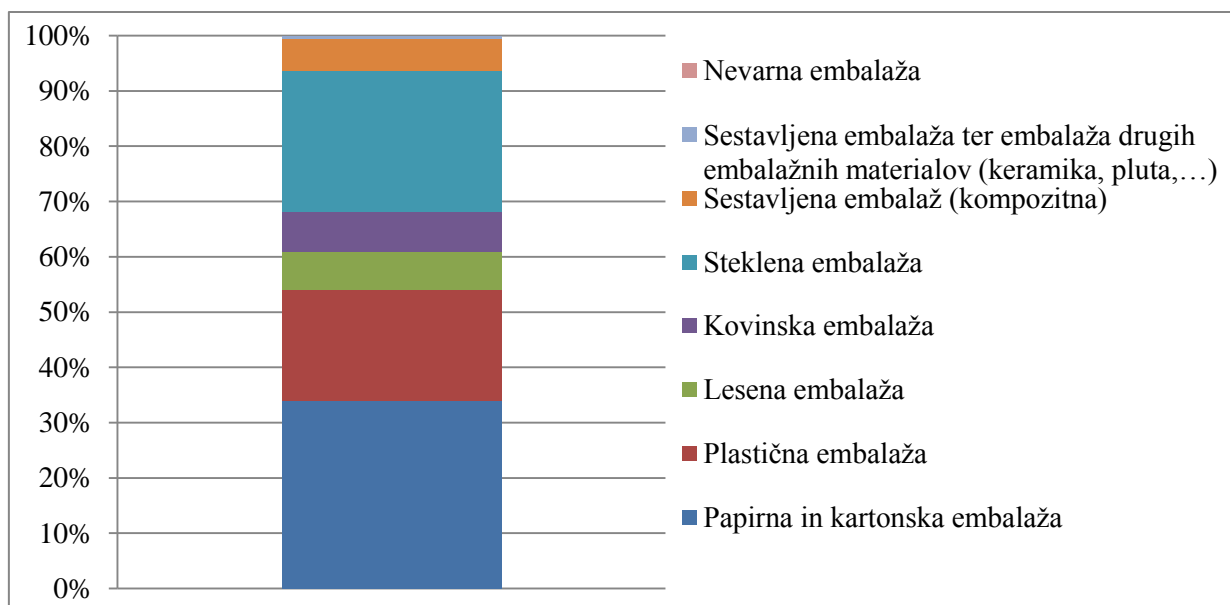
Preglednica 9: Poročanje vseh zavezancev družbe Recikel d.o.o. v letu 2014 po embalažnih materialih

Embalažni material	Količina (ton)	Odstotek (%)
Papirna in kartonska embalaža	10.752,39	33,92
Plastična embalaža	6.352,27	20,04

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 9

Lesena embalaža	2.197,14	6,93
Kovinska embalaža	2.310,49	7,29
Steklena embalaža	8.070,68	25,46
Sestavljena embalaž (kompozitna)	1.853,10	5,85
Sestavljena embalaža ter embalaža drugih embalažnih materialov (keramika, pluta,...)	166,71	0,53
Nevarna embalaža	0,15	0
<b>Skupaj:</b>	<b>31.702,92</b>	<b>100 %</b>



Grafikon 21: Graf poročanja vseh zavezancev družbe Recikel d.o.o. v letu 2014 po embalažnih materialih

Do konca leta 2013 so od povzročiteljev odpadne embalaže prevzeli skupaj 249,94 ton odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadki v skupni masi, kar je po količini glede na vrsto odpadnega materiala prikazano v preglednici 10. V povprečju se je snovno predelalo 91,7 % odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadki. Preostanek, ki predstavlja 8,3 %, pa se je energetske predelal. Snovno se je predelalo 87,8 % plastične embalaže, energetske pa 12,2 %.

Do konca leta 2014 so od povzročiteljev odpadne embalaže prevzeli 7.351,75 ton odpadne embalaže v skupni masi, ki ni komunalni odpadki. Količine prevzete odpadne embalaže glede na vrsto odpadnega materiala so prikazane v preglednici 10. Vsa odpadna embalaža, ki ni komunalni odpadki se je snovno predelala.

Preglednica 10: Prevzeta odpadna embalaža, ki ni komunalni odpadki v letih 2013 in 2014 ter njena predelava v družbi Recikel d.o.o.

Vrsta embalaže	Prevzeta odpadna embalaža 2013 (ton)	Prevzeta odpadna embalaža 2014 (ton)	Snovna predelava 2013 (ton)	Snovna predelava 2014 (ton)	Energetska predelava 2013 (ton)
Papirna in kartonska embalaža	175,09	5.201,43	171,05	5.201,43	4,04

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 10

Plastična embalaža	43,51	867,74	38,21	867,74	5,30
Steklena embalaža	10,95	597,66	10,40	597,66	0,55
Kovinska embalaža	1,37	43,20	1,09	43,20	0,27
Lesena embalaža	19,03	575,59	18,65	575,59	0,38
Sestavljena embalaža	0	66,14	0	66,14	0
<b>Skupaj:</b>	<b>249,94</b>	<b>7.351,76</b>	<b>239,40</b>	<b>7.351,76</b>	<b>10,54</b>

V začetku leta 2014 so v podjetju pričeli tudi s prevzemanjem odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadki, kot tudi odpadne embalaže, ki je komunalni odpadki. Le to je ključno pri delovanju družbe za ravnanje z odpadno embalažo. V preglednici 11 je prikazana prevzeta odpadna embalaža, ki je komunalni odpadki in njena obdelava. S preglednice je razvidno, da je bilo prevzete odpadne embalaže 15.268,55 ton. Od tega se je 9.763,38 ton snovno predelalo, kar predstavlja slabih 64% vse prevzete odpadne embalaže, ki je komunalni odpadki, energetska pa se je predelalo 5.504,65 ton, kar pa predstavlja 36% vse prevzete odpadne embalaže, ki je komunalni odpadki. Vsa plastična embalaža se je v letu 2014 snovno predelala.

Preglednica 11: Prevzeta odpadna embalaža, ki je komunalni odpadki in njena obdelava v letu 2014 v družbi Recikel d.o.o.

Vrsta embalaže	Prevzeta odpadna embalaža (ton)	Snovna predelava (ton)	Energetska predelava (ton)	Druga predelava (ton)
Papirna in kartonska embalaža	1.672,46	1.672,46	0	0
Plastična embalaža	452,47	452,47	0	0
Lesena embalaža	1,90	1,90	0	0
Kovinska embalaža	10,18	10,18	0	0
Mešana embalaža	9.727,67	4.223,01	5.504,65	0
Steklena embalaža	3.403,37	3.403,37	0	0
Nevarna embalaža	0,52	0	0	0,52
<b>Skupaj:</b>	<b>15.268,55</b>	<b>9.763,38</b>	<b>5.504,65</b>	<b>0,52</b>

#### 2.5.8.4 Unirec d.o.o.

Družba Unirec d.o.o. je neodvisna družba, ki združuje strokovnjake s področja upravljanja in vodenja skupnih sistemov ravnanja z odpadki ter poznavalce posameznih vrst odpadne embalaže, postopkov predelave in optimalnega zbiranja po vsej Sloveniji. DROE Unirec d.o.o. je leta 2006 ustanovila družba Dinos, d. d., ki ima v Sloveniji že več kot 65-letno tradicijo.

V družbi Unirec d.o.o. se zavzemajo za dosledno ločevanje in prevzemanje odpadne embalaže po celi Sloveniji. Svojo učinkovitost dokazujejo z nenehno rastjo tržnega deleža. To jim uspe z nenehnim prilagajanjem razmeram in potrebam na trgu, s transparentnim delovanjem in sodelovanjem z vsemi deležniki v sistemu [38].

Iz njihovega letnega poročila za leto 2013 [39] in 2014 [40] je razvidno, da je bilo v letu 2013 v sistem družbe Unirec d.o.o. vključenih 45, v letu 2014 pa 147 zavezancev, embalerjev, pridobiteljev blaga,

proizvajalcev embalaže ali pridobiteljev embalaže po 25. členu UREOE ter končnih uporabnikov iz 34. člena UREOE.

V preglednici 12 so prikazani podatki o količinah in vrstah embalažnega materiala v embalaži, ki so jo zavezanci družbe dali v promet v letu 2013 in 2014. S preglednice je razvidno, da je družba Unirec d.o.o. v letu 2013 dala v promet 10.172,6 ton odpadne embalaže. Od tega je družba pridobila 8.253,20 ton embalaže po 25. členu UREOE in 1.882,80 ton embalaže po 34. členu UREOE. Največji delež predstavlja steklena embalaža, to je 45,5 %. Plastična embalaža predstavlja dobrih 10 %.

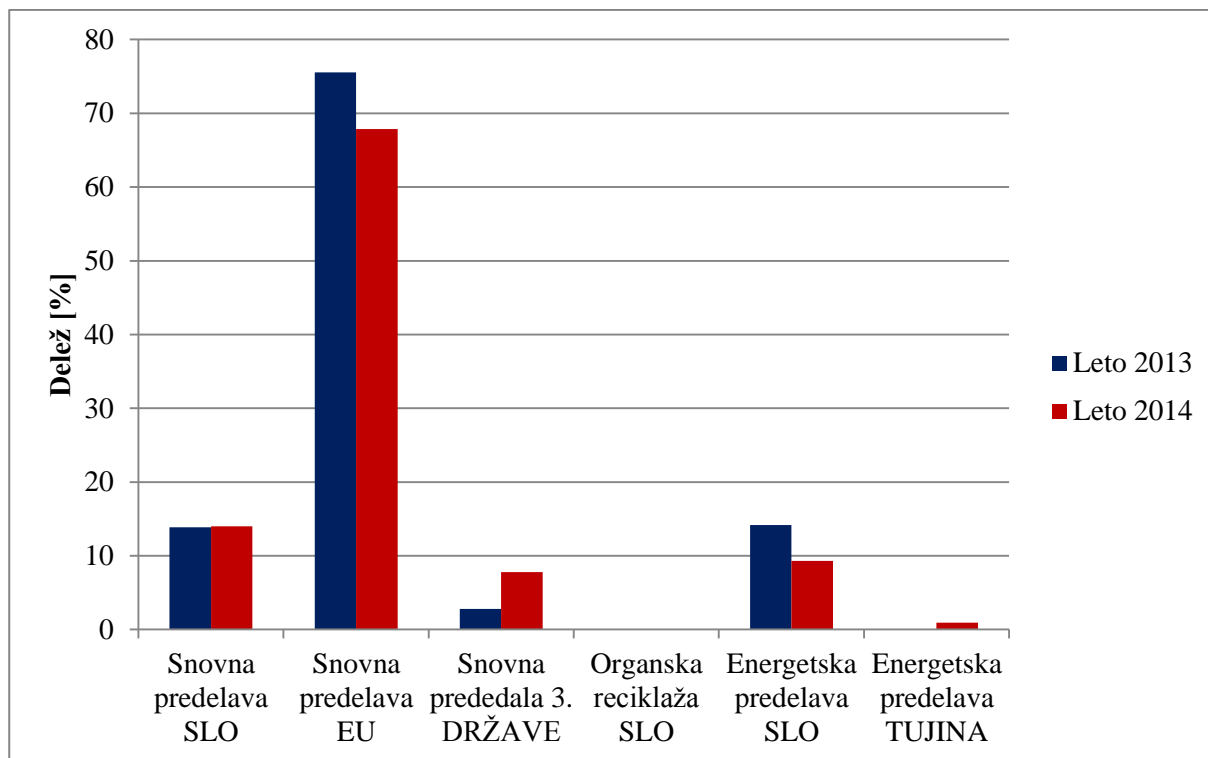
V preglednici 12 so prikazani tudi podatki o količinah in vrstah embalažnega materiala v embalaži, ki so jo zavezanci družbe dali v promet v letu 2014. Družba je v letu 2014 dala v promet skupaj 41.729,3 tone odpadne embalaže. Od tega je družba pridobila 37.202,7 ton embalaže po 25. členu UREOE in 4.526,8 ton embalaže po 34. členu UREOE. Največji delež predstavlja papirna in kartonska embalaža, to je 41 %. Plastična embalaža predstavlja slabih 20 %.

Preglednica 12: Podatki o količinah in vrstah embalažnega materiala v embalaži, ki so jo zavezanci družbe Unirec d.o.o. dali v promet v letu 2013 in 2014

<b>Embalažni material</b>	<b>Skupaj 2013 (ton)</b>	<b>Skupaj 2014 (ton)</b>
Karton in papirna embalaža	2.330,90	17.166,30
Plastična embalaža	1.039,20	8.227,20
Kovinska embalaža	396,30	3.299,80
Lesena embalaža	1.343,80	4.824,80
Steklena embalaža	4.635,50	6.592,31
Embalaža nevarnih snovi	1,40	6,22
Drugi materiali	13,10	24,77
Sestavljeni materiali – prevladuje papir	395,10	1.515,40
Sestavljeni material – prevladujejo drugi materiali	2,90	1,21
Sestavljeni material – prevladuje plastika	14,40	71,30
<b>Skupaj:</b>	<b>10.172,60</b>	<b>41.729,30</b>

Družba Unirec d.o.o. je v letu 2013 prevzela 8.788,60 ton odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadki od distributerjev, 5.098,60 ton odpadne embalaže, ki je komunalni odpadki od izvajalcev javnih služb (IJS) in 677,80 ton izsortirane mešane embalaže od IJS. Skupaj je družba Unirec d.o.o. prevzela in dala v predelavo 12.871 ton odpadne embalaže. Ostanke po sortiranju je bilo 820,50 tone. V letu 2013 so reciklirali (snovna predelava) skupaj 11.867,30 tone, od tega 15 % v Sloveniji, 82 % v državah članicah Evropske Unije in 3 % v 3. državah. 2,97 tone odpadne embalaže so organsko reciklirali (kompostirali) v Sloveniji. Energetsko je bilo skupaj predelano 1.821,90 ton odpadne embalaže. Vsa energetska predelava je bila v Sloveniji. Opisane vrednosti so grafično prikazane na grafikonu 22. Odstranjenosti v letu 2013 ni bilo.

Družba Unirec d.o.o. je v letu 2014 prevzela 29.493,70 ton odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadki od distributerjev, 23.108,30 ton odpadne embalaže, ki je komunalni odpadki od IJS in 5.552,80 ton izsortirane mešane embalaže od IJS. Skupaj je družba Unirec d.o.o. prevzela in dala v predelavo 43.732 ton odpadne embalaže. Ostanke po sortiranju je bilo 8.764 ton. V letu 2014 so reciklirali (snovna predelava) skupaj 39.223,20 ton, od tega 15,6 % v Sloveniji, 75,7 % v državah članicah Evropske Unije in 8,7 % v 3. državah. 19,10 tone odpadne embalaže so organsko reciklirali v Sloveniji. Energetsko je bilo skupaj predelano 4.472,10 ton odpadne embalaže. Od tega se je 90,8 % energetska predelala v Sloveniji in 9,2 % v Evropski Uniji. Opisane vrednosti so grafično prikazane na grafikonu 22. Odstranjenosti v letu 2014 ni bilo.



Grafikon 22: Grafični prikaz deležev predelave v letih 2013 in 2014 za družbo Unirec d.o.o.

Družba za ravnanje z odpadno embalažo Unirec d.o.o. je tako v letu 2013, kot tudi v letu 2014 presegla vse zahtevane cilje predelave odpadne embalaže, vključno z energetsko predelavo in reciklažo, skladno z 22. členom UREOE. Svojo obveznost ravnanja z embalažo in odpadno embalažo je izvajala skladno z UREOE ter Načrtom ravnanja z embalažo in odpadno embalažo.

#### 2.5.8.5 Slopak d.o.o.

V družbi Slopak d.o.o. prevzemajo odpadno embalažo, odpadno elektronsko in električno opremo, odpadne baterije in zdravila ter odpadne gume. Odgovornost proizvajalca velja za [41]:

- embalažo,
- električno in elektronsko opremo,
- baterije in akumulatorje,
- zdravila,
- avtomobilске in traktorske gume in
- fitofarmacevtska sredstva, ki vsebujejo nevarne snovi.

Iz njihovega letnega poročila za leto 2013 [42] in 2014 [43] je razvidno, da je bilo v letu 2013 v sistem družbe Slopak d.o.o. vključenih 1.003, v letu 2014 pa 817 zavezancev, embalerjev, pridobiteljev blaga, proizvajalcev embalaže ali pridobiteljev embalaže po 25. členu UREOE ter končnih uporabnikov iz 34. člena UREOE.

V preglednici 13 so prikazane količine embalaže po posameznih osnovnih materialih, ki so jih zavezanci, vključeni v sistem družbe Slopak d.o.o. dali na slovenski trg v letih 2013 in 2014.



Preglednica 13: Skupna količina embalaže, ki so jo dali na trg zavezanci vključeni v sistem družbe Slopak d.o.o. v letih 2013 in 2014

Vrsta materiala	Količina embalaže – leto 2013		Količina embalaže – leto 2014	
	(ton)		(ton)	
Papir	35.431		13.438	
Plastika	23.346		11.638	
Les	9.309		7.665	
Kovina	8.619		4.508	
Sestavljena embalaža	4.526		1.369	
Steklo	17.403		7.701	
Nevarna embalaža	88		22	
<b>Skupaj:</b>	<b>98.722</b>		<b>46.341</b>	

Zavezanci, vključeni v sistem družbe Slopak d.o.o., so v letu 2013 dali na slovenski trg 98.722 ton embalaže, v letu 2014 pa le 46.341 tone, kar je za 53 % manj, kot leto prej. Tako v letu 2013, kot tudi v letu 2014 se je na trg dalo največ papirne in kartonske embalaže (leta 2013 je bil delež 35,9 %, leta 2014 pa 29 %). Plastična embalaža je leta 2013 predstavljala slabih 24 %, leta 2014 pa dobrih 25 %.

V letu 2013 je sistem družbe Slopak d.o.o. v zbirnih centrih izvajalcev lokalnih javnih služb ravnanja s komunalnimi odpadki prevzel 54.501 ton odpadne embalaže, ki je komunalni odpadek, v letu 2014 pa le 27.645 ton odpadne embalaže, ki je komunalni odpadek. Količine glede na vrsto odpadnega materiala so prikazane v preglednici 14.

Družba Slopak d.o.o. je v letu 2014 prevzela slabih 27.000 ton manj odpadne embalaže, ki je komunalni odpadek, kot leto prej. Največja razlika je v prevzeti plastiki. Leta 2013 so prevzeli 33.300 ton plastike, v letu 2014 pa le 630 ton in v prevzeti kovini, ki je leta 2014 skoraj ni bilo. Leta 2013 so prevzeli 2.300 ton kovin, v letu 2014 pa le 9 ton. V letu 2014 so prevzeli kar 17.300 ton mešane odpadne embalaže, ki je v letu 2013 sploh niso prevzeli.

Rezultati analize prevzetih količin ločeno zbranih frakcij po posameznih prispevnih območjih in po številu prebivalstva kažejo precejšnja odstopanja med posameznimi območji. Vrsta odpadne embalaže, zbrane oziroma prevzete od izvajalcev javnih služb, se razlikuje po posameznih prispevnih območjih, na kar vpliva predvsem prisotnost industrije in storitvenih dejavnosti, ki so vključeni v sistem zbiranja preko javnih služb, kupna moč populacije ter način zbiranja in sortiranja zbranih odpadkov.

V letu 2013 je sistem družbe Slopak d.o.o. pri končnih uporabnikih in distributerjih prevzel 32.379 ton odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadek, v letu 2014 pa le 11.637 ton odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadek. Količine glede na vrsto odpadnega materiala so prikazane v preglednici 14.

Če primerjamo leti 2013 in 2014 vidimo, da se je količina prevzete odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadek v letu 2014 zmanjšala za 65%. Ločeno po frakcijah se je količina pri papirju zmanjšala za kar 80%.

Preglednica 14: Količina in vrste embalažnega materiala v prevzeti in zbrani odpadni embalaži ter masni deleži tega embalažnega materiala v letih 2013 in 2014 za družbo Slopak d.o.o.

Material	Komunalna		Nekomunalna		Skupna količina		Masni delež	
	(ton)		(ton)		(ton)		(%)	
	Leto 2013	Leto 2014	Leto 2013	Leto 2014	Leto 2013	Leto 2014	Leto 2013	Leto 2014
Papir	6.743	2.812	21.315	4.354	28.058	7.166	32	18
Plastika	33.292	627	4.735	1.959	38.027	2.586	44	7
Les	474	670	3.927	2.384	4.401	3.053	5	8
Kovina	2.265	9	824	836	3.089	845	4	2

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 14

Steklo	11.725	6.259	1.530	1.664	13.255	7.923	15	20
Mešana	/	17.262	/	280	/	17.543	/	45
Drugo	2	6	48	160	50	166	0	0
<b>Skupaj:</b>	<b>54.501</b>	<b>27.644</b>	<b>32.379</b>	<b>11.638</b>	<b>86.880</b>	<b>39.282</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

V preglednici 15 so navedene količine reciklirane odpadne embalaže v letu 2013 in letu 2014. V letu 2013 je bilo recikliranega 69.449 ton materiala, v letu 2014 pa 28.790 ton materiala. Leta 2013 se je največ materialno recikliralo papirja (38,4 %), leto kasneje pa plastike (33,8 %).

V družbi Slopak v letu 2013 in 2014 ni bilo organsko reciklirane in predelane odpadne embalaže. V preglednici 15 je prikazana količina in masni delež energetsko predelane odpadne embalaže. Leta 2013 je bilo energetsko predelane 19.847 ton odpadne embalaže, kar predstavlja 22,84 % celotne zbrane količine odpadne embalaže. V letu 2014 pa je bilo energetsko predelane 10.493 ton odpadne embalaže, kar predstavlja 26,7 % celotne zbrane količine odpadne embalaže. Največ se je energetsko predelalo plastike. Leta 2013 je bil delež energetsko predelane plastike kar 77 %, leta kasneje pa 74 %.

Preglednica 15: Količine energetsko predelane in materialno reciklirane odpadne embalaže za leti 2013 in 2014 za družbo Slopak d.o.o.

Material	Zbrana količina (ton)		Energetska predelava (ton)		Materialna reciklaža (ton)	
	Leto 2013	Leto 2014	Leto 2013	Leto 2014	Leto 2013	Leto 2014
Papir	28.058	8.569	1.403	427	26.655	8.142
Plastika	38.027	17.497	15.313	7.762	22.816	9.735
Les	4.401	3.053	3.081	2.137	4.401	916
Kovina	3.089	2.073	0	0	2.935	2.073
Steklo	13.255	7.923	0	0	12.592	7.923
Drugo	50	166	50	166	50	0
<b>Skupaj:</b>	<b>86.880</b>	<b>39.282</b>	<b>19.847</b>	<b>10.493</b>	<b>69.449</b>	<b>28.790</b>

Del prevzete odpadne embalaže, katere predelava oziroma recikliranje bi v družbi Slopak d.o.o. povzročila nerazumno visoke stroške, je bil preusmerjen na odlagališče. Gre za odstranjevanje D<sub>1</sub> in D<sub>10</sub>. V letu 2013 je bilo tako 102 toni (52 ton stekla in 50 ton drugega materiala) preusmerjeno na odlagališče, v letu 2014 pa 77 ton (drug material).

Za nevarno odpadno embalažo je družba zagotovila ravnanje v skladu z veljavnimi predpisi. Tako so dali zavezanci, vključeni v sistem družbe v letu 2013, na trg 88 ton embalaže, v katero je bilo embalirano nevarno blago, v letu 2014 pa 22 ton. Sistem družbe Slopak je za to odpadno embalažo zagotovil odstranjevanje po postopku D<sub>10</sub> (sežiganje na kopnem) in sicer v letu 2013 za 50 ton odpadne embalaže, ki je nevaren odpadek, v letu 2014 pa za 77 ton.

Družba Slopak je v letu 2013 poslala v druge države EU ali izvozila v tretje države za predelavo ali sežiganje v sežigalnicah z energetsko izrabo 19.847 ton odpadne embalaže, v letu 2014 pa 22.657 ton.

#### 2.5.8.6 Embakom d.o.o.

Iz njihovega letnega poročila za leto 2013 [44] in 2014 [45] je razvidno, da je bilo v letu 2013 v sistem družbe Embakom d.o.o. vključeno le eno podjetje, v letu 2014 pa 18 zavezancev, embalerjev, pridobiteljev blaga, proizvajalcev embalaže ali pridobiteljev embalaže po 25. členu UREOE ter končnih uporabnikov iz 34. člena UREOE.

Podjetje je v letu 2013 prevzelo obveznosti ravnanja z embalažo v količini 52,37 ton. Vsa embalaža je bila embalaža, ki ni komunalni odpadek. V letu 2014 pa so podjetja prevzelo obveznosti ravnanja z

embalažo v količini 2.454,45 ton, od tega je bilo preneseno po 25. členu 2.297,05 ton in po 35. členu 157,40 ton, kar je glede na količino in vrsto embalažnega materiala prikazano v preglednici 16.

Preglednica 16: Količine in vrste embalažnega materiala v embalaži, ki so jo dali zavezanci podjetja Embakom d.o.o. v promet leta 2013 in leta 2014

Vrsta embalažnega materiala	Skupaj 2013 (ton)	Skupaj 2014 (ton)
Papir in karton - skupaj	18,34	567,43
Prodajna embalaža iz papirja in kartona	8,65	77,56
Skupinska in transportna embalaža iz papirja in kartona	9,69	489,87
Plastika - skupaj	2,86	236,46
Prodajna embalaža iz plastike	0,55	132,50
Skupinska in transportna embalaža iz plastike	2,32	82,88
PET – platenke od pijač	0	21,08
Les	31,17	451,47
Kovine	0	100,66
Steklo	0	1.074,07
Sestavljeni materiali - skupaj	0	20,20
Sestavljeni materiali - iz največ treh vrst materialov z možnostjo neposredne predelave	0	18,19
Drugi sestavljeni materiali	0	2,01
Drugi materiali	0	0,07
Embalaža, onesnažena z nevarnimi snovmi	0	4,09
<b>Skupaj:</b>	<b>52,37</b>	<b>2.454,45</b>

Pri 5 izvajalcih javne službe je družba v letu 2013 zbrala 264,40 ton odpadne embalaže, ki je komunalni odpadek, pri končnih uporabnikih in distributerjih pa je zbrala tudi 78,86 ton odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadek. V sistemu družbe Embakom d.o.o. so tako v letu 2013 skupaj zbrali 343,26 ton odpadne embalaže. Količine prevzete oziroma zbrane odpadne embalaže v letu 2013 od IJS, po posameznih vrstah materialov, so prikazane v preglednici 17.

Pri vseh IJS so v družbi v letu 2014 zbrali 2.502,05 ton odpadne embalaže, ki je komunalni odpadek. Pri končnih uporabnikih in distributerjih so zbral 2.625,16 ton odpadne embalaže, ki ni komunalni odpadek. V sistemu družbe Embakom d.o.o. so tako v letu 2014 zbrali skupaj 5.127,21 ton odpadne embalaže. Količine prevzete oziroma zbrane odpadne embalaže v letu 2014, po posameznih vrstah materialov, so prav tako prikazane v preglednici 17.

Preglednica 17: Količine prevzete oziroma zbrane odpadne embalaže od IJS v letu 2013 in 2014, po posameznih vrstah materialov za družbo Embakom d.o.o.

Vrsta materiala	Celotna količina zbrane OE v letu 2013 (ton)	Celotna količina zbrane OE v letu 2014 (ton)
Steklo	0	1.081,83
Papir	153,79	2.000,45
Plastika	165,91	457,46
Kovine	2,46	76,10
Les	21,10	543,88

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 17

Sestavljena embalaža	0	26,34
Mešana embalaža	0	941,16
<b>Skupaj:</b>	<b>343,26</b>	<b>5.127,21</b>

Preglednica 18 prikazuje količine in masne deleže embalažnega materiala, ki je bil v letu 2013 recikliran v material za izdelavo nove embalaže ali druge namene, organsko recikliran in energetsko predelan. Od skupno 343,26 ton zbrane odpadne embalaže je bilo 268,64 ton embalaže masno reciklirane, kar predstavlja 78,26 %, 21,10 tone odpadne embalaže je bilo organsko reciklirane, kar predstavlja 6,15 % celotne mase, energetsko pa je bilo predelano 53,52 ton odpadne embalaže, kar predstavlja 15,59 %. Če pogledamo samo plastično embalažo, se je 67,70 % masno recikliralo, preostali del pa se je energetsko predelal.

Preglednica 18: Količine in masni deleži embalažnega materiala, ki je bil recikliran v material za izdelavo nove embalaže ali druge namene, organsko recikliran in energetsko predelan material, za družbo Embakom d.o.o.

Vrsta materiala	Celotna količina zbrane OE v letu 2013 (ton)	Masna reciklaža		Organska reciklaža		Energetska predelava	
		Količina (ton)	Masni delež (%)	Količina (ton)	Masni delež (%)	Količina (ton)	Masni delež (%)
Steklo	0	0	0	0	0	0	0
Papir	153,79	153,79	100	0	0	0	0
Plastika	165,91	112,386	67,7	0	0	53,52	32,3
Kovine	2,46	2,46	100	0	0	0	0
Les	21,1	0	0	21,1	100	0	0
<b>Skupaj:</b>	<b>343,257</b>	<b>268,637</b>	<b>78,26</b>	<b>21,1</b>	<b>6,15</b>	<b>53,52</b>	<b>15,59</b>

Preglednica 19 prikazuje količine in masne deleže embalažnega materiala, ki je bil v letu 2014 recikliran v material za izdelavo nove embalaže ali druge namene, organsko recikliran in energetsko predelan material. Od skupno 5.127,21 ton zbrane odpadne embalaže je bilo 4.007,76 ton embalaže masno reciklirane, kar predstavlja 78,17 %, organske reciklaže v tem letu ni bilo, energetsko pa je bilo predelano 1.119,45 ton odpadne embalaže, kar predstavlja 21,83 %. Če pogledamo samo plastično embalažo, se je 96,67 % masno recikliralo, preostali del pa se je energetsko predelal.

Preglednica 19: Količine in masni deleži embalažnega materiala, ki je bil recikliran v material za izdelavo nove embalaže ali druge namene, organsko recikliran in energetsko predelan, za družbo Embakom d.o.o.

Vrsta materiala	Celotna količina zbrane OE v letu 2013 (ton)	Masna reciklaža		Organska reciklaža		Energetska predelava	
		Količina (ton)	Masni delež (%)	Količina (ton)	Masni delež (%)	Količina (ton)	Masni delež (%)
Steklo	1.090,45	1.090,45	100	0	0	0	0
Papir	2.026,89	2.026,89	100	0	0	0	0
Plastika	717,88	694,01	96,67	0	0	23,87	3,33
Kovine	135,72	135,72	100	0	0	0	0
Les	543,88	0	0	0	0	543,88	100
Sestavljena embalaža	60,69	60,69	100	0	0	0	0
Ostanek po sortiranju	551,70	0	0	0	0	551,70	100
<b>Skupaj:</b>	<b>5.127,21</b>	<b>4.007,76</b>	<b>78,17</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1.119,45</b>	<b>21,83</b>

Benčina, A. 2016. Možnost uporabe in omejitve gradbenih plošč iz odpadne embalaže.

Mag. d. Ljubljana, UL FGG, Odd. za okoljsko gradbeništvo, Magistrski študijski program Vodarstvo in okoljsko inženirstvo.

### 2.5.8.7 Povzetek

V preglednici 20 je prikazan povzetek količin odpadne embalaže za vseh šest DROE, ki so bile dane v promet, prevzete komunalne in nekomunalne odpadne embalaže ter skupne količine reciklirane, snovne, energetske,... predelave. S preglednice vidimo, da je po količini prevzete odpadne embalaže najmočnejši Interseroh, najmanjši pa trenutno Embakom.

Preglednica 20: Povzetek DROE

	INTERSEROH		GORENJE SUROVINA		RECIKEL		SLOPAK		EMBAKUM		UNIREC	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Št. Zavezancev	530	439	102	111	4	108	1013	821	1	18	-	-
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
Količina embalaže, dane v promet po 25. členu	64.288	56.222	10.516,94	13.461,93	-	31.348,35	-	-	40,93	2.297,05	8.289,85	37.202,47
Količina embalaže, dane v promet po 34. členu	7.234	8.011	5.906,73	7.685,02	-	354,57	-	-	11,44	157,40	1.882,74	4.526,792
<b>Skupaj</b>	<b>71.522</b>	<b>64.233</b>	<b>16.423,67</b>	<b>21.146,95</b>	<b>478,95</b>	<b>31.702,92</b>	<b>98.722</b>	<b>46.341</b>	<b>52,37</b>	<b>2.454,45</b>	<b>10.172,60</b>	<b>41.729,26</b>
Prevzeta odpadna embalaža, ki je komunalni odpad	35.410	34.602	12.790,15	13.847,63	-	15.268,55	54.501	27.644	264,40	2.502,05	-	-
Prevzeta odpadna embalaža, ki ni komunalni odpad	26.836	29.978	10.011,56	12.100,26	-	7.351,76	32.379	11.638	78,86	2.625,16	-	-
<b>Skupaj</b>	<b>62.246</b>	<b>64.580</b>	<b>22.801,71</b>	<b>25.947,89</b>	<b>249,94</b>	<b>22.620,31</b>	<b>86.880</b>	<b>39.282</b>	<b>343,26</b>	<b>5.127,21</b>	<b>12.871,73</b>	<b>43.732,14</b>
Reciklaža - ponovna uporaba	19,26	1.420	14.079,20	15.897,89	-	-	69.449	28.790	0	4.007,76	11.867,29	39.222,28
Organska reciklaža	-	-	0	0	-	-	-	-	21,10	0	2,97	19,10
Druga predelava	-	-	-	-	0	0,52	-	-	-	-	-	-
Uporaba odpadkov kot gorivo - R1	-	-	-	-	-	-	-	-	53,52	1.119,45	-	-
Energetska predelava - pridobivanje energije	16.972	17.450	8.516,12	10.049,64	10,54	5.504,65	19.847	10.493	-	-	1.001,47	4.472,15
Snovna predelava	45.414	42.024	-	-	239,40	9.763,38	-	-	268,64	0	-	-
Odstranitev s sežigom	28,63	20,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ostank po sortiranju - obdelan v Sloveniji	24,48	333	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Skupaj</b>	<b>62.459</b>	<b>61.248</b>	<b>22.595,32</b>	<b>25.947,53</b>	<b>249,94</b>	<b>15.268,55</b>	<b>89.296</b>	<b>39.283</b>	<b>343,26</b>	<b>5.127,21</b>	<b>12.871,73</b>	<b>43.713,53</b>

### 3 EKSPERIMENTALNI DEL

#### 3.1 Materiali in metode

##### 3.1.1 Material – gradbene plošče iz odpadne embalaže

V magistrski nalogi bom obravnavala 3 po sestavi različne skupine gradbenih plošč iz odpadne embalaže. V nadaljevanju bom za vsako skupino uporabila izraz »gradbena plošča«. V tem poglavju bom sprva opisala potek priprave plošč, sledi podrobna analiza sestav plošč (po komponentah ter spektralna analiza), na koncu pa so navedeni še osnovni podatki o dimenzijah preizkušancev.

Uvodni podatki nam bodo v nadaljevanju v pomoč pri ugotavljanju, kje oziroma za kakšne namene bi se gradbene plošče iz odpadne embalaže lahko uporabljale in pri tem ne bi obremenjevale okolja.

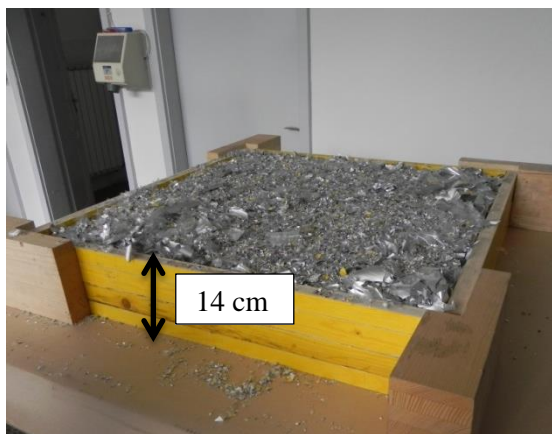
Plošče so bile izdelane v prostorih podjetja CEP d.o.o. v Polzeli, kjer je na voljo stiskalnica za proizvodnjo gradbenih plošč. Podjetje CEP d.o.o. ni registrirano kot družba za ravnanje z odpadno embalažo, temveč je registrirano kot zbiralec odpadkov pod št. odločbe ARSO z 35469-59/2011, posrednik za ravnanje z odpadki pod št. odločbe ARSO 459, prevoznikov odpadkov pod št. odločbe ARSO 1043 in predelovalec odpadkov po postopku R pod št. odločbe ARSO 548.

##### 3.1.1.1 Postopek izdelave plošč

Odpadno embalažo za proizvodnjo gradbenih plošč nam je dobavilo podjetje CEP d.o.o. V prvem koraku smo v posebnem stroju – šrederju (slika 9) embalažo zmleli do določene granulacije. Nato smo zmleto embalažo po plasteh vgradili v predpripravljen »okvir« do debeline 14 cm, kot je prikazano na sliki 10. Vsaka plast je imela izbrano razmerje različnih frakcij odpadne embalaže. Ko smo okvir napolnili z razrezano odpadno embalažo, je bilo nasutje pripravljeno za stiskanje. Plošče smo izdelali v stiskalnem stroju Orma Machine (slika 11), kateri ima tlačni plošči ogrevani. Z ogrevanima ploščama dosežemo temperaturo zmehčišča termoplastov v sekundarni surovini za gradbene plošče. Zgornja plošča doseže temperaturo 230 °C, spodnja pa 220 °C. V stiskalnici smo predpripravljeno plast sekundarne surovine stikali 8 minut s tlakom cca 200 barov. Po preteku 8 minut smo ploščo vzeli iz stiskalnice in jo položili v hladilno prešo (slika 12), da smo preprečili zvijanje plošče med ohlajanjem. V preši se plošča hladi 8 minut. Po končanem ohlajanju je plošča pripravljena za rez na končne dimenzije.



Slika 9: Naprava za mletje odpadne embalaže (šreder)



Slika 10: Prikaz debeline nasutja pred stiskanjem (Foto: David Antolinc)



Slika 11: Naprava za stiskanje plošč



Slika 12: Preša za hlajenje  
(Foto: David Antolinc)

### 3.1.1.2 Sestava gradbenih plošč

Analizirala bom tri, po sestavi različne, gradbene plošče iz odpadne embalaže. Plošče so sestavljene iz:

- lahke frakcije Eko Sistemi Novo mesto, kjer gre za mlet odpadek granulacije od 25 mm do 70 mm. Odpadek je samo baliran in ga moramo premleti sami (slika 13),
- mletega odpadka po sortiranju embalaže, kjer gre za mlet odpadek granulacije od 25 mm do 70 mm in je mlet že na kraju predelave,
- mlete embalažne folije (slika 14) in
- mletega tetrapaka, kjer je 50 % tetrapaka z aluminijevo folijo – Alpsko mleko (slika 15) in 50 % tetrapaka brez aluminijeve folije – S-budget mleko (slika 16).

Običajna sestava mlete embalažne folije so embalaže bobi palčk, testenin, bombonov,... Sestava lahke frakcije Eko Sistemi Novo mesto in mletega odpadka po sortiranju embalaže pa je folija, šumeče folije (od čipsov in podobno), mehka plastika (PET, PP, PE...), trda plastika (gajbice), tetrapak, papir in karton v manjših deležih,... Ne sme pa vsebovati PVC, stekla, kamenja in kovin.



Slika 13: Lahka frakcija Eko sistemi Novo mesto



Slika 14: Mleta embalažna folija



Slika 15: Mlet tetrapak z aluminijevo folijo



Slika 16: Mlet tetrapak brez aluminijeve folije

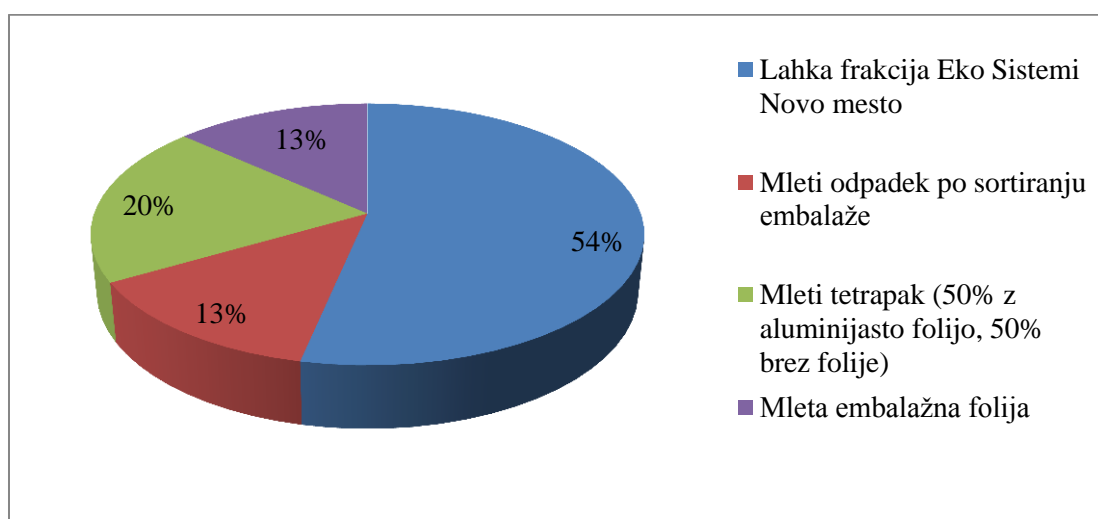
V preglednici 21 je prikazana sestava treh obravnavanih plošč iz odpadne embalaže. Iz tabele vidimo, da največ lahke frakcije vsebuje plošča P10 (kar 59 %), najmanj pa plošča P6 (44 %). Plošči P5 in P6 vsebujeta skoraj enak procent mletega odpadka po sortiranju embalaže (cca 13 %), med tem ko plošča P10 ne vsebuje tega odpadka. V vseh treh ploščah je med 20 in 25 % mletega tetrapaka. Plošča P5 vsebuje najmanj mlete embalažne folije (13 %), plošči P6 in P10 pa imata procent vsebnosti mlete embalažne folije približno enak (okoli 19%).

Preglednica 21: Tabelarni prikaz sestave gradbenih plošč iz odpadne embalaže

Sestava plošče	Plošča P5		Plošča P6		Plošča P10	
	Enota*	%	Enota*	%	Enota*	%
Lahka frakcija Eko Sistemi Novo mesto	8	54	7	44	10	59
Mlet odpadki po sortiranju embalaže	2	13	2	12	0	0
Mlet tetrapak (50% z aluminijasto folijo, 50% brez folije)	3	20	4	25	4	23
Mleta embalažna folija	2	13	3	19	3	18

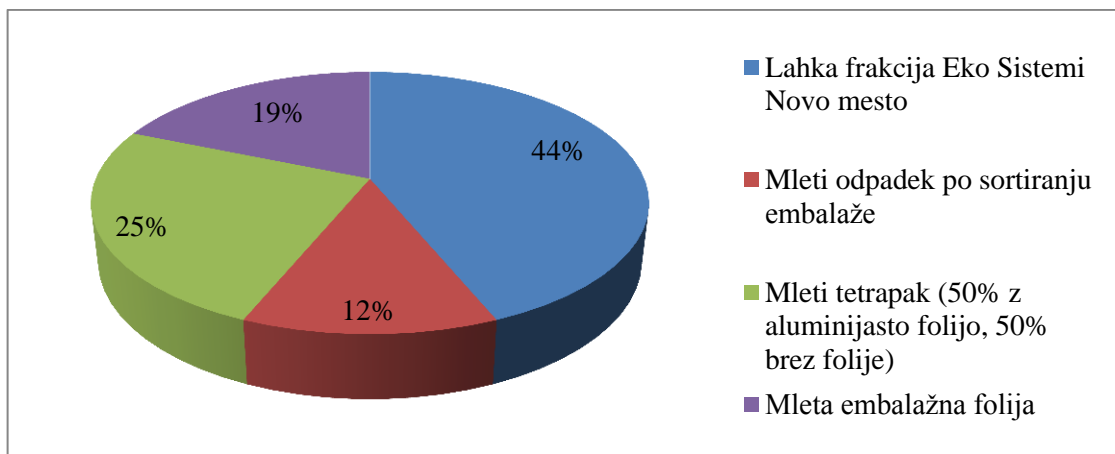
enota \* pomeni vedro prostornine 10 litrov

Grafikon 23 ponazarja grafičen prikaz sestave plošče P5, grafikon 24 grafičen prikaz sestave plošče P6 in grafikon 25 grafičen prikaz sestave plošče P10.

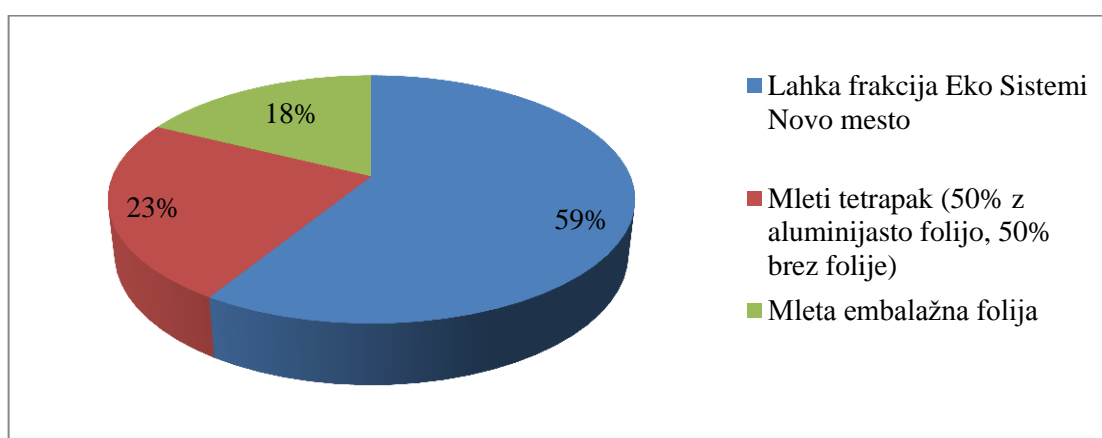


Grafikon 23: Sestava gradbene plošče P5



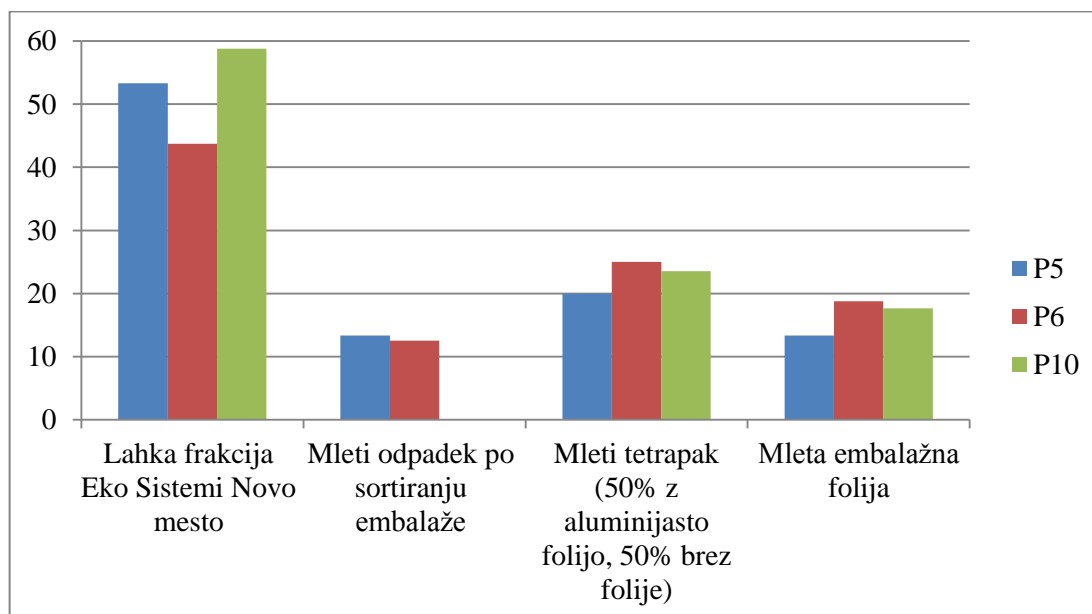


Grafikon 24: Sestava gradbene plošče P6



Grafikon 25: Sestava gradbene plošče P10

Za lažjo predstavitev sestave gradbenih plošč iz odpadne embalaže grafikon 26 prikazuje deleže vsebnosti posamezne frakcij vseh treh plošč.



Grafikon 26: Grafični prikaz sestave gradbenih plošč iz odpadne embalaže

Na sliki 17 je prikazana plošča P5, na sliki 18 plošča P6 in na sliki 19 plošča P10, s katerih smo izrezali standardne preizkušance za preiskave.



Slika 17: Plošča P5 – nerazrezana

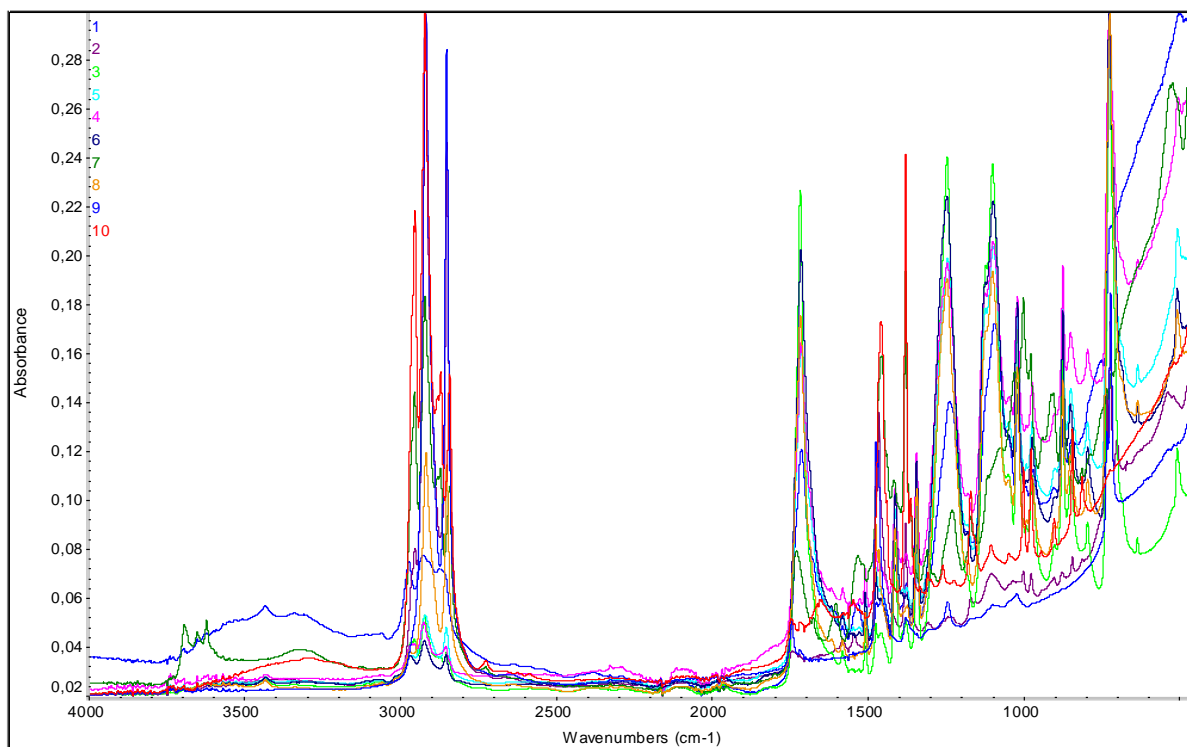


Slika 18: Plošča P6 – nerazrezana



Slika 19: Plošča P10 – nerazrezana

V podjetju Filc d.d. iz Škofje Loke so izvedli analizo sestave plošč P5, P6 in P10. Spektri so posneti z FTIR NICOLET iS10 podjetja Thermo Scientific. Vsi spektri so posneti v ATR tehniki. Slika 20 prikazuje prevladujoče rezultate sestave gradbene plošče P5, slika 21 plošče P6 in slika 22 plošče P10.

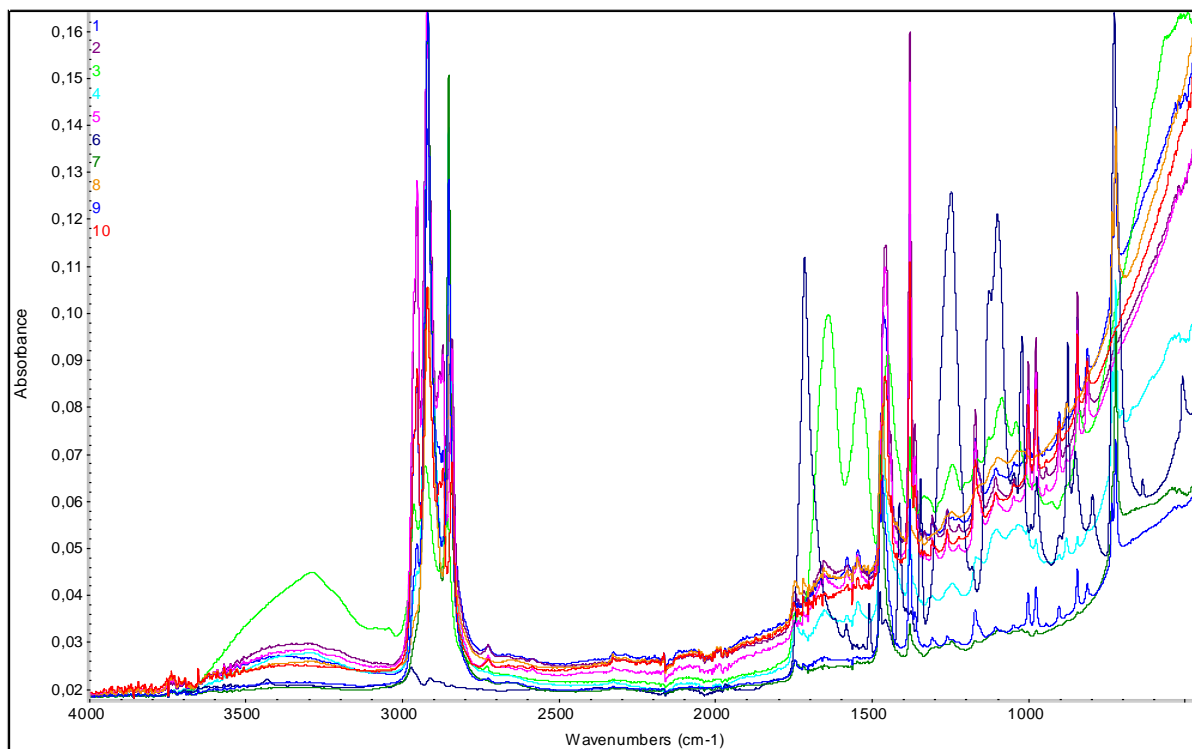


Slika 20: Sestava plošče P5 - spektri posneti v ATR tehniki

Prevladujoči rezultati sestave gradbene plošče iz odpadne embalaže P5 so sledeči:

- mesto 1: polietilen tereftalat (PET),
- mesto 2: polietilen (PE),
- mesto 3: polietilen tereftalat (PET),
- mesto 4: polietilen tereftalat (PET),
- mesto 5: polietilen tereftalat (PET),
- mesto 6: polietilen tereftalat (PET),
- mesto 7: polipropilen (PP),
- mesto 8: polietilen tereftalat (PET),
- mesto 9: polietilen (PE) in
- mesto 10: poliolefin (PO).

Pri sestavi plošče P5 prevladuje polietilen tereftalat (PET), katerega maksimalna temperatura, pri katerem ga lahko še uporabljamo, znaša med 20 in 70 °C. Njegova temperatura taljenja pa znaša med 265 in 290 °C. Na drugem mestu je polietilen (PE). Pomembno je, da je temperatura taljenja tako pri PE z nizko gostoto, kot pri PE z visoko gostoto enaka, to je med 180 in 280 °C. Sledi PET vse do sedmega mesta. Omenjene vrednosti temperatur so navedene v preglednici 2.

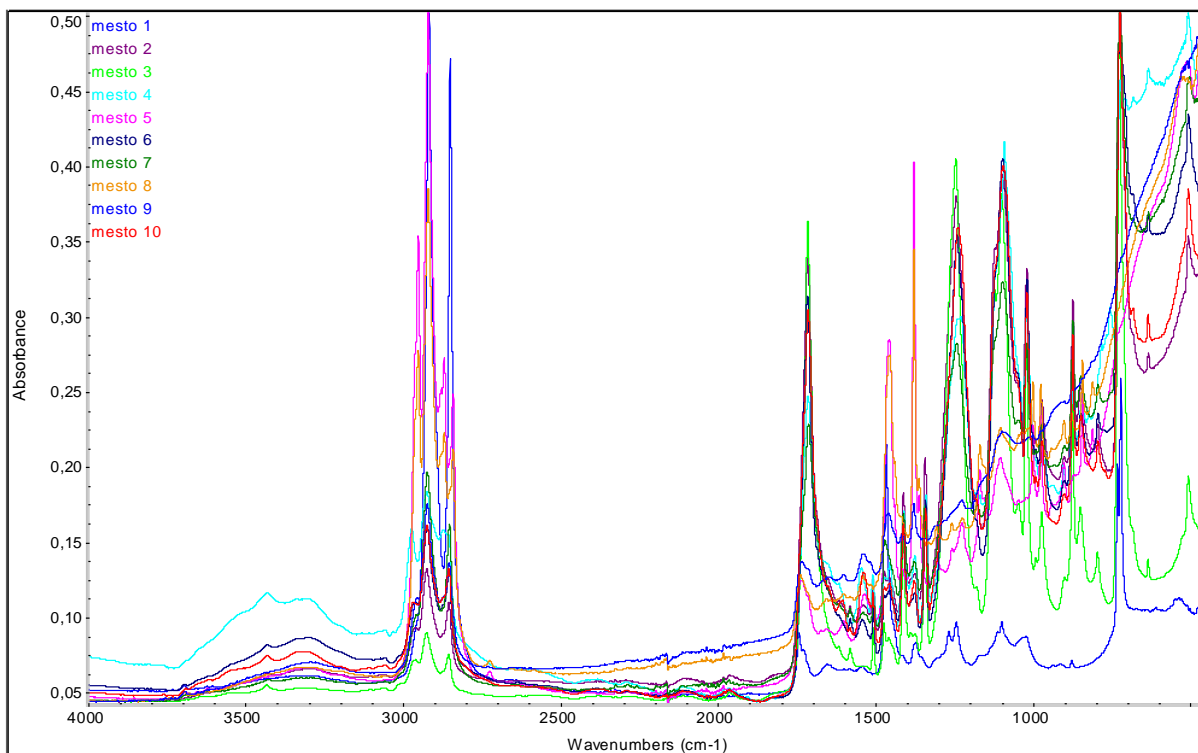


Slika 21: Sestava plošče P6 - spektri posneti v ATR tehniki

Prevladujoči rezultati sestave gradbene plošče iz odpadne embalaže P6 so sledeči:

- mesto 1: poliolefin (PO),
- mesto 2: polipropilen (PP),
- mesto 3: organski ostanki,
- mesto 4: polietilen (PE),
- mesto 5: polipropilen (PP),
- mesto 6: polietilen tereftalat (PET),
- mesto 7: polietilen (PE),
- mesto 8: polietilen (PE),
- mesto 9: polietilen (PE) in
- mesto 10: polipropilen (PP).

Pri sestavi plošče P6 prevladuje poliolefin (PO), katerega maksimalna temperatura, pri katerem ga lahko še uporabljamo, znaša med 55 in 110 °C. Njegova temperatura taljenja pa znaša med 220 in 270 °C. Na drugem mestu je polipropilen (PP). Njegova temperatura taljenja je prav tako, kot pri PO med 220 °C na spodnji meji in 280 °C na zgornji meji. Sledijo organski ostanki na tretjem mestu. Na četrtem mestu po vsebnosti v plošči je polietilen (PE), katerega maksimalna temperatura taljenja znaša 280 °C. Omenjene vrednosti temperatur so navedene v preglednici 2.



Slika 22: Sestava plošče P10 - spektri posneti v ATR tehniki

Prevladujoči rezultati sestave gradbene plošče iz odpadne embalaže P10 so sledeči:

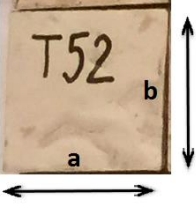

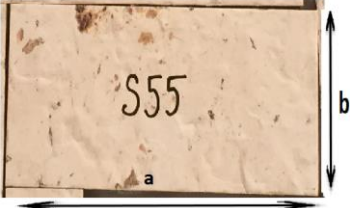
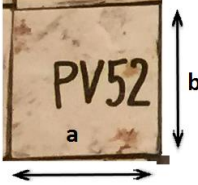
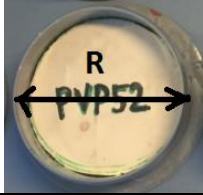
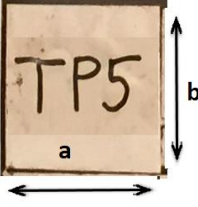
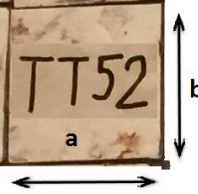
- mesto 1: polietilen (PE),
- mesto 2: polietilen tereftalat (PET),
- mesto 3: polietilen tereftalat (PET),
- mesto 4: polietilen tereftalat (PET),
- mesto 5: polipropilen (PP),
- mesto 6: polietilen tereftalat (PET),
- mesto 7: polietilen tereftalat (PET),
- mesto 8: polipropilen (PP),
- mesto 9: ostanki pri predelavi lesa, papir in
- mesto 10: polietilen tereftalat (PET).

Pri sestavi plošče P5 prevladuje polietilen (PE), katerega maksimalna temperatura taljenja je tako pri PE z nizko gostoto, kot pri PE z visoko gostoto enaka, to je med 180 in 280 °C. Na drugem do četrtem mestu po vsebnosti je polietilen tereftalat (PET). Njegova temperatura taljenja znaša med 265 in 290 °C. Peto mesto pripada polipropilenu (PP). Omenjene vrednosti temperatur so navedene v preglednici 2.

### 3.1.1.3 Podatki o preizkušancih

Za načrtovane preiskave smo uporabili preizkušance standardnih dimenzij, katerih vrednosti so prikazane v preglednici 22. Sestava preizkušancev iste plošče ni bila pri vseh testih enaka – to potrjujejo tudi zelo različne gostote preizkušancev iste plošče, ki so bili namenjeni različnim testom. Torej imamo nehomogeno porazdelitev surovine za izdelavo plošč.

Preglednica 22: Dimenzije standardnih preizkušancev

Št	Preiskava	Dimenzije	Oblika
1	TLAK	a 5 cm b 5 cm	
2	UPOGIB in LEZENJE	L 19*h cm b 5 cm	
3	STRIG	L 20 cm b 10 cm	
4	POTOPITEV V VODO in POTOPITEV V NaCl IN KOH	a 5 cm b 5 cm	
5	PROPUSTNOST ZA VODNO PARO KROG	R 4,5 cm	
6	TOPLOTNA PREVODNOST	a 15 cm b 15 cm	
7	»POSEBEN TLAČNI TEST«	a 10 cm b 10 cm	

h – debelina preizkušanca

### 3.1.1.3.1 Plošča P5

V preglednici 23 so prikazane dimenzije preizkušancev (dolžina a, širina b in debelina h) ter mase posameznega preizkušanca. Slika 26 pa prikazuje označene in izrezane standardne preizkušance.

Preglednica 23: Dimenzije preizkušancev in njihova masa

OZNAKA	VELIKOST a x b [mm x mm]	DEBELINA h [mm]	MASA [g]
<b>TLAK</b>			
T51	50 x 50	14,7	40
T52	50 x 50	14,2	35
T53	50 x 50	14,1	30
T54	50 x 50	14	29
T55	50 x 50	14,3	34
<b>UPOGIB</b>			
U51	50 x 400	14,7	282
U52	50 x 400	14,1	264
U53	50 x 400	13,3	223
U54	50 x 400	13,3	233
U55	50 x 400	13,8	252
<b>STRIG</b>			
S51	100 x 200	14,6	267
S52	100 x 200	13,8	270
S53	100 x 200	13,6	245
S54	100 x 200	12,8	225
S55	100 x 200	13,2	237
<b>LEZENJE</b>			
L51	50 x 400	15,1	294
L52	50 x 400	15,1	285
L53	50 x 400	15,1	293
L54	50 x 400	15,5	297
L55	50 x 400	15,1	296
<b>POTOPITEV V VODO</b>			
PV51	50,4 x 50,4	14,6	35,93
PV52	50,5 x 50,1	14,7	36,54
PV53	50,5 x 50,6	14,8	36,46
PV54	50,5 x 50,2	14,6	35,55
PV55	50,4 x 50,5	14,5	34,64
<b>POTOPITEV V NaCl</b>			
P <sub>NaCl</sub> 51	51,8 x 50,7	13,5	22,70
P <sub>NaCl</sub> 52	51,3 x 52,3	14,1	32,49
P <sub>NaCl</sub> 53	50,8 x 52,7	14,7	35,19
P <sub>NaCl</sub> 54	50,9 x 50,5	13,9	17,88
P <sub>NaCl</sub> 55	52,0 x 51,4	14,6	29,67
<b>POTOPITEV V KOH</b>			
P <sub>KOH</sub> 51	50,6 x 51,6	14,7	33,10
P <sub>KOH</sub> 52	53,5 x 51,0	14,0	16,24
P <sub>KOH</sub> 53	51,5 x 52,0	14,5	25,66
P <sub>KOH</sub> 54	50,5 x 49,9	14,6	30,57
P <sub>KOH</sub> 55	52,0 x 51,3	14,1	29,16

se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 23

PROPUSTNOST ZA VODNO PARO			
PVP51	R=4,5cm	13,1	15,54
PVP52	R=4,5cm	13,4	20,48
PVP53	R=4,5cm	13,5	17,52
PVP54	R=4,5cm	14,0	18,58
PVP55	R=4,5cm	13,7	19,45
TOPLOTNA PREVODNOST			
TP5	150 x 150	15,0	325
POSEBEN TLAČNI TEST			
TT51	100 x 100	12,8	103
TT52	100 x 100	13,5	115
TT53	100 x 100	14,0	122
TT54	100 x 100	14,2	125
TT55	100 x 100	13,9	117



Slika 23: Prikaz izrezanih in označenih standardnih preizkušancev plošče P5



### 3.1.1.3.2 Plošča P6

V preglednici 24 so prikazane dimenzije preizkušancev (dolžina a, širina b in debelina h) ter mase posameznega preizkušanca. Slika 27 pa prikazuje označene in izrezane standardne preizkušance.

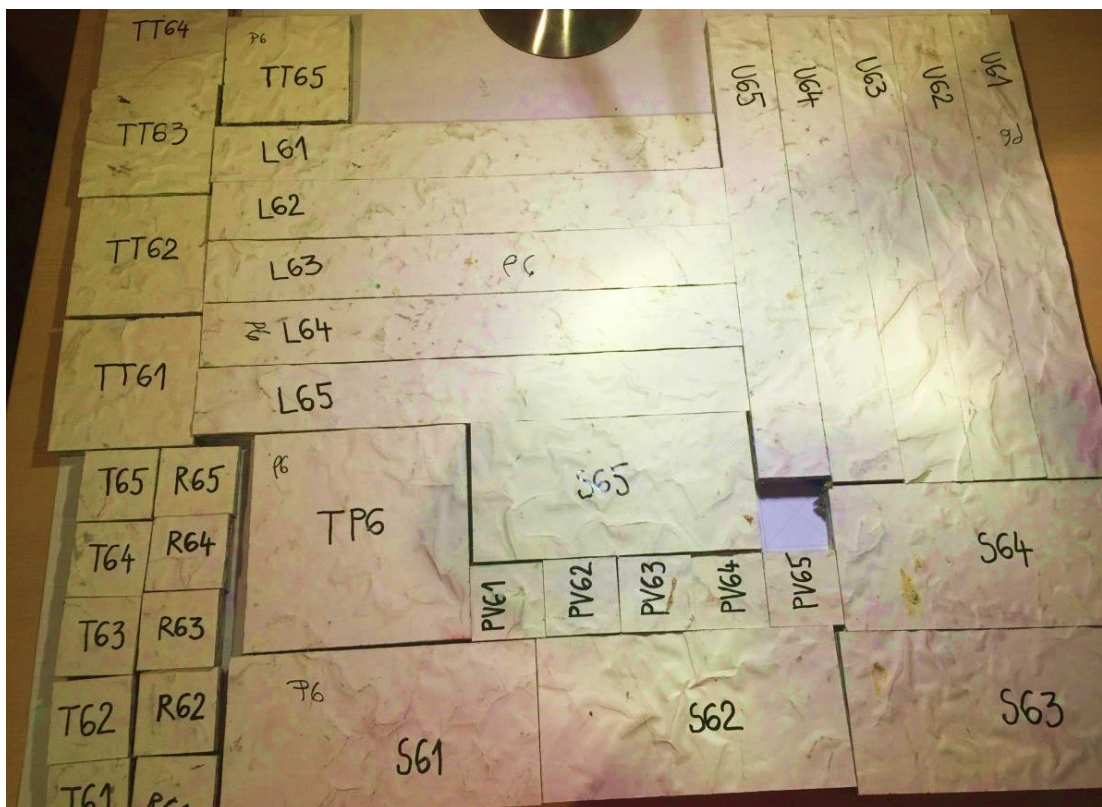
Preglednica 24: Dimenzije preizkušancev in njihova masa

OZNAKA	VELIKOST a x b [mm x mm]	DEBELINA h [mm]	MASA [g]
<b>TLAK</b>			
T61	50 x 50	15,9	39
T62	50 x 50	15,7	37
T63	50 x 50	16,0	40
T64	50 x 50	15,5	36
T65	50 x 50	15,6	36
<b>UPOGIB</b>			
U61	50 x 400	15,4	274
U62	50 x 400	15,1	259
U63	50 x 400	14,4	240
U64	50 x 400	17,0	320
U65	50 x 400	17,1	320
<b>STRIG</b>			
S61	100 x 200	15,6	281
S62	100 x 200	14,5	254
S63	100 x 200	13,9	237
S64	100 x 200	14,3	271
S65	100 x 200	15,2	285
<b>LEZENJE</b>			
L61	50 x 400	16,7	315
L62	50 x 400	17,0	318
L63	50 x 400	17,0	316
L64	50 x 400	16,0	293
L65	50 x 400	15,9	280
<b>POTOPITEV V VODO</b>			
PV61	49,9 x 49,7	15,7	37,39
PV62	50,7 x 50,5	15,6	37,21
PV63	50,7 x 50,7	15,6	37,40
PV64	49,6 x 51,1	12,2	24,39
PV65	49,7 x 50,4	13,8	30,35
<b>POTOPITEV V NaCl</b>			
P <sub>NaCl</sub> 61	53,1 x 50,8	16,1	40,77
P <sub>NaCl</sub> 62	51,7 x 53,6	16,1	42,10
P <sub>NaCl</sub> 63	50,5 x 51,8	15,7	34,95
P <sub>NaCl</sub> 64	50,1 x 51,0	15,9	39,36
P <sub>NaCl</sub> 65	49,9 x 51,9	15,7	38,23
<b>POTOPITEV V KOH</b>			
P <sub>KOH</sub> 61	51,8 x 52,2	15,2	38,80
P <sub>KOH</sub> 62	50,6 x 50,3	16,2	38,64
P <sub>KOH</sub> 63	50,3 x 52,9	15,8	40,36
P <sub>KOH</sub> 64	50,2 x 52,1	15,4	35,54
P <sub>KOH</sub> 65	50,1 x 51,9	15,7	38,96

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 24

PROPUSTNOST ZA VODNO PARO			
PVP61	R=4,5cm	14,7	21,32
PVP62	R=4,5cm	14,8	19,05
PVP63	R=4,5cm	15,0	21,98
PVP64	R=4,5cm	14,5	21,93
PVP65	R=4,5cm	14,3	19,76
TOPLOTNA PREVODNOST			
TP6	150 x 150	16,0	342
POSEBEN TLAČNI TEST			
TT61	100 x 100	14,7	127
TT62	100 x 100	13,9	119
TT63	100 x 100	15,0	120
TT64	100 x 100	14,3	120
TT65	100 x 100	14,8	110



Slika 24: Prikaz izrezanih in označenih standardnih preizkušancev plošče P6

### 3.1.1.3.3 Plošča P10

V preglednici 25 so prikazane dimenzije preizkušancev (dolžina a, širina b in debelina h) ter mase posameznega preizkušanca. Slika 28 pa prikazuje označene in izrezane standardne preizkušance.

Preglednica 25: Dimenzije preizkušancev in njihova masa

OZNAKA	VELIKOST a x b [mm x mm]	DEBELINA h [mm]	MASA [g]
<b>TLAK</b>			
T101	50 x 50	15,5	23
T102	50 x 50	16,4	33
T103	50 x 50	15,9	34
T104	50 x 50	15,1	23
T105	50 x 50	16,2	36
<b>UPOGIB</b>			
U101	50 x 400	15,8	280
U102	50 x 400	16,7	297
U103	50 x 400	16,7	299
U104	50 x 400	16,5	296
U105	50 x 400	16,2	240
<b>STRIG</b>			
S101	100 x 200	16,9	293
S102	100 x 200	16,6	285
S103	100 x 200	16,4	271
S104	100 x 200	15,7	221
S105	100 x 200	16,5	285
<b>LEZENJE</b>			
L101	50 x 400	16,2	271
L102	50 x 400	16,7	301
L103	50 x 400	16,6	310
L104	50 x 400	16,4	298
L105	50 x 400	16,5	295
<b>POTOPITEV V VODO</b>			
PV101	50,2 x 50,2	16,5	38,00
PV102	50,1 x 50,8	16,8	40,05
PV103	50,4 x 50,4	16,8	39,94
PV104	50,5 x 50,5	16,8	38,63
PV105	50,0 x 50,6	16,8	39,51
<b>POTOPITEV V NaCl</b>			
P <sub>NaCl</sub> 101	50,5 x 52,0	14,5	22,45
P <sub>NaCl</sub> 102	50,7 x 51,6	15,5	33,13
P <sub>NaCl</sub> 103	51,5 x 52,2	15,8	37,71
P <sub>NaCl</sub> 104	51,0 x 49,9	14,1	19,94
P <sub>NaCl</sub> 105	51,5 x 51,6	15,4	31,04
<b>POTOPITEV V KOH</b>			
P <sub>KOH</sub> 101	51,2 x 49,9	15,5	33,65
P <sub>KOH</sub> 102	50,2 x 51,1	14,0	17,84
P <sub>KOH</sub> 103	51,4 x 50,4	15,1	27,02
P <sub>KOH</sub> 104	49,4 x 51,3	15,5	33,26
P <sub>KOH</sub> 105	51,2 x 50,5	13,9	15,56

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 25

PROPUSTNOST ZA VODNO PARO			
PVP101	R=4,5cm	14,7	14,58
PVP102	R=4,5cm	15,3	23,65
PVP103	R=4,5cm	15,4	22,61
PVP104	R=4,5cm	15,4	19,85
PVP105	R=4,5cm	15,5	20,98
TOPLOTNA PREVODNOST			
TP10	150 x 150	16,5	309
POSEBEN TLAČNI TEST			
TT101	100 x 100	16,0	126
TT102	100 x 100	16,0	130
TT103	100 x 100	14,2	84
TT104	100 x 100	15,5	120
TT105	100 x 100	15,0	109



Slika 25: Prikaz izrezanih in označenih standardnih preizkušancev plošče P10

### 3.1.2 Eksperimentalne preiskave

V Konstrukcijsko-prometnem laboratoriju Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (v nadaljevanju KPL) smo izvedli preiskave mehanskih in fizikalnih lastnosti gradbenih plošč iz odpadne embalaže. Preiskave so zajemale:

1. določanje obnašanja plošč pri tlačni obremenitvi,
2. tlačni test preizkušanca iz več plasti/plošč,
3. določanje obnašanja plošč pri upogibu,
4. določanje obnašanja plošč pri strižni obremenitvi,
5. preiskave lezenja gradbenih plošč,
6. obnašanje gradbenih plošč iz odpadne embalaže pri potopitvi v vodo,
7. obnašanje gradbenih plošč iz odpadne embalaže pri potopitvi v eno molarni raztopini NaCl in KOH,
8. ugotavljanje toplotne prevodnosti gradbene plošče in
9. ugotavljanje difuzijske upornosti prehodu vodne pare skozi material.

#### 3.1.2.1 Določanje obnašanja plošč pri tlačni obremenitvi

Preiskave obnašanja gradbenih plošč iz odpadne embalaže pri tlačni obremenitvi so potekale v skladu z določili standarda SIST EN 826:2013: Toplotno izolacijski proizvodi za uporabo v gradbeništvo - Ugotavljanje obnašanja pri tlačni obremenitvi in SIST EN ISO 604:2003 - Polimerni materiali - Ugotavljanje tlačnih lastnosti (ISO 604:2002).

Tlačne preiskave so potekale na po petih vzorcih vsake plošče. Nominalne dimenzije preizkušancev so bile: dolžina 50 mm, širina 50 mm in višina enaka debelini plošče (konkretne vrednosti debelin vzorčkov so prikazane v preglednicah 23, 24 in 25).

Preiskave so potekale v servo-hidravličnem stroju Roell-Amsler kapacitete 100 kN, pri hitrosti obremenjevanja 3,0 mm/min oziroma 0,05 mm/s. Oblika preizkušanca in postavitev tlačnega testa je prikazana na sliki 26.

Tlačno trdnost smo izračunali po enačbi (1):

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (1)$$

kjer je:

$f_c$  - tlačna trdnost v MPa,

F - največja obremenitev ob poružitvi v N,

$A_c$  - ploščina preseka preizkušanca na katerega deluje tlačna sila v mm<sup>2</sup>.



Slika 26: Detajl izvedbe tlačnega testa

### 3.1.2.2 Tlačni test preizkušanca iz več plasti

Preiskave obnašanja gradbenih plošč iz odpadne embalaže so potekale v skladu z določili standarda SIST EN 826:2013: Toplotno izolacijski proizvodi za uporabo v gradbeništvo - Ugotavljanje obnašanja pri tlačni obremenitvi in SIST EN ISO 604:2003 - Polimerni materiali - Ugotavljanje tlačnih lastnosti (ISO 604:2002).

Tlačni test preizkušanca iz več plasti je potekal tako, da smo po 5 vzorčkov enakih dimenzij položili enega na drugega in jih tlačno obremenili. Dimenzije preizkušancev so bile: dolžina 100 mm, širina 100 mm in višina enaka seštevku debelin posameznih vzorcev.

Preiskave so potekale v hidravlični stiskalnici kapacitete 5.000 kN. Oblika preizkušanca in postavitev posebnega tlačnega testa je prikazana na sliki 30.



Slika 27: Oblika preizkušancev in postavitev v hidravlično stiskalnico kapacitete 5.000 kN

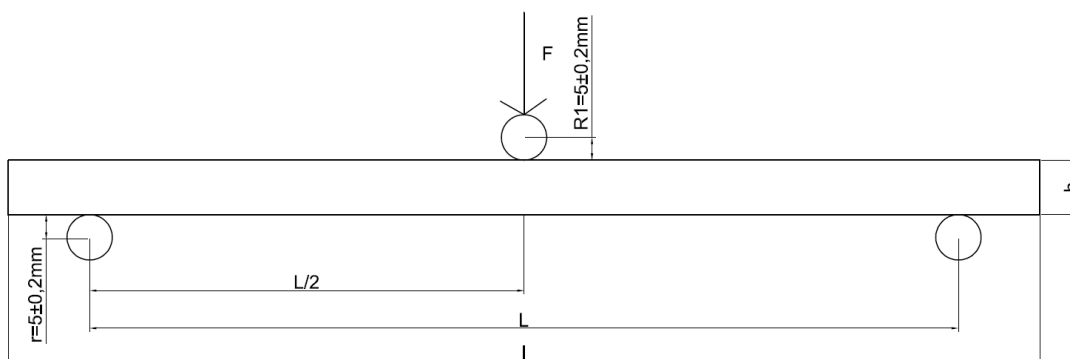
### 3.1.2.3 Določanje obnašanja plošč pri upogibu

Preiskave modula elastičnosti pri upogibu in upogibne trdnosti gradbenih plošč iz odpadne embalaže smo opravili v skladu s standardom SIST EN ISO 178:2011 - Polimerni materiali - Določanje upogibnih lastnosti (ISO 178:2010).

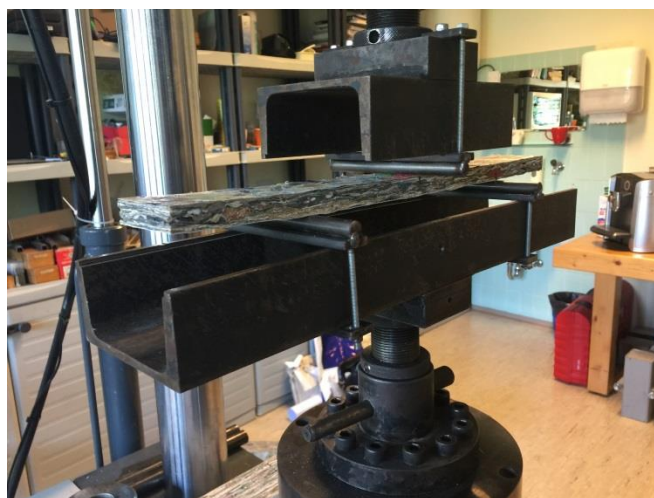
Upogibne preiskave so potekale na po petih vzorcih vsake plošče. Preizkušanci so bili pripravljene glede na zgoraj omenjen standard in imajo obliko trakov. Celotna dolžina preizkušancev je po standardu določena glede na debelino prečnega prereza  $h$  kot  $l = 19 \times h$ , razdalja med podporami pa znaša  $L = 16 \times h$ . Za namen preiskave je bila dolžina preizkušancev v vseh primerih  $l = 400$  mm, širina pa 50 mm. Korigirali oziroma prilagodili smo razdaljo med podporami (opis v nadaljevanju).

Debelina preizkušancev  $h$  je odvisna od vzorca gradbene plošče iz odpadne embalaže. Pri plošči P5 je povprečna debelina petih preizkušancev znašala 13,8 mm, razdalja med podporami  $L_{P5}$  pa 22,1 cm. Pri plošči P6 je povprečna debelina petih preizkušancev znašala 15,8 mm, razdalja med podporami  $L_{P6}$  pa 25,3 cm. Pri plošči P10 pa je povprečna debelina petih preizkušancev znašala 16,4 mm, razdalja med podporami  $L_{P10}$  pa 26,2 cm. Preizkušanci se v skladu s standardom obremenijo tritočkovno. Oblika preizkušancev in prikaz izvedbe upogibnega testa sta prikazana na slikah 28 in 29.

Tudi v tem primeru so preiskave potekale na servo-hidravličnem stroju Roell-Amsler kapacitete 100kN, pri hitrosti obremenjevanja 5,0 mm/min oziroma 0,083 mm/s.



Slika 28: Skica in dimenzije tritočkovnega testa po standardu SIST EN ISO 178:2011



Slika 29: Servo-hidravlični stroj Roell-Amsler kapacitete 100 kN in prikaz oblike preizkušanca pred preiskavo

Preiskave modula elastičnosti pri upogibu in upogibne trdnosti gradbenih plošč iz odpadne embalaže smo izvedli v skladu s standardom SIST EN 310: 1996 - Lesne plošče - Ugotavljanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti. Glede na zgoraj omenjen standard se modul elastičnosti ( $E_m$ ) izračuna po enačbi (2), upogibna napetost ( $f_m$ ) pa po enačbi (3).

$$E_m = \frac{L^3 * (F_2 - F_1)}{4 * b * h^3 * (u_2 - u_1)} \quad (2)$$

$$f_m = \frac{3 * F_{max} * L}{2 * b * h^2} \quad (3)$$

Pomen oznak v enačbah (2) in (3):

L	razdalja med podporama v (mm),
$F_2-F_1$	prirastek sile v linearnem območju diagrama sila-upogibek v (N), kjer je $F_1$ približno 10% maksimalne sile, $F_2$ pa 40% maksimalne sile,
b	širina preizkušanca v (mm),
h	debelina preizkušanca v (mm),
$u_2-u_1$	prirastek upogibka, ki odgovarja $F_2-F_1$ na diagramu sila-upogibek,
$F_{max}$	maksimalna sila v (N).

V našem primeru smo modul elastičnosti določili kot sekantni modul elastičnosti pri 1/3 največje upogibne sile, kar pomeni, da je v enačbi 2  $F_2$  enak 1/3 maksimalne sile,  $u_2$  je pripadajoč upogibek, vrednost  $F_1$  in  $u_1$  pa sta enaki 0. Razdalja med podporama L je 16 x debelina preizkušanca h.

#### 3.1.2.4 Določanje obnašanja plošč pri strižni obremenitvi

Strižne preiskave gradbenih plošč iz odpadne embalaže so potekale v skladu z določili standarda SIST EN 12090:2013 - Toplotnoizolacijski proizvodi za uporabo v gradbeništvo - Ugotavljanje obnašanja pri strigu. Strižne preiskave smo opravili v skladu z določili navedenega standarda.

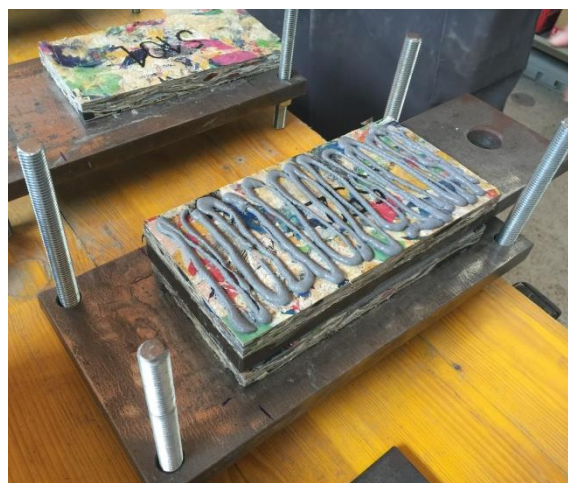
Dimenzije preizkušancev (slika 30) so bile: dolžina 200 mm, širina 100 mm in debelina enaka debelini plošče. Preizkušanec za strižne preiskave je bil sestavljen iz dveh enakih elementov, ki sta bila prilepljena na sistem treh vzporednih togih jeklenih plošč, od katerih je bila srednja plošča pomična, zunanji plošči pa fiksni (sliki 31 in 32). Primer preizkušanca za strižne preiskave in vpetje v stroj prikazujeta sliki 33 in 34.

Tudi v tem primeru so preiskave potekale na servo-hidravličnem stroju Roell-Amsler kapacitete 100 kN. Deformiranje preizkušanca, to je pomik pomične srednje jeklene plošče glede na fiksni zunanji jekleni plošči, smo določili na podlagi pomikov glave preizkuševalnega stroja. Slika 35 prikazuje strig po plasti – preizkušanec po preiskavi.





Slika 30: Oblika preizkušancev za strižne preiskave po standardu SIST EN 12090:2013



Slika 31: Priprava vzorcev za strižni test



Slika 32: Pripravljeni vzorci za strižni test – po dve plošči sta prilepljeni na sistem treh vzporednih togih jeklenih plošč



Slika 33: Izvedba strižnega testa po standardu SIST EN 12090:2013 v servo-hidravličnem stroju



Slika 34: Vpet vzorec, pripravljen za strižni test z oznakami delovanja sil

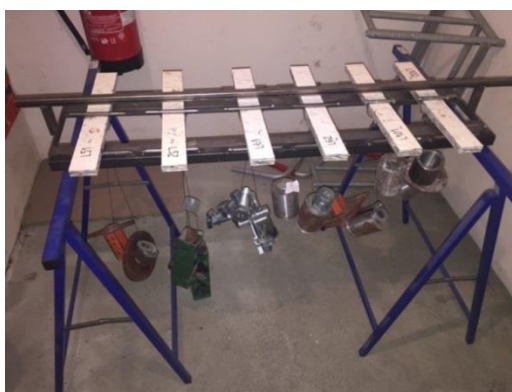


Slika 35: Strig po plasti

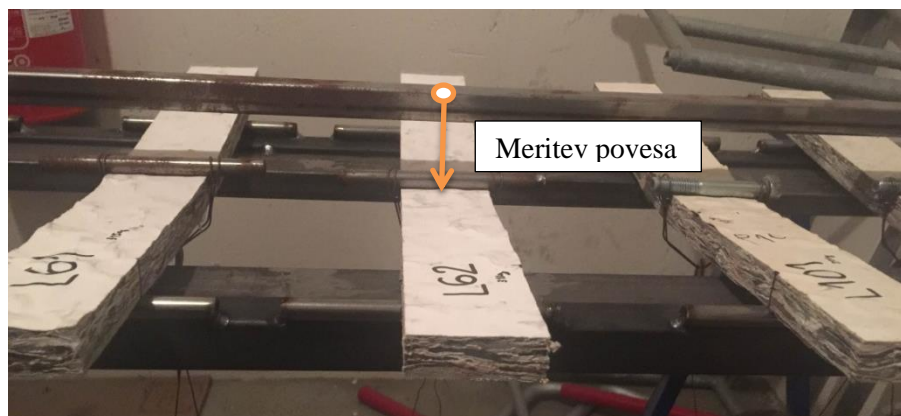
### 3.1.2.5 Preiskave lezenja gradbenih plošč

Preiskave lezenja gradbenih plošč iz odpadne embalaže smo opravili s pomočjo dolgotrajne obtežbe, po navodilih standarda SIST EN ISO 899-2:2003 - Polimerni materiali – Ugotavljanje lezenja – 2. del: Lezenje pri tritočkovni obremenitvi (ISO 899-2:2003).

Za izvedbo preiskave smo pripravili posebno stojalo, na katerega smo namestili preizkušance v obliki trakov, kakor je to prikazano na sliki 36. Stojalo ima po sredini nad preizkušanci tudi referenčni jeklen profil, glede na katerega smo merili povese preizkušancev (slika 37) v določenem času od trenutka nanosa obtežbe. Razdalja med podporami posameznega preizkušanca je prilagojena njegovi debelini, po navodilih iz poglavja o upogibnih preiskavah. Razdalja med podporama pri plošči 5 je 24,32 cm, pri plošči 6 znaša 26,56 cm in pri plošči 10 je 26,50 cm. Konstantno obtežbo smo nanесли na sredini preizkušanca, z obešanjem uteži navezanih na žico (slika 38). Določili smo jo glede na 1/3 maksimalne upogibne sile. Obtežba pri plošči 5 znaša 6,13 kg, pri plošči 6 znaša 6,57 kg in pri plošči 10 le 5,02 kg. Povese smo takoj po nanosu obtežbe izmerili po 1 min, 3 min, 6 min, 12 min, 20 min, 30 min, 60 min in 120 min, nato pa še po 22 h, 26 h, 94 h, 118 h, 333 h in 836 urah.



Slika 36: Stojalo, na katerega smo namestili preizkušance v obliki trakov



Slika 37: Referenčni jeklen profil, glede na katerega smo merili poves preizkušancev v določenem času od trenutka nanosa obtežbe



Slika 38: Konstantna obtežba na sredini preizkušanca

### 3.1.2.6 Obnašanje gradbenih plošč iz odpadne embalaže pri potopitvi v vodo

Preiskave obnašanja gradbenih plošč iz odpadne embalaže po odležavanju v vodi do vzpostavitve stabilnega stanja in sicer določanje nabrekanja, so potekale v skladu z določili standarda SIST EN 317: 1996 – Iverne in vlaknene plošče - Ugotavljanje debelinskega nabrekanja po potapljanju v vodi.

Poleg nabrekanja smo določili še druge karakteristike plošč v suhem in z vodo zasičenem stanju: prostorninsko maso v suhem in z vodo zasičenem stanju, spremembo površine, spremembo prostornine ter vpijanje vode.

Preiskave so potekale na po 5 preizkušancih iz vsake plošče. Nazivne dimenzije preizkušancev so bile: dolžina 50 mm, širina 50 mm in višina enaka debelini posamezne plošče (slika 39). Točne dimenzije so prikazane v preglednicah 23, 24 in 25.

Pred potopitvijo v vodo v skladu z določili SIST EN 317: 1996 smo izmerili maso posameznega preizkušanca s tehnicco (natančnost tehtanja 0,01 g), obe dimenziji preizkušanca nazivnih dimenzij 50 x 50 mm ( $a_1$  in  $a_2$ ) ter debelino preizkušanca, kot povprečje ( $d$ ) dveh meritev ( $d_1$  in  $d_2$ ) v pravokotnih smereh. Potem smo preizkušance položili v vodo in pustili, da odleži v vodi do

stabiliziranja dimenzij in mase, to je 5 dni (slika 40). Iz izmerjenih vrednosti za maso in dimenzije preizkušancev smo izračunali še površino in prostornino preizkušancev, njihovo prostorninsko maso ter spremembo površine in prostornine. Izračunali smo tudi nabrekanje preizkušancev in vpijanje vode.



Slika 39: Vzorci pred potopitvijo v vodo

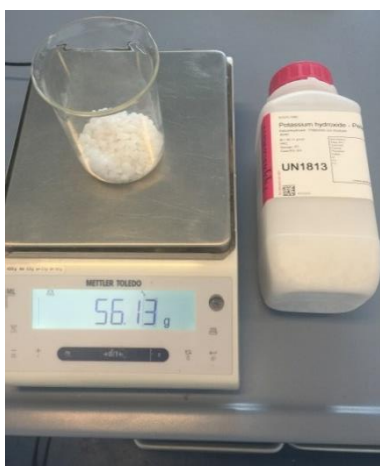


Slika 40: Nabrekli vzorci po petih dnevih v vodi

### 3.1.2.7 Obnašanje gradbenih plošč iz odpadne embalaže pri potopitvi v raztopini NaCl in KOH

Ocena obstojnosti gradbenih plošč iz odpadne embalaže je potekala preko preverjanja spremembe dimenzij plošč in vpijanja vode. Kot raztopini, s katerima smo simulirali pospešeno staranje preizkušancev, smo izbrali eno molarno raztopino KOH (bazična raztopina – slika 41) in eno molarno raztopino NaCl (raztopina soli – slika 43).

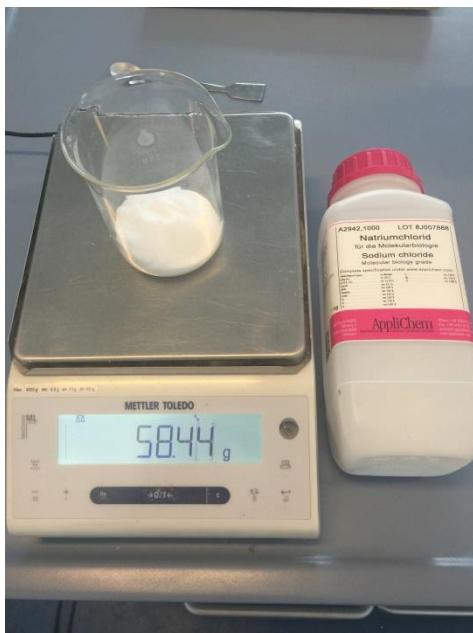
Preiskave spreminjanja dimenzij in vpijanja vode po odležavanju v dveh različnih raztopinah so 24 ur potekale podobno, kot preiskave opravljene v skladu z določili standarda SIST EN 317: 1996 – Iverne plošče – Določanje nabrekanja in debeline po potopitvi v vodo. Preizkušanci so v obliki kvadrata nazivnih dimenzij stranic 50 mm. Po 24 urah smo tako opravili meritve, ki jih podajamo v nadaljevanju v poglavju rezultatov. Nabrekli vzorci po odležavanju v raztopinah so prikazani na slikah 42 in 44.



Slika 41: Priprava vzorca eno molarne raztopine KOH



Slika 42: Vzorcevi po odležavanju v raztopini KOH po 24 urah



Slika 43: Priprava vzorca eno molarne raztopine NaCl



Slika 44: Vzorci po odležavanju v raztopini NaCl po 24 urah

### 3.1.2.8 Ugotavljanje toplotne prevodnosti gradbene plošče

Na vseh treh variantah preizkušancev smo določili tudi toplotno prevodnost  $\lambda$  z namenom ugotovitve uporabnosti plošč v izolacijske namene. Toplotno prevodnost smo določili posredno, s približno metodo tako, da smo najprej izmerili gostoto toplotnega toka skozi preizkušanec in nato izračunali toplotno prevodnost. Na sliki 45 je prikazana postavitev testa za določanje toplotne prevodnosti.

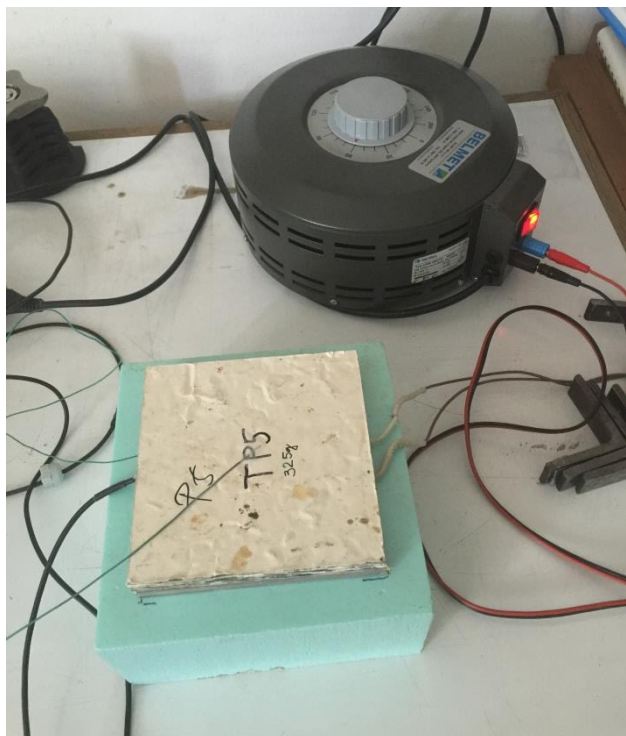
Naprava je zasnovana tako, da preizkušanec kvadratne oblike dimenzij 10/10 cm položimo na grelno ploščo, katera je priklopljena na transformator (variaak) s katerim reguliramo moč in s tem temperaturo grelne plošče. Med preizkušancem in grelno ploščo je nameščen senzor gostote toplotnega toka in termočlen (tip K) za merjenje temperature. Prav tako je na zgornji strani preizkušanca nameščen termočlen za merjenje temperature. Iz podatkov o temperaturnem gradientu skozi preizkušanec in izmerjeno gostoto toplotnega toka lahko izračunamo toplotno prevodnost z enačbo (4).

$$\lambda = \frac{q}{\text{grad } T} = \frac{q * d}{T_s - T_z} \quad (4)$$

Pomen oznak v enačbi (4):

$\lambda$	toplotna prevodnost ( $\text{mW}/\text{m}^2\text{K} = \text{W}/\text{mK}$ )
$q$	gostota toplotnega toka ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
$d$	debelina preizkušanca (m)
$T_s$	temperatura spodaj ( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_z$	temperatura zgoraj ( $^{\circ}\text{C}$ )

Pri sami meritvi je pomembno, da se toplotni tok ustali. V trenutku, ko se vrednosti stabilizirajo, lahko prenehamo z meritvijo. V magistrski nalogi so se vsi trije vzorci merili vsaj 3 ure, kar je bilo dovolj dolgo časovno obdobje, da se je toplotni tok ustalil.



Slika 45: Preiskava ugotavljanja toplotne prevodnosti gradbenih plošč iz odpadne embalaže

### 3.1.2.9 Ugotavljanje difuzijske upornosti prehodu vodne pare skozi material

Določanje difuzijske upornosti prehodu vodne pare smo izvedli po standardu SIST EN ISO 12572:2002 – Higrotermalno obnašanje gradbenih materialov in proizvodov – Ugotavljanje lastnosti za prehod vodne pare (ISO 12572:2001), z metodo čaš in kalcijevim kloridom ( $\text{CaCl}_2$ ). Meritve je opravila dr. Andreja Padovnik.

Preizkušanci so bili v obliki diska (krog) premera 45 mm (slika 46). Preizkušance smo zatesnili nad posebno oblikovano čašo, v kateri je bila raztopina kalcijevega klorida (slika 47 in 48). Za vsako ploščo (P5, P6 in P10) smo pripravili po pet (5) preizkušancev.

Analize smo izvajali v klimatiziranem prostoru (komori) s konstantno relativno vlago  $60 \pm 5 \%$  in temperaturo  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ . Zaradi razlike parnih tlakov se prične difuzija vodne pare skozi material. Vodna para difundira iz komore, kjer je višja relativna zračna vlažnost, v čašo z nižjo vlažnostjo zraka. Preiskava je trajala 28 dni oziroma toliko časa, da se je vzpostavil stalen difuzijski tok vodne pare. Difuzijsko upornost prehoda vodne pare  $\mu$  smo določili z enačbo (5):

$$\mu = \frac{\delta a}{\delta} \quad (5)$$

kjer je:

$\mu$  - difuzijska upornost prehoda vodne pare z enoto 1 (preglednica 26),

$\delta a$  – difuzijski koeficient vodne pare v zraku ( $\text{kg/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa}$ ) in

$\delta$  – difuzijska prepustnost materiala za vodno paro ( $\text{kg/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa}$ ).

Preglednica 26: Fizikalna lastnost nekaterih materialov [46]

Material	Gostota (kg/m <sup>3</sup> )	Toplotna prevodnost (W/mK)	Difuzijska upornost (-)
Polna opeka	1600	0,64	9
Opečni votlak	1400	0,58	6
Plinobeton	800	1,05	7
Beton s kamnitim agregatom	2200	1,51	30
Cementna malta	2100	1,4	30
Mehak les (smreka, bor)	500	0,14	70
Pluta	120	0,041	10
Polistiren	25	0,041	50
Mineralna / steklena volna	30	0,041	1
Penjeno steklo	145	0,058	10.000
Alu folija	2700	203	700.000
Strešnik	1900	0,99	40
PVC folija	1200	0,19	42.000
Steklo	2500	0,81	10.000



Slika 46: Oblika preizkušancev (diski) za preiskavo prepustnosti za vodno paro



Slika 47: Priprava vzorcev za preiskavo  
(Foto: dr. Andreja Padovnik)



Slika 48: Zatesnjeni vzorci nad posebno oblikovano  
 čašo, pripravljeni za analizo  
(Foto: dr. Andreja Padovnik)

## 3.2 Rezultati in diskusija

### 3.2.1 Določanje obnašanja plošč pri tlačni obremenitvi

#### 3.2.1.1 Plošča P5

Rezultati tlačnih preiskav vzorcev gradbene plošče P5 so podani v preglednici 27 ter na grafikonu 27.

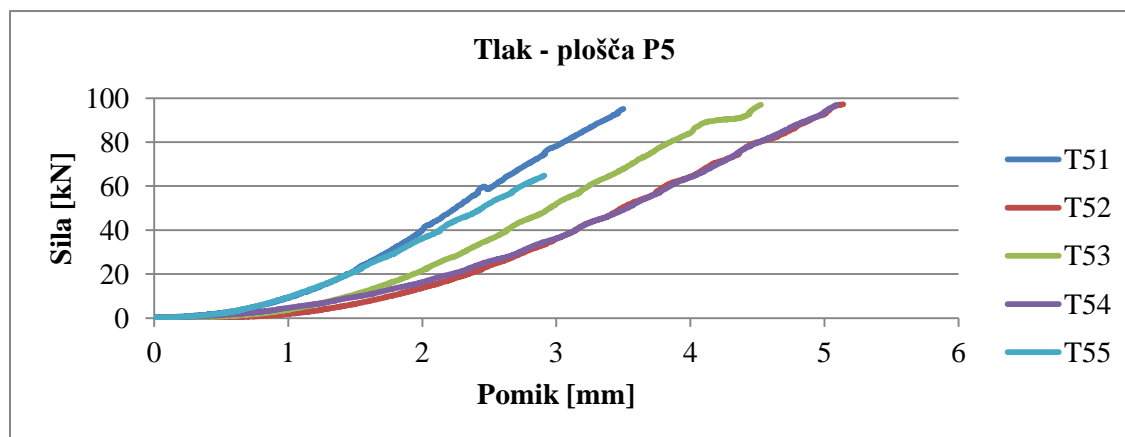
Preglednica 27: Rezultati tlačne preiskave

Vzorec	Debelina preizkušanca (mm)		Maksimalna sila $F_{max}$ (kN)	Tlačna trdnost (MPa)	Maksimalni pomik $a$ (mm)	Razlika v debelini $\Delta d$ (mm)	Gostota $\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )
	Pred preiskavo $d_1$	Po preiskavi $d_2$					
T51	14,7	13,7	95,15	38,06	3,50	1	1088,4
T52	14,2	12,2	97,20	38,88	5,14	2	985,9
T53	14,1	12,2	96,99	38,80	4,53	1,9	851,1
T54	14,0	11,7	96,92	38,78	5,09	2,3	1114,3
T55	14,3	12,8	64,76	25,90	2,91	1,5	951,1
<b>Povprečje</b>	<b>14,3</b>	<b>12,5</b>	<b>90,20</b>	<b>36,08</b>	<b>4,23</b>	<b>1,74</b>	<b>998,1</b>

Debeline preizkušancev pred preiskavo so bile med 14,0 in 14,7 mm, po preiskavi pa med 11,7 in 13,7 mm. Največja razlika v debelini je znašala 2,3 mm. Maksimalne tlačne sile so se gibale med 64,76 in 97,20 kN. Maksimalni pomiki pa so bili od 2,91 do 5,14 mm. Tlačne trdnosti so se gibale med 25,90 in 38,88 MPa.

Če pogledamo grafikon 27 vidimo, da bi bile verjetno dosežene trdnosti višje, saj smo pri preiskavah na štirih od petih preizkušanceh dosegli kapaciteto preizkuševalnega stroja (100 kN), zato nadaljevanje preiskave ni bilo mogoče. Edino pri preizkušancu T53 je prišlo do plastifikacije pri sili, nekoliko manjši od 90 kN. Ostali preizkušanci so se tudi pri obtežbi blizu 100 kN še vedno obnašali linearno. V začetnem delu, do pomika okoli 2 mm, je odnos med silo in pomikom izrazito nelinearen, kar lahko pripišemo začetnemu naleganju stiskalnice na sam preizkušanec ter stiskanju plasti preizkušanca (izločanje zraka).

Če povzamemo, je v povprečju maksimalna tlačna sila pri plošči P5 znašala 90,20 kN, pomik 4,23 mm in razlika v debelini preizkušanca pred in po preiskavi 1,74 mm. V povprečju je tlačna trdnost enaka 36,08 MPa. Za nadaljnje delo se je smiselno omejiti na nosilnost plošče P5 okoli 90 kN.



Grafikon 27: Grafični prikaz tlačnih preiskav petih preizkušancev plošče P5



### 3.2.1.2 Plošča P6

Rezultati tlačnih preiskav vzorcev gradbene plošče P6 so podani v preglednici 28 ter na grafikonu 28.

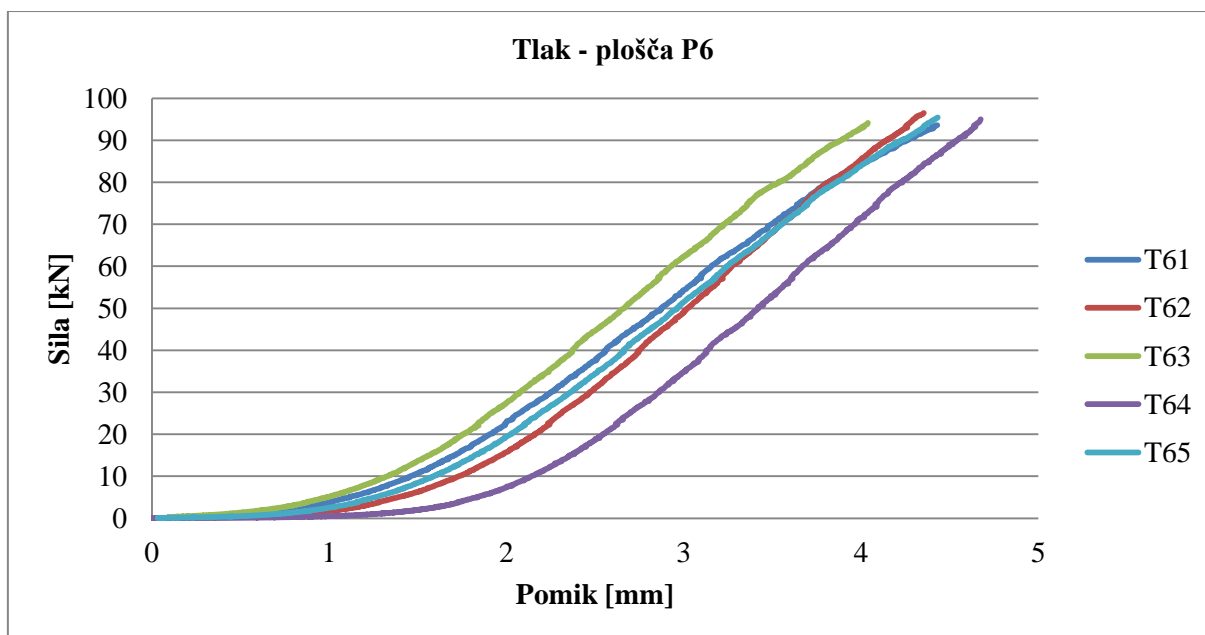
Preglednica 28: Rezultati tlačne preiskave

Vzorec	Debelina preizkušanca (mm)		Maksimalna sila $F_{max}$ (kN)	Tlačna trdnost (MPa)	Maksimalni pomik $a$ (mm)	Razlika v debelini $\Delta d$ (mm)	Gostota $\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )
	Pred preiskavo $d_1$	Po preiskavi $d_2$					
T61	15,9	14,3	93,60	37,44	4,43	1,6	981,1
T62	15,7	14,4	96,49	38,60	4,35	1,3	942,7
T63	16,0	14,7	94,15	37,66	4,04	1,3	1000
T64	15,5	14,1	95,00	38,00	4,67	1,4	929,0
T65	15,6	14,1	95,44	38,18	4,43	1,5	923,1
<b>Povprečje</b>	<b>15,7</b>	<b>14,3</b>	<b>94,94</b>	<b>37,98</b>	<b>4,38</b>	<b>1,4</b>	<b>955,2</b>

Debeline preizkušancev pred preiskavo so bile med 15,5 in 16,0 mm, po preiskavi pa med 14,1 in 14,7 mm. Največja razlika v debelini je znašala 1,6 mm. Maksimalne tlačne sile so se gibale med 93,60 in 96,49 kN. Maksimalni pomiki pa so bili od 4,04 do 4,67 mm. Tlačne trdnosti so se gibale med 37,44 in 38,60 MPa.

Iz grafikona 28 se lepo vidi, da nimamo izrazite porušitve, saj je odnos med silo in pomikom tudi pri najvišjih doseženih silah (blizu 100 kN, kar je kapaciteta preizkuševalnega stroja) še vedno linearen. Za določitev nivoja sile pri porušitvi bi morali narediti manjše preizkušance ali pa bi potrebovali prešo z višjo kapaciteto nanosa sile.

V povprečju je pri plošči P6 maksimalna tlačna sila znašala 94,94 kN, pomik 4,38 mm in razlika v debelini preizkušanca pred in po preiskavi 1,4 mm. V povprečju je tlačna trdnost enaka 37,98 MPa.



Grafikon 28: Grafični prikaz tlačnih preiskav petih preizkušancev plošče P6

### 3.2.1.3 Plošča P10

Rezultati tlačnih preiskav vzorcev gradbene plošče P10 so podani v preglednici 29 ter na grafikonu 29.

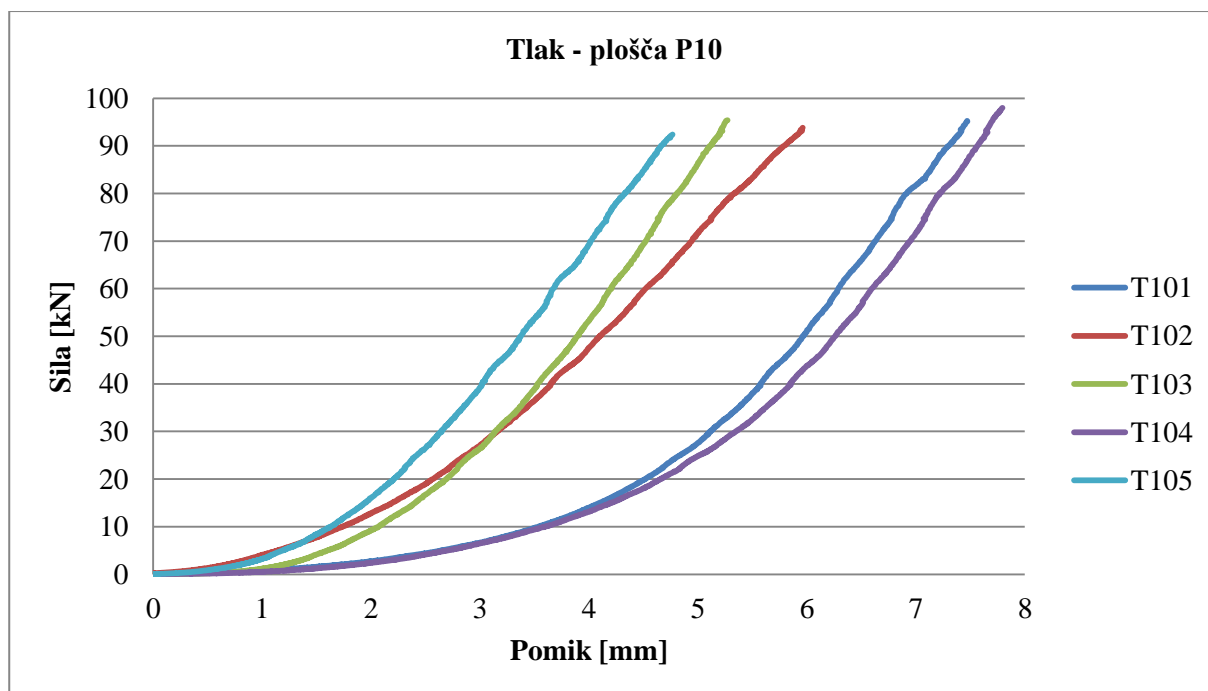
Preglednica 29: Rezultati tlačnih preiskav

Vzorec	Debelina preizkušanca (mm)		Maksimalna sila $F_{max}$ (kN)	Tlačna trdnost (Mpa)	Maksimalni pomik a (mm)	Razlika v debelini $\Delta d$ (mm)	Gostota $\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )
	Pred preiskavo $d_1$	Po preiskavi $d_2$					
T101	15,5	11,6	95,27	38,12	7,47	3,9	593,5
T102	16,4	13,8	93,83	37,53	5,96	2,6	804,9
T103	15,9	14,1	95,39	38,16	5,27	1,8	855,3
T104	15,1	11,2	97,99	39,20	7,79	3,9	609,3
T105	16,2	14,6	92,40	36,96	4,77	1,6	888,9
<b>Povprečje</b>	<b>15,8</b>	<b>13,1</b>	<b>94,98</b>	<b>37,99</b>	<b>6,25</b>	<b>2,8</b>	<b>750,4</b>

Debeline preizkušancev pred preiskavo so bile med 15,1 in 16,4 mm, po preiskavi pa med 11,2 in 14,6 mm. Največja razlika v debelini je znašala 3,9 mm. Maksimalne tlačne sile so se gibale med 92,40 in 97,99 kN. Maksimalni pomiki pa so bili od 4,77 do 7,79 mm. Tlačne trdnosti so se gibale med 36,96 in 39,20 MPa.

Prav tako, kot pri plošči P5 in P6 je z grafikona 29 razvidno, da nimamo izrazite porušitve, saj je odnos med silo in pomikom še vedno linearen tudi pri najvišjih doseženih silah (blizu 100 kN, kar je kapaciteta preizkuševalnega stroja). Tudi v tem primeru bi za določitev nivoja sile pri porušitvi morali narediti manjše preizkušance ali pa bi potrebovali prešo z višjo kapaciteto nanosa sile.

V povprečju je pri plošči P10 maksimalna tlačna sila znašala 94,98 kN, pomik pa 6,25 mm in razlika v debelini preizkušanca pred in po preiskavi 2,8 mm. V povprečju je tlačna trdnost enaka 37,99 MPa.

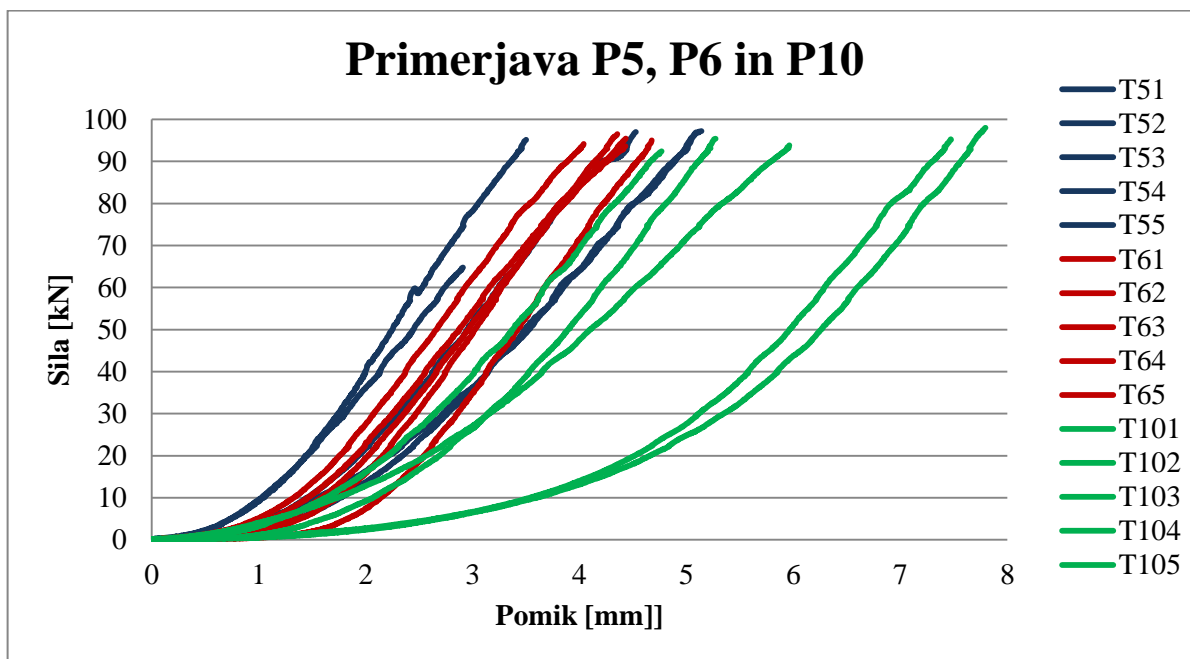


Grafikon 29: Grafični prikaz tlačnih preiskav petih preizkušancev plošče P10

### 3.2.1.4 Primerjava vseh treh plošč

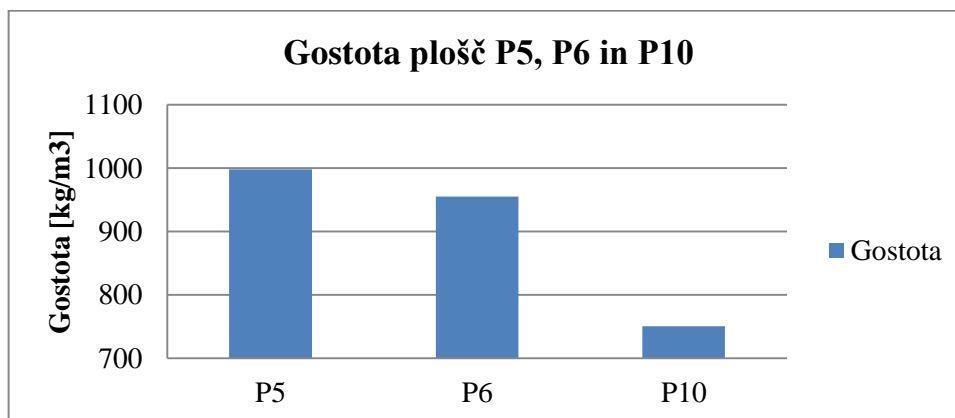
Grafikon 30 prikazuje, da je togost preizkušancev plošče P5 in P6 v povprečju primerljiva in večja kot za preizkušane plošče P10. Predvsem v začetnem delu potrebujejo preizkušanci plošče P10 večje pomike za prehod v linearni del diagrama. To je prvenstveno posledica zgradbe z bolj porozno strukturo, ki dovoljuje večje stiskanje. Ugotovitev je podkrepljena z rezultati gostote preizkušancev, ki je pri plošči P10 bistveno nižja (v povprečju  $750 \text{ kg/m}^3$ ) kot pri ploščah P5 in P6, ki imajo gostoto  $1000 \text{ kg/m}^3$  oziroma  $950 \text{ kg/m}^3$ .

Iz grafikona 30 tudi vidimo, da ima najmanjše pomike plošča P5, največje pa plošča P10. Plošča P10 je najmanj gosta in posledično najbolj deformabilna. Tudi maksimalen pomik  $7,79 \text{ mm}$  je imel vzorec plošče P10.



Grafikon 30: Grafični prikaz tlačnih preiskav plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena)

Če primerjamo še gostoto gradbenih plošč (grafikon 31) vidimo, da je najlažja plošča P10 ( $\gamma=750,4 \text{ kg/m}^3$ ), plošči P5 in P6 pa sta si v povprečju primerljivi ( $\gamma$  je  $950$  in  $1000 \text{ kg/m}^3$ ). V splošnem velja, lažja kot je plošča, slabše so njene mehanske karakteristike.



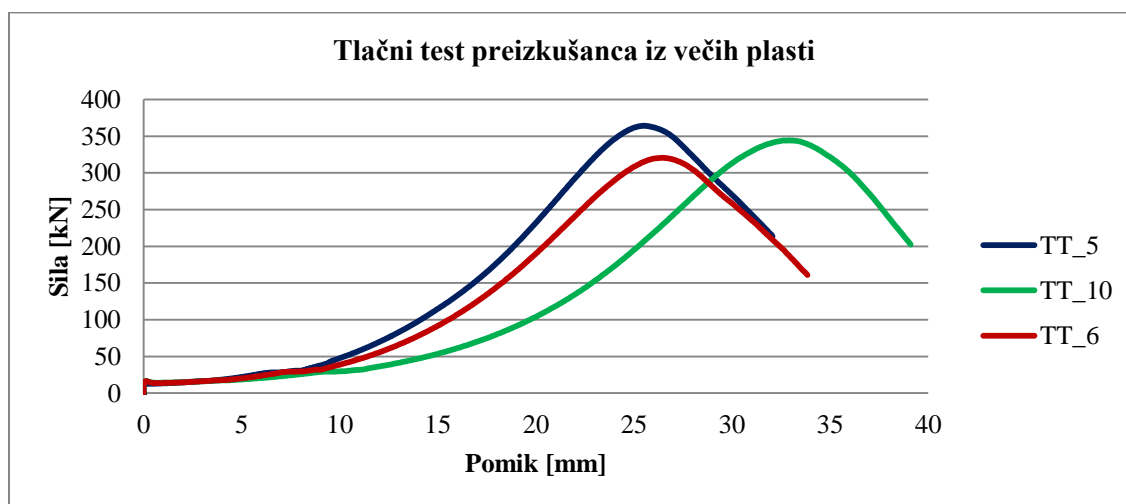
Grafikon 31: Primerjava gostot vseh treh plošč iz odpadne embalaže

### 3.2.2 Tlačni test preizkušanca iz več plasti

S preglednice 30 in grafikona 32 vidimo, da je največjo silo pri tlačnem testu preizkušanca iz več plasti prenesel sklop plošč P5 – 364,31 kN, najmanjšo pa sklop plošč P6 – 320,54 kN. Največji pomik pri maksimalni tlačni sili je imel sklop plošč P10, to je 32,9 mm, najmanj pa sklop plošč z največjo maksimalno tlačno silo, to je P5, kar znaša 25,57 mm. Pri tem testu je potrebno predvsem izpostaviti dejstvo, da oblika preizkušanca zelo vpliva na rezultate.

Preglednica 30: Rezultati tlačnega testa preizkušanca iz več plasti

Vzorec	Čas testa t (min)	Maksimalna tlačna sila $F_{max}$ (kN)	Tlačna trdnost (MPa)	Pomik pri maksimalni sili a (mm)
Plošča 5	4,3	364,31	36,43	25,57
Plošča 6	1,9	320,54	32,05	26,54
Plošča 10	2,1	344,44	34,44	32,90



Grafikon 32: Grafični prikaz preiskav »posebnega tlačnega testa« plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena)

Slika 49 in 50 prikazujeta obliko preizkušancev plošče P5 in P10 po tlačnem testu. S slike 49 je razvidno, da je po tlačnem testu na vzorcu nastala razpoka po diagonali, s slike 50 pa vidimo, da je vzorec popolnoma razpadel. Smo pa s tem pristopom (večslojni preizkušavec in uporaba preizkuševalnega stroja z večjo kapaciteto) uspeli oceniti tlačno trdnost gradbenih plošč iz odpadne embalaže.



Slika 49: Porušna oblika preizkušanca plošče P5



Slika 50: Porušna oblika preizkušanca plošče P10

### 3.2.3 Določanje obnašanja plošč pri upogibu

#### 3.2.3.1 Plošča P5

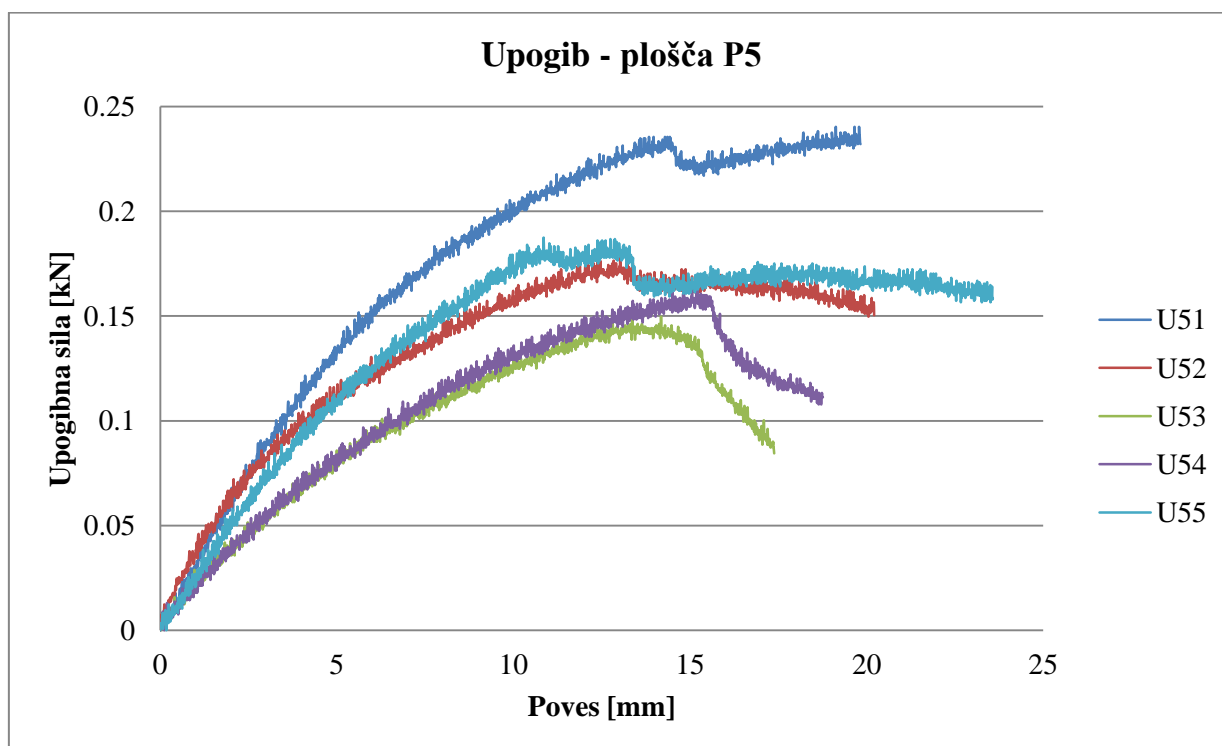
Rezultati upogibne preiskave plošče P5 so tabelarično prikazani v preglednici 31, grafično pa na grafikonu 33. V preglednici so navedene debeline preizkušancev, maksimalna upogibna sila, modul elastičnosti in upogibna napetost.

Preglednica 31: Rezultati upogibnih preiskav

Vzorec	Debelina preizkušanca h (mm)	Maksimalna upogibna sila $F_{max}$ (kN)	$1/3 F_{max}$ (kN)	Maksimalni povos u pri $1/3 F_{max}$ (mm)	Modul elastičnosti $E_m$ (Pa)	Upogibna napetost $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )
U51	14,7	0,24033	0,08011	2,7088	502,47	7,373
U52	14,1	0,17853	0,05951	1,8944	603,20	5,954
U53	13,3	0,14969	0,04990	2,7206	420,75	5,611
U54	13,3	0,16342	0,05447	2,9587	422,33	6,125
U55	13,8	0,18745	0,06248	2,5252	466,37	6,163
<b>Povprečje</b>	<b>13,8</b>	<b>0,18388</b>	<b>0,06129</b>	<b>2,5615</b>	<b>483,02</b>	<b>6,245</b>

Debeline preizkušancev so bile med 13,3 in 14,7 mm. Maksimalna upogibna sila se je gibala med 0,149 in 0,240 kN. Nadaljnje račune smo izvedli z  $1/3$  maksimalne upogibne sile. Tako je maksimalni povos bil med 1,89 in 2,95 mm. Moduli elastičnosti so se pri plošči P5 gibali med 420,75 in 603,20 Pa. Upogibna napetost je znašala med 5,61 in 7,37 N/mm<sup>2</sup>.

V povprečju je pri plošči P5 maksimalna upogibna sila znašala 0,184 kN in maksimalen povos 2,56 mm. Povprečen modul elastičnosti znaša 483,02 Pa, povprečna upogibna napetost pa 6,245 N/mm<sup>2</sup>.



Grafikon 33: Grafični prikaz upogibnih preiskav petih preizkušancev plošče P5

### 3.2.3.2 Plošča P6

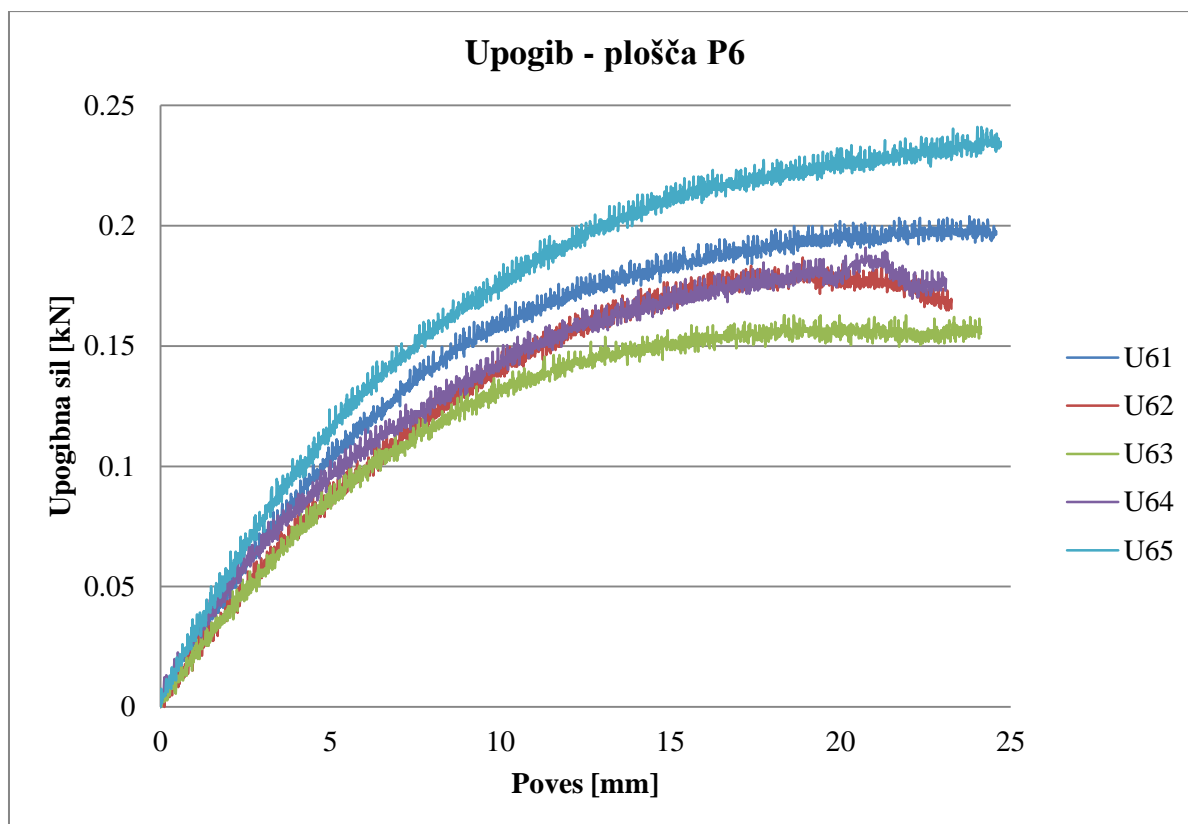
Rezultati upogibne preiskave plošče P6 so tabelarično prikazani v preglednici 32, grafično pa na grafikonu 34. V preglednici so navedene debeline preizkušancev, maksimalna upogibna sila, modul elastičnosti in upogibna napetost.

Preglednica 32: Rezultati upogibnih preiskav

Vzorec	Debelina preizkušanca $h$ (mm)	Maksimalna upogibna sila $F_{max}$ (kN)	$1/3 F_{max}$ (kN)	Maksimalni povos u pri $1/3 F_{max}$ (mm)	Modul elastičnosti $E_m$ (Pa)	Upogibna napetost $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )
U61	15,4	0,20390	0,06798	3,1064	485,32	6,525
U62	15,1	0,18677	0,06226	3,3352	439,37	6,217
U63	14,4	0,16273	0,05424	2,9777	493,94	5,956
U64	17,0	0,19089	0,06363	2,7623	379,64	5,013
U65	17,1	0,24101	0,08034	2,9158	446,19	6,256
<b>Povprečje</b>	<b>15,8</b>	<b>0,19706</b>	<b>0,06569</b>	<b>3,0195</b>	<b>448,89</b>	<b>5,993</b>

Debeline preizkušancev so bile med 14,4 in 17,1 mm. Maksimalna upogibna sila se je gibala med 0,1627 in 0,2410 kN. Nadaljnje račune smo izvedli z  $1/3$  maksimalne upogibne sile. Tako je maksimalni povos bil med 2,76 in 3,33 mm. Moduli elastičnosti so se pri plošči P6 gibal med 379,64 in 493,94 Pa. Upogibna napetost pa je znašala med 5,01 in 6,52 N/mm<sup>2</sup>.

V povprečju je pri plošči P6 maksimalna upogibna sila znašala 0,1971 kN in maksimalen povos 3,02 mm. Povprečen modul elastičnosti znaša 448,89 Pa, povprečna upogibna napetost pa 5,993 N/mm<sup>2</sup>.



Grafikon 34: Grafični prikaz upogibnih preiskav petih preizkušancev plošče P6

### 3.2.3.3 Plošča P10

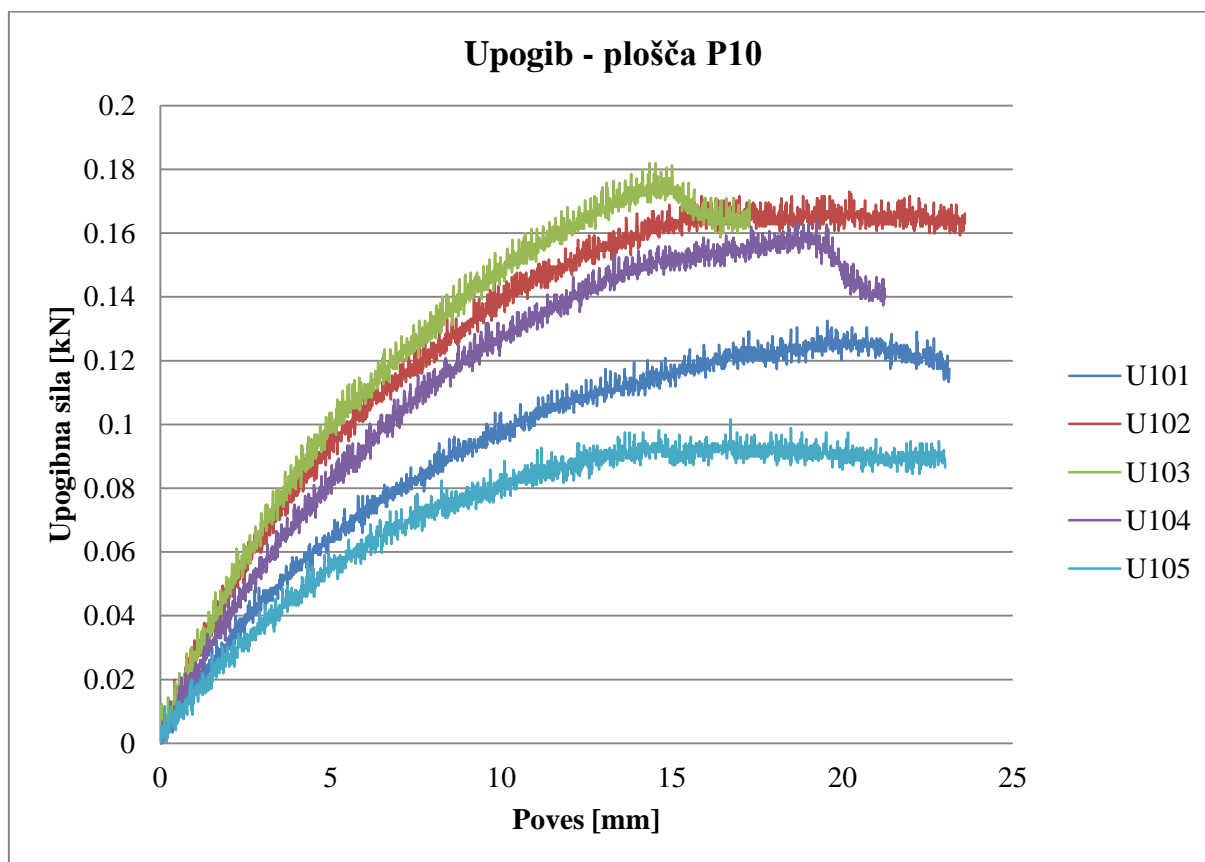
Rezultati upogibne preiskave plošče P10 so tabelarično prikazani v preglednici 33, grafično pa na grafikonu 35. V preglednici so navedene debeline preizkušancev, maksimalna upogibna sila, modul elastičnosti in upogibna napetost.

Preglednica 33: Rezultati upogibnih preiskav

Vzorec	Debelina preizkušanca $h$ (mm)	Maksimalna upogibna sila $F_{\max}$ (kN)	$1/3 F_{\max}$ (kN)	Maksimalni povos u pri $1/3 F_{\max}$ (mm)	Modul elastičnosti $E_m$ (Pa)	Upogibna napetost $\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )
U101	15,8	0,13252	0,04417	3,1059	324,22	4,172
U102	16,7	0,17303	0,05768	2,6508	420,12	4,877
U103	16,7	0,18196	0,06065	2,5404	460,95	5,128
U104	16,5	0,16411	0,05470	2,9092	376,38	4,738
U105	16,2	0,10162	0,03387	2,7896	256,80	3,043
<b>Povprečje</b>	<b>16,38</b>	<b>0,15065</b>	<b>0,05021</b>	<b>2,7992</b>	<b>367,69</b>	<b>4,392</b>

Debeline preizkušancev so bile med 15,8 in 16,7 mm. Maksimalna upogibna sila se je gibala med 0,1016 in 0,1819 kN. Nadaljnje račune smo izvedli z  $1/3$  maksimalne upogibne sile. Tako je maksimalni povos bil med 2,54 in 3,11 mm. Moduli elastičnosti so se pri plošči P10 gibali med 256,8 in 460,95 Pa. Upogibna napetost pa je znašala med 3,04 in 5,13 N/mm<sup>2</sup>.

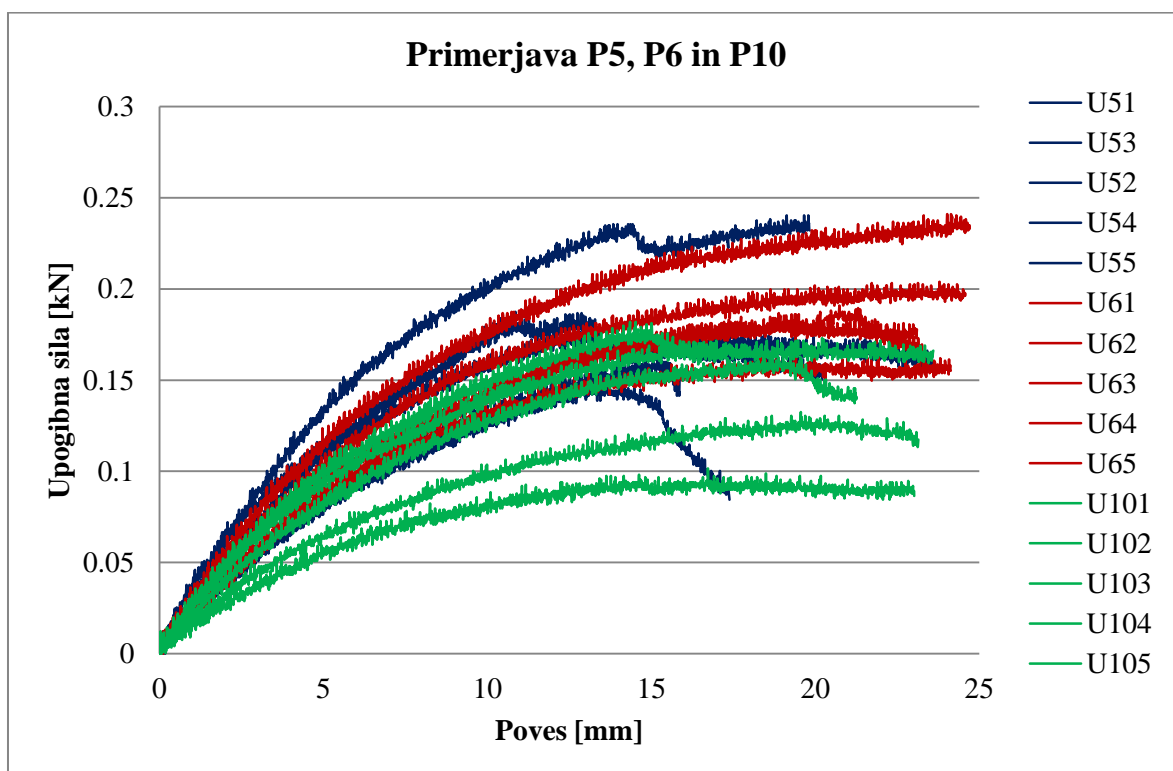
V povprečju je pri plošči P10 maksimalna upogibna sila znašala 0,1506 kN in maksimalen povos 2,78 mm. Povprečen modul elastičnosti znaša 367,69 Pa, povprečna upogibna napetost pa 4,392 N/mm<sup>2</sup>.



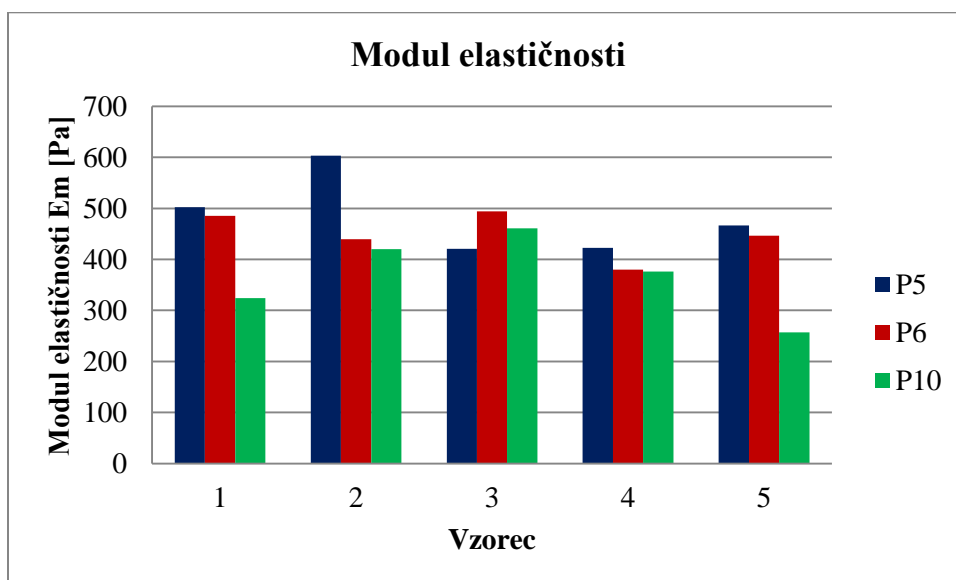
Grafikon 35: Grafični prikaz upogibnih preiskav petih preizkušancev plošče P10

### 3.2.3.4 Primerjava vseh treh plošč

Iz grafikona 36 lahko vidimo, da so odzivi plošč P5 in P6 pri upogibni obremenitvi zelo primerljivi, medtem ko plošča P10 izkazuje večjo podajnost. Največjo upogibno silo 0,241 kN je prenesel vzorec plošče P6. Iz grafikona 37 pa lahko vidimo, da ima v povprečju najvišje module elastičnosti plošča P5, najmanjše pa plošča P10. Zaključimo lahko, da je modul elastičnosti plošče iz odpadne embalaže tem večji, čim večja je gostota plošče.



Grafikon 36: Grafični prikaz upogibnih preiskav plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena)



Grafikon 37: Grafični prikaz modulov elastičnosti posameznih vzorcev plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena)



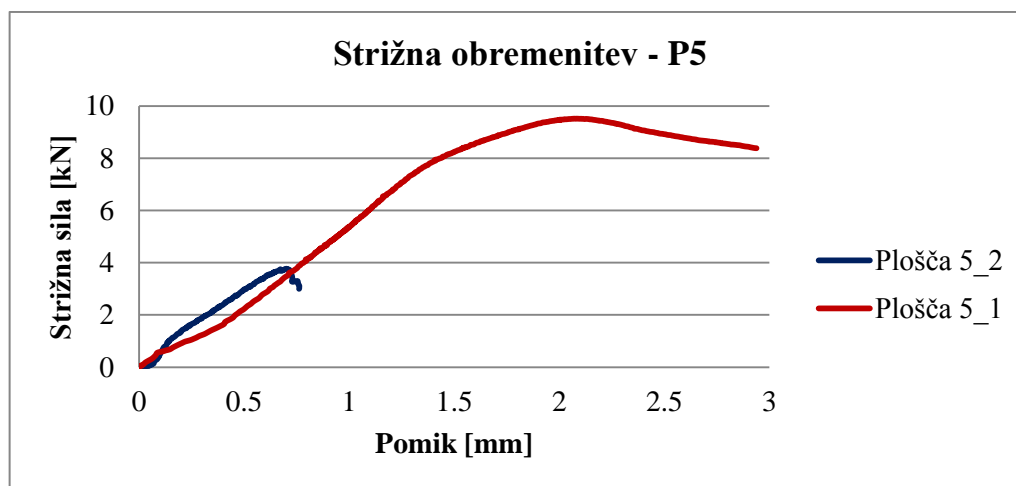
### 3.2.4 Določanje obnašanja plošč pri strižni obremenitvi

#### 3.2.4.1 Plošča P5

Rezultati strižne preiskave plošče P5 so tabelarično prikazani v preglednici 34, grafično pa na grafikonu 38. Vidimo, da je v prvem primeru prišlo do strižne porušitve pri maksimalni sili 9,51 kN, v drugem primeru pa pri sili 3,77 kN. Vidimo lahko tudi, da se pri plošči P5\_1 začnejo pomiki nelinearno povečevati in da je verjetno že tam prišlo do prve večje poškodbe preizkušanca. Za natančno določitev maksimalne strižne sile pri plošči P5 bi morali narediti še dodatne preiskave, saj se dobljena rezultata razlikujeta za skoraj 6 kN.

Preglednica 34: Rezultati strižnih preiskav plošče P5

Vzorec	Maksimalna strižna sila F (kN)
S5_1	9,52
S5_2	3,77
<b>Povprečje</b>	<b>6,64</b>



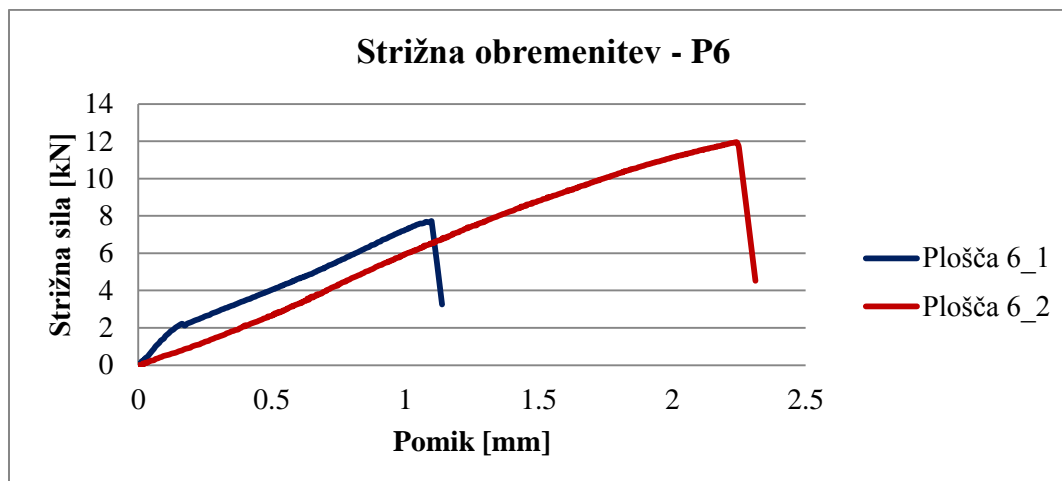
Grafikon 38: Grafični prikaz poteka strižne preiskave na plošči P5

#### 3.2.4.2 Plošča P6

Rezultati strižne preiskave plošče P6 so tabelarično prikazani v preglednici 35, grafično pa na grafikonu 39. Vidimo, da je v prvem primeru prišlo do striga pri maksimalni sili 7,72 kN, v drugem primeru pa pri sili 11,94 kN. Za natančno določitev maksimalne strižne sile pri plošči P6 bi morali narediti še dodatne preiskave, saj se dobljena rezultata razlikujeta za več kot 4 kN.

Preglednica 35: Rezultati strižnih preiskav plošče P6

Vzorec	Maksimalna strižna sila F (kN)
S6_1	7,72
S6_2	11,94
<b>Povprečje</b>	<b>9,83</b>



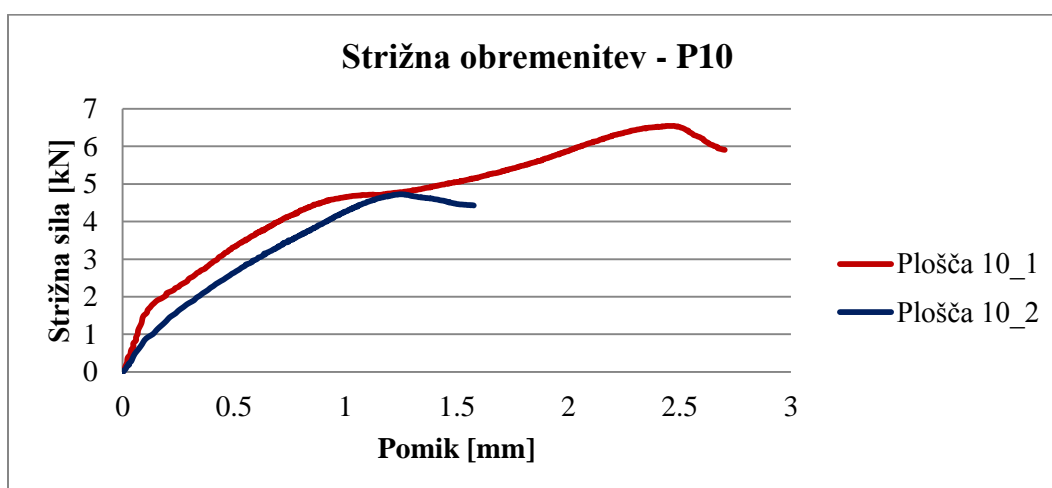
Grafikon 39: Grafični prikaz poteka strižne preiskave na plošči P6

### 3.2.4.3 Plošča P10

Rezultati strižne preiskave plošče P10 so tabelarično prikazani v preglednici 36, grafično pa na grafikonu 40. Vidimo, da je v prvem primeru prišlo do strižne porušitve pri maksimalni sili 6,55 kN, v drugem primeru pa pri sili 4,73 kN. Za natančno določitev maksimalne strižne sile pri plošči P10 bi morali narediti vsaj še en test, da bi lahko naredili korelacijo med rezultati.

Preglednica 36: Rezultati strižnih preiskav plošče P10

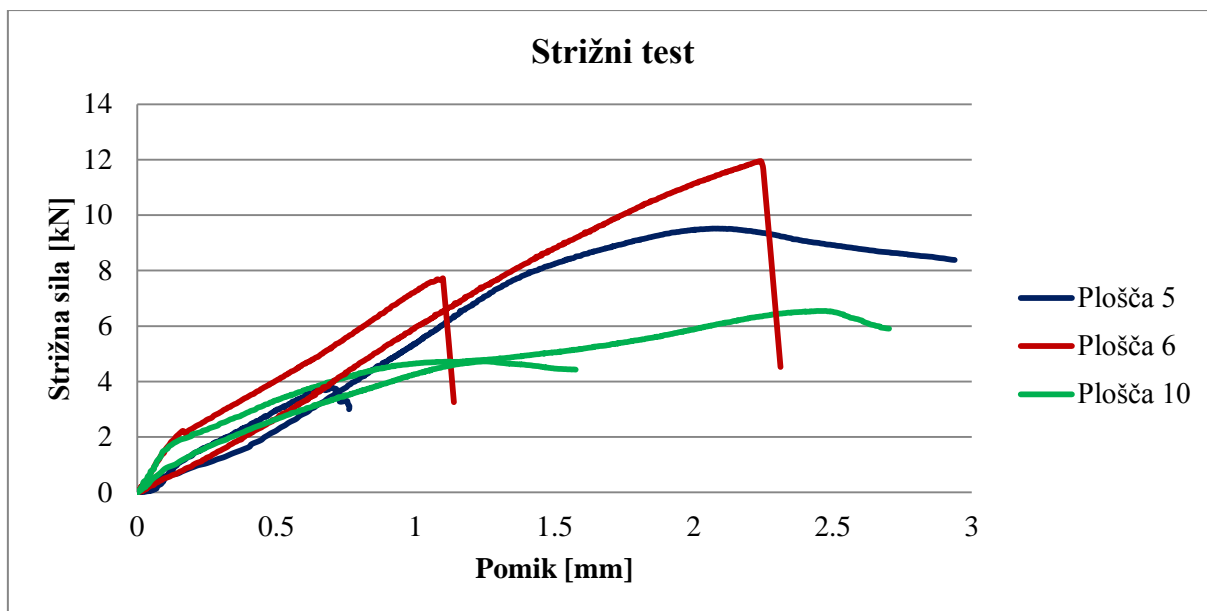
Vzorec	Maksimalna strižna sila F (kN)
S10_1	6,55
S10_2	4,73
<b>Povprečje</b>	<b>5,64</b>



Grafikon 40: Grafični prikaz poteka strižne preiskave na plošči P6

### 3.2.4.4 Primerjava strižnih preiskav za vse tri variante preizkušancev

Iz grafikona 41 lahko vidimo, da prevzame v povprečju največjo strižno silo plošča P6, ki znaša 9,83 kN, najmanjšo pa plošča P10, ki znaša 5,64 kN. Za oceno dejanske strižne nosilnosti gradbenih plošč iz odpadne embalaže bi morali preiskave opraviti vsaj na po petih preizkušancih za posamezno vrsto gradbene plošče.



Grafikon 41: Grafični prikaz strižnih preiskav plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena)

Po končani strižni preiskavi smo vzorce razstavili in pogledali, po kateri ploskvi se je vzorec prestrigel (sliki 51 in 52).



Slika 51: Strig po plasti – vzorec P6 po preiskavi



Slika 52: Strig po plasti – vzorec P10 po preiskavi

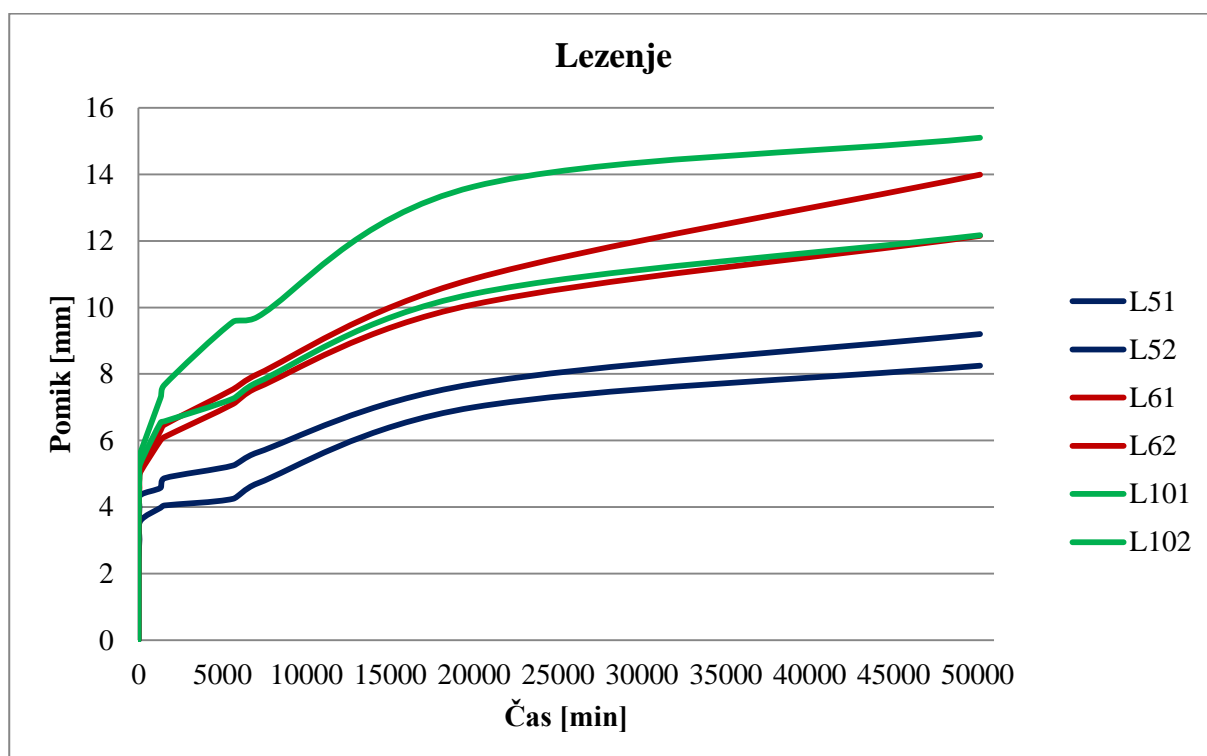
### 3.2.5 Preiskave lezenja gradbenih plošč iz odpadne embalaže

Preiskave lezenja so potekale med 16. 6. 2016 in 21. 7. 2016. Rezultati preiskav lezenja so prikazani v preglednici 37 in na grafikonu 42. V preglednici so na abscisni osi meritveni časi v minutah, na ordinatni pa različni vzorci. Pomike vzorcev beremo v vodoravni smeri, saj so odvisni od časa.

Iz rezultatov vidimo, da se pod stalno obtežbo najbolj deformira (upogne) plošča P10, kar v povprečju znaša 13,6 mm, tik za njo je plošča P6, ki se v povprečju upogne za 13,1 mm in najmanj se upogne plošča P5, v povprečju za 8,7 mm. Plošča P10 ne vsebuje mletega odpadka po sortiranju embalaže, vsebuje pa 3 enote več lahke frakcije, kot plošča P6. Tudi obremenitev vzorca je bila pri plošči P10 za 1,55 kg manjša, kot pri plošči P6. Sklepamo lahko, da je plošča P10 najbolj mehka in se zato pod stalno obtežbo najlažje oziroma najhitreje deformira.

Preglednica 37: Rezultati preiskav lezenja

Vzorec	Čas t (min)														
	0	1	3	6	12	20	30	60	120	1320	1560	5640	7080	19980	50160
L51 (mm)	0	2.7	2.88	3.39	3.44	3.54	3.63	3.99	4.36	4.58	4.87	5.25	5.64	7.7	9.2
L52 (mm)	0	1.61	2.32	2.4	2.51	2.56	2.72	3.03	3.59	3.98	4.05	4.25	4.71	7	8.25
L61 (mm)	0	3.7	3.86	3.9	3.92	4.33	4.52	4.86	5.06	6.01	6.11	7.1	7.59	10.09	12.15
L62 (mm)	0	3.26	3.26	3.39	3.65	3.74	4.32	4.58	5.1	6.3	6.48	7.54	7.99	10.86	13.99
L101 (mm)	0	3.6	4.03	4.45	4.71	4.82	5.02	5.5	5.64	7.29	7.68	9.57	9.71	13.63	15.1
L102 (mm)	0	3.03	3.18	3.37	3.68	3.84	4.36	4.94	5.32	6.54	6.58	7.26	7.75	10.41	12.17



Grafikon 42: Grafični prikaz preiskave lezenja plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena)

### 3.2.6 Obnašanje gradbenih plošč iz odpadne embalaže pri potopitvi v vodo

#### 3.2.6.1 Plošča P5

Iz preglednic 38, 39 in 40 lahko vidimo, da je prostorninska masa (gostota) v suhem stanju v povprečju znašala  $967,40 \text{ kg/m}^3$ , v z vodo zasičenem stanju pa  $1027,64 \text{ kg/m}^3$ . Volumen posameznega vzorčka se je v povprečju povečal za približno  $5 \text{ cm}^3$ . Prav tako se je minimalno povečala površina vzorčka. Sestava plošče P5 vsebuje približno 54 % lahke frakcije, 13 % mletega odpadka po sortiranju embalaže in 10 % mletega tetrapaka brez aluminijske folije, ki vpijajo vodo, med tem ko mleta embalažna folija ne vpija vode. V povprečju so vzorčki vpili  $7,42 \text{ g}$  vode. Po odstranitvi iz vode vzorčki razpadajo in niso primerni za nadaljnjo uporabo.

Preglednica 38: Rezultati preiskav obnašanja plošče P5 pred potopitvijo v vodo

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S ( $\text{cm}^2$ )	Prostornina V ( $\text{cm}^3$ )	Masa m (g)	Prostorninska masa v suhem stanju $\gamma_s$ ( $\text{kg/m}^3$ )
PV51	50,4 x 50,4	14,5	25,40	36,83	35,90	974,69
PV52	50,5 x 50,1	14,6	25,30	36,94	36,50	988,12
PV53	50,5 x 50,6	14,7	25,55	37,56	36,44	970,11
PV54	50,5 x 50,2	14,5	25,35	36,76	35,52	966,30
PV55	50,4 x 50,5	14,5	25,45	36,91	34,61	937,80
<b>Povprečje:</b>						<b>967,40</b>

Preglednica 39: Rezultati preiskav obnašanja plošče P5 po potopitvi v vodo

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S ( $\text{cm}^2$ )	Prostornina V ( $\text{cm}^3$ )	Masa m (g)	Prostorninska masa z vodo zasičenem stanju $\gamma_d$ ( $\text{kg/m}^3$ )
PV51	50,5 x 51,3	16,2	25,91	41,97	43,44	1035,06
PV52	51,0 x 50,3	16,3	25,65	41,81	43,31	1035,77
PV53	50,8 x 50,8	16,3	25,81	42,06	43,63	1037,22
PV54	50,7 x 50,3	16,7	25,50	42,59	43,89	1030,56
PV55	50,6 x 50,7	16,3	25,65	41,82	41,80	999,61
<b>Povprečje:</b>						<b>1027,64</b>

Preglednica 40: Sprememba volumna  $\Delta V$ , površine  $\Delta S$  in vodovpojnosti preizkušancev plošče P5 po potopitvi v vodo.

Vzorec	$\Delta V$ ( $\text{cm}^3$ )	$\Delta S$ ( $\text{cm}^2$ )	Masa vode $m_v$ (g)
PV51	5,14	0,50	7,54
PV52	4,88	0,35	6,81
PV53	4,50	0,25	7,19
PV54	5,83	0,15	8,37
PV55	4,91	0,20	7,19
<b>Povprečje</b>	<b>5,05</b>	<b>0,29</b>	<b>7,42</b>

### 3.2.6.2 Plošča P6

Iz preglednic 41, 42 in 43 lahko vidimo, da je prostorninska masa (gostota) v suhem stanju v povprečju znašala  $897,45 \text{ kg/m}^3$ , v z vodo zasičenem stanju pa  $1013,33 \text{ kg/m}^3$ . Volumen posameznega vzorčka se je v povprečju povečal za približno  $6,8 \text{ cm}^3$ . Prav tako se je minimalno povečala površina vzorčka. Sestava plošče P6 vsebuje približno 44 % lahke frakcije, 12 % mletega odpadka po sortiranju embalaže in 12,5 % mletega tetrapaka brez aluminijeve folije, ki vpijajo vodo, med tem ko mleta embalažna folija ne vpija vode. V povprečju so vzorčki vpili  $11,08 \text{ g}$  vode. Po odstranitvi iz vode vzorčki razpadajo in niso primerni za nadaljnjo uporabo.

Preglednica 41: Rezultati preiskav obnašanja plošče P6 pred potopitvijo v vodo

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S ( $\text{cm}^2$ )	Prostornina V ( $\text{cm}^3$ )	Masa m (g)	Prostorninska masa v suhem stanju $\gamma_s$ ( $\text{kg/m}^3$ )
PV61	49,9 x 49,7	15,6	24,80	38,69	37,37	965,92
PV62	50,7 x 50,5	15,5	25,60	39,69	37,18	936,87
PV63	50,7 x 50,7	15,7	25,70	40,36	37,37	925,99
PV64	49,6 x 51,1	12,3	25,35	31,18	24,35	781,07
PV65	49,7 x 50,4	13,8	25,05	34,57	30,33	877,42
<b>Povprečje:</b>						<b>897,45</b>

Preglednica 42: Rezultati preiskav obnašanja plošče P6 po potopitvi v vodo

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S ( $\text{cm}^2$ )	Prostornina V ( $\text{cm}^3$ )	Masa m (g)	Prostorninska masa z vodo zasičenem stanju $\gamma_a$ ( $\text{kg/m}^3$ )
PV61	50,2 x 50,0	18,2	25,10	45,68	47,09	1030,82
PV62	51,2 x 50,7	18,4	25,96	47,76	48,64	1018,35
PV63	51,0 x 50,9	17,9	25,96	46,47	48,94	1053,23
PV64	50,1 x 51,1	14,3	26,06	37,27	35,34	948,29
PV65	50,0 x 50,7	16,3	25,35	41,32	41,98	1015,96
<b>Povprečje:</b>						<b>1013,33</b>

Preglednica 43: Sprememba volumna  $\Delta V$ , površine  $\Delta S$  in vodovpojnosti preizkušancev plošče P6 po potopitvi v vodo.

Vzorec	$\Delta V$ ( $\text{cm}^3$ )	$\Delta S$ ( $\text{cm}^2$ )	Masa vode $m_v$ (g)
PV61	6,99	0,30	9,72
PV62	8,08	0,35	11,46
PV63	6,11	0,25	11,57
PV64	6,09	0,72	10,99
PV65	6,75	0,30	11,65
<b>Povprečje</b>	<b>6,81</b>	<b>0,39</b>	<b>11,08</b>

### 3.2.6.3 Plošča P10

Iz preglednic 44, 45 in 46 lahko vidimo, da je prostorninska masa (gostota) v suhem stanju v povprečju znašala  $923,47 \text{ kg/m}^3$ , v z vodo zasičenem stanju pa  $1033,45 \text{ kg/m}^3$ . Volumen posameznega vzorca se je v povprečju povečal za približno  $8,79 \text{ cm}^3$ . Prav tako se je minimalno povečala površina vzorca. Sestava plošče P10 vsebuje približno 59 % lahke frakcije in 11,5 % mletega tetrapaka brez aluminijeve folije, ki vpijata vodo, med tem ko mleta embalažna folija vode ne vpija. Mletega odpadka po sortiranju embalaže ni. V povprečju so vzorčki vpili  $13,74 \text{ g}$  vode. Po odstranitvi iz vode vzorčki razpadajo in niso primerni za nadaljnjo uporabo.

Preglednica 44: Rezultati preiskav obnašanja plošče P10 pred potopitvijo v vodo

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S ( $\text{cm}^2$ )	Prostornina V ( $\text{cm}^3$ )	Masa m (g)	Prostorninska masa v suhem stanju $\gamma_s$ ( $\text{kg/m}^3$ )
PV101	50,2 x 50,2	16,5	25,20	41,58	37,96	912,92
PV102	50,1 x 50,8	16,8	25,45	42,76	40,00	935,51
PV103	50,4 x 50,4	16,8	25,40	42,67	39,90	934,98
PV104	50,5 x 50,5	16,8	25,50	42,84	38,56	900,01
PV105	50,0 x 50,6	16,7	25,30	42,25	39,46	933,94
<b>Povprečje:</b>						<b>923,47</b>

Preglednica 45: Rezultati preiskav obnašanja plošče P10 po potopitvi v vodo

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S ( $\text{cm}^2$ )	Prostornina V ( $\text{cm}^3$ )	Masa m (g)	Prostorninska masa z vodo zasičenem stanju $\gamma_d$ ( $\text{kg/m}^3$ )
PV101	50,4 x 50,4	19,9	25,40	50,55	51,69	1022,57
PV102	50,5 x 51,0	19,9	25,76	51,25	52,46	1023,56
PV103	50,5 x 50,7	19,7	25,60	50,44	53,49	1060,49
PV104	50,8 x 50,6	20,3	25,70	52,18	53,42	1023,75
PV105	50,4 x 50,7	20,2	25,55	51,62	53,52	1036,87
<b>Povprečje:</b>						<b>1033,45</b>

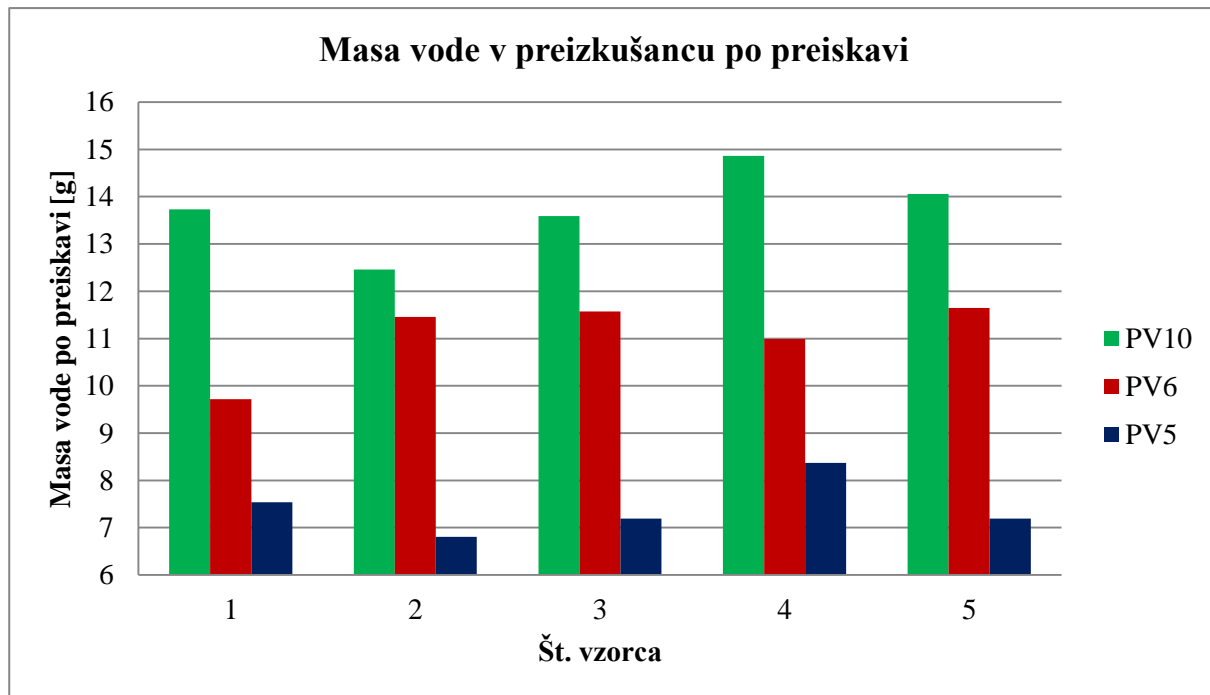
Preglednica 46: Sprememba volumna  $\Delta V$ , površine  $\Delta S$  in vodovpojnosti preizkušancev plošče P6 po potopitvi v vodo.

Vzorec	$\Delta V$ ( $\text{cm}^3$ )	$\Delta S$ ( $\text{cm}^2$ )	Masa vode $m_v$ (g)
PV101	8,97	0,20	13,73
PV102	8,50	0,30	12,46
PV103	7,76	0,20	13,59
PV104	9,34	0,20	14,86
PV105	9,37	0,25	14,06
<b>Povprečje</b>	<b>8,79</b>	<b>0,23</b>	<b>13,74</b>

### 3.2.6.4 Primerjava vseh treh plošč

Iz grafikona 43 lahko vidimo, da so največ vode vpili preizkušanci plošče P10 (v povprečju 13,74 g), najmanj pa vzorci plošče P5 (v povprečju 7,42 g). Plošča P10 vsebuje kar 59 % lahke frakcije, ki vpija vodo ter 11,5 % mletega tetrapaka brez folije.

Če koreliramo rezultate z gostoto materiala, ki smo jo izračunali med rezultati tlačnega testa vidimo, da obstaja povezava. Plošča P10 je najlažja oziroma najbolj porozna (gostota je znašala  $750,4 \text{ kg/m}^3$ ) in je vpila največ vode, med tem ko je plošča P5, ki je imela največjo gostoto ( $998,1 \text{ kg/m}^3$ ), vpila najmanj vode.



Grafikon 43: Grafični prikaz mase vode v preizkušancih plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena) po preiskavi



### 3.2.7 Obnašanje gradbenih plošč iz odpadkov pri potopitvi v eno molarni raztopini NaCl

#### 3.2.7.1 Plošča P5

S preglednic 47, 48 in 49 lahko vidimo, da je prostorninska masa (gostota) v suhem stanju v povprečju znašala  $719,52 \text{ kg/m}^3$ , v zasičenem stanju pa  $897,01 \text{ kg/m}^3$ . Volumen posameznega vzorčka se je v povprečju povečal za približno  $4,6 \text{ cm}^3$ . Prav tako se je povečala površina vzorčka v povprečju za  $1,7 \text{ cm}^2$ . Sestava plošče P5 vsebuje približno 54 % lahke frakcije, 13 % mletega odpadka po sortiranju embalaže in 10 % mletega tetrapaka brez aluminijaste folije, ki vpijajo vodo, med tem ko mleta embalažna folija ne vpija vode. V povprečju so vzorčki vpili 10,7 g eno molarne raztopine NaCl. Po odstranitvi iz raztopine so razpadali in niso bili primerni za nadaljnjo uporabo.

Preglednica 47: Rezultati preiskav obnašanja plošče P5 pred potopitvijo v eno molarno raztopino NaCl

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S ( $\text{cm}^2$ )	Prostornina V ( $\text{cm}^3$ )	Masa m (g)	Prostorninska masa v suhem stanju $\gamma_s$ ( $\text{kg/m}^3$ )
P <sub>NaCl</sub> 51	51,8 x 50,7	13,5	26,26	35,45	20,70	583,85
P <sub>NaCl</sub> 52	51,3 x 52,3	14,1	26,83	37,83	32,49	858,84
P <sub>NaCl</sub> 53	50,8 x 52,7	14,7	26,77	39,35	35,19	894,19
P <sub>NaCl</sub> 54	50,9 x 50,5	13,9	25,70	35,73	17,88	500,43
P <sub>NaCl</sub> 55	52,0 x 51,4	14,6	26,73	39,02	29,67	760,32
<b>Povprečje:</b>						<b>719,52</b>

Preglednica 48: Rezultati preiskav obnašanja plošče P5 po potopitvi v eno molarno raztopino NaCl

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S ( $\text{cm}^2$ )	Prostornina V ( $\text{cm}^3$ )	Masa m (g)	Prostorninska masa v zasičenem stanju $\gamma_z$ ( $\text{kg/m}^3$ )
P <sub>NaCl</sub> 51	52,1 x 51,3	14,8	26,73	39,56	33,37	843,61
P <sub>NaCl</sub> 52	52,3 x 53,8	15,3	28,14	43,05	40,43	939,14
P <sub>NaCl</sub> 53	51,2 x 52,6	16,5	26,93	44,44	43,90	987,93
P <sub>NaCl</sub> 54	51,7 x 50,9	15,2	26,32	40,00	30,67	766,76
P <sub>NaCl</sub> 55	52,8 x 51,6	15,9	27,24	43,32	41,05	947,62
<b>Povprečje:</b>						<b>897,01</b>

Preglednica 49: Končni rezultati preiskav obnašanja plošče P5 pri potopitvi v eno molarno raztopino NaCl

Vzorec	$\Delta V$ ( $\text{cm}^3$ )	$\Delta S$ ( $\text{cm}^2$ )	Masa vode (g)
P <sub>NaCl</sub> 51	4,10	1,53	12,67
P <sub>NaCl</sub> 52	5,22	2,69	7,94
P <sub>NaCl</sub> 53	5,08	1,53	8,71
P <sub>NaCl</sub> 54	4,27	0,81	12,79
P <sub>NaCl</sub> 55	4,30	1,94	11,38
<b>Povprečje</b>	<b>4,59</b>	<b>1,70</b>	<b>10,70</b>

### 3.2.7.2 Plošča P6

Iz preglednic 50, 51 in 52 lahko vidimo, da je prostorninska teža v suhem stanju v povprečju znašala 928,49 kg/m<sup>3</sup>, v zasičenem stanju pa 1004,87 kg/m<sup>3</sup>. Volumen posameznega vzorca se je v povprečju povečal za približno 6,8 cm<sup>3</sup>. Prav tako se je minimalno povečala površina vzorca. Sestava plošče P6 vsebuje približno 44 % lahke frakcije, 12 % mletega odpadka po sortiranju embalaže in 12,5 % mletega tetrapaka brez aluminijске folije, ki vpijajo vodo, med tem ko mleta embalažna folija ne vpija vode. V povprečju so vzorčki vpili 9,44 g eno molarne raztopine NaCl. Po odstranitvi iz raztopine so razpadali in niso bili primerni za nadaljnjo uporabo.

Preglednica 50: Rezultati preiskav obnašanja plošče P6 pred potopitvijo v eno molaro raztopino NaCl

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S (cm <sup>2</sup> )	Prostornina V (cm <sup>3</sup> )	Masa m (g)	Prostorninska teža v suhem stanju $\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )
P <sub>NaCl</sub> 61	53,1 x 50,8	16,1	26,97	43,43	40,77	938,76
P <sub>NaCl</sub> 62	51,7 x 53,6	16,1	27,71	44,62	42,10	943,63
P <sub>NaCl</sub> 63	50,5 x 51,8	15,7	26,16	41,07	34,95	850,99
P <sub>NaCl</sub> 64	50,1 x 51,0	15,9	25,55	40,63	39,36	968,84
P <sub>NaCl</sub> 65	49,9 x 51,9	15,7	25,90	40,66	38,23	940,24
<b>Povprečje:</b>						<b>928,49</b>

Preglednica 51: Rezultati preiskav obnašanja plošče P6 po potopitvi v eno molaro raztopino NaCl

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S (cm <sup>2</sup> )	Prostornina V (cm <sup>3</sup> )	Masa m (g)	Prostorninska teža v zasičenem stanju $\gamma_z$ (kg/m <sup>3</sup> )
P <sub>NaCl</sub> 61	53,2 x 51,4	17,5	27,34	47,85	48,68	1017,27
P <sub>NaCl</sub> 62	51,9 x 53,8	18,5	27,92	51,66	52,25	1011,50
P <sub>NaCl</sub> 63	50,7 x 52,4	18,2	26,57	48,35	46,00	951,37
P <sub>NaCl</sub> 64	50,7 x 51,3	17,5	26,01	45,52	47,28	1038,76
P <sub>NaCl</sub> 65	50,3 x 52,0	18,4	26,16	48,13	48,39	1005,46
<b>Povprečje:</b>						<b>1004,87</b>

Preglednica 52: Končni rezultati preiskav obnašanja plošče P6 pri potopitvi v eno molaro raztopino NaCl

Vzorec	$\Delta V$ (cm <sup>3</sup> )	$\Delta S$ (cm <sup>2</sup> )	Masa vode (g)
P <sub>NaCl</sub> 61	4,42	0,37	7,91
P <sub>NaCl</sub> 62	7,04	0,21	10,15
P <sub>NaCl</sub> 63	7,28	0,41	11,05
P <sub>NaCl</sub> 64	4,89	0,46	7,92
P <sub>NaCl</sub> 65	7,47	0,26	10,16
<b>Povprečje</b>	<b>6,22</b>	<b>0,34</b>	<b>9,44</b>

### 3.2.7.3 Plošča P10

Iz preglednic 53, 54 in 55 lahko vidimo, da je prostorninska masa (gostota) v suhem stanju v povprečju znašala  $721,72 \text{ kg/m}^3$ , v zasičenem stanju pa  $878,03 \text{ kg/m}^3$ . Volumen posameznega vzorčka se je v povprečju povečal za približno  $6,4 \text{ cm}^3$ . Prav tako se je minimalno povečala površina vzorčka. Sestava plošče P10 vsebuje približno 59 % lahke frakcije in 11,5 % mletega tetrapaka brez aluminijske folije, ki vpijata vodo, med tem ko mleta embalažna folija vode ne vpija. Mletega odpadka po sortiranju embalaže ni. V povprečju so vzorčki vpili  $11,75 \text{ g}$  eno molarne raztopine NaCl. Po odstranitvi iz raztopine so razpadali in niso bili primerni za nadaljnjo uporabo.

Preglednica 53: Rezultati preiskav obnašanja plošče P10 pred potopitvijo v eno molaro raztopino NaCl

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S ( $\text{cm}^2$ )	Prostornina V ( $\text{cm}^3$ )	Masa m (g)	Prostorninska masa v suhem stanju $\gamma_s$ ( $\text{kg/m}^3$ )
P <sub>NaCl</sub> 101	50,5 x 52,0	14,5	26,26	38,08	22,45	589,59
P <sub>NaCl</sub> 102	50,7 x 51,6	15,5	26,16	40,55	33,13	817,02
P <sub>NaCl</sub> 103	51,5 x 52,2	15,8	26,88	42,48	37,71	887,81
P <sub>NaCl</sub> 104	51,0 x 49,9	14,1	25,45	35,88	19,94	555,69
P <sub>NaCl</sub> 105	51,5 x 51,6	15,4	26,57	40,92	31,04	758,48
<b>Povprečje:</b>						<b>721,72</b>

Preglednica 54: Rezultati preiskav obnašanja plošče P10 po potopitvi v eno molaro raztopino NaCl

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S ( $\text{cm}^2$ )	Prostornina V ( $\text{cm}^3$ )	Masa m (g)	Prostorninska masa v zasičenem stanju $\gamma_z$ ( $\text{kg/m}^3$ )
P <sub>NaCl</sub> 101	50,7 x 52,1	17	26,41	44,90	36,65	816,17
P <sub>NaCl</sub> 102	51,0 x 51,7	17,4	26,37	45,88	44,59	971,91
P <sub>NaCl</sub> 103	52,0 x 52,4	18,2	27,25	49,59	49,37	995,54
P <sub>NaCl</sub> 104	51,7 x 51,0	15,8	26,37	41,66	30,15	723,72
P <sub>NaCl</sub> 105	51,6 x 52,4	17,7	27,04	47,86	42,25	882,82
<b>Povprečje:</b>						<b>878,03</b>

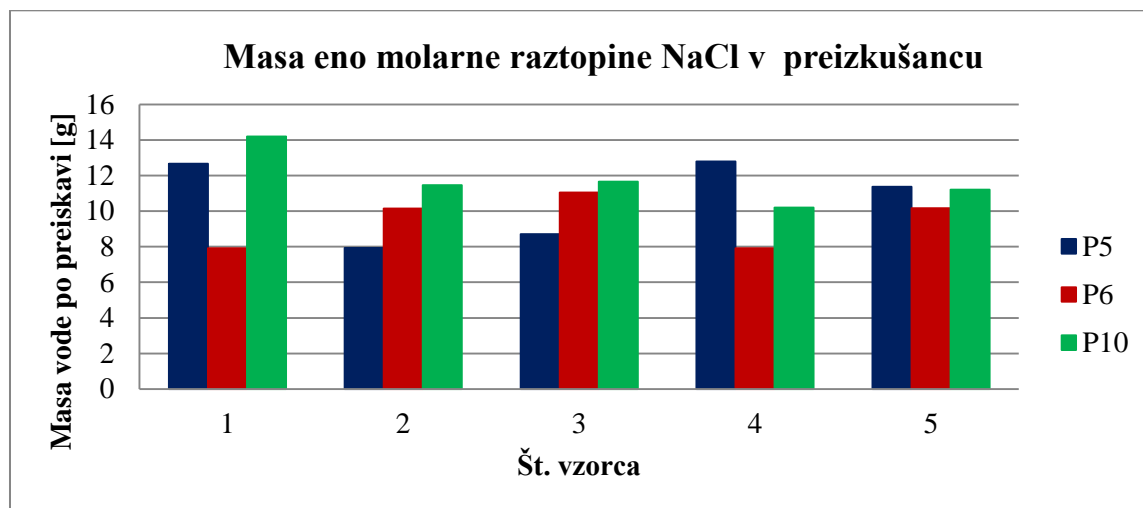
Preglednica 55: Končni rezultati preiskav obnašanja plošče P10 pri potopitvi v eno molaro raztopino NaCl

Vzorec	$\Delta V$ ( $\text{cm}^3$ )	$\Delta S$ ( $\text{cm}^2$ )	Masa vode (g)
P <sub>NaCl</sub> 101	6,83	0,15	14,20
P <sub>NaCl</sub> 102	5,33	0,21	11,46
P <sub>NaCl</sub> 103	7,12	0,37	11,66
P <sub>NaCl</sub> 104	5,78	0,92	10,21
P <sub>NaCl</sub> 105	6,93	0,46	11,21
<b>Povprečje</b>	<b>6,40</b>	<b>0,42</b>	<b>11,75</b>

### 3.2.7.4 Primerjava vseh treh plošč

Iz grafikona 44 lahko vidimo, da so povprečno največ eno molarne raztopine NaCl vpili preizkušanci plošče P10, najmanj pa vzorci plošče P5.

Če koreliramo rezultate s prostorninsko maso materiala, ki smo jo izračunali vidimo, da obstaja povezava. Plošči P5 in P10 imata prostorninsko maso v suhem stanju približno enako ( $720 \text{ kg/m}^3$ ) in sta si tudi glede na vpojnost eno molarne raztopine NaCl precej podobni (plošča P5 v povprečju vpije 10,7 g, plošča P10 pa 11,7 g vode).



Grafikon 44: Grafični prikaz mase vode v preizkušancih plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena) po preiskavi

### 3.2.8 Obnašanje gradbenih plošč iz odpadkov pri potopitvi v eno molarni raztopini KOH

#### 3.2.8.1 Plošča P5

Iz preglednice 56, 57 in 58 lahko vidimo, da je prostorninska masa (gostota) v suhem stanju v povprečju znašala  $710,90 \text{ kg/m}^3$ , v zasičenem stanju pa  $903,45 \text{ kg/m}^3$ . Volumen posameznega vzorčka se je v povprečju povečal za približno  $9,8 \text{ cm}^3$ . Prav tako se je minimalno za  $0,43 \text{ cm}^2$  v povprečju povečala površina vzorčka. V povprečju so vzorčki vpili kar 16,1 g eno molarne raztopine KOH. Po odstranitvi iz raztopine so razpadali in niso bili primerni za nadaljnjo uporabo.

Preglednica 56: Rezultati preiskav obnašanja plošče P5 pred potopitvijo v eno molarno raztopino KOH

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S (cm <sup>2</sup> )	Prostornina V (cm <sup>3</sup> )	Masa m (g)	Prostorninska teža v suhem stanju $\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )
P <sub>KOH</sub> 51	50,6 x 51,6	14,7	26,11	38,38	33,10	862,40
P <sub>KOH</sub> 52	53,5 x 51,0	14	27,29	38,20	16,24	425,14
P <sub>KOH</sub> 53	51,5 x 52,0	14,5	26,78	38,83	25,66	660,81
P <sub>KOH</sub> 54	50,5 x 49,9	14,6	25,20	36,79	30,57	830,90
P <sub>KOH</sub> 55	52,0 x 51,3	14,1	26,68	37,61	29,16	775,26
<b>Povprečje:</b>						<b>710,90</b>

Preglednica 57: Rezultati preiskav obnašanja plošče P5 po potopitvi v eno molarno raztopino KOH

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S (cm <sup>2</sup> )	Prostornina V (cm <sup>3</sup> )	Masa m (g)	Prostorninska masa v zasičenem stanju $\gamma_z$ (kg/m <sup>3</sup> )
P <sub>KOH</sub> 51	51,0 x 52,0	17,7	26,52	46,94	44,73	952,91
P <sub>KOH</sub> 52	53,9 x 51,4	18,4	27,70	50,98	41,03	804,88
P <sub>KOH</sub> 53	52,0 x 52,8	18,5	27,46	50,79	46,52	915,86
P <sub>KOH</sub> 54	50,9 x 50,4	18,4	25,65	47,20	43,81	928,13
P <sub>KOH</sub> 55	52,2 x 51,5	15,9	26,88	42,74	39,13	915,45
<b>Povprečje:</b>						<b>903,45</b>

Preglednica 58: Končni rezultati preiskav obnašanja plošče P5 pri potopitvi v eno molarno raztopino KOH

Vzorec	$\Delta V$ (cm <sup>3</sup> )	$\Delta S$ (cm <sup>2</sup> )	Masa vode (g)
P <sub>KOH</sub> 51	8,56	0,41	11,63
P <sub>KOH</sub> 52	12,78	0,42	24,79
P <sub>KOH</sub> 53	11,96	0,68	20,86
P <sub>KOH</sub> 54	10,41	0,45	13,24
P <sub>KOH</sub> 55	5,13	0,21	9,97
<b>Povprečje</b>	<b>9,77</b>	<b>0,43</b>	<b>16,1</b>

### 3.2.8.2 Plošča P6

Iz preglednic 59, 60 in 61 lahko vidimo, da je prostorninska masa (gostota) v suhem stanju v povprečju znašala 935,58 kg/m<sup>3</sup>, v zasičenem stanju pa 972,43 kg/m<sup>3</sup>. Volumen posameznega vzorčka se je v povprečju povečal za približno 11,2 cm<sup>3</sup>. Prav tako se je minimalno za 0,36 cm<sup>2</sup> v povprečju povečala površina vzorčka. V povprečju so vzorčki vpili 12,2 g eno molarne raztopine KOH. Po odstranitvi iz raztopine so razpadali in niso bili primerni za nadaljnjo uporabo.

Preglednica 59: Rezultati preiskav obnašanja plošče P6 pred potopitvijo v eno molarno raztopino KOH

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S (cm <sup>2</sup> )	Prostornina V (cm <sup>3</sup> )	Masa m (g)	Prostorninska masa v suhem stanju $\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )
P <sub>KOH</sub> 61	51,8 x 52,2	15,2	27,04	41,10	38,80	944,03
P <sub>KOH</sub> 62	50,6 x 50,3	16,2	25,45	41,23	38,64	937,14
P <sub>KOH</sub> 63	50,3 x 52,9	15,8	26,61	42,04	40,36	960,00
P <sub>KOH</sub> 64	50,2 x 52,1	15,4	26,15	40,28	35,54	882,38
P <sub>KOH</sub> 65	50,1 x 51,9	15,7	26,00	40,82	38,96	954,36
<b>Povprečje:</b>						<b>935,58</b>

Preglednica 60: Rezultati preiskav obnašanja plošče P6 po potopitvi v eno molarno raztopino KOH

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S (cm <sup>2</sup> )	Prostornina V (cm <sup>3</sup> )	Masa m (g)	Prostorninska masa v zasičenem stanju $\gamma_z$ (kg/m <sup>3</sup> )
P <sub>KOH</sub> 61	52,3 x 53,0	18,6	27,72	51,56	50,12	972,12
P <sub>KOH</sub> 62	50,6 x 50,9	20,8	25,76	53,57	51,34	958,35
P <sub>KOH</sub> 63	50,5 x 53,2	19,5	26,87	52,39	51,95	991,63
P <sub>KOH</sub> 64	50,6 x 52,4	19,5	26,51	51,70	48,60	939,98
P <sub>KOH</sub> 65	50,4 x 52,0	19,6	26,21	51,37	51,37	1000,05
<b>Povprečje:</b>						<b>972,43</b>

Preglednica 61: Končni rezultati preiskav obnašanja plošče P6 pri potopitvi v eno molarno raztopino KOH

Vzorec	$\Delta V$ (cm <sup>3</sup> )	$\Delta S$ (cm <sup>2</sup> )	Masa vode (g)
P <sub>KOH</sub> 61	10,46	0,68	11,32
P <sub>KOH</sub> 62	12,34	0,30	12,70
P <sub>KOH</sub> 63	10,35	0,26	11,59
P <sub>KOH</sub> 64	11,43	0,36	13,06
P <sub>KOH</sub> 65	10,54	0,21	12,41
<b>Povprečje</b>	<b>11,02</b>	<b>0,36</b>	<b>12,22</b>

### 3.2.8.3 Plošča P10

Iz preglednic 62, 63 in 64 lahko vidimo, da je prostorninska masa (gostota) v suhem stanju v povprečju znašala le 663,38 kg/m<sup>3</sup>, v zasičenem stanju pa 857,1 kg/m<sup>3</sup>. Volumen posameznega vzorčka se je v povprečju povečal za približno 10,1 cm<sup>3</sup>. Prav tako se je minimalno za 0,45 cm<sup>2</sup> v povprečju povečala površina vzorčka. V povprečju so vzorčki vpili kar 16,1 g eno molarne raztopine KOH. Po odstranitvi iz raztopine so razpadali in niso bili primerni za nadaljnjo uporabo.

Preglednica 62: Rezultati preiskav obnašanja plošče P10 pred potopitvijo v eno molarno raztopino KOH

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S (cm <sup>2</sup> )	Prostornina V (cm <sup>3</sup> )	Masa m (g)	Prostorninska masa v suhem stanju $\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )
P <sub>KOH</sub> 101	51,2 x 49,9	15,5	25,55	39,60	33,65	849,73
P <sub>KOH</sub> 102	50,2 x 51,1	14	25,65	35,91	17,84	496,75
P <sub>KOH5</sub> 103	51,4 x 50,4	15,1	25,91	39,12	27,02	690,74
P <sub>KOH</sub> 104	49,4 x 51,3	15,5	25,34	39,28	33,26	846,73
P <sub>KOH</sub> 105	51,2 x 50,5	13,9	25,86	35,94	15,56	432,95
<b>Povprečje:</b>						<b>663,38</b>

Preglednica 63: Rezultati preiskav obnašanja plošče P10 po potopitvi v eno molarno raztopino KOH

Vzorec	Dimenzije preizkušanca a x b (mm)	Višina h (mm)	Površina S (cm <sup>2</sup> )	Prostornina V (cm <sup>3</sup> )	Masa m (g)	Prostorninska masa v zasičenem stanju $\gamma_z$ (kg/m <sup>3</sup> )
P <sub>KOH</sub> 101	50,7 x 51,7	19,8	26,21	51,90	49,09	945,87
P <sub>KOH</sub> 102	50,7 x 51,6	16,3	26,16	42,64	31,90	748,08
P <sub>KOH</sub> 103	51,6 x 50,7	18,7	26,16	48,92	43,26	884,27
P <sub>KOH</sub> 104	49,9 x 51,7	19,7	25,80	50,82	49,61	976,14
P <sub>KOH</sub> 105	51,5 x 50,9	17,6	26,21	46,14	33,73	731,10
<b>Povprečje:</b>						<b>857,09</b>

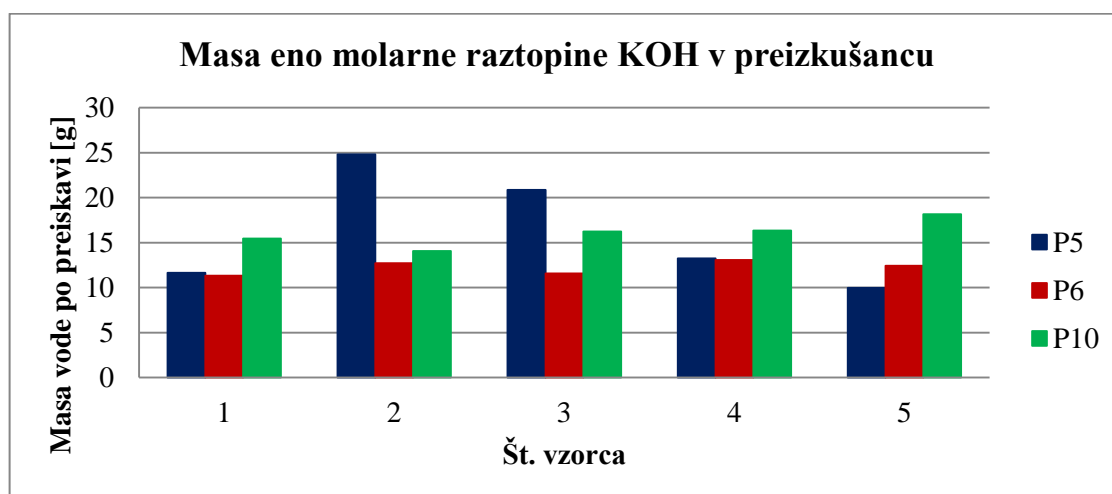
Preglednica 64: Končni rezultati preiskav obnašanja plošče P10 pri potopitvi v eno molarno raztopino KOH

Vzorec	$\Delta V$ (cm <sup>3</sup> )	$\Delta S$ (cm <sup>2</sup> )	Masa vode (g)
P <sub>KOH</sub> 101	12,30	0,66	15,44
P <sub>KOH</sub> 102	6,73	0,51	14,06
P <sub>KOH</sub> 103	9,80	0,26	16,24
P <sub>KOH</sub> 104	11,54	0,46	16,35
P <sub>KOH</sub> 105	10,20	0,36	18,17
<b>Povprečje</b>	<b>10,11</b>	<b>0,45</b>	<b>16,05</b>

### 3.2.8.4 Primerjava vseh treh plošč

Iz grafikona 45 lahko vidimo, da so povprečno največ eno molarne raztopine KOH vpili preizkušanci plošče P5, najmanj pa vzorci plošče P6.

Če koreliramo rezultate z prostorninsko maso materiala, ki smo jo izračunali vidimo, da obstaja povezava. Plošči P5 in P10 imata dokaj nizki prostorninski masi v suhem stanju (710 kg/m<sup>3</sup> in 660 kg/m<sup>3</sup>) in sta si glede na vpojnost eno molarne raztopine KOH precej podobni (plošča P5 v povprečju vpije 16,1 g, plošča P10 pa 16,05 g vode). Plošča P6 pa ima visoko prostorninsko maso v suhem stanju (935 kg/m<sup>3</sup>) in v povprečju vpije 12,2 g vode.



Grafikon 45: Grafični prikaz mase vode v preizkušancih plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena) po preiskavi

### 3.2.9 Ugotavljanje toplotne prevodnosti gradbene plošče

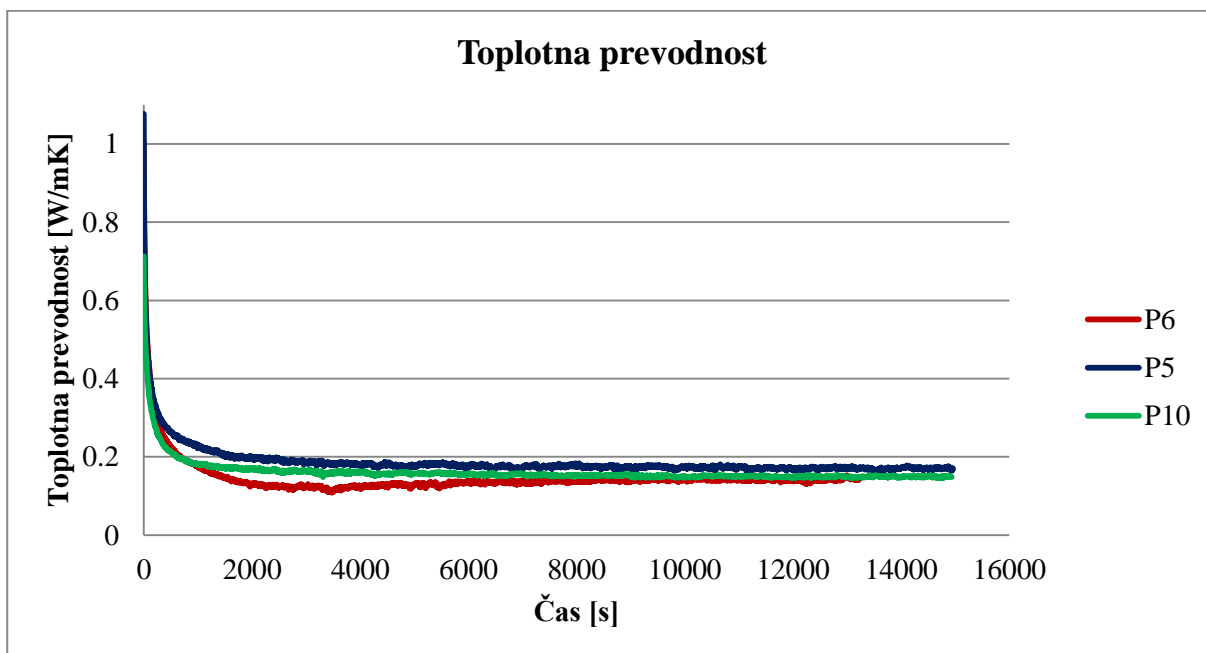
Rezultati preiskav (preglednica 65 in grafikon 46) so pokazali, da je najbolj izolativna plošča P10, ki ima najmanjšo toplotno prevodnost  $\lambda$  in najmanj izolativna plošča P5 z največjo vrednostjo  $\lambda$ .

Ploščo P10, ki ima vednost  $\lambda$  enako 0,713 W/mK, bi lahko primerjali z opečnim votlakom ( $\lambda=0,64$  W/mK) ali steklom ( $\lambda=0,81$  W/mK). Plošči P5 in P6 imata podobni toplotni prevodnosti ( $\lambda=1,01$  W/mK). Primerjamo ju lahko s strešniki ( $\lambda=0,99$  W/mK) ali plinobetonom ( $\lambda=1,05$  W/mK). Omenjene vrednosti so prikazane v preglednici 26.

Na splošno lahko zaključimo, da plošče P5, P6 in P10 nimajo dobrih toplotnoizolativnih karakteristik in jih kot samostojne ne moremo uporabljati kot toplotne izolacije.

Preglednica 65: Rezultati preiskav ugotavljanja toplotne prevodnosti gradbenih plošč

	<b>Plošča P5</b>	<b>Plošča P6</b>	<b>Plošča P10</b>
Debelina preizkušanca (m)	0,015	0,016	0,0165
Čas preiskave (h)	4,155	3,673	4,149
Temperatura na topli strani (°C)	48,16	43,11	41,64
Temperatura na hladni strani (°C)	37,11	31,98	33,07
Gostota toplotnega toka po ustalitvi (W/m <sup>2</sup> )	518,429	719,702	323,210
Povprečna toplotna prevodnost $\lambda$ (W/m*K)	1,077	1,006	0,713
Izračunana toplotna prevodnost $\lambda$ (W/m*K)	<b>0,704</b>	<b>1,035</b>	<b>0,622</b>



Grafikon 46: Grafični prikaz preiskav ugotavljanja toplotne prevodnosti plošč P5 (modra), P6 (rdeča) in P10 (zelena)



### 3.2.10 Ugotavljanje difuzijske upornosti prehodu vodne pare skozi material

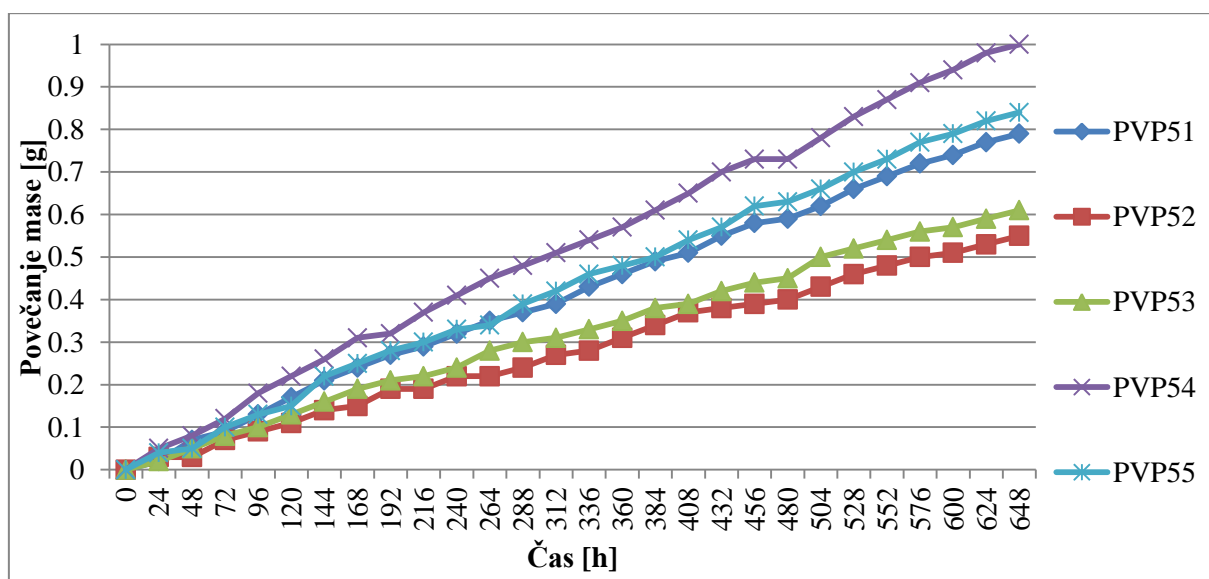
#### 3.2.10.1 Plošča P5

V preglednici 66 so prikazani rezultati preiskav difuzijske upornosti prehodu vodne pare skozi ploščo P5. V povprečju difuzijska upornost znaša 87,30. Če rezultat primerjamo z vrednostmi s preglednice 26 vidimo, da je izmerjena vrednost za ploščo P5 najbližje vrednosti mehkega lesa (difuzijska upornost je 70).

Iz grafikona 47 pa lahko vidimo, da so vzorčki plošče P5 prepustili ali vpili od 0,55 g do 1,0 g vlage v času 28 dni.

Preglednica 66: Rezultati preiskav ugotavljanja difuzijske upornosti prehodu vodne pare skozi material plošče P5

	PVP51	PVP52	PVP53	PVP54	PVP55	Povprečje
Površina preizkušanca (cm <sup>2</sup> )	11,09	10,92	11,56	9,29	10,39	<b>10,65</b>
Difuzija vodne pare / debelina zračne plasti S <sub>d</sub> (m)	1,07	1,55	1,64	0,68	0,93	<b>1,18</b>
Difuzijska upornost prehodu vodne pare μ (μ)	79	119	121	49	69	<b>87,30</b>



Grafikon 47: Grafični prikaz preiskav ugotavljanja difuzijske upornosti prehodu vodne pare skozi vzorčke plošče P5

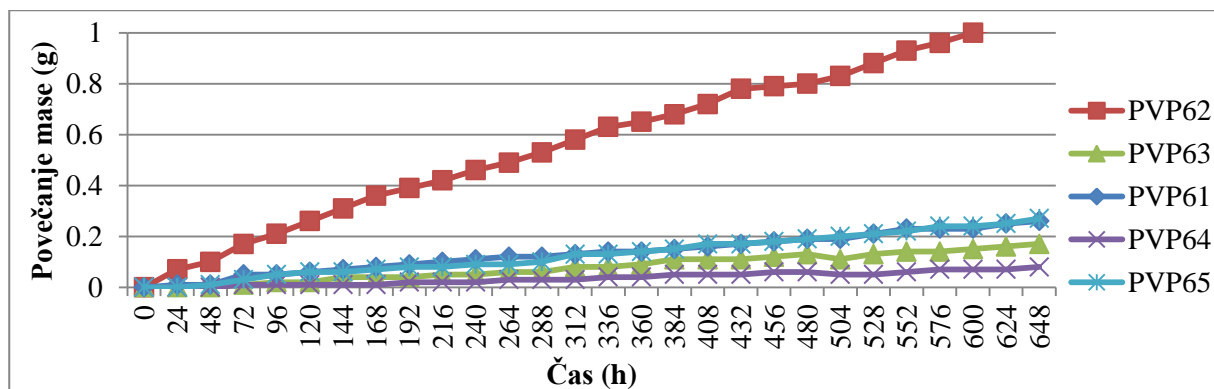
#### 3.2.10.2 Plošča P6

V preglednici 67 so prikazani rezultati preiskav difuzijske upornosti prehodu vodne pare skozi ploščo P6. V povprečju difuzijska upornost za to ploščo znaša 235,03. Če rezultat primerjamo z vrednostmi s preglednice 26 vidimo, da je najbližje vrednosti mehkega lesa (difuzijska upornost je 70).

Iz grafikona 48 pa lahko vidimo, da so vzorčki plošče P6 vpili ali prepustili od 0,08 g do 1,06 g v času 28 dni. Vzorec PVP62 odstopa od ostalih preizkušancev. Sklepamo lahko, da je vzorec vseboval veliko papirja oziroma kartona, ki sta v času preiskave vpila bistveno več vode, kot ostali vzorčki.

Preglednica 67: Rezultati preiskav ugotavljanja difuzijske upornosti prehodu vodne pare skozi material

	PVP61	PVP62	PVP63	PVP64	PVP65	Povprečje
Površina preizkušanca (cm <sup>2</sup> )	12,37	11,17	11,50	10,92	12,17	<b>11,63</b>
Difuzija vodne pare / debelina zračne plasti S <sub>d</sub> (m)	3,74	0,82	3,48	6,60	2,68	<b>3,46</b>
Difuzijska upornost prehodu vodne pare μ (μ)	254	46	232	454	190	<b>235,03</b>



Grafikon 48: Grafični prikaz preiskav ugotavljanja difuzijske upornosti prehodu vodne pare skozi vzorčke plošče P6

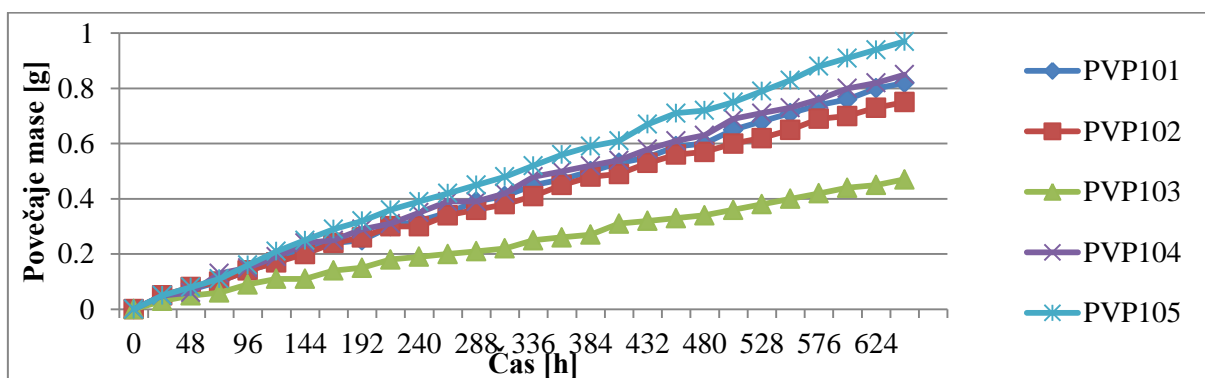
### 3.2.10.3 Plošča P10

V preglednici 68 so prikazani rezultati preiskav difuzijske upornosti prehodu vodne pare skozi ploščo P10. V povprečju difuzijska upornost znaša 36,69. Če rezultat primerjamo z vrednostmi s preglednice 26 vidimo, da je najbližje vrednosti betona in malte (difuzijska upornost je 30).

Iz grafikona 49 pa lahko vidimo, da so vzorčki plošče P6 vpili ali prepustili od 0,47 g do 0,97 g vlage v času 28 dni.

Preglednica 68: Rezultati preiskav ugotavljanja difuzijske upornosti prehodu vodne pare skozi material

	PVP101	PVP102	PVP103	PVP104	PVP105	Povprečje
Površina preizkušanca (m <sup>2</sup> )	10,33	10,62	10,05	10,11	1,81	<b>8,5847</b>
Difuzija vodne pare / debelina zračne plasti S <sub>d</sub> (m)	0,51	0,62	0,82	0,47	0,07	<b>0,50</b>
Difuzijska upornost prehodu vodne pare μ (μ)	33	40	55	31	5	<b>36,69</b>



Grafikon 49: Grafični prikaz preiskav ugotavljanja difuzijske upornosti prehoda vodne pare skozi vzorčke plošče P10

#### 4 ZAKLJUČEK

Gradbene plošče iz odpadne embalaže, ki smo jih analizirali, so bile takoj po izdelavi nepravilne oblike. Dalj časa imajo tudi neprijeten vonj, ki se po približno mesecu dni zmanjša na minimum. Po mojem mnenju je potrebno surovino (odpadno embalažo) pred izdelavo gradbenih plošč »proti smradno« obdelati (odstraniti neugodne vonjave). Druga rešitev je, da za njihovo izdelavo uporabimo izključno tiste sekundarne surovine, ki ne vsebujejo biorazgradljivih sestavin.

Analize smo naredili na treh, po sestavi različnih ploščah in sicer: plošča P5, v kateri prevladuje polietilen tereftalat, P6 v kateri prevladuje poliolefin in plošča P10, v kateri prevladuje polietilen.

Na osnovi rezultatov preiskav ugotavljamo sledeče. Gradbene plošče iz odpadne embalaže dosegajo tlačno trdnost, ki je večja od 30 MPa in smo jo lahko določili šele na preizkušancih iz več slojev/plasti.

Povprečna upogibna napetost gradbenih plošč ob upoštevanju 1/3 maksimalne sile je 5,993 N/mm<sup>2</sup> in je na primer primerljiva z upogibno trdnostjo ivernih plošč debeline 13 do 20 mm, ki znaša 13 N/mm<sup>2</sup> [47].

V povprečju modul elastičnosti vseh treh gradbenih plošč znaša 430 Pa in je precej manjši od modula elastičnosti za iverne plošče debeline 13 do 20 mm, ki znaša 1.600 Pa [47].

Toplotna prevodnost gradbenih plošč iz odpadne embalaže, ki za vzorca P5 in P6 znaša 1,006 W/mK oziroma 1,077 W/mK in za vzorec P10 0,713 W/mK je, če jo primerjamo z mavčnimi ploščami debeline 12,5 mm mnogo večja, saj toplotna prevodnost mavčne plošče znaša le 0,21 W/mK [48]. Za primerjavo, toplotna prevodnost plošče iz ekspaniranega polistirena znaša 0,041 W/mK.

Vpojnost gradbenih plošč iz odpadne embalaže je velika, poleg tega pa so vzorci po odstranitvi iz vode oziroma eno molarne raztopine NaCl in KOH razpadali. Navedeno je razlog, da gradbenih plošč iz odpadne embalaže ne moremo uporabljati v vlažnih okoljih, ali v primerih, kjer bi bile plošče občasno ali stalno izpostavljene vplivom vode.

Na podlagi pridobljenih eksperimentalnih rezultatov lahko gradbene plošče iz odpadne embalaže uporabljamo v pomožnih (ne bivalnih) prostorih, v suhem okolju in pretežno tlačno obremenjene. Njihovo uporabo vidim v sledečih primerih: izdelava predelnih sten na nosilnem ogrodju (podobno suho montažnim stenam – mavčno kartonske plošče), na podih, kot podlaga finalnim podom, kot slepi opaz pri nevidnih betonih,...

## VIRI

- [1] Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS št. 39/2006: 4151.  
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=72890> (Pridobljeno 06. 04. 2016.)
- [2] Uredba o odpadkih. Uradni list RS št. 37/2015: 4088.  
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=121864> (Pridobljeno 06. 04. 2016.)
- [3] Šimenc, B., Face, V., Rožič, V., Vadjunec, I., Gruden-Belavič, A., Kobe, J., Lenart, F., Kokalj, F., Samec, N., Petek, I., Kosi, B., Tavzes, R., Jurša, T., Ivanuša Šket, H., Kugonič, N., Sajko, M., Kitek, A. 2015. Ravnanje z odpadki po zakonodaji 2015, Založba Forum media d.o.o., Ljubljana: poglavje 3.2: 1 str.
- [4] Leban, J. 2013. Razvrščanje odpadkov, razlika med odpadkom, stranskim proizvodom in odpadkom, ki mu je prenehal status odpadka. Delavnica Pravilno ravnanje z odpadki. Gospodarska zbornica Slovenije, Ljubljana: 5 str.
- [5] Vidic, T. 2013. Posebne vrste odpadkov, Slovenija, 2012, 2013 - končni podatki. Statistični urad Republike Slovenije.  
<http://www.stat.si/StatWeb/glavnanavigacija/podatki/prikazistaronovico?IdNovice=6694>  
(Pridobljeno 08. 04. 2016.)
- [6] Mikec, S. 2015. Primerjava sistemov ravnanja in predelave odpadne embalaže med Slovenijo in Nemčijo. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Mikec): str. 3-7.
- [7] Bogdanović, J. 2013. Evropska agencija za okolje, Generation and recycling of packaging waste.  
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/generation-and-recycling-of-packaging-waste/generation-and-recycling-of-packaging-4> (Pridobljeno 15. 03. 2016.)
- [8] Eurostat statistični podatki. 2015. Recycling rate of packaging waste, 2012.  
[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Recycling\\_rate\\_of\\_packaging\\_waste,\\_2012.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Recycling_rate_of_packaging_waste,_2012.png)  
(Pridobljeno 15. 03. 2016.)
- [9] Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo. Uradni list RS št. 84/2006: 9178  
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=74914> (Pridobljeno 06. 04. 2016.)
- [10] Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi nastajanja odpadne embalaže. Uradni list RS št. 32/2006: 3391  
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2006-01-1313> (Pridobljeno 06. 04. 2016.)
- [11] Bernard Vukadin, B. 2013. Odpadna embalaža. Agencija Republike Slovenije za okolje.  
[http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=581](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=581) (Pridobljeno 10. 02. 2016.)
- [12] Eurostat statistični podatki. 2015. Volume of overall packaging waste generated and recycled per inhabitant, 2012.  
[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Volume\\_of\\_overall\\_packaging\\_waste\\_generated\\_and\\_recycled\\_per\\_inhabitant,\\_2012.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Volume_of_overall_packaging_waste_generated_and_recycled_per_inhabitant,_2012.png) (Pridobljeno 18. 02. 2016.)
- [13] Eurostat statistični podatki. 2016. Packaging waste statistics.

- [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Packaging\\_waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Packaging_waste_statistics)  
(Pridobljeno 20. 02. 2016.)
- [14] Eurostat statistični podatki. 2015. Recycling rates for packaging waste.  
<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=ten00063&plugin=1> (Pridobljeno 20. 02. 2016.)
- [15] Žarnić, R. 2005. Lastnosti gradiv. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za preizkušanje materialov in konstrukcij: str. 183-185.
- [16] Privšek, H. 1998. Seminar PL 6. Polimerni materiali in njihove karakteristike. Ljubljana, Razvojni center orodjarstva Slovenije: str. 5-8.
- [17] Navodnik, J. 1999. Seminar – gradivo. Praktično spoznavanje, lastnosti in praktični prikaz preproste identifikacije: 10 str.
- [18] PlasticsEurope. PO – poliolefin. 2016.  
<http://www.plasticseurope.org/what-is-plastic/types-of-plastics-11148/polyolefins.aspx>  
(Pridobljeno 02. 08. 2016.)
- [19] Viewmold Co, Limited. PE nizke gostote – proces predelave. 2006.  
<http://www.viewmold.com/Injection%20Mold%20Management/resin%20processing%20condition/LDPE%20processing%20condition.html> (Pridobljeno 02. 08. 2016.)
- [20] Viewmold Co, Limited. PE visoke gostote – proces predelave. 2006.  
<http://www.viewmold.com/Injection%20Mold%20Management/resin%20processing%20condition/HDPE%20processing%20condition.html> (Pridobljeno 02. 08. 2016.)
- [21] Viewmold Co, Limited. PP – proces predelave. 2006.  
<http://www.viewmold.com/Injection%20Mold%20Management/resin%20processing%20condition/PP%20processing%20condition.html> (Pridobljeno 02. 08. 2016.)
- [22] Viewmold Co, Limited. PVC – proces predelave. 2006.  
<http://www.viewmold.com/Injection%20Mold%20Management/resin%20processing%20condition/PVC%20processing%20condition.html> (Pridobljeno 02. 08. 2016.)
- [23] Viewmold Co, Limited. PS – proces predelave. 2006.  
<http://www.viewmold.com/Injection%20Mold%20Management/resin%20processing%20condition/PS%20processing%20condition.html> (Pridobljeno 02. 08. 2016.)
- [24] Prospector. PO – tipične lastnosti. 2016.  
<https://plastics.ulprospector.com/generics/38/c/t/polyolefin-properties-processing>  
(Pridobljeno 02. 08. 2016.)
- [25] Viewmold Co, Limited. PVC – proces predelave. 2006.  
<http://www.viewmold.com/Injection%20Mold%20Management/resin%20processing%20condition/PET%20processing%20condition.html> (Pridobljeno 02. 08. 2016.)
- [26] Interseroh, družba za ravnanje z odpadnimi surovinami, d.o.o. 2016.  
<http://www.interseroh.si/sistemska-storitev/prevzem-embalaze/splosno-o-odpadni-embalazi/>  
(Pridobljeno 19. 05. 2016.)

- [27] Šimenc, B., Face, V., Rožič, V., Vadjunec, I., Gruden-Belavič, A., Kobe, J., Lenart, F., Kokalj, F., Samec, N., Petek, I., Kosi, B., Tavzes, R., Jurša, T., Ivanuša Šket, H., Kugonič, N., Sajko, M., Kitek, A. 2015. Ravnanje z odpadki po zakonodaji 2015, Založba Forum media d.o.o., Ljubljana: poglavje 3.6.8: 1-7.
- [28] Kobe, J. 2014. Družba za ravnanje z odpadno embalažo Recikel in letno poročilo za leto 2013. Samozaložba: str. 7-10.
- [29] Gospodarska zbornica Slovenije. 2014. Zbiranje odpadne embalaže – sistemski problemi in pregled stanja. Moravske Toplice: 24 str.
- [30] Gorenje Surovina d.o.o. 2015.  
[http://surovina.si/o\\_podjetju/](http://surovina.si/o_podjetju/) (Pridobljeno 26. 05. 2016.)
- [31] Fišer, J. 2014. Letno poročilo družbe za ravnanje z odpadno embalažo Gorenje Surovina d.o.o. za leto 2013. Maribor: str. 14, 19, 21, 27.
- [32] Fišer, J. 2015. Letno poročilo družbe za ravnanje z odpadno embalažo Gorenje Surovina d.o.o. za leto 2014. Maribor: str. 12, 16-23.
- [33] Interseroh, družba za ravnanje z odpadnimi surovinami, d.o.o. 2016.  
<http://www.interseroh-slo.si/o-podjetju/predstavitev-podjetja> (Pridobljeno 26. 05. 2016.)
- [34] Interseroh d.o.o. in Consensus d.o.o. 2014. Letno poročilo družbe Interseroh d.o.o. za leto 2013. Ljubljana: str. 38-41.
- [35] Interseroh d.o.o. 2015. Letno poročilo družbe Interseroh d.o.o. za leto 2014. Ljubljana: str. 5-7.
- [36] Recikel d.o.o. 2014.  
[http://www.recikel.si/?page\\_id=91](http://www.recikel.si/?page_id=91) (Pridobljeno 26. 05. 2016.)
- [37] Kobe, J. 2015. Družba za ravnanje z odpadno embalažo Recikel in letno poročilo za leto 2014. Samozaložba: str. 9-15.
- [38] Unirec d.o.o. 2013.  
<http://www.unirec.si/kdo-smo.html> (Pridobljeno 26. 05. 2016.)
- [39] Slokan, K. 2014. Letno poročilo o ravnanju z odpadno embalažo v letu 2013 DROE Unirec. Ljubljana: str. 7,8.
- [40] Slokan, K. 2015. Letno poročilo o ravnanju z odpadno embalažo v letu 2014 DROE Unirec. Ljubljana: str. 10, 11.
- [41] Slopak d.o.o. 2010.  
[http://www.slopak.si/obveznosti\\_podjetij](http://www.slopak.si/obveznosti_podjetij) (Pridobljeno 27. 05. 2016.)
- [42] Slopak. 2014. Poročilo o ravnanju z odpadno embalažo družbe Slopak d.o.o. v letu 2013. Samozaložba: str. 10-19.
- [43] Slopak. 2015. Poročilo o ravnanju z odpadno embalažo družbe Slopak d.o.o. v letu 2014. Samozaložba: str. 7-12.
- [44] Rodič, Z. 2014. Letno poročilo družbe za ravnanje z odpadno embalažo o zbrani, predelani in

odstranjeni odpadni embalažo v letu 2013. Komenda: str. 4-12.

- [45] Rodič, Z. 2015. Letno poročilo družbe za ravnanje z odpadno embalažo o zbrani, predelani in odstranjeni odpadni embalažo v letu 2014. Komenda: str. 4-13.
- [46] Krainer, A. 2003. Difuzija toplote in vodne pare. Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente.
- [47] Surova iverna plošča. 2016.  
<http://www.lc-novak.si/?page=podstran&sub=22> (Pridobljeno 04. 08. 2016.)
- [48] Površinsko hlajenje nizko energijskih hiš. 2008.  
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT349.htm> (Pridobljeno 04. 08. 2016.)

## Standardi

SIST EN 826:2013: Toplotno izolacijski proizvodi za uporabo v gradbeništvo - Ugotavljanje obnašanja pri tlačni obremenitvi

SIST EN ISO 604:2003 - Polimerni materiali - Ugotavljanje tlačnih lastnosti (ISO 604:2002)

SIST EN ISO 178:2011 - Polimerni materiali - Določanje upogibnih lastnosti (ISO 178:2010)

SIST EN 310: 1996 - Lesne plošče - Ugotavljanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti

SIST EN 12090:2013 - Toplotnoizolacijski proizvodi za uporabo v gradbeništvo - Ugotavljanje obnašanja pri strigu

SIST EN ISO 899-2:2003 - Polimerni materiali – Ugotavljanje lezenja – 2. del: Lezenje pri tritočkovni obremenitvi (ISO 899-2:2003)

SIST EN 317: 1996 – Iverne in vlaknene plošče - Ugotavljanje debelinskega nabreka po potapljanju v vodi

SIST EN ISO 12572:2002 - Higrotermalno obnašanje gradbenih materialov in proizvodov - Ugotavljanje lastnosti za prehod vodne pare (ISO 12572:2001)