

Interreg



UNIONE EUROPEA
EVROPSKA UNIJA

ITALIA-SLOVENIJA



RETRACKING

Progetto standard co-finanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale
Standardni projekt sofinancira Evropski sklad za regionalni razvoj

RETRACKING PROJECT

Verso l'economia circolare: tracciabilità dei manufatti in Compositi Fibro Rinforzati
Krožni ekonomiji naproti: sledljivost izdelkov iz kompozitov, ojačanih s steklenimi vlakni
Towards the Circular Economy: The Traceability of Fiber Reinforced Composite Products

Catalogo dei rifiuti dell'area di programma /
Katalog odpadkov programskega
območja

The Waste Catalogue of the
Programme Area

Deliverable: R1.WP3.1

Date: 05/11/2018

Prepared by: Alenka Mauko Pranjić (ZAG), Janez Bernard (ZAG), Marija Nagode (ZAG), Peter Nadrah (ZAG), Janez Turk (ZAG), Mateja Štefančič (ZAG), Janko Čretnik (ZAG), Antonija Božic Cerar (GZS), Janja Leban (GZS), Enrico Pusceddu (Polo PN),

.



Vsebina

1. Uvod.....	4
2. Prepoznavanje izdelkov / odpadkov na osnovi polimerov utrjenih z vlakni	4
2.1. Splošne značilnosti izdelkov in odpadkov na osnovi polimerov utrjenih z vlakni ...	4
2.2. Opis tehnologij izdelave izdelkov na osnovi FRP	5
2.3. Kako prepoznati odpadke iz GFRP?.....	9
3. FRP Katalog odpadkov, ki vsebujejo FRP	11
3.1. Metodologija.....	11
Viri	24



1. Uvod

Osnovni namen priprave kataloga odpadkov iz polimerov utrjenih s steklenimi vlakni, je omogočiti njihovo lažje prepoznavanje in olajšati njihovo razvrščanje v skladu z evropsko zakonodajo - s seznamom odpadkov (Odločba Komisije 2000/532/ES, spremenjena s sklepom Komisije 2014/955/EU).

Katalog je namenjen javnosti, podjetjem in tudi zbiralcem odpadkov - komunalnim službam, v pomoč pri ustreznem ločevanju in zbiranju takšnih odpadkov, za namen izboljšanja ravnanja z njimi. Pričakujemo, da bi na ta način povečali delež recikliranja teh materialov.

2. Prepoznavanje izdelkov / odpadkov na osnovi polimerov utrjenih z vlakni

2.1. Splošne značilnosti izdelkov in odpadkov na osnovi polimerov utrjenih z vlakni

Polimere utrjene z vlakni, lahko med drugim poimenujemo tudi: kompoziti utrjeni z vlakni ali plastika utrjeni z vlakni (ang. » fiber reinforced plastics«). V nadaljevanju jih bomo označevali s kratico FRP, ki ima sicer angleški koren, vendar je pri nas splošno sprejeta. Podobno je tudi v primeru polimerov utrjenih s steklenimi vlakni, katere bomo označevali s kratico GFRP.

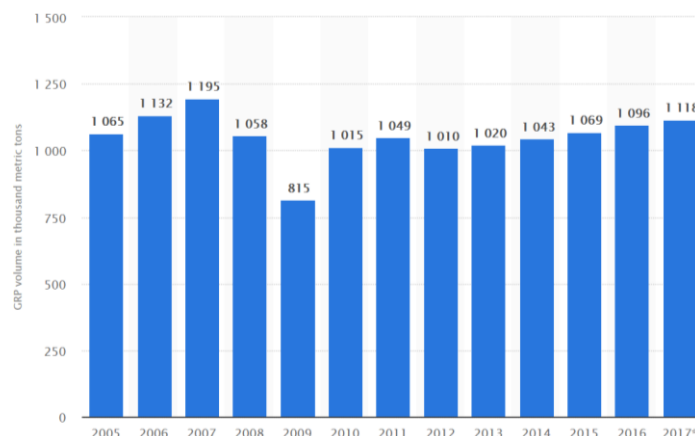
FRP so kompozitni materiali, ki sestojijo iz polimerne matrice z dodatki različnih vlaken vlaken kot so: steklena, karbonska, aramidna, naravna vlakna... V nadaljevanju se bomo osredotočili na kompozite s steklenimi vlakni.

Izdelke iz FRP se pretežno uporablja v letalski in avtomobilski industriji ter ladjedelništvu, čedalje več pa tudi v gradbeništvu. Glavna odlika teh materialov so odlične mehanske lastnosti (visoka trdnost, visoki elastični moduli,...), ki se lahko kosajo z lastnostmi jekla, obenem pa so bistveno lažji. Poleg tega je tudi proizvodnja izdelkov iz FRP dokaj nezahtevna, saj preoblikovanje ne poteka pri povišani temperaturi kot pri jeklu

Letna proizvodnja GFRP v Evropski uniji znaša približno 1100 000 ton (Slika 1). V proizvodnji prednjačijo: Nemčija, Francija, Velika Britanija, Madžarska, Italija, Portugalska, Španija.

V prihodnosti se obeta rast trga izdelkov iz FRP, kar pomeni, da bo industrija FRP tudi v prihodnje ostala pomembno gonilo napredka v Evropski uniji. Ravno zato stopa v ospredje tudi ravnanje z odpadki na osnovi FRP. Reciklaža le teh je precej zahtevna in še vedno ostaja tehnološki izziv.



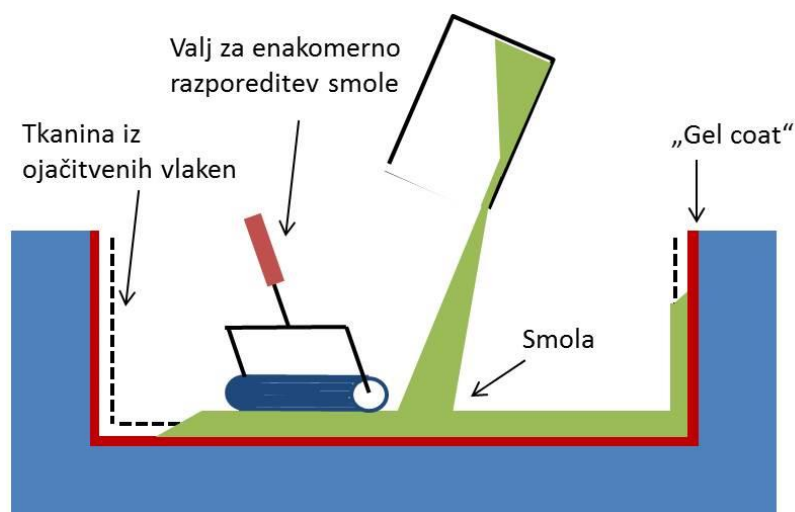


Slika 1: Proizvodnja GFRP v Evropi od leta 2005 do 2015 (v 1000 tonah) (vir: www.statista.com).

2.2. Opis tehnologij izdelave izdelkov na osnovi FRP

Najprej naj omenimo, da se v proizvodnji izdelkov iz FRP uporablja izredno širok nabor raznovrstnih tehnologij. Le te so lahko komplementarne ali pa zelo specifične. V nadaljevanju bomo na kratko opisali najbolj običajne tehnologije za izdelavo izdelkov iz FRP.

Najbolj splošen in obenem najstarejši način oblikovanja je tako imenovana ročna impregnacija (ang. Hand lay-up). Pri tem postopku se steklena vlakna navadno v kalupu ročno omoči s smolo (glej sliko 2). Ko se smola utrdi se izdelek odstrani iz kalupa. Metoda ročne laminacije je široko uporabljena v maloserijski izdelavi, oziroma za izdelavo velikih izdelkov zapletenih oblik.



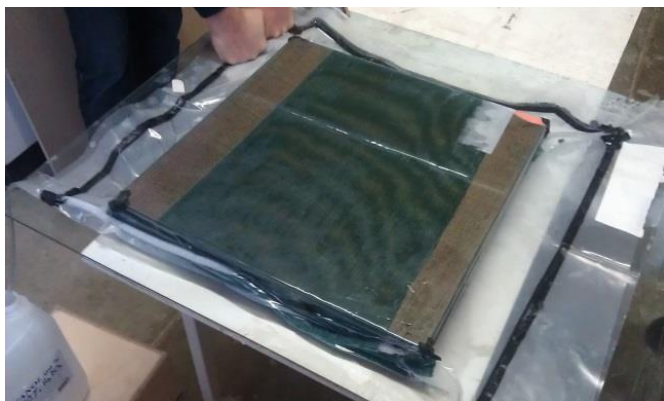
Slika 2: Shema ročne laminacije FRP izdelka (vir: interna dokumentacija ZAG).

Ročna impregnacija je v uporabi že vsaj 50 let in je bila nadgrajena z novimi proizvodnimi fazami, ki vplivajo na izboljšanje lastnosti izdelkov. Takšna postopka, razvita iz ročne

impregnacije sta: vakuumska infuzija (ang. Vacuum bag moulding) in / in impregnacija v avtoklavu (ang. Autoclave moulding) (glej sliki 3 in 4).

Pri vakuumski infuziji izkoriščamo podtlak za zagotavljanje dobrega stika vlaken s smolo. Postopek poteka v odprtem kalupu, kamor položimo vlakna za utrjevanje, ki jim sledi prepusten material, ki omogoča dotok smole. Vse skupaj položimo v vakuumsko vrečo.

S črpalko v vreči vzpostavimo podtlak, katerega izkoristimo tudi za impregnacijo vlaken s smolo. V nadaljevanju izdelek utrjujemo pri podtlaku, saj tako izločimo zračne mehurčke iz izdelka. Vakuumska infuzija se navadno uporablja za izdelavi čolnov in letal, ker omogoča natančen pregled nad impregnacijo in utrjevanjem smole.



Slika 3: priprava FRP plošče z vakuumsko infuzijo (vir: interna foto-dokumentacija ZAG).

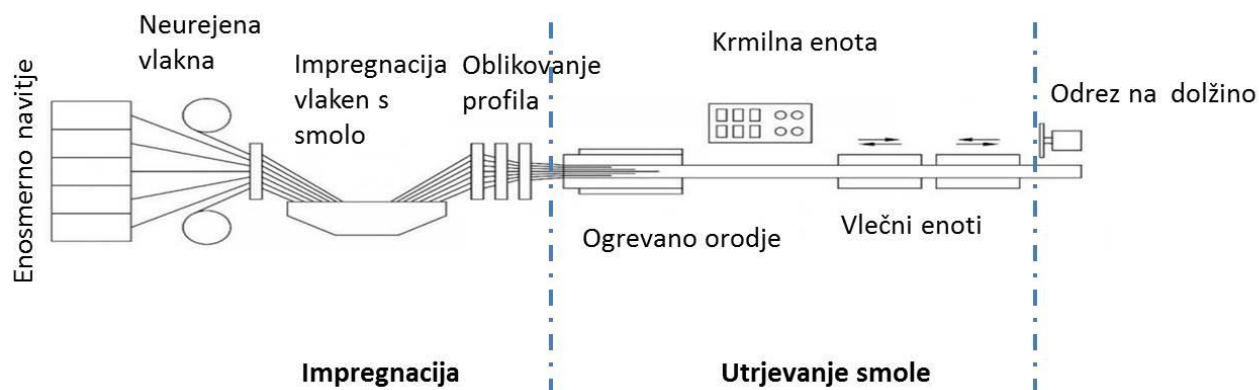
Impregnacija v avtoklavu (ang. Autoclave moulding), v primerjavi z vakuumsko infuzijo, uvaja dodatni korak v tehnologiji priprave FRP izdelkov, in sicer nadtlak. Pri izpostavi podtlaku v vakuumski vreči, se obenem izdelek izpostavi nadtlaku (tipično 1,5 MPa) v kompresijski komori. Omenjena tehnologija je nadgradnja vakuumske infuzije, kljub temu pa je njena uporaba manj pogosta. Vzroki tičijo predvsem v ceni in omejenosti velikosti izdelkov na velikost kompresijske komore.



Slika 4: Primer kompresijske komore za impregnacijo FRP izdelkov (vir: JaviRD on Wikimedia Commons).

Predstavljene tehnologije zahtevajo precej ročnega dela, še posebno pri polaganju vlaken.

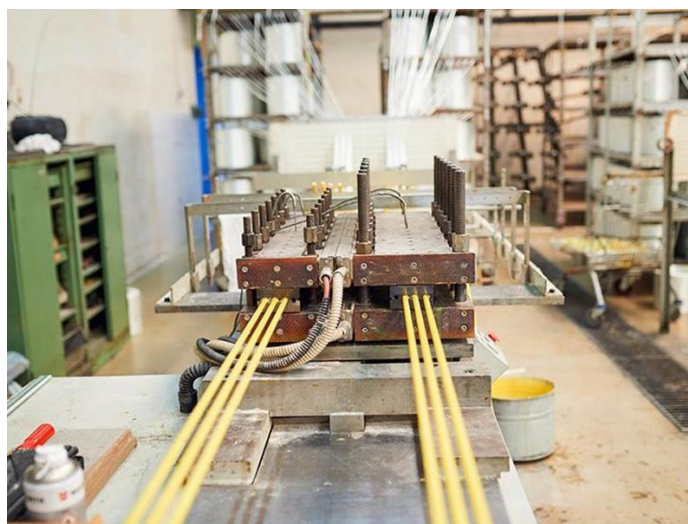
V nadaljevanju predstavljamo dve pretežno avtomatizirani tehnologiji, to sta vlečenje (ang. Poltrusion) (Sliki 5 in 6) in navijanje (ang. Filament winding). Skupno jima je zelo podobna tehnologija impregnacija vlaken s smolo, razlikujeta pa se v načinu utrjevanja izdelkov.



Slika 5: Shema tehnologije vlečenja (Vir: Trival Kompoziti d.o.o.).

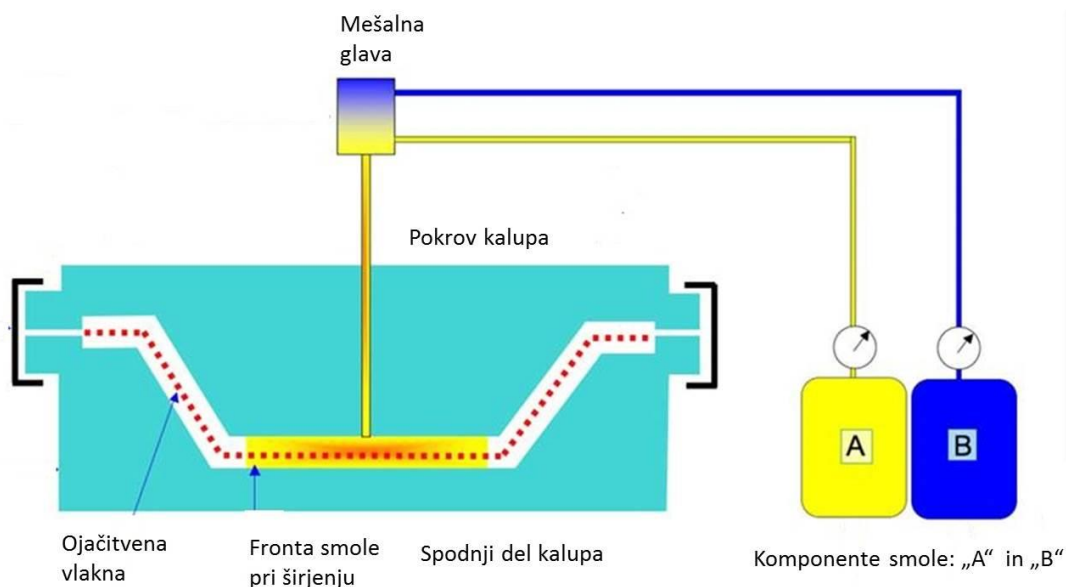
Pri vlečenju se vlakna prepojena s smolo vleče skozi ogrevano orodje, kjer se smola utrjuje in tako nastane izdelek grobe oblike. Pri navijanju pa se vlakna prepojena s smolo navija na trn, ki je navadno krožnega preseka. Prepojena vlakna se lahko navija v različnih smereh - navadno spiralno ali križno), s čimer krojimo lastnosti izdelka. Smola se navadno utrjuje pri sobni temperaturi.

Vlečenje je tehnologija primerna za proizvodnjo izdelkov s stalnim presekom in z vzdolžno usmerjenostjo vlaken, kot so cevi in palice manjših premerov, medtem ko se navijanje uporablja predvsem za proizvodnjo velikih izdelkov stalnega preseka, npr cevi, s premeri tudi nad 3 m.



Slika 6: Posnetek izdelkov - FRP cevi, tik pred razrezom na koncu linije vlečenj (Vir: Trival Kompoziti d.o.o.).

Za proizvodnjo manjših FRP izdelkov, ki so utrjeni s sekanimi vlakni - sekanci in za katere so zahtevane nižje dimenzijske tolerance, uporabljamo t.i. RTM tehnologijo (ang. Resin transfer moulding). Vlakna za utrjevanje izdelka ustrezno namestimo v zaprt ogrevan kalup, v katerega pri nadtlaku injektiramo smolo. Nadtlak omogoča natančno izdelavo izdelkov, medtem ko povišana temperatura skrajša čas utrjevanja smole. Shema RTM tehnologije je prikazana na sliki 7.



Slika 7: Shema izdelave FRP izdelka z RTM tehnologijo (vir: [LaurensvanLieshout](#) on Wikimedia Commons)

Nazadnje bi omenili še laminacijo s pištolo na sekance (Slika 8). Kratka utrjevalna vlakna se v posebni mešalni pištoli mešajo s smolo. Operater s pištolo nanaša zmes na kalup poljubne površine. Natančnost izdelave takšnega izdelka je torej odvisna predvsem od operaterja, in je precej slaba. Prednost te tehnologije je predvsem cenovna dostopnost. Primerna je predvsem za velike izdelke, kot so npr. cisterne.



Slika 8 8: Laminacija s pištolo na sekance (vir: fotografija iz [www.graco.com](#)).

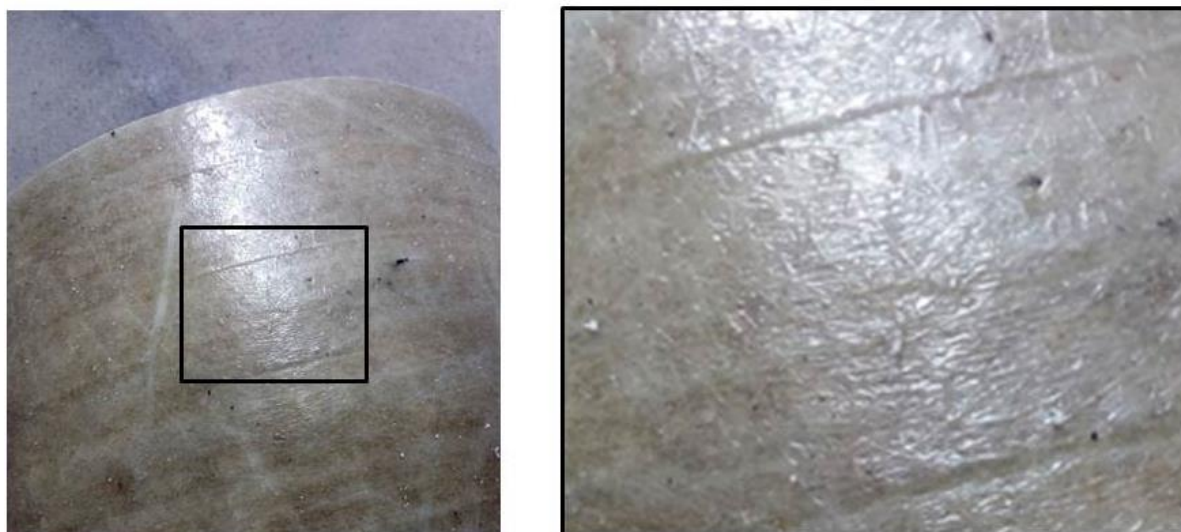
Nazadnje bi poudarili, da opisane tehnologije, predstavljajo samo majhen del tehnologij, ki jih uporabljajo za izdelavo izdelkov iz FRP, saj ni univerzalne tehnologije s katero bi lahko proizvedli katerikoli izdelek. Ravno nasprotno, vsaka tehnologija je vezana in optimirana na precej ozek nabor izdelkov. Po drugi strani pa je vsaj večina tehnologij lahko prenosljivih in medsebojno povezljivih, kar močno olajša načrtovanje proizvodnje novih izdelkov.

2.3. Kako prepoznati odpadke iz GFRP?

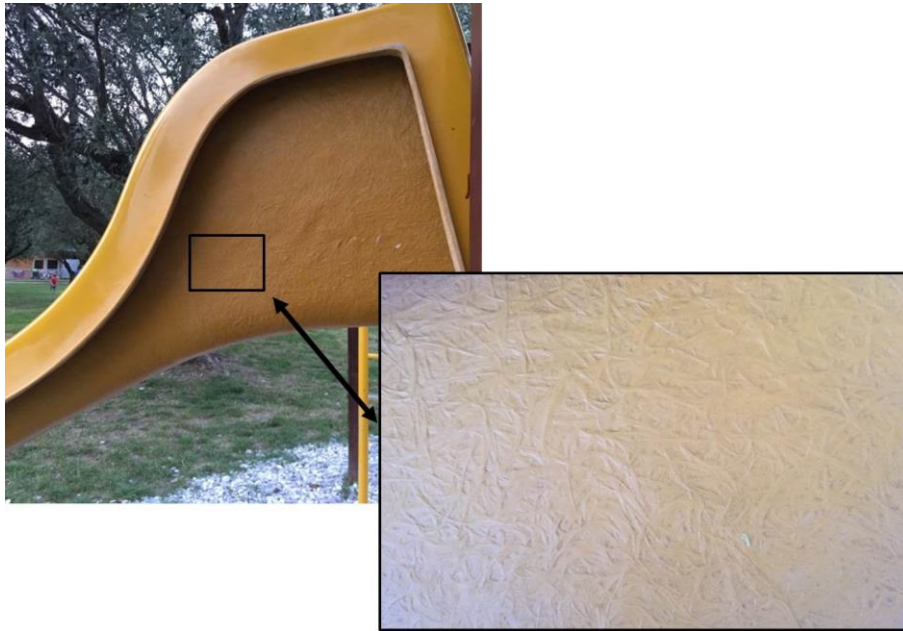
Za zanesljivo identifikacijo GFRP ali katerekoli druge plastike so potrebne kompleksne analitske tehnike, kot na primer infrardeča spektroskopija (FTIR), Ramanska spektroskopija, UV-Vis spektroskopija, diferenčna dinamična kalorimetrija (DCS) in druge tehnike. Za začetno identifikacijo je tukaj podan pregled osnovnih karakteristik GFRP..

Najbolj značilna fizikalna karakteristika GFRP izdelkov je njihova gostota, ki je približno 1,8 g/cm³. To je znatno več kot pri drugih plastičnih masah (PE, PP, PC, PMMA, ABS, ...) ali pri kompozitih utrjenih s karbonskimi vlakni, saj imajo vsi gostoto le približno 1 g/cm³.

Nadalje, površina GFRP izdelkov je v večini primerov neravna. Na površini takšnih izdelkov so namreč vidna vlakna, ki so prekrita le s tanko plastjo smole. Primer takšne površine je mogoče videti na slikah 10 in 11, ki prikazujejo cev iz GFRP in otroški tobogan. Kvadratni izsek na obeh slikah prikazuje povečani sliki površin izdelkov, ki sta prikazana na levi.



Slika 9: Desno; cev iz GFRP, levo; detajl površine cevi (interna foto-dokumentacija ZAG).



Slika 10: Desno; otroški tobogan, levo; detajl iz površine notranje strani tobogana (interna foto-dokumentacija ZAG).

V nekaterih primerih lahko izdelke iz GFRP ločimo od večine plastičnih materialov po presevnosti. Na sliki 11 je prikazan sklad GFRP cevi, ki so osvetljene s sončno svetlobo. Presevnost cevi, posebno močnejše osvetljenih je dobro opazna.



Slika 11: GFRP cevi (vir: Игоревич on Wikimedia Commons).

3. FRP Katalog odpadkov, ki vsebujejo FRP

3.1. Metodologija

Odpadke, ki vsebujejo FRP, razvrščamo v skladu s seznamom odpadkov določenim z Odločbo Komisije 2000/532/ES in spremenjenim s Sklepom Komisije 2014/955/EU. Seznam odpadkov vsebuje 20 poglavij, ki so opredeljena z dvomestnimi kodami. Ta poglavja so razdeljena na podpoglavja, ki so opredeljena s štirimestnimi kodami in oznake odpadkov, ki jih opredeljujejo šestmestne kode, slednje tudi določajo dejanske številke odpadkov.


20 poglavji seznama odpadkov razvrščamo v tri sklope:

- 01 do 12 in 17 do 20, ki so poglavja, povezana z virom odpadkov,
- 13 do 15, ki so poglavja, povezana z vrsto odpadka,
- 16 poglavje za odpadke, ki niso navedeni drugje na seznamu.

Odpadke, ki vsebujejo FRP, najdemo v različnih sklopih, v skladu z njihovim virom in vrsto. Nekatere odpadke, ki vsebujejo FRP, lahko razvrstimo tudi pod poglavje 16. Čeprav je ta katalog neuraden, temelji na trenutnem stanju in najboljšem vedenju projektnih partnerjev. Pri nekaterih odpadkih navajamo več možnih oznak. Končna dodelitev številke odpadka je odvisna od vira nastajanja in načina oddaje odpadkov.

Pojasnilo: slike v katalogu odpadkov so uporabljene le za ilustrativni prikaz specifične vrste odpadkov.



Zaporedna št., izdelek/vir nastanka odpadka	Slika	Številka odpadka ¹	Opis odpadka	
07 ODPADKI IZ ORGANSKIH KEMIJSKIH PROCESOV				
1.	Tkanina iz steklenih vlaken iz procesa zapolnitve kalupa		07 02 13	Odpadna plastika
12 ODPADKI IZ OBLIKOVANJA TER FIZIKALNE IN MEHANSKE POVRŠINSKE OBDELAVE KOVIN IN PLASTIKE				
2.	Drobci in ostružki, ki nastajajo pri oblikovanju in obdelavi FRP		12 01 05	Drobci in ostružki plastike



Zaporedna št., izdelek/vir nastanka odpadka	Slika	Številka odpadka ¹	Opis odpadka	
15 ODPADNA EMBALAŽA; ABSORBENTI, ČISTILNE KRPE, FILTRIRNA SREDSTVA IN ZAŠČITNA OBLAČILA, KI NISO NAVEDENI DRUGJE				
3.	FRP palete za pakiranje in transport različnih izdelkov		15 01 05	Sestavljena (kompozitna) embalaža
16 ODPADKI, KI NISO NAVEDENI DRUGJE NA SEZNAMU				
4.	Iztrošena vozila, čolni, letala, avti, motorna kolesa, počitniške prikolice in podobno		16 01 04* ali 16 01 06	Izrabljena vozila ali Izrabljena vozila, ki ne vsebujejo niti tekočin niti drugih nevarnih sestavin





Zaporedna št., izdelek/vir nastanka odpadka	Slika	Številka odpadka ¹	Opis odpadka	
17 GRADBENI ODPADKI IN ODPADKI IZ RUŠENJA OBJEKTOV (VKLJUČNO Z ZEMELJSKIMI IZKOPI Z ONESNAŽENIH OBMOČIJ)				
5.	Različne vrste cevi		<p>17 02 03 ali 17 02 04*</p>	<p>Plastika ali Steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi</p>
6.	Različne vrste iztrošenih rezervoarjev za pitno vodo, odpadno vodo, posode za obdelavo odpadne vode, rezervoarji za odplake itd.		<p>17 02 03 ali 17 02 04*</p>	<p>Plastika ali Steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi</p>





Zaporedna št., izdelek/vir nastanka odpadka		Slika	Številka odpadka ¹	Opis odpadka
7.	Rezervoarji za skladiščenje različnih tekočin		17 02 03 ali 17 02 04*	Plastika ali Steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi
8.	Komponente zamrzovalnih postrojenj		17 02 03 ali 17 02 04*	Plastika ali Steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi





Zaporedna št., izdelek/vir nastanka odpadka		Slika	Številka odpadka ¹	Opis odpadka
9.	FRP za strehe in ograje, FRP sestavljene (sendvič) panele	 A photograph showing several long, rectangular FRP sandwich panels laid out on a green corrugated metal roof. The panels have a light-colored top layer and a darker bottom layer. Some wooden logs are also visible on the roof.	17 02 03 ali 17 02 04*	Plastika ali Steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi
10.	Talne panele iz FRP, običajno za zunanjo uporabo	 A photograph showing several large, rectangular FRP floor panels laid out on a concrete surface. The panels are dark grey and have a textured surface. They are arranged in a row, with a concrete curb in the foreground.	17 02 03 ali 17 02 04*	Plastika ali Steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi




Zaporedna št., izdelek/vir nastanka odpadka	Slika	Številka odpadka ¹	Opis odpadka
11. FRP armature za beton, ki nadomeščajo jeklene armature		17 02 03 ali 17 02 04*	Plastika ali Steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi
12. FRP nosilci, podporniki za dvignjene ali viseče talne/stropne površine		17 02 03 ali 17 02 04*	Plastika ali Steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi





Zaporedna št., izdelek/vir nastanka odpadka	Slika	Številka odpadka ¹	Opis odpadka
13. Kanalizacijske / cestne rešetke in drugi podobni izdelki		17 02 03 ali 17 02 04*	Plastika ali Steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi
14. Prometni signali in oprema za prometno signalizacijo		17 02 03 ali 17 02 04*	Plastika ali Steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi



Zaporedna št., izdelek/vir nastanka odpadka	Slika	Številka odpadka ¹	Opis odpadka	
19 ODPADKI IZ NAPRAV ZA RAVNANJE Z ODPADKI, ČISTILNIH NAPRAV ZA ODPADNO VODO ZUNAJ KRAJA NASTANKA TER IZ PRIPRAVE PITNE VODE IN VODE ZA INDUSTRIJSKO RABO				
15.	Odpadki iz procesa recikliranja, ki jih ni mogoče uporabiti v nadaljnji predelavi		19 12 04	Plastika in guma
20 KOMUNALNI ODPADKI (ODPADKI IZ GOSPODINJSTEV IN PODOBNI ODPADKI IZ TRGOVINE, INDUSTRIJE IN USTANOV), VKLJUČNO Z LOČENO ZBRANIMI FRAKCIJAMI				



Zaporedna št., izdelek/vir nastanka odpadka	Slika	Številka odpadka ¹	Opis odpadka
16. Športna oprema, na primer stare smuči, teniški loparji itd		20 03 07	Kosovni odpadki
17. Avtomobilski prtljažniki		20 01 39 ali 20 03 07	Plastika ali Kosovni odpadki



Zaporedna št., izdelek/vir nastanka odpadka		Slika	Številka odpadka ¹	Opis odpadka
18.	Tobogani in druga oprema za otroška športna igrišča in vodni tobogani		20 03 07 ali 20 01 39 ali 17 02 03 ali 17 02 04*	Kosovni odpadki ali Plastika ali Gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov - plastika ali Gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov - steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi
19.	Plavalni bazeni in podobna oprema		20 03 07 ali 20 01 39 ali 17 02 03 ali 17 02 04*	Kosovni odpadki ali Plastika ali Gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov - plastika ali Gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov - steklo, plastika in les, ki



Zaporedna št., izdelek/vir nastanka odpadka	Slika	Številka odpadka ¹	Opis odpadka
			vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi
20.	FRP cevi za namakanje in drugi iztrošeni izdelki za namakanje	20 01 39 ali 20 03 07	Plastika ali Kosovni odpadki



Zaporedna št., izdelek/vir nastanka odpadka	Slika	Številka odpadka ¹	Opis odpadka
21. Rezervoarji, kadi in podobna oprema, ki se uporabljajo v kmetijstvu in gospodinjstvih		20 01 39 ali 20 03 07	Plastika ali Kosovni odpadki
22. Kopalniške in kuhinjske kadi, lijaki in druga podobna oprema		20 03 07 ali 17 02 03 ali 17 02 04*	Kosovni odpadki ali Gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov - plastika ali Gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov - steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi, ali so z njimi onesnaženi

¹ Dodelitev številke odpadka je odvisna od vira nastajanja in načina oddaje odpadkov.



Viri

Ashabee, K. H. G. 1989. Fundamental Principles of Fiber Reinforced Composites. Technomic Publishing, 1989.

Guadagno, L., Raimondo, M., Vietri, U., Vertuccio, L., Barra, G., De Vivo, B., Lamberti, P., Spinelli, G., Tucci, V., Volponi, R., Cosentino, G. and De Nicola, F. 2015. Effective formulation and processing of nanofilled carbon fiber reinforced composites. RSC Adv. 5, 6033-6042.

Commission Decision on the European List of Waste (COM 2000/532/EC)

https://en.wikipedia.org/wiki/Composite_material#Fabrication_methods (last accessed 21.02.2018)

<https://www.reynoldsam.com/wordpress/wp-content/uploads/2014/02/appvac01.png> (last accessed 21.02.2018)

<https://www.plasticoncomposites.com/composites-material/frp-material> (last accessed 21.02.2018)

<https://www.statista.com/statistics/325677/glass-fibre-reinforced-production-grp/> (last accessed 21.02.2018)

<http://www.plasticsnewseurope.com/> (last accessed 21.02.2018)

ISAYEV, A.I. (Ed.) 1991. Modeling of Polymer Processing; Recent Developments. Oxford University Press, New York.

Landesmann, A., Seruti, C.A., de Miranda Batista, E. 2015. Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Polymers Members for Structural Applications. Mat.Res. 18, 1372-1383.

Vadivelvivek, V. 2013: Mechanical behaviour of natural fibre composites (palm sprout fibre composite). National Conference on Advances and Challenges in Mechanical Engineering, ACME 2013.

SEZNAM VIROV SLIK objavljenih v katalogu pod določeno zaporedno številko v seznamu:

- Depositphotos (slike pri zaporednih številkah 3, 13, 17, 19),
- interni arhiv GZS (slika pri zaporedni številki 16),
- interni arhiv Gees Recycling (slike pri zaporednih številkah 2, 4, 8, 15),
- interni arhiv ZAG (slike pri zaporednih številkah 1, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 18, 20, 21, 22).

