

Recupero della frazione di scarto CSP, del vetro al piombo, delle frazioni fini non granulabile e dei fanghi nella produzione di materiali alternativi, quali piastrelle in ceramica, cementi e/o geopolimeri.

Stazione Sperimentale del Vetro

1) PREMESSA

Negli impianti di trattamento per la produzione di rottame pronto forno e sabbia di vetro vengono prodotti oltre che gli scarti dalle macchine di selezione, la cui quota recuperabile per l'utilizzo negli stabilimenti vetrari è stata già oggetto di precedenti studi, altre tipologie di scarti che si presentano sotto forma di fanghi e di polveri che hanno origine da diversi punti del processo di selezione/trattamento e che contengono vetro. Essi al momento sono destinati alla discarica con un codice tipico degli scarti vetrosi (cod. 191205).

Il progetto prevedeva la caratterizzazione di tali materiali di scarto, sia in termini di composizione merceologica che in termini di composizione chimico-fisica delle diverse frazioni e lo studio dell'opzione migliore per il loro riutilizzo in settori industriali extra-vetro allo scopo di aumentare la percentuale complessiva di materiale riutilizzato.

Per quanto riguarda i materiali polverulenti ultrafini che come noto non sono riutilizzabili tal quali, è stata verificata anche l'applicabilità della granulazione (messa a punto nell'ambito di un precedente studio - Progetto n.1 2017-1028, R.P. 151309 del 05/01/2018) per il recupero della frazione ultra-fine della sabbia di vetro ad uso dell'industria vetraria (produzione di contenitori).

1.1 Variazione degli ambiti progettuali di ricerca

Nel corso del 2018, su richiesta di Co.Re.Ve., sono stati modificati alcuni obiettivi del progetto al fine di rispondere a sopraggiunte novità nell'ambito della raccolta e trattamento del rottame.

In particolare è stato richiesto di non proseguire la fase di ricerca che prevedeva la produzione di alcuni manufatti sperimentali partendo dai materiali di scarto studiati, ma di orientare la ricerca allo studio di possibili soluzioni di recupero alternativo del sottovaglio, dello scarto CSP, del rottame pronto forno e della sabbia di vetro. Tale nuovo filone è stato denominato come segue:

- **Studio del possibile riutilizzo di scarti destinati alla produzione di vetro come sottofondi stradali**

In aggiunta, nel corso della ricerca di partner industriali extra-vetro con i quali attivare una possibile collaborazione per il riutilizzo dei materiali di scarto è risultato sempre più determinante conoscere la qualificazione legislativa e normativa del materiale di scarto e la sua quantificazione e collocazione geografica. A questo scopo SSV di comune accordo con Co.Re.Ve. si è attivata per approfondire altri due filoni di studio inizialmente non previsti nel progetto, in particolare:

- **Possibilità di raccolta dati** relativi alle tipologie e quantità di scarti prodotto dagli impianti di trattamento (MUD)
- **Studio normativo, legislativo e tecnico** dei materiali oggetto dello studio nei confronti dei potenziali settori di riutilizzo.

L'analisi dei MUD ha permesso di avere una fotografia quantitativa e geografica dei flussi di materiale grezzo in ingresso agli impianti e dei flussi dei materiali di scarto, allo scopo di applicare le strategie più efficienti per il riutilizzo degli scarti tra quelle ipotizzate durante il progetto. Lo studio Normativo, Legislativo e Tecnico si è reso necessario dopo una approfondita analisi delle richieste dei possibili partner industriali extra-vetro per il riutilizzo di questi materiali di scarto. In primo luogo è stato necessario verificare lo schema legislativo nel quale si potrebbe inquadrare il possibile riutilizzo di questi materiali, cioè la transizione che questi materiali dovranno necessariamente eseguire da Rifiuto a Sottoprodotto o MPS. In secondo luogo sono stati approfonditi gli aspetti Tecnici e Normativi ritenuti rilevanti per la qualificazione di questi materiali nei specifici settori di applicazione (Calcestruzzi, Laterizi, Ceramica, Aggregati-sottofondi).

Di seguito vengono riassunte le attività eseguite da SSV nell'ambito di questo progetto.

2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE

2.1 Recupero della frazione di scarto CSP, del vetro al piombo, delle frazioni fini non granulabile e dei fanghi nella produzione di materiali alternativi, quali piastrelle in ceramica, cementi e/o geopolimeri

2.1.1 Analisi impianti di trattamento

Sono stati visitati in tutto 10 impianti di trattamento rottame, Ecoglass Lonigo, Eurorecuperi, Ecopatè, Vetreco, Tecnorecuperi, La Vetri, Eurovetro, Sarco, A2A Ambiente e Sasil. Quest'ultimo impianto non tratta direttamente materiale da raccolta differenziata, ma la sua inclusione nella lista è giustificata dal suo ruolo, tra le altre cose, di gestore degli scarti degli altri impianti di trattamento vetro e dalla sua pregressa esperienza di fornitore di materiale da riciclo ad aziende extra-vetro. Per Ecoglass Dego sono stati analizzati la struttura, il flusso e la tipologia di materiale contestualmente alla visita dell'Impianto Ecoglass di Lonigo, mentre per Emiliana Rottami sono stati ricevuti solo i campioni di materiale di scarto. Di seguito si riportano in Tabella 1 le date di intervento nei vari impianti:

Impianto	Luogo	data
<i>Ecoglass Lonigo (Dego)</i>	Lonigo (VI)	06/07/2017
<i>Eurovetro</i>	Origgio (VA)	01/08/2017
<i>Tecnorecuperi</i>	Origgio (VA)	01/08/2017
<i>Lavetri</i>	Mantova	02/08/2017
<i>Ecopatè</i>	Musile di Pave (VE)	09/08/2017
<i>Vetreco</i>	Frosinone	21/09/2017
<i>Eurorecuperi</i>	Piegara (PG)	22/09/2017
<i>Sasil</i>	Brusnengo (BI)	09/03/2018
<i>Sarco</i>	Marsala	02/05/2018
<i>A2A Ambiente</i>	Asti	24/05/2018

Tabella 1: elenco delle visite effettuate nell'ambito del progetto.

Per ogni impianto visitato, e per Ecoglass Dego, è stata analizzata la struttura dell'impianto, precisando i flussi di materiale durante il processo di Preselezione e Selezione, valutando il

livello della tecnologia di trattamento applicata, la strategia di produzione (Rottame o Rottame e sabbia di vetro) e stimando la resa di produzione di MPS e di materiali di scarto. Nello schema successivo viene riassunta la struttura generale rappresentativa degli impianti di trattamento visitati.

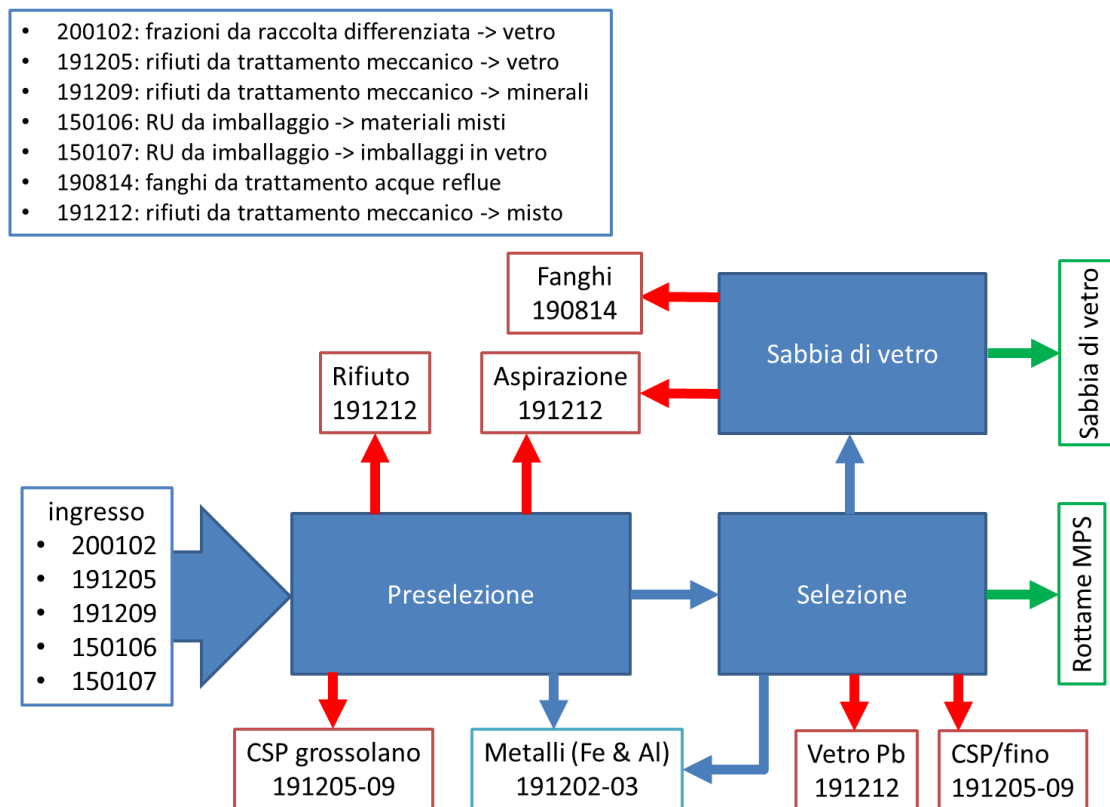


Figura 1: schema generale della struttura di un impianto di trattamento, come ricavato dalle interviste effettuate durante le visite in Tabella 1.

2.1.2 Destinazioni dei materiali di scarto

Un'analisi più approfondita della struttura degli impianti di trattamento ha portato ad una migliore comprensione del loro livello tecnologico. Di seguito si riporta una Tabella riassuntiva di tale approfondimento, dove è stato mantenuto l'anonimato per ogni impianto visitato.

	Processo selezione				Gestione scarti		
	CSP	Pb	HRG	Col	CSP	Pb	destinazione
A	2x	1x	si	si	1x	-	rottame / SdV
B	2x	1x	si	si	-	-	smaltimento
C	2x+2x	1x	-	-	-	-	SdV, smalt.
D	3x	1x	-	-	2x	-	SdV / selezione
E	1x	1x	si	si	2x	-	rottame
F	2x+1x	1x	si	si	3x	1x	rottame / SdV
G	2x	1x	si	si	1x	-	selezione
H	2x	1x	-	si	3x	-	rottame / SdV
I	2x	1x	si	si	4x	-	SdV / selezione
J	2x/3x	-	-	-	1x	-	rottame / selezione

Tabella 2: strategia di gestione per ogni impianto visitato, con SdV si intende Sabbia di vetro, con "selezione" si intende che il materiale viene riportato all'inizio del processo di selezione (vedi Fig.1) .

Secondo quanto dichiarato dai gestori degli impianti di trattamento, i codici CER, il tipo di gestione e la destinazione dei materiali di scarto provenienti dal processo di pre-selezione si possono riassumere brevemente come segue:

- **Scarto ceramico grossolano da selezione manuale:** questo tipo di scarto è in parte recuperato come CER191205-09 (come rilievi, sottofondi, aggregati), oppure conferito in discarica come CER191212 assieme al Rifiuto indifferenziato tipo RSU (con costi elevati, anche 120-130 euro/ton);
- **Rifiuto assimilabile a RSU da selezione manuale:** spesso questo rifiuto non viene separato dalla ceramica grossolana, in ogni caso conferito come CER191212 in discarica;
- **Rifiuto ventilato da essiccazione e vagliatura:** gli impianti di aspirazione della Preselezione sono molto ricchi in plastica leggera, mescolata a (poca) polvere di vetro. Spesso conferito assieme al Rifiuto RSU come CER191212;
- **Metalli magnetici ed Amagnetici:** materiale destinato a recupero, come CER191202 (ferrosi) o CER191203 (non ferrosi).

Per quanto riguarda invece i materiali di scarto provenienti dal processo di selezione, i codici CER utilizzati e le diverse destinazioni sono:

- **Scarto di Sottovaglio:** proviene dal primo processo di vagliatura, che si colloca a monte del processo di selezione e serve a scartare il materiale non processabile dalle macchine di selezione ottica perché troppo fine (il materiale non supera la misura di 4 - 15 mm, in ragione del livello tecnologico delle macchine di selezione utilizzate). Per gli impianti che producono sabbia di vetro, tutto il materiale viene destinato alla produzione di sabbia di vetro, per gli altri, in alcuni casi viene mandato ad impianti di produzione di sabbia di vetro esterni.
- **Scarto CSP:** come nel caso del materiale di sottovaglio, in alcuni impianti questo materiale viene mandato a produzione di sabbia di vetro, oppure smaltito come CER191205 se costituito principalmente da vetro, oppure nel caso opposto come CER191209. Dato l'elevato numero di ripassi a cui viene sottoposto (anche 4-5 ripassi in alcuni casi), se lo scarto è troppo ricco in ceramica, viene smaltito assieme alla ceramica grossolana della preselezione, sempre con codice CER191209. Lo smaltimento in questo caso avviene come Aggregato (sottofondo/rilevato);
- **Scarto di Vetro al Piombo:** smaltito in discarica, spesso assieme allo scarto di vetroceramica, come CER191205, oppure assieme al CER191212 della preselezione. In due casi veniva in passato collocato nei laterizi;
- **Scarto di aspirazione:** in questo caso lo scarto è molto ricco in vetro, in molti casi superiore al 90-95%. La situazione varia fortemente da impianto ad impianto: in alcuni casi le aspirazioni di selezione e pre-selezione non sono stoccate separatamente, e vengono conferite assieme come CER191212 (solo in un caso vengono collocati nella ceramica), per cui polveri ad elevato contenuto di vetro (aspirazione selezione) sono mescolate con polveri ricche in plastica (fino al 30%, aspirazione pre-selezione).

Dove presente, sono stati presi in considerazione anche gli scarti prodotti dall'impianto di produzione della sabbia di vetro:

- **Scarto da aspirazione:** questo materiale viene ottenuto dall'aspirazione del processo di essiccazione e dall'aspirazione ambientale dell'impianto. Il materiale è molto ricco in vetro (96-97%), ma di solito non viene differenziato rispetto ad altri materiali da

aspirazione, per cui viene conferito in discarica come CER191212.

- **Fanghi di lavaggio:** sono prodotti dal processo di lavaggio effettuato a monte della macinazione, sono molto ricchi in vetro (95% circa, ma molto variabile in dipendenza delle condizioni del materiale lavato e delle condizioni di stoccaggio dello stesso) e con presenza di materiali di scarto di origine organica, smaltito come CER190814.
- **Scarto grossolano di plastica:** in alcuni casi il materiale CSP per la produzione di Sabbia di Vetro viene pre-processato per la presenza di inquinanti grossolani che potrebbero dare problemi in macinazione (plastica, tappi, ecc), che vengono dunque stoccati e conferiti con il rifiuto di pre-selezione come CER191212 in discarica.

La destinazione dei materiali di scarto dichiarata dal gestore di ogni impianto è stata riassunta nella Tabella 3 sotto riportata, condivisa con CoReVe nei vari incontri di aggiornamento, dove vengono riportate la o le destinazioni più frequenti per ogni tipologia di materiale di scarto individuato.

Impianto	CSP grossolano	CSP da Sel. Ottica	Sottovaglio	Ultrafine	Vetro al Pb
A	Sottofondi 191205-09	-) smaltimento 191205-09 -) Sabbia di Vetro	Produzione SdV	Discarica 191212	Laterizi
B	Smaltimento 191205-09	-) Smaltimento 191205-09 -) Collocato x SdV	-) Smaltimento 191205-09 -) Collocato x SdV	Discarica 191212	Discarica 191212
C	Smaltimento 191205-09	Smaltimento 191205-09	Collocato x SdV	Discarica 191212	Discarica 191212
D	Discarica 191212	Produzione SdV	Produzione SdV	Discarica 191212	Discarica 191212
E	Discarica 191212	Produzione SdV	Produzione SdV	Discarica 191212	Discarica 191212
F	Sottofondi 191205-09	Sottofondi 191205-09	Collocato x SdV	Discarica 191212	Discarica 191212
G	Discarica 191212	Produzione SdV	-) Discarica -) Produzione SdV	Discarica 191212	Discarica 191212
H	Discarica 191212	Produzione SdV	Produzione SdV	Discarica 191212	Discarica 191212
I	Discarica 191212	Discarica 191212	Discarica 191212	Ceramica	Laterizi
J	Discarica 191212	Discarica 191212	-) Stoccaggio -) Produzione SdV	Discarica 191212	Assente

Tabella 3: principali destinazioni degli scarti, vetrosi o inerti, per gli impianti visitati.

In generale, si può notare che, escludendo riutilizzi già praticati nell'industria del vetro (sabbia di vetro, o intermedio per la sua produzione), altri tipi di riutilizzi rilevanti sono come aggregato nei sottofondi stradali e additivo nell'industria dei laterizi: verosimilmente le destinazioni indicate come smaltimento per i due materiali CSP sono sempre nell'ambito dei sottofondi stradali.

2.1.3 Caratterizzazioni materiali di scarto

Durante le visite agli impianti i materiali di interesse sono stati campionati secondo la loro definizione come codice CER, e caratterizzati secondo le consuete procedure in atto in SSV (analisi merceologica, chimica e granulometrica), illustrate durante i vari incontri di aggiornamento nel 2018. In alcuni impianti non è stato possibile eseguire un campionamento rappresentativo di alcuni materiali di interesse, siano essi CSP, ultrafini e sottovagli, in quanto al momento della loro estrazione dal flusso di lavoro del rottame grezzo finivano su un nastro trasportatore o in stoccaggi con altri materiali, e dunque mescolati con essi.

Di seguito si riportano le analisi condotte sui materiali che è stato possibile campionare correttamente: data la notevole omogeneità chimico-fisica trovata e sulla base di esperienze accumulate in altre caratterizzazioni eseguite in passato, si ritiene che queste analisi siano rappresentative anche degli altri materiali, sebbene provenienti da impianti diversi. Questo è soprattutto il caso del Vetro al piombo e dello scarto CSP grossolano, spesso stoccato assieme al Rifiuto 191212 oppure all'inerte 191209/05. In particolare sono stati campionati 4 dei 5 scarti CSP da Selezione Ottica (uno di questi veniva stoccato con il CSP grossolano e conferito con il rifiuto indifferenziato CER191212) e i due scarti di sottovaglio conferiti in discarica. Per due stabilimenti è stato possibile campionare 2 scarti di vetro al piombo.

Analisi chimica

Di seguito si riportano le analisi chimiche e le perdite al fuoco (LOI a 550°C) dei materiali ultrafini campionati in Tabella 4, disponibili per 6 impianti di trattamento, seguite in Tabella 5 dalle analisi chimiche dei materiali campionati più grossolani ed in Tabella 6 dai fanghi ottenuti dagli sistemi di lavaggio degli impianti con produzione di sabbia di vetro.

% p/p	ultrafino 1	ultrafino 2	ultrafino 3	ultrafino 4	ultrafino 5	ultrafino 6
SiO ₂	71,1	71,3	71,2	71,54	71,52	71,15
Al ₂ O ₃	2,04	1,94	1,95	1,83	1,82	2,03
Na ₂ O	12,2	12,8	12,8	12,32	12,42	12,16
K ₂ O	0,85	0,85	0,84	0,78	0,78	0,81
CaO	10,8	10,25	10,2	11,37	11,28	11,64
MgO	2,04	1,97	1,94	1,99	2,03	2,06
SO ₃	0,11	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08
Fe ₂ O ₃	0,52	0,49	0,59	0,05	0,05	0,05
PbO	0,061	0,055	0,054	0,03	0,02	0,03
LOI	5,17	7,24	3,9	4,46	3,68	7,32

Tabella 4: analisi chimiche e LOI per le polveri ultrafini di scarto campionate. Valori in percentuale in peso.

	CSP1	CSP2	CSP3	CSP4	ScPb1	ScPb2	SV1	SV2
SiO ₂	70,80	71,53	71,39	71,45	66,35	70,82	71,7	71,9
Al ₂ O ₃	2,59	1,94	1,87	2,17	1,20	1,71	1,79	1,79
Na ₂ O	12,20	12,24	12,44	12,04	7,99	11,56	12,6	12,5
K ₂ O	0,84	0,84	0,84	0,87	5,22	1,88	0,87	0,86
CaO	10,54	10,59	10,62	10,51	5,53	9,42	10,3	10,3
MgO	2,10	2,09	2,07	2,09	1,14	1,80	2,05	2,04
BaO	0,09	0,08	0,08	0,08	0,63	0,21	0,09	0,08
SO ₃	0,08	0,07	0,10	0,10	0,04	0,05	0,067	0,063
Fe ₂ O ₃	0,47	0,36	0,36	0,43	0,18	0,32	0,33	0,34
Cr ₂ O ₃	0,060	0,068	0,068	0,065	0,17	0,09	0,072	0,069
TiO ₂	0,081	0,064	0,061	0,065	0,09	0,06	0,049	0,049
ZrO ₂	0,050	0,015	0,016	0,020	0,07	0,03	0,016	0,015
PbO	0,075	0,060	0,066	0,071	10,75	2,03	0,030	0,021

Tabella 5: analisi chimiche dei materiali CSP, Scarto al Piombo (ScPb) e Sottovaglio (SV).

% p/p	fango 1	fango 2	fango 3
SiO₂	60,04	57,16	58,6
Al₂O₃	3,47	4,9	4,184
Na₂O	9,30	9,3	9,3
K₂O	1,02	0,87	0,945
CaO	16,94	18,14	17,54
MgO	2,05	1,89	1,97
SO₃	0,45	0,43	0,44
Fe₂O₃	1,28	1,31	1,295
PbO	0,0386	0,0429	0,0408
LOI %	15,64	21,4	30,29

Tabella 6: analisi chimica e perdita al fuoco (LOI) dei fanghi campionati.

C.O.D. (Chemical Oxygen Demand)

Di seguito si riportano in Tabella 7 i C.O.D. dei materiali ultrafini campionati. È doveroso precisare che questo C.O.D. è differente dal C.O.D. che è stato eseguito per testare l'Ecocompatibilità dei materiali: il primo test viene eseguito per valutare il contenuto di materiale organico in vista di un utilizzo tecnico (produzione di vetro, ecc.), mentre il secondo test viene appunto eseguito per verificare il rispetto dei parametri previsti nell'All. 3 del D.M. 1998.

	ultrafino 1	ultrafino 2	ultrafino 3	ultrafino 4	ultrafino 5	ultrafino 6
C.O.D.	90,3	24,9	32,7	13,8	71,2	198

 Tabella 7: C.O.D: dei materiali ultrafini, i valori sono espressi in mg O₂ per grammo di materiale.

Granulometria

Di seguito, in Tabella 8, 9 e 10 si riportano le analisi granulometriche effettuate mediante granulometro laser sui materiali ultrafini da aspirazione ed essiccazione. Con l'indicazione "D(X%)" si intende che l'X% di materiale è al di sotto del diametro indicato.

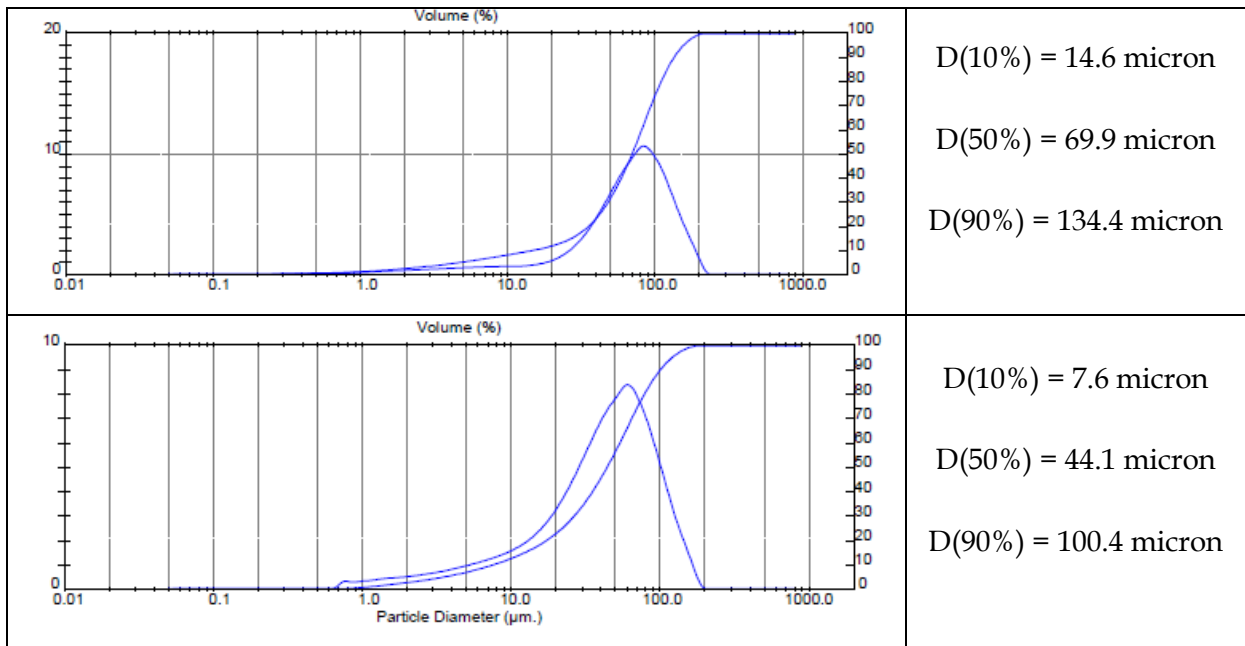


Tabella 8: granulometrie laser condotte su due materiali ultrafini, denominati 1 (sopra) e 2 (sotto).

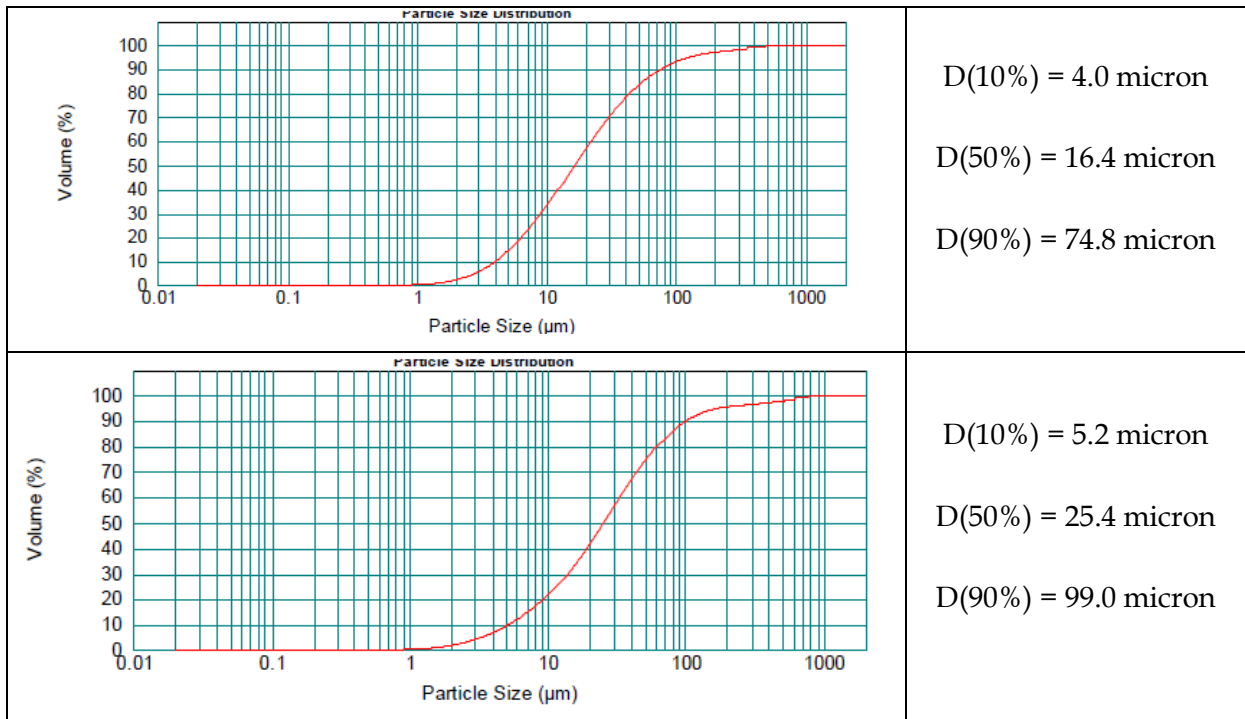


Tabella 9: granulometrie laser condotte su due materiali ultrafini, denominati 3 (sopra) e 4 (sotto).

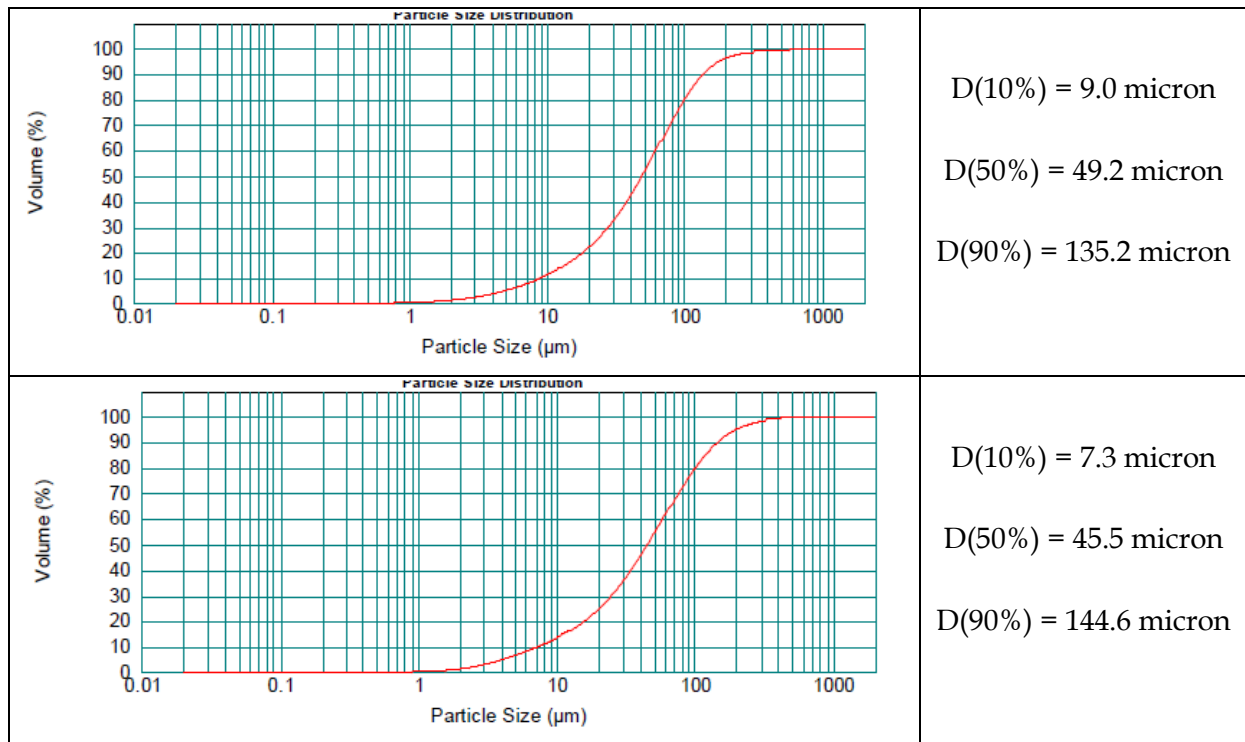


Tabella 10: granulometrie laser condotte su due materiali ultrafini, denominati 5 (sopra) e 6 (sotto).

Di seguito in Tabella 11 si riportano le distribuzioni granulometriche dei materiali più grossolani campionati. Il diametro massimo individuato per i frammenti è di 4 cm circa.

mm	CSP1	CSP2	CSP3	CSP4	ScPb1	ScPb2	SV1	SV2
20	2,7%	62,7%	1,9%	4,9%	9,1%	9,1%	-	-
14	20,7%	10,9%	11,6%	14,9%	8,7%	14,6%	-	-
10	62,6%	4,7%	29,9%	29,9%	16,8%	22,1%	-	-
8	10,4%	3,5%	26,5%	22,7%	11,9%	18,5%	-	13,5%
5	2,9%	7,7%	21,5%	16,1%	9,6%	25,2%	22,1%	40,3%
1,18	0,5%	7,7%	6,1%	9,2%	7,1%	8,3%	34,7%	33,9%
0,8	0,1%	2,9%	2,5%	2,3%	36,9%	2,3%	43,2%	12,3%
D(50)	10,7	15,3	8,3	8,8	6,5	8,9	1,2	5,4

Tabella 11: granulometrie dei materiali CSP, scarto al piombo (ScPb), sottovaglio (SV).

Analisi merceologica

Per gli stessi materiali più grossolani di cui è stata analizzata la granulometria (Tabella 11), è stata eseguita l'analisi merceologica. Di seguito si riportano in Tabella 12 i risultati ottenuti.

% peso	CSP1	CSP2	CSP3	CSP4	ScPb1	ScPb2	SV1	SV2
vetro	85,8%	41,7%	99,8%	99,0%	48,3%	87,0%	70,0%	92,9%
Vetro Pb	0,1%	-	0,1%	0,1%	51,8%	11,3%	-	-
metallo	0,8%	-	-	0,5%	-	-	0,5%	-
CPL	0,3%	20,0%	0,0%	0,0%	-	1,7%	15,2%	1,6%
cer bianca	7,7%	16,4%	0,0%	0,1%	-	-	7,3%	2,3%
cer colorata	4,6%	16,3%	0,0%	-	-	-	7,0%	1,9%
misto/pietre	0,8%	5,6%	-	0,3%	-	-	-	1,2%

Tabella 12: granulometrie dei materiali CSP, scarto al piombo (ScPb), sottovaglio (SV).

2.1.4 Riutilizzo delle polveri ultrafini granulate in ambito vetrario

Le polveri ultrafini provenienti dai sistemi di abbattimento degli impianti di trattamento caratterizzate nel paragrafo precedente sono state sottoposte a granulazione. Un riutilizzo diretto di queste polveri nell'industria del vetro non appare possibile, a causa della loro estrema polverosità (diametro medio delle particelle inferiore ai 0.1 mm), che genera giustificate preoccupazioni per lo spolverio che potrebbero produrre una volta introdotte nel forno. Tale spolverio potrebbe infatti attaccare chimicamente la sovrastruttura del forno e i refrattari delle camere di rigenerazione, diminuendo drasticamente la durata dei materiali.

Per questo motivo è stata dunque studiata la possibilità di granulare queste polveri, analogamente a quanto fatto nel precedente Progetto sviluppato con Coreve (R.P. 151309 del 05/01/2018).

Di seguito si riporta uno schema del granulatore sperimentale utilizzato per produrre i granuli da materiale ultrafine.

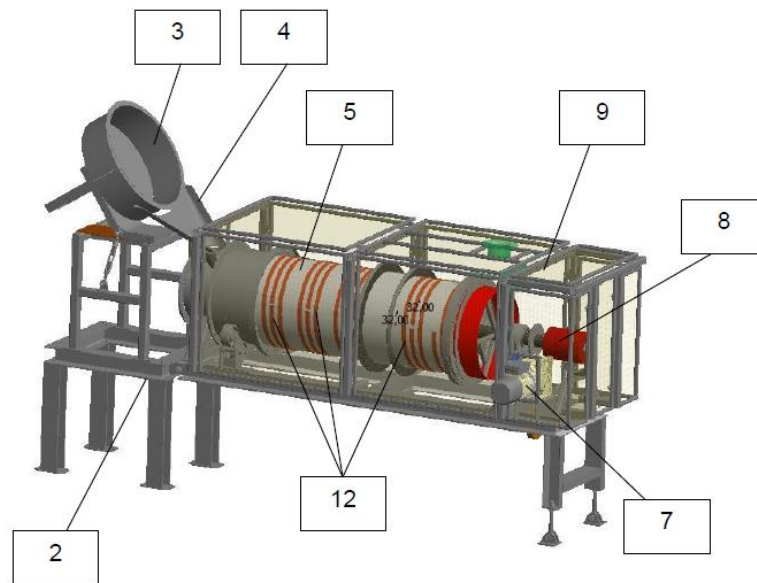


Figura 2: schema dell'equipaggiamento per la granulazione

Di seguito si riportano brevemente le descrizioni degli elementi evidenziati in Figura 2.

- 2. telaio di sostegno;
- 3. piatto di granulazione;
- 4. tramoggia di caricamento;
- 5. essiccatore rotante;
- 7-8. gruppo di azionamento;
- 9. telaio di sostegno;
- 12. termoresistenze;

I granulati sono stati ottenuti per mescolamento di materiale ultrafine, materiale Tal quale, acqua e una soluzione di Silicato di sodio a 38-40 Baumè ha dimostrato ottime proprietà di resistenza meccanica e all'abrasione, secondo i test sviluppati in SSV.

In Tabella 13 viene illustrata la ricetta ottimizzata per la granulazione del materiale ultrafine.

materiale	% in peso di materiale secco	% in peso rispetto al materiale secco
<i>Sabbia di vetro TQ</i>	15	
<i>Materiale ultrafine</i>	85	
<i>Acqua</i>		16
<i>Silicato di Sodio</i>		29

Tabella 13: ricetta ottimizzata per la granulazione del materiale ultrafine.

Dai test effettuati in laboratorio il tempo di residenza in essiccatore tra 80 e 100°C è di circa 10 - 15 minuti. L'applicazione di questa ricetta e di questi parametri produttivi porta ad ottenere dei granuli di 2 - 4 mm, mantenendo la resistenza meccanica a livelli accettabili. Si può notare che per questo materiale è stata utilizzata una percentuale di Silicato di Sodio, rispetto al peso totale del materiale secco, del 29%, analogo a quanto utilizzato per la granulazione della Sabbia di vetro inferiore a 0.2 mm alla stessa percentuale (85%). Di seguito si riporta una foto dei granuli ottenuti.



Figura 3: granuli ottenuti dal materiale ultrafine.

[2.1.5 Valutazione delle realtà industriali extra-vetro potenziali utilizzatori di materiale di scarto e di MPS](#)

Durante le ultime visite agli impianti di trattamento, quando è stato chiarito il tipo di gestione che ogni trattatore applicava ai propri materiali di scarto, sono state eseguite delle ricerche e valutazioni sul tipo di ambiti industriali con cui entrare in contatto per le opportune proposte di collaborazione sul riutilizzo dei materiali stessi. Infatti esistono da tempo o sono esistite in passato alcune collaborazioni consolidate per il riutilizzo di alcuni

materiali di scarto tra trattatore e, ad esempio, aziende del settore ceramico, sottofondi stradali e laterizi. Questa ricerca ha anche preso spunto da queste esperienze per valutare i diversi scenari di riutilizzo.

2.1.6 Indagine bibliografica

Allo scopo di orientare la ricerca e formare le basi per dialogare con esperti dei potenziali settori industriali, è stata condotta un'estesa ricerca bibliografica, prendendo in considerazione circa 40 lavori (articoli tecnico-scientifici, atti di Congressi, brevetti, Comunicazioni finali di progetti Europei) considerati rappresentativi del panorama nazionale e internazionale, e rilevanti per gli scopi del Progetto. Di seguito si riassumono le informazioni trovate per i settori dei Geopolimeri, Ceramica/laterizi, Cementi/calcestruzzi e vasellame.

I geopolimeri sono una vera e proprio nuova classe di materiali che si basa sull'attivazione di allumino-silicati amorfi con soluzioni basiche e successivo consolidamento. Questi materiali possono essere usati come leganti alternativi al cemento, matrici per compositi oppure come solidi a sé stanti. Nell'ambito delle costruzioni, l'interesse per i geopolimeri nasce dal fatto che si possono utilizzare diverse tipologie di scarti come materiali di partenza, purché amorfi e ricchi di allumina e/o silice. Se i geopolimeri consolidati a temperatura ambiente interessano il settore edile, i prodotti che si ottengono per consolidamento a temperature intorno ai 60-80°C possono avere delle potenzialità nel settore industriale. Attualmente la letteratura scientifica riporta pubblicazioni in cui i geopolimeri vengono utilizzati, ad esempio, per produrre leganti, malte, calcestruzzi, schiume, membrane, supporti per catalizzatori, strati di protezione passiva al fuoco. A livello industriale sono ancora pochi i prodotti che si basano sul processo di geo-polimerizzazione, tuttavia è noto che i più grandi produttori di materiale per l'edilizia stanno portando avanti diverse ricerche in questo ambito. La natura amorfa silicea degli scarti vetrosi appare di sicuro interesse in questo ambito applicativo: siccome questo settore non ha applicazioni industriali immediate tali da assorbire le quantità di materiale ipotizzate nel Progetto (migliaia - decine di migliaia di ton/anno), non è stato approfondito oltre.

I vetri sono stati e sono tutt'ora tra i materiali di scarto più studiati nell'industria ceramica in quanto più basso fondenti rispetto alle sabbie feldspatiche. Le prime sperimentazioni a livello di laboratorio risalgono agli anni '90, quando si dimostrò che era possibile una sostituzione parziale delle sabbie feldspatiche con i vetri da imballaggio (fino al 10%) o da tubi catodici (fino al 5%). In tal modo si otteneva una piastrella con prestazioni analoghe a quella tradizionale, sinterizzandola a 20°C in meno con conseguente risparmio energetico. Dal 2000 sono state prodotte piastrelle ceramiche a livelli produttivi industriali contenenti percentuali rilevanti di vetro riciclato, anche se ovviamente inferiori rispetto alle sperimentazioni di laboratorio. Il vetro da imballaggio della raccolta urbana differenziata è stato quindi in parte destinato, oltre che all'industria vetraria, anche al settore produttivo delle piastrelle dove è stato usato come materia prima seconda in piccole quantità. Venduto singolarmente (in diverse granulometrie) oppure miscelato con altre materie prime fondenti (sabbie feldspatiche), raggiungeva un costo analogo a quello dei fondenti feldspatici. Con il diminuire del costo delle materie prime Feldspatiche il settore delle piastrelle ha pian piano smesso o diminuito l'utilizzo di vetro. Grazie alle politiche europee sulla *Circular Economy*, in questi ultimi anni la ricerca ha avuto un nuovo impulso verso il recupero di scarti vetrosi in impasti per piastrelle ceramiche. Se nel passato già l'utilizzo di materiale di scarto in pochi punti percentuali significava riciclare, oggi l'obiettivo è quello di arrivare a tenori di riciclo maggiori del 50%, aumentando però il rischio di problematiche di piroplasticità e di contaminazione metallica. Le aziende di piastrelle producono gres porcellanato in formati e spessori diversi rispetto a quanto accadeva solo 5 anni fa. Tuttavia, l'instabilità del mercato delle materie prime (per maggior parte di provenienza estera) e una politica europea volta al contenimento delle emissioni di CO₂, spinge a far sì che oltre all'innovazione tecnologica, le aziende siano potenzialmente interessate a sperimentare materie prime non tradizionali, che permettano di mantenere la stessa produttività di quelle naturali, portando anche a benefici dal punto di vista energetico (minori temperature di cottura).

La produzione di cemento negli ultimi 7-8 anni è diminuita drasticamente (-40%) a causa della crisi economica, che ha fortemente colpito il settore dell'edilizia. Oltre a importanti

cambiamenti societari, si è verificato un cambiamento di paradigma: non solo produzione, ma anche attenzione all'ambiente con la produzione di cementi sostenibili, cioè con basso contenuto di clinker. Già oggi la normativa UNI EN 197-1 prevede che all'interno dei cementi possano essere usati scarti industriali quali ceneri volanti, loppe d'altoforno, fumo di silice, quindi la strada in questo senso appare ben tracciata. In particolare l'utilizzo di scarti vetrosi (in granulometria fine) può essere particolarmente interessante nel momento in cui questi materiali non solo non danno origine a fenomeni dannosi nel calcestruzzo, ma ne aumentano la durabilità grazie a un loro vero e proprio coinvolgimento nella formazione di fasi leganti (attività pozzolanica del vetro). Nel settore delle costruzioni c'è molto interesse per la messa a punto di calcestruzzi e/o prodotti premiscelati pronti all'uso con caratteristiche sostenibili: su questi aspetti sembra puntare il mercato che è sempre più rivolto ad interventi di ripristino, restauro e riqualificazione.

Dopo aver consultato alcuni esperti del settore, è stato verificato che l'industria del vasellame risulta fortemente dispersa sul territorio in piccoli siti produttivi; dato che il processo ed i materiali utilizzati nel settore sono assimilabili tecnicamente a quelli impiegati nei laterizi, non è stato ricercato in questa fase un contatto diretto con un interlocutore industriale.

2.1.7 Approfondimenti presso aziende del settore

Per tutti i settori industriali di possibile interesse a livello nazionale sono stati contattati i vertici aziendali per una verifica delle potenzialità di utilizzo e per evidenziare necessità e problematiche tecniche di applicazione. Di seguito si riporta brevemente il risultato di alcuni incontri, introdotti da una tabella riassuntiva delle aziende interpellate (Tabella 14).

Azienda	Applicazione	Luogo	data
<i>Università Bologna</i>	Calcestruzzi - Geopolimeri	Bologna	25/10/2017
<i>SICIS</i>	vetro per mosaico	Ravenna	27/10/2017
<i>Marrazzi</i>	piastrelle	Sassuolo (MO)	27/10/2017
<i>Concave</i>	calcestruzzi	San Lazzaro (BO)	27/10/2017
<i>Conferenza ANPAR</i>	sottofondi	Rimini	07/11/2017
<i>Centro Ceramico</i>	piastrelle-vasellame	Bologna	14/11/2017

Azienda	Applicazione	Luogo	data
<i>UNIPD ingegneria</i>	calcestruzzi	Padova	22/11/2017
<i>Cosmo Scavi</i>	sottofondi-calcestruzzi	Noale	24/11/2017
<i>Cosmo Scavi</i>	sottofondi-calcestruzzi	Noale	22/01/2018
<i>Cosmo Scavi</i>	sottofondi-calcestruzzi	Noale	20/02/2018
<i>Weinenberger</i>	laterizi	Bologna	01/03/2018
<i>Weinenberger</i>	laterizi	Imola	28/03/2018
<i>Grandinetti</i>	mattonelle di cemento	San Severino Marche (MC)	09/05/2018
<i>Meta (Concorde)</i>	materie prime ceramica	Fiorano (MO)	04/06/2018
<i>Anese</i>	sottofondi	Marghera	15/06/2018
<i>Anese</i>	sottofondi	Murano Presidenza	06/07/2018

Tabella 14: elenco aziende visitate

Ceramica

Per il mondo ceramico è stata consultata la Divisione Ricerca e Sviluppo della MARAZZI, per un parere sul potenziale riutilizzo dei materiali ultrafini. In passato questi materiali erano già stati utilizzati in sostituzione del feldspato, principalmente per motivi economici. Erano state raggiunte percentuali dal 2-3% (grande formato) fino al 7-8% (30x30cm, piccolo formato), tuttavia l'esperienza è stata successivamente abbandonata dati i problemi di piroplasticità durante il processo di cottura, e di aderenza degli smalti, inaccettabili per la qualità richiesta dal mercato export attuale.

Allo scopo di approfondire le potenzialità di utilizzo dei materiali di scarto oggetto di questa ricerca sono stati coinvolti i vertici aziendali di META (Gruppo Atlas Concorde), azienda fornitrice di materie prime ed impasti per il gruppo Concorde e per il settore ceramico dell'area di Sassuolo. Sono state raccolte informazioni utili alla definizione di possibili specifiche per l'utilizzo di materiali fini. Più in dettaglio, la potenzialità di utilizzo dei materiali fini o ultrafini è stimata in circa 50.000 ton/anno, fatte salve alcune riserve per l'utilizzo del materiale: è stata espressa la necessità che tali materiali debbano garantire la completa assenza di qualsiasi inquinamento da particelle metalliche, con una presenza di inquinanti organici (plastica, cellulosa) inferiore allo 0.5%.

Calcestruzzi

Per l'utilizzo degli scarti grossolani e fini/ultrafini, è stata interpellata CONCAVE, azienda che produce circa 60.000 mc di calcestruzzo di elevata qualità all'anno. Di seguito vengono riassunti punti rilevanti emersi durante gli incontri.

- Il materiale fine/ultrafine potrebbe trovare applicazione come filler per calcestruzzi con funzione pozzolanica, sotto 50 micron; ovviamente la componente organica deve essere sotto 0,5%, in ogni caso rispettare le specifiche tecniche descritte nella normativa di settore EN 12620 per i calcestruzzi.
- L'industria del calcestruzzo già ritira in regime semplificato lo scarto di calcestruzzi, le macerie e le scorie e le ceneri volanti; non risulta esista una destinazione per il vetro.
- Lo scarto ultrafine potrebbe essere utilizzato nella produzione di calcestruzzi fino a 50 kg/mc; con granulometria bassa (< 0.1 mm) e organico basso (< 0.5%). Un impianto medio di calcestruzzo potrebbe produrre 30.000 mc/anno (1.550 ton di ultrafine) e impianti più grandi potrebbero arrivare fino a 60-70.000 mc/anno (circa 3.000 - 3.500 ton di ultrafine).

Aggregati

È stata contattata l'azienda ANESE, nell'ambito del riutilizzo dei materiali di scarto da trattamento rottame come aggregato legato e non legato per sottofondi stradali, e COSMO, anch'essa azienda del settore del riciclo materiali per sottofondi stradali e per la produzione di calcestruzzi non strutturali.

Gli staff tecnici delle due aziende hanno confermato indipendentemente che, in prima istanza, il materiale dovrà essere compatibile con le direttive del DM 1998, cioè rispettare i parametri per il test di cessione, ovvero dovrà essere trattato in modo da poter essere gestito come MPS e non come rifiuto.

Più in dettaglio, il materiale non deve arrivare in cantiere come Rifiuto, ma come MPS e mescolato in cantiere, oppure già mescolato alla percentuale permessa dalle attuali Normative (5% - 15% a seconda dell'applicazione stradale) al materiale di solito usato come sottofondo per l'utilizzo diretto. A questo scopo il materiale in oggetto deve sia superare il test di cessione previsto dal DM 1998, sia essere marcato CE per la conformità tecnica all'utilizzo (EN13242), deve cioè essere verificata la conformità tecnica del materiale per lo specifico utilizzo come sottofondo/rilevato. Materiali per applicazioni stradali, ex-novo e di manutenzione, non dovrebbero superare un costo di 5-10 euro per tonnellata, per cui dovranno essere attentamente valutati i costi aggiuntivi di trattamento per la qualificazione dei materiali di scarto oggetto di questa ricerca in questo ambito industriale. Una stima per il potenziale di utilizzo di questo materiale potrebbe essere, in un progetto per un piazzale di circa 10.000 m² (tipo parcheggio supermercato), di circa 6.000 tonnellate.

Laterizi

È stata contattata un'azienda leader del settore dei Laterizi, Weinenberger. Lo staff tecnico dell'azienda dichiara che per la produzione di laterizi di qualità standard è possibile usare dal 5% a preferibilmente 10% di scarto a base di vetro di granulometria non superiore a 2 mm e non inferiore a 0,8 mm, che andrebbe a sostituire la sabbia utilizzata come materia prima. In base a questa ipotesi preliminare è possibile stimare che ogni stabilimento del gruppo (in Italia ne esistono 4) possa recepire al massimo dalle 5.000 alle 10.000 tonn/anno di materiale di scarto opportunamente qualificato.

Il materiale dovrà essere ricevuto come MPS o sottoprodotto, con uno schema simile e quello ipotizzato per gli Aggregati. Weinenberger ha già lavorato con un'azienda del settore di trattamento per cui hanno già esperienza nella valutazione e nel riutilizzo di materiale di scarto del trattamento vetro. Attualmente, anche grazie al loro coinvolgimento in questo progetto SSV-CoReVe, Weinenberger sta ricevendo un materiale sostitutivo della Sabbia per la produzione di laterizi, composto da sabbia di fonderia mescolata con Sabbia di vetro.

Altre Aziende

Sono state contattate e visitate aziende del settore del vetro Mosaico (SICIS) e delle mattonelle di cemento (Grandinetti) ma, nonostante l'esperienza già condotta in passato nel riutilizzo di materiale di origine vetrosa, non si ritiene che i volumi di materiale ipoteticamente utilizzabile (centinaia di tonn/anno) siano significativi ai fini del progetto.

Dopo queste visite sono stati effettuati ulteriori approfondimenti per un possibile utilizzo di MPS quali rottame e/o sabbia di vetro. A questo proposito sono stati interpellati nuovamente gli interlocutori di riferimento per gli aggregati (sottofondi stradali) e calcestruzzi, con riscontri positivi sia per la sabbia di vetro che per il rottame, fatte le debite considerazioni sulla conformità tecnica di questi materiali per l'utilizzo specifico. Di seguito in Tabella 15 vengono riassunte le ipotesi di riutilizzo per i diversi settori investigati.

	Calcestruzzi Preformati	Calcestruzzo	Laterizi Vasellame	Sottofondi Rilevati	Ceramica Piastrelle
CSP grossolano	X	Potenziale utilizzo come aggregato	X	Possibilità rilevante	Potenziale utilizzo
CSP da Sel. Ottica	X	Potenziale utilizzo come aggregato	Utilizzabile se inferiore a 2 mm	Possibilità rilevante	X
Fanghi di lavaggio	X	X	Potenziale utilizzo, da valutare	X	X
Ultrafine	Potenziale utilizzo come filler	Potenziale utilizzo come filler	Possibile problema per ambienti di lavoro	X	Potenziale utilizzo
Vetro al Pb	X	X	Già destinazione per un trattatore, ora scartato	X	X
Rottame	Possibile utilizzo come aggregato	Possibile utilizzo come aggregato	X	Possibilità rilevante	X
Granella	X	X	Utilizzabile se inferiore a 2 mm	Possibilità rilevante	Potenziale utilizzo
Sabbia di Vetro	Potenziale utilizzo come filler	Potenziale utilizzo come filler	Potenziale utilizzo per la frazione superiore a 0.8 mm	X	X

Tabella 15: riassunto dei possibili ambiti di utilizzo dei materiali oggetto della ricerca.

2.2. Aspetti Normativi, Legislativi e Tecnici

Durante questa attività è stato rilevato che molte realtà industriali, quali aziende produttrici di Calcestruzzi, Laterizi o Aggregati, sono già abituate a smaltire rifiuti inerti opportunamente trattati nei loro prodotti. In riferimento ai materiali di scarto e MPS provenienti dal mondo vetro, spesso manca la conoscenza delle prestazioni tecniche del materiale, oppure l'azienda che potrebbe recepire il materiale di scarto per smaltimento manca dell'autorizzazione del rispettivo Codice CER.

Si deve infatti considerare che lo smaltimento di un materiale come rifiuto, ad esempio CER191209 (inerte, tipo CSP) richiede che l'azienda utilizzatrice sia autorizzata a ricevere materiali con tali codici CER, cosa che spesso non avviene. Lo status di MPS (Materia Prima Seconda), sia per la sabbia di vetro che per il rottame, risulterebbe vantaggioso proprio per questa e altre questioni logistiche, legate appunto al trasporto, stoccaggio e ricevimento dei materiali, che non richiedono particolari autorizzazioni.

Anche per questo motivo, è stato ritenuto necessario approfondire la tematica legata all'inquadramento Legislativo e Normativo, in vista di una definizione delle specifiche operazioni da applicare ai materiali di scarto per renderli legalmente riciclabili (da Rifiuto a MPS/sottoprodotto) e idonei per lo specifico scopo applicativo (marcatura CE).

Gli impianti di trattamento del rifiuto da imballaggio di vetro sono tenuti a qualificare i materiali prodotti, cioè il rottame e la sabbia di vetro come MPS. Questo viene principalmente fatto sottoponendo il materiale a valle del processo di trattamento ai test previsti dal DM1998 e successive modifiche, in modo che non possa essere qualificato come rifiuto ma come MPS, e rispettare le prescrizioni per l'End of Waste previste dalla direttiva Europea 2008/98/CE. In seguito il materiale prodotto, per essere accettato in vetreria per il suo utilizzo specifico nella produzione di contenitori, non deve rispettare alcuna normativa particolare se non i vincoli stabiliti nei capitolati di accettazione delle singole vetrerie.

Si ritiene che gli scarti degli impianti di trattamento, oggetto di questa ricerca, possano essere gestiti come è stato fatto nel recente passato per i rifiuti da costruzione e demolizione, e per le terre e rocce da scavo. Per questi materiali in Italia il Legislatore ha agito attraverso la emanazione di una serie di decreti per regolarne il riciclo di questi ultimi come materiali riciclati, come è anche avvenuto per le biomasse.

È stata fatta una ricostruzione concettuale del contesto Legislativo per i materiali da riciclo, che parte dal testo unico ambientale (D.Lgs. 152/2006), sulla base dei contatti avuti con esperti del settore e dallo studio di numerosi Decreti, Regolamenti e Circolari.

Ai sensi dell'art. 183, comma 1, lettera a), del Codice ambientale di cui al D. Lgs 03/04/2006, n. 152, per rifiuto si intende qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o abbia l'obbligo di disfarsi. Si tratta come è evidente di una definizione molto generica, da valutare caso per caso ed i cui contorni sono stati meglio delineati dalla giurisprudenza. È invece considerata sottoprodotto, e non rifiuto, ed è quindi esclusa da qualsiasi disciplina, qualsiasi sostanza o oggetto che soddisfa contestualmente tutte le condizioni indicate dall'art. 184-bis del D. Lgs 152/2006. In particolare si fa riferimento alla parte citata:

“Comma 1. E' un sottoprodotto e non un rifiuto ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera a), qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;*
- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;*
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;*

d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

Comma 2. *Sulla base delle condizioni previste al comma 1, possono essere adottate misure per stabilire criteri qualitativi o quantitativi da soddisfare affinché specifiche tipologie di sostanze o oggetti siano considerati sottoprodotti e non rifiuti. All'adozione di tali criteri si provvede con uno o più decreti del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, ai sensi dell'articolo 17, comma 3, della legge 23 agosto 1988, n. 400, in conformità a quanto previsto dalla disciplina comunitaria.)”*

Allo scopo di favorire ed agevolare l'utilizzo come sottoprodotto di sostanze e oggetti che derivano da un processo di produzione e che rispettano specifici criteri, nonché di assicurare una maggiore uniformità nell'interpretazione e nell'applicazione della definizione di rifiuto e di sottoprodotto – di cui si è riscontrata negli anni una applicazione molto disomogenea – il Ministero dell'ambiente ha emanato il D.M. 13/10/2016, n. 264 (pubblicato sulla G.U. 15/02/2017, n. 38), che fornisce indicazioni per provare la sussistenza delle circostanze di cui al comma citato, fatta salva la possibilità di dimostrare che una sostanza è un sottoprodotto e non un rifiuto anche con modalità diverse, e fermo restando in ogni caso il necessario rispetto, per ciascuna categoria di sostanza, delle pertinenti normative di settore. Tale D.M. esplicita le modalità nelle quali provare la sussistenza delle circostanze di cui ai punti a), b), c), e d) del D. Lgs 152/2006 precedentemente citato. Resta forse non abbastanza precisata la locuzione “normale pratica industriale”, oggetto di diverse sentenze più o meno restrittive. Nella sostanza, si ritiene che il residuo di produzione per essere o diventare sottoprodotto può essere riprocessato nello stesso ciclo produttivo e con operazioni non diverse da quelle che portano a generare i prodotti per tale processo, ferme restando le prescrizioni operative al fine di non portare impatti negativi alla salute e all'ambiente.

Esiste una circolare esplicativa del Ministero dell'Ambiente (prot. 0007619 del 30/05/2017) che, tra le altre cose, stabilisce che la qualifica di sottoprodotto non potrà mai essere acquisita

successivamente alla generazione del residuo, non potendo un materiale qualificato come rifiuto divenire sottoprodotto. Il produttore iniziale è tenuto a provare che sin dalla produzione del residuo non c'è l'intenzione di disfarsene ma di assicurarne un utile impiego nel medesimo o in un altro ciclo produttivo, come ad esempio avviene per lo scarto CSP e per il sottovaglio per la produzione di sabbia di vetro. Rimane fondamentale, e viene ribadita in ogni passaggio, l'Eco-compatibilità, cioè la conformità al test di cessione come descritto nell'All. 3 del DM 1998. Secondo questo schema per le terre e rocce da scavo è stata prodotto uno specifico percorso che, attraverso il D.P.R. 120 del 2017 dispone il riordino e la semplificazione della disciplina inerente la gestione delle terre e rocce da scavo, con particolare riferimento alla loro qualifica come sottoprodotti o rifiuti e al loro utilizzo, come è stato peraltro fatto per le biomasse con lo stesso D.M. 264 del 2016.

Si ritiene opportuno che, ai fini di creare un'opportunità per l'utilizzo dei residui del trattamento del rottame grezzo, venga creato un percorso simile, in modo da chiarire gli ambiti in cui questi scarti possono essere considerati sottoprodotti e dunque poter essere prodotti, gestiti stoccati, trasportati e utilizzati nel pieno rispetto della legge.

Per quanto riguarda la qualificazione dei materiali per i potenziali utilizzi *extra-vetro*, esistono attualmente delle normative *ad hoc* per il loro utilizzo specifico. Si possono citare come esempio, senza escludere altre applicazioni rilevanti, la UNI-EN 12620 che specifica le proprietà degli aggregati e dei filler per la produzione di calcestruzzo, e la UNI-EN 13242 che specifica le proprietà degli aggregati non legati per la costruzione di opere civili e strade. Le aziende ed i consulenti che hanno contribuito alle informazioni raccolte identificano nella granulometria e nel contenuto massimo di vetro i due parametri da considerare nelle valutazioni generali per l'utilizzo di scarti vetrosi come sottofondi stradali.

2.2.1 Riutilizzo materiali come sottofondi stradali

Per inquadrare il contesto di riutilizzo di un materiale riciclato in ambiti *extra-vetro*, sia esso materiale di scarto o MPS (rottame o Sabbia di Vetro) è stato eseguito un approfondimento per quanto riguarda il materiale destinato a sottofondo stradale.

È infatti rilevante notare che nel 2015, nell'ambito dell'applicazione delle norme sul *Green Public Procurement*, sono stati stabiliti i Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'utilizzo di aggregati riciclati nell'edilizia. L'Italia è stato il primo paese EU ad imporre l'obbligo di applicazione dei CAM per le stazioni pubbliche appaltanti, attraverso l'emanazione del DM 24 Dicembre 2015, con gli incentivi previsti dalla Legge 221 del Dicembre 2015 (Collegato Ambientale). Una notevole opportunità sarà l'estensione dei CAM per le opere di costruzione e manutenzione stradale, il cui tavolo di lavoro presso il Ministero dell'Ambiente è stato recentemente riattivato, a cui partecipano ANPAR (Associazione Nazionale Produttori Aggregati Riciclati - Sottofondi) e altre associazioni del settore.

In Figura 2 si riporta una schema proveniente da un allegato tecnico (B) della provincia autonoma di Trento, *Norme tecniche per il riutilizzo di materiali aggregati riciclati*.

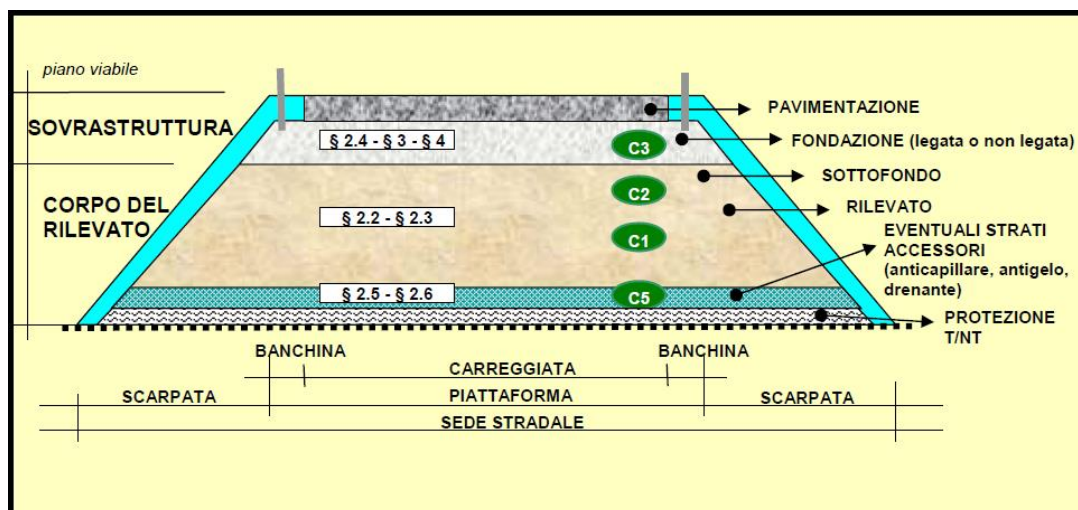


Figura 4: schema generico della suddivisione prevista per una sede stradale.

In Figura 4 viene riportata una suddivisione tipica degli strati componenti un rilevato stradale, come si vede composto da Pavimentazione (asfalto), fondazione, sottofondo, rilevato e strato drenante. Di rilevante interesse sono gli strati denominati C1, C2 e C3, segnalati dagli esperti di settore consultati come potenzialmente i più indicati per un riutilizzo dei materiali oggetto di questa ricerca. Secondo quanto riportato nella Circolare

n.5205 del 15/07/2005 (allegati tecnici C1, C2 e C3), vengono indicate delle percentuali vetro diverse per i diversi strati, indicate in Tabella 16.

Strato	C1	C2	C3
<i>D max (mm)</i>	125	63	40
<i>Contenuto massimo di vetro</i>	15%	10%	5%
<i>Contenuto di fine (tra 6 e 0.063 mm)</i>	45%	45%	-
<i>Contenuto di fine (minore di 0.063 mm)</i>	15%	15%	-

Tabella 16: parametri ritenuti rilevanti per il riutilizzo dei materiali oggetto della ricerca come sottofondi stradali

I dati analitici dei materiali in oggetto, eventualmente integrati da alcuni specifici test chimico-fisici (COD, test di Cessione) e i dati dall'analisi del processo di trattamento sono stati incrociati con le caratteristiche di conformità richieste per il riutilizzo negli ambiti industriali rilevanti extra-vetro, allo scopo di individuare, se il materiale non risultasse direttamente conforme, le modifiche da applicare al materiale, ovvero le modifiche da applicare al processo stesso, senza escludere possibili semplificazioni di trattamento o di individuare intermedi di processo già conformi. Presso SSV è stato eseguito il test di cessione sui materiali di scarto e MPS previsto dal DM1998, All. 3., per permettere le opportune valutazioni sul loro eventuale impatto ambientale per il loro utilizzo come sottofondi o rilevati. I campioni di materiali sono stati sottoposti al test Tal Quali, e dopo aver subito un trattamento di lavaggio con acqua corrente per circa 5 minuti. Per le modalità di lavaggio sono stati interpellati diversi esperti del settore, allo scopo di applicare un metodo per quanto possibile vicino alla pratica industriale più immediatamente applicabile e potenzialmente meno costosa. Il materiale, CSP o Sottovaglio è stato sottoposto a lavaggio con acqua corrente, posto su un setaccio di 0.2 mm di apertura. In questa maniera è stato simulato l'effetto di deposizione e separazione del materiale più fine che tipicamente viene trascinato durante il lavaggio assieme alla frazione organica, e concorre a formare i fanghi di lavaggio. Di seguito si riportano in Tabella 17 i dati ottenuti.

Materiale	n. di campioni	Valore medio Tal quale	Valore max	Valore min	Valore medio Lavato
<i>CSP</i>	7	125	456	12	50
<i>Sottovaglio</i>	5	224	338	114	88
<i>Sabbia di Vetro</i>	6	74	99	44	-
<i>Rottame</i>	5	30	40	19	-

 Tabella 17: Valori di C.O.D. espressi come mg O₂ / L

Si nota che i materiali di partenza allo stato Tal quale mostrano valori piuttosto elevati, con un intervallo di variabilità elevato soprattutto per il CSP. Il rottame si posiziona in media proprio in corrispondenza del valore massimo permesso dal decreto, mostrando una certa stabilità da produttore a produttore. Il valore elevato che mostra la Sabbia di vetro riflette probabilmente sia l'utilizzo preponderante di sottovaglio, verosimilmente ricco di parte organica rispetto agli altri materiali, sia la ridotta granulometria del materiale, che per unità di peso presenta una maggiore superficie esposta e quindi potrebbe dare un valore di COD tendenzialmente maggiore. Il lavaggio, eseguito come descritto precedentemente, riduce drasticamente il valore di C.O.D. del CSP e del Sottovaglio. Questa operazione di lavaggio mostra che, sebbene il C.O.D. sia ancora superiore al limite previsto, questi materiali possono potenzialmente essere trattati secondo procedure simili a quelle applicate in un impianto di lavaggio industriale per renderli idonei nei confronti del test di cessione previsto nell'All. 3 del DM1998, verosimilmente ottimizzando alcuni parametri operativi del processo.

In ogni caso è possibile calcolare il contributo che questi materiali avrebbero sul C.O.D. finale di un ipotetico materiale per sottofondi stradali di tipo C1, ottenuto mescolando uno dei materiali di scarto o una MPS (secondo la percentuale ammissibile del 15%) a materiale inerte da cava, per i materiali sottoposti al test di cessione prima o dopo il lavaggio. I risultati ottenuti sono riassunto in Tabella 18, dove per il materiale inerte che compone la maggior quota parte del sottofondo è stato assegnato un C.O.D. di 20 mg O₂/L (da uno studio del prof. Sorlini, Univ. di Brescia).

Materiale	Valore medio Tal quale	Contr. C.O.D. al 15%	C.O.D. totale	Valore medio lavato	Contr. C.O.D. al 15%	C.O.D. totale
<i>CSP</i>	125	18.8	35.8	50	7.5	24.5
<i>Sottovaglio</i>	224	33.5	50.5	88	13.2	30.2
<i>SdV</i>	74	11.1	28.1	-	-	-
<i>Rottame</i>	30	4.5	21.5	-	-	-

Tabella 18: valutazione del contributo al C.O.D. per un ipotetico materiale per sottofondo stradale di tipo C1.

Si nota che le Materie prime seconde, rottame e sabbia di vetro, sarebbero già conformi per un'ipotesi di mescolamento, mentre i materiali di scarto, per mantenere la conformità di utilizzo, dovrebbero essere necessariamente lavati per ottenere un materiale di tipo C1. Di seguito in Tabella 19 e 20 vengono illustrate le ipotesi rispettivamente per i materiali C2 e C3.

Materiale	Valore medio Tal quale	Contr. C.O.D. al 10%	C.O.D. totale	Valore medio lavato	Contr. C.O.D. al 10%	C.O.D. totale
<i>CSP</i>	125	12.5	30.5	50	5	23
<i>Sottovaglio</i>	224	22.4	40.4	88	8.8	26.8
<i>SdV</i>	74	7.4	25.4	-	-	-
<i>Rottame</i>	30	3.0	21	-	-	-

Tabella 19: valutazione del contributo al C.O.D. per un ipotetico materiale per sottofondo stradale di tipo C2.

Materiale	Valore medio Tal quale	Contr. C.O.D. al 5%	C.O.D. totale	Valore medio lavato	Contr. C.O.D. al 5%	C.O.D. totale
<i>CSP</i>	125	6.3	25.3	50	2.5	21.5
<i>Sottovaglio</i>	224	11.2	30.2	88	4.4	23.3
<i>SdV</i>	74	3.7	22.7	-	-	-
<i>Rottame</i>	30	1.5	20.5	-	-	-

Tabella 20: valutazione del contributo al C.O.D. per un ipotetico materiale per sottofondo stradale di tipo C3.

Tenendo in considerazione i limiti granulometrici in Tabella 16, il materiale C3 potrebbe coinvolgere solo materiali grossolani, per cui già rottame e CSP non lavato sarebbero direttamente utilizzabili. Materiali di tipo C1 e C2, che dal punto di vista granulometrico

potrebbero accettare materiali meno grossolani, sarebbero liberi di utilizzare Sabbia di vetro, sempre conforme, ma potrebbero accettare il sottovaglio solo se sottoposto a lavaggio.

2.3 Analisi Dati MUD

Il M.U.D. (Modello Unico di Dichiarazione ambientale) è un documento che ogni azienda deve fornire al locale ufficio ambiente Regionale, nel quale sono dichiarati i materiali che l'azienda gestisce come rifiuti, sia in ingresso che in uscita. Nel caso degli impianti di trattamento vetro, esso contiene dunque le quantità di materiali in ingresso ed in uscita all'impianto, per ogni Codice CER gestito dall'impianto stesso. L'analisi dei dati contenuti, sebbene priva dei riferimenti ai singoli fornitori (per i materiali di ingresso) o clienti dell'azienda (per i materiali in uscita), può fornire informazioni rilevanti sulla resa dell'impianto rispetto alla MPS prodotta, sul tipo di materiale in ingresso (se scarto da altri impianti o materiale grezzo da raccolta differenziata), e le quantità e tipologie di materiale di scarto prodotto. L'analisi dei dati è stata condotta in collaborazione con l'Ufficio ambiente della Camera di Commercio di Venezia in due incontri, avvenuti il 28/09/2017 ed il 11/01/2018 presso la sede di Mestre. Successivamente l'analisi è stata condivisa con Coreve in occasione del Seminario di Ricerca del 08/03/2018 e durante una riunione specifica il 20/04/2018 a Milano.

I risultati trovati in percentuale sono in linea da quanto stimato da SSV e da CoReVe in passato (risultati della ricerca compiuta nel 2016, presentati all'evento CoReVe del 08/03/2018), e dimostrano che questo strumento può essere usato, a livello nazionale, come osservatorio per il monitoraggio quantitativo della distribuzione del materiale in ingresso e di scarto presente sul territorio Italiano, basato su dati direttamente inseriti dalle Aziende interessate e veritieri ai fini dei controlli delle Autorità preposte.

3 CONCLUSIONI

Nel corso del progetto sono stati visitati 10 impianti di trattamento sul territorio nazionale, per ognuno dei quali è stata definita la destinazione degli scarti prodotti. Campioni rappresentativi di scarti sono stati campionati e caratterizzati allo scopo di valutare il loro riutilizzo in ambiti industriali extra-vetro.

Successivamente sono state contattate aziende rappresentative dei settori industriali extra-vetro potenzialmente in grado di assorbire i materiali di scarto. I settori più promettenti per il riutilizzo si sono rivelati, in ordine di importanza, i sottofondi stradali, i calcestruzzi ed i laterizi. Le aziende *extra-vetro* visitate sono state interpellate per la conformità tecnica di tali materiali, a fronte delle caratterizzazioni eseguite da SSV: **dal punto di vista chimico e fisico i materiali risultano conformi per l'utilizzo negli ambiti extra-vetro investigati, le maggiori riserve tecniche sono state espresse per il quantitativo di materiale organico (non superiore al 0.5 %) e per la presenza di contaminanti metallici (assenti).**

È stata approfondita l'attività della quantificazione degli scarti prodotti dagli impianti di trattamento mediante **analisi dei MUD**, dichiarazioni che contengono i quantitativi e le denominazioni (codici CER) di tutti i materiali che vengono ricevuti, prodotti e smaltiti da un'attività produttiva. Per gli impianti di trattamento questo documento rappresenta il bilancio di materia tra il materiale in ingresso ed in uscita. Le valutazioni eseguite su due impianti hanno confermato alcuni dati già in possesso di Coreve e di SSV, stabilendo **l'affidabilità di questo strumento per la valutazione dei flussi dei materiali di scarto se utilizzato a livello nazionale.**

Da diverse aziende è stata anche espressa **perplexità nell'utilizzo di questi materiali di scarto, se gestiti come rifiuti**, in quanto molte di esse non sono autorizzate a gestire determinati codici CER. Soprattutto, dal punto di vista gestionale è stata espressa la **necessità che il materiale sia conforme alle norme di Ecocompatibilità** espresse nell'All. 3 del D.M. del 1998 (test di Cessione). Per questo è stato eseguito un approfondimento sullo stato di tale parametro per i materiali di scarto verosimilmente più utilizzabili nei sottofondi

stradali (settore che potenzialmente può utilizzare più materiale), scarto CSP e Sottovaglio, e anche per il rottame e sabbia di vetro (a causa del cambio di scenario discusso con Coreve durante il progetto). È stato verificato che, mentre il rottame è conforme al test di Ecocompatibilità, sabbia di vetro, scarto CSP e sottovaglio necessitano di una operazione di lavaggio per poter essere utilizzati come sottofondi stradali, mescolati a materiale da cava.

--- FINE DEL RAPPORTO DI PROVA ---

L'INCARICATO DELLA PROVA
Dr. Stefano Ceola

IL DIRETTORE DEI LABORATORI
Dr. Nicola Favaro