

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 Fibre Reinforced Composite Products

Catalogo dei rifiuti dell'area di programma

**/ Katalog odpadkov programskega
območja**

Deliverable: R1.WP3.1

Data: 05/11/2018

Realizzato da: 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),



Indice

1. Introduzione.....	4
2. Identificazione dei prodotti/rifiuti in CFR.....	4
2.1. Caratteristiche generali dei prodotti in CFR e formazione dei rifiuti in CFR.....	4
2.2. Produzione dei prodotti in CFR.....	5
2.3. Come è possibile identificare i rifiuti contenenti GFRP?.....	9
3. Il Catalogo dei Rifiuti contenenti FRC.....	11
3.1. Metodologia.....	11
Bibliografia.....	23



1. Introduzione

L'obiettivo principale di questo documento è quello di sviluppare un catalogo unico di prodotti/rifiuti in polimeri rinforzati con fibre di vetro (GFRP) al fine di identificare e gestire meglio questi prodotti/rifiuti nell'area del programma. Il catalogo è destinato principalmente ai detentori di rifiuti (pubblico in generale, industria) e ai raccoglitori di rifiuti, ad esempio servizi di pubblica utilità, e intende supportare l'adeguata separazione e raccolta dei rifiuti basati su GFRP per consentire un migliore riciclaggio.

Con tale catalogo si prevede di definire migliori percorsi di gestione dei rifiuti in GFRP per il loro riciclaggio nell'ambito dell'Area di programma.

2. Identificazione dei prodotti/rifiuti in CFR

2.1 Caratteristiche generali dei prodotti in CFR e formazione dei rifiuti in CFR

I compositi polimerici fibrorinforzati (CFR), detti anche polimeri fibrorinforzati o plastiche fibrorinforzate, sono materiali compositi costituiti da matrici polimeriche rinforzate con diversi tipi di fibre (vetro, carbonio, aramide, fibre naturali...). Nel presente catalogo, l'attenzione è rivolta ai polimeri rinforzati con fibre di vetro, per i quali viene utilizzato l'acronimo GFRP. I prodotti in FRP sono generalmente utilizzati nell'industria navale, edilizia, automobilistica e in altre industrie. I loro principali vantaggi sono una maggiore resistenza, ma allo stesso tempo una struttura relativamente leggera e sottile. Tali prodotti sono anche relativamente facili da fabbricare e possono essere modellati in diverse forme. La produzione annua di GFRP in Europa è di circa 1100 000 tonnellate (figura 1). Geograficamente la Germania è il maggior produttore di GFRP, seguita da Europa dell'Est, Francia, Irlanda e Regno Unito, Italia, Portogallo e Spagna. L'industria del FRP rimane un importante datore di lavoro in Europa in quanto è prevista una crescita della produzione sia nei mercati già esistenti che in quelli nuovi. D'altra parte, il fatto che i rifiuti in FRP siano difficili da riciclare a causa della loro natura multifase, rende la sfida sulla fine del loro ciclo di vita rimane una questione ambientale per l'Europa.

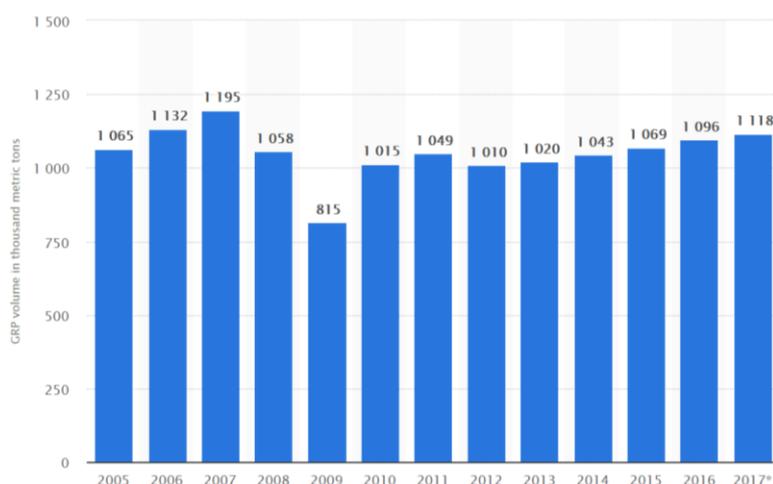


Figura 1: Volume di produzione di GFRP in Europa dal 2005 al 2015 (in 1000 tonnellate) (fonte: www.statista.com).



2.2 Produzione dei prodotti in CFR

Di seguito sono presentati i più importanti processi di formatura dei compositi fibrorinforzati (CFR), compresi i compositi rinforzati con fibre di vetro, talvolta chiamati anche plastiche rinforzate con fibre di vetro (GFRP). Abbiamo descritto i principi di formatura e la loro applicabilità. Vale la pena di ricordare che la formazione di compositi rinforzati con fibre comprende una vasta gamma di tecnologie. Queste possono essere complementari o molto distintive.

Il processo di formatura più comune e probabilmente quello storicamente più utilizzato è il cosiddetto "Hand lay-up" (Figura 2). La laminazione a mano inizia con la posa manuale dei tessuti in fibra di vetro e viene bagnata con resina in stampi rivestiti con agente distaccante. Dopo l'indurimento il prodotto viene estratto da uno stampo. La laminazione a mano è ampiamente utilizzata per prodotti di piccola serie o per prodotti di grandi dimensioni con forme complicate.

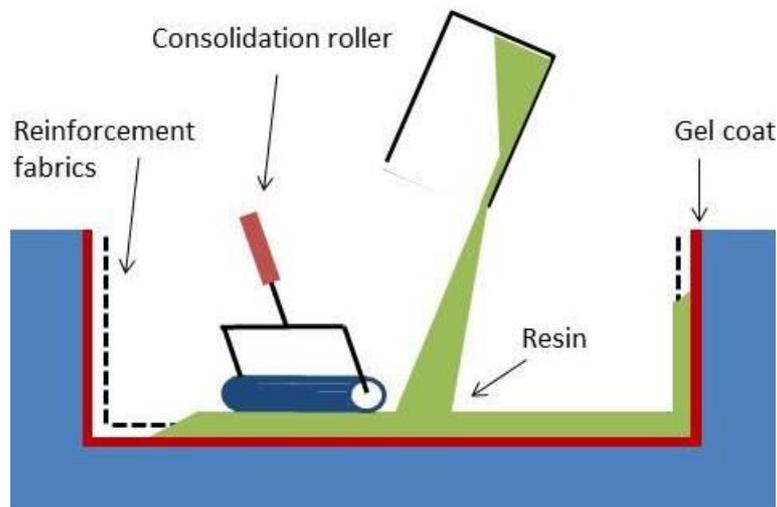


Figura 2: un'illustrazione semplificata del processo di laminazione a mano all'inizio della produzione di CFR (fonte: documentazione interna ZAG).

Lo "stampaggio con sacco da vuoto" è un processo in cui la pressione atmosferica viene sfruttata per assicurare il contatto con lo stampo e per espellere l'aria durante la polimerizzazione. I fogli di tessuto in fibra di vetro vengono stesi e posti in uno stampo aperto. Il materiale è ricoperto da un film distaccante, materiale traspirante per consentire il flusso della resina sul prodotto e sul sacco del vuoto. La laminazione è vulcanizzata con un vuoto continuo per estrarre i gas intrappolati dal laminato. Si tratta di un processo molto comune nell'industria nautica e aerospaziale in quanto consente un controllo preciso sullo stampaggio grazie ad un ciclo di polimerizzazione lento che va da una a diverse ore.



Figura 3: Preparazione della piastra in CFR semplice mediante stampaggio con sacco da vuoto (fonte: documentazione fotografica interna ZAG).

Un altro passo avanti è lo "Stampaggio in autoclave". Per un ulteriore miglioramento del prodotto, oltre al vuoto, viene applicata anche la pressione esterna per l'indurimento. Dopo l'evacuazione del sacchetto in un contenitore a pressione, si genera una sovrappressione tipica di 1,5 MPa. Anche se tale processo rappresenta il perfezionamento dello stampaggio del sacco a vuoto, la sua applicazione può essere limitata dalle dimensioni del contenitore a pressione.



Figura 4: Un esempio di configurazione dello stampaggio in autoclave (fonte: JaviRD su Wikimedia Commons).

I processi presentati hanno in comune un intenso lavoro manuale soprattutto per quanto riguarda la laminazione. Al contrario la "Poltrusione" (Figure 5, 6) e l'"Avvolgimento del filamento" sono processi prevalentemente automatizzati. Essi condividono lo stesso processo di impregnazione dei fasci di fibre e/o tessuti con resina a bagno. Si veda lo schema della poltrusione in figura 5.

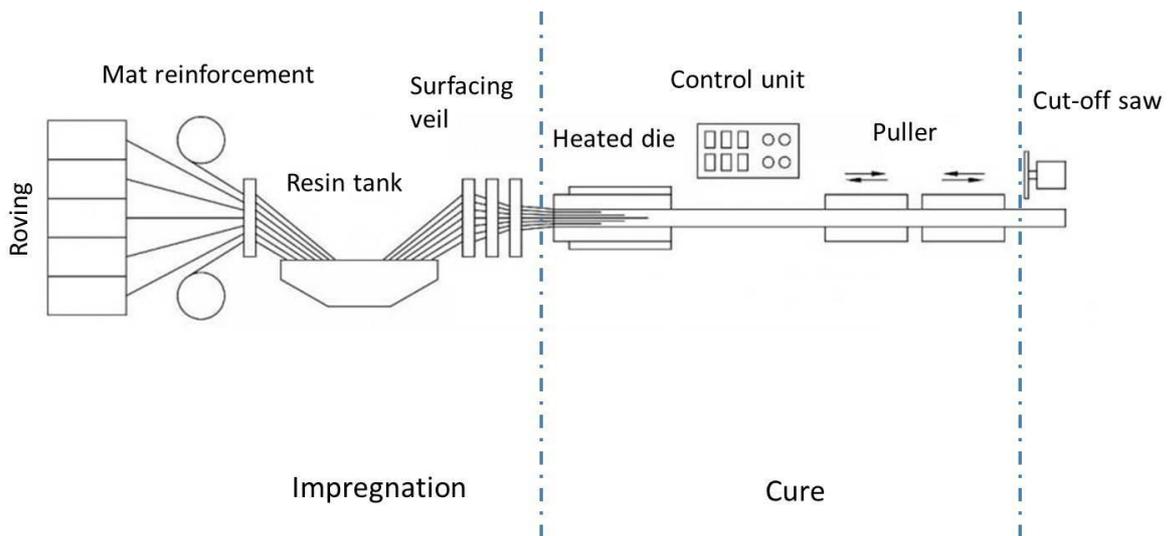


Figura 5: Presentazione schematica della pultrusione nella produzione di CFR (Fonte: documentazione interna del Trival Kompoziti d.o.o.).

Più avanti il processo differisce leggermente. In pultrusione le fibre vengono indurite in uno stampo chiuso riscaldato e tirate attraverso lo stampo formando la forma della parte ruvida, mentre in un caso di avvolgimento del filamento l'avvolgitore si preoccupa di avvolgere i tessuti o le fibre impregnati di resina sul mandrino in orientamenti specifici. Il mandrino ha spesso una sezione trasversale circolare e due tipi principali di orientamento degli avvolgimenti: spesso vengono applicati elicoidali e polari. I prodotti sono spesso curati a temperatura ambiente. Dopo la polimerizzazione, il mandrino viene solitamente estratto, lasciando un prodotto finale.

La pultrusione è un processo molto efficiente di produzione anisotropica, componenti a sezione costante come scale, serbatoi di sistemi di corrimano, tubi, ecc., Mentre l'avvolgimento di filamenti è adatto per la produzione di prodotti di sezione trasversale grandi e costanti come tubi con diametri superiori a 3 m.

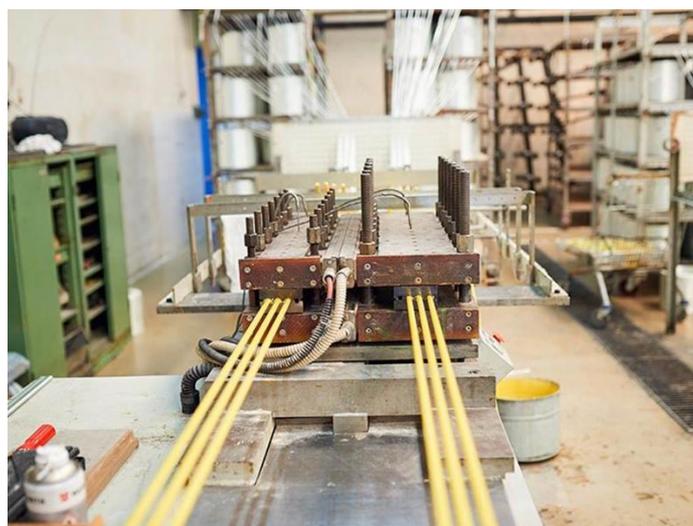


Figura 6: Foto delle aste in CFR finite alla fine del processo di pultrusione (fonte: documentazione fotografica interna del Trival Kompoziti d.o.o.)

Per la produzione di piccole parti rinforzate con fibre tagliate e di strette tolleranze viene applicato il "Resin transfer molding" (Figura 5). La formazione inizia con i tessuti in fibra di vetro assemblati, preformati e chiusi in uno stampo in cui viene iniettata la resina. Tale formazione procede a temperatura e pressione elevate.

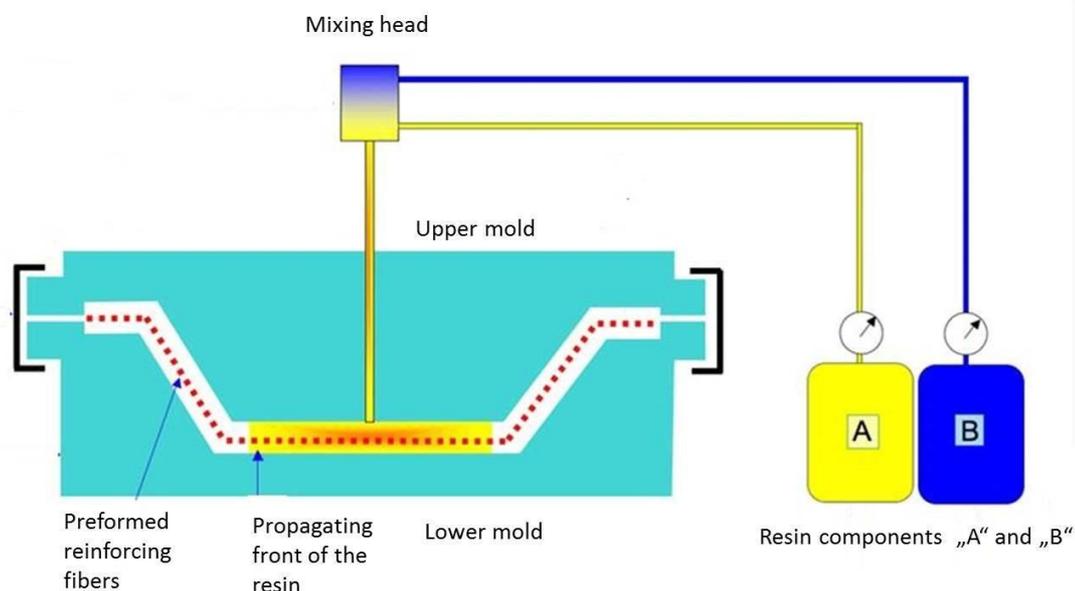


Figura 7: Schema di produzione del prodotto CFR con il Resin Transfer Moulding (fonte: LaurensvanLieshout su Wikimedia Commons).

Infine, vale la pena menzionare il processo "Chopper gun lay-up" (Figura 8) della produzione di GFRP. Qui i fasci di fibre di vetro vengono spinti attraverso una pistola a mano che taglia entrambi i fili e li bagna di resina. Le fibre bagnate vengono sparate sulla superficie dello stampo a forma arbitraria. Lo spessore del lay-up è controllato dall'operatore umano. Questo processo è applicabile a prodotti di grandi dimensioni come le navi ed è anche economico. D'altra parte tali prodotti hanno una scarsa tolleranza dimensionale.



Figura 8: Il lay-up della miscela di fibra di vetro / resina con la pistola chopper (fonte: foto su www.graco.com).

I qui presentati processi di formazione dei compositi fibrorinforzati sono solo una piccola parte dei processi adatti alla formazione dei compositi fibrorinforzati, che non sono tutti

applicabili alla totalità dei prodotti. Alcuni processi possono anche essere facilmente combinati e adattati.

2.3 Come è possibile identificare i rifiuti contenenti GFRP?

Per l'identificazione affidabile dei GFRP o di qualsiasi altra plastica, devono essere utilizzate complesse tecniche analitiche come la spettroscopia a infrarossi (FTIR), la spettroscopia Raman, la spettroscopia UV-vis, la calorimetria a scansione differenziale (DSC) e altre. Tuttavia, per l'identificazione iniziale viene fornita una panoramica delle caratteristiche GFRP di base.

La caratteristica fisica più tipica della GFRP è la sua densità sostanziale, ovvero circa 1,8 g / cm³, che è considerevolmente maggiore della maggior parte degli altri materiali plastici (PE, PP, PC, PMMA, ABS, ...) o rinforzati con fibra di carbonio, che tutti sfruttano circa 1 g / cm³.

Inoltre, le superfici dei prodotti GFRP sono spesso irregolari. Sulla superficie di tali prodotti si possono osservare anche le fibre ricoperte solo da un sottile strato di resina. A titolo di esempio si riporta il caso dei tubi in Figura 10 e dello scivolo in Figura 11. In entrambe le figure è possibile osservare, sulla destra, il primo piano dell'area all'interno del rettangolo presente sulla sinistra.

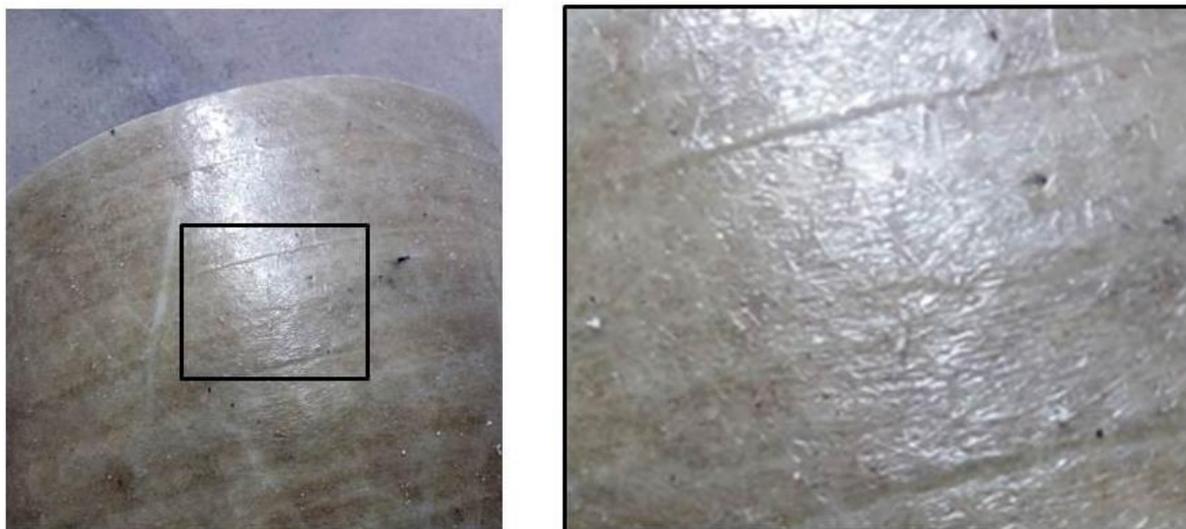


Figura 9: Sinistra: Tubo in GFRP. Destra: il dettaglio sulla superficie del tubo (documentazione fotografica interna ZAG).

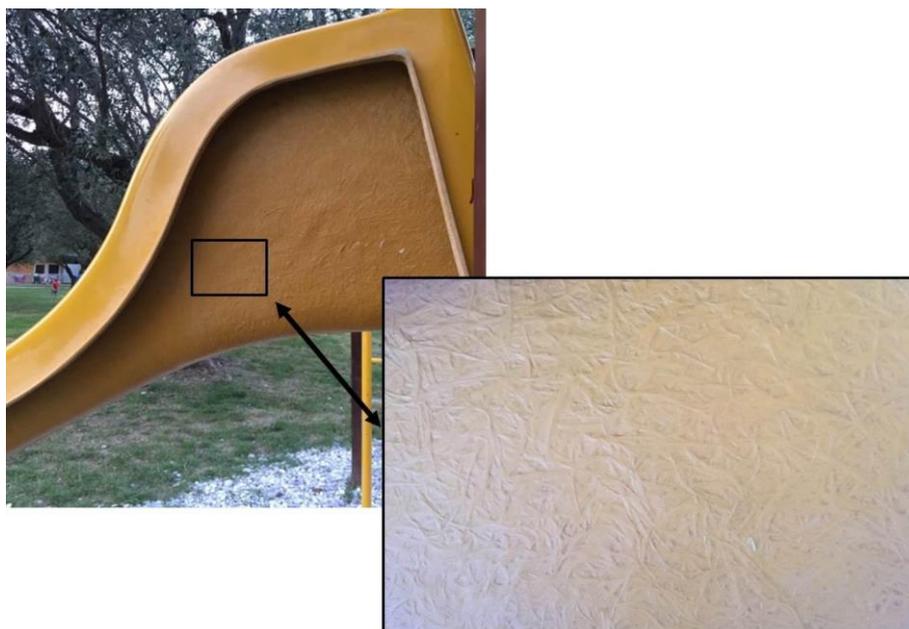


Figura 10: sinistra: scivolo. Destra: il dettaglio della superficie interna (documentazione fotografica interna ZAG).

Inoltre, in alcuni casi i prodotti GFRP possono essere distinti dalla maggior parte degli altri materiali plastici, a causa della loro particolare traslucenza. Nella Figura 11, vengono presentate pile di tubi GFRP e si può facilmente osservare la loro traslucenza, specialmente per le tubature esposte alla luce solare.



Figura 11: pila di tubi GFRP (fonte: Изоревуч su Wikimedia Commons).

3. Il Catalogo dei Rifiuti contenenti FRC

3.1 Metodologia

I rifiuti a base di CFR sono classificati conformemente all'elenco europeo dei rifiuti, come stabilito dalla Decisione 2000/532/CE e modificato dalla decisione 2014/955/UE. L'elenco europeo dei rifiuti contiene 20 capitoli, specificati da codici a due cifre. Questi capitoli sono ulteriormente suddivisi in sottocapitoli, specificati da codici a quattro cifre, e da voci specificate da codici a sei cifre, le quali definiscono l'effettiva materia di scarto.

I 20 capitoli dell'elenco europeo dei rifiuti sono suddivisi in tre gruppi:

- 01-12 e 17-20 come capitoli relativi alla fonte di rifiuti
- Da 13 a 15 come capitoli relativi al tipo di rifiuto
- 16 come capitolo per i rifiuti non altrimenti specificati nell'elenco

I rifiuti basati su FRP possono essere trovati tra diversi gruppi di capitoli a seconda dell'origine e della tipologia. Alcuni rifiuti FRP possono essere indicati nel capitolo 16.

Il presente catalogo non può essere considerato ufficiale, sebbene sia basato sullo stato dell'arte e sulla migliori conoscenze dei partner del progetto. Per alcuni rifiuti sono suggerite voci multiple. La classificazione finale del rifiuto è determinata in base all'origine del rifiuto e in base a come i rifiuti sono stati introdotti nel flusso di rifiuti.

Nota: le figure del catalogo illustrano specifici materiali di scarto.



Numero, Prodotto/Origine del rifiuto		Figura	Codice rifiuto ¹	Descrizione del rifiuto
07 RIFIUTI DEI PROCESSI CHIMICI ORGANICI				
1.	Trama in fibra di vetro da stampaggio		07 02 13	Rifiuti Plastici
12 RIFIUTI PRODOTTI DALLA LAVORAZIONE E DAL TRATTAMENTO FISICO E MECCANICO SUPERFICIALE DI METALLI E PLASTICA				
2.	Trucioli in CFR e trucioli da processi produttivi e altri processi		12 01 05	Limatura e trucioli di materiali plastici



15 RIFIUTI DI IMBALLAGGIO, ASSORBENTI, STRACCI, MATERIALI FILTRANTI E INDUMENTI PROTETTIVI (NON SPECIFICATI ALTRIMENTI)

3.	Pallet in CFR, utilizzati per l'imballaggio e il trasporto di prodotti diversi		15 01 05	Imballaggi in materiali compositi
----	--	--	----------	-----------------------------------

16 RIFIUTI NON SPECIFICATI ALTRIMENTI NELL'ELENCO

4.	<p>End of life vessels, boats, planes, cars, motorcycles, caravans, and similar</p> <p>Imbarcazioni a fine vita, barche, aerei, automobili, motociclette, roulotte e simili</p>		<p>16 01 04*</p> <p>or</p> <p>16 01 06</p>	<p>Veicoli fuori uso</p> <p>o</p> <p>veicoli fuori uso, non contenenti liquidi né altre componenti pericolose</p>
----	---	---	--	---

17 RIFIUTI DELLE OPERAZIONI DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE (COMPRESO IL TERRENO PROVENIENTE DA SITI CONTAMINATI)



5.	Diversi tipi di tubo			17 02 03 or 17 02 04*	Plastica o Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati
6.	Diversi tipi di serbatoi d'acqua usurati, inclusi serbatoi di acque reflue, bacini di trattamento delle acque, bacini di depurazione ecc.			17 02 03 or 17 02 04*	Plastica o Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati



7.	Serbatoi di stoccaggio per diversi tipi di liquidi		17 02 03 or 17 02 04*	Plastica o Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati
8.	Componenti della catena del freddo		17 02 03 or 17 02 04*	Plastica o Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati



<p>9.</p>	<p>FRP roofing and fencing, FRP sandwich panels</p> <p>Coperture e recinzioni in CFR, pannelli sandwich in CFR</p>		<p>17 02 03 or 17 02 04*</p>	<p>Plastica o Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati</p>
<p>10.</p>	<p>Pannelli per pavimenti in FRP, generalmente utilizzati per l'esterno</p>		<p>17 02 03 or 17 02 04*</p>	<p>Plastica o Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati</p>



11.	Rinforzi in CFR per il calcestruzzo, usato al posto dei rinforzi in acciaio		17 02 03 or 17 02 04*	Plastica o Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati
12.	Supporti, sostenitori di pavimenti / soffitti sopraelevati e sospesi in CFR		17 02 03 or 17 02 04*	Plastica o Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati



13.	Griglie per fognature / pavimentazione e altri prodotti simili		17 02 03 or 17 02 04*	Plastica o Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati
14.	Segnali stradali e attrezzature per la segnalazione		17 02 03 or 17 02 04*	Plastica o Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati
19 RIFIUTI PRODOTTI DA IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI, IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE FUORI SITO, NONCHÉ DALLA POTABILIZZAZIONE DELL'ACQUA E DALLA SUA PREPARAZIONE PER USO INDUSTRIALE				



15.	Rifiuti del processo di riciclo che non possono essere utilizzati in ulteriori processi		19 12 04	Plastica e gomma
20 RIFIUTI URBANI (RIFIUTI DOMESTICI E ASSIMILABILI PRODOTTI DA ATTIVITÀ COMMERCIALI E INDUSTRIALI NONCHÉ DALLE ISTITUZIONI) INCLUSI I RIFIUTI DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA				
16.	Attrezzature sportive ad es. sci e racchette da tennis obsoleti		20 03 07	Rifiuti ingombranti



17.	Bauli per auto		20 01 39 o 20 03 07	Plastica o Rifiuti ingombranti
18.	Scivoli e altre attrezzature per bambini e campi sportivi, scivoli acquatici		20 03 07 o 20 01 39 o 17 02 03 o 17 02 04*	Rifiuti ingombranti o Plastica o Rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione - plastica o Rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione - vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati



19.	Piscine e altre attrezzature		20 03 07 o 20 01 39 o 17 02 03 o 17 02 04*	Rifiuti ingombranti o Plastica o Rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione - plastica o Rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione - vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati
20.	Tubi flessibili in CFR per l'irrigazione e altri prodotti di irrigazione obsoleti		20 01 39 o 20 03 07	Plastica o Rifiuti ingombranti



21.	Serbatoi, vasche e attrezzature simili utilizzate in diversi campi agricoli e nelle abitazioni		20 01 39 o 20 03 07	Plastica o Rifiuti ingombranti
22.	Lavelli per bagno e cucina, vasche da bagno e altri prodotti simili		20 03 07 o 17 02 03 o 17 02 04*	Plastica o Rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione - plastica o Rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione - vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati

¹ L'ingresso dei rifiuti è determinato in base alla fonte del rifiuto e al modo in cui i rifiuti sono stati introdotti nel flusso di rifiuti.



Letteratura

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.

ELENCO DELLE FIGURE pubblicate nel catalogo e riferimenti numerici:

- Depositphotos (figure ai numeri 3, 13, 17, 19),
- Archivio interno di GZS (figura al numero 16),
- Archivio interno di Gees Recycling (figure ai numeri 2, 4, 8, 15),
- Archivio interno di ZAG (figure ai numeri 1, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 18, 20, 21, 22).

